

## 林内における小型汎用 GPS の利活用について

古家直行 (森林総研)・金子亮 (石川県森林管理課)・中北理・高橋與明・細田和男・粟屋善雄 (森林総研)

要旨：国内では森林分野において空間情報の整備が急速に進んできている。これに伴い整備された空間情報と現場の GPS を介したリンクによる効率化が期待されている。GPS 受信機は高価な測量用から安価な小型汎用タイプなど様々な機種が存在する。機種および測位システムの違いは測位精度の違いをもたらすが、林内での GPS 測位では、樹木による信号劣化やマルチパス、地形の影響などが大きい。このため、厳密な測量用途を除けば、小型化や高感度化が進む小型汎用 GPS でも活用可能な場面は多い。小型汎用 GPS は安価で林内でも持ち運びが便利で軽量・小型、操作も単純というところに特徴がある。また、付属ソフトにより、利用が進む Google Earth などの空間情報と簡単に連動する例や既存の GIS のモバイル版を PDA に導入し本体 GIS とのシームレスなやりとりが可能となっている例もある。これを各森林管理主体で整備されてきている空間情報をベースに実現すれば、安価かつ小型・軽量で誰にでも使いやすいという小型汎用 GPS の特徴を生かした新たな活用が期待できる。

キーワード：小型汎用 GPS, Google Earth, カシミール 3D

## I はじめに

森林管理を巡っては、京都議定書などの温暖化関連の取り組みを含め、森林資源量の把握や施業実施状況の把握、災害の被害実態の把握などの要望が高まっているのに対し、限られた予算や人材でこれを実施せねばならない状況である。一方、国有林、都道府県、森林組合などにおいても森林 GIS などの空間情報の整備が進んできている (1)。また、空間情報としても管理図面の他に、デジタルオルソ空中写真や高解像度の衛星画像、地形情報など空間情報の精緻化が進んできている。このような状況の中で、上記の空間情報と現場を直接的にリンクさせる手段として、GPS の利用が森林分野においても注目されてきている。また、GPS 受信機についても、電子デバイスの技術開発により、小型化、高感度チップの搭載、PDA への組み込み、Bluetooth などの無線通信機能の付加など利用環境が整備されてきている。さらに、補正情報として利用可能な、電子基準点の整備が 2002 年に完了し、MSAS (MTSAT Satellite Augmentation System) の運用も開始されるなど周辺環境整備も進んでいる。

これまで研究においては、単独測位、ディファレンシャル測位、干渉測位などの測位方法が異なる場合や異なる機種での測位精度の違いの検討 (含、SA (Selective Availability) 解除前後での違い)、測位精度と関係する林分構造因子の検討、ポイントの測位精度だけでなく移動時における測位精度の検討なども行われてきている (2,3,8)。また、近年では GPS 活用の側面からの研究も行われるようになり、高感度受信機

での衛星捕捉性向上の検討 (9) や観測支援ツールの開発 (10) など、実利用の面からの検討も増加してきている。また、これとは別に、様々な応用分野において、例えば、野生生物の行動圏の把握 (7)、海外での野外フィールド研究における村落土地利用の簡易図化 (4) など活用の事例が報告されている。

このように、GPS を取り巻く環境は大きく変化しており、利活用のための技術的な理解を深め、期待する用途と GPS との連携の仕組み作りを考える時期にきていると言える。今後の森林における GPS の利活用を考える際には、測位精度のみならず、使い勝手やデータ入出力の容易さ、外部ソフトとの連携などの利便性も重要な観点となりうる。本研究では林野庁事業報告書より我が国における森林分野での GPS の保有状況や利用実態を明らかにしながら、特に進歩の著しい小型汎用 GPS の利活用について考察を行った。

## II 方法

まず、GPS の測位の原理、GPS 衛星の配置などを簡単にまとめながら、森林における測位の難しさなどについて整理する。次に、平成 17 年度森林資源調査データ解析事業 (リモートセンシング資源解析事業) 報告書 (林野庁、平成 18 年 3 月) (5) を利用して、我が国における森林分野での GPS の利用状況を明らかにする。本事業では全国の、都道府県林務担当部署、都道府県出先機関、森林組合、大学演習林、森林管理局などに対し広くアンケート調査が実施されている。最後に、小型汎用 GPS の利活用について、現状での

Naoyuki FURUYA (Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687), Ryo KANEKO (Ishikawa Prefecture), Osamu NAKAKITA, Tomoaki TAKAHASHI, Kazuo HOSODA, and Yoshio AWAYA (FFPRI)  
Utilization of small and simple GPS in the forests

利点や課題、応用の可能性について検討した。

### III 森林における GPS 測位について

原理的には4個のGPS衛星からの電波を受信し衛星からの距離を測定することができれば位置が決定される。GPS衛星は地上約20,200km上空を周回する衛星であり、6つの軌道面に4機ずつ計24機配備され(予備衛星あり)、地球上のどこからでも常時4機以上の衛星が良好な幾何学的配置のもとで観測できるように運用されている(6)。GPS衛星の軌道面は赤道面に対して55°の角度をなしており、低中緯度で観測衛星数が多くなり、高緯度になるほど観測できる衛星数が少なくなる。また、日本付近(北緯35度)では天空の南半分に衛星が多く出現し、北方向には衛星が通過しない(6)。このことから、地形の影響によって、急峻な谷部分では測位が困難となり、とりわけ、北向き斜面においては、衛星の捕捉が困難となる。そこで、このような箇所においてGPSによる測位を行うには、測位地点における衛星配置が良好な時間を狙うことや測位地点から垂直方向にアンテナを高い位置にかかげることなどにより、物理的な測位環境の改善によって地形による影響の回避・軽減を図るしかない。さらに、林内においては、樹木による信号の劣化や遮断、マルチパスが発生する。仰角が低い場合には、森林の厚い樹冠を通過してきた信号をGPSが受信しているため、SNR(信号対雑音比)が大きく低下する(10)。また、仰角が低くなくても、斜面の傾斜によっても同様の効果をもたらされると考えられる。以上のように、林内はGPSの測位には決して良い条件とは言えず、むしろ、困難な場所において測位を実施することであることを理解する必要がある。また、地形の状況や上物の森林の状態などによって、測位条件が大きく異なってくることも、一律な測位基準の整備などを困難にしていると思われる。

一方、測位精度向上のための補正情報の取得の機会が拡大している。補正情報として、海上保安庁が発信しているビーコンの利用が可能だが、内陸部に立地する森林域までの距離の遠さに問題があった。しかしながら、国土地理院による電子基準点の全国整備が2002年に完了し、山間部もカバーされることとなった。また、日本上空の高い位置で観測される静止衛星MTSAT利用のMSASによる補正情報の提供も平成19年9月27日から正式に開始されている。

このように補正情報の整備も進んできているが、最初に挙げた森林におけるGPS測位の障害については

根本的な解決は困難であり、林内での厳密な精度を求める場合には現在でも課題は多いと言える。一方で、森林という広大な空間を管理するためのツールとして考えれば、ある程度の精度で十分活用が可能な場面も多い。SA解除による測位精度向上や高感度受信モデルの登場による林内での衛星捕捉性の向上、小型・軽量化などによる小型汎用GPSの利便性の向上は、新たに活用の場を広げる可能性を持っている。

### IV 森林分野でのGPSの利用状況

林野庁事業報告書(5)によると、GPSはアンケート回答機関において、44%と半数近くで所有されており、特に1999年以降ここ数年において導入が進んでいる。機種としては、国有林においてハンディタイプの単独測位GPSが近年導入され、森林組合では事業体ごとの所有割合としては低めだが、DGPS(Differential GPS)が高い割合で導入されているのが特徴的である。都道府県およびその出先機関においては、比較的多様なタイプのGPSが導入されているようである。また、干渉測位方式のGPS測量機器の導入は見られない(5)。使用目的も所有状況に対応し、全体では、上位のものから、位置の記録、軌跡の記録、測量等、の順序であるが、精度の高いDGPSの導入割合が高い森林組合では、測量等が使用目的の1位に挙げられた割合が高くなっている。また、実務利用として、キーワードをピックアップしてみると、国家森林資源モニタリング調査、森林現況調査、造林補助事業実施の申請・実施報告や治山施設などの管理、地籍調査や森林所有界の確定、林道・作業道データの更新や追加、路網計画立案・踏査、災害時の被災箇所の特定、などが挙げられた。

要望については、ハンディタイプについては、価格もそこそこで携帯性も良いことから、精度については不満が残るものの、評価もそれなりのようである。これに対して、DGPSタイプについては、林内での使用のための携帯性や捕捉性の向上などを望む声が多い。また、DGPSタイプを導入した事業体では、境界・周囲測量などの用途に対する期待が大きい、思ったような活用が出来ていないのが現状のようである。また、その他として、マニュアルや基準などの整備の必要性、使い勝手の向上やPCとの接続性などについての改善が挙げられている。

### V 小型汎用GPSの利活用について

1. 小型汎用GPSの利点 小型汎用GPSの利便性が

大幅に向上していることは先に述べたが、林内での利用のための利点については、1.小型・軽量であること、2.安価であること、3.操作・機能が単純、であることが挙げられよう。小型・軽量であることで、常時カバンやヘルメットにつけて移動・作業することが可能になる。大型な GPS 受信機であれば、斜面を移動し、危険を伴う現場において携帯することは容易ではない。常時携帯することで、後で紹介するような、デジカメ写真との連携なども可能となる。また、安価であることで、同じコストで多くの受信機を整備することができる。このことでより多くの人、多くの場所において活用してもらうことが可能となる。また、機能が操作が単純なことで、誰にでも利用してもらうことができる。高価な高精度 GPS を使いこなすには GPS の原理から操作法まで十分理解する必要があるが、小型汎用 GPS の単純な機能や操作であれば誰にでも感覚的に扱うことを可能にする。

2. 外部ソフトとの連携 小型汎用 GPS の利便性の向上として外部ソフトとの連携事例を紹介する。今後の小型汎用 GPS の利活用の参考になると思われる。

①データロガーと Google Earth との連携事例

GlobalSat 社 DG100 は単純な GPS データロガーであることもあるが、データの読み込みも PC に USB を差し込み、付属ソフトで「トラックレコードのロード」を選択するだけである。csv や kml などのファイル形式にも簡単にエクスポートできる。それだけでなく、オンラインで直接 Google マップや Google Earth と連動し、選択したトラックデータが一発で表示される(図-1)。山間部などでは Google Earth の画像情報の位置精度が逆に気になってくるほどである。DG100 については林内での利用には防水機能やマニュアルでのポイント追加機能などが期待されるところである。

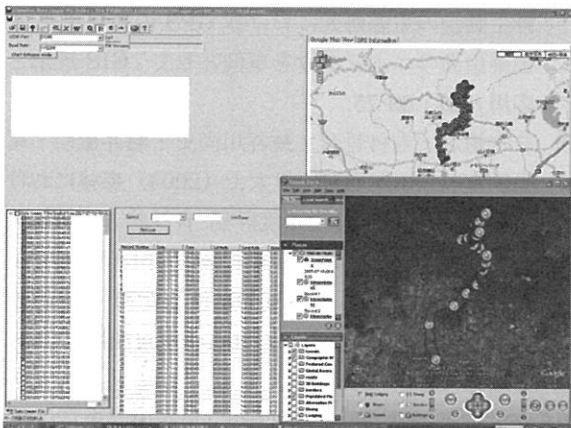


図-1 GPS データロガー-DG100 と Google マップや GoogleEarth との連携

②カシミール 3D と GPS の連携事例

フリーのソフトである「カシミール 3D」は地図ブラウザ機能を基本に、GPS データビューワ、編集機能、ムービー作成機能、風景 CG 作成機能、山岳展望機能など多彩な機能を搭載している (<http://www.kashmir3d.com/>)。国内では国土地理院の数値地図が使用可能であり、米国 USGS の地図やランドサット衛星画像など様々な衛星・航空写真を使用できる。標高データを利用した 3D 表示も可能である。年会費を払えばオンラインで全国の地図・航空写真データとの連携も可能となる。GPS データの取り込みについても Garmin 社の GPS をはじめとして、数機種に対応している。取り込んだデータは直接地図などの画像上に描画されるなど便利である。時間で同期させて GPS の測位とデジカメ撮影を対応づけて、デジカメの写真に位置情報を付加することもできる。さらに、Exif ヘッダーに位置情報の記述がある写真は、地図上に表示することが可能である。同様の地図上での写真の管理は Sony のデータロガー-GPS-CS1K の付属ソフトでも提案されており広がりを見せている。デジタルコンパスなどを持つ GPS カメラで撮影した場合など、撮影方向の情報を持つ場合には、撮影方向も表示される(図-2)。また、画像情報として、別途加工したオリジナル画像も利用できるなど拡張性も高い。

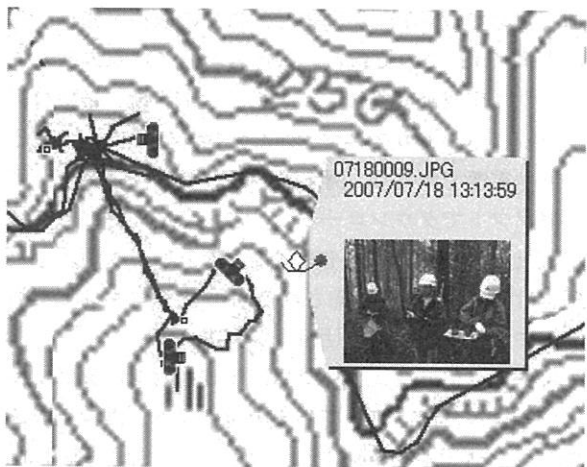


図-2 カシミール 3D と位置情報つきデジカメの連携

3. 今後の展望 小型汎用 GPS のさらなる小型・軽量化、Bluetooth 機能の付加、高感度化、記録容量の増加、省電力化、先に挙げたような外部地図・画像情報との連携の強化、データ入出力の向上、防水機能の追加などは日進月歩で進んでいる。一方、森林 GIS などのベースとなる空間情報の整備も進んでおり、これをいかに効率的に活用するか、現場での情報を加えて

更新していくか、ということが重要となってくる。図面上に表示すれば、作業の指示、実施説明や報告なども視覚的に示すことができる。また、図面をもとに一般の人に情報提供を求めたり、情報を開示したり、双方向での情報のやりとりへと発展させることができる。例えば、クマの目撃情報や病虫害被害などの位置情報を迅速に収集できれば、迅速に危険情報の発信や駆除などの対策の検討を行うことが可能となる。GPS 機能付きの携帯電話は一般にも普及し、地図・ナビ機能の他に情報交換・発信のツールともなっている。例として、携帯電話を利用して全国の桜の開花状況を収集し公表する「さくらマッピング (<http://mapping.jp/>)」等は非常におもしろい仕組みである。現場においても空間情報の活用の観点からも精度にこだわらない活用の視点も今後は必要となってくるのではないだろうか。

## VI 考察

一般的な地図・画像データとの連携の事例について挙げたが、現在はそれぞれの現場において個別の詳細な空間情報の整備が行われている。本来はこれらの空間情報と直接的に連動する仕組みが望ましい。PDA 搭載の (本体 GIS と一緒にソフトをベースとした) モバイル GIS など、すでに実現されてきているが、本体 GIS から手元の GPS への画像・図面情報の更新・追加、現場での GPS を利用した情報の取得と修正、その本体 GIS での更新といったスムーズな双方向のやりとりの実現が望まれる。また、日常業務で必要な機能を絞り込んでカスタマイズし、操作性を向上させることも重要であろう。例えば、GPS の測位結果を一度付属ソフトでダウンロードし、さらに別のソフトで加工した上で GIS ソフトに読み込む、といった煩雑な処理ではなく、既存の整備された GIS 上のコマンドで簡易にやりとりが出来る仕組みが望まれる。

現在の小型汎用 GPS でも、ナビ利用であれば、例えば、杭が事前に打ってある箇所に戻る、画像上で確認された枯死木を発見する、などは現状でも十分可能である。また、測位精度についても、別途、周辺での変化しない目印との位置関係を記述しておいたり、場合によっては簡易にカメラで撮影したりすれば、後日、特定することも可能である。また、精密なデジタルオルソ空中写真なども利用可能となりつつあり、上空から判別できないものは難しいが、例えば、伐採箇所や新規植栽箇所などは、定期的な撮影によって、画像情報から修正・更新を行うという方向性も考えられる。このように、精度が不十分な点についても何らかの工

夫によって改善することは可能であろう。

## VII まとめ

以上、小型汎用 GPS の活用の可能性について述べたが、もちろん精度の限界については十分理解しておかなければならないし、高精度 GPS の活用や地上での測量作業との棲み分けを意識する必要については言うまでもない。ただ、厳密な測位精度にのみとらわれることなく、小型・軽量・安価・単純だからこそ可能となる利活用の方向性についても検討を進めるべきであろう。

## 引用文献

- (1) 鉢村勉 (2007) 国と都道府県林野行政における GIS の動向. 森林科学 50 : 25-27.
- (2) 長谷川尚史・吉村哲彦・山手規裕・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. 森林学誌 13(2) : 89-98.
- (3) 小林裕之・矢田豊・茶塚俊一・小神野和貴・野上由美子・鳥本秀幸 (2001) 森林内外での多機種の GPS 受信機による測位比較. 日林誌 83(2) : 135-142.
- (4) 中辻亨 (2004) ラオス焼き畑山村における換金作物栽培受容後の土地利用 : ルアンパバーン県シェンヌン郡 10 番村を事例として. 人文地理 56(5) : 449-469.
- (5) 林野庁 (2006) 平成 17 年度森林資源調査データ解析事業報告書. 149pp.
- (6) 佐田達典 (2003) GPS 測量技術, 163pp, オーム社, 東京.
- (7) 鈴木健次郎・恒川篤史・高槻成紀・東英生 (2000) 野生動物の生態研究における GPS の利用可能性-金華山島のニホンジカを事例として-. GIS-理論と応用 8(2) : 69-75.
- (8) 立木靖之・吉村哲彦・長谷川尚史・酒井徹朗・尾張敏章・三田友規・中村太士 (2004) 森林における歩行時の GPS 測位精度評価. 日林誌 86(1) : 5-11.
- (9) 露木聡・李定洙・Phua Mui-How・平田泰雅 (2006) 森林で GPS をもっと有効に使うために-高感度 GPS 受信機の森林内における利用可能性-. 森林計画誌 40(2) : 283-291.
- (10) 吉村哲彦・加藤賢太・高城勝信・長谷川尚史 (2000) 森林における GPS 利用. GPS シンポジウム 2000 : 139-150.