

## 遠隔操作車両を用いた森林内測量システムの開発

山口浩和・田中良明・毛綱昌弘・陣川雅樹・佐々木達也 (森林総研)

**要旨:** 遠隔操作により森林内の立木や伐倒木の位置情報を取得することを目的として、走行操作を無線化した林内走行車に、車載カメラ、レーザ距離計および慣性計測装置を搭載し、オペレータ1人による遠隔測量が可能なシステムを試作した。試作した測量システムの性能を把握するために、森林総合研究所内のヒノキ林において立木および丸太位置の測量試験を実施した。その結果、測量作業能率はトータルステーションを用いた2人作業と同等であり、精度はコンパス測量と同等であった。

**キーワード:** 遠隔操作, 林業機械, 森林, 測量

### I はじめに

車両系林業機械の遠隔操作による森林作業では、車両周囲の情報や森林内の現在位置など作業や移動に必要な情報を得ることが困難である。そのため、はじめに進入する機械が森林施業を進めながら、森林内の立木や伐倒木の位置情報を記録し、次工程の機械にそれらの位置情報や走行経路等を提示できれば、効率良く移動でき作業システム全体の効率が高まると考えられる。そこで、森林内の立木や伐倒木の位置情報を取得することを目的として、遠隔操作車両を用いた測量を行うシステムを試作した。本報告では、試作したシステムの性能を把握するために行った試験の結果について報告する。

### II 遠隔操作車両の概要

走行操作を無線化した林内走行車に、測量用の計測装置として、レーザ距離計と慣性計測装置を車両に搭載した。レーザ距離計には、オプテック社RT-50Sを使用し、車両周辺の任意の方向を計測できるように、パン、チルト方向へ回転可能な2軸の回転台に取付けた。2軸はそれぞれステッピングモータの駆動により回転し、回転角度はロータリーエンコーダで計測する。また、レーザ距離計の上部にレーザ視準位置を確認できるようにズーム機能を備えたカメラを搭載した。慣性計測装置には、3軸ジャイロ、3方向加速度計、3軸磁気方位センサから構成されるCROSSBOW社製AHRS400を使用し、姿勢角、方位角を計測する。計測装置からのデータ収集と、車両の走行およびレーザ距離計やカメラの制御は、車両に搭載したパソコン(サーバー側)にオペレータ操作用パソコン(クライアント側)から無線LAN経由でアクセスすることにより行う。遠隔測量車両の外観を図-1に示す。

### III 遠隔測量システムの概要

遠隔操作による立木位置測量は、車両に搭載したカメラからの映像をもとに、レーザ距離計の方向を制御して行う。計測したデータは、車両の姿勢角、方位角、レーザ距離計のパン・チルト角、距離値、車両の走行速度であり、これらのデータはオペレータの操作用パソコンに送られる。通常、測量機器を利用した測量では、機器を水平にセットする必要がある。しかし本システムでは、機器が車両に搭載されており水平にすることができない。そのため測量対象に照射しているレーザ輝線ベクトルを車体の姿勢角を用いて回転変換し補正した。

オペレータの遠隔測量を支援するために、パソコンモニタ上に測量を完了した立木と伐倒木および車両の位置、さらにレーザ距離計のレーザ輝線をリアルタイムに表示するプログラムを作成した(図-2)。これによりオペレータは、映像モニタで測量対象を捕えた時に、プログラム画面上のレーザ輝線が既に記録されている立木をさしているかどうかを確認することにより、既測量木と未測量木の区別を容易に行なうことができる。

また、立木位置は従来の測量機器と同じように車両位置(器械位置)からの相対的な座標として計測され、車両が移動した場合には、基準点もしくは既に測量した立木を再計測する必要がある。このシステムでは、測量対象にマーカを付けない作業を前提としているので、車両移動後の再測量時に、既測量点をカメラ映像で判別することは困難である。そのため、車両に搭載されているセンサを用いた自律航法により機械の移動量を推定し、機械移動地点および既測量木をプログラム画面上で確認できるシステムとした。

### IV 性能把握試験の結果と考察

試作した遠隔測量システムの性能を把握するために、

Hirokazu YAMAGUCHI, Yoshiaki TANAKA, Masahiro MOZUNA, Masaki JINKAWA and Tatsuya SASAKI (For. and Forest Prod. Res. Inst., 1 Matsunosato Tsukuba Ibaraki 305-8687) Development of a surveying system in a forest by using a remote controlled vehicle.

森林総合研究所内のヒノキ林において、立木82本、伐倒木5本を対象に測量試験を行い、本システムの測量精度の評価と他の測量手法（コンパス測量、トータルステーションを用いたトランシット測量）との作業能率の比較を行った。レーザ距離計の最大計測距離が20～25m程度であったことから、すべての対象を測量するために2回の車両移動を行った。車両の操作および遠隔測量はヒノキ林の縁から20mほど離れている計測棟から行った。なお、コンパス測量では測距にメジャーを用い測量データを野帳に記録、トランシット測量では、測量データはRAMに書き込んでいる。コンパス測量、トランシット測量ともに機器の移動は不要であった。

試験の結果、本システムの測量作業能率についてみると（図-3）、2回の移動時間を含めた測量時間が34分55秒であり、1本あたり約25秒であった。一方、同様の測量試験を、コンパス測量とトランシット測量について行った結果では、コンパス測量で、全測量時間は1時間28分53秒、1本あたり1分4秒、トランシット測量で、全測量時間は40分45秒、1本あたり30秒であり、本システムはトータルステーションと同程度の作業能率であった。

次に本システムの測量精度を評価するために、測量結果に対する閉合比を求めた。その結果、閉合比は1/412であった。これは、コンパスを用いた森林測量の許容誤差といわれる1/300～1/500の範囲内となり、森林測量としては妥当な精度であることが確認できた。

試作した遠隔測量システムでは、作業支援プログラムを利用することによって、マーカを用いない測量作業が実現できた。今回計測時間に含めなかった立木へマーカを取り付ける付帯作業時間を考慮すると、他の測量手法に比べ効率的であると考えられる。

## V おわりに

本システムにより、遠隔操作車両を用いて簡易な操作で車両周辺の立木および材の位置情報を得ることができ、ことを確認した（図-4）。これらの情報は、オペレータの操作画面でリアルタイムに図化され、遠隔操作車両を用いた森林作業を効率的に進める上で有益な情報となると考えられる。

また、遠隔操作のみならず、これらリアルタイムに記録された機械作業情報を他の林業機械と共有することで、車両系林業機械を用いた作業システム全体の効率化が図られると推測される。

## 引用文献

- (1) 山口浩和・田中良明・毛綱昌弘・陣川雅樹・井上源基（2004）森林内における遠隔操作車両の位置把握手法、森林学誌19：267-270

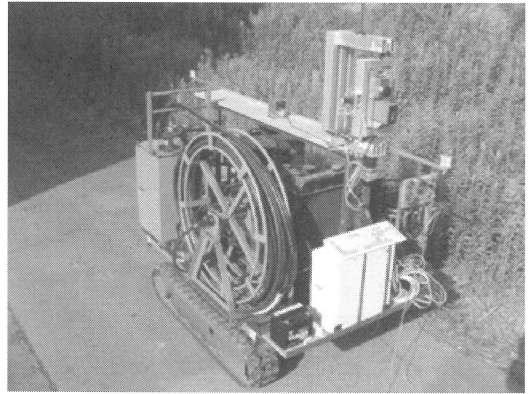
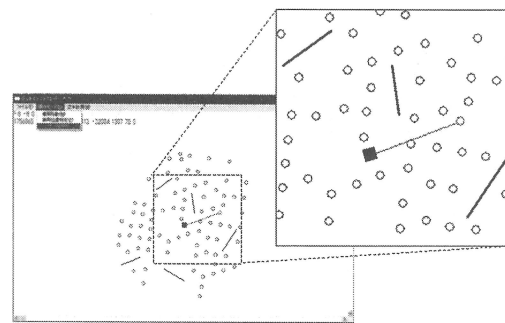


図-1 測量システムを搭載した遠隔操作車両



（■：車両位置      ○：レーザ輝線ベクトル）

図-2 測量支援プログラム

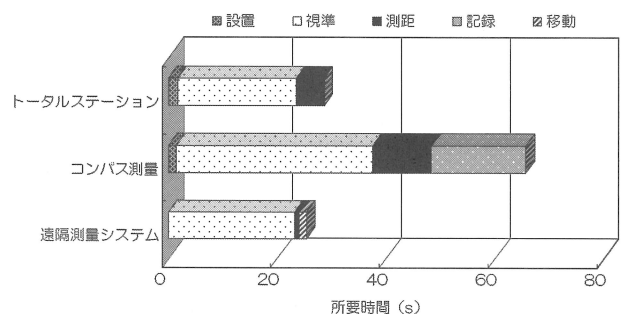


図-3 測量手法の違いによる作業能率の比較  
(立木一本あたりの測量時間)

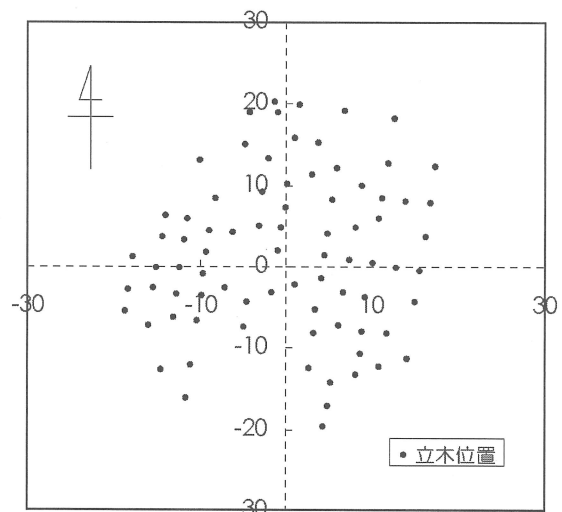


図-4 遠隔測量システムによる立木測量結果