

# 経営研究

福山平成大学経営学部紀要

第11号 2015年3月

## 目 次

### <論文>

合併による航空会社の運賃設定行動に関する実証分析 ～デルタ航空・ノースウエスト航空合併のケース～	朝日亮太	1
清代における『南宋雜事詩』の受容と展開	市瀬信子	11
HTML5 および Javascript によるグラフィックスビューアとその応用	尾崎誠・福井正康	27
Development of a Readability Index Attuned to the New English Course of Study of Japan: Development of Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.3nhsnc	小篠敏明・福井正康・細川光浩	33
高年齢者のキャリア成熟が組織コミットメントおよび文脈的パフォーマンスに及ぼす 影響について	小玉一樹	47
限定商品における製品マネジメント－ネスレキットカットの事例－	徐恩之	57
社会システム分析のための統合化プログラム 23 －行列計算・自由記述統計・検定の効率化・層別分割表の検定－	福井正康・尾崎誠・細川光浩・奥田由紀恵	73
社会システム分析のための統合化プログラム 24　－判別分析と数量化II類の整合化－	福井正康・尾崎誠・朝日亮太	93
College Analysis による物理シミュレーション 3　－幾何シミュレーション－	福井正康	115
<i>Sanctuary</i> における肉体による精神の凌駕	本田良平	143
2014 年度研究業績一覧		152

福山平成大学

福山平成大学経営学部紀要  
第 11 号 (2015), 1—10 頁

## 合併による航空会社の運賃設定行動に関する実証分析 ～デルタ航空・ノースウエスト航空合併のケース～

朝日亮太

福山平成大学経営学部経営学科

**要旨：**本稿は、デルタ航空とノースウエスト航空の合併を対象に、合併後のデルタ航空、合併の影響を受けたフルサービスキャリア (FSC)、低費用航空会社 (LCC) の運賃設定行動の変化について分析を行ったものである。分析手法として、価格関数と需要関数からなる同時方程式を 2006 年から 2010 年の各第 4 四半期のデータ (サンプル数、24187) を用いて推定を行った。分析の結果、デルタ航空は路線の LCC の有無にかかわらず、合併時に運賃を低下させていること、ライバル FSC についても路線の LCC の有無に関係なく合併時に運賃を低下させること、LCC は合併前後でほとんど運賃設定行動を変化させないこと、そしてエアトランは 2010 年を除いて、他の LCC とほぼ同様の運賃設定行動をしていることを示した。

**キーワード：**合併、デルタ航空、ノースウエスト航空、低費用航空会社 (LCC)

### 1. イントロダクション

現在、航空産業はオープンスカイの進展、LCC (Low-Cost-Carrier) の成長等により世界的に大きな変化を遂げてきている。こうした変化に対応すべく、航空会社は様々な行動をとる。特に、2005 年に US エアとアメリカウエスト航空、2008 年にデルタ航空とノースウエスト航空、2010 年にユナイテッド航空とコンチネンタル航空、サウスウエスト航空とエアトラン、2013 年にはアメリカン航空と US エアが合併を実施するなど、米国航空産業において、合併が相次いでいる。

本稿は、2008 年に実施されたデルタ航空とノースウエスト航空の合併について、朝日 (2013) を拡張し、この合併が合併企業とその競争相手の運賃設定行動に与えた影響について分析するものである。デルタ航空とノースウエスト航空がこの合併に合意した大きな理由の一つとして考えられるのは、LCC の存在である。デルタ航空は、アトランタ空港をハブ空港として利用している。一方で、アトランタ空港は、LCC であるエアトランがベース空港としても利用している。そのため、デルタ航空とエアトランの競合路線は多くなる。こうした状況から、デルタ航空が合併をした理由の一つとして、LCC と競争するための経営体力をつけることが考えられ、この合併は LCC を意識した合併である可能性が示唆される。そこで本稿では、価格関数と需要関数の同時方程式を推定することにより、デルタ航空とノースウエスト航空の合併前後における、デルタ航空、デルタ航空の路線において運航を行うフルサービスキャリア (FSC) と LCC の運賃設定行動の変化について分析を行う。用いたデータは、2006 年から 2010 年の各年の第 4 四半期の米国航空産業のデータである。分析の結果、デルタ航空は路線の LCC の有無にかかわらず、合併時に運賃を低下させていること、ライバル FSC についても路線の LCC の有無に関係なく合併後に運

賃を低下させること、LCCは合併前後でほとんど運賃設定行動を変化させないこと、そしてエアトランは2010年を除いて、他のLCCとほぼ同様の運賃設定行動をしていることを示した。

以下では、2において航空産業の合併、LCCに関する先行研究を整理、3においてデータと計量モデルについて述べ、4において分析結果について検討を行い、5でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 先行研究

航空産業は合併が非常に多い産業である。そのため、合併に関してはこれまでに多くの研究がなされてきた。Borenstein(1990)はノースウェスト航空・リパブリック航空の合併(NW/RC)とトランസワールド航空・オザーク航空の合併(TWA/OZ)に関して、合併による市場支配力強化の有無について分析し、TWA/OZのケースについては、市場支配力強化の傾向がなかったこと、NW/RCのケースについては、合併以前に両航空会社が操業していた路線において市場支配力が強化される傾向にあったことを示した。Kim and Singal(1993)は、1985年から1988年のデータを用いて、合併による価格変動の要因を調べるためにサンプルを合併以前に競合していた路線(Overlapping)、合併以前に同じハブ空港を持っていたもの(Hub)、この2つに当てはまるもの(Hub/Overlapping)、そしてこの2つに当てはまらないもの(Neither)の4つに分割し分析を行った。分析の結果、Hub/OverlappingとHubのサンプルでは価格の低下がみられ、Overlappingでは価格の上昇がみられた。Morrison(1996)は、競争水準と運賃に対する合併の効果について、1978年の第四期から1995年の第三期の長期的な分析を行っている。分析対象はNW/RC、TWA/OZにUSエア(US Air)とピードモント(Piedmont)の合併(US/PI)を加えた3ケースである。分析の結果、3つの合併のいずれのケースにおいても、合併2社により運航されている路線の競争水準は他の路線に比べ有意に高いこと、運賃に関してNW/RCのケースにおいて2.5パーセント運賃を上昇、TWA/OZのケースにおいて15.3パーセント運賃を下落、US/PIのケースにおいて平均して23パーセント近く運賃を上昇させていることを示した。Fageda and Perdiguer(2014)は、FSCであるイベリア航空、LCCであるクリックエア(Clickair)とヴェリング(Vueling)の3社間合併が運賃及び便数に与える影響について分析を行い、クリックエアとヴェリングが以前競争を行っていた路線での便数の減少とイベリア航空とクリックエアもしくはヴェリングが競争していた路線で運賃が上昇していることを示した。Hüschelrath and Müller(2014)ではアメリカウエストとUSエアの合併による運賃変化および消費者余剰の変化を分析している。分析期間は2003年から2007年で分析の結果、合併後、運賃の上昇する路線と低下する路線が存在し、消費者余剰については、運賃の低下する路線の旅客のほうが多いため、消費者余剰は合併により増加したとしている。

Kwoka and Shumikina(2010)は、潜在的競争者<sup>1</sup>との合併により得られた市場支配力が運賃に対し与える影響について分析を行っている。分析対象としたのはUS/PIの合併で、分析の結果、合併2社のうちの1社がもう1社の運航している路線に参入可能な路線に

<sup>1</sup>潜在的競争者とは、路線において直接的な競争は行わず、その路線の介する空港のうちのどちらかで運航を行っている航空会社のことである。

おいて、合併により運賃が5～6パーセント上昇することを示した。Clougherty (2002) は、合併とネットワーク規模の拡大がともに国際線の効率を高めることを示している。Merkert and Morrell(2012) は、合併の効果として効率性の増加と費用削減、市場シェアと収益の増加、競争の削除、消費者への魅力増加などを挙げている。このように、合併が運賃の上昇や消費者の利便性の向上など様々な効果を持つことを多くの研究が示している。

今回の分析のもう1つの中心となるLCCに関する先行研究についても簡単に整理をする。Dresner et al(1996) はサウスウエスト航空の参入による影響を分析し、イールドの低下と輸送量の増加を示した。Windle and Dresner (1999) は ValuJetとの競争に直面している航空会社も運賃を引き下げる事を示している。また Goolsbee and Syverson(2008) では、サウスウエスト航空の参入路線における参入前後の運賃変動について、既存企業がサウスウエスト航空の参入以前から運賃を引き下げていることを明らかにした。Murakami(2011) は LCCによる運賃下落効果が参入初年から参入2年目まで持続していることを示した。

このように、LCCに関する研究の多くは、LCCにより路線運賃の低下がもたらされることを示唆している。一方、合併により運賃が上昇するとする研究も多く存在する。では、合併の影響の及ぶ路線において、合併航空会社、FSC、LCCの運賃設定行動はどのように変化するのであろうか。次に、2008年のデルタ航空とノースウエスト航空の合併を対象に価格関数と需要関数の同時方程式推定によりこれらの変化について分析を行う。

### 3. データと計量モデル

#### 3.1. データ

この分析では、2006年から2010年の米国航空産業の第四四半期データを用いて分析を行う。データセット作成時に複占市場においてシェア10%に満たない航空会社、3占以上の大きな市場でシェア5%に満たない航空会社、及びIATAコード不明の航空会社（コードXX）は除外している。データの出處は、OD PLUS発行のDB1Aである。ここからは実際に運航された便から10%ランダム抽出した旅客数と実売チケット価格の情報が得られる。所得と大都市圏人口はBureau of Economic Analysis、U.S Department of Commerceからデータを得ている。また、LCCはハブアンド スポークシステムを構成せ

表一: 基本統計量

Name	Mean	St. Dev	Minimum	Maximum
P	186.32	63.216	37.634	642.88
Q	1166	1466.3	46	15128
HHI	455.5	204.8	118.49	1000
Dist	1300.1	740.93	100	4962
POP	3.85E+06	2.36E+06	2.43E+05	1.56E+07
INC	43616	4835.8	26754	60215
MC	71.431	36.281	7.8038	236.38

ず、ルートバイルートの路線網を形成するため、LCCに関する分析を行う上で、乗り継ぎ便を含まないほうが適当と考えられる。そのため、データセットに乗り継ぎ便を含んでいない。基本統計量は表-1に示されている。

今回の分析対象となる路線は、2006年から2010年まで合併に関係した企業が運航していた路線である。この路線は主に次の2つに分類される。第一にデルタ航空が運航し、ライバルがFSCのみの路線である。第二にデルタ航空が運航し、ライバルにFSCとLCCが運航している路線である。なお、今回の分析では、サウスウエスト航空はLCCとしている。その理由として、他のLCCに比べネットワークの規模がはるかに大きく、分析の際、他のLCCの運賃設定行動の変化の分析を妨げる可能性があるためである。また近年、サウスウエスト航空がLCCとは異なる戦略をとっているとの指摘を考慮している。そして、今回の分析ではエアトランについては区別して分析を行う。

### 3.2. 計量モデル

今回の分析は、価格関数と需要関数の同時方程式モデルを用いて行う。この計量モデルは朝日(2013)においても用いられ、路線ごとに合併の影響の分析を行っていた。今回はこれを細分化し、各路線の各航空会社の運賃設定行動に合併が及ぼす影響について分析を行う。次の計量モデルを、繰り返し三段階最小二乗法(I3SLS)により同時推定を行う<sup>2</sup>：

$$\log Q_{ijt} = \alpha_0 + \alpha_1 \log P_{ijt} + \alpha_2 \log Dist_j + \alpha_3 \log INC_{jt} + \alpha_4 \log POP_{jt}$$

需要関数：

$$+ \sum_{k=2}^9 \phi_k D\_MT_j^k + \sum_{t=07}^{10} \tau_t D\_time_t + v_{ijt}$$

$$\log P_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \log Q_{ijt} + \beta_2 \log HHI_{jt} + \beta_3 \log MC_{ijt} + \sum_{t=07}^{10} \tau_t D\_time_t$$

価格関数：

$$+ \sum_{u=06}^{10} (\gamma_{1u} DL_{ij}^u + \gamma_{2u} FSC_{ij}^u + \gamma_{3u} DL.L_{ij}^u + \gamma_{4u} FSC.L_{ij}^u + \gamma_{5u} LCC_{ij}^u + \gamma_{6u} FL_{ij}^u) + \varepsilon_{ijt}$$

$P_{ijt}$ は路線jにおける企業iのt年の距離当たり運賃、 $Q_{ijt}$ は路線jにおける企業iのt年の輸送量、 $Dist_j$ は路線jの距離、 $INC_{jt}$ は路線jのt年のO/D加重平均一人当たり可処分所得、 $POP_{jt}$ はt年のO/D加重平均人口である。 $D\_MT_j^k$ は、路線jにk社運航している場合に1をとるダミー変数で、独占市場をベンチマークとし、需要関数の市場の規模をコントロールするために導入される。 $HHI_{jt}$ は路線jのt年のハーフィンダール指数である。 $MC_{ijt}$ は、企業iが路線jにて運航した際のt年の限界費用<sup>3</sup>である。 $D\_time_t$ は時間ダミーでベンチマークは2003年である。 $v_{ijt}$ と $\varepsilon_{ijt}$ は誤差項である。

<sup>2</sup> 推定方法を決定するにあたり Hausman 検定と White 検定を行っている。需要関数について、White 検定： $\chi^2_{(14)}=524.959$ 、Hausman 検定： $\chi^2_{(1)}=452.292$ 、価格関数について、White 検定： $\chi^2_{(9)}=1177.824$ 、Hausman 検定： $\chi^2_{(1)}=1060.637$ であった。以上より分散不均一と同時方程式バイアスの存在が明らかになった。これらに対処するため、I3SLS を用いる。

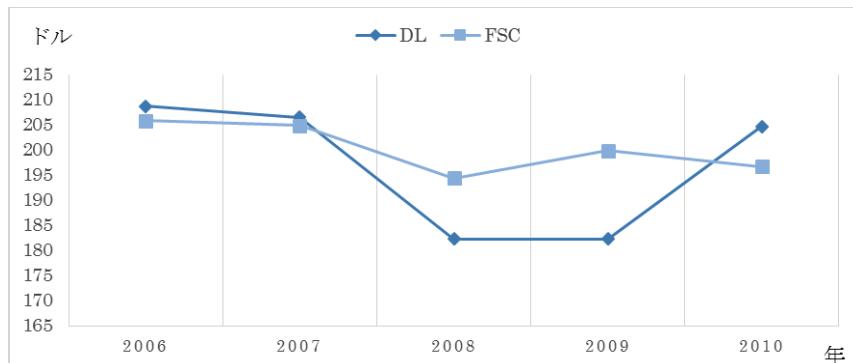
<sup>3</sup> 限界費用の導出は、Murakami(2011)の方法を応用している。この研究では、限界費用を  $MC_{ijt} = AC_{it} (Dist_j / AFL_{it})^{0.271} Dist_j$  により導出している。 $AC_{it}$  は航空会社iのt年のユニットコスト、 $AFL_{it}$  は航空会社iがt年に運航した平均マイル数である。

今回の主な分析の対象となるダミー変数は次の6つである。 $DL_{ij}^u$  は FSC のみの運航する路線におけるデルタ航空に対し1をとるダミー変数である。 $FSC_{ij}^u$  はデルタ航空が運航し且つFSCのみが運航する路線のFSCに対し1をとるダミー変数である。 $DLL_{ij}^u$  はLCCの運航する路線におけるデルタ航空に対し1をとるダミー変数である。 $FSC.L_{ij}^u$  はデルタ航空とLCCが運航する路線におけるFSCに対し1をとるダミー変数である。 $LCC_{ij}^u$  は、デルタ航空が運航している路線のLCCに対し1をとるダミー変数である。 $FL_{ij}^u$  はデルタ航空が運航している路線におけるエアトランに対し1をとるダミー変数である。今回は、これらのダミー変数の係数に統計的に差があるかを検定し、分析を行う。

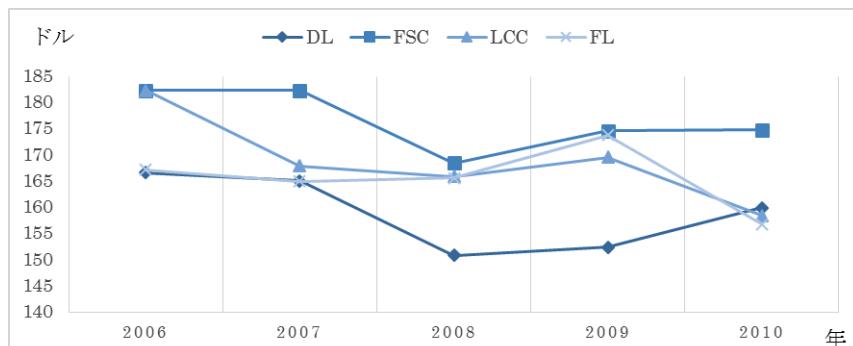
#### 4. 分析結果

分析結果は、付録一に示されている。表一2は、ダミー変数の係数が年度間で有意に異なっているかを検定した Wald 検定の結果である。図一1は、推定結果より表一1を使用して算出された平均運賃を図示したものである。以下は主に、表一2と図一1をもとに考察を行う。

FSCのみの路線



LCC運航路線



図一1：運賃設定行動の変化

表-2: Wald 検定の結果

## FSC のみの路線

DL <sup>u</sup>	u=06	u=07	u=08	u=09	FSC <sup>u</sup>	u=06	u=07	u=08	u=09
u=07	0.108				u=07	0.042			
u=08	11.397*	8.405*			u=08	6.381*	4.911*		
u=09	9.071*	6.636*	0.045		u=09	1.402	0.915	1.206	
u=10	0.341	0.064	6.591*	5.143*	u=10	3.109	2.331	0.193	0.332

## LCC 運航路線

D.L <sup>u</sup>	u=06	u=07	u=08	u=09	FSC.L <sup>u</sup>	u=06	u=07	u=08	u=09
u=07	0.219				u=07	0.379			
u=08	25.290*	21.364*			u=08	21.693*	16.861*		
u=09	20.366*	16.797*	0.281		u=09	6.063*	3.477	5.341*	
u=10	4.336*	2.659	9.325*	6.356*	u=10	5.593*	3.154	5.483*	0.004
LCC <sup>u</sup>	u=06	u=07	u=08	u=09	FL <sup>u</sup>	u=06	u=07	u=08	u=09
u=07	1.524				u=07	0.211			
u=08	2.331	0.075			u=08	0.099	0.021		
u=09	1.061	0.055	0.272		u=09	1.893	3.769	3.104	
u=10	6.510*	1.823	1.223	2.618	u=10	4.608*	3.182	3.588	13.654*

\*は、係数が等しいとする帰無仮説を有意水準 5 %で棄却したものに記している。

FSC のみが運航している路線から考察する。デルタ航空の運賃設定行動について、2007 年から 2008 年にかけ、有意に運賃を低下させている。また、2009 年から 2010 年にかけ有意に運賃を上昇させ、合併前の水準に戻している。この変動の要因としてリーマンショックが挙げられる。不況による需要の落ち込みを運賃引き下げにより防ごうとした可能性がある。ライバル FSC に関して、2008 年に有意な運賃の低下がみられる。一方、その後、有意な運賃上昇は確認されていない。これらの変化について、2008 年のものについてはデルタ航空と同様にリーマンショックの影響の可能性がある。その後の変化については、デルタ航空の行動を考慮し、運賃上昇を踏みとどまつた可能性がある。また、デルタ航空とライバル FSC 間で 2009 年に有意な差が存在する ( $\chi^2_{(1)}=4.509$ )。これは、デルタ航空が合併により経営力を強化したために、ライバル FSC より低く運賃を設定している可能性が示唆される。

LCC の運航している路線について考察する。デルタ航空については、FSC のみの路線と同様の変化を見せていている。しかしながら、2010 年の運賃水準は、2006 年に比べ低水準となっている。これは、LCC を意識したためであると考えられる。ライバル FSC について、2007 年、2008 年間は FSC のみの路線と同様の変化を見せてているが、2009 年には運賃の有意な上昇がみられる。この要因として、デルタ航空の競争的運賃設定を意識し、今後デルタ航空の低運賃設定継続の見込みが薄いと判断したことが考えられる。また LCC の行動に合わせた可能性も考えられる。LCC については、合併前後でほとんど運賃

の変動は見られない。これは、FSC と LCC が完全に市場を棲み分け、あえてデルタ航空の行動に反応しなかった可能性がある。エアトランについても LCC と同様の変化を見せている。唯一異なる点が、2010 年に有意な運賃低下がみられることである。これは、デルタ航空もしくはライバル FSC の運賃水準を考慮し、市場シェアの獲得を狙った可能性がある。

## 5. まとめと今後の課題

今回の分析で明らかになったのは、第一に、デルタ航空は路線の LCC の有無にかかわらず、合併時に運賃を低下させていること、第二に、ライバル FSC についてもデルタ航空と類似した行動をとる傾向にあること、第三に、LCC については、ほとんど合併前後で運賃設定行動を変化させないこと、そして、エアトランについても他の LCC とほぼ同様の運賃設定行動をしていることである。しかしながら、これらの点についてはさらに分析が必要である。デルタ航空の変化については、リーマンショックの影響もあり、合併の効果のみと考えることはできない。ライバル FSC については、路線の 2010 年については路線の LCC の有無で異なる傾向を見せており、LCC を意識している可能性がある。そのため継続的な分析が必要である。LCC については、ほとんど合併前後で変化はないものの、2006 年と 2010 年の運賃は有意に異なるため、この変化が合併によるものか考察が必要である。エアトランについても他の LCC とほぼ同様の動きをしている。そのため 2010 年の運賃水準が合併により実現したものかを精査する必要がある。

全体的な課題として、デルタ航空については合併効果が実現する期間を考慮せねばならない。合併後のシステム統合等、合併後、1 企業として最適な行動をとるためにはある程度時間がかかるとされる。合併直後の変化について、合併の効果と判断するためにはさらなる分析が必要となる。また、限界費用の導出について、先行研究から応用した点があるため、今後さらに最適な数値を算出する必要がある。そして、サウスウエスト航空についても考慮し分析を行わなくてはならない。

付録—1：推定結果

Demand Function							
Variable	Coefficient	SE	p-Value	Variable	Coefficient	SE	p-Value
log P	-0.806	0.101	0.000	MT <sup>7</sup>	-2.095	0.044	0.000
log Dist	0.015	0.039	0.694	MT <sup>8</sup>	-2.419	0.096	0.000
log INC	0.498	0.075	0.000	MT <sup>9</sup>	-2.755	0.244	0.000
log POP	0.553	0.014	0.000	D_time <sub>07</sub>	0.021	0.022	0.327
MT <sup>2</sup>	-0.501	0.028	0.000	D_time <sub>08</sub>	0.060	0.025	0.015
MT <sup>3</sup>	-0.845	0.028	0.000	D_time <sub>09</sub>	0.050	0.023	0.028
MT <sup>4</sup>	-1.252	0.031	0.000	D_time <sub>10</sub>	0.103	0.026	0.000
MT <sup>5</sup>	-1.614	0.035	0.000	CONSTANT	-2.271	0.677	0.001
MT <sup>6</sup>	-1.898	0.038	0.000				
Price Function							
Variable	Coefficient	SE	p-Value	Variable	Coefficient	SE	p-Value
log Q	0.035	0.004	0.000	DL.L <sup>09</sup>	-0.179	0.014	0.000
log HHI	0.075	0.008	0.000	DL.L <sup>10</sup>	-0.131	0.014	0.000
log MC	0.519	0.004	0.000	FSC.L <sup>06</sup>	-0.003	0.012	0.791
D_time <sub>07</sub>	0.083	0.005	0.000	FSC.L <sup>07</sup>	-0.013	0.012	0.253
D_time <sub>08</sub>	0.124	0.005	0.000	FSC.L <sup>08</sup>	-0.079	0.012	0.000
D_time <sub>09</sub>	0.097	0.005	0.000	FSC.L <sup>09</sup>	-0.043	0.011	0.000
D_time <sub>10</sub>	0.172	0.005	0.000	FSC.L <sup>10</sup>	-0.042	0.011	0.000
DL <sup>06</sup>	0.135	0.022	0.000	LCC <sup>06</sup>	-0.026	0.034	0.449
DL <sup>07</sup>	0.125	0.024	0.000	LCC <sup>07</sup>	-0.082	0.031	0.009
DL <sup>08</sup>	0.026	0.024	0.283	LCC <sup>08</sup>	-0.094	0.030	0.002
DL <sup>09</sup>	0.033	0.026	0.199	LCC <sup>09</sup>	-0.072	0.030	0.017
DL <sup>10</sup>	0.116	0.025	0.000	LCC <sup>10</sup>	-0.140	0.030	0.000
FSC <sup>06</sup>	0.122	0.015	0.000	FL <sup>06</sup>	-0.087	0.022	0.000
FSC <sup>07</sup>	0.117	0.017	0.000	FL <sup>07</sup>	-0.100	0.020	0.000
FSC <sup>08</sup>	0.065	0.017	0.000	FL <sup>08</sup>	-0.096	0.020	0.000
FSC <sup>09</sup>	0.092	0.019	0.000	FL <sup>09</sup>	-0.048	0.019	0.011
FSC <sup>10</sup>	0.076	0.021	0.000	FL <sup>10</sup>	-0.151	0.021	0.000
DL.L <sup>06</sup>	-0.090	0.014	0.000	CONSTANT	2.273	0.040	0.000
DL.L <sup>07</sup>	-0.099	0.014	0.000	System R <sup>2</sup>		0.916	
DL.L <sup>08</sup>	-0.189	0.014	0.000	Test of overall significance		$\chi^2_{(167)} = 59756.000$	

### 参考文献

- 1) 朝日亮太 [2013] 「米国航空産業における合併効果と低費用航空会社の運賃設定行動」『運輸政策研究』Vol.15, No.4, pp.11-18.
- 2) Borenstein, S.[1990], "Airline mergers, airport dominance, and market power," *The American Economic Review*, Vol.80,No.2, pp.400–404.
- 3) Kim, E.H. and V. Singal.[1993], "Mergers and market power: Evidence from the airline industry," *The American Economic Review*, Vol.83, No.3, pp. 549–569.
- 4) Morrison, S.A.[1996], "Airline mergers: a longer view," *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.30, No.3, pp.237–250.
- 5) Fageda, X, and Perdiguer,[2014] " An Empirical Analysis of a Merger Between a Network and Low-cost Airlines" *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, Vol.48, No 1, pp. 81-96
- 6) Hüschelrath, K and K, Müller. [2014] "Airline networks, mergers, and consumer welfare" *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, Vol.48, No.3, pp.385–407.
- 7) Kwoka, J. and E. Shumilkina. [2010], "The price effect of eliminating potential competition: Evidence from an airline merger," *The Journal of Industrial Economics*, Vol.58, No.4, pp.767–793.
- 8) Clougherty, J.A.[2002], "US domestic airline mergers: the neglected international determinants," *International Journal of Industrial Organization*, Vol.20 (4), pp.557–576.
- 9) Merkert R. and P. S. Morrell. [2012] "Mergers and acquisitions in aviation–Management and economic perspectives on the size of airlines" *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.48, No.4, pp. 853–862.
- 10) Dresner, M., J.S.C. Lin, and R. Windle. [1996], "The impact of low-cost carriers on airport and route competition," *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.30, No.3, pp. 309–328.
- 11) Windle, R. and M.Dresner. [1999], "Competitive responses to low cost carrier entry," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.35, No.1, pp. 59–75.
- 12) Goolsbee,A and C Syverson [2008], "How Do Incumbents Respond to The Threat of Entry? Evidence from the Major Airlines," *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 123, No. 4, pp. 1611–1633.
- 13) Murakami, H. [2011], "Time effect of low-cost carrier entry and social welfare in US large air markets," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.47, No.3, pp. 306–314.

## An Empirical Analysis of Airlines' Pricing Behaviors after Merger

— The case of Delta Airlines and Northwest Airlines in US airline industry —

Ryota ASAHI

*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University*

**Abstract:** This paper empirically analyzes the effect of the merger between Delta Airlines and Northwest Airlines on pricing behaviors of the firm established by the merger and rivals. Simultaneous demand and price equations are estimated by using the US airline industry data of 4th quarters of 2006 through 2010 to analyze the effect. We made three findings. First Delta Airlines and full-service-carriers (FSCs) lowered airfares after the merger in spite of the presence of low cost carriers (LCCs) in routes. Second, LCC did not change pricing behaviors after the merger. Third, AirTran took almost the same action patterns as LCCs except year 2010.

**Key Words:** Merger, Delta Airlines, Northwest Airlines, Low cost carrier (LCC)

福山平成大学経営学部紀要  
第11号(2015), 11—26頁

## 清代における『南宋雜事詩』の受容と展開

市瀬信子

福山平成大学経営学部経営学科

**要旨：**『南宋雜事詩』は、清代の杭州詩人七名によって作られた、南宋の遺事を題材とした七巻からなる詩集である。七名の詩人とは、沈嘉轍、吳焯、陳芝光、符曾、趙昱、厲鶚、趙信である。符曾が百一首を詠じた以外は、六名が各百首ずつを詠じ、計七百一首からなる大規模な詠史詩として文学史上に名高い。

詩集の形式は、詩一首ごとに、南宋の遺事を読み込み、詩の後ろに注を付ける。その注には、詩の内容に基づいた史実や典故を、引用書名と共に挙げる、というものである。注の分量は、詩句を遙かに凌ぎ、詩七百一首に対して、典故が数千条、引用書は千種に及ぶ。そのためか、現在に至るまで、『南宋雜事詩』は、詩句よりも注が引用されることが多く、更に詩集というよりも、歴史資料として扱われることが多い。しかし、『南宋雜事詩』刊行当時には、詩としての評価もまた高かつたのである。

そこで、本論では、清朝における『南宋雜事詩』に対する様々な批評から、清朝において『南宋雜事詩』がどのように受容され、展開していくかを考察する。

**キーワード：**南宋雜事詩、杭州、受容、注釈

### はじめに

『南宋雜事詩』は、雍正一、二年（1723-1724）頃に編纂された、杭州詩人7名の詩を集めた詠史詩集である。作品の内容は、南宋時代の杭州にまつわる逸聞を拾い集めて題材とし、各自百首ずつ詠じて七百一首としたものである。詩には、詩句のもととなった典故を明示した注をつけている。7名の詩人とは、沈嘉轍、吳焯、陳芝光、符曾、趙昱、厲鶚、趙信で、いずれも制作の時点では無位無官の諸生であった。しかし、『南宋雜事詩』は、詩句には全て典故があり、引用された書籍が約千種類、典故の内容は数千条という、まさに豊富な知識と優れた詩才によって成立した先に例を見ない大作であり、この作品によって、杭州詩壇の名声は高くなったといえる。

やがて『南宋雜事詩』は、その詩注により、詩集としてよりも、歴史書、地方誌の欠落を補う地志の史料として扱われるが多くなる。詩集でありながら、地志としての評価が高いというこの特異な詩集は、その画期的な内容から広い人気を得たことが知られている。しかし『南宋雜事詩』がどのように読まれたか、という具体的な実態についてはこれまで明らかにされてこなかった。そこで、本稿では、『南宋雜事詩』が清代においていかなる受容をされたかを様々な資料から検討し、またその後この作品を踏まえて新たに作られた作品群など、『南宋雜事詩』の清代における受容と発展の実態について明らかにしたい。

### 1. 『南宋雜事詩』に対する評価の概要

まず、清代において、『南宋雜事詩』が高い評価を得ていたことを示す例を見てみよう。

趙昱、字功千、浙江仁和人。諸生。……嘗与沈嘉轍七人各賦南宋雜事詩百首、為海內所称説、一時有二林之目。二林者、昱号谷林、信号意林也。」（『清史列伝』卷七十一 趙昱）

趙昱、字は功千、浙江仁和の人。諸生。……嘗て沈嘉轍七人と各の南宋雜事詩百首を賦し、海内の称説する所と為り、一時二林の目有り。二林は、昱 谷林と号し、信 意林と号するなり。

これは、作者の一人、趙昱の伝である。「海内の称説する所と為る」と、『南宋雜事詩』が全国的に名声を得たことがわかる。ただ、ここには詩集のいかなる点が評価されて名声を得たのかは記されていない。そこで、清代乾隆期の代表的な批評として、『四庫全書総目提要』を見てみると。『四庫全書』に採録されたこと自体、すでに高い評価を得ている証拠なのだが、「提要」の批評は具体的であり、作品の読まれ方をよく示すものとして見ておく必要がある。

南宋雜事詩七卷。国朝沈嘉轍、吳焯、陳芝光、符曾、趙昱、厲鶚、趙信等同撰。……是書以其鄉為南宋故都故、摭拾軼聞、每人各為詩百首、而以所引典故註於每首之下。意主紀事、不在修詞。故警句頗多、而牽綴填砌之處亦復不少。然採拋浩博、所引書幾及千種。一字一句、悉有根基。萃說部之菁華、采詞家之腴潤。一代故實、巨細兼該、頗為有資於考證。蓋不徒以文章論矣。（『四庫全書総目』卷一百九十）

南宋雜事詩七卷。国朝沈嘉轍、吳焯、陳芝光、符曾、趙昱、厲鶚、趙信等同に撰す。……是の書 其の郷の南宋の故都為るを以ての故に、軼聞を摭拾し、每人各の詩百首を為りて、引く所の典故を以て毎首の下に註す。意は紀事を主とし、修詞に在らず。故に警句頗る多きも、而も牽綴填砌の處も亦復少なからず。然れども採拋すること浩博、引く所の書は幾んど千種に及ぶ。一字一句、悉く根柢有り。說部の菁華を萃め、詞家の腴潤を采る。一代の故実、巨細兼該し、頗る考証に資する有りと為す。蓋し徒に文章を以て論ぜず。

これは、『南宋雜事詩』について、その主旨と形式を述べ、更に批評を加えたものである。詩集のテーマは、南宋時代の都であった杭州の軼聞を拾い集めることである。形式は、詩の一首ごとに後ろに典故を記すというものである。「提要」は、こうした説明の後、「意は紀事を主とし、修詞に在らず。故に警句頗る多きも、而も牽綴填砌の處も亦復少なからず。」と批評を書き加える。つまり「事実を記すこと」が主眼で「修辞」は主ではなく、警句が多いが、無理に寄せ集めた部分もまた多いと、文学的修辞については、その洗練度の不足を指摘する。逆に評価すべきところとしては、注に引用されている書籍が広範囲にわたり、千種に及ぶこと、それを用いた詩句は、すべて根拠となる事実があることを挙げる。更に典故については、「說部の菁華を萃め、詞家の腴潤を采る。」と、歴史書のみではなく、小説、筆記、雜著あるいは詩の中から題材を集めたことを指摘する。南宋の一都市を描くのに、一般では容易に見られない多彩な資料を用いている点を、この詩集の大きな特徴と認めているのである。続く「一代の故実、巨細兼該し、頗る考証に資する有りと為す。」は、この作品を最も高く評価した部分であり、南宋一時代の故実が巨細漏らさず網羅されており、南宋という時代の考証にとって、非常に価値あるものである、とする。つまり歴史資料と

しての価値を大きく評価しているのである。最後の一文は、「蓋し徒に文章を以て論ぜず。」と、文辞だけで論じられるものではない、という。先の「意は紀事を主とし、修詞に在らず。」に続き、文学性については決して高い評価を与えていない。このように、注の典故に価値があり、文学作品としては優れたものとは言えない、というのが「提要」の見解である。

『四庫全書』が完成したのは、乾隆四十七年（1782）で、『南宋雜事詩』の完成から約60年後にあたる。『南宋雜事詩』が世に出てから時間を経て、「考証に資する」文献としての価値が定着していたのであろう。では、制作の時点で詩人たちはどのような意識でこの詩集を編んだのであろうか、また読者はどのように受け止めていたのであろうか。まず制作の時点に遡ってみてみることとする。

## 2. 制作者の意識

『南宋雜事詩』には、凡例がついており、そこにはこの詩集を編纂する際に詩人達が注意を払った点が記されている。<sup>(1)</sup>

そもそも『南宋雜事詩』は、明の田汝成の『西湖遊覽志』『西湖遊覽志余』を補うものとして作成された。そのことについて凡例では以下のように述べる。

此編為輔田副使西湖志、志余而作、凡田志所有則避之、或同一事而田志所錄未詳、広為搜羅、用資博覽、其中或有抵牾隨事考訂。（『南宋雜事詩』凡例）

此の編 田副使の西湖志、志余を補わんが為にして作り、凡そ田の志に有る所は則ち之を避け、或は同一事にして田の志に録する所の未だ詳しからざるは、広く為に搜羅し、用て博覽に資す。其の中に或は抵牾有れば事に隨いて考訂す。

『西湖遊覽志』及び『志余』は、宋代を中心とした西湖及び杭州の風景、軼聞などを記したもので、『四庫全書総目提要』に「其体在地志、雜史之間。（其の体は地志、雜史の間に在り。）」（『四庫全書総目』卷七十）と説明するように、形式は地方誌と雜史との間となるものである。これと内容が重ならないように、また『西湖遊覽志』の未詳の事項を補い、間違いを正して考訂する、としている。「提要」によれば、『西湖遊覽志』の欠点は「惟所徵故実、悉不列其書名、遂使出典無徵、莫能考証其真偽。是則明人之通弊、汝成亦未能免俗者矣。（惟だ徵する所の故実、悉く其の書名を列せず、遂に出典をして徵すること無からしめ、能く其の真偽を考証する莫し。是れ則ち明人の通弊、汝成も亦た未だ俗を免ること能わざる者なり。）」と、出典の記載が曖昧であるために、考証の手段がないこととする。『南宋雜事詩』はその欠点を補うため、出典については一々詳細に記し、書籍の選定にも神經を使う。凡例の別の一条にいう。

此編作者七人、詩皆百首。其間採摭故実、各不相侔。然或諸書紀載錯、亦可取以互証。若書名雖別、事跡則同者、斯無取焉。（『南宋雜事詩』凡例）

此の編 作者は七人、詩は皆百首。其の間 故実を採摭すること、各の相侔しからず。然らば或は諸書の紀載錯れば、亦た取りて以て互ひに証すべく、書名別なりと雖も、事跡は則ち同じき者のごときは、斯れこれを取る無し。

ここには、詩に詠ずる故実に関する留意点が記される。具体的には各詩人が異なる題

材を詠ずるように留意したこと、また題材の根拠とするのに、一つの故実に対して複数の書籍の記述内容が異なつていれば、引き比べて確かめたこと、書名が異なつても事跡が同じであれば取りあげないこととしたこと、等である。引用する典故及び書物に対するこれらの姿勢は、ただ詩を詠むのではなく、確かな史実に基づいて詠むことを重視することを示すものである。書名にも拘っているのは、出典が曖昧であるとの批判を浴びた『西湖遊覧志』の欠点を補わんとするためである。凡例は、詩句の出典に関して更に詳しく述べる。

翻閱群書幾及千種、其遺佚不伝散見諸書者、不敢濫登其目、所以核實也。至於家伝碑状通列、從朱竹垞太史日下旧聞之例、亦志金石家所弗遺爾。(『南宋雜事詩』凡例)

群書を翻閱すること幾んど千種に及び、其の遺佚して伝わらず諸書に散見する者、敢えて濫りに其の目を登せざるは、実を核する所以なり。家伝碑状の通列に至っては、朱竹垞太史日下旧聞の例に従い、亦た金石家の遺さざる所を志すのみ。

これは、詩人達が詩を詠ずるにあたり、いかに多くの書物に目を通したかを述べた上で、すでに散佚して他の書籍に見えるだけのものについては書名を挙げないのは、事実の確認に重きを置くからであると述べる。また家伝碑状については、金石家がすでに記録していないものを選んで記録する、としている。つまり正確で信用できる書籍であり、また未見の資料であることを重んじたという。

しかし、書物を集めて事跡を明らかにすることだけが目的ではなく、それらを用いて、詩として南宋の杭州のありとあらゆる情景を詩に浮かび上がらせようとしても、『南宋雜事詩』の大きな目的であった。よって凡例には更に次のように言う。

南宋事迹綦繁、無系行都者概不入詠。故上自宮廟省寺、下逮瓦市坊隅、人物土風、山川園囿、以及職貢聘問之紛蕃、學校科名之盛美、圖史金石之流傳、禽魚卉木之浩侈、士女伎樂之嬉游、器玩服御之精麗、仙梵方技鬼怪夢囈之誕幻嵬瑣、甄綜掌錄，略云備矣。若夫晚季蒼涼、感均頑艶。庶幾乎風人之旨或不廢焉。(『南宋雜事詩』凡例)

南宋事迹綦<sup>きわ</sup>めて繁く、行都に系わること無き者は概ね詠に入れず。故に上は宮廟省寺より下は瓦市坊隅に逮<sup>およ</sup>ぶまで、人物土風、山川園囿、以て及び職貢聘問の紛蕃、學校科名の盛美、圖史金石の流傳、禽魚卉木の浩侈、士女伎樂の嬉游、器玩服御の精麗、仙梵方技鬼怪夢囈の誕幻嵬瑣、甄綜掌錄、略ぼ備われりと云う。夫の晚季蒼涼のごときは、感ずること頑艶に均し。風人の旨或いは廃れざるに庶幾からん。

これは、詩に詠じた故実がいかなるものであったかを列挙したものである。南宋の都杭州にあった、ありとあらゆるものと詩に詠じようとする意欲が、詩人達の創作の根底にあつたことをこの凡例は伝えている。そして最後にあるように、こうした華やかな歴史をもつ南宋の都が、やがて終焉を迎える時の悲哀は、鈍感な者の敏感な者もみな心動かされるものであり、これを伝えることこそが詩人の旨にかなうと述べている。詩注に詳細なる典故を記すこともさることながら、制作者達の意図は、詩によって人を感動させることにあつたのである。

凡例は、最後の条に次のようにいう。

詩以紀事、事即注於下。往往合數事以成一詩、鱗次分注、詳載書名、并列總目於首、登紀作者姓氏。詩僅七百首、而隸事幾數千條、冀觀者因詩釈注。或他日修郡邑志乘者於斯弗棄。第辭意未工、援據未確、索瘢指垢、願俟君子。(『南宋雜事詩』凡例)

詩は以て事を紀し、事は即ち下に注す。往往 数事を合わせて以て一詩と成し、鱗次分注し、詳かに書名を載す。並びに總目を首に列し、作者の姓氏を登紀す。詩は僅か七百首のみにして、隸事は幾んど数千条、観る者の詩に因って注を釈かんことを冀う。或は他日 郡邑志乘を修むる者 斯に於いて棄てざらんことを冀う。第だ辭意未だ工ならず、援據未だ確かならず、索瘢指垢、願くは君子を俟たん。

これは『南宋雜事詩』全体の体裁と主旨についてまとめたものである。詩は事実を記すもので、事実は後ろに注としてつける。一首に複数の事跡を詠み込むものは、並べて分けて注に記し、引用書目を詳しく記す。總目は最初に並べ、著者名を記録する。これらは注の表記に関する内容である。更に詩が七百首に対して、隸事つまり典故が数千条に及ぶこの詩を、まず詩を読み、それによって注を解き明かしてほしい、という。詩だけを読むので無く、注だけで成立するものでもなく、詩と注を読むことによって初めて作品を理解することとなるとするのである。そして、詩集として楽しむのみならず、今後地方誌を編纂するものが、この詩注を参照すること求めている。それだけ、注における事実の記録の内容とその価値について自負するところがあるのである。

「辭意工ならず、援據未だ確かならず」は、文辭が未熟、典故が不確実だと言っているものの、もちろんこれは形式上の謙遜であって、本心ではあるまい。詩人達は、言辞と典故いずれにも自信を持ってこの作品を世に送り出したのである。しかし『四庫全書總目提要』では、先に見た通り「意は紀事を主とし、修詞に在らず。」、「頗る考証に資する有りと為す。蓋し徒に文章を以て論ぜず。」と、詩作品としての文学性を低く見、詩注の考証のみを高く評価する。制作者の意図に反する評価ではあるが、当時の客観的な評価といえよう。

ここまで、制作者側の意図を見、また読者の評価とのずれがあることを確認した。次にこの詩集に対してどのような評価が当時与えられていたかについて、例を挙げて検討する。

### 3. 『南宋雜事詩』への批評

#### (1) 詩としての評価

『南宋雜事詩』芹香齋刊本には、査慎行らの序、詩人達の題辭が詩集の最初に置かれている。序と題辭は、制作から間もない時期に作られたものである。よって制作当時の評価を知る手がかりとなるだろう。

觀茲集者、於事不厭其雜、於辭則味其醇、庶幾不失諸君立言之旨也夫。(査慎行序)

茲の集を觀る者、事に於いて其の雜を厭わず、辭に於いては則ち其の醇なるを味わえば、諸君立言の旨を失わざるに庶幾からん。

これは査慎行序の一分であるが、序は、凡例の内容を踏まえ、詩の題材が豊富なこと、注に引用する書籍の多彩なことを述べた上で、読む者は詩に詠み込まれた事実が多いこと

を煩わしいと思うことなく、詩の言葉においてもその味わいを楽しむことができれば、作者達の「立言の旨」を失わないだろう、と述べている。「立言の旨」つまり作詩の主旨は、多くの事を詠み込んだ雑事詩を味わうことにあるのであり、ここでは注における典故の多彩とともに、詩の文学性も重んじているのである。査慎行の序は、凡例をなぞるように書かれており、作者たる詩人たちの意図を反映するものとして書かれている。万經序もまた、「詩各百首、其詞淒楚沈冥、不堪卒讀。(詩各の百首、其の詞淒楚沈冥、卒讀するに堪えず。)」と、詩そのものが読者の胸を打つことを述べる。これらの序は、典故の豊富さと共に、詩そのものが味わいのある文学であることを述べ、文学性への高い評価を示すものである。

このように、「提要」とは異なり、序では詩作品として評価されている。以下、同様に詩として評価する例をみてみよう。

今読南宋雜事詩、鉅細畢該、皆史乘所未備。不特其詩華妙絕倫、而後之留心往事者、亦藉以有考。(張奕光題辭)。

今南宋雜事詩を読むに、鉅細畢く該わり、皆史乘の未だ備わらざる所なり。特に其の詩華妙なること絶倫なるのみならずして、後の往事に留心する者、亦た藉りて以て考する有り。

ここでは、南宋雜事詩が巨細にわたる南宋の事跡をとりあげ、それを詠じる詩句の妙なることを称えた上で、詩を読んで往事に心を引かれたものが、歴史を辿るために考証にも資する、と述べている。これは詩における内容の豊富さ、言辞の文学性を評価するものである。また考証の資料としても認め、作者達の主旨そのままの評価といえよう。

其從弟意林來謁投南宋雜事詩七卷。同賦者七人、人賦百首、而意林与其兄谷林、並在焉。詩七百首、隸事至三千余条、其學可謂博、而辭亦可謂鴻矣。亟欲拳意林応詔。(杭世駿『詞科余話』卷三)

其の従弟意林來りて謁し南宋雜事詩七卷を投す。同に賦する者七人、人賦すること百首にして、意林と其の兄谷林と、並びにこれに在り。詩七百首、隸事は三千余条に至り、其の学の博と謂うべくして、辭も亦た鴻と謂うべし。亟かに意林を挙げて詔に応ぜしめんと欲す

これは乾隆元年の博学鴻試に趙信、趙昱を推薦した李紱が『南宋雜事詩』を読んだ感想を述べた部分である。三千余条の典故が博学を示すものであると同時に、詩の言葉もまた優れている、と評価する。これも、典故と詩句いずれをも評価するものである。趙兄弟はこの『南宋雜事詩』によって、博学鴻試に推挙された。この博学鴻試の時、趙殿成が『南宋雜事詩』を取りあげて次のようにいったものが、題辭として『南宋雜事詩』に収録されている。

絶句体有詠史、論古事也。有竹枝、紀風土也。有宮詞、叙禁掖也。是編衆裁萃焉。其間警句、属對則有堤上風開及第柳、山中春到状元花。……、巧綴……、幽艷……、悲楚……、巨麗……、嚴正……、雄壯……、如画……。昔唐人有選句圖、余特標出与覽者共之。(杭世駿『詞

科掌録』卷七、『南宋雜事詩』趙殿成題辭)

絶句の体に詠史有り、古事を論ずるなり。竹枝有り、風土を紀すなり。宮詞有り、禁掖を叙するなり。是の編衆裁これを萃む。其の間の警句、属対には則ち堤上風開く及第の柳、山中春到る状元の花有り……、巧綴……、幽艷……、悲楚……、巨麗……、嚴正……、雄壯……、如画……。昔唐人に選句図有り、余特に標出して覧者と之を共にす。

ここでは、古い事跡と風土のいざれをも取り込んだ作品として評価した上で、『南宋雜事詩』の「警句」を羅列する。「属対」「巧綴」など、それぞれの特徴をあげ、それに適う七人の詩人の詩句が並べられる。注の典故と関係なく、詩の文学性のみを評価した例である。

この文が書かれた乾隆元年、つまり『南宋雜事詩』刊行から十余年の当時、詩作品として確かな評価を得ていたことがわかる。

しかし、同時に詩としての価値を否定するような批評もあった。

諸君賦南宋雜事詩。前以述古人、後以啓來者、此吾鄉之文献也。詩云乎哉。(柴世堂題辭)

諸君 南宋雜事詩を賦す。前に以て古人を述べ、後には來者を啓く、此れ吾が郷の文献なり。詩といわんや。

『南宋雜事詩』の柴世堂の題辞は、吾が郷の文献である、と杭州の歴史にとって貴重な作品であることをいいつつ、詩として言うのではない、ともいう。詩としては評価できない、というわけである。更に南宋雜事詩の同人たちと、交流があり、唱酬の仲間でもあった全祖望は次のように言う。

近日從陳外翰所得見西湖七家詩、為沈欒城、吳尺鳩輩著。前有先生序例一篇。其詩亦不甚成家、而所引用書目甚繁且夥、間有宋元文集為某所未見者。每思一渡漸江、從諸君子訪諸書、得為一瓻地歩、俗務掣違、逡巡未果。(『鮚埼亭集外篇』卷四十四「奉万九沙先生問任士林松鄉集書」)

近日陳外翰より見ることを得し所の西湖七家詩は、沈欒城、吳尺鳩の輩の著為り。前に先生の序例一篇有り。其の詩も亦た甚しくは家を成さざるも、而も引用する所の書目は甚だ繁く且つ夥し、間ま宋元文集の某の未だ見ざる所の者為る有り。毎に一たび漸江を渡り諸君子に従い諸書を訪ねて、一瓻の地歩を得んと思うも、俗務掣違し、逡巡して未だ果たせず。

「西湖七家詩」とは『南宋雜事詩』のことである。全祖望は詩に対しては、「甚しくは家を成さず」と一流とは認めていない。一方注目するのは引用された書目である。これまでに見たことのない書名を引用書目に発見し、彼らの所に行って書籍を貸してもらいたいという思いを強くするが、仕事の都合で果たせない、という。文中の「一瓻」は、書物を借りて御礼に一献捧げることを指す。全祖望は学者であり、それゆえ注に引用された書籍にのみ興味を抱いたのは当然であるが、詩に対する評価の低さは同じ唱酬の仲間とは思えないほどである。しかし全祖望以外の批評もおおむね似たようなものが多い。全祖望よりや

や遅れて、法式善は次のようにいう。

近人南宋雜事詩徵引甚博、議者病其似作論、不似歌詩。(法式善『梧門詩話』卷六)

近人の南宋雜事詩徵引甚だ博く、議する者 其の論を作るに似て、歌詩に似ざるを病とす。

『南宋雜事詩』は、典故として引かれる内容が広範囲及び、故に論のようであって歌詩らしくない、と非難する者があるという。このように、注の典故や引用書籍が注目される度合いが高くなるにつれ、詩としては、評価が低くなつたものと考えられる。これは『四庫全書総目提要』の批評とほぼ同じである。文学として重視されなくなる一方、注に関しては、逆に注目されることとなる。以下に、詩注に関する批評をみてみる。

## (2) 注に対する評価

ここでは主に注についての評価を取りあげる。引用書、あるいはそれに基づく典故の多いことが、『南宋雜事詩』の最も特筆すべき点といえよう。

南宋雜事詩七卷。沈嘉轍、吳焯、陳芝光、符曾、趙昱、厲鶚、趙信等撰。七人皆杭產、以其鄉為南宋故都。所為詩主紀事典故、故皆註詩下。所引書幾千種、可謂博矣。(法式善『陶廬雜錄』卷三)

南宋雜事詩七卷。沈嘉轍、吳焯、陳芝光、符曾、趙昱、厲鶚、趙信等撰。七人皆杭の産にして、其の郷を以て南宋故都と為す。為る所の詩は紀事典故を主とし、故に皆詩の下に註す。引く所の書幾んど千種、博と謂うべし。

これは注の引用書籍の数が多く、内容が広きに渡ることを述べたものである。「引く所の書幾んど千種」とあるが、これは凡例に「群書を翻閲すること幾んど千種に及ぶ」とあるのによる。「博」との評価は、「提要」に「採拠浩博、所引書幾及千種(採拠すること浩博、引く所の書は幾んど千種に及ぶ。)」とあり、先にみた『梧門詩話』にも「徵引甚博(徵引甚だ博し)」とあるように、千種という書籍の数は、世間の注意を集めるものであった。厖大な書籍を見ることを可能にしたのは、参加者の中の趙昱、趙信、吳焯が杭州で名だたる蔵書家だったことによる。『南宋雜事詩』制作の場は、趙氏の蔵書楼である小山堂であり、書籍に埋もれる中で作成されたのが、この詩集だったのである。

また引用された典故も広範囲に及び、「詩七百首、隸事三千余条に至る」(杭世駿『詞科余話』卷三)と莫大な数に上る。単純に計算すると、七言絶句一首、二十八字に対し、平均4つから5つの典故が挙げてあることになる。引用の異常とも思える多さがわかるだろう。

『四庫全書総目提要』を見てみると、故実が『南宋雜事詩』に記録されていないことを、典故が稀観であることの基準としている記述がある。

密本南宋遺老、多識旧人旧事、故其所記佚篇断闕、什九為他書所不載。朱彝尊編詞綜、厲鶚編宋詩紀事、符曾等七人編南宋雜事詩、皆博採群書、号為繁富、而是書所載故实、亦

皆未嘗引拠、則希觀可知矣。(『四庫全書總目提要』卷一九五「浩然齋雅談三卷」)

密本と南宋の遺老、多く旧人旧事を識る、故に其の記す所の佚篇断闕、什に九は他書の載せざる所なり。朱彝尊 詞綜を編み、厲鶚 宋詩紀事を編み、符曾等七人 南宋雜事詩を編み、皆博く群書を探り、号して繁富と為す、而して是の書に載する所の故実、亦た皆未だ嘗て拠に引かざるは、則ち希觀知るべし。

宋に関する記述が、『詞綜』、『宋詩紀事』、『南宋雜事詩』に引かれていないので、その希觀であることがわかるというのは、宋に関しては、これらの書物が、いかに引用書目が多く、典故を広く収録しているかを示すものである。

ただ引用書目や典故の数が多いだけではだめで、『四庫全書總目提要』に「頗る考証に資する有り」と述べていたように、考証に堪えうる正確さがあつてこそ高い評価を得ることができる。

鶴嘗て信、符曾等の人と各の南宋雜事詩一百首を為り、自ら諸書を采りて之が注と為し、徵引浩博、史事を考うる者之を重んず。

歴史を考察する者が『南宋雜事詩』を重視した、というのは、詩注に対する最高の賛辞であろう。そもそも『南宋雜事詩』が『西湖遊覽志』を補うものとして作られたことは先に述べたが、『西湖遊覽志』の欠点の一つは、典故に書名を記していないために、「能く其の真偽を考証する莫し。」という点であった。ゆえに、「其の中に或は抵牾有れば事に隨いて考訂す。」と凡例で述べており、確かな考証を意識して注を作成している。こうした慎重な姿勢は、『南宋雜事詩』のみに見られるものではなく、厲鶚を始めとする参加詩人たちは、それぞれ常に同様の姿勢で著作、校訂、編纂などの作業に取り組んでいた。

(厲鶚)嘗撰宋詩紀事一百卷、南宋院画錄八卷、東城雜記二卷、又与同社作南宋雜事詩七卷、皆考証詳明、足以伝後。(『四庫全書總目提要』卷一七三『樊榭山房集』)

(厲鶚)嘗て宋詩紀事一百卷、南宋院画錄八卷、東城雜記二卷を撰し、又同社と南宋雜事詩七卷を作り、皆考証詳明、以て後に伝うるに足る。

これは厲鶚の『樊榭山房集』について述べたものであるが、厲鶚が『宋詩紀事』、『南宋院画錄』、『東城雜記』を撰したことを挙げ、『南宋雜事詩』を加えた上で、皆考証が詳細で明確であると述べている。厲鶚は自身の著作において、つねに考証に留意していたことがわかる。彼だけでは無く、藏書家たる趙昱や吳焯もまた書物を得るたびに校勘を行っていたという。<sup>(2)</sup>

また、他にも沈嘉轍、符曾は趙昱の小山堂に寄寓しており、<sup>(3)</sup>蔵書楼の書物に常に接して校訂に加わり、また同じメンバーで詩の唱和を繰り返すという暮らしを続けていた。皆詩人であると同時に学者でもあった。このような詩人たちが集まって作られたのが『南宋雜事詩』であり、考証に資すと称されるだけの詩注の豊富さと正確さは、そうした条件

が揃ってできたものといえよう。

#### 4. 南宋雜事詩の展開

##### (1) 南宋史料として

詩注に示す典故が、考証に堪えうるものとして高い評価を得て以来、南宋杭州に関する各種の地方誌や歴史書などでは、『南宋雜事詩』を引用するのが当然のようになった。『乾隆杭州府志』以降、杭州府志には『南宋雜事詩』注からの引用が多数見える。『全浙詩話』『全閩詩話』など、地方の詩話には、更に多くの引用が見受けられる。また各地を詠じた作品として、詩の部分が引用される場合も多い。例えば『乾隆杭州府志』卷十七「蓮花井」について「趙昱南宋雜事詩、十里山隄散客襟、芹芽菰米趁幽尋。雲甌初泛蓮花院、第一甘泉記小林。(趙昱南宋雜事詩、十里山隄 客襟に散じ、芹芽菰米 幽尋を趁う。雲甌初めて泛かぶ蓮花院、第一甘泉 小林を記す。)」を引く。

このように、考証に用いられる文献となつたために、またその誤りも指摘されるようになった。

談藪一巻、旧本題宋龐元英撰。……此書乃多述南宋寧、理兩朝事、相距百載、其偽殆不足攻。書中凡載雜事二十五条、皆他説部有、殆書賈鈔合旧文、詭立新目、售偽於藏書之家者。厲鶚等南宋雜事詩註、亦誤採之、蓋偶未考。然尤侗明史芸文志作於康熙己未、業已著錄、則其偽作自前明矣。(『四庫全書総目提要』卷一四三「談藪一巻」)

談藪一巻、旧本 宋龐元英撰と題す。……此の書乃ち多く南宋寧、理兩朝の事を述べるも、相距たること百載、其の偽殆ど攻むるに足らず。書中凡そ雜事二十五条を載するも、皆他の説部に有り、殆ど書賈旧文を鈔合し、詭りて新目を立て、售りて藏書の家を偽る者なり。厲鶚等の南宋雜事詩註、亦た誤りて之を探るは、蓋し偶ま未だ考せざればなり。

これは、書店が古い文章をつなぎ合わせて作り、藏書家に売ったという偽書を『南宋雜事詩』の注が誤って引用していることを指摘したものである。『南宋雜事詩』が信用できる文献という前提があるからこそ、このように誤りを指摘する必要があったのである。同様に提要は他にも『南宋雜事詩』の誤りを指摘する。

國朝初年、朱彝尊得射瀆抄本、自為之跋、……然跋中謂宏父名惇、以字行、則未免舛誤考。宋有兩曾宏父、其一名惇、字宏父、為曾布之孫、曾紓之子。後人避寧宗諱、多以字行、遂与此宏父混而為一、實則与作此書者各一人也。……近厲鶚等刻南宋雜事詩直題此書為曾惇撰、是又承彝尊之譌矣。(『四庫全書総目提要』卷八十六「石刻鋪叙二巻」)

國朝初年、朱彝尊 射瀆抄本を得て、自ら為之が跋を為る、……然れども跋中に宏の父名は惇、字を以て行わると謂うは、則ち考を舛誤するを免れず。宋有に兩曾宏父有り、其の一名は惇、字は宏父、曾布の孫、曾紓の子為り。後人 寧宗の諱を避けて、多く字を以て行わる、遂に此の宏父と混じりて一と為すも、実は則ち此書を作る者とは各の一人なり。……近ごろ厲鶚等 南宋雜事詩を刻し、直ちに此の書に題して曾惇撰と為す、是れ又彝尊の譌を承く。

これは、作者の名を朱彝尊が別人と取り違え、『南宋雜事詩』がその誤りをそのまま利用していることを指摘されたものである。間違いを指摘されているとはいっても、朱彝尊も、文献の精査には定評がある。『南宋雜事詩』も同じ理由で、四庫全書纂修官が目を通す対象となっていたことを、この資料は逆に示している。「提要」が指摘する誤りは、この二例に止まる。

## (2) 類似作、後継作の出現

『南宋雜事詩』の名声が高く、広く受け入れられたために、巷では『南宋雜事詩』に倣つた作が多く作られ、また続編も作られた。その例をいくつか見てみよう。

模詩法沈廷芳、呉穎芳諸先輩、少時与舒紹言、呉錫麒、姚思勤、項朝葵、呉錫麟、称城西六子、同賦新年雜詠、徵拏賅博、可与南宋雜事詩並伝。(『兩浙輶軒錄續錄』卷二十「黃模」)

模は詩 沈廷芳、呉穎芳諸先輩を法とし、少き時舒紹言、呉錫麒、姚思勤、項朝葵、呉錫麟と、城西六子と称し、同時に新年雜詠を賦すに、徵拏賅博、南宋雜事詩と並び伝わる。

黄模は、杭州の詩人である。同郷の同人達と「城西六子」を名乗り、「新年雜詠」を作ったという。その特徴は典故が該博であることで、その結果『南宋雜事詩』と並び称されたという。このことから杭州における『南宋雜事詩』の名声と類似作の普及を知ることができる。

更に『南宋雜事詩』の形式に倣いつつ、『南宋雜事詩』が詠じなかつた内容を詠じ、歴史書地方誌の欠落部分を埋めようとする作品群が現れた。

若擴摭旧事繫諸篇什、則有錢塘沈嘉轍、符曾輩合為南宋雜事詩七百首、頗為時所稱。然七子之作、以南宋為限斷。故南宋前後事、尚有所遺。吾友問渠陳君博覽嗜古、嘗作西湖雜咏二百首。(呉騫『愚谷文存』卷二「陳問渠西湖雜咏序」)

旧事を擴摭し諸を篇什に繫ぐがごときには、則ち錢塘の沈嘉轍、符曾の輩の合して南宋雜事詩七百首と為す有り、頗る時の称する所と為る。然れども七子の作、南宋を以て限断と為す。故に南宋前後の事、尚お遺す所有り。吾が友問渠の陳君博覽にして古を嗜み、嘗て西湖雜咏二百首を為る。

古い事実を拾い集めて詩の形にしたものとして『南宋雜事詩』が當時称賛されたことを挙げた上で、収録の範囲が南宋に限られ、前後の時代において遺漏があることを指摘し、それを補うために「西湖雜詠」二百首を詠じたというのである。『南宋雜事詩』が網羅しきれなかつた時代を、雜事詩という形式で作ることで、補作としようという試みである。

陶濬宣曰、明王埜著越詠、其書久佚、半樵先生統成越詠兩卷凡三百首。仿南宋雜事詩式、於詩後別作一行為題、以趙宋前為限、凡府縣志所載習見事屏不錄、博采遐稽、頗多佚聞、足補志乘。(『兩浙輶軒錄續錄』卷三十五「周調梅」)

陶濬宣曰く、明王埜越詠を著すも、其の書久佚し、半樵先生統けて越詠兩卷凡三百首を成す。南宋雜事詩の式に仿い、詩後に別に一行を作りて題と為し、趙宋前を以て限と

為し、凡そ府県志に載する所の習見の事は屏<sup>しりぞ</sup>けて録さず、博く采り遙く稽え、頗る佚聞多く、志乗を補うに足る。

ここに挙げられた「越詠」は約三百首に及ぶ大作で、『南宋雜事詩』の形式に倣い、北宋以前のことに限り、これまでの方誌になかった事跡を拾い集め、方誌を補うものとなっていると述べる。南宋に時代を限った『南宋雜事詩』にヒントを得て、手法を倣つて別の範囲に応用しようとした作品である。

樊謝諸人各成南宋雜事詩百首、於東都事、未遑纂也。乾隆己丑、吳鑑南留滯汴城、得汴京雜詠五十首。(『雪橋詩話第三集』七)

樊謝諸人 各の南宋雜事詩百首を作るも、東都の事に於いては、未だ纂するに遑あらざるなり。乾隆己丑、吳鑑南 汴城に留滞し、汴京雜詠五十首を得たり。

『南宋雜事詩』が杭州のみを描き、東都に及ぶ余裕がなかったというので、乾隆三十一年に汴城つまり元代の都、開封を題材として、『汴京雜詠五十首』を作ったという。これは、地域を変えて南宋雜事詩風の詩を作ろうとしたものである。

こうした例からわかるのは、『南宋雜事詩』が評判になった後、『南宋雜事詩』を意識した作品が多く作られ、特に同じ形式で地方を詠む詩が続々と生まれたということである。『南宋雜事詩』の参加者厲鶚の弟子である汪沆は、天津に移り住み、一人で『津門雜事詩』を詠じた。これも『南宋雜事詩』の後継作と言える。

そもそも清代は、地方の風俗を詠じた竹枝詞が流行した時代で、その傾向は『南宋雜事詩』以前から始まっている。<sup>(4)</sup> 雜事詩はもともと竹枝詞と同類のもので、竹枝詞が地方風俗を中心としたのに対し、宮中のこと、歴史上のことなど、広い範囲に及ぶ題材を取りあげるのが雑事詩である。「雑事詩」は博い知識が必要である反面、抒情詩と異なり、典故となる題材があれば、大作を作り易い作風であることも事実で、これが流行の一因でもある。後継作、類似作が多く登場した中で『南宋雜事詩』が際だっているのは、やはり注が稀観書を含む多くの書籍を用い、考証が確実であるという点と、複数の詩人の合作である点だろう。これだけの知識と詩才を兼ね備えた人材が一堂に会して作詩することは希有なことである。杭州詩壇がこの後名を挙げるのは、一地方都市にこれだけの人材が揃っていることを知らしめたからである。杭州では、『南宋雜事詩』の作り方を引き継ぐ作が相次いだ。先に見た吳騫の「西湖雜詠」、黃模らの「新年雜詠」は杭州での作であり、汪沆「津門雜事詩」百首は、杭州詩人が天津で作った作品である。

杭州を中心とした地域で、典故を多く用い、これまでに取りあげられなかった事跡や故実を詠ずる詩が流行するようになるにつれ、詩風に偏りが生まれた。それが同じ杭州詩人から痛烈な批判をあびることとなる。

## 5. 袁枚による批判

乾隆時代を中心に活躍した杭州詩人袁枚は、『南宋雜事詩』が話題になった乾隆元年の博学鴻詞にわずか二十一歳で推舉された、いわば同郷の後輩にあたる。『南宋雜事詩』の

流行とその影響を目の当たりにし、雑事詩の詩風に疑問を抱いていた。

古無類書、無志書、又無字彙、故三都両京賦、言木則若干、言鳥則若干、必待搜輯群書、広採風土、然後成文。果能才藻富艷、便傾動一時。洛陽所以紙貴者、直是家置一本、當類書、郡志讀耳。故成之亦須十年、五年。今類書、字彙無所不備。使左思生於今日、必不作此種賦。即作之、不過翻摘故紙、一二日可成。而抄誦之者、亦無有也。今人作詩賦、而好用雑事僻韻、以多為貴者、誤矣。(『隨園詩話』卷一)

古に類書無し、志書無し、又字彙無し、故に三都両京賦、木を言えば則ち若干、鳥を言えば則ち若干、必ず群書を搜輯し、広く風土を探るを待つて、然る後文を成す。果して能く才藻富艷なれば、便ち一時を傾動す。洛陽の紙貴き所以の者は、直ちに是れ家に一本を置き、類書、郡志に当てて読むのみ。故に之を成すに亦た十年、五年を須う。今類書、字彙に備わらざる所無し。左思をして今日に生まれしめば、必ず此の種の賦を作らす。即ち之を作るも、故紙を翻摘するに過ぎず、一二日にして成るべし。而して之を抄誦する者も、亦た有る無きなり。今の人詩賦を作りて、好んで雑事僻韻を用い、多きを以て貴しと為すは、誤りなり。

これは、雑事詩の流行に対する批判である。かつては類書も地方誌も辞書もなく、詩に物を詠ずるのに多くの書籍を調べる必要があった。時間をかけて作られた左思の三都の賦、両京の賦が洛陽の紙価を高からしめたのは、文学作品としてではなく、類書、地方誌としてである。今、類書も辞書もそろっているので、作ろうと思えば辞書を使ってあつという間にできるし、ありがたがる者もいない。なのに今的人が好んで雑事やめずらしい韻を使って詩をつくって、詩が多いのを貴いとするのは誤りである、というのである。僻韻は別として、他は明らかに『南宋雜事詩』に類する、詩の作り方を批判するものである。

また、詩の題材ではなく、詩に多くの注がつくことについても次のように言う。

吟詩自註出處、昔人所無。歐公譏元稹註「桐柏觀碑」、言之詳矣。況詩有待于註、便非佳詩。(『隨園詩話』卷四)

詩を吟ずるに自から出處を註するは、昔人の無き所なり。歐公 元稹の「桐柏觀碑」に註して、之を言うこと詳しきを譏る。況んや詩に註に待つあるは、便ち佳詩に非ず。

詩を作るのに自分で典故を注にするのはおかしいという。元稹が詳しい注をつけたことを欧阳脩が譏ったのはもとより、注に頼るような詩は優れた詩ではない、という。この言葉も、名前こそ出してないが『南宋雜事詩』の、注によって詩を詠む姿勢に対する批判である。また次の批評も、典故を多用する詩への批判である。

人有満腔書卷、無処張皇、當為考拏之學、自成一家。其次、則駢體文、儘可鋪排、何必借詩為壳弄。(『隨園詩話』卷五)

人に満腔の書卷有りて、処の張皇する無ければ、當に考拏の学を為して、自ら一家を成すべし。其の次は、則ち駢體文もて、儘く鋪排すべし、何ぞ必ずしも詩を借りて壳弄を為さんや。

書物の知識が豊富であるというなら、考証学をして一流となればよく、あるいは駢体文に羅列すればよいのであって、何も詩を借りて見せびらかさずともよいだろう、という。これも考証が確かだとして高い評価を得た『南宋雜事詩』の詩風への批判である。先に述べたように、『南宋雜事詩』以降、杭州詩人を中心に、盛んに雜事詩の形式に倣った作品が作られた。その詩風はおおむね、一般的でない典故を多く用い、自注がつけられる。更には雜事詩となると五十首、百首という連作になることが多かった。こうした特徴を持った一派は、浙派と称される。

吾鄉詩有浙派、好用替代字、蓋始于宋人、而成于厲樊榭。……樊榭在揚州馬秋玉家、所見説部書多、好用僻典及零碎故事、有類庶物異名疏、清異錄二種。董竹枝云、偷將冷字騙商人。責之是也。(『隨園詩話』卷九)

吾が郷の詩に浙派有り、好んで替代字を用うるは、蓋し宋人に始まりて、厲樊榭に成る。……樊榭　揚州馬秋玉が家に在りて、見る所の説部の書多く、好んで僻典及び零碎の故事を用い、庶物異名疏、清異錄二種に類する有り。董竹枝云う、冷字を偷將して商人を騙す、と。之を責むるは是なり。

袁枚の故郷杭州を中心とする浙江に生まれた浙派と称される詩人達は、一般的でない字を用いる傾向が強いのだが、それは宋代から始まって清の厲鶚にいたって完成した、という。厲鶚は『南宋雜事詩』の作者の一人である。袁枚は厲鶚が揚州の塩商であり蔵書家である馬曰琯の元に寄寓していたために、「説部」という、経典以外の雑多な書物を見ることが多く、ゆえに一般的でない典故や細かい故事を用いることができたのだと指摘し、その結果、詩は異名を記した書物や、筆記小説類の清異錄のごときものとなって、詩ではなくなった、と批判する。見慣れない文字で商人を騙す、というのは、塩商の蔵書を使った詩風を嘲るものである。ここに出てくる「説部」の語は、『四庫全書総目提要』で「南宋雜事詩」の特徴を「萃説部之菁華（説部の菁華を萃む）」と述べるところに見える語でもあり、袁枚が批判しているのが『南宋雜事詩』もしくはその類似作であることは明白である。詩とは性情を詠ずるもの、とする袁枚から見れば、典故や注で見た目を飾り、恰も知的に見せかけるだけの詩は、本来の詩ではなかつたろう。杭州から生まれ、杭州の名声を挙げた詩風が、同じ杭州人によって徹底的に否定されたことは、興味深いことである。

### おわりに

『南宋雜事詩』は、詠史詩ではあるが、龐大な蔵書を背景にした典故の数と、引用された貴重な書目とによって、歴史資料を補う文献として評価された特異な作品である。発表当時は詩句と注釈とともに評価する動きがあったものの、やがて歴史書を補うべき内容を含んだ注釈の評価のみが高くなっていく。これは清朝考証学全盛の時代背景とともに理解されるべきものだろう。近藤光男氏は、清代考証学者惠棟の「漁洋山人精華錄訓纂」の注について、「この書における恵氏の関心は、漁洋当時における事実の蒐輯と保存とに在り、また地理の研究に在つたのであり、考拠家の詩注として清朝学人の詩の系譜においてかんがえるべきものである。」と述べている。<sup>(5)</sup> 惠棟は注をつけるのみであって、作詩をする

わけではないので、『南宋雜事詩』とは事情が異なっているのだが、例えば文選李注などの、文意を解釈する注ではなく、詩の背景となった時代の地理など、事実を示すことを注の役割とする傾向が強くなっていたのは事実である。査慎行の『補注東坡先生編年詩』も、地理の考証に詳しいことが知られている。こうした考証学の流れの中で、『南宋雜事詩』も評価され、また類似作が多く作られることになったのである。

豊富な文献を引用した注が、詩句を離れて更に地方誌や歴史書に引用され、時代の考証に堪えうる文献の一つとして扱われるようになったことが、詩集の評価を高めると同時に、詩の文学性への批判へと繋がることにもなった。袁枚は、『南宋雜事詩』の詩人達と直接交流があったにもかかわらず、真っ向から反対の意をとなえている。ただ、『南宋雜事詩』を直接批判するというよりも、その後に杭州を中心に続いた、一見知的でありながら、実は安易で無個性な「雜事詩」を大量に作る、類似の作品群とその作者たちに向けての批判といえる。それだけ『南宋雜事詩』が時代に与えた影響が大きかったともいえるだろう。清代という、学問と詩とが危ういバランスをはかった時代の特徴を表すのが、この『南宋雜事詩』だったと言える。

#### 注

- (1) 本稿では底本に、早稲田大学所蔵の芹香齋刊本を用いた。同時に排印本である、虞万里校点『南宋雜事詩』(浙江古籍出版社 1987) を参照した。
- (2) 『清史列伝』卷七十一に「趙昱……築小山堂藏之、不二十年挿架之盛、幾与曠園埒。時錢塘吳焯亦好藏書、每得一異本、昱必鈔存校勘、為之跋語。(趙昱……小山堂を築き之を藏し、二十年ならずして挿架の盛、幾ど曠園と埒し。時に錢塘の吳焯も亦た藏書を好み、一異本を得る毎に、昱必ず鈔存して校勘し、之が跋語を為る。)」とある。
- (3) 趙昱『春草園小記』「二林吟屋」に「昔沈欒城、符薦林、袁南垞嘗て假館焉。(昔沈欒城、符薦林、袁南垞嘗て焉に假館す。)」とある。
- (4) 張仲謀は『清代文化与浙派詩』(東方出版社 1997) で「清代詩壇上の竹枝詞創作風氣甚盛、構成了清詩題材内容方面的一大特色。(清代詩壇での竹枝詞創作の風潮は非常に盛んで、清詩の題材の内容の大きな特色となっている。)」と竹枝詞流行の風潮を指摘する。
- (5) 近藤光男「詩注の難きこと - 清朝における詩文校注の学について -」(『漢文学会会報』〈現称『國學院中国学会報』〉第 28 輯 1982)。

※本論は平成二十六年～二十八年度科学研究費補助研究 基盤研究(C) 26370421「乾隆時代における、移動する杭州詩人集団の変質と展開に関する研究」の研究成果の一部である。

## The Acceptance and Development of "*Southern Song Dynasty Chore Poem*" in Qing-Periode

Nobuko ICHINOSE

*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University*

**Abstract:** "Southern Song Dynasty Chore Poem" is an anthology including seven volume, and made by seven Hangzhou poets of Qing-periode. Their theme was the traditional episode of Southern Song Dynasty. The name of these seven poets are Shen Jiazhe, Wu Zhuo, Chen Zhiguang, Fu Ceng, Zhao Yu, Li E, Zhao Xin. Each poet made 100 poems except Fu Ceng, who made 101 poems, and this anthology is famous on the literary history as the great historypoem, including 701 poems.

The form of this anthology is like this: every poem treats the traditional episode of Southern Song and at the end of them added the notes. These notes gave the historical fact or historical materials with the name of quoted books. The quantity of notes absolutely surpassed more than poems. We have thousands of historical materials, thousand of quoted books against 701 poems. Therefore, they quote from "Southern Song Dynasty Chore Poem" more notes than poems till now, so we often deal with it as historical materials than anthology. But at that time of its publication there were many estimation as poem.

So we'd study how " Southern Song Dynasty Chore Poem " received and developed from many comments at Qing-periode.

**Keywords:** Southern Song Dynasty Chore Poem, Hangzhou, Yuan Mei

福山平成大学経営学部紀要  
第 11 号 (2015), 27—32 頁

## HTML5 および Javascript による グラフィックスビューアとその応用

尾崎誠・福井正康  
福山平成大学経営学部経営学科

**要旨：**我々は教育分野での利用を目的に社会システム分析に用いられる様々な手法を統合化したプログラム College Analysis を Windows 上で作成してきた。今後はその汎用性を高めるためにブラウザ上で動作させるために HTML5 への移植を進めている。この論文では、グラフィック表示をブラウザ上で表示するために作成したグラフィックスビューアの詳細とそれを利用するプログラムの概要について説明する。

**キーワード：**College Analysis、HTML5、Javascript、グラフィックス

### 1. はじめに

我々は、統計学、経営科学、意思決定、数学などの分野で、様々な分析プログラムを作成し、社会システム分析ソフトウェア College Analysis<sup>1)</sup>として統合化してきた。その開発は Visual Basic により Windows 上で行ってきた。だが、近年のタブレット端末等の急速な普及により、他の OS での動作の必要性に迫られてきている。だが、それぞれの OS に対して College Analysis を移植するのは大変手間であり、互換性の確保も容易ではない。そこで、College Analysis をブラウザ上で動作するように移植し、それぞれの OS で動作させることを次の課題とした。今回は、その中でも基本となるグラフィック表示に焦点をあて、HTML5 および Javascript により開発を行った。我々は既に外部ファイルからデータを読み込んでグラフィック表示を行う 3D ビューア<sup>2)</sup>を HTML5 および Javascript により開発を行っているが、外部ファイルを利用しているためにタブレット端末等では外部ファイルの読み込みに工夫が必要となるなどの問題があった。そこで今回は HTML5 の新機能である Web Storage 機能を利用することで、外部ファイルを利用することなく各ウィンドウ間でのデータの受け渡しを可能とした。これにより、グラフィック表示プログラムに対して他のプログラムからのデータの受け渡しを簡単に行えるようになった。また、HTML5 においてグラフィック表示には、汎用的であるが描画速度に劣る Canvas とハードウェアのサポートが必要であるが描画速度の高速な WebGL とがある。今回は汎用性を重視して Canvas を使用している。グラフィックの表示の際には、マウスで視点を動かしてリアルタイムにどこからでも図形の形状を眺めることができることを目指した。ブラウザ上でのリアルタイムでの操作が可能となると、プログラムの動作スピードなどの確認ができるので、今後の利用への可能性が見えてくる。このグラフィック表示部分を独立させてグラフィックスビューアと名付け、様々なプログラムから呼び出して使うようとする。これによって画像の取り扱いが単一になり、デバッグなども楽になる。

データ形式を整理するために取り組んだ応用プログラムは、2 変量関数グラフを表示す

るプログラムである。これは関数の値を計算し、グラフィックスビューアに渡すデータを作成するものである。グラフィックデータの構造を考える上でこのプログラムは役に立った。グラフィックは、基本的に、点、線、多角形で構成される。構造の詳細については後に述べる。関数の値を求めるプログラムやグラフの目盛り設定を行う関数は College Analysis から移植し、ユーティリティーとして他のプログラムから読み込んで利用できるようにしている。

## 2. グラフィックスビューア

この章では、グラフィックスビューアのデータ構造と動作について、2変量関数グラフのデータを元に説明する。2変量関数グラフからグラフィックスビューアを用いて  $z = \sin(x) + \cos(y)$  のグラフを描くと、初期画面は図 2.1 のようになる。ブラウザ上でのグラフィックの描画領域の大きさは  $500 \times 500$  とした。これは、タブレット端末だけではなく、スマートフォンでの実行を可能にするためである。このグラフィックス描画領域内でマウスをドラッグすると、図 2.2 や図 2.3 のような別角度からの図が見られる。

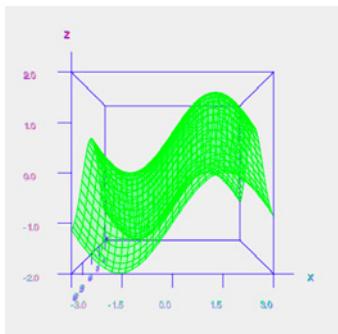


図 2.1 2 变量関数グラフの出力画面

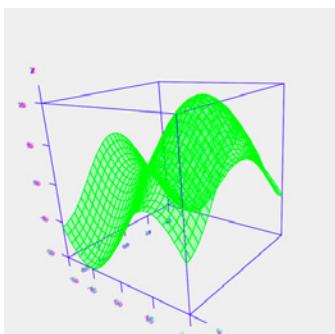


図 2.2 2 变量関数グラフ別角度 1

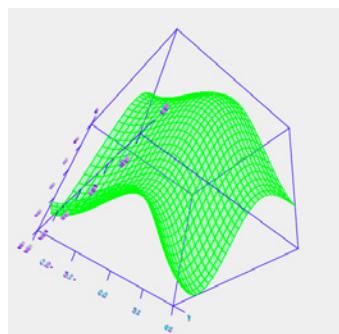


図 2.3 2 变量関数グラフ別角度 2

グラフィック描画領域内でマウスの左ボタン押して上下に動かすと、物体の中心周りに z 軸を前後に傾けることができ、左右に動かすと、z 方向周りの回転となる。これ以外にマウスのホイールによって図までの距離を変えることができる。極端に近づけると図の中まで入り、向こう側へ通り抜けることもできる。

図は実際の大きさに関係なく、初期画面では、常に中心を真ん中にして、画面内に適当な大きさで表示される。それ以降の移動によっては当然画面からはみ出することもある。図は表示される対象によって、3D モデルのようにすべての軸が同一単位で表示されたり、3D グラフのように軸の縮尺が違って表示されることがある。この 2 変量関数の場合は後者である。図形は (0, 0, 0) の点を中心で表示される。初期の視点は y 軸方向に図形の大きさに対して -2.5 倍の位置に設定している。この時、図形の xyz 軸での最大幅を図形の大きさとしている。グラフィックスビューアに表示される画像は、透視投影法により描画される。この時の視野角は 45°、縦横比は 1、視点から視体積の手前までの y 方向への距離を 1、視点から視体積の奥までの y 方向への距離を 10,000 としている。投影面は視野角が 45° のので、視点より y 方向への距離が 480 の位置に 500×500 の大きさで設定される。視点と物体の点を結ぶ直線がこの平面と交わる点に描かれる。マウスホイールによって物体が近づく際、投影面より視点に近付いてもよい。但し、物体の描画要素の一部が視点を超えるとその描画要素は表示しないようにする。このようにすることで物体を内部から見ることもできるようになる。

他のプログラムからのデータの受け渡しは Web Storage 機能を使用して行う。受け渡されるデータは、xyz それぞれの最大値および最小値、図形の大きさ、軸変数、描画要素である。Web Storage では文字列しか扱えないため、これらのデータは文字列に変換して受け渡しを行う。描画要素は配列に格納されているため、JSON 形式の文字列に変換し受け渡しを行い、グラフィックスビューア側で受け取った際に元の配列に変換している。

ここでグラフィックスの描画要素について説明を行う。描画はこの描画要素単位で行われる。描画要素は、点、線、多角形であり、データは以下のような CSV 形式で与えられ、配列に格納される。ただし、1 行目には描画要素の数が格納されており、実際の描画要素のデータは 2 行目以降に格納されている。

データナンバー , 頂点数 , 色データ , 不透明度 , x1, y1, z1, x2, y2, z2, x3, y3, z3, x4, y4, z4

この文字列が描画の 1 単位を表す。頂点数は描画の構成点数を与える。例えば、点では 1、線では 2、三角形で 3、四角形で 4 となる。現在は四角形までが表示できるようになっている。色データは RGB の値を HEX 形式で与える (0x000000 ~ 0xffffffff)。不透明度は、描画要素が三角形および四角形の場合に使用され、0 から 1 の値を取る。0 で完全透明となり、1 で完全不透明となる。頂点座標は描画要素の頂点数により必要な数だけ与えられ、不必要的所は空データが入る。グラフ表示の場合、不透明度により「フレーム」、「面+フレーム」、「面」と、面とフレームの表示・非表示を決めることができる。不透明度を 0 とすれば「フレーム」表示となり、1 とすれば「面」表示となる。また、間の値を取ると「面+フレーム」表示となる。図 2.4a、図 2.4b、図 2.4c にそれぞれの形式の画面を示す。

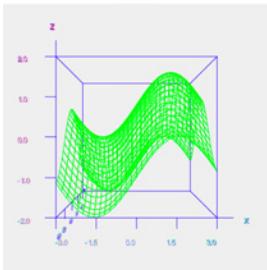


図 2.4a フレーム表示

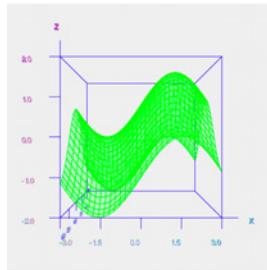


図 2.4b 面 + フレーム表示

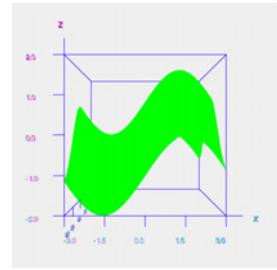


図 2.4c 面表示

軸変数によって座標軸の表示・非表示が決められる。軸変数が 0 であれば座標軸は非表示となり、1 であれば表示となる。図 2.5 に座標軸を非表示にした場合の画面を示す。座標軸の目盛りは xyz それぞれの最大値および最小値から経験的に見やすくなる値を目盛り設定用の関数を作成して決めている。

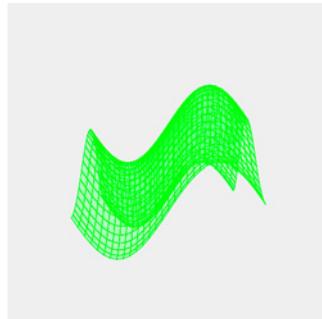


図 2.5 座標軸の非表示

### 3. グラフィックスビューアの利用

この章では、グラフィックスビューアを利用するプログラムを紹介して、全体像を明らかにする。グラフィックスビューアを利用するプログラムとして最初に取り組んだものが、2 变量関数グラフである。このようなグラフを表示するプログラムは多く存在するが、我々は完全に自由な方向と距離からグラフを見ることができることを目指した。図 3.1 に初期画面を示す。

基本的な利用方法は、数式をテキストボックスに例で与えられるような数式を書き込み、「グラフ描画」ボタンをクリックする。このグラフの描画結果は 2 章の例になっている。数式を入力する際に、よく使用される関数および定数はメニューで示してある。また、このプログラムではテキストボックスに書かれた複数の数式を 3 つまで同時にグラフ化

できる。複数のグラフを同時表示したものを図 3.2a と図 3.2b に示す。グラフの xy 方向の分割数も指定することができる。デフォルトでは 30 となっている。また、不透明度も 0 ~ 1 の値で指定できる。デフォルトでは 0.2 となっている。関数の値を求めるプログラムやグラフの目盛り設定を行う関数は College Analysis から移植し、ユーティリティーとして他のプログラムから読み込んで利用できるようにしている。

数式  $z = \sin(x) + \cos(y)$ 
分割数 =  不透明度 =

x (最小値) = 
x (最大値) =

y (最小値) = 
y (最大値) =

例  $1/(2*pi)*(exp(-(x^2+y^2)/2))$   
 変数名は x, y を使って下さい。

利用可能な関数と定数

SIN(), COS(), TAN(), ATAN(), EXP(), LOG()  
 LOG10(), SINH(), COSH(), TANH()  
 INT(), ABS(), THETA(), DEF()  
 PI[=pi], EP[=e], RND[=Rnd()]

図 3.2a 変量関数グラフメニュー

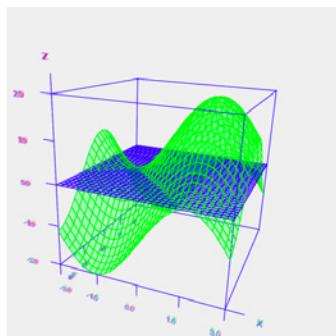


図 3.2a 複数グラフの表示 1

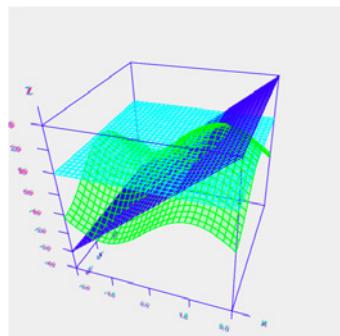


図 3.2b 複数グラフの表示 2

#### 4. 考察

Web Storage を利用してデータを受け渡すことでグラフィックス表示部分を独立させ、グラフィックスビューアとすることことができた。現在はグラフィックスビューアを利用するプログラムとして 2 変量関数グラフしか開発していないが、今後利用するプログラムを増やしていく予定である。グラフィックスビューアによりブラウザ上で図形をリアルタイムで動かして見ることができるようにになったことは大きい。これは、画面上では形状を把握しにくい 3 次元図形の理解に役立つであろう。

今後はアニメーション表示にも取り組みたい。アニメーション表示が可能となれば、物理シミュレーション等への応用が可能となり、ブラウザ上で動作する College Analysis の機能をさらに増やすことができる。

HTML5 をサポートしているブラウザでのグラフィックスビューアの動作も確認できた。HTML5 をサポートしているブラウザであれば、パソコン、タブレット端末、スマートフォンでグラフィックスビューアを利用でき、今回の目的であるさまざま OS での利用が可能となった。これは、今後の College Analysis 移植について道筋が見えたと言える。

また今回のグラフィックスビューアの開発により、ブラウザでのグラフィックの取り扱い方法や表示速度について我々は多く学ぶことができた。現在は汎用性を重視してグラフィック表示を Canvas により行っている。これは、一部のタブレット端末が WebGL をサポートしていないためである。Canvas では表示速度が遅いため、今後のプログラムではこれが問題になるかもしれない。全てのタブレット端末が WebGL をサポートすれば、WebGL を使用することで表示速度を向上させられるので、今後の動向に注目したい。

#### 参考文献

- 1) 社会システム分析のための統合化プログラム 16 – 3D ビューアとその応用–, 福井正康, 尾崎誠, 石丸敬二, 福山平成大学経営学部経営研究, 7 号, (2011) .
- 2) HTML5 による 3D ビューアの開発, 尾崎誠, 福井正康, 福山平成大学経営学部経営研究, 7 号, (2011) .

---

## Graphics Viewer with HTML5 and Javascript, and its Application

Makoto OZAKI, Masayasu FUKUI

*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University*

**Abstract:** We have developed on Windows the College Analysis, a program into which various methods of analyzing social system are synthesized so that it can be utilized in educational fields. In order to make it usable more generally, we are porting it to HTML5 for it to be executed on browsers. This study gives a detailed description of a Graphic Viewer developed to make graphics viewable on browsers and provides an overview of a program to use it.

**Keywords :** College Analysis, HTML5, Javascript, Graphics.

福山平成大学経営学部紀要  
第11号(2015), 33—46頁

## Development of a Readability Index Attuned to the New English Course of Study of Japan: Development of Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.3nhsnc

Toshiaki OZASA, Masayasu FUKUI and Mitsuhiro HOSOKAWA

*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration  
Fukuyama Heisei University*

**Abstract:** Since 2007, we have been engaged in developing readability indices attuned to the English textbooks based on the English Course of Study of Japan, and have developed readability indices, Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 1, 2 and 2.1. However, the Course of Study was revised and put into force from 2012 on, which made it necessary to update these English readability indices. This paper is the fourth interim report of a project that aims to develop new readability indices that are attuned to the new English teaching system of Japan. In the first phase, three sets of representative English textbooks of Japan were digitized in order to develop readability criterion, textbook-based word dictionary and textbook-based idiom dictionary. In the second phase, first, a multiple regression analysis, a linear analysis, was computed, using sentence length, word length, textbook-based word difficulty and textbook-based idiom difficulty as independent variables and the year of passages as a dependent variable, which yielded a linear function (*Diff*). Then, non-linear analyses were computed, using experts' readability judgment of selected English sentences as a dependent variable and the obtained linear function (*Diff*) as an independent variable. The computation yielded a non-linear function expression for Ver. 3.3nhsnc. Ver. 3.3nhsnc = 3.8468 / (1 + 768.4659\*exp(-2.5978\**Diff*))+0.9 (*Diff* = 0.0905\*Words/S + 0.3362\*Syllables/W + 0.5483\*WordDiff/W + 0.0534\*IdiomDiff/S + 0.4960) ( $r^2=0.7829$ )

**Keywords:** Measuring Readability, English Course of Study of Japan, Least squares method, Non-linear analysis, Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.3 nhsnc,

### 0 Introduction

Since 2007, we have been engaged in developing readability indices for measuring readability, based on the textual data of the English textbooks for junior and senior high schools of Japan. In an attempt to develop indices for measuring the readability of EFL texts used in the Japanese formal education context, we have so far developed three readability indices, Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 1, 2, and 2.1, which are attuned to the English Course of Study of Japan (effective 2002-2011 for junior high school, 2003-2012 for senior high school). The main features of the three readability indices developed under this scheme are outlined in Table 1, along with other newly developed ones.

In developing Ver. 1, a series of multiple regression analyses, i.e., linear analyses, were computed using sentence length, word length, textbook-based word difficulty and textbook-based idiom difficulty as independent variables and year level of EFL textbook sentences as a dependent variable. These analyses yielded a linear function expression with a prediction rate ( $r^2$ ) of 0.413, which was judged as weak as a readability index.

In developing Ver. 1, the readability criterion used as a dependent variable was year level of the textbooks (five levels), in which a sentence which appears in a textbook was automatically allotted a year level of that particular textbook. A detailed close examination of the results of the multiple regression analyses, however, revealed that the criterion was not accurate enough as a dependent variable to guarantee a high prediction rate.

Table 1 Versions of O-F Year Level Compared

Version	$r^2$	Dependent variable			Independent variable	Analysis
		Evaluation	Level Number	Datum size		
1	0.413	Objective	5	Big <sup>*1</sup>	4 <sup>*2</sup>	linear
2	0.824	Empirical (3)	50	126	4	nonlinear
2.1	0.822	Empirical (3)	50	916	4	nonlinear
3.1nh	0.7902	Empirical (3)	40	546	4	nonlinear
3.1nc	0.8373	Empirical (3)	40	151	4	nonlinear
3.1nhnc	0.7502	Empirical (3)	40	697	4	nonlinear
3.2nh	0.9144	Empirical (3)	40	157	4	nonlinear
3.2nhnc	0.8236	Empirical (3)	40	308	4	nonlinear

<sup>\*1</sup>All sentences contained in 15 vols. of the textbooks.

<sup>\*2</sup>Sentence length + word length + textbook word difficulty + textbook idiom difficulty

In order to address the above problem, in the development of Ver. 2, an attempt was made to develop a new readability criterion as a dependent variable for the second-phase analysis, i.e., nonlinear analysis. First, in the first-phase analysis, a multiple regression analysis, a linear analysis, was computed, using sentence length, word length, textbook-based word difficulty and textbook-based idiom difficulty as independent variables and the year (mean values) of all the passages of all of the English textbooks used in the analysis as a dependent variable, which yielded a linear expression (*Diff*). Then, in the second-phase analysis, non-linear analyses were computed, using experts' readability judgment as a dependent variable and the linear function (*Diff*) as an

independent variable. The measure used for the dependent variable was a new criterion specifically developed for this analysis, which is based on the intuitive judgment of 126 sentences selected from two sets of the Japanese EFL textbooks (10 volumes in total) by three experienced Japanese EFL teachers who are well familiar with the EFL textbooks and teaching at middle-grade schools in Japan. The analyses yielded a nonlinear function expression with the prediction rate ( $r^2$ ) of 0.824 for the index of Ver. 2, which proved to be a drastic improvement in the quality of the index.

In the development of Ver. 2.1, the technique and procedure employed were basically the same as those used for Ver. 2, the only difference being in the size and kinds of the dependent variable used in the second phase of the analysis; the number of the data used in the second phase was 916 and the kinds of English textbooks used were three sets of representative Japanese EFL textbooks (15 volumes in total). The analysis yielded a nonlinear function expression (*NewDiff*) which proved to be nearly as powerful in explanatory power ( $r^2=0.822$ ) as the previously obtained nonlinear function for Ver. 2.

In the meantime, a new educational system was effected in 2012 in Japan; a newly revised English Course of Study was put into practice in 2012 for junior high school and 2013 for senior high school. To cope with this situation, a new project was launched to develop new readability indices that are exactly attuned to the newly revised English Course of Study. The basic analysis procedure employed was the same as that of Ver. 2 and 2.1.

In the first phase, a multiple regression analysis, a linear analysis, was computed, using sentence length, word length, textbook-based word difficulty and textbook-based idiom difficulty as independent variables and the textbook year of passages as a dependent variable, which yielded a linear function (*Diff*). In the second phase, nonlinear analyses were computed, using the empirical judgment of English sentences as a criterion as a dependent variable and the linear function (*Diff*) as an independent variable.

The analyses, reported in Ozasa, Watanabe, Uenishi & Hosaka (2013), Fukui, Ozasa & Hosokawa (2013), yielded five nonlinear function expressions for the five versions of Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.1nh, Ver. 3.1nc and Ver. 3.1nhnc, Ver. 3.2nh and Ver. 3.2nhnc (See Table 1). In developing Ver. 3.1nh, experts' readability evaluation of 546 English sentences selected from *New Horizon English Course, 1, 2 & 3*, and *Prominence English Communication 1* was used as a measure for the dependent variable, which yielded a nonlinear function expression with the prediction rate ( $r^2$ ) of 0.7902. In developing Ver. 3.1nc, experts' readability evaluation of 151 English sentences selected from *New Crown English Series 1, 2 & 3* and *Crown English Communication 1* was used as a measure for the dependent variable, which yielded a nonlinear function expression with the prediction rate ( $r^2$ ) of 0.8373. In developing Ver. 3.1nhnc, experts' readability evaluation of 697 English sentences selected from *New Horizon English Course 1, 2 & 3*, *Prominence English Communication 1*, *New Crown English Series 1, 2 & 3*, and

*Crown English Communication 1* was used as a measure for the dependent variable, which yielded a nonlinear function expression with the prediction rate ( $r^2$ ) of 0.7502. In developing Ver. 3.2nh, experts' readability evaluation of 157 English sentences selected from New Horizon English Course 1, 2 and 3, and *Prominence English Communication 1*, was used as a measure for the dependent variable, which yielded a nonlinear function expression with the prediction rate ( $r^2$ ) of 0.9144. Finally, in developing Ver. 3.2nhnc, experts' readability evaluation of 308 English sentences selected from the two sets of English textbooks mentioned above, was used as a measure for the dependent variable, which yielded a nonlinear function expression with the prediction rate ( $r^2$ ) of 0.8236.

The prediction rates of these functions were 0.7902 for Ver. 3.1nh, 0.8373 for Ver. 3.1nc, 0.7502 for Ver. 3.1nhnc, 0.9144 for Ver. 3.2nh and 0.8236 for Ver. 3.2nhnc, respectively. These data indicate that the validity of the functions have been being improved from the 3.1 versions to the 3.2 versions.

## 1 Aim

The present paper aims to develop a new readability index, i.e., Ver. 3.3nhsnc, of higher quality in prediction or explanation that is attuned to the newly revised English Course of Study effected in 2012 and 2013, based on the digital data of the three sets of Japanese representative English textbooks for junior and senior high schools.

## 2 Method

First, a multiple regression analysis, a linear analysis, was computed, using sentence length, word length, textbook-based word difficulty and textbook-based idiom difficulty as independent variables and the year of all the passages of the textbooks used in the analysis as a dependent variable, which yielded a linear expression (*Diff*).

Then, non-linear analyses were computed, using experts' judgment of English sentences as a dependent variable and the linear function (*Diff*) as an independent variable. The measure used for the dependent variable was a new criterion specifically developed for this analysis, which is based on the intuitive judgment of sentences selected from the two sets of the Japanese EFL texts by three experienced Japanese EFL teachers including the first author, who are well familiar with the status quo of the English textbooks and teaching of middle-grade schools in Japan. The textbooks used were as follows.

*New Crown English Series 1, 2 & 3*. [Junior high school] 2012, Tokyo: Sanseido.

*Crown English Communication 1*. [Senior high school] 2013. Tokyo: Sanseido.

*New Horizon English Course 1, 2 & 3*. [Junior high school] 2012, Tokyo: Tokyo Shoseki.

*Prominence English Communication, 1*. [Senior high school] 2013. Tokyo: Tokyo

Shoseki.

*Sunshine English course 1, 2 & 3.* [Junior high school] 2012. Tokyo: Kairyudo.

*Discovery English Communication 1.* [Senior high school] 2013. Tokyo: Kairyudo.

More specifically, in the present study, two versions of readability indices were developed; first, Ver. 3.2s was developed using the data from one set of textbooks, i.e., *Sunshine English course 1, 2 & 3* and *Discovery English Communication 1*, and second, Ver. 3.3nhsnc was developed using the data from all of the three sets of textbooks mentioned above. The computation was carried out using Fukui's *College Analysis*, a statistics computer program developed for social studies by Masayasu Fukui at Fukuyama Heisei University.

### 3 Results and Discussion

#### 3.1 Development of Ver. 3.2s

The procedure employed in developing Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.2s (*s* stands for *Sunshine*), was the same as that of Ver. 3.2nh and Ver. 3.2nc. First, a multiple regression analysis, a linear analysis, was computed, using sentence length, word length, textbook-based word difficulty and textbook-based idiom difficulty as independent variables and the school years of all the passages of the *Sunshine* textbook set as a dependent variable. The textbooks used for the analysis were four volumes of the *Sunshine* set, i.e., *Sunshine English Course 1, 2 & 3* and *Discovery English Communication 1*. The following is the results of the linear regression analysis.

Object Variable	Year
Explanatory Variables	Words/S, Syllables/W, WordDiff/W, IdiomDiff/S
Number of Data	1549
Regression Exp.	Diff =
	0.0732*Words/S+0.4731*Syllables/W+1.1184*WordDiff/W+0.1214*Idiom
	Diff/S-0.2274
Coeff. Det. R <sup>2</sup>	0.2661
Multi. Corr. R	0.5158
Adjusted Corr. R'	0.5140

As is shown in the analysis data above, the computation yielded the following regression expression (Diff).

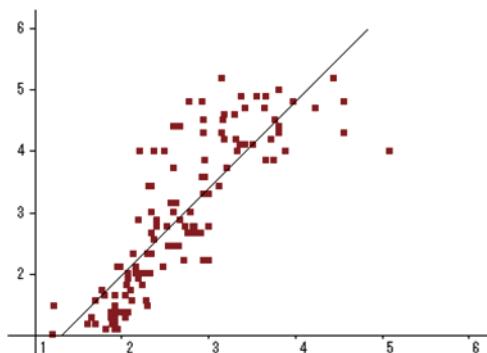
$$\text{Diff} = 0.0732 * \text{Words/S} + 0.4731 * \text{Syllables/W} + 1.1184 * \text{WordDiff/W} + 0.1214 * \text{IdiomDiff/S} - 0.2274 \quad (\text{Diff})$$

Using the obtained regression expression above, the coefficient correlations were computed between the readability values of the experts' criterion (*Year*) and the estimation of the obtained regression expression (*Diff*), between *Year* and the estimation of Flesch Reading Ease, and between *Year* and the estimation of Flesch-Kincaid Grade Level. Table 2 shows the results of the analysis. As is clear in Table 2, the *Diff*'s correlation with the *Year* ( $r = 0.8298$ ) proved to be the highest among the three correlations computed.

Table 2 Coefficient correlations between Year and the 3 indices

	Year	Diff	F RE	F-K GL
Year	1.0000	0.8298	-0.5216	0.6524
Diff	0.8298	1.0000	-0.4880	0.6156
F RE	-0.5216	-0.4880	1.0000	-0.9530
F-K GL	0.6524	0.6156	-0.9530	1.0000

Figure 1 shows the relationship between the experts' readability evaluation (*Year*) and regression expression (*Diff*) with *Year* on the *y*-axis and *Diff* on the *x*-axis, in which the linear line represents the regression line.

Figure 1 Relationship between *Year* and *Diff*

At the second phase, least squares analyses, non-linear, were computed, using the experts' readability judgment of 126 English sentences selected from the *Sunshine* data as a dependent variable and the resultant linear function (*Diff*) as an independent variable. The computation yielded two non-linear function expressions, the Gompertz solution and the Logistic solution. The Gompertz solution is detailed in the following analysis result.

Object Variable	Year
Expression	NewDiff = a*exp(-b*c^Diff)+1
Optimal Solution	
A	3.6565
B	64.1815
C	0.1610
Num. of Cases	126
Num. of Solutions	1
Least Sq. Value	45.2686
Obs/Pred R	0.8776
Obs/Pred R <sup>2</sup>	0.7702

As is shown in the analysis data above, the computation yielded the following nonlinear function expression (*NewDiff*).

$$\begin{aligned} \text{NewDiff} = & 3.6565 * \exp(-64.1815 * 0.1610^{\wedge} \text{Diff}) + 1 \\ (\text{Diff} = & 0.0732 * \text{Words/S} + 0.4731 * \text{Syllables/W} + 1.1184 * \text{WordDiff/W} \\ & + 0.1214 * \text{IdiomDiff/S} - 0.2274) \end{aligned}$$

The explanatory rate of this solution ( $r^2$ ) proved to be 0.7702, which is not as high as expected, lower than that of Ver. 3.1nh (0.7902). Presumably, it is necessary to closely re-examine and improve the readability evaluation measure used for the development of this version. Figure 2 shows the dispersion of the Gompertz predictions and the line of *NewDiff* (Gompertz prediction).

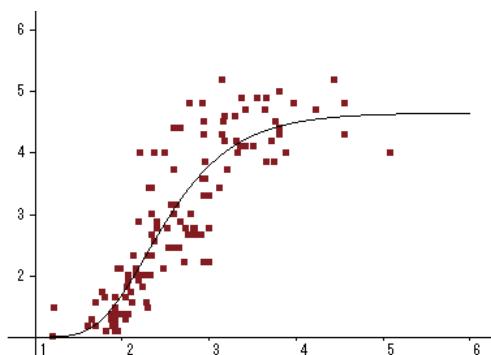


Figure 2 Prediction of Gompertz solution

As is shown in the analysis data, the computation yielded the following nonlinear prediction expression (*NewDiff*).

$$\text{NewDiff} = 3.6643 / (1 + 570.9179 \cdot \exp(-2.5842 \cdot \text{Diff})) + 0.9$$

$$(\text{Diff} = 0.0732 \cdot \text{Words/S} + 0.4731 \cdot \text{Syllables/W} + 1.1184 \cdot \text{WordDiff/W}$$

$$+ 0.1214 \cdot \text{IdiomDiff/S} - 0.2274)$$

The explanatory rate of this solution ( $r^2$ ) proved to be 0.7656, which is not as high as expected either, lower than that of Ver. 3.1nh (0.7902). Presumably, it is necessary to closely re-examine and improve the readability evaluation measure used for the development of this version. Figure 3 shows the dispersion of the predictions and the line of *NewDiff* (Logistic prediction).

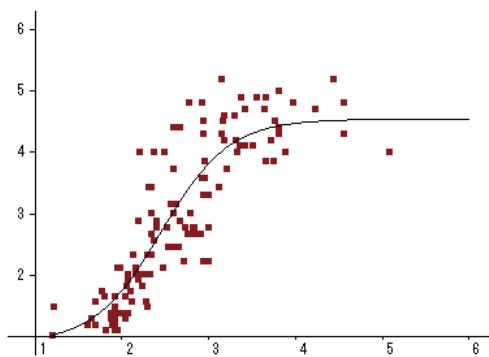


Figure 3 Prediction of Logistic solution

Since the Gompertz solution proved to be a little more efficient in explanation than the Logistic solution, the Gompertz expression was adopted as the index function of the Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.2s.

### 3.2 Development of Ver. 3.3nhsnc

Since the results of the least squares analysis for the development of the Ver. 3.2s proved to be reasonably satisfactory to our expectation, a further attempt was made to develop a readability index of higher validity, Ver. 3.3nhsnc, by integrating the data of the Ver. 3.2nh, Ver. 3.1nc and Ver. 3.2s. The basic process of the analysis was the same as that used for the development of the former three versions.

First, a multiple regression analysis, a linear analysis, was computed, using sentence length, word length, textbook-based word difficulty and textbook-based idiom difficulty as independent variables and the school years of all the passages of the English textbooks as a dependent variable. The textbooks used for the analysis were three sets totaling 12 volumes, i.e., *New horizon English course 1, 2 & 3*, *Prominence English*

*communication 1 , New crown English series 1, 2 & 3 and Crown English Communication 1 and Sunshine English course 1, 2 & 3 and Discovery English communication 1.* The following is the results of the linear regression analysis.

Object Variable	Year
Explanatory Variables	Words/S, Syllables/W, WordDiff/W, IdiomDiff/S
Number of Data	4277
Regression Exp.	
	Diff = 0.0905*Words/S + 0.3362*Syllables/W + 0.5483*WordDiff/W + 0.0534*IdiomDiff/S+0.4960
Coeff. Det. R^2	0.3050
Multi. Corr. R	0.5523
Adjusted Corr. R'	0.5517

As is shown in the analysis data, the computation yielded the following regression expression (*Diff*).

$$\text{Diff} = 0.0905*\text{Words/S} + 0.3362*\text{Syllables/W} + 0.5483*\text{WordDiff/W} + 0.0534*\text{IdiomDiff/S}+0.4960 \quad (\text{Diff})$$

Using the obtained regression expression, the coefficient correlations were computed between the readability values of the experts' criterion (*Year*) and the estimation of the obtained regression expression (*Diff*), between Year and the estimation of Flesch Reading Ease, and between Year and the estimation of Flesch-Kincaid Grade Level. Table 3 shows the results of the analysis. As is clear in Table 3, the *Diff*'s correlation with the Year ( $r = 0.8395$ ) was the highest among the three correlations computed.

Table 3 Coefficient correlations between Year and the 3 indices

	Year	Diff	F RE	F-K GL
Year	1.0000	0.8395	-0.4829	0.6867
Diff	0.8395	1.0000	-0.4612	0.7179
F RE	-0.4829	-0.4612	1.0000	-0.9251
F-K GL	0.6867	0.7179	-0.9251	1.0000

Figure 4 shows the relationship between the experts' readability evaluation (*Year*) and regression expression (*Diff*) with *Year* on the y-axis and *Diff* on the x-axis. In the figure the linear line represents its regression line.

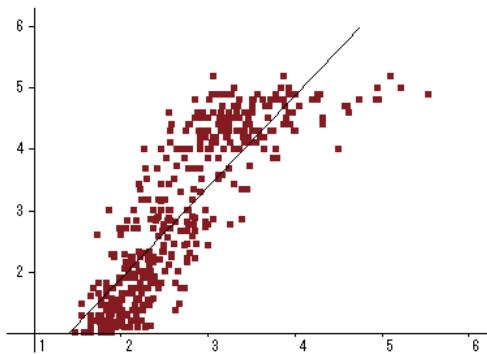


Figure 4 Relationship between *Year* and *Diff*

At the second phase of the analysis, nonlinear, least squares analyses were computed, using the experts' judgment of 434 English sentences as a dependent variable and the above linear function (*Diff*) as an independent variable. In the analysis, two kinds of least squares analyses were computed, yielding two nonlinear function expressions, the Gompertz solution and the Logistic solution. The Gompertz solution is detailed in the following analysis result.

Object Variable	Year
Expression	$\text{NewDiff} = a * \exp(-b * c^{\text{Diff}}) + 1$
Optimal Solution	
A	3.9465
B	55.2480
C	0.1854
Num. of Cases	434
Num. of Solutions	1
Least Sq. Value	162.2981
Obs/Pred R	0.8832
Obs/Pred R <sup>2</sup>	0.7801

As is shown in the analysis data above, the computation yielded the following nonlinear prediction expression (*NewDiff*).

$$\begin{aligned} \text{NewDiff} &= 3.9465 * \exp(-55.2480 * 0.1854^{\text{Diff}}) + 1 \\ (\text{Diff}) &= 0.0905 * \text{Words/S} + 0.3362 * \text{Syllables/W} + 0.5483 * \text{WordDiff/W} + \\ &0.0534 * \text{IdiomDiff/S} + 0.4960 \end{aligned}$$

The explanatory rate of this solution ( $r^2$ ) proved to be 0.7801, which is not as

high as that of Ver. 3.2nh and Ver. 3.2nhnc, but higher than that of Ver. 3.1nhnc (0.7502). Figure 5 shows the dispersion and solution of the Gompertz prediction (*NewDiff*).

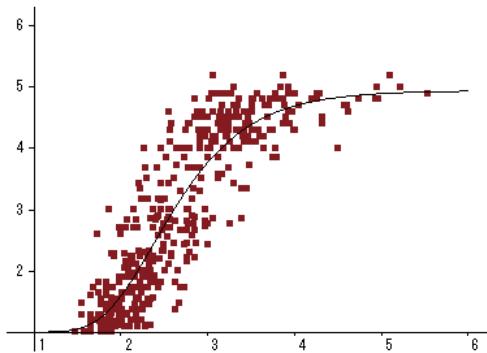


Figure 5 Prediction of Gompertz solution

The second least squares solution, the Logistic solution, is detailed in the following analysis result.

Object Variable	Year
Expression	$\text{NewDiff} = a/(1+b*\exp(-c*Diff))+0.9$
Optimal Solution	
A	3.8468
B	768.4659
C	2.5978
Num. of Cases	434
Num. of Solutions	1
Least Sq. Value	160.1158
Obs/Pred R	0.8848
Obs/Pred R <sup>2</sup>	0.7829

As is shown in the analysis data above, the computation yielded the following nonlinear prediction expression (*NewDiff*).

$$\begin{aligned}\text{NewDiff} &= 3.8468/(1+768.4659*\exp(-2.5978*Diff))+0.9 \\ (\text{Diff} &= 0.0905*\text{Words/S} + 0.3362*\text{Syllables/W} + 0.5483*\text{WordDiff/W} \\ &+ 0.0534*\text{IdiomDiff/S}+0.4960)\end{aligned}$$

The explanatory rate of this solution ( $r^2$ ) proved to be 0.7829, which is higher than that of Gompertz solution (0.7801). Figure 6 shows the dispersion and solution of the Logistic prediction (*NewDiff*).

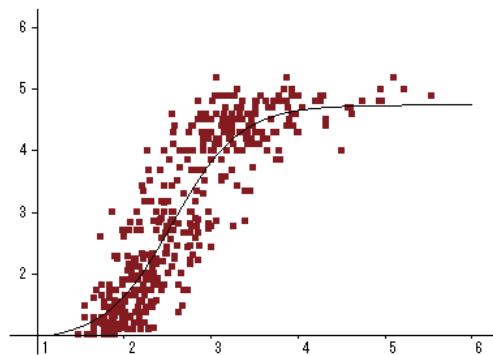


Figure 6 Prediction of Logistic solution

Since the function expression of the Logistic solution was higher than that of the Gompertz solution in explanation ( $r^2$ ), the Logistic solution was formally adopted as the index of the Ver. 3.3nhsnc at the present stage of this project.

#### 4 Conclusion

In the present study, the following function expression was adopted as an index of the Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.3 nhsnc.

$$\text{Ver. 3.3nhsnc} = 3.8468/(1+768.4659*\exp(-2.5978*Diff))+0.9$$
$$(\text{Diff} = 0.0905*\text{Words/S} + 0.3362*\text{Syllables/W} + 0.5483*\text{WordDiff/W}$$
$$+ 0.0534*\text{IdiomDiff/S} + 0.4960)$$

( $r^2=0.7829$ )

Currently, this could be the most reliable, authentic readability index that can be used in the formal education setting of Japan since it enjoys a satisfactorily high prediction value and is based on the data of the English textbooks that are widely used by the majority of students studying English in the junior and senior high schools of Japan. A word of caution would be needed, however, in using this index; since this index is based on the textbook data of four years from junior high first year to senior high first year, it could not be safely used in measuring readability beyond that year level.

## References

- Anagnostou, N. K. & Weir, G. R. S., 2007. Average collocation frequency as an indicator of semantic complexity. *ICTATLL Workshop 2007 Preprints*, 1-3 August, 2007, 43-48.
- Anagnostou, Nikolaos K. & Weir, George R. S., 2006. From corpus-based collocation frequencies to readability measure. *ICT in the Analysis, Teaching and Learning of Languages (ICTATLL Workshop Preprints)*, 21-22 August, 2006, 33-46.
- Biber, D., Conrad, S. and Reppen, R., 1998. *Corpus Linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fukui, Masayasu, Ozasa, Toshiaki & Hosokawa, Mitsuhiro. 2013. Development of new indices for measuring English readability based on the 2013 Coursebof Study of Japan: Developing Ozsa-Fukui Year Level, Ver. 3.1nhnc. [2013nendo gakushusidouyouryou ni junkyosita sin eibun ri-dabiriti sokutei shihyou no kaihatu: Ozsa-Fukui Year Level, Ver. 3.1nhnc no kaihatu]. *Fukuyama Heisei University Business Administration Studies*, 10 , 49-62.
- Fukui, Masayasu, Ozasa, Toshiaki. 2008. Methodology for developing an English readability index with word and textbook-based idiom difficulty variables [Tango to jukugo no nanido o kouryosita eibun ri-dabiriti shihyou no sakuseihou]. *Educational Information Studies* [Kyouiku Jouhou Kenkyuu], 24 (3), 15-22.
- Fukui, Masayasu & Hosokawa, Mitsuhiro, 2004. Development of integrated program for social system analysis 8: Canonical coefficient correlation analysis, factor analysis and utility [Shakai sisutem bunseki notameno tougouka puroguramu 8: seijunsoukanbunseki, insibunseki and yutiritu]. *Business Information Studies*, 9, 23-35.
- Leech, Geoffrey, Rayson, Paul & Wilson, Andrew. 2001. *Word frequencies in written and spoken English based on the British National Corpus*. Harlow: Pearson Education.
- Ozasa, Toshiaki, Watanabe, Kiyomi, Uenishi, Koji & Hosaka, Yoshio. 2013. Development of a new English readability measure based on 2013 Course Study : Development of Ozsa-Fukui Year Level, 3.1nh. [2013nendo gakushushidouyouryou ni junkyosita sin eibun ri-dabiriti shihyou no kaihatu: Ozsa-Fukui Year Level, Ver. 3.1nh no kaihatu]. *ICTATLL Japan Journal*, 1. 35-46.
- Ozasa, Toshiaki, Abe, Noriko, Hosaka, Yoshio & Fukui, Masayasu. 2009. Development of a user-friendly readability application software. *ICT in the Analysis, Teaching and Learning of Languages (ICTATLL Workshop)*, 10-11 September, 2009, 41-49
- Ozasa, Toshiaki & Weir, R. S. George. 2009. Evaluating a newly developed index for readability measurement of Japanese EFL textbooks. *Proceedings of the 14th Conference of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics*, 95-100.
- Ozasa, Toshiaki., Fukui, M.asayasu, & Hosokawa, Mituhiro. 2008. Development of a readability index attuned for Japanese EFL texts. *Proceedings of the 4th International ICT in the Analysis, Teaching and Learning of Languages (ICTATLL) Workshop*, 18-20 September, 2008, 60-66.
- Ozasa, Toshiaki, Weir, George R. S. & Fukui, Masayasu. 2008. Toward a readability index for

- Japanese learners of EFL. Conference Program of the 13th Conference of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics, 59-62.
- Ozasa, Toshiaki, Fukui, M.asayasu, Hosokawa, Mituhiro. & Miyoshi, Fumiko. 2007. Development of a readability index for Japanese learners of EFL (1): An interim report. ICT in the Analysis, Teaching and Learning of Languages (ICTATLL Workshop), 1-3 August, 2007, 29-35.
- Ozasa, Toshiaki, Weir, George R. S. & Fukui, Masayasu. 2007. Measuring readability for Japanese learners of English. Proceedings of the 12th Conference of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics, 122-125.
- Ozasa, Toshiaki. &, Fukui, Masayasu, Hosokawa, Mitsuhiro & Miyoshi, Fumiko. 2007. Development of a readability index for Japanese learners of EFL (1): An interim report. ICTATLL Workshop 2007 Preprints, 29-35.
- Readability formulas. <http://csep.psyc.memphis.edu/cohmetrix/readabilityresearch.htm>
- Weir, George & Ozasa,Toshiaki. 2010. Learning from analysis of Japanese EFL texts. *Educational Perspectives*. 43, 1& 2, 56-66.
- Weir, George R. S. & Ritchie, Calum, 2006. Estimating readability with the Strathclyde readability measure. ICT in the Analysis, Teaching and Learning of Languages (ICTATLL Workshop Preprints), 21-22 August, 2006, 25-32.

福山平成大学経営学部紀要  
第 11 号 (2015), 47—56 頁

## 高年齢者のキャリア成熟が組織コミットメントおよび文脈的パフォーマンスに及ぼす影響について

小玉一樹

福山平成大学 経営学部経営学科

**要旨:** 少子高齢化などによる労働環境の変化によって、60 歳以降の労働者の働き方は個人レベルの問題ではなく、組織の問題として捉えることが必要となっている。本研究では、高年齢労働者のキャリアの成熟に着目し、キャリア成熟が高年齢労働者の組織コミットメントと文脈的パフォーマンスに及ぼす影響について仮説モデルを設定し共分散構造分析によって検証を行った。60 歳以上の企業に勤務する男性 650 名（平均年齢：63.12 歳、SD：2.84）のデータを分析したところ、適合指標は GFI = .964、AGFI = .932、CFI = .974、RMSEA = .077 となり、モデルの妥当性が認められた。この結果から、高年齢労働者のキャリア成熟が職務態度や職務行動に影響を及ぼす可能性が示唆された。

**キーワード:** 高年齢者、キャリア成熟、文脈的パフォーマンス、組織コミットメント

### 1. 問題

#### 1.1 はじめに

我が国の高齢化率は 24% を超え、すでに超高齢社会に突入している（内閣府, 2013）。こうした社会背景から、今後の労働力不足は深刻であり、女性とともに高年齢者は重要な労働力として注目されている。しかし、高年齢期に迎える役職定年や定年退職などの職務上の転換は、仕事への意欲を失わせ、職務能力の高い者までやる気を減退させるという指摘もある。少子高齢化による労働力不足が問題となる中、高年齢労働者がこうしたキャリア・ショックをどのように乗り越え、仕事へのモチベーションを持ち続けるかは、個人の問題ではなく組織経営の問題であるともいえる。そのため、多くの企業ではセカンドキャリア支援を制度として導入している。みずほ情報総研 (2012) の上場企業 294 社を対象とした調査では、一定年齢に到達した段階で実施するセカンドキャリアに関する制度がある企業は 33.6% であったとされる。セカンドキャリア支援制度とは、中高年従業員を対象とした再就職に関する支援や、将来の働き方や生活に関する知識提供、自己分析などのキャリア教育支援である。しかし、これらの取り組みが、定年退職後の高年齢労働者の職業態度や職務行動にどのような影響を及ぼすのかについての議論は、これまでなされているとはいえない。

小玉 (2014) は、中高年を対象としたキャリア教育の経験の有無によって、60 歳以上の労働者のキャリア成熟には有意差があり、キャリア教育やキャリアカウンセリングを経験した者は、それらの経験のない者よりキャリア成熟が高かったことを報告している。また、このキャリア成熟の違いは、継続雇用者と 60 歳を境に転職した者との間にも見られ、継続雇用者よりも転職者のキャリア成熟の方が有意に高いことが示されている。これらの結果について、キャリア教育は転職を経験する同様に、自己理解を深め、今後の働き方や

生活について考える機会を提供する可能性を示唆している。そこで本研究では、これらのキャリア教育の結果として高まるとされるキャリア成熟に焦点をあて、キャリア成熟が職務態度と職務行動に及ぼす影響について検討することにした。

### 1.2 キャリア成熟

キャリア成熟 (Career maturity) は、キャリア発達論における重要な概念である。このキャリア成熟は、“キャリア発達課題に取り組もうとする個人の態度的・認知的レディネス (Super, 1984)”、“キャリアの選択・決定やその後の適応への個人のレディネスないし取組姿勢 (坂柳, 1991)”と定義され、カウンセリングやキャリア教育の効果として、大学生などの就業経験のない若年者に対しての重要性が議論されることが多い。しかし、キャリア成熟は、学生だけでなく、既に就業している個人も自分自身のキャリアへの意識を高めることに有効であると考えられている (坂柳, 1999)。なぜなら、キャリア成熟の程度の高い者は、将来の職業に関する情報を積極的に探索し、職業や自己に関する適切な知識や意思決定に必要な能力やスキルを獲得している可能性が高いからである (Patton & Creed, 2007)。近年では、Savickas (2002) が、基礎力であるキャリア成熟 (Super, 1984) のみではキャリアを理解することはできないとして、応用力としてのキャリア・アダプタビリティ (Career adaptability) の重要性と、双方の相乗効果を主張している。こうした議論にもかかわらず、キャリアカウンセリングなどの有効性を測定するための指標である Career Maturity Inventory や Career Development Inventory は、Super (1984) のキャリア成熟の概念に基づいていることから (上野山, 2007)、基礎力であるキャリア成熟は、個人の態度や行動に影響を与える重要な概念であることに変わりはないと考えられる。

坂柳 (1999) は、成人勤労者が自己のこれから的人生や生き方について、どの程度成熟した考えを持っているかを測定・評価する成人（勤労者用）キャリア成熟尺度を作成している。各尺度は、自分自身のキャリアに関心があるかという“関心性”、キャリアは自分自身のものであるという“自律性”、将来の計画や目標があるかという“計画性”という3つの下位概念によって構成されており、自己の満足感との有意な相関があることが認められている。こうした下位概念の定義をみる限り、キャリア成熟は高年齢者労働者にも適用が可能であると考えられる。

### 1.3 組織コミットメント

これまで、組織コミットメント (Organizational commitment) については数多くの研究が行なわれ、研究成果も蓄積されている (Mayer & Allen, 1991 など)。組織コミットメント研究は個人行動の説明変数として、大きく情緒的な側面と功利的な側面という2つの側面によって把握しようとしてきた。それら先行研究の成果がほぼ一致して示唆していることは、組織成員の組織コミットメントを高めることができ、組織にとっての肯定的な結果に結びつくということである。しかし、組織成員の生産性や職務行動との関係性については、情緒的要素がそれらに正の影響を与えるのに対し、功利的要素とは負の関係にあると考えられている。

しかし、キャリア成熟と職務態度の関係性に関する研究は少ない。上野山 (2007) の

チェーンストアの店舗従業員 265 名を対象とした研究では、職務特性と職業キャリア成熟を独立変数とし、モチベーションと組織コミットメントを従属変数として分析した結果、それぞれは正の影響を及ぼしていたことを報告している。この結果が示すとおり、キャリアに関する成熟は組織にとってポジティブな職務態度に影響を及ぼすと考えられるが、上野山 (2007) の調査対象者の平均年齢は 34.5 歳 ( $\pm 12.5$  歳) であるため、この結果を職務経験や人生経験も長い高年齢者に適用できるかについては疑問が残る。筆者が調べた限りでは高年齢者を対象としたキャリア成熟と職務態度の関係に関する研究は見当たらない。

先行研究のキャリア変数と組織コミットメントの関係については、たとえば、年齢とともに組織コミットメントが増大するもの、組織コミットメントに年齢差は認められないとするものなどがあり、年齢を組織コミットメントの規定因とすることには問題も多い。鈴木 (2002) は、組織に対するコミットメントと年齢・勤続年数・職位などのキャリア変数との関係性は単純な関係ではないことを指摘し、労働者個々の“転機の経験”が組織コミットメントに重要な影響を及ぼしていると指摘した。すなわち、こうした“転機の経験”によって年齢に応じたキャリア意識が成熟し、その結果が職務態度に影響を及ぼすとも考えられる。以上から、役職定年や定年退職などの職務上の転換を経験してきた 60 歳以上の労働者のキャリア成熟は組織コミットメントに影響を及ぼすと考えられる。

#### 1.4 文脈的パフォーマンス

文脈的パフォーマンス (Contextual performance) は、職務上の活動であるが中核的な職務に貢献をする活動ではなく、中核的な職務が機能するための組織的・社会的・心理的環境を支援する活動であるとされ (田中, 2003)、労働者の職務行動を広範囲に捉えることができる概念である。これまで、キャリア成熟と職務行動に関する研究は、筆者が調査した限り行われていない。しかし、キャリア成熟の高い者は、職業や自己に関する適切な知識や意思決定に必要な能力やスキルを獲得している可能性が高いと考えられており (Patton & Creed, 2007)、職務行動にも一定の関係性があると推測される。

他方、組織コミットメントと文脈的パフォーマンスには  $r = .24$  の有意な相関があるなど (van Scotter, 2000)、組織コミットメントが高まることでパフォーマンスが促進されるという研究は数多くみられる (Podsakoff & MacKenzie, 1997 ほか)。これらの先行研究がほぼ一致している見解は、組織への情緒的コミットメントが高い従業員は、コミットメントが低い従業員に比べて、努力を惜しまず、高いパフォーマンスを示すことである。

先行研究では組織コミットメントと職務行動には有意な正の関係性があるとされており、キャリア成熟と組織コミットメントとの関係性 (上野山, 2007) を考慮すると、キャリア成熟の影響を受けた組織コミットメントは職務行動に影響を及ぼすと考えられる。以上の議論から、高年齢労働者のキャリア成熟が組織コミットメントと文脈的パフォーマンスに及ぼす影響について、仮説 1 および仮説 2 を設定した。

仮説 1 キャリア成熟は文脈的パフォーマンスに正の影響を及ぼす。

仮説 2 キャリア成熟は組織コミットメントを媒介し、文脈的パフォーマンスに正の影響を及ぼす。

## 2. 方法

### 2.1 調査対象者

本研究の調査対象者は 60 歳以上の雇用労働者という限られた対象者であり、サンプル回収の困難が予想されるため、インターネットによる調査を行うことにした。インターネット調査において問題となることは、サンプルの代表性に関することがあげられるほか、虚偽回答や重複回答などの問題があるとされる（佐藤, 2006；本田, 2006）。そのため、虚偽回答や重複回答などの不適正な回答はできる限り除外したデータを分析に用いることにした。その結果、60 歳以上の企業に勤務する人たちの有効回答者数 650 名はすべて男性で、平均年齢は 63.12 歳 ( $SD = 2.84$ ) であった。

### 2.2 調査項目

**キャリア成熟** キャリア成熟は、成人（労働者用）キャリア成熟尺度（坂柳, 1999）のうち、職業キャリア成熟尺度を用いた。この尺度の質問項目のうち、逆転項目のほか、因子負荷量の低い項目を除外した 15 項目を使用した。

**組織コミットメント** 高年齢者雇用の雇用期間は限定的であることが想定され、組織コミットメントのうち情緒的要素と功利的要素のどちらが強く個人行動を規定しているのかは検討する必要があるが、本研究では先行研究を参考に情緒的コミットメントを用いることにした。組織コミットメント尺度は Mayer & Allen (1991) の尺度を参考に、情緒的コミットメントの質問項目を和訳し、日本語としても違和感のない項目 3 つを選択した。

**文脈的パフォーマンス** パフォーマンスに関する尺度は、池田・吉川 (2008) が作成した文脈的パフォーマンス尺度のうち実行レベルのみを分析に用いた。尺度は自己の職務への専念（6 項目、 $\alpha = .82$ ）、同僚に対する協力（7 項目、 $\alpha = .88$ ）、職場に対する協力（6 項目、 $\alpha = .87$ ）の下位概念から構成されており信頼性も高いため、本研究では各下位尺度の平均得点を分析に用いた（本研究での各尺度の  $\alpha$  係数は、順に .87, .91, .88）。

なお、質問的回答はすべての項目に対して、「1. あてはまらない」から「5. あてはまる」の 5 件法で回答を求めた。

### 2.3 分析方法

**説明モデルの検討** 本研究が明らかにしようとしているのは、職業キャリア成熟が文脈的パフォーマンスに与える直接効果と、職業キャリア成熟によって影響を受けた情緒的コミットメントが文脈的パフォーマンスに与える間接効果である。そのためには、職業キャリア成熟を独立変数、情緒的コミットメントを媒介変数、そして文脈的パフォーマンスを従属変数とし、共分散構造分析を用いたモデルの検証が適切であると考えた。Figure 1 は、その分析モデルを示したものである。Figure 1 に示すとおり、観測変数にはすべて誤差変数（e 1 ~ e 9）をつけ、従属変数となる潜在変数には攪乱変数（d 1, d 2）をつけた。また、“職業キャリア成熟”の観測変数である M 1 と M 2 に、また“文脈的パフォーマンス”の観測変数である P 2 と P 3 高い相関があるため、それぞれの間に誤差相関を想定することにした。すべての誤差変数、攪乱変数からの観測変数へのパス係数は、すべて 1 に固定した。

**モデル適合基準** モデルの適合については、ケース数の影響を受けやすいカイ 2 乗の有意

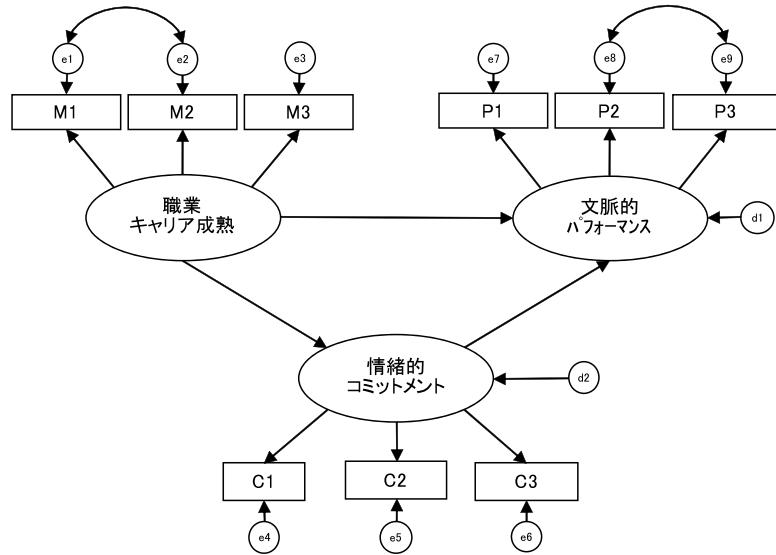


Figure 1 本研究の分析モデル

確率は参考とせず、適合度判定は GFI (Good fit index)、AGFI (Adjust good fit index)、CFI (Comparative fit index)、RMSEA (Root means square error of approximation) を採用した。豊田 (1992) はモデルの適合度判定基準として、GFI が .90 以下であれば棄却することを推奨しているが、本研究では GFI に加え、AGFI、CFI の適合度判定基準も .90 以上、RMSEA の適合基準は .08 以下とした。なお、本研究における分析は Amos 19.0 を用いた。

### 3. 結果

#### 3. 1 職業キャリア成熟の因子分析の結果

オリジナルの職業キャリア成熟尺度 (坂柳, 1999) は、関心性、計画性、自律性の各9項目の質問項目から構成される尺度である。本研究のキャリア成熟に関するデータが同じような因子構造となるか確認するために因子分析を行った。まず、職業キャリア成熟に関する 15 項目について、平均値から標準偏差を減じた得点はすべて下限値以上であり、床効果を示す項目はみられなかった。また、平均値に標準偏差を加えた得点は、すべて上限値となる天井効果もみられなかった。つぎに、15 項目について 3 因子解を固定し最尤法・プロマックス回転法による因子分析を行った。2 つの因子に負荷がかかる 2 項目を分析から除外し、再度、因子分析を行った。その結果、Table 1 に示すとおりの結果となった。第1因子は「これからの中年生活を、より充実したものにしたいと強く思う」「充実した中年生活を送るために参考となる話は、注意して聞いている」などの今後のキャリアへの関心を表す項目が多いことから、職業キャリア関心性 (以後、「関心性」と命名した)。第2因子は、「これからの中年生活について、自分なりの見通しを持っている」「自分の望む

Table 1 職業キャリア成熟の探索的因子分析の結果（最尤法、プロマックス回転）

項目	<i>F 1</i>	<i>F 2</i>	<i>F 3</i>	共通性
16 これからの職業生活を、より充実したものにしたいと強く思う。	.790	-.069	.088	.635
26 これからの職業生活を通じて、さらに自分自身を伸ばし高めていきたい。	.777	.077	-.050	.650
17 職業生活や仕事に役立つ情報を、積極的に収集するようしている。	.755	.004	.005	.580
18 充実した職業生活を送るために参考となる話は、注意して聞いている。	.754	.137	-.146	.600
20 どうすれば職業生活をよりよく生きられるのか、考えたことがある。	.678	.001	.099	.558
19 職業生活の設計は自分にとって重要な問題なので、真剣に考えている。	.662	.057	.104	.610
31 希望する職業生活が送れるように、努力している。	.551	.079	.162	.537
27 これからの職業生活について、自分なりの見通しを持っている。	-.128	.873	.106	.719
28 自分の望む職業生活をするために、具体的な計画を立てている。	.283	.618	-.090	.639
30 今後どんな職業生活を送っていきたいのか、自分なりの目標を持っている。	.264	.590	-.017	.642
23 自分から進んで、どんな職業生活を送っていくのかを決めている。	.173	.501	.115	.532
25 職業生活で難しい問題に直面しても、自分なりに積極的に解決していく。	.046	.017	.746	.622
24 職業生活の送り方には、自分で責任を持つ。	-.010	.051	.740	.589
因子寄与	6.477	5.707	4.365	
因子間相関				
<i>F1</i>	1	—	—	
<i>F2</i>	.781	1	—	
<i>F3</i>	.650	.656	1	

「職業生活をするために具体的な計画を立てている」などの今後のキャリア計画に関する内容であるため、職業キャリア計画性（以後、「計画性」）と命名した。第3因子は、「職業生活で難しい問題に直面しても、自分なりに積極的に解決してゆく」などの自律的な内容2項目で構成されているため、職業キャリア自律性（以後、「自律性」）と命名した。抽出された因子は、職業キャリア成熟尺度（坂柳, 1999）の下位尺度と同様であった。因子分析で抽出された因子について Cronbach の信頼性係数を算出したところ、それぞれ関心性は  $\alpha = .91$ 、計画性は  $\alpha = .86$ 、自律性  $\alpha = .76$ 、となり、尺度の信頼性が確認された。

### 3.2 モデルの分析結果

分析に用いた変数および相関には異常値はみられなかったため、職業キャリア成熟、情緒的コミットメントおよび文脈的パフォーマンスの各尺度間の因果関係を検討するために、共分散構造分析を用いたモデルの検証を行った。モデルの適合度は、GFI = .964、AGFI = .932、CFI = .974、RMSEA = .077、となり、すべての領域で統計的な基準を充たしており、本モデルが適合範囲内であると判断された。結果は Figure 2 に示すとおり、職業キャリア成熟から文脈的パフォーマンスへのパス係数は  $\beta = .53$  ( $p < .001$ ) となり、有意であった。また、職業キャリア成熟から情緒的コミットメントへのパス係数は  $\beta = .43$  ( $p < .001$ ) を示し、職業キャリア成熟の影響を受けた情緒的コミットメントから文脈

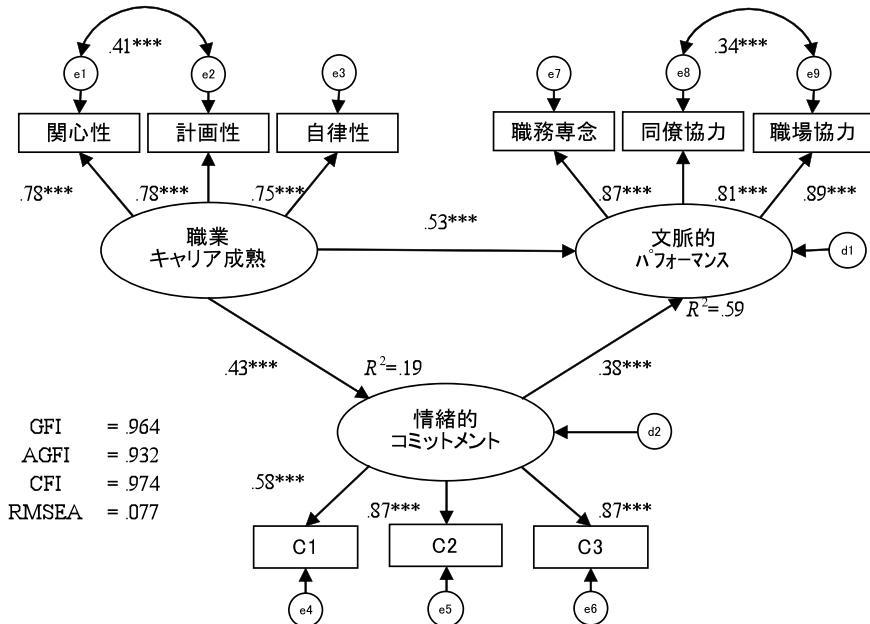


Figure 2 職業キャリア成熟に関するモデルの分析結果（標準化推定値）

的パフォーマンスへのパス係数は  $\beta = .38$  ( $p < .001$ ) であった。

#### 4. 考察

本研究は、高年齢労働者のキャリア成熟が組織コミットメントと文脈的パフォーマンスに及ぼす影響について、2つの仮説を設定し検証するものであった。以下では、分析結果に基づいて仮説ごとに検討する。

まず、仮説1はキャリア成熟の文脈的パフォーマンスに対する直接効果に関するものであった。分析の結果、職業キャリア成熟から文脈的パフォーマンスへのパス係数は、 $\beta = .53$  と有意であったことから、仮説1は支持された。この結果について考察すると、キャリア成熟を構成する概念は、今後の自らのキャリアに関心を持ち、また計画性を持っているか、さらに、主体的に自らのキャリアに対処しているかによって構成されている。すなわち、高年齢者のキャリア成熟が高い状態というのは、これまでの経験に基づいた組織における自らの役割が明確になっており、その役割を自らが計画性をもって職務に取り組んでいる状態であると捉えることができる。このような意識こそが、文脈的パフォーマンスに対して、直接的にポジティブな影響を与えたと考えられる。

つぎに、仮説2はキャリア成熟と文脈的パフォーマンスの関係は情緒的コミットメントが媒介するという間接効果に関するものであった。分析の結果、職業キャリア成熟から情緒的コミットメントへのパス係数は  $\beta = .43$  と有意であり、また、情緒的コミットメントから文脈的コミットメントへのパス係数は  $\beta = .38$  と有意であったことから、キャリア成熟と文脈的パフォーマンスの関係を情緒的コミットメントが媒介する効果が認めら

れ、仮説2も支持された。この結果は、平均年齢34.5歳を対象とした上野山(2007)の分析結果とも符合しており、キャリア成熟と情緒的コミットメントの関係性は60歳以上の労働者にも適用が可能であると考えられる。組織コミットメントと年齢との関係性は単純ではなく、個々の“転機の経験”が組織コミットメントに重要な影響を及ぼすと考えられており(鈴木, 2002)、高年齢者のこれまで“転機の経験”は、年齢に応じたキャリア意識を成熟させ、組織コミットメントに影響したものと言えるのかもしれない。また、情緒的コミットメントと職務行動との関係性は、多くの先行研究の結果とも符合する。これらの結果は、高年齢者雇用における労働者個々の知識や経験を活かした役割の明確化や、定年退職となった現在でも、組織に自己の経験や能力を認められ雇用されているということが、組織に対する信頼感や安心感をもたらすと考えられる。さらに、こうした意識が所属組織に対する情緒的なコミットメントを高め、職務態度にポジティブな影響を与えたと言えるであろう。以上のように、キャリア成熟は、高年齢労働者においても職務態度や職務行動にポジティブな影響を及ぼすことが示唆された。既存調査では、企業において中高年を対象としたキャリア教育が行われていることが分かっているが、このようなキャリア教育の結果として高まるキャリア成熟が、今後、企業の労働力や生産性に大きな影響を及ぼす可能性が指摘される。

最後に、本研究の残された課題について触れておきたい。まず、本研究の分析に用いられた変数は、すべて個人に対する横断的な調査であるデータに基づいているため、コモン・メソッド・バリアンス問題が指摘される。今後は、職務行動に関して上司評価などの客観性の高いデータを用いたり、個人を特定しての縦断的調査が必要となろう。つぎに、Web調査の限界についてである。本研究では、60歳以上の労働者のデータをWeb調査に頼った。しかし、デジタルディバイドをはじめ、サンプルの代表性に問題がある。本研究で得られた可能性については、その結果の妥当性について、インタビュー調査を実施することによって、さらに検証していく必要がある。最後に、調査および分析に用いたキャリア成熟という概念についてである。本研究では、高年齢労働者のキャリアに関する意識をキャリア成熟という基礎的な概念を用いたが、高年齢者のキャリア成熟には、絶えず変化する社会環境に対して、これまでの経験を基にいかに適応するかという応用力の視点が必要であると思われる。今後については、高年齢労働者のキャリア適応性の観点からの研究が必要である。

## 5. 引用文献

- 本田則恵(2006). インターネット調査・モニター調査の特質：モニター型インターネット調査を活用するための課題, 日本労働研究雑誌, No.551, 32-41.
- 池田浩・古川久敬(2008). 組織における文脈的パフォーマンスの理論的拡張と新しい尺度の開発, 産業・組織心理学研究, 第22巻, 第1号, 15-26.
- 小玉一樹(2014). 高年齢者の職業キャリア成熟：企業におけるセカンドキャリア研修の効果, 日本産業カウンセリング学会第19回大会発表論文集, 56-59.
- Meyer, J., & Allen, N. (1991). A three component conceptualization of organizational commitment. Human Resource Management Review, 1, 61-89.
- みづほ情報総研(2011). 産業構造転換と雇用・人材育成政策に関する調査(中高齢者の「第二の人生」調査・情報発信事業)報告書

- 内閣府 (2013). 高齢社会白書平成 25 年版, 印刷通販
- Patton, W. & Creed, P. (2007). Theorising adolescent career maturity. In V. Skorikov & W. Patton (Eds.), *Career development in childhood and adolescence*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers. 221-236.
- Podsakoff, P. M., & MacKenzie, S. B. (1997). Impact of organizational citizenship behavior on organizational performance: A review and suggestions for future research. *Human Performance*, 10, 133-151.
- 坂柳恒夫 (1991). 進路成熟の測定と研究課題, 愛知教育大学教科教育センター研究報告, 15, 269-280.
- 坂柳恒夫 (1999). 成人キャリア成熟尺度 (ACMS) の信頼性と妥当性の検討, 愛知教育大学研究報告, 48 (教育科学編), 115-122.
- 佐藤三穂 (2006). インターネット調査の意義と問題点について, 看護総合科学研究会誌, Vol. 9, No. 3, 59-64.
- Savicks, M. L. (2002). Career construction: A developmental theory of vocational behavior. In Brown, D. (Eds.) *Career Choice and Development* (4th Ed.). San Francisco, CA: Jossey-Bass. , 149-205.
- van Scotter, J. R. (2000). Relationships of Task Performance and Contextual Performance with Turnover, Job Satisfaction, and Affective Commitment. *Human Resource Management Review*, 10 (1), 79-95.
- Super, D. E. (1984). Career & life development. In Brown, D & Brooks, L. (Eds.) *Career Choice and Development*. Jossey-Bass.
- 鈴木竜太 (2002). 組織と個人ーキャリアの発達と組織コミットメントの変化 白桃書房
- 田中堅一郎 (2003). 文脈的業績に関する心理学的研究の展望, 日本大学大学院総合社会情報研究科紀要, No. 4, 239-245.
- 豊田秀樹 (1992). SAS による共分散構造分析 東京大学出版
- 上野山達哉 (2007). キャリアの文脈における仕事のあり方の管理的意味合いについての一考察 : D 社における仕事の充実感とキャリア成熟が職務態度に与える影響, 商学論集, 第 76 卷, 第 2 号, 33-45.

## The Effects of Elderly Workers' Career Maturity on Organizational Commitment and Contextual Performance

Kazuki KODAMA

*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University.*

**Abstract:** Due to the changes of working environments caused by decline of birthrate and increase in the number of aging population, it is needed to recognize the ways of workers aged 60 or older not only as the issue for the individuals but also as that for organizations. This study proposed and tested a theoretical model of relationships among career maturity, organizational commitment and contextual performance of elderly workers. A questionnaire survey of 650 elderly workers was conducted (average age: 63.1, SD: 2.9). The result of covariance structure analysis, the goodness-of-fit statistics indicated an acceptable fit ( $GFI=.952$ ,  $AGFI=.937$ ,  $CFI=.967$ ,  $RMSEA=.031$ ). Consequently, this study suggests the possibility of elderly workers' career maturity influencing job attitudes and job behaviors.

**Keywords:** Elderly Workers, Career Maturity, Contextual Performance, Organizational Commitment

福山平成大学経営学部紀要  
第 11 号 (2015), 57—72 頁

## 限定商品における製品マネジメント —ネスレキットカットの事例—

徐 恩之

福山平成大学経営学部経営学科

**要旨：**本稿では、ネスレキットカットの限定商品のマーケティング活動の事例を通じて、希少性を訴求する商品の展開に必要とされる要因を、製品開発と管理の観点から明らかにしていく。関係者とのインタビューと 2 次データを用いた調査を通じて、限定商品のマネジメントは、(1) ブランド・アイデンティティーの維持と管理、(2) 話題を呼ぶプロモーション、(3) 社内異部門メンバー間のコミュニケーションを通じた希少性の基準の確立、により成り立つことが浮き彫りになった。

**キーワード：**希少性、限定商品、ネスレキットカット、ブランド・アイデンティティー、話題性

### 1. はじめに

近年、多くのブランドが製品ラインの一つとして限定商品 (limited edition) を展開している。例えば、ネスレ日本は、焼いてサクッとした食感が楽しめる「キットカットミニ焼いて美味しいプリン味」の全国販売を、2014 年 3 月より期間を限定して、開始した<sup>i</sup>。他に、グリコは、福岡産の辛子明太子を使用したジャイアントプリッツを九州地域限定で発売している<sup>ii</sup>。

日本市場の有する特徴の一つは、アメリカや他の先進国の市場と比べて、成熟期を迎えたロング・セラー商品が多いことであるといわれている (Anderson and Zeithaml, 1984)。とりわけこのようなロング・セラーブランドにおいて、多様な限定商品がみられる。企業は、販売期間、数量、場所、チャネル、対象顧客など多様な条件を制限した販売方式を取ることで、消費者に希少性という新たな価値を商品から感じさせることができる (Lynn, 1989; 鈴木, 2008; 三村, 2009)。希少性を活用したマーケティング戦略の有効性は、消費者を調査対象とする既存研究を通じて試されてきたものの、企業側が行う限定商品の開発や管理については、十分に調査されないままであった (Amandoss and Jain, 2008; Balachander and Stock, 2009)。

本稿では、ネスレ日本によるキットカットの限定商品開発とマーケティング活動に関する事例を通じて、限定製品の展開にはいかなる製品と組織におけるマネジメントが求められるかについて考えてみたい。その考察から、希少性研究に新たな研究視点を提案すると同時に、希少性訴求に基づいた製品マネジメントを企画する企業に対して、実務的なインスピレーションを与えることを目指す。

本稿が、キットカットの事例を取り上げる理由は以下の通りである。ネスレ日本は、日本市場に進出した以来、積極的に限定商品を展開している代表的な企業であること、更に多様なマーケティング活動を加え、製品の希少性のマネジメントにおいて、市場で先駆者

的役割を絶えず担ってきたことである。

## 2. 希少性と限定商品

### 2.1. 希少性の効果

人は、購買状況が限定されたものをより手に入れたいと思い、限定状況に置かれている商品をより価値のあるものとして評価する(Verhallen and Robben, 1994)。限定された状況から生まれる希少性(scarcity)は、消費者にとって特権を有した気分を味わわせ、特別な価値を感じさせる(Brown, 2001)。このような希少性の有する心理的効果について、既存研究では、消費者を対象とした調査を通じて報告してきた。例えば、Verhallen and Robben(1994)の商品の利用可能性と消費者選好の関係を調べた調査では、市場の需要によって販売数量が制限された本に対して、消費者はより高い選好を見せることが明らかになった。また、希少性を実現できた限定商品は、消費者の購買意欲を高め、ブランド成果も共に高めることが、Balachander and Stock(2009)により報告されている。同様に、Amaldoss and Jain(2008)も、限定商品が商品の販売と利益を促進することを発見している。彼らはリーダーの影響を強く受ける準拠集団を対象に、フォロワーの商品利用可能性を制限する操作をする実験を通じて、リーダーの固有性とリーダーと同和されたいフォロワーの要望の両方が、限定商品により充足されることを発見した。これらの議論は、限定という操作から導かれた希少性の価値を製品に付与する活動が、企業のマーケティング戦略として、消費者の行動に影響を与えていることを示す。

### 2.2. 限定商品の目的

企業が限定商品を企画して市場で販売する目的は、大きく4つ挙げられる。一つ目は、テスト・マーケティングをすることである。テスト・マーケティングとは、新製品を全国販売する前の段階に、特定の地域市場で販売を行うことをいう(Kotler and Keller, 2006)。企業はテスト・マーケティングを通じて商品成功に関するリスクを予測し、回避することができる。テスト販売の結果は、企業側にフィードバック資料として用いられるゆえに、限定商品は新しいアイデアを提供する重要手段となる(小川, 2003)。二つ目は、ブランド差別化を通じて、企業のブランド・イメージを向上させることである。ブランド差別化とは、競合企業と根本的に異なるブランド価値を確立し、顧客に価値を提供する企業の行動をいう(Alice and Calkins, 2005)。企業は、販売における局面を意図的に制限することで、自社ブランド及び製品を他社と差別化し、消費者に新しい価値を提供することが可能となる。続いて、三つ目の目的は、ブランドの再活性化である。話題性のある限定商品を発売することで、企業は消費者にブランドを再認識してもらうことができる(Keller, 2008)。最後の目的は、企業の売り上げ増加に貢献することである。限定商品は、一般の商品より少々高い値段設定となっており、企業にとって売り上げの増加が期待できる。

### 2.3. 日本の市場で見られる限定商品のタイプ

限定商品に関する先行研究において、販売期間と数量が主な限定手段として取り上げられている(例えば、Varhallen and Robben, 1994; Brown, 2001)。鈴木(2008)は日

本国内の市場における限定商品は、非常に多種多様な形態を有し、限定の分類軸として「量」と「販売期間」の側面だけでは、捉えきれない限定商品が多く存在すると指摘した。それゆえに、鈴木(2008)は、販売地域やチャネルを用いた企業の限定戦略が存在すると示し、限定商品のタイプを新たに四つに分類している。

#### (1) 期間限定

季節ごとに発売される新しいフレーバーのお菓子や飲料は、代表的な期間限定商品といえる。企業は季節に応じた商品を次々と発売し、消費者に新しさをアピールすることで、消費者の購買頻度を高め、小売店舗の販売スペースをつねに確保することができる。一例として、キリンビールは2004年から、夏限定の「キリンチューハイ氷結パイナップルクラーク」を発売している。この商品はキリンビールの、「夏に最も飲みたいチューハイのフレーバーに関する調査」で選ばれた以来、2008年に新たに発売された<sup>iii</sup>。

#### (2) 数量限定

森永乳業は、1976年から販売しているロング・セラーアイス「ピノ」の数量限定品として、2010年「ピノブルーベリ&チーズ味」を販売した<sup>iv</sup>。このような生産数を制限して販売する手法は、高級食品といった大量生産するとコストに見合わない商品のほか、マニアックな書籍（新刊、復刻版、豪華版など）、往年のDVDなどの元々一定の顧客にのみアピールする商品などが対象となりやすい。数量限定は、企業によって意図的に行われる場合もあれば、そもそも生産できる量が限られている事情から顧客が希少性を感じることもある。

#### (3) 地域限定

地域限定は、関東や中部・四国などのブロックに区切り、そのエリア内でのみ販売する手法をいうが、地方の名産品を素材にしたものや、コストの関係で全国販売が難しいものなどが、その対象となる。ナショナルブランド商品の持つブランドのラインを拡張した地域限定商品も多く、地域ごとに異なる消費者の味覚に適合した商品を展開することで、消費者の満足度を高めることができる（鈴木, 2008）。

地域限定商品として有名なのが、サンリオの「ハローキティ」とその土地の名物を合体させた地域限定ハローキティ（「ご当地ハローキティ」）である<sup>v</sup>。1997年、ラベンダー畑をイメージしたラベンダーキティ（北海道限定）が成功した以来、坂本竜馬（高知）、桃太郎（岡山）、金太郎（箱根）などの名産品を含め、大阪の「食いだおれ」人形が商品化された<sup>vi</sup>。お土産としての地域限定商品は、そこでしか買えない、またその土地をイメージできることが重要であるが、ご当地キティはこの二つの条件を満たしながらも、キャラクターそのものから消費者に安心感を与えるゆえに、高い人気を有している<sup>vii</sup>。国内を超えて、2003年からニューヨークをはじめ米国主要都市の直営店で、日本からの観光客の購入を当て込み、Tシャツ、キーホルダーなどが発売されている<sup>viii</sup>。

#### (4) チャネル限定

販売するチャネルを限定することで希少性を強調したチャネル限定商品は、化粧品や菓子などの商品群において多く見られる。化粧品メーカーであるコーセーは、2000年頃から「コスメデコルテ（COSME DECORTE）」や「アルビオン（ALBION）」といった百貨店や化粧品専門店向けの商品を開発し、売り上げの比重を高めてきた<sup>ix</sup>。その一方で、資生堂の子会社であるオービットは、コンビニエンス・ストア専用ブランドである「化粧惑星」を立ち上げて、従来品と比べ低容量で低価格の商品を販売した<sup>x</sup>。

その他、コンビニエンス・ストアを運営する各社が販売するプライベートブランド商品も代表的なチャネル限定商品となる。例えば、温度管理が行き届く流通網を有するセブン&アイ・ホールディングスは、酵母を取り除かないビールである「まろやか酵母」をキリンビールと共同開発し、2003年度にコンビニエンス・ストア限定の商品として販売した<sup>xii</sup>。

#### (5) 小括

上述した4タイプの限定商品以外にも、ホテルのレディースプランや学生を対象とする料金プランなど、対象顧客を限定する手法から販売する地域を限定しながら期間やチャネルを同時に限定する手法まで、企業による限定性の訴求は多様な方法を通じて行われている。このような限定商品を展開していくに当たって、企業側はいかなる商品戦略に基づき、内部のマネジメントを行っているのか。本論文では、ネスレキットカットの限定商品を対象として、この疑問に関する手がかりを探る。

### 3. 日本ネスレキットカットにおける限定商品の展開

ここからの記述は、ネスレ日本の関係者へのヒアリングに基づいている。なお、インタビューの際、企業から入手した社内資料のほか一部報道資料などを参照している。

#### 3.1. ネスレキットカットの概要

1935年8月29日、キットカットは、ウェハースをチョコレートで包んだ「チョコレートクリスピ」の形で、イギリスのロントリー社により初めて販売された。今のような4フィンガー（バーが4本連なった形態）の製品が誕生したきっかけは、ロントリー社の工場で働く男性から寄せられた「お弁当と一緒に、職場に持っていくチョコレートバーをつくつはどうか」という提案からであった<sup>xiii</sup>。

2年後には、イギリスでチョコレートクリスピが大ヒット商品となり、商品の改良を重

表1. 日本でのキットカットの歴史

1973年	販売スタート
2000年	期間限定品の販売開始
2002年	初のご当地商品を北海道限定で発売
2003年	受験生応援キャンペーンスタート
2009年	自分の映像などオリジナルの包装が作れる『チョコラボ』開始
2010年	甘さを控えた「オトナの甘さ」シリーズ開発
2012年	「オトナの甘さ」シリーズに抹茶味を追加

出所：日経MJ(流通新聞)2013年6月28日

表2. チョコレートの売れ筋ランキング

商品	金額シェア 100.0	千人当り 金額	平均価格
1.森永 マッシュボンラズベリーチョコレート菓子 6個	2.3	326	260.6
2. グリコ ピッテ キャラメル・ブリュレ チョコレート菓子 8枚	1.9	259	249.5
3. <u>ネスレ キットカットミニ オトナの甘さ 抹茶</u> 12枚	1.7	233	263.1
4.明治 ザ・チョコレート 香るカカオ 7枚	1.6	225	199.5
5.グリコ ピッテ オリジナルショコラ チョコレート菓子 8個	1.6	224	255.0
6. <u>ネスレ キットカット ミニ</u> 14枚	1.5	213	256.9
7.明治 ベストスリー チョコレート 184G	1.4	199	255.3
8.明治 アーモンドチョコ 88G	1.3	186	152.8
9. <u>ネスレ キットカット ミニ オトナの甘さ ストロベリー</u> 12枚	1.2	172	259.5
10.明治 きのこの山とたけのこの里 チョコレート 菓子 12袋	1.2	171	251.3

出所：「売れ筋商品ランキング」チョコレート、対象期間 2014年9月22日から2014年9月28日、日経PCS情報・売れ筋商品ランキングより

ねていた。その中で、チョコレートクリスピという長い製品名は、KIT KAT(キットカット)というブランドに加わり、「キットカットチョコレートクリスピ」となった。

1942年、第二次世界大戦が始まると、チョコレートの原材料の一つである牛乳の供給が困難になり、ロントリー社はキットカットチョコレートクリスピのレシピの変更を余儀なくされた。レシピ及び味の変更に伴う消費者の信頼を失うことを懸念したため、「チョコレートクリスピ」という名前をパッケージから外して「キットカット」だけを残し、赤だったパッケージを青に変更した。大戦後、1949年には、使用できる牛乳の量が徐々に回復したことに伴い、赤いパッケージに戻した。その時、ロントリー社はブランドを軸と

した戦略を始めることを決定し、「キットカット」というロゴを続けて使用することとした。1958年には、「Have a break, have a Kit Kat」というキャッチフレーズが開発され、テレビコマーシャルや大規模なキャンペーンがイギリスで開始された。50年以上たった今日でも、このキャッチフレーズは製品やコミュニケーションを通じて、世界中で使用されている。

キットカットがはじめて日本市場に登場した1973年当時、キットカットの販売はロントリー社によって行われていたが、1988年にネスレがロントリー社の株式を取得し、キットカットを引き継ぐこととなる。1989年には合併会社「ネスレマッキントッシュ株式会社」が設立され、日本国内(ネスレ霞ヶ浦工場)でキットカットの製造が始まった。

現在でもキットカットというブランドは、よく売れる菓子の代名詞として、チョコレート売れ筋ランキングで高くランクインされている(表2)。

ネスレ日本は、日本国内でレギュラー品と限定品のキットカットを両方販売している。以下、キットカットの限定商品のブランド・アイデンティティー管理と製品開発プロセスを中心に紹介していく。

### 3.2. ネスレキットカットの限定商品開発の背景ときっかけ

1996年、イギリスで世界初となるミルクチョコレート味以外のキットカットである「キットカットオレンジ味」が発売されたのを皮切りに、同じくイギリスで大きめのバータイプのキットカットが発売される(1999年)など、1990年以降、様々な形態やフレーバーのキットカットが世界中で発売された。

日本におけるキットカットの限定商品のタイプは二つある。一つは期間限定商品であり、一定期間全国のコンビニエンス・ストアやスーパーマーケットを中心に販売される。その価格は、レギュラー商品と同様に設定されている(ミニサイズ3個入り100円~120円)。もう一つは、地域限定商品である。この場合、各地域の特産物をコンセプトとし、観光地や空港内でお土産用に販売されるため、英語による表記がなされている。また、お土産の



図1. 日本におけるご当地キットカットシリーズ<sup>xiii</sup>

平均的な価格を考慮して、ミニサイズ 12 個入りの商品で 800 円（税抜）という、プレミアム感を附加した価格を設定している。期間限定の商品は、消費者が美味しそうと感じ、購買意欲の湧く味を目指した製品コンセプトを重視する一方で、地域限定商品の場合、その地域に根付いている味を商品化しているのだという。東北限定の山形さくらんぼ風味、京都限定の宇治抹茶風味、信州限定の信州りんご風味の商品がその例である。

キットカットの期間限定商品が日本市場に初めて登場したのは、1999 年、北海道で苺味のキットカットのテスト販売であった。テスト販売された苺味のキットカットは、予想以上の高い評価を得、2000 年からは全国販売となった。この当時、期間限定商品が企画された目的は、限定商品を通じてキットカットというブランドの可視性を高め、消費者間の口コミを利用し、ブランド全体を活性化することだった。

実際、キットカットは製品の話題性を重視し、多様なプロモーションに次々と手掛けってきた<sup>xiv</sup>。一つの例が「キットカット」を使った応援キャンペーンである。九州の方言で『きっと勝つとお（きっと勝つよ）』が「キットカット」に似ていることから、九州を中心に受験生の間で話題となり、2002 年頃からは全国の受験生の間で口コミを通じて広まり始めた。また、チョコを切符にする三陸鉄道との共同開発から生まれた企画も話題を呼んだプロモーションである。岩手県沿岸を走る三陸鉄道とネスレ日本は、同鉄道の開業 30 周年と 2014 年 4 月の全線運行再開を記念し、切符として使えるチョコレート菓子「ネスレキットカットミニ切符カット」(108 円) を発売し、東北地方の大手コンビニエンス・ストアやスーパーなどで発売した<sup>xv</sup>。他にも、アンテナ店「キットカットショコラトリー」を大丸東京店に出店し、主力品の高級版「キットカット サブリムビター」が人気となり話題となった<sup>xvi</sup>。

キットカットの限定商品の開発は、キットカットのブランド戦略と流通企業のニーズがうまく組み合わさしたものだと言える。日本のコンビニエンス・ストアは、目新しさを好む日本の消費者の来店率を高めるため頻繁に棚を変えを行う。チョコレート菓子の定番であるキットカットは、期間限定商品を定期的に開発することで、当該ブランドの活性化を図りながら、同時にコンビニエンス・ストアなど流通企業のニーズにも応えていたと言えるだろう。ネスレ日本では 1999 年から 2010 年までに約 200 の限定商品を開発し、スーパー やコンビニエンス・ストアで販売されている商品がその 8 割の約 160、残り 2 割の約 40 はご当地用お土産品として開発されたものである。また、2005 年から 2007 年にかけては、月一回の頻度で限定商品を市場に投入していた。

現在、日本市場でのキットカットの売上構成比は、6~7 割をオリジナルのキットカットが、残りの 3 ~ 4 割を限定商品が占めている<sup>xvii</sup>。

#### 4. ネスレキットカットのブランド管理と限定商品の開発

##### 4. 1. キットカットのブランド・アイデンティティーの管理

キットカットのブランド管理のために、ネスレ日本がイオンとの取引を一時中断したことは有名な話である<sup>xviii</sup>。イオンがキットカットに似たプライベートブランド商品を発売し、大量に陳列したことがその発端である。当時のネスレ日本社長高岡浩三氏は、イオンの担当役員を訪ね、「コピー商品を作る小売とはビジネスできない。キットカットを切ってもらっても結構」と言ったという。その当時、イオンはネスレにとって売上高約 10%

を占める最大の販売先であった。にもかかわらず、ネスレ日本はイオンへの一切の販促費を止めてしまった。この経営陣の決断は、営業現場をたじろがせ、キットカットの売上の低迷を心配する営業部門の反発は大きいものだった<sup>xix</sup>。事実、イオンにおけるキットカットの販売は減少し、ネスレ日本の売り上げも落ち込んだ。

しかし、当時の高岡社長はキットカットのブランド価値を守るためにやむを得ないことと考えていた<sup>xx</sup>。本物のブランドは味と品質に優れているだけでなく、消費者の感情に入り込んでいる。そのブランドを育てるには時に販売減のリスクを冒してもブランド価値を守るというこだわりが必要であるというのが、高岡社長の考えであった。

キットカットのブランド・アイデンティティーは、ネスレ日本だけではなくスイスにあるネスレ本社による厳しい指導があり、グローバルでキットカットというブランド・アイデンティティーを管理する体制が整っている。すなわち、日本で発売されるネスレ商品は、全てネスレ本社の承認を得る必要がある。ネスレ本社は、全世界で展開するブランドを一括して管理しており、味からパッケージのデザインまで、ネスレ本社による承認が必要となる。そこで許可をもらって初めて市場で販売することができる。

ところが、このブランド・アイデンティティーを守るために整備された体制は、限定商品の開発を通じてキットカットのブランド活性化を狙うネスレ日本にとって、乗り越えないといけない壁でもあった。

これまでネスレ日本が開発した限定商品には、味やパッケージの審査においてネスレ本社の承認を得られなかつたことが度々あった。その原因の多くは、パッケージのデザインにあったと言う。キットカットとして認められるために最も重要なことは、パッケージ全体の面積に占める赤の割合である。ネスレ本社がパッケージの赤の占める面積にこだわる理由は、世界中でキットカットが同じブランドに見えるようにするためにある。

しかし、ネスレ日本はネスレ本社に次のようなアプローチをすることで、数々の例外的なキットカットの開発販売に成功した。それは、国ごとにキットカットのポジショニングが異なること、消費者にキットカットとして認められる程度が異なることをエビデンスとして用いて主張したのである。すなわち、ネスレ日本は、開発した新製品や限定商品がキットカットのブランド・アイデンティティーに反しないものであることを裏付けるため、「キットカットらしさ」を失わないレベルを測定している。消費者を対象にアンケート調査やインタビューを実施し、得られたデータに基づいたエビデンスは、スイス本社から限定商品のコンセプトやイメージの説得資料として活用される。

こうした説得の結果、ネスレ日本は海外では珍しい独自のキットカットの商品化に成功した。黒いキットカットもその一つの例である。赤のイメージが強いレギュラーのキットカットは、そのデザインのため大人層をターゲットとすることが難しかった<sup>xxi</sup>。黒のパッケージのキットカットは、レギュラーのキットカットでは捕捉できない大人層の取り込みを狙うという目的の下、ネスレ本社の承認を得、結果的にキットカットにおけるイノベーション的存在となった。ネスレ日本より他のネスレ社へのプレゼントになったこともあったという。

また、価格の点でも地域限定商品においてレギュラーのキットカットより割高な価格設定は、ネスレ本社の方針に逆らうものであった。この課題に対しても、ネスレ日本は限定商品に対する高級感と優越感を消費者に感じさせるために、ある程度の価格プレミアムを

付加する戦略が必要であると説明し、ネスレ本社の了承を得ることができた。

このようにキットカットの限定商品開発には、ネスレ本社によるグローバルでブランド・アイデンティティーを守るために様々なルールに対し、キットカットの市場でのポジショニングや消費者の特性といったローカルな側面を、様々なエビデンスを活用しながら説得したという背景があったのである。

#### 4.2. キットカットの限定商品の開発

キットカットの限定商品の開発は、大きく三つの方法で行われている。一つ目は、マーケティング部門によって考案されたコンセプトを採用する方法である。マーケティング担当者が、ソーシャルメディアや個人ブログを観察し、最近の話題となっているコンセプトを調べ、次はいかなる味の商品を作り出すかについてアイデアを出す。得られたアイデアは霞ヶ浦工場の応用開発室（アプリケーショングループ）に伝えられ、開発部門の担当者がレシピを考案し、適切な食感やフレーバーを開発し商品化することになる。

二つ目は、応用開発室の開発担当者により新しい素材から開発する方法である。新しいフレーバーが開発されるとそれに合わせて商品化が進められる。

最後は、企業とのコラボレーションによる商品開発である。これまでに、ユニバーサルスタジオジャパン<sup>xxii</sup> やパティシエ高木<sup>xxiii</sup> といった有名な企業と協力し限定商品が開発されてきた。コラボレーションの相手となる企業がコンセプトをネスレ日本に提案し、その提案を実現しながらもキットカットらしさを失わない商品を作る所以である。例えば、モスフードサービスとのコラボレーションでは「モスバーガー」のキャラクターをパッケージに描いた数量限定商品をモスバーガーで販売し、企業間のコラボレーション企画による商品として話題となつた<sup>xxiv</sup>。



図2. モス限定のキットカット<sup>xxv</sup>

#### 4.3. やりすぎた希少性訴求のジレンマ

ネスレ日本が限定商品の販売を開始した2000年から2004年まで、1年間に4つ程度の限定商品が発売されていた。しかし、その後2005年から2007年にかけては1ヶ月に1商品の頻度で限定商品が開発された。その目的は売上にあった。すなわち、限定商品を月一回の頻度で市場に出しても消費者の購買意欲を刺激することができていた。しかし、2008年以降になると、ついに限定商品の売上が伸びなくなる。

ネスレ日本では、その主な原因の一つは、やりすぎた希少性の提示が消費者のキットカットへの飽きを招いたことにあると考えられた。

同社で当時のマーケティング部部長であった A 氏は、その時のことについて次のように語る。

「消費者は、キットカットはいつも新しい味を出しているから、別に今買わなくともいいよね、と思うようになってしまったんです。来月になるとまた何か出るよね、と思い、消費者の中で飽きがでてきたのです。この飽きというのは大変怖いもので、もともとわが社が目的としていたニーズ作りがもはや消費者の中ではニーズじゃなくなることになりました。違う商品をどんどん出しても、お客様に新しいと感じてもらえなくなつたのです。」

それとほぼ重なるように、2006 年から 2008 年には、売上は増加するも利益が減少するという現象が起きていた。それは、キットカットの限定商品の開発が行き過ぎ、採算に合わない生産方式を取ったためである。メーカーの視点で考えると、少品種多量生産より多品種少量生産の方が当然生産コストは高い。一種類の商品を 1 万ケース生産する場合、1 度で生産すればよいが、10 品種を 1 万ケースずつ生産する場合、生産の度に工場の生産ラインを洗浄し、再び原材料を準備し生産するという作業を 10 度繰り返さねばならない。さらに、メーカーは小売業者に商品の販売期間を表す商品登録を行う義務があり、商品数の増加に合わせて各商品の登録業務を行わなければならない。販促費用についても、単純に 10 倍とはいかないまでも数倍は掛かることが予想される。また、キットカットの限定商品は、売れ残った場合、値引き販売を通じて在庫をなくす方式を取っているが、2008 年には値引きされて販売される限定商品の量が増え、利益を徐々に圧迫していた。もし順調に売上がついてくれば、これらのコストは吸収可能となつただろうが、度々の限定商品の発売により目新しさは薄れ、売上の伸びは鈍化していた。行き過ぎた限定商品の開発は、ネスレ日本にとって販売や流通の面から非常にコストがかさむものとなっていた。

#### 4.4. 社内における希少性の管理

2008 年、ついに限定商品の種類が頭打ちとなり、キットカットの限定商品はさらにニッチなコンセプトを採用するようになる。スポーツドリンク味のキットカットがまさにそれであった。スポーツ味のキットカットは、サッカー協会との共同開発により誕生した商品であり、スポーツをコンセプトとしていた。A 氏によると商品の味は良かったが、この商品に対する消費者の反応は冷たかったという。

社内では限定商品のための新しいコンセプトを求め続けた結果、新しいコンセプトの発見への強迫観念に取り憑かれていたような状態であった。そして、限定商品の目的は、キットカットのブランド活性化ではなく、いつのまにかキットカット全体の売上を伸ばすことになり替わっていた。それが、ネスレ日本をして非常に狭いセグメントを狙うような限定商品の開発に向かわせたと言える。2008 年には限定商品が消費者の間で話題にはなるものの、それは「キットカットでこんな味がでたけど、本当にすごいね、誰が食べるんだろう」というようなネガティブな反応だった。

このような問題の解決を図るために、社内では適切な頻度で限定商品を発売することの必要性が認識されるようになった。そこで、限定商品の発売を 3~4 カ月に 1 商品という当初の頻度に戻し、「ブランドを再活性化する」という最初の目的が再度見直された。フレー

バーに対しては、10人中7、8人が食べたいと思う味を作るという社内の共通認識が生まれた。その結果、苺や抹茶のような定番の味をベースにしながら、さらに目新しいコンセプトを取り入れるようになった。

ネスレ日本の社内では、多様な背景を有するメンバー間のコミュニケーションに基づいて製品開発を進めている。すべての商品開発は、プロジェクト単位で働き、マーケティング部門や応用開発部門の担当者もメンバーとなる。営業部門の担当者も例外ではなく、SCM(supply chain management)の担当者が、商品開発プロジェクトに所属している。ネスレは特にマーケティング視点を重要視する企業であり(高岡, 2013, p. 44)、製品開発の各プロジェクトでは、基本的にマーケティング部門の担当者がリーダーシップを取り、メンバー間の対立する意見の取りまとめ役割を担う。

生産工場は茨城の霞ヶ浦に位置し、本社のある神戸とは距離が離れている。しかし、月に一度は本社で会議が開かれる。その会議では、工場側からも新しいコンセプトが提案されるものの、各部門の目標と特性に沿わない場合にはコンフリクトが発生することもある。つまり、開発部門の担当者は触感や味のような、製品そのものの新しさにより興味があり、消費者のニーズや新しいマーケティングの目的を念頭に置いて新製品を考えることは難しい。一方で、マーケティング担当者は、新製品をいかなる戦略に基づき、市場でどうポジショニングするかに強い興味を持つために、開発部門が重点を置く開発方式と接点を見つけることが難しい。しかし、お互いが顔を合わせてミーティングを実施し、相互理解を深めていくことが大事であるとマーケティング部部長であったA氏はいう。そうしたプロセスを何度も繰り返すことで、徐々に一つの目標が見えてくるのだという。

加えて、R&D部門の担当者がマーケティング部門の仕事をすることもある。それがテクニカル・コーディネーターという役職であり、R&D部門とマーケティング部門の橋渡しとして、本社にいながら、本社側の問題を工場にフィードバックして、最善の解決方法を考える。

## 5. ディスカッション

### 5.1. ネスレキットカットにおける希少性マネジメントの特徴

本節では、これまで紹介してきたキットカットの限定商品の事例から、限定商品のマネジメントに求められる条件について、ブランドと組織における管理の観点から考察を行いたい。ネスレにおいて限定商品のマネジメント上の特徴は、次のようにまとめられる。まず、キットカットというブランドのアイデンティティーを重視し、ブランド価値を維持することで、限定商品のもつ希少性の価値を高めている点である。

希少性の価値は、消費者の認識する「求めにくい」という焦りからなるが、本質的に魅力を有する商品からしか生まれない(Brown, 2001)。つまり、消費者にとって欲しいものでないと、購買条件の限定は意味をなくしてしまう(Alice and Calkins, 2005)。

ブランド・アイデンティティーは、企業にとってブランド戦略を策定する上での長期ビジョンの核であり、ブランド連想を生み出すベースとなる(Aaker, 1997)。多くの日本企業がコーポレートブランドを重視する中でも、ネスレは、キットカットというカテゴリー・ブランドの管理を強化する戦略を取っている(高岡, 2013, p.241)。事実、ネスレ日本は、キットカットと類似したPB商品が販売されたとき、大手の小売企業との取引を拒否して

までも、ブランド・アイデンティティーを重視する姿勢を取った。さらに、革新的な限定商品を作りながら、消費者調査を通じてキットカットらしさを失わない努力をした。このようなブランド管理努力は、キットカットというブランドの価値を高めることで、限定商品の希少性をより価値あるものにしていると考えられる。さらに言えば、限定商品から連想される飽きがこない楽しいイメージは、伝統的なチョコレート菓子であるキットカットに革新性や新規性という新たなイメージを付加することで、キットカットというブランドの価値を高めているとも見える。

続いて、製品自体の魅力と多様なプロモーション活動のミックスによる交互効果により、その希少性の価値を高めている点が特徴として取り上げられる。

キットカットは、販売期間や場所を限定して希少性を生かしつつ、企業とのコラボレーション商品の企画や受験キャンペーンを実施するなど、話題を呼ぶ多様なプロモーションに手掛けている。このように、限定商品とプロモーションが同時に商品の可視性を高め、相互に消費者側の中で話題を呼ぶ仕組みを形成することで、限定商品の有する希少性をより価値のあるものとして消費者に認識させていると考えられる。

最後に、ネスレ日本における限定商品は、希少性に関する社内メンバー間の共通基準の共有を可能にした組織間のコミュニケーションにより支えられている点である。前述のように、キットカットの限定商品は、製品コンセプトの目新しさを追求しすぎたあげく、ニッチな消費者セグメントに対応する製品となり、味に対しての違和感を招いた上に企業の収益を圧迫する存在となった。その際、新しいコンセプトでありながらも誰もが食べたくなる味を適切な周期で販売できるようなキットカットでないといけない、という新製品開発のコンセプトの基準を設け、ブランド活性化という当初の目標を社内で再確認することで、再び魅力的な商品化を目指すことができた。

この製品開発に関する社内認識の共有は、異部門メンバー間のコミュニケーションの促進により可能だったとみられる。マーケティング部門と技術部門のメンバーはそれぞれ背景となる知識と目的が違うために、コンフリクトが起こりやすい (Crittenden, Gardiner and Stam, 1993)。実際、期間限定商品の開発の際には、開発担当者は主に開発した内容がいかに新しかったかに興味を持つが、マーケティング部門は、新たに開発されたものをいか

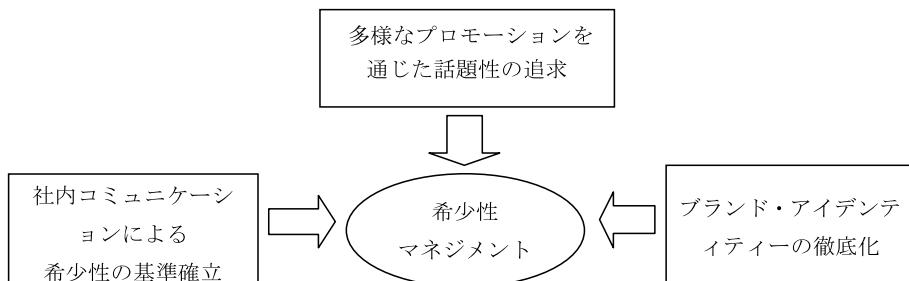


図3. ネスレキットカットにおける希少性マネジメントの特徴

なる戦略で消費者のニーズに合わせてポジショニングするかを考えるために、意見の対立も起こっていた。このような、メンバー間の意見対立は不可欠なものであり、異部門メンバー間の相互の目標の確認とコミュニケーションにより建設的な結果を導くことができた。

なお、テクニカル・コーディネーターという本社と工場の橋渡しの役割をするメンバーの存在も、社内異部門メンバー間の円滑なコミュニケーションを可能にしたとみられる。すなわち、社内の希少性の基準に関する意見交換のできる体制が、ネスレの限定商品が成功を収めたさらなる一つの要因として考えられる。

## 5.2. 実践的合意

本事例研究から実践的合意を抽出することができる。それは、限定商品を展開することについての示唆である。上述したように、限定商品は強いブランド力を持つレギュラー商品の存在から希少性の価値が高められると考えられる。したがって、企業は商品のブランド・アイデンティティーを高める戦略を検討した上で、限定商品を企画することが必要になるだろう。そして、プロモーション活動と限定商品の話題性を同伴させることにより、可視性の高い限定商品が実現できると考えられる。最後に、社内において希少性に関する明確な共通基準を持つことが求められる。それは、異なる意思決定基準を持つ異部門メンバー間のコミュニケーションや第3者による内部の情報や意見交換の調整から成り立つと考えられる。

## 5.3. 今後の研究について

本研究を通じて、限定商品や希少性のマネジメント手法がより明らかになったが、今後は、限定商品のマネジメントに関して次のような研究がより求められると考えられる。

一つ目は、希少性と企業のマーケティング活動の効果的な追求方法を、商品の特性に基づいて考慮した研究である。本研究では、お菓子を取り扱う企業を対象にして、限定商品の狙いとマネジメント方法を調べたが、Verhallen and Robben(1994)も指摘するように、商品のタイプによって、希少性の効果、開発方法、狙いが大きく異なる可能性がある。例えば、生産財やサービスにおける限定商品の場合、売り上げやブランドの活性化よりも、顧客との関係管理の面での有効性が、商品企画において考慮されやすいだろう。

二つ目は、限定商品における適切な希少性の程度やその調整方法に関する議論が、より必要であると考えられる。企業の希少性追求に関する活動において、いかなる基準を用いて、適切な程度までを製品に適用させるべきであるのかをより具体的に調べることで、希少性を用いたマーケティング戦略を取り入れようとする企業にとって、より有効なインパリケーションが提示できると考えられる。

## 参考文献

- [1] Aaker, D.A. (1997) 『ブランド優位の戦略』 ダイヤモンド社。
- [2] Alice, M., and T. Calkins. (2005) Kellogg on Branding: The Marketing Faculty of The Kellogg School of Management, John Wiley & Sons.

- [3] Amandoss, W., and S. Jain. (2008) "Trading up: A strategic analysis of reference group effects", *Marketing Science*, Vol. 27, No. 5, pp. 932-942.
- [4] Anderson, C. R., and C. P. Zeithaml. (1984) "Stage of the product life cycle, business strategy, and business performance", *Academy of Management Journal*, Vol. 27, No. 15-24.
- [5] Balachander, S., and A. Stock. (2009) "Limited edition products: when and when not to offer them", *Marketing Science*, Vol. 28, No. 2, pp. 336-355.
- [6] Brown, S. (2001) "Torment your customers(they will love it)", *Harvard Business Review*, Vol. 79, No. 9, pp. 82-88.
- [7] Crittenden, V. L., L. R. Gardiner., and A. Stam. (1993) "Reducing conflict between marketing and manufacturing", *Industrial Marketing Management*, Vol. 22, No. 4, pp. 299-309.
- [8] Keller, K. (2008) *Strategic Brand Management* 3rd Edition, Pearson Education.
- [9] Kotler, P., and K. Keller. (2006) *Marketing Management* 12th Edition, Pearson Education.
- [10] Lynn, M. (1989) "Scarcity effects on value mediated by assumed expensiveness", *Journal of Economic Psychology*, Vol. 10, No. 2, pp. 257-274.
- [11] 三村浩一 (2009) 「限定品を購入する消費者像—心理的リアクタンス理論から見えるパーソナリティ特性」『日経広告研究所報』Vol. 244, pp. 46-50.
- [12] 小川進 (2003) 「製品開発体制に与えたコンビニ台頭のインパクト」*国民経済雑誌*、Vol. 188, No. 6, pp. 39-51.
- [13] 鈴木 寛 (2008) 「限定商品に対する消費者購買行動の理論的・実証的研究 - 心理的リアクタンス理論と独自性理論を中心に」『中央大学企業研究所』Vol. 14, pp. 202-223.
- [14] 高岡浩三 (2013) 『ゲームのルールを変えろ』ダイヤモンド社。
- [15] Verhallen, T. M. M., and H. S.J. Robben. (1994) "Scarcity and preference: an experiment on unavailability and product evaluation", *Journal of Economic Psychology*, Vol. 15, No. 2, pp. 315-331.

<sup>i</sup> 日経MJ(流通新聞)、15 ページ、2014 年 3 月 14 日

<sup>ii</sup> [http://www.glico.co.jp/netshop/p/c7\\_4.htm](http://www.glico.co.jp/netshop/p/c7_4.htm)、取得日 :2014 年 11 月 10 日

<sup>iii</sup> [http://www.kirin.co.jp/company/news/2008/0514\\_01.html](http://www.kirin.co.jp/company/news/2008/0514_01.html)

<sup>iv</sup> 日経速報ニュースアーカイブ、「森永乳業、エスキモーピノ ブルーベリー & チーズ味を数量限定発売」、2010 年 4 月 19 日

<sup>v</sup> <http://www.itoyoshi.net/kitty.html>、取得日 :2014 年 10 月 15 日

<sup>vi</sup> 日本経済新聞、10 ページ、2002 年 10 月 05 日

<sup>vii</sup> 日経 MJ (流通新聞)、11 ページ、2009 年 4 月 24 日

<sup>viii</sup> 日本経済新聞、10 ページ、2002 年 10 月 05 日

<sup>ix</sup> 日経 MJ (流通新聞)、18 ページ、2002 年 6 月 6 日

<sup>x</sup> 日本経済新聞夕刊、3 ページ、2002 年 3 月 2 日

<sup>xi</sup> 日経産業新聞、21 ページ、2012 年 6 月 14 日

<sup>xii</sup> <http://nestle.jp/brand/kit/about/history/>、取得日 :2014 年 10 月 15 日

<sup>xiii</sup> <http://nestle.jp/brand/kit/>、取得日 :2014 年 10 月 15 日

<sup>xiv</sup> 日経 MJ (流通新聞)、15 ページ、2013 年 6 月 28 日

<sup>xv</sup> 日本経済新聞朝刊、11 ページ、2014 年 6 月 3 日

<sup>xvi</sup> 日経速報ニュースアーカイブ、2014 年 8 月 29 日

<sup>xvii</sup> インタビュー当時ネスレコンフェクションナリー事業本部マーケティング部長

- xviii 日本経済新聞朝刊、9 ページ、2013 年 1 月 28 日  
xix 日本経済新聞夕刊、9 ページ、2013 年 3 月 22 日  
xx 日本経済新聞夕刊、9 ページ、2013 年 3 月 22 日  
xxi 日経速報ニュースアーカイブ、2014 年 9 月 1 日  
xxii 日経流通新聞、17 ページ、2006 年 6 月 28 日  
xxiii 日経産業新聞、18 ページ、2014 年 1 月 20 日  
xxiv 日経流通新聞、15 ページ、2012 年 12 月 12 日  
xxv 出所：[http://www.mos.co.jp/company/pr\\_pdf/pr\\_111129\\_1.pdf](http://www.mos.co.jp/company/pr_pdf/pr_111129_1.pdf)、修得日：2014 年 11 月 5 日
- 

## Product Management of Limited Editions: Evidence from Limited Edition Products of KIT KAT

Eunji SEO

*Department of Business Administration, Faculty of Management,  
Fukuyama Heisei University*

**Abstract:** The purpose of this paper is to gain insight into the management of scarcity when firms develop limited edition products. While many brands introduce limited edition products as one of the product line based upon marketing strategy, little is known about that how firms decide scarcity concept and apply for their products. This paper is concerned this issue using the data from one special brand, KITKAT.

The conclusion which can be drawn from this study of important managerial point for activating values of scarcity are these: 1) lasting and managing brand identity through the regular products that are able to fascinate customers, 2) effective promotions prompting social issues and 3) mutual understanding as to criteria of scarcity by communicating between different functional members.

**Keywords:** scarcity, limited editions, KIT KAT, brand identity.

徐 恩之

福山平成大学経営学部紀要  
第 11 号 (2015), 73—92 頁

## 社会システム分析のための統合化プログラム 23 – 行列計算・自由記述統計・検定の効率化・層別分割表の検定 –

福井正康・尾崎誠・細川光浩・奥田由紀恵  
福山平成大学経営学部経営学科

**概要：**我々は教育分野での利用を目的に社会システム分析に用いられる様々な手法を統合化したプログラム College Analysis を作成してきた。今回は数学の行列計算、アンケートの自由記述に関する集計、Mantel-Haenszel 法に代表される層別分割表の検定、対応のない質的及び量的な比較検定の自動化に関するプログラムについて紹介する。

**キーワード：**College Analysis, 社会システム分析, 統計, 数学

### 1. はじめに

我々は、統計学、経営科学、意思決定、数学などの分野で、様々な分析プログラムを作成し、社会システム分析ソフトウェア College Analysis として統合化してきた。今回は、数学の分野で、インターフェースに特徴のある行列の数式計算のプログラムを作成した。また統計の分野では、アンケートの自由記述についての集計、医学の分野でよく利用される交絡因子を除去した分割表の検定である、層別分割表の検定について、新しくプログラムを作成した。また、これまでの  $\chi^2$  検定、2 群間の量的データの検定、3 群以上の 1 元比較の検定に、質問項目が多いアンケートデータ等を効率よく処理する複数項目同時処理機能や、検定の自動選択機能を持ったプログラムを追加した。この論文ではこれらの理論とプログラムの利用法を紹介する。

行列計算は、理論上簡単なものでも、行数と列数が増えると実際の計算は複雑になり、手作業では難しくなる。そのため、多変量解析等の統計計算で、実際のデータを利用して理論の道筋を学ぼうと考えた場合、途中経過を手作業で追うことはほぼ不可能である。しかし、統計処理のプログラムの中で途中計算の結果を表示することは効率的ではなく、行列を含む数式の計算を簡単に実行することのできるプログラムは非常に有効である。ここでの行列計算は、行列の四則計算、行列の転置、トレース、行列式、逆行列、固有値、固有ベクトルなどを求めることができ、計算過程の検算や簡単な練習問題の答え合わせなどに最適である。また、単に数値処理をするだけでなく、最初 5 つの計算については数式のままで計算することも可能であり、固有値の計算法や 2 次曲面などの教育に役に立つ。ただ数式処理機能はないので、残念ながら表示はきれいにまとまらない。

自由記述集計プログラムは、アンケート等の自由記述データの中から、キーワードの組

み合わせなどを検索し、その出現位置や回数などを解析する機能を持ったプログラムである。しかし、形態素解析の機能を持たないので、本格的なテキストマイニングとは言い難く、利用範囲は限られる。形態素解析の機能は辞書作成が困難なことから、今のところ作成する予定はない。

層別分割表の検定は、交絡因子の影響を除去した分割表の検定と考えられるもので、オッズ比の検定である、層別  $2 \times 2$  分割表に対する Mantel-Haenszel 法と、トレンドの検定法である層別 Mantel-extension 法について、新しくプログラムを作成した。

最後に、検定の効率化については、これまで、1組ずつ変数を選択して実行してきた  $\chi^2$  検定、2群間の量的データの検定、3群以上の量的データの検定について、一度に多くの変数を選択して検定をまとめて実行する機能を追加した。もちろん、データ理解の上では1組ずつきちんと処理する方がよいが、分析についての質問に答える際には、目安をつける必要があることから、この機能は大変有効である。分析をよく理解した上で利用することをお勧めする。

## 2. 行列計算

数学の行列計算は College Analysis の中で統計学をはじめとする様々な分野のプログラムで用いられてきたが、我々はこの計算プログラムを分析の表題として表に出すことはなかった。その理由は授業等で利用する機会がなかったからだけでなく、どのような形式にすれば簡単に利用できるプログラムを作ることができるのか分からなかったからである。今回この問題について考え、1つの回答を見出したので紹介する。

行列はデータとして、グリッドエディタのセルに「a=」(大文字小文字は区別しない)のように名前を付けて自由に記述し、実行メニューの中で名前を利用した数式表現を用いて計算を実行する。結果はグリッド出力を用いて行列の形式で出力される。このプログラムの特徴は、単純に数値計算を行うだけでなく、行列を文字列として計算できるところで、例えば固有方程式などを(形は見易くないが)数式として表現して、結果をそのまま方程式ソルバーにコピー・ペーストして固有値などを求めることもできる。同様のことは連立1次方程式についても実行できる。また、行列表示した橙円の式などの結果を陰関数表示のプログラムにコピーして結果をグラフ表示することも可能である。これは行列の教科書で習う計算をそのままシミュレートすることに相当しており、教育効果も期待できそうである。College Analysis に含まれる分析相互のやり取りを通して活用の幅が広がる例である。

College Analysis のメニュー [分析-数学-行列計算] を選択すると図 2.1 のような行列計算メニュー画面が表示される。

行列データは、グリッドエディタに例えば「a3=」のように、行列名を付けて入力する。行列名は必ず後ろに半角の「=」を付け、行列の成分は行列名の右から下にかけて連続的に入力する。空欄が行列の区切りである。図 2.2 にデータ入力の例を示す。

ここには、a3, a2, b3, b2, c, d, i3, i2, x3, x2 という名前の 10 個の行列が含まれている。行列の成分には単に数字だけでなく、数式や文字列も利用可能である。行列名は小文字と大文字を区別せず、すべて大文字に変換して処理される。但し、このプログラムは複素行列に対応していない。複素行列については将来このプログラム内で対応させる

か、独立に扱うか検討中である。

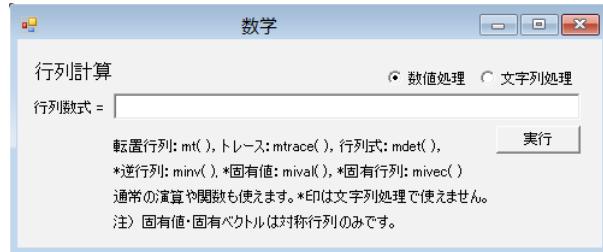


図 2.1 行列計算メニュー画面

データ編集 行列計算1.txt							
a3=	4	1	2	i3=	1	0	0
	1	2	1		0	1	0
	2	1	3		0	0	1
a2=	4	2		i2=	1	0	
	2	3			0	1	
b3=	1			x3=	x		x2=
	2				y		y
	3				z		
b2=	3			d=	1.0000	0.7394	0.9065
	2				0.7394	1.0000	0.7025
c=	1	3	2		0.9065	0.7025	1.0000
	2	2	-1		0.4803	0.6007	0.5345
	-1	2	1		0.9141	0.6995	0.9044
						0.9044	0.5323
							1.0000

図 2.2 データ入力画面

利用者はメニュー画面の「行列式式 =」のテキストボックスに、データで入力した行列名を含む数式を記述する。例えば「a3\*(c-i3)」として実行ボタンをクリックすると、図 2.3 のような結果が表示される。

行列計算結果			
	1 列	2 列	3 列
1 行	0	17	7
2 行	3	7	0
3 行	-1	13	3

図 2.3 「a3\*(c-i3)」計算結果

計算式の演算では、実数同士の加減乗除、行列同士の加減乗算、行列とスカラーの乗除(スカラーで割る)、が可能である。また関数として扱われるには、実数の College Analysis で標準的に利用できる関数、行列の転置 (mt())、トレース (mtrace())、行列式 (mdet())、逆行列 (minv())、固有値対角行列 (mival())、固有ベクトル (mivec()) である。但し、

後者2つについては対称行列だけに対応するようになっている。これについては今後改良を加えて行く必要がある。行列の関数で行列式はスカラーとなるが、これも図2.3と同様に、1行1列の行列として結果が表示される。行列計算は基本的に行列もスカラーもすべて行列として処理している。これらの計算は図2.1の中の「数値処理」ラジオボタンで示されるように、数値として計算される。

このプログラムを利用すると、通常の逆行列や固有値、固有ベクトルを求める計算だけでなく、教科書などでよく例が表示される、行列と逆行列の積が単位行列であることや固有ベクトルによる実対称行列の対角化などを手軽に見ることができる。例えば前者は、テキスト入力で「 $c^*minv(c)$ 」として「実行」ボタンをクリックすると、結果は図2.4のように単位行列となる。

	1列	2列	3列
1行	1	0	0
2行	0	1	0
3行	0	0	1

図2.4 行列と逆行列の積

後者では、「 $mt(mivec(a3))^*a3*mivec(a3)$ 」とすると、対角成分に固有値が並んだ、図2.5のような対角行列を得る。これは「 $mival(a3)$ 」の結果と同一である。

	1列	2列	3列
1行	6.0489	0	0
2行	0	1.6431	0
3行	0	0	1.308

図2.5 固有ベクトルによる実対称行列の対角化

このような数値計算だけでなく、行数と列数が小さな行列では実行メニューの「文字列処理」ラジオボタンによって、行列の計算を文字列で実行することもできる。結果は数式処理ソフトのようにきれいではないが、これを利用すると、実際に固有方程式や連立1次方程式を作り、方程式ソルバーでそれを解いて固有値や解を求めたり、2次曲線の式を行列表示して陰関数グラフの表示プログラムでグラフ化したりすることができる。

図2.1で「文字列処理」ラジオボタンを選択し、テキスト入力で「 $mdet(a3-x*i3)$ 」とすると、図2.6のような結果が得られる。

	1列
1行	$((4-((x*x(1)))*(((2-((x*x(1)))*((3-((x*x(1)))-((1-((x*x(0)))*(1-((x*x(0))))-$

図2.6 行列式の文字列計算

数式処理が可能ならばもっと簡単な表式になるのであるが、ここでは区切りのための括弧が多く付いた表式が与えられている。この行列式を 0 とおいて固有値が求められるが、これにはメニュー「分析－数学－方程式ソルバー」を選択して表示される図 2.7 左の方程式ソルバー実行メニューを利用する。これにこの表式をコピーして、「方程式の解」ボタンをクリックすると、表式 =0 で求められる解が図 2.7 右のように求められる。

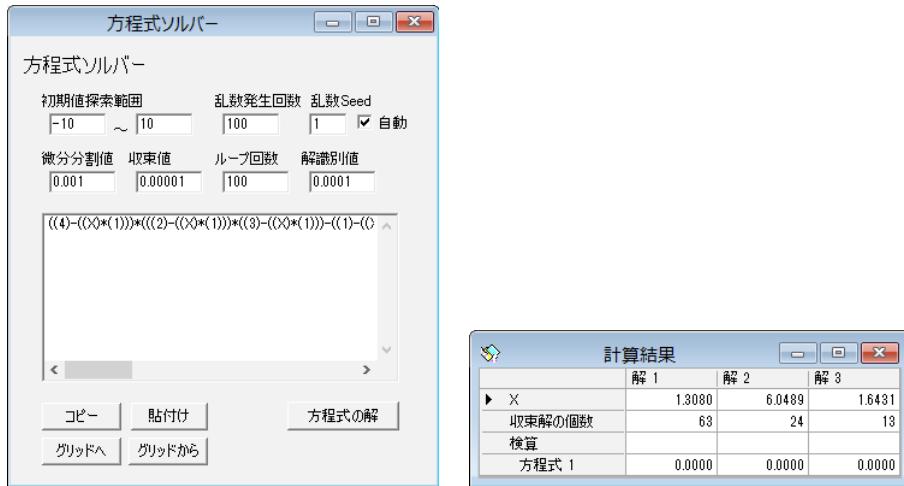


図 2.7 方程式ソルバーメニュー画面と固有方程式の解

次に、テキスト入力で「 $c*x3-b3$ 」として「実行」ボタンをクリックすると、図 2.8 のような結果が得られる。これは連立方程式「 $c*x3-b3=0$ 」の左辺である。

行列計算結果	
	1列
▶ 1 行	$((1)*(X)+(3)*(Y)+(2)*(Z))-(1)$
2 行	$((2)*(X)+(2)*(Y)+(-1)*(Z))-(2)$
3 行	$((-1)*(X)+(2)*(Y)+(1)*(Z))-(3)$

図 2.8 連立方程式の文字列計算

この表式を方程式ソルバーにコピーし、結果を求めたものが図 2.9 である。

最後に 2 次曲線の行列表示について見てみよう。テキスト入力で「 $mt(x2)*a2*x2-9$ 」として「実行」ボタンをクリックすると、図 2.10 のような結果が得られる。表式 =0 とすると、これは 2 次曲線の方程式である。

これを、「分析－数学－グラフ－2 次元パラメータ関数」のメニューの「陰関数描画」のテキストボックスに代入し、「描画」ボタンをクリックすると、図 2.11 のような結果を得る。ここでは 2 次元のグラフを描いたが、これには 3 次元のグラフを描くものもある。

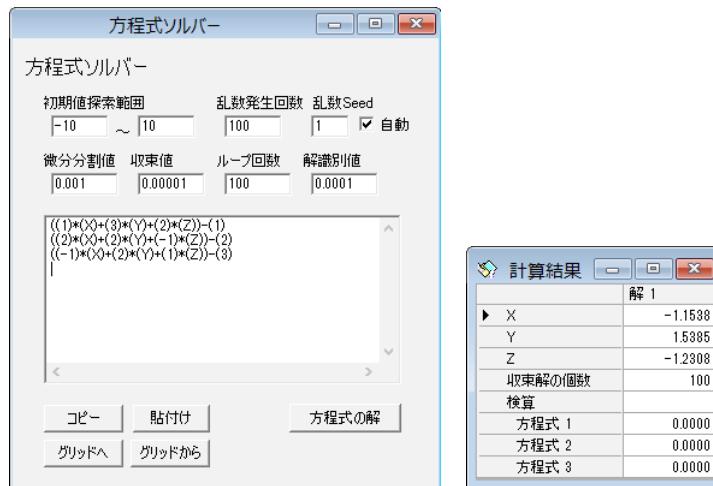


図 2.9 方程式ソルバーメニュー画面と連立方程式の解

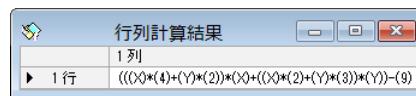


図 2.10 2次曲線方程式の文字列計算

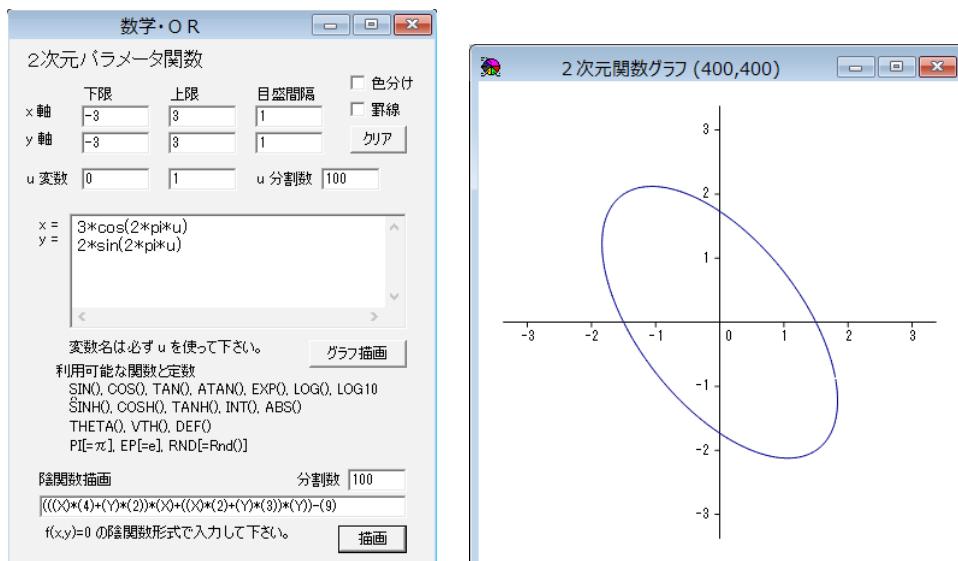


図 2.11 2次元パラメータ関数メニュー画面と2次曲線の描画

### 3. 自由記述統計

アンケートなどで自由記述欄を設けた際、その文章を検索してキーワードを見出し、その出現頻度を求め、文中でのキーワード同士の連携関係を求めるることはテキストマイニングの基礎として重要である。我々はデータの特殊な集計法として、この自由記述文の検索と集計プログラムを College Analysis の基本統計に加えることにした。

本格的な大量データのテキストマイニングには自動的な形態素解析が必須であり、現在の我々のシステムでは不可能である。しかし、規模の小さな自由記述データでは分析者の判断によるキーワード抽出が可能であり、これを用いたデータ処理はある程度可能である。このプログラムはこれらの分析を行うためのツールである。

メニュー [分析ー基本統計ー自由記述統計] を選択すると、図 3.1 に示すメニュー画面が表示される。

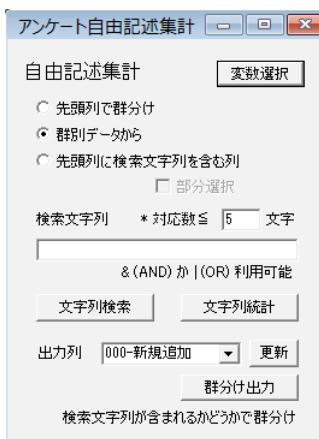


図 3.1 自由記述集計分析メニュー画面

データ編集 自由記述1.txt							
地域	年収	支出	意見1	意見2	自由記述1	自由記述2	検索1
▶ 1	1	583	49	2	8 私は、教育に関心がある。	私は幸せだと思う。	教育&関心
2	1	565	33	2	3		学歴
3	2	508	32	1	8 教育にあまり興味がない。		幸せ
4	2	565	31	2	1		幸福は人それぞれ。
5	1	594	57	2	3 学歴社会だと思うから。	好きなことをやるのが幸せ	
6	2	624	47	1	1		人それぞれ
7	1	617	48	2	1 重要なのは本人のやる気だ。		
8	1	458	53	2	3		
9	1	754	62	2	1		
10	2	667	53	2	1		
11	2	470	37	1	1 教育には大いに関心がある。	子供の幸せが一番	
12	2	578	28	2	3		
13	2	592	13	2	3		
14	2	723	45	2	2		
15	1	674	46	2	3		
16	2	676	51	1	8 どのような教育が良いのか分からない。	警察に捕まりさえしなければ。	
17	1	570	50	1	1		

図 3.2 自由記述集計のデータ形式

データは図3.2のように、自由記述データと数値や記号を混在させてもよい。右端の「検索1」の列は、元々のデータではなく、検索のために追加した列で、利用法は後で説明する。

通常の基本統計の集計と同じように、集計の形式を「群別データから」、「先頭列で群分け」、「先頭列に文字列を含む列」の中から選択することができるが、最初の2つは基本的に通常の基本統計の集計の場合と同じである。これらについては順に説明していく。

最初に「群別データから」の場合について、検索文字列で "教育" と指定し（両側の "" は入力しない）、変数選択で自由記述1だけを選択して、「文字列検索」ボタンをクリックすると、図3.3左、「文字列統計」ボタンをクリックすると図3.3右のような検索結果を得る。

検索結果		
検索文字列: 教育		
変数 自由記述1		
<1>	私は、 <b>教育</b> に関心がある。	
<3>	<b>教育</b> にあまり興味がない。	
<11>	教育には大いに関心がある。	
<16>	どのような <b>教育</b> が良いか分からない。	

教育 を含むデータ数		
	自由記述1	合計
▶ 教育	4	4
合計	4	4
教育	4	4

図3.3 「群別データから」での検索結果1

検索文字列には、& (and)、| (or) やワイルドカード「\*」が利用できる。ワイルドカードは \* が何文字までに対応するかを「\* 対応数≤」として指定することができる。例えば、検索文字列に、" 教育 \* 関心 | 幸 " と指定し、変数選択で自由記述1と自由記述2を選択して、「文字列検索」ボタンをクリックすると、図3.4左、「文字列統計」ボタンをクリックすると図3.4右のような検索結果を得る。

検索結果		
検索文字列: 教育*关心 幸		
変数 自由記述1		
<1>	私は、 <b>教育</b> に <b>关心</b> がある。	
<11>	<b>教育</b> には大いに <b>关心</b> がある。	
変数 自由記述2		
<1>	私は <b>幸</b> せだと思う。	
<4>	<b>幸</b> 福は人それぞれ。	
<5>	好きなことをやるのが <b>幸</b> せ	
<11>	子供の <b>幸</b> せが一番	
<20>	お金はあたとうが <b>幸</b> せかな。	

教育*关心 幸 を含むデータ数			
	自由記述1	自由記述2	合計
▶ 教育*关心	2	0	2
幸	0	5	5
合計	2	5	7
教育*关心 幸	2	5	7

図3.4 「群別データから」での検索結果2

集計の形式が「群別データから」であるため、2つの変数は独立に検索対象になっている。また、図3.3及び図3.4の右側の表で、合計の下に検索文字列が表示されているが、これは、合計までが or で分けて検索した結果、その下が検索文字列でそのまま検索した結果を表している。一般に上の合計と下の結果は異なるが、今のは同じ数になっている。図2.3のように and や or を使わない場合は全く同じものが表示されている。

次に集計方法として「先頭列で群分け」を選択し、検索文字列で " 教育 " と指定し、変数選択で地域と自由記述1を選択して、「文字列検索」ボタンをクリックすると、図3.5左、「文字列統計」ボタンをクリックすると図3.5右のような検索結果を得る。

検索結果  
検索文字列: 教育

分類名: 地域-1	変数 自由記述1
<1>	私は、 <b>教育</b> に関心がある。
分類名: 地域-2	変数 自由記述1
<3>	<b>教育</b> にあまり興味がない。
<11>	<b>教育</b> には大いに関心がある。
<16>	どのような <b>教育</b> が良いのか分からない。

教育 を含むデータ数

	地域-1-自由記述1	地域-2-自由記述1	合計
▶ 教育	1	3	4
合計	1	3	4
教育	1	3	4

図 3.5 「先頭列で群分け」での検索結果

これは地域による群分けを実行した後で検索を実行した結果である。

最後に「先頭列に検索文字列を含む列」では、変数選択で、例えば図 3.2 の検索 1 の列を最初に選択し、検索対象とする列を次に選択する。この例では、検索文字列で "教育 & 関心 | 学歴 | 幸せ" と指定し、その後の変数を群別データからで選択したものとすることと同等である。例えば変数選択で、検索 1、自由記述 1、自由記述 2 を選択して、「文字列検索」ボタンをクリックすると、図 2.6 左、「文字列統計」ボタンをクリックすると図 2.6 右のような検索結果を得る。

検索結果  
検索文字列: 教育&関心|学歴|幸せ

変数 自由記述1
<1> 私は、 <b>教育</b> に <b>関心</b> がある。
<5> <b>学歴</b> 社会だと思うから。
<11> <b>教育</b> には大いに <b>関心</b> がある。
変数 自由記述2
<1> 私は <b>幸せ</b> だと思う。
<5> 好きなことをやるのが <b>幸せ</b>
<11> 子供の <b>幸せ</b> が一番
<20> お金はあったほうが <b>幸せ</b> かな。

教育&関心|学歴|幸せ を含むデータ数

	自由記述1	自由記述2	合計
▶ 教育&関心	2	0	2
学歴	1	0	1
幸せ	0	4	4
合計	3	4	7
教育&関心 学歴 幸せ	3	4	7

図 3.6 「先頭列に検索文字列を含む列」での検索結果

「先頭列に検索文字列を含む列」を選択した場合、右下の「部分選択」チェックボックスが利用可能になる。ここにチェックした場合、検索文字列を選択して検索をかけることができる。これにより、予めキーワードを 1 つの列に書いておき、その中から自由にいくつか選んで検索することができるようになる。

次に、集計の形式を「群別データから」として、変数選択で自由記述 1 を選び、検索文字列を "教育" として、出力列を「新規追加」のまま「群分け出力」ボタンをクリックすると、図 3.7 のように、新たな列が追加され、選択文字列を含むレコードに 1、含まれないレコードに 0 が outputされる。

これを用いると、2 つの検索文字列の相関などを求めることが可能となる。2 つの文字列を and で繋いで検索した結果を見るより、関係が分かり易くなると思われる。

データ編集 自由記述1.txt								
	地域	年収	支出	意見1	意見2	自由記述1	自由記述2	検索1
▶ 1	1	583	49	2	3	私は、教育に关心がある。	私は幸せだと思う。	教育&関心 1
2	1	565	33	2	3	教育にあまり興味がない。		学歴 0
3	2	508	32	1	3	学歴社会だと思うから。	好きなことをやるのが幸せ	幸せ 1
4	2	565	31	2	1		幸福は人それぞれ。	0
5	1	594	57	2	3		好きなことをやるのが幸せ	0
6	2	624	47	1	1		人それぞれ	0
7	1	617	48	2	1	重要なのは本人のやる気だ。		0
8	1	458	53	2	3			0
9	1	754	62	2	1			0
10	2	667	53	2	1			0
11	2	470	37	1	1	教育には大いに关心がある。	子供の幸せが一番	1
12	2	578	28	2	3			0

図 3.7 群分け出力結果

#### 4. 検定の効率化

統計の集計や検定では、1つ1つの変数の性質を見極め、十分検討しながら処理を行うことが重要であるが、質問項目の多いアンケート調査などでは、最初にある程度の結果を出し、有意差の出そうなものを見つけて、後で詳しく調べたいと考えることもある。今回この方法を実現するために、 $\chi^2$ 検定、2群間の量的データの検定、実験計画法の中に、複数の処理を一括して行う機能を追加した。ここでは、簡単な以下の例を元にこれらの機能を紹介する。

- 1) 合否 (1 : 合格, 2 : 不合格・質)
- 2) クラブ活動 (3段階・質)
- 3) アルバイト (3段階・質)
- 4) 社会活動 (2段階・質)
- 5) 専門知識 (点数・量)
- 6) 高校成績 (点数・量)
- 7) 大学成績 (点数・量)
- 8) 出席率 (%表示・量)

メニュー「基本統計-質的データの集計」を選択すると、図 4.1 のような、以前と変わらない質的データの集計メニューが表示される。

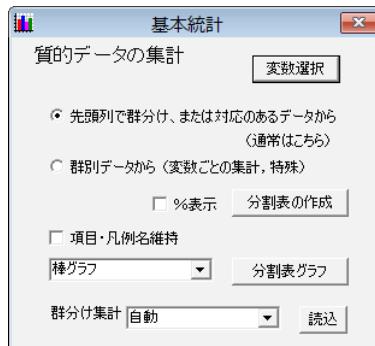
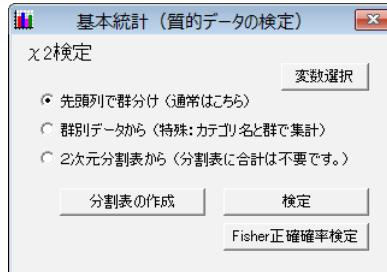


図 4.1 質的データの集計メニュー画面

2次元分割表を描くには通常2つの質的データを選択するが、処理を一度に行う場合は、例えば、「1) 合否～4) 社会活動」までまとめて選択する。その後「分割表の作成」ボタンをクリックすると、図4.2のように、先頭列（最初に選んだ変数）を元に複数の分割表が横にまとまって表示される。

図4.2 まとめて表示された2次元分割表

$\chi^2$ 検定についても、図4.3のようにメニューの上では変更がない。

図4.3  $\chi^2$ 検定メニュー画面

しかし、まとめて変数を選んだ場合は、テキスト表示と違い、図4.4のようなグリッド表示となる。

図4.4 まとめて表示された $\chi^2$ 検定結果

ここで分割数に応じて自由度が変化していることが分かる。その他の質的なデータの集計や検定については、データの形式からまとめて処理することがないと思われる所以で、変更を加えていない。

量的なデータについては、対応のない2群間の比較と1元配置実験計画法の問題に機能追加がおこなった。例えば、t検定のメニューは、図4.5のように与えられ、変更はないが、「先頭列で群分け」で、通常2つの変数を選ぶところを、群分けする変数「1) 合否」に続いて「5) 専門知識～8) 出席率」のように複数の変数を選んで、「検定」ボタンをクリックすると、図4.6に示されるように一括で処理される。

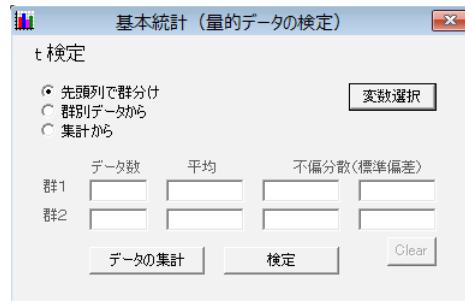


図 4.5 t 検定メニュー画面

t 検定結果 (合否別)			
	自由度	t値	両側確率
専門知識	93	11.7621	0.0000
高校成績	93	0.3775	0.7067
大学成績	93	5.7350	0.0000
出席率	93	4.4273	0.0000

図 4.6 まとめて表示された t 検定結果

Welch の t 検定や Wilcoxon の順位和検定でも同様の機能追加が行われている。

さて、量的データの検定では、データの分布によって検定方法を変えるのが一般的であるので、本来このようにすべて t 検定等で行うのは好ましくない。そこで我々は、図 4.7 のように、量的データ検定メニューに検定を自動選択するボタンを加えた。

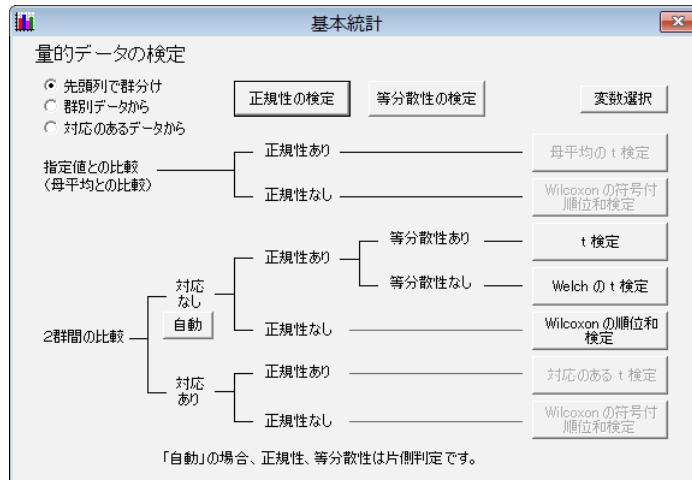


図 4.7 量的データ検定メニュー画面

変数を上の t 検定の場合と同じように選び、対応なしの下の「自動」ボタンをクリックすると、図 4.8 のように、検定が自動選択される様子が示され、結果が表示される。

	正規性	等分散性	検定手法	両側確率
専門知識	なし		順位和検定	0.0000
高校成績	ありとみなし	なし	Welch t 検定	0.7090
大学成績	なし		順位和検定	0.0000
出席率	なし		順位和検定	0.0000

図 4.8 2 群間の比較検定自動検索結果

ここで、正規性の検定には S-W 検定（このプログラムの場合は近似）、等分散性の検定には F 検定が片側確率で利用されている。群別データの場合は、選択した複数の変数を、条件を変えた 1 つの変数として考えるので、結果は 1 つの検定として表示される。他の検定については、データの形式から、一括で処理することができないのでこれまで通り 1 種類ずつ処理する。

ここで 2 群間の比較を考えたので、3 群以上の比較についても同様の機能拡張を行う必要がある。これは 1 元配置実験計画法の問題である。メニュー[多変量解析－実験計画法]を選択して表示されるメニュー画面を図 4.9 に示す。

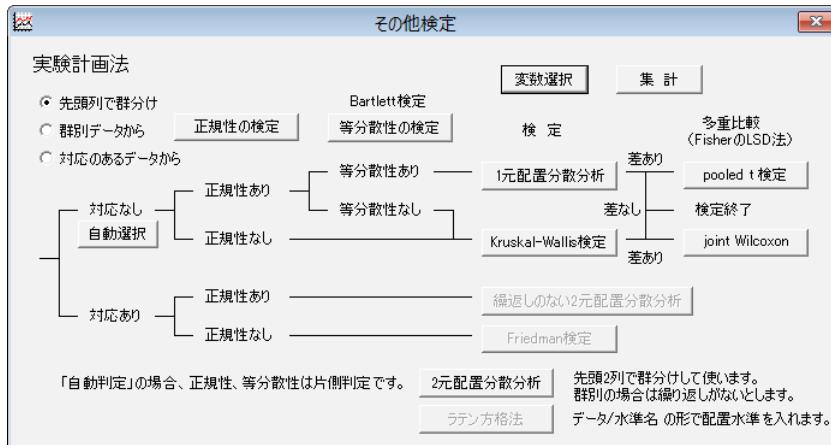


図 4.9 実験計画法メニュー画面

この中で、先頭列で群分けの場合、1 元配置分散分析と Kruskal-Wallis 検定では一括処理が可能である。例えば、群分けする変数「3) アルバイト」に続いて「5) 専門知識～8) 出席率」と複数の変数を選んで、「1 元配置分散分析」ボタンをクリックすると、図 4.10 に示されるように一括で処理した結果が表示される。

実験計画法でもデータの分布によって検定方法を変えるので、図 4.9 のメニュー画面でも検定を自動選択するボタンを加えてある。1 元配置分散分析と同じ変数を選択し、図 4.10 の「自動選択」ボタンをクリックすると図 4.11 の結果が表示される。

他の検定については、データの形式から、一括で処理することができないのでこれまで通り 1 種類ずつ処理する。

1元配置分散分析結果 (アルバイト別)				
	自由度1	自由度2	F値	片側確率
専門知識	2	92	7.5298	0.0009
高校成績	2	92	14.188	0.2472
大学成績	2	92	10.5728	0.0001
出席率	2	92	5.8991	0.0039

図 4.10　まとめて表示された 1元配置分散分析結果

検定結果 (アルバイト別)				
	正規性	等分散性	検定手法	片側確率
専門知識	ありとみなす	ありとみなす	1元配置分...	0.0009
高校成績	ありとみなす	なし	K-W 検定	0.4862
大学成績	なし		K-W 検定	0.0000
出席率	ありとみなす	ありとみなす	1元配置分...	0.0039

図 4.11 1元配置検定自動検索結果

## 5. 層別分割表の検定

質的データ同士の関係を調べるための基本的な統計手法は2次元分割表に基づく検定である。例えばたばこ摂取の度合いにより、ある疾病的罹患状況に差があるかどうか調べるといった場合、たばこ摂取の有無による差を見る場合はオッズ比の検定（ほぼ通常の $\chi^2$ 検定と同様）を行い、たばこの用量－反応関係を調べる場合はMantel-extension法などのトレンドの検定手法を利用する。しかし、これは本当に正しいのであろうか。疾病の原因は、たばこだけとは限らないし、日頃の生活管理にも影響される。例えば、喫煙しない人が、健康のために毎日の適度な運動習慣を持っているということはないであろうか。この例のように2次元分割表における見かけの差の背後に結果に影響を及ぼす交絡因子（背景因子）が存在することがある。この交絡因子の影響を調整して分割表の有意差を検定する手法が層別分割表の検定である[1]。

ここで取り扱う検定手法は、層別 $2\times 2$ 分割表に対するMantel-Haenszel法と層別Mantel-extension法である。前者は交絡因子を調整したオッズ比（相対危険度）の違い、後者は交絡因子を調整した用量－反応関係を検定する方法である。

### オッズ比の検定

患者－対照調査で、要因の有無により、表5.1のような分割表が得られたとする。

表 5.1 オッズ比検定のための $2\times 2$ 分割表

	対照	患者	合計
要因無	$x_{11}$	$x_{12}$	$m_1$
要因有	$x_{21}$	$x_{22}$	$m_2$
合計	$n_1$	$n_2$	$N$

このデータに対する患者群と対照群のオッズ比の実測値  $\widehat{RR}$  は以下で与えられる。

$$\widehat{RR} \equiv \frac{x_{22}/x_{12}}{x_{21}/x_{11}} = \frac{x_{11}x_{22}}{x_{12}x_{21}}$$

オッズ比の検定について、帰無仮説  $H_0$  と対立仮説  $H_1$  は以下で与えられる。

$$H_0 : RR = 1$$

$$H_1 : RR \neq 1$$

この検定には以下の関係を利用する。

$$D \equiv \frac{\sqrt{N-1}(x_{11}x_{22} - x_{12}x_{21})}{\sqrt{m_1m_2n_1n_2}} \sim N(0,1)$$

オッズ比の信頼区間は以下で与えられる。

$$\widehat{RR}^{1-Z(\alpha/2)/|D|} \leq RR \leq \widehat{RR}^{1+Z(\alpha/2)/|D|}$$

これを Miettinen の検定に基づく信頼区間という。

次はこの検定から交絡因子の影響を取り除く方法を述べる。交絡因子がある場合、集計には表 5.2 の層別  $2 \times 2$  分割表を用いる。

表 5.2 交絡因子を調整したオッズ比検定のための層別  $2 \times 2$  分割表

	第 1 階層			…	第 $K$ 階層		
	対照	患者	合計		対照	患者	合計
要因無	$x_{111}$	$x_{112}$	$m_{11}$	…	$x_{K11}$	$x_{K12}$	$m_{K1}$
要因有	$x_{121}$	$x_{122}$	$m_{12}$	…	$x_{K21}$	$x_{K22}$	$m_{K2}$
合計	$n_{11}$	$n_{12}$	$N_1$	…	$n_{K1}$	$n_{K2}$	$N_K$

我々は交絡因子の階層数を  $K$  とし、各階層に対して表 5.1 の  $2 \times 2$  分割表を考える。その際 Mantel-Haenszel による調整されたオッズ比は以下で与えられる。

$$\widehat{RR}_{MH} \equiv \frac{\sum_{k=1}^K x_{k11}x_{k22}/N_k}{\sum_{k=1}^K x_{k12}x_{k21}/N_k}$$

調整されたオッズ比について  $RR_{MH}=1$  の検定は以下の性質を利用する。

$$D \equiv \frac{\sum_{k=1}^K x_{k22} - \sum_{k=1}^K m_{k2}n_{k2}/N_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^K \frac{m_{k1}m_{k2}n_{k1}n_{k2}}{N_k^2(N_k-1)}}} \sim N(0,1)$$

オッズ比のMiettinenの検定に基づく  $(1 - \alpha) \times 100\%$  信頼区間は以下で与えられる。

$$\widehat{RR}_{MH}^{1-Z(\alpha/2)/|D|} \leq RR_{MH} \leq \widehat{RR}_{MH}^{1+Z(\alpha/2)/|D|}$$

### 用量反応関係の検定

続いて、表5.3で与えられる用量-反応関係検定のための  $r \times 2$  分割表について述べる。

表5.3 用量-反応関係検定のための  $r \times 2$  分割表

	対照	患者	合計
用量 1	$x_{11}$	$x_{12}$	$m_1$
用量 2	$x_{21}$	$x_{22}$	$m_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
用量 $r$	$x_{r1}$	$x_{r2}$	$m_r$
合計	$n_1$	$n_2$	$N$

これはトレンドの検定としてすでに取り上げてある問題であるが、交絡因子調整の前段階として再度公式を与えておく。帰無仮説  $H_0$  と対立仮説  $H_1$  は以下で与えられる。

$$H_0 : OR_1 = 1 = OR_2 = \cdots = OR_r \quad (\text{トレンドなし})$$

$$H_1 : OR_1 = 1 \leq OR_2 \leq \cdots \leq OR_r \quad \text{または} \quad OR_1 = 1 \geq OR_2 \geq \cdots \geq OR_r$$

(トレンドあり)

ここで、用量毎の患者群と対照群のオッズ比の実測値  $\widehat{OR}_j$  は以下で与えられる。

$$\widehat{OR}_j \equiv \frac{x_{j2}/x_{12}}{x_{j1}/x_{11}}$$

この検定のためにはまず、合計得点、合計得点の平均、合計得点の分散を計算する。

$$O \equiv \sum_{j=1}^r x_{j2} X_j$$

$$E \equiv n_2 \sum_{j=1}^r m_j X_j / N$$

$$V \equiv \frac{n_2(N-n_2)}{N^2(N-1)} \left\{ N \sum_{j=1}^r m_j X_j^2 - \left( \sum_{j=1}^r m_j X_j \right)^2 \right\}$$

ここで  $X_j$  は用量  $j$  群への得点を表す。これには  $1 \sim r$  の値を与えるなど、何種類かの考え方があるが、我々は以下のような  $j$  の順位  $R_j$  を用いている。

$$X_j \equiv R_j/N = \left( \sum_{i=1}^{j-1} m_i + \frac{n_j + 1}{2} \right) / N$$

これらの量を用いて以下の性質を利用する。

$$Z = \frac{O - E}{\sqrt{V}} \sim N(0, 1)$$

次に交絡因子がある場合の分割表を表 5.4 に示す。

表 5.4 交絡因子を調整した用量-反応関係検定のための  $r \times 2$  分割表

	第 1 階層			…	第 $K$ 階層		
	対照	患者	合計		対照	患者	合計
用量 1	$x_{111}$	$x_{112}$	$m_{11}$	…	$x_{K11}$	$x_{K12}$	$m_{K1}$
用量 2	$x_{121}$	$x_{122}$	$m_{12}$	…	$x_{K21}$	$x_{K22}$	$m_{K2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
用量 $r$	$x_{1r1}$	$x_{1r2}$	$m_{1r}$	…	$x_{Kr1}$	$x_{Kr2}$	$m_{Kr}$
合計	$n_{11}$	$n_{12}$	$N_1$	…	$n_{K1}$	$n_{K2}$	$N_K$

この検定のためにはまず層別の合計得点  $O_k$ 、合計得点の平均  $E_k$ 、合計得点の分散  $V_k$  を計算する。

$$O_k \equiv \sum_{j=1}^r x_{kj2} X_j$$

$$E_k \equiv n_{k2} \sum_{j=1}^r m_{kj} X_j / N_k$$

$$V_k \equiv \frac{n_{k2}(N_k - n_{k2})}{N_k^2(N_k - 1)} \left\{ N_k \sum_{j=1}^r m_{kj} X_j^2 - \left( \sum_{j=1}^r m_{kj} X_j \right)^2 \right\}$$

ここで  $X_j$  は  $j$  群への得点を表す。得点の与え方にはいくつかの方法があるが、我々は以下のような  $j$  群の順位  $R_j$  を用いた方法を取っている。

$$X_j \equiv R_j / \sum_{k=1}^K N_k = \left\{ \sum_{i=1}^{j-1} \sum_{k=1}^K m_{ki} + \frac{1}{2} \left( \sum_{k=1}^K n_{kj} + 1 \right) \right\} / \sum_{k=1}^K N_k$$

トレンドの検定にはこれらの値を用いた以下の性質を利用する。

$$Z = \sum_{k=1}^K (O_k - E_k) / \sqrt{\sum_{k=1}^K V_k} \sim N(0, 1)$$

## ソフトの利用法

これらの検定について、我々の作成したソフトの利用法について説明する。メニュー[分析－基本統計－層別分割表の検定]を選択すると、図 5.1 の実行メニューが表示される。

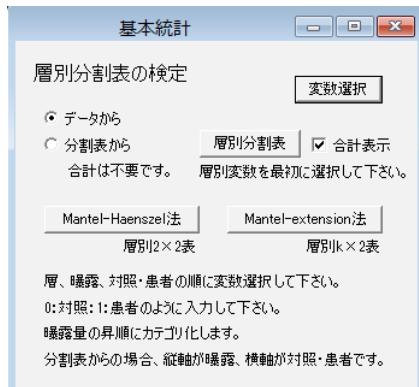


図 5.1 層別分割表実行メニュー

ラジオボタン「データから」を選択すると、図 5.2 のようなデータからの読み込みになる。

	年齢区分	コーヒー	患者
1	1	3	1
2	1	3	1
3	1	3	1
4	1	3	1
5	1	3	1
6	1	3	1
7	1	3	1
8	1	2	1
9	1	2	1
10	1	2	1
11	1	2	1
12	1	2	1
13	1	2	1
14	1	2	1
15	1	2	1
16	1	2	1
17	1	2	0
18	1	2	0

図 5.2 「データから」を選択する場合のデータ形式

変数選択は、交絡因子（年齢区分）、曝露変数（コーヒー）、患者・対照変数（患者）の順に選ぶ。このデータは曝露変数について 0 ~ 3 の 4 区分に分類されており、Mantel-extension 法に用いるデータである。Mantel-Haenszel 法では曝露変数について 2 区分のデータが用いられるが、データの形式や選択法は同じである。

「合計表示」のチェックボックスにチェックを入れて、「層別分割表」ボタンをクリックすると、図 5.3 のような合計を含む分割表が得られる。

	1:患者-0	1:患者-1	合計	2:患者-0	2:患者-1	合計	3:患者-0	3:患者-1	合計
▶ コーヒー-0	16	2	18	19	5	24	21	4	25
コーヒー-1	47	9	56	50	21	71	55	22	77
コーヒー-2	24	9	33	25	22	47	31	22	53
コーヒー-3	19	7	26	14	11	25	15	10	25
合計	106	27	133	108	59	167	122	58	180

図 5.3 合計を含む層別分割表

「合計表示」のチェックボックスのチェックを外し、「層別分割表」ボタンをクリックすると、図 5.4 のような合計を含まない分割表が得られる。

	1:患者-0	1:患者-1	2:患者-0	2:患者-1	3:患者-0	3:患者-1
▶ コーヒー-0	16	2	19	5	21	4
コーヒー-1	47	9	50	21	55	22
コーヒー-2	24	9	25	22	31	22
コーヒー-3	19	7	14	11	15	10

図 5.4 合計を含まない層別分割表

この分割表の形式は、検定を行う際の、ラジオボタン「分割表から」を選択した場合のデータ形式でもある。分割表から検定を行う際に合計は不要である。

曝露変数が 2 分類の場合（この例ではないが、例えばコーヒー 0/1 の場合）、交絡因子を調整したオッズ比の検定である Mantel-Haenszel 法が利用可能である。同名のボタンをクリックすると計算結果が図 5.5 のように表示される。

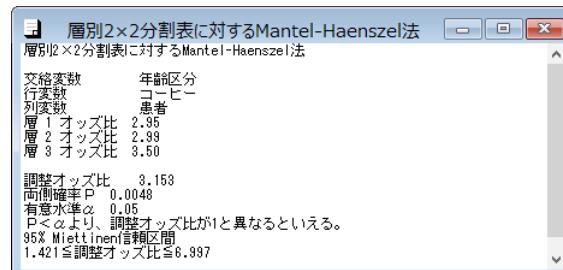


図 5.5 層別 Mantel-Haenszel 法計算結果

曝露変数が 2 分類以上の場合、交絡因子を調整したトレンドの検定である Mantel-extension 法が利用可能である。同名のボタンをクリックすると計算結果が図 5.6 のように表示される。

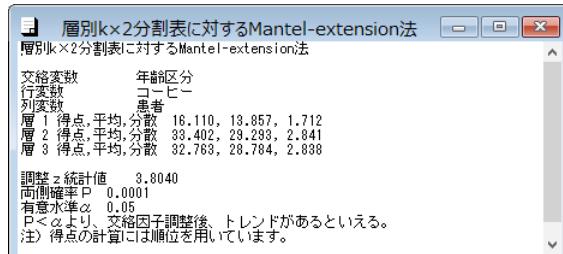


図 5.6 層別 Mantel-extension 法計算結果

ここで用いた例は、参考文献 [1] の中に与えられたものである。

## 6. おわりに

これまで述べてきた中で、行列計算は授業やゼミで利用している。授業では電卓の代わりとして使っているが、残念ながら行列計算の方法を身に付けさせることまではできていない。行列にも四則演算があり、連立方程式などで利用できる、程度の理解でしかないから、これから本格的に行列計算を行う学生には役に立たない。しかし、統計、特に多変量解析の理論の確認には大変役に立つ。多変量解析では相関行列を元にする場合が多いので、相関行列等を出力できるプログラムと組み合わせると、大学3,4年次以上のゼミなどでも活用できる。

集計や検定の効率化に関するプログラムは、実際のアンケート分析指導で必要に迫られて作成した。よく学生などから質問される検定は、 $\chi^2$  検定、群間の量的データの比較検定であるので、この効率化のプログラムの利用頻度は非常に高い。授業などでは、正確な統計処理手法を学んでもらいたいため使わないが、実用場面では役に立つ。十分な理解のもとに利用してもらいたい。

層別分割表の検定は、医療分野で利用されることが多いが、分割表の検定プログラムとして統計ソフトに含まれることの少ない検定である。そのため、使用されるユーザーもあるかと考えてプログラムを作成した。

自由記述集計プログラムは使うことがないかも知れない。これは元々、質的研究のプログラムを作る際の副産物として作成されたものである。残念ながら、形態素解析の辞書の作成を断念した際に、質的研究のプログラムも断念しており、自由記述集計プログラムだけが残った。今後有効な使い道を考えて行かなければならない。

### 参考文献

- [1] 新版医学への統計学, 吉川俊之監修, 丹後俊郎著, 朝倉書店, 1993.

---

## Multi-purpose Program for Social System Analysis 23 - Matrix Calculation, Statistics on Free Descriptive Data, Efficiency of Comparison Test, Test of Stratified Contingency Table -

Masayasu FUKUI, Makoto OZAKI, Mitsuhiro HOSOKAWA and Yukie OKUDA

*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University*

**Abstract:** We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. In this paper we introduce matrix calculation, statistics on free descriptive data, automation of qualitative and quantitative comparison test and test of stratified contingency table represented by Mantel-Haenszel method.

**Keywords:** College Analysis, social system analysis, statistics, mathematics

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>

福山平成大学経営学部紀要  
第 11 号 (2015), 93—114 頁

## 社会システム分析のための統合化プログラム 24 — 判別分析と数量化 II 類の整合化 —

福井正康・尾崎誠・朝日亮太  
福山平成大学経営学部経営学科

**概要：**我々は教育分野での利用を目的に社会システム分析に用いられる様々な手法を統合化したプログラム College Analysis を作成してきた。今回はこれまで独立に扱われてきた判別分析と数量化 II 類のプログラムについて、マハラノビスの距離を利用する方法と正準形式を利用する方法に分けて整理し、統一的にプログラムを再構成した。この論文ではその背景にある理論と実際のプログラムの動作について説明する。

**キーワード：**College Analysis, 統計, 判別分析, 数量化 II 類

### 1. はじめに

我々はこれまで College Analysis の多変量解析の中に判別分析と数量化 II 類のプログラムを組み込んできた<sup>[1]</sup>。その際、判別分析はマハラノビスの平方距離（以後マハラノビス距離と略す）を用いた方法、数量化 II 類は最大固有値に対する固有ベクトルだけを用いた正準形式の方法を取り扱った。その後、判別分析に正準形式を用いた方法（正準判別分析と呼ばれる）を加えたが、作成時期が異なったため、これらの連携については考えなかつた。今回多変量解析の見直しを行うに当たり、これらのプログラムを整理し、それぞれマハラノビス距離を用いた方法（マハラノビス形式と略す）と正準形式を用いた方法（正準形式と略す）を整理し、それらの関連付けを行つた<sup>[2]</sup>。もちろん判別結果については以前のものと違いはないが、判別関数の係数や定数に少しづつ変更を加え、2つの方法の類似性と相違性がより明確になるようにした。具体的な変更点は表 1.1 に与える通りである。

表 1.1 プログラムの変更点

	群数	マハラノビス形式	正準形式
判別分析	2 群	変更なし	係数と定数項の調整
	3 群以上	定数項の調整	係数と定数項の調整
数量化 II 類	2 群	新規作成	係数と定数項の調整
	3 群以上	新規作成	係数と定数項の調整・多次元化

判別分析のマハラノビス形式には、分布関数の理論から、判別群の生起確率や誤判別損失などを加えていたが、正準形式ではこれらは考えない。また、数量化 II 類でもあまり考

えることはない。しかし、これらを考えないことは、生起確率が等しく誤判別損失が等しい場合につながると考えると、マハラノビス形式で3群以上の判別分析の定数項に少し修正を加える必要が出てきた。また、数量化II類の計算が第1カテゴリを除いた判別分析であることを示すために、判別分析と数量化II類とこれまで定義が異なっていた分散比について同じ定義にした。これによりこれまで比例していた係数が、完全に同じものとなった。また、数量化II類の正準形式で、第1次元だけを利用してきた結果を多次元に拡張し、正準判別分析と同様の散布図を表示できるようにした。最後に今回数量化II類について、新たにマハラノビス形式のプログラムも作成した。これらの変更と拡張により、判別分析、数量化II類、及びマハラノビス形式、正準形式の関係が結果の上から読み取り易くなり、学習者にとって分かり易いプログラムになった。

この論文ではこれまでのものを含めて、理論を詳細に記述する。そのため、参考文献[1]と重なる部分も多いが、理論を説明するために必要な個所はそのまま引用した。しかし、数量化II類と判別分析の同等な部分については、判別分析に任せることにした。

分析の結果の中で、判別分析に標準化係数、数量化II類に基準化係数があるが、これらは別物である。前者は標準化された変数を用いて同じ結果を出すための係数で、後者は各アイテムの第1カテゴリに0と異なる数値を与え、各カテゴリが判別関数に対して正負のどちらの方向に効いているのかを明らかにするための係数である。

## 2. 判別分析

判別分析は外的基準によって群別に分類されたデータから、群を判別するための線形関数を見出すことを目的としている。データは例えば2群の場合、表2.1のような形式で与えられる。

表2.1 判別分析のデータ（2群の場合）

群1			群2		
変数1	…	変数p	変数1	…	変数p
$x_{11}^1$	…	$x_{p1}^1$	$x_{11}^2$	…	$x_{p1}^2$
$x_{12}^1$	…	$x_{p2}^1$	$x_{12}^2$	…	$x_{p2}^2$
:		:	:		:
$x_{1n_1}^1$	…	$x_{pn_1}^1$	$x_{1n_2}^2$	…	$x_{pn_2}^2$

変数の一般的な表式 $x_{i\lambda}^\alpha$ において、 $\alpha$ は群、 $i$ は変数、 $\lambda$ はレコード番号を表わす。

### 2.1 マハラノビス距離を用いた方法

ここでは、最初に2群の場合の理論について考える。2つの群 $G_1$ と $G_2$ について、群 $G_1 \cup G_2$ から、 $G_\alpha$  ( $\alpha=1,2$ )の要素を取り出す確率 $P_\alpha$ をとし、 $G_\alpha$ の要素を $G_\beta$  ( $\alpha \neq \beta$ )と誤判別する損失を $C_{\beta\alpha}$ とする。また、群 $\alpha$ の確率密度関数を $f_\alpha(\mathbf{x})$ とす

ると、 $G_\alpha$ の要素を $G_\alpha$ と誤判別する確率 $Q_{\beta\alpha}$ は以下となる。

$$Q_{\beta\alpha} = \int_{R_\beta} f_\alpha(\mathbf{x}) d\mathbf{x}$$

ここに領域 $R_\beta$ は、 $R_\beta$ 内の要素を $G_\beta$ の要素と判別する領域である。これから、誤判別による損失 $L$ は以下のように与えられる。

$$\begin{aligned} L &= C_{21}P_1Q_{21} + C_{12}P_2Q_{12} \\ &= C_{21}P_1 \int_{R_2} f_1(\mathbf{x}) d\mathbf{x} + C_{12}P_2 \int_{R_1} f_2(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \\ &= C_{21}P_1 \int_{R_1 \cup R_2} f_1(\mathbf{x}) d\mathbf{x} + \int_{R_1} [C_{12}P_2 f_2(\mathbf{x}) - C_{21}P_1 f_1(\mathbf{x})] d\mathbf{x} \end{aligned}$$

これより、損失を最小にするためには $R_1$ として第2項の被積分関数が負になる領域を選べばよい。即ち各群の領域として、以下のような領域を考えれば良いことが分かる。

$$\begin{aligned} R_1 &= \{\mathbf{x} \mid C_{12}P_2 f_2(\mathbf{x}) - C_{21}P_1 f_1(\mathbf{x}) \leq 0\}, \\ R_2 &= \{\mathbf{x} \mid C_{12}P_2 f_2(\mathbf{x}) - C_{21}P_1 f_1(\mathbf{x}) > 0\} \end{aligned}$$

これを $h = C_{12}P_2 / C_{21}P_1$ として書き換えて、以下のような条件を得る。

$$\begin{aligned} R_1 &= \{\mathbf{x} \mid \log f_1(\mathbf{x}) / f_2(\mathbf{x}) - \log h \geq 0\}, \\ R_2 &= \{\mathbf{x} \mid \log f_1(\mathbf{x}) / f_2(\mathbf{x}) - \log h < 0\} \end{aligned}$$

ここに、判別の分点は 0 である。

今、群 $\alpha$ の変数 $i$ の平均 $\bar{x}_i^\alpha$ と各群共通な共分散 $s_{ij}$ をそれぞれ以下のように求め、

$$\bar{x}_i^\alpha = \frac{1}{n_\alpha} \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} x_{i\lambda} \quad , \quad s_{ij} = \frac{1}{n_1 + n_2 - 2} \sum_{\alpha=1}^2 \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} (x_{i\lambda}^\alpha - \bar{x}_i^\alpha)(x_{j\lambda}^\alpha - \bar{x}_j^\alpha) \quad ,$$

これらを成分とする平均ベクトル $\bar{\mathbf{x}}^\alpha$ と共分散行列 $\mathbf{S}$ を用いて、以下の多変量正規分布の確率密度関数を考える。

$$f_\alpha(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^k |\mathbf{S}|}} \exp \left[ -\frac{1}{2} (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}^\alpha)' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}^\alpha) \right]$$

これを判別関数に代入して以下の線形判別関数を得る。

$$\begin{aligned} z &= \log f_1(\mathbf{x}) / f_2(\mathbf{x}) - \log h \\ &= {}' \mathbf{x} \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}^1 - \bar{\mathbf{x}}^2) - \frac{1}{2} {}' (\bar{\mathbf{x}}^1 + \bar{\mathbf{x}}^2) \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}^1 - \bar{\mathbf{x}}^2) - \log h \end{aligned}$$

$\mathbf{a} = \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}^1 - \bar{\mathbf{x}}^2)$ とすると、判別関数は以下のように書くことができる。

$$z = {}' \mathbf{x} \mathbf{a} - \frac{1}{2} {}' (\bar{\mathbf{x}}^1 + \bar{\mathbf{x}}^2) \mathbf{a} - \log h \quad (2.1)$$

判別関数は、変数 $x_i$ の標準化値 $u_i$ と不偏分散 $s_i^2$ を用いて以下のように書くこともできる。

$$z = {}^t \mathbf{u} \mathbf{c} + {}^t \bar{\mathbf{x}} \mathbf{a} - \frac{1}{2} {}^t (\bar{\mathbf{x}}^1 + \bar{\mathbf{x}}^2) \mathbf{a} - \log h, \quad c_i = a_i s_i \quad (2.2)$$

この係数  $\mathbf{c}$  を標準化係数と呼ぶ。標準化係数は変数の重要性をみるときに利用される。

判別関数 (2.1) は各群の平均  $\bar{\mathbf{x}}^\alpha$  から、 $\mathbf{x}$  までのマハラノビスの平方距離  $D^{2(\alpha)}$  の差として以下のように定義することもできる。

$$z = D^{2(1)} - D^{2(2)} - \log h, \quad D^{2(\alpha)} = {}^t (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}^\alpha) \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}^\alpha)$$

この  $z$  は  $\log h = 0$  の場合、 $\mathbf{x}$  が 2 つの群別平均の中央である  $(\bar{\mathbf{x}}^1 + \bar{\mathbf{x}}^2)/2$  のとき、0 になっている。

変数  $z$  の確率分布は、 $\log h = 0$  の場合、個体  $\mathbf{x}$  が群 1 に属するか、群 2 に属するかに応じて、以下のような正規分布に従うことが知られている。

$$\begin{aligned} z &\sim N(D^2/2, D^2) & \mathbf{x} \in G_1 \text{ の場合} \\ z &\sim N(-D^2/2, D^2) & \mathbf{x} \in G_2 \text{ の場合} \end{aligned}$$

ここに、 $D^2$  は群平均  $\bar{\mathbf{x}}^1$  と  $\bar{\mathbf{x}}^2$  のマハラノビスの平方距離で、以下のように定義される。

$$D^2 = {}^t (\bar{\mathbf{x}}^1 - \bar{\mathbf{x}}^2) \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}^1 - \bar{\mathbf{x}}^2)$$

この性質から誤判別の理論確率は以下で与えられることが分かる

$$\begin{aligned} Q_{21} &= \int_{-\infty}^{\log h} \frac{1}{\sqrt{2\pi D^2}} \exp \left[ -\frac{(z - D^2/2)^2}{2D^2} \right] dz = Z \left( \frac{\log h - D^2/2}{D} \right) \\ Q_{12} &= \int_{\log h}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi D^2}} \exp \left[ -\frac{(z + D^2/2)^2}{2D^2} \right] dz = 1 - Z \left( \frac{\log h + D^2/2}{D} \right) \end{aligned}$$

これは判別分析の有効性を示している。

判別分析では、判別関数の係数についてもその有効性を検定できる。変数  $i$  の係数が 0 であるかどうかの検定は、以下の性質を利用する。

$$F_i = \frac{(n_1 + n_2 - p - 1)n_1 n_2 (D^2 - D_i^2)}{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 - 2) + n_1 n_2 D_i^2} \sim F_{1, n_1 + n_2 - p - 1} \text{ 分布}$$

ここに、 $D_i^2$  は両群の変数  $i$  を除いたマハラノビスの平方距離である。

以上のような理論では、線形判別関数で表わされる判別分析がうまく利用できる条件は、分布が多変量正規分布に従うことに加えて 2 群の共分散が等しいことである。この検定には以下の性質が利用される。

$$\chi^2 = \left[ 1 - \left( \frac{1}{n_1 - 1} + \frac{1}{n_2 - 1} - \frac{1}{n_1 + n_2 - 2} \right) \frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)} \right] \log \frac{|\mathbf{S}|^{n_1 + n_2 - 2}}{|\mathbf{S}^1|^{n_1 - 1} |\mathbf{S}^2|^{n_2 - 1}} \sim \chi^2_{p(p+1)/2} \text{ 分布}$$

ここに、 $\mathbf{S}^\alpha$  は  $\alpha$  群の共分散行列である。

3 群以上 (群の数を  $m$ ) の判別には以下の判別関数を考え、 $z^\alpha$  が最大になる群  $\alpha$  に属するものと判定する。

$$z^\alpha = {}^t \mathbf{x} \mathbf{S}^{-1} \bar{\mathbf{x}}^\alpha - \frac{1}{2} {}^t \bar{\mathbf{x}}^\alpha \mathbf{S}^{-1} \bar{\mathbf{x}}^\alpha + \log C_\alpha P_\alpha m$$

但し、 $C_\alpha$ は群 $\alpha$ を他の群と間違えた場合の損失である。定数項に含まれる $m$ は、各群の生起確率が同じで誤判別損失が1の場合、これらを考えない理論と繋がるように、定数項を0にするための定数である。

$\mathbf{a}^\alpha = \mathbf{S}^{-1} \bar{\mathbf{x}}^\alpha$ として、この判別関数は以下のように書くこともできる。

$$z^\alpha = {}^t \mathbf{x} \mathbf{a}^\alpha - \frac{1}{2} {}^t \bar{\mathbf{x}}^\alpha \mathbf{a}^\alpha + \log C_\alpha P_\alpha m \quad (2.3)$$

2群の場合と同様に、判別関数は変数 $x_i$ の標準化値 $u_i$ と不偏分散 $s_i^2$ を用いて以下のように書くこともできる。

$$z^\alpha = {}^t \mathbf{u} \mathbf{c}^\alpha + {}^t \bar{\mathbf{x}} \mathbf{a}^\alpha - \frac{1}{2} {}^t \bar{\mathbf{x}}^\alpha \mathbf{a}^\alpha + \log C_\alpha P_\alpha m, \quad c_i^\alpha = a_i^\alpha s_i \quad (2.4)$$

この係数 $\mathbf{c}^\alpha$ を標準化係数と呼ぶ。

上で与えた2群の場合の判別関数は、この判別関数を用いて $z = z^1 - z^2$ として求めることができる。

## 2.2 正準形式を用いた方法

正準形式の判別分析（正準判別分析と呼ばれる）は、判別関数の拡がりを最大化するように係数を求めるもので、特に3群以上の場合は、判別得点を複数次元の空間上に配置し、判別をより分かり易く表現する手法である。これまでのプログラムでは、数量化II類でその中の主要な1次元を取り出して判別する方法を導入している。以下に正準判別分析の理論を示す。

正準判別分析は、判別群で分けられたデータについて、「群間分散／群内分散」を最大化するように線形判別関数の係数を決定する手法である。判別関数を以下のように表す。ここに $z_0$ は後に決める定数項である。

$$z = \sum_{i=1}^p a_i x_i + z_0$$

判別群を $\alpha$ 、群別のデータの番号を $\lambda$ 、変数の番号を $i$ 、としてデータを $x_{i\lambda}^\alpha$  ( $\alpha = 1, \dots, m$ ,  $\lambda = 1, \dots, n_\alpha$ ,  $i = 1, \dots, p$ ) と表す。このデータを用いて、群 $\alpha$ の $\lambda$ 番目の判別関数の値 $z_\lambda^\alpha$ は以下のようになる。

$$z_\lambda^\alpha = \sum_{i=1}^p a_i x_{i\lambda}^\alpha + z_0$$

この $z_\lambda^\alpha$ による群間分散 $s_B^2$ 、群内分散 $s^2$ を以下のように定義する。

$$s_B^2 = \frac{1}{n-m} \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha (\bar{z}^\alpha - \bar{z})^2, \quad s^2 = \frac{1}{n-m} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} (z_\lambda^\alpha - \bar{z}^\alpha)^2$$

ここに、 $\bar{z}^\alpha = \frac{1}{n_\alpha} \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} z_\lambda^\alpha$ ,  $\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha \bar{z}^\alpha$ ,  $n = \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha$ である。

これより、 $\bar{x}_i^\alpha = \frac{1}{n_\alpha} \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} x_{i\lambda}^\alpha$ ,  $\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha \bar{x}_i^\alpha$  として、 $s_B^2$ と $s^2$ は以下のようになる。

$$s_B^2 = \frac{1}{n-m} \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha \left[ \sum_{i=1}^p a_i (\bar{x}_i^\alpha - \bar{x}_i) \right]^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p a_i b_{ij} a_j$$

$$s^2 = \frac{1}{n-m} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} \left[ \sum_{i=1}^p a_i (x_{i\lambda}^\alpha - \bar{x}_i^\alpha) \right]^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p a_i s_{ij} a_j$$

ここに、

$$b_{ij} = \frac{1}{n-m} \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha (\bar{x}_i^\alpha - \bar{x}_i)(\bar{x}_j^\alpha - \bar{x}_j)$$

$$s_{ij} = \frac{1}{n-m} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} (x_{i\lambda}^\alpha - \bar{x}_i^\alpha)(x_{j\lambda}^\alpha - \bar{x}_j^\alpha)$$

である。行列の成分として、 $(\mathbf{B})_{ij} = b_{ij}$ ,  $(\mathbf{S})_{ij} = s_{ij}$ ,  $(\mathbf{a})_i = a_i$ とすると、 $s_B^2$ と $s^2$ はこれらの行列を用いて次のように書ける。

$$s_B^2 = {}^t \mathbf{a} \mathbf{B} \mathbf{a}, \quad s^2 = {}^t \mathbf{a} \mathbf{S} \mathbf{a}$$

ここに、 $n \geq m$ の場合、一般に $\text{rank}(\mathbf{B}) = m-1$ ,  $\text{rank}(\mathbf{S}) = n-m$ である。

群間分散を群内分散で割った分散比 $\rho$ は以下のようなになる。

$$\rho = s_B^2 / s^2 = {}^t \mathbf{a} \mathbf{B} \mathbf{a} / {}^t \mathbf{a} \mathbf{S} \mathbf{a}$$

この分散比を最大化するには、以下の解を求める。

$$\frac{\partial \rho}{\partial \mathbf{a}} = \frac{1}{(s^2)^2} \left[ \frac{\partial s_B^2}{\partial \mathbf{a}} s^2 - s_B^2 \frac{\partial s^2}{\partial \mathbf{a}} \right] = \mathbf{0}$$

$\frac{\partial s_B^2}{\partial \mathbf{a}} = 2 \mathbf{B} \mathbf{a}$ ,  $\frac{\partial s^2}{\partial \mathbf{a}} = 2 \mathbf{S} \mathbf{a}$ であるので、上の式は以下となる。

$$\mathbf{B} \mathbf{a} = \rho \mathbf{S} \mathbf{a} \tag{2.5}$$

これを対称行列の固有方程式にするために、適当な下三角行列 $\mathbf{F}$ を用いて対称行列 $\mathbf{S}$ を $\mathbf{S} = \mathbf{F}' \mathbf{F}$ のように書いて、(2.5) 式を以下のようにする。

$$\mathbf{F}^{-1} \mathbf{B}' \mathbf{F}^{-1} {}^t \mathbf{F} \mathbf{a} = \rho {}^t \mathbf{F} \mathbf{a}$$

ここで  $\mathbf{A} = \mathbf{F}^{-1} \mathbf{B}' \mathbf{F}^{-1}$ ,  $\mathbf{u} = {}^t \mathbf{F} \mathbf{a}$  ( $\mathbf{a} = {}^t \mathbf{F}^{-1} \mathbf{u}$ ) とすると、上式は以下のようないし方程式的なる。

$$\mathbf{A} \mathbf{u} = \rho \mathbf{u} \tag{2.6}$$

' $\mathbf{u} \mathbf{u} = 1$ の規格化条件を付けて $r$ 番目の固有値 $\rho^{(r)}$ について方程式を解いた答えを、 $\mathbf{u}^{(r)}$ とすると、正準判別関数の係数は以下で与えられる。

$$\mathbf{a}^{(r)} = {}^t \mathbf{F}^{-1} \mathbf{u}^{(r)}$$

以上より、第 $r$ 番目の固有値に対応する判別関数 $z^{(r)}$ は以下のようになる。

$$z^{(r)} = {}^t \mathbf{x} \mathbf{a}^{(r)} - {}^t \tilde{\mathbf{x}}^\alpha \mathbf{a}^{(r)} \tag{2.7}$$

ここに  $\tilde{\mathbf{x}}^\alpha = \frac{1}{m} \sum_{\alpha=1}^m \bar{\mathbf{x}}^\alpha$  である。定数項については、後に述べる 2 群の場合のマハラノビス

形式と正準形式の同一性から、各固有ベクトルに対応する判別関数の群別平均の単純平均が 0 になるように決めた。

マハラノビス形式と同様、変数  $x_i$  の標準化値  $u_i$  と不偏分散  $s_i^2$  を用いて判別関数は以下のように書くこともできる。

$$z^{(r)} = {}^t \mathbf{u} \mathbf{c}^{(r)} + {}^t \bar{\mathbf{x}} \mathbf{a}^{(r)} - {}^t \tilde{\mathbf{x}} \mathbf{a}^{(r)}, \quad c_i^{(r)} = a_i^{(r)} s_i \quad (2.8)$$

この係数  $\mathbf{c}^{(r)}$  を標準化係数と呼ぶ。

(2.6) 式から、

$$\rho^{(r)} = {}^t \mathbf{u}^{(r)} \mathbf{A} \mathbf{u}^{(r)} = {}^t \mathbf{u}^{(r)} \mathbf{F}^{-1} \mathbf{B}' \mathbf{F}^{-1} \mathbf{u}^{(r)} = {}^t \mathbf{a}^{(r)} \mathbf{B} \mathbf{a}^{(r)} = s_\beta^{(r)2}$$

となり、 $r$  番目の固有値は群間分散の第  $r$  成分に等しくなる。この性質を用いて、 $r$  番目の固有値に対する変動の寄与率  $P^{(r)}$  を以下で与える。

$$P^{(r)} = \rho^{(r)} / \sum_{k=1}^{m-1} \rho^{(k)}$$

### 2.3 2 群におけるマハラノビス形式と正準形式の同等性

さて、ここで述べてきた従来の理論とマハラノビスの距離を用いた判別分析とはどのような関係にあるのだろうか。(2.5) 式について再考する。ここに方程式を再度挙げておく。

$$\mathbf{B} \mathbf{a} = \rho \mathbf{S} \mathbf{a}$$

行列  $\mathbf{B}$  は成分を用いて書くと以下のように表される。

$$\begin{aligned} b_{ij} &= \frac{1}{n-m} \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha (\bar{x}_i^\alpha - \bar{x}_i)(\bar{x}_j^\alpha - \bar{x}_j) \\ &= \frac{1}{n(n-m)} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\beta=1}^m n_\alpha n_\beta (\bar{x}_i^\alpha \bar{x}_j^\alpha - \bar{x}_i^\alpha \bar{x}_j^\beta) \\ &= \frac{1}{2n(n-m)} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\beta=1}^m n_\alpha n_\beta (\bar{x}_i^\alpha - \bar{x}_i^\beta)(\bar{x}_j^\alpha - \bar{x}_j^\beta) \end{aligned}$$

これより、 $(\mathbf{S}_B \mathbf{a})_{ij}$  は以下のように書ける。

$$\begin{aligned} (\mathbf{S}_B \mathbf{a})_i &= \frac{1}{2n(n-m)} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\beta=1}^m \sum_{j=1}^p n_\alpha n_\beta (\bar{x}_i^\alpha - \bar{x}_i^\beta)(\bar{x}_j^\alpha - \bar{x}_j^\beta) a_j \\ &= \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\beta=1}^m c_{\alpha\beta} (\bar{x}_i^\alpha - \bar{x}_i^\beta) \\ c_{\alpha\beta} &= \frac{n_\alpha n_\beta}{2n(n-m)} \sum_{j=1}^p (\bar{x}_j^\alpha - \bar{x}_j^\beta) a_j \end{aligned}$$

特に 2 群の判別の場合、方程式 (2.5) は以下となる。

$$\rho \mathbf{S} \mathbf{a} = \mathbf{S}_B \mathbf{a} = c(\bar{\mathbf{x}}^1 - \bar{\mathbf{x}}^2)$$

$$c = 2c_{12} = -2c_{21} = \frac{n_1 n_2}{n(n-2)} \sum_{j=1}^p (\bar{x}_j^1 - \bar{x}_j^2) a_j$$

これより、解 $\mathbf{a}$ を求ると以下となる。

$$\mathbf{a} = \frac{c}{\rho} \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}^1 - \bar{\mathbf{x}}^2)$$

これは、(2.1)式で与えられたマハラノビス形式の判別関数の係数の定数倍である。よって、判別の分点を0にするような判別関数は以下となる。

$$z = \frac{c}{\rho}' \mathbf{x} \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}^1 - \bar{\mathbf{x}}^2) - \frac{c}{2\rho}' (\bar{\mathbf{x}}^1 + \bar{\mathbf{x}}^2) \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}^1 - \bar{\mathbf{x}}^2)$$

これは、判別関数全体が定数倍となっただけで、判別結果は $-\log h$ の項を除いて同等である。

## 2.4 ソフトウェアの利用法

メニュー「分析－多変量解析等－判別分析」をクリックすると、図2.1のような判別分析メニュー画面が表示される。

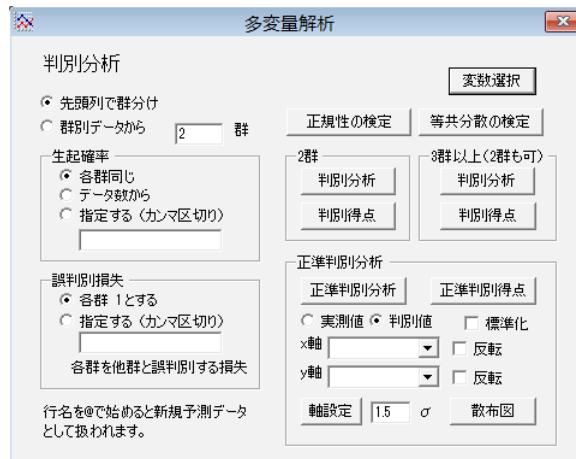


図2.1 判別分析メニュー画面

データの形式は、先頭列で群分けする場合と最初から群分けされている場合が扱える。但し、後者の場合、予め群の数を入力しておかなければならぬ。各群の生起確率や誤判別損失の値は、ラジオボタンの「指定する」を選び、テキストボックス内に値をカンマ区切りで入力することによって、自由に設定することができる。但し、確率の値は合計が1になることが必要があるので、無限小数の場合は1/3のように、分数で入力する。これらのデフォルト値は生起確率が「各群同じ」、誤判別損失が「各群1とする」である。

2群の判別の場合、「等共分散の検定」ボタンで等共分散性を調べることができる。図2.2に「等共分散の検定」の出力結果を示す。

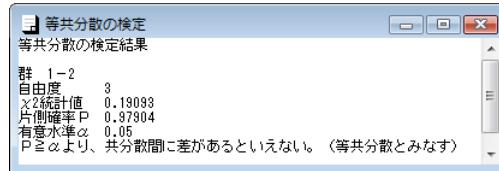


図 2.2 等共分散の検定

図 2.3 と図 2.4 に 2 群の判別分析と判別得点の出力結果を示す。判定は判別得点を判別の分点 0 と比較して決定される。

	勉強時間	平均点	定数項
判別関数	2.2461	0.2007	-23.0187
標準化係数	2.6210	2.2787	-0.3788
F検定値	19.8822	15.0274	
自由度	1,27	1,27	
確率	0.0001	0.0006	
マハラノビスの距離	5.6823		
誤判別確率	1群を2群と 理論から 実測から	2群を1群と 0.1167 0.0769	
判別関数 (実\予)	1群 1群 2群	2群 1 16	
判別確率(実\予)	1群 1群 2群	2群 0.9281 0.0588	
			0.0769 0.9412

図 2.3 判別分析実行結果 (2 群の形式)

標準化係数の定数項は、重回帰分析などでは 0 になるが、判別分析では、判別の分点を 2 つの群の群別平均のデータ数による加重平均ではなく、単純平均にしていることから、2 つの群のデータ数が異なる場合、一般に 0 にならない。

	判別得点		
	所属群	判別得点	判別群
6	1	0.3280	1
7	1	-0.7743	2
8	1	4.9054	1
9	1	1.3153	1
10	1	1.8934	1
11	1	1.0704	1
12	1	4.0450	1
13	1	2.2301	1
14	2	-4.8682	2
15	2	-0.0469	2
16	2	-0.9540	2
17	2	-2.1784	2

図 2.4 判別得点 (2 群の形式)

比較のために同じデータを用いて 3 群以上の判別のプログラムを実行した出力結果を図 2.5 と図 2.6 に示す。本来は 3 群以上で利用すべきであるが、2 群の判別で用いても問題はない。

判別分析			
	勉強時間	平均点	定数項
1群判別関数	8.7369	1.0833	-61.8513
2群判別関数	6.4908	0.8826	-38.8327
1群標準化係数	10.1951	12.2975	47.1974
2群標準化係数	7.5741	10.0189	47.5762
マハラノビスの距離		1群	2群
1群	0.0000	5.6823	
2群	5.6823	0.0000	
誤判別確率	1群を他群と	2群を他群と	
実測から	0.0769	0.0588	
判別数(実、予)		1群	2群
1群	12	1	
2群	1	16	
判別確率(実、予)		1群	2群
1群	0.9231	0.0769	
2群	0.0588	0.9412	

図 2.5 判別分析実行結果（3 群以上の形式）

判別得点：既存データの判別				
所属群	1群	2群	判別群	
6	1	53.3136	52.9857	1
7	1	43.6412	44.4156	2
8	1	72.6009	67.6956	1
9	1	58.3039	56.9986	1
10	1	54.6531	52.7597	1
11	1	50.2115	49.1412	1
12	1	65.9266	61.8816	1
13	1	62.2250	59.9949	1
14	2	23.2397	28.1079	2
15	2	48.9213	48.9682	2
16	2	44.3643	45.8183	2
17	2	37.7561	39.9345	2

図 2.6 判別得点（3 群以上の形式）

次に我々は正準形式に基づく判別の結果を示す。これは正準判別分析とも呼ばれている。正準判別分析における判別関数は、変数の数 $\geq$ 群の数、の場合は、群の数-1 個作られる。同じデータを用いた結果を図 2.7 に示す。

正準判別分析			
	勉強時間	平均点	定数項
判別1	0.9423	0.0842	-9.6565
標準化1	1.0995	0.9559	-0.1589
	固有値	寄与率	累積寄与率
判別1	1.4950	1.0000	1.0000
判別の分点	0		
	1群を他群と	2群を他群と	
誤判別確率	0.0769	0.0588	

図 2.7 正準判別分析実行結果

生起確率が同じで誤判別損失が 1 の場合、2 群のマハラノビス形式と正準形式の同等性から、判別関数の係数は比例している。また、判別の分点は 2 つの形式とも 0 に設定している。

正準判別分析の判別得点では、図 2.8 のように最後に群別得点平均が付く。これは 3 群以上の場合でも同様である。

	所属群	判別得点1	判別群
25	2	-1.8352	2
26	2	-2.3991	2
27	2	-2.4203	2
28	2	-1.8778	2
29	2	-0.4873	2
30	2	-2.0510	2
群別得点平均	1	1.1919	
	2	-1.1919	

図 2.8 正準判別分析の判別得点

次に 3 群以上の正準判別分析の結果を図 2.9 に示す。

	がくの長さ	がくの幅	花弁の長さ	花弁の幅	定数項
▶ 判別1	0.8294	1.5345	-2.2012	-2.8105	2.1051
判別2	0.0241	2.1645	-0.9319	2.8392	-6.6615
標準化1	0.6868	0.6688	-3.8858	-2.1422	0.0000
標準化2	0.0200	0.9434	-1.8451	2.1641	0.0000
固有値	寄与率	累積寄与率			
判別1	32.1919	0.9912	0.9912		
判別2	0.2854	0.0088	1.0000		

図 2.9 正準判別分析実行結果

ここでは標準化係数が 0 になっているが、これは 3 つの群のデータ数がすべて同じであることにより、一般には 0 と異なる。3 群の判別得点は 2 つの固有値に対応して図 2.10 のように 2 種類出力される。

	所属群	判別得点1	判別得点2
▶ 1	1	8.0618	0.3004
2	1	7.1287	-0.7867
3	1	7.4898	-0.2654
4	1	6.8132	-0.6706
5	1	8.1323	0.5145
6	1	7.7019	1.4617
7	1	7.2126	0.3558
8	1	7.6053	-0.0116
9	1	6.5606	-1.0152
10	1	7.3431	-0.9473

図 2.10 正準判別分析の判別得点

これは 2 次元上の点であるので、「軸設定」を行い、「散布図」ボタンをクリックすることにより、図 2.11 のような散布図が表示される。ここには、各群の分布を 2 変量正規分布とみなした場合の、 $1.5\sigma$  の確率楕円が示されている。確率楕円の大きさ、座標軸の反転等はメニューで変更できる。

この 2 変量正規分布の密度関数式は、グラフメニュー「設定—正規楕円半径—密度関数式」で図 2.12 のように表示される。この式をコピーし、分析メニュー「数学—2 変量関数グラフ」のテキストボックスに貼り付けて ([Shift+Ins] または [Ctrl+v])、(範囲を設定、分割数を増加、色を指定に) 表示させると、図 2.13 のように 3 つの密度関数

グラフを重ね合わせて視覚化することもできる。これによってどの程度分離ができているのか直感的に見ることもできる。

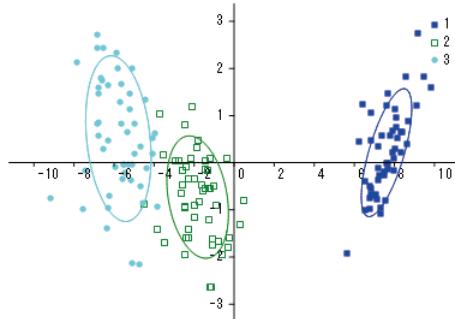


図 2.11 判別得点散布図



図 2.12 2 変量正規分布密度関数式

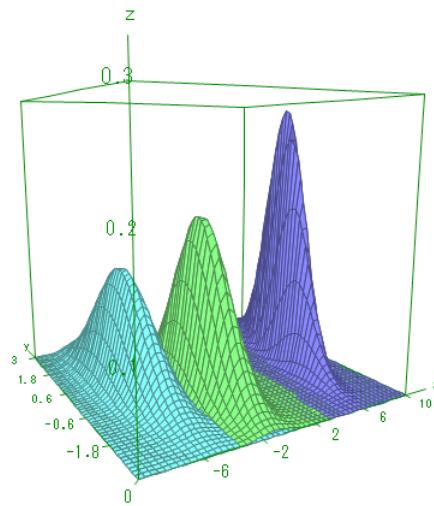


図 2.13 確率密度関数の視覚化

### 3. 数量化 II 類

数量化 II 類はカテゴリデータに関する線形判別関数を定義し、個体を分類することが狙いであり、判別分析に相当する。カテゴリデータで群分類を行なう数量化 II 類は、群の数を  $m$ 、群  $\alpha$  のデータ数を  $n_\alpha$ 、アイテム数  $p$  を、アイテム  $i$  のカテゴリ数を  $r_i$  として、表 3.1 のデータ形式を元にする。

表 3.1 数量化II類のデータ

	アイテム 1				アイテム $p$			
	カテゴリ 1	...	カテゴリ $r_1$	...	カテゴリ 1	...	カテゴリ $r_p$	
群 1	$x_{111}^1$	...	$x_{1r_11}^1$		$x_{p11}^1$	...	$x_{pr_p1}^1$	
	:		:	...	:	...	:	
群 $m$	$x_{111}^m$	...	$x_{1r_11}^m$		$x_{p11}^m$	...	$x_{pr_p1}^m$	
	:		:	...	:	...	:	
	$x_{11n_1}^m$	...	$x_{1r_1n_m}^m$		$x_{p1n_m}^m$	...	$x_{pr_pn_m}^m$	

一般にデータを  $x_{ij\lambda}^\alpha \in \{0, 1\}$  の形で表わすと、 $\alpha(1, 2, \dots, m)$  は群、 $\lambda(1, 2, \dots, n_\alpha)$  は個体、 $i(1, 2, \dots, p)$  はアイテム、 $j(1, 2, \dots, r_i)$  はアイテム毎のカテゴリである。各変数には次の関係がある。

$$\sum_{j=1}^{r_i} x_{ij\lambda}^\alpha = 1 \quad (3.1)$$

このため、アイテムごとに独立なカテゴリの数は 1 つ少なくなる。通常は第 1 カテゴリを除いた変数を用いて分析を実行する。

ここで、 $x_{ij\lambda}^\alpha$  の表式を判別分析と類似のものとするため、新しい表記として  $x_{I\lambda}^\alpha$  を導入する。この大文字の  $I$  はアイテム  $i$ 、その中のカテゴリ  $j (= 2, \dots, r_i)$  について、順番にアイテム 1 から並べた数で、 $I \equiv \sum_{k=1}^{i-1} (r_k - 1) + (j - 1)$  で定義される。変数  $I$  の範囲は  $I = 1, 2, \dots, P \equiv \sum_{k=1}^p (r_k - 1)$  である。この変数表記法を用いると第 1 カテゴリを除いた数

量化 II 類は判別分析と同等であることが理解し易い。以後は

$$\sum_{I=1}^P f_I \Leftrightarrow \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{r_i} f_{ij}$$

と置き換えることによって、両者の表記を使い分けることにする。

### 3.1 マハラノビスの距離に基づく方法

新しい変数表記法  $x_{I\lambda}^\alpha$  でデータを見ると 0,1 型のデータであっても、判別分析と同等に扱うことができる。よってデータの判別はマハラノビスの距離に基づく方法を用いて、判別分析と同じように行うことができる。但し、データの分布は正規分布ではないので、判別分析の最初のところで述べた分布関数による判別の理由付けはできない。しかし、2.3 節で述べたように、2 群の場合は正準形式と同等であるので、判別関数による群間分散の

最大化の方法による理由付けは説得力がある。3群以上の場合は、群間の1対比較によって判別を行うものと解釈すると、判別の問題は判別分析と全く同等に考えることができる。2群の場合、判別分析と同じように作られた係数を用いて判別関数は以下のように与えられる。ここでは判別関数との類似性を強調するため、新しい変数表記法を用いている。

$$z = \sum_{I=1}^P a_I x_I - \frac{1}{2} \sum_{I=1}^P (\bar{x}_I^1 + \bar{x}_I^2) a_I , \quad a_I = \sum_{J=1}^P (\mathbf{S}^{-1})_{IJ} (\bar{x}_J^1 - \bar{x}_J^2) \quad (3.2)$$

また、3群以上の場合、群 $\alpha$ の判別関数は以下のように与えられる。

$$z^\alpha = \sum_{I=1}^P a_I^\alpha x_I - \frac{1}{2} \sum_{I=1}^P \bar{x}_I^\alpha a_I^\alpha , \quad a_I^\alpha = \sum_{J=1}^P (\mathbf{S}^{-1})_{IJ} \bar{x}_J^\alpha \quad (3.3)$$

2群の場合も3群以上の場合も、係数ベクトル $a_{ij}$ は各アイテムの第1カテゴリを除いたものであるので、以下のような基準化された係数 $d_{ij}$  ( $i=1, \dots, p, j=1, 2, \dots, r_i$ )も計算しておく。

$$\begin{aligned} \text{2群の場合} \quad d_{ij} &= \hat{a}_{ij} - \sum_{k=1}^{r_i} \tilde{x}_{ik} \hat{a}_{ik} , & \hat{a}_{ij} &= \begin{cases} 0 & j=1 \\ a_{ij} & j \neq 1 \end{cases} \\ \text{3群以上の場合} \quad d_{ij}^\alpha &= \hat{a}_{ij}^\alpha - \sum_{k=1}^{r_i} \tilde{x}_{ik} \hat{a}_{ik}^\alpha , & \hat{a}_{ij}^\alpha &= \begin{cases} 0 & j=1 \\ a_{ij}^\alpha & j \neq 1 \end{cases} \end{aligned}$$

ここに基準化ウェイトの意味がカテゴリの影響が判別に正に働くか負に働くかを見ることであると考えて、以下のように、 $\tilde{x}_{ik}$ はアイテム*i*、カテゴリ*k*における群平均の単純平均とした。

$$\tilde{x}_{ik} = \frac{1}{m} \sum_{\alpha=1}^m \bar{x}_{ik}^\alpha$$

基準化されたカテゴリウェイトを用いると、判別関数值は以下のように与えられる。

$$\text{2群の場合} \quad z = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{r_i} d_{ij} x_{ij} \quad (3.4)$$

$$\text{3群以上の場合} \quad z^\alpha = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{r_i} d_{ij}^\alpha x_{ij} + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{r_i} \tilde{x}_{ij} \hat{a}_{ij}^\alpha - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{r_i} \bar{x}_{ij}^\alpha \hat{a}_{ij}^\alpha \quad (3.5)$$

判別分析は変数1つ1つが独立であったが、数量化II類の場合は、1つのアイテムが判別分析の1つの変数に対応する。その中にはいくつかのカテゴリが含まれているために、アイテムの重要性は複数のカテゴリをまとめた重要性と解釈される。そのため、アイテムの重要性をみるには、カテゴリによる判別関数值の変化幅であるウェイト範囲や以下に述べるアイテムと判別関数值との相関係数、アイテムと判別関数值との偏相関係数の値などが参照される。

アイテムと判別関数間の相関係数を次のように与える。

$$r_{ij} = s_{ij} / \sqrt{s_{ii} s_{jj}} , \quad r_{iz} = s_{iz} / \sqrt{s_{ii} s_{zz}}$$

ここに、アイテムと判別関数間の共分散 $s_{ij}$ ,  $s_{iz}$ ,  $s_{zz}$ は以下のように定義される。

$$s_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} (x_{i\lambda}^\alpha - \bar{x}_i)(x_{j\lambda}^\alpha - \bar{x}_j), \quad s_{iz} = \frac{1}{n-1} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} (x_{i\lambda}^\alpha - \bar{x}_i)(z_\lambda^\alpha - \bar{z}),$$

$$s_{zz} = \frac{1}{n-1} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} (z_\lambda^\alpha - \bar{z})^2$$

但し、 $x_{i\lambda}^\alpha = \sum_{j=1}^{r_i} \hat{a}_{ij} x_{ij\lambda}^\alpha$ ,  $\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} x_{i\lambda}^\alpha$ ,  $\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha z^\alpha$  である。

変更点を明らかにするために、プログラム変更以前の定義も与えておく。

$$s_{iz} = \frac{1}{n-1} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} (x_{i\lambda}^\alpha - \bar{x}_i)(\bar{z}^\alpha - \bar{z}), \quad s_{zz} = \frac{1}{n-1} \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha (\bar{z}^\alpha - \bar{z})^2, \quad \bar{z}^\alpha = \frac{1}{n_\alpha} \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} z_\lambda^\alpha$$

アイテム*i*と判別関数との偏相関係数 $\tilde{r}_{iy}$ は、上の相関係数を用いた相関行列**R**の逆行列**R**<sup>-1</sup>の成分 $r^{ij}, r^{iz}, r^{zz}$ を用いて、以下のように与えられる。

$$\tilde{r}_{iz} = -r^{iz} / \sqrt{r^{ii} r^{zz}}$$

数量化II類では2群の判別の場合、各アイテムについて判別分析と同様にその有効性のF値を求めることができる。アイテム*i*の有効性のF値は以下となる。最後の分布形は仮に変数の正規性が成り立つ場合の性質であるが、当然数量化II類のデータでは成り立たない。参考までの仮の表示である。

$$F_i = \frac{(n_1 + n_2 - p - 1)n_1 n_2 (D^2 - D_i^2)}{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 - 2) + n_1 n_2 D_i^2} \sim F_{r_i-1, n_1+n_2-p-1} \text{ 分布}$$

ここに、 $D_i^2$ は両群のカテゴリ*i*を除いたマハラノビス距離である。

### 3.2 正準形式に基づく方法

マハラノビス形式と同様に、判別関数は係数 $a_{ij}$  ( $i = 1, \dots, p$ ,  $j = 2, \dots, r_i$ )と定数 $z_0$ を用いて以下のように与える。

$$z_\lambda = \sum_{i=1}^p \sum_{j=2}^{r_i} a_{ij} x_{ij\lambda} + z_0$$

この判別関数は新しい変数表記法では以下となる。

$$z_\lambda = \sum_{I=1}^p a_I x_I + z_0$$

この表記法では、第1カテゴリを除いた数量化II類と判別分析が同等である。

我々は $z_\lambda^\alpha$ の群間の変動 $s_B^2$ と群別変動 $s^2$ の合計を以下のように定義し、群間の変動を際立たせるために、これらの分散比 $\rho = s_B^2 / s^2$ を最大化することを考える。

$$s_B^2 = \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha (\bar{z}^\alpha - \bar{z})^2, \quad s^2 = \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} (z_\lambda^\alpha - \bar{z}^\alpha)^2$$

ここに、 $\bar{z}^\alpha = \frac{1}{n_\alpha} \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} z_\lambda^\alpha$ ， $\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{\alpha=1}^m \sum_{\lambda=1}^{n_\alpha} z_\lambda^\alpha$ ， $n = \sum_{\alpha=1}^m n_\alpha$  である。

この分散比を係数で微分することにより、判別分析と同様に以下の方程式が得られる。

$$\mathbf{Ba} = \rho \mathbf{Sa} \quad (3.6)$$

この方程式はデータを以下のようにまとめ、

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{121}^1 & \cdots & x_{1r_1}^1 & \cdots & x_{p21}^1 & \cdots & x_{pr_p1}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{12n_1}^1 & \cdots & x_{1r_1}^1 & \cdots & x_{p2n_1}^1 & \cdots & x_{pr_pn_1}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{121}^m & \cdots & x_{121}^m & \cdots & x_{p21}^m & \cdots & x_{pr_p1}^m \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{12n_m}^m & \cdots & x_{12n_m}^m & \cdots & x_{p2n_m}^m & \cdots & x_{pr_pn_m}^m \end{pmatrix}$$

$$\bar{\mathbf{X}}_B = \left( \begin{array}{cccccc} \bar{x}_{12}^1 & \cdots & \bar{x}_{1r_1}^1 & \cdots & \bar{x}_{p2}^1 & \cdots & \bar{x}_{pr_p}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{12}^1 & \cdots & \bar{x}_{1r_1}^1 & \cdots & \bar{x}_{p2}^1 & \cdots & \bar{x}_{pr_p}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{12}^m & \cdots & \bar{x}_{12}^m & \cdots & \bar{x}_{p2}^m & \cdots & \bar{x}_{pr_p}^m \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{12}^m & \cdots & \bar{x}_{12}^m & \cdots & \bar{x}_{p2}^m & \cdots & \bar{x}_{pr_p}^m \end{array} \right) \begin{matrix} \\ \\ n_1 \\ \\ \\ \\ n_m \\ \\ \end{matrix}$$

$$\bar{\mathbf{X}} = \left( \begin{array}{cccccc} \bar{x}_{12} & \cdots & \bar{x}_{1r_1} & \cdots & \bar{x}_{p2} & \cdots & \bar{x}_{pr_p} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{12} & \cdots & \bar{x}_{1r_1} & \cdots & \bar{x}_{p2} & \cdots & \bar{x}_{pr_p} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{12} & \cdots & \bar{x}_{12} & \cdots & \bar{x}_{p2} & \cdots & \bar{x}_{pr_p} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{12} & \cdots & \bar{x}_{12} & \cdots & \bar{x}_{p2} & \cdots & \bar{x}_{pr_p} \end{array} \right) \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ n \\ \\ \end{matrix}$$

方程式中の行列を以下のように定義することによって得られる。

$${}' \mathbf{a} = (a_{12} \quad \cdots \quad a_{1r_1} \quad \cdots \quad a_{p2} \quad \cdots \quad a_{pr_p})$$

$$\mathbf{S} = \frac{1}{n-m} {}' (\mathbf{X} - \bar{\mathbf{X}}_B) (\mathbf{X} - \bar{\mathbf{X}}_B), \quad \mathbf{B} = \frac{1}{n-m} {}' (\bar{\mathbf{X}}_B - \bar{\mathbf{X}}) (\bar{\mathbf{X}}_B - \bar{\mathbf{X}})$$

ここに  $n$  はすべての群のデータ数の合計、 $m$  は群の数である。

方程式 (3.6) は正準判別分析と同様の方法で変形され、以下となる。

$$\mathbf{Au} = \rho \mathbf{u} \quad (3.7)$$

ここに、 $\mathbf{A} = \mathbf{F}^{-1} \mathbf{B}' \mathbf{F}^{-1}$ ,  $\mathbf{u} = {}' \mathbf{F} \mathbf{a}$ 、また $\mathbf{F}$ は $\mathbf{S} = \mathbf{F}' \mathbf{F}$ となる下三角行列である。

(3.7) 式の第 $r$ 固有値に対する規格化された固有ベクトル $\mathbf{u}^{(r)}$ を使って、係数は $\mathbf{a}^{(r)} = {}' \mathbf{F}^{-1} \mathbf{u}^{(r)}$ となり、これにより判別関数は以下となる。

$$z^{(r)} = \sum_{I=1}^P a_I^{(r)} x_I - \sum_{I=1}^P a_I^{(r)} \tilde{x}_I \quad (3.8)$$

ここで定数項については、正準判別分析と同様に、各固有値に対応する判別関数の群別平均の単純平均が0になるようにしている。

係数 $a_{ij}^{(r)}$ は各アイテムの第1カテゴリを除いたものであるので、以下のようない基準化した係数 $d_{ij}^{(r)}$  ( $i = 1, \dots, p$ ,  $j = 1, 2, \dots, r_i$ )も計算しておく。

$$d_{ij}^{(r)} = \hat{a}_{ij}^{(r)} - \sum_{k=1}^{r_i} a_{ik}^{(r)} \tilde{x}_{ik}, \quad \hat{a}_{ij}^{(r)} = \begin{cases} 0 & j = 1 \\ a_{ij}^{(r)} & j \neq 1 \end{cases}$$

ここに基準化ウェイトの意味を考えて、 $\tilde{x}_{ik}$ は判別関数のときと同様に、アイテム*i*、カテゴリ*k*における群平均の単純平均とした。

$$\tilde{x}_{ik} = \frac{1}{m} \sum_{\alpha=1}^m \bar{x}_{ik}^{\alpha}$$

基準化されたカテゴリウェイトを用いると、判別関数は以下のように与えられる。

$$z^{(r)} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{r_i} d_{ij}^{(r)} x_{ij} \quad (3.9)$$

### 3.3 ソフトウェアの利用

メニュー「分析－多変量解析等－数量化理論－数量化II類」を選択すると、数量化II類のメニュー画面が図3.1のように表示される。

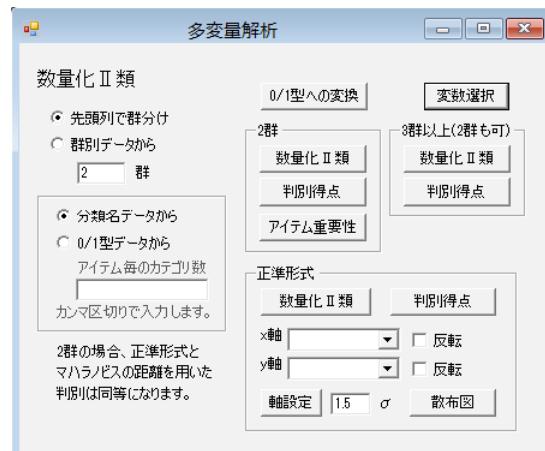


図 3.1 数量化II類メニュー画面

データは先頭列で群分けを行なう場合と既に群別になっている場合が取り扱えるが、群別データからの場合は群の数を入力する必要がある。データの形式は各アイテムについて

カテゴリ名を与える場合とカテゴリが既に 0/1 データとして分けられている場合があるが、0/1 データの場合、各アイテムのカテゴリ数をカンマ区切りで入力しなければならない。また、計算方式としては、上側に示されたマハラノビス形式と下側に示された正準形式のどちらかを選択できる。正準形式は、これまでの計算結果を踏襲するものであるが、定義の違いから、係数について定数倍の違いがある。しかし、判別結果については同じである。マハラノビス形式は、2 群の場合、判別分析のところで示したように、正準形式と定数倍の違いを除いて同じである。しかし、3 群以上の場合は大きく異なり、判別分析と同様の結果を出力する。マハラノビス形式の結果は、各カテゴリの第 1 アイテムを除いた変数で判別分析を行った結果と一致する。我々はまず、2 群の場合の結果を比較して、3 群の場合の違いを見ることにする。

「数量化 II 類」コマンドボタンをクリックした結果を比較する。マハラノビス形式の結果を図 3.2a に、正準形式の結果を図 3.2b に与える。

カテゴリウェイト							
	価格:1	価格:2	外観:1	外観:2	性能:1	性能:2	性能:3
▶ カテゴリウェイト	0.0000	-5.7846	0.0000	-2.3385	0.0000	-13.4154	-19.4462
基準化ウェイト	3.8564	-1.9282	0.9744	-1.3641	10.3949	-3.0205	-9.0513
判別の分点	0						
a群を他群と							
誤判別確率	0.0000	0.0000					

図 3.2a マハラノビス形式のカテゴリウェイト

カテゴリウェイト							
	価格:1	価格:2	外観:1	外観:2	性能:1	性能:2	性能:3
▶ 判別1	0.0000	-1.4636	0.0000	-0.5917	0.0000	-3.3943	-4.9202
基準化1	0.9757	-0.4879	0.2465	-0.3451	2.6301	-0.7642	-2.2901
	固有値	寄与率	累積寄与率				
判別1	4.6862	1.0000	1.0000				
判別の分点	0						
a群を他群と							
誤判別確率	0.0000	0.0000					

図 3.2b 正準形式のカテゴリウェイト

ここではカテゴリウェイト、基準化されたカテゴリウェイト、判別の分点、誤判別確率が表示される。2 群の判別の場合、判別の分点は 0 にしている。2 つのカテゴリウェイトはそれぞれ比例している。正準形式の場合は、固有値と寄与率、累積寄与率が表示されるが、2 群の場合、寄与率と累積寄与率は定義より 1 になる。

2 群の場合、2 つの方法は同等であるので、以後はマハラノビス形式の結果のみを表示する。「アイテム重要性」ボタンをクリックすると、図 3.3 のような結果が表示される。ここでは、相関行列とそれを基に計算される偏相関係数及びアイテム毎のカテゴリウェイトの最大と最小の差であるウェイト範囲が表示される。ウェイト範囲は各アイテムの重要性を見るのに用いられる。またアイテムの重要性を示す F 値等も表示される。データに正規性がないために、F 値の確率は参考 p 値として表示してある。

図 3.4 は「判別得点」をクリックした場合の結果を表わしている。各個体が元々所属する群とその個体の数量化された値が示される。判別の助けとなるように各群の判別得点の平均や 2 群の場合は判別の分点も示されている。

アイテム重要性				
	サンプル	価格	外観	性能
▶ サンプル	1.0000	0.1905	-0.0891	0.4541
価格	0.1905	1.0000	0.0891	0.0685
外観	-0.0891	0.0891	1.0000	-0.3607
性能	0.4541	0.0685	-0.3607	1.0000
ウェイト範囲		5.7846	2.3385	13.4154
偏相関係数		0.1703	0.0696	0.4441
F値		2.2656	0.3703	9.3462
自由度		1,5	1,5	2,5
参考p値		0.1926	0.5694	0.0205

図 3.3 アイテム重要性

判別得点			
	所属群	判別得点	予測群
▶ 1	a	1.8103	a
2	a	9.4410	a
3	a	12.9872	a
4	a	7.1026	a
5	b	-4.2205	b
6	b	-12.3436	b
7	b	-6.8128	b
8	b	-10.0051	b
9	b	-3.9744	b
10	b	-10.0051	b
群別得点平均	a	7.8103	
	b	-7.8103	
判別の分点		0	

図 3.4 判別得点

以後は 3 群以上の場合を扱う。3 群の場合、正準形式とマハラノビス形式ではかなり異なる。マハラノビス形式では群別の判別関数が output されるのに対し、正準形式では固有値に対応する判別関数が output される。前者はどの判別関数の値が大きいかによって判別結果を決めるが、後者は判別結果を多次元上に表示するためのものである。結果を比較して示しておく。それそれ、図 3.5a と図 3.5b のように結果が表示される。

それぞれの方法の「判別得点」をクリックした結果を図 3.6a と図 3.6b に示す。マハラノビス形式では、判別関数の値の最も大きい群に判別されることが示されているが、正準形式では判別結果は明確に示されていない。正準形式では複数の次元の判別点を見て判断を下すため、2 次元上に散布図を描画する機能が付けられている。メニューの「軸設定」で表示する次元を設定し、「散布図」ボタンにより、図 3.7 のように判別得点を平面上に表示する。図中の楕円は  $1.5\sigma$  を表す楕円である。重なった点が多いため、散布図はあまり見易いとは言えない。

カテゴリーウェイト						
	吐き気_0	吐き気_1	吐き気_2	頭痛_0	頭痛_1	頭痛_2
▶ 1群判別関数	0.0000	3.2656	3.7813	0.0000	2.0625	1.7188
2群判別関数	0.0000	15.9844	20.5759	0.0000	8.9375	10.0670
3群判別関数	0.0000	16.3281	22.0491	0.0000	10.8125	13.3080
1群基準化関数	-2.5495	0.7161	1.2318	-1.2432	0.8193	0.4755
2群基準化関数	-13.0993	2.8850	7.4766	-6.3913	2.5462	8.6757
3群基準化関数	-13.6903	2.6379	8.8589	-8.0233	2.2892	5.2847
1群を他群と	2群を他群と	3群を他群と				
誤判別確率	0.2000	0.4000	0.2500			

図 3.5a マハラノビス距離を用いたカテゴリーウェイト

	吐き気:0	吐き気:1	吐き気:2	頭痛0	頭痛1	頭痛2	定数項
▶ 判別1	0.0000	-2.9339	-4.0012	0.0000	-1.7342	-2.3017	3.8454
判別2	0.0000	-2.0006	-1.4483	0.0000	0.3109	2.2173	0.3633
基準化1	2.4717	-0.4622	-1.5295	1.3737	-0.3605	-0.9280	0.0000
基準化2	1.3014	-0.6992	-0.1469	-0.9381	-0.6272	1.2793	0.0000
	固有値	寄与率	累積寄与率				
判別1	5.5682	0.9778	0.9778				
判別2	0.1263	0.0222	1.0000				

図 3.5b 正準形式を用いたカテゴリウェイト

判別得点					
	所属群	1群判別得点	2群判別得点	3群判別得点	
▶ 1	1	1.5297	-3.7739	-5.5614	1
2	1	2.7828	3.2780	0.4542	2
3	1	-0.5328	-12.7114	-15.8739	1
4	1	-0.5328	-12.7114	-15.8739	1
5	1	-0.5328	-12.7114	-15.8739	1
6	2	4.4516	13.3400	13.7623	3
7	2	3.2484	7.8645	6.1752	2
8	2	4.7953	12.2105	10.7667	2
9	2	4.4516	13.3400	13.7623	3
10	2	5.3109	16.8020	16.4877	2
11	3	4.4516	13.3400	13.7623	3
12	3	4.9672	17.9315	19.4833	3
13	3	4.7953	12.2105	10.7667	2
14	3	4.9672	17.9315	19.4833	3

図 3.6a マハラノビス距離を用いた判別得点

判別得点			
	所属群	判別得点1	判別得点2
▶ 1	1	2.1112	0.6742
2	1	0.9115	-1.6372
3	1	3.8454	0.3633
4	1	3.8454	0.3633
5	1	3.8454	0.3633
6	2	-1.3902	0.5801
7	2	-0.1558	-1.0850
8	2	-0.8227	-1.3263
9	2	-1.3902	0.5801
10	2	-1.8900	-0.7741
11	3	-1.3902	0.5801
12	3	-2.4575	1.1324
13	3	-0.8227	-1.3263
14	3	-2.4575	1.1324
群別得点平均	1	2.9118	0.0254
	2	-1.1298	-0.4050
	3	-1.7820	0.3796

図 3.6b 従来の方法による判別得点

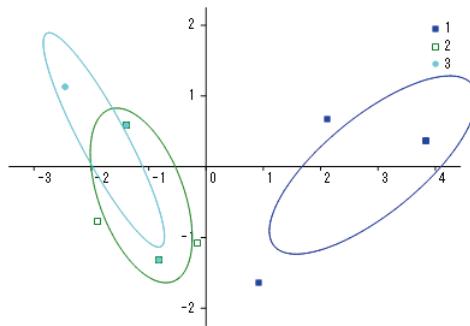


図 3.7 判別得点による散布図

#### 4. おわりに

我々は、以前 College Analysis の中で判別分析と数量化 II 類のプログラムを作成したが<sup>[1]</sup>、2つの分析の類似性を議論することはなかった。今回これらの分析を再検討するに当たり、以前のプログラムを見直し、2つの分析間に係数の違いや不足する機能を見出した。この違いは結果や解釈に影響を与えるものでないが、これらの分析の学習者が類似性を理解するためには是正すべきものである。また、不足する機能は2つの分析の対比のために補つておくべきものである。そのため、我々はこれらの分析のプログラムの大半を、同一性という視点で作り変えた。

基本的に判別分析は量的データ、数量化 II 類は質的データの分析であるが、質的データを 0, 1 データに変更し、アイテムごとに第 1 カテゴリを除いて、判別分析で統合化できる。この方法だと量的データと質的データは区別されず、2 種類のデータを混在させて分析を実行することもできる。しかし、アイテムの重要性などの評価は見えにくくなるので、直接数量化 II 類の中に混在するデータを取り込んで、プログラムによりどちらのデータかを判定し、分析することを考えてもよい。

この方法だとデータの種類を見極める手段を考えなければならないが、例えば、量的データには変数名の後ろに「#」、質的データには変数名の後ろに「&」、特に指定しない場合は何も付けない等の方法を考えればよい。これは判別分析と数量化 II 類に限ったことではなく、他の分析でも量的データと質的データの誤用の防止などに役に立つ。今後これまでのプログラムに影響を与えないように組み込んでいきたい。

この論文では特に判別分析と数量化 II 類について考えたが、我々は今回多変量解析全体について見直しを行い、新しいプログラムもいくつか追加した。次の論文ではこれらのプログラムについても説明したいと考えている。

#### 参考文献

- [1] 社会システム分析のための統合化プログラム 7 —多変量解析— , 福井正康, 細川光浩, 福山平成大学経営情報研究, 7 号, (2002) 85-106.
- [2] 多変量解析法入門, 永田靖, 棟近雅彦, サイエンス社, 2001.

## **Multi-purpose Program for Social System Analysis 24 - Integration of Discriminant Analysis and Quantification Method Type II -**

Masayasu FUKUI, Makoto OZAKI and Ryota ASAHI

*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University*

**Abstract:** We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. In this paper discriminant analysis and quantization type II, which have been treated independently, are reconfigured in a unified manner by the method to use Mahalanobis distance and canonical format. We describe the mathematical theory and operation of our program.

**Keywords:** College Analysis, social system analysis, statistics, discriminant analysis, quantification method.

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>

福山平成大学経営学部紀要  
第 11 号 (2015), 115—142 頁

## College Analysis による物理シミュレーション 3 – 幾何シミュレーション –

福井正康

福山平成大学経営学部経営学科

**概要：**我々は統合プログラム College Analysis のグラフィック機能を利用して、高等学校から大学教養課程程度の授業に利用できる、数学的な記述を利用した幾何アニメーションと物理シミュレーションのプログラムを作成してきた。この論文では幾何アニメーションと物理シミュレーションの融合について議論する。対象とする現象は、質点系の運動、重力による惑星運動、導体の静電誘導、点電荷と導体電荷による電気力線、電流による磁力線、電場と磁場による点電荷の運動である。

**キーワード：**College Analysis, 物理, シミュレーション, アニメーション

### 1. はじめに

我々は、社会システム分析ソフトウェア College Analysis の中で、数学的な記述による 2 次元及び 3 次元幾何アニメーションプログラムを作成した [1]。これは関数とグラフ、数学と運動の関係などを理解するために作られたプログラムであるが、その根底には物理シミュレーションの際の運動するボールや惑星、その周囲の床や壁、バネや紐、惑星の表面画像や空間物質等、シミュレーションを取り巻く環境についてアニメーションを用いて描画したいという目的があった。また、これまでの我々が作成したシミュレーションは、計算を終えた後、結果を表示するもので、運動の軌道が表示できるなどの良い点もあるが、実行時間に制限があり、長時間動かし続けることは不可能であった。我々はこの問題についても、計算と描画を繰り返すことによって、リアルタイムにシミュレーションを観察できるようにしたいと思う。この論文ではアニメーションとシミュレーションの融合の問題について議論する。

我々が最初に組み込んだ物理シミュレーションは、質点系の運動、重力による惑星運動、静電誘導、電気力線、電流による磁力線、電磁気による運動である。殆どの問題はリアルタイムに変化や運動を計算可能であるが、例えば静電誘導のように、計算時間がかかるものもある。その場合には動的なシミュレーションの形式は取らず、その部分は静的な動きのないシミュレーションとする。例えば、静電誘導の起きた導体の近くを微小な電気を帶びた粒子が運動するような場合、最初に、導体の静電誘導の計算を静的な問題として実行した後、動的な問題として粒子の運動を計算する。静的な処理と動的な処理を、計算機の能力の限界を見て思い切りよく使い分け、できるだけリアルタイムに利用者がシミュレーションを楽しめるようにすることが重要であると考えている。

最近、物理エンジンを組み込んだ美しい剛体や流体のシミュレーションツールやゲーム

---

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>

が作られているが、我々のプログラムには残念ながらこのような機能はない。しかし、シミュレーションの範囲を電磁気学まで拡げ、さらに他の分野も視野に入れて今後の拡張を考えている。1つのプログラム環境の中に、どれだけのシミュレーションを含めることができるか、またそれらを目の前でリアルタイムに表現するにはどのような方法が考えられるか、この論文は今後の可能性を示唆するものである。

## 2. データ構造とプログラム

ここでは幾何アニメーションのプログラム構造について簡単に説明しておく。参考文献1の3次元幾何アニメーションの利用法を再掲する。

### 3次元幾何アニメーションのコマンド

#### 描画範囲変更

rangex xmin, xmax (rangey ymin, ymax / rangez zmin,zmax)

range min, max 'すべての軸の変更

#### 時間変数 (time=0,1,2,...)

time

#### 定義

define 変数名 = 定義式

#### ループ (動く変数名は lp=0,1,2,...)

loop 回数

  図形描画

  endloop

#### 面図形表示モード

paint mode mode 1: 面と縁, 2: 面のみ, 3: 縁のみ デフォルトは面と縁

#### 描画開始・終了時間 (秒)

starttime 秒

stoptime 秒

#### 描画条件

disp 式 式 $\geq 0$  のときそれ以降を描画

#### 背景黒色

black

#### 描画繰り返し

playback 時間 (秒)

#### 座標軸描画

axis

#### 図形カットモード

cutmode

#### 初期角度指定

angle 角度(度)

#### 小さな球体 tr: 不透明度

ball (x, y, z), r, color [, tr]  
**大きな球体** theta: 傾き(度) phi: 向き(度) rot: 回転(度/秒) tdiv:theta 方向分割数  
 pdiv:phi 方向分割数  
 sphere (x, y, z), r, color [, theta, phi, rot, tdiv, pdiv, tr] spher も可

**三角形**  
 tri (x1, y1, z1)-(x2, y2, z2)-(x3,y3,z3), color, tr  
**正 n 角形** n: 正 n 角形 rdiv:r 方向分割数  
 poly (x, y, z), r, n, color [, theta, phi, rot, rdiv, tr]  
**小さな直方体** (描画に多少の乱れが生じる)  
 box (x, y, z), wx, wy, wz, color [, theta, phi, rot, tr]  
**連結** mode: 1: 細線 2: 太線 3: 矢印 4: 太矢印 5: バネ  
 connect (x1, y1, z1)-(x2, y2, z2), color [, mode, バネ半径 / 矢印長さ ]  
**関数** func x=f(y, z), func y=f(z, x) も可  
 func z=f(x, y), color [, xmin, ymin, xmax, ymax, div, tr]  
 func f(x, y), color [, xmin, ymin, xmax, ymax, div, tr]  
**パラメータ曲線** [0<=u<=1] mode 1: 細線 2: 太線 3: 矢印 4: 太矢印 , r: 矢印長さ  
 param1 (x(u), y(u), z(u)), color [, mode, div, r]  
**パラメータ曲面** [0<=u,v<=1]  
 param2 (x(u,v), y(u,v), z(u,v)), color [, div1, div2, tr]  
**文字列** 文字列の中に <変数名> も可 color=image1-10  
 string (x,y,z), " 文字列 ", color [, size, "format1", "format2", ⋯ ]  
 または print (x,y,z), " 文字列 ", color [, size, "format1", "format2", ⋯ ]

幾何アニメーションの各描画要素は構造体として表される。例えば、3次元のボールは以下の構造体で与えられる。

```
Structure a3_balldata
    Dim sx() As String      ' ボールの中心座標
    Dim r As String          ' 半径
    Dim c As String          ' 色
    Dim tr As String         ' 不透明度 (0 ~ 1,1 のとき不透明)
    Dim starttime As Double ' 描画開始時刻
    Dim stoptime As Double  ' 描画終了時刻
    Dim dispmode As String   ' disp 式 のように使い、式 $\geq 0$  のとき表示
End Structure
```

また、 $0 \leq u, v \leq 1$  のパラメータで表現される 3 次元パラメータ関数は以下の構造体で与えられる。

## Structure a3\_paramdata2

```

Dim sx() As String      ' u,v のパラメータで与えられる座標
Dim c As String          ' 色
Dim div1, div2 As Integer ' 関数の分割数 (u,v の分割数)
Dim tr As String          ' 不透明度
Dim paint As Integer     ' 表示法 (0: 線と面, 1: 線のみ, 2: 面のみ)
Dim imode As Integer     ' 0: 指定された色, 1 ~ : テキスチャー画像の番号
Dim starttime As Double   ' 描画開始時刻
Dim stoptime As Double    ' 描画終了時刻
Dim dispmode As String    ' disp 式 のように使い、式 $\geq 0$  のとき表示
End Structure

```

描画データへの変換はこれらの構造体のデータを元に行われる。プログラムの流れは、図 2.1 のようになっている。

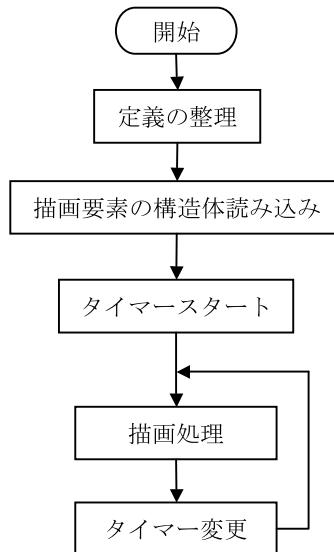


図 2.1 アニメーションプログラムの流れ

「定義の整理」とは、set 命令による数式を計算して変数の値とし、define 命令による定義から、定義の階層構造を整理し、単独で値が求められる数式に変える処理である。その際、定義式に書かれた数式は逆ポーランド形式に変換された上で処理される。その後、図形の描画命令は各図形の構造体に読み込まれる。描画命令に含まれる数式〔例えば  $(lp+1)*sin(time/2)$  〕は逆ポーランド形式〔 LP 1 + TIME 2 / SIN \* 〕に変換され、上で述べた定義がその数式に代入される。複数の図形をまとめて定義するループ処理の変数「lp」もこのとき値が代入される。

これらの処理が終わったらタイマーがスタートし、描画処理が開始される。その際、時

間を表す time 変数にその時の経過時間の値が代入され、数式が逆ポーランド形式から数値に変換される。このように描画の前に、数式を一度逆ポーランド形式に変換し、必要な代入を済ませておくと、描画処理の計算時間が短縮される。

我々はアニメーション処理の中にシミュレーションによる計算を組み込むことになるが、現在の段階では、シミュレーションの種類により、組み込む位置は 2 か所に分かれる。図 2.2 のように質点の運動や重力運動等、時間に応じた物体の動きを計算する処理は描画処理の前で、静電誘導など計算時間がかかり、動きを要求されない場合は、プログラムの構造体入力とタイマースタートの間にに入る。

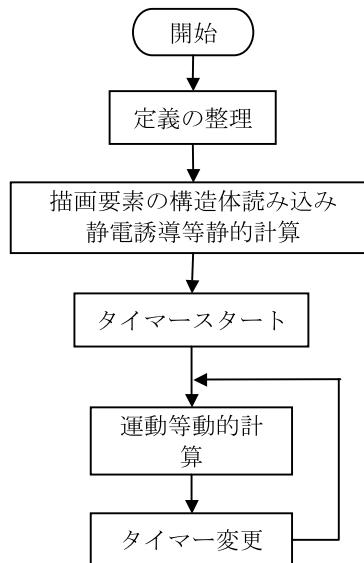


図 2.2 シミュレーションプログラムの流れ

静的計算の部分は、計算機の処理能力が上がると動的計算の部分に移る可能性もある。以後それぞれの例に基づきデータ構造や利用法を説明する。

質点の運動や電磁気現象などを扱うための、シミュレーション用のコマンドをまとめて示しておく。

### シミュレーション分割

simdiv 整数

1 回の描画の間に何回の計算を行うかを指定する。後に述べるメニューの「シミュレーション分割」を変更するときに利用する。デフォルトは 10 回である。

### 質点

particle name, mass, charge, x,y,z, vx,vy,vz

planet も同じ

質点を定義する。以下の運動方程式等と合わせて使い、描画には ball や spher コマンドを利用する。

x,y,z は初期位置、vx,vy,vz は初速度、name は質点の名前である。これは描画の際に、xname、vxname、massname 等の書式で、質点の x 座標、x 方向の速さ、質量等として参照可能である。(例：名前が p1 の場合、x 座標は xp1、x 方向の速さは vxp1、質量は massp1)

name\$, xname\$, vxname\$ 等で loop の中の名前や x 座標、x 方向の速さ等を指定できる。(loop 変数 lp に対応して、\$=0,1,2,\dots\$ と変化する)

質量は ball や spher の半径の中でも利用可能である。

### 運動方程式

axname= 式

$m^*a=f$  の m に相当する質量部分は入れないものとする。例えば、 $azp1=-9.8*zp1$  のように記述する。通常の運動方程式と異なるので注意を要する。方程式内で x 方向の加速度、速さ、位置は axp1, vxp1, xp1 のように指定する。

### ポテンシャル

potential= 式

全体で 1 つだけ設定可能である。運動方程式と共に存可能である。これにより摩擦などを表現することができる。

### 束縛条件 (複数可能)

bind 条件式 =0

複数個の条件式を並べて定義することが可能である。運動方程式と共に存可能である。

### 重力計算

gravity

これがあると particle (planet) の定義のみで運動方程式は不要になる。メニュー上の「衝突重力」は太陽と地球との現在の重力加速度の倍数で設定する。これを上回る重力加速度が生じた場合、2 つの particle (planet) は結合（質量、運動量は保存する）する。これにより惑星形成などのシミュレーションができる。

### 描画の中央指定

center 名前

重力シミュレーションで中心に描く星を名前で指定する。

### 電磁力学計算

emmode

これにより、荷電粒子間の相互作用、荷電粒子への静止帶電導体の作用、荷電粒子への電流の作る磁場の作用を組み込んだ荷電粒子の運動のシミュレーションを行う。帶電導体や

電流は荷電粒子からの影響を受けないものとする。運動方程式は不要である。

### 帶電導体（静電誘導）

```
conductor (x(u,v), y(u,v), z(u,v)), name, charge, [colormode, div1, div2,
comb1, comb2, …]
```

3 次元パラメータ関数の要領で形状を指定する。 $(0 \leq u, v \leq 1)$  charge は導体全体の電荷である。

colormode は電荷分布の表示形式で、0：導体ごとの標準化電荷密度、1：全導体の標準化電荷密度、2：電荷密度 0 を黒とした赤青濃淡表示、3：電荷密度正と負の赤青表示、として指定する。デフォルトは 0 である。comb1, comb2, … は導線接続を行う導体の name を指定する。

静電誘導の問題は最初の計算に時間がかかるので、静的な処理となる。そのため、影響を及ぼす荷電粒子の位置を変えたり、導体の形状を変える時間ごとのシミュレーションはできない。

### 電気力線

```
eline (x,y,z), color, [mode, div]
```

$(x,y,z)$  は電気力線を描くための起点、mode は 0：細線、1：太線である。

荷電粒子や導体の間に働く電場の電気力線を描く。導体がある場合、時間的に変化するシミュレーションはできない。

### 電流 $[0 \leq u \leq 1]$

```
ecurrent (x(u), y(u), z(u)), current, color [mode, div]
```

電流の方向は  $u=0 \rightarrow u=1$ , current(A), mode 0: 細線 1: 太線

### 磁力線

```
mline (x,y,z), color, [mode, div]
```

$(x,y,z)$  は磁力線を描くための起点、mode は 0：細線、1：太線である。

メニュー「分析－教育・科学他－物理シミュレーション－幾何シミュレーション」を選択すると図 2.3 のような実行メニューが表示される。

幾何シミュレーションは今後も開発が続くので【開発中】となっているが、論文では変更された機能や追加された機能をまとめて段階的に紹介する。このプログラムの利用法は、幾何アニメーションと類似しているが、追加機能も設けている。例えば「シミュレーション分割」テキストボックスでは 1 回の描画の間に何回の質点移動の計算を実行するかを与える、「衝突加速度」テキストボックスでは、重力シミュレーションや電荷運動シミュレーションの際の惑星や粒子間で結合が起きる加速度を指定する。この衝突加速度は太陽重力による地球の加速度の倍数で指定する。但し、荷電粒子の運動では異なる電荷間でのみ結合が起きる。この結合の際には質量と運動量に加えて電荷も保存する。

我々のプログラムは、シミュレーションを実行し、その過程をアニメーションとして描

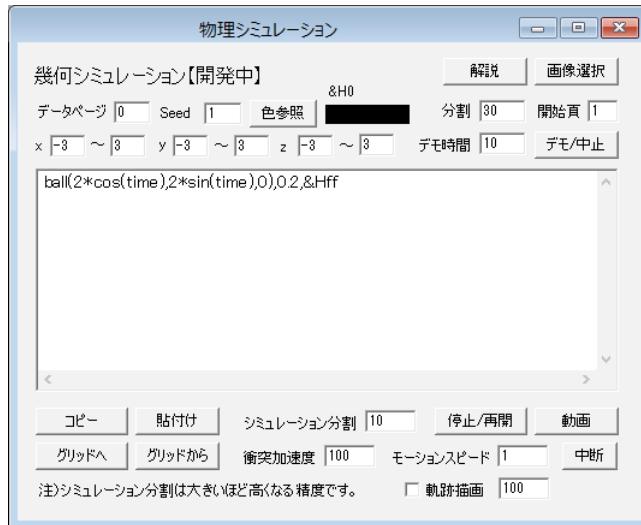


図 2.3 幾何シミュレーション実行メニュー

画するものであるが、これだと粒子の運動の軌道は実行中にしかわからない、しかし、実効メニューの「軌道描画」チェックボックスにチェックを入れ、残したい粒子の個数（描画全体での個数）を右のテキストボックスに入力しておくと、粒子の軌道が表示される。以後、これらのコマンドを使った例を示し、利用法を説明するが、動きが分かりにくい場合は軌道描画を使って結果を表示する場合もある。

### 3. シミュレーションの例

我々は幾何アニメーションと質点系の運動、惑星運動、静電誘導、電荷と電気力線、電流と磁力線、電磁場の中の荷電粒子の運動などのシミュレーションを組み合わせた。これらは静電誘導を除いてこれまで物理シミュレーションとして単独で作成してきたものである [2][3]。そのため理論はすでに説明済みであるので省略し、ここではその利用法だけ説明する。但し、静電誘導については初めて作成されたものであるので、理論も含めて解説する。

#### 3.1 質点系の運動

質点系の運動は、運動方程式、ポテンシャルエネルギーの形式で記述することができる。また、運動における束縛条件も付けることが可能である。この節ではこれらを使った簡単な例を示す。

##### 例 1 シミュレーションとアニメーション（2つのバネ）

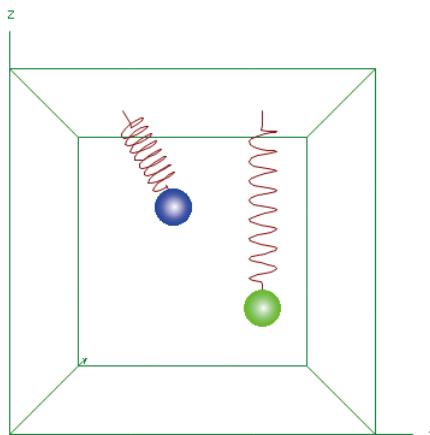
1. angle 0
2. axis

```

3. define l1=((x1+1.5)^2+y1^2+(3-z1)^2)^0.5
4. potential =9.8*z1+4*(l1-2)^2
5. particle 1,1,0 ,0,0,1, 0,1,0
6. connect (-1.5,0,3)-(x1,y1,z1+0.2),&H800000,5
7. ball (x1,y1,z1),0.4,&Hff
8. define z2=2*sin(2*time)-1
9. connect (1.5,0,3)-(1.5,0,z2+0.2),&H800000,5
10. ball (1.5,0,z2),0.4,&Hff00
11. print (0,-3.5,-3.5)," シミュレーションだからこんなことも ",&Hff0000,20

```

このプログラムは、左側がシミュレーション、右側が単振動を数式で表現したアニメーションである。シミュレーションは縦方向の振動だけでなく、すべての方向の運動が可能である。1行目は、最初に図が表示されたときの視点の水平から測った角度である。この場合、0度であり、水平から見ていることになる。2行目は座標軸を描くように指定している。3行目ではバネの長さを定義している。4行目は重力とバネのポテンシャルエネルギーで、質量は後に示すように1である。ポテンシャルを記述した場合、自動的に運動方程式にポテンシャルに基づく力が追加される。この場合は、他の力が働くないので、運動方程式は省略できる。5行目はバネの端に吊るされた質点の名前(1)、質量(1)、電荷(0)、3つの初期座標(0,0,1)、3つの初速度(0,1,0)を表す。ここまでがシミュレーションの記述である。6行目は左側のバネの記述で、mode=5の細いバネを表している。ボールの中心の座標は(x1,y1,z1)で、xに質点の名前1を付けて、x1としている。7行目はボールの描画である。8行目は、右側のアニメーションのボールの運動の定義式である。9行目は右側のバネ、10行目は右側の質点の描画である。11行目はプログラムについてのコメントの表示である。これらはすべて幾何アニメーションの命令である。実行結果を図3.1に示す。



シミュレーションだからこんなことも

図3.1 シミュレーションとアニメーション

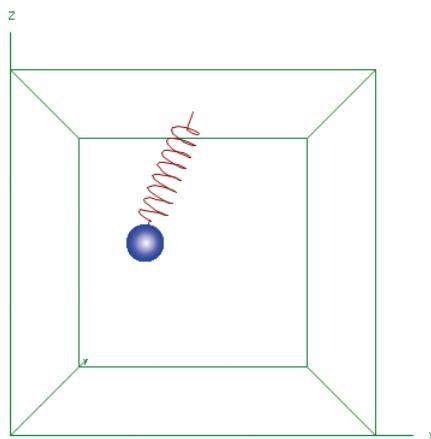
## 例2 ポテンシャルと運動方程式の共存

```

1.      angle 0
2.      axis
3.      define l1=(x1^2+y1^2+(3-z1)^2)^0.5
4.      potential =9.8*z1+4*(l1-2)^2
5.      particle 1,1,0 ,1.5,0,1, 0,1,0
6.      ax1=-0.3*vx1
7.      ay1=-0.3*vy1
8.      az1=-0.3*vz1
9.      connect (0,0,3)-(x1,y1,z1+0.2),&H800000,5
10.     ball (x1,y1,z1),0.4,&Hff
11.     print (0,-3.5,-3.5)," 抵抗による運動の減衰 ",&Hff0000,20
12.     print (0,-3.5,-4)," ポテンシャルと運動方程式の共存 ",&Hff0000,15

```

これはポテンシャルと運動方程式が共存する摩擦抵抗による運動の減衰の例である。この場合、質点に働く力はポテンシャルだけで表せないので、運動方程式の直接の記述が必要である。4目行がポテンシャル、6-8行目が運動方程式であるが、運動方程式の中にはポテンシャルによる力が自動的に追加されるので、書き込まない。また質量についても記述しない。11-12行目はコメントの表示である。実行結果は図3.2に示されるが、一瞬を切り取ると通常のバネ振り子である。



抵抗による運動の減衰  
ポテンシャルと運動方程式の共存

図3.2 ポテンシャルと運動方程式の共存

## 例3 束縛問題1（振り子）

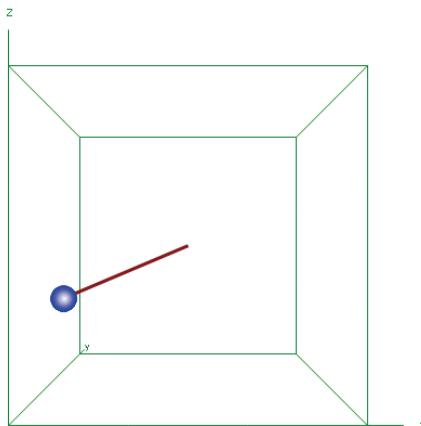
```
1.      angle 0
```

```

2.    axis
3.    potential=9.8*za
4.    bind xa^2+ya^2+za^2-9=0
5.    particle a,1,0, 3,0,0, 0,0,0
6.    ball (xa,ya,za),0.3,&Hff
7.    connect (0,0,0)-(0.95*xa,0.95*y,0.95*za),&H800000,2
8.    print (0,-3.5,-3.5),"未定定数法 (束縛問題) ",&Hff0000,20

```

これは糸の代わりに固い棒を使った振り子のシミュレーションである。初期条件の与え方によって通常の振り子のように運動したり、棒の一端を支点にして回転したりする。これを表現するために運動方程式に束縛条件を与え、未定常数法によって解を求める。4行目は束縛条件を表す。即ち、棒の端から質点までの長さは3となる。しかし、7行目のように棒の表示は、ボールの半径もあることから、5%短めになっている。また棒はmode=2の太い実線で表される。束縛条件を有する問題は、束縛条件を満たすように初期条件を与えなければならない。実行結果を図 3.3 に示す。



未定定数法 (束縛問題)

図 3.3 束縛問題 1

#### 例 4 束縛問題 2 (双曲形の床)

```

1.    range -2,2
2.    bind z1+2/(x1^2+y1^2)^0.5=0
3.    func z=-2/(x^2+y^2)^0.5-0.2,&Hffff,,,,0.2
4.    potential=9.8*z1
5.    particle 1,1,0, 2.2,0,-2/(2.2^2)^0.5, 0,2.3,0
6.    ball (x1,y1,z1),0.2,&H8000
7.    print (0,-2,-2.5),"束縛運動 (床) ",&Hff0000,30

```

これは束縛条件が双曲形の平面上となっている運動の例である。2行目が束縛条件、3行目はその床を表しているが、ボールの大きさを考えて、束縛条件の位置より0.2下に下げて表示している。4行目はポテンシャルを表している。5行目はボールの名前、質量、初期値を与える。実行結果を図3.4に与える。これは軌道を表示するモードで表したものである。

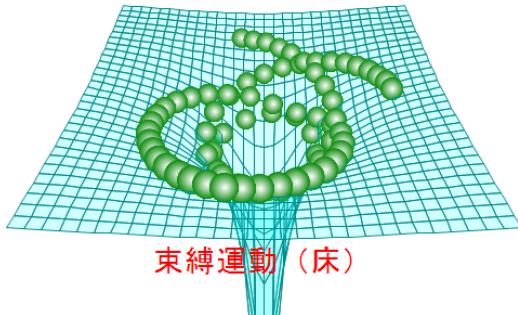


図3.4 束縛問題2

### 3.2 重力による運動

重力によるシミュレーションでは、惑星程度以上の質量の物体を対象とし、プログラムでは「gravity」コマンドを利用する。これを用いると運動方程式は不要になり、惑星の質量、初期位置、初期速度だけを指定することでシミュレーションが実行できる。重力の強さが弱いため、地球の質量=1、地球の軌道半径=1、重力定数×太陽質量=1の単位系を用いる。そのため、1年は $2\pi$ 秒になる。また、他の惑星による1つの惑星の加速度の大きさが、メニューで指定された「衝突加速度」を超えると2つの惑星は衝突し、結合するよう設定されている。実際は、結合や飛散、様々であろうが、惑星形成過程などのモデルを作るために簡単化している。衝突加速度は太陽からの重力で地球が受ける加速度の倍数で指定されており、デフォルトでは地球の軌道半径が現在の1/10になるところの加速度に設定されている。この距離は太陽の半径に相当する。衝突した場合の処理は、2つの星の1つを重心の位置に、質量と運動量を保存する形で残し、他方を十分離れた距離に質量を0にして置く。以後この質量0の星は計算に加えない。計算には標準的なルンゲークッタ法を用いているが、現在のパソコンでは200個程度の惑星の運動はリアルタイムに表現できる。

#### 例5 5連星

1. black
2. gravity
3. range -1,1
4. axis
5. paint 2

```

6.    planet p1,10000,1, 0.5,-0.5,0, 0,0.5,0
7.    planet p2,10000,1, 0.5,0.5,0, -0.5,0,0
8.    planet p3,10000,1, -0.5,0.5,0, 0,-0.5,0
9.    planet p4,10000,1, -0.5,-0.5,0, 0.5,0,0
10.   planet p5,100000,1, 0.01,0,0.5, 0,0,0
11.   ball (xp1,yp1,zp1),0.05,&Hff
12.   ball (xp2,yp2,zp2),0.05,&Hfff00
13.   ball (xp3,yp3,zp3),0.05,&Hffff
14.   ball (xp4,yp4,zp4),0.05,&Hfffff00
15.   sphere (xp5,yp5,zp5),0.1,image1,,30*time
16.   define ti=time/(6*pi)
17.   print (0,-1.2,0),"<ti> 年 ",&Hfffff,20,"0.0"
18.   print (0,-1.2,-1), " 重力シミュレーション ",&Hfff00,20

```

この問題は、きれいに同期の取れた同質量の 4 連星の中央に質量の大きな星が近づく場合のシミュレーションである。1 行目では宇宙の雰囲気を作るために背景を黒にしている。2 行目はこれが重力シミュレーションであることを示している。3 行目は描画の大まかな範囲を 3 つの軸とも -1 から 1 まで（太陽までの距離の 2 倍）としている。4 行目では奥行きを感じやすくするため、座標軸を描く。この座標軸の位置が上の描画の範囲である。6-10 行目でそれぞれの星の初期条件を与える。4 つの連星は太陽質量の約 1/3、中央の星は太陽質量の約 3 倍である。11-15 行目でそれらを描画するが、p5 の星については、sphere コマンドで、実行メニューの「画像選択」で読み込んだ画像、image1 を貼り付ける。その際、分割線を消すために 5 行目に「paint 2」命令を入れている。17 行目は、16 行目で計算した実年数を形式 "0.0" により小数点以下 1 桁で表示している。実行結果を図 3.5 に示す。

### 例 6 恒星の誕生

```

1.    black
2.    gravity
3.    axis
4.    range -5,5
5.    set t1=2*pi*rnd
6.    set r1=7*rnd
7.    define x=r1*cos(t1)
8.    define y=r1*sin(t1)
9.    define z=exp(-x^2-y^2)
10.   define vx=-y/10
11.   define vy=x/10
12.   define vz=0

```

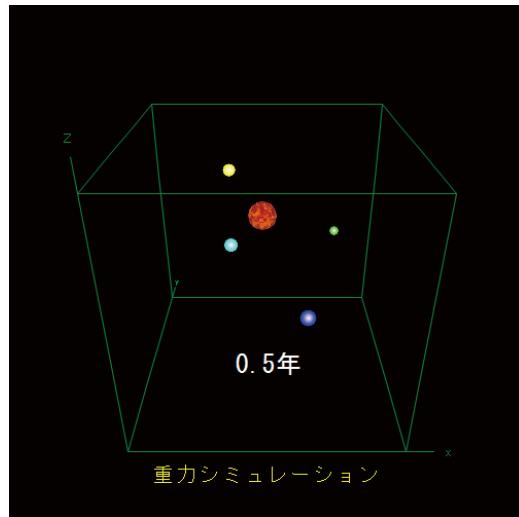


図 3.5 5 連星

```

13. set col=rainbow(rnd)
14. loop 50
15. particle p$,33300,0, x,y,z,vx,vy,vz
16. define r=(massp$/100000)^0.333*0.2
17. ball (xp$,yp$,zp$),r,col
18. endloop
19. print (0,-6,-5)," 太陽距離 ×10, 太陽質量 ÷10",&Hfffff,20

```

これは円盤状にゆっくり回転している 80 個の星の集団が重力で引き合って巨大な星ができる過程をシミュレーションするものである。時間を短くするために、すべての星の質量を太陽質量にしている。4 行目より、座標軸の範囲は地球から太陽までの 10 倍に設定している。5 行目は極座標におけるそれぞれの星の初期角度、6 行目は動径方向の距離を乱数で与えている。7,8 行目はそれらの初期極座標を直交座標に置き換えている。また、9 行目で z 座標を定義している。10-12 行目は初期位置に応じた星の速度を与えていている。これは回転円盤を想定している。13 行目でそれぞれの星の色を設定している。14 行目で星の個数を loop で設定し、15 行目での名前、質量、初期座標、初期速度を設定している。星の名前は、p\$ としているが、\$ は loop 変数 lp に応じて数値を代入していくもので、星の名前は、p0, p1, p2, … ,p49 となる。星が結合して質量を増すにつれて半径を大きく表示するために、15 行目で質量による星の半径を定義している。星の質量は massp\$ として、mass+ p\$ の意味で特定する。同様に、17 行目で星を描画するが、その位置は xp\$ として、x+p\$ の意味である。図 3.6 にシミュレーションを始めたばかりの状態と時間が経過した状態を並べて示す。星が結合して大きくなっている様子が分かる。

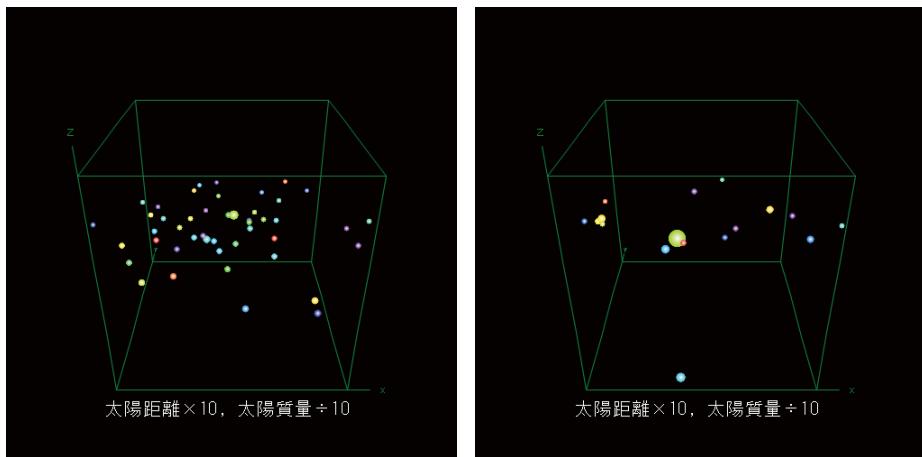


図 3.6 恒星の誕生過程

### 例 7 惑星形成過程

```

1.      black
2.      gravity
3.      axis
4.      center s
5.      define rs=(masss/60000)^0.333*0.1
6.      planet s,3330000,0, 0,0,0, 0,0,0
7.      ball (xs,ys,zs),rs,&Hff0000
8.      set r1=4*abs(nrnd)+1
9.      set a=2*pi*rnd
10.     set c=rainbow(rnd)
11.     define x=r1*cos(a)
12.     define y=r1*sin(a)
13.     define z=0
14.     define vx=-(10/r1)^0.5*sin(a)
15.     define vy=(10/r1)^0.5*cos(a)
16.     define vz=0
17.     loop 200
18.     planet p$,10000,0, x,y,z, vx,vy,vz
19.     define rp=(massp$/60000)^0.333*0.1
20.     ball (xp$,yp$,zp$), rp, c
21.     endloop

```

これは、中心に太陽の 10 倍の質量の星があり、その周りを太陽の約 1/30 の質量の

200 個の星が回っているシミュレーションである。時間の関係からこの程度の質量でシミュレーションをしている。4 行目はどの星を中心に描くかを与えていている。ここでは  $s$  という名前の星が中心である。5 行目ではこの星の半径を与え、6 行目では質量、初期位置、初期速度を指定している。7 行目でこの星を描いている。8 行目と 9 行目は周りの星の極座標の動径距離と角度、10 行目は色を与えている。11-13 行目でこれを直交座標に変換し、14-16 行目で初期速度を定義している。17 行目で星を 200 個使うことを指定し、18 行目で、質量、初期位置、初期速度を指定している。19 行目で質量に対する半径を指定し、20 行目でこれらのことを使って描画している。図 3.7 にシミュレーションを始めたばかりの状態と時間が経過した状態を並べて示す。

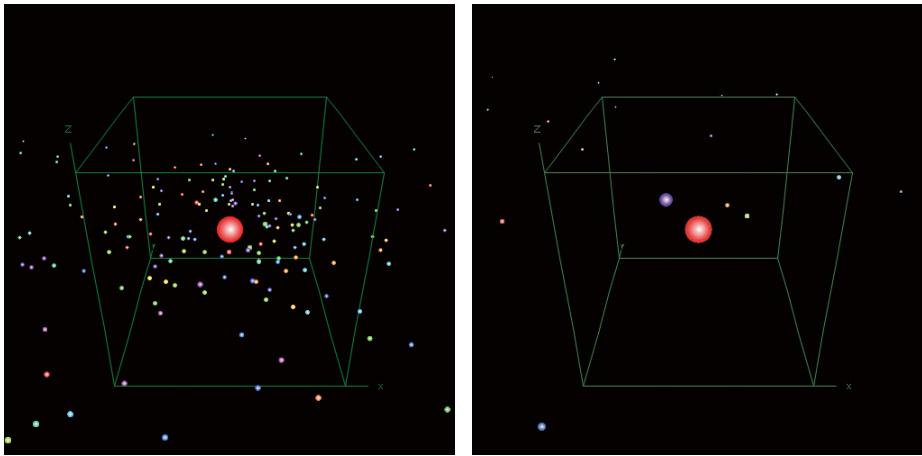


図 3.7 惑星形成過程

### 3.3 静電誘導

静電誘導については、理論的背景を説明しておく必要がある。我々は 3 次元パラメータ曲面を導体の表面とみなし、電荷を与えた場合や荷電粒子を近づけた場合の表面電荷密度の分布を求めてみる。

点電荷  $m$  個と導体  $n$  個が存在する系を考える。導体  $a$  は表面を細かく  $n_a$  個のセルに分割し、そのセルをさらに細かく分割するモデルを考える。今、点電荷  $p$  の位置を  $\mathbf{r}_p$ 、電荷を  $q_p$ 、導体  $a$  上の  $i$  番目の分割のセルの代表点の位置を  $\mathbf{r}_{ai}$ 、セルの面積を  $d\mathbf{s}_{ai}$ 、1 つのセル内の電荷密度を一定と仮定して  $\sigma_{ai}$ 、セルの電荷を  $q_{ai} = \sigma_{ai} d\mathbf{s}_{ai}$  とする。またその 1 つのセルをさらに細かく  $n_{ai}$  個に分割して、その代表点の位置を  $\mathbf{r}_{aik}$ 、その面積を  $d\mathbf{s}_{aik}$  とする。但し、セルを細かく分割した代表点とセルの代表点は重ならないものとする。導体  $a$  上のセルの代表点の位置  $\mathbf{r}_{ai}$  での電位  $V_{ai}$  は近似的に以下で与えられる。

$$V_{ai} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} \sum_{k=1}^{n_{bj}} \frac{\sigma_{bj} d\mathbf{s}_{bjk}}{|\mathbf{r}_{ai} - \mathbf{r}_{bjk}|} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{p=1}^m \frac{q_p}{|\mathbf{r}_{ai} - \mathbf{r}_p|}$$

ここで、

$$A_{aibj} \equiv \frac{1}{4\pi\epsilon_0 ds_{bj}} \sum_{k=1}^{n_b} \frac{ds_{bjk}}{|\mathbf{r}_{ai} - \mathbf{r}_{bjk}|}, \quad b_{ai} \equiv \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{p=1}^m \frac{q_p}{|\mathbf{r}_{ai} - \mathbf{r}_p|} \quad (1)$$

と定義すると以下となる。

$$V_{ai} = \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj} \sigma_{bj} ds_{bj} + b_{ai} = \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj} q_{bj} + b_{ai}$$

ここで導体  $a$  上の電位はすべて同じであることから、 $V_{ai} = V_a$  と書くことができ、以下の関係式を得る。

$$\sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj} q_{bj} = V_a - b_{ai}$$

この中で既知の量は、 $A_{aibj}$ ,  $ds_{bj}$ ,  $b_{ai}$  である。ここで、 $ai$  と  $bj$  をそれぞれ 1 つの添え字のように扱うと上式は、 $\mathbf{q}_{bj}$  についての連立 1 次方程式となり、その解は  $A_{aibj}$  の逆行列を  $A_{aibj}^{-1}$  とすると以下のようにになる。

$$q_{ai} = \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} (V_b - b_{bj}) = \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} V_b - \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} b_{bj} \quad (2)$$

さて、ここで導体  $a$  の全電荷を  $Q_a$  とし、さらに導体上での電位はすべて同じ  $V_a$  であるので以下の式を得る。

$$\begin{aligned} Q_a &= \sum_{i=1}^{n_a} q_{ai} = \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} V_b - \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} b_{bj} \\ &= \sum_{b=1}^n \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} V_b - \sum_{b=1}^n \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} b_{bj} = \sum_{b=1}^n C_{ab} V_b - D_a \end{aligned}$$

ここに、

$$C_{ab} \equiv \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1}, \quad D_a \equiv \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} b_{bj}$$

即ち

$$\sum_{b=1}^n C_{ab} V_b = Q_a + D_a \quad (3)$$

この中でまだ計算できていない量は導体上の電位  $V_b$  だけであり、これはこの連立 1 次方程式を解くことにより、 $C_{ab}$  の逆行列  $C_{ab}^{-1}$  を用いて以下のように求めることができる。

$$\hat{V}_a = \sum_{b=1}^n C_{ab}^{-1} (Q_b + D_b)$$

この電位の表式を (2) 式に代入して、各セルの電荷  $\hat{q}_{ai}$  を求めることができる。

$$\hat{q}_{ai} = \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} \hat{V}_b - \sum_{b=1}^n \sum_{j=1}^{n_b} A_{aibj}^{-1} b_{bj} \quad (4)$$

また電荷密度も  $d\hat{\sigma}_{ai} = \hat{q}_{ai} / ds_{ai}$  のように求めることができる。

さて、一連の計算の中で時間がかかる部分を検討してみよう。1 つは (2) 式を求める際

の逆行列の計算で、もう 1 つは (1) 式の  $A_{aibj}$  についての計算である。ここでは後者について以下の高速化を考える。即ち、ある距離  $r_0$  を考え、以下のような計算をする。

$$A_{aibj} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 ds_{bj}} \sum_{k=1}^{n_{bj}} \frac{ds_{bjk}}{|\mathbf{r}_{ai} - \mathbf{r}_{bjk}|} \sim \begin{cases} \text{そのまま利用} & \text{for } |\mathbf{r}_{ai} - \mathbf{r}_{bj}| \leq r_0 \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r}_{ai} - \mathbf{r}_{bj}|} & \text{for } |\mathbf{r}_{ai} - \mathbf{r}_{bj}| > r_0 \end{cases}$$

ここで  $n$  個の導体中  $r$  番目の以降の導体が導線で繋がっている場合を考える。 $r$  番目以降の導体の電位はすべて等しく  $V_R$  とし、電荷の総量を  $Q_R$  とすると、(3) 式は以下のように書き換えられる。

$$\begin{aligned} \sum_{b=1}^{r-1} C_{ab} V_b + \sum_{b=r}^n C_{ab} V_R &= Q_a + D_a & a < r \\ \sum_{a=r}^n \sum_{b=1}^{r-1} C_{ab} V_b + \sum_{a=r}^n \sum_{b=r}^n C_{ab} V_R &= Q_R + \sum_{a=r}^n D_a & a = r \end{aligned}$$

ここで、

$$'Q'_a = (Q_1 \quad \dots \quad Q_{r-1} \quad Q_R), \quad 'D'_a = \left( D_1 \quad \dots \quad D_{r-1} \quad \sum_{k=r}^n D_k \right)$$

を用いると、以下の方程式となる。

$$\sum_{b=1}^r C'_{ab} V'_b = Q'_a + D'_a$$

この解を用いて、

$$\begin{pmatrix} \hat{V}_1 & \dots & \hat{V}_{r-1} & \hat{V}_r & \dots & \hat{V}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{V}'_1 & \dots & \hat{V}'_{r-1} & \hat{V}'_R & \dots & \hat{V}'_R \end{pmatrix}$$

として、(4) 式に代入し各セルの電荷を求める。

ここでは单一の導体を帯電させる場合、单一の導体の近くに電荷を近づけた場合、複数の導体を繋ぎ電荷を近づけた場合の静電誘導、静電誘導された導体から影響を受けた荷電粒子の運動の例について説明する。静電誘導は計算時間がかかるため、このプログラムではタイマーの開始前に計算が実行される。そのため、時間と共に導体の帯電状態が変化するような動的なシミュレーションは現時点では不可能である。しかし、計算が終わった後、微小な荷電粒子がその電場の中で運動するシミュレーションは可能である。

### 例8 帯電による静電誘導

1. define x=2\*sin(pi\*u)\*cos(2\*pi\*v)
2. define y=2\*sin(pi\*u)\*sin(2\*pi\*v)
3. define z=5\*cos(pi\*u)
4. conductor(x,y,z),s1,1,0

1-3 行目は導体の形状（楕円体）を指定するパラメータ関数を表す。4 行目は導体の定義で、名前を s1、全電荷を 1 クーロン、電荷密度の表示モードは導体ごとの標準化電荷密度である。これは各ブロックごとの電荷密度を標準化し（平均 0、分散 1）、値が 2 以上を赤、-2 以下を青、中間は虹色に表示するモードである。実行結果を図 3.8 に示す。

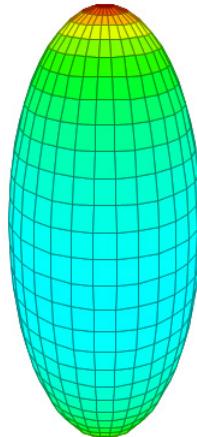


図 3.8 帯電による静電誘導

### 例 9 電荷による静電誘導

```

1. define x=2*cos(2*pi*u)
2. define y=2*sin(2*pi*u)
3. define z=6*v-3
4. particle p,1,1, 0,-4,0, 0,0,0
5. ball (xp,yp,zp),0.2,&Hff0000
6. conductor(x,y,z),s1,0,3

```

これは導体の近くに荷電粒子がある場合の静電誘導のシミュレーションである。1-3 行目は導体の形状（円筒）を表すパラメータ関数である。4 行目は、名前 p、質量 1、電荷 1、位置 (0,-4,0)、速度 (0,0,0) の荷電粒子を表す。5 行目では荷電粒子を描画している。電荷が正であるので赤色で表している。6 行目は導体の定義で、名前は s1、全電荷 0、描画モードは電荷密度を正負で赤青 2 色で塗り分けるモードである。実行結果を図 3.9 に示す。

### 例 10 複数の導体と電荷による静電誘導

```

1. define xl=2.5*sin(pi*u)*cos(2*pi*v)+3
2. define yl=2.5*sin(pi*u)*sin(2*pi*v)

```

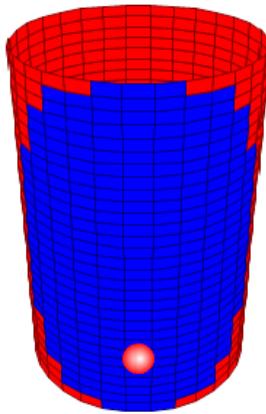


図 3.9 電荷による静電誘導

```

3. define zl=2.5*cos(pi*u)
4. define x2=1.5*sin(pi*u)*cos(2*pi*v)-3
5. define y2=1.5*sin(pi*u)*sin(2*pi*v)
6. define z2=1.5*cos(pi*u)+1
7. define x3=1*sin(pi*u)*cos(2*pi*v)-2
8. define y3=1*sin(pi*u)*sin(2*pi*v)
9. define z3=1*cos(pi*u)-2
10. conductor(x1,y1,z1),s1,0,1,10,20,s2
11. conductor(x2,y2,z2),s2,0,1,10,20,s1
12. conductor(x3,y3,z3),s3,1,1,10,20
13. particle a,1,1, 0,0,2,0,0,0
14. ball (xa,ya,za),0.15, &Hff0000
15. define x=6*u-3
16. define y=0
17. define z=1-u
18. param1(x,y,z),&Hff00,2

```

これは 3 つの導体と 1 つの電荷の静電誘導の例である。但し 3 つの導体のうち 2 つは導線で繋いでいる。導体の形状はすべて球にしている。また、計算に時間がかかるため、分割数は少なめにしている。1-9 行目は 3 つの導体の形状を与えるパラメータ関数である。10-12 行目は導体の定義で、名前は s1,s2,s3、全電荷は 0,0,1 で、s1 と s2 の導体は導線で結合されている。導線で結合されていることは 2 つの導体の電位が同じであることを意味する。13 行目は荷電粒子の定義、14 行目はその描画である。15-17 行目は繋いだ導線を表すパラメータ曲線を表し、18 行目はその描画である。シミュレーション結果を図 3.10 に示す。

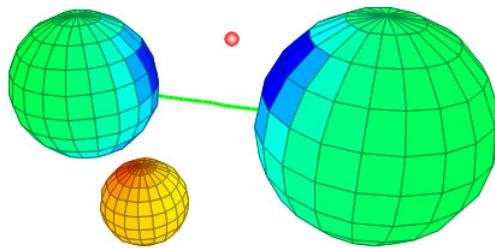


図 3.10 複数の導体と電荷の静電誘導

### 例 11 帯電導体と荷電粒子

```

1.      emmode
2.      define x=1.5*sin(pi*u)*cos(2*pi*v)
3.      define y=1.5*sin(pi*u)*sin(2*pi*v)
4.      define z=4*cos(pi*u)
5.      conductor(x,y,z),s1,1,2
6.      particle a,0.001,-10^(-11), 4,0,0, 0,3,2
7.      ball (xa,ya,za), 0.2, &Hff

```

これは帶電した導体の周りを微小な電荷を帯びた粒子が運動するシミュレーションである。静電誘導は動的な処理が計算時間の都合で困難であるため、荷電粒子が帶電導体に影響を与えることはないと仮定する。1行目は、荷電粒子の運動のシミュレーションを行うことの宣言である。2-5 行目は例 8 でも述べた帶電した導体の静電誘導を計算させるプロ

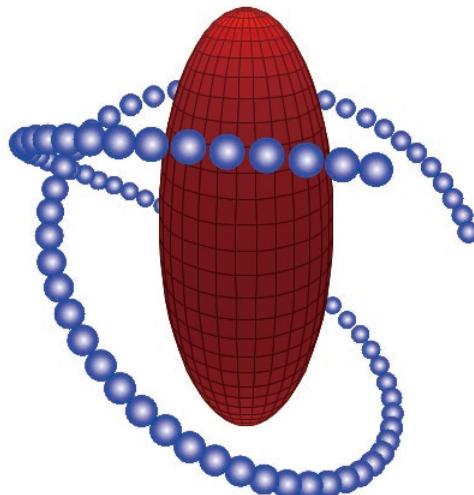


図 3.11 帯電導体と荷電粒子

グラムである。ここで帶電導体の電気量は全体で -10-11 coulomb、静電誘導の表示モードは、電荷密度 0 を黒とした赤青濃淡表示である。6 行目は荷電粒子の定義で、質量は 0.001kg(1g)、電荷は -10-11 coulomb、初期座標は (-4,0,0)、初期速度は (0,3,2) である。7 行目は荷電粒子を青色で表示するコマンドである。荷電粒子は帶電導体の周りを運動する。図 3.11 に実行結果を示す。これは粒子の「軌道描画」のモードで描画したものである。

### 3.4 電気力線

電気力線は空間の 1 点を指定し、そこから 2 つの方向に電気力線を繋いで行く方法で描画される。電荷の位置が時間的に変化する場合、電気力線は指定された点を起点として変化して行く。この起点自体も時間的に変化させることができる。ここでは、荷電粒子による電気力線と荷電粒子と導体の静電誘導による電気力線のプログラムを示す。

#### 例 12 運動する電荷による電気力線

```

1.      define x1=1*sin(3*time)+2
2.      define x2=-1*sin(2*time)-2
3.      define y3=2*cos(1.5*time)
4.      define z3=2*sin(1.5*time)
5.      particle p1,1,-0.5, x1,0,0, 0,0,0
6.      particle p2,1,-0.5, x2,0,0, 0,0,0
7.      particle p3,1,1, 0,y3,z3, 0,0,0
8.      ball (x1,0,0),0.15,&Hff
9.      ball(x2,0,0),0.15,&Hff
10.     ball(0,y3,z3),0.2,&Hff0000
11.     set x=6*rnd-3
12.     set y=6*rnd-3
13.     set z=6*rnd-3
14.     loop 30
15.     eline (x,y,z),&Hff00ff,l
16.     endloop

```

これは 3 つの運動する電荷によって電気力線が変化する様子を表したシミュレーションである。正の電荷には赤色、負の電荷には青色を用いている。5-7 行目で荷電粒子を定義している。粒子 p1, p2 は負、p3 は正の電荷を持っている。また、1-4 行目で定義する運動は p1, p2 が x 軸方向の単振動、p3 が y-z 平面内の円運動である。8-10 行目は粒子の描画である。11-13 行目で電気力線の起点を 14 行目のループにより 30 点与え、15 行目でそれを描画している。電気力線の起点の定義はループの中に書いててもよい。実行結果を図 3.12 に示す。

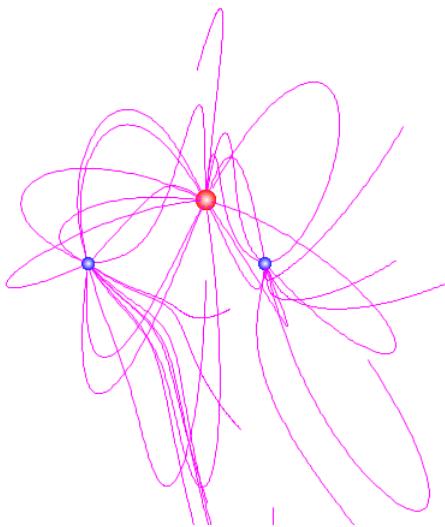


図 3.12 運動する電荷による電気力線

## 例 13 電荷と導体の作る電気力線

```

1.      angle 0
2.      define x=10*u-5
3.      define y=0
4.      define z=10*v-5
5.      particle p1,1,1, 0,-4,0, 0,0,0
6.      ball (xp1,yp1,zp1),0.2,&Hff0000
7.      conductor(x,y,z),s1,0,1
8.      set xe=6*rnd-3
9.      set ze=6*rnd-3
10.     loop 25
11.     eline (xe,-2,ze),&Hff00ff
12.     endloop

```

これは荷電粒子と導体の板の間の電気力線を描くプログラムである。荷電粒子よって導体に静電誘導が起きており、これらが電場を作っている。1行目は視点を  $z=0$  の位置に設定するコマンドである。2-4行目は  $y$  軸に垂直な平面を表すパラメータ関数である。5行目は荷電粒子の定義で、6行目はその描画である。7行目は2-4行目のパラメータ関数の形状の導体で、全電荷は 0、全導体の標準化電荷密度を色で設定するモードになっている。この場合、導体が 1 つしかないので、単独の導体の標準化電荷密度も同じである。8,9 行目では 10 行目からの loop の中に利用する電気力線の起点を与える乱数を設定している。

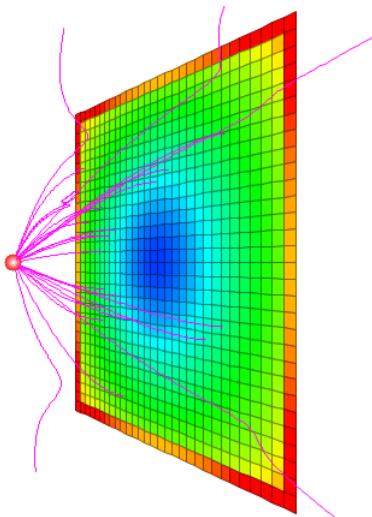


図 3.13 電荷と導体の作る電気力線

### 3.5 磁力線と荷電粒子の運動

ここでは電流が作る磁場の磁力線表示と電磁場中の荷電粒子の運動を求めるプログラムの例を示す。電流の形状はパラメータ曲線の形式で指定し、磁力線は電気力線と同じように起点を決めて描画する。荷電粒子の運動は、他の電荷との相互作用、静電誘導された導体の電場、電流が作る磁場からの影響で決まる。

#### 例 14 磁力線と荷電粒子の運動

```

1.      playback 15
2.      emmode
3.      define x1=2*cos(2*pi*u+pi/2)
4.      define y1=2*sin(2*pi*u+pi/2)
5.      define z1=0.3*lp+0.5
6.      loop 3
7.      ecurrent (x1,y1,z1),10^6,&Hff,,30
8.      endloop
9.      define x2=2*cos(2*pi*u+pi/2)
10.     define y2=2*sin(2*pi*u+pi/2)
11.     define z2=-0.3*lp-0.5
12.     loop 3
13.     ecurrent (x2,y2,z2),10^6,&Hff,,30
14.     endloop
15.     define x3=1*cos(2*pi*lp/10)
16.     define y3=1*sin(2*pi*lp/10)

```

```

17. define z3=0
18. loop 10
19. mline (x3,y3,z3),&H8000
20. endloop
21. particle a,0.001,0.0001, 1,0,0, 0,-2,0
22. ball (xa,ya,za),0.2,&Hff0000

```

並行で一様な磁場中ではその磁場と垂直の平面内で荷電粒子は円運動する。これはコイルの中に近似的に一様な磁場を作り、そこで荷電粒子を運動させるプログラムである。もちろん正確には一様性が成り立つわけではないので、時間が立つと荷電粒子はコイルの外に出てしまうが、それまでの間ほぼ円運動をする。1行目はシミュレーションの実行時間を15秒とし、それを繰り返す。2行目は電磁力学を計算するモードである。3-5行目は円形を表すパラメータ関数である。特に5行目のlpは繰り返しloopの中で使われると、0,1,2のように値が代入される。6-8行目は3回の繰り返しにより、3つの上側の円形電流を表している。電流の強さは、1010アンペアである。9-11行目の円形を表すパラメータ関数で、12-14行目は下側の3つの円形電流を表す。15-17行目は磁力線の起点を与える。起点の数は18行目により10本であることが分かる。19行目で磁力線を描き、21行目で荷電粒子の定義、22行目でその描画である。このモデルでは重力は考えていない。実行結果を図3.14に示す。

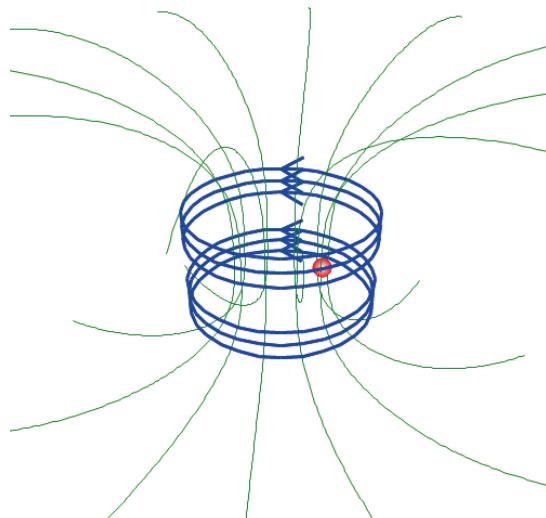


図 3.14 磁力線と荷電粒子の運動

### 例 1.5 磁場による荷電粒子の散乱

1. playback 2
2. black

```
3. emmode
4. define x=1.5*cos(2*pi*u+pi/2)
5. define y=1.5*sin(2*pi*u+pi/2)
6. define z=0.5*lp-0.5
7. loop 3
8. ecurrent (x,y,z),10^10,&Hff,,30
9. endloop
10. define x1=1*cos(2*pi*lp/10)
11. define y1=1*sin(2*pi*lp/10)
12. define z1=0
13. loop 10
14. mline (x1,y1,z1),&Hff0off
15. endloop
16. set x2=4+4*rnd
17. set y2=4*rnd-2
18. set z2=4*rnd-2+3
19. set a=2*int(2*rnd)
20. sphere (0,0,0),2,image1,,30*time
21. loop 10
22. particle a$,0.00005,(a-1)*10^(-9), x2,y2,z2, -5,0,-2
23. ball (xa$, ya$, za$), 0.1, rainbow(a/3)
24. endloop
```

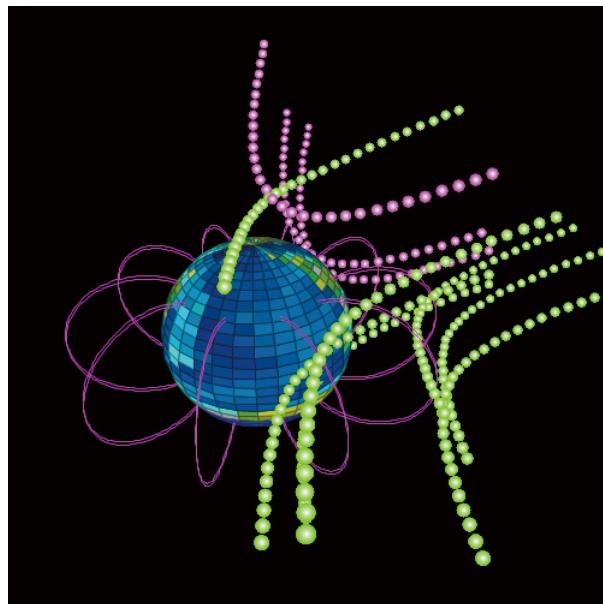


図 3.15 磁場による荷電粒子の散乱

地球が作る磁場は放射線を散乱させ、地球への侵入を妨げている。これをモデルとして示したものがこのプログラムである。但し、モデルのスケール、磁場の大きさ、粒子の質量、速度等、実際とは異なり、見やすいように調整している。地球磁場の雰囲気を出すために、コイルを半透明な球殻で覆っている。プログラムの大部分が例 14 と同じであるが、21-24 行目に見るように、荷電粒子は 10 個入射する。その電荷は  $10^{-9}$  か  $-10^{-9}$  の乱数で与えられている。19 行目の  $a$  は  $0 \leq \text{rnd} < 1$  より、0 か 2 の乱数である。それを 22 行で  $(a-1)*10^{(-9)}$  のようにして電荷に使っている。また 23 行目でもその値を  $\text{rainbow}(a/3)$  として色に使っている。 $\text{rainbow}()$  関数は 0 から 1 の間の値を赤から紫の色番号に変換する関数で、ここでは、 $\text{rainbow}(0)$  と  $\text{rainbow}(2/3)$  の色を利用している。図 3.15 にその結果を示す。これは粒子の「軌道描画」のモードを用い、「モーションスピード」を 0.5 として、半分にし、通常の 2 倍の密度で描いたものである。

#### 4. おわりに

我々は、物理シミュレーションと幾何アニメーションを融合させ、幾何シミュレーションというプログラムを作成した。これはコマンドにより、シミュレーションを実行するだけでなく、その実行環境を含めて結果を表示する形式のシミュレーションプログラムである。最初の課題は、幾何アニメーションのプログラムの中に統一的に力学と電磁気学のシミュレーションの要素を取り込み、結果をリアルタイムに表示させることであった。我々のプログラムのデータ形式とアルゴリズムはこれらを解決し、シミュレーションを可能にした。但し、静電誘導のような元々計算時間のかかる現象では、動的なシミュレーションは困難である。シミュレーションを始める前に電場を計算して、それを一定として後の計算を続けることは可能である。

これらのシミュレーションのスピードは、パソコンの処理能力に依存する。そのため、現在は動きが滑らかでないものでも、将来は遅滞なく動く可能性を持っている。我々が開発を進める時間経過に従って、シミュレーションが可能になる現象が増えて行くことにもなる。

これからもっと多くの物理現象を対象に考えて行くが、波動・熱、流体、量子現象は現在考えている大きな課題である。また、剛体系の問題も重要であるが、これは物理エンジンで深く考えられているため、もはや追いつける問題ではないだろう。プログラムの仕様用途を考えて、現象を選んでシミュレーションに加えて行くことは重要である。

#### 参考文献

- [1] 社会システム分析のための統合化プログラム 2 2 – 幾何アニメーション – , 福井正康, 福山平成大学経営研究, 第 10 号, (2014) 79-104.
- [2] College Analysis による物理シミュレーション 1 – 質点系の運動・惑星シミュレーション – , 福井正康, 福山平成大学経営研究, 第 9 号, (2013) 53-79.
- [3] College Analysis による物理シミュレーション 2 – 電荷と電場・電流と磁場 – , 福井正康, 福山平成大学経営研究, 第 9 号, (2013) 81-105.

## Physics Simulation in College Analysis 3 - Geometric Simulation -

Masayasu FUKUI

*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University*

**Abstract:** We have created a program of physical simulation and geometric animation using graphic capabilities of the integration program College Analysis. We will discuss the fusion of these two programs in this paper. Phenomena that we handle are movement of mass system, planetary motion due to gravity, electrostatic induction of the conductor, lines of electric force due to point charge and conductor charge, lines of magnetic force and motion of a point charge due to electric and magnetic fields.

**Keywords:** College Analysis, physics, simulation, animation

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>

福山平成大学経営学部紀要  
第 11 号 (2015), 143—151 頁

## *Sanctuary* における肉体による精神の凌駕

本田良平

福山平成大学経営学部経営学科

**要旨：**本論は、批評家 André Bleikasten の議論を参照しつつ、William Faulkner の *Sanctuary*において、個人の自律性と尊厳を保証するはずの人間の精神が、性的衝動により暴走する肉体によって凌駕される様を読み解くことで、作品の根底にある、人間の存在の在り処を精神性ではなく肉体性に認めることの衝撃を明らかにする。*Sanctuary* における肉体性への嫌悪の萌芽は、女性の純潔をロマンティックに愛する Horace Benbow による、義理の娘 Little Belle の性の芽生えに対する嫌悪として提示される。本論は、男性の視点から提示されるこの嫌悪が、玉蜀黍の穂軸によるレイプという痛ましい事件を切欠に自分の意志に反して性的衝動に突き動されてゆくフラッパー少女 Temple Drake の視点を通して、作品内において肉体性への嫌悪にまで深化すると論じる。これらの議論を通じて、春と女性の肉体の共鳴という、*Sanctuary* と *As I Lay Dying* に共通するモチーフに特に注目する。そして本論は、Temple の視点を通して作品内で増幅された肉体への嫌悪が Horace の意識に最終的に集約する様を、Temple 凌辱場面の彼によるグロテスクな幻視とそれによる彼の嘔吐の場面を解釈することで浮き彫りにする。

**キーワード：**William Faulkner、*Sanctuary*、肉体性

### イントロダクション

批評家達が指摘するように、<sup>1</sup>「意識の流れ」の手法を駆使し、登場人物の内面を濃密に描出することを常とする William Faulkner の作品群の中で、*Sanctuary* (1931) は特異な位置を占めている。性的不能者のギャング Popeye による、南部上流階級のフラッパー少女 Temple Drake に対する玉蜀黍の穂軸を使ったレイプというショッキングな事件を核とするこの物語は、パニックや暴力的衝動に捉えられた人物達のヒステリカルな身体の動作とそれを取り巻く陰鬱な情景の直接的な描写に満ちており、多くの場合、そこでの人々の内面描写は極限まで切り詰められている。*Sanctuary* における外面描写の過剰と内面描写の欠落の間の落差に注目した代表的批評家である André Bleikasten は、身体的動作の根拠として本来は示唆されるはずの人間の内面（意識）の存在が、本作では欠如していると指摘する。その上で彼は、“The Western tradition assumes subordination of the body to the mind or soul. In *Sanctuary* bodies avoid any lordship, escape all control” (238) と述べることで、人間の意識（精神）の支配を離れて肉体が暴走してゆく *Sanctuary* の混沌とした世界觀を、巧みに言い表している。確かにこうした世界觀は、物語の展開とも軌を一にしているように思われる。レイプ事件の過程で Popeye が犯した殺人の犯

<sup>1</sup> 本論で言及する Bleikasten の他には Albert J. Guerard の論考を参照せよ。Guerard は、*Sanctuary* における (Faulkner にしては) 「簡潔で、客観的で、見た目上非感情的な語り」 (“a spare, objective, nominally impersonal narrative” [67]) が、人間の堕落や醜悪さを凄惨かつ赤裸々に浮き彫りにする効果を挙げていることを指摘している。

人として無実の告訴を受けた密造酒製造人の Lee Goodwin とその愛人 Ruby Lamar を守るべく、理想主義的な道義心から Goodwin を弁護せんとする Horace Benbow の試みは、彼の妹 Narcissa が体現する世間体を重んじる南部社会の偽善性と、Memphis の裏社会の悪徳の前に、挫折を余儀なくされる。Horace が弁護人を務めた裁判で、殺人の疑いを晴らすことも叶わず、Temple へのアブノーマルな凌辱の罪をも着せられてしまった Goodwin は、暴徒と化した群衆によってリンチを受け、壮絶な焼死を遂げる。正義を求める Horace のロマンティックな精神は、作品内の南部の人々の、理性の支配を離れた暴力性の前に、力なく敗北している。

一方、*Sanctuary* における肉体を巡る Bleikasten の議論は、より ontological—存在論的一な方向へと深化してゆく。彼は、作品世界にたびたび見られる、精神の支配を離れて勝手に蠢き出す肉体や、その肉体から流れる様々な液体（血液、排泄物、唾液や嘔吐物）が連想させる、肉体の流动化が暗示するその運命（肉体の崩壊、死）について緻密な議論を開拓する。その上で Bleikasten は、*Sanctuary* に見られる嘔吐（女性のセクシャリティに直面した際の Horace によるものが代表的）のモチーフについて以下のように述べる。

Nausea in this novel results from the discovery of the body in its opaque inertia and the contingency of its being-in-the-world, from the recognition of a life which, barely begun, is already, inexorably, a hostage to time and death. Yet it is also, ironically, a blind, elemental gesture of protest, the organic expression of an inarticulate revolt against a condition which mocks our desire for autonomous and indestructible selfhood. (250)

Bleikasten の議論によれば、*Sanctuary* において人物達を嘔吐させるものとは、人間が個として自律性を有するという前提を揺るがしてしまう、制御不能な肉体の得体の知れなさと、その肉体に縛られた存在として、人間が常に死に向かって押し流されているという事実への認識なのである。彼の指摘を受けて極論すれば、人に個人としての尊厳を保障するはずの人間の精神とは実は幻想で、人間の存在とは、刻々と腐敗に向かって動き続ける肉の塊に過ぎないという受け入れ難い事実への認識が、*Sanctuary* にはあることになる。

本論は Bleikasten の指摘を受け入れつつ、*Sanctuary* における肉体による精神（意識）の凌駕のテーマを、女性の性の芽生えの問題から探ってみたい。

## 1. 春と女性の肉体の共鳴

*Sanctuary* における肉体の暴走の問題を考える上で考慮しなければならないのは、春と女性の問題である。この物語の混乱の直接的な引き金は、Popeye による少女 Temple への凌辱である。この事件に限って言えば、Temple は当然のことながら被害者以外の何者でもなく、倫理的責任は Popeye に帰されるべきである。しかし *Sanctuary* 批評においては、凌辱に至る過程でのフラッパー少女 Temple の無自覚的にコケティッシュであるともとれる態度に責任の一端を見出したり、深層心理において彼女は凌辱を望んでいたとする議論もある。<sup>2</sup>一方本論では、批評家 Robert Dale Parker らの見方に同調し、<sup>3</sup> Temple のこうした態度は、彼女のパニックの現れであるか、男に助けを求める為の反射的なものであ

<sup>2</sup> Guerard 69-72、Creighton 262-64 を参照せよ。

<sup>3</sup> Parker 59-65 を参照せよ。

ると考える。この小説においては、少女のセクシャリティを巡る混沌の原因は、ある個人に帰せられるようなものではない。むしろそこには、女性のセクシャリティを芽生えさせてしまう、春という季節への嫌悪にも似た恐怖がある。

この春への強迫観念的恐怖は、Faulkner 小説における典型的なロマンティストの一人である Horace Benbow によって最初に表明される。その場面で彼は、春になると繁り始めるブドウ棚に隠れて、男達と性的戯れを行う義理の娘 Little Belle のことを語る中で、春と女性との間の“conspiracy”(13) に対する彼の苛立ちにも似た感情を吐露する。

From my window I could see the grape arbor, and in the winter I could see the hammock too. But in the winter it was just the hammock. That's why we know nature is a she; because of that conspiracy between female flesh and female season. So each spring I could watch the reaffirmation of the old ferment hiding the hammock; the green-snared promise of unease. What blossoms grapes have, that is. It's not much: a wild and waxlike bleeding less of bloom than leaf, hiding and hiding the hammock, until along in late May, in the twilight, her—Little Belle's—voice would be like the murmur of the wild grape itself. (13)

ここにまず見られるのは、春の季節と共にセクシュアリティに目覚めてゆく少女に対する、Horace の憎悪に近い恐怖である。何故なら、女性の純潔をロマンティックに愛する彼にとって、その純潔を喪い変化しようとする生身の少女は、彼のナルシシスティックな内面世界を脅かす存在だからである。これに加えて、批評家達が指摘するように、Horace は義理の娘の性的な目覚めに嫌悪を覚えると同時に彼女に対して秘かな性的欲望を抱いており、<sup>4</sup> ここで彼の不安は、そうした自分自身に起因する不安でもあるだろう。こうした感情を抱える Horace は、少女の肉体を性の芽生えによって変化させ、また、ブドウ棚の繁りによって欲望を孕んだ己の視線から少女の肉体を隠してしまう春の季節に対して、一種の敵意を抱くのである。

しかし、Horace が言うところのこうした女性と春との「共犯関係」は、飽くまで男性の視点から捉えたものであるに過ぎない。そして注目すべきことに *Sanctuary* を書いた頃の Faulkner は、女性の肉体と春の季節との共鳴のテーマを女性の視点からも描いている。この視点をも併せて考察することで、性の芽生えによる女性の変化に対する男性の不安以上の問題を、*Sanctuary* における肉体性の問題に読み取ることが出来るようと思われる。

ここで注目したいのが、*Sanctuary* と創作時期が近い *As I Lay Dying* (1930) に登場する Addie Bundren である。夫 Anse との空虚な結婚生活に不満を燻らせ、やがて牧師と不義の関係を結び子を成すことになる彼女は、“the terrible blood” (174) に突き動かされる、強烈なセクシャリティを持った女性として描かれる。Addie の人生を描いた作品中における彼女唯一の独白セクションは、小学校教師であった独身時代の彼女が、放課後に泉のほとりで独り、生徒達に対する嫌悪を蟠らせる場面に始まる。本論の文脈において注

<sup>4</sup> Narcissus 神話やラカンの精神分析理論を参照しつつ、Faulkner 文学の登場人物達のナルシシスティックで成就不可能な近親相姦願望が、鏡面が虚像を映し出すようにその似姿としての代理的な欲望を次々と生み出してゆく様を見事に明らかにした論考の中で、John T. Irwin は、妹 Narcissa Benbow の代理としての Little Belle への Horace の秘かな欲望とそれに対する激しい嫌悪を指摘している (260-63)。Little Belle への Horace の近親相姦的な欲望の指摘としては、Guerard 68 も参照せよ。

目すべきは、こうした抑えられない苛立ちを、Addie が “especially in the early spring, for it was worst then” (169) と表現することである。そして彼女はこの苛立ちから、生徒達を鞭打って血を流させ、想像の中で彼らの血と己の血を交わさせたいという奇妙な欲望を抱く。後の彼女の人生で、「狂おしい血潮」が牧師との肉体的結合を求める彼女の激しい性欲の象徴だったことを思えば、ここで、春になると疼き出す苛立ちと生徒達と血を交らせたいという欲望の正体は、彼女の性的欲求不満であると考えられる。ここに、春と血の疼きという形での、春と女性の共鳴関係が見られる。この性的衝動に従って Anse と結婚した Addie は、第二子 Darl を自分が意図せぬままに妊娠した際激しい衝撃を受け、以後、奇妙なことに、夜な夜な人間のアイデンティティの不確かさに考えを巡らせるようになる。意図せぬ Darl 妊娠時の Addie の衝撃に関して、批評家 Constance Pierce は、“she [Addie] begins to suspect that this force [the biological rhythms of nature] may well be the unconscious state of Being she has been seeking” (299) と述べる。つまり、Addie が求めていた「実在」(“Being”) とは肉体の生物学的リズムにあるのであり、ここでの彼女にとって、意識・自我を実在の在り処と見なすことは、“an ‘identity’ falsified by language and consciousness” (299) という偽のアイデンティティに縋ることであると、Pierce は解釈しているのである。つまりこの段階での Addie は、春との共鳴によって「血の疼き」に動かされ、結婚、出産をした末に、自分の意識では制御できない「肉体」に、実在の本質を見ているのだと言える。ならば、Faulkner 文学において、春と女性の肉体の共鳴は単に「共犯関係」ではない。女性の側から見れば、それは、意識に対する肉体の優越を認めること、即ち、自我喪失の恐怖を味わうことにつながっていくのである。

そして *Sanctuary* にも、春に突き動かされる女性の、自我喪失の恐怖を描いたと思われる場面がある。その場面は、Horace が提示した「春と女性の肉体の共犯」のモチーフを明らかに受け継ぎつつ、それを女性の視点から変化させるのである。

問題の場面は、玉蜀黍の穂軸による凌辱の後、Popeye が Temple を車で Memphis の壳春宿へ連れ去る道行の初めに見られる。ここにおいて、麗らかな春の田舎の景色が車外を流れて行く間、Temple は、凌辱を受けた後に止まらない出血—“the hot minute seeping of her blood” (137)—を、茫然とした意識の中で感じ続けている。しかし、“that unbelievable soft radiance of May” (137) の行き渡った長閑な車外の春の描写が続く中、“lilac and wistaria and redbud, even the shabby heaven tree” (138) の花々の豊潤な盛りと、辺りの大気を満たすまでに強烈なその花々の匂い、そして “large as basketballs and lightly poised as balloons” (138) と表現されるブーゲンビリアの花が言及されると、車外をぼんやりと眺めていた Temple は、我知らず叫び声を上げ始める。

*Sanctuary* の詳細な注釈本を著した Edwin T. Arnold と Dawn Trouard は、バスケットボールや気球といった “childhood fantasy” (123) に繋がるイメージを含むこの豊饒な春の風景を、“paradoxical backdrop to Temple’s abduction” (123) と捉える。その上で彼らは、“Nature and the outside world which passes before Temple’s eyes are totally unaware of her condition. Temple’s reaction is to scream in mindless terror” (124) と述べ、Temple の恐怖の原因を、彼女の窮状に対する外の世界の無知に帰している。鬱屈を抱えた登場人物と豊かな自然世界を対置する描写は、確かに Faulkner 作品にはよく見られる。一例を挙げれば、*The Sound and the Fury* (1929) においては、妹 Caddy の処

女喪失を嘆く Quentin を取り囲んでいたのは、虫の鳴き声に満ち、スイカズラの匂いに覆われた夏の牧草地だった。こうした場面での瑞々しく広大な自然世界の描写は、それとは対照的な人間の苦悩を浮き彫りにする点で極めて効果的であり、Faulkner 得意の叙述方法であると言える。その意味で、春の自然と Temple の受難を対照的に捉えた Arnold と Trouard の解釈は、基本的には妥当なものだと考えられる。

しかし本論は、花々の盛りが描かれる辺りから、上述した春と Temple の関係は変化を始めていると考える。ここで言及されている春の花々に注目したい。“lilac” と “wistaria” は *The Sound and Fury* において Caddy の性の芽生えと強く結びつけられ、また *Sanctuary* の 5 年後に出版される *Absalom, Absalom!* (1936) では、“wistaria” の盛りは、Rosa Coldfield の Charles Bon への愛の思い出を喚起するものであった。また “heaven tree” に関しても、Bleikasten が示唆するように、粘り気のある花弁を持ち、甘過ぎる匂いを発するこの花は、小説 *Sanctuary* に充満する肉体への嫌悪感と繋がっている (270)。つまりここに見られるのは、Faulkner 文学の文脈では女性のセクシャリティの芽生えを暗示する花々なのである。更にここでの花々の盛りと Temple の流血との結びつきには、春のブドウ棚の茂みに隠れて Little Belle が男友達と戯れる場面に見られた、若葉混じりの未成熟なブドウの花の痛ましい綻びを流血に準えたイメージ (“a wild and waxlike bleeding less of bloom than leaf” [13]) の、かすかな反響が聞こえるように思える。これらのことを考え合わせれば、春の花々の欄熟した盛りは、少女 Temple の未成熟な肉体に潜むセクシャリティを、痛ましくも煽り立てるものなのではないか。勿論、凌辱によって処女を喪失したこの段階での Temple の意識は、セクシャリティに対してトラウマティックな嫌悪感を抱いているはずである。にも拘らず、春の始まりが Addie Bundren の血を疼かせたように、春の花々の盛りは Temple の肉体に否応なく働きかける。自分の意志に反して春と呼応してしまう己の肉体は、Temple にとって、完全に異質で得体の知れないと感じられる事だろう。つまりここでの彼女の叫びは、(Horace の言葉を借りれば) “female flesh” と “female season” (13) との共鳴の現れであると同時に、制御不能の自らの肉体に直面してしまった人間意識（精神）が上がる、ヒステリックな恐怖の叫びなのである。そうした意味で、意図せぬ Darl 妊娠の際に Addie が感じた、人間の実在性は人間の精神ではなく、その肉体に在るのでないかという戦慄と同じものが、ここでの Temple のパニックには見られるように思われる。

肉体が精神を凌駕することの恐怖という *Sanctuary* のテーマを考える上で注目したいもう一つの場面が、Popeye の情婦として Memphis の売春宿に手厚く迎え入れられた Temple が、あてがわれた部屋で置時計を眺めるシーンである。黄昏が深まる中、ブラインド越しに室内に入り込む外の僅かな光は、暗い部屋の中で置時計の盤面を覆うガラスへと凝縮する。そして薄明の光を閉じ込めた時計は、Temple が見守る中で徐々にその様相を変える。

She [Temple] watched the final light condense into the clock face, and the dial change from a round orifice in the darkness to a disc suspended in nothingness, the original chaos, and change in turn to a crystal ball holding in its still and cryptic depth the ordered chaos of the intricate and shadowy world upon whose scarred flanks the old wounds whirl onward at dizzy speed

into darkness lurking with new disasters. (151)

ここで「水晶の玉」に喩えられた時計は、微細に入り組んだ薄暗い世界である「秩序ある混沌」を内包するものとして描かれるに至る。ここでの「秩序ある混沌」とは、表面的には、十二の時刻に正確に分割された盤面を背景とする、影に覆われたガラスの内側を意味するだろう。田中久男はこの表現に、Horace の正義を求める試みを虚しく無力なものにしてしまう、「必然的」な「惡の顯現」に支配された *Sanctuary* の虚無的世界観を読み取っている (181-82)。こうした世界観では、人間には理解不能なカルヴィニスティックな神の摂理（秩序）の下で、必ず起ころる惡の混沌は卑小で無力な人間を確実に破滅させる。

以上のような解釈は、Horace の理想主義的正義感や、ロマンティックな女性の神聖化の願望を敗北させ、罪のない者が罰せられて惡が生き延びる、不条理なまでに無情な *Sanctuary* の世界観と合致するものである。スケールの大きな世界観でこの場面を読み解くこうした解釈の説得力を認めつつ、本論は敢えてこの場面を、人間（登場人物）に寄り添った形で解釈する。即ちこの「秩序ある混沌」のイメージに、Temple の抱く、春の大地と自らの肉体の同調に対する恐怖を読み込みたい。何故なら、ここでの描写は多分に Temple の視点に添う形でなされているため、彼女の見る時計の様相の移り変わりは、彼女の心情を反映したものとして読まれ得るからである。事実ここでの “a round orifice” は、Arnold と Trouard が指摘するように、凌辱された「穴」である彼女の女性器の像と重なり合う (135)。ならば同様に、時計盤面につけられた時刻の刻みを表す “scarred” と、“wounds” という傷の表現は、凌辱によって Temple が女性器に受けた傷及びそこからの出血のイメージに繋がるものと言えるのではないか。そして、こうした傷が地球を思わせる球体の “flanks” に規則正しく刻まれている様は、Temple 達少女の肉体を疼かせ、男達を欲情させ、そして彼女らに血を流させる、巡りくる大地の春の周期性を表していると解釈できる。つまり、この春への強迫観念的な恐怖が生み出した Temple のヴィジョンにおいては、女性の肉体は春の周期にただただ翻弄されるばかりなのであり、ここでの人間は精神による自律の尊厳を一切奪われてしまっている (Faulkner 作品における女性の肉体的周期性に対する恐怖としては、Quentin や *Light in August* (1932) の Joe Christmas らの、女性の生理に対する激しい嫌悪もまた思い出すべきである)。こうした意味で、規則正しく巡ってくる大地の春とそれに同調して突き動かされる女の体は「秩序ある混沌」を孕んでいる。そしてそれにより、太古からの女の受難—“the old wounds”—は、まさに時計の盤面を針が何度も周るように、人を変えながらも同じように繰り返されてきた悲劇を、これからも繰り返していくのである。混沌の源としての肉体が、理想を求め、人間の尊厳を信じようとする精神を全く覆い隠してしまったかのようなグロテスクなヴィジョンが、Temple の意識を通してここに現れている。

## 2. Horace Benbow の暴走する肉体への恐怖

以上で見てきたように、Horace が示した、純潔な少女を（彼が穢れと見なす）セクシュアリティへと目覚めさせてしまうものとしての春への恐怖は、Temple によって受け継がれつつ、女性の肉体を意識に反して突き動かす混沌の源としての春への恐怖へと変奏された。そして興味深いことに、女性の視点を通して増幅された *Sanctuary* における春への恐怖は、最後に再び Horace の意識へと集約する。

Memphis で陵辱された Temple 自身から話を聞いた Horace は、錯乱した彼女の痛ましい話しぶりに衝撃を受け、憂鬱を抱えて家路につく。やがて Jefferson の街の生家に着いた彼は、冷えてゆく宇宙の中で地球がその動きを止めようとしている様を幻視する。

He opened the door and felt his way into the room and to the light. The voice of the night—*insects*, whatever it was—had followed him into the house; he knew suddenly that it was the friction of the earth on its axis, approaching that moment when it must decide to turn on or to remain forever still: a motionless ball in cooling space, across which a thick smell of honeysuckle writhed like cold smoke. (222)

批評家達が指摘するように、<sup>5</sup>ここに見られる宇宙空間の中の地球のイメージは、先述した壳春宿の Temple の部屋における、暗闇の中で地球を思わせる球体として浮かび上がる時計のイメージと、明らかに結びついている。そしてその地球に、女性のセクシュアリティの芽生えを暗示する“honeysuckle”の匂いが纏わりついていることから、春への恐怖のモチーフがここにおいても受け継がれていることがわかる。それではこのヴィジョンを見る Horace の内面で、この春への恐怖は最終的にどのような形をとるのか。

それを示すのが、上述の場面直後の Horace の嘔吐シーンである。自らの部屋で義理の娘 Little Belle の写真を眺めていた彼は、家の中まで侵入してきた“honeysuckle”の匂いの下で、写真の中の彼女の顔が揺らぎ、“invitation and voluptuous promise and secret affirmation” (223) という性的なニュアンスを仄めかすものに一瞬変じたような感覚を覚える。ここで吐き気を意識した彼はトイレへ駆け込み、明かりをつける間もなく便器に突っ伏して猛烈な嘔吐を始める。彼の意識の中で嘔吐物は、陵辱を受ける Temple の性器から噴出する“something black and furious” (223) と重なり、Horace の嘔吐を描いていたこの場面は突然、Temple の陵辱の場面に移り変わる。(Horace が幻視する) 陵辱を受ける Temple は、“a flat car” (223) に縛り付けられて黒いトンネルを猛スピードでくぐる。そして “a crescendo like a held breath” (223) へと向かって昇ってゆく彼女は、黒いトンネルから遙か上空の暗闇に射出され、“pale, myriad points of light” (223) に満ちた虚空まで昇りつめ、呆然とした意識の中、気だるげに体を揺らす。

この奇怪なヴィジョンに関して、本論の文脈から注目すべき点は、為す術もない Temple と彼女を載せて猛烈に進んでゆく鉄の車体との対比である。前者を、凌辱に際して麻痺してしまった彼女の精神（意識）の象徴とするならば、後者は、彼女の制御を離れた混乱する肉体の象徴と解釈できる。ところで、ここに再び見られる暴走する肉体のイメージが、Temple のものであるのか、Horace のものであるのかは確言出来ない。何故ならテクスト上に、事件の核心である凌辱の場面を彼女が彼に物語る描写がないからである。従って上述のヴィジョンに関しては、Temple が Horace に物語ったものを彼が追体験した可能性、全て Horace の想像によるものである可能性、そして、Temple の語りと Horace の想像の混成である可能性がある。これらの可能性を踏まえつつ、本論では、この場面を以下のように解釈する。即ち、ここで Horace が Temple の語りを追体験する中で、或いは、彼女の語りに触発されて奇怪なヴィジョンを見る中で、この小説での受難を通じ

<sup>5</sup> Rossky 510-11 を参照せよ。

て Temple が抱いてきた暴走する肉体への恐怖が、Horace にも伝染しているのである。

この主張を補強するべく、為す術なく伏して嘔吐する Horace と、暴走する肉体の力で天まで上昇した Temple の姿の対比にも注目したい。この、地に伏すロマンティストと天に昇る肉体性の化身との対比的構図は、*The Sound and the Fury*において既に見られた。そこで、女性の処女性を神聖なものと考える Quentin Compson は、次々と女性と関係を持つ Gerald Bland の姿を、ボートによって天へと漕ぎ昇り、「神格」("an apotheosis" [120])になる肉体的力強さを持ったものとして、幻視した。ここで脆弱なロマンティストである地上の Quentin は、男性的な肉体性の権化である天上の Gerald に、圧倒される他はない。同様に *Sanctuary* でも、ロマンティストである Horace は、人間意識の制御を離れて暴走する肉体の力の前に圧倒され、無様にも嘔吐する他ないのである。

以上のように考えるなら、Horace が最初に表明した、春と女性の肉体の共鳴への恐怖は、純潔を喪って変化してゆく女性に対する不安から、暴走する肉体への恐怖をも含むものにまで深まっているように思える。そこには Bleikasten の論が暗示した、突き詰めれば人間は肉の塊でしかないという衝撃的な気付きがあるはずである。そして、妹 Narcissa との静かな生活の思い出の場であり、ロマンティストである Horace を育んだ、彼という人間の存在の拠り所であるはずの彼の生家において、彼がこのヴィジョンを見てしまったことが、この衝撃的な気付きの痛ましさを物語っているように思える。

本論は、中四国アメリカ文学会平成 21 年度春季研究会 (2010 年 3 月 13 日 於：山口大学) における口頭発表原稿に加筆修正を加えたものである。

#### 引用文献

- Arnold, Edwin T., and Dawn Trouard. *Reading Faulkner: Sanctuary*. Jackson: UP of Mississippi, 1996.
- Bleikasten, André. *The Ink of Melancholy: Faulkner's Novels from The Sound and the Fury to Light in August*. Bloomington: Indiana UP, 1990.
- Creighton, Joanne V. "Self-Destructive Evil in *Sanctuary*." *Twentieth Century Literature* 18 (1972): 259-70.
- Faulkner, William. *As I Lay Dying*. New York: Vintage-Random, 1990.  
---. *Sanctuary*. New York: Vintage-Random, 1993.  
---. *The Sound and the Fury*. New York: Vintage-Random, 1990.
- Guerard, Albert J. "Sanctuary and Faulkner's Misogyny." *William Faulkner's Sanctuary*. Ed. Harold Bloom. New York: Chelsea, 1988. 63-80.
- Irwin, John T. "Horace Benbow and the Myth of Narcissa." *Faulkner and Psychology: Faulkner and Yoknapatawpha*, 1991. Ed. Donald M. Kartiganer and Ann J. Abadie. Jackson: UP of Mississippi, 1994. 242-71.
- Parker, Robert Dale. *Faulkner and the Novelistic Imagination*. Urbana: U of Illinois P, 1985.
- Pierce, Constance. "Being, Knowing, and Saying in the 'Addie' Section of Faulkner's *As I Lay*

*Dying.*" *Twentieth Century Literature* 26 (1980): 294-305.

Rossky, William. "The Pattern of Nightmare in *Sanctuary*; or, Miss Reba's Dogs." *Modern Fiction Studies* 15 (1969): 503-15.

田中久男.『ウィリアム・フォークナーの世界 自己増殖のタペストリー』南雲堂, 1997.

---

## Outrage of Body upon Human Spirit in *Sanctuary*

Ryohei HONDA

*Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,  
Fukuyama Heisei University*

**Abstract:** This study, based on the argument of André Bleikasten, elucidates the shocking recognition underlying *Sanctuary* by William Faulkner that absolute reality of human existence consists not in spirituality but in carnality by discussing how the human spirit, which is supposed to be the foundation of the selfhood and dignity of human individual, is outraged by the human body driven out of control by impulsive lust in the fiction. The germ of the sense of abhorrence for the human carnality is introduced in *Sanctuary* as abhorrence of Horace Benbow, who romantically adores the female purity, for his step-daughter Little Bell's awakening to female sexuality. This study argues that this abhorrence implied by the male's viewpoint is deepened into abhorrence for the human carnality in the fiction through the female's viewpoint of Temple Drake, who, after the traumatic tragedy of being raped with the corn-cob, is driven out of control by her sexual impulse in spite of herself. Through the argument, compulsory resonance between spring and female sexuality which is a common motif of *Sanctuary* and *As I Lay Dying* is emphatically dealt with. And this study concludes that the sense of abhorrence for human carnality in the fiction, after having been intensified through Temple's point of view, finally concentrates and culminates in the consciousness of Horace by interpreting the scene in which he grotesquely sees the vision of the rape of Temple and yields to nausea.

**Keywords:** William Faulkner, *Sanctuary*, Carnality

## 研究業績一覧

(2014年1月～12月)

### I. 学術論文（査読付き）・国際学会プロシーディング

1. Ozasa, T. & Watanabe, K. "Development of a Readability Index Attuned to the New English Course of Study of Japan: Development of Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.3nhsnc.", *Proceedings of the 19th Conference of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics*, 17-18 August, 2014. pp.105-106.

This paper is the fourth interim report of a project that aims to develop new readability indices that are attuned to the new English course of study of Japan (effective in 2012 for junior high school and in 2013 for senior high school). Linear and nonlinear analyses computed yielded a reasonably powerful nonlinear function index for Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.3nhsnc ( $r^2=0.7829$ ).

2. Ozasa, T., Weir, G. R. S. & Fukui, M. "Development of a Readability Index Attuned to the New English Course of Study in Japan." *Proceedings of ICERI2014 Conference*, 17th-19th November, 2014, Seville, Spain, pp. 2446-2453.

For several years, we have been engaged in evaluating techniques for estimating readability. Arising from this work, there have been several iterations of readability indices attuned to the English textbooks employed in Japanese high schools for the English Course of Study. In this paper, we briefly review approaches to readability measurement before detailing our project that aims to develop new readability indices that are attuned to the new English teaching system of Japan. Our earlier approach to the Japanese English teaching context employed regression analysis to develop a linear measure in which sentence length, word length, word difficulty and idiom difficulty are independent variables and the textbook year of passages is a dependent variable. This linear function (Diff) proved to be broadly effective as a guide to reading level for English texts in the Japanese school context and was released for use as 'the Ozasa-Fukui Year Level'. From 2012, changes to the English Course of Study in Japan made it necessary to update this English readability index. To this end, our earlier approach was enhanced to provide a non-linear formula in which an experts' readability judgment of English sentences is employed as a dependent variable and combined with the previously developed linear function (Diff) as an independent variable. The resultant computation yielded a non-linear function expression:  $NewDiff = a/(1+b\exp(-c\cdot Diff))+0.9$  in which we have the following component values:  $a=3.8593$ ,  $b=766.9372$ ,  $c=2.5709$ ,  $Diff = 0.0863\cdot Words/S + 0.2943\cdot Syllables/W + 0.6332\cdot WordDiff/W + 0.0665\cdot IdiomDiff/S + 0.5366$ . Applying this new measure, we determined that the coefficient of determination for this new formula ( $r^2$ ) was 0.8236, thereby, indicating a high degree of fit to the target data.

3. Eunji Seo, "The impact of selling orientation on sales performance: the moderating effect of integration with other functional members", *2014 Global Marketing Conference at Singapore Proceedings*, pp.1-8.

本研究では、日本の総合サービス企業の営業担当者を対象に、営業担当者の強い販売志向が異部門メンバーとの連携を通じて適応型営業に変わり、成果を高める現象を定量的に証明した。

4. 市瀬信子「『南宋雜事詩』と杭州詩壇」、『中國中世文學研究』第63・64合併号、332頁～357頁。

本稿は、清代雍正年間に発表された『南宋雜事詩』について、その実態と杭州詩壇との関係を論じたものである。『南宋雜事詩』は、これまで考証に資する注が付くことが注目されるのみであったが、実は杭州詩壇の唱和集であったことを当時の資料から明らかにした。更に、詩集発表当時の杭州詩壇の情況を踏まえ、詩集が杭州地方に与えた文学的影響を考察を加えた。

5. 杉山祥子、福井正康、中村雅子「中学生における意欲の有無と精神的健康度に関する研究－1990年中学生との比較から－」、『中国・四国学校保健学会誌「教育保健研究』』、第18号、55頁～61頁。

1990年中村が中学生を対象に実施した心の健康調査に基づき、2013年に同じ調査を中学生を対象に実施し、両者の傾向を比較した。結果で似ている点は、両者とも精神的健康度が低い状態であることである。異なる点は、意欲的な生活ができているかという点で、現代の中学生の意欲レベルは昔に比べて高くなっている。その中でも特に、勉強についての意識に差がある。

6. 山本和代、福井正康「大学生の対人ストレスの実態について－社会的スキルへのストレス対処行動とセルフエスティームの影響－」、『中国・四国学校保健学会誌「教育保健研究』』、第18号、145頁～152頁。

2年前に実施した調査と同じ調査票を用いて、社会的スキル、ストレス対処行動、セルフエスティームとの関連を調べた。結果として、それぞれの因子構造は過去の調査と似ていること、社会的スキルの「コミュニケーションスキル」因子と「問題解決スキル」因子が他の因子に関係していること等が明らかになった。これによって調査の信頼性は深まった。

## II. 学術論文（その他）

1. 朝日亮太・村上英樹「サウスウエスト航空の運賃戦略の変化」、『国民経済雑誌』、第210巻第4号、1頁～11頁。

2. 朝日亮太「合併と運賃設定行動の変化～米国航空産業USエア・アメリカウエスト航空合併のケース～」、『経営研究（福山平成大学経営学部紀要）』第10号、1頁～13頁。

3. 市瀬信子「『沽上題襟集』と『韓江雅集』」、『経営研究（福山平成大学経営学部紀要）』、第10号、15頁～32頁。

4. 小玉一樹「高齢者のキャリア成熟と職務態度の関係性」、『広島大学マネジメント学会ディスカッションペーパー』、2013-28、1頁～8頁。

5. 小玉一樹「企業におけるセカンドキャリア支援とその効果に関する研究」、『広島大学マネジメント学会ディスカッションペーパー』、2013-29、1頁～18頁。

6. 小玉一樹「中年期におけるキャリア教育が高年齢労働者の職務態度に及ぼす影響について」、『広島大学マネジメント学会ディスカッションペーパー』、2013-31、1 頁～5 頁。
7. 佐藤真司「ツールを利用した教育支援システムの開発と評価」、『経営研究（福山平成大学経営学部紀要）』、第 10 号、33 頁～48 頁。
8. 福井正康、孟 紅燕、呉 夢、崔 永杰「社会システム分析のための統合化プログラム 21 - 亂数生成と検定 -」、『経営研究（福山平成大学経営学部紀要）』、第 10 号、63 頁～78 頁。
9. 福井正康「社会システム分析のための統合化プログラム 22 - 幾何アニメーション -」、『経営研究（福山平成大学経営学部紀要）』、第 10 号、79 頁～104 頁。
10. 福井正康、小篠敏明、細川光浩「2013 年度学習指導要領に準拠した新英文リーダビリティ測定指標の開発： Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.1nhnc の開発」、『経営研究（福山平成大学経営学部紀要）』第 10 号、49 頁～62 頁。

### III. 学会報告（討論者を含む）

1. Eunji Seo, The impact of selling orientation on sales performance: the moderating effect of integration with other functional members 2014 Global Marketing Conference at Singapore, 2014 年 7 月 17 日 (Singapore).
2. 朝日亮太「米国航空会社の合併時の運賃設定行動に関する実証分析～2005 年 US エア・アメリカカウエスト合併のケース～」、日本交通学会、2014 年 10 月 19 日. (於 同志社大学).
3. 市瀬信子「清代の詩注について」、「注釈と文学」研究会、4 月 19 日. (於 高知県立大学).
4. 市瀬信子「陸游『感旧』」、讀游會、5 月 17 日. (於 神戸市立西区民センター).
5. 尾崎 誠、福井正康「HTML5 による 3D Graph Viewer」、日本教育情報学会 第 30 回年会、2014 年 8 月 10 日. 『日本教育情報学会第 30 回年会論文集』、152 頁～153 頁. (於 京都市立芸術大学).
6. 小玉一樹、安藤正人「高年齢者の職業キャリア成熟と職務環境が職務態度に及ぼす影響」、日本労務学会 第 44 回大会、2014 年 7 月 21 日. 『研究報告論集』、316 頁～323 頁. (於 北海学園大学).
7. 小玉一樹「高年齢者の職業キャリア成熟：企業におけるセカンドキャリア研修の効果」、日本産業カウンセリング学会第 19 回大会、2014 年 9 月 15 日. 『日本産業カウンセリング学会第 19 回大会・発表論文集』、56 頁～59 頁. (於 大正大学).
8. 小玉一樹「キャリア成熟が文脈的パフォーマンスに及ぼす影響：高年齢従業員を対象として」、人材育成学会第 12 回年次大会、2014 年 12 月 7 日. 『人材育成学会第 12 回年次大会・大会論文集』、47 頁～52 頁. (於 明治大学).

9. 徐恩之「営業担当者の顧客志向：情報不確実性の軽減プロセスに関する実証研究」、日本商業学会第64回全国研究大会、2014年6月1日。『日本商業学会第64回全国研究大会報告論集』、200頁～205頁。（於 一橋大学）。
10. 徐恩之「セールスマーケティング」、実践経営学会関西部会、2014年6月28日。（於 大阪国際大学）。
11. 相原正道・福井正康「大学スポーツ関連学部における就職状況に関する研究 一就職部を対象とした実態調査からー」、日本スポーツ産業学会、2014年7月19日。『第23回大会号』、23頁～24頁（於 一橋大学）。
12. 福井正康「College Analysisによる幾何シミュレーション」、日本教育情報学会第30回年会、2014年8月10日。『日本教育情報学会第30回年会論文集』、150頁～151頁。（於 京都市立芸術大学）。
13. 村社 隆・関智宏（阪南大学）『中小企業の海外事業展開と産業集積－タイに進出する大阪の中小企業をケースとして－』の討論者、日本中小企業学会第3回西部部会、2014年7月5日。（於 兵庫県立大学）。

#### IV. その他

1. 朝日亮太「米国LCCの変化に関する考察 ～サウスウエスト航空を対象に～」、『季刊Business Insight』第22巻第2号、12頁～17頁。
2. 小玉一樹「企業におけるセカンドキャリア支援の効果」、広島大学マネジメント研究センター（編）『連携による知の創造：社会人大学院の新たな試み』（白桃書房）、11頁～13頁。
3. 徐恩之「第9章 キーパーソンの役割：法人営業の特徴」、『セールスマーケティング』（田村直樹編著）、同文館、119頁～131頁。
4. 福井正康「College Analysisで見る特殊相対論的效果」、『経営研究（福山平成大学経営学部紀要）』・第10号（研究報告）、105頁～112頁。

### <経営学部著者紹介>

小篠 敏明：福山平成大学経営学部経営学科教授  
福井 正康：福山平成大学経営学部経営学科教授  
小玉 一樹：福山平成大学経営学部経営学科教授  
市瀬 信子：福山平成大学経営学部経営学科教授  
尾崎 誠：福山平成大学経営学部経営学科講師  
本田 良平：福山平成大学経営学部経営学科講師  
徐 恩之：福山平成大学経営学部経営学科講師  
朝日 亮太：福山平成大学経営学部経営学科講師  
細川 光浩：福山平成大学経営学部経営学科助教  
奥田由紀恵：福山平成大学経営学部経営学科助手

### <編集委員>

市瀬 信子：福山平成大学経営学部経営学科教授

本号では、電子出版(DTP)用ソフトウェア用いた編集作業を、「文書作成」の講義の中で、演習のひとつとして行いました。この編集作業には、つぎの履修学生の皆さんのが参加しました。  
王 日博、桑田 賢、河野 叶未、工藤 亜美、真壁 孝寛、宮崎 拓実  
ここに記して、お礼申し上げます。

## 経 営 研 究

第 11 号

平成 27 年 3 月 25 日 発行

発行所：福山平成大学経営学部

〒 720-0001 広島県福山市御幸町上岩成正戸 117-1

電話 (084) 972-5001, Fax (084) 972-7771

***Bulletin of***  
**Faculty of Business Administration**  
**Fukuyama Heisei University**

---

No. 11 March 2015

---

**CONTENTS**

<Articles>

An Empirical Analysis of Airlines' Pricing Behaviors after Merger - The Case of Delta Airlines and Northwest Airlines in US Airline Industry -	Ryota ASAHI 1
The Acceptanceand Development of "Southern Song Dynasty Chore Poem" in Qing-Periode	Nobuko ICHINOSE 11
Graphics Viewer with HTML5 and Javascript, and its Application	Makoto OZAKI, Masayasu FUKUI 27
Development of a Readability Index Attuned to the New English Course of Study of Japan: Development of Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 3.3nhsnc	Toshiaki OZASA, Masayasu FUKUI, Mitsuhiro HOSOKAWA 33
The Effects of Elderly Workers' Career Maturity on Organizational Commitment and Contextual Performance	Kazuki KODAMA 47
Product Management of Limited Editions: Evidence from Limited Edition Products of KIT KAT	Eunji SEO 57
Multi-Purpose Program for Social System Analysis 23 - Matrix Calculation, Statistics on Free Descriptive Data, Efficiency of Comparison Test, Test of Stratified Contingency Table -	Masayasu FUKUI, Makoto OZAKI, Mitsuhiro HOSOKAWA and Yukie OKUDA 73
Multi-Purpose Program for Social System Analysis 24 - Integration of Discriminant Analysis and Quantification Method Type II -	Masayasu FUKUI, Makoto OZAKI and Ryota ASAHI 93
Physics Simulation in College Analysis 3 - Geometric Simulation -	Masayasu FUKUI 115
Outrage of Body upon Human Spirit in <i>Sanctuary</i>	Ryohei HONDA 143
List of Research Achievements	152

---

**FUKUYAMA HEISEI UNIVERSITY**

117-1, Kamiawanari, Miyuki-cho, Fukuyama, Hiroshima 720-0001, Japan