

平成 24 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	通信情報工学専攻
研究者（ふりがな）	山岸 昌夫（やまぎし まさお）
タイトル	信号処理のためのリスク推定量最適化問題を用いた モデル選択に関する研究
助 成 名	新任教員研究助成
採択金額	1, 0 0 0, 0 0 0 円
研究の背景	<p>信号処理は音声、画像、動画処理、適応フィルタや機械学習など、幅広い応用をもつ重要な技術である。信号処理の多くの問題は、パラメータ推定問題としてモデル化される。特に線形パラメータ推定問題（推定対象となるベクトルに既知のモデル行列がかかり、雑音加わった観測値が得られるとき、観測値から推定対象を推定する問題）は、幅広い分野に現れる極めて重要な問題である。この問題では「推定対象との二乗誤差」を小さくする推定法が望まれており、優れた推定法を構成する指針として「制約付き最適化問題を設計し、その解法を採用する方法」が広く用いられている。多くの場合、推定法は複数の媒介変数を持つため、それらの適切な選択が優れた性能実現に必要な不可欠である。近年になり「リスク推定量(統計的手法により自然に導出される目的関数)」の利用により媒介変数を適切に選択できることが分かってきており、非常に注目を集めている。</p>
結果と考察	<p>本研究では、代表的なリスク推定量である Stein's Unbiased Risk Estimator [Stein(1981)] (SURE: 観測値, モデル行列, 推定に用いる写像の三つ組から計算可能な「推定対象との平均二乗誤差の不偏推定量」) に着目し、その改善を提案している。まず, SURE の「モデル行列が悪条件(最大特異値と最小特異値の差が大きい)の場合, 二乗誤差との乖離が著しく大きくなる」という弱点を理論的に明らかにしている。また, リスク推定量として「モデル行列と推定対象の積に対する平均二乗誤差の不偏推定量」を提案し, モデル行列が悪条件の場合においても, 二乗誤差との乖離が小さくなることを理論的に明らかにしている。</p> <p>さらに, 上記の成果を用いて悪条件な線形パラメータ推定問題の解法である「低階数最小分散擬似不偏推定法 [Yamada and Elbadraoui(2006)]」のランク選択問題を解決している。低階数最小分散擬似不偏推定法は, 推定値と推定対象のバイアスを最小に抑えた上で分散の最小化を図る「最小分散不偏推定法 (BLUE) の方針」と小さな特異値の影響回避を目的とした「低ランク推定法の方針」を融合した推定法である。その性能は, ランクを適切に選択することにより, 最小分散不偏推定法を著しく上回ることが知られている。しかし, ランクを適切に選択する方法が未解決であった。本研究では, その解決策として「上記の提案リスク推定量を最小にするランクを選択すること」を提案し, その有効性を画像復元問題への応用において確認している。具体的には, 提案法が(推定対象との二乗誤差を最小にする)最適なランクの優れた近似を実現することを数値的に明らかにしている (Fig. 1, 2 を参照)。また, 画像復元問題のモデル行列が持つ特別な構造を用いて提案法の効率的な実装も実現している。</p> <p>以上の成果を, 世界最大であり, 最も権威のある信号処理の国際会議 IEEE ICASSP にて発表予定である [Yamagishi and Yamada (2013)]。</p> <p>参考文献</p> <p>[Stein(1981)] C. Stein, "Estimation of the Mean of a Multivariate Normal Distribution," <i>The Annals of Statistics</i>, vol.9, no. 6, pp. 1135–1151, 1981.</p> <p>[Yamada and Elbadraoui(2006)] I. Yamada and J. Elbadraoui, "Minimum-Variance Pseudo-Unbiased Low-Rank Estimator for Ill-conditioned Inverse Problems," <i>IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing</i>, Toulouse, 2006.</p> <p>[Yamagishi and Yamada (2013)] M. Yamagishi and I. Yamada, "A Rank Selection of MV-PURE with an Unbiased Predicted-MSE Criterion and its Efficient Implementation in Image Restoration," <i>IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing</i>, Vancouver, 2013 (accepted).</p>



Figure 1 推定対象 (左), 観測画像 (中央), BLUE による復元結果 (右)



Figure 2 低階数最小分散擬似不偏推定法による復元結果. 最適なランクを選んだ場合の復元画像 (左) と提案法による復元画像 (右). ただし, 左の画像は推定対象が未知の場合に生成不可能であるのに対して, 右の画像は観測画像から生成可能.

結論と今後の課題

本研究では, 悪条件線形パラメータ推定問題における SURE の性能劣化に着目し, より頑健なリスク推定量を提案している. 提案したリスク推定量を用いて, 線形パラメータ推定問題の解法である「低階数最小分散擬似不偏推定法」のランク選択問題を解決している. さらに画像復元問題に応用し, 提案法が(推定対象との二乗誤差を最小にする)最適なランクの優れた近似を実現することを数値的に明らかにしている. また, モデル行列の特別な構造を利用し, 提案法の効率的な実装を導出している. 今後は, モデル行列の構造を利用しない高速解法の実現を目指す.

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品 1	椅子	119,700
消耗品	名刺, 研究関連書籍, PC, PC 周辺機器, 机, 書庫など	666,229
旅費		0
その他	学会年会費, 研究報告費	214,071
合計		1,000,000

記入上の注意:

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。