

機関番号：15201
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20580155
 研究課題名(和文) 運輸多目的衛星を用いた森林境界測量：測位精度の向上と実務作業の効率化
 研究課題名(英文) Forest boundary surveying using MTSAT: improvement of accuracy and efficiency
 研究代表者
 吉村 哲彦 (YOSHIMURA TETSUHIKO)
 島根大学・生物資源科学部・教授
 研究者番号：40252499

研究成果の概要(和文): 樹木の樹冠が GPS 測位の精度に悪影響を与えることが知られている。そこで、本研究では樹冠の影響を避けるために伸縮式の GPS アンテナポールを導入して GPS 測位試験を行った。測位試験では 2 周波 GPS 受信機を使用し、アンテナ高を 2、5、8、11m に設定した。L1 コードの GPS 信号を解析した結果、GPS アンテナを高くすればするほど測位精度が向上した。MTSAT を用いた測位試験では、開空度の低い森林内では MTSAT を捕捉することはできなかった。開空度の高い森林内では MTSAT を捕捉できたが、捕捉率は 59.4% に止まった。

研究成果の概要(英文): It is well-known that forest canopy adversely affects GPS positional accuracy. We introduced an extendable GPS antenna pole to GPS measurements under forest canopy. We used dual-frequency GPS receivers for data collection while changing the GPS antenna height at 2, 5, 8 and 11m. The results for the L1 code solution clearly showed that the positional accuracy was enhanced by raising the GPS antenna to a higher position. We also conducted GPS measurements using the MTSAT, we could not receive GPS signals from the MTSAT in the closed canopy environment. In the open sky environment, we could receive GPS signals from the MTSAT, but the rate of reception was 59.4%.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009 年度	600,000	180,000	780,000
2010 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：GPS、森林、アンテナポール、運輸多目的衛星

1. 研究開始当初の背景

地籍調査が手付かずで境界線が確定していない民有林を GPS で図面化するモデル事業が国土交通省によって開始されている。地籍調査とは、一筆ごとの土地の所有者、地番、地目を調査し、境界の位置と面積を測量することにより、個人の財産を明らかにすることであり、土地に関する様々な施策の基礎とな

るものである。現在、法務局に備えられている地図の多くは、明治時代の地租改正によって作られたもので、境界や形状や面積などが実際の土地の状況に合わないものがある。このような境界の問題が森林管理においても顕在化している。森林所有者の高齢化や不在村地主の増加によって、森林の境界線管理がますます困難な状況になっているが、このま

ま森林所有者の高齢化や不在村地主化が進めば、森林の所有界を確定する作業は今後いっそう困難になると考えられる。そこで、森林境界測量における GPS の役割に期待が高まっている。この問題を解決するためには、森林内で運輸多目的衛星 (MTSAT) の利用を可能にするアンテナポールが有効ではないかと考えた。

2. 研究の目的

日本の山地は傾斜が急なところが多く、尾根部を除けば GPS 衛星を捕捉するのは困難で、谷底付近では GPS の測位環境は特に厳しくなっている。これは地形の影響によるものだが、樹木の存在が GPS の利用をさらに困難なものにしている。森林内で GPS の測位精度が劣化する要因は概ね以下のようなものである。

- (1) 斜面や樹幹にブロックされて GPS 信号が受信できない
- (2) 樹幹、林道法面によってマルチパスが発生する
- (3) 樹冠の影響により GPS 信号が劣化している

日本の山地すなわち森林において GPS の測位精度を高めようとするれば、斜面と樹木の影響を除去する必要がある。これまで、PDOP マスク、SNR マスク、仰角マスクを変えてみるなどの試みが行われてきたが、GPS の測位精度に改善にはつながらなかった。スチャラ (2001) は、斜面や樹木の影響を回避する現実的な方法は GPS のアンテナ高を高くすることであると考え、GPS のアンテナ高を 1.0m と 4.2m の 2 種類に固定して測位精度の比較実験を行った。その結果、平均樹高が 17.0m の人工林の下ですらアンテナ高を 1.0m から 4.2m に上げるだけで測位精度が上がるのがわかった。そこで、本研究は GPS のアンテナ高を高くするアンテナポールを試作して、その効果について実験を行った。さらに、MTSAT による測位精度の向上についても検証を行った。MTSAT とは 2007 年 9 月 27 日に運用を開始した MSAS (MTSAT Satellite-Based Augmentation System、MTSAT 用衛星航法補強システム) を構成する衛星である。日本では、MSAS を構成する MTSAT-1R あるいは MTSAT-2 という衛星の信号を受信することによって、測位誤差が小さくなるとされているが、これが森林内でどこまで利用できて、どれほど測位誤差が改善するかについて詳細な報告はない。MTSAT は静止衛星であるため、赤道上空の高度約 36,000km の円軌道を地球の自転と同じ周期で回っている。そのため、MTSAT の信号を受信する際の問題としては、MTSAT の仰角がそれほど高くないというこ

とがある。それでも、日本国内では東北・北海道を除けば MTSAT の仰角が 45~50 度となり、山間地の谷部でも斜面の影響はほぼ排除することができる。山の斜面の影響が排除できれば残る障害物はほぼ 90 度に立つ樹木だけであるが、長い棒 (アンテナポール) を使って GPS アンテナを樹冠上に置けば MTSAT の信号は確実に受信できることになるだろう。

そこで、本研究では GPS アンテナポールおよび MTSAT を用いた測位精度の改善についてフィールド調査を行った。

3. 研究の方法

本研究で試作した GPS アンテナポールはカーボン製であり、その重量は 4.2kg であった (図-1)。GPS アンテナポールの長さは 1~15m の間で調節が可能になっている。これによって足場の悪い森林内でも可搬性に優れているが、強い風が吹くと揺れるなどの影響が出るという弱点もある。GPS アンテナポールの実験に用いたのは、L1/L2 の 2 周波 GPS 受信機 SR530 (Leica) 製である。測位試験は京都大学フィールド教育センター上賀茂試験地で行った。観測地点はヒノキの天然林内にあり、広葉樹も混交している。測位試験では GPS のアンテナ高を 2、5、8、11m に設定した。図-2 は GPS アンテナ高と樹冠の位置関係を示した図である。この図のように、GPS アンテナを高くすれば周囲の樹冠の影響を避けることができる。GPS の測位は 1 日に 4 つのアンテナ高で 1 時間ずつ測位を行った。そしてこのような測位を 4 日間繰り返した。この測位と同時に京都大学の吉田キャンパス内に CORS (Continuous Operating Reference Station) を設置して GPS 測位を行い、このデータを用いて後処理補正を行った。



図-1 GPS アンテナポール

さらに、島根県松江市にある楽山公園の落葉広葉樹林に 2ヶ所の GPS 観測点を設置して、MTSAT の測位精度に及ぼす効果について検証を行った。この試験は、高感度 GPS チップを

搭載した2台のPathfinder SB (Trimble) を同時に用いて行った。1台はMTSATを受信する設定、もう1台はMTSATを受信しない設定にした。これらの受信機を並べて、2時間の測位試験を樹木密度の高い場所で行い、翌日樹木密度の低い場所で同じ試験を同じ時間に行った。

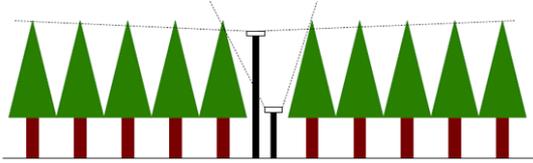


図-2 GPS アンテナ高と樹冠の位置関係

4. 研究成果

L1 コードの GPS 信号を解析した結果、GPS アンテナを高くすればするほど測位精度が向上した (図-3)。L1 フロート解 (図-4) と L2 フロート解 (図-6) に関しては、測位時間が1分、5分、10分の時、アンテナ高を上げることにより測位精度は改善がみられた。一方、測位時間が15分、30分、60分のとき、測位精度は必ずしも改善されなかった。L1 フィックス (図-5) および L2 フィックス (図-7) の測位精度はGPSアンテナを高くしても改善しなかった。L1 の場合、アンテナ高が2mと観測時間が1分ではフィックス解は全く得られなかった。L2 の場合はアンテナ高が2mと5mのとき、一部フィックス解は得られなかった。

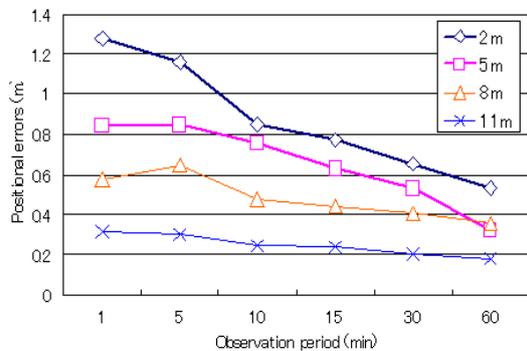


図-3 L1 コードの測位時間に応じた精度

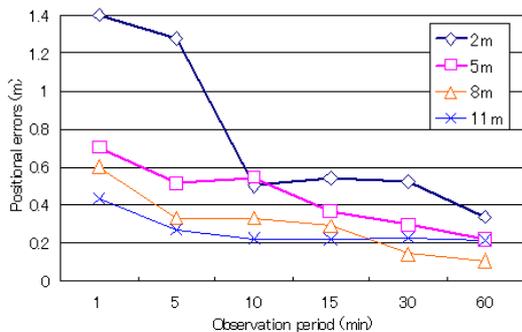


図-4 L1 フロートの測位時間に応じた精度

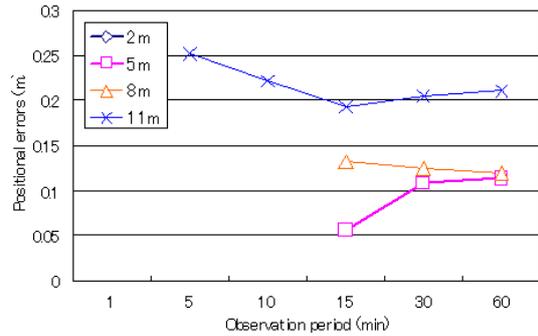


図-5 L1 フィックスの測位時間に応じた精度

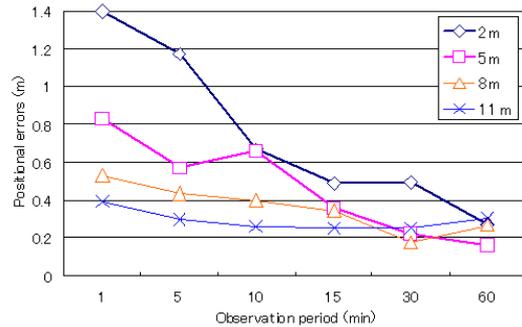


図-6 L2 フロートの測位時間に応じた精度

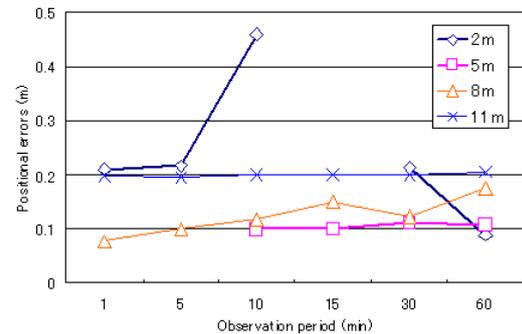


図-7 L2 フィックスの測位時間に応じた精度

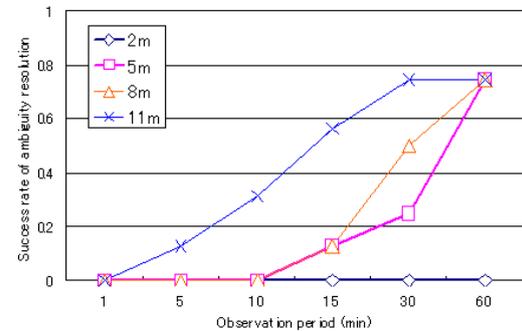


図-8 L1 の測位時間に応じたアンビギュエティ解決率

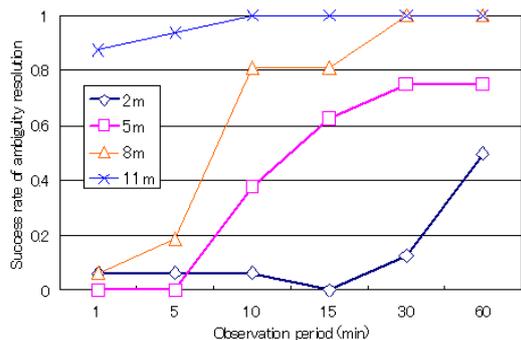


図-9 L2 の測位時間に応じたアンビギュイティ解決率

一方、L1 フィックス (図-8) および L2 フィックス (図-9) のアンビギュイティ解決率はアンテナ高を上げることによって向上した。このことから、アンビギュイティ解決率にはアンテナ高が大きく影響していることが示された。

MTSAT の利用が測位精度に及ぼす影響を明らかにするために常緑広葉樹を主体とした森林で高感度 GPS を用いた測位試験 (図-10) を行った。



図-10 2 台の GPS 受信機を並べて行った MSAS の測位試験

その結果、樹木密度が高く開空度の低い森林内では MTSAT を捕捉することはできなかった。樹木密度が低く開空度の高い森林内では MTSAT を捕捉することができたが、それでも捕捉率は 59.4% しかなく、樹木のある環境では MTSAT の利用が困難であることが示された。GPS 測位の精度は開空度の高い森林内において、単独測位では 4.4m (精密度)、3.5m (正確度) であったが、MTSAT を捕捉した 3.6m (精密度)、3.0m (正確度) と改善がみられた。しかし、改善の度合いは 1m 以内であり、MTSAT の効果は限定的であることがわかった。通常のディファレンシャル補正を行うことで、GPS 測位の精度は 2.6m (精密度)、1.6m (正確度) と改善がみられた。魚眼レンズを用いて林冠の開空度を測定して分析を行った結果、開空度と

GPS の測位精度の間には単独測位、MTSAT、ディファレンシャル補正のいずれの場合でも、開空度が大きく影響することが示された。GPS 用のアンテナポールを使うことによって開空度が大きくなることから、MTSAT の利用率が向上し測位精度の向上にもつながることがわかった。

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 2 件)

① Tetsuhiko Yoshimura, Mitsuhiro Nose, Hisashi Hasegawa, Selcuk Gumus, Evaluating the GPS accuracy for different GPS antenna heights under forest canopy, The 1st International Symposium on Turkish & Japanese Environment and Forestry, 1, 79-88, 2010, 無

② Tetsuhiko Yoshimura, Hisashi Hasegawa, Tetsuro Sakai, Accuracy variation of dual-frequency GPS surveying under forest canopy by using an extendable GPS antenna pole, The 29th Asian Conference on Remote Sensing, CD-ROM, 2008, 無

[学会発表] (計 4 件)

① Tetsuhiko Yoshimura, Mitsuhiro Nose, Hisashi Hasegawa, Selcuk Gumus, Evaluating the GPS accuracy for different GPS antenna heights under forest canopy, The 1st International Symposium on Turkish & Japanese Environment and Forestry, 2010年11月4日, Trabzon, Turkey

② Tetsuhiko Yoshimura, Mitsuhiro Nose, Hisashi Hasegawa, Tetsuro Sakai, Relationships between GPS positional errors and stand conditions, 32nd Annual Meeting of the Council on Forest Engineering, 2009年6月18日, Kings Beach, USA

③ Tetsuhiko Yoshimura, Hisashi Hasegawa, Tetsuro Sakai, Accuracy variation of dual-frequency GPS surveying under forest canopy by using an extendable GPS antenna pole, The 29th Asian Conference on Remote Sensing, 2008年11月11日, Colombo, Sri Lanka

④ Tetsuhiko Yoshimura, Hisashi Hasegawa, Tetsuro Sakai, Accuracy variation of GPS

measurements by using an extendable GPS antenna pole under forest canopy, 31st Annual Meeting Council on Forest Engineering: Addressing Forest Engineering Challenges for the Future, 2008年6月23日, Charleston, USA

〔図書〕(計2件)

①吉村哲彦・竹島喜芳(他11名), 全国林業改良普及協会誌, 林業GPS徹底活用術, 2011, 60-64, 122-138

②竹島喜芳・吉村哲彦(他12名), 全国林業改良普及協会, 林業GPS徹底活用術, 2009, 110-116, 144-153

〔その他〕(計3件)

①WEB サイト (GPS の森@島根大学) :
<http://forest101.life.shimane-u.ac.jp/>

②講演会: 吉村哲彦, 林業GPS活用法, 第4回斐伊川流域管内森林組合若手職員勉強会, 島根県松江市, 2011

③講演会: 吉村哲彦, 林業におけるGPS活用法, 林業GPSの選び方・使い方研修会, 島根県益田市, 2011

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉村 哲彦 (YOSHIMURA TETSUHIKO)
島根大学・生物資源科学部・教授
研究者番号: 40252499