

# 医学部進学課程における統計学について

川崎医科大学 数学教室

仮谷 太一

(昭和59年9月7日受理)

On the statistics in the liberal arts and science course  
of medical school

**Taichi KARIYA**

*Department of mathematics, Kawasaki medical school,  
Kurashiki, 701-01, Japan*

(Received on Sept. 7, 1984)

## 概 要

最近におけるコンピューターの進歩は著しく、データ処理・統計的推測およびシミュレーションのツールとしてコンピューターを用いる統計学は、そのために大きな変革を遂げつつある。一方学生の変貌も著しく、講義内容・講義方法とも従来どおりの方式では、学習意欲は低調、理解は形式的で、教える側の意図するところとは、程遠くなりつつあるように考えられる。このような状況を打破し学習意欲を盛りあげ、授業の活性化を図るための方策を立てることが喫緊の要務になっている。この小論では、開学以来工夫を凝らしてきた講義内容について、いくつかの重要項目にふれ、さらにコンピューターによる統計学習の進め方について構想を述べる。

本研究の一部は、昭和58年度操風会研究奨励金によって行われた。

## Summery

As the progress of computer is remarkable in recent years, we are confronted by a problem of changing the method of teaching statistics in which computers are used as a tool of data analysis and Monte-Carlo simulation. On the other hand, students also become altered sharply in the way of thinking, feeling and so on. Therefore, if we continue the traditional contents and method of teaching students will lose interest in statistics and then the effect of teaching will be quite disappointing to us. Under these situations, we have to improve the method of teaching and make students active in learning statistics. In this paper, we describe the important items which have been improved since the beginning of the school and give the outline of teaching statistics with the aid of computer.

## 1. はじめに

医学部における一般教育科目「数学」が、将来の（高学年のみならず、生涯の学習・研究をも含めて）医学教育に最も効果的に機能するように、その内容を精選し、指導の時期・方法に工夫を凝らすべきことは論を待たない。

ところで医学殊に臨床医学が最新情報を必須とするのに対し、数学は原理的・論理的であることを特徴としており、両者はかなり学問的性格を異にしている。本学では、昭和45年開学以来、第1学年の「数学」の中で、入学と同時に「FORTRANの基本と演習」を課してきた。また第2学年の「数学」では、専ら統計数理を取りあげてきた。これは、医学の教育内容が膨大になり、さらに診断技術の目ざましい革新、病気の複雑多様化、ならびに医療機器情報・医薬品情報の氾濫など、コンピューターの強力な情報処理能力を巧に活用し、個体差の大きい対象集団での確率的法則の発見などを通じて、診断治療支援システムとしてのコンピューターおよび統計学の重要性を認識しているからに外ならない。

一方「数学」の中に、コンピューターの学習を組み込むことは、昭和45年開学当時はもちろんのこと、現在でも学生の学習意欲振起に大いに役立っている。高校時代数学を得意としなかった学生にとっては、全員同一のスタートラインから出発するコンピューターは特に興味のもてる科目となっている。まじめに取り組んでゆけば、コンピューターの機能がわかるようになるだけでなく、ゲームのように無性に面白くなり、自然にコンピューター室に足が向くようになる。他の人に教えるという楽しみも生ずるから、いまだかつて経験したことのない自信・優越感のようなものも味わえるからであろう。

さてカリキュラムについて言えば、基礎医学・臨床医学がだんだんと低学年に降りて来る趨勢にあるから、コンピューターと統計学の結合を重要な教育課題として受け止めねばならない時期に達しているように思われる。その上、マンガ世代・ビジュアル表現の世代に即応して、教育内容の再編成・提示方法などに格段の努力工夫をしなければ学習効果の向上は期待できないであろう。

## 2. 統計学の必要性をどのようにして認識させるか

情報化社会の現代においては、研究・事務・生産・生活の如何を問わず、誰にとってもコンピューターが必要であることは、今更申し立てるまでもないが、医学研究および診療において、統計学が何故必要かを認識させることは最重要課題である。もし統計学が論文作成のときのブローチか髪飾りのようなアクセサリに過ぎないのならば、仮令情報化社会に生きる現代人にとって統計学は不可欠の教養であると言ってみたとところで、積極的に学習しようとする医学生はいないであろう。余りにも覚え込まなければならない事の多い医学生にとって、それはむしろ当然とも言うべき態度かも知れない。医師という職業には、とりわけ統計的な思考が不可欠であることを納得させなければならない所以である。

ところで、統計学の必要性を認識させるには2つの方策が効果的であろうと考えられる。1つは正面から堂々と攻める方法であり、もう1つはからめ手からの攻略法である。まずからめ手からの攻略法として、私は武見太郎氏の講演ビデオを見せることにしている。武見太郎氏はいまは故人になられたが、彼が日本医師会長であった頃、川崎医大の創立記念講演として「抵抗の精神」の演題で話されたことを、医学者内部からの提言として視聴させるのである。

彼は、母校の慶応大学医学部内科の助手を、「教授と医学に対する見解を異にするから」という理由で退職し、仁科芳雄氏に誘われて理化学研究所に入所、湯川・朝永両氏と机を並べて研究し、仁科さんと湯川・朝永さん達との毎週ごとの討論——先生と弟子との討論ではなく、同列の学究としての熱っぽい議論を聴いて非常に感銘を受けた話、同じような発熱症状を伴うため当時診断のつけ難かった疾患——脚気衝心と腸チフスに、新しい体温計を創案し体温の推移グラフからその診断法を確立した話、idea formation→planning→practice→evaluation→idea formation→… の科学研究における基本モードの話と、いろいろ聞かせる話が一杯つまっているからである。特異な政治家またはドンとしてしか見ていなかったテレビの主演が、科学たらんとする医学に数学や統計学の必要なことを話すのであるから、学生達の驚きは一入と言えよう。数学・統計学を教える立場の者の口からでなく、医者からの提言なので、数学の必要性、統計的推理の必要性が素直に頭に入っていくのではないかと推量している。

次には正攻法であるが、最近の事例を紹介しよう。統計学の本論に入る前に、「くすりや各種治療法のききめは、どのようにしたら正確に評価することができるか」を考えさせるのである。そのさい大略3つの点を、前もって理解させておくことが必要である。

- (1) 病気はほうっておいても自然に動くものであること。一般には改善の方向に変化していこうとするフィードバック機能（あるいは自然治癒力）が生体にはそなわっていること。
- (2) 1人1人の患者は、性・年齢・職業・初期重症度・その他遺伝形質・自然的社会的環境などそれぞれ異なっており、それらのバラツキを管理または制御することはできないこと。
- (3) 病気治療における心理的効果。

がそれである。(1)のために、「ある薬をのんだ」そしたら「病気がなおった」だから「薬がきいた」という判断は、全くの誤りであることを納得させる。(2)には特に留意する必要がある。臨床実験における「実験」という響きが、物理や化学における「実験」と同じような印象を与えてしまうからである。物理や化学における実験においては、実験材料として純度の高い同質の材料を選ぶことができるし、実験条件もほぼ完全に制御または管理することが可能であった。誤差が入るとすれば、測定における機器差・個人差くらいであったので、特に統計的な考えは必要なかったのである。これに反して、臨床実験では実験材料そのものに大きな個体差があり、実験条件もきびしく管理することは不可能である。その上、その病気の改善に関係があるのかないのか不明の要因も少なくないであろう。このような条件の下で得られたデータは、どのように処理したらよいのであろうか。とても物理や化学の実験におけるように確定的な法則を帰納することはできないであろう。確定的な立言が困難だとすれば、出生児の男女性比の法則や、メンデルの法則に見られるような確率的法則はどのようにして求められるのであろうか。(3)については、乗物酔いの体験とか、内科での診療前後における心理の変化などを想起させるだけで十分であろう。

こうして、物理や化学における実験とは全然異なることを知らせ、その複雑さ困難さを認識させた上で、ききめの評価をどうするかを考えさせるのである。複雑すぎてよく分からないと

言いたいところであるが、患者を前にした医者には必ず処置をしなければならないのである。そこでこの困難な問題の解決をめざして、これまでに開発せられてきた方法論—統計的方法の紹介をしなくてはならない。すなわち、(1)に対しては対照群をおくこと、(2)に対しては処理群と対象群とに無作為に個体を割りつけること、(3)に対してはどの薬を投薬されたか(投薬したか)知らせないこと、そしてこれらを総括して、1つの実験計画としてまとめた二重盲検法が開発されており、現在多用されていることを知らせるのである。

臨床実験などには将来とも関係ないという学生もいなくはないであろうが、「医療行為というのは、患者の全快を祈りながら行う科学実験である—診断を下し(実験仮説を立て)、治療または投薬をし、生体の反応を見ながら、必要ならば治療法・薬を変更しつつ全治にまでもっていく」ことを認識させた上で、個々の患者に最善の治療はどのようにしたら可能になるかを考えさせるのである。

最善の治療を施すことは医者として当然の責務であるが、最善というのは1人の医師としてベストを尽くすという段階にとどまってはならないのである。赤ヒゲ(江戸時代)のベストを現代においてベストとすることはできない筈だからである。すべてのんびりしていた古き良き時代には、一つの物事にまじめに取り組んでいれば、いつしかその道の通<sup>23</sup>になり自信をもって行動することができたのである。しかし今日のように世の中が目まぐるしく変化する状況の下では、一つの事象に精通しかけたときにはもうすでに状況が変わってしまっていて、折角身につけた知識技能も役に立たなくなっている。医療の世界においても、生活様式の急激な変化に伴って病気の種類はますます複雑微妙になるばかりでなく、新薬・新治療法の発見、ならびに新しい診療機械・医療機器の開発など、医療手段の変化は誠に目ざましいものがある。こうした状況の下での確かな診断を下し、病状の推移に即応して適切な医療行為を自信をもって行うためには、複雑な変動の中から素早く事象の法則性を見つけ出すための科学的方法—すなわち統計的方法がどうしても必須となってくるのである。

### 3. 特に重点をおくべき項目は何か

何に重点をおき、統計的手法のどこまでをカバーするかについては、単位数(授業時間数)に深く結びついており、また履習する学生の知的水準、教授者のキャリアーなどに関係することで一概には言えないことであるが、少なくとも次の3項は必須であると考えられる。すなわち

- (1) 実験母集団の概念
- (2) 推定検定の論理
- (3) 少数標本における偶然変動の意外性

である。

#### 3-1 実験母集団の概念

一般に統計学では、母集団の定義を明確にし、その中から標本を無作為に抽出し、測定データを求めてから、統計的推測にかけるのであるが、臨床実験いやもっと広く医学実験において

は、これと全く事情を異にしているのである。

雄のヒヨコに飼料1，飼料2を給餌したとき，体重増加に有意な差が生ずるかどうかを研究する実験を例にとって考えてみよう。

もし，対象とする雄のヒヨコ全体に，飼料以外の条件を同一に保って，飼料1を与えた結果（母集団1）と，飼料2を与えた結果（母集団2）とが得られるならば，それぞれの母集団から無作為標本を抽出し，それにもとづいて推論を進めればよい。しかし医学・生物学などの実験研究の場合には，このような母集団はただ頭の中で想定することができるだけである。現実には得られる実験母集団は，次のようなものと考えられ，実験母集団それ自身が，実験者の知識技能・経験の多寡・実験施設の良否などにより大きく左右されることである。

実験対象とする雄のヒヨコを，対象統計集団から抽出し，これらを実験母集団1・2に分けた後，それぞれに飼料1，飼料2を与えて飼育したものを標本1，標本2とするのであるが，飼料以外の条件でヒヨコの体重増加に関連があると考えられる条件は，それが管理（制御）可能である限り，2つの群に分けるとし，および飼育の過程で徹底的に管理（制御）することが必要である。体重増加に関連がありながら管理（制御）できない要因，その他よく分らない要因は，2群の間に偏りを生じないように積極的に無作為化を図らなくてはならない。このようにして明確に定めた実験要領の下で，無限回実験を繰返すとき得られるであろう標本1の全体を実験母集団1，標本2の全体を実験母集団2と考えるのである。

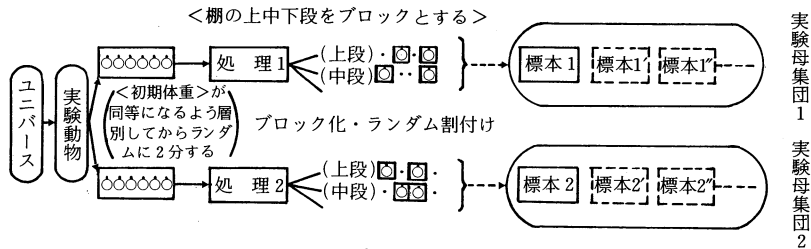


図1 実験母集団と標本

- 実験目的** 処理（飼料）により体重増加に差を生ずるか。
- 仮説** 処理（飼料）により体重増加に差はない。
- 層別要因** 体重増加に関連があることが既知で，しかも管理（制御）可能な要因＝初期体重，ケージの置き場所。
- 偶然変動** 層別要因以外の要因にもとづく変動。

このように考えれば，母集団と標本との関係が明確になり，推定や検定の論理展開の場が与えられることになる。しかし現実には得られる標本1は，それに続いて得られると考えられる標本1'，標本1''...とは一般には異なるであろう。実験を繰り返す毎に，実験者の技量は向上し，知識も増加するから，管理すべき要因の取扱いも変化する筈である。手術を伴う動物実験の場合などは特に顕著であろう。

いずれにしても、飼料1、飼料2を与えて現実に得られた標本1と標本2の実験母集団は、飼料以外の要因を完全に同一に管理したときに考えられる理想的な実験母集団とは、それぞれかなり隔たりがあると考えられる。標本から推論しうるのは、現実に得られた実験母集団の間の差であるから、第1回目の実験で有意な差が認められなかったからと云って落胆するのは早過ぎるのである。何回も実験を繰り返すうちに、技量が向上し、知識が増え、実験施設が充実してくれば、しだいに理想的な実験母集団に近いものからの標本に近いものが得られるようになり、有意な差が得られるかもしれないからである。

### 3-2 推定・検定の論理

従来の数理統計学のテキストにおけるような統計的推定・検定の数理的な理論の展開を目指すものではないが、統計的な推測論理には徹底した理解を与えるよう努力することが必要である。このことは、母中央値の推定・検定の問題を、2項分布の問題にモデルチェンジして考えることにより実現することが可能であろう（[1]の第6章参照）。

取扱う分布が2項分布であるから、数学的な抵抗はほとんどなく、標本を適当な大きさに押えておけば、可能なすべての場合のパターンとその確率分布を容易に求めることができるからである。また、帰無仮説とか有意水準などの意味は明確であり、棄却域の構成についても具体的に議論することができるので、検定についての全体的なイメージを与え易いと考えている。また、両側検定と区間推定の問題とがスムーズに結びつけられるので好都合である。ここで十分時間をかけて議論しておけば、他の推定検定の話にも容易に馴染ませることができる。

なお、カイ二乗検定から入るのも良案ではないかと思われる（[2]の第4章参照）。

### 3-3 小標本における偶然変動の意外性（乱数サイによる実験のすすめ）

臨床実験では症例数が5、6というのは稀なことではない。「少数例のまとめ方」という書物があるからかどうかは明らかでないが、5、6例は勿論3、4例でもまとめられると考えている向きが少なくないようで、応接にとまどうこともしばしばである。

さて、このような場合には全員完治とか、1人を除いて全員治癒とかいう結果の得られることも稀ではないであろう。そのとき直ちに、治癒率100%とか83%とかと過信するようなことのないように教育するにはどうしたらよいであろうか。治癒率のあまり高くないモデルを作り、理論的に計算して、そのような結果の起る確率が、かなり大きいことを示しても、実感としてはどうも納得いかないようである。このようなとき一番有効なのはモデルを作って正20面体乱数サイによる実験をさせることである。1クラスにつき20ケース（1ケースに乱数サイ3個入り）も用意すれば十分で、数名ずつをグループにして実験させ、実験結果をグループごとに一覧表にして示すだけでよい。平均値が理論計算値にほぼ正確に一致することが分るだけでなく、1回ごとの試行結果のバラツキやグループによる違いが一覧できるから効果は絶大である。こうした身体で納得させる教育の機会を多くするように授業計画を立てることは非常に大切である。

問題とシミュレーション結果を示そう。

〔問題〕 ある治療法をほどこすとき、症状改善のパターンは、（治癒）：（改善）：（不変）

= 5 : 3 : 1 であるといわれている。6 人の患者にこの治療法をほどこすとき、5 人以上が治癒することはどれくらいの割合で起こるだろうか。等確率モデルを作って実験してみよ。((1) の42ページ)

表1 乱数サイによるシミュレーション結果 (昭55年5月, Bクラス)

組 \ 出た目	1										2										3										4										5										
	回	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
治ゆ(1~5)	4	⑥	2	1	4	4	4	4	4	1	⑤	2	4	4	4	4	1	1	3	4	4	3	3	4	4	⑤	2	4	2	2	4	2	3	3	2	3	4	⑤	2	4	⑤	⑤	4	⑥	4	4	1	4	4		
改善(6~8)	1	0	4	3	1	1	2	1	2	4	0	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2	3	2	2	2	1	4	1	3	3	2	2	1	1	1	3	2	0	4	1	1	1	2	0	2	2	5	1	2		
不変 9	1	0	0	2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0			
組 \ 出た目	6										7										8										9										10										
治ゆ(1~5)	⑤	⑤	1	3	1	0	3	3	⑤	3	2	2	3	2	3	⑤	4	2	2	3	4	⑥	3	3	4	3	⑤	4	4	1	⑤	4	4	1	4	3	2	3	4	4	2	3	3	4	3	3	4	4	3		
改善(6~8)	0	0	5	2	4	6	2	2	0	2	1	4	3	2	2	1	2	3	4	3	2	0	3	2	0	3	1	2	1	4	1	2	1	3	2	2	4	2	1	1	3	3	2	1	3	3	1	2	3	2	
不変 9	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	3	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	
組 \ 出た目	11										12										13										14										15										
治ゆ(1~5)	2	⑤	3	4	3	2	2	2	3	⑤	⑤	3	4	4	1	3	4	⑤	2	4	2	2	3	3	2	3	1	3	4	4	3	4	2	2	4	2	⑤	4	2	3	3	3	4	⑥	2	3	2	2	⑥	⑤	
改善(6~8)	3	0	3	1	3	3	3	2	2	0	0	1	2	0	4	2	2	1	3	1	3	3	3	3	4	3	4	3	1	1	3	1	4	1	1	4	1	0	3	2	3	2	2	0	4	3	2	2	0	0	
不変 9	1	1	0	1	0	1	1	2	1	1	1	2	0	2	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	3	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	2	2	0	1
組 \ 出た目	16										17										18										19										20										
治ゆ(1~5)	2	3	4	3	⑤	⑤	4	2	⑤	4	2	2	⑤	⑥	4	2	4	3	4	4	4	4	3	⑤	4	⑤	4	4	⑤	4	⑤	3	3	3	2	2	3	3	2	⑤	1	4	1	3	⑤	4	⑤	3	2	4	
改善(6~8)	4	2	2	2	0	1	1	3	1	1	3	3	1	0	1	4	2	2	2	2	2	1	3	1	2	1	2	2	0	1	0	3	2	4	1	2	2	2	1	3	2	2	2	0	2	1	2	4	2		
不変 9	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	3	1	1	2	0	2	0	3	1	1	0	0	1	0	0		

結果	度数	確率	期待確率
治ゆ	672	56.00%	55.56%
改善	398	33.17	33.33
不変	130	10.83	11.11
計	1,200	100.00	100.00

6人中5人以上が治ゆした確率 =  $\frac{34}{200} = 0.17$   
 同上 期待確率 = 0.1705

〔方法〕 乱数サイを振って、1, 2, 3, 4, 5の目が出たら治癒, 6, 7, 8の目が出たら改善, 9の目が出たら不変と読みかえて6回振ればよい。0が出たら振り直すものとする。1ケースに3個入っているから、2回ないし3回振れば、1回の実験ができる。

〔結果〕 昭和55年5月14日, Bクラスでの実験結果を表1に示そう。

理論計算とシミュレーション結果は、驚くほどよく一致し、組ごとに見ると大きなバラツキのあることも、自分達の実験操作をとおして体験することができる。

#### 4. コンピューターと統計学との結合

現在では、手計算による平方根の求め方を教えているところはないであろう。また、対数表による対数計算の要領についても同様であろう。技術は急速に動いており、10年前の基本は必ずしも今日の基本ではない。問題の本質を取り違えないように、発想の転換を図り、取り扱い方を変更して、事象の本質に迫る方法論を開発しなければならない。

目的に合致した質のよいデータをどのようにして集めるか、そのデータをどのようにして解析するか。データを離れて統計学の学習はないのであるが、現実に近い生のデータを、大きさの順に並べ替えたり、いろいろの階級に分けてヒストグラムを描いてみたり、平均値・標準偏差の計算をしたり、いろいろとデータを加工してみようとなると、どうしても学生1人1人にコンピューターが必要である。データをいろいろに加工し、その結果を視覚化して、その変化を実際に試してみることによって始めて、偶然変動というものを身体で理解することができ、統計的推測の本質に迫ることが可能である。自分自身で実際にやってみることが何より大切なことであるが、最近ようやく、このような試みが実行可能になったのである。

いろいろの学習水準に応じて、生のデータに近いものを集めたデータベースが利用できるようになり、またそれを加工し、種々の統計処理を行うための統計処理プログラムパッケージが、レストランにおけるメニュー形式で、利用できるようになってきたからである。

1クラス60名90分授業として、パーソナルコンピューター35セットが設置できれば、上記のような統計学とコンピューターを結合した授業が可能である。2名で1セットを占有することとし、例えば3.3で述べたような実験も、プログラムパッケージの中の一様乱数を利用すれば、きわめて簡単なプログラムで実験することができ、10回の試行などとケチなことを考えず、1,000回、10,000回の試行を行ない、その結果をグラフで表示することも困難なことではない。

無論そのためには、教授者側で綿密な独自のテキストを作成しなければならないが、理想に近い形で統計教育が可能になり、コンピューターを実際の使用形態で操作することができるのであるから、労をいとうわけにはゆかないであろう。

#### 5. おわりに

与えられたデータを処理するという問題に対しては、以上のようにすればよいという一応の結論を得たのであるが、もう一つ、目的に合致した質の良いデータをどのようにして集めるかという、より一層基本的な問題に対する解答は容易ではない。

具体的な問題について、すぐれた研究指導者と一緒になって、失敗を重ね苦勞をしながら解明してゆく実際の過程を体験させるのが最善であろうが、そのようなシミュレーション・モデルを作成することはできないであろうか。容易なことではないが、パイロットや宇宙飛行士養成のためのシミュレーターがあるのであるから、全然不可能ということもないであろう。

統計処理プログラムは、ますます精緻になり、多少データに不完全なところがあっても、それを合理的に補正して解析を進めるよう工夫されてはいる。しかしいかにプログラムが精緻で



あっても、材料であるデータが良くなければ、それから出される推論は無益であるばかりでなく、時に重大な害を及ぼすかも知れないのである。もし間違った推論にもとづいて医療が行われたとすれば、人を死に追いやるかもしれないからである。

目的に適った実験計画を立て、綿密に着実に実施して、良質のデータを得ることが最も大切である。得られたデータの中に、自分にとって都合の悪いものがあるとき、適当な口実をもうけて棄てるなどは論外であるとしても、ある種の棄却検定を行った上で棄却するのは、当然のように考えられているが、実はこのようなデータをないがしろにしないことが重大な発見に通じることを銘記したい。目的に合致した良いデータを集めることの大切さは、いかに強調しても強調しすぎることはない。

さらに一言付け加えるならば、マンガ世代・ビジュアル表現の時代に即応したテキストの作成、偶然事象の振舞いをパソコンゲーム化したプログラムの開発を提言するものである。

#### 参 考 文 献

- [1] 仮谷太一 (1979) : 医学・生物学の統計学, 共立出版
- [2] 仮谷太一 (1983) : 医療統計学, 川崎医療短期大学
- [3] 仮谷太一, 一村稔, 脇本和昌 (1975) : FÖRTRAN の基本と演習, 槇書店
- [4] 仮谷太一 (1983) : 教養課程の統計学—単科医科大学の場合, 第51回日本統計学会講演報告集 pp. 273~75
- [5] 仮谷太一 (1983) : 統計と確率なるほどゼミナール, 日本実業出版