

車両系作業機械の走行体の画像による測定方法

田中良明¹・上村巧¹

1 森林総合研究所

要旨：車両系作業機械による造材作業等のより定量的な分析を目指して、機械の走行体の移動・回転を測定する方法を検討した。機械が平面上で作業するものと仮定、平面上に4つの基準点を配置することでカメラのパラメータを確定、空間直線と平面との交点として2点計測を行い、移動距離と回転角度を計測する。シミュレーションによる標準偏差は、移動で2 cm程度、回転は条件により0.4~1.3度程度であり、実測もその範囲内にあることを確認した。車両の測定では2点計測は困難であり、機械の大きさの情報を併用するなど工夫が必要である。

キーワード：車両系作業機械、移動、回転、画像

Measurement of forest machine's prime mover with digital images

Yoshiaki TANAKA¹, Takumi UEMURA¹

1 Forestry and Forest Products Research Institute

I はじめに

車両系作業機械の作業分析は要素作業を、造材、極積、枝条整理等に分け行われる。この方法の問題点は、要素作業のそれ以上の分析が困難なので、どのように作業すれば、効率が良くなるか検討できないことである。要素作業は走行体や旋回体などの移動・回転によって構成されており、これらが記録できれば車両系の作業を定量的に分析できる。この研究では、車両系作業機械の作業の数量化を目指して、まず、走行体の移動や回転を定量的に測定する方法を検討、その精度を検証することである。

II 方法

複数のカメラとマーカ等を使えばステレオ法により三次元測定ができるが、数値地形モデルとカメラの画像を用いれば一台のカメラによっても測定ができる(3)。車両系作業機械は土場や作業道上など平面に近い場所で作業することが多い。これを利用して、計測方法を検討した。カメラのモデル(1)にはいくつかのパラメータがあり、三次元位置の明らかな基準点を画像に写して、そのピクセル座標により計算できる。焦点距離のような定数は室内試験で求めることができるので、測定時に未知のパラメータはカメラの位置と角度の6つである。これは4点の基準点によって求まる。図-1に示すように、機械の作業する平面上に4つの基準点を配置、6つのパラメータが定めれば、カメラに写されたPのピクセル座標からその三次元位置を計算して、図中の式のように空間直

線が定まり、直線と平面との交点としてPの座標が定まる。

III 計測のシミュレーション

実際の計測に先立ち、文献(4)に示された方法により1点計測、2点計測による移動・回転計測のシミュレーションを行った。ピクセル読取りの標準偏差について室内試験の標準偏差(0.6)を参考に1ピクセル、基準点の標準偏差は1 cmとした。図-2に示すように平面上に3×4 mに配置された基準点の長方形の中心からy方向に10 m離れた位置にカメラを置き2 mの高さから中心点に向かって撮影する。1点計測ではPを測定した。2点計測は図-2に示されたy=1.5の直線に沿ってP0、P1間3、4、5 mの移動を計算した。回転はP点を中心として長さ3、4、5 mの線分の30,45,60度の角度 θ を $\tan^{-1}(\Delta y/\Delta x)$ により求めた。計算は100,000回行った。

IV シミュレーションの結果

1点計測の結果はxy方向でそれぞれ平均値1.996 m, 1.533 m, 標準偏差はそれぞれ、0.011 m, 0.054 mであった。y方向の標準偏差が大きい。2 mという高さから撮影しているため、奥行方向にはピクセル数が少なく、誤差がy方向で大きくなるためである。

2点計測による移動計測の結果を表-1に示す。移動計測の標準偏差はほぼ同じ2 cm程度である。

2点計測による回転計測の結果を表-2に示す。標準偏

差は3 m, 30度で最大1.263度であり長さや角度が大きくなるほど標準偏差は小さくなる。これは、角度を求めるのに使われる $\Delta y/\Delta x$ の相対誤差が $\sigma_{\Delta y}/\Delta y$ の項を含むことから説明される(2)。角度や長さが大きくなると Δy が大きくなるので誤差が減少する。 $\sigma_{\Delta y}$ は Δy の標準偏差である。

V 実際の測定

2点計測による移動、回転の実測を行った。シミュレーションとはほぼ同じ条件で4 mの移動(図-3)と45度の回転の計測をそれぞれ30回行った。カメラの位置をわずかに変えて10本の動画を作成し静止画像(1280×720)を得て、それぞれの画像について3回計測を行った。平均値、標準偏差は4.024, 0.010m, 45.150, 0.377度という結果であった。シミュレーションよりも標準偏差が小さいが、対角線の長さ5 mを検証するなど基準点の精度が1 cmより良いことが理由として考えられる。

続いて実際の車両での測定を検討した。車両の2点計測による移動計測は困難である。履帯の接地点の特定しにくいこと、植生や土により履帯の一部が見えなくなるからである。そのため履帯を実測して履帯のモデルを作成(図-4)、履帯の接地箇所の可視部分2点を計測すれば、その中心点にモデルの原点を配置するようプログラムを改良した。キーボード操作でモデルを2点間の直線上に前進、後進させると、図-5に示すように履帯の輪郭とモデルの像が良く一致する場所があるので、このときのモデル原点を機械の位置として測定が可能となった。

VI まとめ

画像による走行体の移動、回転計測の方法を検証した結果、移動は2 cm程度、回転は条件にもよるが0.4~1.3度程度の誤差で計算できることを明らかにした。また実際の機械測定では履帯の長さのように機械の大きさの情報を併用すればより確実に測定ができる。

引用文献

- (1) 近津博文 (1993) CCDカメラ. 写真測量とリモートセンシング. 32(6):22-25
- (2) John R. Taylor (2000) 計測における誤差解析入門. 東京化学同人. 東京. p83
- (3) 田中良明 (1997) DTMとデジタルフォトグラメトリによる森林内の位置測定方法. 森林利用学会講演要旨集. 4:22
- (4) 田中良明ら (2010) デジタルカメラを用いた路面横断形状の測定方法. 関東森林研究. 61:253-256

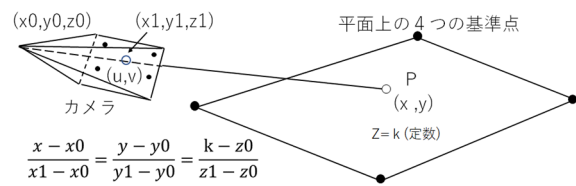


図-1. 計測の方法

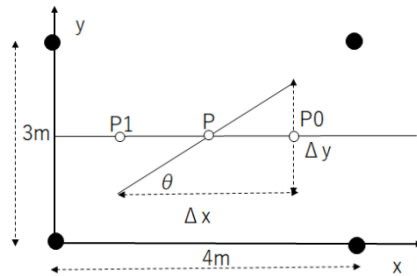


図-2. シミュレーションのモデル

表-1. 移動の結果

表-2. 回転の結果

移動距離	平均値	標準偏差	長さ	角度	平均値	標準偏差
3	2.986	0.019	3m	30	29.191	1.263
4	3.982	0.021	4m	30	29.198	0.949
5	4.978	0.024	5m	30	29.202	0.761
単位はm						
			3m	45	44.741	1.015
			4m	45	44.749	0.764
			5m	45	44.753	0.615
			3m	60	60.057	0.710
			4m	60	60.063	0.536
			5m	60	60.066	0.432
単位は度						



図-3. 移動の計測

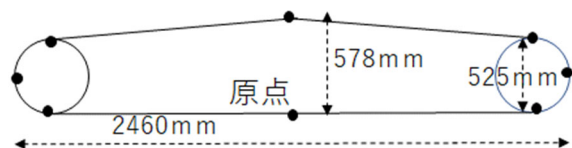


図-4. 履帯のモデル



図-5. 機械計測