

令和 3 年 4 月 30 日現在

機関番号：14201
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2017～2020
課題番号：17K00052
研究課題名（和文）変化係数を用いた時空間データにおける地域集積性の検出と生存時間データへの応用

研究課題名（英文）Detecting a local hot spot using a varying coefficient model for spatial-temporal data and its application to survival data

研究代表者
佐藤 健一（Sato, Kenichi）
滋賀大学・データサイエンス教育研究センター・教授

研究者番号：30284219
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：佐藤・富田（応用統計学，2013）では、Brumback et al. (JASA, 1999)の提案手法を経時測定データに対して応用した。本研究は高い評価を受け、2015年度の応用統計学会学会賞（優秀論文賞）を受賞した。富田・佐藤他（応用統計学，2010）では空間データへの適用を提案した。そして、Sato & Tonda (JJSS, 2014)では空間データに対してセミパラメトリックな変化係数曲面の推測を提案した。そして、本研究の主な成果は佐藤（応用統計学，2020）「時空間データに対するバランス型成長曲線モデルの適用」にまとめられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
位置情報を持つ個体において経時測定データが観測されている場合に、時間と空間の交互作用項を持つ成長曲線モデルを適用することを試みる。位置や時間の基底について考え、それぞれを固定した場合の時間軸上の予測曲線あるいは空間上の予測曲面に関する同時信頼区間を与える。また、交互作用項、特に空間に関する基底数を減らすための工夫として局所的な成長曲線モデルの適用も考える。提案するモデルの適合は重相関係数の意味でも良かった。

研究成果の概要（英文）：In Sato and Tonda (Applied Statistics, 2013), the proposed method of Brumback et al. (JASA, 1999) was applied to longitudinal measurement data. This research was highly evaluated and received the 2015 Society of Applied Statistics Award (Best Paper Award). Tonda, Sato et al. (Applied Statistics, 2010) proposed an application to spatial data. And Sato & Tonda (JJSS, 2014) proposed a semiparametric inference of change coefficient surfaces for spatial data. And the main results of this research were summarized in Sato (Applied Statistics, 2020), "Application of Balanced Growth Curve Model to Spatio-Temporal Data."

研究分野：統計学

キーワード：成長曲線モデル

1. 研究開始当初の背景

研究の学術的背景

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。すなわち、固定された時間近傍ごとのデータを用いて回帰を繰り返し行い、その回帰係数を時間軸上に並べることで連続的な関数として推定する。

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、変化係数を線形な基底に限定することで、成長曲線モデルにおいて同時信頼区間を構成することに成功した。また、従来、説明変数と時間の交互作用として示されていた複数の回帰係数をひとつの変化係数として要約でき、解析結果の解釈が容易になった。

成長曲線モデルは目的変数として連続的な観測値しか扱えないため、佐藤・柳原・加茂(応用統計学, 2009)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、線形構造を持つ変化係数の推測方法を提案し、線形な変化係数の利用範囲をさらに広げた。本研究論文は高い評価を受け、2010年度の応用統計学会学会賞(優秀論文賞)を受賞し、これに関連して、統計関連学会(2010, 2012)、応用統計学会(2011)において招待講演を行った。

その後、佐藤・富田(応用統計学, 2013)では、Brumback et al. (JASA, 1999)の提案手法を経時測定データに対して応用し、線形性と非線形性を併せ持つセミパラメトリックな変化係数によって、自由度の高い曲線でありながら適度な硬さを持つ曲線の推定を実現している。本研究も高い評価を受け、2015年度の応用統計学会学会賞(優秀論文賞)を受賞し、これに関連して、統計関連学会(2015)において招待講演を行った。

一方で、線形な変化係数は時間とともに変化する回帰係数の記述に有用だけでなく、空間データの記述にも利用できる。富田・佐藤他(応用統計学, 2010)では、従来、平滑化が使われてきた地理的加重回帰と対比させながら、空間データへの適用を提案した。また、Tonda, Satoh 他 (Radiat. Environ. Bioph., 2012)においては広島原爆被爆者の死亡危険度を変化係数曲面をCox回帰モデルにおいて推定し、被爆時所在地の効果を示した。そして、Satoh & Tonda (JJSS, 2014)では空間データに対してセミパラメトリックな変化係数曲面の推測を提案し、Tonda & Satoh 他 (J. Epidemiol., 2015)ではがん死亡データにおいて年齢と時代の変化係数曲面を考えることでコホート効果の検出方法を提案した。さらに、Satoh & Tonda (AJMMS, 2016)では経時傾向を局外パラメータとして扱うことで、新たに、線形、セミパラメトリックに続くノンパラメトリック推定の手法を確立した。これに加えて、Satoh, Tonda 他(AJMMS, 2016)では、生存時間データにおいてハザード比の代わりにオッズ比の推定を行う手法をロジスティック回帰モデルによって提案している。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究をさらに発展させ、時空間データにおいて背景要因の影響調整後も突出して高い(あるいは低い)リスクを持つ地域を検出する手法を開発する。

3. 研究の方法

Satoh & Tonda (AJMMS, 2016)の経時測定データに対して提案されたノンパラメトリックな変化係数の推測を時空間データ(位置情報を持つ経時測定データ)へ拡張する。時空間上の地域集積性の検出方法を Satoh, Tonda 他(AJMMS, 2016)などの生存時間回帰モデルへ応用する。

主に、時空間への拡張を行う。具体的には、Satoh & Tonda (AJMMS, 2016)の経時測定データに対して提案されたノンパラメトリックな変化係数の推測を時空間データへ拡張する。ここでの時空間データとは、位置情報 (u, v) を持つ時間 t に関する経時測定データ $y(t|u, v)$ である。観測値の時間軸方向には相関構造を仮定し、共変量が k 個あるとして、次式の加法モデルを考える。

このとき、興味ある説明変数の効果、すなわち、変化係数曲線については統計的な推測を行うが、地理及び時間についての定数の役割をするベースライン関数 g および f は局外パラメータとして扱う。したがって、巨視的に見れば、上記の加法モデルは切片 $a=g+f$ 、傾き b を持つ単回帰モデル $y=a+bx$ を時空間データに発展させたモデルと考えることができる。Satoh & Tonda (AJMMS,

2016)の数理的結果によれば、局外パラメータは事後的に算出することもでき、各領域あるいは各時点における推定値は対応する変化係数による残差平均として表現できることが分かっている。また、ベースライン関数は空間を適当に分割して、分割した領域ごとに定数を仮定するノンパラメトリック推定を考えるため、分割数が変わっても推定値が大きく変化しないことを確かめる必要がある。これらの推定手法の妥当性については真の構造を既知とする数値実験などで確認したい。

4. 研究成果

本研究の主な成果は佐藤(応用統計学、2020)「時空間データに対するバランス型成長曲線モデルの適用」としてまとめられた。以下、用紙を述べる。位置情報を持つ個体において経時測定データが観測されている場合に、時間と空間の交互作用項を持つ成長曲線モデルを適用することを試みた。位置や時間の基底について考え、それぞれを固定した場合の時間軸上の予測曲線あるいは空間上の予測曲面に関する同時信頼区間を与える。また、交互作用項、特に空間に関する基底数を減らすための工夫として局所的な成長曲線モデルの適用も考える。そして、それらの提案手法をカナダの35観測地点における3月から8月までの6時点で観測されている気温データに適用し、当てはまりなどを検証した。経時的に観測された気温データは観測地点が異なると高低差や傾きなど様々な経時変化を示したが、提案するモデルの適合は重相関係数の意味でも良かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yoshiya Tomoharu, Mima Takahiro, Ito Masaoki, Sasada Shinsuke, Tsutani Yasuhiro, Satoh Kenichi, Masuda Takeshi, Miyata Yoshihiro, Hattori Noboru, Okada Morihito	4. 巻 38
2. 論文標題 Prospective, randomized, cross-over pilot study of the effects of Rikkunshito, a Japanese traditional herbal medicine, on anorexia and plasma-acylated ghrelin levels in lung cancer patients undergoing cisplatin-based chemotherapy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Investigational New Drugs	6. 最初と最後の頁 485 ~ 492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10637-019-00836-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Aya Goto, Alison Lloyd Williams, Yujiro Kuroda, and Kenichi Satoh	4. 巻 3
2. 論文標題 Thinking and Acting with School Children in Fukushima: Implementation of a Participatory Theater Approach and Analysis of the Experiences of Teachers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JMA Journal	6. 最初と最後の頁 67-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.31662/jmaj.2019-0031	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 杉原 清香、佐藤 健一、占部 智、一戸 辰夫	4. 巻 60
2. 論文標題 血小板減少合併妊娠91例の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 臨床血液	6. 最初と最後の頁 1525 ~ 1531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11406/rinketsu.60.1525	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Obinata Hideru, Kuo Andrew, Wada Yukata, Swendeman Steven, Liu Catherine H., Blaho Victoria A., Nagumo Rieko, Satoh Kenichi, Izumi Takashi, Hla Timothy	4. 巻 60
2. 論文標題 Identification of ApoA4 as a sphingosine 1-phosphate chaperone in ApoM- and albumin-deficient mice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Lipid Research	6. 最初と最後の頁 1912 ~ 1921
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1194/jlr.RA119000277	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shi L, Fujioka K, Sakurai-Ozato N, Fukumoto W, Satoh K, Sun J, Awazu A, Tanaka K, Ishida M, Ishida T, Nakano Y, Kihara Y, Hayes CN, Aikata H, Chayama K, Ito T, Awai K, Tashiro S	4. 巻 190
2. 論文標題 Chromosomal Abnormalities in Human Lymphocytes after Computed Tomography Scan Procedure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Radiation Research	6. 最初と最後の頁 424-432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1667/RR14976.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 今井多樹子, 高瀬美由紀, 佐藤健一	4. 巻 41
2. 論文標題 質的データにおけるテキストマイニングを併用した混合分析法の有用性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本看護研究学会雑誌	6. 最初と最後の頁 685-700
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15065/jjsnr.20180114002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Ohno, A. Jimura, Y. Nakao, N. Kawano, K. Satoh	4. 巻 62
2. 論文標題 Textual Variations and Readings among the Manuscripts and Editions of The Canterbury Tales: With Special Reference to The Knight 's Tale	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 英語英文学研究	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15027/45938	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 A. Hasegawa, M. Koike, M. Nemoto, T. Ohba, C. Yamada, S. Matsui, M. Fujino and K. Satoh	4. 巻 59
2. 論文標題 Lexical analysis suggests differences between subgroups in anxieties over radiation exposure in Fukushima	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 83-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rry027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sato Kenichi, Yasuda Hiroshi, Kawakami Hideshi, Tashiro Satoshi	4. 巻 1
2. 論文標題 RELATIVE BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF NEUTRONS DERIVED FROM THE EXCESS RELATIVE RISK MODEL WITH THE ATOMIC BOMB SURVIVORS DATA MANAGED BY HIROSHIMA UNIVERSITY	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Radiation Protection Dosimetry	6. 最初と最後の頁 1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/rpd/ncx173	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Hiromitsu, Sasatani Megumi, Doi Toshiki, Masaki Takao, Sato Kenichi, Yoshizumi Masao	4. 巻 31
2. 論文標題 Protective Effects of Japanese Soybean Paste (Miso) on Stroke in Stroke-Prone Spontaneously Hypertensive Rats (SHRSP)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 American Journal of Hypertension	6. 最初と最後の頁 43~47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ajh/hpx129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Izumi Shizue, Tonda Tetsuji, Kawano Noriyuki, Sato Kenichi	4. 巻 5
2. 論文標題 Estimating and Visualizing the Time-varying Effects of a Binary Covariate on Longitudinal Big Text Data	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Networked and Distributed Computing	6. 最初と最後の頁 243~243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2991/ijndc.2017.5.4.6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 K. Kamo, T. Tonda, K. Sato	4. 巻 16
2. 論文標題 Growth Analysis Using Nuisance Baseline	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 FORMATH	6. 最初と最後の頁 12~21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15684/formath.16.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tonda Tetsuji、Sato Kenichi	4. 巻 47
2. 論文標題 Estimating Varying Coefficients for Longitudinal Data without Specifying Spatial-Temporal Baseline Trend	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of The Japan Statistical Society	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14490/jjss.47.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

[学会発表] 計6件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 K. Satoh
2. 発表標題 Text mining of declaration of Hiroshima 1947 2016 and its visualization
3. 学会等名 IMS-APRM, The fifth meeting of the Institute of Mathematical Statistics meeting series, the IMS Asia Pacific Rim Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富田哲治, 加茂憲一, 佐藤健一
2. 発表標題 経時離散データに対するベースラインを特定しない変化係数の推測について
3. 学会等名 2017年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤健一, 富田哲治, 和泉志津恵
2. 発表標題 変化係数を利用したロジスティックモデルによる生存時間解析の試み
3. 学会等名 2017年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Izumi, T. Tonda, N. Kawano, K. Satoh
2. 発表標題 Visualize the longitudinal big text data with a binary covariate: An approach based on keyword's frequency
3. 学会等名 2nd International Conference on Big Data, Cloud Computing, and Data Science, Hamamatsu, JAPAN
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Satoh, T. Tonda, S. Izumi
2. 発表標題 Logistic Regression Model for Survival Time Analysis Using Time-Varying Coefficients
3. 学会等名 The 21st International Epidemiological Association (IEA) World Congress of Epidemiology (WCE2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Tonda, K. Satoh, K. Kamo
2. 発表標題 Statistical method estimating varying coefficients for longitudinal data without specifying spatial temporal baseline trend and its application to cancer mortality data
3. 学会等名 The 21st International Epidemiological Association (IEA) World Congress of Epidemiology (WCE2017)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 丹後俊郎、松井茂之	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 868
3. 書名 新版医学統計学ハンドブック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	富田 哲治 (TONDA TETSUJI) (60346533)	県立広島大学・地域創生学部・教授 (25406)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関