

西井 龍映 (NISHII Ryuei)

## 研究概要

### 土地被覆の分類

地表面を観測した多重分光画像を用いて、各画素の土地被覆のカテゴリ（水域、市街地、森林等）を分類する画像分類について研究してきた。研究業績の多くはこの話題に関するものである。また、複数のカテゴリに覆われている画素（混合画素）について、各カテゴリの被覆割合を推定する unmixing という問題もある。ここではパターン認識、および unmixing について議論する。

### 高次元データの分類

近年、数百に及ぶ波長帯を同時に観測できるハイパースペクトルセンサーが開発され、それにより観測された画像が環境・気象・農業・防災等様々な適用分野において利用されている。また数万個の遺伝子の発現量という超高次元のデータの利用法として、癌タイプや薬の副作用の有無の予測といったパターン認識の問題がある。このような観測変数の増大は、統計学における新しい  $n \ll p$  問題（観測次元  $p$  がサンプル数  $n$  に対し大きく、推定パラメータが不安定もしくは計算不能になる問題）を引き起こす。この問題の克服が統計学に求められている最近の課題の一つである。

高次元データに対する高性能なパターン認識手法として、Support Vector Machine(SVM) や人工ニューラルネットワーク (ANN) 等が知られている。文献5では多数の弱判別機（基底判別機）の線形結合により強力な判別機を生成する AdaBoost に焦点を当てた。AdaBoost の判別性能は基底として用いる判別機に大きく依存するため、基底関数集合の構成・選択が重要となる。特に、低い VC 次元や完備性を持つ判別機の集合は Boosting における低い期待損失の上限及び Bayes リスク一貫性の導出に必要な特徴である。ここでは Random stump による基底判別機を導入した。Random stump は、複数の変数の線形結合をランダムに生成し、基底判別機としたものである。また、AdaBoost における過学習及び Random stump による不安定性を克服するため、Bagging を取り入れた Bootstrap AdaBoost を提案した。提案手法はハイパースペクトル画像における農業用地の土地被覆判別問題や様々な判別問題に対して SVM や ANN を上回る結果を示した。

### 土地被覆の unmixing

一方 unmixing については、1) スペクトルの混合正規性、2) 被覆割合が与えられるとスペクトルは独立、3) 被覆割合はマルコフ確率場に従うという仮定のもとで被覆割合を推定する手法を考察した。局所事後密度を最大にするカテゴリ比率を導出し、ICM 法によって画像全体の unmixing を可能とした。教師データが全くない場合 (un-supervised) や、少ない場合 (semi-supervised) について議論した。さらに超高次元問題へ適応できる手法への改良を行っている。高速な最適化、母数の決定則の導出、が現在の課題となっている。

### 企業における統計モデルの活用

また企業との共同研究によって動機づけられた時系列モデルの変数選択について議論した。今後、時間とともに変化する時系列モデルの推定法やその工学的応用について議論していく。

「マス・フォア・インダストリ」にかかわる H20, 21 年度の研究実績概要

平成 20 年度からマツダ (株) とエンジン制御に関する統計的問題について 2 年間に渡る共同研究を開始した。ポスドク 1 名、及びマツダヘインターンシップに行っ

てきた博士課程院生と共に研究に当たった。20年度で行った研究により数理的手法が有効であるとの認識が高まったため、21年度ではエンジン制御のみならず製造現場における種々の問題に対して数理的手法を応用することになった。その結果、・ドライバ状態推定、・車体の塗装の感性評価が追加課題となった。2年間で用いた数理的手法は回帰モデル、時系列モデル、モデル選択基準である。共同研究での研究動機により2編の論文（1編はマツダの担当者と共著）を発表した。また一件の特許出願を準備中である。また富士通とは「数学の専門家の力を借りることのできる産業側のコーディネーター」育成のため、先方から質問があった数理的手法についての解説等を行う試行的な委託研究を開始した。

#### 研究業績

1. R. Nishii and S. Eguchi (2006). Image classification based on Markov random field models with Jeffreys divergence. *Journal of Multivariate Analysis*, **97**(9), 1997–2008.
2. S. Kawaguchi and R. Nishii (2007). Hyperspectral image classification by Bootstrap AdaBoost with random decision stumps. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. **45**(11), 3845–3851.
3. Y. Sawamura, R. Nishii, A. Nakamoto, S. Kawaguchi and T. Ozaki (2009). Contextual clustering and unmixing of geospatial data based on Gaussian mixture models and Markov random fields. *Bulletin of Informatics and Cybernetics*. **41**, 39–49.
4. S. Tanaka and R. Nishii (2009). Non-linear regression models to identify functional forms of deforestation in East Asia. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. **47**(8), 2617–2626.
5. Q. Pan and R. Nishii (2010). Selection of ARX Models Estimated by the Penalized Weighted Least Squares Method. To appear in *Bulletin of Informatics and Cybernetics*.

#### 講演

1. R. Nishii (2009). Contextual unmixing of geostatistical data based on Gaussian mixture distributions and Markov random fields. Talk at University of Iceland, 2009/2.
2. R. Nishii and T. Ozaki (2009). Contextual unmixing of geospatial data based on Markov random fields and conditional random fields. Whispers 2009, Grenoble, France, 2009/8/26-28.
3. R. Nishii, T. Ozaki and Y. Sawamura (2009). Semi-supervised contextual classification and unmixing of hyperspectral data based on mixture distributions. IEEE IGARSS 2009, Cape Town, South Africa, 2009/7/12-17.
4. 西井龍映 (2010). Unmixing of geostatistical data based on MRF and CRF. 研究集会「空間データの解析、理論と応用」広島大学原爆放射線医科学研究所, 2010/3/11.
5. 西井龍映 (2010). 統計学・応用数学の産学連携 - 共同研究の事例・成果紹介 - . 科学技術政策研究所 講演会, 科学技術政策研究所, 2010/3/29.

#### 学位

理学博士 (広島大学)

#### 研究集会の主催

1. 科研費集会「高度情報抽出のための統計理論・方法論とその応用」, 基盤 (A) 「統計科学における数理的方法の理論と応用」谷口正信 (早稲田大学, 代表)  
基盤 (B) 「超高次元データの分類手法の導出とその理論的性質の解明および実データへの応用の研究」西井龍映 (九州大学, 代表) 共催, 九州大学附属図書館, 2008/11/20-22.
2. 研究集会「第13回 情報・統計科学シンポジウム」九州大学 創立五十周年記念講堂, 2008/12/5.

#### その他の特記事項

1. 評議員: 日本統計学会 (1998-2000;2002-2004), 日本数学会 (2006-2007), 応用統計学会 (2006-2008)
2. 編集理事: 応用統計学会 (2004-2008), Associate Editor: IEEE TGRS (2006-2010), Statistical Methodology (2006-2010)
3. Vice President: IEEE GRS Japan Chapter (2007-2010)
4. 客員研究官: 科学技術政策研究所 (2008-2010)
5. 企業との共同研究  
マツダ (株)
  - 制約条件のある非線形回帰モデルにおけるモデル選択と最適化 (2008-2010)
  - 非線形回帰モデル選択における収束値問題に関する研究 (2008-2009)
  - 研究プロセス効率化に向けたデータ解析技術 (モデリング応用技術) に関する研究 (2009-2010)

#### 富士通

- シミュレーションとそのモデル化 (2010)