

1. 担当 PM

稲見 昌彦（東京大学 先端科学技術研究センター 教授）

2. クリエータ氏名

田脇 裕太（慶應義塾大学，未来創造研究所）

3. 委託金支払額

2,304,000 円

4. テーマ名

IoT を活用した介護予防のためのリハビリテーション支援システム

5. 関連 Web サイト

なし

6. テーマ概要

2016 年の日本人の健康寿命は男性が 72 歳、女性が 74 歳であり、平均寿命とは約 10 年の差がある。これは世界的にも共通の現象であり、つまり人間は人生最後の 10 年間で何かしらの介護が必要な状態で過ごす可能性が高いことを示している。介護施設では要支援・要介護者を対象としてリハビリテーション（機能訓練）を実施している。しかし、多くの介護施設では、設備もノウハウも十分に整っておらず、リハビリテーションの最適化はおろか、利用者のデータ収集さえも十分にできていない。さらに、リハビリテーションの効果の質は現場の介護スタッフのノウハウに依存しており、組織として体系化することはできていない。そのため、どのような高齢者が、どのようなリハビリテーションをして、どのような生活をすれば、どの程度介護度が改善するか、データに基づいて明示できるリハビリテーションサービスが求められている。

本プロジェクトでは、高齢者それぞれの特徴に合わせたリハビリテーションの実施や、転倒事故などによる介護度悪化の未然防止のために、高齢者の歩行特徴を記録し、身体状況を把握するための IoT デバイスを開発した。さらに、どのようなリハビリテーションをすれば、どの程度介護度が改善するかを定量的に

評価するための、高齢者のバイタルデータやトレーニング内容などの臨床データを登録するウェブアプリケーションを開発した。これらの機能から収集、蓄積した情報を統合することで、高齢者それぞれの身体特性に最適化したリハビリテーションメニューの提供を実現する。

7. 採択理由

本提案は、靴などにセンサを仕込み、そのデータを適切に解析することで、高齢者の歩行機能を改善することを目的としている。申請者は本提案の早急な社会実装を目指しているため、ハードウェアの価格を極力抑えるために極めてシンプルなセンシング手法を用いている。

プロジェクト期間中に現場と協力しつつ試行錯誤を繰り返し、歩行データをどのように安定的に計測するか、解析データをどのようにリハビリと結び付けるかに関し、検証を行いつつ開発を進めることを想定した。

8. 開発目標

介護施設では、主に要支援・要介護者を対象としてリハビリテーション（機能訓練）を実施しているが、多くの介護施設では、設備もノウハウも十分に整っておらず、リハビリテーションの最適化はおろか、利用者のデータ収集さえも十分にできていない。本プロジェクトでは、業務効率化とパーソナライズドリハビリを両立させるシステムと、収集したデータに基づき、健康状態の遷移を可視化するリハビリマップを開発することを目的とする。

9. 進捗概要

開発したシステムは3つのサブシステムに分かれている（図1）。高齢者の歩行データが靴装着型センサとスマートフォンからサーバに送られ、継時的な歩様の変化が記録される（システム1）。また、介護施設の理学療法士は、タブレットから本プロジェクトで開発したWebアプリを使用して、体力テストなどの臨床データを登録する。そして、サーバに収集されたデータを解析し、高齢者にあったリハビリテーションを提案する。

適切なリハビリテーションの提案は、二つのアルゴリズムから成り立っている（図2）。「(1)モデルに基づく提案」では、高齢者の身体能力を体力年齢に変換し、実年齢と比較している。例えば、実年齢が78歳のAさんの筋力の体力年齢が80歳であった場合は、筋力強化に関係するリハビリメニューをモデルから選択し、提案する。「(2)類似度に基づく提案」では、Aさんの体力年齢ベクトルと最も距離が短い高齢者をデータベースから抽出し、その高齢者が実施したりハビリメニューを提案する。距離の定義はユークリッド距離に従う（図3）。

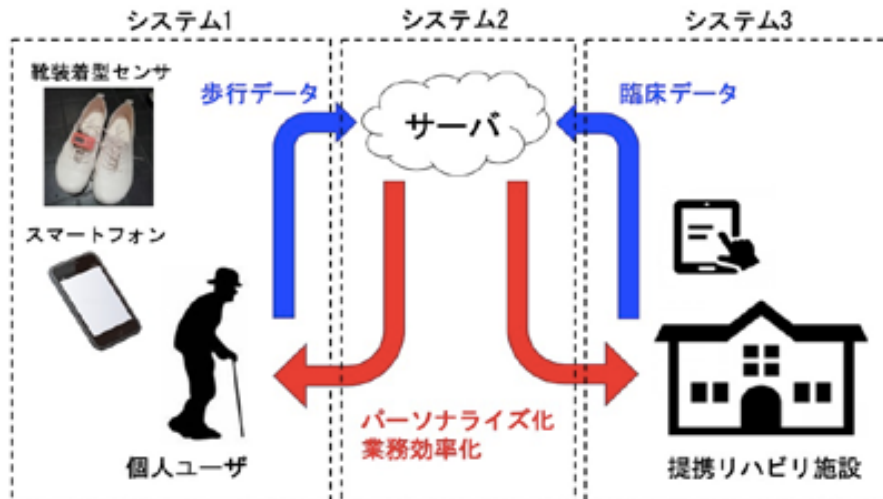


図 1：システム構成図

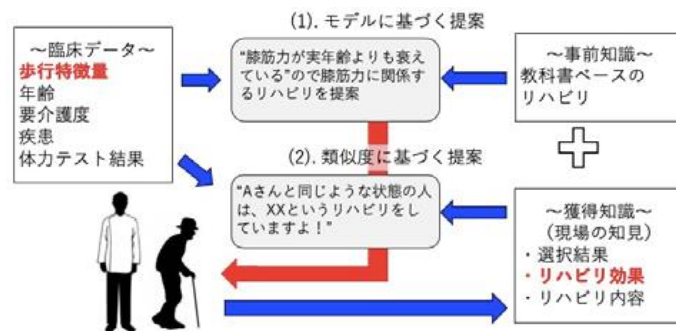
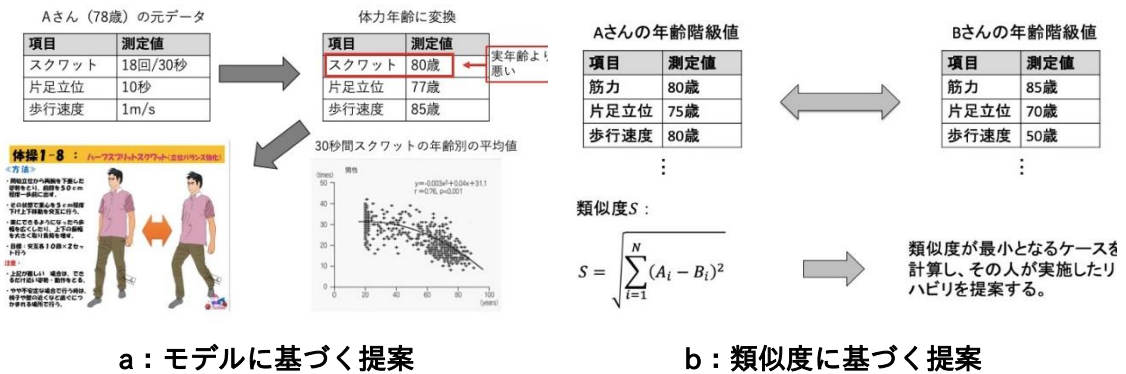


図 2：レコメンド機能の概要



a：モデルに基づく提案

b：類似度に基づく提案

図 3：リハビリメニュー推薦機能

得られた集合知はリハビリマップとして可視化される。リハビリマップとは、体力テストの結果を体力年齢多次元ベクトルに変換し、それを二次元平面に状態遷移とともに可視化した可視化手法である。リハビリマップは人間が見てわかりやすいグラフである必要があるため、工学的な妥当性と合わせてわかりやすさも必要となる。

多次元健康情報ベクトルを二次元ベクトルに変換するうえで、複数のアルゴ

リズムを試みた。アルゴリズムと可視化方法は、ユーザヒアリングを通して複数回のバージョン変更をしている。

理学療法士のガイドラインで定義されている閾値よりも値が悪い場合はレーダーチャートの面積が大きく、閾値よりも値が良い場合は面積が小さく表示されている。左下から右上の状態にかけて、1.5年間で高齢者の身体状態がどのように遷移したかを矢印で可視化している。バージョン1は理学療法士から良い評価を受けたが、一目ではわかりにくいという意見も挙がった（図4）。

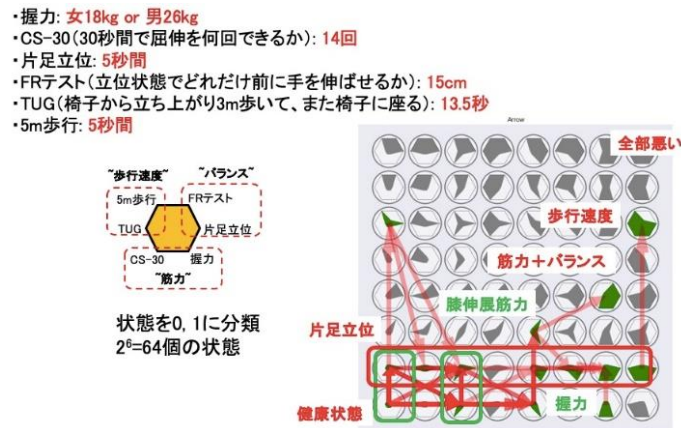


図4: リハビリマップ バージョン1

バージョン2では健康状態を三次元グラフで表示した。バージョン1よりも座標系の正確性が担保できたが、介護現場にはパソコンの使用に慣れていない人も多く、特に高齢者は三次元グラフを読み取ることはほぼできない。そのため、理学療法士に見せるとバージョン1の方が伝わりやすく、評判が良かった。三次元グラフを二次元平面に写像することが次の課題となった。

レーダーチャートを読み解くには時間もかかるため、より一目でわかるように色を状態の特徴として対応づけた。バージョン3のリハビリマップでは色に対応した身体状態のパターンを導入することによって、ユニークな次元圧縮と可視化をすることができた（図5）。しかし、直感的なわかりやすさという面では課題が残ってしまった。グラフがユニークであるため、理学療法士に見せたとしても、説明がなければほぼ理解することはできなかった。

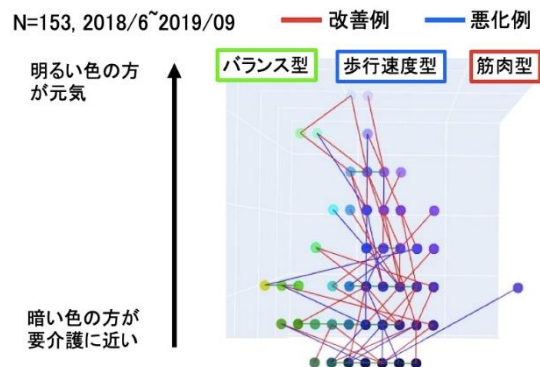


図5: リハビリマップ バージョン3

ヒアリングの結果をふまえ、バージョン 4 のリハビリマップではレーダーチャートを 3 つの指標のみとし、また状態の配置を円形にした。バージョン 4 では円の中心にある状態ほど体力年齢が良く、円の端にある状態ほど年齢が悪いという定義にしている (図 6)。

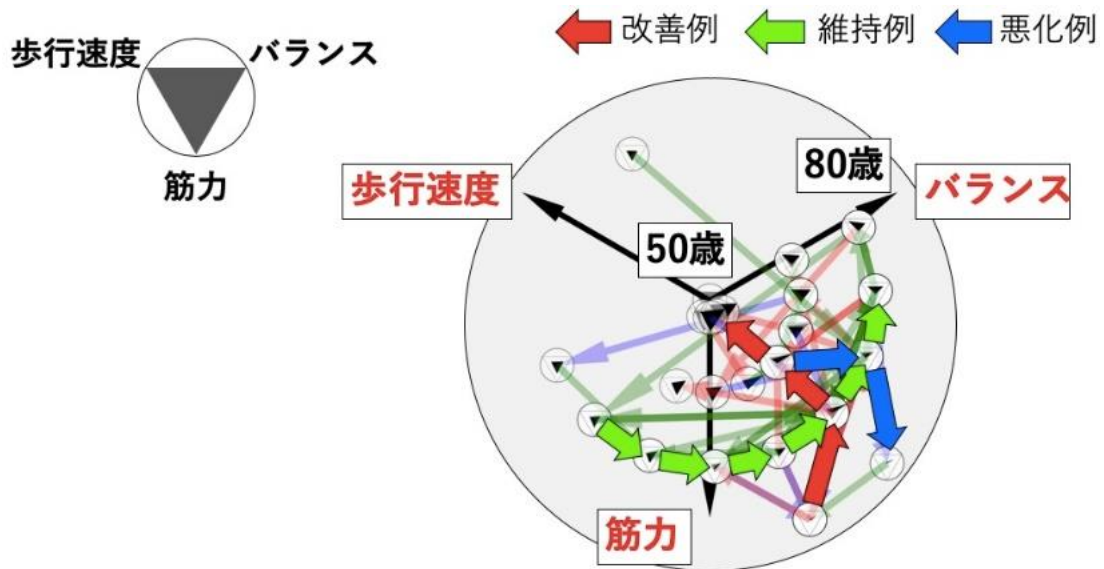


図 6：リハビリマップ バージョン 4

さらにリハビリマップ バージョン 5 では、マップにストーリー性を導入し、富士山の 3D モデルに写像することによって登山のように身体能力を向上させていく UI にした。「登山」というストーリーをつけることによって、頂上に向かうことが改善する方向であり、同じ高さ (標高) は現状維持という意味づけと理解が容易になった (図 7)。

しかし、頂上に向かう方向は改善ということを示すことはできたが、横方向へ向かった場合にどのような意味を持つかということはいまだに直感的ではない。横方向への移動に直感的な意味づけを設計することが今後の課題である。



図 7：リハビリマップ バージョン 5

10. プロジェクト評価

本プロジェクトは、当初は靴などにセンサを仕込み、そのデータを適切に解析することで、高齢者の歩行機能を改善することを目的としていた。しかし、リハビリテーション病院などの現場と協力しつつ試行錯誤を繰り返し、歩行データの評価法、解析データを「リハビリの Google Map」ともいえる可視化システムを構築することに成功した。リハビリテーション指導とユーザとのコミュニケーションへの貢献は大きく、今後一層の発展が期待できる。

11. 今後の課題

本プロジェクトの基礎的な検討は概ね終わったと考えられる。実サービスとして現場の理解を得つつ普及させることを目指してほしい。クリエイターはすでに知見を持っているようであるが、リハビリテーションの手法は施設により様々な流儀があり、理解のあるところから実績を積み上げていくようなアプローチが重要であると考えられる。