

令和 2 年 7 月 3 日現在

機関番号：82636

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K20847

研究課題名(和文) Deep Learningを用いた挙動認識による高齢者ベッドからの転落防止見守り

研究課題名(英文) Development of a monitoring system of preventing falls from a bed using deep learning to recognize behavior for elderly people

研究代表者

佐藤 公信 (HIRONOBU, SATOH)

国立研究開発法人情報通信研究機構・ナショナルサイバートレーニングセンターサイバートレーニング研究室・主任研究員

研究者番号：90461384

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：認知症高齢者は、ベッドから転落すると、骨折などの重傷を負い、寝たきりになる可能性が高い。そこで、ベッド上で認知症高齢者が「足をばたつかせる」、「ベッドに座る」といった連続的な挙動から、転落の予兆を人工知能が認識する。提案研究のシステムは、ベッド上の人物を3次元計測可能なKinectにより、センシングする。Kinectによりセンシングされたデータを入力情報とするDBNが、行動を理解し、転落を予測する。転落に繋がる挙動は、対象者毎に特徴的であると医療従事者により報告されている。ゆえに、特徴的な挙動を含むデータを学習に用いる必要がある。この問題を解決し、個人に特化した転落予兆が実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医療機関における身体拘束は難しく、介護者による24時間の見守り介護が必要とされた。しかし、我が国の医療現場では、介護士不足が深刻であり、24時間の見守り介護は難しい。介護士に代わり、人工知能によりモニタリングすることが本研究の狙いである。このシステムの実現により、事故防止によるQOLの向上、介護問題の解決およびわが国の医療費の抑制に繋がる。また、提案研究は、ヒトの行動を理解する知能マシンの創出と、人工知能研究において重要な意味を持つ、数少ない研究成果である。

研究成果の概要(英文)：Elderly people are more likely to suffer serious injuries such as broken bones and become bedridden if they fall from a bed. Therefore, the proposed system can recognize the signs of a fall from the continuous behavior of the elderly person on the bed, such as "flapping his legs" or "sitting on the bed" by an artificial intelligence. The proposed system of this research uses a Kinect to sense the body of person on the bed, and the DBN, which uses the data sensed by the Kinect as input information, understands the behavior and anticipate the fall. The behavior leading to falls is reported by health care professionals to be characteristic for each subject. Therefore, it is necessary to use data containing characteristic behaviors for learning. The realization of this mechanism allowed for the realization of individualized predictors of a fall.

研究分野：パターン認識

キーワード：深層学習 行動認識 高齢者介護 深度センサ HCI

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

平成13年3月に厚生労働省が示した「身体拘束ゼロへの手引き」により、身体拘束は難しく、介護者による24時間の見守り介護が必要とされた(渡辺裕実,2005)。しかし、我が国の医療現場では、介護士不足が深刻であり、24時間の見守り介護は難しい。ベッドからの転落事故により、大腿部骨折となるケースが報告されている。大腿骨頸部骨折で、寝たきりとなる人口は、脳卒中に次ぎ第2位、治療に必要な医療費は、一人あたり平均200万円である。大腿骨頸部骨折の患者数は、平成9年の全国調査推計で年間9万2400人、医療費は1300億円以上とされている。そのような中、認知症高齢者の人口は、2015年に250万人、2025年に323万人

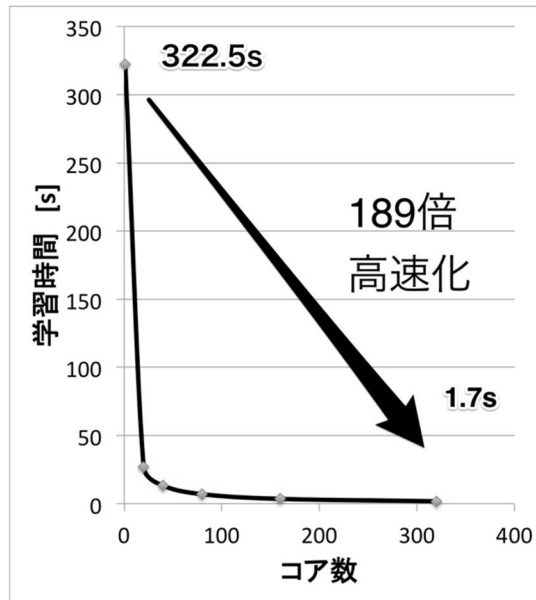


図1 コア数と学習時間

と増加が予測される(総務省統計局)。高齢者増加に伴う転落事故の増加、加えて、医療費の拡大は世界規模で予想される問題

である。認知症高齢者介護は、本人だけではなく、介護者への負担、医療費負担を伴う、社会問題であり、科学技術の進歩により早急に解決されるべき課題である。

このような背景の中、厚生労働省は、介護・福祉ロボット開発・支援プロジェクト検討会を発足させ介護福祉業界へのロボット普及を目指している。申請研究は、智能ロボットの知能を創り出す重要な研究である。

2. 研究の目的

ヒトの行動のデータバリエーション追加、つまり、ビッグデータ利用により、さらに高い精度で転落防止見守りシステムに未知の人物および挙動を理解させる。

/転落防止見守りシステムの基本コンセプト(H.SATOH, et al,2014)は、申請者により提案がなされている。転落防止見守りシステムにおいて、ベッド上の人物は、3次元計測可能な Kinectにより、センシングされる。Kinectにより計測されたデータを入力情報とするDBN(Deep Belief Network)が、行動を理解し、転落を予測する。これまで、被験者8名に限定し、未学習のデータを用い、その認識率を確認した。結果、転落に繋がる行動を、80%の確率で認識できた。この結果より、DBNは、基本的なヒトの行動理解能力を有するといえる。

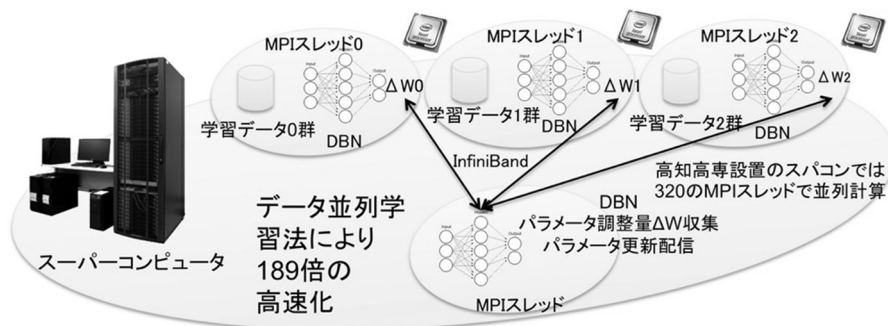


図2 転落防止見守りシステム

申請者は、高齢者の挙動を認識する深層学習の一つ DBN(Deep Belief Network)の学習を、計算力の高いコンピュータを並列に接続したコンピュータクラスタを利用し、高速化するデータ並列学習法(図2参照)を提案した(正木,佐藤,2014)。データ並列学習法は、並列処理を標準化した規格 MPI(Message Passing Interface)を用い、パラメータ調整量を効率的に並列計算する。データ並列学習法は、シングルコアの学習と比較し、189倍の速度向上を実現した。さらに、データ並列学習法は、GPUを用いた先行研究(Noel Lopes, Bernardete Ribeiro,2014)と比べ6倍の高速化を実現した。

深層学習は、Googleの研究(Quov V. Le, Marc ' Aurelio Ranzato,et al,2012)により、猫の概念を理解するとの結論に至っている。DBNは、RBM(Restricted Boltzmann machine)とLG(Logistic regression)により構成される。パターン認識において、これまで解析と経験によって決定していた特徴抽出を、RBMによる機械学習に置き換えると解釈されている。特徴抽出のRBMへの置換により、これまで過度な次元圧縮が原因で失われていた情報を有効に識別に利用できる。Googleの発見により、深層学習をはじめとするニューラルネット研究の再加熱が起こった。深層学習の猫の概念は、画像という静的情報であるが、転落防止見守りシステムは、ヒトの行動という動的情報であるため、その難易度は高く、DBNがヒトの行動という動的情報を概念的に理解可能明らかにすることは、人工知能研究上、重要な意味を持つ。

3. 研究の方法

(1) ハードウェアとサーバ構築

データを効率的に収集するため、同時に5台を利用し、学習データの取得を行う。そこで、ハードウェアを5台作成する。ハードウェアは、Microsoft Kinect およびパーソナルコンピュータにて構成される。パーソナルコンピュータは、採取したデータを遠隔地にあるデータベースへ送信する必要があるため、無線LANによりインターネットへ接続可能とする。

ハードウェアからのデータをストアするデータベースサーバを構築する。また、筐体のプログラムを改良し、データベースサーバへインターネットを通しデータを自動的に送信する。

(2) 学習データ収集とセレクション

ベッド上で、認知症患者の行動を模倣し、被験者の体格にバリエーションを持たせるため100名以上で、「安全行動」および転落に繋がる「危険行動」を転落防止見守りシステムのセンサにより計測する。さらに、転落に繋がる「危険行動」には、ベッドに座るや、足をばたつかせるなど、様々なバリエーションがあり、想定されるバリエーションを網羅するように学習データを収集する。

DBNの学習は、ベッドからの転落に繋がる「危険行動」および「安全行動」の2パターン分離となるように設計する。データベースにストアされたデータから、「危険行動」および「安全行動」において、それぞれのキーフレームとなる行動を抽出し、学習データとする。

(3) DBNの学習とヒトの行動理解評価

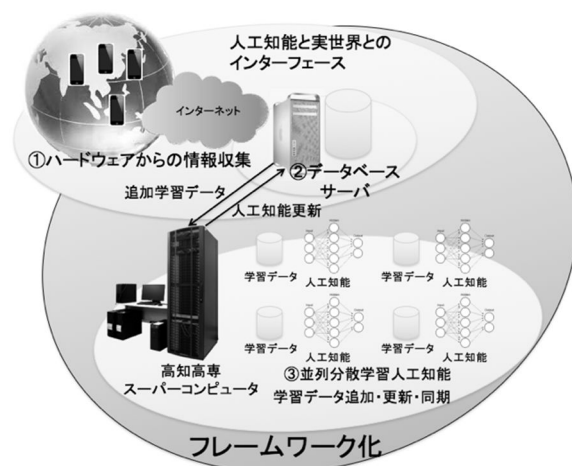


図3 研究目標イメージ

DBN の中間層といったパラメータの最適値を模索し、低いエラーレート（教師値と DBN からの出力値の差の平均）での学習収束を目指す。DBN における中間層数や細胞数といったパラメータの最適値についての報告は、未だ無く、パラメータの設定と学習エラーレートの観測を自動的に実施し、最適パラメータを検索する機能を組み込み、経験とトライアンドエラーに頼っていた作業を自動化する。

(2) - で構築した学習データおよび 3-1 で実装した最適パラメータ探索機能を利用し、高知高専に設置された 16 ノード 320 コアのコンピュータクラスター上で DBN の学習を実施する。

予め計測、構築しておいたデータを用い、DBN が挙動を理解し、ベッドからの転落を予測するか検証を行う。転落防止見守りシステムの検知率は、90%以上の精度を目指す。検知率が低ければ、学習データを精査し、再度学習を実施する。

4 . 研究成果

・サーバーの構築と評価

見守り対象者のセンシングを行うセンサーとして Kinect v2 を利用し、計算装置を Windows のパーソナルコンピュータとして転落防止見守りシステムのクライアントを 5 台作成した。ユーザーUI は図 4 に示すようにユーザーフレンドリーなものとした。このクライアントには DBN のネットワークが保存されリアルタイムに見守り対象者となる挙動を検知することが出来る。

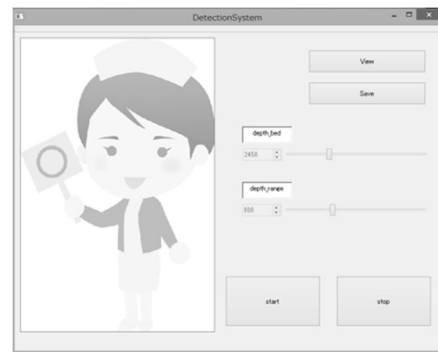


図 4 GUI

データベースサーバーを Microsoft Azure 上に構築した。転落防止見守りシステムのクライアントは、パーソナルコンピュータにより計算処理を実施しており、ネットワークに接続可能である。そこで、クライアントをネットワークに接続し、データベースサーバーまで計測されるユーザー情報を暗号化し、転送するシステムを構築した。加えて、ユーザーが見守り対象者の特徴的な挙動を選択する。選択された挙動のデータは、DBN の学習システムが実行されるコンピュータクラスターまで暗号化し送信され、コンピュータクラスター上で学習が実行される。学習が指定の条件に達して終了した際に、DBN のネットワーク構造を保存したデータをクライアントに送信し保存、以降の検知は、更新されたネットワーク構造を利用する。これにより、特定の見守り対象者への検知能力の向上が期待される。

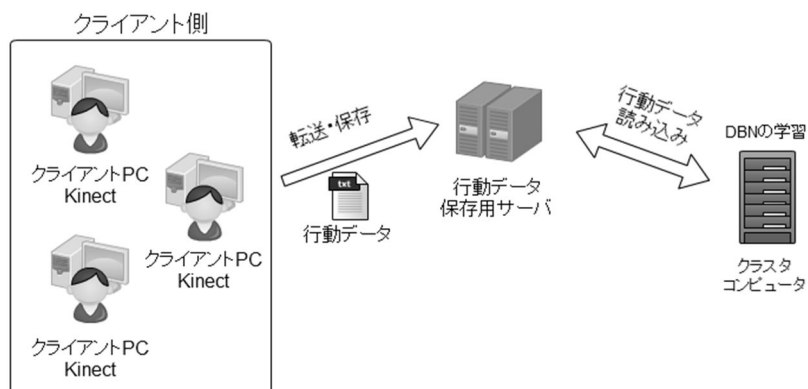


図 5 データ計測から学習およびネットワーク適応の流れ

本研究の提案システム有効性を確認するために次の実験を実施した。

まず、被験者5名により、初期のネットワーク構成のための学習に利用するデータを計測する。ベッドからの転落やベッドの上で足をばたつかせている等の危険行動およびベッドの上で寝ているという行動をそれぞれ計測し、初期学習データとする。

次に、被験者33名にそれぞれ4つの異なる特徴的な挙動を実施し、転落防止見守りシステムクライアントにより、データ計測を行った。これにより、体格の違いや、さまざまな特徴的な行動を有するデータを計測できたと考える。計測したデータは各個人および挙動毎に100を個人の挙動への特化の学習データに、さらに100を評価データとする。個人の挙動への特化の学習の初期ネットワークは、初期学習により構成されたネットワークとする。また、初期学習として利用した学習データも加えて学習を実行する。

被験者33名から計測したデータを利用して、それぞれの特徴的な行動に適応するネットワークを学習により構成する。つまり、特徴的な行動のバリエーションをあわせると132のネットワークを学習により構築した。

転落防止見守りシステムの検知エンジンとなるDBNの入力細胞数は37084、出力細胞数は2、RBM層数は2、RBM1層目の細胞数は600、RBM2層目の細胞数は420とした。このパラメータは初期学習時から利用される。

表1は、初期学習後に未学習データを利用して検知能力を算出したものである。表2は、個人への挙動特化のための学習後に未学習のデータを用いて検知能力を算出したものである。危険行動および安全行動を合わせた総合的な検知率は82.8%から90.8%と向上した。

故に、本提案研究にて提案したシステムは、個人差の吸収に有効であると言える。

表1

初期学習後		
危険行動[%] (正答数/母数)	安全行動[%] (正答数/母数)	合計[%] (正答数/母数)
82.3 (5473/6650)	83.4 (5552/6650)	82.8 (11025/13300)

表2

個人への挙動特化のための学習後		
危険行動[%] (正答数/母数)	安全行動[%] (正答数/母数)	合計[%] (正答数/母数)
90.3 (6004/6650)	91.3 (6078/6650)	90.8 (12082/13300)

本研究では、転落防止見守りシステムの個人に特化した検知を目指すべく、データの計測から学習およびその学習済みネットワークのクライアントへの展開の手法を検討し、実装を行った。また、目的とした転落防止見守りシステムの検知アルゴリズムが、個人特有の行動を吸収し検知率向上を実験により、実証できた。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Hironobu Satoh, Kyoko Shibata	4. 巻 1
2. 論文標題 Adaptation Monitoring System Preventing Fall Down from a Bed for Individual Difference of Behavior	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 HCI International 2017 - Posters' Extended Abstracts	6. 最初と最後の頁 280-284
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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Hironobu SATOH
2. 発表標題 Improvement of a Monitoring System for Preventing Elderly Fall Down from a Bed
3. 学会等名 The 10th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hironobu Satoh, Kyoko Shibata
2. 発表標題 A Study of Adaptation the Monitoring System Preventing Fall Down from a Bed for the Individual Difference of a Behavior
3. 学会等名 The 2nd International Conference on Human Systems Engineering and Design: Future Trends and Applications 2018, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hironobu Satoh, Kyoko Shibata
2. 発表標題 Development of Human Behavior Recognition for Avoiding Fall Down from a Bed by Deep Learning
3. 学会等名 International Conference on Brain Informatics & Health (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤公信, 芝田京子
2. 発表標題 Deep learningとKinectによるベッドからの転落防止見守りシステムの検討
3. 学会等名 LIFE 2016 第32回ライフサポート学会大会
4. 発表年 2016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
--	---------------------------	-----------------------	----