

## 建設現場における作業判別の自動化プログラムの構築

東京都市大学大学院 学生会員 ○大澤 徹郎  
東京都市大学 正会員 五艘 隆志

### 1. はじめに

近年、我が国では ICT などを用いた建設現場の生産性向上が課題になっており、同時にその生産性を計る確固とした指標が求められている。既往研究では、加速度センサーと位置情報を用いて、建設現場における生産性区分の考案がされた<sup>1)</sup>が、データ解析において人手を要する部分が残されていたり、当該研究以後のセンサー類の向上反映といった課題があった。本研究では、プログラム開発の第1段階として作業員の歩行を加速度データから周波数分析により判別することを試みた。次いで、位置情報や時刻情報、運動強度といった情報を加えてさらなる精度向上に向けて有効な作業判別の自動化プログラムの構築を行っている。

### 2. 研究方法

次のような手順で歩行判別のアルゴリズム開発を進めた。第1に加速度の周波数解析を用いた歩行判別、第2に位置情報を用いた歩行判別を行った。

#### (1) データ取得について

建設現場の加速度データは既往の取得データを利用した。表-1に利用したデータの詳細を示す。

ヘルメットに3軸加速度と温湿度計を搭載したデータロガー（株式会社トアックによる試作）を装着し、加速度と温湿度のデータを取得した。また、作業員のポケットに市販GPSを携帯してもらい、位置情報を取得した。マニュアルサンプリングデータは5名の作業員の作業内容を目視で確認し、手記入でデータ取得を行った。

表-1 建設現場データ概要

【データ詳細】	
作業現場	大成ロテック現場（稲城市百村地区）
機関	2017年11月15日～11月16日（2日間）
作業内容	道路舗装工事
現場作業員人数	5名
取得データ (取得方法)	加速度（データロガー）
	温湿度（データロガー）
	位置情報（GPS）
	マニュアルサンプリングデータ（目視）

#### (2) 加速度データの周波数解析について

本研究では加速度データの解析には五艘ら<sup>2)</sup>の研究を参考にし、FFT解析(Fast Fourier Transform)を行った。卓越周波数の有無の確認を行うことで、歩行の判別を試みることにし、人間の歩行は毎秒2歩程度であることから、2Hz付近の卓越周波数が得られることを期待した。本解析では、数値解析ソフトMatlabを使用した。

また、建設現場の加速度データは1日分の就業時間(8時30分～17時、計8時間30分)で1秒間に10データを取得したため1人当たり1日約30万個を超えるデータを取得しており膨大なものとなっている。このため図-1のような1日分の解析を実行するMatlabのコマンドを作成した。マニュアルサンプリングは1分毎に行っているため、まず全てのデータを1分間のデータ数600データに分割し、解析を実行した。コマンドにおける歩行を判別する周波数のパワースペクトルの閾値を30と設定した。この値は以前の歩行試験において解析結果の大部分が50を超えていたため、30程度あれば卓越周波数があるだろうという推測によるものである。

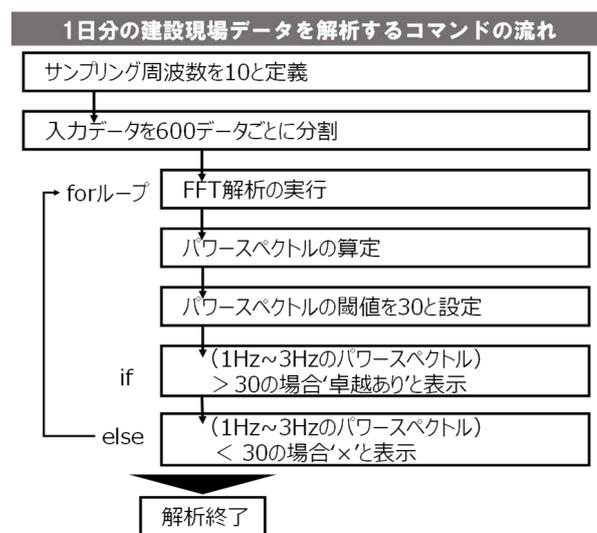


図-1 1日分の建設現場データを解析するフロー

キーワード 生産性向上, 歩行判別, FFT解析, マニュアルサンプリング

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL : 03-5707-0104 E-mail : g1618013@tcu.ac.jp

## (2) 位置情報を用いた移動検知

歩行の検知には加速度の周波数解析のほかに、位置情報から移動距離を算定することで判別することを考えた。GPS から得られた位置情報データを用いて、以下の式<sup>3)</sup>により移動距離を算出した。

$$L = 6370 \arccos(\sin\phi_1 \sin\phi_2 + \cos\phi_1 \cos\phi_2 \cos(\lambda_1 - \lambda_2)) \quad (1)$$

(L: 移動距離,  $\Phi$ : 緯度,  $\lambda$ : 経度)

式(1)を用いて算出した移動距離から、歩行を判別する速度は山崎ら<sup>4)</sup>の研究を参考にした。20代~40代の男性の歩行速度は75~80m/s程度であることから、実際の現場での歩行はそれよりも低くなることを考慮し、歩行と判別するのは1分間の移動距離が50m以上とした。

## 3. 研究結果

今回の検証では作業員5名のうち2名のデータに対して解析を行った。図-2には作業員1の解析結果の一部を示している。図-2の14時15分~14時17分のように「移動」と記されていた時間帯において2Hz付近卓越周波数が確認されたところと確認できなかったところがあった。これはセンサーに時計の機能を付加していなかったことも要因の1つと考えられる。データ取得においてはデータロガーの装置電源のON-OFFの時刻記録を手動で行っており、若干の時刻のずれがあった可能性がある。

今回の検証においてセンサーの軸の向きは進行方向、鉛直方向、進行方向に向かって右側をそれぞれX軸、Y軸、Z軸と定義した。歩行の加速度の周波数解析で特徴はY軸方向に強く出ることが確認された。

一方、GPSロガーには時計の機能が付随しており、マニュアルサンプリングデータとの時間のずれは少ないと考えられる。移動距離が1分間に50m以上となったのはバックホウを運転しているときに多く見られた。これは正しい検証結果であると考えられる。しかし、図-2の14時15分や14時17分では48m、35mであるが、実際は歩行をしていたと考えられる距離である。今回定義した現場における1分間の歩行移動距離50m以上という値は明確な根拠がなく、実際の現場における移動は平均して何メートル程度であるか正確に把握する必要があると思われた。表-2は解析手法別の

精度を示している。

## 4. おわりに

本研究は、建設現場における作業員の歩行判別を加速度の周波数解析と位置情報という2つの手法を用いた。結果として、加速度の周波数解析のみでは42%、位置情報と組み合わせれば58%の精度でデータから歩行判別を行えた。本システム構築にはさらなる精度でより多くの項目に動作分類を実現する必要がある。

**謝辞:** データ提供及び貴重なご意見を頂きました大成ロテック株式会社の山田敏広氏、永山清一郎氏、株式会社トアック濱野満氏、山口貴大氏の皆様のご協力に、この場をお借りして厚くお礼を申し上げます。

## 【参考文献】

- 1) 草柳俊二：国際建設プロジェクトの生産性向上プログラムに関する研究，土木学会論文集 No.528/VI-29, pp.143-154, 1995.
- 2) 五艘隆志他：建設現場における先端技術を活用した生産データ収集・分析の構築に関する研究，土木学会論文, Vol.66, No.1, 2010.
- 3) 三浦英俊：緯度経度を用いた3つの距離計算方法，南山大学 理工学部 システム数理学科日本オペレーションズ・システム学会, Vol.60, pp.701-705, 2015.
- 4) 山崎昌廣他：ヒトの歩行，人類誌, Vol98, pp385-401, 1990.

	マニュアルサンプリング	No1			移動距離
		X軸	Y軸	Z軸	
14時09分	セメント攪拌	卓越あり	卓越あり	×	32.4605
14時10分	BH	卓越あり	卓越あり	×	6.649574
14時11分	BH	×	卓越あり	×	13.33549
14時12分	BH	×	卓越あり	×	16.16612
14時13分	BH	×	卓越あり	卓越あり	74.16656
14時14分	BH	卓越あり	卓越あり	卓越あり	28.50192
14時15分	移動	×	卓越あり	×	48.5083
14時16分	移動	×	×	×	13.30807
14時17分	移動	卓越あり	×	×	35.86413
14時18分	BH	×	卓越あり	×	94.85252
14時19分	BH	×	×	×	72.85767
14時20分	BH	×	×	×	6.007202
14時21分	BH	×	×	×	17.79225
14時22分	BH	×	×	×	14.86057
14時23分	BH	×	×	×	6.656628

図-2 作業員1の解析結果（一部）

表-2 解析手法別の歩行判別精度

解析方法	精度
加速度の周波数解析	10/24 (42%)
位置情報	4/24 (17%)
加速度と位置情報の組み合わせ	14/24 (58%)