

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 — データをリハビリの羅針盤にするリハビリマップ —

1. 背景

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、人間は人生最後の10年間を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。先進国を中心に高齢化が進行する中で、健康寿命の延伸はより一層求められてくるだろう。本プロジェクトの最終目標は、健康寿命を延伸することを支援するツールを開発することである。

2. 目的

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した。

3. 開発の内容

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。システム構成図を図1に示す。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、高齢者にあつ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、2つのアルゴリズムから成り立っている。リハビリテーションのレコメンド機能の概要を図2に示す。図2の「(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、筋力強化に関するリハビリメニューをモデルから選択し、提案する（図3.a）。「(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リ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.b）。

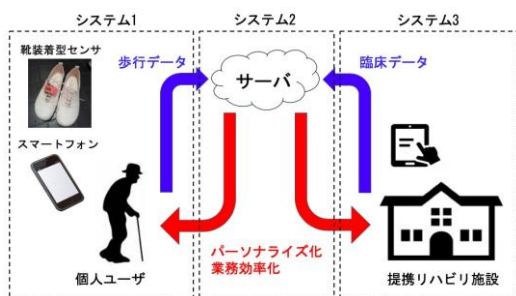


図 1: システム構成図

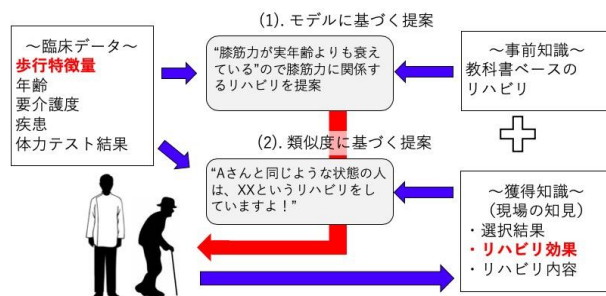


図 2: レコメンド機能の概要

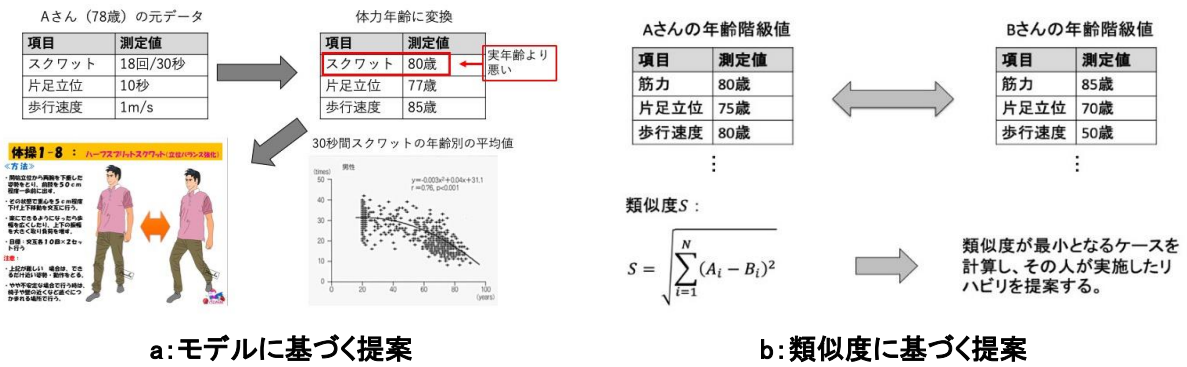


図 3: リハビリメニュー推薦機能

また、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。図 4 はバージョン 1 のリハビリマップを示している。理学療法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、一方で一目ではわかりにくいという意見もいただいた。

- ・握力: **女18kg or 男26kg**
- ・CS-30 (30秒間で屈伸を何回できるか): **14回**
- ・片足立位: **5秒間**
- ・FRテスト (立位状態でどれだけ前に手を伸ばせるか): **15cm**
- ・TUG (椅子から立ち上がり3m歩いて、また椅子に座る): **13.5秒**
- ・5m歩行: **5秒間**

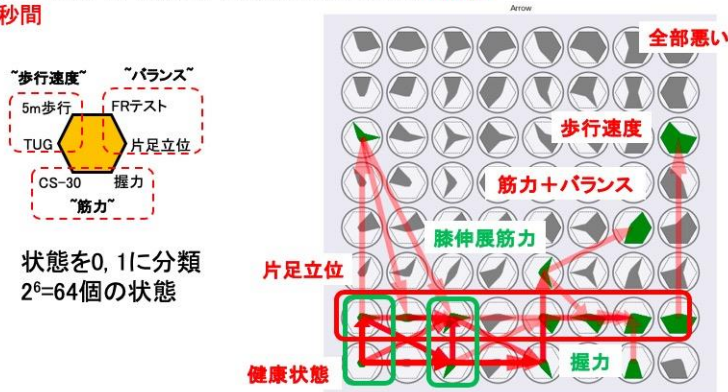


図 4: リハビリマップ(バージョン 1)

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。

図 5 はバージョン 3 のリハビリマップを示している。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。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。

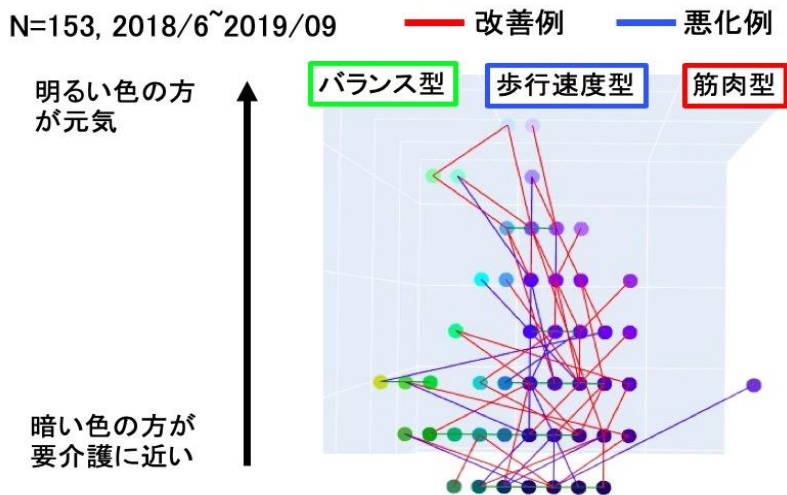


図 5:リハビリマップ(バージョン 3)

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(図 6)。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。さらにリハビリ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(図 7)。「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。

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。

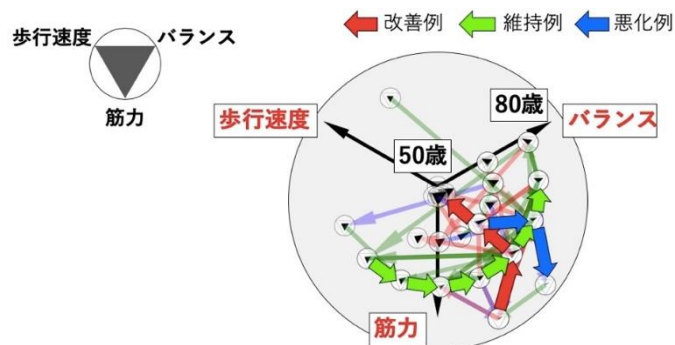


図 6:リハビリマップ(バージョン 4)

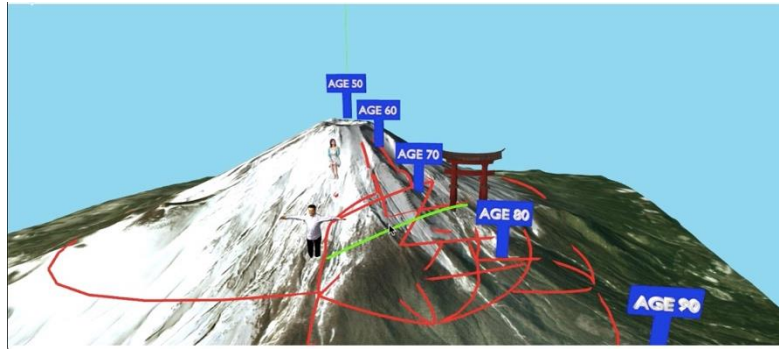


図 7:リハビリマップ(バージョン 5)

4. 従来の技術(または機能)との相違

まず、リハビリマップという概念は本プロジェクトで初めて発明されたものである。これはリハビリテーションに関する集合知を共有するための新たな手法になると考えている。また、従来はビデオ通話などが主流であった遠隔リハビリにも、本システムは応用が可能である。本プロジェクトでは、状態遷移を可視化することによって、リハビリサービスの質を比較することができることに加え、リハビリ専門職同士のスキルの比較も可能になる。そのような点が従来の機能とは異なるユニークな点である。

5. 期待される効果

業務効率化により介護現場の負担を減らしつつ、エビデンスに基づく科学的な介護の実現に貢献することができる。また、他の人とデータを共有することで、集合知を可視化することが可能になる。これにより新人のリハビリ専門職であっても、熟練者のスキルとの比較が可能になるため、提供サービスの質向上が見込める。

6. 普及(または活用)の見通し

事業化に向け、介護施設などと連携し普及を目指す。また、遠隔リハビリの支援ツールとして脳梗塞などの他の疾患にも使えないか現在検討中である。

7. クリエータ名(所属)

田脇 裕太(慶應義塾大学, 未来創造研究所)