

---

特 集

---

全国将来人口推計に関連した研究 その2

人口のコーホート変動要因と人口構造指標の動的变化<sup>1)</sup>

—総人口・平均年齢・人口モメンタムの動的变化に与える影響の比較—

石井 太\*・高橋重郷

I. はじめに

我が国の人口は、今後数年のうちにかつて経験したことのない「人口減少期」を迎えようとしている。国立社会保障・人口問題研究所の「日本の将来推計人口（平成14年1月推計）」中位推計結果によれば、増加を続けてきた総人口は、2006年をピークにその後減少に転じ、以降、推計期間最終年である2050年までの間、一貫して減少を続けるものと見込まれている<sup>2)</sup>。

このような人口趨勢の人口学的要因を考察するには、人口のコーホート変動要因である、①出生率、②死亡率（生残率）、③人口移動（国際人口移動）、ならびに④出生性比の変化とその人口構造への影響を検討する必要がある。

将来人口は、将来のコーホート変動要因の仮定値に従って推計されているが、「長期的」な人口減少の主要因は、出生率の将来仮定値が人口置換水準を下回っていることによる。このため、「出生率の人口置換水準を下回る水準への低下」＝「少子化」は、近年の我が国の人口を考える上で中心的な課題となってきた。また、将来人口推計においても、長期的な人口動向を決定する重要なファクターとして将来の出生率の見通し、すなわち出生率の仮定設定が議論の中心となった（社会保障審議会人口部会 2002）。

ところで、実際の人口構造の動的变化（時間変化）は、その時点のコーホート変動要因のみで分析できるわけではない。例えば、2000年以降、死亡率変動・人口移動がないとし、出生率が直ちに人口置換水準まで上昇したと仮定してみよう。この時、出生率が常に人口置換水準であるにも関わらず、総人口は一旦増加をするもののその後減少に転じ、最終的には2000年時点の総人口に対して5%程度低い水準に収束してしまう（図1）（国立社会

---

\* 厚生労働省大臣官房統計情報部企画課審査解析室長補佐

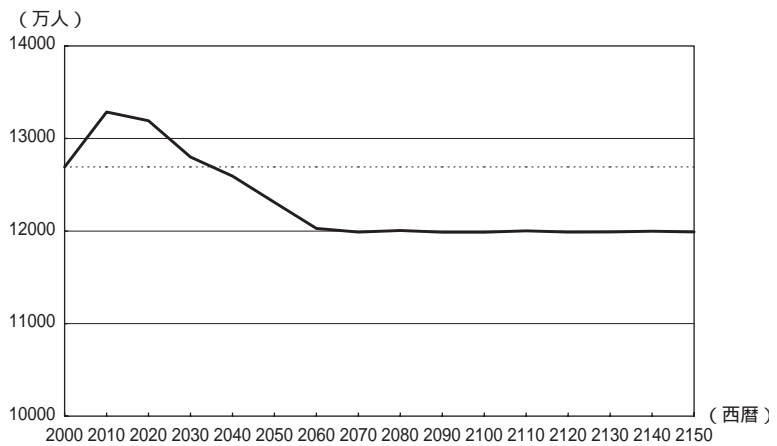
1) 本稿の執筆にあたり、石川晃氏、赤塚正則氏から貴重なコメントをいただいた。この場を借りてお礼を申し上げる。

2) 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口 平成14年1月推計」

保障・人口問題研究所2002)。この比率を人口学では「人口モメンタム」と呼んでいる (Keyfitz 1985)。発展途上国等でしばしば見られるような、人口増加が継続してきた人口については、ある時点で出生率が直ちに人口置換水準まで低下したとしても、その時点の総人口規模で人口が一定となるのではなく、より大きい人口水準まで人口の増加が続いてしまう。「人口モメンタム」という概念は、もともとはこのような「人口の慣性」とでもいべき現象を捉えるために考えられた概念である。しかしながら、現在の我が国が置かれている状況はちょうどこの逆になっており、いわば、「少子化」による近年の出生減少が現在の人口構造に影響し、それ自体が人口減少という慣性を形成していると考えられる状況にある。

このような人口現象を捉えるためには、現在の人口構造に記憶された過去のコーホート変動要因の影響を解きほぐして分析を行うことが必要となる。また、今、まさに始まろうとしている人口減少の動向を見極めるためには、先述の人口モメンタムの概念の他、各時点の人口が、過去から将来

図1 2000年以降人口置換水準出生率、死亡率一定による総人口の見通し



を通じ、コーホート変動要因のうちいずれの要因がどの程度影響し、人口を動的に変化させているかを明らかにすることが必要といえよう。そこで本稿では、以上のような問題意識の下、人口減少の動向を見るために「総人口」、年齢構造を見るために「平均年齢」、そして人口の慣性を表す先述の「人口モメンタム」の3種類の人口構造指標を取り上げ、いくつかの前提に基づくコーホート変動要因の変化がこれらの指標の動的変化にどのように影響を与えるのか、現存する人口が受けている過去のコーホート変動要因の影響をも含め総合的な分析を試みる。

## II. 将来推計人口データを用いた評価

### 1. 評価の方法

前節で述べた分析を行うにあたり、評価の方法について述べることにしよう。まず、各人口構造指標の数学的定義とその性質について、数理人口学的観点から分析を行い、各人口構造指標の動的変化を「年齢別成長率 (the age-specific growth rate)」 (Preston and Coale 1982) を用いて表す。この年齢別成長率は、variable-r methodに

より、コーホート間における過去のコーホート変動要因である「出生成分」「死亡成分」「移動成分」に分解が可能である。本稿においては、これを用いて各人口構造指標の成分分解法を導き、その動的变化の分析を試みる。特に、人口モメンタムについては一定の仮定をおいて独自に分析を行った。

数理人口学的内容に関しては補論に記述し、本文では必要に応じてその結果を引用する。従って、本文中に現れる人口構造指標の定義等については補論を参照されたい。

次に、コーホート変動要因を変化させた場合に各種人口構造指標の動的变化がどのように影響を受けるか、実際のデータに基づいた評価を行うわけであるが、これにあたり、コーホート変動要因変化に使用する推計の前提について述べる。

表1 各ケースにおける前提の要約

コーホート変動要因	中位	高出生	高移動
長期の出生率仮定	TFR=1.39	TFR=1.63	中位と同じ
平均寿命の仮定	男77.64年(2000年)→80.95年(2050年) 女84.62年(2000年)→89.22年(2050年)		
出生性比	105.5		
国際人口移動(日本人)	1995~2000年の男女別各歳別入国超過率の平均値より設定		
国際人口移動(外国人)	入国超過数を2001年の男2.9万人、女3.3万人から2025年の男4.4万人、女5.0万人まで増加させ、以降一定 年齢分布は1995~2000年の平均値より設定		入国超過数を2001年以降男30万人、女30万人で一定 年齢分布は1995~2000年の平均値より設定

本稿においては、「中位」推計結果に対し、「高出生」ケースと「高移動」ケースという2種類の前提を仮定し、そのコーホート変動要因の変化が各人口構造指標の動的变化に与える影響を分析する。具体的な前提は表1の通りであり、「高出生」ケースとしては出生率の高位推計を用いた。また、「高移動」ケースとしては、中位推計の外国人入国超過数が最終水準で約10万人程度(男4.4万人、女5.0万人)であることから、およそ50万人程度を機械的に増加させ、2001年以降60万人(男30万人、女30万人)と仮定した推計を用いた<sup>3)</sup>。

これらの前提に基づいた将来推計データ等に基づいて具体的評価を行うにあたって、補論における数理人口学的分析は連続的なデータを前提としたものであるため、離散的である実際の人口データあるいは将来人口推計結果にそのまま適用することができない。そこ

3) この推計は、総人口・人口成長率の見通し(後述)から明らかなように、国連人口部で行われた研究であるReplacement Migration(United Nations 2000)の水準のうち、総人口を一定に保つ水準を、平成14年1月推計の中位推計に関して推計したものに対応する。従って、「高移動」に基づく人口推計とは人口規模に差が生じていることに注意が必要である。

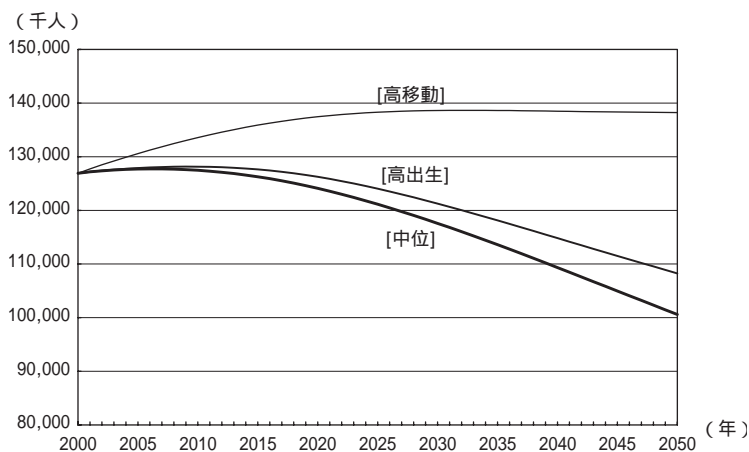
で、技術的な変換を行って分析に用いた<sup>4)</sup>。

また、年齢別成長率の成分分解にあたっては、過去・将来の出生数および生命表が必要となる。過去の実績データについては、出生数は、厚生労働省「人口動態統計」の男女別・月別出生数を用い、これを10月から翌年9月の出生数に集計し直し、 $r_B(t-a)$ を算定した。なお、通常報告書にある出生数には届出遅れ分が含まれていないため、届出遅れ分をその年の月別出生数で按分して加算した。生命表に関しては、厚生労働省「生命表」の各回の完全生命表が、その作成基礎期間の中間年の生命表を表しているものと考え、各年齢における前年齢からの生残率を作成し、これを各回の完全生命表間で年齢ごとに線形補間することにより全ての年の生残率を作成した。

将来推計値に関しては、国立社会保障・人口問題研究所において行った推計結果を基に作成を行った。

次に、2以降で、以上の手法およびデータを用いて実際に影響評価を行った結果について述べることにする。まず、各前提における人口構造指標の動向およびその動的变化を見た後、補論で述べた分析法を用いた成分分解の結果を見る。

図2 総人口（男女計）の見通し



## 2. 総人口及び人口成長率

「中位」「高出生」「高移動」のそれぞれの前提に基づき、総人口（男女

4) 具体的な変換は以下の通りである。将来推計人口結果等は、各年10月1日現在で把握されていることから、連続する2年の10月1日の状況を、

$$N(a, t_1) = B(t_1) e^{-\int_0^a r(s, t_1) ds} p(a, t_1)$$

$$N(a, t_2) = B(t_2) e^{-\int_0^a r(s, t_2) ds} p(a, t_2)$$

とする。この両辺を乗じ、平方根を取ることにより、

$$N^*(a) = B^* e^{-\int_0^a \frac{r(s, t_1) + r(s, t_2)}{2} ds} p^*(a)$$

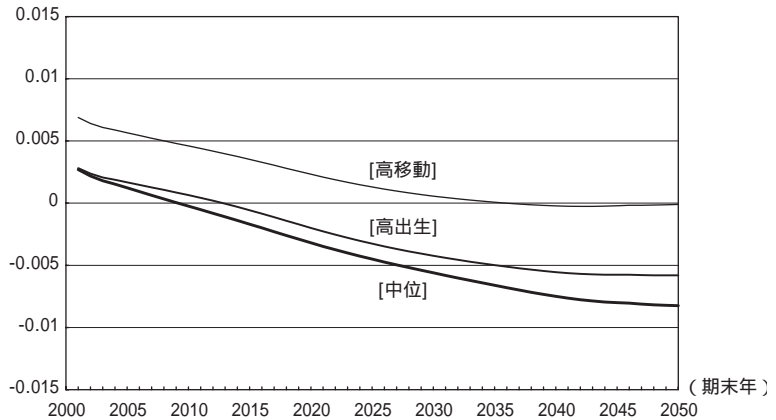
という式を得る。ここで、 $N^*(a) = \sqrt{N(a, t_1) \cdot N(a, t_2)}$ 、 $B^* = \sqrt{B(t_1) \cdot B(t_2)}$ 、 $p^*(a) = \sqrt{p(a, t_1) \cdot p(a, t_2)}$ である。また、年齢別成長率については期間内で線形に変化すると考え、

$$\frac{r(s, t_1) + r(s, t_2)}{2} = \frac{\ln \left( \frac{N(s, t_2)}{N(s, t_1)} \right)}{t_2 - t_1}$$

と考えて上式に適用する。なお、生命表は暦年単位で作成されていることから、これを10月1日ベースに変換してから幾何平均を取ることはせず、直接、4月1日ベースに変換した各歳の生残率を用いて $p^*(a)$ を推定した。また、以上のようなデータ制限から、コーホート間の生残率改善率は、各年10月1日～翌年9月30日生まれの者をコーホートの単位として計算を行っている。

計)を推計したものが図2である。「中位」によれば、我が国の総人口規模は2006年に1億2,774万人でピークを迎えた後、減少に転じ、以降、2050年まで減少を続ける見込みとなっている。「高出生」では、総人口のピークは2009年の1億2,815万人と時期はやや遅れるものの、以降、一貫して減少し続けるという点は「中位」と同様である。一方、「高移動」では2030年頃までに1億3,900万人程度の人口規模に増加した後、やや減少するもののほぼ一定規模の総人口数を保っている。

図3 人口成長率(女)の見通し



次に、この人口規模の増減に関して分析を行うため、総人口の動的变化である人口成長率を推計したものが図3である。人口構造指標の成分分解は、生命表等の人口学的データを用いることから、男女別に行う必要がある。その結果は男女ともほぼ同様の傾向を示す。また、再生産に関しては、女子人口に関する分析が本質的である。そこで、以降、女子人口の分析結果を示す。また、後述する人口成長率の成分分解も含め、2005、2025、2050年(期末年)に関する人口成長率等の数値を要約した表2も併せて参

表2 人口成長率(女)とその成分分解

	(期末年)		
推計仮定・変動成分	2005年	2025年	2050年
人口成長率(中位)	0.0012	-0.0045	-0.0082
出生成分	-0.0072	-0.0103	-0.0111
死亡成分	0.0073	0.0047	0.0018
移動成分	0.0011	0.0010	0.0010
人口成長率(高出生)	0.0016	-0.0033	-0.0058
出生成分	-0.0067	-0.0089	-0.0083
死亡成分	0.0073	0.0046	0.0017
移動成分	0.0011	0.0010	0.0008
人口成長率(高移動)	0.0056	0.0013	-0.0001
出生成分	-0.0068	-0.0086	-0.0067
死亡成分	0.0071	0.0042	0.0014
移動成分	0.0053	0.0057	0.0052

照されたい。これらを見ると、「中位」では、男女とも推計期間を通じて人口成長率が一貫して逓減しており、2005年では0.0012であるが、2025年には-0.0045、2050年には-0.0082までマイナスの人口成長が拡大する。これに対して「高出生」では、2005年で0.0016、2025年には-0.0033、2050年には-0.0058であり、「中位」と同様に人口成長はマイナスとなるものの、その水準はより小さいものとなっている。また、グラフ(図3)の方からわかるように、概ね2045年以降では人口成長率の逓減が抑えられ、一定速度で減少するようになっている。「高移動」では、2005年で0.0056、2025年には0.0013、2050年には-0.0001となっており、当初人口成長率はプラスで大きい値を取るが、時間の経過により逓減してい

き、最終的には0近辺に収束する。

なお、「高出生」「高移動」とも「中位」に比べ人口規模は大きくなるが、「高出生」では出生率の高位推計をそのまま用いたのに対し、「高移動」では機械的に人口移動数を設定しており、両者の前提の置き方が異なる。従って、以下の分析における比較の際に人口規模が異なっていることに注意する必要がある。

次に、補論の結果を用いて、人口成長率を「出生成分」「死亡成分」「移動成分」に成分分解したのを見てみよう。補論（補-2）にあるように、人口成長率は年齢別成長率を用いて表されるが、補論（補-1）の年齢別成長率の成分分解を代入すると、

$$\begin{aligned} \int_0^{\infty} c(a,t)r(a,t)da &= \int_0^{\infty} c(a,t)(r_B(t-a) - \int_0^a \Delta\mu(y,t)dy + \int_0^a \Delta i(y,t)dy)da \\ &= \int_0^{\infty} c(a,t)r_B(t-a)da + \int_0^{\infty} c(a,t)\{-\int_0^a \Delta\mu(y,t)dy\}da + \int_0^{\infty} c(a,t)\{\int_0^a \Delta i(y,t)dy\}da \end{aligned}$$

となり、人口成長率の分解表示ができる。そこで、この右辺の第1項を「出生成分」、第2項を「死亡成分」、第3項を「移動成分」<sup>5)</sup>と呼ぶことにしよう。各成分の意味は、右辺の関数から読みとることが可能である。第1項の「出生成分」は、各コーホートの出生時点での出生数増加率を現在の年齢構成でウェイトをつけて積分したものであることから、出生増によりコーホート間での規模の増加があったことによる人口増加部分を表す。第2項の「死亡成分」は、出生時以降現時点までのコーホート間の生残率の改善による規模の増加に基づく人口増加の部分である。それ以外の要因に基づく部分が「移動成分」ということになる。このように、*variable-r method*によると、現時点における総人口の動的变化を、現存する人口が受けている過去のコーホート変動要因の影響に基づいて記述することが可能なのである。

図4は、「中位」に関して人口成長率を成分分解したものである。これによると、「中位」の人口成長率の逓減は、出生成分と死亡成分の両方から構成されていることが明らかである。また、死亡成分がほぼ直線的に減少しているのに対し、出生成分の減少度が次第に弱くなることで全体の人口成長率の逓減度が弱まっていることが分かる。

図4 人口成長率成分分解（「中位」女）

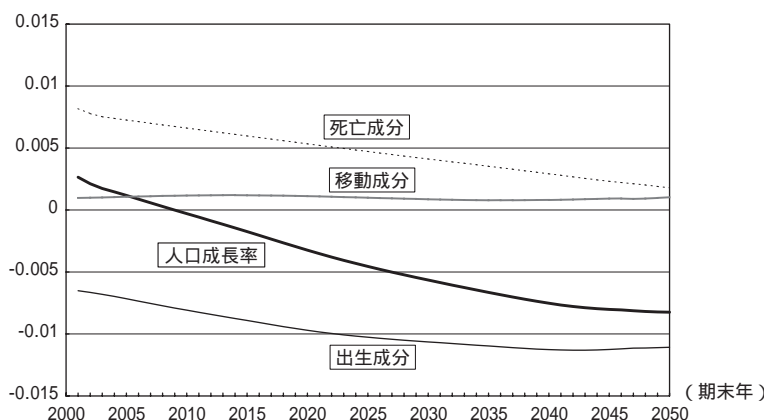


図5は、コーホート変動要因を変えた3通

5) 「移動成分」は、実際には、左辺の積分結果から「出生成分」、「死亡成分」を控除して算出を行った。

りの前提に基づく「出生成分」（実線）を、対応する人口成長率（破線）とともに示したものである。これを見ると、「高出生」では出生成分が上方にシフトし、過去からの出生数増加が「中位」に比べて多いことから、人口成長率が高くなっているということがわかる。表2を見ても、「中位」と「高位」の人口成長率の差は、2025年で0.0012ポイント、2050年で0.0024ポイントであるのに対し、「出生成分」は2025年で0.0014ポイント、2050年で0.0028ポイントであることから、両者の違いは「出生成分」の違いで概ね説明できることがわかる。一方、

図5 人口成長率（女）とその出生成分

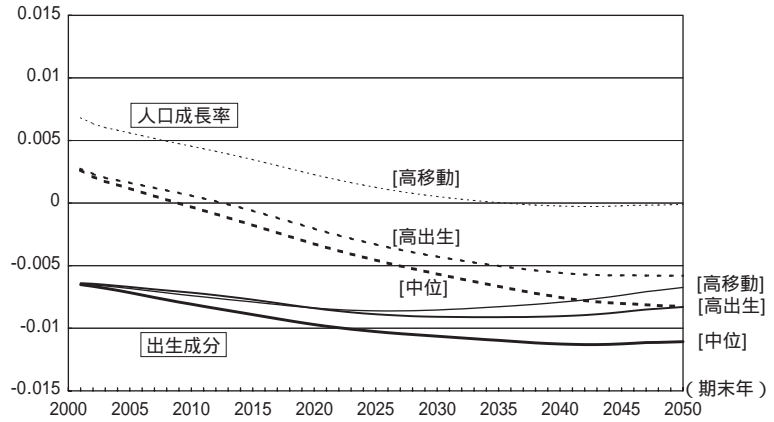
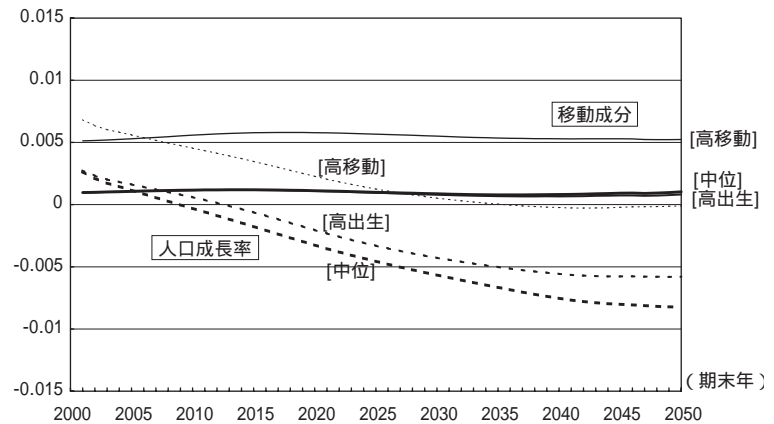


図6 人口成長率（女）とその移動成分



「高移動」においても「出生成分」が上方にシフトしていることに注意が必要である。「高移動」においては図6で見られるとおり、高い「移動成分」により人口成長率が押し上げられているわけであるが、その効果は、表2によれば、2005年で0.0053ポイント、2025年で0.0057ポイント、2050年で0.0052ポイントと、時間経過に依らずほぼ一定程度である。しかしながら、「高移動」における人口成長率の動きが、単純に「中位」の曲線を平行移動しただけではないのは、「高移動」において「出生成分」も上方にシフトすることによるのである。これは、推計に用いている移入者の年齢分布が20歳台に集中しており、これらの者の出生行動が出生数を増大させることに基づいている。このように、移入者の増加は、それ自身のみでなく、その出生行動も人口構造の動的変化に対して影響を与えているということがわかる。

以上の総人口及び人口成長率の分析結果をまとめると、以下の通りである。

## A 「総人口」とその動的变化である「人口成長率」に関して

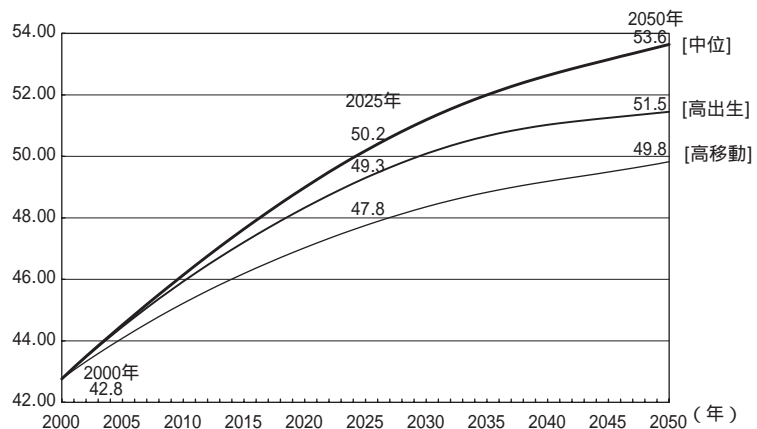
- (1) 「中位」の総人口は2006年にピークを迎えた後2050年まで減少。「高出生」ではピークはやや遅れるが、以降減少。「高移動」では2030年頃までに1億3,900万人程度の人口規模に増加した後ほぼ一定水準。
- (2) 「中位」の人口成長率の逡減は、出生成分と死亡成分の両方から構成され、死亡成分がほぼ直線的に減少しているのに対し、出生成分の減少度が次第に弱くなることで全体の人口成長率の逡減度合が弱まる。
- (3) 「高出生」と「中位」における人口成長率の違いは「出生成分」の違いで概ね説明できる。
- (4) 「高移動」では、高い「移動成分」により人口成長率が押し上げられる一方、「出生成分」も上方にシフトする。すなわち、移入者の増加は、それ自身のみでなく、その出生行動も人口構造の動的变化に対して影響を与える。

## 3. 平均年齢と平均年齢変化量

人口の年齢構造に関して、平均年齢とその変化量を通して分析する。以下も女子人口について分析を行っている。

各前提に基づいて平均年齢を推計したものが図7である。これを見ると、平均年齢は2000年において42.8歳であるが、今後、どのケースについても一貫して上昇しており、人口構成が高齢にシフトしていくことが読みとれる。具体的には、「中位」では2025年に

図7 平均年齢（女）の見通し



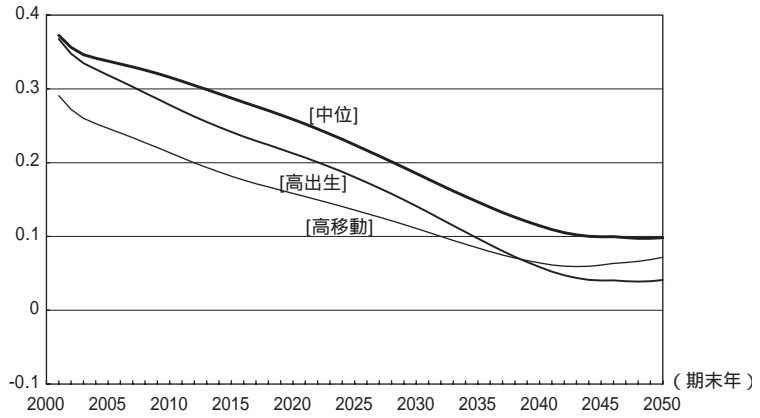
50.2歳、2050年に53.6歳まで上昇するのに対し、「高出生」では、2025年に49.3歳、2050年に51.5歳、「高移動」では、2025年に47.8歳、2050年に49.8歳となっており、その上昇の程度には違いが見られる。

そこで、この平均年齢の動的变化である平均年齢変化量を推計したものが図8である。また、後述する平均年齢変化量の成分分解も含め、2005、2025、2050年（期末年）に関する平均年齢変化量等の数値を要約した表3も併せて参照されたい。これらを見ると、平均年齢変化量の様相がケースによって異なっていることがわかる。どのケースでも平均年齢変化量は、2050年に向けて概ね減少傾向にあり、変化のスピードが徐々に弱まる傾向を示している。「中位」では、2005年では0.34であったものが、2025年には0.22、2050年には



0.10まで減少する。これに対して「高出生」では、2005年で0.32と、当初の平均年齢変化量は「中位」と同程度であるものの、徐々にその差が広がり、2025年には0.18、2050年には0.04まで減少している。一方、「高移動」では、2005年で0.25と、当初から平均年齢変化量が

図8 平均年齢変化量（女）の見通し



低い水準にあり、2025年には0.13、2050年には0.07まで減少するが、グラフ（図8）を見ると、2045年前後以降では減少してきた平均年齢変化量が反転し、やや上昇していることがわかる。

これらの要因を分析するため、人口成長率同様、平均年齢変化量について、年齢別成長率を用いた成分分解を見てみよう。平均年齢変化量も人口成長率の時と同様に、補論（補-3）、（補-1）を用いて以下のように成分分解が可能である。

表3 平均年齢変化量（女）とその成分分解（期末年）

推計仮定・変動成分	2005年	2025年	2050年
平均年齢変化量（中位）	0.34	0.22	0.10
出生成分	0.13	0.07	0.03
死亡成分	0.18	0.14	0.06
移動成分	0.02	0.01	0.00
平均年齢変化量（高出生）	0.32	0.18	0.04
出生成分	0.11	0.03	-0.03
死亡成分	0.18	0.14	0.06
移動成分	0.02	0.01	0.01
平均年齢変化量（高移動）	0.25	0.13	0.07
出生成分	0.11	0.00	-0.08
死亡成分	0.18	0.13	0.05
移動成分	-0.05	0.01	0.10

$$\begin{aligned}
 \int_0^{\infty} c(a,t)r(a,t)[a-A_p(t)]da &= \int_0^{\infty} c(a,t)(r_B(t-a) - \int_0^a \Delta\mu(y,t)dy + \int_0^a \Delta i(y,t)dy)[a-A_p(t)]da \\
 &= \int_0^{\infty} c(a,t)r_B(t-a)[a-A_p(t)]da + \int_0^{\infty} c(a,t)\{-\int_0^a \Delta\mu(y,t)dy\}[a-A_p(t)]da \\
 &\quad + \int_0^{\infty} c(a,t)\{\int_0^a \Delta i(y,t)dy\}[a-A_p(t)]da
 \end{aligned}$$

人口成長率同様、右辺の第1項を「出生成分」、第2項を「死亡成分」、第3項を「移動成分」<sup>6)</sup>と呼ぶことにしよう。各成分の意味は、人口成長率の時と同様である。

図9は、「中位」に関する成分分解である。出生成分は、2005年では0.13であるが、2025年には0.07、2050年には0.03と推移するが、グラフによれば2040年前後以降、増加に転じ

6) 人口成長率同様、「移動成分」は、実際には、左辺の積分結果から「出生成分」、「死亡成分」を控除して算出を行った。

ている。この2040年から2050年への増加に関し、出生成分の構成要素をさらに年齢別に分解して分析を行うと、次の特徴が指摘できる。

① 年齢別成長率がマイナスで平均年齢変化量にマイナスの寄与をしている1950年代生まれの者が90歳以上となって人口に占めるウエイトが小さくなり、平均年齢変化量を押し上げる方向にはたらく。

② 年齢別成長率が高く平均年齢変化量にプラスの寄与をしている1960年代生まれの者が、平均年齢からの乖離が大きくなる影響を受け、平均年齢変化量を押し上げる効果を持つ。

一方、死亡成分は、死亡率改善度合の減少から、直線的に逓減しており、2005年では0.18、2025年には0.14、2050年には0.06と推移している。グラフ（図9）から見て取れるように、2040年以降平均年齢変化量が一定に近づいているのは、これら出生成分・死亡成分の相殺によるものと解することができる。また、移動成分は平均年齢変化量に関してはほとんど影響していない。

図10は、コーホート変動要因を変えた3通りの前提に基づく「出生成分」（実線）を、対応する平均年齢変化量（破線）とともに示したものである。これを見ると、「高出生」では出生成分が下方にシフトしており、出生数増加が「中位」に比べて多いことから、平均年齢変化量が低くなっているということがわかる。また、人口成長率の時も見たように、「高移動」においても出生増の効果が見れ、出生成分が下方にシフトし平均年齢変化量を押し下げていることがわかる。

図9 平均年齢変化量成分分解（「中位」女）

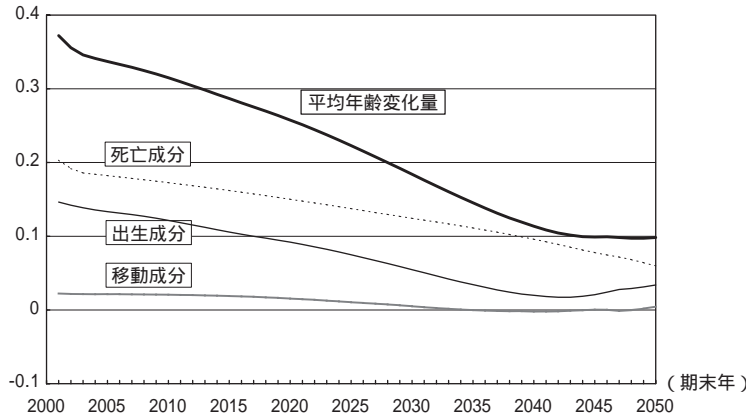
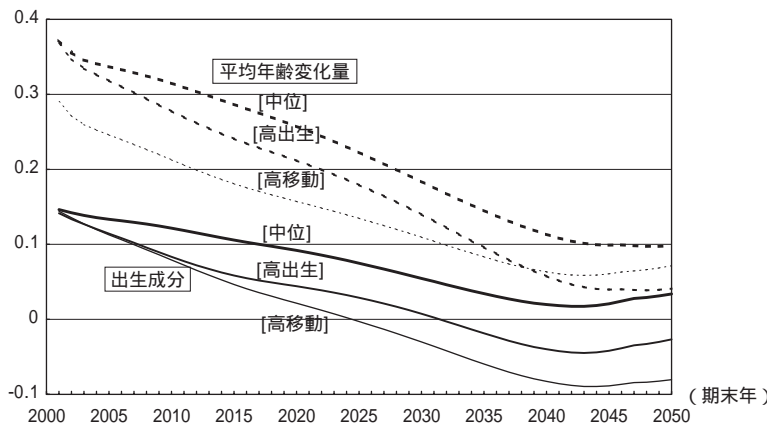
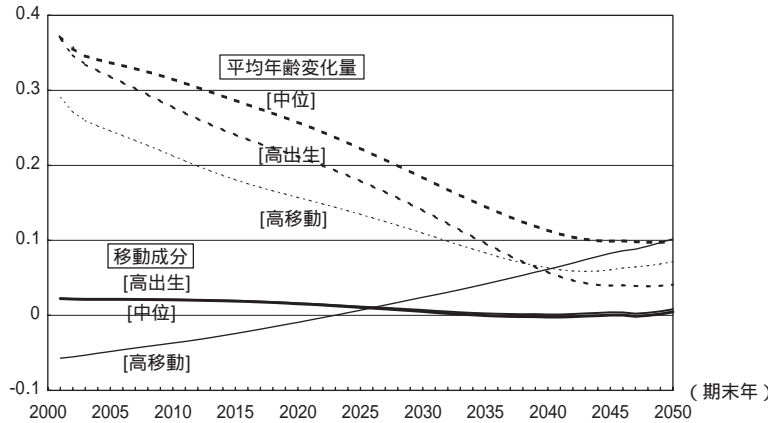


図10 平均年齢変化量（女）とその出生成分



しかしながら、「高移動」の平均年齢変化量の動きは、出生増の効果だけでは全てを説明できない。これ以外の部分は、図11に示す「移動成分」の見通しによって明らかとなる。これを見ると、「高移動」における平均年齢変化量の「移動成分」は、当初、平均年齢変化量を押し下げる働き

図11 平均年齢変化量（女）とその移動成分



をしているものの、時間の経過とともに直線的に増加していき、推計期間後半では逆に平均年齢変化量を押し上げる効果を示していることがわかる。若年移入者が増加することは、当初、平均年齢変化量を低下させ、人口構成を若齢化させる方向に働くものの、時間の経過に伴い、移入者自身も高齢化していくため、最終的には年齢構造を高齢化させてしまう働きを持つのである。

以上の平均年齢及び平均年齢変化量の分析結果をまとめると、以下の通りである。

B 「平均年齢」とその動的变化である「平均年齢変化量」に関して

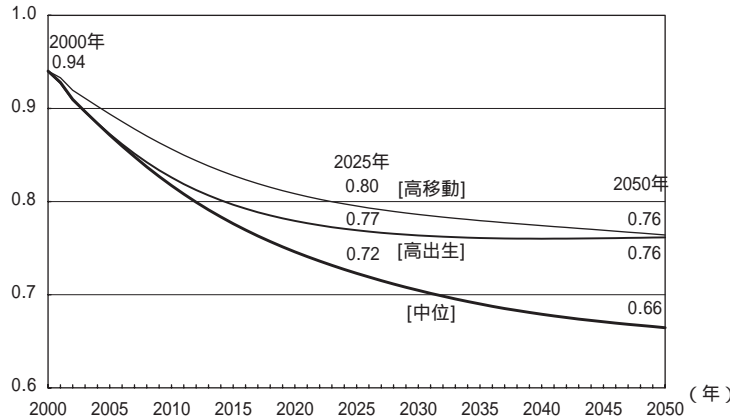
- (1) 「中位」の平均年齢は2000年の42.8歳から2050年の53.6歳まで上昇。その他のケースについても一貫して上昇し、人口構成が高齢にシフト。
- (2) 「中位」における平均年齢変化量が当初減少するのは出生成分、死亡成分双方によるものであるが、2040年以降平均年齢変化量が一定に近づいているのは、出生成分が増加し、死亡成分と相殺することによる。
- (3) 「高出生」では出生成分が下方にシフトし、平均年齢変化量が低くなっている。
- (4) 「高移動」においても出生成分が下方にシフトするが、「移動成分」が、当初、平均年齢変化量を押し下げる働きをしているものの、時間の経過とともに直線的に増加していき、推計期間後半では逆に平均年齢変化量を押し上げる。すなわち、若年移入者が増加することは、当初、平均年齢変化量を低下させ、人口構成を若齢化させる方向に働くものの、時間の経過に伴い、移入者自身も高齢化していくため、最終的には年齢構造を高齢化させてしまう働きを持つ。

4. 人口モメンタムとその変化量

最後に、人口の慣性を表す「人口モメンタム」を、同様に女子人口について分析する。人口モメンタム推計結果は図12のとおりである。これによれば、「中位」の人口モメンタム

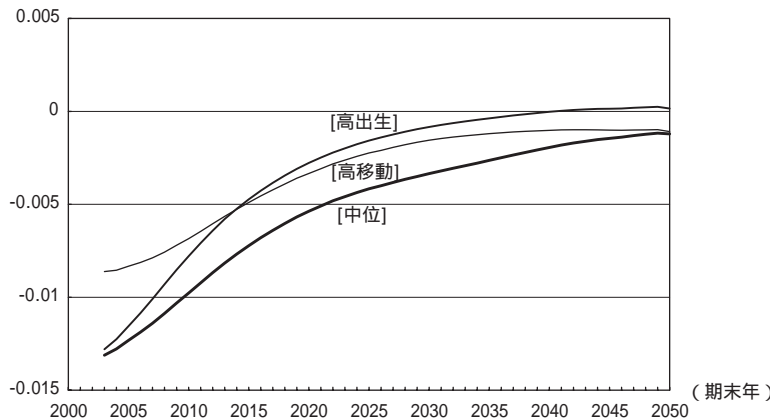
ムは2000年に0.94であるものが、2025年には0.72、2050年には0.66まで減少している。これは、2050年以降、出生率が直ちに人口置換水準まで上昇したとしても、最終的な人口水準は2050年時点の2/3程度まで減少してしまう（死亡率固定・人口移動なしの場合）ということの意味している。

図12 人口モメンタム（女）の見通し



少子化に起因する人口減少の慣性は、現状のような低出生水準が長期間に渡って継続すると、より大きいものになってしまうのである。なお、「高出生」についての人口モメンタムは、2025年には0.77、2050年には0.76、「高移動」では2025年には0.80、2050年には0.76

図13 人口モメンタム変化量（女）の見通し



となっており、両者とも「中位」よりは高い水準に留まるものの、今後、全てのケースについて人口モメンタムは減少していくことが見通される。

この人口モメンタムの動的変化である人口モメンタム変化量を推計したものが図13<sup>7)</sup>である。また、後述する人口モメンタム変化量の成分分解も含め、2005、2025、2050年(期末年)に関する人口モメンタム変化量等の数値を要約した表4も併せて参照されたい。人口モメンタム変化量は、「中位」では、2005年では-0.0131であったものが、2025年には-0.0042、2050年には-0.0012まで増加する。「高出生」では2005年で-0.0122、2025年には-0.0016、2050年に0.0002と推移する一方、「高移動」では2005年で-0.0091、2025年に-0.0023、2050年に-0.0011と推移することから、「高出生」は「中位」と比較して、推計期間後半で変化量の上昇が大きいのに対し、「高移動」では推計期間前半での上昇が大きく

7) 将来人口推計上仮定されている将来生命表の2001年値は、他の年と異なり別途外挿されており、これにより人口モメンタム変化量が2002年まで不規則な動きを示すことから、人口モメンタム変化量は2003年以降についてのみ表示している。

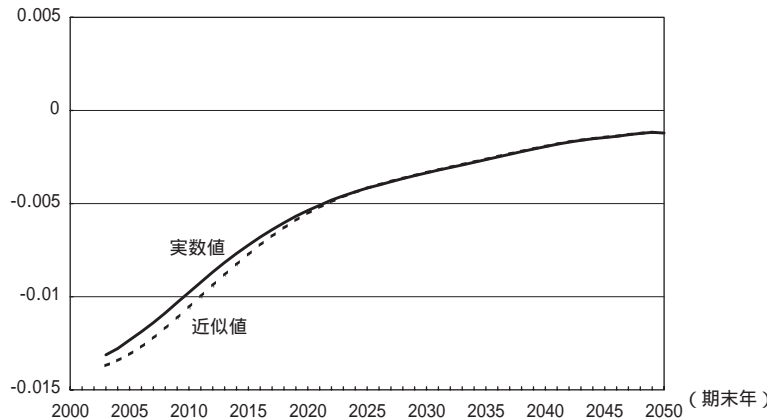
なっているという違いがあることがわかる。

次に、年齢別成長率を用い、人口モメンタム変化量の成分分解を行うこととする。成分分解にあたっては補論で述べた近似式（補－４）を用いて行うが、この近似がどの程度実数と異なるかを把握するため、「中位」について、実数値と近似値を比較したものが図14である。これを見ると、推計期間前半では若干の乖離が生じているものの、推計期間後半では概ね実数値と近似値は一致していることが見て取れ、コーホート変動要因を変化させた場合の指標の動的变化を比較するという本稿の目的には十分なものであると考えられる。

表4 人口モメンタム変化量（女）とその成分分解  
(期末年)

推計假定・変動成分	2005年	2025年	2050年
人口モメンタム変化量（中位）	-0.0131	-0.0042	-0.0012
出生成分	-0.0081	-0.0010	0.0001
死亡成分	-0.0046	-0.0026	-0.0009
移動成分	-0.0004	-0.0005	-0.0004
人口モメンタム変化量（高出生）	-0.0122	-0.0016	0.0002
出生成分	-0.0072	0.0017	0.0015
死亡成分	-0.0046	-0.0027	-0.0009
移動成分	-0.0004	-0.0006	-0.0004
人口モメンタム変化量（高移動）	-0.0091	-0.0023	-0.0011
出生成分	-0.0073	0.0040	0.0032
死亡成分	-0.0046	-0.0025	-0.0007
移動成分	0.0028	-0.0038	-0.0036

図14 人口モメンタム変化量（「中位」女）の見通し



具体的な分解式であるが、（補－４）にあるように、

$$\frac{d}{dt}M(t) = \int_0^\beta \left\{ r(a,t) - \frac{\partial}{\partial t} \ln p(a,t) \right\} k(a,t) da + \left\{ \frac{\int_0^\infty \frac{\partial}{\partial t} p(a,t) da}{\int_0^\infty p(a,t) da} - \int_0^\infty c(a,t) r(a,t) da \right\} M(t)$$

であるから、この式に含まれる年齢別成長率を（補－１）を用いて分解することにより、

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}M(t) &= \int_0^\beta r_B(t-a) k(a,t) da - \left\{ \int_0^\infty c(a,t) r_B(t-a) da \right\} M(t) \\ &+ \int_0^\beta \left\{ - \int_0^a \Delta u(y,t) dy - \frac{\partial}{\partial t} \ln p(a,t) \right\} k(a,t) da + \left\{ \frac{\int_0^\beta \frac{\partial}{\partial t} p(a,t) da}{\int_0^\beta p(a,t) da} \right\} M(t) \\ &+ \int_0^\beta \left\{ \int_0^a \Delta i(y,t) dy \right\} k(a,t) da \end{aligned}$$

となる。右辺第1行を「出生成分」、第2行を「死亡成分」、第3行を「移動成分」<sup>8)</sup>と呼ぶことにする。

図15は「中位」の人口モメンタム変化量成分分解を示したものである。この人口モメンタム変化量の成分分解を見ると、出生成分は2005年に-0.0081、2025年に-0.0010、2050年に0.0001、死亡成分は2005年に-0.0046、2025年に-0.0026、2050年に-0.0009となっており、

推計期間前半では主に出生成分の動向を、推計期間後半では主に死亡成分の動向を反映していると考えられる。一方、移動成分は2005年に-0.0004、2025年に-0.0005、2050年に-0.0004と大きな影響を与えていないことが見て取れる。

図16は、コーホート変動要因を変えた3通りの前提に基づく「出生成分」(実線)を、対応する人口モメンタム変化量(破線)とともに示したものである。これを見ると、「高出生」では出生成分が2005年に-0.0072、2025年に0.0017、2050年に0.0015と上方にシフトしており、出生数

増加が「中位」に比べて多いことが人口モメンタム変化量を押し上げている。また、「高移動」においても、2005年に-0.0073、2025年に0.0040、2050年に0.0032と出生増の効果が現れている点は、他の人口構造指標の分析結果と同様である。

図17は「移動成分」(実線)を、対応する人口モメンタム変化量(破線)とともに示し

8) 人口成長率、平均年齢変化量同様、「移動成分」は、実際には、左辺の積分結果から「出生成分」、「死亡成分」を控除して算出を行った。

図15 人口モメンタム変化量成分分解（「中位」女）

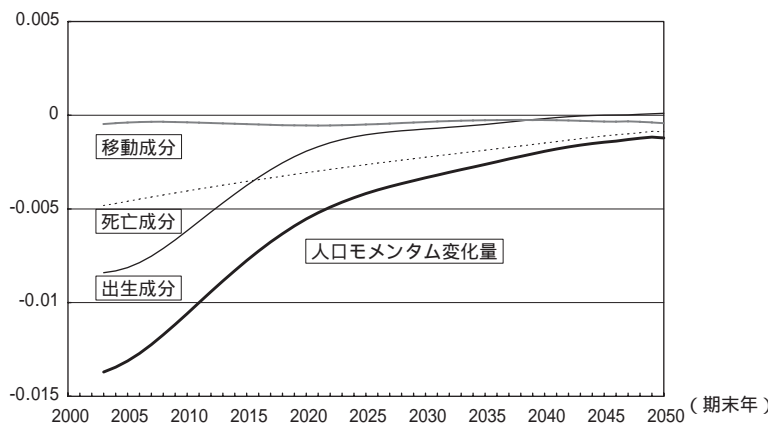
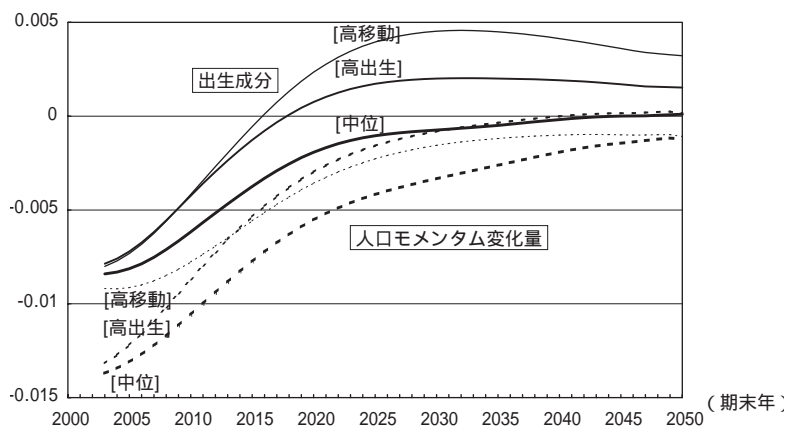
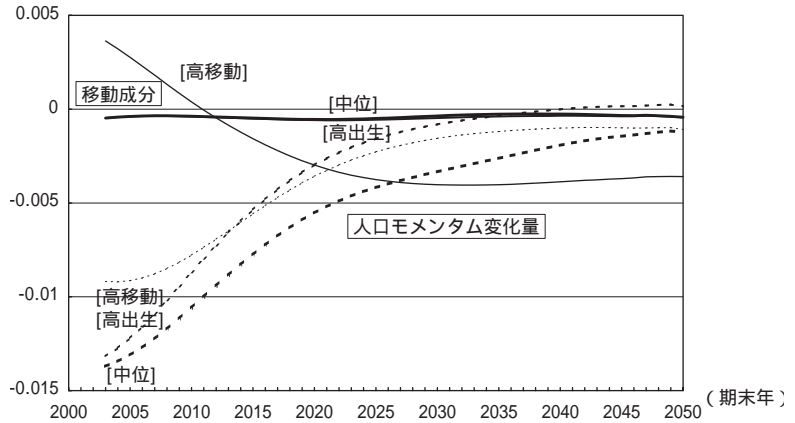


図16 人口モメンタム変化量（女）とその出生成分



たものである。「高出生」でも移動成分は2005年に-0.0004, 2025年に-0.0006, 2050年に-0.0004と、「中位」と同様, 人口モメンタム変化量に大きな影響を与えてはいない。一方, 「高移動」については, 2005年に0.0028, 2025年に-0.0038, 2050年に-0.0036と, モメンタム

図17 人口モメンタム変化量(女)とその移動成分



変化量に大きく影響を与えている。「高移動」における移動成分は, 当初, 移入者が再生産年齢区間に増加することなどから人口モメンタム変化量を上昇させる効果をもたらしているが, その効果は移入者自身の高齢化とともに急速に減少し, 推計期間後半には逆にマイナスの影響を与えることとなっているのである。

以上の人口モメンタム及び人口モメンタム変化量の分析結果をまとめると, 以下の通りである。

### C 「人口モメンタム」とその動的変化である「人口モメンタム変化量」に関して

- (1) 「中位」の人口モメンタムが2000年の0.94から2050年に0.66まで減少するほか, 他のケースでも今後減少。
- (2) 「中位」の人口モメンタム変化量は, 推計期間前半で主に出生成分の動向を, 推計期間後半で主に死亡成分の動向を反映した動向を示し, 移動成分は大きな影響を与えていない。
- (3) 「高出生」では出生成分が人口モメンタム変化量を押し上げている。
- (4) 「高移動」では出生増の効果が現れるとともに, 「移動成分」が, 当初, 人口モメンタム変化量を上昇させるが, 移入者自身の高齢化とともに急速に減少し, 推計期間後半には逆にマイナスの影響を与える。

### III. まとめ

本稿においては, 「高出生」「高移動」というコーホート変動要因の変化が「総人口」「平均年齢」「人口モメンタム」という人口構造指標の動的変化に与える影響を数学的に分析し, データを用いて評価を行った。

各人口構造指標毎にとりまとめた, 結果のまとめA~Cについて, 人口構造指標そのも

の動き（結果のまとめA～Cの(1)）については、「総人口」が今後の人口減少を、「平均年齢」が今後の人口の高齢化を意味していることは明らかである。一方、「人口モメンタム」が今後減少していくということは、これまでの継続した少子化が既に人口減少の慣性を形成しているのに加え、今後も低出生が引き続いて人口構造に積み重なっていくことで、人口減少の慣性がますます強まる方向に働いていくことを意味している。「人口モメンタム」の定義における「出生率が直ちに人口置換水準に上昇する」という仮定は、一見、非現実的なものに思えるかもしれない。しかしながら、これを、「出生率の増加がどの程度人口増加に効果を与えるかを、人口置換水準で仮に測定したもの」と考えれば、「出生率がある一定水準まで回復するとしても、そのタイミングが遅ければ遅いほど、人口減少の慣性は強まってしまう」というように、人口モメンタム減少の意味を捉えることができるであろう。

次に、各人口構造指標の動的变化に関する結果（結果のまとめA～Cの（2）～（4））から、「高出生」と「高移動」という、「中位」に対してともに人口を増加させる方向に働くコーホート変動要因の変化であっても、その動的变化に与える様相が異なっているということが分かる。特に、本稿における定量的評価に基づけば、「高移動」における移入者の増加は、

- (1) 移入者の出生行動が出生増という効果をもたらす
- (2) 一方で移入者自身が時間とともに高齢化する

という特性を持ち、これらが長期的な人口構造にも影響を及ぼすという結論が導かれる。

「人口減少」という事象は、低出生率の継続が長期的に人口減少を招くという安定人口構造的な観点から、少子化の帰結として捉えられることが多い。そして、今後、その帰結としての「人口減少期」を実際に迎えることは間違いない。しかしながら、少子化進行以前には出生数が増加してきた時代もあったわけであり、そのような種々の出生変動を経験してきた現在の人口構造は、安定人口構造とは大きく異なっている。こういう状況下での人口動向分析は、単に一時点の出生率（及び死亡率）や、その長期的な帰結である安定人口構造的観点からの分析だけでは十分でなく、本稿で行った、人口の動的变化に関し、過去を通じたコーホート変動要因を用いて分析する手法が必要かつ有効なものだといえよう。特に、本稿で用いた *variable-r method* は、我が国のように、人口動態統計が過去100年に渡って利用可能な状況において、人口分析に関する有効なツールとなることから、このような方法論からさらなる多角的分析を深めていくことが今後の人口分析の課題である。

（本稿の中で意見にわたる部分は個人的な見解である）

#### 補論 人口構造指標の数学的定義とその性質

この補論では、コーホート変動要因の変化が「総人口」「平均年齢」「人口モメンタム」という人口構造指標の動的变化に与える影響の比較を行うため、各人口構造指標の数学的定義とその性質を数理人口学的観点から分析する。以下の記述は *Preston, Heuveline*



and Guillot (2001) に依るところが大きいですが、人口モメンタムの動的变化については、一定の仮定をおいて独自に分析を行ったものである。

$N(a,t)$  : 時刻  $t$  における年齢区間  $[a, a+da]$  の人口 (密度関数) とする。この時、各時刻  $t$  における「総人口」は、

$$N(t) = \int_0^{\infty} N(a,t) da$$

となり、各時刻  $t$  における「平均年齢」は、

$$A_p(t) = \frac{\int_0^{\infty} N(a,t) a da}{N(t)} = \int_0^{\infty} c(a,t) a da$$

と定義される。ここで、

$$c(a,t) = \frac{N(a,t)}{N(t)} : \text{時刻 } t \text{ における年齢構成}$$

である。

次に、「人口モメンタム」を定義する。人口モメンタムは、時刻  $t$  以降人口移動がないものとし、死亡率を時刻  $t$  におけるもの、出生率を人口置換水準に固定した場合に、最終的に収束する総人口水準が時刻  $t$  における水準に対してどの程度の割合になっているかという概念である。Keyfitz により人口モメンタムは次の式で表されることが示されている。

$$M(t) = \int_0^{\beta} \frac{c(a,t)}{c_s(a,t)} w(a,t) da$$

ここで、 $\beta$  は、 $[\alpha, \beta]$  : 再生産年齢区間の上限であり、

$$c_s(a,t) = \frac{p(a,t)}{\int_0^{\infty} p(y,t) dy} : \text{period life table 上の stationary population の年齢構成}$$

ただし、

$$p(a,t) \stackrel{\text{def}}{=} l_a(t)/l_0(t) : \text{時刻 } t \text{ における period life table 上の } 0 \rightarrow a \text{ 歳の間の生残率}$$

$$w(a,t) = \frac{\int_0^{\beta} p(y,t) m^*(y,t) dy}{A^*(t)}$$

ただし、

$m(a,t)$  : 時刻  $t$  における  $a$  歳の出生率

$$m^*(a,t) = \frac{m(a,t)}{NRR(t)} : \text{人口置換水準とした場合の時刻 } t \text{ における } a \text{ 歳の出生率}$$

$$NRR(t) = \int_{\alpha}^{\beta} p(y,t) m(y,t) dy : \text{net reproduction rate}$$

$$A^*(t) = \int_0^{\beta} p(a,t) m^*(a,t) a da = \int_0^{\beta} \int_{\alpha}^{\beta} p(y,t) m^*(y,t) dy da$$

: stationary population 上の平均出産年齢

である。

次に、これらの動的变化を考察するために、variable-r method について述べる。

$r(a,t)$  : 年齢別成長率 (the age-specific growth rate) を、

$$r(a,t) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\partial \ln N(a,t)}{\partial t}$$

により定義する。この時、

$B(t) \stackrel{\text{def}}{=} N(0,t)$  : 時刻  $t$  における出生数

とすれば、各時点の人口は、人口移動がない場合、

$$N(a,t) = B(t) e^{-\int_0^a r(s,t) ds} p(a,t)$$

と表される。この式において諸関数が  $t$  によらず、かつ、 $r(a) = r$  for  $\forall a$  が成立する場合が安定人口モデルにあたる。このように、安定人口理論は年齢別成長率を用いて現実人口を記述可能なモデルに拡張することができるが、これが、Preston and Coale による *variable-r method* である。このモデルは人口移動がある場合にも拡張することが可能であり、この時、年齢別成長率は次のような成分に分解される。

$$r(a,t) = r_B(t-a) - \int_0^a \Delta\mu(y,t) dy + \int_0^a \Delta i(y,t) dy \quad (\text{補-1})$$

ここで、

$r_B(t-a)$  : 時刻  $t-a$  における出生数増加率

$\Delta\mu(y,t)$  : 時刻  $t$  における年齢  $a$  のコーホートと年齢  $a+da$  のコーホートの  $y$  歳での死亡率変化

$\Delta i(y,t)$  : 時刻  $t$  における年齢  $a$  のコーホートと年齢  $a+da$  のコーホートの  $y$  歳での純移入率変化

である。

さらに右辺第 2 項に対して、

$$\int_0^a \frac{\partial \ln p(s,t)}{\partial t} ds$$

は、時刻  $t$  における *period life table* の生残率の改善分と考えられることから、この部分と第 2 項の残差を取ることで、死亡率改善影響を期間内変化分と過去変化分に分解が可能であるが、これは後述の人口モメンタムの動的变化を記述する際に用いる。

さて、次に、この年齢別成長率の成分分解を用いて各人口構造指標の動的变化を分析するため、各人口指標と年齢別成長率の関係をまとめる。

まず、「総人口」の動的变化を表す「人口成長率」は、

$$\frac{\frac{d}{dt} \int_0^\infty N(a,t) da}{\int_0^\infty N(a,t) da} = \frac{\int_0^\infty \frac{\partial}{\partial t} N(a,t) da}{\int_0^\infty N(a,t) da} = \frac{\int_0^\infty N(a,t) r(a,t) da}{\int_0^\infty N(a,t) da} = \int_0^\infty c(a,t) r(a,t) da \quad (\text{補-2})$$

となる。

次に、「平均年齢」の動的变化である「平均年齢変化量」は、

$$\frac{d}{dt} A_p(t) = \int_0^\infty c(a,t) r(a,t) [a - A_p(t)] da \quad (\text{補-3})$$

となる。これは、平均年齢の定義式を時間で微分することにより導かれる。「人口成長率」、「平均年齢変化量」とも、年齢別成長率を用いて動的变化が表されていることから、年齢

別成長率の成分分解を用いて動的变化も成分分解できることがわかる。

さて、次に、「人口モメンタム」の動的变化について考えることにする。「人口モメンタム」の動的变化は他の2指標に比べ単純ではない。そこで、本稿では、人口モメンタムの構成要素関数に一定の仮定をおいてこれを近似することとする。具体的には、 $w(a,t)$  関数について、時間的变化は無視できるものとして評価を行うこととした。この場合、 $w(a,t) \approx w(a)$  と書けることから、人口モメンタムは、

$$M(t) = \int_0^\beta \frac{c(a,t)}{c_s(a,t)} w(a,t) da \approx \int_0^\beta \frac{c(a,t)}{c_s(a,t)} w(a) da$$

となる。ここで、被積分関数を  $k(a,t)$  と置き、モメンタムの核関数と呼んでおくこととする。すなわち、

$$k(a,t) = \frac{c(a,t)}{c_s(a,t)} w(a,t) \approx \frac{c(a,t)}{c_s(a,t)} w(a)$$

この時、核関数の動的变化は、

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} k(a,t) &= \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{c(a,t)}{c_s(a,t)} \right) \cdot w(a) \\ &= \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{N(a,t) \int_0^\infty p(a,t)}{p(a,t) \int_0^\infty N(a,t)} \right) \cdot w(a) \\ &= r(a,t) k(a,t) - \frac{\partial \ln p(a,t)}{\partial t} k(a,t) + \frac{\int_0^\infty \frac{\partial}{\partial t} p(a,t) da}{\int_0^\infty p(a,t) da} k(a,t) - \int_0^\infty c(a,t) r(a,t) da \cdot k(a,t) \end{aligned}$$

となるので、これを0から $\beta$ まで積分することにより、モメンタムの動的变化である「モメンタム変化量」が

$$\frac{d}{dt} M(t) = \int_0^\beta \left\{ r(a,t) - \frac{\partial}{\partial t} \ln p(a,t) \right\} k(a,t) da + \left\{ \frac{\int_0^\beta \frac{\partial}{\partial t} p(a,t) da}{\int_0^\beta p(a,t) da} - \int_0^\beta c(a,t) r(a,t) da \right\} M(t)$$

(補-4)

と表されることとなる。ここで、第1項の積分中に含まれる{ }内の部分は、先述した年齢別成長率から *period life table* の生残率の改善分を除いたものとなっていることがわかる。また、第2項の{ }内は、前半部分の項は *period life table* 上の平均寿命の動的变化(時間微分)を表し、後半部分のマイナス項は総人口の動的变化である人口成長率を表している。人口成長率部分は先述の通り年齢別成長率を用いて成分分解が出来ることから、以上の分析を通して、近似的ではあるが、人口モメンタムの動的变化を数学的に表現することができたことになる。

## 参考文献

- Keyfitz, N. (1985) *Applied Mathematical Demography*, New York, Springer-Verlag  
 国立社会保障・人口問題研究所 (2002) 『人口統計資料集2001/2002』(研究資料第302号)

Preston, S.H., and Coale, A.J., (1982) "Age Structure, Growth, Attrition and Accession", *Population Index*, Vol.48, No.2, pp.217-259.

Preston, S.H., Heuveline, P., and Guillot, H., (2001) *Demography*, Oxford, Blackwell Publishers

社会保障審議会人口部会編 (2002) 『将来人口推計の視点 日本の将来推計人口 (平成14年1月推計) とそれを巡る議論』, 東京, きょうせい

United Nations (2000) *Replacement Migration: Is it A Solution to Declining and Ageing Populations?*, (ESA/P/WP./160)

## Various Combinations of Demographic Assumptions, and It's Dynamic Changes in the Future Population

Futoshi ISHII and Shigesato TAKAHASHI

According to the new future population projections prepared by the National Institute of Population and Social Security Research, the overall population of Japan will start facing the decrease in population that has not been experienced ever before. It is necessary to analyze the element of the following cohort change to consider demographic reasons to produce the population trend. Those are future trend of the fertility rate, the mortality rate, the international-migration rate, and the sex ratio at birth. However, the main factor of the decrease in population is a fertility rate. Because it depends on the value's assumed to be a fertility having fallen below the population replacement level.

In this text, the assumed values of the fertility rate and the international migration rate, etc. were variously set, and the influence on the population structural index was evaluated.

The overall population of population structural indices shows the level of the decrease in population in the future. The average age shows the level of aging in the population in the future. Moreover, the decrease of population momentum in the future means the low fertility rate has already formed the inertia of the decrease in population.

According to the result of analysis, it is meant to work at the direction where the inertia of the decrease in population becomes strong more and more because the low fertility will continue in the future. High fertility assumption and high international migration assumption work from the result concerning a dynamic change in a population structural index at the direction where the population is increased. However, it is understood that the appearance given to the dynamic change is different based on the assumptions.