

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：12701

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25880010

研究課題名(和文)服薬管理支援システムのための未来状態推定法に関する研究

研究課題名(英文)Activity State Estimation for Medication Management Support System

研究代表者

鈴木 拓央(SUZUKI, TAKUO)

横浜国立大学・工学(系)研究科(研究院)・研究教員

研究者番号：80709303

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、外出時に薬の飲み忘れや飲み過ぎを検知するため、スマートフォンに内蔵されたセンサーを使用して食事や睡眠の未来の状態を予測するアルゴリズムを開発した。加速度センサーやジャイロセンサー、環境光センサー、タッチパネル等で計測したデータは、主成分分析により互いに相関のない特徴データへ変換したあと、ベイジアンネットワークへ入力した。しかし、目標とした正答率70%を達成することはできず、上記のセンサーだけでは食事の状態を正確に予測できないことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this research, an original algorithm that predicts the future state of recipient's activity was developed to detect a medication error (e.g. a recipient occasionally overdoses or forgets to take medicine) while going out. The future state was estimated based on data measured by a variety of sensors in a smartphone such as an acceleration sensor, a gyro sensor, an ambient light sensor, a touch panel, and a barometer. The data were converted to feature quantities, which do not correlate with each other, by principal component analysis and were entered into a Bayesian network for activity state estimation. The target value of accuracy of estimation was set more than 70 percent, but it was not achieved. The main reason of the bad result was that eating-related states were so difficult to be predicted only by using the above sensors.

研究分野：システム工学

キーワード：モバイルヘルス 健康管理 物体検出 画像処理 状態推定 行動認識 人間支援システム 人間計測システム

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本をはじめとした先進諸国では高齢者の数が急速に増加しており、その多くは健康維持や治療のために毎日薬を服用している。高齢服薬者は認知能力の低下により飲み忘れや飲み重ねなどの服薬ミスを犯す危険性が高い。そのため、家族などの介護者は、食後や就寝前などの服薬時点ごとに目視で用法・用量を確認しなければならない。しかしながら、介護者の不足も深刻な社会的問題となっている。このような背景を受け、研究代表者は、自らの服薬状態を自分自身で良好に管理できるように支援するシステム『服薬管理支援システム』の開発を目指していた。

(2) 先行研究で開発した据置型の服薬管理支援システムは、服薬者の食事や睡眠の状態を自宅に設置した多種多様なセンサーを用いて推定し、食後や就寝前に服用すべき薬の飲み忘れや飲み過ぎの前兆を検知した。しかし、日本薬剤師会は、外出中の方が飲み忘れ率が上昇すると報告しており、活動的な高齢服薬者を支援するための携帯型システムに対する潜在的な需要は高いと考えた。

(3) 医療福祉用システムを速やかに実用化するためには、費用対効果の高いシステムを提案する必要がある。そのため、スマートフォン用のカバーにカメラ用のレンズが取り付けられた商品を参考に、スマートフォンに薬収納ケースを取り付ける実現方法を着想した。スマートフォンに内蔵されたセンサーを活用することで服薬管理を支援するための専用デバイスを購入する場合に比べて初期費用を軽減することができ、スマートフォンの通信回線を利用することで月々の利用料金も節約できると考えた。また、外出時に薬を飲み忘れる最大の原因は、そもそも薬を持参することを忘れたことであると報告されているが、スマートフォンは重要な手回り品であるため、薬の持ち出し忘れを予防できるという利点も兼ね備えていた。この服薬管理支援用デバイスのことを『携帯型知的薬ケース (PiMec: portable intelligent medicine case)』と名付けた。

2. 研究の目的

(1) 携帯型の服薬管理支援システムを実現するためには、スマートフォンの機能を十分に活用し、服薬者の生活状態を高精度に推定する必要がある。一般的な服薬時点を整理し、それらに対応する生活状態について検討を重ねた結果、据置型のシステムでは、食事前・食事中・食事後・睡眠前・睡眠中・睡眠後・その他の計7状態を判別するアルゴリズムを開発した。さらに、食事に関する生活状態については、朝食・昼食・夕食という食事カテゴリーまで分類できるようにアルゴリズムを発展させた。本研究では、服薬者の自宅に設置されたセンサーを使用して実現し

た上記の機能を、服薬者のスマートフォンに内蔵されたセンサーを使用して実現することに挑戦した。

(2) 生活状態推定アルゴリズムは、幅広く研究されている行動認識アルゴリズムと似て非なるものである。従来の行動認識アルゴリズムでは、現在の行動を認識することを基礎とし、行動遷移モデルに基づいて次の行動を予測する。提案の状態推定アルゴリズムは、ある時点において、一定時間後の未来の状態を直接予測する。これは、例えば食前と指示された薬は食事開始の30分前から食事開始の直前までに服用すべきと言われていたためである。この予測により、服薬管理支援システムは薬が知的薬ケースから取り出された瞬間に「今後30分以内に食事を取りそうかどうか」を判断することが可能となる。

(3) 本研究の具体的な目標として、生活状態推定の正答率を80%以上、F値を0.6以上と設定した。これらの数値は、自宅内において現在の行動を認識するシステムの精度であり、妥当なレベルである。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、まず、どのようなセンサーが生活状態の推定に有用かどうかを検査し、実際にスマートフォン向けアプリケーションを開発して計測データを収集した。本研究では、国内市場シェアが高く、標準的な機能を搭載している Apple 社製 iPhone を使用して予備実験を実施した。各種センサーの計測データはテキスト形式のログファイルに逐次保存し、一定時間ごとに解析用サーバーコンピュータへ電子メールで送信するようになった。

(2) スマートフォンには、カメラ・マイク・タッチパネル・加速度センサー・環境光センサー・GPS センサーなどが搭載されており、薬の取得状況を確認するために使用するカメラ以外のセンサーを全て試用した。特に、GPS センサーは在宅と外出を判断するだけでなく、飲食施設や宿泊施設への滞在状況を判断するためにも利用することができる。

(3) 外出時や施設滞在時の生活パターンは個人によって様々であると想定したため、GPS センサー以外のタッチパネル・加速度センサー・環境光センサーなどで計測したデータは、特徴量に変換したうえで、生活状態推定器へ入力した。特徴量に変換することで、個人々の生活と密接に関わる情報のみを推定に利用することを試みた。

(4) 有用なセンサーに目処を立てたあとは、服薬管理支援用のスマートフォン向けアプリケーションを開発した。同アプリケーションを学術講演会や展示会で披露し、多角的な

意見を研究に反映させた。

(5) 本研究では、従来手法である相関ルールに基づくファジィ推論だけでなく、ベイジアンネットワークを中心とした推論を検討した。ベイジアンネットワークは計測データの不確実性を確率で表現可能なモデルであるため、日によって多少変化する生活パターンのゆらぎを許容できる可能性があった。

4. 研究成果

(1) 第一に、予備実験のために開発したアプリケーションで収集した計測データをサーバーコンピュータで確認した結果として、各センサーの値を常時計測できることを確認した。さらに、実験に使用したスマートフォンが、データの計測、特徴量への変換、生活状態の推定をリアルタイムに実行可能であることを確認した。

(2) GPS センサーで得たデータに基づいて滞在施設を特定する機能は、ヒュベニの公式を利用することで、地方部では100%に近い精度で実現することができた。しかし、都市部や大型施設内では滞在フロアによって施設のタイプが異なることがあり、60%以下まで精度が低下する環境も存在した。この問題を解決するためには気圧センサーの導入が不可欠と考え、気圧センサーを内蔵したスマートフォンを用いた再実験を継続している。なお、気圧センサーの補正に必要な天気情報を Web API で収集可能であることを確認した。

(3) 実際に計測したデータに対して、先行研究で開発した在宅時生活状態推定アルゴリズムを適用したところ、複数のセンサーの間に依存関係が存在したため、冗長な推論ルールが大量に発生してしまった。そのため、当初の研究計画に従ってベイジアンネットワークを中心とした推論プログラムを構築したが、目標とするレベルまで推定精度を向上することはできなかった。計測データを主成分分析により互いに無相関の特徴量へ変換してからベイジアンネットワークに入力する方法も試行したが、推定精度を大幅に向上することはできなかった。そのため、センサーで獲得できる情報だけでなく、インターネットから補助的な情報を獲得することで、推定精度を向上していく。

(4) 一方、研究代表者のグループが独自に研究している『進化的ペトリネット』というモデリング手法を利用することで、データ間の共起関係や依存関係を抽出することを試みた。進化的ペトリネットを利用することで、各種センサーを用いて収集した計測データを一般化して議論することが可能となった。そして、計測データを変換した特徴データが『活動時に反応する群』と『非活動時に反応

する群』の2群に分類できることを確認した。つまり、スマートフォンに内蔵されたセンサーで睡眠に関する生活状態を高精度に推定できる可能性が高いことを明らかにした。しかし、『食事中に反応する群』を明らかにすることはできなかったため、加速度センサー・ジャイロセンサー・環境光センサー・タッチパネルのみで食事の状態を推定することは困難であると結論付けた。現在は、生活音を計測可能なマイクの併用を検討しているが、会話内容が記録されてしまうため、プライバシーを守るための工夫が必要となる。例えば、録音した直後に特徴量へ変換してしまい、元データを即座に消去することなどが考えられる。

(5) 本研究を遂行する中で、スマートフォンに装着する薬収納ケースにも改良を加えた。例えば、薬収納ケースの開閉方法をフラップ式からスライド式へ変更することで、いくつかの開閉方法を使用者の身体能力に合わせて使い分けることを可能にした。また、カバー一部が薬を収納するためのスライド部を完全に覆う構造にすることで内部の遮光性を大幅に向上し、画像処理により薬を高精度に検出できるようにした。上記の改良点については、携帯型知的薬ケースの先進性を確保するために、特許を申請した。

(6) 開閉方法の変更は知的薬ケースの使い勝手にも良い影響をもたらした。スマートフォンの画面を見ながら薬が収納されているスペースを確認できるようになったため、使用者はスムーズに薬を取得できるようになった。結果として、安定した動作で薬を取得できるようになり、加速度センサーのデータに基づいて取得動作を検出することも可能となった。残された課題としては、薬を取得しているときの計測データを無視することで、生活状態の推定精度が向上するかどうかを確認する。

(7) 実証実験に向けて、画像処理による薬検出手法も改良した。本研究で使用した知的薬ケースはスライド部の開閉状態を感知することができなかったため、開閉動作が発生した可能性がわずかでもあったならば画像を取得し、薬の有無を判断していた。そのため、1台のカメラで複数の薬収納スペースの中を確認するために内蔵した曲面ミラーの形状を利用した新たな画像処理手法を開発し、従来手法に比べて少ない計算量で薬の有無を判断できるようにした。この改良により、携帯型知的薬ケースは画像を処理用のサーバーコンピュータへアップロードすることなく、瞬時に薬の有無を判断できるようになった。なお、知的薬ケースの開閉状態を認識するためのアイデアについては特許を申請し、鋭意実装中である。

(8) 近年、スマートフォンを中心とした健康管理支援システムが数多く研究されており、実際に商品となったものもある。また、スマートウォッチに代表されるウェアラブルデバイスが急速に普及しており、その機能も高度化してきている。このような現状を踏まえ、人間の行動や状態を正確に推定するために必要となるセンサーを明らかにすることで、同分野の発展に貢献していきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Takuo Suzuki and Yasushi Nakauchi: Field Experiments of a Sensor Embedded Medication Support System, SICE JCMSI (Journal of Control, Measurement, and System Integration), 査読有, Vol. 7, No. 5, pp. 263-272, 2014.
DOI:
<http://doi.org/10.9746/jcmsi.7.263>
- ② Takuo Suzuki and Yasushi Nakauchi: A Remote Monitoring System of Medication Compliance Using Distributed RFID Readers in an Intelligent Living Environment, JSMBE ABE (Advanced Biomedical Engineering), 査読有, Vol. 3, pp. 106-115, 2014.
DOI:
<http://doi.org/10.14326/abe.3.106>

[学会発表] (計 6 件)

- ① 鈴木 拓央: 知的薬ケースの操作性向上を目指したスライド式開閉機構, 計測自動制御学会 SI2014, No. 2D3-7 (pp. 1291-1294), 東京ビッグサイト (東京都・江東区), Dec. 16, 2014.
- ② Takuo Suzuki and Tomoki Hamagami: Context Awareness by Unit-type Evolutionary Petri Net for Team Medical Care Support, IEEE SMC2014, No. 1970 (pp. 392-397), San Diego (United States), Oct. 6, 2014.
- ③ 鈴木 拓央, 濱上 知樹: 進化的ペトリネットを用いた業務モデルの自律的獲得 ~ヘッダー付き遺伝子表現によるユニット数の最適化~, 電気学会 平成 26 年電子・情報・システム部門大会, No. TC1-10 (pp. 50-53), 島根大学 (島根県・松江市), Sep. 3, 2014.
- ④ Takuo Suzuki and Yasushi Nakauchi: A Smartphone Mediated Portable Intelligent Medicine Case for Medication Management Support, IEEE

EMBC2014, No. TD15.1 (pp. 3642-3645), Chicago (United States), Aug. 28, 2014.

- ⑤ 鈴木 拓央, 中内 靖: 知的薬ケースの曲面ミラー形状を利用した物体検出手法, 日本機械学会 ROBOMECH2014, No. 1P2-C04 (pp. 1-4), 富山市総合体育館 (富山県・富山市), May 26, 2014.
- ⑥ 鈴木 拓央, 中内靖: 空間知能化技術を活用した服薬管理支援システムの実証実験, 計測自動制御学会 SI2013, No. 2M2-2 (pp. 1813-1818), 神戸国際会議場 (兵庫県・神戸市), Dec. 19, 2013.

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

名称: 存在判定装置及びプログラム
発明者: 鈴木拓央
権利者: 横浜国立大学
種類: 特許
番号: 特許願 2014-107453
出願年月日: 平成 26 年 5 月 23 日
国内外の別: 国内

名称: 携帯端末ケース、携帯端末及びプログラム
発明者: 鈴木拓央, 森田信一、栗原孝亮
権利者: 横浜国立大学
種類: 特許
番号: 特許願 2014-140855
出願年月日: 平成 26 年 7 月 8 日
国内外の別: 国内

[その他]

○新聞報道 (計 1 件)

名称: 薬飲み忘れ スマホで防ぐ
報道者: 日本経済新聞
掲載年月日: 平成 26 年 5 月 3 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 拓央 (SUZUKI, Takuo)
横浜国立大学・大学院工学研究院・研究教員
研究者番号: 80709303