

Human-Robot Interaction (HRI) の社会実装の取り組みと課題

臨床心理学コース 太田 一実
臨床心理学コース 横須賀 咲紀
臨床心理学コース 滝沢 龍

Clinical Application of Human-Robot Interaction (HRI) and its Challenges

Kazumi OTA, Saki YOKOSUKA, and Ryu TAKIZAWA

Clinical interventions with the use of Human-Robot Interaction (HRI) are increasingly common in health care field. In this article, previous studies on clinical application of HRI with a focus on the field of health care including mental health are reviewed. Total of 54 articles are extracted. The main targets of these articles are autism spectrum disorder, elderly people with or without cognitive impairment, physical rehabilitation, learning support, and schizophrenia. Several challenges in the clinical application of HRI are also identified including safety, providing personalized care and service, autonomy and ethical issues, and trust and over trust.

目次

1. はじめに
2. 方法
3. 結果
 - A. 臨床的利用
 1. 自閉症 (Autism Spectrum Disorder: ASD)
 2. 認知症・軽度認知機能障害・高齢者
 3. 学習支援
 4. 身体的リハビリテーション
 5. 統合失調症
 - B. HRIの課題
 1. 安全性の確保
 2. 利用者のニーズや個人的特徴に合わせる
 3. 自律性と倫理的問題
 4. 信頼と過剰信頼
4. 本論考の限界点と今後の展望
5. 謝辞
6. 引用文献

1. はじめに

Human-Robot Interaction (HRI: 人とロボットの相互作用)の研究は、International Conference on Human Robot Interactionが最初に開催された2006年頃から徐々にさかんになり、工学、心理学、デザインを融合するような領域の研究が増加している¹⁾。それまでロボット工学の領域では、産業用ロボットなど、道具や

労働力としてのロボット開発の研究が中心だったが、ロボット工学の技術が進むにつれて人間が生活をする場でロボットが用いられるようになり、それに伴って人間とロボットの交流 (interaction) をテーマとした研究がさかんになってきた²⁾。

例えば、ロボットが階段を昇降したり、荷物の入ったカートを移動させたりするとき、ロボットは周囲環境と自分自身の物理的距離を感知して機能すればよい。しかし、ロボットが会社でコーヒーを配るタスクを課せられたとき、ロボットは環境と自分自身の物理的距離の把握だけでなく、人間の存在を感知する、誰にコーヒーを渡すのかを理解する、利用者との適切な距離をとりながら適切な態度で接する、「ありがとう」と言われたら「どういたしまして」と返事をするなどの社会的ルールを理解して行動を制御する必要がある¹⁾。このような社会的ルールは人間にとっては明白であっても、ロボットにとっては未知であり、操作者からの指示、あるいはロボットの学習・適応技術が必要である。

もともとロボットは人工的な労働者として定義されていたが、産業界への応用や自動制御、サイエンスフィクションのメディアなどによって、「ロボット」の意味は多様になっていった³⁾。ロボットの定義は利用される状況やその背景、利用者、ロボットに課せられたタスクなどによってさまざまであり、共通の定義は明示されていないが、本論考で取り扱うロボットは、Youngら³⁾の定義に倣い、(a)個人あるいは公共の

環境で個人やグループと一緒に働く、(b)その環境において動的な存在感がある、(c)環境を“知的に”洞察して解釈し、身体的に交流することができる機械である、とする。

近年、メンタルヘルスを含むヘルスケア領域にHRIを応用させる動きが増えている。ヘルスケア領域で用いられるロボットは、主に社会交流型ロボット (socially interactive robot) と社会支援型ロボット (socially assistive robot) である。社会交流型ロボットは、感情の表現と認識、言語によるコミュニケーション、視線やジェスチャーなどの非言語的の手がかりを駆使しながら、人間と社会的交流を行なうことを主な目的としたロボットである⁴⁾。社会支援型ロボットとは、人間との言語的・非言語的なコミュニケーションを通して社会構成員の一員として機能しながら、学習支援、身体的補助、日常生活支援、服薬のリマインドといったタスクの遂行を目的としたロボットである⁵⁾。

HRIに携わる研究者たちは、人間の日常生活のさまざまな場面で利用できるロボットの開発を目指し、研究の対象を基礎的技術から社会実装へと移行している²⁾。その結果、ロボットは単なる道具ではなく、人間の協働者、話し相手 (companion)、案内人、指導者や教員など多様な社会的役割を担うようになってきた¹⁾。

ヘルスケア領域でのロボットの实装は、高齢者、子ども、障害や疾患を持つ者を対象に、精神的安定、ソーシャルスキルの獲得、精神的症状の軽減、身体的運動の動機づけ、認知機能の獲得・向上・低下予防などをターゲットとした介入が試みられている。効率的な介入のために、最近では利用者のエンゲージメント (積極的に取り組む姿勢) が注目されており、ロボットに搭載されたカメラや音声認識機能などから得た情報を元に、ロボットが自律的に個々の利用者に合わせた対応をして利用者のエンゲージメントを維持できるかどうかを検証する研究が多く見られる⁶⁻⁸⁾。同時に、利用者がロボットと居場所を共にしているときの居心地、安心感、コミュニケーションのしやすさも重要な研究テーマであり、ロボットが利用者の表情を観察して利用者が喜んでいるのか悲しんでいるのかを検知する機能や、ロボットが言語的コミュニケーションだけでなく、表情や身振りとといった非言語的コミュニケーションを駆使してより自然に交流するための研究も散見される³⁾。ロボットの機能だけでなく、外見のデザインも利用者のロボットに対する反応を左右する重要な要因である。例えば、人型ロボット (ヒューマノイ

ドあるいはアンドロイドとも呼ばれる) の場合、人間の容姿に近づければ近づけていくほど利用者のロボットに対する親近感が増していくが、ある一定の度合いに到達すると突然強い嫌悪感を抱き、人間と見分けが全くつかない時点で再び親近感が上がる「不気味の谷 (uncanny valley)」という現象が明らかにされている⁹⁾。利用者によっては、機械的な容姿のデザインや、人間ではない架空の生き物や動物の容姿をしたデザインのロボットが好まれることもある。

HRIの社会的実装に関する研究は始まったばかりであり、今後ますます発展していくと考えられる。そこで、本論考の目的は、メンタルヘルスを中心としたヘルスケア領域でのHRIの社会実装の取り組みに関する先行研究をまとめ、HRIを臨床現場で使用する際の主な課題を提示することとする。

2. 方法

2021年7月31日までの論文を対象とした。論文データベースは、Web of Science、Psycinfo、MEDLINE (PubMed) を使用した。検索式は、「“human-robot interaction” + “mental health”」、 「“human-robot interaction” + “physical health”」、 「“human-robot interaction” + psychology」、 「“human-robot interaction” + psychiatry」とした。

論文抽出の適格基準としては、実際の利用者を対象とした介入の実証研究が行われていること、除外基準としては、会議録・レター・英語と日本語以外の論文であること、ロボットやシステムの技術的あるいは基礎的な研究であること、本研究で定義したロボット以外のエージェントを使用していることとした。

3. 結果

各論文データベースの検索結果数は、Web of Science が251件、Psycinfo が305件、MEDLINE (PubMed) が188件であった。そのうち、重複する文献を除外した結果、414件の論文が抽出された。適格基準と除外基準に基づいて最終的に抽出された論文は54件だった。

これらの論文の主なテーマとしては、自閉症 (Autism Spectrum Disorder : ASD)、認知症・軽度認知機能障害・高齢者、身体的リハビリテーション、学習支援、統合失調症である。

A. 臨床的利用

1. 自閉症 (Autism Spectrum Disorder: ASD) への介入

ASDは、アメリカ精神医学会の診断統計マニュアル第5版 (DSM-5)¹⁰⁾によると、①対人社会性の質的障害、②言語コミュニケーションの質的障害、③強いこだわり、という特徴が認められる。具体的な症状としては、言葉の遅れ、反響言語 (オウム返し)、冗談・皮肉・慣用句・たとえ話が通じにくいなどの言語的コミュニケーションの障害、視線が合わない、表情やジェスチャーが不自然といった非言語的コミュニケーションの障害、身振りを真似る、他者と関心を共有するなどの他者との共有の障害などである。現時点では、ASDを完治させる方法は確立されていないため、ASD治療の目標としては、生活スキルを向上させ、生活の質 (Quality of Life) を向上させることとされている¹¹⁾。

ASDに対する一般的な介入方法は年齢に応じて、言語の改善を目的とする言語治療、対人行動の改善を目的とするソーシャルスキルトレーニング、身辺自立やコミュニケーションを含む日常的な行動の改善を目的とした療育などがある¹²⁾。

このようなASDの介入に、人間の専門家と一緒に、あるいは専門家に代わってロボットを用いる試みが始まっている。今回抽出された文献の限りでは、2歳¹³⁾から27歳¹⁴⁾までが研究対象となっており、対象者の年齢に応じてターゲットとなる行動も異なっていた。幼児や児童を対象とした研究では、共同注意¹³⁾、模倣、言語的コミュニケーション、発話^{15, 16)}、交互交代、視線、注意移動^{17, 18)}、相手の表情認識¹⁹⁾の評価や習得を目的にロボットが使用された。10代後半から20代を対象とした研究では、日常場面あるいは職業面接場面での言語的・非言語的コミュニケーションのトレーニングを目的とした介入が行われた²⁰⁻²³⁾。

これらの研究の多くは人型ロボットを使用しているが、容姿、大きさ、どの程度人間に似ているかは一様ではない。そのため、社会的交流場面においてASDを持つ者は人間とロボットのどちらを好むか、あるいはどのような容姿・機能のロボットを好むかといった研究も複数認められる^{18, 24-29)}。極端な好き嫌いはASDの特徴のひとつであるため、効率的な介入のためには対象者が好むデザインのロボットを使用することが重要である²⁵⁾。今回抽出された文献では、ASDを持つ者は、人間よりもロボットへ視線や注意を向けることが多く^{25, 28, 29)}、人間と接している時よりもロボットと接している時の発話量が多く²⁴⁾、会話の相手として人間

よりもロボットを好む²⁶⁾ことが示唆されている。また、ロボットの中でも、3歳児は人間に酷似したロボットよりもマスコット性の強いデザインのロボットやタッチスクリーンに映し出されるアバターに視線を向ける傾向が高く²⁷⁾、10代のASD児も人間に酷似したロボットよりもマスコット性の強いデザインのロボットを好む傾向が高かった²⁵⁾。さらに、ASDを持つ子どもには利用者からの接触を感知して反応する (e.x., 子どもがロボットを抱擁したときにロボットが音声や身体の動きで肯定的な反応を示す) 機能を搭載しているロボットが好まれること¹⁸⁾が示唆された。一方、アジア圏 (日本) とヨーロッパ (セルビア) のASDを持つ子どもと人型ロボットとの社会的交流に関する文化差を検討した研究もある³⁰⁾が、参加者の年齢に大きな差があること、同一文化内でも個人によってロボットとのかかわり方に大きな差が認められることから、文化的背景による差異に関する考察はされていない。

ASDに関する多くのHRI研究では、既存のロボットを利用してASDの特徴や使用目的に合わせたプログラムが搭載されているが、ASDを持つ子どもの介入のために基礎から開発されたロボットもある³¹⁾。Kasperと呼ばれる人型ロボットは、ASDの治療および教育を目的として2005年に開発されて以来、有効性と機能性のアップデートを重ねてきた。現在利用可能なバージョンは2014年に発表された第5版であり、ASDに特徴的な他者視点取得などの訓練のためのソフトウェアが搭載されている³¹⁾。

さらに、HRIはASDのスクリーニングにも適用の可能性を広げている。ASDは一般的に、保護者への質問紙や、専門家による観察および保護者あるいは自閉症が疑われる本人への構造化面接によって行われるが、自閉症の専門家が遠隔操作するロボットとASDの子どもが交流する場面を観察しながら子どものコミュニケーションパターンを専門家が評価し、ASDのスクリーニングに活用するという試みが見られる^{32, 33)}。例えば、Romero-Garciaら³³⁾は人型ロボットNaoを使用し、幼児用自閉症スクリーニングであるQ-CHAT-10の10項目のうち、「子供の名前を呼ぶと振り向くか」、「アイコンタクトを取ることができるか」など6項目の行動を評価するために子どもとロボットを交流させ、その様子をASDの専門家が観察して評価した。その結果、Q-CHAT-10を用いて評価した時とほぼ同じ感度で自閉症をスクリーニングすることが可能だった。

このように、ASD児に対する介入にロボットを用いることについて、ASDを持つ子どもの親や教育者はどのように考えているのだろうか。Coeckelberghら³⁴⁾の報告によると、ロボットをASDの介入に利用することに関しては肯定的な姿勢を見せるものの、専門家に代わってロボットのみで介入を行うことに対しては否定的な傾向が高く、誰かの監視のもとでロボットを利用することが望ましいという意見が多かった。また、ロボットの容姿に関しては、人間や架空の生き物よりも動物に似せたデザインのロボットが好ましいという意見が多く聞かれた。

2. 認知症・軽度認知機能障害・高齢者

認知症とは、DSM-5によると「1つ以上の認知領域（記憶、注意、遂行機能、言語、知覚—運動、社会的認知）において低下が認められる、認知機能低下のために日常生活の活動に支障がある、その認知機能低下は意識障害がないときにも認められ、うつ病など他の精神疾患によってうまく説明できない」と定義されている。現時点では認知症の根本治療薬は存在しないため、発症早期からの非薬物療法を含めた総合的な取り組みが重要であるといわれている³⁵⁾。非薬物療法の中でも特に、運動療法、ゲーム・計算・音読などを介して脳内の情報処理を刺激するような認知刺激療法、音楽療法、回想法などは、認知機能低下の抑制や改善、社会・人間関係の改善、行動・心理症状（BPSD）の軽減などに効果があることが明らかにされている³⁵⁾。また、高齢者は若い世代に比べて、抑うつ感情、孤独感、社会的孤立を経験することが多く、孤独感は身体的・精神的な健康度にネガティブな影響を与えることが知られているため、高齢者の精神的なケアも重要である^{36, 37)}。

そのような高齢者へのケアにロボットを用いることで、高齢者の生活の質（QOL）の向上に加えて、医療・介護スタッフや介護者の負担の軽減の効果が期待されている³⁸⁾。認知症患者への介入で頻繁に使用されている社会交流型ロボットが「Paro」である³⁹⁻⁴²⁾。Paroは高齢者の孤独感軽減のために日本で開発されたアザラシの赤ちゃんをモデルにしたコンパニオンロボットであり、表面がふわふわとした手触りで利用者からの働きかけに対して動きや鳴き声で反応する。Paroとの交流は、認知症患者の笑顔や会話量の増加³⁹⁾、孤独感の減少と抑うつ感情の軽減⁴⁰⁾、夜間の問題行動の減少⁴¹⁾といった効果が認められている。Paroと同様に動物の容姿のロボットを使用した研究として、子羊の容姿を

したロボットも開発されている⁴³⁾。

また、Naoなどの人型ロボットを使用した研究も散見される^{41, 44-48)}。人型ロボットは動物型ロボットと異なり、胴体や四肢を動かしたり、喋ったり、音楽を流したりと、複数の機能が搭載されているため、動物型ロボットよりも多様な関わり方が可能である。そのため、個別の軽い運動プログラム⁴⁴⁾、音楽鑑賞や会話の集団活動⁴⁵⁾、認知および身体運動プログラム^{41, 47)}にロボットを導入する、ロボットが会話、ダンス、音楽などの機能を用いて高齢者と交流する⁴⁶⁾、高齢者がロボットと一緒にシェイクスピアの台本を朗読しながら演劇に参加する⁴⁸⁾といった実践を通して参加者の反応や症状の変化を評価する研究が行われている。その結果、運動プログラムへの動機づけ、会話や笑顔の増加、認知症の症状のひとつであるアパシーの改善、重症の認知症患者の認知機能の評価を目的としたsMMSEにおける認知機能低下の抑制、気分・抑うつ感情・孤独感の向上に効果があることが示唆された。認知機能が年齢相応に保たれている高齢者を対象とした研究でも、人型ロボットは運動プログラムへの参加動機付けに有用であることが示唆されている^{49, 50)}。

高齢者の定期的な診療情報の収集とケアプラン作成にHRIを導入する試みも見られる⁵¹⁾。包括的高齢者評価（Comprehensive Geriatric Assessment）にタッチスクリーンを搭載した人型ロボットを導入し、65歳以上で軽度の認知機能低下のある高齢者25名を対象に使用してもらった結果、利用者からは高い評価を得ることができたと報告されている。

さらに、高齢者の自律的な生活支援、一人暮らし高齢者の孤独の軽減と見守りなどを目的としたHRIの研究も進められており⁵²⁻⁵⁵⁾、ロボットの音声認識や会話機能の向上といった技術的な問題に加え、利用者の性格によってロボットへの受け入れや反応が異なることから、利用者に合わせてロボットの開発といった課題が明らかにされている。

3. 学習支援

HRIは子どもの学習支援にも活用されており、パソコンやタブレットとは異なるロボットならではの効果が期待されている⁵⁶⁾。特に言語の習得にロボットを活用する研究が多く見られ、健常児あるいは発話やコミュニケーションに障害のある子どもを対象として、母国語あるいは外国語の学習補助の研究が進められている⁵⁷⁻⁵⁹⁾。ロボットは、子どもの単語習得や発話などの言語習得に一定の有用性があることが明らかにされ

ているが、人間の専門家に比べて劣るという結果も認められるため、今後さらなる技術の向上と研究が期待される⁵⁹⁾。

ロボットを使用した言語以外の学習領域の支援も試みられている。例えば、Konijn & Hoorn⁶⁰⁾ は、8歳から10歳までの子どもを対象にして、人型ロボット Nao を用いて1対1で九九を指導する実践研究を行ない、ロボットは九九の習得に有用であることを示した。そして、学力が平均以下の子どもは気が散りやすいため、社会性のあるロボットよりも課題遂行にフォーカスしたロボットを利用するなど、子どもの学力レベルに合わせてロボットのコミュニケーションスタイルを変える必要があると述べている。

発達障害児を対象にした研究では、音韻障害、ADHD、書字障害など複数の障害を合併している10歳の男児の書字の練習にロボットを導入したケーススタディが報告されている⁶¹⁾。本研究は、人型ロボット Nao とタブレットを用いて、書字障害のトレーニングのための複数のゲームを男児とロボットが協力するという形で実行した。例えば、ロボットが書いたバランスの崩れた文字を男児が手直りするアクティビティや、男児がペンの筆圧を調整しながらロボットと共にゴールに到達するゲームなどである。この方法は、Learning by Teaching と呼ばれて⁶²⁾、ロボットが誤りを犯す、あるいは理解が乏しいような振舞いをすることで、学習者から自発的にロボットに教えるという行動を引き出す。週1回のセッションを20回行った結果、介入前に比べて男児の手書きの質と書いているときの姿勢が明らかに改善したと報告されている。

4. 身体的リハビリテーション

身体的リハビリテーションや動作補助を目的とした HRI の研究としては、脳卒中患者^{62, 63)}、パーキンソン病あるいは片麻痺のある患者⁶⁴⁾ を対象にした論文が抽出された。

Chen ら⁶²⁾ は、脳卒中患者1名と健常者10名を対象に、関節痙縮や関節性拘縮の治療を目的とした足関節リハビリテーションを安全に行うための制御システムを開発し、臨床現場での利用の可能性を示唆している。Gui ら⁶³⁾ は、脳卒中患者の歩行リハビリテーションに使用する外骨格型ロボット装具に、認知的 HRI (cognitive HRI) や身体的 HRI (physical HRI) を搭載することで、利用者の個性に合わせた歩行パターンを補助するシステムを開発し、一定の有用性を示した。また、Miyake⁶⁴⁾ は、歩行者の歩行リズムに同調する

歩行補助ロボットシステムを使用してパーキンソン病のある患者と片麻痺のある患者を対象に実証研究を行った結果、患者の歩行が安定したと報告している。また、リハビリテーション中の利用者のエンゲージメントを高めるために、利用者の希望する難易度を自動で調整するようなシステムの開発も行なわれており、健常者を対象にした研究では利用者のリハビリテーションへの高いエンゲージメント、モチベーション、満足度が示され、今後は臨床群を対象にした実証研究が待たれる⁸⁾。

現時点でのリハビリテーション用ロボットの課題として、利用者の動きの意図を読み取りそれをロボット制御に反映させる技術、人間の身体の動きの完璧な再現性、過度な負担をかけることなく適切な力を利用者に伝える技術などが挙げられる⁶⁵⁾。また、利用者の身体の一部がロボットに直接接触するリハビリテーション用ロボットは、特に安全性の確保が必須である。ロボットを使用したリハビリテーションで生じやすい有害事象には、ロボットの繰り返しの使用あるいはロボットの不適切な力加減のためにロボットが触れる部分の皮膚が負傷する、筋肉痛が生じる、ロボットと利用者の関節の位置がずれていたために筋骨格に痛みが生じる、といったことが挙げられており、今後はこのような有害事象を可能な限り予防しながら、利用者にとって使い心地よく効果的なりハビリテーションをサポートするロボットの開発が必要である⁶⁵⁾。

5. 統合失調症

社会機能障害は統合失調症の症状のひとつであり、「心の理論」の欠如が影響して対人コミュニケーションに障害が現れるという特徴を持つ⁶⁶⁾。HRI は、ASD への対人行動の改善を目的とするソーシャルスキルトレーニングなどの介入に一定の効果が認められていることから、ASD と類似した対人コミュニケーションの障害を特徴とする統合失調症患者にもロボットの利用が効果的かどうかの検証が行われた。Cohen ら⁶⁶⁾ は人型ロボットの iCub を使用して、統合失調症患者を対象に、ロボットからの肯定的フィードバックが、ロボットの動きを模倣するという課題に影響を与えるかどうか検証した。17名の統合失調症患者と15名の健常者を対象にして実験を行った結果、統合失調症患者は健常者に比べてロボットの動きを模倣する能力が低いこと、統合失調症患者は肯定的フィードバックがあっても模倣の正確性は向上しなかったことが示唆された。統合失調症患者では、模倣の正確性と社会的な

フィードバック（本研究ではロボットの笑顔）がリンクしなかったためであると筆者らは考察している。

B. HRIの課題

このように、メンタルヘルスを中心としたヘルスケア領域におけるHRIの実用的な研究が発展すると同時に、さまざまな課題も指摘されている。ここでは主な課題について述べる。

1. 安全性の確保

HRIの臨床現場での利用に際して、最も重要なポイントのひとつが安全性である^{51, 67)}。日本では、日常生活のいろいろな利用環境で一般の人たちを対象に稼働するサービスロボットの運用について、「サービスロボットを活用したロボットサービスの安全マネジメントシステムに関する要求事項」が、JIS規格「JIS Y 1001」として2019年5月に制定された⁶⁸⁾。この新規規格では、ロボットを用いてサービスを提供するロボットサービスプロバイダーに求められる安全管理や運用に関する事項が体系化、標準化されており、ロボットを使用する際の安全上の課題や問題を多面的にリスクアセスメントし、利用者へのリスクを低減する必要性が強調されている⁶⁸⁾。

さらに、ロボットの安全性が現在の技術で可能な限り確保されていたとしても、ロボットの容姿、ロボットに抱いているイメージ、過去の経験などから、利用者がロボットに対して恐怖心を抱く、あるいは安全ではないと信じ込む可能性があることにも留意すべきである⁶⁹⁾。ロボットに抱くネガティブな感情が、ロボットを利用した介入の効果を減少させる原因となるだけでなく、利用者の精神的なダメージにつながることもあるだろう。そのための対応として、高齢者の場合にはロボットが実際に稼働している場面の動画を見せることでロボットを受け入れる姿勢が向上したという報告がある⁷⁰⁾。また、高齢者を対象に、日常生活支援ロボットを複数回使用した後でロボットに対する態度が変化するかどうかを検証した研究では、ロボットに対する受け入れの姿勢は低いままだが、少なくともロボットに対する恐怖心は軽減したという結果が示唆された⁷¹⁾。今後、HRIの技術の向上とロボットの利用環境の拡大と並行して、利用者の安全性を確保するための多面的な対策が必要であると考えられる。

2. 利用者のニーズや個人的特徴に合わせる

利用者のニーズに合わせた容姿や機能をもつロボッ

トの設計も重要なテーマのひとつである。例えば、パーキンソン病を持つ高齢者の服薬管理の補助を目的としたロボットの開発に関する研究では、大学生を対象に使用した時と実際の患者を対象に使用した時とでは、ロボットの使用感に関する評価がまったく異なっていた⁷²⁾。このように、ロボットの開発には、利用する人がどのような補助をどの程度必要としているかといった個人のニーズに合わせる事が不可欠である。そのためには、ロボットが利用者との交流を通して、利用者の言語的・非言語的な手がかりを検知し、それに合わせてコミュニケーションスタイルを柔軟に変化させるような技術が求められる⁷⁾。

さらに、メンタルヘルスを中心としたヘルスケア領域におけるHRIの利用をより有効で利用者にとって有益なものとなるように発展させていくためには、利用者の年齢や文化的背景を考慮する必要性も指摘されている。特に、高齢の利用者を想定したロボットを開発するにあたり、高齢者は若い世代とは異なるニーズを持っており、テクノロジーやロボットに対する考えや経験も若い世代とは異なるということを考慮しなくてはならない⁷²⁾。また、文化によって人間同士のコミュニケーションスタイルが異なるように、人間とロボットの交流でも、利用者のコミュニケーションスタイルの文化的特徴（e.g., 日本人はお辞儀をする、イタリア人はパーソナルスペースが近いなど）を反映させたロボットの方がそうでないものよりも利用者を受け入れられやすいことが先行研究で明らかにされている⁷³⁾。利用者がロボットを受け入れることができるかは、ロボットの社会的実装の成功において最も重要な要素の一つであることから、どのようなロボットが利用者を受け入れられやすいのかといった研究の蓄積が求められる⁷⁴⁾。

3. 自律性と倫理的問題

現在のHRIの技術では、ヘルスケア領域で用いられるロボットが利用者の安全性を確保した上で自律的に利用者の個性やニーズに合わせた柔軟な相互交流を実現することは困難である³¹⁾。そのため、ヘルスケア領域におけるHRI研究の多くは、研究者、セラピスト（専門家）、教員、保護者等がロボットを遠隔操作して利用者と交流するWizard of Oz法が用いられている。ロボットの操作はロボットの専門家でなくても可能なように設計されているものの、操作者はどうしてもロボットと利用者の両方に注意を向ける必要があるため、利用者を継続的に観察することが難しくなる上、

長期的な利用を考慮するとこの方法では限界があると考えられる³¹⁾。そのため、ロボットの自律性の向上が求められるが、ロボットの自律性が向上すると同時に倫理的な問題も浮上してくる。例えば、もしロボットが間違えた方法で利用者と接した結果、利用者の状態が悪化した、あるいは被害を被った場合、誰が責任を取るのだろうか³¹⁾。

一方、Wizard of Oz法を用いることで、利用者を欺くことへの倫理的な懸念も指摘されている⁶⁷⁾。自律的に交流していると信じていたロボットが、実は裏で人間に操られていたと知ったとき、利用者がロボットへ抱いていた信頼や愛着が裏切られるような心理的な悪影響が及ぶ可能性を考慮すべきであるという指摘もある⁶⁷⁾。今後、ロボットの開発に携わる技術者、臨床現場でロボットを利用する臨床の専門家、そして研究者は、ロボットの自律性と利用者の安全性のバランスを考慮することが不可欠であろう。

4. 信頼と過剰信頼

メンタルヘルスを中心としたヘルスケア領域でのロボットの利用を成功させる一要因として、「信頼 (trust)」が注目されている⁷⁵⁾。こういった性質のロボットだと利用者はロボットを信頼するのといった研究は、リハビリテーション⁷⁶⁾やヘルスケア⁷⁷⁾などの臨床現場や、子ども^{78, 79)}を対象に研究されている。

同時に、利用者がロボットに抱く過剰信頼 (over trust) の問題も見出されている。先行研究では、定期的な運動習慣や健康的な食生活といった行動の促進にロボットが有用である可能性が示唆されているが、利用者がロボットを信頼しすぎること、無意識のうちに知識や情報をロボットから与えられ、無自覚に影響される可能性があることも倫理的な問題としてあげられている¹⁾。

4. 本論考の限界点と今後の展望

本論考の限界点として、メンタルヘルスを中心としたヘルスケア領域におけるHRIの社会実装関連の研究論文の抽出方法が挙げられる。本論考では研究方法で述べたように、論文の検索キーワードに「human-robot interaction」, 「mental health」, 「physical health」, 「psychology」, 「psychiatry」といった用語が使用されている英語あるいは日本語の研究論文のみを対象とし、データベースもWeb of Science, Psycinfo, MEDLINE (PubMed)のみを使用した。そのため、こ

れらの検索結果では抽出されなかった研究論文や隣接領域の研究論文も存在するであろう。

HRIは、私たちの日常のさまざまな場面で活用され始めている。メンタルヘルスを中心としたヘルスケア領域におけるHRIの多くは未だ研究段階であるものの、臨床現場や人々の自宅での利用を想定した実証研究も進められており、統制された環境で利用した時とは異なる課題も見えてきた。今後は、利用者の安全性を確保した上で、利用者の言語的・非言語的な手掛かりを検知するセンサーやロボットの学習機能などの技術を向上・発展させることにより、個々の利用者の特徴に合わせたロボットの開発が望まれる¹⁾。

5. 謝辞

本論考はJSPS 科研費 (16H05653 & 19K03278), The Royal Society and The British Academy (Newton International Fellowship Alumni follow on funding), 東京大学卓越研究員制度, 株式会社アウトソーシングテクノロジーの研究助成を受けたものです。

6. 引用文献

- 1) Bartneck, C., Belpaeme, T., Eyssel, F., Kanda, T., Keijsers, M., & Šabanović, S. 2020. "Human-Robot Interaction - An Introduction." <https://www.human-robot-interaction.org/download/160/> (2021年9月21日)
- 2) 石黒浩 2021. 「HRIとHRL」『Cognitive Studies』第19巻, 第3号, pp.269-275.
- 3) Young, J., Hawkins, R., Sharlin, E., & Igarashi, T. 2009. "Toward Acceptable Domestic Robots: Applying Insights from Social Psychology." *International Journal of Social Robotics* 1: 95-108.
- 4) Fong, T., Nourbakhsh, I., Dautenhahn, K. 2003. "A survey of socially interactive robots." *Robotics and Autonomous Systems* 42: 3-4, 143-166.
- 5) Feil-Seifer, D. & Mataric, M.J. 2005. "Defining socially assistive robotics." *Proceedings of the IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics* 2005: 465-468.
- 6) Fan, J., Bian, D., Zheng, Z., Beuscher, L., Newhouse, P. A., Mion, L. C., & Sarkar, N. 2017. "A Robotic Coach Architecture for Elder Care (ROCARE) Based on Multi-User Engagement Models." *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering* 25: 1153-1163.
- 7) Oertel, Catharine & Castellano, Ginevra & Chetouani, Mohamed & Nasir, Jauwairia & Obaid, Mohammad & Pelachaud, Catherine & Peters, Christopher. 2020. "Engagement in Human-Agent Interaction: An Overview." *Frontiers in Robotics and AI* 7: 92.
- 8) Shirzad, N., & Van der Loos, H.F. 2016. "Evaluating the User Experience of Exercising Reaching Motions With a Robot That Predicts Desired Movement Difficulty." *Journal of Motor Behavior* 48: 31-46.

- 9) 森政弘 1970. 「不気味の谷」『エナジー誌』第7巻, 第4号, pp.33-35.
- 10) American Psychiatric Association. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596> (2021年9月21日)
- 11) Coeckelbergh, M., Pop, C., Simut, R., Peca, A., Pinteá, S., David, D., & Vanderborcht, B. 2015. "A Survey of Expectations about the Role of Robots in Robot-Assisted Therapy for Children with ASD: Ethical Acceptability, Trust, Sociability, Appearance, and Attachment." *Science and engineering ethics* 22: 47-65.
- 12) 独立行政法人国立精神・神経センター精神保健研究所 2010. 「ライフステージに応じた自閉症スペクトラム者に対する支援のための手引き」 <https://www.ncnp.go.jp/nimh/jidou/research/tebiki.pdf> (2021年9月21日)
- 13) Bekele, E.T., Lahiri, U., Swanson, A.R., Crittendon, J.A., Warren, Z.E., Sarkar, N. 2013. "A step towards developing adaptive robot-mediated intervention architecture (ARIA) for children with autism." *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 21: 289-99.
- 14) Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Corbett, B.A., Matsumoto, Y., Higashida, H., Yuhi, T., Ishiguro, H., Mimura, M., Kikuchi, M. 2019. "Job interview training targeting nonverbal communication using an android robot for individuals with autism spectrum disorder." *Autism* 23: 1586-1595.
- 15) Peca, A., Simut, R., Pinteá, S., & Vanderborcht, B. 2015. "Are children with ASD more prone to test the intentions of the Robonova robot compared to a human?" *International Journal of Social Robotics* 7, 629-639.
- 16) Desideri, L., Negrini, M., Cutrone, M.C., Rouame, A., Malavasi, M., Hoogerwerf, E.J., Bonifacci, P., Di Sarro, R. 2017. "Exploring the Use of a Humanoid Robot to Engage Children with Autism Spectrum Disorder (ASD)." *Studies in Health Technology and Informatics* 242: 501-509.
- 17) Taheri, A., Meghdari, A., Alemi, M., & Pouretamad, H. 2018. "Human-Robot Interaction in Autism Treatment: A Case Study on Three Pairs of Autistic Children as Twins, Siblings, and Classmates." *International Journal of Social Robotics* 10, 93-113.
- 18) Wan, G., Deng, F., Jiang, Z., Lin, S., Zhao, C., Liu, B., Chen, G., Chen, S., Cai, X., Wang, H., Li, L., Yan, T., & Zhang, J. 2019. "Attention shifting during child-robot interaction: a preliminary clinical study for children with autism spectrum disorder." *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering* 20: 374-387.
- 19) Soares, F., Costa, S., Santos, C., Silva Pereira, A., Hiolle, A., & Silva, V. 2019. "Socio-emotional development in high functioning children with Autism Spectrum Disorders using a humanoid robot." *Interaction Studies* 20: 205-233.
- 20) Kumazaki, H., Warren, Z., Corbett, B. A., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Higashida, H., Yuhi, T., Ikeda, T., Ishiguro, H., & Kikuchi, M. 2017. "Android Robot-Mediated Mock Job Interview Sessions for Young Adults with Autism Spectrum Disorder: A Pilot Study." *Frontiers in psychiatry*, 8, 169.
- 21) Kumazaki H, Muramatsu T, Yoshikawa Y, Matsumoto Y, Miyao M, Ishiguro H, Mimura M, Minabe Y, Kikuchi M. 2019. "How the Realism of Robot Is Needed for Individuals With Autism Spectrum Disorders in an Interview Setting." *Frontiers in Psychiatry* 10: 486.
- 22) Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Ishiguro, H., Mimura, M., & Kikuchi, M. 2019. "Role-Play-Based Guidance for Job Interviews Using an Android Robot for Individuals With Autism Spectrum Disorders." *Frontiers in Psychiatry* 10: 239.
- 23) Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Corbett, B.A., Matsumoto, Y., Higashida, H., Yuhi, T., Ishiguro, H., Mimura, M., & Kikuchi, M. 2019. "Job interview training targeting nonverbal communication using an android robot for individuals with autism spectrum disorder." *Autism* 23: 1586-1595.
- 24) Kim, E.S., Berkovits, L.D., Bernier, E.P., Leyzberg, D., Shic, F., Paul, R., & Scassellati, B. 2013. "Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism." *Journal of Autism and Developmental Disorders* 43: 1038-49.
- 25) Kumazaki, H., Warren, Z., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Miyao, M., Nakano, M., Mizushima, S., Wakita, Y., Ishiguro, H., Mimura, M., Minabe, Y., & Kikuchi, M. 2017. "A pilot study for robot appearance preferences among high-functioning individuals with autism spectrum disorder: Implications for therapeutic use." *PLoS One* 12: e0186581.
- 26) Kumazaki, H., Warren, Z., Swanson, A., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Takahashi, H., Sarkar, N., Ishiguro, H., Mimura, M., Minabe, Y., & Kikuchi, M. 2018. "Can Robotic Systems Promote Self-Disclosure in Adolescents with Autism Spectrum Disorder? A Pilot Study." *Frontiers in Psychiatry* 9: 36.
- 27) Kumazaki, H., Warren, Z., Swanson, A., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Yoshimura, Y., Shimaya, J., Ishiguro, H., Sarkar, N., Wade, J., Mimura, M., Minabe, Y., & Kikuchi, M. 2019. "Brief Report: Evaluating the Utility of Varied Technological Agents to Elicit Social Attention from Children with Autism Spectrum Disorders." *Journal of Autism and Developmental Disorders* 49: 1700-1708.
- 28) Yoshikawa, Y., Kumazaki, H., Matsumoto, Y., Miyao, M., Kikuchi, M., & Ishiguro, H. 2019. "Relaxing Gaze Aversion of Adolescents With Autism Spectrum Disorder in Consecutive Conversations With Human and Android Robot-A Preliminary Study." *Frontiers in Psychiatry* 10: 370.
- 29) Cao, W., Song, W., Li, X., Zheng, S., Zhang, G., Wu, Y., He, S., Zhu, H., & Chen, J. 2019. "Interaction With Social Robots: Improving Gaze Toward Face but Not Necessarily Joint Attention in Children With Autism Spectrum Disorder." *Frontiers in Psychology* 10: 1503.
- 30) Rudovic, O. & Lee, J., Mascarell Maricic, L., Schuller, B., & Picard, R. 2017. "Measuring Engagement in Robot-Assisted Autism Therapy: A Cross-Cultural Study." *Frontiers in Robotics and AI* 4: 36.
- 31) Wood, L.J., Zarak, A., Robins, B., & Dautenhahn K. 2021. "Developing Kaspar: A Humanoid Robot for Children with Autism." *International Journal of Social Robotics* 13, 491-508.
- 32) Dehkordi, P.S., Moradi, H., Mahmoudi, M., & Pouretamad, H.R. 2015. "The Design, Development, and Deployment of RoboParrot for Screening Autistic Children." *International Journal of Social Robotics* 7, 513-522.
- 33) Romero-García, R., Martínez-Tomás, R., Pozo, P., & de la Paz, F., & Sarriá, E. 2021. "Q-CHAT-NAO: A robotic approach to autism screening

- in toddlers." *Journal of Biomedical Informatics* 118: 103797.
- 34) Coeckelbergh, M., Pop, C., Simut, R., Peca, A., Pinteá, S., David, D., & Vanderborght, B. 2016. "A Survey of Expectations About the Role of Robots in Robot-Assisted Therapy for Children with ASD: Ethical Acceptability, Trust, Sociability, Appearance, and Attachment." *Science and Engineering Ethics* 22: 47-65.
- 35) 佐藤正之 2014. 「認知症の非薬物療法の現状と未来」『認知神経科学』第15巻, 第3号, pp.207-213.
- 36) Holtfreter, K., Reisig, M. D., & Turanovic, J. J. 2017. "Depression and infrequent participation in social activities among older adults: The moderating role of high-quality familial ties." *Aging & Mental Health* 21: 379-388.
- 37) Perissinotto, C.M., Cenzer, I.S., & Covinsky, K.E. 2012. "Loneliness in older persons: A predictor of functional decline and death." *Archives of Internal Medicine* 172, 1078-1084.
- 38) Takanokura, M., Kurashima, R., Ohhira, T., Kawahara, Y., & Ogiya, M. 2021. "Implementation and user acceptance of social service robot for an elderly care program in a daycare facility." *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*.
- 39) Robinson, H., MacDonald, B.A., Kerse, N., & Broadbent, E. 2013. "Suitability of healthcare robots for a dementia unit and suggested improvements." *Journal of American Medical Directors Association* 14: 34-40.
- 40) Robinson, H., Macdonald, B., Kerse, N., & Broadbent, E. 2013. "The psychosocial effects of a companion robot: a randomized controlled trial." *Journal of American Medical Directors Association* 14: 661-7.
- 41) Soler, M.V., Agüera-Ortiz, L., Rodríguez, J.O., Rebolledo, C.M., Muñoz, A.P., Pérez, I.R., Ruiz E.O., Sánchez, A.B., Cano, V.H., Chillón, L.C., Ruiz S.F., Alvarez, J.L., Salas, B.L., Plaza, J.M.P., Rico, F.M., Dago, G.A., & Martín, P.M. 2015. "Social robots in advanced dementia." *Frontiers in Aging Neuroscience* 7: 133.
- 42) Robinson, H., Broadbent, E., & MacDonald, B. 2016. "Group sessions with Paro in a nursing home: Structure, observations and interviews." *Australasian Journal on Ageing* 35 :106-112.
- 43) Feng, Y., Barakova, E.I., Yu, S., Hu, J., & Rauterberg, G.W.M. 2020. "Effects of the Level of Interactivity of a Social Robot and the Response of the Augmented Reality Display in Contextual Interactions of People with Dementia." *Sensors (Basel)* 20: 3771.
- 44) Rouaix, N., Retru-Chavastel, L., Rigaud, A.S., Monnet, C., Lenoir, H., & Pino, M. 2017. "Affective and Engagement Issues in the Conception and Assessment of a Robot-Assisted Psychomotor Therapy for Persons with Dementia." *Frontiers in Psychology* 8: 950.
- 45) Cruz-Sandoval, D., & Favela, J. 2019. "Incorporating Conversational Strategies in a Social Robot to Interact with People with Dementia." *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders* 47: 140-148.
- 46) Sarabia, M., Young, N., Canavan, K., Edginton, T., Demiris, Y., & Vizeychipi, M. 2018. "Assistive Robotic Technology to Combat Social Isolation in Acute Hospital Settings." *International Journal of Social Robotics*. 10.
- 47) Fan, J., Bian, D., Zheng, Z., Beuscher, L., Newhouse, P.A., Mion, L.C., & Sarkar, N.A. 2017. "Robotic Coach Architecture for Elder Care (ROCARE) Based on Multi-User Engagement Models." *IEEE Transaction Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 25: 1153-1163.
- 48) Field,s N., Xu, L., Greer, J., & Murphy, E. 2021. "Shall I compare thee...to a robot? An exploratory pilot study using participatory arts and social robotics to improve psychological well-being in later life." *Aging & Mental Health* 25: 575-584.
- 49) Fasola, Juan & Mataric, Maja. (2012). Using Socially Assistive Human-Robot Interaction to Motivate Physical Exercise for Older Adults. Proceedings of the IEEE. 100. 2512-2526.
- 50) Fasola, J., & Mataric, M. 2013. "A Socially Assistive Robot Exercise Coach for the Elderly." *Journal of Human-Robot Interaction* 2.
- 51) Ting, K.L.H., Voilmy, D., De Roll, Q, Iglesias, A. & Marfil, R. 2021. "Fieldwork and Field Trials in Hospitals: Co-Designing A Robotic Solution to Support Data Collection in Geriatric Assessment." *Applied Sciences* 11: 3046.
- 52) Johnson, D., Cuijpers, R., Juola, J., Torta, E., Simonov, M., Frisiello, A., Bazzani, M., Yan, W., Weber, C., Wermtter, S., Meins, N., Oberzaucher, J., Panek, P., Edelmayer, G., Mayer, P., & Beck, C. 2013. "Socially Assistive Robots: A Comprehensive Approach to Extending Independent Living." *International Journal of Social Robotics* 6.
- 53) Salichs, M., Castro-González, Á., Salichs, E., Fernández-Rodicio, E., Gómez, M.M., Gamboa, J.J., Marques, S., Castillo, J., Alonso-Martin, ., & Malfaz, M. 2020. "Mini: A New Social Robot for the Elderly." *International Journal of Social Robotics* 12.
- 54) Keizer, R., van Velsen, L., Moncharmont, M., Riche, B., Ammour, N., del Signore, S., Zia, G., Hermens, H., & N'Dja, A. 2019. "Using socially assistive robots for monitoring and preventing frailty among older adults: a study on usability and user experience challenges." *Health and Technology* 9.
- 55) Cortellessa, G., Fracasso, F., Sorrentino, A., Orlandini, A., Bernardi, G., Coraci, L., De Benedictis, R., & Cesta, A. 2018. "ROBIN, a Telepresence Robot to Support Older Users Monitoring and Social Inclusion: Development and Evaluation." *Telemedicine Journal and e-Health* 24: 145-154.
- 56) 柏原昭博 2020. 「ソーシャルロボットを用いた学びの研究」『教育システム情報学会誌』第37巻, 第2号, pp.73-82.
- 57) Belpaeme, T., Vogt, P., van den Berghe, R., Bergmann, K., Goksun, T., de Haas, M., Kanero, J., Kennedy, J., Küntay, A., Oudgenoeg-Paz, O., Papadopoulos, F., Schodde, T., Verhagen, J., Wallbridge, C., Willemsen, B., de Wit, J., Geckin, V., Kunold Neé Hoffmann, L., Kopp, S. & Pandey, A.K. 2018. "Guidelines for Designing Social Robots as Second Language Tutors." *International Journal of Social Robotics* 10.
- 58) Leyzberg, D., Ramachandran, A. & Scassellati, B. 2018. "The Effect of Personalization in Longer-Term Robot Tutoring." *ACM Transactions on Human-Robot Interaction* 7: 1-19.
- 59) Kanero, J., Geckin, V., Oranç, C., Mamus, E., Küntay, A. & Goksun, T. 2018. "Social Robots for Early Language Learning: Current Evidence and Future Directions." *Child Development Perspectives* 12: 146-151.
- 60) Konijn, E. & Hoorn, J. 2020. "Robot tutor and pupils' educational ability: Teaching the times tables." *Computers & Education* 157: 103970.
- 61) Gargot, T., Asselborn, T., Zammouri, I., Brunelle, J., Johal, W., Dillenbourg, P., Archambault, D., Chetouani, M., Cohen, D., &

- Anzalone, S. M. 2021. "It Is Not the Robot Who Learns, It Is Me." Treating Severe Dysgraphia Using Child-Robot Interaction." *Frontiers in psychiatry* 12: 596055.
- 62) Chen, G., Zhou, Z., Vanderborght, B., Wang, N. & Wang, Q. 2016. "Proxy-based sliding mode control of a robotic ankle-foot system for post-stroke rehabilitation." *Advanced Robotics* 30: 1-12.
- 63) Gui, K., Liu, H., & Zhang, D. 2017. "Toward Multimodal Human-Robot Interaction to Enhance Active Participation of Users in Gait Rehabilitation." *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 99: 1-1.
- 64) Miyake, Y. 2009. "Interpersonal Synchronization of Body Motion and the Walk-Mate Walking Support Robot." *Robotics, IEEE Transactions on* 25: 638-644.
- 65) Bessler, J., Prange-Lasonder, G.B., Schaake, L., Saenz, J.F., Bidard, C., Fassi, I., Valori, M., Lassen, A.B., & Buurke, J.H. 2021. "Safety Assessment of Rehabilitation Robots: A Review Identifying Safety Skills and Current Knowledge Gaps." *Frontiers in Robotics and AI* 8: 602878.
- 66) Cohen, L., Khoramshahi, M., Salesse, R., Bortolon, C., Slowiński, P., Zhai, C., Tsaneva-Atanasova, K., Di Bernardo, M., Capdevielle, D., Marin, L., Schmidt, R., Bardy, B., Billard, A. & Stéphane, R. 2017. "Influence of facial feedback during a cooperative human-robot task in schizophrenia." *Scientific Reports* 7.
- 67) Riek, L. & Howard, D. 2014. "A Code of Ethics for the Human-Robot Interaction Profession" *Proceedings of We Robot*. <https://ssrn.com/abstract=2757805> (2021年9月21日)
- 68) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 「ロボットサービスの安全マネジメントに関する規格JIS Y1001発行－新JIS法の下でのサービス分野規格第一号として制定－ https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190520/pr20190520.html (2021年9月21日)
- 69) Villaronga, E.F. & Ozcan, B. 2020. "The Progressive Intertwinement Between Design, Human Needs and the Regulation of Care Technology: The Case of Lower-Limb Exoskeletons." *International Journal of Social Robotics* 12.
- 70) Beer, J.M., Prakash, A., Smarr, C.A., Chen, T.L., Hawkins, K., Nguyen, H., Deyle, T., Mitzner, T.L., Kemp, C.C., & Rogers, W.A. 2017. "Older Users' Acceptance of an Assistive Robot: Attitudinal Changes Following Brief Exposure." *Gerontechnology* 16, 21-36.
- 71) Wu, Y.H., Wrobel, J., Cornuet, M., Kerhervé, H., Damnée, S., & Rigaud, A.S. 2014. "Acceptance of an assistive robot in older adults: a mixed-method study of human-robot interaction over a 1-month period in the Living Lab setting." *Clinical Intervention in Aging* 9: 801-811.
- 72) Wilson, J., Tickle-Degnen, L. & Scheutz, M. 2020. "Challenges in Designing a Fully Autonomous Socially Assistive Robot for People with Parkinson's Disease." *ACM Transactions on Human-Robot Interaction* 9: 1-31.
- 73) Papadopoulos, I., & Koulouglioti, C. 2018. "The Influence of Culture on Attitudes Towards Humanoid and Animal-like Robots: An Integrative Review." *Journal of Nursing Scholarship* 50: 653-665.
- 74) Tay, B., Jung, Y. & Park, T. 2014. "When stereotypes meet robots: The double-edge sword of robot gender and personality in human-robot interaction." *Computers in Human Behavior* 38: 75-84.
- 75) Christoforakos, L., Gallucci, A., Surmava-Große, T., Ullrich, D., & Diefenbach, S. 2021. "Can Robots Earn Our Trust the Same Way Humans Do? A Systematic Exploration of Competence, Warmth, and Anthropomorphism as Determinants of Trust Development in HRI." *Frontiers in Robotics and AI* 8: 640444.
- 76) Langer, A., Polak, R.F., Mueller, O., Kellmeyer, P. & Levy-Tzedek, S. 2019. "Trust in Socially Assistive Robots: Considerations for use in Rehabilitation." *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 104.
- 77) Lee, N., Kim, J., Kim, E. & Kwon, O. 2017. "The Influence of Politeness Behavior on User Compliance with Social Robots in a Healthcare Service Setting." *International Journal of Social Robotics* 9.
- 78) Brink, K.A., & Wellman, H.M. 2020. "Robot teachers for children? Young children trust robots depending on their perceived accuracy and agency." *Developmental Psychology* 56: 1268-1277.
- 79) Di Dio, C., Manzi, F., Peretti, G., Cangelosi, A., Harris, P.L., Massaro, D., & Marchetti, A. 2020. "Shall I Trust You? From Child-Robot Interaction to Trusting Relationships." *Frontiers in Psychology* 11: 469.

(受入教員 滝沢龍准教授)