

令和 5 年 5 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H00764

研究課題名(和文)半解析リサンプリング法の開発と整備：信頼性評価への統計力学的アプローチ

研究課題名(英文) Development and systemization of semi-analytic resampling method: Reliability evaluation by statistical mechanics

研究代表者

榊島 祥介 (Kabashima, Yoshiyuki)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授

研究者番号：80260652

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,800,000円

研究成果の概要(和文)：ビッグデータの出現を背景として「データ駆動科学」への期待が高まっている。ただし、データ駆動で有望なモデルが得られたとしてもそれがどの程度の信頼性を有するのか評価できなければ説得力のある結論を導くことはできない。このような現状認識の下、本研究では、スパースモデリング等で用いられる大自由度統計モデルに対し、手元にあるデータのみを用いて、推定されたパラメータの信頼性を評価する数値的方法を開発・整備した。特に計算量コストの削減に重点を置き、統計力学の平均場近似およびレプリカ法を応用すること低計算量で半解析的かつ近似的に信頼性を評価する方法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

数理統計学、機械学習の問題に対し、統計力学の概念、計算技法を用いて問題解決を図る点に学術的な特色・独創的な点がある。リサンプリング法は潜在的な適用範囲の広い手法でありながら、高い計算量的負荷がその広範な活用を妨げている。本研究の成果により、計算量的負荷が大幅に削減されることで簡便な信頼性評価が可能になり、データ駆動科学を適用できる分野が一層拡大されるものと期待される。また、本研究は、発展的な平均場近似法やレプリカ法の新規な用途への応用を行うものであり、統計力学を深め広める理論物理学的観点からも意義深い。

研究成果の概要(英文)：With the emergence of big data, expectations for "data-driven science" are increasing. However, even if you have a promising data-driven model, you cannot draw any compelling conclusions without assessing the reliability of the model. Based on this recognition of the current situation, in this research, we develop numerical methods to evaluate the reliability of estimated parameters using only available data for large-degree-of-freedom statistical models used in sparse modeling. In particular, we have developed semi-analytical approximation reliability evaluation methods with a small amount of computation by applying the mean-field approximation of statistical mechanics and the replica method, focusing on reducing the computational cost.

研究分野：統計力学、情報理論、機械学習

キーワード：リサンプリング 交差検証法 ブートストラップ法 レプリカ法 平均場近似 stability selection

1. 研究開始当初の背景

・データ駆動科学とスパースモデリング

統計的手法や機械学習によって大量・高次元データからその背後にある規則を効率的に抽出する「データ駆動科学」への期待が高まっている。古典力学の基礎となったケプラーの法則は惑星運動の観測データを分析することで発見された。このことが象徴するように、観測データの分析は昔から正統的かつ有用な科学的方法である。そのような昔からのデータ分析と今日のデータ駆動科学が大きく異なるのは、従来、ヒトによる思索に頼っていた仮説（モデル）の構築をも、計算機を利用した自動化に置き換えようとしている点にある。こうした自動的なモデル構築のための有力な手法として、多数のパラメータを含む冗長性の高いモデルを用意し、データへの適合とモデルの簡潔さの両方を課すことで有望なモデルを自動的に決定する「スパースモデリング」が、近年、国内外で特に注目されている。科研費においても新学術領域研究「スパースモデリングの深化と高次元データ科学の創成」（平成 25 年度～29 年度、領域代表：東大・岡田真人教授）が採択され、精力的に研究が進められた。

・これまでの重要課題＝推定アルゴリズムの開発

高次元のデータから情報を抽出する技術は一般に「多変量解析」と称される。しかしながら、多変量解析の従来理論は高性能かつ低廉な計算機が普及する以前に形成されたため、現実的な計算時間での処理の要請から、例外的に解析的表現が得られる“多次元正規分布”を生成モデルとして仮定するものがほとんどである。一方、スパース性に基づく方法は一般に離散性、不連続性を伴うため多くの場合その実行は計算量的に困難であり、その解決が重要な課題となっていた。我々は上記新学術領域において、計画研究「大規模なスパースモデリングへの統計力学的アプローチ」に取り組み、統計力学の平均場近似の発想にもとづいて現実的時間でスパースモデリングの実行を可能にする近似アルゴリズムやその性質を解析する手法の開発・整備に取り組んだ。

・これからの重要課題＝（汎用性の高い）信頼性評価法の開発

こうした活動の中、領域内の生命科学や地学・天文学の研究者らとの議論、共同研究を通して痛感したのは、得られた結果に関する信頼性評価の重要性である。たとえ何らかのアルゴリズムによりデータから有望なモデルが得られたとしても、それがどの程度の信頼性を有するのか評価できなければ説得力のある結論を導くことはできない。また、データ駆動科学で用いられる統計モデルでは、スパース度やノイズの大きさなどに関する情報が未知であることが多く、それらをハイパーパラメータとしてデータから決定することがしばしばである。こうした場合にも、ハイパーパラメータの決定規準として信頼性評価が必要になる。上記計画研究では、信頼性評価の方法としてベイズ法や赤池情報量規準(AIC)を拡張した方法の性質を調べている。しかしながら、こうした方法では漸近性や対象に関する仮定が必要であり、自然科学における実験・観測研究などでは利用できる状況に限界があることがわかってきた。

2. 研究の目的

以上の認識の下、本研究では、スパースモデリング等で用いられる大自由度統計モデルに対し、手元にあるデータのみを用いて、推定されたパラメータの信頼性を評価する数値的方法を開発・整備する。数値的信頼性評価の基本的なアイデアは、広く知られている交差検証法（cross validation）や Efron らによって提案されているブートストラップ法などのリサンプリング法にしたがう。種々の仮定が必要なベイズ法や各種情報量規準による方法とは異なり、データのみから信頼性を評価するリサンプリング法は極めて汎用的な方法である。一方で、これらの方法は手元にあるデータセットから何度もデータを採取し直し（リサンプリング）、それらにもとづいて推定されるパラメータの統計的性質を数値的に評価するという手法であり、計算量的負荷が高い。本研究では、統計力学の平均場近似およびレプリカ法を応用することで、リサンプリングすることなしに、半解析的かつ近似的に信頼性を評価する方法を開発する。このことにより、計算コストによるボトルネックを解消し、また、可解モデル、実データへの適用を通じて、手法の妥当性および有用性を吟味する。

3. 研究の方法

以下を主な研究対象とし研究を行った。

・交差検証法：

交差検証法はハイパーパラメータ等によって特徴づけられるモデルが有する予測（汎化）能力を手元にあるデータセットのみから評価する方法である。広く用いられている K 分割交差検証法 (K-fold cross validation) では、手元にあるデータを K 個のサブセットに分割し、個々のサブセット（トレーニングセット）にもとづき推定されたパラメータを用いて、残りのサブセット（テストセット）のデータを予測する。この作業を K 通りのテストセットの選び方に対して繰り返し、テストセットに対す

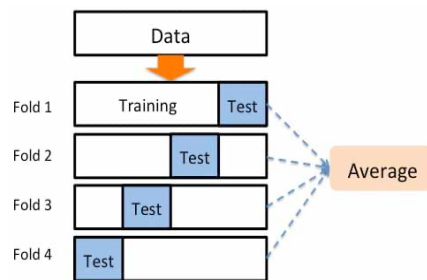


図 1: K (= 4) 分割交差検証法

る K 通りの予測誤差の平均値を未知のデータに関する予測誤差の推定値とする (図 1)。

・ブートストラップ法

ブートストラップ法は推定量の従う分布を経験分布からのリサンプリングによって評価する方法である (図 2)。経験分布としては、手元にあるデータ上の一様分布を用いることが標準的である。

・stability selection 法

stability selection 法とはこの方法を応用した回帰問題やネットワーク推定問題における変数選択/構造推定法である。 n 個のデータにもとづいて構造推定する際に、リサンプリングしたデータを用いた構造推定を何度も繰り返し、選択される頻度の高い上位の変数により最終的な構造を決定する (図 3)。誤選択確率に関する理論保証が与えられることから近年注目されている。

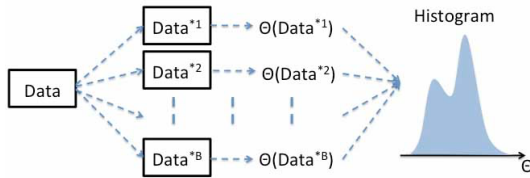


図 2:ブートストラップ法

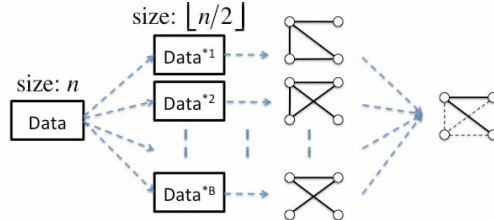


図 3:stability selection 法

4. 研究成果

・交差検証法

多項ロジスティック回帰に対する近似的交差検証アルゴリズムの開発:

多項ロジスティック回帰は、分類問題に関する有力な機械学習の手法の 1 つである。入力ベクトル $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^N$ を K 個のクラス C_1, \dots, C_K のうちのいずれかに分類する分類問題を考える。ロジスティック回帰では、各クラス C_k に対してパラメータベクトル $\mathbf{w}_k \in \mathbb{R}^N$ を割り当て入力 \mathbf{x} がクラス C_k に分類される確率を $p(C_k | \mathbf{x}, \{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K) = \exp(\mathbf{w}_k \cdot \mathbf{x} + w_{k0}) / \sum_{\ell=1}^K \exp(\mathbf{w}_\ell \cdot \mathbf{x} + w_{\ell 0})$ によってモデル化する。多くの場合、訓練データ $D = \{(\mathbf{x}_1, t_1), \dots, (\mathbf{x}_M, t_M)\}$ ($t_\mu \in \{C_1, \dots, C_K\}$) に対し、パラメータベクトル $\{\mathbf{w}_1, \dots, \mathbf{w}_K\}$ は負の対数尤度関数 $L(\{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K | D) = -\sum_{\mu=1}^M \log p(t_\mu | \mathbf{x}_\mu, \{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K)$ の最小化によって推定される。ただし、 M (データ数) が N (データの次元) と比較して十分大きくない場合には、この方法では、予測能力の高いモデルを得ることはできない。

正則化はそうした状況に対して予測能力を向上させる汎用的かつ有用な方法である。具体的には、負の対数尤度関数 $L(\{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K | D)$ に適当な正則化関数 $R(\{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K)$ を重み $\lambda (\geq 0)$ で加えたコスト関数 $C(\{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K | D, \lambda) = L(\{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K | D) + \lambda R(\{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K)$ の最小化により、パラメータベクトルを推定する。負の対数尤度関数の最小化を $\lambda = 0$ の場合を含むため、 λ を適切に調整することで正則化を行わない場合と同等あるいはそれ以上の予測能力が得られることが保証される。多くの場合、 λ の調整は予測誤差の推定量である交差検証誤差の最小化によって行われる。しかしながら、パラメータベクトルの推定には $C(\{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K | D, \lambda)$ の数値的な最適化が必要となるため、特に N が大きな場合には、交差検証に伴う計算コストが大きな負担となる。

この問題に対し、我々は $R(\{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K) = \sum_{\ell=1}^K \|\mathbf{w}_\ell\|_q^q$ ($q = 1, 2$) の場合に、予備的研究 Obuchi and Kabashima, JSTAT (2016), 053304 のアイデアに基づいて、 $C(\{\mathbf{w}_\ell\}_{\ell=1}^K | D, \lambda)$ の最小化によって得られる解を用いて、交差検証を実際に行うことなしに、1 つ抜き交差検証誤差を近似的に評価する方法を開発した (Obuchi and Kabashima, JMLR 19, 1-30 (2018))。

近似的交差検証法を用いた超解像画像に関するハイパーパラメータ選択:

画像は対象の情報を得るための重要な表現形式である。数学的に表現すると、画像情報は 2 次元格子上に定められたピクセル値の集まりであり、格子を 1 次元に並べ替えれば高次元のベクトル $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^N$ に他ならない。また、電磁波をはじめ観測の媒体となる物理現象の多くは、線形性を有する物理法則にしたがう。そこで観測過程を行列 $A \in \mathbb{R}^{M \times N}$ により表現すると、画像情報の取得は観測信号 $\mathbf{y} = A\mathbf{x} + \mathbf{n}$ (\mathbf{n} は観測ノイズ) から \mathbf{x} を求める逆問題として定式化される。

一般に、この逆問題は適当な正則化関数 $R(\mathbf{x})$ を加えたコスト関数 $C(\mathbf{x} | \mathbf{y}, \lambda) = \|\mathbf{y} - A\mathbf{x}\|_2^2 + \lambda R(\mathbf{x})$ の最小化により解かれる。 $R(\mathbf{x})$ としては、自然画像の性質として期待される、フーリエ表現や近接ピクセル間の差に関するスパース性を誘導する関数がしばしば用いられる。得られる解の良し悪しは正則化の重み $\lambda (\geq 0)$ に依存する。そのため、この値を定めることは重要な問題である。交差検証はそのための有力な指針を与えるが、多くの場合、画像情報 \mathbf{x} の自由度 N は大きく、 $C(\mathbf{x} | \mathbf{y}, \lambda)$ の最適化に要する計算コストが大きな負担となるため、その削減が必要となる。

我々は、前述の予備的研究のアイデアを発展させ、total variation と呼ばれる近接ピクセル間の差に関するスパース性を誘導する正則化関数を対象に $C(\mathbf{x} | \mathbf{y}, \lambda)$ の最小化によって得られる解を用いて、交差検証を実際に行うことなしに、1 つ抜き交差検証誤差を近似的に評価する方法を開発した (Obuchi et al., PLOS ONE 12: e0188012. (2017))。

・ブートストラップ法

近似的ブートストラップ法の開発：

入力ベクトル $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^N$ と出力 $y \in \mathbb{R}$ との関係データを $D = \{(\mathbf{x}_1, y_1), \dots, (\mathbf{x}_M, y_M)\}$ に基づき線形回帰 $y = \mathbf{x} \cdot \boldsymbol{\beta}$ モデルによってモデル化する状況を考える。適当な正則化の下、これはコスト関数 $E(\boldsymbol{\beta}|D, \lambda) = \sum_{\mu=1}^M (y_{\mu} - \mathbf{x}_{\mu} \cdot \boldsymbol{\beta})^2 + \lambda R(\boldsymbol{\beta})$ の最小化問題として定式化される。残念ながら、この問題の解 $\hat{\boldsymbol{\beta}}(D, \lambda)$ は点推定量であり、得られた解の統計的信頼性に関する情報は得られない。ただし、出力 y が真のパラメータ $\boldsymbol{\beta}^0$ に基づき $y = \mathbf{x} \cdot \boldsymbol{\beta}^0 + \mathbf{n}$ (\mathbf{n} は既知の分布から生成される独立なノイズ) で与えられる場合には、ノイズの分布に基づき $\hat{\boldsymbol{\beta}}(D, \lambda)$ の信頼性を評価することができる。しかしながら、一般的な状況では、ノイズの分布が未知な場合も多い。

ブートストラップ法はこの問題に対する汎用的な解決法を与える。具体的には、データ D からリサンプリングにより、同じサンプルサイズ M のブートストラップデータ D^* を多数回生成し D^* に対する点推定量 $\hat{\boldsymbol{\beta}}(D^*, \lambda)$ の分布を数値的に求めることで信頼性を評価する。これは極めて一般的な方法である一方で、 $R(\mathbf{x})$ が特別な性質を満たす場合以外には $\hat{\boldsymbol{\beta}}(D, \lambda)$ の評価に数値的な最適化を要するため計算量的な負荷が重い。

我々は、こうした問題に対する実際的な解決策として統計力学のレプリカ法と発展的な平均場近似法を組み合わせることで、ブートストラップを実際に行うことなしに、 $\hat{\boldsymbol{\beta}}(D^*, \lambda)$ に関するブートストラップ分布を近似的に求める方法 Approximate Message Passing with Resampling (AMPR) を開発した (Obuchi and Kabashima, JMLR 20, 1-33 (2019))。まず、 D^* は D に含まれる入出力対 $(\mathbf{x}_1, y_1), \dots, (\mathbf{x}_M, y_M)$ がそれぞれ何回リサンプリングされたかを示す回数ベクトル $\mathbf{c} = (c_1, \dots, c_M)$ ($c_1 + \dots + c_M = M, c_{\mu} \in \{0, 1, \dots, M\}$ for $\forall \mu \in \{1, \dots, M\}$) によって指定されることに着目する。 \mathbf{c} を用いるとブートストラップ問題に対するコスト関数は $E(\boldsymbol{\beta}|\mathbf{c}, D, \lambda) = \sum_{\mu=1}^M c_{\mu} (y_{\mu} - \mathbf{x}_{\mu} \cdot \boldsymbol{\beta})^2 + \lambda R(\boldsymbol{\beta})$ と表現できる。さらに、 $E(\boldsymbol{\beta}|\mathbf{c}, D, \lambda)$ の最小化問題の解 $\hat{\boldsymbol{\beta}}(D^*, \lambda)$ が分配関数 $Z_{\gamma}(\mathbf{c}, D, \lambda) = \int d\boldsymbol{\beta} \exp(-\gamma E(\boldsymbol{\beta}|\mathbf{c}, D, \lambda))$ を鞍点評価した際の $\gamma \rightarrow \infty$ の主要項に一致することに注意する。この性質を用いると、 $\hat{\boldsymbol{\beta}}(D^*, \lambda)$ の任意の関数 $f(\hat{\boldsymbol{\beta}}(D^*, \lambda))$ の期待値は $\mathbb{E}_{D^*} [f(\hat{\boldsymbol{\beta}}(D^*, \lambda))] = \lim_{\gamma \rightarrow \infty} \mathbb{E}_{\mathbf{c}} [\int d\boldsymbol{\beta} f(\boldsymbol{\beta}) \exp(-\gamma E(\boldsymbol{\beta}|\mathbf{c}, D, \lambda)) / Z_{\gamma}(\mathbf{c}, D, \lambda)]$ によって求まる。 $\mathbb{E}_{\mathbf{c}}[\dots]$ の中に分配関数 $Z_{\gamma}(\mathbf{c}, D, \lambda)$ が含まれているため、この評価は難しい。そこで、評価式を

$\mathbb{E}_{D^*} [f(\hat{\boldsymbol{\beta}}(D^*, \lambda))] = \lim_{\gamma \rightarrow \infty} \lim_{n \rightarrow 0} \mathbb{E}_{\mathbf{c}} [\int d\boldsymbol{\beta} f(\boldsymbol{\beta}) Z_{\gamma}^{n-1}(\mathbf{c}, D, \lambda) \exp(-\gamma E(\boldsymbol{\beta}|\mathbf{c}, D, \lambda))]$ と書き換える。一般の $n \in \mathbb{R}$ に対しても右辺に現れる $\mathbb{E}_{\mathbf{c}} [\int d\boldsymbol{\beta} f(\boldsymbol{\beta}) Z_{\gamma}^{n-1}(\mathbf{c}, D, \lambda) \exp(-\gamma E(\boldsymbol{\beta}|\mathbf{c}, D, \lambda))]$ の評価は難しいが $n = 1, 2, \dots$ に対しては、統計力学の平均場近似を用いることで近似的に評価することができる。そこで、 $n = 1, 2, \dots$ に対して近似的に得られた表現を $n \in \mathbb{R}$ に解析接続し、 $n \rightarrow 0$ の極限を求めることで $\mathbb{E}_{D^*} [f(\hat{\boldsymbol{\beta}}(D^*, \lambda))]$ を評価する。この方法は、入力ベクトルの成分間の相関が大きい場合に特に有効である (図 4)。

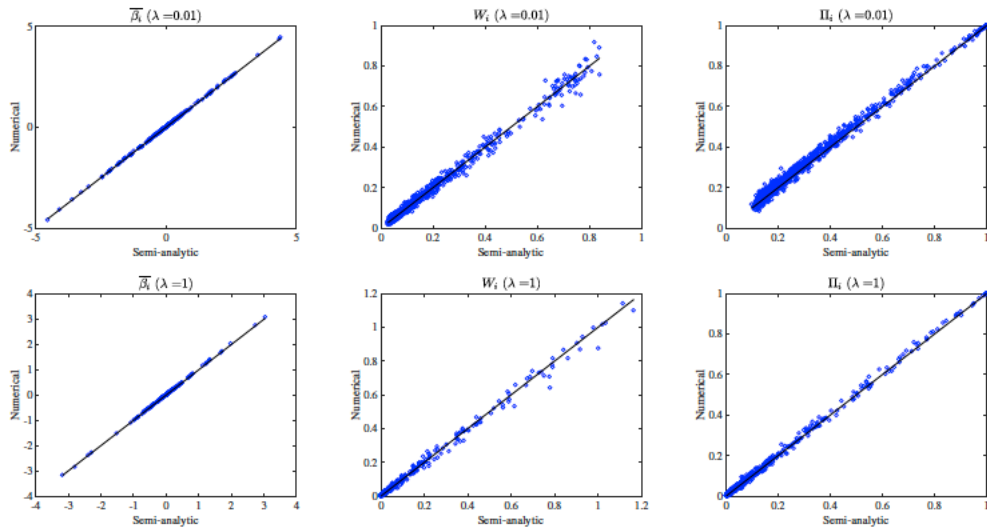


図 4: Lasso 推定 ($R(\boldsymbol{\beta}) = \sum_{i=1}^N |\beta_i|$) に対する AMPR の結果。パラメータベクトルの成分 β_i のブートストラップ平均(左)、同分散(中)、非ゼロ確率(右)。横軸は AMPR による近似的評価値、縦軸は 1000 回のブートストラップにより得られた評価値。Obuchi and Kabashima, JMLR 20, 1-33 (2019) より転載。

バギングによる不偏推定量の分散縮小 (研究協力者・高橋昂氏による成果)：

推定量の信頼性評価は統計学の根幹をなす問題である。高橋は、回帰問題におけるパラメータの不偏推定量の分散を縮小するため、データのブートストラップリサンプリングを行い、複数のリサンプリングデータに対しての推論結果を平均化するバギングによるアプローチを検討した。具体的には、上述の AMPR、また、下記の stability selection 法に関連して開発した rVAMP という

った手法によって得られる不偏推定量が、個別のリサンプリングデータに対して得られる不偏推定量の重ね合わせになっていることを明らかにし、その分散の大きさを AMPR の状態発展方程式を用いて網羅的に数値解析した。

スパース推定に基づく不偏推定量を重ね合わせる際、データ数が多く真のパラメータがスパースであるような良条件下においては、単一データにおいて有限の強さの正則化を入れたスパース推定が十分優れているため、バギングの効果はほぼない。一方、真のパラメータがあまりスパースではなくなってくると、あるところで最適な正則化強度が +0 となる相転移が生じる。すなわち、無限小の正則化を用いて得られる推定量の重ね合わせを用いた推定量をバギングしたものを用いるのがよいという結果が得られた。実際、この場合にはバギングで不偏推定量の分散が 15%程度減少する。さらに、最適な正則化強度が+0 である場合には正則化強度についてもランダムネスを導入することで更に分散が縮小する。つまり、取得データの性質に応じて、単一データによって十分パラメータの情報が取得できる領域から、単一データでは情報が抽出できず比較的情報の少ないバラツキのある解を無数に重ね合わせたほうがましになる領域への相転移が生じていることが示唆されている。また、真のパラメータが全て非ゼロであるような場合には、そこで最適な推定量である Ridge 正則化に基づく不偏推定量と同等の分散を持つことが明らかになった。これは、線形モデルにおいてはバギングが暗黙的に Ridge 正則化として働いていることを示唆している。この結果は 2023 年 6 月に開催される国際会議 IEEE International Symposium on Information Theory 2023(arXiv:2302.00891)で発表する予定である。

・ stability selection 法

ロジスティック回帰に対する半解析的 stability selection 法の開発：

近年の統計学では、観測されたデータ数とパラメータ数との比が $O(1)$ 程度である“高次元統計”の状況での理論整備が求められている。高次元統計の中でも難しい問題の 1 つに変数選択の問題がある。 ℓ_1 ノルム $R(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^N |x_i|$ を正則化に用いることでスパース解を誘導する Lasso は簡便に変数選択を行うことができる推定法として広く用いられている。しかしながら、Lasso による変数選択は、計画行列に含まれる変数間の相関に関して安定的でないことが知られている。

stability selection はブートストラップ法を利用して、この問題に対処する方法である。具体的には、ブートストラップデータに対する Lasso 推定を繰り返し、パラメータの各成分が非ゼロとなる割合 (stability) を数値的に評価する。その値があらかじめ設定した閾値より大きな成分のみを選択することで、棄却されるべき変数を誤って選択する誤選択確率を期待値として制御することができる。

しかしながら、stability を高精度で推定するためには多数回におりサンプリングと Lasso 解評価が必要となり計算量的負荷が高い。我々は vector approximate message passing (VAMP) と呼ばれる、計画行列の相関を考慮することができる平均場近似の方法とレプリカ法を組み合わせることで、ブートストラップを実際に行うことなしに、stability を近似的に評価する方法 replicated VAMP (rVAMP) を開発した (Takahashi and Kabashima, JSTAT (2020), 093402)。公開データである大腸がんデータに適用し、その有用性を確認した (図 5)。

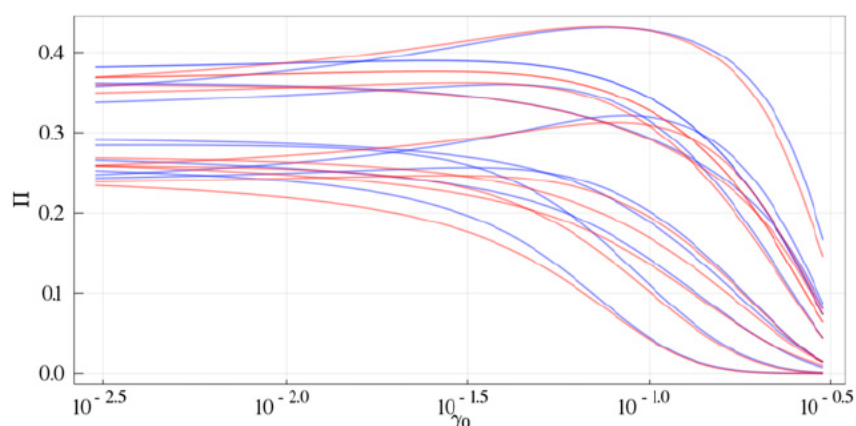


図 5: 大腸がんデータセット (<http://genomics-pubs.princeton.edu/oncology/>) に対する結果。62 例の細胞組織 (正常:22 例、がん:40 例) から採取したデータに基づき 2000 個の特徴量 (遺伝子発現) からがんに関係する特徴量を選択することが求められる。横軸は正則化の強さ、縦軸は上位 10 成分に対する stability を表している。rVAMP による評価値 (青) は 1000000 回のリサンプリングから求めた評価値 (赤) を高い精度で近似している。Takahashi and Kabashima, JSTAT (2020), 093402 より転載。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計35件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Abbara Alia, Kabashima Yoshiyuki, Obuchi Tomoyuki, Xu Yingying	4. 巻 2020
2. 論文標題 Learning performance in inverse Ising problems with sparse teacher couplings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 073402(1-33)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/ab8c3a	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 Takahashi Takashi, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 なし
2. 論文標題 Macroscopic Analysis of Vector Approximate Message Passing in a Model Mismatch Setting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 IEEE International Symposium on Information Theory	6. 最初と最後の頁 1403 ~ 1408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISIT44484.2020.9173999	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 Takahashi Takashi, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 2020
2. 論文標題 Semi-analytic approximate stability selection for correlated data in generalized linear models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 093402(1-36)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/ababff	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 Terada Yu, Obuchi Tomoyuki, Isomura Takuya, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 32
2. 論文標題 Inferring Neuronal Couplings From Spiking Data Using a Systematic Procedure With a Statistical Criterion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neural Computation	6. 最初と最後の頁 2187 ~ 2211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/neco_a_01324	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 Kao, Obuchi Tomoyuki, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 89
2. 論文標題 Reconstructing Sparse Signals via Greedy Monte-Carlo Search	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 124802(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/jpsj.89.124802	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 小淵 智之、樺島 祥介	4. 巻 76
2. 論文標題 スパースモデリングと情報統計力学	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本物理学会誌	6. 最初と最後の頁 140 ~ 149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11316/butsuri.76.3_140	査読の有無 無
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 Obuch Tomoyukii, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 20(70)
2. 論文標題 Semi-Analytic Resampling in Lasso	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Machine Learning Research	6. 最初と最後の頁 1-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Pensar Johan, Xu Yingying, Puranen Santeri, Pesonen Maiju, Kabashima Yoshiyuki, Corander Jukka	4. 巻 141
2. 論文標題 High-dimensional structure learning of binary pairwise Markov networks: A comparative numerical study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computational Statistics & Data Analysis	6. 最初と最後の頁 62 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.csda.2019.06.012	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 Noguchi Chihiro, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 52
2. 論文標題 Approximate matrix completion based on cavity method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical	6. 最初と最後の頁 424004(1~19)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ab40de	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 Suzuki Masato, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 100
2. 論文標題 Statistical mechanics of the minimum vertex cover problem in stochastic block models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 062101(1~9)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.100.062101	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 Terada Yu, Obuchi Tomoyuki, Isomura Takuya, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 2019
2. 論文標題 Objective and efficient inference for couplings in neuronal network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 124010(1~14)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/ab3219	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 Yasuda Muneki, Obuchi Tomoyuki	4. 巻 53
2. 論文標題 Empirical Bayes method for Boltzmann machines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical	6. 最初と最後の頁 014004(1~20)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ab57a7	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 Obuchi Tomoyuki, Sakata Ayaka	4. 巻 52
2. 論文標題 Cross validation in sparse linear regression with piecewise continuous nonconvex penalties and its acceleration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical	6. 最初と最後の頁 414003(1~30)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ab3e89	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 Tomoyuki Obuchi, Yoshinori Nakanishi-Ohno, Masato Okada and Yoshiyuki Kabashima	4. 巻 2018
2. 論文標題 Statistical mechanical analysis of sparse linear regression as a variable selection problem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 103401(1-41)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/aae02c	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 Tomoyuki Obuchi and Yoshiyuki Kabashima	4. 巻 19
2. 論文標題 Accelerating Cross-Validation in Multinomial Logistic Regression with L1-Regularization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Machine Learning Research	6. 最初と最後の頁 1-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Takahashi Takashi, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 2018
2. 論文標題 A statistical mechanics approach to de-biasing and uncertainty estimation in LASSO for random measurements	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 073405(1-25)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/aace2e	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 Xu Yingying, Puranen Santeri, Corander Jukka, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 97
2. 論文標題 Inverse finite-size scaling for high-dimensional significance analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 062112(1-9)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.97.062112	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 Yu Terada, Tomoyuki Obuchi, Takuya Isomura, Yoshiyuki Kabashima	4. 巻 31
2. 論文標題 Objective and efficient inference for couplings in neuronal networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Neural Information Processing Systems	6. 最初と最後の頁 4971-4980
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tatsuro Kawamoto, Masashi Tsubaki, Tomoyuki Obuchi	4. 巻 31
2. 論文標題 Mean-field theory of graph neural networks in graph partitioning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Neural Information Processing Systems	6. 最初と最後の頁 4361-4371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Obuchi Tomoyuki, Ikeda Shiro, Akiyama Kazunori, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Accelerating cross-validation with total variation and its application to super-resolution imaging	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0188012(1-14)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0188012	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 Tatsuro Kawamoto and Yoshiyuki kabashima	4. 巻 97
2. 論文標題 Comparative analysis on the selection of number of clusters in community detection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 022315(1-20)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.97.022315	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 Kawamoto Tatsuro, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 7
2. 論文標題 Cross-validation estimate of the number of clusters in a network	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3327(1-17)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-03623-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 -

1. 著者名 Terada Yu, Obuchi Tomoyuki, Isomura Takuya, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 32
2. 論文標題 Inferring Neuronal Couplings From Spiking Data Using a Systematic Procedure With a Statistical Criterion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neural Computation	6. 最初と最後の頁 2187 ~ 2211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/neco_a_01324	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 Kao, Obuchi Tomoyuki, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 89
2. 論文標題 Reconstructing Sparse Signals via Greedy Monte-Carlo Search	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 124802 ~ 124802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/jpsj.89.124802	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 Xiangming Meng , Tomoyuki Obuchi , Yoshiyuki Kabashima	4. 巻 34
2. 論文標題 Ising Model Selection Using l_1 -Regularized Linear Regression: A Statistical Mechanics Analysis.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 NeurIPS	6. 最初と最後の頁 6290--6303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Meng Xiangming, Obuchi Tomoyuki, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 2021
2. 論文標題 Structure learning in inverse Ising problems using l_2 -regularized linear estimator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 053403 ~ 053403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/abfa10	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 Okajima Koki, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 2021
2. 論文標題 Matrix completion based on Gaussian parameterized belief propagation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 093407 ~ 093407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/ac21c9	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 Imaizumi Takuya, Umeki Nobuhisa, Yoshizawa Ryo, Obuchi Tomoyuki, Sako Yasushi, Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 105
2. 論文標題 Assessing transfer entropy from biochemical data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 034403--034403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physreve.105.034403	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 Takahashi Takashi、Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 68
2. 論文標題 Macroscopic Analysis of Vector Approximate Message Passing in a Model-Mismatched Setting	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Theory	6. 最初と最後の頁 5579 ~ 5600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/tit.2022.3163342	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 Nakamura Yuta、Takahashi Takashi、Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 55
2. 論文標題 Statistical mechanics analysis of generalized multi-dimensional knapsack problems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical	6. 最初と最後の頁 375003 ~ 375003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ac8381	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 Konoshima Makiko、Tamura Hirotaka、Kabashima Yoshiyuki	4. 巻 91
2. 論文標題 Replicated Simulated Annealing with a Global-Best Reference for Efficient Hardware Implementation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 113001-(1--4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.113001	査読の有無 無
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53件 (うち招待講演 23件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 Y. Kabashima
2. 発表標題 Statistical mechanics approach to linear regression
3. 学会等名 Functional Inference and Machine Intelligence (FIMI) 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Kabashima
2. 発表標題 Assessing transfer entropy from biochemical data
3. 学会等名 Nobel symposium "Predictability in Science in the age of Big Data (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊島祥介
2. 発表標題 高次元機械学習への統計力学的アプローチ
3. 学会等名 日本物理学会 2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小宮山智浩, 高橋昂, 榊島祥介
2. 発表標題 標本共分散行列の固有空間の解析
3. 学会等名 日本物理学会 2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡島光希, Xiangming Meng, 高橋昂, 榊島祥介
2. 発表標題 極スパース状況下におけるLassoによるサポート復元条件
3. 学会等名 日本物理学会 2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村優太, 高橋昂, 樺島祥介
2. 発表標題 一般化されたナップザック問題の統計力学的解析
3. 学会等名 日本物理学会 2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡島光希, Xiangming Meng, 高橋昂, 樺島祥介
2. 発表標題 極スパース状況下におけるLASSO回帰の統計力学的解析
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 樺島祥介
2. 発表標題 情報の中のスピングラス
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今泉拓也, 梅木伸久, 吉澤亮, 小淵智之, 佐甲靖志, 樺島祥介
2. 発表標題 生化学反応データからの移動エントロピーの評価
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森田祐亮, 高橋昂, 樺島祥介
2. 発表標題 標本分散共分散行列の最大固有値に関する統計力学的解析
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石井智, 高橋昂, 小淵智之, 坂田綾香, 樺島祥介
2. 発表標題 線形制約下におけるSCAD最小化問題の解について
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Xiangming Meng, 小淵智之, 樺島祥介
2. 発表標題 L1正則化付き逆イジング問題の理論解析：統計力学的アプローチ
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森田祐亮, 高橋昂, 樺島祥介
2. 発表標題 標本分散共分散行列の漸近固有値分布に関する統計力学的解析
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井智, 高橋昂, 小淵智之, 坂田綾香, 樺島祥介
2. 発表標題 線形制約下におけるSCAD最小化問題の解について
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村優太, 高橋昂, 樺島祥介
2. 発表標題 個数制限のないナップザック問題の統計力学的解析
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡島光希, 樺島祥介
2. 発表標題 ガウス型確率伝搬法による行列補完
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Takahashi, Yoshiyuki Kabashima
2. 発表標題 Macroscopic Analysis of Vector Approximate Message Passing in a Model Mismatch Setting
3. 学会等名 2020 IEEE International Symposium on Information Theory (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榊島祥介
2. 発表標題 神経細胞集団のスパイクデータからの結合推定
3. 学会等名 第33回 回路とシステムワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榊島祥介
2. 発表標題 回転不変スピングラスモデルにおけるレプリカ法と確率伝搬法との対応関係について
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Alia Abbara, 榊島祥介, 小淵智之, 許インイン
2. 発表標題 教師の結合が疎な場合における逆イジング問題のレプリカ解析と仮説検定
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井智, 小淵智之, 榊島祥介
2. 発表標題 SCAD正則化による圧縮センシングの信号復元
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋昂, 樺島祥介
2. 発表標題 モデル不整合時の一般化線形モデルの解析とリサンプリングへの応用
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 樺島祥介
2. 発表標題 スパース線形回帰に対する半解析的ブートストラップ法
3. 学会等名 ディープラーニングと物理学2020 オンライン (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小淵智之
2. 発表標題 リサンプリングの近似計算アルゴリズムの理論と実践
3. 学会等名 スマートサンプリング講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 樺島祥介
2. 発表標題 Rotation invariant spin glass models and a matrix integral
3. 学会等名 研究会「ランダム行列と自由確率と機械学習」 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Alia Abbara, 樺島祥介, 小淵智之, 許インイン
2. 発表標題 逆イジング問題のレプリカ法による性能解析：教師の結合が疎な場合
3. 学会等名 第23回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 樺島祥介
2. 発表標題 スパース推定と統計力学
3. 学会等名 明治大学MIMS共同研究集会「幾何学・連続体力学・情報科学の交差領域の探索」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 樺島祥介
2. 発表標題 リサンプリング法による統計的信頼性評価
3. 学会等名 スマートサンプリング講演会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井智, 小淵智之, 樺島祥介
2. 発表標題 SCAD正則化を用いた圧縮センシングに関する信号復元性能の分析
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂田綾香, 樺島祥介
2. 発表標題 クエリを用いた能動学習のアルゴリズムと性能解析
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長澤莉希, 小淵智之, 吉野元
2. 発表標題 高ランクテンソル分解のBPに基づく推定
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉崎嵐, 寺田裕, 小淵智之, 樺島祥介
2. 発表標題 ニューラルネットにおける短期記憶の1ビット圧縮センシングによる想起
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kabashima Yoshiyuki
2. 発表標題 On replica-BP correspondence in rotationally invariant SG models
3. 学会等名 40 years of Replica Symmetry Breaking (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kabashima Yoshiyuki
2. 発表標題 Semi-analytic resampling in generalized linear models
3. 学会等名 Workshop on Science of Data Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kabashima Yoshiyuki
2. 発表標題 On replica-BP correspondence in rotationally invariant SG models
3. 学会等名 Workshop on statistical physics and neural computation (SPNC-2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樺島 祥介
2. 発表標題 ベイズ統計とスパース推定
3. 学会等名 顕微鏡計測インフォマティクス 第1回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Obuchi Tomoyuki, Sakata Ayaka
2. 発表標題 Cross validation in sparse linear regression with piecewise continuous nonconvex penalties and its acceleration
3. 学会等名 2019 Workshop on Statistical Physics of Disordered Systems and Its Applications (SPDSA2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Obuchi Tomoyuki, Sakata Ayaka
2. 発表標題 Cross validation in sparse linear regression with piecewise continuous nonconvex penalties and its acceleration
3. 学会等名 Statistical Physics and Neural Computation (SPNC-2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Obuchi Tomoyuki
2. 発表標題 Statistical mechanical analysis of sparse linear regression as a variable selection problem
3. 学会等名 2019 International Workshop on Glass Physics in Beijing (Institute of Theoretical Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小淵 智之
2. 発表標題 高次元確率モデルの扱いについて：統計物理の視点から
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小淵 智之
2. 発表標題 ボルツマンマシンによる神経細胞集団の有効な非対称結合推定
3. 学会等名 情報数物研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yu Terada, Tomoyuki Obuchi, Takuya Isomura, Yoshiyuki Kabashima
2. 発表標題 Objective and efficient inference for couplings in neuronal networks
3. 学会等名 Thirty-second Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuro Kawamoto, Masashi Tsubaki, Tomoyuki Obuchi
2. 発表標題 Mean-field theory of graph neural networks in graph partitioning
3. 学会等名 Thirty-second Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoyuki Obuchi and Yoshiyuki Kabashima
2. 発表標題 Accelerating Cross-Validation in Multinomial Logistic Regression with L1-Regularization
3. 学会等名 Statistical Physics and Machine Learning Back Together (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Takahashi and Yoshiyuki Kabashima
2. 発表標題 A statistical mechanics approach to de-biasing and uncertainty estimation in LASSO
3. 学会等名 Statistical Physics and Machine Learning Back Together (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoyuki Obuchi, Y. Nakanishi-Ohno, M. Okada and Y. Kabashima
2. 発表標題 Statistical mechanical analysis of sparse linear regression as a variable selection problem
3. 学会等名 Disordered serendipity: a glassy path to discovery (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiyuki Kabashima
2. 発表標題 Semi-analytic resampling in LASSO
3. 学会等名 Disordered serendipity: a glassy path to discovery (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiyuki Kabashima
2. 発表標題 Semi-analytic resampling in LASSO
3. 学会等名 International Symposium on Turbo Codes & Iterative Information Processing 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiyuki Kabashima
2. 発表標題 Replica computation of perceptrons
3. 学会等名 Physics, Inference and Learning (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yu Terada, Tomoyuki Obuchi, Takuya Isomura, Yoshiyuki Kabashima
2. 発表標題 Objective and efficient inference for couplings in neuronal networks
3. 学会等名 Physics, Inference and Learning (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樺島祥介, 小淵智之
2. 発表標題 LASSO推定に関する半解析的ブートストラップ法
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 樺島祥介, 小淵智之
2. 発表標題 半解析的 bootstrapped lasso
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshiyuki Kabashima
2. 発表標題 Statistical Mechanics Approach to Compressed Sensing
3. 学会等名 "Statistical Physics Methods in Machine Learning", Bangalore, India (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔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	小淵 智之 (Obuchi Tomoyuki) (40588448)	京都大学・大学院情報学研究科・准教授 (14301)	
研究 分担者	金森 敬文 (Kanamori Takafumi) (60334546)	東京工業大学・情報理工学院・教授 (12608)	

	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	高橋 昂 (Takahashi Takashi)	東京大学・大学院理学系研究科・助教 (12601)	

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
---------	---------