JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	骨格情報を用いた箸の正しい使い方の習得支援
Author(s)	原，慎一朗
Citation	
Issue Date	2021-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/17188
Rights	
Description	Supervisor: 宮田一乗，先端科学技術研究科，修士（知識科学）

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修士論文

骨格情報を用いた箸の正しい使い方の習得支援

原 慎一朗

主指導教員　　宮田 一乗

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
（知識科学）

令和三年二月

Abstract

In this study, we proposed a support system to help users learn how to use chopsticks correctly. Eating with chopsticks is one of the world's three most popular ways of eating, and many people use chopsticks to eat. In Japan, chopsticks have a wide variety of functions, which has led to the formation of a chopstick-eating culture as a method suitable for Japanese food. By using chopsticks correctly, we can not only observe good manners, but also make the most of their functions. According to a 2010 survey by the Cabinet Office, as many as 45.8% of men and women over the age of 18 are unable to hold chopsticks correctly, and the reason for this is that they have not been able to correct the incorrect way of holding chopsticks, which has become a habit. One way to learn how to use chopsticks correctly is to use corrective chopsticks or rubber bands to hold the fingers in place, or to imitate by referring to teaching materials such as videos or guidance from people who can use chopsticks correctly. In addition, when referring to teaching materials or instructional content, it is difficult to determine whether the user is actually using chopsticks correctly or not. In this study, we aimed to help users learn how to use chopsticks correctly by estimating and analyzing the skeletal information of their hands while they are using chopsticks. By comparing the skeletal information of the user's hand with the skeletal information of the user's hand when using chopsticks correctly, the system feeds back the anomalies to the user, which is supposed to help the user understand and learn the hand movements when using chopsticks correctly.

In our proposed method, we used OpenPose to estimate the skeletal information of the fingers while manipulating chopsticks, and analyzed the hand movements based on the obtained joint coordinates of the fingers. We then analyzed the movements of the fingers based on the joint coordinates of the fingers. We detected the fingers that were moving incorrectly when compared to the movements of the fingers when the user was operating the chopsticks correctly, and provided feedback to the user. In addition, we proposed to feed back to the user the skeletal movements of the fingers when the user is operating chopsticks and the skeletal movements of the fingers when the user is using chopsticks correctly, to help the user understand and learn the hand movements when the user is using chopsticks correctly.

We conducted an evaluation experiment to verify the proposed method. In the evaluation experiment, we counted the number of abnormal hand movements during the chopstick operation and the amount of soybean movement in one minute to measure the user's skill in handling the chopsticks. This procedure was repeated twice. The first time, the user held the chopsticks in the way he or she usually does in daily life. In the second operation, the system provided feedback to the user after the first operation, and the user confirmed and grasped the correct way to use chopsticks, and then performed the same operation. The effectiveness of this system was evaluated by comparing the number of counts of abnormalities and the number of counts of soybean movement between the first and second operations. A questionnaire survey

was also conducted after the experiment. As a result, compared to the first operation, the counts of abnormal hand movements decreased and the counts of the amount of soybean movement increased in the second operation, which strongly indicated the effectiveness of this system. In addition, in the questionnaire survey, many respondents confirmed that the feedback contents were easy to understand. In the questionnaire survey, many respondents said that the feedback contents were easy to understand. On the other hand, some respondents said that it would be easier to understand if the system had a UI to provide guidance to users and comments on the feedback contents.

In conclusion, we confirmed that this system reduces the number of incorrect hand movements in chopstick usage and improves chopstick skills.

目次

第 1 章 はじめに 6
1.1 研究背景 6
1.2 研究目的 8
1.3 本論文の構成 8

第 2 章 関連研究 9
2.1 箸の使い方の習得方法 9
2.2 手の骨格情報を用いた学習支援 10
2.3 本研究の位置づけ 11

第 3 章 提案手法 12
3.1 システムの概要 12
3.2 正しい箸の持ち方 12
3.3 手指の形状検出及び評価 13
3.3.1 手指の骨格推定 13
3.3.2 手指の形状検出 14
3.3.3 手指の姿勢評価 14
3.3.4 手指の形状の異常検知条件 15

第 4 章 実験・評価 19
4.1 実験環境 19
4.2 実験内容 19
4.3 実験結果 23
4.4 考察 28

第 5 章 おわりに 31
5.1 まとめ 31
5.2 今後の課題 31

謝辞 33
参考文献 34

図目次

図 1 世界の三大食法 6
図 2 嫌い箸一覧 6
図 3 市販の矯正箸 7
図 4 輪ゴムを使った矯正法 7
図 5 正しい箸の持ち方の動画教材 7
図 6 正しい箸の持ち方の表示 9
図 7 インタラクティブなトレーニング箸 10
図 8 手指動作のモーション作成 10
図 9 筆記用具の持ち方の学習支援システム 11
図 10 カナ指文字分類例 11
図 11 システムの概要図 12
図 12 伝統型の箸の持ち方 13
図 13 OpenPose による 21 個の手指関節インデックス 13
図 14 OpenPose による骨格推定画像 14
図 15 手指の形状検出 14
図 16 各指の第一関節と第二関節における関節角一覧 15
図 17 正しい箸の動かし方 15
図 18 人差し指における関節角 16
図 19 箸を閉じているときの手指の骨格 16
図 20 箸を開いているときの手指の骨格 16
図 21 指の異常を示す視覚的フィードバック 17
図 22 ユーザーの手指の検出結果 18
図 23 正しい箸の使い方における手指の検出結果 18
図 24 ユーザーが学習する際のスクリーンの様子 18
図 25 実験内容の概要図 19
図 26 大豆の移動量のカウント 20
図 27 実験の様子 1 21
図 28 実験の様子 2 21
図 29 箸の持ち方一覧 23

表目次

表 1 各関節角のコサイン値の平均値 17
表 2 正しい箸の使い方における指の動作条件 17
表 3 実験環境 19
表 4 箸の使い方に関するアンケート内容 22
表 5 提案システムに関するアンケート内容 22
表 6 実験結果 23
表 7 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 2，設問 3) 24
表 8 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 4，設問 5) 25
表 9 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 6，設問 7) 25
表 10 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 8，設問 9) 26
表 11 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 10，設問 11) 27
表 12 提案システムに関するアンケート回答(設問 1～設問 5) 27
表 13 提案システムに関するアンケート回答(設問 6) 28

第 1 章　はじめに

本章では，本研究の背景及び目的について述べ，最後に本論文の構成を記述する．

1.1　研究背景

現在，世界の民族が食事をする方法は，手食，ナイフ・フォーク・スプーン食，箸食といった三つの基本型に分けることができ，世界の三大食法とされている[1][2].

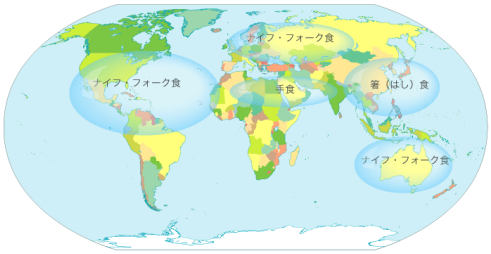

図 1 世界の三大食法[2]

食法における手は食べ物を「つまむ」,「掴む」,「裂く」,「運ぶ」という機能を有しており，ナイフは「切る」という機能，フォークは「刺す」,「押さえる」,「運ぶ」という機能，スプーンは「すくう」,「運ぶ」という機能を有している．箸はこれらの機能を多面的に有しており，日本では和食に適した食法として，箸食文化が形成されている．同時に箸を使う際の食事マナーとして「嫌い箸」が生まれている．嫌い箸とは他の人に不快感を与える箸使いを指している[3][4]．正しく箸を使うことによって嫌い箸を防ぐだけでなく，箸の機能を最大限に活用できると考えられる．

図 2 嫌い箸一覧[4]

文部科学省は学校における食育の推進の必要性を説いており，その中の一つに，箸の使い方などの食事のマナーを通して人間関係の形成能力といった社会性を育むこと目標としている[5]．しかしながら，2010 年の内閣府の調査によると，18 歳以上の男女の約半数にあたる 45.8%もの人が箸を正しく持つことが出来ないと報告されている[6]．正しく箸を扱うことが出来ないことによる食事マナーの未習得によって人間関係の形成に悪影響を及ぼす可能性があるといえる．また，幼少期から長年にわたって，正しくない箸の持ち方がそのまま癖となってしまい，矯正できないままになってしまっている人が存在していると見受けられる．

箸の正しい使い方を学習する方法として，市販の矯正箸(図 3)を使用する他に，輪ゴムを使って指を固定する矯正方法(図 4)や，動画などの教材(図 5)や正しく箸を使える人からの指導を参考にしながら真似をする方法が挙げられる．

図 3 市販の矯正箸[7]

図 4 輪ゴムを使った矯正法[8]

図 5 正しいお箸の持ち方の動画教材[9]

しかしながら，市販の矯正箸や輪ゴムといった矯正のための道具を使用した矯正方法では，その道具がない状態で箸を使用する際に，箸を正しく使用することができない状態に陥る可能性がある．また，教材や指導内容を参考にしながら学習する矯正方法では，実際に箸を正しく使えているかどうかを判断することが難しい．

1.2　研究目的

本研究では，ユーザーが箸を使用している際の手の骨格情報を推定し，解析することによって，ユーザーが正しい箸の使い方を習得するための支援を行うことを目的とする．リアルタイムではないが，数秒間における解析後にユーザーの手の骨格情報と正しい箸の使い方における手の骨格情報を比較した際の異常部分を，ユーザーにフィードバックすることによって，ユーザーは正しい箸の使い方における手の動作を把握し，学習することができる．

1.3　本論文の構成

本論文は全 5 章で構成する．第 2 章では関連研究を紹介し，本研究の意義を示す．第 3 章では提案手法について説明する．第 4 章では実験及び評価について述べ，第 5 章では本研究を総括する．

第 2 章　関連研究

本章では，箸の使い方の習得方法と手の骨格情報を用いた学習支援システムに関する関連研究を示す．

2.1　箸の使い方の習得方法

Kazuki ら[10]は，各指にそれぞれ異なる色のカラーマーカーを装着することによって色を抽出し，手指の位置の検出を行い，箸の持ち方が正しいかどうかを判定する手法を提案している．様々な箸の操作場面において，各指のカラーマーカーから色抽出を行った結果，「指の位置」，「指の角度」，「上下の箸の間隔」を正しい箸の使い方における重要な 3 要素であることを示している．手指が正しい場合と大きく異なる場合は，正しい指の配置の位置を表示する(図 6)．習得に向けた評価実験は今後の課題としている．

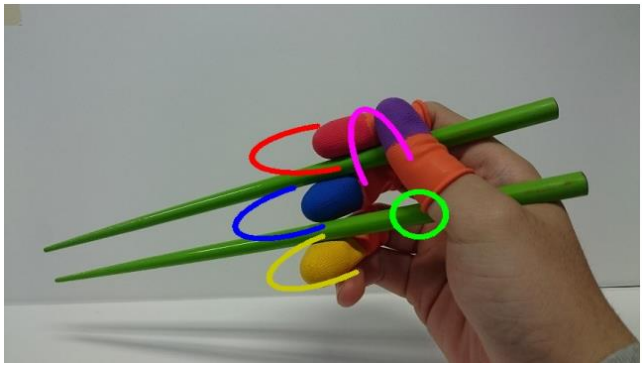

図 6 正しい箸の持ち方の表示[10]

Foong-Yi ら[11]は，子供が箸を使って食事をするスキルを育むためのインタラクティブなトレーニング箸を提案している．提案システムは，市販で広く普及している子供用の矯正箸上に搭載されたセンサー，食べ物を載せる伝導プレート，視覚的フィードバック用のタブレット PC から構成されている(図 7)．箸上のセンサーには，ユーザーの操作を把握するための箸の傾きを計測するセンサーと箸先の導電率を計測するセンサーがある．箸の傾きと箸先の導電率の変化によってユーザーが行う箸の操作が推定され，推定された箸の状態がフィードバックとしてタブレット PC に表示される．また，フィードバック中には子供が楽しみながら箸の使い方を学習するための様々なゲーム要素を取り入れている．結果として，箸を使うことによる食事を嫌っていた子供が，自ら進んで箸を使って食事をするようになり，箸の使い方の習得に有効であることが報告されている．

図 7 インタラクティブなトレーニング箸[11]

松元ら[12]は，伝統的な技術や技能の継承に向けて客観的なデータを測定，評価することが必要であると述べており，その中でも指の繊細な動きに着目し，箸を操作する際の指の動きを例に挙げ，対象としている．ビデオ式モーションキャプチャシステムによって，手指動作を３Ｄモデルに対応させ，手指の動きから指先間の距離と関節角度を測定し，箸操作の熟練度に関する評価基準として提案している(図 8)．箸操作における各指先間の距離の時間変化を測定し，箸操作の動きに現れる差を評価している．また，大豆の移動量によって箸の技能を評価した結果，正しい箸の使い方をしている方が，大豆の移動量が増え，技能が優れていることを確認している．

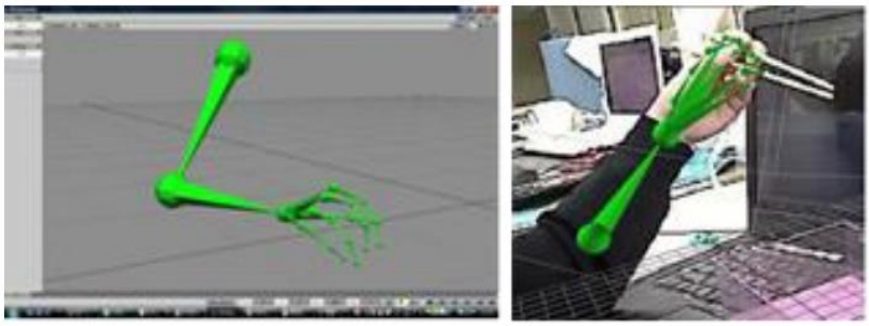

図 8 手指動作のモーション作成[12]

2.2　手の骨格情報を用いた学習支援

油田ら[13]は，OpenPose によって手の骨格情報を取得し，筆記用具の持ち方に対する正しい手指形状の判別とフィードバックを兼ね備えた学習システムを提案している(図 9)．誤った持ち方のまま癖となっているユーザーに対する学習支援になるだけでなく，ユーザーごとに応じたキャリブレーション処理によって，指導者側に対する効率的で柔軟な指導の補助を実現している．

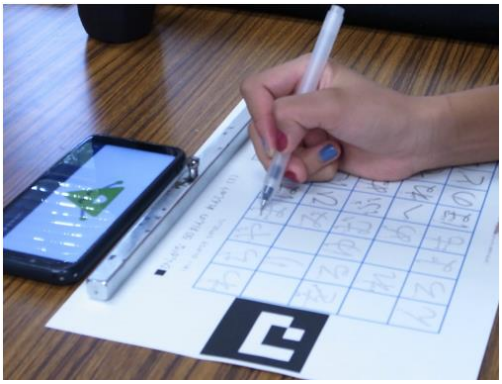

図 9 筆記用具の持ち方の学習支援システム[13]

小林ら[14]は，手話習熟者にとって誤読が生じやすいカナ指文字の形状と動作を，正しい文字ラベルへと分類する手法を提案している．OpenPose により取得した手の骨格情報を用いてカナ指文字の認識と分類を可能にしている(図 10).

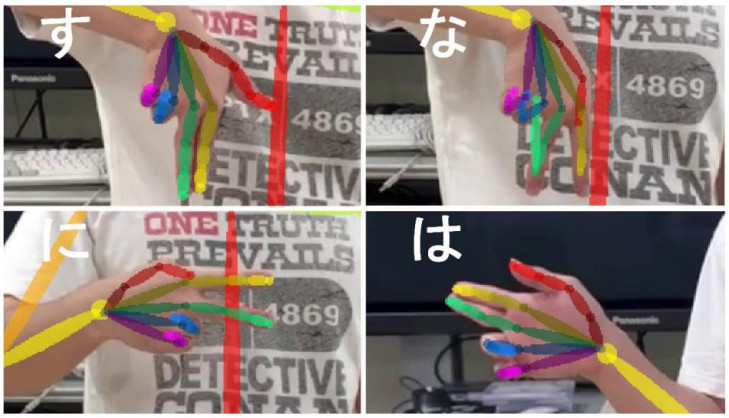

図 10 カナ指文字分類例[14]

2.3 本研究の位置づけ

本研究は，ユーザーが箸を使用している際の手の骨格情報を推定し，解析することによって，ユーザーが正しい箸の使い方を習得するための支援を実現することに新規性を有している．手の骨格情報を推定することにより，カラーマーカーの使用や，箸自体へのセンサーや矯正用の道具の装着を行わないため，ユーザーは日常での箸使いに支障をきたすことなく，箸の正しい扱い方を習得することが出来る．

第 3 章　提案手法

本章では，手の骨格情報を用いて正しい箸の使い方の習得を支援する手法について提案する．

3.1　システムの概要

システムの概要図を図 11 に示す．

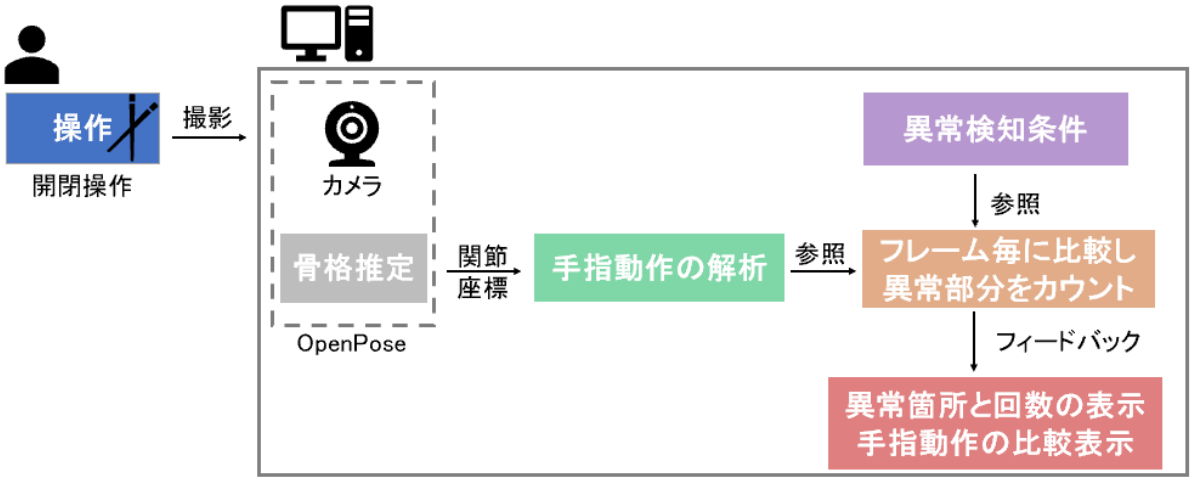

図 11　システムの概要図

ユーザーは箸の開閉操作を行い，システムはその際の手指の動作をカメラによって撮影する．撮影されるリアルタイム映像に対し，OpenPose を用いて手指の骨格推定を行い，手指の関節座標を取得する．箸の操作中における各フレームの関節座標より手指動作の解析を行い，その結果を，フレーム毎に異常検知条件と比較し，異常部分を検知した回数のカウントを行う．ユーザーに対するフィードバックとして，異常を検知した指と，それまでにカウントされた異常部分の回数を表示する．また，OpenPose によって検出された手指動作と，箸の正しい使い方における手指動作を表示する．その結果，ユーザーは正しい箸の使い方における手の動作を把握し，学習することができる．

3.2　正しい箸の持ち方

上原ら[15]は，箸の持ち方は 6 種類に分類できるとしており，それぞれの持ち方における 30 秒間での大豆の移動量を比較すると，伝統型(図 12)の箸の持ち方が最も多くの大豆を移動させることができ，伝統型を正しい箸の持ち方としている．

本研究では，箸を伝統型の持ち方で使用することを正しい箸の使い方とし，その習得を支援する手法について提案する．

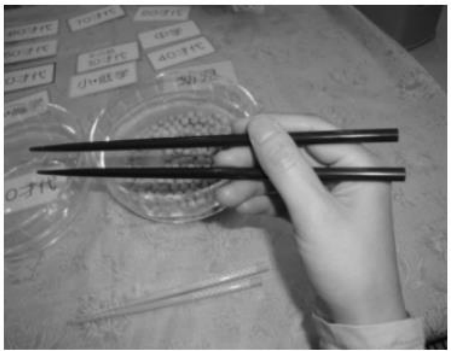

図 12 伝統型の箸の持ち方[15]

3.3 手指の形状検出及び評価

3.3.1 手指の骨格推定

手指の骨格推定は OpenPose[16][17]を用いて行う．OpenPose とは，深層学習を利用し，人の姿勢や関節情報を推定する姿勢推定ライブラリである．OpenPose に対し，動画像を入力することによって，リアルタイムで人の姿勢や関節情報が推定される．手指の入力画像に対しては，全部で 21 個の関節座標が推定される(図 13)．Web カメラにより取得した手の動作映像を 1 フレームずつ OpenPose に入力し，各フレームにおける手指の各関節の座標$(x_{f,i}, y_{f,i})$を取得する．このとき，f はフレーム番号を示し，i は図 13 中における手指関節のインデックスの番号を示す．

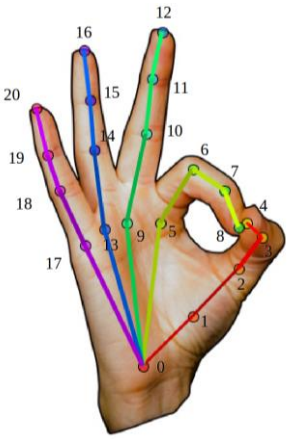

図 13 OpenPose による 21 個の手指関節インデックス[18]

3.3.2 手指の形状検出

手指の形状検出には，OpenPose により取得した各フレームにおける手指の各関節の座標$(x_{f,i}, y_{f,i})$を用いる．各指における関節同士を線分でつなぎ，手指の形状検出とする．図 14 で示されている第 41 フレームの OpenPose による骨格推定画像において，同フレームの手指の形状を検出すると図 15 のように示される．

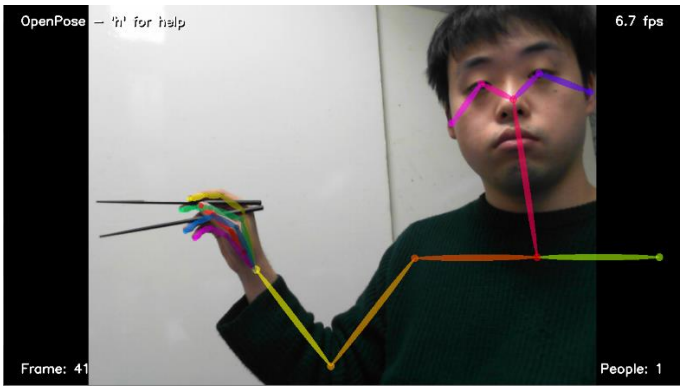

図 14 OpenPose による骨格推定画像

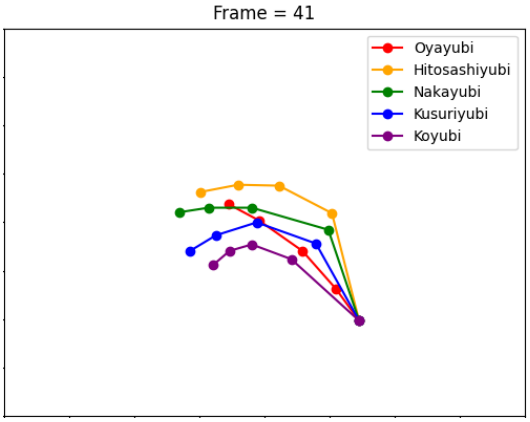

図 15 手指の形状検出

3.3.3 手指の姿勢評価

箸を操作している際における手指の姿勢評価を，関節角におけるコサイン値を用いて行う．姿勢推定を援用した実人物モデルの描画学習支援システムに関する研究[19]では，OpenPose によって取得したモデルの骨格座標を用いてコサイン値を算出し，姿勢の類似度として扱い，描いた絵の骨格の評価を行っている．本研究においても同様に，コサイン値を用いて手指の姿勢の評価を行う．各フレームにおける手指の各関節の座標$C_{f,i} = (x_{f,i}, y_{f,i})$を用いて各関節角におけるコサイン値を算出する．図 16 のように，各関節から隣り合う関節を結ぶベクトルを定義し，各指の第一関節と第二関節における関節角のコサイン値を考える．

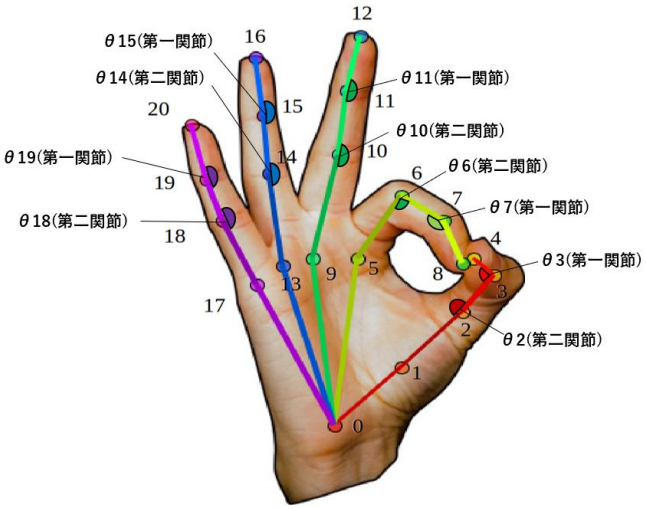

図 16 各指の第一関節と第二関節における関節角一覧

一般に，関節の座標$C_{f,i}$における関節角$\theta_{f,i}$におけるコサイン値$cos\theta_{f,i}$は，隣り合う関節の座標$C_{f,i+1}$，$C_{f,i-1}$を用いて

$$cos\theta_{f,i} = \frac{(C_{f,i+1} - C_{f,i}) \cdot (C_{f,i-1} - C_{f,i})}{|C_{f,i+1} - C_{f,i}||C_{f,i-1} - C_{f,i}|}$$

と求められる．

3.3.4 手指の動作の異常検知条件

箸を操作しているときの手指の動作の異常を検知する条件を設定する．箸の操作は，上側になる箸を親指，人差し指，中指の 3 点で支え，上側の箸のみを上下に動かすことが正しいとされている(図 17)．このとき，動作している指は親指，人差し指，中指の 3 つの指のみである．従って，箸を操作しているときの手指の動作の異常を検知する条件には，親指，人差し指，中指の第一関節と第二関節における関節角のコサイン値を使用する．図 18 に人差し指における例を示す．

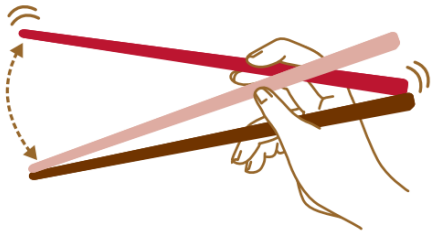

図 17 正しい箸の動かし方[20]

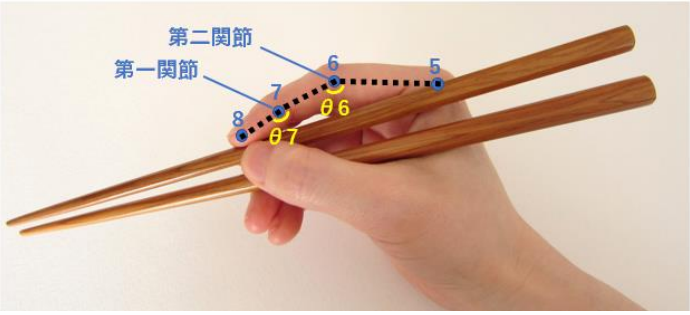

図 18 人差し指における関節角[21]

正しい箸の持ち方で箸を開いている状態と閉じている状態での，親指，人差し指，中指の第一関節と第二関節における関節角のコサイン値を算出するために，OpenPose によって手指の骨格推定を行う．このときの様子を図 19，図 20 に示す．

図 19 箸を閉じているときの手指の骨格

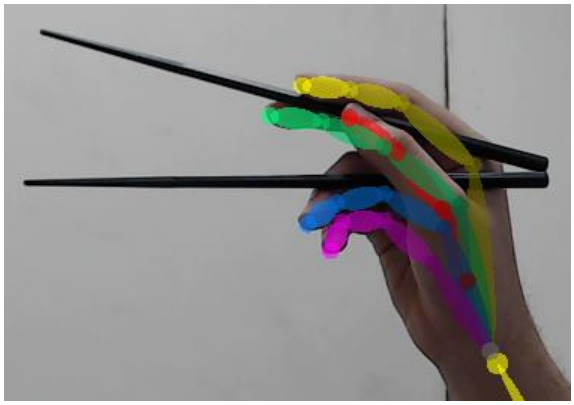

図 20 箸を開いているときの手指の骨格

OpenPose による手指の骨格推定から取得される関節の座標値より，正しい箸の持ち方で箸を開いている状態と閉じている状態での，親指，人差し指，中指の第一関節と第二関節における関節角のコサイン値を算出する．このとき$\theta_{f,i}$は鈍角になるため，コサイン値は負の値となる．10 人分の各関節における関節角のコサイン値の 100 フレーム分の平均値を表 1 に示す．

表 1 各関節角のコサイン値の平均値

箸の状態	開いた状態	閉じた状態	差分の大きさ
$cos\theta_2$(親指)	-0.94	-0.90	0.04
$cos\theta_3$(親指)	-0.97	-0.97	0
$cos\theta_6$(人差し指)	-0.88	-0.88	0
$cos\theta_7$(人差し指)	-0.98	-0.95	0.03
$cos\theta_{10}$(中指)	-0.82	-0.86	0.04
$cos\theta_{11}$(中指)	-0.95	-0.95	0

表 1 より，箸の開いた状態と閉じた状態において，$cos\theta_3$，$cos\theta_6$，$cos\theta_{11}$の値の差が 0 であることが分かる．これより，箸を操作しているときの手指の動作の異常を検知する条件に，親指の第二関節におけるコサイン値である$cos\theta_2$，人差し指の第一関節におけるコサイン値である$cos\theta_7$，中指の第二関節におけるコサイン値である$cos\theta_{10}$の値を用いる．従って，正しい箸の使い方における親指，人差し指，中指の動作の条件は表 2 のように設定する．

表 2 正しい箸の使い方における指の動作条件

親指	$-0.94 \leq cos\theta_2 \leq -0.90$
人差し指	$-0.98 \leq cos\theta_7 \leq -0.95$
中指	$-0.86 \leq cos\theta_{10} \leq -0.82$

OpenPose により取得した各フレームにおける手指の各関節の座標から算出した各関節角のコサイン値が，表 2 による条件を外れているとき，その指の動作に異常があると見なし，指の異常を示す視覚的フィードバックを行う(図 21)．図 21 中において，Frame はフレーム画像の番号を示し，Error はそのフレーム番号までに異常が検出された総数を示す．

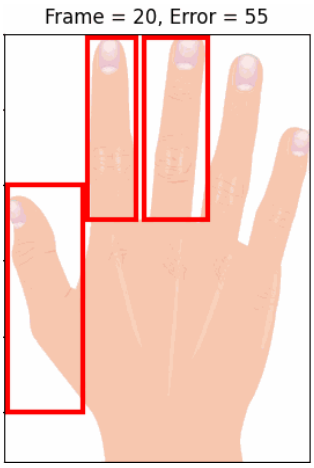

図 21 指の異常を示す視覚的フィードバック

図 21 によるフィードバック時に，ユーザーに対して，同フレーム時におけるユーザー自身の手指の形状検出結果を表示する(図 22)．これにより，ユーザーは異常部分が見られた手指の動作を確認することができる．また，正しい箸の使い方における手指の形状検出結果(図 23)を表示し，異常部分が見られた手指の動作部分の違いを見ることによって，ユーザーは正しい箸の使い方における手の動作を把握し，学習することができる．これらのフィードバックおよび手指の検出結果は，ユーザーに対し，図 24 のように表示される．

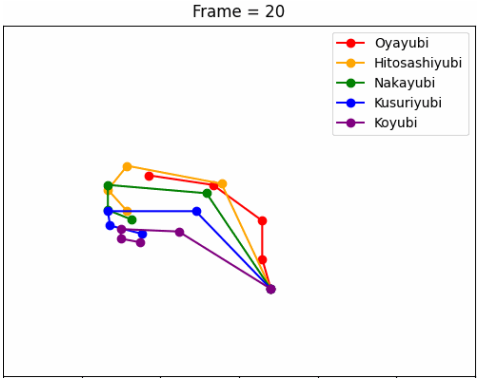

図 22 ユーザーの手指の検出結果

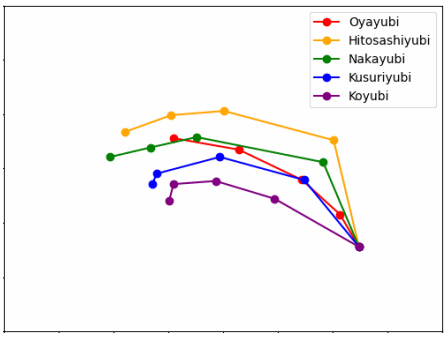

図 23 正しい箸の使い方における手指の検出結果

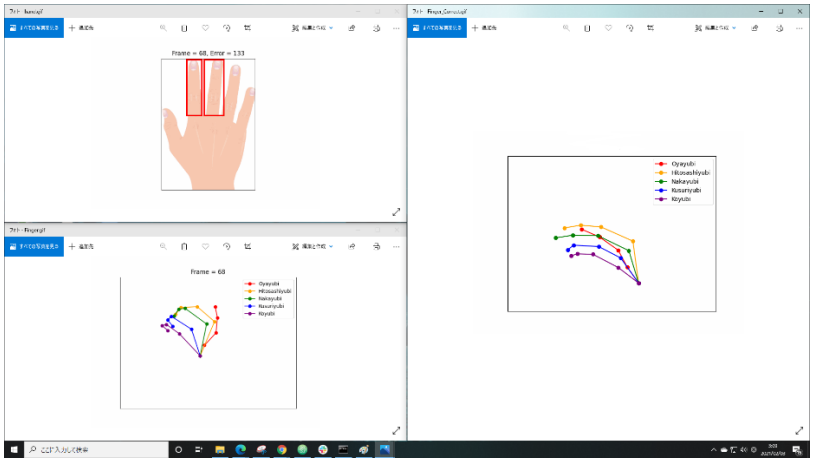

図 24 ユーザーが学習する際のスクリーンの様子

第 4 章　実験・評価

本章では，提案手法に関する実験について述べ，評価する．

4.1　実験環境

本章における実験環境を表 3 に示す．

表 3 実験環境

OS	Windows 10 Pro
RAM	16GB
CPU	Intel Core i7-7700
GPU	NVIDIA GTX 1070
OpenPose	v1.3.0

4.2　実験内容

実験の概要を図 25 に示す．

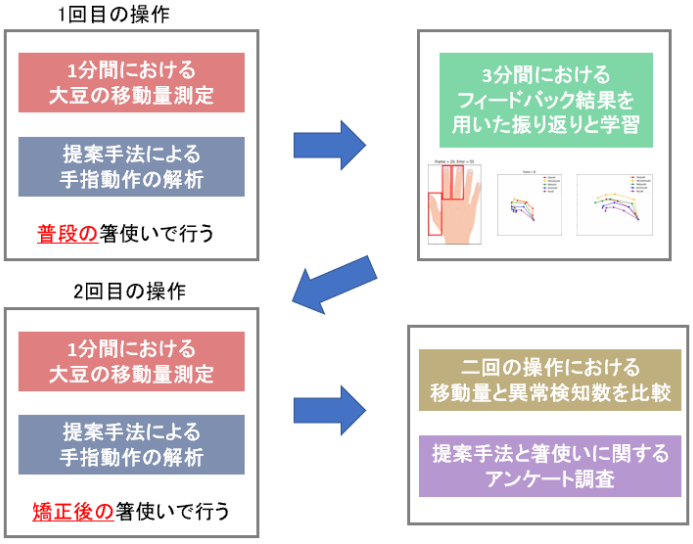

図 25 実験内容の概要図

被験者は北陸先端科学技術大学院大学の学生 10 名(20 代男性 7 名，20 代女性 3 名)である．被験者であるユーザーは全部で 2 回の操作を行う．1 回目の操作では，普段の箸の持ち方が，正しい持ち方であるかの正誤にかかわらず，ユーザーの普段の箸の持ち方のまま箸を操作してもらう．正しい箸の持ち方とされる伝統型の箸の

持ち方は，箸先にしっかり力を伝えることができ、細かいものまでつかみやすくなる[22]ということから，箸の技能を定量的に評価するために，まず初めに，ユーザーが箸で大豆をどれだけ移動させることが出来るかカウントする(図 26)．大豆を移動させることによって，正しい箸使いに関する技能を競う大会[23]では，制限時間は 1 分間としているので，本実験においても制限時間は 1 分間とする．経済産業省がまとめた資料[24]によれば，20 代の男女の肩幅の平均は 43.1 ㎝(男性の平均 45.5 ㎝，女性の平均 40.8 ㎝)であるので，食事場面における箸の移動距離を想定し，皿の中心間の距離を 40 ㎝と設定する．

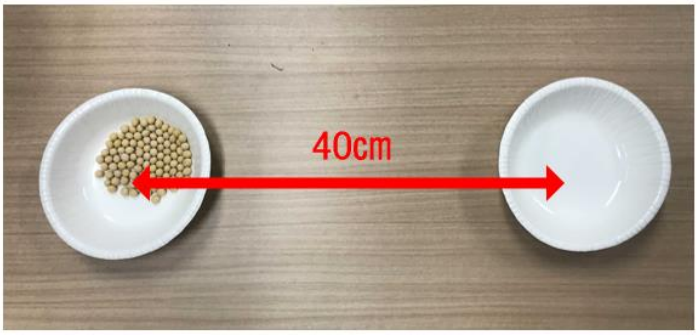

図 26 大豆の移動量のカウント

次に，ユーザーが箸を開閉操作している様子を Web カメラで撮影する．ユーザーは箸の開閉操作を行い，その際における手指の動作を図 14 のように OpenPose によって 100 フレーム分の推定を行い，検出する．箸の開閉操作における手指の動作情報を解析し，算出したコサイン類似度を，表 2 による条件と比較する．

ここで，ユーザーに対し，正しい箸の持ち方を伝えたうえで，図 22 のようにユーザーが行った手指動作の検出結果と，図 21 のように指の異常を示す視覚的フィードバックを同時にユーザーに提示し，異常部分が見られた手指の動作を確認してもらう．また，ユーザーに対し，図 23 のように正しい箸の使い方における手指の動作の検出結果を提示し，異常部分が見られた手指の動作部分との違いを見てもらうことによって，正しい箸の使い方における手の動作を把握し，学習させる．それらを活用し比較することによる，ユーザーが正しい箸の使い方における手指の動作の確認や異常部分の把握を行うための時間を 3 分間とる．この 3 分間においてユーザーは 100 フレーム分の手指の動作状況をちょうど 4 周分確認することが出来る．

2 回目の操作では，ユーザーは正しい箸の使い方における手指の動作を把握したうえで 1 回目と同じ操作を行い，同様に箸で移動させた大豆の量と誤っている部分の回数をカウントし，1 回目のカウント量と比較する．実験の様子を図 27，図 28 に示す．

図 27 実験の様子 1

図 28 実験の様子 2

実験終了後，ユーザーに対して，箸の使い方と提案システムに関するアンケート調査を実施する．各アンケート内容を表 4，表 5 に示す．

表 4 箸の使い方に関するアンケート内容

1 図 28 より，普段の箸の持ち方を教えてください.
2 箸の使い方に関して指導や注意を受けたことがありますか？(はい／いいえ)
3 指導や注意の内容や受けた時期、方法を教えてください。(ない場合「なし」)
4 矯正箸などの矯正用の道具を使ったことがありますか？(はい／いいえ)
5 道具の効果はありましたか？(ない場合「なし」)
6 他人の箸の使い方が気になりますか？ (五段階評価，1：全く気にしない ― 5：とても気になる)
7 その理由を教えてください。
8 箸による食事マナーは重要だと思いますか？ (五段階評価，1：全く思わない ― 5：とてもそう思う)
9 その理由を教えてください。
10 自身の箸の使い方に対する自己評価を教えてください。 (五段階評価，1：全く自信がない ― 5：とても自信がある)
11 正しい箸の使い方を身に着けていたいですか？ (五段階評価，1：全く思わない ― 5：とてもそう思う)

表 5 提案システムに関するアンケート内容

1 検出された手の動きはどの程度一致していましたか？ (五段階評価，1：全然違った ― 5：完全に一致していた)
2 手の二次元モデルによって指の動きは把握しやすかったですか？ (五段階評価，1：全く分からなかった ― 5：とても分かった)
3 正しい箸の持ち方における指の動きは分かりやすかったですか？ (五段階評価，1：全く分からなかった ― 5：とても分かった)
4 本システムで正しい箸の使い方が身についたと感じますか？ (五段階評価，1：全く思わない ― 5：とてもそう思う)
5 正しい持ち方における手の動作と、自身の動作の違いは分かりましたか？ (五段階評価，1：全く分からなかった ― 5：とても分かった)
6 本システムに対する自由記述欄(ない場合「なし」)

表 4 中における図 29 を以下に示す．このとき，正しい箸の持ち方である伝統型は 5 番である．

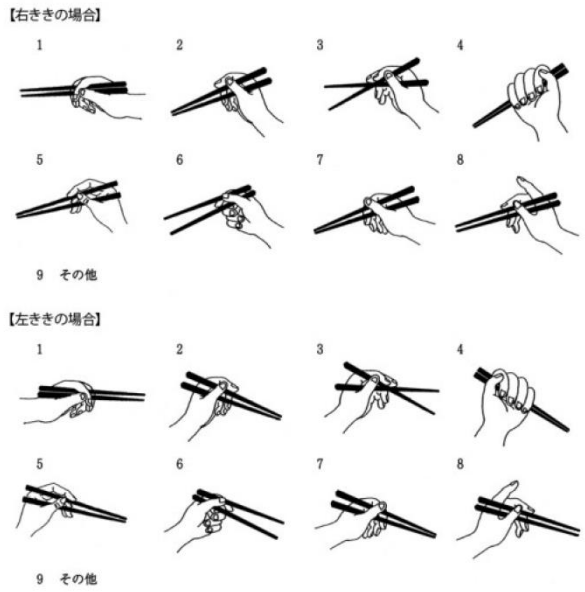

図 29 箸の持ち方一覧[25]

4.3 実験結果

10 人の被験者が箸の使い方に関するアンケートの設問 1 における図 29 より選択した普段の箸の持ち方と，2 回の操作において箸で移動させた大豆の量と誤っている部分の検出回数の実験結果を表 6 に示す.

表 6 実験結果

	普段の箸の持ち方	1 回目大豆移動量	2 回目大豆移動量	1 回目誤り検出数	2 回目誤り検出数
被験者 1	1	22	16	300	121
被験者 2	5	14	18	121	72
被験者 3	5	18	18	50	18
被験者 4	5	23	25	283	82
被験者 5	5	24	31	35	10
被験者 6	5	23	27	272	222
被験者 7	5	12	13	93	153
被験者 8	8	29	35	152	10
被験者 9	5	16	13	252	63
被験者 10	5	24	24	40	8
平均	－	20.5	22	159.8	75.9
標準偏差	－	5	7.3	101.9	68

表 6 より，普段の箸の持ち方において，10 人の被験者のうち 8 人が正しい持ち方

である 5 番を選択した．普段の箸の持ち方のまま行った被験者の 1 回目の操作における大豆の移動量の平均は 20.5 個となり，標準偏差は 5 となった．手指の動作の誤りの検出数の平均が 159.8 回となり，標準偏差は 101.9 となった．被験者が正しい箸の持ち方を把握し，正しい箸の使い方における手指の動作を確認したうえで行った 2 回目の操作における大豆の移動量の平均は 22 個となり，標準偏差は 7.3 となった．手指の動作の誤りの検出数の平均が 75.9 回となり，標準偏差は 68 となった．1 回目の操作と比べて，大豆の移動量の平均と標準偏差は増加し，また，手指の動作の誤りの検出数の平均と標準偏差は減少した．

10 人の被験者に対し実験終了後に行ったアンケート調査の回答を表 7～表 13 に示す．

表 7 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 2，設問 3)

	設問 2	設問 3
被験者 1	はい	幼少期～中学 親の見本を見せられた
被験者 2	いいえ	なし
被験者 3	はい	幼児期 祖父から指導を受けた
被験者 4	いいえ	なし
被験者 5	いいえ	なし
被験者 6	いいえ	なし
被験者 7	はい	親の持ち方を真似た
被験者 8	いいえ	なし
被験者 9	はい	1 歳 親に指導を受けた
被験者 10	はい	幼少期 親に矯正の指導を受けた

表 7 より 10 人の被験者のうち半数の 5 人が箸の使い方に関する指導や注意を受けたことがあると分かった．指導時期や指導方法については，主に幼少期における家族からの指導であった．

表 8 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 4，設問 5)

	設問 4	設問 5
被験者 1	はい	道具がなくなると 間違った持ち方に戻る
被験者 2	いいえ	なし
被験者 3	いいえ	なし
被験者 4	いいえ	なし
被験者 5	いいえ	なし
被験者 6	いいえ	なし
被験者 7	いいえ	なし
被験者 8	いいえ	なし
被験者 9	はい	3 歳までは正しい箸の 使い方が出来ていた
被験者 10	いいえ	なし

表 8 より 10 人の被験者のうちの 2 人が矯正用の道具を使用したことがあるが，未だ正しい箸の使い方の習得に至っていないことが分かった.

表 9 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 6，設問 7)

	設問 6	設問 7
被験者 1	1	自分も使えないから
被験者 2	3	あまりにも変な 持ち方だと驚く
被験者 3	3	自分も自信がないから あまり見ていない
被験者 4	4	自分と違っていると 気になる
被験者 5	3	持ち方によっては 食べづらそうな人がいる
被験者 6	4	自身が気を付けている為
被験者 7	2	汚くなければいい
被験者 8	1	他人の持ち方は 自分に影響しない
被験者 9	4	きちんと持てる人は 素敵に見える
被験者 10	2	気にならないから
平均	2.7	－
標準偏差	1.1	－

表 9 より他人の箸の使い方が気になるかについての五段階評価の平均が 2.7，標準偏差が 1.1 となり，他人の箸の使い方を気にしない傾向にあることが分かった.

表 10 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 8，設問 9)

	設問 8	設問 9
被験者 1	5	気にする人はとても気にすると思うから
被験者 2	4	箸の持ち方は食べ方に影響すると思うから
被験者 3	3	大事だと思うが気にならない
被験者 4	4	家主あるいは同じ食卓の人への尊敬に関わる
被験者 5	5	見た目や食べ残しに影響すると思う
被験者 6	4	汚いと気になる
被験者 7	3	どっちでもいいと思う
被験者 8	3	箸の持ち方で印象が変わると思う
被験者 9	5	食べ物をこぼしたりする機会が増える
被験者 10	3	マナーに縛られると美味しく食べられない
平均	3.9	―
標準偏差	0.83	―

表 10 より箸による食事のマナーの重要性についての五段階評価の平均が 3.9，標準偏差が 0.83 となり，重要視する傾向にあることが分かった.

表 11 箸の使い方に関するアンケート回答(設問 10，設問 11)

	設問 10	設問 11
被験者 1	1	5
被験者 2	4	5
被験者 3	3	4
被験者 4	4	5
被験者 5	4	5
被験者 6	4	5
被験者 7	2	5
被験者 8	4	5
被験者 9	1	5
被験者 10	4	5
平均	3.1	4.9
標準偏差	1.2	0.3

表 11 における設問 10 の回答結果より，自身の箸の使い方に対する自己評価についての五段階評価の平均が 3.1，標準偏差が 1.2 となり，自身の箸の使い方に対してやや自信がある傾向にあるということが分かった．また，設問 11 の回答結果より，正しい箸の使い方を身に着けていたいかどうかの五段階評価の平均が 4.9，標準偏差が 0.3 となり，ほぼ全員の被験者が正しい箸の使い方を身に着けていたいと回答した．

表 12 提案システムに関するアンケート回答(設問 1～設問 5)

	設問 1	設問 2	設問 3	設問 4	設問 5
被験者 1	5	5	4	3	5
被験者 2	4	4	4	4	4
被験者 3	5	5	5	5	5
被験者 4	2	4	5	5	5
被験者 5	5	4	4	4	4
被験者 6	3	4	4	4	5
被験者 7	2	4	4	3	4
被験者 8	5	4	4	5	3
被験者 9	3	4	5	2	5
被験者 10	4	3	3	5	5
平均	3.8	4.2	4.2	4.0	4.5
標準偏差	1.2	0.6	0.6	1	0.7

表 12 における設問 1 の回答結果より，検出された手の動きと実際の手の動きの一

致度についての五段階評価の平均が 3.8，標準偏差が 1.2 となり，一致していた傾向があると分かった．設問 2 の回答結果より，手の二次元モデルの認識難易度についての五段階評価の平均が 4.2，標準偏差が 0.6 となり，認識しやすかったということが分かった．設問 3 の回答結果より，正しい箸の持ち方における指の動きの認識難易度についての五段階評価の平均が 4.2，標準偏差が 0.6 となり，認識しやすかったということが分かった．設問 4 の回答結果より，本手法で正しい箸の使い方が身につくかどうかの五段階評価の平均が 4.0，標準偏差が 1 となり，正しい箸の持ち方を身に着けることが出来るということが分かった．設問 5 の回答結果より，正しい持ち方における手の動作と、自身の動作の違いの認識難易度についての五段階評価の平均が 4.5，標準偏差が 0.7 となり，認識しやすいということが分かった．

表 13 提案システムに関するアンケート回答(設問 6)

	設問 6
被験者 1	正しい指の動きと自身の誤った動きの違いが分かりやすい。 身に着けるには練習時間が必要。
被験者 2	もう少し、カメラ認識の精度が良くなればいいと思います。
被験者 3	コメントなどの UI があると モチベーションが上がりそうだと感じた
被験者 4	なし
被験者 5	3 次元で確認できるともっといい結果も得られそうだと思う
被験者 6	手のキャプチャ時に、手首の角度が食事の時とは違うため、 食事の時のような感覚でキャプチャできればよいと感じた。
被験者 7	なし
被験者 8	検出精度を上げてほしい
被験者 9	自分の手が小さくてお箸の長さが合わなかった。 食べるときに合わせて検出出来るとよい
被験者 10	なし

表 13 より本手法に対してカメラによる手指の動作と箸の検出における精度面に対する言及と実際の食事の場面に合わせて手指の動作を検出できれば良いとの意見が複数あった．

4.4 考察

表 6 における実験結果と表 7～表 13 におけるアンケート回答結果を踏まえた上で総合的に考察する．

まず，表 6 において被験者 1 と被験者 9 の普段の箸の持ち方が正解である 5 番の持ち方ではなかった．したがって，2 回目の操作において，正しい箸の持ち方にな

っていたとしても，普段の箸の持ち方とのギャップが大きすぎるが為に，2 回目の大豆の移動量が 1 回目と比べて大きく減少してしまったと推察できる．今回の実験では，1 回目の操作における誤り箇所の表示や，正しい箸の使い方における手指の動作情報と自身の手指の動作情報を比較し，異常部分を確認して把握するための時間が 3 分間という短い時間で設定した．被験者 1 と被験者 9 はともに 1 回目の操作の普段の箸の持ち方における誤り検出数から，2 回目の操作の本手法によって矯正した箸の持ち方における誤り検出数は大幅に減少させている．これより，表 13 における被験者 1 のコメントにもあるように，学習する時間や練習する時間が十分にあれば，2 回目の操作において大豆の移動量が増加する可能性も十分にあると考えられる．

一方，表 6 において普段の箸の持ち方を正解の 5 番と選んだ被験者の中で，被験者 4 や被験者 6 のように，1 回目の操作における誤り箇所の検出数が，普段の箸の持ち方が正しい持ち方ではない被験者 9 より多く検出される例が見受けられた．要因としては，表 13 における被験者 2 と被験者 8 が言及しているカメラによる検出精度の不足の可能性が考えられる．また，誤り箇所の検出は，被験者が箸の開閉操作を行っている際の手指の動作を対象としているため，開閉操作の際に，正しい箸の持ち方が崩れた可能性が考えられる．

また，被験者 7 のみ 1 回目の操作における誤り検出数から 2 回目の操作における誤り検出数が増加した．要因としては，一回目の操作における誤り箇所の表示や，正しい箸の使い方における手指の動作情報と自身の手指の動作情報を比較し，異常部分を確認して把握するための学習時間内で，被験者 7 に対し混乱や誤解を招く結果が出力されたと考えられる．表 13 より，被験者 1 による「正しい指の動きと自身の誤った動きの違いが分かりやすい」という意見もあるが，被験者 3 が言及する「コメントを表示する UI」や被験者 5 が言及する「3 次元で確認できる」というような仕組みを実装出来れば，より分かりやすく異常部分を確認して把握できると考える．

また，表 6 において 2 回の操作における大豆移動量と誤り検出数の平均と標準偏差の増減に着目すると，誤り検出数では，2 回目の操作において 1 回目より平均値と標準偏差が減少し，正しい箸使いの支援の効果を確認できたのに対し，大豆の移動量では，2 回目の操作において 1 回目より平均値と標準偏差が増加した．大豆移動量の平均値が増加したことに関しては，箸使いの技能の向上が認められるが，標準偏差の増加は箸使いの技能の向上に反した結果となった．この理由として，個人の箸使いのゆらぎが考えられる．箸使いの技能を評価するために大豆を対象とし，その移動量を測定したが，大豆を箸で運ぶには箸先でしっかりとつまむ必要があり，かつ大豆自体が滑りやすく小さいので，個人の箸使いの揺らぎが生まれやすい環境であったと考えられる．また，時間制限による焦りも影響したと考えられる．したがって，大豆以外の食品や物を対象として同様の検証を行い，箸使いの技能に関する評価を行う必要があると考える．

次に表 7，表 8 において，10 人の被験者のうち半数の 5 人が箸の使い方に関する指導や注意を受けたことがあると示されている．また，指導方法については，真似をさせることによる指導が見受けられ，そのうち 2 人の被験者 1 と被験者 9 が矯正用の道具を使ったことがあるが，道具がなくなると間違った持ち方になってしまい，正しく箸を扱えないままでいる．見本の真似をしたり，矯正用の道具によって正しい箸の持ち方を習得しようとしても，普段箸を使っているうちに間違えた状態のまま癖になってしまう可能性がある．普段の箸の持ち方が正しい箸の持ち方と比較した際に，具体的にどの部分が違うのかを本手法によって提示し，活用することが出来ると考えられる．

また，表 9，表 10 によると，他人の箸の使い方は気にしない傾向にあるが，箸による食事マナーは重要視する傾向があると示されており，表 11 における設問 10，設問 11 では，箸の使い方に関する自己評価がやや自信がある傾向を指し，ほぼ全員が正しい箸の使い方を身に着けたいと思っていることを示している．これらのことから，箸の使い方において人は，他人のマナーより，自身が正しく箸を扱えてマナーを守ることを優先とする傾向があると考えられる．表 12 における設問 1～設問 5 による本研究手法に対するアンケート回答より，本研究手法が箸を正しく使えるようになるための習得支援に有効であることが示されており，本研究手法が活用できると考える．

第 5 章　おわりに

5.1　まとめ

本研究では, ユーザーが正しい箸の使い方を習得するための支援システムを提案した. ユーザーの手指の骨格情報と正しい箸の使い方における手指の骨格情報を比較した際の異常部分を，ユーザーにフィードバックすることによって，ユーザーが正しい箸の使い方における手の動作を把握し，学習することができることを想定した.

提案手法では，OpenPose を用いて，箸を操作しているときの手指の骨格情報を推定し，得られた手指の各関節座標から手指の動作を解析した．正しく箸を操作している際の手指の動作と比較した際に，誤った動きをしている指を検出し，ユーザーにフィードバックを行った．それに加えて，ユーザーが箸を操作しているときの手指の骨格動作と, 正しい箸の使い方における手指の骨格の動作をユーザーにフィードバックを行い，ユーザーが正しい箸の使い方における手の動作を把握し，学習することの支援を行うことを提案した.

提案手法の検証として，評価実験を行った．評価実験では，本システムによる箸の操作中における手指動作の異常部分のカウントと, 実際に箸を扱った際の技能を測定するために一分間における大豆の移動量をカウントした. この操作を二回繰り返した. 一回目は，ユーザーが普段の生活において行っている箸の持ち方で作業を行った．二回目の操作では, 一回目の操作終了後における本システムによるユーザーへのフィードバックを行い，正しい箸の使い方を確認し把握したうえで同様の作業を行った．一回目の操作と二回目の操作における異常部分のカウント数と大豆の移動量のカウント数を比較し，本システムの有効性を評価した．また，実験終了後にアンケート調査を行った．結果として，一回目の操作の場合と比較して，二回目の操作において手指動作の異常部分のカウント数が減少し, 大豆の移動量のカウント数が増加した傾向が強く現れ，本システムの有効性を確認した．また，アンケート調査において，フィードバック内容が分かりやすいという回答を多く確認した．一方で，ユーザーに対するシステムのガイダンスを行う UI や，フィードバック内容に対するコメントがあれば分かりやすいという回答を確認した.

結論として，本システムを用いることによって，箸の使い方における手指動作の誤っている部分が減少し，箸の技能が向上することを確認できた.

5.2　今後の課題

本研究では，ユーザーが箸を使っている際の手指の骨格情報を推定し，解析することによって，ユーザーが正しい箸の使い方を習得するための支援を行った．ユーザーへのフィードバックでは，ユーザーの手指の動作と正しい箸の使い方における手指の動作の様子の違いが比較できるように同時に出力した．また，ユーザーの手

指動作の異常部分を検出し，手のイラスト上に反映させた．実験後のアンケート回答では，コメントを表示するとモチベーションが上がるのではないかという意見があった．本システムでは，ユーザーに対するコメント形式でのフィードバックは実現できなかった．また，本システムの利用者に対してガイダンスを行う必要があった．フィードバックやガイダンスの手法としてテキスト形式によるものだけでなく，音声を用いた手法[26]が応用できると考えられる．コメント形式でのフィードバックの機能を兼ね備えた，ユーザーに対するガイダンスを行う UI を実装出来れば，さらに有効なシステムになると考えられる．

また，本システムにおいて，手指の動作におけるフィードバックは 2 次元モデルを使用した．アンケート回答では，認識しやすかったという意見が多かったが，3 次元モデルで確認できると良いという意見もあった．1 枚の入力画像から手の 3D モデルを再構築する手法[27][28]が応用できると考えられるが，本研究では未実装である．ユーザーは 2D と 3D の観点から，手指動作の異常部分を確認することが出来れば，正しい箸の使い方を習得により近づくのではないかと想定する．

これらのようにシステムの改良を行うことによって，さらにシステムの有効性が向上し，箸の正しい使い方の習得の支援の効果が増大すると考えられる．

謝辞

本研究を遂行するにあたって，ご指導ご鞭撻して頂きました宮田一乗教授，謝浩然講師に心より感謝の意を表します．他分野からの進学だったのにもかかわらず，快く挑戦を受け入れて下さりました．研究内容や方針がなかなか定まらない中，先生方との質疑応答を通して，研究課題に対する目的や意義，実用性や新規性を客観的にとらえることの重要性を実感できました．また，論文紹介や金沢 21 世紀美術館でのイベントなどといった，多くの気付きや知見を広める多数の機会を頂きました．M1 プロジェクトでは，技術力の向上だけでなく，仲間と協力し切磋琢磨しながら共通のテーマを成し遂げることの楽しさ，難しさを経験することが出来ました．2 年間の大学院生活で学んだこと，経験したことを今後の人生においても活かして励んで参ります．

実験を行うにあたって，被験者として協力して下さった宮田研究室，西本研究室の皆様に感謝いたします. 被験者の皆様の反応やご意見や激励が修士論文執筆にあたって大変励みになりました.

最後に，同じ二年間の中で研究活動や，娯楽や食事といったプライベートを共に過ごした宮田研究室の同期, 先輩の皆様, 多くの友人たちに心より感謝の意を表します. 本当にありがとうございました.

参考文献

[1] 勝田春子,“食文化における箸についての一考察”，pp205-206,（1989）

[2] 大阪教育大学－Laboratory of Food Sciences,“三大食作法”,
http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~ioku/foodsite/hashi/sandaisyokusahou.html

[3] 廣瀬直哉,“食事動作から食事マナーを考える”，pp16-17,（2019）

[4] 農林水産省,“きれいな「箸」の持ち方とマナー”,
https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/1605/spe2_02.html

[5] 文部科学省,“食に関する指導の手引－第二次改訂版－”，pp17-18,（2019）

[6] 内閣府食育推進室,“食事に関する習慣と規範意識に関する調査報告書”,
pp73,（2010）

[7] EDISON mama，エジソンのお箸Ⅱ(右手用),
https://www.edisonmama.com/item/%E3%82%A8%E3%82%B8%E3%82%BD%E3%83%B3%E3%81%AE%E3%81%8A%E7%AE%B8ii/

[8] はし和文化研究会,“輪ゴムを使ったお箸の練習方法”,
https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=HXgJV6Bn6x4

[9] 箸匠せいわ,“正しいお箸の持ち方”,
https://www.youtube.com/watch?v=fGDlfex268Q&t=129s

[10] Kazuki Yamakawa，Yuko Tashiro，Mizuki Nakajima，Tsuyoshi Saitoh,
“Development of a Support System for Holding Chopsticks Correctly”,
2018 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT),
(2018)

[11] Foong-Yi Chia，Daniel Saakes,“Interactive training chopsticks to improve fine motor skills”，ACE '14: Proceedings of the 11th Conference on Advances in Computer Entertainment Technology,（2014）

[12] 松元まいこ，大渕慶史，坂本英俊，原田博之,“箸動作における動作解析による熟練度評価”，日本機械学会九州支部講演論文集,（2014）

[13] 油田一彌，岡山将也,“姿勢推定ライブラリ OpenPose を用いた筆記用具持ち方学習装置の提案”，情報処理学会インタラクション 2020,（2020）

[14] 小林大起，渡辺裕,“骨格推定と機械学習を用いたカナ指文字の分類”，早稲田大学大学院，基幹理工学研究科,（2019）

[15] 上原正子，大場和美，加藤象二郎,“箸の持ち方・使い方の発達段階別の差異”，瀬木学園紀要 8，pp7-15,（2014）

[16] Zhe Cao，Gines Hidalgo，Tomas Simon，Shin-En Wei，Yaser Sheikh,
“OpenPose：Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”，arXiv:1812.08008v2,（2019）

[17] Tomas Simon，Hanbyul Joo，Iain Matthews，Yaser Sheikh,“Hand Keypoint Detection in Single Images using Multiview Bootstrapping”,

arXiv:1704.07809v1，(2017)
[18] CMU-Perceptual-Computing-Lab，“openpose”，https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose/blob/master/.github/media/keypoints_hand.png
[19] 西澤博大，浦正弘，宮田一乗，“姿勢推定を援用した実人物モデルの描画学習支援システム”，芸術科学会論文誌 Vol.18，No.1，pp.19-27，(2019)
[20] CLiO Selection，“YUI JAPAN の「基本の箸のマナー」”，https://www.meiwajisyo.co.jp/clioselection/pdf/2020.1.pdf?waad=C6bHKug1
[21] GAHAG | 著作権フリー写真・イラスト素材集，“[フリー写真] 箸を持つ手でアハ体験”，http://img01.gahag.net/201512/30o/gahag-0041365678.jpg
[22] NHK あさイチ，“コロナ禍で注目度 UP！「箸」を極める”，https://www1.nhk.or.jp/asaichi/archive/200914/1.html
[23] まめっ子倶楽部，“遊び方・公式ルール”，https://www.fujicco.co.jp/mamecco/rule/
[24] 経済産業省，“主要寸法項目の年代別平均値”，https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/286890/www.meti.go.jp/press/20071001007/004_bessi.pdf
[25] 内閣府食育推進室，“食事に関する習慣と規範意識に関する調査報告書”，pp71，(2010)
[26] Naihui Fang，Haoran Xie，Takeo Igarashi，“Selfie Guidance System in Good Head Postures”，SymCollab’18，(2018)
[27] Dominik Kulon，Haoyang Wang，Riza Alp Guler，Michael Bronstein，Stefanos Zafeiriou，“Single Image 3D Hand Reconstruction with Mesh Convolutions”，arXiv:1905.01326v3，(2019)
[28] Adnane Boukhayma，Rodrigo de Bem，Philip H.S. Torr，“3D Hand Shape and Pose from Images in the Wild”，arXiv:1902.03451v1，(2019)