

令和元年6月18日現在

機関番号：57701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12943

研究課題名（和文）小型アンドロイドによる視野拡大のためのリハビリ支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of a rehabilitation support system for enlarging visual field with a small-sized android robot

研究代表者

今村 成明 (Imamura, Nariaki)

鹿児島工業高等専門学校・電気電子工学科・准教授

研究者番号：70353357

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、半側空間無視などの視野に関する障害を持った患者に自分自身の症状の自覚とリハビリに対する積極性を促すような、そして医療従事者の負担を軽減するような「小型アンドロイドによる視野拡大のためのリハビリ支援システム」を開発することを目的とした。本システムは「リハビリ用ソフトウェア部」、「視線計測部」、「リハビリ支援アンドロイド部」の3つのブロックから構成される。視線計測を行いながら、視野拡大のためのリハビリを行うことが出来、また、小型アンドロイドによりリハビリ支援を行うことが出来る。研究の結果、視線計測部の視線検出精度に若干の問題が残ったものの、本システムは概ね完成に至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、「患者のリハビリへの積極性の向上」という点において、コンピュータを使った色や音に変化のあるリハビリを行うことで、モチベーションを高く保ちつつ、リハビリを継続して行ってもらえる効果が期待できる。また、「半側空間無視患者の視野変化の詳しい解析」という点において、視線計測機能により、リハビリ時の視線の変化を詳細に解析でき、リハビリを通して、半側空間無視などの病状の改善等の把握が可能になる。更に、小型アンドロイドが患者と簡単な会話などのコミュニケーションを取りながらリハビリを支援することにより、看護師や作業療法士などの医療スタッフの負担軽減や2025年の看護師不足問題にも対応できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, We developed a rehabilitation support system for enlarging visual field with a small-sized android robot. With this system, patients who have visual impairment such as hemispatial neglect can be aware of their own symptoms, work on rehabilitation positively, and to reduce the burden on medical staff. The system consists of three blocks: "Rehab Software Unit", "Gaze Measurement Unit", and "Rehab Support Android Unit". While performing gaze measurement, they can perform rehabilitation for enlarging visual field, and also a small-sized android robot is able to perform rehabilitation support. As a result of the research, although some problems remain in the gaze detection accuracy of the gaze measurement unit, this system is almost completed.

研究分野：福祉工学、リハビリ工学

キーワード：リハビリテーション支援 視野拡大

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

平成 26 年度人口動態統計の年間推計によると脳梗塞や脳出血、くも膜下出血などの脳卒中は日本人の死因の第 4 位であり、上位に位置している。現在でも、年間約 12 万人が脳卒中で死亡している。この脳卒中における視野に関する後遺症として半側空間無視があり、脳梗塞患者の日常生活の自立を阻害する大きな要因となっている。

半側空間無視の治療では、リハビリ患者が継続して、また積極的にリハビリを行うことが、病状の回復には効果的である。しかし、半側空間無視の一般的なリハビリ方法は紙と鉛筆を用いて、机上で行うものが主流であり、患者の興味を促すものではない。

### 2. 研究の目的

本研究では、患者の症状の自覚とリハビリに対する積極性を促すような、そして医療従事者の負担を軽減するような「小型アンドロイドによる視野拡大のためのリハビリ支援システム」を開発することを目的とする。

具体的には、次の 3 つの機能を実装する。

1~9 の数字等をモニター上にランダムに配置し、数字を押すまでの時間を記録する。

視線計測機能により、半側空間無視等の病状を持った患者特有の視線の動きを分析できる。

小型アンドロイドにより、患者と簡単な会話などのコミュニケーションを取り、リハビリを支援し、かつ、リハビリデータの管理を行う。

また、本研究の小型ロボットを使ったりハビリシステムの開発により 2025 年の看護師不足問題にも対応できると期待できる。

### 3. 研究の方法

「小型アンドロイドによる視野拡大のためのリハビリ支援システム」は「リハビリ用ソフトウェア部」、「視線計測部」、「リハビリ支援アンドロイド部」の 3 つブロックから構成される。それぞれのブロックでの仕様は、以下の通りとする。

#### (1) リハビリ用ソフトウェア部

ランダムに配置された数字(画像)を押すまでの時間を記録し、反応の遅い箇所、すなわち、よく見えていない箇所を把握できる。

リハビリ患者の病状に応じて、配置する画像の種類、枚数などの難易度を変えられる。

#### (2) 視線計測部

小型カメラを用いた視線計測機能を有し、患者の視線の動きを分析できる。健常者との比較などから病状の改善等の把握も可能になる。

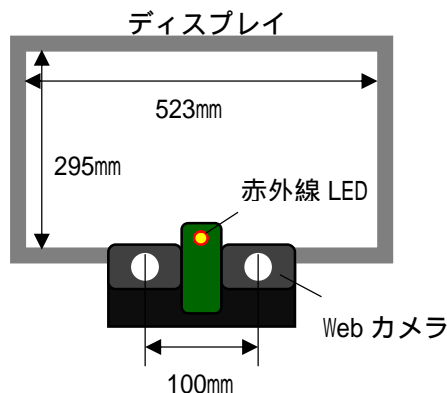
視線計測のサンプリングレートは 30Hz とし、検出誤差は、視野角  $\pm 20$  度において 1 度以下とする。

#### (3) リハビリ支援アンドロイド部

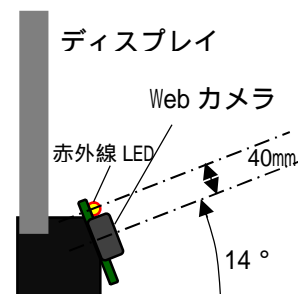
顔認識、音声認識、会話機能、ジェスチャー機能、歩行機能を有する。

患者と簡単な会話などのコミュニケーションを取り、リハビリデータの管理など、患者のリハビリ活動を支援する。

「視線計測部」については、図 1 に示すように、リハビリ患者の正面に 2 台の Web カメラを配置し、そのカメラの画像からリハビリ患者の視線を計測する。リハビリ患者の負担を減らすため、キャリブレーションを出来るだけ少なくし、また、頭部自由の状態での視線計測が行えるようにする。



(a) 正面から見たシステム配置図



(b) 側面から見たシステム配置図

図 1 視線計測部のシステム配置図

「リハビリ支援アンドロイド部」の機体部分は、既製品の小型ロボットを利用し、顔認識機能、音声認識機能、会話機能を実装する。顔認識機能については、オープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリである OpenCV を利用し、実装する。音声認識機能については、オープンソースの汎用大語彙連続音声認識エンジンである Julius を利用する。そして、会話機能については、再帰型ニューラルネットワーク（以下、RNN）を用いて会話応答を学習させ、患者との会話や患者からの質問内容に対して回答できるように実装する。RNN は過去の隠れ層を考慮することで未来の状態を予測することに特化している。本研究では、RNN の一つである RNN Encoder-Decoder モデルを生成し、会話応答学習を行い、ニューラルネットワークを構築する。RNN Encoder-Decoder を図 2 に示す。

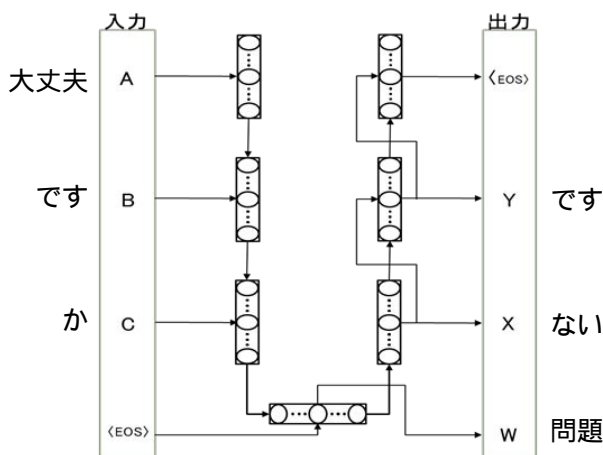


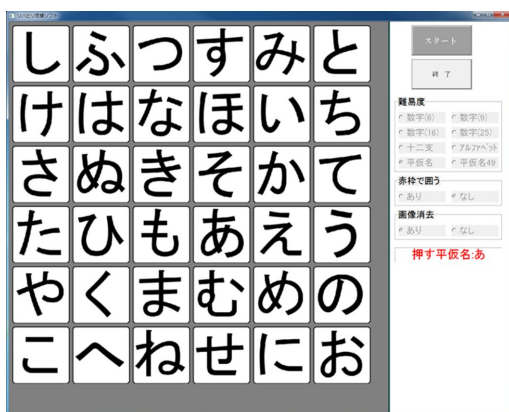
図 2 RNN Encoder-Decoder

#### 4. 研究成果

##### (1) リハビリ用ソフトウェア部

本研究で開発した視野拡大のためのリハビリ用ソフトウェアを図 3 に示す。数字の画像がランダムに配置され、難易度により画像枚数を 9 枚（3 行 3 列）から 25 枚（5 行 5 列）に設定できる。また、画像を平仮名に設定することも可能で、最大 49 枚（7 行 7 列）まで設定できるようにした。

測定結果はリハビリ対象者別のファイルに保存される。測定しているのは全てをタッチし終えるまでの所要時間（全所要時間）だけでなく、それぞれの場所の画像をタッチするまでにかかった時間（各所要時間）や、難易度、数字の配置、それぞれの場所での押し間違いの回数、計測を行った日時なども保存される。これらのデータからリハビリ効果の評価を行うことができる。



(a) かな文字、6 行 6 列、36 枚の例  
画像は数字、アルファベットも設定  
できる。

	1列目	2列目	3列目	4列目	5列目	各行の 平均
1行目	3.07	2.11	2.29	3.37	0.72	2.31
2行目	2.97	1.45	1.93	2.45	1.58	2.07
3行目	3.67	1.69	0.97	1.57	1.21	1.82
4行目	3.29	1.80	1.53	1.21	2.04	1.97
5行目	6.05	2.43	1.27	1.07	1.72	2.51
各列の 平均	3.81	1.90	1.60	1.93	1.45	

(b) 5 行 5 列、25 枚の測定結果例  
測定値は各場所をタッチするまでに  
かかった時間を示す。

図 3 リハビリ用ソフトウェア部

### (2) 視線計測部

本研究では、角膜上に映った赤外線 LED の像（プルキニエ像）と瞳孔中心を Web カメラ画像から検出し、それぞれの 3 次元座標を求め、プルキニエ像と瞳孔中心の相対距離から注視点を算出した。注視点算出では、モニターからの距離が 35cm から 45cm、縦横方向に  $\pm 5$ cm 程度の場所において頭部を動かし、注視点算出を行った。

本研究で開発した視線計測システムの注視点算出結果（平均）を図 4 および表 1 に示す。図 4 において丸点が目標値であり、三角点が注視点算出結果である。実験結果において、部自由状態での注視点算出では、最大で 150pix の誤差が生じた。また、y 座標の目標値が 400pix のときの算出値において、負の誤差が多くみられた。この誤差の原因として、角膜が完全な球面でないことが考えられる。また、プルキニエ像の座標から離れた点を目標点とした時において、算出点が目標点より中心に近くなるような誤差が見られた。この誤差の原因として、角膜に沿って動く瞳孔を、平面上を動くものであると近似したことが考えられる。



図 4 注視点算出結果

表 1 注視点算出結果

	目標値[pix]	注視点算出値 (平均)[pix]	誤差[pix]	
			平均[pix]	最大[pix]
$x_g$ [pix]	-500	-459.3	40.7	150
	-250	-222.2	27.8	106
	0	23.9	23.9	91
	250	264.1	14.1	-64
	500	515.4	15.4	106
$y_g$ [pix]	-400	-344.4	55.6	129
	-200	-175.9	24.1	95
	0	24.9	24.9	73
	200	200.3	0.3	62
	400	357.9	-42.1	-78

### (3) リハビリ支援アンドロイド部

顔認識機能、音声認識機能、会話機能を実装した。顔認識機能については、オープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリである OpenCV を利用し、実装した。音声認識機能については、オープンソースの汎用大語彙連続音声認識エンジンである Julius を利用し、実装した。

会話機能については、図 5 に示すような会話応答システムを構成した。まず、会話辞書を使って入力された文に該当する項目があるか検索し、該当する表現が辞書内にあればそれに対応する文を応答として出力する。しかし、見つからない場合は過去ログを使用して該当する表現

がないか検索する。過去ログでも該当する応答が得られない場合は、ニューラルネットワークにユーザーの言葉を入力して応答を得る。

会話辞書、過去ログから会話応答することは問題なく応答できるが、ニューラルネットワークからの応答は、訓練データ数、構築するモデルにより、会話応答が変わってくる。

ニューラルネットワークの学習としては、訓練データとして、より多くの会話サンプルを収集するため、Twitter という国内最大級の SNS を利用し、会話サンプルを 650 万件収集した。会話学習には RNN Encoder-Decoder モデルを構築し、ニューラルネットワークの隠れ層数を 1 層、ユニット数を 512 とし、200 万ステップ学習させた。会話サンプルを学習させた RNN Encoder-Decoder モデルを用いて会話応答実験を行った結果、ある程度、自然な会話を応答することができた。しかし、会話サンプルが Twitter だったため、口調が適切でない場合も見受けられた。

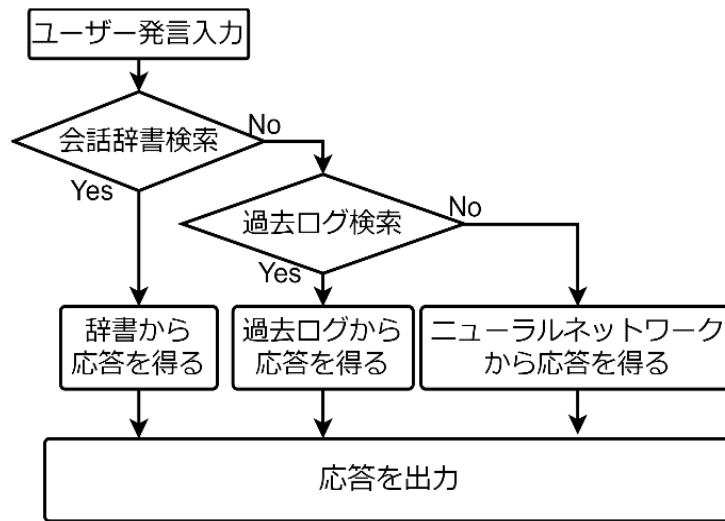


図 5 会話応答システム

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。