

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

岩澤美帆 ・ 金子隆一 ・ 余田翔平 ・ 小池司朗 ・ 別府志海

1. 本研究の概要

本研究は、年次別都道府県別年齢各歳出生率の将来推計仮定値の設定方法を開発したものである。基本的な考え方は、国立社会保障・人口問題研究所の平成29年全国将来推計人口（国立社会保障・人口問題研究所2017）で仮定された年次別出生順位別年齢別出生率（中位仮定値）を基準出生率とし、実績部分で見られるモーメント（平均、分散、合計値）の各都道府県と全国との格差を格差係数としてもとめ、直近（基準年過去5年）のモーメント格差が将来にわたって一定になるよう、各都道府県の年齢別出生率を推定し、全国人口の仮定値の推移に同調する都道府県別年齢別出生率の仮定値を得るものである。なおこの方法は、全国の日本人の出生率の仮定値を外国人女性の出生率推計の基準とする方法（金子2009）の応用であるが、平均値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。

さらに都道府県別の年齢別出生率の将来仮定値の応用として、都道府県別年齢別出生率を標準とした、間接標準化に基づく市区町村別年齢別出生率を求め（本報告書別稿）、地域別将来推計人口に適用して市区町村別出生数の推計を行った。地域別将来推計人口で採用されている子ども女性比に基づく出生数の推計を行った小池ら（2018）の結果と比較したところ、概ね整合的であることが分かった。両推計の乖離は、都道府県の年齢別出生率を標準とすることに対する評価、外れ値の検討に活用できる一方で、地域別将来推計人口に基づく推計における年齢別人口構造の影響や移動に関する仮定の評価に利用できることが期待できる。

2. 入力データについて

本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（今回は全国の出生率とその将来仮定値）、および(3)同調出生率（今回は都道府県別出生率）の実績値である。出生率については事象およびリスク人口の定義（日本人か外国人を含む総人口か、など）が異なると異なる指標となる。従って、適宜、実績による分析から変換係数などを算出し、指標の調整を行う。

(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、以下のように求める。

$$f_{x,t}^{Base_a}[Jan.1, Dec.31]=B_{x,t}^{jj}[Jan.1, Dec.31]/E_{x,t}^{jF}[Jan.1, Dec.31]$$

x 歳の基準出生率は、母日本人日本国籍児 B_{xj} (t 年 1 月 1 日から t 年 12 月 31 日) を日本人女性生存延べ年数 E_{xj} (t 年 1 月 1 日から t 年 12 月 31 日) で割ったものになる。基準出生率の年齢別出生率は出生順位別に求める。

(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) の出生順位別年齢別出生率の中位仮定値を用い、基準出生率の将来仮定値 $f_x^{Base_proj}[t.Jan,t.Dec]$ とする。

(3) 同調出生率の実績値

同調出生率の実績値 (Sync_a) は、以下のように求める。

$$f_{x,t}^{Sync_a,i}[Jan.1, Dec.31]=B_{x,t}^{ji,i}[Jan.1, Dec.31]/E_{x,t}^{jFi}[Jan.1, Dec.31]$$

下位グループ i (今回は都道府県 i) の母日本人日本国籍児を日本人女性生存延べ年数でわり、t 年の同調出生率とする。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、同調出生率実績値とする。2015 年を基準年とする場合、2006 年～2015 年の平均値となる。

3. 年齢別出生率の数理モデル

同調させる地域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) を期間出生率に適用した。

出生順位 n 、年齢 x の出生率を $f_n(x)$ をとすると、

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

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、 Γ 、 \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 λ_n は、それぞれ出生順位 n の出生率関数のパラメーターである。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。

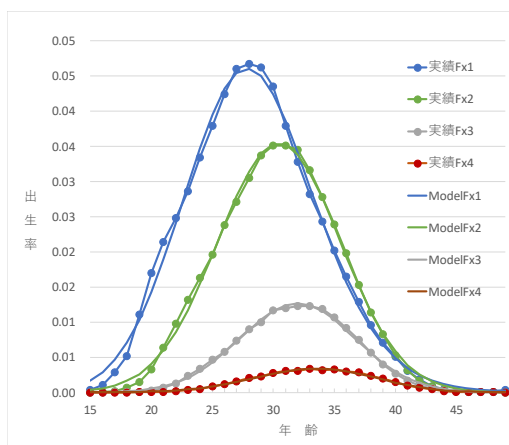
ただし、わが国の年齢別出生率の特徴を精密に再現するために、実績値との比較による誤差の標準パターン (ε_n) を抽出し、これによって一般化対数ガンマ分布モデルの修正を行っ

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）。

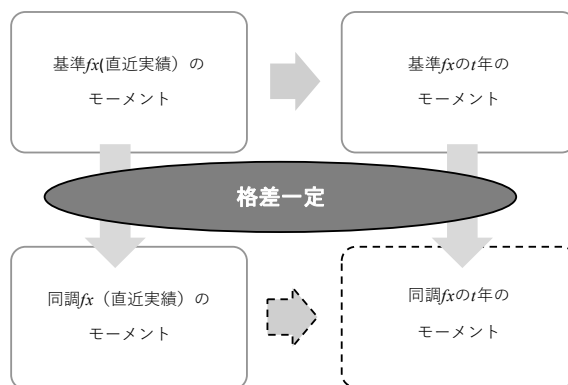
図1 一般化対数ガンマ分布モデルによる期間年齢別出生率の当てはめ：北海道の標準パターン（実績値は2006年～2015年の平均値）



4. 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-specific 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-specific schedule）を求める手順を解説する。

図2 基準(全国)fx と同調（各都道府県）fx 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全国の 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都道府県 i の t 年日本人女性年齢別出生率 $f_x^{Sync,i}$ である。

同調とは、基準年齢スケジュールと同調年齢スケジュールの基準年のモーメント（分散、平均、水準）の相対格差を一定とし、将来の基準年齢スケジュールの変化に同調するように同調年齢スケジュールを求めることを言う。ここでは、基準出生率の実績値 f_x^{Base-a} と将来仮定値が与えられ、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、同調出生率の将来仮定値 $f_x^{Sync-proj,i}$ の設定方法を説明する。

(1) 基準 f_x と同調 f_x のモーメント格差の算出

基準 f_x^{Base} が将来にわたり与えられ、同調 $f_x^{Sync,i}$ の実績値が与えられているとき、両者のモーメント、標準偏差 β 、平均 α 、水準 γ 、の格差係数（ $\nabla \beta$ 、 $\Delta \alpha$ 、 $\nabla \gamma$ ）は、直近の実績 5 年分（2015 年が基準年の場合は 2011 年～2015 年）の平均値を固定して用いる。格差係数は以下のように求める。

$$\begin{aligned}\nabla \beta_{SB} &= \beta_{Sync} / \beta_{Base} \quad (\text{年齢の標準偏差の比、直近5年分の平均値}) \\ \Delta \alpha_{SB} &= \alpha_{Sync} - \nabla \beta_{SB} \cdot \alpha_{Base} \quad (\text{分散調整後の年齢平均値の差、直近5年分の平均値}) \\ \nabla \gamma_{SB} &= \gamma_{Sync} / \gamma_{Base} \quad (\text{水準の比、直近5年分の平均値})\end{aligned}$$

同調 f_x の t 年の各モーメントは「基準 f_x との相対格差一定」の仮定により、以下のよう
に決まる。

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

(2) 同調 f_x の標準パターンと t 年のモーメント格差の算出

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）、 λ （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、 β^{*Sync} 、 α^{*Sync} 、 γ^{*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地域 i 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。

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

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

5. 総人口を分母とした場合の出生率の調整

2で述べた通り、上記地域 i の出生率は、暦年の日本人女性出生率 f_x^A となっている。

$$f_{x,t}^{Sync_a,i}[\text{Jan.1, Dec.31}] = B_{x,t}^{j,i}[\text{Jan.1, Dec.31}] / E_{x,t}^{F,i}[\text{Jan.1, Dec.31}] = f_{x,t}^A$$

例えば、これを総人口ベースで行っている地域別将来推計人口の出生数算出に適用するためには、総人口出生率に換算し、日本における日本人出生、もしくは日本における総出生を推計する必要があり、日本人女性出生率の調整が必要である。

各年10月1日の総人口女性人口を分母とし、1～12月の日本における日本国籍児を分子とした日本国籍児・総人口出生率 f_x^c は、

$$f_{x,t}^B = B_{x,t}^{j,i}[\text{Jan.1, Dec.31}] / P_{x,t}(\text{Oct.1})^{F,i}$$

となる。また各年10月1日の総人口女性人口を分母とし、1～12月の日本における総出生を分子とした総人口出生率 f_x^c は、

$$f_{x,t}^c = B_{x,t}^{j,i}[\text{Jan.1, Dec.31}] / P_{x,t}(\text{Oct.1})^{F,i}$$

となる。出生率 A が与えられたとき、出生率 B および C を求めるために、2015年の実績を元に、日本国籍児変換係数 τ_{BA} および総人口出生数変換係数 τ_{CA} を求め、それを将来値に関する調整係数とした。

$$\tau_{BA} = f_{x,t0}^B / f_{x,t0}^A, t0=2015$$

$$\tau_{CA} = f_{x,10}^C / f_{x,10}^A$$

日本国籍児・総人口出生率および総人口出生率は、

$$\begin{aligned} f_{x,t}^B &= \tau_{BA} \cdot f_{x,t}^A \\ f_{x,t}^C &= \tau_{CA} \cdot f_{x,t}^A \end{aligned}$$

により求める。ただし、これらは暦年の値であるため、10月1日人口から翌9月30日人口をもとめるコーホート要因法の仮定値として使うためには、別途10月1日～9月30日出生率に変換する必要がある。

なお実際の都道府県推計は、Microsoft Excel のソルバー機能（一般化対数ガンマ分布モデルのマクロ関数（VBA）による一括処理含む）で行うことができる。以下に手順を示す。

- ① 推計の基本システムファイル（基準 f_x としての全国 f_x が入力済み）と都道府県別 f_x の実績データを準備する。
- ② 基本システムファイルを47個コピーし、そこにある実績値部分に都道府県データを貼り付け、都道府県名を入力する。
- ③ 過去実績について基準 f_x と各都道府県 f_x のモーメント格差計数が計算され、過去5年の平均値（固定値）が計算される。
- ④ 各都道府県について、過去10年の平均実績 f_x に対し、出生順位別にソルバーを使い、一般化対数ガンマ分布モデルのパラメータを推定する。
- ⑤ 基準 f_x の将来仮定値からモーメントを算出し、そこからモーメント格差係数（固定）により、都道府県各年時の将来モーメントが算出。
- ⑥ 標準パターンのモデルパラメータ、同調 f_x の基準年モーメントと将来モーメントを使い、将来各年の f_x を計算する。
- ⑦ 推計された日本人出生率に対し、2015年の日本国籍児・総人口出生率、総人口出生率の調整係数をかけて、各将来年次の日本国籍児・総人口出生率、総人口出生率を求める。

6. 推計された都道府県別出生率仮定値

推計された都道府県別出生率の合計出生率（全子、第1～第3子）の推移を図3に、平均出生年齢、標準偏差の推移を図4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。

また、2015年の年齢別出生率、2006～2015年の平均実績から推定したモデル値（標準パターン）、2045年の年齢別出生率を図5、図6、図7に示した。それぞれ出生順位別に示している。

図3 合計出生率（全子、第1～第3子）の推移：全国と都道府県

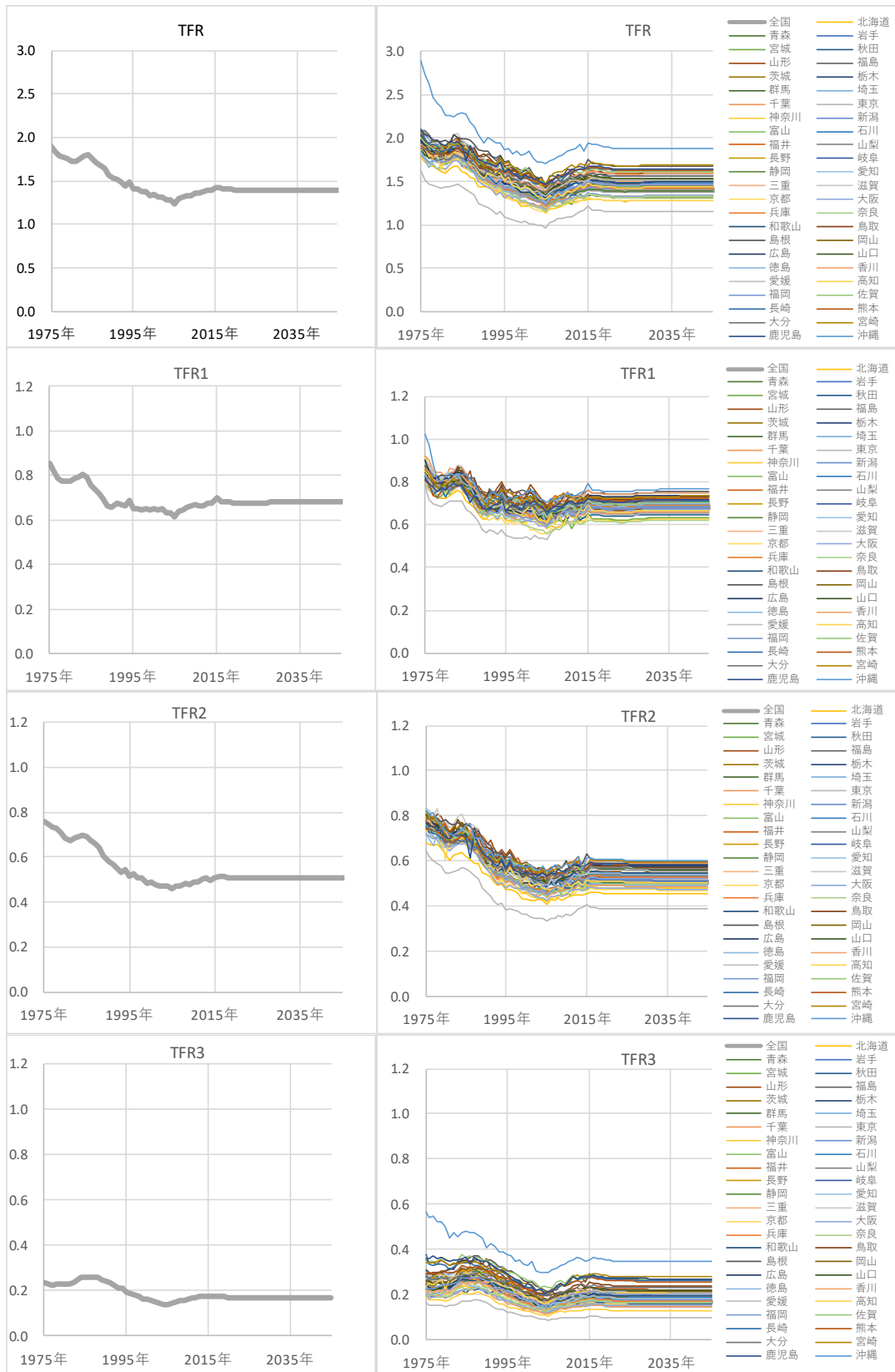


図5 2015年の年齢別出生率（出生総数、出生順位別）：全国と都道府県

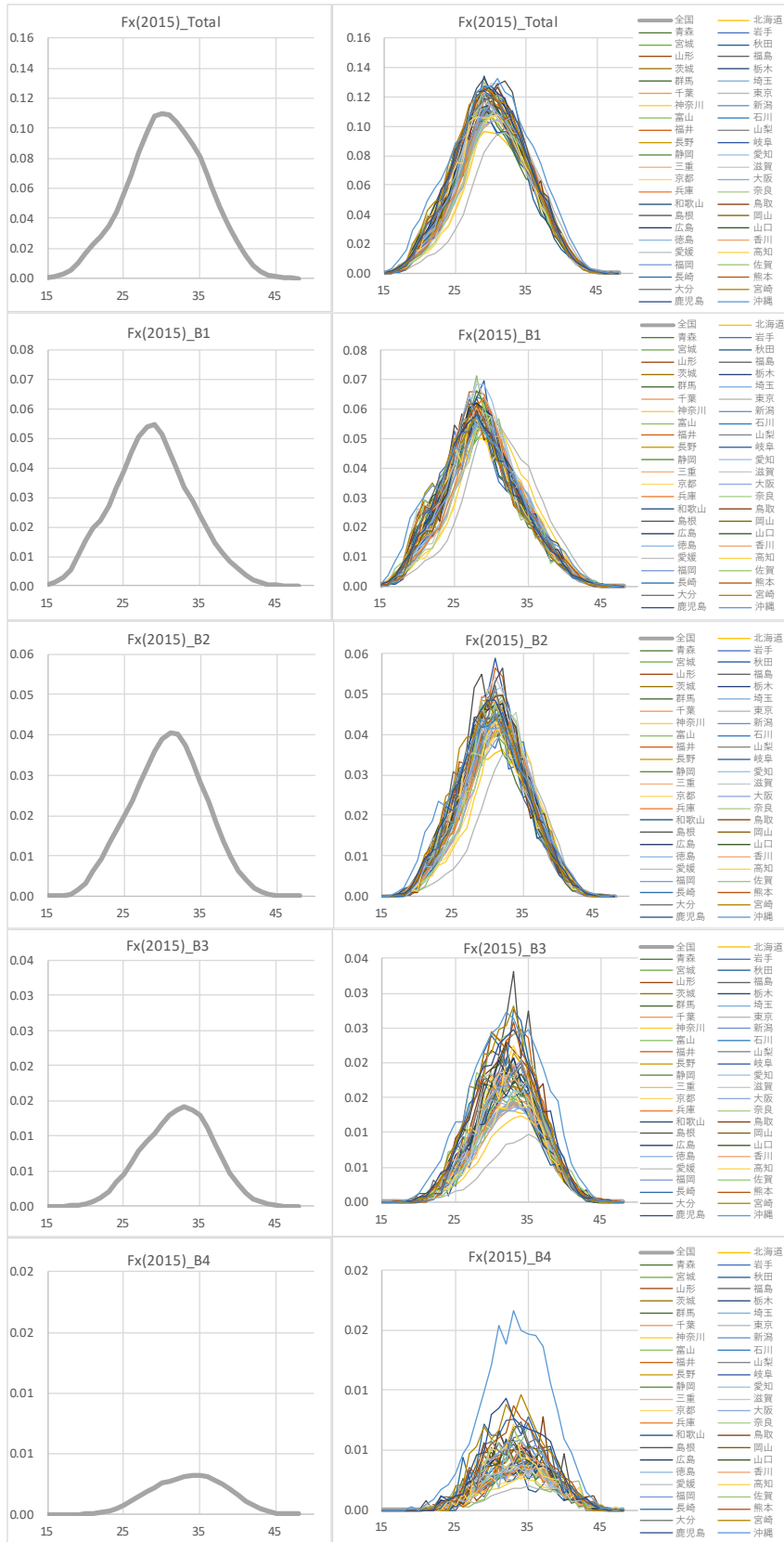


図6 標準 (2006~2015年のモデル値)の年齢別出生率 (出生総数、出生順位別) : 全国と都道府県

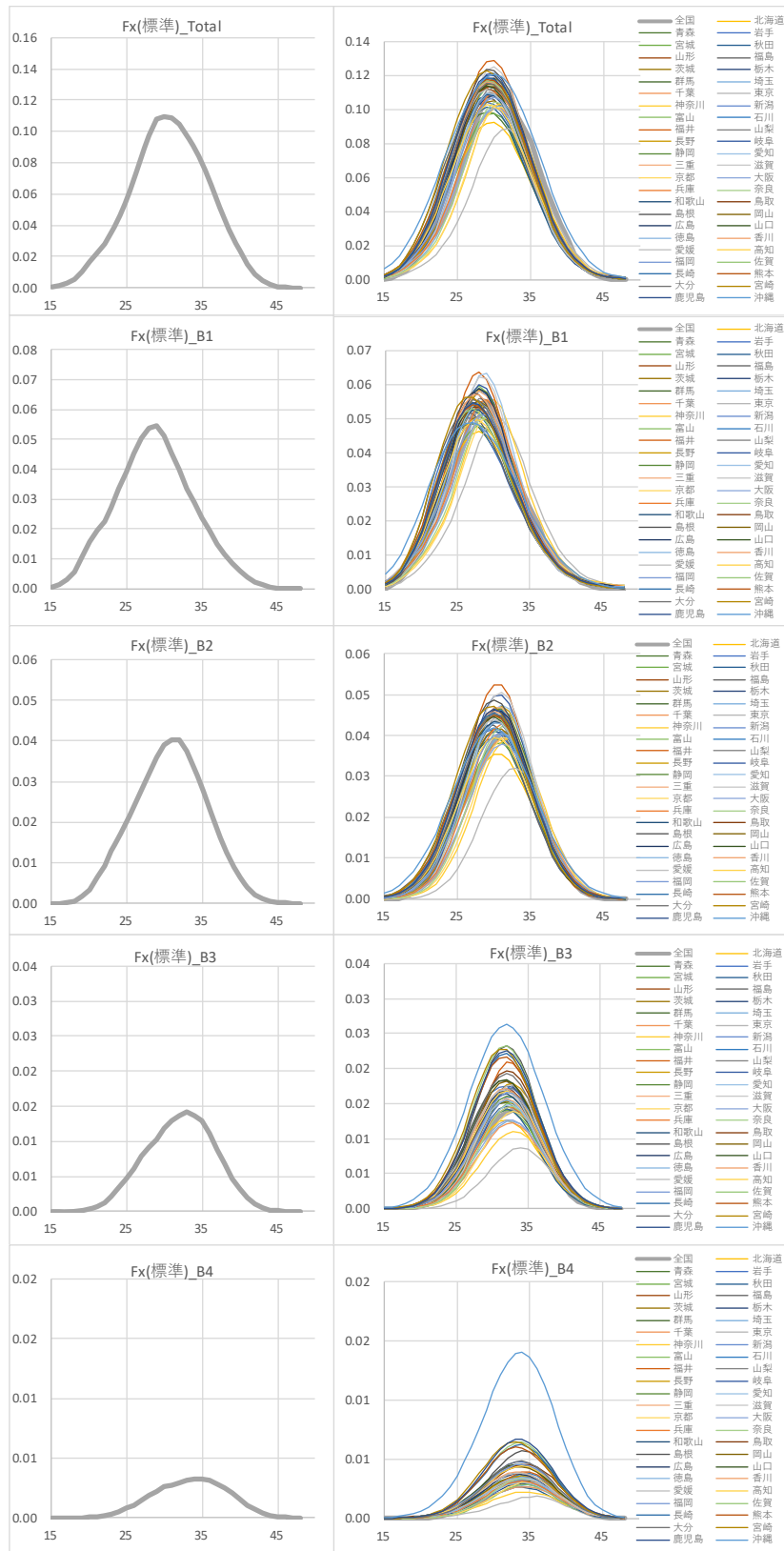
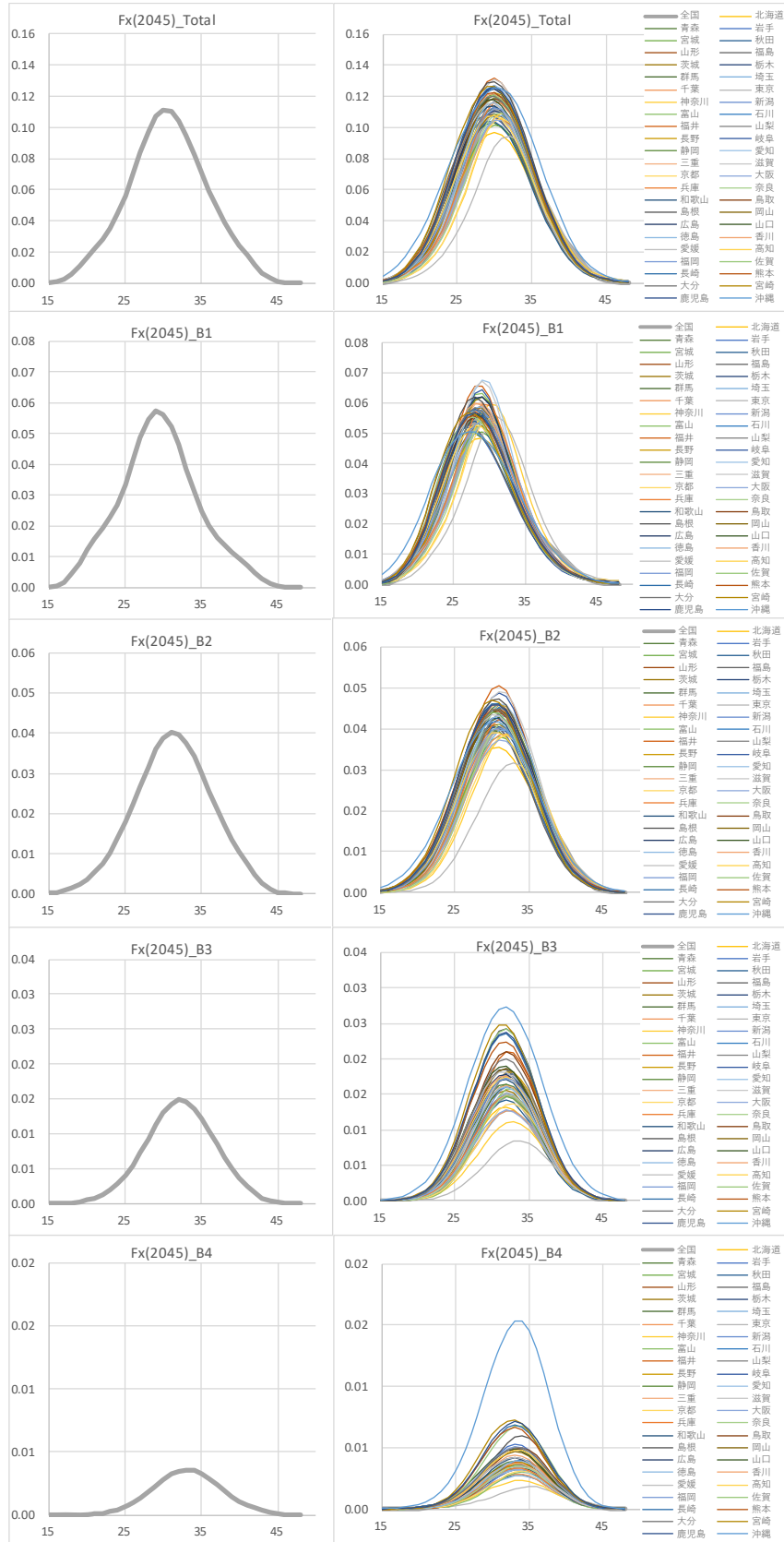


図7 2045年の年齢別出生率（出生総数、出生順位別）：全国と都道府県

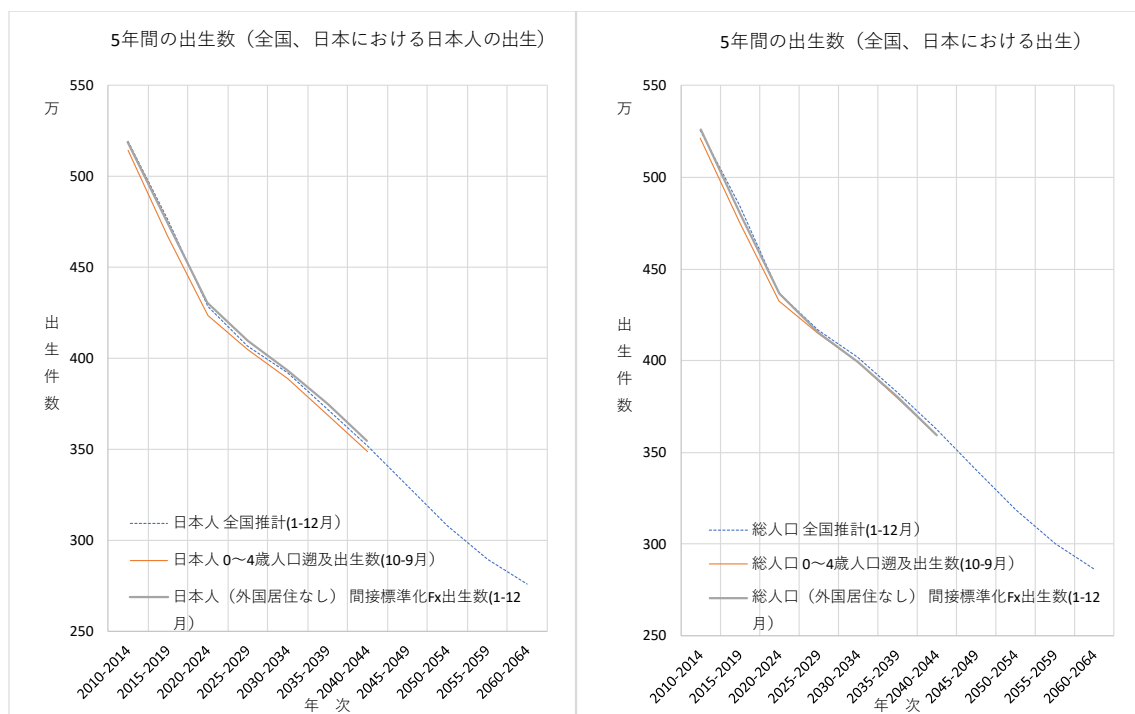


7. 都道府県別将来出生率の応用：間接標準化法による市区町村別将来出生数の推計

推計された都道府県別年齢別出生率の将来仮定値の応用としては、これに基づいた市区町村別年齢別出生率の将来仮定値の推計を試みることができる。市区町村の年齢別出生率の仮定値があれば、年齢階級別将来推計人口に適用することで、年齢構造の変化を反映した出生数を推計することができる。具体的には、都道府県別出生率を標準とした間接標準化法によって市区町村別年齢別出生率を求める。方法の詳細については岩澤ほか（2019）に示した。

ここでは、この方法に基づき推計された出生数を、小池ほか（2018）が、「日本の地域別将来推計人口（平成30年推計）」（国立社会保障・人口問題研究所 2018）に基づき、子ども女性比に基づく0～4歳人口から、死亡、移動要因を遡及して求めた出生数推計値と比較したい(図8)。

図8 推計された全国の5年間出生数（日本における日本人の出生（左）、日本における出生（右））：全国将来推計人口、子ども女性比ベース出生数（小池ほか 2018）、間接標準化 f_x ベース出生数(本分析)



なお、両推計の違いは、上記方法論以外に、以下の点がある。まず、地域別将来推計に基づく小池らの研究（2018）では、推計された出生数の市区町村合計が全国推計の出生数と一致するよう調整しているが、本研究では調整していない。このような観点を考える

と、実績部分における日本人の出生のうち、居住地が外国である出生数（2015年の日本における日本人の出生では53件）について、全市区町村に按分して振り分けたあとに実績値のモデル推定を行うといった一貫性の処理が必要であろう。

もう一つは、小池らの結果における市区町村出生数は、10月1日から翌年の9月30日における出生数を算出しているが、本研究では1月～12月の出生数として算出している。従って、出生数が減少過程にある将来値においては、本研究の出生数は小池らの結果よりもやや過大になる傾向がある。

0～4歳人口、すなわち子ども女性比ベースで推計された日本人出生数と間接標準化出生数との一致度合いを確認するために散布図を示した。実数表記と対数変換後の表記を示したが、概ね近い水準が推計されていることが分かる。出生数が少ない地域、すなわち人口の少ない地区町村ほど、そして、推計年次が現在から離れるほど、乖離が大きい傾向があるほか、間接標準化出生率法では、人口の小さい市区町村で極端な値が出ている。地域別将来推計人口における子ども女性比の将来仮定値においては、平均から2標準偏差以上の乖離を示すような市区町村については、過去の相対的な乖離趨勢などを利用して、間接標準化出生率においても、こうした小人口地域の調整が課題である。

以上のように、全国将来人口推計における出生率の仮定値の趨勢に同調した都道府県の将来年齢別出生率は、平均、分散、水準というモーメントの比という比較的単純な係数を用いることで推計できる。そして得られた年齢別指標は、年齢構造の変化を反映した出生数の推計などに活用できる。今回は、全国と都道府県かの相対的格差を一定とする仮定を置いたが、実績部分の分析などを通じて、格差の幅に明確な変化などが生じていることが明らかになれば、そうした動向を反映する仮定設定をすることで、より蓋然性の高い将来値が得られるかもしれないが、今後の課題としたい。

図9 市区町村出生数推計に関する子ども女性比ベース（0～4歳人口遡及）出生数（小池ほか 2018）と本研究結果出生数の比較（散布図）

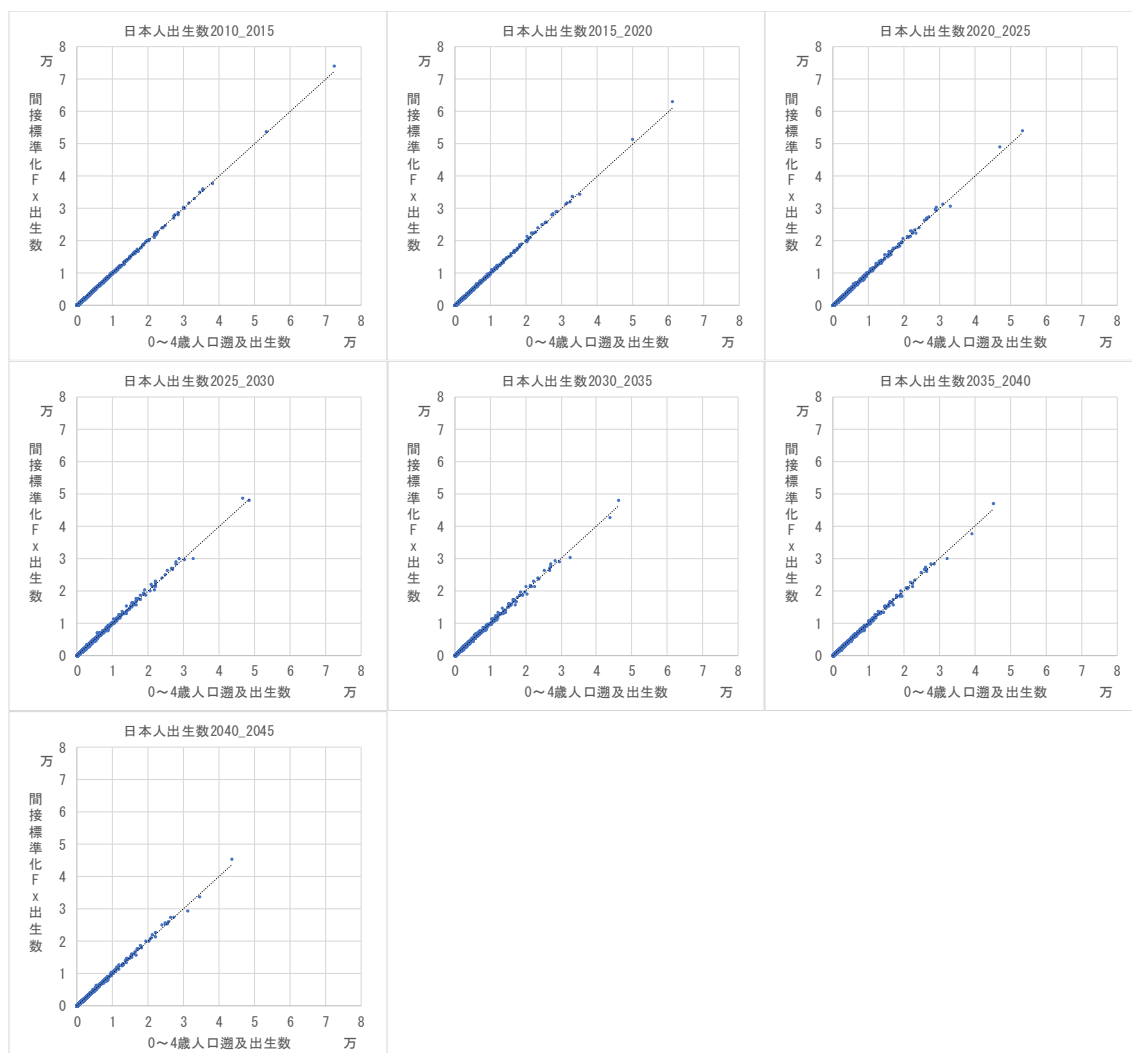
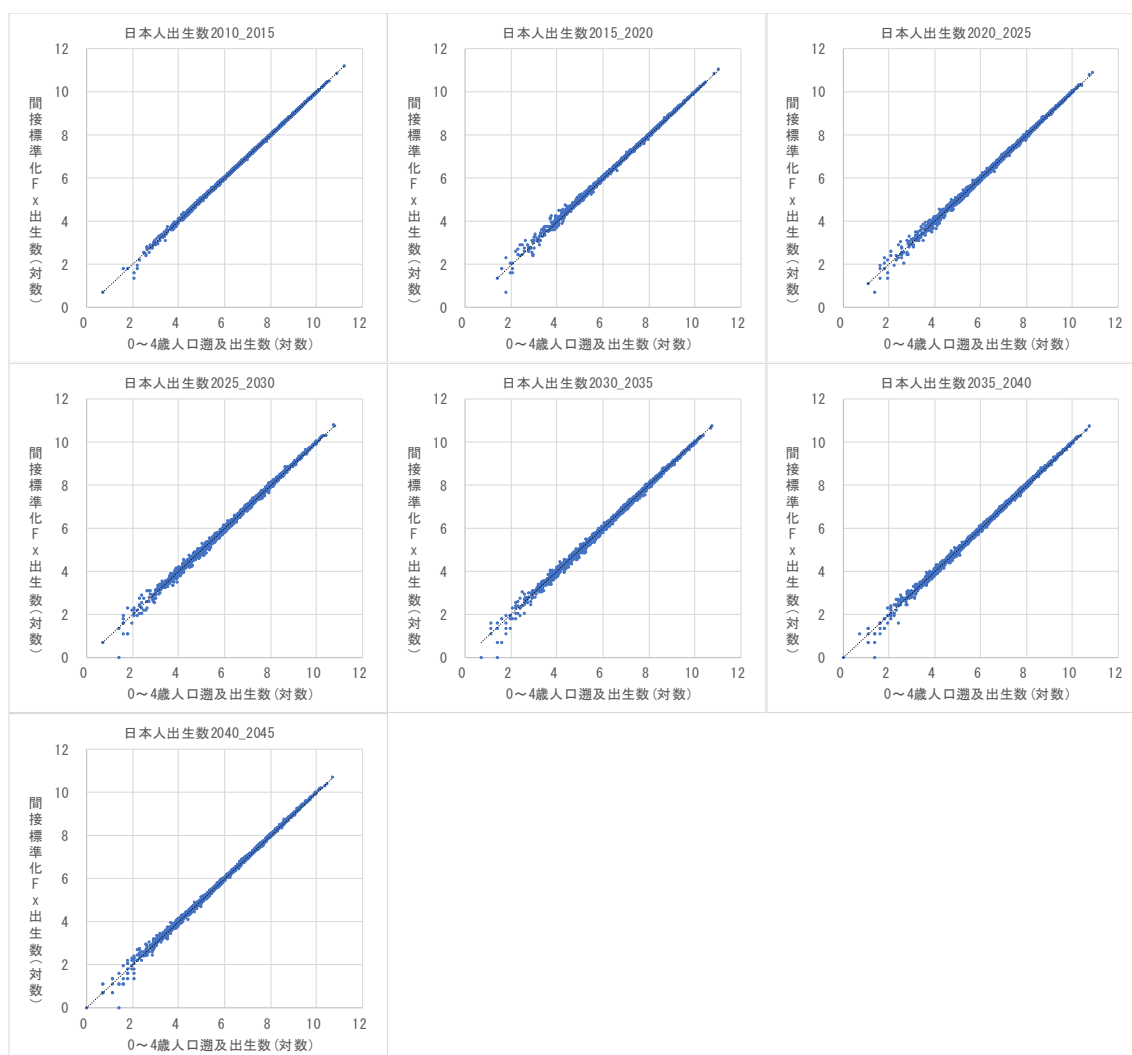


図 10 市区町村出生数推計に関する子ども女性比ベース（0～4歳人口遡及）出生数（小池ほか 2018）と本研究結果出生数の比較（散布図）（対数変換）



(参考文献)

石井太・小池司朗(2017)「全国と都道府県の整合性を保つ将来人口推計モデルの検討」厚生労働科学研究費補助金政策科学総合研究事業（政策科学推進研究事業）『人口減少期に対応した人口・世帯の動向分析と次世代将来推計システムに関する総合的研究』平成 28 年度総括報告書（編）石井太， pp.169-180.

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、

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.

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

小池司朗・菅桂太・鎌田健司・石井太・岩澤美帆・山内昌和(2018)「日本の地域別将来推
計人口からみた将来の出生数」, 日本人口学会第1回東日本地域部会(札幌市立大
学)(2018.12.9)

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）』

国立社会保障・人口問題研究所(2018)『日本の地域別将来推計人口（平成30年推計）』

謝辞

本研究の方法論開発については、金子隆一氏（明治大学政治経済学部特任教授）の協力を
得た。また、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。