

令和 4 年 6 月 29 日現在

機関番号：23903

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12684

研究課題名（和文）上腹部柔軟度を指標とする予防医学用計測・解析システムのデザイン開発

研究課題名（英文）Design development of a measurement system based on the upper abdominal suppleness

研究代表者

加藤 大香士（Kato, Takashi）

名古屋市立大学・大学院芸術工学研究科・准教授

研究者番号：90362285

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：上腹部の柔軟度を新しい健康指標とするために、指装着型の位置・力センサユニットを開発し、研究協力施設において計測実験を行うことにより定量評価した。上腹部は呼吸筋の影響を受けて大変形し、また消化器の運動状態、血流状態、精神状態なども腹部の硬さに多重的に関与するが、結果として表出する上腹部の硬さからわかることを探った。具体的には、眼心臓反射の前後で上腹部の上下動運動（呼吸運動に相当）の変化を測定し、解析することで、自律神経と呼吸との関係性を複数の被験者に対して実験した結果、双方の相関が大きいことがわかった。また、ユーザが日常的に上腹部の硬さを測定できるデバイス開発を行い、原型を提示することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究成果から、呼吸の状態が自律神経の働きにより影響を受けることがわかり、上腹部運動の一側面を明らかにできた。自身の直感として体調を感じ取れ、また定量化指標として他者と共有、比較可能な上腹部の柔軟性が、体調把握・管理の新たな指標となり得るため、人類共通の健康指標として普及させる価値があることがわかった。個人の生活習慣・既往・遺伝に拠るところが大きいと、相対評価はこれからの課題であるが、むしろ個人レベルの経時的な判断指標として有効である。本研究の知見によりデバイス開発を行うことで、特に高齢者が自身の体調を直感的に把握することができる新しいしくみづくりを推進できると考えている。

研究成果の概要（英文）：In order to use the flexibility of the upper abdomen as a new health indicator, a finger-mounted position/force sensor unit was developed and quantitatively evaluated through measurement experiments. The upper abdomen is greatly deformed under the influence of the respiratory muscles, and the motor state of the digestive organs, blood flow state, and mental state are multiply involved in the stiffness of the abdomen, but we explored what can be learned from the resulting upper abdominal stiffness. Specifically, by measuring and analyzing changes in the vertical movement of the upper abdomen (equivalent to respiratory movement) before and after the oculocardiac reflex, we tested the relationship between the autonomic nervous system and respiration on multiple subjects and found a large correlation between the two. We also developed a device that enables users to measure the stiffness of the upper abdomen on a daily basis, and were able to present a prototype.

研究分野：ロボティクス・メカトロニクス

キーワード：ヘルスケア 生体計測 工業デザイン

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究協力機関において、消化管運動機能の活発化、正常化を目的とした温熱療法、鍼灸療法等が行われ、あらゆる生活習慣病に対して改善効果が得られてきた。当該研究所では、加療の前後における上腹部の柔軟性をすべての患者に対して触診しており、疾患種類によらず、加療後、体調改善と共に上腹部に柔軟性が現れることを経験知として蓄積してきた。逆に大きなストレスや食生活、睡眠の乱れ等により、上腹部の柔軟性が失われる事実も、都度の触診と患者へのヒアリングとによって確認されている[1,2]。以上は、体調変動が上腹部の柔軟性に対して、確実にかつ速やかに影響をおよぼすことを強く示唆している。

(2) 国内で生体硬さを測るデバイスが複数開発されており、触診の客観評価装置[3]や、腹部の触診計[4]がある。基本的に反力測定用ロードセルと、押し当て方向の変位測定用センサとの組み合わせである。前者は硬さ解析の基礎的研究、後者はハンドヘルド触診計の実用化研究であった。ただし、いずれも実際の触診手法には準じず、簡便使用にも適さない。また、触診の方法を医療研修の現場で学ぶことを目的とした教育用触診シミュレータも市販されている[5]。指に装着した圧力センサで模擬人体に埋め込んだシート状位置センサを押すことにより、力情報と位置情報とを取得するものである。

(3) 我が国の65歳以上の人口割合は約30%となり、特に高齢者のヘルスケアが喫緊の課題である中、自身の体調変化を「実感」できることが積極的な健康維持には不可欠であるが、体調を客観的に把握し、自身の健康管理に活かせる仕組みが、現代社会には欠落しているように見受けられる。

[文献][1]石垣邦彦、内臓調整による医療革命、人文書院、2005、[2]石垣邦彦、今後のあるべき医療 - 健康体を活かす医療、河内新聞、2009～現在、[3]有馬義貴ら、触診法の客観化に関する基礎的研究、医用電子と生体工学、36(4)、321-336、1998[4]宮本康嗣ら、デジタル漢方腹診計による臍下不仁測定における再現性と経時変化、漢方と最新治療、13、185-191、2004、[5]触診の模擬訓練機 開発、(株)アール・ティー・シー、日本経済新聞、2013.9.4

2. 研究の目的

(1) 生活習慣病患者や健常者によらず、上腹部の柔軟性が体調変化と密接に関係していることが、臨床における経験則としてはわかっている。

(2) 誰もが触診をとおして上腹部の柔軟度を客観的に実感・把握するためのセンサシステム開発、情報解析手法の開発と、当該指標によるセルフヘルスケアシステム技術の基盤構築までを、本研究の目的とする。

3. 研究の方法

(1) 上腹部柔軟度の計測実験

研究協力機関において、熟練施術者による上腹部柔軟度の計測を行っており、上腹部柔軟度の計測装置に関して基盤ができてきた。継続的なデータの収集が可能になった。データを蓄積し、被験者個人の既往歴を考慮した解析を行うと同時に、複数の被験者のデータ間に見いだせる共通項、相違点の検討等を、客観的視点に基づいて進めてきた。

(2) 上腹部柔軟度のデータ解析手法の開発

現在は、上腹部柔軟度を計測するために位置データと力データとを同時収録しており、様々な被験者の上腹部柔軟度のデータ時系列から、学術的、臨床的双方に意義のある知見の導出につき検討を行ってきた。

(3) 現場に即した計測ユニットの開発

研究協力機関においてのみ行われている計測実験を、今後、医療機関との共同実験、調査等を行うために研究規模を拡大する上で、現行の計測システムの信頼性、可搬性、簡便性等をより向上する。また、使用環境や毎日の利用を考慮すると、現行の精度重視の方式から改変した簡易型のセンシング方式のデザイン研究も必要である。従って、より一般的な使用環境に合致したシステムにしていくための研究開発を行ってきた。

4. 研究成果

(1) 上腹部の柔軟度を一般的な健康指標として客観評価する手法の開発

研究協力機関にて、通院者の臨床データを収集した。測定装置(図1)を用い、熟練施術者が上腹部柔軟度の測定を行った。上腹部の柔軟性には、直下の消化管の運動状態、皮下組織の血流の影響など複合要素が関係する。現在は大局的にデータ傾向を解析している。

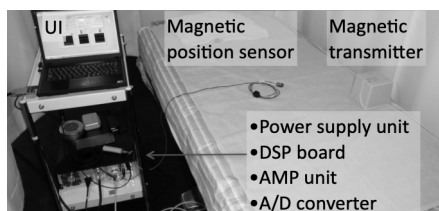


図1 研究協力機関に設置の測定システム

上腹部柔軟度の客観性を補完するために、アシュネル反射(図2)による自律神経への介入も行う、患者毎の時系列解析をとおして上腹部柔軟度の有用性を明らかにした。



図2 アシュネル反射のための眼球圧迫の様子

(2) 上腹部の柔軟度にもとづくヘルスケアシステムの提案開発

測定データの可視化手法について、現場での利用を重視した仕様を固めた。現在使用中のセンサデバイスは、単軸ロードセルと磁気式位置センサとを併用しており(図3)、現場に即した触診計測プログラムと操作インタフェースを開発している(図4)。被験者ごとに蓄積する時系列データの半自動解析システムを測定現場に合わせて最適化してきた。

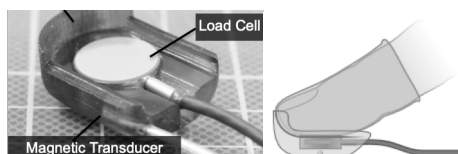


図3 触診用センサデバイス

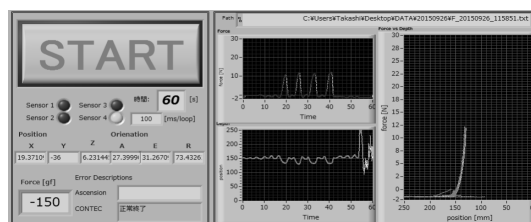


図4 計測・可視化用インタフェース

(3) ロボット機構を用いたシステムの検証

臨床現場において、センサ・計測システムの精度検証を行うために、小型ロボットアームによる評価装置を用いた。特に磁気式位置センサーの結果、十分な測定精度を持つことがわかった(図5)。

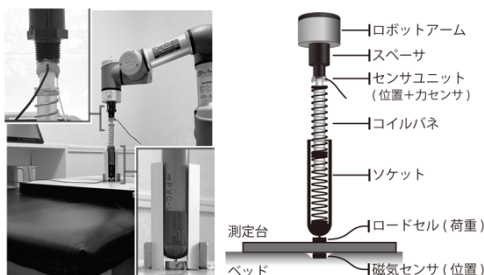


図5 装置評価用ロボットアーム機構

以上の(1)～(3)の実験により得られたデータとその分析・考察については、現在、英文誌への論文投稿中であり、その結果をもとに記述、公開を行うため、現状では本報告書への記載は行わない。

(4) 上腹部触診用ウェアラブル・センサデバイスのデザイン開発

新しい触診用ウェアラブルデバイスの基礎デザイン研究開発を行った。感圧センサが、触診指と生体組織との間に生じる広レンジの内力を十分に検出できることと、触診の際の違和感を無くすことという、相反するセンサデバイスへの要求を満たす必要があった。

以上 (4)についても、現在、特許出願の準備中であり、その結果をもとに記述、公開を行うため、現状では本報告書への記載は行わない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 川村英梨子、加藤大香士	4. 巻 ISSN 2188-479X
2. 論文標題 熱中症に起因する入浴事故に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 神林春平、加藤大香士	4. 巻 ISSN 2188-479X
2. 論文標題 低侵襲手術支援用マニピュレータのデザイン研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 3-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 馬場祐太郎、加藤大香士、内藤久資、社本英二、林衆治	4. 巻 ISSN 2188-479X
2. 論文標題 多関節手術ロボットの制御手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 5-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 馬場祐太郎、加藤大香士、内藤久資、社本英二、林衆治	4. 巻 CH0001/19/0000
2. 論文標題 冗長多関節手術ロボットの制御手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SICE関西支部・ISCIE若手研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 205-206
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 川島芽衣、加藤大香士	4. 巻 ISSN 2188-479X
2. 論文標題 快適で安全な入浴のためのデザイン研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 13-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 堤 貴寛、加藤大香士	4. 巻 ISSN 2188-479X
2. 論文標題 最小侵襲手術のための多関節マニピュレータの研究 -最小侵襲ロボット手術用新型マニピュレータのデザイン-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 A-01 (2 ページ)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井倉芳弥、加藤大香士	4. 巻 ISSN 2188-479X
2. 論文標題 人体解剖学と生理学から見た呼吸の研究 -健康的な呼吸へと導くための姿勢矯正器具-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 A-05 (2 ページ)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大野まゆ、加藤大香士	4. 巻 ISSN 2188-479X
2. 論文標題 高齢者のS O Cに関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 A-06 (2 ページ)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 織田麻沙、加藤大香士	4. 巻 ISSN 2188-479X
2. 論文標題 フレイルにある高齢者の自立生活に関する研究 -フレイルにある高齢者の生活を豊かにする移動支援用具のデザイン-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 B-02 (2 ページ)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松田理沙、加藤大香士	4. 巻 ISSN 2188-479X
2. 論文標題 触知能と手指の器用さに関する研究 -器用な手をつくるプロダクトの制作-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集	6. 最初と最後の頁 B-07 (2 ページ)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 川村英梨子、加藤大香士
2. 発表標題 熱中症に起因する入浴事故に関する研究
3. 学会等名 日本デザイン学会第3支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神林春平、加藤大香士
2. 発表標題 低侵襲手術支援用マニピュレータのデザイン研究
3. 学会等名 日本デザイン学会第3支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬場祐太郎、加藤大香士、内藤久資、社本英二、林衆治
2. 発表標題 多関節手術ロボットの制御手法
3. 学会等名 日本デザイン学会第3支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬場祐太郎、加藤大香士、内藤久資、社本英二、林衆治
2. 発表標題 冗長多関節手術ロボットの制御手法
3. 学会等名 SICE関西支部・ISCIE若手研究発表会概要集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川島芽衣、加藤大香士
2. 発表標題 快適で安全な入浴のためのデザイン研究
3. 学会等名 日本デザイン学会第3支部研究発表会概要集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堤 貴寛、加藤大香士
2. 発表標題 最小侵襲手術のための多関節マニピュレータの研究 -最小侵襲ロボット手術用新型マニピュレータのデザイン-
3. 学会等名 日本デザイン学会第3支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井倉芳弥、加藤大香士
2. 発表標題 人体解剖学と生理学から見た呼吸の研究 -健康的な呼吸へと導くための姿勢矯正器具-
3. 学会等名 日本デザイン学会第3支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野まゆ、加藤大香士
2. 発表標題 高齢者のSOCに関する研究
3. 学会等名 日本デザイン学会第3支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 織田麻沙、加藤大香士
2. 発表標題 フレイルにある高齢者の自立生活に関する研究 -フレイルにある高齢者の生活を豊かにする移動支援用具のデザイン-
3. 学会等名 日本デザイン学会第3支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松田理沙、加藤大香士
2. 発表標題 触知能と手指の器用さに関する研究 -器用な手をつくるプロダクトの制作-
3. 学会等名 日本デザイン学会第3支部研究発表会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 加藤大香士（分担執筆）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 岐阜新聞社	5. 総ページ数 195
3. 書名 芸術工学への挑戦 人と世界との間をつなぐインタラクシオンデザイン	

〔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
研究協力者	石垣 邦彦 (Ishigaki Kunihiko)	一般財団法人石垣ROB医療研究所・研究開発本部・理事長	
研究協力者	石垣 和彦 (Ishigaki Kazuhiko)	一般財団法人石垣ROB医療研究所・研究開発本部・チームリーダー	
研究協力者	木原 裕 (Kihara Hiroshi)	一般財団法人石垣ROB医療研究所・研究開発本部・研究員	
研究協力者	四方 伸明 (Shikata Nobuaki)	一般財団法人石垣ROB医療研究所・研究開発本部・研究員	
研究協力者	石垣 茉以 (Ishigaki Mai)	一般財団法人石垣ROB医療研究所・研究開発本部・医員	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	石垣 貴彦 (Ishigaki Takahiko)	一般財団法人石垣ROB医療研究所・研究開発本部・医員	
研究協力者	石垣 加奈子 (Ishigaki Kanako)	一般財団法人石垣ROB医療研究所・研究開発本部・医員	

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