

生研公開講演

インテリジェント・メカトロニクス

Intelligent Mechatronics

橋本秀紀*

Hideki HASHIMOTO

最初に

生産技術研究所第3部、電気・電子・情報通信系の橋本でございます。私の今日の話は気楽に聞いていただきたいと思います。気楽にやらしていただかないと、結構緊張してしまいます。

タイトルは「インテリジェント・メカトロニクス」です。話を聞いていただくうえで、何らかの問題意識を持たれていたほうがよいだろうと思います。即ち、インテリジェント化というのは価値を生み出すのか？当然、何らかのものを賢くするわけですから、その意味は一体何なのか？インテリジェント化ですけど、インテリジェンスそのものは一体価値をもつのか？こういうことを頭に入れて聞いていただきたい。そうすると機械がインテリジェント化するのか、人間がインテリジェント化するのか、あるいは機械と人間の関係がインテリジェント化するのか、このようなことを問題意識として話を聞いていただければいいと思います。今日の話はかなり多岐にわたって私共のやっていること、あるいは興味のあることを話させていただきたいと思います。OHP、ビデオを多用してお話ししますので、よろしくお願いいたします。

キーワード

研究を進めるためには、「夢」を持ちたいですね。夢は技術のドライビングフォースです(図1)。夢のない技術というのは、多分やってもつまらないし、将来へつながらない。ここにたくさんキーワードを書きましたが、これらが私の頭の中にありながら、現在研究を続けているわけです。コンピュータ、これはあたりまえですね。とくに Computational Power, 計算機が安くなり速くなった。どれだけコストパフォーマンスがよくなったかという数百倍なわけです。80年代、たしか最初の頃だったと思います。私が大学院で、この研究所で修士及び博士課程の学生だっ

*東京大学生産技術研究所 第3部

夢は技術の Driving Force

Computer, Computational Power

情報の Processing

Communication

Control

Virtual Reality

System, Management

環境保全、省エネ

図1 キーワード

たのですが、そのときのワークステーションというのが、300万円程で、おそらく数ミップスの演算能力だったと思います。今、大体同じ値段で数百ミップスになっています。ということは、単純に考えて、コストパフォーマンスは数百倍になります。10年で数百倍に変わったものはあまりないのではないかと思います。このような成果をたくさん使おう、これが研究の前提になっています。あとは情報の Processing だとか、Communication, これもお話の中で出します。また Information Infrastructure, これもこの研究所では整備されておりますので、それを使っていろいろなことをやりたい。Control, これは私の専門です。Virtual Reality, System Management. Management は工学的な意味合いから離れるかもしれませんが、大変大事なキーワードです。環境保全、省エネというようなキーワードもあると思います。

60年後の東京

この絵(図2)を見ていただきたいと思います。ある文献から写してきたものです。これは松坂屋の宣伝です。東京と上野にあるデパートです。ここに書いてあるのは1990年の東京。60年後の東京ですから、これは1930年頃の商業です。その当時どういうイメージを多くの方が持っていたかわかるといいます。これは先ほど言いました、「夢は技術のドライビングフォース」ということで、この当時多くの人々が持った夢がどの程度まで解決されているのか見てとれます。

結構面白いんです。「60年後の東京は」ということで、科学の推理によって構想された未来の東京のいろいろな部分をパノラマ式場面に展開している。ここは大東京幹線…、これは現存の首都高のことです。あるいはロケット式飛行機と展開。これはジェット機を指すのだと思います。天候コントロールの実況。これはいまだに天気はコントロールできませんが、かなり精度よく推定できるようになったと思います。あるいは飛行機から見た大東京。今は、高層ビルの林立した摩天楼ですね。帝都の防空と陸・海軍

図2 60年後の東京
〔日本ロボット創世紀〕井上晴樹, NTT出版, 1993年)

の威用。これは60年後はうまくいってないようです。あとではテレビジョンの利用。これはまさに戦後大きな形でテレビジョンがメディアとして入ってきたので、60年後の東京ということで非常に正しい推理だと思います。

問題はここです。人造人間の動作と実演、これはロボットを指しているのだと思います。この絵もロボットになっているわけですが、60年ぐらい前の人たちは、1990年ですから5年前になるわけですが、こういうものがある程度出てくると期待していたみたいです。じゃ、現実はどうかという、実はまだそこまでいっていない。結局、ロボットに、ロボットというのは人間のようなものを指すわけですが、人間のような形での動作を実現させるのは、かなり遠い先の話です。ただ今回ここでお話しするのはインテリジェント・メカトロニクスということで、インテリジェンスを持った機械はどんどんできています。しかしまだ本当のロボットまではたどり着いていないということで、これは前置きですが、私の今日の話は、本来はロボットを目指しているのですけれども、その前の段階というか、機械システムをインテリジェント化していくという方向から考えていきたいと思います。60年たってもなかなか実現できなかったのも、実は私の個人的見解でいうと、あと60年たっても本当のロボットはちょっと難しいかなと思います。

インテリジェントとは

先ほどからインテリジェントということでお話ししているわけですが、インテリジェント、何となく響きとしては優れているような感じがします。この中身を考えると、「知的な」「賢い」、これは辞書を引けば出てくるわけです(図3)。「知的な」「賢い」といっても非常に抽象的な表現です。もう少し文脈が出てくると、「ものわかりがよい」とか「1を聞き10を知る」ということが知的ということになります。したがって、よくわれわれの日常会話の中で、「彼は知的な人だ」という場合がありますが、これは何を指しているかという、彼はものわかりがいいと。ほんのちょっとしゃべっただけで、あるいはちょっと伝えただけで、こちらが意図していることを理解してくれるということで知的という言葉を使っている。私は、いま教官の立場ですが、本当に知的な学生が欲しい。1を聞いて10をやってくれるような学生は大変好ましいと思います。多くの皆さん方もそういう方を欲しがっていると思いますが、そのためには当然ながら、相手を知り己を知らなくちゃいけない。相手を知ることは、自分の置かれている環境の同定問題です。要するに外部環境がどういうものであるかということ認識する必要があります。それと同時に自分自身の状態を推定、あるいは同定しなければならない、自己同定です。環境が同定できて、自分自身を同定できれば、百戦危うからず、絶対負けやしない。なぜならば、負けるとわかった

インテリジェント(Intelligent)

知的な、賢い

もの分かりのよい、一を聞き十を知る

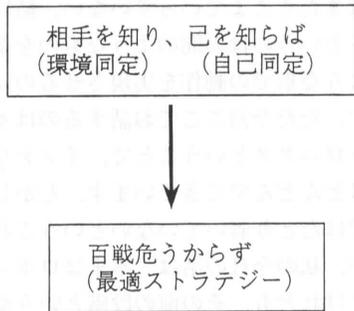


図3 インテリジェントとは

ら闘わないからです。すなわち、ここで最適ストラテジー(戦略)、最適制御というものにつながるわけです。インテリジェントというのは、こういう形であるべく外部の状況、情報、あるいは自分自身の状況みたいものをちゃんと押さえたうえで、どういうストラテジーをとるか、その部分を指してインテリジェンスがある、ないと言える。アバウトなディフィニション(定義)ですが、一応このように考えております。

インテリジェント・メカトロニクス

インテリジェント・メカトロニクス、機械の知能化ということですが、その意味は何なのかといえ、当然機械が賢くなることです(図4)。これは通常の意味ですね。もう一つ考えられるのは、機械が人間に賢く使われる。そのためのインテリジェンスということも当然考えられます。すなわち、大体ご想像つくかと思いますが、知能化の意味というのは、機械そのものが賢くなって、人間に賢く使われるということで、ヒューマン・インターフェイスの話につなげようと思って使っているわけです。ではその前に、機械と人間の差は一体何か。これはもう賢明なインテリジェンスのある皆さん方は、1を聞いて10を知るからわかっていると思いますが、それがインテリジェンスです。これがインテリジェント・メカトロニクスになるわけです。ではそのようなインテリジェンスがどうやって生じるか、当然そこへ話はいくわけです。人間だけが基本的にインテリジェンスを持つのだとすれば、それはどうやって生じるのかということを少し考えたい。本当に少ししか考えませ

インテリジェント・メカトロニクス

機械の知能化の意味

機械が賢くなる

機械が人間に賢く使われる

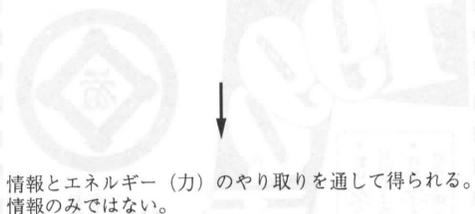
機械と人間との差は一体何?

それがインテリジェンス

ではどのようにしてインテリジェンスが生じるの?

図4 インテリジェント・メカトロニクス

DNAに書き込まれている ---
それでもその発現は外界とのインタラクティブな
関係から生じる



結局、情報のみでは生きられない。エネルギーのやり取りが必要。

情報インフラストラクチャとインテリジェントな機械システムの結合

インテリジェント・メカトロニクス

図5 インテリジェンスの発現

ん。この問題をものすごく真面目に考えると、それだけでおそらく学位の2つや3つぐらいとれるすごい話だろうと思います。

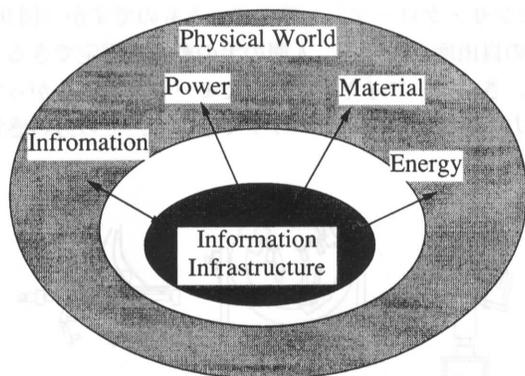
当然人間にインテリジェンスがあるといったので、DNAに書き込まれているのだろうと、だれでも思うわけです(図5)。それでも、それがインテリジェンスとして

表に出てくるのは、やはり外界とのインタラクティブな関係から生じる。

私はあまり詳しいことは知りませんが、人間をアイソレーションして、文明あるいは社会から切り離して育てた場合に、インテリジェンスをどの程度持つことができるのか。ものすごく基本的なものを持つことはできるにしても、それ以上のインテリジェンスはたぶん生じないであろう。すなわち同じ資質を持ちながら、やはり環境とのインタラクティブな関係が、その人のインテリジェンスの発現を規定してしまうということで、外界とのインタラクション、これがたぶん重要かと思われます。ここでもかなりむりやりなロジックの展開がありますが、たぶん有益なロジック展開であろうと思うので、お付き合いください。

インテリジェンスは、情報とエネルギー（力と考えてもいいのですが）のやりとりを通して得られる。外界とのインタラクションというのは、われわれは生物なわけですから、なんらかの形で外界に物理的に働きかけることです。知覚することと働きかけるということで、情報とエネルギーのやりとりというふうにとらえます。すなわち情報のみではないということです。ここで最後に情報のみではないと書いてあるところが話をつなげる部分になるわけですが、結局情報のみでは我々は生きられない。エネルギーのやりとり、あるいは力のやりとりのような外界とのインタラクションが必要である。そうすると、情報インフラストラクチャーとインテリジェントな機械システムの結合が必要になる。

これは、われわれが生きているふだんの生活を考えると、かなり明確な形で認識されると思うのですが、情報インフラストラクチャー、ネットワークだけがあっても、実際にやりたい仕事は、とてもできない。すなわち、情報インフラの世界があっても、その周りに物理世界があるわけですから（図6）。やりとりしているのは情報だけではなくてパワー、物質、エネルギーです。情報はディスプレイを通してコン



Information Infrastructure

図6 情報インフラストラクチャー

ピュータの前に座っていればやりとりはできるわけですが、パワー、物質、エネルギーになるとなんらかの変換デバイスが必要になる。この変換デバイスは、一応機械システムによって情報とエネルギー、あるいは力を変換させるものと考えます。このようなインターフェイスを考えたときにロボット、あるいはロボティクス技術というのは大変有用になる。

本当の価値というのは、インテリジェンスを取り扱う場合に、やはりここにあるのかなと考えます。情報インフラストラクチャーとインテリジェントな機械システムの結合の部分に新しい価値が生まれるのではないかというふうに考えます。具体的に、じゃ何かといわれると非常に難しいのですが、それはわれわれのやっている研究そのものを見ていただいて皆さんで判断していただくしかないわけです。

色々な切り口

さて、そういうインテリジェント・メカトロニクスなんですが、色々な切り口が考えられます（図7）。私はコントロールを中心にやっていますので、コントロールで考えると、事象駆動型とか適応とか学習、あるいは非線形というような新しいキーワードがいまかなり出てきていて、研究もそれなりに進んできていると思います。

もう一つは、当然コントロールにも非常に密接な関係があるのですが、ソフトコンピューティング、これはカリフォルニア大学バークレイ校のザデー先生達が、昔ファ

色々な切り口

コントロール

事象駆動型、適応、学習、非線形 等

ソフトコンピューティング

ファジィ、ニューラルネット、GA 等

問題意識

生産年齢人口の減少（93年69.7%→25年59.7%）

高齢化社会の到来

労働の質の変化

情報インフラストラクチャーの整備

図7 色々な切り口

ジー・セット・セオリーを作って、それが発展した形で最近ソフトコンピューティングというふうと呼んでいます。中身はやわらかい情報処理みたいなものですが、ファジーだとかニューラルネット、あるいは GA (Genetic Algorithm), 最適問題を解くために遺伝の法則を使うようなものです。

ソフトコンピューティングにはいろいろ批判はありますが、ここで一つだけコメントいたしますと、私はこのソフトコンピューティングは生き残る技術であると思います。なぜならば、実際に使ってみて結構役に立つからです。役に立つというだけで生き残っていい技術だろうと思います。多くの批判の一つに、こういうソフトコンピューティングには安定性がないとか収束の保証がないといひます。しかし実際に使いながら有用であれば、大変危ないことが起きた場合には、使うのをやめてしまえばいいわけです。とくに制御系の人たちは、安定性にいつもこだわりますが、あまりそこにこだわっていると発展は望めないかもしれない。役に立つものがある程度使いこなしていった改良していくという、ある意味ではプラグマティズム的な考え方も必要ではないかと思ひます。とくにソフトコンピューティングを見ていると、プラグマティズム的な、功利主義的な使い方をアメリカの人たちが中心となってやっているような感じですが、私はこれは支持できる技術だろうと思ひます。

問題意識。インテリジェント・メカトロニクス全般にわたるような問題意識として考えているのは、生産年齢人口はどうやら減るらしいということです。減るらしいというのは、そういう統計を見てきたからで、1993年が69.7%で、この統計は本当に正しいかどうかはわかりませんが、2025年には59.7%、この統計でいえば10%ほど減る。これがかなり大きな問題であるといわれています。当然結果としても出てくるわけですが、高齢化社会は間違いなく到来して、65歳とか70歳以上のお年寄りの方が社会の中でかなり大きな部分を占めてくるだろう。それに伴って色々な形でインフラを見直さなければいけないだろうと思ひます。

あとは労働の質の変化、これも当然考えていかなければいけないのだろうと思ひます。労働そのものがお金を得るだけのものではなくて、おそらく楽しみとか、そういうふうにならないと労働も、やらなくてすむのだったら、やらなくなってしまうだろうと思ひます。とくに3K などという職場にはほとんど行かなくなる。ただ、今は不景気らしくて、3K でも行く人は多いらしいですけども、ちょっとでも景気が上向けば3K の職場にはだれも行かなくなる可能性がある。そうするとやはり機械の力を借りなければいけない。

もう一つは、先ほどから何度も言ってますように、情報インフラストラクチャが早い段階に整備されそうであるということです。そういう大容量の通信網を使わない手はな

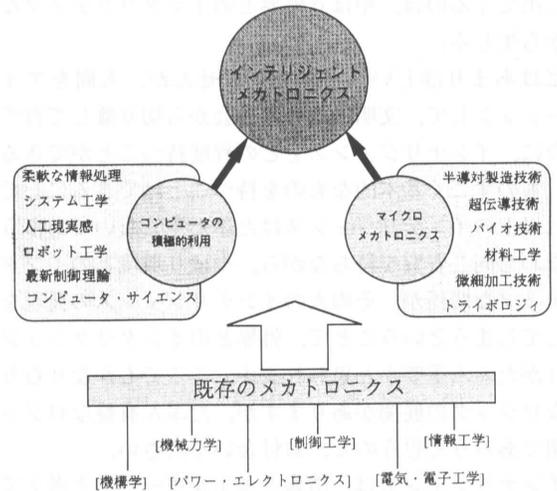


図8 インテリジェント・メカトロニクスの構成

いということ、コントロールとコミュニケーションを中心としてインテリジェント・メカトロニクスみたいな研究が成立するのではないかというふうに考えています。

前置きの話だったのですが、ついでに一つだけ、この絵(図8)は昔インテリジェント・メカトロニクスというものを説明しろといったときに書いた絵ですが、左側がコンピュータの積極的利用、右側がコンポーネントとしてのマイクロメカトロニクス、半導体の製造技術を使って、非常に小さなものをいまつくれるようになってきたわけです。左側がコンピュータの積極的利用でインテリジェンス、右側がそれを支えるコンポーネントとしてのマイクロ・メカトロニクスということが考えられるのではないかということでこの絵をつくりました。ここで一応前置きらしきものは終わって、具体的な話、われわれが研究しているものを見ていきたいと思います。

研究の紹介

まずビデオテープで見たいと思います。

「センサ・グローブ」と呼んでいるものですが(図9)、11個の自由度があって、人間の手の動きを測定できるものです。さらに、ワイヤーを介してモーターにつながっていて、力の感覚をフィードバックできます。その力の感覚と

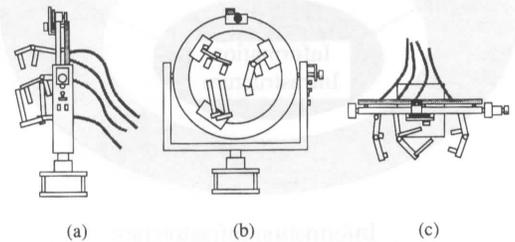


図9 センサ・グローブ

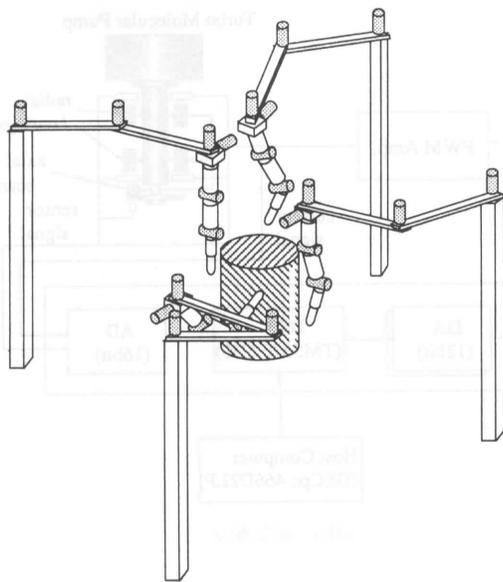


図10 ロボット・ハンド

いのはどこで発生するのかという、先ほどコンピュータの画面がありましたけれども、その中にある物体をさわったときの力です。その力を計算して、操作者側に戻すわけです。

一体なぜそういうことをやっているかといいますと、人間の手の動きを解析したいからです。解析をして、それをスキルという形で計算機の中に取り込んで、複雑なマニピレータ（複雑というのはあとからお見せしますが）を自由に動かしたいということをやっているわけです。次に、ロボットハンド（複雑なマニピレータ）に関するビデオテープをお見せします。

これは4本の指を模擬しています（図10）。1本の指に6つのモーターがついています。6つの自由度があるということです。4つですから、合計24個のアクチュエーター（モーター）を制御して動かします。指の先端には、力を計測するセンサーがついています。かなり小さいものをつくりました。これもこの生産技術研究所内の工場を使って製作いたしました。ワイヤ放電加工を用いて製作したものです。

24個のモーターをちゃんと意味のあるように協調させて動かすということで、計算機に関しては大変な能力が要求されるわけですが、ここで使ったものは並列処理が容易にできるトランスペュータとリスクタイプの I860 というものを併用して実時間性を実現しています。

次はトラッキングする目です（図11）。目というか、2つの CCD カメラが動いているものを追っていくわけです。これも実時間で、これぐらいのスピードでは十分追えるようになりました。最初の頃はこれもあまり速いスピードは実現できなかったのですが、今はこれぐらいの速さ、ある

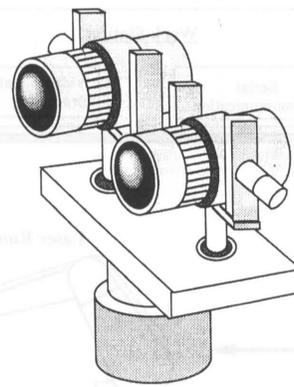


図11 ロボット・アイ

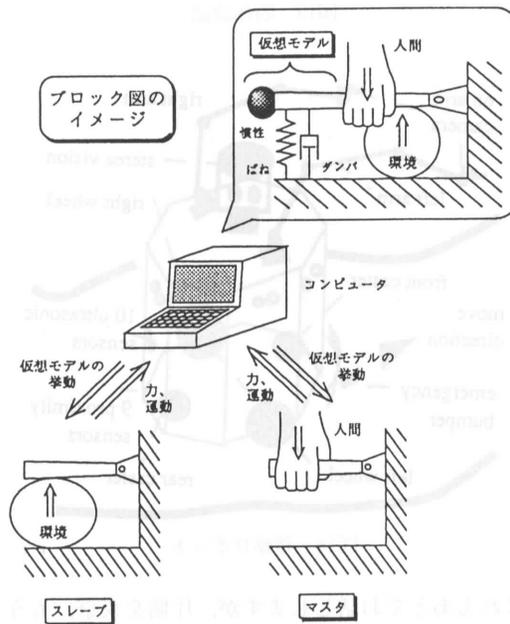


図12 テレ・オペレーション

いはもっと速く動くことができます。

この研究の目的は、動いている物体の特徴を抽出することです。特徴として、動いている物体の位置と速度を持つてくると、次にどこへ行くか予測ができるので、大変有用です。たとえばロボットなんかそういう目を持てば、飛んでるハエはまだとれないと思いますが、飛んでいるボールぐらいはとれるようになる。そのための基礎実験としてこれをつくりました。このときは、ただ動いている物体を対象にしていますが、本当は人間に追従するようなものを考えています。人間の顔にフィックスしてトラッキングしていくようなものと考えています。

これは、テレ・オペレーションの実験で、力感覚をフィードバックする非常に基礎的な実験のビデオです（図12）。片側を動かすともう一方の片側が上がるわけですが、このとき力感覚がこちら側へ当然戻ってくるわけです。い

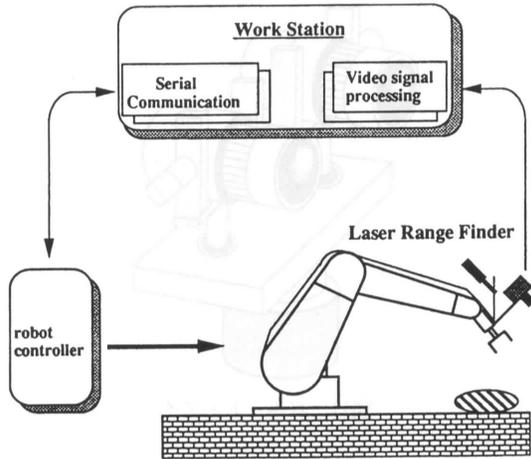


図13 物体認識

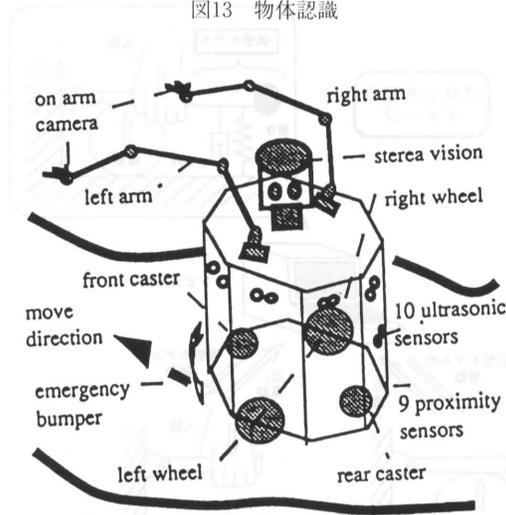


図14 移動ロボット

ま、これもあとでお話ししますが、片側を東京、もう一方をロサンゼルスとしてこれと同じ実験、これよりも自由度の高い実験をやります。実は握手を実現するんです。握手というのは、2つの自由度で実現できるだろうということで、いま準備を進めています。この間が、太平洋を渡って大変遠いところとつながるわけです。8月に実験を行います。

次は三次元の物体認識です(図13)。サーフェスマッチングというもので、コンベア上に物体が流れてきたら、どのような形で、どのような向きを向いているかを瞬時に見つけてつかむという動作を行います。内容的には最適化の新しいアルゴリズムを提案しました。

これは移動ロボットの研究で、今やっている最中のものです(図14)。ここでは、こういうものを持っているというのを誇示して見せているだけで、まだ動かないんです。下半分はほとんど電池のかたまりです。障害物をよけるようなことを実時間でやるということを考えています。

このビデオにはもう1個研究のトピックスが入っており

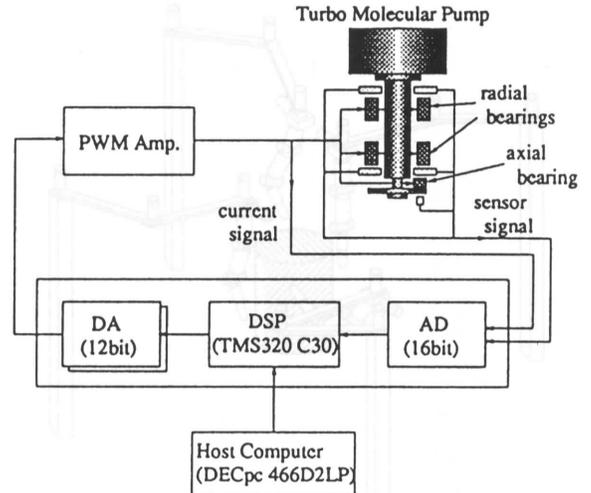


図15 磁気軸受

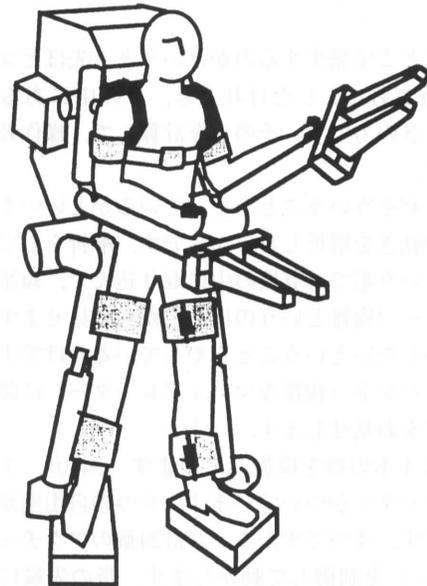


図16 ロボット(人間増幅器)

ます。

これは磁気軸受で、浮いてまわるやつです(図15)。軸受けがなくてまわるもので、それをギャップセンサーを外して、制御理論で動かしました。ギャップセンサーを外して、センサーレスにしてオブザーバーを(オブザーバーというのは制御理論の中にあるのですが)使って動かしたものです。以上がいま研究室で行っているトピックスを簡単に紹介したものです。

私達は一体何をやってたかということ、ロボット、最終的にはこういうもの(図16)がつかれるかなと最初は考えていました。もちろん、こういうものにつながるのではないかと今でもまだ思っているわけです。これは、けっして夢

物語でもなんでもなくて、昔 GE ががんばって失敗したロボットです。なぜ失敗したかという、その当時のコンピュータの能力が低すぎたというのが最大の理由です。映画でも、このようなロボットはよく出てきていて、いわゆる「エイリアン 2」に出てきたロボットになるわけです。ロボットというか、工事現場で働くやつで、フォークリフトのおぼけです。こういうものが、インテリジェント・メカトロニクス、先ほど言いましたように人間と機械とのインターフェースだとすれば、実現することは可能です。特にこれを行っているわけではないのですが、一応頭の中にはこういうものが入っております。

超遠隔制御による無人化施工

次は、雲仙での無人化施工の話です。雲仙は以前は噴火をしていて、そこにダムをつくらうとしたら人が入れないということで、遠隔制御をやりましょうという話がありました。このときに、このようなシステム (図17) が建設省のほうで考えられ、実際にゼネコン 6 社を中心に遠隔制御

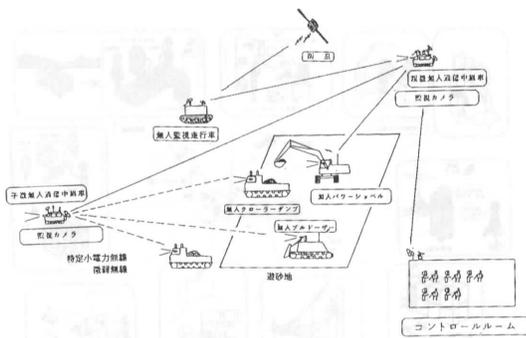


図17 無人化施工

遠隔制御を支える技術 (3C技術)

通信技術 (Communication)

- オペレーションに必要な情報の提示
- 視覚、聴覚、力覚などを提示 (マルチメディア)
- 臨場感の向上 (人工現実感)
- 通信容量の向上

制御技術 (Control)

- 限られた情報に基づき効果的にオペレーションを行う
- 作業の部分的な自動化 (省力化)
- オペレータとの整合性 (ヒューマン・インターフェース)
- ロボット化

コンピュータ制御 (Computer)

- 通信制御技術を実現するコンピュータの利用
- コンピューテーションパワーの積極的利用
- ソフト・コンピューティングの可能性

図18 遠隔制御を支える 3つの技術

をやったわけです。これは大変面白い。面白いというのは、既存の技術を使って無人で、ラジオコントロールですが、ダムをつくることできたということです、大変有望な技術ということでここで紹介します。そのなかで特徴的な技術だったのがこれです (図18)。遠隔制御を支える 3つの技術として、最初に、通信技術です。オペレーションに必要な情報の提示。視覚、聴覚、力覚などを提示する。マルチメディアです。臨場感の向上ということで人工現実感。通信容量も著しく向上しています。制御技術では、限られた情報に基づき効果的なオペレーションを行う、ということで、作業の部分的な自動化を行えばいわゆる省力化につながる。オペレーションとの整合性を考えなくてはならないから、ヒューマンインターフェースの問題でもある。あるいはロボット化。コンピュータですが、通信制御技術を実現するコンピュータの利用、ということで、先ほど言いましたコンピューテーションパワーの積極的利用。ということで、実際に雲仙で 6つの会社が実験をやりまして、遠隔制御でダムをつくりました。

人が立ってますが、ここから向こうは人が行っていない地域です。そこで実際に工事をした。これがオペレーションルームで、3Dを実現しています (図19) この人は 3Dを見る眼鏡をかけて、ラジオコントロールをしています。これは大変面白いビデオです。

(これは私のやった研究ではないのですが、私はその委員として参加していろいろ評価をした側なんですが、ビデオをもらいましたので、それを流したいと思います。ただ 6社からもらったのですが、ここで流すのは 1社だけで、べつに他意があるわけではないんです。中立的な立場でなければいけないので、社名は出てきますが、私はとくにその社名にこだわらない。皆さま、中身を見てください。宣伝ビデオですので、何度も社名が出てきますが、不愉快に思われる方もおられるかもしれませんが、とくに他意はありません。ただ中身を見ていただきたいと思います。)

これでビデオは終わりですが、いま言いましたように基本的にラジオコントロールなんです。もちろん部分的には



図19 オペレーションルーム

知能化技術が入ってます。このときは人間のほうがインテリジェンスがあったということで、実はやりながら作業効率は半分まで上がりました。これは驚くべきことで、最初委員会のほうで考えたときには20%いくかなと思っていたのですが、人間のインテリジェンスというのとはにかくすごかった。やりながらどんどんオペレーターが上手になって、最終的には50%ぐらいの生産効率が得られました。結果としては、この技術は将来も使えるのではないかとということで、雲仙の実験をかねた、実際のダム工事は成功だったと評価いたしました。

ロボット・ネットワーク

雲仙では遠隔制御を無線で行っていたわけですが、当然情報スーパーハイウェイの利用も考えられます。これを使ってわれわれのメカトロニクス、あるいはロボットがコネクションされるということが考えられるわけです(図20)。情報スーパーハイウェイ上にロボット管理会社、これはネットワークにコネクションされていますので、いろいろなところに入っているロボットあるいはメカトロニクス機器に関してソフトウェアのメンテナンスができる。もう一つ、ハードウェアはどうかと思ったら、これは標準化とかいろいろなことをやった後でないとできないと思いますが、修理工場みたいなものが考えられます。このイメージとしては、いわゆる自動車の修理工場みたいに、部品が流通していて、壊れたら取り替えていく、リプレースをしていくというイメージです。こういうものがおそらく可能であろう。これらを支える技術としては、当然ながらテレ・オペレーションの技術です。現在研究室でやっているのは、左側が人間、右側がロボットだとして、その間をB-ISDNで結ぶことです(図21)。これの前段階というか、実際の環境としてわれわれが今持っているのは、ATMスイッチによるネットワークです(図22)それで、156Mbps

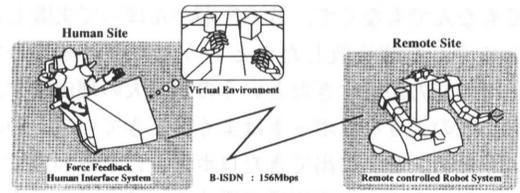


図21 テレ・オペレーション

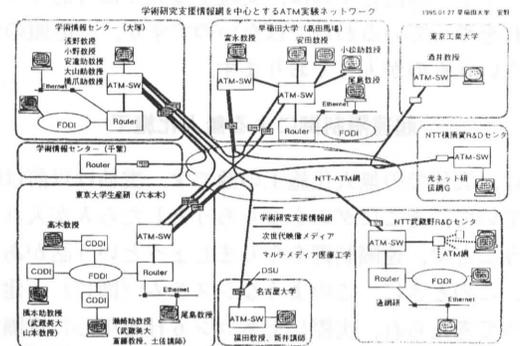


図22 B-ISDN

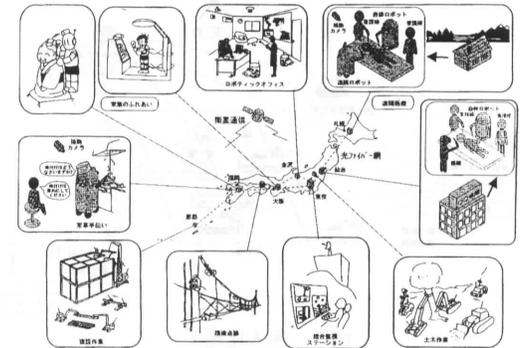


図23 情報ネットワークとロボティクス・メカトロニクス

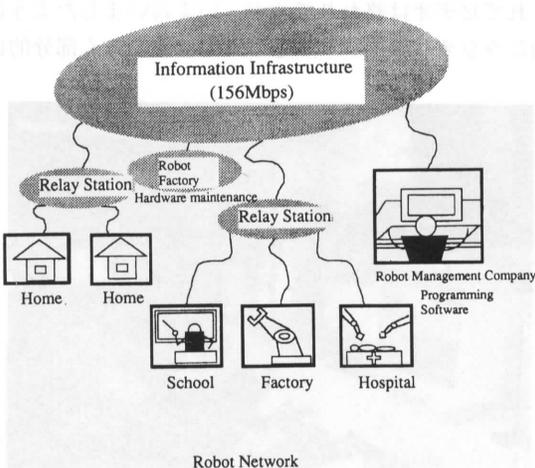


図20 ロボット・ネットワーク

の能力をフルに使っていろんなところと結ぶことができるわけです。

たとえば、ここにある早稲田大学、あるいは名古屋大学、私のところではテレオペレーションの実験を名古屋大学の先生と一緒にやろうと計画しております。あるいは早稲田大学とやっていく。そういうネットワークの環境はいまこの研究所の中で整っておりますので、先ほどのようなネットワークに関する研究をどんどん進めていこうと思っています。そうすると、当然どういふ世の中ができるのか。これは私のスライドではないのですが、お借りしてきたものです。世の中こういうふうになるのかわかりませんが、ネットワーク、光ファイバー網とか、通信を使って土木作業だとか、メンテナンス、あるいは遠隔医療だとか、ロボット・オフィスとか、いろいろなものが可能性として考えられます(図23)。このような大きな研究の動きもあります。

感性コミュニケーション

ネットワークで遠隔地との間の関係をとっていきわけですが、先ほど東京とロサンゼルスという話をしましたが、実はいま研究室でやっている話です。ニューロ・ベビーといいます (図24)。このニューロ・ベビーを使って遠隔地とのコミュニケーションができないか。それをいまやっています。ここで細かい話をするよりは、実際にどうしているかを見ていただいたほうが早いと思います。いまちょうど公開中で、今日私がお昼頃撮ってきたビデオがあります。

これはニューロ・ベビーの新しいバージョン (ネットワーク版) です (図25)。少し成長した、先ほどのスライドよりもきれいになっています。しゃべっているわけです。この人が何かを言うと反応をする。人間がしゃべって話かけると、それに応じて、この人の抑揚とか声のピッチを見て反応してくる。

この人は何が楽しいのか、このニューロ・ベビーとコミュニケーションをしている。結構やってみるとはまりますね。これはいま研究室のほうに置いてありますので、ぜひ後で見ていただきたいと思います。

このようにマイクを動かすとロボットの目が追従していくわけですが、ニューロ・ベビーの目もこのロボットの目

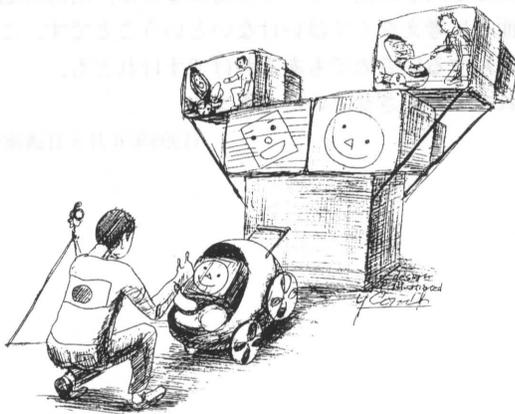


図24 ニューロ・ベビー

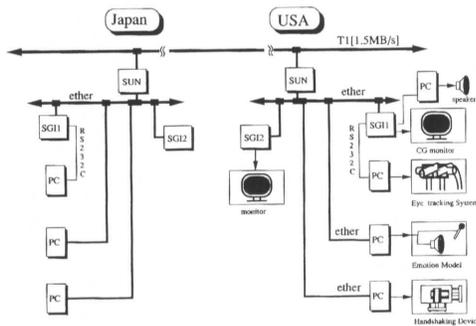


図25 ネットワーク・ニューロ・ベビー

と連動していますのでマイクを追いかけすることができます。

これは、握手マシンです。握手をして、その感覚がロサンゼルス側の同じものに送られるわけです。それと同時に、顔が変なふうになりましたが、握手をすると痛がってそのようになるわけです。

これは非常に簡単なコミュニケーション・ツールですが、東京に置いてあるものと、ロサンゼルスに置いてあるものとを合わせてコミュニケーションを行います。

どういう形になるかという、日本とアメリカに同じものを置きます。今年の8月に SIGGRAPH というコンピュータグラフィックスの会議でデモンストレーションを行います。これ自体はまだそれほど洗練された研究にはなっていないかもしれませんが、なぜならば、大変オリジナリティが高いというか新しい研究だからです。

コンベンショナルな、クラシックなエンジニアリングの立場からという、なんだおもちゃじゃないか、何を一体考えているんだと思われるかもしれませんが、私は、いまかなり工学も閉塞的な状況になっているし、新しい市場もつくりえないというなかでは、人間の感性みたいなものに直接働きかけるようなものは大きな可能性があるのではないかと思います。これが人間にとってどれくらい有用かどうか、いまからやってみなければわかりませんが、コミュニケーションというキーワードをとってきたときに、ノンバーバル、要するに言葉でやっているのではないのですが、その前段階ですから、非常に感性のプリミチブルなところに近いわけです。そこをところをまずやってみよう。そうしたら新しい道が見えるのではないかということで、ロボット技術と制御技術を導入して、感性に訴えかけるニューロ・ベビーというキャラクターベースのコミュニケーションツールを創りつつあります。これは新しい地平線をきつと見せてくれるのではないかと期待をしています。

おわりに

なんとなく話が飛びながらきたわけですが、まとめます。

今日は、とにかく多くのインフォメーションを提示して、皆さんに私達のアイデアが伝われば幸いですと考えています。このスライドは、私はやはりどうしてもいくつかのキーワードを考えてしまうのですが、3つのC、コントロール、コミュニケーション、コンピュータです (図26)。コントロールはエネルギー、力のやりとり、コミュニケーションは情報の伝達、コンピュータはコントロールとコミュニケーションの処理です。あとはロボティクス。これは主体と客体との関係。ロボティクスというのはロボットの学問ではないんです。主体、すなわち私、客体、私を取り巻く環境との関係を記術する学問です。ロボットというのはロボティクスの中で非常に狭い部分しか指していないわけです。ロボティクス、主体と客体との関係、そしてヒューマ

3つのC、RHIそしてE Triple C and RHIE

- Control エネルギー、力のやり取り
- Communication 情報の伝達
- Computer Control, Communicationの処理
- Robotics 主体と客体との関係
- Human Interface 人間との関わり

Electronics 全ての土台

図26 3つのC

ン・インターフェイス、これはやはり大事です。人間との関わり、システムの中に人間を評価しながら考えなくては
いけない。私は電気・電子系なんです、エレクトロニクスというは、その辺り全てを支える土台かなと考えていま
す。

もう一つ、私は制御も好きなので、制御理論の効用とい
うことも考えています (図27)。制御は、与えられた制約
条件のもとで最適解を求めるものである。これは後ろ向き
ですね。新しいものをつくり出してないわけです。しか

制御理論の効用

制御は与えられた制約条件のもとで最適解を求めるものである

後ろ向きのテクノロジーではあるが省エネ等を考えると最も大事な技術と言える。

図27 制御理論

し、後向きのテクノロジーではあるが、環境保全とか省エネを考えたときには最も大事な技術といえる。

というのは、インテリジェント・メカトロニクスということ
をいうと、どうしても内容がコンピュータ・サイエンスのほうに
いってしまいますが、当然制御というのも背景にあって、制御理
論、理論的なものも大事だと。後ろ向きのテクノロジーかもし
れないけれども、とくにエネルギーとか資源を大事に使うとい
う立場になれば、制御理論も当然真面目に考えなくてはいい
けないということです。これは自分に対するいさめでもあるわけ
ですけども。

これでまとめさせていただきます。

(1995年6月8日講演分)