

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350429

研究課題名(和文) 製造業における中高年齢者活用支援手法の再体系化に関する研究

研究課題名(英文) Methods for creating an age-friendly work environment in the manufacturing industry based on the resystematization of conventional methods for supporting aging workers

研究代表者

梶原 康博 (Kajihara, Yasuhiro)

首都大学東京・システムデザイン研究科・教授

研究者番号：70224409

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では製造業を主たる対象として、中高年齢者の新規雇用を実現することに寄与できる手法を開発した。主として、申請者がこれまでに開発した中高年齢者活用支援手法を実務的な視点から見直し、不足している手法を補完した。開発した主な手法は、工場等の作業現場で実機を用いた作業教育を支援するための手法および作業負担の軽減と生産性の両方を考慮して一人ひとりの中高年齢者に合わせて作業を計画するための手法である。これらの手法により従来手法を補完するとともに、中高年齢者活用支援手法として再体系化を行った。

研究成果の概要(英文)：This paper presents three methods which can contribute to the promotion of employment of aging workers in the manufacturing industry. We first reexamined our past methods related to the promotion of employment of aging workers in a practical viewpoint and resystematized them to comprehensively complement their insufficiencies. The resystematization led to the development of the three methods that this paper introduces. The subject of one method is job site education and the method is directed to the use of image processing for providing workers with skill training. The other two methods are designed to establish a work schedule for each older worker in view of both the reduction in workload and enhancement of productivity. One of the methods relates to a work posture design fulfilling the requirements of the OWAS and the other method relates to the use of virtual reality technique for estimating sorting task aptitude.

研究分野：経営工学

キーワード：IE 生産技術

1. 研究開始当初の背景

内閣府の「高齢社会対策大綱」において、社会保障の現在の水準を将来も維持するには中高年齢者（45歳～65歳）の雇用を増やす施策が必要であると記されている。その背景には65歳以上の者の人口が毎年100万人ずつ増加しているという現実がある。工業統計調査によれば、2015年度の国内の製造企業数は50万社強と予測されており、製造業において中高年齢者の新規雇用の実現を支援できる手法を研究することは、大きな波及効果を期待できる。

製造業における中高年齢者の活用支援手法に関する研究は、国内では長町三生（広島大学）、川上満幸（首都大学東京）等により始まり、40年間以上続いている。従来研究では、中高年齢者は加齢に伴い身体能力の個人差および作業経験の個人差が拡大するという前提がある。個人差が大きい中高年齢者に対しては、「職務を人間に合わせる」という考え方に立脚して作業の教育と計画を行う必要がある。そこで、申請者は、平成12年度から中高年齢者活用に関する研究の基礎となる身体的機能と加齢との関係を明らかにする調査研究を行っている。さらに、平成16年度から中高年齢者に対して「職務を人間に合わせる」ための作業計画支援手法の開発を行っており、作業域および作業手順を中高年齢者に合わせるために、仮想現実感技術を応用した作業設計支援手法（作業域の設計、作業手順の計画および作業負担の評価手法）を開発している。海外では、中高年齢者はaging workerと呼ばれ、北欧を中心に中高年齢者の活用に関する研究が産官学の協力により行われている。国際人間工学会および北欧人間工学会において、毎年多くの研究成果と事例が報告されている。特に、J. Ilmarinen（フィンランド国立産業衛生研究所）等は北欧における中高年齢者の活用に関する中心的な役割を果たしている。北欧の研究成果は、中高年齢者の労務管理、心理分析、および疲労分析を行うことが中心である。

また、近年では中高年齢者の多能工化を支援できる技術の必要性が高まっている。製造企業は自社製品の販売終了後も顧客から十数年間に渡り補用部品を提供することが求められる。そのため、作業には量産中の製品だけでなく、販売終了後も要求に応じて補用部品を製造できる能力が求められる。過去に使用されていた検査装置の操作および技能を要する加工・組立・調整作業を行える能力が求められる。作業者の人数が限られてい

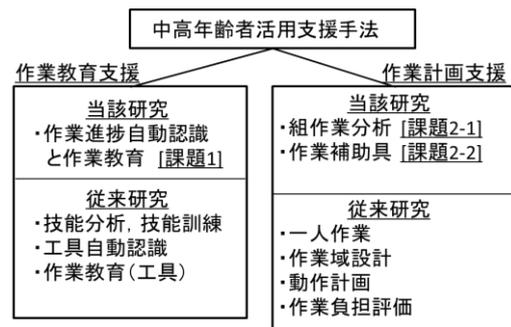


図1 中高年齢者活用支援手法の体系化

ることから必然的に多能工化の必要性が増している。

そこで、本研究では製造業を主たる対象として、中高年齢者の新規雇用を実現することに寄与できる手法の開発を目指す。申請者がこれまでに開発した中高年齢者活用支援手法を実務的な視点から見直し、不足している手法を補完する。開発する主な手法は工場等の作業現場で実機を用いた作業教育を支援するための手法および作業負担の軽減と生産性の両方を考慮して一人ひとりの中高年齢者に合わせて作業を計画するための手法である。これらの手法により従来手法を補完するとともに、中高年齢者活用支援手法として再体系化を行う。

2. 研究の目的

中高年齢者活用支援手法の再体系化後の構成を図1に示す。中高年齢者の新規雇用を支援するための手法を作業教育および作業計画に大別している。申請者は多能工化を目標とする作業教育支援手法および職務を中高年齢作業者に合わせるための作業計画支援手法を開発している。しかし、これまでに開発した手法を実務に適用するには、さらに2つの課題がある。[課題1]作業教育支援手法については作業現場で実務と並行して適用することは想定していない。また、[課題2]作業計画支援手法については複数の作業者が共同で行う組作業に適用することは想定していない。そこで、上記2つの課題を解決できる普遍性のある手法を新たに開発し、中高年齢者活用支援手法として再体系化を行う。

3. 研究の方法

上記課題に対して以下の方法を開発する。
 [課題1] 作業教育に関して、作業現場において多様な機械設備の操作方法、保守点検方

法および安全確保に関する知識を実機に触れながら作業者が能動的に修得することを可能にする手法を開発する。本手法では機械設備の状態を撮影し、画像から作業の進捗を自動判別するための画像認識手法を開発する。そして、進捗状況に応じて作業方法を作業者に順次提示する手法を開発する。

[課題 2-1] 作業計画に関して、広領域で行われる組作業の分析を自動で行える手法を開発する。組作業を分析する手段として RFID 技術を応用する。作業者に IC タグを貼り、IC タグの位置と時刻を測定することにより作業者の行動を分析する。組作業分析結果を基に、共同作業の効率向上のための経験、知識を抽出し、組作業の計画に活用できるようにする。

[課題 2-2] 作業計画に関して、腰への負担を軽減するための補助具（スマートスーツ）を使用する。スマートスーツはゴム製ツナギ服であり、作業中に腰を曲げた際にゴムの弾性力により腰を伸ばすための補助力を得る。そして、補助具を使用した場合の作業負担を OWAS 法により評価できるように作業負担評価式を改良する。

4. 研究成果

(1) 作業教育支援手法(課題 1)

作業者に多能工として必要な多様な機械設備の操作および保守点検作業に関する知識を実機に触れて能動的に修得できるようにするための方法および装置を開発した。作業現場で使用される多様な特殊工具を画像処理技術を用いて自動認識する手法、および特殊工具の使用方法を文章と映像により作業者に提示する手法を開発した。さらに、機械設備の外観および内部状況から作業の進捗を自動認識する手法、および進捗状況に同期して作業者に作業方法を順次提示する手法を開発した。手順は、まず、タブレット PC に内蔵されたカメラにより機械設備の内部が見える状態を撮影する。次に、撮影された画像と予め作業手順毎に撮影されている複数のテンプレート画像との間でテンプレートマッチングを行う。撮影画像に特徴量が最も類似するテンプレート画像を求めることにより機械設備の保守点検作業の進捗状態を自動認識する。テンプレートマッチングには、画像処理時間を短縮できる利点を有する SURF (Speeded Up Robust Features)法を用いた。さらに、画像処理をサーバ機で行える構



図 2 作業教育支援装置

成とした。インターネットを介して撮影画像をサーバ機に送信することにより、国内外の多様な作業現場から機械設備の操作方法および保守点検方法をいつでも能動的に修得できるようにした。(雑誌論文[5])

さらに、機械設備には、バルブやモータなど外観が同一であるが、使用目的が異なる設備が複数あることから、機械設備の認識には、対象設備の外観に加えて、周囲の他の設備の外観情報も利用した。(雑誌論文[2])

(2) 作業計画支援手法(課題 2-1)

生産工場内の全ての人と物の位置を連続して計測するために RFID 技術を応用した。RFID 技術では作業者に貼られる IC タグとレシーバの間の通信に電波が用いられる。単位時間あたりにレシーバに到着するパケット数およびレシーバに対する IC タグの方向を説明変数として IC タグの位置を推定できるモデルを求めた。推定モデルにはニューラルネットワークを用いた。申請者の実験室において対象物が移動している場合と静止している場合について位置推定誤差を調べた。実験環境は縦 7.5m、横 5.0m の範囲とした。静止対象物に対する位置推定誤差は、120 箇所の測定点に対して平均 0.4m、最大 1.9m であった。移動対象物に対する位置推定誤差は、平均 0.4m、最大 1.0m であった。移動対象物に対する位置推定精度の最大値が標準的なパレットの幅 (1.1m) 以内であったことから、当該方法により共同作業の効率を高めるためのタイミングの取り方、位置取り等に関する経験、知識を抽出するための手段として利用可能であることが示された。(雑誌論文[6])

(3) 作業計画支援手法(課題 2-2)

これまでに OWAS 法に準拠した作業姿勢設計支援システムの開発を行っている。このシステムにより作業負担を軽減できる作業姿勢を再設計することはできたが、再設計に

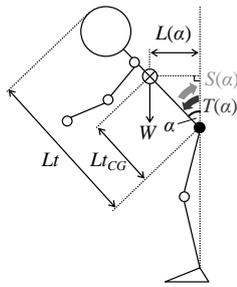


図3 体幹前屈トルクモデル

より作業動作が増えることで作業時間が長くなるという課題があった。この対策として作業者に作業補助具（スマートスーツ）を装着させ、作業動作を増やさずに作業負担を軽減することが考えられる。しかし、OWAS法では作業補助具を装着した状態での評価は想定されていない。そこで、作業補助具を装着することによる負担軽減の大きさを定量的に求め、OWAS法に準拠した作業負担評価を可能にする手法を提案した。具体的には、腰部への負担を軽減する目的で用いられる作業補助具を想定し、作業補助具の装着時における体幹前屈トルクモデル（図3）を構築し、OWAS法に準拠した作業負担評価を可能にする手法を提案した。そして、表面筋電位を用いて作業補助具の装着による腰部負担の軽減効果を定量的に求め、提案手法を本システムに実装した。さらに適用例により手法の実用性を検証した。実験結果より、OWAS法に基づく作業負担の評価の自動化および作業補助具の装着による負担軽減効果を推定できることが確認され、作業補助具の導入効果をシステム上で事前に予測することが可能となった。（雑誌論文[4]）

さらに、作業員に対して作業適性を考慮して作業割り当てを行えるようにするために、作業適性を測定する方法を開発した。主として、選別作業に対する作業適性を評価することを目的とした。選別作業は、品質を左右する重要な役割をもつものの、機械化や抜き取り検査の実施が容易でないケースもあり、労働集約的な側面が強いことが知られている。そのため、選別作業における個人の作業適正を評価することは、品質保証や生産性向上の重要な課題となっている。そこで、人工現実感装置（VR装置）を用いて食品製造工程の欠陥品を正確かつ迅速に取り除くことのできる選別作業適性を推定する方法を提案した。実際にVR装置を作成し、多様な原材料やコンベア速度や欠陥品の種類と位置等の作業条件を設定した実験を行い、得られたデ

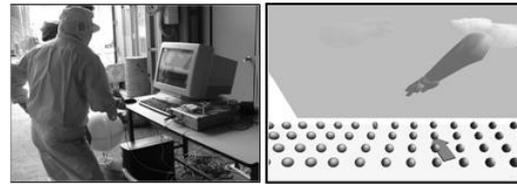


図4 VR装置による選別作業適性測定の様子

ータから実コンベアでの選別作業適性を推定するモデルを作成し、モデルから作業員の選別作業適性を推定するスキームを開発した。（雑誌論文[3]）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計6件）

[1] Liang Syuyu, Yasuhiro Kajihara, Masanobu Eguchi, Takashi Shinzato, Kazutoshi Hirata and Erica Kawasaki, Development of Methods and an Apparatus for Counting Stacked Plywood Sheets, 日本経営工学会論文誌, 2017, Vol. 68, No. 2E, pp. 1-11, 査読有, 掲載決定

[2] 麓敦子, 梶原康博, 他2名, 画像認識を用いたプラント操作情報提示システム, 日本設備管理学会誌, 2016, Vol. 28, No. 2, pp. 68-75, 査読有

[3] 于亜婷, 梶原康博, 滝聖子, 新里隆, 食品製造工程における選別作業適性評価手法に関する研究, 日本経営工学会論文誌, 2016, Vol. 67, No. 3, pp. 242-251, 査読有

[4] 肥田拓哉, 三浦一記, 江口正修, 梶原康博, 作業姿勢設計支援システムにおける作業補助具装着時の作業負担評価手法の提案, 日本経営工学会論文誌, 2016, Vol. 67, No. 1, pp. 29-36, 査読有

[5] Yu Yating, Yuji Yamazaki, Yasuhiro Kajihara, Tomoyuki Akashika, Kazuhiko Izumi, Mitsuru Jindai, Development of a System for Practical Skill Training of Maintenance Personnel, *ISCM*, 2015, Vol. 9, No. 3, pp. 83-88, 査読有

[6] Takuya Sekiguchi, Yu Yating, Yasuhiro Kajihara, Takuya Mukai, Kazutoshi Hirata, Takuya Hida, Masanobu Eguchi, Development of RFID Positioning System Using Neural Network Model, *Asia-Pacific Journal of Industrial Management*, 2014, Vol.5, No. 1, pp. 8-16, 査読有

〔学会発表〕（計17件）

[1] Yating Yu, Liang Shuyu, Yasuhiro Kajihara and Kiyoshi Fukunaga, The Enhancement of

Employee Satisfaction in Document Equipment Manufacturing Company, ICIM2016, 2016年9月21日, Asterplaza (広島県広島市)

[2] Yuto Imai, Shuyu Liang, Yasuhiro Kajihara, Yoshiomi Munekawa, A Method for Assessing Work Postures Using Kinect Sensor, ICIM2016, 2016年9月21日, Asterplaza (広島県広島市)

[3] Mingyu Zhang, Shuyu Liang, Yasuhiro Kajihara, Kiyoshi Fukunaga, Development of Method and Apparatus for the Work Analysis in Warehouse Operation, ICIM2016, 2016年9月21日, Asterplaza (広島県広島市)

[4] Hiroki Dobashi, Yasuhiro Kajihara, Liang Shuyu and Masanobu Eguchi, A Method to Automate Work Analysis in the Cellular Workplace, International Workshop on Cellular manufacturing/Seru(CM/SERU 2016), 2016年9月4日, Ohio (USA)

[5] Kazutoshi Hirata, Yasuhiro Kajihara, Erika Kawasaki, Masanobu Eguchi and Takashi Shinzato, Development of Methods and Apparatus for Counting Stacked Plywood Sheets in Cellular Shipment Workplace, CM/SERU 2016, 2016年9月4日, Ohio (USA)

[6] Takuya Mukai, Yasuhiro Kajihara, Masanobu Eguchi and Takashi Shinzato, A Method for Work Analysis Using UHF RFID, CM/SERU 2016, 2016年9月4日, Ohio (USA)

[7] Yating Yu, Shuyu Liang, Yasuhiro Kajihara and Kiyoshi Fukunaga, The Enhancement of Employee Satisfaction in Manufacturing Industry, 2015 ACMISA, 2015年9月12日, 大連 (中国)

[8] 土屋祥大, 梶原康博, 土橋宏樹、福永清史、藤枝誠、組立ラインサイドへの部品出庫作業の効率化に関する研究, 日本経営工学会春季大会, 2015年5月16日, 首都大学東京 (東京都八王子市)

[9] 奥田誠司, 梶原康博, 江口正修, 新里隆, 肥田拓哉, 物流センターにおける作業負担評価手法に関する研究, 日本経営工学会春季大会, 2015年5月16日, 首都大学東京 (東京都八王子市)

[10] 山崎勇二, 梶原康博, 赤鹿智之, 伊津見一彦, 設備保全作業教育支援システム 3層クライアントサーバ化に関する研究, 日本経営工学会春季大会, 2015年5月16日, 首都大学東京 (東京都八王子市)

[11] 于亜婷, 梶原康博, 福永清史, 製造企業における従業員満足向上に関する研究, 日本経営工学会春季大会, 2015年5月16日, 首都大学東京 (東京都八王子市)

[12] 肥田拓哉, 奥田誠司, 梶原康博, 江口正修, 作業姿勢設計支援システムにおける作業負担評価手法の改善, 日本経営工学会秋季大会, 2014年11月8日 広島大学 (広島県東広島市)

[13] 山崎勇二, 梶原康博, 肥田拓哉, 赤鹿智之, 伊津見一彦, プラントメンテナンス作業教育支援システムの開発に関する研究, 2014年11月8日, 広島大学 (広島県東広島市)

[14] 関口卓弥, 梶原康博, 肥田拓哉, 江口正修, UHF帯RFIDを用いた位置推定手法の開発および安全管理への応用, 2014年11月8日, 広島大学 (広島県東広島市)

[15] Takuya Sekiguchi, Kazutoshi Hirata, Takuya Hida, Yasuhiro Kajihara, Yating Yu, Takuya Mukai, Development of RFID Positioning System Using Neural Network Model, ICIM2014, 2014年9月3日, 成都 (中国)

[16] 肥田拓哉, 梶原康博, 江口正修, 体幹前屈トルクに基づく作業負担評価手法に関する研究, 日本経営工学会春季大会, 2014年5月17日, 東京理科大学 (千葉県野田市)

[17] 関口卓弥, 平田一寿, 肥田拓哉, 梶原康博, UHF帯RFIDを用いた位置測定手法の開発, 日本経営工学会春季大会, 2014年5月17日, 東京理科大学 (千葉県野田市)

[その他]

(1) 雑誌論文[3]に対して日本経営工学会論文賞決定

(2) 雑誌論文[2]に対して日本設備管理学会論文賞決定

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梶原康博 (KAJIHARA YASUHIRO)

首都大学東京・システムデザイン研究科・教授

研究者番号：70224409