

## 論文内容の要旨

博士論文題目 Study on smart garbage bin system for understanding household garbage disposal and contents  
(家庭ごみの出し方と内容物の把握を目的としたスマートごみ箱システムに関する研究)

氏名 Eunice Likotiko

(論文内容の要旨)

Much garbage is produced daily in homes due to living activities, including cooking and eating. The garbage must be adequately managed for human well-being and environmental protection. Although the existing IoT-based smart garbage systems have gained high classification accuracy, they still have problems: (1) they can not learn the amount of garbage disposed of each time (2) They can not understand households' routine behaviour of garbage disposal; and (3) they provide a small number of garbage categories, not enough for reasonable practices of household garbage separation. Therefore, a new IoT-based garbage management system and classification tool must improve existing systems. In this dissertation, we present a new smart garbage bin system, SGBS in short, embedded with multiple sensors to realize its benefits on three challenges: (1) How to learn the amount of garbage disposed of each time and predict garbage growth behaviour for a single house?; (2) How to understand household garbage disposal behaviour and identify the type of garbage contents?; and (3) How to substantially improve the automation of garbage classification? To tackle challenge (1), we chose distance and weight sensors to track the garbage disposed of each time. For evaluation, we experimented with the SGBS in a student laboratory for over one month. An autoregressive integrated moving average (ARIMA) model was applied, providing MAE of 5.17 cm and an SD of 0.33 cm, thus considered satisfactory accuracy on the garbage growth prediction. For challenge (2), we deployed distance and weight sensors to learn garbage growth during disposal. Later we identified necessary garbage categories and contents in each category through user voice, and designed and implemented a smartphone annotations application comprised of 8 garbage categories and 25 garbage content identities to allow households user to annotate their daily garbage content. Afterwards, we conducted an initial experiment in three households to evaluate our approach. Our findings show that households' garbage disposal behaviour depends on the amount and contents of garbage and the routine of disposing of such garbage content. For challenge (3), we introduce a new garbage content estimation method by training a machine learning model using daily collected fuse sensor readings combined with detailed household garbage contents annotations to perform garbage classification tasks. For evaluation, we deployed the designed SGBS in five households over one month. We confirmed that the leave-one-house cross-validation results showed an accuracy of 91% in 5 kitchen waste contents, 89% in 5 paper/softbox contents, and 85% in 8 garbage categories for the classification tasks.

## (論文審査結果の要旨)

人々が快適に生活しながら環境保全を行うためには、日々捨てられるゴミを適切に管理する必要がある。既存のスマートゴミ箱に関する研究では、捨てられたゴミの種別を高い精度で分類可能であるが、ごみの量がどのように増えていくのかを予測できない、家庭で実際に廃棄されるゴミの種類と廃棄のパターンを把握できない、ごみの分類数が少なく、家庭ごみの分別を実践するのに十分ではない、という問題があった。本論文では、複数のセンサを組み込んだ新しいスマートごみ箱システム SGBS を設計・開発し、次の3つの課題の解決に取り組んだ：(1) 毎回捨てられるごみの量を学習し、一軒の家のごみの増加量を予測する、(2) 家庭のごみ捨て行動を理解し、ごみの内容の種類を特定する、(3) ごみ分類の精度を大幅に向上させる。

本研究の学術的貢献は以下のとおりである。

- (1) 自己回帰和分移動平均 (ARIMA) モデルを適用し、平均絶対誤差 5.17cm で、ゴミ箱内のゴミの量の増加を予測した。
- (2) 三家庭での実験を通して、家庭のゴミ捨て行動は、ゴミの量や内容、ゴミ捨ての習慣に依存することを明らかにした。
- (3) 家庭でのゴミ分別に十分な、8つのゴミのカテゴリーと25のゴミ種類からなるスマートフォン用アノテーションアプリを設計・実装した。
- (4) 五家庭での実験を通して、ゴミ種別を自動で認識する機械学習モデルを構築し、生ゴミ5種類で91%、紙・ソフトボックス5種類で89%、ゴミ大分類8種類で85%という高い認識精度を達成した。

全体として、本論文は、家庭での実際のごみ捨て行動を把握し、それに合わせて、複数の異なるセンサを搭載したスマートゴミ箱とアノテーションアプリを設計開発することで、既存システムの問題を解決するこれまでに無いスマートゴミ箱システムを実現しており、本分野において十分な学術的新規性を有していることを確認した。以上より、本論文は、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。