

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：17401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12357

研究課題名(和文) 食事支援機器による老人・障害者の食生活自立に関する研究

研究課題名(英文) A study on the self establishment in meals of old or disability people by using a supporting equipment

研究代表者

藤原 和人 (Fujiwara, Kazuhito)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授

研究者番号：50219060

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)：介護が必要な老人や障害者の急増に伴い、自意識を高め自活することが重要であり、介護者不足の問題を解決することにつながる。食事困難は自立意欲に対して非常に大きな影響を持つ。そこで、安全・安心、低ストレス化を考慮した食事支援機器の開発研究を行った。第1に、すくった食物を口に運ぶ動作の低自由度化によって安全であり安心できる機構の開発、第2に口に運ぶ主食や副菜の選択時ストレスの低減システム、第3に食品の力学特性を考慮したスプーン形状やすくい動作の設定、第4に食事と連続して行う口腔洗浄方法の検討を行った。これらの開発や改良を通して、被験者より満足度調査を行い、課題の明確化と共に、良好な評価に改善できた。

研究成果の概要(英文)：In the society with the rapid increase of old or disability people who requires help of their living, their independence awareness and supporting their selves are important for their self-establishment and the solution of shortage of helper. In the situation the meal difficulty has high influence for independence will, the study on the development of the equipment and system that has safety, comfortability and usability has proceeded. In the plan, the safe carry mechanism with low freedom of motion were constructed, since the carrying path of the scooped food gave some fear and concern to user at first. Next, an optical positioning system at the selected portion of food, the effective shape and the scoop movement by considering dynamics characteristics of the food, and the mouse cleaning option that was used just after the meal were investigated. Through these development and improvement, the improved meal supporting equipment provided a satisfaction to user and was highly evaluated.

研究分野：安全設計工学

キーワード：食事支援装置 安全・安心 低自由度動作 光学式位置選択 満足度評価 食品の力学特性 口腔洗浄

## 1. 研究開始当初の背景

1981年を「国際障害者年」として国際連合が指定して以降、障害の有無に関わらず普通に生活することが当たり前とする考え方である「ノーマライゼーション理念」の普及に伴い、障がい者の間では自分で行えることは可能な限り自分で行う自立の精神が拡大した。また、昨今では介護福祉施設等における職員の不足により、仕事の一部に機械を活用することによる省力化が検討されている。このように、社会環境、または障がい者自身の意識の変化に伴い、近年では自立した生活に必要な「支援装置」を求める声が上がっている。「自立」の根底として「自力で生命を維持できること」が重要であり、「食事行為」に着目した。重度身体障がい者の食事行為の現状は、介助士などの第三者の手によって行われるのが主流である。この方法の場合、被介助者が自分のペースで食事を摂れないだけでなく、介助を受けることで罪悪感や劣等感を覚えるといった問題も生じている。「食事」を、生命維持を目的とした単なる栄養摂取行為として捉える考え方からは、現状における課題は少ないが、「自立した人間らしい食事」を求める現在にあっては、食事支援装置は非常に重要な役割を担う。

人間らしい食事の在り方を追求するにあたり、食事の持つ二つの娯楽的な側面に目を向ける必要があった。一つは食事行為自体の楽しさであり、食事を自分のペースで進めることで、食べたい物を好きな順序で、好きな量だけ食べることにより、食品の味覚や食感を堪能する余裕ができ、食事を楽しむを見出すことができる。他方は、家族や親しい人達と食卓を囲むことで生じるコミュニケーションの場としての側面である。現在の食事介助の場合、人が手助けにより食することが一般的であり、この場合一緒に食事しながら楽しくコミュニケーションをとることが困難である。

また、装置を用いて食事を摂ることは、自力で生きることに對する自信を生み出し、さらに装置の操作を行うことでリハビリテーション効果も得られるというメリットもあるため、精神面と身体面の両方から幸福をもたらすと期待される。

ところで既存の食事支援装置は、安全・安心に對して使用者の不安がある点と、汎用性を重視しているため、使用に對して不便さがあることによって、あまり普及していない。

## 2. 研究の目的

障がいを持った方で既存装置の使用者と施設の職員に意見を聞き、次の4点の開発を行うことを目的とした。

(1) 安全・安心のための機構、構造  
機械と人との接触を必要とする機器には、厳しい安全性が要求される。特にフォークやスプーンのような固い材質の部材と人の口を含めた顔全体にわたる非常に傷つきやすい

身体との接触には危険が伴うので十分な安全対策が必要である。安全を担保するためには機械の誤動作があっても基本的に人を傷つけない構造と食事動作が必要である。また安全であるだけでは安心は得られない。人間は危険に對する直感を持っているからである。最初にこれらを満たす装置構造の設計を行う。

(2) 食べものを容易に選択できる機能

食事の楽しみの面から、次に食べる主食や副菜を自分で選択できることが要求される。しかしながらこの選択のためにレバー等の細かい操作を強いられると、逆にストレスとなり食欲にも影響を及ぼす。そこでこのストレスを減じる方法について検討する。

(3) 食事支援装置の機能で特に開発が難しい点は、食物を効率よくスプーン等ですくって、確実に口に運ぶ点である。そこで数種の食品について力学特性を調べ、適切なくらい動作やスプーン形状を調査する。

(4) 食事後の口腔衛生は使用者の健康面に重大な影響を及ぼすので、食事支援装置のオプションとして組み込める口腔洗浄機器を考案する。

## 3. 研究の方法

(1) 安全・安心のための、機器と人の移動領域とタイミングを考え設計する。また装置全体としては必要な要求を実現する機能が必要であるため、設計要求と仕様を明確に定め、満たす機構、構造について複数案を考え、最適なものを選ぶ。

(2) 手のわずかな移動や、音声、視線など利用できる動作のうち、ストレスを最小にできる方法を選び、評価する。ボタン等を含めいくつものセンサを利用する。

(3) 食品の力学的特徴は種類、性状、特に個体とこれが集まった集合体の特性の違いによって生じる、さまざまな基本的力学性質が組み合わさったものであるため、既存のパラメタからは単純に評価できない。そこでスプーンによるすくい動作によって生じる力学値を測定し、すくい動作に對する特徴を調べる。

(4) 口腔洗浄の過程は、大きく2つに分けられる。食物残骸および歯の表面付着物の除去と歯垢や虫歯菌の化学的分解である。後者については消毒薬を使用することによって処置できるが、前者の方は水流を用いて効率よく除去する手法を開発する必要がある。本研究では、適切な水量や水流の方向、水流方向を制御するガイド等の効果について調べる。

## 4. 研究成果

障害を持つ被験者に市販の食事支援機器に對しての意見をまとめた結果は以下の通りであった。

マニピュレータ先端に設置されたスプーンが顔面に衝突する危険性に對する恐怖感がある。

スプーンの移動軌跡の予測が難しく、口元に接近するスプーンに不安感を抱く。  
 食事支援装置の操作方法が分かり難い。  
 食事支援装置の操作が難しい。  
 スプーンの向きや接近経路が実際の食事介助と異なる。  
 接近するスプーンの動作が円滑でない。  
 機械に食事を食べさせられているような感覚であり、自力で食事を摂る実感を抱きにくい。

これらを改善することを要求として食事支援装置の機構、構造を検討した結果、

- ・安全性が確立されていること。
- ・安心して使用できること。
- ・快適に扱えること。
- ・自力で食事を摂る実感を提供できること。

をコンセプトとして開発を行うこととした。  
 また、被験者として筋ジストロフィーの羅患者の方をお願いしたが、この症状の特徴は、

- ・健常者と比較して筋力が著しく弱い
- ・拘縮や変形により関節の可動領域が狭い
- ・筋肉の硬直により任意動作が困難または、不可能な身体部位が存在する

であり、食事の際は車椅子に着座している(図1)。設計時にはこれらの条件を考慮した。



図1 被験者の着座姿勢

また安全性や操作性を考慮するときに必要な被験者の運動性等について調べた。

- ・頭部、頸部の任意動作は容易に可能
- ・上半身を前傾させた姿勢が可能
- ・左右の腕は少々であれば任意動作が可能
- ・右腕は左腕より症状が軽く、キーボードをなんとか打てるぐらいの器用さを有す
- ・手首の筋力が非常に弱い
- ・物を掴む、握るなどの動作が不可能
- ・意思に反した突発的身体動作は無い

これらの特性と測定データを基に、被験者の身体的特性に合わせて作業域を決定した(図2)。ボタン等のユーザーインターフェースを含む機器の配置は、本作業域を考慮し、人と機械の干渉を考慮して行った。手で作用させることができる力に関しては、指先

手首に分けて測定し、ボタン等の形状を決めた。

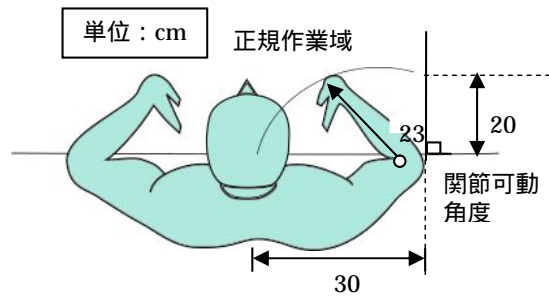


図2 被験者の作業域

### (1) 安全・安心の設計

被験者に関する情報を得た後、詳細な設計に入るが、多くの細部の設計条件の中で、特に安全・安心と満足の部分を挙げると以下の通りである。

#### 恐怖感や不安感を与えない設計条件

- ・食物の採取にはスプーンを使用すること
- ・使用者の顔面にスプーンの先端を向けず、横向きとなるよう設置すること
- ・使用者の顔面にスプーンが衝突しない構造及び作業領域であること
- ・スプーンの移動軌跡の予測が容易な動作及び機構であること
- ・口元への食物搬送動作は自動であること
- ・非常停止スイッチを有すること

#### 自力で食事を摂る実感を与える設計条件

- ・全自動ではなく、使用者の操作が可能であること
- ・身体的負担の少ない操作方法であること
- ・直観的に扱えるユーザーインターフェースを有すること
- ・健常者の食事動作に近い身体動作で装置を操作できること

#### 不快感を与えない設計条件

- ・食物搬送時のスプーンの振動を抑えた構造であること
- ・スプーンの移動速度が適切値であること

#### 快適に食事を摂るための設計条件

- ・食物の種類や性質に応じてスプーンのトルクや速度を変更できること
- ・一度にすくい取る量が適切であること
- ・皿上の食物を残さずすべてすくい取れること
- ・食物を周囲に溢さない動作であること。

#### 利便性に関する設計条件

- ・食器を見やすい位置に設置できること
- ・車椅子用テーブルに乗せられる寸法及び質量であること
- ・右腕のみでの操作が可能であること
- ・使用者の口元の高さを認識させるための期設定方法が容易であること

この条件から、安全性に関して必要な機構を、「食物の選択のための食器移動動作」および、「すくい動作と口への搬送動作」に分けて、後者の可動域の制限および搬送経路の固定

によって、安全・安心を実現できる。このとき重要な点は、可動域制限は、機械的可動の限界によって行うことと、搬送動作に使用するアームの自由度をできるだけ小さくすることにより、使用者の不安を減らす点である。またこれらは電子的な制御の不具合による事故を減らす意味でも役立つ。以下にプロトタイプの図(図3)を示す。

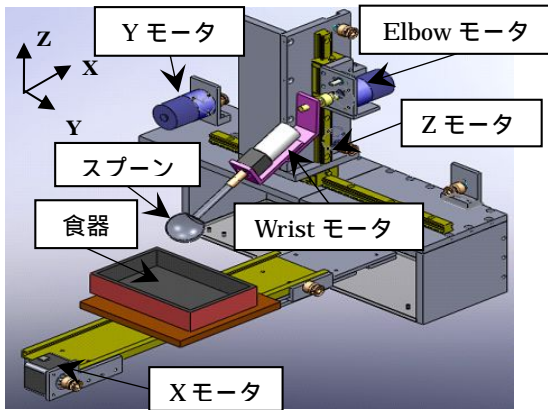


図3 食事支援装置のプロトタイプ

食器の移動にXおよびYの2軸、すくい時の移動にZ軸とElbowおよびWristの回転に2軸、合計3軸使うが、搬送時には基本的にYの1軸からZの1軸に切り替え、口に食物を入れるときにWrist回転の1軸のみを使用する。これにより、安全と安心に関する要求については、大幅に改善された。

## (2) すくう食物の選択機構

使用者が食対象箇所を指示する手段として、図4に示すヘッドバンド型のレーザポインタを作成した。ヘッドバンドを用いてレーザポインタを使用者の頭部に固定することにより、使用者は首の動きでレーザ光の照射位置を任意に移動させることができる。肢体不自由者がユーザーインターフェースを操作する場合、不随意運動が無く、確実に動作可能である身体部位を用いることが適切であるとされている。首の動きを用いてレーザ光の照射位置を動かす方法は、被験者の残存機能として首の動作が最も容易で負担が少ないという点を考慮した結果である。また、被験者に限らず、肢体不自由者にとって頭部や頸部、眼球の動きなど、首から上の動作は比較的残存することが多いため、これらの身体部位を用いた操作方法は他の肢体不自由者にとっても有効な手段であると考えられる。そのため、光学的指示法の汎用性は期待できると考えられる。

システムにおける選択の流れは、まず、頭をわずかに振るだけで、レーザ光が食器内の食物にあたる位置が変化することを利用して、利用者が食べたいものに光があたった時にボタンを押す。USBカメラで発光点の位置を割り出す。その後ハンドルもしくはボタン軽く押すことによって、食器を乗せたトレイ

が動いて選択された点がスプーンのすくい位置に移動し、自動的に口に運ばれる。光点の位置を正確に算出するため、トレイには四方にLEDが設けられており、そこからの光を参照することでUSBカメラの画角調整を行っている。またレーザ光は点滅しており、USBの差分画像から外乱光の影響をキャンセルしている(図5)。

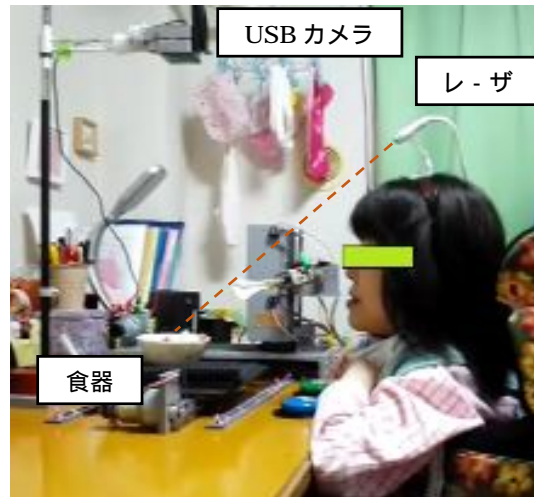


図4 光学式すくい点選択システム

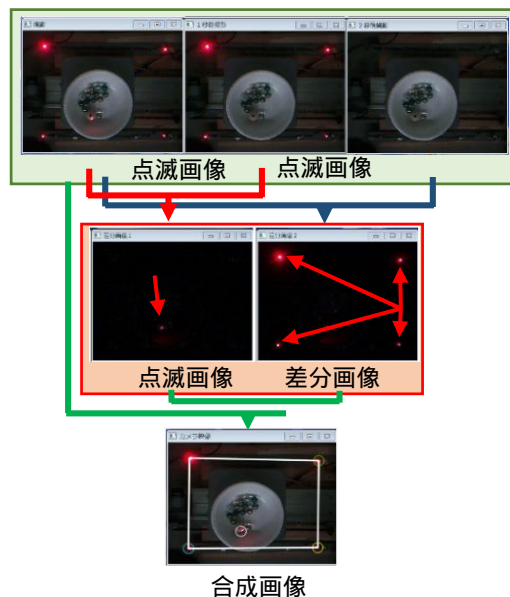


図5 画像処理による指示点位置の抽出

このシステムの構想に至るまでは、ジョイスティック移動、音声認識による移動を試みたがいずれも繰り返し動作のために時間がかり、使用者はいらいらしていた。光学的な処理により、選択かかる時間とストレスが激減し、使用者からの評価が上がった。

## (3) 食物の力学特性とすくい動作の設定

食物の力学特性を調べるために、オリジナルの測定装置を作成した(図6)。

スプーンの切込みに対する食品の抵抗力 まず、食品にスプーンで切り込むとき、急激に大きな力がスプーンにかかる。Wristにか

かる回転トルクにより、必要なモータ性能が変わる。数種の食品に対して、スプーンにかかる負荷と切込み量をの関係性を圧力センサと距離センサを用いて計測値より求めた(図7)

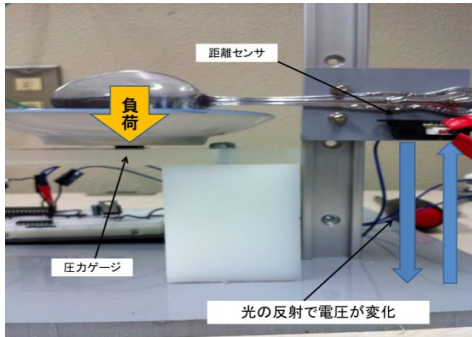


図6 切り込み抵抗計測装置

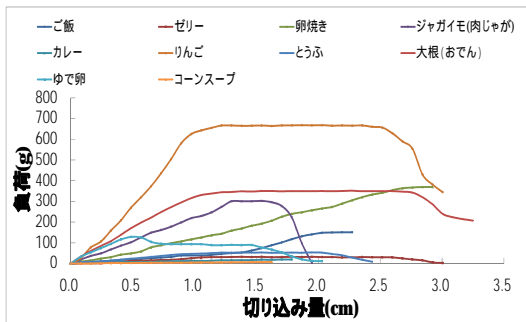


図7 切込み量と負荷の関係

この他にもスプーンとの接触面積と負荷の関係等も求めた。食品によっては大きく異なるが、食品によってはある切込み量を過ぎると負荷が急に減少するものがあり、負荷制御の必要性があることがわかった。これらのデータは、モータの選定や副菜の配膳時の切り分け方を決めることに役立った。

すくい動作時にスプーン加わる負荷

次に実際に食事支援装置の機構ですくったときにどのような力が加わるか、2次元方向に加わる負荷の履歴を調べた。これによってこぼれてすくえない場合や、すくった後こぼれる場合などで履歴の特長があることがわかった。

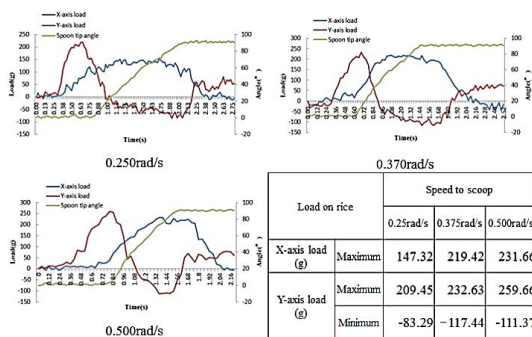


図8 すくい動作時の負荷の履歴

ご飯の粘着・せん断力の変化  
米粒とこれが集合したご飯の状態では、力学特性は全く異なったものになる。特にご飯

の米がつぶれると、すなわち何度かすくっていると特性が変化する。そこですくいに大きく影響する粘着力・せん断力とスプーンに加わる負荷の間の関係を求め、特性変化を予測することができた。

#### (4) 口腔洗浄システム

人の口腔内を洗浄する場合に必要な水の流量、流速について洗浄実験を行うことで洗浄装置開発のための基礎データを計測した。洗浄器は洗浄水圧の5段階の調整が可能な口腔洗浄器 E101 を使用した。洗浄は模型を使用し、人の顎の代替として補綴修復用顎模型 D18FE-500A(GUB)-QF、人の頬の代替として撥水性の高いシリコン VM013 と VM014 の配合シリコン(配合比 7:2)を使用した。顎模型の概観を図8に示す。洗浄時の水の漏れを防止するため、顎模型は配合シリコンとエアコン配管用パテによって密閉した。

洗浄効率、残渣含む水の透過率によって評価し、透過率の測定には光電比色計を使用した。洗浄前の水と、洗浄後の米と水が混ざった残渣液、および食べかすとして口腔内に付着させた全ての米が混ざり白く濁った残渣液の透過率の値の関係から定義している。また、口の中のどの部分に汚れが残っているかは歯模型をヨードで染色して調べた。(図9)

洗浄形体としては、口の片側から圧縮水流を送り、逆から吸引ノズルで排水する形のA、交互に送水、排水を繰り返す形のB、舞スペースを使用して両側から送水し口の中央部から排水する形のCの場合を比較した(図9)。

Aに比べてBは汚れの偏りが少なく全体の洗浄効率も高い値を示した。CはBより多少効率は落ちるが、Bでは落ちない前歯部分も洗浄でき、排水が口中央にあるため、誤飲しにくいところが使用に適していた。

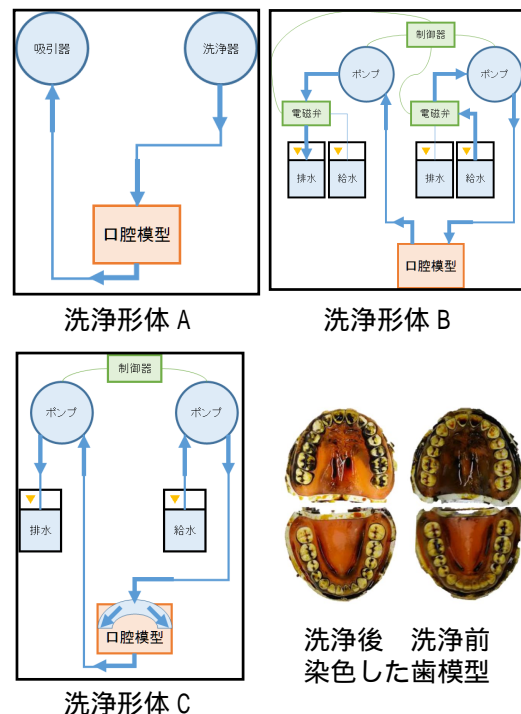


図9 口腔洗浄システムと口腔模型

#### (5) 改良されたな装置の形体

様々な解析と試行錯誤による改善を通して最終的に図 10 のようなコンパクトな形にまとめることができた。プロトタイプから改善した点は、

・**外觀**...やはり配線や機械が露出しているだけで食事の雰囲気や衛生感を壊すことになっていた。カバーで電子基板やメカを覆うことによってそれらの違和感は無くなった。

・**全体のサイズ**...電子部品を小型化し、プリント基板を自作するとともに、これまでコンロロールに使用してきた PC をワンボードマイコンに置き換え、オーバースペックであった USB カメラをシリアルカメラに替えることにより、サイズダウンをはかることができた。またそれに伴い、配線等の接触不良による動作の不安定さが激減した。

・**スプーン形状**...食品の性状や食器形状、すくい角度および速度を考慮した場合、固定形状のスプーンでは良好な結果が得られなかった。そこで一部フレキシブルな構造(図 11)にすることによって様々な問題が解決した。

最終的に福祉用具満足度評価「QUEST version2.0」を用いたアンケート評価を行った部分の満足度が向上したことを確認したが、利便性については更なる改良が必要ということが分かった。今後、口腔洗浄も含めて、施設等での試用を計画している。



図 10 改良した支援装置  
(左部がシリアルカメラ)

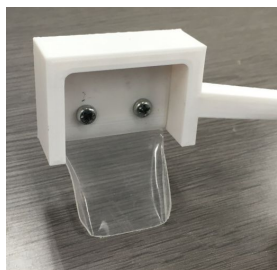


図 11 フレキシブルスプーン

#### <引用文献>

[12] 手嶋教之, 米本清, 相川孝訓, 相良二郎, 糟谷佐紀, 「基礎 福祉工学」, コロナ社, 2009, p.161.

#### 5. 主な発表論文等

#### 〔雑誌論文〕(計 4 件)

##### 査読有

山崎剛志, 藤原和人, 川島扶美子, 波多英寛, 可動領域の構造的制限および最少自由度の食品搬送動作を採用した食事支援装置の開発(第2報, 食対象箇所の選択に画像認識インタフェースを用いた食事支援装置の開発), 学会誌 設計工学, Vol. 51, No.10, 2016, pp. 701-712,  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjstage/51/10/51\\_2016.2684/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjstage/51/10/51_2016.2684/_pdf)

##### 査読有

山崎剛志, 藤原和人, 川島扶美子, 波多英寛, 可動領域の構造的制限及び最少自由度の食品搬送動作を採用した 食事支援装置の開発\* (第1報, 重度四肢障がい者を対象とした食事支援装置の開発), 学会誌 設計工学, Vol. 51, No.5, 2016, pp. 321-334.

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjstage/51/5/51\\_2015.2664/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjstage/51/5/51_2015.2664/_pdf)

##### 査読有

Takeshi Yamasaki, Kazuhito Fujiwara, Fumiko Kawashima and Hidehiro Hata, The Investigation of the Mechanical Properties of Foods when Spooning up Foods for Meal Supporting Equipment, International Journal of Mechanical Engineering, Vol.5, No.1, 2016, pp.55-62.

##### 査読無

Takeshi Yamasaki, Kazuhito Fujiwara, Fumiko Kawashima and Hidehiro Hata, Development of a Meal Supporting Equipment with "Image Recognizing Interface" for Selecting the Position of Eating Object, Proceedings of the 5th International Conference on Engineering and Applied Sciences, Vol. 1, 2015, pp.522-531.

#### 〔学会発表〕(計 2 件)

中野雄介, 藤原和人, 川島扶美子, 障がい者自立のための食事支援機器の開発と安全評価に関する研究, 2016 年度日本機械学会年次大会講演会, 2016.09.12-14, 福岡.

田坂 遼, 藤原和人, 川島扶美子, 肢体不自由者のための口腔洗浄装置に関する研究, 日本機械学会九州支部第 70 期総会講演会, 2017.03-14, 佐賀

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

藤原 和人 (FUJIWARA Kazuhito)

熊本大学・大学院先端科学研究部・教授  
研究者番号: 50219060