

ロボットと深度センサーを用いたヨガ運動支援システムの提案 The Humanoid Robot/Depth Camera System for Teaching YOGA Exercise Motions

歐 璨銘[†] 大須賀 悠[‡] 宮元 友紀[†] 星野 祐子[†] 山田 光穂[†]
Ou Tsanming Haruka Ohsuga Tomoki Miyamoto Yuko Hoshino Mitsuho Yamada

1. はじめに

日本は超高齢化社会に入り、介護が必要な要介護者が増えている。その一方、介護士は圧倒的に不足している。高齢者の自立した日常生活を支援する介護予防への取り組みが重要になる。

従来は、体操の指導と姿勢の指摘はプロの指導者が行う仕事である。人の姿勢を教えるなら直接に手本を見せるのは一番効率的である。しかし練習者が自分の家で練習するときプロの指導者に教えてもらうことは困難である。これらの問題を解決するため、深度カメラと人型ロボットの技術を用いて、運動支援のシステムの開発を提案する。このように、ロボットによる介護など、人の労働をロボットがかわりに行うことが試みられているが、実際にはあまり浸透していない現状[1]がある。一般的に介護などの目的で利用されるロボットがまだ普及していない理由として、ロボットができる作業の量が少なく、スタッフの代替を担えるほどの機能を備えていないことが挙げられる。

そこで、ユーザーひとりひとりに合わせた体調管理指導を行えるロボットの実現を目的として現在研究を行っている。具体的には、ロボットの人の健康管理への有用性を調べるため、誰でもできるヨガを用いて、ロボットによるヨガ指導の検証を行った。ヒューマノイドロボットに、座った状態で行うヨガの動きを実装し、被験者がクレペリン検査後にロボットの指導のもとヨガを行う実験をし、安静時とクレペリン検査後、ヨガ後の心拍数と呼吸数を比較して有用性を検証した。通常時、ヨガの呼吸を座位で行った際には、心拍数は上昇し[2]、呼吸は深くなるため、変化を比較する。また、被験者がヨガをする様子をカメラで計測し、ロボットの動きと比べてどのように真似できているか、動きの違いを検証した。実験の際にロボット指導のもとヨガを行った際のストレス軽減度を主観評価で答えるアンケートを実施し、心拍数・呼吸数の客観的数値だけでなく主観的にリラックスできたかどうかを調査した。

2. システム構成

2.1 深度カメラ

Intel® RealSense™の新タイプで深度カメラの機能も充実した Intel® RealSense™ Depth Camera D435 を使用する。Intel® RealSense™ Depth Camera D435 はアウトドアでも対応できる利点がある。オブジェクトを捉える範囲も十分広い。その上デバイス自体の体積が小さいから設置しやすいなどの特徴がある。

人体の動きの抽出は Nitrack SDK[3]を用いて行う。Nitrack は Intel® RealSense™ Depth Camera D435 を支援し、人体のスケルトンをリアルタイムで計算し、抽出することができる。Nitrack で抽出出来る関節点は 19 個があり、そ

れぞれの 3-D 仮想空間にある位置座標を計算できる。Nitrack で抽出できる 19 個の関節点は図 1 に示す。

Nitrack SDK はロボットの動きの抽出に適しないため、マーカー付きの方法で測定した。まずロボットの測定する関節位置に特定色の手袋を着ける。そしてカラーカメラで特定色のセグメントのポジションデータを撮り、特定関節の位置座標を取得する。本手法で深度データが取得できないため、今回深度 (z 軸) データは比較に使用しない。

2.2 人型ロボット

体操の動きを行う人型ロボットは Softbank Robotics 社の NAO を用いる。NAO は慣性ユニットでバランスを保ちながら、複数の関節が連動して可動し、二足歩行、起き上がる、踊るなど様々な動作が可能である。そして言語機能も搭載されており、使用者にアドバイスを話すこともできる。医療、介護、教育などの分野において使われている。

なお、NAO へのヨガの動きの実装は Choregraphe [4]を利用した。実装するヨガの動きに関しては、ロボットの関節の動作域も考慮し、『まる得マガジン 誰でも椅子ヨガ いつでもどこでも体をリセット』(NHK)というテレビ番組で紹介されたヨガを参考にしながら開発を行った。その中で紹介された 5 つの動作 (動作 1・基本の姿勢、動作 2・基本の呼吸、動作 3・肩甲骨をほぐすポーズ、動作 4・アンテナのポーズ、動作 5 肩をほぐすポーズ) をピックアップし、NAO で再現した。図 2 に動作 3 肩甲骨をほぐすポーズを示す。



図 1 Nitrack で抽出できる 19 個の関節点

[†] 東海大学情報通信研究科 Graduate School of Information and Telecommunication Engineering, Tokai University

[‡] ニッセイ情報テクノロジー株式会社 Nissay Information Technology Co., Ltd 在学中に本研究に従事



図2 肩甲骨をほぐすポーズ

3. 実験

3.1 使用機材

使用機材は表1に示す。

表1 使用機材

心拍呼吸計	SK-01
PC	TOSHIBA dynabook P70-A
動作計測センサー	Intel REALSENSE
PC	iiyama LEVEL-15FR101-i7-TNRV
ロボット	NAO
PC	Mouse LuvBook LB-F551SN

TOSHIBA dynabook P70-Aは『SK-01』と連動して心拍数、呼吸数を計測するプログラム『ADchanger』を動作させるために使用した。また、iiyama LEVEL-15FR101-i7-TNRVは『Intel REALSENSE』を用いて被験者の動きを測定する動作センサープログラムを動作させるために使用した。Mouse LuvBook LB-F551SNはロボットNAOに指示を送るプログラム『Choregraphe』を動作させるために使用した。

3.2 実験方法

実験方法は、まず被験者を1分間安静にさせたのち、心拍数と呼吸数を1分間計測する。次に、クレペリン検査を30分間行う。クレペリン検査では、検査開始から1分ごとに被験者に合図を送り、1分経過するごとに次の行に移動するという方法をとる。クレペリン検査の時間は30分間で、休憩は挟まずに行う。クレペリン検査終了後に、2回目の心拍数と呼吸数の計測を1分間行う。その後、被験者にロボットの動きを真似しながらヨガを行ってもらう。この時、被験者の正面133cmの位置からその動きをカメラで取得し、右手と左手のx軸、y軸の動きを測定する。ヨガを終えた後に、1分間安静にしてもらい、3回目の心拍数・呼吸数の計測を行う。最後にロボットとヨガを行った際に感じたことなど、主観項目のアンケートに回答してもらい、実験手順を図3に示す。

今回は実験室の照明は蛍光灯を使用し、クレペリン検査を行う部屋とロボットがヨガ指導を行う部屋とを分けて実験を行った。ヨガを行う際のロボットと被験者との距離は145cmほどで、実験の様子を真横から撮影したものが図4に示す。

被験者は20代の男女7名である。

実験の流れ

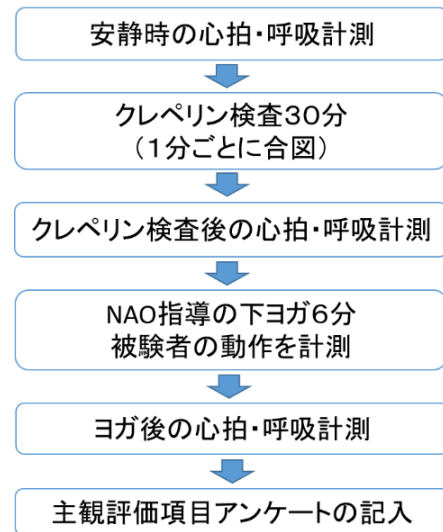


図3 実験手順

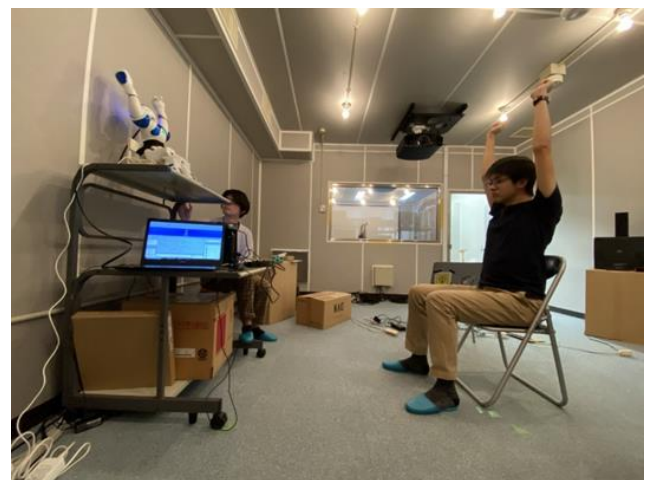


図4 実験の様子

4. 結果と考察

4.1 心拍数・呼吸数

実験前の安静時、クレペリン検査後、ヨガ後にそれぞれ被験者7名の心拍と呼吸を計測し、出力された波形から心拍数と呼吸数を数えた数値を以下の表に示す。心拍数を表2に、呼吸数を表3にまとめた。

年齢は、被験者A、B、C、D、E、F、Gの7名全員が20代である。また、性別は、被験者A、B、D、E、Gの5名が男性、被験者C、Fの2名が女性である。

被験者のクレペリン検査後からヨガ後の心拍数を比べると、被験者B、被験者Gは変化がないが、そのほかの5名は心拍数が増加していることがわかる。心拍数はクレペリン検査後からヨガ後で増加傾向にあり、有意差がみられる。これは、体を動かしたため、心拍数が上昇したと考えられる。安静時とヨガ後を比べると被験者A、被験者Cが同数、被験者D、被験者Fが増加、被験者B、被験者E、被験者

Gが減少する結果となった。安静時とヨガ後では有意差はみられず、安静時の心拍数の計測の仕方に問題があった可能性がある。すなわち被験者が実験室に到着するまでに走って来るなどした際に、十分に通常時のように心拍を落ち着けることができなかった可能性があるため、今後同じような実験を行う際は、被験者の実験参加前の行動も聴取しモニターする必要がある。安静時とクレペリン検査後では、被験者D以外は、心拍数は減少傾向にあり、有意差がみられる。これは、クレペリン検査で集中状態になったため、心拍数が減少した[5]と考えられる。

呼吸数は安静時からクレペリン検査後で被験者E、被験者Fが同数、被験者A、被験者Bが増加、被験者C、被験者D、被験者Gが減少する結果となり、有意差はみられなかった。クレペリン検査時とヨガ後の比較では、被験者D、被験者F、被験者Gが同数、被験者A、被験者B、被験者C、被験者Eが減少傾向にあるが、有意差はみられなかった。安静時とヨガ後では、被験者Fが同数、被験者Aが増加、被験者B、被験者C、被験者D、被験者E、被験者Gが減少し、全体として減少傾向にあるが、有意差はみられなかった。以上から、呼吸数は安静時・クレペリン検査後からヨガ後で減少傾向にあることがわかる。これは、ヨガをしたことで深い呼吸になったためと考えられる。

ヒトがヨガをした後には心拍数は増加し、呼吸数は減少するのが一般的であるが、今回の実験では有意差が得られなかったがロボットによるヨガ指導でも同じ傾向がみられることが分かった。この結果から、ロボットによるヨガ指導でも、身体的にヨガの効果が得られると考えられる。

表2 心拍数

心拍数	安静時	クレペリン検査後	ヨガ後
被験者A	78	72	78
被験者B	102	84	84
被験者C	84	54	84
被験者D	48	54	78
被験者E	84	66	72
被験者F	72	66	78
被験者G	78	72	72

表3 呼吸数

呼吸数	安静時	クレペリン検査後	ヨガ後
被験者A	16	20	17
被験者B	24	26	22
被験者C	24	21	20
被験者D	25	24	24
被験者E	22	22	21
被験者F	20	20	20
被験者G	19	17	17

4.2 被験者とNAOの動作比較

実験では、intel REALSENSE 動作センサーカメラでヨガ中の被験者の動きを測定した。さらにNAOの動きをintel REALSENSE 動作センサーカメラで測定した。被験者、NAO共に右腕のx軸、y軸の動きを測定し、比較する。

被験者Aの右腕の動きをグラフ化したものとNAOの右腕の動きをグラフ化したものを重ね合わせたグラフを図5に示す。また、オレンジのグラフがNAOの動き、青いグラフが被験者の動きを示している。各図の矢印①-⑤は、動作1・基本の姿勢、動作2・基本の呼吸、動作3・肩甲骨をほぐすポーズ、動作4・アンテナのポーズ、動作5・肩をほぐすポーズを行った区間を示す。

全体として、被験者AとNAOでは動作の差異は少ない。他の被験者の結果も比較したところ、ロボットの動きを同じように真似できている被験者の方が、身体的にヨガの効果が得られ、主観的にもリラックス度が高くなる傾向にある。これは、ロボットの動きの意図を理解できており、より実際のヨガのポーズに近い動きができていたためであると考えられる。反対に、グラフの差異が大きく、各ポーズの意図がくみ取れないなどした場合には、身体的にヨガの効果が得られにくく、主観的にもリラックス度が低くなっている。この結果から、ロボットの動きと音声からポーズの意図をくみ取れるとヨガによるリラックス効果も高くなることがわかる。

動作5・肩をほぐすポーズでは、多くの被験者でロボットの動きと差異がみられた。肩の関節がヒトとロボットで異なるため、動作5の動きは実際のヨガのポーズとロボットが行うポーズに違いがある。そのため、ロボットの動きを見た被験者は、どのように真似て動くべきか戸惑ったとみられる。また、動作3・肩甲骨をほぐすポーズ、動作4・アンテナのポーズでは、腕の高さはロボットと変わらないが、腕を動かす幅が異なる被験者が複数いた。ロボットの動きを見て真似ようとしても、腕の角度などを正確に真似ることは難しいと考えられる。しかし、ロボットの動きを正確に真似なくとも、動きの意図を理解し、ヨガを行うことで、ヨガによるリラックス効果はある程度得られると考えられる。被験者によっては、繰り返しの動作を反復していくことで、ロボットとの動きの一致度が高くなっている被験者もいるため、一度の動作ではなく、数回繰り返すことで、ポーズや動作をより正確に真似することができるようになる可能性がある。

今後の課題として、ロボットで運動指導に当たる場合、ユーザーが動きの意図を理解できるよう動きや音声を工夫することや、再現できない動作に関してはその動作と同じ効果が得られる別の動作で代替することなどを対策として取り入れる必要がある。

5. おわりに

介護サービスの需要を考え、運動指導ができる運動支援システムを提案した。従来の体操支援システムと比べると、ロボットの導入が利用者の動機になる可能性も期待できる。その上、システム装置は小型化され体積が減り、設置しやすいという利点もある。

今回はロボットによるヨガ指導の有用性を調べるため、安静時ストレス負荷をかけた状態で、ロボットの指導でヨガをした後で心拍数と呼吸数の変化を計測した。その結果、通常通りヨガをした際と同じ変化がみられ、ロボットの指導でヨガをした場合もヨガの効果が得られることが分かった。また、主観評価アンケートの結果から、主観的にリラックスできたと感じられると分かった。ロボットと被験者の動作比較を行うと、ロボットの動きを真似できている被験者の方が、リラックス度が高い傾向にあり、ロボットの動きを真似できる、動作の意図を汲み取れる場合にリラックス効果が得られている。そのため、ロボットによるヨガ指導では、被験者が動作の意図を汲み取れるかでリラックス効果が変わると考えられる。ロボットの動きの意図を汲み取りにくい理由として、ヒトとロボットで関節の可動域などが違うため、ロボットでヒトの動きを再現できない動作があり、ヨガ指導を受ける被験者にとって動作を真似することが難しいという理由が挙げられる。ロボットで再現できない場合など、ロボットの動きと音声だけでは被験者にどのように動くべきか伝わらない動作がある。そのため、より効果を高めるには、スムーズで伝わりやすい動作の作成や音声の工夫以外に、ロボットで再現できない動作に関しては同じ効果が得られる別の動作で代替するなどの工夫

が必要である。また、今回行った被験者の動作測定を応用し、ユーザーの健康具合の確認や運動完了の確認に使用することで、今後も高齢者や健康に不具合のある方などに向けて、ユーザーひとりひとりに合わせた体調管理指導を行えるロボットの開発を行っていったらと考えている。

謝辞

本研究は科研費 19K12902 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] イリーゼ. 介護ロボットはどこまで役に立つ? 導入のメリットと今後の課題. イリーゼ. (オンライン) <https://www.irs.jp/article/?p=68>. (2020.01.10)
- [2] 折田真弓他, ヨーガ呼吸未経験者におけるヨーガ呼吸が心拍数. 川崎医療福祉学会誌 Vol. 25, 2015.
- [3] 3D BODY (SKELETAL) TRACKING MIDDLEWARE NUI TRACK SDK, <https://nuitrack.com/#rec24757506>
- [4] SoftBank Robotics Community. Soft Bank Robotics.com (オンライン) <https://community.ald.softbankrobotics.com/ja> (2020.02.28)
- [5] 駒澤真人他. 心拍変動を活用した集中状態の評価検討. 信学技報, vol. 119, no. 44, MBE2019-14, pp. 73-76, 2019年5月., 2019-05-19 16:15

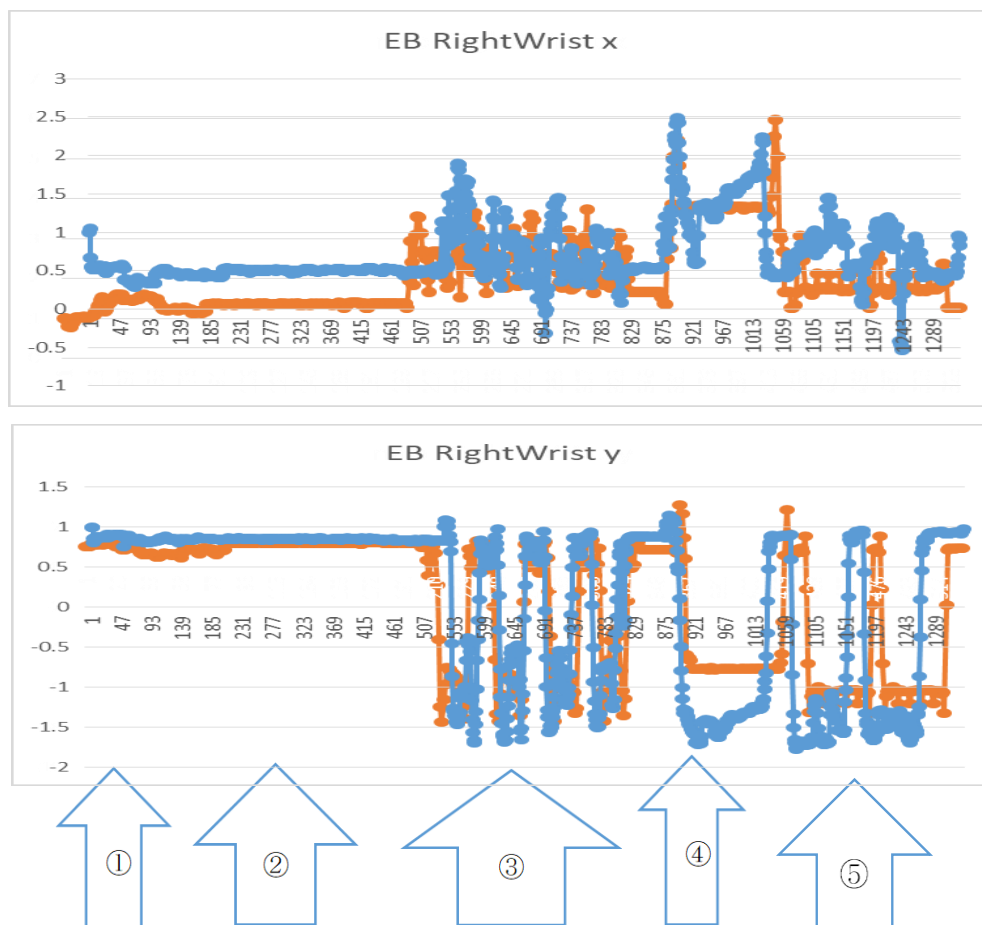


図5 被験者 A の右腕の動きと NAO の右腕の動き