

2018 年度

東京大学 人工物工学研究センター
人工物と人との相互作用研究部門

移動ロボティクス研究室 (太田研究室) 研究紹介

〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
東京大学柏キャンパス総合研究棟 5F

URL: <http://otalab.race.u-tokyo.ac.jp>

メンバー

教授	太田 順
特任助教	白藤 翔平
博士課程学生	上西 康平, 井上 麗子, Hamdi Sahloul, 范 長湘, 高 思霄, 林 静思, Enrico Piovanelli, 李 冬冬, 田村 佳宏
修士課程学生	菅野 俊介, 伊藤 達真, 霧生 和樹, 張 春音, 竹内 暉英, 小林 雅史, 鐘 志航
学部 4 年生	常友 魁人, 石川 誠也
秘書	中村 綾子

研究の概要

我々は 1989 年から群知能ロボットの研究を行ってきました。我々は、「ある空間に滞在し、動作している人間」、「人間を支援する知的エージェントとしてのロボット」、「ロボットと人間が相互作用する環境」の三者から構成される系を考えてきました。我々は、動作計画手法、進化的計算、最適化学、制御工学等を理論的基盤として、ロボット工学、サービス工学、生産システム工学に関する研究プロジェクトを遂行しています。最終的には人間と相互作用し人間を支援するエージェントの知能並びに運動・移動機能を解明し、人を含むマルチエージェントシステム設計論の構築を目指します。現在は「マルチエージェントロボット」、「大規模生産／搬送システム設計と支援」「移動知、人の解析と人へのサービス」という 3 つの分野において研究を行っています。

具体的には以下のテーマについて研究を進めています。

マルチエージェントロボット

高齢者の感情の推定のための飛行船を用いた顔自動追従システム

3次元シーンにおける ICP の外れ値からの効率的な前景のセグメンテーション手法

小型移動ロボットの開発とマニピュレーション計画

大規模生産／搬送システム設計と支援

画像処理システムのカメラ視野、照明強度、および、前処理パラメタの自動設計

倉庫システムにおけるバッファサイズ的设计

移動知、人の解析と人へのサービス

ヒトの起立姿勢制御の筋骨格シミュレーション

複数の症状を再現可能な患者ロボットの開発

高密度多点表面筋電位計を用いた手腕運動の解析

腰椎の運動の計測手法の提案と腰部アシスト装置の開発

ウェアラブルデバイスを用いた食事時の同伴者有無の推定

高齢者の感情の推定のための飛行船を用いた顔自動追従システム

介護施設内において高齢者の方に適切な介護を行うためには、顔の表情を定期的に観察する必要がある。現在は、介護士が高齢者の顔を確認し、その顔に笑顔があるかどうかを判断基準とした観察が経験的におこなわれている。しかし、介護の必要な高齢者の数に対し介護士の数は十分とは言えず、定期的な観察が必要なこの手法は非効率であり介護士に大きな負担を強いている。そのため、人の顔を追跡しながら、表情の計測を行うことのできる何らかのシステムがあれば介護士の負担を減らすことができる。そこで、本研究は環境カメラと移動カメラを併用して人間の顔の追跡を行い、顔画像を撮影するシステムの構築を目的とする。

前提案手法では、人の顔画像を取得し、その人の感情の推測をおこなうことのできる、小型のカメラが搭載されたクアドロータを用いる。空間上での各人の位置・姿勢とクアドロータの位置を測定するため Kinect カメラを必要な領域が収まるように環境に配置する。カメラから得られた人の位置と向きの情報を用いて、顔から一定距離離れた場所でカメラが顔の正面へ向くように、クアドロータの目標位置、姿勢を定めて、クアドロータが移動するよう制御される。横 3 メートル、縦 3.5 メートルのエリア内で 1 人の対象者の顔を追跡した実験ができるが、クアドロータの電池寿命が短く、騒々しくてうるさい。その問題に対し、クアドロータの代わりに浮揚ガスが充填された飛行船を用いる。また、複数の魚眼カメラを用い、人間と飛行船の位置を測定する（図 1）。浮揚ガスはプロペラを動かさずにホバリングができるようになり、電池消費及びプロペラの騒音を減らすことができる。また、飛行船は友好的、安全なロボットである。図 2 は飛行船のプロトタイプである。

Keywords: 飛行船、魚眼カメラ、人間追跡、顔追跡

Reference

- [1] Srisamosorn, V., Kuwahara, N., Yamashita, A., Ogata, T., and Ota, J., “Human-Tracking System using Quadrotors and Multiple Environmental Cameras for Face-Tracking Application,” *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 14(5): 1-18, Sep 2017.
- [2] Srisamosorn, V., Kuwahara, N., Yamashita, A., Ogata, T., and Ota, J. “Design of Face Tracking System using Environmental Cameras and Flying Robot for Evaluation of Health Care”. *Digital Human Modeling: Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. DHM 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9745. Springer, Cham, pp. 264-273, Jul 2016.
- [3] Srisamosorn, V., Kuwahara, N., Yamashita, A., Ogata, T., and Ota, J. “Design of Face Tracking System Using Fixed 360-Degree Cameras and Flying Blimp for Health Care Evaluation”. *Proceedings of the 4th International Conference on Serviceology (ICServ 2016)*, pp. 63-66, Jul 2016.

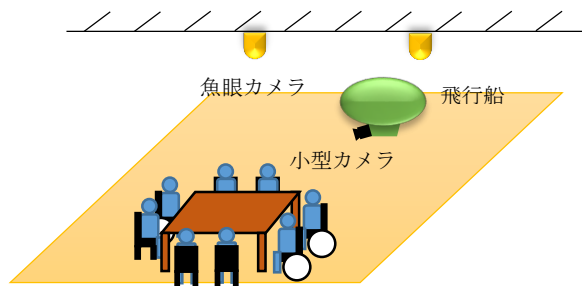


図 1 システムのイメージ: 介護施設での魚眼カメラと飛行船

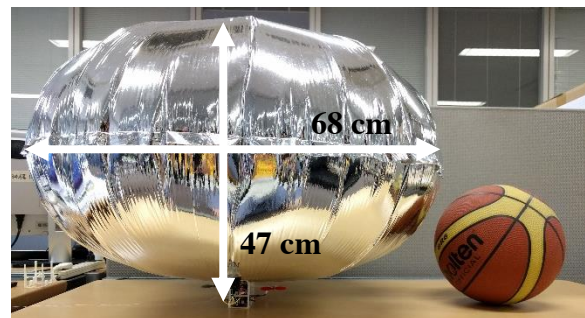


図 2 飛行船のプロトタイプ

3次元シーンにおける ICP の外れ値からの 効率的な前景のセグメンテーション手法

カメラによって撮影されたシーンから動いている物体のモデルを再構築するには、いかに背景と前景をセグメンテーションするかが重要である。前景は3次元点群の位置合わせに用いられる一般的な手法 Iterative Closest Point (ICP) の結果の外れ値として現れる。多くの研究では、モフォロジカルフィルタやグラフ最適化といった手法でこれらの外れ値からノイズを除去して前景を取得する。通常はこれらの外れ値がどのように選択されたかを気にすることはなく、単に ICP の外れ値として単一的に扱う。

本研究では動いている RGB-D センサを用いて環境を3次元的に再構築する。新しいフレームと、それまでに統合したサーフェイスとの位置合わせは、ICP アルゴリズムによって達成される。そのうえで、前景にある物体は ICP の結果の外れ値 (図 1b) から意味のあるセグメントを取り出すことで得られる。セグメント化された前景は静的な再構築のプロセスとは独立した、前景の構築のプロセスとして、前景オブジェクトを追従しながら新しく得られたサーフェイスを統合していく。

本研究では、既存の研究では区別されていなかった、ICP の外れ値の判断基準である5種類の要因を陽に区別して ICP の結果を調査した。結果としてノイズを除去した後の前景は主に、距離に起因した外れ値の領域にあることを確かめた (図 1c)。これを踏まえ、距離に起因した外れ値から遠距離の点群を切り捨てたものを抜き出し、これにバイラテラルフィルタを適用する手法を用いることで、実時間処理で既存の手法に比べ12%評価値の高いセグメンテーションの結果が得られた (図 2)。詳細はこの手法に関する論文を参照のこと []。

ここでの結果は、遠距離にある点群や角度、空間に関する外れ値を除いたほうが、前景のセグメント化のプロセスは、時間、質ともに向上することを表している。さらにここでは、グラフカットといったグラフ理論を用いた抽出画像の洗練化手法も意味がないことも確かめた。現在は、物体が動き始めてすぐに静的な環境からセグメント化できるように研究を進めている。

Keywords: RGB-D, Dense 3D Reconstruction, Real-time, Foreground Segmentation

Reference

- [1] Hamdi Sahloul, Jorge Figueroa, Shouhei Shirafuji, and Jun Ota, "Foreground segmentation with efficient selection from ICP outliers in 3D scene," in 2015 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), Zhuhai, China, Dec 2015, pp. 1371-1376

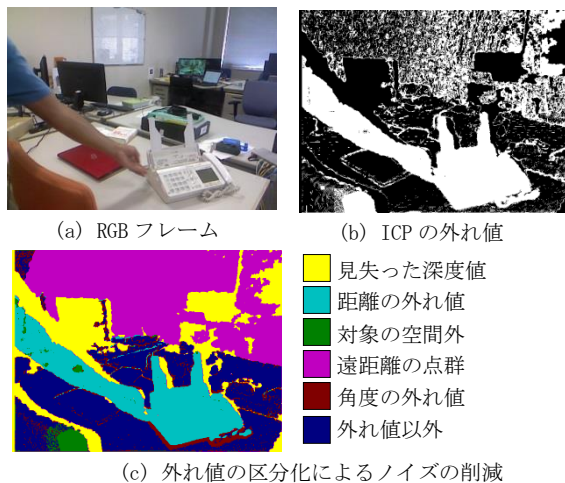


図 1. 用いた RGB データと位置合わせの結果得られた ICP の外れ値。(a) 動いている物体が写った RGB 画像。(b) 対応する ICP の外れ値。(c) 外れ値の区分を表すカラーマップ。距離の外れ値 (緑がかった青色) が提案手法で用いた外れ値。

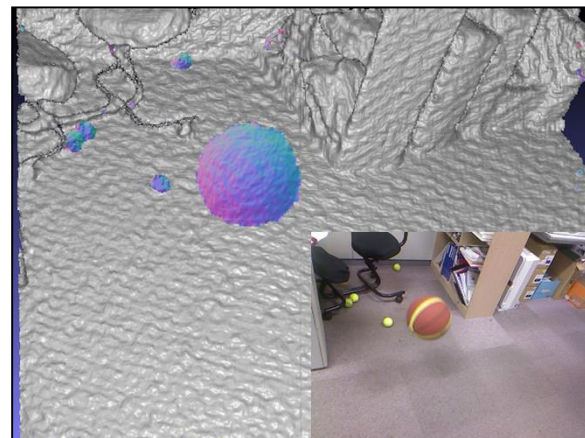


図 2. (中央) 再構築した環境にフォンシェーディングを適用した表面。色付けしたものが前景。いくつかのボールがバウンドするシーンから明確に前景を抜き出していることがわかる。(右下) 対応する RGB 画像。

小型移動ロボットの開発とマニピュレーション計画

家庭内などの環境でロボットが相対的に大きな物体を操作できれば、人の代わりに様々な作業をおこなうことができる。しかし、狭い空間では大きなロボットを用いることができないが、小型移動ロボットであれば、このような空間を自由に移動できる。このような移動ロボットが複数協調し、かつ環境を利用することで、自身よりも大きな物体の操作が可能になる。

本研究では、はじめに、たとえ大きな力で物体を押したとしても、決して転倒することのない小型移動ロボットを、リニアアクチュエータと受動関節を用いて開発した [1, 2]。このロボットを組み合わせることで、物体の搬送を始めとする様々な操作が可能となる (図 1) [3]。

目的の物体操作を実現するには、開発したロボットの特性を考えながら、どのようにロボットを組合せ、どのような順序で操作を実行していくかを考えることが重要となる。この計画問題に対して、本研究では図 2 のように、問題を階層化して解く手法を用いている。はじめに環境と物体の接触を考慮しながら、物体を安定して動かすために必要なロボットの組合せを考え、その遷移をロボットや物体の細かな配置を考えること無く求める。これによって求めた遷移をもとに、細かな配置の遷移を考えることで、物体の様々な操作手順を導出することができる。

Keywords: 移動ロボット, 大きな力, マニピュレーション計画, 階層的計画, 最適配置

Reference

- [1] S. Shirafuji, Y. Terada and J. Ota: “Mechanism Allowing a Mobile Robot to Apply a Large Force to the Environment,” International Conference on Intelligent Autonomous Systems. Springer, Cham, 2016: 795-808.
- [2] 伊藤 達真, 白藤 翔平, 太田 順: “協調による重量物操作をおこなうための小型移動ロボットの開発,” 日本機械学会ロボティクス メカトロニクス講演会講演概要集, Vol. 2017, 2017.
- [3] F. Ohashi, K. Kaminishi, J. Heredia, H. Kato, T. Ogata, T. Hara and J. Ota: “Realization of Heavy Object Transportation by Mobile Robots Using Handcarts and Outrigger,” ROBOMECH Journal, 2016, 3.1: 27.
- [4] 范長湘, 白藤 翔平, 太田 順: “Generation of Manipulation States for Non-Prehensile Manipulation based on Minimum Constraint Criterion,” 第 30 回自律分散システム・シンポジウム (2018, 名古屋).

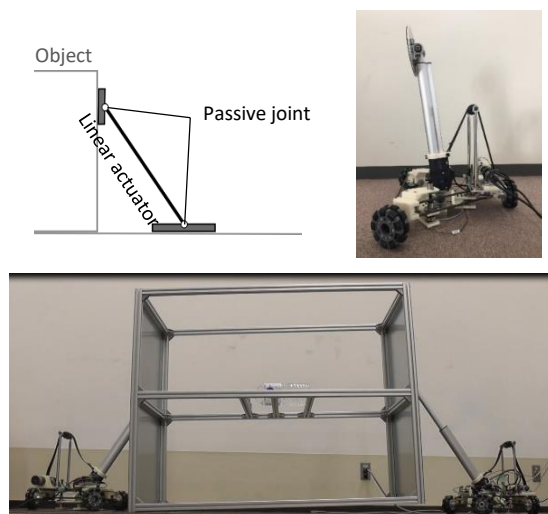


図 1. 開発した小型移動ロボット (上) とロボットが協調して物体を傾ける様子 (下)。

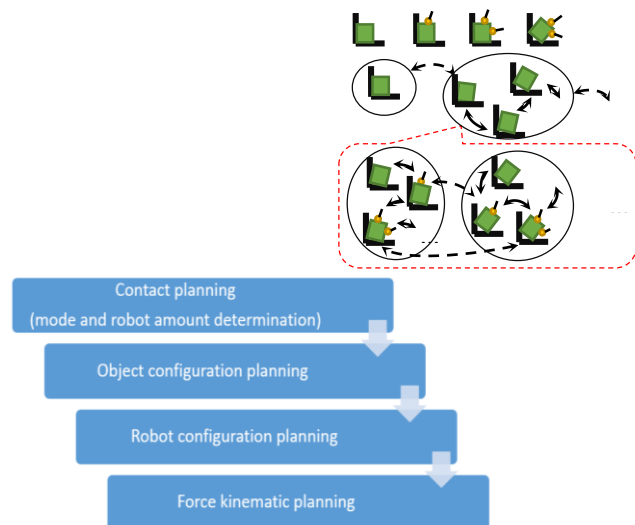


図 2. 複数のロボットの階層的マニピュレーション計画

画像処理システムのカメラ視野，照明強度，および， 前処理パラメタの自動設計

画像処理技術はますます産業界において利用されるようになってきている．設計者は画像処理システムの設計において多数のパラメタを適切に調整することが求められている．例えば，ピックアンドプレースロボットのための物体認識においては，ロボットが一度にいくつの物体を認識するかに合わせてカメラ視野を決定し，照明強度を調整し，また，画像処理アルゴリズムに含まれる前処理のパラメタを適切に設定しなければならない．これらの変数は複雑に関係しあっており，十分な精度が得られるまで設計者は試行錯誤を繰り返さなければならない．これは熟練者においてさえ時間のかかる作業であり，単純なピックアンドプレース用の画像処理システム設計においても通常その設計に数日かかる．

本研究は，照明強度，前処理パラメタと同時に，カメラと認識対象の関係を基にカメラ視野を自動設計する手法の構築を目的とした．また，この問題を最適化問題として定式化し，ランダム多スタート局所探索法を用いて導解する手法を提案した．認識対象物間の距離が遠い場合と近い場合において提案手法の評価実験を行ったところ，認識対象物間の距離の違いに合わせて，それぞれの条件で適切なカメラと認識対象間距離が選択され，また，それに即して，十分な認識精度が得られる照明強度と前処理パラメタが決定された．

Keywords: 画像認識システム，カメラ視野，照明強度，前処理パラメタ，自動設計

Reference

- [1] T. Ogata, K. Tsujimoto, T. Yukisawa, Y. Huang, T. Arai, T. Ueyama, T. Takada and J. Ota, "Automated design of image recognition process for picking system," *Int. J. Automation Technology*, vol. 10, no. 5, pp. 737-752, 2016.
- [2] T. Ogata, T. Yukisawa, T. Arai, T. Ueyama, T. Takada, and J. Ota, "Automated design of image recognition in capturing environment," *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, vol. 12, no. S2, pp. S49-S55. doi: 10.1002/tee.22551, 2017.
- [3] Y. Chen, T. Ogata, T. Ueyama, T. Takada, and J. Ota, "Automated Design of the Field-of-View, Illumination, and Image Pre-processing Parameters of an Image Recognition System," *Proceedings of IEEE Conference on Automation Science and Engineering, Xian, China*, pp. 1079-1084, 2017.

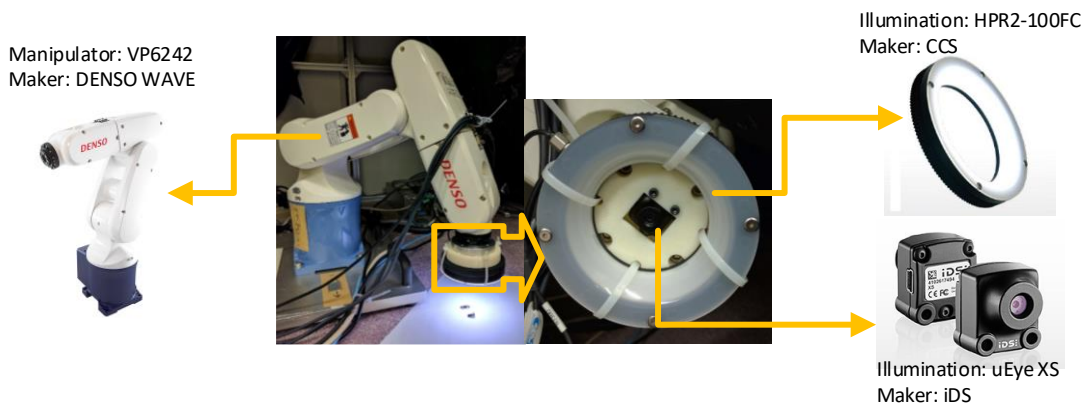


Figure 1. 実験装置．マニピュレータの手先に，小型カメラと RGB それぞれの強度を変更可能なリング照明を装着した．カメラ視野はマニピュレータの手先の高さを変えることで変更した．

倉庫システムにおけるバッファサイズ的设计

バッファはジョブを引き渡すまでの一時的な保管場所で、倉庫システムではよく導入されている。十分でないバッファサイズはジョブの過剰な混雑やブロッキングを引き起こし、過剰なバッファサイズはシステム全体の妨げとなる。倉庫システムの効率をあげるため、適切なバッファサイズが設計される必要がある。しかし、実際の倉庫システムにおけるジョブの流れはジョブの混雑やブロッキングによってとても複雑となり、倉庫システムのパフォーマンスを測り、設計したバッファサイズを評価することは容易でない。加えて、ことなるシステムの配置を解析するには、ブロッキングの種類や動作機構などの多くの要素についても考慮する必要がある。倉庫システムのパフォーマンスの評価をよりいっそう難しくする。

本研究では、設計したバッファサイズをもつ倉庫システムのパフォーマンスの評価をおこなうための、自動計算アルゴリズムを提案する。具体的には、幅優先探索を用いて倉庫システム全体のモデルと計算手順を自動的に作成したうえで、待ち行列理論にもとづいて倉庫システムをモデル化し、問題を解くという手法である

(図 1)。いくつかの例に関して提案手法を用いた数値計算結果と、別の手法を用いて詳細に計算された倉庫システムのデータとを比較し、提案手法が設計したバッファサイズを含む、異なる配置の倉庫システムのパフォーマンスを十分な精度で高速に評価できることを確かめた。今後は、システムのパフォーマンスを計算しながら、バッファサイズを自動的に設計するシステムを開発する予定である。

Keywords: 倉庫システム, バッファサイズ, ブロッキング, パフォーマンスの指標, 自動計算

Reference

- [1] Gao, Sixiao, Rubrico, Jose I. U., Higashi, Toshimitsu, Kobayashi, Toyokazu, Ogata, Taiki & Ota, Jun. (2018). Throughput-measure of Queueing Systems with Merging and Splitting using Modular Queues. 第 30 回自律分散システム・シンポジウム資料, (pp. 57-59). 名古屋, 2018 年 1 月 28 日～29 日.

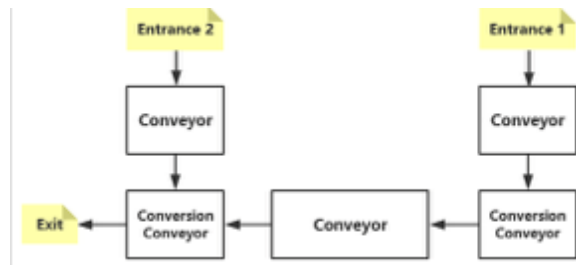


図 1. 数値計算例. ジョブは入口 1 と入口 2 からシステムに入り、出口からシステムの外に出ていく。矢印はジョブの流れの方向を表す。システムからジョブが出ていく率であるスループットが計算される

ヒトの起立姿勢制御の筋骨格シミュレーション

ヒトは、二足による狭い支持面上に重心を保つ、高度な起立姿勢制御を行っている。その仕組みを知ることは、効率の良いリハビリテーションの提供に不可欠である。起立姿勢制御をモデル化しようとする試みでは、トルク駆動の逆振り子モデルが用いられてきた。しかしトルク駆動のモデルでは、姿勢の維持に貢献している内力を表現することができない。筋が発揮する力に加え、骨格の三次元的な配置が考慮されることが望ましい。

我々は、筋骨格モデル (Fig. 1) の起立姿勢を維持可能な、神経コントローラ (Fig. 2) を提案している。神経コントローラは、起立に必要な筋活動を司るフィードフォワード要素と、複数の感覚入力に基づいたフィードバック要素からなる。提案した神経コントローラにより、ヒトが起立する際の、異なる感覚入力に対する筋活動の変化が再現された。また、起立時に外力が加えられた際の身体の反応についてのシミュレーションも行っている。前後・左右・斜めへの外乱下でも筋骨格モデルの起立が維持され、その際の筋の反応の傾向は先行研究で計測されたものと同様であった。

Keywords: postural control, musculoskeletal model, biological simulation

Reference

- [1] P. Jiang, R. Chiba, K. Takakusaki, and J. Ota, "A postural control model incorporating multisensory inputs for maintaining a musculoskeletal model in a stance posture," *Adv. Robot.*, vol. 31, no. 1-2, pp. 55-67, 2017.
- [2] P. Jiang, R. Chiba, K. Takakusaki, and J. Ota, "Generation of the Human Biped Stance by a Neural Controller Able to Compensate Neurological Time Delay," *PLoS One*, vol. 11, no. 9, p. e0163212, 2016.
- [3] K. Kaminishi, P. Jiang, R. Chiba, K. Takakusaki, and J. Ota, "Proprioceptive postural control of a musculoskeletal model against horizontal disturbances," in *2017 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2017)*, 2017, pp. 1270-1275.

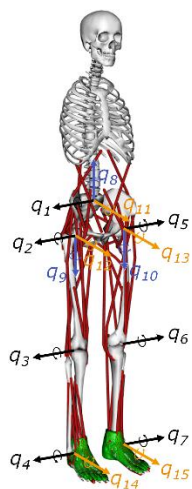


Fig. 1 筋骨格モデル。

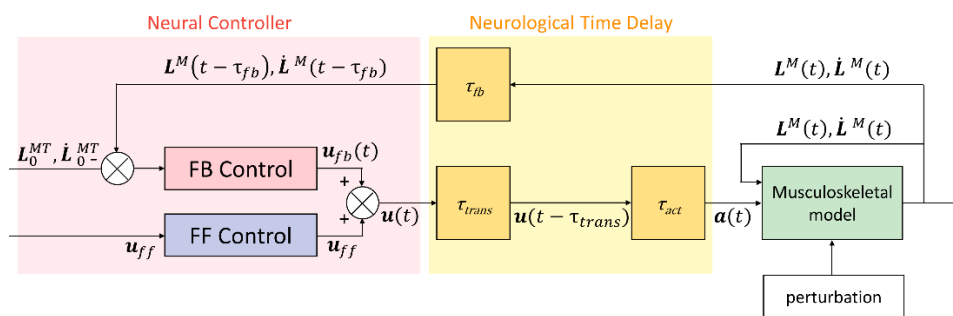


Fig. 2 神経コントローラ。筋の長さや速度を制御情報としたフィードバック制御と、定常的な値のフィードフォワード制御から構成される。 $\mathbf{u}$: 統合された制御信号, $\mathbf{a}$: 筋活性, $\mathbf{L}^{MT}, \mathbf{L}_0^{MT}$: 筋の長さの現在値と目標値, $\dot{\mathbf{L}}^{MT}, \dot{\mathbf{L}}_0^{MT}$: 筋の速度の現在値と目標値, $\tau_{trans}, \tau_{fb}, \tau_{act}$: 神経回路における、信号伝達、フィードバック、筋活性に由来する時間遅れ。

複数の症状を再現可能な患者ロボットの開発

超高齢化社会に伴い、看護師に求められる技術はますます高度化している。また、看護師は患者一人一人に即した介護を行うことが求められる。しかし、倫理的な問題から看護学生は実際の患者を相手として看護技術を学ぶことができない。このことは看護学生が多様な患者に対応する能力を獲得する大きな妨げとなっている。

そこで、我々は複数の患者の状態を再現できる、車椅子移乗スキル学習用の患者ロボットの開発を行っている。この患者ロボットは大きく分けて3つの状態を再現できる。一つ目は麻痺により身体の運動に影響が出ている状態、二つ目は身体を動かすと痛みを伴い苦痛を表現する状態、また、三つ目は医療機器を装着している状態である。これらの状態に対し、看護師は適切に車椅子移乗を行う必要がある。

以上の状態を再現するために、これまで我々が開発してきた、力の弱った高齢者を再現した患者ロボットを基にして、新たなロボットの開発に取り組んだ (Fig. 1)。具体的には、片麻痺、および、四肢麻痺患者の体幹の動きを再現するために、新たな腰部と臀部の関節を開発した。これらにはコンプライアントジョイントを組み込み、また、力センサを搭載した。コンプライアントジョイント中のバネにより、人間の身体のコンプライアンスを再現している。また、実際の麻痺患者のビデオから制御メカニズムの開発とパラメタ設定を行った。また、関節速度が一定以上になると「痛い」と表現するメカニズムを開発した。さらに、点滴管やスリングなどの医療機器を取り付け可能にした。今後は、看護学生の教育効果が見られるかについて実験を行う予定である。

Keywords: Robot patient, Nursing education, Skill acquisition, Paralysis simulation, Various type of patients

Reference

- [1] Z. Huang, T. Katayama, M. Kanai-Pak, J. Maeda, Y. Kitajima, M. Nakamura, K. Aida, N. Kuwahara, T. Ogata and J. Ota, "Design and evaluation of robot patient for nursing skill training in patient transfer," *Advanced Robotics*, vol. 29, no. 19, pp. 1269-1285, 2015.
- [2] T. Ogata, A. Nagata, Z. Huang, T. Katayama, M. Kanai-Pak, J. Maeda, Y. Kitajima, M. Nakamura, K. Aida and J. Ota, "Mannequin system for the self-training of nurses in the changing of clothes," *Kybernetes*, vol. 45, no. 5, pp. 839-852, 2016.

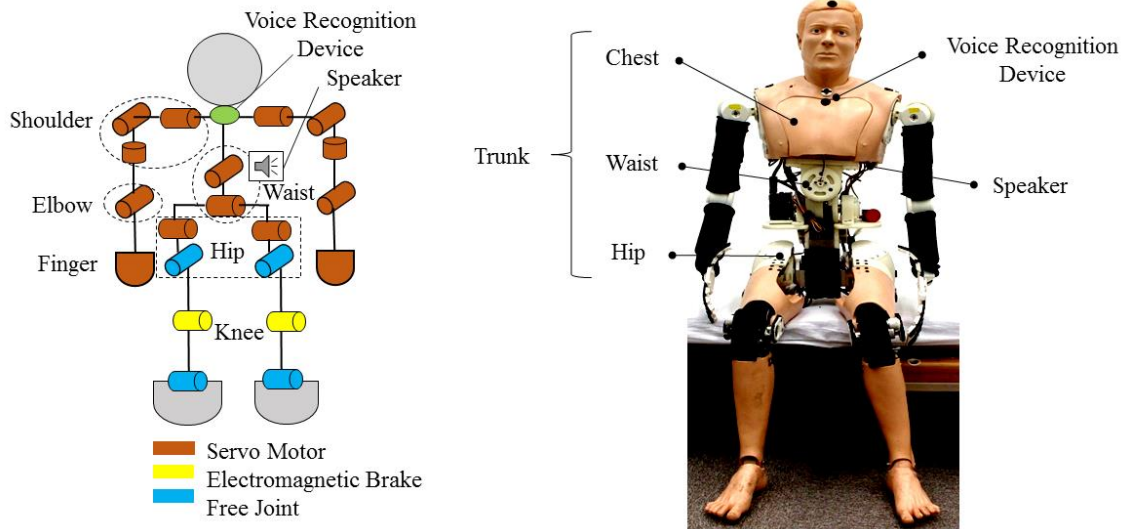


Fig. 1. 患者ロボットの概要。各関節と音声認識と発声装置 (左) とロボット外観 (右)

高密度多点表面筋電位計を用いた手腕運動の解析

人の筋活動にともなって生じる表面筋電位を、狭い間隔で並んだ電極を用いて計測すると、従来の表面筋電位計に比べ、筋活動に関する情報が空間的に豊富に得られる。一方で、手の運動は、細かな筋が複雑に協調することで生じ、それにともなって生じる表面筋電位は非常に複雑になり、扱いが難しい。そこで、本研究では、高密度多点表面筋電計から得られた情報を解析することで、手の運動に際して筋に生じている現象をとらえるための、いくつかの研究をおこなっている。

その1つが、高密度多点表面筋電計を用いて、表面筋電位が前腕のなかのどこから生じたかを推定する研究である。この研究では、一般的な脳波の信号源推定の手法を前腕の筋活動の同定に応用する手法を提案し、これを実験により検証した。はじめに、実験で高密度表面筋電位計を用いて指と手首の等尺性運動時における筋電位を計測した(図1)。信号源の推定は、はじめに独立成分分析で計測した筋電位信号を分離、被験者毎のMRI画像から物理学ベースの前腕の順モデルを構成、これによって得られる信号源とセンサ点との間の関係を表す行列を通して、独立な信号と信号源との関係が得られる。推定された信号源は、対象の運動を生じさせる筋の位置との近さで評価し、提案手法の有効性を確かめた。

これとは別に、高密度多点表面筋電計で計測した表面筋電位から、直接的に、手に生じている現象を、特に指に発生する力を推定する研究についても取り組んでいる。はじめに、高密度多点表面筋電計で筋電位を計測するとともに、指先で生じる力を計測し、これらの関係を表現する人工ニューラルネットワークを学習により構築する、そのうえで、モデルの精度を推定値と実測値との間の決定係数により評価することで、各指の各解剖学的方向の力の推定が、高密度多点表面筋電計の情報からどの程度可能かを明らかにしている。

Keywords: 表面筋電位, 前腕, 筋活動, 信号解析

Reference

- [1] Becky Su, Shouhei Shirafuji, Tomomichi Oya, Yousuke Ogata, Tetsuro Funato, Natsue Yoshimura, Luca Pion-Tonachini, Scott Makeig, Kazuhiko Seki, and Jun Ota: "Source Separation and Localization of Individual Superficial Forearm Extensor Muscles using High-Density Surface Electromyography," Proceedings of the IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, Japan, pp.245-250, November, 2016.
- [2] Kaori Fujikawa, Shouhei Shirafuji, Becky Su, Enrico Piovaneli, and Jun Ota: "Estimation of fingertip forces using high-density surface electromyography," Proceedings of IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, Japan, pp.277-280, December, 2017

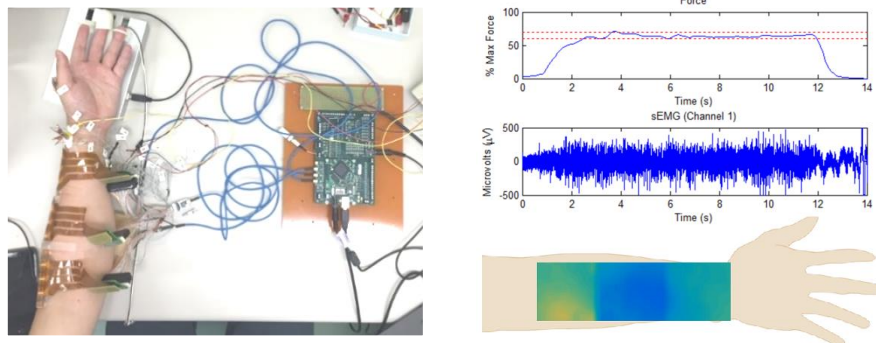


図1. 実験環境(左), 計測した力の例(右上), 計測された筋電位の時間変化の例(右中央), 筋活動のカラーマップの例(右下)。

腰椎の運動の計測手法の提案と腰部アシスト装置の開発

看護師をはじめ多くの職業や作業で生じる身体的な負担、またそれによって生じる腰痛等の疾患は大きな社会問題である。そのなかでも中腰等の不自然な姿勢での作業を長時間おこなうことによる腰への負担の累積が、腰痛を引き起こす原因の1つであることが、かねてから指摘されている。本研究では、腰部を支えるアシスト装置の開発を目指して、2つの研究を並行しておこなっている。

1つが非侵襲で正確に腰椎の動きを計測する手法に関する研究である。これは、効果的に腰部を支えるアシスト装置の設計には、日常生活において腰椎がどのように動いているかを理解することが重要であることによる。この研究では、個々の腰椎を剛体として扱い、背中に這うように取り付けられた二重のベルトの接点の変化から、これら剛体の運動を推定する手法を提案している。図1のようなモデルのもと、剛体の移動と回転にともなって、接触位置の変化の速度をもとめ、これを計測するセンサシステムを開発することで、もとの剛体の運動の推定をおこなう。これまでに、いくつかの実験によりこの手法の有効性を検証した(図2)。

上記の計測とともに、看護や介護等の作業で中腰や前傾姿勢をとった際に、腰に沿って取り付けられたベルトによって腰部を支える装置の開発もおこなっている。このような装置を実現するため、腰部に取り付けたベルトを任意の姿勢で機械的にロックすることで体重を支え、また、中腰作業が終わった際にこのロックを解除するための機構の提案と開発をおこなった。ここで提案した機構は、ベルトを2重に配置し、ベルトと摩擦体との間で発生する摩擦を利用することで、小さな力で理論上無限大の力を支えることが可能な機構である。また、振動を加えることで摩擦係数を変化させ、ベルトのロック状態を切り替える方法を提案し、実験によりこのシステムの有効性を確かめた(図3)。

Keywords: 腰椎の運動の推定, 腰の補助, 腰椎の計測, アシスト装置, ベルト構造

Reference

- [1] Matsui, Naotaka, Shirafuji, Shouhei, and Ota, Jun. (2016). Locking mechanism based on flat, overlapping belt, and ultrasonic vibration, Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2016), Qingdao, China, pp. 461-466. December, 2016.
- [2] Shouhei Shirafuji, Naotaka Matsui, and Jun Ota: "Novel frictional-locking-mechanism for a flat belt: Theory, mechanism, and validation," Mechanism and Machine Theory, Elsevier Science B.V., vol. 116, pp. 371-382, 2017.
- [3] Yalcin Akin, Shouhei Shirafuji, and Jun Ota: "Non-invasive estimation method for lumbar spinal motion using flat belts and wires," Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Macau, China, pp. 171-176, December, 2017.

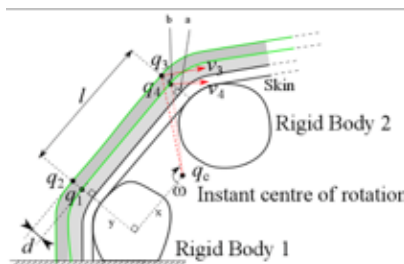


図1. 腰椎運動の計測のモデル。

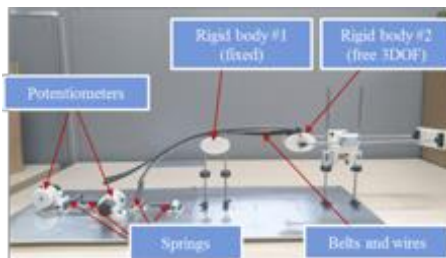


図2. 推定された剛体の運動の検証実験。

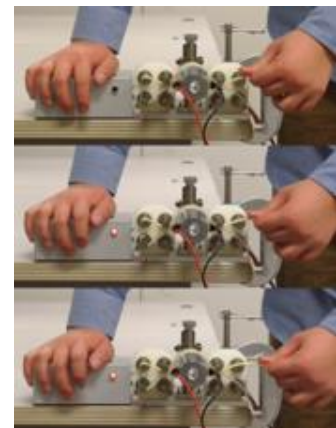


図3. 開発したベルトをロックする機構。

ウェアラブルデバイスを用いた食事時の同伴者有無の推定

近年メンタルヘルスが関心を集めており、それに伴い客観的にメンタルヘルスを計測する研究がなされている。メンタルヘルスは通常食事や睡眠などの生活習慣で評価されるが、その中で対人交流を行っているかどうかはメンタルヘルス評価の重要な指標となる。すなわち食事という場面においては食事時の同伴者の有無がメンタルヘルスと関連があり、同伴者の有無を測定することはメンタルヘルスの客観的測定へ一役を担うと考えられる。そこで本研究の目的を「ウェアラブルデバイスを用いて食事時の同伴者有無を推定すること」とする。

食事時の同伴者有無の推定には、ジェスチャ等に基づく手の動きの変化とスマートフォンへのアクセスが有効であるという仮説を立てた。したがって、腕時計型のデバイスとスマートフォンで取得したデータを用いて推定する手法を提案した (Fig. 1)。取得したデータから手の動きを示す特徴量とスマートフォンへのアクセスを示す特徴量を計算し、食事時の同伴者有無を推定するモデルを作成した。

手法を検討するために参加者実験によりデータを集め、そのデータを用いて参加者ごとに推定モデルを作成し検証を行った。96.3%の精度で推定を行うことができ、仮説の妥当性が示唆された [1]。

Keywords: Eating alone, Watch-type device, Smartphone

Reference

- [1] Kazuki Kiri, Ochiai Keiichi, Akiya Inagaki, Naoki Yamamoto, Yusuke Fukazawa Masatoshi Kimoto, Tsukasa Okimura, Yuri Terasawa, Takaki Maeda, Jun Ota: “Recognizing Whether a Person is Eating Alone or Has Company by Using Wearable Devices,” Proceedings of the 10th IPSJ International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking, 2017.

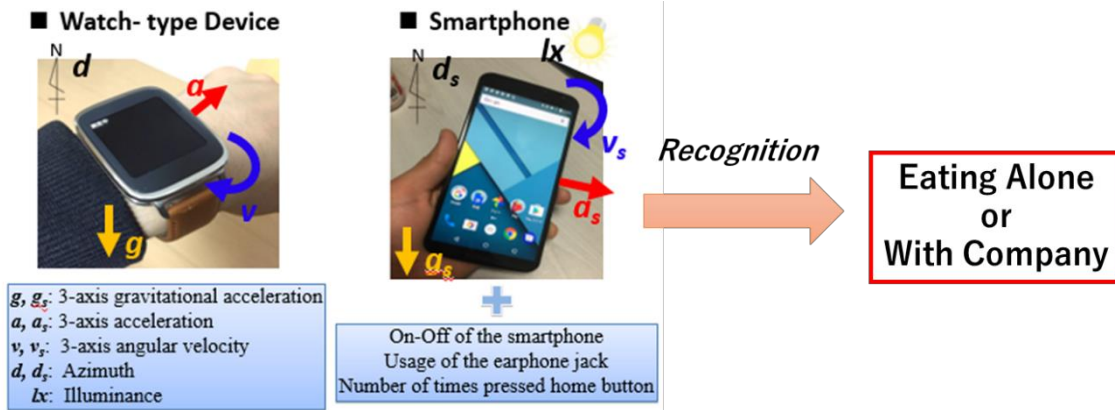


Fig.1 Recognition of the presence of the company at mealtime