

## 自己評価報告書

平成23年 4月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2012

課題番号：20240020

研究課題名（和文）情報科学・計算機科学における描像の可視化に関する研究

研究課題名（英文）Visualization of a picture for information science and computer science

研究代表者

岡田 真人 (OKADA MASATO)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：90233345

研究分野：情報統計力学

科研費の分科・細目：情報学，感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：情報統計力学、可視化、次元圧縮、クラスタリング、大規模データ

## 1. 研究計画の概要

本研究の目的は、経験や学習から形成されるヒトの心の中の描像 (picture) を、数値計算や計測のデータから客観的手法で可視化する手法を研究することである。具体的には、情報科学と計算機科学での描像を、物理学のスピン系で発展した手法を用いて可視化する。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 低密検査符号 (LDPC) の可視化および新しい可視化手法の開発を行った。LDPC は Shannon 限界近くまでの性能を持ち、次世代携帯電話にも用いられる、理論的にも実際的にも意味のある誤り訂正符号である。まず Shannon 限界に対応する復号可能領域と不可能領域の境界を挟んだ二点でマルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC) 法を行った。次に MCMC で得られたデータに主成分分析 (PCA) を適用した。PCA での第二主成分まで張られる平面上に事後分布を周辺化して、その頻度分布を観察した。その結果、復号可能境界を挟んで周辺化事後分布が全く異なった振る舞いをするのがわかり、さらにその違いを可視化することに成功した。

(2) 上記の手法を連想記憶モデルに適用して、この方法の相転移現象検出能力を明らかにした。脳の記憶のモデルである連想記憶モデルは、誤り訂正符号や無線通信の CDMA と数理的に関連も深く、本研究課題のテストベッドとなるモデルである。連想記憶モデルの性質を調べる手法として、MCMC 法とクラスタリングを組み合わせた手法を提案した。その結

果、推定した最適なクラスタ数や予測分布から求められたオーバーラップなどの情報から、大域的な定常解や、転移点が精度よく求められた。

(3) その高次元データの表現方法として画像が頻繁に用いられる。ヒトは高次元データを画像としてとらえて、そこから計測の対象である系の描像を抽出している。MRF は画像処理を行う確率モデルであり、さらに脳の視覚野の計算論的な側面をもつ。我々はその MRF の二面性に注目し、MRF を画像として表現された高次元データから描像を抽出する手法と考えた。本年度は地震波の速度分布の高次元データに MRF を適用し、データに潜む隠れた構造である地質学的特性を抽出する手法を確立した。

## 3. 現在までの達成度

① 当初の計画以上に進展している。

(理由)

当初予定していた LDPC や連想記憶モデルの相転移構造を PCA やクラスタリングの手法により可視化することに成功するとともに、予定外であった地震波の速度分布データから地質学的特性を抽出する手法の確立も行っており、当初の計画以上に進展している事は明らかである。

## 4. 今後の研究の推進方策

数値計算や計測データからの可視化する対象として、以下の2つの課題を重点的に行う。

(1) 組み合わせ最適化問題の典型例である K-SAT 問題における可視化を行う。K-SAT は充足数の増加に伴い、解が容易に見つかる Easy-SAT 状態、解が存在するが解を見つけ

るのが難しい Hard-SAT 状態, 解が存在しない Un-SAT 状態の三つの状態をとることが知られており, これらの状態の遷移は統計力学で知られている相転移と同じ現象であることが知られている.

この相転移現象を可視化するために, K-SAT 問題に (MCMC)法を適用する. また MCMC 法で生成した経験分布からの情報の抽出として, PCA とクラスタリングによる可視化を行い, これらの結果が先程述べた相転移現象を定性的に説明できるかを確認する.

(2) 量子誤り訂正符号の一種である量子ソーラス符号を例にとり, 量子アニーリングの描像を可視化する. 近年盛んに研究されている量子アニーリングは, トンネル現象に代表される奇妙な量子系な特長を利用した組み合わせ最適問題の汎用解法の一つである. 量子ソーラス符号をテストベッドとすることで, 量子系の描像の可視化技術の有効性を既存手法に対して明快に示す. 統計力学的手法から, 古典ソーラス符号は 1 ステップレプリカ対称性の破れ状態 (1RSB) をとることが知られている. まずこの性質が量子化することにより, どのように変化するかを統計力学的手法で調べる. 量子系の定常状態は, Suzuki-Torotter 法を用いて MCMC 法でシミュレーションすることが知られている. この手法は量子モンテカルロと呼ばれている. 量子モンテカルロ法に, MCMC 法と同様に PCA やクラスタリングを適用することで, 量子アニーリングに代表される量子情報処理の描像の可視化が行えると予想している.

## 5. 代表的な研究成果

(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 5 件)

(1) K. Katahira, J. Nishikawa, K. Okanoya and M. Okada, “Extracting state transition dynamics from multiple spike trains using hidden Markov models with correlated Poisson distribution”, *Neural Computation*, (査読有), Vol. 22, No. 9, 2369-2389, 2010.

(2) N. Matsumoto, S. Akaho, Y. Sugase-Miyamoto and M. Okada, “Visualization of multi-neuron activity by simultaneous optimization of clustering and dimension reduction”, *Neural Networks*, (査読有), Vol. 23, No. 6, 743-751, 2010.

(3) M. Oizumi, T. Ishi, K. Ishibashi, T. Hosoya and M. Okada, “Mismatched decoding in the brain”, *Journal of Neuroscience*,

(査読有), Vol. 30, No. 13, 4815-4826, 2010.

(4) S. Takahashi, I. Fujishiro and M. Okada, “Applying manifold learning to plotting approximate contour trees”, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, (査読有), Vol. 15, No. 6, 1185-1192, 2009.

(5) K. Watanabe, S. Akaho, S. Omachi and M. Okada, “Variational Bayesian mixture model on a subspace of exponential family distributions”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, (査読有), Vol. 20, No. 11, 1783-1796, 2009.

[学会発表] (計 6 件)

(1) K. Katahira, K. Okanoya and M. Okada, “Effects of Synaptic Weight Diffusion on Learning in Decision Making Networks”, *Neural Information Processing Systems (NIPS 2010)*, 2010 年 12 月 8 日, Vancouver, Canada.

(2) K. Takiyama and M. Okada, “Switching state space model for simultaneously estimating state transitions and nonstationary firing rates”, *Neural Information Processing Systems (NIPS2010)*, 2010 年 12 月 6 日, Vancouver, Canada.

(3) 塩塚丁二郎, 永田賢二, 福島孝治, 岡田真人, 井上真郷. 階層的な記憶パターンを持つ自己相関型連想記憶モデルの PCA による解析, 電子情報通信学会技術報告, NC2009-158. 2010 年 3 月 11 日, 玉川大学

(4) 永田賢二, 福島孝治, 塩塚丁二郎, 井上真郷, 岡田真人. 混合ベルヌーイ分布を用いたクラスタリングによる連想記憶モデルの解析, 電子情報通信学会技術報告, NC2009-159. 2010 年 3 月 11 日, 玉川大学

(5) M. Oizumi, T. Ishii, K. Ishibashi, T. Hosoya and M. Okada, “A general framework for investigating how far the decoding process in the brain can be simplified”, *Neural Information Processing Systems (NIPS2008)*, 2008 年 12 月 10 日, Vancouver, Canada.

(6) K. Katahira, J. Nishikawa, K. Okanoya and M. Okada, “A Bayesian Approach for Extracting State Transition Dynamics from Multiple Spike Trains”, *Neural Information Processing Systems (NIPS2008)*, 2008 年 12 月 9 日, Vancouver, Canada.