

[研究助成 (B)]

山林内の可視化と集材ルート生成, 施業の最適化技術

Visualization of Forests, Generation of Yarding Routes and Optimization Technology for Forestry Operations

2171901



研究代表者

慶應義塾大学
政策メディア研究科

准教授

白井 裕子

[研究の目的]

日本林業の現場は、いずれの作業も重労働であり、死傷事故も多発している。これに対して補助金の誘導で、海外から、多くの機械、装置、道具などが購入されている。しかしその努力が、林業全体の安全性の向上に現れているとは言えない。これは海外と日本とでは、林業のおかれた条件が違うからである。林業の作業は、山林内の状況、資源を把握することが起点にある。また立木を伐り倒して、収穫する前にも、山の中で、木を一本一本、手作業で測る作業がある。そこで本研究は、民生用のビデオカメラで撮影した動画から山林内を可視化し、資源の状況を把握し、また山林内の集材ルートを生成するプロトタイプシステムの開発を目的とする。本開発に先立ち、特許(特願 2016-95747, 路網ルート設計装置及びそのプログラム, 並びに路網ルート生成表示システム, 出願日 2016年5月12日)を出願している。



Fig.1 山林内と実験の様子

[研究の内容, 成果]

(1) 山林内の可視化

市販のビデオカメラで、連続的に撮影したRGB動画から、山林内の立木などの森林資源データを取得し、可視化(CG化)するシステムを開発した。(可視化したものをFig.2,3に掲載)本システムでは、山林内のノイズの多い自然環境に適応するものとして、Structure from Motion (SfM)を採用している。

林業では、とくに立木の胸高直径と言い、大体、人間の胸の高さの直径を木材の大きさを表現するのに用いる。この立木の胸高直径の推定精度において、本開発システムの有効性を評価、検証することができた。

開発過程のため、計算などに時間は、要するものの、本システムにより、コストを抑え、作業者の労働強度を下げる事が期待できる。

従来研究では、上空や地上からのレーザ測量により、山林内情報を取得する手法が開発されている。しかしこのレーザ自体が民生機器ではなく、高価で一般従業者には手が届かない。また山林所有者に森林資源量の見積もりを出す際には、作業者が山林内で立木を一本、一本、測っている。これを毎木調査と呼び、本提案手法は、この一般に行われている手作業に比べても現場の労働負担を抑えることができる。

近年、空撮(レーザ)で、大面積の計測も行われている。しかしこの場合においても、地上

で測量した精度の高いデータが必要で、この地上データを用いて推計が行われる。このため、いずれにせよ、地上からの測量から得られる立木一本一本の情報が必要になる。本開発システムにより、森林資源を収穫するプロセスにおいて、その起点となる作業を高度化することができる。

また開発時点でビデオカメラの動画から、山林内を可視化することは、日本初であり、テレビのニュースで報道された。

(2) 集材ルート生成

集材ルート（特に作業道）を生成するアルゴリズムのプロトタイプを開発した。このアルゴリズムでは、入力した三次元の山林から、適正な斜度を保持する路網を探索する。これについては、ドイツで行われた森林・林業分野で世界最大の学会において採録、発表した。

(3) 施業の最適化

施業の最適化を目的としたシステム開発は国内の作業実態の延長から検討し、同時に、近年、開発が進む欧州において調査を行った。ヨーロッパ現地で調査した際に、欧米の技術開発の急展開を把握したためである。北欧、ドイツと

オーストリアなどの現地で調査を行い、情報を収集した。北欧、中欧の林業技術展では、林内に数百台の林業機械の実機、そしてデバイス、部品などが展示され、デモが行われる。ともに四年に一度開催される、世界最大級の技術展で、現物の展示により、システム全体がどう動くのかも把握することができた。オーストリアではシステム、アプリケーションを開発、運用する企業とまたそれらを使用している会社を訪問して調査を実施した。

欧州の森林、林業の情報通信技術は、コンセプト的なゲームレベルから実装しているものまであり、大きく北欧型と中欧型があることを把握した。北欧型は林業機械でも車両系、そして供給側からのシステムであること、中欧型は主に架線系、そして供給から先の運搬や需要側に比重を置くシステムであることが分かった。前者は、重機の中で、オペレータが立木の造材長などから販売金額などを検討することも可能である。架線系集材は、斜面が急な作業地で採用される方法であり、稼働する機械やそこで取り交わされる情報も車両系とは異なってくる。

北欧の StanForD (Standard for Forest machine Data and Communication) は、もとは林業機械間のデータの規格を定めたもので、生産、



Fig.2 CG化した山林内の様子



Fig. 3 角度を変えて観た単木のCG

流通の情報通信基盤になりつつあった。また中欧では、Felixtools, Forest Mapping Management, DAM-EDV, Latschbacher 等、混在している状況が分かった。また林業に関する共同組合（和訳すると農林会議所のような組織）も森林資源の基本情報、その森林に適した施業方法、収穫シミュレーション、コストなど様々なアプリケーションを開発し、関係者に配布し始めていることも分かった。地形のみならず、所有形態、流通などの条件も考慮に入れると、日本には北欧型よりも、これら中欧のシステムに近い方が適切であると考えられる。

[今後の研究の方向性、課題]

森林・林業の技術は、欧米で進んでいる。しかし欧州においても、本開発が対象としている情報系の技術については黎明期で、これから技術開発が進んでいく。また欧米とは日本林業のおかれた条件は異なり、その違いへの理解の上、欧米で進む技術開発の動向を把握し、今後も日本林業の特徴に沿った開発を進める。複雑な自然界での作業であり、人のセンサーが一番確かである。そこで今後も、そこは人ではなく機械

が良い所から開発を進めていく。

筆者らは、このほかに森林内作業を支援するマニピュレータやモビリティを開発してきた。将来的には、これらのハードウェアとも結びつけていきたい。

[成果の発表、論文等]

- [1] Naoki Nozawa, Shoma Fujii, Ryuya Sato, Ryo Suzuki, Yuko Shirai: Forest Roads Design and 3D Visualization for Steep Mountains, 17-1155, IUFRO 125th Anniversary Congress, International Union of Forest Research Organizations, Germany, 2017
- [2] 福原吉博, 白井裕子, 森島繁雄: 手持ちカメラを用いた Structure from Motion による森林の自動計測手法, ps1-12, The 21st Meeting on Image Recognition and Understanding (MIRU), 2018
- [3] 白井裕子, 今富裕樹: 我が国に眠る莫大な資源, その把握と情報管理 — ICT が切り開く林業資源の活性化 —, 電子情報通信学会誌, 創立 100 周年記念特集, Vol. 100 No. 11, pp. 1236-1241, 2017
- [4] 白井裕子: ヨーロッパの大人しい森で自由を謳歌する林業技術 Elmia Wood 2017, 機械化林業, No. 769, pp. 1-8, 2017

[報 道]

- [1] NHK ニュース「たっぷり静岡」2018

[謝 辞]

本属が変わった直後三年間の研究活動を支援していただきまして、真にありがとうございました。新しく着任した大学では、五科目を新しく一人で開講することになり、研究期間の最後は COVID-19 (新型コロナウイルス感染症) の影響により、活動を大幅に制限することになりました。研究期間も二年から三年に延長していただきました。この大変な三年という期間、研究活動を支援していただきましたこと、重ねてお礼を申し上げます。