

混合効果モデルを用いたセミパラメトリックな変化係数の推測について

広島大学原爆放射線医科学研究所 佐藤健一*
県立広島大学経営情報学部 富田哲治**

回帰分析において、時間とともに変化する回帰係数は変化係数とよばれ、Hastie & Tibshirani (JRSS, 1993) らによって提案された。変化係数は時間軸上で変化する説明変数の効果を曲線として視覚化できるため解釈が容易である。その推定は、一般的には時間軸に沿った平滑化によって行われる。しかし、この方法では、各点ごとの信頼区間しか構成できず、変化係数曲線全体を包含する意味での同時信頼区間を構成することは困難であった。そこで、Satoh & Yanagihara (AJMMS, 2010) は、線形な変化係数（線形な基底関数でかける変化係数）を用いて、成長曲線モデルにおいて曲線としての同時信頼区間を構成した。

そして、佐藤・柳原・加茂（応用統計学, 2009, 2010 年度応用統計学会優秀論文賞）では、離散分布を目的変数とする一般化推定方程式の枠組の中で、線形な変化係数の推測方法を提案し、富田・佐藤・柳原（応用統計学, 2010）では空間データの位置情報を用いて線形な変化係数曲面を扱った。また、がん死亡データに対して、加茂・佐藤・富田（統計数理, 2011）は年齢・時代空間上のがん死亡率を曲面として記述することを試みており、Tonda, Satoh & Kamo (J. Epidemiol., 2015) では出生コホートの検出方法を提案している。さらに、Tonda, Satoh et al. (Radiat. Environ. Bioph., 2012) においては、生存時間データのハザード関数に応用することで、広島原爆被爆者の死亡危険度を従来の爆心地からの距離や初期被爆線量だけでなく、被爆時所在地によっても変わり得ることを示した。

このようにして、線形な変化係数の適用対象は連続変数から離散変数、時間から空間、そして、空間上の生存時間へと拡張されていった。この際、2つの改良すべき点が明らかになった。1つ目は同時信頼区間の精密化である。これに対して、富田・佐藤（応用統計学, 2013）は多重比較の手法を用いた改良を行った。2つ目は、非線形構造への対応である。これに対して、佐藤・富田（応用統計学, 2013, 2015 年度応用統計学会優秀論文賞）は Brumback, Ruppert & Wand (JASA, 1999) の提案した混合効果モデルを用いた推定方法を利用し、共変量がある場合にセミパラメトリックな変化係数の推定を行った。なお、混合効果モデルを用いた非線形曲線のテキストデータでの利用については、和泉・佐藤・川野（計算機統計学, 2015）に紹介されている。また、空間データにおける共変量を持つ場合のセミパラメトリックな変化係数曲面は、Satoh & Tonda (JJSS, 2014) において提案されている。

本講演では、佐藤・富田（応用統計学, 2013）についての研究報告をするとともに、変化係数曲線・曲面を使った解析例にも触れる。

* 〒734-8551 広島市南区霞 1-2-3, ksatoh@hiroshima-u.ac.jp

** 〒734-8558 広島市南区宇品東 1-1-71, ttetsuji@pu-hiroshima.ac.jp