

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

Short-term Effect Verification of a Locomotive Syndrome Prevention Training Support System Using Smartwatch

國分三輝*

Mitsuteru KOKUBUN

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支援を狙ったスマートウォッチ型システムの効果を検証した。3種類の運動について、システムによる支援の有無の条件を設定し、17名の参加者による効果検証実験を行った。その結果、システムの支援により、トレーニングの実施時間と回数が有意に増加した。また、システムは十分に楽しいものであり、トレーニングの負担感を減らし、トレーニングを継続する自信を持たせることを確認した。さらに、トレーニングのペースをコントロールすることにより、過度な筋疲労を抑えながら、安全なトレーニングの実施も支援できる可能性が示唆された。

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; 運動器症候群, 以下「ロコモ」と略記する) による生活の質 (quality of life; QOL) の低下が問題視されている (Nakamura, 2008, 2009, 2011 など)。ロコモは、運動器 (身体運動に関わる骨, 関節・軟骨, 筋肉・腱, 神経などの総称) の障害により移動機能が低下し, そのために要介護リスクが高い状態を表す。一般住民 1,575 人に対する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。ロコモ度 1・2 ともに, 年齢とともに有病率が高まるが, 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, より早い段階からのロコモ予防が重要である。

日本整形外科学会 (2015) はロコモの予防や改善のために, ロコモーショントレーニング (locomotion training; 以下「ロコトレ」と略記する) を提案している。主に, スクワット (squat; 膝関節の屈曲・伸展を繰り返す運動), フロントランジ (front lunge; 片脚を大きく前方に踏み出す運動), 腹筋体操 (abdominal exercise) 等による下肢や体幹の筋力およびバランス力の向上を目指したものである。ロコトレには特別な器

* 愛知淑徳大学人間情報学部

具等は不要で、実施は容易である。しかしながら、継続的なトレーニングの実施のためには、動機づけの維持が容易ではない。

ロコトレを楽しく実施・継続するために、家庭用ゲーム機向けの床反力計（任天堂 Wii フィット）を用いた支援方法が提案されている（宮地, 2011）。また、國分（2015）は深度カメラ（Microsoft Kinect）による骨格・姿勢検出を用いたロコトレ支援ゲームを提案し、特に子どもに対する効果を検討している。しかしながら、これらの支援システムは専用のゲーム機や特殊なセンサを必要とするため、システムを設置した施設等でしか利用できず、家庭等で日常的に実施・継続することは容易ではない。

ここで近年、腕時計型のウェアラブルデバイスとして、スマートウォッチが普及しつつある。これらのデバイスには加速度センサ等が内蔵され、歩数や階段昇降等の身体活動量を記録・管理することができる。國分（2018）は、スマートウォッチを模擬した腕時計型デバイスを用いて、加速度センサの計測値をもとに、ロコトレの代表的な3種類の運動（スクワット、フロントランジ、腹筋体操）の検出を試みた。また、ユーザにロコトレの動作を自然に誘発させるとともに、ロコトレの継続や動機づけを支援することを狙ったゲームを開発した。しかしながら、このシステムによるロコトレの動機づけ向上等の効果は検証されていない。

本研究では、國分（2018）のロコトレ支援システムによるロコトレに対する動機づけ向上や、トレーニングの継続可能性等の効果を検証することを目的とした。ロコトレの代表的な3種類の運動（スクワット、フロントランジ、腹筋体操）について、システムによる支援の有無による、ロコトレの実施回数や実施時間、トレーニングの負担感、楽しさ、継続可能性等の変化を検証した結果を報告する。

2. 効果検証実験に用いたシステムの概要

2.1 システムの構成

システムの効果検証実験では、國分（2018）によるスマートウォッチ模擬デバイスと、パーソナルコンピュータ（以下「パソコン」と略記する）を連携させたゲームシステム（以下「本システム」と呼ぶ）を用いた（図1）。デバイスおよびシステムの概要を以下に述べる。

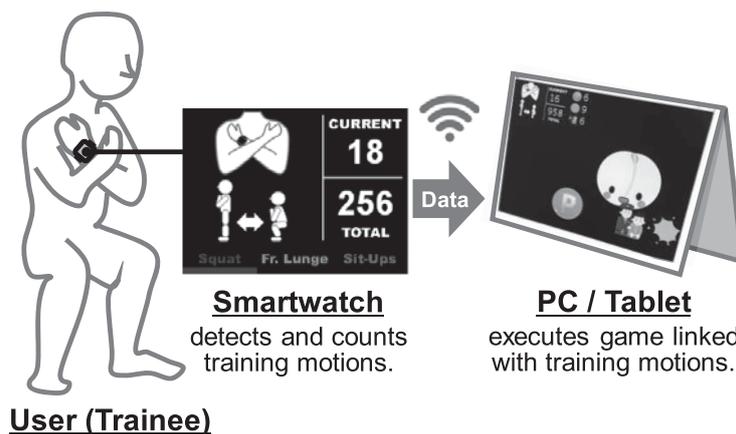


図1 システムの構成（國分（2018）より）

2.2 スマートウォッチ模擬デバイス

スマートウォッチ模擬デバイスは、汎用のプロトタイプ用マイクロコンピュータ（M5Stack社製 M5Stack Gray, 以下「本マイコン」と呼ぶ）により実装されたものを用いた。本マイコンには Espressif Systems 社製の ESP32 マイクロコントローラ、TDK InvenSense 社製の MPU-9250 慣性計測ユニット（3軸加速度・3軸ジャイロ・3軸磁気センサを内蔵）、320×240 ピクセルのカラー液晶ディスプレイ、3個のボタン、

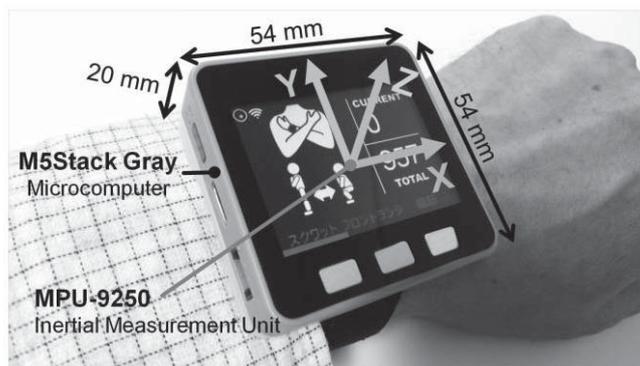


図2 スマートウォッチ模擬デバイス

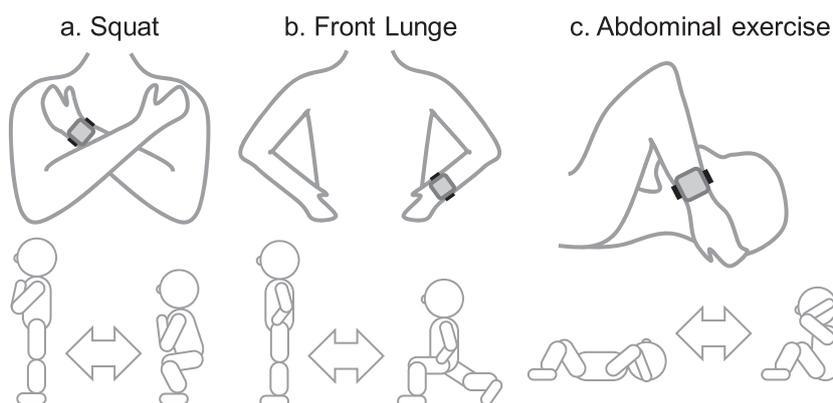


図3 検出したロコトレ動作

microSD メモリカードスロット等が装備されていた。本マイコンに M5Stack 社製の腕時計バンドおよび 850mAh リチウムイオンポリマバッテリーを追加で装備し、スマートウォッチを模擬した（図2、以下「模擬デバイス」と呼ぶ）。ユーザは模擬デバイスを左手首に装着する。模擬デバイスは、内蔵した慣性計測ユニットの計測値を用いて、図3に示す3種類のロコトレの動作（スクワット、フロントランジ、腹筋体操）を検出する。模擬デバイスの制御プログラムは、Arduino IDE 1.8.5, Arduino core for the ESP 32, および M5Stack Arduino Library 0.2.0 により開発された。

2.3 パソコン連携ゲーム

模擬デバイスとパソコンを連携させたゲームシステムを用いた。ユーザがロコトレ動作を実施することで、パソコン画面のキャラクターを操作し、アイテムを得ることにより得点を稼ぐアクションゲームであった（図4）。

スクワット動作を誘発するゲーム（図4a）では、ユーザはスクワット動作により画面上のキャラクターを上下に移動させ、画面の左から右に向かって移動してくるアイテムに衝突させることで得点を得ることができた。フロントランジ動作を誘発するゲーム（図4b）では、ユーザはフロントランジ動作により画面上のボールを奥行き方向に移動させ、画面の左から右に向かって移動してくるアイテムに衝突させることで得点を得ることができた。腹筋体操を誘発するゲーム（図4c）では、ユーザは腹筋体操の動作により画面上のテニスラケットを回転させ、画面の上から下に向かって移動してくるアイテムをラケットで弾き、アイテムを的に当てることで得点を得ることができた。

なお、模擬デバイスで計測された加速度等のデータは、デバイスのマイクロコントローラに内蔵された無線 LAN (Local Area Network) 通信機能を用い、OSC (Open Sound Control) 形式のパケットとして UDP (User Datagram Protocol) でパソコンに送信した。パソコンのモバイルホットスポット（テザリング）機能により、模擬デバイスをパソコンと同一の LAN 内に無線接続した。OSC 形式でのデータ送信には OSC for Arduino

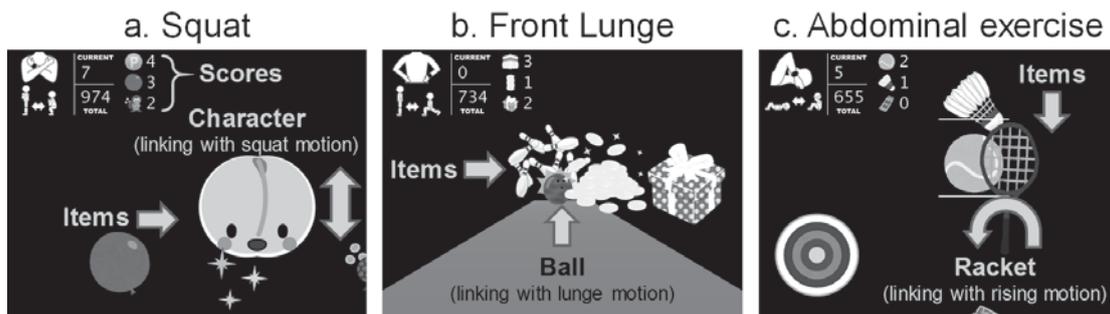


図4 ロコトレの動作を誘発するパソコン連携ゲーム

Library 1.3.5 を用いた。ゲームは Microsoft Windows 10 Home (バージョン 1803) が動作するパソコン上で Processing 3.3.7 により実装した。模擬デバイスからの OSC 形式データの受信には OSCP5 Library 0.9.9 を、ゲームの効果音の再生には Minim Library 2.2.2 を用いた。

3. 効果検証実験

3.1 実験の目的

本システムの支援によるロコトレに対する動機づけ向上や、トレーニングの継続可能性等の効果を検証することを目的とした。本システムによる支援有無の実験条件を設け、トレーニングの実施時間と回数、負担感、楽しさ、継続する自信、筋疲労等への効果を検討した。

3.2 方法

3.2.1 実験期間と実施場所

実験は 2018 年 10 月 15 日～10 月 23 日の期間に実施した。実験場所は愛知淑徳大学長久手キャンパスの研究棟 608 号室であった。

3.2.2 実験参加者

愛知淑徳大学の大学生 18 名が実験に参加した。このうち、実験者の教示の誤りにより確実なデータが取得できなかった 1 名の参加者を除いた 17 名 (男性 8 名, 女性 9 名) について、分析の対象とした。年齢は 19～21 歳で、平均 20.2 歳, S.D. は 0.8 であった。体重 (kg) を身長 (m) の 2 乗で除して算出される体格指数である BMI (Body Mass Index) は、18.0～24.4 で、平均 20.5, S.D. は 1.7 であった。BMI の算出には参加者が申告した体重と身長の数値を用いた。アンケートにより得た日頃の運動習慣の内訳は、「ほぼ毎日」が 2 名、「週 2～3 回」が 4 名、「週 1 回」が 3 名、「月 2～3 回」が 3 名、「月に 1 回」が 2 名、「ほとんどしていない」が 3 名であった。アンケート形式による簡易なロコモ度のチェック「ロコモ 25」(日本整形外科学会, 2011 および Seichi, Hoshino, Doi, Akai, Tobimatsu, & Iwaya, 2011) の点数は 0～27 点で、平均 8.6 点, S.D. は 6.9 であった。ロコモ度 1 の目安とされる 7 点以上の者が 10 名、その中でさらにロコモ度 2 の目安とされる 16 点以上の者が 3 名であった。

3.2.3 実験機器と実施方法

実験の状況を図 5 に示す。参加者は模擬デバイスを左手首に装着した。本システムのゲームはノートパソコン (Lenovo YOGA 720-12IKB) により実行し、高さ 0.7m のテーブル上に設置した 21.5 インチ液晶ディスプレイ (iiyama ProLite T2253MTS) を用いて参加者にゲームの映像と効果音を提示した。参加者はディスプレ

イから約 1.2m 離れた位置でロコトレを実施した。スクワットとフロントランジは、普段から利用している靴を履いた状態で実施させた。実験場所の床は硬質のタイル張りであった。腹筋体操は床に敷いたヨガマット(サクライ貿易 CALFLEX PWF-05)の上で実施させた。実験状況の記録のため、参加者の右後方約 1m の位置から、三脚に固定したスマートフォン (FREETEL FTJ161B) により試行中の映像を撮影した。

3.2.4 実験デザインおよび教示

3種類のロコトレ(スクワット, フロントランジ, 腹筋体操)×本システム(ゲーム)による支援の有無により6条件を設けた。参加者は各条件1回の6試行を連続で実施した。3種類のロコトレの実施順序は参加者間でカウンターバランスした。システムによる支援の有無の順序についても、参加者の半数(9名)は支援有り→無しの順に、残りの半数(9名)は支援無し→有りの順に試行を実施した。

試行の実施前に、参加者に対して以下のように教示した。

仮にあなたが病院で怪我の治療を受けていて、医師から「リハビリのために自宅でスクワット(フロントランジ, 腹筋体操)をやってください。無理のない範囲でできるだけ構いません」と指導されたとします。いま、自宅にいと想定して、無理のない範囲でできるだけ、スクワット(フロントランジ, 腹筋体操)をしてください。回数は指定しません。「もうたくさん」「つらい」「飽きた」などと感じたところで、終了してください。決して無理には続けしないでください。

参加者自身が「無理のない範囲」と判断する回数だけ、ロコトレを実施させた。ただし、長時間のロコトレの実施による過度な筋疲労を防ぐため、1試行の実施時間は最長2分間とした。試行開始から2分経過したら、参加者にまだ継続の意思があったとしても、試行を終了させた。

3.2.5 測定項目

各試行について、客観的な指標として各運動の実施時間をストップウォッチで計測した。また、実施回数を数取器で計数した。さらに、各試行の終了後に、参加者の主観的な指標として以下の①～④のアンケートに回答させた。

- ①負担感：行った運動に対する負担感を4段階(1. 全く負担ではない, 2. 少し負担, 3. まあまあ負担, 4. とても負担)で評価
- ②楽しさ：行った運動に対する楽しさを4段階(1. 全く楽しくない, 2. 少し楽しい, 3. まあまあ楽しい, 4. とても楽しい)で評価
- ③継続する自信：行った運動を1日1セット, 1週間続ける自信を4段階(1. 全く自信がない, 2. 少し自信がある, 3. まあまあ自信がある, 4. とても自信がある)で評価
- ④疲労部位と程度：行った運動による疲労があれば、人体図上の14部位(前面は肩・上腕・前腕・胸部・腹部・大腿(四頭筋)・下腿(すね)の7部位, 背面は肩・上腕・前腕・背部・臀部・大腿(ハムストリングス)・下腿(ふくらはぎ)の7部位)に疲労の程度(1. 少し疲れた, 2. まあまあ疲れた, 3. かなり疲れた, 4. ひどく疲れた)を記入

これらのデータ分析には、統計解析ソフトウェア R 3.5.1 と RStudio 1.1.456 を用いた。

3.2.6 手続き

実験開始前に参加者に対して、実験内容、プライバシー保護方針、実験参加の自由(参加は強制されずいつでも辞退可能であり、辞退による不利益がないこと)について説明を行った。これに承諾した参加者は、承諾の署名を行った。その後参加者は上述の教示を受け、参加者ごとに決められた順序で6回の試行を実施した。

各試行が終了した後、参加者は上述の①～④のアンケートに回答した。参加者から休憩の申し出がない限り、6回の試行の間に休憩時間は設けなかった。全ての試行終了後に、上述の「ロコモ25」アンケートと、参加者のプロフィール（年齢、身長、体重、日頃の運動習慣）に関するアンケートに回答させた。1名あたりの実験時間は、実験前の説明を含めて約30分間であった。



図5 実験の状況（スクワットの例）

3.3 結果

3.3.1 客観指標：トレーニング実施時間と実施回数

本システムによる支援がトレーニング量に及ぼす効果を検討するため、実施時間と実施回数について、運動の種類ごとに、支援有無間の平均値の差に対して対応の有る t 検定を行った。その結果、3種類全ての運動において、支援によって実施時間が有意に延長した（図6）。図では、本システムによる支援の無い条件を normal、支援の有る条件を supported と記載した（以下同様）。 t 値は、スクワットは $t(16) = 5.13 [p < .01]$ 、フロントランジは $t(16) = 3.89 [p < .01]$ 、腹筋体操は $t(16) = 6.43 [p < .01]$ であった。また、スクワットとフロントランジにおいて、支援によって実施回数が有意に増加した（図7）。 t 値は、スクワットは $t(16) = 2.87 [p < .05]$ 、フロントランジは $t(16) = 2.22 [p < .05]$ 、腹筋体操は $t(16) = 0.39 [n.s.]$ であった。

3.3.2 支援によるペーシングの効果

本システムの支援が3種類の運動のペース（単位時間あたりの実施回数）に及ぼす効果を検討した。実施回数を分単位に変換した実施時間で除して、各運動のペース（times/min）を算出した（表1）。この値について、運動の種類ごとに、支援有無間の平均値の差に対して対応の有る t 検定を行った。その結果、フロントランジと腹筋体操において、支援によって有意にペースが低下した。また、スクワットにおいては、ペースの低下が有意傾向であった。 t 値は、スクワットは $t(16) = 1.92 [p < .10]$ 、フロントランジは $t(16) = 2.41 [p < .05]$ 、腹筋体操は $t(16) = 7.42 [p < .01]$ であった。

3.3.3 主観指標：負担感、楽しさ、継続する自信

本システムによる支援がトレーニングの楽しさや動機づけに及ぼす効果を検討するため、アンケート①～③で得られた「負担感（burden）」、「楽しさ（enjoyment）」、「継続する自信（confidence to continue）」について、運動の種類ごとに、支援有無間の平均値の差に対して対応の有る t 検定を行った。その結果、スクワットと腹

筋体操において、支援によって「負担感」が有意に減少した。 t 値は、スクワットは $t(16) = 3.49 [p < .01]$ 、フロントランジは $t(16) = 1.23 [n.s.]$ 、腹筋体操は $t(16) = 2.70 [p < .05]$ であった。また、3種類全ての運動において、支援によって「楽しさ」(図8)と「継続する自信」(図9)が有意に増加した。「楽しさ」における t 値は、スクワットは $t(16) = 6.43 [p < .01]$ 、フロントランジは $t(16) = 6.69 [p = .01]$ 、腹筋体操は $t(16) = 6.02 [p < .01]$ であった。「継続する自信」における t 値は、スクワットは $t(16) = 4.02 [p < .01]$ 、フロントランジは $t(16) = 3.77 [p = .01]$ 、腹筋体操は $t(16) = 3.43 [p < .01]$ であった。

3.3.4 疲労部位と程度

本システムによる支援が筋疲労に及ぼす効果を検討するため、アンケート④で得られた「疲労部位と程度」について、運動の種類ごと・身体部位ごとに、支援有無間の平均値の差に対して対応の有る t 検定を行った。この際、アンケートで設定した14箇所の身体部位のうち、今回実施した3種類の運動による筋負担が大きいと考えられる腹部(abdominal)、前部大腿(thigh)、背部(spine)、臀部(breech)、後部大腿(hamstrings)の5部位のみについて効果を検討した。その結果、いずれの運動の種類・いずれの身体部位においても、支援の有無による有意な効果は見られなかった(表2)。

3.3.5 ロコモ度と各指標の交互作用

参加者のロコモ度によって本システムによる支援の効果が異なるかを検討した。実験参加者を、「ロコモ

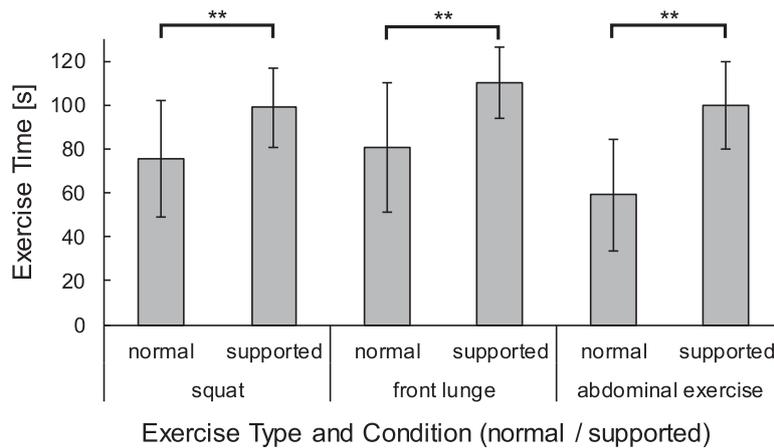


Figure 6: Error bars indicate standard deviation./**: $p < .01$
 図6 本システムによる支援がトレーニング実施時間に及ぼす効果

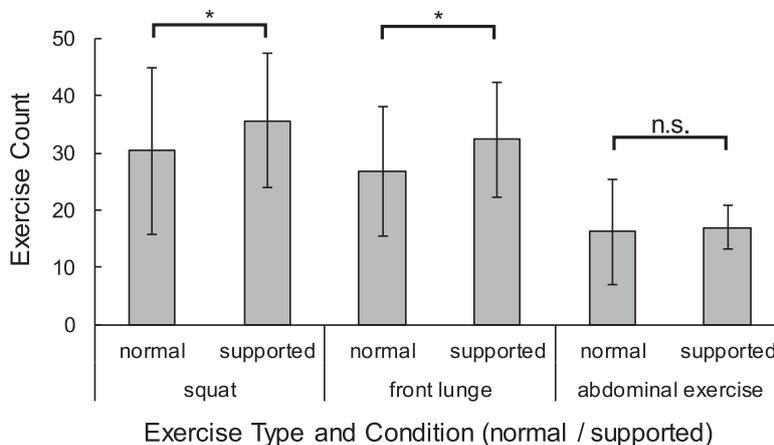
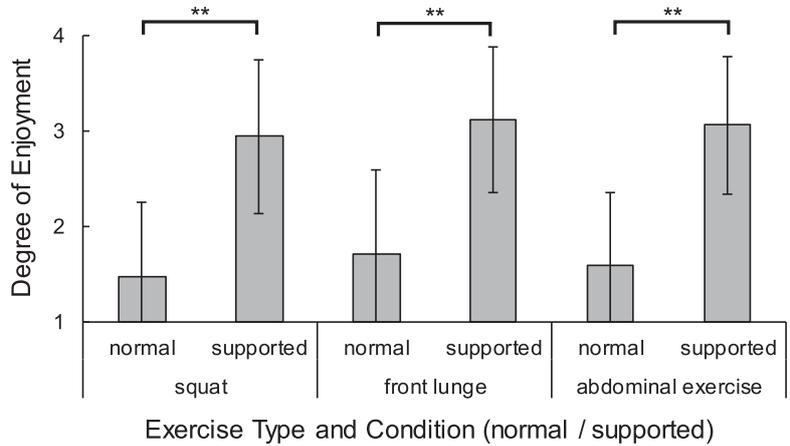


Figure 7: Error bars indicate standard deviation./*: $p < .05$, n.s.: not significant
 図7 本システムによる支援がトレーニング実施回数に及ぼす効果

表1 本システムによる支援がトレーニングのペースに及ぼす効果

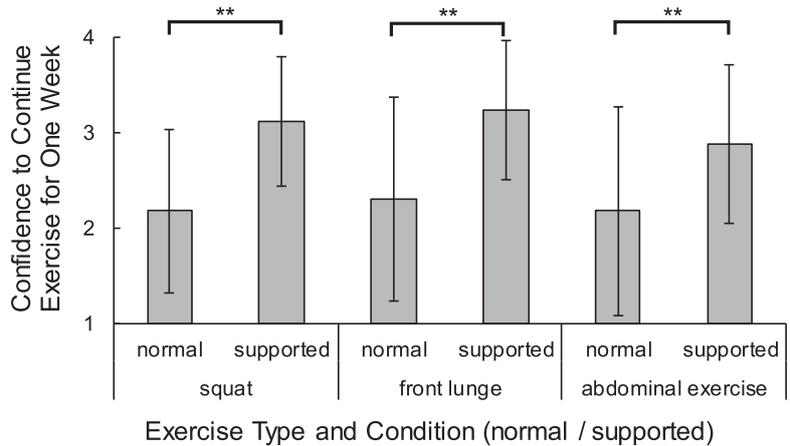
squat			front lunge			abdominal exercise		
normal	supported	<i>t</i>	normal	supported	<i>t</i>	normal	supported	<i>t</i>
23.57 (4.94)	21.31 (4.62)	1.92 †	19.98 (3.39)	17.53 (4.23)	2.41 *	16.01 (2.97)	10.33 (1.76)	7.42**

Values in parentheses indicate standard deviation./** : $p < .01$, * : $p < .05$, † : $p < .10$



Error bars indicate standard deviation./** : $p < .01$

図8 本システムによる支援が「楽しさ」に及ぼす効果



Error bars indicate standard deviation./** : $p < .01$

図9 本システムによる支援が「継続する自信」に及ぼす効果

表2 身体部位ごとの疲労度

body part	squat			front lunge			abdominal exercise		
	normal	supported	<i>t</i>	normal	supported	<i>t</i>	normal	supported	<i>t</i>
abdominal	0.47 (1.04)	0.06 (0.24)	1.69	0.41 (1.03)	0.12 (0.32)	1.16	2.71 (0.89)	2.35 (1.13)	1.69
thigh	2.53 (1.14)	2.18 (1.15)	1.56	2.06 (1.26)	1.94 (1.26)	0.62	0.24 (0.55)	0.29 (0.75)	0.27
spine	0.65 (1.03)	0.35 (0.76)	1.43	0.41 (0.69)	0.29 (0.46)	1.46	0.76 (1.06)	0.71 (0.89)	0.57
breech	0.06 (0.24)	0.06 (0.24)	0.00	0.06 (0.24)	0.06 (0.24)	0.00	0.59 (0.91)	0.59 (0.97)	0.00
hamstrings	1.35 (1.41)	1.06 (1.39)	1.32	1.18 (1.38)	0.82 (1.15)	1.46	0.12 (0.32)	0.06 (0.24)	1.00

Values in parentheses indicate standard deviation.

25]の得点が7点以上(ロコモ度1に相当)だった10名と、6点未満だった6名の2群に分けた。上述の2種類の客観指標,3種類の主観指標,身体の一部の疲労度について,運動の種類ごとに,参加者群(2水準・対応無し)×本システムによる支援の有無(2水準・対応有り)の2要因分散分析を行った。特に,参加者群(ロコモ度の高低)と支援有無の交互作用を確認した。その結果,いずれの運動・いずれの指標においても,有意な交互作用は見られなかった。

3.4 考察

本システムによるロコトレの支援により,3種類の運動(スクワット,フロントランジ,腹筋体操)の実施時間が有意に増加した。スクワットとフロントランジについては実施回数も有意に増加することが確かめられた。本システムによる支援により,ロコトレの実施に対するユーザの動機づけが高まったことが示唆された。

また,3種類の運動いずれにおいても「楽しさ」と「継続する自信」が増加した。スクワットと腹筋体操については,実施時間や実施回数が増加したにもかかわらず,「負担感」は減少した。本システムの「楽しさ」がロコトレの「負担感」をやわらげたり,動機づけを高めたりしたことが示唆される。これらの結果から,本システムが,ロコトレを楽しく継続することを十分に支援できるものであることが確認できた。

身体部位ごとの主観的な疲労度については,本システムによる支援の有無によって有意な差は見られなかった。本システムの利用によってトレーニングの実施時間や実施回数が増加したにもかかわらず,疲労度が変わらなかったことは,有意な結果である。本システムは,トレーニングの継続にとって障害となる筋疲労も低減でき,安全なトレーニングの実施も支援できる可能性を示している。

疲労度を増加させなかった要因のひとつとして,システムの利用によってトレーニングのペース(単位時間あたりの実施回数)が低下したことが挙げられる。本システムのゲームでは,各運動を誘発させるために画面内に発生させた「アイテム」の発生頻度や移動速度はランダムに設定した。この仕様により,アイテムが高頻度・高速で出現する時間帯には高いペースで実施するが,低頻度・低速で出現する時間帯には低いペースで実施する(休憩できる)こととなる。これにより,過度な筋疲労を抑えられた可能性が考えられる。ただしこの仮説については,筋電等を計測しながら効果検証を実施するなど,今後の生理学的な検証が必要である。

4. まとめ

ロコモティブシンドロームの予防・改善の一助として,ロコモーショントレーニング(ロコトレ)の継続を支援することを狙ったスマートウォッチ型のロコトレ支援システムの効果を検証した。3種類のロコトレ(スクワット,フロントランジ,腹筋体操)について,本システムによる支援の有無の条件を設定し,17名の参加者による効果検証実験を行った。その結果,本システムの支援により,トレーニングの実施時間と実施回数が有意に増加した。また,本システムはユーザにとって十分に楽しいものであり,トレーニングの負担感を減らし,ユーザにトレーニングを継続する自信を持たせることを確認した。さらに,トレーニングのペースをコントロールすることにより,過度な筋疲労を抑えながら,安全なトレーニングの実施も支援できる可能性が示唆された。

今後は,より長期的な利用を考慮したシステムの機能追加や,臨床場面における長期的な効果の検討が課題である。例えば,ユーザの年齢層や身体症状に応じた最適なトレーニング負荷の設定,飽きを抑制するためのゲーム種類の追加,トレーニング量の自己管理機能(Webサービス等)による動機づけの維持・向上等の改良が考えられる。また,本システムによって,長期的にロコトレへの動機づけが維持され,実際に筋力やバランス力の向上に寄与するかを検証していく必要がある。さらに,市販スマートウォッチとスマートフォン等のアプリケーションソフトウェアとして実装することにより,さらに手軽にロコトレをサポートできるシステム構成を検討していくことも必要であろう。

参考文献

- 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.
- 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 (2011). ロコモ度テスト—ロコモ 25 Retrieved from <https://locomo-joa.jp/check/test/pdf/locomo25.pdf> (2018 年 10 月 22 日)
- 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 Retrieved from https://locomo-joa.jp/check/pdf/locomo_pf2015.pdf (2018 年 10 月 22 日)
- 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.
- 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.