

2019 年度

東京大学 大学院工学系研究科 人工物工学研究センター

移動ロボティクス研究室 (太田研究室) 研究紹介

〒113-8656 東京都文京区本郷 1-7-1
東京大学 本郷キャンパス

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

メンバー

教授	太田 順
助教	白藤 翔平
特任研究員	Ho Bach
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 Piovaneli, 李 冬冬, 田村 佳宏
修士課程学生	張 春音, 福島 稜, 竹内 暉英, 青池 孝, 浦田 康快, 李 楊旭, 小林 雅史, 鐘 志航, 尾村 優一郎, 姚 文昊, 石川 誠也, 濱野 雅史
学部 4 年生	後藤 広樹, 福満 未来, 東 晴登
秘書	村上 史朋子, 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

小型移動ロボットの開発とマニピュレーション計画

3Dアフィン：RGB-D センサデータを用いた撮影地点に不変な局所画像特徴点の埋め込み最適化によるタスクに応じた機構の設計手法

大規模生産／搬送システム設計と支援

倉庫システムにおけるバッファサイズ設計

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

表面筋電位測定による筋電流推定のための抵抗ネットワークを用いた組織相互作用の表現
スマートフォンログを用いたストレス推定

患者ロボットを使用した、多様な患者の移送スキルの学習

(以下、原辰徳氏（東京大学大学院 工学系研究科 主幹研究員／慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 特任准教授）との共同研究)

生理計測を活用した購買に関する顧客心理の表出化手法

修学旅行生の地域づくりへの関心を高めるスタディツアーの効果分析

製品サービスシステム群の系列設計に向けた製品およびサービス系列設計法のレビュー

自蔵センサ型全身モーションキャプチャを用いた倉庫内作業者の身体的リスクの評価

地域コミュニティの持続可能性を高める住民の変革とゾーンデザイン

客室乗務員の接客過程における認知スキルの分析とスキル獲得を支援する演習教材の作成
人込み情報を活用した旅行計画支援手法の構築

宅配サービスの利便性が顧客心理と行動にもたらす影響の分析

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行うことができる。大型のロボットをそうした屋内の狭い環境で用いることは困難であるが、小型移動ロボットであれば屋内でも自由に移動することができる。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大きな物体の操作が可能になる。

本研究では、物体を複数の移動ロボットを用いることで搬送する手法を提案した[1]。また、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[2]。このロボットを組み合わせることで、物体の搬送をはじめとする様々な操作が可能となる。

ロボット同士の協調を用いた物体操作のためにはマニピュレーション計画が重要となる。本研究ではこの問題を階層的に解く手法を用いた。同じ制約を持つコンフィギュレーションをモードとして定義し、探索空間が小さくなるよう工夫して計画を進めた[3]。この手法により、取りうるモードと遷移の数を減らし、配置計画をさらに進めることができる。

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, et al. Mechanism allowing large-force application by a mobile robot, and development of ARODA. *Robotics and Autonomous Systems*, 2018, 110: 92-101.
- [2] T. Ito, S. Shirafuji, J. Ota. Development of a Mobile Robot Capable of Tilting Heavy Objects and its Safe Placement with Respect to Target Objects. In *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2018)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 12–15 December 2018; pp. 716–722.
- [3] C. Fan, S. Shirafuji, J. Ota. Modal Planning for Cooperative Non-Prehensile Manipulation by Mobile Robots. *Applied Sciences*, 2019, 9.3: 462.

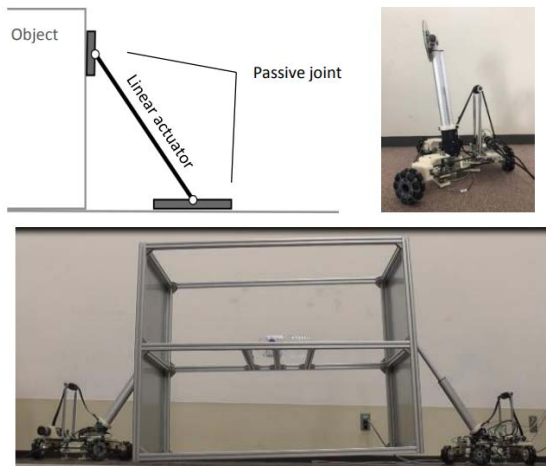


Fig.1 開発した小型移動ロボット（上）とロボットが協調して物体を傾ける様子（下）

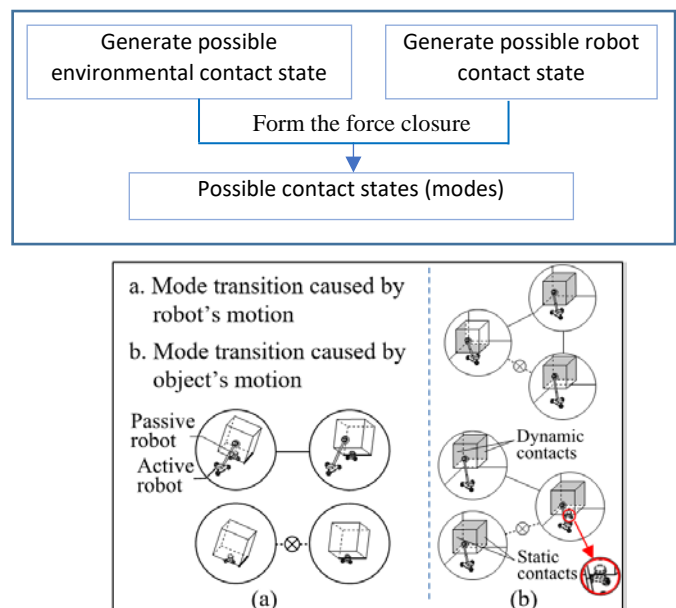


Fig. 2.モードを用いた、マニピュレーション計画（モードの生成と遷移の原理）.

3D アフィン:RGB-D センサデータを用いた 撮影地点に不変な局所画像特徴点の埋め込み

局所画像特徴は、平面内の回転に不変で、多少の撮影地点の変化にロバストである。しかし、現状の局所特徴点の検出と記述方法は、 25° から 30° を超える回転に対しては失敗することが多い。撮影地点の変化への不変性は、ワイドベースラインのマッチングや、6次元姿勢の推定や、物体の再構築など、多くのアプリケーションにとっての基礎要素である。

このために、本研究では、計測された深度情報を用いることで、撮影地点の変化への不変性を向上させる特徴点検出と記述のペアの一般的な埋め込み方法を提案した[1]。提案手法では、RGB-D画像から滑らかな面の位置を同定し、撮影地点の変化に不変な表現に射影することで、より撮影地点の変化に不変な特徴点検出と記述を実現する (Figs. 1-3を参照のこと)。本手法は、目的のアプリケーションに応じた特徴点検出と記述方法を選択することが可能である。

一般的な局所画像特徴量単体だと、平均として撮影地点の変化が 33.3° を超えると正しい検出と記述ができないが、提案した手法をもちいることで、この範囲がシーンの幾何に応じて向上する。特徴的な不連続な平面をもつ物体では、不変性がみられる平均の角度は 52.8° に達し、データセット全体では 45.4° であった。同様に、20種類の局所画像特徴と、特徴的な不連続な平面をもつさまざまな物体の140通りの組み合わせのうち、一般的な局所特徴点のみでは、わずか2通り組み合わせしか 60° の撮影地点の変化に対応できなかったのに対し、提案手法を用いることで、19種類の異なる局所画像特徴の73通りの組み合わせで、撮影地点の変化に対応することができた。さらに、汎用的な深度センサを想定したノイズ下においても、提案手法がロバストであることを示した。

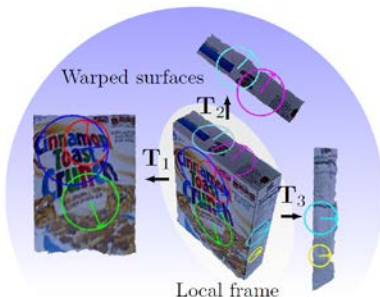


Figure 1: 抜き出した面で検出された特徴点ともとの画像に射影された特徴点.



Figure 2: 提案手法を適用する前の SIFT 特徴点.



Figure 3: 提案手法を適用した後の SIFT 特徴点.

Keywords: viewpoint invariance; local image feature embedding; wide baseline matching.

References

- [1] Sahloul, Hamdi, Shirafuji, Shouhei, & Ota, Jun. (2019). 3D Affine: an embedding of local image features for viewpoint invariance using RGB-D sensor data. *Sensors*, 19(2), 291, 1-32.

最適化によるタスクに応じた機構の設計手法

多くのロボット工学の研究では、与えられた機構をいかに制御し、目的の課題を達成するかに重点が置かれている。一方で、一部のロボットに課される課題は、制御ではなく、その機構そのものを工夫することで、問題を簡単化する、または問題そのものを解決することが可能である。本研究では、与えられた課題に対して、適切な機構を運動学の観点から計算により求める方法を提案している。

その一つが、関節の間で生じる運動を、ワイヤとそのワイヤが通る経路を工夫することで拘束する手法である。拘束された関節のペアは、複雑な連動を見せる。本研究では、関節に固定された非円形プーリ（ワイヤの通る経路）の形状を目的の関節間連動に合わせて設計する手法を提案した[1]。その一つの応用が、Fig. 1に示すロボットの脚機構である。非円形プーリで拘束された関節を組み合わせることで、このロボットは、制御することなく上体に加わる力を支えながら前方に進むことができる。

他にも、ロボットマニピュレータの関節の配置を、課題に合わせて計算により求める研究もおこなっている。これまでに、少ない数のアクチュエータで、目的の手先軌道を実現するマニピュレータの関節配置を最適化により求める手法を提案した[2]。目標軌道と実現される軌道との間の誤差を計算する手法を工夫することで、少ない計算量で関節配置を設計することが可能となった。Fig. 2は、卵型の物体の表面に文字を描くという例題に対し、提案手法によって計算で求められた機構で、一般的なマニピュレータよりも少ない関節数で目的の課題を達成することができる。

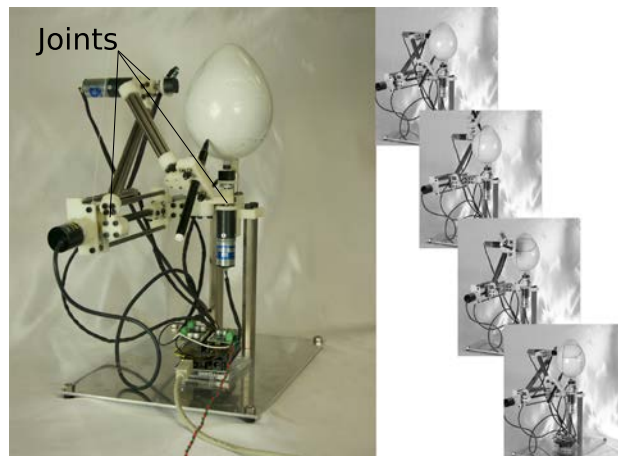
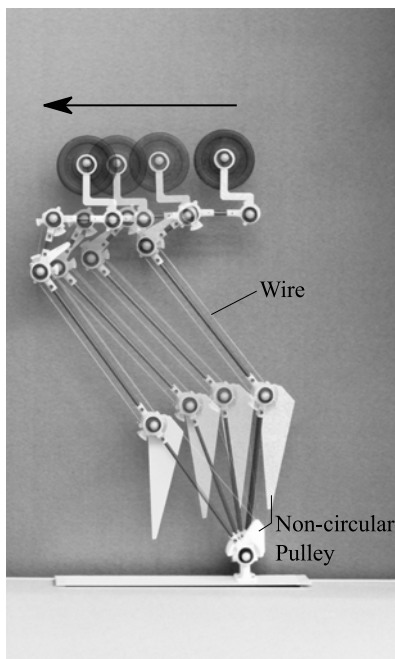


Figure 1. 関節の非円形プーリによる拘束. **Figure 2.** 最小の関節数で複雑な局面に文字を描く機構.

Keywords: robot design, optimization, kinematic synthesis, wire, non-circular pulley

References

- [1] Shouhei Shirafuji, Shuhei Ikemoto, and Koh Hosoda: "Designing Non-circular Pulleys to Realize Target Motion between Two Joints," IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol.22 no.1, pp.487-497, 2016.
- [2] Shouhei Shirafuji and Jun Ota: "Designing Non-circular Pulleys to Realize Target Motion between Two Joints," IEEE Transactions on Robotics, in Press.

倉庫システムにおけるバッファサイズ設計

バッファは、倉庫システムにおいてジョブを引き渡すまでの一時的なジョブの保管場所である。不十分なバッファのサイズは、混雑を引き起こし、過度なバッファサイズは、システム全体の働きを妨げる。倉庫システムの稼働効率を上げるため、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フローは複雑で常に変化しており、システムのパフォーマンスの評価とバッファサイズの設計を同時におこなうことは非常に困難である。加えて、オペレーションの方式など、さまざまな要素がシステムにおけるバッファサイズの解析をより困難なものにしている。

本研究の目的は、倉庫システムにおけるバッファの位置とサイズを決定することにある。これまでに、近傍探索法と Drum-Buffer-Rope (DBR) 法をバッファの位置を決定し、バッファサイズを更新するのに用いるとともに、設計されたバッファサイズの有効性を効率的に評価するためにスループットの計算法を提案した。今後は、バッファサイズの設計のために提案した上記の手法を数値実験で検証する。

References:

- [1] Schmidt, L. C., & Jackman, J. (2000). Modeling recirculating conveyors with blocking. *European Journal of Operational Research*, 124(2), 422-436.
- [2] Gao, S., Higashi, T., Kobayashi, T., Taneda, K., & Ota, J. (2018). Fast buffer size design of production lines for meeting the desired throughput, *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2018)*, December 12-15, 2018, Kuala Lumpur, Malaysia, (pp. 1413-1418).

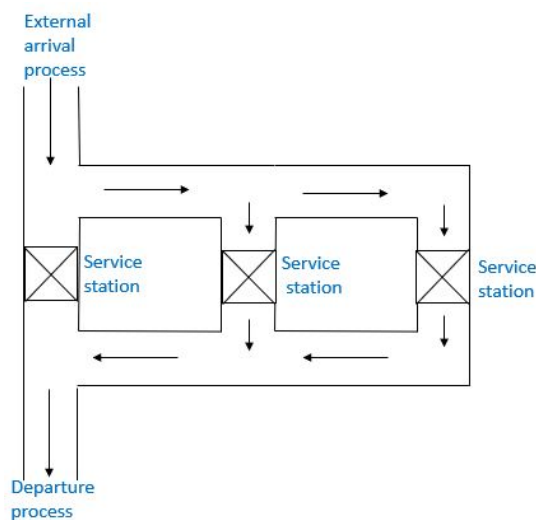


図1. 倉庫システムの例

ヒトの立位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、高度な立位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。立位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) の立位姿勢を維持可能な、神経系コントローラモデル (Fig. 2) を提案している。神経系コントローラモデルは、立位姿勢に必要な筋緊張を司るフィードフォワード要素と、感覚入力に基づいたフィードバック要素からなる。この神経系コントローラモデルを用いたシミュレーションにより、静止立位時の筋緊張の貢献の確認[1]と、異なる感覚入力に対する筋活動の変化の再現[2]がなされた。また、この神経系コントローラモデルは外力下でも姿勢を維持でき、その際の筋活動の大きさ・足関節のスティフネスはヒトの実験で得られた知見と一致した[3]。現在は、身体に変化が起こった際に挙動にどのような変化が起こるかを、予測シミュレーションを通して理解する試みを行っている。

Keywords: postural control, musculoskeletal model, biological simulation

Reference

- [1] 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
- [2] 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.
- [3] K. Kaminishi, P. Jiang, R. Chiba, K. Takakusaki, and J. Ota, "Postural control of a musculoskeletal model against multidirectional support surface translations," PLoS One, vol. 14, no. 3, p. e0212613, 2019.

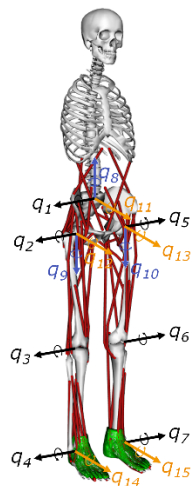


Fig. 1 筋骨格モデル。

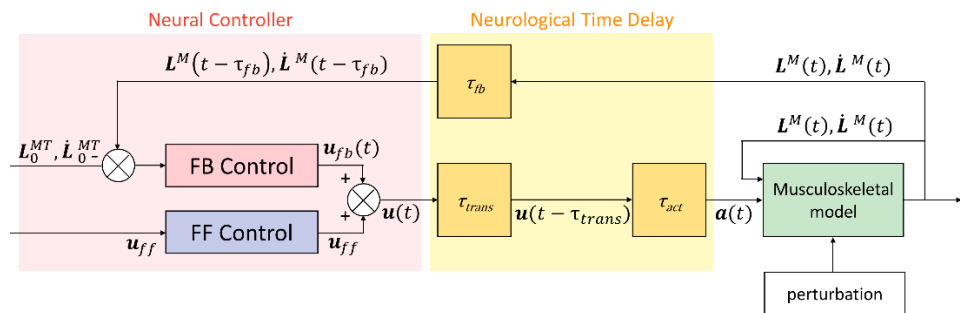


Fig. 2 神経系コントローラモデル。筋の長さや速度を制御情報としたフィードバック制御と、定常的な値のフィードフォワード制御から構成される。 \mathbf{u} : 統合された制御信号, \mathbf{a} : 筋活性, L^{MT}, L_0^{MT} : 筋の長さの現在地と目標値, $\dot{L}^{MT}, \dot{L}_0^{MT}$: 筋の速度の現在地と目標値, $\tau_{trans}, \tau_{fb}, \tau_{act}$: 神経回路における、信号伝達、フィードバック、筋活性に由来する時間遅れ。

表面筋電位測定による筋電流推定のための 抵抗ネットワークを用いた組織相互作用の表現

ロボット義肢に関して、よりよい制御パラダイムを設計及び開発することは、科学界において注目を浴びているトピックである。小型で軽量の機器の設計から、スマートでより正確な制御手法に至るまで、あらゆる観点で歩みを進めている。特に最近の制御手法では、意図的な動作を解釈するのに、表面筋電位(sEMG :surface electromyography)の計測から神経筋の情報が得られるようになった。現在の技術情勢において、商業用に利用可能な義肢は、特定の sEMG の波形が検知される一部の運動に対する分類によるものだ。義肢を直接的に制御するには信頼性の問題が挙げられており、利用を広げるための妨げとなっている。

我々は、MRI 断層画像内の筋肉と組織の相互作用のモデルを作るために、単純で線形な抵抗ネットワークを利用する新たな手法の研究を始めた。このモデリングの手法は、以前まで有限要素法によって表現されていた組織相互間の複雑さを解決することを目的とし、モデル化された相互作用の数を最小限に減らすことができる。

予備実験として、前腕の筋肉の中で数が少ない等尺性収縮運動をする筋肉を対象に行った (Fig. 1)。その結果から、本手法により対象の筋肉の活動を正しく推定し、高い精度で sEMG の分散を説明できた (Fig. 2) [1][2]。今後の研究では、筋肉活動のリアルタイム計測の妥当性を実証するために、sEMG の時系列データを用いると同時に、数の多い非等尺性収縮運動をする筋肉を対象に進めていく。

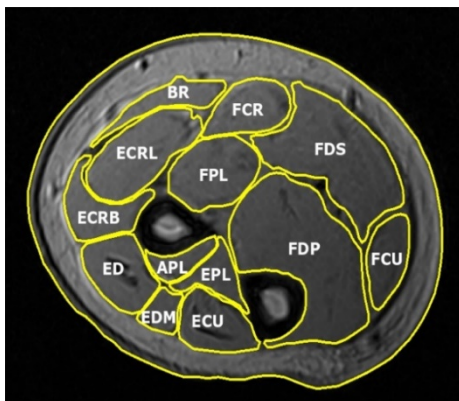


Fig. 1 MRI 画像における各筋の領域

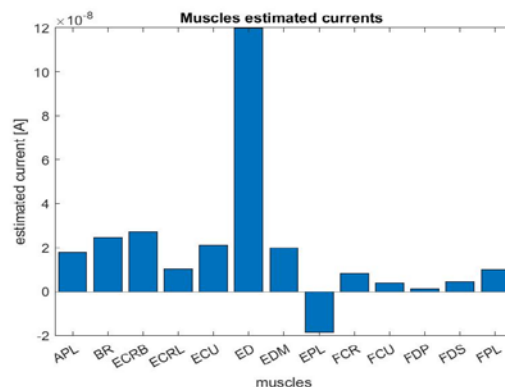


Fig. 2 筋活動の推定結果

Keywords: 筋電位, グラフ理論, 前腕, 信号処理, 逆問題

References

- [1] Piovanelli, E., Piovesan, D., Shirafuji, S., Ota, J., (2019). "Estimating Deep Muscles Activation from High Density Surface EMG Using Graph Theory", IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), Toronto, Canada, June 24-28 (2019)
- [2] Piovanelli, E., Piovesan, D., Shirafuji, S., Ota, J., (2019). A Simple Method to Estimate Muscle Currents from sEMG using Electrical Network and Graph Theory. Submitted to IEEE International Conference on Engineering in Medicine and Biology (EMBC), Berlin, Germany, July 23-27 (2019), Under revision.

スマートフォンログを用いたストレス推定

近年メンタルヘルスケアに関心が高まっており、平成 27 年にストレスチェックも義務化されている。これは個人にストレスを把握させることでセルフケアを促し、メンタル不調を未然に防ぐことを目指している。我々はスマートフォンログから所有者のストレスを推定する手法を提案している。手法全体の流れを図 1 に示す。スマートフォンの各データを取得し、ストレスと関連のある行動をもとに特徴量を計算する。行動が類似している参加者同士でクラスタを作成し、クラスタごとに機械学習を実施する。特徴量から推定に有効と考えられる特徴量をクラスタごとに選択し、日ごとの LF/HF（ストレス指標として利用）が各参加者の平均をより大きい場合 1、以下の場合 0 と設定したものを正解データとした機械学習を行った。ここで、Table 1 に示す従来研究の知見を用いて特徴量の設計を行った。ここでは通常の運動情報と対人交流を重視している。特徴量抽出の流れを図 2 に示す。会話についてはスマートフォンにより測定が困難であり推定モデルを利用している。19 人を対象とした実験により精度 67.9% を達成し、提案アルゴリズムの有効性を示した。内容の詳細について文献[1]を参照されたい。

Keywords: Stress, Smartphone, LF/HF, Interpersonal exchanges

Reference

[1] 霧生他. (2019). 対人交流を考慮したスマートフォンログによるストレス推定, 情報処理学会研究報告, 2019-MBL-90(45)(pp. 1-6), 東京, 2019 年 3 月 4~5 日.

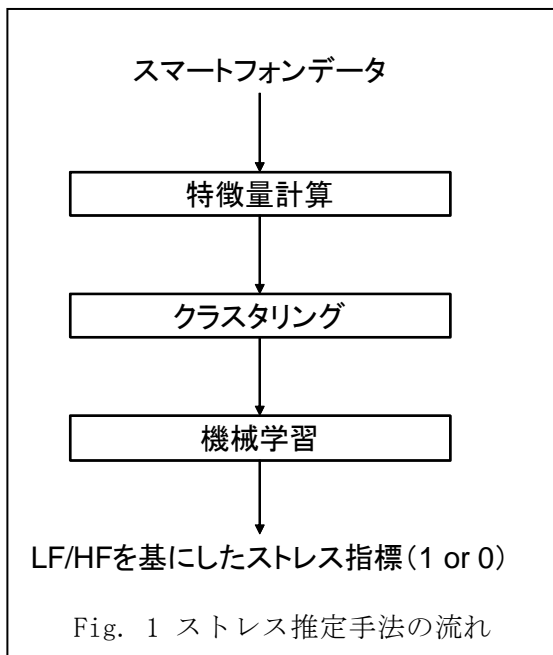
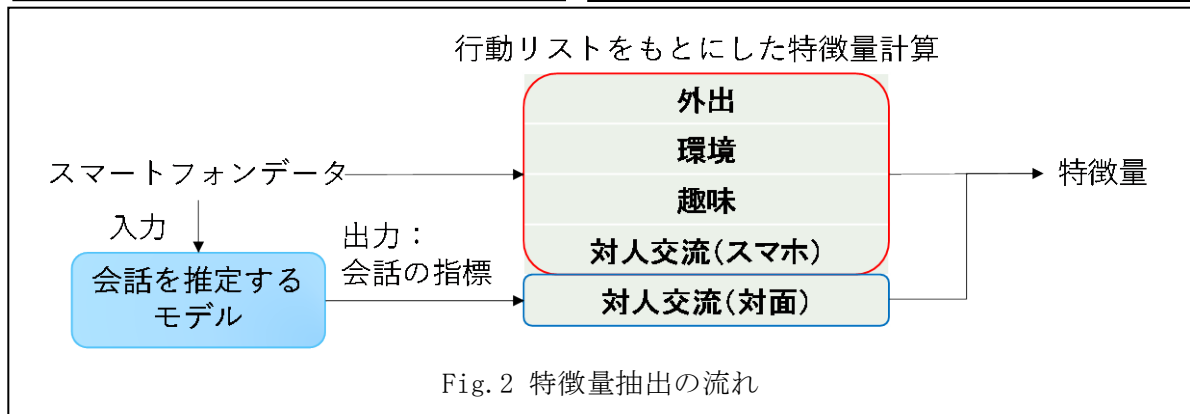


Table 1 特徴量として利用する行動指標

カテゴリ	ストレスと関連のある行動や指標の例
外出	外出しているか, 歩いているか 訪問場所
環境	周囲の明るさかどうか 気圧かどうか
趣味	趣味や遊びを楽しめているか 休みの日に気晴らしができて いるか
対人交流	スマートフォン上での交流 直接会話をしているか
食事	食事数と時刻, 所要時間



患者ロボットを使用した、多様な患者の移送スキルの学習

現在、病院での高齢者や患者の看護にあたっては、経験豊富な看護師が重要な役割を果たしている。多くの統計によると、学校での実習が不足しており看護学生が患者の看護経験を積む機会がほとんどない。実習不足への対処方法として、多くの研究者が教育用シミュレータを提案している。しかし、提案されているシミュレータのほとんどは単一タイプの患者しか再現できないため、多様な患者について学習することは難しい。また、学生の学習効果は測定されていない。そこで本研究では、看護学生が患者の移動能力を習得するために2種類の患者を模した患者ロボットを開発し、その学習効果を評価することを目的とする。

この研究では、患者の日常生活維持のために重要な動作であり看護師と患者の間の協力が必要な、患者の移送スキルの改善を目標とした。看護学校の教員との議論に基づいて、「腕の負傷により痛みを感じている患者」「片麻痺患者」の2種類の患者を対象とした。前者は怪我による痛覚、後者は運動障害に関連している。看護学生の学習効果を観察するため、体幹と四肢からなる患者ロボットを開発し、看護学生を対象(n=4)として、事前テスト、患者ロボットでの練習、事後テストからなる実験を行った。学生は、事前・事後テストでは2種類の疾患を持つ患者に対して実験を実施し、患者ロボットでの練習では両者について3回ずつ練習した。テストの評価のため、看護教材および看護教師の臨床体験を参考にして看護学生が患者ロボットに対して行う動作についてチェックリストを作成し、そのチェックリストに基づいて、熟練看護師がビデオで記録した事前・事後テストにおける学生の動作を評価した。

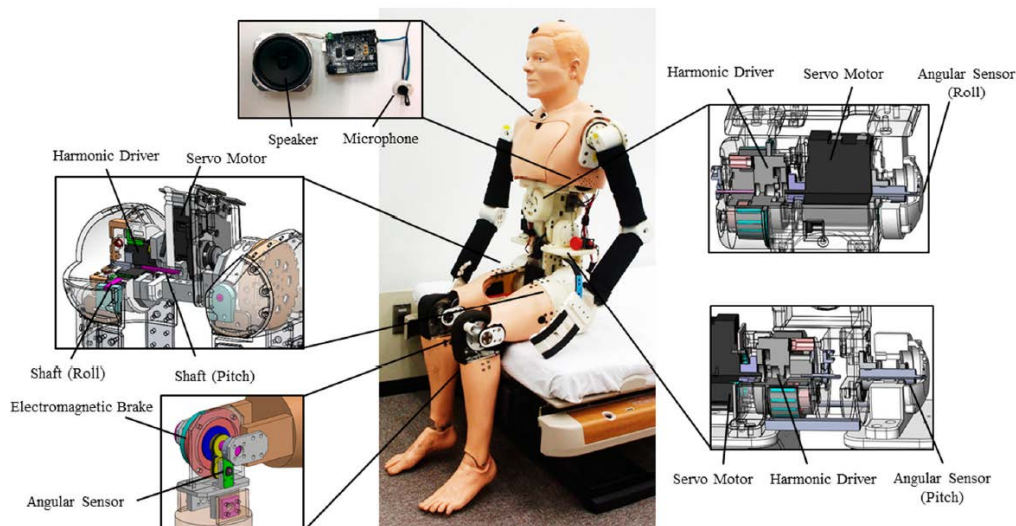


Figure 1. 患者ロボットの設計の詳細

Keywords: robot patient, nursing education, mechanical design

References

- [1] Lin, Chingszu, Huang, Zhifeng, Kanai-Pak, Masako, Maeda, Jukai, Kitajima, Yasuko, Nakamura, Mitsuhiro, Kuwahara, Noriaki, Ogata, Taiki, & Ota, Jun. (2019). Effect of practice on similar and dissimilar skills in patient transfer through training with a robot patient. *Advanced Robotics*, 33(6), 278-292. doi: 10.1080/01691864.2019.1578689.
- [2] Huang, Zhifeng, Lin, Chingszu, Kanai-Pak, Masako, Maeda, Jukai, Kitajima, Yasuko, Nakamura, Mitsuhiro, Kuwahara, Noriaki, Ogata, Taiki & Ota, Jun. (2017). Robot patient design to simulate various patients for transfer training, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 22(5), 2079-2090. doi: 10.1109/TMECH.2017.2730848.
- [3] Huang, Zhifeng, Lin, Chingszu, Kanai-Pak, Masako, Maeda, Jukai, Kitajima, Yasuko, Nakamura, Mitsuhiro, Kuwahara, Noriaki, Ogata, Taiki & Ota, Jun. (2017). Impact of using a robot patient for nursing skill training in patient transfer, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(3), 355-366. doi: 10.1109/TLT.2016.2599537.

生理計測を活用した購買に関する顧客心理の表出化手法

近年の製品・サービス設計は従来の機能中心設計と異なり、ユーザである人間を中心に位置づけた人間中心設計が行われるようになった。ユーザ心理を捉える基本的な方法としては、製品・サービスに触れるなど特定の体験後に行うインタビューとアンケートがある。しかしながら、インタビューとアンケートでは、体験中の逐次的な心理状態の変動までを的確に把握することは難しい。近年の生理計測技術の進展を元に、本研究では脳活動による生理計測情報を用いながらユーザの心理状態を逐次評価するとともに、それらを総合した定量的な解析方法を開発することを目的とする。

まず本研究では、ネットスーパーを用いた購買体験を対象としたユーザ実験を行った。実験協力者の主観的な評価を測定するため、タスク実行過程における逐次的な主観報告を可能にする主観評価入力デバイスを開発し導入した。客観的な評価指標は、簡易型脳波計測、視線計測などにより生理情報をリアルタイムに測定した。購買体験終了後、実験協力者には購買体験に関する事後アンケート及び、実験での記録・計測データをもとに、回顧的インタビューを行った。

記録・計測データについては、主観・客観両指標を考慮し、購買体験の類似度分析を行った。分析には、配列解析の手法であるマルチプルアラインメント、およびクラスタ解析手法である近隣結合法を用いた。分析結果から、ユーザが買い物に（満足している）／（不満を感じている）際の生理指標の現れ方の特徴を見出すことができた。

Keywords: Consumer Psychology, Physiological Measurement, Sequence Analysis, Emotion

Reference

- [1] 浦田康快, 角南諭史, 原辰徳, 川中孝章, 加藤尚志, 丸尾拓也, 小浜勇人, 大岩将人: 生理計測を活用した購買に関する顧客心理の表出化手法の提案, サービス学会第7回国内大会予稿集, B-8-01, 2019.



図 1. 簡易型脳波計



図 2. ユーザ実験の様子

修学旅行生の地域づくりへの関心を高める スタディツアーの効果分析

人口減少と高齢化によって、地方部では地域づくりの担い手が不足している。この問題を解決するには、都市部在住の若年層に対して地域づくりに参加しようとする意欲を喚起する必要がある。その手段として、修学旅行を活用したスタディツアーに着目する。スタディツアーにおける学習成果が地域づくりへの関心に与える影響を明らかにすることが、本研究の目的である。

SECI モデル（図 1）に基づいて学習経験を暗黙的学びと明示的学びに分類した上で、学習経験が学習成果に与える影響について仮説モデルを構築し、質問紙調査を実施した。分析手法には、共分散構造分析を用いた。

分析結果から、スタディツアーを通じて地域課題に関する知識を獲得することにより、修学旅行生は地域づくりへの関心を高めることを明らかにした。さらに、この効果はスタディツアーにおける共創的な学習から自己効力感を高めることによって促進される。この学習経験と学習成果の構造は、課題解決型学習（PBL）において広く応用できる。

Keywords: Tourism, Knowledge Co-Creation, Project Based Learning

Reference

- [1] ホーバック, 原辰徳: 修学旅行における地域課題スタディツアーの効果分析, 地域活性学会第 10 回研究大会一般研究発表論文集, pp. 94-97, 2018.
- [2] ホーバック, 原辰徳: 修学旅行生の地域づくりへの関心を高めるスタディツアーの効果分析, 地域活性研究, Vol.10, pp. 11-20, 2019.

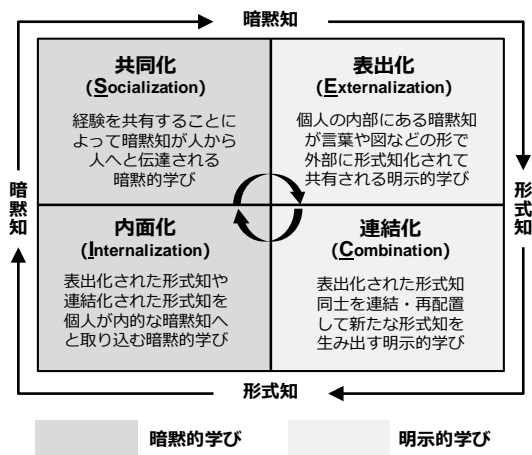


図 1. SECI モデル

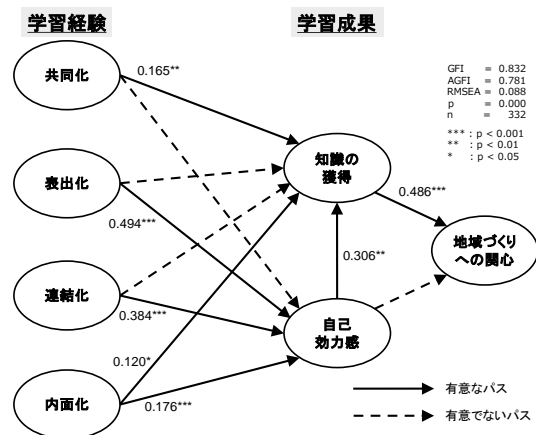


図 2. 仮説モデルの検証結果

製品サービスシステム群の系列設計に向けた 製品およびサービス系列設計法のレビュー

製造業では、より付加価値の高い提供物を生産するために、有形な製品に無形のサービスを組み合わせたシステム(製品サービス Product/Service System : PSS)のカスタマイズ化が注目されている。しかし、カスタマイズされた PSS 群 (PSS 系列) の設計において議論されるべき点は明らかになっていないため、文献調査を通じて、PSS のカスタマイズ化において今後研究されるべき点を明らかにした。

具体的には、製品・サービス・PSS の系列設計に関する論文を調査し、「設計対象」と「設計方法」の2つの面において比較した。各々の分野の文献を系統立てて比較するために、PSS 設計において用いられているモデルを基準にした Concept Matrix を、製品・サービス・PSS の、それぞれについて作成した。文献検索の際に用いた単語や得られた結果を図1に示す。

調査結果から、PSS におけるモジュール設計に関する研究を推進する必要があることを指摘した。既に研究が開始されているサービスのモジュール設計は、サービスと類似した性質を持つ PSS のモジュール設計を行う上で参考になることが分かった。

Keywords: Customization, Product/service system, PSS, Integrated solution, Design science, Platform, Literature review, Modularity

Reference

- [1] 福島稜, 原辰徳, 坂尾知彦: 製品サービスシステム群の系列設計に向けた製品およびサービスの系列設計法のレビュー, エコデザイン・プロダクツ&サービスシンポジウム (EcoDePS) 2018 Proceedings, pp.203-210, 2018.
- [2] Tatsunori Hara, Tomohiko Sakao, and Ryo Fukushima: Customization of Product, Service, and Product/Service System: What and How to Design. Mechanical Engineering Reviews, Vol.6, No.1, p.18-00184, 2019.

フェーズ	PSS	Service customization	PSS customization	Product customization	
検索	タイトル	"service" "hybrid offering" "PSS" "integrated solution"	"customization" "service family design"	"customization" "PSS family design" "hybrid offering family design" "integrated solution family design"	"customization" "product family design"
	トピック	"CAD"	"service"	"product service system" "hybrid offering" "integrated solution"	"product"
	研究分野	"engineering" "computer science"	"engineering"	None	"engineering"
	文献の種類	"article"	"article"	"article"	"review article"
検討文献の選出	必要条件	本研究との文脈との一致 計算機上での実装があるか	明確なモデルを提示し, 設計研究の観点を有するもの	明確なモデルを提示し, 設計研究 の観点を有するもの	設計理論に基づく研究を広範囲に 調べたもの
結果	PSS	Service customization	PSS customization	Product customization	
検索された論文→ 選出された論文	40→3	44→4	5→3	5→4	
選出論文	(Komoto and Tomiyama2008) (Hara, Arai et al. 2009) (McKay and Kundu 2014)	(Jiao, Ma et al. 2003) (Sakao, Shimomura et al. 2007) (Fogliatto and da Silveira 2008) (Moon, Shu et al. 2010)	(Ming and Liyue 2011) (Kuo 2013) (Song and Sakao 2017)	(Simpson 2004) (Jiao, Simpson et al. 2007) (Fogliatto, da Silveira et al. 2012) (da Silveira, Borenstein et al. 2001)	
コンセプトマトリクス を用いた比較	設計対象 ・入力情報 (ペルソナ・制約) ・設計物 (コース・機能) ・実体 (製品・サービス) 設計方法 ・入力方法 ・設計方法 ・評価方法				

図1: 文献調査の条件と結果

自蔵センサ型全身モーションキャプチャを用いた 倉庫内作業者の身体的リスクの評価

ロジスティクス需要が伸びており、物流倉庫の重要性が高まっている。特に、発注された商品のピッキング（OP）作業は、従業員の健康に直接的な影響を及ぼす。しかし、既存研究では自己申告制もしくは録画法に基づく主観的なデータしか扱われてこなかった。したがって、本研究の目的は自蔵センサ型全身モーションキャプチャを用いて、倉庫内作業者の身体的リスクを自動的に評価するシステムを開発することである。

図 1 に示すように、IMU センサを用いて作業者の姿勢および関節角度を計測する実験をおこなった。Rapid Entire Body Assessment (REBA) という指標に基づいて、作業者の物流倉庫での一般的な作業に関するリスクを評価する基準を示した。

Keywords: order picking, human factors, IMU sensors, risk assessment system, REBA

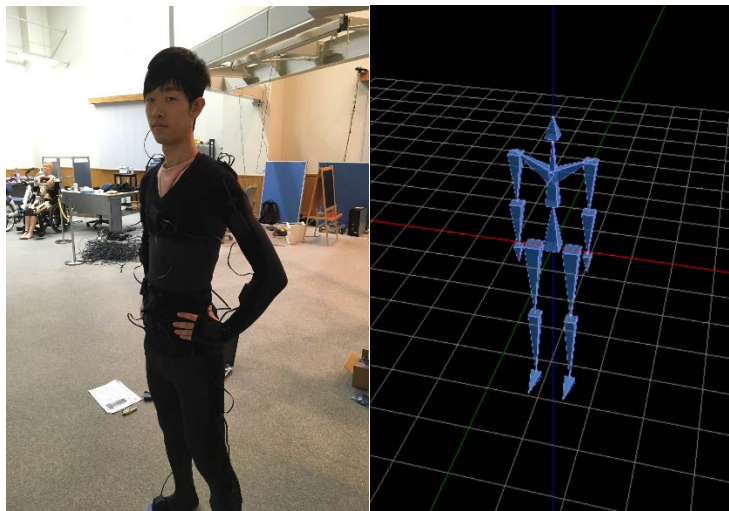


Fig. 1 (a) Motion capture device (left) (b) Motion capture software (right)

地域コミュニティの持続可能性を高める 住民の変革とゾーンデザイン

高齢化と人口の一極集中が進み、地域コミュニティの衰退が懸念される。行政の画一的な公共サービスで地域コミュニティの生活を持続させることは困難である。そのため、住民同士で支え合う地域共助サービスが必要であり、多くの住民の参画が不可欠である。

本研究では、地域共助サービスの利用を通じてコミュニティ活動への参画が促されることを表す「アクター変革のためのサービストポスモデル」を提案した(図1)。価値受容のみを行う受容者状態の住民が、サービス利用を通じて資源伝達を行う準行為者という状態を経て、地域コミュニティのための価値提供にも参画するジェネリックアクターへと変革する。

さらに、ゴール指向要求工学に基づくモデリング手法を援用し、地域共助サービスの事例分析を踏まえて、地域コミュニティをサービスエコシステムとして描き出す手法を提案した。これは、一個人の住民とその集合体としての地域コミュニティの依存関係の記述を通じて、旧来の行政区分に過度に依らない地域コミュニティの持続可能性を高めるゾーンデザインを行う手法である。

Keywords: System Design, Actor Transformation, Community Development

Reference

- [1] Bach Ho: Service Modeling for Community Sustainability in Rural Areas, Proceedings of ICSSI 2018 & ICServ2018, Taichung, Taiwan, 2018.
- [2] ホーバック, 原辰徳: 地域コミュニティの持続可能性を高める住民の変革とゾーンデザイン, 地域デザイン, Vol.13, pp. 41-62, 2019.

状態	受容者	→ 自己効力感	準行為者	→ 共同体感覚	ジェネリックアクター
欲求	物質的な欲求		社会的な欲求		感情的な欲求
行動	資源消費		資源伝達		資源統合
場の意味 (トポス)	実践の場		集合の場		家庭の場
提供支援	手段的支援		関係構築		感情的支援
獲得する価値	機能的価値		社会関係価値		情緒的価値

図1. アクター変革のためのサービストポスモデル

客室乗務員の接客過程における認知スキルの分析と スキル獲得を支援する演習教材の作成

近年、航空需要の拡大により客室乗務員（以下、CA）の採用数が増加傾向にあり、訓練を効率的に行う必要がある。本研究の目的は、CAの機内での接客業務に焦点を当て、卓越した接客スキルを持つ達人CAのスキルを若手CAが効率的に学ぶことができる演習教材を作成することである。

まず、卓越した接客スキルを持つ達人CAの接客を理解するため、行動観察や行動計測を通じて達人CAの接客過程モデル（図1）を作成した。加えて、行動観察や行動計測からは得られない「なぜその接客をしたのか」に関する認知を抽出した。認知を抽出するために、CAを対象とした実験を行い、グラウンデッド・セオリー・アプローチを用いて回顧的インタビュー（図2）のデータを分析した。分析結果から、達人CAは乗客の様子を把握した後に、乗客の要求、状況、取り得る行動、および自身が取り得る接客行動について、若手CAよりも深く考察していることがわかった。

上記の知見を統合した上で接客過程モデルを要約し、若手CAの接客スキル習得支援する演習教材を開発した。訓練教材の学習効果に対する評価実験から、達人CAが重視している乗客の要求等の心理に配慮した接客スキルの獲得過程を明らかにした。

Keywords: Flight Attendant, Cognitive skill, Grounded Theory Approach, Learning Materials

Reference

- [1] 立岡 宏治, 福島 稜, ホー バック, 原 辰徳, 太田 順, 津坂 有紀, 有満 也人: 旅客心理に寄り添う客室乗務員の気づきのスキル習得を促進する学習教材, サービス学会第6回国内大会 講演論文集, 講演番号 P0-08 (ポスター発表), 2018.
- [2] 福島 稜, 立岡宏治, 原辰徳, 太田 順, 津坂有紀, 有満也人: 客室乗務員の「気づき」に関する認知過程の分析, サービス学会第5回国内大会 講演論文集, pp.203-208, 2017.

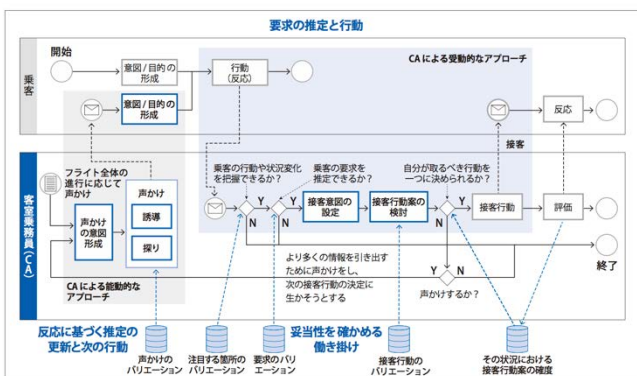


図1：接客過程モデル



図2：回顧的インタビューの様子

人込み情報を活用した旅行計画支援手法の構築

情報コミュニケーション技術が発達したことで、観光客は詳細な旅行計画を立てることが可能となった。しかし、人気の観光地は人が多く訪れ、作成した計画通りに観光地を周遊することは困難である。さらに、人込みに対する許容度は人によって異なるだけでなく、観光の目的によってもその影響は異なる（図1）。これら個別的な条件や需要を汲み取った観光計画支援をおこなうために、人込み情報の対話的な提示を通じた旅行計画支援手法の構築を本研究の目的とする。

計画の中で選ばれた観光スポットに対して、人込み情報とそれへの対処の選択肢を提示し、ユーザの選択を通じてフィードバックをプランに反映させるシステムを構築・実装した（図2）。

ユーザ実験を実施し、提案手法を検証した。その結果、観光嗜好に対する効用を大きく下げることなく、人込みへの対処をしたプランが概ね提示できた。また、事前にユーザに人込みを認識させることは、観光時の人込みによる効用減少を抑えることにつながる。

Keywords: tourism, recommender system, crowding data

References

- [1] Takashi Aoike, Bach Ho, Tatsunori Hara, Jun Ota, and Yohei Kurata: Utilising Crowd Information of Tourist Spots in an Interactive Tour Recommender System, ENTER2019, Nicosia, Cyprus, 2019.
- [2] 青池孝, ホーバック, 倉田陽平, 太田順, 原辰徳: 対話的な人込み情報の提示による旅行計画支援手法の開発, 第15回観光情報学会全国大会講演予稿集, pp. 31-32, 2018.
- [3] 宮本瞭, 青池孝, ホーバック, 原辰徳, 太田順, 倉田陽平: 推薦プランに周辺散策を加味したまち歩き観光支援, 観光情報学会第18回研究発表会講演論文集, pp. 39-42, 2018.

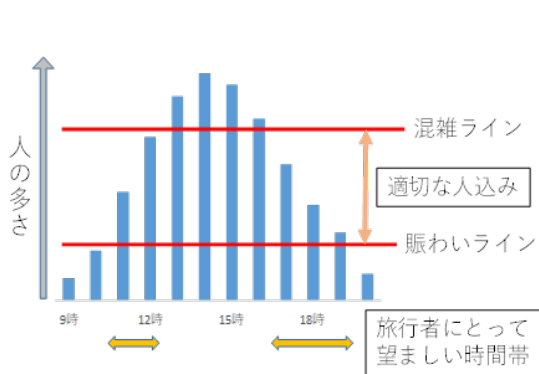


図1 本研究における人込みの捉え方

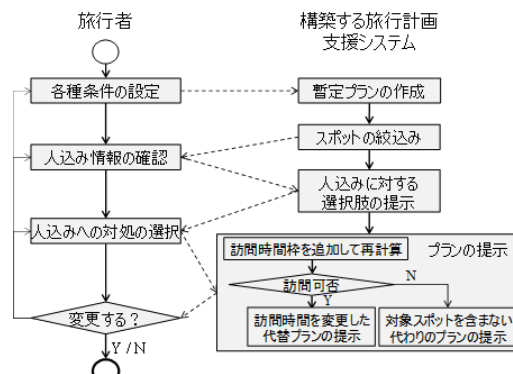


図2 提案手法による対話の流れ

宅配サービスの利便性が顧客心理と行動にもたらす影響の分析

荷物の再配達が増え、宅配業者が疲弊している。2つの研究を通じて、宅配サービスの配送オプションが顧客の心理および行動に与える影響を分析した。

まず、宅配利用に関する顧客アンケートに対する共分散構造分析から、顧客心理が顧客行動に与える影響について定量的に分析した。分析結果から、当事者意識がサービスの実現に必須の行動を強く促進する一方、再配達割合を少ししか減退しないことを明らかにした。

続いて、再配達割合が減退しない要因をマクロなシステム視点で分析するために、ゴール指向要求工学のモデリング手法である i*を用いてシステム分析をおこなった (図1)。分析結果から、顧客の当事者意識が荷物を受け取れる割合を必ずしも促進しない要因を明らかにした。

Keywords: Service Modelling, Service Design, Customer Behavior

Reference

- [1] 濱野雅史, ホーバック, 原辰徳, 太田順: 宅配サービスの利便性が顧客心理と行動にもたらす影響の分析, サービス学会第7回国内大会予稿集, B-12-04, 2019.
- [2] Yuna Murae, Bach Ho, Tatsunori Hara, and Okada Yukihiro: Two aspects of customer participation behavior: Empirical analysis in Japanese home delivery service, Proceedings of Frontiers in Service Conference 2018, Austin, USA, 2018.
- [3] Bach Ho, Tatsunori Hara, Yuna Murae, Yukihiro Okada: The Influence of Experience as a Supplier on Value Co-Creation Behavior of Consumers: The Experience of the Sender in Home Delivery Services, Proceedings of ICSSI 2018 & ICServ2018, Taichung, Taiwan, 2018.
- [4] 芳心怡, 村江優奈, ホーバック, 原辰徳: 宅配サービスにおける顧客の価値共創行動を減退させるサービスの失敗の分析, サービス学会第7回国内大会予稿集, P019 (ポスター発表), 2019.
- [5] Yuna Murae, Bach Q. Ho, Tatsunori Hara, Yukihiro Okada: Two Aspects of Customer Participation Behaviors and the Different Effects in Service Delivery: Evidence from Home Delivery Services. Journal of Marketing Development and Competitiveness, Journal of Marketing Development and Competitiveness, Vol.13, No.1, pp.45-58, 2019.

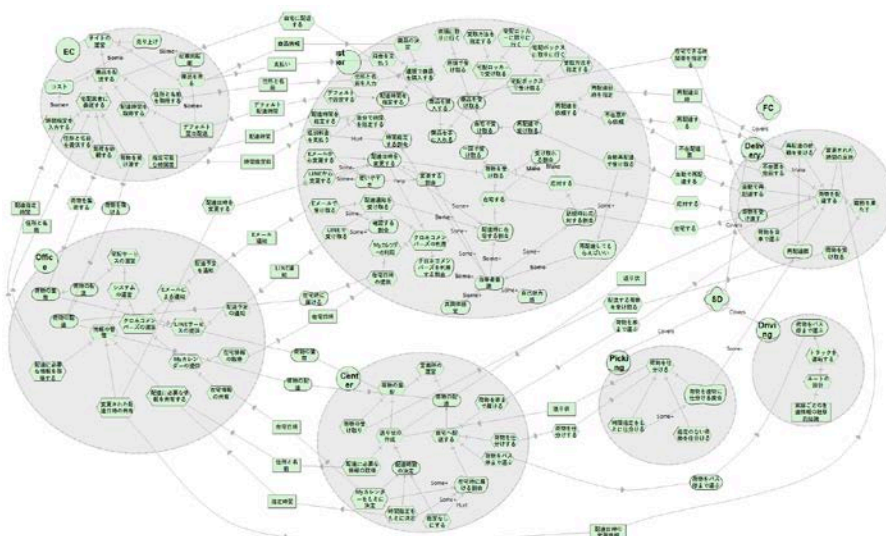


図1. i*による宅配サービスシステムのモデリング結果