一般社団法人　電子情報通信学会
THE INSTITUTE OF ELECTRONICS,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

信学技報
IEICE Technical Report
LOIS2017-86 (2018-03)

環境変化に基づく行動認識を用いた高齢者状態通知サービスの開発・評価

玉水　一柔† 榊原　誠司† 佐伯　幸郎† 中村　匡秀† 安田　清††

† 神戸大学　〒 657–8501 神戸市灘区六甲台町 1–1
†† 千葉労災病院　〒 290–0003 市原市辰巳台東 2–16
E-mail: †{tamamizu,sakakibara}@ai.cs.kobe-u.ac.jp, ††sachio@carp.kobe-u.ac.jp, †††masa-n@cs.kobe-u.ac.jp, ††††fwkk5911@mb.infoweb.ne.jp

あらまし　在宅介護を支援するテクノロジーとして，ICT を活用した見守りシステムの研究・開発が盛んである．しかし，従来の見守りシステムには，導入コストや侵襲性の問題，個人適応したケアへの問題，コミュニケーションの欠如といった課題がある．これらを解決すべく，本研究では，IoT デバイスであるセンサボックスを用い，環境変化の検知を行い，検知したタイミングでユーザの行動を認識し，結果をユーザや家族に通知するシステムを開発し評価を行う．

キーワード　高齢者ケア，在宅介護，行動認識，変化点検知，チャットボット

Implementation and Evaluation of Elderly Context Notification Service using Activity Recognition based on Environmental Changes

Kazunari TAMAMIZU†, Seiji SAKAKIBARA†, Sachio SAIKI†, Masahide NAKAMURA†, and Kiyoshi YASUDA††

† Kobe University　Rokko-dai-cho 1–1，Nada-ku，Kobe，Hyogo，657–8501 Japan
†† Chiba Rosai Hospital　Tatsumidai-higashi 2–16，Ichihara，Chiba，290–0003 Japan
E-mail: †{tamamizu,sakakibara}@ai.cs.kobe-u.ac.jp, ††sachio@carp.kobe-u.ac.jp, †††masa-n@cs.kobe-u.ac.jp, ††††fwkk5911@mb.infoweb.ne.jp

Abstract　The ICT-based elderly monitoring systems attract great attention as a promising technology for home elderly care. However, the conventional systems have limitations of development cost and invasiveness, personalized care and a lack of communication. To cope with these limitations, we propose the system that recognizes activities of daily living (ADL) of the elderly and notifies to the user or their family based on environment changes. Also, We implement and evaluate the proposed system.

Key words　elderly care, home care, activity recognition, change point detection, chatbot

1. はじめに

現在，日本は超高齢化社会を迎えており，2025 年には総人口がおよそ 1 億 2114 万人に減少する．一方，65 歳以上の高齢者数はおよそ 3657 万人となり，総人口の約 30.3 %が 65 歳以上の高齢者となることが予想されている [1]．それに伴って，深刻な介護人材不足も進んでいる．介護分野の有効求人倍率は高く，2014 年 12 月の調査では 2.68 倍であり [2]，また特別養護老人ホームの入所申込者数（待機老人数）が 52.4 万人と発表されるなど，介護施設も不足している．こうした背景を受け，日本政府は介護施設を増やす取り組みよりも，**在宅介護**の推進・支援を進めている [3]．今後，高齢者介護の形態として家族介護が増加し，家族の介護負担が重くなることが考えられる．よって，在宅での高齢者介護の負担を和らげ，人でしかできないケアをより充実させるための技術やシステムが必要とされている．

高齢者の在宅介護を支援するテクノロジーとして，ICT を活用した**見守りシステム**が有望視されている．とりわけ近年では，**行動認識技術**によって高齢者の**日常生活行動（activities of daily living, ADL）**を認識し，非常時に介護者へ通知するシステムが盛んに研究されている．行動認識技術とは，環境センサやウェアラブルデバイス，カメラなどから得られたデータを解析することで，見守り対象の人の状態や行動を推定・判別する技術である．見守りシステムの例として，離床センサを

This article is a technical report without peer review, and its polished and /or extended version may be published elsewhere.
Copyright ©2018　by　IEICE

用いたシステム [4] や，ロボットを活用したシステム [5] が実際に商品化されている．また行動認識技術の研究としては，カメラ画像から行動パターンなどを認識するものや，ウェアラブルデバイスやスマートフォンから得られる加速度データを学習して，ユーザの状態を認識するもの [6]，スマートホーム内に張り巡らされた環境センサを利用して ADL を判別するもの [7] などが提案されている．しかし，従来の見守りシステムには，導入コストと侵襲性の課題や収集蓄積したデータを利用した個人適応への課題，高齢者へのコミュニケーションの欠如といった課題がある．

これらの課題を解決すべく，我々は，宅内の環境変化をトリガとし高齢者の ADL を認識し，認識した行動に基づいた声掛けによって，実際のケアの支援を行うためのシステムを提案する．提案システムは，自律センサボックスを利用した**環境センシング部分**，環境センシング部分で得られた環境データを利用し，ユーザの行動を予測する**行動認識サービス**，予測された行動を基にケアエージェントを利用し，声掛けを基本としたケアを行う**ケア実行サービス**からなる．提案システムによって，非侵襲なセンシングによって低負荷な ADL 記録ができるとともに，高齢者に対して声掛けや気遣いのコミュニケーションを創出できる．これにより，従来システムに比べてより導入の敷居が低く，より高齢者に寄り添ったケアを実施できる．本研究では，先行研究で開発した環境データに基づく変化点検知を利用した行動の手動認識システム，実際に収集した行動ログを用いたユーザの行動を予測する自動認識システムを統合し，変化点検知を基にユーザの行動認識を行い，結果をユーザに通知することでケア支援を行うシステムを実装し評価を行う．評価は，ソフトウェア品質に関する国際規格である ISO/IEC 25000 シリーズ（通称 SQuaRE と呼ばれる）を基に 主にユーザ利用時の品質という観点から行う．

2. 準　　備

2.1 ICT を活用した高齢者見守り

在宅高齢者の見守りの一般的なプロセスでは，まず実世界データのセンシングを行い，高齢者およびその環境の状況を把握する．センシングするデータとしては，生体データ（脈拍，腕や脚や胴などの加速度など）や環境データ（気温，湿度，音量，照度など）が挙げられる．次に，行動認識において，センシングで得られたデータを利用し，高齢者の**日常生活行動（ADL）**を認識する．そして，認識された行動に基づき，通知などを行いケアが実行される．高齢者の在宅介護における観測，ケア，記録の一部を ICT が引き受けることで，介護の労力を軽減し，人間にしかできないケアの質の向上を狙う．

2.2 見守りシステムの課題

従来の見守りシステムが抱える課題として，本研究では以下の課題 P1〜P3 に着目している．

課題 P1（導入コストと侵襲性）　システムを一般家庭に導入する際に，家の工事や改築が必要になる場合がありコストがかかる．例えば，家をスマートホーム化するにはセンサの取り付け工事が必要となる．また，カメラなどを利用したものはプライバシーなどの問題もあり，ユーザの日常生活への侵襲性が高くなる．

課題 P2（個人適応したケア支援の課題）　行動認識では観測したデータを ADL に分類するために機械学習を用いる．従来手法では，個人に適応した行動の分類モデルを作成しておらず，また，個人に適応したケア支援などを実行していないため，個人に寄り添ったケア支援が行われていない．

課題 P3（高齢者へのコミュニケーションの欠如）　従来の見守りシステムのほとんどは，何か起こった時に介護者に一方的に通知を出すだけである．本来重要である高齢者に対するコミュニケーションや支援を直接行うものは少なく，介護者の大幅な負担軽減には至っていない．

2.3 変化点検知

変化点検知とは，時系列データの中から，データの性質が変わった点を特定する技術である．変化点検知の種類には，今までに蓄積されたデータの中でバッチ的に変化点を探す**オフライン検知**と，新しいデータが得られるたびに検知を行い得られたデータが変化点であるかどうかを判断する**オンライン検知**がある．見守りにおいては，環境の変化を即時で判断する必要があるため，オンライン検知を利用する．本研究では，オンライン変化点検知手法の 1 つである **ChangeFinder** [8] を利用した環境データの変化点検知サービスを用いる [9]．

2.4 行 動 認 識

近年，ICT を活用し，人間の ADL を推定する手法の研究・開発が盛んであり，見守りシステムへの応用が期待されている．これらの手法は，環境センサやウェアラブルセンサ，カメラなどで取得した多種多量のデータから，ユーザの姿勢や行動を自動的に推測・認識しようとするものである．一般的には機械学習が用いられ，**教師あり学習**や**教師なし学習**によって，与えられた生データに基づいて具体的な ADL のラベルを返す．教師あり学習では，環境センサやウェアラブルセンサ，カメラなどのデータに対して，実際に行われた ADL のラベルをあらかじめ付与し，教師データを作成する．そして，教師データの特徴量を抽出し，サポートベクターマシン（SVM）などの機械学習手法によって学習が行われる．教師なし学習では，取得したデータに対してクラスター分析を行い，各クラスタを ADL にマッピングする．これまでに様々な行動認識手法が提案されており，スマートホームの屋内測位と消費電力を用いるもの [7]，カメラによって得られた画像データから人物のシルエットを抽出し行動を認識するものや，スマートフォンの加速度センサと音を用い行動認識を行うもの [6] などが提案されている．本研究では，我々が先行研究にて開発した，環境データを用いた ADL 認識サービスを利用する [10]．

2.5 環境センシングとインターフェース

我々は先行研究において，複数のセンサデバイスをワンボード PC に接続して小さな箱に入れた**自律センサボックス**を開発している．これは，温度，湿度，照度，気圧，音量，振動，人感の 7 つの環境センサを内蔵した IoT デバイスである．電源

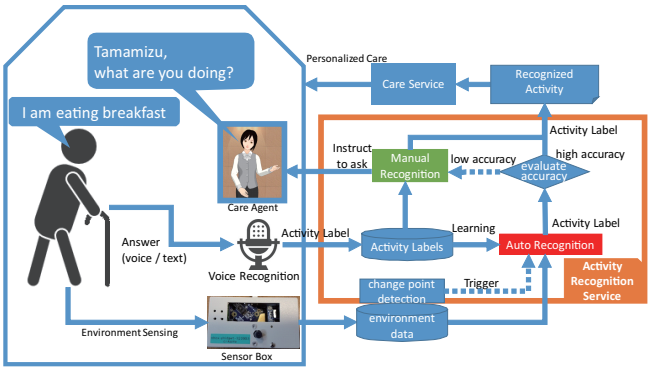

図 1　System Architecture

を入れるだけで周辺の環境値を自律的に測定し，クラウドにデータをアップロードする．クラウドに収集されたデータは，Web-API を通してアクセス可能であり，外部のアプリケーションは，プラットフォーム非依存な Web プロトコル (REST または SOAP) で任意の時系列データを取得できる．センサボックスは好きな場所に容易に設置でき，測定するデータは環境データなので，ユーザの日常生活に対して非侵襲である．高齢者の在宅介護における観測，記録を支援するテクノロジーとして活用できる．

また，先行研究 [11] において，ケア対象者のそばにいて，ケアプログラムを提供するインターフェース（**ケアエージェント**と呼ぶ）の研究も行っている．ケアエージェントは，音声やテキスト入力などによる対話的なインタラクションによって，コミュニケーションを行うもので，ケアなどの支持を別のプログラムから受け取り実行する．具体的には，チャットボットや，ロボットなどを用いて実装を行う．ケアエージェントは，対話やテキスト入力などによって高齢者とコミュニケーションができ，在宅介護における声掛けやケア提供のためのインタフェースとして利用できる．

3.　LINE を用いた行動通知・ログ収集システム

3.1　概　　要

2.2 節の課題 P1〜P3 を解決するため，本研究では，宅内の環境変化をトリガとし，高齢者の ADL を認識し，LINE を用いて行動の通知・ログ収集を行うシステムを提案する．提案システムの全体アーキテクチャを図 1 に示す．

提案システムでは，自律センサボックス (2.5 節) を高齢者の自宅に設置し，環境センシングを行う．次に，環境センシングで得られたデータをオンラインで解析し，変化点スコアの計算を行い，変化点スコアに基づいて変化点の判定を行う．変化点検知時，高齢者の ADL の認識を行い，認識結果に基づくケア支援などを行う．具体的なケア支援の内容として，ADL の認識結果に基づき，ケアエージェントが高齢者に対し，現在何をしているのかなどの問いかけを行う (**声掛け**と呼ぶ)．高齢者は，ケアエージェントからの声掛けに対し，声やテキスト入力で回答することで ADL が記録される．ADL の入力や収集をケアエージェントを用いたシステムとの対話的インタラクションを通して行うことにより，高齢者とケアエージェントとのコミュニケーション機会が創出される．

3.2　エージェントサービス

提案システムでは，ケアエージェントとして，対話的インタラクションの機能に特化したエージェントサービスを実装する．エージェントサービスでは，変化点検知結果，行動認識結果をユーザへ通知するための機能，また，ユーザからメッセージが到着した際に，受け取ったメッセージを取得し，ログの収集や，有益な情報を返信するといった機能が必要となる．そこで，本研究では LINE Bot を利用し，エージェントサービスを以下の機能を持った Web サービスとして実装する．

/webapi/{eventName}/registerListener
あるイベント（{eventName}）が起こった際に実行される処理（listener）を登録するための機能である．{eventName} としては，ユーザがメッセージ送信を行ったことを意味する MessageEvent，ユーザがエージェントサービスを登録したことを意味する FollowEvent，ユーザがエージェントサービスを登録解除したことを意味する UnfollowEvent などを選択することができる．Listener としては，ほかの連携する Web サービスへのアドレスを入力し，イベント発生時，イベントの内容が渡され連携先の Web サービスが実行される．

/webapi/pushTextMessage
指定されたユーザに対して，指定されたテキストメッセージを送信する．

/webapi/pushImageMessage
指定されたユーザに対して，指定された画像を送信する．

/webapi/getContent
ユーザから受け取ったメッセージから，詳細なデータを取得する際に用いる．具体的には，ユーザから画像が送信された際に画像のバイナリデータを取得する場合や，音声メッセージが送られてきた際に音声のバイナリデータを取得する場合などに用いる．

特に，/webapi/pushTextMessage を利用することで，変化点検知結果，行動認識結果の通知などを行うことができる．また，イベントリスナー型の処理方法により，/webapi/{eventName}/registerListener によって，イベント発生時の処理を登録しておくことで，ユーザからのメッセージが到着したときなどの処理を行うことができ，ログの収集や有益な情報の返信などを行うことができる．

3.3　メッセージの通知

本節では，3.2 節で説明した機能を用い，ユーザへメッセージを通知する方法について示す．はじめに，設置したセンサボックスのセンサを，先行研究で開発した変化点検知サービスへ登録する．変化点検知サービスの登録は，どのセンサボックスのどのセンサの変化点検知かを識別する ID，対象となるセンサボックス，対象となるセンサ，ChangeFinder のパラメータである 1 段階目の学習の AR 次数，忘却率，平滑化幅，および 2 段階目の学習の AR 次数，忘却率，平滑化幅を入力として行う．次に，ユーザ情報の登録を行う．ユーザ情報として

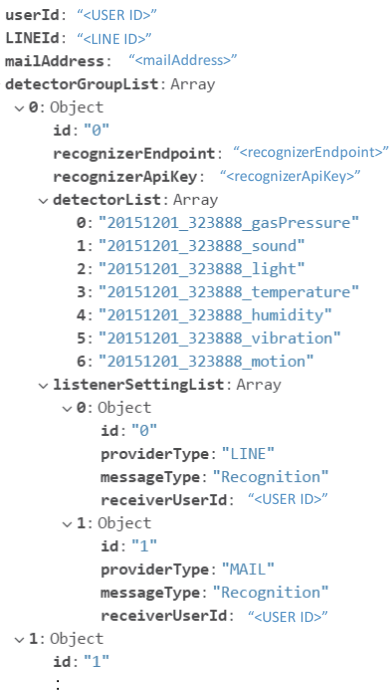

図 2　Example of Activity Recognition Service User Table

は，ユーザを識別する ID（userId），メッセージの送受信を行うインターフェースとなる LINE の ID（LINEId），ユーザのメールアドレス（mailAddress），検知対象の設定と検知時の設定をまとめたグループのリスト（detectorGroupList）がある．detectorGroupList の要素は，行動認識の際に用いるサービスのアドレス（recognizerEndpoint），行動認識の際に用いるサービスの APIKey（recognizerApiKey），検知対象となる検知器のリスト（detectorList），検知時に通知が送られるユーザと通知設定のリスト（listenerSettingList）から構成される．また，listenerSettingList の要素は，設定の識別 ID（id），通知に用いる媒体の種類（providerType），通知内容の種類（messageType），通知を受け取るユーザの識別 ID（receiverUserId）から構成される．実際に登録されるユーザ情報の例を図 2 に示す．サービス起動時にこれらのユーザの登録情報を読み込み，detectorGroupList の各要素の detectorList を基に変化点の検知を行う．変化点の判定は，detectorList に登録されている変化点検知器によって計算された変化点スコアを取得し，1 つでもスコアが閾値以上，かつ，対象のセンサボックスのモーション値が指定された期間中一度でも true になっていれば，検知と判定する．変化点を検知した際，再び変化点が判定されるまでのクールタイムを設定することで，頻繁に変化点が検知されることを防止する．また，検知された際には，listenerSettingList を基にメッセージを生成し，対象ユーザである recieverUserId に，通知の方法である providerType に基づき，生成したメッセージの送信を行う．

3.4　メッセージの生成

変化点検知後，行動認識を行い認識結果を通知する場合，検知した場所，日時に基づきデータベースから必要なセンサデータを取得し，行動認識に必要なデータを生成する．そして，recognizerEndpoint に対しデータを送信し行動認識を行い，認識結果の出力を整形することで以下の形式のメッセージを生成する．

> MM 月 dd 日 HH 時 mm 分に location で，activity をしていましたか？
> [質問番号：ddnnn 番]
> （確率：ppp.p%）
> （sensorType で検知）

また，変化点検知後，行動認識を行わず検知結果のみを通知する場合は検知した場所，日時に基づき以下の形式のメッセージを生成する．

> MM 月 dd 日 HH 時 mm 分に location で，何をしていましたか？
> [質問番号：ddnnn 番]
> （sensorType で検知）

ここで，MM には 01 から 12 の月を示す数字，dd には 01 から 31 の日にちを示す数字，location には検知した場所を示す文字，activity には認識結果として最も可能性の高かった行動の文字，ppp.p には認識結果の行動の推定確率を示す 0.0 から 100.0 までの数字，sensorType には変化点を検知したセンサーの種類 nnn にはその日に受け取った通知の数が連番として入る．質問番号は，LINE での通知の時のみ付与し，質問と回答を対応付けるためのみに用いる．また，通知したメッセージは，送信日時（timestamp），送信者（from），送信先（to），データの種類（dataType），メッセージの具体的な内容（contents）という情報にし，ログとしてデータベースに格納する．

3.5　ログの収集

ログの収集には，エージェントサービスの持つ機能の/webapi/{eventName}/registerListener を用いる．ユーザからのメッセージ到着時に処理を行うため，/webapi/MessageEvent/registerListener によって，ログを収集する機能を登録する．ログを収集する機能では，ユーザからメッセージが到着したというイベントが発生した際に，ユーザがメッセージを送信した日時，メッセージを送信したユーザのユーザ ID，送信データのタイプ，メッセージを識別する ID や，メッセージの内容などを受け取る．また，メッセージの具体的な内容を取得する/webapi/getContent の機能を用いて，詳細な情報を受け取り，データベース格納のためにフォーマットを整える．フォーマットは，サービスが通知するメッセージのログの場合と同様に，ユーザがメッセージを送信した日時（timestamp），送信者（from），送信先のサービス名（to），データの種類（dataType），メッセージの具体的な内容（contents）とし，サービスの通知と同じデータベースに格納する．また，サービスの通知と返事の内容の対応をとるため，サービスからの通知への返事は，以下のフォーマットで送信してもらう．

> ddnnn 番 message

```
_id: ObjectId("5a6e546c3efbc00523f1102e")
timestamp: "2018-01-29T07:53:32+0900"
from: "<LINE ID>"
to: "LifeActivityNotifier"
dataType: "text"
contents: "29005番 そうです"

_id: ObjectId("5a6e48383efbc00523f11028")
timestamp: "2018-01-29T07:01:28+0900"
from: "LifeActivityNotifier"
to: "<LINE ID>"
dataType: "text"
contents: "01月29日07時01分に靴箱上で，外出をしていましたか？
[質問番号:29005番]
(確率:100.0%)
(motionで検知)"
```


図 3　Example of User Logs Table

ddnnn には，サービスから来た通知についている質問番号を付けてもらい，message には，認識結果があっていた場合は「はい，そうです」や，認識結果が間違っていたり，認識結果を用いていない通知の場合は実際の行動を入力してもらう．これにより，データベースにログを蓄積し，時系列情報と質問番号を用いることで，いつ何をしていたかのログを収集することが可能となる．実際にやりとりをした例を図 3 に示す．図 3 でのやりとりによって，2018 年 1 月 29 日 07 時 01 分の行動として外出という行動がログとして収集される．

4.　実験と評価

提案システムの評価として，ソフトウェア品質に関する国際規格である SQuaRE をもとに 主にユーザ利用時の品質という観点から評価を行う．SQuaRE では，「システム/ソフトウェア製品品質」「データ品質」「利用時の品質」の観点から評価を行う．本研究では，利用時の品質の有効性・効率性・満足性・リスク回避性・利用状況網羅性の観点から，ユーザアンケートを作成し実際にユーザの利用を通してシステムの評価を行う．

4.1　実　　験

妻と二人暮らしをする 60 歳代の男性に，2017 年 12 月 19 日から 2018 年 1 月 22 日の 35 日間，提案システムを利用してもらい，SQuaRE を基に作成したアンケート項目によってサービスの評価を行った．センサボックスは居間・洗面所・和室・玄関に設置してもらい，各センサを変化点検知サービスに登録した．変化点検知サービスでは，ChangeFinder に用いるパラメータとして，1 段階目の学習の AR 次数を 1，1 段階目の忘却率を 1%，平滑化幅を 7，2 段階目の学習の AR 次数を 1，2 段階目の忘却率を 1%，平滑化幅を 3 と設定した．また，設置場所ごとにセンサをグループとしてまとめ，変化点スコアの閾値を 10，最新 30 分間のモーション値をチェックするようにした．検知した際には，5 分間同じグループ内のセンサが変化点を検知しないように設定した．通知メッセージのタイプとしては，行動認識結果を LINE で通知するようにし，行動認識の際に使う分類モデルは，先行研究 [10] で作成したモデルを用いた．アンケートとしては，ユーザに関する質問を 4 個，システムの評価に関する質問を 25 個，システムに対する自由な感想を聞く質問 1 個を行った．システムの評価に関する質問としては，リアルタイムに送受信ができたかを問う質問，コミュニケーション量が増加したかを問う質問，利用を続けたいと思うかを問う質問，メッセージのタイミングや頻度・行動認識の精度を問う質問，メッセージの送受信をうれしく思うか不快に思うかを問う質問，操作性や利用状況，リスクに関する質問などを主に 4 段階で行った．

4.2　結果と考察

利用結果として，システムからユーザに対し送ったメッセージの数は 869 通，ユーザからシステムに対して送信されたメッセージの数は 416 通であった．また，ユーザが送ったメッセージのうち 409 通がテキストのみによるメッセージ，残りの 7 通が画像送信であった．変化点が検知されてから通知がユーザに送信されるまでの時間は，平均 43 秒，分散 323.4214，最大で 126 秒，最小で 4 秒かかることがわかった．

また，ユーザアンケートの結果として，有効性の観点からは，システムからの情報が役に立ち，システムとのリアルタイムなやり取りができ，コミュニケーション量が増加し，有効性が高いことが確かめられた．特に，利用結果として得られたメッセージの数からも，コミュニケーション量が増大したことが分かる．この理由として，提案システムは，メッセージを入力し送信ボタンを押すのみで，メッセージの送信ができるため，簡単に送ることができたことが考えられる．また，メッセージの入力の際には，音声認識を利用した入力を行うことができるため，そういった機能を利用することによって，より簡単に送ることができたと考えられる．ユーザアンケートからも，操作性に関してはややスムーズに行えたという回答や，メッセージの送受信に慣れるのにやや時間はかからなかったという回答から，簡単な操作でメッセージの送受信ができたことが分かる．一方で効率性の観点からは，メールで送る場合と比較してもらった場合，作業時間や労力に関してはあまり減らなかったという結果が得られた．このことから，メールによる行動ログの記録を行った場合と比較して，効率性はあまり高くないことが分かった．この理由としては，メールによる場合も提案システムによって行う場合も，行動したタイミングで行動を記録しており，記録をまとめて送るかひとつずつ送るかの違いのみで，労力や作業時間に関してはあまり差が出なかったものと考えられる．

また，行動ログのタイミングや頻度に関してはメッセージのタイミングはやや適切で，頻度は適切であり，信用性が高いことが分かった．一方，行動認識結果に関しては，推定された行動はあまり適切でなかったため，知りたい情報が知られず，信用性があまり高くなかったことが分かった．タイミングがやや適切だったことに関しては，変化点検知から通知までの時間が平均 43 秒だったことからも確かめられる．タイミングがやや適切だった理由としては，二人暮らしの家庭だったため，実験に協力してもらった男性に反応したのではなく，男性の妻に反応した結果が通知として送られたため，適切までは至らなかったと考えられる．推定された行動があまり適切でなかった理由としては，学習のために用いた行動ログデータ及びセンサデー

タの質・量が悪かったことや，今回設置していたセンサボックスの位置および利用した特徴量（時間帯，環境データ，1 つ前の行動など）では，分類しづらい行動が多かったことが考えられる．この問題を解決するため，提案システムを利用し続けてもらうことで，行動ログを継続的に大量に取得し，日々分類モデルをアップデートすることで分類精度を強化していくことなどが考えられる．

満足性の観点からは，利用を続けたいという回答や，操作性に関してスムーズに行えたという回答，メッセージの送受信に関して不快に思うことがなく，ややうれしく感じたという回答などから，実用性，快適性，快感性がともに高く，満足性が高いことが分かった．この理由としては，通知メッセージの頻度が多すぎず適切であり，ユーザに対してストレスをあまり与えなかったことや，何か行動を推定してシステム側が訪ねてくれるというところに，見守ってもらえていることなどを感じたためと考えられる．

リスク回避性に関しては，スマートフォンを利用しているため路上での利用による安全上のリスクが回答として得られたが，経済的なリスクに関しては，主な経済的なリスクとして考えられるパケット量に関して，気にすることなく利用できることが分かった．また，利用状況網羅性に関して，もともと想定していた利用状況が一人暮らしの高齢者宅内（または高齢者が一人暮らしのような環境で生活されている状況）であったため，今回の実験から，利用状況に関して柔軟性が高いと考えられる．さらに，提案システムは宅外などでのメッセージの送受信ができると思うという回答が得られ，システムを拡張することで宅外の行動にも対応可能なシステムとして，利用できることが確かめられ柔軟性が高いと考えられる．

さらに，コメントや感想からは，その時の考えなどを入れられてログに残るため振り返るときなどに便利なことや，画像も用いたログをつけることができ，振り返ることができるため便利であるという感想が得られた．また，スマートフォンと連携するスマートウォッチなどを利用することで，より手軽に入力などが送れそうといった感想も得られた．ユーザの工夫により，想定していた利用にとどまらず，より生活をサポートすることが可能になることが分かった．

5. おわりに

本研究では，宅内の環境変化をトリガとし，高齢者の ADL を認識し，LINE を用いて行動の通知・ログ収集を行うシステムを提案し，開発・評価を行った．具体的には，ChangeFinder を利用した変化点検知の仕組み，および，行動認識を用いたメッセージ生成，ログ収集について示した．また，実際の家庭にセンサボックスを導入し，提案システムを利用してもらい SQuaRE を基に作成したユーザアンケートによって評価を行った．評価結果から，リアルタイムなインタラクションによりコミュニケーションが増加し，有効性が高いことや，利用を続けたいという結果やメッセージに対してややうれしく思ったといった結果から，満足性が高いこと，実用性・快適性・快感性が高いことが分かった．しかし，信用性に関しては，メッセージの頻度・タイミングに関しては高かったものの，行動認識に関してはやや低く，改善の必要があると考えられる．

今後の課題としては，より多くのユーザにシステムを使ってもらい，行動ログを大量に蓄積していくことで，行動認識のための分類モデルを改善することが考えられる．また，本研究ではシステムからの通知の後，実際の行動を聞き取った後のケアなどは行わなかったが，行動を聞き取った後に手助けになるようなケアを実施できるシステムへの拡張も考えられる．さらに，収集した行動ログの解析やユーザの感情分析も組み合わせることで，行動・感情に応じたケアを推薦できるようなシステムへの応用も考えられる．

謝辞 この研究の一部は，科学技術研究費（基盤研究 B 16H02908，15H02701，基盤研究 A 17H00731，萌芽研究 15K12020），および，立石科学技術振興財団の研究助成を受けて行われている．

文　献

[1] 内閣府，“平成 27 年度版高齢社会白書，” http://www.cao.go.jp/，June 2015.
[2] 厚生労働省，“介護人材の確保について，” http://www.mhlw.go.jp/，Feb. 2015.
[3] 大和総研，“超高齢社会における介護問題，” http://www.dir.co.jp/research/report/japan/mlothers/20140509_008508.pdf，May 2014.
[4] 株式会社ディプス，“離床センサー，” http://www.deps1972.com/category/1193634.html，Dec. 2016.
[5] 株式会社テクノスジャパン，“在宅ケア 見守り介護ロボット「ケアロボ」，” http://www.technosjapan.jp/product/tascal/index.html，Aug. 2015.
[6] 大内一成，土井美和子，“加速度と音で日々の生活行動を認識する activityanalyzer，” 情報処理学会インタラクション，vol.3，pp.255–258，2011.
[7] K. Ueda, M. Tamai, and K. Yasumoto, “A method for recognizing living activities in homes using positioning sensor and power meters，” 2015 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops (PerCom Workshops), pp.354–359, March 2015.
[8] S.Shanthi S.Saranya, R.Rajeshkumar, “A survey on anomaly detection for discovering emerging topics，” International Journal of Computer Science and Mobile Computing (IJCSMC), vol.3, no.10, pp.895–902, Oct. 2014.
[9] K. Tamamizu, S. Sakakibara, S. Saiki, M. Nakamura, and K. Yasuda, “Capturing activities of daily living for elderly at home based on environment change and speech dialog，” Digital Human Modeling 2017 (DHM 2017), no.LNCS 10287, pp.183–194, Springer International Publishing AG 2017, July 2017. Vancouver, Canada.
[10] K. Tamamizu, S. Sakakibara, S. Saiki, M. Nakamura, and K. Yasuda, “Implementation of recognizing indoor activities using cloud service for machine learning，” IEICE Technical Report, no.IA2017-41, pp.49–52, Nov. 2017.
[11] S. Tokunaga, K. Tamamizu, S. Saiki, M. Nakamura, and K. Yasuda, “VirtualCareGiver: Personalized smart elderly care，” International Journal of Software Innovation (IJSI), vol.5, no.1, pp.30–43, Oct. 2016. http://www.igi-global.com/journals/abstract-announcement/158780.