

IoTによる障害者・高齢者の健康リスク管理技術の開発

経緯

日本が高齢化社会を迎える事は周知の事実となる。

昨今、「見守り」等のシステムも発表されてきており、高齢化社会を迎えるにあたり、高齢者の健康管理や遠隔でのデータ収集のニーズも高まっている。

その中で、在宅の障害者・高齢者の健康リスクを管理するための高度センシング技術の開発と、それらを統合的に運用する為のネットワークシステムの構築を目的とし、本開発に至った。

本開発は、構想・仕様検討は、独立行政法人国立障害者リハビリテーションセンター 福祉機器開発部が行い、要件定義・仕様提案・設計・構築・テストは、計測から外部での見える化まで、自社内でワンストップで構築可能となる株式会社イー・アイ・ソルが開発を行った。

概略

車いすを使用する障害者の想定される健康リスクとして、以下の3つが挙げられる。

- 温熱リスク
- ロコモティブリスク (※1)
- 褥瘡 (床ずれ) リスク

このリスクを回避する為の検討として、以下が詳細となる。

- 褥瘡リスク検知のためのセンサシステム
- 音響による行動モニタリングのための要素技術の開発
- センサ群を実装するためのネットワークシステム
- 検知したリスクを提示するための音声ガイダンスシステムの構築

上記の構築を目標に、データ収集等含めたシステム構築を行った。

(※1)

運動器症候群：ロコモティブシンドロームの略。

ロコモは、「ねたきり」や「要介護」の主要な原因です。

ロコモは、「メタボ」や「認知症」と並び、「健康寿命の短縮」、「ねたきりや要介護状態」の3大要因のひとつになっています。

ご高齢の方は、これらの「加齢」や「運動不足」に伴う、「身体機能の低下」や、「運動器疾患」による痛みや、易骨折性（軽微な外傷による骨折）など、多様な要因があいまって、いわば「負の連鎖」により、バランス能力、体力、移動能力の低下をきたし、ついには、立って歩く、衣服の着脱や、トイレなど、最低限の日常生活動作(ADL)さえも、自立して行えなくなり、「健康寿命の短縮」、閉じこもり、廃用症候群や、寝たきりなどの「要介護状態」になっていきます。

システム構築

独立行政法人国立障害者リハビリテーションセンターからの要求事項として、以下の点があった。

- 各リスク回避を検討するに辺り、様々なデータを取得する必要がある。
また、屋内（部屋）での生活環境での計測となる為、極力無線化出来るシステムの構築。
- 各リスクにより担当者が違う為、後にどのような計測システムでも取り込めるような、柔軟なシステム構築。
- 計測されたデータは Web 経由でサーバーへアップロードを行う。
外部から複数の担当者が遠隔にデータが見えるよう、ブラウザベースでの見える化の構築。
- 音声ガイダンスには、NEC 社クラウド連携型コミュニケーションロボット：PaPeRo を使用し、計測データに応じた指示を行い、音声出力を行う。

上記要求事項の観点から、用途に応じた多数の計測用ハードウェアのラインナップがあり、かつ追加・変更が容易となる NI 社ハードウェア並びに LabVIEW を計測用プラットフォームとした。

サーバー・見える化側も弊社内でデータベース構築から Web アプリケーションまでを構築した。

システム概要

構成図：別紙-1 概略構成図

計測

重心動揺計測（バランス計測）

NI 9191 + NI 9215 を採用。Wi-Fi でのデータ転送可能。

共和電業社製重心動揺計に、1日1度乗っていただき、バランスの計測を行う。

温度/湿度計測

T&D 社おんどとり。Zigbee 通信。

各部屋の温度・湿度の計測。

運動量

Wireless-T 社製 3 軸加速度センサー。Bluetooth 通信。

算出されたデータから運動量の計算。

場所検知

NI USB-6008 + NTT-IT 社製焦電センサー

PC 及び PaPeRo 付近に常設し、被験者が近付いた際にトリガー発信。

重心動揺計に近付いた事を検知し、計測を開始。

褥瘡計測

車いすに座っている際の接触面を計測し、床ずれ等の検知。

※他担当。本システムに接続。

音計測

屋内における活動量を音響センシングによって取得。音響的特徴量抽出手法の検討。

※他担当。本システムに接続。

入出管理

みまもるネットセンサー。Zigbee 通信。

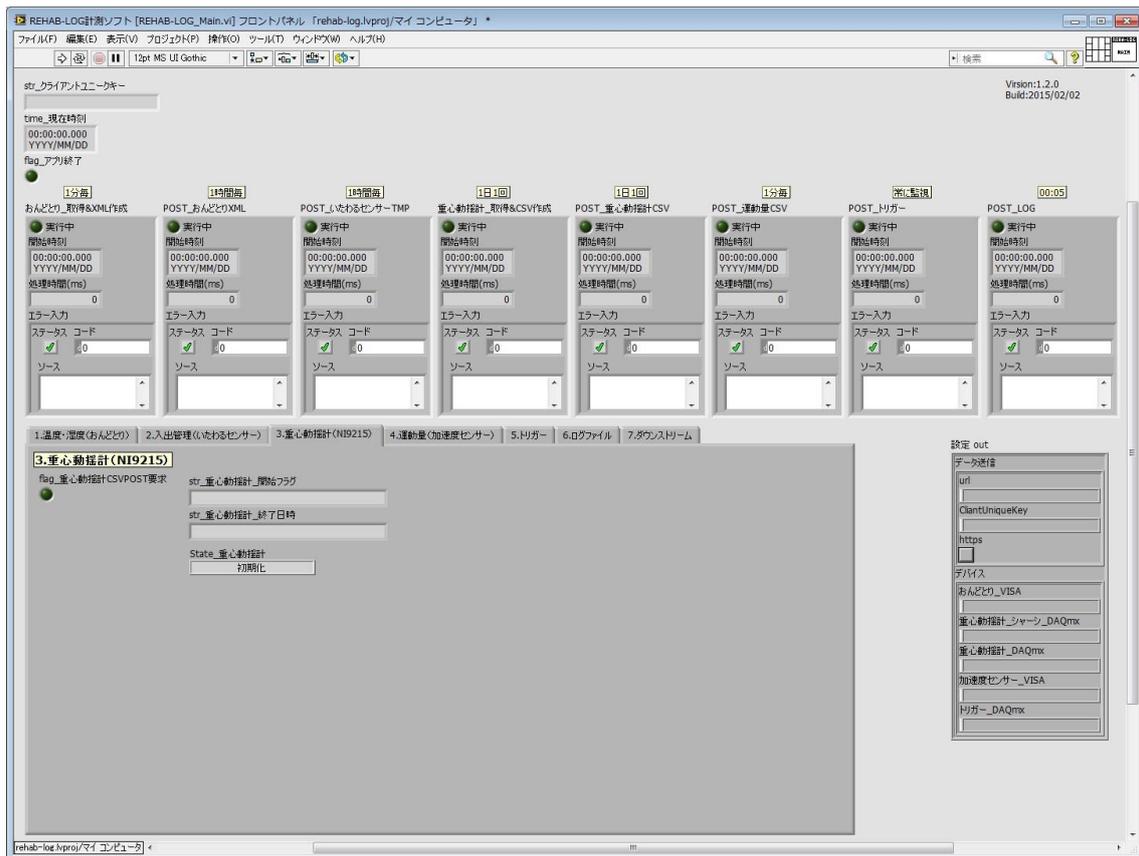
トイレの入出回数を計測。

音声ガイダンス

NEC 社クラウド連携型コミュニケーションロボット PaPeRo

上記のような多種多様な無線通信・インターフェースであったが、LabVIEW を採用している事により、柔軟に統合した計測システムの構築が可能となった。

LabVIEW 画面例



見える化

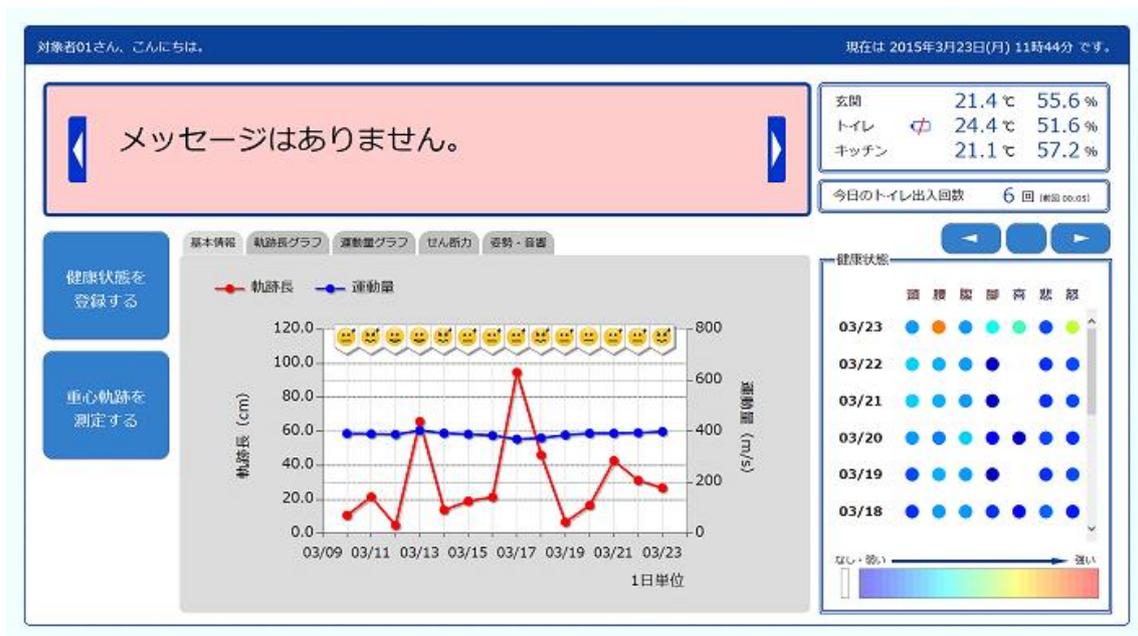
先述した計測データを元に、トレンド表示から健康状態登録、リスク検知及びアラート、過去データ閲覧等を、Web アプリケーションにて構築した。

Web アプリケーションとした事で、PCはもちろん、スマートデバイス含めたデータ表示を実現した。

主な機能

データ収集を行う対象者が、各種情報の登録・閲覧を行うための対象者画面と、収集したデータを分析するための閲覧者画面に分かれる。

1. 対象者画面の機能



健康状態登録

5段階の健康状態登録、部位の痛み等の登録



情報表示

トイレ出入回数、各部屋の温度・湿度

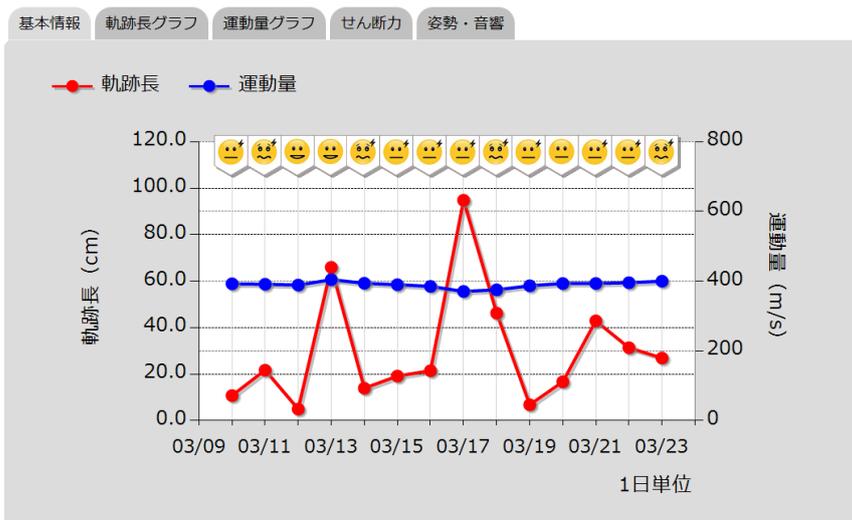
玄関		21.4 °C	55.6 %
トイレ		24.4 °C	51.6 %
キッチン		21.1 °C	57.2 %

今日のトイレ出入回数 **6** 回 (前回 00:05)

トレンドグラフ表示

重心軌跡長、運動量

過去データの表示



メッセージ、アラート表示

登録した時間、または焦電センサー検知により、メッセージの表示
閾値を超えた場合のアラート表示

2014年03月12日 11時40分
**警告情報：褥瘡リスクが高まっています。除圧動作を実施
しましょう。**

せん断力（褥瘡）発生の表示

イベント名	01/16	01/17	01/18	01/19	01/20	01/21	01/22	01/23	01/24	01/25	01/26	01/27	01/28	01/29
イベント1		11:11 2回												
イベント2	11:11 2回													
イベント3	11:11 2回	11:11 2回	11:11 2回	11:11 2回										
イベント4														
イベント5														
イベント6														
イベント7														
イベント8														

姿勢リスク、転倒リスクの検知

姿勢に関する情報

姿勢リスク

△ 注意

(2014年03月12日 10時50分 現在)

転倒リスク

◎ なし

(2014年03月10日 18時47分 現在)

音響データの段階表示

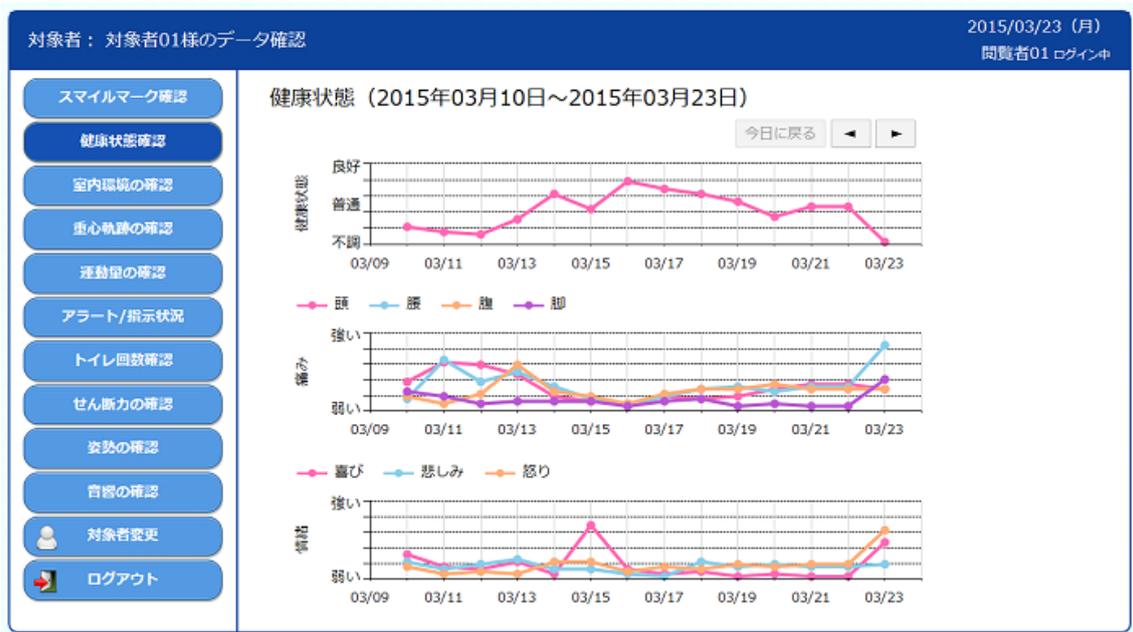
音響に関する情報

- 音響01  メッセージ01
- 音響03  メッセージ03
- 音響05  メッセージ05
- 音響06  メッセージ06
- 音響07  メッセージ07
- 音響08  メッセージ08

(2014年03月10日 18時47分 現在)

なし・低い  高い

2. 閲覧者画面の機能

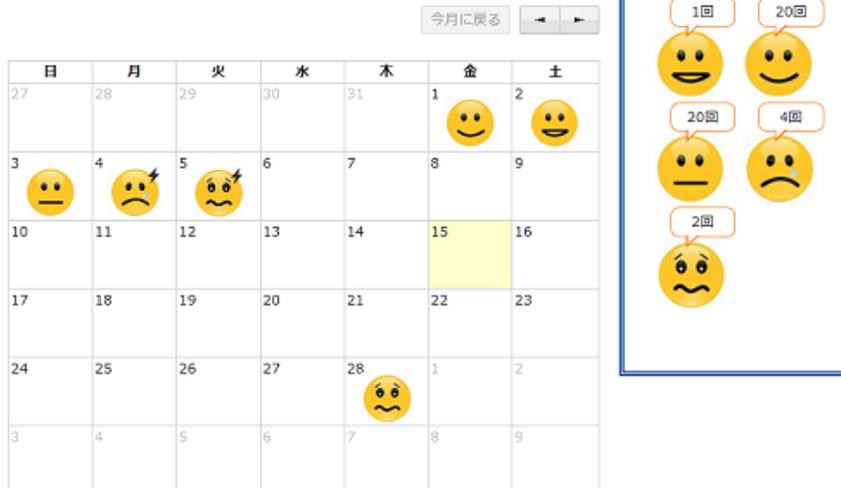


対象者画面で登録した情報、および取得したデータの履歴をトレンドグラフ等に表示

スマイルマーク確認

登録した健康状態をスマイルマークで表現

スマイルマーク (2013年2月)



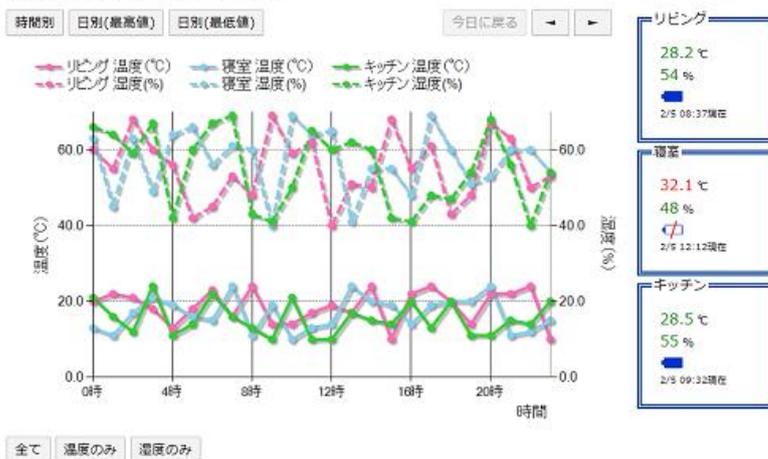
健康状態履歴の確認

健康状態 (2013年2月3日~2013年2月16日)



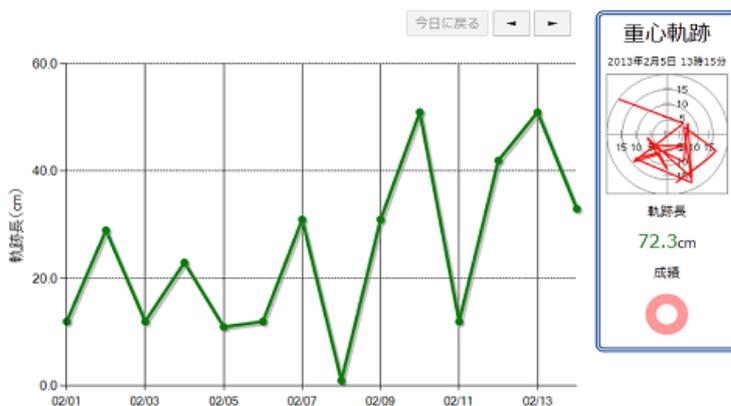
室内環境履歴の確認

室内環境 (2013年2月5日)



重心軌跡履歴の確認

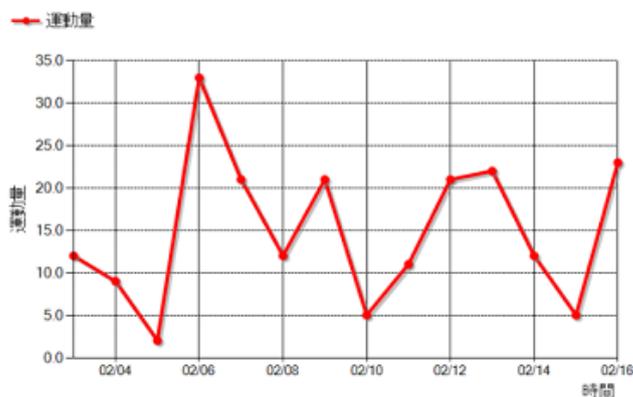
重心軌跡長 (2013年2月3日~2013年2月16日)



運動量履歴の確認

運動量 (2013年2月3日～2013年2月16日)

2週間表示 1日表示 1時間表示 今日に戻る



アラート／指示状況履歴の確認

アラート／指示状況 (2013年2月)

2013年2月 検索

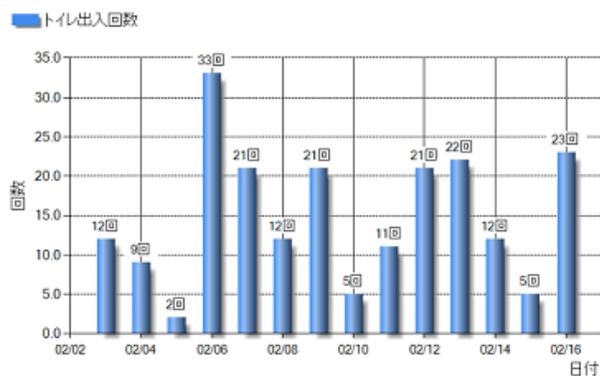
発生日時	内容	種別
2013/2/5 09:52	重心軌跡：動経計に乗ってください。	PaPeRo指示
2013/2/4 09:52	重心軌跡：動経計に乗ってください。	PaPeRo指示
2013/2/4 06:32	室温の室温が32℃を超えました。	警告情報

現在アクティブなアラート/指示情報

トイレ出入回数履歴の確認

トイレ出入回数 (2013年2月3日～2013年2月16日)

今日に戻る



平均トイレ出入回数

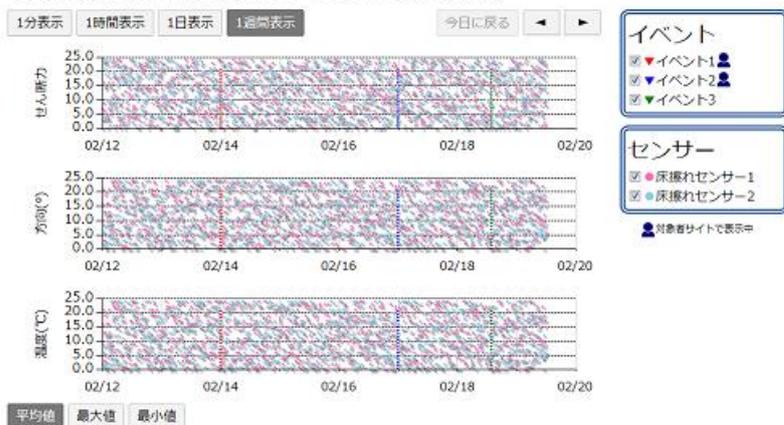
7.3回

最終検知日時

2013/02/05 21:13

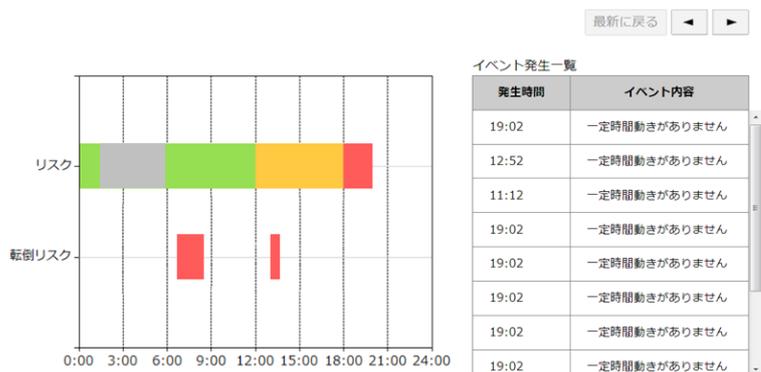
せん断力（褥瘡）履歴の確認

せん断力（2014年01月28日～2014年02月05日）



姿勢リスクの履歴確認

姿勢（2014年02月05日）



音響情報の履歴確認

音響（2014年02月05日）



構築結果

- 計測側は、Wi-Fi、Zigbee 等通信から各種アナログデータまで、様々なインターフェースであったが、全てを統合した計測システムの構築を実現した。
- 今後、計測項目が増える事が発生した場合でも、NI 社の豊富なラインナップにより、対応可能となる。
- 見える化側は、Web アプリケーションとして構築する事により、デバイス、環境、場所を選ばず、外部からも閲覧可能なシステムとなった。
- 1 社で計測・見える化までを構築する事により、窓口・サポートも 1 社で可能となる。また、仮に不具合が発生した際も、1 社で調査・対応が可能となる。
- 計測データとご自身で登録する健康状態を、サーバーに格納可能となる事により、今後、リスク検知アルゴリズムの検討が可能となった。

本システム導入による成果

センサ要素技術の開発と、統合システムの開発という今年度の目的は十分に達成できた。センサ要素技術に関しては、せん断力センサによる褥瘡リスク検知と音響モニタリングによるロコモティブシンドロームリスク検知のための基盤技術を確立できた。また、統合システムに関しても、リスク算出から情報提示に至るまでの一連のプラットフォームを構築でき、次年度以降に動作検証と模擬環境・実環境での運用評価を実施可能である。

今後

次年度は、開発したセンサ要素技術を統合システムに実装し、短期的な運用と収集されるログデータの特徴抽出を実施する。

センサ群からの入力情報をもとに、想定した 3 リスクを検知する監視アルゴリズムと、リスク検知をトリガーとして生活者に情報を提示する介入アルゴリズムをそれぞれ開発する。両アルゴリズムはネットワーク上に実装され、運用と並行した調整が可能な仕様とする。

監視アルゴリズムは、センサ群からの計測データを入力、リスクの発現や程度を出力とした数理モデルを、想定リスクごとに構築する。各リスクの特性に応じて、線形判別・重回帰・ロジスティック回帰のような解析モデルと、自己組織化マップやサポートベクターマシンのような機械学習モデルを選択する。各モデルは、申請者らがこれまでの研究で得た基本データにもとづいて基本構造を決定し、後述の短期試験や臨床評価を通じて調整・最適化する。

介入アルゴリズムとしては、利用者の認知機能やリスクの程度や頻度に応じて、検知したリスクを確実に伝えるための提示内容・提示タイミング・提示回数等を決定する情報提示プログラムを構築する。特に、認知機能の低下や高次脳機能障害などがある場合には、ワーキングメモリや注意機能、実行機能などの機能低下を考慮した行動指示が必要なため、申請者らが開発した人間の会話インタラクションをプロトコル化した対話型の音声ガイダンスを適用する。また、確実な情報伝達には、情報提示に対する受容性やリスク・ホメオスタシス等の影響も考慮する必要があるため、情報取得率に応じて個別性の高い調整が可能な機能を新たに付加する。

監視・介入の両アルゴリズムを、模擬環境・非在宅実環境（国リハ病院・自立支援局）において試験的に運用し、調整・最適化する。さらに、試験評価を通して、システムの評価項目リストを作成し、最終的なアウトカム評価へと展開する。

別紙-1 全体概略図

