

## 日本人の将来仮定値に同調する外国人年齢別出生率の推計

岩澤美帆・余田翔平・別府志海\*  
金子隆一\*\*

### 1. 本研究の目的と概要

将来人口推計の最も標準的な手法といえるコーホート要因法を用いて将来人口を推計する際には、出生、死亡、移動に関して何らかの仮定をおく必要がある。出生に関しては、再生産年齢女性（一般に15～49歳）の年齢別出生率について仮定を置くが、その際、推計の対象となる人口が同質か異質か、そしてその構造が安定的か変動するかによって仮定の置き方が異なってくる。

国立社会保障・人口問題研究所が実施する日本の将来人口推計では、日本人人口と外国人人口を異質集団とみなし、年齢別出生率と国際人口移動については、日本人と外国人について別の仮定を置き、国籍別に人口を推計している（金子・三田 2008、国立社会保障・人口問題研究所 2017）。本研究は、こうした異質な集団の仮定設定を行う際に、基準出生率をもとに、別の集団の出生率の仮定設定を行う方法を論じる。具体的には、日本人女性の出生率将来仮定を基準とし、外国人女性については、日本人女性と外国人女性の出生パターンの異質性を保持したまま、日本人女性の出生率のトレンドに同調するよう外国人女性の出生率を設定する方法を述べる。

このような外国人女性の出生率の推計方法に関する基本的な考え方は、金子（2009）において示されており、「日本の将来推計人口（平成29年推計）」（国立社会保障・人口問題研究所 2017）でも踏襲されている。まず、コーホート別投影手法によって仮定された日本人女性の年次別出生順位別年齢別出生率（中位仮定値）を基準とし、実績部分で見られる標準年齢パターンのモーメント（平均、分散（標準偏差）、水準（合計値））について、外国人女性と日本人女性との相対格差を格差係数としてもとめる。そうしたモーメントの相対格差の動向を将来にわたって仮定し、その係数を用いて日本人出生率の仮定値の推移に同調する外国人女性出生率の仮定値を得る。本論文では、この方法に、平均の同調において分散の変化を反映するよう調整を加えたほか、直近の相対格差係数を固定値として利用する改定を加えた上で、推計方法を説明する。

なお、本研究は直近のパターン（今回の場合、日本人女性と外国人女性の相対格差）を将来に投影するという将来人口推計の基本方針に沿った方法を解説することを目的として

\* 国立社会保障・人口問題研究所

\*\* 明治大学政治経済学部

おり、外国人女性と日本人女性の出生力の違いが何によってもたらされているか、また外国人出生力自体の変化等については紙幅を割かない。外国人の人口動態の推移については、勝野・林(1990)、山内(2010)、その構造や異質性については是川(2013a)、是川(2013b)、中川ほか(2018)に詳しい。

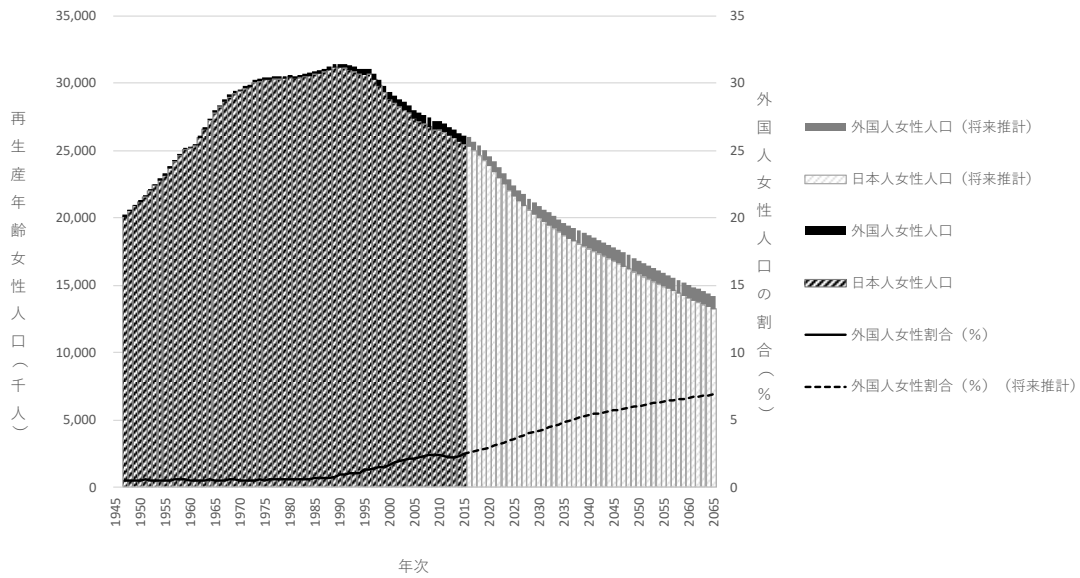
本稿の構成は以下のとおりである。まず、日本人、外国人別にみた再生産年齢女性の人口の現状と見通し（2節）を整理する。つづいて、推計に用いるデータおよび指標の説明（3節）、実績値の推移を示す（4節）。その上で最後に、推計方法の説明（5節、6節）、および推計結果（7節）を示す。

## 2. 日本人、外国人別にみた再生産年齢女性人口の推移と構造

外国人女性の出生率の推計システムの説明に入る前に、日本における出生の発生に主に関わる年齢人口、すなわち15歳～49歳の再生産年齢に該当する女性人口の規模と構造を確認しておこう。図1には、日本における再生産年齢の女性人口の推移を国籍別（日本人、外国人）に積み上げグラフで示し、第2軸では再生産年齢女性人口に占める外国人女性の割合を線グラフで示している。再生産年齢女性人口は1990年に3,145万人でピークに達し、その後減少している。2015年は2,611万人であったが、2065年には1,423万人となる見通しである（国立社会保障・人口問題研究所 2017）。これを、国籍別にみると、外国人女性人口は1950年代以降増加傾向を示している。再生産年齢人口に占める外国人女性人口の割合は、1990年頃まで1%を下回っていたが、1992年に1%を越え、2015年は2.5%であった。国立社会保障・人口問題研究所の将来推計によれば2050年代に6%を越えるとみられている。

また、図2には、再生産年齢の日本人、外国人それぞれについて年齢構造を2015年の実績および2065年の将来推計人口に基づき示した。日本人については各年齢層の人口規模は縮小するが、40代が相対的に多く10代、20代が相対的に少ない。外国人女性については2015年の実績では20代後半と30代前半がやや多くなっているが、いずれの年齢層でも人口が増加する2065年については30代、40代が相対的に多くなっている。

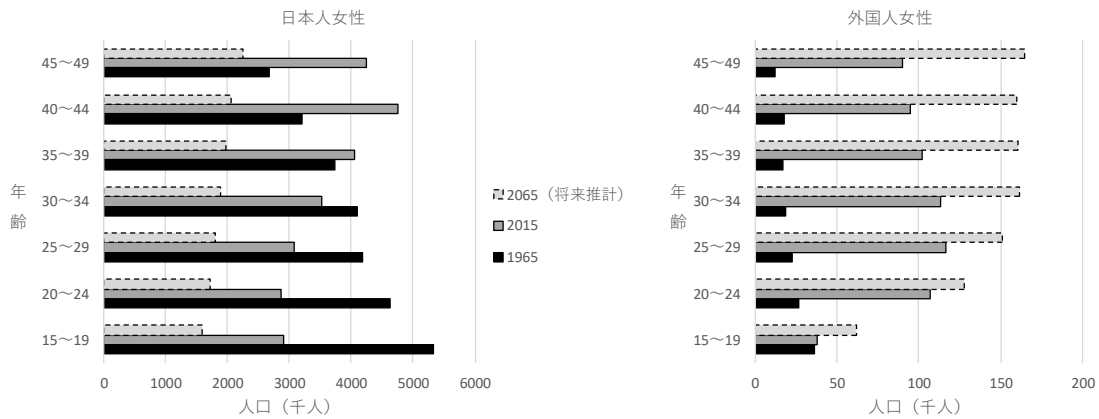
図1 日本人・外国人別にみた再生産年齢女性人口の年次推移と外国人女性人口の割合



注：再生産年齢は15～49歳。

データ：2015年までは「国勢調査」および「推計人口」（総務省統計局）による。2016年以降は「日本の将来推計人口（平成29年推計）」（国立社会保障・人口問題研究所2017）の出生中位・死亡中位推計による。

図2 日本人および外国人の再生産年齢女性人口の年齢構造（2015年と2065年）



データ：1965年、2015年は「国勢調査」（総務省統計局）による。2065年は「日本の将来推計人口（平成29年推計）」（国立社会保障・人口問題研究所）の出生中位・死亡中位推計による。

このように、再生産年齢の日本人女性と外国人女性の人口は、過去および将来にわたってその相対的規模が変化し、外国人女性が占める割合が増している。同時に、外国人女性の年齢構造も大きく変化している。これは外国人女性人口から発生する出生が将来推計人口に及ぼす影響が大きくなることを意味し、日本人女性と同様、外国人女性に対しても年

年齢別に出生率を仮定設定することでモデルを精緻化する必要があることを示唆している。そこで以下では、将来人口推計に必要な、外国人女性の年齢別出生率の仮定設定の方法論を論じる。

### 3. 入力データ

本出生率推計システムに必要な入力データは、(1)基準出生率実績値と(2)その将来仮定値、および(3)同調の対象となる人口の出生率の実績値である。本論文では外国人女性の出生率を推計することを目的としているため、(1)～(3)はそれぞれ、(1)日本人女性の出生率実績値と(2)その将来仮定値(中位仮定)、(3)外国人女性出生率となる。年齢別出生率は出生順位別に求める。

#### (1)基準出生率の実績値

基準年齢別出生率の実績値( $Base\_a$ )は、以下のよう求める。

$$f_{x,t}^{Base\_a}[\text{Jan.1, Dec.31}] = B_{x,t}^{ji}[\text{Jan.1, Dec.31}] / E_{x,t}^{Fi}[\text{Jan.1, Dec.31}]$$

$x$ 歳の基準出生率は、「人口動態統計」による日本人の母から生まれた日本国籍児  $B_{xjj}$  ( $t$ 年1月1日から $t$ 年12月31日)を分子に、日本人女性生存延べ年数  $E_{xjF}$  ( $t$ 年1月1日から $t$ 年12月31日) (「日本版死亡データベース」(JMD) (国立社会保障・人口問題研究所))を分母にしたものになる。出生順位別に求める。なお本稿における第4子の表記は第4子以上を含む。

これを平滑化のため基準年から過去10年分について平均し、基準出生率実績値の標準年齢パターンとする。例えば、2015年を基準年とする場合、2006年～2015年の平均値となる。

#### (2)基準出生率の将来仮定値

将来仮定値 ( $Base\_proj$ ) については、「日本の将来推計人口」(平成29年推計)において仮定された日本人女性の出生順位別年齢別出生率(中位仮定)を用い、基準出生率の将来仮定値  $f_{x,t}^{Base\_proj}[\text{Jan.1, Dec.31}]$  とする。

#### (3)同調出生率の実績値

年齢  $x$  の同調出生率の実績値 ( $Sync\_a$ ) は、以下のよう求める。

$$f_{x,t}^{Sync\_a,i}[\text{Jan.1, Dec.31}] = B_{x,t}^{ffi}[\text{Jan.1, Dec.31}] / N_{x,t}^{Fi}(\text{Jul.1})^{Fi}$$

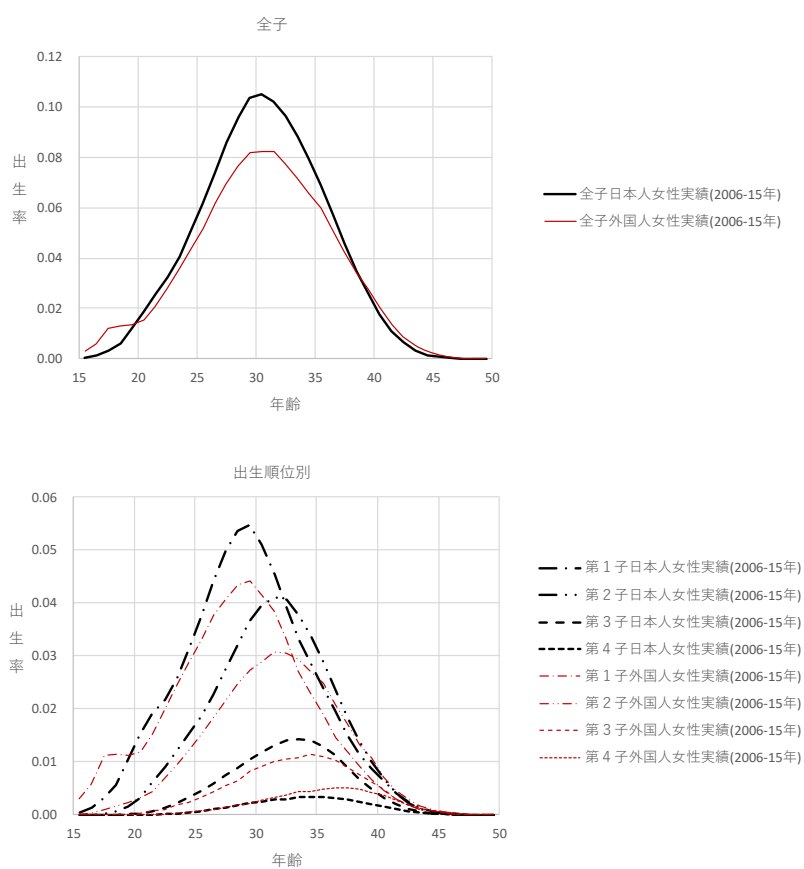
本稿では、同調の対象となる集団  $i$  は外国人女性である。異なる  $i$ 、例えば国籍別人口などのサブグループについても同調出生率を推計することができる。以下では、外国人女性から生まれた外国籍児数および日本国籍児（人口動態統計）を分子に、外国人女性の7月1日人口を分母にしたものを、 $i$ 年の同調出生率とする。外国人女性の7月1日人口は、日本人について得られる10月1日と7月1日における年齢別人口の比が外国人においても等しいと仮定して10月1日外国人人口から推定した。

これを平滑化のため基準年から過去10年分について年齢別出生率を平均し、同調出生率の標準年齢パターンとする。例えば、2015年を基準年とする場合、2006年～2015年の平均値となる。

#### 4. 実績データによる日本人女性および外国人女性の出生率の推移

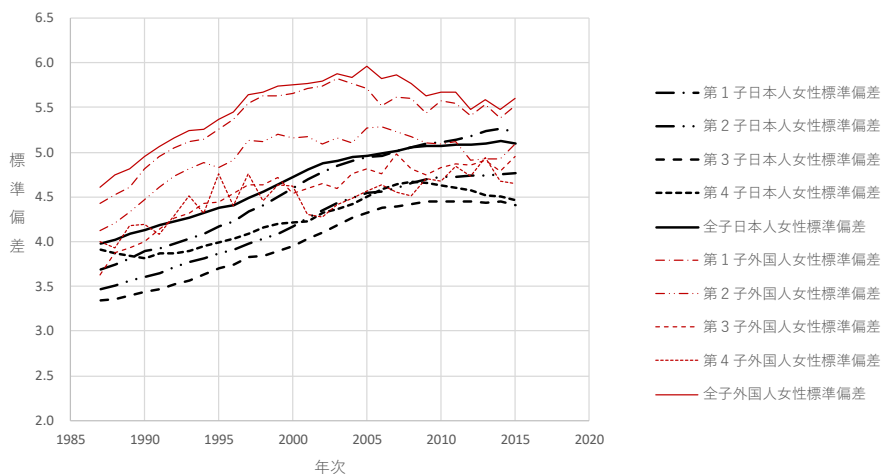
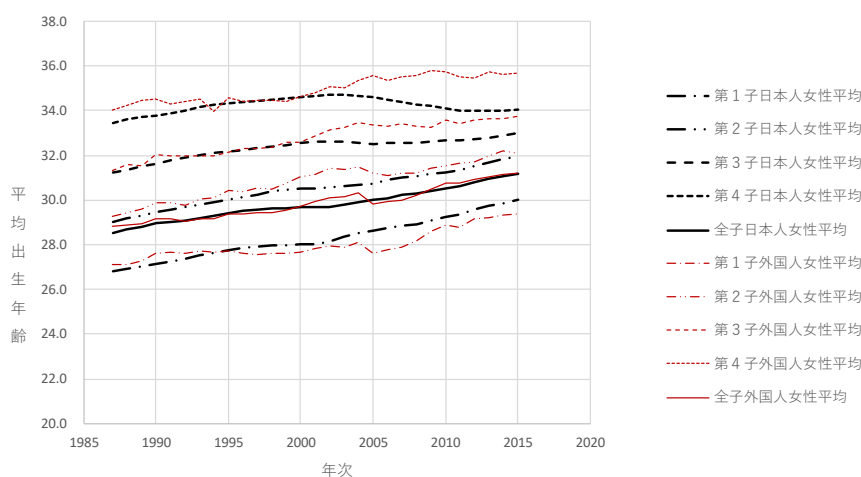
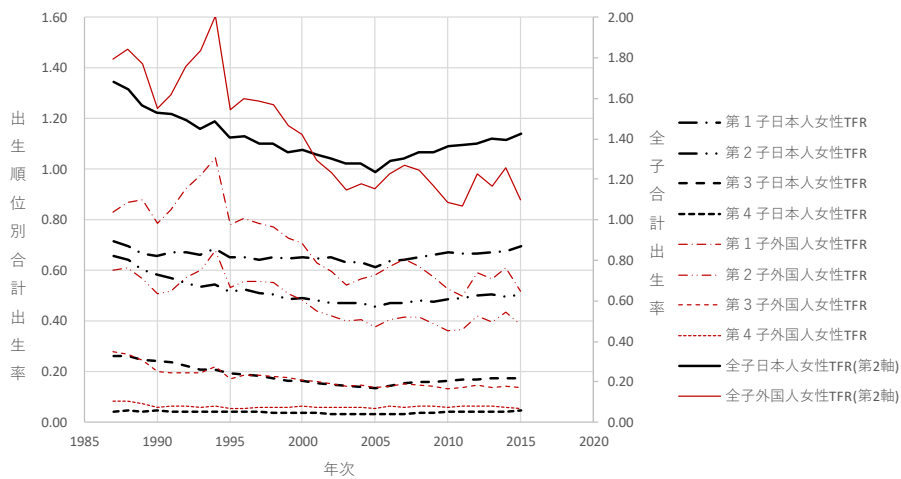
つづいて、日本人女性、外国人女性の出生率について実績値の推移を確認しておこう。まず図3では、出生順位別および全子の標準年齢パターン（年齢別出生率）を両者で比較している。標準年齢パターンは2006～2015年の平均値として求めた。外国人女性の出生率は概ね日本人女性出生率よりも低い。出生順位別にみると、1子、2子は日本人のほうが高いが、4子では外国人女性が、とくに高い年齢で日本人を上回っている。また外国人女性の第1子では、10代後半に小さな山がある二峰性を示している。これは外国人女性人口の中に、出生パターンが異なる集団が含まれている可能性を示唆する。

図3 日本人女性と外国人女性の年齢別出生率（2006～2015年の平均値）



年齢別出生率から求められる合計値、平均年齢、年齢の標準偏差について、1987年以降の推移を日本人女性と外国人女性で比較したものが図4である。太線で日本人女性、細線で外国人女性の各指標を示している。合計出生率を見ると、日本人女性は2005年以降回復しているが、外国人女性では明確な回復傾向は確認されない。標準偏差については日本人女性よりも外国人女性のほうが全般的に大きいですが、近年はその差が縮小している。

図4 日本人女性と外国人女性の合計出生率、平均出生年齢、標準偏差の年次別推移（出生順位別および全子について）



## 5. 年齢別出生率の数理モデル

同調させる集団の出生順位別年齢別出生率は、平滑化のため、数理モデルのモデル値を用いる。モデルには、一般にコーホートの出生過程のモデルとして用いられる一般化対数ガンマ分布モデル（金子 1993, Kaneko 2003）を期間年齢別出生率に適用した。

出生順位  $n$ 、年齢  $x$  の出生率を  $f_n(x)$  とすると、

$$f_n(x) = C_n \cdot \gamma(x; u_n, b_n, \lambda_n)$$

ただし、

$$\gamma(x; u_n, b_n, \lambda_n) = \frac{|\lambda_n|}{b_n \Gamma(\lambda_n^{-2})} (\lambda_n^{-2})^{\lambda_n^{-2}} \exp \left[ \lambda_n^{-1} \left( \frac{x - u_n}{b_n} \right) - \lambda_n^{-2} \exp \left\{ \lambda_n \left( \frac{x - u_n}{b_n} \right) \right\} \right]$$

とする。ここで、 $\Gamma$ 、 $\exp$  はそれぞれガンマ関数、指数関数であり、 $C_n$ 、 $u_n$ 、 $b_n$  および  $\lambda_n$  は、それぞれ出生順位  $n$  の出生率関数のパラメータである。これはコールマクニールモデルとして知られるものの拡張形式である。なお、ここでは出生順位は第1子～第3子および第4子以上の4グループとした。

なお、わが国の年齢別出生率の特徴を精密に再現するために、実績値との比較による誤差の標準パターン( $\varepsilon_n$ )を抽出し、これによって一般化対数ガンマ分布モデルの修正を行っている。その結果、コーホートの年齢別出生率関数  $f(x)$  は、

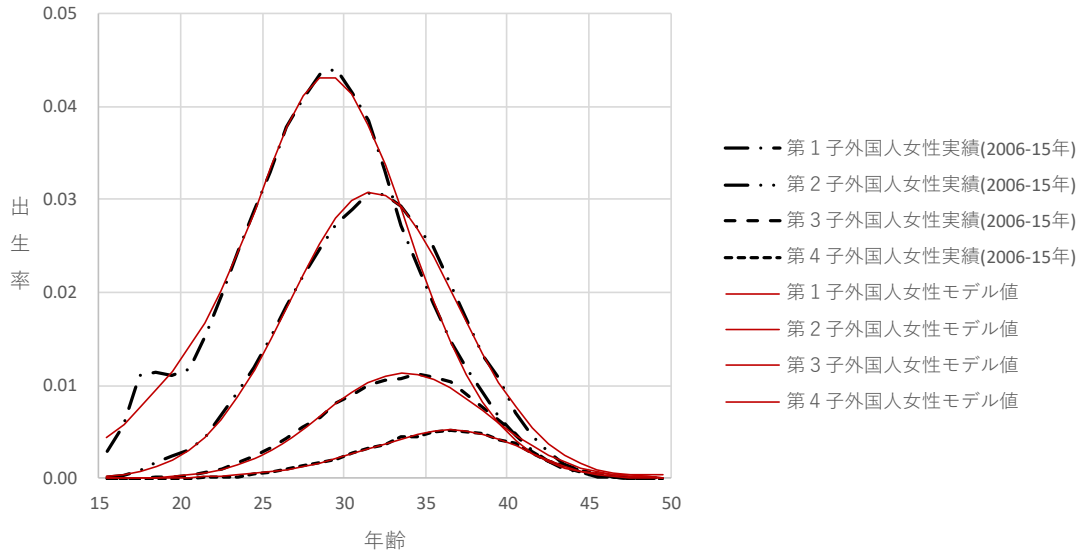
$$f(x) = \sum_{n=1}^{4+} C_n \cdot \left\{ \gamma(x; u_n, b_n, \lambda_n) + \varepsilon_n \left( \frac{x - u_n}{b_n} \right) \right\}$$

として与えられる（詳しくは、金子(1993), Kaneko (2003)）。なお、この補正は実際には累積出生関数の経験補正関数として与えられる。また、第1子出生については、近年婚前妊娠結婚の増加によるパターンの変化がみられることから、別途モデル値との誤差の標準パターンを抽出し、モデルの修正が行われている（金子 2009）。

図5は、外国人女性の標準年齢パターン（2006年～2015年の年齢別出生率の平均値）と上記一般化対数ガンマ分布モデルで当てはめたモデル値を示したものである。第1子に見られる二峰性については実績値とモデル値で乖離があるものの、概ね年齢パターンが再現できている。



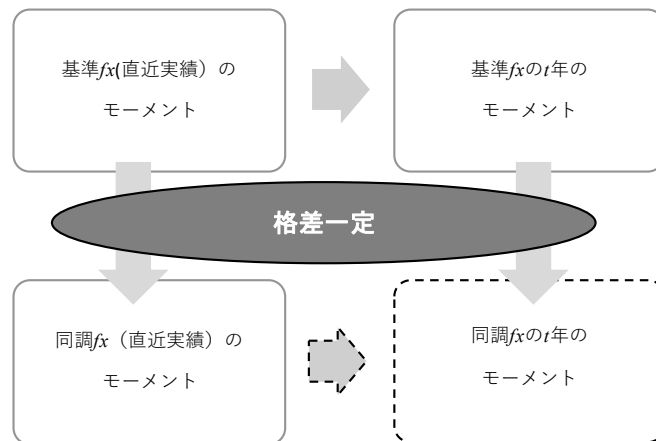
図5 一般化対数ガンマ分布モデルによる期間年齢別出生率の当てはめ：外国人女性の標準年齢パターン（実績値は2006年～2015年の平均値）



6. 基準出生率将来仮定値から同調出生率将来仮定値を求める方法

以下では、基準集団 (*Base*) の年齢スケジュール (baseline age schedule) が長期に与えられているとき、同調する集団 (*Sync*) の年齢スケジュール (synchronous age schedule) を求める方法を解説する。

図6 基準  $f_x$  (日本人女性) と同調  $f_x$  (外国人女性) のモーメント同調関係



ここでの基準年齢スケジュールは  $t$  年、 $x$  歳の日本人女性年齢別出生率  $f_x^{Base}$  であり、同

調年齢スケジュールは  $t$  年の外国人女性年齢別出生率  $f_x^{Sync,i}$  である（今回、外国人女性は国籍で分割していないため  $i$  は 1 つのみであるが、国籍別などに分ける場合、 $i$  は複数の値をとる）。

ここで同調とは、基準集団と同調集団の標準年齢パターンのモーメント（平均、標準偏差、水準）の相対格差係数をもとめ、その格差係数の将来推移を仮定し、基準集団の変化を格差係数で調整することにより同調集団の年齢スケジュールを求めることを指す（図 6）。ここでは、基準出生率の実績値  $f_x^{Base-a}$  と将来  $t$  年仮定値が与えられ、同調出生率  $f_x^{Sync-a,i}$  の実績値が与えられている場合の、同調出生率の将来  $t$  年仮定値  $f_x^{Sync-proj,i}$  の設定方法を説明する。

### 6-1. 基準 $f_x$ と同調 $f_x$ のモーメント相対格差係数の算出

基準  $f_x$  が将来にわたり与えられ、同調  $f_x$  の実績値が与えられているとき、両者の  $t$  年のモーメント、すなわち標準偏差  $\beta$ 、平均  $\alpha$ 、水準  $\gamma$ 、の格差係数（ $\nabla \beta$ 、 $\Delta \alpha$ 、 $\nabla \gamma$ ）は、以下のように求まる（ここでは  $\Delta$  は差分、 $\nabla$  は比を表現する）。

$$\begin{aligned}\nabla \beta_{SB,t} &= \beta_{Sync,t} / \beta_{Base,t} \quad (\text{標準偏差の比}) \\ \Delta \alpha_{SB,t} &= \alpha_{Sync,t} - \nabla \beta_{SB,t} \cdot \alpha_{Base,t} \quad (\text{分散調整後の平均の差}) \\ \nabla \gamma_{SB,t} &= \gamma_{Sync,t} / \gamma_{Base,t} \quad (\text{水準の比})\end{aligned}$$

各モーメント格差係数の将来仮定値については、実績の変化傾向を数理曲線（ロジスティック曲線など）で投影する方法など考えられるが、後に示すとおり、近年は必ずしも特定の傾向を示してはならない。そこで以下では、格差係数の将来値については、推計時点（BaseYear=2015）の直近の 5 年間、すなわち 2011～2015 年の平均値を固定値として用いることとした。したがって、格差係数の将来値（固定）は次のように求まる。

$$\begin{aligned}\nabla \beta_{SB} &= (\sum [t=BaseYear-4 \rightarrow BaseYear] \nabla \beta_{SB,t}) / 5 \quad (\text{格差係数の5年平均}) \\ \Delta \alpha_{SB} &= (\sum [t=BaseYear-4 \rightarrow BaseYear] \Delta \alpha_{SB,t}) / 5 \quad (\text{格差係数の5年平均}) \\ \nabla \gamma_{SB} &= (\sum [t=BaseYear-4 \rightarrow BaseYear] \nabla \gamma_{SB,t}) / 5 \quad (\text{格差係数の5年平均})\end{aligned}$$

同調  $f_x$  の将来  $t$  年の各モーメントは「基準  $f_x$  との相対格差が将来にわたって一定」と仮定することにより、以下のように決まる。

$$\begin{aligned}\beta_t^{Sync} &= \nabla \beta_{SB} \cdot \beta_t^{Base} \quad (t\text{年の標準偏差}) \\ \alpha_t^{Sync} &= \nabla \beta_{SB} \cdot \alpha_t^{Base} + \Delta \alpha_{SB} \quad (t\text{年の平均}) \\ \gamma_t^{Sync} &= \nabla \gamma_{SB} \cdot \gamma_t^{Base} \quad (t\text{年の水準})\end{aligned}$$

出生順位別出生率について、日本人女性と外国人女性の各モーメント格差係数（標準偏

差の比、平均の差、水準の比) の 1987 年から 2015 年までの実績値推移と直近 5 年間の平均値から求めた将来値の推移を示したのが図 7 である。

## 6-2. 同調 $f_x$ の標準パターンと $t$ 年のモーメント相対格差の算出

同調  $f_x$  の標準パターンは、直近実績 10 年分(2006~2015 年)を使ったモデル値 (一般化対数ガンマ分布モデルの推定)  $f_{x,*}^{Sync}$  とする。標準パターンの推定にあたり  $u$  (位置)、 $b$  (分散)、 $\lambda$  (歪み)、 $C$  (水準) の各パラメーターが推定される。標準パターンをしめす\*マークを使い、各モーメントは、 $\beta^{*Sync}$ 、 $\alpha^{*Sync}$ 、 $\gamma^{*Sync}$  と表す。

同調  $f_x$  の標準パターン(\*)と、同調  $f_x$  の  $t$  年のモーメント格差係数は以下で表す。

$$\begin{aligned}\nabla \beta_{t*}^{Sync} &= \beta_t^{Sync} / \beta^{*Sync} \\ \Delta \alpha_{t*}^{Sync} &= \alpha_t^{Sync} - \nabla \beta_{t*}^{Sync} \cdot \alpha^{*Sync} \\ \nabla \gamma_{t*}^{Sync} &= \gamma_t^{Sync} / \gamma^{*Sync}\end{aligned}$$

そして、これらの変化が生じた場合の外国人女性の  $t$  年の同調  $f_x$  そのものを求めるためには、以下の算定式を用いる。

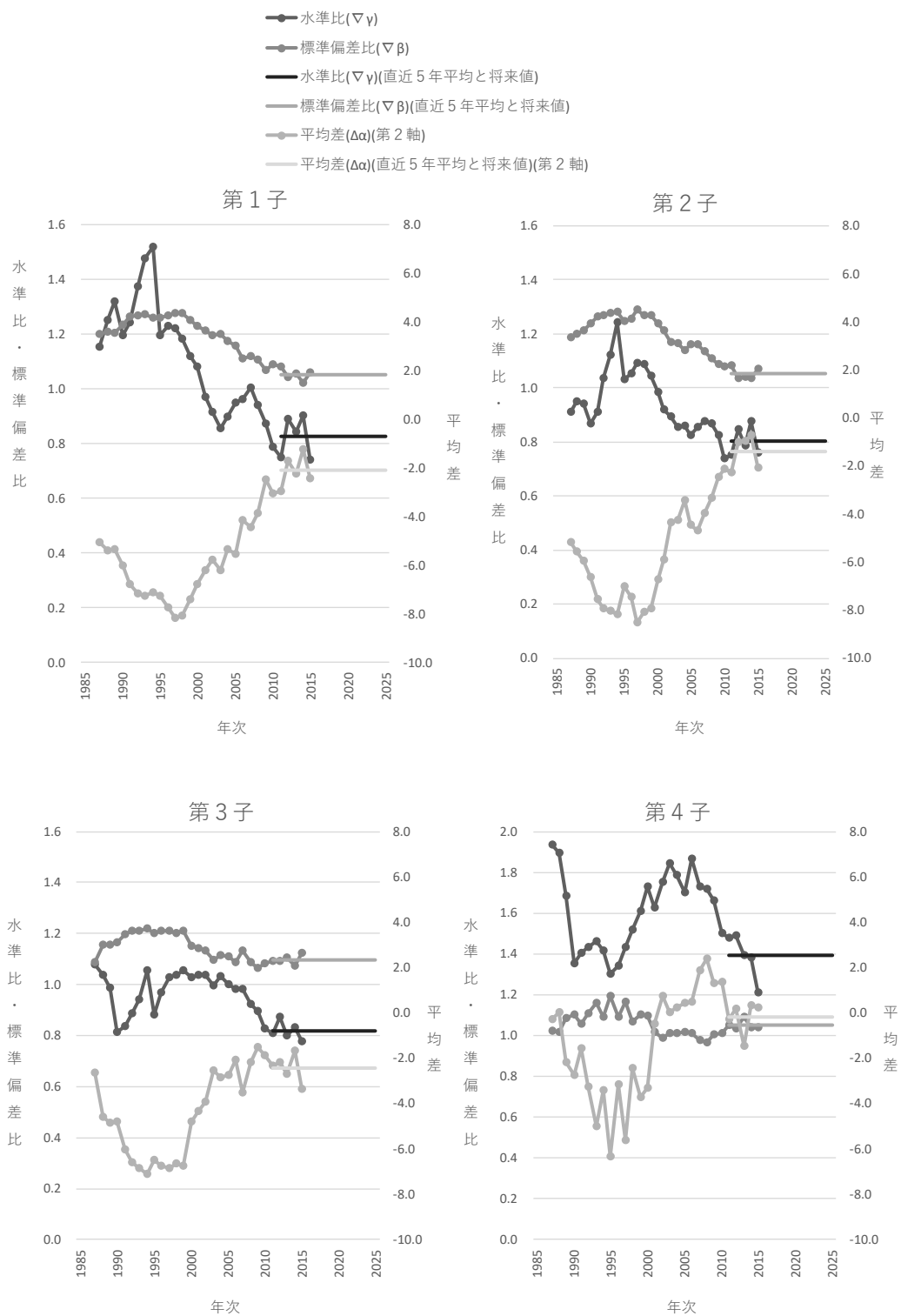
$$f_{x,t}^{Sync} = (\nabla \gamma_{t*}^{Sync} / \nabla \beta_{t*}^{Sync}) \cdot f_{z,*}^{Sync}$$

ここで平均、分散の違いを調整した調整後年齢  $z$  は、以下で求まる。

$$\begin{aligned}z &= (x - \Delta \alpha_{t*}^{Sync}) / \nabla \beta_{t*}^{Sync} \\ &= (1 / \nabla \beta_{t*}^{Sync}) \cdot x - (1 / \nabla \beta_{t*}^{Sync}) \cdot (\Delta \alpha_{t*}^{Sync}) \\ &= (1 / \nabla \beta_{t*}^{Sync}) \cdot x - (1 / \nabla \beta_{t*}^{Sync}) \cdot (\alpha_t^{Sync} - \nabla \beta_{t*}^{Sync} \cdot \alpha^{*Sync}) \\ &= (1 / \nabla \beta_{t*}^{Sync}) \cdot x - (1 / \nabla \beta_{t*}^{Sync}) \cdot \alpha_t^{Sync} + \alpha^{*Sync} \\ &= (1 / \nabla \beta_{t*}^{Sync}) \cdot (x - \alpha_t^{Sync}) + \alpha^{*Sync} \\ &= (\beta^{*Sync} / \beta_t^{Sync}) \cdot (x - \alpha_t^{Sync}) + \alpha^{*Sync}\end{aligned}$$

これにより、基準  $f_x$  のモーメント変化に同調する同調  $f_x$  の将来にわたる仮定値  $f_x^{Sync\_proj,i}[t]$  を求めることができる。

図7 日本人女性出生年齢パターンと外国人女性出生年齢パターンのモーメント相対格差係数の推移（実績と将来値）



## 7. 推計された外国人出生率仮定値

2006～2015年の年齢別出生率実績値（標準年齢パターン）と2065年の推計値について、日本人女性と外国人女性を比較したのが図8である。日本人女性の仮定値がやや晩産化している変化に同調して、外国人女性出生率の年齢パターンも晩産化を示している。

推計された外国人出生率の合計出生率（全子、第1～第3子）、平均出生年齢、標準偏差の推移を図9に示した。2015年直前の全国との格差が、その後の推移に反映されていることが確認できる。

図8 実績値（2006～2015年平均値）および将来仮定値（2065年）の年齢別出生率：日本人女性と外国人女性

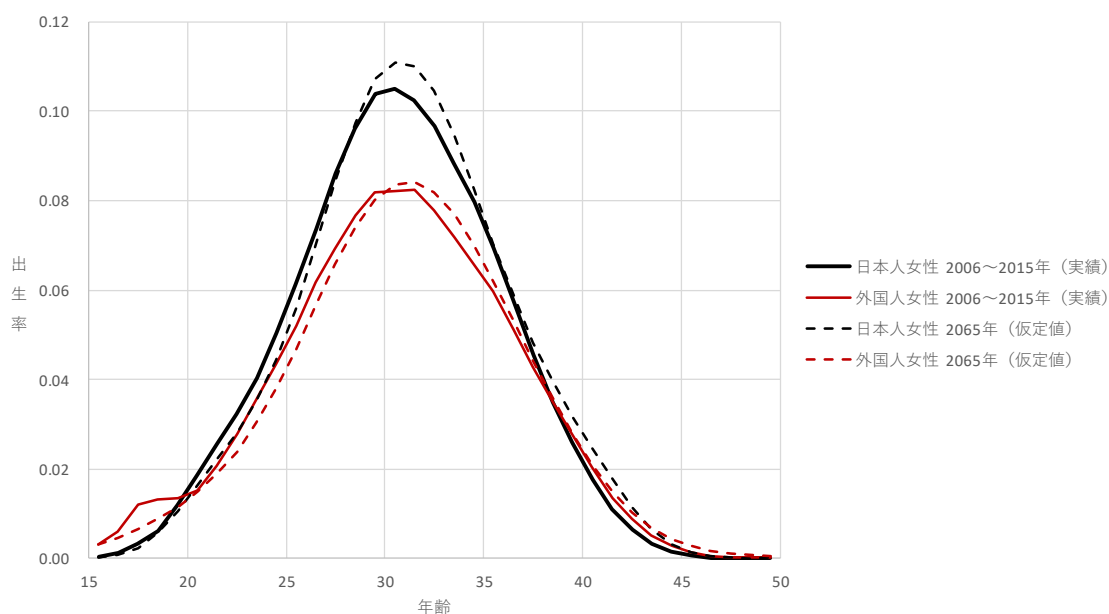
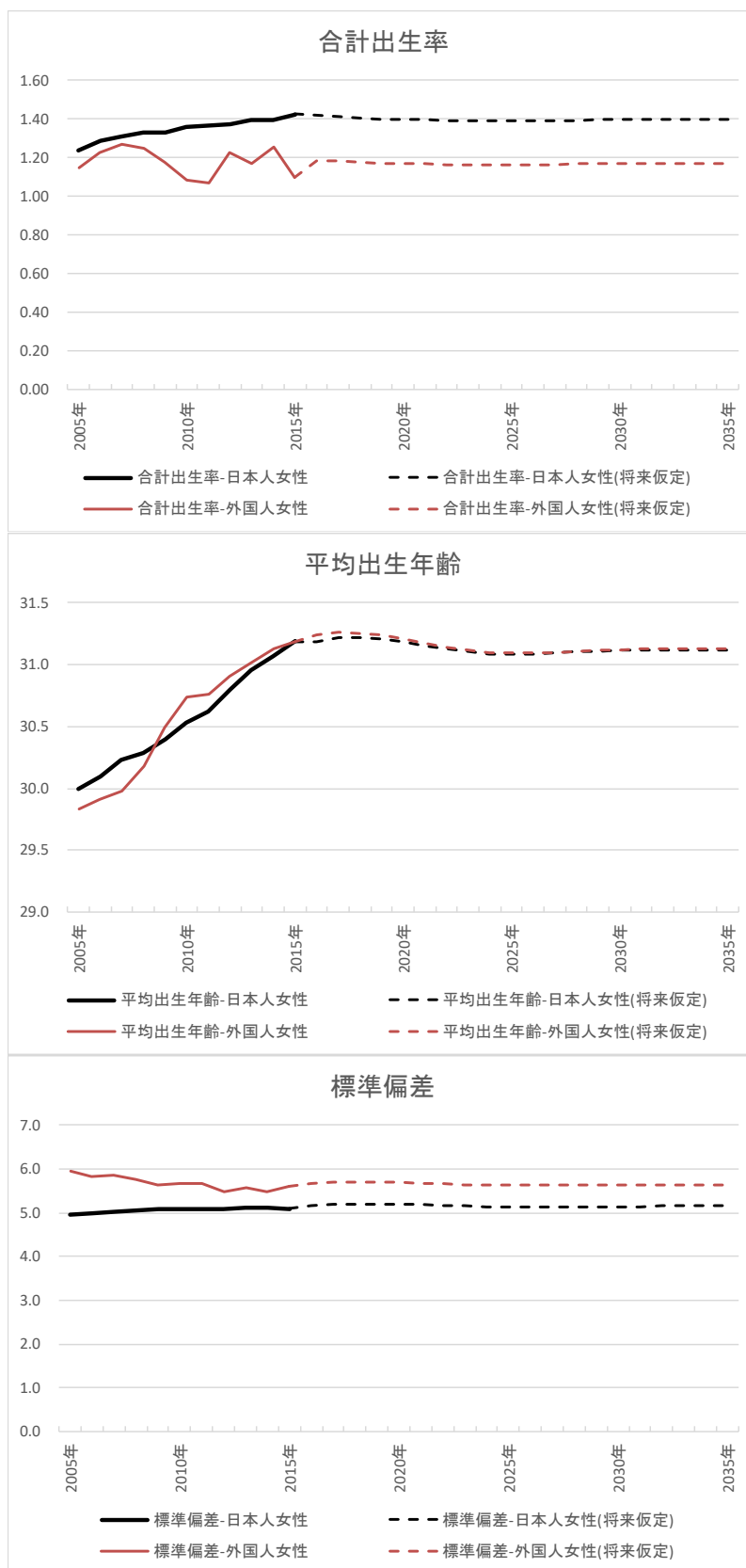


図9 合計出生率、平均出生年齢、標準偏差の推移：日本人女性と外国人女性



## 8. おわりに

本論文では、出生行動に関して異質な集団が含まれる社会において将来人口推計を行う際に有用な出生率の仮定設定の方法を解説した。日本人、外国人別に推計を行う際には、日本人女性および外国人女性の年齢別出生率の仮定値を設定する必要がある。今回は、日本人女性出生率の将来仮定値が得られた場合に、その年齢別出生率の変化に同調するよう外国人女性の年齢別出生率を推計する手順を示した。異質な集団は出生の年齢スケジュールが異なるが、ここでは同様の社会変化を体験する集団については、変化の傾向が同調すると仮定した。本研究では、別の集団の変化を基準集団の変化に同調させるため、両者の年齢別出生率の平均、分散、水準といったモーメントの相対格差を推計時点で算出し、その格差が保持するよう推計時点の年齢スケジュールを将来について変動させる方法を示した。本研究で示した方法論は、一般的に任意の基準集団に対する別の集団の仮定設定に用いることができる。外国人人口をさらに国籍別に推計する場合や、全国を基準とした場合の都道府県別出生率の将来仮定など（岩澤ほか 2019）、様々な異質性が想定される集団の将来人口推計に応用できることが期待できる。

## 付記

本研究のデータ処理については林静芳氏に協力いただいた。ここに記して感謝申し上げる。

## 参考文献

岩澤美帆・金子隆一・余田翔平・小池司朗・別府志海(2019)「全国将来推計人口における年齢別出生率仮定値に同調した都道府県別年齢別出生率の推計とその応用」『国際的・地域的視野から見た少子化・高齢化の新潮流に対応した人口分析・将来推計とその応用に関する研究（平成 30 年度）総括研究報告書（研究代表者：石井太）』, pp.163-180.

勝野真人, 林謙治 (1990)「わが国における外国人の出産—その推移と将来予測」, 『週産期医学』, pp.1729-32.

金子隆一(1993)「年齢別出生率の将来推計システム」『人口問題研究』第 49 巻 1 号, pp.17-38.

金子隆一・三田房美 (2008)「将来人口推計の基本的性質と手法的枠組みについて」『人口問題研究』第 64 巻第 3 号, pp.3-27.

金子隆一(2009)「将来人口推計における出生仮定設定の枠組みについて」『人口問題研究』第 65 巻第 2 号, pp.1-27.

国立社会保障・人口問題研究所「日本版死亡データベース」. <http://www.ipss.go.jp/p->

[toukei/JMD/index.asp](http://toukei/JMD/index.asp).

国立社会保障・人口問題研究所(2017)『日本の将来推計人口（平成29年推計）』.

是川夕(2013a)「日本における外国人女性の出生力—国勢調査個票データによる分析—」

『人口問題研究』第69巻第4号, pp.86-102.

是川夕(2013b)「日本における外国人の移住過程がその出生率に及ぼす影響について」, 『社

会学評論』, 64 (1), pp.109-27.

中川雅貴・山内昌和・菅桂太・鎌田健司・小池司朗(2018)「都道府県別にみた外国人の自

然動態」『人口問題研究』第74巻4号, pp. 293-319.

山内昌和(2010)「近年の日本における外国人女性の出生数と出生率」『人口問題研究』第66

巻第4号, pp.41-59.

Kaneko, R. (2003). "Elaboration of the Coale-McNeil nuptiality model as the generalized log gamma distribution: a new identity and empirical enhancements." *Demographic Research* 9(10): 223-262.