歯の咬耗度を含めた年齢予測モデルの作成

吉川和利* 宗高弘子** 山口立雄***

Establishment of age-predictive model including the degree of dental attrition.

Kazutoshi KIKKAWA*

Hiroko Munetaka**

Tatsuo Yamaguchi***

Abstract

In this study, a linear model was applied in order to predict chronological age on the basis of independent variables such as blood pressure (SBP, DBP), maximal aerobic power (MAP), some measures of physical fitness (FLEX = standing trunk flexion, BALANCE = one foot balance with eye closed, SITUP = situps during 30 sec., FAT = estimated percent body fat from skinfolds thickness), and DA = dental age from Sugiyam 's estimation .

Sixty-seven males (18 to 60 years of age) as subjects participated in this study.

The results of this study can be summarized as follows :

- 1) DA showed a fixed contribution for chronological age.
- 2) There was no relationship among dental attrition and physical fitness except SITUP.
- 3) As a result of stepwise regression analysis, the following model was established as optimal : $y = 36.3 + 0.424 \times DA - 0.994 \times SITUP$ ($R^2 = 0.613$).
- 4) The stability of this model was confirmed according to the analysis of residuals.
- 5) The model containing all variables is as follows : $y = 31.3 + 0.42 \times DA - 1.08 \times SITUP + 0.112 \times FLEX + 0.008 \times BALANCE + 0.036 \times MAP - 0.019 \times SBP + 0.103 \times DBP - 0.094 \times FAT$ ($R^2 = 0.634$)

緒 言

厚生省の報告する受療率の変遷を概観すると、1955 年と 1995 年の相対比の上位を占める疾患に、糖尿病、脳血管疾患、筋骨格系・結合組織の疾患、高血圧性疾患、悪性新生物があげられる。これらの慢性退行性疾患と総称される疾患は、成人病・老年病のほか、運動不足病・食源病あるいは生活

習慣病とも呼ばれるが、「ある特定の基礎疾患状態」が、別の基礎疾患状態を派生させ、全身症状として増悪化していく。すなわち閉塞的な構造を持つ。我が国は、第二次大戦後に、世界に類をみない速度で、長寿化を達成したとしても、こうした閉塞構造をもつ疾患の増大は、個体に早すぎる老化を生じさせ、社会全体に活力の低下をも招来

*広島県立大学 Dept. of Physical Education, Hiroshima Pref. University, 562 Nanatsuka, Showbara, 727-0023.

**就実短期大学 Shuujistu Junior College, Nishikawahara, Okayama, 703-8258

***岡山大学教育学部 Faculty of Education, Okayama University, Tsushimanaka, Okayama, 700-0082

しかねない。健康な長寿あるいは、正常な加齢は等しく個人や社会の希求するところである。学問として老化を扱う場合の大きな課題は、老化遅延策を見いだすことでもある。

第一に本研究での老化ということばの定義をしておく。今堀和友(1984)¹²⁾の生理的老化と病的老化という分類に倣い、狭義の老化とは「年齢に相対的に観察して、機能低下を生じていること」と本研究では定義する。心身ともに必然的な事象としての加齢に伴った変化があるとしても、余力を持ち、若々しい活動力を有しながらの加齢は少子・高齢社会に限らず、望まれるところである。

林知己夫(1981)⁷⁾は心の老化制御に関し、「外からの制御」(医療、社会・経済生活など政策・対策の問題)、「内からの制御」(自覚を促す、自ら考え、務める)の二つが考えられるとしている。心の制御に限らず、最近の循環器疾患・糖尿病・筋骨格系及び結合組織の疾患に代表される慢性退行性疾患は、広く運動不足病と称され、これらの疾患の増加は身体運動の必要性を意味している。故に老化制御は、教育学的あるいは体育学的課題でもある。

したがって第二に、教育的な課題をしておける老化制御の方法論について触れておかねばならない。岩崎 栄(1990)¹⁴⁾は地域医療策定の基本的視点として現実を的確に反映していること(reality)、clientを含めた他者に理解されやすいこと(understandability)、測定しやすいこと(measurability)、厚生行政や学校・社会教育で行為化しやすく(behaviorability)、達成可能性を有すること(achievability)であるとしている。とりわけ、老化水準が被験者にとって「理解しやすい」指標で表現されること、あるいは「加齢の水準を的確に示し、測定しやすい」変数の採択について検討することが求められる。

第三に老化を探る方策のうち、まず、データを扱う手法について検討する。姿勢や顔貌のほか、歩行などの動作によって同一年齢でも「老けて」評価される場合と「若々しく」評価される場合も

あるという個体差が存在する以上、統計的に老化を評価することができる。さらに我々は肌の皺、ツヤや頭髮などから他人の年齢を推定していることがよくある。身のこなしなども同様であり、歳をとることの結果でおきる種々の身体状況から原因としての年齢に立ち帰る意識的、無意識的な様式は、統計手法のうち、外的基準(従属変数、被説明変数)を有する場合に相当する。

第四に老化を表現する指標について述べる。田中(1998)³²⁾が指摘するように、心身の状態や機能を表す概念として身体活動(運動)・体力・健康の三者には重複する部分が大きく、五島(1980)⁵⁾は分子生物学に代表されるミクロはレベルより、大まかな視点の方が都合がよいとし、また吉川(1974)³³⁾は個別臓器だけではなく「個体としてのまとめが必要」と述べている。また田中(1998)³²⁾は老化過程における個人差を正しく理解するためには、生理的な老化の進行状態からみた概念規定の中で検討を進める必要性を述べている。こうした見解は、先に述べた統計手法のうち、多変量を同時に扱う多変量解析に符合する。

第五に、主として体力医学や教育医学の中で扱われている加齢指標に関連する変数が属する領域を概観する。中村とその共同研究者たちは、動物実験に並行して、人間ドックの検査値を用いた統計的研究を精力的に展開している。田中とその共同研究者たちは、機能関連体力(skill-oriented physical fitness)に対比させた健康関連体力(health-oriented physical fitness)の有効性を提言している^{19) 30) 31) 32)}。これはGutin, B. (1980)⁶⁾を嚆矢とする「dynamic health」の概念に導入されている変数に相応し、この中では、全身持久性体力、筋力・筋持久性体力、柔軟性体力、身体組成が総合されている。

こうした第四、第五の事項から、日常の健康を志向した老化指標の策定にあつては、少なくとも、全身持久力・筋肉の力や持久性、骨・筋肉・結合組織全般の柔軟性などの領域からの変量を総合的に扱い得る合成変量とそのための分析手法が要求されることになる。

研究の目的

老化研究におけるこれらの問題を整理すると現在の研究課題が自ずと明らかになる。

まずもって、老化現象あるいは老化水準が適切に把握されねばならない。そのための最大の課題は、加齢現象の本体、実質 (Reality) を適切に (妥当性をもって) 表現する指標 (marker of ageing) を設定することである。Cowdry (1952) は細胞の老化を記載するために、特性の異なる種々の生体内細胞をその分裂能力と分化能力によって (1) 増殖性分裂細胞, (2) 分化性分裂細胞, (3) 可逆性分裂終了細胞, (4) 固定性分裂終了細胞の4群に分類した (東京化学同人生化学辞典)。このうち、皮膚の幹細胞など (1) に分類される細胞は、その寿命が短く、それ故に加齢変化が反映され難い。これが (2), (3) となるに従って加齢変化が反映されやすくなり、とりわけ (4) に分類される神経細胞や心筋細胞などは高い分化能力をもっており、再生できないために、加齢変化を十分に受け易い細胞であることが知られている。したがって、老化を検討するためには、加齢変化が顕著な高次レベルに分類される細胞を対象とする必要がある。

Cowdry (1952) の4水準区分において、歯の咬耗状態は、心筋・運動ニューロンとともに、最も年齢変化に忠実な指標と考えられている。同時に歯には辞書の上で年齢そのものを意味しており、また、歯序、歯列といわれるように歯牙の咬耗度は身体機能の老化を適切に反映した指標であると考えられる。歯の形態や機能に関する指標は個別にその加齢変化について検討されることはあっても、心身の余力や体力との関連を検討されることは少ない。

また、教育学的な課題とする以上、client, 受検者に対して、情報のフィードバックがわかりやすいものであること、身体運動などを媒介として行為化し得る指標づくりが図られねばならない。

本研究では、一定以上の年齢効果を持ちながら、個別領域的にしか扱われなかった歯の咬耗度を説明 (独立) 変数として考慮しつつ、心身の加齢現

象を総合的かつ適切に捉えるための年齢予測モデルの設定を検討する。

研究方法

【被験者】中山間地域に居住・勤務する男子 67 名 (18~60 歳, 20 歳代以下 30 名, 30 歳代 18 名, 40 歳代 8 名, 50 歳代以上 11 名) が被験者として本研究に参加した。被験者には文書により研究の趣旨・目的・内容を説明し、同意・了解を得た上で研究を実施した。

【検査項目】基礎体力・健康度 (以下、フィットネスと呼ぶ) の検査項目は 30 秒間の連続上体おこし (SITUP), 立位体前屈 (FLEX), 閉眼片足立ち (BALANCE), 12 分間 4 分ごとの負荷漸増法によって心拍数から推定した体重あたり最大酸素摂取量 (MAP), 安静時の最高・最低血圧 (SBP, DBP), 皮脂厚から長嶺・鈴木 (1964), Brozek et al. (1963) の式に従って求めた体脂肪率 (FAT) であった。また 28 本の歯牙の咬耗状態を杉山ほか (1986)^{27) 28)} にならって歯科医師が診査し、5 段階評定した。この場合、「歯種が異なればその形あるいは咬合の状態が異なるので、咬耗を一樣に分類することは困難である」が、分類基準は「1 = エナメル質の摩耗の局面が狭い範囲で独立している場合」, 「2 = エナメル質の大部分が磨耗している場合」, 「3 = 象牙質の磨耗が進んで、部分的に露出している場合」, 「4 = 象牙質のかかなりの部分が広くあるいは強く磨耗している場合」, 「5 = 欠如している場合」までの 5 段階をあげている²⁷⁾。これらの係数 (数値) によって個体 (被験者) の「歯科的年齢」を算出することで健康度指標開発の新たな視点が可能となる。

【統計解析】1) 被験者の歯牙咬耗度を診査値の 5 は 4 に変換後、杉山ほか (1976, 1986)^{27) 28)} が提示した 28 本の歯牙咬耗度による年齢予測式 (y_1)

$$= 20.0 + 1.30 \times U_1 - 0.09 \times U_2 + 2.58 \times U_3 - 0.82 \times U_4 + 2.39 \times U_5 - 0.16 \times U_6 + 1.12 \times U_7 + 0.41 \times U_8 + 0.25 \times U_9 + 0.86 \times U_{10} + 0.29 \times U_{11} + 0.04 \times U_{12} + 0.72 \times U_{13} + 2.75 \times U_{14} + 0.86 \times L_1 - 0.80 \times L_2 + 1.14 \times L_3 + 2.83 \times L_4 - 1.64 \times L_5 - 0.69 \times L_6 + 1.27 \times L_7 - 0.45 \times L_8 - 0.12 \times L_9 + 0.2 \times L_{10} - 0.04 \times L_{11} - 0.49$$

$x \text{ L12} + 1.0 \times \text{L13} + 0.72 \times \text{L14}$) に代入し、咬耗度年齢を求めた。ここでU. は上顎左端 (第2大臼歯) から右方向に右端までを示し、L. は下顎の右端から左端までを示している。

2) 咬耗度年齢やフィットネス変数を独立変数とした歴年齢予測モデルの作成を試みた。

結 果

1) 基本統計量と相関行列の算出

Table-1 には歴年齢 (CA)、歯牙咬耗度年齢 (DA) および各フィットネス変数の平均値、SD と変数間相関係数を示している。独立変数間の相関係数が高い場合、得られた偏回帰係数の値が不安定になる点、すなわち多重共線性が発生する²⁾。この 8×8 相関行列の固有値は $\lambda_1 = 2.25$, $\lambda_2 = 1.62$, $\lambda_3 = 1.11$, $\lambda_4 = 0.92$, $\lambda_5 = 0.76$, $\lambda_6 = 0.68$, $\lambda_7 = 0.58$, $\lambda_8 = 0.55$, $\Sigma (1/\lambda) = 11.9$ となった。これは最小固有値が 0.01 以下であったり、固有値逆数の総和が独立変数個数の 5 倍を越えるものではなく、仮に全変数から成る重回帰モデルを想定した場合の多重共線性発生基準²⁾ には合致していない。

さて、CA と DA の間には、0.609 の相関係数が得られた。しかし、両者間の差は 10 歳と大きかった。個別フィットネス変数のうち、CA との相関係数が有意なものは SITUP (−0.642) であり、SITUP は、また、DA との相関係数 (−0.379) が有意な唯一の変数であった。

2) 線形年齢予測モデルの作成

フィットネス変数とともに DA を独立変数とした年齢予測モデルを作成した。変数を有意なものから順に投入していく変数増加方式のステップワイズの重回帰式作成を行った。Table-2 には変数投入ごとの情報統計量を示している。変数の投入順は SITUP, DA, DBP, FLEX, FAT, BALANCE, MAP, SBP となった。

これらの逐次変数を増加させたモデルのうち、AIC による変数選択の結果では $y_2 = 36.3 + 0.424 \times \text{DA} - 0.994 \times \text{SITUP}$ ($R^2 = 0.613$) が最適モデルとなった。または、Mallows による C_p 統計量も同様であったが、SIC (Schwarz Information

Criterion)¹⁷⁾ では、DBP を加えた 3 変数からなるモデルを採択することになった。また、すべての変数を含んだモデルは、 $y_3 = 31.3 + 0.42 \times \text{DA} - 1.08 \times \text{SITUP} + 0.112 \times \text{FLEX} + 0.008 \times \text{BALANCE} + 0.036 \times \text{MAP} - 0.019 \times \text{SBP} + 0.103 \times \text{DBP} - 0.094 \times \text{FAT}$ となった ($R^2 = 0.634$)。

3) 残差分析

予測値と歴年齢の差、すなわち残差は誤差項に関する諸仮定への違背 (violation) を検討するために重要な情報源である。Y2 から得た残差の標準偏差は 7.83 となった。また、残差分布の尖度 (kurtosis) は、0.211、歪み度 (skewness) は 0.559 となった。標準化残差を縦軸に、予測年齢を横軸にした平面を構成し、残差分析を実施した結果を Fig.-1 として示す。

考 察

1) 線形モデルの妥当性について

本研究では、高次レベルの変数である歯牙、筋肉や骨格系が関与する運動・動作を利用した基礎体力、血圧と年齢との関連を検討した。フィットネス変数と CA との関連性は低かったが、歯の咬耗度に基づく要因を含めた予測式を作成した時、相当に優れた歴年齢予測が可能となった。

運動パフォーマンスや四肢・全身の筋力などは系としてのヒトの統合性と測定の現実性を考慮した時、また老化制御として行為化する時にも適切であり、老化モデル作成のための合理的な指標として捉えることができる。

従来、体育学・体力学における年齢予測モデル設定研究の多く^{18) 19) 23) 24) 25) 30)} では、予測の妥当性を主としてそのモデルの重相関係数 (寄与率) によって得てきている。これらのうち、田中ほか (1990)³⁰⁾ は 106 名の女子 (30 ~ 72 歳) について 11 個の身体測定値 (反復横跳び、閉眼片足立ち、腹囲、収縮期血圧、血液中の脂質 (TC・LDL・TG)、ヘマトクリット値、最大酸素摂取量、肺換気量) の主成分得点を歴年齢分布に変換した活力年齢を求め、歴年齢との間に 0.69 の相関係数を得ている。さらに線形モデル固有のエラーを回避するために修正式を求めた結果、修正予測年齢と歴

Table-1: 年齢と独立変数の平均値, SDおよび相関係数行列

	Ch. AGE	DENT AGE	SITUP	FLEX	BALANCE	MAP	SBP	DBP	FAT
MEAN	34.3	44.8	20.6	5.6	30.9	39.7	136.7	84.1	18.1
SD	11.1	11.1	5.6	7.9	45.2	10.4	18.8	12	5.6
Ch. AGE	1	0.609	-0.642	-0.141	0.095	-0.179	0.016	0.175	0.131
DENT AGE		1	-0.379	-0.205	-0.033	-0.214	0.059	0.103	0.065
SITUP			1	0.305	-0.071	0.261	-0.052	-0.057	-0.377
FLEX				1	0.108	0.195	0.036	0.019	-0.135
BALANCE					1	0.052	0.012	0.201	-0.131
MAP						1	-0.285	-0.321	-0.493
SBP							1	0.623	0.268
DBP								1	0.177
FAT									1
unit	yrs.	yrs.	times	cm	sec.	ml/min/kg	mmHg	mmHg	%

Ch. AGE=Chronological Age; DENT AGE=Dental Age by Sugiyama's method;

SITUP=Situps during 30sec.; FLEX=Standing trunk flexion;

BALANCE=One foot balance with eye closing; MAP=Maximal oxygen intake;

SBP,DBP=Systolic/Diastolic blood pressure; FAT=estimated body fat from skinfolds

Table-2: ステップワイズ方式重回帰分析での選択変数と諸統計量

step	Variable	sqr. R%	Cp	AIC	SIC
-1	SITUP+	45.6	21.3	529.7	525.6
-2	DA+	61.3	0.47	510.1	505.1
-3	DBP+	62.1	0.856	510.8	504.8
-4	FLEX+	62.7	1.999	511.9	504.8
-5	FAT+	63.1	3.396	513.2	505.1
-6	BALANCE+	63.26	5.199	514.9	505.9
-7	MAP+	63.34	7.077	516.8	506.7
-8	SBP+	63.4	8.99	518.7	507.6

sqr. R%=Squared R (multiple correlation coefficient)x100

Cp=Mallovs' Cp; AIC=Akaike's Information Criterion;

SIC=Achwarz Information Criterion;

年齢が 0.81 の相関を示したと報告している。李・松浦・田中 (1993)¹⁹⁾ は 184 名の男子について 6 個のスポーツ適性の変数と酸素摂取量 (乳酸閾値・最大値) を用いて、同様な統計手順を行い、主成分得点と歴年齢の間に 0.88, 修正予測年齢との間に 0.90 の相関をそれぞれ得ている。また、本邦において、こうした手順の先駆的な役割を果たした Nakamura et al. (1998)²⁴⁾ は、血液生化学検査値データについて同様な手順により線形な予測モデルを得ている。

いうまでもなく、回帰モデルでは自由度 (標本数と独立変数との差) が低減するだけ、寄与率は高まって行く必然性をもつ。それ故に、寄与率のみで、モデルの妥当性をいうことはできない。多くの研究者が交差妥当性の作業を導入することによって、モデル自体の妥当性を確認しようとしている。しかし、老化指標として被験者へのフィードバックや処方など行為化を必要としたり、測定の容易さ・簡便さを考慮したりすることが必要な一方、主成分得点化などは相当に複雑な計算を含

Fig. 1: 標準化残差（縦軸）と予測年齢

むものとも考えることもできる。

本研究では自由度の低減と寄与率のみせかけの上昇を回避する手段として、複数の情報量基準を導入した。この結果、歯の咬耗度は重要な変数として位置づけられた。その一方で、Gutin, B. (1980)⁶⁾ や田中ほか (1990)³⁰⁾ が重視する全身持久性 (MAP) や躯幹・関節の柔軟性 (FLEX), 体組成 (FAT) は必ずしも、有効な変数とは位置づけられなかった。ただし、AIC で選択された 2 変数 (SITUP, DA) のみのモデルからの残差と MAP, FLEX, FAT, SBP, DBP, BALANCE の全変数からなるモデルからの残差の差は $d_{12} = -0.241$ と小さく、有意でなかった ($t = 1.199$, $P < 0.23$)。また、2 つの残差の相関係数は $r = 0.973$ と高く、両モデルは類似していると考えられた。したがって、2 つのモデルには有意な差はなく、情報縮約の面からは、少変数モデルが採択されるべきであろう。

2) モデルの精度の検討

線形回帰での残差診断を試みた結果、2 変数モデルの残差基本統計量は尖度 (kurtosis) = 0.211, 歪み度 (skewness) = 0.559 となって、残差分布の正規性を満足できると考えられる。また、標準化残差のうち、絶対値が 2.5 を越える観察値は 1 例し

かなかった。予測値に対する標準化残差も、平均値ゼロの周囲にランダムな散らばりを示し、特定の偏りがあるとはいえなかった。したがって、以上の点から、ここで提示したモデルの信頼性は、ほぼ問題が無いと考えて良いと判断される。

さらに AIC によって選択されたモデルに含まれる変数 (SITUP, DA) の相関係数行列から算出された固有値は 1.642, 0.358 であり、多重共線性の存在については否定して良いであろう。この多重共線性への対処については (1) ステップワイズ重回帰分析に有効性を認める場合もあるし、(2) リッジ回帰分析にその有効性を認める場合もある²⁾。しかし、(2) について市川・大橋 (1987)¹¹⁾ は「パラメータの事前分布の平均を 0 においたベイズ流 (Bayesian) の推定法と等価」であり、事前情報があるのなら定式化に盛り込むべきであるとして否定的な見解を述べている。すなわち、本研究で用いた手法ステップワイズ重回帰分析によって多重共線性への対処を図ることができ、実質的に多重共線性による係数の不安定性も存在しなかったことになる。

3) 年齢予測における歯の咬耗度の意義

漢字辞書には、人間の年齢段階を表す用語として稚齡・弱齡・若齡・妙齡・修齡・壽齡・延齡・老齡・高齡・暮齡・頽齡などや齠歳・龀童 (= 歯の抜け替わる年齢。その年齢の子ども) があげられている。藤堂明保編：学研漢和大辞典では「歯」には「馬の歯をみてその年がわかる」、「順番に並ぶ」という動詞の意味づけがあり、同様な意味で歯次・歯位・歯序・歯力 (= 年齢と体力)・歯宿・歯算・歯徳といった歯にまつわる用語があげられている。「齡 (ヨワイ)」が「歯」ヘンをもって構成されることを考え合わせても語源的に歯は年齢そのものを意味しており、成長や老化を研究する立場からは大いに関心が寄せられるべき対象である。发育発達研究では骨年齢と同様に歯牙年齢を「正常な成長範囲」にあるか否かに関して利用してきたが、米国で発刊されている成長・老化研究の雑誌「Growth, Development, and Aging」誌には従来から「歯の形態的」成長を扱った論文がかなり多い。

アリストテレスは動物誌（島崎訳，岩波文庫）のなかで「ロバの年齢推定は歯で判定できる」と述べ，動物の老若は顎の皮膚をめくり返した時の戻り具合でわかるとも記している．すなわち熊（犬飼・門崎，1972）¹³⁾ やアカネズミの歯から年齢推定を行ったもの（正田・村山，1980）⁸⁾ などがみられる．またヒトを対象としたときに法医学や人類学では歯の咬耗度によって死体などの年齢推定を相当に古くから行っている．

杉山高一ほか「歯の咬耗度による年齢推定に関する重回帰分析」（1979）²⁷⁾ は暦年齢を従属変数にして歯の咬耗度から予測推定しようとする重回帰分析を線形およびカテゴリカル的に実施している．すなわち上左から上右までに番号（1），…，（14），下右から下左までに（15），…，（28）を割り当て，赤池氏の情報量規準 AIC を適用した変数選択により最適な方程式を以下のように作成している．ただし，杉山の原著論文には，定数項の記載がなく，偏回帰係数のみを以下に示す（ $R^2 = 0.727$ ）．

$$y = 2.36 \times (1) + 1.85 \times (8) + 2.30 \times (10) + 1.76 \times (12) + 3.12 \times (14) + 2.07 \times (15) + 0.95 \times (22) - 0.15 \times (24) + 1.12 \times (25) + 0.23 \times (26);$$

また竹井哲治「歯の咬耗による年齢推定」（1971）²⁹⁾ でも同様にカテゴリカル重回帰を行った結果を報告している．しかし杉山ほか（1986）²⁸⁾ は咬耗度のみによる予測式で 0.783 以上の寄与率を得ており，本研究での CA との相関係数からみれば，年齢予測が十分に達成されているとはいえない，また DA と CA には 10 歳以上の差が存在することになった．このような結果は杉山モデルとの約 20 年の cohort 差，年齢分布の差，杉山の研究で性別が不明である点なども理由であると考えられる．

4) 身体的老化指標の提言上の課題

本研究は吉川ほかの従来の研究と同様に，「老化制御」に活用して行くことも考えられる．本研究を通じて年齢予測に関する歯牙や骨の状態をもつ有効性は不十分ながら指摘できる．本研究で提示したモデルからの予測値を暦年齢との比（相対老化度）として利用すれば，暦年齢相応のフィットネスを有しているのか，若々しいのか，老けて

いるのかを評価できることになる．さらに，生活要因（運動や栄養など）と相対老化度との関連を検討する作業を吉川ほか（1989，1992）¹⁵⁾ ¹⁷⁾ として行ってきた．

確かに老化度を示す指標（marker of aging）を探索することは，老年学研究の最大にして究極の課題である．しかし，この指標が明らかでなく，また老化自体が個体内差をもち，個体差も大きい現象である以上，統計的研究が有効であると考えている．事実，Kikkawa（1989）ではこうした試みがいくつかの研究において行われていることを概覧した¹⁵⁾．また，古典的になった Furukawa et al.（1970）³⁾，古川（1976）⁴⁾ のモデルや Hofecker, G. et al.（1980）⁹⁾ の知見，暦年齢を従属変数，主成分得点を独立変数とした最近の Nakamura et al.（1988）²⁴⁾ ²⁵⁾ の生物学的年齢モデルや田中ほか（1990，1992）³⁰⁾ ³¹⁾ の活力年齢モデルも「多くの変量や合成値を暦年齢に収束させる」ことを同様に意識している．

暦年齢との比を用いる有効性の第二の理由は以下の点である．準実験的な研究の場合，client や受検者，被験者へのフィードバック，受け入れ易さは，また不可欠な要件でもある．本研究で用いた変数の多くは，文部省スポーツテストとして，あるいは一般的な内科検診の場で広範に知られているものである．また，歯の咬耗度も比較的に理解を得やすい指標であると考えられる．それ故に，client によるフィードバック情報の理解や処方としての運動実践，測定の容易さや簡便さについての利点を有している．むしろ，筆者らは「生理的年齢」の提言にあたって，寄与率が 50 % を前後するのみであるという暦年齢に対するフィットネス変数の感受性の低さを経験してきた．こうしたモデル自体の妥当性（あてはまりの良さ）を高めることは，焦眉の急を要する課題である．

また暦年齢と DA との相関係数はほかのフィットネス変数に比べて，かなり高いものであるが，フィットネス変数を含めた重回帰分析の結果として重相関係数はそれほど高くはならなかった．確かに身体機能と歯牙の咬耗度との間には特に指摘できるような関係はなかった．この点からすると，

DA とフィットネス変数を並行的に独立変数とするには、無理があると考えられるかもしれない。ただし、歯牙の咬耗度は Cowdry (1952) の分類で老化を的確に表し得る代表的な変数であり、これは従来の体力・体育学的研究で取り扱われることは少なかった。歯牙の状態は種々の身体症状と不可欠の関係にあることが知られており¹⁶⁾、むしろフィットネス変数の設定や構成(バッテリー)について検討すべきかもしれない。同時に Rohner et al. (1983)²⁶⁾ は 1 年間の歯間部の歯槽骨吸収について 70 歳以上になると、70 歳未満の者の 4 倍になるとしている。すなわち歯の咬耗度は 70 歳以上において、より顕著になり、おそらく身体機能の老化との関係も、より深くなることが推定できる。本研究の対象者は高齢者の分類には属さない集団であり、さらに幅広い年齢層を含んだ被験者集団についての考察が必要であろう。

一方で、運動ニューロンを反映させようとした運動パフォーマンス系の変数の寄与は十分でなく、また、心臓血管系の変数(SBP, DBP)や全身持久系の変数(MAP)にしても統計的な基準からすれば、十分に寄与しているとはいえなかった。これらに関しては、例えば運動負荷時の血管動態を観察すること、最大酸素摂取量については間接法でなく直接法によりオールアウトまでの負荷設定を行うことなどが必要かもしれない。

また J. Gerontol. など老年学に関係した学術誌では、例えば Hollak et al. (1989)¹⁰⁾、Alexander et al. (1992)¹¹⁾、Ming-Hsia and Woolacott (1994)^{21) 22)} などのように老化の測度として振動感覚、動的平衡性などを扱った研究が多く、普遍的な老化を探る変数として重視されていることに大いに留意せねばならない。運動ニューロンの加齢状況に関してはこれらの点も考慮されるべきかもしれない。モデルのあてはまりを補強する上で知覚適性に関係した変数の追加採用も、また必要であると考えている。

要約と課題

独立変数として血圧値など循環機能や基礎的なフィットネス変数、および歯の咬耗度の測定値を

用い、歴年齢を予測する線形モデルの作成を試みた。被験者として男子 67 名(18～60 歳、20 歳代以下 30 名、30 歳代 18 名、40 歳代 8 名、50 歳代以上 11 名)が本研究に参加した。結果と課題は以下のようにまとめられる。

- 1) 歯牙の咬耗度は年齢に対して一定の寄与を示した。身体機能と歯牙の咬耗度との間には特に指摘できるような関係はなかった。
- 2) 情報規準 AIC や Mallows による C_p 統計量を手がかりに有効な変数を選択しながら進めたステップワイズ重回帰分析の結果、得られた $y_2 = 36.3 + 0.424 \times \text{DA} - 0.994 \times \text{SITUP}$ ($R^2 = 0.613$) が最適な線形モデルとなった。
- 3) このモデルは残差分析でも、問題は無いと考えられ、その有効性と安定性が示唆された。
- 4) すべての変数を含んだモデルは、 $y_3 = 31.3 + 0.42 \times \text{DA} - 1.08 \times \text{SITUP} + 0.112 \times \text{FLEX} + 0.008 \times \text{BALANCE} + 0.036 \times \text{MAP} - 0.019 \times \text{SBP} + 0.103 \times \text{DBP} - 0.094 \times \text{FAT}$ となった ($R^2 = 0.634$)。
- 5) 運動パフォーマンス系の変数の寄与は十分でなく、また、心臓血管系の変数(SBP, DBP)や全身持久系の変数(MAP)にしても統計的な基準からすれば、十分に寄与しているとはいえなかった。
- 6) 歯の咬耗度が顕著になる高齢集団では、フィットネス機能との関係も含めて、かなり異なった様相のモデル提示の可能性がある。さらに幅広い年齢層を含んだ被験者集団についての考察が必要であろう。

文 献

- 1) Alexander, N., Shepard, B. N., Gu, M., J. Schultz A. (1992) : Postural control in young and elderly adults when stance is perturbed : kinematics. J. Gerontol. 47 : M79-M87.
- 2) チャタジー, プライス (1990) : 回帰分析の実際, 新曜社 212-236. (Chatterjee S., B.

- Price, Regression analysis by example. John Wiley and Sons Inc., 1977)
- 3) Furukawa, T., Inoue, M., Kajiya, F., Inada, H., Takasugi, S., Fukui, S., Takeda, H., Abe, H. (1975) : Assessment of biological age by multiple regression analysis. *J. Gerontol.* 30 : 422-434.
  - 4) 古川俊之 (1976) 寿命モデル. *数理科学* 14 (1) : 43-55.
  - 5) 五島雄一郎 (1980) : 生理生化学臨床検査に基づいた加齢変化. *日本老年医学会雑誌* 16 : 91-101.
  - 6) Gutin, B. (1980) : A model of physical fitness and dynamic health. *J. Physical Education and Recreation* 51(5) : 48-51.
  - 7) 林 知己夫 (1981) : 心にとって加齢とは何か, 太田邦夫, 阿部 裕, 古川俊之編 *高齢化社会の構造*. サイエンス社, 176-196.
  - 8) 疋田 務, 村上興正 (1980) : アカネズミの齢推定. *日本生態学会雑誌* 30 : 109-116.
  - 9) Hofecker, G., Skalicky, M., Kment, A., Nidermuller, H. (1980) : Models of the biological age of the rat. I. A factor model of age parameters. *Mechanisms of Ageing and Development* 14 : 345-359.
  - 10) Hollak, F.B., Shupert, C. L., Mirka, A. (1989) : Components of postural dyscontrol in the elderly. *Neuro-Biology of Aging* 10 : 727-738.
  - 11) 市川伸一, 大橋靖雄 (1987) : SASによるデータ解析入門. 東京大学出版会, 162-165.
  - 12) 今堀和友 (1984) : 「老人らしい」とはどういうことか. *現代化学*, No.164, 14-19.
  - 13) 犬飼哲夫, 門崎充昭 (1972) : ヒグマの歯のいわゆる年輪による年令測定に関する研究 (予報). *日本応用動物昆虫学会誌* 16 (3) : 148-151.
  - 14) 岩崎 栄 (1990) : 地域医療の基本的視座. ベクトルコア社, 1-14.
  - 15) Kikkawa, K. (1989) A statistical approach for physical senility/aging and its control. In M. Kaneko (ed.) *The aged, disabled, and industrial worker*, Human Kinetics Co., 1-5
  - 16) 吉川和利, 村津和正, 藤野武彦, 安田 稔 (1993) : 歯科機能の老化と体格・体力の関連性について. *広島体育学研究* 19 : 41-52.
  - 17) 吉川和利 (1991) : 身体機能加齢変化の重回帰分析と老化要因の分散分析: 循環機能・身体機能からの歴年齢推定と生活習慣の影響. *広島体育学研究* 17 : 62-76
  - 18) 木村みさか, 森本好子, 寺田光世 (1991) : 都市在住高齢者の体力診断バッテリーテストによる体力, *体力科学* 40 : 455-464.
  - 19) 李 美淑, 松浦義行, 田中喜代次 (1993) : 中高年男性の体力年齢の評価. *体力科学* 42 : 59-68.
  - 20) Manchester, D., Woolacott, M., Zeder-Bauer-Hylton, N., Mario, O. (1989) : Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *J. Gerontology* 44 : M118-M127.
  - 21) Ming-Hsia, Hu and Woolacott, M. H. (1994) : Multisensory training of standing balance in older adults : I. Postural stability and one-leg stance balance. *J. Gerontology* 49 (2) : M 52-M 61.
  - 22) Ming-Hsia, Hu and Woolacott, M. H. (1994) : Multisensory training of standing balance in older adults : II. Kinematics and electromyographic postural responses. *J. Gerontology* 49 (2) : M62-M71.
  - 23) 中村榮太郎, 木村みさか, 永田久紀, 宮尾賢爾, 小関忠尚 (1982) : 種々の生理機能にもとづく老化の指標としての生物学的年齢の推定 (男子の場合). *日本衛生学雑誌* 36 : 853-862.
  - 24) Nakamura, E., Miyao, K., Ozeki, T. (1998) : Assessment of biological age by principal

- component analysis. *Mechanisms of Ageing and Development* 46:1-8.
- 25) Nakamura, E., Moritani, T., Kanetaka, A. (1988): Effects of habitual physical exercise on age in men aged 20-85 years as estimated using principal component analysis. *European J. Applied Physiology*, 73 (5):410-418.
- 26) Rohner F., Cimasoni G., Vuagnat P. (1983): Longitudinal radiographical study on the rate of alveolar bone loss in patient of a dental school. *J. Clinical Periodontology* 10 (6):643-651.
- 27) 杉山高一, 尾崎 公, 牛澤賢治, 清水正利 (1979): 歯の咬耗による年齢推定に関する重回帰分析. *応用統計学* 5(3):123-128.
- 28) 杉山高一 (1983): 多変量データ解析入門. 朝倉書店, 104-136.
- 29) 竹井哲治 (1971) 歯の咬耗による年齢推定. *日法医誌*, 24 (1):4-17.
- 30) 田中喜代次, 松浦義行, 中塘二三生, 中村 榮太郎 (1990): 主成分分析による成人女性の活力年齢の推定. *体育学研究* 35:121-131.
- 31) Tanaka, K., Watanabe, Y., Hiyama, T., Takebe, M., Yoshimura, T. (1992): Changes in vital age of CHD patients following a supervised aerobic conditioning program. *J. Jpn. Atherosclerosis Soc.* 20:567-603.
- 32) 田中喜代次 (1998): 多くの情報を融合した体力・健康指標の限界と展望. 第 53 回日本体力医学会大会予稿集 p. 134.
- 33) 吉川政巳 (1981): 老化度・健康度をどう測定するか. *内科* 48:729-735.

1999年4月3日受付 同年6月6日受理