

# College Analysis による数理系教育

福井正康

福山平成大学経営学部経営学科

## 概要

著者はこれまで地方都市にある私立大学文系学部（経営学部）において、統計学、経営科学、意思決定などの授業を行ってきた。学生数の減少による学力の格差、文系学生の数学離れという環境の中でいかにして数理系授業に興味をつなぎ止めるか、約 10 年間の試みを紹介する。

## キーワード

文系学部, 数理系教育, 統計学, OR, 意思決定, College Analysis

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

## 1. はじめに

大学全入時代を迎える今、私立文系学部では学力格差と学生の数学離れで、数理系科目の存続が難しくなっている。著者はこの現状のモデルともいべき福山平成大学の経営学部において長年、情報リテラシー、数学、統計学、経営科学などを教えてきた。学生数の減少とともに学力格差は広がり、全体的にみる学生の数理的な能力は確実に低下してきている。この状況において、著者は本当にこれらの教育は必要であるのかという自己否定にも似た疑問を抱きつつ可能性を求めて教育方法を模索してきた。この報告はこの過程において得られた成果とそれでも達成しきれなかった課題の記録である。

著者が現在の教育方法に到達するに至った経緯を説明するには、知識の背景となった著者の経歴から話を始めなければならない。著者は大学で物理学を学び、大学院で理論物理学を専攻した。その後、民間企業で短期間ではあるが、コンピュータプログラムの仕事をした。その後 1987 年医学部の公衆衛生の講座に赴任した。そこで統計学を学んだが、それまで理論的な分野の研究を行ってきた著者には、数学的な知識なくしてこのような分析は不可能であるという思い込みを持っていた。しかし医学部では特に深い数学的な知識を持たずに統計を道具とし、成果を上げていた。また教科書にも徹底して利用法にこだわった優れたものがあり<sup>1)</sup>、理論の適用限界が理解できていれば詳細には立ち入る必要がないことも十分納得できた。当時の著者にとってこれはかなりの驚きであり、始めて「使う」という観点から見た学問の重要性を認識した。

その後、1990 年に福山大学経済学部に移り、経営科学の分野に興味を持ち、統計学や経営科学で扱われる分析を統合するプログラムを作りたいと考えようになった。その後 1993 年に簡単な試作品を作ってみたが<sup>2)</sup>、当時は DOS から Windows への移行期で、DOS 上で作成した試作品は廃棄された。またパソコンの進歩も目覚ましく、各分野で優れた分析ソフトが販売されるようになった。

1994 年著者は福山平成大学経営学部に移り、1996 年から再度研究用に Visual Basic を用いて統合型分析ソフトの開発を始めた<sup>3)</sup>。最初は、産業連関分析、KSIM、AHP、線形計画法に取り組んだ<sup>4)5)</sup>。これらはデータの構造に標準的な型がなく、どのようなエディタにするかを考える際のサンプルとして役立った。結局、表を重ねたブック形式に落ち着いたが、スプレッドシートが広がった形式でなく、行数と列数の決まった行列の形にした。これには必要な分だけ Excel から切り取ってくればよいと思う気持ちも働いていた。これが最良かどうかはまだ判断が定まらない。初期のプログラムは研究に利用し、いくつかの成果を発表することもできた。

その後 2000 年には「OR」と「経営統計学基礎」という授業を担当するようになったが、文系学部ではパソコンを使った実践教育が重要であると考え、これらの授業では Excel を利用した。現在は学生の学力低下の問題もあり、Excel での数式入力に手間取るようになったが、この当時の学生はさほど困難を感じていないようであった。

しかし、その後教材をより実践的にしようとするようになり、Excel を使った授業にも限界

を感じるようになった。Excel は基本的なことを学ぶには適しているが、応用的な内容で様々な分析を体験するには多少無理がある。さらに市販の分析ソフトは、初心者向きでなかったり、高価であったりと、著者らの教育現場には向かなかった。これらをすべて解決し、目的とする教育を実現するためには統計ソフトの自作が最良の選択であった。しかし統計ソフトの自作には労力がかかり、すでに多くのソフトが存在する中での開発は研究として成り立つものでもない。最近では学生の間違えやすい部分も分り、初心者向けを打ち出すこともできるが、最初は授業のために、と覚悟を決めて開発を始めるしかなかった。

1996年から著者が開発していた研究用の統合型分析ソフトの開発はかなり進んでいたため、これに統計分析の集計と検定の機能を組み込み、インターフェイスを改良し、2000年からゼミで試用するようになった<sup>6),7)</sup>。教材は特にどんな場合にどの検定を用いるかを理解させることに重点を置き、徹底した演習問題形式にした。ゼミでノウハウを取得し、30人程度なら対応可能と判断して2001年から「経営統計学応用」という授業で本格的に利用するようになった。後にソフト名を文系単科大学でも利用できるという気持ちから College Analysis とした。

授業名の変更が少なからずあるので、以後「経営統計学応用」や「実用統計」などを統計応用、「経営工学」、「OR」、「経営科学」などを経営科学、「意思決定論」を意思決定と総称する。

この報告では、2章で我々の開発したプログラム College Analysis の開発過程とその利用状況について説明する。3章で授業の教材について、4章でこの考え方によって行われている授業の学生による評価を紹介する。最後に今後の展開について方針を述べる。

## 2. College Analysis

College Analysis の開発経過とその利用状況を表 1 に示す。

表 1 College Analysis の開発過程と利用状況

年度	開発過程	利用状況（開始時点）
1997年	基本的な枠組み（エディタ、結果表示）と産業連関分析, KSIM, AHP	研究用
1998年	線形計画法, 待ち行列シミュレーション	
1999年	基本統計（集計・検定）【Ver.1.0】	
2000年	ISM, エディタ機能の拡充	ゼミでの統計学教育, HPで公開
2001年	DEA, 多変量解析【Ver.2.0】	授業「統計応用」で基本統計（集計・検定）の教育
2002年		授業「統計応用」で多変量解析の教育
2003年	多変量解析（因子分析など残り）	授業で部分的な経営科学手法の教育
2005年	VB.NET への書き換え開始	
2006年	VB.NET への書き換え完了, Dematel 法, 社会的意決定, ソフト名を College Analysis に決定【Ver.3.0】	

2007年	非線形最小2乗法, 多目的線形計画法, 待ち行列シミュレータ	ゼミで社会システム分析教育, 一般向けの統計講座
2008年	VB2005 への書き換え【Ver.3.5】	授業「意思決定」での利用
2009年	VB2008 への書き換え	授業「経営科学」での利用

2001年以降のプログラムについては参考文献8)-14)に詳しい。プログラムの利用はゼミ、授業、一般向け講座の順で進められている。表1に書かれた利用状況は開始時期のみであり、多くの場合それ以後も利用が続いている。プログラムのエラー除去やインターフェイスの向上にはゼミや授業での学生の反応が最も役に立つ。現在は授業で得られた情報をプログラムに反映させ、それをまた授業に還元するという良いサイクルで開発が進んでいる。

開発当初に掲げた目標は現在でも変更されていない。ここにその内容を再度掲載する。

1. 出来るだけ多くの社会システム分析の処理を統合的に扱えること
2. 教育的効果を重視すること
3. エディタや出力画面等、共通な部分は出来るだけ共用すること
4. 必要最低限のルールを守れば、各分析独立にプログラミング出来ること
5. 既存のワープロや表計算ソフトとデータの互換性があること
6. 常にその時代のパソコンの代表的なプラットフォーム上で動作すること
7. ソースコードを含めたフリーソフトとして公開すること

最近では教育的な効果はプログラムを含めた教育システムへと発展している。VB.NET への移行とフレキシブルグリッドからデータグリッドへのエディタの変更によって、Windows Vista からプログラムはライブラリを意識することなく単体で動くようになった。これは複雑なインストールの過程を伴う他のシステムと比べて使い易い点である。すべての機能を背負い込まずに、データ入力や印刷では、標準的に使える Excel や Word を利用するという姿勢も身軽さを与えているように思う。実際のプログラムの動作についてはすでに一連の論文<sup>2)-14)</sup>で述べているのでここでは触れない。

文系学部で使用される市販のソフトウェアとしては SPSS が有名であり、フリーソフトでは R が高性能で信頼性も高い。しかしこれらにも著者らの大学で授業を行うには問題がある。SPSS はまず価格が問題である。最近では教育用の試用品が安価で利用できるが、これも継続的な使用はできず、大変手間がかかる。また、プログラム自体の統一性に難があり、集計や検定の部分では処理がメニューの各所に散らばっているため、我々が対象とする学生では覚えるのにかなりの負担となる。また R はなおさらで、最近では R コマンドでメニュー処理ができるが、それでもなおハードルは高い。College Analysis の使用目的はこれらを使いこなせない学生の教育や全く統計的知識のない学生への導入教育であるため、これらのソフトとは本質的に開発動機が違う。この考えからするとこれらのソフトとも住み分けが可能で、フリーソフトとして公開することにも意味があると思う。実際ゼミでは College Analysis で分析を覚えた学生を対象に SPSS の利用法も教

えているが、よく理解できるようである。

最後に我々が教育用に導入したいいくつかの機能について紹介しておく。例えば有意差検定は前提条件により検定の方法が異なるが、College Analysis は正しい検定へと導くガイドメニューを持っている。これは教育現場では非常に役に立つ機能である。また教科書などに記載されているすでに分類されたデータや集計されたデータから検定を実施する機能も重要である。また、結果も確率の表示だけだと分りにくい学生もいるので、ある程度の記事記述が必要な場合もある。これらの細かな機能の積み重ねが理解の効率を高めている。

### 3. 授業の目標と構成

授業の目標は学生のレベルにもよるが、科目によって異なる。統計応用では、実際のデータを集計でき、有意差検定などが正しく行えるようになることが目標である。また、経営科学と意思決定では経営の効率化や意思決定に役立つ手法にはどのようなものがあるかを知り、将来勘だけに頼らず、少し分析的な判断が行える下地を作ることが目標である。それゆえ後者の授業は体験的な色彩が濃い。

テキスト（プリント）は基本的に1回の授業につき B4 用紙 1~2 枚にしている。最初に分析の簡単な説明（約 20~30 分）、次に例題によるソフトの利用法の解説（約 10~20 分）、最後は問題用紙に解答を書き込む形式の演習問題である。日によって、演習問題だけの授業にする場合もある。図 1 に統計応用の集計と検定についての演習の例を示す。

#### 演習

都市圏と地方都市の小学生 4 年生からサンプルを選んで実施した調査で、演習 7.txt のような結果が得られた。どんなことが読み取れるか考え、質問に答えよ。

1. 住んでいる地域
  - 1) 都市圏（東京・大阪）
  - 2) 地方都市（その他）
2. 性別
  - 1) 男子
  - 2) 女子
3. どんな遊びが好きか
  - 1) 外で運動
  - 2) 家の中でゲーム・読書他
4. 体力測定（点数換算）
5. 国語
6. 算数

#### 問題

- 1) 地域・男女別に人数を求める。

	男子	女子	合計
都市圏			
地方都市			
合計			

- 2) 地域による好きな遊びの傾向をみる。

	外で	家の中で	合計
都市圏			
地方都市			
合計			

- 3) 家の中で遊ぶ割合は過半数といえるか、有意水準 5%で判定する。

検定名 [ ] 確率 [ ]

判定 家の中で遊ぶ割合は過半数であると [いえる・いえない]

- 4) 好きな遊びに地域差はあるか、有意水準 5%で判定する。

検定名 [ ] 確率 [ ]

判定 好きな遊びに地域差があると [いえる・いえない]

- 5) 男女による好きな遊びの傾向をみる。

	外で	家の中で	合計
男子			
女子			
合計			

- 6) 好きな遊びに男女差はあるか、有意水準 5%で判定する。

検定名 [ ] 確率 [ ]

判定 好きな遊びに男女差があると [いえる・いえない]

- 7) 地域別の体力測定の平均値と中央値を求める。

	都市圏	地方都市
平均値		
中央値		

- 8) 体力測定の結果に地域差があるといえるか、有意水準 5%で判定する。

検定名 [ ] 確率 [ ]

判定 地域による差があると [いえる・いえない]。

- 9) 男女別の体力測定の結果を求めよう。

	男子	女子
平均値		
中央値		

- 10) 体力測定の結果に男女差があるといえるか、有意水準 5%で判定する。

検定名 [ ] 確率 [ ]

判定 男女による差があると [いえる・いえない]。

- 11) 地域別の算数の結果

	都市圏	地方都市
平均値		
中央値		

- 12) 算数の結果に地域差があるといえるか、有意水準 5%で判定する。

検定名 [ ] 確率 [ ]

判定 地域による差があると [いえる・いえない]。

図 1 統計応用の実習資料

結果は人数が 30 人以下の場合、学生に答案を持って来させてその場で採点する。それを超えると誰かできた時点で解答をスクリーンに表示し、自己採点させそれを持って来させて確認する方法を取っている。その際必要があれば解説も行う。遅い学生もいるが、上の演習程度だと 40 分もあればほぼ終了する。出席確認は解答を持って来た際に出席カードを渡すようにしている。もちろん人の解答を写して来る学生もいるが、試験がパソコンを利用して日ごろからやっている問

題を解く形式であるため、質問に来る学生も少なくない。

この授業方法の長所は、Excel だけを利用する場合に比べて、より現実的なデータ処理や分析が行える点で、学生の興味を引きやすいことである。また、理論にあまり深入りしないことで、学生の数学嫌いを緩和し、かなり高度なところまで体験できる点である。しかし、一方で短所はよくできる学生が早く課題を終わらせ、退席してしまう点である。これに対処するため、課題の量を増やし、早くできる学生には少し難易度の高い問題も解かせるようにしているが、学力差がありすぎる場合はそれでも不十分である。課題の分量に応じて加点する方式にして、理論を理解させる問題を加える方法はできないものかと考えている。

最近これまで見られなかったような学生も出てきた。少数であるが、授業中に全く演習をしない学生や基本的な問題すら全く理解できていない学生である。当然試験の点数は悪く、単位を落とすわけだが、大学全入時代というのはこれ程のものかと思われ知らされる。これらの学生に対しても学習意欲を起こさせる責任があると考えるべきであろうか。これらの授業では、授業中に休んだ学生や理解できていない学生のために試験前の授業で試験に似た問題を解説している。これが学生の態度を悪化させる原因になっているとも考えられるが、これをやめると不合格になる学生が増えると思われ、決断ができない。かなり挫折感を味わう問題である。

#### 4. 授業評価

福山平成大学では 2003 年度に学生による授業評価（5 段階法）を行い、2007 年度（後期）からは FD 活動として年 2 回業者を使った授業評価（5 段階法）を行っている。各年度の College Analysis を利用した授業と全授業との主な 2 つの質問についての比較を表 2 に示す。

表 2 授業評価の平均値の比較

実施時期	科目名	分り易さ	同全授業	有益さ	同全授業
2003 前期	統計応用	3.8	3.5	4.1	3.7
2003 後期	統計応用	3.9	3.7	3.8	3.8
2007 後期	統計応用	4.3	3.9	4.3	3.9
2008 前期	統計応用	4.5	3.9	4.4	4.0
2008 後期	統計応用	4.7	4.1	4.5	4.1
	意思決定	4.5		4.4	
2009 前期	統計応用	4.3	4.0	4.3	4.0
	経営科学	4.5		4.5	
	意思決定	4.4		4.4	
	情報処理論Ⅱ	4.2		4.3	

授業評価は単位の取り易さや授業の気楽さにもよるので、必ずしも授業の良さを表しているわけではない。その意味で著者の授業は評価のハードルを低く設定し、授業時間も短いので楽な授

業であり、そのため点数が良くなっているのかも知れない。しかし文系学部の学生が最も苦手とする分野であることを差し引くと **College Analysis** を利用した授業は比較的受け入れられているようである。

## 5. おわりに

最近著者は分析の連携の問題を考えるようになった。これまで学部の授業では、多変量解析などについてそれぞれの分析を単独で教えていたが、**College Analysis** の利用者の方からの指摘で、分析の連携の重要性を再認識した。研究の中では特に意識なく行ってきたことであるが、改めて教育の中での重要性を考え、我々の教育システムに取り入れたいと思う。例えば、因子分析の因子やクラスター分析のクラスター間で差の検定を行ったり、クラスター分析を判別分析の前段階で利用したりすることは大変興味深い。また、**Dematel** 法のデータで、**ISM** を行い構造図を描いたり、**KSIM** を行ったり、**ISM** を **AHP** の前段階で使ったり、統計分野以外でもいろいろな応用が可能である。これらの問題は各分析についての知識が必要であるので、学部より大学院での教育に向いている。

分析の連携を考えると **College Analysis** 自体の改良も必要になる。特に必要になるのは、重回帰分析の予測値や判別分析の判別得点、因子分析の因子得点などのレコード毎の出力である。これまで出力は分析に利用したデータのみを対象にしていたが、これは明らかな間違いで、欠損値も含めた全レコードに対して行うべきであった。すでに主だった分析については訂正を行っているが、まだ完全ではない。詳細な見直しが必要であろう。**SPSS** ではこれらの予測値などはデータに直接出力するようになってきているが、必要に応じてデータに貼り付けた方が良いと考え、出力はこれまで通り出力用のグリッドにしている。

今後の **College Analysis** に追加する予定の分析は、品質管理図、在庫管理シミュレータ、共分散構造分析のアルゴリズム強化、グラフィックエディターなどである。グラフィックエディターは長い間の課題で、共分散構造分析の構造図入力、**AHP** の階層図入力、**ISM** の構造図出力などに汎用的に利用する予定である。現在ほぼ完成に近づいており、次回の論文で紹介する。

この教育システムの作成を始めて 10 年以上になるが、やっと出口が見えてきた。まだ不安な部分もあるが、どんな形になるのか予想できるようになった。このシステムの考え方が今後の教育の方向性に何らかの寄与ができればと思う。

## 謝辞

著者に統計学の道を示して下さった福井医科大学名誉教授緒方昭先生、経営科学の方法論を教えて下さった大阪府立大学名誉教授田口賢士先生に心より感謝します。



## 参考文献

- 1) 丹後俊郎, 古川俊之監修, 医学への統計学, 朝倉書店, 1983.
- 2) 福井正康, 佐藤真司, 田口賢士, 統計学・経営科学分析システム UASMI ―基本システム―, 福山大学経済学論集, 17 卷 2・3 合併号, 110-136, 1993.
- 3) 福井正康, 田口賢士, 社会システム分析のための統合化プログラム, 福山平成大学経営情報研究, 3 号, 109-127, 1998.
- 4) 福井正康, 田口賢士, 社会システム分析のための統合化プログラム 2 ―産業連関分析・KSIM・AHP―, 福山平成大学経営情報研究, 3 号, 129-144, 1998.
- 5) 福井正康・増川純一, 社会システム分析のための統合化プログラム 3 ―線形計画法・待ち行列シミュレーション―, 福山平成大学経営情報研究, 4 号, 99-115, 1999.
- 6) 福井正康, 社会システム分析のための統合化プログラム 4 ―基本統計―, 福山平成大学経営情報研究, 5 号, 89-100, 2000.
- 7) 福井正康, 社会システム分析のための統合化プログラム 5 ―システムの改良・ISM―, 福山平成大学経営情報学研究, 6 号, 91-104, 2001.
- 8) 福井正康, 細川光浩, 社会システム分析のための統合化プログラム 6 ―DEA・実験計画法・クラスター分析―, 福山平成大学経営情報研究, 7 号, 65-83, 2002.
- 9) 福井正康, 細川光浩, 社会システム分析のための統合化プログラム 7 ―多変量解析―, 福山平成大学経営情報学研究, 7 号, 85-106, 2002.
- 10) 福井正康・細川光浩, 社会システム分析のための統合化プログラム 8 ―正準相関分析・因子分析・ユーティリティ―, 福山平成大学経営情報研究, 9 号, 23-35, 2004.
- 11) 福井正康・光平直嗣・細川光浩, 社会システム分析のための統合化プログラム 9 ―Dematel 法・社会的意思決定手法・その他の機能強化―, 福山平成大学経営研究, 3 号, (2007) 87-107.
- 12) 福井正康・巴達仁貴・細川光浩・奥田由紀恵, 社会システム分析のための統合化プログラム 10 ―トレンドの検定・方程式ソルバー・非線形最小 2 乗法・多目的線形計画法・待ち行列シミュレーター―, 福山平成大学経営研究, 4 号, (2008) 99-116.
- 13) 福井正康・王迎春・王昌・石丸敬二, 社会システム分析のための統合化プログラム 11 ―時系列分析―, 福山平成大学経営研究, 6 号, (2010), 予定.
- 14) 福井正康, 陳文龍, 王嘉琦, 社会システム分析のための統合化プログラム 12 ―共分散構造分析(中間報告)―, 福山平成大学経営研究, 6 号, (2010), 予定.

# **Education of Mathematical Analysis by College Analysis System**

Masayasu FUKUI

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

## **Abstract**

I have been teaching statistics, management science and decision making in a college of business. In the class of achievement gap and hate math, how could I get my students interested in lectures of mathematical analysis. I introduce my trial about ten years.

## **Keywords**

faculty of arts, lecture of mathematical analysis, statistics, OR, decision making, College Analysis

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