

# 論文内容要旨（和文）

2018年度入学 大学院博士後期課程

電子情報工学専攻

氏名 ZHANG LIYANG 印 

論文題目 Research on Smart Tableware-Based Meal Information Recognition Using Machine Learning  
(機械学習を用いたスマート食器ベースの食事情報認識に関する研究)

IoT技術開発の発展と健康意識の高揚に伴い、健康的なライフスタイルの管理に役立つスマートデバイスやシステムが普及してきている。本研究では、食事中の情報を取得するために複数のセンサーを食器や箸に取り付けたスマート食器を開発し、センサーから取得したデータに対して特徴抽出とデータ処理を行い、機械学習を用いて食べる順番や時間などの食事情報を認識し、食事に関するアドバイスを行うシステムを構築する。食事の時間や順番などの食事情報は、肥満や糖尿病などの生活習慣病の予防に関連しているため、本研究ではそのような情報の収集・分析に焦点を当て、食事のアドバイスを提供する。本研究の目的は、食事情報を可能な限り正確に取得する方法を設計し、食事情報を分析することにより、食事のアドバイスを提供し、生活習慣病の予防に役立てることである。

本論文では、一定の時間間隔で食事情報を取得するインスタンスベースの方法で、スマート食器とスマート箸を使用して食事情報を収集および認識するプロセスを紹介し、実験結果とその考察を示す。同時に、スマート食器とスマート箸の情報を組み合わせた、マルチインスタンスラーニング（複数のインスタンスが1つのラベルに対応）による食事情報認識の方法を提案し、実験を通じてより高い認識精度を達成できることを示す。この方法は、バッグの概念を使用することにより、トレーニングデータにラベルを付ける負担を減らすことができる。また、食事情報の閲覧やアドバイスを容易にするために構築した、食事情報収集・アドバイスシステムについて紹介する。

本論文は、全7章で構成される。以下に各章の概要を示す。

第1章は序論で、研究の背景や目的、論文の構成について述べる。

第2章では、関連研究と本研究室で行われた先行研究を紹介する。ウェアラブルデバイスを用いたアプローチやビジュアルカメラを用いたアプローチなど、さまざまな側面から食事情報を取得する方法や関連研究のメリットとデメリットについて説明する。また、先行研究の内容およびそのメリットとデメリットについて述べる。

第3章では、食事情報収集・アドバイスシステムを紹介する。本システムでは、スマート食器で収集した情報を処理・分析することで、ユーザーが食事情報を閲覧することを可能とし、食事の順番や時間、食事内容に応じた適切な食事アドバイスを提供する。

第4章では、スマート食器として開発した、スマート茶碗、スマート皿、スマート箸の開発方法について述べる。また、スマート食器から取得したログ情報から機械学習で用いる特徴を抽出する方法について説明する。

第5章では、インスタンスベース（1つのインスタンスが1つのラベルに対応）の食事情報の認識と分析について説明する。本章では、食事の認識に、決定木、サポートベクターマシン、リカレントニューラルネットワークなどのさまざまな機械学習アルゴリズムを使用し、食事情報の認識精度を実験を通じて比較し考察する。また、分類エラーにつながる可能性のある理由を分析する。

第6章では、バッグベース（複数のインスタンスが1つのラベルに対応）の食事情報認識について説明する。本章では、マルチインスタンスラーニングを使用した2つの方法を提案する。1つ目は、スマート茶碗（皿）を使用して、食事のプロセスに従ってバッグを決定する方法である。2つ目は、スマート茶碗（皿）とスマート箸の情報でバッグ

を決定する方法である。マルチインスタンスラーニングを解決する方法はたくさんあるが、本章で使用する方法は、バッグ内のインスタンスを統合し、バッグを表す新しいインスタンスを作成し、対応するバッグから新しいインスタンスのラベルを取得する方法である。評価では、さまざまな機械学習アルゴリズムを使用して実験を行い、その結果を比較・分析する。

第7章は結論と今後の展望である。本章では、本論文で述べた内容をまとめ、さらに本研究の新規性、独創性、有効性について述べる。また、今後の研究の方向性とその取り組みについて展望する。

最後に本研究の新規性、独創性、有効性について述べる。本研究の新規性、独創性は、新たに開発したスマート食器とスマート箸を組み合わせて食事情報を収集できること、従来の研究では取得できない食事中の食べる順番や時間を認識できることなどである。また、有効性として、食事をするだけでほぼ自動的に食事情報が収集できること、各食べ物を食べる時間は、咀嚼回数（噛む回数）に比例していると考えられるので、食べる時間を把握することは咀嚼回数を把握するのにも有効な情報になること、バッグを用いることにより、学習データのラベル付けの負担を減らせること、さまざまな機械学習のアルゴリズムを用いて認識精度の向上を実現したことなどである。

# 論文內容要旨（英文）

2018年度入学 大学院博士後期課程

電子情報工学専攻

氏名 ZHANG LIYANG



論文題目 Research on Smart Tableware-Based Meal Information Recognition Using Machine Learning

With the development of Internet of Things technology and the improvement of health awareness, smart devices and systems that help manage healthy lifestyles are becoming popular. In this research, multiple sensors are attached to the tableware to capture information during the meal. At the same time, feature extraction and data processing are performed on the raw data of meal, machine learning is used to recognize meal information such as the sequence and time of meal, and a system is built to provide meal advice. Since meal information such as time and sequence of meal are related to the prevention of lifestyle diseases such as obesity and diabetes to some extent, this research focuses on the collection of such information and provides meal advice. Therefore, the purpose of this research is to design a method to obtain meal information as accurately as possible, and by analyzing meal information, provide meal advice and help prevent lifestyle diseases.

In this thesis, the process of using smart bowls (plates) and smart chopsticks to collect and recognize meal information through instance-based method is introduced, and experimental results and analysis are given. At the same time, combining the information of smart bowls (plates) and smart chopsticks, the method of meal information recognition through multi-instance learning (multiple instances correspond to 1 label) is proposed, and a higher recognition accuracy is achieved through experiments. And this method reduces the burden of labeling training data by using the concept of bags. In addition, the meal information collection and advice system is introduced to facilitate the browsing of meal information and provide meal advice.

This thesis is organized as follows. Chapter 1 describes research background and objective. Chapter 2 introduces related research and previous research. Chapter 3 introduces the meal information collection and advice system. Chapter 4 introduces smart tableware and feature extraction. Chapter 5 introduces instance-based recognition and analysis of meal information using smart bowls (plates) and smart chopsticks. And compare the recognition accuracy of meal information through experiments. Chapter 6 proposes two meal information recognition methods based on multi-instance learning. The first method is to use smart bowls (plates) and determine bag according to meal process. The second method is to use smart bowls (plates) and determine bag based on the information of smart chopsticks. And results are compared and analyzed in the experiment. Chapter 7 is conclusions and future work.

# 学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

令和3年1月29日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 小山 明夫

副査 小坂 哲夫

副査 安田 宗樹

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	専攻名 電子情報工学専攻 氏名 ZHANG LIYANG		
論文題目	Research on Smart Tableware-Based Meal Information Recognition Using Machine Learning (機械学習を用いたスマート食器ベースの食事情報認識に関する研究)		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	令和3年1月20日～ 令和3年1月27日
論文公聴会	令和3年1月27日	場所	工学部7号館302教室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	令和3年1月27日

## 学位論文の審査結果の要旨 (1,000字程度)

近年、ヘルスケアの分野でも IoT 技術が注目されており、さまざまな健康機器を用いてバイタルデータを収集し分析するシステムが普及してきている。現在ヘルスケアの一分野として食事情報を収集・認識したものを記録し分析するシステムが研究・開発されてきているが、記録に手間がかかることや収集・認識精度に問題があることから記録の自動化や精度向上が求められている。本研究では、ユーザーの食事中の状況を分析するために、センサーを食器に取り付けたスマート食器を開発し、それを用いて食事中の食器の動きや重さの変化などの情報を収集し、これらのデータに対して特徴抽出と機械学習を行い、食事の時間、食べる(食事)順序、食事内容などの食事情報を収集するシステムを提案している。ユーザーは食事をするだけで食事情報が収集可能になり、肥満予防、糖尿病予防に関連していると言われている食事順番・食事時間などの有益な食事情報をユーザーに提供することができる。また本システムでは食事情報に変換する際に機械学習のアルゴリズムを用いて、収集・認識精度向上を目指している。本システムを用いた食事実験により摂食認識精度を導出することでシステムの性能評価を行った結果、リカレントニューラルネットワークの拡張版である GRU(Gated Recurrent Unit)アルゴリズムを用いることにより 94% の認識精度を示し、他の機械学習アルゴリズムより高い認識精度を示すことを検証している。

本論文は 7 章から構成されている。第 1 章は本論文の序論で、研究背景や研究目的について述べている。第 2 章では、関連研究と本研究室で行われた先行研究を紹介している。第 3 章では、食事情報収集・アドバイスシステムについて述べている。第 4 章では、スマート食器として製作した、スマート茶碗、スマート皿、スマート箸の製作方法について紹介している。また、スマート食器のハードウェアやスマート食器から取得できるログ情報について説明し、特徴を抽出する方法について述べている。第 5 章では、インスタンスに基づいて食事情報を認識する手法を提案し評価している。第 6 章では、バッグベースの食事情報認識の手法について述べている。本章では、マルチインスタンスラーニングを用いた 2 つのソリューションを提案し評価している。第 7 章は本論文の結論で、本論文のまとめと今後の展望について述べている。

以上、本研究の新規性・有効性は、新たに開発したスマート食器とスマート箸を組み合わせて食事情報をほぼ自動的に収集できること、食事中の食べる順番や時間、食事内容を正確に認識できること、学習データのラベル付けの負担を減らすこと、さまざまな機械学習のアルゴリズムを用いて認識精度の向上を実現したことなど、本研究分野への貢献は多大であると判断できる。また、本論文は、博士論文の 4 つの審査基準である、研究テーマに新規性・独自性があること、博士論文の内容として自ら研究を計画・遂行するための専門的知識を基に、研究背景・目的が正しく述べられていること、学位論文の構成が適切で、体裁が整っていること、学位論文の記述が論理的で、設定した研究テーマに沿った明確な結論が述べられていることを満たしていることを確認した。以上を総合的に判断し、合格と判定した。

なお、本研究は学内の研究倫理委員会の許可のもとで行われた。本論文は、利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ない。

## 最終試験の結果の要旨

最終試験は、公聴会実施後に口頭で行った。その結果、学位論文の内容および専門知識、関連知識の理解度は十分あり、博士として必要とされる知識と能力は十分あると判断できた。

以上の最終試験の結果、合格と判定した。