

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：25301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01573

研究課題名(和文) 被介護者の異常検知と連動した多目的介護スケジューリングシステムの確立

研究課題名(英文) Study on a multi-purpose care scheduling system linked to detecting abnormalities in the care recipient.

研究代表者

金川 明弘 (Kanagawa, Akihiro)

岡山県立大学・情報工学部・教授

研究者番号：70204534

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では被介護者の異常検知と介護スケジューリング法の確立に取り組んだ。異常検知については、身体に起きた異常状態を具現化するため転倒に特化した。その結果、加速度センサより得られる情報に対して連続ウェーブレット変換を施す方法を示した。また、プライバシーを考慮した被介護者の状態推定として、RGB-Dセンサを用いた状態推定法を提案した。一方、介護スケジュールに関しては、研究開始当初から新型コロナウイルスの蔓延に対する対策が社会的急務になりつつあったことを勘案し、感染状況が医療現場のスタッフに影響を及ぼす現状を考慮した看護師勤務表問題に対する研究に替えて手法の確立を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題では、介護サービスに関するハードウェアならびにソフトウェアについて、情報工学的手法を用いて限られた資源を有効に活用することで、被介護者が安心して過ごせる環境を実現するとともに、介護スタッフを多方面から支援し職員満足の実現するシステムを構築した。我々が提案する技術は、介護業務の部分的ではあるが負荷軽減にも繋がるものであり、超高齢化社会を迎える我が国において重要な基盤技術になると考える。

研究成果の概要(英文)：This study addressed an abnormality detection for older people and the caregiver scheduling method. For abnormality detection, we focused on falls as an abnormal behavior condition. As a result of the research, the effectiveness of applying a continuous wavelet transform to the information obtained from the acceleration sensor was confirmed. In addition, we proposed a method for estimating the state of a subject using a RGB-D sensor as a privacy-conscious method for estimating the patient's condition. On the other hand, regarding the nursing care schedule, measures against the spread of the new coronavirus have been a pressing social issue since the start of the study. Considering this social need, we studied a solution method for the nurse work schedule problem that considers the current situation where the infection affects the staff in the medical field.

研究分野：情報数理学, 画像工学

キーワード：介護・看護スケジューリング 見守りシステム

1. 研究開始当初の背景

申請時は、今日の少子高齢化社会においては、介護とそれを支える人間のあり方が問われていた。内閣府が発表している平成 26 年版高齢社会白書[1]によると、65 才以上で日常生活に支障をきたす者の全人口に占める割合は毎年増加傾向にあり、介護保険制度における要介護者又は要支援者と認定された人は、平成 24 年度末で 561 万人となっており、13 年度末から 262 万人増加している。そのうち、65 歳以上の人の数についてみると、24 年度末で 545 万人となっており、13 年度末から 258 万人増加しており、第 1 号被保険者の 17%を占めている。一方で、介護サービスに従事している人員(以下、介護スタッフ)数は、若干の増加をみるものの、厳しい労働条件と必ずしも恵まれているとはいえない賃金体系が他の業種に比して高い離職率を有している[2][3]。こうした慢性的な人手不足状態が、介護実務の教育や経験を経ない者の採用につながり、入所者に対する暴言や暴行といった新たな社会問題を引き起こしている。したがって、介護の場における労働軽減を目的とした研究は急務の今日的課題といえた。

2. 研究の目的

本課題では、介護サービスに関するハードウェアならびにソフトウェアについて、情報工学的手法を用いて限られた資源を有効に活用することで、被介護者が安心して過ごせる環境を実現するとともに、介護スタッフを多方面から支援し職員満足の実現を図るシステムを構築する。具体的には、被介護者の異常検知と介護スケジュールリング手法の確立について、以下に示す 4 つの課題について取り組んだ。

- (1) 接触センサを用いた高齢者の転倒検知
- (2) プライバシーを考慮した三次元計測センサによる見守りシステム
- (3) 被介護者が摂取したカロリーの自動計測システム
- (4) 感染症拡大が現場職員に影響を及ぼす現状を考慮した看護師勤務表問題

3. 研究の方法

前述した 4 つの課題について、それぞれ研究の方法を示す。

(1) 接触センサを用いた高齢者の転倒検知

我が国では年々転倒による不慮の事故が増えている。特に 65 歳以上の高齢者に関しては 1999 年を境に転倒・転落・墜落による死亡者数が交通事故による死亡者数の 3 倍以上になっている。このことから転倒後、迅速に処置を受けるために転倒自体を検知する必要性が高まっている。転倒には単なる躓き等の外的要因によるものから疾病等の意識障害によって生じる内的要因によるものまで幅広い種類がある。本研究では内的要因による転倒の検知に焦点を当てて研究を行った。

接触センサのひとつである加速度センサを用いて転倒検知を行う関連研究として丸茂らの研究[4]が挙げられる。この研究では、特徴量として加速度と転倒角の 2 つを用いた転倒検知アルゴリズムが提案されている。我々は、センサから得られる加速度情報のみを用いて転倒を高精度に検知することを目標とした。内的要因による転倒の例として心臓病、貧血、熱中症等があるが、これらに一貫して言えることは多くが転倒後に体がある程度硬直するという点である。よって本研究では、内的要因による転倒を転倒後に一定時間硬直したものと仮定した。

まず、小型無線多機能センサ(TSND121)を用いて、歩行を中心とした様々な動作を含む加速度データを測定した。その後、計測した情報(3 軸方向の加速度、3 軸方向の合成速度)それぞれについて連続ウェーブレット変換を適用し、時間周波数特徴を解析することで、実際に内的要因による転倒を検知できるかどうかを検討した。なお、連続ウェーブレット変換には Morlet ウェーブレットを用いた。

(2) プライバシーを考慮した三次元計測センサによる見守りシステム

社会問題化している福祉・介護の現場における慢性的な労働者不足に対する対策のひとつとして、自宅や施設等において高齢者や要介護者の様々な活動を見守り・支援するスマートホームを実現が望まれている。特に、セキュリティを重視したモニタリング自動化の実現には可視光カメラが有効であるが、施設での生活を常に撮影することは、介護施設において重要な理念である基本的人権の尊重を損なう可能性が指摘されている。例えば、入浴やトイレなどは高齢者の突発的な体調異常が発生しやすい場所であることが指摘されているが、これらの環境にて可視光カメラでモニタリングを行うことは、プライバシーの侵害ととらえられるリスクが高い。そのため、プライバシーが優先される空間においては、比較的安価な赤外線に基づく三次元環境計測センサを利用することにより、得られた空間情報から被介護者の状態を検出する技術を確立する必要がある。

我々は、三次元センサより得られる環境の距離情報に対して畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を用いた身体の状態の自動認識システム開発に取り組んだ。本研究では、身体の状態として、主に手の形状に注目した。深層学習に基づくCNNは、多くのコンピュータビジョンに関する課題を解決する最も効果的なアーキテクチャである。一方で、複雑な構造を持つCNNが高精度な認識を達成するためには、訓練用データセットとして多くの画像データを必要とする。しかし、多くの訓練用データを手作業で収集することは膨大なコストを要することが課題である。これらの課題を解決するため、RGB-Dセンサにより三次元情報として取得した小規模な手形状データセットに対して三次元回転を適用することにより、様々な外観を有する多くの手形状データを仮想的に生成する手法を提案した。

(3) 被介護者が摂取したカロリーの自動計測システム

介護の現場では、被介護者が食事からどの程度カロリーを摂取したか職員が目視等により記録する場合がある。我々は、職員の負担軽減を目的とし、スマートフォンなどのカメラによって撮影された料理画像から手軽に栄養情報を取得できる環境実現に向けて、深層学習を用いて料理画像から複数の食品成分を自動的に推定する方法を提案した。特に、過剰なカロリーと塩分の摂取が重大な健康リスクを引き起こすことから、料理カテゴリ認識とカロリーと塩分量の推定を対象とした。具体的には、特徴抽出器としてXceptionアーキテクチャを用いたマルチタスクCNN構造を提案し、高精度な2種類の食品成分推定の同時推定を実現した。マルチタスク学習アルゴリズムの基本的なコンセプトは、異なるタスクは互いに関連しているということである。また、料理カテゴリ認識のため大規模な画像データベースに基づく2段階転移学習を提案した。

(4) 感染症拡大が現場職員に影響を及ぼす現状を考慮した看護師勤務表問題

近年、医療機関体制の充実に対する需要が今までよりもさらに増している。その中で、主として医療を支えている存在である看護師の労働環境が過酷であることが問題となっている。その過酷な労働の1つに勤務表の作成が挙げられる。

病棟での看護師の勤務表作成には、様々な制約が存在する。その制約の多さゆえに勤務表の組み合わせ総数は膨大な数に及ぶため、精度の高い勤務表を手動で作成するのは困難であり、作成者に多大な労力と時間がかかる。また、緊急の予定変更等にも多くの要素を配慮しながらの対応が要求されるため、自動化による負担軽減が望まれている。

本研究では、感染症拡大が現場職員に影響を及ぼす現状を考慮し、近年提唱されているレジリエンス工学の理念に基づく共存型遺伝的アルゴリズム（CGA）による勤務表の自動作成について研究を行った。

4. 研究成果

4つの課題について、それぞれ研究成果を示す。

(1) 接触センサを用いた高齢者の転倒検知

加速度センサの取り付け位置として、腰全面中心部と腰横ポケットに注目し実験を行った。結果として、センサの装着位置がどちらの場合であっても、転倒した際に9~15HzでMorletウェーブレットと加速度信号の間に高い相関がみられた。よって、連続ウェーブレット変換を用いて内的な要因による転倒を検知することが可能であることを確認した。今後、転倒した結果をLPWA無線技術[5]のSigfox等を用いて他者へ伝達することにより、実生活での見守り実装が可能かについて検証が必要である。

(2) プライバシーを考慮した三次元計測センサによる見守りシステム

本研究の目的は、RGB-Dセンサより得られる小規模な手形状データに対するデータ拡張法を適用し、小規模データを用いた際のCNN学習における多様性の限界を克服することである。本研究で開発した深度データに対するデータ拡張手法と手の姿勢分類モデルの有効性を示すために、深度データ付きのASLハンドデータセットを実験に用いた。結果として、深度データに対する3次元回転を用いたデータ拡張の有効性を示した。

本研究で得られた成果は、大規模なデータセット構築が比較的困難である三次元センサを用いた物体形状の識別タスクについて、仮想的に生成された大規模三次元データセットの有効性を示すものである。今後、プライバシーを考慮した介護者の見守りシステム実現に向けて、被験者の全身を対象とした状態識別へと拡張する必要がある。

(3) 被介護者が摂取したカロリーの自動計測システム

評価実験として、マルチタスクCNNに基づく推定モデルの有効性を検証するため、食事カテゴリ・カロリー量・塩分量の3つのタスクの同時推定を行った。提案手法の評価のために構築したベンチマークデータセットは、複数のレシピ収集サイトから公開されている画像を用いて作成したオリジナル画像データセットである。本研究では、カロリーと塩分濃度が注釈された食品画像データセットを構築した。

一方、カロリーや塩分濃度が既知の食品画像を大量に収集することは困難であるため、推定

精度を向上させるために、大量の食品カテゴリ認識画像データベースを用いた 2 段階転移学習を提案した。小規模な成分注釈付きデータセットと、カテゴリのみが注釈された中規模データセットを 2 段階の微調整手順として使い、マルチタスク CNN を連続的に微調整することで、マルチタスク CNN による効果的かつ効率的な学習を実現した。

実データを用いた評価実験の結果、マルチタスク CNN を用いることでシングルタスクでのカロリー量の推定に比べ精度が向上することを確認した。また、カロリー量と塩分量情報が紐づいた小規模なデータセットのみを用いた場合であっても高精度なカロリー量と塩分量の推定が可能であることを示した。

(4) 感染症拡大が現場職員に影響を及ぼす現状を考慮した看護師勤務表問題

新型コロナウイルスが蔓延している状況下を想定したベンチマークデータセットを作成し、提案手法による勤務表作成と評価を行った。実験結果より、レジリエンス性を考慮しつつ、看護師にとって無理のない範囲の勤務表を作成できることを確認した。しかし、本研究の問題設定は易しめであるため、より窮屈な設定の下でのスケジューリングが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- [1] 内閣府 平成 26 年版高齢社会白書, 2014
- [2] 厚生労働省 介護人材の確保について, 第 1 回社会保障審議会福祉部会福祉人材確保専門委員会, 2014
- [3] 厚生労働省 介護職員をめぐる現状と人材の確保等について, 介護職員の処遇改善等に関する懇談会, 2012
- [4] 丸茂壮加, 樋口佳樹, 金政秀, “三軸加速度計による高齢者を対象とした転倒検知アルゴリズムに関する研究,” 日本建築学会環境系論文集, vol. 83, no. 753, pp. 913-920, 2018
- [5] 宮本駿, 滝本裕則, 金川明弘, “LPWA 環境における加速度センサを用いた自転車走行の異常検知,” 2020 年度 (第 71 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, R20-25-04-05, 2020

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sulfayanti F. Situju, H. Takimoto, H. Yamauchi, and A. Kanagaw	4. 巻 Vol. 21, No. 2
2. 論文標題 Hand Posture Classification of Augmented Depth Image Data Using a Convolutional Neural Network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Japan Society for Welfare Engineering	6. 最初と最後の頁 pp. 38-46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sulfayanti F. Situju, H. Takimoto, S. Sato, H. Yamauchi, A. Kanagawa, and A. Lawi	4. 巻 Vol. 33, Issue 8
2. 論文標題 Food Constituent Estimation for Lifestyle Disease Prevention by Multi-task CNN	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 pp. 732-746
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 乾 敦稀, 金川 明弘, 滝本 裕則
2. 発表標題 連続ウェーブレット変換を用いた高齢者の転倒検知の研究
3. 学会等名 第72回電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, R21-15-11
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮本 駿, 滝本 裕則, 金川 明弘
2. 発表標題 LPWA環境における加速度センサを用いた自転車走行の異常検知
3. 学会等名 2020年度(第71回)電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, R20-25-04-05
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近岡 陽介, 金川 明弘, 滝本 裕則
2. 発表標題 ホタルアルゴリズムと擬似焼きなまし法を用いた設備再編計画問題の一解法
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム (21th HISS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西川 凜, 金川 明弘
2. 発表標題 離散ホタルアルゴリズムを用いたJITスケジューリング問題の一解法
3. 学会等名 第45回日本経営工学会中国四国支部学生論文発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福永 敦, 金川 明弘, 滝本 裕則
2. 発表標題 深層学習を用いた低解像度画像に対する見守りのための開・閉眼の識別
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム(FIT2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金川 明弘, 滝本 裕則, 小松 源
2. 発表標題 ディープラーニングを用いた見守りのための閉眼状態検出
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会2017年秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大森 史耶, 滝本 裕則, 金川 明弘
2. 発表標題 瞳孔および瞬き情報を用いた映像視聴中の酔い検出に関する一検討
3. 学会等名 SSII2017 第23回画像センシングシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sulfayanti, H. Takimoto, H. Yamauchi, A. Kanagawa
2. 発表標題 Hand Posture Classification using Depth Image Data with Convolutional Neural Networks
3. 学会等名 The 18th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	滝本 裕則 (Takimoto Hironori) (10413874)	岡山県立大学・情報工学部・准教授 (25301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------