

# トレイグジスタンス——新しい医療援助技術——

館 璋\*

## はじめに

自分の分身のロボットが自分の代わりに仕事をしています。それでいて、その状況が手にとるようにわかる。また、必要なときには、そのロボットに代わって、自分でその仕事を直接しているような感覚をもちながら実行できる。こうした、自分の分身をもったような高度の遠隔制御技術をトレイグジスタンス (tele-existence) と呼んでいる。

ここでは、トレイグジスタンスの概念を説明し、基本システムの構成法を述べるとともに、研究の現状を紹介する。また、本技術の医療への応用について概観する。

## 1. トレイグジスタンスの原理と実現法

トレイグジスタンスでは、まず人間型のロボットを遠隔に配し、人間とロボットの間情報伝達の通信路を確立する。次に、オペレータである人間の運動や力の状態などが実時間で計測され、内部状態が推定される。その内部状態が通信路を介してロボットに伝達され、直接ロボットの運動制御システムをコントロールし、ロボットの人工の目、首、手、足などを、人間の動きを忠実に再現するように制御する。その時のロボットの人工の感覚器からの情報は、逆にすべて通信路を介して人間に送られ、オペレータの側に置かれた提示装置を用いて、人間の感覚器に提示される。

したがって、視覚を例にとって説明するならば、オペレータが見たい方向を向けば、ロボットも同じ方向を向いて、そこに人がいた時に見える情景

に対応する像を、人の網膜上に実像として結像する。人が自分の腕を目の前にもってくると、視野内にはロボットの腕が自分の腕の代わりにまったく同一の位置関係で現われてくる。

このようにして、人は自分の手と対象物、さらには周りの空間との関係を自分の過去の経験と同一の関係でとらえて作業ができる。ロボットが物体に触れた感覚は、人の手に皮膚刺激として提示され、人は自分で直接触れたのと似た感覚をもって作業できる。

図1にトレイグジスタンスの基本システムの構成法を示す。このシステムにおける臨場的な提示の具体的な構成法を、視覚を例にとって説明する。

人の視覚の基本的な入力情報は、左右の網膜上に写る2枚の画像である。それらは人の頭の動きや目の動きにつれて実時間で変化する。人はその2枚の画像の時間変化をもとに3次元世界を頭の中で作り出し、それを、その物体が実際に存在するところに再投影している。

したがって、人の頭の動きや目の動きを実時間で忠実に測定し、それに合わせてロボットの頭や目を動かし、それにつれてロボットの視覚入力装置に写った2枚の画像を、人間の網膜上に適当な変換を施して写し出してやれば、人は、ロボットの存在する場所で直接見たのと同等の網膜像を得ることができる。つまり、それらの画像を用いて、そこで直接見たのと同等の3次元世界を頭の中で作り出し、実世界に再投影できるのである。

## 2. 研究の現状

工業技術院機械技術研究所の著者の研究室では、昭和58年度から通産省の大型プロジェクト「極限

\* Tachi S. 工業技術院機械技術研究所ロボティクス部

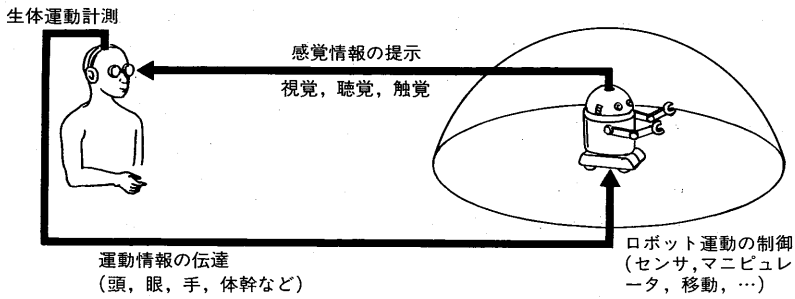


図1 人間の感覚メカニズムとロボット技術を利用した  
 テレグジスタンスの基本システム構成

作業ロボット」の一環として、遠隔臨場制御技術の研究開発を進めている。

現在までに、視覚提示システムの設計法の研究を中心に研究が進められているが、最近、以下に示すようなテレグジスタンスの基本概念を確認するための遠隔制御移動ロボットが試作され実験が行われた。

このシステムで、最も重要なファクターは、人間がその場を自分で直接見ているような臨場感である。ロボットに人間のディメンジョンに合わせて取り付けられた2台のテレビカメラが捉えた画像は、UHFの電波として遠隔の管制室に送られる。その画像は、操作者の頭に固定した立体映像装置を通して、左右の目で別々に観察される。

人間の視覚特性に基づいて設計されたこの装置によって、操作者の目の前にロボットの視野がカラー立体映像として展開される。音も同様に立体的に広がる。

操作者は、この臨場感に富んだ立体映像を見ながら、また立体音響に耳をすましながら、手元のレバーで移動ロボットの発進・加速・操舵の指示を行う。操作者が必要に応じ頭を左右に振ると、ロボットに積んだテレビカメラも同時に左右に向く(図2)。以上は、すべて無線のモデムを介して、立体映像装置とロボットに積載されたマイクロプロセッサで行われる。

研究所の構内の外周路を利用した走行試験の結果、障害物のある通路も、あたかも自分で車を運転しているような感覚で回避制御できることが確認された。また、従来の平面的なスクリーンによる提示との比較の結果、テレグジスタンスの方法による提示の優位性が、目的地に到着するまでの必要時間や、障害物への接触の有無などの比較から確認された(図3)。

さらに、ディスプレイの装着感をなくし、上下左右に自由に視野を変え作業を行うための研究も

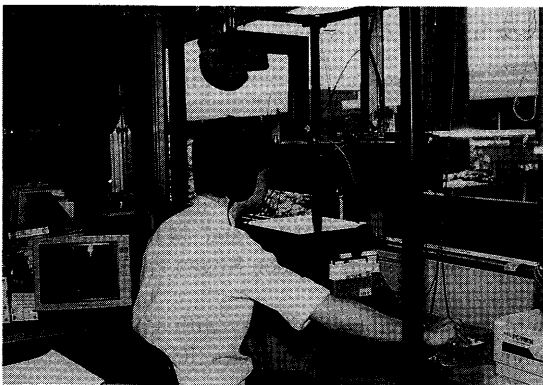


図2 テレグジスタンス実験システム  
 提示・操作部

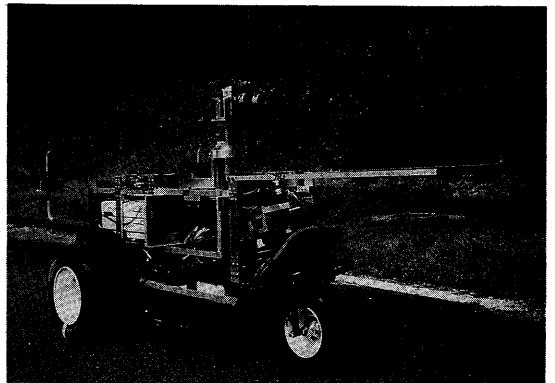


図3 テレグジスタンス用感覚付移動ロボット  
 Tele-vehicle I

進展しており、その成果が次の試作に盛り込まれる予定である。

### 3. 人間能力の拡張

トレイグジスタンス技術は、人間の感覚の範囲にとどまらず、さらに広い範囲に人間の感覚能力を拡張できる。つまり、ロボットのもつ放射線、紫外線、マイクロ波、超音波、極低周波などのセンサ情報(超感覚情報とも呼ばれる)をも積極的に利用できる。たとえば、赤外線センサ情報を可視光に変換して臨場的に提示することで、暗闇の中でも明るい場所で作業しているような錯覚をもって作業が行える。

これらの超感覚情報は、音響や電気刺激などの皮膚感覚を用いるほか、通常の視覚ディスプレイ上にスーパーインポーズして伝達することも可能である。それは通常のスーパーインポーズではなく、3次元的な重ね合わせとなる。たとえば、物体までの距離を物体の存在する場所に重ねて空中映像として提示することや、本来、見るべき映像を差し引いて、変化した部分のみを臨場的に示すことなどがあげられる。

### 4. 医療への応用

第1は、遠隔地における医療への利用である。これにより、たとえばすべての人がきわめて優秀な専門医の判断や指示をあおぐことができるほか、将来的には診療を受けられる。

また、病棟などの各部屋に配置されていれば、緊急時にも医師や看護婦がその場に行くまでの時

間の遅れがなく、即時に適切な処置が開始できるなど、考えれば非常に多くの場面に適用できることがわかる。

第2は、細菌やウイルスなどの関係上、人が直接同席しないほうが望ましい状況下での利用である。これはロボット側の環境が汚染されている場合と、逆に人が入っては汚染されてしまうほどロボット側が清浄な場合(クリーンルームなど)とがある。

第3は、体内に入り込めるほど小型なトレイグジスタンスロボットの利用である。内視鏡などの進展したもので内部を臨場的に検査し、必要ならば処置を行う。この際には、人間の感覚能力の拡張や作業能力の拡張が役立つ。

人間の作業能力の拡張としては、たとえば細い血管などの手術を、あたかもゴムホースを扱っているような錯覚を有し、しかも臨場的に行うようなことがあげられる。

また、逆に人にとっては、苛酷な力のいる仕事も医療福祉現場には多い。それらを、人間とロボットの共同作業システムで援助することもトレイグジスタンスの1つの応用となろう。

### おわりに

トレイグジスタンス技術は、現在、原子力、海洋、防災、宇宙などでの利用を念頭において研究開発されているが、基本的な考え方は、他の多くの分野で利用できるものである。特に医療や福祉の分野での利用は、今後ますます重要性をましてくるものと思われる。

### 文 献

- 1) 館 暉：メカトロニクスのはなし。日刊工業新聞社，1984。
- 2) Tachi S, et al : Tele-existence (I): design and evaluation of a visual display with sensation of presence. In Morecki A, et al (eds.), Theory and Practice of Robots and Manipulators: Proceedings of Romansy '84: The Fifth CISM-IFTToMM Symposium. London Kogan Page; Paris, Heremes Publishing, p. 245-254, 1985.
- 3) Tachi S, Arai H : Study on Tele-existence(II): three-dimensional color display with sensation of presence. Proceedings of the '85 International Conference on Advanced Robotics (ICAR), Tokyo, p. 345-352, 1985.