

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)岡谷グループ

- ① 主たる共同研究者:岡谷 貴之 (東北大学大学院情報科学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・ 多層畳み込みネットワークの学習最適化手法の構築
 - ・ 多層モデル有効性解明のための実験評価と分析
 - ・ 動画認識のための多層モデルの検討
 - ・ 多層モデルの有効性を説明する理論の構築

§ 2. 研究実施の概要

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し、社会的諸問題に応用することをめざしている。本年度、確率場の応用へ向けた研究では高階確率場による医用画像の領域分割アルゴリズムの成果を発表した (Kitamura, Li, Ito, and Ishikawa, Data-Dependent Higher-Order

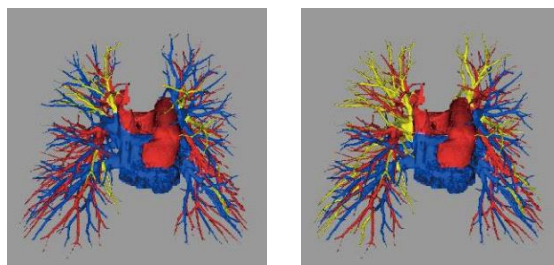


図 1. 左：提案手法／右：従来手法 による肺動静脈セグメンテーション (赤：動脈、青：静脈、黄：誤分類)

Clique Selection for Artery-Vein Segmentation by Energy Minimization, *International Journal of Computer Vision*, vol. 117(2), pp. 142-158, 2016)。近年 CT や MRI などの撮像装置が進化し、画像診断で扱われる画像が大幅に増加したため、ボリューム画像が持つ膨大な情報の解釈がより困難になっているが、3D 画像化することで全体が一目瞭然となり効率よく利用できる。この 3D 画像化には関心ある臓器を高精度にセグメンテーションする必要があるが、技術が未熟なため臨床に普及する際の妨げとなっている。一方、増大する医療費を削減するため、過去の実績に基づいた診断標準を規定することが推進されているが、そのために重要視されている診療指標の定量化においても、3次元画像を取り扱う難しさから、病態変化の正確な把握が可能な3次元情報(体積や形状)を定量化し活用することが進んでいない。以上のように画像が持つ3次元情報を可視化、定量化することは医療の質と効率の向上につながり、3次元情報を抽出するためにセグメンテーションは必須のプロセスである。本論文では高階の有効性と高速性を両立させた、実用性の高い高階エネルギーの活用手法を提案した。動脈と静脈は肺野内のいたるところで接触しており、動脈と静脈の全自動分離に成功した例は報告されていない。肺動静脈セグメンテーションの性能を向上するため、肺内の血管は原則として直線的に走行することを利用し、最短経路探索アルゴリズムに基づいて直線状のクリークを探索するアルゴリズムを提案した。提案手法を一般的な1階エネルギーによるグラフカットおよび先行技術と比較した結果、大幅に高いセグメンテーション性能を示した。また第3者の医療機関において、実際の臨床データを用いてセグメンテーション性能を評価した結果、本技術のセグメンテーション性能が臨床上許容可能なレベルに達しており、臨床現場でルーチン的に利用可能であると結論付けられた。(石川グループ)

また、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 (Saito, Okatani, Transformation of Markov Random Fields for marginal distribution estimation, Proc. Computer Vision and Pattern Recognition, 797-805, 2015)。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。(岡谷グループ)