

# 覚醒度を考慮したリハビリ時の声かけロボット開発および効果測定

指導教員 菅谷みどり

松本 幸大

## 1. 研究の背景と目的

近年日本では高齢者の一人暮らしの割合が増加しており[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, 実施者には痛みや精神的な苦痛などの負担があり, 意欲の維持が困難であるという問題が生じる. これに対して伊藤らは, リハビリ実施中の意欲向上を目的とし, 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. 評価の結果ロボットが声かけ, かつ支援的な動作をした場合, 有効性が得られた [2]. 一方, 励ましは受け手への配慮を必要とする行為であるが, 伊藤らの評価ではイライラや緊張など, 覚醒度が高い不快と, 退屈や悲しみなど, 覚醒度の低い不快を区分せず同一の励ましが行われていた. 怒りなどの覚醒度の高い不快の状態への励ましが逆効果となる可能性が考えられることから, 覚醒度を考慮した評価が必要と考えられる. 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が低い, 環境が異なる施設での利用が難しいなどの課題がある.

そこで, 本研究では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.

## 2. 提案

### 2. 1 概要

本研究では, 目標を達成するために, 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声かけロボットの改善・再設計・実装を行う. 予備実験においては, 覚醒度を評価で考慮した場合の効果測定, 本実験では覚醒度を声かけの判定に用いた場合の有効性の検証を行う.

### 2. 2 覚醒度判定を加えた感情推定

本研究では, 脳波から得られるデータを Arousal(覚醒)軸, 脈拍から得られる値を Valence(快不快)軸に対応させ, 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[3]. 伊藤らが, Valence 軸(心拍指標の pNN50)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

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, 脈拍データを AD 変換しデータを取得するマイコン, 通信モジュールで構成される. ロボット本体側には, 脈拍データを取得するマイコンのデータを受信す

る通信モジュールと, 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ーコントローラー, 表情を表出する TFT 液晶を設置した.

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.

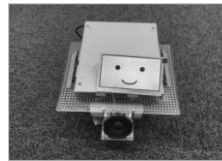


図1 製作したロボット



図2 実験の様子

## 3. 予備実験

### 3. 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.

### 3. 2 実験方法

実験協力者(20代, 7名)を対象に, 実験を行なった. 実験方法は伊藤らの方式を用いた(図2). 実験中の協力者の脈拍データをリアルタイムで取得し, pNN50を計算し, その平均スコアで声かけの内容を決定した. 声かけの内容, pNN50の閾値は伊藤らの実験と同一とした.

### 3. 3 評価方法

評価は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, 不快を対象としてデータを抽出し, その中で覚醒度の高/低を分類し, 差の検定を行った.

### 3. 4 実験結果

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(図3(左)), 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( $p < 0.10$ ).

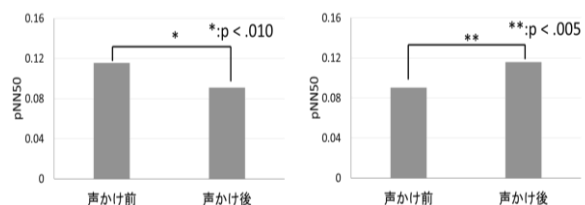


図3 不快・覚醒度が高いグループ(左)と覚醒度が低いグループ(右)

図3(右)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)の人を対象とした結果を示した. 声かけの後にpNN50の値の上昇に対して

有意差がみられた( $p < 0.05$ )。これらから覚醒度が低く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、覚醒度が高く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可能性が示唆された。

#### 4. 覚醒度に基づく声かけロボット

##### 4.1 概要

予備実験の課題を基にロボットの改良を行った。改良したシステム概要図を図4に示す。

##### 4.2 再設計・実装

プロトタイプでは駆動部にDCモーターを使用した。ロボットの重心や地面の状態により直進が安定しない課題があった。そこで、駆動部にパルスで制御を行うステッピングモーターを使用し、Arduinoで左右のタイヤの回転の同期をとるように制御することで、プロトタイプよりも安定した走行を可能にした。さらに、脈拍センサとRaspberry Piとの通信にXBeeを使用し、Bluetoothで脳波計と通信することにより、声かけロボット本体が無線通信で生体情報を取得することを可能にした。また、音量向上のためにスピーカーを増設した。完成したロボットを図6に示す。

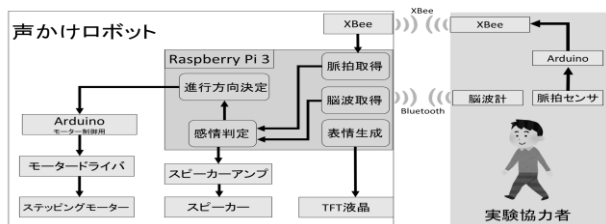


図4 改良したシステム概要図

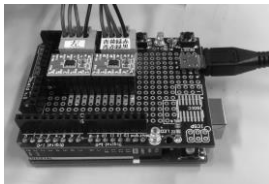


図5 モーター制御基板

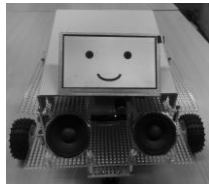


図6 完成したロボット

## 5. 実験

### 5.1 概要

予備実験にて、覚醒度の高い協力者に対する声かけが有効に働かないことが示唆された。また、リハビリ時に覚醒度が高い状態を保持することが重要であるため、覚醒度が低下した時に声をかけることの有効性を評価する。

### 5.2 実験方法

実験協力者(20代, 5名)を対象に、脈拍安定のため1分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10m歩行する。また、歩行に負荷を加えるため、実験協力者の足首に重りを装着した。実験パターンは声かけロボットの動作によってそれぞれ次のものを行なった。

I : 声かけ無し

II : 不快時に声かけ

III : 眠気優位時に声かけ

また、声かけを行う前に支援動作のフォローアップの動作を行うものとした。

### 5.3 評価方法

3つの実験パターンについて、安静時と歩行中の覚醒度とpNN50の平均値を求め、その変化量を対象に差の検定を行った。

### 5.4 結果

実験の結果を図7に示す。パターンIとパターンIIIにおいて、覚醒度の違いに有意傾向がみられた( $p < 0.10$ )。さらに、pNN50の値の変化にも有意差がみられた( $p < 0.01$ )。これらのことから、覚醒度を考慮してロボットが声かけを行うことで、歩行する人の覚醒度をより高め、人の気持ちを快にすることが示唆された。

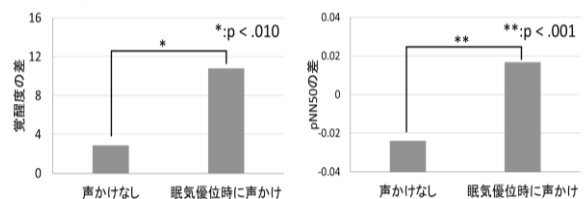


図7 パターンIとパターンIIIの覚醒度の差(左)とpNN50の差(右)

## 6. まとめと課題

今回、5人の実験協力者に対して実験を行い、覚醒度を考慮して声かけ・支援動作を行うロボットが有効であることが示唆された。今後は実験協力者を増やし、分散分析や重回帰分析を行うことで、より統計的にロボットの支援動作や声かけの効果を調査していく。

また、走行部の改良を図り走行における信頼性が向上したものの、ステッピングモーターはオープンループで制御しているため、モーターの脱調が発生すると進行方向を修正することができない。そのため、カメラや加速度・ジャイロ・地磁気センサによって進行方向をフィードバックするとともに、自己位置の推定を行うことで、様々な路面環境での走行が可能になると考えられる。さらに、走行、画面表示、音声再生とともに、音声取得や映像取得機能を拡張することで、リハビリ施設に限らず在宅リハビリでの使用や、音楽・映像療法にも使用できるロボットとしての開発を進めていく。

### 参考文献

- [1] "平成27年版高齢社会白書". 内閣府. <https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/html/gaiyou/index.html>, (参照 2019-01-16)
- [2] 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, インタラクシオン 2018.
- [3] 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.