

第VI部門

Arduino 基盤を用いた建設現場モニタリングシステムの提案

大阪大学 工学部

大阪大学 大学院工学研究科

大阪大学 大学院工学研究科

大阪大学 環境イノベーションデザインセンター

大阪大学

学生員 ○山口 麗華

フェロー 矢吹 信喜

正会員 福田 知弘

非会員 道川 隆士

非会員 Ali Motamedi

1. 研究の背景と目的

建設施工段階において、2030年CO<sub>2</sub>排出量削減目標が掲げられており、具体的な削減項目として、建設機械の燃費改善や、省燃費運転の普及展開が挙げられている。また、目標達成のためにPDCAサイクルが推進されている<sup>1)</sup>。建設現場におけるエネルギー使用割合の多くを建設機械が占めており<sup>2)</sup>、燃料使用量は建設機械の稼働時間に比例することから、建設機械単位で稼働状況を正確に計測する必要がある。

また、建設業は典型的な屋外産業であり、夏には熱中症の発生が多く見受けられ<sup>3)</sup>、重症化回避のために、予防と早い認識が最も重要であることから、作業環境をリアルタイムでモニタリングする必要があると考えられる。

建設現場のリアルタイムモニタリングに関して、蔡ら<sup>4)</sup>は、複数ビデオカメラ映像を用いた手法を提案しているが、建設機械の稼働状況、作業環境を、個別に随時モニタリングすることは困難である。一方、情報通信技術の大幅な進歩により、無線センサネットワークに関する研究が進む中で、様々な環境を対象としたモニタリング用途への活用が提案されている。

そこで本研究は、建設現場において、建設機械単位での正確なCO<sub>2</sub>排出量算出、建設現場における熱中症対策強化に向けて、建設機械の稼働状況、建設機械運転席の作業環境をリアルタイムでモニタリングを可能にするシステムの提案を目的とした。そのため、Arduinoと通信モジュールを用いて無線センサネットワークを構築し、実際の建設現場において使用できるデバイスを設計・システムを構築した。

2. Arduinoを用いた建設現場モニタリングシステム

本システムのネットワーク構成図を図1に示す。シ

ステムはセンサ部、表示部の2つの部位で構成される。センサ部のセンサには、温湿度センサ(AM2302)、3軸加速度センサ(KXR94-2050)、GPSモジュール(LS20031)を、表示部のPCにおける可視化には、Processing 3.0.1(以下、Processing)を使用した。

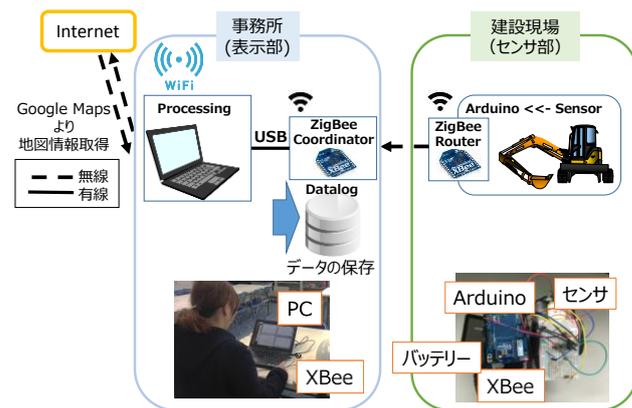


図1. ネットワーク構成図

開発した機能としては「建設機械の3軸加速度、運転席内の室温、湿度のリアルタイムチャート作成」、「建設機械の運転席内の不快指数の表示」、「建設機械の稼働状況表示」、「建設機械のGPS位置情報のマップ表示」、「テキストファイルへのデータログの書き出し」の5つがある。図2に、開発したシステムの実行例を示す。

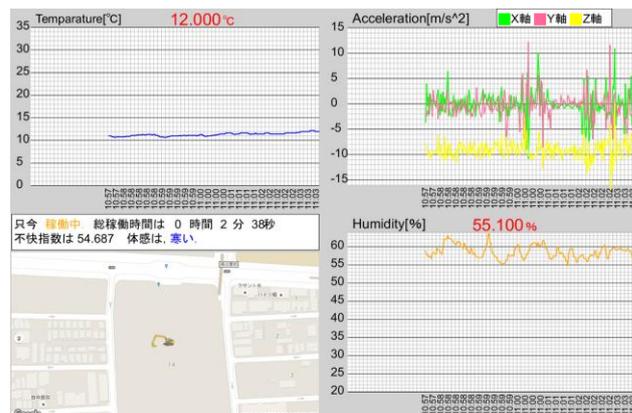


図2. 開発したシステムの実行例

使用状況として、ユーザーはセンサ部を建設機械の運転席内に水準器を用いて地面に水平に設置する。

センサ部の各種センサにより取得したデータを、ZigBee ルータから1秒ごとに表示部のPCにUSB接続された ZigBee コーディネータへと送信し、Processing においてデータの処理、可視化を行うことで、建設機械の稼働状況、運転席の作業環境についてリアルタイムでモニタリング可能である。

### 3. 屋外検証実験

製作したデバイスを実際に尼崎市立難波の梅小学校改築工事現場(図3)内の建設機械(排水管設置工事を行うバックホー)に設置した際(図4)、作成したシステムの機能が正常に作動するか、ZigBee 通信によるデータ伝送の遅延や欠損はあるか、3軸加速度による稼働状況識別は可能かを確認するために、屋外検証実験を行った。尚、3軸加速度による閾値は、予備実験としてセンサ部を自動車に設置した際に得た、センサ起因と思われる誤差、アイドリング時の各軸における1秒当たり変化量を基に設定した。

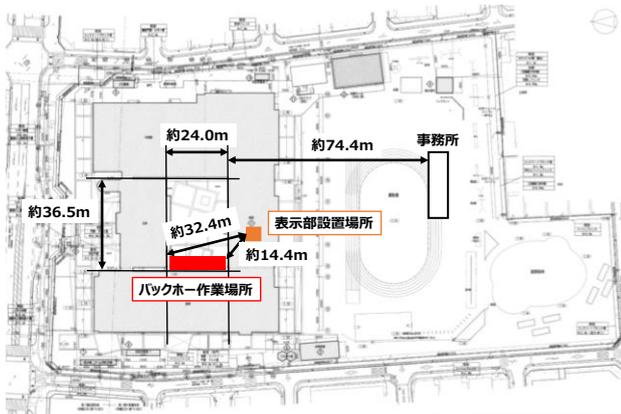


図3. 工事現場内平面図, デバイス設置位置



図4. センサ部設置位置

結果、センサ部と表示部が約40m離れた状態でシステムの正常作動を確認した。

ZigBee 通信によるデータの遅延、欠損は通信距離や遮蔽物の影響を受けることがわかった。3軸加速度による稼働状況識別は、エンジン稼働か否かの識別は90%程度可能であったが、アイドリング中か、何らかの作業中であるかの識別は50~65%程度の結果となった。

### 4. 総括

本研究では、Arduino 基盤、ZigBee ネットワークを用いて、センサ部、表示部から構成される無線センサネットワークを構築し、建設現場内の建設機械、建設機械運転席の作業環境を対象としたリアルタイムモニタリングシステムを開発した。

今後の課題として、本システムを一般的に実用化する場合、センサ部の小型化や、耐久性、耐水性、設置しやすさ等を考慮したセンサ部のデザインを考えていく必要がある。また、今回はセンサ部と表示部が1対1に対応したネットワークを作成したが、今後はスター型やクラスターツリー型、メッシュ型のトポロジーを作成することで広範囲での無線センサネットワークを構築し、通信距離を延ばす必要がある。本研究の展開として、建設機械だけではなく、建設作業員にもセンサ部を取り付けることによって、より包括的な建設現場モニタリングが可能となるシステムが考えられる。

### 謝辞

本研究の検証実験を行うにあたり、株式会社柄谷工務店より多大な支援を頂いた。ここに謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 経団連, 「2030年に向けた経団連低酸素社会実行計画(フェーズII)」, [http://www.keidanren.or.jp/policy/2015/031\\_honbun.pdf](http://www.keidanren.or.jp/policy/2015/031_honbun.pdf), 2016.1.28 参照.
- 2) 国土交通省北海道開発局, 「建設現場からのCO2排出量削減の手引き(案)」, [http://www.nsweb.biz/co2\\_kensetu.pdf](http://www.nsweb.biz/co2_kensetu.pdf), 2016.1.28 参照.
- 3) 林守彦, 建設業における労働災害の発生状況と災害防止の具体策, 建設の施工企, 749, pp.4-10, 2012.7.
- 4) 蔡成浩, 水谷亮, カメラ映像を用いた高層建物の施工階モニタリング装置の開発, 日本建築学会技術報告集 20.46, pp.861-864, 2014.