

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 10 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580206

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Development of the forest monitoring method using GPS signal degradation under tree canopies

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) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、森林内におけるGPS信号の分断状況を表す指標であるSIP値から、GPS測位精度および林分蓄積、立木密度などの林分情報を推定する技術を確立しようとするものである。様々な林分環境および時期においてGPS受信試験を実施し、10～15分で算出したSIP値が測位精度と最も相関が高くなること、全天写真から算出した開空度やDOP値と比べ、有意に相関が高かったことを明らかにした。またGPSおよびGLONASSの双方を同時に利用できる受信機を用いて受信試験を行い、SIP値が他のGNSSにも適用できること、これまで測位精度の推定が困難であったfloat解にも適用できることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Objective of this study is to establish a method for estimation of GPS positioning accuracy and stand information, such as stand volume or stand density, by using SIP (Signal Interruption Probability) value, which indicates status of GPS signal reception divided by forest canopies. It was clarified that SIP values calculated from 10 - 15 minutes have the highest correlation to GPS positional errors, and the correlation of SIP values to GPS positional errors is significantly higher than the canopy opening index calculated by a hemispherical photograph and DOP value through GPS observation tests in various forest stands and seasons. Furthermore, it was also clarified that SIP can be applied to not only GPS positioning but also combination use of GPS and GLONASS, and that SIP can be used for error management for float solutions which is considered to be difficult through GNSS observation tests using GPS and GLONASS receivers.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林圏科学・森林科学

キーワード：GPS GLONASS 信号分断度(SIP) LIDAR 林分情報

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化をはじめとする地球環境問題への関心の高まりから、来るべき循環型社会における森林の管理、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。特に資源としての国内の森林の価値は、外国産材の価格上昇と国産材の成熟に伴い、急激に上昇しつつあるが、材料およびエネルギー資源として森林を持続的に利用していくための具体的な次世代管理法についての議論は、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(レーザー光を利用した地表面および樹冠面のセンシング技術)、GNSS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、GPS利用技術を中心に研究を行ってきた。しかし実際には、精密林業の概念を元に森林管理そのものを変革するような研究はまだ少なく、ほとんどが個々の最新技術の森林への応用研究にとどまっている。この理由として、精密林業の基礎技術となる、森林の中での位置情報の管理が困難であることが挙げられる。森林内での位置情報の管理技術はいくつか提案されているが、GPSをはじめとするGNSSは最も有力な手法のひとつとして、森林内での利用技術の進展が期待されている。

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測位における精度と密接な関係があることを明らかにした。このなかで、GPS信号の分断指標としてSIP(Signal Interruption Probability)を提案し、さらに詳細な検討を行ってきた。SIP値は単位時間内に各GPS衛星からの受信機に届けられる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考えられる。そこで本研究では、森林内でのGPS測位の際に観測されるSIP値と林況情報との関係を明らかにすることにより、GPS測位時のSIP値によって測位精度を推定するだけでなく、林分蓄積や立木密度などの林分情報が推定できるのではないかと考えた。

本研究では、GPSで森林の境界を測量しつつ、測量時のGPS信号を解析することにより、その周辺の林分情報を収集するシステムの開発を行うことにより、林地の状態に即した、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の実現を目指す。

2. 研究の目的

GPSを装備して森林内を移動(歩行および車での走行を含む)することにより、各測位地点の林況を把握する技術確立することを目的とする。

本研究の根幹をなすGPS信号の分断指標(SIP)は、受信機とアンテナの組み合わせによって変化するため、GPS受信機の組み合わせ(ハンディGPS受信機、GISデータ取得用受信機、測量用受信機)についてそれぞれ代表的な機種について試験を行い、各GPS測位システムにおけるSIP値の特性について明らかにすることを第一の目標とする。

第二の目標は、SIP値と林分状況の相関を明らかにすることである。前述の通りSIP値は、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。測位地点において詳細な毎木調査と全天写真の撮影を行い、SIP値の上昇がどのような要因によってもたらされるかについて、明らかにする。

第三の目標は、林分の階層構造とSIP値との関係を明らかにすることである。すでにくつかの研究によって、GPSアンテナが高いほど、測位精度が向上することが明らかにされているが、これをSIP値の変化の観点から解析を行い、同一地点で高さを変えてSIP値を算出した場合のSIP値の変化と林分の階層構造との関係を明らかにする。

第四の目標は、LIDARデータおよび衛星データとの組み合わせによる解析である。本研究では、あくまでSIP値の解析による林況情報の推定は、LIDARデータおよび衛星データの補完情報として扱うべきであると考えている。これらのデータを組み合わせる解析を行い、精度の高い林況情報の推定モデルの構築を目指す。

3. 研究の方法

(1) 測量用受信機(Leica社SR530)を用いて京都大学フィールド科学教育研究センター上賀茂試験地において、GPS測位環境の異なる4地点(開放地、ヒノキ人工林、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林)において、4段階のアンテナ高(1.5m、5m、8m、11m)を設定し、2ヶ月ごとに一年間、コードディファレンシャル測位によるGPS受信試験を行った。GPS測位データを後処理後、測位精度と全天空写真から算出した開空度およびSIP値との関係を解析した。精度評価の指標としては平面誤差を用いた。

(2) 測量用受信機(Leica社SR530)を用いて京都大学フィールド科学教育研究センター上賀茂試験地の林相の異なる4地点(開放地、ヒノキ人工林、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林)においてGPS測位試験を行い、SIPを算出する時間を変化させて、平面誤差および3D誤差との相関を解析した。観測時間、開空度、PDOP、衛星数についても同様の解析を行い、比較した。

(3) 京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林上谷および下谷流域において、ヘリコプターによる高密度 LIDAR データを取得すると同時に GPS 受信試験を実施し、GPS 衛星からの信号受信状況と林分環境との関係进行分析した。研究課題開始後に同様の解析を行った論文が発表され (Liu et al., 2011), その再現を試みた。

(4) 京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林上谷および下谷流域において、GPS および GLONASS の双方を同時に利用できる受信機 (基地局: Leica 社製 GR10, 移動局: Ashtech 社製 ProMark100) による受信試験を行い、GPS と GLONASS 併用時における SIP 値の特性を検討した。測位地点は 70 年生スギ人工林 3 点, 40 年生スギ人工林 6 点とし、それぞれ 2 回繰り返した。解析データとして GPS は L1 コードのみ, L1 干渉測位, および L1+L2 干渉測位とし、GPS + GLONASS は L1 コードのみおよび L1 干渉測位のデータをそれぞれ解析した。また、SIP 値と測位誤差との相関について、観測時間、全天写真から算出した開空度、衛星数と合わせて解析を行い、比較した。

4. 研究成果

(1) 測位精度は障害物である樹冠によって強い影響を受けるため、アンテナポールが安定する範囲では、アンテナ高が高いほど測位精度も上昇したが、アンテナ高が一定高よりも高くなるとアンテナの揺動が大きくなり、測位精度が低下した。開空度は、特に落葉樹林において、林冠構造の季節変化を良く表していたが、SIP は開空度と異なり、測位精度と同様に季節による樹冠の状態変化の影響を大きく受けず、GPS 測位精度の変化とより良く合致していた (図 1)。これらの結果から、SIP は開空度よりも GPS 精度評価における有用性が高く、幹や枝を中心とした樹冠構造を反映していることが示唆された。また、SIP を算出する時間は 10~15 分とした場合に、SIP 値と測位精度が最も相関が高くなること、全天写真から算出した開空度や DOP 値と比べ、有意に相関が高かったことが明らかになった。

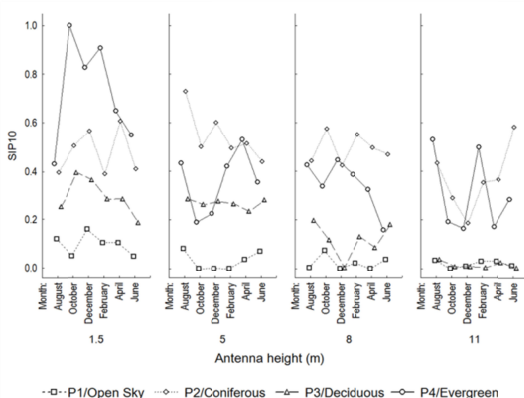


図 1 SIP10 の季節変化特性

(2) 既存の研究では、測位誤差は開空度や PDOP と相関が高いとされてきたが、SIP 値は衛星数や観測時間だけでなく、開空度および PDOP よりも平面誤差および 3D 誤差との相関が高かった。また SIP 値を算出する時間 (すなわち SIP_t における t 分) は 5~10 分で最も測位誤差との相関が高くなることが明らかになった (図 2)。

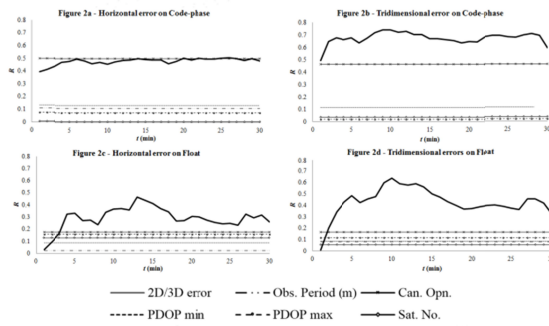


図 2 SIP を算出する時間と測位誤差との相関

(3) 各衛星からの信号の分断状況と、その方向に含まれる LIDAR データの点数との間には有意な相関が見られず、先行研究の再現ができなかった。LIDAR データの点密度やレーザー強度などを考慮した、より詳細な解析が必要であると考えられた。

(4) GPS + GLONASS で最も測位誤差が小さくなった。SIP 値は GPS および GLONASS 併用時にも測位精度と高い相関を有していた。また、SIP 値は観測時間、開空度、衛星数よりも測位精度と高い相関を有しており、特にこれまで測位精度の推定が困難であった float 解にも適用できることが明らかになった。

これらの成果から、SIP の有用性が明らかになってきており、今後、より詳細な解析と実用化に関する研究を実施していく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

- Bastos, A. S. and Hasegawa, H.: Evaluation of GPS signal reception under tree canopies using different antenna heights. Proceedings of International Ergonomic Workshop: Ergonomic Challenges in Future Forest and Forestry, 2012, P305
- Bastos, A. S., Hasegawa, H., and Yoshimura, T.: GPS Accuracy in Using Antenna Pole under Tree Canopies and Usability of Signal Interruption Probability (SIP) for Accuracy Estimation. J. Jpn. For. Eng.28(3), 2013, 1-6
- Bastos, A. S. and Hasegawa, H.:

Behavior of GPS Signal Interruption Probability under Tree Canopies in Different Forest Conditions. Euro. J. Remote Sensing46, 2013, 613-622

Hasegawa, H., Bastos, A. S., and 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

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

[学会発表](計3件)

Bastos, A. S. and Hasegawa, H.: Evaluation of GPS signal reception under tree canopies using different antenna heights. Proceedings of International Ergonomic Workshop: Ergonomic Challenges in Future Forest and Forestry, 2012, Nagoya, Japan

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. The International Symposium on Tropical Forest Ecosystem Science and Management, 2013, Bintul, Malasia

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, the International Symposium on Tropical Forest Ecosystem Science and Management 2013, Bintul, Malasia

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