

2015年度 中央大学共同研究費 一研究報告書一

研究代表者	所属機関	理工学部		2015年度助成額
	氏名	加藤 俊一		2,405 (千円)
	NAME	Kato Toshikazu		
研究 課題名	和文 英文	ロボティクス技術の社会実装へのインターディシプリナリ ーアプローチ Interdisciplinary Approach on Social Implementation of Robotics	研究 期間	2013年度 ～2015年度

1. 研究組織

	研究代表者及び研究分担者		役割分担	備考
	氏名	所属機関/部局/職		
1	加藤 俊一	中央大学・理工学部・教授	研究統括、感性分析、知的支援技術	研究代表者
2	神島 裕子	中央大学・商学部・准教授	哲学面からのQOL評価の事例調査、評価法の研究	研究分担者
3	梅田 和昇	中央大学・理工学部・教授	知的計測、状況モニタリング	研究分担者
4	丸山 剛司	中央大学・理工学部・特任教授	科学技術政策面からの事例調査、評価	研究分担者
5	中村 太郎	中央大学・理工学部・教授	人間共存型ロボットの研究	研究分担者
6	工藤 裕子	中央大学・法学部・教授	ロボティクスに関する規制および法制度の調査・研究	研究分担者
7				
8				
9				
10				
11				
12				
合計 6 名				

2. 2015年度の研究活動報告

(和文)

社会の中で、生活空間の中で、人間と共存するロボット（社会ロボット）の研究開発とその社会実装が少子高齢化の急速に進む社会にとって喫緊の課題となっている。

このようなニーズに応えるためには、対象とする人間の身体的・年齢的・文化的な要因に基づく多様性に注目したロボット技術や **Human Robot Interaction** 技術面でのブレークスルーと共に、人間と共にロボットが活動するフィールドを想定した実証実験、社会実装を促進するための倫理・法律・政策面での新しいアイデアが必要となる。すなわち、分野横断的（インターディシプリナリー、トランスディシプリナリー）な視点からの発想と方法論の具体化が必要である。

具体的な進め方としては、共同研究グループ内で、このような話題を核とした国際シンポジウムの企画・開催・開催後の論点の整理と並行して、支援サービスを想定したプロトタイプの開発と評価、また、実験室内でのプロトタイピングから、実環境でのプロトタイピングに向かうための検討を多面的に進めた。

2015年度は、理工系からの取組としては、センサー技術・ロボット技術の観点から人間の位置の計測・姿勢の分析（梅田）・動作の分析（中村）に関する助言を受けつつ、支援サービスのプロトタイプの試作と評価実験を進めた（加藤）。具体的には、人間を取り巻く環境とそこでの人間の物理的・生理的な状態を計測するために、環境モニタ用のセンサー（照度計による部屋の明るさ計測、温度計による気温計測）、非接触型の画像センサー（カメラによる人間の位置計測、視線検出装置 Tobii による人間の視線の動き計測、Kinect による人間の姿勢・動作計測）、携帯型のセンサー（スマートフォンによる加速度・位置計測）、接触型の生体センサー（筋電計 Polymate による心拍・呼吸計測、近赤外線光トポグラフィ NIRS による脳血流計測）からの情報を集約する計測システムを構築した。

これらの客観的な計測値から、人間の内的な状態が行動に現れると考えられる、店舗内での移動や商品閲覧・デジタルサイネージ閲覧などの購買行動、着席してのオンラインショッピングや読書・学習を例に、身体的な作業・行動や知的な作業に取り組んでいる人間（支援を受ける利用者）の身体的な状態や主観的・感性的な状態を推定する技術の開発を進めた。その結果、例えば、購買行動においては、被験者と商品とのインタラクション（見る・触れる・手に取る行為）の時間・回数のパターンに個人差があり類型化できること、また、興味の有無により商品とのインタラクションのパターンが異なり、逆に、類型化のもとでパターンを計測することで、商品への関心の有無を SVM 分析により推定することを可能とした。さらには、興味を持つ商品群に共通する性質を、ラフ集合解析とベイズ学習により、抽出することも可能とした。これらは、被験者よりも店内の商品群の状態を詳細に観測することで得られる情報が主で、被験者の心理的な負担感は少なく、社会的に受容されやすい技術である。また、スマートフォンを加速度センサーとして利用することで、被験者の歩行の状態（駆け足、速足、ゆっくり歩行）と身体的な負担感を推定することも可能とした。被験者が常時持ち歩く機器であるため、これも、被験者の心理的な負担感は少なく、社会的に受容されやすい技術である。一方、直接被験者を詳細に観測することを許せば、店舗内での商品やデジタルサイネージの閲覧時やオンラインショッピングの画面上での視線の動きと、脳活動の部位の同時計測により、被験者が多様な商品情報（例：デザイン、説明文など）のどれを理解しようとし（デザイン→視覚野の活動大、説明文→ブローカー野・ウェルニッケ野の活動大）、また、それに高評価を与えているか（前頭前野の活動変化）までを推定可能なことを示した。また、着席しての長時間の

商品閲覧、読書・学習では、被験者の着座姿勢（ディスプレイとの距離、体軸の角度）とその時間変化に、個人差がありながらも、被験者が感じている興味・集中度・マンネリ感が現れており、個人にキャリブレーションした後は、着座姿勢から（体軸が前傾→）興味・集中度・（体軸が後傾→）マンネリ感を推定することも可能とした。

これら要素技術を組み込んだ支援サービスのプロトタイプシステムの試作と評価実験を進めた。これらの成果は、日本感性工学会の大会・研究会・ハワイ大学マノア校でのワークショップ、International Symposium on Affective Science and Engineering 2016（ISASE2016）などを中心に技術発表を行った。また、2016年7月に開催される HCI International 2016 にも論文が採択された。

人文社会系からの取組としては、2014年度の国際シンポジウム「レジリエント社会への融合的アプローチ」での議論（屋内・室内に比べてさらに複雑度の高い環境である、人間とロボットが行動する街・街路で、人間が都市内の場所やサービスに安全にアクセスし、かつ、高い満足感を得るための仕組みの必要性の議論、また、工藤によるスマートシティ創りに向けた総括的な提言論文）のレビューを継続し、分野横断的視点からの多面的検討を進め、国際シンポジウム「レジリエント社会への融合的アプローチ」の講演集（ポストエディット版）に集約した。（なお、国際シンポジウムでは、我が国と同様に急速に高齢化が進むイタリアからの情報科学、行動計測、データサイエンスの各分野の専門家を交えて、情報科学から都市設計、プライバシーとソーシャルセキュリティに及ぶ多面的な話題で議論を進めて知見を共有する必要があったため、通訳・翻訳サービスを利用した。2015年度も同様。）

2015年度には、上記の議論を踏まえ「融合知能、Interdisciplinary Intelligence」という概念を提唱し、ロボット技術・Human Robot Interaction 技術と都市機能・サービスへのアクセス技術の融合化、人間が活動する生活圏（例：屋内、街路）でのパブリック・プライベートな観点からの設計法、ロボット・サービスの高次制御のためのオープンデータ・ビッグデータの収集管理、データサイエンスと人工知能技術の融合化などをテーマとして、国際シンポジウム「融合知能：個人の多様性への適合による都市機能・サービスの提供」を開催し議論を深め、講演集（ポストエディット版）に集約し、後述するように、情報環境分野で権威ある国際会議の一つ（HCI International 2016）に、人間や文化の多様性に対応した支援技術の分野融合的研究の方法論として提案した。

本共同研究では、分野融合的な方法論を構築する上で、以下の問題点に直面してきた。理工系・人文社会系ともに、個々の要素技術だけからではその技術の社会全体への影響を推定しがたい。（理工系的には）被験者の反応の分析や要素技術の精度評価を正確かつ詳細に行うためには、実験室での *in vitro* な実験や計算機シミュレーションなどの *in silico* な実験に偏りがちである。また、現実の環境・社会に導入しての *in vivo* な実験は、計測すべき条件が複雑で、実験そのものの設計が難しい。（人文社会系的には）計算機シミュレーションなどの前提条件の設定が現実の条件の非常に小さなサブセットに過ぎず、その段階から、現実の環境・社会に導入することに抵抗感がある。

上記の国際シンポジウムなど公開の場での議論も経て、このような人間の行動の観測・分析・モデル化やそれに基づく支援技術の研究開発を分野融合的に進める方法論として、*in vitro*→*in silico* な実験と *in vivo* な実験の間に位置する実験として、複数～多人数が参加できる *in VR* (virtual reality) や *in AR* (augmented reality) な実験空間を作成する手法が合意された。In VR では、現実世界に近づけるように、仮想空間に諸条件を順次追加し、また、*in AR* では、現実世界にいる被験者に、多様な情報提示を順次追加する。これら両方向からのアプローチにより、実社会・実環境へ

の技術の段階的な導入による効果を順次、把握しつつ、社会的側面・心理的側面などからの（人文社会系的な）研究の推進と、人工的な環境に現実世界の条件を段階的に追加し、技術の効果・精度評価などの（理工系的な）研究の推進を重ね合わせて進めることが可能になるとの知見を得た。

このような研究の技術的・方法論的なアイデアを、人間や文化の多様性に対応した支援技術の分野融合的研究に「普遍性のある概念と具体的な方法論」と位置づけ、その考え方を、情報環境・Human Computer Interaction 分野で最大の国際会議である HCI International 2016 に提案したところ、その企画セッションテーマとして採択された。具体的な話題の例として、本共同研究の一つの応用と考えられる Design and management of safe and stress-free walking environment: considering different culture and physical condition of pedestrians（安全安心な歩行環境の設計と運用：文化や身体的な状態の多様性の観点から）を定めた。同国際会議は、2016年7月にカナダ・トロントで開催され、同企画セッションには、本研究で開催した国際シンポジウムの登壇者（加藤、工藤を含む）から4件の論文発表が採択されている。

また、ビジネス倫理の面から、ロボット技術の社会導入に関する考察として、国際会議 Philosophy of Management International Conference 2016 での論文発表が採択されている（秋澤・神島）。

理工系・人文社会系の研究者の交流は、主に理工系の研究室での技術紹介・デモと評価・議論（5月）、また、国際シンポジウム（6月）とその前後や、海外からの関連研究者の招聘とセミナー（11月、3月）の際などに実施した。

理工系・人文社会系の総合的な評価に関しては、HCI International 2016 の企画セッションの成果も踏まえつつ、2016年度中に、共同研究参画者による論文執筆の予定である。

本共同研究の今後の展開として、社会を構成する要素の多様性を一層拡大する方向性（例：人間だけでなく、支援ロボット、自律走行ロボット、伴侶動物などの能動性のある要素を対象を拡大）、Internet of Things (IoT) などの広範な環境内センサー群との融合、人間の多様性（例：年齢・性別・身体・文化的な多様性）への適合技術の拡大を図るために、学外資金（欧州の研究開発・イノベーション枠組プログラム Horizon 2020）による国際共同研究プロジェクトを2016年度に提案・応募する予定である。また、より具体的な応用事例も含みつつ、安全安心な歩行環境の設計と運用技術の研究を中央大学・ミラノビッコカ大学・文京区との共同でスタートさせる予定である（例：オリンピック・パラリンピック開催時、東京ドーム周辺を、高齢者・障害者・外国人にも安全安心な通行を実現する支援技術の実現）。

なお、研究体制上の反省点としては、共同研究者の急な在外研究・退職・家庭事情など、計画時点では予定されていなかった事象に翻弄された面はある。また、実質的には研究協力者・アドバイザー的な役割の方も共同研究者の体制に含めていたが、科研費のような研究分担者の区分の導入も必要だったと思われる。

（英文）

From technological aspect, we have continued developing ubiquitous and wearable multi-sensory systems as typical examples of human assistance service. That is to estimate human's physical and emotional states by environmental sensors for brightness and temperature, image sensors for eye tracking, motion tracking and behavior patterns, mobile sensors for acceleration and location, biometric sensors for brain activity, heart pulse and breathing. We have developed modeling methods for specific emotional states, such as

“concentrated vs bored”, “interested vs non-interested”, and “decided vs non-decided” to estimate the correlation between the emotional states and the multi-sensed values.

From social science and humanity aspect, we have also continued examining essential needs for QOL in human’s live-sphere as a resilient society. We have discussed these service facilities below; the urban design under the concept of public wealth, traffic control to adapt multiple diversity of citizens on physical and emotional features, advanced usage of big data and open data also related to each of the citizens.

We have also discussed from interdisciplinary aspect with relation to current Artificial Intelligence technologies and smart city functions; Interdisciplinary Intelligence. One typical example is how to design and manage safe and stress-free walking environment, when the pedestrians of different gender, age groups, cultural background, and physical conditions have to share the same walking environment. (The elderly walk slower than the youth, disabled persons walk differently from the healthy ones. Cultural differences result in different walking speed and manner, eventually causing stress to the pedestrians of different origins.) We have proposed this idea to HCI International 2016 conference (July 2016) and accepted to organize a special session on this topic. (Our four related papers were accepted for presentation.)

3. おもな発表論文等（予定を含む）

【学術論文】（著者名、論文題目、誌名、査読の有無、巻号、頁、発行年月）

(1) 高橋直己, 坂本隆, 加藤俊一

「イメージ写真からの代表色とクラスター特徴量の抽出によるインテリアブランドの分析」
日本感性工学会論文誌, Vol. 15 (2016) No. 1 Special Issue p. 203-212. (査読あり)

【学会発表】（発表者名、発表題目、学会名、開催地、開催年月）

(1) 高橋直己, 坂本隆, 加藤俊一

「イメージ写真からの代表色とクラスター特徴量の抽出によるインテリアブランドの分析」
第18回 日本感性工学会大会, 文化学園大学, 2015年9月2日-4日 (査読あり)

(2) Takahashi Naoki, Takashi Sakamoto, Toshikazu Kato

“Visualization of Brand Images Extracted from Home-Interior Commercial Websites Using Color Features” HCII2016, The Westin Harbour Castle Hotel in Toronto, Canada, 2016/7/19-7/22 (査読あり)

(3) Yuta Sudo, Toru Nakata, Toshikazu Kato

“Method for Extraction of Technical Terms with Score of their Difficulty” HCII2016, The Westin Harbour Castle Hotel in Toronto, Canada, 2016/7/19-7/22 (査読あり)

(4) Yuta Fukui, Toru Nakata, Toshikazu Kato

“Effect of Visual Emphasis on Important Parts of a Text” HCII2016, The Westin Harbour Castle Hotel in Toronto, Canada, 2016/7/19-7/22 (査読あり)

(5) Hiroko Kudo

“Co-design, Co-creation, and Co-production of Smart Mobility System” HCII2016, The Westin

Harbour Castle Hotel in Toronto, Canada, 2016/7/19-7/22 (査読あり)

(6) Takashi Sakamoto, Toru Nakata, Toshikazu Kato

“Kansei Robotics for Safe and Stress-free Livesphere - Understanding Personal Preferences from Behavior Patterns -” HCII2016, The Westin Harbour Castle Hotel in Toronto, Canada, 2016/7/19-7/22 (査読あり)

(7) Kamishima, Y. & Akizawa, H.

“Can merging the capability approach with effectual processes help us define a permissible range of robotics entrepreneurship?” , Philosophy of Management International Conference 2016, St Anne’s College, Oxford, United Kingdom, 14 - 17 July 2016. (査読あり)

(8) Masashi MURAKAMI, Takashi SAKAMOTO, Toshikazu KATO

“Effect of Classical Background Music on the Arithmetic Calculation Task: Psychological and Physiological Evaluations” ISASE2016, 工学院大学 新宿キャンパス, 2016年3月21日-22日 (査読あり)

(9) 田川遼介, 牧敦, 檀一平太, 加藤俊一

嗜好判断過程の理解に向けた自発的な認知活動に引き起こされる大脳皮質ネットワークの状態変化の分析, 第11回日本感性工学会春季大会, 2016年3月 (査読なし)

(10) 関根麻耶, 加藤俊一

店舗内における消費者のウィンドウショッピングの行動分析, 第11回日本感性工学会春季大会, 2016年3月 (査読なし)

(11) 関根麻耶, 加藤俊一

実店舗における消費者のウィンドウショッピングの行動分析, 第17回日本感性工学会大会, 2015年9月 (査読なし)

【図 書】(著者名、出版社名、書名、刊行年)

【その他】(知的財産権、ニュースリリース等)

(1) 第3回国際シンポジウム「融合知能：個人の多様性への適合による都市機能・サービスの提供」2015年6月9日開催 (研究成果の紹介・デモの公開を含む)

<https://www.facebook.com/events/781381455315145/>

(2) 上記国際シンポジウムの報告書 (ポストエディット版の講演集) を発行した。

(3) ステファニア・バンディーニ先生 (イタリア、ミラノ・ビッコカ大学) の講演会

Walkability in the city: focus on dyads, 2015年11月13日開催 (研究成果の紹介・デモの公開を含む)

<https://www.facebook.com/events/1672448023001673/>

(4) ハワイ大学マノア校で感性工学とロボティクス Affective Engineering and Robotics のワークショップを開催, 2016年2月22日 (研究成果の紹介を含む).

<https://www.facebook.com/events/1674957902748028/>

(5) 感性ロボティクスワークショップを開催 2016年3月23日 (研究成果の紹介・デモの公開を含む)

<https://www.facebook.com/events/1744197962480790/>

(*) 2015年3月の発表であるが、本研究の一部として行った研究発表「固視点と画像の有無が注視に与える影響の解析」により、加藤研究室の博士前期課程学生・田川遼介が第10回日本感性工学会春季大会 優秀発表賞を受賞した (授賞式は2016年3月26日)。

<http://www.jske.org/musrvkbnw-87/# 87>