

移動体間端末協調衛星測位技術の研究開発 (111507009)

Research on Satellite-based Relative Positioning by Cooperation between Vehicles

研究代表者

三浦 龍* 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

Ryu Miura Advanced Telecommunications Research Institute International

研究分担者

湯 素華† 川西 直† 古川 玲†* 久保 信明†

Suhua Tang† Nao Kawanishi† Rei Furukawa† Nobuaki Kubo†

†株式会社国際電気通信基礎技術研究所 *東京海洋大学

†Advanced Telecommunications Research Institute International

*Tokyo University of Marine Science and Technology

研究期間 平成 23 年度～平成 25 年度

概要

衛星を用いた測位では、2つの移動体が、都市部において衛星からの直接波を受信できず、反射波を受信した場合、移動体の絶対位置の精度が著しく劣化するため、その差分から計算した移動体間の相対位置の精度も劣化する。また、反射波を排除し測位すると、衛星数が減って測位誤差が増大する、あるいは位置を算出できない場合がある。これに対し本研究開発では、接近した移動体は一般的に衛星からの信号の相関性が高いことに注目し、2つの移動体で衛星情報を交換し受信する信号間の相関性の高い衛星を共通衛星として使用することにより、反射波による誤差を相殺するとともに反射波も測位に利用可能とする、新たな相対位置の検出方式の研究を行う。さらに、相対位置情報が必要とされる安全運転支援システムにおいて、提案手法が有効に機能することを交通シミュレータにより示した。

1. まえがき

近年、交通事故削減に向けて安全運転支援システムの開発が進められている。このシステムは GNSS (Global Navigation Satellite System) による位置情報を互いに交換し、車両や歩行者などが互いに接近した場合に注意喚起等を行うことで事故を防止するものであるため、高精度で移動体間の相対位置を検出する必要がある。しかし、特に上空視界の狭い都市部では、捕捉できる衛星数が減り、かつ建物からの反射波を受信すると、既存の測位方式では移動体間の相対位置の誤差が数十 m になる場合がある。本研究開発では、都市部での相対位置の検出精度を 3m 以下に改善する技術を確認し、交通事故削減に貢献する。

2. 研究開発内容及び成果

都市部では建物による遮蔽や反射・回折の影響を受けて、GNSS による絶対位置の精度に大きな誤差が生じやすく、誤差の大きな絶対位置から算出する相対位置には大きな誤差が生じやすい。一方で、近接する 2つの移動体が個々の衛星から受信した信号に着目すると、例えば同じ建物の同じ壁面による反射波を受信しているなど、信号の受信状況が似ており、誤差の発生状況が似ていることも考えられる。本研究開発では、2つの移動体で共通に受信できる衛星の中から受信状況に相関性のある衛星のみを選択して測位することで、相関性のない誤差要因を排除するとともに、相関性のある誤差を相殺し、相対位置の測位精度を上げる手法 (以下、提案方式) の研究開発を行った。

提案方式の流れを説明する。まず、2つの移動体で共通に受信できる衛星 (共通衛星) を選択し、その中から仰角の高い衛星 (参照衛星) を選択する。仰角の高い参照衛星は、擬似距離におけるマルチパス誤差がないとみなせる。次に、参照衛星以外の共通衛星について、2つの移動体と参照衛星との間の擬似距離の二重差と距離真値の二重差

との差から、マルチパス誤差の相関性を判定する。擬似距離の二重差と距離真値の二重差の差は近似的に、移動体が共通衛星に対して計測した擬似距離におけるマルチパス誤差の差となることから、この差が小さいほど相関性が高いとし、実験から相関性を判断する閾値を求めた。なお、距離真値およびその二重差を直接算出することはできないため、Kalman filter を用いた予測値で代用する。このようにして相関性が高いと判定した共通衛星と参照衛星を用いて 2つの移動体の絶対位置を算出することで、同じような誤差を含む絶対位置が算出され、それらを用いて相対位置を算出することで、精度の高い相対位置を取得可能となる。2つの移動体で共通に受信できる衛星数は各々が受信できる衛星数以下であるため、各々が単独測位可能であっても、相関性の高い共通衛星のみを用いた提案手法では測位できない状況も考えられる。このような場合には、Kalman filter を用いた位置予測の結果を補助的に代用することとし、精度の劣化を防いだ。

都市部における提案手法の有効性を検証するために、東京駅周辺および東京駅から東京海洋大学の越中島キャンパスまでの道路上において、NovAtel 社製の GNSS 受信機を搭載した 2 台の車両を追随走行させ、GNSS 受信機で受信した信号の情報 (擬似距離や SNR など) を取得する実験を行い、オフラインで解析した。

まず、提案方式において前提となるマルチパス誤差の相関性について検証を行った。図 1 は、東京駅周辺において、2 台の受信機で受信した擬似距離情報のマルチパス誤差の相関性をヒストグラムで表示したものである。ここで、マルチパス誤差の相関性が高ければ高いほど、ヒストグラムのピークが対角線上に高く表れる。図 1 では、それほど高くはないものの、図中点線で囲んだ対角線上および周辺の領域にピークが確認できることから、都市部を追随走行中の 2 台の車両同士が受信した擬似距離のマルチパス誤差には、少なからず相関性があることが確認でき、提案手法が前提とする仮定が正しいことが確認できた。

* 平成 25 年度までの所属

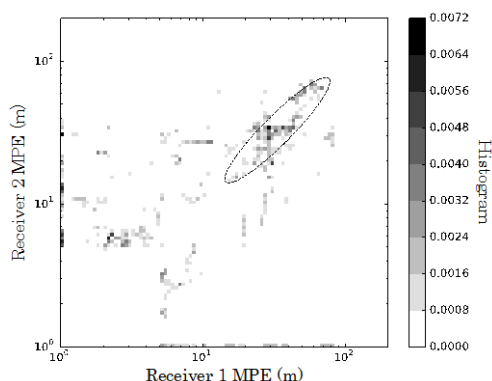


図1 東京駅東側エリアにおける
2台の受信機間でのマルチパス誤差の相関性

次に、相対位置検出精度についての検証を行った。図2は東京駅から東京海洋大までの道路上における相対位置検出精度で、左図は受信機の出力した絶対位置に基づいて算出した場合、右図は提案手法によるものである。受信機出力と比較して相対位置の検出精度を大幅に向上させることができ、提案手法による相対位置の誤差のRMS値は1.79mと、達成目標として掲げた3m以下を達成した。一方で、より高い建物が密集する東京駅周辺の結果では、提案手法による誤差のRMS値は4.21mと目標値には及ばなかったものの、受信機出力による値（RMS値で37.03m）と比較して大幅に向上させることが可能であることがわかった。

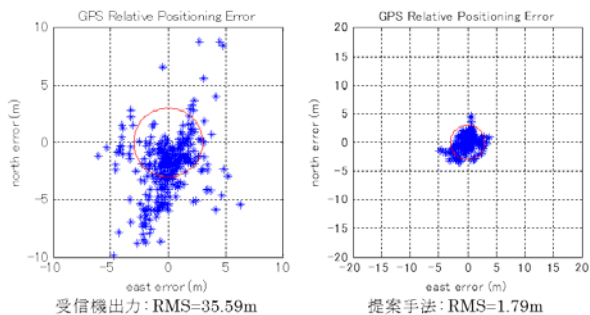


図2 東京駅から東京海洋大までの道路上での
相対位置検出精度（水平誤差）

一方、移動体間で提案手法を動作させるためには、GNSS受信機で信号を受信した際の擬似距離情報などを移動体間で共有する必要がある。本研究開発では、国の政策で検討が進められている700MHz帯の無線を用いた高度道路交通システムへの適用を想定し、パケットの予備領域に格納する方法についても検討した。

提案手法に必要な情報を仮に12機分送信する場合、約75Bytes必要であり、予備領域20Bytesに全ての情報を格納しようとする4パケット必要になる。これに対し、自車が衛星から受信している情報などから推測可能な情報を送信しないようにすることで、12機分の情報を3パケットで送信可能にした。また、時刻 $t-1$ における情報を共有済みの相手に対しては、時刻 t において予測できない情報のみを送信対象にすることで情報量を削減し、9機分の情報を1パケットで送信可能にする手法も開発した。

事前の情報共有がない場合、提案手法を動作させるためには数パケットの情報交換が必要となるため、その遅延時間が交通事故削減に与える影響が懸念される。そこで、右直事故を想定した環境において運転者の運転行動を模擬

した交通シミュレータを用いて評価を行った。その結果、受信機の出力した絶対位置を1パケットで送信した場合と比較して、提案手法では3パケット必要なため遅延が生じるが、相対位置の検出精度が向上するため、事故発生率を大きく削減できることが確認できた。

最後に、提案手法がリアルタイムで動作することを検証するために、2.4GHz帯の無線LANを用いつつ、700MHz帯の車車間通信の規格に沿った通信頻度およびデータサイズで情報交換を行いながら、提案手法を用いて相対位置が算出可能であることを確認した。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究開発の成果を、既に実用化されているミリ波レーダや画像センサを用いた障害物検知技術や、高性能ジャイロセンサを用いた自律航法（Dead Reckoning）などと連携して使用することにより、安全運転支援システムへの適用にとどまらず、自動車の自動走行システムやロボットの安全制御まで踏み込んだ、将来の制御技術に必須となる基盤技術としても応用展開できる。

また、本研究開発の成果は、端末間の相対位置の測位精度を高める技術であり、絶対位置を必要としない各種アプリケーションを都市部で利用する際に、広く応用展開が可能である。

4. むすび

本研究開発では、接近した移動体は衛星からの信号の相関性が高いと仮定し、2つの移動体で計測信号を交換して相関性の高い衛星のみを用いて測位することで、反射波による誤差を相殺するとともに反射波も測位に利用できる相対位置検出手法を開発し、建物による遮蔽や反射の影響を受けやすい都市部における実験を通じて、仮定の正しさと手法の有効性を確認し、目標として掲げた相対位置検出精度を達成した。

【誌上発表リスト】

- [1] S. Tang, N. Kubo, and M. Ohashi, "Cooperative Relative Positioning for Intelligent Transportation System," ITST 2012. (Nov. 5-8, 2012)
- [2] R. Furukawa, S. Tang, N. Kawanishi, and M. Ohashi, "Evaluation and Analysis of Correlation in Reflected Signals and Its Application in Cooperative Relative Positioning," 20th ITS WORLD CONGRESS TOKYO 2013. (Oct. 15-18, 2013)
- [3] S. Tang, N. Kubo, N. Kawanishi, R. Furukawa, A. Hasegawa, and Y. Takeuchi, "Cooperative Relative Positioning for Intelligent Transportation System," International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, doi:10.1007/s13177-014-0091-2. (Jun. 10, 2014)

【申請特許リスト】

- [1] 大山 卓, 湯 素華, 筒井 英夫, 大橋 正良, "車車間通信における情報量削減手法," 日本, 2012年1月申請, 特願 2012-014861
- [2] 湯 素華, 筒井 英夫, 大山 卓, 大橋 正良, "協調測位における共通衛星の相関性判断手法," 日本, 2012年3月申請, 特願 2012-046421
- [3] 湯 素華, 古川 玲, 川西 直, 大橋 正良, "移動体と測位衛星の間の擬似距離の効率的な送信・保存手法," 日本, 2013年2月申請, 特願 2013-019908