

導電性箸を用いた摂食行動の自動記録手法

雨宮 寛敏¹ 山岸 勇貴¹ 河合 純¹ 金田 重郎^{1,a)}

概要: 近年、高齢者・子どもの「孤食」が注目されている。高齢者だろうと子どもであろうと、一定量以上の食事を定期的にとらないと、健康上の問題が生じる恐れがあるからである。孤食を解決するためには、まず、「何時、どのくらいの食事を摂っているか」を知る必要がある。しかし、一人暮らしの高齢者の部屋に常時、監視カメラのようなセンサーを定置することは難しい。そこで、本研究では、食事には毎回、特定の「箸」を使う日本人の慣習に着目し、導電性の箸を用いた、食事のセンシング手法を提案する。具体的には、箸と食物、あるいは、(口に箸を咥えた際の)箸と腕、体がなす電気的な閉回路を利用して、食物を掴んだ、あるいは、口に運んだ、タイミングを検出する。箸プロトタイプを用いて実験を行った結果、食物を掴んでいる事、及び、口に食物を運んだ瞬間を、99%の確率で、確実に検出できた。更に、集団食事にこの導電性箸を適用すると、「話の輪」に入ってゆけない参加者が居る場合には、統計的性質によって、検出できることも確認した。

キーワード: 食育, 箸, 導電性, 孤食, 食事, ライフログ

Automatic Recording for Meal Pattern by using Conductive Chopsticks

Abstract: Recently, the issues about meal habits, such as the “Solitary Meal” of the aged people and improvement of communication during meals, attracts attention. To solve these problems, we propose a method to record a meal log without a burden to the user, and the method to analyze the relation of the participants at the time of a meal using the meal log. The former method records two ingestion operation, “operation for grasping food” and “operation for carrying food to a mouth.” To conduct this method, this paper pays attention to the conductivity of the closed circuit which a food and a human body form, and the chopsticks used by Japanese. The latter method extracts the participant who cannot join the conversation at the meal. The amount of the feature computed from the record is employed for the analysis. The experimental evaluation was conducted in order to verify the two proposal methods. As a result, in the evaluation of recording ingestion operations, the accuracy of “operation for carrying food to a mouth,” denoted by F measure, is about 99%. Also, in the analysis of participant relation, “standard deviation of the interval of carrying a food to a mouth” is an effective feature.

Keywords: Dietary education, Solitary Meal, Chopstick, Conductivity, Meal, Lifelog

1. はじめに

近年、ライフログが注目されており、食生活の分野では、摂食動作の記録が考えられる。例えば、摂食動作の記録の利用可能性を持つ課題として、高齢者や子供の「孤食」が挙げられる。これは、人々の生活の変化によって浮上してきた、健康への悪影響が懸念される問題である。「孤食」の

有無の確認に摂食動作の記録が利用できる。また、摂食動作の記録が利用できるその他の課題として、子ども等が複数で食事を行う「共食」時の参加者同士の関係性の把握が挙げられる。「共食」を参加者にとってより良くするためには、「共食」時の関係の把握が必要となるからである。

これら問題を解決するために、本稿では、利用者には負担をかけずに簡易に摂食動作を記録する手法を提案する。具体的には、摂食動作の記録手法として、食べ物と人体が持つ導電性と、多くの日本人が食事に用いる「箸」に着目した。摂食動作を行った場合に形成される箸を中心とした閉

¹ 同志社大学大学院・理工学研究科・情報工学専攻
Graduate School of Science and Engineering, Doshisha Univ., Kyoto-pref., 610-0321, JAPAN

a) skaneda@doshisha.ac.jp

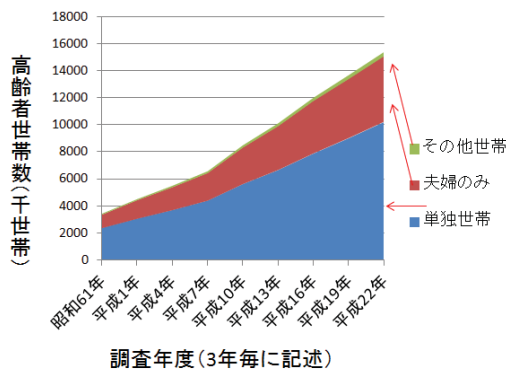


図 1 高齢者世帯の増加 (厚生労働省調査)

回路の出現を検出することで、「食べ物を掴む動作」と「食べ物を口へ運ぶ動作」の2つの摂食動作の記録を実現する。更に、共食関係の分析手法では、摂食動作の記録を用いて、共食の場において周りに馴染めなかった参加者の抽出を行う。

以下、2章にて研究背景と目的を述べ、3章で2つの提案手法について説明する。そして、4章にて行った評価実験について記し、その結果に対する考察を5章で述べ、6章では今後の課題を示す。

2. 研究背景と目的

2.1 研究背景

近年、人々の健全な食生活を支援するために、摂食動作の記録が課題の1つとして挙げられる。摂食動作の記録が必要となる食生活の問題の例として、高齢者や子どもが1人だけで食事をする「孤食」の増加の問題がある。高齢者単身世帯数は増加を続けており、図1に示すように、平成22年厚生労働省の国民生活基礎調査によれば、全世帯数の約10%が高齢独居者で占められている[1]。食事は日々の生活に欠かすことのできない重要な要素であり、食事を十分にとらない場合、健康上の問題を引き起こす。孤食傾向がある高齢者や子どもの場合、食事の時間や量が偏りやすく、健康面の問題も発生しやすくなる。孤食を行う者が規則正しく食事をとっているか否かを確認するためには、摂食動作の記録が効果的である。

その他の摂食動作の記録が必要となる問題として、複数人が一緒に食事をする「共食」時の、食事参加者同士の関係性の評価が挙げられる。2005年に制定された食育基本法の目標は、国民一人一人が「食」について改めて意識を高め、自然の恩恵や「食」に関わる人々の様々な活動への理解を深めつつ、「食」に関して信頼できる情報に基づく適切な判断を行う能力を身に付けることである。これによって心身の健康を増進する健全な食生活を実践するために、家庭、学校、保育所、地域等を中心に国民運動として食育活動が推進されている[2]。実際に家庭や各教育機関で実践されている食育活動としては、親子での調理や、保育所での

調理員の配置、自家菜園での食物の栽培、調理体験などが挙げられる。しかし、これらの活動はただ参加させるだけではなく、活動と併せて必然的に行われる共食の時間を有意義にしなくては食育としての効果を見込めない。十分なコミュニケーションが行え「楽しさ」を感じられる環境での共食によって、食への知識・理解と同時に興味・関心を抱かせることを経て、初めて効果が望める筈である[3][4]。このような有意義な共食を作り出すためには、共食時の関係性抽出が必要となる。食事を邪魔せずに摂食動作の記録が行えるならば、この関係性の抽出に活用できると考えられる。

2.2 研究目的

摂食動作の記録には、利用者の全身にセンサ類を装着させる手法やカメラによる動画処理を用いた手法などの既存手法が知られている[5][6][7][8]。しかし、これら既存手法は、利用者の快適な食事を妨げる恐れがある。例えば、動画処理では、カメラの位置や必要な照明条件より食事を行う位置を制限する。利用者にセンサ類を装着させる手法では、食事における動作の邪魔となる。そこで本稿では、利用者の食事に負担をかけずに行え、また、食生活の問題解決に十分利用できる摂食動作の記録を目的とする。また、摂食動作の記録を用いて「共食」関係を分析する既存研究は知られていない。本稿では、共食参加者同士の関係性の分析も目的として設定する。

3. 提案手法

3.1 摂食動作の記録

本章では、人体、食べ物の導電性に基づき、箸を用いた「食べ物を掴む動作」と「食べ物を口へ運ぶ動作」の記録を行う手法を提案する。

3.1.1 提案手法の原理

本稿では、日本の食卓で一般的に使用される「箸」に注目する。箸は、第一に、個人識別が容易である。日本では、家庭内では、専用の箸を持っており、食事時の箸使用者が限定される。また、利用時に箸を用いるだけで測定でき、食事に無関係なデバイスを装着する手間がかから無い*1。箸のみを用いて行う摂食動作の記録ならば、日常と同様の食事を妨げず、利用者への負担はかからない。

以上の理由から、箸による摂食動作を記録する手法を提案する。また、検出対象は、食事状況の確認に必要な「食べ物を掴む動作」と「食べ物を口へ運ぶ動作」とした。具体的には、食べ物と人体が構成する閉回路による導電性に着目する。一般的に食べ物は水分、塩分による導電性を有している。また、人体は皮膚、体組織に導電性を有している。これらを利用し、箸から微弱な電流を流して摂食

*1 後述のプロトタイプでは、測定ケーブルが箸に附属している。最終的には、ワイヤレスでセンシングする必要がある。

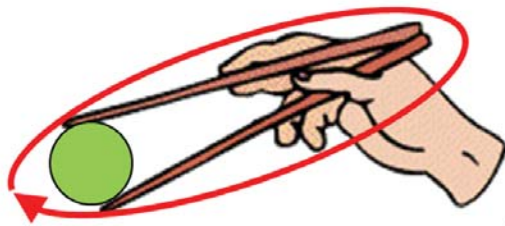


図 2 食べ物を掴む動作によって出現する閉回路



図 3 食べ物を口へ運ぶ動作によって出現する閉回路

動作を行った際に形成される閉回路を検出する。この閉回路の出現を繰り返し検出することで、摂食動作の記録とする。図 2 の矢印で示すように、食べ物を掴んだ時には、箸、食べ物、手によって閉回路が形成される。同様に、図 3 の矢印で示すように、食べ物を口へ運んだ時には、箸、人体、手によって閉回路が形成される。この閉回路を電気的に検出することにより、摂食動作を検出する。

3.1.2 ハードウェア構成

次に、提案手法を実現するハードウェア構成について述べる。箸の構造を図 4 に示す。図 5 は実際に利用した箸の外観である。提案手法は食べ物と人体の導電性を利用しており、箸にも電流を流す必要があるため、箸の表面に、導電性を持たせた*2。

図 6 は、閉回路の形成検出を行うための回路例である。片方の箸の先端側と後端側に 3[V] の電源と 48[KΩ] の抵抗が接続されており、抵抗にかかる電圧を AD ボードによってサンプリング周波数 256[Hz] で取得している。ここで、抵抗の値を 48[KΩ] としているのは、電流が十分に小さくて人体には何も感じられない電流量となる事と、ノイズ量も許容できるためである。

箸を持っているだけの何もしていない状態では抵抗に電圧はかからず、閉回路の形成を検出した場合にのみ抵抗に電圧の変化が生じる。図 7 には、食べ物を掴む動作を行った場合の回路状態、図 8 には、食べ物を口へ運ぶ動作を行った回路状態を示す。回路中の負荷抵抗を $R[\Omega]$ 、食べ物の抵抗を $Food[\Omega]$ 、手のひらの抵抗を $Hand[\Omega]$ 、腕などの人体

*2 プロトタイプでは、ステンレス製の箸を改造し、一部を絶縁体に置き換えている。

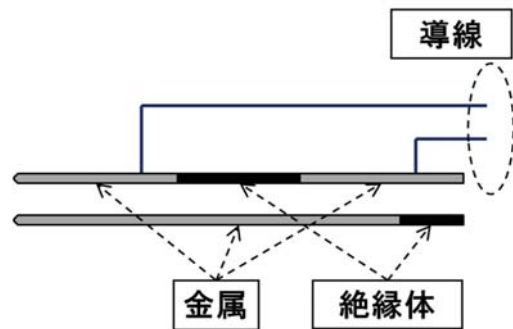


図 4 作成した箸の構造



図 5 作成した箸の外観

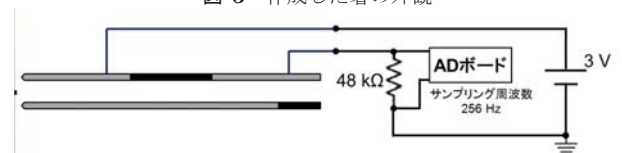


図 6 閉回路の形成検出のための回路

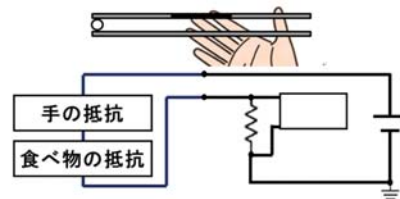


図 7 食べ物を掴む動作を行った場合の回路の状態



図 8 食べ物を口へ運ぶ動作を行った場合の回路の状態

の抵抗を $Body[\Omega]$ 、電源電圧を $E[V]$ とすると、図 7 の食べ物を掴んだ状態での AD ボードの検出値 $Detect_{food}[V]$ は、以下の式で表される。

$$Detect_{food}[V] = \frac{E \times R}{Food + Hand + R} \quad (1)$$

更に、図 8 の口に食べ物を入れた状態での AD ボードの検出値 $Detect_{mouth}[V]$ は、以下の式で求められる。

$$Detect_{mouth}[V] = \frac{E \times R}{Food + \frac{Body \times Hand}{Body + Hand} + R} \quad (2)$$

上記の式から、 $Detect_{mouth} > Detect_{food}$ が常に成立する。

上記ハードウェア構成によって取得された信号の例を図

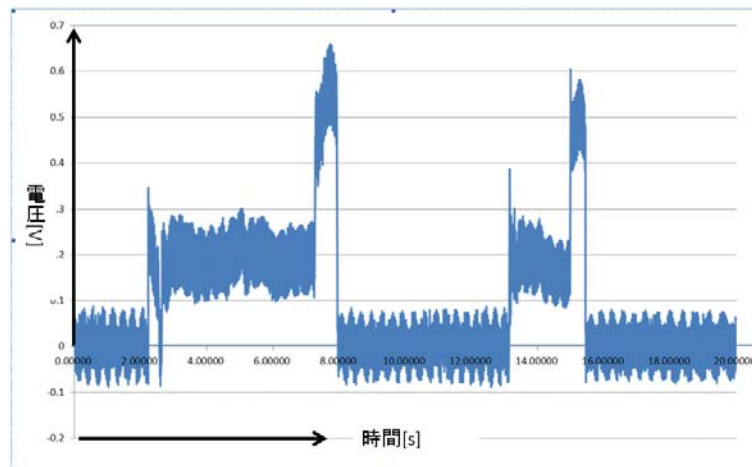


図 9 取得される信号の例

9に示す。図9の信号は、食べ物を掴み口へ運ぶ動作を2回繰り返した場合の信号である。この図を見ると、0[V]付近よりも高い電圧が出力されている部分が2か所確認できる。また、どちらもほぼ一定の電圧を出力した後に、それよりも高い電圧を出力し、0[V]付近の値に戻っている。これは、食べ物を掴む動作による閉回路を検出した後に、食べ物を口へ運ぶ動作による閉回路を検出しているためである。提案手法のハードウェア構成を用いて摂食動作を行った場合、同様の電圧変化が発生する。そのため、取得される電圧の変化に対して信号処理を行えば、摂食動作の記録が可能となる*3。

3.1.3 信号処理

実際に箸から得られる信号は、「ばらつき」を持っている。図10は、その測定例である。出力される電圧に0.5～0.7[V]程度の差が生じている。図10は被験者の差異による出力電圧のばらつきを示しているが、1人の被験者であっても食べ物が異なる場合、同様の差が見られる。

また、図11の様に、食べ物を掴む動作を行った場合の無駄な電圧変化も観察される。食べ物を掴む動作を約15秒間行った後に食べ物を口へ運ぶ動作を行っている。食べ物を掴む動作を行っている場合の出力電圧が一定に近づかず、繰り返し電圧変化が発生している。このような信号は、被験者の箸の使い方が雑な場合や、食べ物の形状が掴みにくく複雑な場合に発生しやすい。箸で1度食べ物を掴んだ後に、食べ物を皿に置かず掴み直している事が考えられる。

*3 図9では信号にノイズが乗っている。口に食物を運ぶ箸であるので、測定電流はできるだけ微弱な方が望ましい。しかし、電流値を下げる(図6のRを増加させると、回路全体がハイインピーダンスになり、外部擾乱を受け易くなる。Rを調整して、この程度にノイズを抑えている。但し、ノイズは周波数帯が本来の信号とは異なるものであり、簡単なフィルタリング手法で対応できる。本節以降の図はすべて、ノイズ除去を行った信号を利用している。電流値を減らすためにRを大きくすると、ノイズが更に増加する恐れがある。この場合には、むしろ、閉回路の測定用に、周波数の比較的高い交流信号を利用するべきであろう。信号検出は、特定のバンドの周波数成分として、検出される。

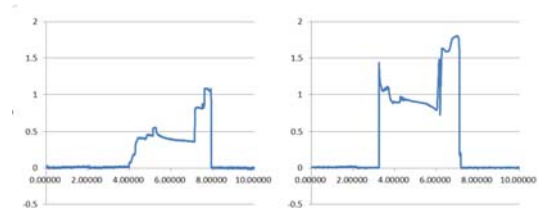


図 10 出力電圧のばらつきの例

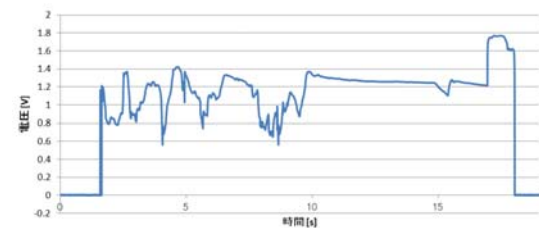


図 11 無駄な電圧変化の例



図 12 信号処理の流れ

以上の事から、本提案手法では、以下の処理を行うこととした。全体の流れを、図12に示す。
処理1：信号の平滑化 最初に、取得した信号を平滑化する

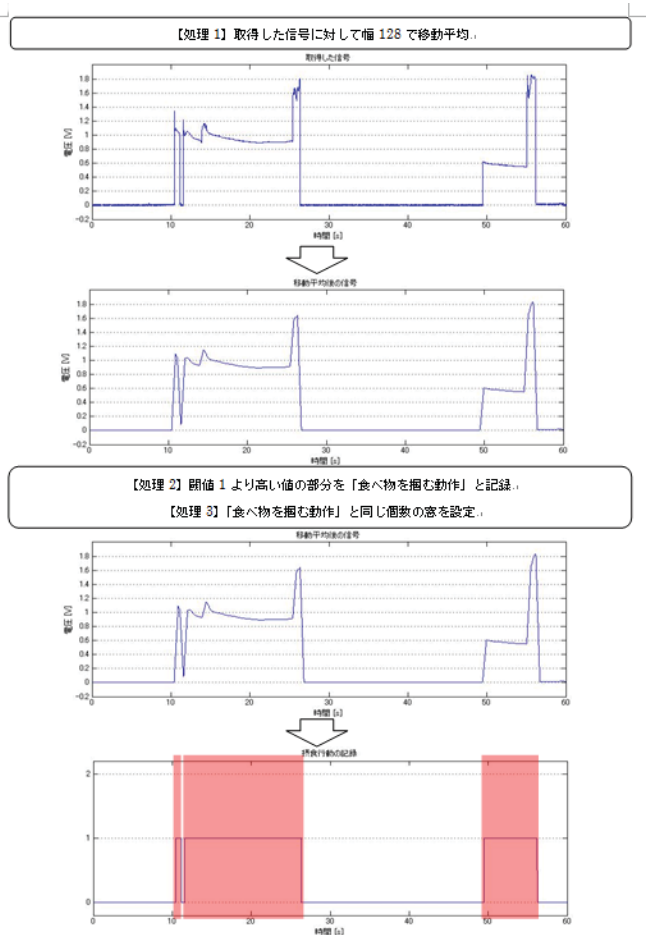


図 13 信号処理の例 (1)

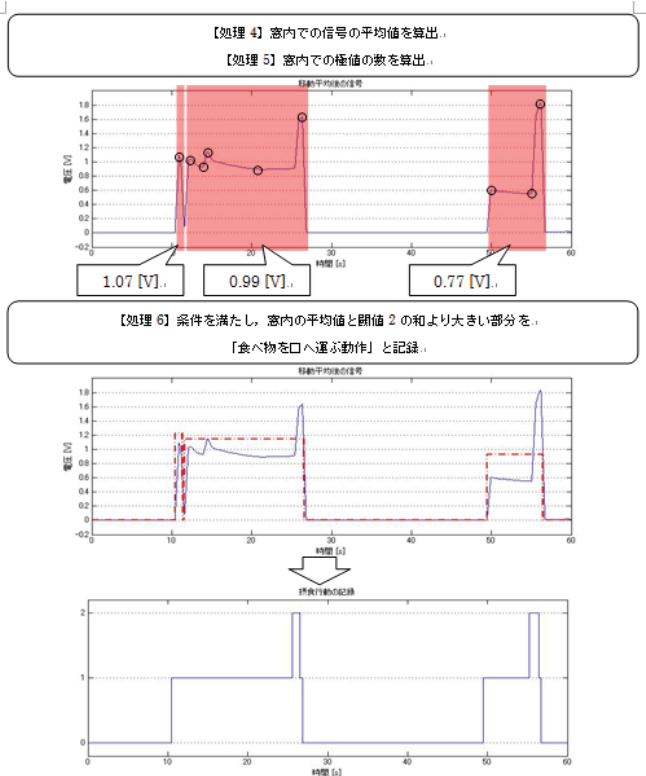


図 14 信号処理の例 (2)

る。今回は、幅 128 の移動平均を用いた。幅は 0.5[s] である。この処理は、動作を行っていない場合に発生するノイズによる誤検出の抑制と、後に述べる極値算出のために、波形全体を円滑化して、エンベロープを取り出すために行う。

処理 2: 「食べ物を掴む動作」の記録 信号が事前に定めた閾値 (= 閾値 A) を越えている部分を、「食べ物を掴む動作」を行った部分として記録する。何も動作を行っていない場合に出力される 0[V] より若干でも高い電圧が出力されたならば「食べ物を掴む動作」を行っているとして決定できるため、今回用いた閾値 A は非常に小さい (0.1[V])。

処理 3: 「窓」の取得 食べ物を掴む動作は抵抗値からただちに分かる。信号が閾値 A を超えている部分は基本的に「食べ物を掴む動作」を行っている事になる。この「食べ物を掴む動作」は、連続しておりひとつの「窓」を形成する。多くの場合、食べ物を掴んだ動作の後、口に運ぶ動作が現れる。以下の処理で、窓毎に「食べ物を口に運ぶ動作」を検出する。

処理 4: 及び処理 5: 動作検出用パラメータ抽出 「食べ物を口へ運ぶ動作」を検出するためのパラメータを抽出する。箸の出力電圧は個人差が大きく、更に、箸で食物を掴むだけのケースと、その後、口に運ぶ動作が伴うケースがある。そして、口に運ぶ動作は、前述の式 (1)(2) の原理によって、信号値がピークを持つ (図 9)。但し、信号レベルは変化するので、単純な閾値 (= 閾値 B とする) では、「食物を口に運ぶ動作」を検出することはできない。そこで、これを切り分けるためのパラメータとして、窓内の信号平均値を求めるとともに、窓のエンベロープから、ローカルミニマムと、ローカルマキシマムを持つ「極値」の数をカウントする。前者は、「食物を箸で掴んだ」状態での信号値を求めためであり、後者は波形全体のプロフィールを判断するための準備である。

処理 6: 「食べ物を口に運ぶ動作」の記録 幅が 256 サンプル幅 (= 1[s]) より長く、かつ、極値数が 2 以上 6 以下の窓内において、窓内の信号の平均値と閾値 B の和を越えている部分を、「食べ物を口へ運ぶ動作」を行った部分と判定する。食べ物を掴み、口へ運ぶという一連の動作は少なくとも 1[s] 以上の時間を要することを動画より確認できたため、窓の幅が 256 サンプル値以下の場合には「食べ物を口へ運ぶ動作」は発生していない。また、窓内の極値数が 2 未満であったり、7 以上の場合も、箸で何かを探しているの動作と判定する。なお、今回のプロトタイプでは、閾値 B は 0.2[V] である。信号平均値と閾値 B の合計値を可変的閾値とし、この閾値より大きな方が生じた場合において、「食べ物を口に運ぶ動作」と判定している。

表 1 会話と食事中の動作の関係

話者	口の中に食べ物を入れている時間が短い
	食べ物よりも聞き手を多く見る
聞き手	口の中に食べ物を入れている時間が長い
	手を使った食事動作を盛んに行う
	食べ物を多く見る

図 13, 図 14 は信号処理の例である。図 13 では、ノイズ除去された信号に対して、移動平均をかけて、平滑化している。そして、ここから、「窓」を切り出している。窓がわかると、図 14 において、極値を調べて、その窓内の平均値と閾値 B によって、動作を判別している。なお、箸でつまむだけの場合、極値が多数出現する。極値の数がある範囲の中に限定しているのは、このようなケースを除外するためである。一方、極値の数が少なすぎる場合は、波形のエンベロープ自体が、本来の動作とは異なるものと判定される。

3.2 共食関係の分析

本節では複数人で食事を行う「共食」時の参加者同士の関係性を分析するひとつの手法を提案する。具体的には、共食参加者のうち、会話にうまく加われなかった、周りとは馴染めなかった参加者を抽出する。

3.2.1 馴染めなかった参加者の抽出

会話と食事中の動作の関係に関する既存研究では、会話と食事中の動作の関係を求めている。結果を表 1 に示す [9][10]。会話にうまく加われなかった、周りとは馴染めなかった参加者は、常に聞き手であるとする。表 1 の内容を見ると、人間の口は 1 つしか無いため、会話と食事は排他的に発生することを示している。「食べ物を掴む動作」として記録される時間は個人差の影響が大きい。一方で、「食べ物を口へ運ぶ動作」は食べ物を口へ運んだ回数や間隔を抽出できるため、より共食関係の分析に適している。よって、「食べ物を掴む動作」よりも「食べ物を口へ運ぶ動作」の記録が重要であるとして、提案手法ではこれを用いて共食関係の分析を行う。

次に「食べ物を口へ運ぶ動作」の記録より抽出可能なデータを以下に示す。

- 「食べ物を口へ運んだ回数」
- 「食べ物を口へ運んだ平均間隔」
- 「食べ物を口へ運んだ間隔の標準偏差」

上記 3 つのデータについて表 1 と照らし合わせながら考える。会話にうまく加われなかった、周りとは馴染めなかった参加者は、口に食べ物を入れている時間が短く、手を使った食事動作も話者より盛んに行うため、より食事に集中すると考えられる。そのため、「食べ物を口へ運んだ回数」が他の参加者よりも多くなり、「食べ物を口へ運んだ平均間隔」が小さくなると考えられる。また、良好な関係を持って共食に参加している場合、会話と食事は排他的に発

生する。しかし、会話にうまく加われなかった、周りとは馴染めなかった参加者の場合は、食事に集中するため、会話と食事の排他的な発生という特徴が見られないと考えられる。そのため、「食べ物を口へ運んだ間隔の標準偏差」が他の参加者よりも小さくなると考えられる。以上より、提案手法では「食べ物を口へ運んだ回数」が多く、「食べ物を口へ運んだ間隔の標準偏差」が小さい参加者が、共食の場において会話にうまく加われなかった、周りとは馴染めなかった者であるとする。

4. 評価実験

4.1 摂食動作記録手法の評価

4.1.1 実験内容

本論文が提案する摂食動作記録手法の評価実験では、被験者 10 名（学生、男性）に、以下に示す合計 7 品目の食べ物に対して、「食べ物を掴み口へ運ぶ」という動作を 5 回ずつ行ってもらった。また、この実験の様子は後の検証のために、ビデオカメラによって動画でも記録を行った。

【実験に用いた食べ物の品目】

ごはん、卵焼き、ウインナー、たくあん、サラダ、豚汁、うどん

本提案手法では、閉回路の抵抗を用いているため、「食べ物を掴む動作」の記録は確実に行える。そのため、本評価実験の目的は「食べ物を口へ運ぶ動作」の回数の検出・記録の精度の検証となる。

4.1.2 実験結果

評価には適合率と再現率を用いる。適合率とは、摂食動作が行われたとされる記録のうち、実際に摂食動作を行っていた場合がどれだけ含まれているのかを示す。また、再現率とは、実際に摂食動作が行われた全ての場合に対して、どの程度が摂食動作として記録されたかという網羅性を示す。実験結果の適合率を表 2 に、再現率を表 3 に示す。また、実験結果の適合率、再現率より算出された F 値を表 4 に示す。極めて高い値を示している。得られ得た結果に対する考察は、次章で述べる。

4.2 共食関係分析手法の評価と結果

共食関係の実験では、被験者 4 名（学生、男性）を 1 グループとし、1 つの皿に用意されたポテトを全員に食べてもらった。摂食動作の記録時間は、皿に用意された食事が無くなるまでとした。このグループは仲の良い 3 人とほぼ関わりのない 1 人から構成される。このような食事を、被験者を替えながら 5 回行った。総被験者数は 20 名となる。実験の様子は後の検証のために、ビデオカメラによって動画でも記録を行った。表 5 に共食関係分析手法の評価実験結果を示す。

表 2 評価実験結果の適合率

	卵焼き	たくあん	ウィンナー	サラダ	ごはん	うどん	豚汁	被験者別平均
被験者 A	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 B	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 C	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 D	100%	83%	100%	100%	100%	100%	100%	98%
被験者 E	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 G	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 H	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 I	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 J	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
品目別平均	100%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

表 3 評価実験結果の再現率

	卵焼き	たくあん	ウィンナー	サラダ	ごはん	うどん	豚汁	被験者別平均
被験者 A	100%	80%	80%	100%	100%	100%	100%	94%
被験者 B	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 C	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 D	100%	83%	100%	100%	100%	100%	100%	97%
被験者 E	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 G	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 H	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 I	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 J	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
品目別平均	100%	98%	96%	100%	100%	100%	100%	99%

表 4 摂食動作記録手法の評価実験結果 (F-Measure)

	卵焼き	たくあん	ウィンナー	サラダ	ごはん	うどん	豚汁	被験者別平均
被験者 A	100%	89%	89%	100%	100%	100%	100%	97%
被験者 B	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 C	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 D	100%	91%	100%	100%	100%	100%	100%	99%
被験者 E	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 F	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 G	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 H	100%	100%	89%	100%	100%	100%	100%	98%
被験者 I	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
被験者 J	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
品目別平均	100%	98%	98%	100%	100%	100%	100%	99%

5. 考察

5.1 摂食動作記録手法の考察

最初に摂食動作の評価結果について分析する。提案手法においては、「食べ物を掴む動作」の記録は何かしらの閉回路の検出、つまり回路中の抵抗に起こる電圧降下を検出しただけで判定可能である (100%の検出率)。摂食動作で評価しなければならないのは、「食物を口に運ぶ動作」である。

表 1~表 3 に示された実験結果を見ると、今回の実験で用意した一般的な食べ物に対しては、非常に高い精度で「食べ物を口へ運ぶ動作」の判定が行われている。本稿が提案する摂食動作の記録手法は「食べ物を掴む動作」と「食べ物を口へ運ぶ動作」をほぼ確実に記録可能であり、2.1 節

で述べたような様々な食生活の問題に利用可能と考える。
 尚、本稿では、「食べ物を掴む動作」と「食べ物を口へ運ぶ動作」の 2 つの摂食動作を分析対象としている。しかし、今回の評価実験では、豚汁やうどんと言った「汁物」をかき混ぜる動作の場合にも、摂食動作として「食べ物を掴む動作」が出力された。また、食べ物を切るような動作の場合にも「食べ物を掴む動作」が出力されていた。これは、提案手法の原理を考えると当然発生するものである。提案手法では、箸、食べ物、手から構成される閉回路を検出した場合には、「食べ物を掴む動作」を行ったとした。しかし、食事について考えると、この閉回路が出現するような動作は「食べ物を掴む動作」のみに限定されず、より広い意味で「食べ物を口へ運ぶ前の予備動作」であると言える。摂食動作の記録においては、提案手法が挙げる「食べ物を掴む動作」と、「食べ物を口へ運ぶ前の予備動作」が

表 5 共食関係分析手法の評価実験結果

実験回	被験者	回数	平均 ([s])	標準偏差 ([s])
1 回目	被験者 A-1	20	23.31	13.86
	被験者 A-2	16	34.26	17.65
	被験者 A-3	18	26.85	21.19
	被験者 A-4	23	17.93	8.82
2 回目	被験者 B-1	22	21.15	15.72
	被験者 B-2	18	25.52	10.03
	被験者 B-3	25	18.28	8.71
	被験者 B-4	31	15.54	5.89
3 回目	被験者 C-1	22	16.52	7.36
	被験者 C-2	16	25.05	9.23
	被験者 C-3	23	17.92	14.57
	被験者 C-4	30	14.85	5.53
4 回目	被験者 D-1	25	18.24	13.31
	被験者 D-2	26	16.98	8.62
	被験者 D-3	33	13.56	10.59
	被験者 D-4	17	25.94	7.96
5 回目	被験者 E-1	9	44.23	17.96
	被験者 E-2	34	13.38	14.65
	被験者 E-3	20	22.23	10.45
	被験者 E-4	30	15.76	8.1

示す動作は同義である。提案手法で記録される摂食動作は「食べ物を口へ運ぶ前の予備動作」と「食べ物を口に運ぶ動作」の2つであると再定義しても良いのかもしれない。

5.2 共食関係分析手法の考察

実験結果の食べ物を口へ運ぶ回数を見ると、共食の場において会話にうまく加われなかった、周りとは馴染めなかった被験者の値は、そのグループ内の他の被験者よりも大きい場合もあれば、小さい場合もある。また、全ての被験者を見ると、どの実験回でも同じ量を用意しているにもかかわらず、食べ物を口へ運ぶ回数にはそもそもばらつきがあり、最大で25回もの差が生じている。これは、実験を行う時間帯が毎回異なり、被験者の空腹度合に差があったためだと考えられる。以上より考察すると、会話にうまく加われなかった、周りとは馴染めなかった被験者の食べ物を口へ運ぶ回数は、確かに多くなる傾向がある。しかし、それ以上に被験者の空腹度合といった個人差が、食べ物を口へ運ぶ回数に強く影響するため、共食関係の分析にはあまり重要ではない値だとわかった。

一方で、実験結果の食べ物を口へ運ぶ間隔の標準偏差を見ると、全ての実験回において会話にうまく加われなかった、周りとは馴染めなかった被験者の値が、そのグループ内の他の被験者よりも小さくなっている。このような結果になった原因を知るために撮影した動画を見ると、会話にうまく加われなかった、周りとは馴染めなかった被験者は3.2節で述べた提案手法の通りに、会話よりも食事に強く集中していた。それゆえに、常に自分のペースで食事を行っていたため、等間隔で食べ物を口へ運ぶことに繋がったのだと考えられる。以上のことから、共食関係の分析において、食べ物を口へ運ぶ間隔の標準偏差は、重要な値の1つであ

るとわかった。

6. おわりに

本稿では、摂食動作の記録手法と共食関係の分析手法の2つを提案した。摂食動作の記録手法では、食べ物と人体の導電性を利用し、箸から微弱な電流を流すことで、摂食動作によって形成される閉回路の出現を検出し、「食べ物を掴む動作」と「食べ物を口へ運ぶ動作」の2つの摂食動作の記録を実現した。共食関係の分析手法では、摂食動作の記録から得られる、「食べ物を口へ運んだ回数」、「食べ物を口へ運んだ間隔の標準偏差」の2つの特徴量を用いて、共食の場において会話にうまく加われなかった、馴染めなかった参加者の抽出を行う。評価実験の結果、「食べ物を掴む動作」は、ほぼ100%の検出確率であり、「食べ物を口には運ぶ動作」も、およそ99%の精度が得られた。また、これらのパラメータからは、共食の輪に加われなかった参加者も抽出できることを確認した。

提案システムの課題として、最大のものは、ワイヤレス化であろう。実用化には必須要件である。箸の太さは5mm程度であることと、食洗器等による洗浄を考えると、密閉構造が要求される。信号処理するLSIのサイズでは問題ないと思われる。最大の問題は、給電である。このサイズの二次電池が存在するとも思えない。電気二重層コンデンサとコイル給電の組み合わせ等も含めて、検討を行う必要がある。

参考文献

- [1] 厚生労働省：平成22年度国民生活基礎調査，2011年
- [2] 食育基本法（平成十七年・法律第六十三号），2005年
- [3] 飯塚美和子，五関正江，桜井幸子，瀬尾弘子，曾根眞理枝，高橋恭子，圓谷加陽子，成田豊子，野田智子，林純子，原田節子：「最新子どもの食と栄養」，2011年
- [4] 菅原園，辻ひろみ，内山麻子，小野友紀，麻見直美，新藤由喜子：「発育期の子供の食生活と栄養」，2011年
- [5] Amft Oliver, Trister Gerhard: "On-Body Sensing Solutions for Automatic Dietary Monitoring", IEEE Computer Society, IEEE Pervasive Computing, Volume 8, pp.62-70, 2009年
- [6] 北村圭吾，山崎俊彦，相澤清晴：「食事ログの取得と処理-画像処理による食事記録-」，映像情報メディア学会誌，63(3)，pp.376-379，2009
- [7] 内田久也，竹田史章：「院内食事摂取量計測システムの開発」，インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集，12，pp.251-256，2002
- [8] 新野毅，雨宮寛敏，金田重郎，芳賀博英：「食品に応じた咀嚼運動支援システムの提案」，情報処理学会，第72回全国大会，2010年
- [9] 武川直樹，湯浅将英，寺井仁：「共に食べる場でのコミュニケーション構造分析と遠隔・仮想共食システムへの応用」，電子情報通信学会，技術研究報告書，pp.17-18，2008年
- [10] 山口昌伴：「講座食の文化第4巻『家庭の食事空間』」，味の素文化センター，1999年