

日本の人口動態の私的検討

(1800-2100年間の一人当たりGDPを変数とした人口の推定)

2015.11.10

菅原政治郎

目次

1. 背景
2. 数学モデル
3. 使用データ
4. 解析結果
5. 実データと解析結果の比較
6. 考察

1. 背景

人口動態を長期的にかなり精度良く推定できる方法が出来れば、その国の将来を読み解くことが出来そうです。しかし、人口動態を決める死亡率や出産率の推定は、中々容易ではないと考えられます。

今回、死亡率と出産率を一人当たりGDP(国内総生産)、衛生観念、政策的出産計画、経済格差に拠る出産控えの関数として、推定する方法を検討しました。

この方法を用いて、1800年(江戸時代の寛政12年)を起点として2100年までの300年間の人口動態を検討しました。

推定方法には、出生・死滅の連立微分方程式を用い、また、人口構成、死亡率、出産率の統計値として、厚生労働省や総務省統計局のホームページ、UNESCO、世界銀行、IMF等から引用しました。

(GDP: Gross Domestic Product)

(UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization、国際連合教育科学文化機関)

(IMF: International Monetary Funds、国際通貨基金)

2. 数学モデル

2.1 データの性格

推定に使用するデータは、表2-1に示す様に、5年間隔の年齢層区分になっています。このため、死亡数、出産数の数値処理には若干の技法が必要と成ります。

表2-1 年齢層区分（以降の式で X と示すものに対応）

層1	層2	層3	層4	層5	層6	層7	層8	層9	層10	層11
0 ～ 4 歳	5 ～ 9 歳	10 ～ 14歳	15 ～ 19歳	20 ～ 24歳	25 ～ 29歳	30 ～ 34歳	35 ～ 39歳	40 ～ 44歳	45 ～ 49歳	50 ～ 54歳
層12	層13	層14	層15	層16	層17	層18	層19	層20	層21	
55 ～ 59歳	60 ～ 64歳	65 ～ 69歳	70 ～ 74歳	75 ～ 79歳	80 ～ 84歳	85 ～ 89歳	90 ～ 94歳	95 ～ 99歳	100 歳 ～	

2.2 出生・死滅の数学モデル

j 年度の年齢層 i の人口 $pop(i, j)$ は、1年前の年齢層 i の人口 $pop(i, j-1)$ を用いると、式(1)と成ります。

$$pop(i, j) = (1 - dr(i)) * pop(i, j-1) * 4/5 \\ + (1 - dr(i-1)) * pop(i-1, j-1) / 5 \quad \dots(1)$$

ここに $dr(i)$: 年齢層 i の死亡率、 $4/5$: 年齢層 i に留まる割合(年齢区分が5年間隔であるため。)

但し、乳幼児を含む0～4歳までの年齢層 1 については、以下の式(2)を用いました。

$$pop(1, j) = (1 - dr(1)) * pop(1, j-1) * 4/5 \\ + \sum_{k=1}^n br(k) * pw(k, j-1) \quad \dots(2)$$

ここに $br(k)$: 年齢層 k の女性の出生率 (14歳以下及び55歳以上は出生率を0としました。)

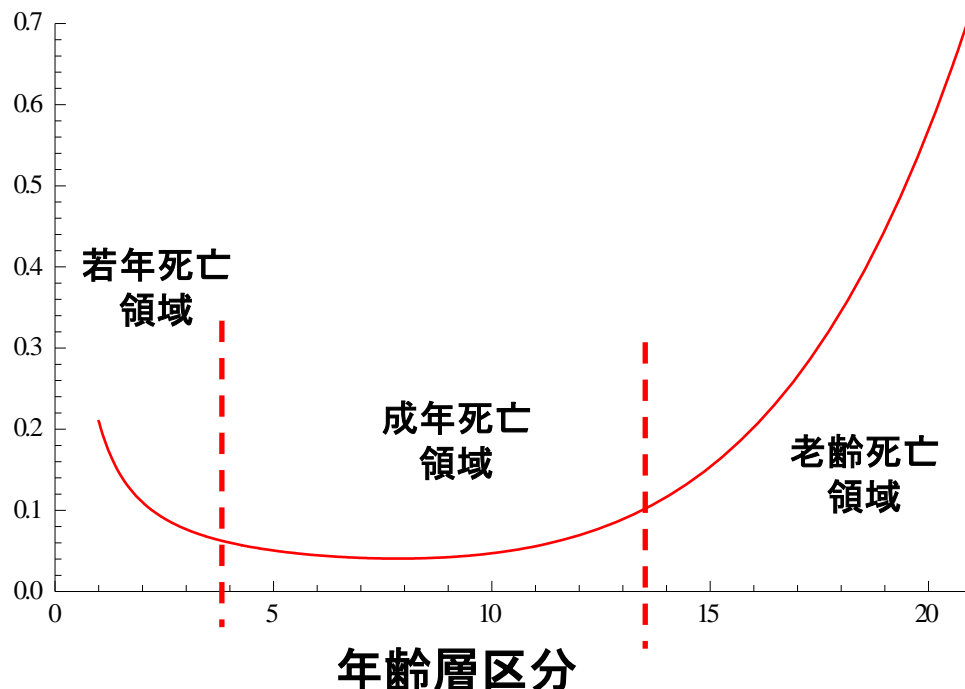
$pw(k, j-1)$: 1年前の年齢層 k の女性の人口

2.3 死亡率の数学モデル

死亡率に関しては、図2-1に示す様に、バスタブ曲線と言われる形状になることが知られています。(信頼性工学入門 改定第二版、塩見弘著)

死亡率を一つの式で表すのは困難であるため、若年(乳幼児)死亡率、成年死亡率及び老齢死亡率に分け、それぞれに一人当たりGDP (GDP1)と関連付けます。

死亡率



若年死亡領域とは乳幼児を含めた死亡領域で、年齢が増すごとに死亡率が低下します。故障率で言えば初期故障率に該当します。

成年死亡領域とは、死亡率が低く、かつ時間の経過に対して死亡率が一定となる領域です。故障率で言えば偶発故障率に該当します。

老齢死亡領域とは、生命を維持する器官が経年劣化により機能喪失し、死亡率が急激に上昇する領域です。

図2-1 死亡率曲線

2.3 死亡率の数学モデル(続き)

年齢層区分 x の死亡率を以下の式にて算出するようにします。

$$dr(x) = c1 / x^2 + c2 + c3 * \left(\frac{x}{21} \right)^{nc} \quad \dots(3)$$

ここに、

$dr(x)$: 年齢層区分 x の死亡率
 $C1$: 若年(乳幼児)死亡率係数
 $C2$: 成年死亡率:係数
 $C3$: 老齡死亡係数(0.7に設定)
 nc : 老齡死亡冪数

式(3)の右辺第一項は、若年死亡率、第二項は成年死亡率、第三項は老齡死亡率に対応するものです。

以下、若年死亡率、成年死亡率、老齡死亡率について各々検討します。

2.3.1 若年層の死亡率の数学モデル

(1) 0-5歳未満児の死亡率

世界子供白書2015(UNESCO)に拠れば、表2-2に示す様に、世界の地域グループ別の1970年から2013年までの当該死亡率が記載されています。

表2-2 世界の地域グループ別の0-5歳未満児の死亡率

5歳未満児死亡率（出生1,000人あたり）

ユニセフによる地域グループ	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2013
サハラ以南のアフリカ	246	219	201	187	179	172	156	129	103	92
東部・南部アフリカ	212	193	188	174	165	157	140	112	85	74
西部・中部アフリカ	279	249	220	205	197	190	175	149	122	109
中東と北アフリカ	205	165	126	90	70	60	50	42	34	31
南アジア	213	195	171	149	129	112	94	77	64	57
東アジアと太平洋諸国	117	94	76	63	58	51	41	30	23	19
ラテンアメリカとカリブ海諸国	119	102	84	68	54	43	32	25	23	18
CEE/CIS*	97	74	69	56	47	48	37	29	22	20
後発開発途上国	243	230	211	190	174	158	139	113	91	80
世界	147	129	117	100	90	85	76	63	51	46

上記表に拠れば、医療技術の恩恵に与(あずか)れた1970年でも、アフリカは0.279という高い死亡率であります。まして況や、医療技術がそれ程でなかった1800年では、幼児死亡率は0.4位あったのではないかと推察します。

2.3.1 若年層の死亡率の数学モデル (続き)

(1) 0-5歳未満児の死亡率 (続き)

それを裏付ける図が世界銀行の統計として見つかりました。それを図2.3に示します。

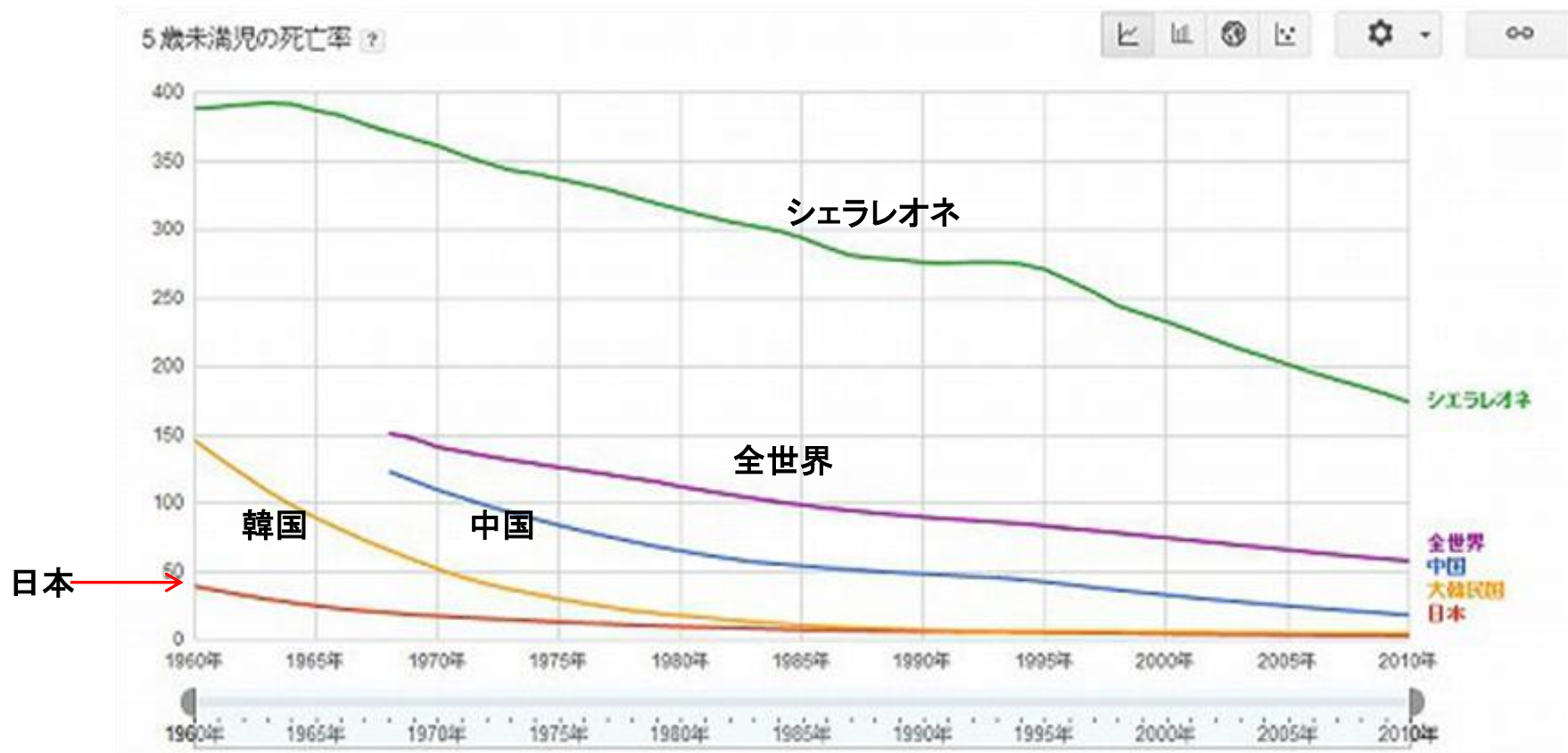


図2.3 5歳未満児の死亡率

出典:世界銀行2012年

2.3.1 若年層の死亡率の数学モデル (続き)

(1) 0-5歳未満児の死亡率 (続き)

図に拠れば、1960年のアフリカのシエラレオネの死亡率は0.4と高いものです。シエラレオネでは長く内戦が続いたとのことで、食糧事情の悪化も加わり、5歳未満児の死亡率が高くなったものと考えられます。ちなみに、1960年の韓国の当該死亡率は、0.15、日本は0.04でした。全世界では、推測でしかないですが、図から外挿すると1960年の5歳未満児死亡率は約0.3～0.2の間と考えられます。このため、解析に当たっては、5歳未満児の死亡率をパラメータとすることとしました。

(2) 若年死亡率の設定上の仮定

- ・1800年の乳幼児死亡率を設定するため、前記の検討結果から、**乳幼児死亡率のピーク (Y_{peak}) を0.4と仮定します。**
- ・ピークは一人当たりGDP (GDP_1)の関数とします。GDPが高い場合はピークが低下するとします。
- ・ピークは衛生観念の高低により変化するものと仮定します。即ち、衛生観念が高いとピークが低下するとします。
- ・死亡率の年齢による低下を示すため、 $(1/x)^2$ と仮定します。**($1/x$ とした場合、年齢層区分が10(成年)になった場合でも影響が出るため、 $(1/x)^2$ としました。)**

2.3.1 若年層の死亡率の数学モデル (続き)

(3) 若年死亡率の設定

以上の検討より、以下の様に設定しました。

表2-3 若年死亡係数

No.	GDP 1	若年死亡率ピーク係数 Y_{peak}
1	400万以上	$Y_{peak} = 0.0005$
2	300～400万	$Y_{peak} = 0.001 - (GDP1 - 300)/100 * (0.001 - 0.0005)$
3	200～300万	$Y_{peak} = 0.002 - (GDP1 - 200)/100 * (0.002 - 0.001)$
4	100～200万	$Y_{peak} = 0.01 - (GDP1 - 100)/100 * (0.01 - 0.002)$
5	50～100万	$Y_{peak} = 0.05 - (GDP1 - 50)/50 * (0.05 - 0.01)$
6	20～50万	$Y_{peak} = 0.08 - (GDP1 - 20)/30 * (0.08 - 0.05)$
7	5～20万	$Y_{peak} = 0.1 - (GDP1 - 5)/15 * (0.1 - 0.08)$
8	1～5万	$Y_{peak} = 0.4 - (GDP1 - 1)/4 * (0.4 - 0.2)$
9	～1万	$Y_{peak} = 0.4$

GDP1: 一人当たりGDP

$$c1 = Y_{peak} * (1 - hgc * 0.1)$$

表2-4 衛生観念

衛生観念	hgc
極不良	0
不良	1
やや不良	2
やや良好	3
良好	4
非常に良好	5

(衛生観念の差により、死亡率ピークが最大で半分になるようにしています。)

$$\text{若年死亡率} = c1 * (1/x)^2$$

x: 年齢層区分 ($1 \leq x \leq 21$)

2.3.2 成年の死亡率の数学モデル

(1) 成年死亡率の設定

一人当たりGDP (GDP1)と衛生観念(hgc)を用い、以下の様に設定しました。

表2-5 成年死亡係数

No.	GDP1	成年死亡率係数 C2
1	400万以上	$c2 = 0.00001$
2	300～400万	$c2 = 0.00005 - (GDP1 - 300) / 100 * 0.00004$
3	200～300万	$c2 = 0.0001 - (GDP1 - 200) / 100 * 0.00005$
4	100～200万	$c2 = 0.0005 - (GDP1 - 100) / 100 * 0.0004$
5	50～100万	$c2 = 0.001 - (GDP1 - 50) / 50 * 0.0005$
6	20～50万	$c2 = 0.05 - (GDP1 - 20) / 30 * 0.004$
7	5～20万	$c2 = 0.01 - (GDP1 - 5) / 15 * 0.005$
8	1～5万	$c2 = 0.05 - (GDP1 - 1) * 0.01$
9	～1万	$c2 = 0.05$

衛生観念については、表2-4に示すものです。

成年の死亡率に関しては、若年死亡率の扱いと同様、社会的に衛生観念が浸透していれば、死亡率は低下するものと仮定し、死亡率低下に反映しています。

$$\text{成年死亡率} = C2 * (1 - hgc * 0.1)$$

2.3.3 老齡層の死亡率の数学モデル

(1) 老齡死亡冪数 nc の設定

一人当たりGDP (GDP1) を用い、以下の様に設定しました。

表2-6 老齡死亡冪数

No.	一人当たり GDP (GDP1)	老齡死亡冪数 nc
1	400万以上	$nc = 9$
2	300～400万	$nc = 8 + (GDP1 - 300) * 0.01$
3	200～300万	$nc = 7 + (GDP1 - 200) * 0.01$
4	100～200万	$nc = 6 + (GDP1 - 100) * 0.01$
5	50～100万	$nc = 5 + (GDP1 - 50) / 50$
6	20～50万	$nc = 4 + (GDP1 - 20) / 30$
7	5～20万	$nc = 3 + (GDP1 - 5) / 15$
8	1～5万	$nc = 3$
9	～1万	$nc = 3$

冪数 nc は、老齡死亡率の形状を決めるもので、値が大きい程、50歳以上の年齢区分11～18の老齡死亡率が低下します。

GDP1の変化により、 nc が連続的に変化するようにしています。

老齡死亡に関しては、生命を維持する器官が経年劣化により機能喪失するものであるため、衛生観念は余り影響しないものと考え、医療技術に関するGDP1のみの関数としました。

$$\text{老齡死亡率} = C3 * \left(\frac{x}{21} \right)^{nc}, C3 = 0.7$$

2.4 出産率の数学モデル

解析で使用する出産率とは、各年代層の女性が、その年に出産した新生児の割合で、定義は以下とします。

各年代層の出産率= 各年代層の女性が産んだ赤ん坊の総数/各年代層の女性数

2.4.1 出産データの処理

1970～2014までの利用可能な厚労省の人口動態統計(確定値)を使用しました。1970～1995までのデータは、厚労省 平成7年度人口動態統計(確定値)の概要―諸率編―第5表より(女子人口1000人に対する割合)引用しました。2014年は厚労省の2014年度(確定値)の人口動態データを用いました。

これらのデータを基に、年齢層区分 x (4,5,...10) に対して、出産率の自然対数 \ln を用い、最小二乗法によりフィッティングしました。その結果の曲線を、図 2-4 に示します。

(なお、1～3、11～21の年齢層については、出産数が少ないと考えられるため、出産に関与しないと仮定しました。)

2.4.1 出産データの処理 (続き)

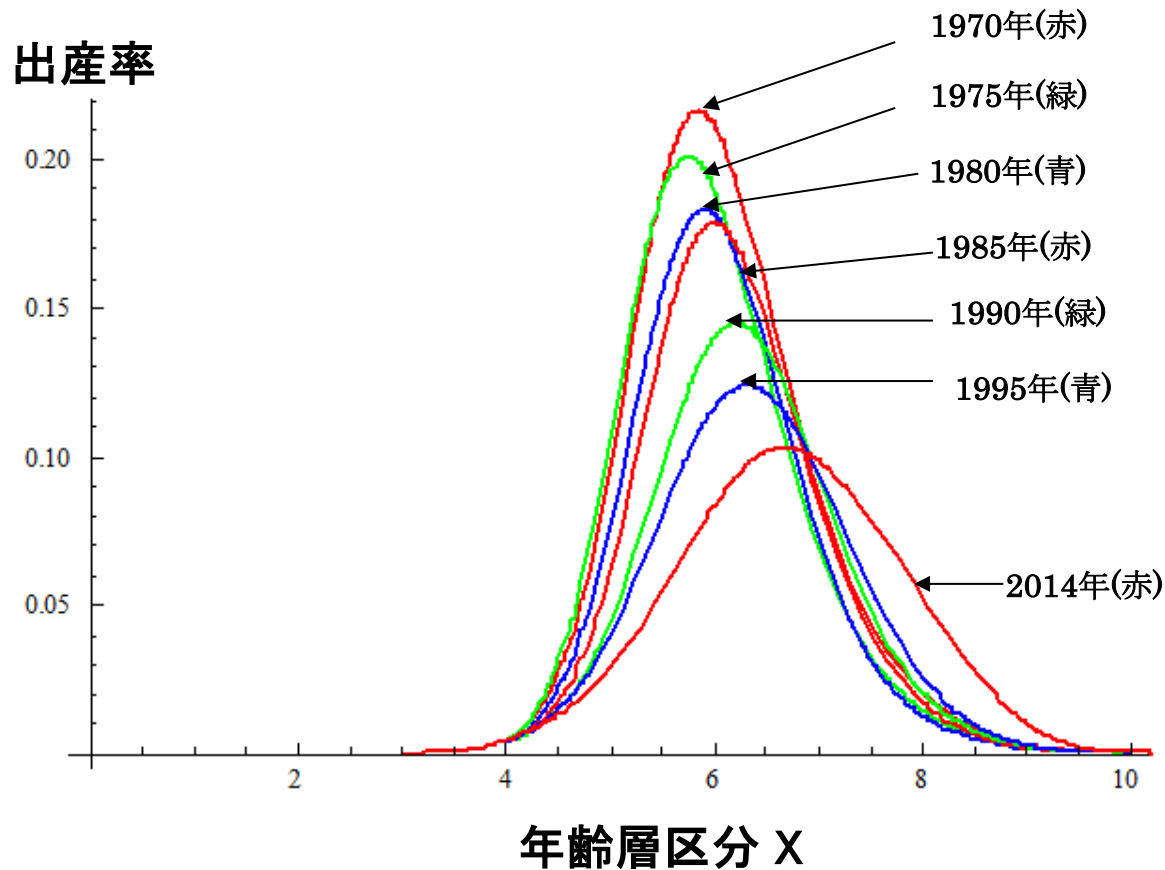


図2-4 1970-2014年の出産率変化

上図より、約45年間で出産率が半分以下になっていることが見られると共に、晩婚化に伴う晩産化の傾向も見て取れると思います。

2.4.2 出産率のモデル化

死亡率のモデル化においては、医療技術の発達とGDPの高低はかなり高い相関を持つものと考え、一人当たりGDP (GDP1)との関係を考慮しました。

出産率と、GDPとは関係あるのでしょうか。図2-5に1980年から2014年の日本の名目GDPの推移を示します。(出典：IMFホームページより引用)

図2-4と見比べますと、GDPが増加傾向にあった1996年までは可処分所得が増加し、子育てに十分な金額が投資されるようになったため、多産による労働益収入より、少子化による高学歴・高収入の方が収益が大と一般には認識され、少子化へと進んだ結果と思われます。

一方、1997年以降、GDPは伸びが止まり横ばい状態となっていますが、出産率は低下し続け、晩産化が更に進んでいます。女性の社会進出に伴うキャリアアップや非正規雇用者の増加による雇用の不安定化が原因と考えられる晩婚化も出産率低下の一因と考えられます。このことは、GDPの伸長と出産率の低下は直接関係なく、可処分所得による教育投資効果が多産による労働益収入よりも大きい場合は、少子化が維持されることを示していると考えられます。

そもそも、出産とは婚礼適齢期の男女による生殖活動の結果であり、本能的な活動と考えられます。出産には母体へのリスクが伴うため、なるべく回数は少ない方が良く、本質的に出産率は低いものと考えられます。

2.4.2 出産率のモデル化 (続き)

兆円

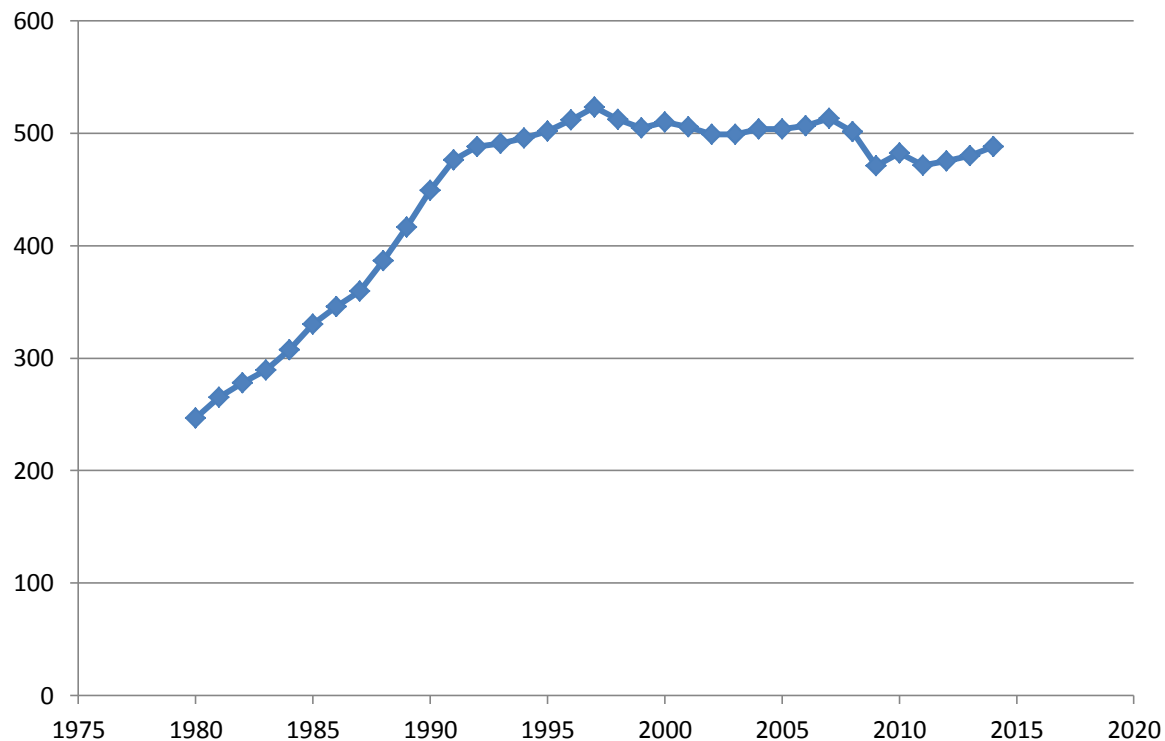


図2-5 日本の名目GDPの推移 (IMFのホームページより)

2.4.2 出産率のモデル化 (続き)

(1) モデル化の仮定

- ① 出産奨励等の政策により、出産率のピークが上昇。出産奨励等の政策がある場合は、以下に示す可処分所得 (GDP1) の増減や経済格差の増加に関わらず、出産率のピークが指定値に維持されます。(後述)
- ② 可処分所得 (GDP1) の増加により、出産率のピークが低下。GDP1の低下により、出産率のピークが上昇。
- ③ 経済格差が大きくなることによる出産の控えが起こる。⇒ 出産率のピークが低下。但し、これはGDP1が100万円以上の場合に有効とします。

(2) 具体的モデル化

以上の仮定を基に、以下の式(4)の様にモデル化しました。

$$br(x) = Bpeak / vv * (x - aa)^{nbr} * (bb - x)^{nbr} * x^{-cc} \quad \dots(4)$$

ここに、
br(x) : 年齢層区分 x の出産率、但し $4 \leq x \leq 10$
Bpeak : 出産率のピーク (但し、最大値= 0.6に設定)
vv : ピーク調整係数。
aa : 出産年齢区分計算値 (3.0に設定)
bb : 出産年齢区分計算値 (10.5に設定)
nbr : 出産:形状冪数
cc : 歪度冪数

2.4.2 出産率のモデル化 (続き)

(2) 具体的モデル化 (続き)

- ・式(4)の出産形状冪数 nbr は、出産形状の尖度に影響する指標です。この値が大きいと幅の狭い形状と成り、小さいと幅の大きい形状と成ります。(解析者が指定しますが、指定しない場合は、 $nbr=6$ が自動的に設定されます。)
- ・式(4)の歪度冪数 cc は、若年出産率の高低に影響する指標です。この値が大きい($cc=8$)と、若年出産率が高く(早婚型に)なり、小さい($cc=0$)と低く(晩婚型に)成ります。
- ・式(4)のピーク調整係数 vv は、ピークを与える年齢区分 $x (=xp)$ で出産率 $br(x)$ が B_{peak} と成るようにするための係数です。 xp は式(5)で与えられます。

$$xp = 2 * aa * bb / (aa + bb), \quad cc = 2 * nbr \text{ の場合}$$

$$xp = xp1 \text{ か } xp2 \text{ の内、} \quad aa \leq xp \leq bb \text{ を満たすもの} \quad \dots(5)$$

$$\text{但し、} \quad xp1 = \frac{(d3 - d1)}{2 * (2 * nbr - cc)}, \quad xp2 = \frac{(-d3 - d1)}{2 * (2 * nbr - cc)}$$

$$d1 = -(aa + bb) * (nbr - cc), \quad d2 = 4 * (2 * nbr - cc) * aa * bb * cc$$

$$d3 = \sqrt{(d1^2 + d2)}$$

2.4.2 出産率のモデル化 (続き)

(3) 具体的処理

(3-1) 出産奨励策が有る場合

- a) 奨励策が非常に有効な場合、 $B_{peak}=0.5$ 、 $cc=8$ に設定し、式(4)にて出産率を算出
- b) かなり有効な場合、 $B_{peak}=0.45$ 、 $cc=7$ に設定し、式(4)にて出産率を算出
- c) 有効な場合、 $B_{peak}=0.4$ 、 $cc=7$ に設定し、式(4)にて出産率を算出
- d) やや有効な場合、 $B_{peak}=0.35$ 、 $cc=6$ に設定し、式(4)にて出産率を算出
- e) 少し有効な場合、 $B_{peak}=0.3$ 、 $cc=5$ に設定し、式(4)にて出産率を算出

(3-2) 経済格差による出産控えが有る場合

(但し、出産奨励策が無く、GDP1が100万円以上のみ適用)

- f) 出産控えが強い場合、 $B_{peak}=0.1$ 、 $cc=0$ に設定し、式(4)にて出産率を算出
- g) 中位の場合、 $B_{peak}=0.15$ 、 $cc=0$ に設定し、式(4)にて出産率を算出
- h) 弱い場合、 $B_{peak}=0.2$ 、 $cc=1$ に設定し、式(4)にて出産率を算出

2.4.2 出産率のモデル化 (続き)

(3) 具体的処理 (続き)

(3-3) 上記制約が無い場合

No.	GDP1	出産率ピーク	歪度 冪数
1	400万以上	$B_{peak} = 0.1$	CC=0
2	300～400万	$B_{peak} = 0.3 * \left(\frac{(400 - GDP1) * 0.01}{4} \right)^{2.5} + 0.1$	CC=1
3	200～300万		CC=2
4	100～200万		CC=3
5	50～100万		CC=4
6	20～50万		CC=5
7	5～20万		CC=6
8	1～5万		CC=7
9	～1万		CC=8

左記数値を用い、式(4)にて出産率を算出します。

左記の式より分かります様に、制約が無い場合のBpeakの最大値は、0.4と設定しています。

また、Bpeakの最小値は0.1と設定しています。

3. 使用データ

3.1 初期人口

Wikipediaによる「江戸時代の日本の人口統計」に拠れば、複数の研究者による1600年～1750年の日本の推定人口として、表3-1を示しています。

表3-1 1600年～1750年の日本の推定人口

西暦	社会工学 研究所 (1974年)	McEvedy & Jones (1978年)	鬼頭宏 (1996年)	Biraben (1993, 2005年)	Farris (2006年)
1600年	12,273,000	22,000,000	12,273,000	12,000,000	15,000,000～ 17,000,000
1650年	17,497,900	25,000,000	17,497,900		
1700年	28,287,200	29,000,000	28,287,200	28,000,000	
1721年	31,277,900		31,278,500	30,496,900	31,300,000
1750年	31,005,900	29,000,000	31,010,800	30,323,900	

以上の表より、解析に当たっては、**1800年の日本の推定人口を約3000万人と仮定**します。

3.2 年齢別人口構成

乳幼児死亡率のピーク値を0.3から0.05まで変化させた場合の人口変動を1800～2100年までの300年間で事前検討した結果、乳幼児死亡率を0.05にし、人口構成をピラミッド型にした場合のみ、人口が定常維持されることが分かりました。

このため、表3-2に示す仮想人口構成を用いました。

表3-2 1800年の仮想年齢層区分別人口

層1	層2	層3	層4	層5	層6	層7
1,990,000	1,850,000	1,710,000	1,570,000	1,430,000	1,290,000	1,150,000
層8	層9	層10	層11	層12	層13	層14
1,010,000	870,000	730,000	590,000	450,000	310,000	170,000
層15	層16	層17	層18	層19	層20	層21
10,000	1,000	500	100	50	10	0

男性と女性の初期人数及び人口構成は同じと仮定しました。

3.3 男女間死亡率比及び出産率比

- ・出産時の女兒を1とした場合の男児の比率は、入力値(SSM)として設定できるようにしています。**設定が無い場合は、自動的にSSM=1.05と設定されています。**
- ・死亡比率は**男子1に対して、女子は1/SSM**として設定しています。

3.4 一人当たりGDP

西暦1000年以降の日本の一人当たりGDPの変遷について、表3-3に示します。
(<http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/4545.html> よりデータを引用しました。)

表3-3 日本の一人当たりGDPの変遷

西暦	1990年の実質 \$ 換算	西暦	1990年の実質 \$ 換算
1000	425 (数値は円換算)	1940	2,874 (402,360)
1500	500	1950	1,921 (268,940)
1600	520 (72,800円)	1960	3,986 (558,040)
1700	570 (79,800)	1970	9,714 (1,359,960)
1820	669 (93,660)	1980	13,428 (1,879,920)
1870	737 (103,180)	1990	18,789 (2,630,460)
1900	1,180 (165,200)	2000	20,738 (2,903,320)
1913	1,387 (194,180)	2008	22,816 (3,194,240円)

3.5 出産奨励、衛生観念、経済格差の出産控え

- ・上記に関連する確たるデータは有りません。主観的であるため、パラメータとしてサーベイする必要が有ります。

取敢えず、以下の表3-4の様に設定しました。

(なお、1945, 1946年のデータを終戦及びベビーブームの開始年として追加しました。)

表3-4 出産奨励、衛生観念、出産控えの主観的データ

西暦	出産奨励	衛生観念 (hgc)	出産控え	西暦	出産奨励	衛生観念 (hgc)	出産控え
1800	無し	やや不良	無し	1960	無し	良好	無し
1870		やや不良		1970			
1900		やや良好		1980			
1913				1990			
1940				2000			
1945	無し			2008			
1946	かなり有効	良好		2050			
1950	無し	良好	無し	2100	無し	良好	無し

(上記表の見方: 1946年に出産奨励が「かなり有効」と有りますが、1946-1949年まで、出産率が上昇していることを意味しています。)

3.6 その他のデータ

- ・解析上重要なデータは一人当たりGDP (GDP1)です。これについては、表3-3に示す様に、2008年までしかありません。2100年まで解析するため、**2050年と2100年の値を以下の様に仮定しました。**

2050年のGDP1=260万円、 2100年のGDP1=200万円

- ・1946年以降、衛生観念は良好と設定しましたが、これは進駐軍による衛生調査及び衛生改善を反映したものです。

- ・また、表3-3に数値がありませんが、前節の設定と同様に、1945、1946年の一人当たりGDPを敗戦後の経済的疾苦と見なし、以下の様に設定しました。

1945年のGDP1= 20万円、 1946年のGDP1= 21万円

(ちなみに、1940年のGDP1= 40.2万円、1950年のGDP1= 26.9万円)

4. 解析結果

4.1 開始時の1800年の入力データ

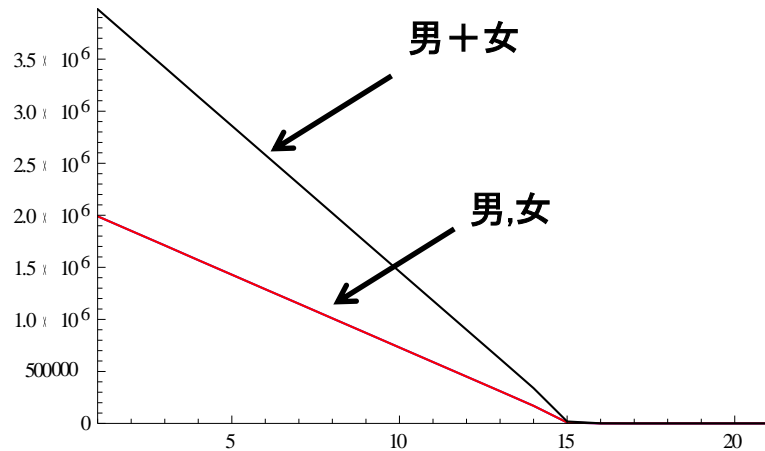


図4-1 年齢層別人口構成

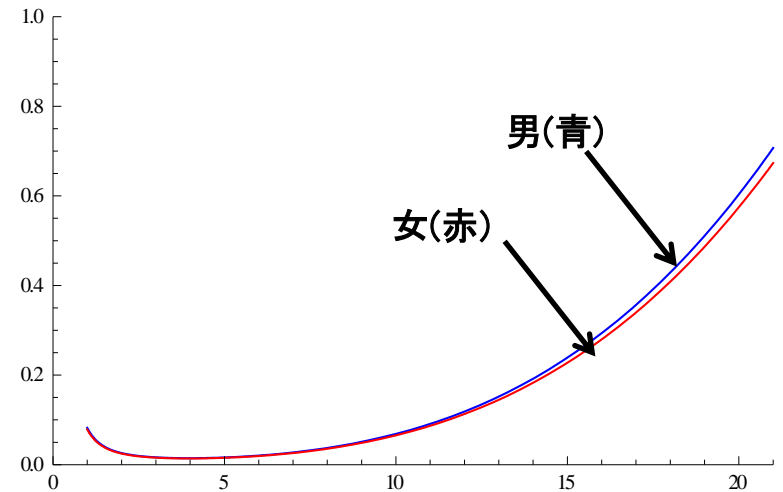


図4-2 年齢層別死亡率

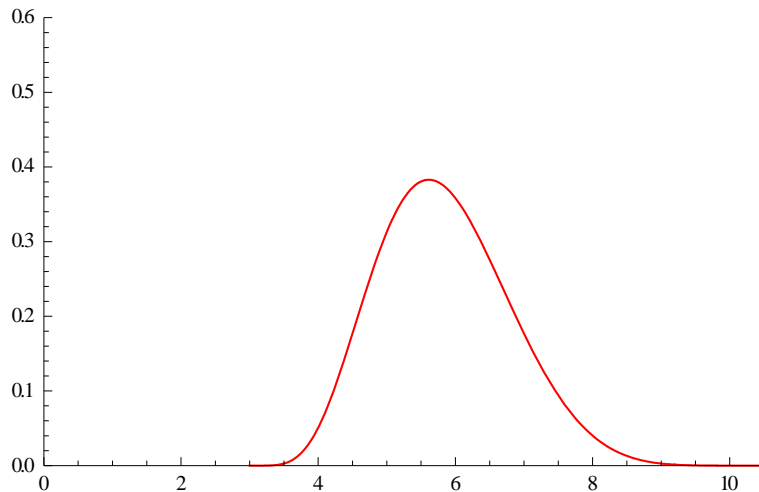


図4-3 年齢層別出生率

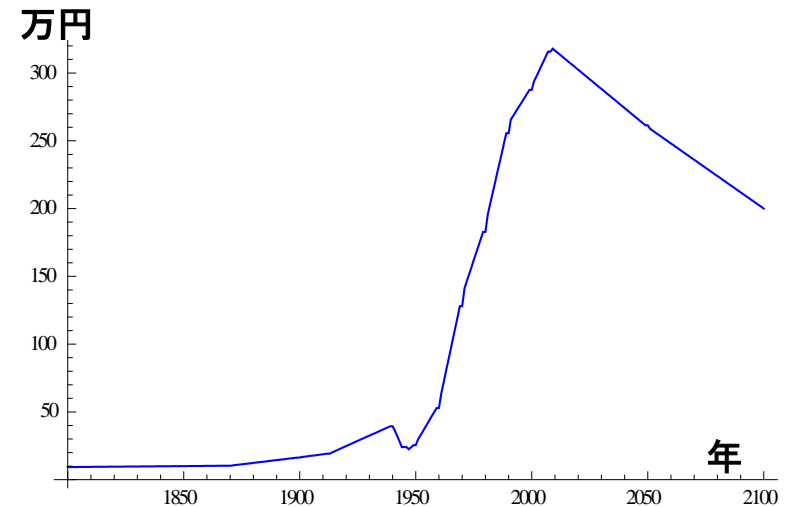


図4-4 一人当たりGDPの変遷

4.2 1800～2100年の結果

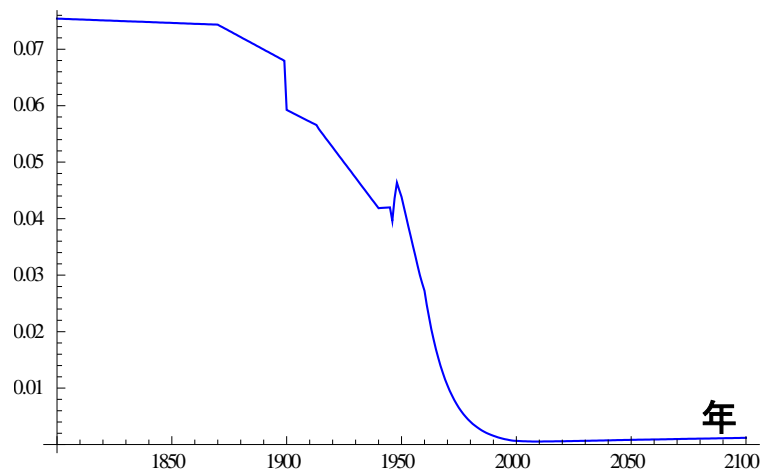


図4-5 乳幼児死亡率ピークの変遷

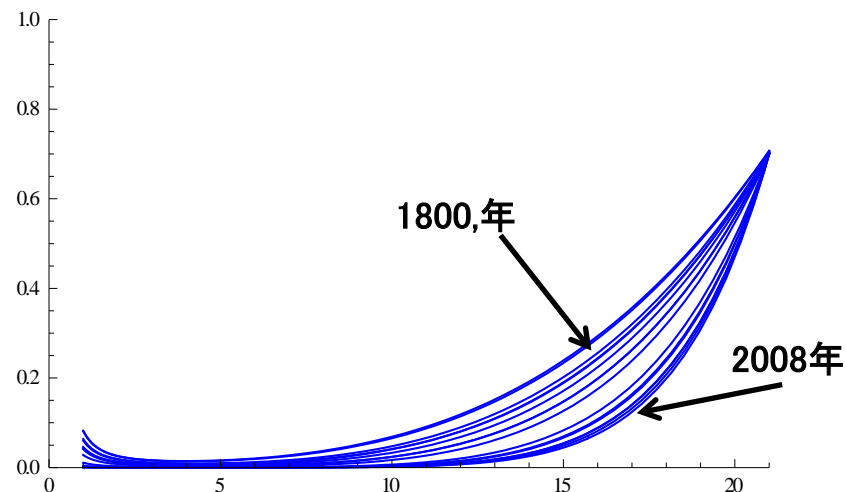


図4-6 男子の年齢層別死亡率の変遷

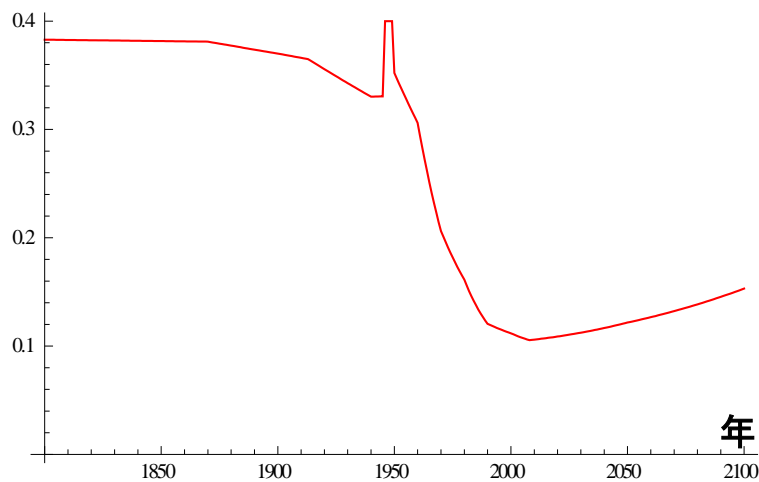


図4-7 出産率ピーク値の変遷

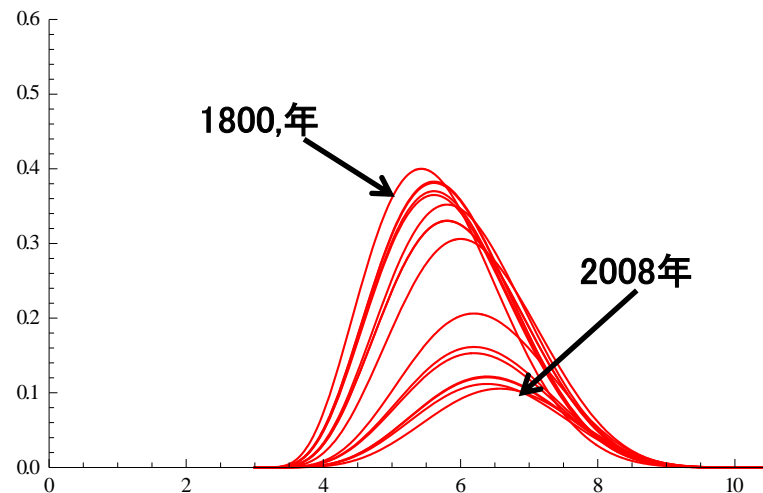


図4-8 年齢層別出産率の変遷

4.2 1800～2100年の結果（続き）

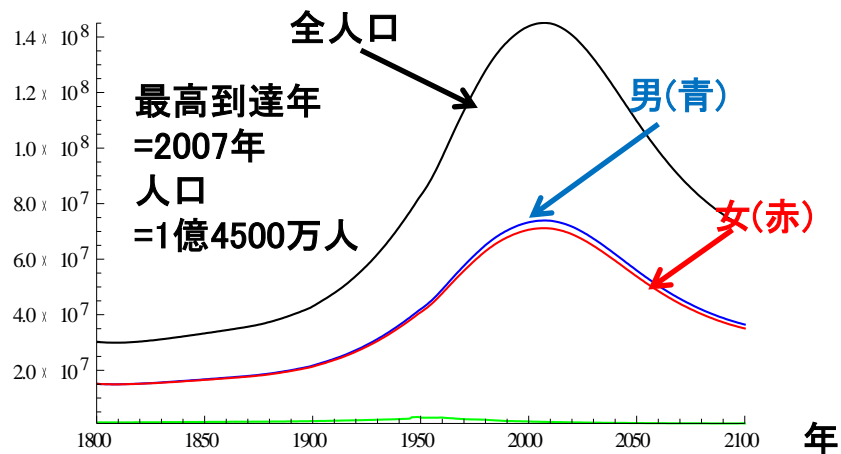
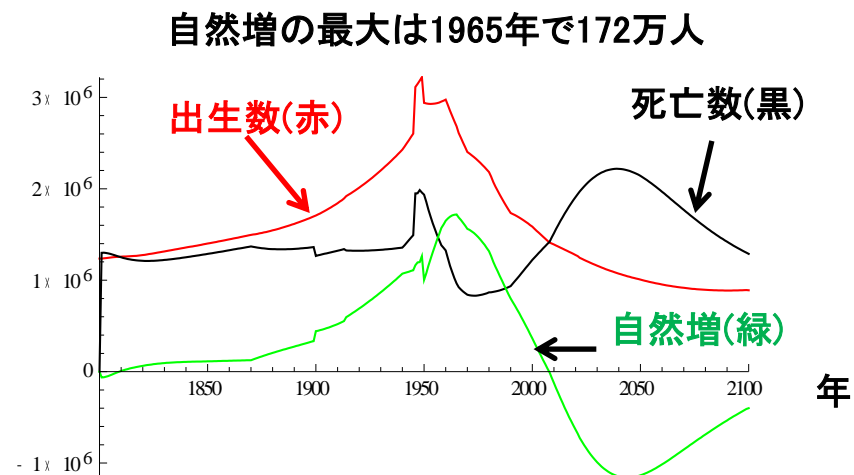


図4-9 人口推移



自然増の最小は2044年で-116万人

図4-10 出生数、死亡数、自然増減の変遷

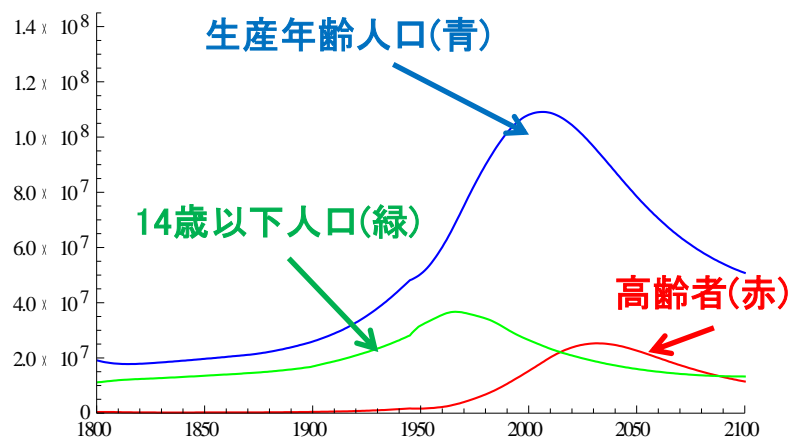


図4-11 生産、14歳以下、高齢者各人口推移

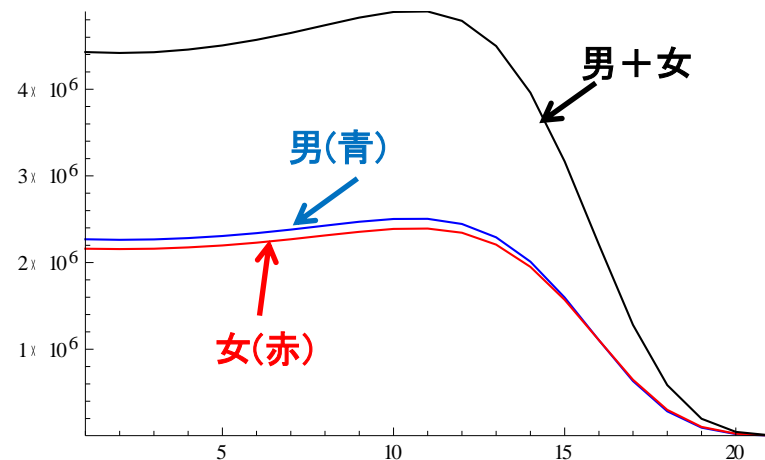


図4-12 2100年の年齢層別人口構成

4.3 解析図の説明

- (1) 図4-1は、解析開始時の1800年の年齢層別の人口構成であります。これは3.2節で説明しましたように、ピラミッド型になっており、表3-2を図形化したものです。
- (2) 図4-2は、1800年の年齢層別の死亡率です。この時点の一人当たりGDPは約9万円であるため、乳幼児死亡率のピーク値は、約0.07となっています。
- (3) 図4-3は、1800年の年齢層別の出産率です。出産率ピーク値は約0.38です。
- (4) 図4-4は、一人当たりGDPの推移を表したもので、表3-3を図形化したものです。図は円を基にしたものです。
- (5) 図4-5は、1800～2100年間の乳幼児の死亡率ピーク値の変遷を示したものです。一人当たりGDPの増加により低下しますが、1870年から比較的大きく低下しているのは、表2-3に示す様に一人当たりGDPが20万円を超えることによりピーク値が大きく低下するためです。また1900年で急激に低下しているのは、時代が江戸から明治に移り、諸外国との交流により国内の衛生観念が改善されるようになった影響です。1950年前後で一時的に上昇しているのは、敗戦後の経済低迷によるGDPの低下によるものです。1970年以降は一人当たりGDPの驚異的な伸びにより、乳幼児死亡率が低下したものです。

4.3 解析図の説明（続き）

- (6) 図4-6は、男子の年齢層別の死亡率の変遷です。一人当たりGDPが最も低い1800年時点の曲線は、若年層と老齢層の死亡率が高いことが分かります。また、一人当たりGDPが最も高いと設定しました2008年に掛けて、老齢層の死亡率が低下していることが分かります。
- (7) 図4-7は、出産率ピーク値の変遷です。一人当たりGDPが低いため、1930年頃までは出産率ピーク値は約0.38を保っています。1946年以降一時的に高くなっているのは、戦後のベビーブームを反映するための出産奨励策を”有効”として設定したためです。1950～2008年までは一人当たりGDPが単調増加するため、出産率のピークは急激に低下して行きます。2008年以降に上昇して行くのは、GDPが2008年以降に低減して行くと仮定しているためです。
- (8) 図4-8は、年齢層別に出産率の変遷です。死亡率の変遷と同様、一人当たりGDPの増加と共に、出産率が低下していると共に、出産の年齢も高年齢層に移動(晩産化)していることが分かります。

4.3 解析図の説明（続き）

(9) 図4-9は、人口の推移です。1900年までは図4-4に示す様に、一人当たりGDP（GDP1）が微増しているため、出産率のピークが緩く低下しています。ただし死亡率も低下していますので、人口は微増となります。1900年以降は、徐々に一人当たりGDPが増加し、かつ、乳幼児の死亡率が目に見えて低下しているため、人口は増加に転じています。

1950年以降は、高度経済発展計画による急激なGDPの伸びが有り、一時的な出産率のピーク(ベビーブーム)はありますが、出産率は低下して行きます。一方、医療技術の進展により乳幼児から老人に至るまで死亡率が低下したため、人口が増えて行きます。人口の最高到達時は、シミュレーションに拠れば2007年で、推定人口は1億4500万人です。**(総務省の確定統計値に拠れば、最高人口は2008年の1億2808万人です。)**

2008年以降、GDP1の低下により、出産率は若干上昇しますが、高齢者の死亡数が出産数を上回り、人口は2100年の解析終了時点まで単調減少して行きます。ちなみに、2100年の全人口は7,155万人、男子3,650万人、女子3,505万人と推定しています。

4.3 解析図の説明（続き）

(10) 図4-10は、出生数、死亡数、自然増減の推移です。1870年まではGDP1の微増により、出産率及び死亡率が同様に低下しますので、差し引きの人口増は0で推移します(人口の定常維持状態)。このことは図4-9に示す様に、人口は横ばいとなります。この後、明治時代になり西洋文明の医療技術の導入により1900年以降は、乳幼児の死亡率の低下により、成年女子の数が増え、それが出生数の増加に繋がり、出生数が増加する結果となっています。このため、自然増が上昇しています。

1950～1970年までは、出生数、死亡数共に同様の挙動を示します。自然増の最大は1965年で170万人となっています。1990以降高齢者の死亡数の増加により、自然増は低下して行きます。2008年には、自然増が0となり、人口減少に移行します。

2008年以降、GDP1の低下により、出産率は若干上昇しますが、高齢者の死亡数が出産数を上回り、負の自然増が2044年まで続きます。この時点での負の自然増は116万人です。これ以降、積年の人口減による高齢人口が少なくなるため、死亡数も少なくなっていくます。出生数の低減が2010年以降緩やかなのは、図4-7に示す様に、GDP1の低減により出産率が増加しているためです。

解析終了時点の2100年では、まだ死亡数が出産数を上回っています。

4.3 解析図の説明（続き）

(11) 図4-11は、生産年齢（15-64歳）、14歳以下及び高齢者（65歳以上）の各人口推移です。以下、解析結果について説明します。

- 生産年齢人口の最高到達年は、2006年で、1億 910万人です。図4-9の全人口の動向と同様に、戦後のベビーブームの年代が定年を迎える2012年前後にピークが有るのは容易に理解出来るところです。2100年時点の生産人口は、解析では5,078万人となっており、ピーク時の約 1/2となっています。
- 14歳以下人口の最高到達年は、1966年で、3,670万人です。戦後のベビーブームの世代が15歳になる前までにピークが来るのは予想できます。2100年時点の人口は、解析では1,327万人となっており、ピーク時の約 1/3となっています。
- 高齢者人口の最高到達年は、2032年で、2,528万人です。ちなみに、2000年時点での当該人口は、1,526万人です。2100年時点の人口は、解析では1,145万人となっており、ピーク時の約 1/2となっています。

4.3 解析図の説明（続き）

- (12) 図4-12は、解析終了時点の2100年の年齢別人口構成です。2008年以降の出産率の微増により、人口構成は釣鐘型となっています。少産少死型であると釣鐘型の人口構成と成りますが、出産率が低下すれば、釣鐘型から紡錘型に変化し、完全な人口消滅型となります。兎に角、出産率の低下を食い止めることが、人口の維持に必要と成ります。

5. 実データと解析結果の比較

5.1 全人口、男子/女子人口の比較

表5-1 全人口等の比較

		最大到達年	人口(万人)
全人口	実	2008	1億2808
	解	2007	1億4500
男子	実	2007	6242
	解	2007	7,393
女子	実	2007	6,573
	解	2007	7,116

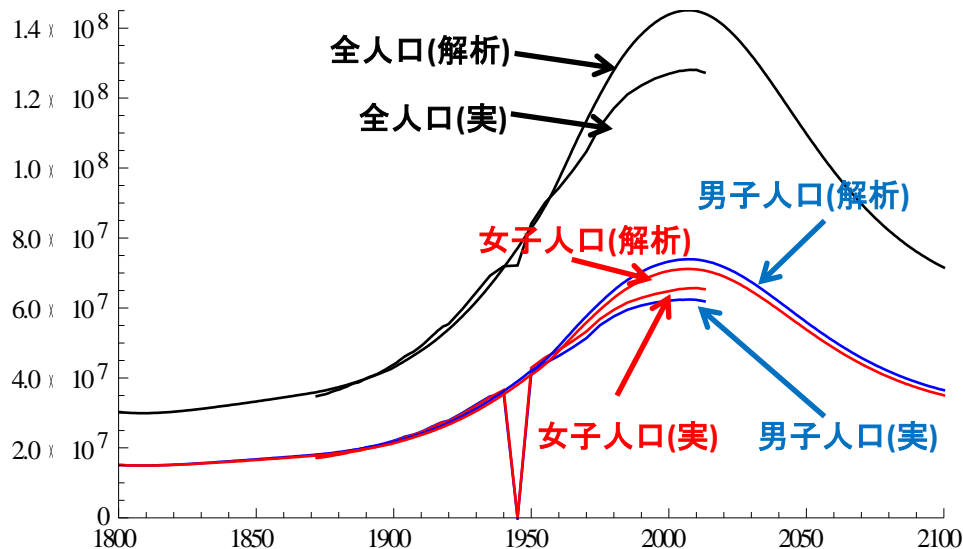


図5-1 全人口等の比較

人口の実データとして、1872-1920年までのデータをWikipediaより引用し、1925-2013年までのデータを総務省統計局のデータから引用しました。(註: 1944-1946年はデータ欠落です。)

比較結果を表5-1及び図5-1に示します。

- ① 1960年までの人口の推移は実データ及び解析結果とほぼ一致しています。1970年以降、解析結果の人口が実データに比べて大きくなっているのは、死亡率の推定を過小評価しているためと考えられます。
- ② 男子人口が大きく乖離(かいり)している原因は、解析では戦争による人口減少を考慮していないためと考えられます。
- ③ 女子人口の比較において、男子ほど大きく乖離していないのは、戦争の影響による人口減少が小さかったためと思われます。

実データの最大到達年は2008年で、その時の人口は1億2808万人です。解析による到達年は2007年で、推定人口は1億4500万人です。シミュレーションとしては、良くあっているのではないかと考えます。

5.2 生産年齢、高齢者等の人口比較

表5-2 全人口等の比較

	最大到達年		人口(万人)
生産年齢人口 (15-64歳)	実	1995	8,716
	解	2006	1億910
14歳以下人口	実	1955	2,980
	解	1966	3,671
高齢者人口 (65歳以上)	実	2005	2,567
	解	2032	2,528

生産年齢人口等の実データとして、1884-2005年までのデータを総務省統計局のデータから引用しました。

比較結果を表5-2及び図5-2に示します。

①1970年までの生産年齢人口(15-64歳)の推移は実データ及び解析結果とほぼ一致しています。1970年以降、解析結果の人口が実データに比べて大きくなっているのは、出産率の推定を過大評価しているためと考えられます。このために、14歳以下人口がこの時点で乖離(かいり)が大きくなっていきます。

② 14歳以下人口については上述の様に、1970年以降、実データと解析結果に乖離が生じていますが、戦後ベビーブームでの出産率の過大評価の影響と考えられます。

③65歳以上の高齢者人口については、実データが2005年までしかないため、将来的な比較は出来ないが、1900-2000年間での実データ及び解析値の差は約200万人です。このことは、解析ではこの間の成年の死亡率を過大評価していて、高齢人口に達する前に死亡していると評価していると考えられます。**(この点については改良が必要と考えます。)**

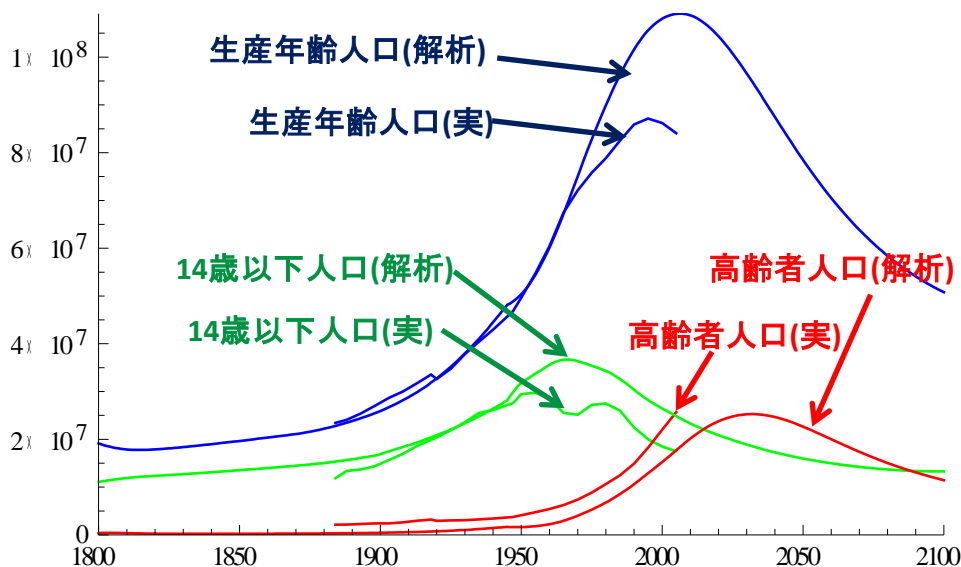


図5-2 生産年齢人口等の比較

5.3 出生数、死亡数等の人口比較

表5-3 出生数・死亡数・自然増減の比較

	最大到達年			人口(万人)
出生数	実	1949		270
	解	1949		322
死亡数	実	1918		149
	解	2039		222
自然増減	最大	実	1949	175
		解	1965	172
	最小	実	2004	8
		解	2044	-116

人口の実データとして、1872-2004年までのデータを厚生労働省大臣官房統計情報部データから引用しました。
(註: 1944-1946年はデータ欠落です。)

比較結果を表5-3及び図5-3に示します。

①出生数の推定では、1872年時点で実データと解析値にかなりの乖離があります。解析モデルでは、一人当たりGDP (GDP1)が小さければ、出産率は大きいとしていますが、実データは必ずしも大きいということを裏付けていません。**(モデルの改良が必要です)** 1950年以降の実データは、1980年近辺で第二次ベビーブームを示していますが、解析ではその効果が見られません。傾向として、1980年以降2000年までの推移は実データ及び解析値ともに同様となっています。

②死亡数の推定においても、1872年時点で実データと解析値にかなりの乖離があります。特に1950-1970年間の乖離については、GDP1の関数としての死亡率推定モデルの見直しが必要と考えます。

③自然増減の傾向については、1950-1970年間の乖離を除いては比較的良く一致します。これは出生数と死亡数の差分ですので、GDP1に対して、出産率と死亡率がそれ程見当違いな値の設定ではないことを示しています。

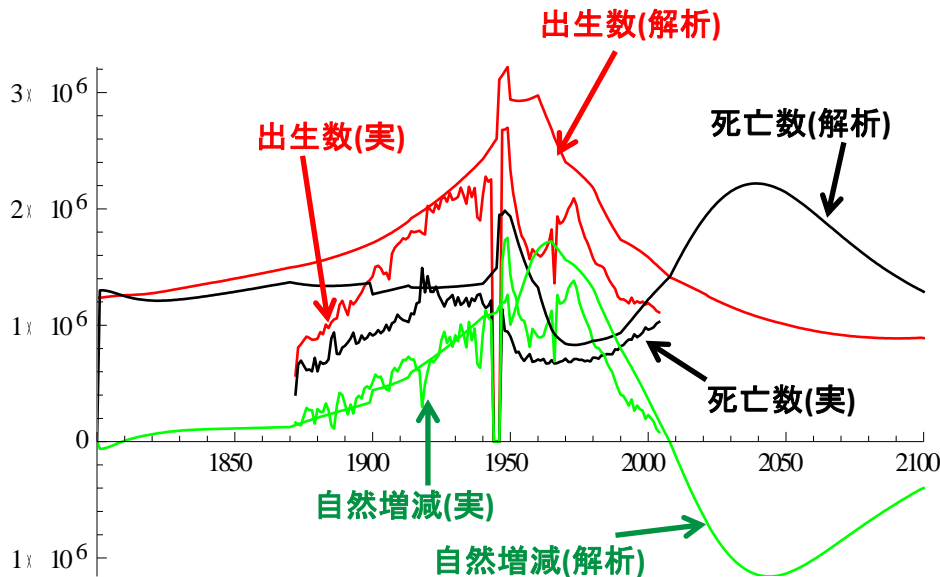


図5-3 出生数、死亡数等の比較

6. 考察

今回、死亡率と出産率を一人当たりGDP(国内総生産)、衛生観念、政策的出産計画、経済格差に拠る出産控えの関数として、推定する方法を検討しました。

その結果、以下の知見を得ました。

- ①1800-2100年間の全人口の推定において、実データがある1872-2013年間の人口推移を、主に一人当たりGDP (GDP1)の変数により、良く再現することが分かりました。
- ②解析に拠れば、日本の人口は2007年にピーク(1億4500万人)を迎え、以降人口は単調減少し、2100年にはピーク時の半分である7155万人となります。2100年時点の人口構成は、釣鐘型から若干紡錘型になっています。早い時点で出産数を回復する政策、保育施設の完備等が人口及び経済活動の維持の点で必要と考えます。
- ③出産数及び死亡数の実データと解析値には、かなりの乖離が見られます。出産率及び死亡率のGDP1に対する設定の見直しが必要と考えます。