

経営研究

福山平成大学経営学部紀要 第21号2025年3月 目 次

<論文>

DVD レコーダーにおける生産シェアからみた日本企業の優位性

—2000-2014年を中心として—

..... 岩本 敏裕 1

分析ソフト College Analysis の開発

..... 福井 正康・奥田 由紀恵・細川 光浩 15

分析ソフト College Analysis への機能追加

—実験計画法と多重比較—

..... 福井 正康・宗像 智仁・青木 麟太郎・松本 陽子 31

<研究ノート>

AI による統計教育の可能性

—Google Colabulatory と Gemini の利用—

..... 福井 正康・宗像 智仁・青木 麟太郎 51

「中小企業における女性後継者の事業承継に関するアンケート調査結果」報告

..... 堀越 昌和・亀井 克之・栗岡 住子・村上 義昭 69

袁枚から見た杭州詩壇

—詩会を中心に—

..... 市瀬 信子 89

2024 年度研究業績一覧

..... 107

福山平成大学

福山平成大学経営学部紀要
第 21 号 (2025), 1–13 頁

DVD レコーダーにおける生産シェアからみた 日本企業の優位性 —2000–2014 年を中心として—

岩本 敏裕

福山平成大学経営学部経営学科

要旨：本稿は、DVD レコーダーにおける日本企業の優位性について、生産シェアの観点から、2000 年から 2014 年までの 15 年間を中心として、とりわけパナソニックと船井電機に注目し、考察したものである。DVD レコーダーの世界生産シェア獲得について、日本企業が首尾一貫して競争力を形成したが、2003 年から 2010 年まではパナソニックがトップシェアを獲得し、2011 年から 2014 年までは船井電機がトップシェアを獲得している。パナソニックは、「世界同時立ち上げ」を早期に構築し、優位性を確立した。船井電機は、独自のビジネスモデルを構築し、優位性を確立した。

キーワード：DVD レコーダー、生産シェア、世界同時立ち上げ、FPS、OEM

1. はじめに

21 世紀に入り、デジタル時代となり、DVD (Digital Versatile Disc) 機¹⁾、薄型テレビ、デジタルカメラが本格的に普及し始めた。これらは「新三種の神器」と称されたが、いずれも日本企業が技術革新に成功した画期的なデジタル家電である。

世界初の DVD レコーダーは 1999 年に登場したが、2001 年にパナソニック²⁾が「DMR-E20」型を発売したことにより、普及への足がかりとなった。DVD レコーダーの世界生産台数は、2003 年には 450 万台に達し、その後、2006 年には 2,380 万台まで増加し、世界市場を形成した。しかしながら、2007 年以降、世界生産台数は年々減少し、2011 年には 1,000 万台を下回り、2014 年には 300 万台にまで減少している。

DVD レコーダーの世界生産シェアは、パナソニック、船井電機、ソニーの日本企業の 3

¹⁾ 本稿において、DVD 機という用語を使用する際には、従来型 DVD プレーヤー、従来型 DVD レコーダー、ブルーレイ・ディスク・プレーヤー、ブルーレイ・ディスク・レコーダーを含んだ意味において用いる。特に区分する場合には、従来型 DVD プレーヤー、従来型 DVD レコーダー、ブルーレイ・ディスク・プレーヤー、ブルーレイ・ディスク・レコーダーとして用いる。DVD レコーダーという用語を使用する際には、従来型 DVD レコーダー、ブルーレイ・ディスク・レコーダーを含んだ意味において用いる。特に区分する場合には、従来型 DVD レコーダー、ブルーレイ・ディスク・レコーダーとして用いる。

²⁾ 松下電器は、2008 年に社名をパナソニックに変更している。本稿では、パナソニックに統一して使用する。

社が多くのシェアを獲得しており、海外企業では、LG、サムスンといった韓国企業や、欧洲企業のフィリップスがシェア獲得している。DVD レコーダーの世界生産シェア獲得については、日本企業が首尾一貫して競争力を形成しており、とりわけパナソニックと船井電機のシェア獲得が際立っている。トップシェアは、2003 年から 2010 年まではパナソニックが獲得しており、2011 年から 2014 年にかけては船井電機が獲得している。

本稿では、DVD 機、とりわけ録画機能を持つ DVD レコーダーを取り上げ、生産シェアの視点から、日本企業の優位性はどのようなものであるのか、とりわけパナソニックと船井電機に注目し、2000 年から 2014 年までの 15 年間を中心として、考察していく。

本稿の構成は、以下の通りである。まず第 1 に、DVD レコーダーの世界生産台数および世界生産シェアの推移について考察する。第 2 に、パナソニックの優位性について考察する。第 3 に、船井電機の優位性について考察する。

2. DVD レコーダーの世界生産台数および世界生産シェアの推移

DVD レコーダーの世界生産台数については、2003 年には 450 万台に達し、2006 年には 2,380 万台に急速に増加している（表 1）³⁾。世界生産台数の増加を主導した日本企業はパナソニックである。2000 年の時点では、日本ビクターが開発した D-VHS（Digital VHS）とパイオニアが開発した DVD レコーダーのどちらが本命となるかは混沌とした状況であった。パナソニックはパイオニアに遅れて、初代機種を 2000 年に 25 万円で発売したが、2001 年に発売した「DMR-E20」型は「追っかけ再生」機能を搭載し、実売 10 万円を切る価格でインパクトは大きく、国内市場シェアは 60-70 パーセントで推移し、2002 年に発売した「DMR-E30」型は、実売価格 7 万円であった⁴⁾。そして、2003 年にはパナソニックの国内市場シェアは 41.5 パーセント⁵⁾で高い状況であったが、2004 年には全機種に「ニューディーガエンジン」と呼ぶ独自に開発した画像処理用回路を搭載した実売価格 5 万円前後から 12 万円前後の 5 機種を発売した⁶⁾のであった。パナソニックは競合他社よりも高機能・低価格の DVD レコーダーを早期に市場投入することによって、日本市場でのマーケットシェアを拡大し、生産台数を増加させていったのである。そして、「世界同時立ち上げ（世界

表 1 従来型 DVD レコーダー/ブルーレイ・ディスク・レコーダーの世界生産台数の推移（万台）

	台数		台数		台数
2003 年	4,500	2007 年	19,500	2011 年	9,200
2004 年	8,650	2008 年	13,200	2012 年	5,600
2005 年	17,000	2009 年	12,100	2013 年	3,800
2006 年	23,800	2010 年	10,000	2014 年	3,000

出所）富士キメラ総研『2004-2015 ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査』を基に筆者作成。

³⁾ 表 1 では、2003 年以降の実績となっている。富士キメラ総研『ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査』では、2000-2002 年の実績は掲載されていない。

⁴⁾ 『日経産業新聞』2002 年 3 月 8 日。

⁵⁾ 『日経産業新聞』2004 年 7 月 27 日。

⁶⁾ 『日経産業新聞』2004 年 3 月 10 日。

DVD レコーダーにおける生産シェアからみた日本企業の優位性

表2 従来型DVDレコーダー/ブルーレイ・ディスク・レコーダーの世界生産シェア推移(%)

2003年	パナソニック 40.0	シャープ 13.3	東芝 12.2	フィリップス 11.1	パイオニア 10.0
2004年	パナソニック 16.2	フィリップス 11.6	船井 9.2	日本ビクター 9.2	パイオニア 9.2
2005年	パナソニック 34.1	LITE-ON 6.5	船井 5.9	ソニー 5.9	フィリップス 5.9
2006年	パナソニック 16.0	LG 12.6	サムスン 10.9	船井 10.5	ソニー 9.7
2007年	パナソニック 21.5	LG 18.5	ソニー 12.3	サムスン 10.3	フィリップス 9.7
2008年	パナソニック 20.1	船井 15.2	LG 14.4	ソニー 12.9	サムスン 9.8
2009年	パナソニック 19.8	LG 17.4	船井 15.7	ソニー 14.0	シャープ 7.4
2010年	パナソニック 23.5	船井 21.0	ソニー 17.0	LG 9.8	パイオニア 7.5
2011年	船井 35.9	パナソニック 30.5	ALCO 11.4	LG 9.8	ソニー 7.7
2012年	船井 39.3	パナソニック 25.0	ALCO 12.5	LG 11.6	ソニー 9.8
2013年	船井 47.4	パナソニック 28.9	ソニー 14.2	LG 6.6	サムスン 1.6
2014年	船井 49.7	パナソニック 30.0	ソニー 16.7	サムスン 2.0	ALCO 1.7

出所) 富士キメラ総研『2004-2015 ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査』を基に筆者作成。

同時発売、垂直立ち上げ)⁷⁾によって、欧米市場を中心とした世界市場を形成し⁸⁾、さらに生産台数を増加させていったのである。

しかしながら、表1から明らかなように、2007年以降、世界生産台数は年々減少し、2011年には1,000万台を下回り、2014年には300万台にまで減少している。なぜ、世界生産台数は年々減少していったのであろうか。世界生産台数の減少の要因としては、2010年頃からのスマートフォンの急速な普及の影響や、映像ネットワーク配信の急速な普及の影響を挙げることができる。また、HDD(ハード・ディスク・ドライブ)内蔵の薄型テレビの普及の影響を挙げることができる。これらの影響によって、市場が縮小してしまったことから世界生産台数も減少したのである。

次に、世界生産シェアについては、2003年から2010年にかけてはパナソニックがトップシェアを獲得しており、2011年から2014年にかけては船井電機がトップシェアを獲得

⁷⁾ 「世界同時立ち上げ」については、次章で取り上げる。

⁸⁾ 世界市場では、2004年から2006年にかけて、とりわけ欧州市場が拡大し、市場規模では欧州市場が約50パーセントであり、北米市場が約20パーセントで日本市場が約20パーセント、アジアその他の地域で約10パーセントであった。富士キメラ総研『2005,2006,2007 デジタルAV機器市場マーケティング調査要覧』。

している（表2）⁹⁾。世界生産シェア獲得については、パナソニック、船井電機、ソニーの3社を中心とした日本企業が首尾一貫して多くのシェアを獲得していることが特徴的である。そして、とりわけパナソニックと船井電機のシェア獲得が際立っている。ソニーについては、パナソニックと同様に、自社で生産し、自社ブランドで販売していたのであるが、世界生産シェア獲得については、毎年3-5位にとどまっている状況である。

表2から明らかなように、LG、サムスンといった韓国企業や、欧州企業のフィリップスも世界生産シェアを獲得している。しかしながら、日本企業の技術革新が速いスピードで展開され、2008年にはブルーレイ・ディスク・レコーダーが日本市場に浸透し始めたことや、船井電機がシェア拡大したことによって、韓国企業や欧州企業はシェア拡大できなかつたのである。

このように、日本企業は世界生産シェア獲得において、首尾一貫して多くのシェアを獲得しており、とりわけパナソニックと船井電機のシェア獲得が際立っているのである。次章以下では、パナソニックと船井電機の優位性はどのようなものであるのか、みてみよう。

3. パナソニックの優位性—「世界同時立ち上げ」によるものづくり競争力—

パナソニックは、DVDレコーダーの生産を国内生産拠点の門真工場で2000年から開始している。デジタル時代になり、門真工場ではセル生産方式によって、DVDレコーダーは生産されている。セル生産方式は、20世紀において普及したベルトコンベア方式に変わる生産方式である。セル生産方式とは、「従来の分業を前提とするコンベアラインに対し、多能工による工房のような1人ないし数人の作業者が1つの製品をつくり上げる、自己完結性の高い生産方式¹⁰⁾」のことである。セル生産方式は日本企業の独自の生産方式であり、ベルトコンベア生産方式とは異なり、人を活かす生産方式であるといえる。セル生産方式を初めて採用したのはソニーの美濃加茂工場であったが、1990年代半ばから日本企業のデジタル家電の生産において、多品種少量生産の効率的な生産方式として、採用する企業が増加したのである。

門真工場では、「2000年、VTRが組み立てられていた広い建屋はDVDレコーダーの生産拠点に様変わりし、4、5人の作業者で構成されたU字型のセル生産ラインが30ライン以上並び、DVDレコーダーの新製品が組み立てられていった。¹¹⁾」のである。DVDレコーダーのセル生産において、「外見的にもすぐわかるのは、セル生産ラインの作業者の多くがベテランという点で、平均年齢が43歳という中高年ラインとなった。¹²⁾」ということであり、作業者の多くがベテランであることについては、「DVDレコーダーの光ピックアップの取り付けは、ケタ違いに難しく、太さが140ミクロンのワイヤー4本で固定する際に、4カ所にずれが出ないように正確にはんだ付けをしなければならないからで、門真工場に

⁹⁾ 表2では、2003年以降の実績となっている。富士キメラ総研『ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査』では、2000-2002年の実績は掲載されていない。

¹⁰⁾ 金辰吉[2013]『人を活かす究極の生産システム セル生産の真髄』日刊工業新聞社、44頁。

¹¹⁾ 後藤康浩[2005]『勝つ工場—モノづくりの新日本モデル』日本経済新聞社、34-35頁。

¹²⁾ 後藤、同上書、35頁。

ベテランの組み立て作業員が集められたのは、この難しさゆえだった。¹³⁾」のである。光ピックアップとは、光を波長限界まで収束させ、ディスクの表面に当て、その反射光を受光素子へと導くための光学部品で、システム LSI と同様に DVD レコーダーの基幹部品のことである。そして、「ベテランだけで構成した門真工場のセル生産では、いかに正確に、素早く、光ピックアップを組み込むかに各セルが取り組み、各セルが知恵を絞った組み付け用の治具をそれぞれ自作、検査方法も独自に編み出した。¹⁴⁾」というパナソニック独自のセル生産方式が行われていたのであった。

このように、門真工場では、セル生産方式が導入・展開されたのであるが、パナソニックの優位性についての大きな要因として、「世界同時立ち上げ」を挙げることができる。「世界同時立ち上げ」とは、同一品質の製品を日本だけではなく、全世界に同時に販売することである。「世界同時立ち上げ」を成功させるためには、製品開発期間の短縮や製品の低コスト化が必要であるが、セル生産方式の導入・展開は「世界同時立ち上げ」に欠かせないのである。ここで重要なのは、パナソニックでは、セル生産方式の本質は、現場の生産革新だけではなく、ものづくりに関わるすべての業務プロセスを革新する「セル生産革新」にあり、「世界同時立ち上げ」を実現する具体的な経営手法が「商品化軸（市場のニーズや商品者のウォンツに合った新規成長商品を企画し、設計・開発するまでの一連の商品開発サイクル）と SCM 軸（コンピュータ技術を使って受発注や資材の調達、生産・製造、在庫管理、製品の発送・配達など、企業の製品供給に関わる一連の流れを管理）の統合」で、「セル生産革新」によって「商品化軸と SCM 軸の統合」が可能になる¹⁵⁾という点である。セル生産方式が「世界同時立ち上げ」に果たす役割は大きいのである。

パナソニックは、2001 年度から国内市場向け製品と海外市場向け製品の開発期間を短縮したのであるが、2003 年度には世界市場向けの製品を国内で開発・生産する体制を構築し、2004 年度には「グローバルネットワークシステム」と呼ばれる門真工場で世界各地の生産拠点の品質状況を把握するシステムの導入で、グローバル生産による「世界同時立ち上げ」の体制を完成した（図 1）¹⁶⁾。ここでパナソニックの開発期間が迅速に短縮されていることが注目される。図 1 から明らかなように、2001 年度には国内市場に供給する商品の開発期間が 12 カ月で、海外市場に供給する商品の開発期間が 5 カ月であったが、2003 年度には国内生産で「世界同時立ち上げ」を実現したが、その開発期間は 7 カ月まで短縮されている。

パナソニックの開発期間が短縮したのは、コンカレント・エンジニアリングが実施され、より効率的な製品開発が進展したからである。コンカレント・エンジニアリングとは、「製品開発プロセスの各段階（製品コンセプト作成・機能設計・詳細設計・工程設計）の作業を並行して進めるやり方で、全体の開発時間が短くなる。¹⁷⁾」のであり、「開発期間の短縮だけで

¹³⁾ 後藤、同上書、37 頁。

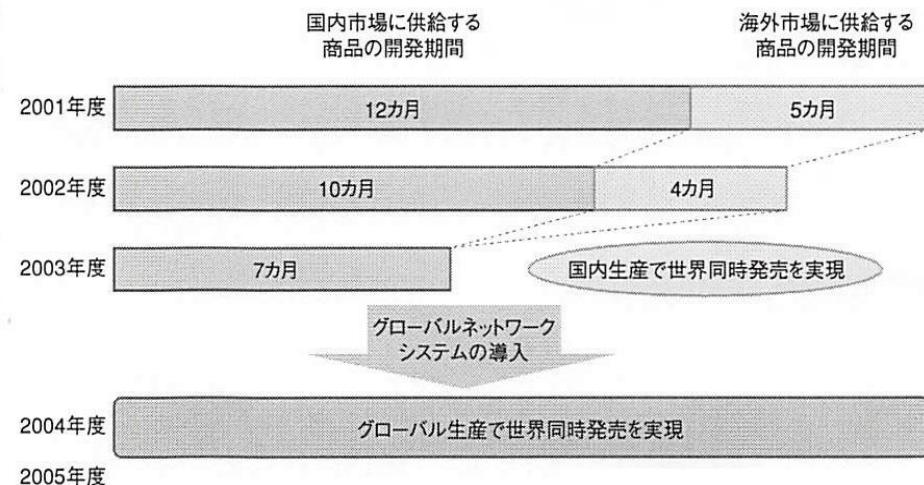
¹⁴⁾ 後藤、同上書、38 頁。

¹⁵⁾ 野口恒[2003]『日本発・最先端“生産革命”を見る』日刊工業新聞社、50-53 頁。

¹⁶⁾ 『日経エレクトロニクス』2006 年 4 月 10 日号。

¹⁷⁾ 富野貴弘[2017]『生産管理の基本』日本実業出版社、193 頁。

図1 開発・生産体制の見直しで実現



出所)『日経エレクトロニクス』2006年4月10日号, p.87

はなく、品質向上とコスト削減ももたらす。¹⁸⁾」のである。また、コンカレント・エンジニアリングでは、「製品設計と工程設計の擦り合わせが重要で、コンカレント・エンジニアリングを導入することにより、それぞれの担当者が早い段階から接触でき、例えは、効率的な生産につながる設計要望を事前に生産技術者から設計担当者に伝えることも可能になる。¹⁹⁾」のである。そして、フロントローディングも実施されている。フロントローディングとは、「後になって起こりうる問題をなるべく早い段階であぶり出し、事前処理しておく手法²⁰⁾」のこと、「コンカレント・エンジニアリングとフロントローディングを効果的に組み合わせることによって、競争力の高い製品開発が実現できる。²¹⁾」のである。

パナソニックは、「従来からコンカレント開発がそれなりに進んだメーカーだったが、従来は工場の生産部隊が開発に参加してくるのは設計試作が終わり、工場での量産試作が始まる前の準備段階からだった。それに対して、DVDレコーダーでは設計試作より以前の図面引きの段階から参加する体制が敷かれた。²²⁾」のであるが、それは、「モノづくりの視点からみた最適設計がなければ、次元の異なるコスト削減はできない。²³⁾」からであった。また、「門真工場から参加したのは製造、工場技術、生産技術、品質管理を担当するマネージャーだけでなく、セルラインで実際に組み立てにあたる作業者も組み込まれ、協業が進

¹⁸⁾ 富野, 同上書, 194頁。

¹⁹⁾ 富野, 同上書, 194-195頁。

²⁰⁾ 富野, 同上書, 195頁。

²¹⁾ 富野, 同上書, 196頁。

²²⁾ 後藤, 前掲書, 42-43頁。

²³⁾ 後藤, 同上書, 43頁。

んだ。²⁴⁾」のである。そして、「並行して設計部門自体も機構設計に三次元 CAD、基板設計に E-CAD を本格導入し、開発リードタイムの短縮化に務めた。²⁵⁾」のである。加えて、パナソニックはシステム LSI を内製し競争力を持っていたが、このことも開発リードタイムの短縮に寄与した。システム LSI の内製によって、「例えば、LSI に載せるソフトウェアをユニット化し、新機能を後から付加しやすいよう設計したり、共通部品を次世代機種用の LSI に転用しやすい形に仕上げておくことができる²⁶⁾。」のである。こうしたパナソニックのより効率的な製品開発の進展には、「門真周辺には研究開発、生産部門が集中し、工場と開発部門との物理的な距離の近さ²⁷⁾」が好影響を与えたといえる。

DVD レコーダーの開発・生産を効率的に行い、低コスト化を達成するためには、基板の小型化や部品点数の削減の取り組みが必要とされる。パナソニックは、DVD レコーダー用のシステム LSI の 1 チップ化に成功し、これにより部品点数は削減され、基板の小型化が進展したのである。そして、「基板そのものの小型化では基板設計の高度化、高密度実装技術の改善で、部品点数の削減幅を上回る比率で、小型化を果たした。²⁸⁾」のであった。こうして、パナソニックでは、「2000 年に発売した DVD レコーダーを第 1 世代、2004 年に発売した第 5 世代機種まで、第 1 世代の機種の基板サイズとそこに搭載した部品点数を 100 とすると、第 2 世代は部品点数が 54、基板サイズが 52 と最初の 1 年で半分になった。第 5 世代では、ついに部品点数で 36、基盤サイズでは 12 にまで縮小した。²⁹⁾」のであった。

デジタル家電は、短期間で価格が低下する傾向が強く、コスト競争が激しくなる。DVD レコーダーの価格低下については、「DVD レコーダーの日本での店頭価格の推移は、2000 年を 100 とすると、2001 年は 53、2002 年は 37、2003 年は 26、2004 年は 19、2005 年にはさらに 20 パーセント程度下がったといわれる。³⁰⁾」ように、5 年間で急速に進んだ。また、DVD レコーダーの利益獲得に結び付く期間は、「発売から 9 週間が勝負³¹⁾」といわれ、「9 週間目までにどれだけ大量の商品を市場に供給し、どれだけたくさん売り切るかが利益を出すカギを握っている。³²⁾」のである。このような状況においては、いかに短期間で低コスト化して多くの製品を販売していくのかが利益獲得に重要であり、開発・生産だけではなく、販売も効率的に行うことが利益獲得に結び付くのである。

DVD レコーダーの販売においては、パナソニックでは、2003 年度には国内生産による「世界同時立ち上げ」によって、同一品質の製品を日本だけではなく、全世界に同時に販売できる体制が整えられた。パナソニックの「世界同時立ち上げ」は、「2003 年にドイツ

²⁴⁾ 後藤、同上書、43 頁。

²⁵⁾ 後藤、同上書、43 頁。

²⁶⁾ 後藤、同上書、44 頁。

²⁷⁾ 後藤、同上書、44 頁。

²⁸⁾ 後藤、同上書、40 頁。

²⁹⁾ 後藤、同上書、40-41 頁。

³⁰⁾ 後藤、同上書、47 頁。

³¹⁾ 後藤、同上書、47 頁。

³²⁾ 後藤、同上書、47 頁。

で DVD レコーダーの初の海外生産をスタートさせ、2004 年にチェコに移転し、本格化した。³³⁾」のであった。そして、「同時期にアジアではマレーシアとシンガポールで同様に現地生産を始め、北米向け輸出をスタートさせ、EU、アジアでの現地生産によって、グローバル生産体制に移行した。³⁴⁾」のである。パナソニックの欧州での海外生産は市場立地によるもので欧州市場での販売を視野に入れたものであり、アジアでの現地生産は北米市場への輸出基地としての役割を持たせたものであった。

富野によれば、「生産」だけではなく、「開発」や「販売」まで加えた総合的な企業活動が「ものづくり」というイメージで、ものづくり企業の競争力を考えるには、開発・生産・販売が三位一体となっていなくてはならない。³⁵⁾」のである。パナソニックの「世界同時立ち上げ」は、開発・生産・販売が三位一体となったものであり、ものづくり企業の競争力の形成であったと捉えることができる。

このように、「世界同時立ち上げ」によって、ものづくり企業の競争力を早期に形成できたことが、パナソニックの世界生産シェアの獲得に結び付いた。パナソニックは、2003 年から 2010 年にかけてトップシェアを獲得している。パナソニックは、「世界同時立ち上げ」を早期に構築し、優位性を確立した。

4. 船井電機の優位性—船井電機のビジネスモデル³⁶⁾

21 世紀に入り、デジタル時代になり、船井電機は、DVD 機および薄型テレビを主力製品として台頭してきたのであった。船井電機の売上高は、1995 年は 1,169 億円で、2000 年には 1,797 億円と増加し、2005 年には 3,830 億円と増加している。1995 年から 2000 年にかけてはほぼ 1.5 倍に、2000 年から 2005 年にかけてはほぼ倍増している（図 2）。

船井電機の台頭の背景には独自のビジネスモデル³⁷⁾が存在する。では、船井電機のビジネスモデルはどのようなものであろうか。世界の流通最大手、ウォルマートに製品を供給するスケールメリットと、中国での低コスト生産が船井電機のビジネスモデルの基盤であり³⁸⁾、OEM (Original Equipment Manufacturing)³⁹⁾販売もある。また、船井電機のビジネスモデルの特徴は狙う市場もある。ほとんどの日本企業が日本市場を重視しているのに対して、船井電機の狙う市場は北米市場であり、ウォルマートには PHILIPS ブランドで販売されている。

船井電機の DVD 機の生産は、セル生産方式による中国およびマレーシアを中心とする海外生産であるが、注目されるのは船井電機が実施する FPS (ファイ・プロダクション・シス

³³⁾ 後藤、同上書、46 頁。

³⁴⁾ 後藤、同上書、46 頁。

³⁵⁾ 富野、前掲書、10-11 頁および 33-35 頁。

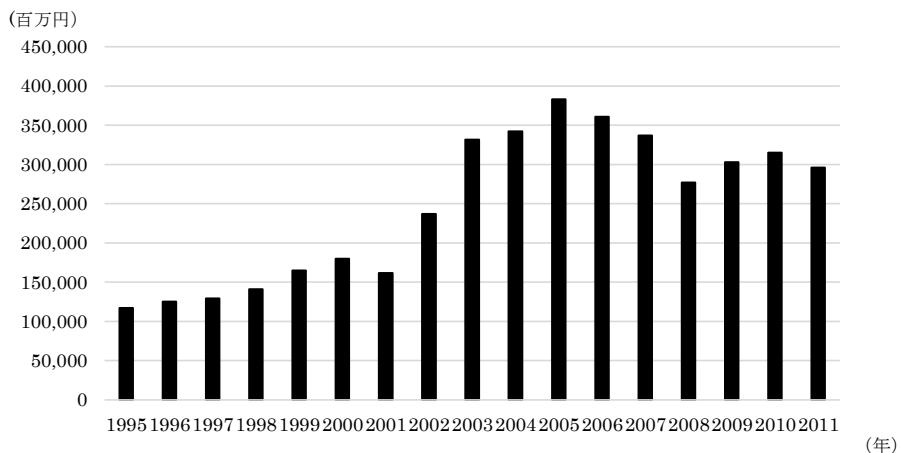
³⁶⁾ 本章の記述は、基本的に、岩本敏裕[2016]「DVD 機における日本企業の優位性—ブルーレイ・ディスク・レコーダーを中心として—」『立命館経営学』第 55 卷第 2 号、107-112 頁を参考にしている。

³⁷⁾ ビジネスマネジメントとは、事業として収益を上げるための一連の業務の仕組みのことである。近能 善範・高井文子編[2010]『コアテキスト イノベーション・マネジメント』新世社、334 頁。

³⁸⁾ 『日経ビズテック』2005 年 12 月 26 日号。

³⁹⁾ OEM とは、相手先ブランドによる生産である。

図 2 船井電機の売上高の推移



注) 1995-1997 年は単体売上高。1998-2011 年は連結売上高。

出所) 船井電機 50 年史編集委員会編[2011]『船井電機 50 年の歩み』出版文化社, 104 頁を基に筆者作成。

テム) である。船井電機は FPS によって圧倒的なコスト競争力を形成することができる。FPS は原則的に生産工程の機械化、自動化を極力避けて、人手でできることは手作業でこなし、家電製品ならではの生産品目の頻繁な切り替え、急な増産や減産にも柔軟に対応できる人への信頼がなければ展開できない生産システムである⁴⁰⁾。FPS の源流はトヨタ生産システムで、トヨタ生産システムのノウハウを知識としてだけではなく、身体を使って吸収し、その後は自社でアイデアを積み上げていき、独自の FPS を構築していったが、設計や調達面での努力もあり、船井電機の「ものづくり」は、いわばコスト削減の「仕組みづくり」と換言できる(図 3)⁴¹⁾。

船井電機の FPS は低コスト生産のためにその他にも工夫がなされ、委託加工方式で行われている。船井電機が自社工場を保有せず、自社の従業員も待たないという委託加工方式を選んだのは、進出に伴うイニシャルコストが少ないことと、市場動向や経営環境などの変化に対して撤退も含めた臨機応変な動きを確保できるからである⁴²⁾。また、船井電機は研究開発や製品開発は日本で、部品調達は香港で、部品生産や完成品生産は中国で行っており⁴³⁾、アジアを中心とした国際分業モデルを構築している。部品生産については、船井

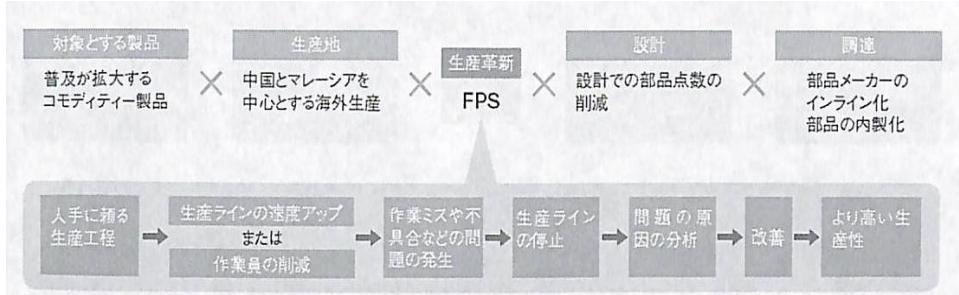
⁴⁰⁾ 船井電機 50 年史編集委員会編[2011]『船井電機 50 年の歩み』出版文化社, 110 頁。

⁴¹⁾ 『日経ものづくり』2006 年 9 月号。

⁴²⁾ 船井電機 50 年史編集委員会編, 前掲書, 76 頁。

⁴³⁾ 船井電機 50 年史編集委員会編, 同上書, 80 頁。

図3 船井電機が高いコスト競争力を実現する仕組み



出所)『日経ものづくり』2006年9月号, 54頁。

電機は光ピックアップを内製しており、基幹部品を内製できる技術力も持っている⁴⁴⁾。

FPSによる徹底した製品の低コスト化によって、船井電機は製品の「コモディティ化⁴⁵⁾」に強くなる。デジタル家電においては、製品が成熟期に入り始めると「コモディティ化」し、収益を上げること難しくなり、先発者であっても事業を撤退したり縮小したりする企業が現れる。しかしながら、船井電機は製品が「コモディティ化」した頃に低価格の製品を市場投入し、収益を上げる。船井電機の船井哲良社長には「大手の皆さんおやめになる頃が、ウチにとっては一番面白い。⁴⁶⁾」のである。とりわけ従来型DVDプレーヤーにおいては、早期に「コモディティ化」し、日本企業が新興国企業との競争において敗退していくなかで、2003年には13.4パーセント、2005年には10.4パーセントのトップシェアを獲得したのであった⁴⁷⁾。

船井電機の競合企業はパナソニックやソニーというよりはむしろ新興国企業であり、新興国企業を注視している。この点について、船井哲良社長は、次のように述べている。「うちの主力製品の最大の競争相手は、実は韓国のサムスン電子やLG電子なんです。僕はサムスンやLGと競争しても負けないように経営していますし、実際、負けてないと思っています。…(中略)…3年か5年先、中国から強い競争相手が現れても主力製品に関しては負けないでしょうね。⁴⁸⁾」

従来型DVDレコーダーにおいて、船井電機が参入したのは2004年で後発であったが、日本の大手電機メーカー4社、海外電機メーカー1社にOEM販売を開始し、その後は主力の北米市場において、マーケットシェアの60パーセントを獲得したのであった⁴⁹⁾。船井

⁴⁴⁾ 当社は1999年の第1世代からDVDのキーデバイスとなる光ピックアップの開発に成功し、同時に大幅なコストダウンを達成した。船井電機50年史編集委員会編、同上書、81頁。

⁴⁵⁾ コモディティ化とは、参入企業が増加し、商品の差別化が困難になり、価格競争の結果、企業が利益を上げられないほどに価格低下することである。榎原清則・香山晋編[2006]『イノベーションと競争優位—コモディティ化するデジタル機器—』NTT出版、24-25頁。

⁴⁶⁾ 『日経ビジネス』2005年8月22日号。

⁴⁷⁾ 富士キメラ総研『2004, 2006 ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査』。

⁴⁸⁾ 『日経ビジネス』2003年10月20日号。

⁴⁹⁾ 『日経ビジネス』2005年8月22日号、2009年7月27日号。

電機の北米市場でのマーケットシェアの獲得については、ほとんどがウォルマートでの PHILIPS ブランドでの OEM 販売によるものである。そして、2008 年以降は日本市場ではブルーレイ・ディスク・レコーダーが普及し始めたが、ブルーレイ・ディスク・レコーダーの OEM 販売により、国内でトップクラスのシェアも獲得したのであった⁵⁰⁾。

表 2 から明らかなように、船井電機は 2008 年以降、世界生産シェアを拡大させ、2011 年には 35.9 パーセント、2012 年には 39.3 パーセント、2013 年には 47.4 パーセント、2014 年には 49.7 パーセントとなり、トップシェアを獲得している。船井電機がトップシェアを獲得した要因は、OEM 販売が増加したことにある。船井電機の日本企業への OEM 販売は、東芝だけではなく、シャープにもあると思われる⁵¹⁾。世界生産シェアにおいて、船井電機はシェア拡大したが、生産された製品は日本企業へ OEM 販売されたのである。

船井電機のビジネスモデルは、LG やサムスンといった新興国企業だけではなく、パナソニックやソニーといった日本企業においても実行されていないものである。さらに、模倣しようとしても競合他社が容易に模倣できないものであるといえる。船井電機は、独自のビジネスモデルを構築することによって、優位性を確立した。

5. おわりに

本稿は、DVD レコーダーにおける日本企業の優位性について、生産シェアの視点から、とりわけパナソニックと船井電機に注目し、2000 年から 2014 年を中心として、考察した。

DVD レコーダーの世界生産シェア獲得において、日本企業が首尾一貫して競争力を形成しているが、とりわけパナソニックと船井電機が優位性を確立している要因として、本稿の考察から、まず第 1 に、パナソニックにみられるように、「世界同時立ち上げ」を早期に構築した点を挙げることができる。第 2 に、船井電機にみられるように、独自のビジネスモデルを構築した点を挙げることができる。

2014 年には世界生産台数は 300 万台にまで減少したが、日本企業の競争優位は今後も持続していくであろう。

参考文献

- 青島矢一・加藤俊彦[2012]『競争戦略論 第 2 版』東洋経済新報社。
Barney, J.B. and W.S. Hesterly [2020], *Strategic Management and Competitive Advantage: Concept*, Pearson Education. (岡田正大訳[2021]『[新版]企業戦略論—戦略経営と競争優位—』ダ

⁵⁰⁾ 特に BD レコーダーは、DX BROADTEC ブランドでの販売と OEM 販売を合わせると、国内でトップクラスのシェアを獲得しています。 http://www.funai.jp/jp/product/dvd_bd.html 船井電機ホームページ (検索日: 2016 年 3 月 15 日。)

⁵¹⁾ 富士キメラ総研『2014 ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査』によれば、東芝は 2012 年まで船井電機および ALCO に生産委託を行っており、その比率は 50:50 であったが、2013 年には 9 割方を船井電機への生産委託に切り替えた。富士キメラ総研『2012, 2013, 2014, 2015 ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査』によれば、シャープの 2011 年における従来型 DVD レコーダー/ブルーレイ・ディスク・レコーダーの生産実績は 100 千台であったが、2012 年、2013 年、2014 年の生産実績は存在しない。

イヤmond社)

Chandler, A.D. [1992], “Organizational Capabilities and the Economic History of the Industrial Enterprise,” *Journal of Economic Perspective*, Vol.6, No.3, pp.79-100.

富士キメラ総研[各年版]『デジタル AV 機器市場マーケティング調査要覧』。

富士キメラ総研[各年版]『ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査』。

藤本隆宏[2003]『能力構築競争—日本の自動車産業はなぜ強いのか—』中公新書。

船井電機 50 年史編集委員会編[2011]『船井電機 50 年の歩み』出版文化社。

後藤康浩[2005]『勝つ工場—モノづくりの新日本モデル—』日本経済出版社。

岩本敏裕[2008]「VTR 産業の技術革新—1977-1984 年における日本 VTR 企業の漸進的イノベーション」橋本輝彦・岩谷昌樹編『組織能力と企業経営—戦略・技術・組織へのアプローチー』, 122-138 頁, 晃洋書房。

岩本敏裕[2012]「DVD 機における日本企業の技術革新と競争戦略—21 世紀初頭の家庭用録画・再生機器産業—」日本経営学会編『経営学論集 82 集リーマン・ショック後の企業経営と経営学』, 204-205 頁, 千倉書房。

岩本敏裕[2016]「DVD 機における日本企業の優位性—ブルーレイ・ディスク・レコーダーを中心として—」『立命館経営学』第 55 卷第 2 号, 97-115 頁。

岩本敏裕[2020]「ブルーレイ・ディスク・レコーダーにおけるパナソニックの優位性—2008-2017 年を中心として—」福山平成大学経営学部紀要『経営研究』第 16 号, 21-32 頁。

金辰吉[2013]『人を活かす究極の生産システム セル生産の真髄』日刊工業新聞社。

近能善範・高井文子編[2010]『コア・テキスト イノベーション・マネジメント』新世社。

中道一心[2006]『『絵作りの能力』からみた日本デジタルスチルカメラ産業の競争力』『工業経営研究』第 20 卷, 28-37 頁。

中道一心[2014]「スマートフォンの普及に対応するデジタルカメラメーカーの戦略」『産業学会研究年報』第 29 号, 59-67 頁

中道一心[2020]「市場縮小期における中核企業の市場適応とサプライチェーンに与える影響：デジタルスチルカメラの事例」『同志社商学』第 71 卷第 5 号, 1179-1207 頁。

野口恒[2003]『日本発・最先端“生産革命”を見る』日刊工業新聞社。

Nonaka, I and H. Takeuchi [1995], *The Knowledge-Creating: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press. (梅本勝博訳[2020]『知識創造企業[新装版]』東洋経済新報社)

沼上幹[2016]『ゼロからの経営戦略』ミネルヴァ書房。

榎原清則・香山晋編[2006]『イノベーションと競争優位—コモディティ化するデジタル機器—』NTT 出版。

富野貴弘[2017]『生産管理の基本』日本実業出版社。

Advantages of Japanese Corporations in DVD Recorder Production: Focus on production shares from 2000 to 2014

Toshihiro IWAMOTO

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

Abstract: This study examines the advantages of Japanese corporations that produce DVD recorders, with emphasis on their production shares. In particular, it focuses on the activities of Panasonic Corporation and Funai Electric Corporation from 2000 to 2014. Japanese corporations were consistently competitive in the global production share, with Panasonic Corporation obtaining the top production share from 2003 through 2010 and Funai Electric Corporation dominating the production from 2011 through 2014. Panasonic Corporation established its advantage through the early realization of the simultaneous worldwide launch, while Funai Electric Corporation established its advantages through a unique business model.

Key words: DVD recorders, production shares, worldwide launch, FPS, OEM

岩本 敏裕

福山平成大学経営学部紀要
第 21 号 (2025), 15–30 頁

分析ソフト College Analysis の開発

福井 正康^{*1}、奥田 由紀恵^{*2}、細川 光浩^{*2}

^{*1} 福山平成大学経営学部経営学科

^{*2} 福山平成大学大学教育センター

要旨：著者は 1997 年に Visual Basic を利用して分析ソフト College Analysis^[1] の開発を始めた。最初は経営科学分野のプログラムを研究用に作っていたが、統計分析のプログラムを加えるようになって開発の方向性が変わってきた。少しずつ統計学、経営科学、意思決定、数学の授業に取り入れるようになり、最近では卒業論文の指導やデータサイエンスの授業でも利用するようになった。そのため分析を効率的に実行するためのツールが必要になり、大きなデータへの対応も考えるようになった。この報告ではプログラムの開発の経緯を振り返り、今後の方向性を検討する。

キーワード：社会システム分析、統計、データサイエンス、College Analysis

1. はじめに

著者の 1 人（福井）は 1987 年福井医科大学医学部で統計処理の仕事を始めたとき、統計分析ソフト HALBAU を初めて使用した。その後、1993 年福山平成大学の経営学部で経営科学分野のプログラムを作る必要が生じたとき、このような使いやすさを持った、様々な分野が統合されたプログラムを作つてみたいと考えるようになり、試作品として DOS 上でプログラムを作成した^[2]。しかしすぐに Windows の時代が始まり、著者も Windows 上のプログラム作成を目指すようになった。言語は当時利用していた C や C++、Excel のマクロ言語なども考えたが、利用者が独自のプログラムを追加しやすく、単体で動作する便利さを考え Visual Basic (以後 VB と略す) を採用し、エディタ部分から自作することにした。プログラムの考え方は、グリッドによるデータ入力、分析のメニュー、グリッドとグラフによる結果出力、他のソフトへの貼り付けなどを基本とし、1997 年に産業連関分析、KSIM、AHP を含む最初のプログラムが完成した^[3]。

このようにして、初めのうちは研究用の経営科学分野のプログラムを作成していたが、それまで Excel を使っていた統計の授業でも自分のプログラムを活用してみたいと考えるようになった。しかし、統計の分野は膨大で、先行のプログラムも多く、一度足を踏み入れたら相当な時間を要する仕事でもある。かなり躊躇した結果、1999 年統計分析のプログラム開発を始めた。2001 年に集計と検定、2002 年には主要な多変量解析を組み込んで、授業で利用できるようにした。

その後 VB が VB.Net に大きく仕様変更され、2006 年 1 年間をプログラムの修正に費やした後、名前を College Analysis (以後、C.Analysis と略す) にしてネット上に公開した。授業では 2008 年に意思決定論、2009 年に経営科学で全面的に利用するようになった。さらに、2010 年と 2011 年には、グラフィックエディタと 3D ビューアというグラフィック関係の機能を追加した。グラフィックエディタは共分散構造分析などのグラフィカルインターフェースとして、3D ビューアは数学のグラフや物理シミュレーションなどの科学分野のプログラムに役立った。

その後、あまり方向性なくプログラムは拡大し、2019 年には総合マニュアルが完成したが、この頃から世の中にデータサイエンスの大きな流れが現れてきた。その中心にはプログラム開発環境 Python があった。Python には様々な分野の強力なライブラリが多く存在し、開発者にとっては、労力をかけることなくほぼ何でもできる印象が強く感じられた。また、昔から統計の分野で利用されてきた R も高い信頼性を背景に根強い人気を維持している。また近年の AI 技術の発達によって、Python や R のプログラムの自動生成機能も充実してきた。この報告では、このような状況で、著者らのシステム C.Analysis はどのように活用されるべきか、どの方向へ進化すべきかを考えて行く。

2. 特徴と分析の種類

まず C.Analysis のソフトウェアとしての特徴をまとめておく。

1. 文系学生を想定した Windows 上で動作するフリーソフトである。
2. 実行ファイル CAnalysis.exe だけで動作するため、インストールが不要である。
3. 容量が小さい (約 7MB) ため、USB メモリで人に手渡すことができる。
4. Excel と連動させて使うと効果的である。
5. ホームページ上に詳細なマニュアル (約 1200 頁) とソースファイルがある。

この中で 2. と 3. は特に重要である。このような特徴は他には見当たらない。

C.Analysis には統計だけでなく、さまざまな分野の分析が含まれている。これは元々の出発点において、統計ソフトとして作られ始めたものでないからである。著者らは C.Analysis の呼び名として「社会システム分析ソフトウェア」という言葉を使ってきたが、統計分析のプログラムの作成を始めてからウェイトは統計分析に移っている。ここでは、分野ごとに 2024 年 12 月までに作られた分析の一覧を表 1 に示す。手法名の後ろの括弧内の数字は、その下の分析実行画面の数を表す。個人的に作られたソフトでこれだけの分析数を含むものはあまり多くない。

表 1 分析一覧

分野	分類と分析
基本統計	集計グラフ(4) 2 次元グラフ、3 次元グラフ、散布図・関数グラフ、補完グラフ
	分布と確率(2) 検定値と確率、密度・分布関数グラフ
	ユーティリティ(9) 量から質変換、データ標準化、統計行列、傾向スコアマッチング、分割集計データ化、データ生成、MCMC 乱数発生、分布の検定、対数尤度関数グラフ

	質的データの集計 量的データの集計 質的データの検定(4) 質的データ検定メニュー、適合度検定、 χ^2 検定、対応のある比率の検定 量的データの検定(10) 量的データ検定メニュー、F検定、母平均のt検定、Wilcoxon 符号付順位和検定、t検定、Welch のt検定、Wilcoxon の順位和検定、Brunner-Munzel 検定、対応のあるt検定、対応のあるWilcoxon 符号付順位和検定 相関分析(2) 相関と回帰分析、相関と回帰比較 非線形回帰分析 自由記述集計 医療関連手法(5) 罹患率の推測、ROC 曲線、トレンドの検定、層別分割表のオッズ比検定、その他の医療関連手法 基本区間推定(2) 比率の推定、平均と分散の推定 標本数の決定
多変量解析他	実験計画手法(4) 実験計画法、多重比較、直交表実験計画法、多変量分散分析 予測手法(6) 重回帰分析、数量化I類、非線形最小2乗法、トービット回帰分析、局所重回帰分析、リッジ回帰分析他 判別手法(4) 判別分析、数量化II類、2値ロジスティック回帰、多値ロジスティック回帰 分類手法(7) 主成分分析、因子分析、数量化III類、コレスボンデンス分析、テキストCR分析、クラスター分析、K平均法 構造分析手法(2) 共分散構造分析、パス解析 関係分析手法(3) 正準相関分析、多次元尺度構成法、数量化IV類 時系列手法(3) 時系列分析、時系列信号推定、パネル時系列分析 経済・経営手法(4) パネルデータ分析、操作変数回帰分析、経済時系列分析、産業連関分析 教育関連手法(1) 2値項目反応理論 生存時間分析 メタ分析
数学	簡易計算 グラフ(7) 1変数関数グラフ、2変数関数グラフ、2次元パラメータ表示関数、3次元パラメータ表示関数、2次元陰関数グラフ、3次元陰関数グラフ、不等式グラフ 和・積計算 漸化式 フーリエ級数 方程式ソルバー 非線形最小2乗法 非線形最小2乗法(旧版) 定積分(3) 直交座標での積分、2次元パラメータ表示積分、3次元パラメータ表示積分

	常微分方程式
	行列計算
	幾何アニメーション(2) 2次元幾何アニメーション、3次元幾何アニメーション
OR	線形計画法
	多目的線形計画法
	ナッシュ均衡ツール
	DEA
	品質管理(7) QC 7つ道具、不良率診断、抜き取り検査、パラメータ設計、オンライン品質工学、マハラノビス判定、異常検知
	在庫管理
	PERT
	待ち行列
	システムダイナミクス
	AHP
意思決定支援	デシジョンツリー
	リスク分析
	社会的意意思決定手法
	ラフ集合分析
	ISM
	Dematel 法
	KSIM
データ サイエンス	KJ 法
	バーセプトロン
	K 近傍法
	K 平均法 (減色)
科学・工学他	バスケット分析
	物理シミュレーション(6) 幾何シミュレーション、質点系の運動、惑星シミュレーション、電荷と電場、電流と磁場、特殊相対論的視覚効果
	カオス・フラクタル(3) カオスビューア、フラクタルビューア 2D、フラクタルビューア 3D
	計測データ分析
	データ補完
	時系列信号推定
	お楽しみ(5) 3D モデルビューア、おもしろグラフ、くるくるエディット、3D フォトメーカー、3D バナーメーカー

3. ソフトウェアの構成

C.Analysis には大きく分けて、エディタ、分析実行画面、出力と 3 つの部分がある。図 1 にその例を示す。

分析ソフト College Analysis の開発

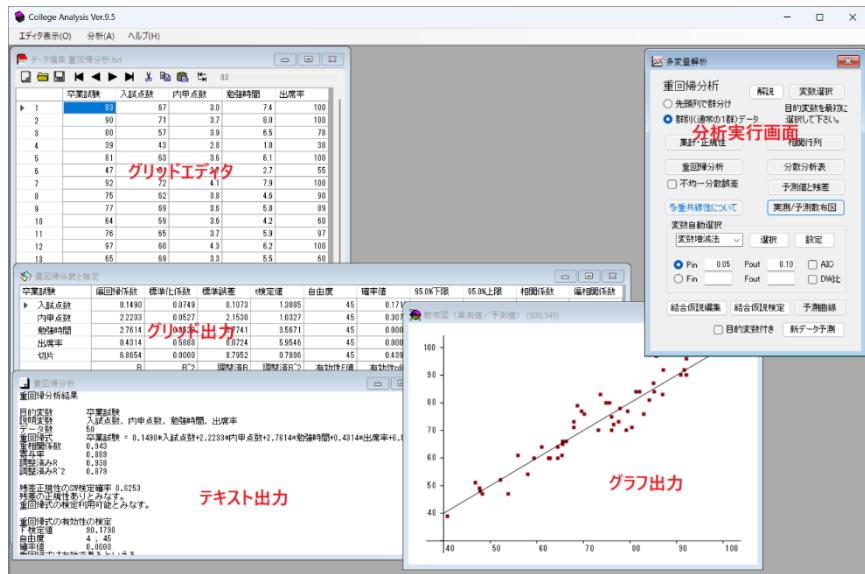


図 1 C.Analysis 画面

分析実行画面は表1の項目1つで1つの画面である。エディタと出力については表2で簡単に機能を紹介しておく。

表2 エディタと出力

分類	名称	特徴
エディタ	グリッドエディタ	多くの分析で利用する基本的なデータ形式、複数ページからなる表入力、編集用の多くのツール類を含む
	テキストエディタ	グリッドエディタの前処理用
	グラフィックエディタ	マウスによる構造図の入力用、グリッドエディタで保存・読み込可能
出力	グリッド出力	表形式の基本出力、グリッドエディタと連携
	テキスト出力	基礎的な分析の結果表示、グリッド出力では表現しにくい結果表示
	グラフ出力	一般的なグラフ、伸縮可能
	ピクチャービューア	グラフではない画像の表示
	3D ビューア	3 次元のグラフ・図形・関数表示、伸縮可能、マウスによる回転機能、赤青メガネによる立体視

エディタの中で、グリッドエディタは多くの分析で利用する基本的なデータ入力用のプログラムで、Excel と同様、図 2 のようなシート（表）が何枚か重なった形式になっている。各シートにはシート名、行名、列名を表示する部分があり、その他の部分がデータを入力する部分である。



図2 グリッドエディタの表形式

データ入力部分にはそのまま数値や文字が入力可能であるが、その他の部分にはメニューを通して入力する。但し、行名や列名を一時的に右や下にずらしてデータ入力部分として扱うこともできる。

C.Analysisへのデータ読み込みは大きく分けて2つある。1つはExcelからのデータの貼り付けで、もう1つはC.Analysisの中で作られたデータを保存したもの読み込む方法である。Excelからのデータの貼り付けは、Excelの1枚のシートの必要な部分をコピーし、C.Analysisの1枚のシートへ貼り付ける方法がとられる。C.Analysisの各ページは図2のようになっているため、行名と列名を含む範囲をExcelでコピーして、以下で述べる「全貼り付け」を行う。調査や研究では最初にデータをExcelなどに入力することが多いので、C.Analysisを利用する場合、この方法でデータを移し替える。

データは結果の再データ化の考え方によって作られた図3の流れに従い、グリッドエディタ⇒分析・ツール⇒グリッド出力⇒グリッドエディタやExcel、などのように流れ、分析結果が再利用されたり、出力されたりする。



図3 データの流れの概念

グリッドエディタに戻すデータは、同じページや他のページに貼り付けられるが、これらの複数ページに渡るデータは、C.Analysisの形式（テキスト形式）でそのまま保存できる。授業などで効率よくC.Analysisを使うには、C.Analysis独自の形式で保存された複数ページのデータを読み込み、ページを変えながら演習を実施する。

授業ではほとんどの場合、テキスト出力、グリッド出力、グラフ出力に表示された結果を見て解釈を行うだけなので、あまりデータの流れを意識する必要はない。その代わり、データの形式は重要である。予め作られているデータについては、保存されたものを使え

ば問題はないが、テキストなどに書かれたデータを打ち込む場合、2群のデータなどは2列に並べて書いてある場合が多く、そのまま入力して使うにはアンケートなどと異なるデータ形式を扱えることが重要である。C.Analysisではこれを「群別データから」として、常に利用できるようにしている。また、質的データについてはテキストなどで分割表が与えられることが多く、これもそのまま利用できるようにしておく必要がある。以上のように、データの扱いは用途に応じて変わってくるため、グリッドエディタだけでも、多様な形式の入力が必要となる。

グリッドエディタはC.Analysisの要であるので、データを活用するための多くの機能を持っている。表3にこの機能の一覧を示す。

表3 グリッドエディタのメニュー

ファイル	編集	挿入削除	表示	ツール
新規作成	元に戻す	シート追加	先頭シート	並び替え▶
開く	枠移動▶	シート挿入	前シート	検索・置換▶
上書き保存	全コピー	シート削除	次シート	データ生成
名前を付けて保存	全貼り付け		最終シート	計算
ページ設定	切り取り	列追加		欠損値処理
現在シート印刷	コピー	列挿入		データ変換▶
終了	貼り付け	列削除	グリッド幅	
	行列交換貼り付け		書式変更	
	追加貼り付け▶			文字列結合・分離▶
	シート名入力	行追加		データ出力・抽出▶
	列名入力	行挿入		データキー結合
	行名入力	行削除		データチェック
	行列交換			自由記述統計
	行列名そろえ			その他処理▶
	対称行列設定			

この中でメニュー名の後ろに「▶」が付いたものには、下位のメニューがある。ツールについては下位のメニューが多く、C.Analysisの使い易さを左右するものであるので、章を改めて説明する。

ここではツール以外のメニューで特徴的なものを紹介しておく。グリッドエディタは、データ入力領域とは別に、上1行の列名と左1列の行名を持っている。メニュー「編集－全コピー」と「編集－全貼り付け」は、列名と行名を含めたコピーと貼り付けである。Excelなどのデータを貼り付けるにはこれが最も簡単である。また、「編集－枠移動」は列名や行名を下や右のデータ入力領域に移動させるメニューである。貼り付けなどの失敗やちょっとしたデータの変更には便利である。移動は左右上下自由にできる。

メニュー「編集－行列交換」は1つのシート内で行と列を入れ替えるもので、グラフ表示などの際用いられることが多い。また「編集－行列名そろえ」は経営科学や意思決定で使う構造行列の行名と列名をそろえるために利用される。

著者はC.Analysisの利用方法として、Excelなどの表計算ソフトと連動させて使うように考えている。Excelで作ったデータをC.Analysisで分析し、結果をまたExcelに戻す。それをワープロなどで利用して資料を作る。そのため、C.Analysis独自の印刷機能や表の表現方法は貧弱である。これらは他のソフトの機能を利用する方がよい。

グリッドエディタは表形式の複数ページのエディタであるが、開発開始時に `g_grid`(ページ番号, 行番号, 列番号) の形式の 3 次元配列を用いて作られていたため、メモリ消費上の大きな問題点があった。例えば 1 ページ目に大きなデータがあれば、2 ページ目以降小さなデータでも 1 ページ目のサイズに合わせて、データ全体が大きくなってしまう。開発当初からこのことは気についていたが、コンピュータのメモリ容量の増加や処理速度の向上によって、人手によるアンケート調査や授業でのデータ処理程度では特に問題なく利用できていた。また VB.net に変更した際にも、プログラム全体に及ぼす影響が大きいため、手を付けずにいた。

しかし、データサイエンスが話題となり、さらに大きなデータを扱うようになって、現在のパソコンでもメモリの無駄を省く必要が生じてきた。そのため、2023 年に利用形態は変えずにグリッドエディタの構造を以下のような構造体に変更した。

```
Structure GridEdit
    Dim nrow As Integer          '行数
    Dim ncol As Integer          '列数
    Dim data(,) As Object        'データ
    Dim comment1 As String        'コメント 1 (設定)
    Dim comment2 As String        'コメント 2 (備考)
End Structure
Public g_edit() As GridEdit
```

この構造体では各ページ独立のメモリ管理が行われるため、メモリの無駄がなくなっている。各ページは `g_edit`(ページ番号) の単位で処理されるため、ページの追加や削除、移動なども格段に取り扱い易くなった。これはずっと以前に処理すべき変更であったと反省している。

テキストエディタは、`TextBox` をフォームに貼り付けたもので、例えば線形計画法の式入力などに利用されるが、プログラムによってはメニュー内にテキストボックスを持つものも多く、利用頻度が高いとは言えない。

グラフィックエディタは様々な分析の構造図をマウスで作成するエディタである。図 4a と図 4b に共分散構造分析と OR の PERT で使われるグラフィックエディタの例を示す。

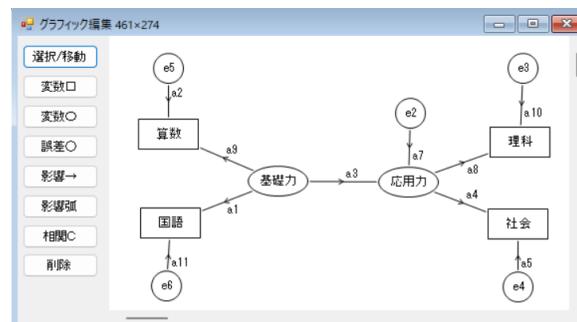


図 4a グラフィックエディタ (共分散構造分析)

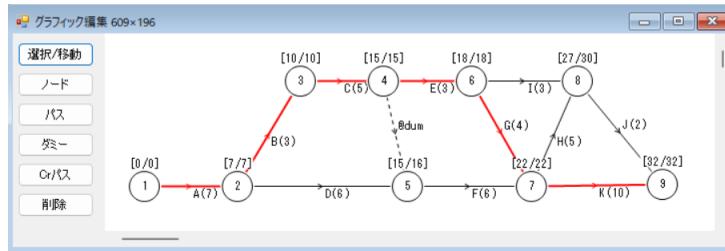


図 4b グラフィックエディタ (PERT)

グラフィックエディタ内の四角や丸をボックス（またはノード）、線をライン（またはアロー）と呼ぶ。グラフィックエディタのデータはこのボックスとラインの 2 つで構成され、それぞれ以下の構造体で表される。

ボックスの構造体

Structure VarData

Dim mode As Integer	’ボックスの種類
Dim sname As String	’名前（表示文字列）
Dim left As Single	’左端の x 座標
Dim top As Single	’上端の y 座標
Dim width As Single	’幅
Dim height As Single	’高さ
Dim value As String	’ボックスに付属する値（文字列）
Dim emph As Integer	’強調の有無

End Structure

Private vdata() As VarData

ラインの構造体

Structure ArrowData

Dim mode As Integer	’ラインの種類
Dim sname As String	’名前
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（文字列）
Dim emph As Integer	’強調の有無

End Structure

Private adata() As ArrowData

これらのデータは、グリッドエディタを通して保存と読み込みが可能である。グリッドエディタでの形式は表 4 のように与えられる。

表4 グリッドエディタへのデータの保存

	名前 1	...	名前 n	種類	順番	Left	Top	Width	Height	Value
名前 1			ライン i	1	0	120	20	60	30	0
:										
名前 n	ライン j			11	19	625	595	60	30	0

左にある名前 1～名前 n はボックスの名前である。ボックスの属性はその名前と同じ行の種類、順番、Left、Top、Width、Height、Value の列に与えられる。ラインは左の名前を始点、上の名前を終点とする位置に情報が書き込まれる。情報は、「名前；種類；番号；開始ボックス番号（順番）；終了ボックス番号（順番）；Value」の形で表される。表4の網かけの部分が、ラインデータを書き込む部分であり、その他のところにボックスデータを書き込む。

出力の中でグリッド出力は最も頻繁に利用される。グリッド出力のデータの形式は画面に表示される形式と内部に持つより詳細な形式の 2 通りある。そのため後で、表示されるデータの小数点以下の桁数などを変えることができる。しかし、出力されるデータによっては桁数などが固定されている場合もある。

グリッド出力の画面に表示される形式は、1 ページの 2 次元表形式であるので、データは簡単にグリッドエディタに移し替えることができる。そのため因子分析で作られた因子得点を重回帰分析の説明変数にするなど、分析を連結して実行することは容易である。

テキスト出力は統計などの初心者向けの出力形式であるが、詳細な説明にも利用される。また、同じテキスト出力でもリッチテキスト出力という書式が指定できる出力が使われている分析もある。

グラフ出力は伸縮可能なグラフで、2023 年から凡例の移動やグラフ位置の変更など、マウスによる整形機能を強化してきた。また、線分や矢印、文字の書き込み機能も加え、図 5 のような表示も可能になった。

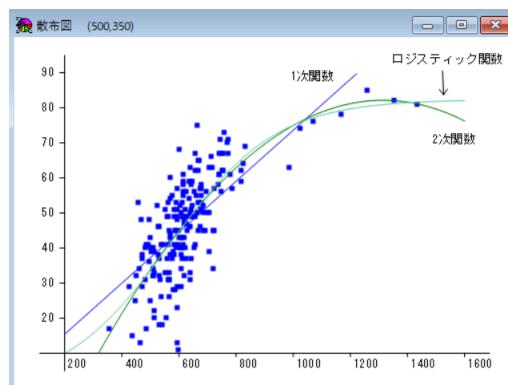


図5 グラフ描画

しかし、まだまだ表現しきれないグラフもあり、グラフの元となるデータをグリッド出力し、それを用いて Excel などでグラフ化することもできるようになっている。

ピクチャービューアは2次元画像の出力用で、3Dビューアは3D画像の出力用である。図6左にピクチャービューアで表したフラクタル图形の例、図6右に3Dビューアで表した3次元関数の例を示す。標準的な機能ではないが、左図は出力したプログラムの機能により、マウスで領域を選択して拡大表示することができる。それに対して、右図の3D画像はグラフの標準的な機能として、マウスで向きや距離を変えることができ、さらにグラフをフレーム表示したり、自動で回転させたり、赤青メガネで見ると3D表示されるような、遊びの機能が豊富に追加されている。

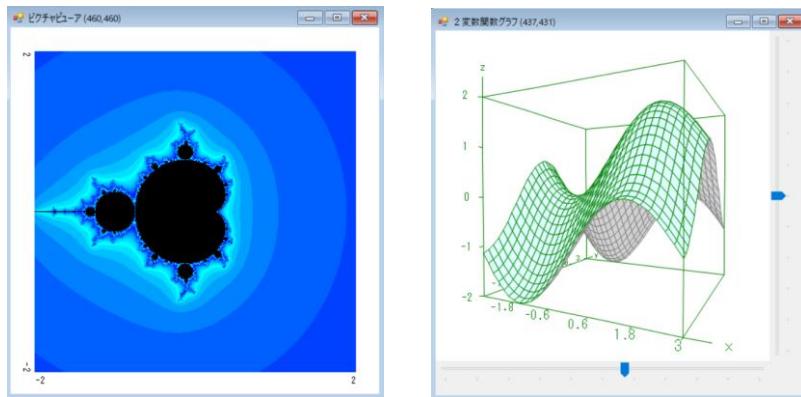


図6 ピクチャービューアと3Dビューア

4. ツール

C.Analysisはこれまで20年近く研究相談や卒論指導等でも利用されてきた。扱うデータの種類としてはアンケートデータや官公庁のデータであった。分析の相談は通常1時間程度（授業の空きコマ分）を想定しているため、データの不備への対応や分析処理はできるだけ素早く済ませなければならない。そのため、よく使う処理はこれまで少しづつツールとして蓄えてきた。さらにここ数年、使いやすいシステムを目指すに当たって、これらのツールを見直し、統一的に強化してきた。そのためデータの取り扱いの柔軟性においては他のソフトウェアと比べても遅れをとることがなくなっている。ここではツール類について一覧を示し、解説を行うこととする。特徴の後ろの○はエディタの書き換えとグリッドへの出力が可能なことを表し、○は結果をグリッド出力することを表している。これらの付かないものはエディタの書き換えのみである。

表1 ツールのメニュー

メニュー	サブメニュー	特徴
並び替え	行並び替え	優先順位を指定した複数行の同時並び替え
	列並び替え	列の自由な順番変更
	シート並び替え	シートの自由な順番変更
検索・置換	一括置換	変数を選択して一括で置換○
	検索	範囲を選択して検索
	置換	範囲を選択して置換

データ生成		種々の乱数によるデータ出力（仮想データ作成に利用）◎
計算		エディタデータを利用した計算結果の出力（仮想データ作成に利用）◎
欠損値処理		範囲を選択して欠損値の埋め込み
データ変換	データ標準化	変数を選択して標準化データに変換○
	順位データ変換	変数を選択して順位データに変換○
	量から質変換	変数を選択して量的データを質的データに変換○
	データ 0/1 変換	変数を選択して複数選択データをダミーデータに変換○
	群別・先頭列変換	群別データと先頭列データの相互変換○
	分割集計データ化	分割表データを疑似的生データ化○
文字列結合・分離	文字列結合	何列かの文字列データの結合○
	文字列分離	結合された文字列データの分離○
データ出力・抽出	データ出力	データの先頭列や乱数による分離出力○
	データ抽出	データの詳細な条件による出力○
データキー結合		キーを含む複数のデータのキーを用いた結合○
データチェック		データ誤入力チェックやデータの比較○
自由記述集計		アンケートの自由記述欄からの指定文字列の抽出・集計○
その他処理	コード変換（SJIS →utf-8）	Shift JIS で書かれたテキスト文書の utf-8 への変換
	文字中空白除去	範囲を指定して空白文字の除去
	列名#除去	列名中の#記号の除去
	行名#除去	行名中の#記号の除去

メニューの「検索・置換」の中にある「一括置換」は、複数変数にわたる置換対象を図 7 のように読み込み、書き換えるツールで、特によく利用される。これを利用するとアンケートの入力ミスなども素早く修正できる。



図 7 一括置換実行画面

アンケートのネット入力では、データが「はい」、「いいえ」などの質問項目の文字列で与

えられることが多く、分割表やグラフの表示では順番の指定が問題になる。そのため、一括置換の機能を使って図 7 のように表示の順番を決める番号①や②を先頭に付けてもよい。これらの番号は結果の表示後に分割表やグラフから簡単に除去することができる。

メニューの「データ生成」を選択して表示される図 8 左のデータ生成ツールは仮想的なデータ作りには欠かせないツールである。この中には多くの乱数発生機能が含まれており、図 8 右の計算ツールと組み合わせて使うと便利である。

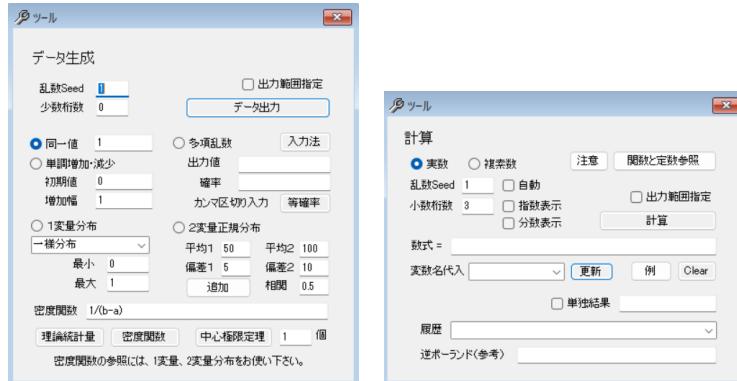


図 8 データ生成・計算実行画面

生成されたデータは、「出力範囲指定」チェックボックスによって、直接エディタにも、一旦グリッド出力にも出力できる。

メニュー「データ変換」の中にある「データ 0/1 変換」は、複数回答のネットアンケートの出力形式を 0/1 にダミー変数化するツールである。図 9 にその実行画面を示す。

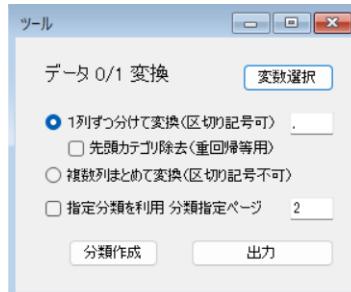


図 9 データ 0/1 変換実行画面

アンケートの様々な出力形式に対して対応できるようになっている。

図 10 左に示される「データ出力」ツールは、アンケートの中で男性だけを抽出する場合やデータをトレーニングデータとテストデータに分ける際に利用される。もう一方の図 10 右に示される「データ抽出」ツールはデータベース機能を持っており、官庁データなどの中から必要なデータを抜き出す際によく利用される。

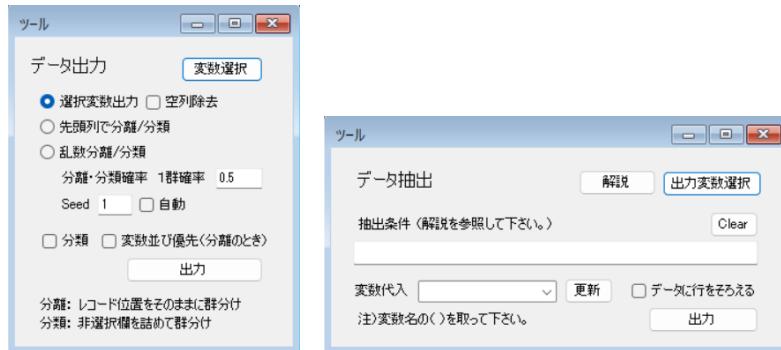


図 10 データ出力・データ抽出実行画面

ここで、データサイエンスで扱われる大きなデータへの対応について述べておく。2022年外部の方から依頼があり、信号データを調べるプログラムを組み込んだ。信号データはミリ秒やマイクロ秒単位のデータであり、数十万レコードは珍しくない。そのため時間を無駄に使う部分を修正し、C.Analysis を出来るだけ速く動くように改良した。さらに開発言語である VB.net の命令の中の時間がかかるものも他の命令に変えるなどして対応した。また、3 章で述べたように開発当初からのグリッドエディタの構造を配列形式から構造体形式に変更し、メモリ管理を容易にし、メモリの消費を軽減させた。これらの改良により、10 万レコード程度の処理はほぼ問題なく実行できるようになった。

5. おわりに

C.Analysis は長い開発の歴史を持つプログラムである。これまで分析の数を前面に出すことが多かったが、最近やっと自信を持って「使いやすいソフト」と言えるようになった。これは Python などで学んだデータの流れを意識することで可能になった。今後もこの方向を見失わないようにしたい。

ここで、C.Analysis をどのように利用すべきかを考える。専門家や研究者は資金もあり、プログラムにも精通しているので、有償のソフトや Python、R などの言語系の開発環境を使えばよい。しかしファイルの扱いなどを考えた際、ちょっとした処理で素早い対応を必要とする部分に、C.Analysis の利用価値はあると思われる。

次に、大学で進められている文科省の数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度（リテラシーレベル）の対象学生はどうであろうか。これらの学生の大半はあまりプログラム経験がない。そのため授業でのプログラムエラーへの対応は、教員 1 人だけでは荷が重い。SA や TA などのいない授業ではサンプルプログラムを実行させるか、少しだけ改変させるか程度になるだろう。ただ、AI によるプログラムの自動作成を使えば、プログラムの入力エラーの問題は多少軽減される。しかし、これも解答を得るには時間がかかるし、統計やプログラムの知識もある程度必要になる。少人数だと楽しい授業になると思われるが、1 回の授業で進むことのできる内容はそれほど多くできない。さらに、Windows などの GUI を用いた有償のソフトウェアを利用するにしても、すべての学生に行きわたら

せるには予算的に困難な大学も多いであろう。

以上のことから、著者らが目指すべきは、無償で、授業で使いやすく、卒業論文や修士論文での少し高度な使い方もできる操作性に優れたソフトウェアである。また、データサイエンスでは、大きなデータが利用されることもあるため、例えば 10 万レコードのデータでも、ある程度問題なく処理が行われる高速性も備えておく必要がある。

このような条件を C.Analysis はほぼすべて満たしている。さらに卒業論文や修士論文のデータ処理では各自が自分のパソコンで簡単に利用できることから、利用価値が増すものと考えられる。当然のことながら、このソフトは単に学生教育用のソフトではない。開発者は他のソフトとの整合性をチェックしており、できるだけ新しい知見を取り入れるようにしている。開発者にとってこれはあくまで研究用の分析ソフトであり、たとえ教育用とうたっていても研究活動に耐える能力は必須であると考えている。

ここで、これから課題について触れておく。作っておきたい分析には、線形計画法の対として、非線形計画法に取り組みたい。また、組み込み済みの線形計画法についても、まだ大きな処理を行うには不十分であり、内点法などの実装が望まれる。統計分析についても一般化線形モデルの強化や最近よく耳にするマルチレベルモデルを加えてみたい。

新しい分析も重要であるが、これまでの分析にも新しい手法の追加や分析の再点検が必要である。利用者が安心して使えるソフトになれるような取り組みも重要である。

最後に、テキストベースからグラフィックベースにインターフェースが進化して行ったようにツールも変わって行くだろう。AI の力を借り、Python や R などのプログラムを自動生成するツールもできて来た。これから先、十分に言葉を理解し、分析を直接実行するような次世代のツールができるであろう。そのときは C.Analysis の使い易さという役割も終わる。それまでもうしばらく改訂を続けて行きたい。

謝辞

分析ソフト C.Analysis は多くの方の協力や助言、励ましにより作られています。その方々の名前は C.Analysis のメニュー [ヘルプー謝辞] の中で述べさせていただいております。有難うございました。

参考文献

- [1] 福井正康, データ分析フリーソフトウェア College Analysis,
プログラムと総合マニュアル, <https://sites.google.com/view/fukuimasayasu>
- [2] 福井正康, 佐藤真司, 田口賢士, 「統計学・経営科学分析システム U A S M 1 – 基本システムー」, 福山大学経済学論集 17 卷 2・3 合併号, (1993) 110-136
- [3] 福井正康, 田口賢士, 「社会システム分析のための統合化プログラム」, 福山平成大学経営情報研究, 3 号, (1998) 109-127

Development of the Analysis Software College Analysis

Masayasu FUKUI^{*1}, Yukie OKUDA^{*2} and Mitsuhiro HOSOKAWA^{*2}

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

**2 University Education Center, Fukuyama Heisei University*

Abstract: We started developing the analysis software College Analysis using Visual Basic in 1997. At first, we created programs for research in the field of business science, but the direction changed when we added statistical analysis programs. Little by little, we started using our program in classes of statistics, business science, decision making and mathematics, and more recently, we have also started using it in graduation thesis supervision and classes of data science. This has created a need for tools to efficiently carry out analysis, and we have begun to consider how to handle large amounts of data. In this report, we look back on the history of the development and consider future directions.

Key Words: social systems analysis, statistics, data science, College Analysis

福山平成大学経営学部紀要
第 21 号 (2025), 31-50 頁

分析ソフト College Analysis への機能追加 － 実験計画法と多重比較 －

福井 正康^{*1}、宗像 智仁^{*1}、青木 麟太郎^{*1}、松本 陽子^{*2}

^{*1} 福山平成大学経営学部経営学科

^{*2} 福山平成大学看護学部看護学科

要旨：分析ソフト College Analysis は改定を続けている。今回は量的データの 2 群間の検定への分析の追加の他、実験計画法と多重比較について大幅な改定を行った。特に、実験計画法では、今までの枠組みの他に Welch の 1 元配置分散分析を選択できるようにし、多重比較では、Holm-Bonferroni 検定、Tukey-Kramer 検定、Games-Howell 検定、Steel-Dwass 検定などの手法を取り入れて、正規性の有無、等分散性の有無で分析を分ける 2 群間の検定と同じ手法が使えるようにした。

キーワード：実験計画法、分散分析、統計、College Analysis

1. はじめに

College Analysis (以後 C.Analysis と略す) は 20 年以上改定を続けてきた社会システム分析用ソフトウェアである^[1]。最近では使い易さの向上を目指して改良を続けてきたが、分析自体についても、一時期よく利用されていた手法の変更が必要になることがある。今回は特に 2 群間の量的データの検定、実験計画法、多重比較の方法について新しく見直すことにした。

2 群間の比較検定では、データに正規性がない場合、Wilcoxon 順位和検定 (Mann-Whitney U 検定) が用いられてきたが、これに対して、分散が異なる場合にも強いと言われる Brunner-Munzel 検定を加える。また、等分散性の検定でも正規性がない場合に利用できる Fligner-Killeen 検定を加える。但し、これまで利用してきたデータ分析の樹形図や自動検定はそのまま利用する。

実験計画法では、1 元配置問題でデータに正規性があり、等分散性がない場合、これまで Kruskal-Wallis 検定を用いていたが、ここに Welch の 1 元配置分散分析を加えた。但し、これまで利用してきたデータ分析の樹形図や自動検定はそのまま残している。多重比較の方法については全面的に改訂する。Bonferroni の方法は Holm-Bonferroni の方法が使えるように整理し、これまでの分析を見直して、新しく正規性と等分散性がある場合の Tukey-Kramer 検定、正規性があり、等分散性がない場合の Games-Howell 検定、正規性がない場合の Steel-Dwass 検定を加えることにする。この改定によって、これまで 2 群の検定で用い

られてきた分析の選択の方法が、多重比較まで含めて実現できるようになる。

2. 2 群間の量的データの比較検定

2.1 プログラムの利用法

C.Analysis の 2 群間の量的データの検定のメニューは、教育用に手順を示す形式で、図 1 のように作られている。

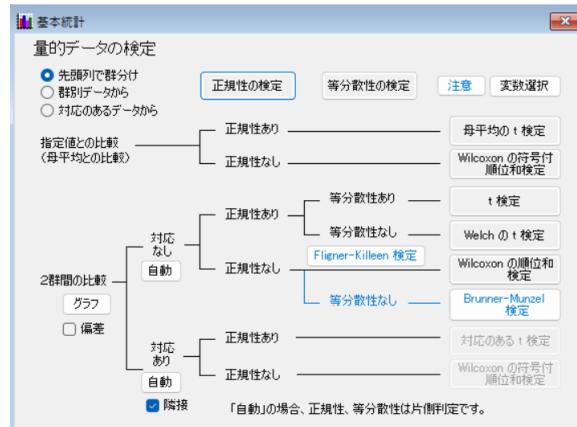


図1 量的データの検定実行画面

この中で、Wilcoxon 順位和検定 (Mann-Whitney U 検定) は定番として正規性がない場合に長く利用してきた。ただ、Wilcoxon 順位和検定は等分散性が仮定されており、等分散性がない場合は Brunner-Munzel 検定が頑強であると言われるようになった。そのため著者らはこの検定をメニューに加えることにした。それと同時に正規性がない場合の等分散性の検定として知られる Fligner-Killeen 検定も加えた。これらは従来の方法とは異なるので、線やボタンの色を変えて配置している。以後は Brunner-Munzel 検定の説明をしておく。Fligner-Killeen 検定については、元々 2 群以上の検定であるため、実験計画法のところで説明する。

2.2 新しく利用した理論

Brunner-Munzel 検定

Brunner-Munzel 検定^[3]は 2 群の中央値の差の検定で、2 つの分布が異なる場合、Wilcoxon 順位和検定より正確と言われている検定である。この検定を用いる際に、正規性がない場合の等分散性の検定である Fligner-Killeen 検定を行うことも考えられる。ここではプログラムに用いた方法を紹介する。

今 2 群のデータを x_{ai} ($a = 1, 2, i = 1, 2, \dots, n_a$)、その全体を通しての順位 (全体順位と呼ぶ) を R_{ai} 、群内での順位 (群内順位と呼ぶ) を r_{ai} とする。全体順位の平均 \bar{R}_a 、群内順位の平均 \bar{r}_a は以下のようになる。

$$\bar{R}_a = \frac{1}{n_a} \sum_{i=1}^{n_a} R_{ai}, \quad \bar{r}_a = \frac{1}{n_a} \sum_{i=1}^{n_a} r_{ai} = \frac{n_a + 1}{2}$$

全体順位を用いて求めた以下の \hat{Q} は $P(X_{1i} > X_{2j})$ の不偏推定量になることが知られている。

$$\hat{Q} = \frac{\bar{R}_1 - \bar{R}_2}{n} + \frac{1}{2} \quad (n = n_1 + n_2)$$

ここで、

$$S_a^2 = \frac{1}{n_a - 1} \sum_{i=1}^{n_a} (R_{ai} - \bar{r}_a - \bar{R}_a + \bar{r}_a)^2, \quad \sigma_a^2 = \frac{S_a^2}{(n - n_a)^2}, \quad \sigma_p^2 = \frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}$$

とすると、近似的に以下になる。

$$t = \frac{\bar{R}_1 - \bar{R}_2}{n} / \sigma_p \sim t_d$$

ここで、自由度 d は以下である。

$$d = \frac{(\sigma_1^2/n_1 + \sigma_2^2/n_2)^2}{\frac{(\sigma_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(\sigma_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}} = \frac{(\sigma_p^2)^2}{\frac{(\sigma_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(\sigma_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}$$

データ数が多くなると t は正規分布に近づく。

3. 実験計画法

3.1 プログラムの利用法

実験計画法のメニューも、量的データの検定（2群）と並んで、図2のように手順を示す形式で作られている。

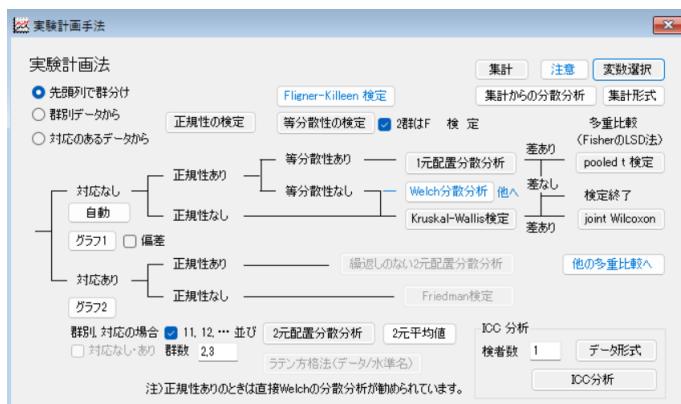


図2 実験計画法実行画面

この画面では元々正規性・等分散性がある場合に1元配置分散分析、その他の場合 Kruskal-Wallis 検定を行うように誘導していたが、正規性があり、等分散性がない場合や場合によっては正規性がない場合でも Welch の1元配置分散分析が有力視されてきて、分析に加える必要が生じて来た。そのため、今までの方式は残した上で、Welch の1元配置分散分析を加えることにした。しかし、分析選択の自動化についてはこれまで通りである。また、一度に複数の変数について同じ分析を実行する形式（例えば、複数の変数で一度に1元配置分散分析を行うなど）は Welch の1元配置分散分析にも適用している。

また、等分散性の検定についても、正規性がない場合にも利用される Fligner-Killeen 検定が利用されることも多くなってきたので、実行画面の中に加えてみた。Welch の1元配置分散分析や Fligner-Killeen 検定の手法については、3.2 節にまとめておく。

2元配置分散分析では、図3の先頭2列で分類を行うデータ形式に加え、図4のすでに群に分かれている群別や対応のあるデータの形式でも分析が可能となった^[2]。

図3 先頭2列で分類するデータ形式

図4 群別、対応のあるデータ形式

対応のある形式のデータは、一方だけの分類に対応がある場合にも利用できる。対応がある2元配置分散分析や一方だけの分類に対応がある場合の2元配置分散分析の理論については3.2節で述べる。

繰り返し数が一定でない2元配置分散分析の標準的な出力形式は図5のようになるが、

図 6 のように、群に分けた際の平均値を折れ線グラフで図示する機能も加えた。折れ線グラフが図のように大きく交差する際には、相互作用で有意差が見られることが多い。

分散分析表		平方和	自由度	不偏分散	F値	確率値
▶ 全変動		8564.941	67			
条件1水準間		783.289	2	391.645	3.7191	0.0301
条件2水準間		421.231	2	210.616	2.0001	0.1444
相互作用間		1181.039	4	295.260	2.8039	0.0337
水準内		6212.989	59	105.305		

図 5 2 元配置分散分析結果

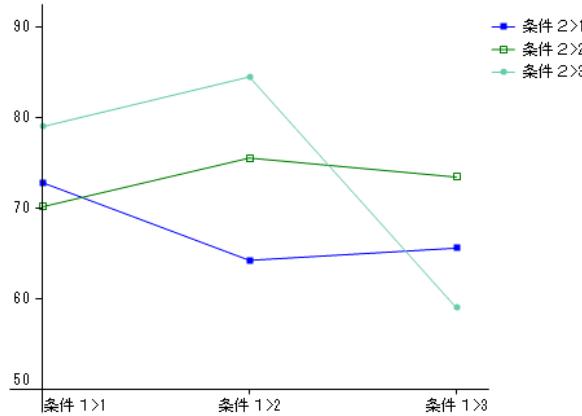


図 6 平均値の比較

ここで図 5 の F 検定の 2 つめの自由度は水準内の自由度を用いる。繰り返し数が一定でない 2 元配置分散分析については、理論を 3.2 節で説明する。

3.2 新しく利用した理論

Welch の 1 元配置分散分析

Welch の 1 元配置分散分析は、群 j ($j = 1, \dots, k$) におけるデータ $x_{\lambda j}$ ($\lambda = 1, \dots, n_j$) を使って、群間の差を比較する検定であり、以下の関係を利用する。

$$F \sim F_{k-1, df}$$

ここに、

$$F = \frac{\frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k w_j (\bar{x}_j - \bar{x}')^2}{1 + \frac{2(k-2)}{k^2-1} \sum_{j=1}^k \frac{1}{n_j-1} \left(1 - \frac{w_j}{w}\right)^2} = \frac{\frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k w_j (\bar{x}_j - \bar{x}')^2}{1 + \frac{2(k-2)}{3df}}$$

$$w_j = n_j / s_j^2, \quad w = \sum_{j=1}^k w_j, \quad \bar{x}' = \sum_{j=1}^k w_j \bar{x}_j / w,$$

$$df = \frac{k^2 - 1}{3 \sum_{j=1}^k \frac{1}{n_j - 1} \left(1 - \frac{w_j}{w} \right)^2}$$

以下で、 $k = 2$ の場合、この方法が Welch の t 検定に一致することを示しておく。

$$\begin{aligned} F &= w_1(\bar{x}_1 - \bar{x}')^2 + w_2(\bar{x}_2 - \bar{x}')^2 \\ &= \frac{n_1}{s_1^2}(\bar{x}_1 - \bar{x}')^2 + \frac{n_2}{s_2^2}(\bar{x}_2 - \bar{x}')^2 \\ w &= w_1 + w_2 = \frac{n_1}{s_1^2} + \frac{n_2}{s_2^2} \\ \bar{x}' &= \left(\frac{n_1 \bar{x}_1}{s_1^2} + \frac{n_2 \bar{x}_2}{s_2^2} \right) \Bigg/ \left(\frac{n_1}{s_1^2} + \frac{n_2}{s_2^2} \right) = \left(\frac{n_1 \bar{x}_1}{s_1^2} + \frac{n_2 \bar{x}_2}{s_2^2} \right) \Bigg/ \left(\frac{n_1}{s_1^2} + \frac{n_2}{s_2^2} \right) \end{aligned}$$

これらを使うと、

$$\begin{aligned} \frac{n_1}{s_1^2}(\bar{x}_1 - \bar{x}')^2 &= \frac{n_1}{s_1^2} \left[\bar{x}_1 - \left(\frac{n_1 \bar{x}_1}{s_1^2} + \frac{n_2 \bar{x}_2}{s_2^2} \right) \Bigg/ \left(\frac{n_1}{s_1^2} + \frac{n_2}{s_2^2} \right) \right]^2 \\ &= \frac{n_1}{s_1^2} \left[\bar{x}_1 \left(\frac{n_1}{s_1^2} + \frac{n_2}{s_2^2} \right) - \left(\frac{n_1 \bar{x}_1}{s_1^2} + \frac{n_2 \bar{x}_2}{s_2^2} \right) \right]^2 \Bigg/ \left(\frac{n_1}{s_1^2} + \frac{n_2}{s_2^2} \right)^2 \\ &= \frac{n_1}{s_1^2} \frac{n_2^2}{s_2^4} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2 \Bigg/ \left(\frac{n_1 s_2^2 + n_2 s_1^2}{s_1^2 s_2^2} \right)^2 = \frac{n_1^2 n_2^2}{s_1^4 s_2^4} \frac{s_1^2}{n_1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2 \Bigg/ \left(\frac{n_1 s_2^2 + n_2 s_1^2}{s_1^2 s_2^2} \right)^2 \\ &= \frac{s_1^2}{n_1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2 \Bigg/ \left(\frac{n_1 s_2^2 + n_2 s_1^2}{n_1 n_2} \right)^2 = \frac{s_1^2}{n_1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2 \Bigg/ \left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2 \end{aligned}$$

同様に、

$$\frac{n_2}{s_2^2}(\bar{x}_2 - \bar{x}')^2 = \frac{s_2^2}{n_2} (\bar{x}_2 - \bar{x}_1)^2 \Bigg/ \left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2$$

よって、

$$F = \frac{n_1}{s_1^2}(\bar{x}_1 - \bar{x}')^2 + \frac{n_2}{s_2^2}(\bar{x}_2 - \bar{x}')^2 = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2} \sim F(1, df)$$

また、自由度は、

$$df = \frac{3}{3 \sum_{j=1}^k \frac{1}{n_j - 1} \left(1 - \frac{w_j}{w} \right)^2} = \frac{1}{\frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{w_1}{w} \right)^2 + \frac{1}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{w_2}{w} \right)^2}$$

ここで、

$$\begin{aligned} 1 - \frac{w_1}{w} &= 1 - \frac{n_1/s_1^2}{n_1/s_1^2 + n_2/s_2^2} = \frac{n_2/s_2^2}{n_1/s_1^2 + n_2/s_2^2} \\ &= \frac{s_1^2/n_1}{s_2^2/n_2 + s_1^2/n_1} = \frac{s_1^2/n_1}{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2} \end{aligned}$$

等を使うと

$$\begin{aligned} df &= \frac{1}{\frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{w_1}{w} \right)^2 + \frac{1}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{w_2}{w} \right)^2} \\ &= \frac{1}{\frac{1}{n_1 - 1} \left(\frac{s_1^2/n_1}{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2} \right)^2 + \frac{1}{n_2 - 1} \left(\frac{s_2^2/n_2}{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2} \right)^2} \end{aligned}$$

となる。これらは、Welch の t 検定で求めた以下の式と一致する。

Welch の t 検定

$$\begin{aligned} \text{自由度 } d &= \frac{1}{\frac{c^2}{n_1 - 1} + \frac{(1 - c)^2}{n_2 - 1}}, \quad c = \frac{u_1^2/n_1}{u_1^2/n_1 + u_2^2/n_2} \\ t &= \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{u_1^2/n_1 + u_2^2/n_2}} \sim t_d \text{ 分布} \end{aligned}$$

Fligner-Killeen 検定

Fligner-Killeen 検定^[4] は群 j ($j = 1, \dots, k$) におけるデータ $x_{\lambda j}$ ($\lambda = 1, \dots, n_j$) を使って群間の等分散性を検定する方法である。データの正規性は特に必要としない。最初に各群 j の中央値 \tilde{x}_j を求める。それを用いて各群 j のデータについて、中央値 \tilde{x}_j からのずれの絶対値を求める。

$$d_{\lambda j} = |x_{\lambda j} - \tilde{x}_j|$$

次にそれらをすべての群について全部まとめて順位付けをし、その順位を元のデータに戻し、それを $r_{\lambda j}$ とする。

各 $r_{\lambda i}$ について、標準正規分布の累積分布関数の逆関数 $\Phi^{-1}(x)$ (シグモイド関数) を用

いて以下の変換を行う。

$$y_{\lambda j} = \Phi^{-1} \left(\{r_{\lambda j} / (n+1) + 1\} / 2 \right) \quad \text{ここに、 } n = \sum_{j=1}^k n_j$$

この $y_{\lambda j}$ を用いて以下の量 FK を計算する。

$$FK = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2 / \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^k \sum_{\lambda=1}^{n_j} (y_{\lambda j} - \bar{y})^2$$

$$\text{ここに、 } \bar{y}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{\lambda=1}^{n_j} y_{\lambda j}, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{\lambda=1}^{n_j} y_{\lambda j}$$

この FK には以下の関係があることが知られている。

$$FK \sim \chi_{k-1}^2$$

この関係を用いて検定を行う。

繰り返し数の一定でない 2 元配置分散分析について

2 元配置分散分析のデータは水準 P_i に固有の量 α_i 、水準 Q_j に固有の量 β_j 、水準 P_i と水準 Q_j の相互作用に固有の量 γ_{ij} 、誤差 $\varepsilon_{ij\lambda}$ として、以下のように表わせると考える。

$$x_{ij\lambda} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ij\lambda}, \quad \varepsilon_{ij\lambda} \sim N(0, \sigma^2) \text{ 分布} \quad \text{異なる } i, j, \lambda \text{ に対して独立}$$

但し、各パラメータには以下の条件を付ける。

$$\sum_{i=1}^r n_{i\Box} \alpha_i = 0, \quad \sum_{j=1}^s n_{\Box j} \beta_j = 0, \quad \sum_{i=1}^r n_{ij} \gamma_{ij} = 0, \quad \sum_{j=1}^s n_{ij} \gamma_{ij} = 0$$

ここにデータ数に関しては以下の記法を用いている。

$$n_{i\Box} = \sum_{j=1}^s n_{ij}, \quad n_{\Box j} = \sum_{i=1}^r n_{ij}, \quad n = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s n_{ij}$$

各水準及び全体のデータ平均を \bar{x}_{ij} , $\bar{x}_{i\Box}$, $\bar{x}_{\Box j}$, \bar{x} として、全変動 S 、水準 P 間の変動 S_P 、水準 Q 間の変動 S_Q 、相互作用の変動 S_I 、水準内変動 S_E を以下で与えると、

$$S = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \sum_{\lambda=1}^{n_{ij}} (x_{ij\lambda} - \bar{x})^2, \quad S_P = \sum_{i=1}^r n_{i\Box} (\bar{x}_{i\Box} - \bar{x})^2, \quad S_Q = \sum_{j=1}^s n_{\Box j} (\bar{x}_{\Box j} - \bar{x})^2,$$

$$S_I = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s n_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i\Box} - \bar{x}_{\Box j} + \bar{x})^2, \quad S_E = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \sum_{\lambda=1}^{n_{ij}} (x_{ij\lambda} - \bar{x}_{ij})^2$$

全変動 S はその他の変動 S_{Cross} を加えて以下のように表わされる。

$$\begin{aligned}
S &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \sum_{\lambda=1}^{n_{ij}} (x_{ij\lambda} - \bar{x})^2 \\
&= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \sum_{\lambda=1}^{n_{ij}} \left[(x_{ij\lambda} - \bar{x}_{ij}) + (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x}_{\bar{i}j} + \bar{x}) + (\bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x}) + (\bar{x}_{\bar{i}j} - \bar{x}) \right]^2 \\
&= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \sum_{\lambda=1}^{n_{ij}} (x_{ij\lambda} - \bar{x}_{ij})^2 + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s n_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x}_{\bar{i}j} + \bar{x})^2 \\
&\quad + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s n_{ij} (\bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s n_{ij} (\bar{x}_{\bar{i}j} - \bar{x})^2 + 2 \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s n_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x})(\bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x}) \\
&\quad + 2 \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s n_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x}_{\bar{i}j} + \bar{x})(\bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x}) \\
&\quad + 2 \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s n_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x}_{\bar{i}j} + \bar{x})(\bar{x}_{\bar{i}j} - \bar{x}) \\
&= S_P + S_Q + S_I + S_E + S_{Cross}
\end{aligned}$$

ここで、最初に与えた関係とデータの対応は以下である。

$$\mathcal{E}_{ij\lambda} = x_{ij\lambda} - \bar{x}_{ij}, \quad \gamma_{ij} = \bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x}_{\bar{i}j} + \bar{x}, \quad \alpha_i = \bar{x}_{i\bar{j}} - \bar{x}, \quad \beta_j = \bar{x}_{\bar{i}j} - \bar{x}$$

ここでもし、 $n_{ij} = n = \text{const.}$ ならば、 $S_{Cross} = 0$ となるが、一般には $S_{Cross} \neq 0$ である。

これが繰り返し数の異なる場合の 2 元配置分散分析の計算を困難にする理由である。

ここではこのような問題に対して我々が採用している重回帰分析の考え方を用いた Type3 と呼ばれる手法を紹介する^[6]。

この問題を扱う前に分散分析と重回帰分析の関係について見ておく。今、図 7 のようなデータを考えるものとする。

	工場	不良品率	工場_1	工場_2	工場_3	工場_1b	工場_2b
1	1	3.1	1	0	0	1	0
2	1	4.1	1	0	0	1	0
3	1	3.3	1	0	0	1	0
4	1	3.9	1	0	0	1	0
5	1	3.7	1	0	0	1	0
6	1	2.4	1	0	0	1	0
7	2	4.7	0	1	0	0	1
8	2	5.6	0	1	0	0	1
9	2	4.3	0	1	0	0	1
10	2	5.9	0	1	0	0	1
11	2	6.1	0	1	0	0	1
12	2	4.2	0	1	0	0	1
13	3	5.1	0	0	1	-1	-1
14	3	3.7	0	0	1	-1	-1
15	3	4.5	0	0	1	-1	-1
16	3	6.0	0	0	1	-1	-1

図 7 1 元配置分散分析と重回帰分析のデータ

1元配置分散分析で利用するデータは「工場」と「不良品率」のデータで、分析結果を図8に示す。

分散分析表		平方和	自由度	不偏分散	F値
全実験		19.228	17	1.131	7.8129
水準間		9.808	2	4.904	P値
水準内		9.415	15	0.628	0.0047

図8 1元配置分散分析結果

ここで注意すべきはF値とP値である。

次にこの問題を重回帰分析を利用して解いてみよう。この場合、目的変数を「不良品率」説明変数を「工場」から作られたダミー(0/1)変数「工場_1, 工場_2, 工場_3」とするが、多重共線性を除くためにどれか1つの変数を省く。ここでは、「工場_3」を省いてみよう。結果を図9に示す。

偏回帰係数と検定										
不良品率	偏回帰係数	標準化係数	標準誤差	t検定値	自由度	確率値	95.0%下限	95.0%上限	相関係数	偏相関係数
工場_1	-1.3500	-0.6158	0.4574	-2.9514	15	0.0099	-2.3249	-0.3751	-0.699	-0.606
工場_2	0.3867	0.1673	0.4574	0.8016	15	0.4353	-0.6083	1.3416	0.475	0.203
切片	4.7667	0.0000	0.3234	14.7376	15	0.0000	4.0773	5.4561		
R	R ²	調整済R ²	調整済R ²	有効性F値		有効性p値				
	0.714	0.510	0.667	0.445	7.8129	0.0047				

図9 「工場_1, 工場_2」を利用した重回帰分析結果

ここで、「有効性F値」と「有効性p値」に注目すると、上の1元配置分散分析の結果に一致する。有効性p値の値を与える検定は2つの変数の係数が同時に0になる結合仮説の検定と呼ばれる検定の結果である。

同様にもう1つの方法で重回帰分析を実行してみよう。「工場_1b, 工場_2b」を説明変数に使う方法である。この変数は、工場_1、工場_2の場合はそのまま、工場_3の場合は、上で与えた制約に類似の、 $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 0$ という制約を利用して、 $\alpha_3 = -\alpha_1 - \alpha_2$ の条件を付けたものである。すなわち、「工場_3」が選択された場合は、「工場_1」と「工場_2」のところに -1 を代入して、「工場_1b, 工場_2b」としている。この説明変数を用いた場合の重回帰分析の結果を図10に示す。

偏回帰係数と検定										
不良品率	偏回帰係数	標準化係数	標準誤差	t検定値	自由度	確率値	95.0%下限	95.0%上限	相関係数	偏相関係数
工場_1b	-1.0222	-0.8077	0.2641	-3.8708	15	0.0015	-1.5851	-0.4593	-0.533	-0.707
工場_2b	0.6944	0.5487	0.2641	2.6296	15	0.0189	0.1316	1.2573	0.145	0.562
切片	4.4389	0.0000	0.1867	23.7709	15	0.0000	4.0409	4.8369		
R	R ²	調整済R ²	調整済R ²	有効性F値		有効性p値				
	0.714	0.510	0.667	0.445	7.8129	0.0047				

図10 「工場_1b, 工場_2b」を利用した重回帰分析結果

やはりこれも1元配置分散分析と同じ結果を与える。この重回帰分析の考え方を用いるのがType3と呼ばれる手法である。

2元配置分散分析のデータを図11に示す。右の方には「条件1」と「条件2」をダミー(0/1)変数にしたものを作っている。

	条件1	条件2	データ	条件1_1	条件1_2	条件1_3	条件2_1	条件2_2	条件2_3
▶ 1	2	1	72	0	1	0	1	0	0
2	1	3	73	1	0	0	0	0	1
3	3	2	76	0	0	1	0	1	0
4	1	2	76	1	0	0	0	1	0
5	1	3	91	1	0	0	0	0	1
6	2	2	67	0	1	0	0	1	0
7	3	1	64	0	0	1	1	0	0
8	2	2	100	0	1	0	0	1	0
9	1	2	69	1	0	0	0	1	0
10	2	1	61	0	1	0	1	0	0
11	2	2	69	0	1	0	0	1	0

図 11 2 元配置分散分析のデータ

2 元配置分散分析では交絡因子があることが 1 元配置と大きく異なる点である。交絡因子はどのようなデータとして与えたらよいだろうか。交絡因子は 2 つの変数の交わるところであるから、簡単な計算法として独立な成分「条件 1_1, 条件 1_2」と「条件 2_1, 条件 2_2」の積として与えてみよう。しかし、このままの形式では「条件 1_3」または「条件 2_3」が選ばれたデータは掛け算がすべて 0 になり、どちらの変数が 3 なのか区別がつかない。そこで利用されるのが図 7 で与えられた「工場_1b、工場_2b」の形式である。この変数形式だと「条件 1_3」または「条件 2_3」のどちらかが選ばれたとしても表 1 のように区別がつく。

表 1 交絡変数の区別

		$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\beta 1$	$\beta 2$	$\gamma 11$	$\gamma 12$	$\gamma 21$	$\gamma 22$
v1	v2	v1a	v1b	v2a	v2b	1a*2a	1a*2b	1b*2a	1b*2b
1	1	1	0	1	0	1	0	0	0
1	2	1	0	0	1	0	1	0	0
1	3	1	0	-1	-1	-1	-1	0	0
2	1	0	1	1	0	0	0	1	0
2	2	0	1	0	1	0	0	0	1
2	3	0	1	-1	-1	0	0	-1	-1
3	1	-1	-1	1	0	-1	0	-1	0
3	2	-1	-1	0	1	0	-1	0	-1
3	3	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1

この場合は、2 つの変数がそれぞれ 3 つのカテゴリに分かれているとしている。また、このデータで単独因子の部分は各変数 $3-1=2$ 成分、交絡因子の部分は $(3-1)(3-1)=4$ 成分になっている。

結局 2 元配置分散分析は、このデータ形式を利用して重回帰分析を実行し、単独因子と交絡因子についてそれぞれ結合仮説の検定を行い、検定確率を求めることがある。これによってそれぞれの変動の和は一般に全変動には一致しないが、変数による推測の誤差は最も小さくなっている。

対応のある 2 元配置分散分析

対応のある 2 元配置分散分析は、繰り返しのない 3 元配置分散分析とも呼ばれる。データを対応のある 1 元配置分散分析に合わせて表 2 の形式とする。違いは列に 2 つの水準が含まれているところである。

表 2 対応のある 2 元配置分散分析のデータ形式

レコード	水準 1-1	…	水準 1-1	…	水準 1-a	…	水準 1-a
	水準 2-1		水準 2-b		水準 2-1		水準 2-b
1	x_{111}	…	x_{1b1}	…	x_{a11}	…	x_{ab1}
2	x_{112}	…	x_{1b2}	…	x_{a12}	…	x_{ab2}
3	x_{113}	…	x_{1b3}	…	x_{a13}	…	x_{ab3}
:	:	:	:	$x_{ij\lambda}$:	:	:
n	x_{11n}	…	x_{1bn}	…	x_{a1n}	…	x_{abn}

表記の簡単のため、先頭の水準（水準 1）の添え字には i 、次の水準（水準 2）の添え字には j 、最後の水準（個体の水準）の添え字には λ を使って、添え字の位置を区別する。

また、水準 1 の分類数を a 、水準 2 の分類数を b 、個体の数を n とする。また、変数 $x_{ij\lambda}$ の平均については、添え字の規則に従い、以下のように略記する。

$$\begin{aligned} x_{ij} &= \frac{1}{n} \sum_{\lambda=1}^n x_{ij\lambda}, \quad x_{i\lambda} = \frac{1}{b} \sum_{j=1}^b x_{ij\lambda}, \quad x_{j\lambda} = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a x_{ij\lambda}, \\ x_i &= \frac{1}{bn} \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n x_{ij\lambda}, \quad x_j = \frac{1}{an} \sum_{i=1}^a \sum_{\lambda=1}^n x_{ij\lambda}, \quad x_{\lambda} = \frac{1}{ab} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b x_{ij\lambda}, \\ x &= \frac{1}{abn} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n x_{ij\lambda} \end{aligned}$$

これを用いて、変数の分離を以下のように行う。

$$x_{ij\lambda} - x = (x_i - x) + (x_j - x) + (x_{ij} - x_i - x_j + x) + (x_{ij\lambda} - x_{ij})$$

ここに、第 1 項は水準 1 の効果、第 2 項は水準 2 の効果、第 3 項は水準 1 と水準 2 の交互作用、第 4 項は 2 つの水準の個体による誤差を表す。

さらに、第 4 項の 2 つの水準の個体による誤差は以下のように分けられる。

$$\begin{aligned} x_{ij\lambda} - x_{ij} &= (x_{i\lambda} - x_i - x_{\lambda} + x) + (x_{j\lambda} - x_j - x_{\lambda} + x) \\ &\quad + (x_{ij\lambda} - x_{ij} - x_{i\lambda} - x_{j\lambda} + x_i + x_j + x_{\lambda} - x) + (x_{\lambda} - x) \end{aligned}$$

第 1 項は水準 1 の個体による誤差、第 2 項は水準 2 の個体による誤差、第 3 項は交互作用の個体による誤差、第 4 項はすべてを平均した個体による誤差を表している。これらの項には誤差項を除いて、そこに現れている添え字について合計すると、以下の例のように、0 になるという性質がある。

$$\begin{aligned} & \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a (x_{ij\lambda} - x_{ij} - x_{i\lambda} - x_{j\lambda} + x_i + x_j + x_\lambda - x) \\ &= x_{j\lambda} - x_j - x_\lambda - x_{j\lambda} + x + x_j + x_\lambda - x = 0 \end{aligned}$$

これらは、以下の関係を満たす。式の最後に記されている数字は各項の自由度である。
ここで、交叉項は上で述べた性質を用いて計算すると、すべて 0 になる。

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{ij\lambda} - x)^2 \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n [(x_i - x) + (x_j - x) + (x_{ij} - x_i - x_j + x) + (x_{ij\lambda} - x_{ij})]^2 \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_i - x)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_j - x)^2 \\ &+ \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{ij} - x_i - x_j + x)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{ij\lambda} - x_{ij})^2 \\ &\rightarrow (a-1) + (b-1) + (ab-a-b+1) + (abn-ab) \\ &= (a-1) + (b-1) + (a-1)(b-1) + ab(n-1) = abn-1 \\ & \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{ij\lambda} - x_{ij})^2 \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{i\lambda} - x_i - x_\lambda + x)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{j\lambda} - x_j - x_\lambda + x)^2 \\ &+ \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{ij\lambda} - x_{ij} - x_{i\lambda} - x_{j\lambda} + x_i + x_j + x_\lambda - x)^2 \\ &+ \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_\lambda - x)^2 \\ &\rightarrow (an-a-n+1) + (bn-b-n+1) \\ &+ (abn-ab-an-bn+a+b+n-1) + (n-1) \\ &= (a-1)(n-1) + (b-1)(n-1) + (a-1)(b-1)(n-1) + (n-1) \\ &= ab(n-1) \end{aligned}$$

これらの関係を形式的に書くと、以下のようになる。

$$\begin{aligned} S &= S_1 + S_2 + S_{1 \times 2} + E \\ E &= E_1 + E_2 + E_{1 \times 2} + R \end{aligned}$$

これらとその自由度を用いて、以下の関係から、水準による効果を判定する。

$$\begin{aligned}
 F_1 &= (S_1 / df_{S_1}) / (E_1 / df_{E_1}) \sim F_{df_{S_1}, df_{E_1}} \\
 F_2 &= (S_2 / df_{S_2}) / (E_2 / df_{E_2}) \sim F_{df_{S_2}, df_{E_2}} \\
 F_{1 \times 2} &= (S_{1 \times 2} / df_{S_{1 \times 2}}) / (E_{1 \times 2} / df_{E_{1 \times 2}}) \sim F_{df_{S_{1 \times 2}}, df_{E_{1 \times 2}}}
 \end{aligned}$$

1つの水準に対応がなく、1つに対応のある2元配置分散分析

最初に表3の形式のデータを考えてみる。

表3 対応なしありのデータ

水準	水準 2-1	…	水準 2-b
1	x_{111}	…	x_{1b1}
:	:	…	:
1	x_{11n_1}	…	x_{1bn_1}
:	:	:	:
a	x_{a11}	…	x_{ab1}
:	:	:	:
a	x_{a1n_a}	…	x_{abn_a}

ここで前のように平均を考えるが、個体を残して対応のない水準の平均 $x_{j\lambda}, x_\lambda$ は考えられない。そのため利用できる平均値は以下となる。

$$\begin{aligned}
 x_{ij} &= \frac{1}{n_i} \sum_{\lambda=1}^{n_i} x_{ij\lambda}, \quad x_{i\lambda} = \frac{1}{b} \sum_{j=1}^b x_{ij\lambda}, \quad d = \sum_{i=1}^a n_i \\
 x_i &= \frac{1}{bn_i} \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} x_{ij\lambda}, \quad x_j = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^a \sum_{\lambda=1}^{n_i} x_{ij\lambda}, \quad x = \frac{1}{bd} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} x_{ij\lambda}
 \end{aligned}$$

ここで、以下のような分解を考える。但し、 $n_i = n$ とする。

$$\begin{aligned}
 x_{ij\lambda} - x &= (x_i - x) + (x_j - x) + (x_{ij} - x_i - x_j + x) + (x_{ij\lambda} - x_{ij}) \\
 &\rightarrow (a-1) + (b-1) + (a-1)(b-1) + ab(n-1) = abn - 1
 \end{aligned}$$

この分解で $n_i \neq n_j$ の場合、次ページ注) にあるように、この2次式にはクロス項が残る。

ここではクロス項は考えないことにし $n_i = n$ とすると、以下のような展開が可能となる。

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_{ij\lambda} - x)^2 &= bn \sum_{i=1}^a (x_i - x)^2 + an \sum_{j=1}^b (x_j - x)^2 \\
 &\quad + n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (x_{ij} - x_i - x_j + x)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_{ij\lambda} - x_{ij})^2
 \end{aligned}$$

C.Analysis では対応のない2元配置分散分析で、データ数が異なる場合の処理を導入した

が、対応なしありの場合はこのようなことは考えず、水準1のデータ数はすべて等しく n として話を進める。そのためデータ形式も表3の形は使わず、表2の形に限定する。

ここでさらに誤差項を以下のように展開する。

$$\begin{aligned} x_{ij\lambda} - x_{ij} &= (x_{i\lambda} - x_i) + (x_{ij\lambda} - x_{ij} - x_{i\lambda} + x_i) \\ &\rightarrow a(n-1) + ab(n-1) - a(n-1) \\ &= a(n-1) + a(b-1)(n-1) = ab(n-1) \end{aligned}$$

これを使うと2次式のクロス項は消え、以下のようにになる。

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{ij\lambda} - x_{ij})^2 &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{i\lambda} - x_i)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{ij\lambda} - x_{ij} - x_{i\lambda} + x_i)^2 \\ &= b \sum_{i=1}^a \sum_{\lambda=1}^n (x_{i\lambda} - x_i)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^n (x_{ij\lambda} - x_{ij} - x_{i\lambda} + x_i)^2 \end{aligned}$$

これらの関係を形式的に書くと、以下のようになる。

$$S = S_1 + S_2 + S_{1\times 2} + E$$

$$E = E_1 + R$$

これらとその自由度を用いて、以下の関係から、水準による効果を判定する。

$$F_1 = (S_1 / df_{S_1}) / (E_1 / df_{E_1}) \sim F_{df_{S_1}, df_{E_1}}$$

$$F_2 = (S_2 / df_{S_2}) / (R / df_R) \sim F_{df_{S_2}, df_R}$$

$$F_{1\times 2} = (S_{1\times 2} / df_{S_{1\times 2}}) / (R / df_R) \sim F_{df_{S_{1\times 2}}, df_R}$$

注) 以下にデータ数が異なる場合の式の展開を加えておく。

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_{ij\lambda} - x)^2 \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} [(x_i - x) + (x_j - x) + (x_{ij} - x_i - x_j + x) + (x_{ij\lambda} - x_{ij})]^2 \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_i - x)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_j - x)^2 \\ &\quad + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_{ij} - x_i - x_j + x)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_{ij\lambda} - x_{ij})^2 \\ &\quad + 2 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_i - x)(x_j - x) + 2 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_i - x)(x_{ij} - x_i - x_j + x) \\ &\quad + 2 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_j - x)(x_{ij} - x_i - x_j + x) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= b \sum_{i=1}^a n_i (x_i - x)^2 + d \sum_{j=1}^b (x_j - x)^2 \\
 &+ \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b n_i (x_{ij} - x_i - x_j + x)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_{ij\lambda} - x_{ij})^2 \\
 &+ 2 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b n_i (x_i - x)(x_j - x) + 2 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b n_i (x_i - x)(x_{ij} - x_i - x_j + x) \\
 &+ 2 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b n_i (x_j - x)(x_{ij} - x_i - x_j + x)
 \end{aligned}$$

最終的に以下となる。

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_{ij\lambda} - x)^2 &= b \sum_{i=1}^a n_i (x_i - x)^2 + d \sum_{j=1}^b (x_j - x)^2 \\
 &+ \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b n_i (x_{ij} - x_i - x_j + x)^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_i} (x_{ij\lambda} - x_{ij})^2 \\
 &+ 2 \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b n_i (x_j - x)(x_{ij} - x_i - x_j + x)
 \end{aligned}$$

この式で $n_i \neq n_j$ の場合、最後の項は一般に 0 にならない。

4. 多重比較

4.1 プログラムの利用法

多重比較の分析実行画面を図 12 に示す。内容はほぼ新しく入れ替えた。多重比較は 2 群間比較の集まりであるから、Bonferroni 法を基本として、Holm-Bonferroni 法も選択できるようにした。さらに、対応のない場合に、最近よく利用されている方法として、正規性と等分散性がある場合の Tukey-Kramer 法、正規性がある場合の Games-Howel 法、正規性がない場合の Steel-Dwass 法を加えてある。これは丁度 Welch の分散分析を加えた 1 元配置実験計画法の手法に重なる。これらの検定に対して、事前の分散分析等の比較が必要であるか否かは、諸説あるので言及は避ける。



図 12 多重比較実行画面

結果の出力形式は Bonferroni t 検定等では検定確率が、Tukey-Kramer 法等では図 13 のように検定結果が表示される。Bonferroni 法の検定確率は 2 群の検定確率に実行回数をかけて表示される。

Tukey-Kramer の方法		条件1	条件2	条件3
▶ データ数		10	10	10
平均	114.000	120.200	112.900	
不偏分散	22.000	17.956	22.989	
Pooled 不偏分散	20.981			
自由度	27			
確率範囲(両側)	条件1	条件2	条件3	
条件1		p<0.05	n.s.	
条件2	p<0.05		p<0.01	
条件3	n.s.	p<0.01		

図 13 Tukey-Kramer 法の検定結果

4.2 新しく利用した理論

Holm-Bonferroni の方法^[7]

有意水準を α 、水準の数を a 、比較個数を m ($m = a(a-1)/2$) とし、検定確率を小さい順に p_1, p_2, \dots, p_m と並べ替える。

1) p_1 と α/m を比較する。

$p_1 \geq \alpha/m$ であるならば、以降すべて n. s. で検定終了

$p_1 < \alpha/m$ であるならば 1 番目は帰無仮説を棄却し、次へ

:

k) p_k と $\alpha/(m-k+1)$ を比較する。

$p_2 \geq \alpha/(m-k+1)$ であるならば、以降 n. s. で検定終了

$p_2 < \alpha/(m-k+1)$ であるならば k 番目は帰無仮説を棄却し、次へ

:

m) p_m と α を比較する。

$p_m \geq \alpha$ であるならば、n. s. で検定終了

$p_m < \alpha$ であるならば m 番目は帰無仮説を棄却して終了

Tukey-Kramer の方法^[8]

水準数を a 、全データ数を N 、全体の自由度を $\phi_E = N - a$ とする。水準 j について、データ数を n_j 、平均を \bar{x}_j 、不偏分散を u_j^2 とする。

$$\text{誤差分散} : V_E = \sum_{j=1}^a (n_j - 1) u_j^2 / \phi_E$$

$$\text{水準間の統計量} : t_{jk} = \frac{|\bar{x}_j - \bar{x}_k|}{\sqrt{V_E(1/n_j + 1/n_k)}} \times \sqrt{2}$$

スチューデント化された範囲の $\alpha \times 100\%$ 点 $q(a, \phi_E, \alpha)$ と t_{jk} より有意差を判定する。

Games-Howell の方法^[8]

水準数を a とする。水準 j について、データ数を n_j 、平均を \bar{x}_j 、不偏分散を u_j^2 とする。

$$\text{水準間比較の自由度} : \phi_{jk} = \frac{(u_j^2/n_j + u_k^2/n_k)^2}{u_j^4/n_j^2(n_j-1) + u_k^4/n_k^2(n_k-1)}$$

$$\text{水準間の統計量} : t_{jk} = \frac{|\bar{x}_j - \bar{x}_k|}{\sqrt{u_j^2/n_j + u_k^2/n_k}} \times \sqrt{2}$$

スチューデント化された範囲の $\alpha \times 100\%$ 点 $q(a, \phi_{jk}, \alpha)$ と t_{jk} より有意差を判定する。

Steel-Dwass の方法^[8]

水準数を a 、水準 j についてデータ数を n_j とする。

水準間 j, k のデータについて、標本の昇順に順位 r_i を付け、標本数の少ない群（1群とする、他は2群）の順位和 W を求める。

$$W = \sum_{i=1}^{n_1} r_i$$

標本数が多い場合を仮定 ($n_1, n_2 > 20$)

$$\begin{aligned} Z &= \frac{W - n_1(N+1)/2}{\sqrt{n_1 n_2 (N+1)/12}} \sim N(0, 1) \\ &\rightarrow \frac{|W - n_1(N+1)/2| - 1/2}{\sqrt{n_1 n_2 (N+1)/12}} \left[1 - \frac{1}{N(N^2-1)} \sum_{a=1}^e \tau_a (\tau_a^2 - 1) \right]^{-1/2} \end{aligned}$$

$$\text{水準間の統計量} : t_{jk} = Z \times \sqrt{2}$$

スチューデント化された範囲の $\alpha \times 100\%$ 点 $q(a, \phi_{jk}, \alpha)$ と t_{jk} より有意差を判定する。

参考文献とは分散の計算法が異なるが、同順位がない場合は一致する（最後の式の [] の中は同順位補正、その左の $-1/2$ は Yates 補正）。

5. おわりに

論文中で利用される統計分析は、理論の進歩やコンピュータの高速化によって次第に変化していく。2群間の量的データの比較検定では、正規性がなく等分散性がない場合に頑強であると言われる Brunner-Munzel 検定と、正規性がない場合の等分散性の検定である Fligner-Killeen 検定を加えた。これまで正規性がない場合、Wilcoxon の順位和検定を用いてきたが、今後は Brunner-Munzel 検定が Wilcoxon 順位和検定に置き換わるのか、正規性がない場合でも等分散性を検定して Wilcoxon 順位和検定か Brunner-Munzel 検定かを選ぶ

ことになるのか、今のところあいまいである。

実験計画法でも Welch の 1 元配置分散分析が一般的に使われ始めて、昔の 2 群間の検定のような構図ができてきた。さらに、この構図は正規性と等分散性がある場合の Tukey-Kramer 検定、正規性があり等分散性のない場合の Games-Howell 検定、正規性がない場合の Steel-Dwass 検定へと繋がって、多重比較まで含めた使い易い構造ができるようになって行くのかもしれない。

2 元配置分散分析では、繰り返し数が異なる場合の方法も導入できて、1 元配置と同じような使い方ができるようになった。また対応のある場合の 2 元配置分散分析も導入したが、1 つの水準に対応がなく、1 つの水準に対応がある場合については、繰り返し数が一定でない場合はまだ手付かずである。

今後、様々な数理的な検定手法が使われて行くようになると思うが、データの特徴を見て自分で考える記述統計的な考え方を忘れないようにしたい。

参考文献

- [1] 福井正康、データ分析フリーソフトウェア College Analysis、<https://sites.google.com/view/fukuimasayasu>
- [2] 金城俊哉、R 統計解析パーソナルマスター（R4 完全対応）[統計&機械学習第 2 版]、秀和システム、2022
- [3] 奥村 晴彦氏のページ、[Brunner-Munzel 検定 \(okumuralab.org\)](https://okumuralab.org/~okumura/stat/brunner-munzel.html)
<https://okumuralab.org/~okumura/stat/brunner-munzel.html>
- [4] REAL STATISTICS USING EXCEL
[Welch's Test | Real Statistics Using Excel \(real-statistics.com\)](https://real-statistics.com/welchs-test-real-statistics-using-excel/)
<https://real-statistics.com/one-way-analysis-of-variance-anova/welchs-procedure/>
- [5] Hatena Blog、[多群の等分散性検定（2）－ Frigner-Killeen - Engineering Skills](https://oceanone.hatenablog.com/entry/2020/07/28/234435)
<https://oceanone.hatenablog.com/entry/2020/07/28/234435>
- [6] 田中豊他、パソコン統計解析ハンドブック<V 多変量分散分析・線形モデル編>、共立出版、1989。
- [7] Wikipedia、ホルム＝ボンフェローニ法
- [8] Tukey-Kramer 法、Games-Howell 法、Steel-Dwass 法について
[多重比較検定 - Engineering Skills \(hatenablog.com\)](https://oceanone.hatenablog.com/entry/2020/06/10/030548)
<https://oceanone.hatenablog.com/entry/2020/06/10/030548>
[多重比較検定（2）－ Games-Howell - Engineering Skills \(hatenablog.com\)](https://oceanone.hatenablog.com/entry/2020/06/28/035710)
<https://oceanone.hatenablog.com/entry/2020/06/28/035710>

Addition of Functions to the Analysis Software College Analysis - Experimental design and multiple comparisons -

Masayasu FUKUI^{*1}, Tomohito MUNAKATA^{*1}, Rintaro AOKI^{*1}
and Yoko MATSUMOTO^{*2}

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

**2 Department of Nursing, Faculty of Nursing,
Fukuyama Heisei University*

Abstract: The analysis software College Analysis continues to be revised. This time, new analyses have been added to the two-group test for quantitative data, and the experimental design and multiple comparisons have been significantly revised. In particular, Welch's one-way analysis of variance has been added to the experimental design, and methods such as the Holm-Bonferroni test, Tukey-Kramer test, Games-Howell test, and Steel-Dwass test have been adopted for multiple comparisons, making the analysis procedure similar to that of the two-group test.

Key Words: experimental design, analysis of variance, statistics, College Analysis

福山平成大学経営学部紀要
第 21 号 (2025), 51–67 頁

AI による統計教育の可能性 — Google Colaboratory と Gemini の利用 —

福井 正康^{*1}・宗像 智仁^{*1}・青木 麟太郎^{*1}

^{*1} 福山平成大学経営学部経営学科

要旨： 現時点で、統計分析の教育に AI はどの程度利用できるのか、実際の授業のデータを用いて考察した。利用したソフトは Google Colaboratory と Gemini である。Gemini が作る Python プログラムをできるだけ修正せずに利用し、データ科学の授業で用いた分析がどれだけ再現できるか検討した。

キーワード： 統計分析、Python、Gemini、Google Colaboratory

1. はじめに

著者の 1 人（福井）は 1997 年から社会システム分析ソフト College Analysis（以後 C.Analysis と略す）の開発を続けてきた。プログラムは初心者にもかなり使い易い形になり、統計の授業でも、集計、検定、多変量解析と半期で一通り分析が経験できるようになった^[1]。しかし、最近の AI の発達を考えると、このように分析実行画面中のボタンをクリックするような標準的なソフトが、言葉で分析を行う形式に変わって行くのではないかと考えるようになった。そこで、AI による Python プログラムの自動生成を用いた統計分析の授業の可能性を検討することにした。

方法は、実際に C.Analysis を用いて行っているデータ科学の授業の例題や問題を、まず著者ら 3 人で解いていくというものである。使うツールは無料で利用可能な Google Colaboratory と AI ツール Gemini（2024 年 12 月のバージョン）である。プログラムの生成はほぼ Gemini が行い、それを Colaboratory に貼り付けて分析を実行した。プログラムの修正はどうしても必要な最小限の範囲で行った。

もちろん授業で利用している C.Analysis の方が効率が良いことは明らかだが、AI によるプログラムの自動作成も、グラフの細かい修正から検定の自動実行まで、かなり能力が高い。まだ利用者の入力によって AI への伝わり方に大きな差が生じたり、一度生成したプログラムからなかなか抜け出せなかったり、問題は多く残っているが、ある程度分析の分かっている学生に、ゼミなどで試みるには非常に興味ある教材である。この報告は首尾一貫した方法による検証ではなく、あくまで著者らの感想である。また著者らは Python が使えると言い難いので、Python に詳しい人からは冗長的な作業や間違った作業をしているように見えるかも知れない。これもまた著者らが受講生のレベルと大差ないということで、むしろ実態に即していると大目に見てもらいたい。

利用したデータの形式としては、群別にデータが並んでいる形式、1列目でデータを分割する形式、対応があるデータの形式であるが、それらの形式はC.Analysisのメニューに従い、本文中「群別データから」、「先頭列で群分け」、「対応があるデータから」と呼んでいる。

2. 教材の内容

ここでは著者らが利用した教材について簡単に説明する。教材は「データ科学のための数理統計」という名称の半期授業の配布プリントである。数理統計とあるが実態は数学的な内容は少し横に置いて、様々な統計分析の方法を実践的に身につける授業である。その内容は表1の通りであるが、時間がある場合はそれまでの授業の内容を復習する演習問題を実施している。

表1 授業の内容

実行回	主題	内容
第1回	質的データの集計	分割表の作成と棒グラフ、円グラフなどの描画
第2回	量的データの集計	度数分布表やヒストグラムの描画と要約統計量の導出
第3回	相関と回帰分析・演習	散布図と回帰直線の描画と相関係数の導出、回帰分析の実行
第4回	密度関数と正規分布	正規分布の性質と統計的検定の準備（実習なし）
第5回	質的データの検定	適合度検定とカイ2乗検定
第6回	正規性の検定と指定値との比較検定	Shapiro-Wilkの検定と母平均のt検定、符号付順位和検定の選択
第7回	対応のない2群間の量的データの比較検定	t検定、Welchのt検定、順位和検定の選択・演習
第8回	対応のある2群間の量的データの比較検定	対応のあるt検定、符号付順位和検定の選択・演習
第9回	相関係数の検定と回帰分析の検定	相関係数と順位相関係数の選択と回帰式の有効性の検定・演習
第10回	実験計画法	1元配置分散分析とKruskal-Wallis検定の選択、対応のある検定、2元配置分散分析
第11回	重回帰分析	重回帰分析と変数選択
第12回	判別分析	2群と3群以上の判別分析
第13回	因子分析	主成分分析の考え方と因子分析
第14回	クラスター分析	クラスター分析とk平均法
第15回	復習	復習の演習問題

授業で利用しているC.Analysisのデータは複数ページのデータで、ページ数と各ページの行数・列数を指定して、カンマ区切りの形式で保存している。Pythonでそれを直接読むことは著者らには難しいので、データのページを一度Excelに貼り付け、utf-8の文字コードに変換してcsvファイルとして保存し、使用している。これにより現在のデータサン

フルでは効率がかなり悪くなるが、教材をうまく作ることにより、1コマで1つか2つのデータファイルで効率的に授業を運用することも可能であろう。次章から分析実行上の注意点について見て行くこととする。

3. 集計と検定プログラムの自動作成

3.1 質的データの集計

最初に Google Colaboratory の実行画面を図 1 に示す。画面の右側が Gemini の実行画面である。Gemini に要求を伝え、作成されたプログラムを左側の Colaboratory に移し実行する。

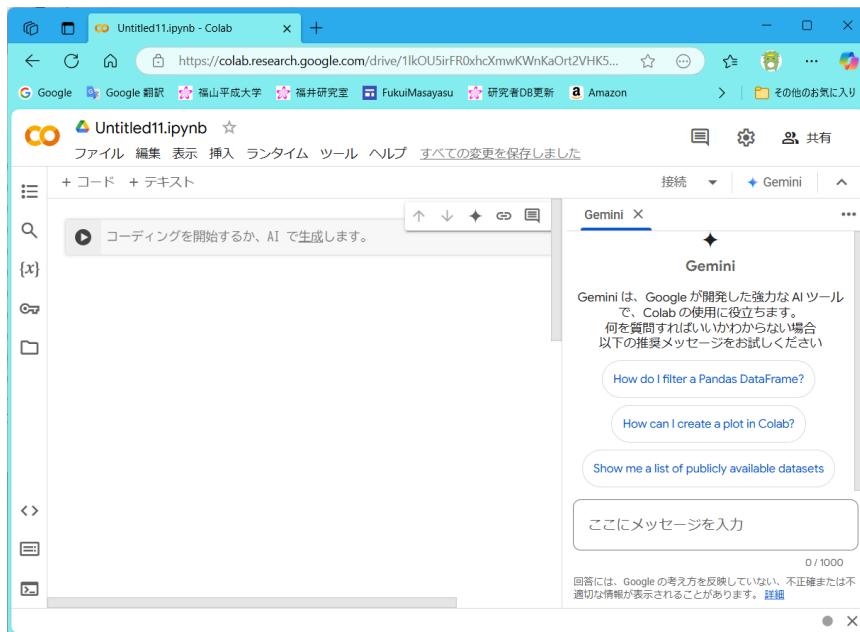


図1 Colaboratoryの実行画面

分析処理を行うにはまずデータの読み込みが必要である。最初の例として、著者らは文字コード utf-8 の図 2 のような csv ファイルを利用する。

	A	B	C	D
1		性別	回答	
2	1	1	1	1
3	2	2	1	1
4	3	1	2	
5	4	1	2	
6	5	2	1	
7	6	2	3	
8	7	1	1	

図2 テキスト 1_1.csv

まず Gemini に「ファイルをインポートしアップロードして」と伝えると、図 3 のようなプログラムが作成される。

◆ Gemini
わかった。ファイルを Google Colab にインポートしてアップロードする方法は次のとおりです。

1. ファイルを選択 ダイアログを開きます。

```
from google.colab import files  
uploaded = files.upload()  
  
Use code with caution  
  
これにより、ファイルを選択するためのボタンが表示されます。アップロードする  
ファイルを選択してください。
```

図 3 ファイルをアップロードするプログラム

場合によっては後ろに多くのプログラムが作成されるが、必要なければ無視する。また、この場合 2 行目の先頭にスペースが入って実行できなくなっているので、そのスペースを消す必要もある。これを左の Colaboratory に移して実行すると、ファイル選択のボタンが表示され、クリックしてファイルを選択すると、図 4 のような結果となる。

```
▶ from google.colab import files  
uploaded = files.upload()  
  
➡ ファイルの選択 テキスト1_1.csv  
• テキスト1_1.csv(text/csv) - 170 bytes, last modified: 2024/11/17 - 100% done  
Saving テキスト1_1.csv to テキスト1_1.csv
```

図 4 ファイル選択のプログラムの実行

次に「アップロードしたファイルを使って統計処理を行う準備をして」と入力すると、連続して 2 つのプログラムが表示され、まとめると図 5 のようになった。命令の仕方によってはなかなかうまく行かないこともあるので、少しプログラムを修正する必要もある。

```
▶ import pandas as pd  
import numpy as np  
  
df = pd.read_csv('テキスト1_1.csv')
```

図 5 ファイルの内容をデータフレームに読み込む

これで分析の準備が整ったが、データの読み込みは知識のない利用者にとっては負担であろう。部分的にプログラムを保存しておいて使うようにした方がよいと思う。

ファイルの読み込みを実行し、「性別ごとの人数を調べて」と命令すると図 6 のようなプログラムが作られ、「性別による 1 次元分割表をつくって」だと下に分割表を作るプログラムが続く。

```
▶ gender_freq_table = df['性別'].value_counts()  
print(gender_freq_table)  
  
➡ 性別  
1 11  
2 9  
Name: count, dtype: int64
```

図 6 性別ごとの人数を調べる（1 次元分割表）

AIによる統計教育の可能性

次に、「性別と回答で2次元分割表をつくって」と入力すると、図7のような結果になる。

```
❶ # 2次元分割表を作成
❷ cross_tab = pd.crosstab(df['性別'], df['回答'])

❸ # 結果を表示
❹ print(cross_tab)

❺ 答案 1 2 3
性別
1 5 5 1
2 5 1 3
```

図7 性別と回答の2次元分割表の表示

次に円グラフを描くことを試みる。前のプログラムで作っていた`gender_freq_table`を使って「`gender_freq_table`のデータで円グラフを描いて」としてみた。その結果タイトルが日本語で描けなかったので、続けて「日本語でタイトルを描けるように」などとすると最終的に図8のプログラムになった。ここで、多少必要と思われる部分は追加し、不要と思われる部分は取り除いている。



図8 円グラフの描画

タイトル名を付けてくれるなど興味深い点はあるが、人間が考えるような、描画に最低限必要なプログラムの表示はなかなか難しく、プログラムのちょっとした削除や追加は利用者が行わなければならないだろう。

次に性別と回答で帯グラフを作ろうと思い、「`cross_tab`を使って性別と回答で帯グラフをつくって」としたところ図9の左端のプログラムになった。そこで「グラフを横に表示して」としたところ左から2番目のグラフ、帯グラフのように揃えたいと思い「割合で表示して」としたところ、右端のグラフになった。

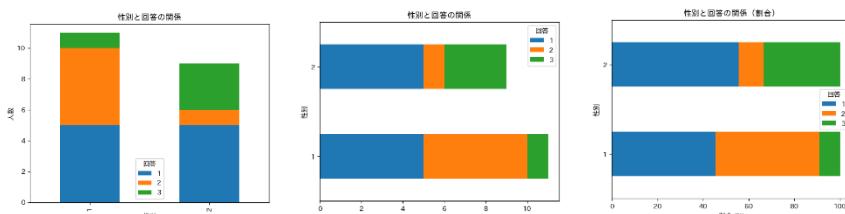


図9 帯グラフの作成過程

最後に「凡例を枠の外にして」としたところ、最終的に図 10 のような結果になった。

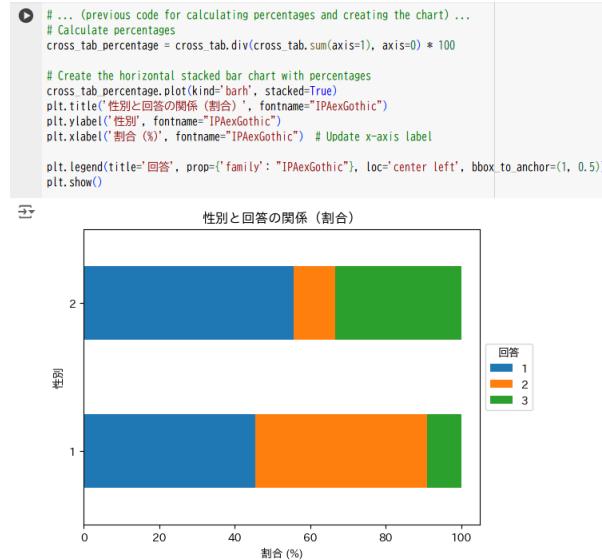


図 10 帯グラフの描画

3.2 量的データの集計

量的データの集計について、ここでは文字コード utf-8 の図 11 のような csv ファイルを利用している。

	A	B	C	D	E
1		学校	身長	体重	
2	1	2	169	71	
3	2	1	175	68	
4	3	2	170	67	
5	4	1	179	72	
6	5	1	176	69	
7	6	2	174	81	
8	7	2	173	75	
9	8	1	181	65	

図 11 テキスト 1_2.csv

省略しているが、データフレーム df を 'テキスト 1_2.csv' で作っているので、「df を使って身長について度数分布表をつくって」としてみた。結果は 1 の分割幅で度数分布表を作ったので、「5 きざみにして」とすると 5 刻みになったのだが、初期値が 166 で、順番が大きさの順に並んでいなかった。そこで、「初期値を 165 にして、大きさの順に」、「階級を 165-170 のようにして」などと伝えて図 12 のようなプログラムと実行結果になった。

AIによる統計教育の可能性

```
import pandas as pd

# binsを定義
bins = range(165, df['身長'].max() + 5, 5)

# 階級ラベルを定義
labels = [f'{i}-{i+5}' for i in bins[:-1]]

# 度数分布表を作成
frequency_table = pd.cut(df['身長'], bins=bins, right=False, include_lowest=True, labels=labels).value_counts().sort_index().reset_index()
frequency_table.columns = ['階級', '度数']

# 度数分布表を表示
print(frequency_table)
```

階級	度数
165-170	4
170-175	7
175-180	7
180-185	2

図 12 初期値 165、5 区切りの度数分布表の描画

次に、「今の度数分布表をタイトルを日本語にしてヒストグラムにして」とすると少しの修正の後、図 13 のプログラムと実行結果となった。命令によりヒストグラムの棒同士を隣接して表示させることもできる。

```
# !pip install japanize matplotlib
import matplotlib.pyplot as plt
import japanize matplotlib #日本語化matplotlib

# ヒストグラムを作成
plt.bar(frequency_table['階級'], frequency_table['度数'])

# タイトルと軸ラベルを設定
plt.title('身長のヒストグラム') # タイトルを日本語で表示
plt.xlabel('階級')
plt.ylabel('度数')

# ヒストグラムを表示
plt.show()
```

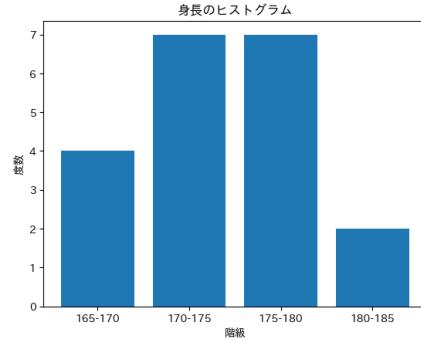


図 13 ヒストグラムの描画

次に、要約統計量について求めてみる。「身長と体重について、要約統計量を求めて」と伝えると図 14 のような結果となった。

```
# import pandas as pd

# Assuming your dataframe is named 'df'
height_weight_stats = df[['身長', '体重']].describe()

# Display the results
print(height_weight_stats)
```

	身長	体重
count	20.000000	20.000000
mean	173.800000	68.000000
std	4.572277	6.480741
min	166.000000	58.000000
25%	170.000000	62.000000
50%	173.500000	69.500000
75%	177.250000	72.250000
max	182.000000	81.000000

図 14 身長と体重の要約統計量の表示

また、「学校で分けて、身長と体重の平均と標準偏差を求めて」とすると、図 15 のような結果となった。

```

import pandas as pd

# Assuming your dataframe is named 'df' and school column is named '学校'
school stats = df.groupby('学校')[['身長', '体重']].agg(['mean', 'std'])

# Display the results
print(school stats)

学校           身長          体重
          mean      std      mean      std
1  176.555556  4.034573  68.555556  4.798727
2  171.545455  3.777926  67.545455  7.802098

```

図 15 学校別の身長と体重の平均と標準偏差

さらに、体重を身長で予測する回帰分析を行ってみる。まず、「体重と身長の相関係数を求めて」とすると、図 16 の結果となった。

```

import pandas as pd

# Assuming your dataframe is named 'df'
correlation = df[['体重']].corr(df['身長'])

# Display the result
print(f'Correlation between weight and height: {correlation}')

Correlation between weight and height: 0.5115480366660284

```

図 16 体重と身長の相関係数

次に、「体重を身長で予測する回帰式を求めて」とすると、図 17 のように、詳細な回帰分析の結果を表示してくれる。利用者側からすると予想外の詳しさであった。

```

import pandas as pd
import statsmodels.formula.api as smf

# Assuming your dataframe is named 'df'
model = smf.ols('体重 ~ 身長', data=df).fit()

# Display the regression equation
print(model.summary())

```

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	体重	R-squared:	0.262			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.221			
Method:	Least Squares	F-statistic:	6.380			
Date:	Sat, 30 Nov 2024	Prob (F-statistic):	0.0211			
Time:	16:32:15	Log-Likelihood:	-62.209			
Observations:	20	AIC:	128.4			
Df Residuals:	18	BIC:	130.4			
Df Model:	1					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	p> t	[0.025	0.975]
Intercept	-58.0781	49.909	-1.162	0.260	-162.872	46.836
身長	0.7251	0.287	2.526	0.021	0.122	1.328
Omnibus:	1.292	Durbin-Watson:	1.573			
Prob(Omnibus):	0.524	Jarque-Bera (JB):	0.723			
Skew:	0.464	Prob(JB):	0.697			
Kurtosis:	2.913	Cond. No.	6.78e+03			

Notes:
[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.
[2] The condition number is large, 6.78e+03. This might indicate that there are strong multicollinearity or other numerical problems.

図 17 体重を身長で予測する回帰分析

最後に、「体重を縦軸、身長を横軸にした回帰直線付きの散布図を描いて」と伝えた結果が図 18 である。全く問題なく散布図が描かれた。

```

import pandas as pd
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
import japanize_matplotlib

# Assuming your dataframe is named 'df'
sns.regplot(x='身長', y='体重', data=df)
plt.title('身長と体重の散布図') # Set title in Japanese
plt.xlabel('身長 (cm)') # Set x-axis label
plt.ylabel('体重 (kg)') # Set y-axis label
plt.show()

```

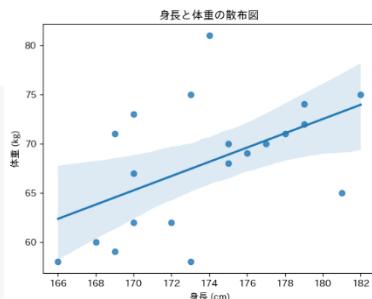


図 18 身長と体重の回帰直線付き散布図

4. 検定プログラムの自動作成

4.1 質的データの検定

この節では図 1 で与えられるデータから質的データの検定を行ってみよう。

	A	B	C	D	E	F	
1		地域	年収	支出	意見 1	意見 2	
2	1	1	583	49	2	3	
3	2	1	565	33	2	3	
4	3	2	508	32	1	3	
5	4	2	565	31	2	1	
6	5	1	594	57	2	3	
7	6	2	624	47	1	1	
8	7	1	617	48	2	1	
9	8	1	458	53	2	3	

図 1 質的データの検定のデータ

データを読み込んで、「意見 1 の 2 は過半数かどうかを適合度検定で検定して」と伝えると、図 2 のような結果となった。

```

❶ # 意見 1 が2であるデータの数を取得
count_2 = df['意見 1'][df['意見 1'] == 2].count()
# 意見 1 が2ではないデータの数を取得
count_other = df['意見 1'][df['意見 1'] != 2].count()
# 觀測度数
observed = [count_2, count_other]
# 期待度数 (過半数の場合)
expected = [len(df) / 2, len(df) / 2]

# 適合度検定を実行
chi2_stat, p_value = stats.chisquare(observed, expected)
# 結果を表示
print("カイ二乗統計量: {chi2_stat}")
print("p値: {p_value}")
# 有意水準を設定 (例: 0.05)
alpha = 0.05
# 検定結果の解釈
if p_value < alpha:
    print("意見 1 の2は過半数ではないと結論付けられます。") # 帰無仮説を棄却
else:
    print("意見 1 の2は過半数である可能性があります。") # 帰無仮説を棄却できない

❷ カイ二乗統計量: 4.5
p値: 0.033894853524689295
意見 1 の2は過半数ではないと結論付けられます。

```

図 2 適合度検定実行結果（間違い）

ここでは、 $p < \alpha$ であるにも関わらず、逆の結果を返している。「過半数」を「半数」に変えると正しい結果を返した。確かに検定は半数かどうかを検定するものであり、利用者の言葉の使い方も重要である。また、イエーツ補正が入っていなかったので、「イエーツ補正を入れて」と伝えたが、なかなか正しく伝わらなかった。

次に「地域と意見 1 でカイ 2 乗検定を実行して」と伝えたところ、図 3 のような結果が得られた。

```

from scipy import stats
import pandas as pd

# 地域と意見1で2次元分割表を作成
contingency_table = pd.crosstab(index=df['地域'], columns=df['意見1'])
# カイ二乗検定を実行
chi2_stat, p_value, dof, expected = stats.chi2_contingency(contingency_table)

# 結果を表示
print(f"カイ二乗統計量: {chi2_stat}")
print(f"p値: {p_value}")
print(f"自由度: {dof}")
#print(f"期待度数:{expected}") # 必要に応じて期待度数も表示
# 有意水準を設定 (例: 0.05)
alpha = 0.05

# 検定結果の解釈
if p_value < alpha:
    print("地域と意見1の間には関連があると考えられます。") # 帰無仮説を棄却
else:
    print("地域と意見1の間には関連がないと考えられます。") # 帰無仮説を棄却できない

```

カイ二乗統計量: 4.558815829056217
p値: 0.03274970982529953
自由度: 1
地域と意見1の間には関連があると考えられます。

図3 カイ2乗検定実行結果

ここではイエーツ補正が含まれている。

4.2 量的データの検定

前節のテキスト 9.csv を続けて利用して、量的データの検定を行ってみる。まず、「年収と支出の正規性を検定して」とすると図4のような結果となった。

```

# 年収データと支出データ
annual_income = df['年収']
expenditure = df['支出'] # 支出データの列名を適宜変更してください

# 年収データの正規性検定
statistic, p_value = stats.shapiro(annual_income)
print(f"年収データ:")
print(f" Shapiro-Wilk検定統計量: {statistic}")
print(f" p値: {p_value}")

# 支出データの正規性検定
statistic, p_value = stats.shapiro(expenditure)
print(f"支出データ:")
print(f" Shapiro-Wilk検定統計量: {statistic}")
print(f" p値: {p_value}")

# p値が有意水準（例: 0.05）より小さい場合、正規分布に従わないと判断
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print("データは正規分布に従う可能性があります。")
else:
    print("データは正規分布に従う可能性があります。")

```

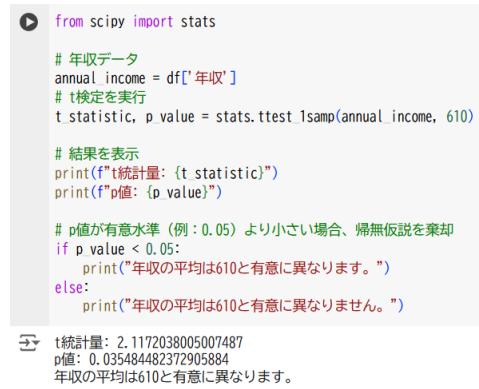
年収データ:
Shapiro-Wilk検定統計量: 0.7796757419767578
p値: 4.648139816004471e-16
支出データ:
Shapiro-Wilk検定統計量: 0.9955009052789505
p値: 0.8205125796388365
データは正規分布に従う可能性があります。

図4 正規性の検定

ここでは年収と支出両方を一度に検定したため、結果の文章は後者の結果だけを表示したようである。

次に、「年収の平均が 610 と等しいか検定して」と伝えたところ、図5の結果が得られた。

AIによる統計教育の可能性



```
from scipy import stats

# 年収データ
annual_income = df['年収']
# t検定を実行
t_statistic, p_value = stats.ttest_1samp(annual_income, 610)

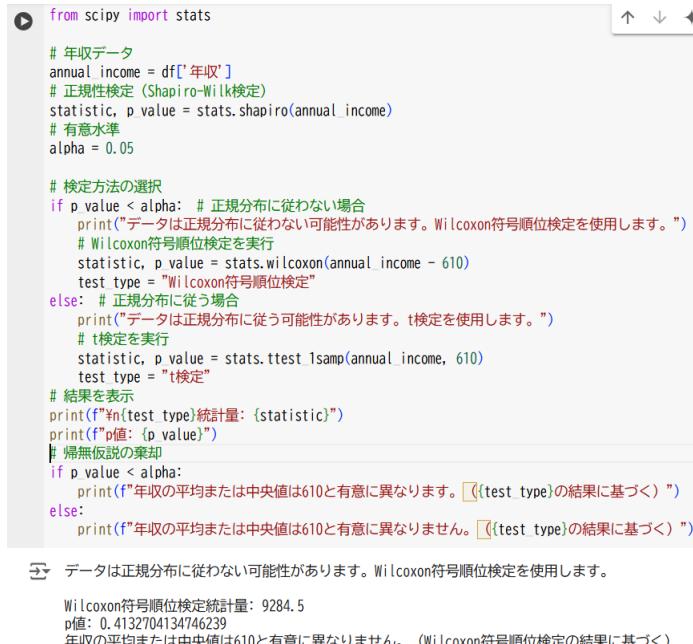
# 結果を表示
print(f"t統計量: {t_statistic}")
print(f"p値: {p_value}")

# p値が有意水準（例: 0.05）より小さい場合、帰無仮説を棄却
if p_value < 0.05:
    print("年収の平均は610と有意に異なります。")
else:
    print("年収の平均は610と有意に異りません。")
```

→ t統計量: 2.1172038005007487
p値: 0.035484482372905884
年収の平均は610と有意に異なります。

図 5 母平均の t 検定

年収には正規性がなかったので質問を変えて「年収の中央値が 610 と等しいか検定して」と伝えたところ、Wilcoxon 符号付順位和検定を選び、結果を出力した。そこで「年収の平均または中央値が 610 と等しいか検定方法を選んで検定して」としたところ、図 6 の結果を得た。



```
from scipy import stats

# 年収データ
annual_income = df['年収']
# 正規性検定 (Shapiro-Wilk 検定)
statistic, p_value = stats.shapiro(annual_income)
# 有意水準
alpha = 0.05

# 検定方法の選択
if p_value < alpha: # 正規分布に従わない場合
    print("データは正規分布に従わない可能性があります。Wilcoxon符号順位検定を使用します。")
    # Wilcoxon符号順位検定を実行
    statistic, p_value = stats.wilcoxon(annual_income - 610)
    test_type = "Wilcoxon符号順位検定"
else: # 正規分布に従う場合
    print("データは正規分布に従う可能性があります。t検定を使用します。")
    # t検定を実行
    statistic, p_value = stats.ttest_1samp(annual_income, 610)
    test_type = "t検定"
# 結果を表示
print(f"({test_type})統計量: {statistic}")
print(f"({test_type})p値: {p_value}")
# 帰無仮説の棄却
if p_value < alpha:
    print(f"({test_type})年収の平均または中央値は610と有意に異なります。({test_type})の結果に基づく")
else:
    print(f"({test_type})年収の平均または中央値は610と有意に異りません。({test_type})の結果に基づく")
```

→ データは正規分布に従わない可能性があります。Wilcoxon符号順位検定を使用します。

Wilcoxon符号順位検定統計量: 9284.5
p値: 0.4132704134746239
年収の平均または中央値は610と有意に異なりません。 (Wilcoxon符号順位検定の結果に基づく)

図 6 検定を選んだ指定値との比較検定

これは正規性の検定に基づいた検定結果になっている。ここで、Wilcoxon の符号付順位和検定にはイエーツ補正が（おそらく同順位補正も）含まれているようである。

最後に量的データの比較検定を行ってみる。「df の地域で分けて支出を比較して検定して」としてみたところ、正規性の検定は行ったが等分散性の検定は行わなかった。そこで続けて「等分散性の検定も加えて」としたところ、最終的に図 7 の結果となった。

```

import pandas as pd
from scipy import stats

# 地域のリストを取得
regions = df['地域'].unique()
# 地域ごとに検定を実行
for region1 in regions:
    for region2 in regions:
        if region1 != region2:
            # 地域1と地域2の支出データを抽出
            expenditure1 = df[df['地域'] == region1]['支出']
            expenditure2 = df[df['地域'] == region2]['支出']

            # 正規性検定 (Shapiro-Wilk検定)
            p_value_norm1 = stats.shapiro(expenditure1)
            p_value_norm2 = stats.shapiro(expenditure2)
            # 等分散性検定 (Bartlett検定)
            statistic, p_value_var = stats.bartlett(expenditure1, expenditure2)
            # 有意水準
            alpha = 0.05

            # 検定方法の選択
            if p_value_norm1 < alpha or p_value_norm2 < alpha: # 正規分布に従わない場合
                print(f"地域 {region1} と {region2} の支出データは正規分布に従わない可能性があります。Mann-WhitneyのU検定を使用します。")
                # Mann-WhitneyのU検定を実行
                statistic, p_value = stats.mannwhitneyu(expenditure1, expenditure2)
                test_type = "Mann-WhitneyのU検定"
            else: # 正規分布に従う場合
                if p_value_var < alpha: # 等分散性を仮定できない場合
                    print(f"地域 {region1} と {region2} の支出データは等分散性を仮定できません。Welchのt検定を使用します。")
                    # Welchのt検定を実行 (等分散性を仮定しない)
                    statistic, p_value = stats.ttest_ind(expenditure1, expenditure2, equal_var=False)
                    test_type = "Welchのt検定"
                else: # 等分散性を仮定できる場合
                    print(f"地域 {region1} と {region2} の支出データは等分散性を仮定できます。Studentのt検定を使用します。")
                    # Studentのt検定を実行 (等分散性を仮定)
                    statistic, p_value = stats.ttest_ind(expenditure1, expenditure2, equal_var=True)
                    test_type = "Studentのt検定"
            # 結果を表示
            print(f"\n[test_type]統計量: {statistic}")
            print(f"p値: {p_value}")
            # 帰無仮説の棄却
            if p_value < alpha:
                print(f"地域 {region1} と {region2} の支出は有意に異なります。({test_type}の結果に基づく)")
            else:
                print(f"地域 {region1} と {region2} の支出は有意に異なりません。({test_type}の結果に基づく)")
            print("-" * 30)

```

➡ 地域 1 と 2 の支出データは等分散性を仮定できます。Studentのt検定を使用します。

Studentのt検定統計量: -1.568391085439936
p値: 0.11838661565589303
地域 1 と 2 の支出は有意に異なりません。 (Studentのt検定の結果に基づく)

➡ 地域 2 と 1 の支出データは等分散性を仮定できます。Studentのt検定を使用します。

Studentのt検定統計量: 1.568391085439936
p値: 0.11838661565589303
地域 2 と 1 の支出は有意に異なりません。 (Studentのt検定の結果に基づく)

図 7 検定を選んだ 2 群間の比較検定

このプログラムから、2 群とも正規性があるなら、等分散性の検定を行い t 検定か Welch の t 検定 (たぶん) かを決める。一方でも正規性がなければ、Mann-Whitney の U 検定 (Wilcoxon の順位和検定) を行うというストーリーが読み取れる。結果として、地域 1 と 地域 2、地域 2 と地域 1 の比較になっているところは愛嬌である。

4.3 実験計画法

2 群間の差の検定では先頭列で群分け形式のデータを使ったが、ここでは群別に分かれた図 8 のデータを使って検定を試みる。

	A	B	C	D	
1		条件 1	条件 2	条件 3	
2	1	115	121	116	
3	2	110	118	112	
4	3	108	124	120	
5	4	114	117	111	
6	5	120	119	112	
7	6	116	130	108	
8	7	108	121	114	
9	8	112	115	119	
10	9	115	118	104	
11	10	122	119	113	
12					

図 8 実験計画法で利用するデータ

まず「df の条件 1、条件 2、条件 3 のデータを使って平均値の差の検定を行って」としたところ、対応のない場合と対応のある場合の両方を示してくれた。そこで、「df の条件 1、条件 2、条件 3 の対応のないデータを使って平均値の差の検定を行って」としたところ、1 元配置分散分析と Kruskal-Wallis 検定の両方を出力してくれた。2 つをまとめた結果を図 9 に示す。

```

import pandas as pd
from scipy import stats

# 一元配置分散分析
fvalue, pvalue = stats.f_oneway(df['条件 1'], df['条件 2'], df['条件 3'])

# 結果の出力
print(f"一元配置分散分析 : F値={fvalue:.2f}, p値={pvalue:.3f}")

# Kruskal-Wallis検定
hvalue, pvalue = stats.kruskal(df['条件 1'], df['条件 2'], df['条件 3'])

# 結果の出力
print(f"Kruskal-Wallis検定 : H値={hvalue:.2f}, p値={pvalue:.3f}")

# 一元配置分散分析 : F値=7.38, p値=0.003
# Kruskal-Wallis検定 : H値=10.27, p値=0.006

```

図 9 3 群間の対応のない差の検定

ここでは検定の自動選択は行わなかった。

次に、対応があるデータとして検定を行おうと「df の条件 1、条件 2、条件 3 のデータを使って対応のある平均値の差の検定を行って」としたところ、図 10 の結果を得た。

```

import pandas as pd
from scipy import stats

# Friedman検定の実行
friedman_result = stats.friedmanchisquare(df['条件 1'], df['条件 2'], df['条件 3'])

# 結果の出力
print(friedman_result)

# FriedmanchisquareResult(statistic=7.40000000000006, pvalue=0.02472352647033933)

```

図 10 3 群間の対応のある差の検定

ここでは検定方法として Friedman 検定を選んでいるが、これがデフォルトであるものと考える。実際正規性の検定を行うと非正規にならなかった。本来は繰り返しのない 2 元配置分散分析が妥当であろう。

5. 多変量解析プログラムの自動作成

この章では図 1 に与えられる統一したデータを使って分析を実行する。これは授業の試験問題として作られた架空のデータである。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	性別	大学成績	高校成績	勉強時間	出席率	クラブ活動	アルバイト	
2	1	1	73	72	3	62	2	2
3	2	2	67	70	3	73	2	2
4	3	1	70	77	3	70	2	2
5	4	2	89	85	7	76	1	3
6	5	2	77	68	5	91	2	2
7	6	1	69	64	3	67	2	1
8	7	1	70	68	2	64	2	1
9	8	2	83	88	6	72	2	2
10	9	1	70	71	2	69	1	1

図 1 多変量解析用のデータ

5.1 重回帰分析

ここでは重回帰分析を実行してみる。「df の大学成績を目的変数に、高校成績、勉強時間、出席率を説明変数にして重回帰分析を行って」とすると図 2 の結果が得られた。

```

❶ import statsmodels.formula.api as smf
❷ # 重回帰分析の実行
❸ model = smf.ols('大学成績 ~ 高校成績 + 勉強時間 + 出席率', data=df).fit()
❹ # 結果の表示
❺ print(model.summary())

```

OLS Regression Results

Dep. Variable:	大学成績	R-squared:	0.303			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.271			
Method:	Least Squares	F-statistic:	9.544			
Date:	Tue, 10 Dec 2024	Prob (F-statistic):	2.55e-05			
Time:	16:48:40	Log-Likelihood:	-220.58			
No. Observations:	70	AIC:	449.2			
Df Residuals:	66	BIC:	458.2			
Df Model:	3	Covariance Type:	nonrobust			
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	40.2301	8.214	4.898	0.000	23.831	56.629
高校成績	0.2694	0.104	2.588	0.012	0.062	0.477
勉強時間	0.5971	0.615	0.971	0.335	-0.631	1.825
出席率	0.1249	0.077	1.621	0.110	-0.029	0.279
Omnibus:	0.837	Durbin-Watson:	1.631			
Prob(Omnibus):	0.658	Jarque-Bera (JB):	0.534			
Skew:	0.212	Prob(JB):	0.766			
Kurtosis:	3.058	Cond. No.	1.19e+03			

Notes:

[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.
[2] The condition number is large, 1.19e+03. This might indicate that there are strong multicollinearity or other numerical problems.

図 2 重回帰分析

これでほぼ結果は出ている。さらに変数自動選択を行ってみようとしたが、簡単に結果は求められなかった。ちなみに「df の大学成績を目的変数に、高校成績、勉強時間、出席率

を説明変数にして、変数増減法で、追加の p 値を 0.1 に、削除の p 値を 0.05 にして、重回帰分析を行って」として、ChatGPT に聞いてみたところ、正解が得られた。

次に、「model を使って予測値と残差を並べて出力して」とすると、図 3 に与えられる結果が出力された。

```
❶ import statsmodels.formula.api as smf

❷ # 重回帰分析の実行
model = smf.ols('大学成績 ~ 高校成績 + 勉強時間 + 出席率', data=df).fit()

❸ # 予測値と残差を計算
predictions = model.predict(df)
residuals = df['大学成績'] - predictions

❹ # データフレームに予測値と残差を追加
df['予測値'] = predictions
df['残差'] = residuals

❺ # 結果の表示
print(df)
```

	Unnamed: 0	性別	大学成績	高校成績	勉強時間	出席率	クラブ活動	アルバイト	予測値	残差
0	1	1	73	72	3	62	2	2	69.159458	3.840542
1	2	2	67	70	3	73	2	2	69.994336	-2.994336
2	3	1	70	77	3	70	2	2	71.505385	-1.505385
3	4	2	89	85	7	76	1	3	76.798283	12.201717
4	5	2	77	68	5	91	2	2	72.897640	4.102360
..
65	66	1	58	61	1	62	1	2	65.001961	-7.001961
66	67	2	62	72	4	59	2	2	69.381972	-7.381972
67	68	1	65	68	2	59	1	2	67.110153	-2.110153
68	69	1	68	63	3	96	1	2	70.980822	-2.980822
69	70	1	72	80	1	54	1	1	69.121218	2.878782

[70 rows x 10 columns]

図 3 予測値と残差の出力

5.2 因子分析

ここでは因子分析を実行する。「df の大学成績、高校成績、勉強時間、出席率を使って、因子数 2 つの因子分析を実行して」と伝えたところ（少し追加して）図 4 の結果を出力した。

```
❶ import pandas as pd
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
!pip install --upgrade factor_analyzer
from factor_analyzer import FactorAnalyzer

❷ # データの準備
data = df[['大学成績', '高校成績', '勉強時間', '出席率']]

❸ # データの標準化
scaler = StandardScaler()
scaled_data = scaler.fit_transform(data)

❹ # 因子分析の実行
fa = FactorAnalyzer(n_factors=2, rotation="varimax")
fa.fit(scaled_data)

❺ # 因子負荷量を表示
print("因子負荷量:")
print(fa.loadings_)

❻ # 因子得点の算出
factor_scores = fa.transform(scaled_data)

❼ # 因子得点をデータフレームに追加
df['因子1'] = factor_scores[:, 0]
df['因子2'] = factor_scores[:, 1]

❽ # 結果を表示
print("因子得点を含むデータフレーム:")
print(df)
```

Successfully installed factor_analyzer-0.5.1
因子負荷量:
[[0.4490863 0.37926702]
[0.90718601 0.19040574]
[0.51352504 0.59745953]
[0.17534468 0.8367954]]
因子得点を含むデータフレーム:
table

	Unnamed: 0	性別	大学成績	高校成績	勉強時間	出席率	クラブ活動	アルバイト	因子1	因子2
0	1	1	73	72	3	62	2	2	0.272108	0.551324
1	2	2	67	70	3	73	2	2	-0.165766	0.137787
2	3	1	70	77	3	70	2	2	0.667749	-0.218843
3	4	2	89	85	7	76	1	3	1.779261	0.839036
4	5	2	77	68	5	91	2	2	-0.492858	1.807739
..
65	66	1	58	61	1	62	1	2	-1.137520	-0.754515
66	67	2	62	72	4	59	2	2	0.273934	-0.712627
67	68	1	65	68	2	59	1	2	-0.226710	-0.894687
68	69	1	68	63	3	96	1	2	-1.277956	1.826983
69	70	1	72	80	1	54	1	1	1.170348	-1.640994

[70 rows x 10 columns]

図 4 因子分析出力結果

この結果の因子負荷量推定法は主因子法、回転はバリマックス回転を利用しているようである。試しに主成分分析法を使うように指示したら、主成分分析の固有ベクトルの値と主成分得点が表示された。分析について知らないと解釈を間違う可能性がある事例である。

5.3 クラスター分析

ここではクラスター分析を行うが、「df の大学成績、高校成績、勉強時間、出席率を使ってクラスター分析を実行して」とすると k 平均法が選択され、図 5 のような分析結果が表示される（プログラム略）。

```

[0,0,2,2,1,2,1,0,1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,0,0,1,0,2,2,0,0,2,0,0,1
1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,2,0,0,0,2,1,2,0,1,0,1,1,1,1,1,0,1
Unnamed: 0  作業   大成成績  高成績成績  勉強時間   出席率   クラブ活動  アルバイト
1   2   2   67   70   3   73   2   69,494336,-2,994336
2   3   1   70   77   3   70   2   71,505385,-1,505385
3   4   2   89   85   7   76   1   76,798283,12,2071717
4   5   2   77   68   5   91   2   72,891640,4,102360
5   6   1   58   61   1   62   1   2   65,019161,-7,001961
6   66   1   58   61   1   62   1   2   65,019161,-7,001961
67   69   1   65   68   2   59   1   2   69,110532,-2,988022
68   69   1   68   63   3   96   1   2   70,988282,-2,988022
69   70   1   72   80   1   54   1   1   69,121218,2,878782

cluster
0   0
1   0
2   0
3   0
4   2
..  ...
1   1
66   0
67   1
68   0
69   0

```

図 5 クラスター分析 (k 平均法)

そこで続けて「デンドログラムも表示して」と伝えると、階層型のクラスター分析になり、図6のような結果となる。

```
import pandas as pd
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
import scipy.cluster.hierarchy as sch
import matplotlib.pyplot as plt

# データの準備
data = df[['大学成績', '高校成績', '勉強時間', '出席率']]

# データの標準化
scaler = StandardScaler()
scaled_data = scaler.fit_transform(data)

# デンドログラムの作成と表示
plt.figure(figsize=(10, 7)) # デンドログラムのサイズを設定
dendrogram = sch.dendrogram(sch.linkage(scaled_data, method='ward'))
plt.title('Dendrogram')
plt.xlabel('Samples')
plt.ylabel('Euclidean distances')
plt.show()
```

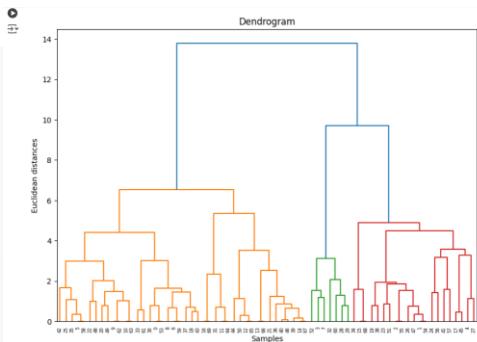


図 6 階層的クラスター分析

ここでは自動的にユークリッド距離と Ward 法が選択されている。この後で「クラスター構成法を最長距離法にして」などと注文することもできる。ここでのユークリッド距離は標準化したデータ間でのユークリッド距離であり、C.Analysis の標準化ユークリッド距離に相当する。

6. おわりに

現時点での統計分析の授業にAIはどの程度利用できるか、実際の授業のデータを用いて考察した。利用したソフトはGoogle ClaboratoryとGeminiである。データをExcelに与え

て utf-8 のコードで書かれた csv ファイルに変換し、分析用のデータとした。Gemini に Python のプログラムを作らせ、できるだけ手で修正せずに、出力された結果をそのまま利用した（少しだけ手を加えたところもある）。

質的データの集計では分割表とグラフを中心にプログラムを作成した。グラフについては、命令の仕方によってかなり細かい修正まで可能であった。量的データの集計では、度数分布表、ヒストグラム、要約統計量の作成を中心とした。データの形式は「群別データから」でも「先頭列で群分け」でも同じように扱うことができた。相関と回帰分析のところでは、一気に回答が出るため、それ以上の処理は行わなかった。

検定ではデータからの検定が楽である。分割表からの χ^2 検定などは、Gemini に真意を伝えるのにかなりの試行錯誤が必要であった。量的データでは、正規性や等分散性による分析の選択が予想以上にうまく伝えられた。これは実験計画法でも同じである。イェツ補正や同順位補正などについては、デフォルトが決まっているようであるが、ユーザーからの変更は伝わりにくかった。

最後に、多変量解析については、パッケージが必要な情報を自動的に多く出力してくれるため、あまり悩むことはない。ただ、利用者が分析のことをかなり知っていないと誤った解釈をしてしまう恐れもある。

現段階で AI を使った統計分析は、分析 1 つにかなりの時間がかかるため、統計を教えるという意味では GUI ソフトにかなわない。また、プログラムエラーもあるし、強制的に値を与えてさも回答のように見える場合もある。やはりユーザーには統計とプログラムの知識はある程度必要である。以上をまとめると、AI を利用した統計分析の授業は可能である。しかし、統計を教えるということではなく、AI の応用の一つとして AI の使い方を教えるということになると思う。統計は統計でまた別途教える必要がある。また、受講人数についても SA などがない授業では 10 数人が限界ではないだろうか。必ずプログラムエラーでつまずく学生が出てくるように思う。現時点では、ゼミなどでの活用が望ましいのではないだろうか。

参考文献

- [1] 福井正康, データ分析フリーソフトウェア,
<https://sites.google.com/view/fukuimasayasu>
- [2] 塙本邦尊他, 東京大学のデータサイエンティスト育成講座, マイナビ出版, 2019

福井 正康・宗像 智仁・青木 麟太郎

福山平成大学経営学部紀要
第 21 号 (2025), 69-87 頁

「中小企業における女性後継者の事業承継に関するアンケート調査結果」報告

堀越 昌和^{*1}・亀井 克之^{*2}・栗岡 住子^{*3}・村上 義昭^{*4}

^{*1} 福山平成大学経営学部経営学科

^{*2} 関西大学社会安全学部

^{*3} 桃山学院教育大学人間教育学部

^{*4} 大阪商業大学総合経営学部

要旨：本稿は、筆者が実施した「中小企業における女性後継者の事業承継に関するアンケート調査」のうち、事業承継プロセスに関する結果を中心に報告するものである。主な結果から、次の 2 点が示唆された。①彼女らの多くは、もともと後継者として期待されておらず、入社動機も積極的とは言い難い状況に置かれていたこと、②入社後おいても、自身が事業を承継することに対して、積極的に捉える状況に置かれていない女性後継者の姿が浮かび上がったこと、である。

キーワード：ジェンダー、女性後継者、事業承継、中小企業

1. はじめに

わが国では近年、後継者難の緩和や新たなビジネスチャンス創出の担い手としての女性への期待が高まっている。こうした背景から近年、女性を後継者とした中小企業の事業承継の実態や課題に関する学術的議論が進み、先行研究からは、「女性」ゆえに困難に直面する後継者像が浮かび上がってくる。他方で、先行研究の多くが、ファミリービジネスにおいて、経営者の子女が事業を承継するまでのプロセスを対象としたもので、承継後のパフォーマンスの要件に関する議論は少ない¹。以上の背景を踏まえ、筆者は、これまで実質的に手付かずであった、中小企業における女性後継者の承継後企業パフォーマンスの決定要因の解明に向けた手がかりを探るべく、2024年に「中小企業における女性後継者の事業承継に関するアンケート調査」を実施した。本稿は、当該調査のうち、事業承継プロセスに関する結果を中心に報告するものである。

¹ 例えば、高田 (2021)、Deschamps and Thevenard-Puthod (2021) を参照

2. 調査の概要

調査の方法は、次の通りである。まず、調査先であるが、(株) 東京商工リサーチが保有するデータから、次の①から⑤の条件に当てはまる企業を無作為に抽出した。①中小企業基本法の定義に当てはまる中小企業、②法人企業であること、③石川県を除く全国の企業(令和6年能登半島地震での被害を考慮)、④経営者交代を最低1回行っていること、⑤現在の経営者(事業主)の性別が女性であること、である。

その上で、抽出した5,000社に対して、2024年2月15日に郵送により『中小企業における女性後継者の事業承継に関するアンケート調査』を実施した。回収締切日(投函ベース)は2024年3月5日で、回収数は701通(有効576通、無効125通)、有効回答率は11.5%であった。質問は63問(各設問に付随する小問を含めると106問)で、その内訳は、①企業及び経営者(事業主)の概要について21問、②事業承継について31問、③女性後継者に特有の課題といわれる事項などについて10問、④自由記述1問であった。本稿では、このうち、事業承継プロセスに関する質問に対する結果を叙述する。

3. 調査の結果

以下、質問項目に沿って、調査の記述統計結果を叙述する。なお、紙幅の都合もあり、本文では、原則として回答数の多かった上位3項目についてのみ叙述する。また、調査結果の構成比(%)は、四捨五入の関係で100.0%にならないこともある。

3.1 I 貴社の概要についてうかがいます。

問1 貴社の本社が所在する都道府県をお答えください。

本社所在地を尋ねたところ、「東京都」(58社、10.1%)が最も多く、以下「大阪府」(44社、7.6%)、「愛知県」(27社、4.7%)の順であった(表1,n=576)。

(表1) 本社所在地

本社所在都道府県	件数	構成比	本社所在都道府県	件数	構成比
北海道	22	3.8%	福井県	8	1.4%
青森県	15	2.6%	山梨県	2	0.3%
岩手県	9	1.6%	長野県	10	1.7%
宮城県	15	2.6%	岐阜県	12	2.1%
秋田県	10	1.7%	静岡県	20	3.5%
山形県	10	1.7%	愛知県	27	4.7%
福島県	18	3.1%	三重県	5	0.9%
茨城県	11	1.9%	滋賀県	3	0.5%
栃木県	16	2.8%	京都府	10	1.7%
群馬県	15	2.6%	大阪府	44	7.6%
埼玉県	18	3.1%	兵庫県	15	2.6%
千葉県	11	1.9%	奈良県	6	1.0%
東京都	58	10.1%	和歌山県	5	0.9%
神奈川県	23	4.0%	鳥取県	7	1.2%
新潟県	10	1.7%	島根県	8	1.4%
富山県	10	1.7%	岡山県	14	2.4%

「中小企業における女性後継者の事業承継に関するアンケート調査結果」報告

本社所在都道府県	件数	構成比
広島県	18	3.1%
山口県	6	1.0%
徳島県	8	1.4%
香川県	9	1.6%
愛媛県	11	1.9%
高知県	3	0.5%
福岡県	15	2.6%
佐賀県	6	1.0%
長崎県	5	0.9%
熊本県	7	1.2%
大分県	6	1.0%
宮崎県	6	1.0%
鹿児島県	5	0.9%
沖縄県	4	0.7%
n	576	100.0%

問2 貴社の主な業種をお答えください (○は一つ)。

主業種は、「製造業」(133社、23.1%) が最も多く、以下「建設業」(114社、19.8%)、「サービス業」(98社、17.0%) の順であった (表2,n=576)。

(表2) 主業種

主業種	件数	構成比
建設業	114	19.8%
製造業	133	23.1%
情報通信業	8	1.4%
運輸業	37	6.4%
卸売業	50	8.7%
小売業	59	10.2%
飲食店・宿泊業	19	3.3%
医療・福祉	30	5.2%
教育・学習支援業	1	0.2%
サービス業	98	17.0%
不動産業	18	3.1%
その他	9	1.6%
n	576	100.0%

問3 貴社の企業形態をお答えください (○は一つ)。

企業形態は表3の通りで、「独立系の会社」(542社、94.1%) が大半を占めた (n=576)²。

²データ抽出以降の組織変更の可能性も考慮して、「個人事業」を選択肢に入れた。

(表3) 企業形態

企業形態	件数	構成比
個人事業	0	0.0%
独立系の会社	542	94.1%
親会社があり連結子会社	18	3.1%
特定企業の系列に属する会社 (系列企業)	14	2.4%
その他	2	0.3%
n	576	100.0%

問4 次の(1)～(3)の年を西暦でお答えください。

(1) 事業を開始した年 (法人設立年ではなく、個人営業を含めて事業を開始した年)

事業を開始した年 (創業年) は、中央値が1972年、平均値1969年、最も古い企業が1712年、最も新しい企業が2019年、標準偏差は28.4であった (n=573)。また、表4は、創業年を年代ごとに区分したもので、「1971～1990年」(189社、33.0%) が最も多く、以下「1951～1970年」(167社、29.1%)、「1991～2010年」(104社、18.2%) の順であった。

(表4) 創業年

創業年	件数	構成比
1930年以前	49	8.6%
1931～1950年	52	9.1%
1951～1970年	167	29.1%
1971～1990年	189	33.0%
1991～2010年	104	18.2%
2011年以降	12	2.1%
n	573	100.0%

(2) 法人設立年 (法人を設立して、同時に事業を開始した場合は、上の(1)と同じ年を記入してください)

法人設立年は、中央値が1980年、平均値1981年、最も古い企業が1890年、最も新しい企業が2020年、標準偏差は17.7であった (n=573)。また、表5は、設立年を年代ごとに区分したもので、多い順に「1971～1990年」(231社、40.3%)、「1991～2010年」(148年、25.8%)、「1951～1970年」(144社、25.1%) であった。

(表5) 法人設立年

設立年	件数	構成比
1930年以前	3	0.5%
1931～1950年	22	3.8%
1951～1970年	144	25.1%
1971～1990年	231	40.3%
1991～2010年	148	25.8%
2011年以降	25	4.4%
n	573	100.0%

(3) 現在の経営者が代表取締役社長（事業主）に就任した年

現在の経営者が代表取締役社長（事業主）に就任した年を尋ねた。その結果、中央値が2015年、平均値が2013年、最も古い企業が1990年、最も新しい企業が2023年、標準偏差は5.9であった（n=570）。また、表6は、経営者の就任年を年代ごとに区分したもので、多い順に「2016～2020年」（229社、40.2%）、「2011～2015年」（159社、27.9%）、「2006～2010年」（91社、16.0%）であった。なお、経営者の生年から、就任年齢を推定すると、中央値が49歳、平均値50歳、最も高齢の企業が95歳、最も若い企業が21歳、標準偏差は10.7であった（n=569）。

（表6）経営者の就任年

経営者の就任年	件数	構成比
2000年以前	22	3.9%
2001～2005年	50	8.8%
2006～2010年	91	16.0%
2011～2015年	159	27.9%
2016～2020年	229	40.2%
2021年以降	19	3.3%
n	570	100.0%

問5 貴社の資本金をお答えください（個人事業の場合は記入の必要はありません）（○は一つ）。

資本金は、「1,000万円以上 5,000万円未満」（357社、62.0%）及び「1,000万円未満」（191社、33.2%）との回答が大半を占めた（構成比の合算は95.2%）（表7、n=576）。

（表7）資本金

資本金	件数	構成比
1,000万円未満	191	33.2%
1,000万円以上 5,000万円未満	357	62.0%
5,000万円以上 1億円未満	28	4.9%
1億円以上	0	0.0%
n	576	100.0%

問6 貴社は税法上の同族会社に該当しますか（個人事業の場合は記入の必要はありません）（○は一つ）。

税法上の同族会社に該当するかどうかは、「該当する」（345社、65.7%）、「該当しない」（180社、34.3%）であった（表8、n=525）。

（表8）同族・非同族

税法上の同族会社に該当するかどうか	件数	構成比
該当する	345	65.7%
該当しない	180	34.3%
n	525	100.0%

問7 現在の経営者（配偶者を含む）の株式保有割合をお答えください（個人事業の場合は記入の必要はありません）。なお、小数点以下は切り捨ててください。

経営者（配偶者を含む）の株式保有割合は、中央値60%、平均値61%、最大100%、最小0%、標準偏差34.2であった（n=509）。また、表9は、保有割合を区分したもので、「80%以上」（201社、71.5%）が最も多く、以下「20%未満」（78社、27.8%）、「50%以上 60%未満」（54社、19.2%）の順であった。

（表9）経営者の株式保有割合（配偶者を含む）

経営者の株式保有割合（配偶者を含む）	件数	構成比
20%未満	78	15.3%
20%以上 30%未満	35	6.9%
30%以上 40%未満	36	7.1%
40%以上 50%未満	29	5.7%
50%以上 60%未満	54	10.6%
60%以上 70%未満	49	9.6%
70%以上 80%未満	27	5.3%
80%以上	201	39.5%
n	509	100.0%

問8 現時点で最も株式保有割合が高い株主（筆頭株主）はどなたですか（個人事業の場合は記入の必要はありません）（○は一つ）。

筆頭株主は、表10の通りで、「現在の経営者」（361社、68.1%）、「先代の経営者」（83社、15.7%）、「1～2以外の親族」（54社、10.2%）の順であった（n=530）。

（表10）筆頭株主

筆頭株主	件数	構成比
現在の経営者	361	68.1%
先代の経営者	83	15.7%
1～2以外の親族	54	10.2%
1～3以外の個人	5	0.9%
親会社	19	3.6%
投資会社	2	0.4%
5～6以外の法人	6	1.1%
n	530	100.0%

問9 (1)現時点および(2)現在の経営者が就任した時点の従業者数（男女合計、女性）をお答えください（経営者ご本人や役員、非正規社員を含みます）。該当する従業者がいない場合は、「0」を記入してください。

（1）現時点の従業者数と女性の数

まず、現時点の従業者数は、中央値が13人、平均値が23人、最大270人、最小1人、標準偏差28.9であった（n=576）。また、表11は、従業員数を区分したもので、「11～20人」（164

「中小企業における女性後継者の事業承継に関するアンケート調査結果」報告

社、28.5%) が最も多く、以下「6~10人」(157社、27.3%)、「5人以下」(74社、12.8%) の順であった。

(表11) 現時点の従業員数

従業員数	件数	構成比
5人以下	74	12.8%
6~10人	157	27.3%
11~20人	164	28.5%
21~30人	67	11.6%
31~50人	55	9.5%
51人以上	59	10.2%
n	576	100.0%

次いで、上記のうち、女性従業員の数は、中央値が4人、平均値10人、最大201人、最小0人、標準偏差18.6であった(n=576)。なお、現時点の従業者に占める女性の割合は、30.8%であった。また、表12は、女性従業員数を区分したもので、「5人以下」(337社、58.5%) が最も多く、以下「6~10人」(113社、19.6%)、「11~20人」(66社、11.5%) の順であった。

(表12) 現時点の女性従業員数

従業員にしめる女性の数	件数	構成比
5人以下	337	58.5%
6~10人	113	19.6%
11~20人	66	11.5%
21~30人	29	5.0%
31~50人	17	3.0%
51人以上	14	2.4%
n	576	100.0%

(2) 現在の経営者が代表取締役社長（事業主）に就任した時点の従業者数

まず、現在の経営者が代表取締役社長（事業主）に就任した時点の従業者数は、中央値が13人、平均値が23人、最大302人、最小1人、標準偏差31.5であった(n=570)。また、表13は、従業員数を区分したもので、「6~10人」(165社、28.9%) が最多く、以下「11~20人」(151社、26.5%)、「5人以下」(80社、14.0%) の順であった。

(表13) 現在の経営者が就任した時点の従業者数

経営者就任時の従業員数	件数	構成比
5人以下	80	14.0%
6~10人	165	28.9%
11~20人	151	26.5%
21~30人	67	11.8%
31~50人	51	8.9%
51人以上	56	9.8%
n	570	100.0%

次いで、現在の経営者が代表取締役社長（事業主）に就任した時点の女性の従業者数は、中央値が4人、平均値9人、最大228人、最小0人、標準偏差18.4であった（n=570）。なお、従業者に占める女性の割合は、30.8%であった。また、表14は、女性従業員数を区分したもので、「5人以下」（362社、63.5%）が最も多く、以下「6～10人」（94社、16.5%）、「11～20人」（61社、10.7%）の順であった。

（表14）現在の経営者が就任した時点の女性従業者数

経営者就任時の従業員にしめる女性の数	件数	構成比
5人以下	362	63.5%
6～10人	94	16.5%
11～20人	61	10.7%
21～30人	18	3.2%
31～50人	22	3.9%
51人以上	13	2.3%
n	570	100.0%

問10 最新の決算期の年間売上高をお答えください（○は一つ）。

最新の決算期の年間売上高を尋ねたところ、回答の多い順に「1億円以上 3億円未満」（225社、39.2%）、「5,000万円以上 1億円未満」（108社、18.8%）、「3億円以上 5億円未満」（81社、14.1%）であった（表15、n=574）。

（表15）最新の決算期の年間売上高

最新の決算期の年間売上高	件数	構成比
5,000万円未満	57	9.9%
5,000万円以上 1億円未満	108	18.8%
1億円以上 3億円未満	225	39.2%
3億円以上 5億円未満	81	14.1%
5億円以上 10億円未満	55	9.6%
10億円以上 30億円未満	36	6.3%
30億円以上 50億円未満	5	0.9%
50億円以上 100億円未満	4	0.7%
100億円以上	3	0.5%
n	574	100.0%

問11 最新の決算期の経営状況をお答えください（○は一つ）。

最新の決算期の経営状況を尋ねた。

(1) 売り上げ

売り上げに関しては、回答の多い順に 「横ばい」 (222社、38.5%)、「増加傾向」と「減少傾向」 (ともに177社、30.7%) であった (表16、n=576)。

(表16) 最新の決算期の経営状況 (売上)

最新の決算期の経営状況【売り上げ】	件数	構成比
増加傾向	177	30.7%
横ばい	222	38.5%
減少傾向	177	30.7%
n	576	100.0%

(2) 採算

採算に関しては、回答の多い順に 「黒字傾向」 (234社、40.6%)、「収支トントン」 (195社、33.9%)、「赤字傾向」 (147社、25.5%) であった (表17、n=576)。

(表17) 最新の決算期の経営状況 (採算)

最新の決算期の経営状況【採算】	件数	構成比
黒字傾向	234	40.6%
収支トントン	195	33.9%
赤字傾向	147	25.5%
n	576	100.0%

(3) 同業他社と比較した業績基調

同業他社と比較した業績基調は、回答の多い順に 「同程度」 (263社、46.1%)、「やや良い」 (147社、25.7%)、「やや悪い」 (102社、17.9%) であった (表18、n=571)。

(表18) 最新の決算期の経営状況 (同業他社と比較した業績基調)

最新の決算期の経営状況【同業他社と比較した業績基調】	件数	構成比
良い	41	7.2%
やや良い	147	25.7%
同程度	263	46.1%
やや悪い	102	17.9%
悪い	18	3.2%
n	571	100.0%

3.2 II 現在の経営者（代表取締役社長又は事業主）ご本人についてうかがいます。

問12 経営者の現在の年齢、および、生年を西暦でお答えください。

経営者の現在の年齢は、中央値60歳、平均値60歳、最大100歳、最小29歳、標準偏差10.6であった (n=575)。また、表19は、経営者の現在の年齢を区分したもので、「51～60歳」 (194

社、33.7%) が最も多く、以下「61~70歳」(182社、31.7%)、「41~50歳」(95社、16.5%) の順であった。なお、生年は、中央値が1964年、平均値1963年、最も古いのが1924年、最も新しいのが1994年、標準偏差は10.6であった (n=575)。

(表19) 経営者の現在の年齢

経営者の年齢	件数	構成比
40歳以下	12	2.1%
41~50歳	95	16.5%
51~60歳	194	33.7%
61~70歳	182	31.7%
71歳以上	92	16.0%
n	575	100.0%

問13 兄弟姉妹はいらっしゃいますか。該当する選択肢をすべて選んでください (義理の兄弟姉妹は除きます) (○はいくつでも)。

兄弟姉妹の有無を尋ねた。その結果、回答の多い順に「妹がいる」(248社、34.1%)、「姉がいる」(164社、22.5%)、「弟がいる」(149社、20.5%) であった (表20、n=728)。なお、男子の兄弟（「兄がいる」と「弟がいる」の合算）がいるとの回答は、構成比で35.6%であった。

(表20) 兄弟姉妹の有無 (複数回答)

兄弟姉妹の有無	件数	構成比
兄がいる	110	15.1%
姉がいる	164	22.5%
弟がいる	149	20.5%
妹がいる	248	34.1%
兄弟姉妹はない (一人っ子)	57	7.8%
n	728	100.0%

問14 配偶者（パートナー）はいらっしゃいますか (○は一つ)。

配偶者（パートナー）の有無を尋ねた。その結果、回答の多い順に「いる」(285社、49.5%)、「離別・死別した」(188社、32.6%)、「いない」(102社、17.7%) であった (表21、n=576)。また、「いる」と「離別・死別した」との構成比は合算で、82.1%であった。

(表21) 配偶者（パートナー）の有無

配偶者（パートナー）の有無	件数	構成比
いる	285	49.5%
いない	102	17.7%
離別・死別した	188	32.6%
その他	1	0.2%
n	576	100.0%

問15 お子様はいらっしゃいますか（すでに独立したお子様も含む）。（○は一つ）。また、いらっしゃる場合は、お子様の数もお答えください。

子供の有無は、表22の通りで、「いる」（449社、78.0%）、「いない」（127社、22.0%）であった（n=576）。

（表22）子供の有無

子供の有無	件数	構成比
いる	449	78.0%
いない	127	22.0%
n	576	100.0%

また、「いる」との回答者について、男女の子供の数を尋ねたところ、男子の子供については、中央値が1人、平均値1人、最大5人、最小0人、標準偏差0.8（n=449）、同じく、女子の子供については、中央値が1人、平均値1人、最大4人、最小0人、標準偏差0.8（n=449）であった。

問16 育児に携わった経験はありますか（○は一つ）。

育児経験の有無を尋ねたところ、表23の通り、回答の多い順に「ある（過去に携わっていた）」（276社、47.9%）、「ある（現在も携わっている）」（175社、30.4%）、「ない」（125社、21.7%）であった（n=576）。また、「ある（現在も携わっている）」と「ある（過去に携わっていた）」の構成比の合算は、78.3%であった。

（表23）育児経験の有無

育児経験の有無	件数	構成比
ある（現在も携わっている）	175	30.4%
ある（過去に携わっていた）	276	47.9%
ない	125	21.7%
n	576	100.0%

問17 ご家族を介護した経験はありますか（○は一つ）。

介護経験の有無を尋ねたところ、表24の通りで、多い順に「ある（過去に携わっていた）」（241社、41.8%）、「ない」（233社、40.5%）、「ある（現在も携わっている）」（102社、17.7%）であった（n=576）。また、「ある（現在も携わっている）」と「ある（過去に携わっていた）」の構成比の合算は、59.5%であった。

(表24) 介護経験の有無

介護経験の有無	件数	構成比
ある（現在も携わっている）	102	17.7%
ある（過去に携わっていた）	241	41.8%
ない	233	40.5%
n	576	100.0%

問18 最終学歴をお答えください（○は一つ）。

経営者の最終学歴は、多い順に「高等学校卒」（190社、33.0%）、「大学卒」（154社、26.7%）、「短期大学卒」（130社、22.6%）であった（表25、n=576）。また、「大学院卒」、「大学卒」及び「短期大学卒」の構成比の合算は52.6%であった。

(表25) 最終学歴

最終学歴	件数	構成比
大学院卒	19	3.3%
大学卒	154	26.7%
短期大学卒	130	22.6%
専門学校卒	71	12.3%
高等学校卒	190	33.0%
中学校卒	11	1.9%
その他	1	0.2%
n	576	100.0%

問19 創業者から数えて何代目にあたりますか（○は一つ）。

創業者から数えた代数は、多い順に「二代目」（280社、48.6%）、「三代目」（188社、32.6%）、「四代目」（67社、11.6%）であった（表26、n=576）。

(表26) 創業者から数えた代数

創業者から数えた代数	件数	構成比
二代目	280	48.6%
三代目	188	32.6%
四代目	67	11.6%
五代目以降	41	7.1%
n	576	100.0%

問20 現在の経営者ご本人から見た創業者との関係をお答えください（○は一つ）。

経営者本人から見た創業者との関係は、「実の親」（210社、36.8%）が最も多く、以下「配偶者」（101社、17.7%）、「祖父母」（93社、16.3%）の順であった（表27、n=571）。また、「他人（親族関係なし）」を除いた合算の構成比は、86.9%であった。

(表27) 創業者との関係

創業者との関係	件数	構成比
実の親	210	36.8%
義理の親	50	8.8%
配偶者	101	17.7%
兄弟姉妹	3	0.5%
祖父母	93	16.3%
1~5以外の親族	39	6.8%
他人（親族関係なし）	75	13.1%
n	571	100.0%

問21 現在の経営者ご本人から見た先代経営者との関係をお答えください（○は一つ）。

経営者本人から見た先代経営者との関係は、「実の親」（266社、46.6%）が最も多く、以下「配偶者」（159社、27.8%）、「他人（親族関係なし）」（80社、14.0%）の順であった（表28、n=571）。また、「他人（親族関係なし）」を除いた合算の構成比は、86.0%であった。

(表28) 先代経営者との関係

先代経営者との関係	件数	構成比
実の親	266	46.6%
義理の親	28	4.9%
配偶者	159	27.8%
兄弟姉妹	13	2.3%
祖父母	6	1.1%
1~5以外の親族	19	3.3%
他人（親族関係なし）	80	14.0%
n	571	100.0%

3.3 III 貴社に入社するまでの経緯についてうかがいます。

問22 学校を卒業してから貴社に入社するまでの間に就業した経験（前職経験）はありますか。（○は一つ）。また、「1 ある」を選んだ方は問23～問25へ、「2 ない」を選んだ方は、問26にお進みください

前職経験の有無は、表29の通りで、「ある」（474社、82.3%）、「ない」（102社、17.7%）であった（n=576）。

(表29) 前職経験の有無

前職経験の有無	件数	構成比
ある	474	82.3%
ない	102	17.7%
n	576	100.0%

問23 問22で「1 ある」を選んだ方におたずねします。前職での経験のなかで管理職（部下3人以上）を経験しましたか（○は一つ）。

前職経験があるとの回答者のうち、管理職（部下3人以上）経験有無は、「ない」（391社、82.7%）、「ある」（82社、17.3%）との回答であった（表30、n=473）。

（表30）管理職（部下3人以上）経験の有無

管理職（部下3人以上）経験有無	件数	構成比
ある	82	17.3%
ない	391	82.7%
n	473	100.0%

問24 問22で「1 ある」を選んだ方におたずねします。前職での経験はどの程度、経営者としての職務を遂行する上で役立っていますか（○は一つ）。

前職経験があるとの回答者に対して、前職での経験がどの程度、経営者としての職務を遂行する上で役立っているかを尋ねた。その結果は表31の通りで、多い順に「わりと役立っている」（166社、35.0%）、「あまり役に立たっていない」（133社、28.1%）、「非常に役立っている」（109社、23.0%）であった（n=474）。また、「非常に役立っている」と「わりと役立っている」の構成比の合算は58.0%、「あまり役に立たっていない」と「まったく役に立たっていない」は同じく42.0%であった。

（表31）経営者としての職務を遂行する上での前職経験の有用性

経営者としての職務を遂行する上での前職経験の有用性	件数	構成比
非常に役立っている	109	23.0%
わりと役立っている	166	35.0%
あまり役に立たっていない	133	28.1%
まったく役に立たっていない	66	13.9%
n	474	100.0%

問25 問22で「1 ある」を選んだ方におたずねします。どのような理由で、前職での経験を積んだのですか（○は一つ）。

前職経験があるとの回答者に対して、前職での経験を積んだ理由を尋ねたところ、「通常の就職」（420社、88.6%）が大半を占めた（表32、n=474）。

（表32）前職経験を積んだ理由

前職経験理由	件数	構成比
後継者教育の一環で、就業先などは先代経営者が決めた	0	0.0%
後継者教育の一環であるが、就業先などは自分で決めた	54	11.4%
通常の就職	420	88.6%
その他	0	0.0%
n	474	100.0%

3.4 IV 貴社に入社してから事業を承継するまでの経緯についてうかがいます。

問26 貴社に入社した年を西暦でお答えください。

入社した年は、中央値1998年、平均値1997年、最も古いのが1951年、最も新しいのが2023年、標準偏差13.4であった (n=554)。

問27 貴社の事業への参画動機（入社動機）をお答えください（○は一つ）。

入社動機を尋ねたところ、「やむを得ず」(347社、60.2%) が最も多く、以下「どちらともいえない」(177社、30.7%)、「ビジネスチャンスを掴むため」(52社、9.0%) の順であった（表33、n=576）。

(表33) 入社動機

事業への参画動機（入社動機）	件数	構成比
ビジネスチャンスを掴むため	52	9.0%
どちらともいえない	177	30.7%
やむを得ず	347	60.2%
n	576	100.0%

問28 入社した当時、社内に昇格や昇進の基準を定めた人事に関する規定（規則）はありましたか（○は一つ）。

入社当時の人事規定の有無は、表34の通り、「なかった」(475社、82.5%) が大半を占めた (n=576)。

(表34) 人事規定の有無（入社当時）

入社当時の人事規定（規則）有無	件数	構成比
あった	101	17.5%
なかった	475	82.5%
n	576	100.0%

問29 社内での昇格・昇進のスピードは、平均的な社員と比べて速かったですか（○は一つ）。

経営者自身の社内での昇格・昇進のスピードが、平均的な社員と比べて速かったかどうかを尋ねた。その結果、「かなり速かった」(196社、34.0%) が最も多く、以下「どちらかといえば速かった」(151社、26.2%)、「同じくらい」(93社、16.1%) の順であった（表35、n=576）。また、「かなり速かった」と「どちらかといえば速かった」の構成比の合算は60.2%、「どちらかといえば遅かった」と「かなり遅かった」は同じく10.8%であった。

(表35) 昇格・昇進のスピード

昇格・昇進のスピード	件数	構成比
かなり速かった	196	34.0%
どちらかといえれば速かった	151	26.2%
同じくらい	93	16.1%
どちらかといえれば遅かった	34	5.9%
かなり遅かった	28	4.9%
ほかに正社員がいなかった	74	12.8%
n	576	100.0%

問30 事業承継のための具体的な計画（事業承継計画）はありましたか（○は一つ）。

事業承継計画の有無は、表36の通りで、「なかった」（397社、68.9%）が約7割を占めた（n=576）。

(表36) 事業承継計画の有無

事業承継計画の有無	件数	構成比
あった（先代経営者が主に立案した）	76	13.2%
あった（先代経営者と現経営者が共同で立案した）	60	10.4%
あった（現経営者が主に立案した）	43	7.5%
なかった	397	68.9%
n	576	100.0%

問31 事業承継の準備はどの程度、計画的に進められたとお考えですか（○は一つ）。

事業承継の準備の計画性を尋ねたところ、「計画的ではなかった」（300社、52.1%）が約5割を占め、以下「どちらかといえれば計画的ではなかった」（135社、23.4%）、「どちらかといえれば計画的に進められた」（114社、19.8%）の順であった（表37、n=576）。また、「計画的に進められた」と「どちらかといえれば計画的に進められた」の構成比の合算は24.5%、「どちらかといえれば計画的ではなかった」と「計画的ではなかった」は同じく75.5%であった。

(表37) 事業承継の準備の計画性

事業承継の準備の計画性	件数	構成比
計画的に進められた	27	4.7%
どちらかといえれば計画的に進められた	114	19.8%
どちらかといえれば計画的ではなかった	135	23.4%
計画的ではなかった	300	52.1%
n	576	100.0%

問32 後継者教育は積極的に行われましたか（○は一つ）。

後継者教育が積極的に行われたかどうかを尋ねたところ、「積極的に行われなかった」（301社、52.3%）が約5割を占め、以下「どちらかといえれば積極的には行われなかった」（136社、23.6%）、「どちらかといえれば積極的に行われた」（106社、18.4%）の順であった（表38、n=576）。また、「積極的に行われた」と「どちらかといえれば積極的に行われた」の構成比の

「中小企業における女性後継者の事業承継に関するアンケート調査結果」報告

合算は24.1%、「どちらかといえば積極的には行われなかつた」と「積極的に行われなかつた」は同じく75.9%であった。

(表38) 後継者教育の積極性

後継者教育の積極性	件数	構成比
積極的に行われた	33	5.7%
どちらかといえば積極的に行われた	106	18.4%
どちらかといえば積極的には行われなかつた	136	23.6%
積極的に行われなかつた	301	52.3%
n	576	100.0%

問33 将来、事業を承継することについて、子どもの頃から、先代経営者や家族から意識付けが行われてきましたか (○は一つ)。

後継者としての子供の頃からの意識づけに関しては、表39の通り、「後継者となることについて、特に意識させられることはなかつた」(514社、89.2%)が大半を占めた (n=576)。

(表39) 後継者としての子供の頃からの意識づけ

子供の頃からの意識づけ	件数	構成比
後継者として特別扱いされてきた	3	0.5%
後継者となることを、強く意識させられてきた	22	3.8%
それほど強くはないが、後継者となることを意識させられてきた	37	6.4%
後継者となることについて、特に意識させられることはなかつた	514	89.2%
n	576	100.0%

問34 事業承継を決意した理由について、最も近い選択肢を1つ選んでください (○は一つ)。

事業承継を決意した理由は、表40の通りで、「事業承継するつもりはなかつたが、後継者が自分しかいなかつたから」(337社、58.5%)が約6割を占め、以下「自分が事業承継することが当然だと思っていたから」(82社、14.2%)、「事業承継したくはなかつたが、先代経営者や家族などから説得されたから」(78社、13.5%)の順であった (n=576)。また、「事業承継することをみずから希望していたから」と「自分が事業承継することが当然だと思っていたから」の構成比の合算は、20.5%であった。

(表40) 事業承継を決意した理由

事業承継を決意した理由	件数	構成比
事業承継することをみずから希望していたから	36	6.3%
自分が事業承継することが当然だと思っていたから	82	14.2%
事業承継するつもりはなかったが、後継者が自分しかいなかったから	337	58.5%
事業承継したくなかったが、先代経営者や家族などから説得されたから	78	13.5%
親会社や投資会社などから派遣されて、当社の経営者に就任した	0	0.0%
合併・買収によって、当社の経営者に就任した（上記5を除く）	9	1.6%
その他	34	5.9%
n	576	100.0%

問35 事業承継を決意した時の年齢、および、その時の年を西暦でお答えください。

事業承継を決意した時の年齢は、中央値47歳、平均値47歳、最も高齢の企業が79歳、最も若年の企業が12歳、標準偏差は12.1であった（n=555）。また、その時の年は、中央値2012年、平均値2010年、最も古いのが1953年、最も新しいのが2023年、標準偏差 10.4であった。

問36 事業承継を決意した時点で事業承継の準備状況はどの程度でしたか（○は一つ）。

事業承継を決意した時点の準備状況については、多い順に「即座に承継できる状況であった」（227社、39.4%）、「本来であれば、1～3年かかる状況であった」（183社、31.8%）、「本来であれば、6年以上かかる状況であった」（85社、14.8%）であった（表41、n=576）。また、「本来であれば、1～3年かかる状況であった」、「本来であれば、4～5年かかる状況であった」及び「本来であれば、6年以上かかる状況であった」の構成比の合算は、60.6%であった。

(表41) 事業承継を決意した時点の準備状況

事業承継を決意した時点の準備状況	件数	構成比
即座に承継できる状況であった	227	39.4%
本来であれば、1～3年かかる状況であった	183	31.8%
本来であれば、4～5年かかる状況であった	81	14.1%
本来であれば、6年以上かかる状況であった	85	14.8%
n	576	100.0%

問37 入社してから社内で新たに立ち上げたプロジェクト（新製品の開発や新顧客の開拓、組織体制の見直しなど）を主導したことはありますか（○は一つ）。

入社後の社内での新規プロジェクトを主導した経験の有無を尋ねたところ、「あった」（334社、58.0%）、「なかった」（242社、42.0%）であった（n=576）。

4. まとめ

本稿では、2024年に筆者が実施した「中小企業における女性後継者の事業承継に関するアンケート調査」のうち、事業承継プロセスに関する結果を中心に報告した。その内容を

要約すると、以下の通りとなる。まず、回答企業と後継者の平均的な姿であるが、前者については、業歴は約50年、二代目と三代目の経営者が多い、規模の小さな独立系の中小企業で、経営者（配偶者を含む）持ち株比率の高い同族経営。また、女性従業員の占める割合は30.8%であったこと、また、後者に関しては、後継者の年齢は60歳、承継時の年齢は49歳、親族内承継が86.0%であった。男子の兄弟がいる割合は35.6%、配偶者（パートナー）（離別・死別を含む）と子供がいる（いた）割合は82.1%、育児経験ありは78.3%、介護経験ありは59.5%であった。

こうした、基本属性を備えた女性後継者の事業を承継するまでの歩みには、大別すると、次の二点の特徴がみられた。第一に、最終学歴は大卒が52.6%、82.3%の後継者が前職経験を有しているが、管理職（部下3人以上）経験は82.7%で未経験、また、前職経験を積んだ理由の88.6%は、後継者育成とは関わりのない通常の就職であった。そして、子供の頃からの後継者としての意識づけは89.2%がなされておらず、60.2%の後継者が入社動機は「やむを得ず」と考えていた。つまり、彼女らの多くは、もともと後継者として期待されておらず、入社動機も積極的とは言い難い状況に置かれていたことが示唆された。

第二に、事業承継を決意した時の年齢は47歳であるが、みずから希望もしくは当然と考えていた後継者は20.5%にとどまった。そして、事業承継計画や人事規定の不備などもあり、後継者の75.5%が、計画的な準備や積極的な後継者教育がなされなかった、同じく、60.6%が、すぐに事業を承継できる状況にはなかった、と考えていた。以上からは、入社後においても、自身が事業を承継することに対して、積極的に捉える状況に置かれていない女性後継者の姿が、浮かび上がった。

別稿では、当該調査のうち、承継後の企業パフォーマンス及び女性後継者に特有の課題といわれる事項などに関する結果を叙述する。

謝辞

アンケート調査にご協力いただいた皆さんに、あつく御礼申し上げます。また、共同研究者の方々にも、この場をお借りして、御礼申し上げます。本稿は、JSPS 科研費（課題番号23K01599並びに23K20631）及び関西大学経済・政治研究所の助成により実施している研究成果の一部である。また、本稿は、著者の見解等に基づくものであり、所属研究機関、資金配分機関及び国の見解等を反映するものではありません。

参考文献

- [1] 高田朝子（2021）「女性後継者の後継プロセス-27 名の定性調査からの一考察-」
経営行動科学学会『経営行動科学』, 33巻, 1-2号, pp.39-61.
- [2] Deschamps. B., and Thevenard-Puthod. C. (2021), “Female external successors: Difficulties during the business transfer process and types of support required” Deschamps. B., Missonier. A., Thevenard-Puthod. C., Robic. P., and Barbelivien. D (eds.), *Business Transfers, Family Firms and Entrepreneurship*, Routledge., pp. 251-264.

堀越 昌和・亀井 克之・栗岡 住子・村上 義昭

福山平成大学経営学部紀要
第21号 (2025), 89-104頁

袁枚から見た杭州詩壇 —詩会を中心に—

市瀬 信子

福山平成大学経営学部経営学科

要旨：清代中期の杭州詩人袁枚は、若くして杭州を離れ、そのまま終生杭州の地に居住することはなかった。若くして官を辞した後は、南京に居を構え、そこで多くの文人達と交わり、詩弟子を取り、独自の詩会を開催した。

しかし、袁枚には杭州に対する愛着が常にあったことが知られており、隨園に西湖を再現してもいる。50歳ごろからは、杭州に頻繁に通うようになり、杭州を詩に詠ずるようになる。また地域の文人などとの交流も盛んに行う。その頃ににわかに杭州詩会についての記述が見られるようになる。とはいっても、機会があつたにも関わらず、袁枚は若い頃杭州詩人の詩会には全く参加していない。

そこで、本稿では袁枚が杭州詩壇をどうとらえていたかを、詩会を中心に考察する。とくに当時評価された杭州詩壇の詩会での詩風がいかなるものであったかを示し、それが袁枚の詩に対する考え方と一致していなかったことを明らかにする。

キーワード：袁枚、杭州、詩会

1. はじめに

袁枚（1716-1798）は、康熙五十五（1716）年、杭州府錢塘県に生まれた。字は子才、幼名を瑞官と言う。家の家は貧しく、書物を買う金もなかったとしばしば述べているが、その才覚は認められ、18歳で浙江總督である程元章に評価され、推薦されて万松書院で学ぶこととなり、20歳で杭州制府にて博学鴻詞を受けたが、不首尾に終わる。若くしてのこうした評価があったものの、杭州の老名士たちに、その軽薄さを疎まれたと袁枚自身が述べている。乾隆元年（1736）20歳の時に、広西に叔父の袁鴻を尋ね、広西巡撫金鉢によって博学鴻詞に推薦される。¹⁾

その後、乾隆四（1739）年に進士に及第する。しかし、乾隆七年（1742）翰林院での満文の試験で最下位となると、散館にともない、知県として溧水、江浦、溧陽、江寧を転々とした。その後、乾隆十四（1749）年に34歳で病を口実に県令の職務を辞し、南京の隨園に隠居した。以後、南京に居を定め、杭州に住むことはなかったのだが、しばしば杭州に帰郷し、故郷を詩に詠じている。その中には、「我本西湖人、久離西湖土（我れ本と西湖人にして、久しく西湖の土を離れたり）」「西湖德生菴小住」「小倉山房詩趣」卷二十六）と、

自分が西湖の人、つまり西湖を擁する杭州の人間であることを意識する言葉が見える。また南京の隨園には西湖を模した池を造成している。竹村則行氏が、「袁枚にとって杭州西湖とは、自身がそこで生まれ育ち、今も一族が住む現実の母なる故郷であった」²⁾と指摘するように、特別な場所であった。竹村氏が言うように、袁枚が杭州を詩に詠ずる時、そこには懐かしい故郷というイメージがある。

しかし、一方杭州詩壇との関わりはどうだろうか。袁枚は若い頃、杭州で詩を厲鶚に学んでおり、³⁾杭世駿とも交流があった。⁴⁾杭州詩人による詩会について何度も取り上げ、強い関心を示し、それらを故郷の盛時として誇らしく記している。しかし、杭州詩会の隆盛期に、袁枚は詩会に関わることがなかった。彼が杭州を離れていたことにもよるだろうが、故郷を離れていても詩を送るなどの手段を取る詩人もいる中、袁枚はそれらに関わらなかった。袁枚が詩会について記すのは、隆盛期から長い時間が経ってからである。また、袁枚は厲鶚に代表される浙派について、厳しく批判することもあった。

袁枚にとって、杭州は懐かしい故郷であったが、詩人としての袁枚にとっては、杭州詩壇との距離感は、いささか複雑であったようだ。

そこで、本稿では、杭州詩壇に対する袁枚の見方を検証し、その意識がいかなるものであったかを、詩会を中心見てゆくこととする。

なお、ここに取りあげる袁枚の作品については、『袁枚全集』（江蘇古籍出版社 1993）を底本とする。

2. 袁枚と杭州との関わり

袁枚は杭州に生まれ、21歳で杭州を離れ、進士合格以後、官職にある間は、一時的な帰省以外には杭州に戻っていない。職を辞して南京に隨園を構えて以後、袁枚は何度か杭州を訪れている。それは帰省とはいえないものも含むようになる。やがて杭州において女流詩人を集めての詩会を開催するにいたる。そこに至るまでの袁枚の活動を、杭州との関わりを中心見ておく必要がある。

以下、袁枚と杭州との関わりを簡略な年譜にまとめた。この年譜は、主に傅毓衡『袁枚年譜』（安徽教育出版社 1986）鄭幸『袁枚年譜新編』（上海世紀出版集団 2011）を踏まえて作成した。

※は、袁枚自身に直接関係はないが、杭州詩壇に関わると思われる事項である。

康熙五十五（1716）年 袁枚1歳 錢塘に生まれる。

※雍正元年（1723）年 杭州詩壇の詩人7名による『南宋雜事詩』が完成する。

雍正三（1725）年 10歳 浙江巡撫李衛が西湖で文宴を開く。ここで詠んだ汪沆の詩を袁枚は9歳の時のことと記録する。⁵⁾

雍正四年（1726）年 11歳 ※査嗣庭の文字獄発生。浙江鄉会試が停止される。

雍正六年（1728）年 13歳 ※浙江鄉会試が復活する。

雍正十三（1735）年 20歳 浙江博学鴻詞の選に応じるが、落選する。この時最終推薦

者の中に、厲鶚、杭世駿、汪沆らもいた。

乾隆元（1736）年 21歳 広西の叔父袁鴻のもとにゆく。博学鴻詞に推挙され落第。北京に留まる。

「旅次遣示諸同社」詩があり、杭州で何らかの詩社に属していた可能性がある。⁶⁾

乾隆四（1739）年 24歳 進士合格。結婚の為、杭州に戻る。

乾隆五（1740）年 25歳 杭州から北京に戻る。

乾隆七（1742）年 27歳 翰林院散館の後、江浦知県となる。のち知県として江南を転々とする。

乾隆八（1743）年 28歳 ※杭世駿が杭州で南屏詩社を結ぶ。

※揚州で場曰琯らが主催した詩会の詩集『韓江雅集』の詩は、この年から収録される。袁枚はこの詩会を詩話に取りあげる。⁷⁾

乾隆十一（1746）年 31歳 ※杭州太守鄂敏が、3月に西湖で「西湖修禊」を開催し、多くの詩人が参加したが、厲鶚を含め、そのほとんどが浙江人であった。郵送での詩も含まれるが、袁枚の名はない。この鄂敏の詩会を袁枚は風流なこととして詩話に取りあげる。⁸⁾

乾隆十三（1748） ※揚州馬曰琯等編『韓江雅集』に収録される詩はこの年を最後とする。

乾隆十四（1749）年 34歳 病を口実に官職を辞し、南京（江寧）の隨園に住む。この年杭州に帰る。

乾隆十五（1750）年 35歳 杭州に行き、父母妻妾を南京に連れ帰る。

乾隆十七（1752）年 37歳 ※杭州詩人厲鶚死去。

乾隆二十一（1756）年 41歳 杭州に行き旧宅を訪れ、再び南京に戻る。

乾隆二十七（1762）年 47歳 杭州に行き、杭州を題材とした多くの詩を詠む。

乾隆三十（1765）年 50歳 杭州を訪れる。

乾隆三十六（1771）年 56歳 杭州を訪れ「還杭州」五首ほか、多くの詩を作る。

乾隆四十三（1778）年 63歳 杭州を訪れる。

乾隆四十四（1778）年 64歳 杭州に数ヶ月滞在する。

乾隆四十七（1782）年 67歳 杭州にもどり、浙江一帯を旅する。

乾隆五十五（1790）年 75歳 墓参りのために杭州を訪れる。4月13日に杭州の孫嘉樂の宝石山荘において、女弟子13名を集めて詩会を開催する。

乾隆五十七（1792）年 77歳 杭州を訪れる。⁹⁾ 杭州宝石山荘で王文治と女弟子7名を招いて詩会を行う。

乾隆五十九（1794）年 79歳 2月に杭州に行く。年内に南京に戻る。

乾隆六十（1795）年 78歳 揚州から杭州に至る。

嘉慶一（1796）年 81歳 蘇州から杭州に至る。

嘉慶二（1797）年 82歳 南京にて逝去する。

袁枚は若くして杭州を離れ、広西の叔父のもとにゆき、そこで博学鴻詞に推挙される。同じ博学鴻詞に厲鶚らをはじめとする杭州詩壇の面々は浙江から推挙されている。これは杭州における袁枚の地位を示すものでもあった。袁枚は、杭州に生まれたが、家は貧しく、若いころは強い後ろ盾を得ることができなかつたようだ。王標氏は、「袁一族の杭州での勢力は弱く、そのため袁枚の杭州における社会基盤は脆弱であり、これが広西まで行って博学鴻詞の推薦を受けねばならなかつた原因である」と指摘する。¹⁰⁾ そのためか、袁枚は個人的に厲鶚に詩を学んだとあるが、杭世駿とは博学鴻詞で出会い、そのほかの詩人との関係についても、博学鴻詞以前の関係についてはほとんど述べられることがない。引退後居を南京に構えたのは、杭州との縁が薄かつたことも要因だろう。しかし、袁枚が進士となり、引退後南京で詩壇の領袖として認められるようになったため、杭州でも交遊のネットワークが作れるようになった、と王標氏は指摘する。¹¹⁾

確かに、上記の年譜を見ると、若い頃は結婚や墓参りなど、家族的な要因で杭州に帰るだけで、その地で多くの詩人と交流した記録はない。ところが官を辞し家族を南京に連れてきて以降の杭州訪問では杭州の人々と詩を詠じ、交流を盛んに行うようになる。

袁枚が杭州と関係を深く結ぶようになった頃、杭州詩壇の隆盛期はすでに終わっていた。詩会を中心とする杭州詩壇の隆盛を担ったのは、厲鶚であったが、袁枚よりも厲鶚は二十三歳年上で、乾隆十七年に厲鶚が死去し、乾隆二十年には、杭州詩人とともに活動した寧波の全祖望も同年に死去している。

袁枚は杭州詩会の隆盛期を以下のように記している。

乾隆初、杭州詩酒之会最盛。名士杭、厲之外、則有朱鹿田樟、吳鷗亭城、汪抱樸台、金江声志章、張鷺洲湄、施竹田安、周穆門京、每到西湖堤上、掎裳聯櫓、若屏風然。有明中、譲山兩詩僧留宿古寺、詩成伝抄、紙價為貴。……四十年來、儒、釡兩門、一齊寂滅、竟無繼起者。
（『隨園詩話』卷三-六四）

乾隆初め、杭州詩酒の会最も盛ん。名士杭、厲の外、則ち朱鹿田樟、吳鷗亭城、汪抱樸台、金江声志章、張鷺洲湄、施竹田安、周穆門京有り、西湖堤上に到る毎に、掎裳聯櫓し、屏風の若く然り。明中、譲山兩詩僧有りて古寺に留宿し、詩成れば伝抄せられ、紙價為に貴し。……四十年來、儒、釡兩門、一齊に寂滅し、竟に繼いで起つ者無し。

これは、乾隆初期に杭世駿、厲鶚らの他、多くの杭州詩人が西湖でしばしば詩会を開いたことを述べている。その頃から40年来後継者がいないと述べている。この四十年という数字は次の文章にも見える。

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、廣開壇坫。揚州有馬氏秋玉之玲瓏山館、天津有查氏心穀之水西莊、杭州有趙氏公千之小山堂、吳氏

尺鳧之瓶花斎、名流宴咏、殆無虚日。…此外、公卿当事、則有唐公英之在九江、鄂公敏之在西湖、皆以宏獎為己任。不四十年、風流頓尽。 (『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莊有り、杭州に趙氏公千の小山堂、吳氏尺鳧の瓶花斎有り、名流宴咏し、殆ど虚日無し。…此の外、公卿の事に当たるには、則ち唐公英の九江に在り、鄂公敏の西湖に在る有り、皆宏獎を以て己が任と為す。四十年ならずして、風流頓に尽く。

ここで最後に名が上がる鄂公敏とは、当時杭州太守であった鄂敏のことで、乾隆十一年に西湖で「西湖修禊」を開いている。朱文藻「厲樊榭先生年譜」によれば、「会者凡六十人」という盛大な詩会であった。この時から40年足らずで風流は途絶えたと述べている。

更に、40年という数字で同じ内容を取り上げ、次のように言う。

近得鄂筠亭敏守杭州修禊西湖詩、首唱云、「修禊三春好、風花二月天。黃堂無底事、白髮有諸賢。筆濯西湖水、花搖鷺嶺烟。風光徵往時、不減永和年。」一時作者如雲。四十年來、風流歇絕。今年、余在湖樓招女弟子七人作詩會。 (『隨園詩話補遺』卷五-四四)

近ごろ鄂筠亭敏の杭州に守たりて西湖に修禊するの詩を得たり、首唱に云う、「修禊三春好し、風花二月の天。黃堂に底事無く、白髪に諸賢有り。筆を西湖の水に濯い、花は鷺嶺の烟に揺れる。風光往時に徵し、永和の年を減ぜず。」一時作者雲のごとし。四十年來、風流歇絶す。今年、余湖樓に在り女弟子七人を招きて詩會を作す。

四十年來風流が絶えた結果、袁枚は7人の女弟子を招いて湖樓で詩会を行ったとしている。この詩会の時期は、乾隆五十七年と考えられる。¹²⁾ これらを踏まえ、杭州詩会の中心であった厲鶚らが世を去った時期と照らし合わせて、これらの文章は乾隆五十年から五十七年ごろのものと考えられる。

一方同じ時期に、厲鶚ら杭州詩人の活躍を三十年前と表現しているものがある。

馬氏玲瓏山館、一時名士如厲太鴻、陳授衣、汪玉枢、閔蓮峰諸人、爭為詩會、分咏一題、裒然成集。…至今未三十年、諸詩人零落殆尽、而商人亦無能知風雅者。蓮峰年八十三歳、儼然尚存。聞其饑寒垂斂矣。 (『隨園詩話』卷三-六一)

馬氏玲瓏山館、一時の名士厲太鴻、陳授衣、汪玉枢、閔蓮峰の諸人の如き、争ひて詩会を為し、一題を分咏し、裒然として集を成す。…今に至るまで未だ三十年ならざるに、諸詩人零落して殆ど尽き、而も商人も亦た能く風雅を知る者無し。蓮峰年八十三歳、儼然として尚ほ存す。其の饑寒して垂斂せんとすと聞く。

ここでは、揚州の馬氏玲瓏山館に集った名士の名が記されているが、厲太鴻（厲鶚）、陳授衣（陳章）は杭州人である。「争為詩會、分咏一題、裒然成集。」は、当時盛んに詩会の

詩集が刊行されたことを指す。このことは『揚州画舫錄』卷八に「詩成即發刻、三日內尚可改易重刻、出日徧送城中。(詩成れば即ち刻に發し、三日の内は尚ほ改易重刻すべく、出づる日徧く城中に送る。)」とある。これは雑誌のようなものであろうが、それらの詩会の唱酬をまとめたものが『韓江雅集』であり、乾隆八年から十二年までの作品を収録している。ここでは「至今未三十年」としているが、『隨園詩話』ではこの一つ前の文章で「昇平日久……不四十年、風流頓尽。」と同じ詩人達のことを述べており、ここも四十年の誤りではないだろうか。とすれば、これらの文章はすべて乾隆五十年頃の状況について記しているものと考えられる。

袁枚は南京に隨園を構えてから、そこでしきりに詩会を開いたのだが、杭州詩会について書くようになるのは、乾隆五十年頃となる。この時は杭州と改めて関係を深く結ぶようになっており、しきりに杭州を訪れ、杭州の人々と詩を詠じている。そしてついには女弟子の詩会という、当時の社会を驚かせる雅事を挙行するに至る。袁枚にとって、杭州での詩会は、再び杭州とつながり、自分の活動の場が杭州にできたことを実感した時に意識されたものだったことがわかる。

3. 杭州詩会における詩の傾向

ここで詩会を中心とした清代杭州詩壇がいかなる詩を作ったについて見ておく。清代杭州詩壇の隆盛の第一期は雍正元年の『南宋雜事詩』の制作であろう。陸謙祉『厲樊榭年譜』には、「雍正元年、時湖上觴詠極盛、有南宋雜事詩七卷（雍正元年、時に湖上觴詠極めて盛ん、南宋雜事詩七卷有り）」とある。『南宋雜事詩』の作者の一人で、制作現場となった「小山堂」の主人である趙昱は、次のように記している。

即南樓也。亦曰画選樓、予与意林讀書處、昔沈欒城、符薦林、袁南垞嘗假館焉。雍正癸卯甲辰間、共賦南宋雜事詩、觴詠流連、盍簪於此。（趙昱『春草園小記』「二林吟屋」）

即ち南樓なり。亦た画選樓と曰ふ。予と意林と讀書の處、昔沈欒城、符薦林、袁南垞嘗て焉に假館す。雍正癸卯甲辰の間、共に南宋雜事詩を賦し、觴詠流連し、此に盍簪(かふしん)す。

雍正癸卯甲辰とは雍正元年、二年にあたる。『厲樊榭年譜』「二林吟屋」いずれにも「觴詠」とあるように、『南宋雜事詩』は、同人の唱酬の中で作られたものであり、詩会の延長上にあった。この作品は、後に『四庫全書総目提要』に

採拠浩博、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。一代故実、巨細兼該、頗為有資於考証。（『四庫全書総目』卷一百九十九「南宋雜事詩」）

採拠すること浩博、引く所の書は幾んど千種に及ぶ。一字一句、悉く根柢有り。說部の菁華を萃め、詞家の腴潤を采る。一代の故実、巨細兼該し、頗る考証に資する有りと為す。

とあるように、考証的な価値を高く評価され、参加した詩人七名は、そのほとんどが博学鴻詞に推挙されるという栄誉を得た。この詩は詩句よりも、そこにつけられた注について評価されたという一風変わった詩であるが、これ以降、各地で似たような詩が作られ、地域を伝える役割を果たした。若い頃から厲鶚とともに詩会で活動した全祖望は、故郷の寧波で真率社という詩社を結び、『句余土音』という詩集の編纂を試みた。全祖望の序に次のようにある。

有感於鄉先輩之遺事、多標其節目以為題、雖未能該備、然頗有補志乘之所未及者、其敢謂得與於斯文、亦聊以志粉楡之掌故爾。　（『鮚埼亭集』外編卷二十五「句余土音序」）

鄉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、亦聊か以て粉楡の掌故を志さん。

つまり故郷の先人達の遺事に対し、それを詩題として詩を作り、「志乗」つまり地方志が記し得なかった部分を補い、故郷の掌故を記録しようとしたのである。求められたのは、文学作品というより、志書を補う資料としての役割であった。これは南宋の首都であった杭州を詩に詠じた『南宋雜事詩』に影響を受けたものである。詩社同人は、詩会の楽しみを共有するというよりは、共同作業を行うための成員であった。結局この試みは詩人の作品がそろわずに部分的な完成に終わるのであるが、それだけに『南宋雜事詩』を完成させた杭州詩壇の力は際立ったものだったと言える。

当時、清朝政府は『一統志』編纂を目指し、各地の官僚に、地方志の編纂に力を入れさせていた。結果的に『南宋雜事詩』も『句余土音』も、地方志に多く採録されることとなつた。

この傾向は各地の詩会でも見られた。揚州の韓江詩社で編纂された『韓江雅集』の詩題を見ると、「分詠揚州古蹟」（卷五）、「分詠四明古蹟黃公林」（卷十）など、地域の古蹟を詠するものが散見する。これらの詩は、実際に地方志に採録されている。清代の地方志は、名所旧跡などを記す時、詩文を同時に載せるのが通例であった。その詩は志書の資料となるものが求められ、事実をどう伝えるかに力が注がれ、個人的な感情が入ったものは求められない。同詩集に収録される「浮山禹廟觀壁間山海經塑像排律三十韻」（卷二）には、全祖望序があるが、そこには「同人共往觀之、因相訂賦排句、以補志乘之闕。（同人共に往きて之を觀、因りて相訂して排句を賦し、以て志乗の闕を補ふ。）」と述べているのが、その傾向を顕著に表している。

また、杭州詩人が参加した詩会は、その多くが藏書家の元で行われた。『南宋雜事詩』は、杭州の塩商である趙昱の藏書樓「小山堂」で作られた。また揚州詩会の主催者であった塩商馬曰琯、馬曰璐兄弟も藏書家として知られ、その「小玲瓏山館」で詩会が行われた。厲鶚は詩会に参加しただけではなく、馬氏藏書を用いて、『宋詩記事』の編纂など、多くの編

纂事業を行っている。杭州詩壇の詩会は、蔵書家の蔵書と深く関わり、また地方志編纂に貢献するという一面を持っていた。

もちろん、詩会には文人交流の場という面もある。吳敬梓『儒林外史』は、李漢秋によれば、乾隆十四年（一七四九）の前に書かれたものとされる。¹³⁾ 第十七回に、杭州の景蘭江という帽子屋が登場する。彼は詩会を通じて、身分の高い高級官僚達と交友関係を持っている。そして「我々杭州の名壇の中では、時文（八股文）を作つて科挙を目指す人などいない」と豪語する。¹⁴⁾ これは、詩会が身分を超えて交流を促すもの、と捉えることもできるが、先の詩会の記事に見える傾向から考えると、当時の杭州詩壇の詩会は、かなり知的なものであり、地方官僚の編纂事業に貢献するなど、官僚らとの交流もありうるものだったことを反映している可能性もある。

鄂敏が主催した詩会の詩集『西湖修禊詩』は、上記の詩会とはまた異なった背景を持つ官僚の詩会である。浙江蘭亭での修禊宴の伝統を引き継ぐものとして開催されたこの詩会で、官僚たる鄂敏が意識したのは、「詩教の実践」としての詩会である。鄂敏序に次のように言う。

詩者先王之教也。古意存斯、雅音播矣。古人韻事、沾丐後來。可效者、意焉而已。意合而音以諧、音諧而詩以著、詩著而教以伝。……余守土於杭、期月有余。愧無古人之詩、可彰先王之教。而特以山水清音、此邦為最。又況兩浙東西士夫彙萃於茲者、指不勝屈。

（鄂敏「西湖修禊詩序」）

詩は先王の教えなり。古意斯に存し、雅音播く。古人の韻事、後來に沾丐す。效ふべき者は、意のみ。意合ひて音以て諧ひ、音諧ひて詩以て著し、詩著して教へ以て伝はる。……余 ^{かみ}土を杭に守り、期月に余有り。古人の詩の、先王の教へを彰らかにすべき無きを愧ず。而して特に山水清音を以て、此の邦を最と為す。又況んや兩浙東西の士夫の茲に彙萃する者、指屈するに勝へざるをや。

鄂敏は、詩教の考えに立ち、詩を以て教えを伝える場として西湖修禊を捉えている。特に、杭州太守としての自分の役割は、古人がそうしたように、先王の教えを詩を以て伝えることであり、それを明らかにするのに浙江の士大夫が集う杭州が最もふさわしいとする。ことさらに杭州を始めとする浙江と詩教を強調しているのは、この地が教化を必要としていることを逆に示している。その背景には清朝政府の浙江に対する危機意識と、それに対する浙江の抵抗があった。清初は文字獄で思想統制を行ったが、その際最も危険視されたのは浙江である。浙江で査嗣庭、汪景祺の記述に清朝を呪詛する内容があるとして両者が投獄されたのを契機に、雍正帝は、浙江の鄉試会試を雍正四年から三年間停止した。¹⁵⁾ 乾隆年間になつても朝廷の危険視は変わることがなく、『四庫全書』編纂に際して、乾隆帝は以下のように述べている。

伝聞異詞必有詆觸本朝之語。正当及此一番査弁、尽行銷燬。……此等筆墨妄議之事。

大率江浙両省居多。

(『清実録』卷九百六十四 乾隆三十九年八月)

伝聞異詞に必ず本朝を詆觸するの語有り。正に當に此の一番の査弁に及び、尭く銷燬を行ふべし。……此等筆墨妄議の事、大率江浙両省多きに居る。

つまり清朝を批判する語は江蘇浙江に多いため、書籍を処分してこそ人心を正し風俗を厚くすることになるというのである。こうした地での詩会を開くにあたり、故に鄂敏はあえて浙江の風俗を教化すべく修禊を開くことを述べたのである。

しかし、それだけではない。この詩集には、各詩人の爵里、詩著が記されている。詩会の詩集の中に、こうした記録を附したもののはほとんど見当たらない。これは、この詩集が地方の記録としての役割を果たすべく編纂されたためと考えられる。こうした詩会の詩集に関する作品が地方文献に取り入れられたことを示す記述がある。

癸丑三月三日、郡守李曉園亭特嘗邀袁簡齋太史、平寛夫宮詹輩二十一人、作修禊之会、余亦与焉。……会中有桐城姚秋槎觀察仿西園雅集図作記一篇、刻于郡志。

(『履園叢話』卷十八 古蹟 蘭亭)

癸丑三月三日、郡守李曉園亭特に嘗て袁簡齋太史、平寛夫宮詹の輩二十一人を邀へ、修禊の会を作し、余も亦たこれに与かる。……会中に桐城姚秋槎觀察 西園雅集図に仿ひて記一篇を作り、郡志に刻す。

最後に「郡志に刻す」とあるのは、修禊の記を郡志つまり地方誌に収録したことを指す。このように、当時詩会はその詩も詩会の記録自体も地方志に貢献するものとなっていたのである。よって詩も自ずと記録を意識したものとなりがちであったと言えよう。

4. 詩会の詩に対する袁枚の批判的見解

さて、これまで見てきたような、地方志を中心とする資料として貢献しようとする、当時の杭州詩会の詩風について、袁枚はどう考えていたのであろうか。

まず、藏書家の元で書物を涉獵した上でそれを詩に反映させるという詩作については、廣鶴に代表される浙派について以下のように述べる。

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

(『隨園詩話』卷九)

吾が郷の詩に浙派有り、好んで替代字を用ふるは、蓋し宋人より始まりて、厲樊榭に成る。……樊榭 揚州馬秋玉家に在りて、見る所説部の書多く、好んで僻典及び零碎なる故事を用ひ、庶物異名疏、清異錄二種に類する有り。董竹枝云ふ、偷むに冷字を將りて商人を騙す、と。之を責むるは是なり。

厲鶚は、揚州の塩商であり藏書家として知られる馬氏の元に長く身を寄せていた。その藏書を用いて僻典やめずらしい故事を詩に取り入れようとするのを厳しく批判する。宋人に始まる詩風の特徴について、袁枚に「考据之学莫盛于宋以後、而近今為尤。余厭之、戲倣太白嘲魯儒一首」(『小倉山房詩集』卷三十一)がある。そこには、詩を考証学で論じまた作るもの批判し、「千卿底事漫紛紜、不死飢寒死章句(千卿底事ぞ漫りに紛紜たりて、飢寒に死せず章句に死す)」と、詩句に生気がないことを皮肉っている。更に詩にそうした作り方が適さないことをいう。

人有満腔書卷、無處張皇、當為考拏之學、自成一家。其次則駢体文、儘可鋪排。何必借詩為賣弄。自三百篇至今日凡詩之伝者、都是性靈、不關堆垛。 (『隨園詩話』卷五-三三)

人に満腔の書卷有りて、處の張皇する無ければ、當に考拏の學を為して、自ら一家を成すべし。其の次は則ち駢体文もて、儘く鋪排すべし。何ぞ必ずしも詩を借りて賣弄を為さん。三百篇より今日に至るまで凡そ詩の伝はる者は、都て是れ性靈にして、堆垛に關わらず。

詩に考拏の學を持ち込むことを否定する発言は非常に多く、「考拏之學、離詩最遠。然詩中恰有考拏題目、如「石鼓歌」「鉄券行」之類、不得不徵文考典、以侈侈隆富為貴。……其詩大概用七古方称。(考拏の學、詩を離ること最も遠し。然ばば詩中に恰も考拏の題目有り、「石鼓歌」「鉄券行」の類の如きは、文を徵し典を考せざるを得ず、侈侈隆富たるを以て貴しと為す。……其の詩大概七古を用いて方に称さる。)」(『隨園詩話補遺』卷二-六〇)と述べている。この批判は、ちょうど詩会の詩にもあてはまる。「石鼓歌」は、碑文を詠じたもので、韓愈を始めとして多数の詩人が詠じている。揚州『韓江雅集』の詩にはこのように金石を詠じた詩があり、詩会の題材ともなっていた。『韓江雅集』には、最も多くの杭州詩人が参加した「漢首山宮銅雁足鐙歌為嶧谷半查賦」(卷七)や「銅鼓歌」(卷九)などが見えるが、こうした詩題は他にも詩会の場で多く詠じられ、その由来や故実を詳しく述べるという形式をとる。また、「其詩大概用七古」とあるが、袁枚が沈德潛に送った書翰の中に、厲鶚の七古を取りあげて次のように述べる。

先生諱浙詩、謂沿宋習、敗唐風者、自樊榭為厲階。枚浙人也、亦雅憎浙詩。樊榭短於七古、凡集中此体、數典而已、索索然寡真氣。

(『小倉山房文集』卷十七「答沈大宗伯論詩書」)

先生浙詩を謂り、宋習に沿ひ、唐風を敗る者は、樊榭より厲階と為すと謂ふ。枚は浙人なるも、亦た雅に浙詩を憎む。樊榭は七古に短にして、凡そ集中此体、數典のみなるも、索索然として真氣寡し。

つまり、考拏の詩は説明が主となるため、長編になりやすいが、作者の真情が反映されるものとなりにくく、厲鶚にはその傾向が見えるというのである。

厲鶚の七言古詩は、確かに多くはないが、張維屏『国朝詩人微略』卷二十二に厲鶚の七古の代表作として、「焦山古鼎」、「趙忠毅公鉄如意歌」、「伏生授經図」、「紅橋春游曲」、「賈秋壑玉枕蘭亭」、「漢銅竜虎鹿盧鑑歌」、「方正學先生双松図」、「焦山看月」を挙げるが、金石や絵画といった詠物の詩が多い。いずれも袁枚のいう考拠に基づく詩なのだが、こういった詩が当時複数の詩人によって詩会で詠じられることが多かったことは注目すべきことである。

また、南宋雜事詩のように、史書、方志を補いそれ自体が歴史資料となるような詩作についてはどうだろうか。袁枚は自身が江寧知県であったとき、『江寧新志』を編纂し、中に当地を詠ずる詩を収録しており、その中には歴史を踏まえて詠じた詩も当然含まれる。しかし、一方詩と史は違うものだという認識もはつきりしている。

余嘗謂作詩之道、難於作史、何也。作史三長、才學識而已。詩則三者宜兼、而尤貴以情韻將之。所謂絃外之音、味外之味也。(『小倉山房文集』卷二十八「錢竹初詩序」)

余嘗て謂へらく作詩の道は、作史より難しと、何ぞや。作史の三長は、才學識のみ。詩は則ち三者宜しく兼ねるべくして、尤も貴ぶに情韻を以て之を將る。所謂絃外の音、味外の味なり。

つまり詩はあくまで情があるべきで、史は情を必要としない。よって詩はより難しいというのである。これは、詩を以て志乗の欠を補い、また詩が地域・歴史資料となることを賞賛する『四庫全書総目提要』の方向とも全くことなる。こうした袁枚の考えは、その作詩にも現れている。竹村則行氏は、袁枚が西湖を詠じた詩を白居易の詩を比較し、「袁枚にとって杭州西湖とは、自身がそこで生まれ育ち、今も一族が住む現実の母なる故郷であった」ことから、自分の思いのこもった情緒的な詩になっているのに対し、白居易が西湖を詠じ、最も人口に膾炙された「錢塘湖春行」「杭州春望」の二首は、「杭州西湖の景勝を詠んだ詩篇として有名であり、名勝案内としては確かに佳篇に属する。むろん、美景に堪能する白居易の姿をここに認めることはできる。しかし、これらの詩から、風景に触発された白居易の赤裸々な心情を直接読み取ることは実は困難である。」と指摘する。¹⁶⁾

清代に編纂された多くの地方志に求められたのは、白居易の西湖に関わる詩がそうであったように、いわば「名勝案内」としての詩であった。そこに史実が重ねられ、内容が豊富で緻密になったとしても、「情」が詠じられる詩となることはなかった。それは求められなかったのである。実際、袁枚の詩は杭州地方志に収録されることが少ない。それに比べ、厲鶚を始めとする杭州詩会の詩人達は、詩会で名所を分詠した詩などが多く取り入れられ、地方文献を飾っている。ここに、袁枚が杭州詩会に入ろうとしなかった理由の一因があるようと思われる。

5. 詩会と藏書

袁枚が詩会を描く文章は多々あるが、詩会の場が藏書家の元であり、詩に藏書が生かさ

れたことを記したものは少ない。数少ない例が、先にも取りあげた以下の文である。

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莊、杭州有趙氏公千之小山堂、吳氏尺鳩之瓶花齋、名流宴咏、殆無虛日。…此外、公卿当事、則有唐公英之在九江、鄂公敏之在西湖、皆以宏獎為己任。不四十年、風流頓尽。 (『隨園詩話』卷三-六〇)

昇平日久して、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莊有り、杭州に趙氏公千の小山堂、吳氏尺鳩の瓶花齋有り、名流宴咏し、殆ど虛日無し。…此の外、公卿の事に当たるには、則ち唐公英の九江に在り、鄂公敏の西湖に在る有り、皆宏獎を以て己が任と為す。四十年ならずして、風流頓に尽く。

しかし、杭州詩人を集めた杭州、揚州などの詩壇は、その主催者が藏書家であることで知られた。

詩話、乾隆初、武林壇坫最盛、杭、厲為之領袖。谷林昆季風雅好事、小山堂藏書之富、輝映林泉、倚為東道主。 (『晚晴簃詩匯』卷七十三 趙昱)

詩話、乾隆の初、武林の壇坫最も盛にして、杭、厲之が領袖と為る。谷林昆季 風雅事を好み、小山堂藏書の富、林泉に輝映し、倚りて東道主と為す。

これは杭州の趙昱の小山堂が藏書に富み、そのために詩会の主催者になった述べるものである。ここで『南宋雜事詩』が作られたことは先に述べた。揚州でも、詩会の開催場所となったのは「揚州詩文之会、以馬氏小玲瓏山館、程氏篠園及鄭氏休園為最盛。」とあるように、馬氏の玲瓏山館、程氏の篠園、鄭氏の休園であったが、厲鶚、陳章ら杭州詩人が身を寄せ、詩会の最も中心にあったのは、小玲瓏山館なる藏書楼であった。

行庵。馬主政家庵也。……佩兮于所居對門築別墅曰街南書屋。又曰小玲瓏山館。有看山樓、紅葉堵、透風透月両明軒、七峰草堂、清響閣、藤花書屋、叢書樓、覓句廊、澆藥井、梅寮諸勝。玲瓏山館後叢書前後二樓。藏書百廻。乾隆三十八年奉旨採訪遺書、經鹽政李質顥諭借。其時主政已故。子振伯恭進藏書、可備採擇者七百七十六種。

(『揚州画舫錄』卷四)

行庵。馬主政家の庵なり。……佩兮の居る所に于いて門に対し別墅を築き街南書屋と曰ふ。又小玲瓏山館と曰ふ。看山樓、紅葉堵、透風透月両明軒、七峰草堂、清響閣、藤花書屋、叢書樓、覓句廊、澆藥井、梅寮の諸勝有り。玲瓏山館後に叢書前後二樓。藏書百廻。乾隆三十八年旨を奉じて遺書を採訪し、鹽政李質顥の諭を経て借る。其時主政已に故す。子振伯恭しく藏書を進め、採擇に備ふべき者七百七十六種。

こうした蔵書楼は、先に述べたような地方志の欠を補い、豊富な典故を用いるための有力な資源であった。乾隆初期の詩会は、蔵書を反映した詩が多い。ところが最後に書いてあるように、乾隆三十八年、乾隆帝は四庫全書のために各地で聚書を実行する。やはり蔵書家であった袁枚も蔵書を貸し出すこととなり、戻ってこないものが多かったことを「散書記」(『小倉山房小倉山房続文集』卷二十九)に「乾隆癸巳、天子下求書之詔、余所蔵書伝抄稍希者、皆献大府、或仮賓朋、散去十之六七。(乾隆癸巳、天子求書の詔を下し、余の蔵する所の書の伝抄稍希なる者は、皆大府に献じ、或は賓朋に仮し、散去すること十の六七。)」と記している。乾隆癸巳は三十八年である。

先に詩会が衰退して四十年という言葉を見てきたが、詩人達や詩会の主催者が世を去った後、決定的に詩会のあり方を変えたのは、この『四庫全書』に蔵書を提出したことである。蔵書家は書籍を失い、かつてのように書籍を利用した作詩が難しくなっていた。袁枚が杭州詩会について述べるようになったのは、乾隆五十年前後と先に指摘したが、この頃は提出した書籍の多くは失われ、かつてのような詩を詩会で同人達が作ることは困難になっていたのである。

袁枚はもともと詩に書物からの典故を取り入れて作詩する乾隆初期の詩会の詩の作風には共感していなかった。故に詩会の隆盛には触れても、そこで作られた詩については、一切触れていない。また『南宋雜事詩』という杭州詩壇の盛事にも触れないのは、これが書籍から引いた豊富な注釈を詩句よりも重んずる詩集となっていたからと考えられる。

乾隆五十年代、蔵書家がなくなった杭州で袁枚がかつての杭州詩会を継承するものとして開いたのが、女弟子を集めての湖樓詩会であった。先にも挙げた「近得鄂筠亭敏守杭州修禊西湖詩、首唱云、「修禊三春好、風花二月天。黃堂無底事、白髮有諸賢。筆濯西湖水、花搖鷺嶺烟。風光微往時、不減永和年。」一時作者如雲。四十年來、風流歇絕。今年、余在湖樓招女弟子七人作詩会」(『隨園詩話補遺』卷五-四四)の記述は、女流の詩会が蘭亭から続く浙江修禊の伝統の上に立つものであることを強調するものである。更にこの文に続けてこの詩会の様子を袁枚は次のように記す。

太守明希哲先生(保) 従清波門打漿見訪問。与諸女士茶話良久、知是大家閨秀、与公皆有世誼、乃留所坐玻璃画船、繡褥珠簾、為群女遊山之用。而独自騎馬還衙。少頃、遣人送華筵二席、玉如意七枝、及紙筆香珠等物、分贈香閨為潤筆。一時紳士艷傳韻事、以為昔日筠亭太守所未有也。
(『隨園詩話補遺』卷五-四四)

太守明希哲先生(保) 清波門より打漿して訪問さる。諸女士と茶話すること良や久くして、是れ大家の閨秀にして、公と皆世誼有るを知り、乃ち坐す所の玻璃画船、繡褥珠簾を留め、群女遊山の用と為す。而して独自に馬に騎りて衙に還る。少頃して、人を遣はして華筵二席、玉如意七枝、及び紙筆香珠等の物を送り、分けて贈香閨に贈りて潤筆と為す。一時の紳士 韵事と艷傳す。以為へらく昔日筠亭太守の未だ有らざる所なり。

この時、太守である明保が船に乗ってこの詩会を訪れ、詩会の参加者である女流詩人たちと語り合い、彼女たちが名家の女性たちであり、身分のある士大夫たちとの交流があるとわかると、自分が乗ってきた装飾つきの豪奢な船、刺繡つきの布団や真珠の飾りのある簾を残して、女性達が外に遊びに出る時に使えるように贈り、自分は一人で馬に乗って役所に帰った。また後に豪華な贈り物を詩作への潤筆費として贈ったのである。これが当時紳士の韻事として有名になった。

袁枚はこのことを、同じ官僚主催の詩会で風流韻事でありつつも、鄂敏が西湖修禊でなしえなかつたこととしていると評価している。それは、著名人の関係者という俗な背景はあるが、女流の詩会を援助する士大夫の存在である。これは詩会を「韻事」として際だたせるものであったと袁枚は述べる。こうして、女流の詩会は、鄂敏の「西湖修禊」以来の話題を集め「韻事」となったのである。

袁枚の湖楼詩会が絵図に描かれると、世間で大きな話題を集めた。『郎潜紀聞』には、「湖山の韻事」としてふさわしいとの発言が見える。

客有載「隨園十三女弟子湖樓請業図」者。……康祺以謂隨園風流放誕、充隱梯栄、詩格極卑、碑版亦多不根之作。……湖樓請業一図、香粉琴尊、丹青炤喚、不可謂非湖山韻事也。

(陳康祺『郎潜紀聞』二筆卷二「隨園女弟子湖樓請業図」)

客に「隨園十三女弟子湖樓請業図」を載する者有り。……康祺以謂へらく隨園は風流放誕、充隱梯栄し、詩格は極めて卑しく、碑版も亦た不根の作多し。……湖樓請業の一図、香粉琴尊、丹青炤喚、湖山の韻事に非ずと謂ふべからざるなり。

袁枚の放誕ぶり、詩の卑しさもあるが、女弟子達の詩会を描いた図については、湖山の韻事として認めているのである。蔵書と関わらない風流の催しとして、袁枚の開いた詩会は、杭州では認められたといえよう。

7. まとめ

蔵書家の元で、「志乘の闕」を補うことに最も熱心であったのは、杭州詩人たちと共に活動した全祖望である。杭州詩会への彼の思いは強く、趙昱・趙信兄弟が博学鴻試に推薦される栄誉を得た時、友人の全祖望は書翰を送って次のようにいっている。

今倘以賢兄弟當其選、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、出而和其声、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、非僅吾党之幸也。 (『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へたり。

小山堂の牙籤、伐山網海し、以て天祿石渠の闕を補ふに足り、而も西湖觴詠の詩才を以て、出でて其の声に和し、以て国家の盛を鳴らさん。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、僅に吾が党の幸なるのみに非ざるなり。

趙昱の小山堂の蔵書が歴史の欠落を補うに足り、西湖觴詠の詩才が國家の隆盛を広く知らしめるものである、というのは、『南宋雜事詩』を指して言っている。全祖望にとって、詩会は歴史の記録の一環を担う有用なものであった。彼のこうした生真面目とも言える詩会への意識は、彼の出身地に関連するのかもしれない。

全祖望は寧波の出身で、いわゆる浙東の人である。一方袁枚は杭州の出身で、浙西の人である。この両地域は気風が異なることをしばしば指摘されている。謝國楨は、浙西の杭州などの詩社は詩酒吟詠や禪を楽しみ、頽唐の気風を免れないこと。浙東の寧波などは、意氣軒昂で、勇敢であり、浙西の気風とは異なることを指摘する。¹⁷⁾ また陳豪楚は、浙東の立場に立ち、雄健の本色があり、浙西とは別だと述べている。¹⁸⁾ 意氣軒昂というのとはまた異なるが、国家や歴史に意義のあるものをと目指す風潮が、明清時代の地方誌編纂や詩会の記録の増加という流れに重なったのが、清代初期の杭州詩会の活動であったと考えられる。

乾隆初期の杭州詩人の詩社は、蔵書家の蔵書を用いたこともあり、また厲鶚にも歴史資料を残そうという意識が強かったため、文人の雅集というのとは色合いが異なる、有用な詩事、資料として貢献しうる、という一面を持っていた、もしくは詩人たちがそうした意識を持って参加していたのではないだろうか。

蔵書家達が消え、乾隆初期の詩壇が消滅したあと、杭州の地に、杭州らしい頽唐の気風をもって、より自由な詩会を営もうしたのが袁枚ではなかつたろうか。

(注)

- 1) 「余少時氣盛跳盪爲、吾鄉名宿所排。」(『隨園詩話』卷十二-四八) とある。)
- 2) 竹村則行「袁枚と白居易が詠んだ杭州西湖詩」『東洋の知識人－士大夫・文人・漢学者－』(渭陽会編集 朋友書店 1995) 所収。
- 3) 袁枚は、「杭州吳飛池、学詩于樊榭先生。先生愛其「紅蓼花深冷葛衣」一句、謂可鐫入印章。」(『隨園詩話』卷十-九一) と述べており、詩を厲鶚に学んだと述べているが、両者の詩の中にこれに関するものは見当たらない。
- 4) 『小倉山房文集』に杭世駿は序を寄せ、「同徵老友杭世駿」と記し、博学鴻詞に同時に推挙されて以来の関係であることを述べる。『詞科掌錄』
- 5) 『隨園詩話』卷四-七四に「李敏達公憮時、……公余之暇、放艇西湖、屢展文讌。汪西顥沆賦詩云……其時、余九歳」とある。鄭幸『袁枚年譜新編』(上海世紀出版集団 2011) は、李衛が赴任したのは雍正三年であり、袁枚の9歳(雍正二年)という記述は誤りであると指摘する。
- 6) 鄭幸氏によれば、同詩は『小倉山房詩集補遺』卷二では、「旅次遣示諸同學」と「社」を「学」に改めており、詩句自体も大幅に改訂されている。「社」は進士を目指す勉学の友の集まりを指すものであるかもしれない。

- 7) 『隨園詩話』卷三-六〇。
- 8) 『隨園詩話』卷三-六〇。
- 9) 傅毓衡『袁枚年譜』では、乾隆五十八年に「到杭州」詩を挙げるが、『小倉山房詩集』卷三十四は乾隆五十七、五十八年（壬子癸丑）の作品を収録し、その最初の方に載っていることと、詩句に「不到西冷已二年」とあること、『隨園詩話補遺』二に「壬子春、余在杭州」とあることから、乾隆五十七年のこととする。ただし、錢泳『履園叢話』卷十八「古蹟 蘭亭」の記述に「癸丑三月三日、郡守李曉園亨特嘗邀袁簡齋太史、平寛夫宮詹輩二十一人、作修禊之會、余亦與焉。」とあることから、癸丑つまり乾隆五十八年に浙江の蘭亭で修禊に参加したことになり、杭州に滞在した可能性も高い。
- 10)]王標『城市知識分子的社会形態－袁枚及其交游網絡的研究』（上海三聯書店 2008）
「第四章湖樓詩會考 一袁枚在杭州的社会威信）に「袁氏宗族在当地的勢力也不強」「袁枚在杭州的社会基盤是很脆弱的。這也是袁枚為什麼要不遠万里到廣西尋找推薦博學鴻詞科機會的重要原因。」とある。
- 11)]王標前掲書。
- 12) 王英志『袁枚評伝』（南京大学出版社 2002）第六章「晚年紅粉青山」p.275 に「据《隨園詩話補遺》卷五称、乾隆五十七年壬子（1792）「余在湖樓、招女弟子七人作詩會」とある。鄭幸『袁枚年譜新編』（上海古籍 2011）では、この時に作られたと考えられる潘素心の詩に「天當桐葉閨」（原注：閨四月）」（『不櫛吟』卷二「隨園老人集閨秀於西湖分韻得莊字即以送行」）とあるのを手がかりに、『二十史溯閨表』に照らし合わせて、この年が乾隆七十五年であると指摘する。
- 13) 李漢秋輯校『儒林外史彙校彙評』（上海古籍出版社 2010）「《儒林外史》的版本及其沿通」に「《儒林外史》写生於清乾隆十四年（1749）前」とある。
- 14) 『儒林外史』第十七回「新学台是湖州魯老先生同年、魯老先生就是小弟的詩友。小弟當時聯句的詩會、楊執中先生、權勿用先生、嘉興蘧太守公孫駢夫、還有婁中堂兩位公子三先生、四先生、都是弟們文字至交。（新学台さまは、湖州の魯先生と同年合格の方です。魯先生は私の詩友です。私の昔の連句の詩会で楊執中先生、權勿用先生、嘉興の蘧太守のお孫さんの駢夫さま、それに婁閣下のご子息さま、ご三男とご四男のお二人など、いずれも私たちの文学上の親友でした。）」とあり、また著名な選文家である馬靜については、「那是做時文的朋友、雖也認得、不算相与。不瞞先生說、我們杭城名壇中、倒也沒有他們這一派（あれは時文を作る仲間で、知ってはおりますが、おつきあいはありません。正直にいえば、われら杭州の名士の世界には、あの方のような一派はありません。）」と、杭州の名士は科挙とは違った世界に生きていることを強調する。これは杭州詩壇の隆盛期にあたる杭州の様子を描いたものと考えられる。
- 15) 雍正四年、以浙人查嗣庭、汪景祺著書悖逆、既按治、因停浙江鄉會試。未幾、以李衛等請、弛其禁。（『清史稿』卷一百八 選舉志三）
- 16) 竹村則行氏前掲論文。
- 17) 謝國楨『明清之際党社運動考』（遼寧教育出版社 1934 商務印書館 1996 修訂重版本）

に「浙中的社局、我們可分為浙西、浙東兩派。浙西杭州等處、還承著三吳的余鉢、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、與浙西的風氣便不同了。」とある。

18) 陳豪楚「兩浙結社考」(『浙江省立図書館館刊』四之一 1935) に「十一 浙中諸社 附閩中諸社。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)、此吾鄉詩社所以與浙西別也。」とある。

※本稿は令和6年~8年度科学硏究費補助研究 基盤研究(C)24K03697「清代前半期の杭州詩壇を基盤として見る袁枚の文学活動とその詩觀に関する研究」の研究成果の一部である。

市瀬 信子

研究業績一覧

(2024年1月～12月)

I. 著書〈分担執筆〉

1. 亀井克之編著、上野恭裕・上田正人・林能成・堀越昌和・徐聖錫共著、ファミリービジネスの事業承継と経営戦略、関西大学出版部

同書は、関西大学経済・政治研究所のプロジェクト「関西ファミリービジネスのBCMと東アジア戦略研究班」メンバーの研究成果を取りまとめた論文集である。応募者はメンバーの一人として、BCM（事業継続マネジメント）に関して、2021年に応募者らが実施した質問紙調査を分析、考察した「コロナ禍における中小企業のBCMと経営者の健康問題－日仏共同調査結果を用いた多値ロジスティクス回帰分析－」と題する論文を掲載した。本書のうちのpp. 163-178を担当した。

2. 奥村雅史監修、渡邊章好編著、渡邊章好・宗像智仁・尻無濱芳崇・濱村純平・森光高大・船越洋之、全経簿記能力検定試験標準問題集 1級原価計算・管理会計、中央経済社

全国経理教育協会が主催する、全経簿記能力検定試験1級原価計算・管理会計についての問題集である。中小規模企業を出題基準としており、製造業の経理担当者ないし管理者として、原価の意義や概念を理解したうで、複式簿記に精通し、製造過程の帳簿を作成できるとともに、その内容を理解でき、製造原価報告書および製造業の損益計算書と貸借対照表を作成できるようになることを想定している。本書のうちのpp. 10-29(3章～7章)を担当した。

II. 学術論文（査読付き）・国際学会プロシーディング

1. 青木麟太郎・小山真奈・大村基将・紅林秀治、中学校技術科における手指の認識装置を活用した5本指ロボット計測・制御教材の開発、日本産業技術教育学会誌、第66巻、第1号、pp. 1-10

中学校技術科の計測・制御の学習において、手指の動きを認識しロボットの動きに反映させる教材を開発した。本教材を用いて中学1年生に対して授業を行った。その結果、生徒は5本指ロボットが手指動作を再現していること、本教材がコンピュータの演算機能や記憶機能、制御機能について学ぶのに有効であるとわかった。

2. 青木麟太郎・福井正康・紅林秀治、AI・データサイエンス教育ツールを活用した文系大学生への授業、静岡大学教育学部研究報告(教科教育学篇)、第56巻、pp. 69-84

文系大学生が AI・DS 教育ツールを活用することで、AI・DS を扱う授業への理解度が高まるかを確認した。15 回の授業中、後半 5 回の授業で、PC を用い、AI・DS 教育ツールを操作した。その結果、DS や AI に関する実際の経験や学びの機会があるという認識の学生は、DS や AI への活用意欲が高く、PC 操作を通じて AI や DS に対する理解や興味が深まる可能性があることを確認した。

- 3 . Sumiko KURIOKA, Akihito HAGIHARA, Katsuyuki KAMEI, Masakazu HORIKOSHI, Olivier TORRES、Development of the occupational stress scale for small and medium-sized enterprise owners for stress prevention measures、*Industrial Health*、Advance online publication、pp.1-45.

Small and medium-sized enterprise (SME) owners are at an increased risk of mental disorders in addition to stress directly related to their business performance. However, steps to protect SME owners' mental health are lacking, and no occupational stress scale has been developed to accurately understand the real-world situation. Based on a nationwide internet survey of 1,000 Japanese SME owners aged 20-79 years with five or more employees, we developed a novel occupational stress scale for SME owners. The 43-item scale assesses job stress factors and modifying factors (individual, non-work, and buffering factors). The validity and reliability of the scale were verified. The job stress factors were unique among SME owners and differed from those of employees, with moderate positive correlations with both psychological distress and presenteeism. Further, the study revealed the roles of modifying factors; work-family conflict increased presenteeism and psychological distress, while self-care and social support decreased them. The findings provide important insights for assessing psychological stress among SME owners, informing future mental health intervention strategies among this population..

- 4 . Y. Suzuki, R. Matsuba, S.I.Kubota、DEVELOPMENT OF A MOTIVATION IMPLEMENTATION CHECKLIST FOR COLLEGE COURSES、March 4-6 2024, Proceedings of 18th International Technology, Education and Development Conference, pp.7548-7552.

The MUSIC® Model is a valuable tool for professors and instructional designers in designing courses that enhance student motivation. In this study, we developed a checklist to assist professors and instructional designers in selecting appropriate motivational strategies. This checklist, comprising 31 items, is based on the strategies and examples from the MUSIC model. Students utilize the checklist to verify the implementation of professors' motivational strategies. The checklist results can be used to identify strategies that professors are not implementing or

that students perceive that professors are not executing. In developing the checklist, students were asked for feedback on items they felt were unclear, and we revised them. By having students complete the checklist in addition to the Motivation Inventory, professors and instructional designers can more efficiently focus on strategies and examples to improve necessary.

5. Akiko Kai, Yuriko Ishida, Ryuichi Matsuba、Exploring the applicability of the question-prompting chatbot in PBL: practitioner insights on goal setting and reflection、June 15-17 2024、Education and New Developments 2024 (2)、pp.376-380

This study evaluates the potential of a chatbot, originally designed for language learning, to be adapted for wider applications in self-directed learning settings, specifically within Project-Based Learning (PBL) frameworks. The research focuses on the chatbot's utility in promoting questions regarding goal setting and reflection by providing personalized notifications. Through interviews with new PBL instructors, the study identifies key challenges, including the scarcity of class time allocated for these activities, a lack of training in intervention methods, and a general underestimation of their significance. Addressing these challenges, the study proposes the augmentation of the chatbot's functionality by incorporating access to a case database. This enhancement is anticipated to foster a constructive cycle of goal setting and reflection, thereby offering robust support to instructors in their pedagogical endeavors.

6. 赤瀬正樹・渡辺清美・松本陵磨、ミャンマーと日本の初級英語教科書における語彙の数量的分析、日本言語教育 ICT 学会研究紀要、第 11 号、pp. 1-15

ミャンマーの小学校 1 年から 5 年までの英語教科書と日本の 3 種類の小中の英語教科書の語彙をデータ化し、数量的に分析した。結果、ミャンマーの教科書が総語数では上回っていた、語彙の多様性や豊かさの指標では、日本の教科書が上回ることが明らかになった。

III. 学術論文（その他）

1. 青木麟太郎・福井正康・紅林秀治、文系大学生を対象にした学習指導案提示によるデータサイエンス科目的授業の試み、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 20 号、pp. 1-9
2. 市瀬信子、袁枚の廣鶴評価：地域を視点として、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 20 号、pp. 11-28

3. 楊英賢・小川長、自動車産業「100 年に一度の大変革期」の中のトヨタにおけるリーダーシップ、経済情報論集（尾道市立大学経済情報学部紀要）、第 23 卷 2 号、pp. 59-77
4. 奥田由紀恵、大学における ICT 活用を促進する LMS のコロナ禍後の稼働率について、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 20 号、pp. 147-153
5. 兎内祥子・宗像智仁・堀越昌和、コロナ禍と地域企業経営、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 20 号、pp. 29-48.
6. 福井正康・青木麟太郎・奥田由紀恵・細川光造、データサイエンスと College Analysis－実践的授業に利用するために－、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 20 号、pp. 49-64
7. 福井正康・松本陽子、看護統計学と College Analysis －実践的授業の進め方－、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 20 号、pp. 67-83
8. 福井正康・高橋利道、社会システム分析のための統合化プログラム 43 －計測データ分析－、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、20 号、pp. 85-100
9. 堀越 昌和・亀井 克之・尾久 裕紀・栗岡 住子・金子 信也・オリビエ トレス、「コロナ禍における中小企業経営者の健康と事業継続に関するアンケート調査」結果報告、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 20 号、pp. 113-145.
10. 甲斐晶子・松葉龍一・合田美子・和田卓人・鈴木克明、大学初年次日本語科目における自律学習支援のケーススタディー：チャットボット利用による授業外リフレクションと授業内活動の統合、教育システム情報学会研究報告 38(5)、pp. 1-8
11. 石田百合子・水島あかね・田中誠一・鈴木雄清・松葉龍一、PBL 授業実践の現状と課題－ベテラン教員インタビューからの一考察－、教育システム情報学会研究報告 39(3)、pp. 38-45
12. 宗像智仁、中小企業における管理会計の役割と動機づけのタイプについての一考察、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 20 号、pp. 29-48

13. 宗像智仁、逆機能的行動に関する研究の課題に対する一考察-ヴィネット調査の利用-、産業経理、第 84 卷第 3 号、pp. 118-129

IV. 学会報告（討論者を含む）

1. 青木麟太郎・村上祐子・稻垣知宏、1H-02 地域別データサイエンス教育の挑戦と展望：広島県を事例に、情報処理学会第 86 回全国大会、3 月 15 日、神奈川大学横浜キャンパス（情報処理学会第 86 回全国大会講演論文集、pp. 346-347）
2. 青木麟太郎・紅林秀治、データサイエンス教育用コンテンツの活用に関する検討、第 15 回教科開発学研究会、8 月 24 日、オンライン（Zoom）及び静岡大学静岡キャンパス（第 15 回教科開発学研究会発表論文集、pp. 28-31）
3. 市瀬信子、備後圏域における『孔子家語』の読み方、福山大学文化フォーラム 2024 「福山義倉」とその成立背景、11 月 16 日、福山大学社会連携センター
4. 市瀬信子、近世の朱子学受容、備後圏域経済・文化研究センター第 3 回シンポジウム 「福山義倉」の文化的ネットワークとその継承、11 月 30 日、福山大学社会連携センター
5. 小川長、住民とは誰なのか、日本地方自治研究学会第 41 回全国大会、9 月 28-29 日、熊本県立大学
6. 奥田由紀恵、日本教育情報学会第 40 回年会、8 月 24-25 日、青山学院大学（日本教育情報学会第 40 回年会論文集、pp. 346-347）
7. 福井正康・奥田由紀恵・細川光浩、分析ソフト College Analysis - 開発の経緯と今後の展望 -、日本教育情報学会第 40 回年会、8 月 24-25 日、青山学院大学（日本教育情報学会第 40 回年会論文集、pp. 242-245）
8. 福井正康・宗像智仁・青木麟太郎・松本陽子、College Analysis への機能追加 - 実験計画法と多重比較 -、日本教育情報学会第 40 回年会、8 月 24-25 日、青山学院大学（日本教育情報学会第 40 回年会論文集、pp. 336-337）
9. 細川光浩・奥田由紀恵・福井正康、College Analysis への機能追加 - ダミ

一変数処理、正確確率検定などー、日本教育情報学会第 40 回年会、8 月 24-25 日、青山学院大学（日本教育情報学会第 40 回年会論文集、pp. 334-335）

10. 堀越昌和、女性後継者の承継後企業パフォーマンスに関する予備的考察、日本中小企業学会 2024 年度夏季九州部会・西部部会、7 月 20 日、武庫川女子大学
11. 堀越昌和・亀井克之・栗岡住子、女性後継者の事業承継とリスクマネジメント、日本リスクマネジメント学会関東部会、11 月 30 日、専修大学
12. 堀越昌和、中小企業の女性後継者の事業承継-現状と課題-、中四国商経学会 第 65 回研究発表大会、12 月 1 日、オンライン（ZOOM）、周南公立大学
13. 山本文枝・松葉龍一・平岡斎士・久保田真一郎・中野裕司、デザイナー志望の学生を対象としたメディア・情報デザイン授業へのチェックリスト導入と効果、日本教育工学会 春季全国大会、3 月 2-3 日、オンライン、熊本大学
14. 石田百合子・松葉龍一・鈴木雄清・水島あかね・田中誠一・石田祐、PBL 実践における教員コンピテンシーモデルの開発に向けた検討、日本教育工学会 秋季全国大会、9 月 8 日、東北学院大学
15. 山本文枝・松葉龍一・平岡斎士・久保田真一郎・中野裕司、デザイナー志望の学生を対象としたメディア・情報デザイン授業における動機づけとその効果、日本教育工学会 秋季全国大会、9 月 7-8 日、オンライン、東北学院大学

V. その他

青木麟太郎、AR など情報技術を伝授 「すごい開発者」育てたい、Chugoku ビジネス情報 : bj : 備後の経済情報誌、第 1494 号、p. 48

2. 青木麟太郎・笹倉千紗子・依田実・木下龍、小学校・中学校の技術教育～子どもの学びの姿と教師の想いから、これから技術教育を考えよう～、技術教育研究会会報「技術と教育」、第 606 号、pp. 2-3
3. 青木麟太郎・笹倉千紗子・依田実・木下龍・井川大介・川俣純・坂田桂一・佐藤守・鶴丸早紀・平館喜明、内容別分科会 A 討議のまとめ 小学校・中学校の技術教育、技術教育研究会会報「技術と教育」、第 610 号、pp. 1-5

4. 市瀬信子、学界展望（文学 五. 元明清〈詩文〉）、日本中國學會報、第 76 集、
pp. 62–63

＜経営学部著者紹介＞

市瀬 信子：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
堀越 昌和：福山平成大学経営学部経営学科教授
青木鱗太郎：福山平成大学経営学部経営学科講師
岩本 敏裕：福山平成大学経営学部経営学科講師
宗像 智仁：福山平成大学経営学部経営学科講師
細川 光浩：福山平成大学大学教育センター・経営学部経営学科
講師
奥田由紀恵：福山平成大学大学教育センター・経営学部経営学科
助手

＜編集委員＞

市瀬 信子：福山平成大学経営学部経営学科教授
奥田由紀恵：福山平成大学大学教育センター・経営学部経営学科
助手

経 営 研 究

第 21 号

令和 7 年 3 月 25 日 発行

発行所：福山平成大学経営学部

〒720-0001 広島県福山市御幸町上岩成正戸 117-1

電話 (084) 972-5001, Fax (084) 972-7771

Bulletin of
Faculty of Business Administration
Fukuyama Heisei University

No.21 March 2025

CONTENTS

<Articles>

Advantages of Japanese Corporations in DVD Recorder production - Focus on production shares from 2000 to 2014 -Toshihiro IWAMOTO 1
Development of the Analysis Software College AnalysisMasayasu FUKUI, Yukie OKUDA and Mitsuhiro HOSOKAWA	16
Addition of Functions to the Analysis Software College Analysis - Experimental design and multiple comparisons –Masayasu FUKUI, Tomohito MUNAKATA, Rintaro AOKI and Yoko MATSUMOTO	31
<Notes>	
Possibilities of Statistical Education with AI -Use of Google Colaboratory and Gemini –Masayasu FUKUI, Tomohito MUNAKATA, Rintaro AOKI	51
Report on Results of Surveying Female Successors in SMEsMasakazu HORIKOSHI , Katsuyuki KAMEI, Sumiko KURIOKA and Yoshiaki MURAKAMI	69
The Shinshu Poetry Scene as Viewed by Issa - Focused on poetry meetings –Nobuko ICHINOSE 89
List of Research Achievement 107

FUKUYAMA HEISEI UNIVERSITY
117-1, Kamiawanari, Miyuki-cho, Fukuyama, Hiroshima 720-0001, Japan