

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：50102

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K20744

研究課題名(和文) 新たな非侵襲計測技術を用いた作業負担の見える化による腰痛要因解明

研究課題名(英文) Elucidation of low back pain factor by visualization of work load using new non-invasive measurement technology

研究代表者

土谷 圭央 (TSUCHIYA, YOSHIO)

苫小牧工業高等専門学校・創造工学科・助教

研究者番号：30824502

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：腰痛に原因究明は難しく、腰痛の8割は要因を特定できていない。介護などの人を持ち上げる場合において、作業者ごとに動作が異なり、一人によって腰痛の要因である腰部負担が異なる。このため、個別の対応を行うために本研究では腰部を中心とする新たな非侵襲的内部負担計測システムを構築した。このシステムを用いて腰部負担と心的要因の関係性について骨盤ベルトを用いて評価を行い、負担値と負担感覚の相関を確認した。また、介護作業に関するアンケートを行い腰痛要因と作業の関係性について解析を行った。今後アンケートと動作における腰部負担値の計測を組み合わせることで、腰痛要因の解明へと繋げることができると期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、人体の中でも複雑な動作を行える腰部への研究として非侵襲的内部負担計測システムの構築をした。腰部動作に関する研究は多く行われてきたが、回旋・側屈を含む複雑な腰部動作中の腰仙椎アライメントに対して表皮上から各椎体姿勢を推定するアルゴリズムを構築した。人によって腰痛要因は異なるため、作業と腰部負担の関係性から腰痛要因の解明に利用できるウェアラブルな腰部負担計測システムを構築した。また、腰痛に対する研究として腰部補助器具の開発は進んでいるが、アシスト器具の定量的評価に構築したシステムを利用した。

研究成果の概要(英文)：It is difficult to determine the cause of low back pain, and in 80% of cases, the cause cannot be identified. In the case of lifting people for nursing care, the movements of each worker are different, and the lumbar strain, which is the cause of back pain, differs from person to person. In this study, we constructed a new non-invasive internal load measurement system focusing on the lumbar region in order to respond to individual needs. Based on this system, we evaluated the relationship between lumbar load and psychological factors using a pelvic belt. We confirmed the correlation between the lumbar load value and the burden. In addition, we conducted a questionnaire survey on nursing care work and analyzed the relationship between low back pain factors and work. In the future, the combination of the questionnaire and the measurement of the lumbar load value will lead to the clarification of the low back pain factor.

研究分野：人体計測

キーワード：非侵襲計測 ウェアラブルデバイス 腰部負担値 負担感覚

### 1. 研究開始当初の背景

日本国内で腰痛の罹患率は 8 割と言われ、誰もが腰痛になる可能性がある。腰痛の要因を特定することは難しく、腰痛の 8 割は非特異的腰痛である。腰痛の要因の 1 つとして、腰部負荷である椎間内圧が増加することが挙げられる。前屈動作を行うことにより、腰部負荷が増加することが従来研究よりわかっている。また、腰仙椎アライメントの変化によって、腰部負荷が変化する。しかし、どのような動作が腰部負荷を高めているのかを定量的に判断することは難しい。このため、腰痛予防としては要因を探るのではなく、工場などで作業管理や業務管理によって対策が行われてきた。しかし、国内外問わず高齢化社会となり、介護や健康寿命への取り組みが進んでいる。介護従事者の大多数が腰痛を罹患しており、腰痛要因は多岐にわたっている。このため、一律の改善ではなく個別に腰痛対策が必要となる。

これまで、腰部負担における研究は、椎間板内に感圧センサを挿入する侵襲性のある計測、モーションキャプチャを用いた動作計測、実動作のビデオ撮影による目視解析などが行われてきた。しかし、どの手法においても作業中の腰部負担を実作業空間で計測することには向いていない。そこで、簡易に用いることができる非侵襲的内部負担計測システムの構築を目指す。

これまで前屈動作における腰部負担の研究は多く行われてきた。そのため、前屈動作中の姿勢・負担解析も進んでいる。しかし、回旋・側屈時の腰仙椎アライメントと腰部負担の関係は知られていない。非侵襲的内部情報計測システムを構築するためには、前屈動作だけでなく、回旋・側屈を含む腰仙椎アライメントと腰部負担の関係性を明らかにすることが必要となる。

様々な動作に対応した計測システムが実現することによって、様々な作業中の動作の腰部負担を計測し、作業と腰部負担の関係性から腰痛要因の解明に繋げることができる。

### 2. 研究の目的

これまで、非侵襲的内部負担計測システムの構築を目指し研究を進めてきた。現在問題となっている腰痛に着目し、人体の中でも複雑な動作を行える腰部への研究として非侵襲的内部負担計測システムの構築を進める。腰部動作に関する研究は多く行われているが、回旋・側屈を含む複雑な腰部動作中の腰仙椎アライメントと腰部負担の関係は知られていない。このため、動作と内部状態を解析するための複数手法を組み合わせた多角的アプローチで研究を進める必要がある。人によって腰痛要因は異なるため、作業と腰部負担の関係性から腰痛要因を解明する必要がある。また、腰痛に対する研究は盛んであり補助器具の開発は進んでいるが、アシスト器具の定量的評価を行うためのシステムを構築は進んでいない。これらを解決するためには、内部負担を考慮した動作最適化の定量的評価システムが必要である。これらの問題を解決するために、下記に示す 3 つの目的で研究を進める。また、Fig.1 に各目的に対して行う研究の概要を示す。

- 1.腰部における椎体姿勢変化による腰部負担への影響の解明
- 2.非侵襲的内部負担計測システムの構築
- 3.腰部負担と腰痛要因の関係性の解明

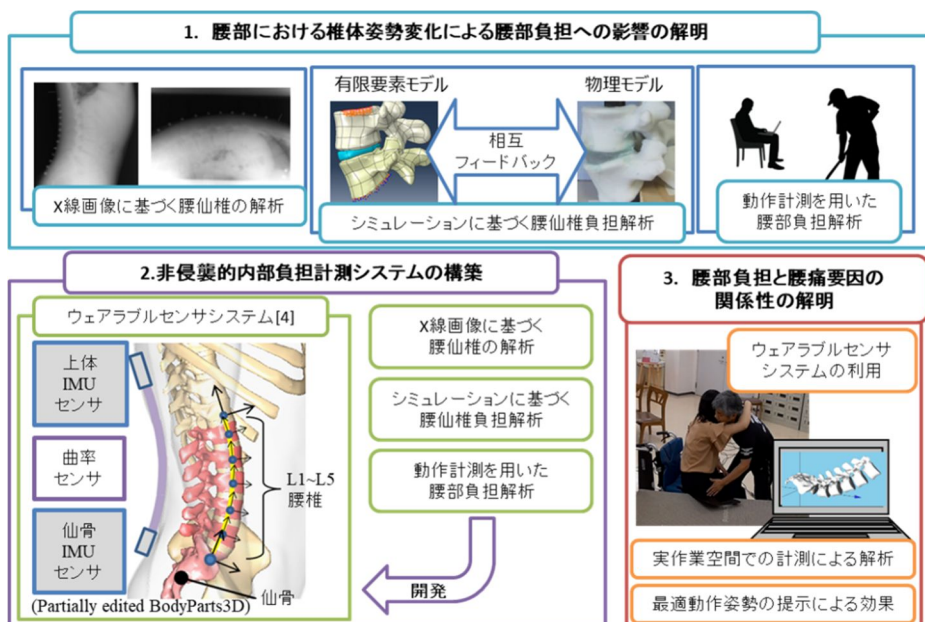


Fig. 1 研究概要図

### 3. 研究の方法

#### 1. 腰部における椎体姿勢変化による腰部負担への影響の解明

これまで、静的な運動に着目して腰部負担の研究を進めてきた。しかし、様々な動作を計測するために現在システムの改善を行う。動作中の腰仙椎アライメントを表現するための3次元幾何学モデルと、腰部負担を求めるための腰仙椎の動力学モデルを構築する。腰部負担を解析するために、3次元姿勢データから筋骨格シミュレーション、腰仙椎のFEM解析、センシング物理モデル解析を行う。また、従来研究の生体実験結果を利用し、腰部負担の推定結果を評価する。

#### 2. 非侵襲的内部負担計測システムの構築

これまで、研究してきたウェアラブルセンサシステムの構築を進める。上記で述べた解析結果を用いて、立位、座位などの情報などを取得するセンサの選定と配置の最適化を行う。ウェアラブルセンサシステムと腰仙椎の3次元モデルを組み合わせることで、腰部負担推定のためのウェアラブルセンサシステムを構築し評価を行う必要がある。構築したシステムの評価は、既存のモーションキャプチャシステムと同時に計測し行う。

#### 3. 腰部負担と腰痛要因の関係性の解明

開発を進めているウェアラブルセンサシステムを用いて、実作業空間で計測したデータから、腰部負担値を解析し、腰部負担と作業の関係性から腰痛要因を解析する。腰痛になりやすい動作である移乗介助動作などを計測する。この動作は、対象者や行動者が異なることで、動作中の姿勢が異なるため、腰痛要因解析を行う必要が高い。また、解析結果からウェアラブルセンサシステムを利用し最適な介助動作指導へと繋げる。移乗介助動作などに対して補助器具を用いた場合の腰部負担低減効果や、補助器具開発につなげる。

### 4. 研究成果

個別の対応を行うために研究では腰部を中心とする新たな非侵襲的内部負担計測システム構築を進めた。システムを構築するために、回旋・側屈を含む複雑な腰部動作中の腰仙椎アライメントと腰部負担の関係の解析を進めた。この結果から上体姿勢から各椎体姿勢を推定するアルゴリズムを構築した。この結果をまとめ、Advanced Biomedical Engineeringに「Relationship between Upper Body Posture Angle and Vertebral Body Posture Angle in Lateral Flexion and Rotation Posture」として掲載された。

動作中の腰仙椎アライメントを表現するための3次元幾何学モデルと、腰部負担を求めるための腰仙椎の動力学モデルを構築するために、姿勢変化における腰仙椎アライメントの変化を捉えるために、複数姿勢のX線画像を取得した。取得データから腰部負担解析をするために、腰仙椎のFEM解析を行い、個人差の影響の解析を行った。解析結果からセンシング物理モデルの構築を行うためのパラメータや物体特性の評価を行った。椎体形状による椎間板への影響を調べるために、Fig.2に示す動的解析対応なL4-L5間の椎体モデルを構築した。この物理モデルを用いることにより、任意の椎体姿勢時における腰部負担値を計測可能とした。

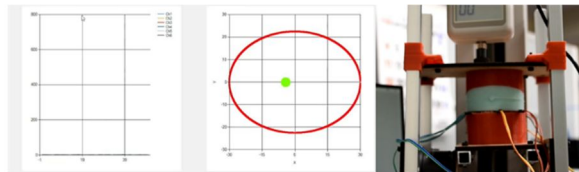


Fig.2 L4-L5間の椎体モデル

また、構築したシステムを利用し、負担と心的要因の関係性について骨盤ベルトを用いて評価を行った。この結果、負担値と負担の相関を確認し、国際会議であるSICE SII2021にて「Subjective evaluation of lumbar load and tightening force using a pelvic belt」として発表を行った。同様に構築したシステムを用いて、アシスト器具の正しい使い方についての評価を行った。現在、アンケートと動作における腰部負担値の計測を組み合わせることで腰痛要因の解明を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tsuchiya Yoshio, Tanaka Takayuki, Kamishima Tamotsu	4. 巻 9
2. 論文標題 Relationship between Upper Body Posture Angle and Vertebral Body Posture Angle in Lateral Flexion and Rotation Posture	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 181 ~ 188
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14326/abe.9.181	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 藤田亘, 土谷圭央, 田中孝之, 吉田道拓
2. 発表標題 腰部物理モデル開発のための前後屈姿勢X線画像による負担解析
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土谷圭央, 田中孝之, 吉田道拓, 金子勇斗
2. 発表標題 骨盤ベルトを用いた締め付け力と腰部負担値の主観評価
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田亘, 土谷圭央, 田中孝之, 吉田道拓
2. 発表標題 L4-L5 腰椎物理モデルを用いた前屈姿勢時の腰部負担解析
3. 学会等名 SICE SI2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tsuchiya Yoshio、Tanaka Takayuki、Yoshida Michihiro
2. 発表標題 Subjective evaluation of lumbar load and tightening force using a pelvic belt
3. 学会等名 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部有馬, 土谷圭央, 吉田道拓, 田中孝之
2. 発表標題 筋骨格モデルを用いたスケール比変化による前屈動作時の腰部負担影響解析
3. 学会等名 第53回計測自動制御学会北海道支部学術講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------