

平成 16 年度 森基金報告書

政策・メディア研究科修士 2 年 石渡佐和子

Mail : sawa@sfc.keio.ac.jp

研究の要旨

地球温暖化が全世界的なリスクとして認識される現在、それを緩和しうる森林資源に注目が集まっている。2005 年 2 月 16 日に発効されることが決定した京都議定書では、各国が取り組むべき具体的な二酸化炭素の削減目標が定められ、その対象の一つとして、森林による炭素の吸収量が組み込まれている。京都議定書に準じて吸収量を評価するためには、国際的な審査に耐えうる、透明かつ科学的検証が可能な手法で国内の吸収量を算出する必要があり、わが国では林野庁が中心となって、森林簿をもとに算定手法を検討している。しかし基礎データとなる森林簿には、モニタリング機能が欠如しており、データの更新システムにも限界があることから、時間の経過とともに精度の低下が避けられない状況にある。また、面的な森林情報の整備は、現地調査に膨大な労力・時間・費用が発生するためこれまで困難であるとされてきた。

これらの背景を踏まえ、本研究では、吸収量評価に必要な情報である道路開発や農地開発等の伐採活動・皆伐や間伐、択伐などの森林施業の抽出および樹木の成長量を捉えるには、高さ情報の利用が有効であると考え、時系列 DSM (Digital Surface Model) による定量的な森林モニタリング手法の開発を行い、その有効性について評価を行った。

上記の結果二つの知見を得た。第一に、過去に撮影された空中写真を用いて写真測量を行う際、現在取得した LiDAR (Light Detection And Ranging) による測定結果を加えることによって、高精度な時系列の DSM を作成することが可能であることを示した。その精度については、LiDAR データと比較した結果、本手法は、LiDAR に対して $\pm 2.5\text{m}$ 以内に較差が含まれるピクセルが全体の 7 割を占めるという、実用に耐え得る精度を達成していることを示した。

第二に、この結果を基に、時系列 DSM を用いて、伐採活動と森林施業の抽出、および樹高成長量の算出における有効性を評価した。伐採活動・森林施業の抽出では、伐採活動と皆伐については、ほぼ 100% に近い割合で抽出することが可能であることが示された。また間伐については、施業のパターンによって抽出率が異なり、択伐に関しては抽出が難しいことが明らかとなった。樹高成長量の算出では、スギ・ヒノキ・広葉樹という 3 種類の樹木に関する樹高成長量について、森林の発達段階に応じて成長量に違いが見られるという一般的な認識を、本手法によっても確認することができた。

更に、時系列 DSM より抽出および算出した施業抽出情報と樹高成長量を用いて、森林簿や収穫表、伐採実態調査データなど、既存のインベントリデータの改善の可能性について検討を行った。その結果、皆伐や伐採については、所有者の届出がなくても施業の抽出が行えるという点で、施業情報が更新できることを示した。ただし間伐については、抽出精度が低いため、今後の課題とした。樹高については、面的に成長量を把握することが出来るため、県下一律ではなく、それぞれ地域の特性に合わせた樹高成長曲線を作成することが可能となり、吸収源評価に必要とされる精度の高い森林情報の取得が可能となることを示した。

以上、時系列 DSM を用いた森林モニタリング手法の実運用に向けたポテンシャルは明らかとなり、将来、京都議定書の枠組みに対応した森林情報の整備・森林施業活動の抽出・樹高成長量の把握が可能となることが期待できる。

(詳しくは修士論文を参照してください)

1. 背景

京都議定書が 2005 年 2 月 16 日に発効

森林等の炭素吸収源の取り扱いは、COP3 以降京都議定書の中心的な交渉テーマ

COP7 において合意が得られ、日本には 1990 年 CO₂ 排出比で 3.9% を上限とする吸収量が認められる

国内の林業は、1990 年代以降著しく停滞し、森林管理の及んでいない場所が急増している

吸収源評価における森林インベントリデータは、信頼性が低い

吸収量を実現するためには、追加的な森林管理の実施および吸収量算定手法の確立が必要

表 1 京都議定書第 3 条 3 項

活動名	定義
植林(新規)	少なくとも 50 年間は森林状態になかった土地を、直接人為的に森林に転換する活動
再植林	一旦は森林地帯であった土地を再度直接人為的に森林に転換する活動。 第 1 約束期間に関しては 1989 年 12 月 31 日の時点で森林状態になかった事が条件となる。
森林減少	森林を日森林に転換する直接人為的活動。

表 2 京都議定書第 3 条 4 項

活動名	定義
植生回復	0.05 ヘクタール以上の植生回復を行う事によって炭素蓄積量を増加させる直接人為的な活動。 ただし、当該活動は 1990 年 1 月 1 日以降に開始され、上記の植林、再植林の定義にあてはまらないもののみに限定される。
森林管理	環境(生物多様性を含む)、経済、社会的機能を発揮させる事ができるように森林を持続的に管理する取り組み。当該活動は 1990 年 1 月 1 日以降に開始されたものに限定される。
農地管理	農作物耕地や農作物の休耕地を管理する取り組み。ただし、1990 年 1 月 1 日以降に開始されたものに限定される。
牧草地管理	植物や家畜生産の量と種類を管理する取り組み。ただし、1990 年 1 月 1 日以降に開始されたものに限定される。

京都議定書における森林の取り扱い

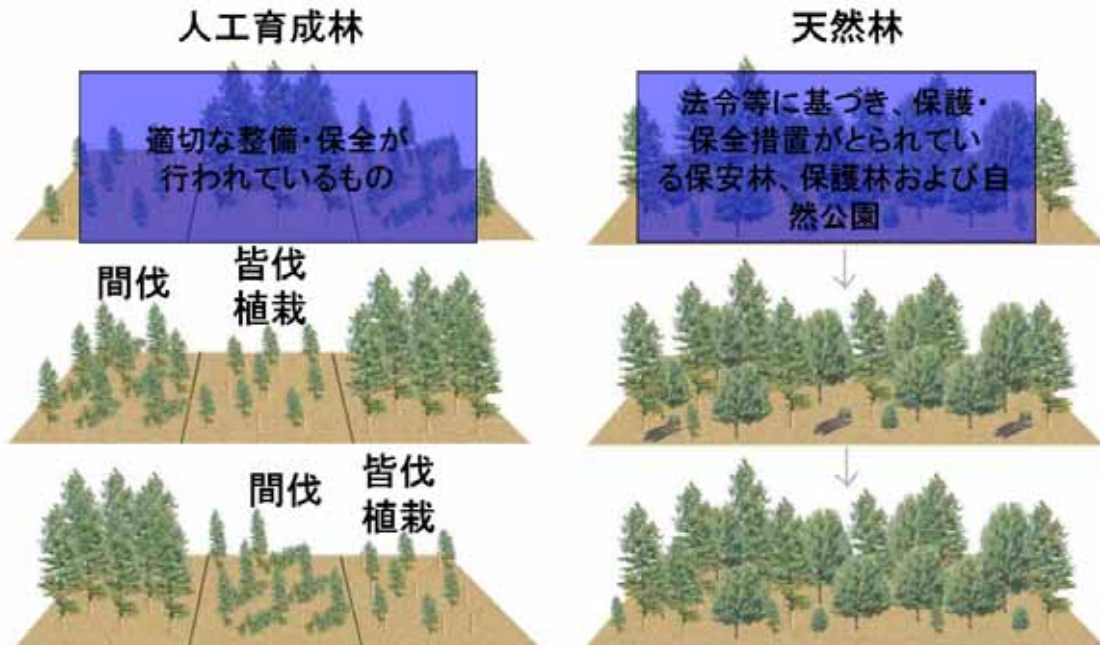


図 1 国内における吸収源取り扱いの森林

2. 目的

現在森林における CO₂ 吸収量の評価手法としては、主に二つのアプローチがある

・生態学的アプローチ

森林生態系の炭素吸収に関する、光合成量や植物呼吸などの各プロセスを直接モデル化するアプローチ

・林学的アプローチ

樹木の材積量の推定値から、森林の炭素ストック量を推定し、その時間変化から炭素吸収量を推定するアプローチ。

わが国における吸収量評価は、林野庁が中心となって、森林簿や収穫予想表などのインベントリデータをもとに、林学的アプローチを用いて評価することが決定している。しかし、森林情報のデータベースである、森林簿は、モニタリング機能が欠如していたり、更新システムに限界があること、収穫予想表は昭和 50 年以前に作成したものが多く、全県一律のデータしかなく、天然林は、森林タイプ区分や樹種構成などの情報が不足しているという問題がある。また、林学的アプローチは、樹種・樹高・直径の値に拡大係数をかけて、林分材積量を推定し、これに密度拡大係数をさらに掛け合わせて森林炭素蓄積量を推計するが、この拡大係数は不確実性が高いという指摘もある。

そこで検証可能性という面より、生態学的アプローチは有効な手法であると考え、DSM という高さ情報をもとに入力パラメータとして重要な意味をもつ成長量、および施業について抽出することを本研究の目的とする。

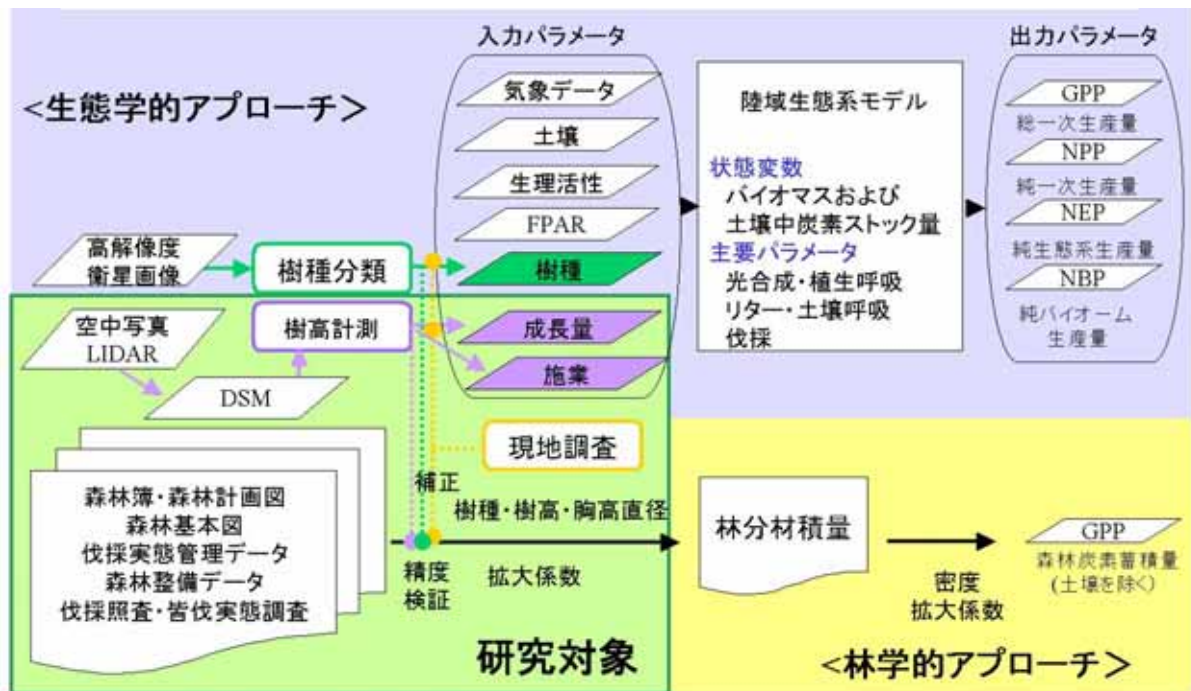


図2 吸収源の評価手法および、研究対象について

3. 意義・新規性

本研究の新規性は、デジタル写真測量による高さ情報の算出に、過去の空中写真に最新のLiDARを補完的に使用することによって、LiDARを取得していなかった過去においても、高精度な時系列DSMを作成しようと取り組む点にある。これにより、これまで定量的な評価が難しかった森林施業の抽出や、樹高成長変化量について時系列的に情報を整備することが可能となる。

この時系列DSMを用いた森林モニタリング手法が社会において適用できれば、将来、京都議定書の枠組みに対応した森林情報の整備・森林施業活動の抽出・樹高成長量の把握が可能となり、今後の森林政策への情報提供および、温暖化の緩和に貢献できることが、本研究の意義である。

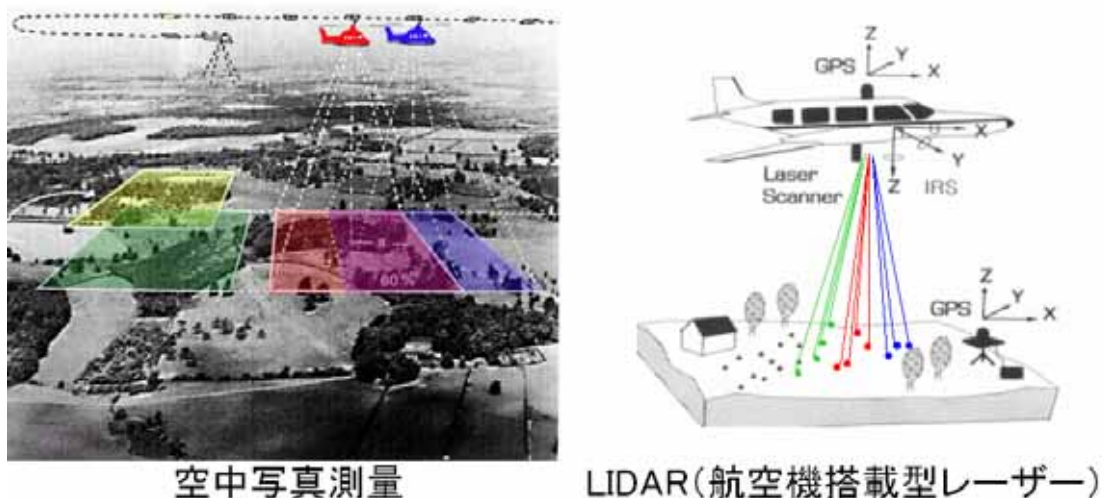


図3 DSM作成手法の既往研究

4. 研究の概要

はじめに、時系列空中写真と LiDAR データを用いて高精度 DSM の作成手法の開発を行う。次にこの DSM を用いて、分析 1 として森林施業・土地利用変化の抽出を、分析 2 として樹高成長量の推計を行う。そして分析 3 として、分析 1、および分析 2 の結果と、インベントリデータを比較し、インベントリデータの評価をする。最後に、これらの結果を踏まえ、森林モニタリング手法の提案を行う。

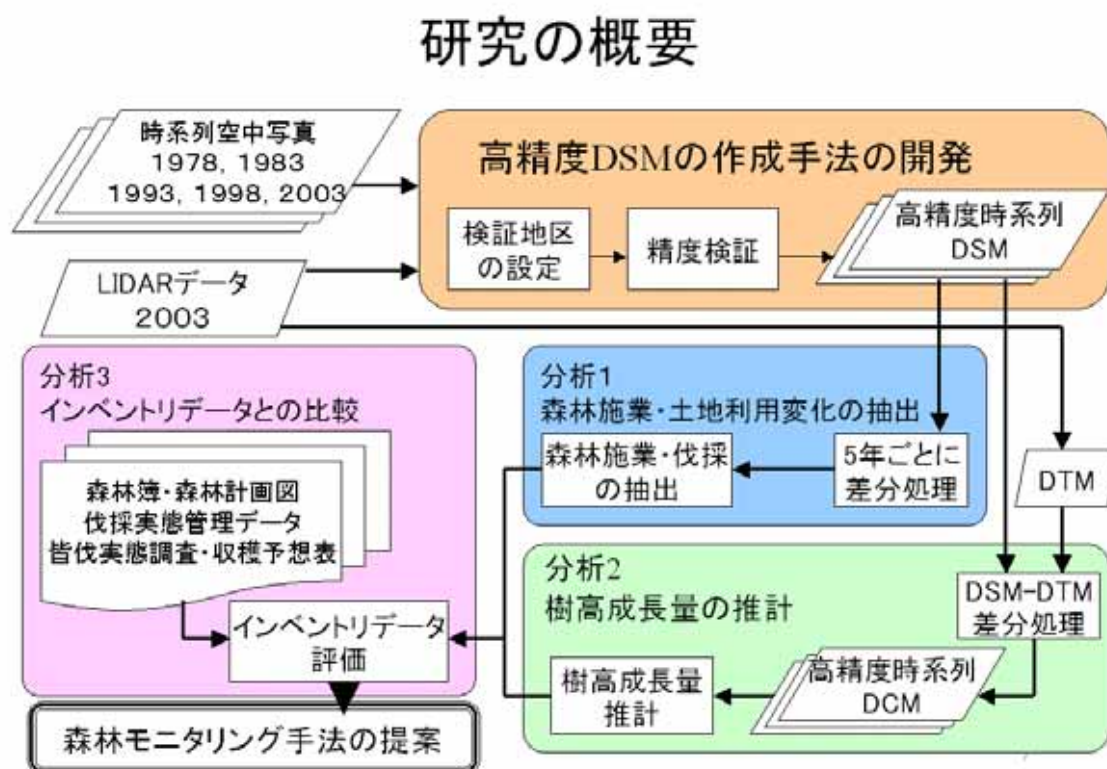


図4 研究の流れ

5. 研究対象地および使用データ

本研究の解析地は、岐阜県の高山市東部および丹生川村南部にまたがった飛騨青屋地域で、北緯 $36^{\circ}9'00''$ 東経 $137^{\circ}24'00''$ (世界測地系)を始点として南に 1.8km、東に 2.5km 広がる 4.5km^2 の森林である。標高の平均値は 1250m、最高では 1453m と、比較的標高の高い地域に位置している。樹種は植林地ではスギ・ヒノキ・カラマツ、天然林ではハンノキ・トチノキが優占しており、その他には、コナラ・クリ・シラカバ等が見られる。解析地の設定に当たっては、今後吸収源評価の研究において、本研究で解析を行った森林情報がモデルに組み込まれることをふまえ、産業総合研究所のフラックスサイトが含有するように設定した。

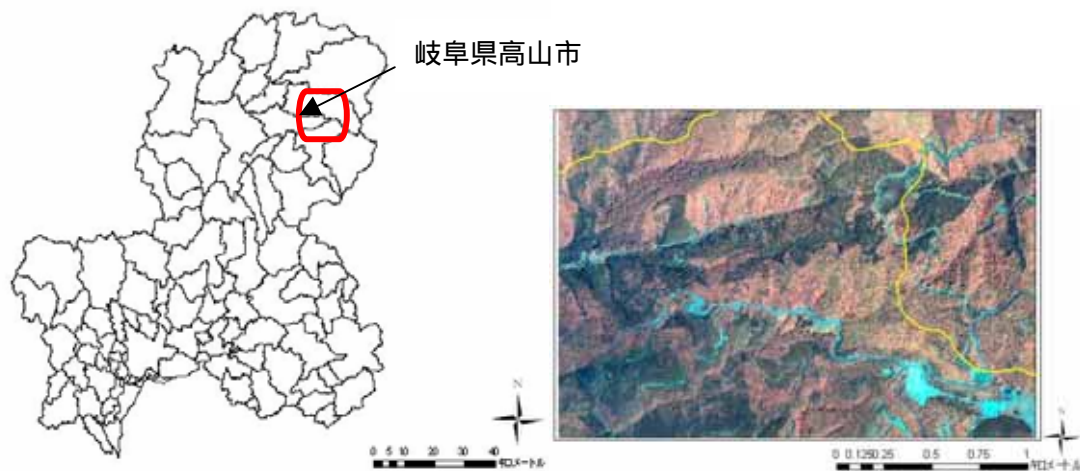


図5 解析対象地域

使用データ

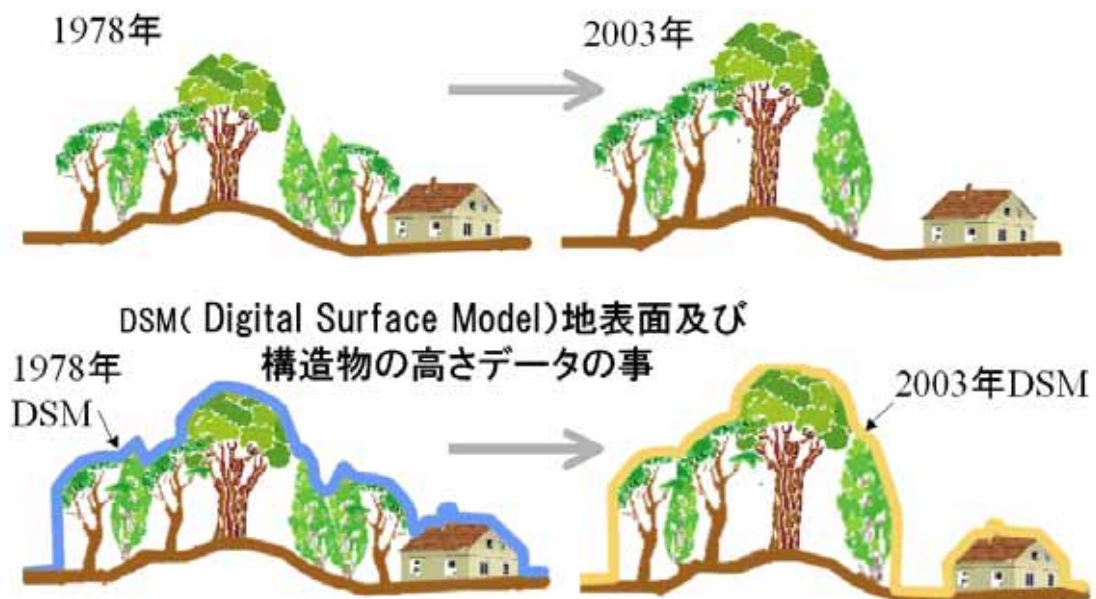
本研究にて使用したデータは以下の表 2-2 に示す。空中写真ポジフィルムを 10 ミクロンでスキャンし、地上分解能約 20cm のデジタル画像を作成した。尚、1988 年の空中写真は入手したものの、写真測量の結果が良好でなかったため、解析には使用しなかった。

解析データ

- ・空中写真(1978、1983、1993、1998、2003)
- ・高解像度衛星画像 IKONOS (2002)
- ・LiDAR (2003) インベントリデータ
- ・森林簿 (2003)・森林計画図 (2003)
- ・伐採実態管理データ (2003)
- ・非皆伐作業林分等実態調査野帳(1994)
- ・スギ人工林 林分収穫表 (1992)
- ・ヒノキ人工林 林分収穫表(1992)
- ・ 広葉樹 林分収穫表 (1992)

6. DSM とは

DSMの捉え方



DSMと森林施業・成長量の捉え方

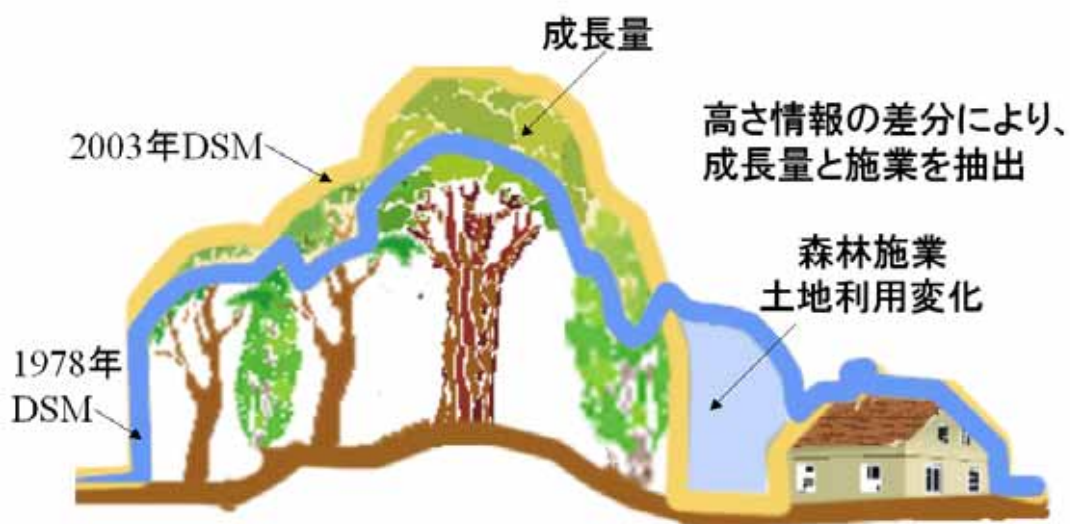


図 6 DSM と森林施業の成長量の捉え方について

同時期に取得された LiDAR と空中写真を用いて、高精度 DSM の作成方法を検討し、写真測量のパラメータを設定して、時系列 DSM を作成した。

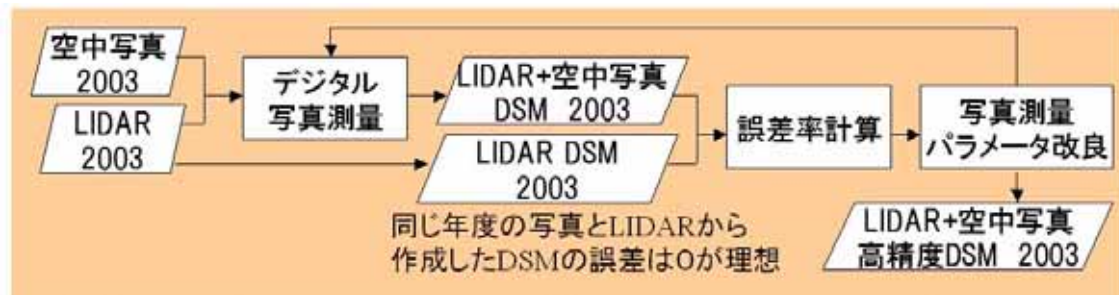


図 7 高精度 DSM の作成方法

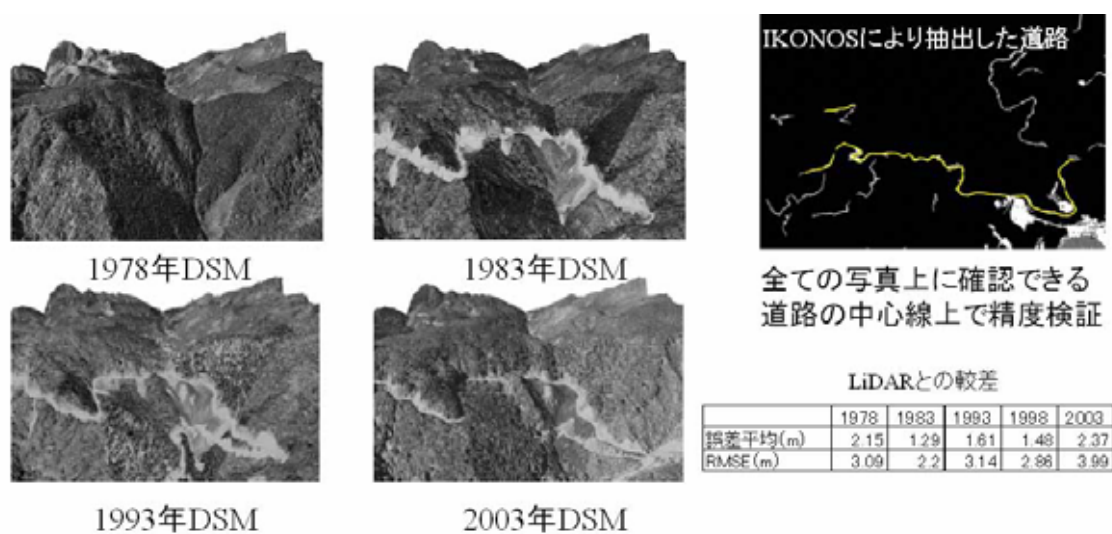


図 8 時系列 DSM の結果

8. 分析 1 森林施業・土地利用変化の抽出

分析1では、作成した時系列 DSM を用いて、図 9 の手順で森林施業および土地利用変化の抽出を行った。その結果、施業および、土地利用変化の行われた地域をほぼ抽出できることが確認された。ただし、森林施業の種類によっては抽出率が低下していることも確認され、今後手法の改善が求められる。

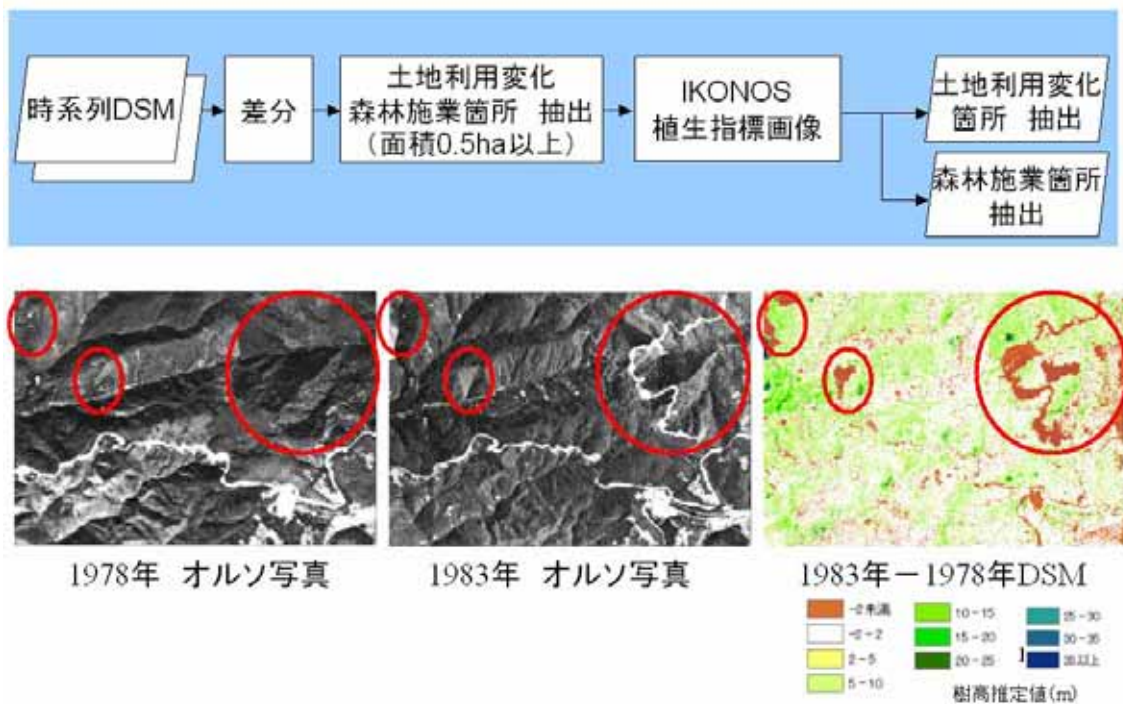


図9 分析1の流れおよび差分画像

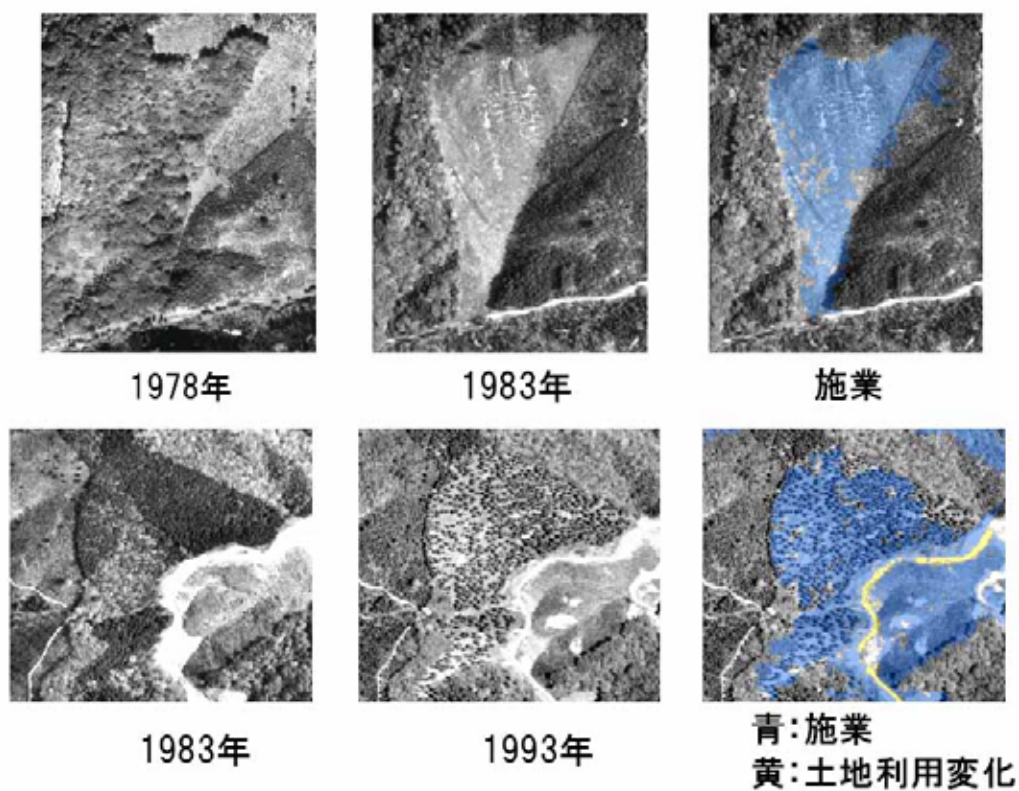


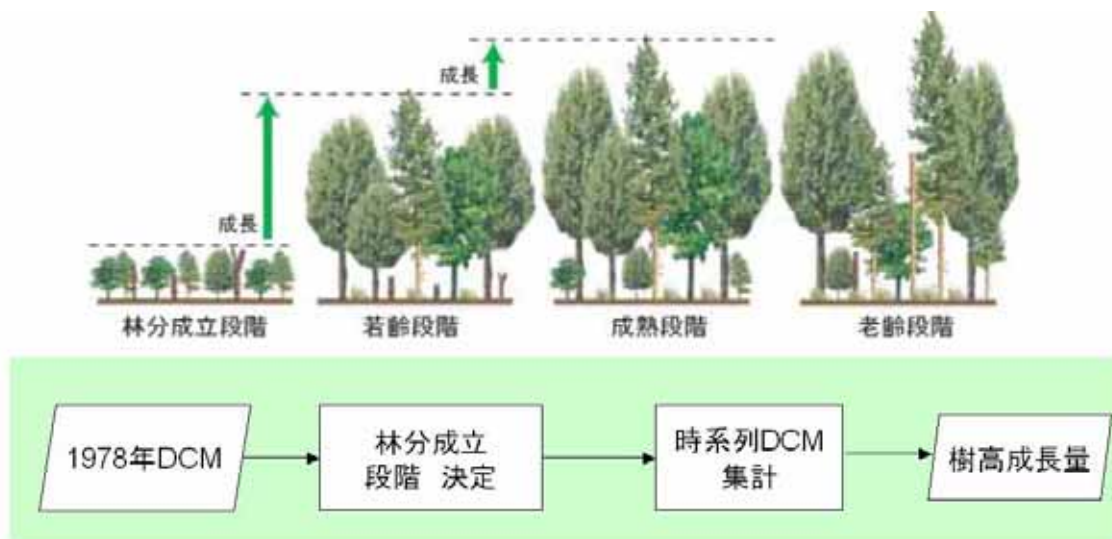
図10 分析1の結果



図 10 分析 1 の結果

9. 分析2 樹高成長量

一般的に樹木の成長は、若齢段階であるほど大きく、老齢になるにしたがって横ばいになる傾向がある。そこで本研究で作成した DSM を用いて、この樹木の特徴を表現することが出来ているかを確認することにした。その結果以下の通り、若齢林では成長が大きく、老齢林では成長が小さいことが樹高成長量のグラフより確認できた。



樹高
DCM (Digital Canopy Model) = DSM - DTM

図 11 分析2の流れ

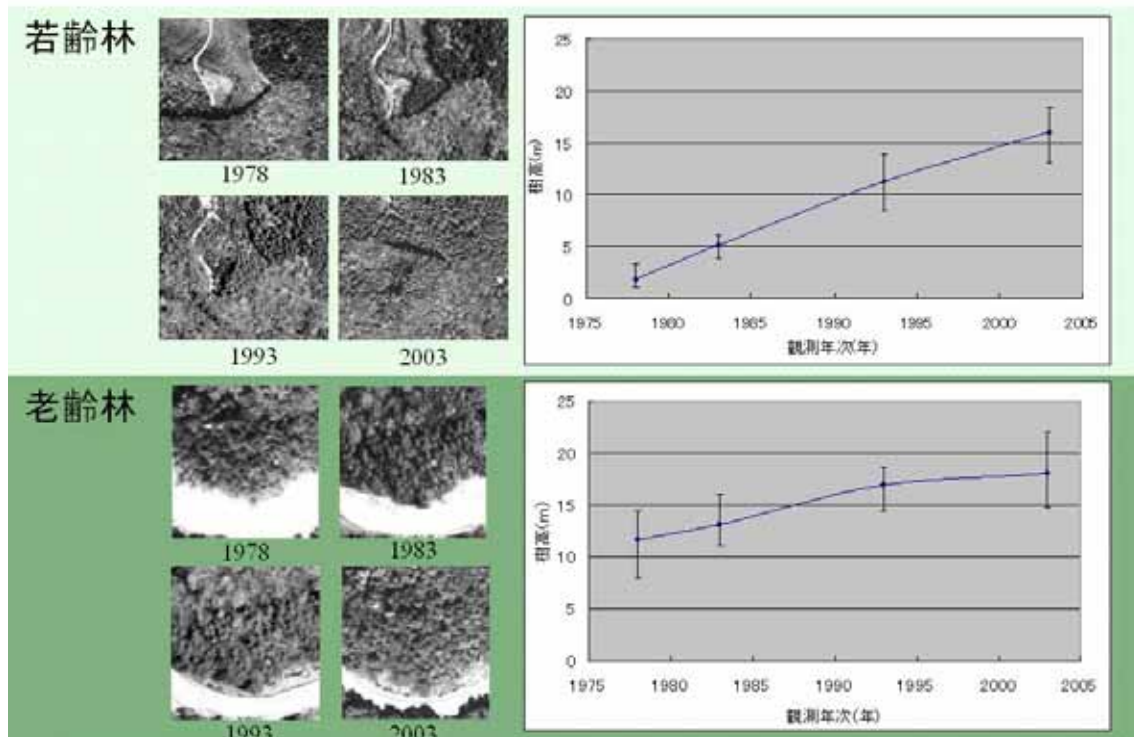


図 12 分析2の結果

10. 分析3 インベントリデータとの比較

分析3では、分析1および分析2にて得られた結果と森林インベントリデータとの比較を行った。その結果従来の指摘どおり、施業などの情報が更新されていない箇所が確認された。また成長予想をあらわす収穫予想表は、特に広葉樹において違いが確認された。

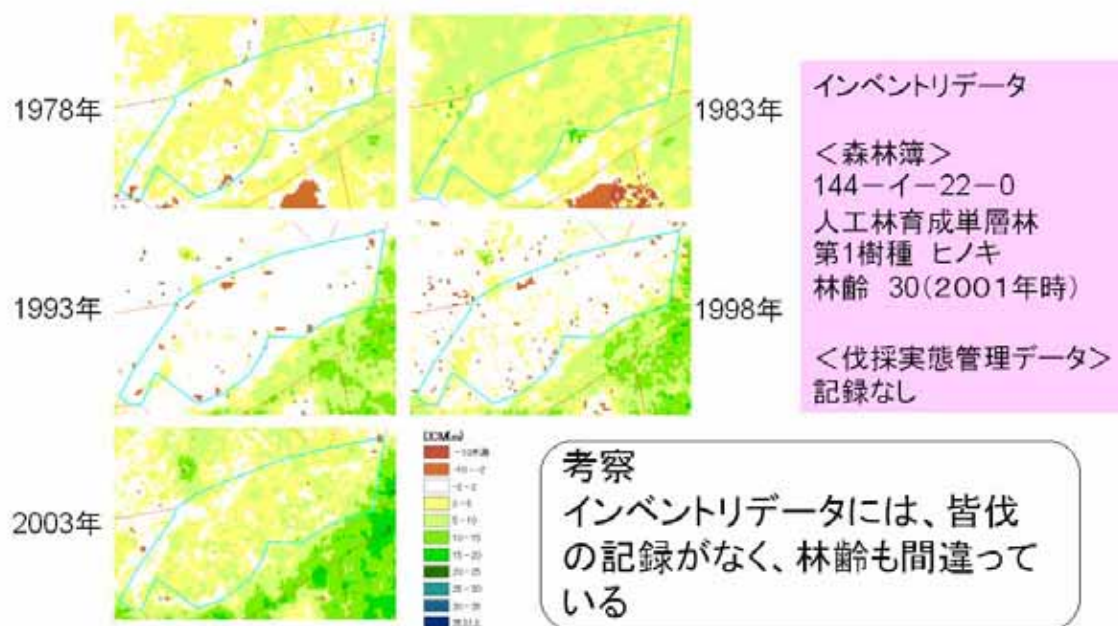
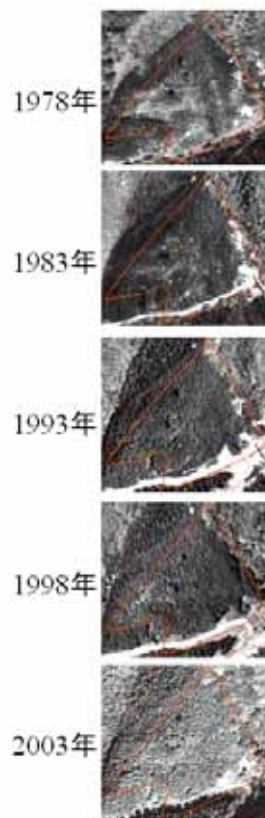
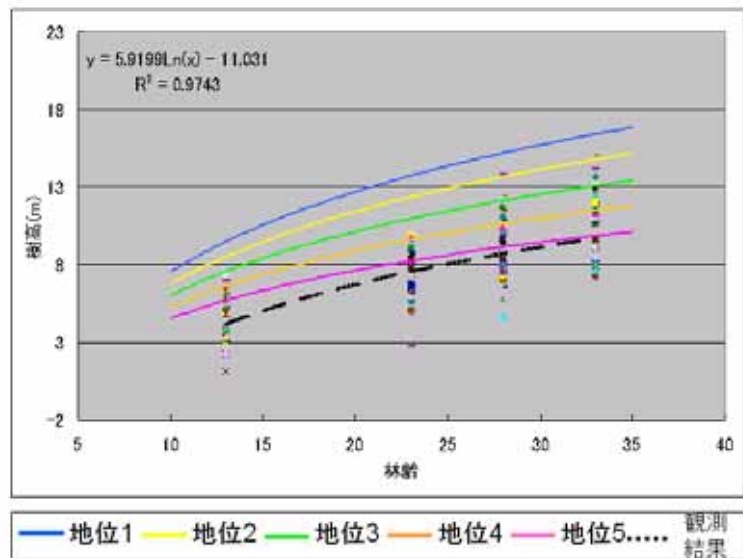


図 13 分析3 インベントリデータとの比較



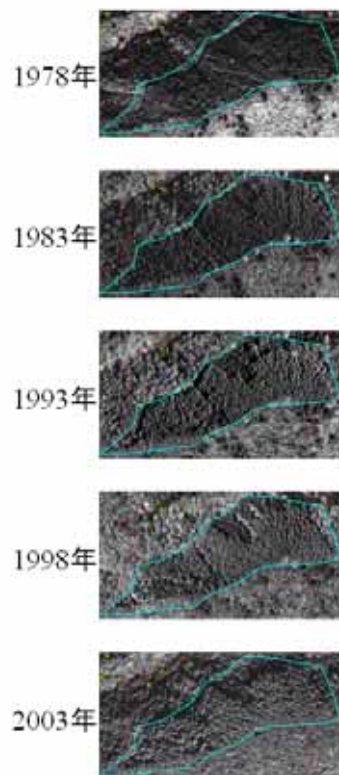
分析3 インベントリデータとの比較 31年生ヒノキ単層育成林



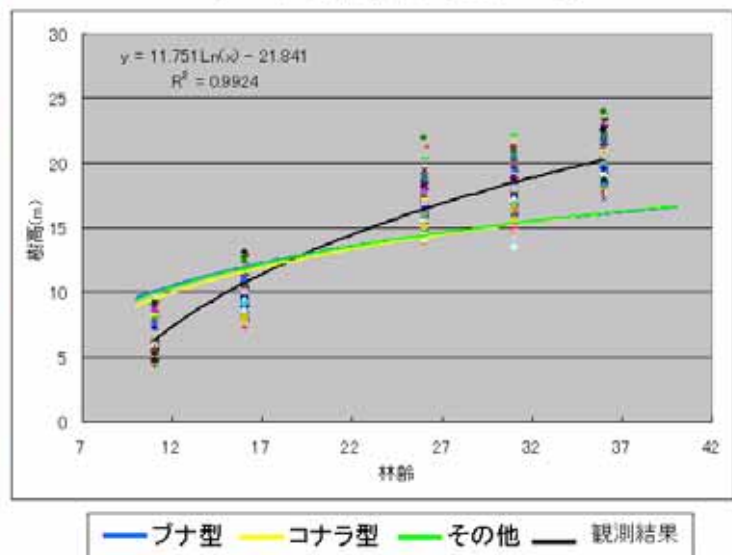
考察

地位について森林簿に情報がなかったが、スギとヒノキは、収穫表とDCMによる観測結果は近似している

図 13 分析 3 インベントリデータとの比較 (針葉樹)



分析3 インベントリデータとの比較 34年生広葉樹天然生林



考察

- ・広葉樹は収穫表とDCMによる観測結果は近似しなかった
- ・対象樹種が異なることや、人工林に比べ天然林は収穫表作成におけるデータが不足していることが理由として考えられる

図 13 分析 3 インベントリデータとの比較 (広葉樹)

森林モニタリングの一つのアプローチとして、高精度な時系列 DSM の開発を行った

これまで捉えることの難しかった森林施業の抽出を、時系列で把握することが可能となり、京都議定書 3 条 4 項における森林管理の実施を証明することが可能となった

樹高成長量を面的に捉えることが可能となり、森林の実態に即した CO₂ 吸収量の把握が期待できる

森林インベントリデータには、不正確な情報が混在していることが確認され、本手法により修正の実施が期待される

12. 今後の課題・展開

- ・間伐の抽出率向上

- ・時系列 DSM の応用可能性の検討

 - 適切な森林施業活動の提案

 - 各種森林情報(樹種・林齢・胸高直径など)の整備への寄与