

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ウェアラブルセンサーを用いたリアルタイム作業者動作分析システムとその応用に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	北澤正樹
Author(English)	Masaki Kitazawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10705号, 授与年月日:2017年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:寺野 隆雄,山村 雅幸,出口 弘,三宅 美博,小野 功
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10705号, Conferred date:2017/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	知能システム科学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（ 工学 ）
学生氏名： Student's Name	北澤 正樹		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	寺野 隆雄 教授	
			指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)		

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

日本の製造業では製造現場において作業者が一丸となって改善活動を行うボトムアップなアプローチを重視してきたが、長年にわたって改善活動を進めてきた結果、新たな改善が局所最適に陥り実施しても効果がない、製造現場に余裕がなく改善を行う工数が確保できないという問題が発生している。このような問題を克服する方法の1つとして「製造現場において、製造に関わる全ての要素の状態・動作データを、製品1個単位で、日常的に、もしくは、改善前後などの必要に応じて、容易に収集および分析をできる」という状態を構築することが考えられる。しかし、製造現場の構成要素の1つである作業者は自律的に多種の作業を行うためセンシングが難しく、様々な手法が未だ検討されている段階である。本研究では、作業者のセンシング手法として Bluetooth Low Energy Beacon (Beacon) と加速度センサーを組み合わせたウェアラブルセンサーを用いて、作業者の製造進捗・作業履歴・主作業時間をリアルタイムに収集可能なリアルタイム作業動作分析システムを提案する。ウェアラブルセンサーを用いることで、従来の目視分析よりも計測コストを低減可能で、ビデオカメラや深度カメラの分析よりも複数作業者の同時計測やフロア全体のような広範囲への展開が容易になるという特徴がある。

本研究は、全七章によって構成される。第一章では、研究背景と研究目的についてまとめる。

第二章では、本研究で対象とする製造形態を U 字型の机配置をしたセル製造ラインに定めるとともに、提案システムの構築および評価に用いる作業動作データの収集を目的として設計した模擬的な製品およびセル製造ラインの概要と、それらの製品や製造ラインを用いて行った実験の結果について述べる。

第三章では、提案するシステムの全体像と処理プロセスについて示す。提案システムはフィールド・データ分析部・データ応用部の 3 要素からなる。フィールドは製造現場における作業者の動作をウェアラブルセンサーで計測してデータベースに収集する要素で、データ分析部は収集した作業動作データを分析することで製造進捗・作業履歴・主作業時間を計測する要素で、データ応用部は計測した値をシミュレーションや最適化アルゴリズムなどに入力して活用することでさらに有用な結果を得るための要素であることを示す。

第四章は、製造進捗の計測のための Beacon の電波受信強度のデータ前処理と分析手法を定めることが目的である。まず、従来手法による Beacon の電波受信強度による位置推定は計測誤差が数 m あるためセル製造ラインで用いるのが難しいため、本研究では製造時の作業者の移動によって生じる電波受信強度の周期性に着目した分析手法を用いることを述べる。実験データに適用した結果より、データ前処理で Moving Average Filter を、分析で Epsilon-tube 法を組み合わせることで、目視分析で計測した値との誤差が小さい結果を得られることを示す。また、複数人が同時に作業するセル製造ラインでも個人ごとに製造進捗を計測可能なことも示している。

第五章では、セル製造ラインの作業履歴と主作業時間の計測に用いる加速度のデータ前処理と分析手法についてまとめる。まず、加速度の性質と動作推定の関連研究について述べた後に、本研究では加速度の微分値である躍度に閾値を設けることで作業者の移動と停止を推定する手法を用いることを述べる。実験データに適用した結果より、データ前処理として Savitzky-Golay Filter を、分析手法として腰の加速度の水平成分を抽出後に閾値で移動と停止を推定する方法を用いることで作業履歴の計測精度が向上することを示す。また、主作業時間の計測結果も目視分析の傾向と一致しており、新しい作業標準の作成や作業教育に使える可能性を示している。

第六章では、提案システムで計測した値を応用することで実現可能な事柄や応用例として組立セル製造ラインのエージェント・シミュレーションに入力することによる効果を述べた後に、提案システムの限界や展開性について述べる。応用例ではエージェント・シミュレーションにより製造ノルマの完了時間を予測する時に、製品の設計時に設定される標準作業時間ではなく、提案システムで計測した値を用いることで、予測誤差を低減できることを示す。

最後に第七章で結論と今後の課題を述べる。本研究ではウェアラブルセンサーを用いて、従来の目視分析よりも計測コストを低減し、ビデオカメラや深度カメラの分析よりも複数作業者の同時計測やフロア全体のような広範囲への展開が容易な、作業者の製造進捗・作業履歴・主作業時間をリアルタイムに収集するリアルタイム作業動作分析システムを構築した。また、提案システムはセル製造ラインでも製品 1 個単位で製造進捗や主作業時間の計測を可能にしており、新しい作業標準の作成といった改善活動や作業教育が容易に行えるようになると考えられる。さらに、提案システムは計測した値をエージェント・シミュレーションに応用することが可能で、製造ノルマの完了時間の予測が製品の設計値を用いた場合よりも精度良く行えることが考えられる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	知能システム科学	専攻
Department of		
学生氏名：	北澤 正樹	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	寺野 隆雄	教授
Academic Supervisor(main)		
指導教員 (副)：		
Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

A bottom-up approach is carried out in which all workers at the manufacturing perform KAIZEN activities. As a result of many years of KAIZEN activities the following problems have occurred: 1) some new KAIZEN activity is no/small effect because it becomes a local optimum, 2) workers do not have the time for KAIZEN activities because of a busy manufacturing with minimum personnel. To avoid these problems, it is effective to develop a system that automatically collects manufacturing data. However, the workers' data are difficult to collect because they work various types in various places of the factory. Therefore, the purpose of this thesis is to develop the real-time workers' behavior analyzing system which measures workers work-time and work-history with a wearable sensor combined Bluetooth Low Energy Beacon and acceleration sensors. For the purpose, firstly we have conducted three experiments to collect workers' behavior data in a cellular manufacturing line which is targeted in this thesis. Secondly, we have determined the measurement method of work-time and work-history for cellular manufacturing line using experimented beacon and acceleration data. The results showed: 1) work-time in the cellular manufacturing line can be measured by extracting the periodicity of signal strength of the beacon using a moving average filter and the epsilon tube method, 2) work-history of workers in the cellular manufacturing line can be measured by estimating movement and stoppage using Savitzky-Golay filter and horizontal vector extraction of waist acceleration. Finally, we have developed an agent-based simulation which embedded in our system for the cellular manufacturing line, and estimated a production completion time using the analyzed workers' data. The simulation results shows, the predicted value using the analyzed workers' data from our system reduced the error than the conventional predicted value using the standard work-time which is the design value of the product. Our system makes a lower measurement cost than conventional visual work analysis. In addition, our system makes it easy to measure multiple workers simultaneously than video analysis and depth camera analysis, and makes it easy to measure in a wide place like a factory.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).