

# 多変量のグラフ表現

伊藤 武彦

コンピュータの進歩とともに実験や調査の結果を図やグラフで表現することが簡単になってきた。本稿では学生の卒業論文や学術論文に用いることができるようなグラフによるデータの表現方法にはどのような種類のものがあるかを示した。記述主体のグラフに加え、多変量解析法の結果の視覚的表現としてのグラフについても解説した。

## はじめに

調査や統計のデータや結果を表現するのに、図やグラフを用いると、多くの情報を直観的に理解しやすい方法で示すことができるという長所をもつ。その一方で、『心理学研究』などの専門雑誌では、図はかなりのスペースをとることと、かなりの費用を要することから、厳選して必要なものだけを用いるという編集方針がある(日本心理学会, 1991)。また、グラフは表よりも正確な数値を表しにくいという欠点もある。

しかし、今日、学生が卒業論文などにおいて、結果をグラフ表現することを大いに奨励したい。特に、グラフ用紙に直接線画を書き入れていた昔とは違い、パソコンソフトをある程度習熟することにより、誰でも美しいグラフを描くことが可能になった今日、グラフ表現について考察を加えることは意義あることと考える。

本稿では、グラフ表現のうち、多変量すなわち3つ以上の観測変数があるデータの表現に重点を置く。人文・社会科学分野では、諸要因が多岐にわたり複雑である場合が多い。質問紙調査で要因間の関係を明らかにしたり、項目間の関係を視覚的に表現することが望ましい。また、コンピュータの性能の発達に伴い、多変量解析法がグラフ表現とともに開発されてきている。まず第1節では複雑な統計的解析前の記述主体

いとう たけひこ 本学部助教授 (1997年12月6日 提出)

のグラフ表現として、散布図・レーダーチャートなどよく使われるものや顔型グラフ・星座グラフ・文字グラフのように新しく工夫されたものを紹介する。次に第2節では統計的解析と結びついたグラフ表現としてクラスター分析とデンドログラム(樹形図)、重回帰分析とパスダイヤグラム、共分散構造分析とパスダイアグラム、グラフィカルモデリング、予測のためのPLSモデリング、CHAIIDなどを紹介する。

## 1 記述主体のグラフ表現

### 1-1 散布図

与えられたデータが2次元の空間、つまり平面上の点として表される場合のグラフ表現法として、散布図(scatter diagram)がある(図1-1-1)。このグラフは目でみることによって、(1)2変量間の関連(相関)の強弱、(2)関連が直線傾向か、曲線傾向かの点検、(3)外れ値(異常値)の点検、(4)散布密度の状況、(5)クラスタリング、等が確認できる。

今日では表計算のソフトウェアや統計ソフトにはこの散布図のプログラムがついているので簡単に散布図をかくことができる。また3変量以上での多変量間でも2変量同士の関係は散布図行列によって表示することができる(図1-1-2)。いわゆる探索分析のための最も基本的なグ

## 多変量のグラフ表現

図 1-1-1 卒業比率と言語適性の散布図

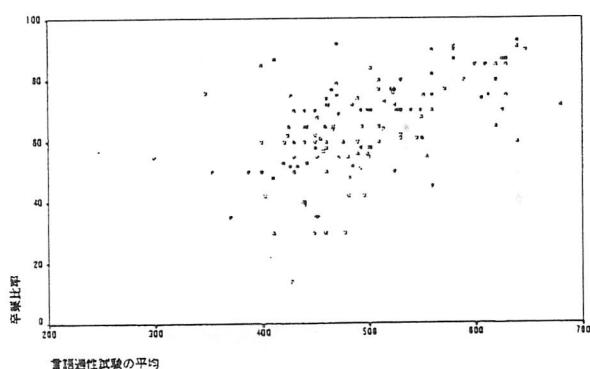
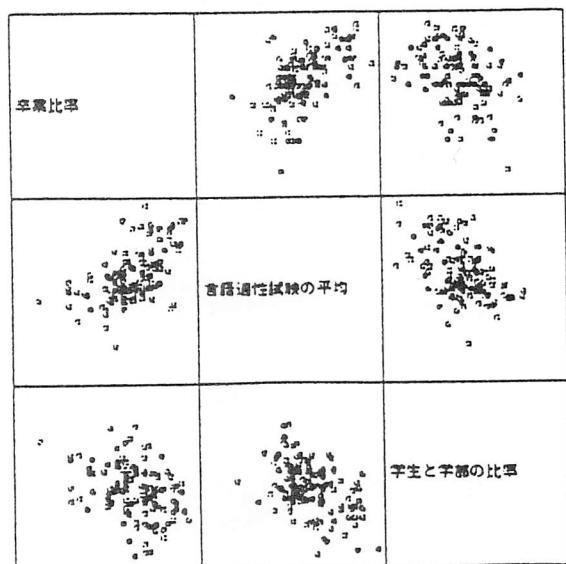


図 1-1-2 散布図マトリックス



ラフである。ただし散布図は2変量が量的なデータのときのみ用いられる。片方のデータが質的データ（カテゴリカルデータ）の場合にはヒストグラム（図1-1-3）を描くということになる。例えば心理学などで用いられる質問紙調査におけるリッカートタイプの尺度（5段階の評定など）には、散布図を用いることはできず、それぞれの尺度値のヒストグラムを描くことでその分布を知ることができる。

### 1-2 レーダーチャート

レーダーチャート（図1-2-1：脇本他、1979、p63）はクモの巣グラフ、ダイアグラムとも呼ばれる。各変量の基準値に対する達成度の評価、パターンの分類、及び継時変化などを検討する

図 1-1-3 言語適性と卒業比率それぞれのヒストグラム

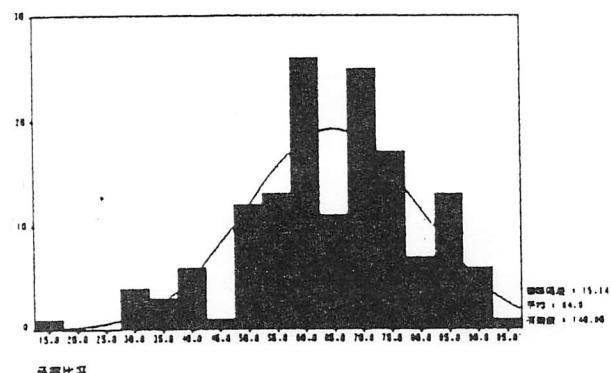
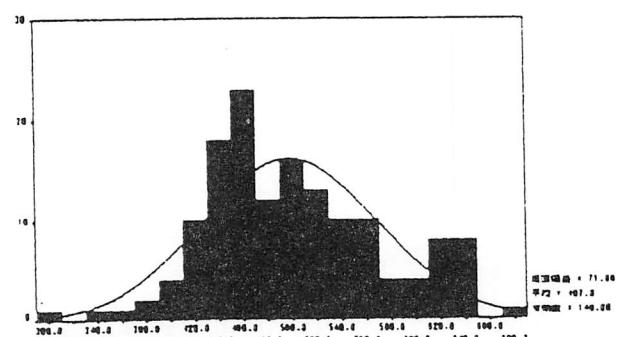
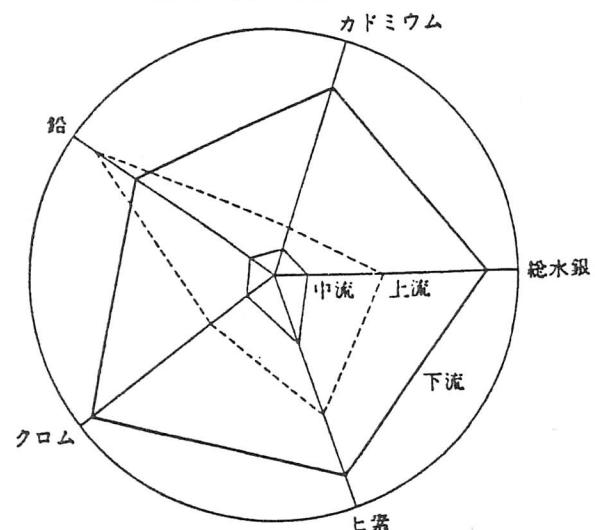


図 1-2-1 レーダーチャート：荒川の各流域における汚染状況



のに利用できる。日本のビジネスマンによって考えられたものだという。通常5つ以上の変量のデータをその等多角形の上にプロットするものである。具体的には円周を変数の個数である数個の点によって等分し、中心Oとそれぞれの点

を結び、半径を各変量の実現可能な、すなわち最大値の範囲内で目盛り、各変量の値をその線上にプロットし、これを順に実線や点線で結ぶものである。このグラフは多変量の値を多角形として表示し、その多角形の形で比較しようとするものでわかりやすく実際によく用いられる。例えば主要5科目の成績を個人やクラスや地域で比較しようとするときに、5科目であれば、5角形のレーダーチャートを用いることができる。

### 1-3 顔型グラフ (Faceグラフ)

顔型グラフは、チャーノフ (1973) によって考えられたもので、多次元のデータの変量の一つ一つを人間の顔の輪郭、鼻、瞳、目、口、眉などに対応させ、一つの多変量データを人間の顔の表情として表現しようとするものである。その結果、いくつかのグループのデータの特性の比較が顔の表情の比較で可能となり、またデータの時間的変化も顔の表情の変化でとらえることができる。

図1-3-1 (脇本他1979、p68) は野球のセリーグの投手20人を9つの変数で比較したものである。(1)防御率 (2)勝率 (3)完投率 (4)完封率 (5)セーブ率 (6)被安打率 (7)被本塁打率 (8)四球率・死球率 (9)奪三振率 で各々の成績を図に示した顔の変数に対応させたものである。なおこの顔型グラフを応用したものに体型グラフ (Bodyグラフ: 図1-3-2: 脇本他、1979、p71) がある。これは多次元データの変量の一つ一つを人間の顔だけでなく、手足をはじめとする人間の体全体に対応させて一つの多変量データを人間の体全体で表現するものである。体育や医学などの分野で運動能力や体力のデータのように身体に関連する記録のデータを表すのに都合がよいばかりでなく、他の分野にも応用が可能である。

### 1-4 星座グラフ (Constellationグラフ)

星座グラフは図1-4-1 (脇本他、1979、p76,79) の様にちょうど分度器を上向きにおいてその中にそれぞれの得点をプロットし、そのプロットした点を星に見立てて、丁度星座の様な

図1-3-1 顔グラフ: セリーグ投手20人と平均的な顔

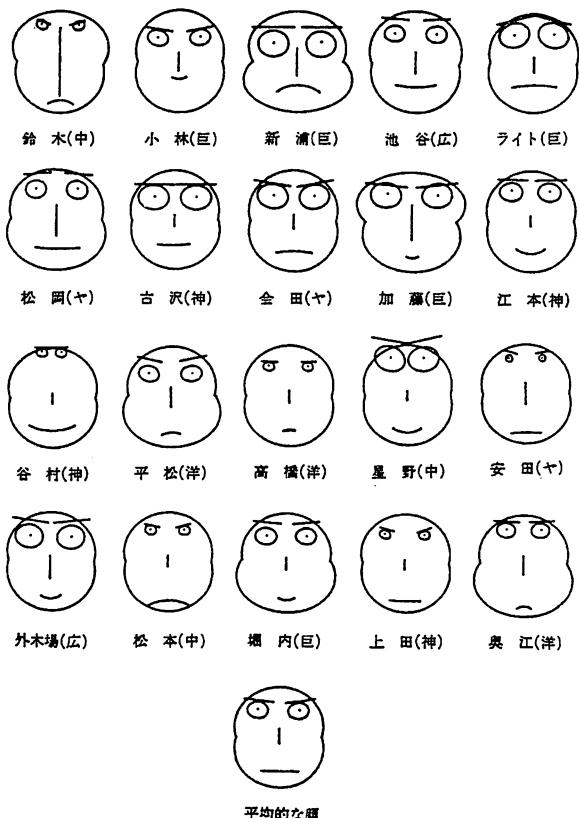


図1-3-2 標準体形グラフ

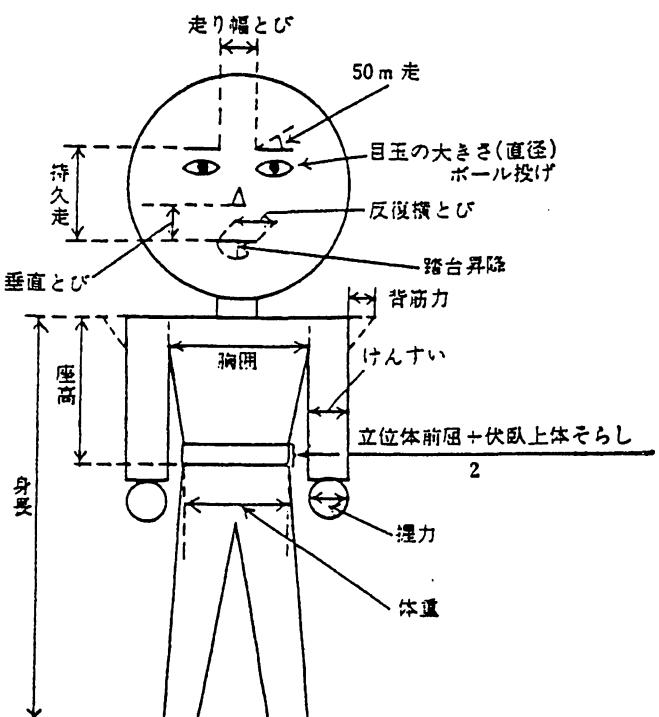
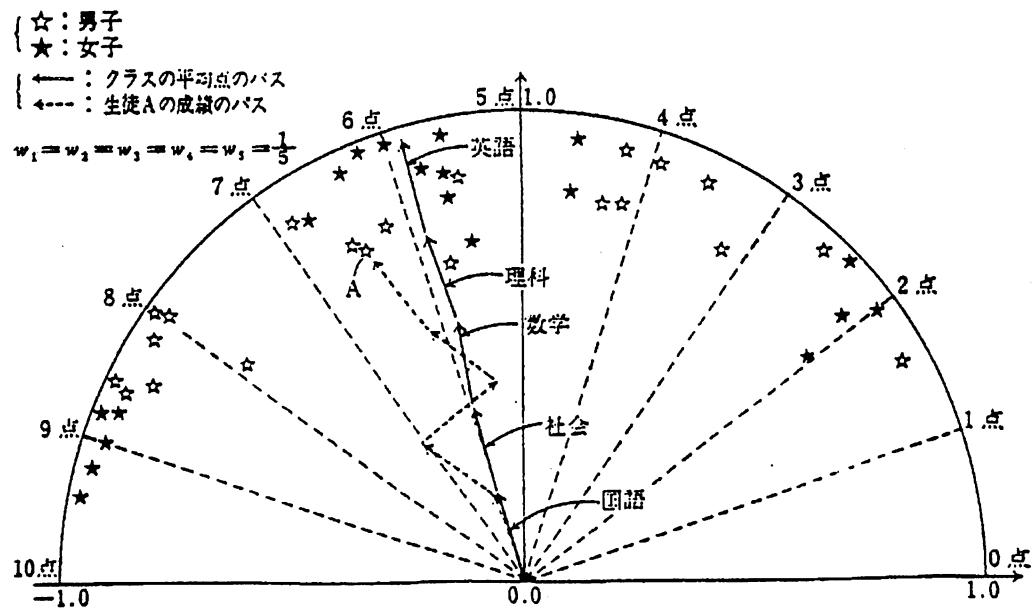


図1-4-1 星座グラフ



形になることから名付けられている。多変量のそれぞれをベクトルにして表し、それらのベクトルをつなぎ合わせてその最終点に星を描くという作業を行う。例えば国語、社会、英語、理科、数学の成績をそれぞれ同じ長さのベクトルで表す。0度を0点、90度を50点、180度を100点というようにして、科目順にベクトルを描いていく。5科目すべて100点の場合には左の水平線、5科目すべて0点の場合には右の水平線に落ち着くことになる。星の位置がこの分度器の形の範囲を越えることはない。円周に近づけば近づくほど、まんべんなく各変量の差の小ささを表しており、半円の中心に近ければ科目によってばらつきが大きいということがわかって便利である。また総合点、ないしは平均点が、円の中心と星との角度、すなわち最終的なベクトルの角度で一目瞭然であり、総合的な得点の順位も一目でわかって便利である。科目によって重みづけをしたい場合には、ベクトルの長さを調整することによって可能である。この星座グラフは脇本・田栗(1978)によって発明された手法である。あまり知られていないグラフであるが、星の色や形を工夫することにより、星座グラフは集団全体の特徴と集団の中における個人を同時に表現できるという点でも優れている。

各変数による個人差などが一目で分かる点に特長がある。円周に近づけば近づくほど、まんべんなく各変量の差の小ささを表しており、半円の中心に近ければ科目によってばらつきが大きいということがわかって便利である。また総合点、ないしは平均点が、円の中心と星との角度、すなわち最終的なベクトルの角度で一目瞭然であり、総合的な得点の順位も一目でわかって便利である。科目によって重みづけをしたい場合には、ベクトルの長さを調整することによって可能である。この星座グラフは脇本・田栗(1978)によって発明された手法である。あまり知られていないグラフであるが、星の色や形を工夫することにより、星座グラフは集団全体の特徴と集団の中における個人を同時に表現できるという点でも優れている。

## 1-5 文字グラフ

文字グラフとは、多変量のデータを文字の大きさに割り当てて表現するもので一つ一つの個体が文字列として表現される。図1-5-1 (脇本他、1992 pp. 169-170) は、1982年の日本の都道府県の5種類の飲食関係、すなわち食堂、レストラン、そば・うどん屋、寿司屋、料亭、喫茶店の人口1000人当たりの店舗数をあらわした表に基づいて文字グラフ表示を行ったものである。このように各県別の飲食店の数が見ただけで対比ができる。

図 1-5-1

平均値	食麵寿亭茶	茨城	8 食麵寿亭茶	16 富山 食麵寿亭茶	24 三重 食麵寿亭茶	32 岐阜 食麵寿亭茶	40 福岡 食麵寿亭茶
1 北海道	食麵寿亭茶	栃木	9 食麵寿亭茶	17 石川 食麵寿亭茶	25 滋賀 食麵寿亭茶	33 岡山 食麵寿亭茶	41 佐賀 食麵寿亭茶
2 青森	食麵寿亭茶	群馬	10 食麵寿亭茶	18 福井 食麵寿亭茶	26 京都 食麵寿亭茶	34 広島 食麵寿亭茶	42 艮崎 食麵寿亭茶
3 岩手	食麵寿亭茶	埼玉	11 食麵寿亭茶	19 山梨 食麵寿亭茶	27 大阪 食麵寿亭茶	35 山口 食麵寿亭茶	43 熊本 食麵寿亭茶
4 宮城	食麵寿亭茶	千葉	12 食麵寿亭茶	20 長野 食麵寿亭茶	28 兵庫 食麵寿亭茶	36 徳島 食麵寿亭茶	44 大分 食麵寿亭茶
5 秋田	食麵寿亭茶	東京	13 食麵寿亭茶	21 岐阜 食麵寿亭茶	29 奈良 食麵寿亭茶	37 香川 食麵寿亭茶	45 宮崎 食麵寿亭茶
6 山形	食麵寿亭茶	神奈川	14 食麵寿亭茶	22 静岡 食麵寿亭茶	30 和歌山 食麵寿亭茶	38 愛媛 食麵寿亭茶	46 鹿児島 食麵寿亭茶
7 福島	食麵寿亭茶	新潟	15 食麵寿亭茶	23 愛知 食麵寿亭茶	31 鳥取 食麵寿亭茶	39 高知 食麵寿亭茶	47 沖縄 食麵寿亭茶

きるという便利なグラフである。また縦軸すなわち文字の高さと、横軸すなわち文字の幅に別の変量を当てはめることにより、さらに複雑な関係を表示するのも可能である。

## 2 統計的解析と結びついたグラフ表現

### 2-1 クラスター分析とデンドログラム

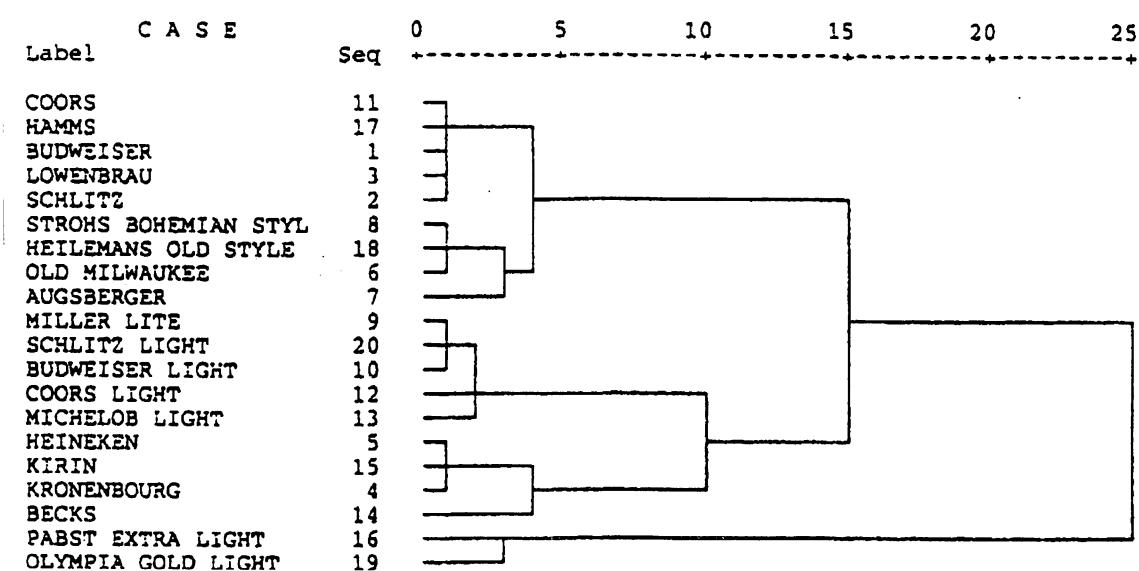
デンドログラム（図 2-1-1）は樹形図とも呼ばれ、通常その末端は各個体、ないしは項目（変数）を表し、その木の枝は結合の順序を与える。従って階層的構造をもつデータに対しては

クラスターの形成過程が一見してわかり、しかも縦軸の距離、又は類似度からクラスター間の近さが定量的に、いいかえれば視覚的にも把握できる。このデンドログラムは通常クラスター分析という多変量解析の結果の表現に用いられる。クラスター分析とは個体や変数の間の距離、又は類似性（非類似性）の値や行列が与えられた場合に、その各々の項目をクラスターとしてまとめて分類する統計的技法である。これとよく似た質的分析方法にKJ法がある。KJ法は、ブレーンストーミングなどによって出されたカードをその類似度や共通性によって人間の手によって分類する、川喜田二郎（川喜田、1967）

図 2-1-1 20種類のビールの完全連結法を使用したデンドログラム

Dendrogram using Complete Linkage

Rescaled Distance Cluster Combine



## 多変量のグラフ表現

によって発明された方法である。このような分類作業をコンピューターの手によって自動的にやってくれるのがクラスター分析である。

クラスター分析を応用した手法にPAC分析(内藤, 1997)がある。PAC分析ではある刺激語にたいする連想語の相互の類似性を被験者に評定してもらい、それをクラスター分析にかけ

て、実験者との対話により解釈を決定するという手続きによる、個人の内面を分析する技法である。図2-1-2(伊藤, 1997)は韓国体験学習旅行前と後において、ある和光大生の韓国・韓国人イメージとその変化を表している。

クラスター分析は確認的因子分析(あらかじめ因子のモデルを仮定してデータとのあてはま

図2-1-2(1) IMAGE OF KOREA/KOREAN BEFORE THE TOUR

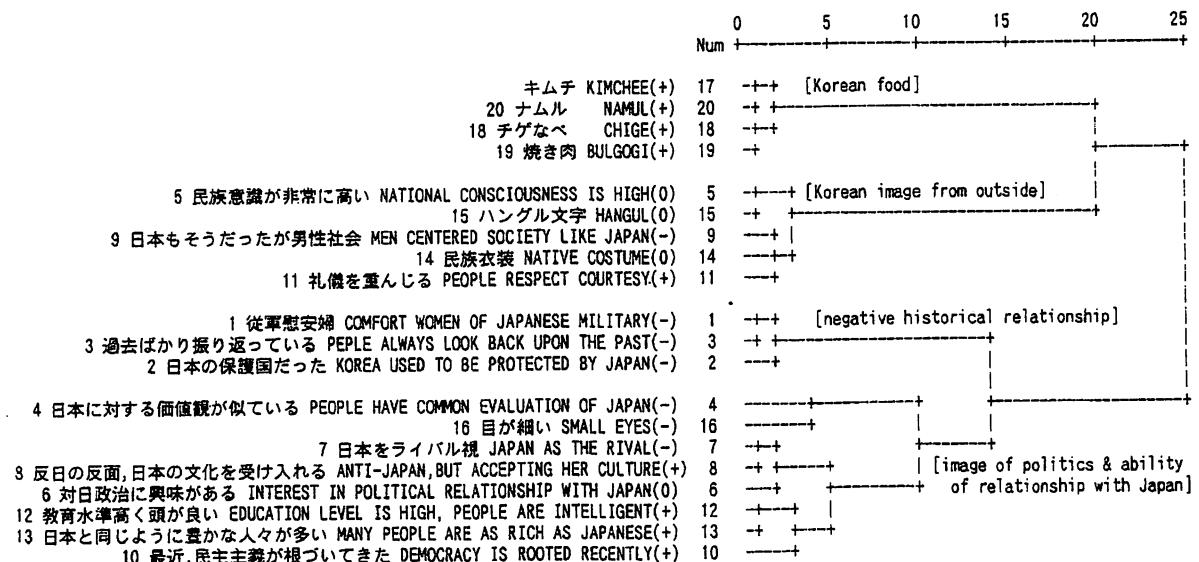
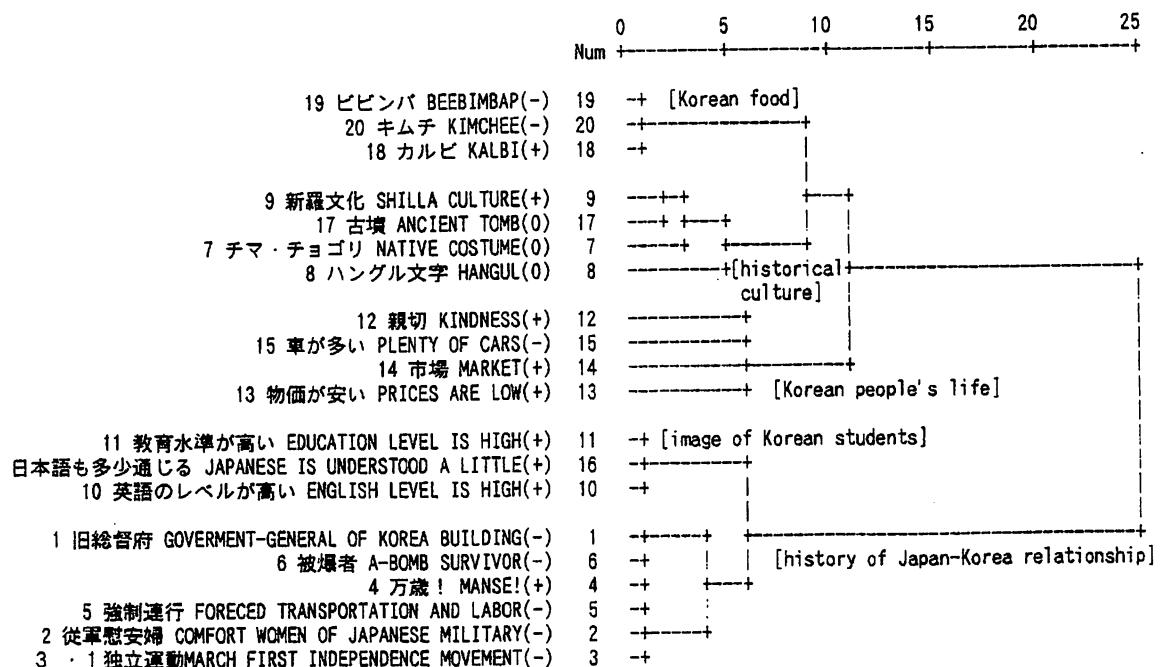


図2-1-2(2) IMAGE OF KOREA/KOREAN AFTER THE TOUR

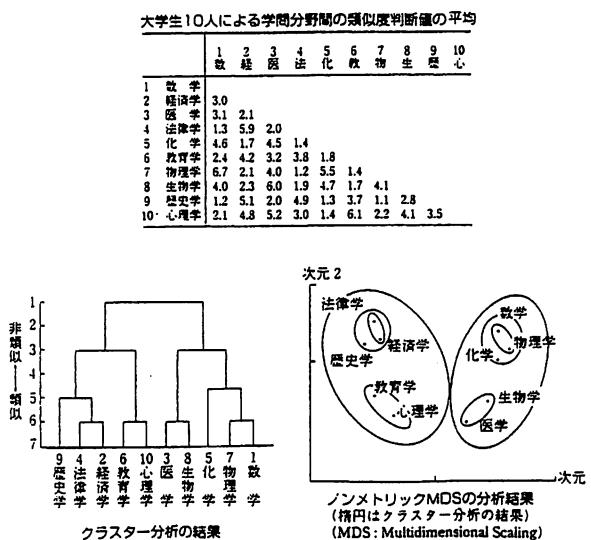


りの良さを調べる方法) や共分散構造分析において多集団比較をする際のモデルを決定する際の予備的分析としても有用であることも指摘されている。

また、従来の探索的因子分析(観察変数から因子を抽出する方法)の場合で因子数を決定する際に、いろいろな方法が提案されているが、決定的なものはない現状において、クラスター分析の樹形図により項目間の類似度を視覚的に確認し、枝分かれの様子から因子を推定するのも一方法かと思う。

クラスター分析は項目間の距離、ないしは類似性をどのようないくつかによってさまざまな距離の定義の仕方がある。例えばSPSSでは、一般的な平方ユークリッド距離の他、ユークリッド距離、都市ブロック距離、Chebychevの距離など8種の選択が可能である。またどのようにクラスタリングを進めていくかで、ウォード法、グループ間平均連結法、最近隣法(単連結法)、最遠隣法(完全連結法)、グループ内平均連結法、重心法、メディアン法の7種が選択可能である。あまりにもたくさんの方法があり、多様であるので、クラスター分析の分類をするためにクラスター分析をしなくてはならないという話もあるくらいである。クラスター分析は分析手法で分類結果が変わったりするので統計学者には、あまり評判が良くないのかもしれないが、もつ

図2-1-3



と活用されて良い。

距離行列によって分類するための方法として、MDS(多次元尺度法)もある。表現の違いを図2-1-3(服部・海保, 1996, p126)に示す。

## 2-2 重回帰分析とパスダイアグラム

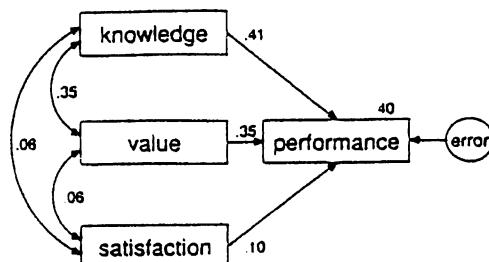
重回帰分析は予測変数と目的変数の関係を分析する手法であり、変数間の関係が複雑な場合には、パス図(パスダイアグラム)で表すことがある。

図2-2-1(Arbuckle, 1997, p348)がパス図の例である。このようなパス図はアメリカの農学者であるWright(1921)によって開発された。もともとのパス図は、矢印で因果とその方向を表して、両矢印で相関を表すという観測変数間の因果関係をあらわすのみであった。ヨレスコックとソルボンが共分散構造分析(豊田, 1992)を発明してからは、潜在変数(因子)をパス図に導入することにより、新たな地平が開けた。

## 2-3 共分散構造分析とパスダイアグラム

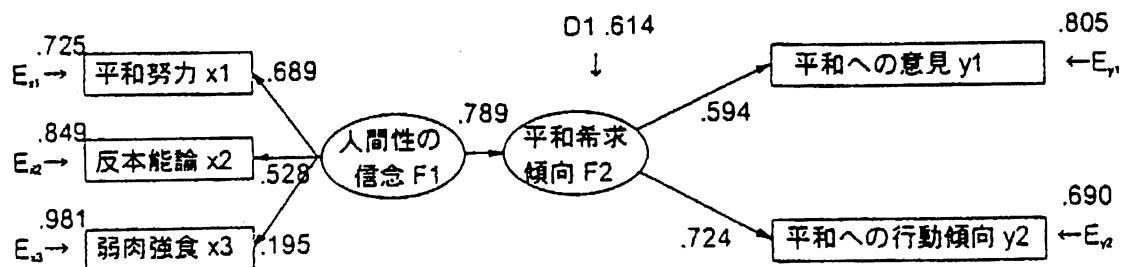
共分散構造分析の出現により、重回帰分析と因子分析の結合(測定方程式と構造方程式の結合)が行われ、潜在変数を円または橢円で表示し、観測変数を長方形で表現することにより、さまざまな多変量の関係を因果モデルによって表現することができるようになった(図2-3-1)。

図2-2-1



Example 4  
Conventional linear regression  
Job performance of farm managers  
(Standardized estimates)

図 2-3-1 共分散構造分析によるセビリア声明の人間観と平和希求傾向の因果モデル


 $\chi^2=7.089 \quad df=3 \quad p=0.69 \quad GFI=.988 \quad AGFI=.938 \quad ACI=1.089 \quad RMR=.038$ 

1：伊藤, 1997 p130)。そのさいに複雑な因果の関係をパス図によって表現することが可能となった。すなわち多変量の関係のグラフ表現が結果を表示するという働きだけでなく、これから証明しようとするモデルを記述するための道具として用いられている。さらに1990年代に入つて、EQS (Bentler, 1995) や AMOS (Arbuckle, 1997) などの共分散構造分析ソフトウェアではパス図を描くことによってプログラムを自動的に作成するような機能まで生まれている。このようにモデル構成の道具としてパス図が用いられてるのが現状である。

## 2-4 グラフィカルモデリング

グラフィカルモデリングは分割表における対数線形モデルと多変量正規分布における共分散選択の発明、および両者の類似性の発見に加え、無向グラフでのマルコフ場と有向グラフでのマルコフ場の理論がドッキングして誕生したグラフィカルモデルをデータに当てはめる作業のことである（宮川, 1997, pp ii-iii）。

共分散構造分析が共分散に基づく共分散行列、ないしは相関行列をもとに母数推定するのに対して、グラフィカルモデリングでは偏相関係数をもとに計算を行うという違いがある。宮川 (1997) によれば変数を楕円で囲み、関連があれば線分がその間にひっぱってあり、関連がなければ線分がないということで、多変量の関係を線分の有る無しで表している（図 2-4-1 宮川, 1997, pp138-141）。

共分散構造分析とグラフィカルモデリングは、母数推定によるモデルの検討という共通性があ

図 2-4-1 グラフィカルモデリング

## 6. 因果分析への応用

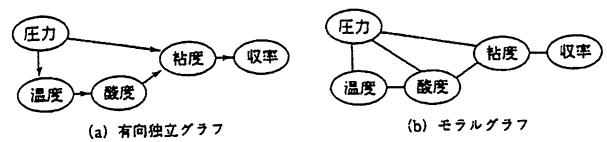


図 6.10 化学工程データに対する有向独立グラフとそのモラルグラフ

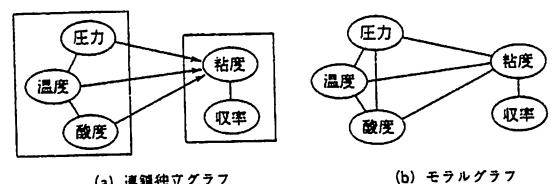


図 6.11 原因系・結果系からなる連鎖独立グラフとそのモラルグラフ

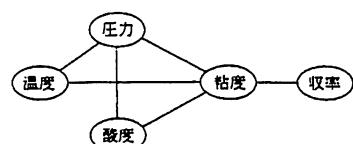


図 6.12 5変数を対等に扱った無向独立グラフ

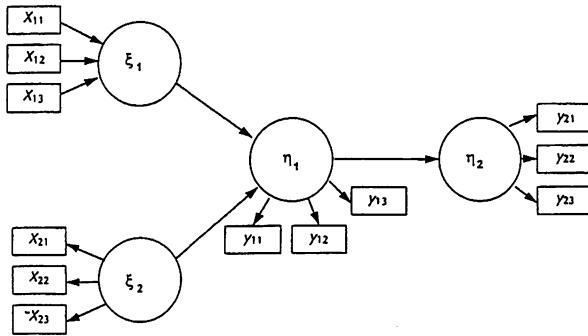
る。相違点は、共分散構造分析においては潜在変数の導入が可能であり、因果の矢印が明確であるのに対し、グラフィカルモデリングでは潜在変数は取り扱わないし、因果の設定をしなくてもモデル構成が可能であるという点である。

## 2-5 予測のためのPLSモデリング

PLSについては伊藤 (1997) で、共分散構造分析との対比で解説をおこなった。ただし豊田・前田・柳井 (1992, p107) では、PLSモデルを共分散構造分析の下位モデルとして位置づけている。母数推定というよりは、予測モデル

であることがPLSの特徴である。共分散構造分析が、因子分析における因子にあたる潜在変数相互の回帰分析や相関をモデル化するのに対して、PLSは主成分分析による合成変数を混入させたモデルであるともいえる(図2-5-1: Fornell & Cha 1994, p57)。

図2-5-1 An example of PLS model



## 2-6 CHAID

CHAID (CHAID = Chi-squared Automatic Interaction Detection カイ二乗自動交互作用検出) は、単変量の従属変数（基準変数）（例：退学率）に対する多変量の質的（名義尺度または順序尺度）独立変数（例：出身地域、性別、入学年度、文系理系）をカイ二乗検定の繰り返しにより、有意水準の有無で階層的に分割 segment し、ツリー形式で分析結果を表示する分析方法およびソフトウェアの名称である (Magidson, 1993)。SPSS のアドインソフトとしても、単体で使えるソフトウェアとしても発売されている。

データマイニングの道具として有効であり、市場調査における market segmentation の道具として有用である。CHAID の日本での応用例として国費学部留学生中途退学者の分析がある(図2-6-1: 井上・谷・土屋 1997)

CHAID の前身は、1963年ミシガン大学社会研究所で AID (Automatic Interaction Detection: 別名、2項ツリー分析) が開発され、60-70年代の市場研究に用いられたものが原型である。カテゴリ数の多い変数があれば予測変数として採択されやすいという問題点を克服するため、南アフリカの大学院生であった Kass によって AID が 1978 年に改良され、CHAID が開発された

図2-6-1(1) 全退学者(61人)の分析

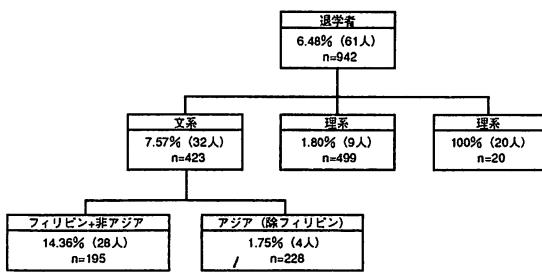
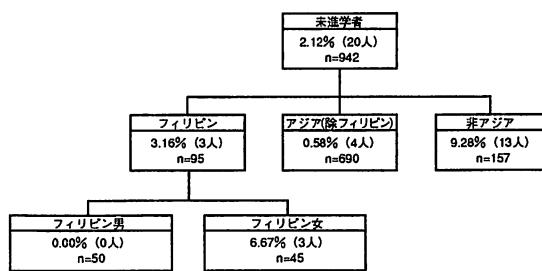


図2-6-1(2) 学部未進学者(20人)の分析



(Kass, 1980)。2項より多い枝分かれも検出でき、Bonferonni の乗数による調整で AID の欠点を解決したのである (Magidson, 1994)。

他の多変量解析との比較を試みてみよう。

数量化II類、対数線形分析 (Upton, 1978) とは、複数の質的独立（説明）変数で単数の質的従属（目的）変数を予測する点で共通しているが、CHAIDはいきなり多重比較 (Bonferonni 法) もしてしまうので、有意な交互作用の解釈が容易であるといえる。

クラスター分析との比較では(1) 分類という分析の目的と(2) 枝分かれ図という結果の表現方法が類似している。差異点として、(1) CHAIDは各同一変数（カテゴリー）内のカテゴリー（アイテム）を分類するのに対して、クラスター分析は変量間（またはサンプル間）の（類似度による）分類であること、(2) CHAIDは単一の従属変数を持つ、いわゆる「教師のある分類」であるが、クラスター分析は従属変数がない、いわゆる「教師のない分類」であることがあげられる。

数量化III類・対応分析・MDSとの比較では、共通点は、カテゴリーカルデータの縮約・関係の表示という点である。差異点はCHAIDが1つの

質的従属変数を設定する必要がある（教師あり）のに対し、数量化Ⅲ類・対応分析・MDSはいずれも従属変数の無い（教師なしの）多変量解析である点である。

分散分析との比較では、共通点は複数のカテゴリカルな独立変数と单一の従属変数があることである。差異点は、分散分析では従属変数が量的、パラメトリックなのに対し、CHAIDの従属変数は質的、ノンパラメトリック（CHAID）なカテゴリー変数である点である。また、CHAIDの特長点として複雑な交互作用の解釈が容易であることがあげられる。

CHAIDは、分割という目的からすると、データマイニングの道具として、特に1万件以上のデータ分析に威力を発揮するといわれている。類似のソフトであるCARTと比較すると、データマイニングのツールであり、セグメンテーション（分割）という目的で競合するが、CHIADは多項分割ができるがCARTは2項分割しかできないのでCHAIDに軍配が上がる（Chaturvedi, & Green 1995.）。

なお朝野（1996 pp163-170.）がCHAIDも含めた交互作用分析（AID分析）の解説をおこなっており、AIDのデータフォーマットは数量化Ⅰ類に等しいのに対し、CHAIDのデータフォーマットは数量化Ⅱ類に等しいと指摘している。また、CAIDという手法（村山, 1982）も紹介している。

### 3 まとめにかえて

以上、様々なグラフを紹介してきた。

コンピューター技術の発展により、最近では3次元のグラフ表示が盛んになってきている。表計算ソフトでも3次元の帶グラフや立体グラフを描くことが可能になってきている。ただし、その3次元グラフを表現するのが、2次元の紙であったりコンピューターの画面であったりするので、3次元のデータを2次元の平面で表示するにはいろいろ工夫が行われている。一つのやり方は、斜め上から俯瞰するという、いわゆる立体グラフの方法である。また、SPSSの散布

図のように、3次元の分布の関係を見るのに、いろいろな方向から見えるように軸を回転することができるようになっているというような新しい方法もある。しかし実際の発表、特に、論文では3次元の関係を表示するのに、2次元の平面を2つ並べるといったようなやりかたで表示する場合が多いようである。

本稿では、各種のグラフの紹介にとどまり、どのような場合にどのようなグラフ表現が適切か、など実際的な技法の問題にまで触れることはできなかった。今後の課題としたい。

※本論文は和光大学総合文化研究所で1997年6月18日に行われた「情報システムによる教育・研究の支援研究会」での報告をもとにしたものである。

### 【引用・参考文献（と解題）】

- Arbuckle 1997 *Amos user's guide Version 3.6.* SPSS  
(共分散構造分析ソフトの中で最もグラフィック・インターフェースが秀でているAMOSの解説書)
- 朝野熙彦 1996 入門多変量解析の実際 講談社  
(CHAIDの説明と実例がある)
- Bentler, P. M. 1995 *EQS : Structural equations program manual.* Encino, CA: Multivariate Software, Inc. (共分散構造分析ソフト)
- Chaturvedi, A., & Green, P. E. 1995. Software review:  
SPSS for Windows, CHAID 6.0, Chicago :  
SPSS, Inc., 1992. *Journal of Marketing Research*, 32 (May), 245-254.
- Cleveland,W.S. (1987/1993). *Visualizing Data.* Murray Hill, New Jersey: AT&T Bell Laboratories.  
(渡辺宏邦訳 1987 科学・技術者のためのグラフ処理技法 日刊工業新聞社) (本稿で紹介できなかった、著者の創案になる点図表dot chartの解説あり)
- Fornell, C., & Cha, J. 1994 Partial Least Squares. In R. P. Bagozzi(Ed.) *Advanced methods of marketing research.* Cambridge, MA : Blackwell
- Goto,M., Matubara,Y., Yoden,A., Tsuchiya,Y. & Wakimoto, K. (1991) *Statistical Graphics : A Classified*

- and selected bibliography, *Journal of the Japan Statistical Society* (日本統計学会誌), 21, 97-121.
- 服部環・海保博之 1996 Q & A 心理データ解析 福村出版
- Hoaglin, D. C., Mosteller, F. & Tukey, J. W. (1988). *Exploring Data Tables, Trends, and Shapes*. New York: Wiley.
- 井上孝代・谷 和明・土屋順一 1997 国費学部留学生の中途退学の実態 井上孝代(編) 1997 留学生の発達援助. 多賀出版 Pp19-21 (CHAIDの実施例)
- 伊藤武彦 1997a 計算機統計学の最近の動向:共分散構造分析の理論と応用 東西南北1997:和光大学総合文化研究所年報, 128-137 (共分散構造分析について筆者なりに理解してまとめたもの。和光大学総合文化研究所のホームページで図表以外の全文が読める。)
- 伊藤武彦 1997b 体験学習旅行の平和心理学:「日韓平和と交流の旅」とその効果 古澤聰司・入谷敏男・伊藤武彦・杉田明宏 語りつぎ未来を拓く平和心理学 京都:法政出版 Pp.150-178. (PAC分析の実施例)
- 石村貞夫 1995 グラフ統計の話 東京図書 (顔グラフ、クラスター分析、曲線の当てはめ等説明がわかりやすい)
- 狩野 裕 1997 グラフィカル多変量解析:目で見る共分散構造分析 現代数学社 (AMOS、EQS、LISRELという3つの共分散構造分析ソフトの操作と対応させて共分散構造モデルを説明している)
- Kass, G. 1980 An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. *Applied Statistics*, 29 (2), 119-127.
- 川喜田次郎, 1967 発想法 中央公論社 (KJ法について)
- Magidson, J. 1994. The CHAID approach to segmentation modeling: Chi-squared automatic interaction detection. In R. P. Bagozzi (Ed.) *Advanced methods of marketing research*. Cambridge, MA : Blackwell
- Mizuta, M. 1994 A review of graphical methods in Japan: From histogram to dynamic display. In E. Diday et al. (Eds.) *New approach in classification and data analysis*. Springer-Verlag. pp. 36-44. (日本で開発されたグラフが英語で紹介されている)
- 宮川雅巳 1997 グラフィカルモデリング 朝倉書店 (日本語で書かれた初めてのグラフィカルモデル解説書)
- 水田正弘・馬場 1994 グラフィックの実際 共立出版 (星座グラフ・漢字グラフの紹介がある)
- 村山敏 1982 CAID分析 (カテゴリカルAID) その考え方と適用方法 マーケティング紀要, 3, 74-86.
- 内藤哲雄 1997 PAC分析実施法入門 ナカニシヤ出版 (クラスター分析を利用し著者が開発した「PAC分析」の手続きについて詳しく説明している)
- 日本心理学会 1991 執筆投稿の手びき1991年版 日本心理学会
- 豊田秀樹 1992 SASによる共分散構造分析 東京大学出版会 (共分散構造分析の標準的教科書)
- 豊田秀樹・前田忠彦・柳井晴夫 1992 原因をさぐる統計学 講談社 (共分散構造分析入門書)
- Tufte, E.R. 1983 *The Visual Display of Quantitative Information*. Cheshire Connecticut : Graphic Press.
- Tufte, E.R. 1990 *Envisioning Information*. Cheshire : Connecticut : Graphic Press.
- Tukey, J. W. 1977 *Exploratory Data Analysis*. Reading, Mass : Addison-Wesley. (探索的分析と箱ヒゲ図の解説)
- Upton, G. J. G. 1978 *The analysis of cross-tabulated data*. Wiley. (池田 央・岡太杉訓 1980訳 調査分類データの解析法 朝倉書店) (対数線形モデルの解説書)
- Wright, S. 1921 Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 20, 557-585. (パス解析の開発者Wrightの論文)
- 脇本和昌・後藤昌司・松原義弘 1979 多変量グラフ解析法 朝倉書店 (漢字グラフ)
- 脇本和昌他・垂水共之・田中 豊 1992 パソコン統計解析ハンドブックVI:グラフィックス編. 共立出版