

第22回生命表の作成方法について

ムグルマ フミト イマイ ヒデノリ
六車 史*1 今井 秀紀*2

はじめに

本稿は、第22回生命表（平成27年完全生命表）の作成方法について、報告書よりもさらに踏み込んだ解説をし、各種数式についてなぜそうなるのか、その導出過程まで明らかにすることを目的とする。特に、Lagrangeの補間公式の微分ないし積分計算から導かれる、死力および定常人口の計算公式をすべて示す。

1 作成に用いた基礎資料

第22回生命表の作成に用いた基礎資料は次のとおりである。

- (1) 平成27年，性・生年・年齢・月別死亡数（人口動態統計）：厚生労働省政策統括官（統計・情報政策担当）
- (2) 平成27年，性・日（月）齢別乳児死亡数（人口動態統計）：厚生労働省政策統括官（統計・情報政策担当）
- (3) 平成26年および27年，性・月別出生数（人口動態統計）：厚生労働省政策統括官（統計・情報政策担当）
- (4) 平成27年10月1日現在，性・年齢・出生の月別日本人人口（国勢調査）：総務省統計局

2 基礎資料の補正

死亡数，出生数および人口につき補正を行った。

(1) 2015(平成27)年死亡数の届出遅れの補正

基礎資料の死亡数は，2015年に死亡し，同年および翌年1月までに届け出られたものであるもので、それ以降に遅れて届け出られるものを推定し，これを加えて2015年中の死亡数を補正した。

補正率 r は，

$D(a)$ ： a 年の死亡数で，翌年1月までに届け

出られたもの

$d(a, p)$ ： a 年の死亡数で，遅れて p 年に届け出られたもの

として，

$$r = 1 + \frac{d(2014, 2015)}{D(2014)} + \frac{d(2013, 2015)}{D(2013)} + \frac{d(2012, 2015)}{D(2012)} + \cdots + \frac{d(2007, 2015)}{D(2007)} + \alpha$$

とした。ここで α は9年以上遅れて届け出られるものの率であるが，これについては，届出遅れはまれにしか起こらない事象であることから，Poisson分布に従うと考えると，2年遅れから8年遅れまでのデータを用い指数曲線をあてはめて求めた。

	男	女
r	1.0013277927	1.0003772416

(2) 2014年，2015年出生数の届出遅れの補正 死亡数と同様の方法により補正を行った。

	男	女
r	1.0004505680	1.0004792700

(3) 2015年10月1日現在日本人人口

2015年10月1日現在日本人人口については，年齢・国籍不詳人口をあん分した人口を各年齢の出生の月別にあん分した。

3 1歳未満の死亡率の計算

平成27年1年間の乳児死亡について，

$D\left(\begin{smallmatrix} 0w \\ 1w \end{smallmatrix}\right)$ ：日齢7日未満の死亡数，

* 1 厚生労働省政策統括官付参事官付審査解析室主査 * 2 同室長補佐

$D\left(\frac{1w}{2w}\right)$: 日齢7日以上, 14日未満の死亡数,

$D\left(\frac{2w}{3w}\right)$: 日齢14日以上, 21日未満の死亡数,

$D\left(\frac{3w}{4w}\right)$: 日齢21日以上, 28日未満の死亡数,

$D\left(\frac{4w}{2m}\right)$: 日齢28日以上, 月齢2月未満の死亡数,

$D\left(\frac{2m}{3m}\right)$: 月齢2月以上, 3月未満の死亡数,

$D\left(\frac{3m}{6m}\right)$: 月齢3月以上, 6月未満の死亡数,

$D\left(\frac{6m}{1y}\right)$: 月齢6月以上, 1年未満の死亡数

とし, 出生数については, 2014年12月25日から
2015年12月24日までの出生数を $B\left(\frac{'14.12.25}{'15.12.24}\right)$,
2015年1月1日から同年12月31日までの出生数を
 $B\left(\frac{'15.1}{'15.12}\right)$ とし, 以下, 1年間の出生数を同じよ
うに表すと, 出生により各日齢, 月齢に達するま
での生存する確率は,

$$\begin{aligned} {}_{1w}p_0 &= 1 - {}_{1w}q_0 \\ &= 1 - \frac{D\left(\frac{0w}{1w}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.12.25}{'15.12.24}\right) + B\left(\frac{'15.1}{'15.12}\right) \right\}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{2w}p_0 &= {}_{1w}p_0 \times {}_{1w}p_{1w} \\ &= {}_{1w}p_0 \times (1 - {}_{1w}q_{1w}) \\ &= {}_{1w}p_0 \cdot \left(1 - \frac{D\left(\frac{1w}{2w}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.12.18}{'15.12.17}\right) + B\left(\frac{'14.12.25}{'15.12.24}\right) \right\} \times {}_{1w}p_0} \right) \\ &= {}_{1w}p_0 - \frac{D\left(\frac{1w}{2w}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.12.18}{'15.12.17}\right) + B\left(\frac{'14.12.25}{'15.12.24}\right) \right\}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{3w}p_0 &= {}_{2w}p_0 \times {}_{1w}p_{2w} \\ &= {}_{2w}p_0 \times (1 - {}_{1w}q_{2w}) \\ &= {}_{2w}p_0 \cdot \left(1 - \frac{D\left(\frac{2w}{3w}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.12.11}{'15.12.10}\right) + B\left(\frac{'14.12.18}{'15.12.17}\right) \right\} \times {}_{2w}p_0} \right) \end{aligned}$$

$$= {}_{2w}p_0 - \frac{D\left(\frac{2w}{3w}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.12.11}{'15.12.10}\right) + B\left(\frac{'14.12.18}{'15.12.17}\right) \right\}},$$

$$\begin{aligned} {}_{4w}p_0 &= {}_{3w}p_0 \times {}_{1w}p_{3w} \\ &= {}_{3w}p_0 \times (1 - {}_{1w}q_{3w}) \\ &= {}_{3w}p_0 \cdot \left(1 - \frac{D\left(\frac{3w}{4w}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.12.4}{'15.12.3}\right) + B\left(\frac{'14.12.11}{'15.12.10}\right) \right\} \times {}_{3w}p_0} \right) \\ &= {}_{3w}p_0 - \frac{D\left(\frac{3w}{4w}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.12.4}{'15.12.3}\right) + B\left(\frac{'14.12.11}{'15.12.10}\right) \right\}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{2m}p_0 &= {}_{4w}p_0 \times {}_{2m-4w}p_{4w} \\ &= {}_{4w}p_0 \times (1 - {}_{2m-4w}q_{4w}) \\ &= {}_{4w}p_0 \cdot \left(1 - \frac{D\left(\frac{4w}{2m}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.11}{'15.10}\right) + B\left(\frac{'14.12.4}{'15.12.3}\right) \right\} \times {}_{4w}p_0} \right) \\ &= {}_{4w}p_0 - \frac{D\left(\frac{4w}{2m}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.11}{'15.10}\right) + B\left(\frac{'14.12.4}{'15.12.3}\right) \right\}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{3m}p_0 &= {}_{2m}p_0 \times {}_{1m}p_{2m} \\ &= {}_{2m}p_0 \times (1 - {}_{1m}q_{2m}) \\ &= {}_{2m}p_0 \cdot \left(1 - \frac{D\left(\frac{2m}{3m}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.10}{'15.9}\right) + B\left(\frac{'14.11}{'15.10}\right) \right\} \times {}_{2m}p_0} \right) \\ &= {}_{2m}p_0 - \frac{D\left(\frac{2m}{3m}\right)}{\frac{1}{2} \left\{ B\left(\frac{'14.10}{'15.9}\right) + B\left(\frac{'14.11}{'15.10}\right) \right\}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 {}_{6m}P_0 &= {}_{3m}P_0 \times {}_{3m}P_{3m} \\
 &= {}_{3m}P_0 \times (1 - {}_{3m}q_{3m}) \\
 &= {}_{3m}P_0 \cdot \left(1 - \frac{D({}_{3m}^{6m})}{\frac{1}{2} \left\{ B({}_{15.6}^{14.7}) + B({}_{15.9}^{14.10}) \right\} \times {}_{3m}P_0} \right) \\
 &= {}_{3m}P_0 - \frac{D({}_{6m}^{3m})}{\frac{1}{2} \left\{ B({}_{15.6}^{14.7}) + B({}_{15.9}^{14.10}) \right\}}, \\
 P_0 &= {}_{1y}P_0 \\
 &= {}_{6m}P_0 \times {}_{1y-6m}P_{6m} \\
 &= {}_{6m}P_0 \times (1 - {}_{1y-6m}q_{6m}) \\
 &= {}_{6m}P_0 \times \left(1 - \frac{D({}_{1y}^{6m})}{\frac{1}{2} \left\{ B({}_{14.12}^{14.1}) + B({}_{15.6}^{14.7}) \right\} \times {}_{6m}P_0} \right) \\
 &= {}_{6m}P_0 - \frac{D({}_{1y}^{6m})}{\frac{1}{2} \left\{ B({}_{14.12}^{14.1}) + B({}_{15.6}^{14.7}) \right\}}
 \end{aligned}$$

により求められる（レキシス図1参照）。ただし、

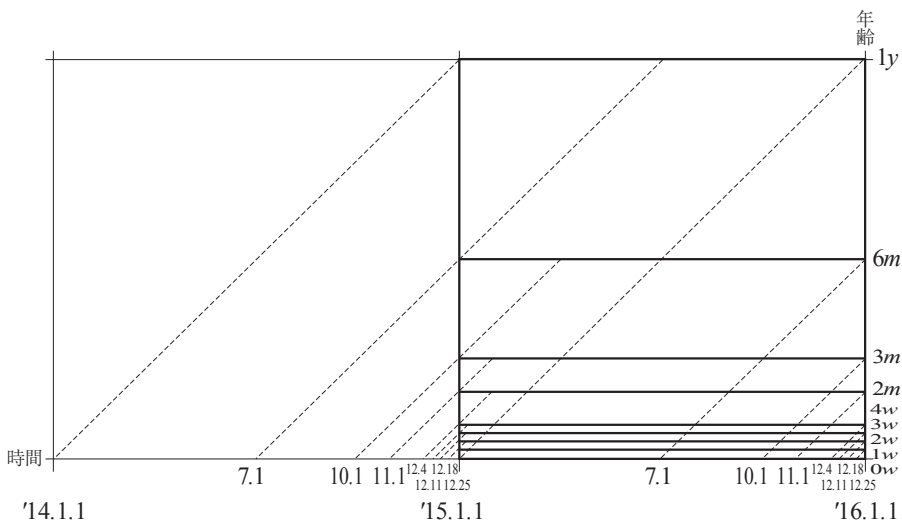
$$\begin{aligned}
 &B({}_{15.12.24}^{14.12.25}) \\
 &= B({}_{15.12}^{15.1}) + \frac{7}{31} \{ B({}_{14.12}^{14.12}) - B({}_{15.12}^{15.12}) \}, \\
 &B({}_{15.12.17}^{14.12.18}) \\
 &= B({}_{15.12}^{15.1}) + \frac{14}{31} \{ B({}_{14.12}^{14.12}) - B({}_{15.12}^{15.12}) \}, \\
 &B({}_{15.12.10}^{14.12.11}) \\
 &= B({}_{15.12}^{15.1}) + \frac{21}{31} \{ B({}_{14.12}^{14.12}) - B({}_{15.12}^{15.12}) \}, \\
 &B({}_{15.12.3}^{14.12.4}) \\
 &= B({}_{15.12}^{15.1}) + \frac{28}{31} \{ B({}_{14.12}^{14.12}) - B({}_{15.12}^{15.12}) \}
 \end{aligned}$$

を用いた。ここで、 $B({}_{14.12}^{14.12})$ および $B({}_{15.12}^{15.12})$ は、それぞれ2014年12月および2015年12月中の出生数を表す。

これより生存率、死亡率を

$$\begin{aligned}
 {}_{1w}P_0 &= {}_{1w}P_0, & {}_{1w}Q_0 &= 1 - {}_{1w}P_0, \\
 {}_{1w}P_{1w} &= {}_{2w}P_0 / {}_{1w}P_0, & {}_{1w}Q_{1w} &= 1 - {}_{1w}P_{1w}, \\
 {}_{1w}P_{2w} &= {}_{3w}P_0 / {}_{2w}P_0, & {}_{1w}Q_{2w} &= 1 - {}_{1w}P_{2w}, \\
 {}_{1w}P_{3w} &= {}_{4w}P_0 / {}_{3w}P_0, & {}_{1w}Q_{3w} &= 1 - {}_{1w}P_{3w}, \\
 {}_{2m-4w}P_{4w} &= {}_{2m}P_0 / {}_{4w}P_0, & {}_{2m-4w}Q_{4w} &= 1 - {}_{2m-4w}P_{4w}, \\
 {}_{1m}P_{2m} &= {}_{3m}P_0 / {}_{2m}P_0, & {}_{1m}Q_{2m} &= 1 - {}_{1m}P_{2m}, \\
 {}_{3m}P_{3m} &= {}_{6m}P_0 / {}_{3m}P_0, & {}_{3m}Q_{3m} &= 1 - {}_{3m}P_{3m}, \\
 {}_{1y-6m}P_{6m} &= P_0 / {}_{6m}P_0, & {}_{1y-6m}Q_{6m} &= 1 - {}_{1y-6m}P_{6m}, \\
 & & q_0 &= 1 - P_0
 \end{aligned}$$

レキシス図1



により求めた。

4 1歳以上の粗死亡率の計算

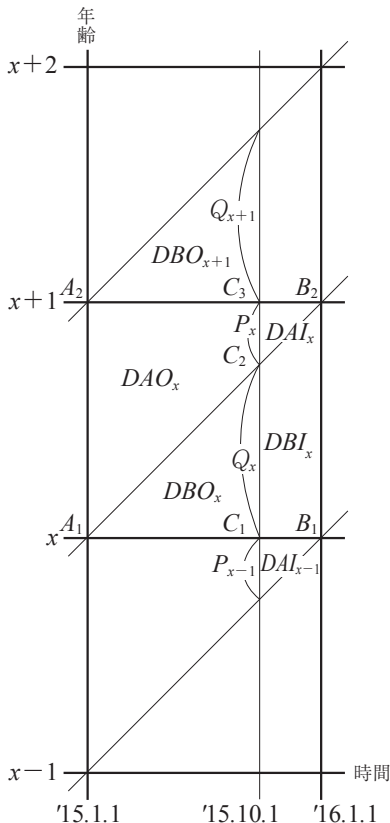
レキス図2により説明する。図のように横軸に時間、縦軸に年齢をとる。線分XYを横切る生命線（各個人の出生点と死亡点を結んだ線分）の数を $N(XY)$ で表すと、粗死亡率 q'_x ($x=1, 2, \dots$, 男107, 女108)は,

$$q'_x = 1 - \frac{N(B_1B_2)}{N(A_1B_1)} \cdot \frac{N(A_2B_2)}{N(A_1A_2)}$$

により求められる。

$N(C_1C_2)$, $N(C_2C_3)$ は、2015(平成27)年10月1日現在の日本人人口であるから、国勢調査の結果得られたものを用い、それぞれ Q_x , P_x で表し、 $\square A_2A_1C_2C_3$ 内の死亡点の数を DAO_x , $\triangle C_3C_2B_2$ 内の死亡点の数を DAI_x , $\triangle C_2A_1C_1$ 内の死亡点の数を DBO_x , $\square C_2C_1B_1B_2$ 内の死亡点の数を DBI_x とすると、各線分を横切る生命線の本数は、それぞれ

レキス図2



$$N(A_1B_1) = P_{x-1} - DAI_{x-1} + Q_x + DBO_x,$$

$$N(B_1B_2) = P_{x-1} + Q_x - DAI_{x-1} - DBI_x,$$

$$N(A_1A_2) = P_x + Q_{x+1} + DAO_x + DBO_{x+1},$$

$$N(A_2B_2) = P_x - DAI_x + Q_{x+1} + DBO_{x+1}$$

となる。

5 死亡率の補整, 延長

前項の方法により求めた粗死亡率について、1歳以上はGreville (1979) の3次9項の式による補整を行い、死亡率 q_x を求めた。すなわち、

$$\begin{aligned} q_x = & -0.040724q'_{x-4} - 0.009873q'_{x-3} \\ & + 0.118470q'_{x-2} + 0.266557q'_{x-1} \\ & + 0.331140q'_x + 0.266557q'_{x+1} \\ & + 0.118470q'_{x+2} - 0.009873q'_{x+3} \\ & - 0.040724q'_{x+4} \end{aligned}$$

($x=1, 2, \dots$, 男103, 女104)

ここで q'_x ($x=0, -1, -2, -3$) は、形式的に次式により外挿される。

$$\begin{aligned} q'_x = & 1.352613q'_{x+1} + 0.114696q'_{x+2} \\ & - 0.287231q'_{x+3} - 0.180078q'_{x+4} \end{aligned}$$

($x=0, -1, -2, -3$)

ただし、高齢部分については、死力をGompertz-Makeham関数にあてはめることにより、男女とも95歳から、さらに死亡率の補整および延長を行った。

死力 μ_x をGompertz-Makeham関数にあてはめると、3つのパラメータを用いて、

$$\mu_x = \alpha + \beta e^{\gamma x}$$

と表され、このとき死亡率 q_x は

$$\begin{aligned} q_x = & 1 - \exp\left(-\int_x^{x+1} \mu_t dt\right) \\ = & 1 - \exp\left\{-\int_x^{x+1} (\alpha + \beta e^{\gamma t}) dt\right\} \\ = & 1 - \exp\left[-\left\{\alpha + \frac{\beta}{\gamma} (e^{\gamma} - 1) e^{\gamma x}\right\}\right] \end{aligned}$$

により算出されることとなる。

そこで、粗死亡率についてGrevilleの3次9項の式による補整を行った後の死亡率を用いて、6と同様の方法により粗生存数 l'_x および粗死力 μ'_x を求め((2)のただし書きを除く)、この μ'_x に対して、

$$\sum_{x=x_0}^{x_1} (A + Be^{C(x-x_0)} - \mu'_x)^2$$

(x_0 : 男85, 女90, x_1 : 男102, 女103)

を最小にするような係数 A , B , C を求めた。この

係数 A , B , C を用いて, 男女とも95歳以上の死亡率 q_x を

$$q_x = 1 - \exp \left[- \left\{ A + \frac{B}{C} (e^C - 1) e^{C(x-x_0)} \right\} \right]$$

により求めた。係数の値は以下の通りである。

	男	女
A	-0.3168264702	-0.3393162409
B	0.3949038360	0.4284077289
C	0.0397029946	0.0445903902

6 生命表諸関数値の計算

(1) 生存数 l_x , 死亡数 d_x

$$l_0 = 100,000$$

とし, 1歳未満では,

$$l_{1w} = l_0 \times {}_{1w}p_0,$$

$${}_{1w}d_0 = l_0 - l_{1w},$$

$$l_{2w} = l_{1w} \times {}_{1w}p_{1w},$$

$${}_{1w}d_{1w} = l_{1w} - l_{2w},$$

$$l_{3w} = l_{2w} \times {}_{1w}p_{2w},$$

$${}_{1w}d_{2w} = l_{2w} - l_{3w},$$

$$l_{4w} = l_{3w} \times {}_{1w}p_{3w},$$

$${}_{1w}d_{3w} = l_{3w} - l_{4w},$$

$$l_{2m} = l_{4w} \times {}_{2m-4w}p_{4w},$$

$${}_{2m-4w}d_{4w} = l_{4w} - l_{2m},$$

$$l_{3m} = l_{2m} \times {}_{1m}p_{2m},$$

$${}_{1m}d_{2m} = l_{2m} - l_{3m},$$

$$l_{6m} = l_{3m} \times {}_{3m}p_{3m},$$

$${}_{3m}d_{3m} = l_{3m} - l_{6m},$$

$$l_1 = l_{6m} \times {}_{1y-6m}p_{6m},$$

$${}_{1y-6m}d_{6m} = l_{6m} - l_1,$$

$$d_0 = l_0 - l_1$$

により求め, 1歳以上については,

$$p_x = 1 - q_x$$

とし,

$$l_{x+1} = l_x \times p_x,$$

$$d_x = l_x - l_{x+1}$$

により, 逐次 l_x および d_x を求めた。すなわち,

$$l_2 = l_1 \times p_1,$$

$$d_1 = l_1 - l_2,$$

$$l_3 = l_2 \times p_2,$$

$$d_2 = l_2 - l_3,$$

$$\cdots,$$

$$\cdots,$$

$$l_{131} = l_{130} \times p_{130},$$

$$d_{130} = l_{130} - l_{131},$$

$$d_{131} = l_{131}$$

(2) 死力

死力 μ_x は, 生存数曲線 l_t の微分係数を用いて,

$$\mu_x = - \frac{1}{l_x} \cdot \frac{dl_t}{dt} \Big|_{t=x}$$

により定義される生命関数である。しかしながら, ここまでの計算で得られているのは, 離散的な点列

$$t = 0, 1w, 2w, 3w, 4w, 2m, 3m, 6m, 1, 2, \cdots, 131$$

における l_t の値のみである。そこで, これらを元

に, 以下に述べる方法で, 生存数曲線 l_t の $t=x$ における微分係数を評価し, 死力を計算した。

(評価方法) 順に並んだ上記点列から, $t=x$ を中心とした連続する5点を取ってくると, それらを通る t に関する4次多項式が, 各 x に応じてただひとつ定まる。この多項式の $t=x$ における微分係数をもって, 生存数曲線 l_t の $t=x$ における微分係数の評価とした。ただし, $t=0w, 1w$ に対しては, そこを中心とした連続する5点を取ることが出来ないで, $t=2w$ を中心とした連続する5点を通る4次多項式の, $t=0w, 1w$ における微分係数をあてた。

(計算方法) Lagrangeの補間公式を利用すれば, 当該多項式を明示的に書き下すことができ, そうすると, 多項式の $t=x$ における微分係数を, 代数的に解くことが可能となる。代数計算を実行すると, 微分係数は生存数の線形結合(重み付き平均)として表現されることがわかるので, それを死力の定義式に代入することで, 死力を生存数の簡単な関数として評価する関係式が導かれる。その関係式に, すでに得られている生存数の値を代入することで, 死力の値を求めた。

Lagrangeの補間公式

相異なる n 個の点 $x_1, \cdots, x_n$ ($i \neq j$ ならば $x_i \neq x_j$) における値 $y_1, \cdots, y_n$ が与えられたとき,

$$y_i = g(x_i) \quad (i = 1, \cdots, n)$$

となるような, 高々 $(n-1)$ 次の多項式 $g(t)$ がただ1つ定まり, それは

$$g(t) = \sum_{i=1}^n y_i \left(\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{t - x_j}{x_i - x_j} \right)$$

で与えられる。

たとえば, 3歳以上の死力 μ_x は以下のように計算した。 x を中心とした連続する5点

$$(x-2, l_{x-2}), (x-1, l_{x-1}), (x, l_x), (x+1, l_{x+1}), (x+2, l_{x+2})$$

を通る t に関する4次多項式(以下, $g_x(t)$)は, Lagrangeの補間公式より,

$$g_x(t) = \sum_{i=-2}^2 l_{x+i} \times \left[\prod_{\substack{-2 \leq j \leq 2 \\ j \neq i}} \frac{t - (x+j)}{i - j} \right]$$

$$\begin{aligned}
&= l_{x-2} \times \frac{t-(x-1)}{(-2)-(-1)} \cdot \frac{t-x}{(-2)-0} \cdot \frac{t-(x+1)}{(-2)-1} \\
&\quad \cdot \frac{t-(x+2)}{(-2)-2} \\
&+ l_{x-1} \times \frac{t-(x-2)}{(-1)-(-2)} \cdot \frac{t-x}{(-1)-0} \cdot \frac{t-(x+1)}{(-1)-1} \\
&\quad \cdot \frac{t-(x+2)}{(-1)-2} \\
&+ l_x \times \frac{t-(x-2)}{0-(-2)} \cdot \frac{t-(x-1)}{0-(-1)} \cdot \frac{t-(x+1)}{0-1} \\
&\quad \cdot \frac{t-(x+2)}{0-2} \\
&+ l_{x+1} \times \frac{t-(x-2)}{1-(-2)} \cdot \frac{t-(x-1)}{1-(-1)} \cdot \frac{t-x}{1-0} \cdot \frac{t-(x+2)}{1-2} \\
&+ l_{x+2} \times \frac{t-(x-2)}{2-(-2)} \cdot \frac{t-(x-1)}{2-(-1)} \cdot \frac{t-x}{2-0} \cdot \frac{t-(x+1)}{2-1} \\
&= \frac{l_{x-2}}{24} (t-x+1)(t-x)(t-x-1)(t-x-2) \\
&\quad - \frac{l_{x-1}}{6} (t-x+2)(t-x)(t-x-1)(t-x-2) \\
&\quad + \frac{l_x}{4} (t-x+2)(t-x+1)(t-x-1)(t-x-2) \\
&\quad - \frac{l_{x+1}}{6} (t-x+2)(t-x+1)(t-x)(t-x-2) \\
&\quad + \frac{l_{x+2}}{24} (t-x+2)(t-x+1)(t-x)(t-x-1)
\end{aligned}$$

と書き下されるので、これの $t=x$ における微分係数を代数計算すると、

$$\begin{aligned}
\frac{dg_x}{dt}(x) &= \frac{l_{x-2}}{24} (x-x+1)(x-x-1)(x-x-2) \\
&\quad - \frac{l_{x-1}}{6} (x-x+2)(x-x-1)(x-x-2) \\
&\quad + \frac{l_x}{4} \{ (x-x+1)(x-x-1)(x-x-2) \\
&\quad + (x-x+2)(x-x-1)(x-x-2) \\
&\quad + (x-x+2)(x-x+1)(x-x-2) \\
&\quad + (x-x+2)(x-x+1)(x-x-1) \} \\
&\quad - \frac{l_{x+1}}{6} (x-x+2)(x-x+1)(x-x-2) \\
&\quad + \frac{l_{x+2}}{24} (x-x+2)(x-x+1)(x-x-1) \\
&= \frac{l_{x-2}}{24} \cdot 1 \cdot (-1) \cdot (-2) - \frac{l_{x-1}}{6} \cdot 2 \cdot (-1) \cdot (-2) \\
&\quad + \frac{l_x}{4} \cdot \{ 1 \cdot (-1) \cdot (-2) + 2 \cdot (-1) \cdot (-2) \\
&\quad + 2 \cdot 1 \cdot (-2) + 2 \cdot 1 \cdot (-1) \}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -\frac{l_{x+1}}{6} \cdot 2 \cdot 1 \cdot (-2) + \frac{l_{x+2}}{24} \cdot 2 \cdot 1 \cdot (-1) \\
&= \frac{1}{12} l_{x-2} - \frac{2}{3} l_{x-1} + \frac{2}{3} l_{x+1} - \frac{1}{12} l_{x+2}
\end{aligned}$$

となる。この計算結果は、連続する5点における生存数の線形結合となっており (l_x の係数は0)、一種の重み付き平均であると考えられる。ここで重みとは係数の和であり、微分計算なので、それは0になる ($l_{x-2}=l_{x-1}=l_x=l_{x+1}=l_{x+2}=1$ の場合を考えよ)。

$$\frac{1}{12} - \frac{2}{3} + 0 + \frac{2}{3} - \frac{1}{12} = 0$$

この計算結果を死力の定義式に代入することで、

$$\begin{aligned}
\mu_x &= -\frac{1}{l_x} \cdot \frac{dl_t}{dt} \Big|_{t=x} \\
&\approx -\frac{1}{l_x} \cdot \frac{dg_x}{dt}(x) \\
&= \frac{8(l_{x-1}-l_{x+1})-(l_{x-2}-l_{x+2})}{12l_x} \\
&= \left(\frac{1}{l_x} \left\{ \frac{d_{x-1}+d_x}{2} + \frac{1}{6} \left(\frac{d_{x-1}+d_x}{2} - \frac{d_{x-2}+d_{x+1}}{2} \right) \right\} \right)
\end{aligned}$$

なる関係式が導かれる。この関係式に、すでに得られている $l_{x-2}, l_{x-1}, l_x, l_{x+1}, l_{x+2}$ の値を代入することで、死力 μ_x の値を求めた。

煩雑な代数計算を実行する必要があるが、3歳未満についても同様の関係式を導くことができ、それから死力の値が求まる。付録1(10頁)にすべての関係式を示す。いずれの関係式においても、係数の和は0になっていることが確かめられる。

ただし、Gompertz-Makeham関数をあてはめて補整および延長した部分(男女とも95歳以上)については、

$$\mu_x = A + B e^{C(x-x_0)}$$

とした。

(3) 定常人口 ${}_nL_x$, T_x および平均余命 $\hat{e}_x$

定常人口 ${}_nL_x$ は、生存数曲線 l_t の積分

$${}_nL_x = \int_x^{x+n} l_t dt$$

により定義される生命関数である。生存数曲線 l_t の区間 $[x, x+n]$ 上の積分値は、前記の多項式 $g_x(t)$ の当該区間上の積分値をもって評価した。た

だし、区間 $[0w, 1w]$, $[1w, 2w]$ に対しては、多項式 $g_{2w}(t)$ を被積分関数にあてた。

たとえば、3歳以上の定常人口 L_x は以下のように計算した。多項式 $g_x(t)$ の区間 $[x, x+1]$ 上の積分計算をする際に、 $t-x$ を改めて t と置く変数変換を施すことで、当該積分は、パラメータ x を含まない t に関する定数係数多項式の区間 $[0, 1]$ 上の積分へと置換されることがわかる。すなわち、

$$\begin{aligned} L_x &= \int_x^{x+1} l_t dt \\ &\approx \int_x^{x+1} g_x(t) dt \\ &= \frac{l_{x-2}}{24} \int_x^{x+1} (t-x+1)(t-x)(t-x-1)(t-x-2) dt \\ &\quad - \frac{l_{x-1}}{6} \int_x^{x+1} (t-x+2)(t-x)(t-x-1)(t-x-2) dt \\ &\quad + \frac{l_x}{4} \int_x^{x+1} (t-x+2)(t-x+1)(t-x-1)(t-x-2) dt \\ &\quad - \frac{l_{x+1}}{6} \int_x^{x+1} (t-x+2)(t-x+1)(t-x)(t-x-2) dt \\ &\quad + \frac{l_{x+2}}{24} \int_x^{x+1} (t-x+2)(t-x+1)(t-x)(t-x-1) dt \\ &= \frac{l_{x-2}}{24} \int_0^1 (t+1)t(t-1)(t-2) dt \\ &\quad - \frac{l_{x-1}}{6} \int_0^1 (t+2)t(t-1)(t-2) dt \\ &\quad + \frac{l_x}{4} \int_0^1 (t+2)(t+1)t(t-1)(t-2) dt \\ &\quad - \frac{l_{x+1}}{6} \int_0^1 (t+2)(t+1)t(t-2) dt \\ &\quad + \frac{l_{x+2}}{24} \int_0^1 (t+2)(t+1)t(t-1) dt \\ &= \frac{11}{720} l_{x-2} - \frac{37}{360} l_{x-1} + \frac{19}{30} l_x + \frac{173}{360} l_{x+1} - \frac{19}{720} l_{x+2} \end{aligned}$$

となる。この計算結果も、連続する5点における生存数の線形結合となっており、一種の重み付き平均であると考えられる。積分計算なので、係数の和は積分区間の幅（この場合は1）に等しくなる（ $l_{x-2}=l_{x-1}=l_x=l_{x+1}=l_{x+2}=1$ の場合を考えよ）。

$$\frac{11}{720} - \frac{37}{360} + \frac{19}{30} + \frac{173}{360} - \frac{19}{720} = 1$$

この関係式に、すでに得られている $l_{x-2}, l_{x-1}, l_x, l_{x+1}, l_{x+2}$ の値を代入することで、定常人口 L_x の値を求めた。またこの関係式は、（台形公式）+（剰余項）の形をした対称式

$$\begin{aligned} L_x &= \frac{l_x + l_{x+1}}{2} - \frac{1}{12} \left(\frac{l_{x+2} - l_x}{2} - \frac{l_{x+1} - l_{x-1}}{2} \right) \\ &\quad + \frac{11}{360} \left(3l_x - 4 \cdot \frac{l_x + l_{x+1}}{2} + \frac{l_{x-2} + l_{x+2}}{2} \right) \end{aligned}$$

としても書き下すことができ、いわゆる Euler-Maclaurin の総和公式の差分表現の一種とみなせることがわかる。

死力のときと同じく、3歳未満についても同様の関係式を導くことができ、それから定常人口の値が求められる。付録2(11頁)にすべての関係式を示す（付録1以上に煩雑な式となっているが、最初の一度だけ手間を惜しまずこれらの式を書き込めば、以後の手間が省ける。そうすればエクセルでもプログラムと同じ結果が再現できる）。いずれの関係式においても、係数の和は積分区間の幅に等しくなっている（大カッコ [] 内の係数の和が1になっている）ことが確かめられる。

これから、定常人口 T_x を、

$$T_x = \sum_{n=0}^{129} n L_x$$

により求めた。また、平均余命 e_x は

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

により求めた。

7 計算桁数について

- (1) 今回の生命表の計算では、倍精度浮動小数点数（ 2^{53} ：十進法でおよそ16桁）による演算を行った。
- (2) 定常人口 nL_x の計算は129歳まで行ったが、発表する生命表の上限年齢は、生存数 l_x が0.5以上となる年齢にとどめた。
- (3) 発表した数値は四捨五入した数値である。

付録1 3歳未満における死力と生存数の関係式

(ただし, 時間の単位は年であり, $\alpha = 1w = 7日 = \frac{7}{365}$, $\beta = 1m = 1月 = \frac{1}{12}$ としている)

$$\begin{aligned}
\mu_0 &= -\frac{1}{l_0} \cdot \frac{dg_{2w}}{dt}(0) = \frac{25l_0 - 48l_{1w} + 36l_{2w} - 16l_{3w} + 3l_{4w}}{12\alpha \cdot l_0} \\
\mu_{1w} &= -\frac{1}{l_{1w}} \cdot \frac{dg_{2w}}{dt}(\alpha) = \frac{3l_0 + 10l_{1w} - 18l_{2w} + 6l_{3w} - l_{4w}}{12\alpha \cdot l_{1w}} \\
\mu_{2w} &= -\frac{1}{l_{2w}} \cdot \frac{dg_{2w}}{dt}(2\alpha) = \frac{8(l_{1w} - l_{3w}) - (l_0 - l_{4w})}{12\alpha \cdot l_{2w}} \\
\mu_{3w} &= \frac{1}{l_{3w}} \left\{ -\frac{2\beta - 3\alpha}{6\alpha(2\beta - \alpha)} l_{1w} + \frac{2\beta - 3\alpha}{2\alpha(\beta - \alpha)} l_{2w} - \frac{2\beta - 5\alpha}{2\alpha(2\beta - 3\alpha)} l_{3w} - \frac{2\beta - 3\alpha}{6\alpha(\beta - 2\alpha)} l_{4w} \right. \\
&\quad \left. + \frac{\alpha^3}{2(\beta - \alpha)(\beta - 2\alpha)(2\beta - \alpha)(2\beta - 3\alpha)} l_{2m} \right\} \\
\mu_{4w} &= \frac{1}{l_{4w}} \left\{ -\frac{(\beta - 2\alpha)(3\beta - 4\alpha)}{2\alpha(\beta - \alpha)(3\beta - 2\alpha)} l_{2w} + \frac{4(\beta - 2\alpha)(3\beta - 4\alpha)}{3\alpha(\beta - \alpha)(2\beta - 3\alpha)} l_{3w} - \frac{9\beta^2 - 35\alpha\beta + 32\alpha^2}{2\alpha(\beta - 2\alpha)(3\beta - 4\alpha)} l_{4w} \right. \\
&\quad \left. - \frac{\alpha^2(3\beta - 4\alpha)}{2\beta(\beta - \alpha)(\beta - 2\alpha)(2\beta - 3\alpha)} l_{2m} + \frac{4\alpha^2(\beta - 2\alpha)}{3\beta(\beta - \alpha)(3\beta - 2\alpha)(3\beta - 4\alpha)} l_{3m} \right\} \\
\mu_{2m} &= \frac{1}{l_{2m}} \left\{ -\frac{8\beta^2(\beta - 2\alpha)}{9\alpha(\beta - \alpha)(2\beta - \alpha)(2\beta - 3\alpha)} l_{3w} + \frac{\beta^2(2\beta - 3\alpha)}{\alpha(\beta - 2\alpha)(3\beta - 2\alpha)(3\beta - 4\alpha)} l_{4w} + \frac{2\beta^2 - 21\alpha\beta + 30\alpha^2}{4\beta(\beta - 2\alpha)(2\beta - 3\alpha)} l_{2m} \right. \\
&\quad \left. - \frac{8(\beta - 2\alpha)(2\beta - 3\alpha)}{9\beta(\beta - \alpha)(3\beta - 4\alpha)} l_{3m} + \frac{(\beta - 2\alpha)(2\beta - 3\alpha)}{36\beta(2\beta - \alpha)(3\beta - 2\alpha)} l_{6m} \right\} \\
\mu_{3m} &= \frac{1}{l_{3m}} \left\{ -\frac{3\beta^2(1 - 3\beta)}{4(\beta - 2\alpha)(3\beta - 2\alpha)(3\beta - 4\alpha)(1 - 4\alpha)} l_{4w} + \frac{3(3\beta - 4\alpha)(1 - 3\beta)}{8\beta(\beta - 2\alpha)(1 - 2\beta)} l_{2m} - \frac{9\beta - 8\alpha - 36\beta(\beta - \alpha)}{3\beta(3\beta - 4\alpha)(1 - 3\beta)} l_{3m} \right. \\
&\quad \left. - \frac{(3\beta - 4\alpha)(1 - 3\beta)}{24\beta(3\beta - 2\alpha)(1 - 6\beta)} l_{6m} + \frac{3\beta^2(3\beta - 4\alpha)}{(1 - 4\alpha)(1 - 2\beta)(1 - 3\beta)(1 - 6\beta)} l_1 \right\} \\
\mu_{6m} &= \frac{1}{l_{6m}} \left\{ -\frac{3(1 - 3\beta)(1 - 6\beta)}{4\beta(1 - \beta)(1 - 2\beta)} l_{2m} + \frac{8(1 - 6\beta)}{3\beta(2 - 3\beta)} l_{3m} - \frac{7 - 81\beta + 198\beta^2}{12\beta(1 - 3\beta)(1 - 6\beta)} l_{6m} - \frac{24\beta^2}{(1 - 2\beta)(1 - 6\beta)} l_1 \right. \\
&\quad \left. + \frac{3\beta^2(1 - 6\beta)}{(1 - \beta)(1 - 3\beta)(2 - 3\beta)} l_2 \right\} \\
\mu_1 &= \frac{1}{l_1} \left\{ -\frac{2(1 - 6\beta)}{9\beta(1 - \beta)(1 - 3\beta)(2 - 3\beta)} l_{3m} + \frac{1}{9\beta(1 - 2\beta)(1 - 6\beta)} l_{6m} - \frac{1 + 9\beta - 54\beta^2}{2(1 - 3\beta)(1 - 6\beta)} l_1 - \frac{1 - 6\beta}{2 - 3\beta} l_2 \right. \\
&\quad \left. + \frac{(1 - 3\beta)(1 - 6\beta)}{18(1 - \beta)(1 - 2\beta)} l_3 \right\} \\
\mu_2 &= \frac{1}{l_2} \left\{ -\frac{1}{6(1 - 2\beta)(1 - 3\beta)(1 - 6\beta)(2 - 3\beta)} l_{6m} + \frac{2(1 - 3\beta)}{3(1 - 6\beta)} l_1 - \frac{3\beta}{2(1 - 3\beta)} l_2 - \frac{2(1 - 3\beta)}{3(1 - 2\beta)} l_3 + \frac{1 - 3\beta}{6(2 - 3\beta)} l_4 \right\}
\end{aligned}$$

付録2 3歳未満における定常人口と生存数の関係式

$$\begin{aligned}
{}_1wL_0 &= \int_0^\alpha g_{2w}(t) dt = \alpha \left[\frac{251}{720} l_0 + \frac{323}{360} l_{1w} - \frac{11}{30} l_{2w} + \frac{53}{360} l_{3w} - \frac{19}{720} l_{4w} \right] \\
{}_1wL_{1w} &= \int_\alpha^{2\alpha} g_{2w}(t) dt = \alpha \left[-\frac{19}{720} l_0 + \frac{173}{360} l_{1w} + \frac{19}{30} l_{2w} - \frac{37}{360} l_{3w} + \frac{11}{720} l_{4w} \right] \\
{}_1wL_{2w} &= \int_{2\alpha}^{3\alpha} g_{2w}(t) dt = \alpha \left[\frac{11}{720} l_0 - \frac{37}{360} l_{1w} + \frac{19}{30} l_{2w} + \frac{173}{360} l_{3w} - \frac{19}{720} l_{4w} \right] \\
{}_1wL_{3w} &= \alpha \left[\frac{30\beta-53\alpha}{360(2\beta-\alpha)} l_{1w} - \frac{25\beta-44\alpha}{120(\beta-\alpha)} l_{2w} + \frac{190\beta-323\alpha}{120(2\beta-3\alpha)} l_{3w} + \frac{135\beta-251\alpha}{360(\beta-2\alpha)} l_{4w} \right. \\
&\quad \left. - \frac{19\alpha^4}{120(\beta-\alpha)(\beta-2\alpha)(2\beta-\alpha)(2\beta-3\alpha)} l_{2m} \right] \\
{}_{2m-4w}L_{4w} &= (2\beta-4\alpha) \left[\frac{(\beta-2\alpha)^2(9\beta^2-16\alpha\beta+6\alpha^2)}{30\alpha^2(\beta-\alpha)(3\beta-2\alpha)} l_{2w} - \frac{2(\beta-2\alpha)^2(9\beta^2-6\alpha\beta-4\alpha^2)}{45\alpha^2(\beta-\alpha)(2\beta-3\alpha)} l_{3w} + \frac{9\beta^3-14\alpha\beta^2+13\alpha^2\beta-12\alpha^3}{30\alpha^2(3\beta-4\alpha)} l_{4w} \right. \\
&\quad \left. + \frac{21\beta^3-51\alpha\beta^2+37\alpha^2\beta-8\alpha^3}{30\beta(\beta-\alpha)(2\beta-3\alpha)} l_{2m} - \frac{2(\beta-2\alpha)^2(6\beta^2-9\alpha\beta+4\alpha^2)}{45\beta(\beta-\alpha)(3\beta-2\alpha)(3\beta-4\alpha)} l_{3m} \right] \\
{}_{1m}L_{2m} &= \beta \left[\frac{\beta^3(87\beta-140\alpha)}{540\alpha(\beta-\alpha)(2\beta-\alpha)(2\beta-3\alpha)} l_{3w} - \frac{\beta^3(29\beta-35\alpha)}{80\alpha(\beta-2\alpha)(3\beta-2\alpha)(3\beta-4\alpha)} l_{4w} + \frac{199\beta^2-595\alpha\beta+440\alpha^2}{160(\beta-2\alpha)(2\beta-3\alpha)} l_{2m} \right. \\
&\quad \left. + \frac{708\beta^2-1855\alpha\beta+1200\alpha^2}{540(\beta-\alpha)(3\beta-4\alpha)} l_{3m} - \frac{63\beta^2-175\alpha\beta+120\alpha^2}{4320(2\beta-\alpha)(3\beta-2\alpha)} l_{6m} \right] \\
{}_{3m}L_{3m} &= 3\beta \left[\frac{3\beta^3(25-117\beta)}{80(\beta-2\alpha)(3\beta-2\alpha)(3\beta-4\alpha)(1-4\alpha)} l_{4w} - \frac{3(45\beta-207\beta^2-40\alpha+180\alpha\beta)}{160(\beta-2\alpha)(1-2\beta)} l_{2m} \right. \\
&\quad \left. + \frac{85\beta-80\alpha+340\alpha\beta-372\beta^2}{20(3\beta-4\alpha)(1-3\beta)} l_{3m} + \frac{155\beta-120\alpha+620\alpha\beta-813\beta^2}{160(3\beta-2\alpha)(1-6\beta)} l_{6m} \right. \\
&\quad \left. - \frac{3\beta^3(117\beta-100\alpha)}{20(1-4\alpha)(1-2\beta)(1-3\beta)(1-6\beta)} l_1 \right] \\
{}_{1y-6m}L_{6m} &= (1-6\beta) \left[\frac{(1-6\beta)^2(7-9\beta-18\beta^2)}{480\beta^2(1-\beta)(1-2\beta)} l_{2m} - \frac{(1-6\beta)^2(7+6\beta-48\beta^2)}{180\beta^2(1-3\beta)(2-3\beta)} l_{3m} + \frac{7+9\beta+156\beta^2-612\beta^3}{1440\beta^2(1-3\beta)} l_{6m} \right. \\
&\quad \left. + \frac{18-59\beta+84\beta^2-108\beta^3}{60(1-2\beta)(1-3\beta)} l_1 - \frac{(1-6\beta)^2(3-\beta+18\beta^2)}{240(1-\beta)(1-3\beta)(2-3\beta)} l_2 \right] \\
L_1 &= \frac{11-45\beta}{270\beta(1-\beta)(1-3\beta)(2-3\beta)} l_{3m} - \frac{22-45\beta}{1080\beta(1-2\beta)(1-3\beta)(1-6\beta)} l_{6m} + \frac{29-195\beta+300\beta^2}{40(1-3\beta)(1-6\beta)} l_1 \\
&\quad + \frac{36-195\beta+240\beta^2}{40(1-3\beta)(2-3\beta)} l_2 - \frac{23-135\beta+180\beta^2}{1080(1-\beta)(1-2\beta)} l_3 \\
L_2 &= \frac{11}{360(1-2\beta)(1-3\beta)(1-6\beta)(2-3\beta)} l_{6m} - \frac{37-90\beta}{360(1-6\beta)} l_1 + \frac{76-195\beta}{120(1-3\beta)} l_2 + \frac{173-390\beta}{360(1-2\beta)} l_3 - \frac{19-45\beta}{360(2-3\beta)} l_4
\end{aligned}$$

付表1(2-1) 第22回生命表(男)

年齢 x	生存数 l_x	死亡数 ${}_nd_x$	生存率 ${}_np_x$	死亡率 ${}_nq_x$	死 力 μ_x	定常人口		平均余命 $\hat{e}_x$
						${}_nL_x$	T_x	
0 週	100 000	69	0.99931	0.00069	0.06764	1 917	8 075 244	80.75
1 (w)	99 931	11	0.99989	0.00011	0.01401	1 916	8 073 327	80.79
2	99 920	7	0.99993	0.00007	0.00207	1 916	8 071 411	80.78
3	99 913	6	0.99994	0.00006	0.00320	1 916	8 069 494	80.77
4	99 906	21	0.99978	0.00022	0.00320	8 986	8 067 578	80.75
2 月	99 885	14	0.99986	0.00014	0.00188	8 323	8 058 592	80.68
3 (m)	99 871	38	0.99962	0.00038	0.00152	24 963	8 050 269	80.61
6	99 833	34	0.99966	0.00034	0.00131	49 905	8 025 306	80.39
0 年	100 000	202	0.99798	0.00202	0.06764	99 843	8 075 244	80.75
1 (y)	99 798	34	0.99966	0.00034	0.00038	99 783	7 975 401	79.92
2	99 765	24	0.99976	0.00024	0.00024	99 753	7 875 618	78.94
3	99 741	16	0.99984	0.00016	0.00019	99 732	7 775 866	77.96
4	99 725	11	0.99988	0.00012	0.00013	99 719	7 676 133	76.97
5	99 714	10	0.99990	0.00010	0.00010	99 709	7 576 414	75.98
6	99 704	10	0.99990	0.00010	0.00010	99 699	7 476 706	74.99
7	99 694	10	0.99990	0.00010	0.00010	99 689	7 377 007	74.00
8	99 684	9	0.99991	0.00009	0.00009	99 680	7 277 318	73.00
9	99 676	8	0.99992	0.00008	0.00008	99 672	7 177 638	72.01
10	99 668	7	0.99993	0.00007	0.00007	99 664	7 077 966	71.02
11	99 661	7	0.99993	0.00007	0.00007	99 657	6 978 302	70.02
12	99 653	8	0.99992	0.00008	0.00008	99 649	6 878 645	69.03
13	99 645	11	0.99989	0.00011	0.00009	99 640	6 778 995	68.03
14	99 635	13	0.99987	0.00013	0.00012	99 628	6 679 355	67.04
15	99 621	17	0.99983	0.00017	0.00015	99 613	6 579 727	66.05
16	99 604	21	0.99979	0.00021	0.00019	99 594	6 480 114	65.06
17	99 583	26	0.99974	0.00026	0.00024	99 570	6 380 520	64.07
18	99 557	32	0.99968	0.00032	0.00029	99 541	6 280 950	63.09
19	99 524	39	0.99961	0.00039	0.00036	99 506	6 181 409	62.11
20	99 486	45	0.99955	0.00045	0.00042	99 464	6 081 903	61.13
21	99 441	49	0.99951	0.00049	0.00047	99 417	5 982 440	60.16
22	99 392	51	0.99949	0.00051	0.00050	99 367	5 883 023	59.19
23	99 341	53	0.99946	0.00054	0.00053	99 315	5 783 656	58.22
24	99 288	55	0.99945	0.00055	0.00054	99 261	5 684 341	57.25
25	99 234	55	0.99945	0.00055	0.00055	99 206	5 585 080	56.28
26	99 179	54	0.99945	0.00055	0.00055	99 151	5 485 874	55.31
27	99 124	54	0.99946	0.00054	0.00055	99 097	5 386 722	54.34
28	99 070	54	0.99945	0.00055	0.00054	99 043	5 287 625	53.37
29	99 016	56	0.99944	0.00056	0.00055	98 989	5 188 582	52.40
30	98 961	57	0.99942	0.00058	0.00057	98 932	5 089 593	51.43
31	98 903	59	0.99940	0.00060	0.00059	98 874	4 990 661	50.46
32	98 844	61	0.99938	0.00062	0.00061	98 814	4 891 787	49.49
33	98 783	65	0.99934	0.00066	0.00064	98 751	4 792 973	48.52
34	98 718	69	0.99930	0.00070	0.00068	98 684	4 694 222	47.55
35	98 649	73	0.99926	0.00074	0.00072	98 613	4 595 538	46.58
36	98 576	75	0.99924	0.00076	0.00075	98 539	4 496 925	45.62
37	98 501	78	0.99920	0.00080	0.00078	98 462	4 398 387	44.65
38	98 423	84	0.99915	0.00085	0.00082	98 381	4 299 925	43.69
39	98 338	93	0.99905	0.00095	0.00090	98 293	4 201 543	42.73
40	98 245	103	0.99895	0.00105	0.00100	98 195	4 103 251	41.77
41	98 142	113	0.99885	0.00115	0.00110	98 086	4 005 056	40.81
42	98 029	122	0.99876	0.00124	0.00120	97 969	3 906 970	39.86
43	97 907	131	0.99866	0.00134	0.00129	97 842	3 809 001	38.90
44	97 776	144	0.99853	0.00147	0.00140	97 705	3 711 159	37.96
45	97 632	159	0.99837	0.00163	0.00155	97 554	3 613 454	37.01
46	97 473	176	0.99819	0.00181	0.00171	97 386	3 515 900	36.07
47	97 297	195	0.99800	0.00200	0.00190	97 201	3 418 514	35.13
48	97 102	215	0.99778	0.00222	0.00211	96 996	3 321 313	34.20
49	96 887	236	0.99757	0.00243	0.00233	96 771	3 224 317	33.28
50	96 651	257	0.99734	0.00266	0.00255	96 524	3 127 546	32.36
51	96 394	283	0.99707	0.00293	0.00280	96 255	3 031 022	31.44

年齢 x	生存数 l_x	死亡数 ${}_nd_x$	生存率 ${}_np_x$	死亡率 ${}_nq_x$	死 力 μ_x	定常人口		平均余命 $\hat{e}_x$
						${}_nL_x$	T_x	
52	96 111	310	0.99677	0.00323	0.00308	95 958	2 934 767	30.54
53	95 801	340	0.99645	0.00355	0.00339	95 634	2 838 809	29.63
54	95 461	373	0.99609	0.00391	0.00373	95 277	2 743 175	28.74
55	95 088	411	0.99568	0.00432	0.00412	94 886	2 647 898	27.85
56	94 677	450	0.99525	0.00475	0.00454	94 455	2 553 012	26.97
57	94 227	488	0.99482	0.00518	0.00498	93 986	2 458 557	26.09
58	93 739	525	0.99440	0.00560	0.00540	93 480	2 364 571	25.23
59	93 214	568	0.99391	0.00609	0.00585	92 934	2 271 091	24.36
60	92 646	620	0.99331	0.00669	0.00639	92 341	2 178 157	23.51
61	92 026	688	0.99252	0.00748	0.00709	91 688	2 085 816	22.67
62	91 338	764	0.99163	0.00837	0.00795	90 962	1 994 129	21.83
63	90 573	839	0.99074	0.00926	0.00886	90 160	1 903 167	21.01
64	89 734	910	0.98986	0.01014	0.00973	89 286	1 813 007	20.20
65	88 825	994	0.98881	0.01119	0.01070	88 335	1 723 721	19.41
66	87 830	1 081	0.98769	0.01231	0.01182	87 297	1 635 386	18.62
67	86 749	1 166	0.98655	0.01345	0.01295	86 173	1 548 089	17.85
68	85 582	1 256	0.98532	0.01468	0.01415	84 962	1 461 916	17.08
69	84 326	1 349	0.98401	0.01599	0.01543	83 660	1 376 954	16.33
70	82 978	1 450	0.98253	0.01747	0.01684	82 262	1 293 294	15.59
71	81 528	1 561	0.98085	0.01915	0.01846	80 757	1 211 033	14.85
72	79 966	1 675	0.97905	0.02095	0.02025	79 138	1 130 276	14.13
73	78 291	1 776	0.97732	0.02268	0.02205	77 411	1 051 138	13.43
74	76 515	1 885	0.97537	0.02463	0.02388	75 583	973 727	12.73
75	74 631	2 021	0.97293	0.02707	0.02610	73 633	898 144	12.03
76	72 610	2 185	0.96991	0.03009	0.02889	71 533	824 511	11.36
77	70 426	2 377	0.96624	0.03376	0.03233	69 254	752 979	10.69
78	68 048	2 594	0.96188	0.03812	0.03649	66 770	683 725	10.05
79	65 454	2 819	0.95693	0.04307	0.04134	64 063	616 955	9.43
80	62 635	3 046	0.95138	0.04862	0.04680	61 131	552 891	8.83
81	59 589	3 279	0.94498	0.05502	0.05307	57 970	491 760	8.25
82	56 311	3 504	0.93778	0.06222	0.06025	54 577	433 791	7.70
83	52 807	3 714	0.92968	0.07032	0.06839	50 967	379 213	7.18
84	49 094	3 900	0.92055	0.07945	0.07766	47 158	328 246	6.69
85	45 194	4 043	0.91053	0.08947	0.08810	43 181	281 088	6.22
86	41 150	4 116	0.89998	0.10002	0.09941	39 096	237 907	5.78
87	37 034	4 127	0.88856	0.11144	0.11156	34 969	198 811	5.37
88	32 907	4 080	0.87601	0.12399	0.12500	30 861	163 842	4.98
89	28 827	3 973	0.86217	0.13783	0.14002	26 829	132 982	4.61
90	24 854	3 810	0.84671	0.15329	0.15698	22 933	106 153	4.27
91	21 044	3 580	0.82990	0.17010	0.17602	19 233	83 220	3.95
92	17 465	3 302	0.81095	0.18905	0.19751	15 788	63 987	3.66
93	14 163	2 967	0.79047	0.20953	0.22205	12 649	48 199	3.40
94	11 195	2 567	0.77068	0.22932	0.24801	9 876	35 550	3.18
95	8 628	2 123	0.75399	0.24601	0.27055	7 530	25 674	2.98
96	6 506	1 718	0.73592	0.26408	0.29434	5 614	18 144	2.79
97	4 788	1 352	0.71757	0.28243	0.31910	4 083	12 529	2.62
98	3 435	1 034	0.69896	0.30104	0.34485	2 894	8 447	2.46
99	2 401	768	0.68011	0.31989	0.37165	1 997	5 553	2.31
100	1 633	554	0.66104	0.33896	0.39954	1 340	3 556	2.18
101	1 080	387	0.64176	0.35824	0.42855	874	2 215	2.05
102	693	262	0.62229	0.37771	0.45874	553	1 341	1.94
103	431	171	0.60267	0.39733	0.49015	339	788	1.83
104	260	108	0.58291	0.41709	0.52284	201	449	1.73
105	151	66	0.56303	0.43697	0.55684	116	247	1.63
106	85	39	0.54307	0.45693	0.59223	64	132	1.55
107	46	22	0.52305	0.47695	0.62905	34	68	1.46
108	24	12	0.50301	0.49699	0.66736	18	34	1.39
109	12	6	0.48296	0.51704	0.70722	9	16	1.32
110	6	3	0.46295	0.53705	0.74869	4	7	1.25
111	3	2	0.44302	0.55698	0.79185	2	3	1.19
112	1	1	0.42318	0.57682	0.83675	1	1	1.13

付表1(2-2) 第22回生命表(女)

年齢 x	生存数 l_x	死亡数 ${}_nd_x$	生存率 ${}_np_x$	死亡率 ${}_nq_x$	死 力 μ_x	定常人口		平均余命 $\hat{e}_x$
						${}_nL_x$	T_x	
0 週	100 000	63	0.99937	0.00063	0.05782	1 917	8 698 726	86.99
1 (w)	99 937	12	0.99988	0.00012	0.01422	1 916	8 696 809	87.02
2	99 925	5	0.99995	0.00005	0.00209	1 916	8 694 893	87.01
3	99 921	6	0.99994	0.00006	0.00232	1 916	8 692 976	87.00
4	99 914	19	0.99981	0.00019	0.00344	8 987	8 691 060	86.99
2 月	99 895	14	0.99986	0.00014	0.00164	8 324	8 682 074	86.91
3 (m)	99 881	29	0.99971	0.00029	0.00151	24 966	8 673 749	86.84
6	99 853	31	0.99969	0.00031	0.00085	49 918	8 648 783	86.62
0 年	100 000	178	0.99822	0.00178	0.05782	99 861	8 698 726	86.99
1 (y)	99 822	32	0.99968	0.00032	0.00040	99 806	8 598 865	86.14
2	99 790	20	0.99980	0.00020	0.00023	99 780	8 499 059	85.17
3	99 770	12	0.99988	0.00012	0.00016	99 763	8 399 279	84.19
4	99 758	8	0.99992	0.00008	0.00010	99 753	8 299 516	83.20
5	99 749	8	0.99992	0.00008	0.00008	99 746	8 199 762	82.20
6	99 742	8	0.99992	0.00008	0.00008	99 738	8 100 017	81.21
7	99 734	8	0.99992	0.00008	0.00008	99 730	8 000 279	80.22
8	99 726	7	0.99993	0.00007	0.00008	99 722	7 900 550	79.22
9	99 718	7	0.99993	0.00007	0.00007	99 715	7 800 828	78.23
10	99 712	7	0.99993	0.00007	0.00007	99 708	7 701 113	77.23
11	99 705	7	0.99993	0.00007	0.00007	99 701	7 601 405	76.24
12	99 698	7	0.99993	0.00007	0.00007	99 695	7 501 703	75.24
13	99 691	7	0.99993	0.00007	0.00007	99 688	7 402 008	74.25
14	99 684	8	0.99992	0.00008	0.00008	99 680	7 302 321	73.25
15	99 676	10	0.99990	0.00010	0.00009	99 671	7 202 641	72.26
16	99 666	12	0.99988	0.00012	0.00011	99 660	7 102 970	71.27
17	99 654	13	0.99987	0.00013	0.00013	99 647	7 003 311	70.28
18	99 641	15	0.99985	0.00015	0.00014	99 633	6 903 663	69.29
19	99 626	16	0.99984	0.00016	0.00015	99 618	6 804 030	68.30
20	99 610	17	0.99983	0.00017	0.00016	99 602	6 704 411	67.31
21	99 593	19	0.99981	0.00019	0.00018	99 584	6 604 809	66.32
22	99 575	20	0.99980	0.00020	0.00020	99 565	6 505 225	65.33
23	99 554	22	0.99978	0.00022	0.00021	99 544	6 405 661	64.34
24	99 533	23	0.99977	0.00023	0.00023	99 521	6 306 117	63.36
25	99 510	24	0.99976	0.00024	0.00024	99 498	6 206 596	62.37
26	99 486	25	0.99975	0.00025	0.00025	99 473	6 107 098	61.39
27	99 461	27	0.99973	0.00027	0.00026	99 447	6 007 625	60.40
28	99 434	28	0.99971	0.00029	0.00028	99 420	5 908 177	59.42
29	99 405	30	0.99970	0.00030	0.00029	99 391	5 808 758	58.44
30	99 375	31	0.99969	0.00031	0.00031	99 360	5 709 367	57.45
31	99 345	32	0.99968	0.00032	0.00032	99 329	5 610 007	56.47
32	99 313	34	0.99966	0.00034	0.00033	99 296	5 510 678	55.49
33	99 279	36	0.99963	0.00037	0.00035	99 261	5 411 383	54.51
34	99 243	39	0.99961	0.00039	0.00038	99 223	5 312 122	53.53
35	99 204	41	0.99959	0.00041	0.00040	99 184	5 212 898	52.55
36	99 163	42	0.99957	0.00043	0.00042	99 142	5 113 715	51.57
37	99 121	45	0.99954	0.00046	0.00044	99 098	5 014 573	50.59
38	99 075	50	0.99950	0.00050	0.00048	99 051	4 915 474	49.61
39	99 025	56	0.99943	0.00057	0.00053	98 998	4 816 424	48.64
40	98 969	62	0.99937	0.00063	0.00060	98 939	4 717 426	47.67
41	98 907	68	0.99931	0.00069	0.00066	98 873	4 618 487	46.70
42	98 839	73	0.99926	0.00074	0.00071	98 803	4 519 614	45.73
43	98 766	79	0.99920	0.00080	0.00077	98 727	4 420 811	44.76
44	98 687	85	0.99913	0.00087	0.00083	98 645	4 322 084	43.80
45	98 602	94	0.99905	0.00095	0.00090	98 556	4 223 438	42.83
46	98 509	104	0.99895	0.00105	0.00100	98 458	4 124 882	41.87
47	98 405	114	0.99884	0.00116	0.00111	98 349	4 026 425	40.92
48	98 291	124	0.99874	0.00126	0.00121	98 230	3 928 076	39.96
49	98 167	134	0.99864	0.00136	0.00131	98 101	3 829 846	39.01
50	98 034	145	0.99852	0.00148	0.00142	97 962	3 731 745	38.07
51	97 889	159	0.99838	0.00162	0.00155	97 811	3 633 783	37.12

年齢 x	生存数 l_x	死亡数 ${}_nd_x$	生存率 ${}_np_x$	死亡率 ${}_nq_x$	死 力 μ_x	定常人口		平均余命 $\hat{e}_x$
						${}_nL_x$	T_x	
52	97 730	174	0.99822	0.00178	0.00170	97 645	3 535 972	36.18
53	97 557	189	0.99807	0.00193	0.00186	97 463	3 438 327	35.24
54	97 368	202	0.99792	0.00208	0.00201	97 268	3 340 864	34.31
55	97 166	215	0.99779	0.00221	0.00215	97 060	3 243 596	33.38
56	96 951	226	0.99767	0.00233	0.00227	96 839	3 146 536	32.45
57	96 726	237	0.99755	0.00245	0.00239	96 608	3 049 697	31.53
58	96 489	250	0.99741	0.00259	0.00252	96 365	2 953 088	30.61
59	96 239	268	0.99721	0.00279	0.00269	96 106	2 856 723	29.68
60	95 970	291	0.99696	0.00304	0.00291	95 827	2 760 617	28.77
61	95 679	318	0.99667	0.00333	0.00318	95 522	2 664 790	27.85
62	95 361	346	0.99638	0.00362	0.00348	95 190	2 569 268	26.94
63	95 015	372	0.99609	0.00391	0.00378	94 832	2 474 078	26.04
64	94 643	399	0.99578	0.00422	0.00406	94 446	2 379 246	25.14
65	94 244	433	0.99540	0.00460	0.00441	94 031	2 284 800	24.24
66	93 811	471	0.99498	0.00502	0.00482	93 579	2 190 769	23.35
67	93 340	511	0.99453	0.00547	0.00526	93 088	2 097 190	22.47
68	92 829	554	0.99403	0.00597	0.00573	92 556	2 004 102	21.59
69	92 275	603	0.99346	0.00654	0.00626	91 978	1 911 547	20.72
70	91 672	662	0.99278	0.00722	0.00688	91 346	1 819 569	19.85
71	91 010	729	0.99200	0.00800	0.00762	90 651	1 728 223	18.99
72	90 281	802	0.99112	0.00888	0.00847	89 887	1 637 572	18.14
73	89 480	874	0.99023	0.00977	0.00936	89 049	1 547 685	17.30
74	88 606	954	0.98923	0.01077	0.01029	88 136	1 458 636	16.46
75	87 652	1 053	0.98798	0.01202	0.01140	87 135	1 370 500	15.64
76	86 599	1 180	0.98637	0.01363	0.01284	86 020	1 283 365	14.82
77	85 419	1 332	0.98441	0.01559	0.01466	84 766	1 197 345	14.02
78	84 087	1 505	0.98211	0.01789	0.01682	83 350	1 112 579	13.23
79	82 582	1 699	0.97943	0.02057	0.01936	81 750	1 029 229	12.46
80	80 883	1 909	0.97639	0.02361	0.02227	79 947	947 479	11.71
81	78 974	2 143	0.97286	0.02714	0.02560	77 923	867 532	10.99
82	76 831	2 409	0.96864	0.03136	0.02956	75 649	789 609	10.28
83	74 422	2 701	0.96370	0.03630	0.03429	73 096	713 959	9.59
84	71 720	3 004	0.95812	0.04188	0.03976	70 244	640 864	8.94
85	68 716	3 310	0.95184	0.04816	0.04593	67 087	570 620	8.30
86	65 407	3 622	0.94462	0.05538	0.05298	63 622	503 533	7.70
87	61 784	3 938	0.93627	0.06373	0.06118	59 842	439 911	7.12
88	57 847	4 253	0.92648	0.07352	0.07085	55 745	380 069	6.57
89	53 594	4 531	0.91546	0.08454	0.08208	51 350	324 323	6.05
90	49 063	4 757	0.90305	0.09695	0.09485	46 701	272 974	5.56
91	44 306	4 918	0.88900	0.11100	0.10940	41 859	226 273	5.11
92	39 389	5 025	0.87243	0.12757	0.12656	36 881	184 414	4.68
93	34 364	5 024	0.85381	0.14619	0.14682	31 846	147 533	4.29
94	29 340	4 876	0.83380	0.16620	0.16949	26 884	115 686	3.94
95	24 464	4 598	0.81204	0.18796	0.19609	22 135	88 802	3.63
96	19 866	4 132	0.79202	0.20798	0.22051	17 756	66 667	3.36
97	15 734	3 594	0.77161	0.22839	0.24603	13 890	48 911	3.11
98	12 140	3 025	0.75083	0.24917	0.27272	10 580	35 021	2.88
99	9 115	2 464	0.72970	0.27030	0.30063	7 838	24 441	2.68
100	6 652	1 941	0.70825	0.29175	0.32981	5 640	16 603	2.50
101	4 711	1 477	0.68649	0.31351	0.36033	3 937	10 963	2.33
102	3 234	1 085	0.66446	0.33554	0.39223	2 662	7 026	2.17
103	2 149	769	0.64217	0.35783	0.42559	1 741	4 364	2.03
104	1 380	525	0.61967	0.38033	0.46047	1 100	2 623	1.90
105	855	345	0.59699	0.40301	0.49694	670	1 523	1.78
106	510	217	0.57415	0.42585	0.53507	393	853	1.67
107	293	132	0.55121	0.44879	0.57494	222	460	1.57
108	162	76	0.52821	0.47179	0.61663	120	238	1.48
109	85	42	0.50518	0.49482	0.66022	62	118	1.39
110	43	22	0.48217	0.51783	0.70580	31	56	1.31
111	21	11	0.45924	0.54076	0.75346	15	26	1.23
112	10	5	0.43642	0.56358	0.80329	7	11	1.16
113	4	2	0.41378	0.58622	0.85539	3	5	1.10
114	2	1	0.39136	0.60864	0.90987	1	2	1.04
115	1	0	0.36921	0.63079	0.96683	0	1	0.98