

## 外出時の忘れ物を防止する 身支度サポートサービス「モッテコ」の開発

神谷 岳<sup>†</sup> 中田 匠哉<sup>†</sup> 増田 廣介 露崎 雄太 陳 思楠<sup>†</sup>  
安田 清<sup>†</sup> 中村 匡秀<sup>†,††</sup>

<sup>†</sup> 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

<sup>††</sup> 理化学研究所・革新知能統合研究センター 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-4-1

E-mail: †kamiya@es4.eeddept.kobe-u.ac.jp, ††nakata@bear.kobe-u.ac.jp, †††kskmsds0504m@gmail.com,  
††††tsuyuzaki-yuuta@juneikai.or.jp, †††††chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, ††††††yasukiyo.12@outlook.jp,  
†††††††masa-n@cmds.kobe-u.ac.jp

**あらまし** 本研究では、独居高齢者の外出時における忘れ物を防止する支援技術として、仮想エージェント（VA）と画像認識技術を統合した身支度サポートサービス「モッテコ」を開発した。先行研究におけるシステム未連携や通知機能不足等の課題（P1～P3）を解決するため、宅内環境における遠隔画像取得、カレンダー連動によるスケジュール駆動型の検知アルゴリズム、ならびにVA傾聴サービスによる自動リマインド機能を実装した。予備実験の結果、検知から発話までの平均ラグ時間は実用的な数値であり、低照度下においても安定して動作することを確認した。また、実際の使用シナリオを通じて、外出直前の適切なタイミングで客観的な判定結果を通知できることを示した。本手法は、VA傾聴サービスとの対話により高齢者の自立した外出を支える技術として、高い実用性と有用性を有している。  
**キーワード** 高齢化、画像認識、忘れ物、自動化

## Design and Prototyping of Image Recognition Functionality for Lost-and-Found Services

KAMIYA TAKASHI<sup>†</sup>, NAKATA TAKUYA<sup>†</sup>, MASUDA KOSUKE, TSUYUZAKI YUUTA,  
CHEN SINAN<sup>†</sup>, YASUDA KIYOSHI<sup>†</sup>, and NAKAMURA MASAHIDE<sup>†,††</sup>

<sup>†</sup> Kobe University Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo 657-8501 Japan

<sup>††</sup> Riken AIP 1-4-1 Nihon-bashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027 Japan

E-mail: †kamiya@es4.eeddept.kobe-u.ac.jp, ††nakata@bear.kobe-u.ac.jp, †††kskmsds0504m@gmail.com,  
††††tsuyuzaki-yuuta@juneikai.or.jp, †††††chensinan@gold.kobe-u.ac.jp, ††††††yasukiyo.12@outlook.jp,  
†††††††masa-n@cmds.kobe-u.ac.jp

**Abstract** In this study, we developed “Motteko,” a get-ready support service integrating a virtual agent (VA) and image recognition technology as an assistive technology to provide support to elderly individuals living alone to prevent them from forgetting items when going out. To resolve issues identified in prior research, such as lack of system integration and insufficient notification functions (P1–P3), we developed the following features: remote image retrieval within the home environment, a schedule-driven detection algorithm linked to calendars, and an automatic reminder function using VA listening services. Preliminary experiments confirmed that the average lag time from detection to speech output is within practical limits and that the system performs stably even under low-light conditions. Furthermore, through actual usage scenarios, we demonstrated that objective assessment results can be notified at the appropriate timing just before going out. This method possesses high practicality and usefulness as a technology supporting independent outings for the elderly through conversation with the VA Listening Service.

**Key words** Ageing, Image Recognition, Forgetting Things, Automation

## 1. はじめに

現在、日本は世界で最も高い高齢化率を示す超高齢社会に直面している。総務省統計局の「統計からみた我が国の高齢者」[1]によると、2024年9月時点の65歳以上人口は3,625万人と過去最高を更新した。2022年時点での総人口に占める高齢者の割合は29.1%に達しており、これはイタリア(24.1%)やフィンランド(23.3%)を大きく上回る世界トップの数値である。さらに、未婚率の上昇等を背景に独居高齢者の増加も加速しており、内閣府の「令和4年版高齢社会白書」[2]では、2040年には独居高齢者人口が約1,041万人に達すると予測されている。このような状況下、家族や地域による見守りの負担は増大しており、工学技術を用いた日常生活支援の重要性がかつてないほど高まっている。独居高齢者が自立した生活を送る上での大きな課題の一つに、加齢に伴う認知機能の低下に起因する「外出時の忘れ物」がある。忘れ物は単に不便であるだけでなく、生活の質(QOL)の低下や外出に対する不安増大に直結する。これに対し、市販の紛失防止タグ等は紛失後に探すための技術であり、忘れ物を未然に防ぐ「予防」の観点では不十分である。また、高齢者にとって持ち物1つ1つにタグを装着する作業は負担が大きく、より自然かつ自律的に動作する支援の仕組みが求められている。本研究では、これらの課題を解決するため、仮想エージェント(VA)を活用した身支度サポートサービス「モッコ」を提案・開発した。VA傾聴サービスはユーザと自然な対話が可能であり、心理的負担の軽減や孤独感の解消にも寄与する可能性を持っている。本システムは、先行研究における「システムの未連携」、「実行トリガーの欠如」、「通知機能の不足」という3つの課題(P1~P3)を解決するために、宅内カメラ・持ち物ボックス・VA傾聴サービスを統合したアーキテクチャを構築した。具体的には、宅内環境における遠隔画像取得(A1)と、スケジュール駆動型の自動検出(A2)、およびVA傾聴サービスによる自動忘れ物リマインド(A3)を組み合わせることで、実用的な支援の実現を目指した。本論文の構成は以下の通りである。第2章では、独居高齢者支援の現状と先行研究の課題について述べる。第3章では、提案する「モッコ」のアーキテクチャと3つのアプローチを詳述する。第4章ではシステムの具体的な実装方法を示し、第5章では予備実験を通じて応答性や照度耐性、使用感の検証を行う。第6章では実験結果に基づく本手法の利点と課題を考察し、第7章で本研究を総括する。

## 2. 準備

### 2.1 独居高齢者への日常生活支援

独居高齢者にとって、日常生活の中での課題の一つとして、忘れ物に関して多くの時間を費やしてしまうことがある。この問題に対処するために、近年では電子タグを用いた紛失物追跡デバイスが数多く市販されているが、これらの製品は紛失物を探す際に活用するものであるため、忘れ物を未然に防ぐことはできない。また、高齢者にとっては持ち物1つ1つにタグを着ける作業が困難であることが予想されるため、紛失防止のため

の製品が必ずしも独居高齢者の日常生活を支える最善の解決策となるわけではない。独居高齢者の日常生活を支援するためには、単なる紛失物対策に留まらず、認知機能の低下に対応した使いやすい技術や生活支援の仕組みを考案することが求められている[3]。

### 2.2 先行研究

我々の研究グループでは、仮想エージェントを活用して在宅高齢者の日常生活における傾聴を支援する「VA傾聴サービス」を開発している。[4][5][6]。このVA傾聴サービスは、高齢者が日常生活で感じた不安や悩みをVA傾聴サービスに話すことで高齢者の心のケアを目的としたサービスであり、VA傾聴サービスとユーザ間で多様なマイクロサービスを提供している。本節では先行研究として、VA傾聴サービスを通して高齢者に呼びかけを行うことで忘れ物を防止する「忘れ物防止サービス」[7]を、さらに「忘れ物防止サービス」における画像認識機能の技術検証に関する研究について紹介する。始めに、忘れ物防止サービスの全体アーキテクチャを図1に示す。この

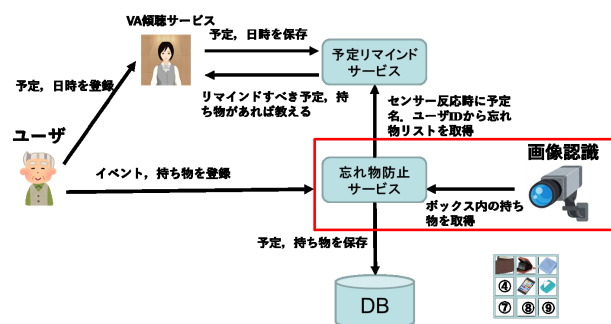


図1: システムの全体アーキテクチャ

サービスでは、専用サイトでユーザの定期的な予定と、その予定に必要な持ち物を追加することで、外出及び帰宅のタイミングで忘れ物をしていないか、戻し忘れをしていないかをリマインドする仕組みとなっている。課題としては、所定の位置に持ち物があるかどうかを判定する画像認識の機能が実装されていないことが挙げられている。次に画像認識機能の技術検証に関する研究について、はじめに画像認識を簡易にするために持ち物ボックスを定義した。この持ち物ボックスを図2に示す。画像認識には、リアルタイム物体検出に特化したアルゴリズムであるYOLO[8]を採用している。YOLOは高速な推論処理が可能であることに加え、ローカル環境での運用が容易であるという特徴を持つ。さらに、明示的にラベリングされた学習データを用いることで、モデルの認識性能を精密に制御できる利点がある。画像解析の代替案として検討されたLLMベースの手法と比較しても、YOLOは推論速度やAPI利用に伴うコスト、クラウド依存といった運用面での制約がなく、精度・速度・運用性の観点で優位性があるため、本研究の目的とする安定的な持ち物検知に適している。先行研究では持ち物の状態を図3のように「empty」と「occupy」の2値で判定することで安定した出力結果を得ている。さらに、検出結果の座標情報を用いて誤検出などのノイズを除去することで、精度の高い忘れ物検知



図 2: 持ち物ボックス

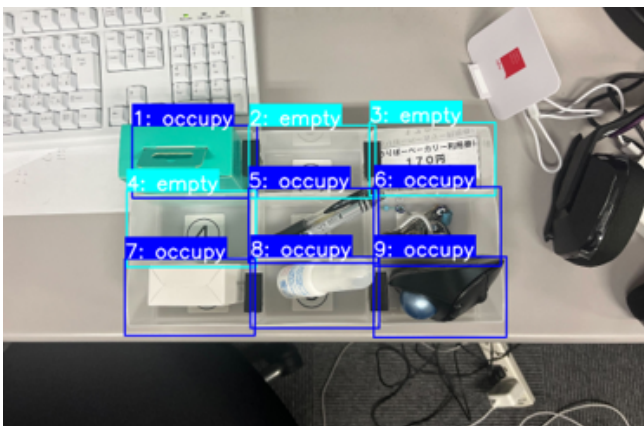


図 3: 画像認識の検出結果

を実現した。

### 2.3 先行研究における現状と課題

先行研究では、アーキテクチャの提案、忘れ物防止サービスのデータモデルの設計および実装、VA 傾聴サービスを用いた予定の登録機能、ならびにカメラを使った持ち物ボックス内の物体認識技術の確立が達成されている。しかし、実用的なサービスとして運用するにあたっては、以下の 3 つの課題が残されている。

- P1: カメラで取得した持ち物ボックスの状態を忘れ物防止サービスに連携する仕組みの欠如
  - P2: 登録された予定時刻に基づき、持ち物の有無を確認・判定する実行トリガーの実装
  - P3: 忘れ物を検知した際、VA 傾聴サービスを通じてユーザーへ適切に通知・促しを行うインタラクション機能の不足
- 本研究では、これらの課題を解決し、システム全体を統合することで、実環境におけるサービスの有用性を検証することを目指す。

## 3. 提案手法

### 3.1 目的とアプローチ

本研究の目的は、外出時の忘れ物を防止する身支度サポート

サービス「モッテコ」を開発し、その実用化に向けた技術的検証を行うことである。2.3 節で述べたように、先行研究には「ボックス状態の未連携 (P1)」、「確認サイクルの欠如 (P2)」、および「ユーザーへの通知機能不足 (P3)」という 3 つの課題が存在する。これらの課題を解決し、高齢者の自立した外出を支援するために、本研究では以下の 3 つのアプローチを導入する。

#### • A1: 宅内環境へのカメラと持ち物ボックスの設置と遠隔画像取得

物理的な持ち物ボックスを設置し、ネットワークを介してカメラ映像を取得・処理する基盤を構築する。

#### • A2: 機械学習を用いたスケジュール駆動型忘れ物自動検出

カレンダーサービスと連携して予定時刻を把握し、YOLO を用いた画像認識によって物品の有無を自動的に判定する。

#### • A3: VA 傾聴サービスによる自動忘れ物リマインド

仮想エージェント (VA) をインターフェースとして活用し、忘れ物を検知した際に音声対話を通じてユーザーへ適切なタイミングでリマインドを行う。

### 3.2 アーキテクチャ

本研究におけるアーキテクチャを図 4 に示す。本システムは、宅内環境における「ローカル」と、外部サーバーで構成される「クラウド」の 2 つの領域に分かれている。ローカル側は、ユーザー、VA 傾聴サービス、および画像取得部 (カメラと持ち物ボックス) で構成される。一方、クラウド側にはシステムの核となる「忘れ物防止サービス」が配置されている。図中の矢

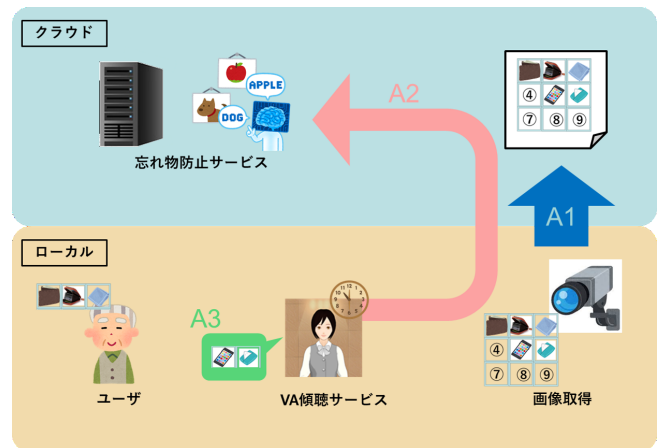


図 4: 本研究のアーキテクチャ

印 (A1~A3) は、3.1 節で述べた各アプローチの動作フローに対応している。まず A1 は、宅内のカメラで取得した画像をクラウドへ送信するプロセスを表す。次に A2 は、VA 傾聴サービスが保持するスケジュール情報をトリガーとして、クラウド側の忘れ物防止サービスへ画像認識の実行要求を行う流れである。忘れ物防止サービス内では、物体検出アルゴリズム YOLO を用いた画像認識プログラムが動作し、送信された画像から持ち物の有無を判定する。最後に A3 は、検知結果に基づいて VA 傾聴サービスがユーザーへ音声によるリマインドや声掛けを行う対話プロセスを示している。

### 3.3 A1: 宅内環境へのカメラと持ち物ボックスの設置と遠隔画像取得

本研究では、宅内における持ち物の状態を物理的に把握するため、図5に示すようなデバイスの設置を行う。具体的には、9つの区画に分かれた「持ち物ボックス」を玄関先などの身支度を行う場所に配置し、その上部から各区画を俯瞰できるようにカメラを固定する。遠隔での画像取得については、図6に示す



図 5: 宅内におけるカメラ設置の例

ような専用の管理画面を介して行う。ユーザや管理者は、サービスで使用するカメラをリストから選択し、プレビュー映像を通じて画角の確認が可能である。システムの内部動作としては、後述するスケジュール駆動のトリガーに基づいてAPIが呼び出された際、その瞬間の静止画を取得する仕組みとなっている。なお、利用者のプライバシー保護の観点から、取得した画像データは判定処理にのみ使用し、サーバー内への保存は行わない設計としている。

### 3.4 A2: 機械学習を用いたスケジュール駆動型忘れ物自動検出

本アプローチでは、カレンダーサービスと連携したスケジュール駆動型の検出アルゴリズムを導入する。本機能は、VA 傾聴



図 6: カメラ及び画角設定画面

サービス内のカレンダーサービス呼び出すことで実現される。このサービスは Google カレンダーの予定取得や追加を行う機能を備えており、VA 傾聴サービスは1分おきに、現在時刻から30分後までの間に予定が存在するかを常時確認する。確認の結果、該当する予定が存在する場合にのみ、画像取得と忘れ物検知のプロセスが自動的に開始される仕組みとなっている。実際の忘れ物検知においては、画像認識の結果とユーザの事前登録情報を照合することで判定を行う。ユーザは図7に示すような予定登録画面を通じて、予定名とともに「どの区画」に「何の持ち物」を収納するかをあらかじめ設定する。画像認識側では、物体検出アルゴリズム YOLO を用いて各区画内の物体の存在を「empty」と「occupy」の2値で判定する。システムはこの認識結果と、事前にデータベースへ登録された持ち物の収納場所情報を比較することで、必要な持ち物がボックス内に存在するかしないかを物理的に判断する。



図 7: 予定および持ち物登録

### 3.5 A3:VA 傾聴サービスによる自動忘れ物リマインド

本アプローチでは、画像認識による検知結果を基に、VA 傾聴サービスを用いてユーザへ適切なリマインドを行う制御フローを構築する。本プロセスは、図 8 に示す通り、事前登録、予定確認、外出準備検出、および忘れ物チェックの 4 つのフェーズで構成される。事前登録フェーズにおいて、ユーザはあらかじめ

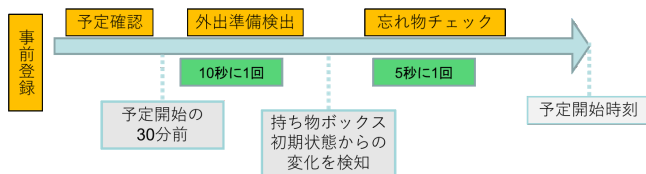


図 8: 自動リマインドの制御フロー

め予定名と必要な持ち物、その収納場所を登録する。これらの情報は VA 傾聴サービスを通じてカレンダーサービスへ同期され、自動的に管理対象となる。予定確認フェーズでは、システムが定期的に予定を確認し、開始時刻の 30 分前になると監視を開始する。次に、外出準備検出フェーズでは、待機状態として 10 秒に 1 回の頻度でバックエンドの画像認識を呼び出し、持ち物ボックスの初期状態を保持する。ボックス内の持ち物が取り出されるなど、初期状態からの変化を検知したタイミングで、最終的な忘れ物チェックフェーズへと移行する。忘れ物チェックフェーズでは、5 秒に 1 回の周期で画像認識を実行し、不足している持ち物がある場合には VA 傾聴サービスがその持ち物名を具体的に読み上げる。この呼びかけは忘れ物がなくなるまで繰り返され、すべての持ち物が揃ったことが確認されると、VA が「いってらっしゃい」という呼びかけを行うことでプロセスを完了する。これらの動作タイミングの設定は、実用におけるサーバー負荷とユーザ体験のバランスを考慮したものである。常に予測を行うことはサーバー負荷を高めるため、監視開始を予定の 30 分前に制限している。また、忘れ物チェックの間隔を 5 秒とすることで、持ち物の取り出し中における過剰な呼びかけを防ぎつつ、ユーザが外出する前に確実に通知を行うことを可能にしている。

## 4. 実装

### 4.1 事前準備

#### 4.1.1 利用した技術

本システムの実装に使用した技術スタックを以下に示す。本システムでは、機能ごとに言語とフレームワークを使い分ける構成を採用している。具体的には、画像解析を担う推論エンジン側として Python [9] を採用し、高速な物体検出を実現する YOLO、数値計算を行う NumPy、および画像処理を行う OpenCV を使用している。これらの機能は FastAPI [10] によって API 化され、外部からの解析要求に回答する役割を担う。一方で、システム全体の統括を行うサービス基盤側として、バックエンドに Java [11] および Spring Boot [12] を採用した。Java 側は、ユーザの予定管理や解析結果に基づく通知判定といった中心的なビジネスロジックを担い、React [13] と

TypeScript [14] で構築されたフロントエンドとのデータ連携を制御する。このように役割を分離することで、画像認識の高い演算負荷と Web サービスとしての安定的な動作を両立させている。

#### 4.1.2 学習モデルの構築

物体検出モデルの構築にあたっては、物体検出アルゴリズム YOLOv8 を採用し、モデルスケールは yolov8m.pt (中量級モデル) を用いた。アノテーションツールには labelImg を使用し、独自の学習データを作成した。本研究におけるデータセットの内訳は、訓練用データ 35 枚、検証用データ 12 枚である。計算環境については、CPU 上で学習プロセスを実行し、エポック数は 200 に設定した。学習時には、色相・彩度・明度の変換や左右反転、回転変換などのデータ拡張を適用することで、現実の多様な環境における汎化性能の向上を図っている。

#### 4.1.3 持ち物ボックスの製作

画像認識を簡略化するために定義した持ち物ボックスは、市販の収納ボックスを 3 つ連結して自作したものである。各ボックスはさらに 3 つの区画に分かれており、計 9 つの収納スペースがある。それぞれの区画に対して持ち物の有無 (empty/occupy) を判定することを目的としている。

#### 4.1.4 身支度サポートサービス「モッテコ」の動作フロー

本手法におけるサービスの有用性を確認するため、具体的な外出シナリオに基づく動作検証を行った。まず、図 9 に示す通り、イベント名「散歩」に対して必要な持ち物として「イヤホン」と「鍵」を登録した。なお、当日のスケジュールとしては、15 時 40 分に「散歩」を開始する予定を事前に登録しているものとする。検証開始時点では、これらの持ち物が持ち物ボックス内の所定の区画に正しく収納されている状態とした。実際の

予定名	持ち物	操作
散歩	イヤホン, 鍵	<input type="button" value="編集"/> <input type="button" value="削除"/>

図 9: イベントに必要な持ち物

動作における VA 傾聴サービスを介した対話ログを図 10 に示す。予定時刻の 9 分前である 15 時 31 分 18 秒において、システムは持ち物ボックスの状態をスキャンし、必要な持ち物のうち「イヤホン」がボックス内に残っていることを検知した。これを受け、VA 傾聴サービスは「イヤホンを忘れていませんか？確認してください。」という音声によるリマインドを実行した。この呼びかけに応じてユーザが不足していたイヤホンを取り出したところ、システムは 5 秒間隔の定期チェックによって状態の変化を即座に認識した。初回の呼びかけから 6 秒が経過した 15 時 31 分 24 秒には、「『散歩』の準備が完了したようですね。行ってらっしゃい！」という最終的な声掛けが行われ、一連の身支度サポートプロセスが正常に完了することを確認した。

## 5. 予備実験

### 5.1 目的と方法

本研究の提案手法を実際の高齢者へ適用する前段階として、

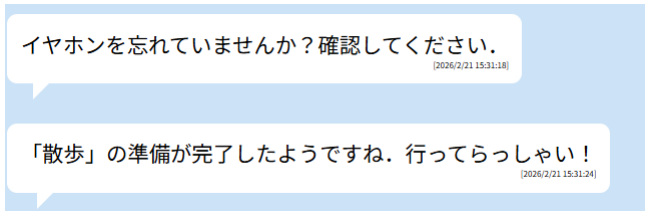


図 10: イベントに必要な持ち物

システムの基本的な品質を検証することを目的とした予備実験を行った。本実験では、以下の3つのリサーチクエスチョン(RQ)を設定した。

- RQ1: 画像認識実行から発話までのラグは実用的か？
- RQ2: 低照度環境下において画像認識は正しく動作するか？
- RQ3: 実際の使用における通知タイミングや利便性は適切か？

### 5.2 RQ1の結果

システムが忘れ物を検知してからVA傾聴サービスが発話を開始するまでの応答性を評価するため、画像認識APIのリクエスト送信からレスポンス受け取りまでの時間を測定した。持ち物ボックスの3か所に持ち物を入れた状態で、「外出準備検出フェーズ」において100回の測定を行った。実験の結果、図11に示す通り、平均ラグ時間は1141.43 ms、中央値は1188.50 msであった。また、標準偏差は224.44 ms、最大値は1279.00 ms、最小値は127.80 msであった。通信環境等による多少の分散は見られたものの、最大値においても約1.28秒に留まっており、概ね安定した結果が得られている。これらの結果から、本システムはリアルタイムな身支度サポートにおいて十分実用可能な応答性能を備えていると言える。

### 5.3 RQ2の結果

夜間の外出や暗い玄関先での利用を想定し、部屋の明るさが画像認識精度に与える影響を調査した。実験は夜9時頃、照明を消した室内において実施した。持ち物ボックスの近傍にはPCモニターAを配置し、離れた周囲に複数のPCモニターBが存在する環境とした。モニターAの点灯状態により照度を変化させ、区画4, 5, 8への持ち物の出し入れを検知できるか検証した。なお、照度の測定にはiPhone13および照度測定アプリケーション(LUX-照度計)[15]を用い、背面のメインカメラを光源に向けて計測を行った。実験結果を以下に示す。

- 照度 9.8 Lux: モニターAとモニターBが点灯し、ボックスが照らされている状態では、正常に画像認識が成功した。
- 照度 3.8 Lux: モニターBのみが点灯し、ボックスが僅かに照らされている状態では、画像認識に失敗した。

これにより、ある程度の視認性が確保されていれば、かなり暗い環境でもシステムが動作可能であることが示唆された。

### 5.4 RQ3の結果

「病院の定期健診に行く(持ち物は鍵、財布、携帯電話)」という具体的なストーリーを設定し、実際の使用感を検証した。病院は家から徒歩10分の距離にあり、予定時刻の20分前に家

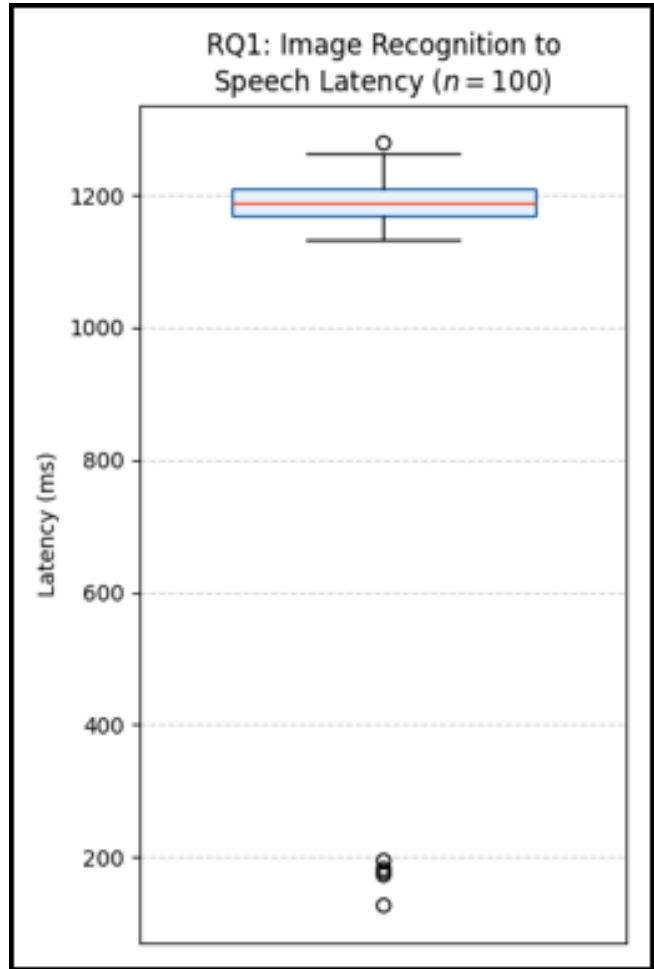


図 11: リクエスト送信から検知結果受信までの応答遅延の分布

を出るものとした。5秒間隔の画像認識による忘れ物チェックを行った結果、ユーザが持ち物ボックスから必要な持ち物を迅速に取り出し、家を出ようとする直前のタイミングにおいても「〇〇を忘れていませんか？」という呼びかけが十分な時間的猶予を持って行われることを確認した。一方で、5秒ごとに同一の持ち物に対するリマインドが繰り返されることに対し、「煩わしく感じる」という心理的な課題も明らかになった。

### 5.5 評価

予備実験の結果を踏まえ、本システムの有用性および本実験に向けた課題を整理した。

#### 5.5.1 本実験に向けての改良点

本実験に向けた改良すべき点は以下の2点である。1つ目は、リマインド通知の制御ロジックの改善である。現状の仕様では、5秒間隔の定期チェックにおいて忘れ物が解消されない限り、同一内容の呼び掛けが繰り返される課題が明らかになった。そのため、忘れ物を呼び掛けるトリガーとして持ち物ボックス内の「状態変化」を検知する仕組みを導入し、同様の呼び掛けが複数回行われることを防ぐ必要がある。2つ目は、アカウントの個別化である。現状のカレンダーサービスは共通のGoogleカレンダーに予定を登録し、ユーザーIDを用いて識別を行っている。複数人による実環境での利用を想定した場合、各ユーザのプライバシーや操作性を考慮したアカウント個別化の実装が

不可欠である。

### 5.5.2 有 意 点

本手法の有要点として以下の3点が挙げられる。1つ目は、画像認識を実行するための通信時間が平均約1.2秒であり、実用可能な応答性能を達成している点である。2つ目は、環境照度の影響を受けにくく、かなり暗い環境下においても精度を維持した画像認識が可能な点である。3つ目は、忘れ物を検知してからユーザへ知らせるまでの所要時間は、処理バッファと通信時間を合わせても約6.2秒という点である。これはユーザが持ち物を取り出してから家を出るまでの行動時間を考慮すると十分な時間的猶予であり、外出前に確実に忘れ物を検知して通知できることを示している。

## 6. 考 察

### 6.1 本手法の利点

本研究で提案した身支度サポートサービス「モッテコ」は、高齢者の外出時における忘れ物防止に対して以下の3つの観点から有効性を示した。1つ目は、持ち物確認に画像認識を組み込むことで、忘れ物を物理的かつ客観的に判定できる点である。従来の自己確認では「持ったつもり」という主観的な思い込みによる忘れ物を防ぐことが困難であったが、本手法ではカメラを通じた実状態の把握により、記憶の不確かさを補完することが可能となった。2つ目は、画像認識プロセスにおいて高い応答性を実現した点である。予備実験において、検知から通知までの所要時間を実用的な範囲（約1.2秒以内）に収められたことで、ユーザが家を出ようとする適切なタイミングで呼びかけを行うことが可能となった。3つ目は、仮想エージェントをインターフェースに採用した点である。対話型エージェントを介することで、スマートフォンやPC等のデジタル機器の操作に不慣れた高齢者であっても、日常の自然な対話の流れで直感的にサービスを利用できることが大きな利点と言える。

### 6.2 課 題

一方で、実用化に向けて解決すべき課題も明らかになった。まず、システムの拡張性に関する問題である。現状の単一サーバー構成では、将来的に複数人による同時使用を想定した場合、処理負荷の増大に伴い応答遅延が発生する懸念がある。次に、プライバシー保護の問題が挙げられる。本システムでは画像認識のために宅内の画像をクラウドサーバーへ送信する仕組みをとっているため、セキュリティおよびプライバシーの観点から、利用者が抵抗感を示す可能性がある。

### 6.3 今後の展望

上述の課題を踏まえ、今後は以下の3点に注力して研究を継続する計画である。1つ目は、評価実験で得られた知見に基づくサービスの修正である。特に、同一内容のリマインドが繰り返される「煩わしさ」を解消するため、5.5.1節で述べた状態変化トリガーの実装を進める。2つ目は、画像認識のローカル環境（エッジ環境）への移行である。認識処理を宅内のデバイスで完結させることにより、プライバシーの問題を解消すると同時に、ネットワーク遅延に依存しないさらなる高速化を目指す。3つ目は、実環境における長期的な評価の実施である。実

際に数人の高齢者に一定期間サービスを使用していただき、日常生活における利便性や行動変容に対する影響を定性・定量の両面から検証する予定である。

## 7. ま と め

本研究では、独居高齢者の外出時における忘れ物を防止する支援技術として、仮想エージェント（VA）と画像認識技術を統合した身支度サポートサービス「モッテコ」を開発し、その有効性を検証した。先行研究における「システムの未連携」、「実行トリガーの欠如」、「通知機能の不足」という課題を解決するため、宅内環境へのカメラと持ち物ボックスの設置と遠隔画像取得（A1）、機械学習を用いたスケジュール駆動型忘れ物自動検出（A2）、およびVA傾聴サービスによる自動忘れ物リマインド（A3）の3つのアプローチを導入した。システムの基礎的な品質を検証するための予備実験において、まず応答性の評価（RQ1）を行った結果、検知から発話開始までの平均ラグ時間は約1.14秒であり、実用上十分な応答性能を確認した。次に環境照度の影響（RQ2）を検証し、9.8 Lux程度の低照度環境下においても正しく物品を認識できることを示した。さらに実際の使用感の検証（RQ3）を通じて、外出直前の適切なタイミングでリマインドを行うことが可能であることを確認した一方、同一内容の通知が繰り返されることによる心理的負荷という課題も明らかになった。以上の結果から、画像認識による客観的な状態判定とVA傾聴サービスによる直感的なインターフェースを組み合わせることで、高齢者の忘れ物を効果的に防止できる実用的なシステムが構築可能であることを確認した。今後は、評価実験で得られた知見に基づき、持ち物ボックス内の状態変化をトリガーとした通知制御の実装による利便性の向上を図る。また、プライバシー保護と処理高速化を目的としたローカル環境への認識処理の移行を進めるとともに、実環境における長期的な評価を通じて、より信頼性と実用性の高い生活支援技術の実現を目指したい。

謝辞 本研究の一部はJSPS科研費JP25H01167, JP25K02946, JP25K24389, JP24K02765, JP24K02774, JP23K17006, JP23K28091, JP23K28383の研究助成を受けて行われている。

## 文 献

- [1] 総務省, “統計からみた我が国の高齢者”. <https://www.stat.go.jp/data/topics/pdf/topics142.pdf>.
- [2] 内閣府, “令和4年版高齢社会白書,” 2024. [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/html/gaiyou/s1\\_1.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/html/gaiyou/s1_1.html) (Accessed on 2025/02/05).
- [3] T. Holthe, L. Halvorsrud, and A. Lund, “Digital assistive technology to support everyday living in community-dwelling older adults with mild cognitive impairment and dementia,” *Clinical Interventions in Aging*, vol.17, pp.519–544, 2022.
- [4] 中村匡秀岡本大, “仮想エージェントとビデオ会議サービスを連携した在宅高齢者の会話機会の創出,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol.122, no.423, LOIS2022-60, pp.95–101, 2023.
- [5] M. Nakamura, “Exploiting smart systems for monitoring and assisting elderly people at home,” *Human-Centered Services Computing for Smart Cities*, p.259, 2024.
- [6] 陳思楠 佐伯幸郎 中村匡秀 安田清松川見徳, “在宅高齢者の社会参

- 画を促す音声対話型地域イベント紹介サービスの研究,” LOIS 一般社団法人 電子情報通信学会, vol.123, no.429, LOIS2023-59, pp.62-69, 2024.
- [7] 岡本大 中田匠哉 陳思楠 安田清 中村匡秀神谷岳, “画像認識と音声対話を用いた高齢者の忘れ物防止サービスの提案,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol.124, no.429, SS2024-64, pp.121-127, 2025.
- [8] Ultralytics, “Ultralytics yolo 資料,” 2025. <https://docs.ultralytics.com/ja/models/yolov8/> (Accessed on 2025/06/10).
- [9] Python Software Foundation, “Python 3.12 documentation,” 2024. <https://docs.python.org/3/> (Accessed on 2026/02/22).
- [10] S. Ramírez, “Fastapi documentation,” 2024. <https://fastapi.tiangolo.com/> (Accessed on 2026/02/22).
- [11] Oracle, “Java platform, standard edition documentation,” 2024. <https://docs.oracle.com/en/java/javase/index.html> (Accessed on 2026/02/22).
- [12] VMware (Broadcom), “Spring boot reference documentation,” 2025. <https://spring.io/projects/spring-boot> (Accessed on 2026/02/22).
- [13] Meta Platforms, Inc., “React documentation,” 2025. <https://react.dev/> (Accessed on 2026/02/22).
- [14] Microsoft, “Typescript documentation,” 2025. <https://www.typescriptlang.org/docs/> (Accessed on 2026/02/22).
- [15] K. Torishima, “Lux - 照度計,” 2025. <https://apps.apple.com/jp/app/lux-%E7%85%A7%E5%BA%A6%E8%A8%88/id1631156210> (Accessed on 2026/02/21).