

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870712

研究課題名(和文)都市部におけるGNSS測位精度および信頼性の向上に関する研究

研究課題名(英文)Improvement of GNSS Positioning Accuracy and Reliability in Urban Areas

研究代表者

久保 幸弘(Kubo, Yukihiro)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：00388125

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、特に衛星測位にとって厳しい環境下、すなわち都市部や山間部を走行する自動車等の移動体において、建造物や地形の影響により測位衛星からの信号が途切れがちな状況においても精度良く測位を継続する手法について考察した。

具体的には、車載カメラ画像と衛星測位、慣性航法等を融合したナビゲーションシステムの開発を行い、GNSS測位の信頼性を向上させる為に必要な一連のアルゴリズムが開発され、今後のさらなる発展に向けた指針が示された。

研究成果の概要(英文)：In this research, methods that improve the accuracy and reliability of the satellite navigation system (GNSS) under severe circumstances such as urban and/or mountain areas. In such areas, signals from satellites are weakened and sometimes receivers can not detect them due to obstacles, trees, tunnels and so on.

In such circumstances, in this research, we developed navigation algorithms and methods that can keep the positioning accuracy by integrating the image information from the car-mounted camera, satellite positioning, inertial sensors.

研究分野：衛星測位システム

キーワード：GNSS 車載カメラ 慣性航法

1. 研究開始当初の背景

GNSS(Global Navigation Satellite System)は、米国のGPS(Global Positioning System)に代表される人工衛星を用いた衛星測位システムの総称である。GPS以外では、ロシアのGLONASSが既に運用されており、欧州の「Galileo」、中国の「北斗(コンパス)」等の衛星測位システムも整備されつつある。また、わが国でも、QZSS(Quasi Zenith Satellite system: 準天頂衛星システム)の第1号機(愛称: みちびき)が2010年9月に打ち上げられ、実用段階に入っている。

GNSSの実用例としては、一般的なものだけでも自動車、航空、船舶、携帯電話におけるナビゲーションや、測地・測量、時刻同期など広範囲な利用例を挙げることができ、一種の社会インフラとして認知されている。GNSS利用の最大の利点は、上空が見通せる場所では通常6~10機以上の衛星が利用可能であり、衛星から送信される信号が受信できる限り、いつでも・どこでも、ある一定程度の精度で位置情報が活用可能となっていることである。

しかし、都市部や山間部においては建造物や地形の影響を受け利用可能な衛星数が激減するため、高精度な測位を安定して継続することが困難であるという欠点がある。一方、近年の電子デバイスの性能向上により、高精細な画像情報が手軽に得られたり、MEMS技術によって安価な加速度センサやジャイロセンサが実現されているという背景がある。

2. 研究の目的

前節で述べたような背景の下、本研究では、特に都市部や山間部において安定かつ高精度な測位を行う手法を、(1)衛星測位システムのみ、(2)衛星測位と高度情報の融合、(3)衛星測位と画像情報の融合、などによって提案し実証を行う。また、これらの研究成果によって衛星測位システムの利用範囲の拡大や、信頼性を向上させるための基盤技術を確立することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するため、取り組むべきテーマを以下の4つに分類し研究、開発を行った。

(1) 測位衛星システムのみを用いた測位法の研究として、PPP(精密単独測位)の精度向上を図る。そのために、GPSに加えてQZSSやGLONASS等の併用、電離圏遅延モデルや、対流圏モデルの改良等を行う。また、受信機時計誤差ダイナミクスの同定方法および異常観測データの検出、除去アルゴリズムの汎用化を行う。

(2) 衛星測位と高度情報を複合した測位法の研究として、気圧センサを有効活用する手法を開発する。一般的に衛星数が4機以下の

場合は測位演算を行うことができず、測位不能となる。一方、PPPでは測位演算にカルマンフィルタを利用しており、地図情報や気圧センサによる高度情報を測位演算に複合することで、精度の維持が可能であると考えられる。本研究では、気圧センサに加えて、地図情報を有効に活用する観測モデルを提案するとともに、衛星数が減少した場合にどの程度の精度維持が可能かを明らかにする。気圧センサはICチップ化された安価(500円以下)なセンサを使用することとし、地図情報としては国土院が提供している数値地図の活用を想定する。なお、登山用GPS受信機などでは気圧センサを活用している例等があるが、これらは基本的に歩行者などを対象としており、本研究では自動車などの比較的高ダイナミクスなものを対象として開発を行う。

(3) 衛星測位と画像情報を複合した測位法の研究として、画像情報を有効活用して車両の走行状態を把握し、衛星航法との融合を行う。近年では、走行状態を撮影するカメラを備えた自動車も増加しており、携帯電話のカメラ機能などで周囲の状況を簡単に情報化できる環境が整いつつある。本研究では、特に車両に取り付けたカメラから、直進、旋回、後退などの走行状況、および衛星への視通に関する情報を得て、測位アルゴリズム(カルマンフィルタ)のダイナミクスモデル(状態方程式)に拘束を加えたり、走行状況を観測として活用する手法について考案するとともに、衛星減少時の精度維持効果を明らかにする。研究方法としては、まず、車載カメラによる走行状態の把握について文献調査を行うと共に、実際に車載カメラを導入し、データ収集システムを構築する。その後、本研究において必要となる、直進、旋回等に伴う速度、加速度等の情報を画像データから得るための処理アルゴリズムについて考案する。

(4) 上記の研究テーマで開発された手法の測位精度を検証し、実装の簡単さ、精度、コスト等、多角的な視点からどの手法(または組合せ)が都市部や山間部の測位問題において有効かを検証し、実用的なソフトウェアを作成する。

4. 研究成果

前節で述べた4つの研究テーマについて、以下に示すような成果を得た。

(1) 衛星測位そのものの精度、信頼性向上手法として、精密単独測位(PPP)を核として、QZSSやGLONASSを併用した測位法や、異常な観測データの検出および除去に関する研究を行った。その結果、QZSSやGLONASSを併用することで、使用可能な衛星数を増加させることができるとともに、QZSが送信する高精度な補正情報を活用することで、測位精

度を飛躍的に改善できることが確認できた。
また、PPP の精度向上を目指した局所的電離圏遅延モデルの作成、複数アンテナを用いた高精度 PPP アルゴリズムの開発、ドップラ観測の異常値検出アルゴリズム開発を行い、PPP 技術を核とした高精度な衛星測位の可能性が示された。

〔雑誌論文の ~ , 〕
〔学会発表の , , , ~ 〕

(2) 衛星測位と高度情報を複合した測位法の開発として、高度の変化量に関する情報を気圧センサや地図データから得て、それらの情報を測位演算を行うカルマンフィルタにおいて有効に活用するアルゴリズムを考案した。その結果として、気圧センサを応用することにより、使用可能な衛星数が極端に減少する(4 機未満)ような状況においても、精度を保持した測位が可能であることが示された。

また、異常観測データの検出においても、気圧センサから得られる高度変化量に関する情報が活用できることを示した。さらに、気圧センサのみならず、加速度センサやジャイロセンサ等の慣性センサを有効活用することで、精度維持に貢献することを示した。関連して、慣性センサと GNSS 測位における非線形フィルタの精度検証を行い、ナビゲーションに適した非線形フィルタの考察を行った。

〔雑誌論文の 〕
〔学会発表の , , , 〕

(3) 衛星測位と画像情報を複合した測位法の研究成果としては、民生向けの簡単な車載カメラ(単眼のドライブレコーダ)から得られる画像情報から、車両の走行状態(直進、旋回、速度、加速度等)を得るための処理アルゴリズムについて基礎的な調査、研究を行うと共に、まず、車両進行方向への走行状態を推定する方式を考案し、車両速度、および車両の進行方向予測が可能であることが示された。

〔学会発表の , , 〕

(4) 以上のように、都市部等の衛星測位にとって厳しい環境下における測位の信頼性を向上させるために必要な一連のアルゴリズムが開発され、これらを統合したソフトウェアの作成を平成 28 年度において行い、現在実装がほぼ完了した状況である。平成 28 年度末までに公表した研究成果に加えて、今後、これらのより詳しい実証実験を行い、適宜論文として公表していく予定である。

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 12 件)

Atsushi Mouri, Yoshifumi Karatsu, Goshi Okuda, Sueo Sugimoto and Yukihiro Kubo, New PPP/VPPP Algorithms by using Multiple Antennas, Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, 査読有, Vol. 29, 2016, 525-534

DOI: 10.5687/iscie.29.525

Masaharu Ohashi, Yutaro Sato, Akihiro Yamada, Yukihiro Kubo and Sueo Sugimoto, Studies on Spherical Cap Harmonic Analysis for Japanese Regional Ionospheric Delays and Its Prediction, Proceedings of the 47th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 査読有, Vol. 2016, 2016, 320-325

DOI: 10.5687/sss.2016.320

Kentaro Nishikawa, Yukihiro Kubo and Sueo Sugimoto, Improving the PPP Accuracy by Applying the QZS Precise Correction Information, Proceedings of the 47th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 査読有, Vol. 2016, 2016, 313-319

DOI: 10.5687/sss.2016.313

Atsushi Mouri, Yukihiro Kubo, Sueo Sugimoto and Masaharu Ohashi, Detection and Correction of Doppler Outliers in Kalman Filter-based Positioning, Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, 査読有, Vol. 29, 2016, 18-28

DOI: 10.5687/iscie.29.18

Masaharu Ohashi, Yutaro Sato, Yukihiro Kubo and Sueo Sugimoto, Estimation Methods of VTEC Distribution Applied by Spherical Cap Harmonic Analysis and Kalman Filter, Proceedings of the 46th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 査読有, Vol. 2015, 2015, 165-170

DOI: 10.5687/sss.2015.165

Masahiro Ozaki, Masaharu Ohashi, Yukihiro Kubo and Sueo Sugimoto, Improvement of GPS Precise Point Positioning Accuracy in Urban Canyons -Further Results, Proceedings of the 46th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 査読有, Vol. 2015, 2015, 180-185

DOI: 10.5687/sss.2015.180

西本圭佑, 大橋正治, 久保幸弘, 杉本末雄, GPS 測位に用いる局所的な電離圏遅

延量補正モデルの改良手法，システム制御情報学会論文誌，査読有，27 巻，2014，374-383
DOI: 10.5687/iscie.27.374

〔学会発表〕(計 18 件)

Atsushi Mouri, Goshi Okuda, Yukihiro Kubo and Sueo Sugimoto, Novel VPPP Algorithms with Multiple Antennas and Attitude Estimation, ION ITM 2017, Jan. 31, 2017, Monterey(USA)

上窪央樹，山田晃寛，久保幸弘，杉本末雄，準天頂衛星を活用した SCHA 電離圏モデルの構築，平成 28 年電気関係学会関西連合大会，2016 年 11 月 23 日，大阪府立大学（大阪府・堺市）

川端凌介，久保幸弘，仲野秀人，小矢美晴，車載カメラ画像を用いた画像処理による速度検出，平成 28 年電気関係学会関西連合大会，2016 年 11 月 23 日，大阪府立大学（大阪府・堺市）

仲野秀人，小矢美晴，川端凌介，久保幸弘，自転車速度を用いたナビゲーションシステム，平成 28 年電気関係学会関西連合大会，2016 年 11 月 23 日，大阪府立大学（大阪府・堺市）

Ryo Sugiura, Yusuke Nakai, Yukihiro Kubo, Sueo Sugimoto, Shintato Mizukami, Tsunehiko Imamura and Hideo Kumagai, A Low Cost INS/GNSS/Vehicle Speed Integration Method for Land Vehicles, ION GNSS+ 2016, Sep. 15, 2016, Portland(USA)

三木大輔，西川憲太郎，久保幸弘，杉本末雄，GNSS 測位における高精度補正情報を適用した整数値バイアスの推定手法，第 60 回システム制御情報学会研究発表講演会，2016 年 5 月 27 日，京都テルサ（京都府・京都市）

仲野秀人，辻大樹，久保幸弘，小矢美晴，ドライブレコーダの画像を用いた方向予測，平成 27 年電気関係学会関西連合大会，2015 年 11 月 14 日，摂南大学（大阪府・寝屋川市）

杉浦諒，中井陽介，久保幸弘，杉本末雄，Tightly Coupling 方式を用いた INS/GPS-PPP 複合航法における非線形フィルタの精度比較，平成 27 年電気関係学会関西連合大会，2015 年 11 月 14 日，摂南大学（大阪府・寝屋川市）

Masaharu Ohashi, Yutaro Sato, Akihiro Yamada, Yukihiro Kubo and Sueo Sugimoto, Modeling and Prediction of Regional Ionospheric VTEC for Japanese Region by Spherical Cap Harmonic Analysis, ION GNSS+ 2015, Sept. 18, 2015, Tampa(USA)

大橋正治，佐藤優太郎，山田晃寛，久保幸弘，杉本末雄，球冠調和関数による日本上空に適した電離圏遅延モデルの考察，

第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会，2015 年 5 月 20 日，中央電気倶楽部（大阪府・大阪市）

唐津祥史，毛利篤史，久保幸弘，杉本末雄，複数アンテナを用いた GNSS 測位の高度化，第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会，2015 年 5 月 20 日，中央電気倶楽部（大阪府・大阪市）

鈴木雄太，唐津祥史，久保幸弘，杉本末雄，複数受信機による GNSS 測位の高精度化と多機能化，第 58 回システム制御情報学会研究発表講演会，2014 年 5 月 23 日，京都テルサ（京都府・京都市）

尾崎将宏，大橋正治，太田哲人，久保幸弘，杉本末雄，気圧センサと地図情報を用いた GPS 精密単独測位の精度向上手法，第 58 回システム制御情報学会研究発表講演会，2014 年 5 月 23 日，京都テルサ（京都府・京都市）

太田哲人，尾崎将宏，大橋正治，久保幸弘，杉本末雄，辻井利昭，藤原健，久保田鉄也，GPS/GLONASS を複合した精密単独測位におけるガウス和フィルタの適用，第 58 回システム制御情報学会研究発表講演会，2014 年 5 月 23 日，京都テルサ（京都府・京都市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保 幸弘 (KUBO, Yukihiro)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号： 00388125