

GPS 受信機により取得した座標データによる H 型架線の集材作業の時間分析

山尾真生(名大農)・近藤稔(名大院生命農)・半田州甫((株)とされいほく)

森林作業の時間分析の時間と労力を軽減するため GPS 受信機で記録した座標データによる作業分析を試みた。GPS 電波受信が容易と考えられる H 型架線による集材作業において、2つの荷上索の結合点と荷掛け手のヘルメットに GPS 受信機を取り付け、得られた座標位置と高度の時間変化から集材作業の要素作業を判別した。その結果、H 型架線のように GPS 電波の受信が良好であり、また、移動距離が大きく高低の変化も大きい架線では、単独測位の GPS データのみでも各サイクルや要素作業の開始点を推定することは可能であることが示唆された。

キーワード：GPS、時間分析、H 型架線、集材作業

I はじめに

森林作業の時間分析は生産性の向上や改善にとって極めて重要なツールである。時間分析に最もよく用いられる方法としては、作業風景をビデオカメラで撮影し、その映像を解析するといった方法が挙げられる。しかし、この方法では、撮影と解析の段階において多大な時間と労力を必要とする。

森林作業における要素作業は、使用する作業機械や作業員の動きをみることによって判別される。この判別に GPS の座標と時間のデータを利用することができれば、分析に要する労力が著しく軽減可能であると考えられる。

GPS データを用いる分析は、使用する機械の移動距離が長く連続した撮影が困難である集材作業に適している。国外ではスキッダ (3) やフォワーダ (5) の集材作業サイクルの時間分析に応用した先行研究が存在する。日本では、タワーヤードを用いた架線集材の時間分析への応用が試みられている (4)。また、GPS 座標データの利用により、将来的に作業機械の自動運転や自動制御を行うことが可能であると考えられる。

そこで、本研究では、GPS データを利用した集材作業の作業分析がどの程度まで可能かを検討することを目的とした。

II 材料と方法

本研究では、H 型架線を使用した集材作業を調査対象とした。H 型架線は谷を挟んだ尾根と尾根の間に架設されるため搬器や吊荷点は地上からかなり高い位置を移動することから、林冠による影響が少なく GPS 電波の受信が比較的良好であると考えたからである。

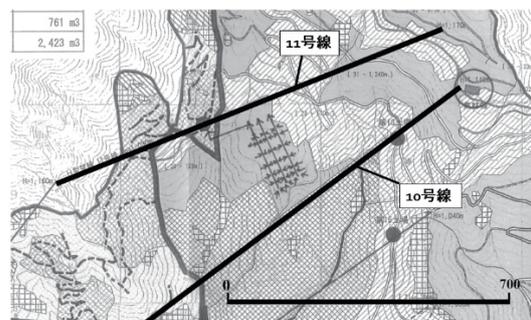
1. 調査地概要

調査地としたのは高知県長岡郡大豊町中の立川北ノ谷山 (図一1) で、現場では株式会社とされいほくがエンド

レスタイラー式 H 型架線を用いた集材作業を行っていた。事業地の総面積は 359ha である。調査日は 2016 年 5 月 2 日午後の作業を対象にした。調査現場では 12 本の架線 (1~7 号線, 途中 0 号線, 8~11 号線, 12 号線(予定)) が架設され、2 本の架線を組にしつつ H 型架線とした。調査時点では、10 号線 (スパン長 1800m) と 11 号線 (スパン長 1030m) の組からなる H 型架線が稼働しており、この H 型架線を調査対象とした (図一2)。



図一1. 調査地の位置
注) 文献 (1) から改変



図一2. 10号線と11号線

YAMAOMasaki, Sch. of Agric., Nagoya Univ., KONDO Minoru, Grad. Sch. of Bioagric. Sci., Nagoya Univ., HANDA Kunio, Tosareihoku K.K., mkondo@agr.nagoya-u.ac.jp

Time study of H-type cable logging operation using coordinate data acquired by GPS receiver

2. H型架線の概要

H型架線は、2つの集材架線を平行に配置し、それぞれの集材架線の荷上索を結合させることにより上空より見るとHの形状になるようにした索張りである。使用する集材架線の組み合わせによりいくつかの種類があるが(2)、一般的に使われているのは調査地でも使用されていたエンドレスタイラー式H型架線(図-3)である。図-3に示すように、荷上索1と荷上索2の結合点にはフックがつけられており、2本の荷上索の巻取りまたは緩めを同時に行うことでフックを上下させる。片方の荷上索を緩め、もう一方を巻き取ることで架線と架線との間方向の移動を行うことができる。元柱、先柱の方向には、図-3中に示すエンドレス索1とエンドレス索2を同時に操作することにより2つの搬器を同方向に移動させることを行う。

現場では、H型架線の2つの荷上索の結合点に自走式搬器を取り付け、自走式搬器に内蔵している巻上索を使用して荷掛け用のフックを上下させていた(図-4)。これは、2本の荷上索を緩めてフックを降下させた場合、立木に荷上索が接触する可能性があり、それを避けるためである。

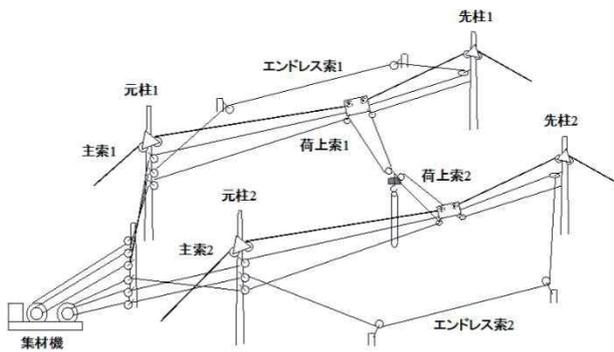


図-3. エンドレスタイラー式H型架線



図-4. 荷上索の結合点と自走式搬器

3. 使用機材

使用したGPS受信機はTransystem社製のTripmate850(図-5)を使用した。GPS受信機を2つの荷上索の結合点の自走式搬器に取り付け、この自走式搬器の移動軌跡をGPS受信機で記録した。また、荷掛け手の移動状況を見るために、荷掛け手のヘルメット上部にも取り付けた。座標の記録は1秒間隔に設定した。

なお、今回の時間分析においては、天候があまりよくなかったため作業風景のビデオ撮影などができず、GPS受信機を取り付けなどは現場の作業員の方に依頼して行ったため、実際に行われたサイクル回数を記録することはできなかった。また、現場の作業員の方においても実際の作業サイクル回数を記録しておらず、実際に行われた作業サイクル回数を把握することは出来なかった。



図-5. 使用したGPS受信機

III 結果

1. サイクルの推定

座標データは午後1時2分～午後4時20分までの3時間18分間記録されていた。このうち、自走式搬器と荷掛け手のx, y座標上の移動軌跡をGoogle Earth上にプロットし、スケールバーを追加したものを図-6に示す。それぞれの軌跡より集材土場と荷掛け地点の大きな位置を推定することが可能であり、推定された集材土場と荷掛け地点の位置、およびH型架線の組として使用されていた11号線の大きな位置を図-7に示す。

空走行、荷掛け、実走行、荷下ろしといった要素作業において、自走式搬器の移動軌跡は特徴的な動きを行う。高さ(z軸)方向の動きとしては、斜面に沿った実走行や空走行を行う際の高さの変化、荷を吊った時の荷上索のたわみによる高さの低下などが考えられる。水平(x, y軸)方向の動きとしては、土場から荷掛け地点までの移動にともなう動き、荷掛け中や荷下ろしの際に水平方向には動きは少ない、といったものが考えられる。そこで、得られた座標データにそれぞれの動きを当てはめることでサイクルの開始点を推定した。

得られた自走式搬器のz座標データを図-8に示す。図-8より、急激な上昇と下降という特徴的な動きが周期的に見られる。この動きは各サイクルに共通した高度の変化であると考えられた。そこで、急激な上昇の開始点を各

サイクルの開始点とみなし、各サイクルの判別を行った。

判別の結果、調査期間中に22回の集材作業サイクルが行われたと推定された(図-9)。この22サイクルの作業時間は自走式搬器のx, y座標による移動軌跡回数と一致している。22サイクルの平均時間は9分3秒±1分6秒であった。

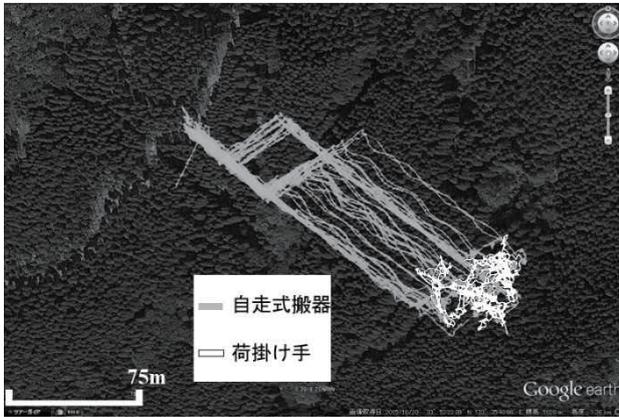


図-6. 自走式搬器と荷掛け手の移動軌跡

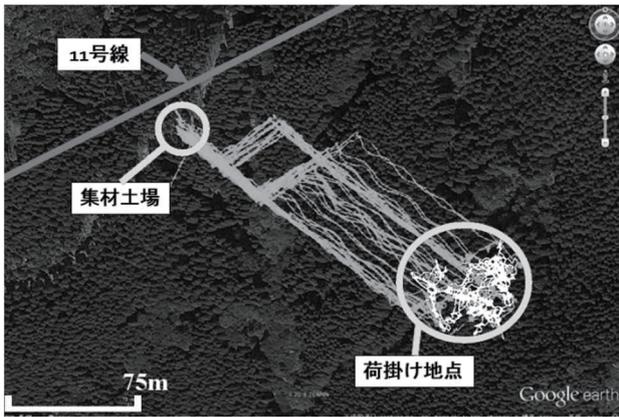


図-7. 推定された集材土場と荷掛け地点の位置
11号線の大まかな位置も示す

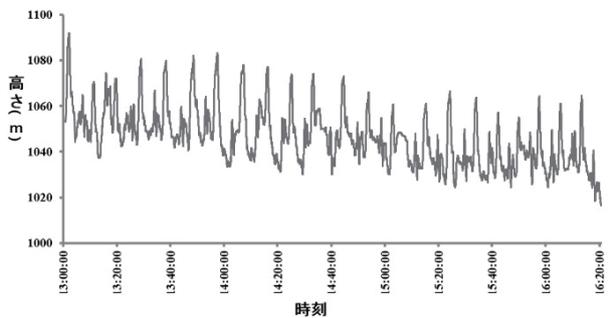


図-8. 自走式搬器の高さの時間変化

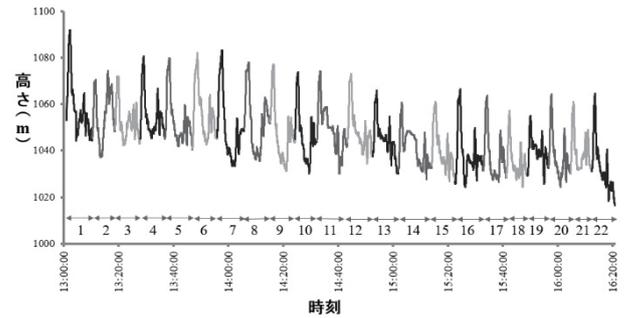


図-9. 推定された22回のサイクル

2.要素作業の推定

各サイクルは、集材距離により必然的にサイクルタイムの長さの違いが発生する。そこで、各サイクルの開始時刻を進行率0、終了時刻を進行率100とし、各サイクルの開始時点の自走式搬器の高さを0とすることで各サイクルの長さや開始時の高さを合わせz座標の時間変化を示したものが図-10である。これを見ると、各サイクルに共通した特徴的な高さの変化が存在することがわかる。

図-11において、典型的な特徴を持っていた12サイクル目を例に各段階における自走式搬器の高度変化を示す。各サイクルに共通した動きごとに段階を分けると、(1) サイクル開始時の急激な上昇 (2) 緩やかな上昇 (3) 急激な下降の後の小さな上昇 (4) 緩やかな下降 (5) 上昇、下降、上昇という連続した変化 (6) 下降 (7) 高度変化ほぼなし、といった7段階に分類できる。一部のサイクルでは、5段階目と6段階目の間に高度変化がほぼ見られない段階(以下5'段階とする)が見られた。各段階におけるx, y座標上の移動軌跡を示したものが図-11となる。なお、図-11中のx, y座標は平面直角座標系第4系の座標である。

1, 2, 3段階目では「空走行」、4段階目では「フックの降下・荷掛け・フックの上昇」、5, 5', 6段階目では「実走行」、7段階目では「荷下ろし」の要素作業が行われていることが推定された。このうち、5'段階目は4段階目終了時の自走式搬器の位置が集材土場から先柱方向にずれている場合に元柱方向へ位置を調節するために移動したことによるものであり、4段階目終了時の自走式搬器の位置から集材土場まで自走式搬器を直進させていたサイクルにおいては、5'段階目は見られなかった。また、「フックの降下・荷掛け・フックの上昇」段階の中では、それぞれの要素作業において各サイクルに共通した明確な座標位置の変化が見られなかったため、「フックの降下」「荷掛け」「フックの上昇」というさらに細かな要素作業の段階に分けることは困難であった。

同じサイクル中の自走式搬器と荷掛け手の移動軌跡の例を図-13に示す。図中のサイクルは12サイクル目である。荷掛け手のサイクルは、自走式搬器の座標データから推定したサイクル時間と同時刻の荷掛け手の移動軌跡

を抜き出すことで決定した。図-13より、荷掛け手の軌跡は滑らかではないことが分かる。これは、林内ではGPS電波の受信環境が悪く、そのためにGPS電波を断続的にしか受信できていないことが理由であると考えられた。しかし、あるサイクルと次のサイクルの開始時や終了時の荷掛け手の位置は前後のサイクルにおける荷掛け手の軌跡がつながっていたことで測定できており、それぞれの軌跡のうち搬器の停止位置と荷掛け手の位置が重なることから、その軌跡の位置から大まかな荷掛け地点を推定することは可能であった。

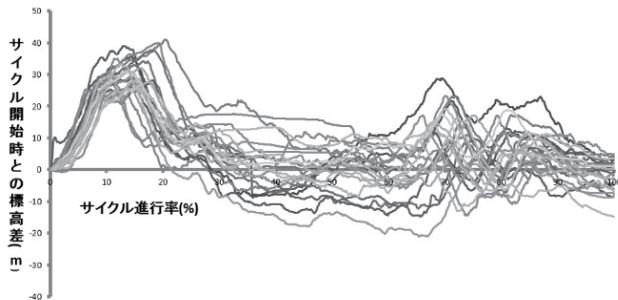


図-10. 各サイクルの自走式搬器の高さの時間変化

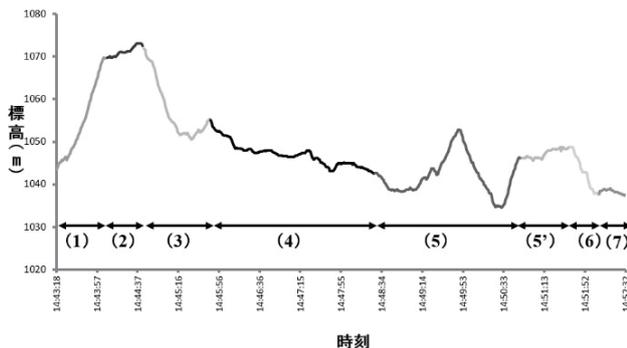


図-11. サイクル中の高さ方向の移動軌跡

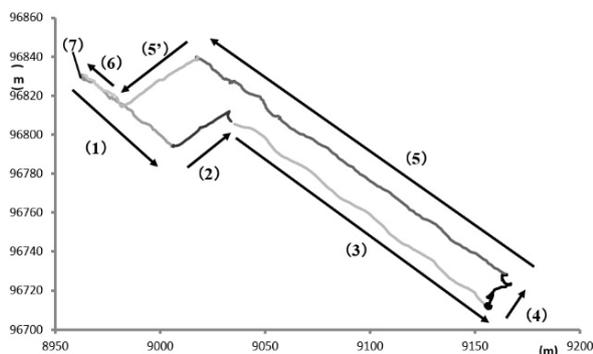


図-12. サイクル中の水平方向の移動軌跡

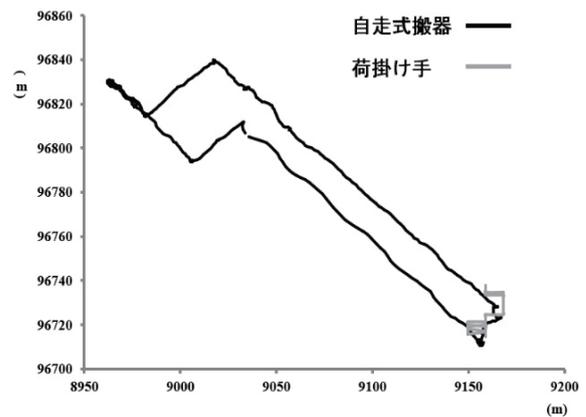


図-13. 搬器と荷掛け手の移動軌跡の例

IV 結論

H型架線のように、吊荷点が地面から高い位置に存在するためGPS電波受信が比較的容易であり、移動距離が大きく、高低の変化も大きい架線では、単独測位のGPSデータのみを用いた時間分析において、各サイクルや要素作業の開始点を推定することは可能であることが示唆された。しかし、荷掛け手の移動軌跡が断続的なものになったことから、林冠によりGPS電波の受信が大きく障害されることが考えられた。また、要素作業のうち、「フックの降下・荷掛け・フックの上昇」段階は、各サイクルにおいて共通した高度変化や平面座標中の移動が見られなかったために、さらに細かく段階を判別することが困難であった。

今後の展望としては、座標データよりサイクルを自動で判別するプログラムの作成や、他の種類の架線集材において同様の分析を行い、どのような結果を得られるかについての研究を考えている。

引用文献

- (1) 白地図専門店 (2016), <<http://www.freemap.jp/>>.2016年10月20日参照。
- (2) 近藤稔 (1998) 高知県に見るH型架線の動向. 機械化林業 532 (1998) :46-53
- (3) McDonald TP, Fulton JP, (2005) Automated time study of skidders using global positioning system data. Computer and Electronics in Agriculture 48 (1) :19-37.
- (4) Nitami T, Suk S, Kataoka A, Mitsuyama T (2011) Tower Yarder Operation in Japan and the Performance Analysis by GPS-based system. Pushing the boundaries with research and innovation in forest engineering. FORMEC 2011, Proceedings of the 44th International Symposium on Forestry Mechanisation, Graz, Austria, 9-13 October 2011
- (5) Strandgard M, Mitchell R, (2015) Automated Time Study of Forwarders using GPS and a vibration sensor. Croat.j.eng. 36 (2015) 2: 175-184