

GPS の付帯情報を用いた 位置推定誤差予測に関する一検討

A study on positioning error prediction
using incidental information of GPS

篠崎 優介† 羽多野 裕之† 藤井 雅弘† 伊藤 篤† 渡辺 裕†

Yusuke SHINOZAKI† Hiroyuki HATANO† Masahiro FUJII† Atsushi ITO† Yu WATANABE†

† 宇都宮大学大学院工学研究科

† The Graduate School of Engineering, Utsunomiya University

1 はじめに

近年、ユーザーの位置情報に応じて適切なサービスを提供するロケーションベースサービス (LBS) に注目が集まっている。LBS の実現には、ユーザーの位置情報が必要となる。その時、高精度な位置情報を得るための手段として、複数の位置推定手法を組み合わせる位置推定を行う研究が行われている [1]。これを実現するためには、各手法の位置推定精度に応じて適切な信頼度を設定することが必要であると考えられる。本稿では GPS を対象とした高精度な位置推定精度の予測手法に関して検討を行う。

2 既存手法

GPS 測位では、測距により得られた受信機と衛星間の距離及び受信機が暫定位置にいる場合に得られるべき距離の差 Δr を、最小にするように、暫定位置を繰り返し更新することで位置推定を行う。その際、繰り返しごとの暫定位置及び受信機時計誤差の更新量 Δx は $\Delta x = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \Delta r$ となる。 \mathbf{G} は暫定位置から見た衛星の方向を意味する。測距に誤差 e が含まれているとすると、これによる推定位置の変化は、位置推定の更新方程式と同じ形で、(1) で表せる。

$$\Delta x = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T e \quad (1)$$

このとき、すべての衛星の測距の誤差分散を σ_{URE} とすると、 Δx の分散共分散行列は、(2) のように書ける。

$$\text{cov}(\Delta x) = \sigma_{URE}^2 \mathbf{I} (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \quad (2)$$

$\sigma_{URE}^2 \mathbf{I}$ は測距の誤差を表しており、日本付近では $\sigma_{URE} = 5.1$ 程度とされている [2]。 $(\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1}$ は DOP (Dilution of precision) と呼ばれ、衛星配置による誤差の拡大係数を表している。 $(\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1}$ を \mathbf{H} と書くと、3次元空間における位置推定誤差の期待値 $E[\|\hat{l} - l\|]$ は、(3) で求められる。

$$E[\|\hat{l} - l\|] = \sigma_{URE} \sqrt{H_{11} + H_{22} + H_{33}} \quad (3)$$

l は受信機の真の位置、 \hat{l} は位置推定結果を表している。

3 提案手法

既存手法ではすべての衛星から得られる測距の誤差が同じ分散を持つと仮定されている。しかし、各衛星からの信号はそれぞれ異なる経路を通過して受信機へ到達するため、実際には異なる分散を持つと考えられる。よって、本検討では、位置推定に付帯して得られる受信信号強度を用いて位置推定誤差の予測を行う。

まず、事前実験により付帯情報を用いて測距の誤差分散を予測するモデルの構築を行った。事前実験には電子基準点で得られた、観測データを用いた。実験に用いた基準点は栃木県宇都宮市の宇都宮局で、観測時刻は 2015 年 11 月 21 日 0 時から 12 月 20 日 23 時 59 分 30 秒 (UTC) で 30 秒ごとの観測結果である。図 1 に受信信号強度と測距誤差分散の関係を示す。この結果から、受信信号強度から測距の

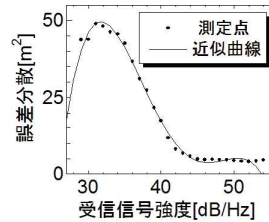


図 1: 受信信号強度と測距誤差の分散

表 1: 実験結果

	宇都宮	上三川
従来手法 [m]	6.316	6.226
提案手法 [m]	2.213	3.398
低減率 [%]	65	45

誤差を予測するモデルを構築した。

次に、得られた誤差分散の予測値から位置推定誤差を予測する手法を検討する。(1) の e が、それぞれ異なる分散を持っていると考えると、 $\text{cov}(\Delta x)$ は、(4) で表せる。

$$\text{cov}(\Delta x) = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T \mathbf{R} ((\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T)^T \quad (4)$$

\mathbf{R} は測距誤差分散予測モデルで予測した、分散を対角成分に持つ対角行列である。この時、右辺の計算結果を \mathbf{A} とすれば、既存手法と同様に、 $E[\|\hat{l} - l\|]$ を、(5) で表せる。

$$E[\|\hat{l} - l\|] = \sqrt{A_{11} + A_{22} + A_{33}} \quad (5)$$

4 評価実験

提案手法の有効性を評価するために評価実験を行った。評価実験には、事前実験と同一の宇都宮局のデータ及び同時刻の栃木県上三川町の上三川局のデータを用いた。評価指標には、真の位置推定誤差と予測された位置推定誤差の RMS 誤差を用いる。

実験結果を表 1 に示す。表 1 より、提案手法により、従来手法と比べ RMS 誤差を低減させることが可能であった。これは、 σ_{URE} があらゆる状況における平均値であるため、本検討で用いた電子基準点におけるデータでは、測距誤差の分散が過大に見積もられているためと考えられる。また、上三川局においても提案手法により、RMS 誤差が低減した。これより、提案手法は測距誤差予測モデルの構築を行ったのと異なる場所においても、有効であった。

5 まとめ

本稿では、位置推定に付帯して得られる、受信信号強度を用いて、位置推定誤差予測を行う手法について検討した。今後は、構築した測距誤差予測モデルを使用できる範囲の検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 興梠正克, 蔵田武志, “組み込み型 gps・自蔵式センサシステムによる屋内外歩行者ナビ,” 信学技報.PRMU, vol.106, no.73, pp.75–80, May 2006.
- [2] B. Parkinson, and J. Spilker, “Gps Error Analysis,” in Global Positioning System: Theory and Applications, AIAA, Washington D.C, 1996.