

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 30 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700337

研究課題名(和文) 線形な変化係数の信頼区間の精密化と共分散構造分析への応用に関する研究

研究課題名(英文) Improvement of confidence Interval for linear varying coefficients and its application to SEM

研究代表者

佐藤 健一 (Sato, Kenichi)

広島大学・原爆放射線医科学研究所・准教授

研究者番号：30284219

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円、(間接経費) 600,000円

研究成果の概要(和文)：経時測定データにおいて時間とともに変化する回帰係数は変化係数と呼ばれる。Sato and Yanagihara (2010) は変化係数に線形性を仮定することで、関数としての同時信頼区間を提案した。線形な変化係数として直線がよく使われ解釈が容易であるが、一方で、測定時点数が多くなると非線形曲線の近似として充分でないことがある。本研究では、直線を補う形で1次スプライン関数を利用しセミパラメトリックな変化係数を考え、Brumback et al. (1999) の提案した混合効果モデルを用いた推定方法を適用した。

研究成果の概要(英文)：Varying coefficients can be used for visualizations or interpretations of the covariate effects which might be varying on time axis. Sato and Yanagihara (2010) proposed linear varying coefficients and constructed a simultaneous confidence interval as a function of time. Linear curve is useful to understand the scatter plot, but it might be not enough to approximate a non-linear curve especially when there are many observed time points. In this paper we consider a semiparametric varying coefficients with splines and estimate them on linear mixed effect model which proposed by Brumback et al. (1999), then we construct a simultaneous confidence interval.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード：変化係数 同時信頼区間

1. 研究開始当初の背景

時間とともに変化する回帰係数は変化係数とよばれ、時間軸上の関数または曲線と考えることができる。申請者らは変化係数を線形な基底で記述できる関数族に限定することで、変化係数の推測を多変量解析の理論を利用して、成長曲線モデル、一般化推定方程式、生存時間解析および交互作用モデルにおいて展開してきた。しかし、これらの統計的推測の基礎となる変化係数の信頼区間は時間軸全体上の関数として構成されており、過分に保守的であった。

2. 研究の目的

本研究では信頼区間の構成を測定が行われた範囲に限定し、その改良を目指す。また、成長曲線モデルなどの線形モデルを含む共分散構造分析 (SEM) に対して線形な変化係数の統計的推測の適用を試みる。

3. 研究の方法

Satoh & Yanagihara (AJMMS, 2010) によって提案された線形な変化係数は様々なモデルに適用できる可能性があり、他のモデルにおいても有用であることが期待できる。一方で、その基礎となる変化係数の信頼区間は保守的であり、改善すべき課題となっている。そこで本研究では、まず、変化係数の信頼区間の精密化に取り組み、次に、新しく線形な変化係数を適用するモデルとして、成長曲線モデルなど多くの線形モデルを特別な場合として含む共分散構造分析 (SEM) を考え、実学での利用に耐えうるように手法の実用化を目指す。

4. 研究成果

同時信頼区間の精密化については、富田哲治、佐藤健一 (応用統計学, 2013) に成果をまとめることができた。Satoh and Yanagihara (2010) は、変化係数の関数形を線形に限定することで、 $t \in R$ での同時信頼区間を提案した。一方で、本研究では、信頼区間を構築する領域を観測時点の範囲といった有限区間 $t \in [a, b]$ に限定することで、より精密な同時信頼区間の構築法を提案した。適用例および数値実験により、連続値の経時データにおける線形な変化係数 (Satoh and Yanagihara 2010) において、本稿で提案する同時信頼区間の有効性を示した。提案法の有効性を理論的に示すことは今後の課題である。本稿で提案した、有限区間 $t \in [a, b]$ における同時信頼区間の構築法は、線形な変化係数 $x(t) = \beta_0 + \beta_1 t$ における未知母数 β_0, β_1 の推定量 $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ の漸近正規性 $N_q(\beta, \Sigma)$ と共分散行列の一致推定量 $\hat{\Sigma}$ に基づいている。したがって、より一般の回帰モデルで適用可能であり、本稿の適用例で紹介した連続値の経時データのみならず、離散値の経時データ、空間データ、生存時間データ等に対する回帰モデルにおいても適用可能であり、汎

用性は高いと思われる。

また、共分散構造分析については、研究成果として発表するまでにはいたらなかったが、統計解析ソフト R を用いた提案手法による適用方法を確立しており、統計解析手法としておおむねの開発は終えている。したがって、今後は理論的な性質などを調べながら、論文化の準備を進めていきたい。

そして、研究の途中で着想にいたったセミパラメトリックな変化係数については、佐藤健一、富田哲治 (応用統計学, 2013) にまとめることができた。Satoh and Yanagihara (2010) は変化係数に線形性を仮定することで、関数としての同時信頼区間を提案した。線形な変化係数として直線がよく使われ解釈が容易であるが、一方で、測定時点数が多くなると非線形曲線の近似として充分でないことがある。本研究では、直線を補う形で 1 次スプライン関数を利用しセミパラメトリックな変化係数を考え、Brumback et al. (1999) の提案した混合効果モデルを用いた推定方法を適用した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 23 件)

1. K. Ito, M. Tsunematsu, K. Satoh, K. Ozasa, M. Kakehashi, Y. Nagata: Effectiveness of Cervical Cancer Screening Based on a Mathematical Screening Model using data from the Hiroshima Prefecture Cancer Registry, Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 14(8), 4897-902, 2013. 査読有.
2. 富田哲治, 佐藤健一: 線形な変化係数における信頼区間の精密化, 応用統計学, 42, 11-21, 2013. 査読有.
3. 佐藤健一, 富田哲治: 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, 応用統計学, 42, 1-10, 2013. 査読有.
4. K. Kamo, Y. Yanagihara and K. Satoh: Bias-corrected AIC for selecting variables in Poisson regression models, Communications in Statistics - Theory and Methods, 42, 1911-1921, 2013. 査読有.
5. 大谷敬子, 富田哲治, 佐藤健一, 佐藤裕哉, 原 憲之, 丸山博文, 川上秀史, 田代 聡, 星 正治, 大瀧 慈: 広島入市被爆者の死亡リスクに関する統計解析, 長崎医学会雑誌, 87, 261-264, 2012. 査読有.
6. 大瀧 慈, 富田哲治, 大谷敬子, 原 憲行, 松葉潤治, 佐藤裕哉, 合原一幸, 佐藤健一: 多段階発癌仮説に基づく放

- 射線発癌危険度の曝露・時間依存性に関する数理的考察, 長崎医学会雑誌, 87, 170-175, 2012. 査読有.
7. 佐藤裕哉, 佐藤健一, 嶋本浩子, 川野徳幸: 地理情報システムを用いた被爆証言・新聞記事による黒い雨の降雨の空間的考察, 長崎医学会雑誌, 87, 181-185, 2012. 査読有.
 8. 富田哲治, 佐藤健一, 大谷敬子, 佐藤裕哉, 原憲行, 丸山博文, 川上秀史, 田代聡, 星正治, 大瀧慈: 広島原爆被爆者における直接被曝線量では説明できないリスクの地理分布について, 長崎医学会雑誌, 87, 176-180, 2012. 査読有.
 9. 平林今日子, 佐藤健一, 大瀧 慈, T. Muldagaliyev, K. Apsalikov, 川野徳幸: セミパラチンスク地区住民の核実験に起因する認識構造, 長崎医学会雑誌, 87, 277-279, 2012. 査読有.
 10. 佐藤健一: 原爆体験者等健康意識調査における面接調査データの再解析について, 長崎医学会雑誌, 87, 255-260, 2012. 査読有.
 11. 佐藤健一, 富田哲治, 大谷敬子, 佐藤裕哉, 原 憲行, 丸山博文, 川上秀史, 田代聡, 星正治, 大瀧慈: 広島原爆被爆者における黒い雨降雨地域の死亡危険度について, 長崎医学会雑誌, 87, 186-190, 2012. 査読有.
 12. K. Tanaka, A. Kohda and K. Satoh: Dose-rate-effects and dose and dose-rate effectiveness factor (DDREF) on frequencies of chromosome aberrations in splenic lymphocytes from mice continuously exposed to low-dose-rate gamma-radiation, Journal of Radiological Protection, 33, 61-70, 2012. 査読有.
 13. 大瀧 慈, 大谷 敬子, 富田 哲治, 佐藤健一: 福島第一原子力発電所事故後の東日本での空間放射線量率の時空間分布, 日本統計学会誌, 42, 91-101, 2012. 査読有.
 14. H. Yanagihara, K. Kamo, S. Imori and K. Satoh: Bias-corrected AIC for Selecting Variables in Multinomial Logistic, Linear Algebra and its Applications, 436, 4329-4341, 2012. 査読有.
 15. T. Tonda, K. Satoh, K. Otani, Y. Sato, H. Maruyama, H. Kawakami, S. Tashiro, M. Hoshi and M. Ohtaki: Investigation on circular asymmetry of geographical distribution in cancer mortality of Hiroshima atomic bomb survivors based on risk maps: analysis of spatial survival data, Radiation and Environmental Biophysics, 51(2), 133-141. 2012. 査読有.
 16. 佐藤裕哉, 佐藤健一, 川野徳幸: キノコ雲はどこまで見えたか?被爆証言と地形データからのアプローチ, 広島医学, 52, 327-330, 2012. 査読有.
 17. 富田哲治, 佐藤健一, 大谷敬子, 佐藤裕哉, 丸山博文, 川上秀史, 田代聡, 星正治, 大瀧慈: 広島原爆被爆者コホート 1970~2010 年におけるリスク地図の推定, 広島医学, 52, 255-258, 2012. 査読有.
 18. 大谷敬子・大瀧慈・佐藤健一・富田哲治: 被爆者健康手帳の取得期間と死亡リスクの関係, 広島医学, 52, 259-261, 2012. 査読有.
 19. 川野徳幸・佐藤健一: 原爆被爆者の体験記・メッセージに関する被爆区分別特徴について, 広島医学, 52, 322-326, 2012. 査読有.
 20. Nagai, H. Yanagihara and K. Satoh: Optimization of ridge parameters in multivariate generalized ridge regression by plug-in methods, Hiroshima Mathematical Journal, 42, 301-324, 2012. 査読有.
 21. 加茂憲一, 富田哲治, 佐藤健一: 年齢 - 時代平面上における癌死亡リスクの視覚化, 統計数理, 59(2), 217-237, 2011. 査読有.
 22. 富田哲治, 佐藤健一, 中山晃志, 片野田耕太, 祖父江友孝, 大瀧 慈: 変化係数を用いたがん死亡危険度の年次変動要因の推測, 統計数理, 59(2), 205-215, 2011. 査読有.
 23. T. Tonda, K. Satoh, T. Nakayama, K. Katanoda, T. Sobue, M. Ohtaki: A nonparametric mixed-effects model for cancer mortality, Australian & New Zealand Journal of Statistics, 53(2), 247-256, 2011. 査読有.
- 〔学会発表〕(計 2 件)
1. K. Satoh and T. Tonda: Statistical inference for linear varying coefficients and its applications, IBC (International Biometric Conference), Kobe, JAPAN, 2012.
 2. K. Satoh, K. kamo and T. Tonda: Cancer mortality risk visualization on the age-period space by regression models, IEA (International Epidemiological Association) World Congress, Edinburgh, SCOTLAND, 2011.
- 〔図書〕(計 0 件)
- 〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)
- 名称:

発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/ksatoh/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 健一 (SATO KENICHI)

広島大学・原爆放射線医科学研究所・准教授

研究者番号：30284219

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：