

氏 名 井川 孝之

学位(専攻分野) 博士(学術)

学位記番号 総研大甲第 1674 号

学位授与の日付 平成26年3月20日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 残差構造解析による Lee-Carter モデルの拡張と年金負債評価

論文審査委員 主 査 教授 田村 義保
准教授 川崎 能典
教授 椿 広計
教授 中村 隆
教授 小暮 厚之 慶應義塾大学

論文内容の要旨
Summary of thesis contents

年金制度は、少子高齢化や資産運用のリスク増大等の問題に直面しており、社会経済が成熟する中、年金制度を持続して行くことは重要な課題である。世代間扶養を前提とする公的年金のみならず、事前に年金原資を積み立てる企業年金等の私的年金においても、人口構造の変化への対応が求められている。平均寿命は、終戦後の 1947 年には男 50.06 歳、女 53.96 歳であったのが、直近では、男 79.94 歳、女 86.41 歳と著しく上昇し、世界最高水準となっている。我が国は世界的にも著しい速さで少子高齢化が進んでおり、年金財政への影響も大きい。

本論文では、このような背景を踏まえ、主に死亡・長寿リスクに焦点を当てる。将来人口推計、年金制度の財政推計や負債評価に国際的に広く使用されて来ている死亡率モデルは、Lee-Carter (LC) モデルである。LC モデルは、死亡率の水準を死亡指数の系列により表現でき、取り扱い易く、死亡率水準の長期的な傾向を捉えるのに優れている。しかしながら、LC モデルを我が国の死亡データへ適用し最尤推定したパラメータによる中央死亡率の年齢と時代を軸に取った残差局面にはうねりのようなものが観察され、残差系列には時系列相関が認められる。Willets (2004) は日本の女の高齢死亡率に生年コーホート効果が観察されるとしているが、コーホート効果を考慮した既存の拡張 LC モデル (Renshaw and Haberman (RH) モデル、Age-Period-Cohort (APC) モデル) を我が国の死亡データへ適用し最尤推定したパラメータによる中央死亡率の年齢と時代を軸に取った残差局面には依然としてうねりが残り、これらのモデルでは捉えきれない効果が存在する可能性がある。本論文では、LC モデルのパラメータ推定値による中央死亡率の残差構造を解析することにより、概ね 10 歳代後半から 90 歳くらいまでの年齢の残差には生年コーホート別の効果 (効果 1) と補足的な年齢・期間別の効果 (効果 2) の 2 つがあるとする仮説を策定し、その仮説に沿って新たな Lee-Carter Vector Autoregressive (LC-VAR) モデルを提案する。LC-VAR モデルを我が国の 1971-2009 年・14-90 歳の死亡データへ適用し、LC モデルや既存の拡張 LC モデルと比較すると、男女とも良好な適合度を持ち、パラメータ推定値による中央死亡率の残差局面からうねりが消滅することを確認できる。1 次の LC-VAR モデルの効果 1 のパラメータ推定値は、10 歳代半ばでは 0.2 程度であるのが 60 歳近辺では 1 近くまで増加し、その後、漸減して 90 歳近くなると急激に低くなる。効果 2 のパラメータ推定値は、10 歳代後半では 0.6 近いが年齢の上昇とともに低下し、50 歳代前半ではほぼゼロとなる。効果 2 のパラメータ推定値は、Granados (2008) が経済指標と相関がある死因別死亡率の全死因死亡率に占める割合と類似しており、関連している可能性がある。LC-VAR モデルを、英国、米国、フランスの 1951-2009 年・14-90 歳の死亡データへ適用し、LC モデルや既存の拡張 LC モデルと比較すると、国や性別により異なる結果が得られた。先行研究においてコーホート効果があるとされる英国については、コーホート効果を考慮した既存の拡張 LC モデルである RH モデルの適合度が最良であるが、米国については、男は 1 次の LC-VAR モデル、女は 2 次の LC-VAR モデルの適合度が最良であった。米国では、社会経済状況の影響等も受けながら LC-VAR モデルで仮定している 2 効果も反映

(別紙様式 2)
(Separate Form 2)

し死亡率が変動している可能性がある。また、米国の死亡データについては、1次の LC-VAR モデルの効果 2 の係数を 16 歳から公的年金支給開始年齢の手前の 66 歳迄前提とすると更に良好な適合度の結果が得られた。フランスについては、男は 1 次の LC-VAR モデル、女は RH モデルの適合度が最良であり、男女差が見られた。フランスでは女性の社会進出が遅れていることが指摘されており、このようなことが死亡率の変動が異なる原因となっている可能性がある。

死亡率モデルは、将来人口推計や年金制度の財政推計に利用されている。また、年金や保険の負債評価へ応用することが可能である。新たに構築した LC-VAR モデルを用いて将来死亡率推計(点予測・信頼区間評価)のバックテストを行うと、LC モデルと比較し、中短期的な予測が改善することが分かる。また、LC-VAR モデルにより、中短期的な年金や保険契約の負債をより適切に評価することが可能であり、将来死亡率におけるコーホート効果の収束期間を検討する上でも有用である。

LC モデルを死亡データへ適用した場合、超過分散(overdispersion)となる可能性が指摘されている。LC モデルと 1 次の LC-VAR モデルを我が国の死亡データへ適用した場合、Cameron and Trivedi (1990)の方法により超過分散の検定を行うと、帰無仮説は棄却され超過分散の可能性がある。このことを踏まえ、超過分散へ対応した LC-VAR モデルを策定し、LC-VAR モデルとパラメータ推定値や適合度について比較した。超過分散へ対応した 1 次の LC-VAR モデルの適合度は、1 次の LC-VAR モデルと比較し若干良好となるが、異質性を表すパラメータの推定値は余り大きくない。また、超過分散へ対応した 1 次の LC-VAR モデルを用いてパラメトリックブートストラップ法により将来死亡率の不確実性を評価すると、上述の 1 次の LC-VAR モデルによる将来死亡率の信頼区間評価と異なる結果となり、1 次の LC-VAR モデルによる点予測の結果等を踏まえ適否について検討することが必要と考えられる。

本論文で示す各種分析や提案する LC-VAR モデル等により年金制度に内包される死亡・長寿リスクへの理解が深まり、より適切な将来死亡率推計とリスク評価が可能となり、そのことを通じて、年金制度が持続して運営されて行くことを期待する。

博士論文の審査結果の要旨

Summary of the results of the doctoral thesis screening

論文は 8 章 115 ページからなり、日本語で書かれている。本論文の目的は、年金制度に内在する死亡・長寿リスクについて、その定量化と予測のための新たなモデル構築法を提案し、年金負債評価に応用することである。第 1 章は導入として我が国の年金制度の概要と近年のリスク増大化の傾向を説明し、博士論文の概要を述べている。第 2 章では、年金や保険の負債評価、保険料の価格付けに関する先行研究や近年の実務的動向をまとめ、長寿リスクに関して死亡率モデルの先行研究を整理している。第 3 章は本論文で取り扱う日本の死亡統計・死亡率に関する短い整理である。第 4 章では、将来死亡率の推計目的で国際的に利用されている Lee-Carter モデル（以下 LC モデルと略す）の概要を述べ、我が国の死亡率に適用した際の残差構造を分析している。その上で得た仮説に基づき、残差構造に多変量 AR 構造を仮定する LC-VAR モデルを提案、LC モデルの拡張と見なせる既存のモデルと適合度を比較している。第 5 章では、LC-VAR モデルを含む複数のモデルを、英国、米国、フランスの死亡率データに適用した実証結果が報告されている。第 6 章ではデータ区間を分割し、点予測・信頼区間予測を複数のモデルで比較し、年金負債と一時払純保険料の評価に応用した事例が示されている。第 7 章は超過分散に対応可能な枠組みを用意し、再度 LC モデルと LC-VAR モデルを比較している。第 8 章はまとめである。

LC モデルの適合度の低さを補おうとする試みは従来から存在するが、年齢別対数死亡率の残差系列に直接的に期間構造を入れ、適合度ならびに中短期的な予測を改善するやり方には独自性が見られる。特に 2 次の VAR 構造を仮定したときには、年齢×時代の交互作用における年齢効果部分の係数推定値からうねりが消えて単調性が増しており、より解釈のしやすい結果となっている。予備審査時に指摘された Cairns 他のいわゆる CBD モデルを比較対象に追加して計算を行うこと、論文中のモデル説明部分がより明瞭になるよう改善することなどに対しては、十分に対応しており、論文の価値を高めているものと判断できる。

学位申請論文の第 4 章の内容は、Asia Pacific Journal of Risk and Insurance (査読付英文学術誌)の第 7 巻 2 号に単著で掲載されている。

以上から、博士論文審査委員会は、出願者の学位請求論文が学位に十分値する水準にあると全員一致で判定した。