

機関番号：12601
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20710035
 研究課題名(和文) 地理空間情報技術を用いた森林生態系の精密管理システムの構築
 研究課題名(英文) Developing a precision management system of forest ecosystems using geospatial information technologies
 研究代表者
 尾張 敏章 (OWARI TOSHIAKI)
 東京大学・大学院農学生命科学研究科・講師
 研究者番号：00292003

研究成果の概要(和文)：GIS、GPS、レーザ測量、高解像度衛星画像の地理空間情報技術を用いることで、森林生態系に関する詳細な情報を正確かつ高精度で収集、解析、管理する「精密森林管理システム」を構築した。単木、林分、景観の空間スケールについて一連の情報処理作業をシステム化した。東京大学北海道演習林をフィールドとして精密森林管理システムを設計・実証し、持続的森林管理のための科学的意思決定を支援する情報基盤を提示した。

研究成果の概要(英文)：A precision forestry system was developed using innovative geospatial information technologies including GIS, GPS, laser surveying and high resolution satellite imagery to collect, analyze, and manage the detailed information on forest ecosystems with high precision and accuracy. A series of data processing operations were systemized on different spatial scales (tree, stand and landscape). By designing and demonstrating the system at the University of Tokyo Hokkaido Forest, an intelligent basis to support scientific decision making for sustainable forest management was presented.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：森林管理学

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：GPS、GIS、レーザ測量、高解像度衛星画像、単木位置、林分配置、森林景観、精密森林管理

1. 研究開始当初の背景

(1) 広域で多様、複雑な特性を持つ森林生態系の持続的管理において、森林の状態や量に関する詳細かつ正確な情報は管理意思決定の科学的根拠をなすものである。そこで最近、GIS(地理情報システム)やGPS(全地球測位システム)、レーザ測量、高解像度衛星画像といった革新的な地理空間情報技術を駆使して高精度の森林情報を収集、解析、管理

し、個々の森林の状態に即したきめ細かな管理を実現しようとする取り組みが世界的に進行している。このような森林管理の方法を精密森林管理(precision forest management)という。

(2) 農学分野では精密農法(precision farming)が広く知られており、多数の研究がみられる。一方、精密森林管理に関する研

究はまだ少ない。GIS や GPS、リモートセンシングを個別に扱った研究は森林分野にも多いが、精密森林管理手法をシステム化し、実際の森林生態系管理に適用してその有効性を検証した研究はほとんどない。

(3) 研究代表者が所属する東京大学北海道演習林は、北方森林生態系の持続可能性を大規模かつ長期にわたって実証してきた教育研究フィールドである。同演習林は2万3千haの面積を有し、1958年以降は環境保全機能と木材生産機能との調和を図る一大森林施業実験「林分施業法」を実施している。詳細な森林調査をもとにした施業実験を行う同演習林は、精密森林管理を実行するための人的、組織的体制を備えており、本研究のモデル・フィールドとしては最適である。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、東京大学北海道演習林を実証フィールドとして、最先端の地理空間情報技術により森林情報の収集、解析、管理という一連の作業を体系化した精密森林管理システム (Precision Forest Management System) を構築する。再生可能な自然資源の利用と生態的機能の保全とを調和させる持続的森林管理に対して、科学的意思決定に必要な森林情報基盤を具体的に設計・提示することを本研究の目標とする。

(2) 精密森林管理システムを構築するにあたっては、森林が持つ様々な空間スケールを考慮しなければならない。本研究では、森林生態系を単木レベル、林分レベル、景観レベルの3つの空間スケールで把握し、各々についてデータ収集、解析、管理という一連の作業をシステム化する。地理空間情報技術の種類や収集されるデータの必要精度は、空間スケールのサイズや森林管理意思決定の性質に合わせて設計する。

3. 研究の方法

(1) 単木位置の精密管理システム

① 高感度 GPS を用いた収穫木の管理

天然林択伐施業の選木 (収穫木の選定) 作業において、高感度 GPS により収穫木を精密管理する方法を検討した。演習林内の択伐対象林分 29.23ha において選ばれた収穫木計 1,565 本の位置座標を、高感度 GPS 受信機 (GPSMAP60CSx, Garmin 社) により測位した (写真 1)。また、43 本の収穫木についてレーザコンパス測量システムを用いた閉合トラバース測量により正確な座標を取得し、測位精度を調べた。さらに、同受信機を用いた収穫木探索の効率性 (所要時間、歩行距離) を従来の探索方法と比較した。



写真 1 高感度 GPS による収穫木の測位

② レーザコンパスを用いた立木の管理

択伐が行われた天然林において、レーザコンパスにより立木 (個体) を精密に管理する方法を検討した。演習林内の固定試験地内に生育する立木 (DBH \geq 5cm) の位置を、レーザコンパス (TruPulse200+MapStar 電子コンパスモジュール, LTI 社)、モバイル端末 (Archer Field PC, Juniper System 社)、測量用ソフトウェア (GeoSketch, ティンバーテック社) を用いて測量した (写真 2)。また、各立木の樹高、枝下高、樹冠幅を測定し、林分構造可視化ソフトウェア (Forest Window) を用いて林分断面図と樹冠投影図を描画した。固定試験地内において選木作業を行い、天然林択伐施業における収穫木の空間的な分布特性を示した。



写真 2 レーザコンパスによる立木の測位

(2) 林分配置の精密管理システム

① 携帯型 GPS を用いた林分区別測量

下層植生 (ササ) の繁茂により林内でのトラバース測量が困難な条件下において、携帯型 GPS を用いて林分配置を精密に管理する方法を検討した。林冠下の 10 測点を夏季と冬季に 2 機種の GPS 受信機 (MobileMapper Pro および GPSMAP 60CSx) で測位した (写真 3)。GPS の測位精度に影響を及ぼす要因を明らかにするため、三元配置の分散分析を行った。

② GIS を用いた択伐林分の立地解析

林分配置の精密管理を通じて蓄積された



写真3 携帯型GPSによる林分の区分

空間データをGISにより解析する方法について検討した。林分施業法に従って区分された択伐林分のポリゴンデータと10mメッシュDEMを用いて、択伐林分の立地特性(標高、傾斜度、斜面方位)をGISソフトウェア(ArcGIS 9.3)により解析した。

(3) 森林景観の精密管理システム

天然林施業計画における高解像度衛星画像の利用可能性を検討した。高解像度衛星画像データ(ALOS)を幾何補正してオルソ画像を作製した。画像解析ソフトウェア(ERDAS IMAGINE)を用いてNDVI(正規化植生指標)を算出し、施業対象区域における林分区分との対応の良否を検討した。

4. 研究成果

(1) 単木位置の精密管理システム

① 高感度GPSを用いた収穫木の管理

高感度GPSによる平均測位誤差は5.7mであった。20本(47%)の測位誤差が4m以内であった一方、7本(16%)は10m以上の誤差があった(図1)。高感度GPSで取得した位置データには誤差の大きなものが含まれている可能性があり、伐採対象木を探索する際には注意が必要と考えられた。収穫木のGPS測位データから林分内における伐採

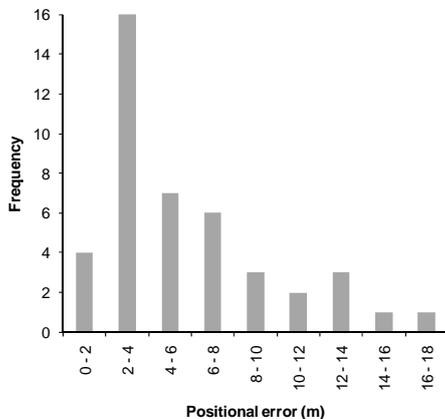


図1 高感度GPSの測位誤差 (n=43)

強度の空間的な分布を明らかにできた。探索実験の結果、探索者がGPSの利用に習熟すれば、収穫木の探索効率向上は十分に期待できることが示された。

② レーザコンパスを用いた立木の管理

レーザコンパスを立木位置測量に用いることで、試験地における林分構造の把握を従来よりも高精度かつ効率的に行えるようになった。測位結果より、固定試験地における林冠の閉鎖状況や多層構造を明らかにできた(図2)。また、低・中標高域の天然林択伐施業における伐採木の選定が、空間的なバランスを考慮して行われていることを示した。



図2 択伐林の林分断面図と樹冠投影図

(2) 林分配置の精密管理システム

① GPSを用いた林分区分

三元配置分散分析の結果、季節が有意となり、測位誤差は冬季においてより小さくなった(図3)。林冠の落葉によって測位精度が改善されたためと推察される。試験を行った測位方法のなかでは、MobileMapper Proで1測点につき30秒間測位する方法が適当と考えられた。地形的に測位が困難な条件下ではあったが、衛星からの電波は問題なく受信できたことから、両機種とも同演習林内のほとんどの場所で利用が可能と思われた。

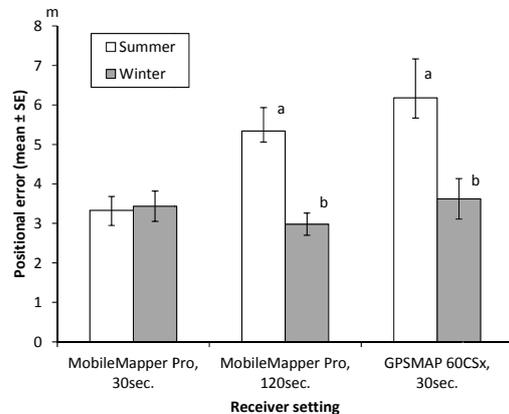


図3 夏季と冬季でのGPS測位精度の比較

② GIS を用いた択伐林分の立地解析

演習林における択伐林分の平均標高は 465m (192 - 842m) であり、総面積の 91%が標高 300 - 600m に分布していた。平均傾斜度は 14.9 度であり、総面積の 90%が 30 度未満であった。択伐林分は西向き斜面にやや偏って分布しており、総面積の 52%が北西～南西斜面に分布していた。択伐施業が可能と判断される天然林の立地環境特性が示された。

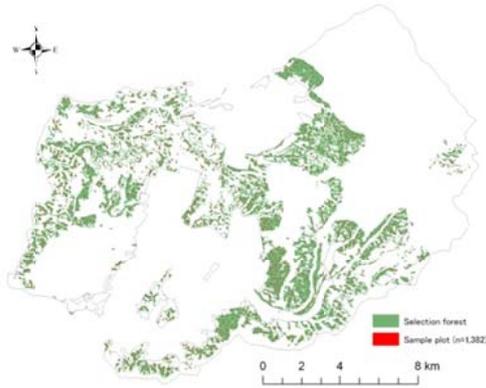


図 4 演習林における択伐林分の配置

(3) 森林景観の精密管理システム

高解像度衛星画像データから算出した NDVI は、施業対象区域における林分区分測量の結果とほぼ対応していた。NDVI は林冠の閉鎖状態と択伐施業の実施可能性を判断する上で有用な指標であることが示された。高解像度衛星画像の情報から施業対象区域の林冠状態を事前に把握しておくことで、よりきめ細かな林分区分測量の実行およびより実態に即した天然林施業計画の策定が可能になると考えられる。

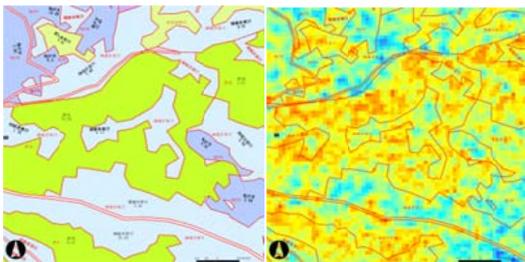


図 5 林種区画 (左) と NDVI (右) (88 林班)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 9 件)

- ① Owari, T., Kasahara, H., Oikawa, N., Fukuoka, S., Seasonal variation of global positioning system (GPS) accuracy within the Tokyo University Forest in Hokkaido. Bulletin of Tokyo University Forests, 査読有, 120, 2009, pp. 19-28

- ② 宅間隆二、廣川俊英、岡村行治、尾張敏章、GPS を用いた収穫木探索の効率性評価。日本森林学会北海道支部論文集、査読有、57、2009、pp. 93-95
- ③ 小池征寛、犬飼 浩、福士憲司、村川功雄、高橋功一、犬飼慎也、尾張敏章、東京大学北海道演習林における択伐施業林と保存林の林分構造の比較、日本森林学会北海道支部論文集、査読有、57、2009、pp. 105-107
- ④ 尾張敏章、犬飼 浩、小池征寛、美濃羽靖、中島 徹、林分施業法の選木技術、日本森林学会北海道支部論文集、査読有、58、2010、pp. 101-104
- ⑤ 尾張敏章、天然林施業における森林情報管理の技術革新、機械化林業、査読無、675、2010、pp. 1-6
- ⑥ 尾張敏章、犬飼 浩、福士憲司、小池征寛、犬飼慎也、算用子麻未、高橋功一、美濃羽靖、林分施業法の選木技術—エゾマツ・トドマツ・シナノキ・イタヤカエデ混交林の事例—、日本森林学会北海道支部論文集、査読有、59、2011、pp. 99-102
- ⑦ 高橋功一、福士憲司、小池征寛、犬飼慎也、算用子麻未、尾張敏章、天然林択伐作業に伴う残存木の損傷と稚幼樹の消失・発生—東京大学北海道演習林 51 林班の事例—、日本森林学会北海道支部論文集、査読有、59、2011、pp. 87-90
- ⑧ 犬飼慎也、福士憲司、小池征寛、高橋功一、算用子麻未、尾張敏章、東京大学北海道演習林の中標高域における択伐施業林と保存林の林分構造、日本森林学会北海道支部論文集、査読有、59、2011、pp. 103-106
- ⑨ Owari, T., Kimura, N., Shimizume, M., Takuma, R., Nakagawa, Y., Tookuni, M., Using global positioning system (GPS) technology for tree marking in a natural forest under a single-tree selection system, Forest Resource Management and Mathematical Modeling, 査読有, 10, 2011, pp. 105-121

〔学会発表〕(計 10 件)

- ① 宅間隆二、廣川俊英、岡村行治、尾張敏章、GPS を用いた収穫木探索の効率性評価、第 57 回日本森林学会北海道支部大会、2008 年 11 月 10 日、札幌
- ② 小池征寛、犬飼 浩、福士憲司、村川功雄、高橋功一、犬飼慎也、尾張敏章、東京大学北海道演習林における択伐施業林と保存林の林分構造の比較、第 57 回日本森林学会北海道支部大会、2008 年 11 月 10 日、札幌
- ③ Owari, T., Matsui, M., Inukai, H., Kaji, M., Stand structure and

geographic conditions of natural selection forests in central Hokkaido, northern Japan, International Conference on Multipurpose Forest Management, 22 Sep. 2009, Niigata, Japan

- ④ 尾張敏章、犬飼 浩、小池征寛、美濃羽靖、中島 徹、林分施業法の選木技術、第 58 回日本森林学会北海道支部大会、2009 年 11 月 11 日、札幌
- ⑤ Owari, T., Kimura, N., Shimizume, M., Takuma, R., Nakagawa, Y., Tookuni, M., Using global positioning system (GPS) technology for tree marking in a natural forest under single-tree selection system, The 10th Anniversary Forest Resource Management and Mathematical Modeling International Symposium, 13 Mar. 2010, Tachikawa, Japan
- ⑥ Owari, T., Precision management of selection forests using innovative surveying technologies in Hokkaido, Japan, International Conference on Managing Forest Resources for Multiple Ecosystem Services under Robust and Fragile Environments, 10 Aug. 2010, Phnom Penh, Cambodia
- ⑦ Owari, T., Inukai, H., Koike, Y., Minowa, Y., Nakajima, T., Capturing expert knowledge of tree marking practices using a single-tree selection system in central Hokkaido, Japan. 7th IUFRO International Conference on Uneven-aged Silviculture, 23 Sep. 2010, Ljubljana, Slovenia
- ⑧ 尾張敏章、犬飼 浩、福士憲司、小池征寛、犬飼慎也、算用子麻未、高橋功一、美濃羽靖、林分施業法の選木技術－エゾマツ・トドマツ・シナノキ・イタヤカエデ混交林の事例－、第 59 回日本森林学会北海道支部大会、2010 年 11 月 9 日、札幌
- ⑨ 高橋功一、福士憲司、小池征寛、犬飼慎也、算用子麻未、尾張敏章、天然林択伐作業に伴う残存木の損傷と稚幼樹の消失・発生－東京大学北海道演習林 51 林班の事例－、第 59 回日本森林学会北海道支部大会、2010 年 11 月 9 日、札幌
- ⑩ 犬飼慎也、福士憲司、小池征寛、高橋功一、算用子麻未、尾張敏章、東京大学北海道演習林の中標高域における択伐施業林と保存林の林分構造、第 59 回日本森林学会北海道支部大会、2010 年 11 月 9 日、札幌

〔図書〕(計 1 件)

- ① 尾張敏章、他、全国林業改良普及協会、続・林業 GPS 徹底活用術－応用編－、2011、53-59

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾張 敏章 (OWARI TOSHIAKI)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・講師
研究者番号：00292003

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

宅間 隆二 (TAKUMA RYUJI)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・技術専門職員

小池 征寛 (KOIKE YUKIHIRO)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・技術専門職員

高橋 功一 (TAKAHASHI KOICHI)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・技術職員

犬飼 慎也 (INUKAI SHINYA)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・技術職員

中川 雄治 (NAKAGAWA YUJI)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・技術職員