

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18510125

研究課題名 (和文) 製造業における中高齢者活用支援手法および装置の開発

研究課題名 (英文) Development of a support system and a method for promoting employment of aging workers in manufacturing industries

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

研究成果の概要：(200 字程度で簡潔に、図は使わないこと)

製造業における中高齢者の活用を支援する手法の開発と実用化を行った。45歳から70歳の中高齢者を主たる対象とした。中高齢者が活用されるまでのプロセス全体を見渡し、手順を中高齢者の作業能力評価、作業域の設計および作業訓練区分して、それぞれの活動を支援する手法と装置を開発した。さらに、直接作業だけでなく、中高齢者の知識と経験を活用し、さらに若年者に伝承すること支援するための遠隔作業支援装置を開発した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	500,000	0	500,000
2007年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	900,000	4,400,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：経営工学

1. 研究開始当初の背景

製造業における中高齢者の活用に関する研究は、国内では川上満幸（首都大学東京）等により過去30年間に渡り研究されている。従来の研究では、中高齢者を製造工程に導入するための活動は生産管理・労務担当者の経験と試行錯誤により行われている。そして、中高齢者を中心とする生産工程は、作業集約型生産方式とすることにより流れ作業方式とする場合よりも高い生産性が得られることが明らかにされている。しかし、川上らの研究成果は十分に普及しておらず、国内外の多くの製造企業では依然として自動機械と

若年作業者とが混在する流れ作業方式が多い。2000年から2001年まで厚生労働省によるミレニアムプロジェクトにおいて「製造業における高齢者の活用モデルに関する研究」（研究代表者、川上満幸）が実施された。このプロジェクトでは、流れ作業方式を作業集約型生産方式に変更する実験が行われ、中高齢者の雇用が実現されるとともに、流れ作業方式よりも生産性を向上できることが報告された。申請者はこのプロジェクトに参加し、作業工程の設計を担当した。以上のとおり、中高齢者を活用するには、作業集約型生産方式が適していることが示されているが、中高

高齢者を製造工程に導入するための手順はまだ標準化されていない。海外では、北欧を中心として中高齢者の活用に関する研究が産官学の協力の下で活発に行われている。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.Illmarine（フィンランド国立産業衛生研究所）らは北欧における中高齢者活用に関する中心的な役割を果たしている。しかし、北欧の研究成果は、高齢者を製造企業に雇用する際の労務管理、心理分析、および安全・衛生の視点からの疲労分析をケーススタディにより行うことが中心である。換言すれば、中高齢者を製造工程に導入するための技術に対する国内外の関心は高いが、まだ開発されていない。そこで、本研究は中高齢者を製造工程に導入するための手順の標準化および支援装置を開発することを目指した。

2. 研究の目的

日本が中高齢者活用の先進国となることを目指して、製造業における中高齢者の活用を支援する手法の開発と実用化を行う。45歳から70歳の中高齢者を主たる対象とする。中高齢者が活用されるまでのプロセス全体を見渡し、手順を中高齢者の作業能力評価、作業能力に適した職務の選定、作業域の設計、および作業訓練に区分する。次に、各手順を実現するための手法および装置を開発する。そして、複数の製造企業をモデルケースとして、研究期間内に手法及び装置を実用化する。本研究は以下の特徴を有する。

(1) 中高齢者の作業適性は、これまでは静止している対象物に対して作業を行うことで評価されている。(文献：厚生労働省編、一般職業適性検査 GATB) しかし、製造企業では移動している対象物に対して作業を行うことも多い。そこで、静止している対象物だけでなく、移動している対象物に対する作業適性を評価できる手法を開発する。その際、作業適性の測定条件の変更および装置の移動と設置を容易に行えるようにするために、人工現実感を用いて移動している対象物に対する作業適性を測定できる装置を開発する。

(2) 静止および移動対象物に対する作業適性評価法を用いて、県内の複数の事業所における中高齢者の作業適性と職務内容（作業内容）との関係を調査する。この調査結果をデータベース化することにより、中高齢者が自己の作業適性に適した職務を選定することが可能になる。

(3) 中高齢者が職務内容を遂行できるように、人工現実感を用いて各自の身体的特性に適した作業域の設計、および作業訓練を行うことが可能になる。

3. 研究の方法

製造業において中高齢者を活用するための手順を図1に示す項目に区分する。そして、図1に示す手順を実現できるように、研究期間内に次のことを行う。①中高齢者の作業適性を評価するために、3次元移動対象物に対する作業適性評価方法および装置を開発する。次に、②職務を選定するために、作業適性と職務内容の関係を調査する。次に、③作業工程設計および作業訓練装置を改良する。そして、④中高齢者活用支援装置の実用化および効果を検証する。

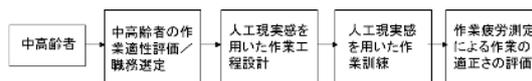


図1 製造業にける中高齢者活用手順

平成18年度は、次の3項目を実施する。

(1) 三次元移動対象物に対する作業適性評価方法および装置の開発

従来の作業適性検査では、静止している対象物を移動または組み合わせる動作の速さと正確さが測定されている。現実の製造工程では、静止している対象物だけでなく、移動している対象物に対しても目視検査および把持が行われている。しかし、移動している対象物に対して目視検査または把持の速度と正確さを測定できる装置はまだ無い。そこで、移動している対象物に対する目視検査と把持の速度と正確さを測定できる装置を開発する。本装置は、中高齢者の作業適性を測定することを目的としていることから、測定条件の変更、装置の移動と設置を容易に行えることが求められる。そこで、申請者が既に開発している人工現実感を用いた作業訓練装置を改良することにより、上記の機能を有する作業適性検査装置を開発する。図2に本装置のイメージを示す。中高齢者（被験者）は、データグローブを装着することにより、仮想空間内を移動する対象物の中から異物を目視で発見し、把持できる。異物の形状および移動速度は任意に設定できる。

静止している対象物に対する中高齢者の作業適性は、国内で広く使用されている一般職業適性検査装置を用いて測定する。

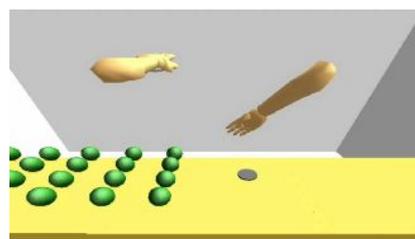


図2 移動対象物に対する作業適性検査装置

(2) 作業適性検査の実施

上記(1)に示した2種類の作業適性検査を既に働いている中高齢者に対して実施する。被験者として、岡山県内の高齢化が進行している地域にある複数の製造企業に勤める中高齢者を対象とする。次に、測定データを基に、作業適性と実際の職務内容との関係をデータベース化する。そして、このデータベースを用いて、新たに活用したいと考える中高齢者に対して職務を選定するために活用する。

(3) 作業工程設計/作業訓練支援装置の改良申請者は、既に人工現実感を用いて作業工程の設計および作業訓練を行える装置を開発している。この装置は、スクリーンを0~45°の範囲で傾斜させることにより、被験者は正面にある部品棚および作業机の上面の両方を見ながら作業を仮想体験できる。図3に仮想体験のイメージ図を示す。しかし、現在の装置は、被験者の姿勢を有線式の磁気センサーにより測定している。有線式は一度に測定できる関節の数が最大8点と少ないことから、両足の姿勢は測定できない。そのため、中腰、または足を前後に動かす必要のある作業には対応できない。そこで、腰より下の関節の位置(姿勢)を画像処理によるモーションキャプチャによりリアルタイムに測定する。そして、磁気センサーにより測定される上半身の姿勢と足の姿勢データとを合わせて、仮想空間に人体モデルを表示できるようにソフトウェアを改良する。このソフトウェアの改良により、姿勢計測データの取得処理と人工現実感装置の両方を同時に動作させる必要が生じることから、処理速度の速い人工現実感用PCを新規に購入する。他の機材は既に保有している。



(a) 傾斜角度 0° (b) 傾斜角度 45°

図3 作業工程設計/作業訓練支援装置

平成 19 年度

(1) 中高齢者活用支援装置の実用化

高齢化が進行している地域にある食品製造企業をモデルケースとして、平成 18 年度に開発する手法及び中高齢者活用支援装置の有効性を検証する。この企業は、現場作業を主として、女性の高齢者が担当している。平成 18 年度に作成する作業適性と職務内容の関係を表すデータベースを用いて、新たに雇用する中高齢者に対して、職務選択を行う。そして、作業工程の設計と作業訓練を行う。さらに、作業開始後は、中高齢者の疲労を測

定することにより、選択した職務が適性であるかを調査する。この疲労測定のために、筋電位測定装置を購入し、使用する。この研究成果を論文にまとめ、国内論文誌および北欧人間工学会において公表する。

平成 20 年度

(1) 中高齢者活用支援装置の実用化

今年度は、機械部品製造企業をモデルケースとして、平成 18 年度に開発する手法及び中高齢者活用支援装置を実用化する。予定している企業では、現場作業の男女比率に顕著な差は無い。平成 18 年度に作成する作業適性と職務内容の関係を表すデータベースを用いて、新たに雇用する中高齢者に対して、職務選択、作業工程の設計および作業訓練を行う。さらに、作業開始後は、疲労測定および疲労自覚症状調査を行い、選択した職務が適性であるかを調査する。この研究成果を論文にまとめ、国内論文誌および北欧人間工学会において公表する。

4. 研究成果

(1) 中高齢者の作業能力評価手法および装置の開発

現在広く使用されている作業適性評価手法では、静止した対象物に対して差し替え作業、組み合わせ作業等を行い、それらの作業に要した作業時間から作業適性が評価される。しかし、製造工程ではコンベアにより移動をしている対象物に対して作業を行うことも多い。そこで、移動をしている対象物に対する作業の速さと正確さを測定できる装置を開発した。本装置は中高齢者の作業適性を測定することを目的としていることから、測定条件の変更、装置の移動と設置を容易に行えるようにした。そのために、作業適性検査装置のハードウェアとソフトウェアには人工現実感技術を用いた。被験者となる中高齢者はデータグローブを装着することにより、仮想空間内を移動する対象物の中から異物を発見し、把持する。異物の形状および移動速度はソフトウェアのパラメータを変更することにより任意に設定できる。また、本装置の特徴を調査するために静止している対象物に対する作業適性を一般職業適性検査装置を用いて測定し、両結果の比較分析を行った。そして、測定結果から、従来の一般職業適性検査による評価値と本装置による評価値とは相関関係がないことを確認し、本装置は一般職業適性検査では分析できない作業特性を測定できることを示すことができた。さらに、実際の製造企業において中高齢者の作業疲労および作業特性を測定したデータを用いて、本装置により測定された作業特性と作業疲労との関係を分析した。これらの測定および結果の分析により、本装置

により移動対象物に対する作業特性により被験者を分類できる基準を見出した。そして、分類された被験者群ごとに作業に従事したときに被る疲労自覚症状の特徴を明らかにした。

以上の研究成果を日本経営工学会平成18年度秋季研究大会予稿集および日本経営工学会平成20年度春季研究大会予稿集において公表した。



図4 移動対象物に対する作業適性測定装置

(2) 作業域設計・作業訓練手法および装置の開発

申請者は既に人工現実感を用いて作業工程の設計および作業訓練を行える装置を開発している。この装置は固定式である。そこで、実際の製造企業において本装置を活用できるように、移動可能な軽量型に改良した。本装置が作業訓練に活用できることを実験により確認し、日本経営工学会論文誌にて公表した。



図5 作業域設計・作業訓練装置

さらに、本装置に用いているソフトウェアのみを用いて、3Dグラフィックスにより作業者の動作を計画できるソフトウェアを開発した。さらに、本学の作業負担評価基準(OWAS法)を本ソフトウェアに組み込み、作業負担を考慮しながら動作を計画できるようにした。これらの研究成果を Proceedings of the 1st East Asian Ergonomics Federation Symposium および Proceedings of the 9th International Conference on Industrial Management において公表した。



図6 動作計画支援装置画面

(3) 作業支援・技術伝承支援装置の開発

中高齢技術者は製造設備の保守管理に関して、理論とともに経験に基づく多くの知識を有している。そこで、中高齢技術者の知識を複数の事業所で活用できるように、遠隔作業支援装置を開発した。中高齢技術者は、本装置により遠隔地の事業所にいる若年技術者に対して設備保守点検のための指導と教育を行うことができる。本装置は、インターネットを介して映像と音声を双方向で送信することを可能にする。遠隔地の事業所の映像は本部側にハイビジョン映像で送信される。これにより、事業所側の状況を正確に把握することができる。本装置の運用試験をトナープラントおよび自動車部品製造企業の二つの事業所において行った。運用試験により技術伝承および中高齢者の活用(雇用)に効果のあることが示された。本装置の研究開発経過および成果を平成18年度日本経営工学会秋季研究大会等5件において公表した。

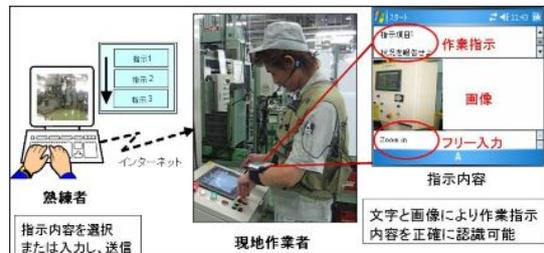


図7 作業支援・技術伝承支援装置

以上の結果より本研究においては中高齢者の活用を支援するための基盤技術を開発できたと考える。今後は、日本学術振興会から受けた科学研究費補助金による研究成果を広く社会に還元するために Proceeding に止まっている研究成果を論文誌に投稿し、公表範囲を広げるとともに、実際の企業において積極的に開発した技術を活用することが課題と考える。以上の研究成果および研究成果の更なる展開のための目標を得られたことを報告し、科学研究費補助金を交付されたことに謝意を表す。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ① Seiko Taki, Yasuhiro Kajihara, 他2名(1番目, 2番目), Development and practical use of a software for work burden analysis, Proceedings of the 1st East Asian Ergonomics Federation Symposium, pp.42-48, 2008年, 査読有り
- ② Yasuhiro Kajihara, Seiko Taki, Virtual Reality based Digital Work Procedure, Proceedings of the 9th International Conference on Industrial Management, pp.995-1000, 2008年, 査読有り
- ③ Seiko Taki, Yasuhiro Kajihara, 他3名(1番目, 2番目), A Scheduling Method of Cooking Tasks for a Cooking Robot with Detachable Hands, Asia-Pacific Journal of Industrial Management, vol.1, pp.42-48, 2008年, 査読有り
- ④ 梶原博康, 常定和也, 他3名(1番目), 人工現実感を用いた組立作業訓練の効果に関する研究, 日本経営工学会論文誌, Vol.59, No.2, pp.162-172, 2008年, 査読有り
- ⑤ Seiko Taki, Yasuhiro Kajihara, A method to support the transfer and utilization of skills of senior workers in maintenance task, Proceedings of the 39th Annual Conference of the Nordic Ergonomics Society (NES2007), (CD-ROM), 2007年, 査読有り
- ⑥ 岩本英久, 梶原博康, 滝 聖子, 関 洲二, 外科手術における運針動作の分析 -ロボットを用いた運針動作のモデル化-, 日本経営工学会論文誌, Vol.58, No.3, pp.208-217, 2007年, 査読有り

[学会発表] (計5件)

- ① 滝 聖子, 梶原博康, 山崎竜也, 設備の保守・点検作業における作業指示支援装置の効果に関する研究, 日本経営工学会平成20年度秋季研究大会予稿集, pp.74-75, 2008年10月18日, 大阪府立大学
- ② 大見豪人, 梶原博康, 滝 聖子, 製造業における中高齢者活用のための作業特性測定装置の開発に関する研究, 日本経営工学会平成20年度春季研究大会予稿集, pp.190-191, 2008年5月11日, 電気通信大学
- ③ Seiko Taki, Yasuhiro Kajihara, A method to support the transfer and utilization of the skills of senior workers in maintenance tasks, 日本経営工学会 経営工学ワークショップ・21世紀における経営工学の展望と課題 (Management Technology for Sustainable development)-, P.6, 2008年1月9日, 国際文

化会館

- ④ 梶原博康, 滝 聖子, 製造業における中高齢者活用のための作業特性測定手法に関する研究, 日本経営工学会平成18年度秋季研究大会予稿集, pp.148-149, 2006年11月11月5日, 県立広島大学
- ⑤ 滝 聖子, 梶原博康, プラント設備の保守・保全作業支援装置の開発に関する研究, 日本経営工学会平成18年度秋季研究大会予稿集, pp.150-151, 2006年11月5日, 県立広島大学

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

(2) 研究分担者

滝 聖子 (TAKI SEIKO)

首都大学東京 システムデザイン研究科・助教

研究者番号: 50433181

(3) 連携研究者

該当なし