

## 年齢死亡率曲線の指数関数近似

### Exponential Approximation of Age-Mortality Relation Curve

小野 浩二\*, 窪山 泉\*\*, 大木 幸子\*\*\*  
丹羽 智志\*\*\*\*, 伊藤 拳\*

Koji ONO \*, Izumi KUBOYAMA \*\*, Sachiko OKI \*\*\*  
Satoshi NIWA \*\*\*\* and Susumu ITO \*

#### ABSTRACT

We analyzed age-mortality relation of Japanese in 2001. Mortality rates of most life-style related diseases begin to increase after 40 years of age. Thus, age-mortality relation curves of these diseases can be, more or less, simulated by exponential curves with two parameters in the portion of more than 40 years of age ( $q=k \cdot \exp(t/\tau)$ ). In total mortality rate, the time constant ( $t$ ) of approximation curve of male is about 10 and almost identical with that of female, but the magnitude constant ( $k$ ) is about 8.2 and 1.76 times as large as that of female, indicating that the life expectation of male is about 7 years shorter. Three major causes of death (malignant neoplasm, heart disease, cerebral vascular disease) and some other fatal diseases are also analyzed. They showed fairly fitted exponential curves and obtained parameters ( $k$ s and  $\tau$ s) are proved to give quite useful information for characteristics of age-related mortality increase of these diseases.

#### 緒言

日本においては、他の先進諸国と同様に若年者の死亡は著しく少なく<sup>5)</sup>、死亡率に寄与しているものは生活習慣病等による中年以降、主として高齢者の死亡であり<sup>1) 2)</sup>、現在、日本の死因の第1位が悪性新生物、第2位が心疾患、第3位が脳血管疾患である<sup>4)</sup>。

中年以降の死亡の状況を見るには、年齢階級別死亡率を用いれば、詳しい情報が得られるが、多くの対象を比較しようとする場合にはそのままでは情報が過多となり、情報の圧縮が必要となる。

死亡率を用いると1つの数値に情報を圧縮できるが、粗死亡率は地域ごとの比較や年毎の比較に用いると人口構成の違いが大きく影響する。年齢調整死亡率を用いれば、一応人口構成の影響を回避できるが、基準とする人口構成により結果が異なってくる。平均寿命を用いると人口構成によらない比較が可能となるが、そのままでは疾患別の比較に使う事は不可能である。

この困難は年齢階級別死亡率を1つの数値に圧縮する事に起因していると考えられる。今回、我々は成人以降の年齢階級別死亡率を2つの指標で近似することを試み、その有用性を検討した。

\* 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

\*\* 横浜市都筑福祉保健センター (Tsuzuki Public Health and Welfare Center, Yokohama City Office)

\*\*\* 東京都八王子保健所 (Hachi-oji Public Health Center, Tokyo Metropolitan Government)

\*\*\*\* 国士舘大学体育学部スポーツ医科学科 (Department of Sport and Medical Science, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

### 方法

国民衛生の動向<sup>3)</sup>より平成13年の疾患別男女別年齢階級別死亡率を計算機上に取り込ませた。解析の対象には総死亡に加え、死因の上位を占め40歳以降に年齢とともに死亡率が単調に増加する疾

患を選んだ。40歳以降の年齢階級別死亡率を対数変換し、最小自乗法により直線の当てはめを行い、 $q = k \cdot \exp(t/\tau)$ の形の近似曲線における強度定数 $k$ と時定数 $t$ を算出した。年齢階級は5歳ごとの階級をその中間の年齢で代表させた(例えば50歳以上55歳未満は52.5歳とした)。90歳以上は便宜上92.5歳として解析した。

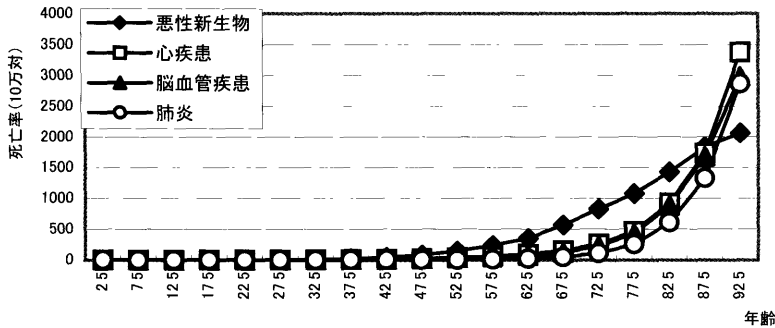


図1 全国死亡順位4位までの年齢階級別死亡率

### 結果

図1は悪性新生物、心疾患、脳血管疾患の年齢階級別死亡率で、いずれの疾患も年齢とともに死亡率の増加している様子が見て取れる。死因の第1位である悪性新生物は50歳ぐらいより死亡率の増加が始まり、第2位、第3位の心疾患、脳血管疾患はそれより遅れて増加し始める。しかし、年齢が上がるにつれて心疾患、脳血管疾患の死亡率は急激に増加し、悪性新生物の死亡率を追い抜いている。従って、90歳以上の高齢者が著しく多い人口構成を基準にすると、年齢調整死亡率でも心疾患、脳血管疾患の死亡率が悪性新生物の死亡率を上回る事になる。

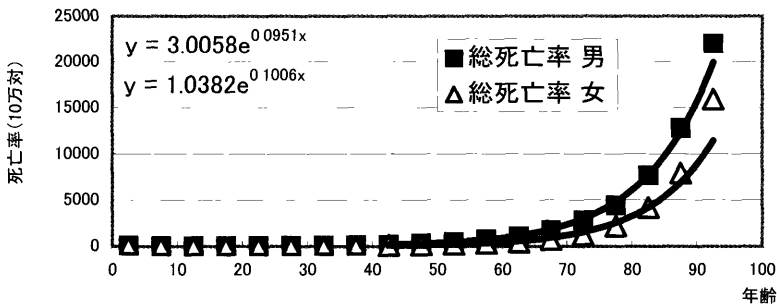


図2 男女総死亡の年齢別総死亡と指数関数による近似曲線

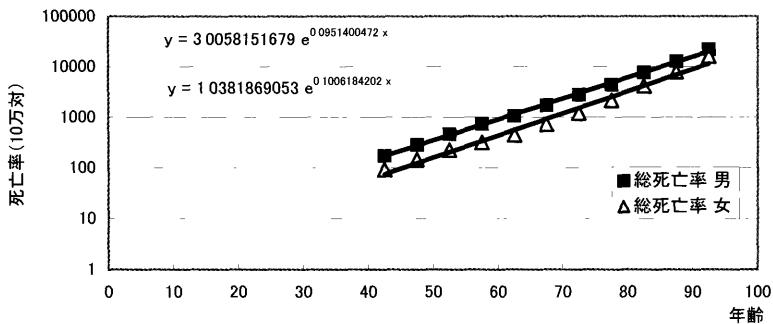


図3 対数表示による男女年齢階級別総死亡率と近似直線

図2は総死亡の男女別の年齢階級死亡率で、男女とも年齢に伴う急激な死亡率の上昇が見て取れる。40歳以降の死亡率の上昇が指数関数的である

と見做して当てはめた近似曲線を ( $q = k \cdot \exp(t/\tau)$ ) を同時にのせている。男女の差は時定数 ( $\tau$ ) よりも強度定数 ( $k$ ) の差による事が見て取れる。

図2の縦軸を対数目盛に変えると(図3)、40歳以降の死亡率の変化はほぼ直線的となる。指数関

数による近似はこの図の上では直線による近似の形となる。女性の死亡率に対する近似直線は男性の死亡率の近似直線を平均寿命の差に相当し、7歳ぐらい右に平行移動した形に近いことがわかる。時定数  $\tau$  は女性でほぼ10であり、年齢が10歳増加すると死亡率が  $e$  ( $\approx 2.7$ ) 倍になる程度である。

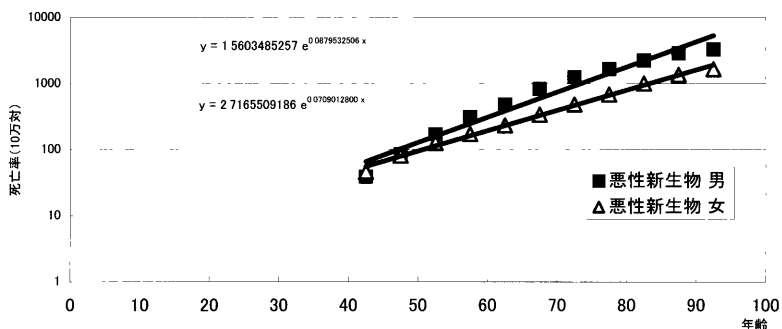


図4 悪性新生物の対数表示年齢階級別死亡率と近似曲線

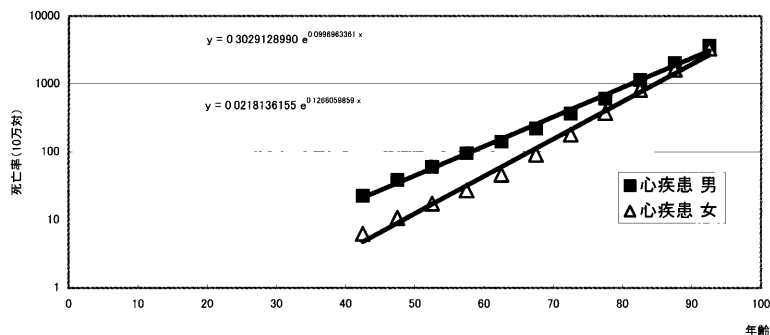


図5 心疾患の対数表示年齢階級別死亡率と近似曲線

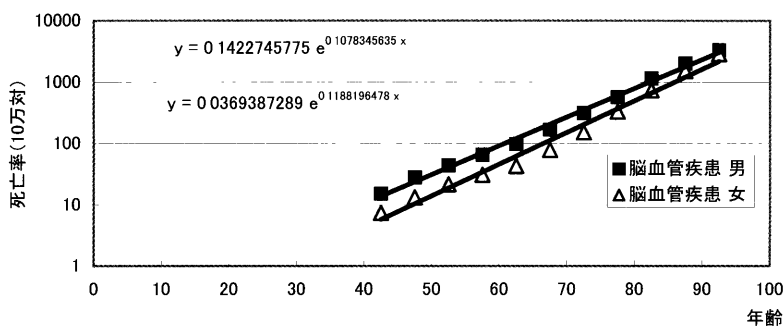


図6 脳血管疾患の対数表示年齢階級別死亡率と近似曲線

図4は悪性新生物の40歳以降の死亡率の推移と近似直線を示したものである。女性の死亡率は対数表示ではほぼ直線的に推移し、近似直線がよく当てはまる。男性の死亡率は1つの直線で近似するとややずれが大きく、40代から60代の増加の速度 ( $1/\tau$ ) では女性を上回っているが、70代以降は増加の速度の衰えが認められ、90歳代では女性の死亡率に近づいている。

図5は心疾患を表し、男女とも比較的近似直線が良く当てはまっている、死亡率が早く高くなる男性ではその後の増加率 ( $1/\tau$ ) がやや小さく、90代で女性の死亡率に追いつかれている。

図6の脳血管疾患でも心疾患と同様に男性の死亡率が早期に高くなるが、その後の増加率 ( $1/\tau$ ) は女性よりやや小さく、次第に死亡率の男女差が小さくなっている。

表1に総死亡及び主な生活習慣病関連死亡での男女別の近似曲線の強度

表1 年齢死亡率曲線の指数関数近似における強度定数(k)と時定数(τ)

		k	τ
総死亡	男	3.01	10.51
	女	1.04	9.94
悪性新生物	男	1.56	11.37
	女	2.72	14.10
心疾患	男	3.03E-01	10.03
	女	2.18E-02	7.90
脳血管疾患	男	1.42E-01	9.27
	女	3.69E-02	8.42
肺炎	男	2.32E-03	6.42
	女	9.47E-04	6.42
慢性閉塞性肺疾患	男	4.66E-05	5.42
	女	6.46E-05	6.27
腎不全	男	3.19E-03	7.66
	女	1.04E-03	7.23
老衰	男	2.10E-09	3.39
	女	1.00E-10	3.03

定数kと時定数tをまとめた。10大死因の中でも生活習慣病と直接関係しない不慮の事故や自殺、及び40歳以降の年齢死亡率曲線が単調でない肝疾患は省いてある。総死亡、肺炎、腎不全では男女の時定数tはほぼ等しく、男女差は強度定数kの差が主であり、女性の年齢死亡率曲線は男性の曲線を右に平行移動したものに近くなる。悪性新生物を除くその他の疾患では、強度定数、時定数共に男性の方が高く、男性が先に死に始め、女性の死亡率が年齢と共に男性に追いつく傾向がある事を示している。悪性新生物では逆に強度定数k、時定数tともに女性が高い。老衰では強度変数kは他の疾患と比べて著しく小さいが、時定数tが小さく、高齢で急激に死亡率が上昇することがわかる。肺炎や慢性閉塞性肺疾患にもその傾向が認められる。

考 察

今回は、40歳以降の中年期の死亡率の変化を指数関数で近似する事によって年齢階級別死亡率を2個の数値に圧縮する事を試みた。この近似は単に年齢と共に死亡率が急激に増加する様子を指数関数とみなして最小二乗法で当てはめたもので、

確固たる理論的根拠を背景としたものではない。しかし、生活習慣病に関連し老化が主たる原因と思われる死因の多くではこの近似がある程度よく当てはまる。総死亡において年齢とともに指数関数的に死亡率が増加するとした場合、平均寿命などの生命関数の値は比較的簡単に求める事が出来る。また、個々の疾患について、その疾患のみで死亡すると仮定した場合の平均寿命などを計算する事も可能である。この疾患特異的平均寿命は人口構成などに左右されない疾患の死亡特性の指標として使え

る可能性がある。

近似曲線の強度定数kと時定数τを見ると、疾患、男女の別によりかなりの違いが認められる。3大死因の中でも、心疾患、脳血管疾患は悪性新生物と比べ強度指数、時定数共に小さく、悪性新生物よりも高齢で増え始め年齢と共に追い抜く傾向を示している。70歳以上で死に始める老衰ではその傾向がさらに著しく、強度変数は極端に小さく、時定数の小ささが急激な死亡率の上昇を示している。この様に、強度定数と時定数という圧縮された2つの指標によって、年齢死亡率曲線の性質をかなりの程度表現できることが示唆される。

今回の指数関数による近似は40歳以上の年齢階級の死亡率を対数尺度に変換した上で、最小自乗法による直線を当てはめたものであり、青少年期の死亡を反映させてはいない。実際、当てはめの範囲を機械的に0歳まで拡張すると40歳以上の部分は本来の死亡率曲線から大きく外れてしまう。今回の近似が有用なのは従って40歳以上からせいぜい80歳ぐらいまでの限定された範囲に過ぎない。しかし、この範囲が生活習慣病で問題となる死亡の年齢であり、この年齢階級での死亡曲線の情報を2つの指標に圧縮ことが今回の手法の意義

と考えられる。

#### 引用・参考文献

- 1) 小野浩二, 大木幸子, 窪山 泉, 伊藤 拳: 年齢調整死亡率に見られる生活習慣病の地域特性, 体育・スポーツ科学研究, **4**:1-8, 2004.
- 2) 小野浩二, 窪山 泉: 加齢と死亡 (健康セミナー第96回), 高圧ガス, **42**:2004.
- 3) 厚生統計協会: 国民衛生の動向, 厚生指標臨時増刊, **50(9)**:386-397, 2003.
- 4) 厚生統計協会: 国民衛生の動向, 厚生指標臨時増刊, **51(9)**:384, 2004.
- 5) 厚生統計協会: 国民衛生の動向, 厚生指標臨時増刊, **51(9)**:393, 2004.