

歯科保健調査からみた加齢に伴う現在歯数の推移

速度論的手法を用いての数式化とその応用

武田 耕三* 堀内 香余*
柳生 善彦* 山田 全啓^{2*}

奈良県内吉野保健所管内4村の住民延べ6,933人に対して歯科保健調査を実施した。その結果に基づき現在歯数の減少速度を簡単な数式で表すとともに、その応用についていくつか提起することを本研究の目的とする。年代別に平均現在歯数を算出し、年代間の変化を疑似的に経時変化とみなし、その減少速度について検討した。その結果、年齢階級別平均値として現在歯数の減少速度は現在歯数・喪失歯数に比例することが分かった。現在歯数をXとし、喪失歯数を(29-X)で近似すると、 $-dX/dt = k \cdot X \cdot (29 - X)$ と表せる(ただしt:時間, k:速度定数)。

この結果より次のことが示唆された。1)歯の喪失は原料である現在歯と喪失した部位との相互作用である。2)微分方程式を解くと $\ln\{(29-X)/X\} = 29 \cdot k \cdot t + a$ となる($0 < X < 29$, t:20歳代からの時間(年), a:定数)。したがって、 $29 \cdot k$ とaの二つのパラメータで、年齢幅のある集団の性質を一義的に表すことができ、他地域との比較、歯科指導の効果の評価等に有効である。3)個人の現在歯数からそれに相当する平均的な歯の減少速度や“歯年齢”、将来の現在歯数を算出し現状と将来を実感してもらい、歯の喪失予防への動機づけとすることができる。4)この式を変換すると、現在歯数の推移の逆S字曲線を $X = 29 / \{ \exp(29 \cdot k \cdot t + a) + 1 \}$ のLogisticモデルで表せる。5)コホート分析へ適用することによって、将来予測にも利用できる。

Key words: 現在歯数, 喪失歯数, 歯の減少速度, 反応速度論, 歯科保健調査

I はじめに

高齢化社会を迎えるにあたって豊かな老後を送るためには歯の確保が不可欠であるとの認識のもと、80歳になっても自分の歯を20本以上保つことを目標とした8020運動が厚生省や日本歯科医師会を中心に展開されている¹⁾。

高齢化と過疎の進んだ奈良県南部の1市4村を管轄している内吉野保健所(L5型)においても、このうちの4村について平成4年度より基本健康診査時に歯科保健調査を実施し、8020運動とはほど遠い現状であることや、現在歯数が身体的健康度と関連していること、歯の抜け易さは歯の喪失とともに増加することを調査してきた。

歯の喪失に影響する因子として加齢・性・歯科疾患・口腔衛生状況・歯科医療の受療状況・社会

的状况等^{2,3)}があげられるが、今回は主な因子である加齢について検討した。

抜歯の原因については、歯科医に対するアンケート調査⁴⁻⁸⁾やコホート調査⁹⁾を通じて、歯種別年齢別に詳細に各国において調査されており、抜歯数の原因別内訳の加齢に伴う変化については研究されているが、喪失歯数の経年変化としては扱われていない。一方、田浦ら¹⁰⁾や大川ら^{11,12)}は、6年間隔で実施される歯科疾患実態調査のデータを6歳間隔の年齢階級のコホート集団へ適用し、喪失歯数の経年変化について検討し、その将来予測を行っている。田浦ら¹⁰⁾は各調査間における年齢階級別喪失歯率の経年的な変動傾向を回帰直線で推定し、大川ら^{11,12)}は理論的傾向線としてLogistic曲線を適用しているが、両研究とも将来予測を主目的としている。

本研究は、反応速度論¹³⁾の概念を導入して現在歯数の減少速度を簡単な数式で表し、歯の喪失のメカニズムの解明を目指すとともに、この数式から導き出されるいくつかの利用方法を提起するこ

* 奈良県内吉野保健所

^{2*} 奈良県福祉部健康局健康対策課
連絡先: ☎637 奈良県五條市本町3-1-13
奈良県内吉野保健所 武田耕三

とを目的とする。

II 対象および方法

平成4年度から7年度の4年間に管内4村の基本健康診査を受診した延べ6,933人(平均年齢61.8±11.1歳, 実人数3,335人)を対象とした。現在歯数は歯科衛生士が口腔内を観察して記録した。

20歳代から80歳代までの各年代ごとの平均現在歯数を算出した。90歳代の対象者は20人(女性13人, 男性7人)と少数であったので以後の処理から省いた。横断観察データであるこれらの値の年代間の変化を擬似的に経時変化とみなし, 減少速度として扱った。回帰関係は最小2乗法による線形回帰により求めた。全国平均として平成5年歯科疾患実態調査¹⁴⁾の値についても同様に検討し比較した。現在歯数は男性の方が女性よりも多いのが一般的事実なので, 男女別に分けて処理し性差による差についても検討した。

III 結 果

表1に20歳代から80歳代までの各年代の平均現在歯数を示す。全国平均として平成5年歯科疾患実態調査¹⁴⁾の値を付記する。これまでの調査から, 現在歯数一本当たりの現在歯数減少速度はその時の喪失歯数に依存していると推察されたのでこれらの関係を調べた。まず年代間の差を年代間

の平均値で除した値を現在歯数一本当たりの10年間の減少速度とした。つぎに, 平成5年歯科疾患実態調査¹⁴⁾における一人平均総歯数(健全歯数+処置歯数+未処置歯数+喪失歯数)が約29本であることから, 喪失歯数を29-現在歯数で近似した。その結果, これらは比例関係にあった(図1)。

そこで, 歯の減少速度は 現在歯数・喪失歯数に比例すると仮定した。つまり,

$$-dX/dt = k \cdot X \cdot (29 - X) \dots\dots \textcircled{1} \text{ となる。}$$

(ただし X : 現在歯数, 29 - X : 喪失歯数, t : 時間, k : 速度定数)

$1/X \cdot (29 - X) = (1/29) \cdot \{1/X + 1/(29 - X)\}$ を代入して①式を積分すると

図1 減少歯数/現在歯数と喪失歯数

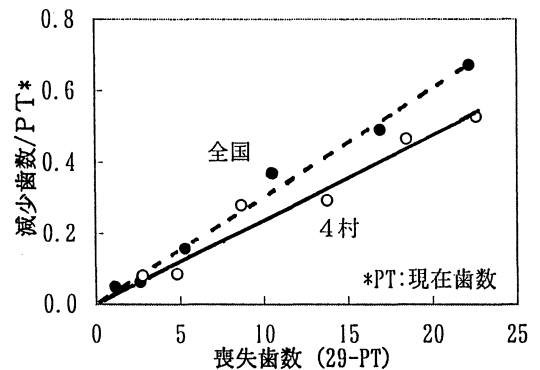


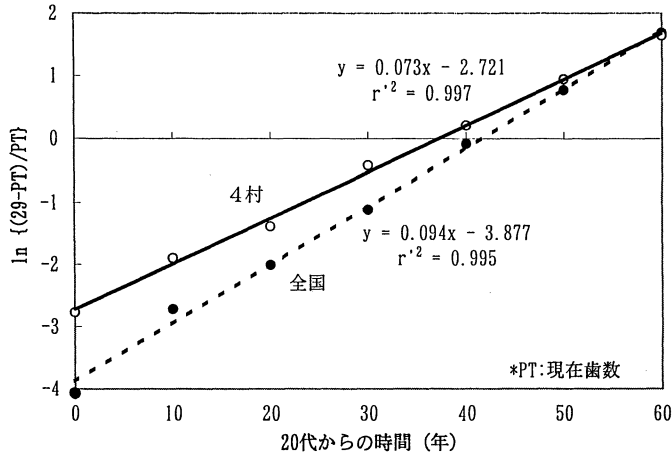
表1 年代別平均現在歯数と現在歯数1本当たりの10年間の減少歯数(本)

年 代	20	30	40	50	60	70	80 ^{*2}
管内4村							
サンプル数(人)	66	193	650	1,616	2,780	1,351	257
平均現在歯数	27.29	25.21	23.17	17.47	12.98	8.08	4.71
10年間の減少歯数(A)	2.08	2.04	5.70	4.49	4.90	3.37	
年代間の平均歯数(B)	26.25	24.19	20.32	15.23	10.53	6.40	
(A)/(B)	0.079	0.084	0.281	0.295	0.465	0.527	
喪失歯数(29-(B))	2.75	4.81	8.68	13.77	18.47	22.60	
全国 ^{*1}							
サンプル数(人)	701	1,277	1,467	1,468	1,372	756	225
平均現在歯数	28.51	27.20	25.56	21.86	15.05	9.12	4.53
10年間の減少歯数(A)	1.31	1.64	3.70	6.81	5.93	4.59	
年代間の平均歯数(B)	27.86	26.38	23.71	18.46	12.09	6.83	
(A)/(B)	0.047	0.062	0.156	0.369	0.491	0.673	
喪失歯数(29-(B))	1.14	2.62	5.29	10.54	16.91	22.17	

*1 平成5年歯科疾患実態調査

*2 全国においては80歳以上

図2 $\ln\{(29-PT)/PT\}$ の時間依存性



$\ln\{(29-X)/X\} = 29 \cdot k \cdot t + a \dots\dots ②$ となる。

($0 < X < 29$, t : 20歳代からの時間 (年), $t=0$ の時 (20歳代) の X の値を α とすると $a = \ln\{(29-\alpha)/\alpha\}$)

t に対する $\ln\{(29-X)/X\}$ の回帰分析より自由度調整済決定係数 $r^2=0.997$ となり, この関係が成立しているといえる。平成5年歯科疾患実態調査¹⁴⁾ ($r^2=0.995$) においても成立している (図2)。

つぎに男女別に分け回帰分析したところ, それぞれにおいてこの関係は成立していた (表2, 図3)。

② 式 は $X = 29 / \{\exp(29 \cdot k \cdot t + a) + 1\} \dots\dots ③$

となり, 現在歯数の加齢による推移を数式で表せる。回帰パラメータより, 管内4村および平成5年歯科疾患実態調査¹⁴⁾ においては, それぞれ $X = 29 / \{\exp(0.073 \cdot t - 2.721) + 1\}$, $X = 29 / \{\exp(0.094 \cdot t - 3.877) + 1\}$ と表せる。 $t=0$ である20歳代を25歳として, $t = \text{年齢} - 25$ を代入して図4の Logistic 曲線を得た。各年代の中央値を年齢として, 表1の平均現在歯数をあわせて示す。同様にして男女別データからは, 4村女性: $X = 29 / \{\exp(0.070 \cdot t - 2.416) + 1\}$, 4村男性: $X = 29 / \{\exp(0.073 \cdot t - 2.961) + 1\}$, 全国女性: $X = 29 / \{\exp(0.095 \cdot t - 3.766) + 1\}$, 全国男性: $X = 29 / \{\exp(0.094 \cdot t - 4.119) + 1\}$ と表せ, 図5を得た。

表2 男女別年代別平均現在歯数 (本)

年 代		20	30	40	50	60	70	80*2	
管内4村	女性	サンプル数 (人)	15	96	455	1,197	1,689	819	156
		平均現在歯数	26.13	24.65	22.42	16.88	12.34	7.74	3.49
	男性	サンプル数 (人)	51	97	195	419	1,091	532	101
		平均現在歯数	27.63	25.76	24.94	19.14	13.95	8.60	6.59
全国*1	女性	サンプル数 (人)	440	807	891	878	772	443	146
		平均現在歯数	28.42	27.09	25.20	21.06	14.03	7.83	3.99
	男性	サンプル数 (人)	236	470	576	590	600	310	79
		平均現在歯数	28.66	27.38	26.11	23.04	16.36	10.98	5.53

*1 平成5年歯科疾患実態調査

*2 全国においては80歳以上

図3 男女別 $\ln\{(29-PT)/PT\}$ の時間依存性

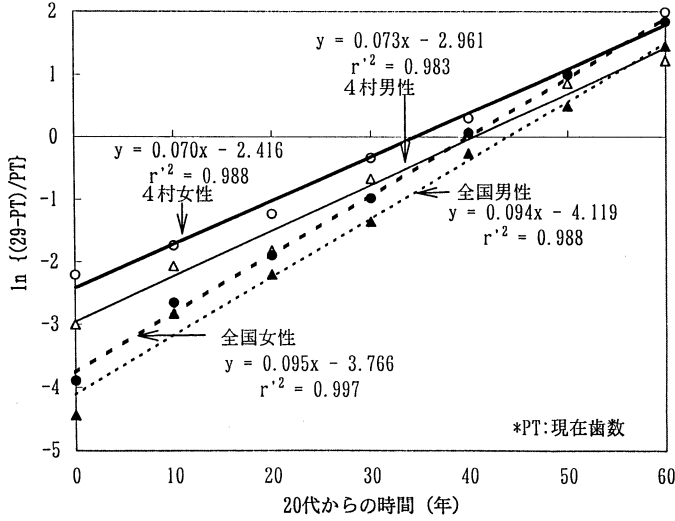


図4 現在歯数の推移の実測値と計算値

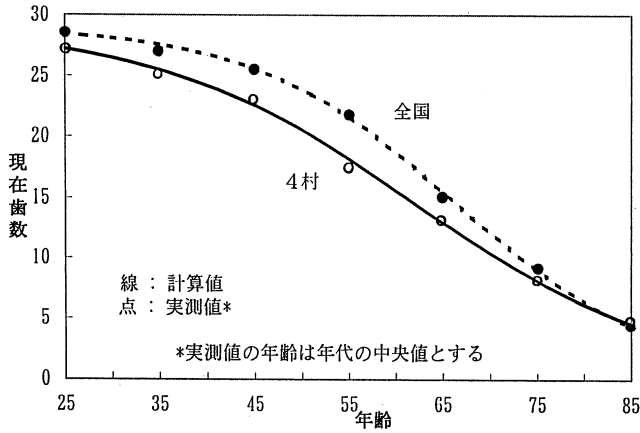
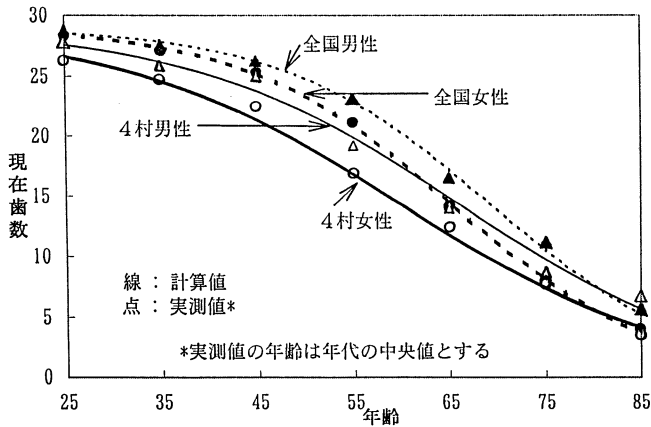


図5 男女別現在歯数の推移の実測値と計算値



Ⅳ 考 察

1. 本モデルの適合性

加齢以外の歯の喪失に影響する因子^{2,3)}および個体差を含めた年齢階級別平均値の動きとして、本モデルは適合している。男女別に分けて性差の因子を取り除いて検討したところ、それぞれにおいて適合していた。また性差による差は平行移動、つまり傾きはほぼ等しく a 値のみ異なっている。女性が男性に比べて管内4村で約6歳、全国平均で約4歳低年齢側にシフトしているだけで同一現在歯数に対しては性別に係わらずほぼ同一の速度で歯を喪失している。老人保健法による基本健康診査の対象は原則として40歳以上であり、管内4村では男女別に分けると20歳代のサンプル数はかなり少なくなっているが、サンプル数の安定している全国平均でも同傾向であった。

年齢階級別平均値ではなく、個々のデータはこのモデルにどの程度適合するのか。平均値を解析した時と同様に個々のデータを経時変化とみなし、次の2つの仮定条件の下で全データについて $\ln\{(29-X)/X\}$ の t に対する回帰分析を行い検証した。1) ①式において、 $(29-X)$ で表される喪失歯数=0の間は減少速度=0であり、喪失は起こらない。①式は喪失が始まってからの式である。つまり、喪失し始めた時を $t=0$ とする。例えば、同じ65歳の人であっても20歳から喪失し始めたのなら $t=45$ であるし40歳から喪失し始めたのなら $t=25$ である。各個人がいつから喪失し始めたのかは分からないのでそれぞれの t を決定できない。そこで年代別平均値の解析を行った場合と同様であると仮定して25歳を $t=0$ とし t =年齢-25とする。2) $\ln\{(29-X)/X\}$ の値を求めるにあたって $0 < X < 29$ でなければならない。 $X=0$ の時は $X=0.1$ 、 $X \geq 29$ の時は $X=28.9$ とそれぞれ読み変える。その結果、女性 ($n=4427$)、男性 ($n=2486$) についてそれぞれ相関係数 $r=0.467$ 、 $r=0.483$ を得た。いずれも危険率 $p < 0.001$ で有意である。ところが単純に現在歯数の年齢への回帰分析をした結果 (女性 $r=0.460$ 、男性 $r=0.494$) に比べて優れたモデルとは言えない。これは、本モデルでの現在歯数の Logistic 曲線 (図5) の変曲点 (女性59.5歳、男性65.6歳: 考察5参照) 前後の50歳代、60歳代、70歳代ではもともと本モデ

ルと直線回帰との差は出にくく、本調査のサンプルがこの年代に偏っているためとともに上記の仮定条件に少し無理があったためとも言える。1)の仮定において全員がちょうど25歳に喪失し始めると仮定するのはあまりにも現実とかけ離れているがそこまで仮定しなくてもよい。各個人が25歳以前に歯が喪失し始めてさえいけば、年代別平均値の解析を行った時もそうであったように、②式を当てはめて解析できる。しかし25歳時の現在歯数 α に対する初期値 $a = \ln\{(29-\alpha)/\alpha\}$ が同一ではないので、たとえ各個人が本モデルに適合ししかも k 値が同一であっても $\ln\{(29-X)/X\}$ は t に対して同一線上には並ばない。以上のように、この積分方式では個々のデータについては本報告の主題である①式を検証できない。残された方法として微分方式つまり差をとる方法がある。本調査のサンプルはラベルされたサンプルであるという利点を活かし、例えば平成14年度の調査対象者のうちの平成4年度の調査対象者を選び出し10年間の減少歯数を求める。これを数年間積み重ね、本報告と同様に処理して (表1, 図1参照)、減少歯数/現在歯数 = $(29 - \text{現在歯数})$ が成立しているか否かを検証すればよい。現在歯数の差をとることによって t の不確定性、言い換えれば初期値 a の不確定性から解放される。喪失が始まってさえいけば、 $t=5$ から $t=15$ への変化であっても $t=20$ から $t=30$ への変化であっても同じ10年間の変化として扱える。ただし10年経過しても喪失の始まっていない者および最初から現在歯数=0の者は除いておく。保健所事業としての本調査は平成8年度で終了するが村が調査を継続する予定であり、地方保健所の特色を活かし積極的に村と協力し合って息の長いテーマとしたい。

また①式から分かるように、本モデルは現在歯数の減少だけを対象としており、歯の新たな萌出がみられる若年層には適用できない。

2. 歯の喪失のメカニズム

歯の喪失には原料となる現在歯数のみならず喪失歯数が大きな役割をはたしていることが明らかになった。喪失によりできたスペースが喪失作用を促進していると考えられる。多くの場合は喪失した部位に補綴する¹⁴⁾ので、喪失歯数 = (空いたままの部位数 + 喪失後補綴した部位数) となる。補綴物を原因物質としてどの程度考慮に入れなけ

ればならないのかあるいは無視できるのか、は今後の課題である。補綴物の有無、喪失歯種、喪失部位の相対的な位置等においてさまざまなケースが考えられるが、これらの因子をすべて含んだ平均値として前述の関係が成り立っている。これらの因子の分析がメカニズム解明の一助となると思われる。

3. 集団の比較への適用

図2において、歯科過疎の管内4村は平成5年歯科疾患実態調査¹⁴⁾に比べて、a値が大きく20歳代ですでに多くの歯を喪失しているが傾きが小さくその後の喪失速度は遅く80歳代で追いつていることが読みとれる。また性差による差については傾きはほぼ等しくa値が異なり、女性の方が常に現在歯数は少ないが、同一の現在歯数に対してはほぼ同一の速度で喪失していることが読みとれる(図3)。このようにして、傾きとa値により年齢幅のある集団の性質を一義的に決定でき、グラフではなく一覧表での比較も可能である。他地域との比較、歯科指導の効果の評価等、集団の比較に有効と思われる。

4. 歯の喪失予防への動機づけ

個人の現在歯数からその現在歯数に相当する平均的な減少速度を①式から、“歯年齢”や将来の現在歯数を②式から計算できる。例えば現在歯数20本の女性(年齢には依存しない。)に対して、全国女性の平均値としていえば、0.59本/年の速度で現在歯数は減少し“歯年齢”は56.2歳に相当し10年後の現在歯数は13.4本になることを歯科指導の導入部で示し、現状と将来を実感してもらい、歯の喪失予防への動機づけに活用できる。

5. 現在歯数の推移の数式モデル化

③式は、大川ら^{11,12)}のLogistic曲線を現在歯数の推移の逆S字型曲線に適用したモデルと類似形になる。図4、図5の変曲点つまり歯の減少速度が最大となるのは、①式が最大値をとる現在歯数=14.5の時である。その年齢は $\ln\{(29-X)/X\}=0$ となるt値 $t=-a/29 \cdot k$ から算出でき、これは図2、図3のX軸との交点にあたる。管内4村は62.3歳(女性59.5歳、男性65.6歳)と平成5年歯科疾患実態調査¹⁴⁾の66.2歳(女性64.8歳、男性68.9歳)よりも早い年齢で変曲点に達しているが、20歳代ですでに多くの歯を喪失しており、a値が大であるので当然の結果である。8020

運動の達成には傾きとa値の両方を下げなければいけない。

6. 将来予測への適用

田浦ら¹⁰⁾や大川^{11,12)}らのように、6年間隔で実施される歯科疾患実態調査のデータを6歳間隔の年齢階級の cohorts 集団へ適用すれば、本モデルは将来予測にも利用できる。

V おわりに

現在歯数の減少速度が現在歯数・喪失歯数に比例するという単純な関係から導き出されるいくつかの利用方法の有効性が示唆された。集団の歯科保健状況の分布を的確に表現する手法としては、長田らの提唱する^{15,16)}パーセントイル曲線がすでに定着しており^{17,18)}、将来予測には田浦ら¹⁰⁾や大川ら^{11,12)}の方法がある。今後、本研究も多方面の立場からの十分な批判と検討を経て、これらの分野を始めとして歯の喪失のメカニズムの解明も含めて広範囲に利用されることを望みます。

(受付 '97. 2.20)
(採用 '97.10.20)

文 献

- 1) 勸厚生統計協会編. 国民衛生の動向. 東京: 勸厚生統計協会 1995; 42: 138-143.
- 2) Hand JS, Hunt RJ, Kohout FJ. Five-years incidence of tooth loss in Iowans aged 65 and older. Community Dent Oral Epidemiol 1991; 19: 48-51.
- 3) 小椋正之, 他. 歯科疾患実態調査における喪失歯数の数式モデル化. 口腔衛生学会誌 1995; 45: 506-507.
- 4) 鈴木恵三, 石井拓男. 北海道における抜歯の理由について. 口腔衛生学会誌 1987; 37: 568-569.
- 5) 木村年秀, 他. 抜歯の原因調査: 郵便調査法をもちいての検討. 口腔衛生学会誌 1987; 37: 570-571.
- 6) 大藤芳樹, 他. 神奈川県における抜歯の原因. 口腔衛生学会誌 1988; 38: 532-533.
- 7) Reich E, Hiller KA. Reasons for tooth extraction in the western states of Germany. Community Dent Oral Epidemiol 1993; 21: 379-383.
- 8) Morita M, et al. Reasons for extraction of permanent teeth in Japan. Community Dent Oral Epidemiol 1994; 22: 303-306.
- 9) Chauncey HH, Glass RL, Alman JE. Dental caries: principal cause of tooth extraction in a sample of US male adults. Caries Res 1989; 23: 200-205.
- 10) 田浦勝彦, 他. 歯科疾患実態調査成績から予測す

- る日本人の8020の到達時期. 口腔衛生学会誌 1995; 45: 28-34.
- 11) 大川由一, 他. 現在歯数のコホート分析と将来予測. 口腔衛生学会誌 1995; 45: 660-661.
 - 12) 大川由一, 他. Logistic 曲線を適用した喪失歯数と現在歯数の予測. 厚生指標 1996; 43(11): 27-33.
 - 13) 廣田鋼藏. 反応速度. 東京: (株)共立出版, 1970; 14-30.
 - 14) 厚生省健康政策局歯科衛生課編. 平成5年歯科疾患実態調査報告. 東京: (財)口腔保健協会 1995; 78-151.
 - 15) 長田 斉, 田沢光正, 高江洲義矩. 歯科保健領域でのパーセンタイル値の利用について. 口腔衛生学会誌 1989; 39: 232-241.
 - 16) 長田 斉, 田沢光正, 高江洲義矩. 永久歯現在歯数のパーセンタイル曲線とその意義について. 口腔衛生学会誌 1990; 40: 319-324.
 - 17) 長田 斉, 他. パーセンタイル曲線による成人の現在歯保有状況の分析. 口腔衛生学会誌 1995; 45: 750-751.
 - 18) 吉野浩一, 他. 職域における健全歯数および現在歯数のパーセンタイル曲線の意義. 口腔衛生学会誌 1995; 45: 754-755.
-

TREND OF AGING ON THE NUMBER OF TEETH INVESTIGATED THROUGH A SURVEY OF DENTAL HEALTH REPRESENTATION IN A SIMPLE EQUATION BY USING A KINETIC METHOD AND ITS APPLICATION

Kouzou TAKEDA*, Kayo HORIUCHI*, Yoshihiko YAGYU*, Masahiro YAMADA^{2*}

Key words: Number of present teeth, Number of missing teeth, Rate of decrease of the number of present teeth, Reaction kinetics, Dental survey

A survey of dental health was conducted on 6,933 residents (aged 61.8 ± 11.1) in 4 villages Nara Prefectural Uchiyoshino Health Center administers. Examinees were divided into 7 age groups. The mean value of present teeth at each age group was calculated. Age dependency of number of teeth was investigated with a kinetic model based on the following premise.

1. Changes between age groups can be treated as a time series occurrence.
2. Number of missing teeth can be estimated as $29 -$ that of present teeth.

Results show that the rate of decrease of the number of present teeth is of a first order in itself and the number of missing teeth.

It can be mathematically expressed as follows:

$$-dX/dt = k \cdot X \cdot (29 - X) \cdots \cdots \text{eq. (1)}$$

in which $X =$ number of present teeth, $29 - X =$ number of missing teeth

$k =$ rate constant, $t =$ time.

From this simple relationship the following are suggested

1. Tooth loss is caused by the interaction of present teeth and sites where teeth are lost.
2. Integration of eq. (1) yields

$$\ln\{(29 - X)/X\} = 29 \cdot k \cdot t + a \cdots \cdots \text{eq. (2)}$$

in which $0 < X < 29$, $t =$ time from the youngest age group ($20 - 29$), $a =$ constant.

It appears that, from eq. (2), the dental health of a community is determined by two coefficients, $29 \cdot k$ and a .

3. Helping a person realize his present and future dental state and to motivate action for prevention of tooth loss by showing him his rate of decrease, "tooth age" and the predicted number of teeth a certain years later calculated from eq. (1) and eq. (2), can be of great value.

4. Eq. (2) is transformed to $X = 29 / \{\exp(29 \cdot k \cdot t + a) + 1\}$, which represents the reverse S-shaped curve of the age dependency of the number of teeth.

5. Applying this method to cohort analysis will enable forecast of the trend of the number of teeth.

* Uchiyoshino Public Health Center, Nara Prefecture

^{2*} Division of Preventive Health Care, Health Bureau, Welfare Department, Nara Prefecture