

トレイグジスタンス

遠隔に配置された機械の腕（マニピュレータ）を器用に操るための、いわゆる遠隔操作の概念はテレオペレータ（teleoperator）と呼ばれていた。テレオペレータでは、人から機械に向かう制御系が強調されているが、機械から人への感覚フィードバックは、力の情報を対称形や力帰還形でオペレータに伝える程度であり、人がその場で作業をしているような視聴覚や触覚を統合した臨場感を保ちながら作業することはできなかった。

人が直接作業を行うのが危険な環境下でロボットに作業を行わせる場合、オペレータが直接そのロボットの存在する場所で作業をしているような臨場感を有して現場の状況を把握し作業を行えることが望ましい。機械からオペレータへの感覚フィードバックを臨場感の高いものとするための研究が近年になり盛んになりつつあり、トレイグジスタンス（tele-existence）^{(1)~(3)}、あるいはテレプレゼンス（telepresence）^{(4)~(6)}ないしは遠隔臨場制御と呼ばれている。

トレイグジスタンスでは、まず遠隔に配した人間型の知能ロボットとの通信路を確立し、ロボットを利用するオペレータは、操縦装置に乗込む。オペレータの感覚器や四肢等の運動が、実時間で非拘束に計測され、通信路を介してロボットに送られ、ロボットは人間と同一の動作を行うように制御される。ロボットの感覚器で得られた情報は、逆に操縦装置に送られ実時間臨場感を保ちつつオペレータに提示される。これにより、オペレータはロボットの存在する場所で直接作業しているのと同じ感覚を有してロボットを自在に制御できる（図1参照）。

我が国では、1980年から基礎研究が始められ、国の大形プロジェクト「極限作業ロボット」の中核技術として研究開発が進められた。アメリカでは宇宙開発等での利用を目的としてNASAの

Ames研究所やNOSC（Naval Ocean Systems Center）等で研究が行われている。

通常のトレイグジスタンスは実世界（Real World）へ遠隔存在するための技術であるが、同一技術がコンピュータの創製した実際には存在しない仮想世界（Virtual World）に遠隔存在することも可能とする。後者は、人工現実感（Artificial Reality）ないしは仮想現実感（Virtual Reality）とも呼ばれている^{(6)~(8)}。

トレイグジスタンスと人工現実感の将来の応用は以下のようになる。

(1) 人間の臨機応変の判断力や認知的制御機能を人間ロボットシステムにより最大限ロボットに発揮させ、従来は人間にしかできなかった作業をロボットでも可能とするとともに、ロボットの能力をサイバネティックに人間と結合させ、機械でも人間でも不可能であった作業までも遂行可能にする。

(2) 人間が体験したり、自己の経験を高めたり学習したりするために用いる。人はさまざまな体験を通して成長する。しかし、代償があまりにも大きすぎる危険な体験もある。また、遠隔地のためや、ほこりをきらうクリーンルーム等の環境下等、人が行けない場所もある。人間の体内など空間的制約で人間が入れないこともある。そのような時でも、トレイグジスタンスにより原理的には、それが可能となる。

(3) 実際に可能性のあるハードウェアのシステム、建築物や製品、あるいは、インテリア等を作りそれらと比較することは、コストの面からも製作に要する時間的制約からも不可能な場合が多々ある。人工現実感に基づく仮想環境に遠隔存在し、人間が実際に体験しつつ比較することにより、可能性をすべてつくした最適設計や個人の好みに応じたカスタム化がダイナミックに行える。

その他にも、マイクロサージェ

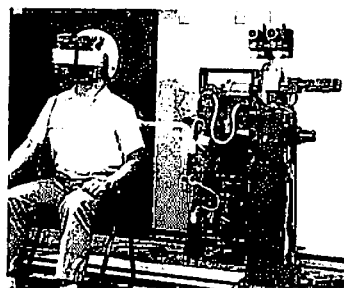


図1 トレイグジスタンス用人間類似ロボット（右）と頭部搭載形臨場感覚ディスプレイ（左）

りや臨場の内視装置等医療への適用、体験シミュレータによる教育、人間の特性を動的に調べるために、人間に現実感あふれる、しかし提示条件の明確な情報を提示しつつ、その条件下での行動を観測するといった認知科学や行動科学での利用等多様な用途が考えられ、今後ますます応用の領域をひろげてゆくであろう。

文 献

- (1) 館 暉・阿部 稔, 第21回計測自動制御学会学術講演会予稿集, (1982), 167.
- (2) Tachi, S., ほか3名, *Proc. of the 5th Symposium on Theory and Practice of Robots and Manipulators (RoManSy 84)*, (1984-6), 245. CISM-IFTOMM.
- (3) 館 暉・荒井裕彦, *日本ロボット学会誌*, 7-4 (1989), 314.
- (4) Akin, D.L., Minsky, M.L., ほか2名, *NASA Contract Report*, 3734 (1983).
- (5) Hightower, J.D., Spain, E.H., ほか2名, *Telepresence: Proceedings of the '87 International Conference on Advanced Robotics (ICAR)*, (1987-10), 563.
- (6) Fisher, S.S., ほか3名, *ACM 1986 Workshop on Interactive 3D Graphics*, (1986), 1.
- (7) 廣瀬通孝・ほか2名, *ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集*, (1988) 201.
- (8) 岩田洋夫, *Human Interface*, 5 (1990), 49.

館 暉
工業技術院機械技術研究所
東京大学先端技術研究所
(原稿受付 1990年10月15日)