

ドップラーセンサと機械学習による人物転倒検出システムの検討

吉野 春香[†] 橋本 浩二[‡] モシニャガ ワシリー[‡]福岡大学大学院 工学研究科 電子情報工学専攻[†] 福岡大学 工学部 電子情報工学科[‡]

1. はじめに

日本は現在、世界で最も高齢化が進んだ国となり、今後もさらに少子高齢化が進むと予測されている。また2015年国勢調査によると65歳以上高齢者の6人に1人が一人暮らしであり、独居高齢者は年々増加し続けている。単身世帯では自律度の高い生活を送ることができる一方で、在宅時の転倒や急病時に同居家族の通報や搬送等を期待できないため処置の遅れや、最悪の場合、孤独死等のリスクを伴う[1]。リスク回避の方法として、行政・社会的な施策と様々な高齢者見守りシステムを組み合わせた総合的な取り組みが求められている。そこで我々は、室内の独居高齢者を見守るICTシステムの開発について継続的に取り組んでいる。

特に、独居高齢者が居室内で転倒するのを速やかに検出し早急にケアを行うことは、生命の安全の確保と後遺症予防の観点から非常に重要であるため、近年、転倒検知に関する法が国内外で広く研究されている。一般に、人体の動きデータを取得する方法としては、動画画像センサや音響センサ、赤外線センサ、動きセンサ等を用いるパッシブな方法と、3次元加速度センサ等と通信機器を一体化させた小型のウェアラブル・デバイスを対象人物に装着させる方法とに大別できる。しかし、前者の動画画像センサを用いる方法はプライバシーの観点で、また後者の方法は手間・煩わしさの点で問題が大きい。そのため我々はこれまで、フロアマット型センサ、赤外線アレイセンサ技術等を活用した独居高齢者の転倒検知・介護者自動通知システムを開発し、実験を行ってきた[2,3]。

近年、屋内で使用できる高精度かつ小型のドップラーセンサが入手できるようになったことを機に、ドップラーセンサを用いた転倒検出のための様々な信号処理手法が提案され、顕著な

成果が得られている[4,5]。一方で、高齢者世帯への設置を考えた場合、高精度ドップラーセンサの使用を前提とした高度な信号処理系の実装コストは下がりにくく、一般世帯への普及には相当のハードルが存在する。

我々は、安価なドップラーセンサと小型コンピュータ・ボードで構成されるシステムを構築し、室内での人物の転倒を検出するための手法を提案する。本手法では、ドップラーセンサで人物の動きを常時モニタリングし、センサからの信号をスペクトログラム化したデータを用いる。さらに人物の動きデータのなかから、危険な「転倒」動作を識別するための分類器をあらかじめ機械学習(CNN)手法によって構成し、転倒検出の判別に用いる。危険だと判定された場合、介護者へ通知する。本発表ではシステム構成および実験の概要を述べる。

2. システム構成

近年、ドップラーセンサはモノリシック・マイクロ波集積回路技術の進展により小型化され、アンテナ一体型モジュールとして、室内に設置する機器に組み込むことが可能になった。一方で、これまでに提案されている転倒検出の信号処理・判定手法ではドップラーセンサ出力データの精度も重視されており、システム全体の実装コストを下がりやすい要因となっている。

そこで我々はドップラーセンサ、民生用部品、8ビットMCUおよび組み込みコンピュータ・ボードで構成された安価なシステムを試作した(図1参照)。ドップラーセンサは、NJR4178J(パッチアンテナ一体型構造、10.5GHz帯・屋内専用、アナログ出力)1個を用いる。センサからの出力信号はオペアンプ(NJM2734)で1万倍程度増幅された後、ノッチ・フィルタ(NF1とNF2)(商用電源周波数によるハムノイズのカット)、さらにローパス・フィルタ(LPF、遮断周波数=55Hz)を通過する。結果、4.0Vp-p、2.5Vオフセットの信号が8ビットMCU(Microchip社製ATmega328P)に内蔵されている10ビットA/D変換器に入力される。NF1、NF2およびLPFによって60Hz以上の信号はカットされる上に、A/D変換後のデジタル・データ量をできるだけ削減す

A Fall Detection Technique based on Doppler Sensor and Machine Learning

[†]Haruka Yoshino, [‡]Koji Hashimoto, [‡]Vasily Moshnyaga

[†]Graduate School of Electronics and Computer Science, Fukuoka University

[‡]Department of Electronics Engineering and Computer Science, Fukuoka University

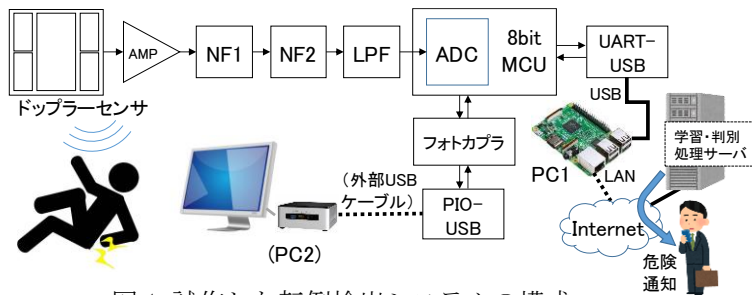


図1 試作した転倒検出システムの構成

るために、MCUのA/D変換データ・サンプリング周波数を200Hzとする。MCUはUART-USB変換ICを経由し、制御・データ収集用・送信用PC(PC1)との間に、コマンド制御・データ送信I/Fを提供する。PC1として組み込みコンピュータ・ボード(Raspberry Pi 3)を用いる。実験のデータ収集時では被験者に対する動作指示が必要となるため、必要時に、動作開始タイミング・時間指示用PC(PC2)を外付けできるように、絶縁用フォトカメラとPIO-USB変換ICを備える。ドップラーセンサはABS樹脂製の筐体内にシステム構成部品として組み込まれ、センサのアンテナ面が筐体前部の裏面に垂直となるよう配置する(PC2はシステムに含まれない)。

学習すなわち分類器作成処理および運用時の分類器判別処理は、PC1とLAN(インターネット)で接続されたサーバが担う。サーバの処理負荷と通信量を削減するため、PC1ではリアルタイムの簡易判定処理を行い、必要に応じて、分類器による判別処理をサーバで行うようにする。これにより低コスト・低消費電力化と、安定した判定精度・高レスポンスの両立を目指す。危険が判定されたとき、サーバから介護者の端末へメッセージが通知される。通知処理系は過去の我々の実装成果物を流用する。

3. 実験の概要

本システムのPC1の段階で、人物の動きの有無の簡易判別は実現されるものとする。我々の当面の目的は、移動「有」から「無」への遷移が①転倒(勢いよく倒れる)、②しゃがむ、③横になる、のいずれかであると想定し、その判別を本システムで実現することである。学習データ収集のため、20歳代の被験者8名(身長150~180cm)が①、②、③の動作をそれぞれ30回、10秒間ずつ測定した。また床からの高さ80cm、被験者との水平距離4.0mの位置にセンサ・システムを設置した。実験時、室内照明(インバータ式蛍光灯)はON、室内空調設備はOFFとした。

①と②について、MCUにおけるA/D変換後のセンサ・データ例をそれぞれ図2上部に示す。サーバでは高速フーリエ変換処理によって、受信

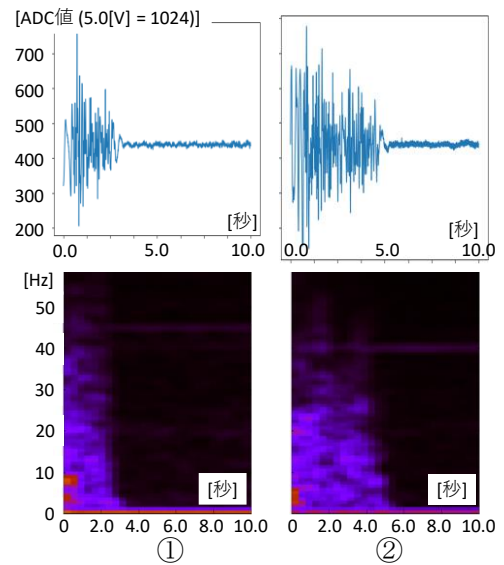


図2 取得したセンサ・データ例

したセンサ・データからスペクトログラム・データ(例:図2下部)を生成・保存したうえで、機械学習(CNN)による分類器生成のための教師データセットとして利用する。

4. まとめ

現在、学習のための基本的なデータ収集は完了したと考えているが、本稿の入稿時点で、我々が満足できる性能の分類器の実現に至っていない。目下、分類器の判別率向上のため、データセットの最適化とプログラム改良を行っているところである。また、フィルタ回路で除去できなかったノイズ周波数帯が存在した。ノイズの原因として冷蔵庫の存在、部屋周囲の空調機器、建物の振動等が考えられる。データセット問題の周波数帯をマスキングすることによって対処することを検討している。またドップラーセンサは敏感でありセンサ信号レベルの飽和がしばしば発生している。アダプティブな増幅率調整機能の追加も検討している。

参考文献

- [1] みずほ総研レポート vol.14, 2017.
- [2] A.Hayashida, V.Moshnyaga, K.Hashimoto, "The Use of Thermal IR Array Sensor for Indoor Fall Detection", Proc. of IEEE SMC 2017, pp. 594-599, Oct. 2017.
- [3] T.Ryu, V.Moshnyaga, O.Tanaka, K.Hashimoto, "Sensing Technologies for In-Home Monitoring of People with Dementia", Proc. of the 3rd IIAE ICISIP, pp.84-91, Sep. 2015.
- [4] 柴和彰, 鍋木崇史, 栗原陽介, 「マイクロ波ドップラーセンサを活用した転倒検知」, 情報処理学会 ASD 研究会, 2017-ASD-10, vol.3, pp.1-8, 2017.
- [5] S.Tomii and T.Ohtsuki, "Falling detection using multiple dopplersensors", Proc. of IEEE Healthcom 2012, pp.196-201, Oct. 2012.