

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560633

研究課題名(和文) 準天頂衛星とGPSを用いたシームレス測位による地図の精度向上および更新技術の構築

研究課題名(英文) Accuracy improvement of the map by the seamless positioning using GPS and Quasi-Zenith Satellite

研究代表者

鹿田 正昭(Shikada, Masaaki)

金沢工業大学・環境・建築学部・教授

研究者番号：50121249

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：平成24年3月および4月、平成25年3月にSPACおよびJAXAの支援を得て、準天頂衛星から発信されるLEX信号の受信実験(精度検証)を実施した。

最終成果として5分程度の定点観測によるLEX解とVRS解の観測結果の両者に大きな差はなく、センチメートル級の精度が確保できることが分かった。高速道路を使用した高速移動体による実験および徒歩による低速移動実験でも観測環境に影響されてはいるが、受信できた結果からは精度的には問題ないことが分かった。みちびき1機による観測であるため、衛星の仰角と受信状態に原因不明のばらつきがあったがその原因を明らかにするには至らなかった。

研究成果の概要(英文)：The 1st experiment was conducted in March, 2012 and the 2nd experiment was conducted in March and April of 2013. Location of experimentation is Ohgigaoka and Yatsukaho Research Campus of Kanazawa Institute of Technology at HOKURIKU district in central Japan. Experiments were supported by SPAC and JAXA.

As a result, we got three conclusions. (1) Both of the observations of the LEX solution by the fixed point observation and a VRS solution for about 5 minutes did not have a difference, and it had accuracy of the cm class. (2) Although the experiment on the highway and the low-speed on foot were also influenced by observation environment, result of the data had an accuracy. (3) Since it was observation only by one satellite of QZS, it has variation between the ascending vertical angle and the receiving condition, but it was not able to clarify. At the end of the 2010s, by the time QZSS becomes four satellites, we have to do more advanced research.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 土木計画学・交通工学

キーワード：準天頂衛星 LEX信号 みちびき 測位衛星 VRS-GPS 測量 空間情報工学 地理空間情報活用推進基本法

### 1. 研究開始当初の背景

平成 19 年に高度空間情報社会を構築・推進するための「地理空間情報活用推進基本法」(以下 基本法)が可決成立し、同年 5 月 30 日に公布された。基本法は GIS および衛星測位技術を活用した効率的・効果的な国土の利用・整備・保全および国民の生命・身体・財産の保護などに関わる施策を決定・実現するものであり、同年 8 月 29 日には国土の地図基盤を構成する「基盤地図情報」が満たすべき基準に関する省令も発表され、平成 23 年度末までには都市計画整備地域全域が 2500 分の 1 の精度で整備された。

基本法に謳われた衛星測位による位置精度の向上と鮮度の向上については、平成 22 年 9 月 11 日に日本版 GPS として常に日本の天頂にあって GPS を補完する準天頂衛星「みちびき」が打ち上げられた。9 月 26 日には軌道に投入されたことが確認され、現在、多くの実証実験が行われるとともに、2018 年までに 4 機体制になることが閣議決定された。

### 2. 研究の目的

本研究では基本法が示す高度空間情報社会および高齢化社会における安心・安全・快適を援護するユビキタス時代の基盤地図情報の作成・維持・更新に加え、平成 22 年 12 月末からは実証実験が開始された日本版 GPS である準天頂衛星(みちびき)を用いた位置精度を検証し、従来に比べて精度および鮮度の高い基盤地図情報を即時に電子データに反映できる手法および仕組みについて検討した。

### 3. 研究の方法



図 1 定点観測の状況



図 2 移動観測の状況

平成 22 年 12 月末日より実証実験のための試験電波の発信が開始された日本版 GPS (みちびき) のデータを活用し、基準点成果との精度検証(図 1 参照)移動体走行速度による測位精度の変化(図 2 参照)、移動体における軌跡の精度検証、都市域、山間域など衛星データの受信困難地域における補強測位検証を実施した。

### 4. 研究成果

本報告では研究成果を定点観測と移動観測に分けて記述する。

#### (1) 定点観測

平成 24 年 3 月 6 日(第 1 回)に行われた定点観測結果を図 3 に示す。実験は 5 分の短時間計測とし、実験場所は金沢市内に設置された一級基準点を使用した。また図中の原点は当該一級基準点を VRS-GPS で 2 時間スタティック測位を行った結果とした。図 3 の ■ および × は LEX 解の 1Hz と 5Hz の平均値を ◆ は VRS 解の平均値を示す。平均値の計算には  $\pm 1\sigma$  以内の値を使用した。

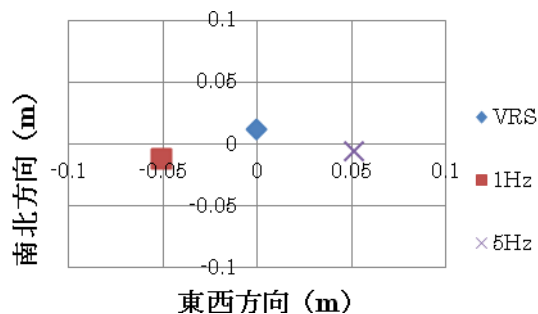


図 3 短時間定点観測結果

平成 24 年 4 月 26 日(第 2 回)に行われた終日定点観測の結果を図 4 に示す。横軸は時刻であり縦軸は VRS-GPS 解と LEX 解の(x, y)座標間距離の絶対値を示す。図 3 および図 4 に示した実験結果から LEX 解はセンチメートル級の精度を確保していた。

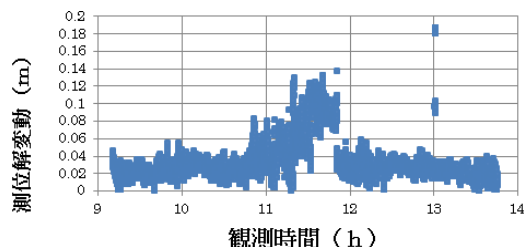


図 4 終日定点観測の結果(2012年)

図 4 から、時間の変化に対しても比較的安定して測位を行うことができている、RSME は 0.0397m であった。また、午前 11 時から正午の間で測位解が不安定となる時間帯があった。同日の衛星数を図 5 に示す。

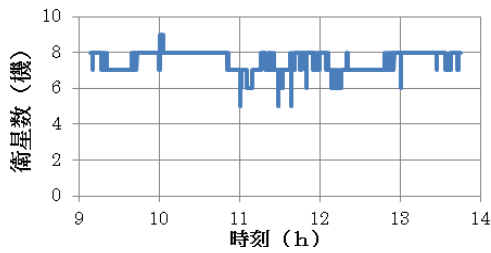


図5 終日定点観測時の衛星数 (2012年)

図4、図5より、衛星数が減少した11時前後の時間帯は測位精度が悪くなる傾向があった。

この結果を踏まえ、衛星数の減少と測位精度の関係を明らかにするために、平成25年3月6日(第3回)に再度、終日定点観測を行った。実験結果を図6および図7に示す。

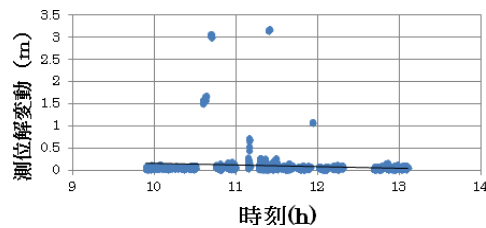


図6 終日定点観測の結果 (2013年)

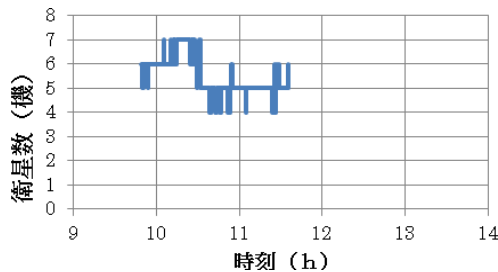


図7 終日定点観測時の衛星数 (2013年)

図6および図7より、第2回実験と同様に捕捉できる衛星数の少ない時間帯で測位解の変動が大きくなる傾向が得られた。特に、第3回の実験は建物等による信号遮断の影響を調査する目的で行った。図6の縦軸は観測開始から観測終了までのLEX解の $\pm 1\sigma$ 以内の平均値と個々のLEX解との差の絶対値を表す。結果として、補足できる衛星の減少と幾何学的配置の悪化が、測位精度に影響したと考えられる。

## (2) 移動観測

移動観測は2回実施した。第1回は高速走行によるLEX信号の受信の可否を確認するため、第2回は高速走行による受信状況の把握を中心に実施した。

平成24年3月(第1回)の移動観測により得られた座標を基盤地図情報に重畳した結果を図9に示す。

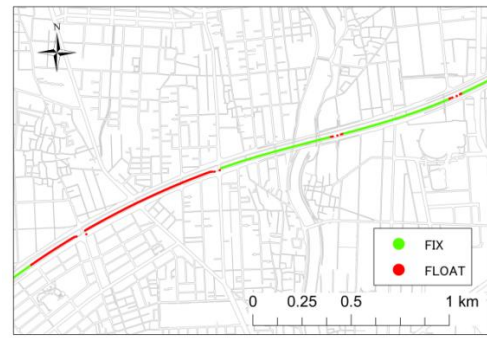


図8 高速走行実験の結果 (2012年)

またVRS-GPSの時刻情報から算出した移動体の速度を図9に示す。図9より高速走行をした際もLEX信号が受信でき、FIXした状態で測位を行うことができたことがわかる。しかし、時速80kmを超えると一部不安定となる傾向も見られた。

第1回の実験結果より、高速走行時も安定した測位を行うことができたことから、高速道路を使用した第2回目の実験を行った。図10に第2回高速走行実験の結果を示す。

図10は高走行実験結果の一部を拡大したものである。図の中心部は山間部であるが、一部の測位不可能(FLOAT状態を含む)な場所を除いて、LEXによるFIX解を得ることができている。

表1、表2に高速走行を行いVRS-GPSで受信できた総延長距離に対するLEXの測位率とFIX率を示す。

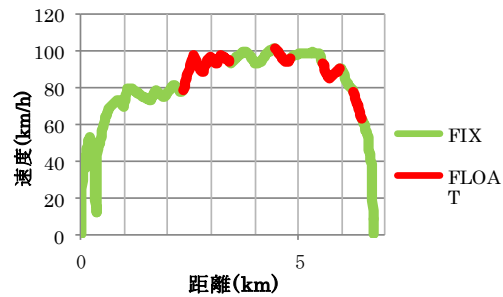


図9 速度とFIX、FLOATの関係 (2012年)

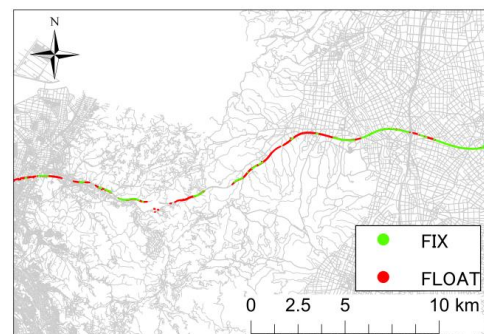


図10 高速走行実験結果 (2012年)

さらに、第2回実験ではアンテナを被験者に持たせて、基盤地図情報の道路縁を再現することを目的とした低速移動実験の結果を図11に示す。

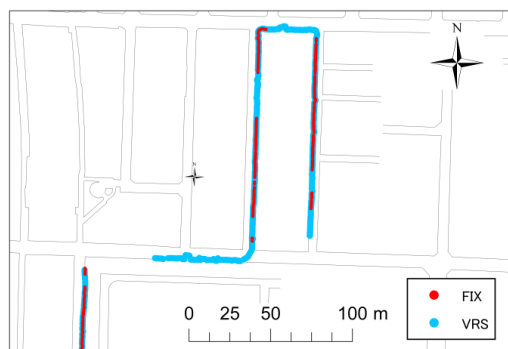


図11 低速移動実験結果 (2012年)

表1 高速実験時における測位解の取得状況

	測位解取得率 (FIX+FLOAT)	測位解取得率 FIXのみ
4月24日	64%	18%
4月25日	65%	16%

表2 往路と復路のデータ取得率

	LEX 測位解取得率 (FIX+FLOAT)	測位解取得率 FIXのみ
往路	69.9%	22.4%
復路	57.8%	11.2%

表1よりLEXによる測位解 (FIX+FLOAT) の取得率はVRS-GPSと比較して若干低下していた。また、FIXのみの場合は16%~18%であった。

表2に往路と復路の測位解の取得率を示す。往路出発時のQZSの仰角は52.1° 復路出発時のQZSの仰角は36.2°であった。

表2より復路は往路と比較した場合、測位解の取得率が低下している。QZSの仰角が高い往路の場合、FIX+FLOATの測位解の取得率は69.9%でありVRS-GPSとほぼ同等の測位を行うことができていた。

### (3) 研究成果から得られた結論

本報告は、平成22年9月に打ち上げられたQZSのLEX信号を用いて、平成23年度(平成24年3月、4月)および平成24年度(平成25年3月)に北陸地方で実施した実証実験の結果をまとめたものである。

LEX信号を用いた実験は現時点では限られた日時と時間帯で実施しなければならないため、本報告で紹介した結果から定量的かつ断定的な考察を行うことは困難ではあるが、

いくつかの明らかな所見が得られた。

①5分程度の定点観測によるLEX解とVRS解の観測結果の両者に大きな差はなく、センチメートル級の精度が確保できることが分かった。②高速道路を使用した高速移動体による実験および徒歩による低速移動実験でも観測環境に影響されてはいるが、受信できた結果からは精度的には問題ないことが分かった。③みちびき1機による観測であるため、衛星の仰角と受信状態に原因不明のばらつきがあったが、その原因を明らかにするには至らなかった。

LEX信号を用いたセンチメートル級測位は、測量をはじめとして情報化施工、農業における移動計測などを中心として様々な用途に広がっていくと考えられる。また、将来的には車の自動運転に対して当該技術の応用も可能であると考えられ、QZSSが4機体制になる2010年代後半までに更なる研究成果が求められる。

### 謝辞

実証実験を実施するにあたり、(財)衛星測位利用推進センター(SPAC)の松岡繁様、GNSS:測位衛星技術株式会社大園伸吾様、ならびに日本海コンサルタント、北誠也様、田中唯様には多大のご支援をいただいた。記して感謝の意を表します。

### 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3件)

- ①S. Shiraishi and M. Shikada, ON THE DEMONSTRATED EXPERIMENT USING LEX AND L1 SIGNAL FROM JAPANESE QUASI-ZENITH SATELLITE MICHIBIKI IN HOKURIKU DISTRICT, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Society (IGARSS2013), pp. 1190 - 1193, 2013. 査読有
- ②S. Shiraishi and M. Shikada, HIGH ACCURACY POSITIONING BY USING LEX SIGNAL FROM QUASI-ZENITH SATELLITE, ACRS2013, VOL SC, No. 10, pp. 12 - 19, 2013. 査読有
- ③鹿田正昭、白石宗一郎、北陸地区における準天頂衛星LEX信号の受信実験による精度検証、写真測量とリモートセンシング、VOL. 52, No. 3, pp. 121 - 126, 2014. 査読無
- ④鹿田正昭、徳永光晴、下川雄一 K. I. T. 空間情報プロジェクトと地上レーザー計測マニユアルワーキンググループの活動について、日本写真測量学会「写真測量とリモートセンシング」VOL 52, No. 6, pp. 289 - 291, 2013. 査読無

[学会発表] (計3件)

- ①白石宗一郎、鹿田正昭、北陸地方におけるLEX信号を用いた実証実験、平成25年

度測位航法学会全国大会, p. 1(Web)、4月19日、東京海洋大学、東京、2013.

- ②白石宗一郎、鹿田正昭、準天頂衛星のL E X信号を用いた測位特性の把握、日本写真測量学会平成25年度秋季学術講演会発表論文集 pp. 25-28、11月7日、福井県国際交流会館、福井市、2013.
- ③鹿田正昭、徳永光晴、下川雄一 K. I. T. 空間情報プロジェクトと地上レーザー計測マニュアルワーキンググループの活動について、日本写真測量学会平成25年度秋季学術講演会発表論文集 pp. 133-134、11月8日、福井県国際交流会館、福井市、2013.

〔図書〕(計1件)

- ①鹿田正昭、白石宗一郎、自動車オートパイロット開発最前線、理工系出版社エヌ・ティエー・エス、pp. 131-pp. 142

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

鹿田正昭 (SHIKADA, Masaaki)

金沢工業大学・環境・建築学部 教授

研究者番号：50121249