

経営研究

福山平成大学経営学部紀要

第 7 号 2011 年 3 月

目 次

<論文>

備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因 ：戦略の成功（後半と総括）……………飯塚 勲	1
全祖望と唱和詩 — 杭州詩壇との関わりを中心に — ……………市瀬信子	25
社会システム分析のための統合化プログラム17 — フラクタルビューア — ……………尾崎 誠・石丸敬二・福井正康	49
英文リーダビリティ測定ソフトを用いた英語教育の改善 ……………小篠敏明・福井正康・細川光浩	65
社会システム分析のための統合化プログラム14 — コレスポネンシ分析・数量化Ⅲ類 — ……………福井正康	85
社会システム分析のための統合化プログラム13 — グラフィックエディタとその応用 — ……………福井正康・石丸敬二・尾崎誠・宋東明	99
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	111
社会システム分析のための統合化プログラム15 — 品質管理・在庫管理シミュレータ — ……………福井正康・付鴻鵬・魏巍・奥田由紀恵・細川光浩	129
PHPを用いた教育用Web掲示板システム ……………坪井 始・川久保和雄・細川光浩・奥田由紀恵・小林 翔	151
2010年の研究業績一覧 ……………	161

福山平成大学

福山平成大学経営学部紀要
第7号(2011), 1頁-23頁

備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営 継続の要因：戦略の成功（後半と総括）

飯 塚 勲

福山平成大学経営学部経営学科

要旨：前稿では「備後発オンリーワン・ナンバーワン」（中国新聞備後本社、2006年）を1次資料として、76社の半数38社について企業の成功実績と成功要因に関する2次資料を作成し、2次資料から経営継続の要因を考察する方法を採用した。本稿では残りの38社について、前稿と同様の方法を採用し、経営継続の要因を考察した。なお、本稿では前稿における8つの調査項目（7項目は戦略に相当する）に販路開拓、在庫管理、ラインの自動化、企業責任の明確化、原料産地の厳選という5項目を追加している（1次資料から読み取れた戦略に相当する項目）。本稿で探し求めた残りの38社の成功要因ないし経営継続の要因は前稿と同様に戦略の成功である。前稿と本稿で探し求めた76社の経営継続の要因である戦略の成功が、他のモノづくり企業の経営者によって斟酌され、地域産業（製造業）の振興に寄与することがあれば幸いである。本稿は「地域産業の振興と会計の寄与」を構成するシリーズ諸論文の第3論文（後半と総括）として執筆したものである。

キーワード：備後地域、オンリーワン・ナンバーワン企業、成功実績、成功要因、経営継続の要因、戦略、戦略での成功

はじめに

2006（平成18）年5月1日に中国新聞備後本社から発行された冊子により紹介されている76社は、ほとんどが中小企業である（上場企業は数社）。中小企業は毎年、一方では多数が設立され、他方では多数が倒産している。しかし、76社は長く経営継続を維持している。76社の長い経営継続を可能にしている要因は何であろうか。本稿は前稿と同様に、この問題意識への解答を求めたものである。

本稿では、経営者が意思決定する分野を戦略、経営組織、および経営管理システムとし、この3分野の全体を経営者の経営理念およびリーダーシップが支えているという枠組を設定

し、この枠組みから76社に関する1次資料を読み、読み取れることを企業別調査票に記入し、これをまとめて2次資料を作成し、2次資料から判明した成功要因を経営継続の要因としている。1次資料から読み取れたことは経営者の経営理念およびリーダーシップの分野（経営者の姿勢など）と戦略の分野（製品開発など）に限られる。経営組織と経営管理システムの2分野については、1次資料から読み取れることはなかった。

1. 企業の成功実績

1-1. 成功実績を示す指標の選定

本稿では前稿と同様に、企業の成功実績は従業員1人当たり売上高で把握している。また売れない製品を生産しても意味がないことを考慮し、売上高または生産量の市場占有率を入手できる企業について示し、補完する数値とした。

1-2. 売上高と従業員数の属する年度

表1 売上高と従業員数の属する年度	
2004年度	10 社
2005年度	20
2006年度	7
不 明	1
	<u>計 38 社</u>

表1の如く、38社の中、7社は2006年度の数字を用いたが、1次資料で2006年度の数字が入手できない企業は2004年度と2005年度の数字を用いた。1社は年度が不明である。

表2 従業員数にもとづく企業の分布	
10人未満	3 社
10～20人	7
21～50	8
70～90	6
100～200	5
200～260	3
300～350	1
598	1
625	1
不 明	1
	<u>計 38 社</u>

1-3. 従業員にもとづく企業の分布

表2の如く、従業員300人未満の中小企業は38社中の33社であり、従業員20人以下の小企業は10社である。従業員が300人以上の大企業は5社である。従業員が21人から260人の中小企業が22社と最も多い。

1-4. 年間売上高にもとづく企業の分布

表3の如く、38社の年間売上高は広く分布している。前稿で検討した38社（売上高不明1社）の1次資料は中国新聞紙上の発表年月日では2004年1月1日から2005年1月1日まで属する。本稿で検討した38社（売上高不明1社）の1次資料は中国新聞紙上の発表年月日では2005年1月17日から2006年4月3日まで属する。前稿の38社と本稿の38社の売上高分布に属する企業数を比較すると、表3の右側の如く、あまり大きな違いがない。売上高不明の1社を除いた37社の1社当年間平均売上高は65億3,450万円であるが、各社の売上高は平均売上高より小さい企業が31社、大きい企業が6社と大きく偏っている。表3の下部の年間売上高100億円以上の5社を除いた年間平均売上高は19億4,612億円であ

備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因（２）

り、売上高が平均売上高より小さい企業が20社、平均売上高より大きい企業が12社となり、分布の偏りが大きく修正された結果となる。

表3 年間売上高にもとづく企業の分布		比 較		全 体
不明	1 社			
2,000～8,000万円	2			
1～2億3,000万円	4			
3億3,000～3億9,000万円	3	前回38社	今回38社	合 計
4～4億7,000万円	2	1 億円未満	2 社	4 社
5～7億8,000万円	4	1～10億円	13	26
11億5,000万円～16億円	5	10億超～20億未満	8	13
20～23億9,000万円	3	20億円台	4	7
32～39億8,000万円	2	30億円台	4	6
42億3,000～47億9,000万円	4	40億円台	1	5
50～74億円	3	50～80億円台	2	5
101億円	1	100億円台	1	5
114億円	1	200億円台	1	1
122億円	1	1,200億円台	1	2
198億2,000万円	1	不 明	1	2
1,260億円	1			
	計 38 社	計 38 社	計 38 社	計 76 社

1－5．従業員1人当り年間売上高にもとづく企業の分布

表3 従業員1人当り年間売上高にもとづく企業の分布	
不明	2 社
400～666万円	2
1,000～1,576万円	7
1,600～1,834万円	5
2,166～2,927万円	8
3,039～3,850万円	8
4,060～4,588万円	2
5,345～5,555万円	2
6,220万円	1
21,070万円	1
	計 38 社

表4の如く、従業員1人当り年間売上高は広く分布している。従業員1人当り年間平均売上高は3,155万円である。各社の従業員1人当り年間売上高は平均値より小さい企業が23社、大きい企業が13社と偏っている。2008年度の広島県統計によれば、広島県内製造業の従業員1人当り売上高（製品出荷額）は4,671万円（全国第9位となっている³⁾。本稿で取り上げた備後地域の36社の従業員1人当り年間売上高は広島県製造業全体の平均値より小さい。前稿で取り上げた37社の従業員1人当り売上高は広島県製造業全体の平均値より大きい5,049万円であった。本稿の37社の売上高は2003年度から2006年度の数字である。2008年度時点での広島県製造業全体の従業員1人当り平均売上高4,671万円との比較は、参考にとどめることが適切かもしれない。

1－6．売上高または生産量の市場占有率

38社の売上高または生産量の市場占有率（その他）は表5の如くである。売上高または生産量の市場占有率が業界で1位の企業や国内または世界でオンリーワンの製品を製造する企業など、本稿で対象とした備後地域のモノづくり企業には創造力のある企業が多い。

表5 売上高または生産量の市場占有率など

プラスアルファー福山	糸を引いて口を裂く卵パック特許(1987年) エッグプリント機械特許(1999年) 卵に賞味期限を印字するおしぼり袋の表面に企業広告の掲載特許(2004年) 再生プラスチックを使った卵パック全国57養鶏業者へ納入	エ ク セ ル	LED装置の看板・案内板 オンリーワン製品
国 延	アーモンドカル 年間70～80トン出荷 学校給食の約60%	エ フ ビ コ	発泡スチロール汎用トレー 年間出荷量 約4万トン 全国シェア 1位(40%) 回収トレーを原料とするリ サイクルトレー(約4万トン の中の1万7千トン) オンリーワン製品
日本デリバリー サービス	ヒップアップインナー付 ジーンズ年間60万本販売	深 江 特 殊 鋼	金型材料などの特殊鋼 在庫約700種類 中四国・九州で1位
清 水 化 学	純度99%以上のグルコマン ナンの生産 世界でオンリーワン	丸 善 製 薬	甘草精製物 生産高 国内1位 甘草エキスの抽出プラント 規模 世界1位
中 井 木 工	木製折り畳みベッド実用新 案 年間5,000台販売	徳 永 製 菓	竹炭豆 ロングセラー
中村機械製作所	畳表織機 国内シェア 80% 年間生産 70台	広 愛 産 業	ごみ処理機「KOA I (コー アイ)」 オンリーワン製品 30数台受注生産(2006年)
旭スチール工業	船舶の防火ドア, 防火窓 国内シェア 約25% 調理場の扉 オンリーワン製品	ガ ル バ 興 業 三 原 工 場	ねじれない鋼鉄製橋げた の溶融亜鉛メッキ 「Zero-Twister」技術 オンリーワン技術
細 川 セ ン イ	もんぺ(女性用農作業着) 340種類 全国シェアの約50%	ロ ー ツ エ	ウエハーの搬送ロボット 市場シェア国内1位, 世界3位
福 利 物 産	味付ちりめん 通販市場で売上高トップ	東 亜 林 業	釜乾燥と屋外乾燥で乾燥木 材の品質を均一にする 国内で最初の技術
追坂電子機器	筋電計測装置 大学・自動車メーカーへ 約30件納入	岡 本 工 機	傘歯車 生産量 国内トップクラス
ケ ン ュ ー	携帯用トイレ「ブルブル」 年間生産量 210万個 国内シェア 1位	石 井 表 記	プリント基板研磨機 市場シェア 世界の約50%
川 瀬 工 具 店	木工用刃物「エターナル コート」 オンリーワン製品	シーケイエス・チューキ	チッパー(間伐材をチップ にする) 受注生産量 国内1位 製材機「ツインスター21」 オンリーワン製品
明 和 工 作 所	歯車式ペットボトル減溶機 オンリーワン製品	ド ル チ エ	ソフトクリーム 地元の特産品を使った低 カロリーの健康的な商品
ヒ ロ ボ ー	小型無人ヘリ製造 世界1位		

備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因（２）

光 陽 産 業	小型平鋼 生産量 国内 1 位 再生鋼材の伸鉄 市場シェア 63%	早 川 ゴ ム	「サンタック キャップ」 (マンホールに排水管をつ なぐ継ぎ手) 市場シェア 1 位 (40%)
アドテックプラズマ テクノロジー	プラズマ用高周波電源装置 世界で最初の製品	モンデン化成	マウスパッド (カラー文字 を記したワッペン, 安全パ トロール用腕章, ブックカ バー) オンリーワン製品
伸 洋 産 業	生ごみ消滅機 世界でオンリーワン	オー・エイチ・ティー	電子回路基板の「非接触式 検査機」 オンリーワン製品
北 川 精 機	プリント基板用プレス機 市場シェア世界 1 位	今 岡 製 菓	粉末清涼飲料 国内シェア 1 位 (40%)
柿 原 工 業	めっきに銅を使わない 「銅フリー技術」 国内最初の技術		
ホ ー コ ス	微少潤滑剤供給システム工 作機 (MQL システム工作 機) 世界で最初の製品		
渋谷 産 業	縄文餅, ニュー備後餅 オンリーワン製品		

2. 企業の成功要因

2-1. 成功要因の選定

オンリーワン・ナンバーワン企業の成功要因として、前稿と同様に、本稿でも経営者の姿勢など（姿勢、精神、理念、モットー、スローガン、社是）、技術開発、製品開発、製品、発想、事業の転換、戦略、人材育成、および企画力の 8 項目を選定した。8 項目について 1 次資料を検討し、1 次資料から明確に読み取れることを書き出して 2 次資料を作成した。なお、本稿では、1 次資料から読み取れた販路開拓などの 5 項目を追加した。

2-2. 成功要因の調査

作成した 2 次資料は表 7 の如くであるが、最初に、表 6 として調査結果を 1 括した成功要因別の企業分布を示しておく。

表 6 成功要因別の企業分布			
製品開発	38 社	(今回追加した 5 項目)	
経営者の姿勢など	36	販路開拓	6 社
技術開発	15	在庫管理	1
事業の転換	7	ラインの自動化	1
戦略	4	企業責任の明確化	1
人材育成	4	原料産地の厳選	1
企画力	0		

なお、複数あるいはそれ以上の項目が読み取れる企業があるため、項目別企業数の合計は 38 社とならない。

飯 塚 勲

表7 企業の成功要因の調査—2次資料の作成

企 業 名	経営者の 姿勢 社是 精神 スローガン 理念 モットー	発 想 製品開発 技 術 開 発 戦 略 事業の転換 企 画 力	製 品
プラスアル ファー福山	(理念) 社会貢献できる企業	(製品開発) 商品が独自性を持ち、社会に 参画できること 利益追求だけでは大手に対抗 できない	卵パック（糸を引いて口を 裂く） エッグプリント（卵に賞味 期限を印字する） 広告付おしぼり 再生プラスチックを使った 卵パック
国 延	(姿勢) 子どもが丈夫に育ってほしい	(製品開発) 児童・生徒向けの商品開発 (事業の転換) 煮干し製品の卸売業から海産 物加工業へ転換	アーモンドカル（イリコと アーモンドを組み合わせた 海産物加工食品） イリコと大豆の組み合わせ など6種類の製品
日本デリバリー サービス	(姿勢) すべての日本女性を美しく 高級品で勝負する時期まで国 内工場への委託を続け、生産 基盤を守る	(事業の転換) 輸入品の配送・検品からモン ペスラックス、ジーンズ、ブ ルゾンの製造へ (製品開発) ヒップアップインナー付ジ ーンズ	ヒップアップインナー付ジ ーンズ 男女パンツ、ジャケット、 スカート、子供服
清 水 化 学	(姿勢) こんにやくの良さを世界共通 の分子名「グルコマンナン」 で宣伝すれば理解されるはず	(技術開発)(製品開発) こんにやくの成分グルコマン ナンの精製技術を開発 純度 99%以上のグルコマンナンを 生産できるのは世界で1社だ け	グルコマンナン (乳液や整髪剤の増粘剤 洗顔剤や歯磨き粉の原料 生分解性のスポンジの原料 ダイエット食品やソーセ ージなど増粘剤) 海藻を使ったヘルシー食品
中 居 木 工	(姿勢) オンリーワン商品を持ってい れば強い。自分に価格決定権 がある	(製品開発) 1年1商品の開発 (技術開発) CADでネジ穴の最適位置を 決定する	木製折り畳みベッド ひのきスノコマット スイングチェア 介護用起立補助イス 折り畳み式ひじ付き座イス
中村機械製作所	(姿勢) 使う側の身になる職人魂 (メンテナンス業務に力を入 れる) 日本文化の継承	(製品開発) 畳表織機の開発	2本芯畳表自動織機 (高級畳表重量3kgを織る)
旭スチール工業	(姿勢) 共存共栄の精神 (安定した経営の下で従業員 が気持ちよく働き、地域のた めにわずかでも貢献できれば 十分)	(技術開発) 安全確保と法順守が大前提の 商品のため、細部まで妥協の 余地のない技術 (事業の転換)(製品開発) 金属性の家具・建具製造から、 船舶の防火ドア、防火窓、調 理場の扉などの製造へ	船舶の防火ドア、防火窓、 調理場の扉
細川センイ	(姿勢) お客のニーズに合わせ、さら に種類を増やす	(販路開拓) 店舗の他、ホームセンター、 通信販売 (製品開発) カツオじま模様もんぺ、ガー デニング用もんぺ	もんぺ（女性用農作業着） カツオじま模様もんぺ（20 00年発売、ヒット商品） ガーデニング用もんぺ（20 03年発売、ホームセンター 販売）ブラウス、男性用ス ラックス

備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因（２）

福利物産	(姿勢) 食品は安全とおいしさが第一	(製品開発) こだわりの食品づくりが生き残る道、新製品開発に力を入れる（研究担当者５名） (技術開発) 職人の技（調味のさじ加減、副材の手交ぜ） (販路開拓) 通信販売の他、郵便局の「ふるさと小包」や宅配便を利用	味付ちりめん （ちりめんじゃこに昆布、シソ、エビ、広島菜を混合）
追坂電子機器	(姿勢) 自社技術を体の不自由な人のために役立てる	(製品開発) 筋電計測装置のロボット操作や家電・福祉機器の操作への応用に取り組む	筋電計測装置（2004年）商品化
ケニュー	(姿勢) 開発型企業を目指す	(発想) あったら安心、あったら便利 (製品開発) 消費者ニーズに合った新商品の実用化	携帯用ミニトイレ 登山者向簡易トイレ 温冷両用のアイマスク 冷却用まくら 首筋を冷やす商品 わきアイス（脇の下で使う）
川瀬工具店	(姿勢) 家具づくりに刃物は欠かせない 府中の匠の技を支える縁の下の方持ちとして家具メーカーのニーズに応える	(技術開発) オンリーワンの技術 (製品開発) エターナルコート	木工用刃物 チップソー、成型カッター エターナルコート（半永久的に使える刃物）
明和工作所	(姿勢) 循環型社会実現のお手伝いをする	(製品開発) ペットボトルのリサイクル用減容機 １号機、２号機、３号機、４号機	歯車、ロボット用歯車部品 歯車式ペットボトル減容機
エクセル	(姿勢) LEDの看板や案内板を通して、活気ある店や町づくりに貢献する	(ニッチ戦略) 個人商店やテナントビルなど小口の顧客への対応は中小企業の方が動きやすい (製品開発) LEDランプの製造開始（2000年）LEDランプで64色の光を表示する装置開発（2004年）	太陽電池用ウエハー LEDの集合看板、案内板
エフピコ	(姿勢) 環境対応なくして成長なし	(製品開発) リサイクルトレー（1990年） エコトレー（1992年）	発泡スチロール汎用トレー リサイクルトレー エコトレー
深江特殊鋼	(姿勢) 特殊鋼のコンビニとして、取引先が喜ぶ新しい形を追求する	(在庫管理)(製品開発) 特殊鋼約700種類の在庫で注文に即応する (ライン自動化) 鋼材の入庫・受注・切断・仕分けの全工程を自動化	金型メーカーへ納入する特殊鋼
丸善製菓	(姿勢) 安全で安心、体に優しい素材・商品を提供する	(製品開発) 総合研究所 スタッフ 40名 油溶性甘草エキスのグラブリジン発見（2004年度中国地方発明表彰広島県知事賞受賞） 500種類の植物からエキスを抽出	甘草精製物 500種類の植物から天然エキスを抽出・精製し、甘味料、健康食品、化粧品、医薬品とする

飯 塚 勲

徳永製菓	(姿勢) 顧客の意見を直接聞き、ヒット商品開発のヒントにする	(事業の転換) 卸売事業から製造販売業へ転換 (2002年) (製品開発) 全国の土産品店、特産品販売店、雑穀卸会社から特産品を生かした豆菓子開発を受託し、試作品の開発に取り組む	竹炭豆、チップ
広愛産業	(姿勢) ごみ処理と燃料の再利用で「ごみ革命」を起す	(製品開発) 「KOA I (コアイ)」開発 (2002年) 20種類以上の細菌でごみを水と2酸化炭素に分解する機械 軽トラック2杯分のビニール、プラスチック、残飯を混ぜたごみを機械に投入すると、約5時間後に手のひら2〜3杯分のかすになる	「KOA I (コアイ)」
ガルバ興業 三原工場	(姿勢) 橋げたの革命を目指す	(事業の転換) ねじれない溶融亜鉛メッキ技術の開発成功	メッキ加工鋼材 溶融亜鉛メッキ鋼材橋げた
ローツェ	(姿勢) 起業以来、世界的なニュースになる製品を作ることを目標にする	(技術開発)(製品開発) 半導体の搬送機「クリーンロボット」製品化 (1986年)	半導体の搬送機
東亜林業	(姿勢) 天然乾燥材を広め、100年200年もつ伝統ある住宅を提供する	(技術開発)(製品開発) 角材をステンレス乾燥釜の中で蒸気を出しながら低温に保ち、木の樹脂と細胞を殺さず水分を蒸発させ乾燥させる 「釜乾燥」と屋外乾燥で乾燥木材の品質を均一にする (戦略) 住宅品質確保法施行 (2004年4月) をにらみ、乾燥材の量産化を開始する	乾燥木材
岡本工機	(姿勢) 歯車の精度にこだわる	(発想)(製品開発) 単なる受注業でなく、発注先のパートナーになる 取引先の設計通りに再現するだけでなく、より強度や性能を上げた歯車も提案する (人材育成) 次世代への技術伝承に力を入れる (企業責任の明確化) 設計から熱処理までの全行程をすべて自社で行ない、製品の製造責任を負う	歯車 80% 工作機械 20% 歯車は工作機械、印刷機、組み立てロボット、船外機械の部品 工作機械に「OKAMOTO」のロゴマークをつける

備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因（２）

石井表記	(姿勢) ローテック事業（ラベル印刷、 薄型スイッチなど）も事業の 柱の１つとする	(販路開拓) ニッチ戦略（プリント基板研 磨機） (製品開発) 独創的な製品を作る プリント基板研磨機(1983年) セラミック製バフ(1998年) 自動車のクラッチ板の研磨ラ イン(2004年)	スイッチパネル、プリント 基板、シルク印刷、精密板 金、ネームプレート(31%) プリント基板製造機器、半 導体製造機器、板金用研磨 機、ウエハー生産機器（46 %）太陽電池ウエハー（23 %）
シーケイエス・ チューキ	(姿勢) 新たな開発で製材業全体を元 気にする	(製品開発) 「ツインスター21」(2002年) 曲がった木の丸太にレーザー センサーを当てて無駄のない 形状をコンピュータが計算し、 これに従ってのこぎりが移動 回転して丸太の周囲を切り落 す (多角化戦略) リサイクル部門を強化する (チップパー、破碎機)	製材機 チップパー（間伐材をチップ にする加工機）破碎機
ヒロボー	(姿勢) 「美しく生きる」 営利だけを追求する企業の姿 は美しくない。人を感動させ、 自分を誇りに思う気持ちを大 切にする。 「世界1のものづくりになる」 「社会の役に立つ会社になる」	(事業の転換)(製品開発) 紡績業から電機部品、プラス チック加工、小型無線ヘリへ 事業転換 (人材育成) 製品開発で人材育成	小型無線ヘリ1号機（1976 年）室内用無線小型ヘリ（ 2004年）小型無線ヘリの用 途は趣味、農薬散布、送電 線点検、災害現場の映像送 信、地雷発見など
光陽産業	(姿勢) 従業員への信頼が技術への自 信の源泉になる	(技術開発) 従業員の経験と勘に頼る平鋼 の「型定め」（ミリ単位の寸 法調整） (製品開発) 圧延のバリエーションで建設 資材メーカーなどのニーズに 応える (人材育成) 即戦力の中途採用の他に新卒 の採用で若い人材を育てる	小型平鋼、角鋼、丸鋼、異 型断面鋼（鉄骨やスクラッ プの再生鋼材）
アドテック プラズマ テクノロジー	(姿勢) 新技術の開発を大切にする	(技術開発) 低温プラズマガスを大気中で 発生させる技術を発明 (製品開発) 低温プラズマガスを使った医 療機器に取り組む 足の細菌 感染やアトピー性皮膚炎の治 療に用いる	プラズマ用高周波電波装置 (2002年)

飯 塚 勲

伸洋産業	(姿勢) 地球環境を守り、資源を再利用する	(製品開発) 乾式の生ごみ処理機(1985年) 土壌菌とおがくずを基材とする 生ごみ消滅機(1997年) 水中で野菜や魚などを分解する 海上保安庁巡視船や商船50隻に搭載 企業、特別養護老人ホーム食堂、マンションへ広がる 将来は自治体の生ごみ処理へ広げる 処理水を肥料に再利用する	生ごみ消滅機 食器洗浄液、洗濯液、冷凍食品の解凍機
北川精機	(姿勢) 時代のニーズを見極め、新分野に挑戦する	(技術開発)(製品開発) 特 許 131件 実用新案 51件	プリント基板用プレス機(1982年) 太陽光発電用シリコンウエハー(2003年) 携帯電話用小型蓄電装置(2006年)
柿原工業	(姿勢) プラスチック素材の製造からリサイクルまでの流れをさらに充実させ、メタライジング(素材の表面に高付加価値を付ける)の可能性に挑む	(技術開発)(製品開発) 銅フリー技術 めっきに銅を使わない技術 自動車部品のリサイクルに役立つ	自動車部品 外板(2003年) フロントグリル(2006年)
ホーコス	(姿勢) 技術には常識を覆す力がある	(技術開発)(製品開発) 納入先の部品メーカーからの「職場環境を改善したい。クーラント(切削液)をかけない工作機械はできないか」という要望にもとづき、1992年から技術開発を開始。1995年にMQLシステム工作機械を完成。2001年に全米製造科学センターで評価され、米国で販売開始。その後日本の自動車メーカーも採用。 (販路開拓) MQLシステム工作機械を自動車関連だけでなく、今後は家電製品メーカーや金型工場へ納入する	微量潤滑剤供給システム工作機械 (MQLシステム工作機械) 直径3ミリ、長さ18センチのドリルの刃が厚さ15センチの鉄板を10秒で貫く。摩擦熱を抑える微量のクーラント(切削液)を刃先から高速噴射し、円滑な切削を実現する。
渋谷産業	(姿勢) 独自商品を開発する	(事業の転換)(製品開発) 往時の餅を再現した商品を作り始める(1996年) 40年間主力製品だった「もんべ用餅」から撤退 (人材育成) 職人が高齢化し、技術の維持が困難な状況にあるため、若い世代への技術伝承に力を注ぐ (販路開拓) HPを通じて全国から注文を受ける(1996年)	縄文餅 洗練さより素朴さを追求する ニュー備後餅 和紙の糸を使う

備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因（２）

ドルチェ	(姿勢) 来客に低カロリーの健康的な商品を提供し、店の前の瀬戸内海の景観を味わってもらう	(製品開発) 天然素材100%にこだわる 瀬戸田のレモン・デコボン、 因島のハッサク、尾道のモモ、 愛媛伯方の塩など特産品を使用する (販路開拓) インターネット注文を受け付ける(2000年)	アイスクリーム35品目
早川ゴム	(姿勢) 「防水と防音」をテーマに安全、安心なまちづくりを支える	(製品開発) 年間に従業員1人から3件、会社全体で1,000件を目標に新製品のアイデアを募る (事業の転換) ゴム履物から撤退し、工業用ゴム製品製造に特化する	「合成ゴム「ブチルゴム」の止水性を活用し、ダムや河川の堤防のつなぎ目を結合する製品」(1995年1月の阪神大震災で耐震性が認められる) 「サンタック キャップ」(1987年発売) (マンホールの側面に排水管をつなぐとき、つなぎ目に使う専用ボンドと特殊ゴム製の継ぎ手) 多くの自治体で採用される「建物屋上に張る防水シート、マンションの床の騒音を防ぐ素材」
モンデン化成	(姿勢) 人をわくわくさせる製品づくりに挑み続ける	(技術開発)(製品開発) カラー印刷を施した塩化ビニールと下地の透明な塩化ビニールを「高周波ウエルダー」で溶着させる「箔押し」(箔を手帳カバーに付ける)にとどまっていた塩ビの印刷・加工を印刷から加工までの一貫生産にする	ポリエチレン袋、ラミネート袋 マウスパッド(カラー文字を記したワッペン、安全バトロール用腕章、ブックカバーなど)
オー・エイチ・ティー	(姿勢) 新しい価値を創造する	(製品開発)(技術開発) 電子回路基板の「非接触式検査機」(1995年) ガラス基盤用検査機(2001年)	電子回路基板の「非接触式検査機」 ガラス基盤用検査機
今岡製菓	(姿勢) 質の高い原料を仕入れ、質の高い商品を生産する	(原料産地の厳選) レモン(尾道市瀬戸田町産) ショウガ(高知県土佐香美農協より) でんぷん(北海道美幌町産) きんかん(鹿児島県南さつま市) (販路開拓) 通販部門を設立する (事業の転換) 豆菓子・あめの製造から粉末清涼飲料製造へ(1974年)	粉末清涼飲料 レモネード しょうが湯 きんかん湯

3. 企業の経営継続の要因

3-1. 現在の主力製品を開始してからの経過年数にもとづく企業の分布

表 8	
6～9年	3 社
10～17年	14
20～28年	10

30～32年	5
44～47年	2
50～56年	4
計	38 社

調査結果は表 8 の如くである。日経ビジネス編『会社の寿命』⁴⁾は日本の会社の平均寿命が30年であると指摘したが、主力事業を開始してからでも38社中の11社は平均寿命を超えている。創業時からの経年数では、ほとんどの企業が30年を超えていることが注目される。

3-2. 経営継続の要因

成功要因の8項目（本稿では販路開拓、在庫管理、生産ラインの自動化、製造の全工程を自社で担当する企業責任の明確化、原料産地の厳選、の5項目を追加した）は、換言すれば、経営継続の要因であると考えられる。調査の結果、製品開発や技術開発の具体的な内容が明らかになった。

製品開発(38社)
技術開発(15社)
発想(2社)
事業の転換(7社)
戦略(4社)
人材育成(4社)
追加の5項目(10社)
経営者の姿勢など(36社)

項目別企業分布は左の如くである。項目別各社の明細は表9～表16の如くである。技術開発と製品開発は、観念的には区別できるが、実際は新製品開発のための新技術開発であるため、技術開発と製品開発は一体化している。開発した技術に特許権などを取得するのは、他企業による同種製品の製造を防止するためであり、特許権使用料を収入とする目的は稀である。

製品開発と技術開発の明細は表9と表10の如くである。

表 9 製品開発(38社)

- ①卵パック、エッグプリント
(プラスアルファ・福山)
- ②アーモンドカル(国延)
- ③ヒップアップインナー付ジーンズ
(日本デリバリーサービス)
- ④グルコマンナン(清水化学)
- ⑤木製折り畳みベッドなど(中居木工)
- ⑥2本芯畳表自動織機(中村機械製作所)
- ⑦船舶の防火ドアなど(旭スチール工業)
- ⑧カツオじま模様もんぺなど(細川センイ)
- ⑨味付ちりめん(福利物産)
- ⑩筋電計測装置(追坂電子機器)
- ⑪携帯用ミニトイレなど(ケンユー)
- ⑫エターナルコート(川瀬工具店)
- ⑬歯車式ペットボトル減溶機(明和工作所)
- ⑭LEDの集合看板、案内板(エクセル)
- ⑮エコトレー、リサイクルトレー(エフビコ)
- ⑯特殊鋼(深江特殊鋼)
- ⑰甘草精製物(丸善製薬)
- ⑱竹炭豆、野菜チップ(徳永製菓)

- ⑲ごみ処理機「KOA I (コアイ)」(広愛産業)
- ⑳溶融亜鉛メッキ加工鋼材橋げた(ガルパ興業三原工場)
- ㉑半導体の搬送機(ローツェ)
- ㉒乾燥木材(東亜林業)
- ㉓歯車(岡本工機)
- ㉔プリント基板研磨機(石井表記)
- ㉕製材機「ツインスター21」(シーケイエス・チューキ)
- ㉖小型無線ヘリ(ヒロボー)
- ㉗小型平鋼など(光陽産業)
- ㉘プラズマ用高周波電源装置
(アドテックプラズマテクノロジー)
- ㉙生ごみ消滅機(伸洋産業)
- ㉚プリント基板用プレス機など(北川精機)
- ㉛銅フリー技術の自動車部品(柿原工業)
- ㉜MQLシステム工作機(ホーコス)
- ㉝縄文綿など(渋谷産業)
- ㉞天然素材100%のソフトクリーム(ドルチェ)
- ㉟サンタックキャップなど(早川ゴム)
- ㊱マウスパッド(モンデン化成)
- ㊲電子回路基板の非接触式検査機(オー・エイチ・ティー)
- ㊳粉末清涼飲料(今岡製菓)

備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因（2）

表10 技術開発（15社）

- ①グルコマンナン精製技術（清水化学）
- ②CADでネジ穴の最適位置を決定する（中居木工）
- ③船舶の防火ドアなど（旭スチール工業）
- ④調味のさじ加減、副材の手交ぜ（福利物産）
- ⑤木工用刃（川瀬工務店）
- ⑥溶融亜鉛メッキ鋼材橋げた（ガルパ興業三原工場）
- ⑦半導体の搬送機（ローツェ）
- ⑧釜乾燥木材（東亜林業）
- ⑨平鋼の型定め（光陽産業）
- ⑩低温プラズマガスを大気中で発生させる技術（アドテックプラズマテクノロジー）
- ⑪プリント基板用プレス機など（北川工機）
- ⑫銅フリー技術（柿原工業）
- ⑬MQLシステム工作機（ホーコス）
- ⑭マウスパッドの高周波ウェルダーによる溶着（モンデン化成）
- ⑮電子回路基板（オー・エイチ・ティー）

調査によって判明した注目される項目として、発想（新しい発想、発想の転換）、事業の転換、および戦略がある。表11、表12、表13は発想、事業の転換、および戦略の明細な内容をまとめたものである。

表11 発想（2社）

- ①あったら安心、あったら便利（ケンユー）
- ②単なる受注業でなく、受注先のパートナーになる。
すなわち、受注先の設計通りに再現するだけでなく、より強度や性能を上げた歯車を提案する（岡本工機）

表12 事業の転換（7社）

- ①輸入品の配送・検品からジーンズなどの製造へ（日本デリバリーサービス）
- ②金属製の家具建具製造から船舶の防火ドアなどの製造へ（旭スチール工業）
- ③卸売事業から製造販売業へ（徳永製菓）
- ④紡績業から小型無線ヘリなどの製造へ（ヒロボー）
- ⑤もんぺ用紺から往時の紺を再現した商品へ（渋谷産業）
- ⑥ゴム履物から工業用ゴム製品製造へ（早川ゴム）
- ⑦豆菓子・あめの製造から粉末清涼飲料製造へ（今岡製菓）

表13 戦略（4社）

- ①ニッチ戦略、個人商店やテナントビルなど小口の顧客への対応は中心企業の方が動きやすい（エクセル）
- ②制度対応戦略、住宅品質確保法施行をにらみ、乾燥材の量産化を開始する（東亜林業）
- ③ニッチ戦略、すき間市場のプリント基板研磨機でナンバーワンを続け生き残る（石井表記）
- ④多角化戦略、製材機の他にリサイクル部門を強化する（シーケイエス・チューギ）

人材育成と今回追加した5項目の内容は表14と表15の如くである。

表14 人材育成（4社）

- ①次世代への技術伝承に力を入れる（岡本工機）
- ②製品開発で人材を育成する（ヒロボー）
- ③即戦力の中途採用の他に、新卒の採用で若い人材を育てる（光陽産業）
- ④若い世代への技術伝承に力を注ぐ（渋谷産業）

表15 今回追加した5項目

- (1)販路開拓(6社)
 - ①店舗の他、ホームセンター、通信販売(細川セイイ)
 - ②通信販売の他、郵便局の「ふるさと小包」や宅配便を利用する(福利物産)
 - ③自動車関連だけでなく、家電製品メーカーや金型工場へ納入する(ホーコス)
 - ④HPを通じて全国から受注する(渋谷産業)
 - ⑤インターネット注文を受け付ける(ドルチェ)
 - ⑥通販部門を設立(今岡製菓)
- (2)在庫管理(1社)
 - 700種類の特種鋼の在庫で注文に即応する(深江特殊鋼)
- (3)ラインの自動化(1社)
 - 鋼材の入庫・受注・切断・仕分けの全工程を自動化(深江特殊鋼)
- (4)企業の製造責任の明確化(1社)
 - 設計から熱処理までの全工程をすべて自社で行ない製品の製造責任を負う(岡本工機)
- (5)原料産地の厳選(1社)
 - レモン、ショウガ、でんぷん、きんかんの産地選択(今岡製菓)

経営者の姿勢などの内容は表16の如くである。後述のように、経営者の姿勢などは企業経営の全体を支えている経営理念とリーダーシップに担当する。また前稿と本稿で取り上げた8項目から経営者の姿勢などの1項目を除いた7項目と今回追加した5項目は、環境変化に対応する方針という意味での戦略に相当する。

表16 経営者の姿勢など(38社)

- ①社会貢献できる企業(プラスアルファー福山)
- ②子供が丈夫に育ってほしい(国延)
- ③すべての日本女性を美しく(日本デリバリーサービス)
- ④こんにやくの良さを世界共通の分子名「グルコマンナン」で宣伝すれば理解されるはず(清水化学)
- ⑤オンリーワン商品を持っていれば強い(中居木工)
- ⑥使う側の身になる職人魂(中村機械製作所)
- ⑦共存共栄の精神(旭スチール工業)
- ⑧お客のニーズに合わせ、さらに種類を増やす(細川セイイ)
- ⑨食品は安全とおいしさが第1(福利物産)
- ⑩自社技術を体の不自由な人のために役立てる(追坂電子機器)
- ⑪開発型企業を目指す(ケンユー)
- ⑫家具づくりに刃物は欠かせない。家具メーカーのニーズに応える(川瀬工具店)
- ⑬循環型社会実現のお手伝いをする(明和工作所)
- ⑭LEDの看板や案内板を通して、活気ある店や町づくりに貢献する(エクセル)
- ⑮環境対応なくして成長なし(エフビコ)
- ⑯特種鋼のコンビニとして、取引先が喜ぶ新しい形を追求する(深江特殊鋼)
- ⑰安全で安心、体に優しい素材・商品を提供する(丸善製菓)
- ⑱顧客の意見を直接聞き、ヒット商品開発のヒントにする(徳永製菓)
- ⑲ごみ処理と燃料の再利用で「ごみ革命」を起す(広愛産業)
- ⑳橋げたの革命を目指す(ガルバ興業三原工場)
- ㉑起業以来、世界的なニュースになる製品を作ることを目標にする(ローツェ)
- ㉒天然乾燥材を広め、100年、200年もつ伝統ある住宅を提供する(東亜林業)
- ㉓歯車の精度にこだわる(岡本工機)
- ㉔ローテク事業もハイテク事業と共に事業の柱の1つにする(石井表記)
- ㉕新たな開発で製材業全体を元気にする(シーケイエス・チューキ)
- ㉖美しく生きる、世界1のものづくりになる、社会に役立つ会社になる(ヒロボー)
- ㉗従業員への信頼が技術への自信の源泉になる(光陽産業)
- ㉘新技術の開発を大切にする(アドテックプラズマテクノロジー)
- ㉙地球環境を守り、資源を再利用する(伸洋産業)
- ㉚時代のニーズを見極め、新分野に挑戦する(北川精機)
- ㉛メタライジングの可能性に挑む(柿原工業)
- ㉜技術には常識を覆す力がある(ホーコス)
- ㉝独自商品を開発する(渋谷産業)
- ㉞来客に低カロリーの健康的な商品を提供し、瀬戸内の景観を味わってもらう(ドルチェ)

- ⑤防水と防音をテーマに安全、安心なまちづくりを支える（早川ゴム）
- ⑥人をわくわくさせる製品づくりに挑み続ける（モンデン化成）
- ⑦新しい価値を創造する（オー・エイチ・ティー）
- ⑧質の高い原料を仕入れ、質の高い商品を生産する（今岡製菓）

本稿で取り上げた38社の調査結果から、我々は何を汲み取るべきであろうか。

「経営者の行なう基本的な意思決定は、戦略、組織構造、経営管理システムの三つに大別できる。これが経営の設計要素で、これらの決定に生命を与え、組織を引っ張っていくうえで、欠くべからざる基盤になるのが、経営理念とリーダーシップである」⁵⁾

如上の研究枠組を構成する、経営理念とリーダーシップ、戦略、経営組織、および経営管理システムの4要素を38社の調査結果と関連づければ、次のような説明が可能である。

第1に、経営理念とリーダーシップは、この調査項目では経営者の姿勢などに相当する。明確に経営者の姿勢などを読み取れた企業は38社全体に及ぶ。

第2に、この調査で判明した最も重要なことは、38社すべてが戦略で成功していることである。表13の戦略に加え、環境変化に対応する方針という意味での戦略には、製品開発など7項目および追加した5項目も戦略として1括できる。したがって、38社の主たる成功要因、換言すれば経営継続の要因は、一言で言えば、戦略の成功（戦略での成功）である。

第3に、この調査で判明した、事業の転換で成功している企業が7社あるが、これは製造する製品種類の変更に止まらず、組織構造と経営管理システムにも影響を及ぼす項目と考えられる。

1990年代初頭に提案された「良い会社」⁶⁾の新しい指標をこの調査結果と関連づければ、製造の独自性と経営理念の普遍性は38社の多くに認められる。

1970年代に関心を集めた経済のサービス化現象⁷⁾（モノにもサービスの機能をもたせる）をこの調査結果と関連づければ、ヒップアップインナー付ジーンズ（日本デリバリーサービス）、木製折り畳みベッド（中居木工）、カツオじま模様もんぺやガーデニング用もんぺ（細川センイ）、携帯用ミニトイレ（ケンユウ）、および縄文緋（渋谷産業）の例を挙げることができる。

3-3. 経営継続要因の総括

前稿と本稿における経営継続の要因に関する調査結果を総括すれば、左の如くである。

	前稿 38 社	本稿 38 社	合計 76 社
製品開発	37 社	38 社	75 社
技術開発	27	15	42
発 想	13	2	15
事業の転換	8	7	15
戦 略	6	4	10
企 画 力	2	0	2
人材育成	2	4	6
経営者の姿勢など	19	38	57

備後地域のオンリーワン・ナンバーワン企業76社に関する調査結果の総括から判断すれば、経営理念とリーダーシップに担当する経営者の姿勢などを基盤にして、技術開発と1体化した製品開発によって顧客へ対応し、経営継続を維持している企業の姿が浮かび上

がってくる（この点に関しては、「おわりに」の部分で再度検討してみる）。発想を転換したり、従来の事業を中止して新事業へ転換することによって生き残っている企業が87社中の15社を占めていることも注目される。

おわりに

—中小企業の経営戦略とよい戦略の特性からの備後地域76社の検討

前稿と本稿における調査は、備後地域のオンリーワン・ナンバーワン企業76社の経営継続の要因は何であろうかという素朴な問題意識への解答を求めたものである。調査結果から得られた解答は戦略での成功にあるということであった。

最後に、探し求めた問題意識への解答を先行研究と関連づけて検討してみよう。

次のような中小企業に関する5つの仮説が1972年に出版された著書⁸⁾で提案されている。

- ①規模の小さい企業ほど、利益率、投資効率など生産性が高い。
- ②中小企業のあり方は独立自主を建前とした、労働・知識・熟練の集約化と商品・サービスの差別化こそ生存能力確保の近道である。
- ③経営戦略の効果をとり入れることによって中小企業は高率の賃上げを吸収できる。
- ④中小企業においては資本と労働は統合されて共に主体経営を構成する可能性があたえられている。
- ⑤寡占体制が発展しても、社会全体の利益を生かした自由主義、いわば社会的自由主義を基調とした経済体制を基調とした経済体制の中で、中小企業は独立自主の企業として人類の進歩と幸福にたいして大きな役割を果たすことができる。

備後地域のオンリーワン・ナンバーワン企業76社を作成した2次資料から検討すると、5つの仮説の中の2つの仮説は当てはまると考えられる。それは②の独立自主を建前とし、労働・知識・熟練の集約化と商品・サービスの差別化で生存しているという仮説と⑤の寡占体制下でも、独立自主の企業として役割を果たしているという仮説である。

資料の不足から、①の利益率や投資効率が高いか否かは不明であり、③の高率の賃上げ

が可能か否かも不明である。また④の資本と労働が主体経営を構成する可能性も不明である。

同上書では、中小企業に関する次のような7つの戦略が取り上げられている。

①資本の調達戦略、②経営規模の選択戦略、③寡占体制化の防衛戦略、④モーティベーション戦略、⑤マーケティング戦略、⑥成長戦略、および⑦流通革命戦略

備後地域のオンリーワン・ナンバーワン企業76社を上記の7つの戦略から検討すれば、興味深い結果が得られるであろうが、資料の不足からこのような検討は断念せざるをえない。

次のような、よい戦略の特性に関する見解が1980年に出版された著書¹⁰⁾で提案されている。「よい戦略のもっている共通の特色は、いくつかの事柄についてよく考え抜かれていること、あるいは徹底していることである」。いくつかの事柄とは①差別化、②集中、③タイミング、④流れの設計、⑤組織の勢い、および⑥組み合わせの効果である。これらの6項目に関連づけたよい戦略についての説明を以下に要約しておこう。

1. 差別化

競争相手との間に何らかの形で差をつくりだすこと。

(1)相手と似たことをよりよくやる

1)顧客ニーズにかかわる面で差をつける例

①顧客のニーズへのアピールの仕方についての差、②顧客ニーズへの類似のアピールの仕方のコストの差・効率の差、③製品の差別、④価格の差別、⑤付帯サービスの差。

2)内部効率とコストの面で差をつける例

①生産システムで差をつける、②流通体制で差をつける、③工場立地で差をつける、④労務コストで差をつける。

(2)競争をしないようにするための「すみ分け」を考える

①競争相手の市場セグメントを異にする、②画期的な新製品は競争者のない市場を創り出す。

(3)顧客から評価される差別化をつくりだす源は蓄積された経営資源を配分するパターンの差である

2. 集 中

(1)資源の集中（優先順位づけの明確化）

ある製品、ある市場、ある職能分野に集中的に資源配分をし、組織努力を集中させる。

①顧客ニーズのどこかを集中的に攻める。価格訴求中心でいくか、製品の機能売り物にするか、サービスに集中するか。②競争相手の弱い個所に自社の資源を集中し、相手と

の差別化に成功する。③顧客を自社の客にした後の客を守る努力は相手から顧客を奪う努力より小さくてすむ。④製品開発に努力を集中してヒット商品が生まれれば、組織のモラルがあがり、他の分野も張り切り出す。ヒット商品なしに販売力強化をする努力に比べ数分の一の努力ですむ。⑤ある地域に努力を集中して成功すれば、他の地域にも波及効果を及ぼす。⑥組織努力の集中は組織の一体感をつくりだし、戦略への係わりを強くする。

(2)組織活動の核（中心）をつくる

製品、市場、技術のどれを核にするか。核をつくり守っていく。

3. タイミング

(1)環境の動向、経営資源の蓄積と準備、組織の勢いなどの総合的判断として、戦略実施のタイミングを判断する。

(2)需要の盛り上りのタイミングと設備投資のタイミングがずれたときの悪い波及効果

①遊休設備の発生は投資効率から望ましくない。②在庫投資を圧迫し、資金繰りの悪化を招き、研究開発、販売投資、人材育成などへの投資に遅れと不十分さがでる。③遊休設備で操業したくなり、赤字受注やニーズのあまりない製品を作ることになり、費用負担を増やす。

4. 流れの設計

戦略は時間の流れにともなう事業活動の流れについての設計を必要とする。

(1)流れの設計は順序の設計である（さまざまな行動の前後の順序を決める）

新製品の導入前には、その製品へのニーズを社会的に認知させる作業が必要である。

(2)流れの設計は複数の活動の系列の間の速度の調整の設計である。

1)新製品の導入では、製品開発、生産体制づくり、販売体制づくり、広告活動などが行なわれていく必要がある。全体を律する基本方針を与えるのが戦略である。

2)流れの設計は経営資源の蓄積プロセスの設計であり、よきリサイクルを生みだす。

①1つの製品のヒットが企業の信頼をつくり、次の製品の需要につながる。②1つの製品分野で得たノウハウが次の分野で生きる。③設備投資のタイミングのよさがフル操業を可能にし、それが低価格政策を可能にし、ますます売り上げが伸び、さらにコスト・ダウンにつながる。

5. 組織の勢い

戦略の有効な遂行には組織の勢いを利用し演出することが必要になる。

①集中の1つの目的は組織の勢いをつくることである。②戦略実施のタイミングの判断は組織の勢いを計算に入れることが重要である。③1つの小さな成功をつくれれば、組織の

勢いがでる。④せっかく盛り上った組織の勢いに水をさす行動をとれば、流れの設計も台なしになる。⑤組織の勢いが間違った方向に盛り上ることもある。長期的な環境適合からは望ましくない製品分野でアダ花のような需要の盛り上がりが見られ、そこでの成功が組織の勢いをつくるが、間違った路線に方向づけてしまう。間違った方向に勢いづいた組織の方向を修正するのは容易ではない。

6. 組み合わせの効果

戦略はさまざまところで組み合わせを必要とする。単独で存在したのでは大きな意味をもたない要素が組み合わせられることによって互に欠くことのできない効果を発揮する。

①製品市場や経営資源のポートフォリオのつくり方は典型的な組み合わせの例である。②組み合わせの効果の典型例は相乗効果やバランス効果（ポートフォリオ効果）である。③ある製品分野と企業のもつ経営資源との組み合わせが、競争相手との間の差別化に十分な相対的優位性を生み出すことも組み合わせの効果である。④ラジカセはラジオとカセットコーダーから生まれた商品であり、組み合わせ効果の例である。⑤1つ1つの簡単な組み合わせ効果の輪がいくつもつながって、複雑な戦略の全体を形づくっていく（相互依存の論理、いもづる式論理）。全体の組み合わせが緊密であればあるほど戦略の効果は高まる。A製品の販売にはBの能力を組み合わせる。Bの能力を蓄えるにはCとDの手段を同時に組み合わせる必要がある。Cの手段は同時にEの能力を副次的に生み出す。Eの能力を使ってF製品をA製品と組み合わせると効率がよい。A製品の顧客はG製品へのニーズももっている。⑥6項目の間にも組み合わせが必要である。集中と差別化、タイミングと差別化、集中と流れの設計、流れの設計と組織の勢い、それぞれの間の組み合わせが必要である。

如上のよい戦略の特性を構成する6項目から備後地域のオンリーワン・ナンバーワン76社の戦略を検討すれば、次のような説明が可能である。

まず、経営継続の要因が製品開発（75社）と技術開発（42社）である企業を検討すると、多くの企業は技術開発と一体化した製品開発で経営継続を維持し、しかもオンリーワンの特性をもった技術と製品とナンバーワンの売上を達成している。しかし、これらの企業はそもそも戦略という意識が欠落している。企業は当初から戦略を意識して出発しているのではない。調査結果から事後的に観察すれば、戦略での成功と判断できるだけである。戦略のどの項目に相当するか判断すれば、差別化と集中で成功していると言える。意識的にあるいは無意識的にニッチ戦略（機械化された大企業では不可能な、職人技の手作業での製品製造など）などを実施している10社は、差別化の「すみ分け」で成功していると言える。

次に、経営継続の要因が発想（15社）と事業の転換（15社）である企業を検討すれば、これらの企業は新しい発想や時代のニーズを考慮して、技術開発と一体化した製品開発で

経営継続を維持し、しかもオンリーワンの特性をもった技術と製品で、ナンバーワンの売上を達成している。しかし、これらの企業も当初から戦略を意識して出発しているのではなく、したがって戦略の特性を構成する6項目の中のどの項目かを意識して戦略を実施しているわけではない。調査結果から事後的に観察すれば、これらの企業は差別化とタイミングの項目で成功していると言えるに止まる。

新製品を開発するために、ひたすら技術開発に取り組み、開発した技術で製造した製品がよく売れることによって、自社の進むべき方向を見い出すことができた。備後地域のオンリーワン・ナンバーワン76社の調査結果からは、このような経営者の姿が浮び上がってくる。調査結果から考えれば、備後地域の76社に対して、経営規模（従業員数など）がある水準に達した時点で戦略、経営組織、および経営管理システムからなる体制を整備すべきであるという勧告をすることが許されるかもしれない。

注

- 1) 『備後発オンリーワン ナンバーワン』（中国新聞備後本社，2006年）
- 2) 枠組を図示すれば次のごとくである。戦略，経営組織，および経営管理システムの間

経営理念 経営 シ ン ジ ン グ ラ イ ズ ム	戦	略
	経	営
	組	織
	経営管理システム	

には上下関係がある。経営者の経営理念とリーダーシップは3つの分野全体を支えている。

- 3) 広島県企画振興部統計課編『広島県統計年鑑』（広島県統計協会，2008年）
- 4) 日経ビジネス編『会社の寿命』（新潮文庫，1989年）
- 5) 伊丹敬之著『経営戦略の論理』（日本経済新聞社，1980年），P. 294
- 6) 日経ビジネス編『良い会社』（新潮文庫，1992年）
- 7) 山崎充著『地域産業の読み方』（PHP研究所，1984年）
- 8) 末松玄六著『中小企業の経営戦略』（丸善株式会社，1972年）PP. iii～iv。
- 9) 同上書，PP. 294～306
- 10) 伊丹敬之，前掲書，PP. 294～301

（謝辞）

中国新聞備後本社に感謝申し上げたい。「この冊子が企業や大学，学校などで幅広く活用され，わたしたちの暮らす備後地方の地域力を内外に発信する一助になることを願ってやみません」（『備後発オンリーワン ナンバーワン』はじめに）の文言に謝し，前稿と本稿は同上冊子を1次資料として利用させていただいた。

本稿の概要は中四国商経学会（於広島大学，2010年12月11日）で報告する機会を与えられた。開催校の準備委員会の諸先生に感謝申し上げたい。また会場で御質問いただい

備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因（２）

た植木英治香川大学名誉教授・高松大学教授に感謝申し上げたい。

Factors of Going Concern Recognized with
“Only One, Number One” Companies
in Bingo Region (Eastern Hiroshima)
:Successful Strategy (Second Half and Conclusion)

Isao IIZUKA

Department of Business Administration
Faculty of Business Administration
Fukuyama Heisei University

Abstract: This article tried to seek and find factors of going concern regarding 38 companies in Bingo Region (Eastern Hiroshima).

This article plans to find factors of going concern by interpreting secondary material including actual performance and success factors possessed by processing primary material, Booklet named “Bingo Hatsu Only One, Number One” (“Only One, Number One Companies founded in Bingo Region”) issued by Chugoku Shinbun Bingo Honsha in 2006.

This article adopts sales per personnel and market share as actual performance, eight items - ideal, technology development, product development, way of thinking, business change, strategy, personnel training, planning ability, and other 5 items - as success factors, respectively.

This research finds out strategy as main factor of going concern regarding 38 companies.

As other companies in the region will be enlightened by factors of going concern depicted in this article and regional industry will prosper, findings of the article will be recognized as a competitive advantage.

This article examines whole results of first and second research by the hypotheses and logics of strategy. For 76 companies in Bingo Region (Eastern Hiroshima) , this article gives a recommendation that they should pay careful attention to the system

備後地域 “オンリーワン・ナンバーワン” 企業の経営継続の要因 (2)

consisting of strategy, organizational formation, and management method.

Key words: Bingo region, only one number one companies, actual performance, success factors, factors of going concern, strategy, successful strategy.

福山平成大学経営学部紀要
第7号(2011), 25頁-48頁

全祖望と唱和詩

— 杭州詩壇との関わりを中心に —

市瀬信子

福山平成大学経営学部経営学科

要旨：全祖望は、浙江省寧波の出身で、清朝中期を代表する学者とくに歴史家として知られる。一方、詩人としての活動はあまり評価されていない。

しかし、当時寄留していた揚州の詩会では中心メンバーとして活躍し、揚州詩壇を代表する詩人の一人に数えられ、揚州の唱和集の編纂も手がけている。また故郷寧波でも詩会を開催し、唱和集を編纂している。ただ、作品の多くが唱和詩であり、個人的な作品が少ないことが詩人としての評価を下げていると思われる。

全祖望自身が唱和詩を非常に高く評価していたことは、彼の書き残した作品の中に様々な形で表れている。またなぜ唱和詩を多く作ったかについては、唱和詩が盛んであった杭州との関係が大きいと思われる。全祖望は若いころから杭州詩人たちと盛んに交流していたのである。

そこで、本稿では全祖望の唱和詩について、杭州詩壇との関連を踏まえて検討することとする。

キーワード：全祖望、唱和、杭州

はじめに

全祖望（一七〇五-五五）は、字を紹衣といい、謝山と号した。浙江寧波の人である。康熙五十九年十六歳で郷試受験の折、査慎行にその古文を絶賛され、雍正十年二十八歳の時、順天郷試に及第し、試験官である李紱に評価されるなど、若い頃からその才覚を認められていた。しかし乾隆元年に進士合格後、乾隆二年翰林院散館の折、彼を憎む者の差し金で¹⁾最下等として知県とされるや、任官の意を断ち、以後は極貧の中で学問に没頭した。この後の全祖望の生活について、『清史稿』では「既帰、貧且病、饔飧不給、人有所餽、弗受。主菰山、端谿書院講席、為士林仰重。二十年、卒於家、年五十有一。（既に帰るや、貧にして且つ病み、饔飧^{ようそん}給らず、人に餽^{おく}る所有るも、受けず。菰山、端谿書院講席に主たりて、士林に仰重せらる。二十年、家に卒す、年五十有一。）」（『清史稿』卷四百八十

一、「全祖望」と記す。北京を去ってからの暮らしについては、杭州の蕺山書院、広州の端谿書院講席とのみ記されているが、董秉純の「全謝山年譜」によれば、乾隆十三年に就任した蕺山書院を翌年には辞し、乾隆十七年に就任した端谿書院も、翌年には病を理由に辞しているため、合計で二年足らずの就職であった。このように、その人生は地位からみれば、決して恵まれたものではなかった。そのため、全祖望は終生「貧」に悩まされることになる。

しかし彼の残した業績は、清朝の学術を代表するに足るものといえる。『清史稿』では、黄宗羲の『宋元学案』を補輯したこと、七度に渡って『水經注』を校訂したこと、三度『困学紀聞』に箋したことについて、「其の汲古の深きを見る」と、古典への造詣の深さを賞賛し、また清代を代表する学者である阮元が「經学、史才、詞科」の三者を兼ね備えた希有な人物と評したことを記す。更に全祖望が弟子との間で交わした問答を収めた『経史問答』について、「実に以て古賢を継ぐ」と評している。このように、全祖望は学者として高い評価を受けている。全祖望の最も親しい友人であり、優れた学者・文学者でもあった杭世駿は、「太鴻之詩、稚威之古文、紹衣之考証、穿穴、求之近代、罕有倫比（太鴻の詩、稚威の古文、紹衣の考証は、穿穴し、之を近代に求むるに、倫比有ること罕なり）。」（杭世駿『詞科掌録』卷二 錢塘厲鶚太鴻）と評し、厲鶚の詩、胡天游の古文と並び、全祖望の考証を、時代を代表する才能として挙げている。これも学者としての評価である。

しかしながら、全祖望に学術以外の著作がなかったわけではない。『清史稿』卷一百四十八「芸文志」には、『鮚埼亭文集』三十八卷、『外集』五十卷、『詩集』八卷、『句余土音』四卷があがっており、詩集も刊行されていたことがわかる。

『鮚埼亭詩集』十卷²⁾の中には、計二十一種の詩集が収められている。その詩に対する扱いがどうかといえば、『清史稿』の伝では、先に見たように詩については一切触れられず、また『清史列伝』卷六十八の伝も詩については記していない。弟子の蒋学鏞が記した『鄭志稿』卷十二の伝の中でも詩には触れていない。

しかし、同じく弟子の董秉純の「全謝山年譜」によれば、乾隆七年、全祖望三十八歳の時に、寧波において同郷の詩人たちと真率社という詩社を作って唱和し、それを『句余土音』と題し、後に刪定して『句余唱和集』とした、とある。³⁾『句余土音』については後に論じるが、とにかく自ら詩社を作って同人と詩作し詩集を編纂する、というように、詩に対して積極的に取り組んだことがわかる。全祖望自身は、詩に対する思い入れが強かったのである。

ところが彼の詩についての評価は決して高いとはいえない。

関全謝山鮚埼亭詩集、共十卷、詩八百三十六首、道光十四年慈谿鄭爾年齡掇董小鈍校本及二老閣諸本付刻、先生詩為余事。而当日与杭堇浦、厲樊榭、趙谷林、意林、馬懈谷

等唱和極多、頗以此得名、亦頗以此自負。其詩学山谷而不甚工、古詩音節未諧、尤多趁韻。然直抒胸臆、語皆有物。其題目小注、多闕掌故、於南宋殘明事、搜尋幽佚、尤足以広見聞。
(李慈銘『越縕堂日記』光緒己卯三月十五日)

全謝山鮚埼亭詩集、共に十卷、詩八百三十六首、道光十四年慈谿鄭爾齡董小鈍校本及び二老閣諸本に拠りて付刻するを関するに、先生詩を余事と為す。而るに当日杭堦浦、厲樊榭、趙谷林、意林、馬懈谷等と唱和極めて多く、頗る此を以て名を得、亦頗る此を以て自負す。其の詩は山谷を学びて甚だしくは工ならず、古詩は音節未だ諧わず、尤も趁韻多し。然れども胸臆を直抒し、語に皆物有り。其の題目小注、多く掌故に関わり、南宋殘明事に於いて、幽佚を搜尋し、尤も以て見聞を広くするに足る。

李慈銘による評価は、後半にあるように、宋の黃庭堅を学んで決してうまくないが、ただ心情を率直に述べて、言葉に実質が有る、という以外に、題と注が故実に関わることが多く、とくに異民族に王朝をとって代わられた南宋明末といった時代の隠れた事実を掘り出して見聞を広めるのに役立つというものである。これは詩に対する文学性を評価しているとは言い難く、むしろ史料的な価値を認めたものに過ぎない。

しかし「余事」と酷評する一方、当時杭世駿、厲鶚、趙昱、趙信、馬曰琯らと唱和することが極めて多く、しかもこれで名声を得、全祖望自身もこのことを自負していたことを指摘している。つまり詩の巧みさはともかくとして、当時は唱和詩で全祖望は自他ともに認める詩人であったということである。

主立った歴史書の中には記載されていないが、全祖望の唱和詩は、時代に受け入れられていたのである。

そこで、本稿では、学術的成果の陰に隠されて無視されてしまっている全祖望の詩、とくに唱和詩について、改めて見なおしてみようと思う。そうすることによって、歴史書から抜け落ちた、全祖望の詩における一面を明らかにすることができるであろう。

1. 全祖望の詩集

現在残されている全祖望の詩集は、『鮚埼亭詩集』に収録されているもので、全二十一種。弟子である董秉純の「全謝山年譜」(『鮚埼亭集』内編巻首)に基づき、蔣天樞「全謝山先生年譜」(商務印書館1930年)で補足しながら制作年代を合わせて記すと、以下のようになる。

卷一「祥琴集」(乾隆六年 三十七歳)

「句余唱和集」(乾隆七年 三十八歳)⁴⁾

卷二「虬骨集」「杪秋江行集」(乾隆八年 三十九歳)

- 卷三「七峰草堂唱和集」（乾隆八年 三十九歳）
「五甲集」（乾隆九年 四十歳）
卷四「鈔詩集」（乾隆十年 四十一歳）
「百五春光集」⁵⁾（乾隆十一年 四十二歳）
卷五「吳船集」「韓江唱和第二集」（乾隆十一年 四十二歳）
卷六「偷兒棄余集」「吳山消夏集」（乾隆十二年 四十三歳）
卷七「漫興集」（乾隆十二年 四十三歳）
「漫興二集」（乾隆十三年 四十四歳）
卷八「望歳集」「采菽齋集」⁶⁾（乾隆十三年 四十四歳）
「西笑集」（乾隆十四年 四十五歳）
卷九「双韭山房夏課」「帖經余事集」（乾隆十四年 四十五歳）
「病目集」（乾隆十五年 四十六歳）⁷⁾
卷十「度嶺集」（乾隆十八年 四十九歳）

このうち、「唱和」と名のつく詩集は「句余唱和集」、「七峰草堂唱和集」、「韓江唱和第二集」の三集である。また「唱和」と名がつかない詩集の中にも、複数の詩人との関わりの中で詠まれた唱和詩が多く含まれる。また、『鮎埼亭詩集』十巻の他に、乾隆七年に寧波の詩人たちと作った真率社での唱和詩を集めた『句余土音』がある。このように全祖望の詩集の中には非常に唱和詩が多い。

全祖望は乾隆二十年に五十一歳で世を去るが、董秉純年譜は、死去の乾隆二十年の項に、全祖望自身が詩稿を刪定して、辛酉（乾隆六年、三十七歳）以前の詩は全て削除してしまい、それ以後の詩の十分の六を収録して十巻にした、と記している。⁸⁾ それゆえ、それ以前にどのような詩があったかわからない。ただ、董秉純年譜によれば、雍正十三年、三十一歳の折に北京で李紱、万承蒼といった名士と唱和し、「和者至百余家」というほど大規模なものとなったという。⁹⁾ 蒋天樞年譜では、これを雍正十二年のこととした上で、全謝山の唱和詩が初めて確認される例とし、これ以後酬答の詩が極めて多い、とする。¹⁰⁾ また蒋天樞年譜には「乾隆二年、……時趙谷林亦浮沈京華、意不自聊、每相過從、以唱酬遣日。（乾隆二年、……時に趙谷林も亦京華に浮沈し、意自ずから聊まず、相過從する毎に、唱酬を以て日を遣る）」とし、盛んに唱和を行っていたことを記している。この記述のもととなっている杭世駿の「趙谷林愛日堂吟藁序」に以下のようにある。

谷林忝詞科北上、浮沈人海、淹忽三年、以批風抹月之胸懷、出障籠持籌之下計、風塵委頓、意不自聊、藉雕鐫五七字以遣日。余与勾雨全吉士謝山在詞館、吳通守東壁以与脩三札留京師、每会合必有詩。（『道古堂文集』巻九「趙谷林愛日堂吟藁序」）

谷林 詞科に応じて北上し、人海に浮沈して、淹忽三年、批風抹月の胸懷を以て、障籠持籌の下計を出だし、風塵委頓、意自ずから聊^{たのし}まず、五七字を雕鏤するを藉りて以て日を遣る。余 勾甬全吉士謝山と詞館に在りて、吳通守東壁与に三札を脩めて京師に留まるを以て、会合する毎に必ず詩有り。

谷林は杭州の趙昱のこと。これによれば、乾隆元年に趙昱は博学鴻試で北京に出、選に落ちた後も数年北京に滞在し、意に染まぬ日々を風月を詩に詠じて過ごし、その時翰林院にいた全祖望や杭世駿と、会うたびに詩を作っている。全祖望の「愛日堂吟稿序」（『鮚埼亭集』内編卷三十二）では、北京で唱和したことには触れていないが、杭世駿の記述により、すでにこの頃から盛んに唱和を行っていたことがわかる。ここから、現在残されている『鮚埼亭詩集』に収録されない唱和詩が多かったであろうことが推察できる。このように全祖望の詩作の場が、孤独な空間ではなく、人と共有する場であることが多かったことは注目すべきことである。

2. 揚州における唱和

全祖望の名が詩人としても知られたのは、とりわけ揚州においてである。全祖望が初めて揚州を訪れたのは、蔣天樞年譜によれば、雍正八年、二十六歳の時である。ここで、厲鶚の仲介で、塩商馬日琯、馬日璐兄弟に会ったと思われる。¹¹⁾ 馬氏兄弟は、揚州を代表する塩商で蔵書家であり、文人芸術家を庇護し、自らも学者詩人として名を馳せた人物である。全祖望は乾隆二年、翰林院散館の後、揚州馬氏の邸宅と、故郷寧波や杭州との間を行き来し、とくに馬氏のもとには長く寓居することになった。

全祖望は馬氏の元で、豊富な蔵書を用いて『困学紀聞三箋』を作り、『宋儒学案』を編纂し、『水経注』を校訂する等、歴史に残る学術的成果をあげていた。しかしこうした作業の他にも、馬氏の元に寄寓するもっと切実な理由があった。というのは、官職につくことがなかったため、深刻な貧困に悩まされ、暮らしに行き詰まるとその都度揚州馬日琯のもとに身を寄せていたようなのである。董秉純は次のように記す。

（乾隆）十四年己巳、先生四十五……秉純按、先生自辛酉以後極貧、饔飧或至不給、冬仲尚衣衿衣、賴維揚詩社歲上庖廩……。

（乾隆）十四年己巳、先生四十五……秉純按ずるに、先生辛酉より以後極めて貧しく、饔飧或いは給らざるに至り、冬仲も尚お衿衣を衣、維揚詩社の歳上庖廩に頼る……。

このように馬氏の元にいた理由は、一つは蔵書を用いるため、一つは貧しさから食を求めたためである。そして食を「維揚詩社」に頼ったとある。董秉純は維揚詩社との関係に

ついてこれ以上詳しく書くことはない。詩社というのは、詩人の結社であり、唱和を主とした活動を行うものである。董秉純年譜には揚州での全祖望の唱和に関する記述が僅かにある。それは以下のようなものである。

（乾隆）八年、癸亥、先生三十九歳。……十月、至維揚、有七峰草堂唱和集。

（乾隆）八年、癸亥、先生三十九歳。……十月、維揚に至り、七峰草堂唱和集有り。

（乾隆）十一年丙寅、先生四十二歳……夏、過維揚、再館馬氏奮經堂、編纂学案、有韓江唱和第二集。

（乾隆）十一年丙寅、先生四十二歳……夏、維揚に過ぎり、再び馬氏奮經堂に館し、学案を編纂し、韓江唱和第二集有り。

「唱和集」と名のついた全祖望の詩集が揚州で編まれたがわかるが、どのような人たちと唱和したかについて董秉純は記さず、揚州の詩社と全祖望の詩作との関連についてははっきりしない。

「維揚詩社」とは、当時揚州のみならず、広く全国に名をとどろかせた「韓江詩社」（韓江吟社、邗江吟社ともいう）のことである。

『清史列伝』は、韓江詩社の様子を次のように伝えている。

馬曰琯、字秋玉、安徽祁門人。……与弟曰璐互相師友、俱以詩名、時称揚州二馬。……家有藏書樓、見秘本、必重価購之、或世人所願見者、不惜千百金付梓、藏書甲大江南北。……好結客、有園庭、曰小玲瓏山館、四方名士過者、輒款留觴詠無虚日。全祖望、符曾、陳撰、厲鶚、金農、陳章、姚世钰、皆館其家、結邗江吟社、時擬之漢上題襟、玉山雅集。

（『清史列伝』卷七十一 馬曰琯）

馬曰琯、字は秋玉、安徽祁門の人。……弟曰璐と互相に師友とし、俱に詩を以て名あり、時に揚州二馬と称せらる。……家に藏書樓有り、秘本を見れば、必ず重価もて之を購ひ、或いは世人の見んことを願う所の者は、千百金を惜しまず梓に付し、藏書は大江の南北に甲たり。……好んで客と結び、園庭有り、小玲瓏山館と曰ひ、四方の名士の過ぎる者、輒ち款留觴詠して虚日無し。全祖望、符曾、陳撰、厲鶚、金農、陳章、姚世钰、皆其家に館し、邗江吟社を結び、時に之を漢上題襟、玉山雅集に擬す。

詩人であり蔵書家である馬曰琯、馬曰璐兄弟の庭園にある「小玲瓏山館」は、四方の名士が皆立ち寄り連日唱和する名所であった。そこに集まった詩人達によって結成されたのが「邗江吟社（韓江吟社）」である。有名な唐の段成式や、元の顧瑛らの唱和になぞらえられるほどのこの詩会の一員で、馬氏の元に寄寓した詩人として全祖望の名が挙がってい

る。また、全祖望がその中の主要人物だったことも各種資料からうかがえる。

揚州嵯商所萃、喜招名士以自重。而馬氏秋玉佩兮小玲瓏山館、尤為席帽所歸。時盧雅雨任運使、又能奔走寒暄。于是四方輻輳、而浙人尤多、如全謝山祖望、陳楞山撰、厲太鴻鶚、金壽門農、陶篁村元藻及授衣弟江皐、尤以領袖稱。（『湖海詩傳』卷六 陳章）

揚州は嵯商の萃まる所、喜んで名士を招きて以て自ら重しとす。而して馬氏秋玉佩兮小玲瓏山館は、尤も席帽の帰する所と為る。時に盧雅雨任運使、又能く寒暄に奔走す。是に于いて四方輻輳し、而して浙人尤も多く、全謝山祖望、陳楞山撰、厲太鴻鶚、金壽門農、陶篁村元藻及び授衣の弟江皐の如き、尤も領袖を以て称せらる。

ここでは揚州馬氏の元集う詩人の中の「領袖」格の一人として全祖望の名が挙がっている。このように、揚州馬氏に関する記録の中では、全祖望は揚州詩壇を代表する人物とされているのである。また全祖望自身も、自分が詩社の重要な位置にあったことを次のように記している。

揚州為江北大会、居民連薈接榼、笙歌輿從、竟日喧聚、其於清歌雅集、蓋罕矣。……乾隆八年九日、嶠谷兄弟招集同社一十四人祀陶公、出所藏仇夷父白描像、懸於閣上、各賦一詩。予方留滯西泠、未得預也。又踰旬而予至、諸君方擬繪圖記之。嶠谷曰、「此中不可無君」。乃以展日更舉、令予得陪卷軸之末。而洪君曲溪兩度皆以病失約、然故吟社中人也、亦補入焉。（『鮚埼亭集』外編卷二十五「九日行菴文謙図序」）

揚州は江北の大会為りて、居民薈を連ね榼を接し、笙歌輿從し、竟日喧聚し、其の清歌雅集に於けるや、蓋し罕ならん。……乾隆八年九日、嶠谷兄弟同社一十四人を招集して陶公を祀り、藏する所の仇夷父白描像を出し、閣上に懸け、各一詩を賦す。予方西泠に留滞し、未だ預かるを得ざるなり。又踰旬にして予至れば、諸君方に絵図に擬して之を記さんとす。嶠谷曰く、「此の中に君無かるべからず」と。乃ち日を展べて以て更に挙げ、予をして卷軸の末に陪するを得しむ。洪君曲溪兩度とも皆病を以て約を失す、然れども故より吟社中の人なれば、亦補入す。

揚州は大会で、住民はみな賑やかな遊びにふけり、清らかな詩を吟じる詩会に取り組む人は少ない。その中で乾隆八年の秋九月九日、馬氏兄弟と同社の十四人で、陶淵明を祀る詩会を開いた。最初全祖望は杭州に出ていた。やがて全祖望が揚州にもどると、詩会の様子を雅集図にしようということになっていた。すると馬曰瑄は「この雅集図の中に全祖望がいないのはおかしい」と、日を改めて再度詩会を開き全祖望を絵の中に加えることができたという。「同社」「吟社」とあるのが、韓江吟社のことである。そして主催者であ

る馬日瑄をして、吟社に無くてはならない、と言わしめたということは、全祖望が吟社の重要人物となっていたことを証明している。

同じく参加者である厲鶚の「九日行菴文讌図記」（『樊榭山房集』巻六）には次のようにある。

乾隆癸亥九日、積雨既收、風日清美、遂約同人、咸集於斯。中懸仇英白描陶靖節像、采黃花、酌白醪為供。乃以「人世難逢開口笑、菊花須插滿頭歸」分韻賦詩、陶陶衍衍、觴詠竟日。既逾月、吳中写真葉君震初適來、群貌小像、合為一、方君環山補景、命曰九日行菴文讌図。装池成、將各書所作於後、而厲鶚為之記。……而此十六人者、或土斷、或客遊、聚散不常。

（『樊榭山房文集』巻六）

乾隆癸亥九日、積雨既に収まり、風日清美、遂に同人と約し、咸斯に集まる。中に仇英の白描せし陶靖節像を懸け、黃花を採り、白醪を酌みて供と為す。乃ち「人世難逢開口笑、菊花須插滿頭歸」を以て韻を分かちて詩を賦し、陶陶衍衍、觴詠して日を竟う。既に月を逾え、吳中の写真葉君震初適来たりて、群貌小像、合して一と為し、方君環山景を補い、命じて九日行菴文讌図と曰う。装池成り、將に各作の所を後に書して、鶚に属して之が記を為らしめんとす。……而して此の十六人の者は、或いは土斷、或いは客遊、聚散常ならず。

この詩会は「同人」とあるように、韓江吟社の仲間が集まって行われたもので、陶淵明の詩を句の韻を分けて各自が詩を詠むという、唱和形式のものであった。肖像画家葉震初が作詩の様子を一ヶ月後に絵にしている。その図の後にそれぞれの詩を書き入れ、さらに厲鶚に「記」を作らせたのである。厲鶚は、「嶠谷詩社、以樊榭為職志（嶠谷の詩社、樊榭を以て職志と為す）」（『鮚埼亭集』巻第二十「厲樊榭先生墓碣銘」）と言われるように、韓江吟社を代表する詩人である。その厲鶚と並んで、全祖望は、先に挙げたように序を書いており、揚州の人と客人十六名の揚州詩会を代表する面々の中での地位の高さをここからも知ることができる。

この他にも、当時の揚州において全祖望が韓江詩社の代表格であったことは、様々な筆記資料からうかがい知ることができる。

主其家者為杭大宗、厲樊榭、全謝山、陳授衣、閔蓮峰、皆名下士、有邗江雅集九日行庵文讌図問世。

（『浪跡叢談』巻二「小玲瓏山館」）

其の家に主たる者は杭大宗、厲樊榭、全謝山、陳授衣、閔蓮峰為りて、皆名下士、邗江雅集九日行庵文讌図有りて世に問う。

乾隆初、揚州詩人有前五君詠、為胡復翁中丞期恒、唐南軒太史建中、方上舍士庶、厲孝廉鶚、姚秀才世鈺。後五君詠為劉艾堂師恕、程洵江編修夢星、馬嶸谷主政日琯、全謝山庶常祖望、樓于湘上舍鎬。
(『広陵詩事』卷三)

乾隆の初め、揚州詩人に前五君詠有り、胡復翁中丞期恒、唐南軒太史建中、方上舍士庶、厲孝廉鶚、姚秀才世鈺為り。後五君詠は劉艾堂師恕、程洵江編修夢星、馬嶸谷主政日琯、全謝山庶常祖望、樓于湘上舍鎬為り。

『浪跡叢談』は、馬氏小玲瓏山館についての記述であるが、寓居する名下士として全祖望はじめ五人の名を挙げる。五君詠とは、六朝の顔延之が竹林の七賢のうち、不遇の五人を詠んだ詩である。杭世駿以外の三人は、「邗江雅集九日行庵文譚」の参加者であり、杭世駿を含め、唱和詩で知られる人々である。『広陵詩事』の記載は、韓江詩社の成員について述べたものであるが、顔延之の「五君詠」に倣い、揚州詩人たちに「前五君」「後五君」の称があったという。¹²⁾ この十人は、韓江吟社を代表する詩人たちであり、全祖望はその一員として十名の中に入れているのである。

また、揚州詩壇の最盛期、乾隆八年から十三年の唱和詩を集めた『韓江雅集』は全祖望輯とされる。¹³⁾

これらの資料から見る限り、全祖望は揚州詩社を代表する詩人としての評価を確かなものとしていたといえる。揚州の唱和においては、詩人全祖望の名は高かったのである。

3. 寧波における唱和

では、故郷寧波での全祖望の文学活動を見てみよう。寧波では乾隆七年、三十八歳の時に全祖望は同郷の詩人たちと真率社という詩社を結び、唱和を行った。この時の詩は『句余士音』に収録されている。寧波人である董秉純の年譜は、寧波での唱和に関しては非常に詳しく記している。

(乾隆)七年壬戌、先生三十八歳。居里中。……四月、糾同邑陳先生南阜、錢先生芍庭、李先生甘谷、胡先生君山、先君鈍軒先生、為真率社、重拳重四之会、壺觴一句再舉。至十月、得詩三百余篇、皆粉社掌故、題曰、句余士音、後刪定為句余唱和集。

(乾隆)七年壬戌、先生三十八歳。里中に居る。……四月、同邑陳先生南阜、錢先生芍庭、李先生甘谷、胡先生君山、先君鈍軒先生を糾せて、真率社を為り、重ねて重四の会を挙げ、壺觴一句にして再び挙ぐ。十月に至り、詩三百余篇を得るに、皆粉社の掌故にして、題して句余士音と曰い、後に刪定して句余唱和集と為す。

これによると、『句余士音』は、三月から十月までの長い時間の中で作られたもので、

三百余編に及ぶ大作であり、その中の幾つかを選んで『句余唱和集』としている。句余唱和集は、『鮎埼亭詩集』巻一に収録されている。この詩社での唱和詩は、「粉社」つまり故郷の故実を詠むという主旨のものであった。

全祖望の「句余土音序」には、この真率社を結ぶまでの故郷寧波の詩社の歴史、及び真率社の開催方法、詩社の方針が述べられている。

吾郷詩社其可考者、自宋元祐、紹聖之間、時則有若豊清敏公、鄞江周公、懶堂舒氏、……是宋、元三百年中、吾郷社会之略也。人代日遠、徵文徵獻、誰有若正考父其人者、然而豪芒流落、尚可收拾。予嘗欲為李杲堂前輩補甬上耆旧録、首於此三致意焉。明之詩社、一挙於洪兵部、再挙於屠尚書。……数年以來、前輩凋落、珠槃之役、將以歇絶。予自京師歸、連遭荼苦、未能為詩。除服而後、稍理旧業、与諸人有真率之約、盃盤隨意、浹月数挙。而有感於郷先輩之遺事、多標其節目以為題、雖未能該備、然頗有補志乘之所未及者、其敢謂得与於斯文、亦聊以志粉榆之掌故爾。会予有索食之行、未能久預此良会、同社諸公、因哀集四月以來之作、令予弁首。予為述旧聞以貽之、而題之曰土音、以志其為里社之言也。 (『鮎埼亭集』外編卷二十五「句余土音序」)

吾が郷の詩社其の考うるべき者は、宋元祐、紹聖の間より、時に則ち豊清敏公、鄞江周公、懶堂舒氏の若き有り……是れ宋、元三百年中、吾が郷の社会の略なり。人代り日遠く、徵文徵獻し、誰か若正考父其の人の若き者有り、然り而して豪芒流落するも、尚お收拾すべし。予嘗て李杲堂前輩の為に甬上耆旧録を補わんと欲し、此を首とし三たび致意す。明の詩社は、一たび洪兵部に挙げ、再び屠尚書に挙ぐ。……数年以來、前輩凋落し、珠槃の役、將に以て歇絶せんとす。予京師より歸り、連りに荼苦に遭い、未だ能く詩を為らず。除服して後、稍旧業を理め、諸人と真率の約有り、盃盤隨意、浹月に^{しばしば}数挙ぐ。而るに郷先輩の遺事に感ずる有り、多く其の節目を標して以て題と為し、未だ能く該備せずと雖も、然れども頗る志乗の及ばざる所を補う者有り、其の敢えて斯文に与うるを得んと謂わば、亦聊か以て粉榆の掌故を志さん。^{たまたま}会予に索食の行有り、未だ能く久しく此の良会に預からず、同社の諸公四月以來の作を哀集するを以て、予をして首に弁ぜしむ。予為めに旧聞を述べて以て之に貽り、而して之を題して土音と曰うは、其の里社の言を為すを以てなり。

まず故郷の詩社の歴史を、宋、元、明に渡って記している。甬上とは寧波のことである。それはとりもなおさず真率社がそれらの歴史を引き継ぐものであることを強く意識していることを表している。そして、歴史に埋もれがちな詩社に関する資料を集めたいという強い願いがあり、寧波の詩社の記録である李杲堂『甬上耆旧録』を補いたいと述べている。

一方自分たちの真率社はというと、「珠槃之役」つまり詩会を、十日に数回の割合で開

き、故郷の先人の遺事、とくに節目に関するものを詩題とし、それによって歴史書の欠落部分を補うと自負している。「土音」とは故郷の言葉のこと。故郷寧波を強く意識したものである。

ここからわかるのは、自ら詩社を作った理由が、寧波の唱和の伝統を引き継ぐという意識のもとにあり、活動も故郷のことを詠うという限られた目的で行われていることである。単なる詩人同士の交流の場ではなく、あきらかな目的を持って共同作業としての唱和という作詩形態をとっているのが大きな特徴である。

ただ、実際には『句余土音』は、詩社の詩人の詩を全て収録するものではなく、全祖望の作品のみを収録している。弟子の董秉純によれば、陳南阜、錢芍庭、李甘谷、胡君山、董鈍軒、范絨翁、董海若、張月性、徐宏度、董映泉、董梅圃、史雪白らが詩社の成員であったのだが、全祖望が揚州に行った後、陳南阜、李甘谷、董鈍軒以外の詩人は脱稿することなく終わり、結局全祖望の詩を編集して詩集とし、全祖望の序をつけたということである。¹⁴⁾

『句余土音』の内容はというと、袁行雲が「凡そ四明の歴史、人物、古蹟、貢産、学舎、墓里、土物、詩に詠まないものはなく、一つの地方誌といえる」¹⁵⁾ ということおり、地方のありとあらゆるものを詠っており、全祖望が序文に述べたとおり、歴史書の欠落を補うものとなっている。一般の詩会では、その時々の花や風物を詠じたり、名詩の句を借りて和韻したりといろんな遊びがあるのだが、『句余土音』にはそうした要素がほとんどない。ひたすら寧波の人物、事物を詠じているのである。

ところで、序文で『甬上耆旧録』を補いたい、と述べていたとおり、この二年後の乾隆九年、その作業にとりかかる。¹⁶⁾ この作業は、李杲堂のもとの詩集の範囲を超え、清代に及ぶもので、詩社の同人や弟子の手を借りて行われた。

(乾隆)十年乙丑、先生四十一歳。統選甬上耆旧詩集。杲堂先生耆旧集、縉紳終於万曆、先生続之、并及本朝。凡百六十卷、分任同社諸公及門下諸子鈔録、人為立伝、視杲堂加詳焉。
(董秉純「全謝山年譜」)

(乾隆)十年乙丑、先生四十一歳。甬上耆旧詩集を統選す。杲堂先生耆旧集、縉紳は万曆に終わるに、先生之に続け、并せて本朝に及ぶ。凡そ百六十卷、同社諸公及び門下諸子に分任して鈔録せしめ、人は為めに伝を立て、杲堂を視てこれに詳を加う。

李杲堂の『甬上耆旧詩』は明の万暦年間までのものであった。『統甬上耆旧詩』は、詩社同人との共同作業により、更に広い時期にわたって詩人を収録し伝記も付し、李杲堂のものより、はるかに詳細な記述になったという。清朝の詩社にまで及んだということは、過去から現在に至るまでの詩社の歴史を一筋につなげたいという意志の現れである。そう

してみると『句余土音』が結果的に全祖望の詩のみを収録し、真率社の同人の詩を収録せずに終わったことは、詩社の歴史を継続し記録するという全祖望の意図に反した結果だったといえよう。また『続甬上耆旧詩』の内容を弟子の一人である蒋学鏞は次のように記す。

吾師謝山先生之学、如武庫之無所不有、而於里中掌故考索尤精、所著若四明洞天旧聞、甬上族望表、双湖小誌、句余土音、湖語等作、皆為誌乘訂訛舛、補闕軼、而最有功文献者、尤在統耆旧集一書。……伝中各為表其大節、記其軼事、往往姓氏已淪狐貉之口、一經選録、其詩伝而人亦与之俱伝、……較臬堂所闕十卷、数且倍之。

(蒋学鏞『樗菴存稿』卷二「統耆旧集題辭」(『全祖望鮚埼亭集校注』所収))

吾が師謝山先生の学、武庫の有らざる所無きが如くして、里中の掌故に於いて考索尤も精、著す所の四明洞天旧聞、甬上族望表、双湖小誌、句余土音、湖語等の作の若き、皆誌乗の為に訛舛を訂し、闕軼を補いて、最も文献に功有る者は、尤も統耆旧集一書に在り。……伝中各為に其の大節を表し、其の軼事を記し、往往姓氏已に狐貉の口に淪^れむも、一たび選録を経れば、其の詩伝わりて人も亦之と共に伝わる、……臬堂の闕く所の十卷に較べ、数は且に之に倍せんとす。

故郷寧波に関する著作が全祖望にいかにか多かったかがわかるのであるが、その中で最も文献に功ありといえるのが『続甬上耆旧詩』だという。歴史書の誤りを正し、欠落部分を補い、しかも詩人の伝記を付し、節義を顕彰して、詩とともに人物が伝わるようにと作られたのがこの詩集である。単なる詩集ではなく、歴史書として寧波を伝える役割を果たすという点では、『句余土音』の主旨と共通するものがある。

『続甬上耆旧詩』は全祖望の生存中には刊行されず稿本で残され、紆余曲折を経て刊行される。『続甬上耆旧詩』の特徴が明末の抗清活動にかかわった寧波詩人の作品を多くとりあげる所にあるというのは、すでに定説であるが、もう一つの大きな特徴として沈善洪が「注目値するのは明清甬上詩社の盛行を語っている点である」¹⁷⁾と指摘するように、清初の寧波詩社の盛行がその中に記録されていることを挙げねばなるまい。明末の節義を詠うという態度も重要だが、詩社を記録したということは、唱和という作詩形態、詩社という共同作業としての作詩の場を全祖望が高く評価していたからではなかろうか。それは「句余土音序」に寧波の詩社の歴史を記したことに表れているといえる。

このように、寧波において、全祖望は作者としてまた編者として、唱和詩の世界で活躍したのである。

4. 杭州との関わり

寧波の詩社は、一般に明末清王朝への強い抵抗を表したことで知られる。全祖望の尊敬

する故郷の先輩黄宗羲は、文人結社で政治的な色合いを強く持った復社に加わって反清運動に参加する。一方寧波詩社のこうした特徴と相反するのが、同じ浙江の中でも浙西にある杭州の詩社だとされる。

謝国楨は「浙中の社局は、浙西、浙東の兩派に分けることができる。浙西は杭州等の地であり、三呉の余鉢を受けて、詩酒吟詠したり、禪悅に従事したりと、三呉の頹廢的風紀から脱していない。浙東寧波一帯の社局は、氣象慷慨、勇氣を持って行動に移し、浙西の風気とは異なる。」¹⁸⁾ と、杭州の結社について批判的である。陳豪楚も、自身が寧波の出身であることもあって、「大抵甬上の詩社はその旨は友と交流してその抑鬱牢愁を寄せることにあるのであって、そもそも苦心して詩を作ろうとしたわけではなく、自ずから雄健の本色（全謝山の語）を持っており、これが我が郷土の、浙西とは異なるゆえんである。」¹⁹⁾ と、杭州との違いを強調する。

寧波詩社の活動を伝えることに情熱を傾けた全祖望であるが、杭州詩社と相容れないどころか、杭州と深い関わりをもち、むしろ杭州詩社の影響を強く受けていると思われる面がある。

全祖望は、十六歳の時、郷試のために始めて杭州に赴いた。董秉純年譜によれば、雍正元年十九歳の時に杭州にゆき、厲鶚、杭世駿らと交流し、雍正二年まで滞在している。これが杭州との最初のかかわりであった。²⁰⁾

雍正八年には、揚州に行き、馬曰琯と知り合うのだが、そこには厲鶚が逗留しており、その後ともに平山堂を訪れている。²¹⁾ おそらく厲鶚が仲介したものだろう。これ以降揚州詩社で活躍するようになった様子は、先に見たとおりである。全祖望は、厲鶚を詩人として最も尊敬し、彼とともに、揚州でも杭州でも詩社に参加する。

余自束髮出交天下之士、凡所謂工於語言者、蓋未嘗不識之、而有韻之文、莫如樊榭。……予交樊榭三十年、祁門馬嶠谷兄弟延樊榭于館、予每数年必過之。嶠谷詩社以樊榭為職志、連牀刻燭、未嘗不相唱和。已而錢塘踵為詩社、予亦予焉。數年以來、二社之人、死亡相繼、樊榭每与予太息。今年予有粵游、槐塘以書告樊榭之病、不意其遽不起也。嗚呼、風雅道散、方賴樊榭以主持之、今而後、江淮之吟事衰矣。

（『鮚埼亭集』内編卷二十「厲樊榭墓碣銘」）

余束髮より出でて天下の士と交わり、凡そ所謂語言に工なる者、蓋し未だ嘗て之を識らずんばあらざるに、而も有韻の文は、樊榭に如くは莫し。……予樊榭と交わること三十年、祁門の馬嶠谷兄弟 樊榭を館に延し、予数年毎に必ず之に過ぎる。嶠谷の詩社、樊榭を以て職志と為し、連牀刻燭し、未だ嘗て相唱和せずんばあらず。已にして錢塘踵いで詩社を為し、予も亦これに予かる。數年以來、二社の人、死亡相繼ぎ、樊榭毎に予と太息す。今年予に粵遊有り、槐塘書を以て樊榭の病を告ぐるも、其の遽

に起たざるを意わざるなり。嗚呼、風雅の道散じ、方に樊榭に頼りて以て之を主持するに、今よりして後、江淮の吟事衰えん。

揚州、杭州の詩社どちらにも参加したことを記しているが、実は揚州詩社の主要な成員は杭州と深く関わる人たちであった。全祖望の詩に「韓江詩社、浙中四寓公豫焉。樊榭、董浦、蕙田与予也。然前後多參錯予到韓江二年矣。今夏之初館于嶠谷畚經堂中同人喜予之至、而偕即席奉答」（『鮚埼亭詩集』卷五 韓江唱和第二集）と題する詩がある。浙江から来て揚州の韓江詩社に寄寓するものは、厲鶚、杭世駿、姚世钰をその代表とするというが、厲鶚と杭世駿はもともと杭州の人。姚世钰も以前杭州に住んでいて、そこで若き日の全祖望、厲鶚らと交流していたのである。²³⁾

『韓江雅集』は揚州韓江詩社の最盛期の活動を伝える唱和集であるが、参加者四十一名中、杭州出身者が十二名。杭州出身ではないが、杭州詩壇に参加していた者が、全祖望を含めて三名。揚州の詩会主催者であった塩商を除くと、余所の地から参加していた詩人の大半は杭州関係者であった。それを考えると、揚州での唱和における全祖望の活躍は、杭州詩壇と切り離して考えることはできない。

全祖望は韓江詩社の客人である時間が長かったが、杭州にもしばしば出向いている。²³⁾それは揚州と杭州に蔵書家おり、優れた書籍を貯えた蔵書楼があったからである。全祖望は多くの書物を校訂したが、それらは多くは富裕な各地の蔵書楼を利用したのである。また詩会の詩集にしても、校訂した書物にしても、それら蔵書楼で出版された。故に蔵書家の園林は常に学者の集う場であり、また詩社の詩会の場となっていたのである。全祖望が往来した揚州、杭州とも名だたる蔵書家が、蔵書を誇るとともに書物の校訂出版を行い、また詩社を結び詩会を行なった。これは園林文化が隆盛になった明末の頃に特に顕著になった傾向で、園林と詩社の詩会と蔵書楼というのは一組であった。²⁴⁾

袁枚は蔵書家の元で詩会が盛んに開催された様子を次のように記している。

昇平日久、海内殷富、商人士大夫慕古人顧阿瑛、徐良夫之風、蓄積書史、広開壇坫。揚州有馬氏秋玉之玲瓏山館、天津有查氏心穀之水西荘、杭州有趙氏公千之小山堂、吳氏尺鳧之瓶花齋、名流宴咏、殆無虛日。（『隨園詩話』卷三-六〇）

昇平日久くして、海内殷富、商人士大夫 古人顧阿瑛、徐良夫の風を慕い、書史を蓄積し、広く壇坫を開く。揚州に馬氏秋玉の玲瓏山館有り、天津に查氏心穀の水西荘有り、杭州に趙氏公千の小山堂、吳氏尺鳧の瓶花齋有り、名流宴咏し、殆ど虚日無し。

ここでは、揚州の馬氏の小玲瓏山館、天津の查氏の水西荘、杭州の趙氏の小山堂、吳焯の瓶花齋といった蔵書楼の名が挙がり、そこで詩会が盛んに開かれて詩壇が形成され、名

士たちが毎日のように詩を詠み交わしていたことが記されている。場所は天津、揚州、杭州と別々であるが、実はここに集ったメンバーは重なっているのである。とくに厲鶚はこれらの蔵書楼いずれにも頻繁に出入りし、様々な書物の校訂を行っている。そして、これらの蔵書楼の主もまた自ら書物の校訂をする学者であり詩人であった。このように、蔵書楼では書物の校訂と唱和が同時に行われていたのである。そして、杭州の蔵書楼での詩会を代表する詩人として全祖望の名が挙げられている。

趙昱、字功千、浙江仁和人。諸生。……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。性復好客、同学之士借讀其家、則解衣推食以鼓舞之。昱、信並工詩、与杭世駿、厲鶚、全祖望等相唱和。嘗与沈嘉轍七人各賦南宋雜事詩百首、為海內所称說。（『清史列伝』卷七十一 趙昱）

趙昱、字は功千、浙江仁和の人。諸生。……小山堂を築き之を蔵し、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。性復た客を好み、同学の士 其の家に借読せんとすれば、則ち解衣推食して以て之を鼓舞す。昱、信並びに詩に工、杭世駿、厲鶚、全祖望等と相唱和す。嘗て沈嘉轍七人と各南宋雜事詩百首を賦し、海内の称説する所と為る。

趙昱、趙信兄弟も、単なる蔵書家ではなく、乾隆元年博学鴻試に推挙されるほどの学者であり詩人であった。彼らのもとに、官位を持たず、金銭的に恵まれない全祖望のような文文学者が集まったのであるが、寧波出身の全祖望が、寧波、杭州、揚州の詩社にいずれも参加し、ここにあるように杭州の唱和の相手としてとくに名が挙がっていることからみると、浙東（寧波）と浙西（杭州）の詩社の性質の違いを全祖望が意識していたとは思えない。

更に全祖望の『句余土音』、『続甬上耆旧詩』を始めとする著作は、寧波の歴史、特に明末の義士の節義を顕彰するものであり、黄宗羲を継承するものである、というのが一般的な見方であり、その通りではあるが、同時に全祖望が詩社で作ったり、詩社についてまとめたりした書物には、厲鶚ら杭州詩人たちの詩社活動と共通する傾向が見える。

たとえば、厲鶚ら杭州詩人の唱和の最高傑作と称される「南宋雜事詩」を見てみよう。これは南宋の都であった杭州の軼事を集めて詩にし、それぞれが百首ずつを詠じたもので、全てに典故があり、杭州の歴史事実を語ることがを目的とした詩集である。その手法は、典故を多く用い、事を記すことに主眼がおかれたものであった。『四庫全書總目提要』にはその特徴を以下のように記す。

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。然採摭浩博、所引書幾及千種。一字一句、悉有根柢。萃說部之菁華、采詞家之腴潤。一代故實、巨細兼該、頗為有資於考証。

（『四庫全書總目提要』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、故に軼聞を摭摭し、每人各詩百首を為りて、引く所の典故を以て每首の下に註す。意は紀事を主とし、修詞に在らず。故に警句頗る多くして、牽綴填砌の処も亦復た少なからず。然れども採摭浩博、引く所の書は幾ど千種に及ぶ。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。一代の故實、巨細兼該し、頗る考証に資する有りと為す。

この詩は七人の詩人による共同作業として作られ、また南宋という過去の時代の軼事を集めて注をつけて典故を記すため、一首に対して厩大な注がつけられた。考証に資するとあるように、史料としての役目を果たす詩である。そして「意は紀事を主とし、修詞に在らず」というように、文学的表現よりも事実を記録することを重視したというほど、いわゆる言情の詩とはかけ離れたものである。この詩は当時大きな話題を集めたが、この詩が杭州で制作された時、若い全祖望はずっと杭州に滞在して厲鶚らの詩人達と深く交流していた。当然大きな影響を受けたと考えていいだろう。

ここで「句余土音序」をみてみると、「有感於郷先輩之遺事缺失」と、故郷の先人の「遺事缺失」に感じたこと、また「頗有補志乘之所未及者」と、歴史書に載っていないものを補うものであること、更に「志粉榆之掌故」というように、故郷の故実を記したものであることなど、その方針は「南宋雜事詩」と重なっている。また郷里の同人たちと共同作業として作られた点も共通している。李慈銘が全祖望の詩を評して「直抒胸臆、語皆有物。其題目小注、多關掌故、於南宋殘明事、搜尋幽佚、尤足以広見聞。」（李慈銘『越縕堂日記』光緒己卯三月十五日）と述べていることは先に見たが、ここに書かれている詩の特徴は、まさに「南宋雜事詩」の特徴と一致している。厲鶚が故郷杭州で行ったことを、全祖望は故郷寧波で行おうとしたとみることができる。

さらに、厲鶚が『宋詩紀事』を編纂した時、全祖望はその作業を手伝っている。全祖望の「宋詩紀事序」に次のように記す。

厲徵士樊榭、以所著宋詩紀事百卷、索予為序。樊榭所見宋人集、於朋輩中為最多、而又求之詩話、画祿、山經、地志、說部。……樊榭之為是、蓋意存乎收羅靡墜、故蒼萃唯恐有遺。正以見詩之有得於風雅之遺者、旁搜遠取、不必尽在大家、而又得因其詩以伝其

人、使不与草木同朽、則亦表章之功所寄也。既各為其人小伝、使得知其姓氏、里居、爵位、世系、又采前人詩話以附之、其中有足以補史氏之闕者、豈非芸苑之津梁乎。……予於永樂大典中、見宋人集為世無者尚百數十家、樊榭聞之大喜、亟貽書令予鈔録、以補其所不足。予既諾之、而左降出都矣。（『鮚埼亭集』外編卷二十六「宋詩紀事序」）

厲徵士樊榭著す所の宋詩紀事百卷を以て、予に序を為らんことを索む。樊榭の見る所の宋人の集は、朋輩中に於いて最多と為して、又之を詩話、画禄、山經、地志、說部に求む。……樊榭の是を為るや、蓋し意は廢墜を収羅するに存り、故に蒼萃唯だ遺有るを恐る。正に以て詩の風雅の遺に得る者有るを見、旁搜遠取し、必ずしも尽くは大家に在らざるも、又其の詩に因りて以てその人を伝うるを得、草木と同一に朽ちざらしめれば、則ち亦表章の功の寄する所ならん。既に各其の人の小伝を為り、其の姓氏、里居、爵位、世系を知るを得しめ、又前人の詩話を採りて以て之に附し、其の中に以て史氏の闕を補うに足る者有れば、豈に芸苑の津梁に非ずや。……予永樂大典中に於いて、宋人の集の世に無き者尚お百数十家為るを見、樊榭之を聞きて大いに喜び、亟に書を貽りて予に鈔録せしめて、以て其の不足の所を補わんとす。予既に之を諾すも、左降せられて都を出ず。

『宋詩紀事』の編纂に当たって厲鶚が重んじたのは、多種の資料から詩を搜し、詩にまつわる事実、とくに詩人の伝記を伝えることであったと全祖望はいう。選詩集というものが、往々にして自分の文学論の反映として編纂される傾向があった時代に、事実をもれなく伝えるという努力のもとに作られた『宋詩紀事』は、文学史の役割を果たすものであったといえよう。しかも「大家」でない詩人を伝えるために力を尽くし、他の歴史書が書かない部分を補う役目を果たすものとして編纂されているのである。全祖望は翰林院にいた時、世に出ていない宋人の集を見つけ、抄して厲鶚に提供した。更に「宋詩紀事中譌舛、前已約略呈上数十条。」（『鮚埼亭集』内編卷三十四「答樊榭」）とあるように、厲鶚の『宋詩紀事』の誤りをしばしば訂正するなど、積極的に関わっている。『宋詩紀事』の特徴は、先に見た全祖望の手法と共通する。それは先に見た蒋学鏞の「皆為誌乘訂訛舛、補闕軼、而最有功文献者、尤在統著旧集一書。……其詩伝而人亦与之俱伝」（蒋学鏞『樗菴存稿』卷二「統著旧集題辭」）に見えるように、歴史書を補訂する、また詩によって詩人を伝える、というところである。厲鶚の『宋詩紀事』に抄録を送ったのは、全祖望が『統甫上舊旧詩』にとりかかる前で、その後両者は並行して作業を進めており、厲鶚の影響を色濃く受けるのも当然だろう。

つまり全祖望の詩集編纂は、往々にして寧波に限定されて語られることが多いが、その裏には杭州の厲鶚の影響があり、また杭州詩社における共同作業による作詩の方法を踏まえているといえる。

その他にも、全祖望が自身を杭州詩社の一員として強く意識していることを示す証拠となるのは、全祖望が唱和の折に、自身を「孤山社小泉翁全祖望」（『韓江雅集』巻二「浮山禹廟觀壁間山海經塑像排律三十韻并序」全祖望序）と名乗ることがあることである。孤山とは杭州の山の名である。そもそも全祖望の祖先は杭州の人であった。

吾家自西漢時出京兆、至東漢之季、已居錢塘。……山陰之支、六世先太保唐公安民之長子曰儔、是生思正。思正之子曰璧、月泉吟社所称泉翁者也。

（『鮎埼亭集』内編卷三十四「弁吾家啓東墓志世系与厲樊榭」）

吾が家西漢の時京兆を出でてより、東漢の季に至るまで、已に錢塘に居る。……山陰の支、六世先太保唐公安民の長子を儔と曰い、是れ思正を生む。思正の子を璧と曰い、月泉吟社の称する所の泉翁なる者なり。

これは、『宋詩紀事』編纂の時、全祖望が宋の遺民の詩社である月泉吟社の成員であった自分の祖先について厲鶚に書き送ったものである。『宋詩紀事』は、宋の遺民の詩社を多く載せる。それは元王朝になって官位を得ることなく、無名のうちに埋もれていった詩人たちを発掘する狙いがあったためである。これは全祖望が明末の遺民の詩を集めようとしたことと共通している。宋末の詩社で最も大規模なものが「月泉吟社」であった。詩会では、集まった詩が二千七百三十五卷、うち二百八十名を選出したというほどで、そのメンバーを祖先にもつことは全祖望の誇りだった。

先泉翁、諱璧、字君復、太尉永堅之従父也。宋時曾官秘閣、晩年遷居於杭之城東、所稱孤山社遯初子者也、世亦稱為城東処士、其詩見皐羽月泉吟社中、尤与剡源善。

（『鮎埼亭集』内編卷三十三「冬青義士祠祭議三与紹守杜君」）

先泉翁、諱は璧、字は君復、太尉永堅の従父なり。宋時曾て秘閣に官たりて、晩年居を杭の城東に遷し、孤山社遯初子と称する所の者なりて、世亦称して城東処士と為し、其の詩皐羽月泉吟社中に見え、尤も剡源と善し。

「孤山社遯初子」、「泉翁」という月泉吟社での祖先の称号を用いて、自らを「孤山社小泉翁全祖望」と称したのである。他にも文集中には月泉吟社について述べた文が多く、全祖望の並々ならぬ関心がうかがえる。このように全祖望は杭州詩社の末裔としての誇りをもっていたのであり、厲鶚ら唱和の伝統を引き継ぐ杭州詩社の一員として自らを位置づけていたのである。

乾隆元年、杭州の趙昱兄弟が博学鴻試に推薦された時、全祖望は趙昱に受験を勧める書翰を送っている。その中に次のようにある。

今倘以賢兄弟当其選、堪為是科生色。小山堂之牙籤、伐山網海、足以補天祿石渠之闕、而以西湖觴詠詩才、出而和其聲、以鳴國家之盛。花磚綾被之間、時助春草池塘之思、是直一代之光、非僅吾黨之幸也。」（『鮚埼亭集』外編卷四十六「与趙谷林兄弟書」）

今倘し賢兄弟を以て其の選に当たらしめば、是の科の為に色を生ずるに堪えたり。小山堂の牙籤は、伐山網海し、以て天祿石渠の闕を補うに足り、而も西湖觴詠の詩才を以て、出でて其の聲に和せしめ、以て國家の盛を鳴らさん。花磚綾被の間、時に春草池塘の思を助くれば、是れ直ちに一代の光、僅に吾が黨の幸なるのみに非ざるなり。

趙昱、趙信に対し、自らの蔵書樓で培った書籍の知識とともに、杭州西湖の唱和における詩才をもって京師で唱和を行い、國家の盛んを鳴らすよう、と促している。それほどに唱和というものに重きをおいていたのである。そして「吾が黨」と称している。趙昱は杭州人であり、それを含んで称しているからには、全祖望も自らも西湖觴詠という、杭州唱和の中に位置づけていると言える。

このように、全祖望は唱和詩に対して高い関心を抱き、自らも唱和をするとともに、唱和に関する歴史を残そうと尽力していたのである。そして唱和については杭州との関わりが深かったと言えるのである。

5、唱和の記録

全祖望は唱和に参加するのみならず、唱和を記録することに熱心であった。『続甬上耆旧詩』の編纂以外にも、杭州詩社や韓江詩社の詩人の伝記を多く書き残している。たとえば杭州詩社の中心人物であった周京について、次のように記す。

杭之詩人為社集、群雅所萃、奉穆門為職志。詩成、穆門以長箋写之、醉墨淋漓、姿趣頽放、或弁数語於其端、得者以為鴻宝。湖社風流、百年以来、於斯為盛、皆穆門之所鼓動也。……穆門死、湖社諸人一若失其憑依者、其為人可想見也。

（『鮚埼亭集』内編卷十九「周穆門墓誌銘」）

杭の詩人社集を為し、群雅の萃まる所、穆門を奉じて職志と為す。詩成れば、穆門長箋を以て之を写し、醉墨淋漓、姿趣頽放、或は数語を其の端に弁じ、得る者は以て鴻宝と為す。湖社の風流、百年以来、斯に於いて盛んと為すも、皆穆門の鼓動する所なり。……穆門死し、湖社の諸人一に其の憑依する者を失うが若く、其の人と為り想見すべきなり。

周京の伝記ではあるが、周京が詩社のリーダーであったことを述べ、ついで杭州詩会の審査員としての周京の様子と詩社の隆盛を記録する。ただし、周京の詩風についての記載

は一切ない。個人としての詩人としてではなく、詩社の中での役割のみを記しているのである。また、厲鶚の伝記についてみると、厲鶚は著名人でありながら、『清史稿』の中では、揚州に関する記述において「揚州馬曰琯小玲瓏山館富藏書、鶚久客其所、多見宋人集、為宋詩紀事一百卷。（揚州馬曰琯小玲瓏山館藏書に富み、鶚久しく其の所に客たりて、多く宋人の集を見、宋詩紀事一百卷を為る。）」（『清史稿』卷四百八十五）とのみ記され、唱和のことには触れていない。『杭州府志』も故郷での唱和については触れても、揚州での詩社活動については一切触れない。²⁵⁾

それに対して全祖望は「墓碣銘」の中で、揚州の詩社における活躍を書き残す。先に挙げた「墓碣銘」を再び挙げておく。

嶰谷詩社、以樊榭為職志、連牀刻燭、未嘗不相唱和。已而錢塘踵為詩社、予亦豫焉。數年以來、二社之人、死亡相繼、樊榭每与予太息。今年予有粵游、槐塘以書告樊榭之病、不意其遽不起也。嗚呼、風雅道散、方賴樊榭以主持之、今而後、江淮之吟事衰矣。

（『鮚埼亭集』内編卷二十「厲樊榭先生墓碣銘」）

嶰谷の詩社、樊榭を以て職志と為し、連牀刻燭し、未だ嘗て相唱和せずんばあらず。已にして錢塘踵いで詩社を為し、予も亦これに豫かる。數年以來、二社の人、死亡相繼ぎ、樊榭毎に予と太息す。今年予に粵游有り、槐塘 書を以て樊榭の病を告ぐるも、其の遽に起たざるを意わざるなり。嗚呼、風雅の道散じ、方に樊榭に頼りて以て之を主持するに、今よりして後、江淮の吟事衰えん。

厲鶚が韓江詩社の領袖として活躍し、厲鶚が世を去ったことで、江淮の吟事、つまり詩社の活動が衰えていくことを嘆いている。また詩社の栄枯盛衰と厲鶚の位置を書いている。この他にも、伝記の中に、他の人が触れない唱和に関する記述を入れることがしばしばある。これは、『宋詩紀事』『続甬上耆旧詩』などの編纂事業を通して、詩社における唱和の記録が残りにくく、歴史書に残らないことを意識した上で、それを残そうとする意志が強くなったのであろう。

まとめ

全祖望が唱和詩に関心を持ち、また記録することにも熱心であったことはこれまで見てきたとおりである。ではなぜ唱和にこだわったのだろうか。

全祖望の伝記及び弟子の記録の中に、揚州詩社での活動がいったい記載されていなかった。当時非常に有名だったにもかかわらず、唱和というのは記録に残すべき価値があるとは認められていなかったのである。全祖望は「志乗」つまり歴史書の欠落を補うことを心がけて『句余土音』『続甬上耆旧詩』などを編纂している。通常書き残されないからこそ

詩社や唱和詩にこだわったのである。

歴史に残るのは禄位の高い者だけで、そうでないものは歴史に残らないことを「志乗之著録大率以禄位声勢為主、非是者弗預也」（『鮚埼亭集』外編卷二十五「重修桓溪全氏宗譜序」）と全祖望は嘆く。そもそも江南の詩社というのは、引退した官僚か、無官の在野の人たちによって結ばれることが多かった。宋末の月泉吟社も、新王朝に仕えなかった人々の詩社であり、明末に乱立した詩社も同様であった。揚州の韓江詩社の成員も、沈徳潜が「韓江雅集序」に「今韓江の詩人、朝に於いてせずして野に于いてす」（『韓江雅集』）と書いているように、多くは官位のない人々であった。当時詩会がどれほど話題を集めたとしても、歴史に書き残される可能性は低く、詩会の記録も時代のあだ花として消えていく運命だったのである。そこで全祖望はそうした歴史の欠落部分となるであろう庶民の唱和の実態を文学史の中に書き残そうとしたのである。

もう一つ全祖望が唱和詩を重んじた理由として考えられるのは、共同作業による唱和詩は、個人の詩作では描かれることがなく、また歴史書や地理志にもこぼれてしまうような風物を詩に詠むことができるという点である。『句余土音』は故郷の細かな風物を描くことを主体として、それで歴史書の欠落を補おうというものであった。個人の感情よりも、事物や風景を多く歴史に留めようとする時、共同作業としての作詩は有効な手段であった。

ただ、全祖望が取り組んだこうした唱和の詩は、感情の吐露であったり、修辞であったりという文学性を重視したものとはならない。詩というものが描けるはずであった、個人の孤独というものを描くこともなかった。

こうした文学性の欠如が、結局は全祖望を詩人として評価されることなく終わらせてしまった一因でもあるだろう。

注

- 1) 董秉純「全謝山年譜」（『鮚埼亭集』）。以下、「董秉純年譜」と表記する。
- 2) 本稿では『全祖望集彙校集注』（朱鑄禹彙校集注、上海古籍出版社 2000年）をテキストとして用い、同時に『全祖望鮚埼亭集校注』（廣海雲校注、鼎文書局 2003年）を参照した。
- 3) 「董秉純年譜」に、「句余土音、後刪定為句余唱和集」とある。
- 4) 『全祖望集彙校集注』は慈谿童氏刻本を底本としており、こちらは巻一に「句余唱和集」の名を入れないが、「校、鈔本又有句余唱和集五字」とある。鈔本とは四部叢刊影印盧氏抱經樓鈔本のこと。
- 5) 董秉純年譜になし。蔣天樞「全謝山年譜」によって補う。以下、「蔣天樞年譜」と表記する。
- 6) 董秉純年譜では「采菽集」。
- 7) 董秉純年譜になし。『全祖望集彙校集注』に「按先生有病目集、当在是年」とする。ただし、蔣天樞年譜では、乾隆十六年の作とする。
- 8) 董秉純年譜に「刪定詩稿、自辛酉以前、尽去之。辛酉以後、收其十之六、得十卷。」とある。

- 9) 董秉純年譜に「与穆堂、孺廬為重四之集、有詩、和者至百余家。」とある。
- 10) 蔣天樞年譜に「雍正十一年……冬、移寓李穆堂紫藤軒。案、万孺廬集、先生唱和詩始見於次年春、嗣後酬答極多。」とある。
- 11) 厲鶚『樊榭山房集』卷六に「四月十八日同人泛舟紅橋登平山堂送全紹衣入京」と題する詩が見える。この年厲鶚は、馬氏の元に寄寓していた。「紅橋」、「平山堂」は揚州の名勝。「同人」は馬氏を中心とする詩社の同人を指す。
- 12) 『揚州画舫録』巻四に「邵泰。……集中有前五君、後五君之目。前五君為胡期恒、唐建中、方士庶、厲樊榭、姚世鈺。後五君為劉師恕、程夢星、馬曰琯、全祖望、嵇錡。」とある。この他馬曰琯『沙河逸老小稿』、馬曰璐『南齋集』他にも前後五君の称が散見する。
- 13) 名古屋大学図書館所蔵本、中国国家図書館所蔵本を確認したが、いずれも刊記はない。しかし全祖望が関わって編纂されたというのが定説である。書誌情報は以下のように紹介されている。
- ・『韓江雅集』十二卷 清全祖望輯 乾隆丁卯序 刊本〔名古屋大学青木文庫〕
 - ・『韓江雅集』十二卷 清全祖望等撰 清乾隆十二年刻本〔中国国家図書館〕
 - ・『韓江雅集』十二卷 清馬曰琯、全祖望輯 清乾隆十二年（一七四七）揚州馬氏叢書樓
- 〔王澄『揚州刻書考』広陵書社 2003年〕
- 14) 『全祖望集彙校集注』外編卷二十五「句余土音序」に付された董秉純の文に「真率之約、同社者陳丈南阜、錢丈芍庭、李文甘谷、胡丈君山、暨先君子鈍軒先生、杯盤一句再舉、而倡和則無虛日。後又益以范丈絨翁、董丈海若、張丈月性、徐丈宏度、先伯父映泉先生、先季父梅圃先生、而史丈雪白間預焉。先生本擬宴諸公作都為一集、是文其弁首也。後先生匆匆赴維揚、諸君子多未脫稿、所存惟南阜、甘谷、先君子數家而已。今純編定先生詩、不敢妄有所序、仍以先生原序冠之、而附記頗末云。乙亥九月既望、門下弟子董秉純。」とある。
- 15) 袁行雲『清人詩人叙錄』「句余土音三卷」（文化芸術出版社 1994年）に「單刻『句余土音』、門人董秉純編定、為乾隆七年祖望居里中与同社唱和之作。凡四明歷史、人物、古蹟、貢產、學舍、墓里、土物、無不入吟、可為一方志略。題曰『土音』、以志其為里社之言也。」とある。
- 16) 董秉純年譜に「九年甲子、先生四十歲。……選定李杲堂先生內稿及西漢節義伝、及昭武先生殘集、皆為之序。於是有意耆旧詩之統。」とある。
- 17) 『続甬上耆旧詩』（杭州出版社 2003年）沈善洪序「值得注意的還說明清初甬上詩社的盛行。」
- 18) 謝国楨『明清之際党社運動考』（遼寧教育出版社 1934年 商務印書館1996年修訂重版本）に「浙中的社局、我們可分為浙西、浙東兩派。浙西杭州等处、還承著三吳的余録、詩酒吟詠、或從事禪悅、不脫三吳頹唐的風氣。浙東寧波一帶的社局、氣象慷慨、勇于敢為、与浙西的風氣便不同了。」とある。
- 19) 陳豪楚「兩浙結社考」（『浙江省立圖書館館刊』四之一 1935年）に「十一 浙中諸社附聞中諸社：大抵甬上詩社、旨在結友以寄其抑鬱牢愁、初非刻意為詩、然要自有其雄健本色（全謝山語）、此吾鄉詩社所以与浙西別也。」とある。

- 20) 董秉純年譜に「雍正二年甲辰、先生二十歳。……自昨年再過武林、尽交樊榭、莖浦、薌林、句山、谷林、意林、蕙田、立甫諸先生、討論經史証明掌故、尊酒郵筒、殆無虛日。」とある。蒋天樞年譜では、これを一年早い康熙六十一年のこととする。
- 21) 蒋天樞年譜による。董秉純年譜に記載なし。注11) 参照。
- 22) 董秉純年譜に「雍正二年甲辰、先生二十歳。……自昨年再過武林、尽交樊榭、莖浦、薌林、句山、谷林、意林、蕙田、立甫諸先生、討論經史証明掌故、尊酒郵筒、殆無虛日。」とある。
- 23) 阮元『兩浙輶軒録』卷二十二全祖望に「袁鈞云…主講越之蕺山、粵之端溪、亦時往來武林、維揚間。」とある。
- 24) 朱麗霞「園林宴游与文学の生態変遷—以明清之際雲間幾社の文学活動為例—」（『文芸理論研究』2007年第4期）に「晚明、園林成為文人士特定的雅集之所。……詩酒唱酬、賞花游園是幾社文士雅集的重要主題、……。雅集的另目的是搜訪問書籍。晚明、江南富戸耗費巨資營建園林、在其園林中多建有自家的藏書樓。明清大量的文人詩文集均在自家藏書樓中彫刻印刷。」という。
- 25) 『民国杭州府志』卷百四十五に「婦奉老親与鄉閭諸老酬唱。客遊揚州、主馬氏小玲瓏 山館、尽讀其藏書、発為詩文、益削膚存液、詞必己出。」とある。

本編は、平成20年～平成22年度科学研究費補助研究 基盤研究(c) 20520343「乾隆朝初期における杭州詩人集団の研究」の研究成果の一部である。

市 瀬 信 子

Quan Zuwang and joint poem

- The concern to the Hangzhou poetical

circles as main theme -

Nobuko ICHINOSE

Quan Zuwang came from Zhejiang Ningpo and famous as representative scholar, especially historian of the second stage of Qing Dynasty. On one side, his activity as poet is not so valued.

But he was active as central member at the poetgroup of Yangzhou, there he resided temporally at that time. So he became one of main member of Yangzhou and handled the editing of the joint anthology of Yangzhou. He held a poetgroup at Ningpo, his home country, and edited the joint anthology. At the same time, his grading as poet is not so high, that came, maybe, from the fact, his works were almost joint anthology, so his personal work is not so many.

Quan Zuwang himself had valued the joint anthology very high, that is plain from his various works. The reason why he handled so many joint anthology, came maybe from the connection with Hangzhou, there the joint anthology was very popular. Quan Zuwang kept a big company with the poet of Hangzhou.

So in this article would be studied about the joint anthology by Quan Zuwang in connection with poet circles of Hangzhou.

Key Words: Quan Zuwang, Hangzhou, joint poem

福山平成大学経営学部紀要
第7号(2011), 49頁-64頁

社会システム分析のための統合化プログラム17

— フラクタルビューア —

尾崎誠, *石丸敬二, 福井正康

福山平成大学経営学部経営学科

*福山大学経済学部経済学科

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。最近ではグラフィックにも興味を持ち、3D表示を利用したいいくつかのプログラムを開発してきた。この度はこれらのプログラムの中で、フラクタルビューアというプログラムを紹介する。これは2Dと3Dのフラクタルを描くツールであるが、既存のマンデルブロ集合などを描く機能も持っている。

キーワード: College Analysis, 社会システム分析, 統計, OR, 意思決定, フラクタル

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

1. はじめに

我々はこれまで、統計、経営科学、意思決定に関するプログラムを統合したソフトウェアCollege Analysisを作成してきたが、これに少し娯楽性を加えて、一般の人にも科学の楽しさを伝えられるプログラムにしたいと思うようになった。この試みの最初の課題は3Dであった。そのため、我々は3Dビューアという名前の3Dグラフィック表示用のユーティリティを作成し¹⁾、最初に2変量関数グラフを表示するプログラムで利用した²⁾。

今回はこれを利用してフラクタル図形が描ける、フラクタルビューア3Dというプログラムを作成したので紹介する。また、3Dビューアは利用しないが、2次元のフラクタルを表示するフラクタルビューア2Dについても紹介する。

フラクタルビューア3Dは反復関数を利用する方法や回帰的方法を用いて描かれる3D画像を作成するツールである。フラクタルは、反復関数法では「点」の集合で表され、回帰的方法では「線」の集合で表される。これに対してフラクタルビューア2Dの回帰的方

方法では、図形は線と面の集合として表される。また、マンデルブロ集合や充填ジュリア集合などのビューアもついており、美しいフラクタル画像の観賞用となっている。これらに共通する再帰的方法では、容易にフラクタル画像が描けるように、簡単なフラクタル描画言語を作成した。この報告ではその利用法についても説明する。

ここで紹介した3次元フラクタルは、3Dビューアを用いているため、この中に含まれる種々の機能はすべて利用できる。参考文献1)を参照してもらいたい。

2. フラクタルビューア2D

フラクタルビューア2Dの実行画面を図2.1に示す。

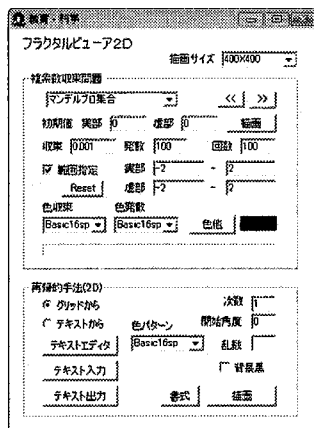


図2.1 フラクタルビューア2D

このプログラムは複素数列の収束問題によるフラクタルと再帰的な手法によるフラクタルの2種類を扱う。

2.1 複素数収束によるフラクタル

複素数の収束を利用したフラクタルでは、マンデルブロ集合と充填ジュリア集合が特に有名である。ここではこれらを表示するプログラムについて説明する。

マンデルブロ集合と充填ジュリア集合は、 $z_i \in C$, $(i=1,2,\dots)$, $c \in C$ を用いて以下のよう表される。

マンデルブロ集合: $\{c \mid \lim_{n \rightarrow \infty} z_n < \infty, z_n = z_{n-1}^2 + c, z_0 = 0\}$

充填ジュリア集合: $\{z_0 \mid \lim_{n \rightarrow \infty} z_n < \infty, z_n = z_{n-1}^2 + c, c = \text{const}\}$

これらを図に描く際、美しさを強調するために、例えば $|z_n - z_{n-1}| < 0.001$, $|z_n| > 100$ のように収束と発散の値を定め、これに到達した n の値を用いて色分けする。繰り返し回数の n の最大値は、「回数」テキストボックスに記入する。これを超える場合は収束も発散もせず、振動する場合と判定するが、これにも色を指定する。色の指定は、収束と発散は

コンボボックスを使って既定の色の組み合わせから選び、振動の場合は、「色他」ボタンをクリックしてカラーボックスから選択する。これらの選択の仕方によって全く印象の異なる図となる。

図2.1では、まず集合名を選択する。ここではまだ、上の2つしか入っていないが、必要に応じて増やす予定である。次に初期値（定数値）の値を示す。マンデルブロ集合では z_c （デフォルトで $z=0$ ）の値であり、充填ジュリア集合では c （デフォルトで $c=0.3+0.3i$ ）の値である。

描画の範囲は、「範囲指定」チェックボックスにチェックを入れ（デフォルト）、「描画」ボタンをクリックすると、実部と虚部で指定された範囲で描画する。画面上の一部を拡大したい場合は、画面上でマウスをドラッグすると、描画範囲が赤い線で選択され、そのまま「描画」ボタンをクリックすると選択範囲が拡大表示される。「範囲指定」チェックボックスにチェックがない場合、領域を選択していないときにはデフォルトの範囲になるが、「範囲指定」はチェックしておく方が分り易い。実部と虚部の範囲をデフォルトに直す時には「Reset」ボタンをクリックする。

何度も拡大するといくつか前の段階の画像を見たいことがある。その時には「<<」「>>」ボタンで前後の画像を表示することができる。その際には、その画像の範囲や次の画像へ移った際の選択範囲などが表示される。

例として一部分を拡大していったマンデルブロ集合の図を図2.2a、図2.2b、図2.2c、図2.2dに示す。

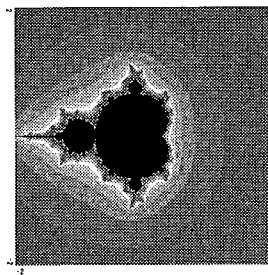


図2.1.1a マンデルブロ集合

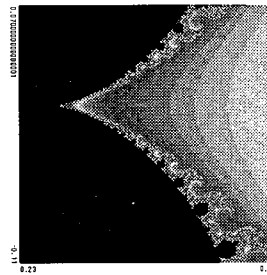


図2.1.1b 拡大1

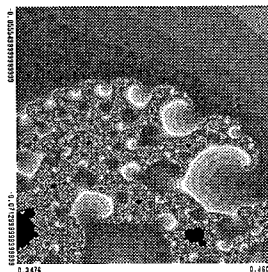


図2.1.1c 拡大2

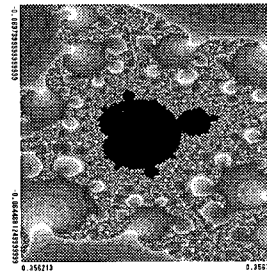


図2.1.1d 拡大3

これらの集合以外で、我々のプログラムに含まれる集合とそのサンプルを以下に示す。

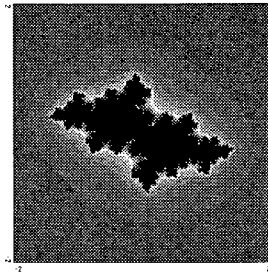


図2. 1. 2a 充填ジュリア集合 ($C = -0.59 + 0.43i$)

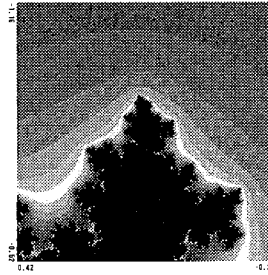


図2. 1. 2b 拡大

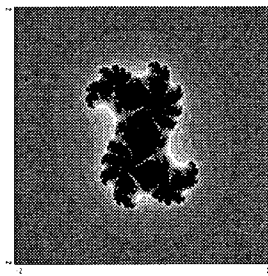


図2. 1. 2a 充填ジュリア集合 ($C = -0.59 + 0.43i$)

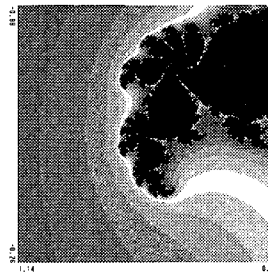


図2. 1. 2b 拡大

2.2 再帰的方法によるフラクタル

再帰によるフラクタル画像の描画はプログラミングの基礎として多くのプログラマが経験する。これは簡単な課題であるが、最近ではプログラム処理系のグラフィックの扱いに多少の基礎知識を必要とするので、多くの人が手軽に、というわけには行かない。そこで我々はこれらの知識に煩わされることなく、再帰処理だけを頭に入れてフラクタル画像が作れる簡単なマクロ言語を開発した。これを用いることで、何の準備もなく2Dのフラクタル画像を作成することができる。また、この言語はかなりの部分で3Dのフラクタルに応用できるので、次章の内容と合わせて読んでもらいたい。

まず、簡単な例を示す。図2.1のメニューで「テキスト」からラジオボタンをチェックし、「テキストエディタ」ボタンをクリックする。テキストエディタが開かれるが、この中にプログラムを書き込み、良いものができたら「テキスト入力」ボタンをクリックしてグリッドへコピーし保存するのがよい。グリッドからテキストへプログラムを書き出すのは、「テキスト出力」ボタンを利用する。

プログラムは基本的にLOGOのタートルグラフィックスのようになっており、左端(0,0)から右端(1,1)へ向けてスタートする。命令はコマンドとパラメータからなっており、パラメータがない場合もある。パラメータには数式も使える。

プログラムのサンプルを図2.2.1に示す。

```
turn 45
frac 1/2^0.5
turn -90
frac 1/2^0.5
```

図2.2.1a サンプル1

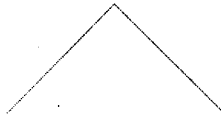


図2.2.1b 次数1

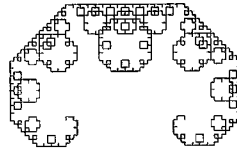


図2.2.1c 次数12

turn 45 は反時計回りで角度 45° 、 $\text{frac } 1/2^{0.5}$ はスケール $1/\sqrt{2}$ の相似図形を左の角度で貼り付けることを意味する。メニューに「開始角度」テキストボックスがあるが、これを 90° にすると、上向きに描画が始まり、図2.2.1bと図2.2.1cが反時計回りに 90° 回転した図形となる。

同様の例は有名なコッホ曲線である。図2.2.2にプログラムと描画サンプルを示す。

```
frac 1/3
turn 60
frac 1/3
turn -120
frac 1/3
turn 60
frac 1/3
```

図2.2.2a サンプル2



図2.2.2b 次数1

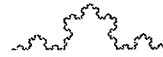


図2.2.2c 次数7

これは説明の必要がないであろう。同じような例が続いたので、次は分岐がある場合の例である。

```
go 0.3
separate
turn 45
frac 0.6
return
turn -45
frac 0.6
```

図2.2.3a サンプル3

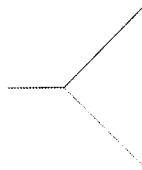


図2.2.3b 次数1

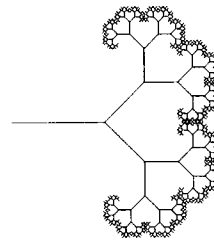


図2.2.3c 次数9

go 0.3は0.3のスケールで線を引く命令である。次のseparateはこの時のタートルの位置と向きを記憶する命令である。分岐する場合によく使われるのでseparateにした。5行目にあるreturnは、前のseparateで記憶した状態に戻す命令である。残念ながら現在はseparate ~ returnのネスト構造には対応していない。

次は、4角形を用いたサンプルである。

```

cfix
polygon4 1
turn 20
fracp 0.7

```

図2.2.4a サンプル4

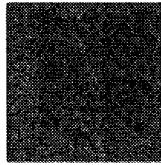


図2.2.4b 次数1



図2.2.4c 次数10

cfixは描画の際に図形の中心を基準にすることを意味する。これがなければ左下が基準である。次のpolygon4 1 はスケール1（1辺の長さが1）の四角形を描画する命令である。描画が終わった段階でタートルは図形の中心から、その時のタートルの向きに図形のスケールだけ進んでいる。最後のfracp 0.7は通常のfrac 0.7とは異なる。fracの場合は次数1の場合にも2つの四角形が描かれてしまう。fracpはこれを止めるためのフラクタルの予定地のようなものである。フラクタルは置くが、次の次数から表示する命令である。ちなみに色パターンは「Aqua」を利用している。

次の例は3角形で構成されるよく知られたシェルピンスキーのギャスケットである。

```

separate
fract3 0.5
fract3 0.5
return
turn 60
jump 0.5
turn -60
fract3 0.5

```

図2.2.5a サンプル5

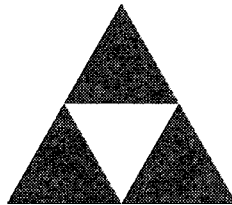


図2.2.5b 次数1

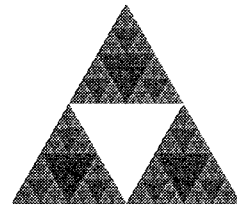


図2.2.5c 次数6

ここではfract3 0.5があるが、これは3角形も書いてフラクタルも貼り付けるという意味である。このような書式を利用すると、次数1で3角形が3つになり、それに合わせて各次数で3角形が増える。またjump 0.5 は線を引かずにタートルを飛ばす命令である。

次数1で3角形を1つにしたかったら、少し長くなるが、図2.2.6のようなプログラムにする。

```

separate
polygon3 1
return
separate
fracp 0.5
fracp 0.5
return
turn 60
jump 0.5
turn -60
fracp 0.5

```

図2.2.6a サンプル6

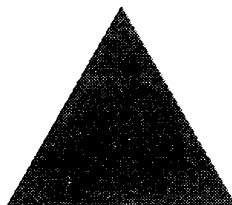


図2.2.6b 次数1

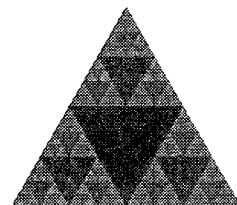


図2.2.6c 次数6

図2.2.7は円を使ったサンプルである。cfract 1/3 は比率1/3の円を書いて、フラクタルを貼り付ける命令である。プログラムは途中から省略している。

```
cfix
separate
cfract 1/3
return
jump 1/3
cfract 1/3
return
turn 60
jump 1/3
cfract 1/3
return
...
```

図2.2.7a サンプル 7

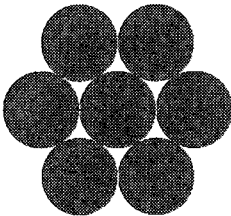


図2.2.7b 次数1

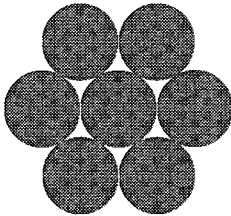


図2.2.7c 次数4

図2.2.8は色に乱数を使った例である。

```
drep
cfix
separate
color int(16*rnd)
circle 1
return
color 14
pentagon 1
return
fracp 0.81
```

図2.2.8a サンプル 8

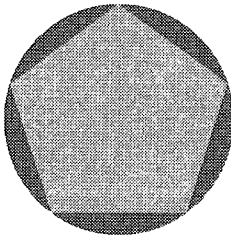


図2.2.8b 次数1

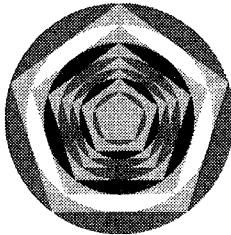


図2.2.8c 次数8

drep は正多角形の比率を外接円の直径にする宣言である。図形の色は色パターンと描画の次数によって自動的に決まるが、自分で指定することもできる。color命令は直後の図形描画の色を指定する。ここではパラメータの中に乱数rndを使っている。

以上いくつかサンプルを示したが、マクロの簡単なまとめを表2.1に示す。

表2.1 フラクタルビューア 2 Dの再帰処理書式

CFIX		正多角形の起点を中心に設定（お勧め）【宣言】
DREP		多角形の比率を外接円の直径表示に設定【宣言】
CONNECT	〔色番号〕	フラクタル同士を色番号の線でつなぐ 【宣言】
FRACP	比率	描画をしない再帰処理
FRACT3	比率	常に正三角形を描画する再帰処理
POLYGON3	比率	正三角形の描画

TRIANGLE	比率	正三角形の描画
FRACT6	比率	常に正六角形を描画する再帰処理
POLYGON6	比率	正六角形の描画
HEXAGON	比率	正六角形の描画
CFRACT	比率	常に円を描画する再帰処理
CIRCLE	比率	円の描画
FRAC	比率	最後の次数だけ直線描画の再帰処理
FRACT	比率	常に直線を描画する再帰処理
FRACC		強制的な終点へ連結する再帰処理
GO	比率	常に直線描画（標準/GOT）
GOF	比率	最後の次数だけの直線描画
GOC		強制的な終点へ連結する直線描画
TURN	角度	進行方向の角度変化[度]
REVERSE		裏返し
SEPARATE		分岐の開始点・状態の保存（ネスト構造はまだ未対応）
RETURN		分岐への状態の戻り
RESET		進行方向・回転角の初期値再設定

注）多角形の場合、比率は1辺の長さで表す。

（DREPがあるときは外接円の直径）

注）円の場合、比率は直径で表す。

最後にいくつかの2次元フラクタルの例をあげておこう。

```

go 0.3
separate
frac 0.7
retrun
turn 30
frac 0.3
return
turn -30
frac 0.3
return
    
```

図2.2.9a サンプル9

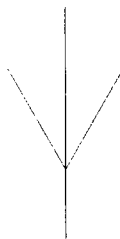


図2.2.9b 次数1

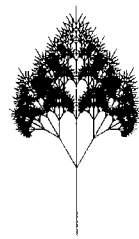


図2.2.9c 次数10

```

turn -45
jump 1/2^0.5
turn 180
frac 1/2^0.5
turn -180
jump 1/2^0.5
turn 90
frac 1/2^0.5
    
```

図2.2.10a サンプル9



図2.2.10b 次数1

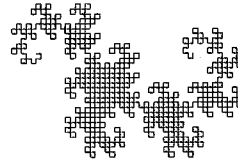


図2.2.10c 次数10

```

turn 60
jump 1/2
separate
turn -60
frac 1/2
return
separate
turn 180
frac 1/2
return
turn -60
jump 1/2
turn -60
jump 1/2
turn 180
frac 1/2
    
```

図2.2.11a サンプル10



図2.2.11b 次数1

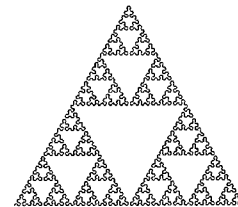


図2.2.11c 次数7

3. フラクタルビューア3D

3次元空間へのフラクタルの描画は、反復関数による点の描画と再帰的方法による直線の描画で行われる。図3.1にフラクタルビューア3Dのメニュー画面を示す。

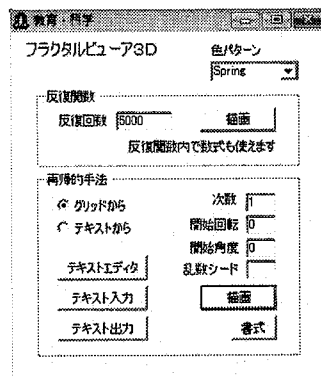


図3.1 フラクタルビューア3Dメニュー

ここでは反復関数による方法と再帰的方法を順番に説明する。

3.1 反復関数による方法

2次元の場合 r 種類の反復関数は以下の行列計算で表される。

$$\begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}^a & a_{12}^a \\ a_{21}^a & a_{22}^a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{n-1} \\ y_{n-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1^a \\ b_2^a \end{pmatrix} \quad (\alpha = 1, 2, \dots, r)$$

これは複素平面上における以下の演算と同等であり、古くからその性質が調べられてきた。

$$z_n = a^a z_{n-1} + b^a \quad (\alpha = 1, 2, \dots, r)$$

ここに

$$z_n = x_n + iy_n, \quad z_{n-1} = x_{n-1} + iy_{n-1}, \quad \bar{z}_{n-1} = x_{n-1} - iy_{n-1},$$

$$a^a = (a_{11}^a + ia_{12}^a)/2 + i(a_{21}^a + ia_{22}^a)/2, \quad b^a = (b_1^a + ib_2^a)/2 + i(b_2^a - b_1^a)/2,$$

$$c^a = b_1^a + ib_2^a,$$

これを3次元に拡張すると、反復関数は以下のように表される。

$$\begin{pmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}^a & a_{12}^a & a_{13}^a \\ a_{21}^a & a_{22}^a & a_{23}^a \\ a_{31}^a & a_{32}^a & a_{33}^a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{n-1} \\ y_{n-1} \\ z_{n-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1^a \\ b_2^a \\ b_3^a \end{pmatrix} \quad (\alpha = 1, 2, \dots, r)$$

この反復関数から、確率的に1つ選んで計算を実行し、それを繰り返して点を打って行く。

以下具体的に例を示しながら結果を見て行こう。図3.1.1に非常に有名なC曲線のデータと実行例を示す。実行例は10000点を打ったものである。描画結果は紙面（スクリーン面）上方向が z 軸正の方向、紙面右方向が x 軸正の方向である。

	確率	a1	a2	a3	a0
▶ 初期値		1	0	1	
反復関数1	0.5	0.5	0	-0.5	0
		0	0	0	0
		0.5	0	0.5	0
反復関数2	0.5	0.5	0	0.5	0.5
		0	0	0	0
		-0.5	0	0.5	0.5

図3.1.1a C曲線データ



図3.1.1b 実行結果

データでは、1行目に初期値としての値、1列目に反復関数を選択する確率、2行2列目以降が反復関数の係数行列の値である。同様に、コッホ曲線の例を図3.1.2に示す。

	確率	a1	a2	a3	a0
▶ 初期値		1	0	0	
反復関数1	0.5	1/2	0	$3^{0.5}/6$	0
		0	0	0	0
		$3^{0.5}/6$	0	-1/2	0
反復関数2	0.5	1/2	0	$-3^{0.5}/6$	1/2
		0	0	0	0
		$-3^{0.5}/6$	0	-1/2	$3^{0.5}/6$

図3.1.2a コッホ曲線データ



図3.1.2b 実行結果

図3.1.2ではデータに数式を用いている。以上2つは2次元の例であったが、図3.1.3に3次元の例を示す。

	確率	a1	a2	a3	a0
▶ 初期値		1	1	1	
反復回数1	0.25	0.5	0	0	0
		0	0.5	0	0
		0	0	0.5	0
反復回数2	0.25	0.5	0	0	60
		0	0.5	0	0
		0	0	0.5	0
反復回数3	0.25	0.5	0	0	30
		0	0.5	0	60
		0	0	0.5	0
反復回数4	0.25	0.5	0	0	30
		0	0.5	0	30
		0	0	0.5	60

図3.1.3a 3次元ギヤスケットデータ



図3.1.3b 実行結果

これらの他にもいくつかの例をあげておこう。

	確率	a1	a2	a3	a0
初期値		1	1	1	
反復回数1	0.5	0.5	0.5	0	0.125
		-0.5	0.5	0	0.625
		0	0	0	0
反復回数2	0.5	0.5	0.5	0	-0.125
▶		-0.5	0.5	0	0.625
		0	0	0	0

図3.1.4a ドラゴン曲線データ

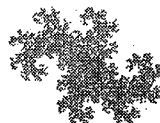


図3.1.4b 実行結果

	確率	a1	a2	a3	a0
▶ 初期値		0.5	0.5	0	
反復回数1	0.5	0.8	0	0	0.1
		0	0.8	0	0.04
		0	0	0	0
反復回数2	0.168	0.5	0	0	0.25
		0	0.5	0	0.4
		0	0	0	0
反復回数3	0.166	0.355	-0.355	0	0.266
		0.355	0.355	0	0.078
		0	0	0	0
反復回数4	0.166	0.355	0.355	0	0.378
		-0.355	0.355	0	0.434
		0	0	0	0

図3.1.5a 楓データ



図3.1.5b 実行結果

	確率	a1	a2	a3	a0
▶ 初期値		0	0	0	
反復回数1	0.85	0.85	0.04	0	0
		-0.04	0.85	0	1.6
		0	0	0	0
反復回数2	0.07	-0.15	0.28	0	0
		0.26	0.24	0	0.44
		0	0	0	0
反復回数3	0.07	0.2	-0.26	0	0
		0.23	0.22	0	1.6
		0	0	0	0
反復回数4	0.01	0	0	0	0
		0	0.16	0	0
		0	0	0	0

図3.1.6a 羊歯データ



図3.1.6b 実行結果

	確率	a1	a2	a3	a0
▶ 初期値		1	1	1	1
反復回数1	0.05	0.33333333	0	0	0
		0	0.33333333	0	0
		0	0	0.33333333	0
反復回数2	0.05	0.33333333	0	0	1
		0	0.33333333	0	0
		0	0	0.33333333	0
反復回数3	0.05	0.33333333	0	0	2
		0	0.33333333	0	0
		0	0	0.33333333	0
反復回数4	0.05	0.33333333	0	0	0
		0	0.33333333	0	1
		0	0	0.33333333	0
反復回数5	0.05	0.33333333	0	0	0
		0	0.33333333	0	2
		0	0	0.33333333	0
反復回数6	0.05	0.33333333	0	0	1
		0	0.33333333	0	2
		0	0	0.33333333	0
反復回数7	0.05	0.33333333	0	0	2
		0	0.33333333	0	1
		0	0	0.33333333	0
反復回数8	0.05	0.33333333	0	0	2
		0	0.33333333	0	2
		0	0	0.33333333	0
反復回数9	0.05	0.33333333	0	0	0
		0	0.33333333	0	0
		0	0	0.33333333	1
反復回数10	0.05	0.33333333	0	0	2
		0	0.33333333	0	0
		0	0	0.33333333	1
反復回数11	0.05	0.33333333	0	0	0
		0	0.33333333	0	2
		0	0	0.33333333	1
反復回数12	0.05	0.33333333	0	0	2
		0	0.33333333	0	2
		0	0	0.33333333	1
反復回数13	0.05	0.33333333	0	0	0
		0	0.33333333	0	0
		0	0	0.33333333	2
反復回数14	0.05	0.33333333	0	0	1
		0	0.33333333	0	0
		0	0	0.33333333	2
反復回数15	0.05	0.33333333	0	0	2
		0	0.33333333	0	0
		0	0	0.33333333	2
反復回数16	0.05	0.33333333	0	0	0
		0	0.33333333	0	1
		0	0	0.33333333	2
反復回数17	0.05	0.33333333	0	0	0
		0	0.33333333	0	2
		0	0	0.33333333	2
反復回数18	0.05	0.33333333	0	0	1
		0	0.33333333	0	2
		0	0	0.33333333	2
反復回数19	0.05	0.33333333	0	0	2
		0	0.33333333	0	1
		0	0	0.33333333	2
反復回数20	0.05	0.33333333	0	0	2
		0	0.33333333	0	2
		0	0	0.33333333	2

図3.1.7a 3次元メンガーデータ

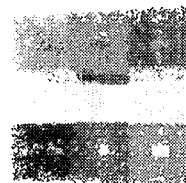


図3.1.7b 実行結果

3.2 再帰的方法

再帰的方法是2章でも述べたが、2次元でタートルは平面上を移動するので左右に向きを変えるときturn命令を用いるが、3次元ではタートルの背中方向（初期値はy軸負の方向）に法線ベクトルを考え、この向きをrotate命令で変更する。ここで反復関数のときと同様に紙面（スクリーン面）上方向がz軸正の方向、紙面右方向がx軸正の方向である。しかし考えにくい場合は、タートルを90° ひねり、背中をz軸方向に向け、法線ベクトルの方向をタートルの右脇方向と考え、利用者はタートルに乗った状態をイメージすればよい。これで、rotateはタートルの回転（右ねじ方向）、turnは上下方向への向き変えとなる。以後この考え方に基づいて解説する。

この方法を用いた3次元フラクタルの例を図3.2.1に示す。

```

go 0.4
separate
turn -30
frac 0.6
return
rotate 60
turn 30
frac 0.6
return
rotate -60
turn 30
frac 0.6
return

```

図3.2.1a サンプル1



図3.2.1b 次数1

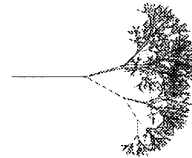


図3.2.1c 次数6

初期状態で進行方向は右横（x軸方向0から1へ）で、タートルの右脇に当たる法線ベクトルは、y軸方向－である。紙面はx-z平面で、タートルを右横から見ている状態になる。go 0.4 は0.4だけ進んで線を描く命令である。separateはその状態を記憶する。turn -30は30° 下を向きで、frac 0.6で、0.6倍に縮小したフラクタルを貼り付ける。return で記憶した位置に戻り、rotate 60で60° 右ねじの方向に回転、turn 30で30° 上を向いて、0.6倍に縮小したフラクタルを貼り付ける、等々である。

次に図3.2.2にフラクタルを貼り付ける際に直線を表示しないfracpを用いた例を示す。

```

separate
rotate 90
go 1
turn 90
go 1
turn 90
go 1
turn 90
go 1
return
jump 0.5
turn -90
jump 0.25
turn 90
rotate 90
turn 45
rotate -90
fracp 0.7071
    
```

図3.2.2a サンプル 1



図3.2.2b 次数1

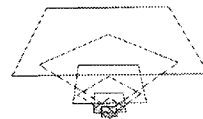


図3.2.2c 次数8

今回のサンプルは真横からだと見にくいので、少し傾けて表示してある。最初にrotate 90することによって、描画の方向がx-y平面上になり、正方形を描いている。始点まで戻ったら、辺の中央にジャンプし、90°傾けて0.25ジャンプする。元に戻して45°傾けて0.7071倍のフラクタルを表示せずに貼り付ける。

以上いくつかサンプルを示したが、マクロの簡単なまとめを表3.1に示す。

表3.1 フラクタルビューア 3Dの再帰処理書式

CONNECT		フラクタル同士を線でつなぐ 【宣言】 例:ヒルベルト曲線等
FRAC	比率	最後の次数だけ直線描画の再帰処理(標準/FRACF)
FRACP	比率	直線描画をしない再帰処理
FRACT	比率	常に直線描画する再帰処理
GO	比率	常に直線描画(標準/GOT)
GOF	比率	最後の次数だけの直線描画
TURN	角度	進行方向の角度変化[度])
ROTATE	角度	進行方向の回転[度] (/ROUND)
FRACC		強制的な終点へ連結する再帰処理
GOC		強制的な終点へ連結する直線描画
SEPARATE		分岐の開始点・状態の保存(ネスト構造はまだ未対応)
RETURN		分岐への状態の戻り
RESET		進行方向・回転角の初期値再設定

4. 考察

我々のフラクタルビューアでは、2次元は通常のビットマップ画像として、3次元は3Dビューアを用いた空間データとして出力した。当然2次元も平面データとして出力することができるが、画面を動かしてもあまり効果的でないこと、ドットの数を増やしてより細かい絵を描きたかったことからビットマップへの出力を選択した。3次元では動きを重視するために、描画要素数10000程度までが望ましい。これでは画面を覆うような図は描ききれない。

我々は、2次元のフラクタル描画手法として、複素数の収束による方法と再帰的方法、3次元の描画手法として反復関数による方法と再帰的方法を提供してきたが、反復関数による方法は2次元でも利用可能であるので、これを加えることも考えたい。ただその際には、3次元ではあまり考えていなかった色を重視した追加にすべきであろう。またその他にもフラクタルの表示方法はいくつかあり、これらについても検討したい。しかし、我々のプログラムの目的はあくまでフラクタル描画原理の学習支援であるので、機能強化を重ねプログラムを複雑化することには疑問がある。適度なバランスが重要であると考えます。

フラクタルビューア2Dのマクロに比べ、フラクタルビューア3Dのマクロは単純である。描画も直線を集めたもので、面の概念もない。そのため四角形1つにも10行近くのプログラムが必要である。我々は、単純な多角形を描画要素に加えたいと考えるが、面にはその向きのデータが必要となり、拡張の仕様が固まっていない。現在はフラクタルビューア2Dに準拠して、法線ベクトルに垂直な面での描画を考えているが、全体的にもう少し簡単にしなければ使いづらい。これは今後の課題である。

我々のプログラムはフラクタルアートを作成するようなものではなく、基本的に原理を学ぶためのツールである。それゆえ作る画像は、完全な自己相似形であり、それらを組み合わせることで表示することや視覚的な効果を加えることは殆ど考えていない。今後の課題として残したいが、プログラムの趣旨とは外れてくる。この先College Analysis本体から分離独立させることを考えてもよい。

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) 掲載予定.
- 2) College Analysisにおける2変量関数表示プログラム, 石丸敬二, 福井正康, 福山大学経済学部経済学論集, 35巻, 2号, (2010) 掲載予定.

Multi-purpose Program for Social System Analysis 17

- Fractal Viewer -

Makoto OZAKI, Keiji ISHIMARU* and Masayasu FUKUI

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

* Department of Economics, Faculty of Economics,
Fukuyama University

Abstract

We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. We developed some programs using 3D display, because we had been interesting in CG. This time, we introduce the program of fractal viewer. This program can display the fractal of 2D and 3D. In addition, it has the function to display the Mandelbrot set.

Keywords

College Analysis, social system analysis, statistics, management science, decision making, fractal, 3D

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

福山平成大学経営学部紀要
第7号(2011), 65頁-84頁

英文リーダビリティ測定ソフトを用いた英語教育の改善

小篠敏明, 福井正康, 細川光浩

福山平成大学経営学部経営学科

要旨: 本稿では、著者小篠と福井が新たに開発した英文難易度測定ソフト、Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 2.1の使用方法及びこれを用いた英語教育の改善について、実際に教材用英文のリーダビリティを測定しながら、具体的に考察を行った。本リーダビリティ・ソフトは、教育実践面においては、高等学校入試問題の英文の難易度を統制し、毎年同じ難しさの英文テキストを作成するためのツールとして、あるいは、特定の英語教材の難易度を調べ、その難易度を評価するためのツールとして、また、研究面においては、所与の英文テキストの難易度を今日の視点から測定し、評価するためのツールとして使用することができることが示された。何よりも、本ソフトの利点は、測定において、評価者の主観や思い入れが入る余地がまったくないため、公平な形で英文の難易度を評価できるという点にある。

キーワード: リーダビリティ、日本人英語学習者、コンピュータ・プログラム、英語教育の改善

1. はじめに

本稿は、新開発英文難易度測定ソフト、Ozasa-Fukui Year Levelを使って何ができるか、その使用方法及びこれを用いた英語教育の改善について考察するものである。

Ozasa-Fukui Year Level (Ver. 2.1) は小篠と福井が共同開発した英文難易度測定ソフトであり、日本の今日の英語教科書のレベル(中1～高3)を基準にして、英文テキストの難易度(リーダビリティ)を測定するリーダビリティ指標とその計算のためのコンピュータ・プログラムより構成されている教育用ツールである。例えば、3.2という測定値が

* 本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C)1, No. 19520535)の助成を受けたものである。研究費助成に対して日本学術振興会に心からの謝意を表する。

** 本論文は日本教科教育学会第35回全国大会(金沢大学、10/10, 2009)にて口頭発表したものを基に新たに稿を起こしたものである。

出れば、その英文は現行の中学3年生初期、5.2なら高校2年生初期の難易度ということを表しているので、英語教材の難易度判定に利用することができる。

本指標の数式作成で用いられた変数は、従来の変数、(1)文の長さ、(2)語の長さに加えて、新たに開発された2つの変数、(3)教科書に基づいた単語の難易度、(4)教科書に基づいた熟語の難易度を用いている。本指標の数式作成に当たっては、ゴンペルツ変換という非線形分析(曲線分析)を行い、精度を高めている。本指標の精度、すなわち説明率(r^2)は0.8217で、日本の学校教育で使用されている教材のリーダビリティの判定をかなり高い精度で行うことができる。

計算ソフトCheck Read Lightは操作が簡単で、ワープロ・ソフトWordのツールのように(マクロとして)使うことができる。

なお、本指標およびコンピュータ・プログラムの開発は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C) 課題番号:19520535)の研究助成を受けたもので、Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 2.1はプログラム著作権登録を行っている(登録番号:P第9770号-1)。

2. テスト問題作成における本ソフトの利用

2.1. 高等学校入試問題作成における本ソフトの利用

以下の文章は平成20年度、ある県立高等学校入試問題に出題された長文である。(冒頭のタイトルの行に打ってある「#」はこの行をソフトが読まないようにするためのタグ打ちを行ったものである。)

#Senior High School Entrance Examination, X Prefecture

There are a lot of problems we have to solve in the world now. Today, for example, we often read and hear about global warming in newspapers and on TV. They say that it is becoming warmer and warmer every year and the ice at the Poles is becoming smaller than before. People worry about global warming caused by some gases from cars, houses, and many other places. When we think about the problems around the world like global warming, do we have to stop something we are enjoying now in our life for our children? Some people think this isn't an easy thing to do.

Now people are thinking about new development to make our world better. This development can bring us a good life for now and tomorrow and we don't have to stop enjoying our life now. For this development, we have to solve global problems. I have found some examples. We are buying and using too many things. We don't understand people living in different countries or having different cultures. Some people have a lot of money, but other people don't have enough food. We should

have some new ideas for these global problems. I think we have to work together to solve them with people in the world.

We can find that some people have already started the activities for new development. The children at one elementary school in Japan learn about water with the children at an elementary school in America. The school in Japan is near the sea and a river which runs through the mountains which have a lot of trees. Many new houses were made there, and the city was changed. The school in America is near a big river, many smaller rivers and lakes. Big farms were made and a lot of cattle are kept. People there worry about and are interested in water because the water isn't clean. Children at the school in Japan watched the river near their school and learned about the fish. They also had some classes from the teachers who knew a lot about fish, and they learned about the food fish ate and how to keep the river clean for fish. They showed the things they learned to the children in America on the Internet. Japanese and American children watched the fish living in Japan and America to talk about their ideas together on the Internet. They found that they lived in different places. Rivers in Japan were different from rivers in America. Fish in Japan were different from fish in America. But they had the same problem: water. They started to think about their problems and the earth.

We can see a lot of examples in other countries, too. In a small city in an Asian country, people there used water from the river and lakes near their city, but they couldn't get enough clean water. They talked about some ideas to get clean water with people who knew a lot about water supply systems. People in the city started to make a new water supply system to get clean water from other places. They also learned about clean water and good health. Some women got together to learn about health. Students learned about it at school, too. Some parents couldn't read and write, but they wanted to know useful ideas. They started to learn how to read and write. These things changed the city. People could enjoy clean water. People used the garbage from each of the families for agriculture and got a lot of good vegetables. The city became cleaner. People in the city were glad to know that their city became better.

People in the world have already started many kinds of activities for new development. At some schools there are classes to think about many problems in the world and learn what they can do for tomorrow. Some cities have started activities for those problems. I want to join them because I can learn something from them. I

can find what the most important thing about the problems is. I can think about my city and country. When I understand more about my city and country, I can understand other people who have different ideas and cultures. I think we have to do things for our children. We can't live without the earth. Now we know how to start our new life. What should we do for the earth?

この英文を我々が開発したリーダビリティ・ソフトで測定した結果、この文章のリーダビリティは4.00という測定結果を得た。この英文の難易度は中学3年最後のレベルで、高校入試としてはやや難しい文章ということになる。この長文には17語の語注がついているが、これは文章の難易度を下げ、テキストを読みやすくするために出題者が講じた措置であると推測できる。

一方、以下の文章は同じ県の平成21年度県立高等学校入試問題の長文である。Ozasa-Fukui Year Levelで測定したこの文章のリーダビリティは4.79であった。これは高校1年後半の難易度であり、高校入試レベルではかなり難しく、また、前年度の長文よりはるかに難しいテキストであったと推測できる。この難解さを緩和するためと思われるが、この長文には前年度の17よりさらに多い32語の語注がついている。このように多く語注を付することによって、文章の理解を助けるような難易度緩和措置がとられているが、本来なら、より易しいテキストにしておくべきものであろう。

There are a lot of problems we have to solve in the world now. Today, for example, we often read and hear about global warming in newspapers and on TV. They say that it is becoming warmer and warmer every year and the ice at the Poles is becoming smaller than before. People worry about global warming caused by some gases from cars, houses, and many other places. When we think about the problems around the world like global warming, do we have to stop something we are enjoying now in our life for our children? Some people think this isn't an easy thing to do.

Now people are thinking about new development to make our world better. This development can bring us a good life for now and tomorrow and we don't have to stop enjoying our life now. For this development, we have to solve global problems. I have found some examples. We are buying and using too many things. We don't understand people living in different countries or having different cultures. Some people have a lot of money, but other people don't have enough food. We should have some new ideas for these global problems. I think we have to work together to solve them with people in the world.

We can find that some people have already started the activities for new development. The children at one elementary school in Japan learn about water with the children at an elementary school in America. The school in Japan is near the sea and a river which runs through the mountains which have a lot of trees. Many new houses were made there, and the city was changed. The school in America is near a big river, many smaller rivers and lakes. Big farms were made and a lot of cattle are kept. People there worry about and are interested in water because the water isn't clean. Children at the school in Japan watched the river near their school and learned about the fish. They also had some classes from the teachers who knew a lot about fish, and they learned about the food fish ate and how to keep the river clean for fish. They showed the things they learned to the children in America on the Internet. Japanese and American children watched the fish living in Japan and America to talk about their ideas together on the Internet. They found that they lived in different places. Rivers in Japan were different from rivers in America. Fish in Japan were different from fish in America. But they had the same problem: water. They started to think about their problems and the earth.

We can see a lot of examples in other countries, too. In a small city in an Asian country, people there used water from the river and lakes near their city, but they couldn't get enough clean water. They talked about some ideas to get clean water with people who knew a lot about water supply systems. People in the city started to make a new water supply system to get clean water from other places. They also learned about clean water and good health. Some women got together to learn about health. Students learned about it at school, too. Some parents couldn't read and write, but they wanted to know useful ideas. They started to learn how to read and write. These things changed the city. People could enjoy clean water. People used the garbage from each of the families for agriculture and got a lot of good vegetables. The city became cleaner. People in the city were glad to know that their city became better.

People in the world have already started many kinds of activities for new development. At some schools there are classes to think about many problems in the world and learn what they can do for tomorrow. Some cities have started activities for those problems. I want to join them because I can learn something from them. I can find what the most important thing about the problems is. I can think about my city and country. When I understand more about my city and country, I can

understand other people who have different ideas and cultures. I think we have to do things for our children. We can't live without the earth. Now we know how to start our new life. What should we do for the earth?

20年度と21年度の長文のパラグラフ単位のリーダビリティの平均値分布を比較すると図1、2のようになる。分布図からも明らかなように、21年度の長文が20年度のものより英文が難しいことわかる。入試問題の文章は、理想的には、毎年同じであるほうが好ましいことは論を俟たないであろう。このような場合、Ozasa-Fukui Year Levelを用いることによって、文章の難しさ（リーダビリティ）を統制し、均質にすることができる。そうすれば、語注に頼ることもなくなるであろう。

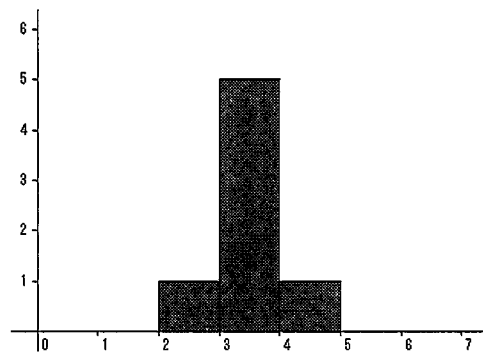


図1 20年度問題のパラグラフ平均値分布

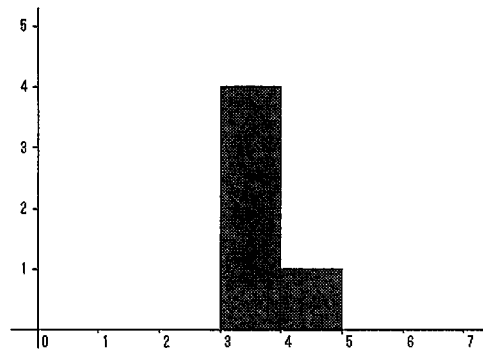


図2 21年度問題のパラグラフ平均値分布

具体的には、Ozasa-Fukui Year Levelを用いて、文の難易度を一文ずつ細かくチェックすることにより、難しい文を特定し、その難易度を調整して、前年度のと同じ難易度の文章を作ることができる。以下の文章は、そのような調整を行うことによって、レベルを前年度(平成2年度)と同じようにしたものである。

There are a lot of problems we have to solve in the world now. Today, for example, we often read and hear about global warming. They say that it is becoming warmer and warmer every year. The ice at the Poles is becoming smaller than before. People worry about global warming. It is caused by some gases from cars, houses, and others. To stop this, do we have to stop something we are enjoying now? Some people think this isn't easy.

Now people are thinking about new development to make our world better. This development can bring us a good life. And we don't have to stop enjoying our life now. For this development, we have to solve global problems. I have found some examples. We are buying and using too many things. We don't think about people living in different countries. Some people have a lot of money, but other people don't. I think we have to work together to solve them.

Some people have already started the activities for the new development. Japanese elementary school children study water with American children. The school in Japan is near the sea and a river which runs through the mountains. Many new houses were made there, and the city was changed. The school in America is near rivers and lakes. Big farms were made and a lot of cattle are kept. People there worry about water because it isn't clean. Children in Japan watched the river near their school and learned about the fish. They also had some classes from the teachers who knew a lot about fish. They learned about the food fish eat and how to keep the river clean for fish. They showed the things they learned to the American children on the Internet. Japanese and American children watched the fish living in Japan and America together on the Internet. They found that they live in different places. Rivers in Japan were different from rivers in America. Fish in Japan were different from fish in America. But they had the same problem: water. They started to think about their problems and the earth.

We can see a lot of examples in other countries, too. In a small city in an Asian country, people use water from the river and lakes near their city. They couldn't get enough clean water. They talked about with people who knew a lot about water supply systems. People in the city started to make a new water supply system to get clean water from other places. They also learned about clean water and good health. Some women got together to learn about health. Students learned about it at school, too. Some parents couldn't read and write, but they wanted to know useful ideas. They started to learn how to read and write. These things changed the city. People

could enjoy clean water. People used the garbage from each of the families for agriculture and got a lot of good vegetables. The city became cleaner. People in the city were glad to know that their city became better.

People in the world have already started to do many things for the new development. At some schools children think about many problems in the world and learn what they can do. Some cities have started activities for those problems. I want to join them because I can learn something from them. I can find the most important thing about the problems. I can think about my city and country. When I understand more about my city and country, I can understand other people. I think we have to do something for our children. We can't live without the earth. Now we know how to start our new life. What should we do for the earth?

Ozasa-Fukui Year Levelで測定したこの修正版の文章のリーダビリティは3.95で、前年度（4.00）とほぼ同じ難易度となった。難易度の分布（パラグラフ単位で測定）も図3のグラフのように、3学年の中に納まり、中学校3年間の学習達成度を評価する入試問題の文章としては好ましいものとなった。このように、Ozasa-Fukui Year Levelを用いることによって、文章の難しさを細かく調整し、文章の難易度を統制することができるというメリットを強調しておきたい。

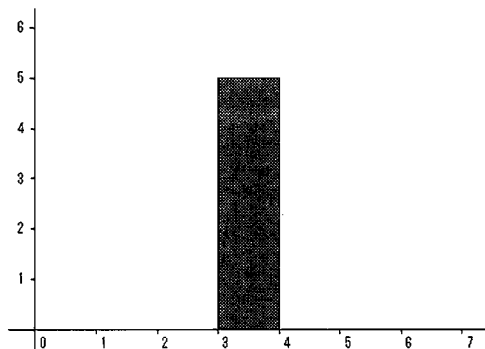


図3 修正版のパラグラフ平均値分布

2.2. 教材の作成

授業の中で用いた教材と同じ難易度（リーダビリティ）で、内容としては別の教材を使用して授業を行いたいと思う場面も少なくないであろう。授業の中で、目標教材を学習した後、応用学習として同程度の難しさの別教材を読ませて学習の定着度を図りたいというような場面もそのひとつである。また、定期試験において、ある教材と同じ程度で、しかし内容はまったく別のものを用意して、学習者の読解力を評価したいという場面もあり得る。

このような場合も、Ozasa-Fukui Year Levelを用いることによって、難易度を確認しつつ、文章のレベルを調整し、比較的容易に、目指すレベルの教材を作成することができる。たとえば、以下のような教材（Sunshine2, L6）を授業で用いたとする。

Martin, what are your plans for the future?

Well, I want to travel around the world. I want visit many countries.

That's cool. How about you, Julie?

I want to study art in France. I want to be a great artist like Monet.

That's wonderful.

How about you, Li?

I'd like to be a computer engineer.

That sounds hard. I want to be a music teacher and teach small children. How about you, Daisuke?

Well, a lot of my friends will go to college and work in an office. But I have a different plan.

Ozasa-Fukui Year Levelで測定したこの文章のリーダビリティは2.32であった。これに対して、以下の教材は本文の難易度を同程度に保ちながら（R score = 2.20）、目標教材とは異なった内容の文章となっている。このような教材を用いることによって、効果的な形で英語の学習を進めていくことが期待できる。

自作教材の一例

George, what are your plans for the future?

Well, I want to study English. I want to read many English books.

That's cool. How about you, Meg?

I want to study music in Italy. I want to be a good opera singer.

That's not bad.

How about you, Toshi?

I'd like to be a medical doctor.

That's sounds hard. I want to be an English teacher and teach at junior high school.

How about you?

Well, a lot of my friends go to college and want to be office workers. But my plan is a little different, you know.

2.3. 教材の選択（評価）

授業の中では、新しい教材を探してきて、投げ込み教材として使いたいと思う場面も生じるであろう。このようなときにも、Ozasa-Fukui Year Levelを用いることによって、比較的正確に、日本の教科書レベルと比べたときの文章の難易度を調べることができる。

2.3.1. The Dinosaur Eggの場合

以下の教材はアイルランドの子供用絵本*The Dinosaur Egg* (Jim Halligan & John Newman, *The Dinosaur Egg*, C. J. Fallon, 2000, 1-2)の一部(Chap. 1)である。

Sarah lives on a farm. One day Molly and her little brother Matt came to play with Sarah.

‘What will we do?’ asked Matt.

‘Let’s play in my tree house,’ said Sarah.

‘No,’ said Matt, ‘I don’t want to!’

‘Then let’s play on the slide,’ said Molly.

‘No,’ said Matt again, ‘I don’t want to!’

Molly got cross with Matt.

‘Well, what do you want to play?’ she asked him.

‘Hide and seek,’ said Matt.

‘OK,’ said Sarah, ‘you two hide and I’ll seek’.

Molly ran off across the fields. She could run very fast.

‘Wait for me,’ called Matt.

Molly stopped and waited for her little brother to catch up. Then she took his hand and away they ran. There were some bushes nearby.

これは英語国の幼児のための絵本の一部ではあるが、日本の学校教育の中の英語教材としても使える可能性がある。このような専門的な判断は担当英語教師に任されているが、英語教師としても判断に苦しむ場合もないとは言えないであろう。このような、難しい判断を下さなければならない時、Ozasa-Fukui Year Levelの測定結果を参考にするのも一法であろう。

この文章の難易度を調べてみると、Ozasa-Fukui Year Levelで測定したリーダビリティは2.54、そしてその分布は以下の通りであった。分布図より明らかなように、この文章は中学2年生の文章が中心で、中学2年生の教材として使えることがわかる。また、3年生レベルの教材も少し入っているので、3年生の復習教材としても使えることが判明する。

Ozasa-Fukui Year Level は1文ごとに難易度を判定するので、2年生の新教材として使用するときは、3, 4年生のレベルの文を特定して、簡易化することも考えられるであろう。

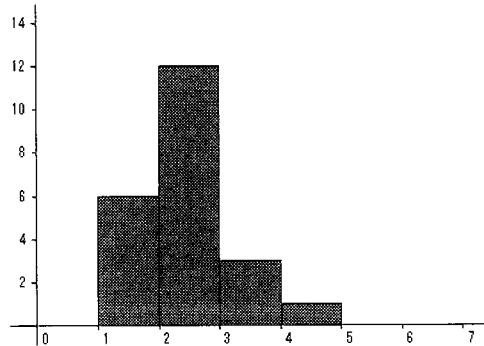


図4 The Dinosaur Eggの分布

2.3.2. The Wildlife Projectの場合

以下の文章はアイルランドの小学生用絵本*The Wildlife Project (No Room for Elephant! and Other Stories*, The Educational Company of Ireland, 2001, 32-3)の1部である。

Ben Shrimpton, also as Shrimp, looked carefully at Ms Freeman. After all, she was important. She would be teaching his class in September. He hoped she wasn't going to be a shouter. She didn't look like a shouter. She had a green stripe through her hair. Somehow he felt that people with green stripy hair wouldn't go in for shouting.

Suddenly he started listening to what she was saying. That made him sit up. Wow! Ms Freeman was talking, yes, Ms Freeman was talking about a school project in holidays. School work in the summer holidays!

Ben glanced round the class. Everyone else seemed aghast, too. It was an aghast class, no doubt about it. Some had their mouths open. Ben waited for someone to say something. He never spoke in class unless he had to. Perhaps that was why people called him Shrimp. That and his size.

It was Kate Askew who spoke up. Or rather burst out. 'In the holidays?' she cried. 'But we never have homework in the holidays!'

Ozasa-Fukui Year Levelで測定したリーダビリティは3.54、そしてその分布は図5の通りであった。分布図より明らかなように、この文章は中学3年生の文章が中心で、2年生レベルの教材も少し入っているので、3年生の新教材あるいは復習教材としても使えることがわかる。

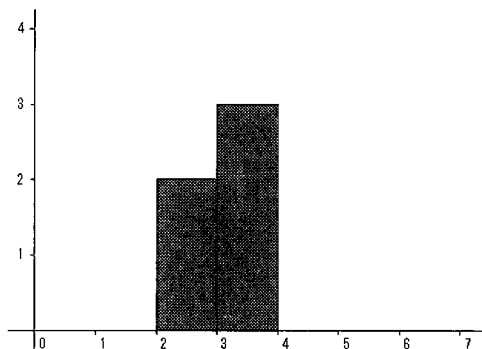


図5 The Wildlife Projectの分布

2.3.3. Platero, The Little Donkeyの場合

以下の文章はアイルランドの小学生用の絵本Platero, *The Little Donkey* (White Fire and Other Stories, The Educational Company of Ireland, 2001, 5)の一部である。

Platero, The Little Donkey

Platero is a little donkey, downy and smooth; so soft on the outside that he seems like cotton wool, that he has no bones. Only the jet mirrors of his eyes are hard like two scarabs of black crystal.

I set him free and he goes off to the meadow and with his nose he warmly caresses the tiny pink, sky-blue and golden yellow flowers. I call him gently: 'Platero' and he come to me at a joyful little trot and his laughter is like a heavenly, ethereal sound of bells.

He eats whatever I give him. He likes tangerines, muscatel grapes, all amber-coloured, and purple figs with their tiny crystalline drops of honey.

He is tender and loving as a little boy, as a little girl.; but strong and solid as a rock. When I ride him, on Sundays, through the farthest alleys of the town, the men from the country, in their Sunday best and slow-moving, stop to look at him. He's got steel in him! Steel and quicksilver at the same time.

Ozasa-Fukui Year Levelで測定したリーダビリティは6.65、そしてその分布は図6の通り

であった（パラグラフ単位で測定）。分布図より明らかなように、この文章は高校1年生と2年生の文が同数なので、高校2年の新教材あるいは復習教材としても使用可能であると言える。

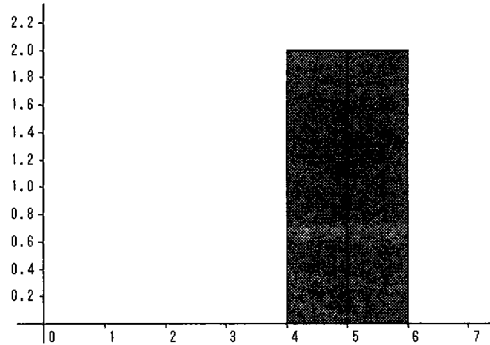


図6 Platero, The Little Donkeyの分布

3. 研究面での利用

Ozasa-Fukui Year Levelは教育実践の場のみならず、英語教育研究の場面においても効果的に使用することができる。特に、今日の英語教科書の英語の難易度と比較して、どの程度の難しさがあるかという判定を行うときには客観的な数値を提供することができて、便利である。

3.1. 海軍兵学校入試問題の現代的視点からの評価

例えば、戦前の海軍兵学校の入試問題を吟味、評価しようとするとき、Ozasa-Fukui Year Levelを用いることによって、入試問題の難しさに関してわかりやすいデータを提供することができる。以下は昭和7年度の海軍兵学校の入試問題（田中正道氏蔵）に出題された短文2編である。

昭和7年度(1)

We spend a third of our lives in bed, but few of us know how to plan intelligently for that third. And yet we can no more live without sleep than without food. Many of us weigh ourselves daily and worry about calories, while we let our sleeping hours take care of themselves.

昭和7年度(2)

To use the phrase of a modern poet, he never has time “to stand and stare.” He is always on the run, always in a rush, always the pushing, pushed, Centre of a

crowd. And even when he is alone in a room, he cannot be rid of people since there still remains that curse of modern civilization, the telephone.

2編ともにやや短いので、便宜的に、2つの文章をまとめて、ひとつの文章として、Ozasa-Fukui Year Levelを使って英文テキストの難易度を測定してみました。結果、リーダビリティ値は7.14で、その分布図は以下図7の通りでした。この数値はこの英文が現行制度の高校3年生（6学年）より難解なものであることがわかります示している。（6学年の難易度がすべてですが、このような分布は6学年以上の難易度と判定される用プログラムされている。その根拠等については小篠、福井、細川2009、2010参照。）このように、本判定ソフトを用いることによって、過去の英文テキストの難易度を現行教科書のそれと比べて、数値化することができる。ただ、限界も存在する。Ozasa-Fukui Year Levelは学校教育の中で使用することを念頭に作製されていますので、7学年までしか正確に測定することができない。

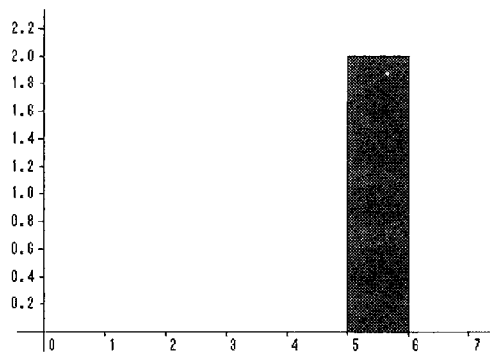


図7 海軍兵学校入試問題のリーダビリティ分布

3.2. 教科書英語のリーダビリティの歴史比較

Ozasa-Fukui Year Levelを用いることによって、各時代の教科書英語の難易度（リーダビリティ）を測定し、歴史的に比較することも可能ですのも興味深い試みである。ここでは、1861年から1997年、137年の間に発行され、日本の中等教育で使用された英語教科書、14セット各5巻、総計70巻の英文をOzasa-Fukui Year Levelを使って文章の難易度を測定し、てみました比較してみた。

分析に当たっては、分析の精度を上げるため、まず、はじめに、いわゆる、文章のクリーニングを行いました。たとえば、練習問題や注のようなものは難易度が易くなるのを防ぐため、すべて省き、また、韻文や詩歌の類は特殊なテキストで測定になじまないため、すべて削除しました。また、タイトル、見出し、小見出し等は完全な文構造をとっていないため、タグ「#」を打って測定時にソフトが読み込まないようにしておいた。

これらのクリーニング作業は散文だけを測定し、正確な難易度判定を行うためのするための準備作業である。

分析に用いた14教科書は以下の通りであった。

- 1) Sanders' Union R (Sanders, 1861 - 63) [Union]
- 2) New National R (Barnes, 1883-84) [National]
- 3) English R: The High School Series (Denning, 1887) [Denning]
- 4) Seisoku Mombusho Eigo Tokuhon (Education Ministry English R) (Education Ministry, 1889) [Seisoku]
- 5) Standard Choice R (Shobido, 1902) [Choice]
- 6) Kanda's New Series of English R (Revised Edition) (Kanda, 1903) [Kanda NSER]
- 7) The Globe R (Y. Okakura, 1907) [Globe]
- 8) New English Drill Books (Kumamoto, 1907) [Drill]
- 9) Girls' Taisho New R (Tsuda & Kumamoto, 1916) [Taisho]
- 10) The Standard English R (Palmer, 1926-27) [Standard (P)]
- 11) The Standard English R (Takehara, 1932) [Standard (T)]
- 12) Girls' Pacific R (Sawamura, 1939) [Pacific]
- 13) New Jack and Betty: English Step by Step (1,2,3) (Hagiwara, et al, 1952), New High School English (1,2) (Hagiwara, et al, 1952) [Jack & Betty]
- 14) Sunshine English C (1,2,3) (Shimaoka, et al, 1996), Sunshine English C (1,2) (Tsuchiya, et al, 1997) [Sunshine]

表 1 はOzasa-Fukui Year Levelによる14教科書のリーダビリティ測定結果です。

表 1 14教科書のリーダビリティ比較

	Book 1	Book 2	Book 3	Book 4	Book 5
Union	4.32	6.96	6.46	6.87	7.04
National	3.45	4.64	5.38	6.37	6.80
Denning	6.37	6.50	6.45	6.66	6.95
Seisoku	3.13	4.13	6.33	6.93	7.32
Choice	3.37	4.83	5.85	6.27	6.73
Kanda NSER	1.64	3.00	5.02	6.87	6.46
Globe	3.30	5.01	6.31	6.06	6.18
NE Drill	2.10	4.11	4.97	6.13	6.42
Taisho	2.91	3.45	4.68	5.58	6.48
Standard P	3.05	6.40	6.53	5.82	6.70
Standard T	3.08	5.10	5.99	6.32	6.52
Pacific	2.35	4.00	4.64	5.41	6.77
Jack & Betty	1.90	2.90	3.91	5.12	5.53
Sunshine	1.38	3.09	3.66	4.91	5.23

そして、以下図8はOzasa-Fukui Year Levelによる14教科書のリーダビリティ測定結果（グラフ）です。細かい分析は本書の目的ではありませんので、省かせていただきますが表とグラフより、教科書によって、あるいは年代によって、年代によって）文章の難易度、すなわち、リーダビリティが変化していることが、また、各教科書とも学年によってリーダビリティが変化していることが明瞭に示されている。

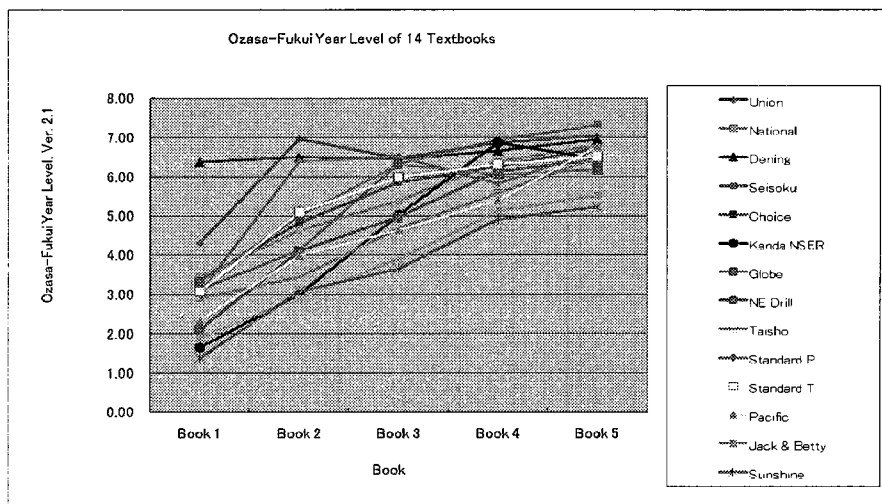


図8 14教科書のリーダビリティ比較

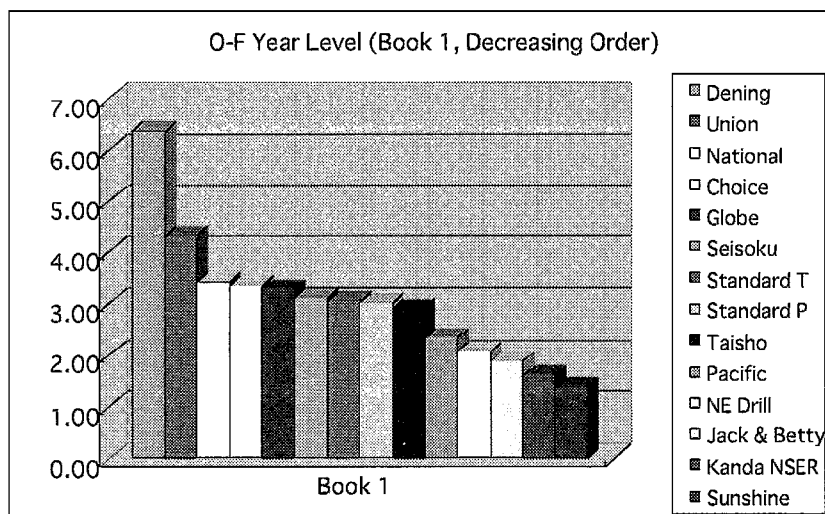


図9 14教科書第1学年のリーダビリティ比較

さらに、図9のグラフは第1学年の教科書だけを取り出して、14セットの英文のリーダビリティを測定し、リーダビリティの降順に並べたものである。このように、数値を用いて、また、視覚的に提示することによって、教科書の英語の経年的変化や、明治時期の教科書

が極端に難しいものであったことなど、興味深い事実が浮かび上がってくる。特に、現行教科書のSunshineが一番やさしい教科書であること、また、過去に用いられていた教科書が、現行と比べて以下いかに難しいものであったか、などが明快に理解できるであろう。

また、図10のグラフは第2学年の教科書だけを取り出して、14セットのリーダビリティを測定し、降順に並べたものである。

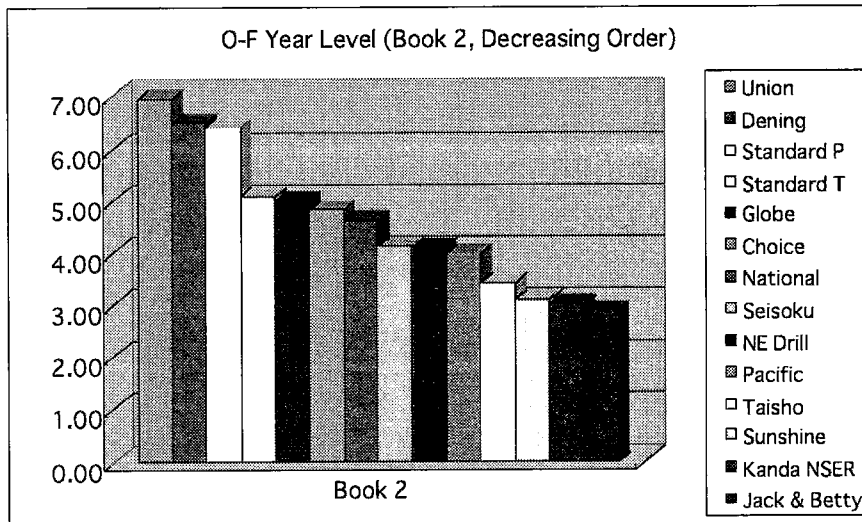


図10 14教科書第2学年のリーダビリティ比較

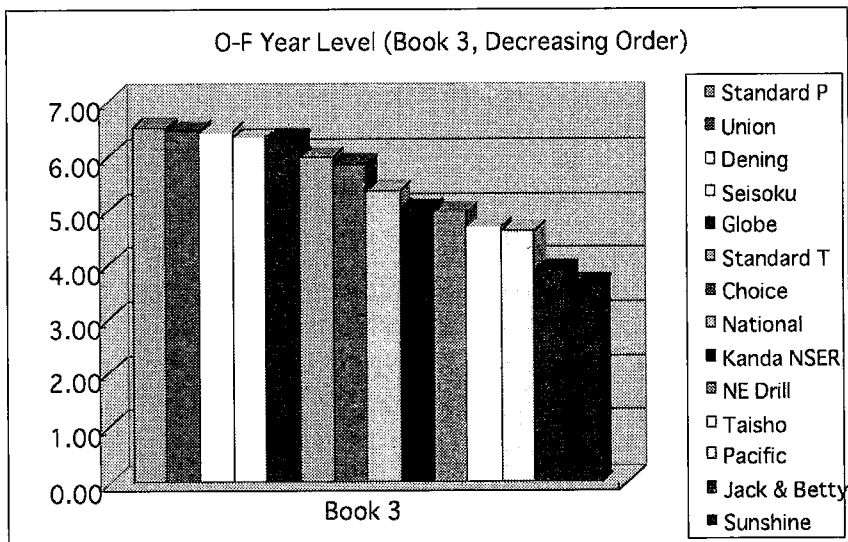


図11 14教科書第3学年のリーダビリティ比較

図11のグラフは第3学年の教科書だけを取り出して、14セットのリーダビリティを測定し、降順に並べたものである。

このように、教科書データがデジタル化さえしてあれば、Ozasa-Fukui Year Levelを用いることによって、さまざまな教科書英語あるいは教材英語を今日の英語教科書の学年レベルの観点から分析し、比較研究等に用いることができて便利である。

4. 結語

本稿では、英文難易度測定ソフト、Ozasa-Fukui Year Levelの使用方法及びこれを用いた英語教育の改善について、具体的に英文のリーダビリティを測定しながら、考察を行った。本リーダビリティ・ソフトは、教育実践面においては、高等学校入試問題の英文の難易度を統制し、毎年同じ難しさの英文テキストを作成するためのツールとして、あるいは、特定の英語教材の難易度を調べ、その難易度を評価するためのツールとして、また、研究面においては、所与の英文テキストの難易度を今日的視点から測定し、評価するためのツールとして使用することができることが示された。

何よりも、本ソフトの利点は、測定において、主観や評価者の思い入れが入る余地がまったくないため、誰にも平等な形で英文の難易度を評価できるという点にある。

参考文献

小篠敏明、福井正康、細川光浩、2010. 「日本人英語学習者のためのリーダビリティ指標の開発（3）」『経営研究』福山平成大学経営学部紀要、第6号、57-70.

小篠敏明、福井正康、細川光浩、2009. 「新開発英語リーダビリティ・ソフト'Ozasa-Fukui Year Level'の概要とその利用法」『日本教科教育学会第35回全国大会論文集』2009年10月10日165-168.

小篠敏明、福井正康、細川光浩、2009. 「日本人英語学習者のためのリーダビリティ指標の開発（2） 中間報告」『経営研究』福山平成大学経営学部紀要、第5号、35-49.

小篠敏明、福井正康、細川光浩、2008. 「日本人英語学習者のためのリーダビリティ指標の開発 中間報告（1）」『経営研究』福山平成大学経営学部紀要、第4号、47-57

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 & Hosokawa, Mitsuhiro, 2004. Development of integrated program for social system analysis 8: Canonical coefficient correlation analysis, factor analysis and utility [Syakai sisutem bunseki notameno tougouka puroguramu 8: seijunsoukanbunseki, insibunseki and utiriti]. *Business Information Studies*, 9, 23-35.

Weir, George & Ozasa, Toshiaki. 2010. Learning from analysis of Japanese EFL texts. *Educational Perspectives*. 43, 1& 2, 56-66.

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, 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, Masayasu, & Hosokawa, Mitsuhiro. 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, Masayasu, Hosokawa, Mitsuhiro. & 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 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.

小篠敏明・福井正康・細川光浩

Using a Readability Index^{ev} for the Improvement of English Language Teaching in Japan

Toshiaki Ozasa

Masayasu Fukui

Mitsuhiro Hosokawa

Department of Business Administration

Faculty of Business Administration

Fukuyama Heisei University

The present paper reports on aspects of improvement in the methodology of teaching English as a foreign language (TEFL) in Japan, using a newly developed readability index, Ozasa-Fukui Year Level, Ver. 2.1 and its computer program. It demonstrates that the readability software proved to be useful of some use as a tool for (1) controlling English texts for the entrance examination for senior high school and thus producing English texts of the same readability level every year, (2) measuring and evaluating readability of English texts selected for teaching purposes, and (3) measuring and evaluating readability of English texts in focus in terms of current formal English textbook level. Above all, it was found out that merit of the present readability software lies in that it guarantees objective and efficient evaluation of readability since there is no room for evaluators¹ arbitrary judgment.

社会システム分析のための統合化プログラム 14

ー コレスポネンデンス分析・数量化Ⅲ類 ー

福井正康

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、質的なデータに関する分類手法の1つであるコレスポネンデンス分析と数量化Ⅲ類についてプログラムを作成した。数量化Ⅲ類についてはすでに College Analysis に含まれているが、今回コレスポネンデンス分析と対応させるために、定義を少し変更して作り直した。

キーワード

College Analysis, 社会システム分析, 統計, OR, 意思決定, コレスポネンデンス分析, 数量化Ⅲ類

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

1. はじめに

これまで社会システム分析ソフトウェア College Analysis に多くのプログラムを組み込んできたが、今回は質的データの分類手法である、コレスポンデンス分析¹⁾と数量化Ⅲ類についてプログラムを作成した。数量化Ⅲ類についてはすでに組み込んでいるが²⁾、コレスポンデンス分析との対応関係を明確化するために定義を少し変えて再度作り直した。

コレスポンデンス分析は、2次元分割表で表される2つの変数のカテゴリの中で似たものを探し、分類する手法である。2つの変数に含まれるカテゴリは同列に扱われ、散布図上の表示ではすべて同一平面上に表される。それに対して数量化Ⅲ類は、分割表でなく個々のデータを用いて、カテゴリ同士、個体同士で似たものを探す手法で、散布図上の表示ではカテゴリと個体それぞれ別の図として表される。理論とプログラムの動作についてはそれぞれ2章と3章で詳述する。

最後に4章で重回帰分析に新しく追加した変数自動選択の機能や、因子分析の新しい実行画面について説明する。

2. コレスポンデンス分析

2.1 コレスポンデンス分析の理論

今2つの質的な変数、変数1と変数2があるとする。変数1のカテゴリ数を p 、変数2のカテゴリ数を q （一般性を失わず $p \leq q$ ）とする。この2つの変数に対して p 行 q 列の2次元分割表を考え、変数1のカテゴリ i 、変数2のカテゴリ j に属するデータ数を n_{ij} とする。またデータ数の合計を以下のように定義する。

$$n_{i\cdot} \equiv \sum_{j=1}^q n_{ij}, \quad n_{\cdot j} \equiv \sum_{i=1}^p n_{ij}, \quad n \equiv \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q n_{ij}$$

次に変数1のカテゴリ i のデータに点数 u_i 、変数2のカテゴリ j のデータに点数 v_j を与え、これらの点数の値によって各カテゴリ間の特徴的な関係を考えることとする。但し、これらの関係は変数1の点数と変数2の点数との相関係数を最大にするものとして与える。

これらの点数に対して、2つの変数の相関係数 ρ は以下のように与えられる。

$$\rho = \frac{S_{uv}}{S_u S_v},$$

$$S_{uv} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q n_{ij} u_i v_j, \quad S_u^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p n_{i\cdot} u_i^2, \quad S_v^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^q n_{\cdot j} v_j^2$$

ここに、 S_{uv} は共分散、 S_u^2 と S_v^2 は分散であり、2つの変数の点数について平均は0としている。

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p n_{i\cdot} u_i = 0, \quad \bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^q n_{\cdot j} v_j = 0$$

この相関係数 ρ について、点数の分散を1とする制約条件を付けて最大値を求めるためにLagrangeの未定乗数法を用いる。

$$L = S_{uv} - \lambda(S_u^2 - 1) - \mu(S_v^2 - 1)$$

ここに λ と μ は未定乗数である。これを u_i と v_j で微分して、以下の方程式を得る。

$$\sum_{k=1}^q n_{ik} v_k - 2\lambda n_{i.} u_i = 0, \quad \sum_{k=1}^p n_{kj} u_k - 2\mu n_{.j} v_j = 0$$

これらの式を行列で表示すると上式は以下のようになる。

$$Nv = 2\lambda D_r u, \quad N'u = 2\mu D_c v$$

ここに

$$N = \begin{pmatrix} n_{11} & \cdots & n_{1q} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{p1} & \cdots & n_{pq} \end{pmatrix}, \quad D_r = \begin{pmatrix} n_{1.} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & n_{p.} \end{pmatrix}, \quad D_c = \begin{pmatrix} n_{.1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & n_{.q} \end{pmatrix},$$

$$u' = (u_1 \quad \cdots \quad u_p), \quad v' = (v_1 \quad \cdots \quad v_q)$$

上の方程式で、左式に左から u' を掛けると $\rho = 2\lambda$ 、同様に右式に左から v' を掛けると $\rho = 2\mu$ を得る。

右式を v について解いて左式に代入すると以下となる。

$$D_r^{-1} N D_c^{-1} N' u = \rho^2 u, \quad \text{また、} v = \rho^{-1} D_c^{-1} N' u \quad (2.1)$$

また v についても同様の関係が示されるが、ここでは省略する。

ここで $S_u^2 = 1$ としたことから、 u の規格化条件を $\frac{1}{n} u' D_r u = 1$ として、新たに以下のベクトル z を考える。

$$z \equiv \frac{1}{\sqrt{n}} D_r^{1/2} u, \quad \text{ここに} \quad D_r^{1/2} = \begin{pmatrix} \sqrt{n_{1.}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sqrt{n_{p.}} \end{pmatrix}$$

これを用いて(2.1)式は最終的に以下となる。

$$Az = \rho^2 z, \quad z'z = 1, \quad A \equiv D_r^{-1/2} N D_c^{-1} N' D_r^{-1/2} \quad (2.2)$$

異なる固有値 ρ_α^2 ($\alpha = 1, \dots, p$) に対する固有ベクトルを z^α とすると、各点数は以下のように表される。

$$u^\alpha = \sqrt{n} D_r^{-1/2} z^\alpha, \quad v^\alpha = \rho_\alpha^{-1} \sqrt{n} D_c^{-1} N' D_r^{-1/2} z^\alpha$$

ところで、(2.1) 式には $\rho^2 = 1, u = 1$ の自明な解が存在し、それに基づく固有値と固有ベクトルが得られるが、この解は除外される。

その他、点数 u, v の与え方には、以下のように相関係数を掛ける方法もある。

$$\tilde{u}^\alpha = \rho_\alpha u^\alpha, \quad \tilde{v}^\alpha = \rho_\alpha v^\alpha$$

各成分の重要性を表すために、自明な解に対する固有値を ρ_p^2 として、以下で与えられる寄与率 λ_α を考える場合もある。

$$\lambda_\alpha = \rho_\alpha^2 / \sum_{\beta=1}^{p-1} \rho_\beta^2 \quad (\alpha \neq p)$$

2.2 プログラムの動作

メニュー「分析-多変量解析-コレスポンデンス分析」を選択すると図 2.1 に示される分析メニューが表示される。分析は通常の質的データと図 2.2 のような分割表の 2 通りから選択できる。

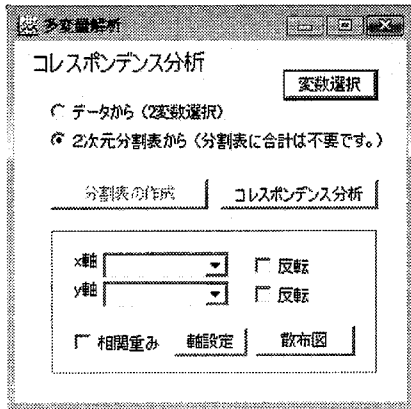


図 2.1 分析メニュー

	A	B	C	D	
中学生	10	19	13	5	
高校生	13	8	15	16	
大学生	18	11	14	8	

図 2.2 分割表データ

変数を選択して、「コレスポンデンス分析」ボタンをクリックすると図 2.3 のような分析結果が表示される。

	群	第1成分	第2成分	重み1成分	重み2成分
固有値		0.0763	0.0183		
相関係数		0.2762	0.1352		
中学生	1	-1.3287	-0.6528	-0.3670	-0.0883
高校生	1	1.1333	-0.7748	0.3130	-0.1048
大学生	1	0.0690	1.3916	0.0190	0.1882
A	2	0.2373	1.5238	0.0655	0.2060
B	2	-1.4691	-0.6411	-0.4058	-0.0867
C	2	0.0596	-0.1102	0.0165	-0.0149
D	2	1.5032	-1.1547	0.4152	-0.1561

図 2.3 コレスポンデンス分析実行結果

出力される成分数は2つの変数のカテゴリ数の小さい方から自明な固有値の数の1を引いた数であり、この例の場合2である。重み成分はそれぞれの成分に相関係数をかけたものである。

この結果を図の上で表示するには、まず「軸設定」ボタンをクリックし、図 2.4 のように x 軸と y 軸に表示される成分の中で適切なものを選択する。通常は x 軸に第 1 成分、y 軸に第 2 成分を表示する。「散布図」ボタンをクリックすると図 2.5 のような結果が表示される。

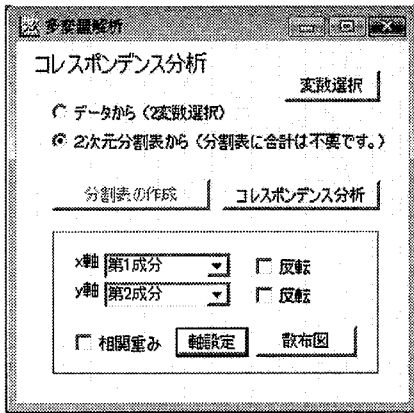


図 2.4 軸設定された分析メニュー

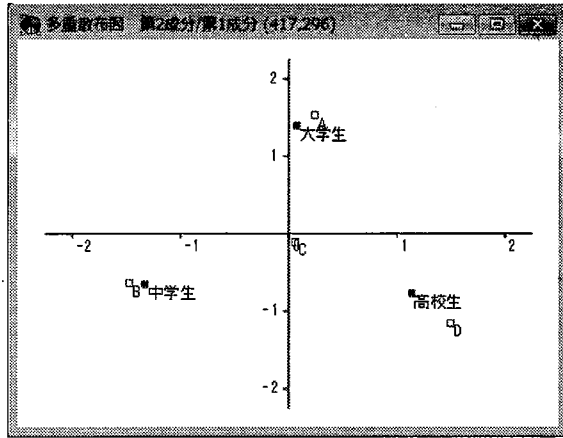


図 2.5 散布図画面

相関係数の重みを付ける場合は、「相関重み」チェックボックスにチェックを入れ、軸を反転させて表示したい場合は、それぞれの軸の「反転」チェックボックスにチェックを入れて散布図を表示する。

3. 数量化Ⅲ類

3.1 数量化Ⅲ類の理論

数量化Ⅲ類はカテゴリと個体にそれぞれ数値を与えて、特徴的な量を作りだし、データの持つ構造を解明しようとするものである。個々のデータはカテゴリに反応した場合 1、反応しない場合は 0 で与えられる。

$$x_{i\lambda} \in \{0, 1\}$$

ここに、 i はカテゴリ、 λ は個体を表わす。また、カテゴリ数を p 、データ数を n ($p \leq n$) とする。

カテゴリと個体に対してカテゴリウェイトと個体ウェイトと呼ばれる特徴的な点数 u_i と v_λ を得るために、まず以下のような点数 u_i と v_λ の分散と共分散を考える。

$$S_u^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^p c_i u_i^2, \quad S_v^2 = \frac{1}{T} \sum_{\lambda=1}^n d_\lambda v_\lambda^2,$$

$$S_{uv} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^p \sum_{\lambda=1}^n x_{i\lambda} u_i v_\lambda,$$

ここに、

$$c_i = \sum_{\lambda=1}^n x_{i\lambda}, \quad d_\lambda = \sum_{i=1}^p x_{i\lambda}, \quad T = \sum_{i=1}^p \sum_{\lambda=1}^n x_{i\lambda},$$

であり、2つの点数についての平均は 0 としている。

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^p c_i u_i = 0, \quad \bar{v} = \frac{1}{T} \sum_{\lambda=1}^n d_\lambda v_\lambda = 0$$

これからカテゴリと個体の相関係数を $\rho = S_{uv}/S_u S_v$ と表わし、この相関係数 ρ について、点数の分散を 1 とする制約条件を付けて最大値を求めるために Lagrange の未定乗数法を用いる。

$$L = S_{uv} - \eta(S_u^2 - 1) - \mu(S_v^2 - 1)$$

ここに η と μ は未定乗数である。これを u_i と v_λ で微分して、以下の方程式を得る。

$$\sum_{i=1}^n x_{i\lambda} v_{\lambda} - 2\eta c_i u_i = 0, \sum_{i=1}^p x_{i\lambda} u_i - 2\mu d_{\lambda} v_{\lambda} = 0$$

これらの式を行列で表示すると以下ようになる。

$$Xv = 2\eta Cu, \quad X'u = 2\mu Dv$$

ここに

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{p1} & \cdots & x_{pn} \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} c_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & c_p \end{pmatrix}, \quad D = \begin{pmatrix} d_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & d_n \end{pmatrix},$$

$$u' = (u_1 \quad \cdots \quad u_p), \quad v' = (v_1 \quad \cdots \quad v_n)$$

上の方程式で、左式に u' を掛けると $\rho = 2\eta$ 、同様に右式に v' を掛けると $\rho = 2\mu$ を得る。右式を v について解いて左式に代入すると以下となる。

$$C^{-1}XD^{-1}X'u = \rho^2 u, \quad \text{また、} v = \rho^{-1}D^{-1}X'u \quad (3.1)$$

また v についても同様の関係が示されるが、ここでは省略する。

ここで $S_u^2 = 1$ としたことから、 u の規格化条件を $\frac{1}{T}u'Cu = 1$ として、新たに以下のベクトル z を考える。

$$z \equiv \frac{1}{\sqrt{T}}C^{1/2}u, \quad \text{ここに} \quad C^{1/2} = \begin{pmatrix} \sqrt{c_1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sqrt{c_p} \end{pmatrix}$$

これを用いて最終的に以下となる。

$$Az = \rho^2 z, \quad z'z = 1, \quad A \equiv C^{-1/2}XD^{-1}X'C^{-1/2} \quad (3.2)$$

異なる固有値 ρ_{α}^2 ($\alpha = 1, \dots, p$) に対する固有ベクトルを z^{α} とすると、各点数は以下のように表される。

$$u^{\alpha} = \sqrt{T}C^{-1/2}z^{\alpha}, \quad v^{\alpha} = \rho_{\alpha}^2\sqrt{T}D^{-1}X'C^{-1/2}z^{\alpha}$$

ところで、(3.1) 式には $\rho^2 = 1, u = 1$ の自明な解が存在し、それに基づく固有値と固有ベクトルが得られるが、この解は除外される。点数 u, v の与え方には、以下のように相関係数を掛ける方法もある。

$$\tilde{u}^{\alpha} = \rho_{\alpha}u^{\alpha}, \quad \tilde{v}^{\alpha} = \rho_{\alpha}v^{\alpha}$$

ここで $p \leq n$ を仮定してきたが、 $p > n$ の場合、先に v について求め、後で u について求めるが、方法は同様であるので省略する。

このカテゴリウェイト u^{α} と個体ウェイト v^{α} を用いてカテゴリ得点 y^{α} と個体得点 w^{α} をそれぞれ以下のように定義する場合もあるが、ここでは省略する。

$$y^{\alpha} = Xv^{\alpha}, \quad w^{\alpha} = X'u^{\alpha}$$

各成分の重要性を表すために、自明な解に対する固有値を ρ_p^2 として、以下で与えられる寄与率 λ_{α} を考える場合もある。

$$\lambda_{\alpha} = \rho_{\alpha}^2 / \sum_{\beta=1}^{p-1} \rho_{\beta}^2 \quad (\alpha \neq p)$$

3.2 プログラムの動作

メインメニューの中の「分析-多変量解析-数量化Ⅲ類」メニューを選択すると図 3.1 に示される分析メニューが表示される。分析は図 3.2 のような {0, 1} の値を持つデータから実行される。

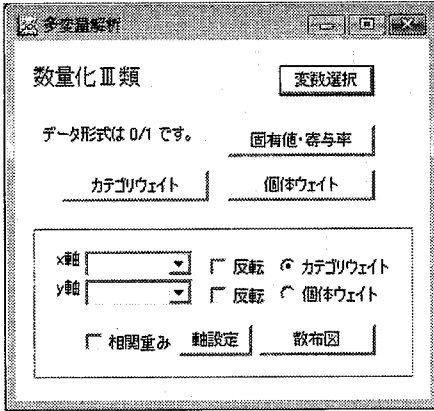


図 3.1 分析メニュー

	ご飯	パン	うどん	そば	ラーメン	スパゲッティ
1	0	0	1	1	1	0
2	1	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	1	1
4	1	1	1	1	0	1
5	0	1	1	1	1	1
6	1	0	1	1	1	0
7	1	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	0	1
9	0	1	0	1	1	1
10	1	0	1	0	1	0
11	1	1	1	0	1	1
12	1	0	1	0	1	1
13	1	1	0	0	1	1
14	0	1	0	1	0	0
15	0	1	0	1	1	0
16	0	1	0	1	1	0

図 3.2 分割表データ

変数を選択して、「固有値・寄与率」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。

	第1次元	第2次元	第3次元	第4次元	第5次元
固有値	0.3505	0.1556	0.0948	0.0605	0.0262
相関係数	0.5921	0.3945	0.3079	0.2459	0.1589
寄与率	0.5105	0.2267	0.1381	0.0880	0.0368
累積寄与率	0.5105	0.7371	0.8752	0.9632	1.0000

図 3.3 固有値・寄与率画面

ここで表示される固有値は、(3.2) 式の ρ^2 、相関係数は同じく ρ である。

図 3.1 の分析メニューで「カテゴリウエイト」ボタンをクリックすると図 3.4 のような結果が表示される。

	第1次元	第2次元	第3次元	第4次元	第5次元
ご飯	-1.3676	-0.0171	0.7543	1.3384	0.2630
パン	1.2003	-0.0615	0.8530	0.3157	-1.6177
うどん	-1.2744	0.4328	-0.2079	-1.7697	-0.7989
そば	0.8268	1.9285	-0.0892	-0.0449	1.1017
ラーメン	0.2012	-0.6217	-1.8909	0.5360	-0.1014
スパゲッティ	0.5563	-1.4935	0.7582	-0.8836	1.2151

図 3.4 カテゴリウエイト画面

ここでは自明な解に対応する結果は表示されていない。

分析メニューの「個体ウェイト」ボタンをクリックすると、図 3.5 の個体ウェイト画面が表示される。

	第1次元	第2次元	第3次元	第4次元	第5次元
▶ 1	-0.6819	1.0915	-1.1640	0.0608	0.7308
2	-2.2312	0.5268	0.8872	-0.8772	-1.6862
3	1.1022	-1.8392	-0.3028	-0.0432	-0.8476
4	-0.0201	0.4001	1.3434	-0.8493	0.3312
5	1.1754	-0.1573	-0.2995	-0.0780	1.0977
6	-0.6819	1.0915	-1.1640	0.0608	0.7308
7	-2.3099	-0.0435	2.4495	5.4433	1.6554
8	-0.0201	0.4001	1.3434	-0.8493	0.3312
9	1.1754	-0.1573	-0.2995	-0.0780	1.0977
10	-1.3742	-0.1741	-1.4554	0.1419	-1.3368
11	-0.2311	-0.8928	0.1732	-0.3768	-1.1830
12	-0.7957	-1.0770	-0.4760	-0.7920	1.0664
13	0.2492	-1.3903	0.3853	1.3285	-0.2218
14	1.7111	2.3661	1.2403	0.5508	-1.6237
15	1.2540	1.0521	-1.2200	1.0939	-1.2951

図 3.5 個体ウェイト画面

カテゴリウェイトや個体ウェイトを図で表示するには、まずどちらを表示するかをラジオボタンで選択し、「軸設定」ボタンをクリックして x 軸と y 軸の成分を選択する。その後、「散布図」ボタンをクリックすると図 3.6 や図 3.7 のような散布図が表示される。

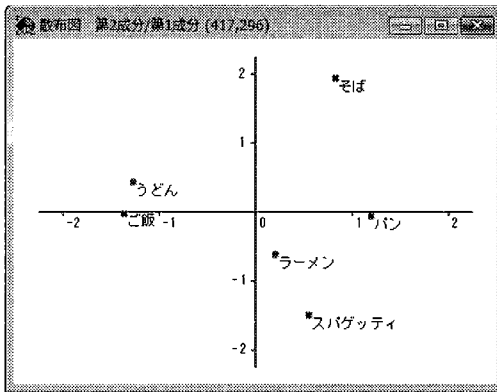


図 3.6 カテゴリウェイトの散布図

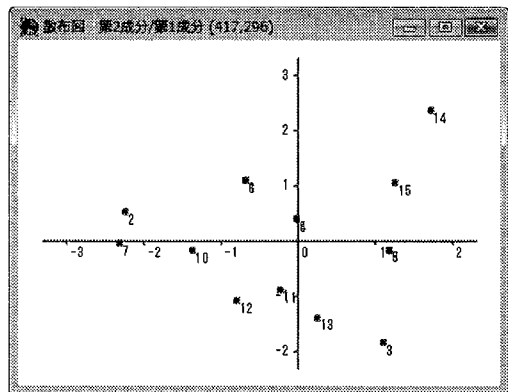


図 3.7 個体ウェイトの散布図

散布図の各成分には相関係数をかけて表示する場合があるが、その時には図 3.1 の「相関重み」チェックボックスにチェックを入れて散布図を表示する。また、成分を反転させて表示する場合は、反転チェックボックスにチェックを入れる。

4. 多変量解析に関する変更点

この章ではこれまで作成した多変量解析のプログラムで²⁾、その後機能追加を行った分析について、

その概略を説明する。

4.1 重回帰分析

重回帰分析については、新しく変数の自動選択機能を加えた。変数の追加と削除の基準は、追加と削除の変数の係数についての検定確率またはF検定値のどちらかで与えられる。「Pin」左側のラジオボックスをチェックすると検定確率で指定し「Fin」左側のラジオボックスをチェックするとF検定値で指定することになる。デフォルトは検定確率になっている。

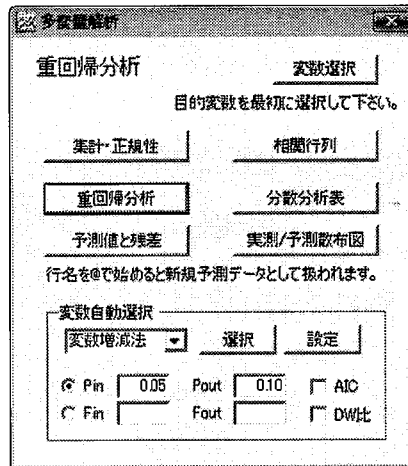


図 4.1 重回帰分析メニュー画面

変数の選択法として、変数増加法、変数減少法、変数増減法のどれかを選び、「選択」ボタンをクリックすると図 4.2 のように選択過程での種々の統計量が表示される。

変数選択過程							
	偏回帰係数	標準化係数	t 検定値	自由度	確率値	相関係数	偏相関係数
▶ Step 1	重相関係数	0.9196					
出席率	0.6738	0.9196	16.2186	48	0.0000	0.9196	0.9196
切片	18.4954	0.0000	5.5803	48	0.0000		
Step 2	重相関係数	0.9379					
勉強時間	2.8649	0.3654	3.6434	47	0.0007	0.8870	0.4693
出席率	0.4426	0.6042	6.0249	47	0.0000	0.9196	0.6601
切片	22.3241	0.0000	7.0895	47	0.0000		

図 4.2 変数選択過程表示画面

この場合は、2段階で変数が2つ選択されている。図 4.1 で「AIC」チェックボックスや「DW 比」チェックボックスにチェックを入れると、各過程での AIC の値やダービン・ワトソン比が図 4.2 の画面上に追加して表示される。

4.2 因子分析

因子分析では、因子負荷量推定法に主成分分析を加えた。これによって因子数を変数の数まで任意に選ぶことができるようになり、主成分分析の同じ主成分数の場合と累積寄与率が等しくなる。また、他の推定法に比べても累積寄与率の値は向上する。その他に、出力変数の並びをこれまでの変数選択順の他に、因子負荷量の大きさで2通りに並べ替える方法を加えた。これによって因子ごとに因子負荷量の大きい変数同士を並べて表示できるようになり、因子の解釈がより容易になる。また、因子ごとに主な変数をまとめた Cronbach の α 係数も表示するようにした。但し α 係数は、変数によって因子への寄与に正負の違いがある場合があるので、因子負荷量の符号により、変数の符号を変え、寄与を統一させて計算している。以上の機能を加えた分析メニューを図 4.3 に示す。

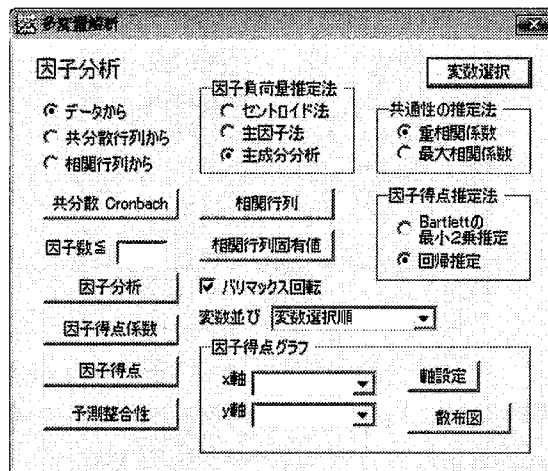


図 4.3 因子分析メニュー画面

4.3 クラスター分析

クラスター分析では、デンドログラムで表示するだけでなく、分類を表形式に表示する機能を加えた。

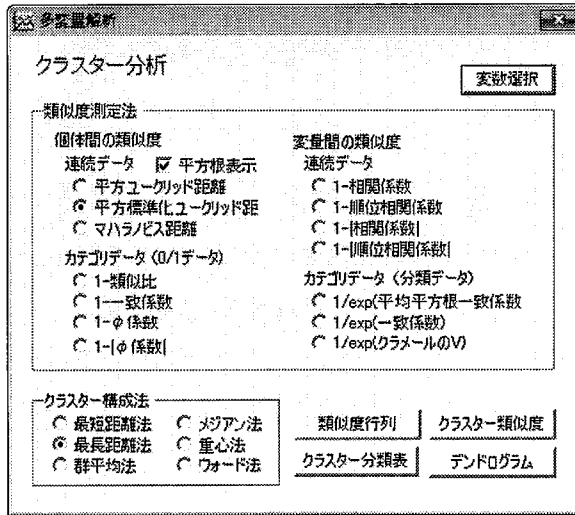


図 4.4 クラスター分析メニュー画面

図 4.4 のクラスター分析メニューで、「クラスター分類表」ボタンをクリックすると、図 4.5 のデンドログラムを表形式で表した図 4.6 のクラスター分類表が表示される。これはクラスター構成の各段階での分類を表示している。これによって例えば全体を2分割するとき各個体がどちらのクラスターに属するか簡単に知ることができる。また、これを利用して2つのクラスター間での有意差検定などを行いたい場合、この表の列をコピーして元データに加え、簡単に群分けすることができるようになる。

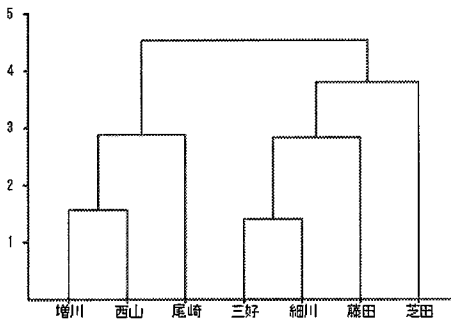
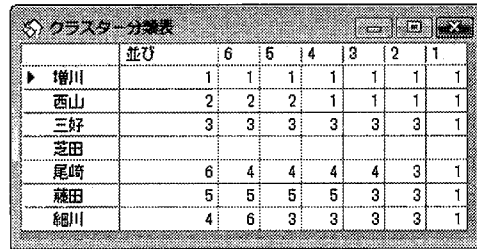


図 4.5 デンドログラム

並び	7	6	5	4	3	2	1
▶ 増川	1	1	1	1	1	1	1
西山	2	2	2	1	1	1	1
三好	4	3	3	3	3	3	1
芝田	7	4	4	4	4	4	3
尾崎	3	5	5	5	5	1	1
藤田	6	6	6	6	3	3	3
細川	5	7	3	3	3	3	1

図 4.6 クラスター分類表

他の分析でも同様であるが、これまで予測値は欠損値データを除いて表示していたが、新しいデータを作成することを考えると欠損値を加えたまま表示し、元のデータに簡単に追加できるようにする方が賢明である。例えばこのクラスター分類表で、芝田のデータに欠損がある場合、図 4.7 の形式で表示すべきである。



	並び	6	5	4	3	2	1
▶ 増川	1	1	1	1	1	1	1
西山	2	2	2	1	1	1	1
三好	3	3	3	3	3	3	1
芝田							
尾崎	6	4	4	4	4	3	1
藤田	5	5	5	5	3	3	1
細川	4	6	3	3	3	3	1

図 4.7 欠損値のある場合の分類表の表示

この考えをすべての多変量解析に適用し、予測値には欠損値も加えて表示するように変更した。特に予測値の並びが変わった分析は、判別分析と数量化Ⅱ類である。これらは今まで群ごとに予測値を表示していたが、新たにデータ並びの順に表示するように作り変えた。

謝辞

この論文で作成したコレスポンデンス分析は、利用者からの要望で作成した。また、重回帰分析での変数選択についても、当初開発する予定はなかったが、要望があって追加した。また、因子分析での因子負荷量の変数並びもクラスター分析の分類表も同様である。これらの要望に答えることで、最近よく利用されている分析手法や、多変量解析と有意差検定などの連携を考えることができるようになった。心よりお礼を申し上げたい。

参考文献

- 1) Excel で学ぶコレスポンデンス分析, 高橋信, オーム社, 2005.
- 2) 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.

Multi-purpose Program for Social System Analysis 14

- Correspondence Analysis, Quantification Method type III -

Masayasu FUKUI

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. This time we created new programs of correspondence analysis and quantification method, type III. These are classification methods of qualitative data. The latter program was already produced, but we remade it to fit the definition of former analysis.

Keywords

College Analysis, social system analysis, OR, statistics, correspondence analysis, quantification method type III

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

福山平成大学経営学部紀要
第7号(2011), 99頁-109頁

社会システム分析のための統合化プログラム13

ー グラフィックエディタとその応用 ー

福井正康・石丸敬二*・尾崎誠・宋東明**

福山平成大学経営学部経営学科

*福山大学経済学部経済学科

**福山平成大学大学院経営学研究科経営情報学専攻

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。分析の中にはネットワーク型の構造図を利用するものが多く、グラフィック画面による構造図入力の高必要性が高い。今回はこれらの分析で汎用的に利用されるグラフィックエディタを開発し、各種の分析と連携させた。

キーワード：College Analysis, 社会システム分析, 統計, OR, 意思決定, 構造図, グラフィック

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

1. はじめに

我々はこれまで様々な分析手法をCollege Analysisに組み込んできたが、大きな課題の1つとしてグラフィックでネットワーク図や構造図を編集するプログラム（我々はこれをグラフィックエディタと呼ぶ）の作成が残されていた。これを実現するために、テキストボックスをフォームに貼り付けることなども考えていたが、最終的にピクチャーボックス上にすべてグラフィックで表示するようにしてプロトタイプを作成することにした。

我々はグラフィックエディタを作成するに当たり、以下のような基本仕様を考えた。

1. 画面は箱型や楕円形の図形（以後これをボックスと総称する）とその間に引かれた関係を表す直線や曲線（以後これをラインと総称する）で構成される。
2. ラインは方向性を持つものと持たないものがある。
3. 分析手法に応じてボックスやラインの形を変える。
4. データはできるだけ簡略化し、グリッド（表）エディタと1対1で変換できる。

これまで我々が取り扱ってきた分析において、分析の元となるデータと関係する図（階層

構造図) はすべて1～3の枠組みに収まる。また4. は共分散構造分析において1つのデータに複数の構造モデルを対応させるために考えたもので、グリッドエディタに元データと一緒にグラフィックデータを保存することにより、AMOSなどのソフトに見られるようなファイルの増加を抑え、ファイル管理を容易にする。

グラフィックエディタはピクチャーボックスとその上にある文字列編集用のテキストボックスからなる。テキストボックスは必要なとき以外には見えなくなっている。ピクチャーボックス上に描かれた図形は、ボックスの座標位置だけを管理しており、ラインについては始点と終点のボックスの番号から描画の際に求める。テキストボックスはボックスやラインの名前を変更する場合のみ利用される。

システムとして見た場合のグラフィックエディタの位置づけは、データの階層構造入力を補助し、階層構造出力をより分かりやすく表示するためのツールである。階層構造の多くは数学的に行列で表されるので、グラフィックエディタで表される図形は位置情報を持った行列データである。そのためグリッドエディタと1対1の対応関係にすることが可能である。テキストエディタでもこの互換性を意識しており、線形計画法や多目的線形計画法では分析メニューを介してグリッドエディタと対応関係にある。一部の例外を除いて、分析の中心はあくまでグリッドエディタのデータ形式で、グラフィックエディタやテキストエディタはその補助である。図1にシステムのサブルーチン構造の概要を示す。

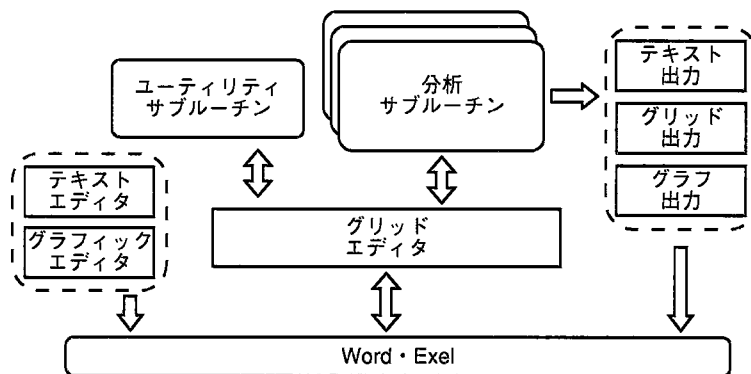


図1 College Analysisのサブルーチン構造

システム出力にはこれまでテキスト出力、グリッド出力、グラフ出力があったが、今回のグラフィックエディタで、入力でも3つのエディタが揃ったことになる。

グラフ出力とグラフィックエディタの違いは、前者が単なる画像であるのに比べて、グラフィックエディタはマウスで移動可能な図形要素の集まりである。グラフ出力は表示されるWindowのサイズによって伸縮可能であるが、グラフィックエディタには、図形要素を追加していく可能性があることから、伸縮機能は付けていない。

2. グラフィックエディタのプログラム構造

グラフィックエディタの2つの要素であるボックスとラインは図2aと図2bのようなデータ構造体で表される（変数名は実際のプログラムとは異なる）。

```

Structure BoxData
  Dim mode As Integer      ' ボックスの種類
  Dim name As String       ' 名前 (表示文字列)
  Dim left As Single       ' 左端のx座標
  Dim top As Single        ' 左端のy座標
  Dim width As Single      ' 幅
  Dim height As Single     ' 高さ
  Dim value As Strin      ' ボックスに付属する値
End Structure
Dim bdata() as BoxData    ' ボックスデータの配列

```

図2a ボックスのデータ構造

```

Structure LineData
  Dim mode As Integer      ' ラインの種類
  Dim name As String       ' 名前 (表示文字列)
  Dim start As Integer     ' 開始点のボックスの配列番号
  Dim dest As Integer      ' 終了点のボックスの配列番号
  Dim value As String      ' ラインに付属する値
End Structure
Dim ldata() as LineData   ' ラインデータの配列

```

図2b ラインのデータ構造

ボックスとラインの種類は固有の番号で与えられる。ボックスの名前は長い文字列として使われる場合があるので、ボックスの種類によっては改行記号を「&」として複数行の指定が可能になっている。またそれぞれに付属する値は、数値の場合もあれば、分数のような表記もあるので文字列型にしている。ラインデータは開始点と終了点がボックスの番号だけで指定されており、グラフィック座標の値は持っていない。

グラフィックエディタ内部でのデータ構造は図2の形であるが、データをグリッドエディタに保存する場合は、表1の行列形式で保存される。

表1 グリッドエディタへのデータの保存

	名前	...	名前	種類	順番	Left	Top	Width	Height	Value
名前				1	0	120	20	60	30	0
.		(ラインデータは開始点の行、終了 点の列の位置に)		.	.	.	.	.	.	.
.		名前;種類;番号;開始点;終了点		.	.	.	.	.	.	.
.		;値		.	.	.	.	.	.	.
		(の形で入力)								
名前				11	19	625	595	60	30	0

網かけの部分が、ラインデータを保存する部分であり、その他のところにボックスデータを保存する。図2のデータ形式と表1のデータ形式を入れ替えることによって、グラフィックエディタとグリッドエディタでデータの相互変換を行う。

次の章ではこれらのデータ形式で与えられるグラフィックエディタの具体的な利用法と各分析1)~3)における利用例を与える。

3. グラフィックエディタの利用法と利用例

ここではグラフィックエディタの基本的な利用法を初期設定画面のサンプルをもとに説明する。図3に初期設定画面の描画例を示す。

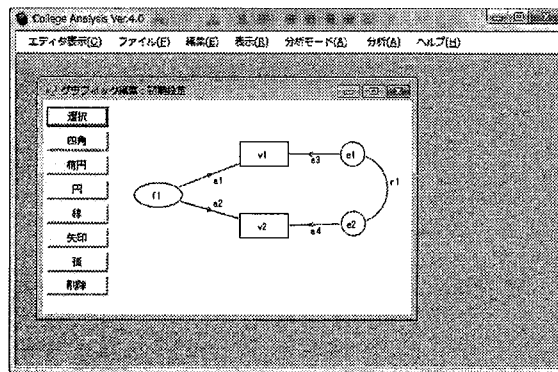


図3 初期画面描画例

グラフィックエディタは、左側のボタンと上のメニューバーとピクチャーボックスからなる。描画は左側のコマンドボタンを選んでそれぞれの描画モードを決め、画面上をクリックする。四角、楕円、円の大きさや形は予め決定されている。ボックスやライン上をダブルクリックするとテキストボックスが現れ、文字列を変更できるようになるが、文字列の長さに応じてボックスの大きさは自動調整される。矢印はコマンドボタンを選んで、ボックスからボックスへマウスをドラッグさせて引く。ボックスをドラッグすると移動するが、それに伴って矢印も再描画される。選択・移動モードのとき、ボックスを囲むようにドラッグすると、複数のボックスが選択でき（赤色表示）、それらをまとめて移動させることもできる。操作に失敗した場合も最大10回は元に戻せる。これらの処理は一般的な画像ソフトと似ているので、何度か試せば特に戸惑うことはないであろう。

3.1 共分散構造分析

以後は具体的に各分析について実行画面を示しながら特徴的な部分を説明する。メニュー「分析－多変量解析等－共分散構造分析」を選択すると図4aのようなメニュー画面が表

示される。「グラフィックエディタ」コマンドボタンでグラフィックエディタを表示させ、構造図を描いたものが図4bである。メニュー「エディタ表示-グラフィックエディタ」を選択した後、メニュー「分析モード-共分散構造分析」を選んでも同じ処理ができる。

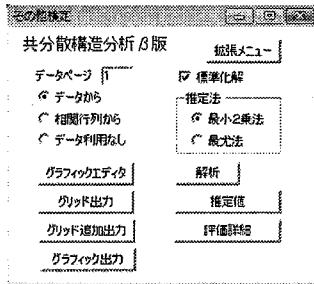


図4a エディタ編集画面

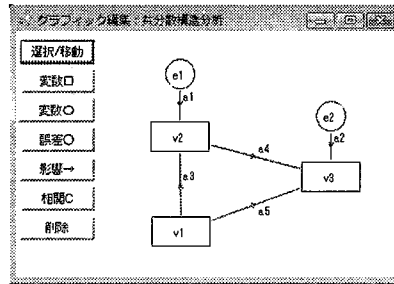


図4b 構造図

ボックスの種類には観測・構造変数を与える四角、潜在・構造変数を与える楕円、潜在・誤差変数を与える円があり、ラインには影響を与える矢印と相関を与える円弧がある。このデータを「グリッド出力」コマンドボタンでグリッドへ貼り付けると図4cのようになる。グラフィックエディタのメニュー「編集-グリッド出力」を使っても同じ処理ができる。また、「グリッド追加出力」コマンドボタンやメニュー「編集-グリッド追加出力」でグリッドエディタの最終頁にデータを追加することもできる。

	e1	e2	v1	v2	v3	種類	階層	Left	Top	Width	Height	Value
e1				e4.223310		12	3	70	32	30	30	0
e2				a5.724428		12	4	322	131	30	30	0
v1				a3.223020		1	0	55	187	30	30	0
v2				a1.220810		1	1	54	97	60	30	0
v3				a2.221128		1	2	199	131	60	30	0

図4c グラフィックデータのグリッドへの貼り付け

変数名（ボックス名）のv1, v2, v3は図4dのグリッドエディタにある観測変数のデータ名と一致させている。構造データの画面でメニューの「解析」ボタンをクリックした後、「推定値」ボタンをクリックすると図4bの矢印に相当するパラメータ名が推定値に変更されて図4eのように表示される。

	v1	v2	v3
	47.9	45.7	47.4
	45.7	54.1	54.9
	38.5	54.3	50.7
	45.7	50.2	63.3
	49.3	61.2	79.4
	53.1	63.9	70.1
	52.1	59.6	49.3
	32.2	34.4	48.9

図4d 観測変数の実測値

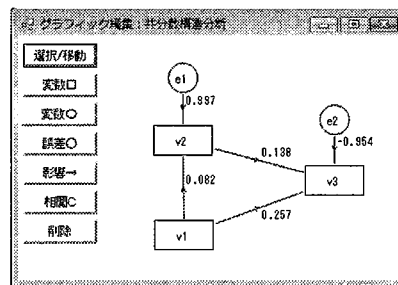


図4e パラメータ推定値

図4eは、推定値がラインのvalue変数に代入され、メニュー「表示-パラメータ値」のパラメータ表示モードに自動的に変更されたものである。共分散構造分析ではこのようにしてグラフィックエディタが利用される。

3.2 ISM

ISM (Interpretive Structure Modeling) では構造図の出力に利用される。分析メニュー画面は図5aで与えられる。各種の構造図は右側のボタンで表示される。例えば相互到達可能な要素をひとまとめにした構造図（我々はこれを縮約構造図と呼ぶ）は図5bのように表される。

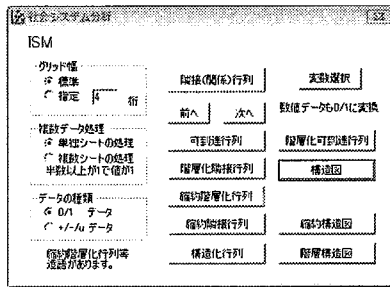


図5a ISM分析メニュー

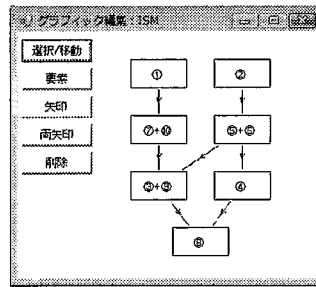


図5b 縮約構造図

ボックスには要素を与える四角があり、ラインには一方向の影響を与える矢印と相互の影響を与える両方向矢印がある。図5bは見た目に分かり易く表示された例であるが、例えばすべての隣接的な影響を描く構造図の場合などは図5cのようにボックスが重なって表示される場合がある。このようなときは利用者の判断でボックスを移動させて図5dのように分かり易くしておく必要がある。ラインは自動的についてくるのでこれは特に困難ではない。必要であれば分かり易く配置した時点でグリッドに保存しておく。

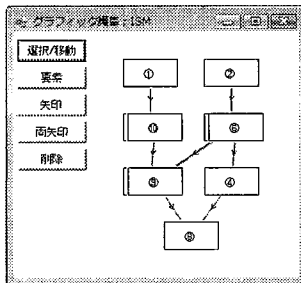


図5c 出力された構造図

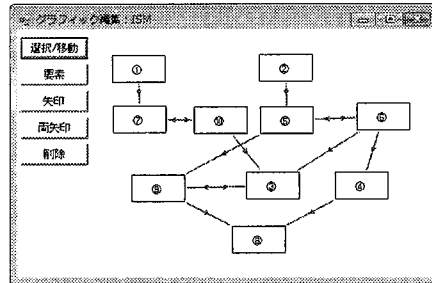


図5d 整理された構造図

今の段階では出力された状態はあまり分かり易くないが、表示のアルゴリズムの改良によって整理された形に近づけられる可能性がある。

3.3 AHP

階層的意思決定手法であるAHP (Analytic Hierarchy Process) のメニュー画面は図6aである。階層構造を表す構造図のデータはグリッドエディタからでもグラフィックエディタからでも入力できる。グラフィックエディタのデータは、分析メニューの「グリッド出力」ボタンからでも、グラフィックエディタのメニュー「編集—グリッド出力」からでもグリッドエディタに出力可能であるが、変数の表示順が分析メニューからだとは階層順、グラフィックエディタのメニューからだとは変数名昇順となる。

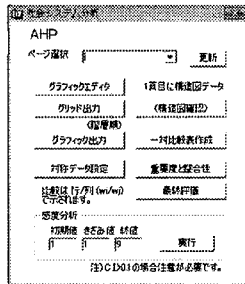


図6a AHP分析メニュー

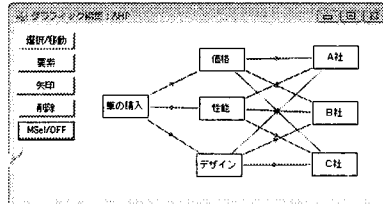


図6b 構造図入力

この分析におけるグラフィックエディタのボタンの特徴は「MSel/OFF」ボタンで、これをクリックすると他のボタンは利用不可能になり、ボタン名も「MSel/ON」となる。これは一度に複数の矢印を引くモードで、例えば、価格、性能、デザインボックスを複数選択し、車の購入ボックスをクリックすれば、後者から前者3つに矢印が引かれる。再度「MSel/ON」ボタンをクリックすると通常モードに戻る。ただ分析を実行するという観点からは、グラフィックエディタを使って入力するより、直接グリッドエディタを用いた方が効率的かも知れない。

3.4 デシジョンツリー

デシジョンツリーは多段階意思決定手法を分かり易く図に表現したもので、複数の意思決定によって確率の期待値を求める方法である。この分析手法はまず図を描くのが大変であるので、グラフィックエディタは非常に役に立つ。分析メニューを図7aに示すが、大変シンプルなものである。グラフィックエディタを用いて図を描き、グリッドエディタに取り込み、「グラフィック表示」ボタンをクリックした画面が図7bである。

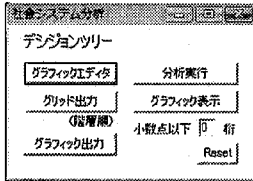


図7a 分析メニュー

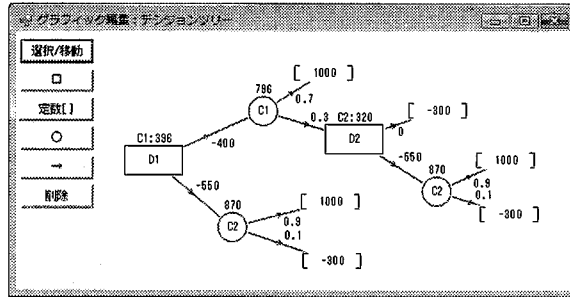


図7b デシジョンツリー結果画面

図7bで与えられる [] の中の数値は利得と呼ばれるが、これも一つのボックスである。また、四角や円のボックスの上に数値などが付いているが、これもデシジョンツリー用の Value 値のついたボックスである。

3.5 PERT

スケジュール管理に使われる基本的な手法であるPERTを学ぶ際には、アローダイアグラムの作成が一番難しい。現在開発中のプログラムのメニュー画面とそのデータをそれぞれ図8a、図8bに示す。図8bの中では作業名、先行作業、所要日数が利用され、分析メニューの「アローダイアグラム」ボタンで結果が表示されるが、表示のアルゴリズムの検討が不十分なため、ISMのときと同様の手直しが必要である。

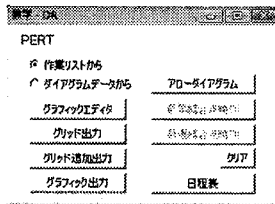


図8a PERT分析メニュー

作業名	先行作業	所要日数	作業内容
1	A	7	設計
2	B	3	地盤工事
3	C	5	基礎工事
4	D	6	建材調達
5	E	3	屋根工事
6	F	6	外壁・防水
7	G	4	床面工事
8	H	5	内装工事
9	I	3	ガス・水道工
10	J	2	電気工事
11	K	10	仕上工事

図8b PERT用データ

自動出力された図のノード（円形のボックス）の位置を動かし、手直しをした画面が図8cである。

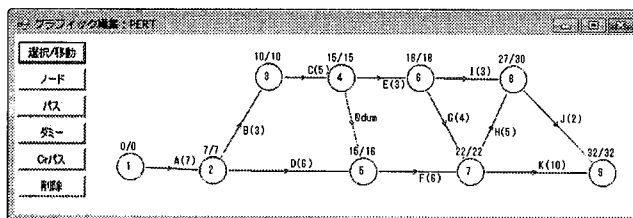


図8c PERT図結果画面

矢印の名前の括弧内の値はラインのValueである。また、ノードの上にある分数表示は、分子のところが最早結合点時刻と呼ばれ、次の仕事を始められる最早の時刻で、分母のところは最遅結合点時刻と呼ばれ、いつまで次の仕事を待てるかを表す時刻である。この分数形式もノードのValueである。Valueの型を文字列型にしたのはこのような場合に対応させるためである。

3.6 特性要因図

品質管理の七つ道具の1つである特性要因図（フィッシュボーン図）はこれまでのボックスをラインで結ぶものとは違った形となっている。図9aに品質管理の分析メニューを、図9bに特性要因図の入力画面を示す。

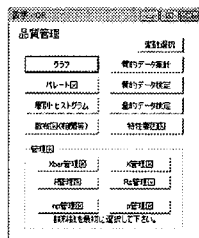


図9a 品質管理分析メニュー

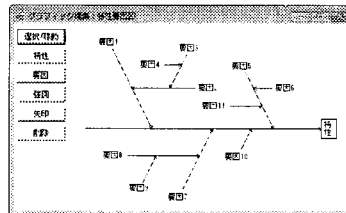


図9b 特性要因図入力画面

特性要因図はボックスをラインで直接結ぶ形ではないが、ラインの傾きとその開始点、終了点となるボックスが決まっているため、それらのボックスの位置とボックスとラインの次数（階層）だけでラインの先頭座標は計算できる。このことから、ボックスとラインの次数をそれぞれのValueに保存しておけば、データ構造は我々のグラフィックエディタの枠内に収まる。ラインを描画する際に再帰処理を使って座標を求めるため、通常の描画より時間がかかるが、実際の作業上は全く問題にならない。ラインは、最初に描く特性ボックス（右端）以外、ボックスからラインにマウスをドラッグすることで描画する。

以上我々のプログラムでのグラフィックエディタの利用例であるが、これら以外にも多くの利用法が考えられ、我々のシステムには欠かせないツールとなった。

4. 今後の課題

グラフィックエディタには多くの図形が登録できるが、現在のシステムでは図形の登録番号があまりシステム化されていない。当初、1～9を四角形、11～19を楕円と円、21～29を矢印と直線、31～39を円弧と規定していたが、矢印などは予想よりも多く、かなりの部分を使っている。そのため特性要因図などには別の数値を当てはめており、登録番号の管理がぐずれている。また表示スピードも予想以上であるので、もっと多くの図形を考えることも可能となった。著者らはこれらの番号を100番単位に置き換えるように拡張して行

く予定であるが、どのような図形が必要になるのか十分に吟味する必要がある。今後新しい図形を登録しながら、よりシステム化された番号の登録法を考えて行きたい。

現在グラフ出力とグラフィックエディタは分離されているが、これはグラフィックエディタに入力ツールの意味を持たせているからである。しかし、グラフ出力にはもう少し、グラフ編集用の機能を付けても良いように思う。グラフィックエディタで使った方法をグラフ出力に応用することは可能で、余り複雑にならない程度で編集可能にすることを考えても良いように思う。今後いろいろな場面にバランスを考えて利用して行きたい。

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2ー産業連関分析・KSIM・AHPー, 福井正康, 田口賢士, 福山平成大学経営情報研究, 3号, (1998) 129-144.
- 2) 社会システム分析のための統合化プログラム5ーシステムの改良・ISMー, 福井正康, 福山平成大学経営情報研究, 6号, (2001) 91-104.
- 3) 社会システム分析のための統合化プログラム12ー共分散構造分析(中間報告)ー, 福井正康, 陳文龍, 王嘉琦, 福山平成大学経営研究, 6号, (2010) 99-116.

Multi-purpose Program for Social System Analysis 13

– Graphic Editor and its Application to Analyses –

Masayasu FUKUI, Keiji ISHIMARU*,
Makoto OZAKI and Dong Ming SONG**

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

* Department of Economics, Faculty of Economics,
Fukuyama University

** Graduate School of Business Administration,
Fukuyama Heisei University

Abstract

We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. This time we created a new program of graphic editor. Some analyses use network structure diagram and need data input method with using graphic editor. Our graphic editor works with programs of these analyses.

Keywords

College Analysis, social system analysis, OR, statistics, graphic editor

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

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学科

*福山平成大学大学院経営学研究科

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Collage Analysisを作成してきた。これまでは統計解析や経営科学に関するプログラムが中心であったが、今後は少し方向性を広げて、大学教養課程の数理教育でも利用できる楽しいプログラムも加えて行きたいと思う。この論文では、グラフィックを3D表示するために作成した3D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：Collage Analysis, 社会システム分析, 統計, OR, 意思決定, 3D, グラフィックス

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

1. はじめに

我々はこれまでCollage Analysisにおいて、統計解析、経営科学、意思決定手法などを中心にプログラム化を進めて来たが、プログラムの一応の完成を機に、方向性を広げて、大学教養課程における数理系授業に役立つ楽しいプログラムも加えて行きたいと思うようになった。その最初の題材に選んだものが「3D表現」である。

最近の3D映画の大ヒットで、我々は3Dという言葉に慣れてきたが、これは平面に投影された立体図形に奥行きを感じさせるしくみを表す言葉である。3Dを実現する方法は数多くあり、映画の中でも、1915年以降、アナグリフ(赤青メガネ方式)、偏光メガネ、ステレオグラフィック方式など(これらの中にもまだ様々な方法がある)多くの方式が採用されている。さらにパソコンの世界でも、最近の3Dテレビの発達と相まって、3Dパソコンが販売されるようになり、3Dへの道が開かれ始めている。ただ現実には3Dパソコンはまだ普及しておらず、我々もこれを利用していない。そこで我々は表示装置に頼らず、誰でも利用可能なアナグリフ方式で3D画像を取り扱うことにした。

我々はCollege Analysisで1変量関数のグラフを描くプログラムを作成していたが、これを2変量に拡張して、立体的なグラフ描画を考えた。その際、マウスで図形を動かしてリアルタイムにどこからでも図形を眺めることができることを目指した。これが可能になると、グラフの各点を右目用と左目用に動かしてステレオにするとはさほど難しいことではない。但し、この合成には様々な方法があり、リアルタイムで動かすには多少の工夫が必要である。この論文ではこの方法についても言及したい。

立体的なグラフ描画が可能に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。まずグラフアイコン表示部分を独立させて3D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にする。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、3Dモデルを表示するプログラムである。これは既にデータとなっているグラフアイコン画像を表示させるだけのものでも、簡単なものである。しかし、グラフアイコンデータの構造を考える上で、このプログラマは役に立った。グラフアイコンは、基本的に、点、線、多角形（他に円や文字列もある）で構成される。構造の詳細については後に述べる。

3Dビューアを利用するプログラムとしては、3Dグラフィカルビューア、カオスビューア、くるくるエディット、面白グラフと開発を続けて行ったが、面白グラフでは3Dビューアに渡すデータ構造に問題が生じてくる。現在もまだ少し迷っている部分もあるが、これについては考察のところで述べる。これらのプログラムは今後改良されて行く可能性を持っているので、ここでは概略のみに留め、詳細はもう少し完成度が上がった段階で別に紹介することにする。一つのプログラムは専用のグラフアイコンソフトに比べると簡単なものであるが、今後の開発者のために情報を開示しておく。

2. 3Dビューア

この章では3D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¹⁾。2変量関数グラフから3D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。

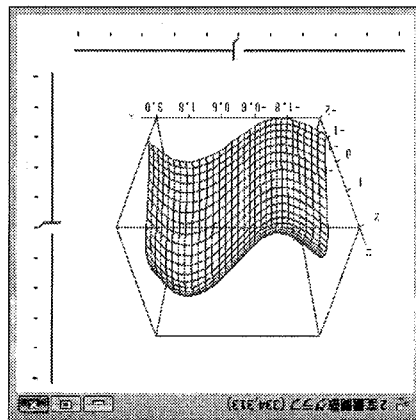


図2.1 2変量関数グラフの出力画面

この画面上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。

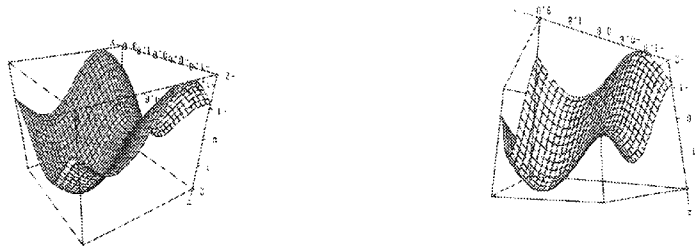


図2.2 2変量関数グラフ別角度1 図2.3 2変量関数グラフ別角度2

マウスの左ボタンを押してを上下に動かすと、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。マウスの右ボタンを押して左右に動かすと y 方向周りの回転で、上下に動かすと x 方向周りの回転となる。通常は左ボタンだけですべての角度から図形を眺められる。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。ただ常に図の中心に近づくので、図の上と右のスライダーによって図を上下左右に移動してもよい。

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。

次に3Dビューアのマニューアについて説明する。マニューアは、保存などの「ファイル」、コピーなどの「編集」の他に、特徴的なものは「表示」、「色」、「アタッシュメント」である。

最後に「3Dカラー」のアナグリフは図形の立体感だけでなく、色までも合成してしまう
揮する。

申し分なく、また図形のギザギザを中間色で補正したなめらかな描画モードでも効果を
を半透明にして重ねるという方法である。この方法では多少残像が残るが、図形の動きは
スピードを重視した処理を行うことにした。即ち、赤の色を薄くした画面にシアンの画面
は図形の動きがなめらかにならない。そこできれいなアナグリフは「3Dカラー」に譲って、
はかなり良い。しかし、この処理には少し計算時間がかかり、スピードの違いはパソコンで
に合成するとききれいなモノクロのアナグリフが出来上がる。実際試してみると左右の分離
の後、マスキの合成部分を黒にして背景色の白を透明にして、シアンの合成画面の上
交わる点のマスキを作り、シアンの画面に背景色の白を透明にして、赤画面を合成する。そ
次に左右の画像の合成である。白の背景にシアンの赤の2色であるので、左右の画像が
れたとき、図形はマスキから少し浮き出るように表示される。

ある。また、視差0の位置は $z = -1000$ の平面にしている。これによって、最初に表示さ
点までの距離に ± 0.03 をかけて与えている。この数値は試行錯誤で得られた見易い数値で
シアンの赤で描画してこれを合成する。左右の画像のずれは、視差0の位置から図形上の
ノクロの3D表示である。これは2枚のピクチャ上に左目用の画像と右目用の画像を
次に「2D」、「3D」、「3Dカラー」であるが、「2D」は通常の表示である。「3D」はモ
から見ることになる。

視点を越えた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
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
像は、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

図 2.4 「表示」メニュー

表示(Y)	マウスホイール移動(H)
図形サイズ(S)	2D(A)
3D(B)	3Dカラー(C)
面+マウスホイール移動(H)	マウスホイール移動(H)
座標軸[ON/OFF](D)	範囲[ON/OFF](E)
左目用(L)	右目用(R)
左目用カラー(U)	右目用カラー(V)
商用用(M)	

1000×1000の大きさの平面である。ピクチャに表示される画
向1500であり、図形が投影される面は $z = 500$ の位置の
で指定される大きさで表示されている。初期の視点は2軸方
は先に述べた通り $(0, 0, -500)$ の点を中心に「図形サイズ」
ここで少し仮想空間の取り方について説明しておく。図形
量の120をかけたものである) を与える。
離(「マウスホイール移動」は1回の操作音で近づく図形の距
「マウスホイール移動」は1回の操作音で近づく図形の距
与える。標準は700である。
のサイズであり、その中で図形のサイズ(最大軸方向)を
を示す。図形の描画3次元空間は仮想的に1000×1000×1000
この中で「図形サイズ」は最初に表示される図形の大きさ
「表示」のメニューを図2.4に示す。

人間の脳的能力を活かした方法である。まず左目用の画面から赤成分を取り除き、青と緑の成分だけ残す。次に右目用の画像から青と緑の成分を取り除き、赤成分だけを残す。それらを点ごとに重ね合わせると、色を感じる「3Dカラー」のアナログが出来る。但し、これは1点ずつ処理を行うので、画面が大きくなると画素数に応じて図形描画のスPEEDはかなり落ちる。これら3つの方式はパソコンの性能や用途に応じて使い分ける必要がある。3つの方式は描画の状態を保持したまま、メニューによって切り替えることができる。紙面上では3Dに見えないが、3つの方式で表した画像を図2.5a、図2.5b、図2.5cに示す。

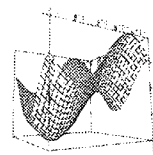


図2.5a 2D形式



図2.5b 3D形式



図2.5c 3Dカラー形式

ここで3D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、円、文字列であり、データは以下のような構造体の配列で与えられる。

```
Public Structure pointset
    Dim no As Integer '図形要素の構成点数
    Dim gp() As point '描画要素の座標配列
    Dim c As Integer '図形の色
    Dim r As Single '円の描画などの半径
    Dim st As String '文字列表示の場合の文字列
    Dim cfl As Color 'ColorForeColor
    Dim cfs As Color 'ColorForeSurface
    Dim cbl As Color 'ColorBackLine
    Dim cbs As Color 'ColorBackSurface
End Structure

Public Structure gpoint
    Dim x1 As Double
    Dim x2 As Double
    Dim x3 As Double
    Dim dist As Double
    Dim dp As Double '前後判定のためのz/10とした値
End Structure
```

ここに、gpointは構造体で、その形式は以下の通りである。

pointset構造体は、描画の1単位を表す。noは描画の構成点数を与える。例えば、点では1、線では2、三角形では3となる。例外として、円の場合は-1、文字列の場合は-99を設定している。gpoint構造体は、x1, x2, x3で構成要素の1点の座標を与え、distは視差0の位置からのz方向の距離を表す。dpは極端にz方向に長い棒グラフなどのz方向の位置を与える

ために用いるので、一般にはほとんど利用しない。

pointset構造体のcは図形の色を以下のように数値化したものである。

$$c = B値 + 256 \times G値 + 256^2 \times R値$$

rは描画要素が円（3Dでは球のように見える）の場合の半径で、stは描画要素が文字列の場合の表示文字列である。描画の面には表と裏があり、cflは表面のフレイム、cfsは表の面の色を表す。cblは裏面のフレイム、cbsは裏面の面の色を表す。描画が点と線の場合cfl以外は利用しない。

図2.40の「表示」メニューで、「面+フレイム」、「フレイム」、「面」は、上で述べた面とフレイムの表示・非表示を決める。図2.6a、図2.6b、図2.6cにそれぞれの形式の画面を示す。

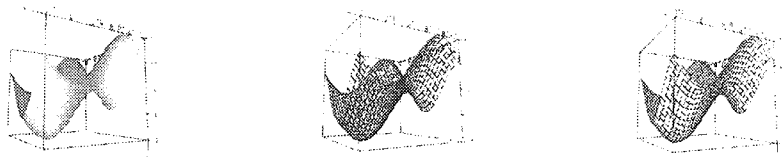


図2.6a 面+フレイム表示 図2.6b フレイム表示 図2.6c 面表示

2Dの場合と同様に3Dカラー表示ですべての場合があるが、3D表示では面表示がない。

図2.6cで見えるように、平面には裏表があり、面の角度によって陰影があるが、これは描画要素の微小平面表向きに法線ベクトルを考え、その向きによって表裏を決め、その2方向との角度によって、色に濃淡を付けている。但し、法線ベクトルは、単純に元の図形上を立てるのではなく、x-y方向を投影面に投影する処理を行った後に立てている。この処理を行う前に法線ベクトルを設定すると、法線ベクトルがz軸に垂直に近い場合に裏表の判定で間違いが生じる。

描画要素の表示は、単純に描画要素の中心のz成分の値でソートし、視点からの距離の違い順に表示している。この方法だと描画要素が微小な場合には問題がないが、要素が大きくになると要素の中心と端が離れて、陰面処理に問題が生じる。現在これについて特に問題となるのは、縦横の長さの異なる3D棒グラフの場合であるが、見る方向が通常、横か斜め上ということから、縦横のスケール変換を行って同サイズにして、処理している。また、座標軸については、経験的に誤描画が少なくなるように、軸を3分割して表示している。もう少し多く分割すると安全であるが、描画があまりきりきれいでなくなることあり、この分割数を選択している。高速で優れた描画法の適用は今後の課題である。

図2.40のメニューで、「座標軸[ON/OFF]」は座標軸の表示・非表示のモード変更である。また、「範囲[ON/OFF]」は座標軸上に数値を描くかわりに、右上に座標軸の最小値と最大値を表示するモード変更である。図2.7に座標軸の非表示画面、図2.8に範囲の表示画面を示す。

3Dカラー表示で、左目用カラーと右目用カラーでは、色を合成する前の赤とシアンの画面を（紙面では分りにくいと思われるが）表示する。

図2. 10a 3Dカラー表示左目用

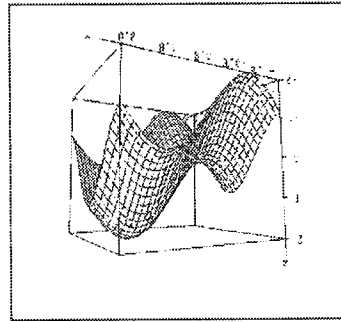
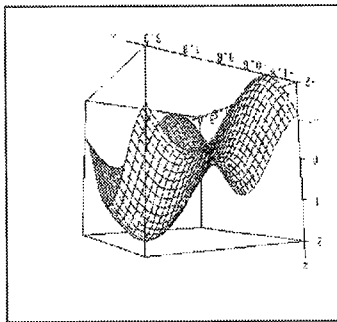


図2. 10b 3Dカラー表示右目用



3Dカラー表示では、左目用と右目用ではそのまゝの色で図2. 10aと図2. 10bのように表示される。

図2. 9a 3D表示左目用（シアン）

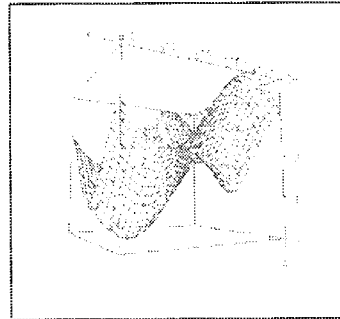


図2. 9b 3D表示右目用（赤）

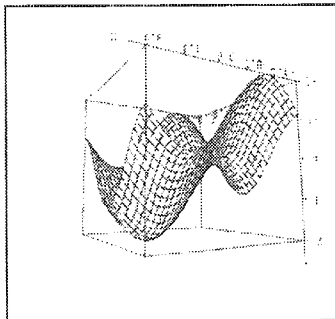


図2. 4のメニューの下から5つは左右の目の画像を別々に表示するモードである。これらは2D表示では違いがない。3D表示では、左目用と右目用で図2. 9a（シアン）と図2. 9b（赤）のように異なる。但し表示位置を明らかにするために、図形に枠を付けている。

このようなグラフでは座標軸を非表示にすることはないが、一般の3Dモデルの描画では、軸を描かないことが一般的である。

図2. 7 座標軸の非表示

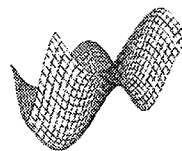


図2. 8 範囲の表示

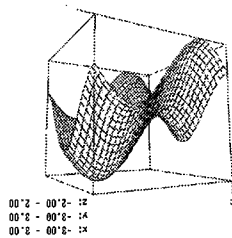


図2.14 裏表なし

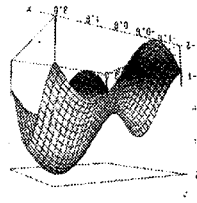


図2.15 背景黒

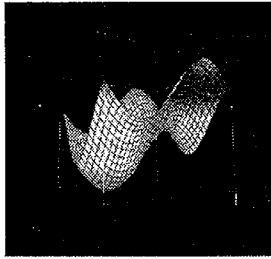


図2.12の色メニューの「表裏[ON/OFF]」は、図形描画の際の表裏の差をなくすモードの切り替えである。また、「背景[白/黒]」は、図形描画の背景色の白と黒の切り替えである。図2.14に虹色モードでの裏表なし、図2.15に虹色モードでの背景黒の画面を示す。

図2.13a 標準

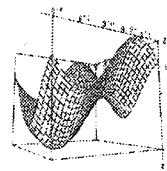


図2.13b Z値による虹色

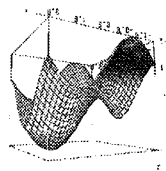
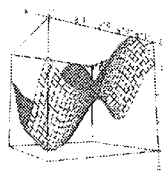


図2.13c 指定色



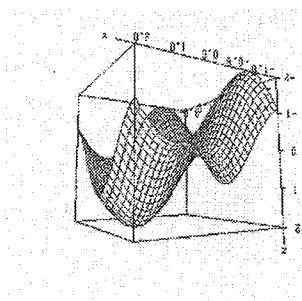
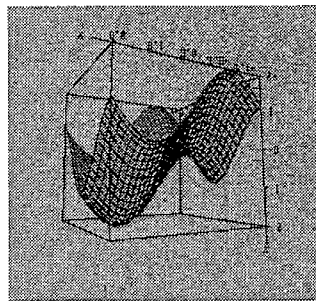
元の色メニューで、「標準」、「Z値による虹色」、「指定色」メニューを選択すると、図2.13a、図2.13b、図2.13cのように表示される。「指定色」は元のプログラムで指定された色で表面を色付けし、それを暗くした色で裏面を色付けしている。

図2.12 色メニュー

色(C)	アタリメニュー(A)	分
	標準(D)	
	Z値による虹色(Z)	
	指定色(I)	
	表裏[ON/OFF](E)	
	背景[白/黒](B)	

「色」メニューについては、図2.12のようになる。

図2.11a 3Dカラー表示左目用カラー 図2.11b 3Dカラー表示右目用カラー



分析(A)

アクシヨソ(A)

右回転(R)

左回転(L)

X-Wave(X)

Y-Wave(Y)

XY-Wave(XY)

Bound(B)

Crash(C)

Zoom(Z)

Neon(N)

Stop(S)

図 2.16
アクシヨソメニュー

最後に「アクシヨソ」メニューについて説明する。アクシヨソメニューは、回転を除き、動きを楽しむメニューであり、何かの役に立つというものではない。人間の目は動きがあるとより立体感を感じ、傾向があるらしく、「右回転」や「左回転」メニューを使って図形を連続的に回転させると、2Dでも3Dでもより図形の形を認識し易くなる。「X-Wave」、「Y-Wave」、「XY-Wave」は図2.17aに見るようにそれぞれ方向へ図形がゆれ、「Bound」は図形がコムのようにZ方向に伸び縮みする。「Crash」は図2.17bのように図形の各要素がばらになり、また元に戻る。「Zoom」は急激な前後への移動で、3Dの効果を高める。最後に「Neon」は現在設定されている色パターンで、流れるように図形を塗り替える。

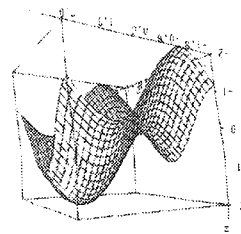


図2.17a X-Wave

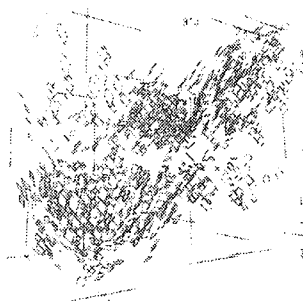


図2.17b Crash

これらはグラフの効果としては何の意味もないが、純粹に楽しんでもらいたい。

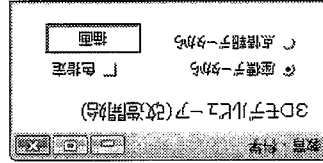
3. 3Dビューアの利用

この章では3Dビューアを利用するプログラムの概略を紹介して、全体像を明らかにするが、各節の詳細はプログラムの完成度が上がった時点で別に報告する。

3.1 2変量関数グラフ

3Dビューアを利用するプログラムの中で最初に取り組んだものが2変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と目指した。図3.1.11にメニュー画面を示す。

図3.2.1 3Dモデルビューアメニュー 図3.2.2 サンプル1 図3.2.3 サンプル2



これは3Dで与えられたデータから、立体図形を描画する基本的なプログラムである。しかし、現在は描画ツールがないため、有効活用はされていない。メニューも現在は図3.2.1に与えられる単純なもので、既存のデータを用いて図3.2.2や図3.2.3のようなグラフィックモデルを表示する。

3.2 3Dモデルビューア

図3.1.2 複数グラフの表示1 図3.1.3 複数グラフの表示2



基本的な利用方法は、数式の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だけである。このグラフの描画結果は2章の例になっていく。また、このプログラムは図3.1.2のように、テキストボックスに書かれた複数の数式を同時にグラフ化できる。また、グラフの停留点(極大、極小、鞍点、変曲点など)を求めることもでき、x-y座標を指定して接平面の式を求めることもできる。これらの機能を利用すると図3.1.3のように指定された点の接平面を描くこともできる。機能の詳細については別に説明する。

図3.1.1 2変量関数グラフメニュー

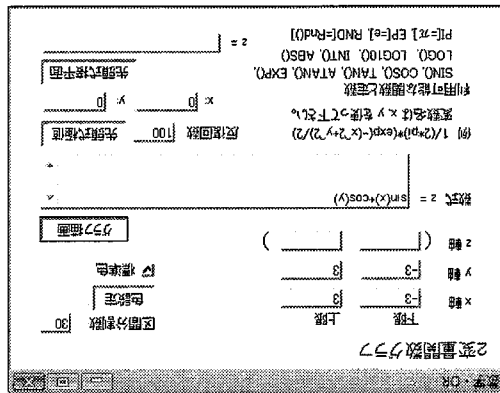
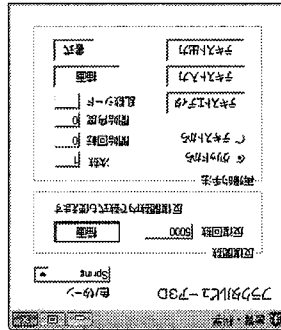


図3.4.2のような画像行列と定義及び、それを採用する確率のデータを与えて、反復関数
の「描画」ボタンをクリックすると、図3.4.3のような3次元ギヤスケットが表示される。

図3.4.1 フラクトアルファ-3D×2画面



3.4.112 示す。

3Dビューアを利用してこれまであまり目にしていない図形を表示する題材としてフヲタルは大変興味深い。フヲタルを表示する方法は多く存在するが、ここでは反復関数を用いる方法と再帰的方法を取り上げた。フヲタルビューア3Dのメニュー画面を図

3.4 75741E³-73D

このグラフには軸目盛間隔の設定などの基本的な機能が欠けている部分があり、今後機能追加とグラフの種類の充実が必要である。これからのプログラムである。

図3.3.1 3Dグラフ×=ユ一 図3.3.2 3D棒グラフ 図3.3.3 3D散布図

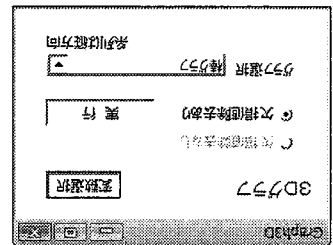
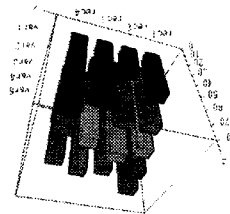
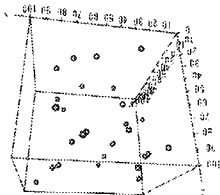


図3.3.2 3D棒グラフ



※3.3.3 3D散布図



これはよく利用される3次元グラフを表示するプログラムである。現在は棒グラフと散布図だけでなく、3次元散点図も表示できる。実行結果の3D棒グラフを図3.3.3に示すように非常に簡単に作成できる。実行結果の3D棒グラフを図3.3.3に示す。

3.3 3 D 4 5 7

このプログラムでは今後、複数のモデルを組み合わせて表示し、それらを自由に動かせるようにして行きたい。3Dビューアの作成の際には大いに利用したが、まだ始めただけで今後に大きな変更が予定されているプログラムである。

タネをクリックすることで見ることができる。

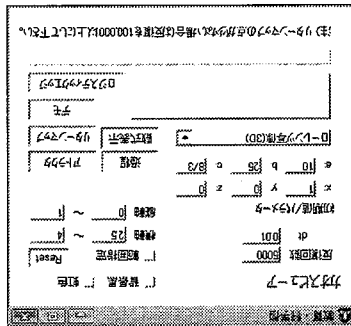


図3.5.1 カオスエコーアニメーション画面

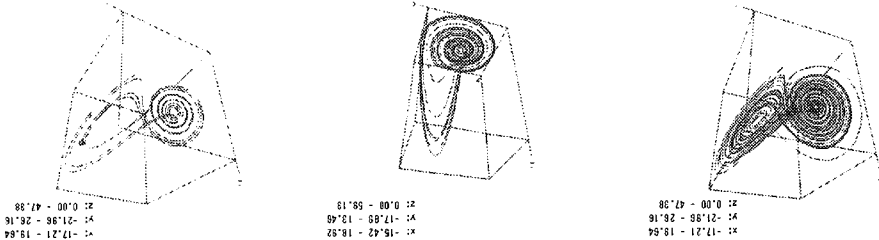


図3.5.2 ローレンツ・アトラクタ 図3.5.3 レスラー・アトラクタ 図3.5.4 実行過程表示

3.6 くくるエディット

これは後に述べるおもしろグラフのデータを作るために作成した中心軸周りの回転図形を描くプログラムである。図3.6.1にその実行画面を示す。左側の「ポイント」や「ライントネ」を選択して図形を描き、「図形描画」ボタンをクリックすると、左端の線を回転軸として、ラインの色を面の色とした図3.6.2のような回転図形を描く。「回転分割」を多く取って、フレームを取り去るときれいなグラフ図形となる。くくるエディットのデータは「リットド」ボタンでリットに移して保存する。その際、後のおもしろグラフで利用するために、ページに図形を表す「どら焼き」などの名前を付けておくとい。

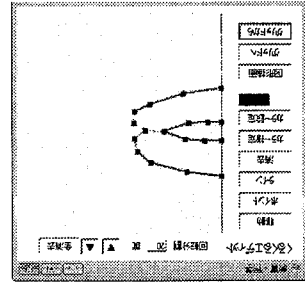


図3.6.1 くくるエディット画面

図3.6.2 くくるエディット実行結果

3.7 おもしろグラフ

おもしろグラフは統計グラフとしては殆ど役に立たないが、楽しめるグラフである。現在、種類は棒グラフ、折れ線グラフ、円（パイ）グラフに対応して、どら焼き棒グラフ、へび線グラフ、アツパルパイグラフの3種類である。実行画面を図3.7.11に示す。どら焼き棒グラフのグラフアイコンは、モデルデータからでもくるエディットで作られたデータからでもよい。また、アツパルパイグラフのグラフアイコンはくるくるエディットのデータを利用する。ラジオボタンで利用するモデルの種類を選択し、「読込記憶」ボタンでデータファイルを指定して、データを読み込む。その後、グラフデータのファイルを開き、「変数選択」で利用する変数を選択する。グラフの種類を選択して、「描画」ボタンをクリックするとグラフが表示される。図3.7.2から図3.7.4bまではそれぞれのサネルである。特にへび線グラフとアツパルパイグラフでは、最初表示されるのは図3.7.4aと図3.7.5aであり、グラフのように見えるが、図形を回転させるとへびや回転物体がよく見えてくるという、だまし絵のようになっている。

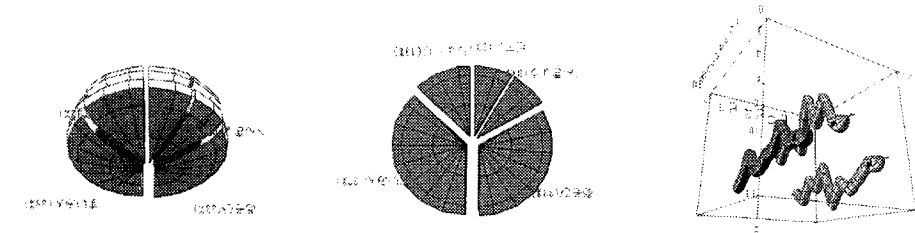
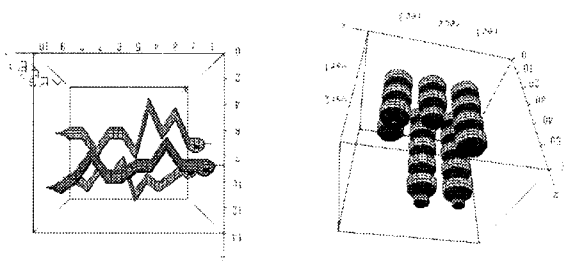
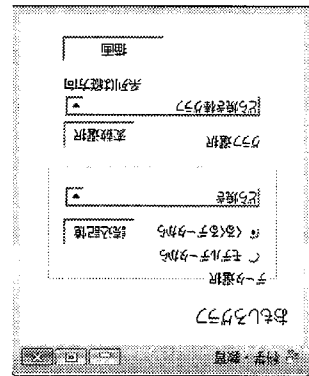


図3.7.1 おもしろグラフメニュー 図3.7.2 どら焼き棒グラフ 図3.7.3a へび線グラフ1 図3.7.3b へび線グラフ2 図3.7.4a アツパルパイグラフ1 図3.7.4b アツパルパイグラフ2

4. 考察

3Dビューを他のプログラムから利用する場合、3Dビューへのデータの渡し方について、少し統一が取れていない部分がある。例えば3Dモデルや3Dグラフの場合は、表

4.1左のグラフィックデータそのものを渡しているが、おもしろいグラフィック(棒グラフとパイグラフ)の場合はグラフィック描画のためのデータを渡し、グラフィックデータについては別に2章で述べたpointset構造体の配列を含む表4.1右のdatamodel構造体(実際のプログラムの名前前は少し異なる)の配列(この場合は成分数1)を渡している。さらに2変量関数やおもしろグラフィック(へビ線)の場合は、グラフィック描画用データのみを渡し、処理を3Dビューアに任せている。

表4.1 3Dビューアへのデータ渡し

モデルデータのデータ渡し	グラフィックデータのデータ渡し
要素数, 色整数, 頂点1のx座標, 同座標, ... 要素数, 色整数, 頂点1のx座標, 同座標, ... 要素数, 色整数, 頂点1のx座標, 同座標, ...	Structure datamodel + グラフィック描画用データ(通常のグラフと同じ) 'model'構成点数 Dim n As Integer Dim size As Single Dim max() As Double Dim min() As Double Dim mp() As g.pointset 'pointset構造体 End Structure Public g.model() As datamodel

現時点では、これらのうちどれかに統一しようと考えても問題が生じ、うまい方法が見つからない。統一的方法が取れるのか、このままの形態で続けるのか今後の課題である。

3章で3Dビューアを利用するプログラムのごく簡単な説明をしたが、プログラムに応じて完成度はまちまちである。2変量関数グラフ、ワラカタルビューア3Dは、かなり完成度が高い。くるくるエディットとおもしろグラフは著者の趣味の部分が大きいので、この当たりで打ち止めにしておくべきだろう。カオスビューアはもっと多くのカオスを取り扱うようにしたいし、もう少し統一性も取りたいと思う。3Dグラフはもっと多くの応用があるはずである。特に3D散布図は今まではポットの位置に垂直な棒を立てたりして分り易くする工夫をしていたが、3Dで直接位置が把握できるようにしなければ面白くない。例えばコレスポンス分析などの表示では次元を増やして3次元で位置関係を見ることができるようになる。

ここでは取り上げなかったが、3Dパナメーカというプログラムも作成している。これは、コピーによって切り取った画像を平面、球形、円筒形、メビウスなどに投影するプログラムであり、3Dビューアを利用して見ることが出来る。但し、画素数が大きくなると処理速度が遅くなるのであまり実用的ではないが、手書きの線画では線の部分だけデータ化するので、ペイントソフトで水木先生の一反本綿などを描くとヒラヒラとよく動く。

3Dビューアの開発は、グラフィックエディタの開発²⁾と合わせて、College Analysisの弱点であったグラフィック機能の向上に大きな影響を与えるであろう。これらによりグラ

ツィックの取り扱い方法や表示速度が著者らの知識となったからである。実行速度が気になるVisual Basicでも、標準的なパソコンで、描画の要素数1万程度まではリアルタイムに動かせることが分った。この経験により、これまで見栄えに問題のあった通常のグラフ表示も改良されて行くかも知れない。

3Dテレビや3Dパソコンが発売された現在、3D画像の需要は増えて行くであろう。現在にはアナロググラフの表示であるが、近い将来これを3Dパソコンに対応するように拡張することはさほど難しくないはずである。そのときに備えて様々な現象を取り扱うプログラムを作成しておきたいと思う。

参考文献

- 1) College Analysisにおける「2変量関数表示ユーザインタフェース」の構造と機能, 石丸敬二, 福井正康, 福山大学経済学部経済学論集, 35巻, 2号, (2010) 87-106.
- 2) 社会システム分析のための統合化プログラム13 - グラフインタフェースとその応用 一, 福井正康, 石丸敬二, 尾崎誠, 宋東明, 福山平成大学経営学部経営研究, 7号, (2011) 掲載予定.

Multi-purpose Program for Social System Analysis 16

- 3D Viewer and its Applications -

Masayasu FUKUI, Makoto OZAKI and Keiji ISHIMARU*

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

Abstract

We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. Our program has so far been mainly on statistical analysis and management science, but we will add new programs which can be used for lectures on mathematical science in general education course of universe. In this paper, we introduce multipurpose 3D graphics viewer program and some sample programs which use this "3D viewer."

Keywords

College Analysis, social system analysis, OR, statistics, analysis of covariance structures

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

福山平成大学経営学部紀要
第7号(2011), 129頁-150頁

社会システム分析のための統合化プログラム15

ー 品質管理・在庫管理シミュレータ ー

福井正康, 付鴻鵬*, 魏巍*, 奥田由紀恵, 細川光浩

福山平成大学経営学部経営学科
*福山平成大学大学院経営学研究科

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。今回は経営科学で利用される品質管理と在庫管理のプログラムを追加した。品質管理はQC七つ道具の考え方によって作成されており、在庫管理は、定量発注方式や定期発注方式による、発注点や最大在庫の計算とそれを用いたシミュレーションプログラムである。

キーワード

College Analysis, 社会システム分析, 統計, OR, 意思決定, 品質管理, QC七つ道具, 在庫管理

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

1. はじめに

品質管理では QC 七つ道具及び新 QC 七つ道具と呼ばれる代表的な手法があるが¹⁾、特にグラフ・管理図、ヒストグラム、チェックシート、パレート図、特性要因図、散布図、層別からなる QC 七つ道具は、古くから多くの企業で利用されており、特に生産部門においてこの手法の知識は必要不可欠なものである。今回我々はこれらのうちで、チェックシートを除く 6 つの手法について、コンピュータでサポートするプログラムを作成した。グラフ、ヒストグラム、散布図、層別はこれまでのプログラム²⁾を品質管理の目的に合うように作り変え、管理図、パレート図、特性要因図は新しく作成した。特に特性要因図はグラフィックエディタの特殊な形として、参考文献³⁾でも取り上げている。

在庫管理は経営における大きな課題の一つである。在庫には管理費を浪費し、社内のキャッシュフローを減少させる有害な側面と同時に、緊急の事態における緩衝材の役割を果たす有益な側面もあるため、単純に在庫を削減させるだけではなく、適切に在庫を管理する必要がある。現在はコンピュータとネットワークの発達により、様々な方法が実施されているが、その基礎となる考え方には、定量発注方式（発注点方式と呼ばれることもある）と定期発注方式がある⁴⁾。これらはその取り扱いの簡単さから、多くの企業で採用されており、経営科学の学習においてこれらの方法を学ぶことは重要なことである。

我々はこれらの方式の基本的な考え方を学習者に理解させるために、理論的な発注点や最大在庫の結果表示と、乱数によって作られた出庫データや実際に集められた出庫データから、在庫の状況をシミュレートするプログラムを作成した。学習者は、シミュレーションを実行することにより、理論的に予測された方法で在庫管理がどの程度うまく行くか直感的に知ることができる。

2. 品質管理

品質管理には QC 七つ道具と呼ばれる分析ツール（分析手法の集合）があり、ここではこれに従って新しいプログラムの作成や、既存のプログラムの活用を行っている。メニュー「分析－数学・OR－品質管理」を選択すると図 2.1 のようなメインメニューが表示される。

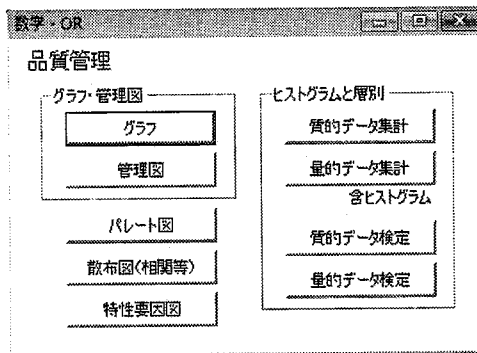


図 2.1 メインメニュー

メインメニューでは、QC 七つ道具に従い、「グラフ・管理図」、「パレート図」、「散布図」、「特性要因図」、「ヒストグラムと層別」のメニューが並んでいるが、ヒストグラムはこれまでの統計分析の分類から、「層別」と同じグループボックス内の「量的データの集計」の中にある。「層別」は個別な分析手法というよりも、全体を通した分析の考え方と手順であるので、「パレート図」や「散布図」の中にも存在する。七つ道具の1つ、「チェックシート」はプログラムで対応するものではないので、ここには含まれていない。以後順を追って個別の機能について紹介する。

2.1 グラフ・管理図

図 2.1 の「グラフ」ボタンをクリックすると、図 2.1.1 のようなグラフメニューが表示される。

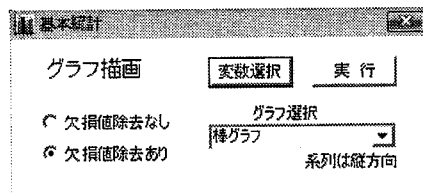


図 2.1.1 グラフ描画メニュー

これはメニュー「分析－基本統計－グラフ描画」で表示されるものと同じメニューである。変数を選択して、グラフを選び、「実行」ボタンをクリックすると指定されたグラフが表示される。グラフの種類には「棒グラフ」、「積み重ね棒グラフ」、「横棒グラフ」、「積み重ね横棒グラフ」、「帯グラフ」、「3D棒グラフ」、「折れ線グラフ」、「横折れ線グラフ」、「円グラフ」、「散布図」、「レーダーチャート」、「比較レーダーチャート」があるが、今回新しく最後の2つを作成した。ここでは2つのレーダーチャートについて説明する。

図 2.1.2 にレーダーチャート用のデータを示す。

	目標値	評価1
▶ 価格	10	9
性能	10	7
デザイン	10	8
燃費	10	8
安全性	20	9

図 2.1.2 レーダーチャート用データ

レーダーチャートは、各目標値にデータがどれだけ近付けたのかを表すグラフであるので、データには目標値が必要である。また、殆どの場合目標値の多角形と1つの評価値の多角形が表示されるが、評価値は複数ある場合もある。変数選択で目標値を最初を選び、「レーダーチャート」または「比較レーダーチャート」を選択して、「実行」ボタンをクリックすると図 2.1.3 または図 2.1.4 のようなグラフが表示される。

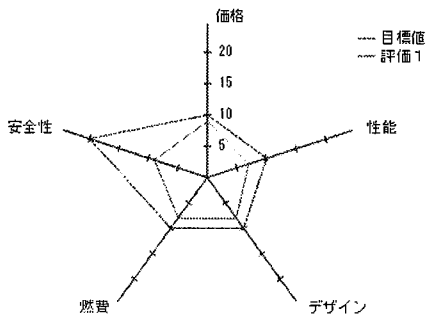


図 2.1.3 レーダーチャート

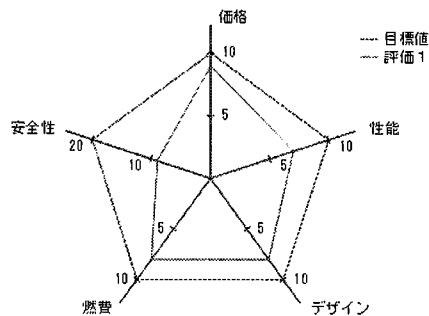


図 2.1.4 比較レーダーチャート

レーダーチャートは目盛の間隔が同じで、比較レーダーチャートは目標値を同じ半径に設定している。その他のグラフについては、他で説明済みのものが多いので、ここでは省略する。

図 2.1 のメインメニューで「管理図」ボタンをクリックすると図 2.1.5 のような管理図メニューが表示される。

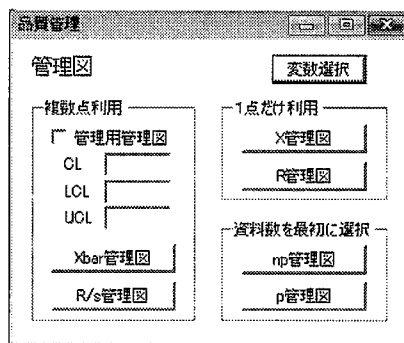


図 2.1.5 管理図メニュー

管理図には様々な形式があるが、よく使われる形式は $\bar{x}-R$ 管理図である。これには、解析用管理図

と管理用管理図の2種類あり、解析用管理図は中心線（CL）と管理限界線（LCL, UCL）をすべてデータから計算するものであり、管理用管理図はこれらを安全設計計画に基づいて利用者が与えるものである。

$\bar{x}-R$ 解析用管理図は、一般に n 個のデータ x_{ti} ($i=1, \dots, n|t=1, \dots, T$) の時系列的な集合によって求められる。ここでは $\bar{x}-R$ について、 $\bar{x}$ 管理図と R 管理図に分けて見て行く。 $\bar{x}$ 管理図について、CL, LCL, UCLの値は以下で与えられる。

$$CL = \bar{\bar{x}}, LCL = CL - A_2\bar{R}, UCL = CL + A_2\bar{R}$$

ここに、 $\bar{\bar{x}} \equiv \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \bar{x}_t$, $\bar{x}_t \equiv \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ti}$, $\bar{R} \equiv \frac{1}{T} R_t$ であり、 R_t は t 時点のデータの最大値から最小値を引いた値（レンジ）である。また A_2 はJISで定められた n の値による表2.1の数値である。

表 2.1 $\bar{x}$ 管理図用係数

群の大きさ	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_2	1.880	1.023	0.729	0.577	0.483	0.419	0.373	0.337	0.308

$n > 10$ の場合、CL, LCL, UCLの値は以下で与えられる。

$$CL = \bar{\bar{x}}, LCL = CL - 3s, UCL = CL + 3s$$

ここに、 $s = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\bar{x}_t - \bar{\bar{x}})^2}$ である。

次に $\bar{x}-R$ 管理図における R 管理図について、CL, LCL, UCLの値は以下のようになる。

$$CL = \bar{R}, LCL = CL - D_3\bar{R}, UCL = CL + D_4\bar{R}$$

D_3, D_4 の値についてはJISで定められた n の値による表2.2の数値である。

表 2.2 R 管理図用係数

群の大きさ	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_3	0	0	0	0	0	0.076	0.136	0.184	0.223
D_4	3.267	2.574	2.282	2.114	2.004	1.924	1.864	1.816	1.777

具体的には、 $\bar{x}-R$ 管理図は図2.1.6のようなデータから描く。この場合 $n=5$ である。

	data1	data2	data3	data4	data5
1	489	530	500	570	530
2	478	471	542	514	549
3	442	500	554	457	459
4	478	463	531	498	507
5	496	571	583	446	502
6	515	492	431	469	414
7	510	502	548	594	467
8	411	630	515	550	492
9	596	505	560	565	417

図 2.1.6 $\bar{x}-R$ 管理図用データ

図 2.1.5 のメニューで、「 $\bar{x}$ 管理図」ボタンと「R/s 管理図」ボタンをクリックすると、図 2.1.7 と図 2.1.8 のような $\bar{x}-R$ 管理図が描かれる。

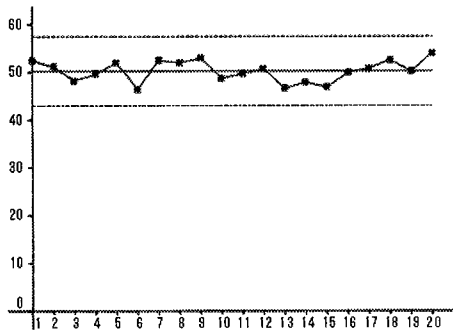


図 2.1.7 解析用 $\bar{x}$ 管理図

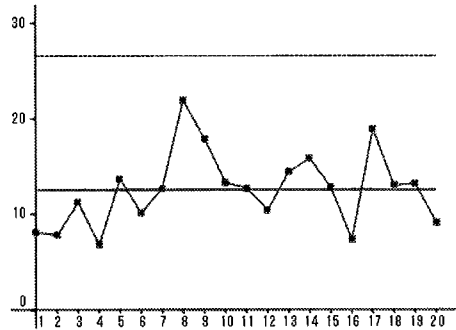


図 2.1.8 解析用 R 管理図

管理用 $\bar{x}-R$ 管理図の管理限界線は、解析用管理図から得られたデータを元に利用者が指定する。指定データをそれぞれ CL, LCL, UCL テキストボックスに記入し、「 $\bar{x}$ 管理図」、「R 管理図」ボタンをクリックすると図 2.1.9、図 2.1.10 のように管理用管理図が描かれる。

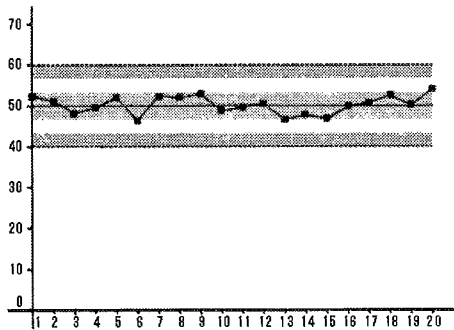


図 2.1.9 管理用 $\bar{x}$ 管理図

(CL = 50, LCL = 40, UCL = 60)

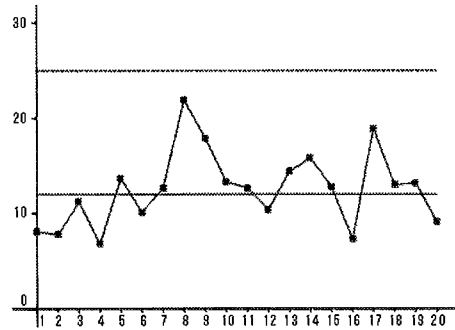


図 2.1.10 管理用 R 管理図

(CL = 12, LCL = 0, UCL = 25)

ここで管理用 $\bar{x}$ 管理図には、CL から LCL、CL から UCL を 3 等分して CL に近い方から、緑色、黄色、赤色と色分けしてある。これは、JIS の不安定状態の判定基準に用いられるものである。

次に np 管理図は、図 2.1.11 のような資料数と不良品数のデータから描かれる。その際、資料数は常に一定でなければならない。これを用いて図 2.1.1 のメニューで「np 管理図」ボタンをクリックすると、図 2.1.12 のような np 管理図が描かれる。

	試料数	データ1
▶ 1	100	8
2	100	6
3	100	8
4	100	9
5	100	10
6	100	10
7	100	4
8	100	15
9	100	12
10	100	5
11	100	9
12	100	9
13	100	14
14	100	12
15	100	10

図 2.1.11 np 管理図用データ

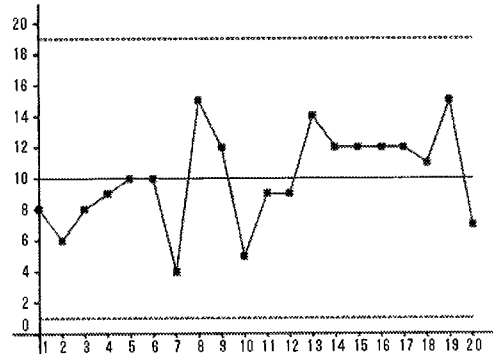


図 2.1.12 np 管理図

np 管理図の CL , LCL , UCL の値は資料数を d として以下になる。

$$CL = \bar{x}, LCL = CL - \sqrt{dp(1-p)}, UCL = CL + \sqrt{dp(1-p)}$$

ここに、 $\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / d$, $p = \bar{x} / n$ である。

図 2.1.13 のように資料数に変化がある場合は、p 管理を利用する。p 管理の CL , LCL , UCL の値は λ 番目のデータの資料数を d_λ 、データ数を x_λ として以下になる。

$$CL = p = \sum_{\lambda=1}^n x_\lambda / \sum_{\lambda=1}^n d_\lambda, LCL = CL - \sqrt{p(1-p)/d_\lambda}, UCL = CL + \sqrt{p(1-p)/d_\lambda}$$

グラフは $p_\lambda = x_\lambda / d_\lambda$ の値で描画する。

具体的な p 管理図は図 2.1.13 のようなデータを利用して、図 2.1.14 のようになる。その際限界線は一般に資料数の変わる点で連続でなくなる。

	試料数	データ1
▶ 1	100	8
2	100	6
3	100	8
4	100	9
5	100	10
6	100	10
7	100	4
8	100	15
9	100	12
10	100	5
11	200	23
12	200	17
13	200	20
14	200	16
15	200	27

図 2.1.13 p 管理図用データ

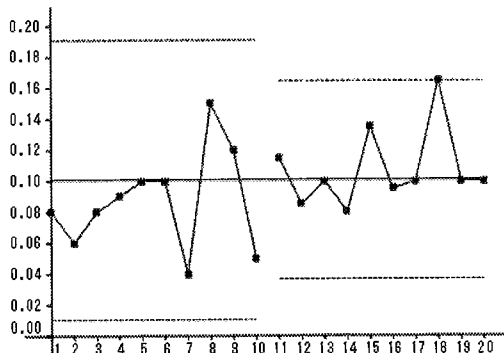


図 2.1.14 p 管理図

2.2 パレート図

図 2.1 のメインメニューで「パレート図」ボタンをクリックすると、図 2.2.1 のパレート図メニュー

一が表示される。

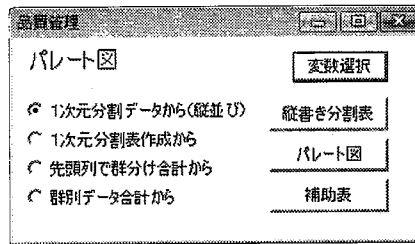


図 2.2.1 パレート図メニュー

パレート図はいくつかの形式のデータから表示することができる。標準的には図 2.2.2 のように与えられた縦書きの分割表から、図 2.2.3 のように表示される。

	不良数
外径不良	73
外觀不良	3
全長不良	2
穴位置不良	56
その他	10
▶ 真円度不良	34
打痕キズ	20

図 2.2.2 パレート図データ

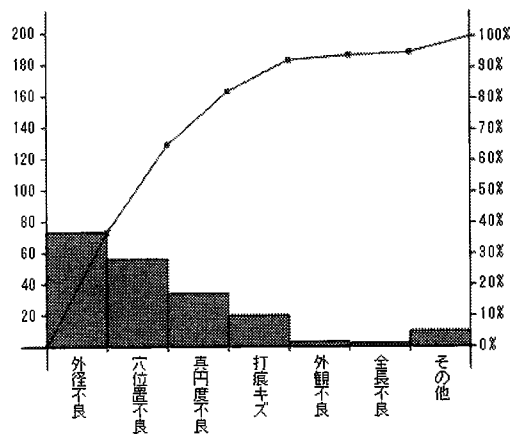


図 2.2.3 パレート図

ここで図 2.7 の x 軸の名称について、標準では横書きになっているが、図のメニューで縦書きにも書き換えられる。また、名称で「その他」、「他」、「else」とすると、大きさに関わらず最後に表示されるようになっている。また、図 2.2.1 のメニューでパレート図と同様にして、「補助表」のボタンをクリックすると、補助表として図 2.2.4 のようなパレート図を少し詳しくしたデータが表示される。

パレート図補助表				
	値	比率(%)	累積値	累積比率(%)
▶ 外径不良	73	36.87	73	36.87
穴位置不良	56	28.28	129	65.15
真円度不良	34	17.17	163	82.32
打痕キズ	20	10.1	183	92.42
外觀不良	3	1.52	186	93.94
全長不良	2	1.01	188	94.95
その他	10	5.05	198	100

図 2.2.4 パレート図補助表

その他に「1次元分割表作成から」ラジオボタンを選ぶと、元データから1次元分割表を作成して、それを元にパレート図を描く。また、日々の売上高のデータのような場合には、「先頭列で群分け合

計から」ラジオボックスを選択する。最初に選択した列でまとめた合計を用いてパレート図を作成する。最後に、売上高を列ごとに合計してデータとしたい場合は、「群別データ合計から」を選択すればよい。

2.3 ヒストグラムと箱ひげ図

データの分布を調べる場合はヒストグラムを利用するが、層別に分布を比べるときは、箱ひげ図が用いられることがある。ヒストグラムはすでに作成しているので、今回は新しく箱ひげ図を作成した。箱ひげ図はヒストグラムと同じように利用されるので、図 2.3.1 のように量的データの集計メニューの中にボタンを加えた。

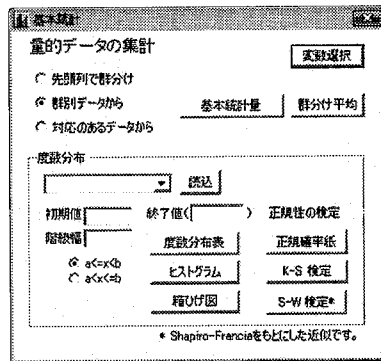


図 2.3.1 量的データの集計メニュー

箱ひげ図の表示法は、箱の中央を平均値、下端を 25%分位点、上端を 75%分位点、ひげの下端はデータの最小値または -3σ 点の大きい方、ひげの上端はデータの最大値または $+3\sigma$ 点の小さい方とする。ひげの範囲を超えるデータについては○印で、具体的にプロットする。図 2.3.1 の量的データの集計メニューで変数を 1 つずつ選んで、「箱ひげ図」ボタンをクリックすると図 2.3.2 のような結果が表示される。ここでは、外れ値の多い例と少ない例を示している。

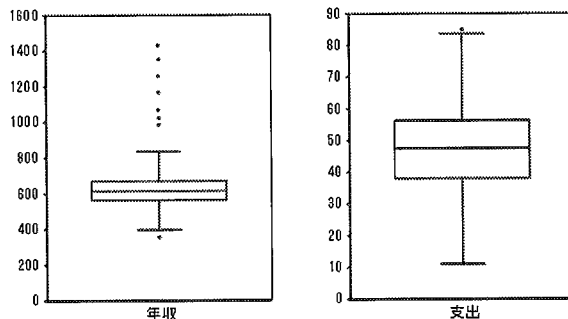


図 2.3.2 単独の箱ひげ図

これに対し、「先頭列で群分け」ラジオボタンをチェックして、2つの群で比較するように表示すると図 2.3.3 のような結果となる。

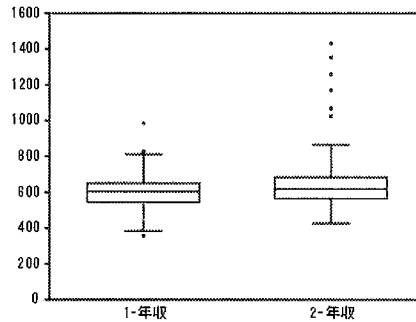


図 2.3.3 比較のための箱ひげ図

2.4 散布図

散布図は以前から作られていたが、品質管理用に層別の考え方を強化し、「相関係数」、「順位相関係数」、「散布図」、「回帰分析」、「予測値と残差」、「予測実測散布図」で、層別（先頭列で群分け）の機能が利用できるようにした。これまでは2つの変数を選んで、分析を実行していたが、層別では、「先頭列で群分け」ラジオボタンを選択し、最初に群分けする変数を選び、その後2つの変数を選択して利用する。メニューは図 2.4.1 のようにこれまでのものと殆ど変わらない。

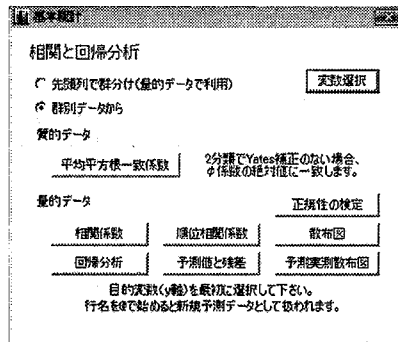


図 2.4.1 相関と回帰分析メニュー

先頭列で群分けで、「相関係数」ボタンをクリックすると、図 2.4.2 のように群分けされたデータから相関係数が計算される。順位相関係数も同様であるので、ここでは省略する。

同様に散布図では、図 2.4.3 のように群分けされたドットで散布図が表示され、それぞれの回帰直線が描かれる。回帰直線は、図の上下端以内なら、x 座標のデータの最小値から最大値まで引くようになっている。グラフのメニューによって回帰直線を非表示にすることもできる。

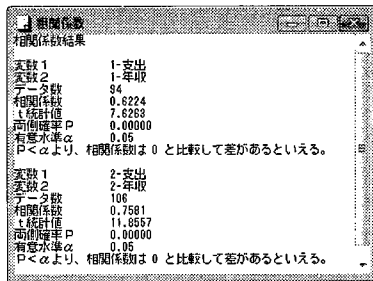


図 2.4.2 相関係数結果

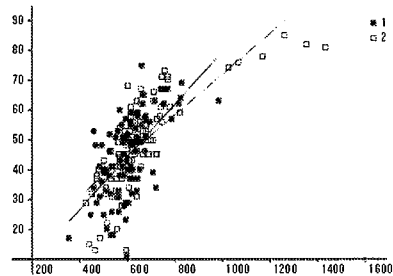


図 2.4.3 多重散布図

群分けの回帰分析も同様の設定で実行できる。図 2.4.1 のメニューで「回帰分析」ボタンをクリックすると図 2.4.4 のような結果が表示される。これは1つの群についてだけで、同じものが群の数だけ表示される。また「予測値と残差」ボタンをクリックすると、各群別の回帰式を使った予測値と残差が図 2.4.5 のように示される。

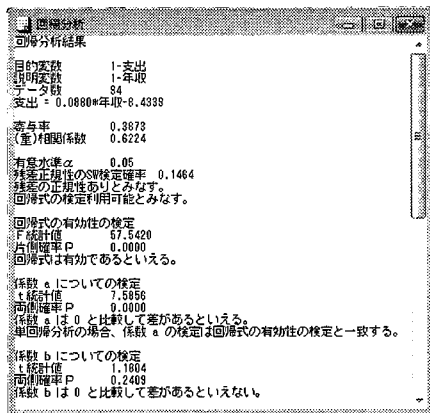


図 2.4.4 回帰分析結果

	地域	実測値	予測値	残差
1	1	49	42892	6108
2	1	33	41308	-8308
3	2	32	38574	-6574
4	2	31	42449	-11449
5	1	57	43861	13139
6	2	47	46460	0540
7	1	48	45886	2114
8	1	63	31888	21112

図 2.4.5 予測値と残差結果

予測値と実測値の関係を散布図に表示するには、「予測実測散布図」ボタンをクリックする。図 2.4.5 で与えられた群別の予測値が図 2.4.6 のように横軸が予測値、縦軸が実測値で表示される。

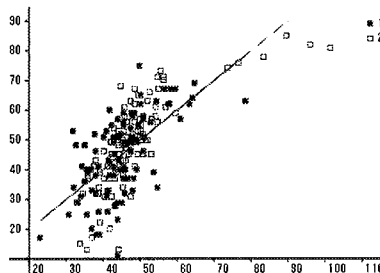


図 2.4.6 予測実測散布図結果

2.5 層別

層別の集計や層別の比較検定についてはこれまで基本統計の枠組みの中でプログラムを作成してきた。これまでの論文で分析メニューについても説明してきたので、ここでは分析用のガイドメニューだけを図 2.5.1 と図 2.5.2 に表示するに留める。

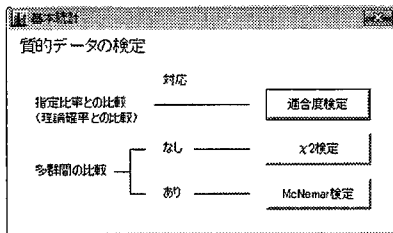


図 2.5.1 質的データの検定

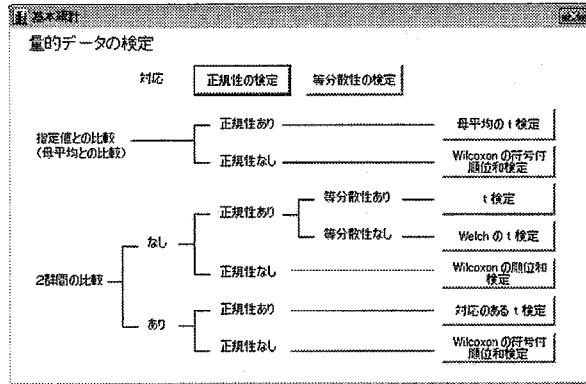


図 2.5.2 量的データの検定

2.6 特性要因図

問題の原因を探索するツールとして特性要因図（フィッシュボーン図）は重要である。まず図 2.1 のメインメニューで「特性要因図」ボタンをクリックしてグラフィックエディタを表示する³⁾。これは、特性要因図描画用に描画ボタンが特殊化されたものであり、まず「特性」ボタンをクリックしてピクチャーボックス上をクリックし、背骨の部分を描画する。その後、「要因」ボタンをクリックして要因を配置し、「矢印」ボタンで要因を結ぶようにして矢印を描いて行く。簡単な例を図 2.6.1 に示す。

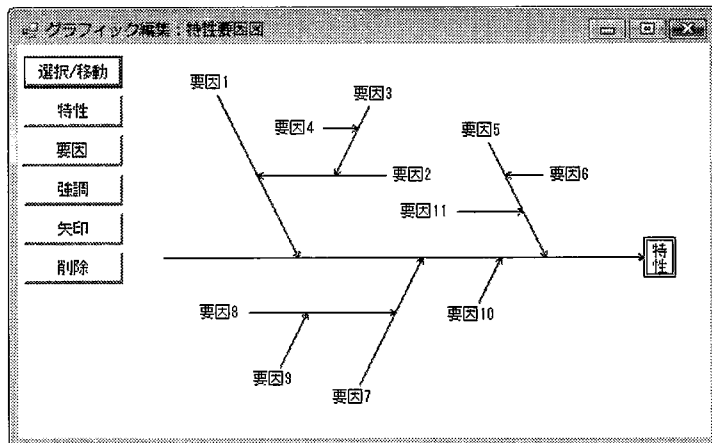


図 2.6.1 簡単な特性要因図

実際の特性要因図は多くの要因を含むため、画面が大きくなる。ここでは参考文献1) で与えられたサンプルについて作成した図を図 2.6.2 に表示する。

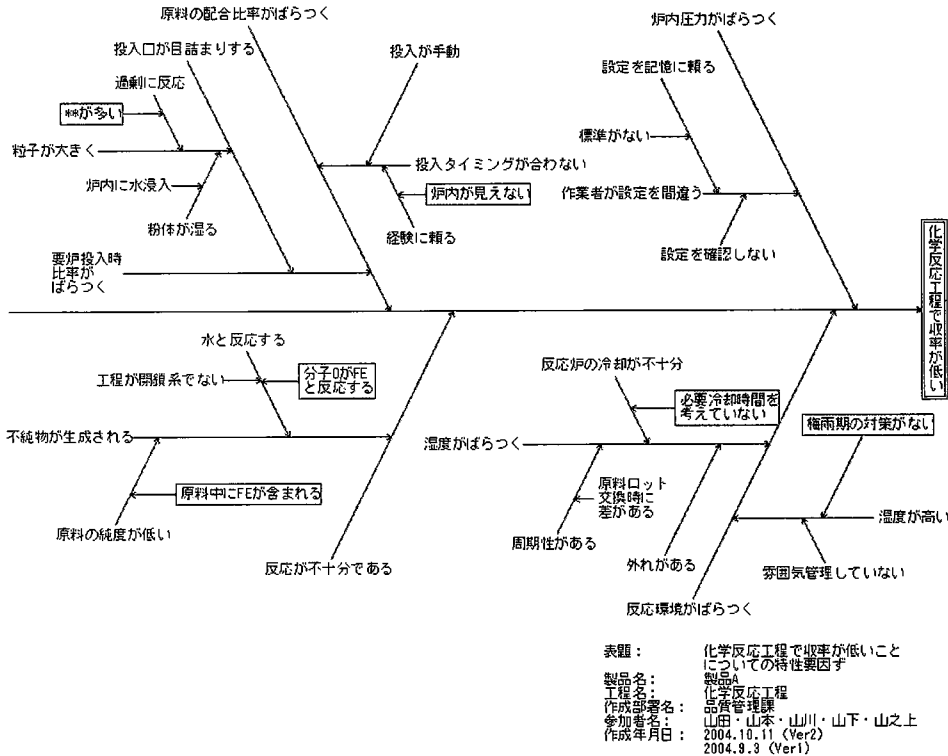


図 2.6.2 特性要因図サンプル

特性要因図もグラフィックエディタのメニューで、グリッドエディタのデータに変換して保存することができる。グラフィックエディタの使用法やデータ形式については参考文献3) に詳しい。

3. 在庫管理シミュレータ

3.1 在庫管理の考え方

定量発注方式と定期発注方式の在庫管理に必要なデータは、単位期間（以後 1 日を単位期間とする）の出庫の量の分布と発注から入庫までの期間を与えるリードタイムである。多くの場合、1 日当たりの出庫量 X は正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ で近似し、リードタイムは固定の場合と変動する場合とを考える。リードタイムが変動する場合は、正規分布を仮定し、リードタイム L の上側確率が指定された遅れの確率になるようにする。

問題点が指摘され、あまり使われないことがないようであるが、1 日 1 品目当たりの在庫費用を h 、発注 1 回当たりの発注費用を K として、定量発注方式の経済的発注量 $\sqrt{2K\mu/h}$ や定期発注方式の経

済的発注間隔 $\sqrt{2K/\mu h}$ を考える場合もある。

定量発注方式

1回の発注量 Q の定量発注方式の場合、発注から入庫までの期間 L の出庫量が、 $N(L\mu, L\sigma^2)$ に従うことを用いて、安全在庫 $\lambda\sqrt{L}\sigma$ を考える。ここに λ は安全係数と呼ばれ、欠品確率を α とする場合に、標準正規分布の確率分布を用いて $P(X > \lambda) = \alpha$ で与えられる。サイクル在庫は発注量の半分で $Q/2$ となり、サイクル在庫と安全在庫を加えた理論在庫は $Q/2 + \lambda\sqrt{L}\sigma$ である。発注点は在庫量が $I = L\mu + \lambda\sqrt{L}\sigma$ になった時点である。図 3.1.1 は定量発注方式の在庫量の推移を表すイメージである。

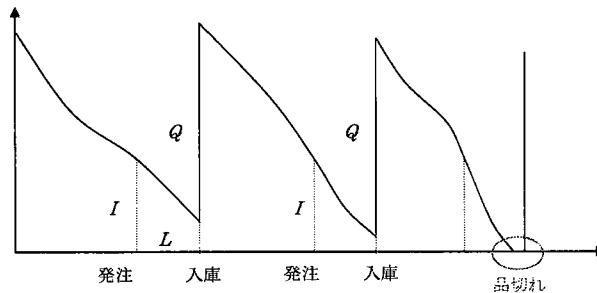


図 3.1.1 定量発注方式のイメージ

定期発注方式

発注間隔 R の定期発注方式の場合、一度発注すると次回発注分の入庫までの $L + R$ の間、入庫量を調節できないので、その間の出庫量の分布 $N((L + R)\mu, (L + R)\sigma^2)$ から、安全在庫 $\lambda\sqrt{L + R}\sigma$ が求められる。定量発注方式の場合と同様、 λ は安全係数である。この場合サイクル在庫は $(L + R)\mu/2$ であり、理論在庫は $(L + R)\mu/2 + \lambda\sqrt{L + R}\sigma$ である。発注量は、最大在庫を $(L + R)\mu + \lambda\sqrt{L + R}\sigma$ として、最大在庫－現在の在庫量－現在の発注残量（入庫待ち量）で与えられる。定期発注方式の在庫量の推移を表すイメージを図 3.1.2a と図 3.1.2b に示す。

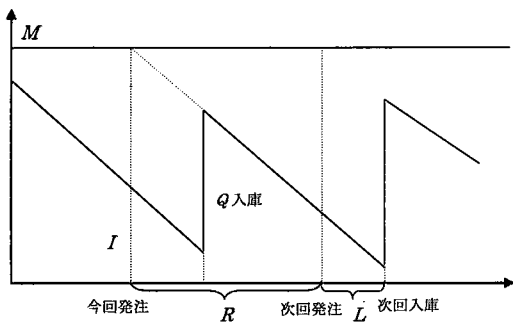


図 3.1.2a 定期発注方式イメージ ($L < R$)

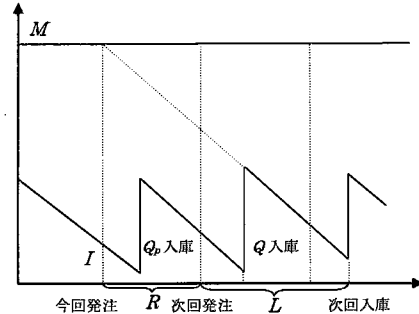


図 3.1.2b 定期発注方式イメージ ($L > R$)

3.2 在庫管理シミュレータの動作

メニュー [分析-数学・OR-在庫管理] を選択すると図 3.2.1 に示す在庫管理シミュレータのメニュー画面が表示される。

The screenshot shows a software window titled "数学・OR" (Mathematics・OR). Inside, there's a section titled "在庫管理" (Inventory Management). It contains several input fields: "保管費用" (Storage Cost) and "発注費用" (Ordering Cost) both with empty brackets; "出庫平均*" (Average Outgoing Inventory) with the value 20; "出庫偏差*" (Outgoing Inventory Deviation) with the value 5; "発注量" (Order Quantity) with the value 200; "発注間隔" (Order Interval) with the value 10; "欠品危険率*" (Stockout Risk) with the value 5%; "調達平均*" (Procurement Average) with the value 7; "調達偏差" (Procurement Deviation) with the value 0; and "調達危険率" (Procurement Risk) with the value 5%. There are also buttons for "在庫データ出力" (Output Inventory Data) and "実行" (Execute). A note at the bottom states: "注) 間欠需要の出庫平均と偏差(メニュー)は出庫なしの日を除きます。" (Note: For intermittent demand, the average outgoing inventory and deviation in the menu exclude days with no outgoing inventory).

図 3.2.1 在庫管理シミュレータメニュー画面

まず、発注方式グループボックスから、「定量（発注点）」発注方式か、「定期」発注方式かを選択する。在庫管理のためのデータは、データグループボックスによって「メニューから」と「ファイルから」のどちらかを選択できる。メニューから入力する場合は、左側のテキストボックスにデータを記入する。*の付いているところは必須項目である。左上の [] の付いた保管費用と発注費用については、右上の「経済的極値を利用」チェックボックスにチェックがある場合のみ有効で、発注量や発注間隔の代わりに経済的発注量または経済的発注間隔を利用することができる。

リードタイムは「調達平均*」テキストボックスに記入する。リードタイムが確定的な場合は、「調達偏差」テキストボックスを0のままにしておく、変動する場合は、リードタイムの標準偏差の値を入れ、調達遅れの危険率を「調達危険率」テキストボックスで指定する。出庫量の平均と出庫量の標準偏差は、何日分かをまとめた数値を入れることもあると考え、左下に「出庫記載単位」テキストボックスを設けている。これは1日当たりの標準偏差の値が単純にまとめた日数で割った値でなく、まとめた日数の平方根で割った値になることから、学生の間違いを減らすねらいもある。

左のテキストボックスにデータを入れ終わったら、「在庫データ出力」ボタンをクリックすると、図 3.2.2a と図 3.2.2b のような結果が出力される。

在庫基礎データの出力

定量発注（発注点）方式
集計単位 1

発注間隔は発注点以下になる日で決定

サイクル在庫	: 100
安全在庫	: 22
理論在庫	: 122
発注点	: 162

出庫平均/日	: 20.00
出庫標準偏差/日	: 5.00

発注量	: 200
欠品危険率(%)	: 5.00
安全係数	: 1.64
調達日数平均	: 7
調達日数標準偏差	: 0
調達危険率(%)	: 5.00

図 3.2.2a 定量発注方式の理論値

在庫基礎データの出力

定期発注方式
集計単位 1

発注量は「最大在庫－現在在庫量－発注時」で決定

サイクル在庫	: 100
安全在庫	: 34
理論在庫	: 134
最大在庫	: 374

出庫平均/日	: 20.00
出庫標準偏差/日	: 5.00

発注間隔	: 10
欠品危険率(%)	: 5.00
安全係数	: 1.64
調達日数平均	: 7
調達日数標準偏差	: 0
調達危険率(%)	: 5.00

図 3.2.2b 定期発注方式の理論値

前者は定量発注方式の理論値の結果であり、後者は定期発注方式の理論値の結果である。

データをファイルから読み込む場合は、図 3.2.3a と図 3.2.3b のような形式のファイルを用いる。

データ編集 在庫管理1.txt

	A	B	C
発注量(定量)	200	300	100
発注間隔(定期)	3	3	3
欠品危険率(%)	2	2	2
調達日数平均	7	5	7
調達日数標準偏差	0	0	3
調達危険率(%)	5	5	5

1/2 (1,1) 分析: 備考:

図 3.2.3a 在庫基礎データ

データ編集 在庫管理1.txt

	A	B	C
1	18	34	10
2	17	25	13
3	14	30	14
4	17	24	12
5	19	41	16
6	21	28	4
7	21	30	13

2/2 (1,1) 分析: 備考:

図 3.2.3b 出庫データ

このファイルには3つの品目のデータが並んでいる。前者は計算用の基礎データで、後者は実際の出庫データである。このファイルを利用する場合、出庫の平均と標準偏差はこのデータから求められる。計算時には、前者を前面に出し、後者のページを「出庫データ」テキストボックスで指定しておく必要がある。「ファイルから」ラジオボタンを選択して、「変数選択」ボタンで品目を選んで実行する。実行結果は、複数の品目があることから、図 3.2.4a と図 3.2.4b のようにグリッド形式で表示される。

定量発注（発注点）方式

	A	B	C
サイクル在庫	100	150	50
安全在庫	30	38	27
理論在庫	130	188	77
発注点	173	185	147
データ数	30	30	30
出庫最小/日	10	12	2
出庫最大/日	33	50	19
出庫平均/日	20.37	29.33	10.07
出庫標準偏差/日	5.57	8.36	3.74
発注量	200	300	100
欠品危険率(%)	2	2	2
安全係数	2.05	2.05	2.05
調達日数平均	7	5	7
調達日数標準偏差	0	0	3
調達危険率(%)	5	5	5

図 3.2.4a 定量発注方式の理論値（ファイルから）

定期発注方式

	A	B	C
サイクル在庫	31	44	15
安全在庫	36	49	30
理論在庫	67	93	45
最大在庫	240	283	180
データ数	30	30	30
出庫最小/日	10	12	2
出庫最大/日	33	50	19
出庫平均/日	20.37	29.33	10.07
出庫標準偏差/日	5.57	8.36	3.74
発注間隔	3	3	3
欠品危険率(%)	2	2	2
安全係数	2.05	2.05	2.05
調達日数平均	7	5	7
調達日数標準偏差	0	0	3
調達危険率(%)	5	5	5

図 3.2.4b 定期発注方式の理論値（ファイルから）

データのファイル形式は、メニューの「入力用画面作成」ボタンをクリックして、グリッドエディタに枠組みを作成することもできる。

在庫シミュレーションは、出庫量に正規乱数を仮定して実行することができる。出庫量の平均値と標準偏差を指定し、シミュレーショングループボックスの「実行回数」、「実行期間」、「初期在庫」、定期発注方式の場合は「初期発注（定期）」テキストボックスを指定して、「実行」ボタンをクリックと、図 3.2.5a のようなシミュレーション結果の折れ線グラフと図 3.2.5b のようなテキストによる結果が表示される。

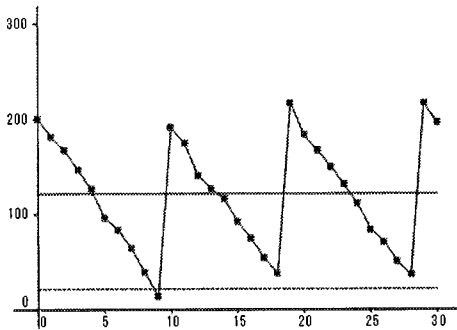


図 3.2.5a シミュレーション結果（乱数）

シミュレーション結果	
結果はシミュレーション回数 1 回の平均です。	
実行期間	30
総出庫	604.00
出庫平均	20.13
出庫標準偏差	5.84
発注回数	3.00
総発注量	600.00
発注量平均	200.00
入庫回数	3.00
総入庫量	600.00
入庫量平均	200.00
平均在庫量	120.61
欠品回数	0.000
欠品率	0.00%

図 3.2.5b シミュレーション結果まとめ

ここに欠品率は「入庫前日の欠品回数÷入庫回数」で定義している。

これは定量発注方式の結果であるが、シミュレーションは 1 回だけの結果を表示することもできるし、多数回実行してその平均を表示することもできる。人に説明を行う場合は、1 回のシミュレーションを乱数を変えて何回か行い、これを繰り返した結果は、というように多数回繰り返した結果を表示するのが効果的であろう。定量発注方式の場合、多数回繰り返した場合の結果は図 3.2.6 のように時間の経過とともに振幅が小さくなっていく。これは平均を取るという性質上、当然の結果である。

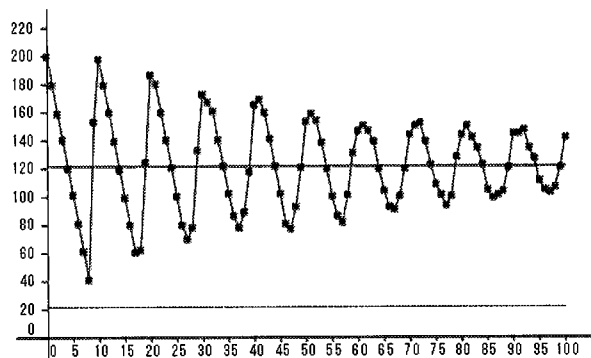


図 3.2.6 定量発注方式 100 回のシミュレーション結果（平均）

定期発注方式のシミュレーション結果については省略する。

シミュレーションは乱数を用いたもの以外にファイルに保存された実際のデータを用いて実行することもできる。その方法は理論的な在庫データ出力の場合と同様であるので、ここでは省略し、結果のみを図 3.2.7a と図 3.2.7b に示す。

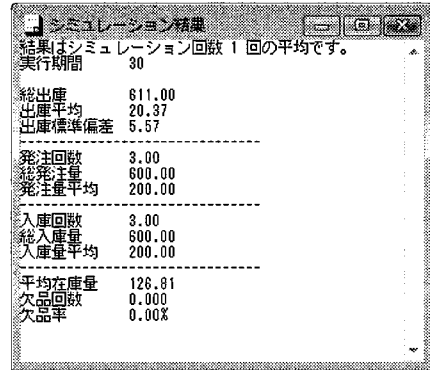
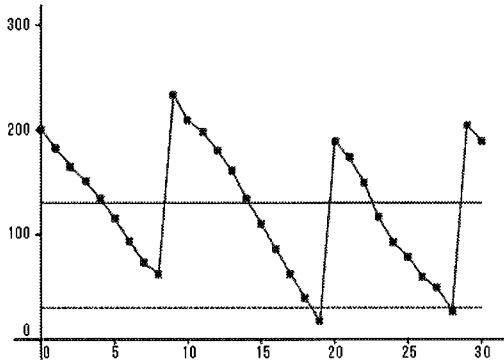


図 3.2.7a シミュレーション結果（ファイルから）

図 3.2.7b シミュレーション結果まとめ

3.3 間欠出庫に対する処理

これまで述べてきた方法は、出庫が毎日あり、正規分布に従う場合に適用できる。現実には多少正規分布からずれても、中心極限定理により、理論は有効である。しかし、出庫が時々しかないような場合にはこれまでの理論は利用できなくなる。このような出庫の形態は間欠出庫と呼ばれる（間欠需要ともいう）。我々はまずこの間欠出庫に対して、出庫の有無と出庫があった場合の分布は独立と考える。出庫の有無に対しては出庫率を p とする 2 項分布、出庫があった場合の分布は平均 μ 、分散 σ^2 の正規分布とする。但し、 $\mu \gg \sigma$ を仮定する。

この間欠出庫 1 回の密度関数は図 3.3.1 のように考えられる。

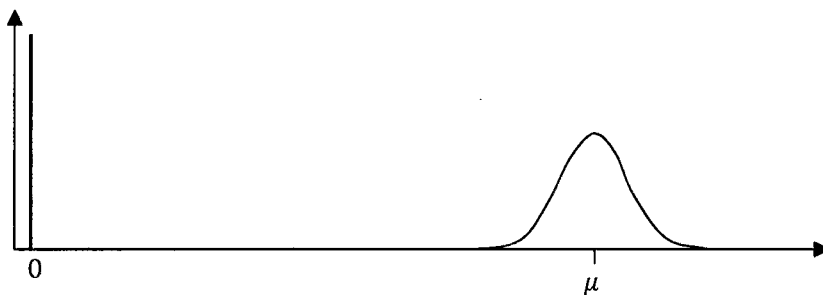


図 3.3.1 1 回の間欠出庫の密度関数

ここで横軸は出庫の量、0 の位置の棒はデルタ関数を表すものとする。棒または山の面積はそれぞれ

$1-p, p$ で与えられる。

対象となる期間を L 日として、この間に何回出庫があるか考える。出庫の発生回数は2項分布に従うと仮定しているの、 n 回の発生の確率 P_n は以下で与えられる。

$$P_n = {}_L C_n p^n (1-p)^{L-n}$$

今欠品危険率を α とした場合、

$$\sum_{i=n}^L P_i > \alpha$$

となる、最大の n を n_{max} とすると、以下の関係となる。

$$\sum_{i=n_{max}}^L P_i > \alpha > \sum_{i=n_{max}+1}^L P_i \equiv P'$$

この関係は図 3.3.2 の密度関数で考えると分かり易い。

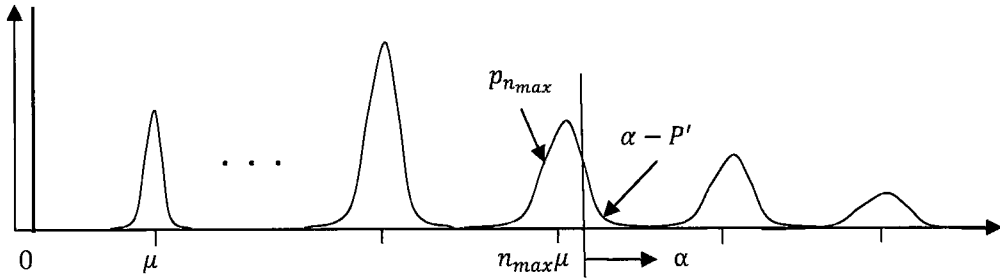


図 3.3.2 複数回の間欠出庫の密度関数

ここに横軸は出庫の大きさ、それぞれの山の面積は2項分布の確率 P_n で与えられる。

仮定 $\mu \gg \sigma$ から、期間開始時の在庫の量を $(n_{max} + 1)\mu$ とすると、出庫変動に関わらず欠品確率は α より小さくなり、 $(n_{max} - 1)\mu$ にすると、欠品確率は α より大きくなる。(これを仮定と考えてもよい)。これより、我々が出庫の確率分布を考えるのは、在庫の量が $n_{max}\mu$ で、出庫の発生が n_{max} 回あった場合である。

出庫の確率分布によって欠品確率を α にしようとする、出庫が n_{max} 回発生した事後確率として求めればよい。まず、出庫が $(n_{max} + 1)$ 回以上起きる場合は考えないので(在庫の量が $n_{max}\mu$ の場合は必ず欠品)、その確率を P' として欠品確率から引いておく。それを出庫が n_{max} 回起きる確率 $P_{n_{max}}$ で割ると事後確率を求められるので、標準正規分布の分布関数を $F(x)$ として、以下のように安全係数 λ を与えることができる。

$$F(\lambda) = 1 - \frac{\alpha - P'}{P_{n_{max}}}, \quad P' = \sum_{i=n_{max}+1}^L P_i$$

これから期間開始時の在庫の量 I を以下のように定める。

$$I = n_{max}\mu + \lambda\sqrt{n_{max}}\sigma$$

現実の計算では、 $\lambda\sqrt{n_{max}}\sigma > \mu/2$ または、 $\lambda\sqrt{n_{max}}\sigma < -\mu/2$ の場合、それぞれを $\mu/2$ または $-\mu/2$ で置

き変えてもよいであろう。

定量発注方式

定量発注方式の場合、発注点を求める。在庫が発注点を下回ったときに発注して、欠品危険率が $P_{n_{max}}$ となる在庫量は、発注点を下回る量の平均が $\mu/2$ であることから、 $(n_{max} + 1/2)\mu$ とすればよい。これに出庫の確率変動部分を加えて、発注点は以下となる。

$$I = (n_{max} + 1/2)\mu + \lambda\sqrt{n_{max} + 1/4}\sigma$$

定期発注方式

定期発注方式では、発注間隔を R として、入庫の調節ができない期間が $L + R$ となる。それゆえ、 n 回の入庫の発生確率は以下となる。

$$P'_n = {}_{L+R}C_n p^n (1-p)^{L+R-n}$$

この P'_n を用いて新たに n'_{max} を計算し、信頼係数 λ' を求めて、最大在庫量 M を以下のように定める。

$$M = n'_{max}\mu + \lambda'\sqrt{n'_{max}}\sigma$$

この理論をシミュレーションに適用してみる。

図 3.3.2 間欠出庫のシミュレーション

図 3.3.2 の設定でシミュレーションを実行すると以下のような結果となった。

シミュレーション回数 1000 回
 実行期間 300
 平均在庫量 91.88
 入庫回数 5.92
 欠品回数 0.231
 欠品率 3.90%

この他、仮定の範囲内では、欠品危険率を変動させても、出庫率を変動させても、欠品危険率で指定した値とあまり変わらない欠品率が得られた。

参考文献

- 1) フリーソフトウェア R による統計的品質管理入門, 荒木孝治, 日科技連出版社, 2005.
- 2) 社会システム分析のための統合化プログラム 4 –基本統計–, 福井正康, 福山平成大学経営情報研究, 5 号, (2000) 89-100.
- 3) 社会システム分析のための統合化プログラム 13 –グラフィックエディタとその応用–, 福井正康, 石丸敬二, 尾崎誠, 宋東明, 福山平成大学経営研究, 7 号, (2011) 掲載予定.
- 4) 適正在庫の考え方・求め方, 勝呂隆男, 日刊工業新聞社, 2003.

Multi-purpose Program for Social System Analysis 15

- Quality Control and Inventory Control -

Masayasu FUKUI, Hong Peng FU*, Wei WEI*, Yukie OKUDA
and Mitsuhiro HOSOKAWA

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

* Graduate School of Business Administration,
Fukuyama Heisei University

Abstract

We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. This time we created new programs of quality control and inventory control. Program of quality control has been created along the concept of QC seven tools and program of inventory control carries out a theoretical ordering point and maximum stock, using the method of quantitative ordering system and regular ordering system.

Keywords

College Analysis, social system analysis, OR, statistics, quality control, inventory control

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

福山平成大学経営学部紀要
第7号(2011), 151頁-160頁

PHPを用いた教育用Web掲示板システム

ー 品質管理・在庫管理シミュレータ ー

坪井 始、川久保和雄、細川光浩、奥田由紀恵

福山平成大学経営学部経営学科

小林 翔

福山平成大学大学院経営学研究科経営情報学専攻

概要：Web技術の中で、WebサーバApache、データベースMySQL、サーバサイドスクリプトPHPが典型的なサーバ構築ソフトウェアとなっている。ここでは、MAMPと呼ばれる、Macintosh上で動作するApache、MySQL、PHPの開発環境を利用して、PHPを用いた教育用Web掲示板システムを作成した。作成した掲示板システムは、動的なWeb ページとなり、データベースは使用せず、ファイルの入出力でデータ管理を行っている。掲示板を閲覧する学生は学生番号による簡単な認証によってloginし、学生番号、閲覧日時、IPアドレスのアクセスログを取ることができる。また、教員は、管理ページで記事の追加、削除を行う。
キーワード：Web 掲示板、動的Web ページ、PHP。

1. まえがき

WWW (World Wide Web) は、様々な情報発信、情報共有の手段として発展しているが、最近の掲示板システムはPHPを用いて容易に構築できる[1]。PHPは、サーバサイドスクリプトのひとつで、クライアント (ブラウザ) に依存しない出力が得られるのが特徴である。サーバは、クライアントからリクエストを受取り、スクリプトを処理 (実行) して、その結果を単純なHTMLでクライアントに送信することで、一連の動作が終了する。PHPは、Personal Home Page Toolsとして開発されたが、現在の正式名称は、PHP:Hypertext Preprocessorである[2]。

本稿では、開発環境として、Macintosh上で動作するWeb サーバApache、データベースMySQL、PHPの開発環境であるMAMP (Macintosh, Apache, MySQL and PHP) を使用した。使用したソフトウェアのバージョンは、MAMP 1.9.4、Apache 2.0.63、MySQL 5.1.44、PHP

5.3.2である。また、MacOSX 10.6.6上のApache2.2.15、PHP5.3.3においても動作確認を行った。

Web掲示板システムとしては教員が学生に対して掲示をする場合を想定して、学生は、学生番号による簡単な認証によって掲示板にloginして閲覧し、教員は、記事の書込み、削除を行う管理用ページにアクセスして掲示板の保守を行う。記事の管理、アクセスログの管理には、扱うデータが単純であるのでデータベースは使用せず、それぞれ記事のファイルとアクセスログのファイルを作成している。

本稿では、PHPスクリプトの特徴と実際に作成した掲示板システムのスクリプト例とその動作について説明する。

2. PHPによるWebページの作成例

まず、PHPの動作を確認するために、プログラミングでしばしば制御構造の確認に利用される数当てゲームを作成した。手続型言語であるC言語でプログラムを作成した場合には、図1の流れ図に示すように、候補値の入力、比較、結果の表示の単純な繰り返しとなる。

PHPを用いて数当てゲームを作成すると流れ図は、図2に示すようになる。また、そのプログラムリストをリスト1に示す。ここで、`<?phpから?>`までがPHPのスクリプトで、`$`記号は変数を表す。

Webページでデータを入力する場合には、通常、入力ボタンをクリックして、つぎのWebページを起動すると同時にそのWebページにデータを送信することになる。また、未知数のような本来変数によって保持するデータをどのように保持し、受け渡すかを考える必要がある。ここでは、データの送信にはPOSTコマンド使用し、数当てゲームのスクリプトkazuante.phpそのものを起動し、入力データを送信している。送信されたデータは、スーパーグローバル変数`$_POST`によって取得可能である。未知数の保持には、ブラウザに保存されるクッキーを利用している。クッキーでデータを保存すれば、複数ユーザ（複数ユーザの同時アクセス）への対応も容易に可能となる。なお、リスト1では、候補値の入力回数をクッキーで保存し、表示しているが、

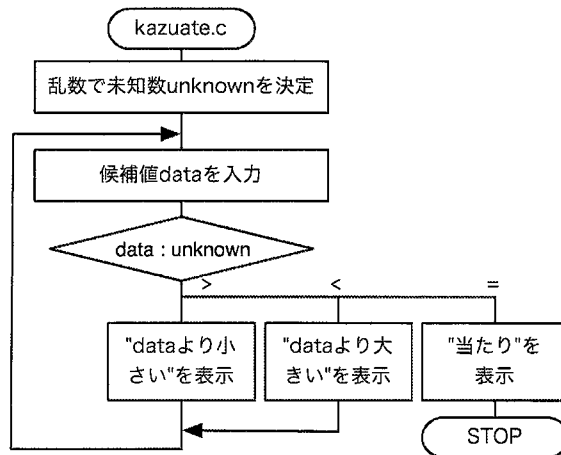


図1 C言語の数当てゲーム流れ図

簡単化のために図2では省略している。また、スクリプトの構造は、C言語とは異なり、リスト1に示すようにクッキーやPOSTによる入力値のチェックを最初に行う必要があるために処理部が前半に配置され、表示部は後半のhtmlの記述の中に配置されることが多い。リスト1のスクリプトは、候補値が入力される度に再起動されることになる。

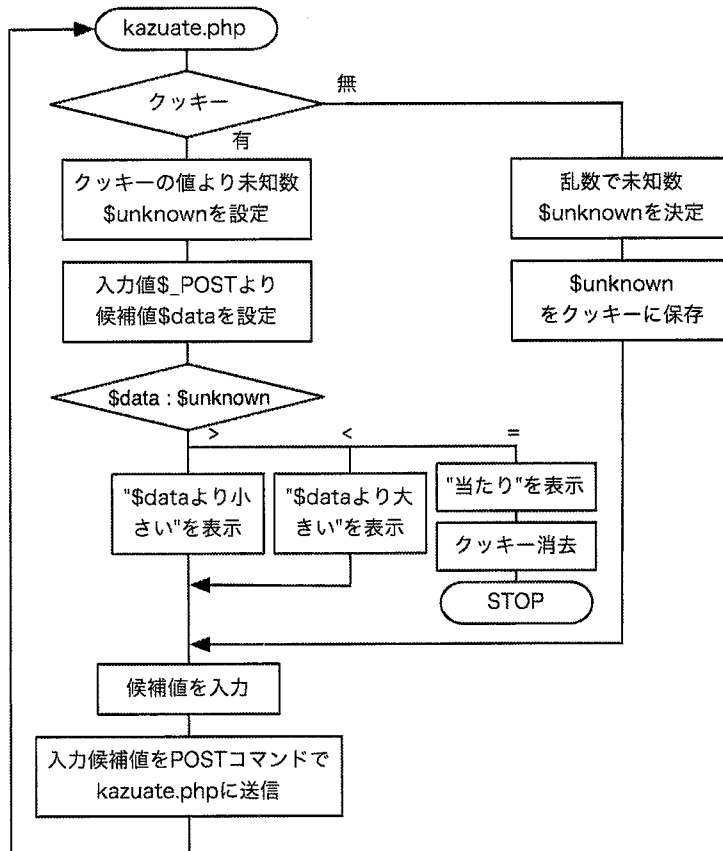


図2 PHPの数当てゲーム流れ図

リスト1では、3桁の数字を当てるゲームとして、ゲームの制限時間を90秒にするために、未知数のクッキーの寿命を90秒としている。前述したようにprint文による出力は、html文として出力されるのでhtml文の中に組み込まれている。

図3に、ブラウザ上の表示を示す。同図(a)は、初期画面、(b)は候補値を入力後の画面、(c)は数字が当たったときの終了画面である。これらの画面は、htmlの文の中にPHPのprint文による出力が挿入され、ブラウザにはhtml文として実行結果が送信されて表示される。

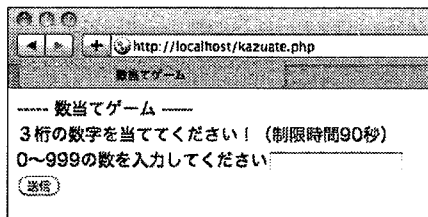
以上のように、PHPプログラムでは、POST等による入力値の処理、クッキーの処理が重要な処理となる。

リスト 1 PHPの数当てゲームプログラム

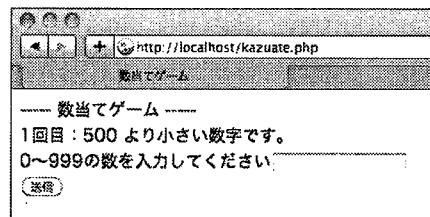
```

1: <?php
2: $unknown = $_COOKIE[ 'UNKN' ];
3: $counter = $_COOKIE[ 'COUNT' ];
4: $counter++;
5: $data = $_POST[ 'KAZU' ];
6:
7: if( is_null($unknown) || $data > 999 ) {
8:     $unknown = mt_rand(0, 999);
9:     $counter = 0;
10:    setcookie( 'UNKN', $unknown, time()+90 );
11:    setcookie( 'COUNT', $counter ); }
12: else if ( $unknown == $data ){
13:    setcookie( 'UNKN', "", time()-60 ); }
14: else {
15:    setcookie( 'COUNT', $counter ); }
16: ?>
17:
18: <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="ja" lang="ja">
19: <head><meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8" />
20: <title>数当てゲーム</title></head>
21: <body>
22: ----- 数当てゲーム -----<br>
23: <?php
24: if( $counter != 0 ) {
25:     print $counter.'回目 :';
26:     if( $unknown == $data ) {
27:         print '当たり!!!<br>';
28:         print $data.' でした.<br>';
29:         exit(); }
30:     if( $unknown > $data )
31:         print $data.' より大きい数字です.<br>';
32:     else
33:         print $data.' より小さい数字です.<br>'; }
34: else {
35:     print '3桁の数字を当ててください! (制限時間90秒)<br>'; }
36: ?>
37: <FORM ACTION="kazuete.php" METHOD="POST">
38: 0~999の数字を入力してください<INPUT TYPE="TEXT" NAME="KAZU"><br>
39: <INPUT TYPE="SUBMIT" VALUE="送信"><BR>
40:
41: </FORM></body></html>

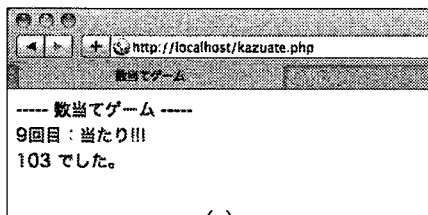
```



(a)



(b)



(c)

図 3 数当てゲームの実行画面

3. Web掲示板

Web掲示板システムとしては教員が学生に対して掲示をする場合を想定して、次のような機能を考える。

- (1) 学生は、学生番号による簡単な認証によって掲示板にloginして閲覧する。そのとき、学生番号、閲覧日時、IPアドレスをアクセスログに保存する。
- (2) 教員は、記事の書込み、削除、アクセスログのチェックを行う管理用ページにアクセスして、掲示板の保守を行う。

記事の管理とアクセスログの管理では、扱うデータが単純であるのでデータベースは使用せず、それぞれ記事のファイルとアクセスログのファイルを作成する。

図4に、掲示板表示および保守の概略流れ図を示す。学生のアクセスログには、学生番号、アクセス日時、IPアドレスを保存する。また、教員による記事の書込みでは、記事番号、記事、書込者氏名、書込日時、IPアドレス、削除キーを掲示板ファイルBBSfileに書き込む。

図5に、学生が掲示板にloginし、掲示板を閲覧する場合のPHPプログラムの流れ図を示す。閲覧には、「学生loginページ」から学生番号を入力してloginする。学生番号は、クッキーでブラウザに保存するので、学生番号のクッキーがあれば「学生掲示板表示ページ」がすぐに起動され、クッキーがなければ学生番号を入力し、POSTコマンドで「学生掲示板表示ページ」に送信される。「学生掲示板表示ページ」では、クッキーの学生番号またはPOSTコマンドで受付けた学生番号の有効性を確認し、確認できればクッキーに学生番号を設定し、アクセスログ出力後、掲示板を表示している。掲示内容は、記事番号、掲示者名、掲示日時、記事である。一方、学生番号が無効である場合は、再度「学生loginページ」が起動され、エラーメッセージとともに、新しい学生番号の入力が要求される。新しいページの起動には、header()関数によってリダイレクトを行う[3]。

図6は、「教員掲示入力ページ」の流れ図である。「教員掲示入力ページ」では、掲示板の表示後、掲示記事項目の入力、削除、学生のアクセスログの表示の3つの処理を選択する。

ここで掲示内容は、記事番号、掲示者名、書込みIPアドレス、掲示日時、記事である。

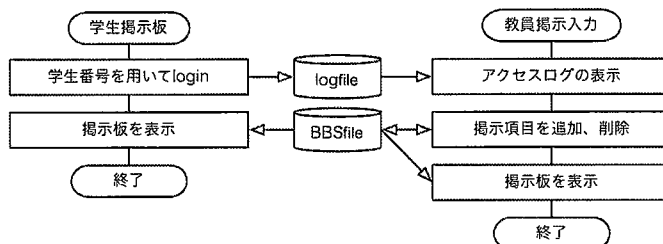


図4 掲示板表示および保守の概略流れ図

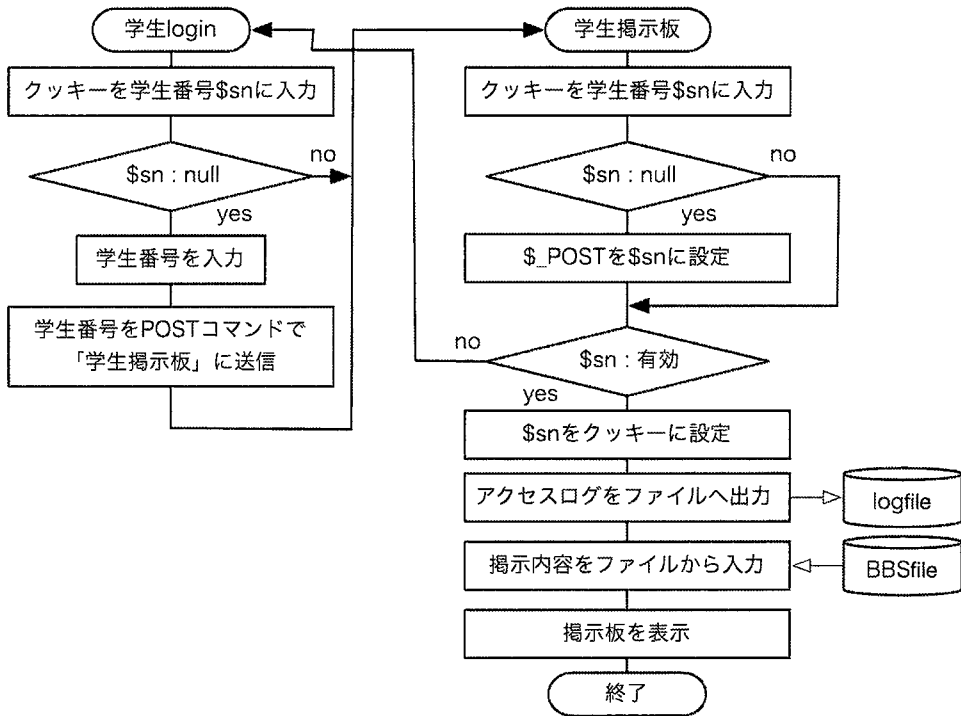


図5 学生が掲示板を閲覧する場合の流れ図

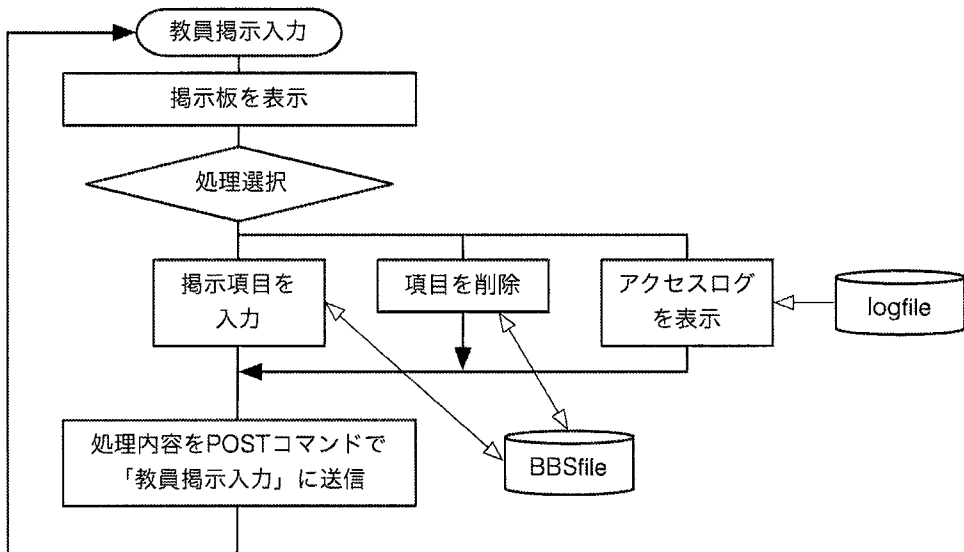
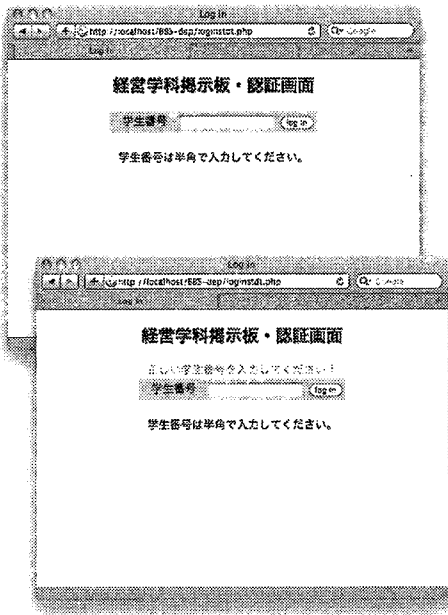
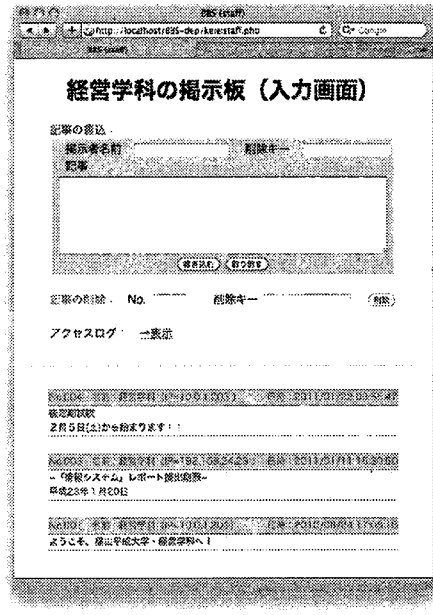


図6 教員が掲示板の保守を行う場合の流れ図

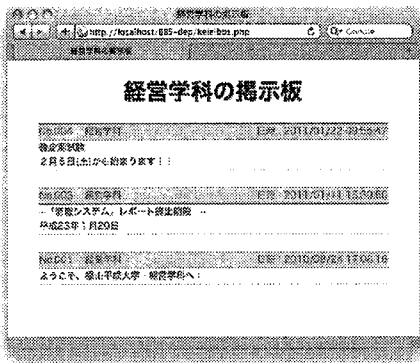
PHPを用いた教育用Web掲示板システム



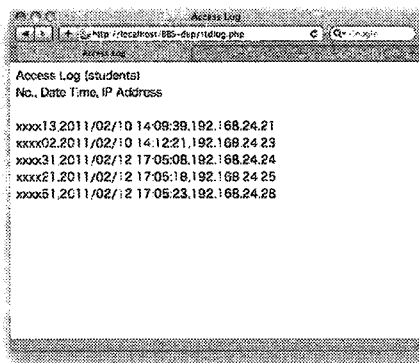
(a)



(b)



(c)



(d)

図7 掲示板の実行画面

Web掲示板システムの画面表示を図7に示す。同図(a)は、学生login画面で、学生番号が有効なものではなかった場合には、エラーメッセージを表示している。同図(b)は、学生が閲覧する掲示板画面である。同図(c)は、教員の掲示記事の入力画面である。この画面から記事項目の入力および削除を行う。また、学生のアクセスログの表示画面を同図(d)に示す。このアクセスログは、logifleの内容（学生番号、閲覧日時、IPアドレス）をそのまま表示している。

4. むすび

以上、PHPを用いた教育用Web掲示板システム作成し、その動作結果を示した。Webサーバのクッキーやデータ送信機能とともにサーバサイドスクリプトPHP の使用することで有用なWebページを作成することができた。

本稿では、データベースを用いず、ファイルによって記事データやアクセスログを管理したが、複雑な記事データの採用やアクセスログファイルの解析には、データベースの使用が有効であり、高機能化には不可欠である。今後の追加機能としては、掲示内容の登録アドレスへのメール送信、学生からの掲示板への問い合わせ機能などがあげられる。

参考文献

- [1] アンク：PHPの絵本、翔泳社、2009.
- [2] WINGSプロジェクト：改訂新版基礎PHP、インプレスジャパン、2007.
- [3] R. Lerdorf、K. Tatroe、P. MacIntyre：プログラミングPHP第2版、オライリー・ジャパン、2007.

Web Bulletin Board System Using PHP for Education

Hajime TSUBOI*, Kazuo KAWAKUBO*, Mitsuhiro HOSOKAWA*,
Yukie OKUDA* and Sho KOBAYASHI**

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

** Graduate School of Business Administration, Fukuyama Heisei University.

Abstract

In the web technologies, web server software, Apache, database software, MySQL, and server-side script, PHP, become typical fundamental softwares for web servers. We developed a web bulletin board system (BBS) for education using a development software, MAMP, for Apache, MySQL and PHP on Macintosh. The developed BBS is including dynamic web pages. The BBS data are stored in a file instead of a database because the data structure is simple. Students can browse the BBS after the certification of student ID and the access data are logged in a log file. And staffs can maintain data of the BBS by the functions of the staff page.

Keywords

web bulletin board, dynamic web page, PHP.

福山平成大学経営学部紀要
第7号(2011), 159頁－163頁

研究業績一覧

(2010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. Fumitoshi Mizutani and Shuji Uranishi “Determinants of Privatization of Public Corporations: Evidence from the Japanese Experience,” *Empirical Economics*, Vol. 39, No. 2, pp. 515 – 535.

The main purpose of this study is to find factors affecting privatization decisions. This study investigates the determinants of privatization by applying the probit model for a data set of special public corporations in Japan. In December 2001, the Japanese government made a resolution to consider the privatization of special public corporations, evaluating 74 special public corporations for possible privatization. In the empirical analysis on the determinants of privatization, we find that among several factors affecting privatization decisions, two are important: the market condition factor and the policy/regulation factor. As for market conditions, a public corporation which exists in a commercialized industry is about 20% more likely to be privatized than others. As for the policy and regulation factor, the public corporation’s privatization under a single regulator is about 25% more likely, compared with the public corporation’s privatization under multiple regulators.

2. George R. S. Weir and Toshiaki Ozasa “Learning from Analysis of Japanese EFL Texts,” *Educational Perspectives*, Vol. 43, Nos. 1 & 2, pp. 56 – 66.

As part of an on-going research program in which Japanese EFL textbooks from different historical periods are compared and contrasted, we have recently focused our efforts on using textual analysis tools to highlight distinctive characteristics of such textbooks. The present paper introduces one such analysis tool and describes some of the results from its application to three textbook series from distinct periods in Japanese EFL history. In so doing, we aimed to encourage the use of textual analysis and sought to expose salient features of EFL texts which would likely remain hidden without such analytical techniques.

3. 小篠 敏明「私の英語教育史研究：次の世代に伝えたいこと」、『日本英語教育史研究』、第25号、183頁～192頁.

2009年日本英語教育史学会全国学会のシンポジウムにおける提言についてまとめるようにとの学会からの依頼に基づきまとめたもので、著者自身の研究実践の中から学んだ研究の心構え、方法等について、若い研究者のために4点にまとめて提言した経験的研究方法論。第1は、普遍的な方法を身につけること。歴史研究にしか当てはまらないような研究ではなく、より普遍的で、どのような研究にも当てはまるような研究手法を身につけることが、研究者として自立するためには重要であることを強調した。第2に、広く英語領域で認められるような研究テーマを選ぶことの重要性について提言した。一般的に、研究テーマというものは研究が進めば進むほど分散していく傾向があり、ついには英語領域を逸脱してしまうことになる危険性があることに若い研究者は注意すべきである。第3に、国際的な場面で通用するような研究テーマを選び、国際学会で発表することの重要性について提言した。最後に、若い研究者は、日本の英語教育の最先端の問題に絶えず関わりを持ちながら、歴史研究を実践することの大切さについて提言した。

4. 梶原 京子、新山 悦子、忠津 佐和代、望月 悦子、永井 純子、福井 正康「大学生の生と死に対するイメージの検討（第2報）」、『全国看護管理・教育・地域ケアシステム学会 看護・保健科学研究誌』、第10巻、第1号、78頁～87頁.

教員養成課程の学生に行った「生と死を考える教育」（がんで子どもを亡くした母親の講演）前後に、学生の死生観に関するイメージ調査を実施し、因子分析によりイメージ構造を明らかにすることで、今後の生と死の教育方法について考えた。

Ⅱ. 学術論文（その他）

1. 飯塚 勲「備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因：戦略の成功（前半）」、『福山平成大学経営学部紀要』、第6号、1頁～19頁.
2. 石丸 敬二、福井 正康「College Analysisにおける「2変量関数表示ユーティリティ」の構造と機能」、『福山大学経済学論集』、第35巻、第2号、87頁～106頁.
3. 市瀬 信子「『韓江雅集』にみえる杭州詩人」、『福山平成大学経営学部紀要』、第6号、21頁～43頁.
4. 市瀬 信子「袁枚と女弟子－知己という視点から」、火鍋子、No. 75.
5. 奥田 由紀恵、細川 光浩、福井 正康「タイピングにおける速度変化のパターン分析」『福山平成大学経営学部紀要』、第6号、45頁～55頁.
6. 小篠 敏明、福井 正康、細川 光浩「日本人英語学習者のためのリーダビリティ指標の開発（3）」、『福山平成大学経営学部紀要』、第6号、57頁～70頁.
7. 坪井 始、田中 始男、瀬島 紀夫「モーメント法による誘電体を含むアンテナの電磁界解析」、電気学会静止器・回転機合同研究会、SA-10-10・RM-10-10、2010年1月、53頁～56頁.
8. 福井 正康「College Analysis による数理系教育」、『福山平成大学経営学部紀要』、第6号、71頁～80頁.
9. 福井 正康、王 迎春、王 晶、石丸 敬二「社会システム分析のための統合化プログラム11－時系列分析－」、『福山平成大学経営学部紀要』、第6号、81頁～98頁.
10. 福井 正康、奥田 由紀恵、細川 光浩「タッチタイピング練習ソフトPlayType Ver. 3.0の開発」、『福山平成大学経営学部紀要』、第6号、137頁～144頁.
11. 福井 正康、陳 文龍、王 嘉琦「社会システム分析のための統合化プログラム12－共分散構造分析（中間報告）－」、『福山平成大学経営学部紀要』、第6号、99頁～116頁.

Ⅲ. 学会報告（討論者）

1. Fumitoshi Mizutani and Shuji Uranishi “Effects of Regulatory and Competition Policy on Performance: An Empirical Analysis of the OECD Countries' Rail Industry,” *12th WCTR World Conference*, 2010.7.14, (Lisboa Congress Centre, Lisbon).
2. 飯塚 勲「備後地域“オンリーワン・ナンバーワン”企業の経営継続の要因」、中四国商経学会、2010年12月21日、（於 広島大学）。
3. 石丸 敬二、尾崎 誠、福井 正康「College Analysisにおけるグラフィックエディタの開発」、日本教育情報学会第26回年会、2010年8月22日、（於 岐阜女子大学）。
4. 市瀬 信子「陸游『秋雨初晴有感』」、讀游會、2010年9月18日、（於 日本中国友好会協兵庫県連合会）。
5. 市瀬 信子「揚州『韓江雅集』の詩人達」、中国中世文学会平成22年度研究大会、2010年10月23日、（於 広島大学）。
6. 奥田 由紀恵、細川 光浩、福井 正康「タイピング速度向上の統計的検証」、日本教育情報学会第26回年会、2010年8月22日、（於 岐阜女子大学）。
7. 福井 正康、細川 光浩、小篠 敏明「英文リーダビリティソフトウェアCheckRead Lightの開発」、日本教育情報学会第26回年会、2010年8月22日、（於 岐阜女子大学）。

IV. その他

1. 村社 隆「藤井信幸「安定成長移行期における地方機械工業－1960年代から1970年代へ－」『経済論集』（東洋大学）Vol.35 No.2. pp.1-29 の書評」、『中小企業季報』2010 No.2.
2. 村社 隆「東大阪市機械金属産業集積の大都市圏機械金属産業集積としての到達点」、『大阪商業大学東大阪地域研究会調査資料』、No.5.
3. 村社 隆 日本中小企業学会第30回全国大会「第1分科会 産業集積と中小企業」部会座長 2010年9月25日（土）午前10：30～12：30（於 東洋大学）.

＜著者紹介＞

坪井 始：福山平成大学経営学部経営学科教授
飯塚 勲：福山平成大学経営学部経営学科教授
川久保和雄：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
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
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
小篠 敏明：福山平成大学経営学部経営学科非常勤講師
石丸 敬二：福山大学経済学部経済学科講師
小林 翔：福山平成大学大学院経営学研究科
経営情報学専攻
宋 東明：福山平成大学大学院経営学研究科
経営情報学専攻
付 鴻鵬：福山平成大学大学院経営学研究科
経営情報学専攻
魏 巍：福山平成大学大学院経営学研究科
経営情報学専攻

＜編集委員＞

浦西 秀司：福山平成大学経営学部経営学科准教授

経 営 研 究

第 7 号

平成23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117-1

電話 (084) 972-5001, Fax (084) 972-7771

印刷所：社会福祉法人 一れつ会 ウイズ

〒720-2419 広島県福山市加茂町字上加茂805-1

Bulletin of
Faculty of Business Administration
Fukuyama Heisei University

No.7 March 2011

CONTENTS

<Articles>

Factors of Going Concern Recognized with "Only One, Number One" Companies in Bingo Region (Eastern Hiroshima) :Successful Strategy (Second Half and Conclusion)Isao IIZUKA	1
Quan Zuwang and joint poem - The concern to the Hangzhou poetical circles as main theme -Nobuko ICHINOSE	25
Multi-purpose Program for Social System Analysis 17 - Fractal Viewer -Makoto OZAKI, Keiji ISHIMARU and Masayasu FUKUI	49
Using a Readability Indexev for the Improvement of English Language Teaching in JapanToshiaki OZASA, Masayasu FUKUI and Mitsuhiro HOSOKAWA	65
Multi-purpose Program for Social System Analysis 14 - Correspondence Analysis, Quantification Method type III -Masayasu FUKUI	85
Multi-purpose Program for Social System Analysis 13 - Graphic Editor and its Application to Analyses -Masayasu FUKUI, Keiji ISHIMARU, Makoto OZAKI and Dong Ming SONG	99
Multi-purpose Program for Social System Analysis 16 - 3D Viewer and its Apprications -Masayasu FUKUI, Makoto OZAKI and Keiji ISHIMARU	111
Multi-purpose Program for Social System Analysis 15 - Quality Control and Inventory Control -Masayasu FUKUI, Hong Peng FU, Wei WEI, Yukie OKUDA and Mitsuhiro HOSOKAWA	129
Web Bulletin Board System Using PHP for EducationHajime TSUBOI, Kazuo KAWAKUBO, Mitsuhiro HOSOKAWA, Yukie OKUDA and Sho KOBAYASHI	151

FUKUYAMA HEISEI UNIVERSITY

117-1, Kamiawanari, Miyuki-cho, Fukuyama, Hiroshima 720-0001, Japan