

# 遠隔コミュニケーション可能なロボットを用いた RAR環境構築に関する一考察

大久保 英一\*,\*\* 永沼 充\*\*

\* 帝京短期大学 専攻科臨床工学専攻 \*\* 帝京科学大学

## 要 旨

筆者らは2002年頃よりRobot Assited Activity (RAA) / Robot Assisted Therapy (RAT) の基礎研究に取り組んできた。その後、遠隔操作ロボットを用いたRATであるRobot Assisted Rehabilitation (RAR) について取り組んでいる。この間、ロボット・コンピュータ・ネットワークといった基盤技術の変化はめまぐるしい15年間であった。基盤技術の変化に伴い、様々な機能を持ったロボットが登場している。本稿では、これまでRAA/RAT/RARで使用してきたロボットと取り組んできた環境構築についてまとめ、今後の展望について考察する。

キーワード：Robot Assisted Rehabilitation、OriHime、遠隔操作

## I 背景

精神医学においては、様々なアプローチを行う療法がある。これは、内科学や外科学のように検査値だけでは状況をはかり知ることができない精神医学特有の領域であるに起因するであろう。特に、我々が注目したのはアニマル・セラピーである。アニマル・セラピーを実際に臨床で実践してきた横山章光医師と研究初期に触れ合うことができた。アニマル・セラピーの効果は実証されてきたが、臨床で行うためには動物の持つ人畜共通感染症や飼育、しつけといった様々なハードルがあった。2001年SONYからペットタイプロボットであるAIBOが登場し、「エンタテインメント・ロボット」が登場し、犬・ネコといった様々な動物型のロボットが登場した。そこで、動物の代わりにロボットを用いたRAA/RATが萌芽した。筆者らは、計測自動制御学会において、RAA/RAT調査研究会の立ち上げ時期から関与し、現在はロボット・セラピー部会の運用に関与している。この間に、コンピュータ・ネットワーク環境は大きく変化し安価で高性能なものが入手可能になり市場に出回るロボットも大きく変化してきた。そこで、筆者らがこの分野の研究を開始し約15年となり、研究当初から着目してきた遠隔コミュニケーション技術を持ったロボットを使った環境構築とその推移を整理し考察する。

## II 研究初期 (2002年～2007年)

筆者らは通信技術を主な領域としており、専用ロボットを開発することは当初より予定していなかつ

た。ロボットのハードウェアは市販ないし民間に入手可能なものを使用するスタンスで開始した。これは優れたロボットがあったとしても、使用する臨床や家庭で入手困難では普及しないという考えからである。当初使用していたSONYのAIBO (図1、表1)、OMRONのNeCoRoを使用したフィールドワークを重ね、自律制御型ロボットではなく遠隔操作ロボットを想定し、使用に必要な具備条件について検討を行った。



図1. SONY AIBOの変遷

AIBOは2世代目 (ERS-210,220) から無線LANインターフェイスを備え、開発技術のハードルがやや低い遠隔操作開発環境"Remote Framework"も公開となった。当時のAIBOはマイク・カメラが搭載されていたが、基本コンセプトは家族の中の一員であったので、大多数の中で音声・画像による自律制御は限界があった。ロボットの持つ人に対するアピールポイント

表1. SONY AIBOのモデル比較

世代	第1世代	第2世代	第3世代	第4世代
型番	ERS-110/111	ERS-210/220	ERS-311/312/31L	ERS-7
コンセプト	犬	狼系の犬・4脚ロボット	丸い犬・バグ犬	犬に近い4脚ロボット
無線LAN	×	○	×	○
遠隔操作	×	○	△ 一部モデルと専用リモコン	○
マイク	あり	あり	あり	あり
スピーカ	あり	あり	あり	あり
カメラ	あり	あり	あり	あり
崖検知	なし	なし	なし	あり

を活かしつつ、制御はその場にいるスタッフが行う、あたかもリモコン操作のようなロボットの操作環境開発を目指した。すべてをコンピュータやネットワークで処理することは開発までの時間も含めて難しく、アナログな手法である絵入りカードなどを使い、臨床からのニーズに少しでも早くレスポンスできるように心がけてきた。同時に、活動の評価法についても検討を行い、患者へのうなずきや視線観察の評価についても研究を行った。その後、研究初期で開発してきたシステムは、被験者・セラピスト・ロボット及びオペレータの4者が関与して行うコンセプトが中心にあった。一方で、臨床でより機動的に実施してもらうためにセラピストがオペレータを兼務して、セラピストの考えでロボットが制御できる操作システムの開発を目指した。被験者・セラピスト・ロボットによる三者関係の構築である。

### III 研究中期 (2008~2013年)

フィールドワークを重ねたのち、理学療法的な視点だけでなく、作業療法にも近い視点である被験者の認知行動にアプローチできるシステムの開発が望まれた。研究中期で開発してきた、被験者・セラピスト・ロボットによる三者関係から、被験者自身が考えて操作できる、被験者の動きに対応できるロボットの操作環境開発に取り組んだ。高次脳障害を発症した患者は、半側空間無視といった認知に関わる機能の回復リハビリテーションに取り組むこととなる。空間認識の

トレーニングを行うことができるシステムの開発を行った。この他、患者の動きによってロボットが動くシステムの開発も行い、患者の足踏みや歩行によってロボットが動き、患者のモチベーションを上げることを目的としたものである。この時期には市販ゲーム機も体感型コントローラが登場し、三次元加速度検出ができる安全かつ安価なコントローラが登場した。このコントローラを使ったシステムである(図2)。

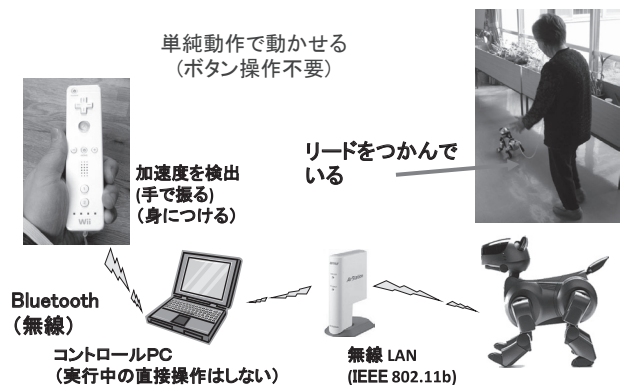


図2. ロボットと一緒に歩くシステム構成図

この時期には、企業との共同研究にも参加し、子ども型ソーシャルロボットを用いたフィールドワークと活動評価の検討も行った。被験者に侵襲的なデータ取得はセラピーそのものの効果を低下させてしまうことから、被験者に対し非侵襲的にデータを取得できる加速度脈波や脳血流計測などの検討も行った。

#### IV 研究後期 (2014年～現在)

使用しているロボットであるAIBOの経年劣化や開発・サポートの打ち切りをうけ、使用ロボットの見直しと臨床でのニーズについて再検討を行った。フィールドワーク先のヒアリングによって見えてきたのは、音声によるコミュニケーション支援の必要性が挙げられた。これまで使用してきたロボットでは難しかった機能である。近年、吉藤健太郎氏が立ち上げたオリイ研究所製のOriHimeが市場に登場した。吉藤氏の開発コンセプトは様々な原因によって外出することができない人に、外の世界と触れ合う機会を提供するためのロボット開発であった。AIBOシリーズとOriHimeとの機能比較を表2に示す。

表2. AIBOシリーズとOriHimeとの機能比較

	AIBOシリーズ	OriHime
制御方式	自律制御(一部遠隔制御可)	遠隔制御(自動動作せず)
制御端末	パソコン(一部専用端末)	パソコン、iPhone、iPad
電源	内蔵バッテリー	外部電源、USBバッテリー
通信環境	遠隔制御時以外は不要	必須
コンセプト	ペット	分身(アバター)
歩行	4足歩行	歩行せず
可動部分	口、首、手、足	首、手
静止画取得	可能	可能
動画取得	可能	可能
マイク	あり	あり
会話	ロボットからの音声発生は可 ロボットを経由した会話は不可	可能
ダンス等の実施	可能	不可能
身振り手振り	可能 (但しプログラム必要)	可能 (但しプログラム済み動作のみ)

近年の移動通信サービスの低価格化・高速化、スマートフォン・タブレット端末の登場で小さく可搬性に優れたコンピュータ端末の登場、そしてクラウド・コンピューティングといった、ネットワークに接続されるサーバーサービスの安価で高性能なものが登場したことから、実現が可能になったとも考えられる。OriHime本体を除き、OriHimeの制御・操作を行う端末は市販のパソコン、スマートフォン、タブレット端末が使用可能であり、それらの端末に接続可能なマイク等の各種インターフェイスも使用可能となる。このことで、基本となるOriHimeで構成されるシステムも周辺機器を増強することで安価に様々なカスタマイズを実装することが可能である。

OriHimeを使用しているが、OriHimeの操作は被験者が知っているセラピストであるといったフィールドワーク実施環境を構築している。OriHimeはカメラ・マイク・スピーカを装備しており、通信回線の品質によるがほぼリアルタイムで操作端末との送受信が可能である。このOriHimeに対し、プリセットされた音声を簡単な操作で発話させるシステムも試作している(図3)。

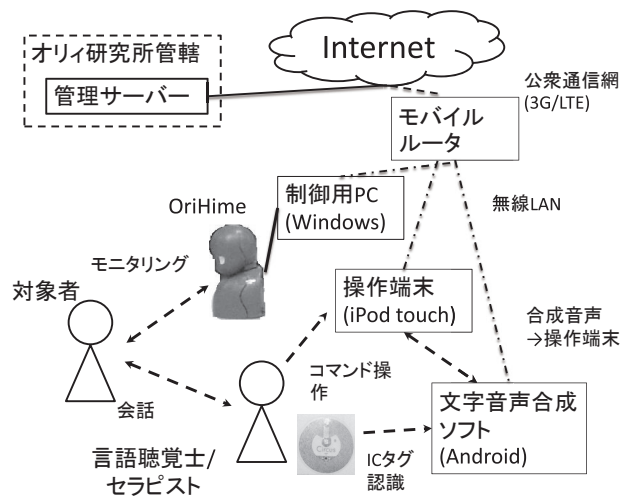


図3. OriHimeを使った発話システム構成図

この通信速度は、高速なネットワーク環境により、距離の影響を大きく受けないことを確認している。フィールドワーク現地だけでなく、物理的に離れた海外からでも通信が可能であることを検証した。しかし、LAN (Local Area Network) だけでなく遠距離通信環境の構築を行うため、ネットワークサービスや使用機材の選定・構築など、ロボットの技術だけでなく、より広域なネットワーク環境の構築についても知識が必要となっている。

OriHimeの他、富士ソフトが開発した二足歩行人型ロボットであるPalroの導入についても検討を行っている。Palroは自律制御ベースのロボットであり、言語理解などネットワークを通じたサーバーにある情報を参照し対応している。研究用・介護用等ニーズによって内部ソフトウェアが変更されて販売されている。基本的には自律制御で動く設計思想がされているが、遠隔操作環境も提供されている。ロボットシステムの理解を行い、フィールドでのニーズといかにマッチングさせて導入していくかを調査・研究している現状である。

#### V 考察

研究期間を大きく3つに分けて解析してみると、研究の進捗は研究に割ける人的リソースの問題も大きい。ニーズの把握と、ニーズに対応する課題解決アプローチをどれだけ短時間で行えるかが大きい。ロボットの独自開発ではなく市販されているシステムを使用することは、入手可能性の点で見れば大きなメリットがある。しかし、当然ではあるが各社の制御システムの影響を大きく受け、制約下でできることを模索しなければならぬ。

ロボットだけでなく、操作端末をみても同様の問題

が発生している。パソコンよりも可搬性に優れるスマートフォン・タブレット端末はオペレーティングシステムにWindowsではなく、Apple社のiOSやGoogle社のAndroidが使用されていることが多いために過去に開発したシステムを転用できない。

一方で、通信環境においては各社から様々なルーターやネットワークサービスが提供されているため、汎用性は高くなっている。開発されるロボットも無線LANの標準インターフェイスであるIEEE802.11の最新規格に対応していることが多く、AIBOの頃と異なり接続における汎用性は高く、セットアップも容易に行えるような製品が増えている。

ハードウェア以外の部分で見れば、エンジニアではなくセラピストが容易に使えるシステムにするため、操作マニュアルの充実化を図ることが必要だ。マニュアル化を行うためにも多くのフィールドワークを重ねて、様々な事例を積み上げていくことが必要である。その為には、エンジニアが常駐せず、現地スタッフで機動的にかつ恐れずにフィールドワークを行う仕組みと、トラブルに対応するためのデータロギング、そして異常発生時でもフィールドワークを継続できるようなリカバリーへの対応が必要である。研究期間を通じて、フィールドワーク中の予期せぬトラブルは大小少なくとも発生している。リカバリーが可能であったケースもあるが、不可能だったケースにおいては、スタッフだけでなく参加していただいた被験者もつまらない思いをさせてしまうことになる。

## VI 結言

今後、ネットワーク技術は誰にでも使いやすく、高速で安価なサービスが提供されつづけることは明白である。低価格なネットワークサービスであっても、よほど高品質な動画通信をしない限りは十分使用に耐える速度である。このネットワークサービスを活用しない手はない。

一方で、自律制御で様々な環境設定に対応したシステムを作ることは困難である。被験者に的確な対応をすることがRARでは必要となるが、ロボットが設置された周辺雑音を考慮して的確な対応をするシステムを作るためには相当なフィールドテストと開発までの時間を要する。リハビリテーションの現場や特別養護老人ホームでのフィールドテストを重ねてきたが、フィールドテストそのものを頻繁に行うことは難しい。

自律制御で高度な対応をするロボットよりも、RARにおいてみれば人が遠隔操作できるロボットのほうが用途に対しては望ましい。しかし、セラピスト操作型

の問題点は現地スタッフが少ないことにある。ある被験者と対応しつつも全体を見ることが操作を行うセラピストには求められる。そこで、基本思想は遠隔操作であるが、被験者の注意をひきつけることや、応答をすることの一部が一定時間自動で行えるようなルーチンが組み込めるとよいのではないだろうか。

このモデルを提案する根拠としてこれは研究中期に制作していたフィールドワークでの経験に基づくものである。エンジニアがオペレータとして入った際、ロボットに対し注意をひくための方法としてAIBOの遠隔制御で多くのダンスモーションを組みこみ、フィールドで使いやすかった経験に基づくものである。OriHimeのようなテレコミュニケーションが可能なロボットに対し、現場環境のモニタリングと、簡単なリアクションの他に、隠し芸的な一定時間自動対応するモーションが組み込むことができれば、RAR向きの遠隔操作ロボットとしてのニーズがあると考えられる。これからも引き続き、RAR向けロボットのありかたを検討していきたい。

## 謝辞

本研究をまとめるにあたり、研究当初よりフィールドワークでお世話になっております社会福祉法人栄光会 ロイヤルの園の入居者及びスタッフの皆様、及び医療法人啓仁会 所沢ロイヤル病院訪問リハビリテーション室加藤範子室長他スタッフの皆様、社会福祉法人美鈴会パストーン浅間台 米岡利彦施設長にフィールドワーク実施等のご協力をいただきました。また、研究期間全般で帝京科学大学永沼研究室の卒業研究、修士研究、博士研究に携わった皆さんにも感謝申し上げます。

なお、本研究の一部はJSPS科研費26350676及び17K1591の助成を受けたものです。

# Studies on RAR Environment Design Using Robot with Remote Communication

Eiichi OHKUBO \*, \*\* Mitsuru NAGANUMA \*\*

\* Department of Clinical Engineering, Teikyo Junior College      \*\* Teikyo University of Science

---

## Abstract

We have been conducting fundamental research on Robot Associated Activity (RAA) / Robot Assisted Therapy (RAT) since around 2002. After that, we are working on Robot Assisted Rehabilitation (RAR) which is a RAT using a remote-controlled robot.

During the 15 years, We have been doing research, the change in basic technology such as robot, computer and network was a long period of time. Along with the evolution of fundamental technology that supports robots, robots with various functions are appearing.

In this paper, we summarize the robot and environment construction used for RAA / RAT / RAR throughout the research period and consider future prospects.

**Keywords :** Robot Assisted Rehabilitation, OriHime, Remote Control via Network,

