

GPS を用いた収穫木探索の効率性評価

東京大学北海道演習林 宅間 隆二・広川 俊英・岡村 行治・尾張 敏章

はじめに

近年、森林管理の現場でGPS（全地球測位システム）の利用が進んでいる(1, 2, 3)。最近が高感度のハンディGPS受信機が比較的安価で入手できるようになり、森林内での応用範囲が広がっている(4, 6)。

東京大学北海道演習林（北演）では、林分施業法に基づく天然林の択伐を行っている。収穫木の大部分は立木販売されるが、購入業者は大まかな位置が手書きで示された施業図をもとに個々の収穫木を探すため、発見が難しい場合もあった。GPSは広い森林内で特定の地点を探索するのに有効であり(5)、林冠下でも測位が可能の高感度GPS受信機を利用することにより、収穫木の探索効率向上が期待できる。

そこで本研究では、天然林択伐での収穫木探索におけるGPSの利用可能性を検討するため、実際の択伐施業地において探索試験を行った。GPSを用いた収穫木探索の効率性（所要時間、歩行距離）について、従来の探索方法との比較により評価した。

資料と方法

1) 調査地の概要

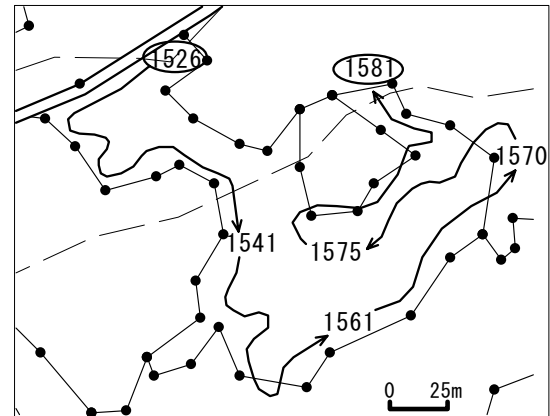
調査地は北演 66 林班 A 小班の択伐予定箇所（N 43° 16′, E 142° 28′, 標高 370~400m）とした。全域が針広混交天然林であり、林冠は概ね閉鎖している。調査地の平均立木本数（DBH5cm 以上）は 917 本/ha、平均蓄積は 264m³/ha である。2008 年度に材積伐採率 16%の択伐が予定されている。

調査地では 2008 年 4~5 月に収穫調査（収穫木の選木）が行われた。収穫木の幹には黄色の番号札と極印が付されている。収穫調査時には、収穫木の番号および樹種、径級、形質が野帳に記録される。また、手書きによる収穫木位置図（手書き図面）が作成される（図-1）。手書き図面には収穫木の位置と番号が十数本毎に記載されているが、その他の収穫木は図面に書かれた調査時の歩行軌跡から位置を推定しなければならない。

本調査地では、収穫調査と同時に GPS を用いた収穫木の測位を行った。測位には高感度 GPS 受信機の GPSMAP60CSx（Garmin 社製）を使用し、各収穫木の幹から 50cm 程度離れた位置で数秒の待機時間の後に位置情報を取得した。

2) 試験区と試験方法

収穫木の探索試験を行うため、調査地内に 4 つの試験区を設けた。各試験区の概要を表-1 に示す。試験区の



注：図中の数字は収穫木番号、曲線は収穫調査時の歩行軌跡、--- は林分区分の境界をそれぞれ表す。

図-1 手書きによる収穫木位置図（C区）

設定に際しては、面積と収穫木の本数がほぼ等しくなるようにした。

試験は 2008 年 8 月に行った。収穫木の探索方法は従来の手書き図面による方法と GPS を用いた方法の 2 つとした。後者で使用した GPS 受信機も GPSMAP60CSx である。GPS 受信機には収穫調査の際に取得した収穫木の番号と座標が記憶されており、現在地と各収穫木の位置が画面上に表示される。また、GPS 受信機に内蔵された電子コンパスにより、収穫木が現在地からどちらの方向にあるのかが一目で分かる。GPS を用いた方法では、受信機とともに各収穫木の位置が示された紙図面（図-2）も利用して探索を行った。この図面は、GPS で取得した収穫木の位置データをもとに GIS ソフトウェア ArcGIS 9.2（ESRI 社製）を用いて作成した。

被験者は北演の技術職員 2 名とした。いずれも勤続 20

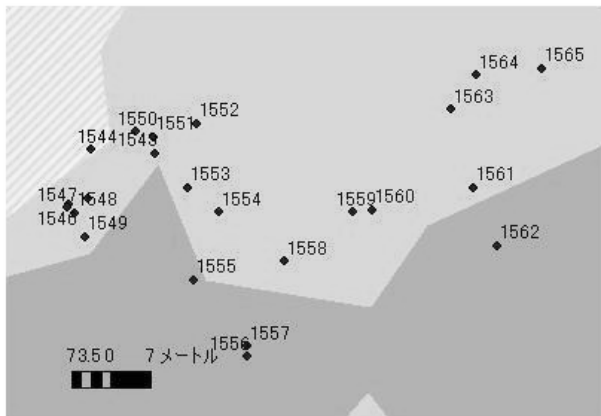
表-1 試験区の概要

試験区	面積 (ha)	立木総本数*	収穫木本数	斜面方位	傾斜角 (°)
A 区	1.23	1,128	67	南西	21~25
B 区	1.28	1,174	61	南東	10~19
C 区	1.25	1,146	56	北西	8~12
D 区	1.01	926	59	北西	4~19

* 調査地全体の平均立木本数と各試験区的面積から算出した推定値。

Ryuji TAKUMA, Toshihide HIROKAWA, Koji OKAMURA, Toshiaki OWARI (Univ. Forest in Hokkaido, The Univ. of Tokyo, Furano 079-1561)

Efficiency evaluation of a harvest tree search using GPS (Global Positioning System)



注：色の濃淡は各区域が異なる林分に区分されていることを表す。

図-2 GPSで作成した収穫木位置図 (C区)

年以上のベテラン職員であり、本調査地の収穫調査には参加していない。表-2 に被験者が試験を行った順番と試験区、探索手法の組合せを示す。全ての試験区で手書き図面による方法と GPS を用いた方法の試験の両方が必ず行われるよう、被験者ごとの組合せを決定した。

被験者は探索方法によらず GPS 受信機を携帯し、探索時の歩行軌跡を 10 秒間隔で記録した。その他、収穫木の樹種・径級・形質が記載された野帳と収穫木番号のチェック表、画板、筆記具、時計を携帯した。被験者は各試験区の定められた地点から出発し、同じ地点に戻ってきて試験終了とした。その際、被験者自身が記録した出発時刻と終了時刻をもとに、各試験における所要時間を算出した。

探索中、被験者は全ての収穫木の幹に触れることとし、発見した収穫木の番号をチェック表に印した。探索時の歩行速度は通常の林内作業時と同程度とし、試験を意識せずに歩くこととした。なお、事前テストの際に A 区で収穫木 1 本の GPS 測位位置に大きな誤差を発見したため、被験者 2 にはその収穫木の番号を試験開始前に伝えた。

探索試験中は、調査者が被験者に同行して探索行動を観察した。また試験終了後、GPS を用いて収穫木の探索を実際に行ってみての感想を両被験者に聞き取りした。

GPS 受信機で取得した歩行軌跡のデータは、まず GPS 地図ソフトウェアの MapSource (Garmin 社) によりパソコンに取りこみ、GPX ファイルとして保存した。次に、ファイルコンバータの gpx2shp を用いて ESRI シェープファイルに変換し、ArcGIS 上で歩行距離を計測した。

GPS の精度上の限界により、被験者が立ち止まってい

表-2 被験者の試験順と試験区・探索方法の組合せ

試験順	被験者 1		被験者 2	
	試験区	方法	試験区	方法
1 番目	C 区	GPS	A 区	GPS
2	D 区	手書き	B 区	手書き
3	B 区	GPS	D 区	GPS
4	A 区	手書き	C 区	手書き

た際も歩行軌跡は変動していた。そこで、出発 (終了) 地点で明らかに立ち止まっていたと考えられる部分は軌跡から削除した。立ち止まりによる軌跡の変動は探索中にもみられたが、データ変動による軌跡の延長もまた探索効率の低下を反映したものと見なし、補正は行わなかった。GPS で取得した歩行軌跡の精度は十分に高いとは言えないが、実際の歩行軌跡との乖離の程度は両被験者ともほぼ同じと仮定して歩行距離の比較を行った。

結果と考察

1) 歩行距離による評価

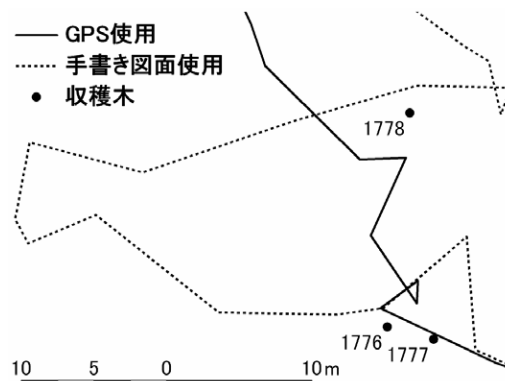
各試験区における探索方法別の歩行距離を表-3 に示す。いずれの試験区においても、GPS を用いた探索は手書き図面による探索と比べて歩行距離が短縮した。GPS による探索の歩行距離は、手書き図面による探索の 78~93%であった。収穫木探索の際の歩行距離は、GPS を用いた方法により 7~22%短縮した。

表-3 探索方法による歩行距離の比較

試験区	歩行距離(m)		GPS/手書き (%)
	手書き	GPS	
A 区	1,747 (2)	1,471 (1)	84
B 区	2,556 (1)	2,005 (2)	78
C 区	1,154 (1)	1,078 (2)	93
D 区	1,796 (2)	1,407 (1)	78

注：()内の数字は被験者番号を表す。

図-3 は手書き図面による収穫木の探索で発見に手間取り、歩行距離が長くなった例である。収穫木 1776 から 1778 を探索する際に、手書き図面による方法では間違った方向へ 20m 以上歩き、大きく迂回してから 1778 に到達している。手書き図面には個々の収穫木の位置は書かれていないため、このように収穫木が存在しない場所へと歩いていってしまうケースがみられた。一方、GPS を用いた方法では、ほぼ直線的に 1778 へと向かっており、無駄のない動きで収穫木に到達している。GPS 受信機で収穫木の位置と方向が確認できるため、誤った方向へ歩いてしまうことはほとんどなく、より短い歩行距離で収



注：実線・点線はいずれも歩行軌跡を表す。

図-3 手書き図面による探索で収穫木の発見に手間取った例 (A区)

穫木を発見できたものと考えられる。手書き図面による探索で収穫木が存在しない場所に歩いていくケースは、B区で被験者の探索行動を観察した結果からも確認された。

2) 所要時間による評価

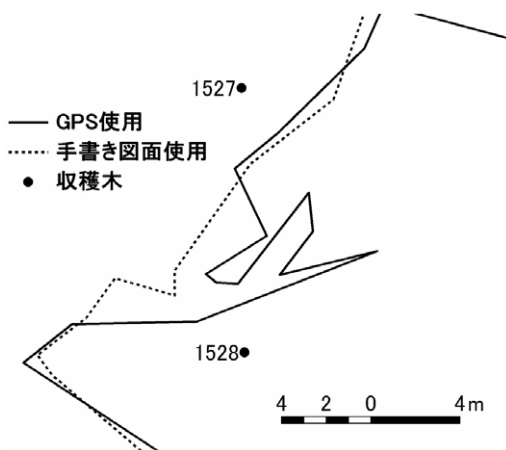
各試験区における探索方法別の所要時間を表-4に示す。B区とD区でGPSを用いた探索は手書き図面による探索と比べて所要時間が18~26%短縮した。一方、A区とC区ではGPSを用いた方法で探索に10~12%多くの時間を要した。

表-4 探索方法による所要時間の比較

試験区	所要時間		GPS/手書き (%)
	手書き	GPS	
A区	43分10秒(1)	47分40秒(2)	110
B区	71分00秒(2)	52分20秒(1)	74
C区	35分00秒(2)	39分05秒(1)	112
D区	53分35秒(1)	44分00秒(2)	82

注：表-3に同じ。

図-4はGPSを用いた探索の途中で立ち止まり、収穫木の探索により長い時間がかかってしまった例である。手書き図面による探索では、収穫木1527から1528に向かう歩行軌跡はほぼ直線となっている。一方、GPSを用いた探索では収穫木の間で歩行軌跡に5m程度の変動がみられる。この変動は、被験者が収穫木探索のために移動したのではなく、GPS受信機で位置確認を行うために立ち止まり、GPSの精度の問題で軌跡が変動したものと推察される。図-4のC区は、被験者1がGPSを用いて最初に探索を行った試験区であり、受信機の操作に不慣れであったために立ち止まる時間も長かったと考えられる。



注：図-3に同じ。

図-4 GPSを用いた探索で収穫木の発見に時間を要したと思われる例(C区)

A区もまた、被験者2が最初にGPSを用いて探索を行った試験区であった。GPSによる収穫木探索はいずれの被験者も今回が初めてであったため、GPSの操作に不慣れであったことから探索に時間を要したと推察される。

このことは、被験者に対する聞き取りの結果からも確認された。

一方、被験者がGPSを用いて2度目に探索を行ったB区とD区では、その方法に慣れてきたことから、所要時間の短縮につながったものと考えられる。

おわりに

GPSを用いた方法で収穫木の探索試験を行った結果、歩行距離では従来の手書き図面による方法よりも短縮された。一方、所要時間による比較では、GPSによる探索の方がより多くの時間を要する場合もあった。利用者がGPSの利用に習熟することで、探索に要する時間は短縮可能であることも示唆された。

今回の試験結果から、GPSの導入により収穫木の探索効率は改善できると考えられた。今後は、GPSを用いた収穫木探索を立木購入業者に実際に試してもらいながら改良を続けていき、日常業務の中に定着させていきたいと考えている。

本研究の実施にあたって、北濱の木村徳志、清水目元一、中川雄治、遠國正樹の各氏には収穫木位置データの収集に協力をいただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

引用文献

- (1) 北山勝史 (2007) GPSを活用した測量事例. 北方林業 59(1) : 10-12
- (2) 樽谷宜彦・大家広路 (2006) 林業分野における携帯型GPSの活用について. 機械化林業 629 : 9-17
- (3) 西川美智子・三井栄子 (2008) 国有林野事業における携帯型GPSの精度と活用方法に関する考察. 機械化林業 652 : 15-20
- (4) 及川希・笠原久臣・尾張敏章 (2008) 東京大学北海道演習林におけるGPS測位精度の評価. 日林北支論 56 : 107-109
- (5) 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
- (6) 露木聡・李定洙・Mui-How Phua・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