

# テンソル解析を用いた死因別将来死亡率の同時推定

鈴木 孝太郎, 松山 直樹

2019年9月30日

## 概要

本研究では死因別死亡率の同時推定手法を提案する。一般に死因別死亡率推定は死因間の相互作用を反映出来ず、合算した全死因死亡率の将来推定が意味を持たないことが知られている。このため死亡率解析で標準的な Lee-Carter モデルを準用し、年齢・時間・死因・性別の4軸をもつ4階テンソル形式のデータに対して、テンソルの高次特異値分解をベースとして、死亡率の改善が軸によらず単一の医療水準の進歩でドライブされるとみなした単一時系列モデルを提案する。この単一時系列を実現するテンソル分解手法として、Tucker 分解を用いる。この手法により、死因間の相関関係を明らかにすると共に、全死因死亡率と整合的な死因別死亡率の外挿を実現した。

## キーワード

テンソル解析, Tucker 分解, Lee-Carter モデル, 死因別死亡率, WHO 死亡率データベース, ICD10 基本分類

## 1 はじめに

将来死亡率を適切に予測することは、保険のプライシングや死亡リスクの管理、年金制度運営、人口推計など、将来の死亡によって変動するキャッシュフローの制御や意思決定をする上で非常に重要であり、そのためかねてより多くのモデルが提案されてきた。その中でも代表的な統計モデルの1つとして Lee-Carter モデルが知られている。Lee-Carter モデルは年齢  $x$ 、暦年  $t$  の死亡率  $m_{x,t}$  に対して

$$\log m_{x,t} = \alpha_x + \beta_x \kappa_t$$

を当てはめるモデルであり、パラメータの解釈可能性と推定の容易性に優れていることから、(Lee and Carter, 1992) により提案されてから現在に至るまで多くの実証と拡張がなされ、実務においても利用されている。ここで、各パラメータは  $\alpha_x$  が「対数死亡率の平均的な水準」、 $\kappa_t$  が「死亡率の改善度」、そして  $\beta_x$  が「死亡率改善  $\kappa_t$  の年齢別感応度」と解釈されることが多い。特に、 $\kappa_t$  は通常ノイズを伴いつつも単調に下がっていくことから、医療水準の向上を表すと解釈される場合が多い。

一方で、単なる死亡率の予測を行うだけでなく、死因別死亡率の予測を行うことも保険商品の開発やプライシング、リスク管理であったり、政策の意思決定などにおいて有用である。従来そういった死因別死亡率の分析については、前述の Lee-Carter モデルを死因別死者数のデータに当てはめ、パラメータの解釈を行うといった方法が知られている。すなわち、前述の死亡率に死因分類  $c$  を含めた  $m_{x,t,c}$  に対して

$$\log m_{x,t,c} = \alpha_{x,c} + \beta_{x,c} \kappa_{t,c}$$