

平成20年度 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)グーテック

平成21年4月

情報通信研究機構

平成20年度 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	
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	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	9
4-1-3	最適な時系列解析手法の組み合わせと検討	13
4-1-4	サンプルモデルを用いて、検証と微調整	15
4-1-5	まとめと今後の展開	21
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	21
4-2-1	データ収集ソフトウェアの開発	21
4-2-2	解析支援ソフトウェアの開発	22
4-2-3	PMML ファームウェアの開発	22
4-2-4	PMML サーバの開発	25
4-2-5	コーディネータ情報取得サーバウェアの開発	27
4-2-6	まとめと今後の展開	30
4-3	無線マイニングセンサシステムの検証試験	30
4-2-1	単体検証	30
4-2-2	結合検証	35
4-2-3	まとめと今後の展開	46
4-4	総括	46
5	参考資料・参考文献	
5-1	研究発表・講演等一覧	47

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現実視されている。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者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日で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。

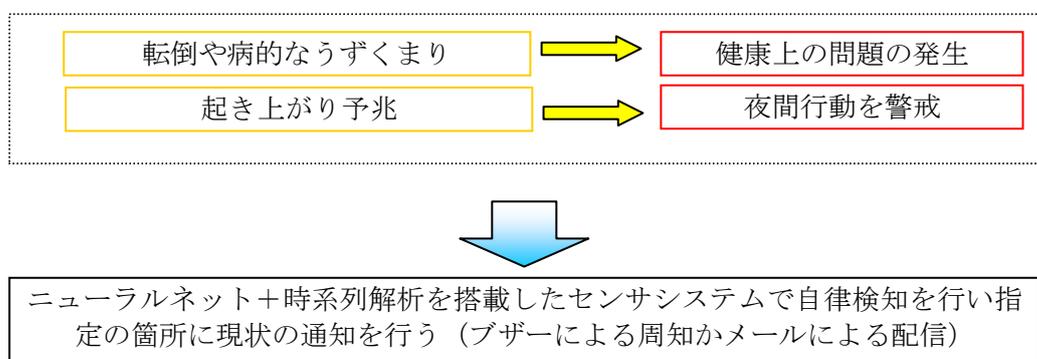
さらにヒアリングを重ねる中で、夜間における対象者の行動予兆（ベッドでの起き上がり行動）も把握できると非常に有効かつ・予防的な介護につながる可能性が高いということが調査の結果判明した。特に転倒という問題もベッド周辺で起きている場合が多いという結果からも転倒と行動予兆を双方の行動を抽出することで、迅速な対応につな

ることが可能になり、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う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。（有限会社グーテック 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グ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

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上げ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。

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) 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・起き上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。収集したデータのある時間幅(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	—▶	—▶	—▶	—	
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>					
間接経費	—	—	—	—	
合計	—	—	—	—	

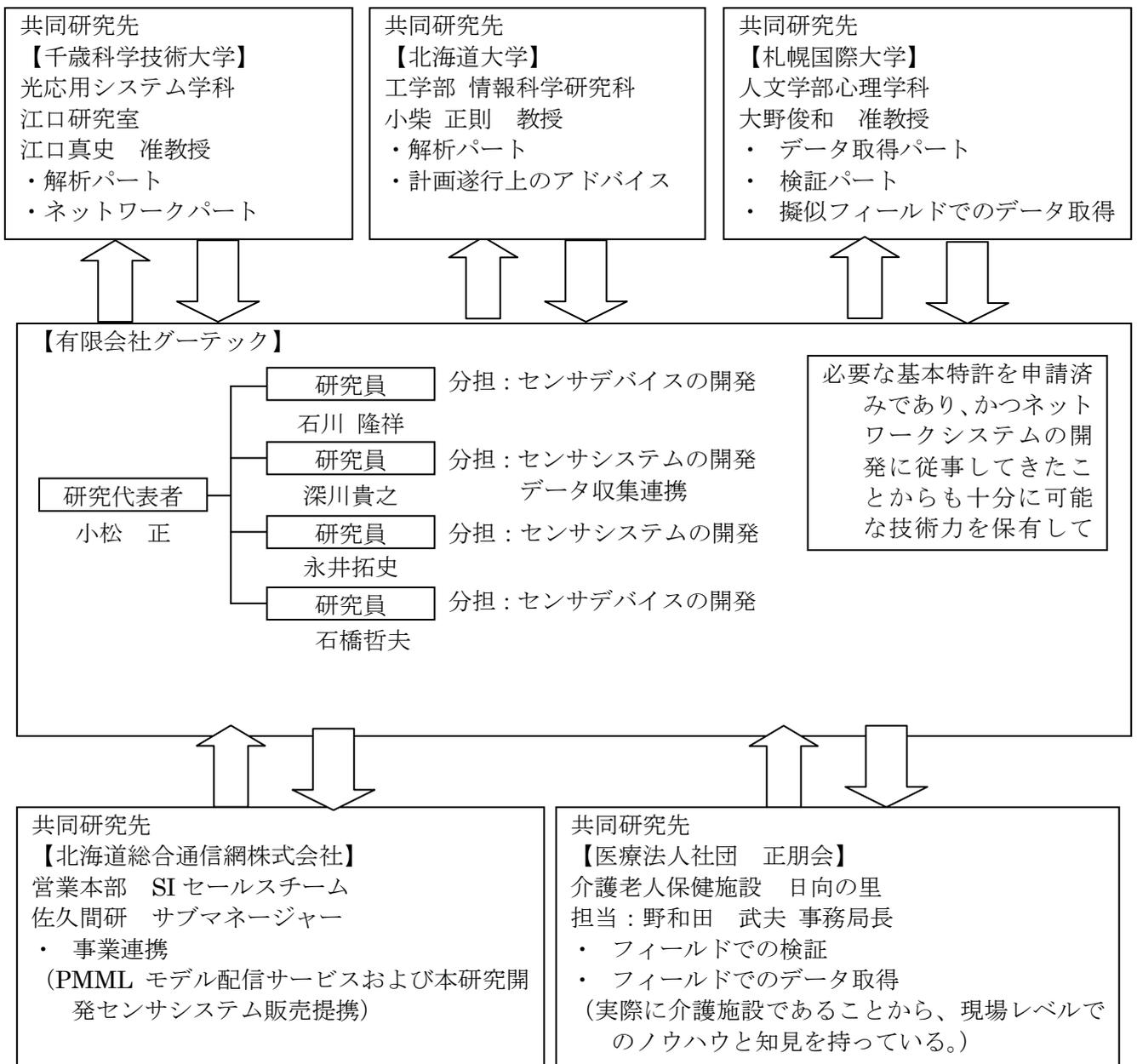
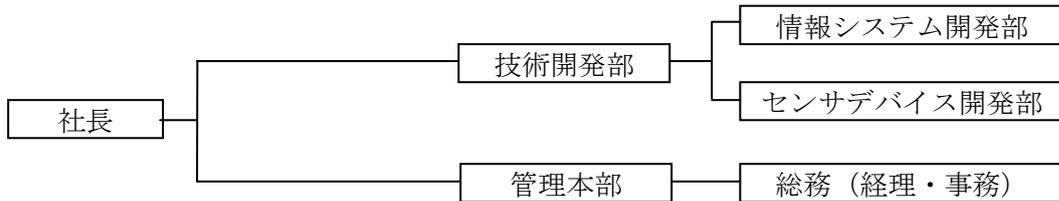
注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。

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

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9月に研究開発を開始した当初は、質の高い行動データを収集することを目的として、できるだけ均一で自動化されたデータ収集環境の構築を行った。

実験担当者の音声や口調のばらつきによる影響を排除して、共通の条件下で被験者に何度でも同じ指示出しを行うことを可能とするために、実験担当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。また、高齢者を被験者とした行動データの取得には制限が多いため、非高齢者を被験者とした場合に備えて、非高齢者に関節の自由度を制限する高齢者シミュレータを取り付けて、高齢者に近い行動データを収集できる環境を用意した(図4-1)。これは被験者の主観に基づいて行動を高齢者に近付けるのではなく、行動を制限することにより結果として高齢者の行動を模倣せざるを得ない状況を作り出すことを目的とした。



<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4-1 実験環境>

また、効率的なデータ取得を可能とするために、同時に4個のパッシブセンサからデータを取得できるソフトウェアを開発した。このソフトウェアには取得したデータと行動を撮影した動画を同期させて保存する機能を加えた。

4-1-2 転倒・起き上がり行動(離床行動)のデータ収集活動

平成18年の10月から11月にかけて、協力を得られた医療・福祉施設で行ったヒアリングの情報をもとにして、判別の対象とするべき行動の種類を絞り込みを行った結果、ベッドおよびその周辺での転落・転倒、それら転落・転倒の予兆となるベッドからの離床行動、および、ベッドから離脱して徘徊する行動が検知の対象として特に重要な行動であることが確認された。そのため、判別対象とする行動は、転倒・転落、離床行動、ベッドからの離脱に決定した。そして、これらの行動を検知することを念頭に、種々の焦電素子やレンズの特性を念頭に置きながら、センサシステムを構成する焦電素子の個数、種類、および焦電素子に被せるレンズの種類などについて適していると思われる種類を理論的に予測して選択し、センサの基本的構成を定めた。

その後、平成18年12月から千歳科学技術大学と札幌国際大学において、おもに学生被験者を対象として、前述の種類のある行動について行動判別モデルを作成するためのデー

データを収集した。ニューラルネットワークによって行動判別モデルを作成したところ、行動判別の正解率は7割程度であり、ニューラルネットワークの条件をさまざまに変更しても、判別の成績はほとんど向上しなかった。さらに、得られた波形データをグラフ化して比較した結果からも、センサから出力される波形のパタンの違いが行動の種類の違いと十分には反映していないことが見て取れた。こうした結果に基づいて、平成19年2月からはセンサ構成の変更に取り組み、平成19年3月には、ニューラルネットワークによる高精度な行動判別（正解率85%~90%）を可能とするセンサが実現した。

しかし、こうした結果は温度条件が常温（25℃程度）のもとで得られたものであった。そこで平成19年度には以下のように温度条件を変化させた実験を行った。

【温度変化実験】

[目的と背景]

本研究開発はパッシブセンサを使っている。パッシブセンサから出力される波形は温度差分を検出するセンサであるために気温の変化といった熱要因による影響が大きいと考えられている。温度変化に対応したモデルの構築に至ることで行動判別モデルがより製品化のフェーズに近づけることが可能となる。温度実験は数種類の温度条件における行動データの変化パターンを収集し解析を行うことで、行動の種類と温度条件との関係性を把握することを目的とする。

[材料と方法]

温度変化実験の温度条件には、医療福祉施設関係者からのヒアリングを行い実際の施設における温度環境変化の幅を調査した。その結果として、15℃程度（冬期）から35℃程度（夏季）までの範囲内で推移する可能性があることが把握できた。本実験ではその範囲内で複数の条件下を擬似的に再現した環境においてデータの収集を行うこととした。

第一段階として、一定の速度で熱源を移動させた際の波形データを熱源の温度との相関を確認し、パターンの保持の有無に関しての解析を行う。幸いにもこの結果が本研究チームの予測する波形傾向と一致したため、スムーズに次のステップへと移行することが可能であった。

実際の実験場所には主に共同研究機関である札幌国際大学内の部屋を使い窓すべてとドアに断熱材を敷き詰め、外からの空気が入らないように心がけた。さらに出入り口であるドアの外側にも断熱効果を高める工夫を施した（図4-2a）。さらに部屋内側には園芸用のビニールハウスを設置し、介護用ベッドとセンサを設置した（図4-2b ビニールハウス内部）。



<図 4-2a 温度環境制御した室内>



<図 4-2b ビニールハウス内部>

具体的温度条件としては、低温 (12~15℃)・常温 (24℃~26℃)・高温 (31℃~34℃) の3基準の温度条件下で、離床・寝返り・転落・ベッドからの移動の4種類の行動を実験協力者に行ってもらいデータ収集活動を行うこととした。

低温状態は、大量の氷 (200kg)・冷却剤・簡易クーラによって実現し、高温状態はハロゲンヒーターや石油ファンヒーターを複数配置により実現した。これにより温度を一定に保ちつつ測定を行った。測定には延べ20人以上の実験協力者を集め、実験者の統制と管理のもとデータ収集活動を行った。

実験の際には温度管理している部屋には、実験者は入らずに隣のオペレーションルームから指示とデータ収集を行った。無線LANを使い、音声と映像はオペレーションルームから確認できるように準備を行った。実験協力者は、ベッドの近くに設置してある画面とスピーカーから視覚と聴覚による指示に従い動作を行った。

[結果と考察]

センサの物理的特性から予想していた通り、すべての行動において、高温条件下では波形の振幅が小さくなり、低温条件下では波形の振幅が大きくなった。高温および低温温度条件下における判別率の低下の程度を検証するために、常温条件下での延べ10人の被験者のデータを学習用データとしてニューラルネットワークにより判別モデルを作成し、検証データとして各温度条件下での延べ5人の被験者のデータを用いて、判別率を求めた。寝返りと離床を判別するモデルにおいては、低温において、波形の振幅が増大することにより、寝返りであっても誤って離床と判別される場合が生じ、高温において、波形の振幅が減少することにより、離床であっても誤って寝返りと判別される場合が生じた(表4-1)。寝返りと転落を判別するモデルにおいては、低温において前者の判別モデルの場合と同様に、波形の振幅が増大することにより、寝返りであっても誤って離床と判別される場合が生じ、高温において、波形の振幅が減少することにより、転落であっても誤って寝返りと判別される場合が生じた(表4-2)。

こうして、判別モデルの正解率に対する温度依存性が明らかとなったが、低温や高温の条件下での波形の振幅の大きさから、温度変化と振幅の変化との関係を割り出すことで、概ね20℃～30℃の範囲内の温度条件であれば、判別モデルの改良を試みることで判別率の低下は許容範囲に収まるであろうと結論された。

<表4-1 温度条件による寝返り離床判別率の変化>

モデル名	寝返り	離床
<u>寝返り/離床判別</u>	100.0% (150/150)	38.0% (57/150)
	95.3% (143/150)	86.0% (129/150)
	75.8% (91/120)	85.0% (102/120)

上段：高温 中段：常温 下段：低温

<表4-2 温度条件による寝返り転落判別率の変化>

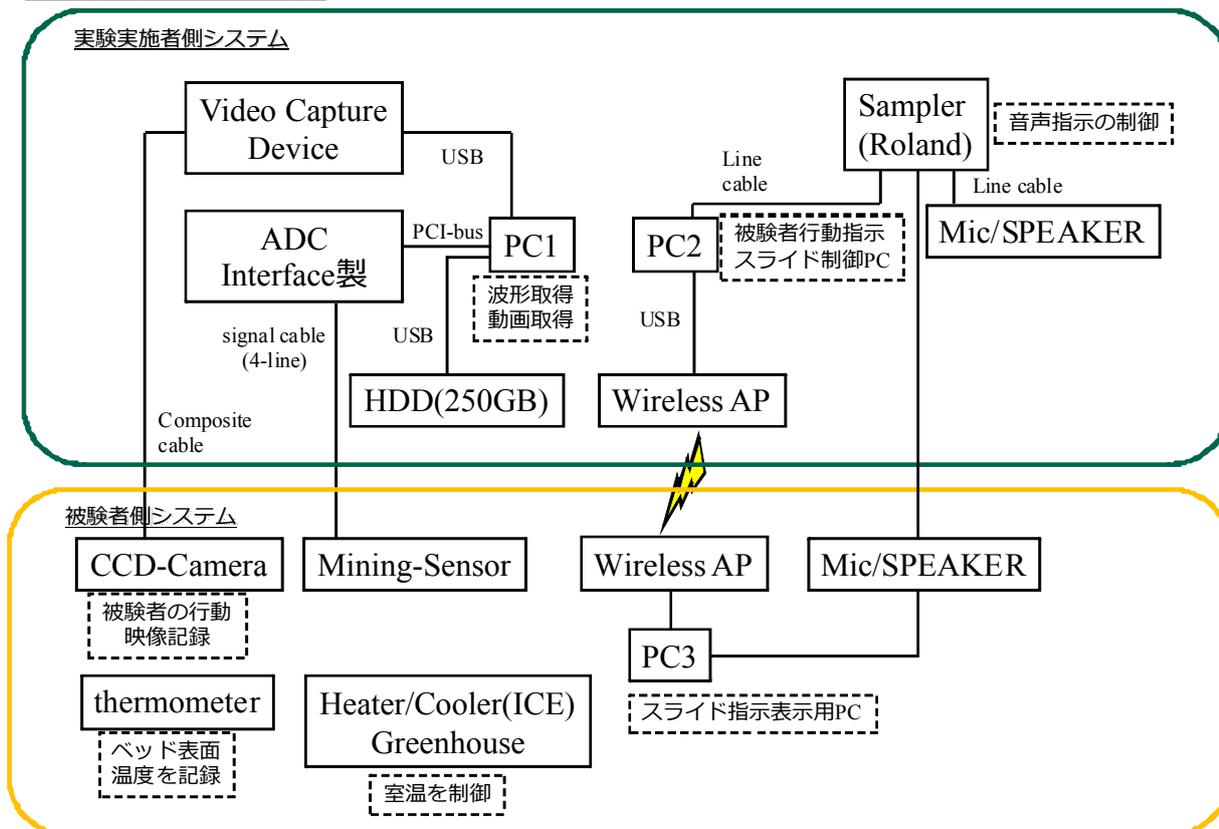
モデル名	寝返り	転落
<u>寝返り/転落判別</u>	100.0% (150/150)	24.0% (36/150)
	98.7% (148/150)	78.0% (117/150)
	78.3% (94/120)	80.8% (97/120)

上段：高温 中段：常温 下段：低温

[システム]

ハードウェア種別としては以下のような構成である。

実験指示/データ収集システム



<図 4-3 ハードウェア種別構成>

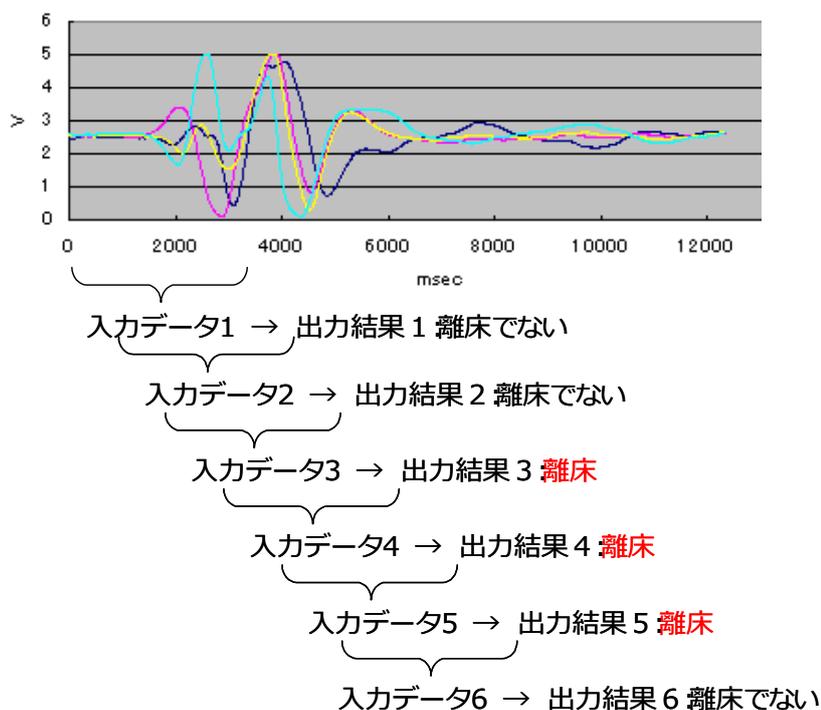
ソフトウェア種別としては、以下の種類のものを組み合わせて使用している。

- 波形取得/動画取得ソフトウェア (Windows)
- スライド表示ソフトウェア (Microsoft PowerPoint) (Windows)
- ネットワークリモートコントロールソフトウェア (Windows)

4-1-3 最適な時系列解析手法の組み合わせと検討

[背景]

初めに、19年度に開発した最適な時系列解析の手法を理解するうえで必要となる背景について説明する。本行動検知システムにおいては、入力データである時系列の波形データが、ニューラルネットワークを利用して作成された行動判別モデルによってリアルタイムで判別され、その判別結果が時系列として順次出力される。図4-4はこうした波形データの入力と判別結果の出力の様式を模式的に表したものである。



<図4-4 入力される波形データと出力される判別結果の模式図>

表4-1および表4-2の判別率から推定すると、仮に、判別モデルから出力された判別結果を、検知対象の行動に関する最終的な結論としてそのまま直接に携帯端末に送信してしまうと、10%以上の誤判別が生じる可能性がある。そのため、判別モデルから出力された判別結果をそのまま最終的な結論とするのではなく、順次出力される判別結果を、あらためて時系列解析の対象として扱い、その時系列解析の結果を検知対象の行動に関する最終的な結論と見なすという、二段構えの解析手順を用いることとした。今後、ニューラルネットワークの判別モデルによる判別を第一段階判別と呼び、その判別結果が離床であった場合に「離床予兆」と呼ぶことにする。さらに、それらの第一段階判別の判別結果の連続を対象とした時系列解析のことを第二段階判別と呼び、その結果が離床となった場合、「最終離床」と呼ぶことにする。19年度は、第二段階判別である時系列解析手法の開発を試みた。

[開発した最適な時系列解析手法]

時系列解析手法は、4-1-4以降で解説するサンプルモデルを用いての検証において誤報が発見されるたびに、微調整を繰り返し容易に行えるものであることが望ましい。19年度は、こうした条件を満たす手法の開発を試み、以下のような内容の時系列解析手法を実現できた。

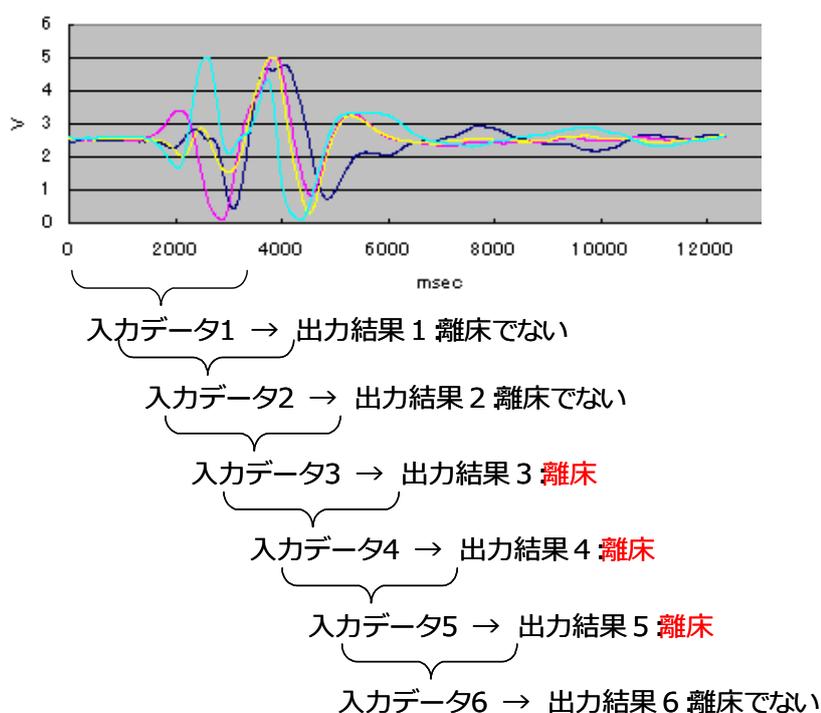
- (1) 波形の振幅に一定の閾値 θ を設定して、検知エリア内の人物が何らかの行動を開始した場合に、判別モデルの検証が開始されるようにする。
- (2) 判別モデルから順次出力される判別結果の時系列を対象として、「検知したい行動として判別された出力とそれ以外の出力の割合」と、「検知したい行動として判別された出力の最大連続個数の値」について数値を設定する。例えば離床判別の場合ならば、「連続した出力判別結果の個数 x 個のなかで、離床と判別された出力結果の総数が y 個以上であり、かつそれらのうち連続して離床と判別された出力結果の個数が z 個以上である場合に、検知対象の行動の種類を最終的に離床と結論する」とい

うようになる。

サンプルモデルを用いた検証を通じて、上記のパラメータ（閾値 θ 、連続した出力判別結果の最小個数 x 個、連続して離床と判別された出力結果の最小個数 z 個など）に代入する具体的数値を調整して、検知対象の行動判別に関する最終的な結論について誤判別を最小化するように試みた。

〔結果〕

日向の里モデル検証（後述：4-1-4参照）で得られたデータに基づいて、パラメータとして代入する数値を調整し、前述の時系列解析手法を実行した。その結果、19年度末現在、検知対象の行動判別に関する最終的な結論として、離床については99%、転落とベッドからの移動については90~95%の判別率を実現できた（後述の4-1-4【日向の里モデル検証】にも関連する記述あり）。



<図4-4 入力される波形データと出力される判別結果の模式図>

4-1-4 サンプルモデルを用いて、検証と微調整

【日向の里モデル検証】

[目的と背景]

19年度前半までに行ってきた行動判別モデルの温度変化に適応したモデルを構築が完了し、内部検証を行い一定の精度の判別率を実現した。しかし、このモデルはあくまで実験協力者によるデータから作成したものであり、本研究開発成果物が活用される医療福祉施設にいる入所者データではない。19年度前半までに構築したモデルは主に20

～40 歳の実験協力者のデータを活用して作られたものである。そのため高齢者を中心とする入所者の行動をセンシングすることで出力される波形が作成したモデルの適応性の検証が必要であった。この問題を解決することにより、本研究開発における成果物の利用を想定される入所者に対しても適用が可能なシステムへとモデルを微調整することが可能となる。今年度においてはこの実際の施設を使つてのサンプルモデルを用いた検証を非常に大事な検証として位置付けている。実際の施設でのスタッフとの情報や意見交換を含めてシステムの方向性を模索する意味でも非常に大事な課題である。

[材料と方法]

本課題では実験協力機関である日向の里の協力のもと、実際の施設の空きベッドを利用して施設環境の整合性及び、モデルの検証を行う。今回の検証では行動とマイニングモデルの整合性をチェックするために、カメラを設置し検証中のベッドの様子を記録した映像と判別結果を対比し評価を行う必要があった。このような必要性から、実際に入所している人間を夜間映像で収めることは困難であったため、日向の里の所在地である千葉県山武市のシルバー人材センターの協力のもとにセンターから派遣された高齢者スタッフが擬似的に入所してもらった。

検証実験は夜間 6 時～翌朝 8 時の 14 時間行うこととした。これは日向の里スタッフとの打合せの結果、夕食で他の入所者の方々が部屋から出て行っている間にセッティングと実験協力者に入ってもらうことが最善であるという判断からである。この 14 時間の間には基本的にベッドの周辺で通常の行動をとってもらい、ベッド周辺の行動データやベッド上の行動データの収集と検証を行う。

ベッドの頭側の壁に本検証用に作成したカメラモジュールを取り付けたマイニングセンサと夜間の映像を取るために赤外線投光器を取り付けた。(図 4-5)



<図 4-5 検証用マイニングセンサ+カメラモジュール>

さらに 14 時間分という長時間にわたるデータを取得するために本検証では有線にて接続されたノート PC を通じて外付け HDD に実験協力者の行動を収めた映像とセンサデ

ータ、検証結果の蓄積を行うようなシステムを構築した（図4-6）。

そして、検証実験上必要なシステムとして離れた部屋で待機する実験者と実験協力者間の連絡を行うためのSIPサーバを構築し、無線LAN携帯で通話できる環境を準備した。これは本検証では連絡用として使用するが、本研究開発の介護スタッフへの通知端末候補としても検討している（図4-7）。



<図4-6 実験に使用したモニタリングシステム>



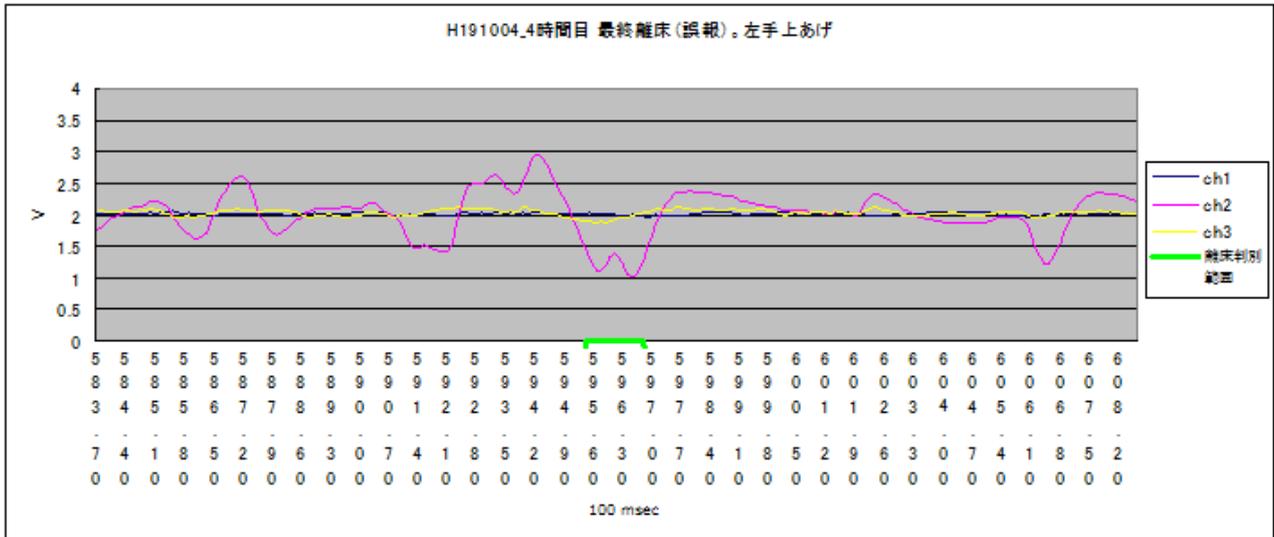
<図4-7 実験に使用した連絡用無線LAN携帯端末>

これらのシステムにより収集した1日あたり14時間分の映像データと判別結果を用いて、判別結果と実際の動作に相違が発生した場合に取得したセンサデータと映像を対比しながら、行動とセンサデータの関係性とこれまでのモデル作成時に活用したセンサデータとの対比と傾向の検証を重ねていきモデル調整に必要なデータの抽出作業と蓄積を行う。

[結果]

センサデータに基づいた判別結果と映像データを照らし合わせることにより、誤判別の事例をスクリーニングした。その結果、ベッド上で実験協力者が手を大きくかつ早く動かした場合に、離床として誤判別される場合があることが確認された。そのため、誤判別の事例でのセンサデータおよび波形グラフ（図4-8）を参考にして、ニューラル

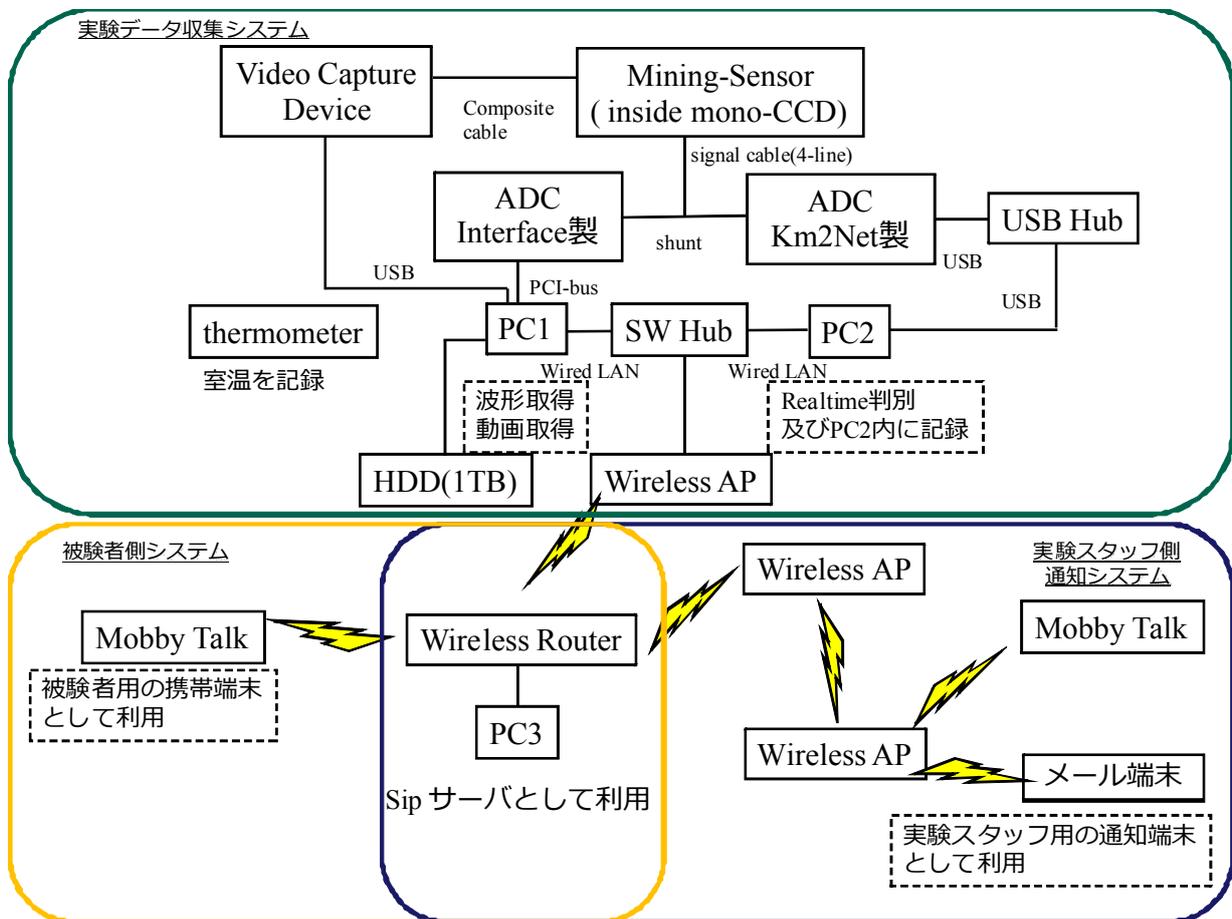
ネットワークモデルと時系列分析を組み合わせることにより、寝返りと離床の判別モデルの改良を試みた結果、失報（離床を見落とすこと）が0%、誤報（離床でないにもかかわらず離床と判別してしまうこと）が2%以下となる判別を実現できた（時系列解析の具体については4-1-3を参照）。



<図4-8 離床と誤判別された手の動きの波形グラフ>

[システム]

ハードウェア種別としては以下のような構成である。



<図4-9 ハードウェア種別構成>

ソフトウェア種別としては、以下の種類のを組み合わせて使用している。

- ・波形取得／動画取得ソフトウェア (Windows)
- ・リアルタイム行動判別処理ソフトウェア (Linux)
- ・Sip サーバ (Linux asterisk)

【小樽市立病院モデル検証】

日向の里モデル検証と類似の方法で、平成 20 年 3 月から 8 月にかけて小樽市立病院においてモデル検証試験を行った (図 4-10)。



<図 4-10 小樽市立病院モデル検証>

日向の里モデル検証との相違点は以下の通りである。

- (1) 日向の里モデル検証での結果を踏まえて、より改良した判別モデルを使用している。
- (2) 実験協力者として、シルバー人材センターから派遣された高齢者スタッフではなく、実際の患者を用いている。
- (3) 患者のプライバシーに配慮し、映像データの収集は行っていない。
- (4) 携帯端末にアラート出力が行われるたびに、スタッフが患者の実際の行動を調査し、記録している。

[結果]

判別システム (ニューラルネットワークモデルによる第 1 判別+時系列解析による第

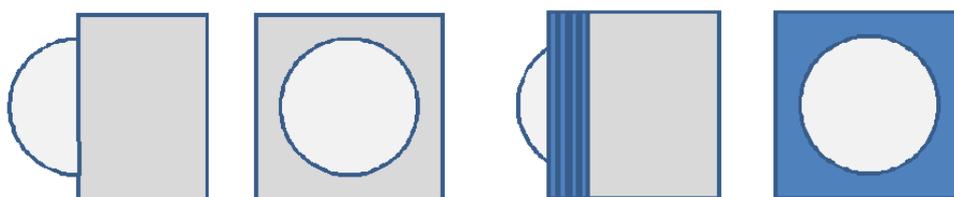
2 判別) は患者単独で考えた場合には適切に機能したが、スタッフの病室への入退室との関連で改良が必要であることが明らかとなった。病院においては、病院スタッフが日常的に患者のいるベッドの周囲を行き来するため、結果としてスタッフがセンサの検知エリアに頻繁に侵入することになり、患者の行動判別に大きな支障が生じる。

[対策 1]

ベッド周辺の検知エリアをなるべく小さくして、センサの検知エリアにスタッフが入り込む機会を減らすために、以下のようなセンサの改良を行った。

・積層マスキング

3つのセンサの周辺に遮蔽(マスキング)するように透過性が極端に低い素材を付加して、ベッド上の動きのみを取得し、ベッド周辺の熱量を極力取得しないようなマスキングを施した(図、 も参照)。



<図 4-1-1 それまでのセンサ(左図:センサ側面、正面の順)と積層マスキング(右)>

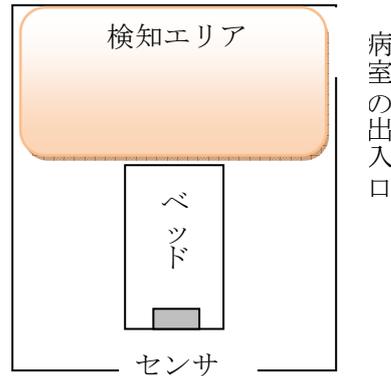
その結果、誤報は減少したものの、完全になくなるわけではなかった。病院スタッフの業務の性格上、ベッドのごく近傍に接近することがあり、積層マスキングを施してもなお、スタッフがセンサの検知エリアに入り込み、電圧波形に影響が及ぶ場合があった。

[対策 2]

ボタン式の入退室記録装置を開発して病室の出入口に設置し、病院スタッフに入退室時のボタン操作をお願いした。スタッフが病室内にいるときは、センサから出力される判別結果の通知を一時的に休止するように設定して、たとえ誤判別が生じても、それが通知されることはないようにした。しかしながら、スタッフ自身に入退室の記録作業を負担させるという方法は現実的ではなく、ほとんどのスタッフは入退室時のボタン操作を実行しなかったため、誤判別の低減には至らなかった。

[対策 3]

スタッフ自身に入退室の記録作業を負担させるという方法はとりやめ、センサ自体にスタッフ検知の機能を付加することとした。センサに新たに焦電素子とレンズを1つ追加した。それらに、ベッドを検知エリアの外側として、ベッドの周辺のみを検知するようにマスキングを施した(4-2-3も参照)。このマスキングにより4番目の焦電素子の検知エリアは図4-1-2のようになる。



<図4-12 ベッドと検知エリアの位置関係と範囲>

[対策のまとめ]

積層マスキングと4番目の焦電素子の付加によって、スタッフが入室してベッドに接近した際には、センサから出力される判別結果の通知を一時的に休止することで、たとえ誤判別が生じて、それが通知されることがないシステムが実現できた。

4-1-5 まとめと今後の展開

19年度末から20年度に行われた小樽市立病院での試験を通じて、病院スタッフの出入りによる誤報の発生が多いことが発覚したが、積層マスキングと4番目の焦電素子を付加することによって、誤報の発生を回避することができた。

上記の「転倒・起き上がり行動のデータ収集活動」、「最適な時系列解析手法の組み合わせと検討」、「サンプルモデルを用いて、検証と微調整」における日向の里での検証試験の結果にもとづいて、19年度末の段階で、極端な低温あるいは高温でなければ、離床については99%の判別率（失報が0%、誤報が2%以下）のセンサシステムが実現した（転落とベッドからの移動に関しては判別率90～95%程度）。これらの良好な結果は当初は、学生やシルバー人材センターから派遣された高齢者スタッフを被験者としたものだったが、小樽市立病院での検証試験を通じて、実際の患者の実際の患者に対しても、センサシステムが適切に動作することを確認できた。

なお、小樽市立病院においては被験者となる患者の移り変わりが頻繁であって、かつ病状についても多様な病状の患者が被験者として協力してくれたため、被験者の人数、病状の多様性ともに、予想していた水準を上回る状態であった。これにより、小樽市立病院のみでも十分なデータが採取できたため、当初検討していた他の病院での検証試験はあえて行わずに、小樽市立病院で8月まで試験を継続した。

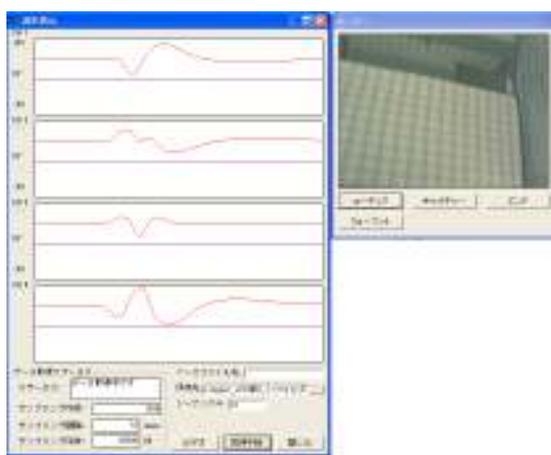
今後の課題として、実際の病院においては転倒の実例についてのデータが得にくいという問題が挙げられる。小樽市立病院においても、転倒の実例のデータは得られなかった。転倒はいったん生じると危険が大きい、その発生頻度はあまり高くはないため、実地試験においてはデータ取得が難しい。安全を確保したうえで実験的に被験者に転倒してもらうことが考えられるが、それが実際の転倒を正確に再現しているかどうかには疑問もあり、今後の検討課題である。

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。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 4-13)。



<図 4-13 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。

さらに、解析支援ソフトウェアの一つとして、取得データを自動的かつ効率的にタンドム構造に変換するコンバータソフトウェアの開発を行った。これにより、学習用データ・検証用データの作成が容易となり、比較的簡便にモデルの構築をすることが可能となった。

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]

OS: Vine Linux 3.1

CPU: Intel Celeron 2.8GHz

HDD: 40 GB

MEM: 256 MB

[マイニングセンサ PC]

CPU: ARM920T (200MHz)

MEM: 32MB

FlashMEM: 8MB

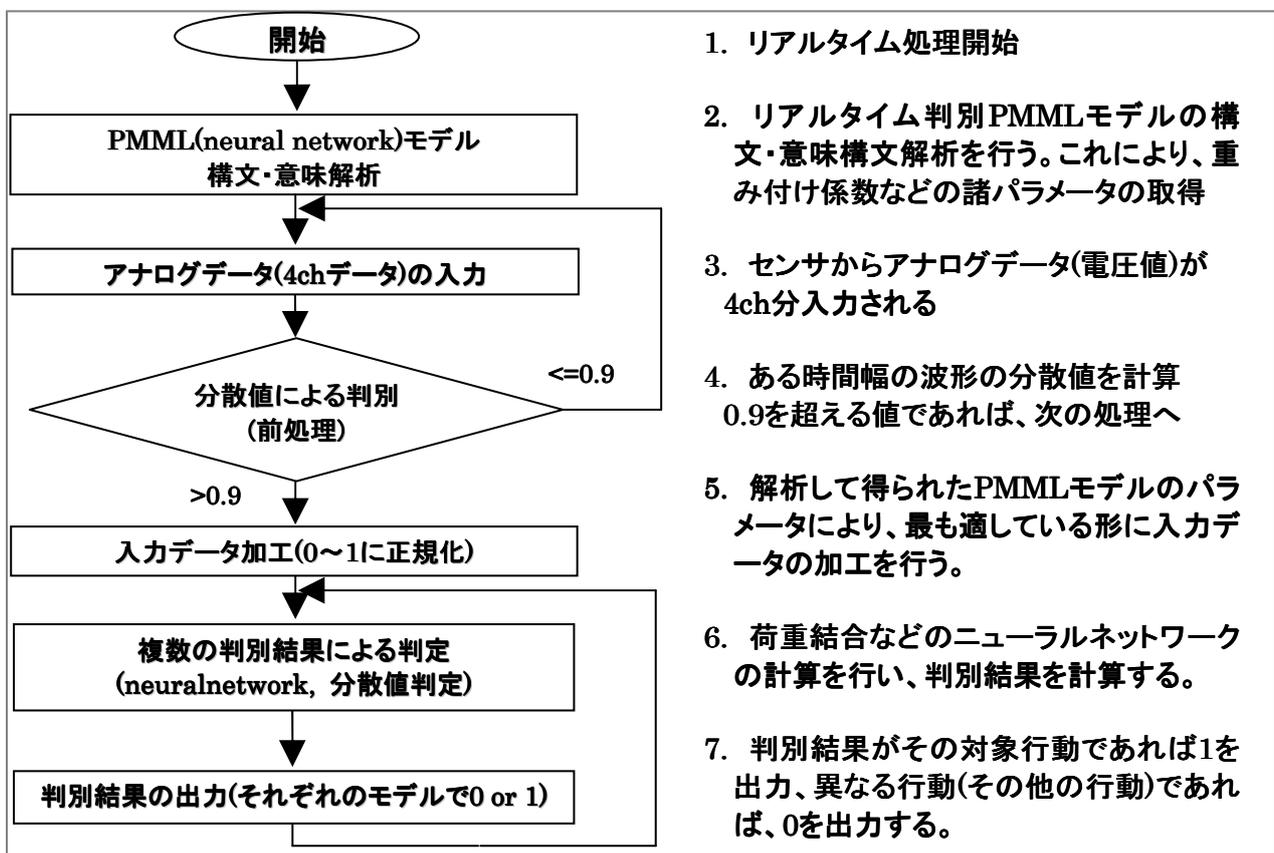
Extended MEM: 128MB

LAN による接続



<図 4-14 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。

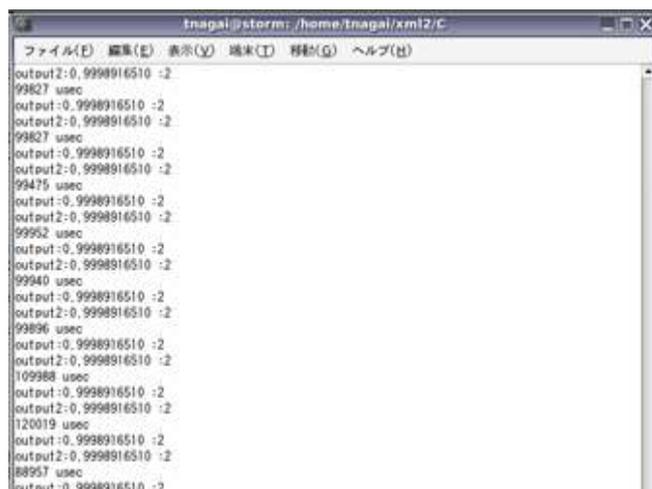


<図 4-15 ファームウェアフローチャート>

図4-15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。



```
tnagai@stomr: /home/tnagai/xm12/C
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 端末(T) 移動(G) ヘルプ(H)
output:0.9998916510 :2
99827 usec
output:0.9998916510 :2
output:0.9998916510 :2
99827 usec
output:0.9998916510 :2
output:0.9998916510 :2
99475 usec
output:0.9998916510 :2
output:0.9998916510 :2
99952 usec
output:0.9998916510 :2
output:0.9998916510 :2
99940 usec
output:0.9998916510 :2
output:0.9998916510 :2
99896 usec
output:0.9998916510 :2
output:0.9998916510 :2
109988 usec
output:0.9998916510 :2
output:0.9998916510 :2
120019 usec
output:0.9998916510 :2
output:0.9998916510 :2
88957 usec
output:0.9998916510 :2
```

<図4-16 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)>

[メール送信モジュールの開発]

施設・病院スタッフへの通知手段の一つとして、ファームウェアにメール送信クライアントの実装を行った(SMTPクライアント)

[アップデートシステムの開発]

FTPを用いたアップデートシステムの開発を行った。

[無線IP電話による通知システムの開発]

施設・病院スタッフへの通知手段の一つとして、ファームウェアに合成音声による通知システムの実装を行った(後述)

[複数人問題]

実証実験中に、誤報が多発し、その原因が対象の人物以外の行動であることは前述の通りであるが、それを解決するために、以下の2つについてハードウェアや筐体を変更して、ファームウェアを改良した。

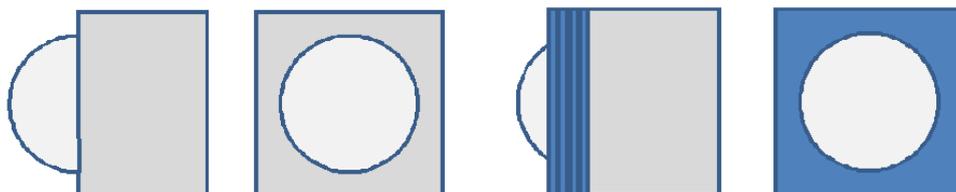
当初、ベッド上の人物を捉えるために、範囲を絞って検知できるサーモパイルを検討していたが、素子自体、ある程度の大きさがあることや検知距離が現在のセンサに比べて、短いことから、最終的には従来の「焦電素子とレンズの組み合わせ」をもう一つ追加することにより、目的を達成した。

-積層マスキング

3つのセンサの周辺に遮蔽(マスキング)するように透過性が極端に低い素材を付加して、ベッド上の動きのみを取得し、ベッド周辺の熱量を極力取得しないようなマスキングを施した(図4-17)。素材には3mmプラスチック板を用い、センサに積み重ねることで、検知エリアの調整を行った。

-複数人問題（検知エリア内に検知対象以外の人物が侵入したときの問題）

スタッフやお見舞い客などでセンサが誤報するのを防ぐために、新たに焦電素子とレンズを1つ追加した。それらに、ベッド上以外の周辺のみを検知するように、マスキングを施した。



<図4-17 それまでのセンサ（左図：センサ側面、正面の順）と積層マスキング（右図：センサ側面、正面の順）>

ファームウェアには、解析結果より導いた 2.25V 付近、若しくは 1.75V の電圧値が出力され、かつ3回以上連続した場合に、「複数の人が周辺に存在する」という判別を行う処理を追加した。

4-2-4 PMML サーバの開発

Web ブラウザからモデルの更新をするシステムの開発を行った(図4-18)。以下の環境で、動作する。また、セキュリティ上の観点からローカルネットワークでの運用を想定している。以下にシステム要件およびシステム構成を示す。

【システム要件】

OS:Linux OS

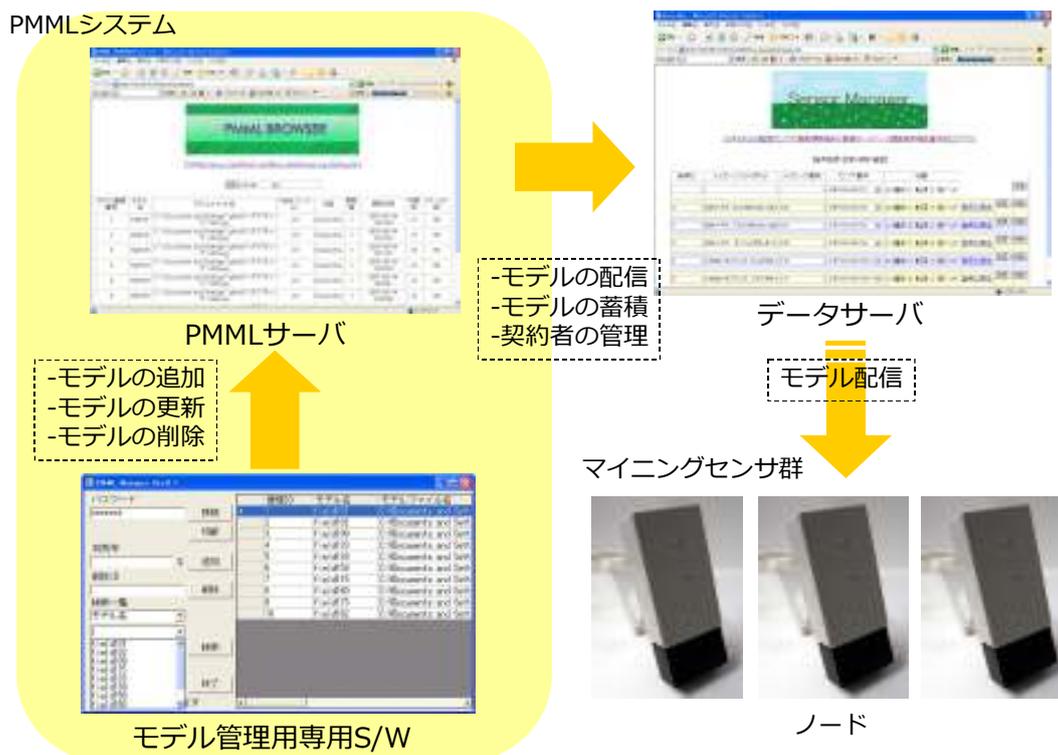
CPU:Celeron 2.8GHz

Web Server:apache2+PHP5

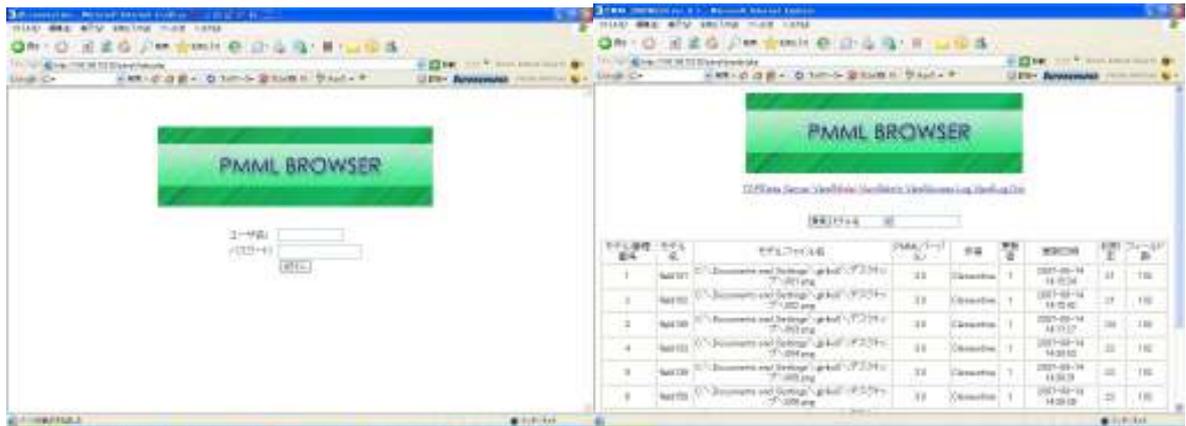
MEM:512MB

DataBase:MySQL

HDD:80GB



<図4-18 システム構成>



<図 4-19 PMML システム画面 (左: ログイン画面/右: モデル検索) >

図 4-19 左図のログイン画面で Web 上からログインを行う。この際に、ユーザーによって権限を決めることができる (管理者・モデル閲覧・検索者など)。ログイン後、以下に示すようなメニュー画面に遷移する。以下のメニューにより、管理を行う。

- データサーバー一覧
- モデル一覧
- 管理者一覧
- アクセスログ(ログイン・ログアウト)
- ログアウト

図 4-19 右図は上記メニューの内、モデル一覧を示した物である。モデル名などで検索・閲覧をすることができる。

[PMML モデル web 管理システムの開発]

ローカルネットワークでの PMML モデル管理システム (PMML Manager) の開発を行った。PMML モデルをローカルで更新・追加することにより、容易に更新が可能となっている。

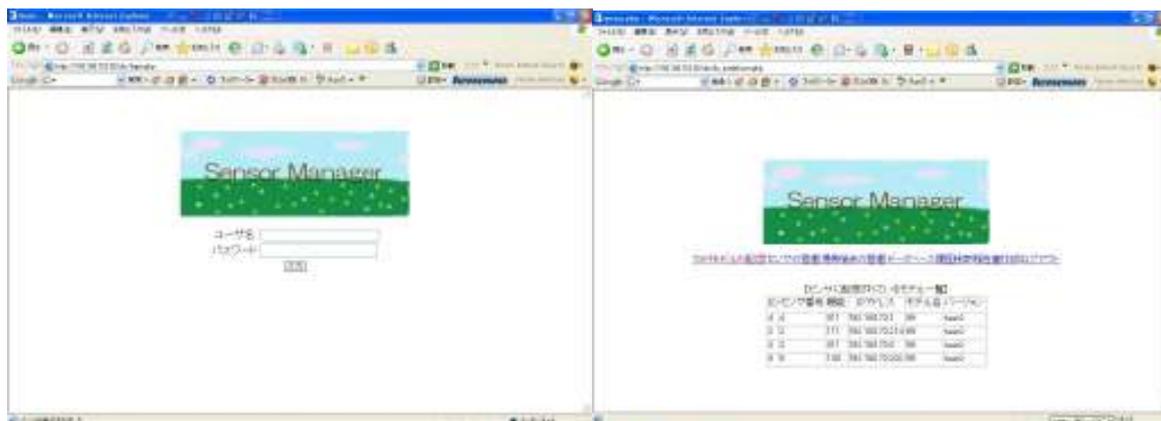


<図 4-20 PMML Manager >

4-2-5 コーディネータ情報取得サーバウェア(データサーバ)の開発

行動を判別した結果をデータベースに格納し、検索・閲覧機能を実装した Web アプリケーションを開発した(図4-21)。以下の機能を実装した。

- センサ検知時に送信されるデータの受信・データベースへの格納
- 時間・場所(IP アドレス)・行動によるデータ検索・閲覧
- IP 電話出力用合成音声出力設定(メッセージ設定)



<図4-21 センサ端末管理システム (左:ログイン画面/右:モデル一覧画面)>

センサからの信号がFTPで送信された後、常駐しているサーバウェアにより、データを取得する。FTPで送信するファイル名でデータベースに記録するデータを作成する。例として、192.168.0.1_001 というファイルが、2008/01/28 15:00:00 に作成された(受信した)とする。

- ・タイムスタンプ: ファイル名より 2008/01/28 15:00:00 と記録
- ・行動: 3種類の行動(001→ベッド離脱、010→転落、100→離床)という定義によりベッド離脱と記録
- ・予めIPアドレスとセンサ設置場所の対応表(センサマスタ)をデータベース上に構築しておき、ファイル名のIPアドレスとセンサマスタを対応させ、その場所を記録する。

上記のように記録することで、データの閲覧時には、ユーザに確認しやすい形式で閲覧・検索が可能になる。

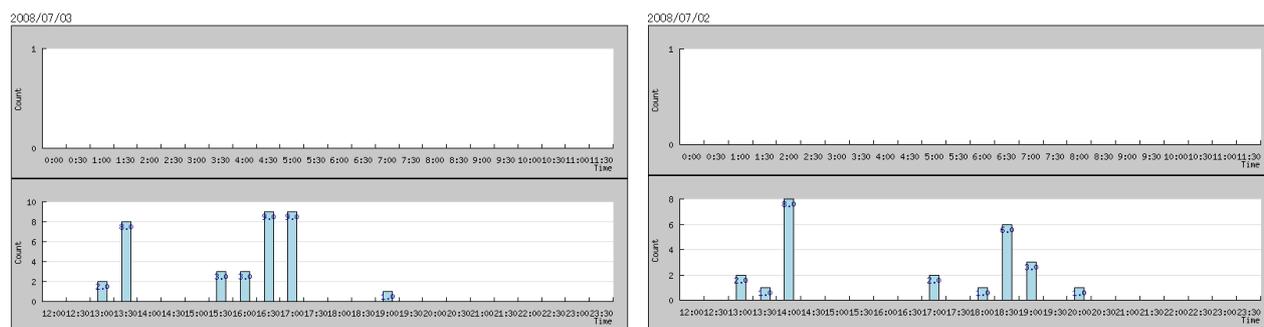
また、記録すると同時にIP電話への通知を行う。これは登録された合成音声で行う。合成音声は、既存のアプリケーションであるGalatea Toolkit(擬人化音声対話エージェント)を用いて合成した。合成音声での通知を行うことにより、IP電話のみならず、PCのスピーカーからの通知などといった、多忙な施設スタッフへの一助として手段の選択肢を広げるものとする(図4-22)。



＜図4-22 データサーバシステム構成＞

センサでは離床・転落・ベッドからの離脱・それ以外、という行動が判別され、その情報が、データサーバに送られてくるが、この情報についても、データマイニングを施すことにより、その行動が起こりやすい時間帯を推定することでデータを活用できるものと考えられる。ある一定期間、検知データを蓄積し、データマイニングを施し、そして、ある行動が起きやすい時間帯などのアラートを出力する。

実際に病院や施設で検知したデータに対して、データマイニングを施し、離床の傾向を調査する。



＜図4-23 行動データ（離床 左：一日目／右：二日目）＞

図4-23は、ある患者の一日の行動パターンを2日分掲載した。上段が午前、下段が午後である。この患者は、午前の行動をしないことがわかる。主に、14:00頃や17:00頃に活動（離床）を行うことが容易に見て取れる。このように、まずグラフにすることにより、患者一人ひとりの行動の時間が確認でき、活用がしやすくなる。

しかしながら、実際にデータを取得していく中で、データの数が非常に少ないことを確認した。全期間を通じると、データ自体は膨大にはなっていて、多種多様な人物のデータを取得できたが、これは、裏返すと、頻りに人が変わっているために、その人自身の生活リズムを取るには短すぎる期間であったとも言える。長期入院や長期入所ではなく、短期

であると、こういったデータの蓄積が難しく、パターン分析が極めて難しくなる。

そこで、基本的には、モデルの構築という方法を、人間の目+回数の閾値という方法をとることにより、ある程度の行動パターンを把握を行うことを検討した。

回数の閾値は、1 時間内で離床した回数が設定値以上になると、注意を促すという流れである。しかしながら、1 時間毎に別々に回数を看護師やスタッフが設定するのは、日々の多忙の業務を考えると難しい。それゆえに、午前・午後の 2 つに分けた設定を行うことにより、看護師やスタッフの負荷を極力減らした。

それに加えて、上図を web ブラウザで追跡できるようにし、人間の目でも判断が容易に出来るようにしている。

4-2-5 国際規格フォーマットでの報告書処理

報告書処理をするために必要な書類管理ソフトウェアの開発を行った (図 4-24)。

ODF 内部の文法を構文解析・意味解析することにより、効率的な管理を行うことが出来る。しかしながら、後述の理由により、それ以上の管理が困難となっている。



<図 4-24 ODF 管理ソフトウェア>

ODF は標準規格化されてから日が浅く、これから更なる拡張が見込まれる分野であるので、更なる改善が必要であると考えます。

図 4-25 は報告書を Microsoft Office で ODF に変換し、その一部を抜粋したものである。

```
<text:span text:style-name="ID0EWAAG"> 平成 年 月 日</text:span>
</text:p>
=<text:p text:style-name="ID0E4AAG">
<text:span text:style-name="ID0EMBAG">事故報告書</text:span>
</text:p>
=<text:p text:style-name="ID0EYBAG">
<text:span text:style-name="ID0E6BAG">武蔵野市長 殿</text:span>
</text:p>
=<text:p text:style-name="ID0EFCAG">
<text:span text:style-name="ID0ETCAG">事業者名</text:span>
</text:p>
```

<図 4-25 報告書 ODF 一部抜粋>

管理の更なる改善、共有化を図るための一歩として、タグネーム(図中: style-name)について標準の名前を決定する必要がある。XML の長所の一つとして、データベースと親和性が高いことが挙げられるが、変換によってはその名前が変化することが多々あり、タイトルや日時、事業者名など、管理したい項目については、タグネームでの管理が困難である。そのことから、こういった報告書は、ある種 ODF の中でさらに標準化(例えば、タグネームの標準化)を図ることで使用用途が飛躍的に高まることが期待される。

4-2-6 まとめと今後の展開

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った。これにより、実験時のエラーや解析の効率が向上した。

波形解析支援ソフトウェアの開発を行った。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。

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った。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。

固定小数点での計算を行うことで計算コストの削減を行ってきたが、モデルも含め、更なる速度向上(計算コストの削減)に努める。

各種通知システムの開発を行った。特にスタッフへの通知システムについては、音声合成による通知について、検証結果(後述)から難しいと判断し、別途ソフトウェアを開発した。そのほかにも、グラフからのデータ活用における分析については、更なる情報の付加を行い(天気、温度などの記録)、対象の行動の分析を進める。

上記の基本となる設計・開発は終了し、前述のとおり、基本的な動作確認は終了している。

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

[無線評価実験(モジュールおよびコーディネータ)]

マイニングセンサ PC に無線 LAN ドングルを搭載し(図 4-26)、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 4 - 2 6 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。

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。

[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]

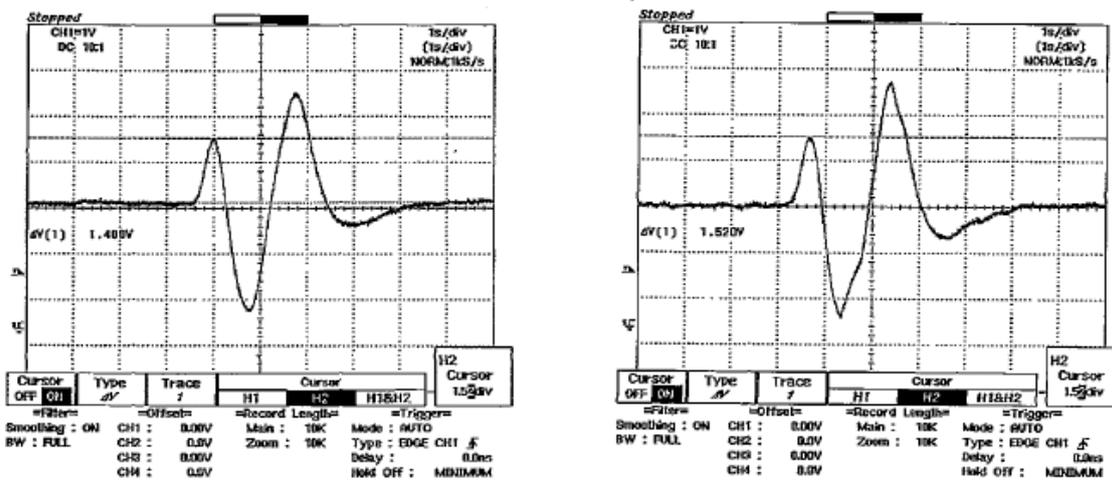
背景との温度差：10 °C

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。

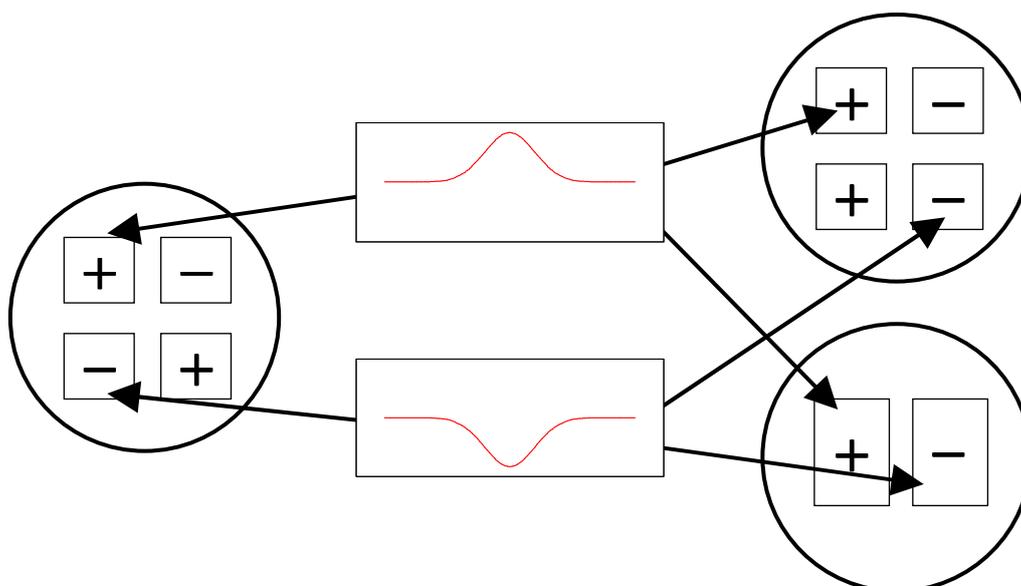


＜図４－２７ 同種センサでの個体差計測実験＞

図４－２７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する。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する。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、問題ないものとする。

上記のセンサは、一般的には無方向エレメントと呼ばれるものであり(図４－２８)、主に天井での設置を想定したものであった。図から確認できるように、この方式では、左から右へ熱源が通り過ぎた場合、+のエリアと-のエリアを同時に通り過ぎるので、波形は弱めあい、打ち消しあう場合がある。

このことを踏まえて、より判別率を向上させるために、方向性デュアルエレメント、および方向性クワッドエレメントを用いたセンサの開発した(図４－２９)。無方向性エレメントと異なり、極性が左右で異なり、上下を比べると、同じである。同様に熱源が通り過ぎた場合は、+のエリアと+エリアで強めあい、-のエリアと-のエリアで、また強めあうという現象が発生し、キャンセルされる割合が無方向性エレメントと比べると少ない。



<図4-28 パッシブセンサ(焦電素子)の種類>

(左：無方向性エレメント、右上：方向性デュアルエレメント、右下：方向性クワッドエレメント)

判別率の向上などの検討は前述の行動判別モデルの項や平成19年度の学会資料を参照されたい[1][2]。



<図4-29 開発したセンサ（基板+焦電素子+レンズ）>

[ファームウェア評価実験]

以下の方法で検討を行った。

- ① ニューラルネットワークにより構築されたモデルをファームウェアに読み込ませる。
- ② 千葉県日向の里で、被験者から波形データを取得すると同時にリアルタイム行動判別を行い、14時間/日を記録
- ③ 波形データをファームウェアに入力し、行動結果判別を出力。
- ④ ②の判別結果と③の判別結果を比較。

以上の結果、リアルタイム行動判別では、処理系の遅延により、当初14時間で30分程度の遅延が発生していた。原因については以下であると考えられる。

- ファームウェアがインストール・駆動しているPCのUSBパワー不足
- 処理が100msec以内で終了させるべきであるが、USBなどの制御系のオーバーヘッドが存在するために、やや遅延した

これらを解決するために、USBのパワー不足を外部からのACパワーを使用したUSBハブに換装することで、問題がほぼ解消され、USB周辺が原因であることが判明した。

以上の方策を施すことにより、当初の遅延がほぼ解消され、処理系についての課題は解決出来た物と考える。

実際には、無線マイニングセンサは組み込み Linux ボードで構成される。この Linux ボードではこのような遅延は確認されておらず、実運用では USB ハブでの外部電源供給は不要と考える。

[データサーバ評価実験]

センサから FTP によるデータ送信をサーバに対して行い、正しくデータベースに情報が蓄積、メールの送信を行うことができることを検証した。

画面表示など、今後ユーザビリティの観点からデザイン変更を行うことが今後の課題である。

[PMML サーバ評価実験]

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った。モデルの漏えいなどの問題から、セキュリティを重視したシステム構築が今後の課題である。

[筐体の検討]

現在用いている市販品筐体を基に、第一段階として曲面を持つ筐体の製作を行った (図 4-30)。



<図 4-30 筐体試作品 (左：市販品筐体を基に構築した筐体、右：曲面構造)>

4-3-2 結合検証

[マイニングセンサの検証実験(センサ+ファームウェア)]

試作された無線マイニング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。

基本的には、[単体検証] の項目の[ファームウェア評価実験]と同様の方法により、検証を行った。

[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)]

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した。ノイズなどの影響も考えられたが、判別に影響するほどの波形の変化は見られなかった。よって、判別にも影響はなかった。

[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)]

判別結果による出力がコーディネータ(ルーター)を經由してデータサーバに到着していることを確認した。しかしながら、本検証実験では確認できなかったが、実フィールドでの検証時に通信の問題が発生した(後述)。

[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)]

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、試作したセンサ設置側で手動によるモデル更新ができることを確認を行った。FTP による通信で、約 250kB のデータを転送できることを確認した。

[無線マイニングセンサシステムの実フィールド実験]

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、ある期間連続稼働させたときの検証データを取得した。ここでの検証データは、部屋の環境(試作したセンサ設置場所における間取り、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った。

無線 IP 電話端末に判別情報を通知する際に FTP を繰り返し接続することにより、FTP サーバが停止するという問題が発生した。原因は現在まで不明であるが、根本的に解決するためには、プロトコルを変更することを検討した。本件ではサーバとホストがお互いに Linux OS であることから、ネットワークドライブ化(NFS)でのサーバディレクトリのマウントをセンサ端末で自動的に行い、そのディレクトリに判別データを構築することで、安定した通知が可能となった。

また、病院・施設によって、鉄筋や格子状の鉄線が建物の建材に導入されているところがあり、そのようなところでは、無線 LAN の通信がしにくい場所が存在することを確認した。この問題については、現状、アクセスポイントを積極的に活用して、鉄筋コンクリートで囲まれた空間からの通信は可能であることが確認できた。

もう一つの実施例として、小樽市立病院での実証実験を行った結果と対策を以下に示す。

<表 4-1 ある日の患者の行動（目視による確認）とセンサ反応>

時間	行動コード	備考
14:05	1-1-2a	
14:06	1-1-2a	
14:08	1-2a	
14:09	1-2a	
14:10	1-2a	
14:11	1-2a	
14:12	1-1-2a	
15:22	2-2ca	トイレに行ったのにセンサー反応せず、再起動
15:24	1-1-1b	戻る
15:28	1-1-1b	
15:29	1-2a	
15:30	1-2a	
15:31	1-2a	
16:50	2-2ca	散歩に出たがセンサー反応せず、再起動
16:55	1-2a	
16:56	1-2a	
16:57	1-2a	
17:21	1-1-1b	
17:22	1-1-1b	
17:23	1-2a	
17:24	1-1-1b	

<表 4-2 行動コード表>

(1)アラートが携帯端末に送信された場合(バイブレーター) **行動記録コード**

(1-1)患者本人が行動した	
■実際に離床した(正常)	1-1-1
・ 再び寝た	1-1-1a
・ そのままベッドの上にいる(離床し続けていた)	1-1-1b
・ ベッドから出ていた	1-1-1c
歩いてベッドから離れた	1-1-1ca
ベッドの近くに座っていた	1-1-1cb
ベッドから転落していた	1-1-1cc
■実際には離床していなかった(誤報)	1-1-2
・ 寝返りをした	1-1-2a
・ 手を動かした	1-1-2b
横方向(水平方向)	1-1-2ba
縦方向(垂直方向)	1-1-2bb
・ 足を動かした	1-1-2c
(1-2)患者本人以外が検知エリアに侵入した	1-2
・ スタッフが侵入した	1-2a
・ 他の患者が侵入した	1-2b
・ 見舞い客が進入した	1-2c

(2)アラートはなかったが離床が確認された場合

■離床の程度が小さかった(正常)	2-1
・ 再び寝た	2-1a
・ 離床の程度が小さい状態を続けていた	2-1b
■実際に離床した(失報)	2-2
・ 再び寝た	2-2a
・ そのままベッドの上にいる(離床し続けていた)	2-2b
・ ベッドから出ていた	2-2c
歩いてベッドから離れた	2-2ca
ベッドの近くに座っていた	2-2cb
ベッドから転落していた	2-2cc

表 4-1、表 4-2 は、それぞれ実際に病院に設置したセンサのリアルタイムの反応と、実際に通知され、監視者が携帯端末に送られた反応を基に行動の確認を行った結果（目視による結果）の表の一部と、行動コード対応表である。

これより、センサでは正しく判別しているが、携帯端末が鳴らないということが発生したことが確認された。前年度 NFS により、安定した部分ではあるが、後の実証実験により、

これについては、自動通知用に用いている SIP プロトコルのオープンウェアの asterisk の機能と携帯端末の機能の問題があった。具体的には、携帯端末が鳴った時点において、通話状態にすることで、データサーバ内の自動通知用のファイルが削除されるという流れであるが、監視者の操作ミス、あるいは、監視者のいない間に自動通知が鳴ると、削除されないことが確認され、その後、センサが検知をして通知を行い、データを出力したとしても、通知されないことが明らかとなった。

自動通知は、データサーバ内に存在するあるディレクトリ内に、センサ端末情報や音声情報が記載されたファイルが生成されると、自動的に全端末に音声情報が送信されるものである。その後、そのファイルは削除される。

これについては、定期的に自動通知のファイルを削除するか、携帯端末の自動通知ルールを変更することで対応可能ではある。しかしながら、これらは失報や、通知不備につながる懸念され、根本的な解決をするために、このような対策を行うのは好ましくはない。

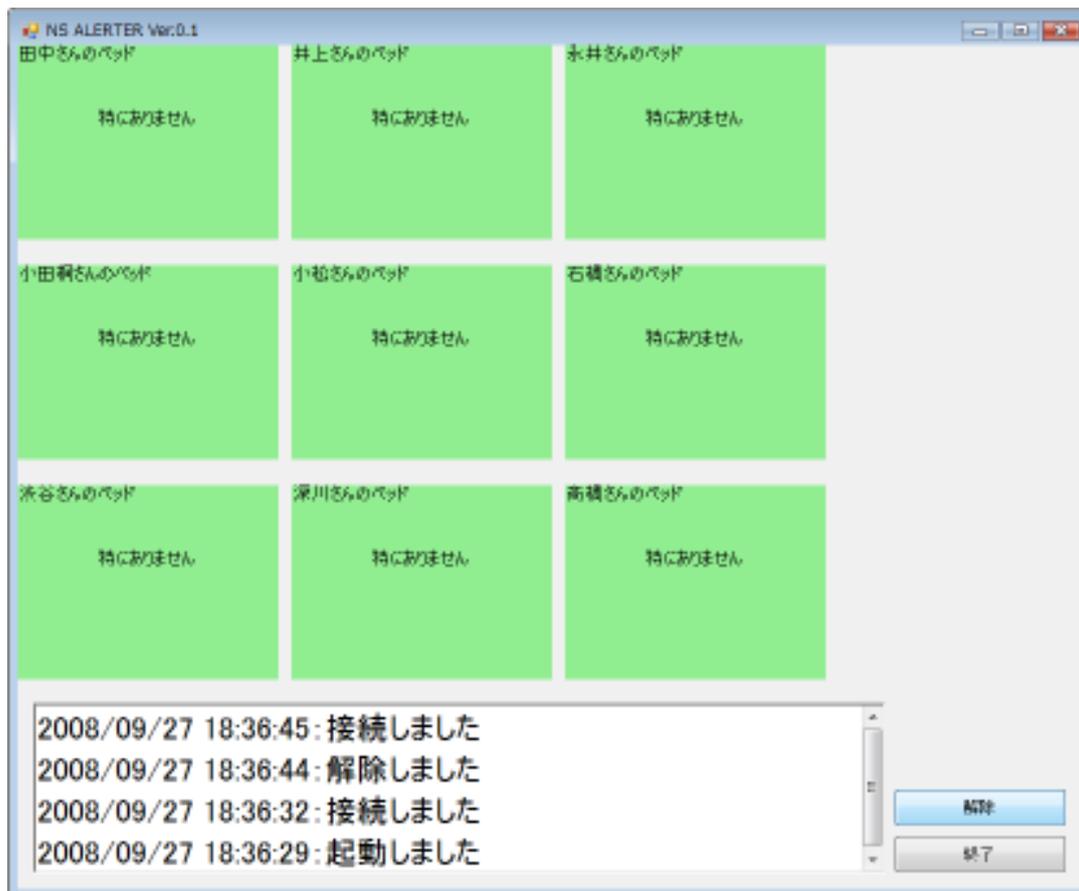
解決策として、以下の 2 点を用意した。

- ・定期的にファイルを削除するのではなく、ディレクトリ内のファイル情報の保持した後、ディレクトリ内のファイルを削除し、再配置する。
- ・リアルタイムで判断できる画面

一つ目の解決策である再配置を行った結果、失報は減ることが確認されたが、それでも、完全ではなく、原因は、ネットワークドライブ周辺の通信そのものにあると考える。

二つ目の解決策では、以下のようなソフトウェアを構築した (図 4-31)。リアルタイムに、かつ、視覚的に反応があるかないかが確認できるものであり、ナースステーションや詰所で、全体の管理が一つの画面で確認できる。行動が発生すると、対象ベッドに相当する画面の一部分が点滅をし、視覚的にスタッフに通知する。解除時はその点滅部分をクリックすることで解除される。

画面では 9 床のベッドの確認が可能だが、将来的には、全画面表示で 25 床のベッドを表示できるようにし、さらには、シーケンス動作により、100 床程度を監視できるようにする。この部分は、変更に関しては容易であるので、スタッフ側でレイアウトを行えるようにすることも検討している。



<図4-31 詰所用リアルタイム確認ソフトウェア>

長期間調査を行い、上記の点がシステム部分では頻繁に発生しており、その修正と対策を施した。

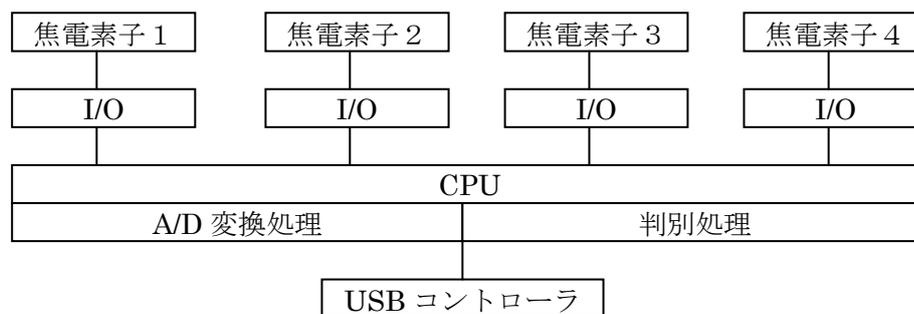
[USB タイプ A/D コンバータの開発]

更なるダウンサイジング化を図るために、現在、組み込み Linux ボード上で行っている処理をもマイコン CPU に取り込み、判別が可能かの検討を行った。そのため、実装までには至っておらず、今後の課題である。

現在までに行っているデータマイニングについては、ハードウェア・ソフトウェア両方の観点から解析を進めた結果、ニューラルネットワーク (NN) で行っていた処理を決定木 (DT) などに簡略化し、その判別結果を更に時系列解析することで、より高い精度での行動判別が可能となった。簡略化のおかげで、マイコン CPU への実装の期待が高まる。具体的には、例えば「離床」に関しては 4 秒の時間幅の電圧波形が必要で、NN 判別にも 4 秒を要していたが、実際にはそこまで必要なく、3 秒の間で結論が確認できることがわかった。また、従前、0.1 秒おきにデータを 120 個、NN に入力して、結果を一つ出力していたのが、その時の電圧値を DT で判別 (ある種の条件分岐) + その判別結果の出力パターンにより、判別が可能となった。これにより、NN では隠れ層などを考えると数万回の計算コストがあったが、さらに計算コストが減る。

当然のことながら、マイコンに実装できるものであれば、電池駆動の可能性も検討でき、この点を検討することは将来的に有意義であるといえる。

以下にこれからの A/D コンバータに実装すべきブロック図を示す (図4-32)。



<図 4-32 A/D コンバータ ブロック図>

A/D コンバータ自体は、USB 転送方式は、インタラプト方式であるが、USB のオーバーヘッドがかかるために、マイコン内処理が可能となれば、その点の問題が解決される。また、処理がかかる場合においても（組み込み Linux を結果的に活用する場合においても）、一回での電圧値の転送を現在検討・設計を行うことで、オーバーヘッドを極力少なくすることができる。現在は、チャンネル毎に USB での転送を行っているが、それを全チャンネルのデータを一度に送る方式で行うことを進めている。

一回で送るために、バイナリ形式での転送を行い、以下のフォーマットを検討している（表 4-3）。

<表 4-3 転送データフォーマット>

2バイト	2バイト	2バイト	2バイト
1チャンネルの電圧	2チャンネルの電圧	3チャンネルの電圧	4チャンネルの電圧
0 V=(0000).. ₁₆	0 V=(0000).. ₁₆	0 V=(0000).. ₁₆	0 V=(0000).. ₁₆
5 V=(03FF).. ₁₆	5 V=(03FF).. ₁₆	5 V=(03FF).. ₁₆	5 V=(03FF).. ₁₆

各々のデータを数珠繋ぎにより一列として、転送を行う。

現在は、10bit の A/D コンバータ自体のプログラムに追記する形で、上記処理を効率よく組み込むことへの取り組みを行っている。

[機能的な筐体の調査・設計・開発]

機能的な筐体の開発としては以下に示す事柄について留意して行った。現在の市販品では、万が一の落下時の際、角が存在するので、非常に危険である。そこで、筐体には、曲面を持つ表面を採用することが望まれ、前年度よりもさらにその点を考慮した筐体の開発を行った。

また、前述の周辺誤報要因の除去やスタンプ検知技術の確立に伴い、市販品筐体によるセンサ部の純粋な切削加工が難しくなった。そういった点で、筐体を一から設計を見直し、排熱や技術の導入が行いやすい機能的な筐体の開発を行った（図 4-33）。



<図4-33 データ分析に基づいて開発した筐体>

[プロトタイプの開発・検証]

本年度は、以下の点について検証を行った。

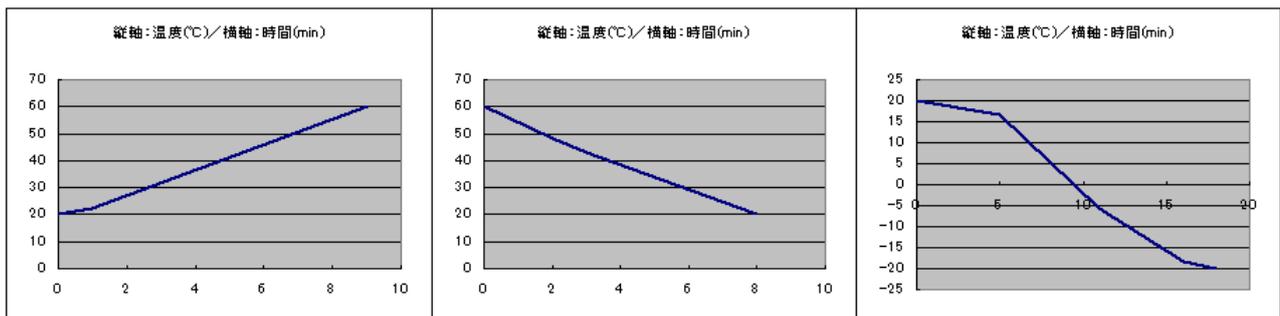
-熱耐久性(加速度実験)

以下の温度域で熱の耐久性を調査した。

- ・ 20℃から60℃
- ・ 60℃から20℃
- ・ 20℃から-20℃

対象のセンサを3つ恒温恒湿槽に入れ、検討を行った。

温度勾配についてはおおよそ以下の通りである。



<図4-34 温度勾配 (左:20℃から60℃、中央:60℃から20℃、右:20℃から-20℃) >

① 温度勾配:20℃から60℃

熱を加え続けると、センサの出力電圧は当然のことながら、熱量変化のために、何らかの波形は生じるが、それ以上の変化(0Vを示し続けるなど)はないことを確認した。

② 温度勾配:60℃から20℃

放熱時にも、当然ではあるが、熱量変化があるので、センサに電圧波形が生じる。こ

のときにおいても、センサに特異な変化はないことを確認した。

③ 温度勾配：20℃から-20℃

冷却には、ある程度の温度から勾配が緩やかになるが、その間に-10℃付近で、3つのセンサのうち2つが反応しなくなった(0V)。勾配からみて明らかなように、熱衝撃試験的な内容になっているので、おそらく急激な温度変化に素子自体が追従し切れなかったものと考ええる。

[太陽光による影響の検証]

-風で動くカーテンによる影響。

窓のカーテンがセンサの検知エリアに含まれている状態で、窓を開けてベランダから扇風機で風を送ってカーテンを動かし、センサ反応に対する影響を調査した。札幌において外気温23℃、室温27℃の条件下で15分間の実験を行った。その結果、時折、離床予兆の判別結果が現れることはあったが、最終離床が現れることはなかった。サーモグラフィーで表面温度を測定したところ、太陽光により温まったカーテンとその背景温度となる窓の外のベランダとの温度差は最大で5度であった(カーテン28℃、ベランダ23℃)。

カーテンの動きにより電圧波形の振幅が上下することはあるが、ヒトの離床さいの電圧波形の変化とは波形パターンが異なるため、最終的に離床であると誤って判別されることはないものと考えられる。離床判別の第二段階である時系列解析が誤報の防止に有効であることが示唆された。

-センサ本体に直射日光が照射した場合の誤報の可能性。

センサ本体に直射日光が照射した場合の誤報発生の可能性を検討するために、図4-35のように、センサに対して約1.5mの距離から一台の人工太陽照明灯を照射し、誤報が生じるかどうかを検証した。人工太陽照明灯には製品 SOLAX 500W シリーズ XC-500B 形を用いた。この製品では照射距離50cmの場合、丸100mmの範囲で真夏の直射太陽光同等の10万ルクスを得る(最大出力)。光の強さは「最大出力」、「中間出力(最大出力の75%)」、「最小出力(最大出力の50%)」の3通りとし、それぞれの光の強さにたいして5分間の照射を行った。



<図4-35 直射実験>

その結果、いずれの光の強さの場合でも、波形の変動はノイズ程度であって、離床予

兆を引き起こすような波形の変化は生じなかった。

一床の上の空気の対流による誤報の可能性

赤外線パッシブセンサを用いたシステムでは一般的に、検知エリア内の床の一部に日光が当たることによって床上の空気の対流が生じて温度分布が変化し、それにより誤報が引き起こされる可能性が考えられる。そこで、図4-36のようにセンサが床面を検知する位置に固定したうえで、人工太陽照明灯を用いて床の検知エリアの中央部にスポット状に照明を当てた状況下で、誤報が生じるかどうかを検証した。



<図4-36 対流実験>

実験は以下のような種々の条件で行った。

(1) 床がカーペットの場合

出力最大で5分間照射を続ける。

出力最小で5分間照射を続ける。

出力最大で5分間照射を続けたあとに消灯し、5分間

(2) フローリングの場合

同上

いずれの場合にも、最終離床となる誤報は生じなかった。ただし、単発的に離床予兆が現れることはあった。空気の対流により温度分布が変化し、電圧波形の振幅が上下することはあるため、時折、離床予兆は現れるものの、ヒトの離床さいの電圧波形の変化とは明らかに波形パターンが異なるため、最終的に離床であると誤って判別されることはないものと考えられる。離床判別の第二段階である時系列解析が誤報の防止に有効であることが示唆された。

[衝撃耐久性(落下衝撃試験)]

落下衝撃試験機(図4-37)を用いて、センサが落下したときの影響を調査した。



<図4-37 落下試験>

使用した落下衝撃試験機は、本研究で開発したセンサに合わせて以下のようにカスタマイズしたものである。

- (1) 落下物であるセンサを固定するクランプをセンサのサイズと形状に合わせて設計した。
- (2) センサが落下途中で回転してしまうと、落下のたびに衝突面が異なることになり、センサに対する落下の影響が落下距離によるものなのか衝突面の違いによるものなのかを区別することが難しくなる。そこで、常にセンサの同じ面が衝突面となるように、クランプで固定された状態でセンサを落下させ、衝突の直前でクランプが外れるように設計した。
- (3) 落下距離 X で落下させるとき、機械抵抗を考慮して、衝突時の速度が X の高さから自由落下させたときの終速と同じになるように、センサの自由落下相当落下距離を割り出し、その自由落下相当落下距離の高さからセンサが落下するように設計した。

落下距離は 1.0m から 1.7m まで 0.1m 単位で変化させ、各落下距離について、衝突時の速度が自由落下させたときの終速と同じになるような自由落下相当落下距離の高さからセンサを落下させた。

－衝突面を座布団とした場合

落下試験機が布団の上に落下したときを想定して、落下試験機の衝突面に座布団を敷き、その上にセンサを落下させた。その結果、上記のいずれの高さから落下させてもセンサに落下による衝撃の影響は認められなかった。

－衝突面をカーペットとした場合

落下試験機が床の上に落下したときを想定して、落下試験機の衝突面にカーペットを敷き、その上にセンサを落下させた。その結果、1.0m から 1.6m まではセンサに落下に

よる衝撃の影響は認められなかったが、1, 7mから落下させると、センサの基盤に実装されているコンデンサーが外れる場合があることが確認された。ただし、その場合でもセンサの焦電素子やレンズは正常に機能した。

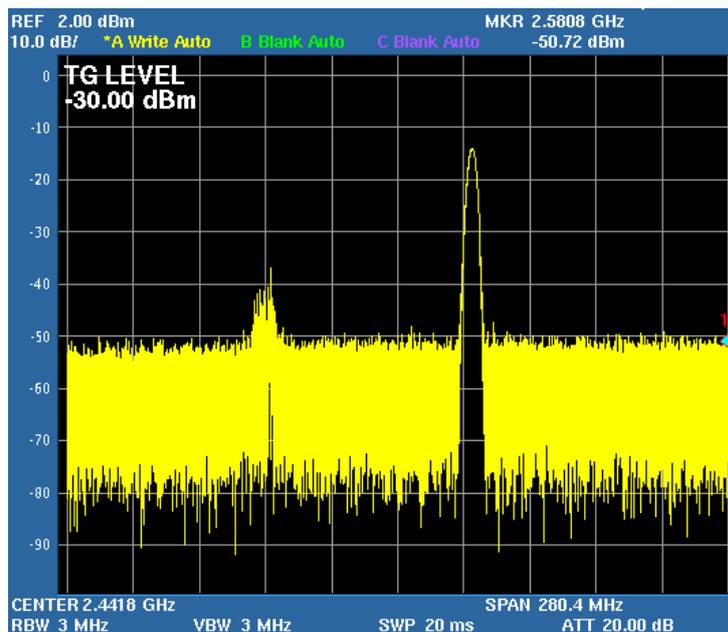
[電波耐久性(マイクロ波(電子レンジなど)]

図のような系を組み、周辺機器から発射される電波に対するセンサの影響を長際した。ここでは、身近な高周波数成分を発射する機器として電子レンジを選択し、至近距離にセンサを近づけたときの影響を調査した。電子レンジを選択した理由は、そのほかには、2.4GHz 帯のマイクロ波を用いていることによる。



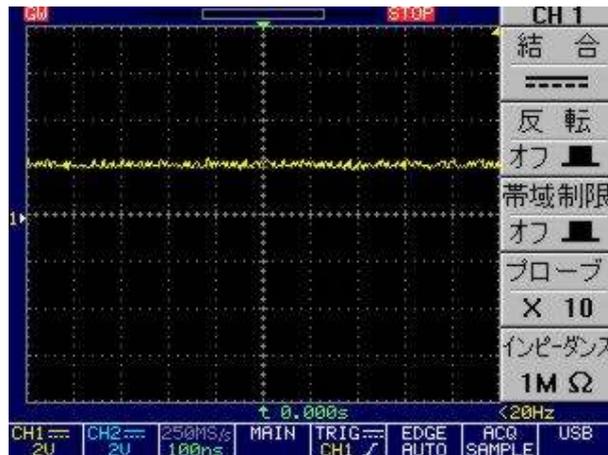
<図 4-38 実験系>

電子レンジ作動後、図 4-39 のような電波のスペクトルが得られた。



<図 4-39 スペクトル (横軸：周波数/縦軸：db) >

2つの成分が見て取れるが、図左側のピークは無線 LAN のスペクトル(約 2.40GHz)、図右側のピークは電子レンジのスペクトル(2.47GHz)である。当然のことながら、無線 LAN に比べて電波強度は高い。その際のセンサ波形を図に示す。



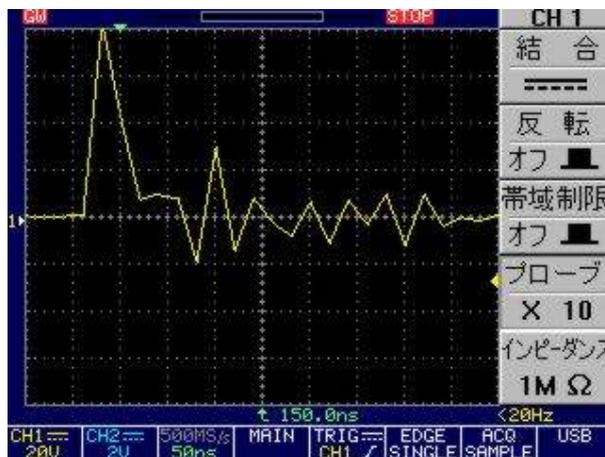
<図 4-40 センサ波形（横軸：時間／縦軸：電圧）>

図 4-40 から確認できるように、波形の変化はほとんど見られなく、時間分解能を細かくしても、ノイズは認められなかった。

-電気耐久性(瞬停・瞬断・その後の突入などの耐久性)

ノイズシミュレータで生成されたパルス幅 3ms~4ms の電圧のパルスを送サに与えた際に、動作するかどうかの調査を行った。電圧値は 100V~1000V の範囲で行い、100V 刻みで行った。

上記パルスを入力した際に、センサから実際に出力された具体例を図に示す。



<図 4-41 1000V パルス印加時のセンサ出力波形>

瞬間的に 80V 程度まで上昇しているが、その後、振動しながら収束している様子が確認できる。センサに搭載しているコンデンサにより、影響を最小限に抑えている。行動判別そのものにおいても、このような波形が出力されることの影響は、前述のスキームより、「ある秒数の波形での解析+その判断の時系列分析」により、皆無と考える。

センサ自体の損傷についても、その後の熱源移動による検証を行った結果、反応から 0~3.85V までの電圧出力があり、1000V の範囲の瞬間的なパルスノイズでは動作に支障はないと考える。

4-3-3 まとめと今後の展開

本項目は、単体検証から始まり、結合検証を行っていく際に出現した問題点における解決策を述べた。センサ自体では、ほぼ問題はないことが確認されているが、その周辺技術、とりわけ通知システム周辺は、単発で電磁波を発射する事象については、問題ないことは確認できたが、無線 LAN の飛び交うところでは性質上混信する場合も考えられ、無線という選択肢のほかにも、有線通信という選択肢も用意することが必要であると考ええる。

環境適応耐久性の調査の一環で、疑似太陽光を使用した実験を行ったが、研究成果である 2 段階の判別スキームのために、誤報に関して抑制された結果となった。これは、他分野への応用、例えば、防犯センサなどは、日常的に太陽光などの環境にさらされることが多々存在するので、そういった分野における応用も期待されると考える。

4-4 総括

本研究開発の最終目標は、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、の三つであった。

行動判別マイニングモデルの高精度化においては、離床判別に関して判別率 99% (失報が 0%、誤報が 2% 以下)、転倒・転落判別および、ベッドからの離脱の判別に関しては約 90% の高い判別率を実現することができた。そのおもな理由は以下のように考えられる。①行動の種類が異なるとセンサから出力される電圧波形のパターンも異なるものとなるようなセンサの構築ができたこと、②ニューラルネットワークによる判別（第一判別）だけではなく、その第一判別の結果をさらなる分析の対象とみなした時系列解析手法（第二判別）を行うことで最終的な判別結果を得る、という二段構えの方法が高い効果を示したこと、③温度やその他の環境条件の変化に対して、行動の波形データが一定の頑健性を示したこと。

センサシステムの開発および、無線マイニングセンサシステムの検証試験については、それらの研究により得られた知見を通じて、行動判別マイニングモデルの高い判別能力を保証する環境が十分に実現可能であることを確認できた。

センサシステムとして、ビデオ動画同時取得型波形データ収集ソフトウェア、波形解析支援ソフトウェア、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、などの独自のソフトウェアを多く開発したが、いずれも十分な機能のものを作成することができた。

無線マイニングセンサシステムの検証試験では、単体検証・結合検証の双方共にセンサ自体ではほぼ問題はないことが確認された。しかし、通知システム周辺においては、単発で電磁波を発射する事象についてはよいが、無線 LAN の飛び交うところでは性質上混信する場合も考えられ、無線という選択肢のほかにも有線通信という選択肢も用意することが必要であると考えられた。

今後は本研究で開発した技術に基づいて、事業化へ向けた取り組みを進めていきたい。

5 参考資料・参考文献

5-1 研究発表・講演等一覧

- [1] 永井, 大野, 小松, 深川, 堀之内, “赤外線センサとデータマイニングによる行動判別の方法”, 電気関係学会北海道支部連合大会, Oct. 2007.
- [2] 永井, 大野, 小松, 深川, 堀之内, “機能分担した赤外線センサとデータマイニングによる特定行動判別方法”, 電子情報通信学会総合大会, Mar. 2008.
- [3] 小松, 大野, 永井, 深川, 堀之内, “センサとデータマイニングによる行動判別における温度の影響”, 電子情報通信学会総合大会, Mar. 2008.
- [4] 小松, 大野, 深川, 永井, 堀之内, “センサとデータマイニングによる人間行動パターンの判別”, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2007, Sep. 2007.