

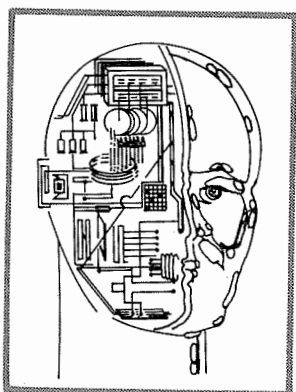
ロボットとサイボーグ

人間と機械の関係は、ロボットあるいはサイボーグという形をとりながら共生の方向へ進んでいる……

機械技術研究所

館

障



ロボットという言葉が、カレル・チャペックの戯曲「ロッサム万能ロボット会社RUR」によるものであり、もともとロボータというチェコ語の、強制労働とか退屈で卑しく不快な奴隷的な仕事を意味する言葉から作られたことは、よく知られている。

一方、サイボーグという言葉はSFや劇画の世界であまりにも多く使われたために、これがもともとは、れっきとした科学用語であることを知る人は比較的少ない。

1960年にクラインズがネズミの体にメタボライザと呼ぶ器官を取付け、新陳代謝を高める実験を行なったのに端を発する。このような生物と機械との間に有機的な結合を施した生物、機械系をCybernetic Organism、縮めてサイボーグと呼んだのである⁽¹⁾。サイバネティクスはいうまでもなく、天才ノバート・ウィーナによる語造であり、その著書『サイバネティクス』の副題に象徴されているように、生物と機械との通信と制御の問題と取扱う⁽²⁾。そのような生物と機械、特に人間と機械とが別々の個体ではなく、1つの個体として機能するに到ったシステムが、サイバネティックな有機体、すなわちサイボーグなのである。

その1つの個体というところに、ロボットとサイボーグとの本質的な違いが現われているといえよう。すなわち、ロボットは、それ自身が個性を有していて、機械自身が独立した存在なのである。よく、ロボットであるための本質的な条件が昔から議論されている。有名な3条件として、① Automatic、② Individual ③ Movable と称され、自律的で自動性をもち、それ自身で1つの個性を有して、移動・運動するものと規定され、ロボットの単位として3条件の頭文字をとったAIMが提案されたこともある⁽³⁾。人間は個人的な生物であると同時に社会的な生き物でもある。その社会的な面に強く関係する機械の利用法が、ロボットとしての利用法であるともいえる。つまり、個人用のロボットが仮にあったとしても、ロボット自身が1つの個性をもつため、それは人間とロボットという1つの社会(家庭も1つの社会である)を作ってしまうからである⁽⁴⁾。

一方、サイボーグでは、人間と機械とが渾然一体となっており、それらを切り離せない。つまり、有機的に結合したシステムが、1つの個体なのである。このかわりあいには、きわめて個人的である。人間の個人面での自分自身の欠点を補ない、逆に自分自身の長所を伸ばし、成長してゆきたいという、過去から現在まで綿々と続く願望を科学技術を利用してかなえさせようとする努力であるともいえよう。

2. 現在のロボット

もっとも、いままでの論議は、究極的な目標レベルでのものであり、理想的なロボットができたり、サイボーグに発展し得たとしての区別である。現在は、もちろん、ロボットもサイボーグも真の意味では実現しているわけではない。きわめて功妙な自動機械や、人間機械系としてのテレオペレータのいくつかが研究され、あるいは

機械技術研究所 システム部 バイオメカニクス課 主任研究官 工学博士
茨城県新治郡桜村並木1-2
TEL (0298) 54-2680 〒305

産業の中で利用されているにすぎない。しかし、それらをロボットと呼んでいるのは、機械の1つの理想像として人や動物をおき、それらを1つのお手本とし、開発努力の目標としているからである。

図1は、著者らのもつロボットとサイボーグの概念を、かなり単純化してまとめたものである⁽⁵⁾。テレオペレータとは、機械を人間が自分の手足を制御するように、器用さを失うことなく操作することを目指したものであり、監視制御形のように自動的な部分は多く含まれても、人間の脳の機能、特に新皮質系の機能は機械に譲らず必ず人間が行なうことで、ロボットとは一線を画している。その目標の1つに、サイボーグがある。広義のロボットは、ほぼ自動機械と同義語で、それに人間の腕に似たものという意味で自動機械ではない縦形のマニピュレータを加えている。後者は、ロボットとも、テレオペレータともみなせるものである。

広義のロボットのサブセットとして、人間の脳の機

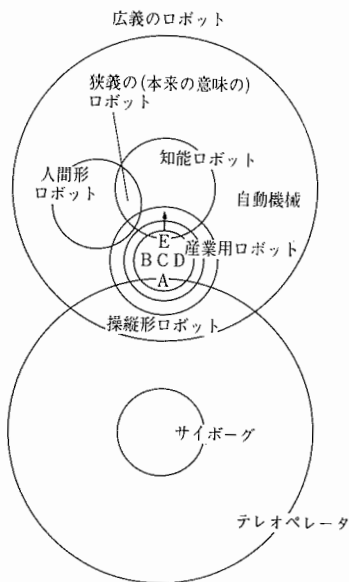


図1 ロボットとテレオペレータの概念図

能を機械で実現しようとする試みとしての知能ロボットの研究があり、形態として人間に似せようとする人間形ロボットの研究があって、その共通集合の1点に狭義の(チャベックの意味の)ロボットが、人類の1つの永遠の夢として存在する。産業用ロボットは同心円で示してあるが、これは現在は一番小さい円であるが、大きな円に向かって急速に進展しつつあることを示している。図中、A、B、C、D、Eは、それぞれマニュアルマニピュレータ、シーケンスロボット、プレイバックロボット、数値制御ロボット、知能ロボット(産業用ロボットでいうところの)である。

3. 人間と機械のかかわりあい

人間の道具や機械とのかかわりあいの歴史を紐解くとき、人は常に2つの大きな夢をもっていたことに気がつく。1つは、自分の命令に従って仕事をすべて代わりにやってくれる忠実な能力のある奴隷をもつことであった。しかも、それが自分達にそっくりであれば仲間としての意味もあり都合がよい。このような気持ちの現われが、人間と同じ、しかし人間でないもの、あるいは機械という概念を生んだ。それはたとえば、紀元前8世紀のホメロスの「イリアス」の中の鍛冶の神ヘーパイストスの助手の黄金の少女ロボットとして現われ、あるいは、ギリシャ神話の中にも、名工ダイダロスの作といわれるクレタ島の海岸を見回わる青銅の巨人タロスなどにもすでにみられ、大古から現在まで色を変え形を変えて脈々と続いているのである。

この夢は古代では動物をかき馴らして使ったり、あるいは不幸にして、本当の人を奴隷として利用することにより実現されていた。ピラミッドの構築の話まで溯らなくとも、アメリカ合衆国においてさえ、つい100年ばかり前までは、奴隷のいる社会が続いていたのである。彼らは、ある意味では非常に優秀なロボットであった。そのとき、生じた人道的な人と人との関係への反省が、たとえばSFの世界に形を移し、ロボット

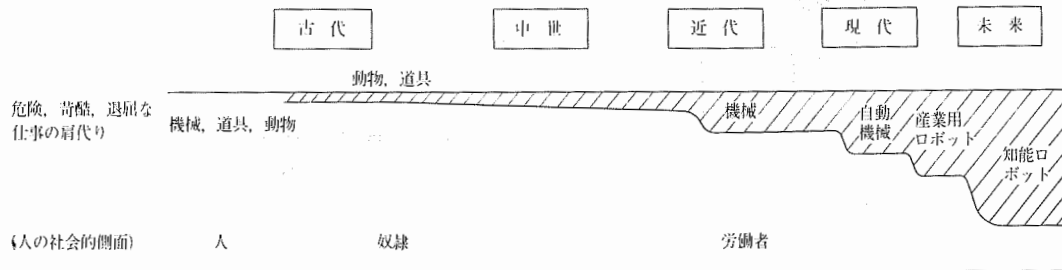


図2 危険、苛酷、退屈な仕事に対する機械と人との分担割合

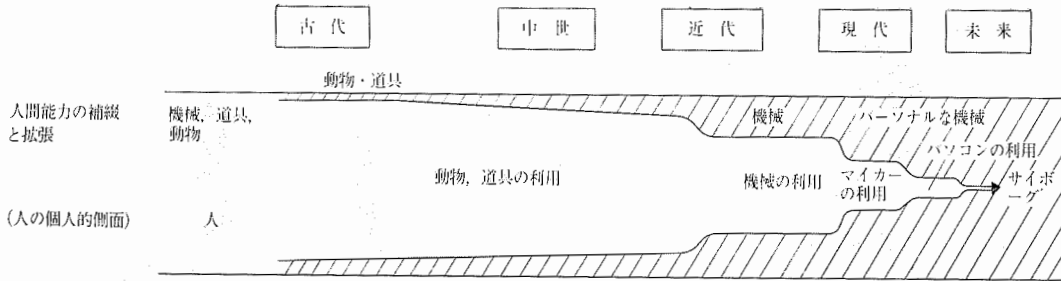


図3 パーソナルな機械の有効利用による人間能力の補綴と拡張

と人間との関係の中で風刺されているとも考えうる。

そのような歴史の進展の中で、人が人をロボットとして使うという非人道的な方法ではなく、機械を使うことで夢を実現する方向が、科学技術の進展に伴い模索され始めてきた。それが自動化技術の方向である。産業革命の段階では機械が初めて使われ始めたといふものの、皮肉なことに前にも増して人の手が必要となった。そのようなシステムでは、人間も機械の歯車の一部とされてしまうのである。そのような状況は、第2次世界大戦後のサイバネティクスの興隆とエレクトロニクスの進展に伴う自動化機器の飛躍的な発展がなされるまで続いた(図2参照)。

ウィーナのいう Human Use of Human Beings⁽¹⁾、つまり高度自動化機械あるいはロボットを作り、それに人にとって嫌な仕事、危険な仕事、退屈な仕事を行なわせ、人はそのような非人間的な仕事から解放されて、もっと人間的な生き方を志向する。そのような道がいま、開かれ始めようとしているともいえよう。つまり、ロボットこそは、人道上許されうる唯一の奴隷となりうる可能性をもつものである。

さて、もう1つの人間の古来からの夢は何であろうか。それは、人間が修業を積み自身自身の能力を最大限に高めて、いわゆる超人となることであった。すなわち、人間能力の補綴と拡張の思想である。前者のロボットが社会的な存在としての人間に関連しているのに対して、人間能力の補綴と拡張は、個人的な存在としての人間に深くかかわっている。古代神話の英雄達や、現代のスーパーマンは、そのような人類の夢の1つの現われをみることもできよう。では、どのようにしたら、スーパーマンになれるのか。

自からの欠けた能力を補ったり、強い力を増大したりする試みは、道具や武器の使用に始まったといえる。牙のない古代の人間は槍を持って動物と闘ったのである。しかし、道具の使用は、あまりにも結合が浅い。道具は人の体の一部になり得てはいない。

人がある意味で、スーパーマンになった最初の経験

は、馬に乗ったときではないだろうか。馬を巧みにあやつれば、人の意志に従って何十里の道も一気に駆け抜ける。

現代のモータリゼーション、特にいわゆるマイカーは、ほとんどすべての人にスーパーマンになったときの気持の一部を教えたと思う。マイカーはある意味では、スーパーマン社会への禁断の果実であったといえるのかもしれない。もっとも、これは後世の社会の人が評価することであろうが……。

ともかく、ここにマイカーと一般の交通機関との根本的な差異が見い出せる。一般の交通機関は自動化技術の流れをくむが、マイカーは馬の流れ、もしくはサイボーグへの前哨なのである。

もちろん、自動車は1つの個体であって、人との間に有機的な結合はなく、これをサイボーグということは決してない。しかし、車を運転したことのある人の誰れもが経験する、あの人と車との一体感、そして、ふと思いたって夜明けの海を見に行く、その感覚、その自由さがサイボーグのもつ感覚そのものなのであろう。

ポケット電卓、ポケット電訳器、パソコン……これらも、どちらかというサイボーグへの前哨である。そして、これらは知的なサイボーグ機器である。

図3に示すように、これら人間と機械との結合の度合いが増し、機械が知能化するにつれ、個人の能力を補ない拡大する範囲が増加してくる。それらが最大限に生かされた状態が、サイボーグといえであろう。

4. サイボーグ技術への道

サイボーグ技術につながる研究として現在行なわれているものには、たとえば人工臓器、義手・義足⁽⁷⁾、人工感覚器⁽⁸⁾、人工増幅器などの研究が挙げられよう。また、人間と機械との円滑な情報伝達や共同作業も基礎技術としてきわめて有用である。それらには、人間・計算機・作業用ロボットをシステムとして管理し制御するスーパーバイザリーコントロール⁽⁹⁾や、電気

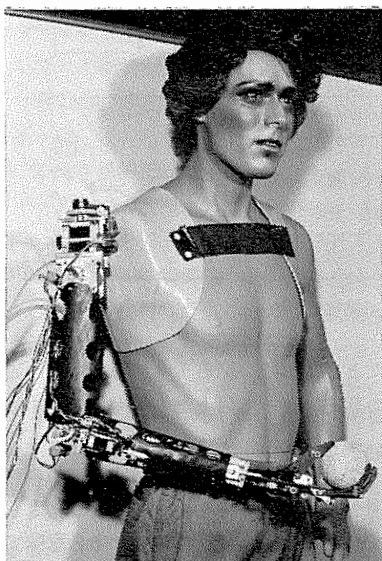


写真1 機械技術研究所で開発中の筋電制御形7自由度動力義手

刺激や振動感覚で皮膚のチャンネルを介して情報を伝える情報伝達チャンネルの拡大⁽¹⁰⁾、あるいは、メディアルームのような人間と計算機との接合技術の研究⁽¹¹⁾などが含まれる。

人工臓器で、実際の人の体内に埋込まれて広く利用されているものに心臓のペースメーカがある。これは、体内埋込み形人工臓器で、心臓のリズムを正常なリズムに整える。現在ではリチウム電池を用い一度埋込み手術をすれば、10年近くそのままいられるような装置にまで発展し、日本では累計1万症例、世界では累計100万症例を数えるという。その他、人工心臓もこの20年間に動物実験で成功を取め、米国のユタ大学、東京大学などで精力的な研究が進められている。

サイバネティックな義手の提案は、すでにウィーナのサイバネティクスにもみられる。感覚を有する筋電制御動力義手の研究が、第2次世界大戦後各地で行なわれた。中でも、ウィーナの流れをくむMITのボストンアームが先駆的である⁽¹²⁾。

写真1には、機械技術研究所で開発を進めている7自由度の油圧義手を示す。これは、トルクを必要とする肩部、肘部には油圧のRSAを用い、前腕と手先にはDCモータを利用したハイブリッドタイプの設計がなされており、筋電によって制御される⁽¹³⁾。

人間にとって目や耳を失うことは、手や足を失うのにも等しい不幸である。機械を人間に有機的な形で結合し、失った感覚を補ってゆこうとする研究は感覚代行とか、感覚補綴の研究と呼ばれている。図4はドベ

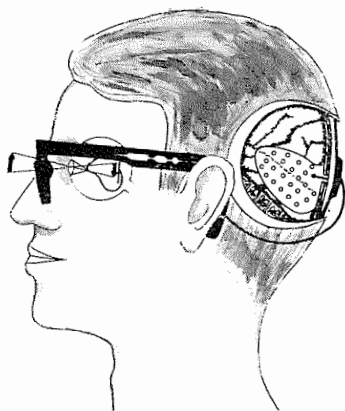


図4 ドベルの人工視覚装置の完成予想図

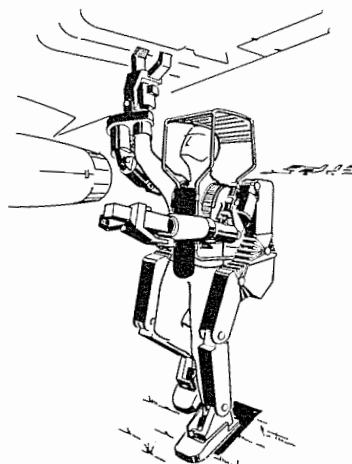


図5 GE社のエグゾスケルトン形人力増幅器の完成予想図

ルの提案する人工視覚装置である。氏は実際、自分の考えに基づいて盲人の後頭部に電極を埋込み、その電気刺激により閃光を生じさせ情報を伝達する実験を行なっている。最近では、1978年12月にコロンビア大学において、6歳で失明した63歳のボランティアの盲人に対する埋込み手術の報告がある⁽⁸⁾。

視覚については、この方式では解決できない種々の問題が山積みしており、実際にはより工学的な方法が模索されている。一方、聴覚については、最近蝸牛内埋込み電極が著しい進展をみせており、実用化も夢ではない⁽¹⁴⁾。

宇宙、海洋といった人間の未知の空間で人が作業する場合、どのような環境が待ち受けているかも知れず、きわめて融通性のある判断や器用な動作が必要である。そのような環境では、人間の優れた特性をそのまま保ち、弱い部分のみを機械で補強した、いわゆる人力増幅器が効果を発する⁽¹⁵⁾。図5はエグゾスケルトン形の人力増幅器を示す。これは、米国のGE社で研究されたハーディマンI形の完成予想図であったが、実際には、まだこのような機械で実用になったものはない。しかし、これらの研究は時を越え、所を変えて現在までも受け継がれてきている。

5. ロボット技術の問題点

ロボット技術は、従来人の行なっていた苛酷な労働、退屈な仕事、危険な作業を機械によって肩代りさせる。その場に不必要となった人間は、それらのロボットの設計、管理、保守などの仕事に移る。これらの仕事も自動化されてくるに従い、さらに知的で創造的

な仕事に移行する。

人間らしい仕事は、探せばアイデア次第で無限ともいえ、人は、いよいよ本人の能力と着想、そして実行力による本当に人間らしい仕事へと移ってゆくわけで、本質的な問題は少ないといえよう。もちろん、その移行過程で種々の労働問題や社会問題は生じるであろうが、それらは人の知恵で克服できる種類の問題であろう。SF的に超未来を考えれば、ロボットの人権問題などが生じるかもしれないが、そのようなローマ帝国の奴隷の問題のSF版的繰返しは、現在の科学技術の枠の中ではそうすぐには起こり得ない。

現時点での問題は、むしろそれより、機械、計算機、システムにきわめて明るい人間とまったく無知に近い人間とに、人が大きく分極しかかっていることであると思われる。

機械や計算機に自己の能力を発揮する人は、機械や計算機を自分の手足や頭の一部のように制御し利用して、機械を真にロボットとして使い、機械の支配者となってゆくのに対して、それらがわからない人は、機械の能力を極度に過大評価したり過小評価したりする。それらを、毛嫌って無視しているうちに、いつのまにか機械や計算機、あるいは巨大なシステムにまき込まれて、その1つの歯車や奴隷とされてしまうのである。

1人1人の個人の能力を最大限に発揮し、機械や計算機を支配し使いこなすという意味でのサイバネティックな人間に、個を研いてゆくことが、これからの重要な課題となってくると思われる。ちょうど、かつて、スパルタの支配者達がそうであったように……。

6. サイボーグ技術の問題点

サイボーグ技術は両刃の剣である。うまく利用すれば人が不幸にして失った能力を回復し、社会復帰を助ける。また、通常の個人個人の生活を、行動範囲や行動時間といった量的なものだけではなく、その内容といった質的な部分においても向上させる。補助計算装置や補助記憶装置を利用して、人間としての創造力を何層倍も高めることができる。携帯用言語変換器が完成すれば、世界各国の人と自由にコミュニケーションすることができる。

しかし、自家用飛行機が便利な人間-機械系であるのに対して、同じ人の操縦する飛行機が神風特攻隊にされてしまうのと同じ危険をこの技術ははらんでいる。いくら人間の能力を拡張しても、その使用目的が悪ければ、その機械と人とを合わせたものは、もはやサイボーグではなくロボット、すなわち奴隷になってしまう。

う。サイボーグは、決して宇宙戦士として利用されるはならないのである。そのためには、いまにも増して人が、1人1人、自分の考えで物事を見つめ直し、判断し直せる人間として成長してゆくことが重要であろう。巨大な機械、計算機、あるいはシステムに振り回わされてしまうロボット人間ではなく、機械をあやつり計算機と会話し、システムを創造してゆく、人間性豊かなサイバネティックな人間へと進展してゆきたいものである。

7. おわりに

人間と機械との関係はロボット、あるいはサイボーグ、という形をとりながら共生の方向へと親密さを加えている。ロボット、サイボーグ、いずれの設計においても、今後は人間と機械、またそれらを取りまく社会システム全体への考察が、より重要な課題となってくると思われる。特に人を尊重し、人と人としての心を大切にすることがロボットの設計において第一義とされなければならない。

参考文献

- (1) D.S. Halacy 著、桜井靖久訳：サイボーグ・未来人間をつくる科学、白揚社、1968
- (2) N. Wiener. Cybernetics, M. I. T. Press, 1948
- (3) 森：ロボットの基本思想と構想、計測と制御, Vol. 7, 871/880 (1968)
- (4) P. S. Warrick: The Cybernetic Imagination in Science Fiction, M. I. T. Press, 1980
- (5) 館, 小森：知能ロボットの開発、自動化技術, Vol. 13, 25/31 (1981)
- (6) N. Wiener: The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society, Houghton Mifflin Company, 1950
- (7) 館：人間能力の補綴と医用精密工学、精密機械, Vol. 48, 572/577 (1982)
- (8) 館：感覚補綴・代行システムの現状と将来、計測と制御 Vol. 20, 19/27 (1981)
- (9) T. B. Sheridan and G. Johanssen ed.: Monitoring Behavior and Supervisory Control, Plenum Press, 1976
- (10) 館, 谷江, 阿部：経皮電気刺激の強度感覚に対するパルス高とパルス幅の効果、医用電子と生体工学, Vol. 15, 13/18 (1977)
- (11) N. Negroponte: New Qualities of Computer Interactions, Proc. Int. Conf. on Cybernetics and Society, 1402/1411, Tokyo, Japan (1978)
- (12) R. W. Mann. Human Rehabilitation Engineering, 計測と制御, Vol. 21-6 (1982)
- (13) 谷ほか：義手制御のための筋電パターン識別学習、バイオメカニズム, Vol. 5, 88/95 (1980)
- (14) 館：感覚器—この1年の進歩、人工臓器, Vol. 10, 876/878 (1981)
- (15) P. Chironis: Can Engineers Soon Make Everyman a Superman, Product Engineering, Vol. 7, 38/47 (1968)