

現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築
平成26年度採択研究代表者

H26 年度 実績報告書

石川 博

早稲田大学理工学術院
教授

認識の数理モデルと高階・多層確率場による高次元実データ解析

§ 1. 研究実施体制

(1)「早稲田大学」グループ

- ① 研究代表者:石川 博 (早稲田大学理工学術院、教授)
- ② 研究項目
 - ・トップダウンモデルと確率場生成
 - ・高階確率場の最適化の高度化・実用化
 - ・高階モデルと多層モデルの間の関係の分析

(2)「東北大学」グループ

- ① 主たる共同研究者:岡谷 貴之 (東北大学情報科学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・多層モデル学習最適化のための並列計算システムの構築
 - ・動画像認識のための多層モデルの検討
 - ・多層モデル有効性解明のための実験評価と分析
 - ・高階モデルと多層モデルの間の関係の分析

§ 2. 研究実施の概要

画像や音声データのように物理世界をセンシングして得られる高次元実データから意味情報を引き出すことは長年の努力を跳ね返してきたが、例えば画像中の物体や状況などを人間のように認識させることは、ロボットの能力向上に不可欠で、介護などの労働力不足が予想される日本における社会的必要性の高い技術である。本研究では、高階・多層確率場を主な道具として、既存の情報技術で実現困難な「認識」という現象の数学的モデルを構築することをめざしている。そのための研究項目として、トップダウン認識モデルによる確率場の動的生成、確率場最適化の高度化と応用実用化、多層モデルが高性能を示す原因の解明、高階・多層モデルの関係の検討などがある。

本年度の研究においてこれら各項目について研究を実施し、確率場の応用へ向けた研究では医用画像の領域分割アルゴリズム等の成果を得た。そして特に、高階・多層モデルの関係の研究から導かれて、確率場最適化の高度化について次のような成果を得た。

多層モデルの構成要素となる制約ボルツマンマシン(RBM)の最適化計算について研究の取り組みを行った。RBMでは各ノード(ユニット)に関する周辺分布の計算が多用されるが、その計算量が膨大であることが課題となっている。この問題の解決を目指す途中で、RBMに限らないマルコフ確率場全般に適用可能な、より一般性のある方法論の導出に至った。確率場はコンピュータビジョンおよび画像認識の分野で盛んに利用されているが、応用上の課題の一つに、計算量の大きさがある。例えば、幅広く利用されているマルコフ確率場の場合、画像の各画素をノードとし、隣接画素間を網目のようにつなぐグラフィカルモデル上に構成される。その最適化問題は、極めて高い自由度の組み合わせ問題に帰着され、厳密解を求めることは不可能であり、いかに良い解を高速に計算できるかが従来から懸案となっていた。これを踏まえて本研究では今年度、マルコフ確率場の最適化計算(周辺分布の計算問題)を効率的に解くための方法論を作り上げた。具体的には、グラフィカルモデルのノード数を削減する粗視化、ノードの変数を離散化する離散化、およびその離散変数(ラベル)をグループ化することによるラベル数削減の3つにより、計算量を削減することを考えた。そして、その際に推定精度を最も高いまま維持するような、マルコフ確率場の変換方法を導出した。この方法を使えば、どんな問題もシステムチックに、推定精度の犠牲を最小限にしつつ、計算量を大幅に削減できるようになった(図1)。

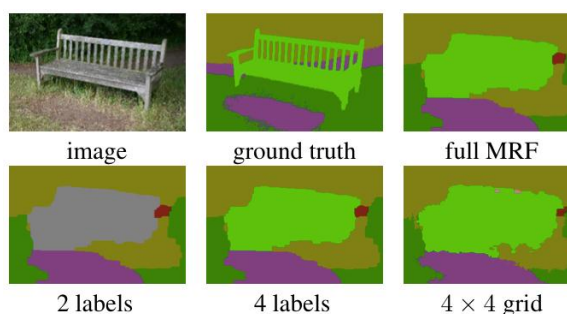


図1. 研究成果の利用例. 確率場を用いた画素単位のラベリング問題において、素子化・ラベル数削減により、わずかに数%の精度低下のみで10倍の高速化を達成。