

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：62603

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03211

研究課題名（和文）異なるデータを統合する一般化平均による統計予測法の開発と実用化

研究課題名（英文）Developments and applications of statistical prediction method

研究代表者

江口 真透（Eguchi, Shinto）

統計数理研究所・医療健康データ科学研究センター・特任教授

研究者番号：10168776

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,800,000円

研究成果の概要（和文）：異なるデータを統合する一般化平均による統計予測法の開発のために様々な方向から、新たな提案と実用化に貢献した。異なるデータを統合し、データの異質性を許容しながら総合理解と統一的な決定を獲得するための統計的考察を行った。一般化平均は1930年代にコルモゴロフと南雲に独立に発見された平均の一般化である。特に算術平均、幾何平均、調和平均、対数と指数を含む非常に柔軟な平均を考えることができる。この一般化平均を積極的にデータ学習アルゴリズムに組み込んで動的治療、メタアナリシス、コピュラ関数、混合効果モデル、能動学習、クラスタリング、生存解析、種の分布モデル、情報幾何において新たな提案と実用化を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多くの従来モデリングは線形に限定されたものが多い。しかし、この研究は線形モデルを非線形に結合させるモデリングを提供した。これを準線形モデルと呼んだ。ニューラルネットワークと密接な関係があるが、準線形モデルはデータの解釈を明示的に与えることができる。同時にハイパーパラメータを選択すれば従来の線形モデルに帰着させることもできる。

このように、膨大な線形モデルの研究も相対化した新たなモデリングが可能になったことは学術的な意義が高い。現在進行中であるが個人化治療のための動的治療計画の内容で社会実装するプロジェクトが進行中であり将来性の高い方向が見出されている。

研究成果の概要（英文）：Contributed to new proposals and practical applications from various directions for the development of statistical prediction methods based on generalized averages that integrate different data. Statistical considerations for integrating different data and obtaining a comprehensive understanding and a unified decision while allowing for data heterogeneity. The generalised mean is a generalisation of the mean discovered independently by Kolmogorov and Nagumo in the 1930s. In particular, one can consider very flexible means including arithmetic, geometric, harmonic and log-sum exponents. This generalised mean was actively incorporated into data learning algorithms with new proposals and practical applications in dynamic treatment, meta-analysis, copula functions, mixed effects models, active learning, clustering, survival analysis, species distribution models and information geometry.

研究分野：統計学

キーワード：メタアナリシス 動的治療計画 情報幾何 種の分布モデル コピュラ関数 混合効果モデル 生存解析 種の分布モデル

1. 研究開始当初の背景

江口は長年に渡り、統計的予測について理論的な面と応用について従事してきた。(基盤研究(A) H20-H24 「ゲノムデータからの予測・発見・推論の統合化のための統計学と機械学習の融合」(研究代表)、CREST 平成 25 年度 28 年度「海洋生態学と機械学習法の融合によるデータ不足下の生態系評価手法の開発」主たる共同研究者(研究代表 岡村寛)、基盤研究(B) H25-H29 「ゲノム・オミックスデータ解析の安定化のための統計的方法論」(研究代表))。

理論面ではロジスティック判別の拡大について AUC 最大化、ミスラベルの観点からロバストネスの議論をした。また確率的な枠組みからベイズリスクー致性を持つ広いクラスのロス関数を提出し、ブースティングに適用した学習アルゴリズムの提案によって実解析に便利なプログラムの公開をしている。

応用面では、がん研究会、国立がんセンター、国立循環器センターとの共同研究に小森と伴に参加した。特に遺伝子発現を用いた乳がん治療の奏効性予測やプロテオームによる肺がん疾病の予測、SNPs データを用いたアスピリンレジスタンスのパターン認識の問題などについて統計研究者の立場から実用化に参画した。データを獲得することから始めたので幾度も中途解析も行い、最終結論を得るための長い道のりの経験を積んだ。また生態学の分野において水産総合研究所、琉球大学と共同研究で生物多様性の保全のためのプロジェクトで生態系崩壊予測などに参加した。特に水産資源に関する RAM, FAO データや全日本の維管束植物の生息データの解析にかなりの時間を投入した。これらの問題はいずれも高次元データで従来のスケールを超えた網羅的なデータ形式を持つが、ゴールは共通に統計予測の形で描かれる。これらの共同研究を通して幾つもの難しい問題に遭遇し、その一つ一つの問題に対する解決に格闘してきた。

このような経験を通して従来の線形予測の統計的性能の限界を強く自覚するようになり、本研究のプロジェクトの目標を立てる契機となった。情報幾何の枠組みの一般化によって統計学への新たな寄与の提案を模索し。その中で 2 つの確率密度関数を連結するパスを一般化平均で与え、そのパスが導くダイバージェンスを考察した。これにより、パスによって作られた統計モデルと最小ダイバージェンスによる推定法が導かれることが分かった。このパスが良く知られている指数パスであるならば、モデルは指数ファミリー、推定法は最尤法に帰着される。

この研究と並行させ、バイオインフォマティクスと生物多様性に関するプロジェクトに参加して、予後予測や生態系崩壊予測などの統計予測に帰着される問題に、当時、ポスドクであった小森と伴に取り組んでいた。

しかしながら、従来のロジスティック回帰、アダブースト、ランダムフォレスト、サポートベクターなどの線形モデルによる予測能力の限界を感じていた。そこで、上記の情報幾何によるアイデアを統計予測の内容に展開できないか模索を始めた。その結果、2 つの予測子を一般化平均によるパスを考察する視点にたどり着いた。確率密度関数は非負値関数であるのに対して、予測子は値の正負によって予測を決めるので本質的に実数値関数である。この違いにより、予測子のパスを考えつくまでに時間がかかったが、対数関数は非負値関数から実数値関数への汎関数であると見れば、確率密度関数のパスと同様な定式化ができることに気づいた。更に複数の予測子に、それぞれに線形パラメータを付与すると本研究の構想で考えられている一般化平均による予測子に帰着される。このように確率密度空間の中のパスの考察が自然に予測子の全体の空間の中でのパスが考えられ、線形予測子を柔軟につなげること構想のヒントになった。この研究の構想を得るには、小森と試行錯誤の話し合いと大前(当時、院生)との指導ディスカッション及び、林との幅広い研究ディスカッションが役立った。

2. 研究の目的

近年、データの蓄積が学術の様々な分野で、産業の活動の様々な場面で、また社会の多くのソサイエティの中で広範囲に成されている。このような高度化したデータを積極的に利用して学術の新発見、産業の技術革新、社会生活の高度化への進展が促進される機運が高まっている。現在、色々な方向からのデータサイエンスの研究が挑戦されているがデータが大きなスケールで網羅的に得られていることはデータ科学の意味で必ずしも理想的であるわけではないことが指摘されている。複雑なデータが得られた代償として、データから知見を抽出する際に幾つかのバイアスが生じる難問が横たわっていることが分かり始めていた。

本研究「異なるデータを統合する一般化平均による統計予測法の開発と実用化」は、このように複雑化したデータの理解に課せられた問題に対して統計的予測問題に絞り、有効な方法論を開発し、その応用の展開を図った。特に、高次元データに潜在する異型性を適切に反映させた予測の方法論を提案し、その応用を容易にするための推進を行った。潜在する異型性はデータが高度化して網羅的な測定がなされると典型的に表れ、避けることは非常に困難となる。従来のロジ

スティック回帰, アダブースト, ランダムフォレスト, サポートベクターなどを広い意味での線形予測方法では異型性によって生じるバイアスを防ぐことはできない。例えばバイオインフォマティクスでは, ゲノム・オミックスデータを用いる, がん治療の予後予測の問題が考えられている。医学研究に於いて典型的ながん疾患においては潜在的な複数のサブグループが報告されている。しかし, そのサブグループが正確に特定されていれば層別解析を行えば, 標準的な線形予測で十分な予測が可能であるが, サブグループは正確には分かってなくて, 時間を追って新たなサブグループが発見されているのが現状である。このような異型性の潜在性を含むデータに対する統計的予測問題は本質的な難しさを伴っている。

3. 研究の方法

この研究は, 統計予測について方向を模索し, 新たな提案と実用化に貢献することを目的とする。特に, 異なるデータセットを統合し, データの異質性を許容しながら総合的な理解と統一的な決定を得るための統計的方法論を開発することを目指した。このために, 1930年代にコルモゴロフと南雲によって独立に発見された平均の一般化である一般化平均を活用することを提案し, 新しい統計予測法の開発と実用化を行った。既存の予測法に一般化平均を取り込んだ方法論とその学習アルゴリズムを完成させ, 使いやすいプログラムを公開した。

このような潜在する異型性の問題を挑戦するために平均の考えを一般化した一般化平均を用いた予測子の構成を考えた。一般化平均とは算術平均・幾何平均・調和平均を一般化したものである。高次元の特徴変数に潜在する異なるグループをミクスチュアの形でモデリングする。グループ内では線形予測モデルを仮定して得られる複数の線形予測子に対して一般化平均によって連結させた予測が提案できる。これによって, グループ内では線形予測子で十分に情報が取られ, グループ間では一般化平均の非線形性による統合の柔軟なモデリングによって高い予測性能を持つ。一般化平均の有力な例題として対数和指数平均が挙げられる。複数の線形予測子の各々に指数変換を取り, その混合和を対数変換することによって定義される。それぞれの線形予測子のスコアの重み付きの対数和指数平均によるスコアによって予測がなされる。更に, この対数和指数平均に逆温度パラメータを導入すると, さらに柔軟性が加わり, データから適切に逆温度を決めることができれば強力な予測性能を持った予測子が構成可能になる。

4. 研究成果

統計予測の内容で, 一般化平均を活用したクラスタリングを提案した。特に, パレート分布関数, フレッシュ分布関数, およびその逆関数を用いたエネルギー関数の一般化平均を考えた。この提案を完成させ, 論文化し, さらに実用化を進めた。

予測の内容を超えた強化学習の分野でも, 一般化平均の活用を考えた。最大最小化アルゴリズムによって, 一般化平均の援用により柔軟に最適ポリシーを決定することができる。データに適合した一般化平均を選択するための基準として, 一般化平均のワンパラメータ族を採用することを考えた。特に Q 関数の全体の空間にダイバージェンスを採用して, 動的治療計画のための最適治療の方法を提案した。

メタ解析の分野で発表された予測結果を統合して, より有効な予測を提案することを検討した。従来では, 予測子の線形結合が行われていたが, 共変量シフトの問題も考慮して, 新しい方法論を構築することを目指した。

従来の線形混合効果モデルにおいて固定効果とランダム効果を一般化平均で結合させて新たなモデルを構築し, 準線形混合効果モデルと呼んだ。これによって固定効果とランダム効果の非線形性を柔軟に反映する解析が可能になった。

生存解析においてコックスの比例ハザードモデルを使った解析が広く行き渡っている。このモデルの線形予測子の代わりに一般化平均を使った準線形モデルを提案した。これによって, 関連因子間の非線形性を穏やかな形で反映させる方法が構築される。高次元データの解析のための有効な方法としてスパース学習が広く考察され, 応用も多くの分野で実装されている。本研究では予測の内容で結果変数の説明変数の条件付き分布がデータ異質性により標準的な線形の仮定から無視できない乖離がある場合において, 高い予測性能を持つ方法の開発となっている。特に結果変数の説明変数の条件付き分布が潜在的な異質性による非線形性を一般化平均によってモデリングを行っている。従って, 従来の線形パラメータのスパース学習の方法は使えないが, 線形パラメータのアダマール積の $L1$ 正則化の方法を構築した。

生態学の内容で種分布モデルは生物種の生息空間を記述する基本的なモデルである。これは空間ポアソン点過程をベースにして環境因子との相関関係を線形モデルで記述する。特に, 近年においてサンプルバイアスを考慮したモデルが盛んに研究されている。このモデルに対して, 環境因子モデルとバイアスモデルの2つの線形モデルを一般化平均で結合させた準線形モデルを構築した。さらに, 生態学の研究に典型的に生じる「非均衡データ」に焦点を当て, これまでの方法論を総括しながら一般化平均を援用した準線形ポアソン点過程モデルや最大ベキエントロ

ピー法の紹介などをまとめた成書「Statistical methods for imbalanced data in ecological and biological studies」を出版した。情報幾何の枠組みで一般化平均の連想する幾何学をまとめた。

一般化平均の理論的な考察は情報幾何の内容で一般平均が導く測地線の研究を発表して、展開させた一般化平均の方法論をより広い視野の下で「Minimum Divergence Methods in Statistical Machine Learning: From an Information Geometric Viewpoint」を出版した。非線形性の理解に基づいて、準線形モデルの応用拡大を教師あり学習と教師なし学習の両方において図り、線形モデルでは捉えられない非線形性をロバストに捉える手法の開発をまとめた。

以上のように、この研究「異なるデータを統合する一般化平均による統計予測法の開発と実用化」は線形モデルを非線形に結合させるモデリングを提供した。これを準線形モデルと呼んだ。ニューラルネットワークと密接な関係があるが、準線形モデルはデータの解釈を明示的に与えることができる。同時にハイパーパラメータを選択すれば従来の線形モデルに帰着させることもできる。このように、膨大な線形モデルの研究も相対化した新たなモデリングが可能になったことは学術的な意義が高い。現在進行中であるが個人化治療のための動的治療計画の内容で社会実装するプロジェクトが進行中であり将来性の高い方向が見出されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 18件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Daisuke Yoneoka, Katsuhiko Omae, Masayuki Henmi, Shinto Eguchi	4. 巻 14
2. 論文標題 Area under the curve optimized synthesis of prediction models from a meta analytical perspective	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Research Synthesis Methods	6. 最初と最後の頁 234-246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jrsm.1612	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 Kentaro Honma, Masato Ohkubo, Shinto Eguchi, Yasushi Nagata	4. 巻 8
2. 論文標題 Mahalanobis-Taguchi Method for Anomaly Detection and Classification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Kentaro Honma, Masato Ohkubo, Shinto Eguchi, Yasushi Nagata	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) 10.17929/tqs.8.1	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 Hung Hung, Su-Yun Huang, Shinto Eguchi	4. 巻 70
2. 論文標題 Robust Self-Tuning Semiparametric PCA for Contaminated Elliptical Distribution	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Signal Processing	6. 最初と最後の頁 5885 - 5897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TSP.2022.3230336	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 Shinto Eguchi	4. 巻 6
2. 論文標題 Minimum information divergence of Q-functions for dynamic treatment resumes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Information Geometry	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41884-022-00084-8	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 Hideitsu Hino, Shinto Eguchi	4. 巻 6
2. 論文標題 Active learning by query by committee with robust divergences	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Information Geometry	6. 最初と最後の頁 1-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41884-022-00081-x	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 Shogo Kato, Toshinao Yoshiba, Shinto Eguchi	4. 巻 63
2. 論文標題 Copula-based measures of asymmetry between the lower and upper tail probabilities	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Statistical Papers	6. 最初と最後の頁 1907-1929
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00362-022-01297-w	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 Yusuke Saigusa, Shinto Eguchi, Osamu Komori	4. 巻 31
2. 論文標題 Generalized quasi-linear mixed-effects model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Yusuke Saigusa, Shinto Eguchi, Osamu Komori	6. 最初と最後の頁 1280-1291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/09622802221085864	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 Shinto Eguchi	4. 巻 45
2. 論文標題 Pythagoras theorem in information geometry and applications to generalized linear models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Handbook of Statistics	6. 最初と最後の頁 15-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/bs.host.2021.06.001	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 Osamu Komori, Shinto Eguchi	4. 巻 23
2. 論文標題 A Unified Formulation of k-Means, Fuzzy c-Means and Gaussian Mixture Model by the Kolmogorov-Nagumo Average	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e23050518	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 H Okamura, Y Osada, S Nishijima, S Eguchi	4. 巻 11
2. 論文標題 Novel robust time series analysis for long-term and short-term prediction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-91327-8	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 Yusuke Saigusa, Shinto Eguchi, Osamu Komori	4. 巻 31
2. 論文標題 Generalized quasi-linear mixed-effects model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Statistical Methods in Medical Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/09622802221085864	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 Katsuhiko Omae, Shinto Eguchi	4. 巻 20
2. 論文標題 Quasi-linear Cox proportional hazards model with cross- L1 penalty	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BMC Med Res Methodol	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) 10.1016/j.econinf.2019.101015	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 Osamu Komori, Shinto Eguchi	4. 巻 23
2. 論文標題 A Unified Formulation of k-Means, Fuzzy c-Means and Gaussian Mixture Model by the Kolmogorov-Nagumo Average	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e23050518	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 江口 真透	4. 巻 30
2. 論文標題 甘利俊一の造った世界：情報幾何	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 応用数理	6. 最初と最後の頁 40-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11540/bjsiam.30.3_40	査読の有無 無
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 Komori, O., Eguchi, S., Saigusa, Y., Kusumoto, B. and Kubota, Y.	4. 巻 55
2. 論文標題 Sampling bias correction in species distribution models by quasi-linear Poisson point process	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Informatics	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecoinf.2019.101015	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 Nakamoto, T., Nishii, R. and Eguchi, S	4. 巻 11
2. 論文標題 Predicting precision matrices for color matching problem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Mathematics for Industry	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S2661335219500023	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 John Copas and Shinto Eguchi	4. 巻 72
2. 論文標題 Strong model dependence in statistical analysis: goodness of fit is not enough for Model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of the Institute of Statistical Mathematics	6. 最初と最後の頁 329-352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10463-018-0691-8	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 Kenichi Hayashi and Shinto Eguchi	4. 巻 38
2. 論文標題 The power-integrated discriminant improvement: an accurate measure of the incremental predictive value of additional biomarkers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Statistics in Medicine	6. 最初と最後の頁 2589-2604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/sim.8135	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 Hayashi, K., Eguchi, S.	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 The power integrated discriminant improvement: an accurate measure of the incremental predictive value of additional biomarkers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Statistics in Medicine	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/sim.8135	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 Copas, J. & Eguchi, S.	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Strong model dependence in statistical analysis: goodness of fit is not enough for model choice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ann Inst Stat Math	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S2661335219500023	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 T. Nakamoto, R. Nishii and S. Eguchi	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Predicting precision matrices for color matching problem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Mathematics for Industry	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S2661335219500023	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 Sakai, Y., Honda, M., Matsui, S., Komori, O. 他	4. 巻 110
2. 論文標題 Development of novel diagnostic system for pancreas cancer including early stages measuring mRNA of whole blood cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cancer Science	6. 最初と最後の頁 1364-1388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cas.13971	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 Hayashi, K., Shimizu, Y.	4. 巻 10
2. 論文標題 Estimation of a concordance probability for doubly censored time-to-event data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Statistics in Biosciences	6. 最初と最後の頁 546-567
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12561-018-9216-5	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 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 江口 真透, 小阪 勇気
2. 発表標題 動的治療計画のためのロバストアンサンブル学習
3. 学会等名 統計関連学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大前 勝弘, 江口 真透
2. 発表標題 治療反応異質性に対して頑健な治療方針の推定
3. 学会等名 統計関連学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江口 真透,
2. 発表標題 コピュラ関数のダイバージェンスとその応用
3. 学会等名 共同研究集会「接合関数(コピュラ)理論の新展開」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林 賢一, 江口 真透
2. 発表標題 A new integrated discriminant improvement index via odds
3. 学会等名 計量生物学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 賢一, 江口 真透
2. 発表標題 オッズに基づく二値回帰モデルの予測力改善指標
3. 学会等名 計算機統計学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenichi Hayashi, Shinto Eguchi
2. 発表標題 Odds-based predictive improvement index for binary regression models
3. 学会等名 The 11th Conference of the IASC-ARS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江口 真透
2. 発表標題 予測のための最大エントロピーと最小ダイバージェンス
3. 学会等名 予測モデリングの理論と応用 (科研費シンポジウム) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江口真透
2. 発表標題 強化学習のための統計モデルと情報幾何
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大前勝弘, 江口真透
2. 発表標題 動的治療方針の推定における異質性の問題
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小島 将裕, 江口 真透, 野間 久史
2. 発表標題 Robust outcome weighted learning
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三枝 祐輔, 小森 理, 江口真透
2. 発表標題 準線形予測関数をもつ一般化混合効果モデルについて
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林賢一, 江口真透
2. 発表標題 Power-IDI : IDIに基づく予測能改善の定量化
3. 学会等名 統計関連学会連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江口真透
2. 発表標題 動的治療計画の最近の進展と今後の展望
3. 学会等名 統計関連学会連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江口真透
2. 発表標題 さまざまな研究パラダイムをつなぐ情報幾何
3. 学会等名 横幹連合コンファレンス(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三枝 祐輔, 小森 理, 江口真透
2. 発表標題 一般化平均を用いた非正規な混合効果モデル
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大前勝弘, 江口真透
2. 発表標題 混合ハザードモデル
3. 学会等名 2018年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口真透, 竹之内高志
2. 発表標題 異なるモデルの尤度関数の結合
3. 学会等名 2018年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小森理, 江口真透
2. 発表標題 一般化エネルギー関数に基づくクラスター分析
3. 学会等名 2018年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口真透
2. 発表標題 一般化混合モデルの提案とその統計的性質
3. 学会等名 応用統計ワークショップ, 東京大学院経済研究科, 東京都 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口真透
2. 発表標題 最小ダイバージェンス幾何
3. 学会等名 ミニワークショップ 統計多様体の幾何学とその周辺(10) . 北海道大学, 札幌市 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口真透
2. 発表標題 統計モデリングのための一般化平均
3. 学会等名 ミニワークショップ 統計多様体の幾何学とその周辺(10) . 北海道大学, 札幌市 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口真透
2. 発表標題 一般化平均を使った統計方法
3. 学会等名 予測モデリングとその周辺 - 機械学習・統計科学・情報理論からのアプローチ - . 成蹊大学, 武蔵野市 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口 真透
2. 発表標題 一般化平均を使ったモデル, ダイバージェンス, ロス関数
3. 学会等名 九州大学統計科学セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江口真透
2. 発表標題 A Generalized Mean for Positive Definite Matrices - Human Color Perception Problem -
3. 学会等名 Information Geometry and Affine Differential Geometry III Nagoya University, Nagoya (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小森理
2. 発表標題 統計的機械学習法とデータの異質性に注目した解析法
3. 学会等名 SICE制御部門 データ科学とリンクした次世代の適応学習制御調査研究会、統計数理研究所 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taguri, M., Hayashi, K.
2. 発表標題 A new composite estimand for regulatory clinical trials with dropouts
3. 学会等名 The 29th International Biometric Conference, Barcelona
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Shinto Eguchi, Osamu Komori	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer Nature	5. 総ページ数 221
3. 書名 Minimum Divergence Methods in Statistical Machine Learning: From an Information Geometric Viewpoint	

1. 著者名 Komori, O., & Eguchi, S.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 55
3. 書名 Statistical Methods for Imbalanced Data in Ecological and Biological Studies	

〔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	小森 理 (Komori Osamu) (60586379)	成蹊大学・理工学部・准教授 (32629)	

6. 研究組織（つづき）

	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	林 賢一 (Hayashi Kenichi) (70617274)	慶應義塾大学・理工学部（矢上）・准教授 (32612)	

	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
研究協力者	逸見 昌之 (Masayuki Henmi)		
研究協力者	大前 勝弘 (Omae Katushiro)		
研究協力者	三枝 祐輔 (Saigusa Yusuke)		

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