

ロバストな距離データ位置合わせ法の高精度化

Extended MICP for High Precision Robust Depth Data Registration

北大大学院 ○北明靖雄 金子俊一 小野里雅彦

要旨

本研究の目的は、非重複データを含む距離データ集合どうしの高精度でかつロバストな位置決めのための手法を開発し、その実応用における可能性について検討することである。我々が従来から提案している M 推定法を導入した逐次最近接点法 (Iterative Closest Point, ICP), MICP 法に評価関数と対応の 2 つの切替戦略を導入した実験結果を報告する。

1. はじめに

距離データの位置合わせ法の一つに ICP (Iterative Closest Point) 法 (1) があり、例外地を含まない疎な距離データどうしの位置決めを行う手法であり、最小 2 乗評価に基づいて変換を求めるための陽な対応点判定を必要としない大きな特徴を持つ。しかし、例外値の含有があると最適解への収束に至らないという大きな問題を持っている。これを解決するために我々は従来から M 推定法を導入した ICP 法、すなわち MICP 法 (2,3) を提案してきた。MICP 法によって従来局所解に陥るような初期条件においても大域解に収束できることがわかったが、分解能がそれほど高くなかった。大域解にはたしかに向かう場合でも多少のズレがあるまま停止する場合があった。これを回避しつつ、しかも大域収束を実現するパラメタ設定は距離データの分布にも依存すると考えられる困難な問題である。そこで本研究ではパラメタ設定のみでなく MICP 法の拡張によってロバスト性でかつ高精度な位置決め手法の開発を目指す。具体的には、次の 3 つの技法、すなわち、距離点群どうしの照合度合いの評価関数の改良、近接点の組み合わせにおける多対一対応から 1 対 1 対応への更新、および評価関数の更新、の導入について検討する。

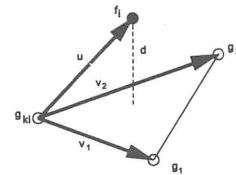


図 1: 点对セグメント偏差

より解への収束状況を予想しながらある時点で 1 対 1 に切り替える戦略について考える。1 対 1 に切り替えるためには G から F への対応をいわゆる、逆向きの G 内の各点ごとに再整理して最も近接している F 内の点を検査する必要がある。

切替時点の決定方法は困難な問題の一つである。本報告ではより詳しい検討は今後の課題としてとりあえずそのとき用いている評価関数の減少率が鈍ってくる時点で切り替えている。

2. 改良型 MICP 法

ここでは MICP 法の説明は文献 (2,3) に譲るものとして MICP 法の改良点について説明する。

従来の MICP では点对点の偏差から評価関数 $J_{pp}(2,3)$ を定義していたが図 1 に示すような点对セグメント偏差を考える。 f_i から G の点の最近傍点が g_{ki} である。点对セグメント偏差を考えるときに 1 点は g_{ki} が妥当であると思われるが他の 2 点については上述の選択方法を検討する価値があると思われる。 F 内の各点 f_i ごとに点对セグメント偏差 d_i と、例外値に対するロバスト性を確保するために導入した M 推定においてよく用いられる感度関数 $\rho(4)$ を用いて新しい評価関数を次式によって定義する。

$$J_{ps} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \rho(d_i) \quad (1)$$

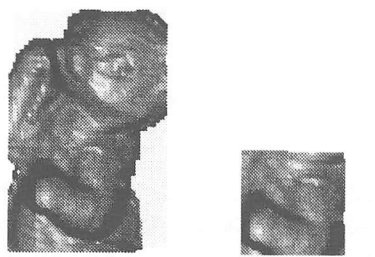
評価関数の減少率が鈍ってきた時点で従来の評価関数 J_{pp} (Point to point) から新しい評価関数 J_{ps} (Point to segment) に切り替えて、 J_{ps} を最小化するように収束させていく。

ところで距離データ間の対応関係は MICP 法では距離データ G から F への対応は多対 1 となっている。この対応づけ、多対一対応は粗位置決めにおいては収束範囲の拡大に寄与するが、収束終了時には多少のずれを残したまま停止してしまう。多対 1 対応関係を繰返し計算に

3. 実験

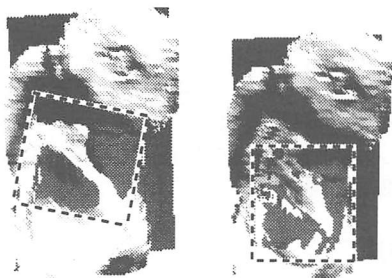
本報告においては、各切替戦略の個別の効果を検証するために各々独立に実験を行うこととした。勿論これらの操作を統合していくことが好ましいが今後の課題とした。図 2 に示す距離データを用いて対応切替実験を行った。 $m = 10$ の時点で評価関数の減少が鈍ってきたので 1 対 1 対応に切り替えている。図 3 の (a) が多対 1 での収束結果である。局所解で停止してしまっているが対応切替後の収束結果を (b) に示す。局所解から脱出し、最適解へと収束している。局所解からの脱出という大きな効果を確認できた。表 1 にその収束時間と収束時の評価関数の値を示す。対応切替を導入し、繰返し数は増えているがそのことにより計算時間が大きくなることはなかった。

図 5 に示す距離データ評価関数切替実験を行った。結果を図 6 に示す。評価関数切替を行わなくてもほぼ最適解へ収束していたが切替を行った後、さらに評価関数は小さくなっていった。このことから高精度化のための評価関数切替の有効性が確認された。しかし、表 2 に示す収束時間は約 32 バイト新たな評価関数 J_{ps} の導入により計算コストがかなり大きくなるという結果も確認された。本報告では評価関数の減少率が一定以下になったときに評価関数の切替を行っているが、よりよい切替戦略の提案が今後の課題である。



(a) 点群 F(2400) (b) 点群 G(625)

図 2: 実験 (対応切替) データ



(a) 多重対応 (b) 1 : 1 対応

図 3: 実験 (対応切替) 結果

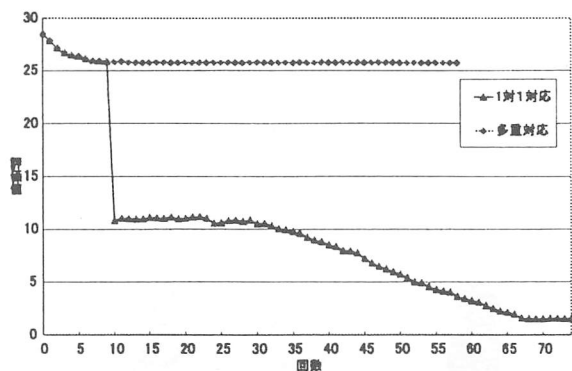


図 4: 評価関数 J_{pp} の推移

表 1: 収束時間 (対応切替)

	照合時間 (sec)	評価値
1 : 1 対応	58	1.54362
対応切替無	55	25.74946



(a) 点群 F(1600) (b) 点群 G(400)

図 5: 実験 (評価関数切替) データ

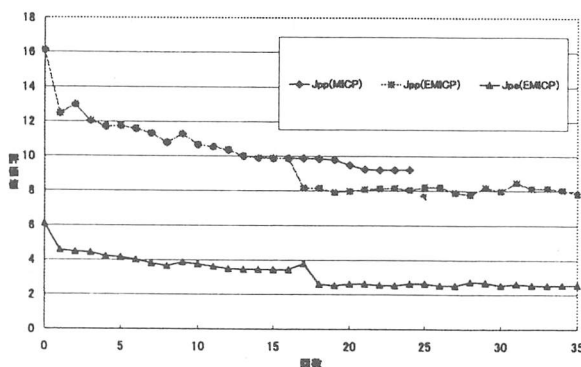


図 6: 評価関数 J_{pp}, J_{ps} の推移

表 2: 収束時間 (評価関数切替)

	照合時間 (sec)	評価値 (J_{pp})
J_{pp} のみ	43	9.225934
$J_{pp} \rightarrow J_{ps}$	1379	7.834616

4. まとめ

本報告において行った二つの実験を行った。対応切替実験により改良型 MICP の局所解の脱出という大きな効果を確認した。評価関数切替実験により、高精度化について確認した。

参考文献

- (1) P.J.Besl and N.D.McKay: A Method for Registration of 3-D Shapes, IEEE Trans. on PAMI, vol.14, no.2, pp.239-256, 1992.
- (2) 金子俊一, 近藤友紀, 宮本 敦, 五十嵐悟: M推定を導入したロバスト ICP 位置決め法, 精密工学会誌, vol.67, no.8, pp.1276-1280, 2001.
- (3) S.Kaneko, T.Kondo and A.Miyamoto: Robust Matching of 3D Contours Using Iterative Closest Point Algorithm Improved by M-estimation, Pattern Recognition, 2003. (in press)
- (4) F.R.Hampel et al: Robust Statistics-The Approach based on Influence Functions, John Wiley & Sons, 1986.