

ロコモティブシンドロームの予防を狙ったスマートウォッチシステムの開発

Development of a Smartwatch System for
Prevention of Locomotive Syndrome

國分三輝*, 宮川博文**

Mitsuteru KOKUBUN*, Hirofumi MIYAGAWA**

要 旨

ロコモティブシンドロームを予防するロコモーショントレーニングの継続を支援するために、スマートウォッチとWebサービスで構成されるシステムを提案した。スマートウォッチに内蔵された加速度センサを用いて、3種類のトレーニング（腕立て伏せ、腹筋体操、スクワット）についてそれぞれ2強度の動作を計数するスマートウォッチアプリケーションを開発した。また、トレーニング履歴の可視化機能、トレーニング実施回数に応じてプレイできるゲーム機能、トレーニング成果のSocial Networking Serviceへの共有機能、トレーニングの方法や意義を解説するコーチ機能を持つWebサービスを開発した。これらの開発により、ユーザのトレーニングに対する動機づけについて外発的・内発的・認知的な支援を行い、動機づけの長期的な維持向上が期待できるシステムを実現した。

キーワード：ロコモティブシンドローム、ロコモーショントレーニング、スマートウォッチ

1. はじめに

超高齢化社会の進行にともない、ロコモティブシンドローム（Locomotive Syndrome, 略称「ロコモ」）による生活の質（QOL; quality of life）の低下が問題視されている（Nakamura, 2008, 2009, 2011等）。ロコモは、運動器の障害等により歩行等の移動機能が低下し、要介護リスクが高まった状態を表す。ロコモの有病率調査（吉村, 2015）によれば、ロコモ度1（移動機能の低下が始まっている状態）の有病率は一般住民の約70%、ロコモ度2（移動機能の低下が進行している状態）の有病率は一般住民の約25%に及ぶと推定されている。40歳未満であってもロコモ度1と判定される者があり、40歳代からはロコモ度2と判定される者もあった。65歳以上の高齢者に限らず、より早期からのロコモ予防が重要である。

日本整形外科学会（2015）はロコモの予防・改善のために、主に下肢筋力やバランス能力の向上を狙ったロコモーショントレーニング（Locomotion Training, 略称「ロコトレ」）を提唱している。スクワットや片足立ち運動等で構成されるロコトレには特別な器具等は不要で、実施が容易であることが特徴である。ロコトレの実施により、各種の運動機能が改善する（富田・貝田・宮崎・河合・中村・鳥越・森・渡邊, 2016）ことに加え、外出に対する自己効力感向上や日常の活動性増加等のQOLを高める効果が示唆されている（新井・加

* 愛知淑徳大学人間情報学部

** 愛知医科大学運動療育センター

注：本研究の一部はヒューマンインタフェースシンポジウム2019で発表された。

藤・藤田・細井・丸谷・森田・石橋, 2012)。

しかしながら、ロコトレは継続的な実施によって効果が現れるものであり、トレーニングに対する動機づけの維持向上が課題である。細井・藤田・新井・石橋 (2012) によると、地域在住高齢者 231 名に対するロコトレの試行において、2 か月間に渡って週に 1 回以上の頻度でロコトレを継続できた者は 160 名 (69.3%) であった。また、ロコトレを継続できた者は継続できなかった者に比べてむしろ主観的なロコモ度 (ロコモのチェックリストによる) が高かった。細井ら (2012) はこの結果について、継続できた者には日常的な運動習慣があり、自らがロコモであることの自覚をもとに運動の継続につながったと考察している。この結果は、日常的な運動習慣やロコモの自覚が無い者、つまり本来ロコトレが必要な者にとっては継続が容易でないことも示唆している。

ロコトレに対する動機づけ向上を狙い、家庭用ゲーム機 (任天堂 Wii フィット) を用いた方法 (宮地, 2011) や、深度カメラ (Microsoft Kinect センサ) を用いたロコトレゲーム (國分, 2015)、定期的にユーザに声をかけスクワットの実施を促すロボット (小野田, 2016) 等の工学的な支援法が提案されている。しかしこれらのシステムは専用のゲーム機や特殊なセンサ・デバイス・ロボット等を必要とし、誰でも日常的に手軽に利用することは容易ではない。

國分 (2018) はスマートウォッチ (腕時計型の活動量計) を用いたロコトレ支援システムを提案している。スマートウォッチを模擬した腕時計型デバイスに内蔵された加速度センサでスクワット等のトレーニング動作を計数するとともに、トレーニング動作と連携したゲームをパーソナルコンピュータ上で実行するものであった。このシステムの利用により、トレーニングの実施時間・回数や楽しさが増すとともに、トレーニングに対する負担感が抑えられる短期的効果が確かめられている (國分, 2019)。國分・宮川 (2019) はこのシステムを発展させ、市販スマートウォッチを用いて体幹や下肢筋力の向上を狙った 3 種のトレーニング (腕立て伏せ、腹筋体操、スクワット) の回数を計数するとともに、スマートフォンによってトレーニング履歴を表示する Web サービスを提案している。個人ユーザに普及したスマートフォンと、今後普及が見込まれるスマートウォッチを用いることで、日常的にロコトレの実施を支援することを狙ったものである。しかしこのシステムはトレーニングの計数と履歴の表示機能しか持たないため、ユーザはトレーニングによって得られるメリットを十分に理解・実感できず、トレーニングに対する動機づけを維持向上させる効果は不十分であると考えられる。

本論文では、國分・宮川 (2019) により提案されたシステムをもとに、動機づけの維持向上効果をさらに高めることを狙ったシステムの開発について述べる。具体的には、Web サービスの機能として、トレーニング履歴の表示機能に加えて、トレーニング実施回数に応じてプレイできるゲーム機能、トレーニングの成果を SNS (Social Networking Service) に共有する機能、トレーニングの方法や意義を解説するコーチ機能を追加した。ゲーム機能は、トレーニングの実施によってゲームを有利に進められるという具体的なメリットをユーザに与えることにより、外発的な動機づけを向上させることを狙った。SNS 共有機能は、他者から共感や承認を得ることにより、内発的な動機づけを向上させる効果を狙った。コーチ機能は、各トレーニングによって得られるメリットを具体的に説明することにより、認知的な動機づけを向上させることを狙った。これらの機能向上により、ユーザのトレーニングに対する動機づけを多面的に支えることができるシステムの実現を目指した。

2. システムデザイン

2.1 システム構成と利用イメージ

システムの構成を図 1 に示す。システムは、スマートウォッチ、スマートフォン、および、Web サーバにより構成した。ユーザはスマートウォッチを手首に装着し、トレーニングを実施する。スマートウォッチは、内蔵された 3 自由度加速度センサを用いて 3 種のトレーニングの動作を検出し、実施回数を記録する。スマー

トウォッチは、ペアリングされたスマートフォンを通じて、トレーニング実施回数等のデータを Web サーバに送信する。Web サーバは、受信したデータをデータベースに格納して管理する。Web サーバはさらに、スマートフォン用のアプリケーションソフトウェアをスマートフォンに提供する。スマートフォンはこのアプリケーションを実行し、Web サーバからトレーニング実施履歴等を得て、履歴の可視化表示、ゲーム、SNS 共有、およびコーチ機能をユーザに提供する。

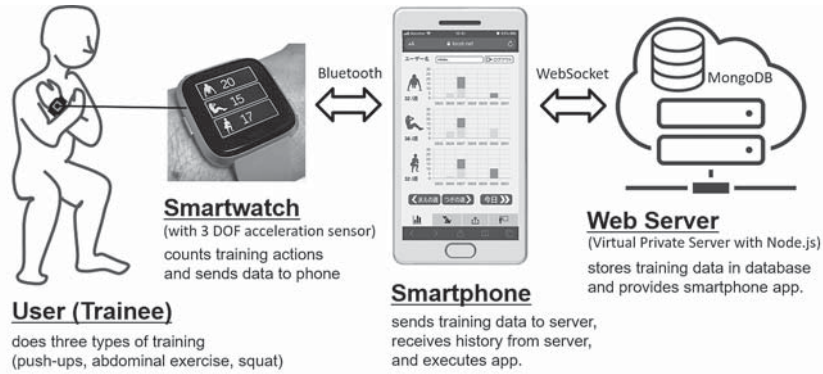


図1 システムの構成（國分・宮川（2019）をもとに改変）

2.2 検出するロコトレ動作

スマートウォッチで検出するトレーニングの動作として、体幹や下肢の筋力向上が期待される、腕立て伏せ、腹筋体操、スクワットの3種を選択した。また、各トレーニングに2種の強度を用意し、ユーザの筋力やトレーニング進度に応じて適切な強度を選択できるようにした（図2）。

腕立て伏せ（図2a）は、伏臥位で床に両手をつき体を押し上げ・押し下げる方法を高強度、立位で壁に両手をつき壁に向かって倒れながら腕を屈伸させる方法を低強度とした。腹筋体操（図2b）は、仰臥位から上

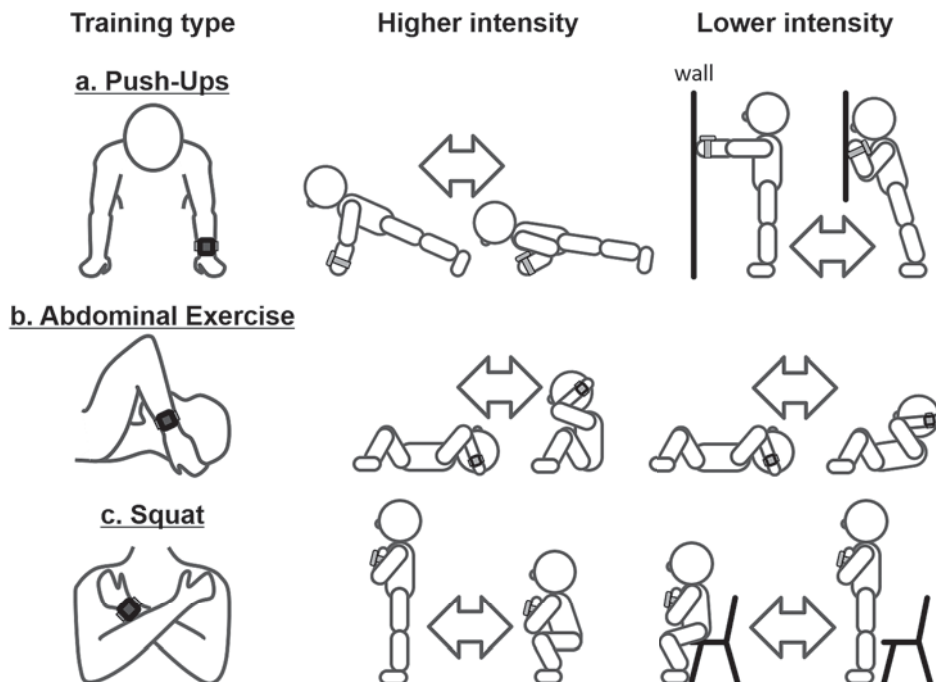


図2 計数するトレーニング動作と強度（國分・宮川（2019）をもとに改変）

体を引き上げる方法を高強度、上体は引き起こさず頭のみを引き上げる方法を低強度とした。スクワット（図2c）は、立位から膝を屈伸させる方法を高強度、椅子からの起立と着席を繰り返す方法を低強度とした。

なお腹筋体操とスクワットは、日本整形外科学会（2015）による『ロコモパンフレット』において推奨されているロコモーショントレーニングの一部である。腹筋体操は腹筋等の体幹の筋力を高め、歩行時のバランス能力を向上させる（転びにくくなる）効果や、歩行に対する不安や恐怖の要因となる腰痛を予防する効果が期待される。スクワットは、大腿や大殿筋等の筋力を高め、歩行速度を高めたり歩行できる距離や時間を長くしたりする効果が期待される。腹筋体操とスクワットの2種の強度の設定についても『ロコモパンフレット』に記載された方法に準じた。腕立て伏せについては『ロコモパンフレット』に記載は無いが、上体を支える広背筋等の筋力を高めて適切な歩行姿勢を保つ効果を期待し、本システムでの検出対象として取り入れた。

2.3 スマートフォン用アプリケーションの機能

スマートフォン用アプリケーションの機能として、トレーニング履歴、ゲーム、SNS共有、コーチ機能を持たせた。なおトレーニング履歴機能は國分・宮川（2019）により開発されたものをそのまま用いた。トレーニングの種類と強度ごとに過去の実施回数をグラフで可視化表示することで、実施状況を客観的に把握し、トレーニングへの動機づけを維持させる効果を狙ったものである。本研究ではこれに加えて、ゲーム、SNS共有、コーチ機能を新たに開発した。

ゲーム機能では、トレーニングの実施回数に応じたアイテムを付与し、これらのアイテムによりペット育成を行う、ゲーミフィケーションの要素を取り入れた。トレーニングの実施によって具体的なメリットが得られることで、トレーニングに対する外発的な動機づけを向上させる効果を狙った。SNS共有機能では、ユーザーがトレーニングの履歴やゲームの結果をSNSに投稿することで他者からの承認や励ましを得たり、システムの間で競争意識を高めたりできる仕組みとした。これにより、トレーニングに対する内発的な動機づけを向上させる効果を狙った。コーチ機能では、各トレーニングの適切な方法・意義・期待される効果等を解説した。これにより、トレーニングに対する認知的な動機づけを向上させる効果を狙った。

3. スマートウォッチ用アプリケーションの実装

3.1 スマートウォッチ本体および開発環境

トレーニング動作を計数するスマートウォッチとしてFitbit社製Versa FB505を用いた。アプリケーションの開発にはFitbit SDKを用い、主にJavaScriptにより実装した。開発作業はMicrosoft Windows10が動作するパーソナルコンピュータ上で行い、Fitbit SDK CLI（Command Line Interface）を用いてアプリケーションをビルドした。ビルドしたアプリケーションは、Apple社製スマートフォンiPhone7に導入したFitbitアプリケーションを通じてスマートウォッチ本体に転送・導入した。開発環境の詳細は付録の付表1に示した。

3.2 機能およびユーザインタフェース

スマートウォッチ用アプリケーションに実装した機能およびそれらのユーザインタフェースを図3に示す。トレーニング選択画面（図3a）では、3種のトレーニングについて当日の通算実施回数を表示した。また、実施したいトレーニングをボタンのタップにより選択する。強度選択画面（図3b）では、強度を「よわめ」または「つよめ」のボタンで選択する。また、当該の強度でのトレーニング実施方法を簡易な文章で表示した。「はじめる」ボタンをタップすることでトレーニングの計数を開始する。トレーニング実施画面（図3c）では、実施回数と当日の通算実施回数を表示した。また、当該のトレーニング動作が計数されるたびにスマートウォッチのバイブレータを短時間作動させた。さらに、トレーニング動作10回達成ごとにバイブレータを長く作動させた。

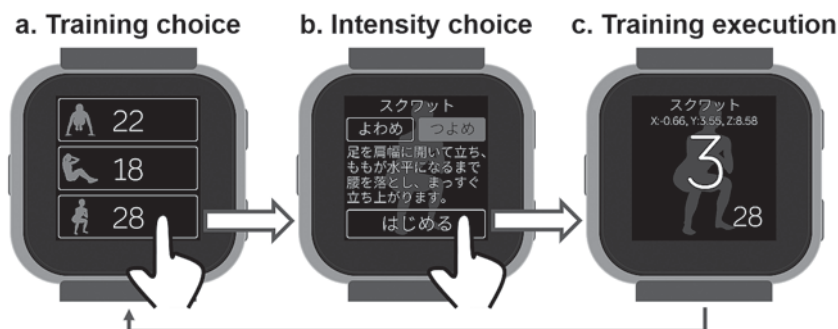


図3 スマートウォッチのユーザインタフェース(國分・宮川(2019)をもとに改変)

3.3 トレーニング動作の検出方法

腕立て伏せ（高強度）の検出は、肘の屈曲によってスマートウォッチの上下方向の加速度（重力加速度込みの値）が変化することを利用し、この値が一定の閾値以下になった場合を計数した。腕立て伏せ（低強度）の検出は、肘の屈曲によってスマートウォッチの左右方向の加速度（重力加速度込みの値）が変化することを利用し、この値が一定の閾値以上になった場合を計数した。

腹筋体操の検出は、上体の引き起こしにともなってスマートウォッチの左右方向の加速度（重力加速度込みの値）が変化することを利用し、この値が一定の閾値以上になった場合を腹筋体操の動作として検出した。高強度と低強度では、この閾値を変化させた。

スクワット（高強度）の検出は、國分（2018）による方法を用いた。主にユーザの上向きおよびおよび後ろ向きの加速度（ローパスフィルタにより重力加速度成分を除去した後の値）が一定の閾値以上となった場合にスクワット動作があったと判定する。スクワット（低強度）については、椅子から起立開始するタイミングや椅子に着席完了するタイミング等においてユーザの上向きおよび後ろ向きの加速度が発生するため、スクワット（高強度）の計数アルゴリズムで一定回の計数がなされた場合に1回と計数する仕様とした。

3.4 スマートウォッチから Web サーバへのデータ送信

スマートウォッチで計数されたトレーニング回数のデータは、計数されるたびにスマートウォッチ内のストレージに格納した。さらに、スマートウォッチのアプリケーション起動時および終了時に、スマートウォッチ内のストレージに格納されたデータを Web サーバに送信する機能を実装した。まず、Bluetooth でスマートウォッチとペアリングしたスマートフォンに導入された Fitbit アプリケーション（コンパニオンと呼ばれる）に対して、データを WebSocket で送信した。次にコンパニオンにおいて、スマートフォンのモバイル通信または無線 LAN（Local Area Network）を通じて、スマートウォッチから受信したデータを Web サーバに対して WebSocket で送信した。

4. Web サービスの実装

4.1 サーバの環境・仕様

スマートウォッチで計数されたトレーニングデータを保管するとともに、これらのデータを活用するスマートフォン用アプリケーションを提供するためのサーバを構築した。サーバ環境はさくらインターネット社の VPS（Virtual Private Server）を用い、オペレーティングシステムは CentOS 7 とした。サーバに JavaScript 実行環境である Node.js を導入し、https モジュールを用いて HTTPS サーバを稼働させ、Web サービスを提供した。ルーティングを行うミドルウェアとして express を、スマートウォッチやスマートフォンとの WebSocket によるデータ送受信には ws モジュールを用いた。データを管理するデータベースには MongoDB

を用いた。Web サーバの環境・仕様の詳細は付録の付表2に示した。

4.2 Web サーバの機能 (1) : データ管理

Web サーバにはトレーニングデータの管理機能を持たせた。コンパニオン経由でスマートウォッチから WebSocket で送信されたデータを受信し、MongoDB によるデータベースに格納する。データはユーザごとのコレクションとして格納し、さらに日付ごとのドキュメントとして保管する仕様とした。データベースへの格納が完了したら、データ送信元のスマートウォッチに対して (コンパニオン経由で) 格納完了のメッセージを WebSocket で送信する。これにより、データベースに格納したデータはスマートウォッチ内のストレージから削除することができる。

4.3 Web サーバの機能 (2) : Web アプリケーションの提供

Web サーバには、スマートフォン等の Web ブラウザからアクセスがあった場合に、トレーニング履歴の可視化、ゲーム、SNS 共有、コーチ機能を実行する Web アプリケーション (図4) (具体的には HTML や JavaScript 等で記述されたファイル類) を提供する機能を持たせた。また、この Web アプリケーションを実行するスマートフォン等からデータ取得の要求があった場合に、データベースに格納したデータをスマートフォン等に WebSocket で送信する機能を持たせた。これによりユーザは、スマートフォン等の端末から自身のトレーニング履歴を閲覧・管理することができる。



図4 Web アプリケーションの機能とユーザインタフェース

4.4 Web アプリケーションの機能 (1) : トレーニング履歴可視化

トレーニング履歴の可視化機能は、アプリケーション実行当日を含む過去7日間のトレーニング実施データを Web サーバのデータベースから取得し、実施回数のグラフとして表示する (図4a)。トレーニングの種類ごとに実施回数を棒グラフで表示し、さらに強度ごとに色分けして表示する仕様とした。自身のトレーニング実施状況を客観的に把握し、トレーニングへの動機づけを維持向上させる効果を狙った。なお、グラフ描画用のライブラリとして Chart.js 2.8.0 を用いた。

4.5 Web アプリケーションの機能 (2) : ペット育成ゲーム

トレーニングの実施回数に応じて報酬 (コイン) を獲得し、そのコインにより仮想的なペットの世話を行って成長させるペット育成ゲーム機能を実装した (図4b, 図5)。いずれかのトレーニングを10回実施するごとにユーザは1枚の仮想的なコインを獲得できる。ただし、アプリケーション実行当日を含む過去7日間以内

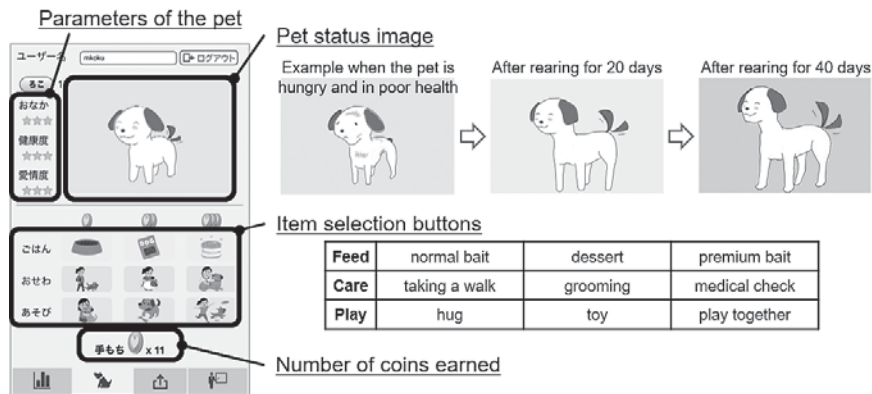


図5 ペット育成ゲーム機能

のトレーニング回数のみをコイン獲得対象とした。ペットには「おなか（満腹度）」、「健康度」、「愛情度」の3種類のパラメータを持たせ、日付が進むごとにこれらのパラメータを減少させる。また、パラメータの組み合わせに応じて、ペットの状態を示す画像を変化させた。「おなか」のパラメータを上昇させるには「ごはん」アイテムを、「健康度」を上昇させるには「おせわ」アイテムを、「愛情度」のパラメータを上昇させるには「あそび」アイテムを、それぞれ獲得したコインを利用してペットに与える。さらに、一定期間、各パラメータを一定値以上に保つことでペットが成長する（ペットの画像が変化する）。これらの機能・仕様により、トレーニングを継続する動機づけを外発的に維持向上させる効果を狙った。

4.6 Web アプリケーションの機能 (3) : SNS 共有

スマートフォンにインストールされた SNS 等のアプリケーションを通じてトレーニング履歴等を他者と共有する機能を実装した (図 4c, 図 6)。具体的には、トレーニング履歴のグラフおよびペットの状態を画像データとして取得し、この画像データを Web サーバに送信してサーバ内に保存する。ユーザはこの画像データの URL (Uniform Resource Locator) とユーザが自由に入力したテキストを SNS に投稿し、共有することができる。これにより、ユーザが他者からの承認や励ましを得たり、本システムのユーザ間で競争意識を高めたりして、トレーニングへの動機づけを内発的に維持向上させる効果を狙った。なお、トレーニング履歴のグラフおよびペットの状態を画像データとして取得するためのライブラリとして html2canvas 1.0.0-rc.3 を用いた。

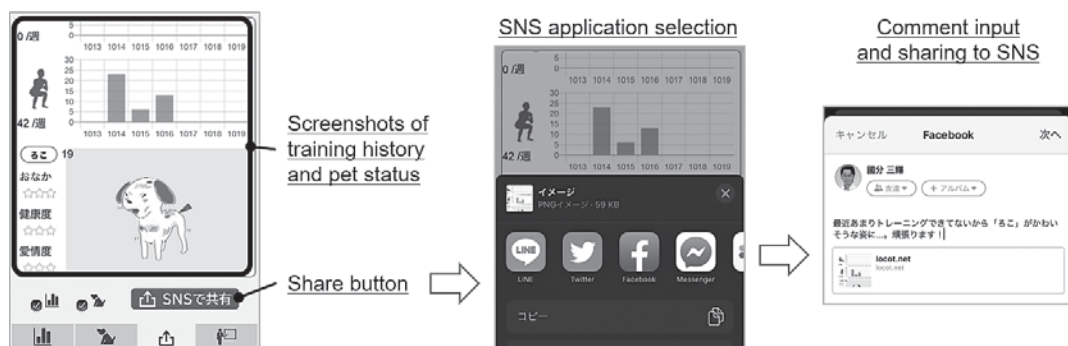


図6 SNS共有機能

4.7 Web アプリケーションの機能 (4) : コーチ

各トレーニングの具体的な方法・意義・期待される効果等を詳細に解説するコーチ機能を実装した (図

4d, 図7)。解説「はじめに」では、ロコモの概要、若年者にもロコモ予備軍が多い事実、ロコトレの有効性等の一般的な情報を文章で記載した。各トレーニングの方法では、各トレーニングにより期待される効果を簡潔に記載した文章とともに、各トレーニングの各強度の具体的な実施方法を解説したアニメーション動画（それぞれ1～2分）を配置した。これらにより、トレーニングに対するユーザの動機づけを認知的に支えることを狙った。また、各トレーニングの適切なフォームや実施方法を具体的に示し、安全にトレーニングを実施させる効果を狙った。なお、アニメーションの作成にはMicrosoft PowerPointを利用し、MPEG-4形式の動画ファイルとして出力した。

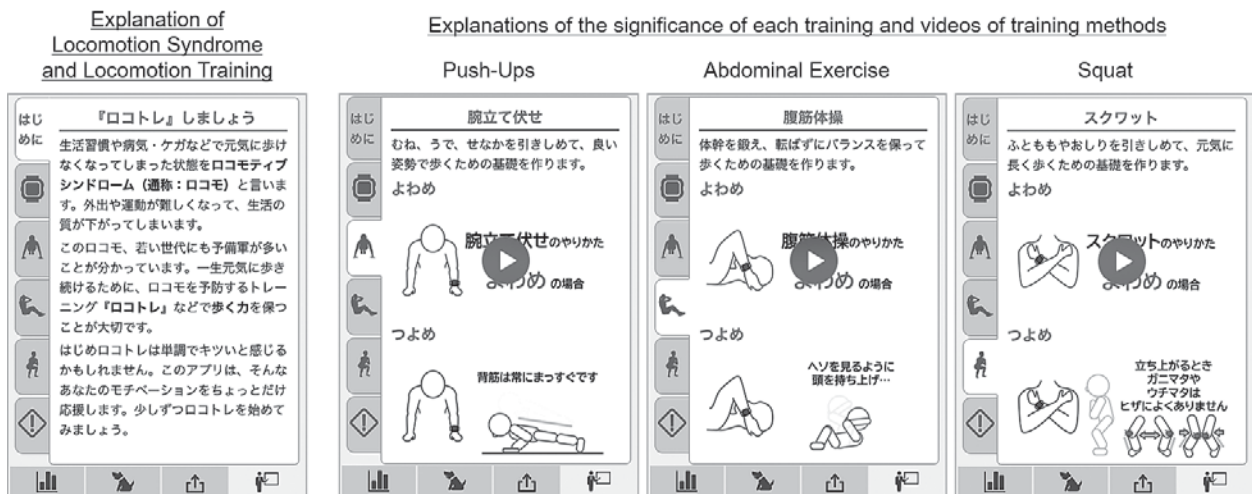


図7 コーチ機能

5. まとめと今後の展望

ロコモティブシンドロームを予防・改善するロコモーショントレーニングの継続を支援するために、近年普及が進むスマートウォッチとWebサービスで構成されるシステムを開発した。スマートウォッチに内蔵された加速度センサを用い、体幹や下肢筋力の向上を狙った3種のトレーニング(腕立て伏せ、腹筋体操、スクワット)についてそれぞれ2種の強度でのトレーニング動作を計数するスマートウォッチのアプリケーションを開発した。また、トレーニングの履歴を収集・保管するとともに、スマートフォン上でグラフィカルに可視化表示する機能、トレーニング実施回数に応じて仮想的なペットの育成を行うゲーム機能、SNS等によりトレーニングの成果を共有する機能、トレーニングの適切な方法・意義・期待される効果等を情報提供するコーチ機能を持ったWebサービスを開発した。これらの開発により、ユーザのトレーニングに対する動機づけについて外発的・内発的・認知的な支援を行い、動機づけの長期的な維持向上が期待できるシステムを実現した。

今後の展望として、本システムの利用によってユーザの筋力やバランス力等が向上し、ロコモ予防効果が見込めるかを検証する実験を計画している。本システムを長期間利用した場合に、立ち上がりテストや2ステップテスト等のロコモ度診断テスト(Ogata, et al., 2015, Yoshimura, et al., 2015)の成績向上がみられるかを検証する。この際、システム利用の有無による効果の差や、4週後・8週後・12週後等の変化や動機づけ維持効果等も検討する。また、システム利用頻度、トレーニング実施回数、システムの利用率等についても検討し、システムがトレーニングの継続に及ぼす効果やシステムの使いやすさの側面も確認し、システムの改良に努めたい。さらに、本システムの支援を受けてロコトレを継続することによる、自己効力感や主観的なQOLの向上等、ユーザの身体面への効果だけでなく、心理面への効果も検討したい。

謝 辞

本研究の一部は、愛知淑徳大学研究助成（19TT08）の助成を受けたものである。

参考文献

- 新井智之・加藤剛平・藤田博暁・細井俊希・丸谷康平・森田泰裕・石橋英明（2012）. 地域在住中高年者に対するロコモーショントレーニングの効果検証. 第48回日本理学療法学会大会抄録集.
- 細井俊希・藤田博暁・新井智之・石橋英明（2012）. ロコモーショントレーニング継続者の運動機能の特徴. 理学療法科学, 27(4), 407-410.
- 國分三輝（2015）. モーションセンサを用いた子ども向けロコモーショントレーニングゲーム. ヒューマンインタフェースシンポジウム2015論文集, 339-342.
- 國分三輝（2018）. スマートウォッチを用いたロコモーショントレーニングゲーム. ヒューマンインタフェースシンポジウム2018論文集, 361-364.
- 國分三輝（2019）. スマートウォッチを用いたロコモティブシンドローム予防トレーニング支援システムの短期効果検証. 愛知淑徳大学論集. 人間情報学部篇, 9, 11-20.
- 國分三輝・宮川博文（2019）. スマートウォッチとWebサービスを組み合わせたロコモティブシンドローム予防支援システム. ヒューマンインタフェースシンポジウム2019論文集, 208-211.
- 宮地元彦（2010）. Wiiの健康管理ゲームを活用した運動指導. 保健師ジャーナル, 66(7), 630-634.
- Nakamura, K. (2008). A “super-aged” society and the “locomotive syndrome”. *Journal of Orthopaedic Science*, 13(1), 1-3.
- Nakamura, K. (2009). Locomotive syndrome: disability-free life expectancy and locomotive organ health in a “super-aged” society. *Journal of Orthopaedic Science*, 14(1), 1-2.
- Nakamura, K. (2011). The concept and treatment of locomotive syndrome: its acceptance and spread in Japan. *Journal of Orthopaedic Science*, 16(5), 489-491.
- 公益社団法人日本整形外科学会（2015）. ロコモパンフレット2015年度版. https://locomo-joa.jp/assets/pdf/index_japanese.pdf (2019年10月21日)
- Ogata, T., Muranaga, S., Ishibashi, H. & Ohe, T. (2015). Development of a screening program to assess motor function in the adult population: a cross-sectional observational study. *Journal of Orthopaedic Science*, 20(5), 888-895.
- 小野田麻衣子（2016）. 高齢者のロコトレ継続のための、ロコトレ支援ロボットの開発. 人間科学研究, 29(1), 51-51.
- Seichi, A., Hoshino, Y., Doi, T., Akai, M., Tobimatsu, Y., & Iwaya, T. (2012). Development of a screening tool for risk of locomotive syndrome in the elderly: the 25-question Geriatric Locomotive Function Scale. *Journal of Orthopaedic Science*, 17(2), 163-172.
- 富田伸次郎・貝田英二・宮崎洋一・河合尚志・中村隆幸・鳥越雄史・森圭介・渡邊精一郎（2016）. ロコモーショントレーニングの短期的効果. 整形外科と災害外科, 65(4), 813-814.
- 吉村典子（2015）. ロコモティブシンドロームの臨床診断値と有病率. 日本老年医学会雑誌, 52(4), 350-353.
- Yoshimura, N., Muraki, S., Oka, H., Tanaka, S., Ogata, T., Kawaguchi, H., Akune, T. & Nakamura, K. (2015). Association between new indices in the locomotive syndrome risk test and decline in mobility: third survey of the ROAD study. *Journal of Orthopaedic Science*, 20(5), 896-905.

付 録

付表1 スマートウォッチ用アプリケーションの開発環境

用途	名称	バージョン等
スマートウォッチ本体	Fitbit Versa FB505	ファームウェア 32.33.1.30
ソフトウェア開発キット	Fitbit SDK	3.1.2
ビルド環境	Fitbit SDK CLI	1.6.3
アプリケーション転送	iOS用 Fitbit アプリケーション	3.8

付表2 Web サーバの環境・仕様

用途	名称	バージョン・仕様等
仮想サーバ	さくらインターネット VPS	仮想 3Core
サーバの OS	CentOS Linux	7.6.1810
ドメイン	独自ドメイン	locot.net
サーバ証明書	Let's Encrypt Authority X3	TLS 1.2
JavaScript 実行環境	Node.js	10.16.0
ルーティングミドルウェア	express	4.17.1
WebSocket モジュール	ws	7.0.1
データベース	MongoDB	4.0.10
データベースドライバ	MongoDB Node.js Driver	3.2.7