



Title	森林調査におけるDGPSとLPSの利用可能性
Author(s)	立木, 靖之; TACHIKI, Yasuyuki; 尾張, 敏章 他
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 57(2), 95-104
Issue Date	2000-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21464
Type	departmental bulletin paper
File Information	57(2)_P95-104.pdf



森林調査における DGPS と LPS の利用可能性

立木 靖之¹ 尾張 敏章¹

Applicability of DGPS and LPS to Forest Survey

by

Yasuyuki TACHIKI¹ and Toshiaki OWARI¹

要 旨

森林調査における GPS (Global Positioning System, 全地球測位システム) および, LPS (Laser Positioning System) の利用可能性について林内実験の結果をもとに検討した。本研究では, 1999年4月より海上保安庁が放送を開始した GPS の誤差を補正するビーコンを受信しつつ単独測位を行い (リアルタイム DGPS), その精度について検討を行った。また, レーザー測距儀を GPS 受信機に組み合わせた LPS によりアンテナから離れた地点の測位を行った。その結果, リアルタイム DGPS による単独測位では誤差 2 m 程度の精度が得られた。また, LPS で毎木調査を行ったところ 15 m 範囲では距離にかかわらず良好な測位結果が得られた。これより, 林内において GPS は補正ビーコンを受信し補正を行うことによって, リアルタイムに実用上十分な精度のデータを得ることができ, また LPS は GPS 単体では樹冠や地形の関係上, 衛星の受信が不可能な場合に GPS の使用の範囲を拡大するツールとしての可能性を見出すことができた。

キーワード: DGPS, LPS, 森林調査, ディファレンシャルビーコン, 測位精度

2000年2月29日受理。Received February 29, 2000.

1: 北海道大学大学院農学研究科環境資源学専攻森林管理保全学講座, 札幌市北区北9西9, 060-8589

Laboratory of Forest Management and Conservation, Division of Environmental Resources, Hokkaido University, Kita 9 Nishi 9, Kita-ku, Sapporo 060-8589

I. はじめに

多様な地形条件のもとに成立する森林を調査管理する上で、林内での現在地やプロットなどの正確な場所を把握することは、森林内の定点を長期間に渡って調査・観測しつづけるといったことを想定しても重要である。

上述のような林内での位置把握は、これまで尾根や沢など地形的特徴から推測するか、三角点を基準に測量することにより行われてきた。しかしこれらは熟練を要する作業であり、さらに前者の方法では主観が入る可能性があり、信頼性に欠ける。近年では森林調査において光学測距儀等を用いるようになり、林内での位置測定は向上しているが、その森林調査の対象地が全林地でどこに位置しているかということはコンパスと地図、あるいは航空写真などを使って求められているのが現状である。このように従来はいわばあやふやな位置データをもとに森林管理が行われてきている。

それゆえ、GPS (Global Positioning System) の技術は注目される。アメリカ合衆国によって1993年に実用が開始されたGPSは、衛星情報を受信することにより全地球上で24時間現在位置を把握できるシステムである。林内においても、衛星受信状況が良好であり、誤差を補正することができれば十分に実用できる精度が得られると報告されている¹⁾。しかし、森林の大半が山地に位置するわが国では、谷や北斜面などの地形的条件によってGPS使用の範囲が制限されることや、受信機の大きさや重量あるいは価格などが主な要因で実用化にいたっていないのが現状である。

ところが、受信機自体の性能や重量などは近年の技術進歩がめざましく、林内での使用に十分な性能を持つ機種も登場している。また、地理情報システム(以下、GISと表記)のデータ収集ツールとしてもその有用性が報告されている²⁾。さらに、1999年4月よりGPSのもつ特有の誤差を補正するビーコンが、海上保安庁より全国放送され始めたことにより、以前よりも手軽に正確な測位を行うことが可能になった。また、GPS受信機に接続することによって離れた位置を測位できるLPSは、GPS受信機単体では衛星電波を受信できない地点を測位でき、林内でのGPSの利用可能性を拡大するものと期待される。そこで本研究では、今後の森林調査における

GPSとLPSの利用の可能性について、林内での実用試験の結果をもとに考察する。

II. GPSとLPS

1. GPSの概要

(1) GNSSとGPS

GPSは、アメリカ合衆国の国防総省 (Department of Defense, DOD) が開発した3次元測位システムの名称であり、GNSS (Global Navigation Satellites System) と総称されるもののひとつである。GPSは衛星軌道半径約26,000 kmに打ち上げられたNAVSTAR衛星(1999年11月24日現在で27基)により運用されており、陸海空のあらゆる航法のみならず、地震予測や火山活動などによる地殻変動を監視するシステムに応用されている³⁾。GNSSにはこのほか、ロシアのGLONASSがあり、また現在Galileoとよばれる民間主体のGNSSの新規構築計画がEU(欧州連合)とESA(欧州宇宙機関)の主導のもとに進められている(Galileo計画は2008年運用予定)²⁾。

(2) GPSの測位原理と誤差要因

GPSでは衛星からの距離をもとに緯度、経度、高度(x, y, z)を算出する。衛星からの距離は、衛星の信号がアンテナに到達するまでの時間に電波(光)の速度をかけることによって得られる。各衛星は非常に安定性の高い原子時計を搭載しているものの、受信機側の時計は衛星の数十万から数百万倍も安定性が低いため、時間の誤差補正が必要になる。このため、正確な測位を行うには、ユーザーの3次元座標と時間の誤差情報の合計4変数を得なければならない。衛星からの電波を受信し得られる4変数方程式は1基の衛星につき1つであるから、3次元測位を行うために必要な受信衛星数は最低4基になる。

衛星との距離が正確に把握できれば正確な測位ができるが、GPSの電波は宇宙空間から大気中を飛行してくるため、電離層や成層圏など地球をとりまく大気圏を通過する際に減速し、衛星との距離が過大に見積もられることで誤差が生じる。また、衛星自体にも太陽や月の引力などさまざまな力が加わり、衛星が不規則な動きをすることに起因する誤差も無視できない場合がある。

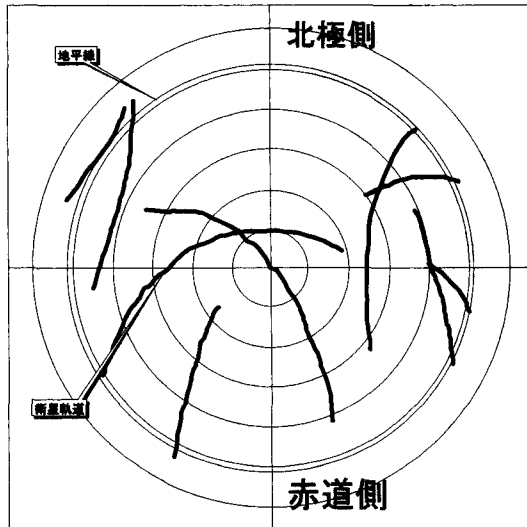
さらに、受信機に対する衛星の配置もまた測位

精度を劣化させる要因となる。この場合アンテナを頂点とし、各衛星を底辺とするピラミッドが大きければ大きいほど測位精度があがる。この精度の度合いは DOP (Dilution of Precision, 精度劣化度) という指数で示され、値が大きければ大きいほど精度が劣化する。DOP には PDOP (Position DOP, 位置精度劣化度), HDOP (Horizontal DOP, 水平誤差の指数) と VDOP (Vertical DOP, 垂直方向の誤差の指数) の 3 種類がある。PDOP, HDOP, VDOP はそれぞれ

$$PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2$$

という関係が成り立つ。これまでの文献では PDOP の値が衛星受信精度の指標として多く用いられている。^{1,6,7)} DOP の値は GPS による測位をする場合重要となるが、この値は事前に衛星配置予想表からある程度予測することができる。

この衛星配置予想の例として、2000 年 2 月 21 日午後 11 時から 4 時間分の札幌上空の GPS 衛星飛来状況 (スカイプロット) を図-1 に示す。スカイプロットは、上が極側 (北の空)、下が赤道側 (南の空) を表している。図から分かるように、わが国



Lat:43.00 Long:141.33 Mask:13.0
Date:02-21-2000 Staring:23:00(GMT) Duration:4hours

図-1 スカイプロットの例 2000 年 2 月 21 日
(Trimble 社のホームページより転載)

の位置する緯度の関係上、衛星軌道が赤道側 (南側) に集中するという特徴がある。これは平野部や海上での測位には問題はないが、林内での測位においては、北向き斜面での衛星受信が困難であることを意味している。あらかじめ地形を把握し、受信が困難と判断される箇所では、受信可能衛星が多い時間を予測して測位するなどにより、ある程度この問題を解決することができる。しかし現在のところ、わが国の森林の立地条件から、100%の解決には至っていない。

受信機 1 基で測位する単独測位の場合、最大の誤差要因は SA (Selective Availability, 選択利用性) である。SA は、GPS が元来軍事的であり、DOD が国防上の配慮から故意に一般利用者向けの情報を劣化させるために設けられている。DOD によると、SA による誤差は水平方向で 100 m、垂直方向で 156 m とされている⁸⁾。

さらに、森林内での使用に際し誤差を生じる他の要因として、マルチパス (受信機雑音) があげられる。マルチパスとは衛星の電波が受信機周辺の地形などに乱反射することである。この乱反射した電波を受信すると誤差を生じる。林内ではその立地条件から、起伏に富んだ地形や、樹冠によるマルチパスが生じることによって、誤差が発生すると予想される。現在、このマルチパスによる誤差を抑制する受信機が開発されている⁹⁾。

(3) GPS の測位原理と誤差要因

測地系とは測量の基準となる座標系である。わが国の現行の三角点の緯度経度は、明治時代に行われた天文観測の結果をもとに作られた日本経緯度原点より構築された三角網を基準としている。国土地理院発行の地形図はもとより、わが国のほとんどの地図がこの測地系を基準にしているが、原点が天文観測ゆえに現行の世界測地系 (以下 ITRF94 と表記) に対して誤差が生じている。誤差の大きさは北海道や九州では 5~10 m に及ぶ。国土地理院は、西暦 2000 年までの完了を目指して新しい測地系を構築しており、測地成果 2000 と呼んでいる。測地成果 2000 はその基準を ITRF94 にしており、この測地系が導入されると世界測地系の緯度経度がそのまま使用できるようになる⁴⁾。

一方、GPS は WGS-84 (World Geodetic System 1984) と呼ばれる測地系を使用している。WGS-84 は世界測地系の ITRF94 と 20 cm 程度の誤差で

あるので、測地成果 2000 の導入とともに GPS から得られる座標もそのまま使用が可能になる。現在 GPS の測位データは三角点から多少のずれを生じるが、これは誤差ではなく測地系の違いによるものであり、測地成果 2000 が導入されると解消される問題である。

(4) 誤差の補正とディファレンシャル GPS

GPS データの誤差補正によく用いられる方法として、ディファレンシャル GPS (DGPS) があげられる。この方法は、座標が既知である点に固定局を設けてアンテナを設置し、移動局と同時に位置測定をし、その固定局の誤差をもって移動局の誤差を補正する。DGPS を用いると、前節で述べた誤差要因のうち、マルチパス以外の誤差をほぼ取り除くことができる。その誤差は林内での使用時でも DOP の値が小さいものを選択して取得すると、2 m 程度になると報告されている¹⁾。誤差補正の方法には、移動局で得たデータを固定局のデータを用いて後処理する方法と、何らかの通信手段 (FM 中波ビーコンな

ど) を用いてリアルタイムで行うものの 2 種類がある。

これまでに報告されている林内における DGPS のテスト事例は、ほとんどが前者の方法 (後処理によるもの) である¹⁰⁾。この方法ではユーザーが独自に固定局を設置しなければならず、コスト面や機動性で問題があり、しかも正確な位置は後処理をして初めて分かるという欠点があった。

後者の方法は、1999 年 4 月より海上保安庁がこのディファレンシャル補正情報 (中波ビーコン) 全国放送を開始したことにより、より容易に DGPS を行えるものとして期待されている。この補正ビーコン放送局の全国配置図を図-2 に示す。補正ビーコンはほぼ全国をカバーし、北海道においても 5 箇所の放送局 (松前、積丹、宗谷岬、網走、釧路崎) をもってほぼ全域で受信可能である。ユーザーは、GPS 受信機で衛星からの電波と同時に補正ビーコンを受信することで誤差を補正し、リアルタイムに DGPS を行うことが可能になった。

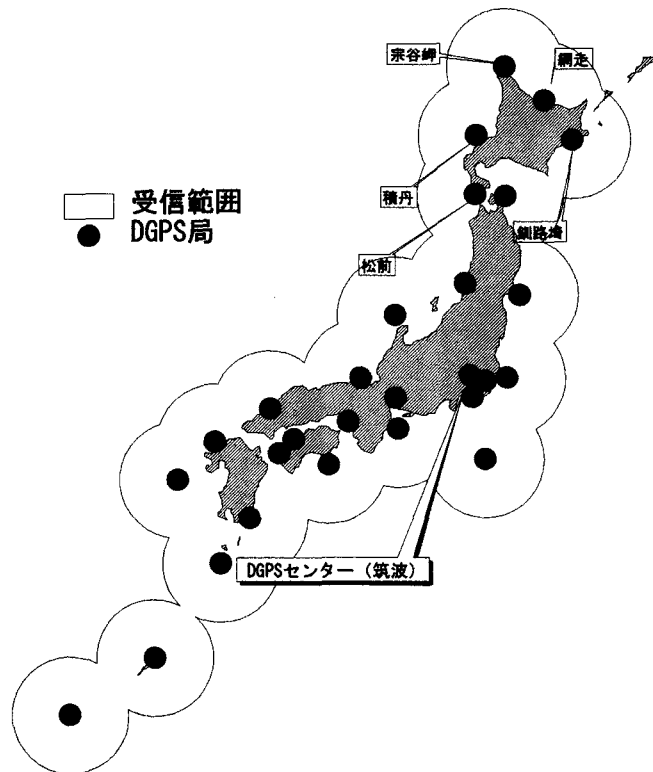


図-2 補正ビーコンの全国配置図

(海上保安庁ホームページより転載)

2. GPS と LPS の機能と特徴

(1) ウェイポイントとナビゲーション

GPS の重要な機能の1つとして、ある特定の地点(ウェイポイント)を記録することができる。ウェイポイントの保存によれば、従来の三角点のようにコンクリート杭などの目印を置かずとも、その位置が座標として半永久的に記録され、再びそのウェイポイントへユーザーを誘導することもでき(ナビゲーション機能)、林内の特定の地点を長期間にわたって観測する場合などにその利用が可能である。

(2) GPS による GIS データ収集

GIS は、複数のデータを総合的に解析するツールとして近年様々な分野で注目されている。森林科学においても応用されているが、実用化に際してデータの取得が大きな鍵となっている。GPS は、地理的な場所を測位するのみならず、GIS のデータ収集ツールとしても有用性を見出すことができる。フィールドにおいて取得した GPS データは、その後コンピュータ上で容易に GIS データに変換することが可能である。GPS による GIS データの取得は、希少な植物群落のゾーニング、野生動物の行動圏の把握、林道などのマッピング、広範囲での毎木調査など応用性が広い。

(3) LPS-GPS とレーザー測距儀の組み合わせ

離れた地点から測位するシステム、LPS(Laser Positioning System, レーザー測位システム)が開発されている。LPS はアンテナから離れた位置を測位するオフセットマッピングを効率よく行うシステムである。システムは GPS 受信機のデータロガーに、エレクトリックコンパスモジュールを装着したレーザー測距儀を接続する。測位するにはレーザーを目標に当て、測定ボタンを押すだけで距離と方位が計算され、即座にアンテナの位置が目標地点にオフセットされる。LPS は樹冠などの要因で衛星を受信することが不可能な地点や、地形的にアンテナを立てることが不可能な地点を測位でき、林内での GPS 使用の可能性をさらに拡大するものとして注目される。

III. 使用機器と実験方法

1. 使用機器

今回の実験では、GPS 受信機としてトリンプル社の Pathfinder Pro XR を使用した。同受信機は、

海上保安庁の誤差補正ビーコンを受信することによりリアルタイムで DGPS を行うことができる。受信機自体の大きさは小型のバック程度である。LPS に関しては上記の GPS 受信機に加えレーザー測距儀としてレーザーテクノロジー社の Impulse 200LR を、さらにエレクトリックコンパスモジュールとして同社の Map Star CM を使用した。このレーザー測距儀は、カタログ性能では単体で樹木を対象とした場合、最大測定距離 300 m であり、白い対象物に対しては 50 m で 2 cm の誤差といわれている。コンパスを装着した状態で大きさは家庭用ビデオカメラ程度であり、重量は約 1.5 kg と GPS 受信機とともに携帯性に優れ、十分林内での使用が可能である。

2. DGPS の精度

使用した GPS 受信機はポイント(点)データの測位をするとき、複数の点を測位しその平均から1点を決定する機能がある。こうして求めた測位点を、以後「ポイント」とし、平均を求めない普通の点を「測位点」として区別する。GPS を使用してポリゴン(面)やライン(線)のデータを取得するときは、ポイントのデータを取得する場合と異なり、測位点を利用している。そこで、DGPS を行っているときに、平均を求めない測位点がどれほどの精度を持っているか実際に林内で試した。

実験は、北海道大学構内の原生林および演習林実験苗畑の2地点で行った。原生林は落葉広葉樹が優占しており、冬季の実験であったため樹冠の疎開度が高かった。一方苗畑は周囲に常緑広葉樹が多数見られ、原生林に比べ上空をささげる樹冠がみられた。取得したデータはポイントではなく、単純に測位点のばらつきを記録した。樹幹に沿った位置でアンテナを固定し、3秒に1回合計150点(7分30秒間)測位を行った。さらに、得られた測位点がどの範囲に多く分布するかを求めため、取得したデータの範囲を0.5mメッシュに区切り、それぞれの区画の周囲1区画に入る測位点数を数え重み付けを行い、この値をもって測位点の多くがどの範囲にはいるかを求めた。

3. LPS の利用可能性

LPS の林内における信頼性について検討するため、本実験では実際の利用状況を想定した場合の誤差を測定した。実験は同大学苗畑内のエゾマツ人

立木において、合計57本の立木位置をそれぞれ3ポイントずつ測位した。DGPSの精度を考察する(1)では、150回の測位点を記録したが、今回は1ポイントにつき90回の測位を行い、その平均を抽出して1ポイントとしている。さらにそのポイントのばらつきを誤差面積として計算し、アンテナから三角形の最も近い頂点との距離と誤差面積に相関関係があるかを考察した。また同様に範囲の重心とも相関関係があるかを確認した。

以上の実験ではディファレンシャル補正の方法として、海上保安庁の誤差補正ビーコンを受信し、リアルタイムに誤差補正する方法を取った。また、実験中の衛星受信状況を判断するためにPDOPの値を全て記録した。GPSの衛星受信状況は地形や周囲の林相などといった条件に左右されることはすでに述べた。今回得たデータを、今後の研究で地理的条件に照らし合わせて考察して行くことを考え、実験によって得られたデータはマッピングソフト、Pathfinder OfficeによりGISデータに変換した。このデータをGISソフト(ESRI社ArcView3.1)により平面(2次元)で分析した。

IV. 結果と考察

1. DGPSの精度について

今回実験を行ったのは冬期であり、同一のGPS受信機を使用して夏期に調査を行ったときと比べ受信衛星数もかなり多い傾向にあった。これは、落葉により樹冠の疎開面積が夏期に比べ大きくなったことに起因すると考えられる。幹の真下にアンテナを固定したにもかかわらず、PDOPの値は原生林では平均 3.8 ± 0.2 、苗畑では 3.1 ± 0.4 (ともに95%信頼区間)と低い値になった。PDOPはこれまでの報告で5以下であれば信頼に足る精度があると報告されている^{1,6,7)}ので、今回の実験での受信状況は良好であったといえる。

原生林と苗畑でアンテナを固定して同地点を合計150回測位した結果を、それぞれ図-3と図-4に示す。原生林では、アンテナを動かさずに測位したにもかかわらず、その測位点が東西に広く分布していることが見て取れる。その範囲は南北方向に約4.5m、東西方向に約7.5mであった。それに対し、苗畑での測位点の多くは北西から南東にかけて分布している。GISによる計測では北西方向に5.9m、北

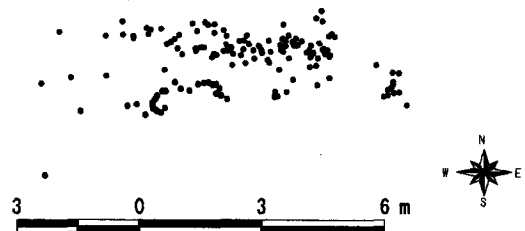


図-3 原生林での測位結果

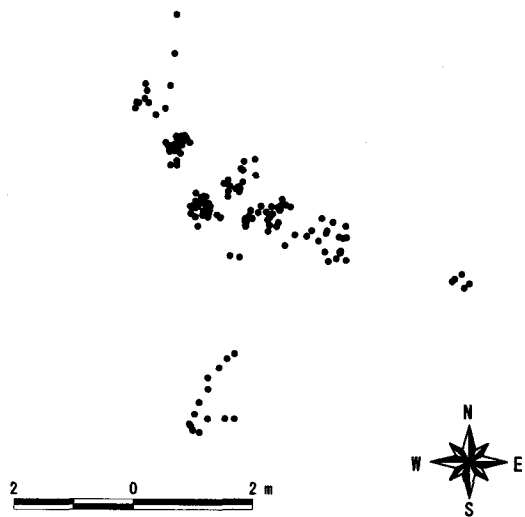


図-4 苗畑での測位結果

東方向に2.5mであった。

図-5, 6は、測位点が確率的に多く存在する範囲の分布を、重み付けを行った点から推定したものである。原生林では図-5から、この点が集中する範囲が2箇所存在することが分かる。図の右上の範囲をA、左下をBとして区別する。BはAよりも測位点数が少ないので、GIS上でAの範囲内でBの最大点数(22点)よりも多い点のみを、より確率の高い範囲として抜き出し、その範囲を計測すると南北0.57m、東西1.51mであった。DGPSの誤差は一般的に $1 \sim 2 \text{ m}^{1.5)}$ といわれているが今回の実験では、ややばらつきがあるものの、ほぼDGPSの誤差範囲におさまった。苗畑も同様の処理を行い、測位点の集中する範囲を計測すると北西方向に2.86m、北東方向に0.96mとなった(図-6)。

原生林と苗畑ではPDOPに大きな差はなかったが、測位精度はやや原生林のほうが上回った。この原因は実験を行ったときの衛星配置と、周辺植生

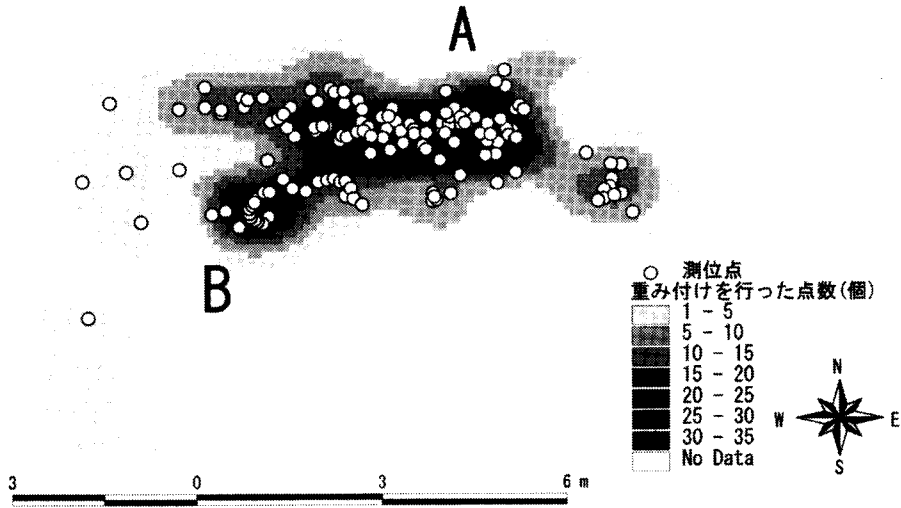


図-5 原生林における測位点の分布状況

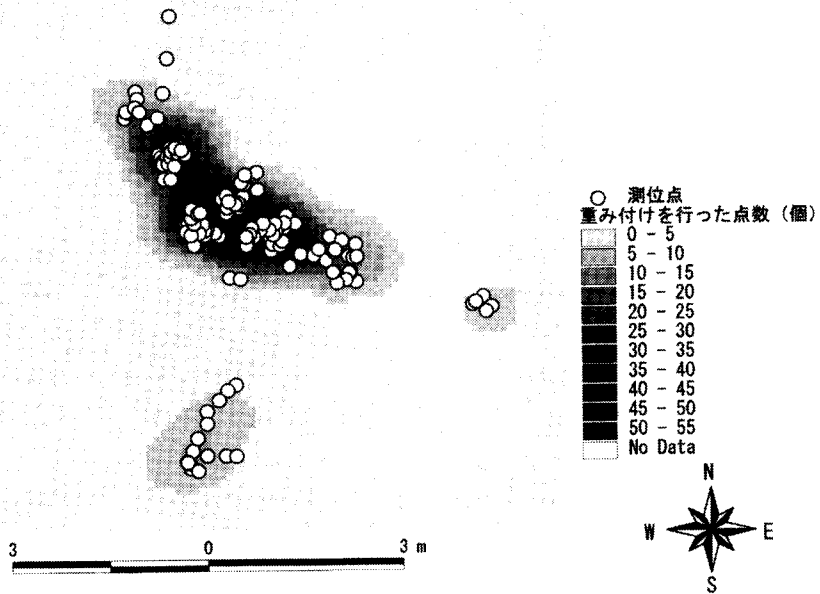


図-6 苗畑における測位点の分布状況

の違いによるものであると思われる。

2. LPS の利用可能性について

LPS による毎木調査の結果を図-7 に示す。GPS 単体であれば 1 本 1 本の立木についてアンテナごと移動して測位する必要があるが、今回はアンテナの移動は 3 回のみであり、移動の手間を省くこ

とができた。アンテナとの距離と誤差の範囲の相関関係を調べた。アンテナから最も近い頂点との距離と誤差面積の散布図を図-8 に示す。15 m 圏内ではアンテナからの距離と誤差には有意な相関がなかった。また、誤差の大きい約 2 m と約 8 m 地点は測定ミスと考えられ、これら 2 点での誤差面積を除外すると、誤差の範囲は $0.35 \pm 0.16 \text{ m}^2$ (95%信頼区間)

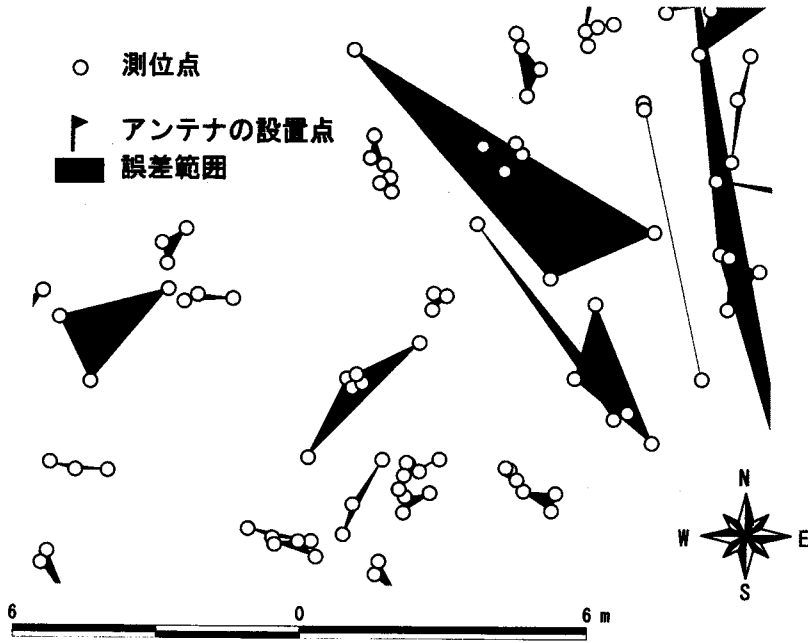


図-7 LPSによる立木位置の測位結果

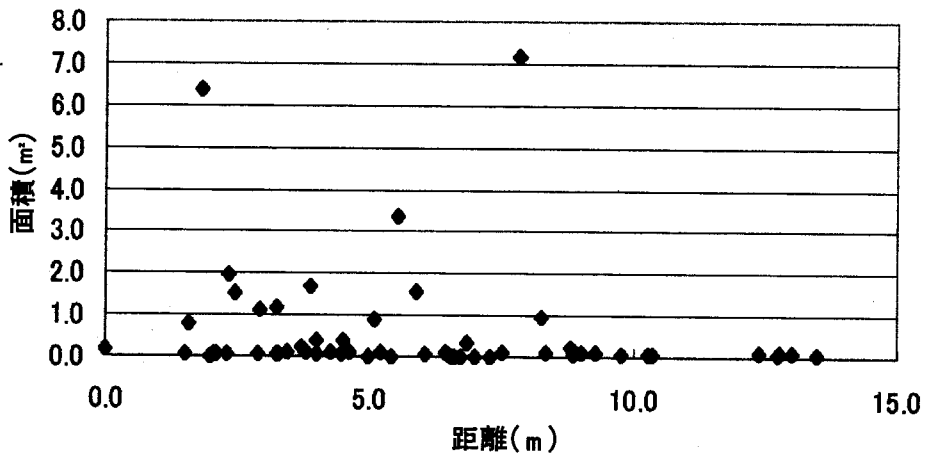


図-8 アンテナとの距離と誤差面積の関係

となった。この値は、基準となるGPS受信機の誤差を差し引くとLPSによる測位の精度が十分に高いことを示している。また、アンテナと誤差面積の重心との距離についても同様の結果が得られた。LPS使用時の誤差が、GPS単体での誤差よりも小さい値となった原因は、目標物を3回計測する間、受信機のアンテナを固定していたため、同一地点において

270回(90回測位×3ポイント)の測位を行い、精度が上がったものと思われる。さらに、今回の実験で生じた測定ミスは、レーザー測距儀による測位において目標地点に反射板を使用しなかったため、目標と異なった地点を測位してしまったことに原因があると考えられる。

V. おわりに

今回の研究では GPS と LPS の森林調査への応用を目的に、測位結果の信頼性について考察した。DGPS の誤差の範囲は 1 m 程度といわれている。受信状況が良好であった今回の調査時では、誤差の範囲が 1 ~ 3 m 程度と若干大きくなったものの、1 m に近い値となった。しかし林内での夏期の調査においては、衛星電波の受信状態は悪化すると想定される。受信機には PDOP フィルタと呼ばれる機能がある。これは、設定した PDOP 値以上の精度の悪い測位結果を排除して、精度のよい (PDOP の低い) データのみをログ (収集) する機能である。夏期の実用試験では、林内で円滑に調査を行えた PDOP フィルタの値は 25 以下であった⁷⁾。このことから考えると、林内での夏期の調査における GPS の測位精度は今回の結果に比べて劣化することが予想され、実用の際に留意すべき点である。また今後、GIS を用いて周辺の地理的条件を考慮に入れて考察をしていく必要があると思われる。

今回の研究で、DGPS の精度を計測するために 150 回の測位を、LPS の精度を計測するために 1 ポイントあたり 90 回の測位を行ったが、実用時の適正なデータ取得回数については確認しなかった。これは今回の研究が GPS による測位点のばらつきについて重点をおいたことが原因であるが、トリンプル社によると、サンプル数 (測位回数) が多いほどポイントデータの精度は真値に近づくものの、センチ単位にはならないとしている。また、GPS の精度は受信状況によって左右されるので、適正な測位回数を一概に述べることはできない。しかし、GPS を林内での調査に実用していく際、受信状況による適正なデータ取得方法の確立は必要不可欠な条件であり、今後の研究の課題であろう。

LPS の毎木調査への適用実験では、15 m 程度の距離では誤差と距離とに相関は見られなかった。本研究で使用したレーザー測距儀は、プリズム (反射板) なしの測距ができることが有利な点である。例えば地形的にその地点に到達できない場合や、雪などにさえぎられて受信機を移動できない場合などに能力を発揮する。しかし、今回のように森林内で調査を行うとき、10 m ほど離れると目標を正確に計測しているのか判断できない場合がしばしばあった。さらに夏期の調査であれば、低木や枝あるいは

ササなどに影響され、測定ミスが生じる可能性があることが予想される。今回の実験のように、調査地内を移動できる場合は、反射板を使用し測位点を明確にしたほうが、より信頼できるデータを得ることができだろう。

LPS は、GPS の使用の可能性を広げるための重要なツールであると考えられる。林内での衛星受信は、受信機の性能以前に、地形やその他の要因で衛星を捕捉することが不可能という場合が多々ある。そういった場合、たとえば樹冠の疎開部といった受信可能な地点から目標地点を測位することのできることは大きな意味を持つといえる。

今回使用したレーザー測距儀は、樹高や、斜距離を計測する機能も持ち合わせており、単に GPS の拡張機能のみではない。そこで、今後はこの両者の特性を生かしながら効率よく森林内の調査を行える手法について研究していきたい。また、今回使用した GPS 受信機以外にも、携帯性に優れた小型の受信機が開発されている。今後の研究でどちらの受信機が森林内での調査に向いているのか、あるいは実用的であるのか、などを比較検討して、GPS の森林調査での応用性を考えていきたい。

謝 辞

今回本研究をまとめるにあたり、トリンプルジャパン社より Pathfinder Pro XR GPS 受信機を、日本シイベルヘグナー社よりインパルス 200 LR およびマップスター CM をお借りした。また、適切な助言をいただいたトリンプル社の樋口氏とシイベルヘグナー社の館下氏、さらに実験を手伝っていただいた当研究室大学院生と、関係者各位にこの場にて厚く御礼申し上げます。

追記：本研究の実験は 1999 年 12 月に実施し、ディファレンシャル補正のために海上保安庁の FM 中波ビーコンを使用した。アメリカ政府は現地時間の 2000 年 5 月 1 日から SA を解除する声明を出した。これにより、GPS はディファレンシャル補正を行わない (中波ビーコンを受信しない) 単独測位において、誤差 10 m での測位が可能となっている。

引用文献

- (1) 長谷川尚史・吉村哲彦・山手規祐・境慎二郎・福田昌史 (1998) : 山岳林におけるディファレンシャルGPSの測位精度と手法の検討, 森林利用学会誌 13(2) 89~98
- (2) 伊藤 憲 (1999) : GNSS'99 と GALILEO の動向, GPS シンポジウム'99, 19~38
- (3) Mark Bulmer, Andrew Johnston, Fred Engle (1999): A Volcano's History Maps Its Future, GPS world November vol. 10, 21~30 pp, ADVANSTAR PUBLICATION
- (4) 松村正一(1999) : 測地成果 2000, GPS シンポジウム'99, 75~100
- (5) トリプルジャパン (1999) : 地理情報システムのためのGPS入門, 4-12
- (6) 露木 聡 (1994) : 森林資源調査におけるGPS利用の可能性, 森林計画学会誌 23, 45~58
- (7) 立木靖之・尾張敏章・吉村暢彦・石崎英治 (2000) : 林内におけるディファレンシャルGPSの試用事例, 日本林学会北海道支部論文集 48, 172~174
- (8) 安田明生(1999) : GPSの測位原理, GPS シンポジウム'99, 191~234

Summary

This study has discussed applicability of DGPS (Differential GPS) and LPS(Laser Positioning System) to forest surveys. GPS (Global Positioning System) gives us a global scale position for 24 hours, and it has been studied to applying in forests for several years, In this study, we had some tests accuracy of differential GPS that can perform one-unit positioning with receiving differential beacon that has been broadcasted by Maritime Safety Agency since April 1999. LPS indicates a position that situates far from antenna of GPS by connecting laser range finder to GPS receiver. In spite of one-receiver positioning, errors of the data are no more than 2m ranges. Based on our tests, errors of GPS have no relationship with distance from antenna to targets over 15m ranges. From these results, DGPS with differential beacon and LPS have enough accuracy that can be used in forest researches not for detailed but for large area survey, Moreover it can be said that GPS will become more useful tool by using LPS in forests.

Key words: DGPS, LPS, forest survey, differential beacon, positioning accuracy