

# 単眼モーショントラッキングを用いた運動支援システム ～運動促進/評価/観察アシストで元気な高齢者の運動を支援する システムの開発～

田宮公成<sup>†1</sup> 藤森綾<sup>†2</sup> 尾山裕介<sup>†3</sup> 横山郁子<sup>†4</sup> 大嶋洋一<sup>†5</sup> 小宮康宏<sup>†1</sup>

**概要:** 運動促進・評価・観察アシストを通じて高齢者の運動を支援するシステムを開発した。単眼カメラによるマーカレス・モーショントラッキングを、Python (Windows PC 上、姿勢推定=Mediapipe、GPU 未使用) で実装している。対象とする運動は、高齢者のバランス能力の維持・改善を目的とした上半身の運動であり、手を高く上げる・ねじるといった動作をゲーム感覚で行う中で、身体の位置や動作時間を評価データとして記録する。また、観察アシスト機能により、表情 (例: 大きく口を開ける) が変化するか、音声情報に反応できるかを確認できる。これにより、経験の浅い指導者を支援するとともに、運動者と指導者の一体感や笑いを生み出す効果が期待できる。本システムは、横浜市青葉区の福祉施設や福祉イベントでの運用、さらに大阪・関西万博会場 (2025 年 10 月 8~10 日、553 名が体験) での実演を通じて、コンセプト通りに機能することを確認した。

## 1. はじめに

福祉施設、自治体、地域 (自治会)、病院が、それぞれの立場で運動教室を通じて現在は健康で元気な高齢者の支援に取り組んでおり、その効果は多様な形で報告されている [1][2]。運動の支援には「運動の促進」と「身体の観察・評価」という二つの側面があり (図 1 参照) 両方を担えるのは主に、理学療法士や看護師などの医療スタッフ、あるいは健康運動指導士などの民間資格を持つ運動指導士である。

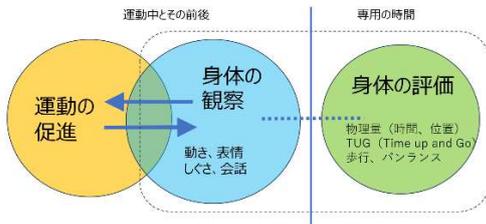


図 1 運動教室における支援の二つの切り口

身体の観察と評価は、医療や教育で定義される主観的評価と客観的評価にあたり、ここでいう身体の観察は、指導者が経験や独自の基準に基づき、運動中および前後の動作・表情・しぐさ・会話を観察し、自宅で可能な運動の推奨、運動レベルの見直しなどを伝えるものである。一方の身体の評価は、目視に加えて機器を用いるなどして時間や位置などの物理量を測定して、観察を補う科学的なデータを得るものである。ただ、一度に複数人が運動する運動教室内で評価することは難しく、専用の時間を設けて実施されることが多い [3]。また、身体の評価は運動支援の一環として行う場合以外に、自治体や医療機関による高齢者向け健康診断の一部として実施されている [4]。近年、高齢者の増加に伴い、福祉施設では運動支援が不可欠である一方で、人材不足が深刻な課題となっている [5]。運動指導士については、学んだ知識を十分に活かさない問題が指摘されている

[6]。このため、身体の評価を中心に各種コンピュータの活用が期待されている。加えて、高齢者でもスマートフォンを所有する時代となり、コンピュータが生む新しいコミュニケーションへの期待が高まっている [7]。

## 2. 関連研究

### 2.1 運動の促進におけるコンピュータの利用

日本では、任天堂の Wii や Switch などが活用されている [8]。世界的にみると、マイクロソフトの Xbox に使われた三次元センサ (呼称: Kinect、基本技術: Time of Flight 方式の測定) を用いて、被写体の動きを解析する取り組みも行われている。どちらも一般ユーザー向けに開発されたゲームを福祉施設などに持ち込み、体験してもらうことで運動を促進する試みである [9]。

### 2.2 運動の評価におけるコンピュータの利用

任天堂の Wii Fit による重心動揺の測定 [10]、マイクロソフトの Kinect による歩行/バランス/反応の測定 [11]、および単眼カメラ (スマートフォン) による歩行/バランス/反応の測定の測定が行われている [12]。

### 2.3 運動の促進と身体の評価の両方に対応するコンピュータの利用

運動の促進と運動の評価の両方を、同時に一つのコンピュータ (ゲーム機器) で行う、もしくはその可能性を示す研究が報告されている。 [13], [14]

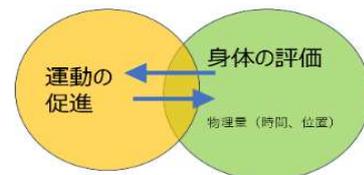


図 2 運動の促進と身体の評価を実現するシステム

<sup>†1</sup> (株) WisH Lab <sup>†2</sup> 理学療法士 <sup>†3</sup> 桐蔭横浜大学  
<sup>†4</sup> 訪問看護ステーション「ナースの家すすき野」 看護師  
<sup>†5</sup> (合) One Smile a Day

### 3. 提案のシステム

従来の運動教室に取って代わるものではなく、運動教室のプログラムの一部となり、誰でも使えて、将来、専門職ではない人が運動の指導で地域を支え、さらに、指導者自身が参加者とともに楽しめるというコンセプトに基づいて開発する。運動の促進と身体の評価に加え、観察をアシストする機能を同時に実現する点に特徴がある。システムのポイントを以下に示し、図3に概念図、図4に構成図を示す。

- ・運動はモニター（プロジェクター）の前で行う
- ・高齢者のバランス力の維持、改善を目標とする上半身の運動を対象にする[15]
- ・運動中に単眼カメラを用いるモーションキャプチャ技術で身体の評価を行い、この間に指導者が身体を観察する

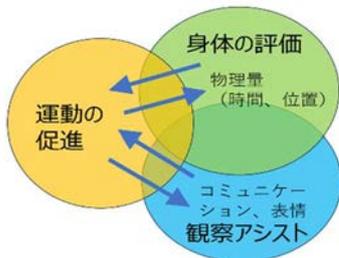


図3 提案のシステムのコンセプト

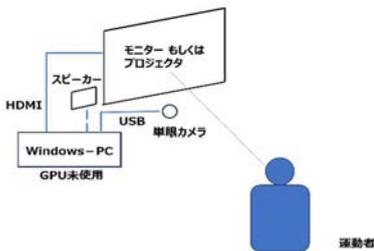


図4 提案のシステムの構成

### 4. 実現手法

表1にシステムを実現するプログラムの諸情報をまとめ、運動の促進、身体の評価、観察のアシストについて、詳述する。

表1 コンピューターシステムの諸情報

	プログラム	備考
全体	Python3.11.7	他のバージョンでも動作
GUI	Tkinter	
画像処理	Open-CV	
姿勢推定	Mediapipe holistic	Pose, Hand(right/left), Face
サウンド制御	Pygame	
簡易WEBサーバー機能	Flask	評価の記録をWEBサーバーに送る機能

#### 4.1 運動の促進および、運動の評価

背筋を伸ばして立ち手を高く挙げる運動と、同じ姿勢から左右に体をねじる運動を促進するプログラムを二つのルーチンで実現する。手・腕が身体と同じ前額面 (X 軸 (水

平) と Y 軸 (垂直) が直交する面) にある状態で運動を評価するので、一次元情報しか得られない WEB カメラで実現できる。図5と図6を使い、それぞれのルーチンを説明する。

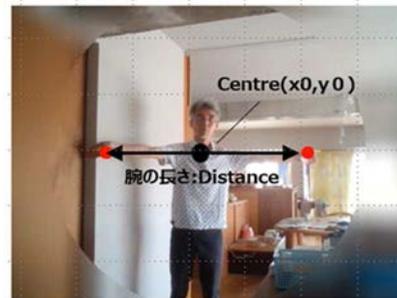


図5 ルーチン1：腕の可動範囲推定 ・ ・ 準備

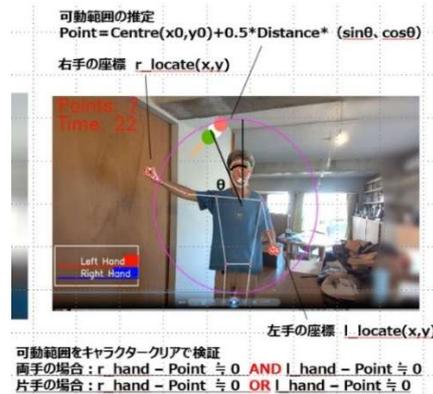


図6 ルーチン2：腕の可動範囲測定 ・ ・ 運動本体

ルーチン1：運送者に左右の腕を水平方向にのばしてもらい、腕の長さ Distance と左右の肩の中央点 Centre(x0,y0)を測定し、腕の可動範囲を、肩の中央点 Centre(x0,y0)を中心に直径 Distance の円と推定する。WEB カメラの焦点距離、運動者の立ち位置/身長との差を補正するキャリブレーションデータの取得に相当する。

ルーチン2：推定した腕の可動範囲を示す円周付近の座標  $Point = Centre(x0,y0) + 0.5 * Distance * (\sin \theta, \cos \theta)$  のランダムな位置に表示するキャラクターに、右手 (座標  $r\_locate(x,y)$ )、もしくは左手座標  $l\_locate(x,y)$  を近づける。手が以下の条件となったら、効果音を鳴らしてキャラクターを消し (クリア) し、次のキャラクターを同じ条件で表示し、この動きを継続する。

キャラクターをクリアして次のキャラクターを表示する条件：

片手でクリアするモード： $r\_hand - Point \approx 0$  OR  $l\_hand - Point \approx 0$

両手でクリアするモード： $r\_hand - Point \approx 0$  AND  $l\_hand - Point \approx 0$

姿勢を維持した上で、めいっばい手をのばさなければ、キ

キャラクターをクリアできず、両手でクリアするモードは、片手でキャラクターをクリアするモードに対して、より体幹をねじる必要がある。同一人物に二つのモードで運動してもらい、同じ時間内にキャラクターをクリアした数を比較すれば、キャラクターを目で追う時間と、体を動かす時間を切り分けて分析できる可能性がある。図7に両手でクリアするモードの実行例を示す。



図7 両手でクリアするモードでの体の動きの例

運動の評価は、運動を実施した人がキャラクターをクリアした時の手の位置と、時間で行い、自動で csv ファイルに記録する。また、運動した期間にキャラクターをクリアした数(スコア)を含む評価結果を、PDF ファイルを生成して簡易 WEB サーバーにアップロードして、運動者がモニターに表示される QR コードでこれを読み取れるようにする。図8に評価の例を示す。

キャラクター クリア回数	クリアー時間 [msec]	手の座標 (水平、垂直)
1	1.911443949	(640, 76)
2	3.221806765	(897, 468)
3	4.553917646	(689, 108)
4	4.667607307	(615, 614)
5	5.686029434	(922, 382)
6	5.796969175	(365, 426)
7	7.668218613	(689, 108)
8	9.082380056	(365, 293)
9	10.17889071	(519, 591)
10	11.15975809	(885, 232)
11	12.80214405	(713, 113)
12	14.11627173	(924, 359)



図8 運動の評価の例

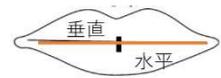
#### 4.2 身体を観察アシスト

運動を始める前、もしくは運動中に指導者が運動者に声掛けして、二つの情報を得る。情報は指導者の目視と同時にコンピュータで得る。

- ・表情(大きく口をあける)が変えられるか
- ・音声情報に反応できるか

図9に表情の観察方法を示す。運動中に、大きく口をあける指示した時に、運動者が大きく口をあけてキャラクターをクリアしたら、効果音を動物の声に変えて運動者が、できたことを認識できるようにする。

閉じている状態 水平 > 10\*垂直



開いている状態 水平 ~ 5\*垂直



図9 表情(口の開閉)の認識方法の説明図

図10を使い音声情報への反応の観察を説明する。ルーチン1の腕の可動範囲推定を終えた運動者に、モニターに背を向けて立つよう伝えて、この状態で運動してもらおう。運動者はキャラクターが見えないので、医療スタッフ、もしくは、周囲の仲間が声で手の移動すべき場所を教える。運動者は音声指示を頼りにキャラクターをクリアする。運動の評価は、正面を向いて運動する時と同じように、コンピュータに記録される。



図10 観察アシスト(音声指示)体験中の様子

### 5. 実験結果

横浜市青葉区の福祉施設、および公共の場で行われる福祉イベントで本システムを複数回運用した。体験している様子を図11に示す。



図11 まちの保健室(横浜青葉区)での体験会の様子

2025年10月8~10日に、大阪・関西万博会場内で行われた日本弁理士会主催の学生向け科学技術コンテストに参

加し[16]、コンテスト参加者と一般見学者（あらゆる年代）に体験してもらった。図12に会場の様子、表2に本システムを運用した結果をまとめる。



図12 大阪・関西万博の会場の様子

表2 3日間のシステム運用まとめ

(a) 体験者数

		10/8	10/9	10/10
体験者数	片手クリアモード	80	189	186
	両手クリアモード	54	18	26
	合計	134	207	212

(b) 評価データ (スコア)

運動の種類	体験数	平均スコア	最高スコア
片手クリアモード	455	71.6	119
両手クリアモード	98	44.3	68
自動モード	×	550~600	

運動の評価は、1分間にクリアしたキャラクターの数で集計している。表2の自動モードはキャラクターの表示とクリアをプログラムで行ったデータで、手の動きの検出限界にあたり、人の動きに比べて十分な検出限界であることを示している。

身体の観察アシスト機能は、運動指導の経験を有する者が実行して、どちらも運動者の年齢に関わらず実施できることを確認した。加えて、この試みで運動者、運動の指導者、周囲にいる関係者全てに笑い一体感が生まれることを確認した。福祉施設での体験会でも同じ状況が見られた。

## 6. まとめと今後の方向

運動促進・評価・観察アシストを通じて高齢者の運動を支援するシステムを開発した。単眼カメラによるマーカーレス・モーションキャプチャを用い、Python (Windows PC上、姿勢推定=Mediapipe、GPU未使用)で実装している。対象とする運動は、高齢者のバランス能力の維持・改善を目的とした上半身の運動であり、手を高く上げる・ねじるといった動作をゲーム感覚で行う中で、身体の位置や動作時間を評価データとして記録する。さらに観察アシスト機能により、表情(例:大きく口を開ける)が変化するか、音声情報に反応できるかを確認できる。これにより、経験の浅い指導者を支援するとともに、運動者と指導者の一体感や笑いを生み出す効果が期待できる。本システムは、横

浜市青葉区の福祉施設や公共の福祉イベントでの運用、さらに大阪・関西万博会場(2025年10月8~10日、553名が体験)での実演を通じて、コンセプト通りに機能することを確認した。

今後は、本システムの実験を継続して、観察アシスト機能を充実させ、経験の浅い運動指導者に役立つかどうかと、副次的に生み出される笑いの効果[17](運動とは別の切り口で、高齢者の健康増進に寄与する可能性あり)を検証したい。

**謝辞** 開発過程でシステム体験の生の声を聞かせてくれた、まちの保健室(横浜市青葉区)の運動教室参加者に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 田畑 泉 他, “高齢者の運動による健康増進に関する学術論文の系統的レビューとそれに基づく文献データベースの作成”. <https://mhlw-grants.niph.go.jp/project/10868>
- [2] 滝本幸治 他, “地域に根ざした高齢者運動教室の効果検証”, 理学療法科学 24 (2) : 281-285, 2009
- [3] 福田裕司 他, “運動教室が地域高齢者の心身に及ぼす影響について”. 順天堂スポーツ健康科学研究 第12号, 52-57 (2008)
- [4] 『お通者健診 PLUS®』 一般財団法人健康長寿支援センター <https://otassyaplus.localinfo.jp/pages/2882062/otassyaplus>
- [5] 孫希淑, “特別養護老人ホームにおける人材育成の現状と課題”, 相山女子学園大学研究論文集第54号社会科学編2023
- [6] “佐藤真治 他,”本邦における臨床運動指導士の育成と課題についての提案”, 順天堂スポーツ健康科学研究 第3巻第3号(通巻61号), 143-150(2012)
- [7] Atsushi Nakagomi et al., Digital Gaming and Subsequent Health and Well-Being Among Older Adults: Longitudinal Outcome-Wide Analysis, Journal of Digital Health Health & Open Science, Published on 27.Jan.2025 in VOL27(2025)
- [8] 中島そのみ, “高齢者の転倒予防における家庭用ゲーム機器を用いた介入効果の包括的検討”, Hayato Nakayama Foundation for Science and Technology and Culture 年次活動報告書 2014
- [9] Lynne M Taylor et al., “Active Video Games for Improving Physical Performance Measures in Older People: A Meta-analysis”. J Geriatr Phys Ther 016 Mar 11;41(2):108-123..
- [10] 川井田豊 他, “バランス Wii ボードの重心動揺計としての利用”, Vol.36 Suppl. No.2 (第44回日本理学療法学会抄録集)
- [11] 安川洵 他, “Kinect を用いた歩行計測システム開発のための精度評価”, 第50回日本理学療法学会(東京), P2-C-0541
- [12] “転倒予防のために、高齢者の歩行を人工知能(AI)で解析”, 株式会社ヤマシタ, プレスリリース, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000061.000072683.html>
- [13] 澁澤進, “Kinect センサを利用した高齢者向けの体操支援システムの開発と社会実装に向けた実践的研究”, (公財)電気通信普及財団 研究調査助成報告書 No.32 2017..
- [14] TANOTECH 株式会社, TANO 紹介ページ, <https://tanotech.jp/>
- [15] “【理学療法士監修】器具なしでできるバランストレーニング | 高齢者のバランス能力の維持・向上に役立つ運動17選”, Rehab Cloud, <https://rehab.cloud/mag/13946/>
- [16] ビジネス/技術アイデアコンテスト(日本弁理士会), <https://expo2025-jpaa.jp/>
- [17] “笑いの健康効果”, 公益財団法人長寿科学進行財団, <https://www.tyoju.or.jp/net/kenkou-tyoju/warai-kenko/waraitokenko.html>