

平成18年度
研究開発成果報告書

無線マイニングセンサによる
介護施設支援システムの研究開発

委託先： (有)ゲーテック

平成19年4月

情報通信研究機構

平成18年度 研究開発成果報告書

(地域中小企業・ベンチャー重点支援型)

「無線マイニングセンサによる介護施設支援システムの研究開発」

目 次

1	研究開発課題の背景	2
2	研究開発の全体計画	
2-1	研究開発課題の概要	4
2-2	研究開発の最終目標	4
2-3	研究開発の年度別計画	7
3	研究開発体制	8
3-1	研究開発実施体制	8
4	研究開発実施状況	
4-1	行動判別マイニングモデルの高精度化の研究開発	9
4-1-1	施設を想定した実験ルームにおける、サンプル構築用のデータ収集環境の構築	9
4-1-2	転倒・起き上がり行動のデータ収集活動	10
4-1-3	最適な時系列解析手法の組合せを検討	10
4-1-4	行動判別マイニングモデルの高精度化の研究開発内容成果	11
4-1-5	行動判別マイニングモデルの高精度化の研究開発 まとめ	13
4-2	行動マイニングモデルを搭載したセンサシステムの構築の研究開発	13
4-2-1	データ収集ソフトウェアの開発	13
4-2-2	解析支援ソフトウェアの開発	14
4-2-3	PMML ファームウェアの開発	14
4-2-4	行動マイニングモデルを搭載したセンサシステムの構築 まとめ	16
4-3	無線マイニングセンサシステムの検証試験	16
4-3-1	単体検証	16
4-3-2	無線マイニングセンサシステムの検証試験の まとめ	18
4-4	総括	18
5	参考資料・参考文献	
5-1	研究発表・講演等一覧	

1 研究開発課題の背景

核家族化と高齢化といった急激な社会変化を背景として、様々な高齢者の受入れ施設が急増している。2015年にはおよそ25%が高齢者という超高齢化問題が確実視されている。急激な変化を続けてはいる中で施設も合わせて急増しているとは言え現在でも十分な環境であるとは言えない。厚生労働省が策定するゴールドプラン21においても施設数をより一層増やす必要性を示している。

介護施設のほとんどは潤沢なスタッフで運営がなされているわけではない。実際の現場では施設関係へのヒアリングの結果、複数の入所者（夜間であれば30人程度）を1人のスタッフで受け持っているケースが多い。仮に対象者が1人だったとしても、常にそばにいて見続けるということは現実的に考えても難しい。

実際には、様々な業務を行いながら複数の対象所のケアを行うことから、介護対象者の行動を常に目視し続けることは物理的に不可能である。どうしても目が行き届かない状況が存在しており、そのような状況を支援するシステムが必要である。

施設内においては、その高齢者が集団で生活を行うという背景上、常に怪我の発生といった著しく健康を損なう可能性が存在している。このような事態を回避する方法としては、介護対象者の行動する範囲を限定する（例えば、ベッド周りのみ等の制約を与える）方法を使うことで危険性をかなり抑えることができるが、介護対象者にとっては非常に苦痛であり、そういった方法は選択すべきではない。一方スタッフが常時付き添う事は前述したとおり限られたスタッフでは不可能である。

中でも、大きな怪我につながる一つの原因として転倒事故が発生している。これは、対象者が介護者を呼ばずに行動を起こす場合や、夜間に行動を起こそうとする場合に、転倒事故に至る事が多い。高齢者にとって転倒とは、非常に大きな問題であり、それが原因となって寝たきりになってしまう事もある。骨折等の治療に時間がかかることで筋力が落ち独力で歩行が困難になるケースもある。これは、その後のライフスタイルを大きくかえるものである。

これには転倒事故が起きてから迅速に対応ができるかによって治癒までの時間が変わってくる。しかし、高齢者特有の問題として、転倒した事実をスタッフへ知らされない場合が非常に問題であるとの報告がある（現役の福祉施設介護スタッフよりヒアリング）。

認知症の場合に転倒した事実を忘れてしまう場合

転倒しても痛覚が鈍化しているために、痛みを感じないために自らスタッフへ連絡しない場合

これらの場合にはスタッフは転倒した事実を気づくことができずに悪化させてしまい、問題を大きくしてしまうケースが考えられる。特に高齢者の場合には、一度落ちた筋力を回復させるのは難しい。当然、施設としても、問題解決のためにスタッフの巡回を多くすることを行っているが、「転倒」という一瞬の動作を巡回のみで気づくことは困難である。転倒や急な心臓の発作といった迅速な対応を求められるケースを考えると、介護対象者の行動をモニタリングする必要性は大きい。しかし、非常事態に対応するためには、24時間365日に対応する体制が必要である。限られたスタッフでそれら複数の部屋からなる施設内の場所全ての事態を逐次監視しながら介護業務を行うのは不可能である。

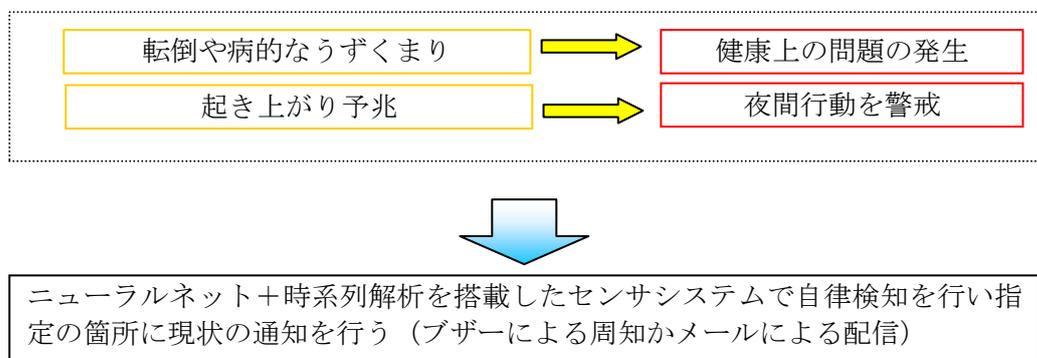
さらにヒアリングを重ねる中で、夜間における対象者の行動予兆（ベッドでの起き上がり行動）も把握できると非常に有効かつ・予防的な介護につながる可能性が高いということが調査の結果判明した。特に転倒という問題もベッド周辺で起きている場合が多いという結果からも転倒と行動予兆を双方の行動を抽出することで、迅速な対応につながるこ

が可能になり、積極的な介護サービスを提供できることにつながるであろう。

現状で可能なシステムとしてはカメラを使って目視できない部分をカバーするといった方法が考えられるが、実際に各部屋にカメラシステムを導入することは難しい。なぜなら、生活空間にカメラを設置すること自体を望まれないケースが大部分を占めることに起因する。各カメラ画像を同時に施設の複数部屋の映像を見ることはまず不可能である。さらに録画するシステムを構築する場合に必要なハードディスクレコーダをカメラ数と録画する時間に応じた台数を導入に必要なコストは非常に大きい。特にケアする側にとってほとんどメリットはない（映像を確認する業務が増える・事故が起こってから確認になってしまう）。画像解析技術を使ったシステムも複数個所での利用に関してはまだ現実的なシステムではない。

我々が提案を行うシステムは、センサの波形データをもとに2つのデータ解析技術を駆使することで、行動の特異量を抽出することで、行動そのものを検出する手法である。（有限会社ゲーテック 2006年に特許出願済）これによって、特定の行動のみをセンシングすることで、介護者が目の届かない場所の支援と補間を行うことができるものである。

上記背景からも、福祉の分野では介護業務を行いながら異常事態が発生した場合には迅速に対応が可能となる支援システムが求められている。本研究では既存の防犯用途で使われていたセンサをベースとして、今までのセンサシステムの ON/OFF といった瞬間的で、単純なセンサ情報のみを活用した仕組みを根本的に変え、取得可能なパラメータやアナログ的な情報の変化パターンといった時系列的な情報を解析することで、人間の異常行動のような時間的な幅を持った行動パターンの識別システムの開発と研究を行う。これによってカメラを使うことなく特定の状態（行動）を検出することが可能となる。



<図1 行動検出の仕組み>

これらを解決するための主な研究課題として、

- ① 行動判別マイニングモデルの高精度化
- ② 行動マイニングモデルを搭載したセンサシステムの構築
- ③ 無線マイニングセンサシステムの検証試験

の大きく分けて3つの項目となる。コアとなる行動判別マイニングモデル作成の手法に関しては有限会社ゲーテックがすでに特許出願を行っている（特願 2006-069964）。基礎研究に関してはおおむね終了しているので、実際の介護施設（共同研究を行う日向の里にて）でのマイニングモデルの作成と検証を行う。さらに、このマイニングシステムをセンサに搭載させることで、センサがこれまで判断していた事象と比べると革新的な機能の追加を実現するものである。マイニングモデルを入れ替えることが可能になるシステムであるた

め、汎用性は非常に高いセンサ製品となる。

2 研究開発の全体計画

2-1 研究開発課題の概要

2015年にはおよそ25%が高齢者という超高齢化問題が現実視されている社会情勢において、介護施設が急増中である。介護という24時間365日に対応する体制が必要である中で限られたスタッフでそれら複数の部屋からなる施設内の場所全ての事態を逐次監視しながら、介護業務を行うのは不可能である。施設でのヒアリングから介護対象者の転倒とベッドでの起き上がり行動を検出することで非常に有効かつ・予防的な介護の質を向上させることが可能になるということが分かった。本提案では、センサの波形データをもとに2つのデータ解析技術を駆使することで、行動の特徴量を抽出することが可能になり、行動そのものを検出する手法である。これによって、特定の行動のみをセンシングすることで、介護者が目の届かない場所の支援と補間を行うことを可能にすることができるものである。さらにこの手法を搭載した無線センサの開発を行い、介護施設での普及を目指す。

[サブテーマ]

- ① 行動判別マイニングモデルの高精度化
- ② センサシステムの開発
- ③ 無線マイニングセンサシステムの検証試験

2-2 研究開発の最終目標（平成20年8月末）

【① 行動判別マイニングモデルの高精度化】

(1)施設を想定した実験ルームにおける、サンプル構築用のデータ収集環境の構築

実験ルームを構築し(札幌国際大学)、その空間内でデータ収集できる環境を構築する。ルーム内には、ベッド、車いす、暖房機器、照明、PCを設置する。センサの位置については、高精度化を目的としているために、様々な位置で試行し、データを効率的に取得できる位置を探索することも目標としている。

(2)転倒・起き上がり行動のデータ収集活動

実験ルーム・疑似ルーム(ワンルームマンションのスペースを予定)・介護施設でのデータ収集活動を行う。取得データは、パッシブセンサから出力される3チャンネルのアナログデータ情報である。サンプリングレートを100msecとし、時系列順に記録する。

例) 実験用に10msec間隔で30msecまで取得したときのデータ情報(時間、ch1 電圧値、ch2 電圧値、ch3 電圧値の順)

10	3.229980469	0.002441406	2.219238281
20	3.234863281	0.002441406	3.232421875
30	2.446289063	0.180664063	3.168945313

このときの実験としては、以下の実験を行う。

- ① ベッドからの上り下りデータ
- ② ベッドからの車椅子への上り下り
- ③ ベッド上での半身起き上がり運動
- ④ ベッド周辺での転倒再現実験

実験の際には、20代、30代の健康な成人の行動データの収集に加え、擬似的に高齢者の行動データを収集することを目的とし、身体に負荷を装着することにより、達成するものとする。

(3)最適な時系列解析手法の組合せを検討

収集した行動データを基に、時系列解析とニューラルネットワークを組み合わせた手法での解析を行う。ニューラルネットワークに入力する学習用データは、時系列順で獲得しているデータを生物学的に捉える。行動は一瞬の出来事の連続で成立をしており、当然のことながら、転倒・起きあがり行動の場合においても、その一瞬前の出来事と独立しているとは言えない。そのような観点から、データの抽出を行い、学習を行う。また、膨大なデータの組み合わせにより、モデルの精度を向上させ、市場のニーズや事業化を目指すことを加味して、検証用データで最低 85%以上の判別率を達成させる。

(4)サンプルモデルを用いて、検証と微調整

介護施設で収集したデータとその最適な解析手法を検討した結果で得られたサンプルモデルを用いて、介護施設での検証と微調整を行う。精度を確認した上で、センサ設置位置や、その他の条件(部屋内に設置されている熱源や障害物、空調機器の有無、直射日光(窓)など)を加味し、事業化を目指すにあたり、85%以上の精度を達成させる。

【② センサシステムの開発】

(1)データ収集ソフトウェアの開発

センサから出力されるアナログデータを 12bit の分解能で量子化を行い、デジタル化を行う。出力された値を小数第 10 位までの 3 チャンネルの電圧値まで取得、サンプリングレートを 100msec に設定したソフトウェアの開発を行う。ネットワーク経由では、FTP を用いてファイルを転送させる。csv ファイルでの転送を行う。

(2)解析支援ソフトウェアの開発

ニューラルネットワークで解析する際のデータ加工を行う。収集したデータをある時間幅(1.5sec を予定)に 100msec ずつ分割後、その分割 1 個を 1 ケースとしてニューラルネットワークに導入するために、列ベクトルで表現されているデータを行ベクトルに転置させる。

(3)PMML ファームウェアの開発

マイコン(H8 or ARM を予定)上に、XML で記述されている PMML モデルを展開。ここでの PMML モデルはニューラルネットワークモデルであり、入力層に 100msec でサンプリングしたデータを 3 チャンネル同時に入力する。判別後、判別フラグ(ON or OFF)を出力させる。

(4)コーディネータ情報取得サーバウェアの開発

無線モジュール(Zigbee、または特定小電力無線を予定)から送信された判別フラグをコーディネータが受信する。受信後、RS-232C 経由で PC サーバに送信、データベース(Microsoft SQL Server)に時系列情報(日付・時刻)と共に蓄積する。電子メールは別に設ける SMTP サーバ経由で送信され、Pop before SMTP などのセキュリティを施したサーバにも対応させる。

(5)PMML サーバの開発

PMML モデルを配信するサーバを構築する。PMML モデルは数 KB~程度のため、比較的狭帯域回線においても送受信が可能である。Web ブラウジングからの手動アップデートはもとより、センサへの自動アップデート(日付 or サーバの PMML モデル更新時)を可能にする。

【③無線マイニングセンサシステムの検証試験】

本課題の目標は、以下の検証試験をクリアすることであり、単体検証を(有)ゲーテックで行い、結合検証を(有)ゲーテック、疑似ルーム、介護施設で行う。

(1)単体検証

- 1.無線評価実験(モジュールおよびコーディネータ)での初期不良や混線や対ノイズ性、電池寿命(1年を予定)、通信距離(~30mを予定)を検証。
- 2.パッシブセンサ評価実験により、初期不良や焦電素子の個体差、反応感度、角度についての変化割合を調査。
- 3.ファームウェア評価実験では、開発しているPCベースの判別ソフトウェアと同様の判別結果の出現を検証し、妥当性を確認する(結果が同様であることを確認)。
- 4.データサーバ評価実験によって、コーディネータからサーバへのデータ通信を確認する。ここではRS-232Cでの通信で行うものとする。
- 5.PMMLサーバ評価実験では、Webブラウザ(HTTP)でのモデルダウンロードを検証し、その後、FTPベースにおいても検証を行う。

それぞれの検証項目を確認後、結合検証に移行するものとする。

(2)結合検証

- 1.マイニングセンサの検証実験(センサ+ファームウェア)では、センサから出力されるアナログデータをファームウェアに入力し、判別出力が行われるかを検証する。同時にPCベースのソフトウェアでも検証を行い、妥当性を確認する。
- 2.無線マイニングセンサの検証実験(センサ+ファームウェア+無線モジュール)は、無線モジュールを組み合わせることによるアナログデータの変化を確認する。変化がある場合については、変化分を加味したモデルの検討を行う。また、それによる判別出力の変化を確認する。
- 3.無線マイニングセンサシステムの検証実験(センサ+ファームウェア+無線モジュール+コーディネータ+データサーバ)では、判別結果による出力がコーディネータを経由してデータサーバに到着していることを確認する。その時の時間差も確認する。単体検証において、無線モジュールとコーディネータ間の通信を行っているため、それよりも遅延が大きい場合には、データサーバとコーディネータ間のシステムを再検討する。
- 4.無線マイニングセンサシステム遠隔実験(センサ+ファームウェア+無線モジュール+コーディネータ+データサーバ+PMMLサーバ)では、モデルの更新時の遠隔実験を行う。遠隔地にPMMLサーバを置き、センサ設置側で自動的・あるいは手動でモデルが更新できることを確認する。更新されない場合、PMMLサーバとデータベース間のインターフェース部の再検討を行う。
- 5.無線マイニングセンサシステムの実フィールド実験では、実フィールドにおいて、無線マイニングセンサシステムの構築を行い、1ヶ月連続稼働させたときの検証データを取得する。ここでの検証時の記録データは、部屋の環境(センサ設置場所における間取り(障害物などを考慮)、温度、行動など)や、ハードウェア長期動作時の不具合の有無について検証を行う。ハードウェア長期動作時に不具合が起きた場合については、交換を行い、原因を究明する。

2-3 研究開発の年度別計画

金額は非公表

研究開発項目	18年度	19年度	20年度	計	備考
無線マイニングセンサシステムの研究開発					
① 行動判別マイニングモデルの高精度化	→	→	→		
② センサシステムの開発	→	→	→		
③ 無線マイニングセンサシステムの検証試験	→	→	→		
④ 委員会・学会等	→	→	→		
間接経費					
合計					

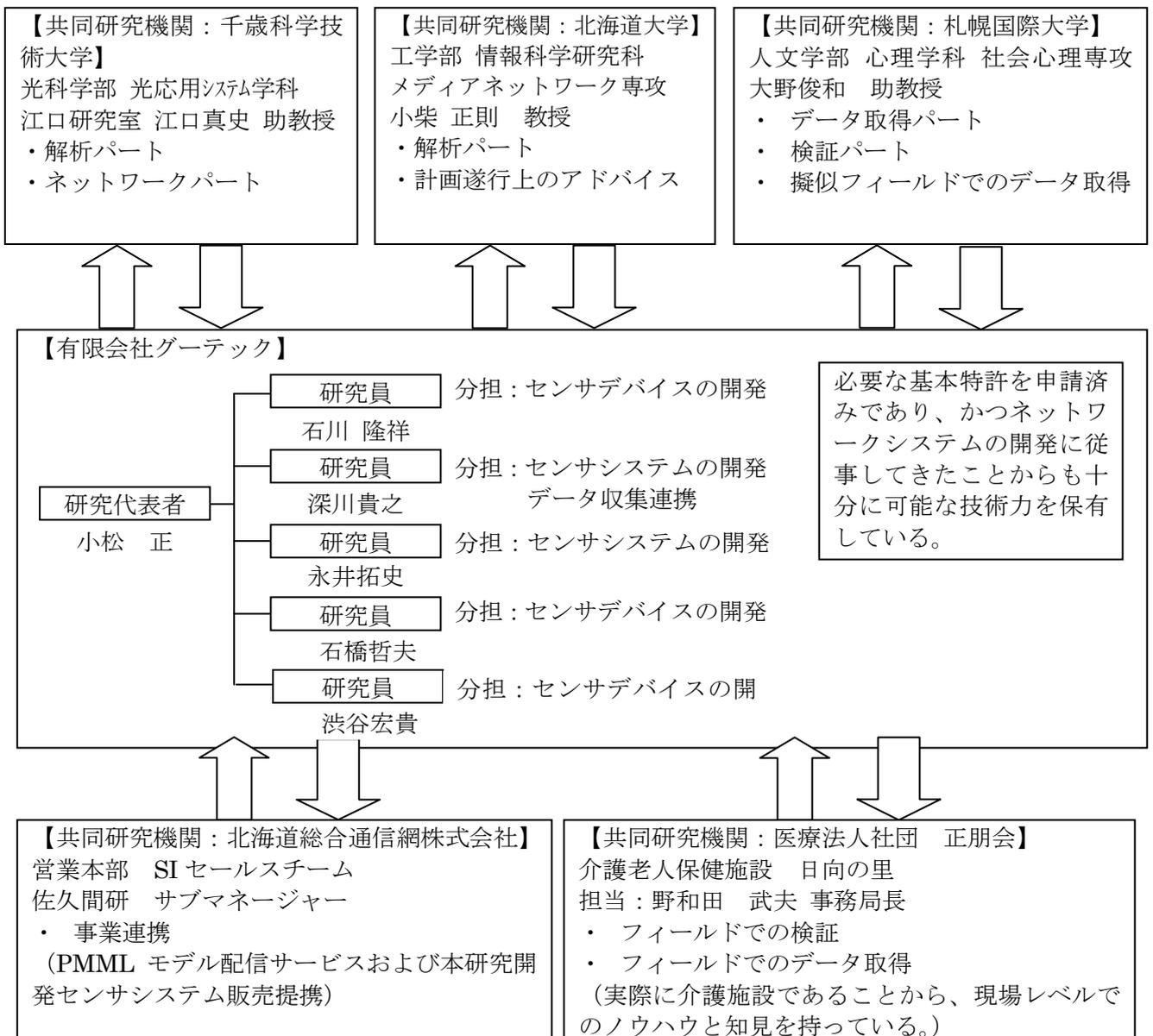
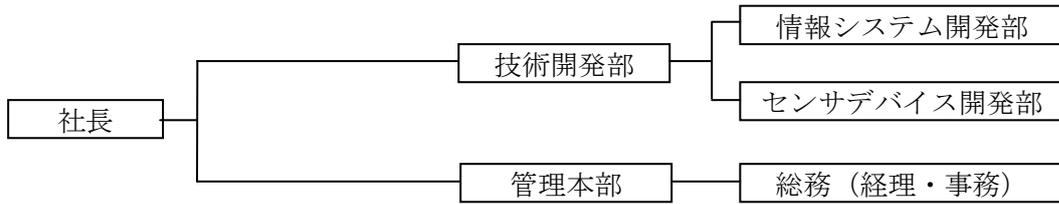
注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。

2 備考欄に再委託先機関名を記載

3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。

3 研究開発体制

3-1 研究開発実施体制



4 研究開発実施状況

4-1 行動判別マイニングモデルの高精度化の研究開発

4-1-1 施設を想定した実験ルームにおける、サンプル構築用のデータ収集環境の構築

平成18年度はまず、ベッド周辺行動のデータ収集用環境の構築を行った。介護ベッド・車椅子を使用した際に出力されるセンサの波形パターンをより特徴的にとらえるために、センサ配置とその配置角度に関する検討と検証を行った。

実際にパッシブセンサを4種類の特徴をもったものを複数用意した。それらのセンサを使い、ベッド周辺で予想される行動のデータを取得した際の波形パターンとセンサ配置の組み合わせに注視し、組み合わせとセンサ数・種類及び角度に関して決定を行った（センサ配列検討実験：グーテックオフィス内 ～H18年10月末）。

データ取得環境としては、第一段階目のデータ取得のために、グーテック・札幌国際大学の2カ所でデータ取得環境の構築を行った。双方で同じ品質のデータになるように、同様のセンサ取り付け治具の作成と介護ベッドを2カ所におき、サンプラーとPCを用いて被験者に指示を出すことで実験者側が起因とするデータのばらつきを押さえるための環境を構築した。

さらに実際の高齢者の行動パターンのデータ取得には無理があるため、関節の自由度を制限する高齢者シミュレータを用いた。これは行動を被験者の主観から模倣させるのではなく、行動を制限させることで高齢者の行動を模倣せざるを得ない状況を作り出すように心がけた。

実験者の違いや場所の違いによらずに一定のクオリティのデータを取得するために、被験者に対する説明を自動で行うべきである。そこで、実験においては、実験者の音声を吹き込んだ指示ファイルとサンプラーを用いることとした。



<サンプリング用PCと指示用サンプラー>



<介護ベッドと試作センサ・シニアポーズ>

<図2 実験環境>

また、データ取得には、4-2-1（後述）で記載している、同時に4個のパッシブセンサからデータを取得するソフトウェアを用いた。このデータ取得ソフトウェアにはデータと行動を撮影した動画を同期しセンサデータとともに保存することで、モデル化の際の効率をあげるための機能も実装した。

これらを実験場所にノートPCとPCカメラを設置しパーテーションを配置することで、データ収集に必要な環境を整備した。

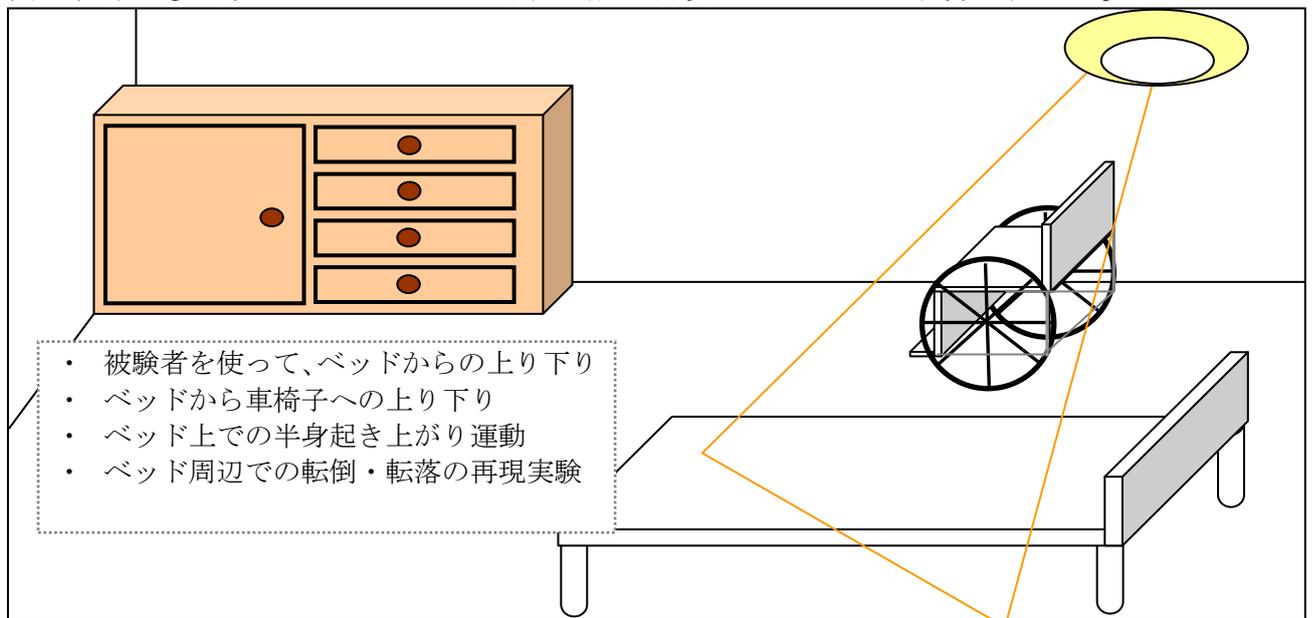
4-1-2 転倒・起き上がり行動のデータ収集活動

構築したデータ収集環境で、被験者協力の下、モデル作成のためのデータの収集活動を行う。福祉施設でヒアリングを行った情報を基に、行動の種類をある程度の絞り込みを行い、離床行動取得プレ実験（ゲーテックオフィス内：H18年10月末～11月初旬）を行いながら、センサ配置と角度の検証も兼ねて再度行った。

本実験として被験者30人程度を用いてデータを収集し、施設での検証に使用するサンプルモデル作成に必要な不可欠なデータである。

一口に起き上がりといっても、制限をなくすことで種類が際限なく増えてしまうが、関節の行動可能域から行動の種類を大別して体の開始姿勢の種類から4種類、そして細かな種類で合計20種類程度にし、各3セットのデータを取得した。

転倒・転落に関しては、スーツアクターの方に被験者として協力をいただき、10人程度のデータを取得した。転倒・転落に関しても30種類の行動をそれぞれ3セット行った。転倒や転落に多く見られるケースを可能な限り再現してデータの取得を行った。



<図3 データ取得概要>

加えて、離床行動・転倒・転落以外の動作として、ベッドへの昇降や車椅子への移動・ベッド上での日常的な行動を含めた、日常動作のデータ取得を行った。これは、サンプルモデルに学習させるために入力することで非常時と日常時の判別を行うため必要なものである。

4-1-3 最適な時系列解析手法の組合せを検討

センサから出力されるパッシブセンサの波形データを用いて転倒・起き上がり予兆の行動パターンを検出するモデルを作成する。このモデルは、時系列解析技術とニューラルネットワーク技術を組み合わせることで、作成される。4chの波形データを用いて行動パターンの検出手法に関しては、特願 2006-69964 で確立済みの手法を用いるものとする。これらの複数の波形を、入力時に時系列解析技術を施し、ニューラルネットワークを活用することで波形における特徴量を取り出すことが可能になる。その特徴量のモデル化を行い、センサに搭載することで様々な行動をセンシングデータのみでリアルタイムの判別を行うことができる革新的な手法である。

マイニングモデルを作成するためには、ニューラルネットと対になる時系列解析手法を組み込んだ手法を確立する必要があり、取得したデータを用いて時系列解析手法を用いた結果から最適な組み合わせとパラメータの絞り込みを行う。具体的には下記の2つを行う。

- 最適な時系列解析手法の組合せを検討
- サンプルモデルを用いて、検証と微調整

4-1-4 行動判別マイニングモデルの高精度化の研究開発内容成果 行動データ収集及び環境整備

平成18年度は、介護施設で発生する転倒や転落に関する基礎データを取得し、それを用いた行動パターン判別モデルを作成した。さらに転倒・転落予兆として、介護・看護スタッフから必要とされた起き上がり（離床）行動のデータを併せてモデル化を行った。

実際にセンサを用いて、30人程度の実験協力者の多種多様な動作の波形データを取得した。行動については、実験協力者がイメージする高齢者の動作を模倣するのではなく、高齢者シミュレータを装着して、実験協力者の行動を制限することにより、高齢者の行動を模倣するように心がけた。

- ・ 検証用のサンプル作成のために、必要なデータ取得
- ・ 人間の行動といった再現性の困難な行動を、大別して系統化したものとして取得し、マイニングモデルを効率的に作成する。
- ・ 行動の幅にある程度の個人差を持たせながらも、質の高いデータを取得する

これらを実現するために必要な4chセンサデータを収集し、センサデータと同期した動画記録機能を付加したソフトウェアの開発と実験者に起因するデータの品質のばらつきを小さくするための動作指示システムの環境構築活動を行った。

実験に際しては、被験者に高齢者シミュレータと介護ベッドを用いて、下記スケジュールに沿って、マイニングモデル作成のためのデータ取得活動を行った。



<図4 使用した介護ベッドと高齢者シミュレータ>

1. センサ配列検討実験（ゲーテックオフィス内） H18年9月～H18年10月末

- | | |
|----------------------------|-----------------|
| 2. 離床行動取得プレ実験（ゲーテックオフィス内） | H18年10月末～11月初旬 |
| 3. 離床行動取得実験（国際大学） | H18年11月中旬～12月中旬 |
| 4. 転倒・転落行動取得プレ実験（千歳科学技術大学） | H18年12月中旬 |
| 5. 中間動作取得実験（国際大学） | H19年1月～ |
| 6. サンプルモデルを使った検証実験 | H19年1月下旬～ |
| 7. サンプルモデルを使ったシステムの検証 | H19年1月下旬～ |

収集したセンサデータから作成したサンプルモデル

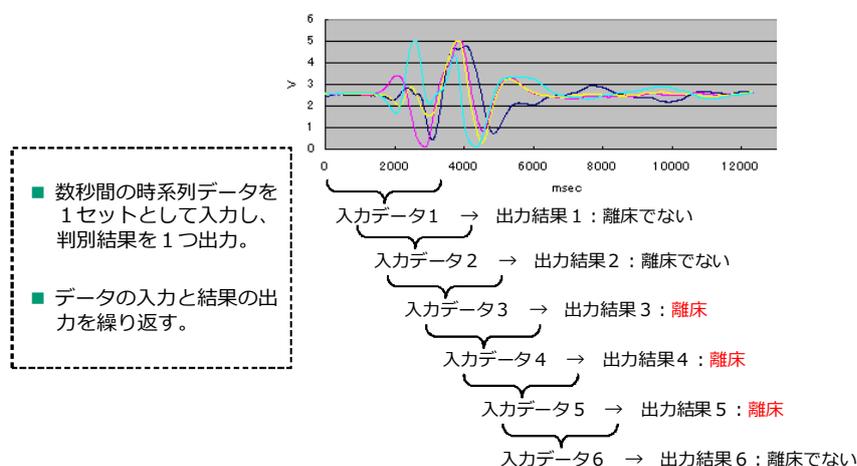
被験者協力の下、取得したデータを時系列解析手法とニューラルネットワークにより作成したサンプルモデルを出力に関して検証を行った結果は、現状のある程度制限をかけた状況においては、離床判別・転倒判別に関しては85%程度の精度を実現することができた。

センサデータの補間を行い、時系列的な傾向を特徴値として含め込むことで可能になった結果であり、複数のセンサデータを用いての離床と転倒・転落判別が可能であることを示す結果であると本研究チームは考えている。

行動という短い時間で発生する事象を高い精度で判別をすることを実現するためには、瞬間で判別するだけではなく、瞬間のデータの振る舞い方のパターンからさらに解析することで実用に耐えうる高精度なシステムを実現可能になる（現在特許出願検討中）。

この技術を用いて本研究の解析・判別システムを精度90%以上へ引き上げを行うことを現在検討中である。

データの入力と判別結果の出力



＜図5 時系列データの判別＞

上記は実験協力者の離床行動を4個のアナログ出力した場合に得られる4chの波形である。当然人間の行動は人間／行動の種類／行動毎に微妙にパターンを異なるが、時系列解析とニューラルネットワークを活用することで、図5は行動の種類を判別を時系列的に示した図である。行動開始より、データでは離床でないとして出力させているが、実際に行動を行った瞬間のみではなく、直前と直後を含めたデータの振る舞いから判別を行っている。数値目標として上記のシステムは、各瞬間の判別結果を90%以上に実現させる。各瞬間の判断を前後の数回の判別結果を参照することで、さらなる高い精度で判別が可能となる手法を現在までに確立している。

19年度はこの成果を医療施設における転倒・起き上がり予兆といった、行動を日常の行動の中から判別を行い、その抽出精度の検証と精度向上のためのモデル調整を行う。

4-1-5 行動判別マイニングモデルの高精度化の研究開発まとめ

(1)施設を想定した実験ルームにおける、サンプル構築用のデータ収集環境の構築

介護用ベッドと実験協力者を使用してデータ収集するために、実験のディレクションを含め自動化したシステムの構築を行うことで、データを質の高いものにすることができた。

(2)転倒・起き上がり行動のデータ収集活動

疑似ルーム内において、各種行動を30人のデータを取得することができた。今期予定していたサンプルモデル用の疑似ルームデータを収集することができた。

(3)最適な時系列解析手法の組合せを検討

疑似ルームにおいて、試行の繰り返しにより最適なセンサ数と角度の組み合わせ配置を検討した上で、転倒・転落/起き上がりの各行動における時系列解析手法の検討を行った。

19年度は実際のフィールドで検証を行い、時系列解析手法の最終決定を行う。

現在の実現している精度をより高め、誤報とともに失報を極力排除したシステムを次年度は目指す。

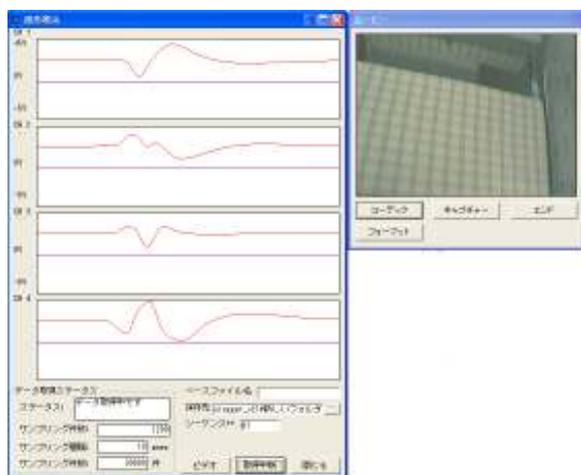
スケジュール遅延は無く、平成19年度の検証結果から最終的に決定する。

4-2 行動マイニングモデルを搭載したセンサシステムの構築

4-2-1 データ収集ソフトウェアの開発

アナログデータを効率的に収集するためのソフトウェアを開発する。平成18年度については、遠隔地でのデータ収集ミスやソフトウェアトラブルに対応するため、データ取得と同時にPCでのビデオ録画を行うこととした。これにより、ネットワーク経由でのトラブル解決の一助となり、データの効率的な取得が可能となった。

4チャンネルのアナログの波形データをPCに接続したADコンバータに入力させ、PC上でリアルタイムに波形を確認することが可能である。また、取得開始と同時にPCに接続されたUSBカメラからの映像を取得している。これは、後に波形データを基に解析を行う際に、センサ波形データとの整合性を取ることに貢献している。行動時に、リアルタイムで波形が確認でき、容易に判断が可能となる。これにより解析部分も、効率よく絞り込むことが本ソフトウェアにより可能となった。波形データは、2の12乗で量子化されたデータとして、csvファイルに保存され、ムービーもavi形式で保存される。



<図6 データ収集ソフトウェア>

4-2-2 解析支援ソフトウェアの開発

解析支援ソフトウェアの開発として、波形分析支援ソフトウェアの開発を行った。Excel 上に VBA の形式で開発を行い、実行時には、波形比較のために取得したデータから指定する行動6つのグラフを自動生成し、同一スケールによる比較が可能になっている。

また、データ収集ソフトウェアで得られた時系列のアナログデータをニューラルネットワークワークに入力・解析するために、データ加工を施すソフトウェアの開発を行った。データ加工を施すためには、まず同じ行動での波形比較が必要不可欠である。このソフトウェアにより、今後 PMML ファームウェアに組み込む、分散値による前処理を行うことにより、効率よく判別ができることが判明した。

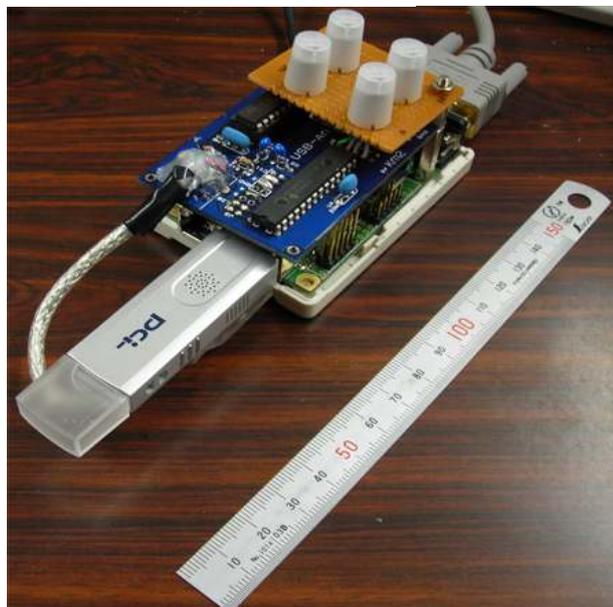
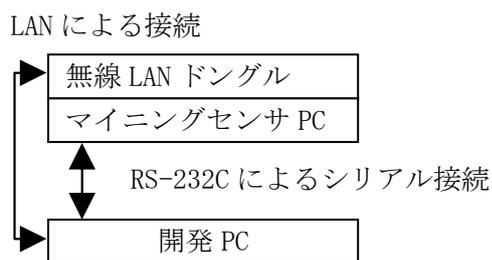
4-2-3 PMML ファームウェアの開発

センサから出力される信号を AD(Analog-Digital) コンバータおよびマイコンを通じて判別させるために、ファームウェアの開発を行った。ここでは、XML の一種であるデータマイニング言語 PMML(Predictive Model Markup Language : DMG <http://www.dwg.org>)で記述されたモデルを用いて判別を行う。

平成18年度は、組み込み Linux 上で AD コンバータからの信号を入力し、その信号から判別を行う部分について開発を行った。ファームウェアの開発には、ARM9 系の CPU を用いているために、Linux OS を用いたクロスコンパイル環境を構築し、本プラットフォーム上で、C を用いて開発を行った。

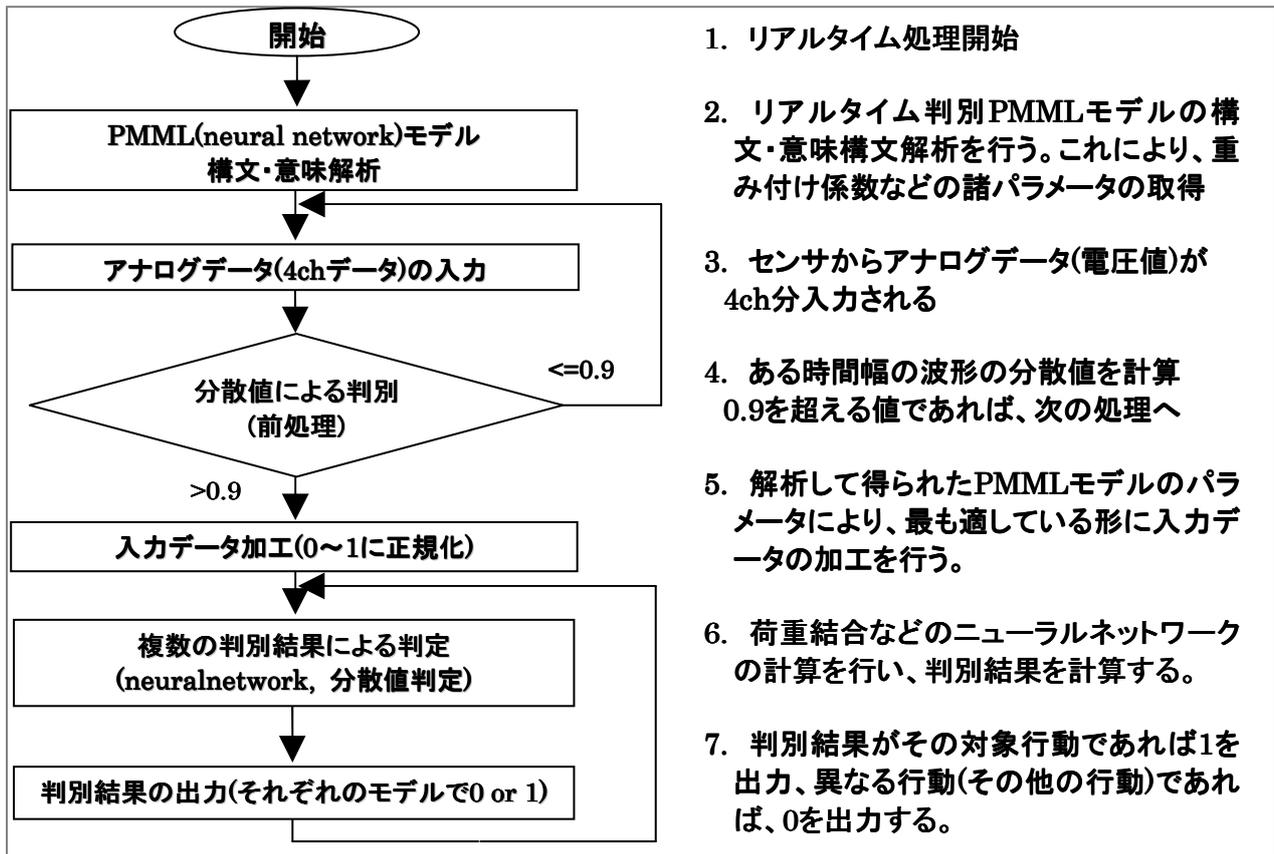
開発環境スペック、及び試作機を以下に示す。

[開発 PC]	[マイニングセンサ PC]
OS: Vine Linux 3.1	CPU: ARM920T (200MHz)
CPU: Intel Celeron 2.8GHz	MEM: 32MB
HDD: 40 GB	FlashMEM: 8MB
MEM: 256 MB	Extended MEM: 128MB



<図7 開発環境構成(左)とマイニングセンサ試作機(右)>

開発 PC で構築したプログラムをコンパイルし、FTP 経由でインストールする。モニタは RS-232C 経由によって監視することとした。本ソフトウェアの処理の流れを以下に示す。



<図8 ファームウェアフローチャート>

図8は、アナログデータを取得し、前述の波形解析支援ソフトウェアから得られた波形のある分散値により、行動の有無を検出し、行動があった場合、2つのマイニングモデルを並列に配置し、それぞれの行動の判別を行うというフローを示している。

モデルが複数あるために、判別結果も同数出力される。ここでは、転倒に比重をおいた結果を出力することも視野に入れる予定である。

図9は、リアルタイム判別ソフトウェア実行時画面であるが、センサにはモニタできる画面を搭載しないことを検討しているため、図中の文字は検証用であり、本来は非表示である。内部処理で、0か1かを出力するPMMLモデルを1か2を出力するように変更している。この変更も検証用のためであり、本来の形式ではない。LinuxOS上では約100msec間隔での計算を行っていることが確認できる。



<図9 リアルタイム判別ソフトウェア実行時画面(実際は非表示)>

4-2-4 行動マイニングモデルを搭載したセンサシステムの構築まとめ

(1) データ収集ソフトウェアの開発

ビデオ動画同時取得型波形データ収集ソフトウェアの開発を行う。これにより、実験時のエラーや解析の効率が向上した。

(2) 解析支援ソフトウェアの開発

波形解析支援ソフトウェアの開発を行う。NNでの判別前の分散値判別処理(分散 0.9 以上)を算出することができた。

(3) PMML ファームウェアの開発

PMML を構文・意味解析を行い、センサからの電圧データから PMML モデルを用いて、判別を行うソフトウェアの開発を行う。リアルタイムでのアナログデータ取得に加え、複数のマイニングモデルから複数の判別結果を同時に取得することに成功した。

スケジュール遅延はなく、平成 19 年 7 月にメール送信部やアップデート部などの周辺の開発を行う。

4-3 無線マイニングセンサシステムの検証試験

本課題では、前述のアプローチで開発したマイニングモデルをファームウェアとして搭載したセンサに無線モジュールを組み合わせ無線マイニングセンサの試作を行う。試作した無線マイニングセンサシステムの検証を実験フィールド、実フィールドの両面で行う。

4-3-1 単体検証

1. 無線評価実験(モジュールおよびコーディネータ)

本年度は、マイニングセンサ PC に無線 LAN ドングルを搭載し、問題なく使用できるかどうかの検証を行い、問題なく動作したことを確認した。無線 LAN にはセキュリティの観点から、データの暗号化が用いられているが、ここでは、ドライバの関係上 WEP のみの使用となった。



<図 10 無線 LAN USB ドングル>

また、消費電力についての検討を行った。将来的な電池駆動を検討するために、必要であると考えます。

無線 LAN USB ドングルの消費電力は、最大 1.45W である。USB から供給される電圧、電流は、5V、500mA であり、電力については問題ないものとして考える。

ここで、携帯電話並の 5V で 1000mAh のリチウムイオン電池を検討すると、約 3 時間半程度の通信が可能であることが確認できるが、電池充電などの作業を考えると、非常に非効率的である。また、センサの駆動電源や、マイニングセンサ PC の駆動電源を考慮に入れると、リアルタイム判別を行っている関係上、数分間の駆動になる。電池駆動での検討は、通信・センサ消費電力・PC ソフトウェアの改善の 3 つを併せて考慮することが必要であることが確認できた。今後、一定時間後にスリープする機能を実装するなどして、消費電力の低減を行うが、リアルタイムという性質上、AC 電源による供給を前提に考えるのが妥当であると考えます。

2. パッシブセンサ評価実験

製作したパッシブセンサに用いられる焦電素子の個体差や、反応感度、角度について、アナログデータを計測する評価実験を行う。背景温度・熱源の進入・進出角度による反応変化が課題となる。

18 年度は、反応感度やセンサの個体差を確認するための実験を行った。実験の条件として、以下のように設定した。

[条件]

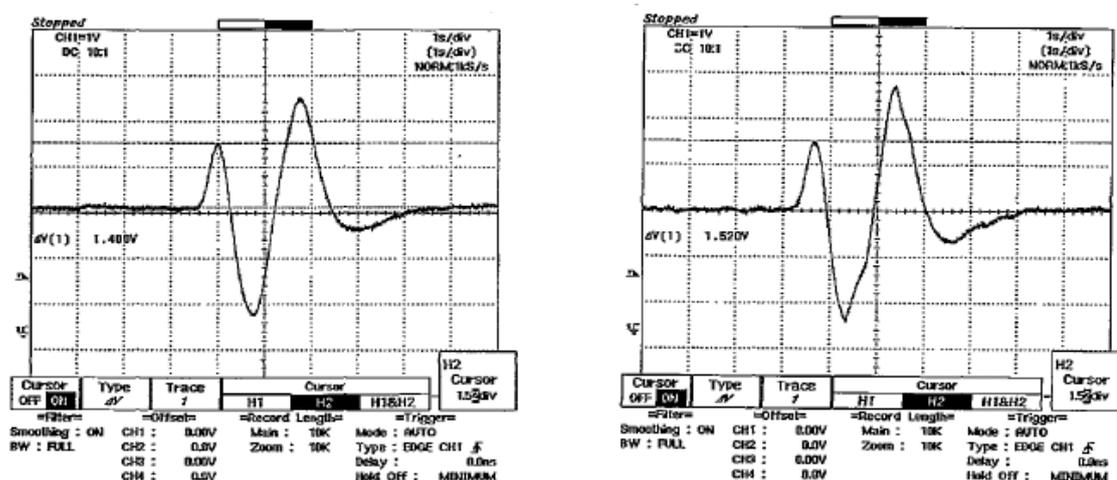
背景との温度差：10 °C

サイズ：250 mm×700 mm

移動速度：2 m/s

センサからの距離：5 m で 1 方向の移動

同種のセンサを 2 つ用意し、前述の条件で行った結果を以下に示す。



<図 1 1 同種センサでの個体差計測実験>

図 1 1 は、横軸を時間(sec)、縦軸が電圧を示している。同一条件で評価を行ったが、波形が多少急峻な変化をするものもあるが(右図)、波形パターン自体は保持しているため、解析・判別には問題ないものと考えます。この違いは、センサに内蔵されている、焦電素子や増幅回路の部分でのばらつきであるものと考えます。感度についても、物体が通過する際に、ほぼ同一の振幅で、0~5V を移動していることが確認できるために、問題ないもの

考える。

センサは、現在、一種類で検討・検証しているが、次年度においては、精度向上が見込めそうな場合、他種類のセンサを用いることも視野に入れている。

4-3-2 無線マイニングセンサシステムの検証試験まとめ

センサの特性調査、および無線 LAN ドングルの仕様から電池利用の可能性について調査・検討を行う。センサの個体差をある条件下で測定したばらつきでは、判別に支障は無いものとする。また、無線 LAN ドングルやセンサユニットを含めた電池利用については、リアルタイム計算の観点から、AC 電源ユニットでの供給が望ましいとの検討結果を得た。

4-4 総括

18年度はマイニングモデル作成の高効率化と時系列解析手法とデータ補間法を複合した形でデータ群からの特徴量の抽出手法の確立を行うといったマイニングモデル作成、PMMLで出力させたマイニングモデルをLinux上で判別させるソフトウェアの作成を行うことができた。

無線マイニングセンサによる介護施設支援システムの研究開発は、19年度の医療施設でのシステム検証が大きなポイントとなるが、そのために18年度はサンプルモデルを作成し、施設での検証の前の最後の模擬システム検証を19年度速やかに実施できる体制を整える必要があった。様々な協力機関のサポートにより、現在は大きな遅れもなく研究開発を行うことができた。その結果サンプルモデルの作成・プロトタイプのマイニングセンサの開発を行うことができた。

目標である検証の平均精度85%をクリアすることができ、これをさらに精度を向上させ施設での検証に耐えうるシステムにすることが19年度初旬の目標である。さらに中盤から行う施設内検証を経て、製品化を目指す上で、今年度までにサンプルモデル作成のためのデータ収集と収集環境整備は絶対条件であった。本研究チームと協力機関における情報共有と共通した問題意識を持ちながら課題に取り組むことで可能になったことであり、この協力体制は19年度の研究開発していく上で大きな推進力となると考えている。

5 参考資料・参考文献

5-1 研究発表・講演等一覧

小松正, 大野俊和, 深川貴之, 永井拓史, 堀之内英, “センサとデータマイニングによる人間行動パタンの判別”, 電子情報通信学会論文誌 D (投稿中) .