

確率場による高次元データ解析

研究代表者 石川 博
(基幹理工学部 情報理工学科 教授)

1. 研究課題

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。本プロジェクトでは、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。

2. 主な研究成果

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。本プロジェクトの最終目標は、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である。そのための研究項目別の目標として、トップダウン認識モデルを構築し、それにより確率場を動的生成すること、高階確率場の最適化を高度化し、実用化を目指した応用アルゴリズムを開発すること、多層モデルを用いた機械学習の方法がいくつかの人工知能のタスクにおいてなぜ高い性能を示すのか、その理由を明らかにすること、そしてトップダウンモデルと高階および多層モデルの関係について検討し、確率場と他手法のハイブリッド手法を開発することがある。これらの目標へ向けて、次の各項目について研究を実施した。

(a) トップダウンモデルと確率場生成

主に理論的になるこの研究では、まずパターンの理論を見直すと共に、ディープラーニングのモデルとの関係を考察している。

(b) 高階確率場の最適化の高度化・実用化

高階確率場の応用として、ランドサット衛星画像中の地物認識アルゴリズムを開発し、国際会議 ICPR2016 で発表した。また、1枚の球面画像から部屋形状を推定するアルゴリズムを開発し、これも ICPR2016 で発表した。また、動画画像セグメンテーションアルゴリズムにおいて、ビデオの多数のフレームに渡るスーパーピクセルの一連のつながりをノードとするグラフ上のエネルギーの最小化により前景と背景をより教師なしで正確に分類する方法を開発し、国際会議 MVA2017 で発表した。また、多層確率場 (CNN) の応用としては、全層畳込みニューラルネットワークを用いた線画の自動補完アルゴリズムを開発し、国際会議 CVPR2017 に採択された。また、大域特徴と局所特徴の学習により白黒写真を自動で色付け

するアルゴリズムと、ラフスケッチを自動で線画化するアルゴリズムを開発し、国際会議 SIGGRAPH2016 で発表した。また白黒写真の自動色付けの研究により経済産業省の Innovative Technologies 2016 特別賞「Culture」を受賞した。

3. 共同研究者

望月義彦 (情報理工学科・助教)
飯塚 里志 (基幹理工学研究科・次席研究員)
シモセラ エドガー (基幹理工学研究科・次席研究員)
小山田 雄仁 (鳥取大学 助教)
中村 良介 (産業技術総合研究所 主任研究員)
杉本 晃宏 (国立情報学研究所 教授)
北村 嘉郎 (富士フイルム)

4. 研究業績

4.1 学術論文

- [1] Satoshi Iizuka, Edgar Simo-Serra, and Hiroshi Ishikawa (2016), “Let there be Color!: Joint End-to-end Learning of Global and Local Image Priors for Automatic Image Colorization with Simultaneous Classification,” *ACM Transactions on Graphics*, Volume 35, Issue 4 (Proc. of SIGGRAPH2016), Article 110, July 2016.
- [2] Edgar Simo-Serra, Satoshi Iizuka, Kazuma Sasaki, and Hiroshi Ishikawa (2016), “Learning to Simplify: Fully Convolutional Networks for Rough Sketch Cleanup,” *ACM Transactions on Graphics*, Volume 35, Issue 4 (Proc. of SIGGRAPH2016), Article 121, July 2016.
- [3] Yoshiro Kitamura, Yuanzhong Li, Wataru Ito, and Hiroshi Ishikawa (2016), “Data-Dependent Higher-Order Clique Selection for Artery–Vein Segmentation by Energy Minimization,” *International Journal of Computer Vision*, Volume 117, Issue 2, pp 142-158, 2016.
- [4] Kosuke Fukano, Yoshihiko Mochizuki, Edgar Simo-Serra, Satoshi Iizuka, Akihiro Sugimoto, and Hiroshi Ishikawa (2016), “Room Reconstruction from a Single Spherical Image by Higher-Order Energy Minimization,” 23rd International Conference on Pattern Recognition (ICPR2016).
- [5] Tomohiro Ishii, Edgar Simo-Serra, Satoshi Iizuka, Yoshihiko Mochizuki, Akihiro Sugimoto, Hiroshi Ishikawa, and Ryosuke Nakamura (2016), “Detection by Classification of Buildings in Multispectral Satellite Imagery,” 23rd International Conference on Pattern Recognition (ICPR2016).
- [6] Edgar Simo-Serra and Hiroshi Ishikawa (2016), “Fashion Style in 128 Floats: Joint Ranking and Classification using Weak Data for Feature Extraction,” *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2016)*, pp. 298-307.
- [7] Ryutaro Kitagawa, Yoshihiko Mochizuki, Satoshi Iizuka, Edgar Simo-Serra, Hiroshi Matsuki, Naotake Natori, and Hiroshi Ishikawa (2017), “Banknote Portrait Detection Using Convolutional Neural Network”, *Proc. Fifteenth IAPR Conference on Machine Vision*

Applications (MVA2017).

- [8] Masahiro Masuda, Yoshihiko Mochizuki, and Hiroshi Ishikawa (2017), “Unsupervised Video Object Segmentation by Supertrajectory Labeling”, Proc. Fifteenth IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA2017).
- [9] Toshiya Takaoka, Yoshihiko Mochizuki, and Hiroshi Ishikawa (2017), “Multiple-organ Segmentation by Graph Cuts with Supervoxel Nodes”, Proc. Fifteenth IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA2017).
- [10] Kazuma Sasaki, Satoshi Iizuka, Edgar Simo-Serra, and Hiroshi Ishikawa (2017), “Joint Gap Detection and Inpainting of Line Drawings”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2017). To Appear.
- [11] Satoshi Iizuka, Edgar Simo-Serra, and Hiroshi Ishikawa (2017), “Globally and Locally Consistent Image Completion”, ACM Transactions on Graphics (Proc. Of SIGGRAPH2017), August 2017. To Appear.

4.2 総説・著書 (MS 明朝体、11 ポイント)

4.3 招待講演 (MS 明朝体、11 ポイント)

飯塚「大域特徴と局所特徴の学習による白黒写真の自動色付け」, Visual Computing/グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2016, 早稲田大学, 2016 年 6 月 19 日

シモセラ「全層畳込みニューラルネットワークによるラフスケッチの自動線画化」, Visual Computing/グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2016, 早稲田大学, 2016 年 6 月 19 日

シモセラ「Fashion Style in 128 Floats: Joint Ranking and Classification using Weak Data for Feature Extraction」, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2016), アクトシティ浜松, 2016 年 8 月 4 日

石川 “Automatic Image Colorization and Rough Sketch Cleanup by Deep Learning”, ACCV2016 Area Chairs Workshop, Keelung Evergreen Laurel Hotel, Taiwan, 2016 年 8 月 15 日

飯塚「大規模学習を用いた CG の最先端研究の紹介」, CEDEC2016, パシフィコ横浜, 2016 年 8 月 26 日

石川「深層学習による白黒写真色付けとラフスケッチ線画化」, ワークショップ「部分空間法・深層学習・大型固有値問題の出会いと融合」, 筑波大学, 2016 年 9 月 16 日

石川「高階グラフカットによるセグメンテーション」, 第 1 回 医用画像と数理に関する 4 プロジェクト合同セミナー, 北海道大学, 2016 年 9 月 20 日

石川「認識の数理モデルをめざして: 分類から構造対象予測へ」, DENSO A.I. Tech Seminar, 大崎ブライトコアホール, 2016 年 10 月 15 日

シモセラ “Understanding Human-Centric Images: From Geometry to Fashion”, 19th International Conference of the Catalan Association for Artificial Intelligence, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Spain, 2016 年 10 月 19 日

飯塚「畳込みニューラルネットワークによる画像生成」, 第 9 回人工知能セミナー, 産業技術総合研究所, 2016 年 10 月 25 日

飯塚「AI による白黒写真の自動色付けシステム」, デジタルコンテンツ EXPO 2016, 科学未来館, 2016 年 10 月 30 日

飯塚・シモセラ「ディープラーニングによる画像生成の最前線」, 画像関連学会連合会第3回秋季大会, 京都工芸繊維大学, 2016年11月18日

飯塚「ニューラルネットワークによる画像生成」, NHK放送技術研究所 研究セミナー, NHK放送技術研究所, 2016年12月21日

シモセラ“Towards Mastering the Image: Deep Learning for Computer Graphics”, 画像と人工知能の最前線, 東北大学, 2017年1月24日

4.4 受賞・表彰

経済産業省 Innovative Technologies 2016 特別賞「Culture」

4.5 学会および社会的活動

Editor in Chief, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2016) Conference Editorial Board.

Associate Editor in Chief, IPSJ Transactions on Computer Vision Applications.

Associate Editor, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.

Editorial Board Member, International Journal of Computer Vision.

幹事, 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究運営委員会

5. 研究活動の課題と展望

本プロジェクトの最終目標は、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である。これらの目標へ向けて、引き続きディープラーニングモデルに内在する対称性とトップダウン認識モデルとの関連を考察し、CNNを一般化した多層モデルの動的生成を試行する。

- ・エネルギー最小化による3次元復元アルゴリズムの開発
- ・多層モデルのより少ない教師データによる効率的学習方法の模索
- ・多層モデルのグラフィクスへの応用