

不均一な誤差分布をもつ空間データからの 3 次元相似変換の最適計算

Optimal Computation of 3-D Similarity from Space Data with Inhomogeneous Noise Distributions

新妻弘崇 金谷健一

Hiroataka Niitsuma, Kenichi Kanatani

岡山大学大学院自然科学研究科

Department of Computer Science, Okayama University, Japan

E-mail: {niitsuma,kanatani}@suri.cs.okayama-u.ac.jp

1 目的

誤差のある 3 次元データの運動 (並進, 回転) を計算することはビジョン応用の重要な課題である。例えばステレオカメラを搭載したロボットがシーンの 3 次元形状復元を行いながら自身の運動を計算する SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) は自律走行ロボット研究の中心的テーマである。それ以外にこの問題は GPS データから地盤の経時的な変動を測る地球科学でも重要となる。運動前後で測定方法や装置が異なる場合はスケール合わせも必要であり, ここでは一般性を考えてスケール変化を含めた相似変換を考える (スケール変化がなければその項を除去すればよい)。

2 背景

従来から誤差が各点ごとに等方分布する場合の最適解法がいろいろ研究されたが, 3 次元データは 2 次元データと異なり, ステレオ視やレンジファインダーなどの何らかの 3 次元センサーを用いて計測するので, 誤差はセンサーのタイプや位置や向きに依存して, 各点ごとに非一様, 非等方の不均一な誤差分布を持つ。本論文ではこれを考慮する相似変換の最尤推定を定式化する。並進やスケール変化を伴わない回転の最適計算法は Niitsuma ら [3] が示しているが, 本論文ではこれを相似変換に拡張する。

3 特徴

提案方法では最適化に回転変化のリー代数による表現を用いる。これ自体はよく知られ, ロボットの制御や物体追跡によく用いられているが, 回転を含む最適化の数値計算法として使われることはまれで, 四元数やオイラー角などでパラメータ化するのが普通である。しかし, 本論文のようにリー代数による表現を用いれば, 何らのパラメータ化なしに回転行列の形のまま, 今日の最適化法の標準とされるレーベンバーグ・マーカート法を導くことができる。

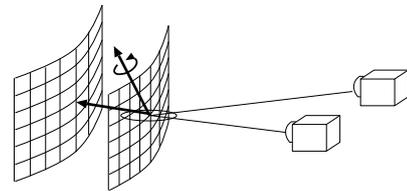


図 1 相似変換 (回転, 並進, スケール変化) する曲面格子ステレオ視による 3 次元計測。図中の楕円は不確定範囲を示す。

4 実験

シミュレーション実験

図 1 のように曲面を原点を通るある回転軸の周りに回転し, 平行移動し, スケールを変える。そしてステレオ視によって各格子点の相似変換前後 3 次元位置を計測する [1]。各ステレオ画像の格子点位置に乱数誤差を加えると, それから計算した 3 次元位置には非一様, 非等方の誤差が生じる (図 1 中の楕円体)。その分散行列を文献 [2] の方法で推定して, 相似変換を最適に計算し, 精度を評価する。

実データ実験

トルコは地震多発国であり, 地盤の変形を GPS データでモニターし, イスタンブール近郊の地盤が不安定な地点の 3 次元位置が得られている。その絶対位置は地盤が安定している地域の参照点から補正され, 統計的手法によって各測定値の共分散行列が推定されている。その異なる年のデータに対して本論文の方法によって年間の地盤の移動を精密に推定する。

参考文献

- [1] 金谷健一, 菅谷保之, 新妻弘崇, 2 画像からの三角測量: Hartley-Sturm vs. 最適補正, 情報処理学会研究報告, 2008-CVIM-162-54 (2008-3), pp. 335-342.
- [2] Y. Kanazawa and K. Kanatani, Reliability of 3-D reconstruction by stereo vision, *IEICE Trans. Inf. & Syst.*, **E78-D-10** (1995-10), pp. 1301-1306.
- [3] H. Niitsuma and K. Kanatani, Optimal computation of 3-D rotation under inhomogeneous anisotropic noise, *Proc. 12th IAPR Conf. Machine Vision Applications* June 2011, Nara, Japan.