

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：43706

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K19942

研究課題名(和文) 作り手の感性解析-包丁操作の「見える化」による熟練者と学習者の比較-

研究課題名(英文) Analysis of the sensibility of cooks -comparison between learners and experts of the kitchen knife operation

研究代表者

由良 亮 (Yura, Makoto)

中京学院大学短期大学部・その他部局等・准教授

研究者番号：10398985

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：包丁技術は、栄養士の就業先においてはスピードと正確性が求められる技術であり、養成施設では不可欠な教育となっている。しかし、その学習に必要な時間は十分でない。この原因として、「熟練」と呼ばれる「慣れ」を要する技術という前提があり、自身の「慣れ」を意識できず指摘することができないためと考えられる。そこで、本研究では IoT 技術を利用することで、この違いを「見える化」することを第一の目的として実施した。その結果、学習者・熟練者ともに包丁操作を「見える化」することができた。学習者は「切る」意識、熟練者は「包丁を動かす」意識が強く、またそれを指摘することで一定の教育効果も確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した手法は、センサーモジュールについて改良の余地があるものの、手に持って操作する道具全てに適用可能である。特に反復操作を行う操作については、明確に特徴を「見える化」することが可能である。研究期間では最終目標としていた、センサーフュージョンによる対象道具の位置推定は出来ていないが、2個のセンサーを個別に判定するだけでも、道具の運動の詳細を把握することにつながっており、熟練者と学習者の違いを明確化することに成功している。手道具を要する熟練技術は多岐に渡っており、その適用範囲は調理や食品加工技術に留まらない。様々な分野の「熟練の技」を記録することができると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Kitchen knife techniques are an essential part of the education at training facilities, as speed and accuracy are required at places of employment for nutritionists. However, the time required for its learning is not sufficient. The reason for this is thought to be that there is an assumption that it is a skill that requires "familiarity," called "proficiency," and one cannot be aware of one's own "familiarity" and point it out. Therefore, the primary objective of this study was to visualize this difference by using IoT technology. As a result, we were able to "visualize" the knife operation of both learners and skilled users. The learners had a strong sense of "cutting", while the experts had a strong sense of "moving the knife", and by pointing this out, we were able to confirm a certain educational effect.

研究分野：食品工学

キーワード：包丁 見える化 モーションセンサー 熟練

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

#### (1) 熟練技術の継承

近年、製造技術・製造工程の機械化・グローバル化に伴い、様々な分野において伝統的手工芸の後継不足が問題となっている。その結果、技術の伝承が進まず失われつつあり、それが工芸品の根幹部品の製造に関わるものの場合、そのもの自体が失われることにもつながっている。

このような伝統技術は、技術者個人の長年にわたる努力の末に身に付くものである。そのため、そこに至るまでの試行錯誤は技術者個人の経験に刷り込まれて「無意識下の熟練技術」となっている。そのため、その詳細を正確に表現することは難しく、技術修得を困難にさせる原因となっている。

#### (2) 作り手技術の解析

これまでこのような事例に対して、製品そのものもしくはその利用者側を分析することで、その技術の妙を明らかにする試みはなされてきた。しかし、作り手自身の解析に至っては、その記録方法が確立しておらず、またその解析技術也未熟なことから進んでいない。

動作のみを対象とした場合は、光学的なモーションキャプチャでも可能である。また、対象物との接触に伴う作用・反作用といった力学的な解析も様々な方法は存在する。しかし、多くの技術はこれらの要因が複雑に絡んでおり、両者を包括的に解析しなければ、その技術の詳細は見えてこない。

#### (3) 手道具操作の詳細解析

手工芸については手に持って操作する道具が用いられることが多い。しかし、これらの道具は多岐に渡り、その使用者・用途も限定されている。そのため、これらに対して解析を試みたところで、標本が少ないため検証が困難である。そこで、これらの道具に対する包括的な解析法、いわゆる「見える化」が確立できれば、同様のプロトコルが利用できる。

#### (4) 手道具操作「見える化」方法のモデル「包丁」

そこで、「包丁」技術に着目した。「包丁」技術は、その料理分野によっても多様性に富んでおり、操作技術の解析方法を検討する上でも、様々な状況を考えることが可能となる。また、何よりそれぞれの分野についても熟練の技術者が多く、なおかつそれを学習するニーズが多いと考えられる。そのため、手道具操作の解析モデルとして非常に適していると考えられる。

### 2. 研究の目的

IoT (Internet of Things) 技術による包丁技術熟練者と学習者の違いの明確化

我々の研究チームは栄養士養成に携わっており、包丁技術の育成は不可欠な教育内容である。そして、どの就業先においてもスピードと正確性について一定の水準が求められる技術である。それに関わらず、その学習にとって教育年限は十分でなく、多くの養成施設において、頭を悩ませる問題となっている。これは前述のように、「熟練」を要する技術という前提があり、教育者側・学習者側ともに自身の「無意識下における所作」の違いに気がつくことができないことがあると考えられる。そこで、本研究では IoT 技術を利用することで、この違いを「見える化」することを第一の目的として実施した。そして、それを利用して学習効果を確認できるか検証を行った。

### 3. 研究の方法

#### (1) 調査対象の包丁操作と被験者の選定

包丁操作の被験者として、栄養士養成課程に在籍する学生、および地域の飲食店関係者、給食従事者（栄養士を含む）を選定した。本研究における目標として、「無意識下における所作」を「見える化」することにあることから、「慣れ」により特徴的な所作が明確になることが前提となる。そのため、3年以上調理業務に従事しているものを熟練者として扱い、熟練者 61 人、学習者 128 人、延べ 431 回の調査を実施した。

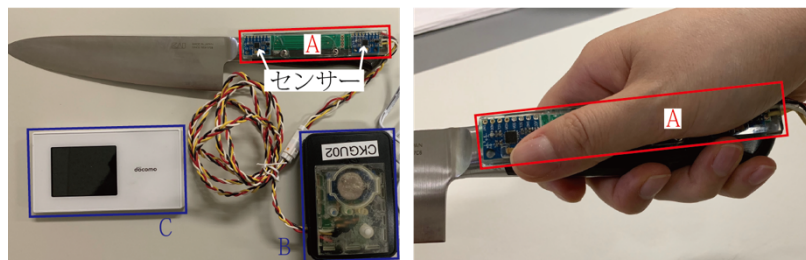


図 1 測定セット（左）と測定時のセンサーモジュール設置状況

A: センサーモジュール, B: 計測用コンピューター, C: 通信用 Wi-Fi ルーター

調査対象の操作は、包丁技術の判定に良く利用される、キュウリの小ロスライスを選択した。また、なるべく平時の包丁操作を記録する目的で、操作時間などは決めず、各個人のペースで、スライス厚 1 mm を想定して行うよう指示を行い、できる限り監視しないようにして実施した。

## (2) 測定方法

2つの6軸モーションセンサー (MPU-6050, Inven Sense Inc.) を両端に封入した長さ 105 mm、厚さ 5 mm の測定モジュールを作成し、これを包丁の柄に取り付けた。この測定モジュールを計測用コンピュータに接続し、サンプリングレート 200 Hz で記録した (図 1)。記録したデータは計測用コンピュータ内で即座に簡易レポートとして出力し、また詳細な分析はデータ蓄積・解析サーバー上で、数値解析に適したオープンソースのプログラミング言語「R」上で signal, kernlab パッケージを用いて、信号処理・機械学習を実施した。

## 4. 研究成果

### (1) 測定セットの再設計

研究機関開始時 (2017 年度)、実地試験の結果、被験者から測定用包丁を持ちにくい、測定開始のタイミングが分かりにくいなどの意見が挙げられた。また、複数機器を同時に稼働させた場合、混線による回線ダウンが多発し、調査の実施が不能な状況に陥った。そのため、測定セットの再設計を検討するに至った。

モジュールの小型化を含む形状の検討、測定状況を知らせるハードウェアインジケータの追加、接続不良時の対応機能の追加、またそれに伴う配線の複雑化を避けるための主要回路のプリント基盤化を実施した。

### (2) 測定結果の周波数解析

記録データを高速フーリエ変換 (FFT) にかけて、パワースペクトルを比較した (図 2)。その結果、その加速度 データにおいて特に顕著に熟練者と学習者の違いが現れた。学習者のデータには、非常に明確な倍音成分が認められるのに対して、学習者ではこれが認められない。つまり、熟練者は非常に安定した反復動作をしており、学習者はそれができていないことが明確となった。つまり、学習者はそもそもの包丁操作がおぼつかないことから、方向・速度ともに安定させることができないことが明らかとなった。

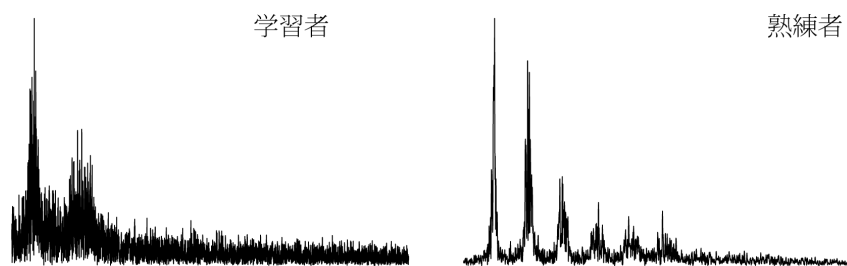


図 2 包丁の上下運動の FFT パワースペクトル

### (2) 「見える化」の試行

記録データは長大な時系列データからなる。これをそのままグラフ化しても個人間の傾向などを確認することは可能である。しかし、誰にでも直感的に評価できるような「見える化」はされていない。そこで、感覚的に傾向を捉えられるような方法を試行した。

#### 方法 1: 音声化

記録データは包丁の持ち手前方および後方にそれぞれ 6 軸、合計 12 次元のデータである。しかし、データが持つ振幅を比べた場合、刃と並行な平面 (刃の上下・前後) 上の加速度の変化が大きい。そこで、この 2 軸の加速度変化を元に、音声データとして表現する方法を検討した。

その結果、学習者はノイズを含む音になり、熟練者は鋭い明瞭感のある音声として表現された。しかし、現在の方法は記録が終了した信号に対してしか処理を行うことはできない。リアルタイムでこの音声化を行い、被験者にフィードバックできるようにできれば、学習を助けることができるようになるが、検討を継続中である。

#### 方法 2: 俯瞰分布図

客観的な「見える化」が困難な理由として、測定対象としたい操作だけでなく、不意な操作に伴う突発的なノイズや、個々人の習慣による不要な動作も記録され、それらを明確に切り分

けることが難しいことが挙げられる。そこで、同様の運動のみを強調して表示する方法として、記録されている加速度の分布を俯瞰する方法を検討した。

当初、この方法については記録された空間分解能を活かす方向で検討を行なったが、わずかに運動が異なることによりデータが分散し、特徴を捉えることは難しかった。そこで、空間分解能を犠牲にしたところ、特徴を「見える化」することに成功した(図3)。

その結果、熟練者は運動の方向・強さが一定であり、特徴が明確になるが、学習者の場合はこれらが一定しておらず、特に上下方向の運動のみが強調されることとなった。

ただし、この方法は空間だけでなく時間に関する情報を失っており、時系列の変化を確認することができない。また、持ち手前後のセンサーについて統合的に「見える化」できているとは言えない。現在、これを踏まえて「アニメーション化」による「見える化」を試行している。

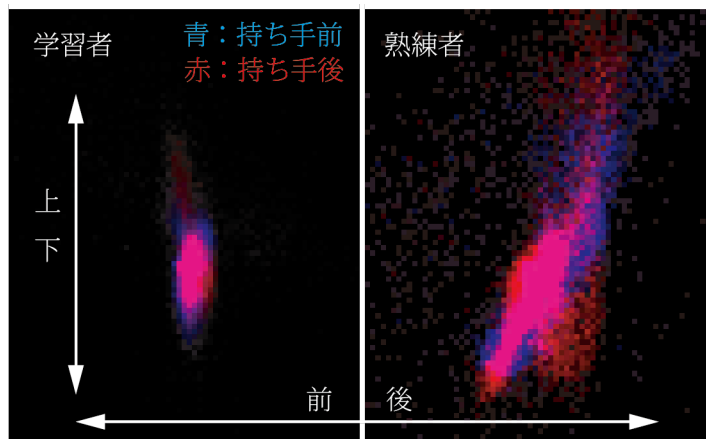


図3 包丁運動の俯瞰分布図

### (3) 熟練者と学習者の技術の「見える化」を利用した指導の効果

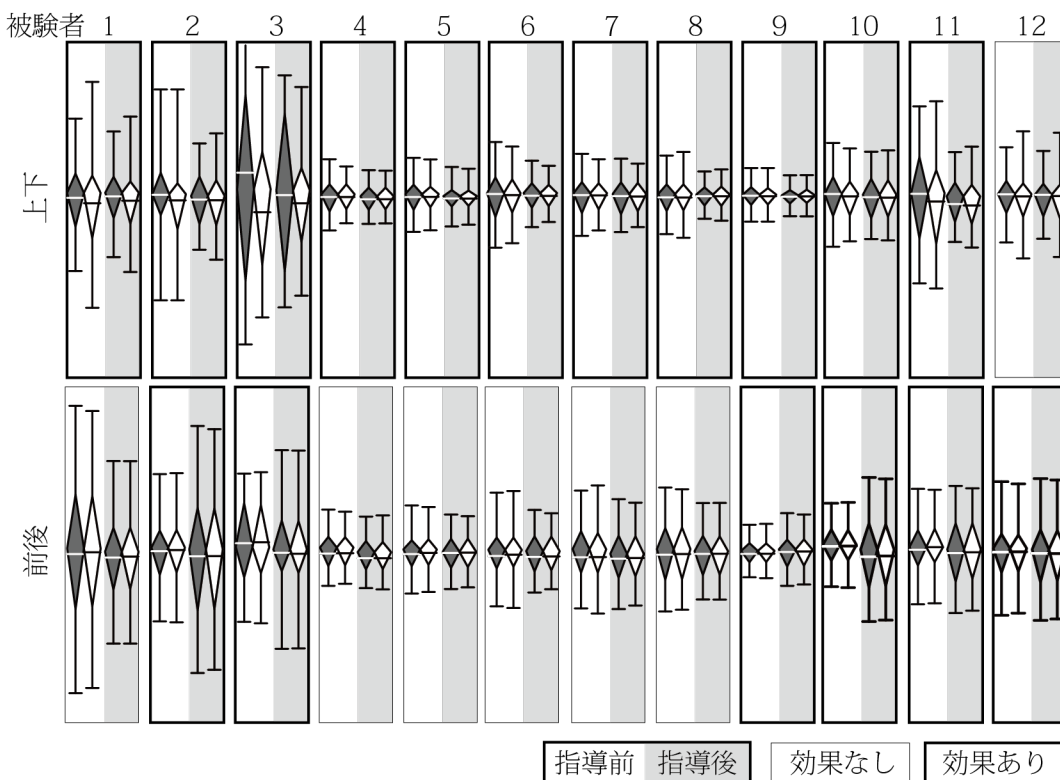


図4 「見える化」を活用した学習指導の効果

各々のダイヤの色は、灰色が包丁持ち手前方、白色が持ち手後方のデータを表す。また、各々のダイヤの頂点は、それぞれ25%点、平均値、75%点、中間線は中央値、誤差線は平均±標準偏差を表す

それまでの解析結果は、熟練者の包丁は上下に対する前後方向の運動が大きい傾向にあることを示していた。しかし、学習者はこれが小さく、上下方向の運動が大きい。これは「切る」「切断する」操作に意識が向いていることを示唆している。

そこで、栄養士養成施設に入学した直後の1年生を対象に、「見える化」した状態を提示することで、上記の仮説を伝え、それに基づき指導することで矯正することの有効性を検証した。

その結果、上下方向の運動は11/12名が小さくなり、前後方向は6/12名が大きくなった。しかし両結果を重ねて考慮すると、総じて熟練者の操作に近づいていることが示され、これによる指導が有効であることが確認された(図4)。

#### (4)機械学習による熟練者の特徴の明確化

本装置から得られるデータは時間・空間分解能が高いこともあり非常に膨大である。熟練者と学習者も共に様々な特徴を持っており、明確に区別することは難しい。そこで、機械学習により、熟練者と学習者を分類する分類器を検討し、そこから熟練者の特徴を抽出する方法を検討した。

12軸の時系列データからFFTパワー、基本周波数、基本統計量を算出し、合計171点の特徴量を算出し、分散分析カーネルによる主成分分析により次元削減し、サポートベクトルマシンによる機械学習を実施・調整を行うことで、正答率85-95%の分類器を生成した(図5)。

この分類器を解析したところ、およそ第1, 第2, 第3成分で分類を行っており、それ以降の成分の寄与は少なかった。この分類器を構成する成分について特徴量との関係を確認したところ、第1成分は上下、前後方向およびピッチ軸を含む刃と並行な面を構成する運動の主成分得点が大きくなっており、第2成分は左右方向およびロール軸といった刃と垂直な運動で構成される、切断操作を妨げるブレの成分が正の得点、切断方向は負の得点となっていた。

これらの結果から、第1成分が熟練者、第2成分が学習者の因子であり、熟練者の特徴として刃を大きく動かしてブレなく包丁操作を行なっているのに対して、学習者はブレの方向にも運動することから、切断方向に抵抗を受け、操作が覚束ないことが示唆された。

ただ、これについては単純なサポートベクトルマシンによる学習結果である。また、分類器のチューニングについて最適化も十分とは言えない。今後も最適化を検討し、学習方法そのものを見直す必要を感じている。

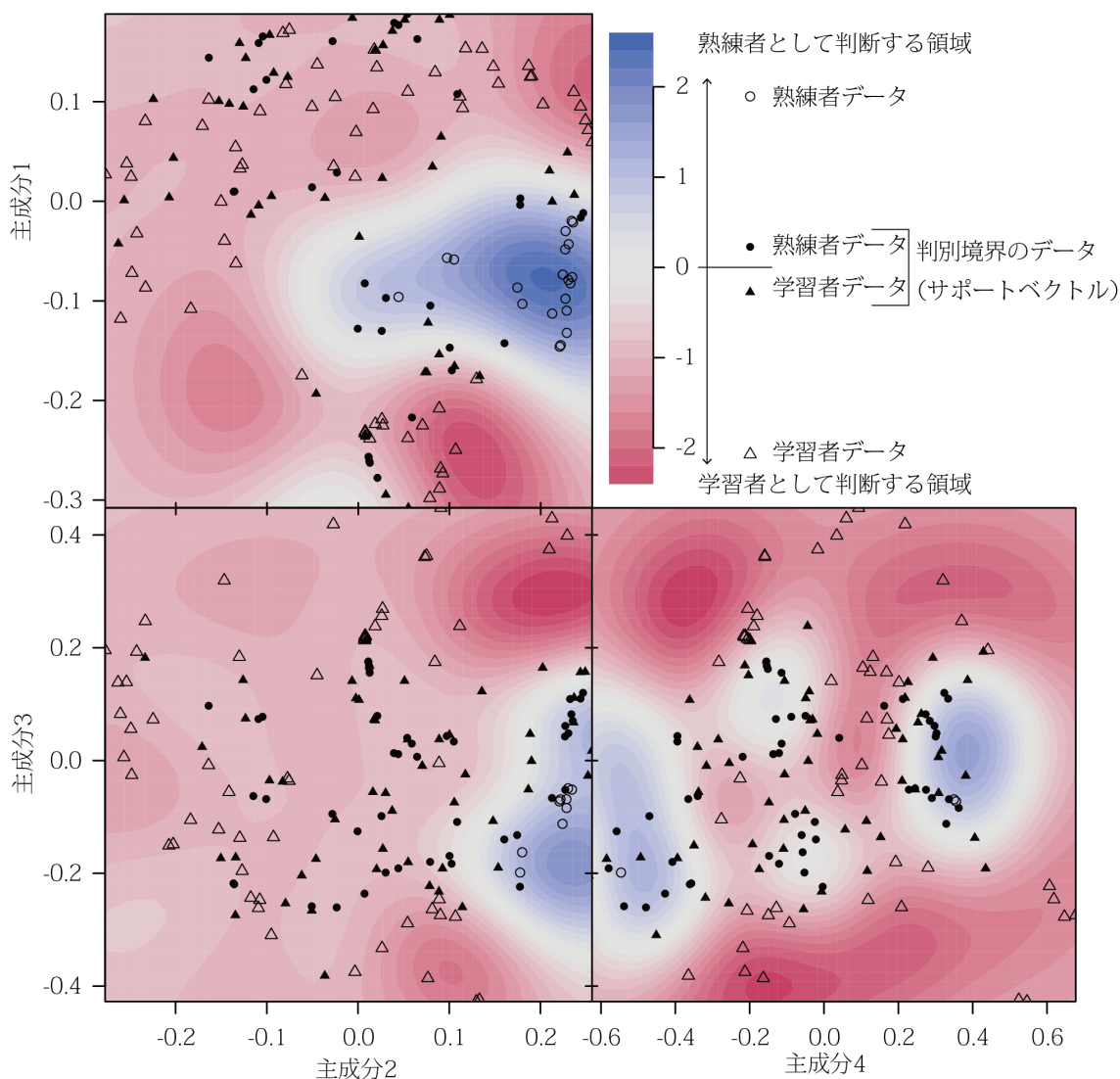


図5 カーネル主成分分析の主成分得点から得たサポートベクトルマシンによる熟練者と学習者の判別領域

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2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 由良 亮、藤岡 美香、山本 麻衣、萩原 勇人、楠瀬 千春	4. 巻 44
2. 論文標題 包丁操作の運動解析：初学者と習熟者の特徴（特集 手持ち操作の習熟）	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 バイオメカニズム学会誌	6. 最初と最後の頁 229-235,
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 由良 亮、藤岡 美香、山本 麻衣、萩原 勇人、梅林 千恵子、浜野 純、楠瀬 千春	4. 巻 39(6)
2. 論文標題 包丁操作時の学習者と熟練者の包丁運動データの比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 食生活研究	6. 最初と最後の頁 42-61
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 有
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 由良 亮、濱野 純、萩原 勇人、楠瀬 千春	4. 巻 47
2. 論文標題 6軸モーションセンサーを用いた包丁技術の可視化装置の検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 中京学院大学中京短期大学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 1-10
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 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6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 由良 亮、萩原 勇人、梅林 千恵子、浜野 純、藤岡 美香、山本 麻衣、楠瀬 千春
2. 発表標題 キュウリ小口スライス包丁操作のモーションデータから得られる特徴量の機械学習による分類
3. 学会等名 日本調理科学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 由良 亮, 浜野 純, 萩原 勇人, 梅林 千恵子, 藤岡 美香, 山本 麻衣, 楠瀬 千春
2. 発表標題 キュウリの小口スライス動作から見る包丁 技術学習者と熟練者の動作の特徴
3. 学会等名 日本食品科学工学会66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 由良 亮, 藤岡 美香, 山本 麻衣, 萩原 勇人, 梅林 千恵子, 浜野 純, 楠瀬 千春
2. 発表標題 6軸モーションセンサーによる包丁操作データを活用した操作特徴の見える化
3. 学会等名 第8回日本栄養学教育学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 由良 亮, 浜野 純, 萩原 勇人, 梅林 千恵子, 藤岡 美香, 山本 麻衣, 楠瀬 千春
2. 発表標題 包丁操作時の学習者と熟練者の包丁運動データの比較
3. 学会等名 日本調理科学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 由良 亮, 濱野 純, 萩原 勇人, 楠瀬 千春
2. 発表標題 6軸モーションセンサーによる包丁操作の記録
3. 学会等名 日本調理科学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 由良亮, 藤岡美香, 山本麻衣, 萩原勇人, 梅林千恵子, 楠瀬千春
2. 発表標題 切断対象食品の違いによる包丁運動の比較
3. 学会等名 第9回日本栄養学教育学会学術総会
4. 発表年 2020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
研究分担者	楠瀬 千春 (Kusunose Chiharu) (70722271)	九州栄養福祉大学・食物栄養学部・教授  (37122)	
研究分担者	萩原 勇人 (Hagiwara Hayato) (80794213)	東筑紫短期大学・食物栄養学科・教授  (47120)	
研究分担者	藤岡 美香 (Fujioka Mika) (10822687)	中京学院大学短期大学部・その他部局等・助教  (43706)	
研究分担者	山本 麻衣 (Yamamoto Mai) (60822690)	中京学院大学短期大学部・その他部局等・助教  (43706)	
研究分担者	浜野 純 (Hamano Jun) (90724873)	中京学院大学短期大学部・その他部局等・講師  (43706)	



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
---------	---------