

健康と習慣に関する重回帰分析

高木 廣文

●多変量解析のもっとも基本的な手法である重回帰分析の解説を行う。とくに、生活習慣調査という実例を用いて、その手順、用語などの解説を行う。

*

キーワード：重回帰分析，生活習慣，変数選択，多変量解析

身長が高ければ、体重も重くなる。数学ができる人は英語もよくできる。塩分や肉・油脂などの取りすぎは高血圧の原因のひとつになる。などなど、われわれの周囲には相互になんらかの関係がある事柄はけっこう多いものである。

ゴールトン (Galton, F.; 1822~1911) は、親子の身長についての研究から「回帰」や「相関」という概念を、はじめて生物統計学の分野に導入した^{1,2)}。もともと回帰という概念は、大きい両親からの子供の身長も、小さな両親からの子供の身長も全体の平均値に向かうという、平均化の傾向を示すために用いられたものである。現在ではある変数について、他のいくつかの変数を用いて予測などを行うための統計的な手法を「回帰分析」とよんでいる。

回帰分析では予測すべき変数のことを「基準変数」とよび、予測のために使用する変数を「説明変数」とよぶ。説明変数が1つの場合には「単回帰分析」とよばれ、説明変数が2つ以上の場合には「重回帰分析」とよばれる。

今回は実際に地域調査で得られた生活習慣調査

データと血液検査値を用いて重回帰分析を中心にその概略について解説する。

■重回帰分析とは

まず、重回帰分析を行うおもな目的には、大きく分けて、

- ① 特定の変数の予測式を求める
- ② 特定の変数に対する各説明変数の影響の程度を検討する

という2通りの場合がある。

たとえば、父親と母親の身長から子供の身長を予測する式を求める場合が①に該当する。また、血圧に対して年齢、食塩摂取量、脂肪摂取量などがどのような影響を及ぼすのかを調べたいのなら②の場合ということになる。実際の医学的な研究では、予測式を求めるというよりも、変数間の関係の分析を行うために重回帰分析を用いるのが普通であろう。

重回帰分析では基準変数と説明変数を用いて、
基準変数の予測値 = (重み1) × (説明変数1)
+ (重み2) × (基準変数2) + …… +
(重みP) × (説明変数P) + 定数

のような式を考える。このような式は説明変数がP個ある場合の「重回帰式」とよばれる。重回帰式は各説明変数に適当な重みをかけた値の合計に定数を加えたものである。

さて重回帰分析では上記の式中の重みを求める必要がある。この重みは「偏回帰係数」とよばれている。説明変数の基準変数への影響の有無はこの偏回帰係数が0かどうかの検定を行うことで、調べることができる。

また、重回帰式から求められる基準変数の予測値と実際値との相関係数は「重相関係数」とよば

表1 生活習慣尺度とその意味

生活習慣尺度	尺度の意味
1. 肉・油脂	肉類、脂肪分の多い食事を摂る傾向
2. 洋風の食事	朝食がパン・牛乳などの洋風の傾向
3. 高塩分	漬け物など、塩分を多く摂る傾向
4. 糖分	菓子類、ジュース類などを多く摂る傾向
5. 食事規則性	食事時間の規則的な傾向
6. 料理への進取性	新料理への関心、健康のための料理の工夫
7. 娯楽	娯楽番組、観劇、ショッピングなど
8. 教育	教育番組、読書などの教養ある行動
9. 社会奉仕	ボランティアなどの社会への奉仕活動
10. 義理人情	義理人情の重視、礼儀、恩義を重んじる
11. 経済型	実用本位、無駄を省いた現実的生き方
12. 伝統型	慣習に従い伝統的生き方を重んじる
13. 清潔	歯磨などの清潔さを心がける傾向
14. 妻主導型	家庭内での決定権を妻がもつ傾向
15. 運動実施	日常生活での運動を行う傾向
16. 疾病頻度	病気がちの傾向
17. 多愁訴	身体的な訴えの多い傾向
18. 情緒不安定	精神状態が不安定になりやすい傾向
19. 外向性	心が自己だけでなく外にも向いている性格
20. 共感性	感受性豊かで他人の気持ちが理解できる性格
21. 自発性	積極的に自発的に行動する性格
22. 遺伝的健康観	健康は遺伝で決まると考える傾向

れる。重相関係数の2乗は「多重決定係数」とよばれ、説明変数を用いて、どの程度の予測が可能かを示す指標になる。したがって、①の目的では決定係数が必要であるが、②の目的では、それほど重要ではない。

■血液検査値と生活習慣データの解析

ここでは都市、農村、漁村に在住する主婦の314人について著者らが1991年に行った調査データをもとに重回帰分析の例を示そう。

長期にわたる日常の生活習慣が癌や循環器障害などの多くの成人病の原因になることに異論はないであろう。著者らはさまざまな生活習慣を測定するために、質問紙を用いた生活習慣調査票を開発してきた³⁻⁵⁾。ここでは表1に示したような生活習慣尺度を用いることにする。生活習慣を表す各尺度はそれぞれ6質問項目からなり、回答によって0,1,2点を与え、その合計点を各尺度の得点としている。この得点が高いほど、その生活習慣の傾向があることになる。このように、質問紙を用いて目的に沿った測定を行う方法は「尺度構成法」として知られている。作成した尺度についてはその信頼性と妥当性についての検討が必要である

が、ここでは詳細は文献を参照してもらうことにする³⁻⁵⁾。

生活習慣としてはこのほかに飲酒や喫煙についても調べているが、調査対象が女性のみであり、頻度も少ないため、ここでは取り上げない。実際の地域での調査では対象者の同意が得られた場合には血液検査を行った。尿素窒素、クレアチニン、尿酸、血清総蛋白、アルブミン、コレステロール、GOT、GPT、 γ -GTPなどであるが、ここではグリコヘモグロビン(HbA1c)について検討する。

本来、生活習慣を調べる意味は、将来での特定の疾患の罹患や死亡が現在の各生活習慣からどのような影響を受けているのかを調べることにある。このような点を検討するためには現時点から今後何年も追跡調査を実施しなければならない。そのようなコホート調査を行えない場合には特定時点での断面調査ということになる。断面調査では因果関係の解明は行えない。本例も断面調査であり、現在の相関関係を検討している点をあらかじめ注意しておきたい。

さて基準変数はHbA1cとしよう。HbA1cは糖尿病の指標として有用なものではないかと考えられてきている。説明変数としては表1に示した22個

表2 重回帰分析に用いた変数の基本統計

変数名	平均値	標準偏差	最小	最大
0. HbA1c	5.8	0.53	4.7	9.7
1. 肉・油脂	4.7	1.95	0.0	11.0
2. 洋風の食事	5.3	2.18	0.0	12.0
3. 高塩分	4.2	1.94	0.0	9.0
4. 糖分	3.9	1.99	0.0	10.0
5. 食事規則性	8.4	1.90	2.0	12.0
6. 料理への進取性	6.3	2.48	0.0	12.0
7. 娯楽	4.4	1.95	0.0	11.0
8. 教養	5.6	2.24	0.0	12.0
9. 社会奉仕	5.1	2.95	0.0	12.0
10. 義理人情	8.2	2.16	3.0	12.0
11. 経済型	7.2	1.79	2.0	11.0
12. 伝統型	8.8	1.90	3.0	12.0
13. 清潔	9.8	1.70	4.0	12.0
14. 妻主導型	7.1	2.29	0.0	12.0
15. 運動実施	2.9	2.45	0.0	12.0
16. 疾病頻度	3.3	2.69	0.0	12.0
17. 多愁訴	3.9	2.67	0.0	12.0
18. 情緒不安定	4.3	2.71	0.0	12.0
19. 外向性	5.0	1.86	1.0	9.0
20. 共感性	7.8	2.10	2.0	12.0
21. 自発性	6.3	2.51	0.0	12.0
22. 遺伝的健康観	6.7	2.54	0.0	12.0
23. 年齢	48.5	8.83	24.0	79.0
24. BMI	22.9	2.98	16.5	35.0

の生活習慣尺度とする。さらに、年齢と肥満度の影響は大きいものと考えられるので、これも説明変数に加える。ここで、肥満度はBMI（体重/身長²、単位はkg/m²）を用いる。

表2は重回帰分析に用いる全変数の基本的な統計量を求めたものである。すべてのデータが完備していたのは247例であった。生活習慣尺度は0～12点がりうる範囲であるが、尺度によってはそれよりも小さな範囲内におさまっていた。年齢は24～79歳であり、48.5歳が平均値であった。肥満度を表すBMIの値も16.5～35.0、平均22.9となっていた。

表3はグリコヘモグロビンと他の24変数との単相関係数（ピアソンの積率相関係数）を示したものである。また、いくつかの相関係数の横についている*印などは相関係数のt検定によるp値（有意確率）によって4段階で印をつけたものである（本来は検定のためのp値を表中に記載すべきであるが、スペースを考慮して簡略化した）。なお、検定は「母集団における相関係数（母相関係数）

は0」という帰無仮説についてのもので、「無相関の検定」とよばれるものである。検定の有意確率が小さい（通常5%以下）母相関係数は0ではないと考えてよい。すなわち、変数間にはなんらかの関係があることになる。表3の結果はHbA1cは年齢と肥満度とは正の相関があることを示している。また、同様に、生活習慣のうち、疾病頻度、遺伝的健康観、義理人情とは正の相関が認められた。一方、洋風の食事と社会奉仕の各尺度とは負の相関が認められた。

上記の結果の解釈としては年齢の影響が大きいのではないかと考えられる。すなわち、洋風の食事は年齢が若いほど得点が高いし、義理人情の得点はその逆になっている。また、高齢者では病気がちになるし、そのような状態ではグリコヘモグロビンが高値になるのではないかと考えられる。しかし、健康が遺伝によってきまると考える傾向を示す遺伝的健康観とHbA1cが正の相関をもつ理由は、現在のところよくわからない。

このような解釈はそれらしく思えるかもしれないが、個々の2変数間の相関係数をみて考えついた推測でしかない。実際には他の変数との関係を考慮して統計的解析をするには重回帰分析を行う必要がある。

表4はHbA1cを基準変数に、他の24変数を説明変数として重回帰分析を行った結果である。表4の「偏回帰係数」とは重回帰式での各説明変数にかける重みである。基準変数であるHbA1cの予測値は偏回帰係数と説明変数の積の合計に定数を加えた値によって求められる。

表4の「標準誤差」とは偏回帰係数の検定のときに使用するもので、偏回帰係数の推定上の誤差と考えればよい。

ところで、基準変数に対して、どの説明変数の影響が大きいかは偏回帰係数の大きさからはわからない。偏回帰係数は説明変数にかける重みなので、大きな数値の変数では相対的に小さく、小さな数値の説明変数では相対的に大きくなるのが普通だからである。そのため、すべての変数を平均0、分散1に標準化した場合の重み、すなわち「標準偏回帰係数」が求められる。ひとつの目安として、この標準偏回帰係数が大きい変数ほど、基準

表3 HbA1c と説明変数間の相関係数

変数名	相関係数	変改名	相関係数	変数名	相関係数
1. 肉・油脂	0.021	9. 社会奉仕	-0.128*	17. 多愁訴	0.056
2. 洋風の食事	-0.125*	10. 義理人情	0.171**	18. 情緒不安定	0.065
3. 高塩分	-0.020	11. 経済型	0.087	19. 外向性	0.060
4. 糖分	-0.105	12. 伝統型	0.060	20. 共感性	0.061
5. 食事規則性	-0.027	13. 清潔	-0.058	21. 自覚性	0.048
6. 料理への進取性	-0.066	14. 妻主導型	-0.028	22. 遺伝的健康観	0.246**
7. 娯楽	0.021	15. 運動実施	-0.033	23. 年齢	0.296**
8. 教養	-0.100	16. 疾病頻度	0.309**	24. BMI	0.216*

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.001$, **: $p < 0.0001$.

変数への影響があるものと考えてよい。表4では、標準偏回帰係数の絶対値が0.1未満の説明変数は影響が小さいと考えたので灰色の帯をつけておいた。標準偏回帰係数でみると、社会奉仕が-0.230でもっとも大きく、ついで疾病頻度の0.218、年齢の0.214などの影響が大きいことがわかる。

標準偏回帰係数で基準変数に対する影響の大きさをある程度はみることができるが、その大きさが偶然のものでないかを検定する必要がある。表4に示した上側の「F値」は「母偏回帰係数=0」の帰無仮説を検定するためのものである。このF値が大きければ、その説明変数の基準変数への影響は大きいものと考えてよい。通常の検定のように、 p 値を「(確率)」として()内に示した。普通の検定では5%水準で、有意か有意でないかを判断することが多い。重回帰分析でもそのように考えてもよいが、後述するようにF値の数値が2以上かどうかが規準として用いられることが多い。F値の大小と、前述の標準偏回帰係数の大小には若干の相違があるものの、ほぼ対応関係がある。

表4の最右欄の「偏相関係数」は基準変数HbA1cと各説明変数について、他の説明変数の影響を除いた場合の相関係数を示している。したがって、基準変数と個々の説明変数単独の関係の強さはこの偏相関係数で表される。偏相関係数と標準偏回帰係数の数値はほぼ一致しているが、やはり微妙な相違がある。偏相関係数でみると、年齢がHbA1cともっとも相関があり、社会奉仕は疾病頻度よりも相関が低くなっている。この関係はF値の大小に一致する。

表4の下側には重相関係数0.533とその2乗の

多重決定係数0.284が表示されている。その右側に、重相関係数の検定のためのF値と自由度が表示されている。F値は3.672であり、その p 値は0.000ときわめて高度に有意である。この結果は、求めた重回帰式が基準変数の予測に意味をもつことを示している。

ところで、重相関係数は説明変数の増加に伴い単調に増加し、説明変数の個数が(ケース数-1)になると、かならず1となる。したがって、重相関係数は、ケース数が説明変数の個数に比べ大きくない場合、あまり適切な指標とはいえなくなる。そのような場合、ケース数と説明変数の個数を用いて重相関係数を修正した「自由度調整済重相関係数」を求めればよい。実際には、さらに自由度の修正を行った「自由度再調整済重相関係数」を求めることが多い。これらの2つの重相関係数は説明変数の個数がある一定の値を越えると減少し、自由度調整済重相関係数は負の値さえとりうる。もしも、その値が負となれば、求めた重回帰式にはなんの意味もない。

最下段のAICは「赤池の情報量規準」とよばれるものであり、この値が小さいほどモデルの当てはまりがよいことを示すものである。これはつぎに述べる説明変数の選択に関係している。

■重回帰分析における説明変数の選択

すでに述べたように、重相関係数は説明変数の個数が増加するにつれ、その値も単調に増加し、説明変数の個数が標本数より1少ない数に達するとかならず、その値が1になる。したがって、説明変数の個数を増やして予測の程度をみかけ上よいようにすることができる。そのようなことを選

表4 すべての説明変数を用いた場合の重回帰分析(基準変数 HbA1c)

変数	偏回帰係数(標準誤差)	標準偏回帰係数	F値(確率)	偏相関係数
1. 肉・油脂	0.027461(0.018870)	0.1022	2.118(0.1470)	0.097
2. 洋風の食事	-0.010671(0.017430)	-0.0443	0.375(0.5410)	-0.041
3. 高塩分	-0.022220(0.018296)	-0.0820	1.475(0.2259)	-0.081
4. 糖分	-0.042046(0.017308)	-0.1592	5.901(0.0159)	-0.161
5. 食事規則性	-0.022112(0.017923)	-0.0800	1.522(0.2186)	-0.083
6. 料理への進取性	0.002130(0.015809)	0.0101	0.018(0.8930)	0.009
7. 娯楽	0.033040(0.019972)	0.1227	2.737(0.0995)	0.110
8. 教養	-0.023875(0.019721)	-0.1019	1.466(0.2273)	-0.081
9. 社会奉仕	-0.040800(0.014739)	-0.2296	7.663(0.0061)	-0.183
10. 義理人情	0.026562(0.018350)	0.1096	2.095(0.1492)	0.097
11. 経済型	0.001977(0.019041)	0.0068	0.011(0.9174)	0.007
12. 伝統型	-0.021723(0.019311)	-0.0788	1.265(0.2619)	-0.075
13. 清潔	-0.000565(0.019977)	-0.0018	0.001(0.9775)	-0.002
14. 妻主導型	-0.009935(0.014328)	-0.0433	0.481(0.4888)	-0.047
15. 運動実施	0.000598(0.014554)	0.0028	0.002(0.9673)	0.003
16. 疾病頻度	0.042519(0.014967)	0.2181	8.070(0.0049)	0.187
17. 多愁訴	-0.024898(0.015643)	-0.1268	2.533(0.1129)	-0.106
18. 情緒不安定	0.007263(0.013906)	0.0375	0.273(0.6020)	0.035
19. 外向性	0.000011(0.024298)	0.0000	0.000(0.9997)	0.000
20. 共感性	0.013569(0.018983)	0.0543	0.511(0.4755)	0.048
21. 自覚性	0.011149(0.017935)	0.0533	0.386(0.5348)	0.042
22. 遺伝的健康観	0.031011(0.013449)	0.1499	5.317(0.0220)	0.153
23. 年齢	0.012741(0.003890)	0.2144	10.730(0.0012)	0.215
24. BMI	0.024250(0.011252)	0.1377	4.645(0.0322)	0.143
定数	4.7829			

重相関係数(二乗): 0.533(0.284), F値: 3.672(24, 222)

自由度調整済重相関係数: 0.455(0.207), 確率: 0.000

自由度再調整済重相関係数: 0.361(0.130), AIC: 351.7859

けるとともに、実際の分析で最適な変数のみを重回帰式に含めるための適当な基準が必要となる。ここでは説明変数の選択方法と最適な説明変数の個数の決定に関する方法について簡単に述べる。

1. 総当たり法

説明変数が複数個ある場合、可能な変数の組合せについて重回帰式を求め、それらを比較し、最良の変数の組合せのものを選ぶ方法である。選択の基準には自由度調整済重相関係数あるいは自由度再調整済重相関係数が最大となる変数の組合せを採用すればよい。しかし、単純な計算でわかるように、変数の組合せの個数は、変数がP個あれば (2^P-1) 通りある。かりに説明変数が24個あるのならば16,777,215通りある。このため、総当たり法は説明変数の個数が少ない場合のみに用いられる。

2. 逐次選択法

変数選択の基本的な方法として、適当な基準により説明変数を1つずつ重回帰式に加えていく「変数増加法」と、逆にすべての説明変数を用いた分析から1つずつ変数を減らしていく「変数減少法」がある。

変数増加法では、一度重回帰式に含めた変数はあらたな変数の追加によって回帰への寄与がほとんどなくなっても除外されることがない。そこで、一度重回帰式に含めた変数であっても、ある基準を満たさなくなった場合、重回帰式から除くようにする方法は「変数増減法」とよばれる。

同様に、変数減少法において一度除外された変数であっても、その後他の変数との関係で回帰に寄与することがある場合、もう一度採用するという方法は「変数減増法」とよばれる。

表5 変数選択後の重回帰分析

変数	偏回帰係数(標準誤差)	標準偏回帰係数	F値(確率)	偏相関係数
4. 糖分	-0.043808(0.015742)	-0.1659	7.745(0.0058)	-0.178
7. 娯楽	0.044704(0.017981)	0.1660	6.181(0.0136)	0.159
8. 教養	-0.031136(0.016972)	-0.1329	3.366(0.0678)	-0.118
9. 社会奉仕	-0.027891(0.011813)	-0.1569	5.574(0.0190)	-0.152
16. 疾病頻度	0.052485(0.013771)	0.2692	14.525(0.0002)	0.240
17. 多愁訴	-0.028694(0.013229)	-0.1461	4.705(0.0311)	-0.140
22. 遺伝的健康観	0.033998(0.012535)	0.1643	7.356(0.0072)	0.174
23. 年齢	0.011912(0.003645)	0.2004	10.683(0.0012)	0.208
24. BMI	0.023793(0.010428)	0.1351	5.206(0.0234)	0.147
定数	4.7043			

重相関係数(二乗): 0.508(0.258), F値: 9.163(9, 237)

自由度調整済重相関係数: 0.480(0.230), 確率: 0.000

自由度再調整済重相関係数: 0.449(0.202), AIC: 330.6123

上記の4つの方法による変数選択結果は、変数選択の基準によってはどれを用いても同様の場合もあるし、まったく異なる場合もある。

変数選択の基準として前述の偏回帰係数の検定のF値を用いることが多い。しかし、重回帰分析での変数選択は通常のF検定のように有意水準を5%や1%に設定するとは限らない。一般に、大きさのF値を設定し(F_{in})、その値と比較することで、変数を重回帰式に含めるかどうかを決めるようにする。すなわち、ある説明変数のF値が F_{in} より大きければ重回帰式に含めることにすればよい。ただし、重回帰式に含まれていない説明変数が複数個ある場合、最大のF値である変数を1つだけ選択するようにする。もし、すべての変数のF値が F_{in} より小さければ、そこで変数の追加を終了する。これがF検定による変数増加法である。

変数減少法も同様の基準を用いて行うことができる。すべての説明変数のF値を求め、その最小のものを F_{min} としよう。 F_{min} の値があらかじめ設定しておいた基準値 F_{out} と比べて、小さければ F_{min} をもつ変数を重回帰式から除くことにすればよい。求めた F_{min} の値が F_{out} より大ならば、そこで変数の減少を終了する。

変数増加法や減少法の基準であるF値をどのくらいにするかは、最終的に重回帰式に残される変数の個数に大きく影響する。通常は F_{in} や F_{out} の値として2を用いることが多い。

変数増減法は変数増加法で変数を選択していく

場合、すでに重回帰式に含めた説明変数に対しても、その変数を除いた場合のF値を求め、そのうち最小の数値が F_{out} より小さければ、その変数を除くことにすればよい。

同様に、変数減増法は、変数減少法により変数を除いていく場合、すでに重回帰式から除かれた変数に対してもF値を求め、その最大のものが F_{in} より大きければ、その変数をふたたび重回帰式に含めるものとすればよい。

これらの変数選択法のうち「変数減増法」がもっともよいモデルを与えるといわれている。

表5は変数減増法で、F値の基準である F_{in} 、 F_{out} ともに2として説明変数を選択したものである。説明変数として9個選択された。F値をみると、疾病頻度が14.525と最大であり、表4の結果とは異なっている。年齢のF値はあまり変化はない。糖分、娯楽、多愁訴、遺伝的健康観、BMIなどはいずれもF値は大きくなっている。逆に社会奉仕ではF値は小さくなっている。このように、重回帰分析の検定結果は説明変数間の相関関係で大きく変わってくるので、その解釈も意外と簡単ではない。教養はF値が2以上なので、選択されているが、有意確率は0.068と5%以上になっている。

重相関係数は減少したものの、自由度調整済重相関係数、自由度再調整済重相関係数のいずれも表4に比べて大きくなっていることがわかる。また、変数選択のすべての過程を示していないが、赤池の情報量規準AICは最小の値となっていた。

表5の結果から疾病頻度，すなわち病気がちの傾向が高いと HbA1c が高いことになる。また，高年齢，肥満傾向の場合も HbA1c は高いことになる。糖分尺度で符合が負となっているのは常識とは逆のように思えるが，あまり間食などをするのはよくないとの認識があることによるものと考えられる。社会奉仕が負なのは，年齢，疾病頻度が高ければ，社会奉仕などを行えないためと考えられよう。娯楽傾向がなにを意味するかは不明であるが，教養尺度が負なのは，健康情報の収集に不熱心な傾向と HbA1c が関係するのは興味深い。また，健康は遺伝で決まるとする傾向と HbA1c が関係するのもおもしろい結果であろう。多愁訴は身体的な訴えの多さを示すものであるが，これが負になっているのは疾病頻度との関係によるものと考えられる。単独では多愁訴は HbA1c と 0.056 とほとんど相関はない。しかし，多愁訴と疾病頻度の間の相関係数は 0.518 と強い正相関がある。重回帰分析では説明変数間に，きわめて高い相関が認められる場合，一方の偏回帰係数が正であれば，他方の変数については負の値になることが多い。そのような場合には相関の高い変数の一方を説明変数から除外したり主成分分析をあらかじめ行い，主成分得点を用いて重回帰分析を行うなどの工夫が必要である。

■おわりに

実例を用いて重回帰分析の基本的な方法について

解説を行った。重回帰分析は多変量解析のなかでは基本的な方法であり，その考え方を理解することは他の手法の理解にも通じるものと考えられる。

実際の分析には前回と同様に統計学パッケージ HALBAU を用いた^{6,7)}。また，数式などは省略したが，興味ある読者は文献⁶⁾などを参考にしてほしい。

最後に，本稿を精読し貴重な御意見をいただいた統計数理研究所の佐藤俊哉助教授に深謝する。

文献

- 1) 安藤洋美：ゴールトン(2)，BASIC 数学，27(12)：51-60，1994。
- 2) 安藤洋美：ゴールトンとウェルドン，BASIC 数学，28(1)：54-62，1995。
- 3) 日野原重明・他：循環器疾患予防のための生活習慣に関する研究(第1報)，生活習慣の多変量解析による分析，日本公衆衛生雑誌，29(7)：309-320，1982。
- 4) 佐伯圭一郎・他：LPC 式生活習慣検査の作成，行動計量学，15(2)：32-44，1988。
- 5) Takagi, H. et al.: Construction of the life habits inventory, Methods and Applications in Mental Health Surveys (ed. by Suzuki, S. and Roberts, R. E.). University of Tokyo Press, Tokyo, 1991, pp. 103-121 and 297-306。
- 6) 柳井晴夫，高木廣文(編著)：多変量解析ハンドブック，現代数学社，1989。
- 7) 高木廣文，柳井晴夫(編著)：HALBAU による多変量解析の実践，現代数学社，1995。

* * *