

覚醒と快不快を考慮したリハビリテーション時の 声かけロボットの実現および効果測定

松本幸大^{†1} 吉田怜司^{†1} 菅谷みどり^{†1}

概要：近年日本の高齢者人口の増加により健康寿命を延ばすことや介護の機会が増えている。リハビリテーション施設では職員による適切な声かけがリハビリテーション患者の意欲に関係していることが示唆されている。そこで本研究ではリハビリ患者の気持ちを心拍変動より判定し、適切な声かけをすることでリハビリテーションへの実施意欲を向上させることを目的とし、声かけロボットの開発を行った。この際に、先行研究では考慮されていなかったリハビリ実施者の覚醒度を考慮し、それに応じた声かけを行うことの効果測定を行なった。その結果、覚醒度の違いによりリハビリの声かけ効果が異なることがわかった。

1. はじめに

近年日本では高齢者の一人暮らしの割合が年々増加しており[1]、リハビリ人口も増加している。リハビリを効果的に行うためには、意欲の維持が重要とされているが[2]、リハビリ実施者には痛みや精神的な苦痛などの負担があり[3]、意欲の維持が困難であるという問題が生じる。

介護が必要な患者への癒しなどについては、パロなどのロボットなどを用いたセラピーなどが提案されている[4]。動物型のロボットは、医療福祉施設の患者に対して、心理的、生理的、社会的に良好な効果をもたらすことは知られているが、リハビリなどの実際に具体的な運動処方の実施目的等が明確な場合での意欲を促進する方法については考慮されていない。

これに対して伊藤らは、リハビリ実施中の意欲を向上させるために、リハビリ実施者に同伴して動作し、実施者の感情にあった声かけをする「声かけロボット」を提案した。実験協力者の感情をリアルタイムで取得し、その時点で快か不快かにより、かける声を変化させた。また、声かけと同時にロボットが実施者を気にかける支援動作をさせた。その結果、ロボットが声かけをし、かつ支援的な動作をした場合に、有効性が得られたことが報告された[5]。しかし、イライラや緊張など、覚醒度が高い状態の不快と、退屈や悲しみなど、覚醒度の低い不快の状態を区分しないで同一の励ます声かけが行われていた。しかし、怒りの状態において励ましは逆効果となることが指摘されており[6]、声かけが逆効果となる可能性が考えられる。しかし、伊藤らの方法では、快/不快のみを計測して対象者の感情を判定していたため、気持ちを考慮した声かけとしては十分とはいえないと考えられるが、十分に評価されていない。

また、伊藤らのロボットは発声音量が小さく、お年寄りが聞きづらいと考えられる点や、移動の時の直進安定性の低い、移動の状態のフィードバックがないなど移動制御の信頼性が低いことから、環境が異なる施設での利用が難しいなどの課題がある。

本研究では、これら2つの課題を解決し、実用的な声かけロボットの実現及び声かけの効果を検証することを研究の目的とした。本文の構成は2節にて提案、3節にて声かけロボットの実装、4節にて実験と考察・まとめを行う。

2. 提案

2.1 目的

課題の解決のために本研究では、快/不快判定に加え、覚醒度判定を行うことにより感情推定を行う。また、声かけロボットの改善・再設計・実装を行う。

2.2 覚醒度判定を加えた感情推定

本研究では、本研究では、脳波と脈拍から得られる値を Russell の円環モデルの Arousal (覚醒)軸と Valence (快不快)軸に対応づくように計算し[7]、Arousal と Valence の値をそれぞれ Russell の円環モデル上にプロットすることで定量的に感情を推定するものとした[8]。伊藤らが、Valence 軸のみを対象としていたのに対して、Arousal 軸を追加することで、効果的に Arousal の差による効果の差を明確にできると考えた。

2.3 システム概要

実現のためのシステムの概要を図1に示した。声かけロボットは主に、リハビリ実施者に装着するウェアラブルな脳波計と脈拍センサと、通信 BLE モジュールがあるロボット本体側には、取得した値から、感情判定して声かけを生成する部分と、独立してリハビリ実施者を誘導するモータコントローラ、表情を表出する TFT 液晶を設置した。

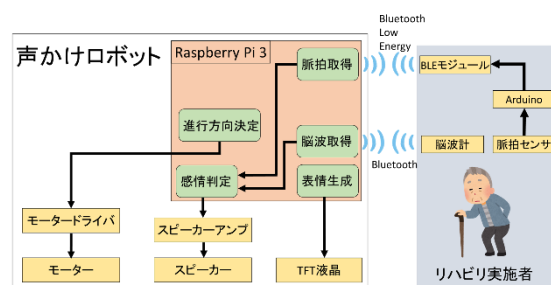


図 1 声かけロボットのシステム概要図

^{†1} 芝浦工業大学

3. 声かけロボットの設計と実装

3.1 提案概要

先行研究の課題を解決するため、新たに声かけロボットを製作した(図 2)。

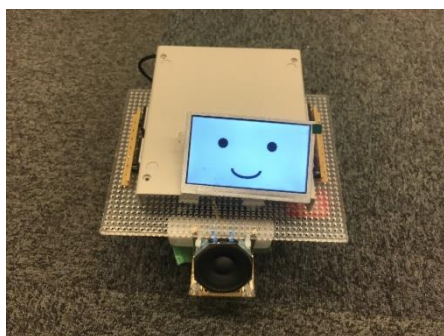


図 2 製作したロボット

課題の一つである音量向上のために、スピーカ位置を外装に隠れない場所にするとともに、スピーカのインピーダンスが 8Ω のとき $1W$ の出力をする PAM8012 を使用したアンプモジュールと $8\Omega 8W$ のスピーカを使用し、ロボットが移動しても使用者に聞こえやすい音量を実現した。また、アンプモジュールの前段に可変抵抗を接続することで直接音量の設定を変更することを可能にした。音声再生部の回路図を図 3 に示す。

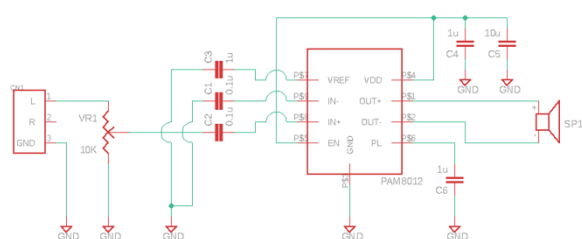


図 3 音声再生部の回路図

また、ロボットの移動制御の信頼性向上のために、地磁気センサを使用し車体の向きを取得することで、進行方向の補正が可能となり信頼性が向上すると考えた。そこで、第一段階として、左右 2 つのタイヤにそれぞれモータドライバを使用し、前進・後退に加え、旋回・回転が可能な走行部を製作した。現在までに製作した走行部の回路図を図 4 に示す。

さらに、様々な場所での歩行リハビリにいて使用を可能にするため、脈拍センサと脳波計のデータを無線通信にて実装する。通信方式は Raspberry Pi 3 に標準搭載されている Bluetooth および BLE(Bluetooth Low Energy)を使用する。脳波計は、Bluetooth にてデータ通信が可能な NeuroSky 社の Mindwave Mobile を使用した。また、脈拍センサとして、Switch Science 社の Pluse Sensor を使用し、センサの値を Raspberry Pi と通信させるために Microchip 社の BLE モジュールの RN4020 を使用した。

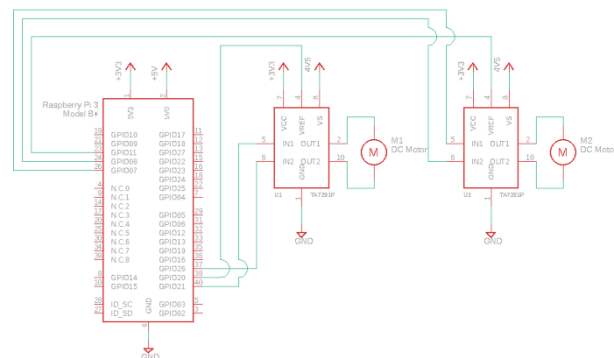


図 4 走行部の回路図

4. 実験

4.1 概要

ロボットの声かけによる生体反応を調査することを目的とし、予備実験を行った。声かけでは先行研究にて有効性が示されたフォローアップを実施した。評価では、脳波計、脈拍計を用いて感情評価を行った。

4.2 実験方法

実験協力者(20 代, 7 名)を対象に、脈拍安定のため 1 時間の安静時間を設けた後、声かけロボットの誘導を受け、実験協力者が歩行補助器を使用して 6m 歩行する(図 5)。



図 5 実験の様子

また、実験中の協力者の心拍データをリアルタイムで取得し、 $pNN50$ を計算し、その平均スコアでロボットの声かけの内容を決定した。声かけの内容は先行研究にて使用したものと同様のフレーズを使用した(表 1)。先行研究と同様に $pNN50$ の値が 0.23 以下の場合を不快と定義した[9]。

表 1 実験に使用した声かけフレーズ

	不快の場合 ($pNN50 < 0.23$)	快の場合 ($pNN50 \geq 0.23$)
開始時	よろしくお願いします	今日も頑張りましょう
歩行途中	少し休みますか	嬉しそうですね 私も嬉しいです
	焦らなくても大丈夫ですよ	もう少しですよ
終了時	この調子で少しずつやっていきましょう	また明日よろしくお願いします

4.3 実験方法

実験にて使用したシステムの概要図を図 6 に示す。この実験では、解析用の PC を声かけとは別に設置した。本 PC により生体情報を解析し、解析結果により声かけロボットに指示を送り、その指示に従って声かけを行う構成とした。人体側には心拍センサのデータを、Arduino で取得し、Arduino と PC の通信にそれぞれ BLE モジュールの RN4020 を使用した。モジュールに標準で搭載されている MLDP(Microchip Low-energy Data Profile)方式の通信によってシリアル通信を無線化し、PC と Arduino とのデータの受け渡しを可能にした。

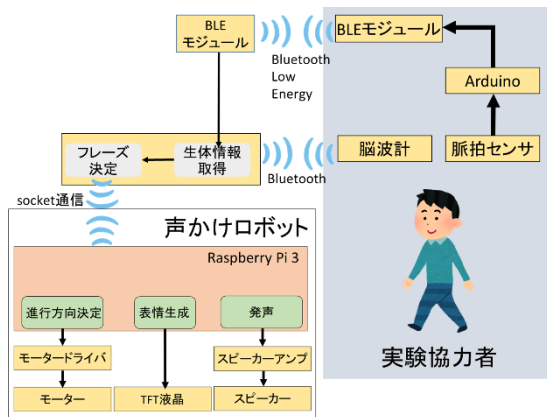


図 6 予備実験のシステム概要図

4.4 評価方法

評価では、声かけと同様に心拍の RRI の揺らぎから快/不快を判定する pNN50 の指標を使用した。実験協力者の声かけ前後の 10 秒間の pNN50 の平均値を対象に、閾値である 0.23 以下の場合(不快)を対象としてデータを抽出し、さらに、その中で覚醒度の低い不快と覚醒度の高い不快で分類し、それぞれで t 検定を実施した。

4.5 実験結果

結果を図 7, 図 8 に示す。図 7 は、声かけ前の pNN50 の値が閾値より低く、かつ覚醒度が高いグループ (2 人) の人を対象として、声かけを行なった結果を示した。この状態の人は Russell モデルの形容詞では怒りやイライラという感情用語が当てはまるとされる。この場合、声かけの後に pNN50 の値が低下することに対して有意傾向がみられた($p<0.10$)。

一方で図 8 は、声かけ前の pNN50 の値が閾値より低く、かつ覚醒度が低いグループ (5 人) の人を対象として、声かけを行なった結果を示した。この状態の人は Russell モデルの形容詞では悲しみや疲れといった感情用語で説明される。この場合、声かけの後に pNN50 の値が上昇することに対して有意差がみられた($p<0.05$)。これらのことから、覚醒度の低い不快の状態の人に対する先行研究での声かけは効果的であるが、覚醒度の高い不快の状態の人に対しては、先行研究での励ましの声かけは効果的でないと考えられる。

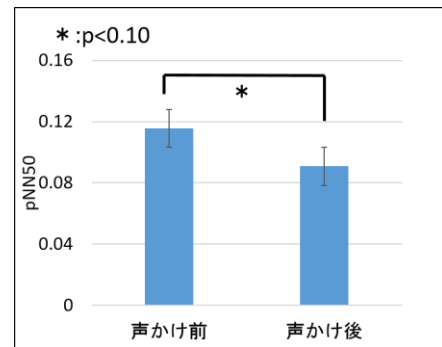


図 7 不快かつ覚醒度が高いグループ（怒り・イライラな状態）における声かけ前後の pNN50 値の比較

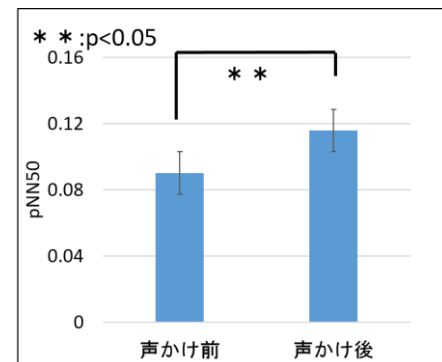


図 8 不快かつ覚醒度が低いグループ（疲れ・悲しみ）における声かけ前後の pNN50 値の比較

4.6 まとめと課題

本実験にて、イライラや怒りを含む覚醒度の高い不快の状態において声かけの改良の余地があると考えられる。また、予備実験を行い声かけロボットの課題を発見した。まず、ロボットの走行部の直進安定性が低いため、実験中に走行が乱れ、実験を中止する事があった。さらに、予備実験では、声かけロボットの他に生体情報取得用の PC が必要だったため、実験協力者の後ろを別の PC が追従する必要があった。これらの課題を解決し、より実用的な声かけロボットの実現を目指し更なる効果の検証を行う。

参考文献

- [1] 内閣府．”平成 27 年版高齢社会白書”
<<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w2015/html/gaiyou/index.html>> (参照日 2018/7/26)
- [2] 御所南リハビリテーションクリニック．”リハビリ中に意欲低下したら、どう対応すべき？”．<<https://goshominami-clinic.jp/knowledge/declining-rehab-motivation.html>> (参照日 2018/7/26)
- [3] セラピストプラス．”心をつかんで意欲を引き出す！患者さんをほめるコツ”．<<https://co-medical.mynavi.jp/contents/therapistplus/career/communication/206/>> (参照日 2018/7/26)
- [4] 柴田崇徳，和田一義．”アザラシ型ロボット「パロ」によるロボット・セラピーの効果の臨床・実証実験について”．日本ロボット学会誌．2011, vol. 29, no. 3, p. 246-249
- [5] 伊藤哲平，菅谷みどり，Mihabilly：感情を考慮したリハビリテーション時の声かけロボット，情報処理学会，インタラク

ション 2018. .

- [6] All About:プレッシャーを与えない励ましの言葉 頑張れは逆効果, <<https://allabout.co.jp/gm/gc/395579/>>, (参照日 2018/7/26)
- [7] James A. Russell. "A circumplex model of affect. it Journal of Personality and Social Psychology", 1980, vol. 39, no. 6, p. 1161-1178.
- [8] Yuhei Ikeda, Ryota Horie, Midori Sugaya, Estimate Emotion with Biological Information for Robot Interaction , KES-2017Procedia Computer Science, Vol. 112, pp. 1589-1600, Year 2017. Elizâng Ela Márcia De Carvalho Abreu, Rani De Souza Alves, Ana Carolina Lacerda Borges, Fernanda PupioSilva Lima, Alderico Rodrigues De Paula Júnior, Mário Oliveira Lima. "Autonomic cardiovascular control recovery in quadriplegics after handcycle training". The Journal of Physical Therapy Science, 2016, J. Phys. Ther. Sci, 28, pp.2063-2068.