

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450195

研究課題名(和文) 持続的森林資源管理のための森林域でのGNSS技術の応用に関する研究

研究課題名(英文) Study on application of GNSS technology at forest areas for Sustainable Forest Management

研究代表者

長谷川 尚史 (HASEGAWA, Hisashi)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授

研究者番号：70263134

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：GNSS技術を活用し、森林内におけるGNSS信号の分断状況から林分情報を推定する技術を確立するとともに、森林資源情報の取得のために実用化を試みた。

京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林および和歌山研究林において、ヘリコプターLiDARデータとGNSS受信データを取得、解析した。

LiDARデータ取得が1ヶ月順延し落葉後となったため、想定した相関が見られなかった一方、SIPについては林分条件と高い相関が見られたほか、GPSだけでなくGLONASSやGalileo、Beidouなど様々なGNSSを組み合わせることによって、測位確率、測位精度、Fix解取得確率が向上することが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：We tried to develop a technology for estimation of stand information by analysis of GNSS signal segmentation.

LiDAR data and GNSS reception data were obtained at Ashiu Research Forest and Wakayama Research Forest, Field Science Education and Research Center, Kyoto University.

While we cannot find any significant relationship between them because of difference of data obtained period, we find that SIP has high correlation to stand information, and that success probability of GNSS positioning, positional accuracy, and probability of obtaining FIX solutions will increase by using not only GPS but also GLONASS, Galileo, and Beidou.

研究分野：森林利用学

キーワード：GNSS LiDAR UAV 林分情報

1. 研究開始当初の背景

近年、来るべき循環型社会における森林の管理および資源としての利用法についての議論が活発に行われるようになってきたが、森林を持続的に利用していくための具体的な管理法についての議論は、林業不況の影響もあり、ここ数十年、ほとんど進んでいない。森林 GIS や高解像度衛星、LiDAR、GPS をはじめとする GNSS 技術など、個々の最新技術は活用されてきているものの、あくまで従来の資源管理の手順の効率化をはかるために利用されるにすぎず、森林資源を循環的、持続的に利用していくための森林管理手法を構築するには至っていない。

提案者はこれまで、「精密林業」という概念を元に、GNSS 利用技術を中心に研究を行ってきた。これまでの研究により、個々の衛星からの GPS 信号の分断状況がコードディファレンシャル GPS 測位における測位精度と密接な関係があることを明らかにした (Hasegawa and Yoshimura, 2007)。このなかで、GPS 信号の分断指標として SIP (信号分断度: Signal Interruption Probability) を提案した。SIP 値は単位時間内に受信される GPS 信号が途切れる確率を表すものであり、上空が開けた場所であればほぼ 0、密な森林ほど 1 に近くなる。すなわち SIP 値の増加は GPS 信号が植生によって妨害を受ける量を表す指標と捉えることが可能であり、SIP 値と林況との間には何らかの相関関係があると予想される。平成 23 年度には文部科学省科学研究費補助金 (「樹冠下における GPS 信号の劣化を利用した森林モニタリング手法の開発」、基盤 C) を受け、より詳細な検討を行ってきた (Hasegawa et al, 2013 など)。

これら一連の研究成果によって、SIP が GPS だけでなく他の GNSS にも適用可能であることや、SIP 値の挙動と林分環境との関係、SIP 値の季節変動など、その特性が徐々に明らかになってきている。しかし LiDAR データとの比較解析の結果は関係性が不明瞭で、さらなる解析と複数の信号を含む GNSS への本格的な解析のための SIP 値の改良が必要となることが分かってきた。

2. 研究の目的

本研究は、米国の GPS 等の GNSS 技術を活用することによって、森林内における GNSS 信号の分断状況から林分蓄積や立木密度などの林分情報を推定する技術を確立するとともに、持続的森林管理のために実用化しようとするものである。GNSS 受信機を用いて森林の境界を測量しつつ、測量時の GNSS 信号を解析することにより、周辺の林分情報を収集するシステムについて、実際の森林管理業務のニーズに合致したシステムの開発を行う。具体的には、本格的な実用化に向けた解析と SIP の改良、移動時における信号分断指標の開発、および実用的なアプリ

ケーションの開発を目的とする。本研究の成果により、複雑な森林の各林分の状況に即した、環境的、経済的、社会的に持続可能なきめ細やかな森林管理が実現する。

3. 研究の方法

森林内における GPS 信号の分断状況が測位精度と強い相関を持つことを明らかにしたこれまでの研究成果 (Hasegawa and Yoshimura, 2003; Hasegawa and Yoshimura, 2007)、および SIP の特性に関する詳細な研究結果 (Hasegawa et al, 2013; Shirasawa et al, 2013; Bastos and Hasegawa, 2013; Bastos et al, 2013) を発展させ、より多様な森林での LIDAR および林内レーザースキャナを用いた解析を行うとともに、複数の GNSS 利用を想定した SIP の改良と、林内移動 (歩行および車での走行を含む) 時の信号分断度の指標化、さらにスマートフォンベースの実用アプリケーションの開発を目標にする。

(1) LiDAR データ整備済み森林における GNSS 受信試験

LIDAR データがすでに整備されている森林において、GNSS 測位精度の評価指標の検討を行うため、日本の山岳地域の人工林内において 2 種類の GNSS 受信機を用いた受信試験を行い、様々な受信時間における GPS および GLONASS の単独、および複合利用による信号分断確率 (SIP) を算出し、SIP の挙動と測位精度との関係を調べた。

(2) LiDAR データ未整備森林におけるレーザースキャナデータ取得と GNSS 受信試験

新たな森林での LiDAR データおよび林内レーザースキャナデータの取得を行い、GNSS 受信試験を行うことにより、(1) の結果が普遍性を有するかどうかを検討した。現在利用できる GNSS 衛星すべてを受信可能な受信機を用いて、京都大学和歌山研究林内 8 地点で 90 分の測位 (1Hz) を 4 回ずつ行い、GPS のみの場合、GLONASS を加えた場合、すべての衛星を使用した場合の 3 通りについて、受信衛星数および PDOP の推移と、観測時間を変化させた場合の静止測位時の測位精度について検討を行った。

4. 研究成果

(1) LiDAR データ整備済み森林における GNSS 受信試験

測位精度は GPS のコード解と複合利用のフロート解のみで有意差が見られたが、他の組み合わせでも大きな差が見られた。GLONASS は GPS よりも信号が分断されにくく、SIP は複合利用で最も安定した。SIP は林分の状況をよく反映しており、疎な林分に比べて密な林分で高い値となった (図 1)。疎な林分では複合利用よりも二周波 GPS で FIX 解が得られやすかったが、密な林分ではコード解およびフロート解の精度が高い複合利用が有利であると考えられた。測位精度

とSIPおよび各種要因との相関を調べたところ、SIPの相関が高く、特にGLONASS単独および複合利用における相関が最も高かった(図2)。測位精度は5分間の観測データから算出するSIP5で推定することが可能であると考えられた。

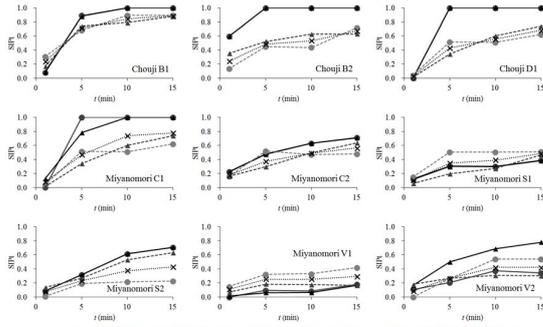


図1 林分条件ごとの測位時間とSIPの関係

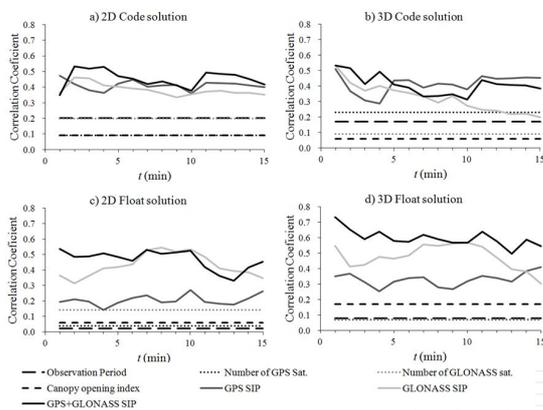


図2 SIP算出時間と測位精度の相関

(2) LiDARデータ未整備森林におけるレーザーキャナデータ取得とGNSS受信試験
土場(P1)では19~33個、谷筋林道(P6)で6~15個、斜面の密な人工林(P8)で4~19個の衛星が捕捉できた。谷筋や密な林分(P4, P6, P8)では、衛星が4つ以上捕捉できる確率はGPSだけでは59~66%だが、GLONASSを含めるとほぼ100%となった。また谷筋や密な林分で6つ以上の衛星が捕捉できる確率は、GPSのみで16~27%、

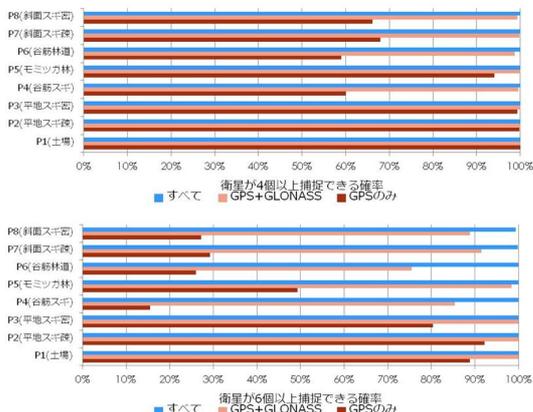


図3 測位に十分な衛星が捕捉できる確率

GLONASSを含めて75~89%、すべて含めるとほぼ100%であった(図3)。

これらの結果から、斜面や谷筋などGPSでは十分な衛星数が得られない場所において、ほぼ常に5個以上の衛星が捕捉でき、またFloat解の精度およびFix解の取得確率も大幅に向上していることが明らかとなった(図4)。谷筋でもGLONASSを受信できれば林内の多くの地点でコードによる測位が可能となるが、干渉測位を行うには、すべてのGNSSを用いるのが有利であると考えられた。

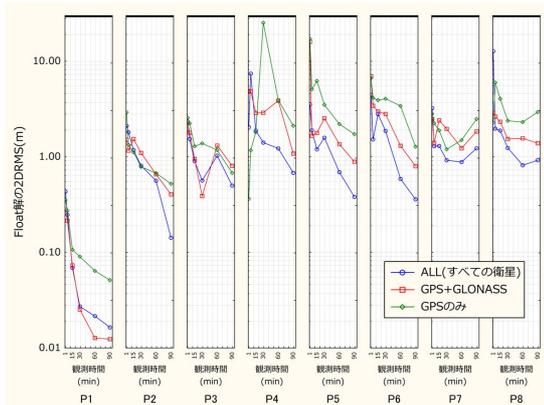


図4 各林分における測位時間と測位精度

<引用文献>

Bastos, A. S. and Hasegawa, H.: Behavior of GPS Signal Interruption Probability under Tree Canopies in Different Forest Conditions, European Journal of Remote Sensing, 46, 613-622, 2013

Hasegawa, H. and Yoshimura, T.: Application of dual-frequency receivers to static surveying under tree canopies. J.For.Res.8(2), 103-110, 2003

Hasegawa, H. and Yoshimura, T.: Estimation of GPS positional accuracy under different forest conditions using signal interruption probability. J.For.Res.12(1), 1-7, 2007

Hasegawa, H., Bastos, A. S., Shirasawa, H., and Yoshimura, T.: Behavior and usability of the Signal Interruption Probability (SIP) in GNSS surveying under tree canopies, Proceedings of the International Symposium on Tropical Forest Ecosystem Science and Management 2013, 2013

Shirasawa, H., Hasegawa, H., and Bastos, A. S.: A preliminary investigation of the relationship between GPS signal quality and forest canopy structure with airborne lidar data, Proceedings of the International Symposium on Tropical Forest Ecosystem Science and Management 2013, 2013

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

長谷川尚史、上遠野輝義、西川祐矢、山本晃士、森林におけるマルチGNSSの利用可能性、森林利用学会学術講演会要旨集、査読なし、2015

長谷川尚史、上遠野輝義、西川祐矢、山本晃士、樹冠下における各種のGNSS衛星の受信状況と測位精度、日本森林学会講演要旨集、査読なし、2015

〔学会発表〕(計2件)

長谷川尚史、上遠野輝義、西川祐矢、山本晃士、森林におけるマルチGNSSの利用可能性、森林利用学会(鹿児島大学)、2015

長谷川尚史、上遠野輝義、西川祐矢、山本晃士、樹冠下における各種のGNSS衛星の受信状況と測位精度、日本森林学会(日本大学)、2015

〔図書〕(計1件)

長谷川尚史、林業イノベーション - 林業と社会の豊かな関係を目指して、全国林業改良普及協会、2016、202

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

長谷川 尚史 (HASEGAWA, Hisashi)
京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授
研究者番号：70263134

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

BASTOS, Alex Souza
白澤 紘明 (SHIRASAWA, Hiroaki)