

特集：将来人口推計（全国人口）に関連した研究（その1）

将来人口推計の基本的性質と手法的枠組みについて

金子隆一・三田房美

将来人口推計は、人口動態の歴史的な転換に直面する先進諸国にとって重要性が増大しているが、一方で急速なライフサイクル変化から予測としての見通しの策定が困難な時代を迎えている。こうした中で、本稿では将来人口推計を科学的に位置づけながら、その基本的な捉え方と手法的枠組みに関する解説と考察を与えることによって、これに関する共通認識の醸成を図り、一方では将来の社会経済を構想する道具としての用い方について、他方では手法開発の方向性について、それぞれに指針を示すことを試みた。具体的には、まず、社会科学における予測の捉え方やその典型としての公的な将来人口推計の捉え方について論じ、また結果の不確実性、社会経済変数の導入による改善の可能性など、推計の課題について検討した。つぎに手法の歴史の概観、および予測モデルの基本的成り立ちの検討を通して、推計手法開発の方向性に関する指針を探った。最後に「日本の将来推計人口」に新たに導入された枠組みについて紹介した。これらの議論は、今後の公的ならびに学術的人口推計の発展に資するような各方面からの議論の喚起を目指したものである。

I はじめに

将来人口推計は、現代社会において科学的根拠に基づいた政策形成を行うために必須となる道具の一つである。現在、先進諸国は例外なく人口成長の終焉と未曾有の人口高齢化という歴史的な転換の過程にあり、21世紀の社会経済を見通す上で、将来人口推計の重要性の高まりはかつてないものとなっている。しかし、その一方で、前例のない出生率低下、過去の想定を超えた平均寿命の伸長、さらには経済の国際化にともなう国際人口移動の規模拡大は、拠り所とする理論のないまま人口動態の見通しを極めて不透明なものとしている。こうした社会的要請の増大と人口動態見通しの混迷に同時に直面し、将来人口推計は新たな試練の時代を迎えている。

また、公的に実施される推計では、政府による各種の制度設計や施策計画の基礎資料として、将来の人口状況の定量的な情報を提供することが基本的な役割とされており、その社会的責務は重い。しかし、社会経済情勢の変動や人々の行動選択様式の変化を要素として含むような社会科学的予測において、数十年先までを定量的に言い当てるということは、そもそも科学的に可能なことであろうか。仮にそれが困難だとするならば、将来の社会経済を構想する際に、将来人口推計は期待される役割を果たし得ないのではないだろうか。それにも関わらず、世界中の国々や国際機関において将来人口推計が行われているのはなぜだろう。

実は、こうした基本的な問の中に、将来人口推計を使う側においては、それを真に有効に用いるための手がかりが含まれており、また実施する側においては、この試練の時期に際して進むべき方向性についての示唆が含まれている。本稿においては、まず将来推計人口の基本的な性質と捉え方について解説と考察を与えることによって、こうした問に関する共通の認識を醸成したい。その後はこれらの認識を踏まえつつ、手法的枠組みのあり方に関する議論に進むことにする。そこではまず手法の歴史的発展を概観することで、その人口動向の歴史的変遷や社会的要請との関係を理解し、つぎに推計における人口動態事象モデルの成り立ちについて詳しく見ることにより、その科学的手法開発の具体的指針について探る。

最後に、「日本の将来人口推計」（平成18年12月推計）で新たに導入した枠組みについて説明する。同推計では、上記の指針に従って多くの見直しが行われたが、とりわけ日本人と外国人の出生ならびに国際人口移動の傾向の違いを考慮し、その影響を正確に人口に反映させるために、推計モデルの基本構造に関わる変更を図ったことは重要である。ここではその概要について解説を行った。

将来人口推計は、現代の社会科学における「予測」の代表的な例である。本稿に示した議論の多くは社会科学一般の予測に対するものと共通する。その多くは試論としての域を出ないが、広範な分野からの議論を喚起することによって、その理解と発展に資することを期待するものである。

II 将来人口推計の基本性質

1 将来人口推計の捉え方

(1) 将来人口推計とは

将来人口推計 (population projection) とは、どのようなものであろうか¹⁾。将来人口推計とは、技術的観点からは、将来の人口規模と構造の変化に関する定量的情報を提供することを目的としたシミュレーションの一種と考えられる²⁾。それらはまず一般における多様な利用目的に対し、将来人口の現実的な推移を与えようとする推計と、研究等の特定の目的で恣意的な前提を与えて行う実験的推計の二種類を分けることができる。前者はいわゆる予測と呼ばれる用途の推計であり、本稿ではとくに断らないかぎり、議論をこちらのタイプの推計に限定する。「予測」という語の捉え方については後に議論するが、このタイプの将来人口推計は、主に政府における制度設計や施策計画、民間におけるマーケティング計画の立案・評価などに用いられる。たとえば、一国の将来の社会保障（年金制度、保健医療・介護制度等）のあり方や経済（労働力供給、市場規模・構造、国際競争力等）の状況などは、そこに至る間の人口規模、年齢構造等の推移に依存しているから、政

1) 将来推計人口は推計された人口を指し、これを推計することを将来人口推計と呼ぶことにする。

2) 将来人口推計は、人口過程要素（出生、死亡、移動など）に対する仮定の帰結としての人口推移に関する情報を提供する。一方、人口予測 population forecast は、無条件に将来の人口がどうなるかについて述べるものである (Keyfitz 1972)。これらの区別の必要性については、(3)節において検討する。

府であれ企業であれ予めそうした人口動向を把握しておくことは重要なことである。

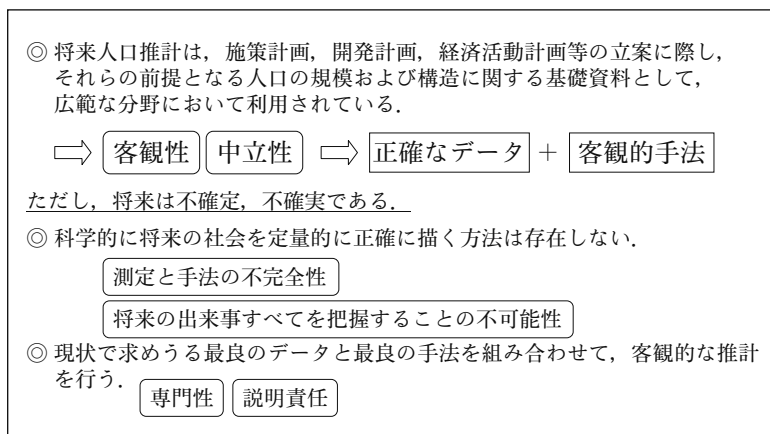
以上のように将来人口推計は、社会経済の将来設計と密接な関係があることから、各国とも中央政府等、計画に責任を持つ機関によって行われることが一般的である。また、世界人口あるいは国際地域の人口の将来推計については、国連、世界銀行などいくつかの代表的な国際機関によって行われている（守泉 2008）。それらはいわゆる公的な将来人口推計 official population projection であり、一般の人口推計とは異なる独自の位置づけと、これに起因する制約を有している。わが国では、国立社会保障・人口問題研究所が国勢調査の間隔に合わせてほぼ5年ごとに公的な将来人口推計を実施し、公表している。これには全国人口将来推計の他、都道府県別人口、市区町村別人口、世帯数の推計が含まれている。

(2) 公的推計の要件

公的な将来推計人口は、国や自治体等による制度設計や施策立案の基礎資料として用いられるのをはじめとして、民間を含めた広範な分野において利用される。したがって、それは特別な意図や考え方に基ついて策定されることは望ましくない。すなわち、可能な限り恣意性を廃し、客観性、中立性を保つことが求められる。逆に、同等の技術水準を前提とすれば、客観性、中立性こそが公的な将来人口推計に求められる最大の要件であろう。

それでは、いかにしたら客観的で中立な推計を行うことができるであろうか。そのためには、可能な限り正確なデータを用い、科学的な手法によって推計を行うということが必要である。すなわち、現状で求め得る最良のデータと最良の手法の組み合わせこそが、現時点における最も客観的な推計を保証することになるであろう。そして最良のデータと科学的手法を得るためには、一方では国際的視野に根ざした高い専門性の確保と、他方ではそれをユーザに正確に伝えることに関する説明責任が問われることになる。こうした状況を整え、実現することが、公的な推計を行う上で一つの目指すべき方向であると考えられる（図1）。

図1 公的な将来人口推計の役割と性格



(3) 予測としての将来人口推計

その一方で、将来推計人口は、当たることが最も重要な特質なのではないかという見方もあるだろう。将来の社会経済の計画を立てる上で、基礎となる人口が外れていたら、誤った選択をすることになるだろう。だから将来人口推計は、できるだけ正確に将来を言い当てることを目指すべきではないか。これは自然な見方だが、推計の指針として適切かどうかは、もう少し考えてみる必要がある。このことを論じるためには、まず社会科学にとって予測とは何かという問題にふれる必要がある。

人口変動を含め、社会科学が対象とする事象について予測を行うということは、未来を言い当てるといふ種類の予測、すなわち予報 (forecast) をするということは異なる。天体の運行や天候などと違って、社会経済は人間が変えて行くものであるから、現在において定まった未来というものは存在しない。したがって、科学的にそれを言い当てるといふ行為もあり得ないだろう。すなわち、将来の社会経済は、われわれが今後にとる行動しだいで無数の展開の可能性があり、これを予測するということは、標本から母集団の平均値を推定するといった操作とは本質的に異なるものである。すなわち、推定すべき真の値はわからないのではなく、(まだ) 存在しないのである。そして、何よりわれわれは、望ましくない「予測」が実現しないよう行動するのである。

したがって、一般に社会科学における科学的予測とは、結果として将来を言い当てることに役割があるのではなく、科学的妥当性のある前提の下に、今後何が起こり得るかを示すことを機能としている。将来人口推計についても、まったく同様である。そして、その前提には、人口動態事象 (出生、死亡、人口移動) に関する現在までの状況、すなわち趨勢が用いられることになる。

ここで予測に対するコーエン Joel E. Cohen³⁾ の考え方を紹介しておこう。実は、予測にはいくつかの種類が考えられる。たとえばコーエンは、無条件予測と条件付予測とを分けている。無条件予測とは、たとえば (彼自身の例によれば) 「私はこれから金槌で親指をたたくので痛いだろう」という予測である。この場合、親指がたたかれることが予測されており、その結果として痛みが生ずる。したがって、この予測の受け手は覚悟が必要となる。一方、条件付予測とは、たとえば「もし私の親指を金槌でたたけば痛いだろう」というもので、実際にたたく保証はない。これは打撃と痛みとの直接的な関係性が予測されているに過ぎないが、万一前提が満たされれば確実な帰結が待っている。この分類に従うと、現在各国で行われている将来人口推計は、将来の出生率、死亡率、および移動率の推移を条件 (仮定) とする条件付予測に当たる。すなわち、それら仮定に対する確実な帰結としての人口変動を予測している。この条件付予測のことを専門家は「推計 (または投影) projection」という言葉で表現している。しかし、一般ユーザの間においては、推計は上述のように無条件予測として理解されることが多い。すなわち、実現すべき人口の将来像として期待されるのである。この期待に対して、将来人口推計は無力であろうか。コーエ

3) 米、ロックフェラー大学人口学教室首席教授。人口学、生態学を中心に多くの業績を有し、将来人口推計の科学的手法、とりわけ確率推計の研究に関する業績がある。

ンは、条件付予測は微力なようだが、実際には非常に強力な道具であると述べている (Cohen 1995).

(4) 投影としての将来人口推計

ちなみに各国の将来人口推計について見ると、ともに正式な名称には、projection (投影) という言葉が用いられている。本来この言葉は、手元にある小さな物体に光を当て、前方のスクリーンに拡大投影して細部を明らかにするという行為を指す。すなわち、将来人口推計は、直近の人口動態に隠された兆候を、将来というスクリーンに拡大投影して詳細に観察するための作業であるということを示唆している。たとえば、われわれ人間は、合計特殊出生率1.26、平均寿命、男78.56年、女85.52年という状況が、どれほどの人口増加率、あるいは高齢化率を意味するのか、といったことについてすぐさま理解することはできない (ちなみに数値は2005年実績値)。将来人口推計は、これらを人間の目にもはっきりわかる人口の姿に投影して見せてくれる。この投影こそ本来の推計の機能であり、われわれはそこから多くの有用な情報を得るのである。これがコーエンの言う強力な道具ということの意味である。

ただし、いかに強力であっても、現状から想定した将来の人口動態事象発生が正確な「予測」でないかぎり、推計が無条件予測となることはない。したがって、当然のことながら、この条件付予測を無条件予測だと偽って提示することは許されない。さらに、提示者はそのような理解をしようとするユーザに対して、これを正す説明責任すら有するであろう⁴⁾。

しかしながら、一方で、将来人口推計 (とりわけ公的推計) に対する一般ユーザのこの無条件予測としての期待を単に一蹴することは正当なことだろうか。これは科学一般における社会的責務とその限界との関係の典型的な課題である。上述のように、将来人口推計においては、仮定値自体が予測と呼べるのであれば、その人口推計全体が予測となり得る。ただし、現状においては、将来の動態率に関する科学的予測が原理的に可能なことなのかどうかすら明らかとはなっていない (これは社会科学における予測全般について同様)。したがって、これを予測と呼ぶことは難しいであろう。動態率の仮定値の予測は突き詰めれば社会経済全般の予測そのものであり、これは人口統計学の分野を大きく超えた社会科学と生物医学の広い領域に及ぶ課題である。

(5) 公的推計の捉え方

それでは、公的な将来推計人口は予測 (無条件予測) として用いることはできないのであろうか。繰り返すが、それはすべて前提 (仮定) の捉え方に依存する。すなわち、前提が予測として認められるのであれば、その帰結である将来推計人口も予測となり、逆に前提が単なる仮想であれば、結果としての推計人口も仮想のものとなるはずである。そして、推計の前提を予測として認めるか、あるいは仮想としてみるかは、本来はこれを用いるユー

4) 推計された人口変動を確率的に表現するなど、その不確実性を明示することは、ユーザの推計に対する正しい理解に役立つだろう。ただし、現在不確実性の実体に何を選ぶかは多種多様であり、この確率が何を意味するかをめぐり新たな誤解を生む可能性は高い。したがって、ここでも提示者は、確率が何を意味するかについて明確に説明しなくてはならない。確率推計については後述する。

ザに委ねられている。推計が無条件予測であることが科学的に保証されていない以上、予測として扱うことには一定のリスクがともなうが、現実が推計に反した場合にどのような損失が生ずるかは個々の使用目的に依存するから、本質的にはその判断はユーザしか行うことができない。

もちろん、それでも将来人口推計の前提（仮定）は、「一般論として」どの程度予測とみなしうるかを問うことはできる。しかし、やはり一律な答えはなく、時期や地域によって異なると言わざるを得ない。実際、わが国でも出生率が安定的に推移していた1950年代半ばから1970年代半ばまでと、歴史的経験のない低下を経験した近年とでは大きく事情が異なっている（米国における事例については次章において紹介する）。すなわち、仮に方法論が同じであっても、動態率が大きく変動する場合には「予測としての精度」は大きく異なることになる。

それでは将来人口推計を予測としての技術に近づける努力の余地はないのであろうか？ そうではないであろう。仮定値の算出方法について現状における科学的妥当性を求め、推計を「科学的予測」に近づけるための努力の余地は存在する。推計の実施者は、的中させることを努力の指針とするのではなく、たとえば以下に述べるいくつかの方向に向けての努力によって、将来人口推計の役割を「推計（投影）」から「予測」に至る中間のどこか、ただし原理的な科学的限界の内側のどこかに置くことを目指すべきであろう。

以上のような現状を踏まえて、公的な将来人口推計の取るべき方向性について考えてみよう。無条件予測が望めない場合、現状における「最良の予測」とは何であろうか。それはすでに述べたとおり、まずは可能な限り正確なデータを集積して、これを用いることである。つぎには、データに含まれる主要な変動要素の趨勢を将来に投影することである⁵⁾。なぜこれらが最良の予測となるかといえば、われわれは現在、人口の「予測」について客観性を超える望ましい基準を有しておらず、正確なデータと科学的な投影の組合せは、現状で最も客観的な方法と考えられるからである。もちろん正確なデータを準備すること自体、あるいは適切なトレンドを捉えて科学的な投影を行うこと自体、少しも容易なことではないが、努力を振り向けるべき明確な指針を有することは重要である。『日本の将来推計人口』においてもこのような方針が採られている。したがって、日本の将来推計人口は、一方では実績データが示すわが国の進む方向にそのまま進行した場合の投影としての機械的な人口像を示しながらも、他方では現状における「最良の予測」であることが目指されている。

将来人口推計の取るべきもうひとつの方向性としては、その精度あるいは不確実性に正面から取り組む姿勢がある。将来人口推計の不確実性については、その中に統計的に扱える部分が存在するため、これを捉え明示する技術を確立すれば、将来人口に関する情報は豊富となる。不確実性を明示することは、科学的な予測の重要な要素である。ただし、現

5) データには、時間的に普遍的な要素、傾向的に変化する要素、不規則に変動する要素が含まれるが、傾向的に変化する要素のうち、変化が他に依存しないものを統計手法により分離し、これを投影に用いる。具体的な例と説明については、次章（Ⅲ－２）を参照のこと。

状において統計的に扱える不確定性の範囲は限られていることも事実である。要素の変動傾向は定式化できても、将来という未だ存在しない対象を表す指標の存在範囲や分布を捉えることは原理的に困難な部分が残るからである。不確定性の問題は、次章においてより詳しく触れる。

以上に見てきた将来推計人口の基本性質を踏まえて、その見方についてまとめてみよう。一般に将来推計人口は、将来社会を構想する際の基準ないし指針を得るものとして用いるものである。その際、「日本の将来推計人口」は、現在日本社会が向かっている方向にそのまま進行した場合に実現するであろう人口の姿として捉えることができる。また、その前提が予測として認められるのであれば、将来推計人口は、将来実現すべき人口の予測として捉えることもできる。逆に認められないのであれば、将来推計人口は一つのシミュレーション結果に過ぎない。ただし、推計の前提は実績データの趨勢を投影したものであるから、恣意性が少ないという観点からは、現状において最も自然で客観的な将来像を示すものであるといえる。そして、仮に実際の人口推移が将来推計人口と異なる動きを示したとすれば、それは前提に含まれない新たな変化か、あるいは趨勢の加速、減速等のペースの変化が存在することを示すことになる。実はこうした変化をいち早く見出すことも将来人口推計の重要な役割である。

結局、将来推計人口は、さまざまな展開の可能性のある将来について考える上での共通の基準、または拠り所として扱うことが最も適切な利用方法であると考えられる。社会における多くの施策計画や市場計画の立案が、共通の将来人口に基づいてなされているということは、多様な計画の間の整合性を図り、比較可能性を保つ上で、たいへん有利なことと考えられるのである。

2 将来人口推計の課題

(1) 推計の不確実性

将来推計人口には常に不確実性が付随するが、その原因は多様である。大きく分けると、基にした実績データや統計的手法に由来する不確実性と、推計された人口推移の実現性に関する不確実性の2種類がある。まず、前者についてみよう。「日本の将来推計人口」の仮定値は、実績データの趨勢を投影して得たものであるが、趨勢の捉え方などによって投影結果は必ずしも一意には定まらず、一定の幅として捉えられる。これが出生3仮定、死亡3仮定が生ずる理由である。

出生仮定については、女性の世代ごとに結婚、出生行動に関する4つの指標（平均初婚年齢、生涯未婚率、夫婦完結出生児数、および離死別再婚効果係数）の趨勢が測定され、将来に向けて投影されるが、それぞれについて幅が設けられ最も高い出生率を帰結する値の組み合わせによって高位仮定が定められ、逆に低い出生率を帰結する組み合わせによって低位仮定が決められている（表1）。

一方、死亡仮定については従来は安定的と考えられ、長らく仮定は一種のみであった。しかし、近年の死亡率推移に関する分析から、平成18年12月推計では不確実性を表現する

表 1 日本の将来推計人口（平成18年12月推計）における出生率要素 4 指標の仮定値

女性の出生率要素の指標	実績値 1955年生まれ	将来推計人口の出生仮定値1990年生まれ		
		中位仮定	高位仮定	低位仮定
(1) 平均初婚年齢	24.9歳	28.2歳	27.8歳	28.7歳
(2) 生涯未婚率	5.8%	23.5%	17.9%	27.0%
(3) 夫婦完結出生児数	2.16人	1.70人	1.91人	1.52人
(4) 離死別再婚効果係数	0.952	0.925	0.938	0.918
コーホート合計特殊出生率 (日本人女性の出生に限定した率)	1.94	1.26 (1.20)	1.55 (1.47)	1.06 (1.02)

注：出生率要素の指標は、すべて日本人女性の結婚・出生に関する値（日本人男性を相手とする外国人女性の結婚、ならびに日本人男性を父とする外国人女性の出生を含まない）。ただし、合計特殊出生率は、「人口動態統計」の定義であり、日本人女性の出生に限定した値は（ ）内に示した。離死別再婚効果係数とは、離死別・再婚による出生児数の変動を表わす係数で、離死別・再婚が一切ない場合に1.0となる。

資料：国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成18年12月推計）」

こととし、死亡水準を表す時系列指標⁶⁾の実績推移に内在する統計的誤差の分布に従い、信頼区間（99%）を算出し、その高死亡率側の境界を高位仮定、低死亡率側の境界を低位仮定とした。

上記、出生 3 仮定、死亡 3 仮定の組み合わせにより、平成18年12月推計では 9 つの推計結果が提供されている。これらを用いることによって、ある程度の推計結果の不確実性に対処することができる。すなわち、中心的な推計となる出生中位・死亡中位推計を基準としながらも、仮定に用いた変数の現状の趨勢から投影される限界幅を見込むことで、目的に応じた一定の安全幅を設けることができる。

ここで、異なる仮定の組み合わせによる推計結果を比較してみよう。人口規模は出生高位・死亡低位推計がすべての年次において最も多く推移し、逆に出生低位・死亡高位推計が最も少なく推移する。2055年における人口規模の最大最小の幅は1,715万人であり、中間に位置する出生中位・死亡中位推計の人口規模の19.1%に相当するものであった。しかし、人口高齢化の程度を示す高齢化率（65歳以上人口割合）については、出生低位・死亡低位推計が最も高く推移し、逆に出生高位・死亡高位推計が最も低く推移する。2055年における高齢化率は、前者で44.4%、後者では36.3%であり、8.1ポイントの幅があった⁷⁾。すなわち、人口規模と高齢化率では、最大・最小を与える仮定の組み合わせが異なっている。このように、人口指標によっては最大・最小を示す推計が異なるので、ユーザは安全幅を設ける方向については、推計を使用する目的に応じた確認が必要である。

不確実性に対処するための複数推計の利用には、このような難点があるほか、それぞれの推計の蓋然性の違いについて定量的な情報がなく、利用法が制約される面がある。複数推計の利用のこうした不都合を解消する方法として、確率推計と呼ばれる提示の仕方がある。確率推計とは、仮定値に確率分布を与えることによって将来人口あるいは各種指標を確率分布として推計し、結果の不確実性を信頼区間などによって表す手法である。これに

6) リー・カーター・モデルにおけるパラメータ k_t

7) 出生中位・死亡中位推計の高齢化率は、40.5%である。

よれば、特定の推計結果の蓋然性を知ることができる。確率的な仮定設定を行う方法としては、いくつかのアプローチが存在し、多数の専門家の意見のばらつきを用いる方法 (expert opinion method)、現在までの指標値の変動に時系列分析法を適用して分布を得る方法 (time series method)、過去の多くの推計の誤差を用いる方法 (historical error analysis) などが試みられている。日本の将来人口推計においても平成18年12月推計では、将来の合計特殊出生率、平均寿命についてデルファイ法による expert opinion method を適用した結果を報告している (国立社会保障・人口問題研究所 2008)。その結果によれば、2055年の総人口の95%信頼区間は8,160万人～1億0,002万人であり、高齢化率の95%信頼区間は36.2%～45.5%となっている。出生3仮定・死亡3仮定による推計の最小～最大の幅は、総人口については8,238万人～9,952万人、高齢化率については36.3%～44.4%であり、いずれも概ね確率推計の95%信頼区間に近いものとなっている。

ただし、現在の確率推計がもたらす推計結果の分布や信頼区間は、一般に期待されるような推計値の実現の可能性そのものを表すものではない。この手法においても、仮定値とその分布が将来のそれらを正確に予測したものでないかぎり、人口推計結果とその分布も予測とならないことは、通常の将来人口推計とまったく同様である。すなわち、仮定値の分布が実現値とかけ離れたものであれば、結果の信頼区間等も実現の可能性を示すものとは程遠いものとなる。

確率推計にはこうした限界はあるものの、推計結果の分布による表現は人口の見通しに対してより多くの情報をもたらし、その応用可能性を高めるものである。とりわけ損失関数 loss function などとの組合せにより、推計結果の帰結を定量的に評価することができるため、人口推計の応用の幅が広がるものと考えられる (Alho and Spencer 2005, Siegel 2002)。確率推計等による将来人口推計の不確実性への対処は、予測としての確実性を高める努力とはまったく別の、独立の方向性を持っているが、科学的予測の必須要素として、並行して技術発展を推進して行く必要がある。

(2) 社会経済動態との関係

公的な将来人口推計において、社会経済要因や政策要因の効果を明示的に含めるべきであるとの議論がある。これに対しては、主に次に挙げる4つの理由から、現状においては必ずしも望ましくないという結論が得られる。すなわち、1) 公的推計の役割による理由、2) 要因の多様性による理由、3) 要因効果の定量的測定の困難による理由、4) 要因の予測性の困難による理由である。以下では個々の理由について論じよう。

1) 公的推計の役割による理由

すでに述べたとおり、公的な将来推計人口は広範な領域の目的に対して将来の人口、あるいは将来の社会を論ずる際の基準として用いられるものであり、客観性および中立性が要件となっている。したがって、推計は客観的データに基づいて主要指標のトレンドを科学的、客観的に投影したものであり、何らかの政策目標を含んだものや、今後行われる可能性のある施策の効果を見込んだものであってはならない。こうした中立性によってのみ、さまざまな可能性を持った未知の将来人口、ひいては将来社会について検討、議論する基

準が提供されるものと考えられる。社会経済要因についても、その変化に関する見方に恣意性が存在する場合は同様の理由で採用すべきでないし、その見方の客観性を保証することは一般に難しい。また、それらを導入することによって推計の客観性が損なわれれば、実績推移との比較によっていち早く変化を見出すといった将来人口推計の機能も損なわれることになる。以上のように、政策目標、施策効果の見通しや、客観的投影の困難な社会経済的変数を取り入れた推計は、公的な将来推計人口の役割と相容れないものと考えられる。

2) 要因の多様性による理由

一般に人口変数（たとえば出生率）は、多くの社会経済変数と関係を持ち（たとえば、産業構成、進学率～学歴構成、女性の就業率、育児支援施設・制度の普及率、男女観、異性交際状況、出生抑制手段の普及率、教育費用、等々）、またそれら要因間においても複雑な関係が存在しているので、その人口変数に対する効果は相乗的、複合的なものとなっている。それらの効果ならびに複合的效果をすべて勘案することは事実上不可能である（いわゆるフレーム問題）。こうした場合、通常モデリングではその中で有力な単独の、あるいは少数の要因を取り込むことになるが、現在知られている人口変数と社会経済変数との複雑な関係からして、そのような代表的な少数の要因を絞り込むことは難しいし、また、もしこれを行うとすれば、その選択において恣意性が混入することは避けられない。政策要因を考えた場合でも、それは背景にある社会経済的要因によって効果は大いに異なることが考えられる。したがって、要因の多様性、複合性による理由から、少数の特定の社会経済要因効果、または政策効果を取り入れることは、公的推計に要求される中立性・客観性を損なうことにつながると考えられる。

3) 要因の定量的効果測定 of 困難による理由

仮に科学的な捨象によって有力な社会経済要因を特定できたとして、それらの社会経済変化や政策効果を人口推計に織り込む場合には、それらと人口変数（たとえば出生率）との因果関係に基づく定量的関係を把握しなくてはならないが、十分に信頼性の高い定式化を得ることは、現在の統計技術ならびに用いることのできるデータの制約の下で、非常に困難であるといえる⁸⁾。これまでに分析・計量された多くの定式化は、必ずしも因果関係ではなく相関関係に基礎を置いており、それらは過去の状況を「説明」することはできても、将来について「予測」をすることには耐えない場合がほとんどである⁹⁾。こうした困難については、今後、因果モデル構築に有利なパネル型統計調査等によるデータ面の整備や、これらを基礎としたモデル・理論面の発展による改善が期待される場所である。ただし、現状においては将来人口推計が依拠できるような社会経済変数と人口変数との間の明確な因果関係やモデルは見当たらず、この点で社会経済変数、政策変数を人口推計に取り入れることは時機尚早であるといわざるを得ない。

8) 河野（2007）は、米国の調査（個票データ）による出生力に対する社会経済要因の決定力はせいぜい10～20%である例を紹介し、将来人口推計に用いることの難しさを説明している。

9) この点について阿藤（2002）は、出生率について説明（モデル）と予測（モデル）の間には越え難い溝があるとし、現状では出生の先送り現象を説明できる社会学的モデルはないとするのが学問的良心に適うとしている。

4) 要因の予測性の困難による理由

仮に、上記1)～3)までの理由が解消され、特定の社会経済変化や政策効果と人口変数の関係の十分な精度の定式化に成功したとしても、これを用いて将来人口推計を行うためには、当該の社会経済変化や政策の将来予測を行わなくてはならない。これを十分な精度で行うことは、人口変数の投影を単独で行うことより遥かに困難であると考えた方がよい。また多くの場合そうした社会経済変数は、人口変数から受けるフィードバック効果等¹⁰⁾があり、現在用いられている線形性を基礎とする統計モデルでは不十分であろう。すなわち、社会経済変化の将来予測を取り入れた将来人口推計は、現行の統計モデルの枠組みを用いる限りむしろ不安定なものとなる可能性が高い。これに対しては、人口変数、社会経済変数とともに内生化したダイナミックモデルの開発が必要となるだろう。そのためには複雑系システムの人口-社会経済システムへの応用のための技術発展を待つ必要がある。

以上の4つの理由から、現状においては将来人口推計に社会経済的变化や政策効果を明示的に導入することは、困難であり有効とはいえないことがわかる¹¹⁾。現に諸外国の公的な将来人口推計においても、社会経済的变化や政策効果を勘案した推計が行われた例は見当たらない。ただし、現行の公的な将来推計人口において、社会経済的な変化が反映されていないと考えることもまた誤りである。将来推計人口の前提となる動態事象（出生、死亡ならびに人口移動など）の仮定推移は、過去の推移に基づいて投影されるが、これら過去の推移はすでに社会経済的な要因群、すなわち社会経済的環境の変化を総合的に反映しているものであり、これを投影した結果はやはり社会経済的環境の変化を間接的ながらも投影したものとといえるのである（図2）。

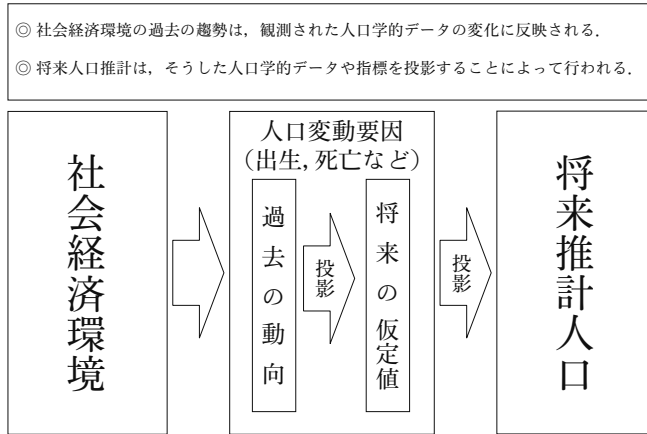
ここで一つ注意しなければならないことは、以上の議論はあくまでも特殊な役割を担っている「公的な将来推計人口」に関するものであり、学術的立場から人口と社会経済の関係を表現したモデルによる推計（シミュレーション）を行うことは、それらを理解する上で有効であり、むしろ推進されねばならないということである¹²⁾。人口-社会経済システムの総合的な将来推計の実現は、そうした努力の延長上にあるといえよう（この点についてはⅢ-2-(3)において再び触れる）。

10) 人口から社会経済へのフィードバック効果としては、マクロ的效果として人口構造の変化にともなう経済・社会保障制度への影響、ミクロ的效果として、結婚・出生・世帯の変化など個人のライフコース変化にともなう社会経済行動の変化が考えられる。

11) そもそも将来人口推計に、より多くの変数を用いるべきだと考える背景には、より多くの知見を投入することは、しないことに比べて常に正確な結果をもたらすとする根強い誤解がある。たしかに多変量回帰モデルにおいて、目的変数と相関を持つ説明変数の投入はそれがどのようなものであれ「説明力」を増すことができるが、予測に有効となるためにはさらに厳しい条件をクリアせねばならない（Keyfitz 1982）。それは明確な因果関係を持ち、それ自体が予測可能であることである。多くの知見の投入は、ちょうど高純度の燃料に雑多な可燃物を混入させることに似ている。システム（機械）の効率や信頼性は、データ（可燃物）種の量ではなく、そのシステムに適合したデータの質に依存すると考えられるので、システムに準備のない知見の投入はむしろシステムの機能を損なうことにつながる。

12) 近年、社会経済要因の投入は公的な将来人口推計の予測精度をわずかながら向上させる可能性を主張する論調も見られる（Sanderson 1998）。

図2 公的な将来人口推計における社会経済環境の反映



Ⅲ 将来人口推計の手法的枠組み

1 将来人口推計手法の歴史的視点

ここではまず、将来人口推計の手法の歴史的変遷と成立について簡単なレビューを行い、歴史的視点から手法のあり方を考える。このことは、後の節におけるわが国の推計手法を考察する上で重要である。レビューは必ずしも網羅的なものではなく、人口動態等の時代的背景との関係から手法の発達を見るものである。将来人口推計の手法には、地域別推計に関しても膨大な技術の蓄積があるが、ここでの対象は国レベルの将来人口推計に関するものに限定する。

(1) 黎明期～20世紀初頭

将来人口推計は、17世紀の政治算術家により行われるようになったとされる¹³⁾。それらは総人口に対して数学関数を当てはめるものであり、そうした方法は20世紀第二次大戦以前まで続けられた。たとえば、19世紀初頭、マルサス Thomas Robert Malthus は、有名な『人口論』(1798-1826年)の中で、抑制のない人口の例として当時独立まもないアメリカの人口に対して幾何数列(等比数列)のモデルを当てはめ、それが約25年で倍増すると推計している。また、20世紀始めにはロジスティック関数を再発見したパール Raymond Pearl とリード Lowell Reed は¹⁴⁾、これを合衆国の人口に適用して人口推計を行っている(Pearl and Reed 1920)。しかし、この頃から人口学者は次第に人口変動の結果としてばかりではなく、その要因としての年齢構造の重要性に目を向け始めた(Arthur Bowley)。Sharpe と Lotka (1911) は、この時期に早くも年齢構造を持つ人口の再生産過程を定式化し、人口理論の金字塔となる安定人口理論を打ち立てた。

13) Thomas Browne (1605-82), James Harrington (1611-77), John Graunt (1620-74), William Petty (1623-87), Sébastien le Prestre de Vauban (1633-1707) らによって行われている(Watterlar 2006)。

14) 人口のロジスティックモデルは、P. F. Verhulst によって19世紀始め(1838年)に定式化されたものである。

(2) 第二次大戦前—コーホート要因法の登場

一方、推計手法としてのコーホート要因法を最初に用いたのは、英国の経済学者 Edwin Cannan (1895) とされる。その後、ソビエト連邦では Tarasov (1922)、オランダでは Wiebols (1925)、スウェーデンでは Cramér (1925) や Wicksell (1926)、イタリア Gini (1926) や Felici Vinci (1927)、ドイツ Reichsammt (1926) による将来人口推計への応用が見られる(括弧内は推計を発表した年)。しかし、本格的に実用されたのは、1930年代に入って Whelpton (Pascal K.) によってであった。彼は1928年から始めた一連の将来人口推計によって、コーホート要因法を中心に現在の多くの手法を定着させた人口学者である(Thompson and Whelpton 1933, Whelpton 1928, 1936)。1940年代になるとコーホート要因法は Leslie (1945) によって行列を用いた数学的な定式化が施された。当時最も権威ある人口学者であった Notestein (1945) もコーホート要因法を用いた世界人口の将来推計を行った。また、Sauvy もこの方法による将来推計によって当時フランスが直面していた人口減少の懸念について定量的に評価を行っている(Sauvy 1932, 1937)¹⁵⁾。このように新しいアプローチが急速に広まった背景には、当時のヨーロッパにおいて、出生率低下をはじめとする動態率の変動によって人口が大きな変動を見せはじめていたことが挙げられる。増加あるいは減少に向けて一定方向にしか進展しないロジスティック・モデルなどの数式モデルによる推計は現実性のないものと理解されはじめた¹⁶⁾。

(3) 第二次大戦後—コーホート要因法の確立と試練

第二次大戦とその後の社会経済変動は、各国の人口過程にも大きな影響を与え、戦前の不況と戦争による出生減、戦後のベビーブームなどの現象に代表されるダイナミックな人口変動が生じ、将来人口推計は最初の試練の時期を迎えた。それまでに多くの人口統計学者によって支持を得たコーホート要因法であったが、その本格的な船出は苦難に満ちたものであった。コーホート要因法を発展させ人口学に多大な貢献をなした Whelpton は、一方で人口推計における試練の最初の受難者であったと言えるだろう。彼は米国の出生率の推計に際して、ようやく得られるようになった人種別、地域別出生率や、1800年以降のセンサスから婦人子ども比を算出するなどして、当時得られるかぎりのデータを詳細に分析し、またヨーロッパ、オセアニア等の国々(日本も含まれていた)の時系列データを比較した。それら普遍的歴史的動向の確認に加え、都市化、女性の労働参加の広まり、家族計画の考えと技術の普及などを勘案した結果、米国における出生率は堅実な低下傾向を示すものとして、1947年に行った将来推計人口において、合計特殊出生率は、たとえば1960年に2.06になるとした(Whelpton et al. 1947)。しかし、実際はその後の空前のベビーブームによって出生率は1960年には3.53を記録することとなった。複数のシナリオによって不確実性に対処するという優れた方式を採用したのもこの推計が初めてであったが、皮肉なことに出生高位の推計でも1945-49年の出生数は18%過小であり、1950-54年では27%

15) 19世紀終わりから第二次大戦までの将来人口推計の歴史については、DeGans (1999) が詳しい。

16) たとえばフィンランドの人口推計を行った Modeen の批判について、Alho ら (2005) が記述している。

過小という結果となった¹⁷⁾。この事例は将来人口推計が当初から科学的な周到さと“予測”の実現（当たる、はずれる）とは別物であるという試練にさらされていたことを示す（正確には、周到さが功を奏する部分と役に立たない部分が混在していると言うべきである）。すでに人口の政策的重要性が認識され、各種の施策立案に応用されはじめていた将来人口推計は、その社会的責任の重圧と現実の不規則な人口変動の両方から困難な立場に立たされることとなった。専門家の間では、この時期に既に方法論に対する批判やその性格や役割についての多くの議論が費やされている。一方では、各国の公的機関や国際機関による定期的な将来推計人口の策定・公表が定着した。国連1951年、INED1953年（Bourgeois-Pichat 1953）、OEEC（現在のOECD）1956年、世界銀行1978年とそれぞれ定期的な公表が始められた。これらによりコーホート要因法はしだいに標準化されることになる。

この時期、上述のような出生率の仮定と実績の乖離に直面して、出生力の成り立ちに対する分析とこれに呼応するデータの集積が急速に進んだ。まず、出生力のコーホートの側面の重要性が認識され、年次的に観察される出生率との関係が次第に明らかとされた（Ryder 1956, Ryder 1964, Aker 1965）。また、多様な要因との関係が媒介変数という概念によって整理され（Davis and Blake 1956）、ここから一方では出生の確率論的モデルの発達（Sheps and Menken, 1973）や、他方で媒介変数測定のための多数の実地調査へと結実した（たとえば予定子ども数と完結出生力に関するプリンストン調査（Ryder and Westoff 1967））。これらの研究の進展は出生という現象の成り立ちの理解を通して、将来人口推計のあり方に大きな影響を与え、多様な実績データに基づく分析の重要性を示したが、将来を見通すための仮定設定に対して決定的な方法論や理論を供給するには至らなかった。

（4）新たな要請

欧米の先進諸国は、基調としてはすでに戦前に人口転換の最終段階、すなわち出生率と死亡率が均衡する状況に至っていたが、前述の通り第二次世界大戦後に生じたベビーブームにより人口動態の行程は大きなかく乱を受けた。しかし、ベビーブームが終焉する頃になると、自然動態率は一旦は均衡を見せ始めたため、誰もが以降は穏やかに静止人口へ向かうものと考えた。ところが、これらの国々では1960年代半ば頃より出生率に新たな持続的低下傾向が開始された。現在、第二の人口転換と呼ばれている新たな人口動態変動の幕開けであった。その後、死亡率においても高年齢層における予想外の低下が見られるようになり、平均寿命は専門家が想定した上限を超えて伸長を持続する。その結果、各国は21世紀において人口成長の終焉と予想をはるかに上回る人口高齢化に直面することが運命づけられることとなった。一方では、経済のグローバリゼーションの進展により、国際人口移動も新しい局面を迎えることとなる。

こうした人口動向の歴史的転換の中で、将来人口推計は第二の試練の時代を迎えることとなる。すなわち、いずれの動態率も歴史上経験したことのない領域に入り、その行方を

17) Whelpton の最初に行った推計（1927年）では、30年代の不況による出生低下を見込まなかったため、1940年人口は4.6%過大な推計となっている（Whelpton 1928）。

見通す理論やモデルが発達を見ない中で、動態率の単純な延長上に描いた推計人口と実績との乖離は避けられないものとなった。こうした中、出生、死亡、さらには国際人口移動の構造的なモデル化により、その変動メカニズムに深く立ち入った推計モデルの研究が、以下のように進められている。

人口動態事象の年齢スケジュールについては、数多くのモデルが開発されてきており、推計には不可欠の道具となっている¹⁸⁾。近年でみると、死亡については、各国の年次別、年齢別死亡率の膨大なデータが集積され、特異値分解による詳細な分析によってその統計的な構造が見出され (Wilmoth 1990)、これをもとに新たな標準となる死亡率推計の Lee-Carter モデルが登場した (Lee and Carter 1992)¹⁹⁾。出生については、見通しの乖離への批判から、出生変動に対するコーホート偏重の見方に再考が促され (Ryder 1990, NíBhrolcháin 1992)、コーホート期間 (ピリオド) 関係の再定式化 (Bongaarts and Feeney 1998) につながった。一方では、推計の不確実性に対する取り組みが進行している。現在では、不確実性と確率推計に関する研究は、将来人口推計に関する学術的研究の主流を成すまでになっている。また、他方で、多地域推計から発達した多相的な人口推計 (multistate population projection) による国籍・民族、教育水準、配偶関係、といった社会経済属性別の人口推計も方法論の検討が続いている (Espenshade 1985, Goujon and Lutz 2004, Haskey 2002, Rogers 1986)。

新たな時代の要請によって、推計手法ならびに動態事象モデルの研究は強力に推進されているが、将来人口推計の予測としての精度を向上させるような打開的な理論やモデルは登場していない。人口現象の記述に対してはすでに十分な精度を持つ数多くのモデルが存在しており、現在求められるのは現下に進行する動態率の歴史的遷移—第二の人口転換—のペースと行方を指し示す理論である。

2 将来人口推計手法の開発の基礎

(1) 将来人口推計手法の成り立ちと開発の視点

当然のことであるが、将来人口推計手法の基礎部分は、人口変動過程に対する理解から形成される。ここでは人口変動過程の記述との関連から話を始めよう。人口は人口静態と人口動態事象という二つの側面から成る。すなわち、一時点における人口の規模と構造 (属性別構成) を人口静態と呼び、一方で時間の経過の中で人口静態に変化を引き起こす「できごと (event)」を人口動態事象と呼ぶ。直接に人口変動を引き起こす人口動態事象とは具体的には出生、死亡および人口移動の3事象である。人口静態と人口動態事象の関係は、次の人口学的方程式 (demographic balancing equation) によって示される。

$$P_1 - P_0 = B_{0,1} - D_{0,1} + (I_{0,1} - E_{0,1})$$

18) 人口動態事象の年齢スケジュールモデルについては、金子 (2001) にレビューがなされている。

19) わが国の将来人口推計 (平成18年12月推計) においては、Lee-Carter モデルを基礎としながらも、高年齢層の著しい死亡低下によって世界最高の平均寿命を示す特異性の分析から、老化過程の遅延を表現する独自の技法を開発して、これを用いている (石井 2008)。

ここで P_0 , P_1 は時点 0 および 1 における人口規模であり, $B_{0,1}$, $D_{0,1}$, $I_{0,1}$, $E_{0,1}$ はそれぞれ 2 時点間に生じた出生数, 死亡数, 転入数, 転出数を表す. この式は左辺の人口静態 (人口規模) の変化を, 右辺の人口動態に結びつける役割を持つ²⁰⁾. この式からわかるとおり, 基点となる時点の人口と, 目的とする期間内の人口動態事象数が決まれば, 次期の人口は完全に決まる. このことが将来人口推計の手法においても基礎となる. すなわち, 将来における人口動態事象 (出生, 死亡, 移動) の発生数がわかれば, 人口 (人口構造) は機械的に決まるのであり, 将来人口推計とは動態事象の発生数 (または率) を推計することに他ならない. ただし, 将来の人口動態事象の発生数・率を正確に知ることは, 将来の社会経済の全貌を知り得ることに近い²¹⁾.

このように見ると, 将来人口推計手法の開発・改良は, 3つの部分に分けて考えることができる. すなわち, (1)すでに技術的に確立した (機械的な) 部分, (2)今後, 開発・改良の余地を残す技術的部分, さらに, (3)時代によって移り行く社会経済の様相やライフコースを見通すための技術 (主として実体人口学と呼ばれる領域に属する), である. 推計手法において今後研究すべきことは, (2)と(3)についてである.

(2)は, より具体的には各人口動態事象の発生モデルに関する部分のことを指している. 基本構造 (男女・年齢別構造) の推計を行うためには, 現在では女性の年齢別出生率, 男女・年齢別死亡率, 男女・年齢別 (純) 移動率の数理モデルを用いることが一般的である. 一方, (3)について考えると, それは人口変数と社会経済変化との関係やそのダイナミズムについて知ることであり, それはたとえば人口転換や「少子化」がなぜ起きたのかを知り, それを事前に予測できるような能力を持つことに他ならない. (2)と(3)について, 個別にもう少し詳しく考察してみよう.

(2) 人口動態事象モデル

(2)についてわれわれが目指すべきことは, 動態事象の年齢別発生において, 時間的に (すなわち, 年次的またはコーホートの) 安定な側面 (保存量) と, 変化する側面 (変化量) とをできるだけ純粋な形で分離できるモデルを開発, 保有することである.

保存量とは, 主として生物学的な背景から生ずる特性であり, たとえば人類がさまざまな年齢で共通して有する死亡に抗する活力 *vitality* や, 潜在的妊孕力 *fecundity* などが挙げられる. これらは平均値で比較する限り, どの集団でもほぼ同一であることが期待できる.

一方で, 変化量は集団や時代によって多様に変わりうる特性値のことであり, 主として環境の変化とこれに起因する生理や行動の変化である. それらは, さらに 2 タイプに分けて考えることができる. 一定のトレンドを持つ特性と, 不規則に変動する特性である. 前者は時間との関係が安定した特性と言い換えられ, 将来推計においては, 全体の時間的変化をつかさどる主役となる変量である. 後者の不規則変動する変量は, 周期性や他に連動

20) 各変数を人口構造を内包するベクトルとみなせば, この式は人口構造変動を表すものとなる. また, この式を年齢コーホートに適用したものがコーホート要因法と見ることでもある.

21) 実は「機械的に決まる」部分についても, 現実には用いられる統計データの誤差や定義の違いなどによって, その傾向分析や特殊なモデルの開発を要する.

する予測可能な要因がないかぎり、予測を諦めなければならない要素である。ただしこれは、推計の不確実性の実体であり、確率推計においては研究対象そのものである。

さて、保存量と2種の変化量はモデルにおいてそれぞれ個別のパラメーターとして定式化されることが望ましい。例を用いてこのことを説明したい。死亡率に関して、これらの特性の分離がほぼ理想的に行われたモデルがいくつかあるので取り上げてみよう。そのひとつが、Lee-Carter モデルである。たとえば0歳～100歳の各歳別年齢別死亡率の50年分のデータがあるとする。このデータセットはそのままなら $101 \times 50 = 5,050$ の自由度を持つ。死亡の起こり方には高度の規則性があり、Lee-Carter モデルのような死亡モデルはこうした規則性を効果的に用いて、データの自由度を劇的に縮約したものと言える。Lee-Carter モデルの基本モデル式は以下のようなものである。

$$Y_{x,t} = a_x + k_t b_x + \varepsilon_{x,t}$$

ここで $Y_{x,t}$ は年齢 x 年次 t の対数死亡率、 a_x は死亡の平均年齢パターン、 b_x は死亡率変化の標準年齢パターン、そして k_t はその係数であり、年次による死亡レベルを表すパラメーターと解釈される。また、 $\varepsilon_{x,t}$ はモデルにおける誤差を示す。

ここで、 a_x は時間的に不変な死亡年齢パターンであり、この集団で（理論的には人類全体で）時代的に共通な特性と想定される。また、このモデルでは死亡変化の年齢パターン b_x も不変量と考えられる。一方、変化量は、 k_t と $\varepsilon_{x,t}$ である。前者がトレンドを持つ特性であり、わずかに1個のパラメーターで代表される。しかも Lee-Carter モデルの一般的枠組みに従えば、その年次推移は直線によって近似できるとされる。 $\varepsilon_{x,t}$ が残された不規則変動を示す変化量であるが、モデルでは0を平均とする正規分布が想定されるため、死亡率の平均的推移からは消去される。ただし、 $\varepsilon_{x,t}$ はその平均的推移の不確実性を表現する際の情報源である。

このように Lee-Carter モデルでは、上記に示した保存量と2種の変化量の分離が見事に実現されている。出生率においても、移動率においても同様の考え方のモデルが求められるが、現象に内在する規則性は死亡現象ほどは強くないため、これに応じて不規則変動の特性の占める部分（分散）が大きくなる。この場合には、実用的な結果を得るためにはシナリオの適用など別の（主観を要する）パラダイムの援用が必要となる。

(3) 人口変動と社会経済変動のダイナミズム

次に、元の議論にもどって、将来人口推計において、(3)将来の社会経済変化に伴う人々のライフコースを見通すために、われわれが行うべきことは何か考えてみたい。それはすでに述べたように、たとえば人口転換や少子化がなぜ起きたのかを知り、それを事前に予測できるような能力を持つことであるが、これについて行うべきことは、人口推計に現れる人口変数と社会経済変動、あるいは時代変化との関係を定式化することである。ただし、このとき、前章で記述した社会経済要因と人口推計との関係に存在する種々の課題に直面する。すなわち、われわれは社会経済変動を記述するすべての指標と（あるいは最小限の

指標とであっても), その人口変数との個別の関係付けが終わるのを待つことはできないし, また仮にそれが終わったとしても, 人口変数の将来を知るためには, それらすべての社会経済変動の指標の将来を知らなくてはならない. このアプローチを将来推計に用いるとすれば, それはすなわち社会経済変数と人口変数のすべてを内生化して, それらの相互作用によって自律的に変化するシステムモデルを構築することになる. これに挑戦している分野(計量経済分野における構造方程式システムやエージェント型シミュレーションモデルなど)は存在し, これらに研究努力を傾けることは重要であるが, 未だ実用の域に入るモデルはない.

したがって現状の最善策は, 人口変数と時代変化(あるいは世代変化)との関係性の理解に努力を傾けることであろう. たとえば, 人口転換理論(あるいは第二の人口転換理論)の構築の試みは, そうした努力の例として見ることができる. 「日本の将来推計人口」においても, これに際して行われる人口動態事象の動向分析の究極の目的は, 過去から現在までの人口変動(出生率低下, 寿命伸長, 人口の国際化)において, 時代(または世代)変化との関係の理論化につながる法則性を見出すことである.

以上のように, 将来人口推計の科学的手法開発は, 突き詰めると人口動態事象の法則性の適切な定式化と変化量の時間的特性, 時代変化との関係性の把握に集約される. また, 現在未知の法則性を補うための expert opinion 法などの主観的要素を含む手法の援用について検討をする事も重要な方向性であると考えられる.

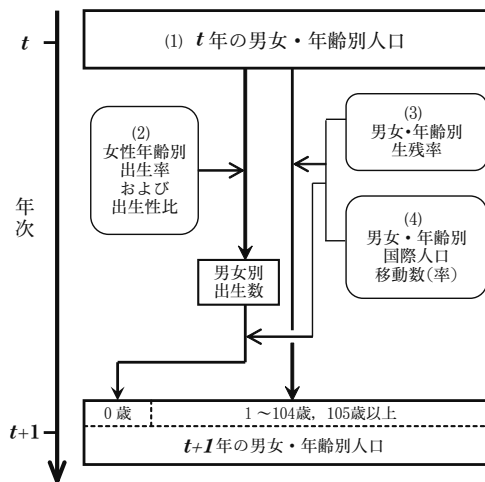
3 「日本の将来推計人口」の新たな枠組み

(1) 国籍を考慮したコーホート要因法

「日本の将来推計人口」における推計方法は, これまでと同様にコーホート要因法を基礎としている. 図3は, コーホート要因法による人口推計の基本手順示すものである. ただし, 「日本の将来推計人口」では, 外国人を含む日本の総人口を推計対象としているため, 図に示したフロー以外にも国際結婚における出生や帰化等によって発生する国籍の異動を含んでいる. すなわち, 日本の将来推計人口は, 国籍に関わらず日本に在住する総人口を推計の対象としているのであるが, 日本人と外国人では, 婚姻や出生においてその発生の頻度や年齢パターンに違いがあり, 近年ではその差が総人口の推計結果に及ぼす影響の度合いが増加しつつあることが観察される.

こうしたことから, 今回の推計(平成18年12月推計)においては, この日本人と外国人の違いを正確に推計結果に反映することを目

図3 コーホート要因法による人口推計の手順



的として、新たな枠組みを導入した。以下では、この点を中心に今回の将来推計人口の枠組みについて説明をして行く。

(2) 婚姻率、出生率の国籍による整備

まず婚姻については、わが国において人口動態統計によって公表されている婚姻数を用いて婚姻率を算出し、これを日本人（日本国籍を有する者）の婚姻率として用いている。ただし、人口動態統計による女性の婚姻数の定義は、日本国籍女性の婚姻だけではなく、日本国籍の男性と婚姻の成立した外国人女性の婚姻を含んでいる（図4）。これは夫、妻どちらかが日本国籍である場合の婚姻を網羅しており、日本人に関する統計という点では望ましい面を持った定義である。しかしながら、婚姻に関する日本人女性の行動指標として婚姻率を利用する際には、注意が必要となる。なぜならば図4に明らかなように、率の算出にあたって日本国籍の女性が分母となっているにも関わらず、分子にはこれを発生母体としない外国人女性の婚姻が加算されているからである。この定義に従えば、日本人女性の婚姻行動に変化がなくても、たとえば国内の外国人女性の比率が増えたり、あるいは外国人女性の婚姻行動が活発になることで、日本人女性の婚姻率が増加を示すことになる。今日のように精密な行動変化の測定・投影が求められる中で、この齟齬は推計結果の誤差の原因となる。たとえば、2005年における総婚姻数の中で、日本人が妻の婚姻は94.6%に当たるが、その婚姻率の算出には、日本人男性と外国人女性の婚姻4.6%も用いられるために、分子が99.5%にインフレーションを生じていることになる（表2）²²⁾。

図4 婚姻率の定義：人口動態統計率、および日本人女性率

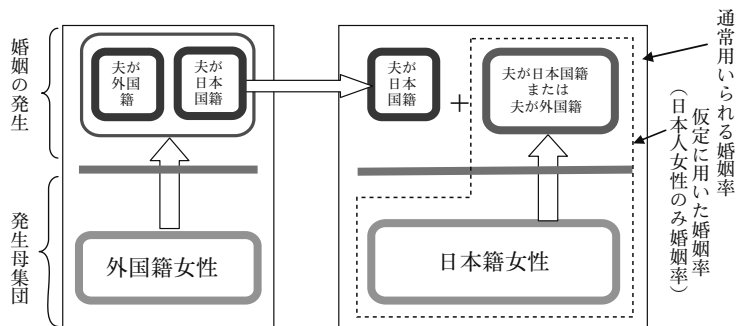


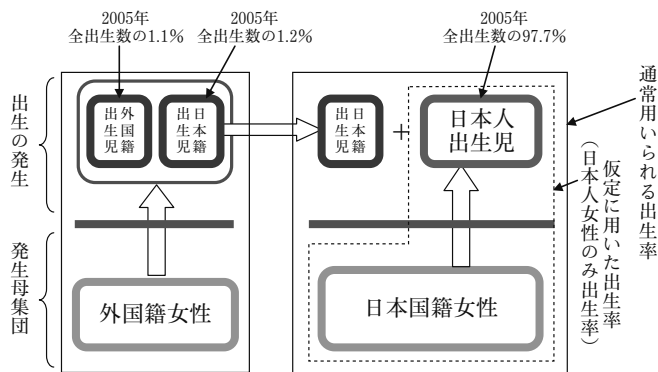
表2 人口動態統計による婚姻総数の内訳：2005年

婚姻の種類	婚姻総数	婚姻総数に対する割合	日本人女性に対する割合
日本における婚姻総数	718,102	100.0%	100.0%
(1) 日本人夫×日本人妻	672,784	93.7%	94.9%
(3) 外国人夫×日本人妻	8,365	1.2%	
(2) 日本人夫×外国人妻	33,116	4.6%	5.1%
(4) 外国人夫×外国人妻	3,837	0.5%	

22) 実際に将来人口推計に用いる婚姻率を算出する際には、届出遅れ件数の補正処理を行っている。

一方、出生においても同様の状況が存在している。すなわち、わが国において一般に用いられる人口動態統計の定義・公表による出生率では、その算出にあたって日本国籍女性から生まれる出生児だけではなく、日本国籍男性を父親として外国人女性の生んだ出生児を含んでいる（図5）。この定義も、日本国籍を有する出生児を網羅する点で、望ましい面があるが、やはり行動指標として用いる場合には注意を要する。すなわち、この定義によれば、日本人女性の出生行動に変化がなくても、国内の外国人女性の比率が増えたり、あるいは外国人女性の出生行動が活発になったりすることによって日本人の出生率にインフレーションが生ずる。これは精密な行動変化の測定にとっては望ましくない。再び2005年を例にとれば、日本人女性の生んだ出生数は全体の97.7%であり、出生率にはこれに日本人男性を父とする外国人女性の生んだ出生児1.2%を含むため、その分だけ増大してしまう（図5）。

図5 出生率の定義：人口動態統計率、および日本人女性率



こうした指標の不整合を補正するため、新たな推計作業においては、国籍別の婚姻、出生データを整備し、また総人口における日本人人口割合を可変とする推計方法を採用することとした。すなわち、婚姻に対しては図4、出生に対しては図5において破線内に示した分子・分母が整合した婚姻率、出生率を別に算出することで、外国人女性の構造的、ならびに行動的影響を分離することとした²³⁾。これにより、日本人女性の結婚・出生行動の変化を正確に捉え、総人口に生ずる出生数をより精密に取り扱うことができるようになった。

このように得られた出生数は、推計手順においては国籍別に共通の死亡状況（生命表）を経験しつつある年齢の人口として加齢をして行き、その間に国籍別に仮定された国際人口移動（ただし出入国ではなく、入国超過に換算された数）、また帰化などによる国籍異動を経験して行くことになる。これらの手順によってすべての年齢において、日本人、外国人の構成が現実的なものとして記述され、これらの構成比変化に依存する動態事象の構造的変化を正確に反映することより、総人口についても正確な推移が再現されることにな

23) 人口動態統計の目的外申請に基づく再集計により、1985年以降（出生については上記の定義となったのは1987年以降）について国籍別婚姻率、出生率の計算を行った。

る。

(3) 国際人口移動に関する仮定設定の概略

わが国は諸外国に比べ、人口に対する出入国の規模は格段に小さく、将来人口推計においても結果への影響が小さいことから、比較的簡易な仮定設定が行われてきた。しかし、近年は国際化の進展によって出入国の規模が増大してきており、将来にわたって見通したとき、その変動がもたらす人口への影響も無視し得ない状況となってきた。とくに、実績の動向が日本人と外国人では異なった動向を示していること、また日本人と外国人の人口移動は異なる要因が働いていると考えられることなどから、今回推計（平成18年12月推計）では、日本人と外国人を分けて詳細に仮定設定を行うことにした。すなわち、日本人については年齢別入国超過率を用いて人口規模に比例的に発生させ、外国人については率を用いず、直接年齢別入国超過数を求めている。外国人について率を用いない理由は、仮に率を用いると外国人の出入国数が日本人人口の年齢構造に依存して決まるなどの矛盾が生ずるからである。日本人と外国人、それぞれについての具体的な仮定設定の方法の詳細については稿を改めたい（概略については、国立社会保障・人口問題研究所 2007, 2008を参照）。

本推計ではさらに、日本人・外国人別の国籍の異動を考慮しなくてはならない。国籍異動による日本人の純増の実績をみると、日本に在住する外国人の増加にともなって近年増加傾向がみられる。そこで1995年から2005年間について国内の外国人人口を分母にして、男女年齢別国籍異動の純増率の平均値を求め、平滑化した後にこれを外国人が日本国籍を取得した率とみなした。本推計においてはこの率を一定とし、国籍異動の仮定値とした。

以上の変更により、わが国における今後の国際化の進展に対して、婚姻率、出生率をも含めた効果的な適用が可能な将来人口推計の枠組みが確立したと思われる。

IV おわりに

将来人口推計は、現代社会において科学的根拠に基づいた政策形成を行うために必須となる道具の一つである。現在、先進諸国は例外なく人口成長の終焉と未曾有の人口高齢化の進展という歴史的な人口変動に直面しており、21世紀の社会経済を見通す上で、将来人口推計の重要性の高まりはかつてないものとなっている。とりわけわが国は、世界で最も低いクラスの出生水準と最も高い平均寿命の組合せによって、人口変動のペースは群を抜いている。実際、いち早く恒常的な人口減少過程に入りつつあり、またすでに世界一となっている高齢化率は今世紀半ばまでに倍増する見込みである。しかし、その一方では、第二の人口転換と呼ばれる前例のないライフサイクル変化、すなわち縮小する結婚と出生、過去の想定をはるかに超えた平均寿命の伸長、さらには経済の国際化にともなう国際人口移動の増大は、拠り所とする理論のないまま人口動態の見通しを極めて不透明なものとしており、将来人口推計に新たな試練の時代をもたらしている。

以上のような状況下において、本稿では、とかく誤解の多い公的な将来人口推計につい

て、まず基本的な捉え方に関する解説と考察を与えることによって共通の認識を醸成し、有効な利用に資するとともに、多方面からの議論を喚起するための基礎とした。ここでは、将来人口推計が、社会科学一般の予測と同様に無条件予測ではありえないこと、「最良の予測」を与えるための要件は客観性であり、それは良質のデータ、科学的手法、説明責任の遂行によって構成されることなどを示した。また、推計結果の不確実性への対処としての複数推計、確率推計について概説し、「日本の将来推計人口」における対応について紹介した。さらに社会経済変数の公的推計への導入に関する困難について、人口変数との関係の多様性、複雑性が客観性を阻害する点、さらに社会経済変数自体の推計の難しさを理由に挙げて説明を行った。ここで示された論点の多くは試論に過ぎないが、将来人口推計が社会科学における予測の典型的な例として捉えられ、広範な議論を喚起することによって、その理解と発展に結びつくことを望むものである。

本稿ではその後、将来人口推計の手法的枠組みに関する議論を行った。まず、黎明期から現在に至る手法の発展を概観し、それが人口動向の歴史的変遷や社会的要請を背景として進展し、過去においては試練がむしろ手法の整備と発展を促す様子を確認した。さらに、将来人口推計の科学的手法開発は、突き詰めると人口動態事象の法則性の適切な定式化とそのパラメータの時間的特性、時代変化との関係の把握に集約され、技術的には安定な特性（保存量）と変化する特性（変化量）との効果的な分離によって行われるべきことなどを、Lee-Carter モデルを例に挙げながら示した。

最後に、「日本の将来推計人口」（平成18年12月推計）で新たに導入された枠組みについて解説を行った。すなわち、同推計では日本人と外国人の出生ならびに国際人口移動の傾向の違いを考慮し、その影響を正確に人口に反映させるために、推計モデルの基本構造に関わる新たな枠組みの導入を図ったが、そのためにまず基礎データに関して国籍別（日本人・外国人の別）の過去の実績値を再集計、再計算によって整備し、それぞれの指標から構造要因を分離することによって行動特性を捉えるようにしたこと、またそれらの指標（パラメータ）に即した推計モデルを構築し、日本人と外国人の増減、入れ替わり等が現実の過程に沿って正確に表現できるようなくみとしたことを示した。

今後国際化の進展とともにわが国の総人口における国籍別構成は変化し、あるいは多様化すると見られるが、今回導入したシステムによってこれらを正確に反映した将来人口推計が可能になったものと考えられる。さらに、それらは公的推計の枠組みを超えて、学術的あるいは政策的なシミュレーションに応用される局面においていっそう有効に機能するものと考えられる。

文献

Aker D. S.(1965) "Cohort fertility versus parity progression as methods of projecting births,"
Demography, Vol.2, pp.414-428.

Alho, J. and Spencer, B. (2005) *Statistical Demography and Forecasting* (Springer Series in Statistics),

- New York, Springer.
- 阿藤誠 (2002) 「将来推計人口を考える」 社会保障審議会人口部会編『将来人口推計の視点』ぎょうせい, pp.36-40.
- Bongaarts, J. and Feeney, G.(1998) "On the quantum and temp of fertility," *Population and Development Review*, Vol.24, pp.271-291.
- Bourgeois-Pichat, J.(1953) "Les problèmes de population européenne, II: perspectives sur les populations", *Population*, 8e Année, No.1, pp.21-56.
- Cannan, E.(1895) "The probability of a cessation of the growth of population in England and Wales during the next century," *The Economic Journal*, Vol.5 No.20, pp.505-515.
- Cohen, J. E. (1995) *How Many People Can the Earth Support?*, New York, W. W. Norton & Co..
- Davis, K., and Blake, J.(1956) "Social structure and fertility: An analytic framework," *Economic Development and Cultural Change*, Vol.4 No.4, pp.211-235.
- de Gans, H. (1999) *Population Forecasting 1895-1945: The Transition to Modernity* (European studies of population, no. 5), Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Espenshade, T. J.(1985) "Multistate projections for population by age and marital status," in IUSSP(ed.), *International Union for the Scientific Study of Population, Florence, Vol.4*, Liège, Ordina éditions, pp.151-162.
- Goujon, A. and Lutz, W.(2004) "Future human capital: Population projections by level of education," In W. Lutz, W. C. Sanderson, S. Scherbov(eds.), *The End of World Population Growth in the 21st Century: New Challenges for Human Capital Formation and Sustainable Development*, London, Earthscan, pp.121-157.
- Haskey, J.(ed.)(2002) *Population Projections by Ethnic Group: A Feasibility Study*, London, Stationery Office.
- 石井太 (2008) 「近年のわが国の死亡動向に適合した将来生命表推計モデルの研究—年齢シフトモデルの開発—」 『人口問題研究』第64巻3号, pp28-44.
- 金子隆一 (2001) 「人口統計学の展開」 『日本統計学会誌』第31巻, 第3号, pp345-377, 日本統計学会.
- Keyfitz, N.(1972) "On future population," *Journal of the American Statistical Association*, Vol.67, No.338, pp.347-363.
- Keyfitz, N.(1982) "Can knowledge improve forecasts?" *Population and Development Review*, Vol.8, No.4, pp.729-751.
- 国立社会保障・人口問題研究所編 (2007) 『日本の将来推計人口—平成18年12月推計—』 厚生統計協会.
- 国立社会保障・人口問題研究所編 (2008) 『日本の将来推計人口—平成18年12月推計の解説および参考推計(条件付推計)—』 厚生統計協会.
- 河野綱果 (2007) 『人口学への招待: 少子・高齢化はどこまで解明されたか』 (中公新書1910), 中央公論新社.
- Lee, R. D., and Carter, L. R.(1992) "Modelling and forecasting U.S. mortality," *Journal of the American Statistical Association*, Vol.87, No.419, pp.659-671.
- Leslie, P. H.(1945) "On the use of matrices in certain population mathematics," *Biometrika*, Vol.33, pp.183-212.
- 守泉理恵 (2008) 「将来人口推計の国際比較: 日本と主要先進諸国の人口のゆくえ」 『人口問題研究』第64巻3号, pp45-69.
- Ní Bhrolcháin, M.(1992) "Period paramount? A critique of the cohort approach to fertility," *Population and Development Review*, Vol.18, pp.599-629.
- Notestein, F. W.(1945) "Population: The long view," In Schultz, T. W.(ed.), *Food for the World*, Chicago, IL, University of Chicago Press, pp.36-69.
- Pearl, R, and Reed. L. J.(1920) "On the rate of growth of the population of the United States since 1790 and its mathematical representation," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol.6, pp.275-288.
- Rogers, A.(1986) "Parameterized multistate population dynamics and projections," *Journal of the American Statistical Association*, Vol.81, pp.48-61.
- Ryder, N. B.(1956) "La mesure des variations de la fécondité au cours du temps," *Population*, Vol.11, No.1,

pp.29-46.

- Ryder, N. B.(1964) " The process of demographic translation, " *Demography*, Vol.1, No.1, pp.74-82.
- Ryder, N. B.(1990) "What is going to happen to American fertility?" *Population and Development Review*, Vol.16, pp.433-454.
- Ryder, N. B. and Westoff, C. F.(1967) "The trend of expected parity in the United States: 1955, 1960, 1965," *Population Index*, Vol.10, No.4, pp.495-506.
- Sanderson, W. C. (1999) "Knowledge can improve forecasts: A review of selected socioeconomic population projection models," In W. Lutz, James W. Vaupel, and Dennis A. Ahlburg (eds.), *Frontiers of Population Forecasting* (Population and Development Review, a Supplement to Vol.24, 1998), New York, Population Council, pp.88-117.
- Sauvy, A.(1932) "Calculs démographiques sur la population française jusqu'en 1980, " *Journal de la Société statistique de Paris*, No.7-9, pp.319-338.
- Sauvy, A.(1937) "Perspectives statistiques sur la population, l'enseignement et le cõhmage, " *Journal de la Société statistique de Paris*, No.6, pp.227-248.
- Sharpe, F. R., and Lotka, A.J.(1911) "A problem in age-distribution, " *Philosophical Magazine*, 21, pp.435-438.
- Sheps, C. M., and Menken, J. A.(1973) *Mathematical Models of Conception and Birth*, Chicago, the University of Chicago Press.
- Siegel, J. S.(2002) *Applied Demography: Applications to Business, Government, Law and Public Policy*, San Diego, Academic Press.
- Thompson, W. S., and Whelpton, Pascal K. (1933) *Population Trends in the United States*. New York: McGraw-Hill.
- Whelpton, P. K. (1928) "Population of the United States, 1925 to 1975," *Americal Journal of Sociology*, Vol.34, No.2, pp.253-270.
- Whelpton, P. K. (1936) "An empirical method of calculation future population," *Journal of the American Statistical Association*, Vol.31, No.195, pp.457-473.
- Whelpton, P. K., Eldridge, H. T., and Siegel, J. S. (1947) *Forecasts of the Population of the United States 1945-1975*. Washington D.C.: U.S. Census Bureau.
- Wilmoth, J. R.(1990) "Variation in vital rates by age, period, and cohort, " *Sociological Methodology*, Vol.20, pp.295-335.

On the Basic Nature and Methodological Frameworks of Population Projections

Ryuichi KANEKO and Fusami MITA

Recognition of the indispensability of population projections in planning and implementing policy measures is expanding in many of the developed societies facing the historical demographic transition of the new century. Nonetheless, the rapid and unexpected transformation of people's life courses makes the prospects of population and society highly unclear. In this paper, we explicate and examine the fundamental aspects of population projections and their methodological frameworks in detail so that the users can handle it properly in formulating models of future societies on one hand, and so that developers can expand the projection's capabilities into appropriate directions on the other. First we discussed on the nature of prediction in social sciences in general, using the official population projection as a representative. Whether a population projection will provide a forecast (unconditional prediction) or not depends on whether the assumptions are considered to be a "forecast". In general, however, the projection should be seen as a conditional prediction assuming that the traits of society go as they have gone from past to the present, since no present scientific method tells the future events otherwise. Therefore the prerequisite of official population projections is the combination of the best statistical data available and the available scientific method together with fulfilling the "accountabilities". Secondly the issues of uncertainty and incorporation of socio-economic variables into official population projections are examined with somewhat negative conclusions. Then we briefly reviewed the history of the methodological development from its beginning to the present in relation to demographic background and the needs of the societies. This review reveals that there was a time of difficulty with demographic projections right after the World War II during the demographic transition with baby booms in many of the developed countries. The situation surrounding the projection during that period has some similarity to the present. Finally the new feature of the framework of the latest projection which is tuned for the age of life course transformation and globalization is described. All of the arguments presented here are aimed to rouse discussions in many associated fields to expand public understandings and uses of population projections as a scientific tool in understanding the possible shape of future society.