

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 22 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2012

課題番号：24650086

研究課題名（和文）

画像からの幾何学的推定のための超精度くりこみ法の確立

研究課題名（英文）Establishing Hyper-Renormalization for Geometric Estimation from Images

研究代表者

金谷 健一（KANATANI KENICHI）

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：60125838

研究成果の概要（和文）：画像データからの高精度な幾何学的な推定（直線や楕円の当てはめ、複数画像間の対応の関係式の計算）には従来から最尤推定が用いられていたが、それより精度が高い「超精度くりこみ法」を導出し、さまざまな実際的な問題に応用した。同時に最尤推定解を補正する「超精度補正」の精密化を行い、同程度の精度が達成できることを実証した。また未知数間に拘束条件がある場合にも最適な推定ができる「拡張 FNS 法」の新しい定式化を示し、東日本大地震の GPS による地盤変形データの解析に適用した。

研究成果の概要（英文）：While maximum likelihood has been used for high accuracy geometric estimation from image data, such as fitting lines and ellipses and computing the relationships between corresponding points over multiple images, we have derived a higher accuracy method, called “hyper-renormalization” and applied it to various practical problems. At the same time, we have extend the “hyper accurate correction” for correcting the maximum likelihood solution and confirmed that the same degree of accuracy can be reached. We have also introduced a new formulation of the extended FNS method and applied it to the analysis of the GPS land deformation data of the Great East Japan Earthquake.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：超精度くりこみ法，拡張 FNS 法，超精度補正，幾何学的推定，最尤推定，3 次元形状復元，楕円当てはめ，カメラ校正

## 1. 研究開始当初の背景

本研究に先立って、研究代表者らは画像データからの幾何学的な推定を行う精度が高い方法として「超精度最小二乗法」とよぶ手法を確立したが、それがさらに高精度化できるという指摘が米国の数学者アリ・アドシャラドカーとニコライ・チェルノフから指摘があった。試行すると、これは従来から最も高精度とみなされていた最尤推定よりも精度が高い可能性があることが判明したので、その実証と具体的問題への応用が課題となっていた。

## 2. 研究の目的

「超精度くりこみ法」と命名した提案手法を具体的な問題に適用して性能を評価することが当初の目的であり、その過程から新しい発展が得られることを期待した。そして、楕円の当てはめ、画像からの3次元形状復元の基礎となる2画像間の基礎行列や射影変換行列の計算に適用して性能評価することを目指した。

## 3. 研究の方法

超精度くりこみ法のアイデアをもたらした米国の数学者アリ・アドシャラドカーを研究代表者の所属する岡山大学に招聘し、数学的な構造について詳細に議論した。そして、連携研究者の豊橋技術科学大学の菅谷保之准教授と共同で、楕円当てはめ、および基礎行列や射影変換行列の計算に適用するシミュレーションおよび実画像実験を行った。さらに国内国外の関連する研究者との意見交換を行うとともに、国内学会、国際学会で研究発表を行って議論を深めた。この過程から当初予期しなかった新しい成果が数多く得られた。

## 4. 研究成果

(1) シミュレーションおよび実画像を用いた実験により、超精度くりこみ法が予想通りの高精度を達成することを検証した（雑誌論文④，学会発表⑦，⑧，⑨）。

(2) その過程から最尤推定解を補正する「超精度補正」を精密化すれば同程度の精度が達成できることも発見された（雑誌論文③，学会発表⑩）。

(3) 超精度くりこみ法を発表した国際会議でのオーストラリアのホイナッキー博士との議論から楕円当てはめの新しい方法の構想が生まれ、実験的に性能を確認した（学会発表③）。

(4) 未知数間に拘束条件がある場合にも最適な推定ができる「拡張FNS法」の新しい定式化が(株)朋栄の松永力博士によって指摘され、トルコの測地学者アキルマズ准教授とも連携して東日本大地震のGPSによる地盤変形データの解析に適用した（雑誌論文①，学会発表④，⑤，⑥）。

(5) 豊橋技術科学大学の金澤靖准教授と共同で新しい3次元形状復元の手法を開発し、腸管画像をから3次元形状を復元する医用応用を行った（学会発表②）。

(6) さまざまな関連する応用を行い、その有効性を確認した：高精度の魚眼レンズカメラの校正（雑誌論文②），3次元センサーやGPSデータに対する相似変換の最適計算（雑誌論文⑤），複数の運動の分離（学会発表①）。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① K. Kanatani and C. Matsunaga, Computing internally constrained motion of 3-D sensor data for motion interpretation, Pattern Recognition, 査読有, Vol. 46, No. 6 (2013), pp. 1700—1709.
- ② K. Kanatani, Calibration of ultra-wide fisheye lens cameras by eigenvalue minimization, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 査読有, Vol. 35, No. 4 (2013), pp. 813—822.
- ③ K. Kanatani and Y. Sugaya, Hyper-accurate correction of maximum likelihood for geometric estimation, IPSJ Transactions on Computer Vision Applications, 査読有, Vol. 5 (2013), pp. 19—29.
- ④ K. Kanatani, Overviews of optimization techniques for geometric estimation, Memoirs of the Faculty of Engineering, Okayama University, 査読無, Vol. 47 (2012), pp. 1—18.
- ⑤ K. Kanatani and H. Niitsuma, Optimal computation of 3-D similarity: Gauss-Newton vs. Gauss-Helmet, Computational Statistics and Data Analysis, 査読有, Vol. 56, No. 12 (2012), pp. 4470—4483.

[学会発表] (計 10 件)

- ① 菅谷 保之, 松下 裕一, 金谷 健一, 複数運動ビデオデータベースHopkins155の誤追跡除去, 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会, 2013年5月17日, 東京.
- ② 山崎 大輔, 金澤 靖, 菅谷 保之, 金谷 健一, 3基礎行列の分解による3画像からの3次元形状復元, 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会, 2013年3月14日, 大阪.
- ③ 益崎 智成, 菅谷 保之, 金谷 健一, 精度の高い楕円限定当てはめ, 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会, 2013年3月14日, 大阪.
- ④ 本田 卓士, 松永 力, 金谷 健一, GPS計測データの階層的運動モデル当てはめによる東日本大震災の地盤変形解析, 計測自動制御学会第17回パターン計測シン

ポジウム, 2012年12月14日, 山梨県笛吹市.

- ⑤ 松永 力, 金谷 健一, 内部拘束を持つ3次元運動の最適計算法と幾何学的モデル選択への応用, ビジョン技術の実利用ワークショップ, 2012年12月6日, 横浜.
- ⑥ 本田 卓士, 松永 力, 金谷 健一, 誤差のあるデータからの内部拘束を持つ3次元運動の計算法と幾何学的モデル選択への応用, 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会, 2012年12月4日, 横浜.
- ⑦ K. Kanatani, Optimization techniques for geometric estimation: Beyond minimization, S+SSPR 2001: the 9th International Workshop on Statistical Techniques in Pattern Recognition and the 14th International Workshop on Structural and Syntactic Pattern Recognition, 7 November 2012, Hiroshima, Japan.
- ⑧ K. Kanatani, A. Al-Sharadqah, N. Chernov, and Y. Sugaya, Renormalization returns: Hyper-renormalization and its applications, The 12th European Conference on Computer Vision, 9 October 2012, Firenze, Italy.
- ⑨ 金谷 健一, 幾何学的推定のための最適化手法: 最小化を越えて, 第18回画像センシングシンポジウム, 2012年6月6日, 横浜.
- ⑩ 金谷 健一, 幾何学的推定のための最尤推定の超精度補正, 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会, 2012年5月24日, 豊田市.

[その他]

ホームページ等

<http://www.suri.cs.okayama-u.ac.jp/~kanatani/j/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

金谷 健一 (KANATANI KENICHI)  
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授  
研究者番号: 60125838

### (2) 連携研究者

菅谷 保之 (SUGAYA YASUYUKI)  
豊橋技術科学大学・工学部・准教授  
研究者番号 : 00335580