

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350025

研究課題名(和文)腰部の回転運動を抑制しない立位作業補助椅子開発のための基礎的検討

研究課題名(英文) Basic study for developing supporting device to assist adequate hip rotation during stance work

研究代表者

高橋 雄三 (TAKAHASHI, Yuzo)

広島市立大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：30326425

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では腰部の回転運動を保証する支援機器の開発を行った。具体的には、微細部品組み付け作業の良いパフォーマンスを引き出すには、8度程度の腰部の回転運動が保証されている必要がある可能性を示唆した。本研究で開発した起立姿勢を維持し、最適な腰部の回転運動を支援する仕組みは、微細部品組み付け品質を高める可能性があることを示唆した。

研究成果の概要(英文)：In our study, we developed the supporting devices that assure the hip joint rotation. In particular, we determined the degree for hip rotation about 8 degree to assure the accuracy micro parts assembly work performance. An adequate hip rotation is conducive to efficient head and arm movement. Therefore, we suggest that the supporting mechanism we developed for maintaining of an upright posture among the micro parts assembly resulted in the highest quality assembly.

研究分野：人間工学

キーワード：人間工学 ユニバーサルデザイン ヒューマンセンタードデザイン 身体負担 立位作業用補助椅子

## 1. 研究開始当初の背景

多品種少量生産を支えるセル生産方式の導入に当たり、姿勢拘束が強く、また下肢への負荷が強い、立位での作業を支援する機器の導入は急務である。過去、様々な立位作業を支援するためのスツールや止まり木といった椅子は提案されてきたものの、立位作業を支援する実用的な椅子は登場していない。そこで、

(1) 腰部の回転運動の発現と身体各部の協調動作の関係について

(2) 立位姿勢の安定化に影響を及ぼす視対象の運動特性について

(3) 作業環境への適応行動である腰部と頭部の運動乖離について

の先行研究を通じて、研究代表者は腰部の回転運動による作業性の向上と頭部動揺に起因する心理的ストレス、下肢・腰背部の生体負担の低減を可能にする立位作業補助椅子の開発は可能であるという結論に至った。

## 2. 研究の目的

少子・高齢社会を迎え、今後、製造業で生産性を維持・向上させるためには、高齢者や女性の雇用が必要不可欠である。製造される商品は高い付加価値を有する多品種であり、今後は、立位と歩行の組合せによるセル生産方式での製造が主流となる。立位での作業は下肢への負荷が強く、筋力の弱い高齢者や女性にとって立位作業用補助椅子は重要な支援機器であるが、多くの職場では立位作業用補助椅子は使われていない。その理由として、研究代表者は立位で行う精密作業には腰部の回転運動が重要であるが、従来の立位姿勢用補助椅子は座面や背もたれによって腰部の回転運動が抑制され、作業精度が悪化する可能性を示唆した。そこで、本研究では腰部の回転運動を抑制しない立位作業補助椅子の開発のための基礎的検討を行うことを目的とする。

## 3. 研究の方法

研究代表者による先行研究をもとに、次の5つの段階を通じて、立位作業用補助椅子が備えるべき支援機構の開発を行った。

(1) 腰部の回転運動と作業パフォーマンスとの間の関係

床面二次元平面に対して平行な腰部の回転運動の有効性を検証するため、作業面を3段階に変化させて、腰部の回転運動を抑制する実験環境を構築し、各作業面高において60秒程度で組み付け可能な微細部品の組み付け作業を行わせた時の作業パフォーマンス、3次元動作解析の結果を基に、腰部の回転運動と作業パフォーマンスとの間の関係について検討した。

(2) 起立姿勢維持を支える身体各部の協調性の解明

起立姿勢の維持だけでなく、微細部位品組み付け作業において重要な頭部の運動を抑制する条件について、10分間の起立姿勢維持を行った時の身体各部の運動軸の時系列変化の結果を基に、起立姿勢維持を支える身体各部の協調性の解明を行った。

(3) 起立姿勢維持を安定化させる支援対象の検討

起立姿勢を行わせる床面に前・後・左・右の傾斜を付加し、足首回転運動の時系列変化を重心動揺の関係を検討した(4.研究成果1), 2), 3)。また、作業中の視線運動に着目し、視野内の注視対象の運動方向(上下, 左右, 右上左下, 左上右下)と運動速度(0.08Hzと0.25Hz)を変化させた時の身体各部の運動軸の時系列変化の結果を基に、腰部の回転運動の運動軸について検討した(4.研究成果4)。

(4) 立位作業補助椅子開発のための基礎仕様の決定

微細部品組み付け作業を静的起立姿勢制御時間内に行わせる作業を(1)と同様の作業面高で行わせた際の重心動揺、筋電図、3

次元動作解析,作業パフォーマンス,主観的,他覚的評価結果を基に,立位作業補助椅子開発のための基礎仕様の決定を試みた.加えて,当該実験にて筋発火のパターンに特異性が確認されたので,正解のない動作に対する上腕二頭筋の筋電位反応から,当該実験で得られた僧坊筋・脊柱起立筋の特異的反応原因の究明を試みた.

(5)立位作業用補助椅子用支援機構の開発

(4)までに決定した立位作業補助椅子開発のための基礎仕様をもとに,立位作業用補助椅子用支援機構の開発を行った.

#### 4.研究成果

(1)腰部の回転運動と作業パフォーマンスとの関係

検討の結果,次の2点が明らかとなった.

- 1) 腰部の回転速度の抑制が小さい作業面高では作業時間のバラツキが大きく,製品品質も低下し,主観的な使いやすさも悪化する.
- 2) 腰部の回転運動が抑制される作業面高では,上肢の運動量が抑制されるため製品品質は向上し,するものの,肩部周りで発生する関節トルクが大きくなり,肩部の疲労感が増大する.

(以上,研究発表)

加えて,腰部の回転運動量を比較検討した結果は以下の通りとなった.

- 1) 腰部の回転運動の抑制が小さい作業面高では足底部に対する頭部のひねり量が大きい
- 2) 腰部の回転運動が抑制される作業面高では足底部に対する膝部のひねり量が大きい
- 3) 腰部の回転運動が中庸で,主観的負担感も小さい作業面高では腰部の回転運動量は小さく,安定している

(以上,研究発表)

(2)起立姿勢維持を支える身体各部の協調性の解明

検討した結果,動的起立姿勢維持時には,

1) 作業手の反対側の肩部は頭部との間で協調運動をしない

2) 作業手側の腰部(腸骨稜部)は頭部と協調的な運動をしない

ことが明らかとなった(雑誌論文).したがって,頭部を3次元空間で安定化させるためには,非作業手側の腰部(腸骨稜部)を基点とした,安定した,一定量の腰部の回転運動が重要な役割を果たしている可能性が示唆された.

(3)起立姿勢維持を安定化させる支援対象の検討

(2)までの検討を踏まえて,起立姿勢維持時の腰部の回転運動の諸特性について検討した結果,

- 1) 足首の関節回転運動の抑制が重心運動の安定化に寄与する(学会発表)
- 2) 重心運動を基点として見た場合,腰部と背部の運動は相互に独立している可能性が高い
- 3) 特に,起立条件を変化させることで背部の運動を抑制することで,重心動揺が安定化する可能性が示唆された

(以上,学会発表)

4) 両脚を同時に床面に接地した条件下で,視野の右上から左下に視線を移す行動を行わせると,腰部の回転運動の運動軸を非作業手側の腰部(腸骨稜部)とし,腰部右側を一定の回転量で安定して回転させる運動が現れる可能性が示唆された(学会発表)

が頭部・重心運動を安定化させる可能性が示唆された.

そこで,今までの検討から,立位作業用補助椅子が備えるべき条件として,

- 1) 腰部は床面二次元平面に水平にある一定量,安定して回転できる必要がある
- 2) 足首の関節回転運動を抑制することで,動的起立姿勢維持時でも重心動揺は安定化する
- 3) 背部の運動を背もたれなどの支持面以外

で抑制すると、腰部の回転運動とは独立して重心動揺は小さくなる

が導き出された。しかし、足首関節の回転運動の抑制は、起立前後の作業動作（セル生産方式では歩行を想定）への影響が強いことから、考慮から外し、作業パフォーマンスが向上し、主観的な負担感が低下する、

- 1) 腰部の回転運動量とその範囲
- 2) 支援部位

の同定を試みた。

(4) 立位作業補助椅子開発のための基礎仕様の決定

微細部品組立作業を腰部の回転運動量が異なる3つの作業面高で行わせ、作業者の3次元動作解析、重心動揺測定、筋電図測定、主観評価、他覚的評価を行わせた結果、

- 1) 作業面高に関係なく、僧坊筋では腰部の回転運動量が抑制される作業面高で筋発火量（正規化EMGを使用）の総量・ピークが大きくなる一方、脊柱起立筋の筋発火量は総量・ピークともに小さくなった
- 2) 作業パフォーマンスが高く、主観的負担感が小さい作業面高の時、足底面を基準とし、脊柱軸を基点として算出した肩部のひねり量は作業台に対して正対する範囲で $\pm 4$ 度程度でバラツキが大きく、一方、腰部のひねり量は作業台に対して非作業手側に4度程度運動軸が回転した位置を起点に $\pm 4$ 度程度で、運動の仕方は安定していた。

3) 足底面を基準にみた身体各部のひねり量の内、脊柱軸を基点に算出したひねり量は腰部の回転運動の抑制が小さい作業面高では頭部で大きく、膝部で小さくなるものの、腰部の回転運動量が中庸の時と抑制される時には頭部と膝部のひねり量は同程度（範囲35度程度）であった

（以上、雑誌論文）

が得られた。

一方、肩部から背部にかけての筋負担に特徴的な変化が観察されたことから、作業動作

による筋電位反応と姿勢維持反射筋のための筋電位反応を区別するため、筋発火のタイミングとその後の運動に影響を及ぼすと考えられる動作の随意性について上腕二頭筋を用いて検討した結果、

1) 動作の随意性（動作の確信度）が高い時は筋発火のタイミングは早くなるものの、動作に要する時間は長くなる

2) 動作の随意性が低い時は筋発火のタイミングは遅くなるものの、動作に要する時間は短くなる

（以上、学会発表）

可能性が示唆された。したがって、僧坊筋での筋発火の総量・ピークが大きいことは、僧坊筋活動は作業動作に起因する筋活動が主であり、脊柱起立筋活動は姿勢維持反射が中心である可能性が考えられる。したがって、背部の外部からの抑制は重心動揺や頭部運動を抑制する効果が期待できるものの、動作の随意性を阻害する可能性があるため、有効な支援部位ではない可能性が考えられる。

(5) 立位作業用補助椅子用支援機構の開発

(4)までの実験的検討をもとに、立位作業用補助椅子が備えるべき条件は以下の通りとなった。

1) 矢状方向非作業手側に4度回転した位置を中心に $\pm 4$ 度の回転運動を保证する（それ以上の回転は抑制する）

2) 非作業手側の腸骨稜部を基点とした回転運動を支援する

上記条件に従って、立位作業用補助椅子の開発を行った。

1) 腰部の回転を支持するローラーは2個

2) 非作業手側の腰部を常にサポートできるように回転支持ローラー間隔は12cm

3) 回転支持ローラーの長さは胸椎T8に届かない長さ13cm

4) 被験者の体格に合わせて、支援部設置位置が地上高69cmから81cmまで4段階に設定できること

上記 1)から 4)の腰部回転支援部を備えた立位作業用補助椅子を開発し、実機による検討を行った。

検討の結果、

1) 姿勢拘束による腰部の回転運動が中庸である場合、片方のローラーが回転する回転量は $\pm 4$ 度範囲となる

2) ローラー部が腰部に接触することによる、主観的作業性は向上する

ことが明らかとなった。今後は、作業パフォーマンス、主観的、客観的、生理学的評価を継続し、実作業での使用に耐える立位作業用補助椅子に昇華させる研究を継続する。

## 5. 主な発表論文

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Yuzo Takahashi, Seijiro Ishihara : Adequate hip rotation reduces physical load on the trunk and improves quality of work during micro-parts assembly, Proceedings of 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association, in official web site 5 pages, 2015, 査読有, URL:

[http://ergonomics.uq.edu.au/iea/proceedings/Index\\_files/papers/1153.pdf](http://ergonomics.uq.edu.au/iea/proceedings/Index_files/papers/1153.pdf)

高橋雄三：頭部の 3 次元空間定位に寄与する体幹各部の協調運動の定量化，産業保健人間工学研究，16 巻（増補），pp.63-57，2014，査読無

〔学会発表〕(計 8 件)

高橋雄三：課題に対する回答の確信度が随意筋収縮前後の表面筋電位変化に及ぼす影響，日本人間工学会第 58 回大会，2017 年 6 月 3 日，日本大学生産工学部津田沼校舎（千葉県習志野市）。

高橋雄三：注視対象の運動特性に応じた身体各部の運動軸の時系列変化，第 51 回人類動態学会全国大会，2016 年 6 月 12 日，

富山大学五福キャンパス（富山県富山市）。

高橋雄三：課題に対する回答の確信度が回答時の随意筋収縮に及ぼす影響，日本人間工学会九州沖縄支部第 36 回大会，2015 年 10 月 25 日，川棚グランドホテル（山口県下関市）。

高橋雄三：立位姿勢維持に影響を及ぼす身体各部の運動軸の時系列変化，第 50 回人類動態学会全国大会，2015 年 6 月 21 日，大阪市立大学杉本キャンパス（大阪府大阪市）。

石原成治郎，高橋雄三，三澤哲夫：作業面高に起因する姿勢拘束が身体各部のひねり動作に及ぼす影響，日本人間工学会第 56 回大会，2015 年 6 月 14 日，芝浦工業大学芝浦キャンパス（東京都港区）。

石原成治郎，高橋雄三：3 次元動作解析を用いた身体各部のひねり動作の定量化，2014 年 12 月 6 日，2014 年度 日本人間工学会 関東支部第 44 回大会，早稲田大学早稲田キャンパス（東京都新宿区）。

高橋雄三：足首部の関節回転運動の抑制が腰部の回転運動に及ぼす影響，第 49 回人類動態学会全国大会，2014 年 6 月 29 日，東京農工大学府中キャンパス（東京都府中市）。

宮崎のぞみ，高橋雄三：作業面高に起因する姿勢拘束が手先関節トルクの伝達経路に及ぼす影響，人類動態学会西日本地方会第 38 回大会，2013 年 10 月 26 日，霧島国際ホテル（鹿児島県霧島市）。

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 雄三 (TAKAHASHI, Yuzo)

広島市立大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号：3 0 3 2 6 4 2 5