

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 25 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K20870

研究課題名(和文)非線形フィルタ理論を用いた確率的画像処理の新展開

研究課題名(英文)Probabilistic Image Processing based on Non-Linear Filter Theory

研究代表者

片岡 駿 (Kataoka, Shun)

東北大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：50737278

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究計画は非線形フィルタの理論を用いた新しい確率的画像処理理論の構築を目指して実施された。本研究では非線形フィルタ理論で用いられていた計算法を利用することで、これまでの確率的画像処理の方法で問題になっていた計算速度の問題を大きく改善する等、確率的画像処理理論を発展させる良好な結果を得ることができた。さらに量子アニーリングやスパースモデリング等の新しい方法論を用いたいくつかの計算法を提案する等、計画当初では考えていなかった新しい方向性への展開を行うことができ、画像処理を含む信号処理分野の発展に大きく貢献できたと考えている。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this project was to propose the new probabilistic image processing method based on the non-linear filter theory. During this project, we proposed some probabilistic inference method such as the fast image processing method based on the non-linear filter theory. On the other hands, in this project, we could propose many information processing systems based on the latest inference frameworks such as quantum annealing and sparse modeling theory. These were new directions which were not considered in the original plan. We consider that our results of this project can contribute the development of the signal processing researches including the image processing.

研究分野：確率的情報処理

キーワード：確率的情報処理 画像処理 マルコフ確率場

1. 研究開始当初の背景

近年の計算機環境の高速化や効果的な近似計算アルゴリズムの出現により、確率的情報処理分野は現在のビックデータ時代の代表的情報処理手法として定着するまでになった。特に、情報処理システムをグラフ上での確率モデルとしてとらえるマルコフ確率場の考え方は確率的画像処理として画像処理の分野では早くから注目されており、近年においては統計的機械学習理論との融合によるビックデータの利用が考えられるなど、確率的画像処理分野の発展は現在の情報社会において大いに期待されている。しかしながら、従来の確率的画像処理のモデルは単純な画像の平滑性のみ注目した考え方が主であり、このままではパターン認識などのより複雑なコンピュータビジョンの要請に応えられるとは言い難い、そのため、単純な平滑化の構造だけでなく、画像という複雑なデータ構造に注目した新しい確率的画像処理理論の構築が現在の画像処理分野では求められている。

2. 研究の目的

本研究計画の目的は非線形フィルタ理論の方法を用いた新しい確率的画像処理の方法論を構築することであり、研究計画当初は非線形フィルタ理論の特徴を持つ確率的画像処理モデルの構築、効果的な画像処理アルゴリズムの開発、画像処理モデルのパラメータ学習法の確立、という3点の達成を目指して研究計画を開始した。

3. 研究の方法

研究計画の当初では現代の画像処理理論で知られている画像データに関する知見と非線形フィルタ理論の考え方を利用しての確率モデルの構築を目指していた。しかしながら研究を遂行していくにつれて、画像というデータが持つ構造は当初の予想以上に複雑であり、非線形フィルタの理論を応用した

画像処理モデルを設計するためにはデータの関係性に注目したより基礎的なモデル構築から行っていく必要があることが判明した。そのため、の研究では、ネットワークの構造に注目してシステムの数理を解明する複雑ネットワークと呼ばれるネットワークの構造解析モデルに注目し、構造を持つネットワーク上でデータ処理を行うモデルを構築するという画像処理モデルの構築をもう一段階抽象化した計算モデルの構築に問題を置き換えて、より基礎的な段階から研究を行っていく方針に軌道修正することで、のモデル構築に関する研究を遂行していった。

の研究については画像処理モデルが持つ非線形性と非線形フィルタとの類似関係に注目し、非線形フィルタ理論の分野で提案されている非線形フィルタの計算法を利用することで効果的な画像処理アルゴリズムを開発していくスタイルで研究を行っていった。非線形フィルタの性質を反映しない従来の確率的画像処理モデルでもこのような対応関係を見出すことが可能なため、まずは従来の確率的画像処理モデルに対して効果的な計算法を提案していき、の研究で画像処理モデルが洗練されるたびに、効果的な推論アルゴリズムを開発するという方針で研究を行った。また、の確率モデルのパラメータ学習法についても、より効果的な確率モデルを構築するたびに、確率的画像処理や非線形フィルタ理論の計算法を用いて効果的なパラメータ学習法を提案する方針で研究を遂行した。

4. 研究成果

の確率モデルの構築については、「3. 研究の方法」の項目で述べたように、画像というデータの構造が当初の予想よりも複雑であったため、問題を1段階抽象化し、構造を持つネットワーク上でのデータ処理という問

題に置き換えた基礎的なモデル構築から研究を行った。この研究はネットワーク上でのデータ処理というネットワーク分野でも新しい研究方針であり、データ構造を持つデータ処理の新しい方法論として、画像処理を含む信号処理分野に大いに貢献するものであると考えられる。本研究成果の1部は論文としてまとめており、査読付きの学術論文として公開されている。

また、この研究では確率伝搬法を用いた従来の確率的画像処理モデルの画像処理方法に非線形フィルタの計算理論を応用し、従来よりも高速に画像処理を行う効果的な画像処理アルゴリズムを得ることができた、この確率モデルからのデータ処理方法はモデリングの方法によっては信号処理の他の分野にも応用可能であると考えられる。

この研究についてはこの画像処理モデルの研究が当初の予想よりも難解であったため非線形フィルタの方法論を効果的に利用した学習方法の提案までは至らなかったが、直交展開の方法を用いて、一般的な確率モデルに対する効果的なパラメータの推定法を提案することに成功している。この成果は論文としてまとめ、査読付きの学術論文として公開されている。

また、本研究計画は量子アニーリングやスパースモデリングの方法論を用いてネットワーク科学や信号処理分野に対する新しいデータ処理モデルを提案するという計画当初では考えられなかった新しい展開を見せており、量子アニーリングを用いた新しいコミュニティ抽出の方法やスパースモデリングを利用した新しい自動採譜の方法等のさまざまな情報処理システムの開発に成功している。これらの研究成果はいずれもさらなる発展への可能性を秘めており、これらの研究については今後も継続的に研究を行っていく予定である。

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4件)

Muneki Yasuda, Jyunpei Watanabe, Shun Kataoka, and Kazuyuki Tanaka: "Linear-Time Algorithm in Bayesian Image Denoising based on Gaussian Markov Random Field", IEICE Transactions on Information and Systems, 査読有, accepted.

Muneki Yasuda and Shun Kataoka: "Solving Non-parametric Inverse Problem in Continuous Markov Random Field using Loopy Belief Propagation", Journal of the Physical Society of Japan, 査読有, Vol.86, No.8, Article ID:084806, pp.1-8, July, 2017.

DOI: 10.7566/JPSJ.86.084806

Shun Kataoka, Takuto Kobayashi, Muneki Yasuda, and Kazuyuki Tanaka: "Community Detection Algorithm Combining Stochastic Block Model and Attribute Data Clustering", Journal of the Physical Society of Japan, 査読有, Vol.85, No.11, Article No.114802, pp.1-10, November, 2016.

DOI: 10.7566/JPSJ.85.114802

[学会発表](計16件)

山田壮真, 片岡駿, 和泉勇治、関優也, 大関真之、田中和之: "辞書学習を用いた自動採譜手法に関する考察", 平成29年度第1回芸術科学会東北支部研究会, 2017年.

片岡駿: "周辺情報を考慮した Louvain 法の拡張", 日本物理学会第72回年次大会, 2017年.

関優也, 片岡駿, 田中和之: "量子ア二

ーリングを用いたコミュニティ検出", 日本物理学会第72回年次大会 2017年.
Shun Kataoka: "Community detection algorithm utilizing attribute data", 2017 Workshop on Statistical Physics of Disordered Systems and Its Applications (SPDSA2017), 2017年.
渡邊 秀昭, 和泉勇治, 片岡駿, 田中和之: "顔認識のためのスパース表現分類法における基底作成に関する一検討", 情報系 Winter Festa Episode2, 2016年.
関優也, 片岡駿, 田中和之: "コミュニティ検出における量子アニーリングの性能評価", 情報系 Winter Festa Episode2, 2016年.
片岡駿: "クラスターZTPを用いたLouvain法の改良", ニューロコンピューティング研究会, 2016年.
渡邊 秀昭, 和泉勇治, 片岡駿, 田中和之: "顔認識のためのスパース表現分類法における基底作成に関する一検討", パターン認識・メディア理解研究会, 2016年.
関優也, 片岡駿, 田中和之: "量子アニーリングを用いたコミュニティ検出(F-012)", 第15回情報科学技術フォーラム(FIT2016), 2016年.
古市智大, 片岡駿, 田中和之: "確率伝搬法による画像の領域分割における超事前分布を用いたパラメータ推定", 情報系 Winter Festa, 2015年.
古市智大, 片岡駿, 田中和之: "確率伝搬法と超事前分布を用いた確率的領域分割モデルのパラメータ推定", ニューロコンピューティング研究会, 2015年.
吉田健人, 片岡駿, 田中和之: "確率伝搬法と階調変換を用いた画像のノイズ除去アルゴリズムの高速化", ニューロコンピューティング研究会 2015年.

真柴隆一, 片岡駿, 田中和之: "非欠損画素の情報及び確率伝搬法を用いた欠損画素の推定", ニューロコンピューティング研究会 2015年.

片岡駿: "マルコフ確率場モデルに基づくコミュニティ抽出アルゴリズム", ニューロコンピューティング研究会 2015年.

Shun Kataoka: "Community detection based on Markov Random Field", 2015 Bilateral Workshop between Tohoku University and National Tsing Hua University, 2015年.

片岡駿: "Permutohedral Latticeを用いた確率的ノイズ除去アルゴリズムの高速化", ニューロコンピューティング研究会, 2015年.

〔図書〕(計1件)

片岡駿, 安田宗樹, 田中和之(分担執筆): "マルコフ確率場, 人工知能学大辞典", pp.366-367, 共立出版,

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片岡 駿 (KATAOKA Shun)
東北大学・大学院情報科学研究科・助教
研究者番号: 5073728

(2) 研究協力者

安田 宗樹 (YASUDA Muneki)