

経営研究

福山平成大学経営学部紀要
第18号2022年3月

目次

<論文>

清代揚州地方文献にみる杭州詩人の活動	市瀬 信子	1
看護師の職務満足と公式化が組織市民行動に及ぼす影響	江口 圭一・佐藤 敦子	21
社会システム分析のための統合化プログラム40 ーナッシュ均衡ツールー	福井 正康・細川 光浩・奥田 由紀恵	37
社会システム分析のための統合化プログラム41 ー多変量分散分析・陰関数グラフー	福井 正康・奥田 由紀恵・細川 光浩	57
社会システム分析のための統合化プログラム42 ーテキストCR分析ー	福井 正康・渡辺 清美	79
カナダ8年生教科書の英文の量的分析 ー日本の英語教科書と比較してー	渡辺 清美・奥田 由紀恵	101
<研究ノート>		
データサイエンス教育に対応したプログラミング入門のための実施環境に 関する研究	尾崎 誠	111
College Analysis を使い易くする追加機能4	福井 正康・奥田 由紀恵・細川 光浩	117
広島県中小企業家同友会福山支部「2021年 新型コロナウイルス感染症の 中小企業経営への影響に関するアンケート調査」結果報告	堀越 昌和	129
業績測定の逆機能における初期の研究に対する一考察	宗像 智仁	161
2021年度研究業績一覧		175

福山平成大学

福山平成大学経営学部紀要
第18号(2022), 1-19頁

清代揚州地方文献にみる杭州詩人の活動

市瀬 信子

福山平成大学経営学部経営学科

要旨: 清代に、揚州では多くの地方志・地域詩集が編纂された。地方志の中にも多く詩が収録されており、揚州には実に多くの地方詩の記録が残された。しかし、清代には、揚州を出身地とする著名詩人は多くない。揚州は常に他地域からの人材を吸収する形で学問・文学を育ててきた。そうした中で、揚州の地方文献が多く掲載したのは、杭州詩人の詩である。杭州詩人は厲鶚(Li e)をはじめ、揚州に寄寓するものが多かった。他にも揚州文人と様々な形で交流を持つものが多かった。本稿では、杭州詩人が揚州でいかなる活動を行ったのかを、地方志を中心に検証する。そこから、揚州における杭州詩人の役割を明らかにしてゆく。

キーワード: 清代、地方誌、詩会

1. はじめに

清代に、一統志編纂を契機として、地方志を始めとする地方文献が盛んに編纂されたことはすでによく知られている。その中でとりわけ注目すべきは、それらの動きが文学に及ぼした影響である。明清の地方志は、詩文を多く採録しており、これは地域文学を代表するものの主要部分が詩歌であったことを示すものである。明清の地方志は、地理書としての役割の他にも多岐な用途を持っていた。大澤顕浩は、「明代の地理書には、『大明一統志』のように名勝旧蹟や人物を列挙した総花的な地域百科全書、あるいは観光案内記的なものと、各県の歴史沿革や衙門の記載、衙繁僻難等の各州県の地域的特性を表現する吏治のためのハンドブックというべき性格を持つものが見られる。」と述べている。¹⁾ 故に膨大な数の地域別の詩集、地域別の詩話が編纂されることとなった。その傾向は清代に到ってより顕著となり、地域を対象とする詩文集の数は膨大なものとなった。

とりわけ、地方志が多く編纂されたとされるのは、杭州を中心とする浙江と、揚州を中心とする江蘇地方である。揚州と浙江の二つの地域は、詩に於いては結びつきが強い。なぜなら、揚州詩壇には浙江詩人が多く移動して詩会で活躍していたからである。揚州は、地域を越えて詩人を迎えた詩会が隆盛であった地であり、浙江は地域を越えて外に詩人達が出て行った地である。杭州と揚州は結びつきが強く、清代前期から中期にかけて、文人士大夫たちは盛んに行き来したが、特に杭州から揚州に移動して定着する例は多かったが、逆のルート、つまり揚州から杭州への流入は見られない。それはなぜだろうか。また、杭州詩人が揚州に求められた理由はどこにあったのか。その謎を解くのに、地方志など、地方文献編纂の時代と、その中心地がこの二つの地域であったことは、深く関連していると考えられる。

本稿では、阮元の両地域の地域詩文献を通して、地域を越えた詩会とその詩人達が各地域の文献にどのように記録されたかを検証してみる。それにより、阮元が地域の記録にどのように取り組んだかを明らかにしてみたい。

2. 清代の地域詩集と地域詩話

先に述べたとおり、清代は地方誌の編纂が盛んになった時代である。その状況をまず確認しておく必要がある。地方誌編纂事業の拡大は、3次に及ぶ『大清一統志』の編纂に関わるものと考えられる。第1次『大清一統志』の纂修は、康熙二十五年から乾隆五年にかけて行われ、初修『大清一統志』は全356巻であった。第2次は乾隆二十九年から乾隆五十年にかけて纂修され、全460巻、第3次は嘉慶十六年から道光二十二年にかけて纂修され、全560巻であった。全国を網羅し、時代を追うにつれて大部になってゆく『一統志』には、各地方の資料が広く求められることになった。ゆえに地方誌の編纂も、明以前とは比べものにならないほどの頻度、規模で行われるようになった。たとえば、清代の地方志は歴史史上最も多く、現存するもので6000種近いとする説もある²⁾

清代は地方志の数の増加と連動するように、地方詩の総集の数も増加している。蒋寅は、清代の地域性詩文集の数量が激増し統計は難しいとしながら、『中国叢書総録』集部總集類の郡邑に関するものが77種あることを指摘し、中国社会科学院文学所に所蔵される地域詩文総集が約400種あるとする。松村昂『清詩総集叙録』（汲古書院、2010）は、157種を記載するが、そのうち、全国的総集が80種、地方的総集が77種であり、地域という区分が詩文の中でいかに大きな比重を占めているかを示している。

一方、詩話について見てみると、蒋寅『清詩話考』（中華書局、2005）の「清詩話見存書目」には、郡邑詩話として40種以上を収録している。郡邑詩話とは地方詩話、地域詩話とも称されるもので、蒋寅は郡邑詩話の中に阮元『広陵詩事』を入れている。こうした、地域の詩に関する文献が盛んに編纂された時代に、ひととき高い評価を受けたのが阮元の総詩集、詩話である。杭州詩人の活動の記録を見るには、まず阮元を見る必要がある。

3. 阮元の地域詩文献

阮元は、字を伯元といい、芸台(うんだい)と号した。江蘇儀徴の人で、乾隆五十四年(1789)の進士である。学者として、自らが中心となり『経籍纂詁』、『十三経注疏校勘記』、『疇人伝』、『皇清経解』等の編纂に携わる一方、地域詩文献の編纂にも力を注いだ。阮元は乾隆六十年(1795)33歳の時に山東学政から、浙江学政に転じると、出身地の儀徴を含む揚州一帯の清初からの詩人とその詩を集め、『淮海英霊集』の編纂に取りかかった。これが地域詩文献に関わった最初である。『淮海英霊集』序に「乾隆六十年、自山左学政、奉命移任浙江、桑梓非遙、徴訪較易、遂乃博求遺籍、徧于十二邑（乾隆六十年、山左学政より、命を奉じて任を浙江に移し、桑梓遙かに非ず、徴訪較(や)や易く、遂に乃ち博く遺籍を求め、十二邑に遍し。）」とある。また任地についた翌年嘉慶元年(1796)には、地元の人員を組織して、浙江の詩歌を収集した。これが『両浙輶軒録』編纂の始めである。任務の最終年で

ある嘉慶三年（1798）正月に『淮海英靈集』は完成し、四月に『兩浙輜軒録』も完成する。

『兩浙輜軒録』については、「書成、存之学官、未及刊板。（書成り、之を学官に存するも、未だ刊板に及ばず）」（『兩浙輜軒録』阮元序）とあるとおり、一度完成をみるも、刊行には至っていなかった。翌嘉慶四年（1799）、『淮海英靈集』に収めきれなかった詩事を集めた『広陵詩事』が制作される。『広陵詩事』は嘉慶六年（1801）に刻された。また『兩浙輜軒録』の内容に満足できなかった阮元は、同嘉慶六年『兩浙輜軒録補遺』を刊行する。阮元は更に嘉慶十三年（1808）に従弟の阮亨と王予に命じて『続淮海英靈集』を編纂させた³⁾。

これらの地域詩文献のうち、『兩浙輜軒録』『補遺』は、官僚として、赴任地の詩集を編纂したものである。「輜軒」とは、自序に「乗輜軒采風（輜軒に乗りて風を采る）」とあるのによる。「輜軒」は、天子の使者の乗る車で、松村昴によると、学政および巡撫を指すものである⁴⁾。つまり、学政という立場から編纂に取り組んだものである。一方『淮海英靈集』は、浙江学政となり、故郷揚州近くに来たことで、資料が集めやすいと考え、自ら進んで編纂に取りかかったものである⁵⁾。それぞれ多くの協力者を得て編纂しているが、『兩浙輜軒録』は、編纂事業を多くの人々と共に行っており、凡例に「分任採訪諸人」として二十名以上の人名を挙げている。一方『淮海英靈集』は、自らが中心となり、故郷の知識人達の助けを借りて編纂に取り組んだ。自分の意思で始めた作業であったためか、非常に熱心に資料を収集し、『淮海英靈集』で取り込めなかったものを集めて、自ら『広陵詩事』を撰して収録し、この2種をもって、揚州詩壇の全貌を記録しようとした。そして『広陵詩事』には、詩人を個人別に扱う詩集には入れられなかった詩会の記事を多く収録する。

『兩浙輜軒録』には『広陵詩事』にあたるものは作られておらず、当時もっとも詩会が盛んといわれた杭州詩会の様子をまとめて記録したものは無い。自らが中心となって取り組んだ揚州の記録に詩会を多く取り入れたことは、阮元が詩会を重要なものと考えていた証左となるだろう。

ところで、阮元が扱った揚州と浙江には、ある共通点がある。それはいずれも清代前半期に詩会が盛んであったという点である。特に揚州は、交通の要衝であり、塩商らの豊かな私財が文化事業に注がれたこともあり、外からの客人を多く迎え入れて、詩壇は一時の隆盛を謳われた。王漁洋、孔尚任、盧見曾ら官僚が開催した紅橋修禊の詩会は、全国にその名を知らしめた。一方浙江は、西湖を擁する杭州を中心に、詩会の地として名を馳せてきた。

またもう一つの共通点は、清王朝にとって、警戒すべき地域であったことである。浙江は、雍正年間に入ってから、大きな文字獄が連続し、雍正四年には、雍正帝は「浙江風俗惡」として、浙江の郷試、会試を停止している⁶⁾。

しかし、揚州もまた、清朝にとって警戒すべき地であった。四庫全書のための聚書が乾隆三十七年に始まったが、その折に江蘇浙江が最も危険視されていた。

「此等筆墨妄議之事、大率江浙兩省居多。（此等筆墨妄議の事は、大率江浙兩省多に居る。）」（『清実録』巻九百六十四 乾隆三十九年八月）及び、「故前後購獲應燬禁書籍。較江浙兩省尤多。（故に前後して應に燬禁すべき書籍を購獲す。較ぶるに江浙兩省尤も多し。）」

『清実録』巻一千二十二 乾隆四十一年十二月）とあるように、処分すべき禁書が江蘇浙江両省にとりわけ多いとしている。こうした地域的環境が悪しき風俗を育てるというわけである。蔵書家が活躍した代表的な地域が揚州と浙江である。詩会の盛んな地方都市は、科挙の道を選ばない文人が、蔵書家や富商のもとで盛んに詩作や著作に励んだ地域でもあった。しかし、揚州詩会と浙江詩会には大きく異なる点がある。揚州は他地域からの詩人を多く迎え入れて詩会の隆盛を迎えた。一方浙江は杭州を中心とし、地元の詩人を中心とした詩会が盛んであった。更に、浙江は揚州に詩人達を送り出し、各地の詩会の中心は、一時浙江詩人達という状況であった。この当時の様子は、王昶『湖海詩伝』に次のようにある。

揚州鹺商所萃、喜招名士以自重。而馬氏秋玉佩兮小玲瓏山館、尤為席帽所歸。時盧雅雨任運使、又能奔走寒賸。于是四方輻輳、而浙人尤多、如全謝山祖望、陳楞山撰、厲太鴻鸚、金壽門農、陶篁村元藻及授衣弟江阜、尤以領袖稱。（『湖海詩伝』巻六 陳章）

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

揚州詩壇は、また浙江詩人の活躍の場でもあったのである。揚州詩会のように、他地域から官僚として、あるいは客人として招かれた詩人達が詩会の中心で活躍した場合、揚州詩人だけをとりあげても、揚州詩壇の実態を捉えることにはならない。他郷の詩人を地域文献に収録するかどうか、収録するならどういう形をとるのか、は文献によって扱いが分かれる部分である。阮元はどういう答えを出したのか、彼の編纂した文献を調査し、文学を地域で区切ることの問題を阮元がどう捉えたかを具体的に見てゆく。

4. 『淮海英靈集』と『広陵詩事』

『淮海英靈集』の「淮海」とは、『清史稿』巻五十八の「揚州府、領州二（高郵・泰）、県六（江都・甘泉・揚子（すなわち儀徴）・興加・宝应・東台）」の九邑と、「旧（も）と揚州に隸（したが）いし」（「凡例」）「通州直隸州、領県二（如皋・泰興）」の三邑を含む十二邑であり、旧時の揚州を指す。また、採録するのは、凡例に「今録詩托始国初（今詩を録するに托するは国初に始む）」「所録詩人、皆以已故者為断（録する所の詩人、皆故者を以て断と為す）」とあるとおり、清初から、乾隆年間の詩人で故人である者を対象とする。収録された詩人は865名、詩は1488篇に及ぶ。この詩集を編纂した理由について、阮元は序の中で次のように述べる。

余之録此集、非敢取郷先生之詩衡以格律而選定之也、亦非藉已故詩人為延誉計也。広陵耆旧零落百余年矣、康熙、雍正及乾隆初年已刊専集漸就散失、近年詩人刻集者鮮、其

高情孤調卓然成家者固多。即殘篇斷句僅留于敝篋中者亦指不勝數、亟求之猶懼其遺佚而不彰、遲之又久不更替乎。且事之散者難聚、聚者易伝。後之君子、懷耆旧之逸轍、采淮海之淳風、文献略備、庶有取焉。(「淮海英靈集序」『擘經室二集』卷八)

余の此の集を録すは、敢へて郷先生の詩を取りて衡(はか)るに格律を以て之を選定するに非ざるなり、亦た已に故りし詩人を藉りて延譽の計を為すに非ざるなり。広陵の耆旧零落すること百余年にして、康熙、雍正及び乾隆初年已に專集を刊するも漸く散失に就き、近年詩人の集を刻する者鮮きも、其の高情孤調卓然として家を成す者固より多し。即ち殘篇斷句僅かに敝篋中に留むる者も亦た指もて數ふるに勝へず、亟(すみ)やかに之を求むるも猶ほ其の遺佚して彰かならざるを懼れ、之を遅くせば又久しく更替せざるか。且つ事の散ずる者は聚め難く、聚まる者は伝へ易し。後の君子、耆旧の逸轍を懷ひ、淮海の淳風を采るに、文献略ぼ備はれば、庶(こいねが)はくはこれに取る有らん。

阮元によれば、この詩集は、格律の基準によって選別したり、物故詩人の名誉を頌揚するためのものでもない。清初の揚州詩人達が世を去り詩壇が衰退して100年余り、康熙(1662～1722)・雍正(1723～1735)から乾隆(1736～1795)の初めごろまでの7、80年余りの間に刊行された詩の專集は、嘉慶年間に入った今、すでに徐々に散逸し始めている上に、優れた詩人が多くいるにも関わらず、近年は詩集の刊行も少なくなっているという。更に、詩集にならない詩句の断片も多く残るが、これもまた失われて消えてゆくという。このように、失われゆく清代揚州の詩を集めて後世に伝える、というというのが阮元の意図であった。最後の「庶有取焉」とは、『淮海英靈集』を資料として、地方志などに記録されることを願うものである。

『淮海英靈集』が地域資料とする目的で編纂されたことを示すのは、凡例の一つに「每人各為小伝數行、以紀爵里事蹟、或以詩存人、或以人存詩、譌舛遺漏誠恐不免、尚希同志、諒而増改之。(每人各おの小伝數行を為し、以て爵里事蹟を紀し、或ひは詩を以て人を存し、或ひは人を以て詩を存すも、譌舛遺漏誠に恐らくは免れず、尚ほ同志の、諒して之を増改せんことを希ふ。)」とあるとおり、詩人の伝記、爵里事蹟を記し、刊行後に訂正があれば更に増改を望み、詩人の記録として正確であることを目指していることから推察できる。

阮元が『淮海英靈集』などの編纂に取り組んだ時期は、地方誌編纂が最も盛んな時代であり、また嘉慶年間以降に編纂された『揚州府志』以下、県志などには、『淮海英靈集』『広陵詩事』から引かれた記事が多く採録されていることから、阮元の目的は果たされたといつてよい。

さて、収録する詩人や詩会について述べている凡例を挙げると以下ようになる。

一、外省人入籍揚州、其生卒在揚州者、方入録、若流寓詩人、本極繁多、且昔王漁洋司寇、盧雅雨軫運、馬秋玉徵君等、招集名流觴詠尤盛、多不勝収、当俟另纂。

一、外省人の揚州に入籍するは、其の生卒の揚州に在る者にして、方めて録に入

る。流寓の詩人のごときは、本より極めて繁多なり。且つ昔王漁洋司寇、盧雅雨転運、馬秋玉徵君等、名流を招集し觴詠尤も盛んにして、多くして収むるに勝へず、当に另纂を俟つべし。

この凡例では、本籍が揚州でない場合、揚州で生没した者以外は記録しない、という厳しい方針を示す。しかし、流寓の詩人が極めて多いこともまた認めている。また、王士禛（漁洋）、盧見曾（雅雨）、馬曰琯（秋玉）らが名士を招いて主催した文宴つまり詩会が盛んであったことも述べている。馬曰琯は、揚州塩商であるが、王士禛、盧雅雨は山東から揚州に赴任した官僚として、大規模な詩会である「紅橋修禊」を開催し、揚州の盛事と讃えられた。しかし王士禛、盧雅雨は揚州人ではなく、生没も揚州ではないため、彼らは『淮海英靈集』には収録されない。ただその多くの詩会については、詩集とは別に編纂しており、揚州詩壇にとって欠かせない出来事であったことを認めている。

揚州人以外は地域詩集に収録しないという方針は、実は当時の地方詩集としては特異なものであった。当時の地方誌及び地方詩集には、他郷からの流寓の詩人、訪れた著名人の活躍を載せることで当地の文化の隆盛を際立たせようという例が多かったからである。蔣寅は、地域詩集や詩話が「流寓」といわれる他の地からの詩人の作品を多く収録し、そのことが当地の誇りとなるものであったこと、そうした本地の風物名勝をとりあげる詩文が地方志の芸文志に収録され、地域詩集や詩話緒を補う役目も果たしたことを指摘する。⁷⁾

阮元は、あくまでも流寓の詩人を地方詩集に入れることを拒んだが、後に阮亨らが編纂した『淮海英靈続集』では、凡例に、「外省人入籍揚州、仍載明原籍、其流寓詩人亦分別載入。」と、外地の人で後に揚州籍となった人物は原籍を明記し、流寓詩人は、揚州人とは別に採録するとしており、事実、『続集』の方は、『淮海英靈集』より遥かに広い地域の詩人を収録している。阮元の地域文献における地域の限定がいかに厳しかったのか、またそれが当時一般的ではなかったかがこうした編集方針の変更からも見て取れる。

更に、詩会の記録については次のように述べる。

一、忠孝節義之事蹟、及讌会之韻事、園亭之廢興、彝言名句之流伝、書画古器之賞鑑、元已別為広陵詩話若干卷、俟定稿後再為付梓。

一、忠孝節義の事蹟、及び讌会の韻事、園亭の廢興、彝言名句の流伝、書画古器の賞鑑、元已に別に広陵詩話若干卷を為り、稿を定むるを俟ちて後再び為に梓に付す。

この凡例では、『広陵詩事』の方に入れる内容を具体的に挙げる。忠孝節義、讌会の韻事、彝言名句、書画古器などである。このうち、「讌会の韻事」は詩会であり、「園亭の廢興」とある園亭の多くは、詩会の地となったものを取りあげている。つまり詩会については『淮海英靈集』には記録せず、『広陵詩事』にその役割を預けるということである。

ここで『広陵詩事』序でその編纂意図を確認する。

余輯淮海英靈集既成、得以誦広陵耆旧之詩、且得知広陵耆旧之事、隨筆疏記、動成卷帙、博覽別集、所獲日多、遂名之曰、広陵詩事。……大指以吾郡百余年來名郷賢士、嘉言懿行、綜而著之。庶幾文献可徵、不致零落殆尽。且余生于諸耆旧百余年後、亦藉此收羅殘缺、以尽後学之責也。退食余閑、檢付弟亨、子常生鈔録成書、將以付刻。至于爵里族姓或有舛誤、遺聞佚事、再当補述。尚望同志君子訂而統之。

余 淮海英靈集を輯して既に成り、以て広陵耆旧の詩を読むを得、且つ広陵耆旧の事を知るを得、筆に随ひ疏に記し、動(やや)もすれば巻帙を成し、別集を博覽し、獲る所日に多く、遂に之に名づけて広陵詩事と曰ふ。……大指は吾が郡百余年來の名郷賢士、嘉言懿行を以て、綜べて之を著はさんとす。文献徴すべく、零落殆尽を致さざらんことを庶幾ふ。且つ余 諸耆旧百余年の後に生まれ、亦た此を藉りて殘缺を収羅し、以て後学の責を尽くすなり。退食の余閑、檢するに弟亨、子常生に付して鈔録成書せしめ、將に以て刻に付さんとす。爵里族姓に或ひは舛誤、遺聞佚事有るに至つては、再び當に補述すべし。尚ほ同志君子に訂して之を続けんことを望む。

『広陵詩事』は、『淮海英靈集』編纂の時に揚州の詩人、事蹟について多く知り、書き留めたものが多くなり、『広陵詩事』としたという。また、『淮海英靈集』と同じく、散逸してゆく揚州の嘉言善行を記そうというのは、『広陵詩事』という題にあるように、詩に関わるものがやはり多い。また『淮海英靈集』と同じく記録が散逸することを恐れ、文献を収集したという。また記した爵里族姓などに誤りがあれば訂正を加えてほしいと願うのは、揚州地方誌の資料たるべき意義を持たせているのである。しかし、詩会について『広陵詩事』序は全く触れていない。

5. 『韓江雅集』

揚州における杭州詩会の詩人の記録を見るにあたって、調査の対象とするのは、韓江雅集の詩人達である。なぜなら、韓江雅集は揚州の詩会でありながら、その中心にいたのは杭州を中心とする浙江詩人達だからである。浙江詩人の多くは揚州に長年に渡って居住しており、浙江での作品より揚州での作品の方が多いという詩人も多い。しかし揚州人ではないため、揚州の記録には残されない。地域を越えて活動した韓江雅集の詩人たちは、各地域文献にどのように記録されたのかを調べることは、地域文献の時代の詩人のあり方を知ることにともなうと考えられる。

まず簡単に韓江雅集について説明しておく。清代の乾隆初期、揚州では富裕な塩商たちが、巨大な財力をもって、各種文化事業を支えた。揚州塩商の代表格が馬曰琯・馬曰璐兄弟である。彼らは豊富な蔵書を誇り、学者文人の研究、編纂事業を支援しつつ自身も事業に参加する知識人であった。馬氏は自らの邸宅や園林で詩会を開催した。また周辺の塩商も場を提供しつつ詩会に参加した。その詩会が韓江雅集であり、詩社として韓江吟社の名称もある。韓江はまた邗江とも表記される。詩会の唱和詩を収めた詩集が『韓江雅集』であり、収録された詩の数は聯句を含め90首、詩人は41名、収録期間は乾隆八年～十二年の

6年間にわたる。清代の詩会の詩集としては、最も大規模なものである。阮元『広陵詩事』の中から、詩集『韓江雅集』について記す部分を見てみる。

馬曰琯（秋玉）、曰璐（半查）兄弟並好客、主持風雅、勒其朋侶游宴之詩為韓江雅集十二卷。与斯集者、則有胡期恒（号復翁、本湖南人、官左都御使。生於揚州、故在揚亦自号里人。然曾為江西布政使、是以不録入淮海集）、唐建中（字南軒、天門人、康熙癸巳庶常）、程夢星、汪玉枢、厲鶚（錢塘人、孝廉）、方士庶、王藻、方士廔、陳章（錢塘人）、閔華、陸鍾輝、全祖望（鄞県人、庶常）、張四科、史肇鵬、楊述曾（陽湖人、編修）、洪振珂、鄭江、張世進、趙昱（仁和人）、丁敬（錢塘人）、杭世駿（錢塘人、編修）、趙信（仁和人）、趙一清、戴文灯（帰安人、丁丑進士、礼部員外郎）、陳祖范（錢塘人）、查祥、邵泰、姚世钰（帰安人）、王文充（江都人、編修）、劉師恕、程士械、樓綺（字于湘、長洲人）、团昇、陸錫疇諸名宿。（『広陵詩事』 卷七）

詩会を記載する『広陵詩事』では、参加者を非常に詳細に記録する。『韓江詩集』には41名の詩人が見えるが、『広陵詩事』にはそのうち、36名を収録する。『広陵詩事』の数年前に刊行された『揚州画舫録』に収録する『韓江雅集』の詩人数は30名であり、それよりも多くの詩人を収録している。また、『韓江雅集』には、出身地を記していないが、阮元は出身地を記している。それによって、揚州以外の詩人が多く参加したことがわかる。

そこで、韓江雅集の詩人について、揚州の詩人と杭州の詩人について、その記録のしかたを『淮海英霊集』、『広陵詩事』、『両浙輜軒録』などで調査し、他の地域詩文献との比較を行う。

6. 『韓江雅集』における杭州詩人の記録

『韓江雅集』での収録回数が多いのは、杭州詩人陳章の92回で、馬曰璐の90回、馬曰琯の82回を超える。

陳章については、『広陵詩事』の参加者として巻七にその名が登場し、また同じく巻七に詩会の聯句の参加者としてその名が登場する。また、『広陵詩事』で馬曰琯の記したところに、「錢塘厲太鴻徵君（鶚）、陳授衣（章）、帰安姚玉裁秀才（世钰）皆館其家。」（『広陵詩事』 卷三）と、馬氏宅に寄寓した浙江人の一人として記されるが、彼の活動に関する記述はない。『広陵詩事』はあくまでの揚州人中心の『淮海英霊集』の補であり、中心を揚州人とする思想は変わらない。阮元より少し前に刊行された李斗『揚州画舫録』巻四には、韓江雅集の詩人として陳章の伝記を載せている。『揚州画舫録』は、揚州詩会で活躍した揚州外の詩人を羅列し伝記を詳細に記し、それを通じて揚州詩壇の多彩さを示す方針を取っており、阮元とは正反対である。阮元は『揚州画舫録』に序をつけており、内容が重ならないよう編纂方針を考慮したのかもしれないが、それを示す証拠はない。

では、故郷浙江の詩集である『両浙輜軒録』には陳章はどのように記録されているのだろうか。

陳章、字授衣、錢唐人。有錢唐懷古詩。

（『兩浙輶軒録』卷十八）

陳章、字は授衣、錢唐の人。錢唐懷古詩有り。

この一行だけである。陳章には、『孟晋齋集』二十四卷があり、『乾隆杭州府志』卷五十九芸文にも記載がある。しかし『兩浙輶軒録』には詩集の記載もなく、全く簡素な扱いである。揚州にいたことは無論記載がない。

しかし陳章は決して無名の人ではなかった。全祖望は「竹町居士陳授衣章、以詩名大江南北者、幾三十年、而不遇。（竹町居士陳授衣章、詩を以て大江の南北に名あること、幾ど三十年にして、遇されず。）」（全祖望『鮚埼亭集內編』卷三十二「宝甌集序」）⁸⁾と、詩で各地に名を知られたことを記しており、また杭世駿は陳章の弟陳阜の詩集に送った序に「与賢兄竹町闌入韓江雅集。……広陵社事繁興、程翰林午橋、張主事漁川、汪員外對琴、江藩伯鶴亭、開設壇坫、争以得對鷗兄弟為勝。（賢兄竹町と韓江雅集に闌入す。……広陵社事繁興にして、程翰林午橋、張主事漁川、汪員外對琴、江藩伯鶴亭、壇坫を開設し、争ひて對鷗兄弟を得るを以て勝と為す。）」（『道古堂文集集』卷十一「吾尽吾意齋詩序」）と記している。揚州詩壇の程夢星、張四科、汪棣、江春ら、豊かな財力をもとに揚州詩壇を盛り立てた塩商らが争って手に入れたがったのが、陳章、陳阜兄弟だというのである。ところが、『兩浙輶軒録』では陳章の記録は上記の通り記録ともいえぬものであり、弟陳阜にいたっては、『補遺』にも採録されない。

この原因は、陳章陳阜兄弟が、浙江にほとんどいなかったためと考えられる。『兩浙輶軒録』の凡例には、編纂の資料に用いた総集が列挙されている。松村昂は、それについて「阮氏が参考に用いた総集は、すべて浙人の編輯によるものである。」⁹⁾と指摘している。陳章は長く揚州に住み、馬氏に入り婿として迎えられ、揚州に居住し杭州には帰らなかった¹⁰⁾揚州に住みついても、阮元の基準では揚州人とされることはなく、『淮海英靈集』には彼の活動に関する記載はなく『広陵詩事』にも陳章自身に関する記載はほとんどない。また浙江にいなかったために、浙江の記録である『兩浙輶軒録』には、彼の記録らしいものが残されない。同時代に刊行された浙江の『全浙詩話』、揚州の『揚州画舫録』には陳章の伝記や詩に関する記録が残っているが、阮元は地域を厳しく分けたため、陳章のような流寓の詩人は、移動先の記録からも、故郷の記録からも漏れていくことになったのである。最も信頼できる地域詩文献として評価される阮元編纂の詩集、詩話は、実は移動した詩人たちの記録を切り捨ててしまうという大きな問題があった。

陳章とともに馬曰琯の元に滞在した詩人、姚世銓をみてみよう。姚世銓は『広陵詩事』卷三に「乾隆初、揚州詩人有前五君詠、為胡復翁中丞（期恒）、唐南軒太史（建中）、方上舍（士庶）、厲孝廉（鶚）、姚秀才（世銓）。」と、揚州を代表する前五君の一人として載っており、揚州での活躍のほどがうかがえる。では、『兩浙輶軒録』ではどう記録されるのだろうか。『兩浙輶軒録』卷二十一には、姚世銓に関する全祖望「壙志銘」、沈德潜「略志」、法式然『梧門詩話』、朱文藻『全祖望年譜』などから資料を引き、多くの記載がある。しか

し、揚州に関する記述はない。実は、全祖望の『鮚埼亭集内編』巻二十「姚薏田壙志銘」には、「晩年益刊落枝葉所得粹然、授徒江都、遂卒焉。吾友馬曰琯、曰璐、張四科為之料理其身後、周恤其家、又為之收拾其遺文、將開雕焉。（晩年益ます枝葉を刊落し得る所粹然たりて、徒を江都に授け、遂にここに卒す。吾が友馬曰琯、曰璐、張四科のが為に其の身後を料理し、其の家を周恤し、又之が為に其の遺文を收拾して、將に開雕せん」とす。）」と、揚州に滞在し、揚州詩会の主催者が彼の詩集を刊行したことを載せているのだが、『兩浙輶軒録』は、この文章を引用しながら、この部分の記述を省いている。よって、姚世鈺の揚州での姿は全く見えず、揚州にいたことすらわからない。揚州の『韓江雅集』には、二十首を採録され、その活躍ぶりがわかるのだが、詩会そのものに関する記録も全く見えない。

揚州で同じ前五君とされた厲鶚が、陳章・姚世鈺と異なるのは、彼の著作の大半が、馬曰琯の蔵書を元に編纂されたことがよく知られており、また揚州滞在も三十年に及ぶため、彼の人生を記すには、揚州に触れないわけにはいかない。『兩浙輶軒録』巻二十一の厲鶚の小伝は『乾隆杭州府志文苑伝』を引用するが、これは元々汪沆の『樊榭山房文集序』から取られている。そこには揚州のことが記される。

客遊揚州、有馬氏蔵書最富、延至其家、遺文秘牒、無所不窺。故其發為詩文、削膚存液、辭必已出、以清和為聲響、以恬淡為神味、考据故実之作、搜瑕抉隱、仍寓正論于叙事中、読者咸斂手懾服。数十年、大江南北所至、多爭設壇坫、奉為盟主。

揚州に客遊し、馬氏蔵書の最も富む有り、其の家に延至し、遺文秘牒、窺はざる所無し。故に其れ發して詩文を為り、削膚存液、辭必ず己より出で、清和を以て聲響と為し、恬淡を以て神味と為し、考据故実の作、瑕を搜し隱を抉き、仍ほ正論を叙事中に寓し、読者咸斂手懾服す。数十年、大江南北の至る所、多く争ひて壇坫を設け、奉じて盟主と為す。

ここでは揚州馬氏の蔵書を元に詩を作ったことが記されており、また各地の詩壇で盟主としてあがめられたことが記される。しかし、最も活躍した揚州詩会についての記載はない。これは元々が文集の序であったためということもある。しかし他に『詞科掌録』『蓮坡詩話』など様々な資料を引用しているにもかかわらず、揚州の詩会活動の部分を引用することがない。

最後に、揚州と浙江を行き来し、厲鶚とともに各種書籍の編纂に携わり、自らも多くの著作を残した全祖望の記録を見てみよう。『兩浙輶軒録』巻二十二に全祖望の小伝と詩が収められる。小伝における揚州の記述は、『詞科余話』からの引用の「時往来武林維揚間。」のみである。詩会に関する記述もないが、採録される詩に「韓江詩社浙中四寓公予焉。樊榭、堇浦、薏田与予也。然前後多参錯、予不到韓江二十年矣。今夏之初、館於嶢谷齋經堂中、同人喜予之至、而惜三子之不偕、即席奉答」と題する詩を載せており、韓江詩社に身を寄せた四寓公として、厲鶚、杭世駿、姚世鈺、全祖望がいたことがわかる。これが揚州詩会での活動を記す唯一の資料となる。四寓公のうち、杭世駿については、実は揚州での

滞在期間は短かったので、今回は取りあげない。

さてこうしてみると、流寓の詩人として揚州詩会で活躍した浙江詩人の最も活躍した姿は、移動先の記録にも、故郷の記録にも残されていないという事実がわかる。揚州詩人の活動を記録することを目的とした揚州の地域詩集、地域詩話に浙江詩人の活動の記録が残らないのは当然としても、故郷の記録も残らないという事実は彼らにとって不幸であったといえよう。地域詩総集が、その地での活躍を記すことに重点を置き、他郷での記録を載せない傾向が強かったため、結局移動した詩人の活動の大半は記録から消えてしまったのである。これはあくまでの地域詩総集は、当該地域での活躍を伝えるもの、というのが阮元の編纂方針であったためである。よって、詩の活動の大半が揚州詩会であった陳章、姚世钰は、『兩浙輶軒録』の中では、揚州での人気や活躍ぶりが記録されず、当時の高い評価や人気を知る手段はなく、厲鶚や全祖望ほどの著名人でも、他郷での活躍は記録に入れないため、彼らの活動の大半が記録から消えてしまっているのである。

清代初めから中期にかけて、杭州を始めとする浙江詩人達は、多くが揚州や天津など他の地域に移動し、そこで活動を行った。それらの詩人は、著作を残した厲鶚や全祖望を除いては、その後詩人としての名は消滅していった。その一因が、この地方を区切った記録にあったといえる。しかし一方では、浙江の詩人が各地の詩壇で求められたのは、その地の地方志に載せる詩を制作するという役目のためでもあった。各地の地方志に浙江詩人の詩は古蹟・風俗を詠ずるものとして、実に頻繁に登場するのである。よって、地方志の時代が彼らの生活を支えたという一面もある。阮元の地方志文献は、地方志編纂の時代に生きた詩人たちの過酷な宿命を克明に映し出すものといえよう。

7. 揚州府志における杭州詩人

清代に特徴的なのは、文学とくに詩文に関わる地方文献が非常に多いことである。明代に盛んになった地方志編纂だが、清代にはより一層地方志の編纂活動が活発になり、それに合わせるように、詩文や文苑の占める位置が高くなった。例えば、清代雍正年間の『寧波府志』凡例に次のようにある。

一、旧志列伝止分時代不分某邑、惟李志一邑自為一卷、今以便於簡查、從之其儒林文苑等門仍前合載。

一、旧志列伝は止だ時代を分けて不分某邑を分けず、惟だ李志一邑のみ自ら一卷を為す、今以って簡查に便、之により其の儒林文苑等の門仍ほ前に合載す。

かつて歴史の記述における列伝は、時代ごとには記されていても、区域を分けていなかった。ただ李志だけは一地域で一卷としていて、それは簡単な調査に便利なものであった。そのため、儒林文苑についても、地域別の記載が行われるようになった、という。清代雍正年間には、地域で文人をわけることが主流となってきたことがここからうかがえる。こうして編纂された儒林文苑といった文学者学者の特に近年、清代文学を地域という視点から

とらえる研究が増加し、地域と清代文学との関わりの深さが明らかにされることとなった。蒋寅は、明清時代には、省府という大きな行政区分から小さな郷鎮にいたるまで、山川、古蹟などに全て志書があったとする。また、そうした地方志の編修作業の中で、地方文献の搜集と芸文志の編纂が最も重要であったとする。更にその現れとして、大多数の地域詩話、地域詩文集の編纂が地方志の編纂に関わっていたことを指摘する。¹¹⁾ つまり、地方志の編纂は、そのまま地方の文学の蒐集につながり、更には地方志編纂の基礎資料となるべく詩話も地域ごとに編纂されるようになったというのである。また、詩話のみならず、地域別の詩話、も同様に盛んに編纂されるようになった。

地域別の詩話は郡邑詩話とも称される。蒋寅は、明清の地域文学を対象とする選本の中で主要部分は詩歌であり、その中で数量が際だって多い郡邑詩選及び詩話の誕生は、地域を視点とする意識が強くなってきたことを示すもので、清代文学研究者がまず注意すべき重要な問題であると指摘する。¹²⁾ 詩選、詩話といっても、それらは実は別々のものではない。夏勇は、総集と詩話は形式上似通ったところがあるとし、『中国叢書総録・子目分類索引』が集部・総集類に『広陵詩事』を入れていることを指摘する。¹³⁾ 蒋寅『清詩話考』（中華書局 2005）の「清詩話見存書目」には、郡邑詩話として40種以上を収録しており、清朝が地方別の詩文献を多く産んだことがわかる。

蒋寅「清代文学与地域文化」は、地域詩関係文献の数量を調査し、『中国叢書総録』における郡邑関係の叢書は75種でその中に当地の作家の詩文集を多く含んでいること、集部総集類でも、郡邑類と目されるものが77種あり、地域詩文の文献は数え切れないほど存在していることを指摘して次のように述べている。

『中国叢書総録』匯編類列於郡邑一門の叢書有七十五種、内含大量当地作家的詩文集、而集部総集類列於郡邑一門の叢書有七十七種、更是地方文学作品的薈萃。僅中国社会科学院文学所就蔵有地域詩文総集約四百種、清人総共編纂了多少這類叢書、目前還難以估計。松村昂『清詩総集131種解題』中即含有郡邑詩集六十八種、可見比例之高。甚至某些断代総集、也貫穿着地域觀念。……除詩文集の編纂之外、地方詩話的写作也是地域詩歌伝統建構的重要形式。……清代張泰来『江西詩社宗派図録』、裘君弘『西江詩話』繼之而起、清代地域詩歌批評由此興起、陸続産生的郡邑詩話至少有三十多部。

（蒋寅「清代文学与地域文化」『清代文学論稿』（鳳凰出版社 2009）

松村昂は、蒋寅の論考の中で、『清詩総集131種解題』で郡邑詩話を68種と紹介しているとあるが、松村は後に『清詩総集叙録』（汲古書院 2010）の中で、清代の詩の総集が全国と地方というように、地域別でまず区別されると述べる。また、清詩総集350種余のうちから、全国的総集80種、地方的総集77種合わせて157種を取りあげる。松村は以下のように述べている。

『清史稿』卷百四十八・芸文志四・総集類、および武作成編『清史稿芸文志補編』集

部・総集類(一九八二年・中華書局)から清詩総集を摘出すれば、350三百五十種はくだらないとおもわれるが、そこに記載されているもの(詩文評類からの一種を含む)を主とし、記載されていないものをも加え、私が本総録に項目立てをしたのは、和刻を除き、附録を含めて、全国的総集が八十種、地方的総集が七十七種の、あわせて百五十七種になる。このうちの、人名索引のためにカードをとった百三十種において、一首以上の詩をもって登載される詩家の絶対数は(つまり延べ人数ではなく) 四万四千三百二十家前後である。ちなみに銭仲聯主編『清詩紀事』(1989年・江蘇古籍出版社)では、その「前言」で「所收作家五千余人」とする。各巻の目録によって勘定してみると、士人五千百三十五家、列女三百家、釈道百六家の、あわせて五千五百四十一家、これに無名氏を加えても五千七百七十七家である。

つまり、地方志の編纂は宋元以後に増加し、明清には、小さな行政単位までが志を編纂するようになった。また地域の自然、名勝旧蹟についても志書が編纂され、地域の伝統文化を知らしめることとなった。中でも地方文献を集めることと芸文志の編纂が最重要とされ、地方志編纂による地方文献の整理作業が地方文人と地方官僚の重要な役割となった。

王兵は、清代の詩の選本についても、清詩の地域別選本が数の上でも明代以前を遥かに凌ぎ、また質の上でもレベルアップが際だつと指摘する。地方志と詩の進化もまた深い関連があったといえる。¹⁴⁾

8. 揚州地方志の古蹟志と詩

地方志との関わりをみるために、具体的に歴代の「揚州府志の中でどこに詩が現れるかを具体的にみてみよう。

康熙二十七卷本『揚州府志』巻二十一古蹟志を見ると、この段階では詩はほとんど収録されていない。僅かに収録されるのは、六朝から宋までの詩である。例えば

樓閣

「晋甲仗楼」晋謝安建在新城、唐張籍詩「謝氏起新楼…」(以下詩句を収録)

「新城甲仗楼」張籍謝氏(一作守)起新楼、西臨城角(一作上)頭。…として唐の張籍の詩を収録する。

「明月楼」語林元揚州富民趙氏好客有明月楼一時題咏甚多趙子昂過揚州主人求作楣帖題云春風園苑三千客明月揚州第一楼主人喜甚撤酒器為贈

按、揚州相伝有東閣一云梅花閣取杜子美和裴迪詩東閣官梅動詩興還如何遜在揚州之。

と続くが、この後には劉長卿、杜牧など唐詩が続く。宋については、王安石を一首収録し、また宋の陳師道の「後山詩話」の文も引く。

ただ、宋から清朝康熙年間までの時間を考えると、そこから元・明の王朝の作を全てとりあげておらず、また清朝の詩も全く採録しない。この方法は、過去の著名な文人達の作を挙げることで、土地の名をも知らしめようという意図が見える。

嘉慶年間の古蹟志は以下のようになる。これは嘉慶十五年に編纂された『揚州府志』に

なる。

『重修揚州府志』卷之三十 古蹟志一 江都縣

迎遷樓高駢末年、惑於神仙之說、呂用之等援引朋党、恣為不法、中和元年用之以神仙好樓居、請於公廨邸、北跨河為迎仙樓。其斤斧之聲、晝夜不絕。費数万緡半歲方就自成、至敗竟不一游。肩輿儼然以至灰燼広陵。（妖乱志）

駢建迎仙樓、高八丈、飾以金珠璅玉、侍女衣羽衣新。聲度曲以擬鈞天薰齋共上（唐書高駢伝）

唐羅隱詩、鸞音鶴信杳難回、鳳駕竜車早晚来。仙境是誰知处所、人間空自造樓台。雲侵朱檻応難到、虫網間窓永不開。仔細思量成底事、露迎風擺作塵埃。

国朝陳章詩「唐政已不綱、扼要仗節度。江淮此巨鎮、何乃付庸孺。不思勒景鐘、妄誕以為務。張呂固小人、木腐始生蠹。銀筒謂易求、丹邱通有路。縹緲洁飛樓、滄波跨百步。風雲入窓櫺、日月炫丹素。撞鐘吼華鯨、焚香鬱烟霧。羨門高誓流、拱手冀一遇。青鳥断消息、木鶴懶軒翥。迎得畢將軍、哀哉終不悟。片掾早飛灰、遺基莫知处。独立俯蒼茫、一誦江東句。

ここで特徴的なのは、「迎遷樓」という建物を描くのに、唐代の建築であるにもかかわらず、唐詩人の詩を収録しないことである。所謂文学の権威による作品を載せるのではなく、「妖乱志」という正統でないものに加え、最後に清朝の杭州詩人陳章の詩を載せる。陳章は当時の揚州では人気のあった詩人だが、彼の人気は清代の一地方のものであり、文学史上に名を残すものとは言い難い。また、活躍した時期も、嘉慶に近い、乾隆中期であり、この揚州府志編纂開始から遠くない、いわゆる同時代の詩人である。ではこの詩はどこから採録されたのか。

ここでヒントとなるのが『韓江雅集』の存在である。韓江雅集は、揚州詩会の記録をまとめて詩集として出版されたものである。形態としては、おそらく詩会の度に雑誌が刊行され、その中のセレクト集として編纂されたのが『韓江雅集』だと考えられている。その中にこの詩はでてくる。

詩会でどのような詩が作られていたかを知るために、『韓江雅集』の詩をいくつか紹介しよう。

「分詠揚州古蹟」

胡期恒得雲山閣、唐建中得淳于禁宅、程夢星得康山、馬曰璐得水亭、厲鶚得秋聲館、王藻得木蘭院、方閻士捷得玉勾井、馬曰璐得阿師橋、陳章得迎仙樓、閔華得居竹軒、陸鍾輝得棲靈塔、張四科得偕樂園

「分詠西湖古蹟送樊樹歸錢塘」

胡期恒得放鶴亭、唐建中得僕夫泉、程夢星得夢謝亭、馬曰琯得過溪亭、厲鶚得九里松、王藻得竹閣、方士捷得豐樂樓、馬曰璐得龍泓洞、陳章得水仙王廟、閔華得馬塍、陸鍾輝得黃篋樓、張四科得葛洪井

「十一月三十日集蕭玲瓏山館分詠」

胡期恒得寒燈、唐建中得寒溪、程夢星得寒月、高翔得寒松、馬曰琯得寒山、汪玉樞得寒雲、厲鶚得寒林、方士庶得寒更、王藻得寒旅、方士捷得寒煙、馬曰璐得寒江、陳章得寒原、閔華得寒砧、陸鍾輝得寒鐘、全祖望得寒竹、張四科得寒泉

「東園雜詠」

胡期恒得品外泉、程夢星得醉煙亭、馬曰琯得春雨堂、汪玉樞得凝翠軒、方士庶得蘋風檻、方士捷得目矚臺、馬曰璐得春水步、陳章得小鑑湖、閔華得駕鶴樓、陸鍾輝得嘉蓮亭、張四科得踏葉廊。

ここに挙げたのは、「分詠」「雜詠」というスタイルの同題集詠である。内容を見てみると、揚州や杭州の古蹟について、皆でテーマを分け合って詠じている。このように名所を分担して詠じるというのが、当時の詩会の定番の形態であったと考えられる。こうした詩題はどうして生まれたのか。多人数で競い合い、練習するためには歴史的題材、あるいは名所などの題材を詠ずることのほうが、情緒を詠ずるよりも適している、とする説もある。¹⁵⁾ しかし、ここに見える詩は、実は地方志の中にその詩を採録されているものが多いつかあるのである。つまり、地方志は、こういう名所を詩題として詠ずる詩会の詩集を蒐集することで、最新の詩を入手することができたと考えられるのである。しかも『韓江雅集』のような、知名度のある詩人たちの集まりから生まれる詩は一つの權威といってよかった。『韓江雅集』の詩人達、馬曰琯、馬曰璐、厲鶚、陳章、姚世鈺らは、いずれも乾隆元年の博学鴻試に推挙された名士であった。またすでに退官していたとはいえ、胡期恒も、かつて雍正帝の時に活躍し、また罪名を負い、乾隆帝によって名誉回復された著名人であった。こうした名士達が詩会のつど詩集を刊行していたのである。これは詩会の詩を利用したというよりも、地方誌編纂に貢献するために詩会が開催されたと考える方が自然である。その証拠となるのは、中の数名は、例えば厲鶚や陳章は、甘泉県志という地方志編纂に携わっていたことである。自分が編纂した地方志には自身の詩を収録することはないが、詩人が編纂者に加えられたということは、当初から詩を蒐集する目的があつて、成員に組み込まれていたものと考えられる。地方志と詩会の詩は深い関連があつたのである。

清代に各地で活躍し、詩会に参加した杭州詩人に焦点を当て、彼らが活躍した各地の地方誌が、彼らの詩をどう取り入れているかを調査することは、浙派のような杭州詩人の活躍を杭州から読み解こうとしても読み解けないという問題提起に答えるものでもある。¹⁶⁾

しかし、地域を示すのに、詩を取り入れることには強い反発もあつた。大澤顯浩「『詞章之学』から『輿地之学』へ—地理書にみえる明末—（『史林』第76巻第1号 1993）は、『明一統志』が詩のために編纂されたことへの反発が明末に強くなったことを述べる。大澤の考えでは、嘉靖年間から北虜南倭が問題化して軍事と地理との関係が意識され、また地方行政再編のために地域の把握を必要とする意識が生じるようになる。こうして軍事的な緊張と行政的な実用性への志向から、現実から乖離した『大明一統志』の「詞章之学」を批判する視点が生まれ、奏議や文集類から塩法や漕運等の論議を収録し、辺防論や海防論も

その中に交えた経世書ともいべき地理書が現われる。万暦二十年代以降の地理書は『広輿図』や『皇明輿図』、『大明官制大全』の影響下に、実用書や政書の記載を取り込むことで、従来の「詞章之学」にはない新生面を開いた。吏治の評語に示される地方行政と結びついた形での実用性の認識が、当時の軍事的緊張とあいまって地理における経世観念を生み出したといえる。こうして明末に特徴的な「輿地之学」といべき現実の地域に立脚した地理学が現われたが、新たな可能性を秘めたまま、清代にはその系譜は絶たれることとなったというわけである。

大澤氏が「明代の地理書には、『大明一統志』のように名勝旧蹟や人物を列挙した総花的な地域百科全書、あるいは観光案内記的なものと、各県の歴史沿革や衙門の記載、衙繁僻難等の各州県の地域的特性を表現する吏治のためのハンドブックというべき性格を持つものが見られる。そして、後者の地域的特徴を記述するものが多く見られるようになるのは万暦以降のことである。」

さらに、詩会の記録を見てみると、万暦にはその記録がなく、清朝になって急激に記録が増え始める。杭州を例にみてみよう。

『萬曆重修杭州府志』万暦七年（一五七九）には、詩社の記載は全くない。それどころか「萬曆重修杭州府志序」には、「旧杭州府志、盖脩自成化間至、是陳敬亭公乃統脩焉旧志載芸文甚衆、今裁取其關大体者、諸所述列亦多簡察、而要歸於陶振風俗、宣植節義、董正徭賦審政、令利病罷行便宜之故志觚。」と、詩を多く載せることにむしろ抵抗を見せているのである。しかしながら、この動きは明末の万暦年間を最後に消え、清代には、異民族統治を教化するためにも、地方志が多く編纂され、それは軍事のための地理志というよりは、名所案内かのような体裁が選ばれた。これは清朝が地域統制に神経を尖らせていたことの反映でもある。結果、以前にもまして詩が収録されるようになり、各地は詩と詩人を抱えざるを得なかった。詩の伝統を育てられなかった商業と学問の地である揚州は、風流な地として低く見られがちであった杭州の力を借りざるを得なかったのである。

9. まとめ

清代に圧倒的な増加を見せた地方志の多くは、詩文をその中に取り入れた。詩文は、かつては詩集としてその名を経籍志、芸文志に留め、当地の文人の著作を伝える役割を果たした。しかし地方志が盛んになるにつれ、詩文は地方志の各所に取り入れられることとなった。特に清代には清代の詩を多く取り入れようとする動きがうまれる。昔の詩ではなく、今を伝えようという姿勢は、数々の清人選清詩集を生むこととなった。別集の刊行は嘉慶年間には減少に転じたと阮元が述べているとおり、個人の別集を刊行する財政的な余裕がある詩人は少なく、また子孫にもその力がない場合が多かった。乾隆期までは塩商、官僚などがパトロンとなって詩集の出版を助けたが、乾隆以降は、塩商が次第に没落し、官僚もまた地方の文化を支えるほどの財力を確保することはできなくなっていた。嘉慶年間に到り、地方志の刊行は増えるのに、個人レベルでの出版は減少しつづけた。その時、詩を採録する手段となったのが、倡和の詩集である。揚州は、常に他地域からの客人による唱

和によって栄えた。記録に残る詩会は、赴任した官僚によるものがほとんどであり、揚州詩人の影は薄い。また揚州府志に多くの詩を採録しようにも、科挙から詩が排除された時代においては、士大夫の多くは詩を作っていなかった。地方志のために詩を収録しようにも、詩がなかったのである。地方文学の記録として最も詩を重んじながら、詩がないというねじれがここに生じる。その時、詩会の地として目をつけられたのが杭州である。『儒林外史』第7回にあるように、杭州は、出仕はしないが、詩会で人と繋がると言われた、詩人の地である。揚州と杭州の歴史的な深い繋がりの上にたち、詩を調達するための詩人の地として杭州が選ばれ、揚州の地方文献にその詩を残し、貢献したといえる。しかし、詩人個人としての知名度をあげることに繋がらず、自分自身の文学的作品については、浙江でしか評価を受けなかった。

時代と地域に消費された一面を持つのが、これら杭州詩人だったと言えよう。ゆえに後には杭州詩人がこうした境遇に反発し、個性豊かな詩を主張するようになる。揚州がパトロンとしての力を失い、杭州詩人を引き寄せることができなくなってからが、杭州詩人の正念場となったのである。

(注)

- 1) 大澤顯浩「『詞章之学』から『輿地之学』へー地理書にみえる明末ー」(『史林』第76巻第1号 1993)
- 2) 黄燕生「清代方志的編修、類型和特点」(『史学史研究』第4期、1990)に、「筆者拠『中国地方志聯合目錄』統計、在所収8364種方志中、清代方志有5685種、占70%」とし、清代の地方志が歴史上最多を誇ることを指摘している。
- 3) 阮元の年譜としては、古くは張鑑等による『雷塘庵主弟子記』(1881)があり、これは『阮元年譜』(中華書局 2006)として刊行されている。王章涛『阮元年譜』(黄山書社 2003)は、張鑑らの「弟子記」を踏まえた上で、多種の資料を引用し、事蹟及び著作を詳細に記したもので、本稿ではこの年譜を主に参照している。
- 4) 松村昂『清詩総集叙録』(汲古書院、2010)
- 5) 阮元「淮海英靈集序」に、「乾隆六十年、自山左学政、奉命移任浙江、桑梓非遙、徵訪較易、遂乃博求遺籍、徧于十二邑。」とある。「桑梓」は故郷を指す
- 6) 『清史稿』卷一百八選舉志に、「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。」とある。查慎行の弟查嗣庭が郷試で出題した問題文の記述と、汪景祺の文稿中の年号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が発端となった。
- 7) 蒋寅前掲書。
- 8) この文章は、『毛晋齋集』の全祖望序と同じ文である。『宝瓊集』が孟晋齋集と同じかどうかは未見のため不明。
- 9) 松村昂前掲書。
- 10) 陶元藻輯『全浙詩話』卷四十九「雲螭齋詩話、竹町館於広陵馬氏、既而為贅壻、遂家

於揚。」とある。

- 11) 蒋寅『清代文学論稿』（鳳凰出版社 2009）「清代文学与地域文化」。
- 12) 蒋寅前掲書に「以地域文学対象の文学選本、也許是明清総集類数量最豊富、最引人注意的種群。」とある。
- 13) 夏勇『清詩総集通論』（中国社会科学出版社 2016）
- 14) 王兵『清人選清詩与清代詩学』第五章「清詩地域、女性選本与清代詩学」p 295 に、地域選本と女性選本を取りあげ、「清詩地域選本和女性選本可謂別具特色、不僅在数量上遠遠多于前代、而且在選本質量上也大有提高。」と述べている。
- 15) 揖斐高『江戸の文人サロン』吉川弘文館 2009)
- 16) 王小恒は「“浙派”探源」（『蘭州文化学院学報（社会科学版）』第30卷第6期 2014）の中で、「其二，通過考察“浙派”發展第二階段衆多成員的人格、交游和創作等情況，我們發現、向來研究“浙派”即狹義的“浙派”基本上只關注了其發源地杭郡一地，而對其活動的重要地域韓江和津門兩地未能充分挖掘，這樣的“浙派”研究是不完整或是有缺陷的研究、既不能反映清代中期“浙派”活動的全貌，而且極易造成誤解、使人以為“浙派”詩群成員只在杭郡一地活動。」と、地域に限定した研究が、広い地域に渡って活動した詩人の実態を捉え切れていないことを指摘している。

Activities of Hangzhou Poets in the Local Literature of Yangzhou in the Qing Dynasty

Nobuko ICHINOSE

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

Abstract: During the Qing dynasty, many local chronicles and regional poetry anthologies were compiled in Yangzhou. Many poems are included in local chronicles, and there are many records of local poems in Yangzhou. However, there were few famous poets from Yangzhou during the Qing dynasty. Yangzhou always nurtured its scholarship and literature by absorbing talents from other regions. The poems of Hangzhou poets were widely published in Yangzhou's local literature. Many Hangzhou poets – including Li e – lived in Yangzhou. Many others interacted with Yangzhou literati in various ways. This paper examines the activities of Hangzhou poets in Yangzhou by focusing on local chronicles, and clarifies the role of Hangzhou poets in Yangzhou.

Key Words: the Qing dynasty, local chronicles, poetry meeting

市瀬 信子

福山平成大学経営学部紀要
第18号(2022), 21-35頁

看護師の職務満足と公式化が組織市民行動に及ぼす影響

江口 圭一^{*1}・佐藤 敦子^{*2}

^{*1} 福山平成大学経営学部経営学科

^{*2} 広島文化学園大学看護学部看護学科

要旨：社会からの医療ニーズが高度化・多様化・複雑化していく中で、看護師の組織市民行動が注目されている。しかし、その先行要因についての研究は少ない。本研究は、看護師の職務満足と公式化が組織市民行動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。分析の結果、職務満足と公式化の有意な正の影響が認められた。また、公式化は職務満足と組織市民行動の関係を調整する効果も示した。以上のことから、職務満足を高めるだけでなく、公式化を同時に高めることが、看護師の組織市民行動を促進するうえで重要であると結論づけた。

キーワード：看護師、組織市民行動、職務満足、公式化、調整効果

1. 問題

1. 1 組織市民行動の重要性

高齢化の進展や疾病構造の変化などを背景として、医療サービスに対する社会からのニーズが高度化・多様化・複雑化している(林, 2013)。そのようなニーズに応えるため、医療の現場では多職種の協働によるチーム医療が推進されている。チーム医療とは、「医療に従事する多種多様な専門職が、それぞれの高い専門性を前提に、目的・到達目標・手段に関する情報を共有し、業務を分担しつつも互いに連携・補完し合い、患者の状況に的確に対応した医療を提供すること」と定義される(水本・岡本・石井・土本, 2011)。

一方、看護師の職務は、保健師助産師看護師法において「傷病者若しくははじょく婦に対する療養上の世話又は診療の補助を行う」と定められているが、実際には、その職務範囲は非常に多岐にわたっている(早瀬・坂田・高口, 2011)。特に、多職種の協働によるチーム医療が推進されるようになり、看護師に期待される役割は拡大している。看護師はあらゆる医療現場において、診療・治療等に関連する業務から、患者の療養生活の支援に至るまで、幅広い業務を担っており、チーム医療のキーパーソンと認識されている(厚生労働省, 2010)。また、患者にとって最も身近な存在が看護師であり、患者の家族と接する機会も他の職種と比較して多いことから、医療チームの情報共有を推進する役割も期待されている(水本他, 2011)。

このような中、看護師の組織市民行動（Organizational Citizenship Behavior: 以下、OCBと略す）が注目されている。OCBとは、「従業員が行う任意の行動のうち、彼らにとって正式な職務の必要条件ではない行動で、それによって組織の効果的機能を促進する行動」と定義される（Organ, 1988）。つまり、明確に担当者が決められているような、組織にとって中核的な職務ではないが、誰かがそれを自発的に行うことで組織がうまく動くようになる役割外の行動である。

OCBは、組織の有効性や業績に関連することが多くの実証研究から明らかにされているが（Organ, Podsakoff, & MacKenzie, 2006）、看護組織においても同様に生産性の向上や組織の活性化に寄与すると考えられている（野田部・大儀・萩原・坂口, 2014）。チーム医療を推進することを考えると、医療チームのキーパーソンとしての役割が期待される看護師には、職務の範囲を超えて行われる多くの役割外行動があると考えられる。したがって、看護師によるOCBが活発に行われることで、業務の円滑化やより良いチーム医療の提供が期待できると推察できよう。

このように、看護領域での重要性が指摘されるOCBは、近年、わが国においても実証研究が増えている（例えば、岩井・辻本・井上, 2015；野田部・作田・坂口, 2016；高橋, 2007；高橋・清野・井上, 2016）。しかし、これらの研究の多くは、一般の労働者とは異なる、看護師のOCBの独自性やその因子構造について論じたものである。その一方で、OCBの規定因が何であるのか、どうすれば看護師のOCBを促進することができるのかといった観点からの研究は少ない。そこで本研究では、OCBの先行要因として職務満足と公式化に着目する。

1. 2 職務満足の影響

職務満足とは「自分の職務についての評価や職務経験から生じる、心地よい肯定的な感情の状態」（Locke, 1976）と定義される。ポジティブな感情が援助的な行動を促進することは、先行研究から一貫して見出されており（Carlson, Charlin, & Miller, 1988）、職務満足はOCBの規定因として度々注目されてきた（Organ et al., 2006; Organ & Ryan, 1995; 田中, 2004）。そして、多くの実証研究を通して、両概念間のポジティブな関係性が明らかにされてきた（Moorman, 1993; Organ & Ryan, 1995; Smith, Organ, & Near, 1983; 西田, 2000）。特に、Organ & Ryan (1995) によるメタ分析において、職務満足と組織市民行動の間に $r = .24$ の相関関係が見出されていることから、労働者の職務満足が職場における組織市民行動の重要な先行要因であると考えられている。

これらの結果から、職務満足が看護師のOCBを考える上でも、重要な概念の1つと推察される。しかし、看護師を対象とした、海外のいくつかの研究で職務満足とOCBの有意な関係が示されているが（例えば、Chu, Lee, & Hsu, 2006）、国内での実証研究はほとんど行われていない。

1. 3 公式化の影響

本稿の冒頭で述べたように、病院組織においては、非常に専門性の高い多様な職種が協

働しながら医療サービスを提供している。このような医療の現場において、何らかの問題が発生したときに、その都度対処方法を検討するのでは、非常に効率が悪い。特に、近年のように、多職種の協働によるチーム医療が推進されるようになると、あらかじめ、それぞれのメンバーの役割を明確にし、一定の約束事や規則を作っておくことで、問題への効率的な対処や適切な医療サービスの提供が可能になると考えられる。このような組織の形式性について、公式化という概念で研究が行われてきた。公式化は、明文化された方針、職務記述書、手順書、組織図など、「明確な規則、規制、方針、手続きが組織活動を支配する程度」と定義される (Hatch, 1997)。つまり、公式化はあいまいで、複雑な状況での意思決定を助けると考えられている (Stuart & Prawitt, 2012)。

しかし、公式化が個人に及ぼす影響については、明確な結論は得られておらず、実証研究においてもポジティブな効果、ネガティブな効果の両方が見出されている。例えば、Fischer, Ferreira, van Meurs, Gok, Jiang, Fontaine, Harb, Ciecuch, Achoui, Mendoza, Hassan, Achmadi, Mogaji, & Abubakar (2019) の研究では、不確実性が高い環境においては、公式化を高めることでOCBが顕著に促進されるという関連が見出された。一方、会計監査人を対象としたStuart & Prawitt (2012) の研究では、複雑性が低いタスクでは公式化の程度と個人のパフォーマンスの間に明確な関係が示されなかったが、複雑性が高いタスクでは、公式化が低い組織において個人のパフォーマンスが顕著に高くなっていた。

このように、公式化の程度と労働者の態度や行動との間に一貫した傾向は見出されていない。しかし、公式化の程度が高いということは、責任の所在を明確にした上で、組織メンバー個々人に、必要な行動指針を提供することになると考えられる。前述のように、病院組織においては、専門性の高い多様な職種が共存し、彼ら・彼女らが協働しながら医療サービスを提供している。このような状況においては、公式化の程度を高めることで、チームの中で各自が果たすべき役割、選択すべき行動はより明確になり、協働はスムーズに行われるであろう。さらに、職務の範囲が明確になるからこそ、特に、チーム医療のキーパーソンである看護師については、誰がやるとは決まっていない、OCBのような役割外行動が促進されるとも考えられる。

国内の医療機関では、看護師の職務内容は勤務規定やマニュアル等によって、ある程度は明確化されているとは言え、アメリカなどのように、職務記述書等で厳密な仕事の割り振りが決められているわけではない (高橋他, 2016)。つまり、看護師は自分に与えられた役割が不明確な状況で働いていると言えよう。したがって、公式化が看護師の態度や行動に及ぼす影響を明らかにすることには学術的にも、実務的にも大きな意義があると考えられるが、看護師を対象とした公式化の研究はほとんど行われていない。

2. 目的

前節で見てきたように、国内での看護師を対象としたOCBの規定因に関する研究は少ない。そこで本研究では、OCBの先行要因として職務満足と公式化に着目し、両変数が直接的・間接的にOCBに及ぼす影響を明らかにすることを目的として、図1に示す概念モデル

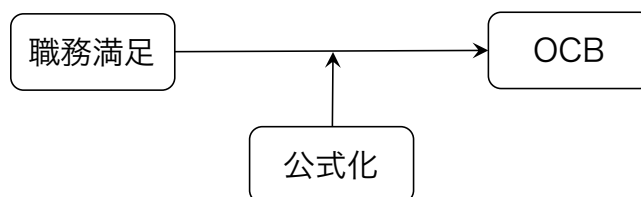


図1 本研究の概念モデル

を設定し、実証研究を行った。なお、このモデルでは、Fischer et al. (2019) の研究を参考に、公式化を調整変数とした。

3. 方法

3.1 調査項目

図1のモデルを検証するため、下記の項目について尋ねる調査票を作成した。

職務満足 改訂版看護師職務満足尺度(江口・佐藤, 2015)を使用した($\alpha=.962$)。「現在の月々の給与額(手当を含む)について」、「自身の成長を実感できる機会について」など66項目について、「とても満足している」から「まったく満足していない」までの5段階で回答を求め、それぞれ5~1点を配点した。なお、本尺度は16下位尺度からなるが、合計点を算出し、総合的な満足度として扱った。

OCB 田中(2002)の日本版組織市民行動尺度から、「対人的援助($\alpha=.813$)」、「誠実さ($\alpha=.768$)」、「職務上の配慮($\alpha=.804$)」の3下位尺度を使用した。「対人的援助」は、「多くの仕事を抱えている人の手助けをする」、「仕事上のトラブルを抱えている人を、進んで手助けする」など8項目からなる。また、「誠実さ」は、「不必要に仕事の手を休めないよう心がける」、「仕事に必要以上の休息をとらないようにする」など8項目からなる。そして、「職務上の配慮」は、「仕事で間違いに気がついたらすぐにそれを正す」、「一度受けた仕事は最後まで責任をもって実行する」など6項目からなる。それぞれの項目に、「つねに行う」から「まったく行わない」までの5段階で回答を求め、それぞれ5~1点を配点した。

公式化 Schminke, Cropanzano, & Rupp (2002)を参考に、「規則や業務マニュアルは、すぐに活用できるようになっている」、「業務マニュアルは通常起きる問題の対処に役だっている」など4項目を作成した($\alpha=.777$)。「あてはまる」から「あてはまらない」までの5段階で回答を求め、それぞれ5~1点を配点した。

デモグラフィック変数 性別、年齢、看護師としての経験年数、現在の病院での勤続年数等を尋ねた。

3.2 調査協力者

西日本の総合病院5院において、患者と直接接する業務に従事している看護師を対象として、質問紙調査への協力を依頼した。1534部の調査票を配付し、1269部を回収した(回

収率 82.7%)。回収した調査票のうち、白紙のまま提出されたもの、未回答の項目が多いものなどを除外し、1228 部を有効回答とした（有効回答率 80.1%）。回答者の性別は、男性 76 名、女性 1144 名、不明 8 名であった。平均年齢は 36.8 歳（SD = 10.2）、看護師としての経験年数は平均 14.1 年（SD = 10.1）、現在の病院での勤続年数は平均 11.0 年（SD = 9.7）であった。

3. 3 調査手続き

各病院の看護部責任者に調査の内容と趣旨を説明し、同意が得られた病院で、2015 年 10～12 月に調査を実施した。調査は無記名で実施され、協力は任意であること、個人の回答結果を病院に知らせることはないこと、個人を特定するような分析は行わないことなどを調査票に記載した。また、回答者自身が調査票を封筒に封入してから提出させることで、プライバシーの保護に配慮し、調査票の提出をもって、調査への協力に同意したものと判断した。調査票の配付、回収は部署単位で行われ、看護部ですべてを取りまとめた後、研究者に返送された。なお、本調査は広島文化学園大学看護学部・看護学研究科倫理委員会（受付番号 14003）の審査を受けた。

3. 4 分析方法

OCB の 3 下位尺度を従属変数、性別（男性=0、女性=1）、年齢を統制変数、職務満足、公式化を独立変数、職務満足×公式化を交互作用項とする階層的重回帰分析を行った。

また、経験年数や勤続年数で公式化の効果に違いがあることも考えられる。例えば、経験が豊富な看護師は経験が浅い看護師と比較して、明確に指示されなくとも自分がやるべき行動は十分理解していると考えられることから、公式化の効果に差が出てくると推測される。そこで、人数がほぼ 3 等分になるように、経験年数は～7.5 年（A 群）、7.51～18.5 年（B 群）、18.51 年～（C 群）、勤続年数は～4.5 年（A 群）、4.51～14.5 年（B 群）、14.51 年～（C 群）の 3 群に分け、それぞれの群ごとに公式化の影響を重回帰分析で検討した。

4. 結果

4. 1 「対人的援助」への影響

表 1 に示すように、職務満足はすべてのステップで有意な正の影響を示した（ $\beta=.109 \sim .187$ ）。同様に、公式化（ $\beta=.152 \sim .188$ ）も、すべてのステップで有意な正の影響が認められたが、公式化によって職務満足の影響が打ち消される傾向が示された。一方、いずれのステップにおいても説明率は低く（ $adj. R^2=.007 \sim .068$ ）、これらの変数では対人的援助の変動を十分に説明できていない結果であった。また、交互作用項は有意であり、公式化が高い群でのみ、職務満足が対人的援助に及ぼす正の影響が確認できた。（図 2）。

経験年数を基準に 3 群に分け、群ごとに重回帰分析を行った結果を表 2 に示す。いずれの群においても公式化の有意な正の影響が認められたが、A 群では B 群、C 群と比較すると、やや強い影響が示された。

表1 「对人的援助」を従属変数とした重回帰分析

	Step1	Step2	Step3	Step4
性別（男性=0, 女性=1）	.094 **	.091 **	.075 *	.073 *
年齢	.005	.038	.014	.016
職務満足		.187 ***	.112 **	.109 **
公式化			.152 ***	.188 ***
職務満足×公式化				.118 ***
<i>F</i>	4.736	15.506	16.610	16.316
<i>R</i> ²	.009 **	.043 ***	.060 ***	.073 ***
<i>adj. R</i> ²	.007	.040	.057	.068
ΔF	4.736	36.720	19.110	14.289
ΔR^2	.009 **	.034 ***	.017 ***	.013 ***

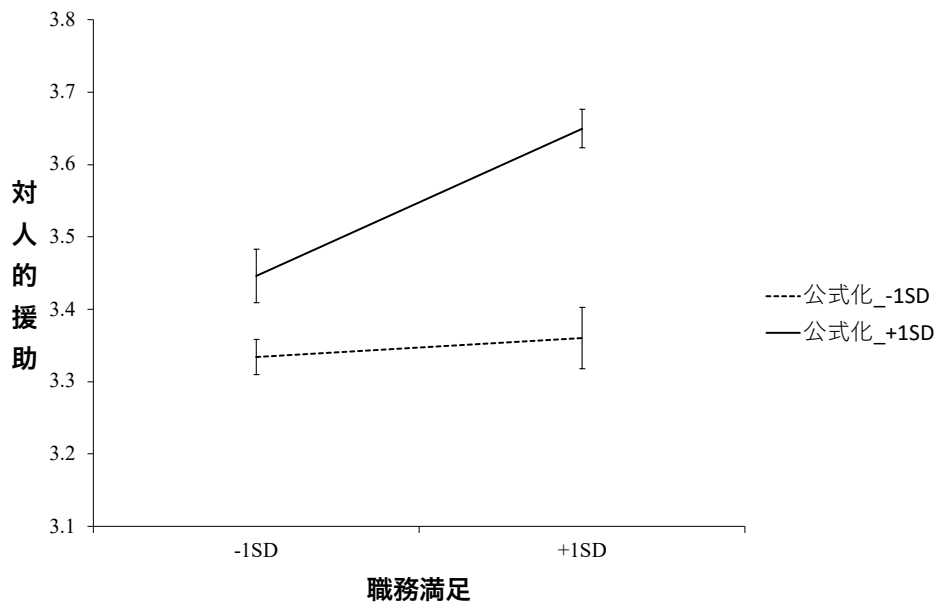
*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$ 

図2 公式化の調整効果（对人的援助）

一方、勤続年数を基準に3群に分け、群ごとに重回帰分析を行った結果を表3に示す。勤続年数についてもすべての群で、公式化の有意な正の影響が認められたが、群間でその影響力に大きな違いは見られなかった。

4.2 「誠実さ」への影響

すべてのステップで、職務満足（ $\beta=.072\sim.192$ ）と公式化（ $\beta=.241\sim.275$ ）から、誠実

表 2 経験年数による比較（対人的援助）

	A群	B群	C群
性別（男性=0, 女性=1）	.045	.103	.074
年齢	.048	.049	-.099
職務満足	.099	.093	.102
公式化	.216 **	.136 *	.136 *
<i>F</i>	8.550	5.001	4.634
<i>R</i> ²	.090 ***	.055 ***	.053 **
<i>adj. R</i> ²	.080	.044	.042

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

表 3 勤続年数による比較（対人的援助）

	A群	B群	C群
性別（男性=0, 女性=1）	.090 *	.076 *	.063
年齢	-.020	.007	.029
職務満足	.131 **	.087 *	.127 **
公式化	.141 ***	.158 ***	.157 ***
<i>F</i>	10.225	10.821	12.775
<i>R</i> ²	.058 ***	.057 ***	.069 ***
<i>adj. R</i> ²	.052	.051	.063

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

差への有意な正の影響が認められた（表 4）。また、対人的援助と同様に、ステップ 3 で公式化を投入することで、職務満足の影響は大きく弱められた。さらに、モデルの説明率は低く（*adj. R*²=.013～.101）、十分な説明率ではなかった。一方、交互作用項は有意であり、公式化が高い群でのみ、職務満足が高まることで誠実さも高まる傾向が認められた（図 3）。

経験年数を基準に分けた 3 群を比較すると、いずれの群においても公式化の有意な正の影響が認められたが（表 5）、群間でその影響力に大きな違いは認められなかった。

また、勤続年数を基準に分けた 3 群間の比較でも、すべての群で有意な正の影響が示されたが、その影響力に大きな違いはなかった（表 6）。

4. 3 「職務上の配慮」への影響

表 7 に示すように、ステップ 2 では職務満足は有意な正の影響を示した（ $\beta=.182$ ）。しかし、ステップ 3 で公式化を投入したことで、その影響は打ち消され、有意ではなくなった。公式化はすべてのステップで有意な正の影響を及ぼした（ $\beta=.322\sim.364$ ）。説明率はいずれのステップにおいても低かった（*adj. R*²=.036～.154）。また、交互作用項は有意であり、公式化高群においてのみ、職務満足から職務上の配慮への正の影響が認められた（図 3）。

表4 「誠実さ」を従属変数とした重回帰分析

	Step1	Step2	Step3	Step4
性別（男性=0, 女性=1）	.120 ***	.116 ***	.090 **	.089 **
年齢	.018	.054	.013	.015
職務満足		.192 ***	.077 *	.072 *
公式化			.241 ***	.275 ***
職務満足×公式化				.109 ***
<i>F</i>	8.001	18.607	27.244	24.574
<i>R</i> ²	.015 ***	.051 ***	.095 ***	.106 ***
<i>adj. R</i> ²	.013	.048	.091	.101
ΔF	8.001	39.232	50.503	12.673
ΔR^2	.015 ***	.036 ***	.044 ***	.011 ***

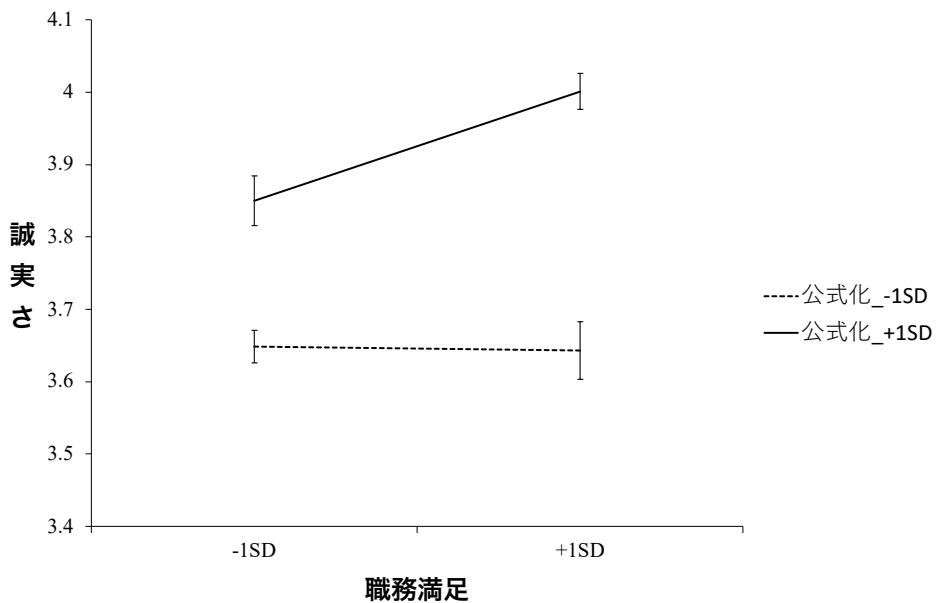
*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$ 

図3 公式化の調整効果（誠実さ）

経験年数に基づき3群に分けて分析を行ったところ、いずれのモデルにおいても公式化の有意な正の影響が認められ、その影響力に大きな違いはなかった（表8）。

勤続年数を基準に分けた比較でも、いずれの群も公式化の有意な正の影響が示され、その影響力に大きな違いは認められなかった（表9）。

表 5 経験年数による比較（誠実さ）

	A群	B群	C群
性別（男性=0, 女性=1）	.127 *	.117 **	.085 *
年齢	.082	-.028	.050
職務満足	.052	.045	.095 *
公式化	.301 ***	.242 ***	.269 ***
<i>F</i>	15.330	17.447	24.608
<i>R</i> ²	.150 ***	.091 ***	.123 ***
<i>adj. R</i> ²	.140	.086	.118

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

表 6 勤続年数による比較（誠実さ）

	A群	B群	C群
性別（男性=0, 女性=1）	.092 *	.118 **	.072 *
年齢	.057	-.037	.099 **
職務満足	.033	.071	.105 *
公式化	.244 ***	.212 ***	.273 ***
<i>F</i>	15.091	17.478	26.886
<i>R</i> ²	.083 ***	.088 ***	.134 ***
<i>adj. R</i> ²	.077	.083	.129

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

5. 考察

本研究では図 1 のモデルに基づき、OCB の先行要因として職務満足と公式化に着目し、両変数が直接的・間接的に OCB に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

階層的重回帰分析の結果（表 1, 表 4, 表 7）、職務満足から OCB（対人的援助、誠実さ、職務上の配慮）への直接的な効果は、すべて有意な正の影響が認められ（表 1, 表 4, 表 7 のステップ 2）、先行研究を支持する結果であった。近年、質の高い医療を維持していくために、医療従事者の雇用の質を高めること（働きやすい環境を整えること）の必要性が指摘されている（厚生労働省, 2013）。雇用の質を高めることは、職務満足を高めることにもつながると考えられるため、OCB を促進するためにも、看護師が働きやすい環境を整え、職務満足を高めることが必要であろう。

公式化はすべてのステップで有意な正の影響を示した。看護師の仕事は不確実性が高いと考えられるが、可能な限り仕事のやり方を明確にする、すなわち、公式化の程度を高めることには大きな意味があると解釈できよう。その一方で、公式化を投入したステップ 3 以降では、職務満足の影響が弱められる傾向も確認された。働きやすい環境を作る（職務満足を高める）ことよりも、仕事のやり方を明確にする（公式化を高める）ことの方が、看護師の OCB を引き出す上では重要ということになる。

表 7 「職務上の配慮」を従属変数とした重回帰分析

	Step1	Step2	Step3	Step4
性別（男性=0, 女性=1）	.149 ***	.145 ***	.111 ***	.110 ***
年齢	.112 ***	.145 ***	.091 **	.093 **
職務満足		.182 ***	.026	.022
公式化			.322 ***	.354 ***
職務満足×公式化				.104 ***
<i>F</i>	20.639	26.269	45.492	39.244
<i>R</i> ²	.038 ***	.070 ***	.148 ***	.158 ***
<i>adj. R</i> ²	.036	.067	.145	.154
ΔF	20.639	36.146	96.016	12.287
ΔR^2	.038 ***	.032 ***	.078 ***	.010 ***

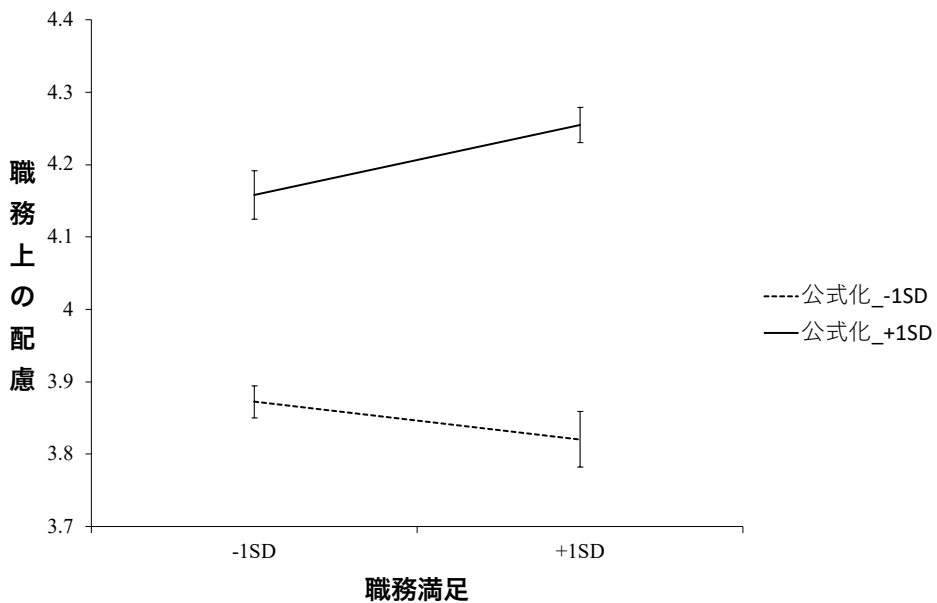
*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$ 

図 4 公式化の調整効果（職務上の配慮）

さらに、公式化を高めておくことで、職務満足が OCB に及ぼす影響も顕著になった（図 2, 図 3, 図 4）。つまり、働きやすい環境を整える（職務満足を高める）だけでなく、仕事のやり方を明確にする（公式化を高める）ことを同時に達成することが、看護師の OCB を引き出す最もよい方法であると考えられる。

公式化の効果は経験年数や勤続年数で、その程度が変わると考えたため、それぞれを基準に 3 群に分け、公式化の効果重回帰分析で比較した。

表 8 経験年数による比較（職務上の配慮）

	A群	B群	C群
性別（男性=0, 女性=1）	.155 ***	.072 *	.108 **
年齢	.046	.105 **	.081 *
職務満足	-.001	.036	.045
公式化	.322 ***	.302 ***	.339 ***
<i>F</i>	28.704	26.359	34.568
<i>R</i> ²	.142 ***	.131 ***	.164 ***
<i>adj. R</i> ²	.137	.126	.159

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

表 9 勤続年数による比較（職務上の配慮）

	A群	B群	C群
性別（男性=0, 女性=1）	.123 ***	.129 ***	.089 *
年齢	.071 *	.076 *	.126 ***
職務満足	.020	.004	.052
公式化	.317 ***	.306 ***	.349 ***
<i>F</i>	26.124	28.937	38.153
<i>R</i> ²	.134 ***	.137 ***	.179 ***
<i>adj. R</i> ²	.129	.132	.175

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

表 2 に示したように、対人的援助を従属変数としたとき、経験年数が短いほど、より顕著な公式化の正の影響が認められた。つまり、経験が浅い看護師ほど、やるべき職務を明確に示しておくことで、職務範囲を超えた役割行動が促進されると解釈できよう。しかし、それ以外の分析においては（表 3、表 5、表 6、表 8、表 9）、群間に明確な差異は認められず、経験年数、勤続年数の違いは、公式化の効果に影響していないようであった。経験が豊富な看護師は経験が浅い看護師と比較して、明確に指示されなくとも自分がやるべき行動は十分理解しているはずであり、公式化の効果に差が出てくると予測した。しかし、今回の分析結果からは、経験の程度には関係なく、すべての看護師に対して職務を明確に示すことは有効であることが示唆された。国内の医療機関ではアメリカなどのように、厳密な仕事の割り振りが決められておらず（高橋他, 2016）、看護師は自分に与えられた役割が不明確な状況で働いている。それぞれの役割を明確に示すことで公式化が高められ、その結果、OCB が促進され、ひいては、より良いチーム医療、より良い医療サービスの提供が可能になると考えられる。

6. 総括

社会からの医療ニーズが高度化・多様化・複雑化していく中で、チーム医療が推進され

ている。チーム医療を推進するうえで、患者との接点も多く、チーム医療のキーパーソンとされる看護師の OCB に注目が集まっている。しかし、その先行要因についての研究は少なく、看護師の OCB を促進する方策については明らかにされていない。本研究では、看護師の職務満足と公式化が OCB に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、質問紙法による調査を実施した。

分析の結果、職務満足と公式化から OCB への有意な正の影響が確認できた。また、公式化は、職務満足と OCB の関係を調整する効果も示し、職務満足と公式化の両者を同時に高めることが、看護師の OCB を促すうえで必要であることが示唆された。

ただし、いくつかの課題が残されている。まず、いずれの重回帰式も有意になっているものの、説明率は低いことである。看護師の OCB を促すうえで、職務満足と公式化の両者を高めることが必要であることは明らかにできたが、両変数による説明率は低く、それ以外の要因による影響が非常に大きいと考えられた。先行研究では、職務満足以外にも、個人のパーソナリティや職場のリーダーシップ、組織的公正など、様々な先行要因の影響が議論されている (Organ et al., 2006; 田中, 2004)。こういった変数の影響を考慮したモデルの検討が必要であろう。また、本研究では一般的な OCB 尺度を使用して、調査を実施した。先行研究でも議論されているように (岩井・辻本・井上, 2015; 野田部・作田・坂口, 2016; 高橋, 2007; 高橋・清野・井上, 2016), 看護師に特徴的な役割外行動を把握できていない可能性がある。これらの議論を踏まえた検討が必要であろう。さらに、看護師以外の職種においても、公式化を高めることが OCB の促進に寄与するのか、そしてチーム医療にどのような影響を及ぼすのかについても明らかにしなければならない。

引用文献

- Alder, P. S., & Borys, B. (1996). Two types of bureaucracy: Enabling and coercive. *Administrative Science Quarterly*, **41**(1), 61-89.
- Azam, S., & Kumar, R. (2019). Influence of organizational structure on organizational citizenship behavior. *The Indian Journal of Industrial Relations*, **54**(4), 707-719.
- Carlson, M., Charlin, Y., & Miller, N. (1988). Positive mood and helping behavior: A test of six hypotheses. *Journal of Personality and Social Psychology*, **55**, 211-230.
- C. I. Chu, M. S. Lee, & H. M. Hsu (2006). The impact of social support and job stress on public health nurses' organizational citizenship behaviors in rural Taiwan. *Public Health Nursing*, **23**(6), 496-505.
- 江口圭一・佐藤敦子 (2015). 県立広島病院版看護師職務満足尺度の改訂と信頼性、妥当性の検討 立教 DBA ジャーナル, **6**, 1-12.
- Fischer, R., Ferreira, M. C., van Meurs, N., Gok, K., Jiang, D. Y., Fontaine, J. R. J., Harb, C., Cieciuch, J., Achoui, M., Mendoza, M. S. D., Hassan, A., Achmadi, D., Mogaji, A. A., & Abubakar, A. (2019). Does organizational formalization facilitate voice and helping organizational citizenship behaviors?: It depends on (national) uncertainty norms. *Journal of*

- International Business Studies*, **50**, 125-134.
- 郭 智慧・作田裕美・坂口桃子 (2012). 組織コミットメントおよび組織市民行動：日中看護師の特徴 日本看護科学会誌, **32**(1), 59-68.
- Hatch, M. J. (1997). *Organization theory: Modern symbolic and postmodern perspectives*. New York: Oxford University Press.
- 早瀬 良・坂田桐子・高口 央 (2011). 誇りと尊重が集団アイデンティティおよび協力行動に及ぼす影響：医療現場における検討 実験社会心理学研究, **50**(2), 135-147.
- 林 千冬 (2013). チーム医療の時代の従事者教育を問う：看護と介護の協働，そして看護師特定能力認証制度 保健医療社会学論集, **23**(2), 1-6.
- 細田満和子 (2012). 「チーム医療」とは何か：医療とケアに生かす社会学からのアプローチ 東京：日本看護協会出版会
- 岩井詠美・辻本朋美・井上智子 (2015). 病院における看護師の組織市民行動 日本看護科学会誌, **35**, 111-117.
- 北島政樹. (2012). 人に優しいがん医療の現状とチーム医療の展開. 国際医療福祉大学学会誌, **17**(1), 3-9.
- 厚生労働省 (2010). チーム医療の推進について (チーム医療の推進に関する検討会報告書) <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2010/03/dl/s0319-9a.pdf> (2018 年 9 月 10 日閲覧)
- 厚生労働省 (2013). 医療分野の「雇用の質」向上プロジェクトチーム報告 <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002uzu7-att/2r9852000002v08a.pdf> (2018 年 9 月 10 日閲覧)
- Locke, E. A. (1976). *The nature and causes of job satisfaction*. In M. D. Dunette (Ed.) *Handbook of industrial and organizational psychology*. pp.1297-1349. Chicago: Rand McNally College Pub.
- 水本清久・岡本牧人・石井邦雄・土本寛二 (編著) (2011). インタープロフェッショナル・ヘルスケア 実践チーム医療論：実際と教育プログラム 東京：医歯薬出版
- Moorman, R. H. (1993). The influence of cognitive and affective based job satisfaction measures on the relationship between satisfaction and organizational citizenship behavior. *Human Relations*, **46**(6), 759-776.
- 西田豊昭 (2000). 職務満足，組織コミットメント，組織公正性，OCB が職場の有効性に及ぼす影響 経営行動科学, **13**(3), 137-158.
- 野田部恵・大儀律子・萩原桂子・坂口桃子 (2014). 「組織市民行動」の概念定義と看護師職場への応用可能性 大阪市立大学看護学雑誌, **10**, 51-58.
- 野田部恵・作田裕美・坂口桃子 (2016). 日本の看護師の「組織市民行動」の因子構造 日本看護管理学会誌, **20**(2), 115-125.
- Organ, D. W. (1988). *Organizational citizenship behavior: The good soldier syndrome*. Lexington, Mass.: Lexington Books.
- Organ, D. W., Podsakoff, P. M., & MacKenzie, S. B. (2006). *Organizational citizenship behavior: Its nature, antecedents, and consequences*. Thousand Oaks: Sage Publications. (オーガン D. W.・ポザコフ P. M.・マッケンジー S. B. 上田泰 (訳) (2007). 組織市民行動 東京：

白桃書房)

- Organ, D. W., & Ryan, K. (1995). A meta-analytic review of attitudinal and dispositional predictors of organizational citizenship behavior. *Personnel Psychology*, **48**(4), 775-802.
- Schminke, M., Cropanzano, R., & Rupp, D. E. (2002). Organization structure and fairness perceptions: The moderating effects of organizational level. *Organizational behavior and Human Decision Processes*, **89**(1), 881-905. (056-20)
- Smith, C. A., Organ, D. W., & Near J. P. (1983). Organizational citizenship behavior: Some parallels between counterproductive work behavior and organizational citizenship behavior. *Human Resource Management Review*, **12**, 269-292.
- Stuart, I. C., & Prawitt, D. F. (2012). Firm-level formalization and auditor performance on complex tasks. *Behavioral Research in Accounting*, **24**(2), 193-210.
- 高橋 亮 (2007). 男性看護師による組織市民行動に関する研究 経営行動科学, **20**(2), 203-212.
- 高橋 亮・清野純子・造田亮子 (2016). 経済連携協定 (EPA) に基づくインドネシア人看護師候補者の日本国内の病院における組織市民行動に関する一考察 国際保健医療, **31**(4), 299-307.
- 田中堅一郎 (2002). 日本版組織市民行動尺度の研究 産業・組織心理学研究, **15**, 77-88.
- 田中堅一郎 (2004). 従業員が自発的に働く職場をめざすために：組織市民行動と文脈的業績に関する心理学的研究 京都：ナカニシヤ出版

Effect of nurses' job satisfaction and formalization on organizational citizenship behavior

Keiichi EGUCHI^{*1} and Atsuko SATO^{*2}

^{*1} *Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,
Fukuyama Heisei University*

^{*2} *Department of Nursing, Faculty of Nursing,
Hiroshima Bunka Gakuen University*

Abstract: The organizational citizenship behavior (OCB) of nurses is expected to play an important role in the medical care that has become more sophisticated, diversified, and complicated in recent years. Few studies, however, have investigated antecedent factors of nurses' OCB. The purpose of this study was to examine whether nurses' job satisfaction as well as the formalization of an organization influence nurses' OCB. As a result of the analysis, both job satisfaction and formalization significantly demonstrated positive effects on nurses' OCB. In addition, formalization showed a moderating effect on the relationship between job satisfaction and OCB. From the above results, it was concluded that it is important to enhance both job satisfaction and formalization in order to promote nurses' OCB.

Key Words: nurse, organizational citizenship behavior, job satisfaction, formalization, moderation effect

江口 圭一・佐藤 敦子

福山平成大学経営学部紀要
第18号(2022), 37-55頁

社会システム分析のための統合化プログラム40 —ナッシュ均衡ツール—

福井 正康^{*1}・細川 光浩^{*2}・奥田 由紀恵^{*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：著者らは経営学などでも使われるゲーム理論のプログラムを College Analysis に組み込んだ。今回はゼロ和2人ゲームと非協力非ゼロ和2人ゲームの純粋戦略問題と混合戦略問題を扱った。その際、解の表示形式を表やグラフなど4種類で表し、教育的な配慮を行っている。特に、均衡解の意味が分かるような解の表示に特徴がある。

キーワード：College Analysis、ナッシュ均衡、ゲーム理論、OR

1. はじめに

経営分野でよく利用される OR の手法にゲーム理論がある。ゲーム理論は、大きく分けてゼロ和ゲームと非ゼロ和ゲームに分類され、非ゼロ和ゲームの中に非協力ゲームと協力ゲームがある^{[1],[2]}。今回プログラム化したものは、ゼロ和2人ゲームと非ゼロ和2人非協力ゲームである。それぞれ1回の打ち手で均衡解が得られる純粋戦略の解と、1回では均衡解が得られず、無限回の確率的な打ち手で均衡解が得られる混合戦略の解がある。ここで述べる均衡解とは、互いに相手の戦略が変化しないとした場合、自分の戦略を変える動機が生じない場合をいう。すなわち相手の戦略を所与とした場合、互いに最良の選択をしている場合のことをいう。

ここではゲームの利得が有限な行列の形で与えられる問題を考える。ゼロ和ゲームの場合は1つの行列でプレイヤー1の利得とプレイヤー2の損失を表すことが多く、非ゼロ和ゲームの場合は2つの行列で、それぞれのプレイヤーの利得を表すことが多い。ここではそれぞれのプレイヤーについて利得行列か損失行列かを選択できるようにしている。

このプログラムでは解を3つの方法で求めている。1つ目は純粋戦略の方法、2つ目は微分を使った方法、3つ目は線形計画法である。微分を使った方法については補遺で述べる。また、線形計画法は混合戦略ゼロ和2人ゲームの解法である。

最初に、最もよく知られた 2×2 の利得行列の問題を使ってプログラムの簡単な使い方を説明し、その後、一般の行列の2人ゼロ和ゲーム、非協力2人非ゼロ和ゲームの場合に進む。

2. 2×2 行列のゲーム

C.Analysis のメニュー [分析－OR－ナッシュ均衡ツール] を選択すると、図 1 に示す分析実行画面が表示される。

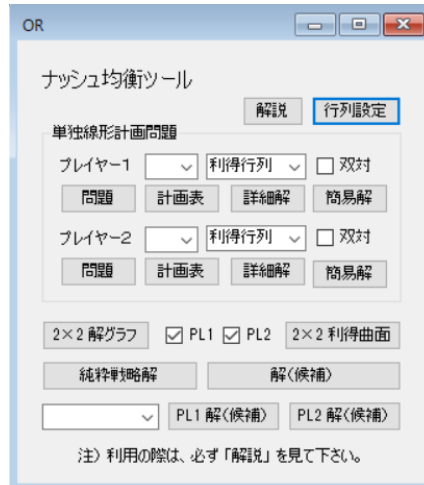


図 1 分析実行画面

データの利得・損失行列は図 2 のように、C.Analysis のメニュー [分析－数学－行列計算] の書式で表す。ここではまず 2×2 行列の例を示す。

a=	4	0	b=	4	6
p70	6	2		0	2
c=	-24	4	d=	12	-6
p70	6	-2		-8	2
e=	0	10	f=	0	6
p71	6	-6		10	-6
g=	2	-1	h=	1	-1
p73	-1	1		-1	2
i=	4	0	j=	4	6
p75	6	-2		0	-2

図 2 ナッシュ均衡のデータ形式 (ナッシュ均衡 1.txt, 2 頁目)

行列は左上に「行列名=」を付けて、その右から下にかけて具体的な行列データを入力する。行列では、行がプレイヤー 1 の戦略、列がプレイヤー 2 の戦略である。行列と行列の間は、1 行 1 列以上空ける必要がある。また、行列名の下部分は検索しないので、コメントを加えることができる。

プログラムを動作させるには、まず分析実行画面右上の「行列設定」ボタンをクリック

する。その際、図 3 のように、「単独線形計画問題」グループボックス内の「プレイヤー 1」と「プレイヤー 2」ラベルの横に行列の候補が表示され、その右のコンボボックスで利得行列か損失行列かが選択できるようになる。

図 3 利得・損失行列の設定

例 1 プレイヤー 1 : 利得行列 a, プレイヤー 2 : 利得行列 b

図 2 において、プレイヤー 1 の利得行列を a、プレイヤー 2 の利得行列を b として、「解(候補)」のボタンをクリックしてみる。ここで、「解(候補)」となっているのは、戦略数が多いときには完全な解を表示するとは限らないからであるが、これについては後に述べる。この問題は囚人のジレンマとしてよく知られた問題である。結果を図 4 に示す。

純粋戦略1	
▶ プレイヤー1	
p1	0.000
p2	1.000
最大化解	2.000
プレイヤー2	
q1	0.000
q2	1.000
最大化解	2.000

図 4 解(候補)

これは、プレイヤー 1 の戦略 1 の選択確率 $p1$ が 0、戦略 2 の選択確率 $p2$ が 1 で最大利得が 2、プレイヤー 2 の戦略 1 の選択確率 $q1$ が 0、戦略 2 の選択確率 $q2$ が 1 で最大利得が 2 であることを示しており、純粋戦略の解である。

この解を別の形で表してみる。分析実行画面の「純粋戦略解」をクリックすると、図 5 のような結果が得られる。

利得\利得	PL2戦略1	PL2戦略2
PL1戦略1	4, 4	0, (6)
PL1戦略2	(6), 0	(2), (2)

図5 純粋戦略解

これは練習問題などでよく見られる形式で、相手の戦略に応じた最適解の利得が「(6)」などのように、選択される可能性のある利得が括弧で囲まれて表示される。またプレイヤー1の最適解は青色、プレイヤー2の最適解は緑色、双方の最適解、即ち均衡解は黄色で示されている。

同じくもう1つの表し方を見てみよう。分析実行画面の「2×2 解グラフ」ボタンをクリックすると、図6のようなグラフが表示される。



図6 2×2 解グラフ

これは横軸が p_1 、縦軸が q_1 を表し、青い線と緑の線の交わる場所 $p_1=0, q_1=0$ が均衡解である。図4で見たように、解は $p_1=0, q_1=0$ であるが、図5の戦略で見ると、双方とも戦略2が最善戦略であり、同じ結果を示している。この線の引き方については、よく知られているが、補遺1に改めて説明しておく。

次にプレイヤー1とプレイヤー2の利得（損失）曲面を表示してみよう。分析実行画面の「2×2 利得曲面」ボタンをクリックすると図7左のような「2変数関数グラフ」の実行画面が表示され、そのまま「グラフ描画」ボタンをクリックすると図7右のような3次元グラフが表示される。ここで、グラフの色は「標準色」チェックボックスのチェックを外し、後で設定したものである。また、赤い丸は場所を分かり易くするために後から付け加えたものである。

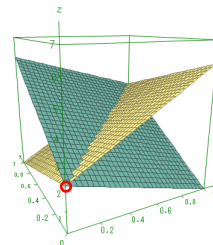
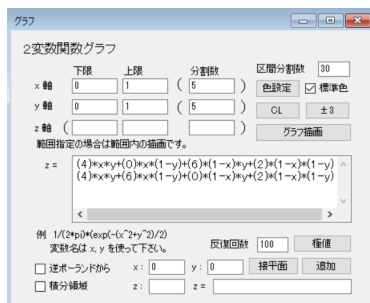


図7 2×2 利得曲面

解は、双方とも最良の選択であるので、プレイヤー 1 では x 軸方向に解を移動させると利得は下がる解として $p_1=x=0$ が選ばれ、プレイヤー 2 では y 軸方向に解を移動させると利得が下がる解として $p_2=y=0$ が選ばれる。 $x=0, y=0$ が図 6 の 2 本の直線であり、交点が均衡解である。

例 2 プレイヤー 1 : 利得行列 c, プレイヤー 2 : 利得行列 d



図 8 混合戦略の解だけを持つ例

これは混合戦略の解だけを持つ例であり、純粋戦略の解は存在しない。それぞれのプレイヤーは相手が値を変更しない限り、自分が値を変更しても利得は不変である。この解は線形計画法を使っても求めることができる。2つのゼロ和2人ゲームの双対価格が相手方の解である。

例 3 プレイヤー 1 : 利得行列 e, プレイヤー 2 : 利得行列 f



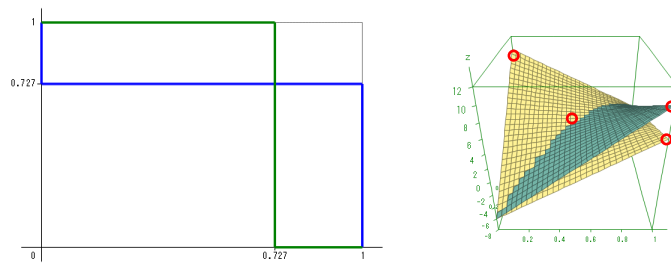


図 9 純粋戦略と混合戦略の解を持つ例 1

これは純粋戦略の解と混合戦略の解、両方を持つ例である。この解は、線形計画法を使っても求めることができる。

例 4 プレイヤー 1 : 利得行列 i , プレイヤー 2 : 利得行列 j

戦略解 (i, j)			
	純粋戦略 1	純粋戦略 2	混合戦略 1
▶ プレイヤー 1			
p1	1.000	0.000	0.500
p2	0.000	1.000	0.500
最大化解	0.000	6.000	2.000
プレイヤー 2			
q1	0.000	1.000	0.500
q2	1.000	0.000	0.500
最大化解	6.000	0.000	2.000

純粋戦略解 (i, j)		
利得 \ 利得	PL2 戦略 1	PL2 戦略 2
▶ PL1 戦略 1	4, 4	(0), (6)
PL1 戦略 2	(6), (0)	-2, -2

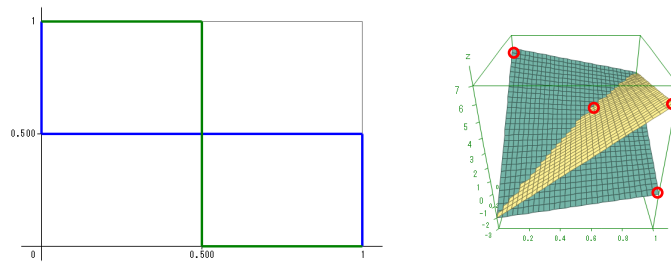


図 10 純粋戦略と混合戦略の解を持つ例 2

これも純粋戦略の解と混合戦略の解、両方を持つ例である。この解は、線形計画法を使っても求めることができない。

3. 一般の行列のゼロ和 2 人ゲーム

一般の利得・損失行列の場合は図 1 の行列の例を用いて説明する。

Matrix	Player 1	Player 2	Player 3	Player 4	Player 5	Player 6	Player 7	Player 8	Player 9	Player 10
a=	4	-1	-2							
p11	-3	0	3							
	3	1	2							
c=	0	150								
p22	100	0								
d=	5	2	4	-1	0					
p38	-2	-1	2	3	3					
e=	5	1								
p39	0	3								
	2	4								
	3	0								
g=	5	2	-2							
プリント	2	1	3							
	-1	3	6							
i=	1	2	3							
	4	2	6							
	5	2	2							

図1 ナッシュ均衡のデータ形式（ナッシュ均衡 1. txt, 1 頁目）

ゼロ和 2 人ゲームの純粋戦略の解は、マクシミン戦略とミニマックス戦略を用いても与えられることが知られているが、プログラムでは相手の戦略に対して最良の戦略を取るという考えで求めている。また混合戦略の解は微分を使う方法で求めている。但し、これらの解は単一ではないので注意が必要である。

ここで、プレイヤー 1 の利得行列を a として、純粋戦略ゼロ和 2 人ゲームの問題を解いてみよう。まず、図 2 のように、プレイヤー 1 の行列を a として利得行列に、プレイヤー 2 の行列を同じく a として損失行列に設定する。

ナッシュ均衡ツール

単独線形計画問題

プレイヤー1 A 利得行列 双対

プレイヤー2 A 損失行列 双対

2x2 解グラフ ☒ PL1 ☒ PL2 2x2 利得曲面

純粋戦略解 解(候補)

PL1 解(候補) PL2 解(候補)

注) 利用の際は、必ず「解説」を見て下さい。

図2 実行画面の設定

その後「純粋戦略解」のボタンをクリックすると、図 3 のような解が表示される。

図3 純粋戦略解

これは、相手が戦略1, 2, 3を取る場合、自分にとってどの戦略が最適かということを考えて求めた図である。結果の見方は2×2行列のときと同じである。黄色の部分が生粋戦略の解であるが、一般に1か所になるとは限らない。

次に線形計画法を使ってこの問題を解いてみよう。まず、プレイヤー1の行列をaにし、利得行列に設定する。設定はこれだけでよい。プレイヤー1の「問題」ボタンをクリックすると、図4のような線形計画問題の式が表示される。

図4 線形計画問題

これはC. Analysisの線形計画法(OR)のテキストエディタでの入力形式で、以下のような問題を表したものである^[3]。

目的関数 $z = u$ 最大化

制約条件 $4p_1 - 3p_2 + 3p_3 \geq u$

$$-p_1 + p_3 \geq u$$

$$-2p_1 + 3p_2 + 2p_3 \geq u$$

$$p_1 + p_2 + p_3 = 1$$

$$p_1, p_2, p_3 \geq 0$$

この問題は、プレイヤー2が3つの戦略を選択したとき、プレイヤー1の利得の期待値がある数 u より大きいとして、その数 u を最大化する問題である。これを線形計画表として表示するには、「計画表」ボタンをクリックする。結果は図5のようになる。

図5 線形計画表

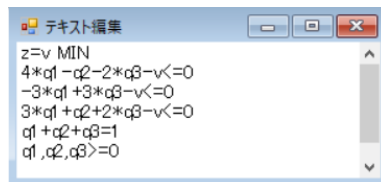
これは、C. Analysisの線形計画法(OR)のグリッドエディタでの入力形式である。この解は、「詳細解」をクリックすると図6のように与えられる。



	STEP数	最大値(z)
	7	1.000
変数	値	被約費用
p1	0.000	2.000
p2	0.000	1.000
p3	1.000	0.000
u_1	1.000	0.000
u_2	0.000	0.000
行	スラック	双対価格
1	2.000	0.000
2	0.000	1.000
3	1.000	0.000
4	0.000	1.000
係数範囲		

図 6 線形計画問題の詳細解

ここでは、解（プレイヤー 1 の確率）は黄色、双対価格（プレイヤー 2 の確率）はオレンジ色、目的関数値（ゲームの値または最終的な期待利得）はピンクに色付けられている。双対価格がプレイヤー 2 の確率になるのは、双対問題がプレイヤー 2 から見た損失行列の最小化問題になるからである。実際、分析実行画面でプレイヤー 1 の右端の「双対」チェックボックスにチェックを入れ、「問題」ボタンをクリックした結果が図 7 である。



```

z=v MIN
4*q1-q2-2*q3-v<=0
-3*q1+3*q3-v<=0
3*q1+q2+2*q3-v<=0
q1+q2+q3=1
q1,q2,q3>=0
    
```

図 7 プレイヤー 1 の線形計画問題の双対問題

この双対問題はプレイヤー 2 の損失の最小化問題である。

図 6 の結果表示は線形計画問題としては十分な表示であるが、均衡問題の解の表示法としては見易いとはいえない。そのため均衡問題に適した表示法も用意してある。「簡易解」ボタンをクリックすると、図 8 のような形式の解が得られる。



Player 1		q1	q2	q3	
利得行列	確率	0.000	1.000	0.000	
p1	0.000	4.000	-1.000	-2.000	-1.000
p2	0.000	-3.000	0.000	3.000	0.000
p3	1.000	3.000	1.000	2.000	1.000
		3.000	1.000	2.000	1.000

図 8 均衡問題の簡易解

黄色、オレンジ色、ピンクは詳細解に準じている。右端の青色の部分は、プレイヤー 2 を所与として、プレイヤー 1 がその戦略を選んだ場合の利得の期待値を表している。そのため、プレイヤー 1 は利得の期待値が最も大きい戦略 3 を確率 1 で選んでいるということになる。逆にこれを縦に見ると、相手も損失の期待値が最も小さい戦略 2 を確率 1 で選んでいることになる。

次に混合戦略の問題を考えてみよう。行列 d を利得行列として選んだ簡易解は図 9 のよ

うになる。

簡易解 (利得行列 D)							
Player 1		q1	q2	q3	q4	q5	
▶ 利得行列	確率	0.000	0.571	0.000	0.429	0.000	
p1	0.571	5.000	2.000	4.000	-1.000	0.000	0.714
p2	0.429	-2.000	-1.000	2.000	3.000	3.000	0.714
		2.000	0.714	3.143	0.714	1.286	0.714

図 9 利得行列 d の混合戦略解

これを見ると、プレイヤー 1 の 2 つの戦略に対して、利得の期待値は同じ 0.714 の値をとっている。これは確率を変えても期待値が変わらないことを示しており、自分の解を変える動機がないという均衡の考え方をよく表している。また、プレイヤー 2 にとっても戦略 2 と戦略 4 は最も損失の小さい同じ 0.714 の値をとっており、解を変える動機が存在しない。

混合戦略の解も唯一とは限らない。その例を示しておく。行列 f を利得行列として選んだ線形計画問題の簡易解を図 10a に与え、その双対問題の簡易解を図 10b に与える。

簡易解 (利得行列 F)						
Player 1		q1	q2	q3	q4	
▶ 利得行列	確率	0.000	0.000	1.000	0.000	
p1	0.667	5.000	5.000	2.000	1.000	2.000
p2	0.333	3.000	1.000	2.000	4.000	2.000
		4.333	3.667	2.000	2.000	2.000

図 10a 利得行列 f の解

簡易解 (利得行列 F)						
Player 1		q1	q2	q3	q4	
▶ 利得行列	確率	0.000	0.000	1.000	0.000	
p1	0.250	5.000	5.000	2.000	1.000	2.000
p2	0.750	3.000	1.000	2.000	4.000	2.000
		3.500	2.000	2.000	3.250	2.000

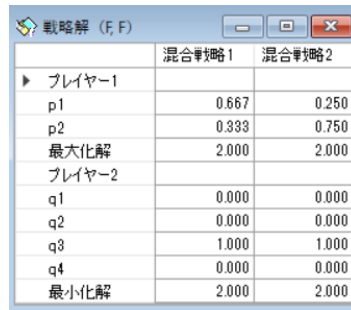
図 10b 利得行列 f の双対問題を解いた解

通常、主問題の解は双対問題の双対価格になっているが、この場合結果が異なっている。これは解が 1 つではなく、2 つの解を結ぶ線分上の値も解であるためである。

$$\begin{aligned}
 p_1 &= 0.667 \times \alpha + 0.250 \times (1 - \alpha) \\
 p_2 &= 0.333 \times \alpha + 0.750 \times (1 - \alpha)
 \end{aligned}
 \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

このプログラムでは解が網羅できるわけではないことに気を付けてもらいたい。

次にこれを 2 つの行列に分けてやってみよう。プレイヤー 1 は利得行列として f、プレイヤー 2 は損失行列として f をとり、「解 (候補)」ボタンをクリックすると図 11 のような結果を得る。



	混合戦略1	混合戦略2
▶ プレイヤー1		
p1	0.667	0.250
p2	0.333	0.750
最大化解	2.000	2.000
プレイヤー2		
q1	0.000	0.000
q2	0.000	0.000
q3	1.000	1.000
q4	0.000	0.000
最小化解	2.000	2.000

図 11 微分の方法で求めた解

ここでも両端の解だけが求められている。

4. 一般の行列の非ゼロ和 2 人非協力ゲーム

非ゼロ和ゲームの場合、プレイヤー 1 とプレイヤー 2 で同じ行数と列数の行列を 2 つ選択する。これらに利得行列か損失行列かを設定し、「解（候補）」のボタンをクリックする。解はまず、純粋戦略の場合から調べて行く。

純粋戦略の場合、相手が戦略を変更しなければ、自分が戦略を変更すると利得が下がるか同じ利得となる場合が解となる。これは有限な戦略の場合、すべての戦略の組を調べればよいのでプログラムとしては簡単である。これをまず「純粋戦略」の解として表示する。

混合戦略の場合は、2 人それぞれの行列に対して、行と列を取り除きながら、補遺 2 の微分を使った方法で解いた答えが、取り除いた行と列の確率を 0 として与えられる。但し、利得行列か損失行列かで表示される解が異なってくる。

「解（候補）」ボタンをクリックすると、純粋戦略の解と微分を使った方法の解が表示される。前の節でも述べたように、ここで表示される解はすべての解を尽くしているわけではないことに注意してもらいたい。前節図 1 の行列を使って例を見てみよう。

例 1 プレイヤー 1：利得行列 a, プレイヤー 2：利得行列 b

行列 a, b をそれぞれ利得行列として選択し、分析実行画面の「解（候補）」と「純粋戦略解」ボタンをクリックすると図 1 のような結果を得る。



純粋戦略 1	
▶ プレイヤー1	
p1	1.000
p2	0.000
p3	0.000
最大化解	4.000
プレイヤー2	
q1	1.000
q2	0.000
q3	0.000
最大化解	5.000



利得\利得	PL2戦略1	PL2戦略2	PL2戦略3
▶ PL1戦略1	(4), (5)	-1, 2	-2, 1
PL1戦略2	-3, (3)	0, 2	(3), 2
PL1戦略3	3, (4)	(1), 1	2, 0

図 1 非協力非ゼロ和 2 人ゲームの解

これは純粋戦略の解だけを持つ場合の例である。「解（候補）」ボタンをクリックした際、

その下のコンボボックスに解の名前がセットされ、それを選択することによって解及びプレイヤーごとに解と利得の関係を表示することができるようになる。図 2a と図 2b にそれぞれ「PL1 解（候補）」と「PL2 解（候補）」を選択した場合の結果を示す。

解候補 (利得行列 A)					
Player 1		q1	q2	q3	
▶ 利得行列	確率	1.000	0.000	0.000	
p1	1.000	4.000	-1.000	-2.000	4.000
p2	0.000	-3.000	0.000	3.000	-3.000
p3	0.000	3.000	1.000	2.000	3.000
		4.000	-1.000	-2.000	4.000

図 2a PL1 簡易解

解候補 (利得行列 B)					
Player 2		q1	q2	q3	
▶ 利得行列	確率	1.000	0.000	0.000	
p1	1.000	5.000	2.000	1.000	5.000
p2	0.000	3.000	2.000	2.000	3.000
p3	0.000	4.000	1.000	0.000	4.000
		5.000	2.000	1.000	5.000

図 2b PL2 簡易解

これを見ると相手の戦略に対する期待値（右端や下の青い部分）について、それぞれのプレイヤーが期待値の最も大きな戦略を確率 1 で選択していることが分かる。

例 2 プレイヤー 1 : 利得行列 a, プレイヤー 2 : 利得行列 g

戦略解 (A, G)		
	純粋戦略 1	純粋戦略 2
▶ プレイヤー 1		
p1	1.000	0.000
p2	0.000	1.000
p3	0.000	0.000
最大化解	4.000	3.000
プレイヤー 2		
q1	1.000	0.000
q2	0.000	0.000
q3	0.000	1.000
最大化解	5.000	3.000

純粋戦略解 (A, G)			
利得 \ 利得	PL2 戦略 1	PL2 戦略 2	PL2 戦略 3
▶ PL 1 戦略 1	(4), (5)	-1, 2	-2, -2
PL 1 戦略 2	-3, 2	0, 1	(3), (3)
PL 1 戦略 3	3, -1	(1), 3	2, (6)

図 3 純粋戦略解が 2 つある場合

これは異なる純粋戦略の解が 2 つある場合である。どちらも解であるが、明らかに純粋戦略 1 の解が純粋戦略 2 の解に比べて優れている。

例 3 プレイヤー 1 : 利得行列 g, プレイヤー 2 : 利得行列 h

戦略解 (G, H)			
	混合戦略1	混合戦略2	混合戦略3
▶ プレイヤー1			
p1	0.286	0.000	0.500
p2	0.429	0.600	0.000
p3	0.286	0.400	0.500
最大化解	2.107	2.500	2.429
プレイヤー2			
q1	0.464	0.500	0.143
q2	0.214	0.000	0.857
q3	0.321	0.500	0.000
最大化解	1.857	2.200	2.500

純粋戦略解 (G, H)			
利得 \ 利得	PL2戦略1	PL2戦略2	PL2戦略3
▶ PL1戦略1	(5, 1)	2, (3)	-2, 1
PL1戦略2	2, 1	1, 1	3, (3)
PL1戦略3	-1, (4)	(3), 2	(6), 1

図 4 混合戦略の解だけがある場合

図 5a と図 5b にプレイヤー 1 とプレイヤー 2 の混合戦略の 1 番目の簡易解を示す。

解候補 (利得行列 G)				
Player 1		q1	q2	q3
▶ 利得行列	確率	0.464	0.214	0.321
p1	0.286	5.000	2.000	-2.000
p2	0.429	2.000	1.000	3.000
p3	0.286	-1.000	3.000	6.000
		2.000	1.857	2.429
				2.107

図 5a プレイヤー 1 の簡易解 1

解候補 (利得行列 H)				
Player 2		q1	q2	q3
▶ 利得行列	確率	0.464	0.214	0.321
p1	0.286	1.000	3.000	1.000
p2	0.429	1.000	1.000	3.000
p3	0.286	4.000	2.000	1.000
		1.857	1.857	1.857
				1.857

図 5b プレイヤー 2 の簡易解 1

2 番目の簡易解は図 6a と図 6b となる。

解候補 (利得行列 G)				
Player 1		q1	q2	q3
▶ 利得行列	確率	0.500	0.000	0.500
p1	0.000	5.000	2.000	-2.000
p2	0.600	2.000	1.000	3.000
p3	0.400	-1.000	3.000	6.000
		0.800	1.800	4.200
				2.500

図 6a プレイヤー 1 の簡易解 2

解候補 (利得行列 H)				
Player 2		q1	q2	q3
▶ 利得行列	確率	0.500	0.000	0.500
p1	0.000	1.000	3.000	1.000
p2	0.600	1.000	1.000	3.000
p3	0.400	4.000	2.000	1.000
		2.200	1.400	2.200
				2.200

図 6b プレイヤー 2 の簡易解 2

3 番目の簡易解は図 7a と図 7b となる。

Player 1		q1	q2	q3	
▶ 利得行列	確率	0.143	0.857	0.000	
p1	0.500	5.000	2.000	-2.000	2.429
p2	0.000	2.000	1.000	3.000	1.143
p3	0.500	-1.000	3.000	6.000	2.429
		2.000	2.500	2.000	2.429

図 7a プレイヤー 1 の簡易解 3

Player 2		q1	q2	q3	
▶ 利得行列	確率	0.143	0.857	0.000	
p1	0.500	1.000	3.000	1.000	2.714
p2	0.000	1.000	1.000	3.000	1.000
p3	0.500	4.000	2.000	1.000	2.286
		2.500	2.500	1.000	2.500

図 7b プレイヤー 2 の簡易解 3

これらの結果を見ると、プレイヤー 1 とプレイヤー 2 は共に相手が戦略を変更しない限り、自分で戦略を変更する動機がないことが分かる。

例 4 プレイヤー 1 : 利得行列 g, プレイヤー 2 : 利得行列 a

戦略解 (G, A)			
	純粋戦略 1	混合戦略 1	混合戦略 2
▶ プレイヤー 1			
p1	1.000	0.000	0.500
p2	0.000	0.143	0.500
p3	0.000	0.857	0.000
最大化解	5.000	2.500	2.375
プレイヤー 2			
q1	1.000	0.500	0.625
q2	0.000	0.000	0.000
q3	0.000	0.500	0.375
最大化解	4.000	2.143	0.500

純粋戦略解 (G, A)			
利得\利得	PL1戦略 1	PL2戦略 2	PL2戦略 3
▶ PL1戦略 1	(5), (4)	2, -1	-2, -2
PL1戦略 2	2, -3	1, 0	3, (3)
PL1戦略 3	-1, (3)	(3), 1	(6), 2

図 8 純粋戦略解と混合戦略解がある場合

この例は純粋戦略の解と混合戦略の解を含む場合である。

5. おわりに

著者らはこのプログラムの利用法を次のように考えている。概論などの授業では、学生に答えを見せ納得させる必要があるため、簡易解などの表示は非常に有効である。しかし、経済学や経営学におけるゲーム理論の講義ではモデル的な問題に当てはめた利得行列を考え、学生に行動を考えさせることに重点が置かれる。そのためこのプログラムは学生には不向きである。教員が例題などを作るときに利用できればよいと思う。状況に応じてこのプログラムを有効に活用してもらえたらと思う。

このプログラムは多くの問題の解を与えるが、すべての均衡解を網羅しているわけではない。このプログラムが与えない均衡解も確かに存在する。今後多くの問題に適用し、プログラムの限界を把握しておかなければならない。

参考文献

- [1] 鈴木光男、「ゲーム理論入門」、共立出版 (1983)
- [2] 細川光浩・奥田由紀恵・福井正康、「陰関数グラフとナッシュ均衡解のプログラム開発」、日本教育情報学会第 37 回年会論文集 (2021) 354-355 (岐阜女子大学, 2021/8/28-29)
- [3] 福井正康、「College Analysis 総合マニュアル -OR1-」、
<http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/gmanual/gmanual05.pdf>

補遺 1 2×2 行列の均衡解のグラフを使った求め方

分析実行画面の「2×2 解グラフ」で表示される図を見ると、すべての均衡解が求まっている。よく知られたことであるが、このプログラムで使った描き方を示しておく。

利得（損失）行列 $(\mathbf{A})_{ij} = a_{ij}$ を使った問題で、プレイヤー 1 が戦略 1 を確率 p 、プレイヤー 2 が戦略 1 を確率 q で取った場合のゲームの値 z は、以下で与えられる。

$$\begin{aligned} z &= a_{11}pq + a_{12}p(1-q) + a_{21}(1-p)q + a_{22}(1-p)(1-q) \\ &= (a_{11} - a_{12} - a_{21} + a_{22})pq + (a_{12} - a_{22})p + (a_{21} - a_{22})q + a_{22} \\ &= (c_{11}q + c_{12})p + (c_{21}q + c_{22}) \end{aligned}$$

プレイヤー 1 の行列 \mathbf{A} が利得行列の場合、 z を最大化することになり、解は右側に表した範囲となる。但し、 $0 \leq q_0 \leq 1$ を超える場合はこの範囲までとする。

$$c_{11}q + c_{12} > 0 \text{ のとき} \quad \rightarrow \quad p = 1$$

$$c_{11} > 0 \quad q > -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (1,1) \sim (1, q_0)$$

$$c_{11} < 0 \quad q < -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (1,0) \sim (1, q_0)$$

$$c_{11} = 0 \quad c_{12} > 0 \quad (1,0) \sim (1,1)$$

$$c_{11}q + c_{12} < 0 \text{ のとき} \quad \rightarrow \quad p = 0$$

$$c_{11} > 0 \quad q < -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0,0) \sim (0, q_0)$$

$$c_{11} < 0 \quad q > -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0,1) \sim (0, q_0)$$

$$c_{11} = 0 \quad c_{12} < 0 \quad (0,0) \sim (0,1)$$

$$c_{11}q + c_{12} = 0 \text{ のとき} \quad \rightarrow \quad p = 0 \sim 1$$

$$c_{11} > 0 \quad q = -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0, q_0) \sim (1, q_0)$$

$$c_{11} < 0 \quad q = -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0, q_0) \sim (1, q_0)$$

$$c_{11} = 0 \quad c_{12} = 0 \quad (0,0) \sim (1,1) \quad \text{全領域}$$

この解を組み替えると、以下のようになる。

$c_{11} > 0$ のとき

$$q < -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0, 0) \sim (0, q_0)$$

$$q = -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0, q_0) \sim (1, q_0)$$

$$q > -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (1, 1) \sim (1, q_0)$$

$c_{11} < 0$ のとき

$$q < -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (1, 0) \sim (1, q_0)$$

$$q = -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0, q_0) \sim (1, q_0)$$

$$q > -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0, 1) \sim (0, q_0)$$

$c_{11} = 0$ のとき

$$c_{12} < 0 \quad (0, 0) \sim (0, 1)$$

$$c_{12} = 0 \quad (0, 0) \sim (1, 1) \quad \text{全領域}$$

$$c_{12} > 0 \quad (1, 0) \sim (1, 1)$$

またプレイヤー 1 の行列が損失行列の場合、 $p = 1 \square p = 0$ と入れ替えればよく、利得行列の場合を $r = 0$ 、損失行列の場合を $r = 1$ とすると、まとめて以下のように書ける。

$c_{11} > 0$ のとき

$$q < -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (r, 0) \sim (r, q_0)$$

$$q = -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0, q_0) \sim (1, q_0)$$

$$q > -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (1-r, 1) \sim (1-r, q_0)$$

$c_{11} < 0$ のとき

$$q < -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (1-r, 0) \sim (1-r, q_0)$$

$$q = -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (0, q_0) \sim (1, q_0)$$

$$q > -c_{12}/c_{11} = q_0 \quad (r, 1) \sim (r, q_0)$$

$c_{11} = 0$ のとき

$$c_{12} < 0 \quad (r, 0) \sim (r, 1)$$

$$c_{12} = 0 \quad (0, 0) \sim (1, 1) \quad \text{全領域}$$

$$c_{12} > 0 \quad (1-r, 0) \sim (1-r, 1)$$

また、プレイヤー 2 の場合も、行列 $(\mathbf{B})_{ij} = b_{ij}$ を使って、同様にまとめられるので詳細は省略する。

補遺2 微分を使って求める均衡解

プレイヤー1とプレイヤー2はそれぞれ m 個と n 個の戦略を持っているとする。それぞれの戦略の実行確率を p_i ($i=1, \dots, m$) と q_j ($j=1, \dots, n$) とする。プレイヤー1の利得(損失)行列を $(\mathbf{A})_{ij} = a_{ij}$ 、プレイヤー2の利得(損失)行列を $(\mathbf{B})_{ij} = b_{ij}$ とする。

均衡解ではこのうちで使われない戦略も存在する。一般にプレイヤー1の実行確率から $m-r$ 個、プレイヤー2の実行確率から $n-r$ 個の戦略は使われず、実際に使われるのは双方 r 個である。しかし、これもうまく選ばないと正しい均衡解 ($0 \leq p_i, q_j < 1$) は得られない。利用しない戦略の行と列を除いて、改めてプレイヤー1の利得(損失)行列を $(\mathbf{A})_{ij} = a_{ij}$ 、プレイヤー2の利得(損失)行列を $(\mathbf{B})_{ij} = b_{ij}$ とおく。

プレイヤー1について、ゲームの値は以下で与えられる。

$$R = \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^r a_{kl} p_k q_l = \sum_{k=1}^{r-1} \sum_{l=1}^{r-1} a_{kl} p_k q_l + \sum_{k=1}^{r-1} a_{kr} p_k q_r + \sum_{l=1}^{r-1} a_{rl} p_r q_l + a_{rr} p_r q_r$$

ここに、

$$p_r = 1 - \sum_{k=1}^{r-1} p_k, \quad q_r = 1 - \sum_{l=1}^{r-1} q_l$$

これを p_i で微分する。

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial p_i} R &= \sum_{l=1}^{r-1} a_{il} q_l + a_{ir} q_r - \sum_{l=1}^{r-1} a_{rl} q_l - a_{rr} q_r \\ &= \sum_{l=1}^{r-1} a_{il} q_l + a_{ir} \left(1 - \sum_{l=1}^{r-1} q_l \right) - \sum_{l=1}^{r-1} a_{rl} q_l - a_{rr} \left(1 - \sum_{l=1}^{r-1} q_l \right) \\ &= \sum_{l=1}^{r-1} (a_{il} - a_{ir} - a_{rl} + a_{rr}) q_l + a_{ir} - a_{rr} = 0 \end{aligned}$$

これより、以下の連立方程式が得られる。

$$\begin{aligned} (\mathbf{A})_{ij} &= a_{ij} - a_{in} - a_{mj} + a_{mn}, \quad (\mathbf{q})_j = q_j, \quad (\mathbf{c})_i = a_{mn} - a_{in} \quad \text{として、} \\ \mathbf{A} \mathbf{q} &= \mathbf{c} \end{aligned}$$

プレイヤー2について、ゲームの値は以下で与えられる。

$$S = \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^r b_{kl} p_k q_l = \sum_{k=1}^{r-1} \sum_{l=1}^{r-1} b_{kl} p_k q_l + \sum_{k=1}^{r-1} b_{kr} p_k q_r + \sum_{l=1}^{r-1} b_{rl} p_r q_l + b_{rr} p_r q_r$$

これを q_j で微分する。

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial q_j} S &= \sum_{k=1}^{r-1} b_{kj} p_k - \sum_{k=1}^{r-1} b_{kr} p_k + b_{rj} p_r - b_{rr} p_r \\
 &= \sum_{k=1}^{r-1} b_{kj} p_k - \sum_{k=1}^{r-1} b_{kr} p_k + b_{rj} \left(1 - \sum_{k=1}^{r-1} p_k \right) - b_{rr} \left(1 - \sum_{k=1}^{r-1} p_k \right) \\
 &= \sum_{k=1}^{r-1} (b_{kj} - b_{kr} - b_{rj} + b_{rr}) p_k + b_{rj} - b_{rr}
 \end{aligned}$$

これより、以下の連立方程式が得られる。

$$\begin{aligned}
 (\mathbf{B}^0)_{ij} &= b_{ij} - b_{ir} - b_{rj} + b_{rr}, \quad (\mathbf{p})_i = p_i, \quad (\mathbf{d})_j = b_{rn} - b_{mj} \quad \text{として、} \\
 {}^t \mathbf{p} \mathbf{B}^0 &= {}^t \mathbf{d} \quad ({}^t \mathbf{B}^0 \mathbf{p} = \mathbf{d})
 \end{aligned}$$

基本的に以上を解くことによって、解を求めることができる。但し、使わない戦略の確率は 0 である。

Multi-purpose Program for Social System Analysis 40 - Nash Equilibrium Tool -

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

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

**2 Education Center, Fukuyama Heisei University*

Abstract: We have added a program of game theory, which is also used in business administration, into College Analysis. This time, we dealt with the pure strategy problem and the mixed strategy problem of the zero-sum two-player game and the non-zero-sum two-player game. At that time, educational consideration is given by using four types of solution display formats such as tables and graphs. In particular, the display format representing the meaning of the equilibrium solution is characteristic.

Key Words: College Analysis, Nash equilibrium, game theory, operations research

福井 正康・細川 光浩・奥田 由紀恵

福山平成大学経営学部紀要
第 18 号 (2022), 57–78 頁

社会システム分析のための統合化プログラム 4 1 ー多変量分散分析・陰関数グラフー

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：我々は College Analysis の中に分散分析の拡張である多変量分散分析を追加した。また、これまで機能が弱かった 2 次元および 3 次元陰関数グラフについてメニューを作り、大幅な機能追加を行った。これらのプログラムでは複数の関数が同時に表示でき、等高線なども表示できる。

キーワード：College Analysis、多変量分散分析、陰関数グラフ

1. はじめに

これまで College Analysis (C.Analysis) に様々な分析を組み込んできたが、今回は多変量分散分析を新たに組み込み、2 次元および 3 次元陰関数グラフについてメニューを新しくして機能拡張を行った。

多変量分散分析は、1 つの変数について多群間の差を求める 1 元配置および 2 元配置分散分析の多変数への拡張である。古くから用いられている分析であるが、これまで C.Analysis では扱って来なかった。今回この分析を加えることによって、実験計画法を多変量解析に加える動機ができたように思う。

2 次元および 3 次元陰関数グラフは、これまで 2 次元および 3 次元パラメータ表示関数の一部としてごく簡単な機能のものが作られていた。今回はこれをそれぞれ単独でメニューとし、他のグラフと同じ程度の機能を加えて独立させた。新たに追加した機能で特に重要なものは複数のグラフの同時表示と等高線表示である。

2. 多変量分散分析

多変量分散分析は通常の分散分析の 1 変量から多変量への拡張である。1 元配置の場合、通常の分散分析は水準で分けられたデータの水準平均間の分散と水準内誤差の分散の合計を比較するが、多変量分散分析は多変量であるため、それらの共分散を比較する。比較には共分散行列から求められる Willks の Λ と呼ばれる統計量を用いる。但し、後に述べるように、検定には近似的に求められる χ^2 統計量や F 統計量を用いることが多い。また、この方法では水準間の差は確かめられるが、どの変量の影響が強いかわからないため、変量の寄与に関する検定も行う。水準間または誤差の共分散行列が得られた場合、それが何元配

置の水準であるかに関わらず、基本的に手順は同じである。

このプログラムには、1 元配置多変量分散分析、繰り返しのない 2 元配置多変量分散分析、繰り返しのある 2 元配置多変量分散分析が含まれるが、繰り返しのない 2 元配置多変量分散分析は、対応のある 1 元配置多変量分散分析として利用することもできる。このプログラムでは後者を意識して実行画面を作っている。ここで利用した理論とデータは、参考文献[1]に従っている。表現を簡単にするために、以後分かり易い場合は「多変量」の文字を除くことがある。また、以後は変量の代わりに変数を使うことも多い。

2.1 プログラムの利用法

メニュー「分析－多変量解析他－実験計画手法－多変量分散分析」を選択すると図 1 のような分析実行画面が表示される。

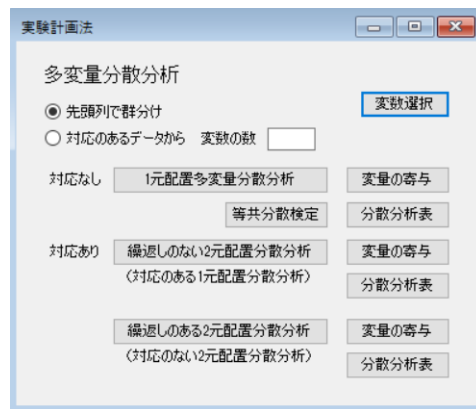


図 1 分析実行画面

これは、対応のない 1 元配置、繰り返しのない 2 元配置（対応のある 1 元配置）、繰り返しのある 2 元配置に分かれている。使い方は 1 変数の実験計画法とほとんど同じであるが、比較する変数の数が複数になる。データには比較のために、参考文献 [1] で与えられる例のデータを用いている。

	水準	x1	x2
▶ 1	1	0	3
2	1	5	5
3	1	-7	1
4	1	12	7
5	1	-6	0
6	1	-7	3
7	1	8	6
8	1	1	5
9	2	10	5
10	2	-3	-2

図 2 1 元配置のデータ（多変量分散分析 0.txt 1 頁目）

1 元配置の問題では図 2 のようなデータを用いる。水準が分類の変数、x1, x2 が比較する変数である。ここでは、4 つの水準で 2 つの変数を分類したことになる。

変数選択ですべてを選び、「先頭列で群分け」ラジオボタンを選んで、「1 元配置多変量分散分析」ボタンをクリックすると、図 3 のような結果が表示される。

	自由度	検定値	確率	Wilks's Lambda
▶ Bartlett近似	χ^2 検定			
	6	35.1421	0.0000	0.2851
Rao近似	F検定			
	[6,54]	7.8569	0.0000	

図 3 1 元配置分散分析結果

ここでは、右端に与えられた Wilks's Lambda の値から 2 つの近似で計算された結果が表示されている。一般に Rao 近似の結果の方が良いと言われている。また、図 4 に単独の変数について通常の 1 元配置分散分析を行った結果を示すが、多変量の方が確率の小さな値が得られている。即ち、多変量分散分析はより有意差の出やすい検定になっている。

	自由度	検定値	確率	Wilks's Lambda
▶ Bartlett近似	χ^2 検定			
	3	15.9910	0.0011	0.5706
Rao近似	F検定			
	[3,28]	7.0241	0.0011	

	自由度	検定値	確率	Wilks's Lambda
▶ Bartlett近似	χ^2 検定			
	3	8.2630	0.0409	0.7483
Rao近似	F検定			
	[3,28]	3.1391	0.0410	

図 4 単独の変数での 1 元配置分散分析結果 (左 x1 のみ、右 x2 のみ)

図 3 の結果への各変数の寄与は、「変量の寄与」ボタンで得られる。結果を図 5 に示す。

	自由度	F検定値	確率
▶ x1	[3,27]	14.6265	0.0000
x2	[3,27]	9.0151	0.0003

図 5 変量の寄与結果

これはすべての変数を使った場合とその中の 1 つの変数を除いた場合の結果の比較で、その変数に有意な影響力があるかどうかを調べている。これによると、2 つの変数とも有意な影響力を持っているといえる。

分析実行画面の 1 元配置のところにある「分散分析表」ボタンをクリックすると、これらの検定に使われた分散分析表が図 6 のように表される。結果は水準間と誤差に分かれる。

	水準間	誤差	自由度
▶ 水準間	x1	x2	3
	1221.6250	272.9375	
	272.9375	108.5938	
誤差	x1	x2	28
	1623.2500	642.8750	
	642.8750	322.8750	
計	x1	x2	31
	2844.8750	915.8125	
	915.8125	431.4688	

図 6 1 元配置分散分析の分散分析表結果

1 元配置の場合だけであるが、1 変数の場合の等分散の検定の拡張版である等共分散の検

定も加えてある。図 7 にその結果を示す。

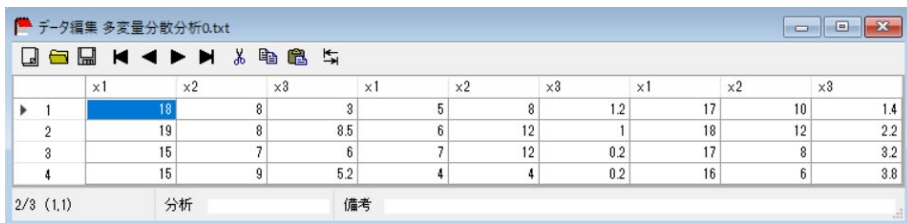


	χ^2 値	自由度	確率
▶	16.9262	9	0.0499

図 7 等共分散検定結果

これには等共分散でない場合の対策がないため、1 元配置多変量分散分析の検定の正当性を保証する 1 つの手法と解釈してもらいたい。

次に対応のある場合の、繰り返しのない 2 元配置分散分析（対応のある 1 元配置分散分析）について説明する。図 8 にそのデータを示す。



	x1	x2	x3	x1	x2	x3	x1	x2	x3
▶ 1	18	8	8	5	8	12	17	10	1.4
2	19	8	8.5	6	12	1	18	12	2.2
3	15	7	6	7	12	0.2	17	8	3.2
4	15	9	5.2	4	4	0.2	16	6	3.8

2/3 (1,1) 分析 備考

図 8 繰り返しのない 2 元配置のデータ（多変量分散分析 0. txt 2 頁目）

これは対応する変数データを横に並べた形式である。通常は 1 変数なので、分かり易いがこれは 3 つの変数が 3 組並んでいるので、少し見づらい。

「対応のあるデータから」ラジオボタンを選択し、右の「変数の数」テキストボックスにこの場合の「3」を入力し、「繰り返しのない 2 元配置分散分析」ボタンをクリックすると、図 9 の結果を得る。



	自由度	検定値	確率	Wilks Λ
▶ Bartlett近似	χ^2 検定			
水準間	6	23.4760	0.0007	0.0091
ブロック間	9	8.9570	0.4413	0.1962
Rao近似	F検定			
水準間	[6,8]	12.6139	0.0011	
ブロック間	[9,9]	1.0463	0.4797	

図 9 繰り返しのない 2 元配置分散分析結果

結果は、1 変数の場合と同様に水準間とブロック間で与えられる。対応のある検定の場合、ブロックはレコードとみなされ、水準間の検定が重要になる。ここでは、水準間とブロック間の Wilks Λ が 2 つ表示されている。水準間では 2 つの近似とも有意な差が見られるが、ブロック間には差が見られない。

水準間やブロック間の差への各変数の寄与は図 10 で与えられる。これはすべての変数を使った場合とその中の 1 つの変数を除いた場合の結果の比較で、その変数に有意な影響力があるかどうかを調べている。



	自由度	F検定値	確率
▶ 水準間			
x1	[2,4]	37.0120	0.0026
x2	[2,4]	0.1507	0.8647
x3	[2,4]	3.0380	0.1576
ブロック間			
x1	[3,4]	0.6863	0.6057
x2	[3,4]	0.7319	0.5847
x3	[3,4]	1.0934	0.4483

図 10 変量の寄与結果

これによると、水準間の変数 x1 のみが全体の中で有意な影響力を持っているといえる。そこで、比較的影響の強い変数 x1, x3 を単独で調べてみる。図 11 の結果を見ると、2 つの変数とも単独で有意な影響を持っていることが分かる。そのため、多変量の結果は、相対的に比した影響の強さを表しているものと解釈される。



	自由度	検定値	確率	Wilks's Λ
▶ Bartlett's 近似	χ ² 検定			
水準間	2	22.1446	0.0000	0.0250
ブロック間	3	5.2300	0.1557	0.4473
Rao 近似	F検定			
水準間	[2,6]	117.2264	0.0000	
ブロック間	[3,6]	2.4717	0.1592	

	自由度	検定値	確率	Wilks's Λ
▶ Bartlett's 近似	χ ² 検定			
水準間	2	9.4599	0.0088	0.2067
ブロック間	3	2.5307	0.4698	0.6775
Rao 近似	F検定			
水準間	[2,6]	11.5161	0.0088	
ブロック間	[3,6]	0.9520	0.4731	

図 11 変数 1 (左) と変数 3 (右) の単独の検定結果

これらの検定に利用された分散分析表は「分散分析表」ボタンをクリックすると図 12 のように表される。結果は水準間、ブロック間、誤差に分かれる。



	積和と行列	自由度
▶ 水準間		2
x1	345.1667 -14.6667 105.0333	
x2	-14.6667 2.6667 -10.7333	
x3	105.0333 -10.7333 51.2017	
ブロック間		3
x1	10.9167 17.3333 2.2083	
x2	17.3333 28.6667 5.0667	
x3	2.2083 5.0667 6.3492	
誤差		6
x1	8.8333 2.6667 -0.6333	
x2	2.6667 37.3333 -11.0667	
x3	-0.6333 -11.0667 13.3383	
計		11
x1	364.9167 5.3333 106.6083	
x2	5.3333 68.6667 -16.7333	
x3	106.6083 -16.7333 70.8892	

図 12 繰返しのない 2 元配置分散分析の分散分析表結果

次に繰返しのある 2 元配置多変量分散分析について見ておく。図 13 にデータを示す。

	水準1	水準2	x1	x2	x3	x4				
5	1	1	35.8	32.5	14.4	11.1				
6	1	2	36.1	33	14.4	11.3				
7	1	1	35.3	32.5	14.1	11.1				
8	1	2	36.7	33.3	14.7	11.3				
9	1	1	36.8	33.5	14.2	11.2				
10	1	2	36.1	33.3	14.5	11.3				
11	2	1	37	33.2	14.7	11.4				
12	2	2	35.7	32.8	14.5	11.3				
13	2	1	36.4	33.2	14.5	11.5				
14	2	2	36.3	33.3	14.7	11.6				

図 13 繰返しのある 2 元配置のデータ（多変量分散分析 0. txt 3 頁目）

「先頭列で群分け」ラジオボタンに戻し、すべての変数を選択する。「繰返しのある 2 元配置分散分析」ボタンをクリックすると図 14 の結果を得る。

	自由度	検定値	確率	WilksΛ
▶ Bartlett近似	x 2検定			
水準1水準	8	66.0275	0.0000	0.0532
水準2水準	4	2.5268	0.6398	0.8915
交互作用	8	10.6140	0.2245	0.6239
Rao近似	F検定			
水準1水準	[8,42]	17.5214	0.0000	
水準2水準	[4,21]	0.6390	0.6405	
交互作用	[8,42]	1.3965	0.2262	

図 14 繰返しのある 2 元配置分散分析結果

2 元配置の問題であるので、2 つの水準間の比較と交互作用間の比較がある。ここでは水準 1 だけに差が見られる。変数の影響を調べるために、「変量の寄与」ボタンをクリックすると図 15 の結果を得る。

	自由度	F検定値	確率
▶ 水準1水準			
x1	[2,21]	4.7882	0.0194
x2	[2,21]	10.3453	0.0007
x3	[2,21]	7.1839	0.0042
x4	[2,21]	13.1758	0.0002
水準2水準			
x1	[1,21]	0.9631	0.3376
x2	[1,21]	2.4617	0.1316
x3	[1,21]	0.5313	0.4741
x4	[1,21]	1.6567	0.2121
交互作用			
x1	[2,21]	2.1432	0.1422
x2	[2,21]	1.0710	0.3607
x3	[2,21]	0.9141	0.4162
x4	[2,21]	0.8029	0.4613

図 15 変量の寄与結果

水準 1 では各変数が有意な影響を示しているが、水準 2 や交互作用では有意な影響はない。最後に、これらの分析に使った分散分析表は「分散分析表」ボタンをクリックすると

得られるが、図が大きくなるため省略する。結果は、水準 1、水準 2、交互作用、誤差に分かれる。

2.2 多変量分散分析の理論

多変量分散分析は、基本的に変数についての添え字が増える（ベクトルになる）だけなので、大きな違いは共分散を扱う部分である。検定には積和行列を利用した Wilks の Λ が使われるが、ここでは、この Λ を用いた Bartlett の近似や Rao の近似という検定方法を紹介する^[1]。

1) 1 元配置多変量分散分析

データを以下のように与える。

$$x_{jr\lambda} \quad (j=1, \dots, p; r=1, \dots, a; \lambda=1, \dots, n_r)$$

ここで、 j は変数、 r は水準、 λ は水準別の個体とする。

モデルとして以下の形を考え、水準別に α_{jr} の違いを比べる。

$$x_{jr\lambda} = \mu_j + \alpha_{jr} + \varepsilon_{jr\lambda}, \quad \sum_{r=1}^a n_r \alpha_{jr} = 0$$

まず、変数についての種々の平均を以下のように定義する。

$$\bar{x}_{jr\cdot} = \frac{1}{n_r} \sum_{\lambda=1}^{n_r} x_{jr\lambda}, \quad \bar{x}_{j\cdot\cdot} = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^a n_r \bar{x}_{jr\cdot} = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^a \sum_{\lambda=1}^{n_r} x_{jr\lambda} \quad \text{ここに、} n = \sum_{r=1}^a n_r$$

これらを用いた平方和積和行列（以下、略して積和行列または SSP 行列と呼ぶ）を以下のように定義する。

総積和行列（総 SSP 行列）

$$S_{jk}^T = \sum_{r=1}^a \sum_{\lambda=1}^{n_r} (x_{jr\lambda} - \bar{x}_{j\cdot\cdot})(x_{kr\lambda} - \bar{x}_{k\cdot\cdot})$$

水準間積和行列（水準間 SSP 行列）

$$S_{jk}^a = \sum_{r=1}^a n_r (x_{jr\cdot} - \bar{x}_{j\cdot\cdot})(x_{kr\cdot} - \bar{x}_{k\cdot\cdot})$$

誤差積和行列（誤差 SSP 行列）

$$S_{jk}^e = \sum_{r=1}^a \sum_{\lambda=1}^{n_r} (x_{jr\lambda} - \bar{x}_{jr\cdot})(x_{kr\lambda} - \bar{x}_{kr\cdot})$$

積和行列間の関係は以下のように与えられる。

$$S_{jk}^T = S_{jk}^a + S_{jk}^e$$

これらの自由度も以下のように分解できる。

$$n-1 = (a-1) + (n-a) = \phi_a + \phi_e$$

ここに、 $\phi_a = a - 1$ は水準間の自由度、 $\phi_e = n - a$ は誤差の自由度である。

これらの積和行列を使って、検定の基本となる Wilks の Λ 統計量を計算する。

$$\Lambda = |\mathbf{S}^e| / |\mathbf{S}^a + \mathbf{S}^e| = |\mathbf{S}^e| / |\mathbf{S}^T| \sim U_{p, \phi_a, \phi_e}$$

この Λ の従う分布は U 分布と呼ばれ、3つの自由度を持つ。1つは p で変数の数（共分散行列の次数）、もう1つは ϕ_a で水準間の自由度、最後は ϕ_e で誤差の自由度である。U 分布はある変換により χ^2 分布や F 分布に近似できることが知られているが、我々は検定に以下の統計量を利用している。

Bartlett(1947)の近似

$$\Lambda \sim U_{p, h, e} \text{ のとき、 } \chi_0^2 = -\{e - (p - h + 1)/2\} \log_e \Lambda \sim \chi_{ph}^2$$

Rao(1951)の近似

$$\Lambda \sim U_{p, h, e} \text{ のとき、 } F_0 = \frac{bc - d}{ph} \frac{1 - \Lambda^{1/c}}{\Lambda^{1/c}} \sim F_{ph, bc-d}$$

ここに、

$$b = e - (p - h + 1)/2, \quad d = ph/2 - 1$$

$$c = \begin{cases} \sqrt{(p^2 h^2 - 4)/(p^2 + h^2 - 5)} & \text{for } p^2 + h^2 \neq 5 \\ 1 & \text{for } p^2 + h^2 = 5 \end{cases}$$

$bc - d$ が整数でないときは、自由度の部分についてのみ、小数部を切り捨てている。

さて、上の方法では変数全体としての検定は行えるが、どの変数が検定結果に影響を与えるか分からない。そのため変数の重要性について以下の検定を行う。

積和行列の (l, l) 成分を取り除いた行列を右肩に (l) を付けて以下のように表す。

$$\mathbf{S}_{jk}^{T(l)} = \mathbf{S}_{jk}^T \Big|_{j, k \neq l}, \quad \mathbf{S}_{jk}^{a(l)} = \mathbf{S}_{jk}^a \Big|_{j, k \neq l}, \quad \mathbf{S}_{jk}^{e(l)} = \mathbf{S}_{jk}^e \Big|_{j, k \neq l}$$

この行列を用いて作った $\Lambda^{(l)}$ は以下である。

$$\Lambda^{(l)} = |\mathbf{S}^{e(l)}| / |\mathbf{S}^{T(l)}|$$

変数の重要性の検定には、この $\Lambda^{(l)}$ を用いて以下の関係を利用する。

$$F^{(l)} = \frac{n - p - a + 1}{a - 1} \frac{\Lambda^{(l)} - \Lambda}{\Lambda} \sim F_{a-1, n-p-a+1}$$

最後に、等分散の検定を拡張した等共分散の検定について述べておく。帰無仮説と対立仮説は以下である。

帰無仮説：すべての水準の分散共分散は等しい。

対立仮説：分散共分散の異なる水準がある。

検定は以下の統計量を利用して行う。

$$\chi^2 = (1 - c) \left[(n - a) \log |\mathbf{S}| - \sum_{r=1}^a (n_r - 1) |\mathbf{S}_r| \right] \sim \chi_{p(p+1)(a-1)/2}^2$$

ここに、

$$c = \frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(a-1)} \left[\sum_{r=1}^a \frac{1}{n_r - 1} - \frac{1}{n-a} \right]$$

$$(\mathbf{S}_r)_{jk} = \frac{1}{n_r - 1} \sum_{\lambda=1}^{n_r} (x_{jr\lambda} - \bar{x}_{j \cdot \lambda})(x_{kr\lambda} - \bar{x}_{k \cdot \lambda})$$

$$(\mathbf{S})_{jk} = \frac{1}{n-a} \sum_{r=1}^a (n_r - 1)(\mathbf{S}_r)_{jk}$$

$$= \frac{1}{n_r - 1} \sum_{r=1}^a \sum_{\lambda=1}^{n_r} (x_{jr\lambda} - \bar{x}_{j \cdot \lambda})(x_{kr\lambda} - \bar{x}_{k \cdot \lambda})$$

ここで 1 変数の Bartlett の等分散性の検定との関係を見ておく。

$p=1$ とおくと、

$$c = \frac{1}{3(a-1)} \left[\sum_{r=1}^a \frac{1}{n_r - 1} - \frac{1}{n-a} \right]$$

一方、水準間の等分散の検定である Bartlett の検定は、以下の性質を利用していた^[2]。

$$\chi^2 = \frac{1}{C} \left[(n-a) \log V_E - \sum_{r=1}^a (n_r - 1) \log V_r \right] \sim \chi_{a-1}^2 \text{ 分布}$$

ここに、 V_E , V_r , C は n を全データ数として以下のように与えられる。

$$V_E = \frac{1}{n-a} \sum_{r=1}^a \sum_{\lambda=1}^{n_r} (x_{r\lambda} - \bar{x}_r)^2, \quad V_r = \frac{1}{n_r - 1} \sum_{\lambda=1}^{n_r} (x_{r\lambda} - \bar{x}_r)^2,$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(a-1)} \left[\sum_{r=1}^a \frac{1}{n_r - 1} - \frac{1}{n-a} \right]$$

今回の検定の式と比較すると、以下の関係を得る。

$$C = 1 + c$$

ここで $c = 1$ とすると $1/C$; $1-c$ となり、近似的に一致する。より正確な方に統一した方がよいが、現段階ではどちらに統一すべきか不明である。

2) 繰返しのない 2 元配置多変量分散分析 (対応のある 1 元配置多変量分散分析)

手法は 1 元配置の場合とほぼ同じであるので、以後はまとめた形式で紹介する。

データ

$$x_{jr\lambda} \quad (j=1, \mathbf{L}, p; r=1, \mathbf{L}, a; \lambda=1, \mathbf{L}, n)$$

j : 変数, r : 水準, λ : ブロック (対応のある場合は個体とみなす)

モデル

$$x_{jr\lambda} = \mu_j + \alpha_{jr} + \beta_{j\lambda} + \varepsilon_{jr\lambda}, \quad \sum_{r=1}^a \alpha_{jr} = 0, \quad \sum_{\lambda=1}^n \beta_{j\lambda} = 0$$

変数平均

$$\bar{x}_{jr\cdot} = \frac{1}{n} \sum_{\lambda=1}^n x_{jr\lambda}, \quad \bar{x}_{j\cdot\lambda} = \frac{1}{a} \sum_{r=1}^a x_{jr\lambda}, \quad \bar{x}_{j\cdot\cdot} = \frac{1}{a} \sum_{r=1}^a \bar{x}_{jr\cdot} = \frac{1}{na} \sum_{r=1}^a \sum_{\lambda=1}^n x_{jr\lambda}$$

総積和行列（総 SSP 行列）

$$S_{jk}^T = \sum_{r=1}^a \sum_{\lambda=1}^n (x_{jr\lambda} - \bar{x}_{j\cdot\lambda})(x_{kr\lambda} - \bar{x}_{k\cdot\lambda})$$

水準間積和行列（水準間 SSP 行列）

$$S_{jk}^a = n \sum_{r=1}^a (x_{jr\cdot} - \bar{x}_{j\cdot\cdot})(x_{kr\cdot} - \bar{x}_{k\cdot\cdot})$$

ブロック間積和行列（ブロック間 SSP 行列）

$$S_{jk}^r = a \sum_{\lambda=1}^n (x_{j\cdot\lambda} - \bar{x}_{j\cdot\cdot})(x_{k\cdot\lambda} - \bar{x}_{k\cdot\cdot})$$

誤差積和行列（誤差 SSP 行列）

$$S_{jk}^e = \sum_{r=1}^a \sum_{\lambda=1}^n (x_{jr\lambda} - \bar{x}_{jr\cdot} - \bar{x}_{j\cdot\lambda} + \bar{x}_{j\cdot\cdot})(x_{kr\lambda} - \bar{x}_{kr\cdot} - \bar{x}_{k\cdot\lambda} + \bar{x}_{k\cdot\cdot})$$

積和行列の関係

$$S_{jk}^T = S_{jk}^a + S_{jk}^r + S_{jk}^e$$

自由度の分解

$$na - 1 = (a - 1) + (n - 1) + (a - 1)(n - 1) = \phi_a + \phi_r + \phi_e$$

Willks の Λ

$$\Lambda_a = |\mathbf{S}^e| / |\mathbf{S}^a + \mathbf{S}^e| \sim U_{p, \phi_a, \phi_e}$$

$$\Lambda_r = |\mathbf{S}^e| / |\mathbf{S}^r + \mathbf{S}^e| \sim U_{p, \phi_r, \phi_e}$$

ここに、

$$\phi_a = a - 1, \quad \phi_r = n - 1, \quad \phi_e = (a - 1)(n - 1),$$

以後の近似計算は 1 元配置の場合に従う。

変数の重要性についての検定

積和行列の (I, I) 成分を取り除いた行列を右肩に (I) を付けて以下のように表す。

$$S_{jk}^{T(I)} = S_{jk}^T \Big|_{j, k \neq I}, \quad S_{jk}^{a(I)} = S_{jk}^a \Big|_{j, k \neq I}, \quad S_{jk}^{r(I)} = S_{jk}^r \Big|_{j, k \neq I}, \quad S_{jk}^{e(I)} = S_{jk}^e \Big|_{j, k \neq I}$$

これらの行列を用いて作った $\Lambda_a^{(I)}$ と $\Lambda_r^{(I)}$ は以下である。

$$\Lambda_a^{(l)} = |\mathbf{S}^{e(l)}| / |\mathbf{S}^{a(l)} + \mathbf{S}^{e(l)}|$$

$$\Lambda_r^{(l)} = |\mathbf{S}^{e(l)}| / |\mathbf{S}^{r(l)} + \mathbf{S}^{e(l)}|$$

変数の重要性の検定には、この $\Lambda_a^{(l)}$ と $\Lambda_r^{(l)}$ を用いて以下の関係を利用する。

$$F_a^{(l)} = \frac{\phi_e - (p-1)}{\phi_a} \frac{\Lambda_a^{(l)} - \Lambda_a}{\Lambda_a} \sim F_{\phi_a, \phi_e - (p-1)}$$

$$F_r^{(l)} = \frac{\phi_e - (p-1)}{\phi_r} \frac{\Lambda_r^{(l)} - \Lambda_r}{\Lambda_r} \sim F_{\phi_r, \phi_e - (p-1)}$$

3) 繰返しのある多変量 2 元配置分散分析

データ

$$x_{jrs\lambda} \quad (j = 1, L, p; r = 1, L, a; s = 1, L, b; \lambda = 1, L, n_{rs})$$

モデル

$$x_{jrs\lambda} = \mu_j + \alpha_{jr} + \beta_{js} + \gamma_{jrs} + \varepsilon_{jrs\lambda}$$

$$\sum_{r=1}^a \alpha_{jr} = 0, \quad \sum_{s=1}^b \beta_{js} = 0, \quad \sum_{r=1}^a \gamma_{jrs} = \sum_{s=1}^b \gamma_{jrs} = 0$$

変数平均

$$n_{r\cdot} = \sum_{s=1}^b n_{rs}, \quad n_{\cdot s} = \sum_{r=1}^a n_{rs}, \quad n = n_{\cdot\cdot} = \sum_{r=1}^a \sum_{s=1}^b n_{rs}$$

$$\bar{x}_{jr\cdot} = \frac{1}{n_{r\cdot}} \sum_{\lambda=1}^{n_{rs}} x_{jrs\lambda}, \quad \bar{x}_{j\cdot\cdot} = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^a \sum_{s=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_{rs}} x_{jrs\lambda}$$

$$\bar{x}_{jr\cdot} = \frac{1}{n_{r\cdot}} \sum_{s=1}^b n_{rs} \bar{x}_{jr\cdot} = \frac{1}{n_{r\cdot}} \sum_{s=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_{rs}} x_{jrs\lambda}, \quad \bar{x}_{j\cdot s} = \frac{1}{n_{\cdot s}} \sum_{r=1}^a n_{rs} \bar{x}_{jr\cdot} = \frac{1}{n_{\cdot s}} \sum_{r=1}^a \sum_{\lambda=1}^{n_{rs}} x_{jrs\lambda}$$

積和行列の関係

$$\begin{aligned} S_{jk}^T &= \sum_{r=1}^a \sum_{s=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_{rs}} (x_{jrs\lambda} - x_{j\cdot\cdot})(x_{krs\lambda} - x_{k\cdot\cdot}) \\ &= \sum_{r=1}^a n_{r\cdot} (\bar{x}_{jr\cdot} - \bar{x}_{j\cdot\cdot})(\bar{x}_{kr\cdot} - \bar{x}_{k\cdot\cdot}) + \sum_{s=1}^b n_{\cdot s} (\bar{x}_{j\cdot s} - \bar{x}_{j\cdot\cdot})(\bar{x}_{k\cdot s} - \bar{x}_{k\cdot\cdot}) \\ &\quad + \sum_{r=1}^a \sum_{s=1}^b n_{rs} (\bar{x}_{jr\cdot} - \bar{x}_{j\cdot\cdot} - \bar{x}_{j\cdot s} + \bar{x}_{j\cdot\cdot})(\bar{x}_{kr\cdot} - \bar{x}_{k\cdot\cdot} - \bar{x}_{k\cdot s} + \bar{x}_{k\cdot\cdot}) \\ &\quad + \sum_{r=1}^a \sum_{s=1}^b \sum_{\lambda=1}^{n_{rs}} (x_{jrs\lambda} - \bar{x}_{jr\cdot})(x_{krs\lambda} - \bar{x}_{kr\cdot}) \\ &= S_{jk}^a + S_{jk}^b + S_{jk}^{ab} + S_{jk}^e \end{aligned}$$

自由度の分解

$$n-1 = (a-1) + (b-1) + (a-1)(b-1) + (n-ab) = \phi_a + \phi_b + \phi_{ab} + \phi_e$$

Willks の Λ

$$A \text{ 間 } \Lambda_a = |\mathbf{S}^a| / |\mathbf{S}^a + \mathbf{S}^e| \sim U_{p, \phi_a, \phi_e}$$

$$B \text{ 間 } \Lambda_b = |\mathbf{S}^b| / |\mathbf{S}^b + \mathbf{S}^e| \sim U_{p, \phi_b, \phi_e}$$

$$AB \text{ 間 } \Lambda_{ab} = |\mathbf{S}^{ab}| / |\mathbf{S}^{ab} + \mathbf{S}^e| \sim U_{p, \phi_{ab}, \phi_e}$$

ここに、

$$\phi_a = a-1, \quad \phi_b = b-1, \quad \phi_{ab} = (a-1)(b-1), \quad \phi_e = n-ab,$$

以後の近似計算は 1 元配置の場合に従う。

変数の重要性についての検定

積和行列の (l, l) 成分を取り除いた行列を右肩に (l) を付けて以下のように表す。

$$S_{jk}^{T(l)} = S_{jk}^T \Big|_{j,k \neq l}, \quad S_{jk}^{a(l)} = S_{jk}^a \Big|_{j,k \neq l}, \quad S_{jk}^{b(l)} = S_{jk}^b \Big|_{j,k \neq l},$$

$$S_{jk}^{ab(l)} = S_{jk}^{ab} \Big|_{j,k \neq l}, \quad S_{jk}^{e(l)} = S_{jk}^e \Big|_{j,k \neq l}$$

これらの行列を用いて作った $\Lambda_a^{(l)}$, $\Lambda_b^{(l)}$, $\Lambda_{ab}^{(l)}$ は以下である。

$$\Lambda_a^{(l)} = |\mathbf{S}^{e(l)}| / |\mathbf{S}^{a(l)} + \mathbf{S}^{e(l)}|$$

$$\Lambda_b^{(l)} = |\mathbf{S}^{e(l)}| / |\mathbf{S}^{b(l)} + \mathbf{S}^{e(l)}|$$

$$\Lambda_{ab}^{(l)} = |\mathbf{S}^{e(l)}| / |\mathbf{S}^{ab(l)} + \mathbf{S}^{e(l)}|$$

変数の重要性の検定には、この $\Lambda_a^{(l)}$, $\Lambda_b^{(l)}$, $\Lambda_{ab}^{(l)}$ を用いて以下の関係を利用する。

$$F_a^{(l)} = \frac{\phi_e - (p-1)}{\phi_a} \frac{\Lambda_a^{(l)} - \Lambda_a}{\Lambda_a} \sim F_{\phi_a, \phi_e - (p-1)}$$

$$F_b^{(l)} = \frac{\phi_e - (p-1)}{\phi_b} \frac{\Lambda_b^{(l)} - \Lambda_b}{\Lambda_b} \sim F_{\phi_b, \phi_e - (p-1)}$$

$$F_{ab}^{(l)} = \frac{\phi_e - (p-1)}{\phi_{ab}} \frac{\Lambda_{ab}^{(l)} - \Lambda_{ab}}{\Lambda_{ab}} \sim F_{\phi_{ab}, \phi_e - (p-1)}$$

3. 2次元陰関数グラフ

これまで 2 次元陰関数グラフは、2 次元パラメータ表示関数のメニューの下に入れていたが、単独でメニューを作って機能追加を行った。メニュー「分析－数学－グラフ－2 次元陰関数グラフ」を選択すると、図 1 のような実行画面が表示される。

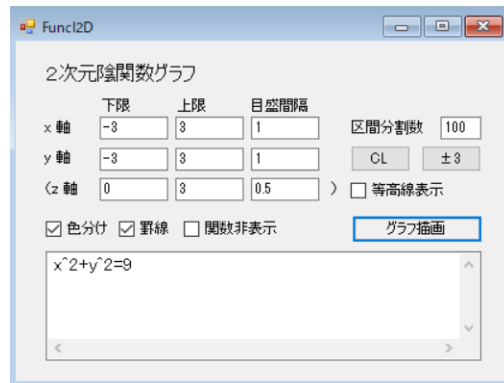


図 1 2次元陰関数グラフ実行画面

今回のプログラムの改良点は以下の通りである。

1. 複数の関数に対応している。
2. 通常の1次元関数と同様に、「色分け」、「罫線」、「関数非表示」機能がある。
3. z軸を含む3次元陰関数を記入した場合、「等高線表示」で、指定区間、指定間隔の等高線を描く。

複数の関数を描く問題で、図2のようなことが可能となった。それぞれの数式に対応するグラフを示している。

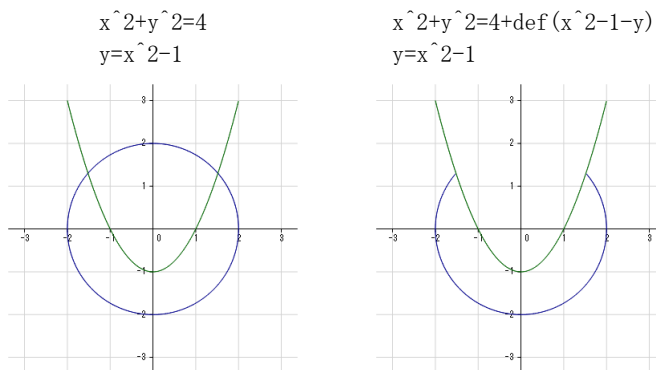


図 2 範囲を指定した表示

左は通常表示であるが、右は円の範囲を2次曲線の下に設定している。これは関数 $\text{def}(z)$ が $z \geq 0$ で0、 $z < 0$ でエラーとなるような関数だからである。表示の式の中にエラーが含まれる場合、描画は実行されない。

次に等高線表示を見てみよう。 $z = 0 \sim 3$ まで0.5間隔で2つの関数を表示してみる。

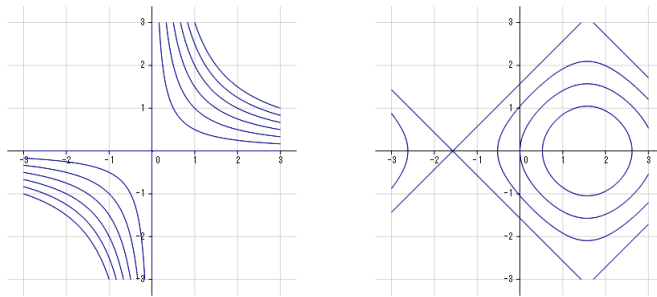


図3 等高線表示 (左: $z=x*y$, 右: $z=\sin(x)+\cos(y)$)

この2つの等高線は同時に示すこともできる。

次に面白い例を図4に示しておこう。以下の関数は過去に3次元陰関数の例として描いたものである。この関数の $z=-3\sim 3$ まで0.5間隔で描いた等高線が左の図である。右はその立体図形である。

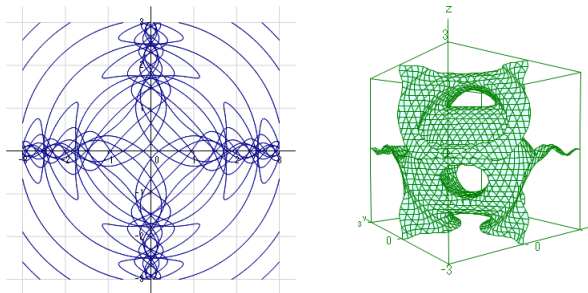


図4 命名カエル曲面 ($x*y*z-\sin(x^2+y^2+z^2)=0$)

ある人が右の図を Google Lens で検索したところワイヤーフレームのカエルが出て来たそうである。なぜこれがカエルに見えるのか。右の図の $z=1$ の等高線を調べたところ、図5のようなカエル足が出現した。なかなか奥深いものである。

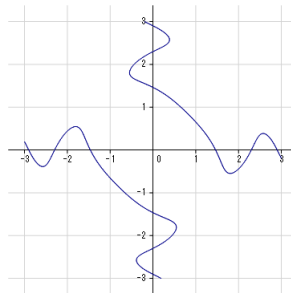


図5 カエル足

4. 3次元陰関数グラフ

3次元陰関数グラフは、2次元と同様、3次元パラメータ表示関数のメニューの下に入っていた。しかし複数のグラフの同時表示や細かな設定ができなかったため、単独でメニューを作り、機能追加を行った。メニュー「分析－数学－グラフ－3次元陰関数グラフ」を選択すると、図1のような実行画面が表示される。

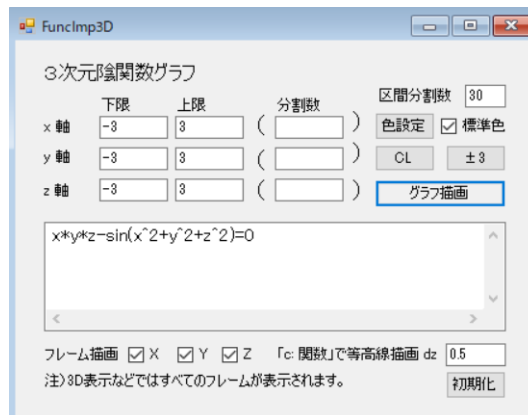


図1 3次元陰関数グラフ実行画面

前章のカエル曲面はこのメニューでそのまま「グラフ描画」ボタンをクリックして描いたものである。

3次元曲面については、これまでフレーム線の描画に不満を感じていた。x, y, z 軸すべての方向に描画するとフレーム線が多すぎるように感じてしまう。理想的には画像の精度はそのまま、フレーム線の本数を減らして表示したい。また、フレーム線の方向を指定できるようにもしたい。但し、C. Analysis のコンセプトの「初心者にも簡単」を守って設定を複雑にしないことが制約である。これらの条件の下で機能追加した今回のプログラムの改良点は以下の通りである。

1. 複数の関数に対応している。
2. 描画領域を関数として指定できる。
3. 見た目階段のような関数も表示できる（多少の勾配はあるが）。
4. 図形に表示されるフレームを軸単位で設定できる。
5. 図形に表示されるフレームの間隔を設定できる。
6. 関数の先頭に「c:」（contour）を付けることにより、指定区間、指定間隔の等高線を描画領域最下部に描く。
7. グラフの色指定を通常のグラフと同様に色パネルによって指定できる。

まず、改良点 1. と 2. であるが、複数のグラフの表示は図2の左側、右側は中央の球に上半分 ($z \geq 0$) の制限を加えた。

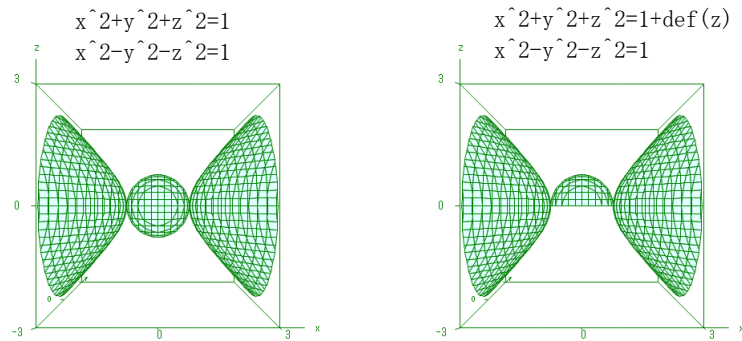


図2 陰関数の複数表示と描画領域の指定

右のグラフで球の下側が表示されていないが、これには描画用の数式の中の $+def(z)$ の部分が重要である。計算式の中で、0 で割る、負の値の平方根など、定義されていなかったり、実数の値を取らなかったりする場合は、エラー（実際は負の非常に大きな値）が返される。多くのグラフではその値が出るとその部分は表示をしないように設定しているが、今回これを徹底して、陰関数グラフにも適用するようにした。しかし、グラフの「区間分割数」の値がデフォルトの 30 程度だと、 $def(z-x-y)$ などとした場合、図 3 左のように切り口が荒くなってしまふ。このような場合、せめて図 3 右の区間分割数 50 程度にしたいが、それでもまだきれいとはいえない。切り口をきれいにさせる方法については考察中である。

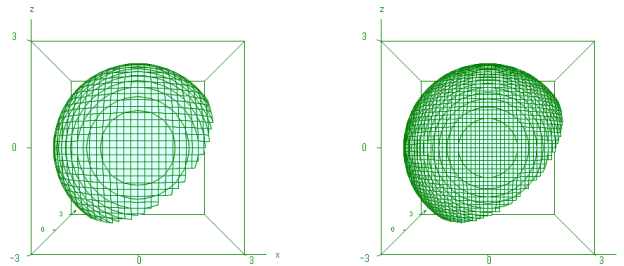


図3 関数による領域指定（区間分割数 30 と 50, $x^2+y^2+z^2=9+def(z-x-y)$ ）

3 番目の段差のある関数について、改めてプログラムを書き加えたわけではないが、例えば、 $z=x*y$ の関数の後ろに $theta(1-z)$ を掛けると、図 4 のように階段状に表示されることが分かった。ここで $theta(x)$ は、 $x \geq 0$ で 1、 $x < 0$ で 0 となる関数である。これは描画のアルゴリズムを見ると納得できるものであるが、詳細は省略する。ただ、この場合、段差の上が完全に水平ではない、区間分割の幅だけの傾きを持っていることを注意しておく。

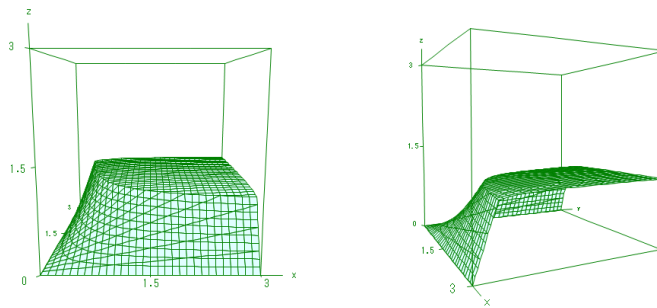
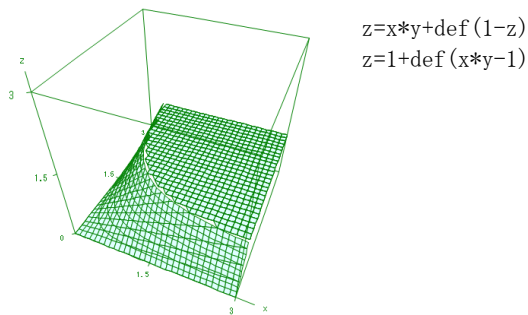


図 4 段差の簡易的な表示法 ($z=x*y*\text{theta}(1-z)$)

この水平面を厳密に描く方法もある。それは 2 つの領域を描く関数を合わせることである。しかし、この表示法では図 5 のように、接合部分に隙間が生じる。



$$z=x*y+\text{def}(1-z)$$

$$z=1+\text{def}(x*y-1)$$

図 5 2 つの関数の合成

この簡易法を用いると図 6 のように複数の段差を積み上げることも可能である。

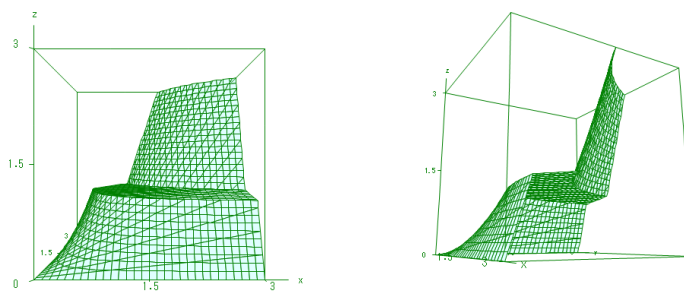


図 6 2 段目の積み上げ ($z=x*y*\text{theta}(1-z)+(x*y-2)*\text{theta}(z-1.01)$)

但し、この場合微妙な誤差が生じ、 $\text{theta}()$ 関数の領域が数学のように厳密に規定できない。例えば、2 番目の $\text{theta}()$ 関数を $\text{theta}(z-1)$ にすると図に少しずれが生じる。

4 番目のフレームの軸単位描写の機能は、実行画面のフレーム描画の x , y , z チェックボックスにチェックを入れて描画することで可能となる。図 7 の左側はすべてのフレームにチェックを入れたグラフ、右側は z 軸に垂直なフレームだけを表示したグラフである。

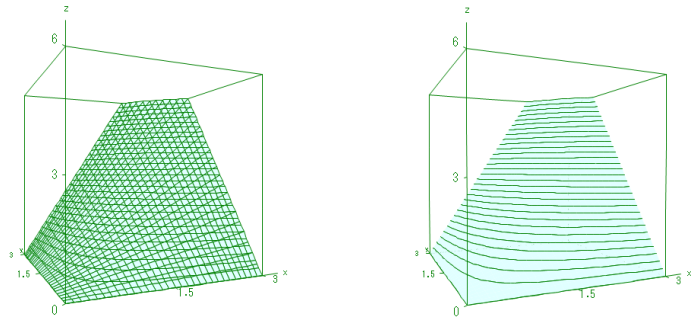


図 7 フレーム描画 ($z=x*y$)

5 番目のフレームの間隔は、図 1 のメニューではなく、図 8 のように、3D 表示用の 3D ビューアのメニューに加えた。

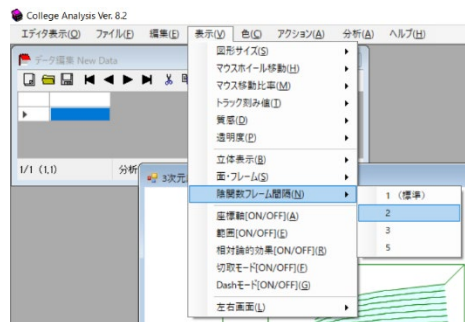


図 8 フレーム間隔設定用メニュー (3D ビューア)

このメニューを使って図 7 のグラフのフレームの間隔を 2 にしたグラフが図 9 である。

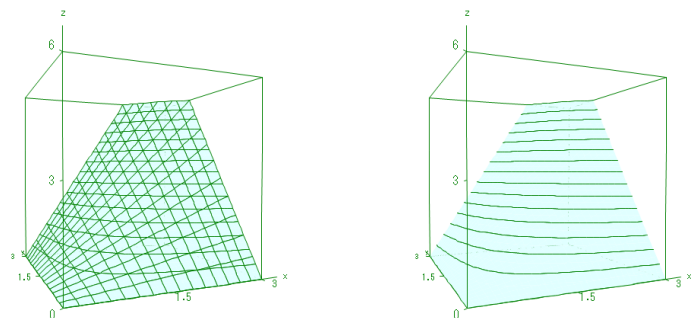


図 9 フレーム間隔を 2 にしたグラフ

試してみて感じることであるが、あまりフレーム間隔を空けすぎると、グラフ自体が雑なもののように見えてくるので注意が必要である。

テキストなどで曲面の下に等高線を表示したものがたまに見られる。これに対応させたものが 6 番目の等高線描画機能である。これはグラフの先頭に「c:」を付けるだけである。上のグラフで例を見てみよう。

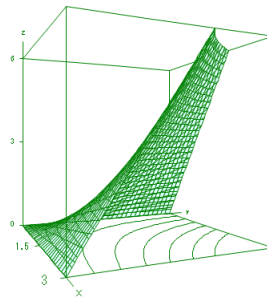


図 10 等高線描画 (c:z=x*y)

等高線は z 軸の下限から、等高線描画の「dz」の値の間隔で引かれたものである。

最後に、改良点の 7 番、グラフの色付けについて見てみよう。これまでの図は、実行画面右上の「標準色」チェックボックスにチェックを入れた描画結果である。標準色チェックボックスからチェックを外すと、グラフは指定された色で描画される。デフォルトは棒グラフなどで使われる青色である。これは色が強すぎるので、他の色を選択することになるが、実行画面の「色設定」ボタンで色のパターンと使う色を選択する。図 11 が色設定ボタンをクリックした場合に表示される画面である。

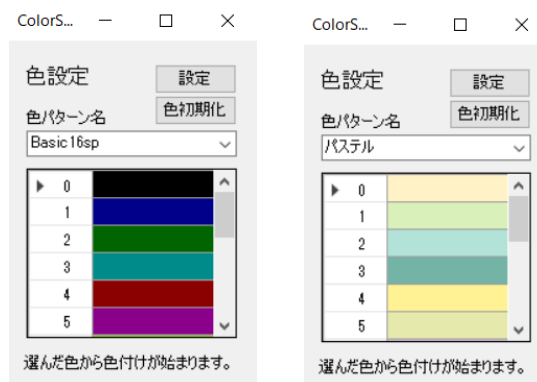


図 11 色設定画面

色パターンを選択し、色をクリックすると、その色から順番に使用される。等高線を付けて、図 11 の右側一番上の色を選択した場合の 2 つのグラフ描画の結果を図 12 に示す。

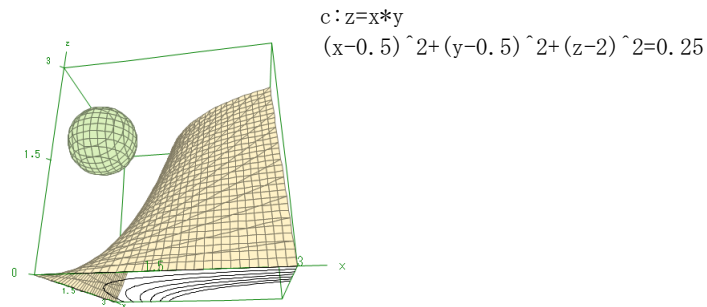


図 12 各種設定をした場合の描画

これまで陰関数に対しての設定で、表示されるフレームの向きと表示間隔の設定が可能になったという話をしたが、これは全体に対する設定で、個々の関数に対する設定ではない。また色についても、色パターンの設定は可能になったが、完全に好きな色を決められるわけではない。これらはこのプログラムの「初心者やさしく」という方向性によって改良が可能になったとき、また変更を加えることにする。

5. おわりに

C.Analysis への今回の追加は、多変量分散分析の組み込みと 2 次元、3 次元陰関数グラフの機能拡張であった。多変量分散分析については古くから使われてきた分析であるが、これまでは 1 変数についての分散分析やそのノンパラメトリック版の検定を実験計画法として扱ってきた。そのため、この実験計画法を多変量解析の中に入れることに少しためらいがあった。今回の多変量分散分析を加えることによって、対応関係もでき、分類上の扱いが納得できるようになった。

多変量分散分析と通常の分散分析を 1 変数で比較すると、Rao 近似が同一の答えを与える。これは 2 元配置などでも同じである。1 変数の結果とのつながりを考えても、Rao 近似を利用すべきであろう。しかし、等共分散の検定では、2.2 節でも述べたように多少のずれが生じる。今後どちらかの結果に統一することになるであろう。

陰関数グラフについては、自作のプリントなどに気軽に図を加えることができるということと「初心者にもやさしい」ことを目標に機能を追加した。この目標がどの程度達成されているかは、実際に使ってみなければ分からない。2 次元陰関数グラフについては数学などの授業で利用することがあると思われるが、3 次元陰関数グラフについては、残念ながらこれらの図を活用する授業を行っていない。今後の現場からのフィードバックに期待することにした。

参考文献

- [1] 田中豊、脇本和昌、垂水共之、「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)
- [2] 細川光浩・奥田由紀恵・福井正康、「陰関数グラフとナッシュ均衡解のプログラム開発」、日本教育情報学会第 37 回年会論文集 (2021) 354-355 (岐阜女子大学, 2021/8/28-29)
- [3] 奥田由紀恵・細川光浩・福井正康、「College Analysis への機能追加 ―多変量分散分析, コ克蘭の Q 検定他―」、日本教育情報学会第 37 回年会論文集 (2021) 350-351 (岐阜女子大学, 2021/8/28-29)

Multi-purpose Program for Social System Analysis 41 - Multivariate ANOVA, Implicit Function Graph -

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

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

**2 Education Center, Fukuyama Heisei University*

Abstract: We have added multivariate ANOVA, which is an extension of ANOVA, into College Analysis. We also created new program menus for 2D and 3D implicit function graphs. In these programs, multiple functions can be displayed at the same time, and contour lines can also be displayed.

Key Words: College Analysis, multivariate ANOVA, implicit function graph

福山平成大学経営学部紀要
第 18 号 (2022), 79-99 頁

社会システム分析のための統合化プログラム 4 2 ーテキスト CR 分析ー

福井 正康^{*1}・渡辺 清美^{*1}

^{*1} 福山平成大学経営学部経営学科

要旨：文書に含まれる単語とその語数を用いてコレスポンデンス分析を行い、文書の類似性を調べる手法を、著者らはテキスト CR 分析と呼んでいる。この報告では、分析ソフト College Analysis に組み込んだ、テキスト CR 分析専用のプログラムについて解説する。プログラムは通常のコレスポンデンス分析を実行する部分、その結果を散布図やアニメーションで表示する部分、コレスポンデンス分析の成分の意味を検討する部分に分かれているが、今回は特に最後の成分の意味について実例を用いて考察する。

キーワード：College Analysis、コレスポンデンス分析、文書解析

1. はじめに

文書の出現単語を行、文書名を列として、単語の出現数の 2 次元分割表を作り、コレスポンデンス分析（以後 CR 分析と略す）を用いて、文書を分類する分析が行われることがある。著者らはこれをテキスト CR 分析と呼んでいる。テキスト CR 分析には、通常の CR 分析に比べて以下のような特徴がある。1 つは単語の出現数をそのまま使うかどうか、もう 1 つは出現単語のすべてを使って分析するのか一部を利用するのかである。

これらの問題に対して著者らは参考文献[1]で、一応以下のような結論を得た。前者に対しては文書の長さを変えると単語数も変わり、分析結果も変わることから、単語数は文書ごとにある一定の数に標準化して利用の方がよい。また、後者に対してはある程度安定的な答えが出る必要性から、分割表の中で 0 の占める割合の 0 比率というものを考えて、これが、0.2 程度以下がよいと結論した。また、同じ文献の中で新しい標準化の方法も提案した。

これらの結果を元に、著者らは 2019 年、テキスト CR 分析に特化したプログラムを College Analysis の中に組み込むことにした。このプログラムには、CR 分析の元データとなる単語による文書ごとの単語数の比較表作成機能や、単語数を文書ごとに合わせる標準化機能、統計分析としては新しい、アニメーションによる結果の安定性の確認機能などを加えた[2]。

しかし、アニメーションなどを歴史的な英語の教科書に対して実行すると、組み合わせによっては、分析結果の散布図の形が保たれたまま 1, 2 軸に対して回転するという解釈に

苦しむ結果が得られた。これは CR 分析の軸の意味が変化していることを意味する。これがなぜ起こっているのか、それを知るために、この度再度テキスト CR 分析のプログラムに、軸の解釈を中心とした機能を追加することにした。2019 年のプログラムについては本紀要に未投稿であったため、この論文ではまずプログラムの利用法について復習し、その後成分の解釈を目的とした新しい機能について解説する。

2. プログラムについて

メニュー [分析→多変量解析他→分類手法→テキスト CR 分析] を選択すると図 1 のような分析実行画面が表示される。



図 1 分析実行画面

この画面は、大きく 3 つの部分に分かれている。左上は基本的な分析ツールであり、この部分がテキスト CR 分析の本体である。右側は結果をグラフやアニメーションで表示する部分である。左下は分析結果に現れる成分やグラフの軸について考察を加えるためのデータ解析の部分である。これが今回新しく追加した部分である。この分析実行画面について、次節の単語比較ツールに続いて、順を追って機能別にプログラムの動きを見て行くことにする。

3. 単語比較ツール

テキスト CR 分析では、まず複数の文書から単語の数を取り出し、テキスト間で共通する単語について 1 つにまとめ、すべての文書の語数の合計順に並べ替えるという前処理が必要である。この処理を簡単に行うために、ここではまず以前に作成したツールについて紹介する。

メニュー [ツール→単語比較ツール] を選択するか、2 章図 1 の「単語比較ツールへ」ボタンをクリックすると、図 1 のような「単語比較ツール」実行画面が表示される。

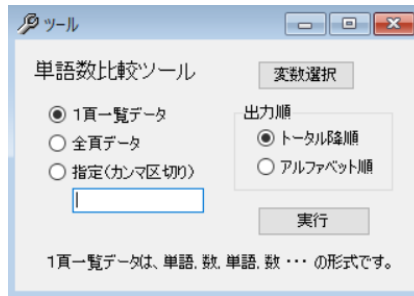


図 1 単語比較ツール実行画面

単語比較のためには、図 2 のように 1 頁に単語とその数、単語とその数、…と並んだデータか、各頁に単語とその数が与えられたデータか、どちらか必要である。単語の並びについては図 2 では文書ごとに降順になっているが、特に指定はない。

	Choice-1		Dening-1		Kanda-p1		Seisoku-1	
1	the	314	the	2500	is	164	is	756
2	a	185	to	1468	a	137	the	747
3	and	177	of	1122	it	65	yes	387
4	you	169	and	1109	are	48	to	381
5	I	142	a	909	the	39	you	314
6	it	132	in	704	you	39	he	287
7	is	128	was	655	that	35	I	269
8	will	121	he	649	lesson	30	a	250
9	see	96	that	511	me	30	my	241
10	to	95	his	503	and	29	that	239

図 2 単語比較のデータ（単語比較ツール 1.txt）

図 2 で与えられた 1 頁データの場合は、単語比較ツール実行画面の「1 頁一覧データ」を選択し、変数選択で、利用する文書の単語と数の組を指定する。後者の 1 頁 1 文書の場合は、「全ページ」ラジオボタンを選択するか、「指定（カンマ区切り）」ラジオボタンを選択し、利用するデータのページ番号を下のテキストボックスにカンマ区切りで入れておく。

出力は、選択文書全体の語数合計降順の「トータル降順」か「アルファベット順」が選べる。通常、データ形式は「1 頁一覧データ」、出力順は「トータル降順」がよい。この後「実行」ボタンをクリックすると図 3 に示す実行結果が表示される。この結果は単語が頻度順に並べられている。

	Choice-1	Dening-1	Kanda-p1	Seisoku-1	Sunshine-1	Union-1	Total
the	314	2500	39	747	20	327	3947
to	95	1468	6	381	5	138	2093
a	185	909	137	250	24	163	1668
and	177	1109	29	104	12	225	1656
is	128	368	164	756	40	76	1532
of	37	1122	4	44	10	76	1293
you	169	427	39	314	41	118	1108
he	59	649	8	287	17	66	1086
it	132	501	65	238	29	87	1052

図 3 単語比較ツール出力結果

著者らのテキスト CR 分析プログラムは、図 3 の形式のデータを用いるが、単語数の合計を表す「Total」の欄は、分析に不要である。しかし、後に変数選択の中で落とすことができるので、あっても問題はない。このデータは新規に作成されたデータとしても、既存のデータの最後の頁に追加しても、使うことができる。後者の場合は、グリッド出力メニュー「編集－エディタ頁追加」を利用すると便利である。

4. 基本分析ツール

説明を容易にするため、2 章の図 1 分析実行画面の基本分析ツールの部分を切り取って図 1 に再掲する。

調整法
☐ 実数
☒ 1重調整
☐ 2重調整

語数
☐ すべて
☒ 指定 100 語
☐ 配置順

調整数 1000

データ出力 単語数比較ツールへ

CR分析 クラスター用データ

図 1 分析実行画面中の基本分析ツール

テキスト CR 分析では単語数の調整を行うが、このプログラムでは、単語の頻度をそのまま利用する「実数」、単語の頻度をそろえる「1 重調整」、単語の頻度をそろえた上で分析に利用する単語数を設定し再度頻度をそろえる「2 重調整」の方法を扱うことができる。利用する単語数は「すべて」か、後ろに語数を指定した「指定」を選択できる。このメニューではデフォルトとして、調整法は「1 重調整」、語数は「指定」100 語にしている。語数の「調整数」は分析に直接影響を与えないが、「データ出力」の際には値が変わってくるので、見た目が良い程度で記入しておく。デフォルトは 1000 になっている。

「変数選択」で Total を除くすべての変数（文書）を選択し、図 4 の「データ出力」ボタンをクリックすると、図 2 のような出力結果を得る。

	出現text数	Choice-1	Dening-1	Kanda-p-1	Seisoku-1	Sunshine-1	Union-1	合計	0比率	順位
old	4	1.777	0.885	8.979	0.000	0.000	1.644	13.283	0.077	82
many	6	1.421	0.572	4.489	2.659	3.328	0.730	13.200	0.076	83
run	5	6.751	0.312	0.000	3.090	0.832	2.009	12.994	0.077	84
when	5	1.066	5.152	0.000	1.222	0.832	4.565	12.836	0.078	85
please	5	0.711	0.442	8.418	0.000	2.496	0.730	12.797	0.079	86
day	5	1.599	2.680	0.000	0.719	2.496	5.113	12.606	0.080	87
pat	1	0.000	0.000	0.000	0.000	12.479	0.000	12.479	0.089	88
rat	4	3.731	0.000	4.489	3.450	0.000	0.730	12.400	0.092	89
mother	5	0.711	1.639	2.806	4.168	0.000	2.739	12.063	0.093	90
oh	3	0.000	0.000	0.000	0.647	9.983	1.278	11.908	0.097	91
had	4	0.355	7.285	0.000	0.216	0.000	4.018	11.873	0.100	92
come	6	2.487	1.119	2.245	2.443	0.832	2.739	11.865	0.099	93
out	4	2.665	3.304	0.000	1.150	0.000	4.565	11.684	0.101	94
program	1	0.000	0.000	0.000	0.000	11.647	0.000	11.647	0.109	95
people	3	0.000	2.290	0.000	0.000	9.151	0.183	11.624	0.113	96

図 2 データ出力結果

この結果は一度 1000 語に調整を実行して、その中で頻度の上位から指定語数を選択して表示したものである。これが分析に使うデータである。この中には、参考のために、調整後の単語の合計数や 0 比率などが表示されている。ここでは例として、総頻度が 82 位から

96 位までを表示しているが、この中で水色の網掛けの単語がある。これは 1 つの文書以外では頻度が 0 の単語である。0 比率が低いところの網掛けの単語では、本来利用しない固有名詞などが残っている場合があり、そのような場合にはデータから削除する。データの削除にはエディタのメニュー「ツール検索」で表示される検索画面で、「行名検索」機能を用いるとよい。

ここで単語の並び順に対して、1 つだけ例外を述べておく。単語を「すべて」選択した場合、「配置順」チェックボックスにチェックを入れると、頻度順ではなく、元の単語の並び順に出力される。これは、特別な単語を入れてその振る舞いを観察する 6 章のデータ解析の際に利用する。

「CR 分析」ボタンをクリックすると、指定された調整法で、指定された語数で CR 分析を実行する。但し、単語数は文書数より多くする必要がある。実行結果を図 3 に示す。

0比率: 0.112	群	第1成分	第2成分	第3成分	第4成分	第5成分	重み1成分	重み2成分	重み3成分	重み4成分	重み5成分
固有値		0.182	0.146	0.079	0.057	0.016					
相関係数		0.427	0.383	0.281	0.239	0.127					
寄与率		0.379	0.305	0.164	0.119	0.034					
累積寄与率		0.379	0.684	0.848	0.966	1.000					
Choice-1	2	0.161	0.286	0.203	1.787	-1.140	0.069	0.109	0.057	0.427	-0.145
Dening-1	2	1.268	0.731	0.775	-1.513	-0.995	0.541	0.280	0.218	-0.361	-0.126
Kanda-p1	2	-1.856	0.604	0.472	-0.453	0.141	-0.792	0.231	0.133	-0.108	0.018
Seisoku-1	2	0.094	0.052	-2.134	-0.331	0.004	0.040	0.020	-0.600	-0.079	0.001
Sunshine-1	2	-0.019	-2.245	0.449	-0.230	0.031	-0.008	-0.859	0.126	-0.055	0.004
Union-1	2	0.841	0.502	0.442	0.515	2.008	0.359	0.192	0.124	0.123	0.255
the	1	0.908	0.691	-0.112	0.008	-0.132	0.388	0.264	-0.031	0.002	-0.017
is	1	-1.441	0.049	-0.620	-0.631	0.231	-0.615	0.019	-0.174	-0.151	0.029
a	1	-0.945	0.574	0.798	-0.148	0.403	-0.403	0.220	0.224	-0.035	0.051

図 3 CR 分析結果

同じ処理を通常の CR 分析のメニューで実施すると、最初に単語（行名）が表れるようになっているが、ここでは文書の類似性の方が重要であるので、文書名（列名）が最初に並ぶように設定している。表示の項目の意味については、補遺を参照してもらいたい。特に寄与率と累積寄与率は重要である。

CR 分析の結果を用いてクラスター分析を行い、すべての次元を参照して分類することも可能である。その際、クラスター分析では関連の重み付き成分を利用する方が現実的であるため、「クラスター用データ」ボタンをクリックすると図 3 の四角で囲んだ部分を出力するようにしている。結果を図 4 に示す。

	重み1成分	重み2成分	重み3成分	重み4成分	重み5成分
Choice-1	0.069	0.109	0.057	0.427	-0.145
Dening-1	0.541	0.280	0.218	-0.361	-0.126
Kanda-p1	-0.792	0.231	0.133	-0.108	0.018
Seisoku-1	0.040	0.020	-0.600	-0.079	0.001
Sunshine-1	-0.008	-0.859	0.126	-0.055	0.004
Union-1	0.359	0.192	0.124	0.123	0.255

図 4 クラスター用データ出力

これをクラスター分析のプログラムのデータとしてデンドログラムを描くことになるが、距離測定法は重み付けをしたことを考慮して、平方ユークリッド距離、クラスター構成法は標準的なウォード法が適していると考ええる。これらの設定での結果を図 5 に示す。

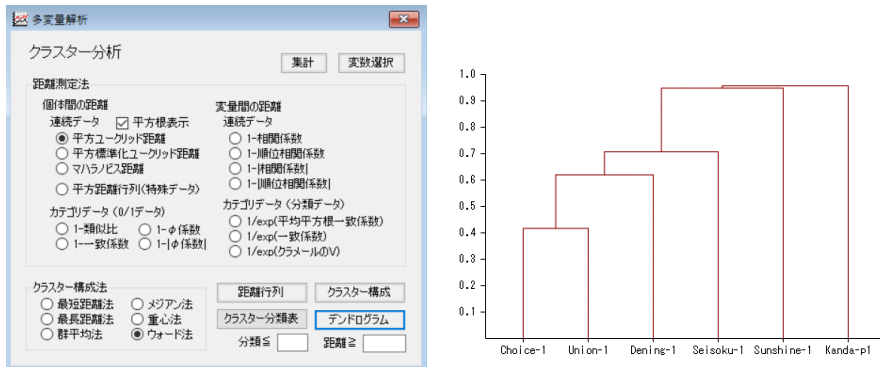


図5 クラスター分析の実行画面とデンドログラム

5. グラフ描画とアニメーションツール

次にテキスト CR 分析の結果のグラフ表示を考える。図1に分析実行画面のグラフに関する部分を切り取って表示した。



図1 分析実行画面中のグラフ表示

分析結果を表示するには、「軸設定」ボタンをクリックして、成分を各軸に割り当てる。例えば、x 軸を第 1 成分に、y 軸を第 2 成分にし、「相関重み」を加え、その他の設定をデフォルトの設定にして、「散布図」ボタンをクリックした結果を図2に示す。

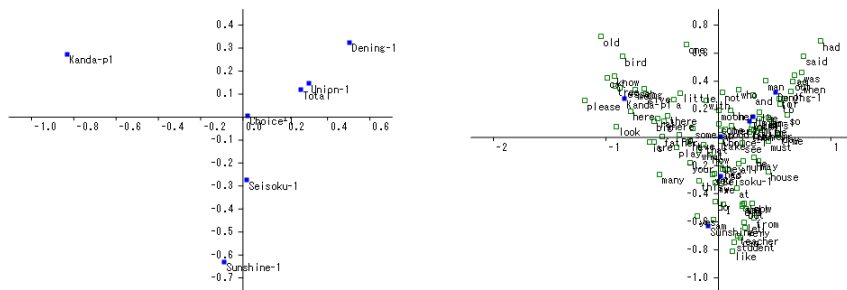


図2 CR 分析による散布図

左が「列」成分だけの表示、右が「行」成分も含めた表示である。

同様に、「3D」チェックボックスをチェックし、z 軸を第 3 成分にして、その他の設定を図 2 と同じにした散布図を図 3 に示す。但し、分かりにくいのでここでは「列」成分だけにしている。

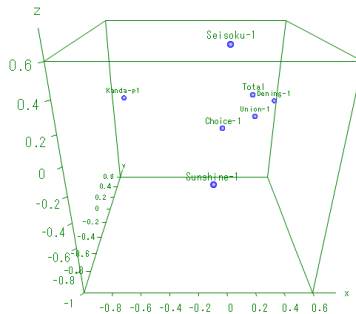
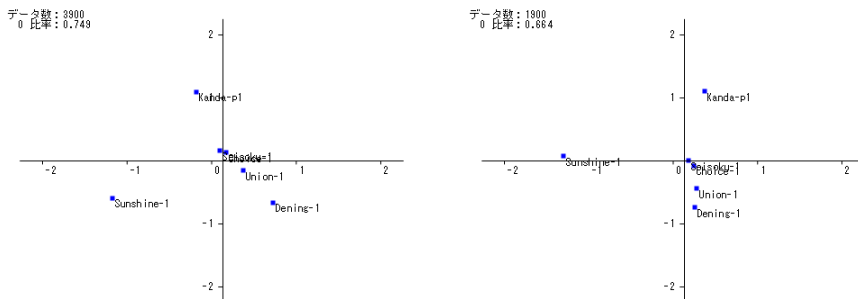


図 3 CR 分析による散布図（3 次元表示）

著者らは利用する語数を 100 語に固定してこれまでの計算を行ってきたが、これは 0 比率の値を参考にしながら決めた値である。しかし、語数を決定するとき結果の安定性は重要である。そこで、結果が語数によってどのように変化するかをアニメーションで表示する試みを思い付いた。これは指定された最大語数から、徐々に選択語数を減らして行き、最終的に指定された最小語数まで、散布図が変わって行く様子をアニメーションのように表示する機能である。この動きは紙面上で表現できないが、変化の過程の文書と単語の配置の安定性によって CR 分析の正当性を確認する方法である。

この設定では、単語数の変化を「自動」にするか、「指定」にするか設定できる。「軸」に数値を設定すると絶対値がその数値までの範囲が表示される。図 4 にその過程を簡単に示す。実際に動かしてみると大変興味深いので試してもらいたい。



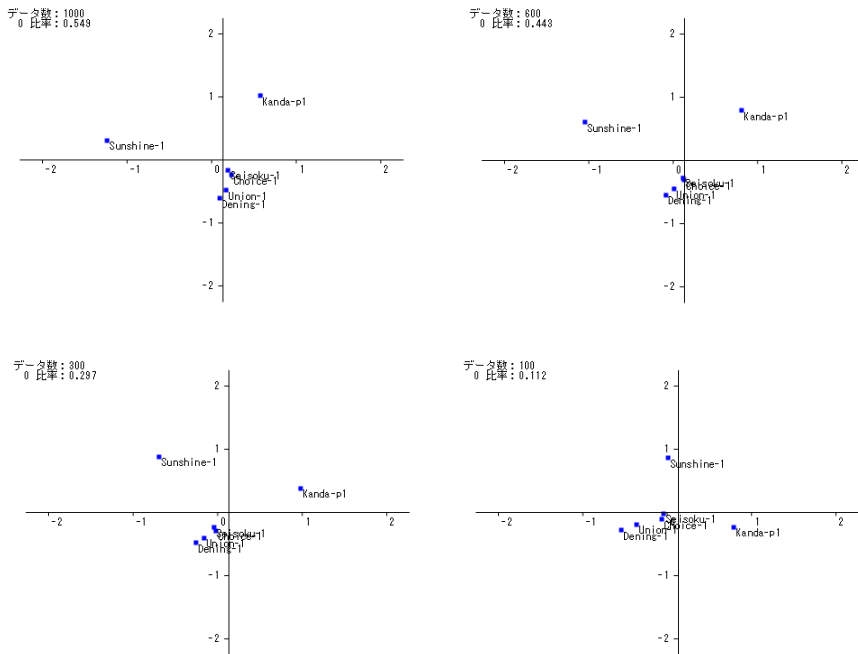


図 4 アニメーション表示の例

6. データ解析ツールと成分の解釈

CR 分析では成分の意味が明確でない。これは因子分析など異なる CR 分析の特徴である。特に、テキスト CR 分析では教科書（この章では文書の代わりに教科書を使う）によって単語の数が極端に違う場合があり、この単語の数が教科書の大きな特徴になっている。しかし、この単語数にしてもどの成分が単語数を表しているのか明確ではなく、単語数の似た教科書どうしの比較では、単語数と成分にはあまり関係の見られないこともある。では、これらを調べるには何を見ればよいのか。ここでは定性的な議論であるが、3つの教科書の組についてテキスト CR 分析の特徴を見て行くことにする。

3つの教科書の組としては、1) 語数の適度に異なる現代の教科書の組、2) 語数の極端に異なる明治期と現代の教科書の組、3) 語数の揃った明治期の教科書の組を考える。これらについて、1) ではサンプルの中のテキスト CR 分析 2.txt、2) ではテキスト CR 分析 1.txt (p1)、3) ではテキスト CR 分析 1.txt (p2) を利用する。

分かり易いように、図 1 に分析実行画面からデータ解析ツールの部分を切り抜いた画面を示しておく。

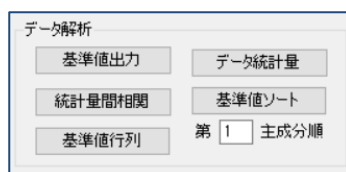


図 1 分析実行画面中のデータ解析

1) の場合

テキスト CR 分析では単語をある語数で切り取って分析する。そのため、教科書ごとの頻度が 0 の単語の比率である「文書 0 比率」が重要である。文書 0 比率は単語数の少ない教科書では大きくなる傾向がある。表 1 に実際の結果を示す。切り取る単語数によらず、全単語数との相関係数（網掛け部分）に大きな変動はない。これは単語数が適当に異なる教科書間の興味ある特徴である。

表 1 1 重調整法による文書 0 比率と全単語数との相関係数

語数	50	100	300	500	1000	全単語数
C5	0.140	0.220	0.470	0.548	0.696	1046
C6	0.120	0.210	0.410	0.508	0.678	1085
NH5	0.120	0.290	0.530	0.634	0.767	993
NH6	0.140	0.210	0.407	0.542	0.698	1494
SS5	0.180	0.300	0.453	0.524	0.666	1369
SS6	0.080	0.210	0.403	0.482	0.639	1844
NC1	0.000	0.000	0.053	0.148	0.305	7266
NC2	0.000	0.000	0.050	0.130	0.236	9954
NC3	0.000	0.020	0.083	0.164	0.278	10322
NH1	0.000	0.010	0.043	0.128	0.304	8778
NH2	0.000	0.020	0.067	0.172	0.326	10714
NH3	0.000	0.010	0.107	0.200	0.320	9922
SS1	0.000	0.010	0.083	0.172	0.345	6252
SS2	0.000	0.020	0.120	0.232	0.353	6499
SS3	0.000	0.010	0.070	0.166	0.299	9435
相関係数	-0.912	-0.924	-0.943	-0.943	-0.959	

注) C:Crown, NH:New Horizon, SS:SunShine、数字 5,6 は小学 5,6 年、1,2,3 は中学 1,2,3 年

切り取られたデータから作られた基準値（補遺(A3)式を参照）を $x_{i\lambda}$ とすると、以下の様な関係が見られる。

$$\frac{1}{m} \sum_{\lambda=1}^m x_{i\lambda} = \frac{1}{m} \sum_{\lambda=1}^m n_{i\lambda} / \sqrt{n_{ig} n_{g\lambda}} ; c_m \quad (1)$$

ここに c_m は教科書の種類 i によらず、切り取った単語数 m だけによる定数である。これは標準化の操作を行ったテキスト CR 分析の特徴かも知れない。著者らはこの指標を「基準値平均」と名付けることにする。

この関係を実際のデータで見てみよう。表 2 に結果を示す。

表 2 基準値平均と語数別標準偏差

語数	50	100	300	500	1000
C5	0.0334	0.0253	0.0131	0.0108	0.0068
C6	0.0359	0.0235	0.0128	0.0098	0.0063
NH5	0.0389	0.0250	0.0122	0.0086	0.0054
NH6	0.0359	0.0228	0.0132	0.0095	0.0060
SS5	0.0322	0.0213	0.0140	0.0113	0.0074
SS6	0.0327	0.0224	0.0138	0.0107	0.0070
NC1	0.0333	0.0233	0.0129	0.0095	0.0066
NC2	0.0310	0.0213	0.0120	0.0091	0.0066
NC3	0.0305	0.0216	0.0119	0.0089	0.0062
NH1	0.0362	0.0239	0.0128	0.0097	0.0063
NH2	0.0323	0.0234	0.0126	0.0094	0.0063
NH3	0.0325	0.0222	0.0123	0.0090	0.0064
SS1	0.0343	0.0231	0.0125	0.0093	0.0065
SS2	0.0327	0.0231	0.0123	0.0091	0.0065
SS3	0.0315	0.0220	0.0120	0.0093	0.0065
標準偏差	0.0023	0.0012	0.0006	0.0008	0.0004

これを見ると教科書による標準偏差は値の 10%以下であり、近似は良い結果を与えている。

次に、 $a_{ii} = \sum_{\lambda=1}^m x_{i\lambda}^2$ で与えられる基準値で作られた基準値行列（補遺(A2)式参照）の対角成分と文書 0 比率の関係を見てみよう。大まかではあるが、以下の関係が見られるようである。

$$(1-\eta_i)a_{ii} = (1-\eta_i)\sum_{\lambda=1}^m x_{i\lambda}^2 ; d \quad (2)$$

ここに d は教科書の種類 i にも切り取った単語数 m にもよらない定数である。著者らはこの指標を「対角指標」と名付けることにする。表 3 でこの関係を見てみよう。

表 3 対角指標

語数	50	100	300	500	1000
C5	0.0776	0.0971	0.0820	0.0944	0.0694
C6	0.0878	0.0824	0.0739	0.0706	0.0549
NH5	0.1258	0.1089	0.0792	0.0645	0.0467
NH6	0.0950	0.0881	0.0895	0.0791	0.0592
SS5	0.0734	0.0692	0.0902	0.0919	0.0758
SS6	0.0817	0.0783	0.0869	0.0891	0.0725
NC1	0.0707	0.0777	0.0821	0.0774	0.0745
NC2	0.0671	0.0701	0.0755	0.0749	0.0769
NC3	0.0693	0.0717	0.0746	0.0727	0.0714
NH1	0.0768	0.0778	0.0805	0.0861	0.0740
NH2	0.0709	0.0776	0.0833	0.0827	0.0764
NH3	0.0765	0.0802	0.0839	0.0790	0.0806
SS1	0.0801	0.0799	0.0804	0.0763	0.0713
SS2	0.0714	0.0755	0.0760	0.0704	0.0705
SS3	0.0750	0.0778	0.0810	0.0841	0.0811

この指標についての全体の平均は 0.0784、標準偏差は 0.0106 である。

次に、これらの指標を含めて、テキスト CR 分析の成分の性質、特に単語数に結び付き

た成分を調べる際に重要と思われる指標について考える。図 2 に分析実行画面の「データ統計量」ボタンをクリックした結果を示す。ここではデータ数を 300 にしている。

CR分析統計量 (注: 単語数と文書0比率には比例関係があります。他の分析に使うときはご注意ください。)

	単語数	文書0比率	頻度合計	頻度平均	頻度偏差	基準値平均	基準値偏差	aii	(1- η) α aii	第1成分	第2成分	第3成分
C5	159	0.470	732.270	2.444	5.402	0.0131	0.0185	0.1547	0.0820	-0.814	-1.244	-2.526
C6	177	0.410	764.055	2.547	5.674	0.0128	0.0159	0.1259	0.0799	-0.509	0.819	-0.178
NH5	141	0.530	846.928	2.829	7.672	0.0122	0.0209	0.1694	0.0792	-1.436	-0.297	2.068
NH6	170	0.407	781.124	2.604	5.938	0.0132	0.0182	0.1508	0.0895	-0.723	2.089	0.433
SS5	164	0.453	685.172	2.294	4.434	0.0140	0.0188	0.1649	0.0902	-1.927	-2.034	0.300
SS6	179	0.403	719.631	2.399	4.988	0.0138	0.0171	0.1456	0.0869	-0.868	1.761	-1.537
NC1	284	0.053	673.961	2.247	4.147	0.0129	0.0110	0.0868	0.0821	0.311	-0.152	-0.090
NC2	285	0.050	615.933	2.053	4.122	0.0120	0.0109	0.0795	0.0755	0.927	-0.118	0.081
NC3	275	0.083	604.825	2.016	4.142	0.0119	0.0114	0.0814	0.0746	1.111	-0.326	0.121
NH1	287	0.043	719.526	2.398	4.824	0.0128	0.0108	0.0842	0.0805	0.226	-0.028	0.269
NH2	280	0.067	666.044	2.220	4.259	0.0126	0.0118	0.0893	0.0833	1.099	-0.222	0.104
NH3	268	0.107	639.790	2.133	4.254	0.0123	0.0127	0.0939	0.0839	1.281	-0.221	0.137
SS1	275	0.083	678.983	2.263	4.706	0.0125	0.0117	0.0877	0.0804	0.182	-0.121	0.245
SS2	264	0.120	655.332	2.184	4.323	0.0123	0.0117	0.0863	0.0760	0.899	-0.086	0.193
SS3	279	0.070	616.958	2.057	4.338	0.0120	0.0121	0.0871	0.0810	1.239	-0.322	0.150

図 2 「データ統計量」実行結果

これには開発者が重要であると考えられる指標が教科書ごとに並んでいるが、教科書ごとの文書 0 比率は単語数と関係のある重要な指標であろう。また、基準値から作られる基準値行列 a_{ij} は、固有方程式を与えることから重要な要素であるが、特に対角成分 a_{ii} は各教科書のデータのばらつきを与えるものである。またこの指標は(2)式から文書 0 比率と関係しているとも考えられる。同様に、教科書ごとの基準値の標準偏差も意味を持つかも知れない。これに、各教科書の固有ベクトル成分を 3 つまで加え、検討すべき指標と考えた。これらの指標については、青色に網掛けがされており、簡単に教科書ごとの相関を見ることができるようになっている。

これに対して、上で述べた基準値平均や対角指標は、あまり教科書による変動が期待されないもので、確認をするためのデータである。また、基準値の元となる頻度については、直接固有方程式の行列を与えるものではないので、網掛けが行われていない。もちろん相関を求めることが必要な場合は、図 2 のデータをグリッドエディタにそのままコピーし、相関を調べることもできる。

次に、先に述べた網掛けの指標の相関を求めてみよう。図 1 のメニューの中の「統計量間相関」ボタンをクリックすると、図 3 のような主要統計量間の相関行列が得られる。

主要統計量間相関

	文書0比率	基準値偏差	aii	第1成分	第2成分	第3成分
文書0比率	1.000	0.984	0.977	-0.898	0.088	-0.123
基準値偏差	0.984	1.000	0.994	-0.888	0.053	-0.066
aii	0.977	0.994	1.000	-0.922	0.037	-0.091
第1成分	-0.898	-0.888	-0.922	1.000	0.006	0.042
第2成分	0.088	0.053	0.037	0.006	1.000	-0.007
第3成分	-0.123	-0.066	-0.091	0.042	-0.007	1.000

図 3 主要統計量間の相関行列

ここでは文書 0 比率と第 1 成分とが強い相関を持っているので、第 1 成分が単語数を通じて難易度を表しているものと解釈できる。

テキスト CR 分析の固有方程式の行列を与える基準値行列 a_{ij} については、図 1 のメニューで「基準値行列」ボタンをクリックすると、図 4 のように与えられる。

基準値行列	C5	C6	NH5	NH6	SS5	SS6	NC1	NC2	NC3	NH1	NH2	NH3	SS1	SS2	SS3
C5	0.155	0.068	0.070	0.058	0.083	0.074	0.064	0.053	0.054	0.064	0.058	0.053	0.062	0.055	0.053
C6	0.069	0.125	0.078	0.081	0.066	0.080	0.066	0.060	0.055	0.071	0.056	0.057	0.065	0.062	0.053
NH5	0.070	0.078	0.163	0.085	0.095	0.069	0.062	0.052	0.052	0.074	0.055	0.051	0.070	0.059	0.051
NH6	0.058	0.081	0.085	0.151	0.060	0.089	0.062	0.057	0.053	0.067	0.058	0.054	0.064	0.058	0.052
SS5	0.083	0.066	0.095	0.060	0.165	0.062	0.060	0.050	0.047	0.059	0.046	0.043	0.061	0.047	0.043
SS6	0.074	0.080	0.069	0.089	0.062	0.146	0.061	0.054	0.049	0.061	0.052	0.050	0.060	0.055	0.048
NC1	0.064	0.066	0.062	0.062	0.060	0.061	0.087	0.063	0.062	0.070	0.066	0.062	0.073	0.065	0.064
NC2	0.053	0.060	0.052	0.057	0.050	0.054	0.063	0.079	0.070	0.064	0.073	0.073	0.060	0.070	0.069
NC3	0.054	0.055	0.052	0.053	0.047	0.049	0.062	0.070	0.081	0.062	0.074	0.077	0.060	0.070	0.075
NH1	0.064	0.071	0.074	0.067	0.059	0.061	0.070	0.064	0.062	0.084	0.067	0.066	0.075	0.068	0.066
NH2	0.058	0.056	0.055	0.058	0.046	0.052	0.066	0.073	0.074	0.067	0.089	0.077	0.064	0.075	0.077
NH3	0.053	0.057	0.051	0.054	0.043	0.050	0.062	0.073	0.077	0.066	0.077	0.094	0.063	0.073	0.077
SS1	0.062	0.065	0.070	0.064	0.061	0.060	0.073	0.060	0.060	0.075	0.064	0.063	0.088	0.063	0.063
SS2	0.055	0.062	0.059	0.058	0.047	0.055	0.065	0.070	0.070	0.068	0.075	0.073	0.063	0.086	0.071
SS3	0.053	0.053	0.051	0.052	0.043	0.048	0.064	0.069	0.075	0.066	0.077	0.077	0.063	0.071	0.087

図 4 300 語での基準値行列

この行列の対角成分には黄色、各行の最も小さな値には緑色の網掛けがしてある。さらに、この表示にはまだ下があり、そこには教科書の基準値を 2 組掛け合わせた場合の 0 比率が表示されている。この 0 比率が非対角成分の下がり方に影響を与えている。

このデータの場合、第 1 成分の意味は分かったが、第 2 成分以降は単語との関係で意味が決まる。それを見るための機能が「基準値ソート」ボタンである。このボタンの下のテキストボックスに成分の番号を入力し、「基準値ソート」ボタンをクリックすると図 5 の結果が得られる。ここでは第 2 成分についての結果を表示している。

	C5	C6	NH5	NH6	SS5	SS6	NC1	NC2	NC3	NH1	NH2	NH3	SS1	SS2	SS3	第2成分	単語0	データ
memory	0.000	0.018	0.000	0.046	0.000	0.061	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	4.746	0.600	186
join	0.000	0.000	0.000	0.038	0.000	0.045	0.005	0.012	0.005	0.001	0.001	0.001	0.006	0.002	0.000	3.958	0.333	250
sea	0.009	0.000	0.000	0.095	0.000	0.005	0.007	0.003	0.003	0.008	0.002	0.002	0.000	0.006	0.008	3.859	0.267	153
enjoyed	0.000	0.030	0.000	0.049	0.000	0.050	0.010	0.005	0.000	0.006	0.006	0.000	0.003	0.004	0.002	3.809	0.333	118
ate	0.000	0.009	0.000	0.045	0.000	0.043	0.006	0.006	0.001	0.012	0.001	0.000	0.011	0.002	0.003	3.656	0.267	177
trip	0.000	0.025	0.000	0.053	0.000	0.030	0.008	0.001	0.002	0.010	0.003	0.002	0.005	0.004	0.007	3.531	0.200	149
swimming	0.000	0.046	0.000	0.027	0.000	0.039	0.001	0.001	0.003	0.005	0.000	0.002	0.003	0.002	0.004	3.515	0.267	195
curry	0.000	0.008	0.000	0.064	0.000	0.025	0.005	0.008	0.000	0.003	0.023	0.004	0.010	0.001	0.002	3.415	0.267	144
live	0.000	0.000	0.000	0.081	0.000	0.005	0.005	0.002	0.007	0.015	0.002	0.011	0.007	0.010	0.007	3.348	0.267	145

図 5 基準値ソート結果

第 2 成分の大きい順に単語が表示され、基準値の値が示されている。上位 5 つの単語については、最も基準値の大きい教科書の位置が青色に網掛けされている。これらの単語と教科書は互いに似た位置にあり、これを用いて利用者は第 2 成分として影響力の大きな単語及びそれに近い教科書を知ることができる。同様に、第 2 成分の小さい（負の）単語についても基準値の値を知ることができる。

2) の場合

ここでは 1 つの教科書の単語数が多く、他も不揃いな場合を考える。語数調整した場合の文書 0 比率と全単語数との関係を表 4 に与える。

表 4 1 重調整法による文書 0 比率と全単語数との関係係数

語数	50	100	300	500	1000	全単語数
Choice-1	0.000	0.070	0.257	0.388	0.582	466
Dening-1	0.000	0.050	0.150	0.212	0.272	3844
Kanda-pl	0.100	0.260	0.517	0.656	0.800	200
Seisoku-1	0.020	0.090	0.280	0.414	0.581	736

Sunshine-1	0.120	0.180	0.420	0.528	0.662	338
Union-1	0.000	0.020	0.157	0.242	0.399	935
相関係数	-0.489	-0.489	-0.637	-0.701	-0.833	

これによると、利用する単語数が多くなると相関は高くなるが、単語数が少ないと相関が低くなり、0 比率を単語数と関連付けることは次第に難しくなる。ただ、0 比率は切り取られた単語の中でどれだけ満遍なく単語を使っているかを表す指標であり、教科書の「標準性」を表す指標のように考えられる。以下には異論があると思われるが、標準的な教科書は比較的やさしいとも考えられ、0 比率は難易度とも関係しているように思われる。ここでは0 比率を教科書の単語数や標準性を通して難易度と関係する指標と考えて先に進む。

次に、基準値平均について 1) の場合に述べたことが成立するか調べてみる。基準値平均については、表 5 の通りである。

表 5 基準値平均とその標準偏差

	50	100	300	500	1000
Choice-1	0.0579	0.0380	0.0199	0.0145	0.0091
Dening-1	0.0502	0.0333	0.0165	0.0127	0.0095
Kanda-pl	0.0555	0.0384	0.0208	0.0138	0.0075
Seisoku-1	0.0569	0.0379	0.0197	0.0146	0.0086
Sunshine-1	0.0524	0.0383	0.0216	0.0164	0.0106
Union-1	0.0514	0.0361	0.0195	0.0146	0.0105
標準偏差	0.0032	0.0020	0.0017	0.0012	0.0012

これによると教科書による標準偏差は基準値平均のほぼ 10%以内に収まっている。また、対角指標については表 6 の関係が得られる。

表 6 対角指標

	50	100	300	500	1000
Choice-1	0.2093	0.2016	0.1885	0.1684	0.1271
Dening-1	0.2172	0.2118	0.1993	0.2004	0.2156
Kanda-pl	0.2645	0.2407	0.1960	0.1436	0.0853
Seisoku-1	0.2204	0.2194	0.2120	0.1890	0.1421
Sunshine-1	0.1924	0.2289	0.2189	0.1972	0.1550
Union-1	0.1842	0.1916	0.1872	0.1808	0.1721

この指標についての全体の平均は 0.1920、標準偏差は 0.0350 である。

次に、主要統計量間の相関行列を求めてみよう。図 6a に 100 語の場合、図 6b に 500 語の場合を与える。

	文書0比率	基準値偏差	a11	第1成分	第2成分	第3成分
文書0比率	1.000	0.908	0.991	-0.906	-0.331	0.103
基準値偏差	0.908	1.000	0.948	-0.718	-0.210	0.168
a11	0.991	0.948	1.000	-0.881	-0.289	0.064
第1成分	-0.906	-0.718	-0.881	1.000	0.054	0.049
第2成分	-0.331	-0.210	-0.289	0.054	1.000	0.003
第3成分	0.103	0.168	0.064	0.049	0.003	1.000

図 6a 主要統計量間の相関行列 (100 語)

主要統計量間相関						
	文書0比率	基準値偏差	aii	第1成分	第2成分	第3成分
▶ 文書0比率	1.000	0.925	0.937	-0.206	0.925	0.258
基準値偏差	0.925	1.000	0.976	-0.071	0.927	0.274
aii	0.937	0.976	1.000	0.066	0.965	0.270
第1成分	-0.206	-0.071	0.066	1.000	0.021	-0.007
第2成分	0.925	0.927	0.965	0.021	1.000	0.041
第3成分	0.258	0.274	0.270	-0.007	0.041	1.000

図 6b 主要統計量間の相関行列 (500 語)

100 語では文書 0 比率と第 1 成分とが強い相関を持っているが、500 語ではむしろ第 2 成分の相関が高い。第 3 成分についてはどちらも相関が高くない。そこで、文書 0 比率を第 1 成分と第 2 成分で重回帰分析することを試みる。図 7a は 100 語、図 7b は 500 語の場合である。いずれも重回帰分析の結果と CR 分析による散布図を上下に示している。Dening-1, Kanda-p1, Sunshine-1 の位置を考えるとこれらの結果から、軸が回転している (反転も含む) ことが分かる。

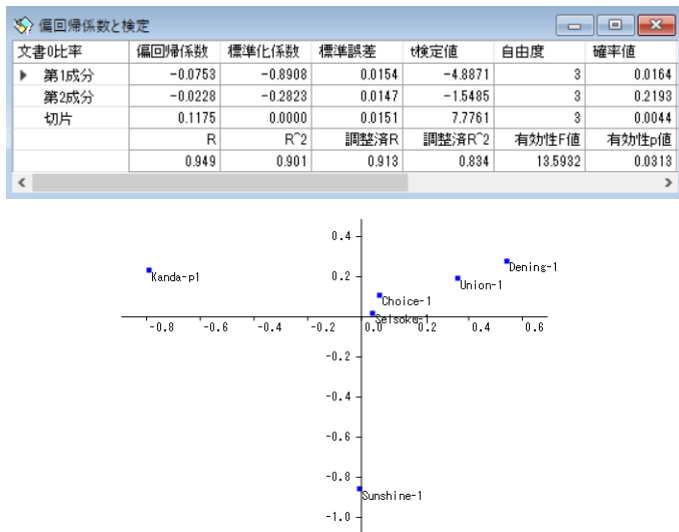


図 7a 重回帰分析と CR 分析の散布図 (100 語)



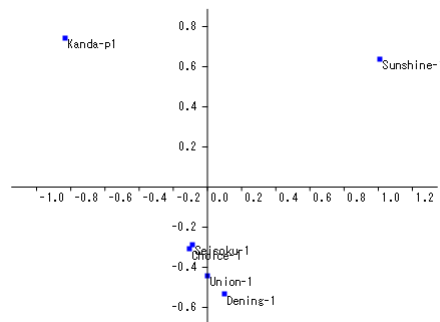


図 7b 重回帰分析と CR 分析の散布図 (500 語)

重回帰分析の結果より、第 1 成分と第 2 成分の役割を変えると文書 0 比率をかなりの精度で説明していることが分かる。ではこの回転はなぜ起きるのだろうか。「基準値ソート」ボタンの下のテキストボックスを第「1」成分順にして、「基準値ソート」ボタンをクリックした結果を図 8a (100 語) と図 8b (500 語) に示す。

基準値ソート出力									
	Choice-1	Dening-1	Kanda-p1	Seisoku-1	Sunshine-1	Union-1	第1成分	単語0比率	データ順位
had	0.004	0.090	0.000	0.002	0.000	0.048	2.504	0.333	92
was	0.035	0.126	0.000	0.035	0.000	0.038	1.947	0.333	35
when	0.011	0.061	0.000	0.013	0.009	0.052	1.942	0.167	85
as	0.047	0.069	0.000	0.014	0.000	0.057	1.762	0.333	57
out	0.030	0.041	0.000	0.013	0.000	0.054	1.717	0.333	94
of	0.032	0.156	0.010	0.015	0.042	0.071	1.690	0.000	16
so	0.023	0.057	0.000	0.009	0.026	0.043	1.631	0.167	73

図 8a 基準値ソート (100 語)

基準値ソート出力									
	Choice-1	Dening-1	Kanda-p1	Seisoku-1	Sunshine-1	Union-1	第1成分	単語0比率	データ順位
pat	0.000	0.000	0.000	0.000	0.117	0.000	3.284	0.833	88
program	0.000	0.000	0.000	0.000	0.113	0.000	3.284	0.833	95
jim	0.000	0.000	0.000	0.000	0.095	0.000	3.284	0.833	129
m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.095	0.000	3.284	0.833	129
hi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.085	0.000	3.284	0.833	157
oka	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.000	3.284	0.833	174
doesn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.067	0.000	3.284	0.833	214

図 8b 基準値ソート (500 語)

これを見ると、100 語では標準的な単語が上位を占めているが、500 語では Sunshine-1 で使われている現代的な単語が上位を占めている。一般的な単語は殆どの教科書で使われるので、100 語の場合は「標準性」即ち 0 比率が変動の主流になり、500 語の場合のように特別な単語が特定の教科書で使われている場合は、それらの単語と教科書が変動の主流になる。これが第 1 成分と第 2 成分の交代が起きる理由である。このことから、成分の意味によって単語の選択数は重要な意味を持っていることが分かる。

3) の場合

ここでは教科書の単語数にほとんど違いがない場合を考える。語数調整した場合の文書 0 比率と全単語数との相関関係を表 7 に与える。

表 7 1 重調整法による文書 0 比率と全単語数との相関係数

語数	50	100	300	500	1000	全単語数
Choice-1	0.020	0.030	0.187	0.332	0.547	466
Drill-1	0.020	0.050	0.200	0.350	0.549	505
J&B-1	0.000	0.080	0.257	0.362	0.506	613
National-1	0.020	0.040	0.200	0.350	0.580	426
Taisho-1	0.000	0.030	0.190	0.316	0.495	633
Tsuda-pl	0.020	0.090	0.260	0.406	0.601	469
相関係数	-0.953	0.049	0.136	-0.352	-0.897	

これによると、利用する単語数が多くなるとやはり相関は高くなるが、そうでない場合、文書 0 比率は単語数にほとんどよらないようである。

次に、基準値平均について 1) の場合に述べたことが成立するか調べてみる。結果は表 8 の通りである。

表 8 基準値平均とその標準偏差

	50	100	300	500	1000
Choice-1	0.0551	0.0398	0.0203	0.0146	0.0087
Drill-1	0.0527	0.0357	0.0187	0.0135	0.0087
J&B-1	0.0540	0.0337	0.0173	0.0134	0.0096
National-1	0.0550	0.0397	0.0212	0.0152	0.0089
Taisho-1	0.0514	0.0334	0.0187	0.0141	0.0095
Tsuda-pl	0.0510	0.0353	0.0199	0.0148	0.0093
標準偏差	0.0018	0.0028	0.0014	0.0007	0.0004

教科書による標準偏差は基準値平均の 10%以内に収まっている。また、対角指標については表 9 の関係が得られる。

表 9 対角指標

	50	100	300	500	1000
Choice-1	0.1861	0.2075	0.1853	0.1620	0.1172
Drill-1	0.1997	0.2063	0.1910	0.1658	0.1297
J&B-1	0.2014	0.1854	0.1708	0.1643	0.1501
National-1	0.1851	0.2048	0.1927	0.1660	0.1165
Taisho-1	0.1903	0.1858	0.1823	0.1700	0.1417
Tsuda-pl	0.1826	0.2002	0.2029	0.1775	0.1326

この指標についての全体の平均は 0.1751、標準偏差は 0.0258 である。

以上の結果から、基準値平均についてはほぼ近似が成り立っていると考えられるが、対角指標については今の段階では何とも言えない。一般に標準化を行わない場合、このようなことはなく、アニメーションで見た結果の安定性も十分ではない。これらの指標と安定性の問題について今後もう少し考察を進める必要があるだろう。

次に、主要統計量間の相関行列を求めてみよう。図 9a に 100 語の場合、図 9b に 500 語の場合を与える。

主要統計量間相関						
	文書0比率	基準値偏差	aii	第1成分	第2成分	第3成分
▶ 文書0比率	1.000	0.754	0.342	0.694	0.276	0.058
基準値偏差	0.754	1.000	0.002	0.986	-0.024	0.111
aii	0.342	0.002	1.000	-0.149	0.152	0.809
第1成分	0.694	0.986	-0.149	1.000	0.015	-0.008
第2成分	0.276	-0.024	0.152	0.015	1.000	0.024
第3成分	0.058	0.111	0.809	-0.008	0.024	1.000

図 9a 主要統計量間の相関行列 (100 語)

主要統計量間相関						
	文書0比率	基準値偏差	aii	第1成分	第2成分	第3成分
▶ 文書0比率	1.000	0.672	0.813	-0.085	0.214	-0.149
基準値偏差	0.672	1.000	0.784	0.671	0.062	-0.166
aii	0.813	0.784	1.000	0.293	0.555	-0.305
第1成分	-0.085	0.671	0.293	1.000	0.000	0.011
第2成分	0.214	0.062	0.555	0.000	1.000	-0.010
第3成分	-0.149	-0.166	-0.305	0.011	-0.010	1.000

図 9b 主要統計量間の相関行列 (500 語)

100 語では文書 0 比率と第 1 成分とがある程度相関を持っているが、500 語ではもはやどの成分とも相関は低い。そこで、文書 0 比率を第 1 成分と第 2 成分で重回帰分析することを試みる。図 10a は 100 語、図 10b は 500 語の場合である。いずれも重回帰分析の結果と CR 分析による散布図を上下に示している。

重回帰係数と検定						
文書0比率	重回帰係数	標準化係数	標準誤差	t検定値	自由度	確率値
▶ 第1成分	0.0164	0.6898	0.0092	1.7850	3	0.1723
第2成分	0.0063	0.2653	0.0091	0.6864	3	0.5418
切片	0.0546	0.0000	0.0091	5.9768	3	0.0094
	R	R ²	調整済R	調整済R ²	有効性F値	有効性p値
	0.743	0.552	0.503	0.253	1.8483	0.2998

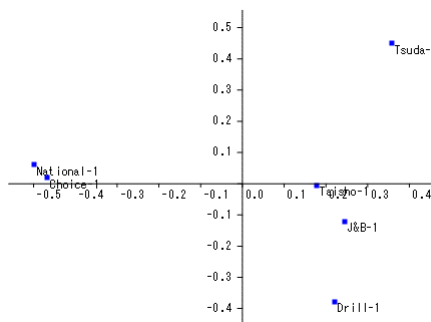


図 10a 重回帰分析と CR 分析の散布図 (100 語)

重回帰係数と検定						
文書0比率	重回帰係数	標準化係数	標準誤差	t検定値	自由度	確率値
▶ 第1成分	-0.0024	-0.0848	0.0159	-0.1510	3	0.8896
第2成分	0.0060	0.2144	0.0158	0.3816	3	0.7282
切片	0.3528	0.0000	0.0158	22.3695	3	0.0002
	R	R ²	調整済R	調整済R ²	有効性F値	有効性p値
	0.231	0.053	0.000	0.000	0.0842	0.9213

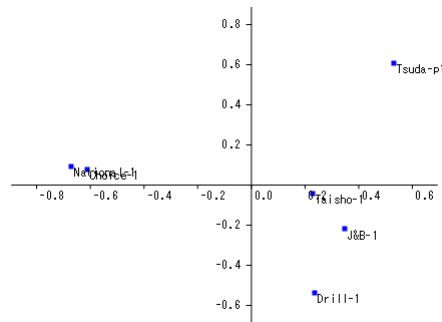


図 10b 重回帰分析と CR 分析の散布図（500 語）

100 語ではある程度の寄与率はあるが、500 語では重回帰式は全く意味がない。以上のように単語数に差がない場合は、文書 0 比率と単語数の相関もないし、成分との関係も得られない。

7. おわりに

著者らは CR 分析を用いた文書の分析で専用のプログラムを作り、何が成分（軸）の意味を表しているのか、ということ調べてきた。その結果、大きな要素の 1 つは単語数の多さや教科書の標準性に関係する文書 0 比率であった。しかし、この指標も殆ど同じレベルの教科書間では分類に影響を与えない。CR 分析で意味のあることは 0 比率がどの程度分析に影響を与えているのか、また影響を与えているならどの成分が 0 比率を表しているのかを知り、その他の成分の役割を検討することであると思われる。

今回のプログラム作成で未解決な部分は、特に基準値平均が文書によらなかった理由とそれが分析に与える影響である。また、対角指標と呼んだ基準値分散に関係する指標が、文書や切り取った単語数から独立かどうかの見極めも未解決である。さらに、これらは平均的な文章を扱う教科書独自の性質なのか、ある程度一般の文書でも成り立つ性質なのかということも疑問として残っている。今後多くの文書について当たっていけば結論はおのずと見えてくるが、この性質に理論的な説明を付けるのは難しそうである。

参考文献

- [1] 福井正康・渡辺清美、「コレスポンデンス分析を用いた英文テキスト分類における語数調整法と単語の選択基準」、福山平成大学経営研究、第 15 号（2019）63-78
- [2] 福井正康、渡辺清美、「テキストコレスポンデンス分析専用プログラムの開発」、日本言語教育 ICT 学会研究紀要、第 7 号、（2020）49-58

補遺 テキスト CR 分析の理論

教科書ごと単語ごとの出現数のデータを $n_{i\lambda}$ ($1 \leq i \leq p$, $1 \leq \lambda \leq m$, $p = m$) とする（調整済みを含む）。ここに p は教科書の数、 m は利用する単語の数である。

各文書にパラメータ u_i 、各単語にパラメータ v_λ を与え、これを用いて文書と単語の相関係数 ρ を以下のように定義する。

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

ここに、

$$S_{uv} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p \sum_{\lambda=1}^m n_{i\lambda} u_i v_\lambda, \quad S_u^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p n_{ig} u_i^2, \quad S_v^2 = \frac{1}{n} \sum_{\lambda=1}^m n_{g\lambda} v_\lambda^2$$

$$n_{ig} = \sum_{\lambda=1}^m n_{i\lambda}, \quad n_{g\lambda} = \sum_{i=1}^p n_{i\lambda}, \quad n = \sum_{i=1}^p \sum_{\lambda=1}^m n_{i\lambda}$$

であり、パラメータについては以下を仮定する。

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p n_{ig} u_i = 0, \quad \bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{\lambda=1}^m n_{g\lambda} v_\lambda = 0$$

この相関係数 ρ について、 $S_u^2 = 1$ 、 $S_v^2 = 1$ とする制約条件を付けて最大値を求める。そのために Lagrange の未定乗数法を用いる。

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

ここに α と β は未定乗数である。この L を u_i と v_λ で微分して、以下の方程式を得る。

$$\sum_{\lambda=1}^m n_{i\lambda} v_\lambda - 2\alpha n_{ig} u_i = 0, \quad \sum_{i=1}^p n_{i\lambda} u_i - 2\beta n_{g\lambda} v_\lambda = 0$$

左の式に u_i をかけて i について和をとると $\rho = 2\alpha$ 、右の式に v_λ をかけて λ について和をとると $\rho = 2\beta$ を得る。すなわち、

$$\sum_{\lambda=1}^m n_{i\lambda} v_\lambda - \rho n_{ig} u_i = 0, \quad \sum_{i=1}^p n_{i\lambda} u_i - \rho n_{g\lambda} v_\lambda = 0$$

次に、右式を v_λ について解いて、

$$v_\lambda = \frac{1}{\rho n_{g\lambda}} \sum_{j=1}^p n_{j\lambda} u_j$$

これを左式に代入すると、

$$\sum_{j=1}^p \sum_{\lambda=1}^m \frac{n_{i\lambda} n_{j\lambda}}{n_{ig} n_{g\lambda}} u_j - \rho^2 u_i = 0$$

さらに、 $u_i = \sqrt{n/n_{ig}} z_i$ とすると、 $\sum_{i=1}^p z_i^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p n_{ig} u_i^2 = S_u^2 = 1$ となり、以下を得る。

$$\sum_{j=1}^p a_{ij} z_j - \rho^2 z_i = 0 \quad (\text{A1})$$

ここに a_{ij} は以下となる。

$$a_{ij} = \sum_{\lambda=1}^m \left(\frac{n_{i\lambda}}{\sqrt{n_{ig}n_{g\lambda}}} \frac{n_{j\lambda}}{\sqrt{n_{jg}n_{g\lambda}}} \right) = \sum_{\lambda=1}^m x_{i\lambda} x_{j\lambda} \quad (\text{A2})$$

ここに、

$$x_{i\lambda} \equiv \frac{n_{i\lambda}}{\sqrt{n_{ig}n_{g\lambda}}} \quad (\text{A3})$$

今後 $x_{i\lambda}$ をデータ $n_{i\lambda}$ に対する基準値、 a_{ij} が与える行列 \mathbf{A} を基準値行列と呼ぶ。一般に基準値行列 a_{ij} には以下の関係がある。

$$a_{ij} = \sum_{\lambda=1}^m x_{i\lambda} x_{j\lambda} \leq \frac{1}{2} \left(\sum_{\lambda=1}^m x_{i\lambda}^2 + \sum_{\lambda=1}^m x_{j\lambda}^2 \right) = \frac{1}{2} (a_{ii} + a_{jj})$$

これらの関係を使うと v_λ は、 z_j を用いて以下のようにも書ける。

$$v_\lambda = \frac{1}{\rho n_{g\lambda}} \sum_{j=1}^p n_{j\lambda} u_j = \frac{1}{\rho} \sum_{j=1}^p \sqrt{\frac{n_{jg}}{n_{g\lambda}}} x_{j\lambda} u_j = \frac{1}{\rho n_{g\lambda}} \sum_{j=1}^p \sqrt{\frac{n}{n_{jg}}} n_{j\lambda} z_j = \frac{1}{\rho} \sqrt{\frac{n}{n_{g\lambda}}} \sum_{j=1}^p x_{j\lambda} z_j$$

(A1) 式は行列 \mathbf{A} の固有方程式である。但し、 a_{ij} にはその形に起因した以下の制約がある。

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^p a_{ij} \sqrt{n_{jg}} &= \sum_{\lambda=1}^m \left(\frac{n_{i\lambda}}{\sqrt{n_{ig}n_{g\lambda}}} \sum_{j=1}^p \frac{n_{j\lambda} \sqrt{n_{jg}}}{\sqrt{n_{jg}n_{g\lambda}}} \right) = \sum_{\lambda=1}^m \left(\frac{n_{i\lambda}}{\sqrt{n_{ig}n_{g\lambda}}} \sum_{j=1}^p \frac{n_{j\lambda}}{\sqrt{n_{g\lambda}}} \right) \\ &= \sum_{\lambda=1}^m \left(\frac{n_{i\lambda} \sqrt{n_{g\lambda}}}{\sqrt{n_{ig}n_{g\lambda}}} \right) = \sum_{\lambda=1}^m \left(\frac{n_{i\lambda}}{\sqrt{n_{ig}}} \right) = \sqrt{n_{ig}} \end{aligned}$$

よって、 \mathbf{A} には固有値 1 の自明な固有ベクトル

$${}^t \mathbf{z} = \left(\sqrt{n_{1g}/n} \quad \sqrt{n_{2g}/n} \quad \mathbf{L} \quad \sqrt{n_{pg}/n} \right)$$

が存在する。

これは \mathbf{u} にすると ${}^t \mathbf{u} = (1 \quad 1 \quad \mathbf{L} \quad 1)$ になり、 $\bar{u} = (1/n) \sum_{i=1}^p n_{ig} u_i = 1 \neq 0$ であり、平均が 0 の条件を満たさない。また、 v_λ についても以下となり、全く特徴を表さない。

$$v_\lambda = \frac{1}{\rho n_{g\lambda}} \sum_{j=1}^p n_{j\lambda} u_j = \frac{1}{n_{g\lambda}} \sum_{j=1}^p n_{j\lambda} = 1$$

そのため、CR 分析ではこの解は省いて表示する。

Multi-purpose Program for Social System Analysis 42 - Text Correspondence Analysis -

Masayasu FUKUI^{*1} and Kiyomi WATANABE^{*1}

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

Abstract: The authors of the paper have named a type of correspondence analysis (CR analysis) which analyzes words appeared in a text and their frequencies to examine the similarities among texts as “text CR analysis”. This paper renders a detail explanation of the text CR analysis, which is a part of a statistical analysis software, College Analysis. The program consists of three parts: the standard correspondence analysis part, the part which shows results in a scatter diagram and an animated diagram, and the part that studies what the dimensions produced by CR analysis would mean. The current study particularly focuses on the third part using sample data.

Key Words: College Analysis, correspondence analysis, document analysis

カナダ8年生教科書の英文の量的分析 －日本の英語教科書と比較して－

渡辺 清美^{*1}・奥田 由紀恵^{*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：本研究は渡辺・奥田(2019)から行っているカナダの初等教育の教科書を量的に分析した研究の継続研究である。今回は、カナダの8年生(初等最終学年)の理科の教科書(「生態系・細胞」の章)の英文を調査した。日本の英語教科書の学年レベルを測定する分析では、8年生教科書は日本の高校3年レベルまでには該当しない高いレベルにあることがわかった。新JACET8000による語彙レベルの測定では、Level 7(英語専攻の大学生やビジネスマンの到達目標レベル)の語彙が多いことがわかった。また、7年生に続いて、8年生教科書の英文は小学校5年までの教科書と比較して、難易度が飛躍的に高くなっていることがわかった。

キーワード：カナダの初等教科書、英文テキスト分析、リーダビリティ分析

1. はじめに

本研究は、福山平成大学経営学部紀要第15号(2019)に掲載された「カナダ小学校4年教科書の量的分析」(渡辺・奥田 2019)、同第16号(2020)の「カナダ小学校5年教科書の量的分析」(渡辺・奥田 2020)、そして同第17号(2021)の「カナダ7年生教科書の量的分析」(渡辺・奥田 2021)の継続研究である。

カナダの教育レベルは、世界でも高いレベルにある(小川 2015)。2018年のOECDのPISA調査によると、OECD加盟国(35カ国)の中で、カナダは読解力で1位(日本は5位)、数学的リテラシーでは5位(日本は1位)、科学的リテラシーでは4位(日本は1位)となっている。一方、移民国家であることから、英語を母語としない児童を多く抱えているということもカナダの初等教育事情の特徴である。したがって、そのカナダの初等教育の英語レベルを調べることは、日本の英語教育にとっても有意義であると著者たちは考え、カナダの初等教育で使用されている教科書の英文を学年ごとに量的調査を行ってきた。

Hughes, Butler, Krisonis, and Herrington (2007)によると、カナダでは州の教育省が初等・中等教育を管轄している。本研究では、カナダ、オンタリオ州の教科書

を分析してきた。それは、オンタリオ州がカナダの全人口の約3分の2を占めていることから、この州のカリキュラムがカナダを標準になっていると考えたからである。オンタリオ州では、初等・中等教育を8・4制としており、初等教育は8年間ある。つまり日本の小学校1年から中学2年に相当する (JICA website, cited in 2021)。今回の研究は、初等教育最終学年にあたる8年生の Science (本研究では「理科」とする) の教科書を分析した。

1.1 これまでの経緯

渡辺・奥田(2019)では、カナダ、オンタリオ州の小学校4年の社会と理科の教科書の英文を分析した。具体的な研究手法としては、1. 学習指導要領準拠の中高学年レベル英文リーダビリティ測定ツールによる英文の測定、そして、2. JACET8000を基準とする単語難易度レベル測定を行った。その結果、リーダビリティ測定では、社会が日本の高校3年前期レベルにあり、理科は高校2年中期レベルにあることがわかった。JACET8000による単語難易度測定では、理科が1.18、社会が1.34で、日本の高校3年教科書のCrown3 が1.03、Discovery3 が1.12だったことから、それほど差は見られなかった。

渡辺・奥田(2020)では、継続研究としてオンタリオ州の小学5年の算数の教科書を調査した。その結果、日本の英語教科書との比較では、日本の高校2年レベルにあることがわかった。また、新JACET8000を基準とする語彙レベルの測定においても、日本の高校2年の英語教科書とほぼ同レベルであることがわかった。

さらに、渡辺・奥田(2021)では、同州の7年生の理科の教科書を調査した。その結果、日本の英語教科書との比較では、日本の高校3年以上のレベルにあることがわかった。新JACET8000による測定では、レベルの平均が日本の高校3年の英語教科書よりも高いことが分かった。これにより、カナダ教科書の英文が7年生から一気に難易度が上がっていることがわかった。

2. 研究の目的

これまでにオンタリオ州の4年、5年、7年の教科書の英文を調査してきたが、今回は8年生の教科書を調査した。本稿の最初に示したように、カナダの初等・中等教育は、8・4制をとっており、日本の中学2年と同じになる。本研究では、8年生の「理科(Science)」の教科書(「生態系」についての章)をデジタル入力し、その英文レベルをこれまでの研究と同様に、日本の中等教育で使用されている英語教科書と比較し、その特徴を探ることを目的とする。

2.1 リサーチクエスチョン

上記の研究目的をさらに具体的に示すために、以下のリサーチクエスチョンを設定した。

1. 日本の中高の学年レベルに準拠した英文難易度測定では、8年生の教科書の英文はどのレベルにあるのか。また、これまでに調査した4年、5年、7年の教

カナダ 8 年生教科書の英文の量的分析

科書の英文レベルとの違いはあるのか。

2. 日本の大学の英語教育用に開発された英単語分類法である新 JACET8000 による測定では、8 年生の教科書の英文はどのレベルにあるのか。また、日本の英語教科書との比較において、異なる特徴があるのか。

3. 対象テキストについて

カナダの初等教育においては、教科書は「教材の一つであり、教科書を使用するかしないかは、学校及び教員に委ねられている」（小倉、2009）という日本とは異なる教科書の位置づけがある。今回の研究対象であるオンタリオ州 8 年生の理科(Science)の教科書も同様の扱いであることを付記しておく。

今回は、理科教科書の「生態系 細胞」の箇所を調査対象にしているため、その学習内容の確認のため、オンタリオ州教育省が作成しているカリキュラムに記されている学習目標を記しておく (The Ontario Curriculum Guide Grade 1-8, 2007. p. 141) (著者翻訳)。

理科 8 年生 「生態系を理解する 細胞」 (Understanding Life Systems Cells)
「基礎的な概念を理解する」

8 年生の学年末までに生徒は以下の内容を学習する：

1. 細胞についての知識 (e.g., 細胞が生命体を構成する最小ユニットであること、すべての細胞は元の細胞から生まれること、すべての生命体は一つまたはそれ以上の細胞からできていること)。
2. 細胞の核、壁、葉緑体、液胞、ミトコンドリア、細胞質などの細胞器官の構造を理解し、それぞれの役割が説明できる。
3. 植物と動物の細胞の構造、役割を比較する。

4. 先行研究及び研究方法

本研究と同様の研究方法を用いて英語教科書の分析を行った研究では、渡辺・坂元 (2015)、渡辺・浅井・安部 (2016) や渡辺・浅井・赤瀬 (2016)、渡辺・田辺 (2019) などがある。渡辺・坂元 (2015) と渡辺・浅井・安部 (2016) は、タイの英語教科書 (小中学校) を日本の教科書と比較し、量的に分析した研究で、語彙量、語彙難度においてタイの教科書が数値を上回っていることが明らかになった。また、学年が上がるにつれて、総語数 (token)、異語数 (type)、や語の難易度も順次上がっていくのは、タイも日本も同じであるが、日本の教科書の特徴は、中学 3 年から高校 1 年にかけて、語数、異語数、また語の難易度がタイ (小学校から中学校) と比べて、大幅に数値が上回っていることが確認された。渡辺・浅井・赤瀬 (2016) では、中国の小学校用英語テキスト (6 学年分) と日本の小学校 (5、6 年) から高校 1 年の教科書 (6 学年分) を量的に比較研究したものである。また、JACET8000 を基準とする語彙レベルの比較では、日本の中学までの教科書よりも中国の小

学校テキストの平均レベルが上回っていることがわかった。渡辺・田辺（2019）では、2020年度から正式に教科化される小学校5、6年の英語教科書の難易度を調べた。その結果、小学校5、6年とも現行の中学1年のレベルにあることがわかった。

4.1 研究方法

これまでの研究と同様に、まず7年生の理科の教科書（部分）をデジタル入力し、そのデータをテキストファイル化して、コーパスデータを作成し以下の言語分析ツールによって計量的分析を行った。使用したツールは以下のとおりである。

1. Ozasa-Fukui Year Level 学習指導要領準拠の中学高校学年別英文リーダビリティ測定
小篠敏明（広島大学名誉教授）、福井正康（福山平成大学）
2. WordLevel Checker JACET8000 を基準とする単語難易度レベル分析
染谷泰正 関西大学

Ozasa-Fukui Year Level は日本の中学から高校までの学年レベルを指標として測定するリーダビリティ分析ツールである。この技術的、理論的な説明は福井・小篠（2017）で詳しくなされている。WordLevel Checker は大学英語教育学会が作成した語彙表「JACET8000」を基にして関西大学の染谷泰正教授が開発したツールで、テキスト内の英単語をJACET8000のレベル（1～8）に分類する（表1参照）。JACET8000は日本人大学生を念頭に置いて開発された分類であり、英語母語話者のコーパスではなく、日本の英語教科書などをコーパス化したデータをベースにして作成されている（相澤一美・石川慎一郎・村田年編 2015）。本研究では改訂された新JACET8000を基に分析を行った。

5. 結果と考察

5.1 リーダビリティ測定

日本の学習指導要領に準拠したリーダビリティ測定ツール、Ozasa-Fukui Year Level (OFYL) を使用して、カナダの8年生の英文難易度（リーダビリティ）を測定した。このツールは、日本の中学から高校までの6年間の学年レベルを指標として英文の測定を行う。また、参考データとして、米国の学年レベルによる測定を行う Flesch-Kincaid Grade Level (F-KGL)による測定を行った。さらに、これまでの調査結果（カナダ小学校4年、5年、7年）を加えたのが表1である。

カナダ小学校	OFYL	F-KGL
4年	5.34	5.48
5年	5.51	5.58
7年	7.20	8.95
8年	8.19	11.92

表1 リーダビリティ測定結果

カナダ 8 年生教科書の英文の量的分析

OFYL の数値は “1” が中学 1 年レベル、“6”が高校 3 年レベルを示す。したがって表 1 の OFYL の結果は、4 年生の 5.34 は、日本の高校 2 年の前半レベルを示し、5 年の 5.51 は高校 2 年後半レベルを示す。7 年の 7.2 は高校 3 年レベルを超えていることを示す。今回測定した 8 年生教科書は 8.19 を示した。これは、7 年の 7.2 と同様に日本の高校 3 年までの英語教科書の英文レベルをはるかに超えていることを示している。OFYL は高校 3 年英語教科書までのレベルまでを測定するので、それを超える数値については、指標がないので、あくまでも参考レベルとなる。一方、米国の学年レベルによる測定を行う F-KGL の測定値を見てみると、8 年の測定値は 11.92 で、今回測定した理科教科書の英文レベルが、米国の 11 年生後半（日本の高校 3 年）のレベルにあることを示している。したがって、今回の調査で、カナダの 8 年生の教科書の英文は、日本の高校までの英文をはるかに超えたリーダビリティレベルにあり、米国の高校レベルにあることがわかった。

5.2 新 JACET8000 による語彙分析と考察

今回調査した 8 年生の理科教科書の「生態系 細胞」の箇所は、専門用語も使われており、語彙的にも難しくなっていることが伺われる。その語彙の難易レベルを量的に調べるために、前回の調査に引き続き、新 JACET8000 を基にした語彙レベルの分析を行った。

JACET8000 は日本人大学生を念頭に置いて開発された英単語分類方法である。2016 年に改定され、「新 JACET8000」として発表された（相沢・石川・村田、2015）。この分類のレベルごとの説明を表 2 に記す。

Level	説明
Level 1	中学の英語教科書に頻出する基本単語
Level 2	高校初級レベル。英字新聞の 75% をカバー。英検準 2 級に必要な語彙
Level 3	高校英語教科書レベル。センター試験のレベル。社会人の教養レベル
Level 4	大学受験、大学一般教養の初級相当
Level 5	難関大学受験、大学一般教養に相当
Level 6	英語を専門としない大学生やビジネスマンが目指すレベル。英検準 1 級に必要な
Level 7	英語専攻の大学生やビジネスマンの到達目標レベル。英検 1 級、TOEIC の 95% の語彙をカバー
Level 8	日本人の英語学習者の一般的な単語学習の最終到達目標レベル

表 2 新 JACET8000 Level 概要

表 3 は新 JACET8000 レベルを測定する Word Level Checker による測定値を前回の調査を含めて示したものである。Word Level Checker は、センテンスの平均語数 (Average Sentence Length) と語のレベルの平均 (Average Word Level) を測定する。Crown 3, Discovery 3, Prominence 3 は日本の高校 3 年教科書である。センテンスの平均語数では、カナダの 4 年では、日本の高校 3 年レベルに届く程度であったが、5 年では、高校 3 年教科書レベルを超え、7 年ではさらに大きく上回り、8 年ではさらにその差が開いた結果となった。Markel, Selber (2020) によると、専門書の適切なセンテンスの平均語数は、1 センテンス内に 15 ～ 20 語であるとしている。8 年の平均語数はまさに、その英語の専門書のレベル内にある

ことになる。

新 JACET8000 のレベルによる比較においても、4 年と 5 年の数値は、日本の高校 3 年教科書のレベルと大差はないが、7 年からは高校 3 年のレベルをはるかに上回り、今回の 8 年の教科書は、さらに上回っており、センテンス平均とほぼ同様の結果になっている。

textbooks	Average Sentence Length	Average Word Level
Grade 4	9.80	1.34
Grade 5	11.30	1.26
Grade 7	14.10	1.37
Grade 8	17.40	1.59
Crown 3	10.20	1.17
Discovery 3	9.00	1.14
Prominence 3	13.30	1.21

表 3 新 JACET8000 による平均語彙レベルとセンテンスの平均語数

8 年の英文を新 JACET8000 のレベルごとに測定した結果が表 4 である。割合がもっとも高いのは Level 1 (63.81%) で、レベルがあがるごとにその割合は低くなっているが、これは、他の教科書も同じである (渡辺・奥田 2020)。我々が注目したのは、Level 7 の 4.56 という数値である。7 年教科書の測定では、Level 1 以外では、Level 5 の 2.25 が最高であった (ibid.)。Level 7 は表 2 のレベルの説明によると、「英語専攻の大学生やビジネスマンの到達目標レベル。英検 1 級、TOEIC の 95% の語彙をカバー」となっている。したがって、この結果も 8 年の英文のリーダビリティの高さを示していると考ええる。

Word Level	Freq.	%
Level 1	238	63.81
Level 2	24	6.43
Level 3	16	4.29
Level 4	17	4.56
Level 5	7	1.88
Level 6	5	1.34
Level 7	17	4.56
Level 8	1	0.27
Unknown	48	12.87
TOTAL	373	100

表 4 新 JACET8000 によるレベルごとの語数と割合

表 5 は新 JACET8000 の 8 つのレベルには含まれなかった語の抜粋である。「含まれない」には、固有名詞なども含まれるが、新 JACET8000 は日本の日本人大学生を対象にしており、English as a foreign language (EFL) としての英語の必要範囲を定めているため、専門的な

カナダ 8 年生教科書の英文の量的分析

用語の多くは含まれない場合が多い。

今回の調査対象は、8 年の理科教科書の「生態系 細胞」の章であったため、表 5 が示すように、このトピックに関する用語が数多く使用されているのがわかる。“microscopy” は「顕微鏡」、「fluorescent」は「蛍光」、「ultraviolet」は「紫外線」、「biologists」は「生物学者」、「magnify」は「拡大する」、「ocular」は「視覚の」、「micrographs」は「顕微鏡写真」、「organelles」は「細胞器官」、「mitochondria」は「ミトコンドリア」、「ribosomes」は「リボソーム」、「endoplasmic」は「内形質」、「cytoplasm」は「細胞質」、「lysosomes」は「リソソーム」である。いずれも、生物学関連の用語で、JACET8000 には含まれないのは理解できる。また、日本の中学の「理科」の学習指導要領にも、細胞については、このような用語は出てこない。もちろん、一概に日本の中学の理科よりもレベルが高いということを結論づけることはできないが、カナダの理科カリキュラムのレベルが決して低いものではないことは、使用されている語彙からも伺うことができる。

word	freq.
microscopy	1
fluorescent	1
ultraviolet	1
magnify	4
magnification	2
ocular	1
micrographs	1
organelles	4
mitochondria	1
ribosomes	2
endoplasmic	1
reticulum	1
cytoplasm	2
lysosomes	1

表 5 新 JACET8000 レベル外の単語（抜粋）

したがって、新 JACET8000 を基準とした測定でわかったことは、カナダの初等教科書は、5 年生までは日本の高校 3 年までのレベルとほぼ差はないが、7 年、8 年になると、専門用語も増え、英文のリーダビリティレベルも高くなっていることがわかった。

6. 結論

本研究では、カナダの 8 年生の理科の教科書の英文のリーダビリティレベルを、日本の中高の英語教科書と日本の大学レベルの英語の指標である新 JACET8000 を使用して、量的に調査した。具体的なリサーチクエスションとしては、以下を設けた。

1. 日本の中高の学年レベルに準拠した英文難易度測定では、8年生の教科書の英文はどのレベルにあるのか。また、これまでに調査した4年、5年、7年の教科書の英文レベルとの違いはあるのか。
2. 日本の大学の英語教育用に開発された英単語分類法である新 JACET8000 による測定では、8年生の教科書の英文はどのレベルにあるのか。また、日本の英語教科書との比較において、異なる特徴があるのか。

1 については、8年生教科書の英文は日本の高校3年教科書の英文レベルよりもはるかに超えて、高いことがわかった。また、米国の学年レベルによるリーダビリティ測定でも、11年生（高校2年）の後半レベルにあることがわかった。また、これまで調査してきたカナダの4年、5年、7年のレベルと比べても、大きく難易度が上がっていることが示された。

次に、2については、新 JACET8000 によるレベルの比較の結果、単語の平均レベルとセンテンス平均の語数の測定において、日本の高校3年教科書よりも高いレベルにあり、また、カナダの4年、5年、7年の英文レベルよりも高いことがわかった。

これらの調査結果により、カナダの初等教科書の英文レベルは、7年次と8年次（最終学年）において、飛躍的に高くなっていること、そして、その内容においても専門的な用語が多く使用されていることがわかった。そして、これらの調査結果から、カナダの教育レベルが PISA の調査が示すように、世界でも有数の高い水準にあることを裏付けるものとなった。

参考文献

- 相澤一美・石川慎一郎・村田年 編 (2015). 「JACET8000英単語」東京：桐原書店。
- 小川洋 (2015). 「高校教育とカナダの教育から」『リメディアル教育研究』第10巻 第1号, pp. 34-35.
- 小倉康 (2009). 「カナダの科学教育による科学的リテラシーの育成」『日本科学教育学会 年会論文集』33(0), pp. 417-418.
- カナダの教育課程 JICA website: https://www.jica.go.jp/hiroba/teacher/report/prmiv10000002siq-att/comparative_survey01_05.pdf (アクセス日：2021年1月5日) .
- 福井、小篠 (2017). 「リーダビリティ測定ツール、Ozasa-Fukui Year Level システムと測定プログラム」『日本言語教育ICT学会紀要』第4号, pp. 1-12.
- 文部科学省 (2017). 「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編」
- 渡辺清美・浅井智雄・赤瀬正樹 (2016). 「中国小学校英語教科書の語彙の量的分析 — 日本の現行教科書との比較を中心にして—」『日本言語教育ICT学会研究紀要』第4号, pp. 47-58.

カナダ8年生教科書の英文の量的分析

- 渡辺清美・浅井智雄・安部規子 (2016). 「タイ国小中学校英語教科書の語彙分析—日本の現行教科書との比較を中心として—」 『日本言語教育ICT学会研究紀要』第3号, pp. 47-56.
- 渡辺清美・奥田由紀恵 (2021). 「カナダ7年生教科書の分析—日本の英語教科書と比較して—」 『福山平成大学経営学部紀要』第17号, pp. 135-145.
- 渡辺清美・奥田由紀恵 (2020). 「カナダ小学校5年教科書の量的分析—日本の英語教科書と比較して—」 『福山平成大学経営学部紀要』第16号, pp. 171-181.
- 渡辺清美・奥田由紀恵 (2019). 「カナダ小学校4年教科書の量的分析—日本の英語教科書と比較して—」 『福山平成大学経営学部紀要』第15号, pp. 135-145.
- 渡辺清美・坂元真理子 (2015). 「タイと日本の英語教科書の分析—語彙を中心として—」 『日本言語教育ICT学会研究紀要』第2号, pp. 1-10.
- Hughes, T., Butler, N., Kritsonis, W., & Herrington, D. (2007). Primary and Secondary Education in Canada and Poland – Compared: International Implications. The Lamar University Electronic Journal of Student Research, Spring 2007.
- Mike Markel and Stuart A. Selber (2010). *Technical Communication*. London: MacMillan Publishers.
- Watanabe, K and Fukui, M. (2018). “Statistical Characteristics of English Entrance Exams of Eight National Universities in Japan.” *International Conference on Education and Learning August 22-24, 2018, Waseda University, Tokyo. Conference Proceedings*, pp. 373-386.
- Watanabe, K. and Tanabe, N. (2019). “A Quantitative Analysis of New English Textbooks for Primary School in Japan.” *International Conference on Education, Psychology, and Social Sciences: Autst 22-24, Tokyo University of Science, Tokyo. Conference Proceedings*, pp. 301-308.
- Science and Technology, The Ontario Curriculum Grade 1-8 “Science and Technology” 2007
retrieved from <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/elementary/scientec18currb.pdf>
(アクセス日 : 2021年12月1日)

Quantitative Study of Grade 8 Textbook of Canada Compared with English Textbooks in Japan

Kiyomi WATANABE^{*1} and Yukie OKUDA^{*2}

*^{*1} Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,
Fukuyama Heisei University*

*^{*2} University Education Center, Fukuyama Heisei University*

Abstract: This study is the fourth study we have engaged in for the last four years. We have studied Grade 4, Grade 5, and Grade 7 textbooks. The current study worked on Grade 8 Science textbook. The results indicated that the Grade 8 textbook's English level is higher than the third-year English textbook of high school in Japan. We also found that the science textbook contains many words which have been identified as Level 7 of the New JACET 8000, the goal level for English major college students and business persons in Japan. This series of study shed light on the readability level of Canadian primary textbooks and showed that the English level jumps up high in Grade 7 and continues to be high in Grade 8, the final grade of Primary school in Canada.

Key Words: Primary school textbooks in Canada, English text analysis, Readability analysis

福山平成大学経営学部紀要
第 18 号 (2022), 111-116 頁

データサイエンス教育に対応したプログラミング入門 のための実施環境に関する研究

尾崎 誠

福山平成大学経営学部経営学科

要旨：近年のデータサイエンス教育の必要性の高まりから、2020 年度より各大学・高等専門学校に向けた「数理・データサイエンス・A I 教育プログラム認定制度」が開始された。これは、文理を問わず学生の数理・データサイエンス・A I への関心を高め、かつ、数理・データサイエンス・A I を適切に理解し、それを活用する基礎的な能力を育成することを目的としている。筆者は初学者向けのプログラミング授業を担当しているため、上記の状況に対応できるように講義内容を検討するため、今回はプログラミング言語として Python に焦点をあて、本学の初学者向けのプログラミング入門の実施環境について検討した。

キーワード：データサイエンス教育、プログラミング教育、Python

1. はじめに

わが国ではSociety5.0の実現を目指すためのデータサイエンス教育の必要性が高まってきている。そのため、2020年度より各大学・高等専門学校に向けた「数理・データサイエンス・A I 教育プログラム認定制度」が開始された。これは、文理を問わず学生の数理・データサイエンス・A I への関心を高め、かつ、数理・データサイエンス・A I を適切に理解し、それを活用する基礎的な能力を育成することを目的としている。

データサイエンスの構成要素としては、データを加工・処理するための方法に関するデータエンジニアリング（情報学）と、データを分析するための方法に関するデータサイエンス（統計学）、そしてデータ分析を通じてデータから新たな価値を見出し、データが取得された背景にある課題を解決する価値創造の3つからなる。

構成要素のうち、筆者はデータエンジニアリングに関連するプログラミング入門を担当しているため、講義内容がデータサイエンス教育に対応するような構成となるよう検討した。プログラミング入門は前後期に分かれており、前期配当のプログラミング入門Aは、従来通りプログラミング教育に重点をおき、Scratchを用いて行う講義内容とする。後期配当のプログラミング入門Bは、データサイエンス教育に関する内容をより多く取り入れるため、Pythonを用いて行う講義内容を検討した。

2. プログラミング環境の構築

Pythonによりプログラミングを行うためには、プログラミング環境を構築する必要がある。本学ではノートパソコンの必携化を行っており、必要条件としてWindows10以降が動作することとしている。そのため、Windows10以降でプログラミング環境を構築することを前提として3つの方法について検討した。1つ目は、Anaconda^[1]をインストールし、Jupyter Notebookを用いてプログラミングを行うものである。2つ目は、Microsoft Visual Studio^[2]をインストールし、その統合環境を用いてプログラミングを行うものである。3つ目は、Google Colaboratory^[3]を用いてWebブラウザ上でプログラミングを行うものである。これらの3つの方法について特徴などは以下の通りである。

2.1 Anaconda

Anacondaは、科学計算のためのPythonおよびR言語の無料のオープンソースディストリビューションである。また、1500を超える人気のあるデータサイエンスパッケージが含まれているため、様々なパッケージを利用することで、簡単に様々なデータ処理が行えるようになっている。Anacondaでのプログラミングは、コンソール画面でも行えるが、Jupyter Notebookを用いることで、ローカルにWebサーバを起動してWebブラウザ上でプログラミングを行うこともできる。Jupyter Notebook はAnacondaをインストールすると自動的に一緒にインストールされる。

Anacondaには、無料で利用可能な Individual Edition と有料で提供されている Team Edition と Enterprise Edition があるが、教育目的であればIndividual Edition で十分なプログラミング環境を構築することができる。

AnacondaサーバからIndividual Editionのプログラムファイルをダウンロードし、実行することでコンピュータにAnacondaおよびJupyter Notebookがインストールされる。図2.1は、Jupyter NotebookでのPythonの実行画面である。

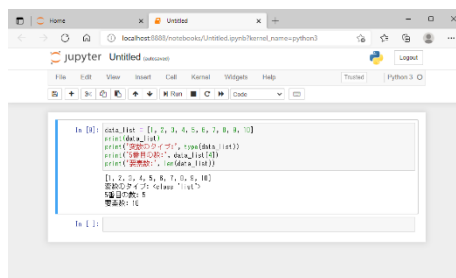


図 2.1 Jupyter Notebook での Python の実行画面

2.2 Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studioは、Microsoftが開発・販売している統合開発環境（IDE）である。Microsoft Windowsオペレーティングシステム、Windowsデバイスドライバ、Windowsサービス、アプリケーションソフトウェア（デスクトップアプリ、UWPアプリ、モバイルアプリ）、Webサイト、Webアプリ、Webサービスなどの開発に使用されている。プログラミング言語としては、C#やVisual Basic .NETだけでなく様々な言語に対応しているのが特徴であり、Pythonについても対応している。Microsoft Visual Studioについても、個人利用もしくは教育向けに無償版が提供されている。

Microsoftのサーバから、Microsoft Visual Studioの無償版プログラムをダウンロードし、実行することでコンピュータにインストールするのだが、Pythonに対応させるためには、インストール途中のオプション選択でPythonを追加設定する必要がある。図2.2は、Microsoft Visual StudioによるPythonの実行画面である。

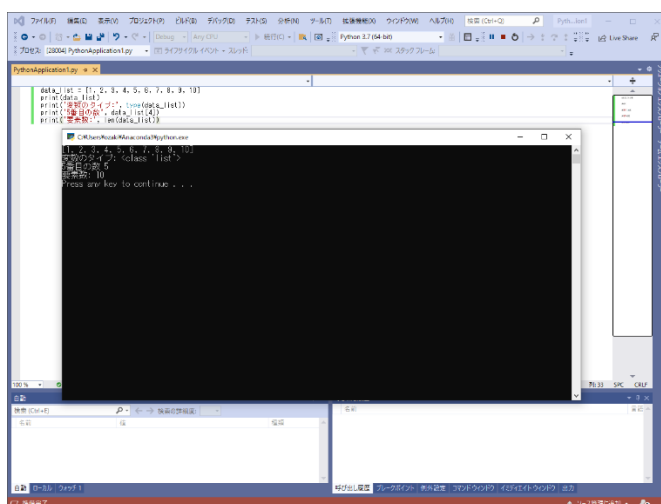


図 2.2 Microsoft Visual Studio による Python の実行画面

2.3 Google Colaboratory

Google Colaboratoryは、Googleが機械学習の教育及び研究用に提供しているインストール不要かつ、すぐにPythonや機械学習・深層学習の環境を整えることが出来る無料のサービスである。利用するにはGoogleアカウントが必要となるが、インストール不要でプログラミング環境が構築できるのが特徴である。プログラムの実行は、Googleサーバを使用するためにGoogleサーバのCPU及びGPUの使用時間は1回につき12時間と限られている。図2.3は、Google ColaboratoryによるPythonの実行画面である。

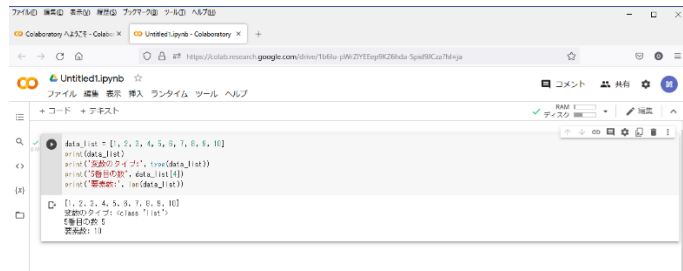


図 2.3 Google Colaboratory による Python の実行画面

2.4 プログラミング環境の検討

AnacondaおよびMicrosoft Visual Studioは、プログラムをインストールすることで開発環境を構築するため、オフラインでもプログラミングすることが出来るのが利点であるが、プログラミングの初学者でありWindowsの操作にも不慣れた学生にとって環境の構築作業はハードルが高い。

一方Google Colaboratoryは、Webブラウザ上で動作するためGoogleのアカウントさえ取得すれば、すぐに開発環境を構築することができる。プログラムのインストールよりGoogleアカウントの取得の方が容易であり、また入学時に既にGoogleアカウントを取得済みの学生もいるため、環境の構築作業のハードルが低いと言える。

そのため、Google Colaboratoryを用いることが、プログラミングの初学者にとって最適と考えられる。

しかし、Google Colaboratoryでは、作成したプログラムは自動的にGoogleドライブに保存される。そのため、課題をファイルで提出させるには、プログラムファイルをGoogleドライブからローカルにダウンロードしてから提出させる必要がある。この方法だと現在のような遠隔授業の場合には、課題の提出手順をマニュアルで十分に理解させる必要があるため、実行画面のスクリーンショットを提出させるなど、より簡単に課題が提出できるよう授業形態に合わせて工夫する必要がある。

3. 講義内容の検討

数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度では、5つの審査項目に対応する授業科目を、当該教育プログラムの終了要件としている。5つの審査項目は以下の通りである。

項目① 数理・データサイエンス・AIは、現在進行中の社会変化（第4次産業革命、Society 5.0、データ駆動型社会等）に深く寄与しているものであること、また、それが自らの生活と密接に結びついているものであること。

項目② 数理・データサイエンス・A I が対象とする「社会で活用されているデータ」や「データの活用領域」は非常に広範囲であって、日常生活や社会の課題を解決する有用なツールになり得ること。

項目③ 様々なデータ利活用の現場におけるデータ利活用事例が示され、数理・データサイエンス・A I は様々な適用領域（流通、製造、金融、サービス、インフラ、公共、ヘルスケア等）の知見と組み合わせることで価値を創出するものであること。

項目④ ただし数理・データサイエンス・A I は万能ではなく、その活用に当たっての様々な留意事項（ELSI、個人情報、データ倫理、A I 社会原則等）を考慮することが重要であること。

項目⑤ 実データ・実課題（学術データ等を含む）を用いた演習など、社会での実例を題材として、「データを読む、説明する、扱う」といった数理・データサイエンス・A I の基本的な活用法に関すること。

プログラミング入門Bでは、このうち項目⑤に対応した講義内容の組み立てを行うこととした。

3.1 講義内容の検討

来年度より実施予定のプログラミング入門Bの講義内容は以下の通りである。

- 第1回 プログラミング環境の構築および導入
- 第2回 Pythonの基礎①（データの型や変数など）
- 第3回 Pythonの基礎②（比較・論理演算子や条件分岐など）
- 第4回 Pythonの基礎③（繰り返し処理など）
- 第5回 データ分析のための準備①（ライブラリの使い方など）
- 第6回 データ分析のための準備②（ファイルの入出力など）
- 第7回 単変量解析
- 第8回 2変量解析①（データの可視化）
- 第9回 2変量解析②（回帰分析など）
- 第10回 Numpyを使った計算の応用
- 第11回 Scipyを使った計算の応用
- 第12回 Matplotlibを使ったデータの可視化の基礎
- 第13回 Matplotlibを使ったデータの可視化の応用
- 第14回 分析結果の見せ方

第15回 まとめ

以上の構成で、項目⑤を十分含むことができ、実施内容によっては、項目②および③を含むことも可能であると考えられる。

4. まとめ

本稿では、来年度のプログラミング入門Bの内容について、データサイエンス教育に対応するような構成となるよう検討した。

今回検討した結果、プログラミング言語にはPythonを用い、プログラミング環境としてはGoogle Colaboratoryを用いるのが適当であることがわかった。

また、データサイエンス科目の審査項目に内容が該当するように15回分の講義内容について検討した。来年度実際に講義を行い、今回検討した結果が妥当であるかどうかを検証する予定である。

参考文献

- [1] Anaconda, Inc. (2022)、「Anaconda | The World's Most Popular Data Science Platform」
<<https://www.anaconda.com/about-us>> (参照 2022-01-26)
- [2] Microsoft Corporation (2022)、「Visual Studio: ソフトウェア開発者とチーム向けの IDE およびコード エディター」< <https://visualstudio.microsoft.com/ja/> > (参照 2022-01-26)
- [3] Google LLC (2022)、「Colaboratory へようこそ - Colaboratory」< https://colab.research.google.com/notebooks/welcome.ipynb?hl=ja#scrollTo=5fCEDCU_qrC0 > (参照 2022-01-26)

福山平成大学経営学部紀要
第 18 号 (2022), 117-128 頁

College Analysis を使い易くする追加機能 4

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：社会システム分析ソフト College Analysis の分析メニュー「対応のある質的データの検定」にコ克蘭の Q 検定、「量的データの集計」にレコードごとの横集計機能を加えた。またユーティリティとして、エディタなどのヘッダー入力を補助する表示枠移動機能や群分けされたデータで多変量解析が行える機能、入力ミスなどを調べるデータチェック機能などを追加した。

キーワード：College Analysis、C.Analysis、コ克蘭の Q 検定、ユーティリティ

1. はじめに

社会システム分析ソフト College Analysis (C.Analysis と略す) に追加した単独の分析やユーティリティを紹介することがこの報告の目的である^{[1][4]}。最初に、対応のある質的データの検定で、マクネマー検定の 3 変数以上への拡張であるコ克蘭の Q 検定について説明する^[5]。次に、量的データについて各個体の部分的な小計などを計算する横集計、エディタなどのヘッダー部分の編集用に作った表示枠移動機能について解説する。

C.Analysis の懸案はデータの一部を使った分析であった。例えば、男女別にみた多変量解析などである。これについて、重回帰分析には群分け機能を付けたが、一般の分析については、まずデータを群に分けて、その後群別のデータを用いてそれぞれの分析を行う必要があった。しかし、これはデータを書き換えたり、取り除いたりする作業を含んでおり、ひと手間が必要であった。これを簡単にしかも自由な分類で行えるのがツールの「文字列結合」と「データ形式変換」というメニューである。

複数のファイルにあるデータを 1 つのキーデータでつなげることも考えておく必要がある。但し、C.Analysis では複数ファイルは異なるページに読み込まない限り扱えないので、今回のプログラムでは 1 頁内にそれらのデータを貼り付けて使うようにした。

最後に、データの入力ミスへの対応も考えてみた。アンケート調査のデータで手入力した場合、入力ミスは付きものである。例えば、分類にないデータを入力したり、半角を全角と間違えて入力したりすることはよくある事例である。卒業論文などで利用するにはこれらを簡単に検出する機能が必要となる。

ここで報告する追加機能は、ネットを通じて要望があったものや、開発者が卒業論文の指導で不自由さを感じた部分を改良したものである。

2. コ克兰の Q 検定

質的データの検定メニュー中の「対応のある比率の検定」または、メニュー [分析－基本統計－質的データの検定－対応のある比率の検定] を選択すると、図 1 の対応のある比率の検定の実行画面が表示される。

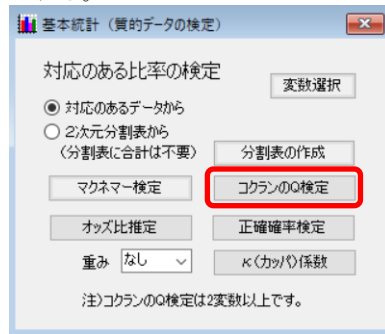


図 1 対応のある比率の検定実行画面

ここではこの画面に新たに加えたコ克兰の Q 検定について説明する。図 2 のデータの形式（テキスト 3.txt, p14）は、マクネマー検定の変数の数が増えたデータである。但し、分割表からというのは次元数の関係から不可能である。

	1回目	2回目	3回目
1	1	2	2
2	1	1	2
3	2	1	1
4	1	2	2
5	1	1	2
6	2	1	1
7	1	2	2
8	1	1	1
9	1	1	1

図 2 コ克兰の Q 検定のデータ

すべての変数を選択し、「コ克兰の Q 検定」ボタンをクリックすると図 3 のような分析結果が表示される。

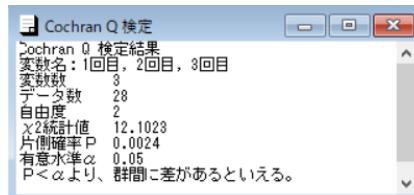


図 3 コ克兰の Q 検定の結果

以下にこの検定の簡単な理論を与えておく。但し、図 4 のデータを一度 $\{0,1\}$ データに変換して（例えば、 $1 \rightarrow 0, 2 \rightarrow 1$ ）利用する。

データを $x_{ij} = \{0,1\}$ とすると、データは以下の表 1 のように与えられる。

表 1 対応のある質的データ

	1	2	\vdots	k	計
1	x_{11}	x_{12}	\vdots	x_{1k}	x_{1g}
2	x_{21}	x_{22}	\vdots	x_{2k}	x_{2g}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots
n	x_{n1}	x_{n2}	\vdots	x_{nk}	x_{ng}
計	x_g	x_g	\vdots	x_g	

このデータを利用して、以下の Q 統計量を計算する。

$$Q = \frac{k(k-1) \sum_{j=1}^k (x_{gj} - \bar{x})^2}{k \sum_{i=1}^n x_{ig} - \sum_{i=1}^n x_{ig}^2} \sim \chi_{k-1}^2$$

$$\text{ここに、} x_{ig} = \sum_{j=1}^k x_{ij}, \quad x_{gj} = \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad \bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k x_{gj}$$

特に、 $k=2$ の場合、表 2 の分割表を使うと、

表 2 $k=2$ の対応のあるでたの分割表

変数 1 \ 変数 2	0	1
0	a	b
1	c	d

データの組み合わせの度数が、 $(0,0) \rightarrow a$, $(0,1) \rightarrow b$, $(1,0) \rightarrow c$, $(1,1) \rightarrow d$ となり、
 $x_g = c + d$, $x_g = b + d$, $\bar{x} = (b + c + 2d)/2$ であるから、

$$\begin{aligned} Q &= \frac{2[(x_g - \bar{x})^2 + (x_g - \bar{x})^2]}{2 \sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) - \sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2})^2} \\ &= \frac{2[(x_g - \bar{x})^2 + (x_g - \bar{x})^2]}{2(x_g + x_g) - \sum_{i=1}^n (x_{i1}^2 + x_{i2}^2 + 2x_{i1}x_{i2})} \\ &= \frac{2[(c-b)^2/4 + (b-c)^2/4]}{2(b+c+2d) - (b+c+2d+2d)} = \frac{(b-c)^2}{b+c} \sim \chi_1^2 \end{aligned}$$

のように、マクネマー検定の結果と一致する。

また、イエーツ補正の入れ方について、以下のように考えると、

$$Q = \frac{k(k-1) \sum_{j=1}^k (|x_{gj} - \bar{x}| - \frac{1}{2})^2}{k \sum_{i=1}^n x_{ig} - \sum_{i=1}^n x_{ig}^2} \sim \chi_{k-1}^2$$

$k=2$ の場合、

$$Q = \frac{2[(x_g - \bar{x})^2 + (x_g - \bar{x})^2 - |x_g - \bar{x}| - |x_g - \bar{x}| + 1/2]}{2 \sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2}) - \sum_{i=1}^n (x_{i1} + x_{i2})^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2[(b-c)^2/2 - |b-c| + 1/2]}{2(b+c+2d) - (b+c+2d+2d)} \\
 &= \frac{(b-c)^2 - 2|b-c| + 1}{b+c} = \frac{(|b-c|-1)^2}{b+c} \sim \chi_1^2
 \end{aligned}$$

となり、マクネマー検定のイエーツ補正と一致する。

3. 量的データの横集計

量的データの集計の実行画面は、メニュー〔分析―基本統計―量的データの集計〕を選択すると図1のように表示される。

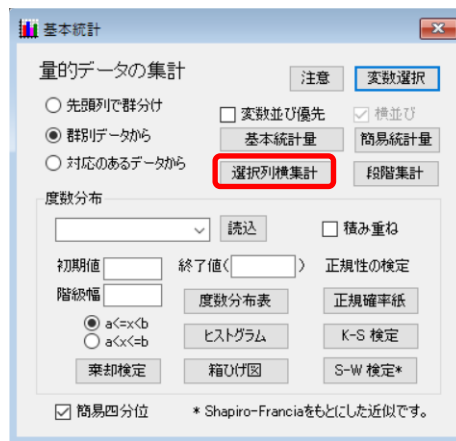


図1 量的データ集計実行画面

アンケートの質問票などで各人の部分合計などが必要になる場合がある。Excel などでは簡単に実行できる計算であるので、これまでは元のデータの段階で実行しておくものと考えていたが、学生の指導上 C.Analysis の上で実行する必要もある。そのような場合に利用するのが「選択列横集計」である。部分集計したい変数を選択し、ボタンをクリックすると、個別別のデータの個数、合計、平均、(分散からの) 標準偏差がグリッド出力に図2のように出力される。応急処置のような機能である。

	カウント	合計	平均	標準偏差P
▶ 1	5	15	3.000	0.894
2	5	22	4.400	1.200
3	5	15	3.000	0.894
4	5	17	3.400	1.020
5	5	15	3.000	1.095
6	5	18	3.600	1.200
7	5	17	3.400	1.020

図2 選択列横集計

必要な項目を選んでグリッドエディタに貼り付けることで、このデータを分析データとして利用することができる。なお、さらに複雑な集計や計算はエディタメニューの〔ツ

ルー計算」を利用する。

4. エディタとグリッド出力の表示枠移動

エディタを利用する際、ヘッダー部分に変更を加えたいときがある。例えば、変数を追加して名前を付けたいときや、範囲を間違ひ行名部分にデータが入ってしまったときなどである。これまで前者の場合はエディタの「列名入力」機能を利用し、後者の場合は範囲を選び直して再度貼り付けを行っていた。今回これらを統一的に扱うことができないかと考え、グリッドの表示枠の移動機能を追加した。これまで列名や行名であった部分をデータ側に動かしたり、その逆を行ったりする機能である。例えば、図1のようなデータ枠を図2のように動かす機能である。

	地域	年収	支出	意見1	意見2
1	1	583	49	2	
2	1	565	33	2	
3	2	508	32	1	
4	2	565	31	2	
5	1	594	57	2	
6	2	624	47	1	
7	1	617	48	2	

図1 移動前元データ

	地域	年収	支出	意見1	
1	1	583	49	2	
2	1	565	33	2	
3	2	508	32	1	
4	2	565	31	2	
5	1	594	57	2	
6	2	624	47	1	

図2 移動後データ

ここでは元データを右と下に移動しているが、メニュー「編集－枠移動」では、「右下へ」、「左上へ」、「右へ」、「左へ」、「下へ」、「上へ」がある。実際に利用してみると気軽に使えるので、この機能をグリッド出力へも追加している。

5. データツール

5.1 列並び替え

C.Analysis では、ツール「データ生成」、「計算」、「文字列結合」で新しい列を作る場合、一度列を挿入して「範囲指定」して出力するか、「新規追加」にして最後の列に追加する方法をとっていた。また、分析の出力結果、例えば重回帰分析の予測値や因子分析の因子得点などは一度グリッド出力に出力した後、グリッド出力の機能を用いて、エディタの最後の列に追加していた。いずれの場合もデータを見易くするため、列の並びについて順

番を自由に変えられる機能が必要であった。

エディタのメニュー[ツール→列並び替え]を選択すると図1のメニューが表示される。

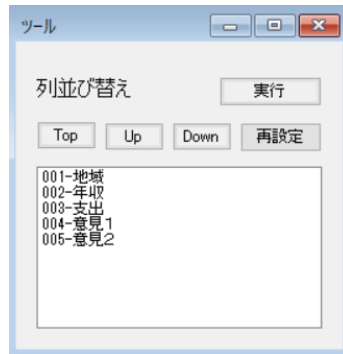


図1 列並び替え

表示された時点でグリッドエディタの変数名が表示されている。このメニューが表示された後で変数名を変えた場合は「再設定」ボタンをクリックする必要がある。変数名の並び替えは変数選択と同じである。並び替えた後に「実行」ボタンをクリックするとエディタの列が変更される。エディタの変数名と列並び替えの変数名が異なる場合はその旨のエラーメッセージが表示されるので、「再設定」ボタンをクリックしてそろえる。

このような方法で自由に列の並び替えができるので、列追加の際の列並びには気を使う必要はなくなった。

5.2 データ形式変換（多変量解析の群分け法）

このツールは文字列結合のツールと並んで重要である。これは元々列の並び替え用に作ったツールであったが、先頭列で群分けのデータを特殊な形式の群別データに変換する機能を追加することで非常に重要なツールとなった。サンプルデータを用いて機能を見てみよう。メニュー [ツール→データ形式変換] を選択すると図1のような実行画面が表示される。

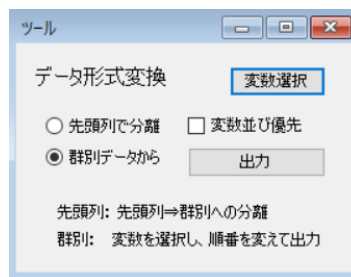


図1 データ形式変換実行画面

例として利用するデータを図2に示す。

	地域	年収	支出	意見1	意見2
1	1	583	49	2	3
2	1	565	33	2	3
3	2	508	32	1	3
4	2	565	31	2	1
5	1	594	57	2	3
6	2	624	47	1	1
7	1	617	48	2	1
8	1	458	53	2	3

図 2 データ (テキスト 9.txt)

ラジオボタン「群別データから」を選択した場合は、変数選択の際に変数とその順番を選ぶと、例えば図 3 のような出力結果となる。

	支出	年収	意見1
1	49	583	2
2	33	565	2
3	32	508	1
4	31	565	2
5	57	594	2
6	47	624	1
7	48	617	2

図 3 「群別データから」の出力

この出力データのレコード並びは、欠損値も含めて図 2 と同じものになっている。このデータはエディタの新しいページに貼り付けて使用することもできるし、そのままエディタの現在のページに上書きすることもできる。

「先頭列で分離」を用いて、地域、年収、支出を選択して、出力すると図 4 のような結果になる。ここでは、実行画面の「変数並び優先」チェックボックスにチェックを入れている。

	地域1>年収	地域2>年収	地域1>支出	地域2>支出
1	583		49	
2	565		33	
3		508		32
4		565		31
5	594		57	
6		624		47
7	617		48	

図 4 「先頭列で分離」の出力

この結果は、地域 1 と地域 2 でデータが分離されている。この形式の利点は、これを群別データとして集計すると地域 1 と地域 2 の集計結果が求められることである。さらに、多変量解析などでは、レコード単位のデータ除去を行うことから、このデータを含めて分析を実行すると地域 1 か地域 2 のデータだけの分析結果が得られる。

簡単な例として、地域別の支出と年収の回帰分析を求めてみよう（すでに機能としてはあるが）。図 4 で求めたグリッド出力の 1 列目と 2 列目をグリッド出力の「エディタ指定

列追加」メニューを用いてエディタに追加出力し、図 5 のようなデータを得る。

	地域	年収	支出	意見1	意見2	地域1>年収	地域2>年収
1	1	583	49	2	3	583	
2	1	565	33	2	3	565	
3	2	508	32	1	3		508
4	2	565	31	2	1		565
5	1	594	57	2	3	594	
6	2	624	47	1	1		624
7	1	617	48	2	1	617	

図 5 分離データの追加

ここで例えば、支出と地域:1>年収を選んで回帰分析にかければ、図 6 のように先頭列で群分けした結果と同じ結果を得る。

群 1	目的変数	説明変数	データ数	支出 =	寄与率	(重)相関係数	有意水準α
1	支出	年収	34	0.0880*年収-8.4339	0.387	0.622	0.05

図 6 先頭列で群分けの結果（左）と分離データを用いた結果（右）

さらに、地域と意見 1 のデータを図 7 の文字列結合メニューで図 8 のように結合する。

図 7 文字列結合

	地域	年収	支出	意見1	意見2	地域意見1
1	1	583	49	2	3	12
2	1	565	33	2	3	12
3	2	508	32	1	3	21
4	2	565	31	2	1	22
5	1	594	57	2	3	12
6	2	624	47	1	1	21
7	1	617	48	2	1	12

図 8 文字列結合後

この地域・意見 1 のデータを使って、図 4 の「先頭列で分離」処理を行うとさらに細かい分類で分析を実行することができる。

5.3 データキー結合

複数のファイルなどに含まれるキーでつながったデータを、キーを元に 1 つのデータにつなげる作業を考える。しかし、C.Analysis では複数のファイルは扱えないので、データを、キー、複数データ、キー、複数データ、…の形に集めてから処理を行うこととする。これは R や Python などのコマンドを入力するタイプの（コマンド系とする）統計ソフトに比べて弱いところである。

データの形式を図 1 に示す。

College Analysis を使い易くする追加機能 4

	key1	年取	key2	支出	key3	意見1	意見2
172	172	611	174	53	172	1	1
173	173	614	175	41	173	1	2
174	174	616	176	61	174	1	2
175	175	692	177	45	175	1	2
176	176	639	178	63	176	2	2
177	177	536	179	26	177	2	2
178	178	819	180	59	178	1	3
179	179	511	181	34	179	1	1
180	180	503	182	39	180	2	1
181			183	71		2	2

図 1 データ形式

これは、3つの群からなるデータで、それぞれのkeyに対して、変数が1つ、1つ、2つと含まれている。図の下の方には欠損値が含まれている。これらの変数をすべて利用してもよいし、変数選択で選んで利用してもよい。

グリッドエディタから、メニュー「ツールデータキー結合」を選択すると、図2のような実行画面が表示される。

図 2 実行画面

すべての変数を選択すると、列数の指定はキー列も含めて、「2,2,3」となる。「キーチェック」ボタンは、キーの漏れや2重登録を調べるボタンである。クリックすると図3の結果を得る。

	キー	key1	key2	key3
1	1	1		1
2	2	2		2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9
10	10	10	10	10
11	11	11	11	11

図 3 キーチェック結果

左端の「キー」列は、選択した範囲で現れたすべてのキーである。それに対して2列目以降が個々のキーの対応である。

「出力」ボタンをクリックすると、設定に合わせて結果をグリッド出力で表示する。ここでは例として、「欠損値除去」の場合と「欠損値含む」の場合の結果をそれぞれ図 4a と図 4b に示す。

	キー	年収	支出	意見1	意見2
▶ 1	3	508	49	2	3
2	4	565	33	2	1
3	5	594	32	2	3
4	6	624	31	1	1
5	7	617	57	2	1
6	8	458	47	2	3
7	9	754	48	2	1
8	10	667	53	2	1
9	11	470	62	1	1
10	12	578	53	2	3
11	13	592	37	2	3

図 4a 出力結果（欠損値除去）

	キー	年収	支出	意見1	意見2
▶ 1	1	583		1	3
2	2	565		2	3
3	3	508	49	2	3
4	4	565	33	2	1
5	5	594	32	2	3
6	6	624	31	1	1
7	7	617	57	2	1
8	8	458	47	2	3
9	9	754	48	2	1
10	10	667	53	2	1
11	11	470	62	1	1

図 4b 出力結果（欠損値含む）

この場合、キーについては数字として取り扱っているが、文字列として取り扱うこともできる。「キー文字列」チェックボックスにチェックを入れ、欠損値除去の場合の結果を図 5 に示す。並びの違いが明らかである。

	キー	年収	支出	意見1	意見2
▶ 1	10	667	53	2	1
2	100	582	41	2	3
3	101	664	39	1	3
4	102	580	51	1	3
5	103	1168	50	2	3
6	104	685	39	2	2
7	105	787	78	2	1
8	106	618	45	1	3
9	107	482	57	2	3
10	108	746	47	2	2
11	109	557	40	2	2

図 5 出力結果（キー文字列）

5.4 データチェック

卒論データなどを見ていると様々な入力ミスがある。これを素早く見つけるために作られたのがこのプログラムである。グリッドエディタのメニュー[ツールーデータチェック]を選択すると、図 1 のような実行画面が表示される。

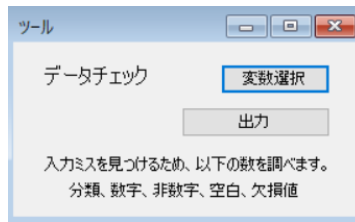


図 1 データチェック実行画面

使い方は変数選択をして、「出力」ボタンをクリックするだけである。結果は図 2 のように表示される。

	分類の数	数字の数	非数字の数	空白の数	欠損値の数
▶ 地域	2	200	0	0	0
年収	148	193	2	0	5
支出	60	199	1	0	0
意見1	2	195	0	0	5
意見2	3	198	0	0	2

図 2 出力結果 (データチェック.txt)

卒論データなどの入力ミスで最も多いのは、分類の打ち間違えである。それは分類の数で確認する。入力ミスが発見されたら、分割表などで確認する。また、見えない半角や全角の空白もときどき存在する。これらは、同じツールの「空白除去」機能で範囲を選択して一括消去する。また、欠損値に「*」、「-」、「0」などを入力する場合もあるが、これらの修正は置換処理で対応する。

6. おわりに

今回我々が追加した機能は、コ克蘭の Q 検定を除いて、処理の手間や時間を短縮するものが多かった。特に、データを群分けして分析を実行できる機能はその代表である。このような機能はコマンド処理を基本とする R や Python などを意識して作成した。近年、これらのコマンド系の分析ソフトの書籍が多く出版されるようになって、データを表形式に読み込んでメニューのボタンを操作するような分析ソフトの勢いが衰えている。

世の中ではデータサイエンスという言葉がもてはやされ、大学でも多くの講座が開講されるようになった。大きなデータを扱うデータサイエンスには確かにコマンド系の分析ソフトが向いているように思える。なぜならほとんどデータを視覚化することなく、ファイルから直接結果が求められるからである。機械を使って自動的に入力され更新されて行く巨大なデータではデータ自身に目を通すことにあまり意味があるようには思えない。また、表形式でそれを見ようと思うとコンピュータにかなりの負荷がかかる。そのためコマンド系の分析ソフトは近年の巨大データの分析には不可欠である。

しかしこのような分析に携わる人がどれだけ必要であろうか。多くの人は分析に関わるのではなく、それを評価、利用する側である。そういう意味でデータを見てそれにより分析を理解し、結果を判断する能力が重要となる。データを大量に扱えるソフト、データを細かくチェックできるソフト、それぞれに意味があるように思う。

参考文献

- [1] 福井正康、「College Analysis 総合マニュアル ーツールー」、
<http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/gmanual/gmanual01.pdf>
- [2] 福井正康・細川光浩、「College Analysis を使い易くする追加機能」、福山平成大学
経営研究、第 14 号（2018）107-118
- [3] 福井正康・細川光浩・奥田由紀恵、「College Analysis を使い易くする追加機能 2」、
福山平成大学経営研究、第 15 号（2019）177-187
- [4] 福井正康・細川光浩、「College Analysis を使い易くする追加機能 3」、福山平成
大学経営研究、第 17 号（2021）177-187
- [5] 奥田由紀恵・細川光浩・福井正康、「College Analysis への機能追加 ー多変量分
散分析，コクランの Q 検定他ー」、日本教育情報学会第 37 回年会論文集（2021）
350-351、（岐阜女子大学，2021/8/28-29）

広島県中小企業家同友会福山支部「2021 年 新型コロナウイルス感染症の中小企業経営への影響に関するアンケート調査」結果報告

堀越 昌和

福山平成大学経営学部経営学科

要旨：本稿は、広島県中小企業家同友会福山支部の会員を対象として、昨年が続いて実施した新型コロナウイルス感染症の中小企業経営への影響に関するアンケート調査の結果から、中小企業の感染症対策の現状と、感染症リスクが企業経営に与える影響を明らかにしたものである。

キーワード：新興感染症、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19)、BCP、中小企業

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の猛威が収まらない。2022年1月5日10時時点で世界の感染者数は累計で292,623,299人、同じく死者数は5,449,623人に達し、終息の気配はいまだ見えない¹。他方、1981年の後天性免疫不全症候群 (AIDS)、2003年の重症急性呼吸器症候群 (SARS)、2009年から流行している新型インフルエンザ (A/H1N1) など、新興感染症の脅威は古くからあり、中小企業庁 (2009) によると、BCP (事業継続計画) が、こうした脅威への備えとして有効であるという。ところが、新興感染症の流行が企業、特に中小企業の経営に及ぼす影響を明らかにしたものは、ほとんど見当たらない。必然的に、そうした事態に対処するためのBCPへの取り組みなど、中小企業の感染症対策の実態も分かってはいない。本稿は、こうした、いわばブラックボックスとなっている中小企業の感染症対策の現状と、感染症のリスクが経営に与える影響について、広島県中小企業家同友会福山支部の会員を対象に昨年に続いて実施した新型コロナウイルス感染症の中小企業経営への影響に関するアンケート調査の結果を踏まえて、明らかにするものである。

2. 調査の結果

2.1 調査の概要

本稿で叙述するアンケートは、広島県中小企業家同友会福山支部の協力を得て、2021年5月7日に実施したWEB調査『2021年 新型コロナウイルス感染症の中小企業経営への影響

¹NHK ホームページ (<https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/world-data/>) 2022 年 1 月 5 日閲覧

に関するアンケート調査』である（回答締切日5月20日）。アンケートの回答数は136通（配信数633通）、有効回答率は21.5%であった。なお、質問の項目は28項目、具体的には、回答者の基本属性、新型コロナウイルス感染症の経営への影響、BCP策定や感染症対策の現状、経営者の健康問題などで、これらの内容に関して、概ね3月末日時点の状況を尋ねた。

2.2 調査の結果

以下、アンケート調査の28項目の結果を叙述する。

Q1 主業種について教えてください（〇は一つ）

主業種を尋ねたところ、「サービス業」（32.4%,44社）が最も多く、以下「製造業」（27.9%,38社）、「建設業」（17.6%,24社）の順であった（表1,n=136）²³。

（表1）主業種

項目	構成比	回答数
製造業	27.9%	38
建設業	17.6%	24
卸・小売業	14.7%	20
サービス業	32.4%	44
その他	7.4%	10
合計(n)	100.0%	136

Q2 本社を含む事業所数（〇は一つ）

本社を含む事業所数は、「1か所」（69.9%,95社）が最も多く、以下「2か所」（16.2%,22社）、「4か所以上」（8.1%,11社）の順であった（表2,n=136）。なお、「1か所」（69.9%,95社）と「2か所」（16.2%,22社）の合算は86.1%（117社）に達した。

（表2）本社を含む事業所数

項目	構成比	回答数
1か所	69.9%	95
2か所	16.2%	22
3か所	5.9%	8
4か所以上	8.1%	11
合計(n)	100.0%	136

²四捨五入の関係で構成比の合計は100.0%にならないことがある。以下、同様

³福山市が公表している『統計ふくやま 2019 年（令和元年）版』によると、同市の産業別事業者数の割合（2016 年）は、「サービス業」（30.9%）、「卸・小売業」（25.9%）、「製造業」（12.1%）、「建設業」（8.5%）の順であり、この調査と構成比が大きく異なる。

「広島県中小企業家同友会福山支部 2021 年 新型コロナウイルス感染症の影響に
関するアンケート調査」結果報告

Q3 経営者（事業主）の年齢（〇は一つ）

経営者（事業主）の年齢を尋ねたところ、「50歳以上～60歳未満」（30.1%,41社）が最も多く、以下「40歳以上～50歳未満」（29.4%,40社）、「60歳以上～70歳未満」（25.7%,35社）の順であった（表3,n=136）⁴。なお、「60歳以上～70歳未満」（25.7%,35社）、「70歳以上」（9.6%,13社）の合算は35.3%（48社）であった。

（表3）経営者（事業主）の年齢

項目	構成比	回答数
40歳未満	5.1%	7
40歳以上～50歳未満	29.4%	40
50歳以上～60歳未満	30.1%	41
60歳以上～70歳未満	25.7%	35
70歳以上	9.6%	13
合計(n)	100.0%	136

Q4 後継者の年齢（〇は一つ）

後継者の年齢を尋ねたところ、「後継者はいない」（56.3%,76社）が約半数を占め、以下「40歳以上～50歳未満」（12.6%,17社）、「30歳以上～40歳未満」（11.9%,16社）の順であった（表4,n=135）。

（表4）後継者の年齢

項目	構成比	回答数
20歳未満	5.2%	7
20歳以上～30歳未満	8.9%	12
30歳以上～40歳未満	11.9%	16
40歳以上～50歳未満	12.6%	17
50歳以上～60歳未満	4.4%	6
60歳以上	0.7%	1
後継者はいない	56.3%	76
合計(n)	100.0%	135

⁴中小企業庁（2018）によると、中小企業の経営者年齢は、1995年の47歳に対して、2015年には66歳となり、ここ20年の間に急速に高齢化が進んでいる。

Q5 後継者がいない場合、その理由（〇は一つ）

Q4で「後継者はいない」と回答した方に対して、その理由を尋ねた。その結果、「時期尚早」（46.1%,35社）が約半数を占め、以下「人材が見つからない」（21.1%,16社）、「選定中」（18.4%,14社）の順であった（表5,n=76）。

（表5）後継者がいない理由

項目	構成比	回答数
時期尚早	46.1%	35
選定中	18.4%	14
人材が見つからない	21.1%	16
事業売却予定	1.3%	1
廃業予定	0.0%	0
その他	13.2%	10
合計(n)	100.0%	76

Q6 貴社が想定する自然災害等のリスク（〇はいくつでも）

想定する自然災害等のリスクを尋ねたところ、「地震・噴火・台風等の自然災害」（16.4%,98社）が最も多く、以下「新型コロナウイルス等の感染症」及び「取引先企業の倒産・事業中断」（ともに12.9%,77社）の順であった（表6,n=598）。なお、「地震・噴火・台風等の自然災害」と「新型コロナウイルス等の感染症」の合算は29.3%、175社であった。おって、「経営者の突然の喪失」（9.9%,59社）及び「後継者の突然の喪失」（2.8%,17社）の合算は、12.7%（76社）であった。

（表6）想定する自然災害等のリスク

項目	構成比	回答数
地震・噴火・台風等の自然災害	16.4%	98
サーバー・データセンター等情報システムの停止	9.9%	59
取引先企業の倒産・事業中断	12.9%	77
物流崩壊による仕入品の欠品	7.7%	46
インフラ(電力・水道等)の途絶	9.5%	57
通信(インターネット・電話)の途絶	11.2%	67
経営者の突然の喪失	9.9%	59
後継者の突然の喪失	2.8%	17
左記以外の経営幹部の突然の喪失	2.7%	16
テロ・紛争(国内外)	3.0%	18
新型コロナウイルス等の感染症	12.9%	77
大気・土壌・海洋汚染等の環境リスク	1.2%	7
その他	0.0%	0
合計(n)	100.0%	598

Q7 自然災害等に見舞われた際の経営者の代行者（〇は一つ）

自然災害等に見舞われた際の経営者の代行者は、「後継者以外の経営幹部」（31.6%,43社）が最も多く、以下「取り決めていない」（29.4%,40社）、「後継者」（27.2%,37社）の順であった（表7,n=136）。

（表7）自然災害等に見舞われた際の経営者の代行者

項目	構成比	回答数
後継者	27.2%	37
後継者以外の経営幹部	31.6%	43
それ以外の同族関係者	11.0%	15
その他	0.7%	1
取り決めていない	29.4%	40
合計(n)	100.0%	136

Q8 防災計画・BCP策定状況（〇は一つ）

防災計画・BCP策定状況は多い順に、「BCP、防災計画とも策定の予定はない」（44.1%,60社）、「今後防災計画を策定予定（策定中）」（18.4%,25社）、「防災計画はなく今後BCPを策定予定（策定中）」（13.2%,18社）の順であった（表8,n=136）⁵。なお、「BCPを策定済」（11.8%,16社）、「防災計画があり今後BCPを策定予定（策定中）」（8.8%,12社）及び「防災計画はあるがBCPを策定する予定はない」（3.7%,5社）の合算で24.3%（33社）であった。

（表8）防災計画・BCP策定状況

項目	構成比	回答数
BCPを策定済	11.8%	16
防災計画があり今後BCPを策定予定（策定中）	8.8%	12
防災計画はなく今後BCPを策定予定（策定中）	13.2%	18
防災計画はあるがBCPを策定する予定はない	3.7%	5
今後防災計画を策定予定（策定中）	18.4%	25
BCP、防災計画とも策定の予定はない	44.1%	60
合計(n)	100.0%	136

Q9 防災計画またはBCP策定の時期（〇は一つ）

Q8で「BCPを策定済」、「防災計画があり今後BCPを策定予定（策定中）」又は「防災計画はあるがBCPを策定する予定はない」と回答した方に対して、防災計画・BCPの策定期間を尋ねた。その結果、「2020年以降」（57.6%,19社）が最も多く、以下「2015年～2019年」（33.3%,11社）、「1994年以前」（6.1%,2社）の順であった（表9,n=33）。なお、「2015年～2019年」（33.3%,11社）、「2020年以降」（57.6%,19社）の合算で90.9%、30社に達した。

⁵帝国データバンク（2019）によると、BCP策定割合は、企業規模が小さいほど低く、全体では15.0%、従業員数「21～50人」で11.7%、同「6～20人」6.8%、同「5人以下」では4.8%にとどまる。

(表9) 防災計画・BCPの策定時期

項目	構成比	回答数
1994年以前	6.1%	2
1995年～1999年	0.0%	0
2000年～2004年	0.0%	0
2005年～2009年	0.0%	0
2010年～2014年	3.0%	1
2015年～2019年	33.3%	11
2020年以降	57.6%	19
合計(n)	100.0%	33

Q10 防災計画またはBCP策定の契機となった災害（〇は一つ）

Q8で「BCPを策定済」、防災計画があり今後BCPを策定予定（策定中）」又は「防災計画はあるがBCPを策定する予定はない」と回答した方に対して、防災計画・BCPの策定の契機となった災害を尋ねた。その結果、「西日本豪雨」（41.4%,12社）が最も多く、以下「その他」（17.2%,5社）、「新型コロナウイルスパンデミック」及び「特にない」（ともに13.8%,4社）の順であった（表10,n=29）。なお、「西日本豪雨」（41.4%,12社）と「新型コロナウイルスパンデミック」（13.8%,4社）の合算は、55.2%（16社）であった。

(表10) 防災計画・BCPの策定の契機となった災害

項目	構成比	回答数
阪神・淡路大震災	3.4%	1
東日本大震災	6.9%	2
平成26年8月豪雨	0.0%	0
熊本地震	3.4%	1
大阪北部地震	0.0%	0
西日本豪雨	41.4%	12
新型コロナウイルスパンデミック	13.8%	4
その他	17.2%	5
特にない	13.8%	4
合計(n)	100.0%	29

Q11 防災計画またはBCPを策定していなかった理由（〇はいくつでも）

Q8で「防災計画はなく今後BCPを策定予定（策定中）」又は「今後防災計画を策定予定（策定中）」と回答した方に対して、防災計画・BCPを策定していなかった理由を尋ねた。その結果、「経営陣の認識不足」（23.4%,18社）、「知識・情報の不足」（22.1%,17社）、「取り組み時間の不足」（19.5%,15社）の順であった（表11,n=77）。また、これらの合算は65.0%（50社）であった。

「広島県中小企業家同友会福山支部 2021 年 新型コロナウイルス感染症の影響に関するアンケート調査」結果報告

(表11) 防災計画・BCPを策定していなかった理由

項目	構成比	回答数
経営陣の認識不足	23.4%	18
リスクを想定していなかった	9.1%	7
リスクについて考えても仕方がない	2.6%	2
取り組み人員(専門家含む)の不足	10.4%	8
取り組み時間の不足	19.5%	15
知識・情報の不足	22.1%	17
マネジメントの方法自体が分からない	5.2%	4
その他	7.8%	6
合計(n)	100.0%	77

Q12 今後も防災計画またはBCPを策定しない理由 (〇はいくつでも)

Q8で「BCP、防災計画とも策定の予定はない」と回答した方に対して、その理由を尋ねた。その結果、「知識・情報の不足」(22.5%,27社)が最も多く、以下「経営陣の認識不足」(20.0%,24社)、「マネジメントの方法自体が分からない」(12.5%,15社)の順であった(表12,n=120)。また、これらの合算は55.0%(66社)であった。

(表12) 今後も防災計画・BCPを策定しない理由

項目	構成比	回答数
経営陣の認識不足	20.0%	24
リスクを想定していなかった	9.2%	11
リスクについて考えても仕方がない	7.5%	9
取り組み人員(専門家含む)の不足	10.0%	12
取り組み時間の不足	11.7%	14
知識・情報の不足	22.5%	27
マネジメントの方法自体が分からない	12.5%	15
その他	6.7%	8
合計(n)	100.0%	120

Q13 感染症への対策状況（〇は一つ）

感染症への対策状況は、「具体的な予定はない」（56.6%,77社）が約半数を占めた。以下、「今後BCPに織り込む予定（織り込み中）」（14.0%,19社）、「BCPとは別途、まとめた文書がある」（13.2%,18社）、の順であった（表13,n=136）。

（表13）感染症への策定状況

項目	構成比	回答数
BCPに織り込み済	4.4%	6
今後BCPに織り込む予定（織り込み中）	14.0%	19
BCPとは別途、まとめた文書がある	13.2%	18
今後BCPとは別途、文書をまとめる予定（策定中）	11.8%	16
具体的な予定はない	56.6%	77
合計（n）	100.0%	136

Q14 BCPの有無に関わらず、感染対策を進めている取り組み（〇はいくつでも）

BCPの有無に関わらず、感染対策を進めている取り組みについて尋ねた。その結果、「衛生資材（マスク・消毒液など）の備蓄」（17.7%,111社）が最も多く、以下「社員とその家族に対する感染予防策の指導」（11.6%,73社）、「感染した（または恐れのある）社員の一定期間の自宅待機」（9.2%,58社）の順であった（表14,n=628）。なお、これらの合算は38.5%、242社であった。

（表14）BCPの有無に関わらず、感染対策を進めている取り組み

項目	構成比	回答数	項目	構成比	回答数
発生源・地域への社員の渡航禁止	7.0%	44	時差出勤や代替通勤手段の活用	1.8%	11
衛生資材（マスク・消毒液など）の備蓄	17.7%	111	欠勤者や自宅待機の続出、事業所の一部閉鎖に備えた業務の絞り込み	1.0%	6
対策本部の設置や指揮命令系統の明確化	3.7%	23	定期的な教育・訓練の実施	2.1%	13
経営者の代行者の選定	1.6%	10	感染拡大防止のための在宅勤務の実施	3.0%	19
社員とその家族に対する感染予防策の指導	11.6%	73	社員の罹患状況や事業継続状況などの对外広報体制	0.6%	4
海外勤務・出張者の退避や帰国	1.3%	8	流行終息までの各段階に応じた重要業務の維持すべき業務水準の検討	1.1%	7
感染した（または恐れのある）社員の一定期間の自宅待機	9.2%	58	販売先・仕入先の罹患状況や事業継続状況の把握	3.8%	24
社内感染者への対応要員向け保護具（ゴーグル・手袋など）の準備	1.9%	12	国内発生・感染拡大・大流行など各段階に応じた人員配置計画	0.5%	3
感染した（または恐れのある）社員の全社的な罹患状況の把握	5.3%	33	事業縮小・停止や需要不振に備えた財務計画（融資や内部留保など）	2.1%	13
対面会議を減らすための電話・ビデオ会議システムの活用	8.6%	54	感染者が出た場合でも事業継続可能な体制の整備	4.9%	31
訪問者の立ち入り制限や入り口などでの検温の実施	6.5%	41	自宅療養または自宅待機する社員の身の回りの世話など生活支援	0.6%	4
地域・社員・取引先の罹患状況や対応方針など社内向けの情報周知	4.1%	26	合計（n）	100.0%	628

Q15 今後、感染対策を検討する（検討中）必要がある取り組み（〇はいくつでも）

今後、感染対策を検討する（検討中）必要がある取り組みを尋ねたところ、「感染者が出た場合でも事業継続可能な体制の整備」（10.8%,52社）が最も多く、以下「衛生資材（マスク・消毒液など）の備蓄」（9.1%,44社）、「感染した（または恐れのある）社員の一定期間

「広島県中小企業家同友会福山支部 2021 年 新型コロナウイルス感染症の影響に
関するアンケート調査」結果報告

の自宅待機」(6.8%,33社)の順であった(表15,n=483)。なお、これらの合算は26.7%(129社)であった。

(表15) 今後、感染対策を検討する(検討中)必要がある取り組み

項目	構成比	回答数	項目	構成比	回答数
発生国・地域への社員の渡航禁止	3.9%	19	時差出勤や代替通勤手段の活用	2.7%	13
衛生資材(マスク・消毒液など)の備蓄	9.1%	44	欠勤者や自宅待機の繰出、事業所の一部閉鎖に備えた業務の絞り込み	2.9%	14
対策本部の設置や指揮命令系統の明確化	4.3%	21	定期的な教育・訓練の実施	3.9%	19
経営者の代行者の選定	4.6%	22	感染拡大防止のための在宅勤務の実施	3.1%	15
社員とその家族に対する感染予防策の指導	6.0%	29	社員の罹患状況や事業継続状況などの対外広報体制	2.1%	10
海外勤務・出張者の退避や帰国	0.6%	3	流行終息までの各段階に応じた重要業務の維持すべき業務水準の検討	3.9%	19
感染した(または恐れのある)社員の一定期間の自宅待機	6.8%	33	販売先・仕入先の罹患状況や事業継続状況の把握	4.1%	20
社内感染者への対応要員向け保護具(ゴーグル・手袋など)の準備	2.7%	13	国内発生・感染拡大・大流行など各段階に応じた人員配置計画	2.5%	12
感染した(または恐れのある)社員の全社的な罹患状況の把握	5.0%	24	事業縮小・停止や需要不振に備えた財務計画(融資や内部留保など)	3.1%	15
対面会議を減らすための電話・ビデオ会議システムの活用	5.4%	26	感染者が出た場合でも事業継続可能な体制の整備	10.8%	52
訪問者の立ち入り制限や入り口などでの検温の実施	4.8%	23	自宅療養または自宅待機する社員の身の回りの世話など生活支援	4.3%	21
地域・社員・取引先の罹患状況や対応方針など社内向けの情報周知	3.3%	16	合計(n)	100.0%	483

Q16 社会的重要性の高い業務に関わっている人員の割合(〇は一つ)

社会的重要性の高い業務に関わっている人員の割合を尋ねたところ、「10%未満」(34.6%,47社)が最も多く、以下「社会機能維持に関わる事業の選定・洗い出しをする予定はない」(30.9%,42社)、「75%以上」(15.4%,21社)の順であった(表16,n=136)⁶。

(表16) 社会的重要性の高い業務に関わっている人員の割合

項目	構成比	回答数
10%未満	34.6%	47
10%～25%未満	2.9%	4
25%～50%未満	3.7%	5
50%～75%未満	6.6%	9
75%以上	15.4%	21
今後、社会機能維持に関わる事業の選定・洗い出しをする予定(作業中)	5.9%	8
社会機能維持に関わる事業の選定・洗い出しをする予定はない	30.9%	42
合計(n)	100.0%	136

⁶社会的重要性の高い業務とは、社会機能維持のために事業活動の継続を要請される業務で、具体的には、医療従事者、治安維持及びライフライン関係(電気、上下水道、ガス、石油、熱供給、金融、情報処理、食料品・生活必需品の製造販売、鉄道、道路旅客・貨物運送、航空運送、水運など)などをさす。

Q17 社会的重要性の高い業務を遂行する上での課題（〇はいくつでも）

社会的重要性の高い業務を遂行する上での課題を尋ねたところ、「社員の欠勤や自宅待機を想定した人員計画が困難」（22.5%,50社）、「BCPなど対応計画が不十分」（17.1%,38社）、「教育・訓練が不十分」（16.2%,36社）の順であった（表17,n=222）。なお、これらの合算は55.8%（124社）であった。

（表17）社会的重要性の高い業務を遂行する上での課題

項目	構成比	回答数
BCPなど対応計画が不十分	17.1%	38
取引先（サプライチェーン）での対応策が不十分	5.9%	13
社員の欠勤や自宅待機を想定した人員計画が困難	22.5%	50
社内の感染防止策（自宅待機など）が不十分	5.0%	11
社内の感染予防策（マスク着用等のルール）が不十分	4.1%	9
マスクや消毒液などの備蓄が不十分	1.8%	4
教育・訓練が不十分	16.2%	36
対外的な情報発信や広報の体制が不十分	7.7%	17
行政の支援や情報提供が不十分	8.1%	18
その他	11.7%	26
合計(n)	100.0%	222

Q18 社会的重要性の程度に関わらず、業務の縮小・休止を決断する際の目安（〇はいくつでも）

社会的重要性の程度に関わらず、業務の縮小・休止を決断する際の目安を尋ねたところ、「社内で感染者が出た場合、自発的に業務を縮小・休止」（33.8%,80社）が最も多く、以下「行政からの要請があり、財務面の公的支援があれば、業務を縮小・休止」（19.0%,45社）、「行政からの要請があれば無条件に協力し、業務を縮小・休止」（13.5%,32社）の順であった（表18,n=237）。

（表18）社会的重要性の程度に関わらず、業務の縮小・休止を決断する際の目安

項目	構成比	回答数
地域で感染者が出た場合、自発的に業務を縮小・休止	4.2%	10
社内で感染者が出た場合、自発的に業務を縮小・休止	33.8%	80
地域や社内で感染者が発生した場合、取引先の了解を得られれば業務を縮小・休止	9.3%	22
行政からの要請があれば無条件に協力し、業務を縮小・休止	13.5%	32
行政からの要請があり、財務面の公的支援があれば、業務を縮小・休止	19.0%	45
行政からの要請の有無に関わらず可能な範囲で業務を縮小・休止	5.1%	12
今後、対応策を検討（検討中）	11.0%	26
その他	4.2%	10
合計(n)	100.0%	237

「広島県中小企業家同友会福山支部 2021 年 新型コロナウイルス感染症の影響に関するアンケート調査」結果報告

Q19 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う売上高への影響（〇は一つ）

今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う売上高への影響を尋ねた。その結果、「すでに減少」（33.8%,46社）が最も多く、以下「ほとんど影響なし」（24.3%,33社）、「半年以上先は不透明」（21.3%,29社）の順であった（表19,n=136）。

（表19）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う売上高への影響

項目	構成比	回答数
生産販売の好調で増えた	3.7%	5
半年以上先は不透明	21.3%	29
2、3か月先が不透明	12.5%	17
1か月先も不透明	4.4%	6
すでに減少	33.8%	46
目途が立たず休業（予定を含む）	0.0%	0
ほとんど影響なし	24.3%	33
合計(n)	100.0%	136

Q20 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う資金繰りへの影響（〇は一つ）

今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う資金繰りへの影響を尋ねたところ、「ほとんど影響なし」（43.4%,59社）、「半年以上先は不透明」（36.0%,49社）、「2、3か月先が不透明」（11.0%,15社）の順であった（表20,n=136）。

（表20）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う資金繰りへの影響

項目	構成比	回答数
生産販売の好調で楽になった	3.7%	5
半年以上先は不透明	36.0%	49
2、3か月先が不透明	11.0%	15
1か月先も不透明	1.5%	2
すでに逼迫	4.4%	6
目途が立たず休業（予定を含む）	0.0%	0
ほとんど影響なし	43.4%	59
合計(n)	100.0%	136

Q21 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う在庫水準への影響（〇は一つ）

今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う在庫水準への影響は、「ほとんど影響なし」（61.0%,83社）、「半年以内の生産販売に支障が出る可能性がある」（14.0%,19社）、「半年より先の生産販売に支障が出る可能性がある」（10.3%,14社）の順であった（表21,n=136）。

(表21) 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う在庫水準への影響

項目	構成比	回答数
半年より先の生産販売に支障が出る可能性がある	10.3%	14
半年以内の生産販売に支障が出る可能性がある	14.0%	19
1か月先の生産販売にも支障が出る可能性がある	9.6%	13
在庫不足で生産販売に支障が出ている	2.9%	4
用途が立たず休廃業(予定を含む)	0.0%	0
生産販売の不調で在庫が増えている	2.2%	3
ほとんど影響なし	61.0%	83
合計(n)	100.0%	136

Q22 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う雇用への影響 (○は一つ)

今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う雇用への影響は、多い順に「生産販売が好調で人手不足である」(26.5%,36社)、「従業員の副業を容認」(20.6%,28社)、「一時帰休などの雇用調整を実施した(予定を含む)」(19.1%,26社)の順であった(表22,n=136)。なお、「生産販売が好調で人手不足である」(26.5%,36社)との回答を除いた割合は73.5%(100社)に達した。

(表22) 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う雇用への影響

項目	構成比	回答数
生産販売が好調で人手不足である	26.5%	36
生産販売の調整により余剰人員が出ている	10.3%	14
一時帰休などの雇用調整を実施した(予定を含む)	19.1%	26
給与カットなどの措置を講じた(予定を含む)	4.4%	6
人員の整理解雇に踏み切った(予定を含む)	2.9%	4
新卒採用の抑制(予定を含む)	16.2%	22
従業員の副業を容認	20.6%	28
合計(n)	100.0%	136

Q23～Q26 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う事業継続意欲、経営者の労働時間、体調及び気分への影響**Q23 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う事業継続意欲への影響 (○は一つ)**

事業継続意欲は、流行前との比較で「変わらない」(67.6%,92社)が最も多く、以下「やや向上した」(11.8%,16社)、「向上した」(11.0%,15社)の順であった(表23,n=136)。また、「向上した」(11.0%,15社)と「やや向上した」(11.8%,16社)の合算は31社(22.8%)、これに対して、「減退した」(2.2%,3社)と「やや減退した」(7.4%,10社)の合算は13社(9.6%)であった。

「広島県中小企業家同友会福山支部 2021 年 新型コロナウイルス感染症の影響に
関するアンケート調査」結果報告

Q24 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う経営者の労働時間への影響（〇は一つ）

次いで、経営者の労働時間の変化であるが、多い順に「変わらない」（61.0%,83社）、「やや減った」（14.7%,20社）、「増えた」（11.0%,15社）であった（表24,n=136）。また、「増えた」（11.0%,15社）と「やや増えた」（9.6%,13社）の合算は28社（20.6%）であった。これに対して、「減った」（3.7%,5社）と「やや減った」（14.7%,20社）は合算で25社（18.4%）であった。

Q25 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う経営者の体調への影響（〇は一つ）

さらに、経営者の体調の変化であるが、「変わらない」（83.1%,113社）が大半を占めた。以下、「やや悪化した」（8.8%,12社）、「好転した」（5.1%,7社）の順であった（表25,n=136）。また、「好転した」（5.1%,7社）と「やや好転した」（0.7%,1社）の合算は8社（5.8%）、これに対して、「悪化した」（2.2%,3社）と「やや悪化した」（8.8%,12社）の合算は15社（11.0%）であった。

Q26 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う経営者の気分への影響（〇は一つ）

最後に、経営者の気分の変化は、「変わらない」（64.7%,88社）が最も多く、以下「やや優れなくなった」（19.1%,26社）、「やや優れるようになった」（6.6%,9社）の順であった（表26,n=136）。また、「優れるようになった」（4.4%,6社）と「やや優れるようになった」（6.6%,9社）の合算（11.0%,15社）に対して、「優れなくなった」（5.1%,7社）と「やや優れなくなった」（19.1%,26社）の合算は33社（24.2%）であった。

（表23）事業継続意欲の変化

項目	構成比	回答数
向上した	11.0%	15
やや向上した	11.8%	16
変わらない	67.6%	92
やや減退した	7.4%	10
減退した	2.2%	3
合計(n)	100.0%	136

（表24）経営者の労働時間の変化

項目	構成比	回答数
増えた	11.0%	15
やや増えた	9.6%	13
変わらない	61.0%	83
やや減った	14.7%	20
減った	3.7%	5
合計(n)	100.0%	136

（表25）経営者の体調の変化

項目	構成比	回答数
好転した	5.1%	7
やや好転した	0.7%	1
変わらない	83.1%	113
やや悪化した	8.8%	12
悪化した	2.2%	3
合計(n)	100.0%	136

（表26）経営者の気分の変化

項目	構成比	回答数
優れるようになった	4.4%	6
やや優れるようになった	6.6%	9
変わらない	64.7%	88
やや優れなくなった	19.1%	26
優れなくなった	5.1%	7
合計(n)	100.0%	136

Q27 各種支援の利用検討状況（〇はいくつでも）

各種支援の利用検討状況を尋ねたところ、「民間金融機関から借入（申込）」（25.9%,59社）が最も多く、以下「政府系金融機関から借入（申込）」（16.2%,37社）、「持続化給付金等の現金給付」（14.5%,33社）の順であった（表27,n=228）。また、金融機関からの借り入れ（「民間金融機関から借入（申込）」（25.9%,59社）及び「政府系金融機関から借入（申込）」（16.2%,37社））の合算は96社（42.1%）であった。

（表27）各種支援の利用検討状況

項目	構成比	回答数
民間金融機関から借入（申込）	25.9%	59
政府系金融機関から借入（申込）	16.2%	37
既往債務の返済条件緩和（要請）	1.8%	4
既往債務の利子減免（要請）	1.3%	3
既往債務の買取（要請）	0.0%	0
クラウドファンディングによる資金調達（予定）	2.2%	5
雇用調整助成金の利用（申請）	13.6%	31
持続化給付金等の現金給付	14.5%	33
その他	2.2%	5
特になし	22.4%	51
合計（n）	100.0%	228

Q28 自由記述欄

今般の危機的状況乗り越えるため取り組みや今後の課題を尋ねたところ、次のような意見が寄せられた（一部抜粋）。

A社 建築資材価格の高騰、価格の不安定さ、納品遅延、職人不足。工期への影響はすでに出ている。

B社 中核技術を確立して不況に負けない企業にする。

C社 ①全体的に仕事は低迷気味（お客さんでも忙しいところと暇なところの二極化になっている）。②ウッドショックといわれる世界的な木材不足が今後大きく影響しそう。

D社 売上高比率の分散、売上高比率の業種分散、認知度の不足

E社 オンラインが弱かった。営業出来ていると思っていたが、今回のコロナで大したことないと感じた。

F社 車の生産台数制限による生産調整に入ったのでメンテナンスもしなくなった。

G社 風評被害

H社 対面営業以外での拡販への課題

I社 動画制作 web制作において、今般ニーズが増えているので影響なし。

J社 営業活動ができない。採用活動が思うように進まない（対面での面接が困難）。得意先との打ち合わせが困難

「広島県中小企業家同友会福山支部 2021 年 新型コロナウイルス感染症の影響に
関するアンケート調査」結果報告

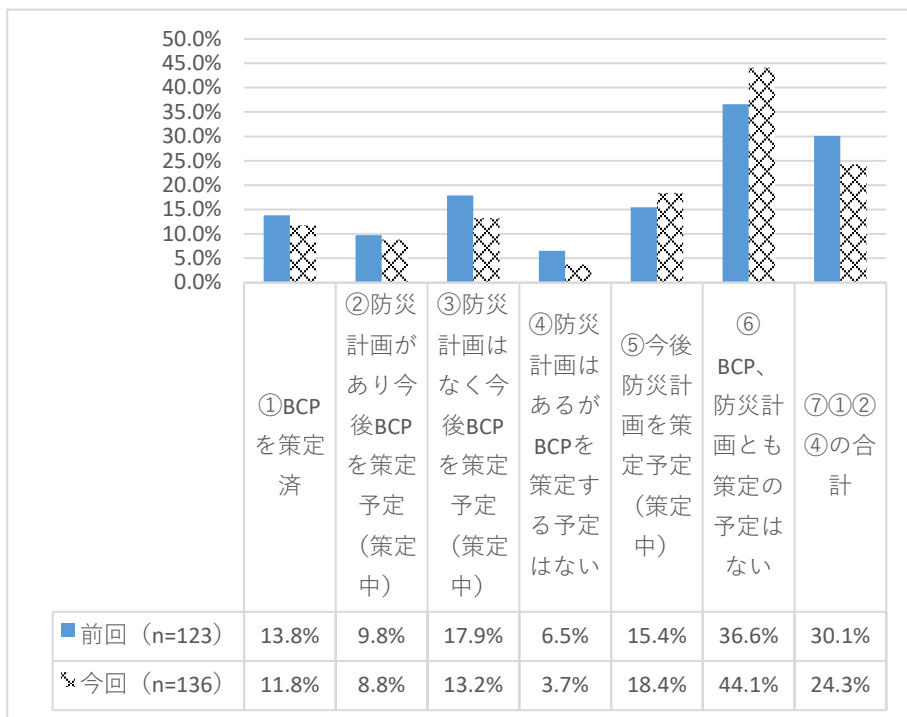
- K社 対面での商談が難しくなったが、オンライン商談が出来ない一部のお客さまもいらっしゃり、対応に苦慮している。
- L社 ズーム等の整備必要性
- M社 借入によって、現状ゆとりがある。心に余裕が出来たので、次の手を打つ意志が生まれた。現金の力を感じました。
- N社 コロナ禍で様々な支援策があったことで逆に従業員の危機感が低下。経営陣が考えている不安とのギャップが広がってしまった。不安を煽ることはまた違うが現状の立ち位置を把握してもらい社員もともに立ち向かってほしい。
- O社 経営者が高齢のため、感染者が回りで増加した際に感染のリスクは高いと考える。ワクチン接種等の国の明確な見通しも確定しておらず、自粛にも限界がある。幸い近隣では感染者はいないと思われるが個人では防止できない状態になった場合、対応できない。
- P社 新型コロナウイルスなどの感染症の場合、事務所全体が休業せざるを得なくなり、客先の依頼業務が滞ることとなる。業務を最低限でも継続するための同業者との連携などを模索する必要を強く感じる。
- Q社 都市部にどうしても出張が必要なことから、社内で簡易的なPCR検査ができないかと思っています。
- R社 自分やスタッフが感染源となってしまった時の対策も必要だと感じた。
- S社 社員が感染した場合の想定が出来ておらず、在宅勤務等、環境の整備が必要になると感じました。
- T社 弊社はBCPの策定ができていないので、防災計画と合わせて策定する必要を強く感じる。
- U社 新型コロナウイルスの情報を正確に把握し、感染対策をした上で、過度に恐れないう心掛けしている。経済に無知な感染症医師の意見だけでなく、エコノミストの意見も同様に聞くようにしている。
- V社 全体的に感染の危機感が薄い。全事業所のPCR検査を強制的に行うべき。
- W社 COVID-19に対する楽観論者のマスク不着用での接近やお酒を伴う飲食の誘い（「参加はあくまで自己責任で」と言いながらも強く誘ってくる）のが腹立たしい。もし、自分ないし自社で感染があつて無駄に公になった場合、最低でも廃業までは覚悟している。いまだにマスク不着用で来社される取引先が散見される。正直恐ろしい（「入口にマスク着用をお願い」の張り紙をしたら減った）。

3. 前回調査との比較⁷

3.1.1 防災計画・BCP 策定状況の変化

「BCP、防災計画とも策定の予定はない」との回答割合が前回調査（36.6%）に対して 44.1%、7.5%増加した（図 1）。一方、「BCP を策定済」、「防災計画があり今後 BCP を策定予定（策定中）」及び「防災計画はあるが BCP を策定する予定はない」との回答割合は同 30.1%から 24.3%と-5.8%減少した。

（図 1）防災計画・BCP 策定状況の変化

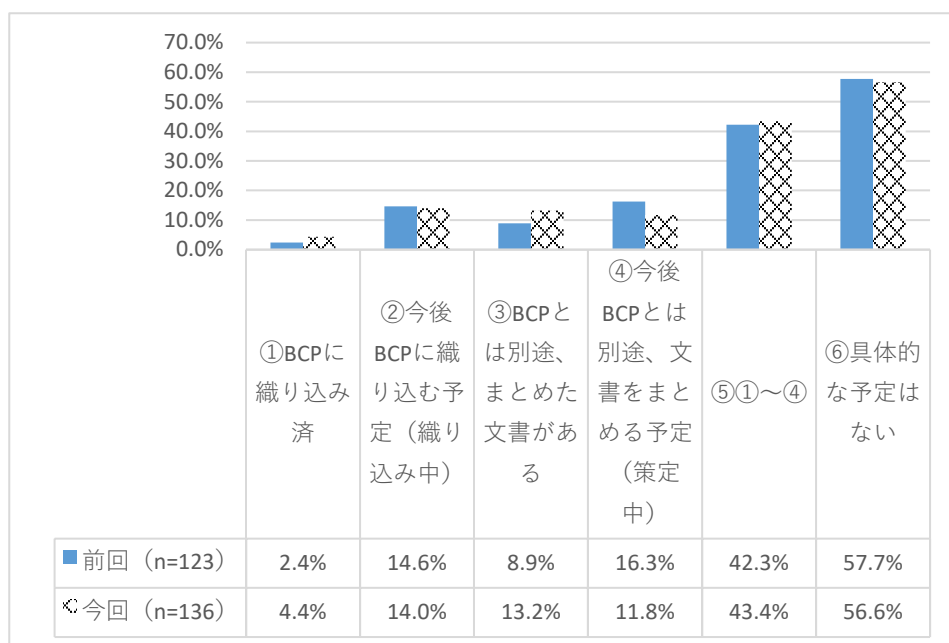


⁷前回調査とは、広島県中小企業家同友会福山支部の協力を得て、2020年5月7日に実施したWEB調査『新型コロナウイルス感染症の中小企業経営への影響に関する緊急アンケート調査』である（回答締切日5月20日）。アンケートの回答数は123通（配信数648通）、有効回答率は19.0%であった。質問は全25項目、具体的には、回答者の基本属性、新型コロナウイルス感染症の経営への影響、BCP策定や感染症対策の現状、経営者の健康問題などで、これらの内容に関して、概ね3月末日時点の状況を尋ねた。

3.1.2 感染症への対策状況の変化

「BCP に織り込み済」、「今後 BCP に織り込む予定（織り込み中）」、「BCP とは別途、まとめた文書がある」及び「今後 BCP とは別途、文書をまとめる予定（策定中）」との回答割合は前回調査 42.3%に対して 43.4%（1.1%増加）、「具体的な予定はない」が同 57.7%から 56.6%（-1.1%減少）と、ほとんど変化はなかった（図 2）。

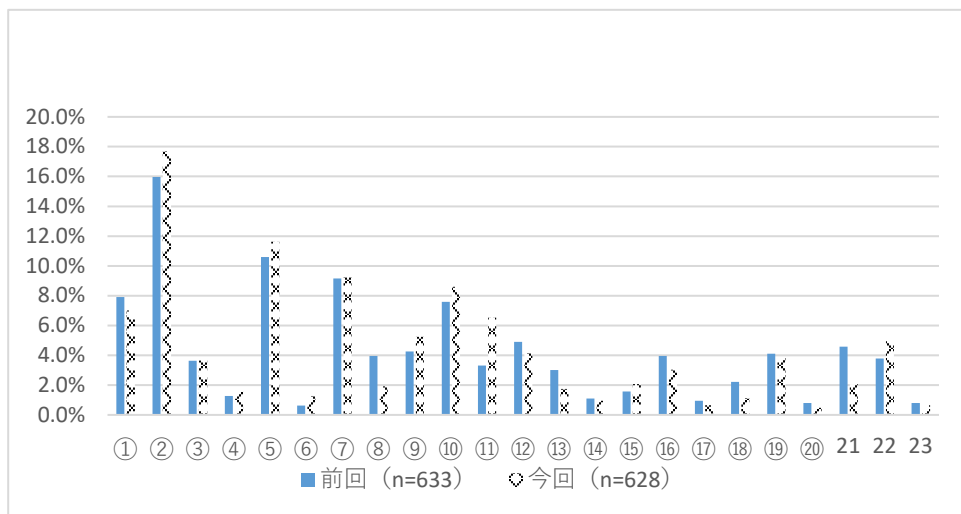
（図 2）感染症への対策状況の変化



3.1.3 BCPの有無に関わらず、感染対策を進めている取り組みの変化

BCPの有無に関わらず、感染対策を進めている取り組みは、前回調査と比較して、大きな変化はなかった(図3)。対策の中心は、「衛生資材(マスク・消毒液など)の備蓄」(前回16.0%、今回17.7%、差引1.7%)、「社員とその家族に対する感染予防策の指導」(同10.6%、同11.6%、同1.0%)、「感染した(または恐れのある)社員の一定期間の自宅待機」(同9.2%、同9.2%、同0.1%)、「対面会議を減らすための電話・ビデオ会議システムの活用」(同7.6%、同8.6%、同1.0%)であった。

(図3) BCPの有無に関わらず、感染対策を進めている取り組みの変化



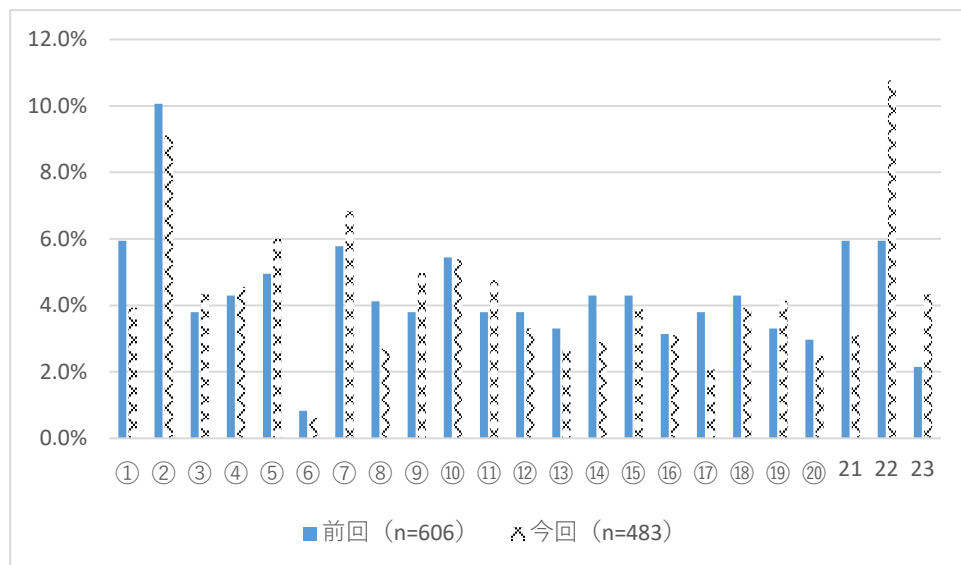
No	項目	前回 (n=633)	今回 (n=628)	増減
①	発生国・地域への社員の渡航禁止	7.9%	7.0%	-0.9%
②	衛生資材(マスク・消毒液など)の備蓄	16.0%	17.7%	1.7%
③	対策本部の設置や指揮命令系統の明確化	3.6%	3.7%	0.0%
④	経営者の代行者の選定	1.3%	1.6%	0.3%
⑤	社員とその家族に対する感染予防策の指導	10.6%	11.6%	1.0%
⑥	海外勤務・出張者の退避や帰国	0.6%	1.3%	0.6%
⑦	感染した(または恐れのある)社員の一定期間の自宅待機	9.2%	9.2%	0.1%
⑧	社内感染者への対応要員向け保護具(ゴーグル・手袋など)の準備	3.9%	1.9%	-2.0%
⑨	感染した(または恐れのある)社員の全社的な罹患状況の把握	4.3%	5.3%	1.0%
⑩	対面会議を減らすための電話・ビデオ会議システムの活用	7.6%	8.6%	1.0%
⑪	訪問者の立ち入り制限や入り口などでの検温の実施	3.3%	6.5%	3.2%
⑫	地域・社員・取引先の罹患状況や対応方針など社内向けの情報周知	4.9%	4.1%	-0.8%
⑬	時差出勤や代替通勤手段の活用	3.0%	1.8%	-1.2%
⑭	欠勤者や自宅待機の退出、事業所の一部閉鎖に備えた業務の絞り込み	1.1%	1.0%	-0.2%
⑮	定期的な教育・訓練の実施	1.6%	2.1%	0.5%
⑯	感染拡大防止のための在宅勤務の実施	3.9%	3.0%	-0.9%
⑰	社員の罹患状況や事業継続状況などの対外広報体制	0.9%	0.6%	-0.3%
⑱	流行終息までの各段階に応じた重要業務の維持すべき業務水準の検討	2.2%	1.1%	-1.1%
⑲	販売先・仕入先の罹患状況や事業継続状況の把握	4.1%	3.8%	-0.3%
㉑	社内発生・感染拡大・大流行など各段階に応じた人員配置計画	0.8%	0.5%	-0.3%
㉒	事業縮小・停止や需要不振に備えた財務計画(融資や内部留保など)	4.6%	2.1%	-2.5%
㉓	感染者が出た場合でも事業継続可能な体制の整備	3.8%	4.9%	1.1%
㉔	自宅療養または自宅待機する社員の身の回りの世話など生活支援	0.8%	0.6%	-0.2%

「広島県中小企業家同友会福山支部 2021 年 新型コロナウイルス感染症の影響に
関するアンケート調査」結果報告

3.1.4 今後、感染対策を検討する（検討中）必要がある取り組みの変化

今後、感染対策を検討する（検討中）必要がある取り組みでは、「感染者が出た場合でも事業継続可能な体制の整備」が前回調査での 5.9%に対して 10.8%、4.8%の増加となった（図 4）。

（図 4）今後、感染対策を検討する（検討中）必要がある取り組みの変化

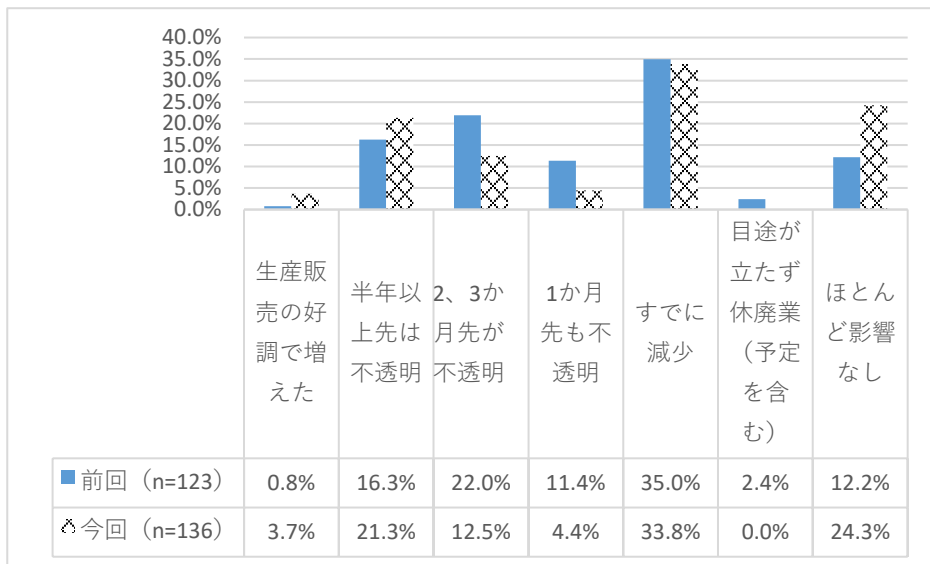


No	項目	前回(n=606)	今回(n=483)	増減
①	発生国・地域への社員の渡航禁止	5.9%	3.9%	-2.0%
②	衛生資材(マスク・消毒液など)の備蓄	10.1%	9.1%	-1.0%
③	対策本部の設置や指揮命令系統の明確化	3.8%	4.3%	0.6%
④	経営者の代行者の選定	4.3%	4.6%	0.3%
⑤	社員とその家族に対する感染予防策の指導	5.0%	6.0%	1.1%
⑥	海外勤務・出張者の退避や帰国	0.8%	0.6%	-0.2%
⑦	感染した(または恐れのある)社員の一定期間の自宅待機	5.8%	6.8%	1.1%
⑧	社内感染者への対応要員向け保護具(ゴーグル・手袋など)の準備	4.1%	2.7%	-1.4%
⑨	感染した(または恐れのある)社員の全社的な罹患状況の把握	3.8%	5.0%	1.2%
⑩	対面会議を減らすための電話・ビデオ会議システムの活用	5.4%	5.4%	-0.1%
⑪	訪問者の立ち入り制限や入り口などでの検温の実施	3.8%	4.8%	1.0%
⑫	地域・社員・取引先の罹患状況や対応方針など社内向けの情報周知	3.8%	3.3%	-0.5%
⑬	時差出勤や代替通勤手段の活用	3.3%	2.7%	-0.6%
⑭	欠勤者や自宅待機の続出、事業所の一部閉鎖に備えた業務の振り込み	4.3%	2.9%	-1.4%
⑮	定期的な教育・訓練の実施	4.3%	3.9%	-0.4%
⑯	感染拡大防止のための在宅勤務の実施	3.1%	3.1%	0.0%
⑰	社員の罹患状況や事業継続状況などの対外広報体制	3.8%	2.1%	-1.7%
⑱	流行終息までの各段階に応じた重要業務の維持すべき業務水準の検討	4.3%	3.9%	-0.4%
⑲	販売先・仕入先の罹患状況や事業継続状況の把握	3.3%	4.1%	0.8%
⑳	国内発生・感染拡大・大流行など各段階に応じた人員配置計画	3.0%	2.5%	-0.5%
㉑	事業縮小・停止や需要不振に備えた財務計画(融資や内部留保など)	5.9%	3.1%	-2.8%
㉒	感染者が出た場合でも事業継続可能な体制の整備	5.9%	10.8%	4.8%
㉓	自宅療養または自宅待機する社員の身の回りの世話など生活支援	2.1%	4.3%	2.2%

3.1.5 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う売上高への影響の変化

今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う売上高への影響の変化は、「ほとんど影響なし」（前回 12.2%、今回 24.3%、増減 12.1%）が最も多く、以下「2、3 か月先が不透明」（同 22.0%、同 12.5%、同-9.5%）、「1 か月先も不透明」（同 11.4%、同 4.4%、同-7.0%）の順であった（図 5）。

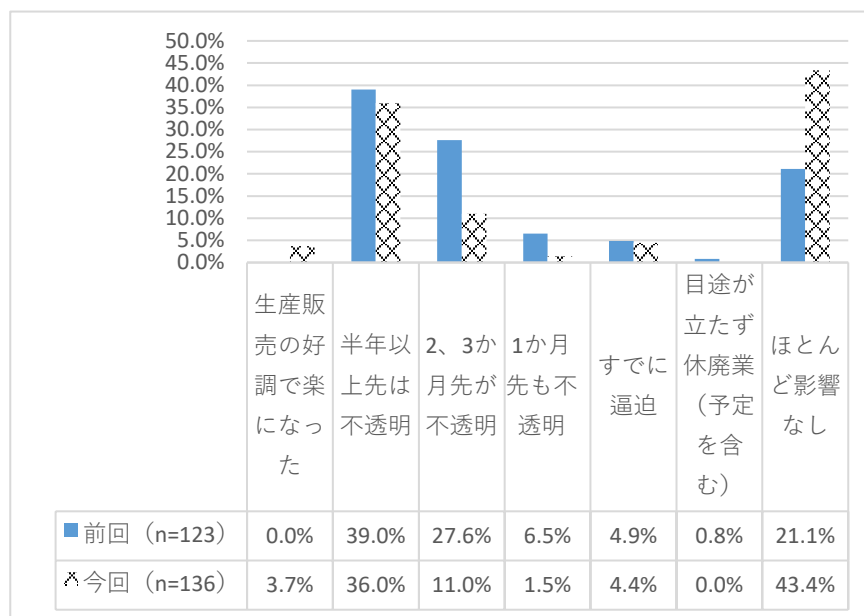
（図 5）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う売上高への影響の変化



3.1.6 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う資金繰りへの影響の変化

この項目に関しては、「ほとんど影響なし」（前回 21.1%、今回 43.4%、増減 22.2%、「2、3 か月先が不透明」（同 27.6%、同 11.0%、同-16.6%）の変化が大きかった（図 6）。

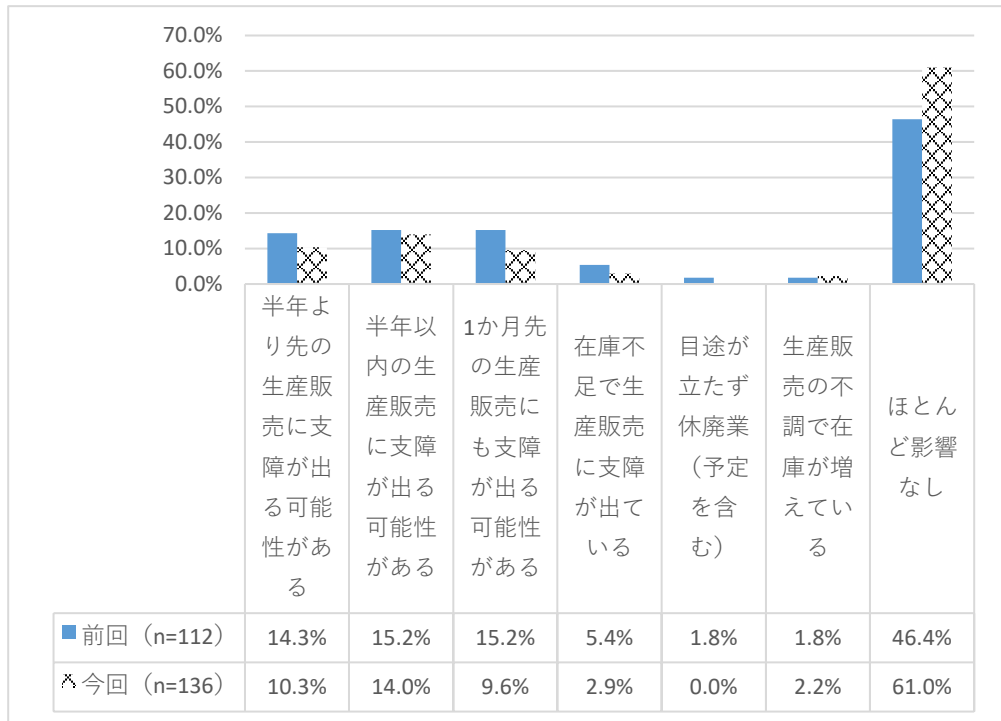
（図 6）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う資金繰りへの影響の変化



3.1.7 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う在庫水準への影響の変化

この項目については、「ほとんど影響なし」（前回 46.4%、今回 61.0%、増減 14.6%）の変化が大きかった（図 7）。

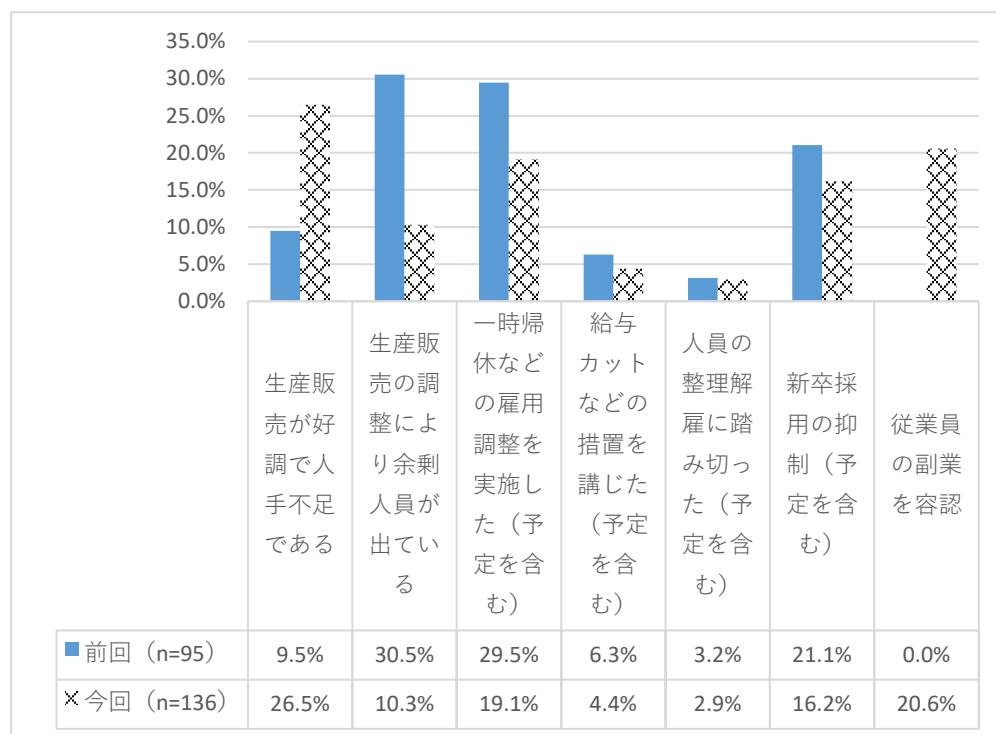
（図 7）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う在庫水準への影響の変化



3.1.8 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う雇用への影響の変化

この項目では、「生産販売の調整により余剰人員が出ている」（前回 30.5%、今回 10.3%、増減-20.2%）と、「生産販売が好調で人手不足である」（同 9.5%、同 26.5%、同 17.0%）の変化が大きかった（図 8）⁸。

（図 8）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う雇用への影響

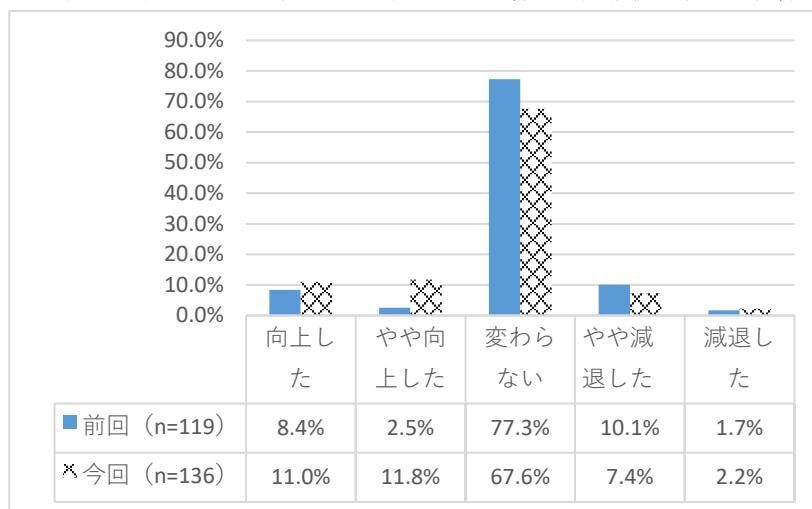


⁸ 「従業員の副業を容認」は前回調査では質問項目としていない。

3.1.9 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う事業継続意欲への影響の変化

事業継続意欲は「変わらない」が前回調査の 77.3%に対して、今回が 67.6%、-9.7%の減少となった。そして、「やや向上した」が同 2.5%から 11.8%、9.2%の増加となった（図 9）。

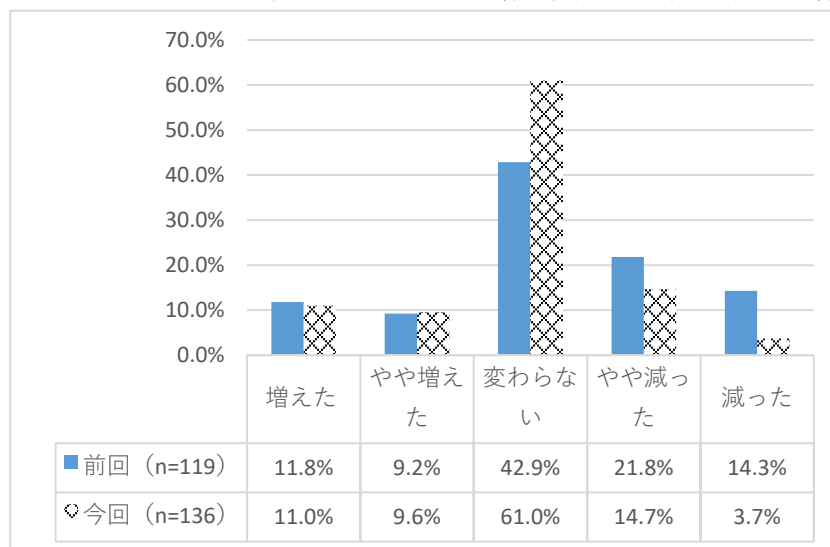
（図 9）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う事業継続意欲への影響の変化



3.1.10 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う経営者の労働時間への影響の変化

労働時間は、「変わらない」（前回 42.9%、今回 61.0%、増減 18.2%）が最も多く、以下「減った」（同 14.3%、同 3.7%、同-10.6%）、「やや減った」（同 21.8%、同 14.7%、-7.1%）の順であった（図 10）。

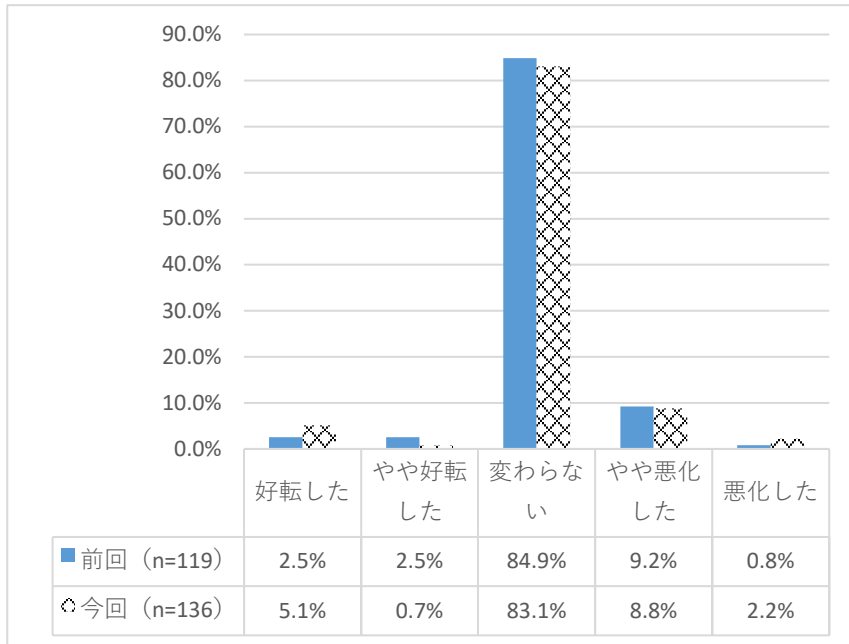
（図 10）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う経営者の労働時間への影響の変化



3.1.11 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う経営者の体調への影響の変化

経営者の体調にはあまり変化は見られなかった。最も大きいのが「好転した」で前回調査 2.5%、今回 5.1%、2.6%の増加であった（図 11）。

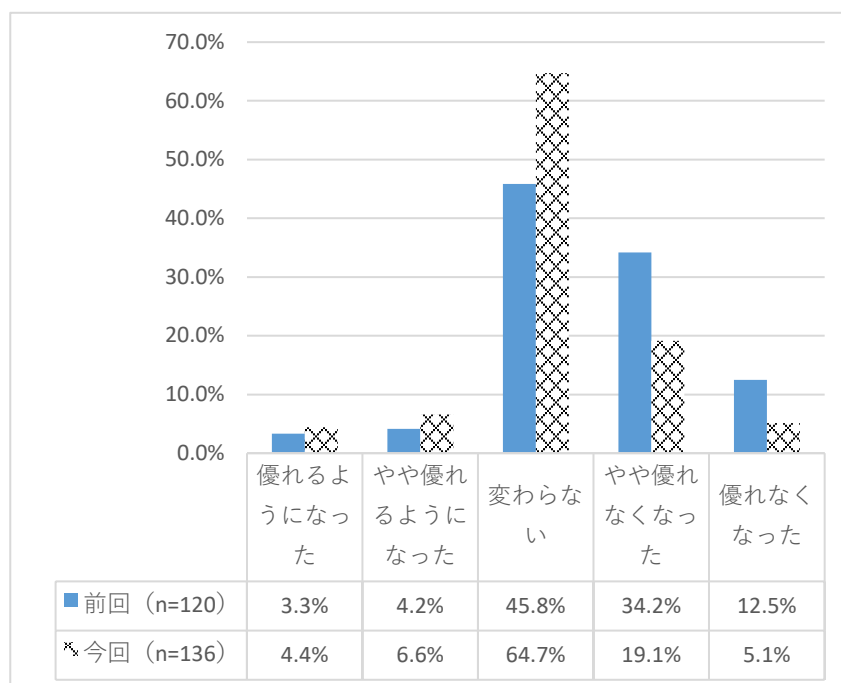
（図 11）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う経営者の体調への影響の変化



3.1.12 今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う経営者の気分への影響の変化

経営者の気分の変化は多い順に、「変わらない」（前回 45.8%、今回 64.7%、増減 18.9%）、「やや優れなくなった」（同 34.2%、同 19.1%、同 -15.0%）、「優れなくなった」（同 12.5%、同 5.1%、同-7.4%）であった（図 12）。

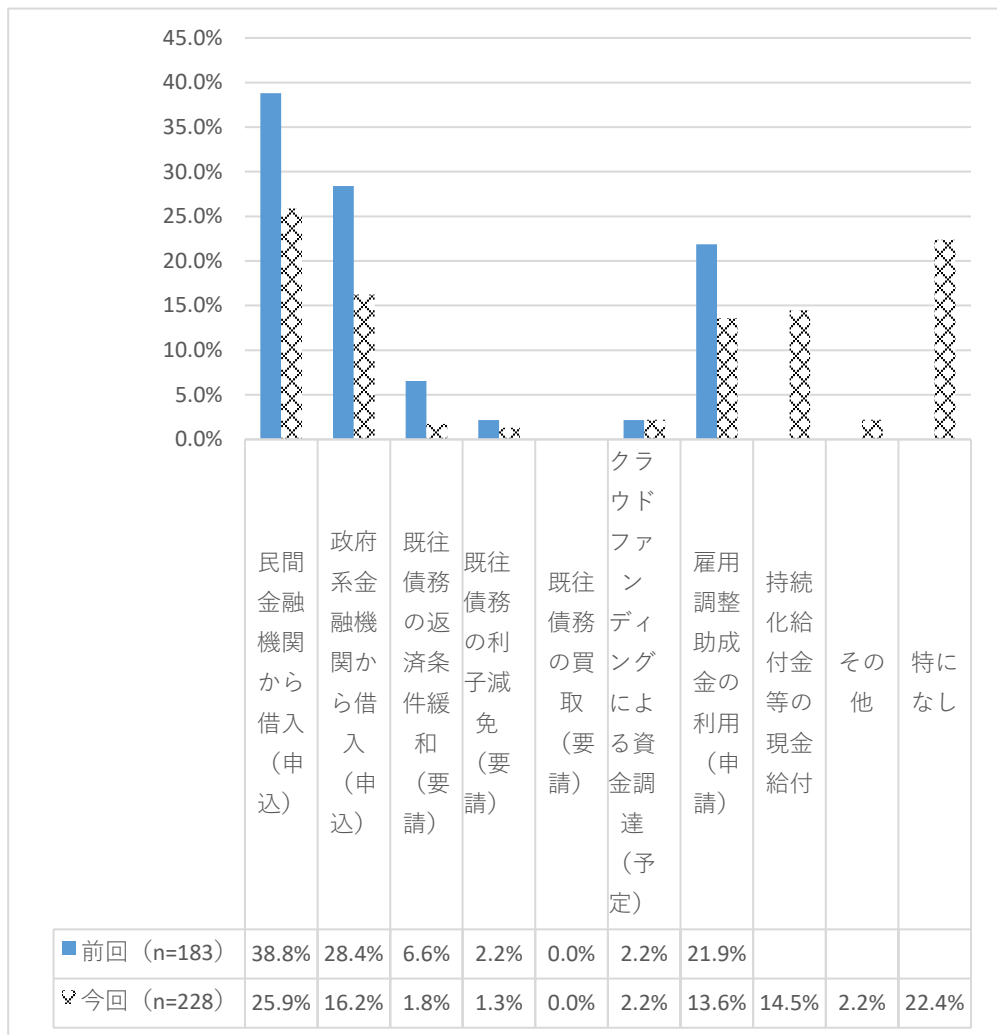
（図 12）今般の新型コロナウイルスの世界的流行に伴う経営者の気分への影響の変化



3.1.13 各種支援の利用検討状況の変化

各種支援の利用検討状況は、「民間金融機関から借入（申込）」が前回調査 38.8%から今回 25.9%、-12.9%の減少、「政府系金融機関から借入（申込）」も同 28.4%から同 16.2%、-12.2%の減少となった。また、「雇用調整助成金の利用（申請）」も前回調査の 21.9%から今回 13.6%、-8.3%の減少となった（図 13）⁹。

（図 13）各種支援の利用検討状況の変化



⁹ 「持続化給付金等の現金給付」、「その他」及び「特になし」は前回調査では質問項目としていない。

4. おわりに

以下、前回調査との比較も交えつつ、本稿のまとめとしたい。

(1) 中小企業の経営特性と感染症リスク

自由記述欄において、「新型コロナウイルスなどの感染症の場合、事務所全体が休業せざるを得なくなり」(P 社)とか「経営者が高齢のため、感染者が回りで増加した際に感染のリスクは高いと考える」(O 社)との指摘もあるように、中小企業の経営特性と感染症リスクは表裏の関係にある。つまり、事業所数が「1 か所」もしくは「2 か所」の企業は約九割(86.1%)に達する。また、生産販売も徐々に戻りつつあり、人出不足感が出始めている。こうしたなか社内で感染が発生した場合、事業所も人員もバックアップの不足(欠如)により、事業活動の停滞を余儀なくされ、ビジネスチャンスを逃してしまうリスクが生じうる(経済損失の発生)。事実、社会的重要性の程度に関わらず、業務の縮小・休止を決断する際の目安として、「社内で感染者が出た場合、自発的に業務を縮小・休止」と「地域や社内で感染者が発生した場合、取引先の了解を得られれば業務を縮小・休止」と回答した企業が約四割(43.1%,102 社)に達する。

さらに、人材が見つからないなどの理由で約半数(56.3%)の企業で後継者不在の状態が生じている。自然災害等に見舞われた際の経営者の代行者を取り決めていない企業も約3割(29.4%)ある上、経営者(事業主)の三人に一人(35.3%)は60歳以上である。つまり、経営者の高齢化と後継者の不在は、事業承継の阻害要因として指摘されて久しいが、災害という非常時においても、事業継続のリスクとなりうる。

このことについて、今般の事態に伴い、経営者の体調や気分は、前回調査と比べて好転しているものの、前者において、悪化したとの回答が、好転したとの回答を上回っている(「悪化した」と「やや悪化した」の合算は11.0%、「好転した」と「やや好転した」の合算は5.8%)。後者についても、優れなくなったとの回答が、優れるようになったとの回答を上回っている(「優れなくなった」と「やや優れなくなった」の合算は24.2%、「優れるようになった」と「やや優れるようになった」の合算は11.0%)。また、「経営者の突然の喪失」と「後継者の突然の喪失」を、自社の想定する自然災害等のリスクとして捉えている企業は、12.7%(76 社)であった。

(2) 組織的対応力の進化とその限界

想定する自然災害等のリスクは、「地震・噴火・台風等の自然災害」と「新型コロナウイルス等の感染症」の合算で約三割(29.3%,175 社)を占めた。そして、こうしたリスクへの取り組み状況であるが、防災計画やBCPの策定率は24.3%(33 社)であり、前回調査の30.1%から-5.8%減少した。それらの策定期間の中心は2015年以降(90.9%、30 社)、また、その契機は「西日本豪雨」と「新型コロナパンデミック」が約半数(55.2%,16 社)であった。「弊社はBCPの策定ができていないので、防災計画と合わせて策定する必要を強く感じる」(T 社)との指摘もあるように、被災を機に、自然災害等のリスクに向き合う

姿勢が高まる様子が伺える。

他方、防災計画・BCP を策定していなかった理由もしくは今後も防災計画または BCP を策定しない理由では、前者について、「経営陣の認識不足」、「知識・情報の不足」及び「取り組み時間の不足」の合算で約三分の二（65.0%,50 社）を、後者に関して、「知識・情報の不足」、「経営陣の認識不足」及び「マネジメントの方法自体が分からない」の合算は約半数（55.0%,66 社）を、それぞれ占めた。また、前回調査との比較において、「BCP、防災計画とも策定の予定はない」との回答が 7.5%増加しているが、（経営陣の認識不足はさておき）知識、情報、時間あるいは方法といったテクニカルな部分で、リスクへの具体的な対応が進んでいない企業（進められない企業）が傾向的に増加しているように思われる。

こうしたテクニカルな部分における対応の不十分さは、社会的重要性の高い業務を遂行する上でのネックともなる。社会的重要性の高い業務を遂行する上での課題の約半数（55.8%,124 社）が「社員の欠勤や自宅待機を想定した人員計画が困難」、「BCP など対応計画が不十分」もしくは「教育・訓練が不十分」であった。

ところで、BCP の有無に関わらず感染対策を進めている取り組みは、前回調査と比較して大きな変化はなく、その中心は「衛生資材（マスク・消毒液など）の備蓄」、「社員とその家族に対する感染予防策の指導」、「感染した（または恐れのある）社員の一定期間の自宅待機」及び「対面会議を減らすための電話・ビデオ会議システムの活用」で、それらの合算で約四割（38.5%、242 社）を占めた。他方、今後、感染対策を検討する（検討中）必要がある取り組みでは、「感染者が出た場合でも事業継続可能な体制の整備」が前回調査の 5.9%に対して 10.8%、4.8%の増加となった。こうした回答からも、当座をしのぎつつも徐々に、将来の事業継続に向けた意識が高まっていく企業の姿が伺える。「社員が感染した場合の想定が出来ておらず、在宅勤務等、環境の整備が必要になると感じました」とは S 社の指摘であるが、たとえ、被災前には想定外で準備が行き届かなかったとしても、被災後にそのことに気付き、そして、対処の必要性を実感することもまた、組織的対応力の進化のための重要な要件といえないだろうか。

（3）ポストコロナへの光明

最後に、前回調査と比較しつつ、ポストコロナへの光明を見出してゆこう。売上高と資金繰りは若干先行きが明るくなったように思われる。前者では、「2、3 か月先が不透明」と「1 か月先も不透明」の合算が-16.5%となり、後者は、「借入によって、現状ゆとりがある。心に余裕が出来たので、次の手を打つ意志が生まれた。現金の力を感じました」（M社）との指摘もあるように、民間もしくは政府系の金融機関からの借入などによって、当座の不透明感が減少し（例えば、「2、3 か月先が不透明」は-16.6%、「ほとんど影響なし」が 22.2%の増加となった。また、経営者の労働時間も「減った」と「やや減った」が-17.7%減少（つまり労働時間が増加）、気分も同様に「やや優れなくなった」と「優れなくなった」が-22.4%の減少（つまり気分が好転）となった。こうした一連の状況を反映してか、事業継続意欲も傾向的に向上している。具体的には、前回調査と比べて、「やや向上した」との回答が 9.2%増加した。

「広島県中小企業家同友会福山支部 2021 年 新型コロナウイルス感染症の影響に
関するアンケート調査」結果報告

他方、雇用情勢についても好転の兆しが見えるが、若干の注意は必要であろう。例えば、「雇用調整助成金の利用（申請）」が-8.3%減少していることに加えて、「生産販売の調整により余剰人員が出ている」が-20.2%と減少、「生産販売が好調で人手不足である」が 17.0%の増加という点はポジティブに捉えることができるが、それ以外の回答はいまだ約六割（63.2%,86 社）を占める（「一時帰休などの雇用調整を実施した（予定を含む）」、「給与カットなどの措置を講じた（予定を含む）」、「人員の整理解雇に踏み切った（予定を含む）」、「新卒採用の抑制（予定を含む）」及び「従業員の副業を容認」の合算）。また、各種支援の利用検討状況のうち「民間金融機関から借入（申込）」と「政府系金融機関から借入（申込）」が合算で-25.2%減少しているが、それでも両方で約四割（42.1%、96 社）の企業が、金融機関からの借入を余儀なくされている。二重ローンの問題が被災から数年後に顕在化することがあるが、今般の事態においても、企業の財務状況という観点からも、長期的な事業継続のための支援の在り方を考えていく必要があると思われる。

謝辞

アンケート調査にご協力いただいた広島県中小企業家同友会福山支部の皆さまに、あつく御礼申し上げます。なお、この研究は、JSPS 科研費（課題番号 19K13791 及び 21H00751 及び関西大学経済・政治研究所の助成により、実施しています。また、本研究の成果は、著者自ら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を反映するものではありません。末筆となりますが、今般の新興感染症をはじめ、あらゆる疫病や自然災害で、被災された方々に心よりお見舞い申し上げます。また、皆様方の一日も早い、復旧復興、安寧を心よりお祈り申し上げます。

参考文献

- [1] NHK ホームページ(<https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/world-data/>) 2022 年 1 月 5 日閲覧
- [2] 中小企業庁（2009）『中小企業 BCP 策定運用指針を用いた新型インフルエンザ対策のための中小企業 BCP(事業継続計画)策定指針』。
- [3] 中小企業庁（2018）『中小企業白書 2018 年版』日経印刷。
- [4] 帝国データバンク（2019）『特別企画：事業継続計画（BCP）に対する企業の意識調査（2019 年）』。
- [5] 福山市（<https://www.city.fukuyama.hiroshima.jp/soshiki/johokanri/183365.html>） 2022 年 1 月 11 日閲覧）。

堀越 昌和

業績測定の逆機能における初期の研究に 対する一考察

宗像 智仁

福山平成大学経営学部経営学科

要旨：業績測定に関する問題というのは、古くから指摘されているが、それに対して統一的な見方がまだないとされている。本研究では、統一的な見方を確立するために、宗像(2021)の業績測定の逆機能の定義をもとに、初期の研究と考えられる Argyris の研究と Hirst の研究について、整理をし、その位置づけについて考察を行っている。

キーワード：業績測定、予算管理、逆機能

はじめに

管理会計分野において、業績測定システムが人々の行動や組織の能力そして業績に重要な影響を与えることが示されている一方で (Franco-Santos et al., 2012), 業績を測定することに関して常に問題が伴うということも古くから指摘されており (Ridgway, 1956), それらは決して新しい問題ではない (Anthony and Govindarajan, 2007; Simons, 1995; Simons, 2000)。しかし、その業績測定が抱える問題について、いまだ統一的な見方というもの確立されていないとされる (Gray et al., 2015)。こうした状況に対し、宗像(2020a, 2020b, 2021)では、管理会計システムの1つ見方とされる意思決定アプローチと影響アプローチという考え方とシステム論を組み合わせ、業績測定システムの概念モデルを構築し、そこから業績測定に伴う問題を説明しようと試みた。本研究では、その業績測定の問題に関して、初期の研究の位置づけに対する考察を行う。

第1節 先行研究の検討と研究方法

本節ではまず第1項で先行研究の検討を行い、本研究の位置づけを明らかにする。続く第2項では本研究の研究方法を述べる。

第1項 先行研究の検討

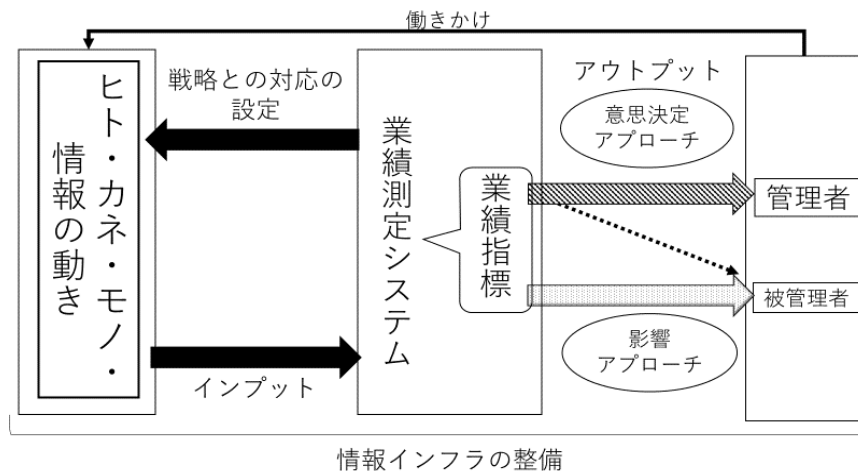
管理会計分野において、業績測定システムが人々の行動や組織の能力そして業績に重要な影響を与えることが示されている一方で (Franco-Santos et al., 2012), 業績を測定することに関して常に問題が伴うということも古くから指摘されており (Ridgway, 1956), それらは決して新しい問題ではない (Anthony and Govindarajan, 2007; Simons, 1995; Simons, 2000)。Hopwood (1983) は、予算管理のシステムの裏をかくといった行為については、多くの先

行研究で叙述されているが、喫緊の問題はそれらを体系的に理解することであると指摘している (Hopwood, 1983)。しかし、一方でその業績測定が抱える問題についていまだ統一的な見方というもの確立されていないとされる (Gray et al., 2015)。

こうした状況において宗像 (2020a, 2020b, 2021) では、管理会計システムの1つ見方とされる意思決定アプローチと影響アプローチという考え方と、システム論を組み合わせるかたちで、業績測定システムの概念モデルを構築し、そこから業績測定に伴う問題というもの説明しようと試みた。

管理会計には伝統的に2つの見方があるとされる。たとえば廣本 (1989a) によると、管理会計システムの役割には経営管理者の意思決定に役立つ情報を提供するために存在するという考え方と従業員に良い仕事をしてもらうために存在するという考え方があるとされる。そして前者を意思決定アプローチ、後者を影響アプローチとよんでいる (廣本, 1989a)。また上總 (2017) によると、管理会計は会計情報の収集、総合、報告というプロセスを通じて2つの主要機能を担うとされる。1つが財産管理機能であり、これは利潤分配のための管理であるとされる。そしてもう1つが動機づけ機能であり、企業の組織構成員に積極的に対応し、管理者集団や一般従業員の好意的な納得と自発的な行動を引き出すことである (上總, 2017)。

これらの管理会計に対する2つの見方と、システム論としてのシステムのインプットとアウトプットの関係に着目し、宗像 (2021) が作成した図が以下の通りである。



図表1 2つのアプローチと業績測定システムの関係
(出所：宗像，2021，35 頁)

図表1はシステムとしての業績測定がどのような流れで意思決定アプローチと影響アプローチとして主体に機能するかを示している。Franco-Santos et al. (2007) は業績測定システムの定義に関する文献レビューから、業績測定システムの必要な特徴は業績指標、ゴール (戦略目標)、そして業績測定システムを支える情報インフラであると主張する。図表1

業績測定の逆機能における初期の研究に対する一考察

では、両端にヒト・カネ・モノ・情報の動きとそれに働きかける管理者と被管理者を配置している。そしてその間を媒介するものとして業績測定システムを位置付けている。業績測定システムの中に含まれる業績指標から管理者・被管理者へと、意思決定アプローチと影響アプローチの矢印を伸ばしている。

宗像（2021）は上記のモデルを用いて、業績測定の問題を逆機能と機能不全に分類し定義を行った。しかし一連の業績測定の逆機能の研究に対して、初期の研究の位置づけが不明確であった。そこで、本研究ではその位置づけを明確にし、宗像（2021）の研究を発展させるを試みる。

第2項 研究方法

本研究では、上記の先行研究によって明らかになった課題に対し、文献研究によって取り組む。文献研究によって、宗像（2020a, 2020b, 2021）の研究によって示された概念モデルを用いて、業績測定の逆機能の初期の研究の位置づけについて考察をしていく。

第2節 予算がもたらす影響についての初期の研究

本節では、小菅（1997）が行動的予算管理研究の先駆けとして位置付けているArgyris（1952, 1953）の研究とそのArgyrisの研究で提示された問題点を検証したDecoster and Fertakis（1968）の研究をレビューする。Argyrisでは、被管理者（工場の管理者）と管理者（予算担当者）によって予算の捉え方が異なることについて言及している。予算管理というシステムが管理者と被管理者に対して作用し、それが予算管理における問題をもたらししていることについて指摘している。Decoster and Fertakis（1968）はそのArgyrisの研究で明らかになった問題点について、質問票調査により検証をしている¹。

第1項 Argyrisの研究の概要

Argyris（1952, 1953）の研究の目的は、予算が工場の管理者に与える人間関係への影響についての問題点を調査し、問題提起を行うことであった。調査の際に研究チームは、予算について工場の管理者がどう感じているかということと、同じ予算に対して予算担当者はどのように感じているかに焦点を当てることから始めている。この調査を通じて研究チームが明らかにしたいことは以下の5項目であり、調査対象として4つの工場にインタビューを行っている（Argyris, 1952, pp. 2-4）²。

- ① 予算担当者は自身の仕事をどのように捉えているのか。
- ② 予算担当者は工場の人との間で何が問題であると考えているのか。また予算担当者が認識していない問題は何か。
- ③ 工場の管理者は自身の仕事をどのように捉えているのか。

¹ Argyris の研究の詳細なレビューについては、小菅（1997）や宗像（2021）を参照。

² Argyris（1953）の論文では3つの工場となっている。

- ④ 工場の管理者は予算担当者もしくは予算との関係で何が問題であると考えているのか。また彼らが認識していない問題は何か。
- ⑤ 予算に対する価値観や態度、感情について、工場の人と予算担当者の上に似た点、異なる点は何か。

第2項 Argirisの研究の結果と問題提起

Argiris (1952,1953) は、インタビュー調査の結果、予算を課す側（予算担当者）予算を課される側（工場の管理者）では、予算に対する見方や予算から受ける印象に差があることを指摘した。まず予算を課す側である予算担当者は、予算に対して以下のような見方を持っているという（Argiris, 1952, pp. 6-7）。

- ① 予算は物事をより良くするための手段であり、常に改善の余地を探しそれらをトップマネジメントへと報告するものである。
- ② 予算は適切に使用すれば、素早く改善を始めることができる手段である。できる限り早くトップマネジメントの手にその結果が伝わる時、予算は最も価値がある。
- ③ 工場の管理者に圧力を与える手段である。
- ④ 目標を提示し、工場の人々を動機づけるものである。

一方で、予算に対する工場管理者の考え方としては、以下の点があげられている（Argiris, 1952, pp. 11-13）。

- ① 予算報告書は結果だけを示し、その理由については示さない。
- ② 予算は過去の業績を強調する一方で、工場管理者は現在の日々の状況を強調する。
- ③ 予算は硬直的であり、一度設定されると予算担当者は変更することを嫌がる。
- ④ 予算を設定する側は決して満足することなく、さらなる目標達成の圧力をかける。
- ⑤ 予算担当者側は予算を目標設定装置（goal-setters）と考え、管理者を動機づけるものであると考えているが、管理者側は予算がなければやる気をなくしてしまうような人間であるとみられていることを不快に思っている。
- ⑥ 予算が現実的でないことがある。

以上のような調査結果にもとづき、Argiris (1952, 1953) は人間関係の問題において、予算は以下の4つの影響があると結論付けている。

- ① 予算の圧力は従業員を一致して経営管理者に対抗させ、工場の管理者を緊張状態に追い込む傾向にある。具体的には従業員はグループをつくることで圧力を分散し、個人は緊張から解放されようとする。他方で、現場の管理者は従業員のグループには加わることができない。その圧力は他へ転嫁できないため、その代わり、部門間の対立やスタッフ対工場の対立、圧力の内面化といった方法で対処することになる。そのため、能率性を高めるよう圧力をかけるよりも、能率性を低下させる要因を小さくすべきであると考えられる。
- ② 予算担当者は工場の人々の失敗を発見することによってのみ、成功したという感情を抱くことができる。つまり、工場の失敗は予算担当者の成功をもたらすことになる。そし

て工場の作業員の失敗感は人間関係に問題を起こすとされる。

③ 予算の利用によって、工場の管理者は自身の部門にしか目がいかず、工場全体のことについての見方が欠けてしまう。

④ 工場管理者は自身のリーダーシップを表現する手段として予算を利用し、この態度を嫌う従業員はその結果本来中立的であるはずの予算そのものを非難するようになる。

この Argyris の一連の研究では、予算担当者と工場の管理者の両者が予算に対してそれぞれ異なる捉え方をしていることが、予算管理における問題の要因の一つであることを指摘している。

第3項 Decoster and Fertakis (1968) の検証

Argyris (1952, 1953) は予算がもたらす影響について言及した初期の研究として位置づけられている (小菅, 1997)。この Argyris の研究を受けて、Decoster and Fertakis (1968) は Argyris が提示した 4 つの問題を検証している。

まず Decoster and Fertakis (1968) は、検証を行うにあたりリーダーシップに関する先行研究をもとに、予算を扱う管理者のリーダーシップのタイプを、①生産志向的もしくは構造的 (production oriented or structuring) と②従業員志向的もしくは配慮的 (employee oriented もしくは considerate) の 2 つに分類している。前者は、仕事の業績に対して関心をもつ管理者のタイプであり、後者は上司と部下との間の相互関係に関心を持つタイプである。そして、これら 2 つのタイプと予算の圧力の間に関係があるという仮説を立てた (Decoster and Fertakis, 1968, pp. 238-239)。

この仮説を検証するために Decoster and Fertakis (1968) は、ワシントン州の製造業の名簿の中から 8 つの工場を選択し、その中から 35 人の予算に対し責任を持つ管理者をランダムに選びだし、彼らに対し質問票調査を行った³。さらに、管理者のリーダーシップのタイプを測定するために、回答を完了した管理者の部下 90 人に対しても質問票調査を行った (Decoster and Fertakis, 1968, pp. 239-240)。

その結果、2種類の質問票調査の結果は、予算の圧力と2つのリーダーシップのタイプの間に関係があったとしている。特に、予算の圧力と①生産志向的もしくは構造的なタイプとの間に正の相関がみられた。さらに、直属の上司からの圧力と①と②の両方のタイプの間に関して、統計的に有意な正の相関があったと指摘する (Decoster and Fertakis, 1968, p. 245)。

この Decoster and Fertakis (1968) の研究は、Argyris が提起した問題に対し、特に予算がもたらす圧力の点から検証を行っている。そして結果は、予算がもたらす圧力には、予算を課す側 (リーダー) の特徴が関係するということを示唆するものであった。

³ 4 人の回答が除外され、最終的に 31 人をサンプルとしている。

第3節 逆機能的行動と予算との関係の研究

本節ではHirstの一連の研究をレビューする。宗像（2021）では、業績測定における問題を逆機能および機能不全という言葉を用いて定義したが、その逆機能（dysfunction）という言葉を用いて問題を指摘した代表的な研究としてこのHirstの一連の研究を取り上げており、業績測定の逆機能に関する研究の流れの中で重要な位置づけにあると考えられる⁴。

第1項 Hirstの研究の背景

Hirst（1981）によると部下の評価の際に、上司から見て組織の目的と一貫していないと思われるような反応がおこることがあり、このときに生じる行動を逆機能的(dysfunctional)であるとしている。この逆機能的行動には、抵抗や硬直化、官僚的行動や策略的行動、不適切なデータの報告が含まれるという（Hirst, 1981, p. 771）。そして逆機能的行動の発生は、部下の業績の評価の際に会計業績指標を上司がどのように使用しているかという部下の認識に影響されるとされていた（Hirst, 1983, p. 596）。しかしこれとは異なる研究結果があると指摘する。

そのような研究結果として、Hirst は Hopwood（1972）の研究をあげている。Hopwood（1972）は会計業績指標というのは不完全であり、逆機能的行動の発生は上司による評価スタイルの差によって変化するという仮説を立てて、質問票による調査とインタビュー調査を行った（Hopwood, 1972, p. 164）。Hopwood（1972）が選択した3つのスタイルは予算制約スタイル（budget constrained style）、利益意識スタイル（profit conscious style）、非会計スタイル（nonaccounting style）である（Hopwood, 1972, p. 160）。予算制約スタイルとは、「経營業績を示す全体的な指標として多くの問題があるにもかかわらず、主にコストセンター長の継続的に短期の予算を達成する能力を評価基準としている。この業績基準では他の価値ある重要な基準を犠牲とし、コストセンターの長はその他の考慮すべき事項に関係なく予算のコストを実際のコストが上回った場合、その不利な評価を受ける傾向にある」（Hopwood, 1972, p. 160）としている。また利益意識スタイルとは「コストセンターの長の業績は組織の長期的な目的との関係からユニットの業務の全体的な有効性を高める能力を評価基準としている。コストセンターレベルにおいて重要な側面の1つが、長期的なコストを最小化することである。この目的のために会計データはある程度の注意を払って、柔軟に活用しなければならない」（Hopwood, 1972, p. 160）としている。そして非会計スタイルとは「上司がコストセンターの長の業績を評価する際に、会計データは比較的あまり重要とはならない」（Hopwood, 1972, p. 160）としている。そして分析の結果、組織にとって逆機能的な行動を減少させるには予算制約スタイルよりも、利益意識スタイルをとるべきであるという（Hopwood, 1972, p. 174）。

しかし Hopwood（1972）の研究をもとにして Otley（1978）は、インタビューと質問票調査、そして組織内の実際の記録をもとにして分析を行ったが、Hopwood（1972）と同じ結果は得られなかったとしている。その理由として、Otley（1978）は緊張が高まるのは、

⁴ Hirst の一連の研究の詳細なレビューについては、宗像（2021）を参照。

業績測定の逆機能における初期の研究に対する一考察

どれか特定の予算の利用のスタイルによって引き起こされるというよりも、部下が自身に設定された予算や自身が評価対象となる業績について同意していないことによって引き起こされるのではないかということをあげている。そして Otley (1978) の研究の対象では、しっかりとそのような同意がなされた予算もしくは業績評価の対象であったとされている (Otley, 1978, p. 146)。

この流れに対し Hirst (1981) は、なぜ会計業績指標が異なる状況においてより不完全である、もしくはより完全であると認識されるのかを説明することと、会計業績指標の異なる利用に関連する逆機能的行動の発生はタスクの不確実性によっても左右されるということを目的として仮説を構築した。Hirst (1981) は会計的業績尺度への中程度・高度 (中程度・低度) の依存は、低い (高い) タスクの不確実性の状況においては、逆機能的行動を最小化すると仮定し、タスクの不確実性が低い場合は、それが高い場合よりも、内部的な業績指標は業績のより完全な指標であるとみなされるという仮説を設定している (Hirst, 1981, p. 772)。

ここでいうタスクの不確実性とは、たとえばそのタスクに関係する因果関係の知識が自信をもって完全であるとは言えない場合、「タスクの不確実性が高い」と判断される (Hirst, 1981, p. 773)。

第2項 Hirstの研究結果と分析

Hirst (1983) では、Hirst (1981) で導き出した仮説を検証するために質問票による調査を行っている。調査対象者はシドニーの都市部にある4つの高等教育機関から募った。様々な評価状況にある個人をサンプルとして含めるために、様々な仕事のバックグラウンドを持つと考えられる、様々な課程に属する定時制の学生を対象としている。さらに研究の調査対象としてよりそして少なくとも組織内の他の1人以上の行動に対し責任を持ち、なおかつCEOではない人を対象とした。その結果、157人がボランティアとして参加を志願した。そのうち114の回答が得られ、利用可能な回答は111であった (有効回答率71%)。 (Hirst, 1983, pp. 597-599)。

分析の結果、会計業績指標に対する信頼性とタスク不確実性との間の相互作用が緊張に影響を与えることが明らかとなった。またタスク不確実性が高い状況においては、会計業績指標に対する信頼性が増加するにつれて部下が感じる緊張も増加したとされる。不完全な会計業績指標を高く信頼する上司と部下の不一致が生じ、緊張へと転じる役割のコンフリクトが高まるためにこのような結果になると指摘している。この結果はHopwood (1972) の結果を部分的に支持するものであると指摘している (Hirst, 1983, pp. 601-602)。

一方、不確実性が低い状況においては、会計業績指標に対する信頼性が減少するにつれて、部下が感じる緊張も増加したとされている。この理由は代替的な業績評価システムの性質に左右されると Hirst (1983) は指摘する。もしより全体的でそれほど詳細ではない業績基準によって評価が行われた場合、必要とされる公式的な作業が不明確となり役割のあいまい性が増すために緊張が増加すると考えられるとしている。また不完全な業績指標を含んだシステムである場合、上司と部下の間の評価の方法についてのコンフリクトからも

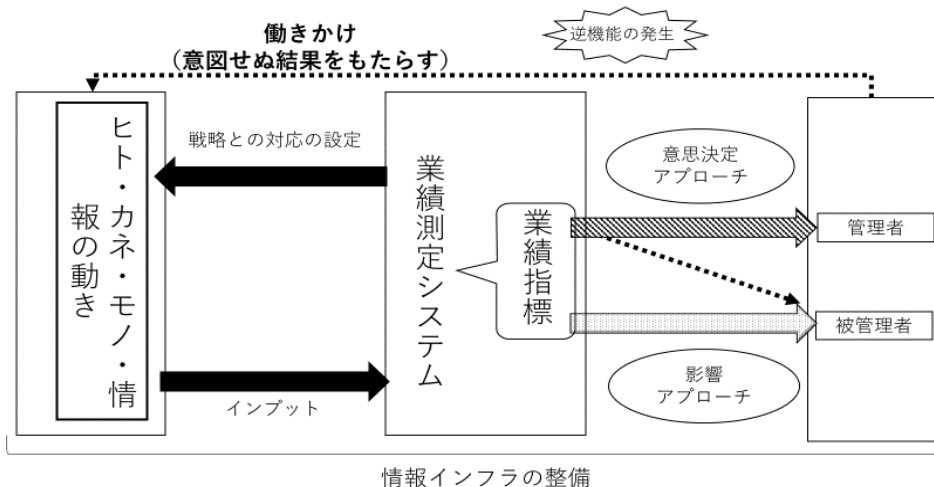
たらされる緊張が増加するとしている。この研究は尺度の精度や変数を測定するためのセルフレポートの影響，無回答バイアスやサンプルの問題といった限界を持っているが，会計業績指標に対する信頼性と緊張との間の関係性はタスク不確実性に左右されるということを示していると主張している（Hirst, 1983, pp. 602-603）。

第4節 考察

本節では，第3節まででレビューした2つの研究の流れに対して，業績測定の逆機能研究における位置づけを考える。第1項では，まず宗像（2021）の業績測定の逆機能のモデルを確認し，第2項ではArgyrisおよびHirstの研究の位置づけを述べる。

第1項 業績測定の逆機能のモデル

本項では，宗像（2021）の提示する逆機能モデルについて確認をする。宗像（2021）によると，業績測定システムにおける逆機能とは，意思決定アプローチと影響アプローチの側面が機能してはいるが，それが過剰になるかもしくは被管理者，影響される側によって誤って解釈されているがゆえに生じた行動であるとされている。これらを表した図が次の図表2である。この図では業績測定システムに逆機能が発生するメカニズムを示している。業績測定システムは意思決定アプローチと影響アプローチともに管理者と被管理者の両方へと作用しているが，本来の意図した働きかけとは別の働きかけを促していることを図の働きかけの矢印が点線になることで示している。

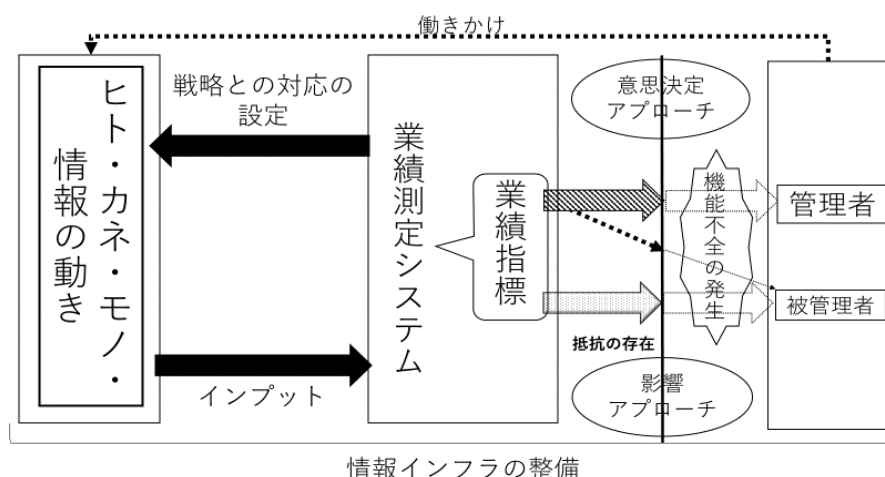


図表2 業績測定システムにおける逆機能の発生
(宗像, 2021, 60頁)

一方，宗像（2021）は逆機能より先の問題である機能不全の存在についても指摘している。宗像（2021）によると業績測定システムにおける機能不全とは，機能つまり意思決定アプローチと影響アプローチが効果的にかつ円滑に行われていないがゆえに起きている間

業績測定の逆機能における初期の研究に対する一考察

題であるとされる。そしてその円滑に行われていないことの最たる例が組織内の抵抗の存在であるという。抵抗の存在によってより測定対象の行動が変化するため、業績測定システムが意思決定アプローチとしては経営管理者の意思決定に役立つ情報を提供できず、また影響アプローチとしては被管理者への良い動機づけができていないと考えられとされ、それを図に示すと次の図表3ようになる。



図表3 業績測定システムにおける機能不全
(宗像, 2021, 61頁)

この図では、業績測定システムにおける機能不全が発生するメカニズムを示している。意思決定アプローチと影響アプローチが管理者と被管理者へと作用するときに、その管理者と被管理者側に測定に対するなんらかの抵抗が生じるとき機能不全が生じる状態となる。図では管理者と被管理者へと伸びていた意思決定アプローチと影響アプローチの矢印が、抵抗という縦線によって遮断され、その結果管理者と被管理者へ作用していないことを示している。そして管理者と被管理者から生まれるフィードバックに相当する働きかけも意図したものとは異なるものとなることを点線で示している。

これらの逆機能および機能不全という定義を用いて、宗像（2021）ではArgyrisやHirstの研究は宗像（2021）の定義する逆機能について言及している研究であると位置づけられている。しかし、そのこれらの研究が逆機能に関する研究の中での全体の位置づけ、つまりどのような貢献があったのかということに関して不明確であった。そこで、次の第2項ではこれらのArgyrisやHirstの研究の位置づけについて考察を行う。

第2項 ArgyrisおよびHirstの研究の分析

小菅（1997）はArgyrisの一連の研究を、行動的予算管理研究の始まりと位置付けている。また、管理会計研究に対する心理学理論の適用について分析を行っているBirnberg et al.（2007）では、このArgyrisの研究ははじめて心理学理論を管理会計研究に取り入れた研究

として位置付けている。では、筆者の着目するこの業績測定の逆機能に関する研究としての位置づけはどうだろうか。

宗像（2021）ではArgyrisの研究は、予算を作成する側は意思決定アプローチとしての機能を重視していたことに対して、予算を課される側にとっては影響アプローチの側面がマイナスに作用している状態であると指摘している。つまり、このArgyrisの研究で示されている状態は、宗像（2021）の定義する逆機能的状態にあると考えられる。そのため、このArgyrisの研究は、業績測定における逆機能の研究においても、初期の研究に位置づけられると考えられる。同時期に業績測定の逆機能に言及をした研究としてRidgway（1956）がある。しかし、このRidgwayの研究はHopwood（1973）が指摘するような事例をまとめた文献研究であるのに対し、Argyrisはインタビュー調査によって研究を行い、指摘及び問題提起したものとして、Ridgway（1956）の研究とは初期の研究の中でも差別化される研究であるといえる。

一方、Hirstの研究の位置づけとしては逆機能という言葉を用いていることが特徴的である。宗像（2021）では、業績測定の問題に対して統一的な見解がないことを受けて、それらを逆機能（dysfunction）と機能不全（malfunction）という機能の言葉を用いることで説明を行った。この観点に注目すれば、Hirstの研究は業績測定の際に生じる問題を逆機能という言葉で定義し、研究を行った初期の研究に位置されることが考えられる。このHirstの研究は管理会計における業績測定の逆機能研究において、逆機能という言葉を定義し用いたという点で大きな意味のある研究であると考えられる。

おわりに

管理会計分野において、業績測定システムが人々の行動や組織の能力そして業績に重要な影響を与えることが示されている一方で、業績を測定することに関して常に問題が伴うということも古くから指摘されているが、それについてまだ統一的な見方というものがないとされている。こうした状況に対し、宗像（2020a, 2020b, 2021）では、管理会計システムの1つ見方とされる意思決定アプローチと影響アプローチという考え方で、システム論を組み合わせることで、業績測定システムの概念モデルを構築し、そこから業績測定に伴う問題を説明しようと試みた。本研究はその宗像（2021）の発展版として、宗像（2021）が作成したモデルをもとに、初期の研究の位置づけについて考察を行った。

その結果、Argyrisの一連の研究は、業績測定の逆機能の研究の初期に位置する研究であり、一方、Hirstの研究は逆機能という言葉で定義したうえで研究を行った初期の研究であるという考察が得られた。統一的な見方が確立されていないとされる研究に対して、初期の研究の位置づけを確定させることにより、今後のこの領域の研究の整理のための始まりを設定していることが本研究の貢献であると考えられる。特に、業績測定の問題は多くの領域が密接に関係するものであり、明確な線引きを行うことは重要であると考えられる。

一方で、本研究の限界としては、この問題を扱うにあたり今回始まりを設定することはできたが、説明理論としての範囲について明確に確定することができていないことである。前述のように、本研究は管理会計学のみならず、近接諸科学の理論を援用することで扱わ

れることが多い。たとえば、Birnberg et al. (2007) によると本研究で取り上げたArgyrisの研究は管理会計研究に心理学の視点を取り入れた初期の研究と位置づけられており、またHirstの研究のきっかけをつくったHopwoodの研究は、同様にBirnberg et al. (2007) によると社会心理学の視点を取り入れた研究とされ、同じように管理会計研究の業績測定の問題を扱っていたとしてもその背景に採用されているアプローチの仕方が異なり、どこまでを含め、どこからは含めないかという対象とする研究の範囲を決定する際に、背景にある理論を考慮することは必要であると考えられる。

参考文献

- [1] 伊丹敬之 (1986) 『マネジメント・コントロールの理論』岩波書店。
- [2] 伊丹敬之・青木康晴 (2016) 『現場が動き出す会計』日本経済新聞社。
- [3] 内田昌利 (2003) 『行動管理会計論 第2版』森山書店。
- [4] 上總康行 (2017) 『管理会計論 第2版』新世社。
- [5] 小菅正伸 (1997) 『行動的予算管理論 増補第2版』中央経済社。
- [6] 小菅正伸 (2010) 「第6章 利益管理」谷武幸・小林啓孝・小倉昇責任編集『体系現代会計学第10巻 業績管理会計』中央経済社、167-195頁。
- [7] 小林健吾 (1994) 『予算管理発達史 総合的利益管理への道』創成社。
- [8] 廣本敏郎 (1989) 「管理会計システムの再検討」『会計』第136第5号、25-36頁。
- [9] 廣本敏郎 (2001) 「変革の時代の管理会計」『企業会計』第53巻第1号、160-168頁。
- [10] 宗像智仁 (2019) 「業績管理における多元性を支える要素についての研究」『横浜国際社会科学研究所』第23巻第4号、91-111頁。
- [11] 宗像智仁 (2020a) 「情報システムと影響システムからの業績測定の分析—逆機能の視点から—」『横浜国際社会科学研究所』第25巻第2号、81-92頁。
- [12] 宗像智仁 (2020b) 「業績測定システムの逆機能についての一考察」『産業経理』第80巻第3号、146-156頁。
- [13] 宗像智仁 (2021) 『業績測定における逆機能発生メカニズムの解明とその克服に関する研究』横浜国立大学大学院博士論文。
- [14] Anthony, R. N. and V. Govindarajan (2007), *Management Control Systems 12th ed.*, New York: McGraw-Hill.
- [15] Argyris, C. (1952), *The Impact of Budgets on People*, New York; Contorllership Foundation, Inc.
- [16] Argyris, C. (1953), “Human Problems with Budget,” *Harvard Business Review*, Vol. 31, No. 1, pp. 97-111.
- [17] Birnberg, J. G. and R. Nath (1967), “Implication of Behavioral Science for Managerial Accounting,” *The Accounting Review*, Vol. 42, No. 3, pp. 468-479.
- [18] Birnberg, J. G., L. Turopolec and S. M. Young (1983), “The Organizational Context of Accounting,” *Accounting, Organizations and Society*, Vol. 8, No. 2/3, pp. 111-129.

- [1 9] Birnberg, J. G., J. Luft and M. D. Shields (2007) , “Psychology Theory in Management Accounting Research,” *Handbook of Management Accounting Research*, Vol. 1, pp. 113-135.
- [2 0] Decoster, D. T. and J. P. Fertakis, (1968) , “Budget-Induced Pressure and Its Relationship to Supervisory Behavior,” *Journal of Accounting Research*, Vol. 6, No. 2, pp. 237-246.
- [2 1] Franco-Santos, M., M. Kennerley, P. Micheli, V. Martinez, S. Mason, B. Marr, D. Gray and A. Neely (2007) , “Towards a Definition of a Business Performance Measurement System,” *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 27, No. 8, pp. 784-801.
- [2 2] Franco-Santos, M. and M. Bourne (2008) , “The Impact of Performance Targets on Behaviour: A Close Look at Sales Force Contexts,” *Chartered Institute of Management Accountants*, Vol. 5, No. 5, pp. 2-9.
- [2 3] Franco-Santos, M., L. Lucianetti and M. Bourne (2012) , “Contemporary Performance Measurement Systems: A Review of their Consequences and a Framework for Research,” *Management Accounting Research*, Vol. 23, No. 2, pp. 79-119.
- [2 4] Gray, D., P. Micheli and A. Pavlov (2015) , *Measurement Madness*, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- [2 5] Hiromoto T. (1988) , “Another Hidden Edge—Japanese Management Accounting,” *Harvard Business Review*, Vol. 66, No. 4, pp. 22-26.
- [2 6] Hirst, M. K. (1981) , "Accounting Information and the Evaluation of Subordinate Performance: A Situational Approach," *The Accounting Review*, Vol. 56, No. 4, pp. 771-784.
- [2 7] Hirst, M. K. (1983) , "Reliance on Accounting Performance Measures, Task Uncertainty, and Dysfunctional Behavior: Some Extensions, " *Journal of Accounting Research*, Vol. 21, No. 2, pp 596-605.
- [2 8] Hirst, M. K. (1987) , "The Effects of Setting Budget Goals and Task Uncertainty on Performance: A Theoretical Analysis," *The Accounting Review*, Vol. 62, No. 4, pp. 774-784.
- [2 9] Hopwood, A. G. (1972) , “An Empirical Study of the Role of Accounting Data in Performance Evaluation,” *Journal of Accounting Research*, Vol. 10, No. 1, pp. 156-182.
- [3 0] Hopwood, A. G. (1973) , *An Accounting System and Managerial Behaviour*, Great Britain: Saxon House.
- [3 1] Otley, D. T. (1978) , “Budget Use and Managerial Performance,” *Journal of Accounting Research*, Vol. 16, No. 1, pp. 122-149.
- [3 2] Ridgway, V. F. (1956) , “Dysfunctional Consequences of Performance Measurements,” *Administrative Science Quarterly*, Vol. 1, No. 2, pp. 240-247.
- [3 3] Simons, R. (1995) , *Levers of Control: How Managers Use Innovative Control Systems to*

Drive Strategic Renewal, Boston: Harvard Business School Press.

(中村元一・黒田哲彦, 浦島史恵訳 (1998) 『ハーバード流「21 世紀経営」4 つの
コントロール・レバー』産能大学出版部。)

- [3 4] Simons, R. (2000) , *Performance Measurement & Control Systems for Implementing
Strategy*, New Jersey: Prentice Hall.

(伊藤邦雄監訳 (2003) 『戦略評価の経営学—戦略の実行を支える業績評価と会計
システム』ダイヤモンド社。)

宗像 智仁

研究業績一覧

(2021 年 1 月～12 月)

I. 著書

1. 堀越昌和、中小企業の事業承継－規模の制約性とその克服に向けた課題－、文眞堂

現代における、わが国中小企業の最大の経営課題と言われる事業承継について、規模の制約性の視点から、理論的・実証的に検討し、その克服に向けた課題を明らかにした。

II. 学術論文（査読付き）・国際学会プロシーディング

1. 市瀬信子、阮元の地域詩文献における詩会と詩人の記録、中國中世文學研究、第 74 号、pp. 61-83

清代は地方志、地方文献が盛んになった時代である。そうした中で、地域詩総集に官僚が関わることが多くなった。阮元は、浙江に学政として赴任した折、揚州詩の総集『淮海英靈集』を編纂し、『広陵詩事』をまとめ、更に浙江詩の総集である『両浙輶軒録』『両浙輶軒録補遺』の編撰に携わった。本稿では、阮元の両地域の地域詩文献を通して、地域を越えた詩会とその詩人達が各地域の文献にどのように記録されたかを検証し、阮元が地域の記録にどのように取り組んだかを明らかにした。

2. 高嶋克義・兎内祥子、CSR ブランディングの組織的課題に関する考察、JSMD レビュー、第 5 巻 1 号、pp33-39

企業における CSR に関わる活動は、企業の本部スタッフ部門が企業次元での活動として行うのが一般的であるが、製品事業部においても製品ブランディングとしての活動を展開することがある。この論文では、この製品次元の CSR 活動が企業ブランディングのもとに統合的に管理されるのではなく、企業次元の活動とは独立して展開されやすく、活動間に異質性が表れるという現象を捉え、製品次元の CSR 活動が企業次元の活動とはなぜ独立して展開されやすいのか、そのような 2 種類の CSR 活動を並行的に展開することで、企業はどのような CSR の追求を行うことになるのかという課題を企業の組織と管理に関する議論に基づいて考察している。そのうえで、製品事業の分権制が維持される企業においては、企業次元ではステークホルダー・コミットメントの追求、製品次元ではブランドマーケティングの追求という組み合わせで展開されやすいことを推論している。

3. 宗像智仁、業績測定における逆機能発生のメカニズムの解明とその克服に関

する研究、博士論文、全 98 頁

本研究では、管理会計における業績測定システムではどのようなメカニズムで逆機能が発生するのか、それはどのような仕組みを採ることで回避できるのか、という問いに答えるために、業績測定システムの記述的モデルを構築し、逆機能が生じるメカニズムについて検討を行っている。さらにその逆機能的行動を小さくするための解決策についても検討を行っている。業績測定システムにおける逆機能とは、管理会計システムにおける意思決定アプローチと影響アプローチの側面が機能はしているが、それが過剰になるかもしくは被管理者側によって誤ったかたちで解釈されているがゆえに生じた行動であると考えられる。それらの問題を回避するために必要な要素として、時間軸の認識と納得性という要素が必要であるとの結論を得た。本研究の貢献の 1 つは、管理会計においてあまり明確に定義されずに使用されている逆機能という言葉について、定義を行い分析したことである。本研究の限界の 1 つは、今回の逆機能の分析が被管理者の動きに重点を置いている点である。逆機能の問題については管理者側にも重点を置いた分析が必要になると考えられる。

4. 渡辺清美・松本陵磨、日本の中学校英語教科書の量的分析、日本言語教育 ICT 学会研究紀要、第 8 巻、pp.45-58

平成 20 年改訂の学習指導要領準拠の 2 種類の中学英語教科書を量的に比較分析した。New Horizon と New Crown の中学 1 年～3 年までの計 6 冊を、総語数、異語数、さらにコレスポネンス分析を使って、分析した。その結果、総語数と異語数では 2 種類の教科書の間に大きな差は出なかった。コレスポネンス分析による比較分析では、2 種類の教科書とも 1 年次が 2、3 年次と異なる特徴があることが示された。また、New Horison は New Crown と比べて、比較的日本語の説明が多いことが示された。

5. Watanabe, Kiyomi , “Specific Features of Three Newly Published English Textbooks for Elementary School in Japan – A Quantitative Study of the Textbooks” *International Journal of Humanities and Social Sciences* Vol. 13, No. 1 (2021), pp. 35-45, p-ISSN: 1694-2620, e-ISSN: 1694-2639, <https://doi.org/10.26803/ijhss.13.1.4>

教科科目として導入された小学校 5 年と 6 年の 3 種類の教科書を主にコレスポネンス分析によって分析した。その結果、Crown Jr. は中学校レベルの語彙が多く含まれていること、New Horizon Elementary は、アルファベット、歌、チャント、学校生活のトピックを多く使っていること、また、New Horizon と Junior Sunshine の 6 年教科書は世界の食事や文化を多く扱っていることが特徴として示された。

Ⅲ. 学術論文（その他）

1. 市瀬信子、清代地方文献における詩と詩会の役割－揚州の記録を中心に－、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.1-18
2. 江口圭一、女性の活躍推進に向けた方策についての一考察、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.19-41
3. 兎内祥子、サステナビリティ訴求のマネジメント課題、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.43-67
4. 福井正康・奥田由紀恵・永井純子、社会システム分析のための統合化プログラム 3 7－医療分野への拡張－、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.69-85
5. 福井正康・兎内祥子、社会システム分析のための統合化プログラム 3 8－経済時系列分析－、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.86-111
6. 福井正康・奥田由紀恵・細川光浩、社会システム分析のための統合化プログラム 3 9－2 値項目反応理論－、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.113-133
7. 堀越昌和、新型コロナウイルス感染症の中小企業経営への影響－「新型コロナウイルス感染症の中小企業経営への影響に関する緊急アンケート調査」報告－、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.207-225
8. 亀井克之・金子信也・栗岡住子・オリビエ トレス・影浦ちひろ・尾久裕紀・堀越昌和、コロナ禍における中小企業経営者の健康－第二波時 2020 年 8 月調査と日仏比較－、商工金融（商工総合研究所）、第 71 巻第 9 号、pp.42-65
9. 渡辺清美・奥田由紀恵、カナダ 7 年生教科書の量的分析－日本の英語教科書と比較して－、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.135-145
10. 渡邊正樹、地域ブランドにおける「歴史」再考、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.147-168

Ⅳ. 学会報告（討論者を含む）

1. 奥田由紀恵・細川光浩・福井正康、College Analysis への機能追加ー多変量分散分析、コ克蘭の Q 検定他ー、日本教育情報学会第 37 回年会論文集 2021、pp.350-351、8 月 28-29 日、岐阜女子大学、Web 開催
2. 尾崎 誠、一般教育科目「プログラミング入門」向けプログラミング言語に関する調査、日本教育情報学会第 37 回年会論文集 2021、pp.348-349、8 月 28-29 日、岐阜女子大学、Web 開催
3. 福井正康・奥田由紀恵・細川光浩、2 値項目反応理論のプログラム開発、日本教育情報学会第 37 回年会論文集 2021、pp.348-349、8 月 28-29 日、岐阜女子大学、Web 開催
4. 細川光浩・奥田由紀恵・福井正康、陰関数グラフとナッシュ均衡解のプログラム開発、日本教育情報学会第 37 回年会論文集 2021、pp.354~355、8 月 28-29 日、岐阜女子大学、Web 開催
5. 堀越昌和、「東日本大震災 10 年ーレジリエンス力とリスクマネジメントの諸問題ー」「中小企業と BCPー東日本大震災から Covid-19 パンデミックまでー」、日本リスクマネジメント学会、第 46 回全国大会、統一論題、9 月 22 日、Web 開催
6. 稲葉和也・堀越昌和（討論者）、地方における中小企業の事業承継施策ー山口県の事例ー、日本中小企業学会、第 41 回全国大会、自由論題、10 月 9 日、Web 開催

V. その他

1. 尾崎 誠、「プログラミング入門」向けプログラミング言語に関する調査、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.169-175
2. 福井正康・細川光浩、College Analysis を使い易くする追加機能 3、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.177-187
3. 福井正康、対数尤度関数の視覚化プログラム、経営研究（福山平成大学経営学部紀要）、第 17 号、pp.189~206
4. 堀越昌和、中小企業の事業承継、中国新聞社『中国新聞 SELECT』想、10 月 8 日、第 1932 号、1 面

「経営研究」福山平成大学経営学部紀要 投稿規定

1. 投稿資格

- 1) 『経営研究』福山平成大学経営学部紀要（以下『紀要』という）の投稿者は、経営学部構成員とする。
- 2) 『紀要』の第一著者は、経営学部構成員とする。
- 3) その他、経営学部教授会が認めたものは、投稿資格を有することとする。

2. 投稿原稿の内容

- 1) 投稿原稿は、原則未公開のものとする。
- 2) 投稿原稿に使用する言語は、原則として日本語もしくは英語とする。それ以外の言語を用いる場合には、経営学部教授会に諮ることとする。
- 3) 投稿原稿には、英語のタイトル、要旨およびキーワードを付すこと。ただし、使用する言語が日本語の場合には、タイトル、要旨およびキーワードを英語と併記とする。なお、要旨は日本語（400 字程度）、英語（200 語程度）とし、キーワードは3語以上とする。

3. 投稿原稿の種類

- 1) 論文（枚数自由）
- 2) 研究ノート（刷り上がり原稿 20 ページ程度）
- 3) 書評（刷り上がり原稿 20 ページ程度）
- 4) その他（事例研究、翻訳、研究動向、雑録など）。執筆者がジャンル名称を指定できる。

4. 投稿原稿の入稿

- 1) 投稿原稿の締め切りは、原則毎年 11 月末日とする。
- 2) 投稿原稿及び図版は、Word 等によるデジタル形式で提出するものとする。特殊文字等を使用する場合は、前もって経営学部教授会と協議すること。
- 3) 投稿原稿は横書きとし、経営学部教授会が定める書式で執筆を行うこと。

5. 投稿原稿の印刷

- 1) 提出原稿を完成原稿とし、原則として著者校正は行わないものとする。
- 2) 紀要の配付は、著者にあつては、論文の掲載されているものを1人につき1部無料で配付する。なお、抜刷が必要な場合の費用は本人負担とする。
- 3) 規定に記さない事態が生じた場合は、経営学部教授会が判断する。

6. 著作権

- 1) 『紀要』に掲載された論文等の著作権は、福山平成大学に帰属する。
- 2) ただし、著者が教育・研究に利用する場合は、再利用を妨げない。

7. 附則

この規定は 1995 年 4 月 1 日から施行する。
この規定は 2004 年 4 月 1 日から施行する。
この規定は 2017 年 4 月 1 日から施行する。

＜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
江口 圭一：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
渡辺 清美：福山平成大学経営学部経営学科教授
尾崎 誠：福山平成大学経営学部経営学科准教授
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
助教
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 18 号

令和 4 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.18 March 2022

CONTENTS

<Articles>

Activities of Hangzhou Poets in the Local Literature of Yangzhou in the Qing DynastyNobuko ICHINOSE	1
Effect of nurses' job satisfaction and formalization on organizational citizenship behaviorKeiichi EGUCHI and Atsuko SATO	21
Multi-purpose Program for Social System Analysis 40 - Nash Equilibrium Tool –Masayasu FUKUI, Mitsuhiro HOSOKAWA and Yukie OKUDA	37
Multi-purpose Program for Social System Analysis 41 - Multivariate ANOVA, Implicit Function Graph -Masayasu FUKUI , Yukie OKUDA and Mitsuhiro HOSOKAWA	57
Multi-purpose Program for Social System Analysis 42 - Text Correspondence Analysis -Masayasu FUKUI , and Kiyomi WATANABE	79
Quantitative Study of Grade 8 Textbook of Canada Compared with English Textbooks in Japan Kiyomi WATANABE and Yukie OKUDA	101

<Notes>

Research on programming environment for “Introduction to Programming” in data science courses Makoto Ozaki	111
Additional Functions to Make College Analysis Easier to Use 4Masayasu FUKUI , Yukie OKUDA and Mitsuhiro HOSOKAWA	117
Results of a Questionnaire about Impacts of COVID-19 on SMEsMasakazu HORIKOSHI	129
A Note on Early Research in the Dysfunction of Performance MeasurementTomohito MUNAKATA	161
List of Research Achievement	175

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