

2005000-35A

厚生労働科学研究費補助金  
政策科学推進研究事業

# 将来人口推計の手法と仮定に関する総合的研究

(課題番号H17-政策-014)

平成17年度 報告書

主任研究者 金子 隆一

平成18(2006)年3月

# 目 次

## I. 平成17年度 総括研究報告

主任研究者（金子隆一）	3
分担研究者（石井 太）	11
分担研究者（岩澤美帆）	19

## II. 個別研究報告

### 人口推計手法の枠組み

1 将来人口推計の方法について-I （金子隆一、三田房美）	25
2 将来人口推計の国際比較 （守泉理恵）	45
3 確率推計を用いた将来人口推計の評価 （石井 太）	75

### 人口動態事象の分析と推計手法の検討

4 出生率の動向と仮定設定(1)：2001年～2004年の出生率の動向と仮定値の 評価（岩澤 美帆）	93
5 わが国の平均寿命の動向と死亡率推計モデルの検討 （石井 太）	107
6 Lee-Carter モデルの改善に関する研究 （石井 太）	127
7 高齢死亡の年齢パターン変化の分析と将来推計への応用の可能性 （金子隆一）	133
8 将来人口推計における国際人口移動仮定設定の問題点と課題－国際人口移 動が人口に及ぼす影響－（石川 晃）	165

### Ⅲ. 資 料 編

- 1 欧州連合統計局 (Eurostat)・国連欧州経済委員会 (UNECE) 将来人口推計  
に関する合同会議の報告 (金子隆一) …………… 181
- 2 国際人口学会 (IUSSP) 第 25 回大会への参加報告 (岩澤美帆) …………… 195
- 3 米国での将来人口推計に関する情報交換及び資料収集 (石井 太) …… 201
- 4 将来人口推計の手法と仮定に関する総合的研究：研究行程の流れ図… 219

## 研究組織

### ○ 主任研究者

金子 隆 一 国立社会保障・人口問題研究所 人口動向研究部長

### ○ 分担研究者

石井 太 国立社会保障・人口問題研究所 企画部第4室長

岩澤 美 帆 国立社会保障・人口問題研究所 人口動向研究部  
主任研究官

### ○ 研究協力者（機関内）

石川 晃 国立社会保障・人口問題研究所 情報調査分析部第2室長

三田 房 美 国立社会保障・人口問題研究所 企画部主任研究官

守泉 理 恵 国立社会保障・人口問題研究所 人口動向研究部研究員

### ○ 研究協力者（機関外）

国友 直 人 東京大学経済学部教授

稲葉 寿 東京大学大学院数理科学研究科助教授

Shripad Tuljapurkar スタンフォード大学教授

Ewa Fratzczak ワルシャワ経済大学教授

堀内 四 郎 ロックフェラー大学準教授

大崎 敬 子 国連アジア太平洋経済社会委員会 (UNESCAP)

人口社会統合科長

# I. 總括研究報告 (要旨)

主任研究者 金子 隆一  
(国立社会保障・人口問題研究所)

厚生労働科学研究費補助金（政策科学推進研究事業）  
総括研究報告書

将来人口推計の手法と仮定に関する総合的研究  
（平成 17～19 年）

主任研究者 金子隆一 国立社会保障・人口問題研究所

研究概要

国際的に見ても最上位の少子高齢化が進み、恒常的人口減少が始まろうとしている現在のわが国において、社会経済の制度設計、施策立案に不可欠な将来推計人口の重要性はかつてない高まりを見せている。しかしながら、同時に前例のない少子化、長寿化は人口動態の見通しをきわめて困難なものとしている。本研究では、こうした中で社会的な要請に応え得る科学的な将来推計の在り方を再検討し、手法および人口の実態の把握と見通しの策定（仮定設定）の両面から推計システムを再構築することを目的とする。第一に、人口推計手法の枠組みとして従来から最も広く用いられている 1) コーホート要因法の再検討を行い、新たな手法としての 2) 確率推計手法、3) 計量経済学的手法、4) シミュレーション技法等の有効性を検討する。第二に人口動態率（出生率、死亡率および移動率）の将来推計に関する先端的な手法について国際的な議論を踏まえ、推計手法および将来の動向に関する理論について、従来の方法・理論との比較、有効性と限界の検証等を行う。第三に人口状況の実態の測定と分析、出生、死亡、国際人口移動の見通し策定に関する科学的方法論について検討し、わが国ならびに諸外国の人口状況と動向の国際的、横断的把握、データ集積およびデータベース化を行い、上記において開発されたモデル、手法を適用することにより、人口動態率の今後の見通しに関する把握と提言を行う。なお、本事業は、公的将来推計人口策定における精度向上と説明責任の遂行に資することを一つの目的とするが、その前提となる科学的理論・手法に対する学術的、技術的検討が主眼であることから、公的推計の策定作業とは異なり、特定の組織の枠を越えた国内外の研究協力体制をつくることで関連諸分野の学術的知見の集積を行うこととしている。

A. 研究目的

少子高齢化が進み、人口減少が始まろうとする現在、制度設計、施策立案における将来推計人口の重要性はかつてない高まりを見せている。世代間の支え合いを基礎とする主要な社会保障制度にとって、人口高

齢化としてもたらされる日本人口の年齢構造転換は、その理念や基盤自体を揺るがす事態を導く。他方、国民経済の分野においては、人口減少・高齢化にともない労働力供給の量的・質的变化、資本規模縮小、ならびに市場規模の縮小と構造変化等々、や

はりその基盤に関わる転換が生ずることが予見されている。これら今後に予見される事態はすべて、これまでに行われた将来人口の推計によって提起された課題である。将来推計人口はこうした事態の影響の時期、大きさ等について詳細で定量的な情報を提供してきた。しかしながら、世界的にも「第二の人口転換」とも呼ばれるような歴史的で、かつ前例のない少子化、長寿化は、これからの人口動態の見通しの策定をきわめて困難なものとしている。さらには国際化にともなう国際人口移動への要請の高まりはわが国においても例外ではなく、人口変動においても今後重要な要素となるだろう。こうした中で、従来の将来人口推計の手法は限界を見せており、急速に変貌を遂げつつある現代社会経済に対応しうる有効な人口推計手法を開発し、応用に付すことは喫緊の社会的要請となっている。この点において、公的な将来推計を提供する国・行政サイドと、科学的に健全で有効な推計手法の研究開発を行うべき人口統計関連学術分野とは、共通の重大な社会的責務を負っているといえる。

本研究では、こうした社会的な要請に応え得る科学的推計の在り方を包括的に検討し、有効な手法の探索・応用・開発を行い、また少子化、長寿化、人口の国際化に対する研究分析と見通しの策定（仮定設定）の両面から新たな将来人口推計の枠組みを構築することを目的とする。本研究は、行政サイドにおける将来人口の公的な情報提供に対して、学術サイドから新たな科学的基盤を与える役割を持ち、公的推計の社会的価値を高めることによって、上述の社会保障、国民経済をはじめとする国民生活の広範な分野に資するものと期待される。

## B. 研究方法

本研究においては、第一に公的将来推計人

口策定の理論・モデル・手法の枠組みの再検討を行う。すなわち、国際的に最も広く用いられ、またわが国の公的推計に従来から用いられてきた 1) コーホート要因法の再検討をおこない、これに代わる、あるいはこれを補全する新たな手法として 2) 確率推計手法、3) 計量経済学的手法、4) シミュレーション技法等の有効性を検討する。これらの新たな手法はいずれも 1990 年代に欧米において人口推計の困難さの増大にともなって発達してきたものであり、近年研究が増えつつある。本研究では、こうした手法を文献、開発者や専門家のヒアリング、ソフトウェアの解析を通じて詳細に検討し、わが国公的推計への適用可能性、有効性を検証する。また、有効性の確認された方法については、適用の際の技術的課題について検討し、実際の導入・開発作業を行う。

第二に人口動態率（出生率、死亡率および移動率）の将来推計に関する先端的な手法について、国際的な議論を踏まえ、従来の方法との比較、有効性と限界の検証等を行う。これらの中には、前述の Bongaarts-Feeney モデルをはじめとする出生力の期間効果 period effect とコーホート効果 cohort effect の関係に関する手法や、従来の死亡年齢パターンのリレーショナル・モデル(relational model)を時系列分析法(time series analysis)と融合させた将来推計手法(Lee-Carter method)、およびその発展型モデルなどが挙げられる。また、こうした数理モデルだけでなく、近年研究が進められている少子化、長寿化に関する理論を検討し、長期見通し（推計の仮定設定）に対する応用の可能性を検討する。これらの理論としては、たとえば出生力では「第二の人口転換理論」、死亡・寿命では平均寿命の限界超過の理論などが包括的理論の例として挙げられる。

第三に、人口状況の実態の測定と分析、出生、死亡、国際人口移動の見通し策定に関する科学的方法論について検討し、わが国ならびに諸外国の人口状況と動向の国際的、横断的把握、データ集積およびデータベース化を行う。とくにわが国における夫婦出生力の唯一の公的全国調査である出生動向基本調査、夫婦調査ならびに独身者調査をはじめとする調査データの再集計・分析により、わが国の結婚・出生の現状に関する詳細なデータの取得、ならびに分析研究を行う。また、それら結果を第二として挙げた人口動態率の見通し策定に関する数理モデルの研究、ならびに理論研究に投入して検討することによって、人口動態率の見通しに関する把握と提言を行う。

以上の三つの研究は並行して行われ、それぞれには文献研究、データ整備、手法・モデルの開発、ならびにソフトウェアの開発等の研究作業を含み、互いに密接な連携の元に実施される。全体の計画の実施には3年間を予定しており、1年次ごとのスケジュールは概ね以下の通りである。

第1年次においては、(1) 将来人口推計に関する理論、枠組み、手法等、および(2) 人口動態事象（出生、死亡、人口移動）に関する理論、モデル、分析手法等について先端的な研究を中心に、文献、ソフトウェア等の収集を行い、それらの分析、検討、および内外の専門家や研究者からのヒアリングなどを通して、新たな人口推計手法の全体像を体系的に整備する。また、従来より行われている公的将来人口推計手法を発展的に再検討するため、そのコンピュータ・システムを最新のソフトウェア技法の導入等により整備する。さらに、(3) 国レベルを中心に人口および人口動態に関するデータを各国、国際機関等より収集し、定量的比較を可能とするデータベースの構築を行う。これら第1年次において開始される

作業は、1年次において集約的に行われるものの、3ヵ年を通じて継続される。

第2年次においては、1年次からの継続に加えて、上記(1)(2)において得られた知見および体系を元に、人口推計の理論、モデル、手法等のそれぞれの技術的特徴、有効性、公的推計システムへの適用可能性、その際の課題等について、試験的運用を含めた検討、分析を行う。各国人口情報のデータベースについては、各種データを横断的に比較でき、また推計システムへのインプットが可能な形式に整備を進める。

第3年次においては、有効と考えられた手法、モデルについて、実際に（ソフトウェアの更新された）従来のシステムに導入・適合させるか、あるいは全く新たな枠組みとしてシステムを構築することによって、試験的な将来人口推計（シミュレーション）を行い、その公的推計手法としての最終的な有効性を検証する。これには、データベース化された各国の人口データが用いられる。また、一方で人口および動態事象（出生、死亡、人口移動）に関して、わが国のデータ、状況を中心に詳細な分析を行い、将来見通しに関する知見を得る。とりわけ、新たに得られる全国標本調査（第13回出生動向基本調査）の結果をはじめとする最新のデータによって、事象の現状と見通しに関して詳細な分析を行い、主要な推計変数（パラメータ）に関して、その将来推移に関する可能性の提言を行う。

### C. 研究成果

本研究の成果は、まず将来人口推計の基本的な捉え方の検討、推計手法および仮定設定の両面からの推計システムについてのレビューを通して、科学的な事業としての将来人口推計が、現下の社会的要請に応えるための方策を再検討したことである。これに関して第1年次はその中間的な報告と



して、将来人口推計の歴史、役割、基礎的な概念、手法、ならびに課題等について検討を行った結果をまとめた。

将来人口推計は、17世紀の政治算術家に始まり、マルサスの人口原理、ロトカの安定人口理論を経て、1920年代に実用的コーホート要因法にたどり着いた。アメリカ人口について精力的に応用を行った Whelpton 等は、ベビーブームの予測に失敗したものの、用いた手法は現在のものの直接の基礎となっている。この例を始め公的将来人口推計に対しては、過去から批判が耐えないが、これは推計を予測として位置付けた場合であり、それには人口推計の過程となる社会経済、とりわけ人々のライフコースに関して人類の未だ知りえない予測を必ず含む。推計が「当たる」か否かは、社会経済がたまたまこの予測に沿った安定的推移をしているかどうかにはほとんどを依存する。したがって将来人口推計は、とりわけ社会経済が変動を示しているときには予測ではありえない。この場合には一定の幅としての人口推移しか把握し得ない。これに確率を与えることは利用上有用であるが、この確率すらも本質的に予測する方法を人類は持ち得ていない。したがって、現在の技術において最良の蓋然性を持つ、人口推移と確率とを示すことが、科学的な意味での将来人口推計であろう。

次に実際に各国の公的推計に用いられている手法、仮定等について比較検討を行った。今年度の対象は主要先進国10カ国（日本、アメリカ、フランス、イギリス、ドイツ、オーストリア、スイス、ノルウェー、オーストラリア、ニュージーランド）とし、個別、ならびに横断的にその枠組み、内容について比較を行った。この比較研究の過程で見出された日本とその他諸国の将来人口推計の共通点と相違点は、以下の通りである。まず共通点として、(1)日本を含むす

べての国で、コーホート要因法により推計を行なっている。(2)推計期間は、ほとんどが21世紀半ばまでの約50年間を対象としている。(3)将来人口推計の不確実性への対応として、すべての国で複数のシナリオを設定して様々な推計結果を提示している。次に相違点として、(1)推計周期は、日本を含めて5カ国が5年であり、あとの半分はそれより短い周期で行なっている。(2)仮定設定数は、日本がもっともシンプルである。他諸国では出生率、死亡率、国際人口移動の3要素について、それぞれ2つ以上の仮定を置いて推計している（ドイツのみ、出生率が1仮定である）。(3)本推計期間（2050年程度までの約50年間）について、日本は推計シナリオ数が最も少ない（高位・中位・低位および一定推計）。他諸国では、5～24パターンについて試算し、推計結果を示している。(4)報告書の記述から見る限り、仮定値設定にあたって、出生率や死亡率についてコーホートの視点で行なっているのは日本とイギリスの2カ国である。(5)日本の報告書は、各仮定値の設定について、過去の動向分析や仮定設定の背景となった理由だけでなく、実際の計算方法についても詳しく説明を行なっており、10か国中、推計過程の説明が最も詳細な報告書である。

次に確率推計に関する検討を行った。まず確率推計に関する基礎的な考え方を検討した後、その一つの方法論である expert opinion の仮定値分布を用いた手法について、実際に平成14年中位推計に適用してその有効性等について検討を行った（詳しくは分担研究者石井太分担研究報告書を参照）。

次に出生率に関して、まず動向分析を行い、次に平成14年推計について2001年～2004年の実績値との比較分析と推計仮定値の評価を行った。その結果、世代毎にみ

た少子化傾向は、概ね仮定どおりに推移しているものの、20代後半および40代で仮定値が過大になる傾向が見受けられた。これは若年世代における婚前妊娠結婚や離別発生の状況などとの関わりが予想される（詳しくは分担研究者岩澤美帆分担研究報告書を参照）。

次には死亡率あるいは平均寿命の動向について分析した。とくに平均寿命伸長の年齢ならびに死因の要因分解を行うことにより、近年の寿命伸長の原因を把握することに努めた。また、死亡率将来推計の手法である Lee-Carter モデルを適用してその特徴を検討し、年齢シフトを取り入れるという画期的な方法について開発を行いその有効性を確認した（詳しくは分担研究者石井太分担研究報告書を参照）。また死亡率に関しては、近年の寿命伸長の大部分を占め、今後の平均寿命推移を決定付けるであろう高齢死亡の年齢パターンに関する分析を行った。この部分は Lee-Carter モデルによって再現が困難とされるものであり、女性の死亡について国際比較、地域比較（都道府県別）を行うことにより、パターン変化の実体を探った。この結果、高齢死亡の年齢パターンの相対性は、国際的に明瞭に区別されるものの、収束に向かっていること、国内のパターンは緯度と相関が高く、とくに沖縄の女性は他府県とかけ離れていること、やはり収束的であることなどが判明した。

最後に将来人口を決める第3の要素である国際人口移動に関して、その仮定設定の問題点と課題について検討した。まずわが国の国際人口移動統計について概観した後、近年話題となっている補充移民について国連の推計を取り上げ、その結果と問題点について検討した。国連の補充移民に関する計算法は推計最終年次の人口不足分を各年平均等に補うといった単純化されたものであ

り、その過程と結果としての年齢構造は実現性の高いものとは言い難い。そこで本研究においては、わが国についてより現実的なモデルによる補充移民の計算を行った。まず基準となる人口（2000年）を日本人、外国人別人口に分け、日本人、外国人について別途人口推計を行い、実際の総人口を再現した。次に人口減少が開始した年から外国人の転入超過数がないと仮定した場合の翌年の人口を求め、その人口の減少分を基にして出生と死亡も考慮した人口維持をもたらす外国人の転入超過数を求めた。このようにして得た将来人口について見ると、たとえば2050年の外国人比率は27%となっている。また高齢化率は28%である。こうした推計結果は、国際人口移動の将来人口に対する影響を明確に示している。今後国際化が進み、また労働力人口の需給等に課題が生ずることを考えると、将来推計人口における国際人口移動の重要性はきわめて高いものであり、モデルと仮定（シナリオ）設定の課題について研究を深める必要がある。

#### D. 考察

本年度の研究においては、将来人口推計について、実際の各国の公的推計の精査、手法的枠組みに関する検討、人口過程要素である出生、死亡、国際人口移動について、動向分析とモデル、仮定設定の課題の検討、新たな方式の開発等が行われた。これらはすでに将来人口推計に必要な全領域に渡っている。人口推計には(1)すでに技術的に確定した機械的な部分と、(2)開発を要する技術的部分、さらには(3)将来の社会経済やライフコースを見通すための実体人口学と呼ばれる部分に分けて考えることができるだろう。本研究の行うべきことは、(2)と(3)であり、すなわち、枠組み、出生、死亡、および移動に関するモデルの技術開発と、

詳細な動向分析に裏付けられた仮定設定の方式の確定と実行である。枠組みについて第1に重要なことは、推計の役割の明確化であり、その予測との関係について正しく理解することであろう。もし仮定値が精密な予測と呼べるのであれば、その推計は人口予測と呼ばれる。ただし、仮定値の予測は本質的には社会経済の予測そのものであり、そうした技術を人類は未だ持ち得ない。したがって、少なくとも現状では科学的にその実現を保証しうる人口予測は存在しない。一方、推計 **projection** の本来の役割とえば、人口動態事象（出生、死亡、移動）の現状の持つ意味を将来の人口の姿に翻訳して示すことである。たとえば、合計特殊出生率 1.29、平均寿命、男 78.6 年、女 85.6 年とは、どれほどの高齢化人口を意味するか、といったことを、我々は実際の人口の姿でしか理解し得ないのである。そして公的人口推計と呼ばれるものは、その役割を上記の推計から予測に至る中間のどこかに置くことが社会的責務とされる。現在の将来推計人口は、こうした社会的責務と科学性の狭間にあるものであり、どちらのサイドからもその不十分さを批判される宿命を持ったものである。そうした中で、そのギャップを埋める努力の中から、たとえば確率推計をはじめとした新たなパラダイムも生じつつある。本研究では研究成果に示したとおり、いずれの分野においても最先端の技術を追求するものであり、わが国においてこれまであまり行われなかった、科学的なサイドからの「人口推計」と「人口予測」の距離を最小にするための努力といえる。

#### E. 結論

本年度研究では、将来人口推計に必要なほとんどの領域を網羅する形で、一方で従来のモデルの課題の検討と改良、他方で動向の分析と仮定設定の検討を行った。その

結果、将来人口推計の手法には未だ多くの技術的改良の余地があり、本研究においても、確率推計、Lee-Carter 法の改良、出生率モデル、補充移民の再検討など、いくつかの改良の試みが行われた。また動向分析を通して、出生、死亡の実体変化についてこれまで知られない法則性の発見にも迫っている。今後これらをさらに進めることにより、すでに国際的に最高レベルにあるわが国、将来推計人口の技術水準をさらに高め、学術的のみならず社会的責務の遂行に資するものとした。

（政策的含意）

少子高齢化が進み人口減少が始まった中、社会経済施策立案における将来推計人口の重要性の高まりはかつてないものである。たとえば、世代間の支え合いを基礎とする現代の社会保障制度にとって、人口高齢化としてもたらされる日本人口の年齢構造転換は、その理念や基盤自体を揺るがす事態となるだろう。これらの定量的な想定は、すべて将来人口推計がもたらすものである。一方で、世界的にも「第二の人口転換」とも呼ばれるような歴史的で、かつ前例のない少子化、長寿化は、これからの人口動態の見通しの策定をきわめて困難なものとしている。さらには国際化に伴う国際人移動も現状を前提とすることは難しくなっている。こうした中で、本研究は近年新たに提唱されているパラダイムを含め将来人口推計の手法を必要な領域について網羅的に科学的検討を加え、その水準を高めると共に社会的要請に接近するための方途について多くの提案を行ったものである。

#### F. 研究発表

Ryuichi Kaneko, "Measuring Couples' Fertility Change by Wife's Birth Cohort :Effects of Marriage Delay, Educational Upgrading, and Couples' Behavioral Changes" paper presented

at the Annual Meeting of the Population Association of America, Philadelphia, Pennsylvania (2005.4)

金子隆一、「少子化過程の人口学的分析－ライフコース変化と出生率低下－」日本人口学会第 57 回大会、神戸大学六甲台(2005.6.4-5)

Ryuichi Kaneko, "Application of the Generalized Inverse Projection Technique to Madras's Population Data, 1866-1951: An Evaluation of Consistency among Demographic Data and Estimates", with Osamu Saito, Mihoko Takahama, paper presented at IUSSP XXV International Population Conference, Tours, France (2005.7.18-23)

Ryuichi Kaneko, "Cohort Process to the Lowest Fertility in Japan: Application of an Empirically Adjusted Coale-McNeil Model to the Estimation and Projection of Lifetime Measures of First Marriage and Birth" paper presented at Joint Eurostat-UNECE Work Session on Demographic Projections, Vienna, Austria (2005.9.21-23)

Ryuichi Kaneko, "Cohort Process to the Lowest Fertility in Japan: Application of an Empirically Adjusted Coale-McNeil Model to the Estimation and Projection of Lifetime Measures of First Marriage and Birth" paper presented at Workshop on Recent Demographic Situation, Warsaw, Poland (2005.10.20)

石川晃、「国際人口移動が将来人口に及ぼす影響」日本人口学会第 57 回大会、神戸大学六甲台 (2005.6.4-5)

守泉理恵、「子ども数に関する意識の安定性とその構造について」日本人口学会第 57 回大会、神戸大学六甲台(2005.6.4-5)

石井 太「多地域人口モデルにおける人口モメンタムの分析」日本人口学会第 57 回大会、神戸大学六甲台(2005.6.4-5)

石井 太「死亡率低下と人口減少」統計(2005)第 56 巻第 6 号(pp.9-14)

石井 太「期間合計特殊出生率は 1984 年から掲載 -人口減少を巡る統計・分析の本当の読み方 1-」週刊社会保障(2005)59(2330)(pp.54-57)

石井 太「合計特殊出生率は生涯に生む子供の数か -人口減少を巡る統計・分析の本当の読み方 2-」週刊社会保障(2005)59(2331)(pp.38-41)

石井 太「合計特殊出生率はどこまで正確か -人口減少を巡る統計・分析の本当の読み方 3-」週刊社会保障(2005)59(2332)(pp.54-57)

石井 太「1 を割った人口モメンタム 少子化解消でも人口は減少 -人口減少を巡る統計・分析の本当の読み方 4-」週刊社会保障(2005)59(2333)(pp.54-57)

石井 太「年金制度は長期の人口動向に対応 -人口減少を巡る統計・分析の本当の読み方 5-」週刊社会保障(2005)59(2334)(pp.26-29)

石井 太「外国人受入れは少子化対策の代わりとなるか -人口減少を巡る統計・分析の本当の読み方 6-」週刊社会保障(2005)59(2335)(pp.54-57)

Miho Iwasawa, James M. Raymo, and Larry Bumpass, "Unmarried Cohabitation in Japan: How Cohabitation is related to the Fertility?" Paper presented at the International Union for the Scientific Study of Population XXV International Population Conference, Tours, France (2005.7.18-23) .

Miho Iwasawa, "On the Contribution of the Changes in First Marriage Behaviour and Married Women's Reproductive Behaviour to the Recent Decline in TFR of Japan" Paper presented at Joint Eurostat-UNECE Work Session on Demographic Projections, Vienna, Austria (2005.9.21-23)

厚生労働科学研究費補助金（政策科学推進研究事業）  
分担研究報告書

将来人口推計の手法と仮定に関する総合的研究：  
将来人口推計における人口推計モデル及び人口数理に関する研究

分担研究者 石井 太 国立社会保障・人口問題研究所

研究要旨

本分担研究は、将来人口推計の手法と仮定に関し、人口推計モデルの開発及びその数理的性質を検討する観点から、二つの課題から研究を実施した。第一に、コーホート要因法による人口推計の仮定として必要となる死亡率モデルの改善である。第二に、将来人口推計結果の信頼区間などを得るための、確率推計手法の研究・開発である。死亡率モデルの改善に関する研究では、まず、わが国の平均寿命伸長に関する人口学的な要因について、最近までの状況を踏まえ、包括的な分析を試みる観点から、平均寿命伸長の要因を、年齢階級別死亡率の寄与に分解するとともに、死因構造の要因分析を行った。確率推計手法の研究・開発では、確率推計の位置づけ・不確実性の発生源と評価方法の整理を行うとともに、専門家調査の予測値を用いて確率推計における各種前提の設定を行い、平成 14 年 1 月推計をベースとしたシミュレーションを実行した。

A. 研究目的

本分担研究は、将来人口推計の手法と仮定の研究に当たり、将来人口推計モデルの開発及びその数理的性質を検討する観点に立ち、二つの課題から研究を実施した。第一に、コーホート要因法による人口推計の仮定として必要となる死亡率モデルの改善である。第二に、将来人口推計結果の信頼区間などを得るための、確率推計手法の研究・開発である。

1. 死亡率モデルの改善に関する研究

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）」に

おいては、人口推計のための手法としてコーホート要因法が用いられている。死亡によるコーホート変動の推計には将来の生残率を用いるため、将来人口推計には将来の死亡率の推計が必要である。将来死亡率推計には死亡率推計モデルが用いられているが、適切な死亡率推計モデルの選択に際しては、平均寿命・死亡率の動向や利用可能なデータなどの観点を含め、総合的に判断する必要がある。実際、公式将来人口推計においても、平成 9 年推計では死因を考慮したモデルが採用されていたが、わが国の死亡率への適合性、人口動態統計の改定に

伴う死因統計の接続性などを考慮しつつ、平成14年推計ではLee and Carter (1992)によるLee-Carterモデルを修正したモデルが採用されたところである。

本研究は、まず、このような問題意識に基づき、わが国の平均寿命の動向およびその要因についての考察を行うとともに、死亡率推計モデルに関する検討を行う。

次に、このLee-Carterモデルについては、簡明で有効なことから広く用いられているモデルであるが、平成14年推計の死亡率は、特に高齢部分において、実績に比較してやや高めとなっている。本研究では、Lee-Carterモデルに年齢シフト要因を加味することにより、高齢部分の死亡率推定の改善が可能な死亡率モデルの開発を行うための検討を行う。

## 2. 確率推計手法の研究・開発

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）」では、推計手法として「コーホート要因法」が用いられている。これは、人口のコーホート変動要因である、出生率、死亡率（生残率）、人口移動（国際人口移動）、ならびに出生性比に関して仮定を設定し、これらのコーホート変動要因に従って人口を変化させる決定論的な推計である。平成14年推計では、出生率仮定を「高位・中位・低位」の3通り設定し、仮定の変動に起因する人口推計結果の「不確実性」(uncertainty)を表現している。このように複数の仮定を設定する方法は、人口推計結果の不確実性を表現する有力な方法の一つであるが、一方で、この方法では単に複数の推計結果が提示されるだけであり、複数の推計結果がそれぞれ起こりうる確率や、推計結果の信頼区間などが示されていないという指摘もある。本研究では、確率推計を用いた将来人口推計結果の評価について、平成14年1月推計をベースとしたシミュ

レーションを実行して検討を行った。

## B. 研究方法

### 1. 死亡率モデルの改善に関する研究

まず、わが国の平均寿命伸長に関する人口学的な要因について、最近までの状況を踏まえ、包括的な分析を試みる観点から、平均寿命伸長の要因を、年齢階級別死亡率の寄与に分解するとともに、死因構造の要因分析を行う。また、BongaartsによるShifting Logistic Modelをわが国の死亡率に当てはめることによる死亡率モデルの検討を行う。

さらに、これらを踏まえ、Lee-Carterモデルに年齢シフト要因を加味するモデルに関する検討を行う。

### 2. 確率推計手法の研究・開発

確率推計の位置づけ・不確実性の発生源と評価方法の整理を行うとともに、専門家調査の予測値を用いて確率推計における各種前提の設定を行い、平成14年1月推計をベースとしたシミュレーションを実行する。

## C. 研究成果

### 1. 死亡率モデルの改善に関する研究

我が国の戦後の死亡率動向を見ると、1950～52年の死亡状況を表す第9回生命表によれば、平均寿命は男が59.57年、女が62.97年であり、男女差は3.40年であった。これ以降、我が国の死亡率は低下を続け、平均寿命も大幅に伸長をしてきたところである。2004年の簡易生命表によれば、平均寿命は男が78.64年、女が85.59年となっており、この間、男は19.07年、女は22.62年と約20年の平均寿命の伸長があったことになる。また、男女差も6.95年と第9回生命表の約2倍となっており、拡大傾向が続いてきている。

この平均寿命伸長の要因を、年齢階級別

死亡率の寄与に分解する。本研究では、第9回生命表以降の各回の完全生命表及び2004年簡易生命表の間の平均寿命の伸びについて、15歳階級ごとの死亡率の寄与に分解した。この要因分解に基づいてこの50年間の平均寿命の伸長要因を年齢階級別に見てみると、男女とも1960年代前半までは、30歳未満の年齢階級の死亡率改善によるところが大きい、それ以降では高齢期における死亡率改善の影響が大きくなり、近年では平均寿命の伸長のかなりの部分が高齢期の死亡率改善の寄与によっていることが見て取れる。また、特に近年の女子の高齢期の死亡率改善の平均寿命の伸びへの寄与は大きく、これが男女の平均寿命格差の拡大をもたらしていることがわかる。

次に、平均寿命伸長要因に関する死因構造の要因分析を行う。まず、わが国の死因別死亡率の推移を年齢調整死亡率で俯瞰する。わが国は1950年代、結核の死亡率が大きく減少し、死亡率低下に寄与した。これにより、わが国の死因構造は、感染症中心から生活習慣病中心へと変化たとされている。さらに、1960年代以降は脳血管疾患の死亡率低下が著しく、1980年代初頭に男女とも悪性新生物の死亡率を下回るまでに減少した。悪性新生物の死亡率については、男では1990年代前半までは増加ないし横ばいとの傾向を示してきたところであるが、1990年代後半以降では一転して減少傾向となっている。女では1960年以降、概ね緩やかな減少基調にあり現在に至っている。

次に、これらの死因構造の変化が平均寿命の伸長に与えた影響について分析する。男では、6.9年のうち2.5年(36.2%)と脳血管疾患による寿命の伸びが最も高い。女でも8.7年のうち2.9年(33.9%)と脳血管疾患が最も高い値を示しており、男女と

もこの期間における平均寿命の伸長の3分の1以上は脳血管疾患の死亡率改善によっていたことが分かる。

しかしながら、この傾向はこの期間を通じて必ずしも同様であったわけではない。男について5年毎の期間別に観察すると、1975年～1990年までの期間については、1975～1980年では39.7%、1980～1985年では51.5%、1985～1990年では39.9%となっており、脳血管疾患の寄与率が4～5割程度を占めているが、1995～2000年では25.7%、2000年～2004年では21.4%まで低下している。一方で、近年、平均寿命の伸長に大きく寄与し始めているのが悪性新生物である。1995～2000年では16.6%、2000年～2004年では25.9%と直近では脳血管疾患よりも平均寿命を伸ばす方向に働いていることが分かる。女ではその傾向はやや異なる。脳血管疾患については1975～1980年では33.2%であるが、1980～1985年では43.3%、1985～1990年では38.5%となっているが、1995～2000年では28.5%、2000年～2004年では30.1%であり、女では直近でも3割程度の寄与率となっている。一方、1995年以降について、女では、心疾患、肺炎も大きく寄与している。悪性新生物については、男と異なり、1980～1985年では7.6%、1985～1990年では10.5%と一定の寄与をしているが、1995～2000年では7.0%となったものの、2000～2004年では12.4%と寄与率は高まっている。

これまでの分析を通じて、わが国の平均寿命は伸長を続けてきたものの、近年では高齢期の死亡率改善の寄与が高まり、わが国の近年の死亡率改善を年齢シフトという死亡状況の変化と捉えることができる可能性が示唆された。このことは、わが国の死亡率推計モデルの検討にあたり、年齢



シフト要因を取り入れることでモデルを改善できる可能性を示唆している。

ところが、死亡率推計モデルに年齢シフト要因を取り入れるにあたっては、シフト量を定量的に把握する必要が生ずる。先の人口学的分析で見た通り、平均寿命の改善における死亡率の寄与は、年次推移上や年齢構成上、一様に起きていなかったため、シフト量は各年次の各年齢において異なっていると考えることもでき、これらを定量的に把握する方法の確立が別途必要となる。そこで、本研究では、シフト量の定量的な把握のための一つの方法として、Bongaarts による Shifting Logistic Model を用い、検討を行うこととした。これによれば、1963 年～2004 年の間に年齢シフト量は男で約 8 年、女で約 10 年の増加を示した。

次に、Lee-Carter モデルについて、基準となる  $ax$  を推計の基礎となる全期間の平均値とし、この場合に、推計の基礎となる期間の中で、高齢部分の死亡率のパフォーマンスがどうなるかを観察する。

$\log(mx) - ax$  の推移（男）に特異値分解を施し、第一特異値から求められる  $\log(mx) - ax$  の推計値、第二特異値までの項から求められる  $\log(mx) - ax$  の推計値を比較すると、第二特異値まで含めた推計値の高齢部分において、曲線が直近に推移するにつれ、高年齢へのシフトが起きていることが観察される。

第一特異値までの項を用いて死亡率の対数値を推計した場合、特に、2004 年では高齢部分で高めの推計結果となっていることが観察できる。

高齢部での死亡率推計の改善を行うことを目的として、年齢軸をシフトさせてから特異値分解を適用すると Lee-Carter モデルの改良に関して検討を行う。検討に用いる死亡率は 1965～2004 年のものとし、

20 歳以上の部分でこの 40 年間に 8 年分の年齢シフトが起きるものとした。

これに基づく推計結果（高齢部分）を見ると、年齢シフトを考慮しなかったモデルによる推計結果と比較して、死亡率のあてはまりがよくなっていることが観察でき、特に女子の高齢部分での推定のあてはまりが改善された。

## 2. 確率推計手法の研究・開発

確率推計の位置づけについては、まず、人口推計における確率推計として、本研究では推計に内在する誤差などに起因する推計結果の不確実性を示す確率推計を扱うこととし、Lee による研究結果を基礎として、人口推計の不確実性へのアプローチについてまとめた。本研究で検討する確率推計については、種々の不確実性要因を個々に取り扱うのではなく、専門家の予測の不確実性自体がこれらの不確実性を表現しているものと考え、これを用いて各種前提の確率を仮定し、平成 14 年 1 月推計をベースとしたシミュレーションを実行することとした。

次に、専門家調査の予測値分布を利用して、2050 年までの各年における生命表及び年齢別出生率に関する確率的な仮定をおく。本研究では、以下のような基本的考え方の下にこれを実行する。

1. 各年における平均寿命・TFR の分布は、専門家調査による予測分布に平均・変動係数の線形変換のみを施したものとする
2. 各年における分布の平均値は、平均寿命は平成 14 年推計、TFR は平成 14 年推計の中位推計に一致
3. 各年における分布の変動係数は、年次間で線形補間を行うことにより設定
4. 各年における年齢別死亡率・出生率は、平均寿命・TFR にあわせて設定
5. 年次間における分布の相関は、平均寿命・TFR の過去の実績値の自己相関係

数を用いて設定

なお、国際人口移動に関しては専門家調査の結果がないため、本研究では確率的な前提設定を行わず、平成 14 年推計と同じ仮定値を用いることとした。

平均寿命については、専門家調査の予測分布が 2050 年における分布となるため、2000 年の変動係数を 0 として 2050 年の変動係数との間で線形補間を行い、各年の平均寿命の変動係数を設定する。

年次間における分布の相関については、正規コピュラにより時系列間の分布に相関を持たせることとした。具体的には以下の手順によった。

1. ある相関行列を持つ 51 変量正規分布に従う乱数を発生
2. 各変数を標準正規分布の分布関数 F1 を用いて変換
3. これに各年の平均寿命分布関数の逆関数を作用させ各年の平均寿命を得る

ここで、相関行列は、1948～2004 年の男女別平均寿命の前年との自己相関係数を用いて設定した。また、出生率についても概ね同様の手順によった。

これらの前提に基づいて人口推計を行い、総人口と高齢化率(65 歳以上人口割合)についての結果を見た。2050 年の総人口に関する 95% 信頼区間は[8984 万人,11224 万人]であった。このシミュレーションにおいては生命表の前提も変動させていることから単純な比較はできないものの、平成 14 年推計の 2050 年における総人口は、低位推計で 9203 万人、高位推計で 10825 万人となっており、95% 信頼区間は両者の幅より大きいものとなった。

なお、出生仮定のみ変動させた場合の 95% 信頼区間は[9158 万人,10987 万人]であり、今回の前提に基づいて出生仮定のみ変動させた場合の 95% 信頼区間は低位推計、高位推計の幅よりやや大きいものと

の結果となった。また、生命表のみ変動させた場合の 95% 信頼区間は[9595 万人,10518 万人]であり、出生仮定のみ変動させたものよりやや小さい幅を示した。また、高齢化率の 95% 信頼区間は[31.6%,39.9%]となった。

わが国の総人口が減少に転じことは人口学的には一定の過程の中で捉えられるべきものであり、「総人口のピーク年次」を将来人口推計から特定することには人口学的な意味がそれほど大きいとは考えられない。また、推計結果の不確実性が高いため、かなり困難な問題でもある。そこで、前提となる生命表や出生率を確率的に変動させた場合に、将来人口推計における総人口のピーク年次がどのような分布となるか評価を行ったところ、平成 14 年推計で総人口がピークとなる 2006 年に総人口がピークとなる確率は 41.1% と約 4 割でしかないことが分かった。

#### D. 考察

##### 1. 死亡率モデルの改善に関する研究

本研究で行った観察から得られることとしては、Lee-Carter モデルの特徴である、第一特異値までを用いた死亡率推計値について、高齢死亡率の変化が必ずしも捉えられていない部分があるという可能性である。また、第二特異値までを併せた推計値の観察からは、わが国の近年の高齢死亡率において、年齢がシフトして行くような効果が現れているのではないかということが示唆された。これは、平均寿命の伸長要因の要因分解などにおいて観察したのと同様の傾向が Lee-Carter モデルでも観察されたことを示している。

このように、第一特異値のみによる死亡率推計が、高齢死亡率の動きを必ずしも捉えきれないことについて、年齢シフトを考慮して特異値分解を行うことで、第一

特異値だけを使用しつつ、高齢死亡率推計の改善を行う可能性が得られた。Lee-Carter モデルを将来推計に利用する場合、第一特異値に対応する  $kt$  の動きを時系列モデルやカーヴフィッティングにより延長することになるが、第二特異値に対応する  $kt$  は、一般には単調増減でない動きをすることもあり、その場合、単純な延長が困難である場合があるため、第一特異値のみを用いて死亡率推計を改善できることは、将来推計に用いる観点からも有用性が大きいものと考えられる。

## 2. 確率推計手法の研究・開発

本研究で提案した手法は、決定論的に行われた既存の推計結果を基本としつつ、確率的な前提として各年次に対して任意の分布を設定することが可能であり、さらに、一定の時系列相関も表現することができるものである。また、本研究において実行されたシミュレーション結果からは、総人口や高齢化率の信頼区間の推定が可能となるとともに、総人口のピーク年次の推定の不確実性が高いことをわかりやすく示すことができることなど、応用面での活用の可能性も明らかとなった。

## E. 結論

### 1. 死亡率モデルの改善に関する研究

本研究では、わが国の平均寿命の伸長に関する年齢要因の分析を行うとともに、死亡率曲線の観察を通じて、近年の死亡率改善を年齢シフトという死亡状況の変化と捉える可能性に着目し、さらに、これを確認するため、平均寿命伸長要因に関する死因分析を行って、一定の年齢シフト効果を認めることができるとの結論を得た。

また、死亡率モデルに年齢シフト要因を取り入れるにあたっては、そのシフト量を定量的に把握する必要があるため、Shifting Logistic Model によるシフト量測

定に関する検討を行い、このモデルに従えば、1963年～2004年の間に男で約8年、女で約10年のシフトが起きているとの結果を得た。

また、年齢シフト要因を考慮した Lee-Carter モデルの適用により、高齢部分の死亡率推定に関する改善を検討した。本研究で行った検討により、年齢シフトを取り入れることにより、Lee-Carter モデルがもつ簡明性を保ちつつ、第一特異値に対応した死亡率推定が表現できていない、高齢への死亡率シフト要因を取り込むことが可能となり、高齢死亡率推定モデルの改善に関する視点が得られた。

## 2. 確率推計手法の研究・開発

本研究で提案した手法は、公式推計が行われた後で、その結果を中心とし、独立に専門家調査の結果を利用して比較的簡明、かつ現実的な時系列軌跡を持つ前提設定を行うことができる。また、本研究において実施されたシミュレーション結果からは、様々な応用面での活用の可能性も明らかとなったところであり、本研究による手法を利用して、将来人口推計結果を確率的に評価することの有用性が示された。

### (政策的含意)

死亡率モデルの改善のために本研究で行ったわが国の平均寿命の伸長に関する詳細な分析結果は、今後の保健医療政策をはじめとする各種政策立案に大きく資するものと考えられる。また、高齢死亡率のモデル改善が将来推計人口の精度向上に寄与することは、社会保障施策の定量的な議論を行う上でも重要な貢献となろう。

また、本研究により、確率推計手法を用いた将来人口推計結果のさらなる活用の可能性が明らかとなったところであり、これらは各種政策立案に対する多角的な議論にも資するものと考えられる。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

○ 石井 太「死亡率低下と人口減少」統計  
(2005)第 56 巻第 6 号(pp.9-14)

○ 石井 太「期間合計特殊出生率は 1984  
年から掲載 -人口減少を巡る統計・分析の  
本当の読み方 1-」週刊社会保障  
(2005)59(2330)(pp.54-57)

○ 石井 太「合計特殊出生率は生涯に生む  
子供の数か -人口減少を巡る統計・分析の  
本当の読み方 2-」週刊社会保障  
(2005)59(2331)(pp.38-41)

○ 石井 太「合計特殊出生率はどこまで正  
確か -人口減少を巡る統計・分析の本当の  
読み方 3-」週刊社会保障  
(2005)59(2332)(pp.54-57)

○ 石井 太「1 を割った人口モメンタム  
少子化解消でも人口は減少 -人口減少を巡  
る統計・分析の本当の読み方 4-」週刊社会  
保障(2005)59(2333)(pp.54-57)

○ 石井 太「年金制度は長期の人口動向に  
対応 -人口減少を巡る統計・分析の本当の  
読み方 5-」週刊社会保障  
(2005)59(2334)(pp.26-29)

○ 石井 太「外国人受入れは少子化対策の  
代わりとなるか -人口減少を巡る統計・分  
析の本当の読み方 6-」週刊社会保障  
(2005)59(2335)(pp.54-57)

### 2. 学会発表

○ 石井 太「多地域人口モデルにおける人  
口モメンタムの分析」日本人口学会第 57  
回大会、神戸大学六甲台(2005.6.4-5)

## G. 知的所有件の取得状況

なし