2020 CUxKAIT Online Workshop on November 26, 2020

Human-Machin Interaction based on Eye Movements and Voice Conversation

[1]*Yamada, M., [2]*Yamamoto, Y., & [3#]Saegusa, R.
*lead presenters, #corresponding author
[1,2,3] Human Machine Symbiosis Laboratory, Kanagawa Institute of Technology, Japan

Background: Followed by the increasing elderly rate and decreasing birth rate in the Japanese society, working places of robots and autonomous systems are expanding from manufacturing plants to our living space such as home, care institutes and hospitals. Robots working in these places are desired to be intelligent enough to interact with not only adults but also children and old people who are not familiar with technologies. However, it is unclear how to design the interaction in order to attract people with rich of emotion and behaviors.

Purpose: We propose a scheme of human-machine interaction based on eye movements and voice conversation. A target of this study is to uncover physiological and psychological effects given by gaze and voice interaction. We designed gaze and voice interaction systems in order to measure audio-visual data from human subjects for the analysis.

Method: The gaze interaction system is composed of a computation unit, eye tracker and expression display. The system is capable of showing four patterns that represent the emotional expressions of surprise, anger, joy and sadness, respectively. The voice conversation system is composed of a computation unit, microphone and speaker. The system is capable of generating phrases of questions as well as recognizing the answered numbers that indicate the answer choices.

Results: In experiments of gaze interaction, the experimental results showed that the expression of anger and sadness gave influences to fluctuate point of gaze and induce blinking more than the cases of joy and surprise. In experiments of voice interaction, the experimental results showed that voice interaction gave influence to elevate subject's awakening, and this seems to be effective for prevention of apathetic mood and dementia of old people in future.

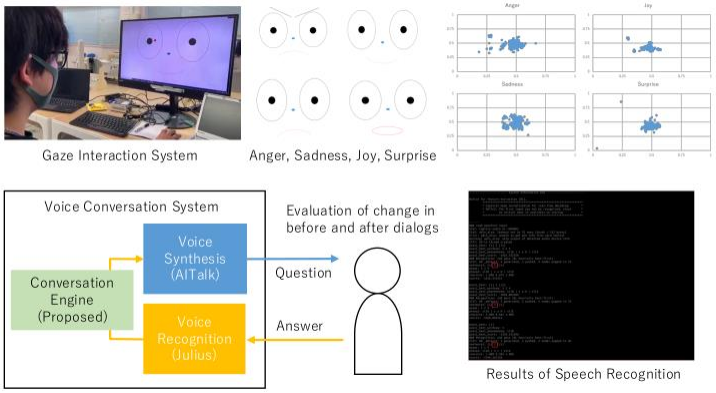


Figure: the gaze interaction system (top figures) and voice conversation system (bottom figures).



Masahiro Yamada, Yuriko Yamamoto and Ryo Saegusa.

Masahiro Yamada and Yuriko Yamamoto are fourth grade students belonging to Human Machine Symbiosis Laboratory, Kanagawa Institute of Technology, Japan. Ryo Saegusa, PhD, is an associate professor belonging to Human Machine Symbiosis Laboratory, Kanagawa Institute of Technology, Japan. Email to {masahiro.yamada, yuriko.yamamoto, ryo.saegusa}@syblab.org.

2020 CUxKAIT Online Workshop on November 26, 2020

Interactive Vital Measurement System based on Autonomous Mobile Robot and GUI Application

[1]*Yonezawa, Y., [2]*Ohno, K., & [3#]Saegusa, R.
*lead presenters, #corresponding author
[1,2,3] Human Machine Symbiosis Laboratory, Kanagawa Institute of Technology, Japan

Background: Followed by the increasing elderly rate and decreasing birth rate, the Japanese society faces difficulties to secure labor resources to satisfy the requirement for nursing care supports. Through the experiences of hearing investigation in care facilities, we revealed that care staffs working in facilities devote their time to support facility users in eating, bathing and toileting, while they spend much less time for vital measurements except for limited facility users in poor health conditions and terminal cares.

Purpose: We propose an interactive vital measurement system based on autonomous mobile robot and visualization with a GUI (Graphical User Interface) application sytem. A target of this study is realize interactive management of vital information to maintain the health conditions of all facility users. In order for the vital measurement, we designed autonomous mobile robot that holds an interactive arm equipped with vital sensors. Moreover, the measured vital signals are visualized by a corresponding GUI application system.

Method: The interactive arm is composed of two joints actuated by electromagnetic motors and a simple cylinder-like grip equipped with a probe of vital sensors. This vital sensor supports the measurement of SpO_2 (percutaneous oxygen saturation) and heart rate signals. The measured vital signals are transmitted via Wi-Fi connection to remote servers that manage the vital information database of the whole facility. The vital information is visualized by a GUI application system of mobile devices that care staffs are taking along.

Results: In experiments of human-robot interaction, we examined that the autonomous mobile robot successfully reached a user's hand by using its arm. The user then grasped the grip of the robot arm and vital signals were correctly measured. Finally, the signals were visualized by the GUI application system. In the future, we will introduce server systems to share the vital information between multiple care staffs.

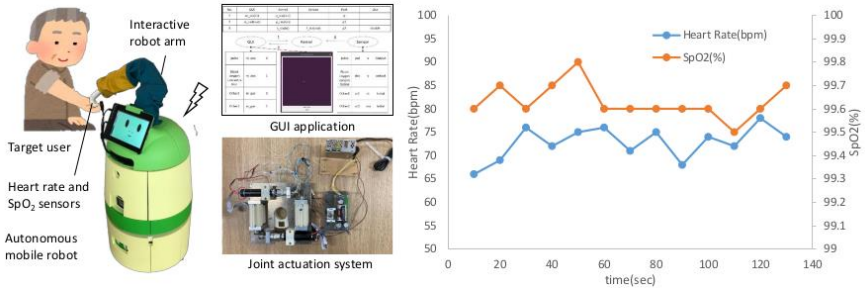


Figure: the interactive vital measurement system (left figure) and measured vital signals (right figure).



Yumi Yonezawa, Kensuke Ohno and Ryo Saegusa.

Yumi Yonezawa is a fourth grade student belonging to Human Machine Symbiosis Laboratory, Kanagawa Institute of Technology, Japan. Kensuke Ohno, MH is a technical staff and Ryo Saegusa, PhD, is an associate professor belonging to Human Machine Symbiosis Laboratory, Kanagawa Institute of Technology, Japan. Email to {yumi.yonezawa, kensuke.ohno, ryo.saegusa}@syblab.org.

アイコンタクトエージェントによる情動表出と注視への影響

山田　雅大　　大野　健介　　三枝　亮
神奈川工科大学　創造工学部　ロボット・メカトロニクス学科

1. はじめに

近年、人間と関わりながら作業を遂行するロボットの普及導入が進んでいる．生活の場面では，家庭向けのロボットや福祉支援ロボットが現場で利用され始めている[1,2,3]．これらのようなロボットが人間と円滑にコミュニケーションを行うためには，人間の表情や視線を読み取って情動や意図を理解するとともに，ロボット自身も表情や視線の動きを示すことができれば望ましい．

本研究では、人間とロボットのアイコンタクトによる円滑なコミュニケーションの実現を目的として、対面者の視線動作に応答するアイコンタクトエージェントを提案する。本エージェントが表情によって情動を表出し，その際の対面者の視線状態を同時に計測することで，情動表出に対する対面者の注視への影響を検証する。実験を通して，人間とロボットが効果的にアイコンタクトを行うための条件を検討する。

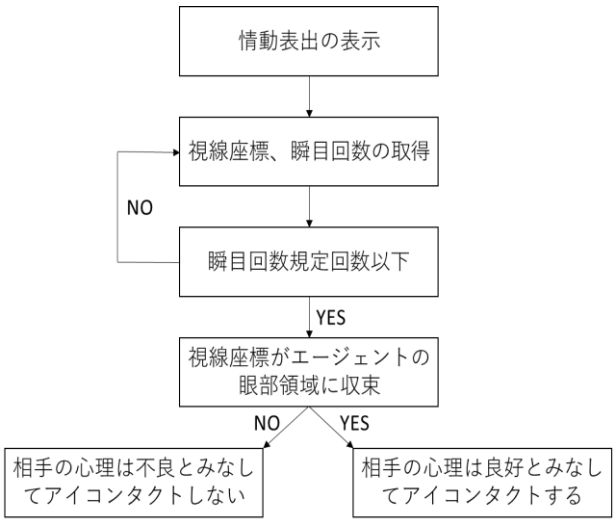


図 1.　アイコンタクトアルゴリズム

Emotional expression of eye contact agent and its effect for gaze,
Masahiro Yamada, Kensuke Ohno, Ryo Saegusa,
Department of Robotics and Mechatronics, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology.

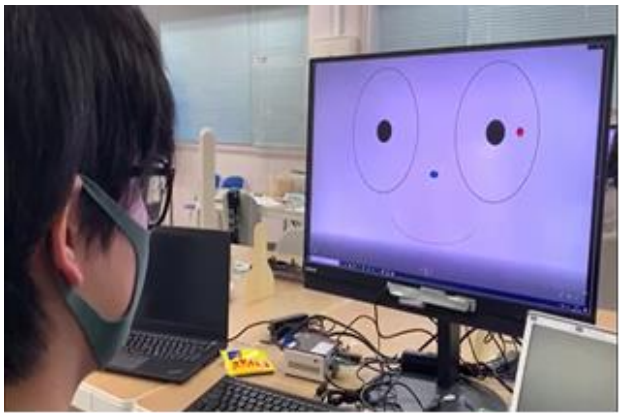


図 2.　アイコンタクトエージェント

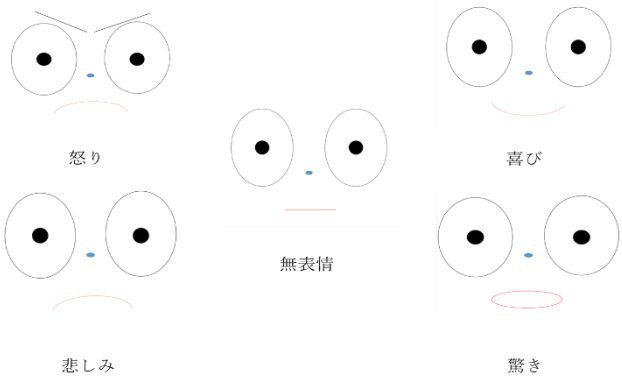


図 3.　表情パターン 5 種類

2. アイコンタクトエージェント

アイコンタクトエージェントの基本動作は，図 1 のアルゴリズムにより制御される．アイコンタクトエージェントは対面者の視線座標と瞬目回数を計測し，既定の瞬目回数以下の場合に正常状態と見なし，その際に対面者が眼部領域を高頻度で注視している場合には，アイコンタクトの意志があると判断して，対面者の両眼中心を目標位置として視線を移動し，一定時間，アイコンタクトを試みる．

アイコンタクトエージェントの外観を図 2 に示す．アイコンタクトエージェントは対面者の注視点を計測する計測部，顔表情を出力する表出部，認識応答を計算する制御部により構成される．表出部が出力する 5 種類の表情パターンを図 3 示す．

表 1. 注視点の空間的な偏差と瞬目回数

標準偏差（左目）	喜び	驚き	悲しみ	怒り
被験者30代・男性	0.059	0.044	0.051	0.038
被験者60代・男性	0.089	0.109	0.132	0.151
被験者20代・女性	0.112	0.141	0.141	0.101

瞬目回数	喜び	驚き	悲しみ	怒り
被験者30代・男性	8	5	5	4
被験者60代・男性	7	6	7	3
被験者20代・女性	14	6	6	13

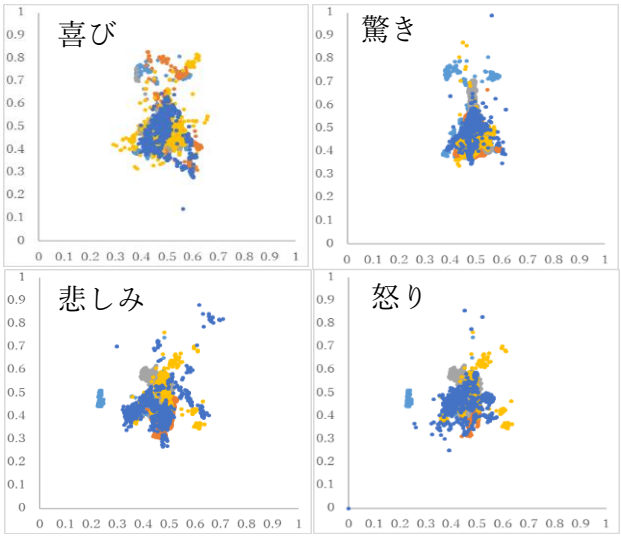


図 4. 各情動表出における注視点の分布

3. 実験

30 代男性，20 代女性，60 代男性の 3 名を被験者として予備実験と本実験を行った．視線計測には Tobii 社製 Tobii Pro Nano を用いた．

予備実験では，被験者はモニタに向かって着座し，「喜び」「驚き」「悲しみ」「怒り」の表情を表出する 1 分間のアニメーションを注視した．各表情のアニメーションは 15 秒間とし，注視点の座標と瞬目回数を計測した．

本実験では予備実験の 4 つの表情に加えて「無表情」を挿入した 2 分間のアニメーションを 5 回提示した．表情は「無表情」「喜び」「無表情」「驚き」「無表情」「悲しみ」「無表情」「怒り」の順序で表示される．被験者には実験前にモニタ画面を注視するように指示し，表情の表示順序などについては教示せず，予備実験と同様の計測を行った．

予備実験の結果を表 1 に示す．被験者 30 代男性左目の場合，675 個の採取データにおいて視線座標の標準偏差の大小は，喜び ＞ 悲しみ ＞ 驚き ＞ 怒りであった．瞬目回数の大小は，喜び ＞ 驚き・悲しみ ＞ 怒りであった．被験者 60 代男性左目の場合は，怒り ＞ 悲しみ ＞ 驚き ＞ 喜び となり，瞬目回数は，喜び・悲しみ ＞ 驚き ＞ 怒りとなった．被験者 20 代女性左目の場合は，驚き ＞ 悲しみ ＞ 喜び ＞ 怒りとなった．瞬目回数は，喜び ＞ 怒り ＞ 驚き・悲しみとなった．

本実験の結果を図 4 に示す．図 4 は 5 回分の試行結果を色分けして示している．無表情が提示されている区間では平均的に鼻から口にかけての領域で注視点が停留していたが，表情が表出されている区間では動きのある顔の部位に注視点が誘導されていた．また，喜びと驚きの表情が初めて表出された時は，アイコンタクトがなされていたが，試行を重ねるとアイコンタクトをする傾向が見られなくなった．悲しみと怒りが表出された時はアイコンタクトを避ける傾向が認められた．つまり，ネガティブな情動表出に対して視線を逸らしたものと考えられる．

4. まとめ

本研究では対面者の視線動作に応答するアイコンタクトエージェントを提案し，情動表出に対する対面者の注視への影響について検証した．予備実験より，視線移動は表情の種類に対して一貫性が乏しい傾向がみられた．興味の対象となる情動は個人による部分が大きいと考えられる．本実験では，無表情から表情が表出する際に視線変化が大きく，ポジティブな表情は注視を誘導し，ネガティブな表情は注視を妨げる傾向がみられた．また，疲労や慣れによって注視点が鼻先や口元に停留する傾向がみられた．

今後は対面時の会話の内容や環境内で注視すべき対象物について，アイコンタクトエージェントが情動表出と視線移動を適切に行うことで，対面者の理解を高め，対面者の注目を導くための条件を探索する予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H03558 の助成を受けた．

参考文献

[1] 吉田真也, 他, 頭部ロボットの情動表出を伴う視線誘導と状況提示, 日本感性工学会研究論文集, Vol.7, No.4, pp.791-796, 2018.
[2] 北島 洋樹, 他, 自動車運転時の眠気の予測手法についての研究, 日本機械学会論文集, Vol.63, No.613, pp.93-100, 1997.
[3] 藤本 武司, 他, 視線行動の可視化による着眼スキル伝達支援, 人工知能学会論文誌, Vol.19, No.3, pp.174-183, 2004.

介護ヘルスケアシステムによる見守りロボットと職員の連携
-バイタルデータのファイリングシステム開発及び検証-

米澤　佑美　　大野　健介　　三枝　亮
神奈川工科大学　創造工学部　ロボット・メカトロニクス学科

1. はじめに

近年の介護施設では業務負担が増加する一方で職員人材の確保が困難となっており、介護業務を支援するロボットや福祉機器の普及導入が期待されている。介護施設の業務のなかでは特に介助作業の負担が大きく、現状では施設利用者の健康管理まで手が行き届いていない。本研究では、施設利用者の効率的な健康管理を目的として、見守りロボットと職員の業務連携を支援する介護ヘルスケアシステムを提案する。施設利用者と見守りロボットが協調してバイタル情報を計測し，ケアワーカが職員用の端末を介してバイタル情報を把握することで、施設全体の健康管理を効率化する。

2. ニーズ分析

介護現場のニーズと現状を調査するため，令和元年５月に浜松市の介護施設を訪問し，アンケート調査を行った．訪問先の施設では介護業務記録システムを導入しており，利用者の個人情報，アセスメント，ケアプラン，職員業務記録など，施設利用者と施設運営に関する情報が電子的に管理されていた．記録項目の多くは手作業による情報入力であったが，離床センサの検知情報がケアワーカ室に自動通報されるなど，自動化されている記録項目もあった．

ニーズ分析の結果，誤薬防止システム，音声情報入力システム，健康管理システなどのニーズが潜在していることが分かり，見守りロボットの健康管理への活用に関する意見が得られた．介護業務において体温や脈拍などのバイタル計測は一部の利用者を除いて必須の計測項目ではないため，一般の利用者は表面的な顔色や食事摂取量による健康管理に留まっている．このような現状から，介護施設で見守りロボットを健康管理に活用することで，健康管理を介護施設全体に拡大することが望まれる．

Caregiving health care system for human-robot cooperation,
Yumi Yonezawa, Kensuke Ohno, Ryo Saegusa,
Department of Robotics and Mechatronics, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology.

3. 方法

施設利用者と見守りロボットが協調してバイタル計測を行い，職員が遠隔でバイタル情報を閲覧確認する介護ヘルスケアシステムを提案する．介護施設のバイタル計測は，職員が利用者に接触し，計測器を取り付けて計測を行い，データを介護記録システムに手動入力する流れが一般的である．上記の流れを本システムで自動化することを試みる．遠隔診療向けの業務支援システムはこれまでにも提案されているが[1,2]，介護施設でのロボットによる計測の事例は少なく，介護教務の効率化において本システムの機能は有効であると予想される[3]．

本システムでは見守りロボットが施設利用者を認識して接近し，バイタルセンサを搭載したアームによりバイタル計測を行う．見守りロボットによるバイタル計測の状況を図１に示す．見守りロボットに搭載されたバイタルセンサを用いて計測対象者の脈拍と血中酸素濃度(SpO_2)を計測する．バイタル情報は見守りロボット内部のファイリングシステムで記録され，中継サーバに伝送される．バイタル情報はネットワークに接続された職員用の端末で閲覧確認できる．介護ヘルスケアシステムのシステム構成とバイタルセンサを図２に示す．

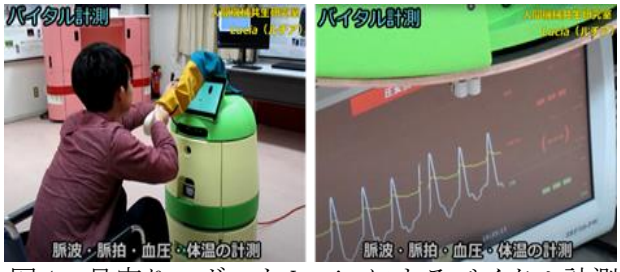


図 1. 見守りロボット Lucia によるバイタル計測

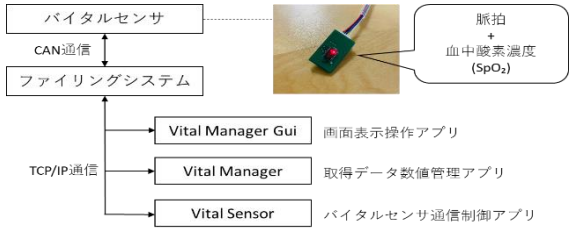


図 2. システム構成とバイタルセンサ

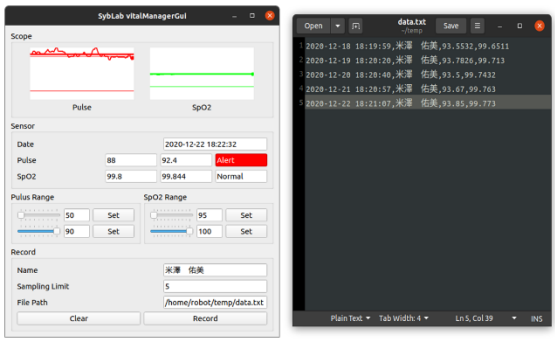


図 3. バイタル計測の結果

表 1. バイタル計測の所要時間

	準備		計測		評価		合計時間
	対面	接触	仮計測（安静化）	本計測（記録）	過去データとの比較表示	職員と確認	
実験者の（職員）計測時間[s]	5	5	20	60	20	10	120
被験者の（利用者）計測時間[s]	5	5	20	60	10	5	105

4. 実験

本システムの有効性を検証するため，20 代と 30 代の健常者を被験者として，バイタル計測を行った．実験では被験者は着座して安静な状態となるまで待機し，机上に肘をついた状態でセンサを軽く握らせて計測した．採取したデータは職員用の端末上でグラフ及び数値として表示し，端末内にデータファイルとして記録保存する機能を検証した．

検証 1 では被験者のバイタル計測時にバイタルセンサ値の変動を撮影した．撮影したバイタルセンサ値と画面に表示された数値を比較してデータ採取の確認を行った．データ上で差異がないことを確認し，バイタルセンサの実測値と記録保存したファイルの数値を照合した．以上の試行を複数回行った．検証 2 では本システムによる業務の効率化を計測データに基づいて分析した．本検証では実験者がシステムを操作した場合と被験者自らがシステムを操作した場合の所要時間を比較し，所要時間の差から業務の効率化を評価した．

検証 1 のバイタル計測の結果を図 3 に示す．本システムを用いてバイタルセンサの実測値を記録し，記録したデータの画面表示や採取データのファイルが保存されていることが確認された．同様の実験を複数の被験者に行い，個人ごとにデータが記録管理されていることを確認した．以上の結果から，介護施設の現場への運用導入についての目途が立ったと考えられる．

検証 2 のバイタル計測結果を表 1 に示す．実験者が施設職員の想定で計測した場合の所要時間は 120 秒であり，被験者が施設利用者の想定で自ら計測を行った場合の所要時間は 105 秒であった．この所要時間の中で「準備」「計測」及び「評価」のうちの「過去データとの比較表示」を合計した 100 秒間は，施設利用者がバイタル計測に十分慣れていれば職員が不在であっても良い時間帯であるため，この時間分を業務時間より省略することが可能である．

仮に介護施設で 1 日 3 回 50 人分のバイタル計測を行う場合，本システムと見守りロボットの導入によってバイタル計測が自動化されれば，1 日あたり 15000 秒(4.17 時間)の作業時間の削減される．この作業を職員 4 名で行う場合，8 時間勤務で約 13%の業務の効率化が見込める．また，バイタル計測による時間的な拘束が解消されれば，職員に余裕が生まれ，精神的負担の改善にも貢献できると考えられる．

5. まとめ

本研究では、施設利用者の効率的な健康管理を目的として、見守りロボットと職員の業務における連携を支援する介護ヘルスケアシステムを提案した．実験を通して，バイタルデータが個人ごとに正しく記録管理されていることを確認した．また，施設職員による計測と施設利用者による計測について所要時間を比較評価し，介護施設での 8 時間勤務の業務を約 13%削減できる試算を得た．今後はバイタル計測可能な施設利用者を自動判定する機能を付加してデータの信頼性を高め，バイタル情報を自動収集する際の安全性を向上させる．また，血圧やグルコース値などの計測項目を取り入れることで，統合的な健康管理システムの構築を目指す．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H03558 の助成を受けた．

引用・参考文献

[1] 野本愼一，内海桃絵，笹山哲，出木谷寛，心をつなぐクラウド型在宅医療情報共有システム - 中山間地域における実証実験報 - ，日本老年医学会雑誌，54 巻，2 号，pp. 165-171，2017.
[2]小林直樹， ユーザーインターフェイス改善を目的とした遠隔診療用アプリケーションと診察補助装置の開発−診療所要時間の改善効果−，日本遠隔医療学会，14 巻，2 号，pp. 105-108，2018.
[3] 串間宗夫， 荒木賢二， 鈴木斎王， 山崎友義，曽根原登， TETDM を用いた介護記録内容の分析，医療情報学，35 巻，5 号，pp. 229-238，2015.

高齢者向けコミュニケーションシステムによる認知症の予防

山元　百合子　　大野　健介　　三枝　亮
神奈川工科大学　創造工学部　ロボット・メカトロニクス学科

1. はじめに

高齢人口の増加に伴い，認知症への対策が医療介護分野のみならず社会全般の課題となっている．高齢者の認知症を予防する有効な手段として日常的なコミュニケーションを維持することが挙げられるが、地域とのつながりが乏しい高齢者や独居する高齢者にとって，コミュニケーションの機会を確保することは難しい．高齢者が円滑にコミュニケーションを行うためには，会話に集中できる環境を整えることや，ゆっくりと話しかけて反応を待つことが重要である．このような配慮のもとで日常的に会話を行うことが，認知症の予防や進行を遅らせる効果を生むとされている[1]．記憶力は 40 代から 70 代にかけて単調減少する傾向が示されており[2]，会話に十分な時間をかける必要がある．しかしながら，看護師や介護職員が現場でこのような対応を担うことは現実的には難しい．

近年は人工知能を利用した音声アシスタントやコミュニケーションロボットが普及し，医療介護分野での利活用が始まっている．コミュニケーションのシステム代替において，ゲーム型授業応答システムの事例では，「考えを口に出す」「質問し合う」「教え合う」などの相互作用が集団内で創出されることが示されている[3]．脳トレゲームの活用例では，日常生活に密接な認知機能を向上させる可能性が見出されている[4]．

本研究では高齢者の認知機能の活性化を目的として、対面者に問いかけを行う高齢者向けコミュニケーションシステムを提案する。本システムは音声合成と音声認識を用いて問いかけを行い、話題に関する記憶や演算の機会を創出することで，認知症の予防に効果的なコミュニケーションを実現する．本稿ではコミュニケーションシステムを用いて，散文記憶と暗算を組み合わせた問いかけを行い，記憶度や理解度への効果について検証する．

Elderly-designed communication system to prevent dementia,
Yuriko Yamamoto, Kensuke Ohno, Ryo Saegusa,
Department of Robotics and Mechatronics, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology.

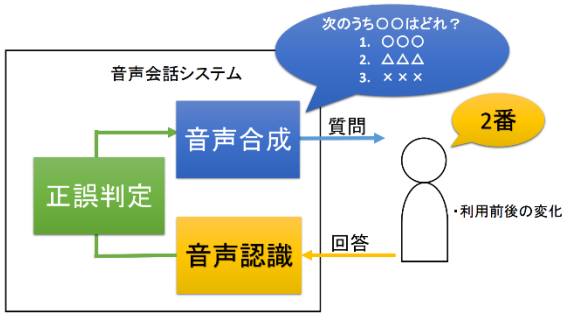


図 1. コミュニケーションシステムの構成

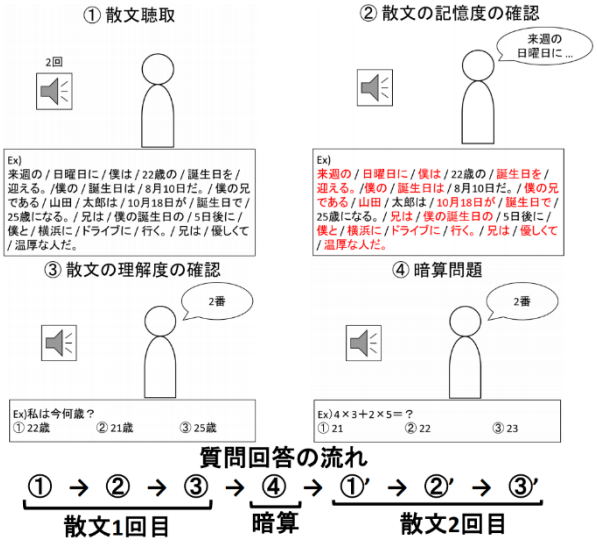


図 2. 問いかけと答えの流れ

2. 提案手法

対面者に問いかけを行う高齢者向けコミュニケーションシステムを実現する上で，高齢者を会話に引き込み効率的に発話を促すためには，日常的な受け答えよりも問いかけと答えの形式の方が適していると考え，システムが簡潔な散文を読み上げて，3 つの選択肢より 1 つを選んで回答する方式とした．本システムの構成を図 1 に示す．散文，散文に対する問題，問題に対する解答の選択肢について，読み上げは全て音声合成で行う．対面者には解答の選択肢のなかで最も適した解答の番号 1, 2, 3 のいずれか 1 つを回答させて，その音声をシステムで認識する．

表 1. 散文記憶度と質問正答率

	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5
散文記憶度［%］	91 → 95 (+4)	91 → 100 (+9)	91 → 96 (+5)	70 → 71 (+1)	87 → 91 (+4)
質問正答率［%］	90 → 100 (+10)	90 →100 (+10)	80 → 100 (+20)	80 → 90 (+10)	80 → 100 (+20)
回答時間［sec］	77 → 49 (-28)	97 → 53 (-44)	93 → 62 (-31)	74 → 62 (-12)	99 → 52 (-47)

※実験① (暗算なし) → 実験② (暗算あり)

表 2. 設問ごとの正誤（暗算なし）

	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5
第1問	○	○	○	○	○
第2問	×	×	×	×	×
第3問	○	○	×	×	○
第4問	○	○	○	○	×
第5問	○	○	○	○	○
第6問	○	○	○	○	○
第7問	○	○	○	○	○
第8問	○	○	○	○	○
第9問	○	○	○	○	○
第10問	○	○	○	○	○

表 3. 設問ごとの正誤（暗算あり）

	被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5
第1問	○	○	○	○	○
第2問	○	○	○	○	○
第3問	○	○	○	○	○
第4問	○	○	○	○	○
第5問	○	○	○	○	○
第6問	○	○	○	○	○
第7問	○	○	○	○	○
第8問	○	○	○	○	○
第9問	○	○	○	×	○
第10問	○	○	○	○	○

音声合成では AITalk，音声認識では Julius を処理エンジンとして用いてシステムを実装した．音声認識については本システムの問いかけに特化した辞書を作成し，認識精度を向上させた．

3. 実験

本コミュニケーションシステムを用いて，散文記憶と暗算を組み合わせた問いかけを行い，記憶度と理解度への効果について検証した．本システムによる問いかけと答えの流れを図 2 に示す．実験では 2 つの散文の聴取と質問回答を行った．被験者にはシステムが読み上げる散文を聴取させ，散文記憶度を確認し，その後に散文の内容に関する質問を行い，選択肢の番号を回答させた．散文の長さは先行研究を参考に 25 文節程度の長さとした．散文の読み上げは 2 回行い，散文記憶度の確認はシステムではなく実験者が行った．この確認では散文の聴取後に聴取した散文の内容を説明させ，説明できた分節数から記憶度を算出する．例えば，25 分節中で 10 文節の内容を説明できた場合，散文記憶度は 40%となる．その後の質問回答では，散文の内容に関する質問を 10 題出題した．質問内容は単語を思い出す記憶問題と，散文中に登場した数字を用いた簡単な暗算問題とした．

実験では，散文の記憶と理解に対する暗算の効果を検証するために被験者を 2 群に分け，散文聴取と質問回答を 2 回連続して行う群と，1 回目と 2 回目の間に暗算を行う群について，散文記憶度と質問正答率を調べた．表 1 に暗算なしの群と暗算ありの群の散文記憶度と質問正答率を示す．表 2，3 に設問ごとの正誤を示す．各群の被験者は 20 代から 30 代の健常者 5 名として実験を行った．表中の奇数番号は記憶問題，偶数番号は暗算問題に対応する．

実験の結果，暗算なしの群に比べて暗算ありの群は記憶した文節数が増加し，質問正答率も向上した．回答時間も暗算ありの群の方が短かった．コミュニケーションに暗算を導入することで，散文の記憶や理解，反応の早さを向上させる効果がある可能性が示された．

4. まとめ

本研究では対面者に問いかけを行う高齢者向けコミュニケーションシステムを提案し，話題に関する記憶や演算の機会を創出する方法を検討した．単純な散文記憶と比較して暗算を導入した場合は，散文記憶度，質問正答率，回答時間がそれぞれ向上した．高齢者の認知機能の活性化において、暗算を必要とする会話は記憶と演算を誘導するため有効であると予想される．今後は，高齢者の集団を対象に再検証を行う．また，本システムに機械学習を導入し発達に応じた難易度の自動調整を試みる．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H03558 の助成を受けた．

参考文献

[1] 池田学，認知症者のコミュニケーション，高次脳機能研究，35 巻，3 号，2015.

[2] 八田武志，永原直子，岩原照彦，伊藤恵美，中高年者を対象とする単語記憶と散文記憶の基準値について，人間環境学研究，3 巻，1 号，2015.

[3] 山内真理，Kahoot!による学生参加の促進－ゲーム要素による学習態度の変容－，コンピュータ&エデュケーション，43 巻，2017.

[4] 野内類，川島隆太，脳トレゲームは認知機能を向上させることができるのか？，高次脳機能研究，34 巻，3 号，2014.

歩行リハビリシステムによる歩行パターンの計測と解析

賀川　智紀　　大野　健介　　三枝　亮

神奈川工科大学　創造工学部　ロボット・メカトロニクス学科

1. はじめに

近年の医療従事者の人材不足を背景として，病院ではロボットや AI システムの活用に期待が高まっている。歩行のリハビリテーションでは，歩行の機能を正しく評価するために動作計測を行い，歩行特徴を定量的に分析する必要がある。しかしながら、リハビリテーションの現場では動作計測を行う時間的余裕がないために，簡易な撮影を行って定性的に分析することがある。

歩行リハビリテーションの動作支援では身体に装着して関節のトルクを増幅させる外骨格型の装置が提案されている[1]．歩行動作の計測では加速度センサやモーションキャプチャなどが用いられるが[2]，センサやマーカの装着を必要とする場合が多い．測域センサを用いた計測方法はセンサを装着せずに歩行時の脚位置を検出するため[3]，歩行特徴の分析を行う上での実用性は高いと考えられる．

本研究では歩行リハビリテーションにおける歩行特徴の定量的な分析を目的として、歩行動作を自動計測するシステムを提案する。本システムを用いてリハビリ患者を模擬した歩行パターンを計測し、歩行軌跡の記録と歩行動作の分節化を試みる．

2. 提案手法

本研究では歩行リハビリテーションにおいて患者を計測誘導するための歩行支援ロボットを開発している．歩行支援ロボットを図 1 右に示す．本ロボットは測域センサ，全方向駆動機構，力覚センサ，接触検知カバーを備え，自律移動して歩行者の歩行パターンを計測し，歩行の追従誘導を行う．本稿では歩行パターンの計測と解析に注力するため，同ロボットのスケルトンを用いた．スケルトンを図 1 左に示す．スケルトンは筐体上に測域センサと電源装置のみを搭載した静的な計測システムである．



図 1　歩行支援ロボット(右)とスケルトン(左)

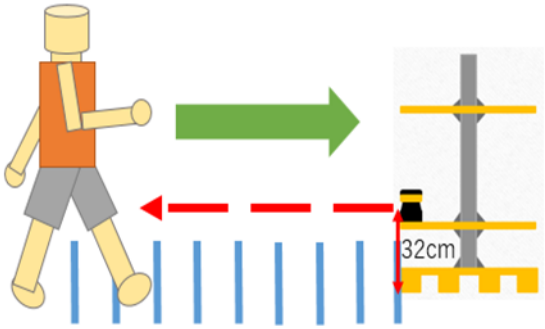


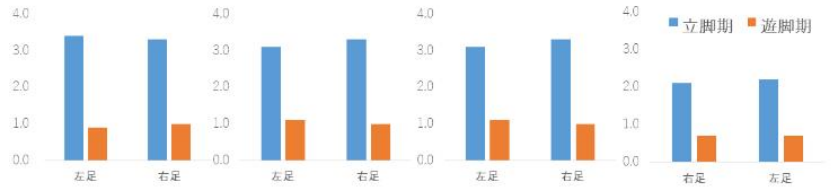
図 2．測域センサによる歩行時の計測状況

本研究で用いる測域センサは水平面内の物体までの距離を 270 度の視野角で計測する．計測値はネットワークを介して計算機に伝送され，物体の 2 次元位置座標が取得される．本計測システムは人物が所定の領域に立つことを合図として，両脚を独立して認識する．測域センサによる歩行時の計測状況を図 2 に示す．

歩行パターンの計測においては，連続するフレーム間での位置関係から両脚を連続的に追跡する．測域センサに対して横向きとなった際に一方の脚が隠れてしまうことがあるが，計測システムが補完することで両脚の追跡が維持される．本システムでは追跡中の両脚の速度情報から着地のタイミングを検出し，立脚遊脚の状態を判定する．以上の計算処理により，歩行動作が分節化される．

Gait pattern measurement with gait rehabilitation systems
Tomoki Kagawa, Kensuke Ohno, Ryo Saegusa
Department of Robotics and Mechatronics, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology

表 1. 立脚期と遊脚期の時間と歩行周期に対する比率



	通常歩行		杖歩行		コーン1周		ターン	
	左足	右足	左足	右足	右足	左足	左足	右足
立脚期	3.4	3.3	3.1	3.3	2.1	2.2	2.2	2.1
遊脚期	0.9	1.0	1.1	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7
歩行周期に占める立脚期の割合	0.79	0.77	0.74	0.77	0.75	0.76	0.76	0.75

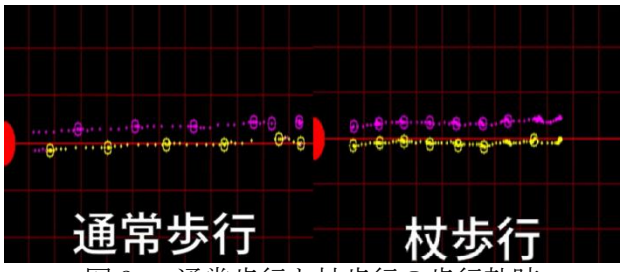


図 3. 通常歩行と杖歩行の歩行軌跡

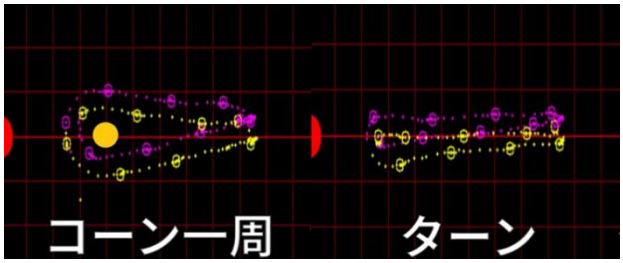


図 4. コーン一周とターンの歩行軌跡

3. 実験

本計測システムを用いて複数の歩行パターンを計測し評価した．本実験では保健学の知識を持つ30代男性が被験者(身長171[cm])として健常者と片麻痺患者の歩行パターンを模擬し，0.5[m]間隔の目印を着地目標として 5.0[m]の歩行路を歩行した際のデータを計測した．歩行パターンごとの軌跡を図 3, 4 に，立脚期と遊脚期の時間と歩行周期に対する比率を表 1 に示す．歩行パターンは通常歩行，杖歩行，コーン一周，ターンの 4 種類とし，歩行の始めと終わりの 1.0[m]を除外した 3.0[m]について計測データを採取した．

通常歩行時の着地推定位置に関する標準偏差は 0.02[m]であった．歩行速度は通常歩行では 0.71[m/s]，杖歩行では 0.34[m/s]であった．杖歩行では両脚の間で立脚期/遊脚期の比率に有意差が認められ，健常脚の立脚期/遊脚期の比率が顕著に大きかった．コーン 1 周とターンの比較でも立脚期/遊脚期の比率に有意差が認められた．

以上の結果より歩行の対称・非対称は，立脚期/遊脚期の比率によって判定できることが示唆された．また，コーン 1 周とターンでは折り返し時の回転半径が異なるが，立脚期/遊脚期の比率について両脚での有意差は認められなかった．外側の脚は内側の脚よりも大きく移動するため遊脚期が長いと予想したが，実際は方向転換時の脚の振り出し速度の変化によって，両脚の経路差を吸収していた．すなわち，本被験者の場合では，方向転換時に両脚のリズムが崩れない歩行となっていた．

4. まとめ

本研究では歩行動作を自動計測するシステムを提案した．本システムで歩行軌跡を記録し歩行動作を分節化することで，歩幅，歩行速度，立脚期/遊脚期の比率などの歩行特徴の定量化が可能となり，これらの歩行特徴から歩行の対称性や方向転換の状態を評価できることが示唆された．今後はリハビリ中の軽度の患者を対象に，本計測システムの有効性を検証する予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H03558 の助成を受けた．

参考文献

[1] Hideki Kadone, et al., Dropped head syndrome attenuation by hybrid assistive limb: a preliminary study of three cases on cervical alignment during walking, Medicina, 56(6), 291, 2020.

[2] 岩橋洋子，三次元解析装置を用いた歩行中の足部の動きの分析-下腿・踵骨・前足部に着目して-，理学療法科学，26 (3)，pp.371-375，2011.

[3] 萬礼応，追従対象の状態と運動特性に基づく相関処理を用いた運動・認知機能評価のための歩行計測システム，慶應義塾大学博士論文，4434号，2016.

機械学習による対象物の把持位置の検出

松浦　孝欣†　　大野　健介†　　三枝　亮†

神奈川工科大学 創造工学部 ロボット・メカトロニクス学科†

１．はじめに

近年,家庭内や介護施設での利用を想定した生活支援ロボットの実用化について期待が高まっている.生活支援ロボットでは,重要なタスクとしてコップやリモコンなどの日用品を把持することが挙げられるが,タスクの実現には物体の最適な把持位置や把持方向を検出する必要がある.本研究では対象物に関する多方向からの画像情報と把持するロボットの身体情報に基づいて対象物の最適な把持位置と把持方向を検出する方法を提案する.本手法では,把持のしやすさを表す特徴量を求め,その特徴量が最も高い位置を最適把持位置とし,最適把持位置を視覚的に最も捉えている方向を最適把持方向として検出する.

２．研究背景

ピッキングロボット向けの把持位置検出法は,これまでに多数提案されており,モデルマッチングによって把持位置を検出する手法,機械学習を用いて把持位置を検出する手法,Deep Learningを用いて把持位置を検出する手法に大きく分類される.モデルマッチングを用いた手法は,Domaeらにより提案された Fast Graspability Evaluation[1][2]（以下 FGE）が挙げられる.FGE は工業用部品などの決められた部品が複数存在する状況での把持位置検出を得意とする.一方で,機械学習を用いた手法は学習データを多数用意することで,見え方や形状の変わる物体に対しても把持位置を検出できる.そのなかでも Deep Learning を用いた手法が近年注目されている.Lenz らにより提案された二段階の DNN による把持位置検出法[3]は,規模の異なる二つの Deep Neural Network（DNN）を用意して二段階の処理により把持位置を高精度に検出することが出来るが,アルゴリズムが複雑化し学習と識別に時間がかかってしまうという欠点がある.これに対し,Araki らは把持可能性（Graspability）[4]を導入した Deep Convolutional Neural Network（DCNN）を提案し,少ない計算で学習データに含まれない未知の物体の把持位置を高精度に検出することに成功している.

しかしながら,物体は設計・製造された時点で固有の機能を有しており,その物体に適した持ち方が存在する.従って,物体の最適な把持位置を検出するために物体の機能が発揮される部位（機能領域）を認識する必要がある.くぼみやアーチ型など 3 次元的な物体形状に関する考慮や,家庭環境下ではモデル利用が困難な一般的な物体認識が求められることを踏まえ,Iizuka 等は 3 次元的な位置関係を考慮した denseCRF を提案し、日用品の機能属性を高精度に認識する手法[5]を提案した.しかし,これらの手法では,一方向から物体を見て判断し最適把持位置を検出しているため,方向によっては対象物の持ち手や取手が見えない場合や,ロボットアームの視野方向から一番持ちやすい位置が検出されない場合などが存在する.

３．提案手法

本研究では,多方向から対象物を見て対象物の機能領域を認識し,持ち手に当たる機能領域が映っていない,もしくは認識できていない方向を把持に適していない方向と認識する.さらに,持ち手に当たる機能領域が見える方向で,持ち手の機能領域が広い場合に把持に適していると認識する.これにより,ロボットアームが持ち手に相当する機能領域を認識し難い方向から無理に把持をするのではなく,自ら把持しやすい方向を検出して対象物を把持しやすい方向から適切に把持できるように対象物の認識を行う.

提案手法のアルゴリズムフローを図 1 に示す.本研究のアルゴリズムは,既存手法（denseCRF）を参考にした手続きで物体を機能領域ごとに識別し,機能領域ごとに色分けする.次に,持ち手に当たる機能領域の面積と物体全体の面積を計測し,持ち手に当たる機能領域の面積が物体全体の面積に対して占める比率を算出する.ここで,最も面積の大きい方向を最適把持方向とする.提案手法を検証するために実験を行った.実験では,ロボットが多方向から対象物を見るという状況を再現するために, 持ち手が手前側にある姿勢を基準姿勢として対象物を 30 度ずつ回転させた画像 12 枚について,最適な把持位置と把持方向を認識させた.

Position Detection for Object Grasping based on Machine Learning,

†Koki Matsuura, Kensuke Ohno, Ryo Saegusa,

†Department of Robotics and Mechatronics, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology

種類	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
ヘラ	0.468	0.532	0.486	0.593	0.388	0.304	0.245
ニッパー	0.729	0.734	0.716	0.823	0.608	0.682	0.760
カップ	0.000	0.000	0.162	0.165	0.088	0.011	0.004

表 1　物体の姿勢角度に対する持ち手領域の面積比率

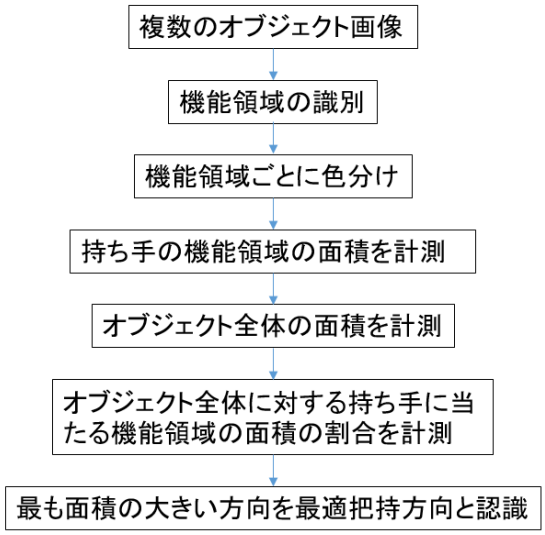


図 1　アルゴリズムフロー

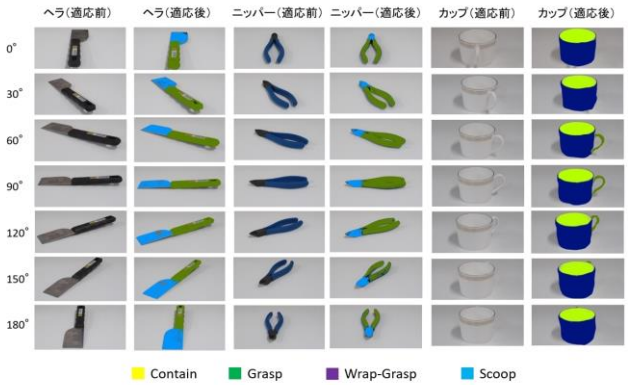


図 2　物体の機能領域の分類結果

４．実験結果

物体の機能領域の分類結果を図 2 に,物体の姿勢角度に対する持ち手領域の面積比率を表 1 に示す.全ての物体について持ち手部分が 90 度に向いているときに最も把持しやすいと検出された.物体が 90 度に向いている場合,実際に持ち手の側面部分が大きく映り,持ち手領域の面積比率が大きくなった.物体の掴みやすさはロボットハンドの機構や形状に依存して異なるが,本研究で提案する物体全体に対する持ち手領域の面積比率はつかみやすさの指標としてロボットハンドの把持制御に利用できる可能性がある.ピンチグラスプ（摘まみ把持）を行う場合は持ち手が大きいと持ちづらい場合もあるが，一般的に接触面積が大きいとグリップ力も大きくなるため,持ち手の面積が大きい方が単純な構造のロボットハンドには把持しやすくなると考えられる.

５．まとめ

本研究では,既存手法では不十分であった物体の 3 次元性に着目し，持ち手部分の機能領域の面積比率を最大化する位置及び方向を検出する方法を提案し,実験により最適な把持位置及び方向を検出できることを検証した.今後は,実際のロボットアームを用いて最適位置方向からの物体把持制御を行う予定である.

謝辞

本研究は JSPS 科研費　18H03558 の助成を受けて実施された。

参考文献

[1] Y. Domae, H. Okuda, Y. Taguchi, K. Sumi, and T. Hi-rai, “ Fast graspability evaluation on single depth mapsfor bin picking with general grippers”, International Conference on Robotics and Automation, pp.1997-2004, 2014.

[2] 真野航輔,長谷川昂宏,山内悠嗣,山下隆義,藤吉弘亘,堂前幸康,川西亮輔,関真規人:「固有値テンプレートによる Fast Graspability Evaluation の高速化」日本ロボット学会学術誌,2017

[3] I. Lenz, H. Lee and A. Saxena:“Deep Leaning for Detecting Robotic Grasps,”International Journal of Robotics Research, vol.34, no.4-5, pp.705-724, 2015

[4] 荒木諒介,長谷川昂宏,山内悠嗣,山下隆義,藤吉弘亘,堂前幸康,川西亮輔,関真規人:「Graspability を導入した DCNN による物体把持位置検出」日本ロボット学会学術師,Vol.36,No.8,pp.559~566,2018.

[5] 飯塚正樹,秋月秀一,橋本学:「物体形状を考慮した denseCRF による機能属性認識の高精度化」電気学会論文誌 C,　vol.138,　No.9, pp.1088-1093,2018

口腔インターフェースによる感覚運動と機器の知覚操作

Oral Interface to Extend Sensory-Motor Functions to Perceive and Operate Devices

西園　魁人　　大野　健介　　三枝　亮
Kaito Nishizono　　Kensuke Ohno　　Ryo Saegusa

神奈川工科大学　創造工学部　ロボット・メカトロニクス学科
Department of Robotics and Mechatronics, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology

1. はじめに

脊髄損傷や ALS による麻痺患者の自立支援では，患者自身が残存する感覚運動機能を用いて支援機器を知覚し，操作することが重要である．身体麻痺において口腔は感覚運動の解像度が高く機能が残存することも多いため，機器の知覚操作を行うための身体部位として有望であると考えられる．本研究では麻痺患者の自立支援を目的として，口腔内の感覚運動機能を拡張し機器を知覚操作するためのインターフェースを提案する．口腔インターフェースのデザインを口腔内部の歯列に装着可能な形状とすることで機器の操作性を高め，利用時の疲労感や発話への支障を低減する．

2. 口腔インターフェース

口腔向けのインターフェースの先行研究では，口腔内部に検知部を挿入する方法が提案されているが[1]，検知部が口腔に固定されないため，利用時の状態は制限される．本研究では口腔内部の歯列に装着可能なインターフェースを提案する．本形状を導入することで舌圧を有効に検知部へ伝達して機器の操作性を高め[2]，利用時の疲労感や発話への支障を低減させる．また，コミュニケーションを活性化するツールとしての利用も検討する[3].

提案する口腔インターフェースは，シリコンマウスピース筐体，ABS 樹脂基板，シリコンキャップにより保護された検知部より構成される．マウスピースを用いて検知部を口腔内部に固定するため，利用時の疲労や発話への支障も軽減されると考えられる．

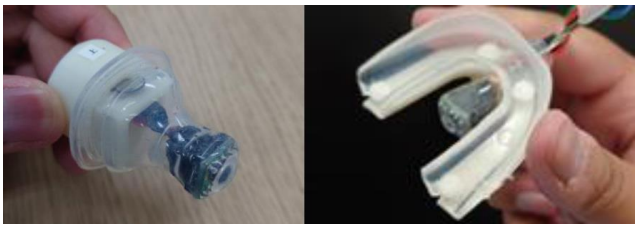


図 1. 口腔インターフェース
（左:哺乳瓶型，右：マウスピース型）

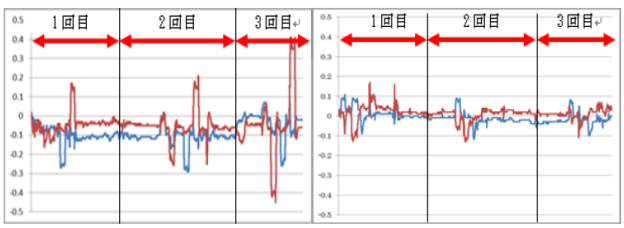


図 2. 動作データ（左:哺乳瓶型，右：マウスピース型）

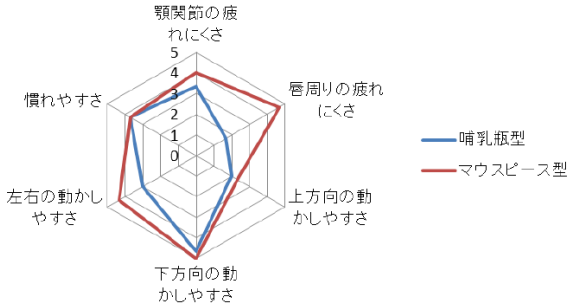


図 3. 利用時の主観評価

3. 実験

マウスピース型と哺乳瓶型の口腔インターフェースについて，操作性や疲労感を比較，検証するための実験を行った．被験者は着座した状態で哺乳瓶型を装着し，口腔内で舌を介して検知部を上下左右に傾ける操作を行い，マウスピース型に装置を交換して同様の操作を行った．それぞれの口腔インターフェースで計測した動作データを PC 端末に取り込んで記録，比較した．実験後，被験者に疲れにくさなどの評価項目を 5 段階で主観評価するアンケートを行った．図 2 の縦軸は角速度[rad/s]，横軸は時間経過を表し，青線は上下方向，赤線は左右方向の動作を示す．

実験結果によるとマウスピース型は哺乳瓶型よりも固定に優れており，操作が安定して経時的な変化も起こりづらかった．口腔インターフェースを歯列全体で固定することで負荷が分散し，局部的な疲労も軽減された．

4. まとめ

本研究ではマウスピース型の口腔インターフェースを提案し，利用時の操作性や疲労度について検証した．実験結果によると提案するインターフェースを用いた場合は，操作が安定して疲労が軽減されることが分かった．今後は口腔の感覚運動機能を統合して利用者に伝達することで，機器の知覚と操作を同時に実現し，本インターフェースによる身体拡張の機能を向上させる．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H03558 の助成を受けた．

参考文献

[1] 梶川伸哉, 高野遼太, 舌によるスティック操作と力感覚特性の計測, 人間工学, 52 巻, 3 号, 2016.
[2] 小野 高裕, 堀 一浩, 藤原 茂弘, 他, 咀嚼・嚥下における舌圧の意味と可能性, 日本補綴歯科学会誌, 8 巻, 1 号, 2016.
[3] 池田学, 認知症者のコミュニケーション, 高次脳機能研, 35 巻, 3 号, 2015.

手指インターフェースによる運動転写とリハビリの自立支援

Finger Interface and Motion Mirroring for Self-Support Rehabilitation

野村　知広　　大野　健介　　三枝　亮
Tomohiro Nomura　　Kensuke Ohno　　Ryo Saegusa

神奈川工科大学　創造工学部　ロボット・メカトロニクス学科
Department of Robotics and Mechatronics, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology

1. はじめに

厚生労働省の報告によると，脳血管疾患の治療や経過観察で通院している患者数は 118 万人に達している．脳血管疾患による手指麻痺のリハビリテーションでは鏡像療法が適用される場合があるが，手指の屈曲進展の動作は療法士によって支援されることが多い．運動機能の回復には対象部位の運動を繰り返し行うことが重要であるため，鏡像療法においても患者が自立して手指動作を行えるような支援装置があれば有用であると考えられる．本研究では手指リハビリテーションの自立を目的として，患者のみで着脱可能な手指インターフェースを提案する．本インターフェースが自律駆動することでインターフェースの着脱を簡易化し，手指動作のリハビリテーションを促進する．

2. 手指インターフェース

手指動作のリハビリテーションを行うインターフェースには様々な構造や方法が提案されており，手腕の解剖学的な構造に基づいたロボットアームや手指麻痺に特化したパワーグローブなどが検討されている[1,2,3]．しかしながら，支援装置の着脱には療法士の手助けを必要とする場合が多く，患者個人による装置利用の妨げとなっていた．本研究では着脱時の問題をインターフェースの自律駆動と手指に親和した装着部のデザインを導入し解決を試みる．

手指インターフェースはワイヤリンク機構をモータ駆動することにより，手指を屈曲進展させる．本インターフェースでは，図 1 に示されるように装着部が指を包み込むように駆動し，装着部と指が面したところで健常な側の手で装着部を指を軽く押し込むことで装着が完了する．装着部は TPU 製の弾性素材のため，少しの加圧で指に装着することができる．駆動時に装着部が指から脱落することを防ぐため，装着後にコの字型の固定具を手動で取り付ける．以上のように，手指インターフェースが装着時に自律駆動することで，患者が独立で手指インターフェースを利用することが可能となる．

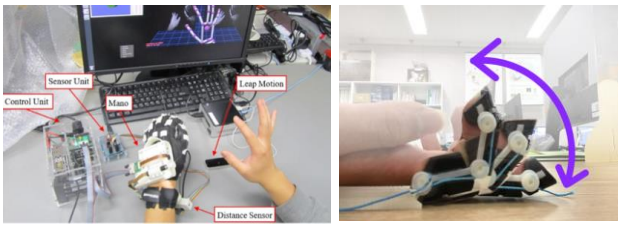


図 1. 手指インターフェース Mano(左)
及び，装着時の駆動制御(右)

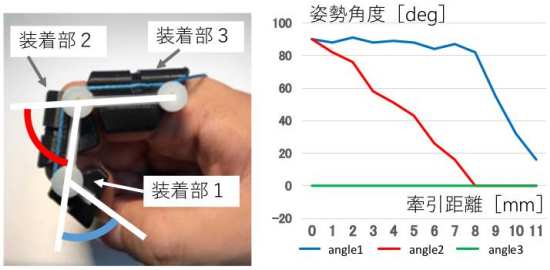


図 2. 装着部(左)とワイヤ駆動時の姿勢角度(右)

3. 実験

実験ではワイヤリンク機構によって図 2 の写真に示される装着部 1，2，3 を牽引し， 装着部 3 を基準姿勢として装着部 1 の姿勢角度(青)と装着部 2 の姿勢角度(赤)を計測した．ワイヤの牽引距離に対する装着部 1，2 の姿勢角度を図 2 のグラフに示す．牽引距離が 8［mm］と 11[mm]に達したときに，装着部 2 と装着部 1 がそれぞれ伸展を開始した．ワイヤリンク機構の動作特徴として装着部 2 が完全に伸展してから装着部 1 の姿勢が変化し，装着部 1 の姿勢はワイヤ牽引が 8[mm]から 11[mm]の区間で変化することが確認された．これはワイヤが全ての装着部を経由しているため，装着部が指の根元に近い順に伸展し，伸展が完了するまでリンク回転を牽引するためである．なお，装着部 3 の姿勢を基準姿勢としたため，グラフでは装着部 3 の角度を 0 度として示している．

4. まとめ

手指リハビリを行うためのインターフェースを提案し，装置を自立駆動させることで装着性が向上した．実験を通して，TPU 製の装着部と ABS 製のリンクを組み合わせたワイヤリンク機構が手指の屈曲進展に有効であることが示された．TPU は手指への親和性が高く，ABS は駆動負荷への耐久性を高めている．また，ワイヤをループ状に設置することで，一組のワイヤとモータで手指の屈曲と伸展を実現した．今後は 5 指の屈曲進展の連動制御と患者を被験者とした装着時間の検証を行う予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H03558 の助成を受けた．

参考文献

[1] 有本卓, 田原健二, 吉田守夫, 趣旨の筋骨格と巧みさの厳選,日本ロボット学会誌, Vol.28, No.6, pp.682-688, 2010.
[2] 大島徹, 他, 一関節筋および二関節筋を含む筋座標系によるロボットアームの機能的特性-筋の収縮力とロボットアームの粘弾性, 精密工学会誌, Vol.66, No.1, 2000.
[3] 諸麦俊司, 他, 電空ハイブリッド駆動装置を用いる手指麻痺者用パワーグローブ, 日本機械学会, pp183-184, 2007.

ロボットアームによる身体接触とバイタル計測

Active Body Contact by a Robot Arm for Vital Measurement

大野　健介　　米澤　佑美　　三枝　亮
Kensuke Ohno　　Yumi Yonezawa　　Ryo Saegusa

神奈川工科大学　創造工学部　ロボット・メカトロニクス学科
Department of Robotics and Mechatronics, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology

1. はじめに

近年，医療介護現場では業務負担が増加する一方で職員人材を確保することは難しく，ロボットや福祉機器による業務支援や業務代替への期待が高まっている[1,2]．入院患者や入居者の体温や血圧などのバイタル項目は電子的に管理されているが，接触を伴う計測については職員が行うことが多く，計測行為を自動化する方法は確立されていない．本研究では，入院患者や介護施設利用者の自助的な健康管理を目的として，見回りロボットが能動的にアームを駆動制御して身体に接触し，バイタル計測を行うシステムを提案する．施設利用者が見回りロボットと協調的にバイタル計測を行うことで，健康管理への意識を高めるとともに現場職員の計測業務の負担を軽減する．

本稿ではバイタル計測項目のなかで接触を伴う計測が必要な脈拍と，臨床での診断で重視されている血中酸素濃度[3]を自動計測するシステムを提案する．本システムでは移動巡回ロボットのアーム先端にバイタルセンサを組み込み，対象者がロボットに手を差し出すと対象者の身体を認識して接触し，バイタル計測を行う．

2. 方法

バイタルセンサは赤外線の照射部と受光部を備えており，皮下血管に照射した赤外光の反射率から脈拍と血中酸素濃度を計測する．計測では図１に示されるようにロボットが患者の手腕の位置を検出してアームを伸展し，先端を対象者の指に接触させる．しかしながら，バイタルセンサと指の接触状態には揺れがあり，計測に誤差が生じることが多い．同一の計測対象者に対して毎計測時の接触状態を均一化し，計測精度を高める必要がある．そこでバイタルセンサへの指先の接触圧をバイタル項目と同時に計測し，計測状態を総合的に判定する．バイタルセンサの保護と接触圧の計測のため，TPU 製の弾性素材でバイタルセンサと圧力センサを被覆し，ABS 製の樹脂を基部とするセンサカバーを製作した．図２に製作したセンサカバーを示す．



図 1. ロボットアーム(左)とバイタルセンサ(右)

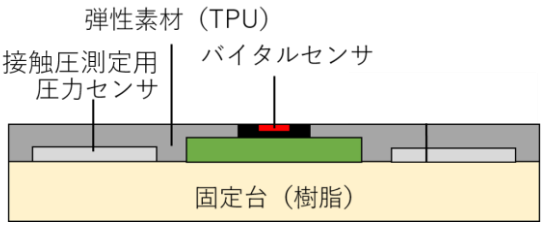


図 2. センサカバー（概寸 3cm×2cm×1cm）

表 1. 接触圧フィードバックの有無と計測値の偏差

	圧センサフィードバック有	圧センサフィードバック無
SpO2平均値（%）	99.2	98.6
SpO2標準偏差	0.95	2.19
脈拍平均値(回/分)	79.4	91.1
脈拍標準偏差	3.6	4.5

3. 実験

健常成人 3 名を被験者とし，脈拍及び血中酸素濃度の計測値の偏差を接触圧フィードバックの有無で比較した．各被験者は 1 秒間隔で 60 秒間計測を行い，取得した値の平均値と標準偏差を求めた．フィードバック有の被験者には，計測中の接触圧を予め測定した値に合わせるように指示した．フィードバック有の群はフィードバック無の群と比較し，脈拍，血中酸素濃度ともに標準偏差が有意に小さい結果となった．

4. まとめ

本研究では移動巡回ロボットが能動的にアームを駆動制御して身体に接触し，脈拍と血中酸素濃度を自動計測するシステムを提案した．これらの計測項目は接触を伴うため職員の支援を必要とする場合が多いが，本システムを用いることで計測対象者が自助的にバイタル計測を行うことが可能となる．今後は指先の接触状態の認識精度を高め，病院や介護施設の利用者集団よりバイタル情報を自動収集するシステムを構築する．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18H03558 の助成を受けた．

参考文献

[1] 山田憲嗣, 介護ロボットの現状と課題, 日本老年医学, Vol.52, pp.322-327, 2015.
[2] 伊藤正, 医療用ロボットとアクチュエータ, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.9, pp.677-679, 2015.
[3] 伊藤美奈子, 看護職が行うバイタルサイン測定の実態, 聖路加看護学会, Vol.19, No.1, 2015.

人間共生型ロボットと身体拡張インターフェースによる介護・医療・福祉支援

神奈川工科大学　三枝　亮

はじめに

近年、センサ、ＡＩ、ロボット技術の生活空間への導入が進み、これらの技術を活用した業務代行や生活支援についての事例が多く報告されている。成功している技術分野として、自動運転が挙げられる。自動運転は運転作業の代行において精度を高めているが、人間と運転エージェントの意思が相反するときには適切な対処が困難な場合があり課題となっている。別の技術分野としては、室内向け掃除ロボットに代表される自動清掃が挙げられる。自動清掃は市場経済的にも成功を収めているが、物の整理など環境や場所の意味的な理解を伴う作業への対処は未解決であり、今後の解決が期待される。

介護、医療、福祉支援の分野においても、これまでに様々な技術が提案され現場に導入されてきた。介護では電動車いすや食事支援ロボット、医療では電子カルテシステムや手術ロボット、福祉では自動読み上げ装置や視線認識システムなどが挙げられる。これらの支援機器は業務代行による職員負担の軽減や利用者へのサービスの質、安全性の向上に効果が期待されている。各界では原子力発電やゲノム編集などの技術利用に注目が集まっているが、介護、医療、福祉支援の分野においても個人の尊厳の観点から様々な議論がなされている。しかしながら、機器への依存による心身の変容や幸福な生活支援の在り方についての検討は十分ではなく、今後も継続的な議論が必要であると考えられる。

このような背景において、私たちは人間型共生ロボットや身体拡張インターフェースの技術を提案し、介護、医療、福祉支援への応用を模索してきた。研究の理念として、技術を介した人間の発達成長を掲げている。先に例示した自動運転や自動清掃の技術は人間が現場で今必要とする機能を補助する性格が強いが、介護、医療、福祉支援では、補助の提供に加えて補助が不要になるように支援することも重要である。本研究では個人が健康的に自立することを目指し、人間の発達成長を促す技術を提案してその効果を検証し、人間の心身の変容について理解を深めることをねらいとする。以降では、本研究の取り組みとして、人間共生型ロボットによる見守り支援と歩行リハビリ支援、口腔に対応した身体拡張インターフェースによる自立支援の事例を紹介する。

人間共生型ロボット Lucia（ルチア）

人間共生型ロボット Lucia（ルチア）による見守り支援、歩行リハビリ支援の事例を紹介する。Lucia は介護、医療、福祉支援の研究プラットフォームとして開発された自律移動型ロボットである。2014 年に 1 号機を製作して以来、5 号機まで製作しており、現在も改良が続けられている。2019 年には Lucia の見守り機能を基盤とした見守りロボット「くるみ」が製品化されている。

Lucia の見守り支援では、対人応対、夜間見守り、ベッド周辺検知、バイタル運動計測の機能要素が実装されている（図 1 左）。対人応対の特長としては、全身型の接触検知の機能が挙げられる。ロボットが障害物を回避して自動巡回しても、環境内にいる人間がロボットに積極的に接触する場合があり、人間との接触に友好的に対応できることが望ましい。Lucia は接触検知が可能な柔軟素材で全身を覆われており、接触に反応する一方で、意図しない接触により衝撃が発生しても人間とロボットの双方とも損傷しない。夜間見守りの特長としては、発見対象者の安否確認の機能が挙げられる。Lucia は介護施設のフロア地図に基づいて夜間巡回を行い、対象の形状と温度の特徴によって人物を検出するが、検出した人物が倒れている場合には職員への緊急通報を行う。検出した人物に声掛けを行い、応答がない場合には人物の姿勢情報に基づいて胸郭位置を推定し、温度カメラによる体温計測と体動センサによる呼吸確認を行う。人物検出のイベントは職員の端末に伝送されるが、これらの生体情報に基づいてレベル判定を付与することで、優先対応の必要性を判断する際の状況把握に有用である。

Lucia の歩行リハビリ支援では、歩行計測と歩行誘導の機能要素が実装されている（図 1 右）。歩行計測の特長としては、一歩ごとの歩行評価の機能が挙げられる。歩行練習者の両脚の速度情報から遊脚立脚の状態を認識し、歩幅や歩速などの情報を一歩ごとに計測評価して可視化することで、医師の診断や療法士の訓練を定量的に支援する。歩行誘導の特長としては、複合感覚刺激による誘導の機能が挙げられる。視覚では床面投影による踏み出し位置の知覚、聴覚では着地音による踏み出しリズムの知覚、触覚では姿勢崩れの知覚に介入し、歩行練習者と一緒に移動することで楽しく歩行練習を行うことができる。

身体拡張インターフェース Orale（オラーレ）

身体拡張インターフェース Orale（オラーレ）による自立支援の事例を紹介する。Orale は福祉支援の研究プラットフォームとして開発された口腔用インターフェースである（図 2）。Orale を用いて口腔内の舌運動と顎運動で外部機器を操作し、顔部と頸部の皮膚触覚に刺激を与えることで、口腔周辺の感覚運動機能のみで環境を能動的に知覚できる。Orale を介して Lucia を知覚操作することで脊椎梗塞の障害者でも遠隔にいる人物と会話し、身体的なコミュニケーションを行うことができる。



図 1.　Lucia による見守り支援と歩行リハビリ支援

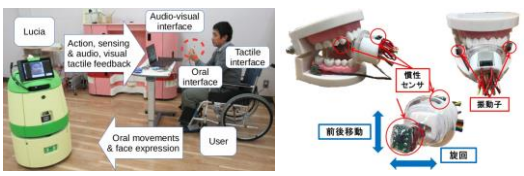


図 2.　Orale と Lucia の連動による自立支援