

特 集

外科学 次代への展開

9. ネットワークロボティクスの現状と将来

館 瞳

◀キーワード▶ テレイグジスタンス, パーチャルリアリティ, 人工現実感, アールキューブ, 人間型ロボット

I. 内容要旨

パーチャルリアリティは現実のエッセンスをもった人工環境を生成するものであり、ロボティクス特にテレイグジスタンスとは表裏一体をなす。パーチャルリアリティは、アミューズメントの分野での利用が先行したが、医療分野にみられるように次第に本来の目的である実問題への適用が指向され始めている。そのような中、ネットワークとロボティクスを融合させ真の意味での人間中心のテレイグジスタンス社会を目指すアールキューブ構想が策定されている。アールキューブ (Real-time Remote Robotics: 実時間遠隔制御ロボット技術) はネットワーク環境を利用したパソコン的なテレイグジスタンス社会をめざした研究開発構想とそのための基礎研究と位置づけられる。そのアールキューブの要ともいべき「人間協調共存型ロボット」の研究開発が通産省の産業科学技術プロジェクトとして1998年から開始された。人間型のロボットとそれを操作するためのコックピットを開発し、それらを一種のプラットフォームとして種々の応用に利用可能とする研究開発である。情報のみが行き交う現在のネットワークを作業の伴うものとする試みともいえる。本論文ではテレイグジスタンス、アールキューブおよび人間型ロボットの現状と将来について概観する。

II. はじめに

第三世代ロボットの提唱とそれに続く国家プロジェクト「極限作業ロボット」の開始から15年以上の歳月が流れた現在、新たなロボティクスの進展がネットワークとロボティクスそしてパーチャルリアリティ (VR) の三者を融合する形で進展しつつある。その源流は、テレイグジスタンスの概念¹⁾であり、現在は、

それを万人の使えるものにとの願いから生まれた複数ロボットとコックピットを高速ネットワークで結ぶアールキューブ構想にと発展している。このロボットの第四世代ともいるべきアールキューブ構想は1995年に通産省と東京大学が中心となって策定され1996年1月に公表された²⁾。その構想の一環として1998年からは「人間協調共存型ロボット」通称 HRP (Humanoid Robotics Project) が国家プロジェクトとして開始されている。

ロボットの応用分野も、第一世代と第二世代が塗装、溶接、組み立てなど工場内の生産現場であったのに対し、第三世代では、プラントやコンビーナトなどに拡大した。さらにアールキューブで代表される第四世代のロボットでは、身近な人間と共に存する環境でのロボットの利用を目指しており、外科など医療分野での応用も多く含まれる。

本論文では、テレロボティクスの現状と将来をパーチャルリアリティ、テレイグジスタンス、アールキューブ、人間型ロボットを中心に概観する。

III. テレイグジスタンス

テレイグジスタンス (telexistence) とは、人がその場にいなくとも、遠隔で働くロボットを、自分がそのロボットと一緒にになったような高度の臨場感を有して活用し、その場を体験し観察しつつ自分の分身のように自在に操って作業を遂行する技術である。ロボットの有する赤外線センサーやコンピュータデータベースの情報などを可視化してVR環境を構成し、その中にテレイグジスタンスしたり、あるいはVR世界を現実世界に立体的に重畳して示し利用することも可能で、後者を拡張型テレイグジスタンス (Augmented Telexistence) と呼んでいる。

テレイグジスタンスは1980年に筆者により提唱され、我が国で育った技術であり、大型プロジェクト「極

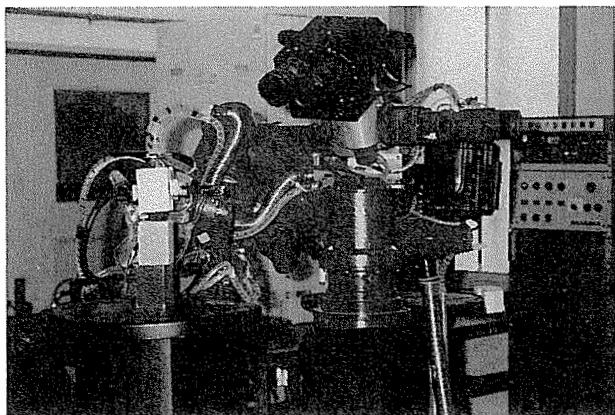


図1 テレイグジスタンス用の人間型ロボット「テラサ」の実験風景（東京大学）

限作業ロボット」研究開発の大きな柱の役割を担った。現在では、その工学的実現可能性が理論的にも、また実際のハードウェアシステムによる実験からも実証され、基本システムの設計法が明確になっている。さらに、大型プロジェクトの成果は海洋作業の実証機にも組込まれ実用に近づいている。なお、最初の学会報告は、1982年に計測自動制御学会で行われ³⁾、特許は1981年に出願されている。図1にテレイグジスタンスロボットの作業風景を示す⁴⁾。

IV. アールキューブ

アールキューブ構想では、あらゆる種類のロボットや、ロボット機器と、それを利用する人間のためのコックピットやブースあるいはVRパソコンを高速ネットワークで結ぶ。この構想が実現すれば例えば、現在の家庭のパソコンがVR入出力付のVRパソコンになり、それを用いてB-ISDN等の高速ネットワークを介して世界中のサイトにテレイグジスタンスすることが可能となる。家庭内のパソコンにはパーソナルロボットがコンピュータの端末機器のように接続され、コンピュータの指令で制御されたり、テレイグジスタンスマードでは使用者の目となり耳となって環境を認識し、使用者の意のままに分身のように行動する。

家庭だけではなく、オフィスや工場、病院、学校、図書館、美術館、公園、競技場、アミューズメントパークなどあらゆるところに、テレイグジスタンスロボットが配置され、人は家庭からでもオフィスからでも、あるいは公衆電話のような公衆アールキューブブースやコックピットから世界中のアールキューブロボットを自分の分身のように利用できるになる。これ

を用いれば例えば、病院に長く入院していて外にでられない子供たちやお年寄りが、ほかの子供たちと一緒に遊んだり、自分の家族の住む家に戻ったりすることが、等価的に可能となると期待されている。

アールキューブでは、家庭内に適したロボットと各種作業に適したロボットという形で多くの種類のロボットが作られる。それはちょうど自動車とのアナロジーで捉えられよう。というのは高速道路を走るビークルが自動車であるように情報ハイウェイを行き交うビークルはアールキューブであるからである。家庭用のパーソナルロボットは自転車を運転するように無免許で利用でき、災害救助用の大型ロボットは特殊免許、通常の利用は普通免許といった運用形態が可能となる。

そしてここで最も重要な技術が安全知能である。今までややもすればロボットや機械の知能は人間の高度の大局的な判断や思考を置き換えるとして失敗してきた。しかし、アールキューブにおいてはロボットの知能は人間の最高級の判断や意思を置き換える必要はない。むしろ、それこそが人間の最も重要な部分であり、人間はその部分こそ自分で行いたいのある。そして自動車を運転するようにアールキューブロボットを操縦する。しかし、自動車とは異なりアールキューブロボットは知能も有して人間が見逃した危険を回避するのである。これが安全知能である。

安全知能の原則はアシモフのロボット3原則と同一である。すなわち、人に決して危害を加えてはならない、危険を看過することで人間に危害を与えてもいい、危険を与えない範囲で人間の命令に従い、そして、前記の2項に反しない限りロボット自らの安全を守らなければならない。つまり、人間が自らの責任と判断でアールキューブロボットをテレイグジスタンスで操りながら、人間の見逃した危険をロボットの側でも二重にチェックする安全知能は今後のロボット技術に於けるキーテクノロジーの一つとなろう。図2は障害のある人や寝たきりの人でも、例えば仲間と一緒に登山をすることが可能となるというアールキューブの未来像の一例を示している。

現在、その記述言語であるRCML（アールキューブ操作言語）と通信制御プロトコルのRCTP（アールキューブ伝送プロトコル）の研究開発が始まっている⁵⁾。

V. 人間型ロボット

ロボットが人間型である必然性がないことは無論の

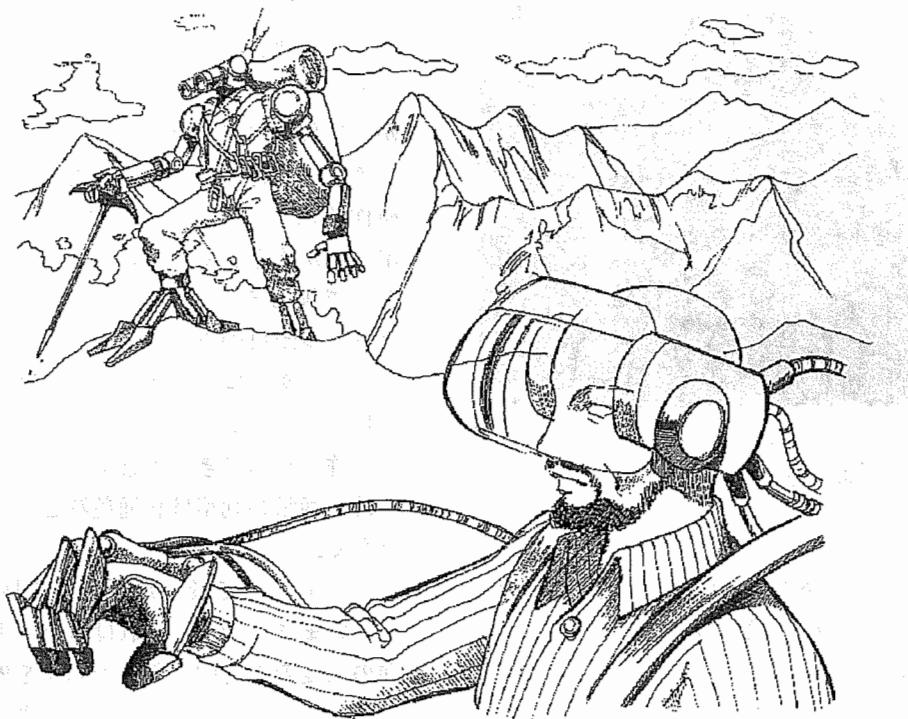


図2 アールキューブ構想におけるアールキューブ登山の想像図²⁾

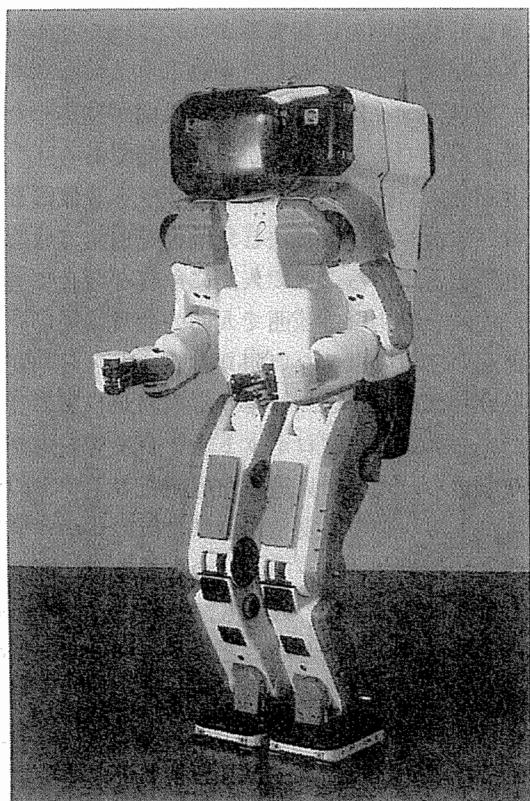


図3 二足歩行をする完全人間型ロボットP2（本田技研工業）

ことである。むしろ、捕らわれずに工学的にみて合目的かつ最適の設計をすべきである。しかし一方、人類の夢として人間型を追求することを排除する理由がないこともまた明白である。しかも、完成すれば人間と共に存する環境には最も適している。というのは、人が作り出す人工物は人に合わせて設計されていることが常であるからである。

このようなことから、過去様々な人間型のロボットが研究されてきたが、形状と機能の面で最も難問とされていたものに2足歩行があった。2足歩行は、1960年代から早稲田大学を中心に研究され、1970年代後半からは、所謂、現代制御を研究する理論家の多数の参入をみて1980年代前半に多いに盛り上がった。しかし、1985年の「つくば万国博」に出品された2足ロボットあたりから、金と人さえかけばできる技術ではないことが誰の目にも明らかになり、その限界が語られ始め、電源ケーブルなしに独立して歩き回る2足歩行ロボットは不可能とさえ言いなされ急速に研究が途絶えて行った。

ところが、アールキューブ構想が公表された一年後の1997年に（株）本田技研工業が完全自立で階段を昇降し自由に歩き回る2足歩行ロボットP2（図3）を突然発表するや、ロボットの世界に衝撃が走った⁶⁾。

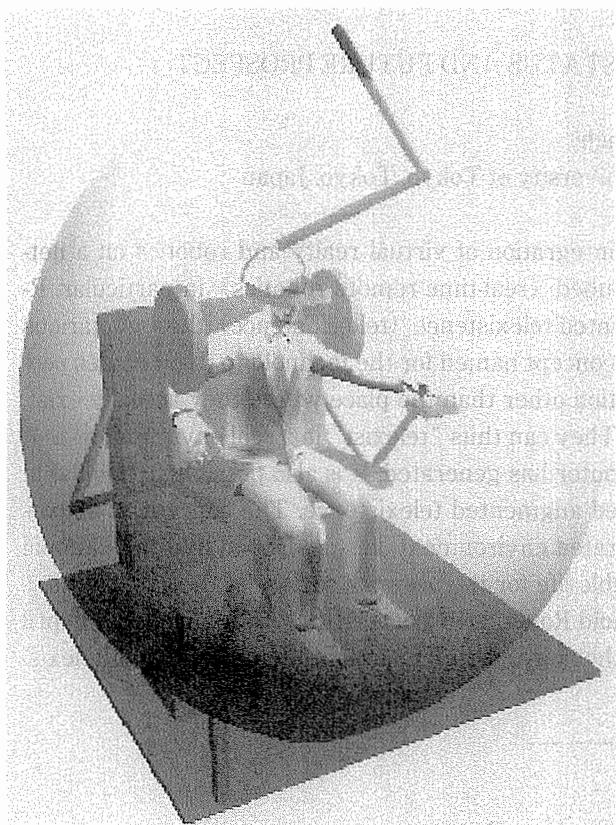


図4 通産省の国家プロジェクト HRP で研究開発されるアールキューブ・コックピット（製造科学技術研究センター）

一時期不可能ではとさえ思われていた完全自立の2足歩行が可能であることの「存在証明」が急転直下なされたからである。

通産省では、人間型ロボットのもつ技術的なインパクトをいち早く認め、人間型ロボットをプラットフォームとしてアールキューブ構想を発展させるべく、人間協調共存型ロボットの研究開発の国家プロジェクトを1998年からの5年計画で開始したのである。この応用産業技術研究開発プロジェクトでは、前

期にプラットフォームとしての人間型ロボット本体、そのシミュレータ、及びロボットにテレイグジスタンスするためのコックピットの開発を行い、後期に応用のための実装研究を行う。図4に研究開発されるアールキューブ・コックピットの構想図を示す。これが、例えば Cadiere 博士らによって提唱されている未来の外科手術のコックピット⁷⁾と類似していることは偶然とは言え興味深い。

VI. おわりに

第4世代のロボットの研究開発としてアールキューブの構想が策定され、その一環として人間型ロボットや RCML の研究開発が進められている。アールキューブは人間型ロボットのような本格的なロボットからパーソナルなペットロボットまでをネットワークで結び、コックピット、ベース、パソコンなどを利用して何処からでも、いつでも世界中のロボットを自在に利用することを目指す。応用は、第2次産業の製造業に止まらず、むしろ第1次産業や医療やサービス業などの第3次産業に広がっており、今後の進展が多いに期待される。

文 献

- 1) 館 暉、小森谷清：第3世代ロボット、計測と制御、21-12:1140-1146, 1982.
- 2) 通産省アールキューブ研究会：アールキューブ、日刊工業新聞社、1996.
- 3) 館 暉、他：テレイグジスタンスの研究第1報、第21回 SICE 学術講演会前刷：167-168, 1982.
- 4) <http://www.star.tu-tokyo.ac.jp/>
- 5) S. Tachi : Projects in VR, IEEE Computer Graphics & Applications, 18-6:6-9, 1998.
- 6) 本田技研工業：人間型ロボット、日本ロボット学会誌、15-1：表紙写真、1997.
- 7) <http://www.lap-surgery.com/>

NETWORKED ROBOTICS : ITS PRESENT STATUS AND FUTURE PROSPECT

Susumu Tachi

Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, Tokyo, Japan

One of the most promising technologies today is the integration of virtual reality and robotics on a network. This is called networked robotics in general and R-cubed (real-time remote robotics) in particular. R-cubed is a Japanese national R&D scheme to realize augmented telexistence (tele-existence) through various kinds of networks including the Internet. Telexistence is a concept named for the technology that enables people to have a real-time sensation of being present at a location other than the place where they actually exist, and to interact with a remote and/or virtual environment. They can thus "telexist" in a real environment that the robot is present or in a virtual environment that a computer has generated. It is also possible to telexist in a mixed environment of real and virtual which can be called augmented telexistence. The concept of telexistence, i. e., virtual existence in a remote or computer-generated environment, has developed into the national R-cubed R&D scheme to create an advanced and comfortable life for the network society of the 21st century. Based on the national R&D scheme of R-Cubed, the Humanoid Robotics Project (HRP) was launched in April 1998. This is an effort to integrate telerobotics, network technology, and virtual reality into networked telexistence, and significant results are expected.
