

になればいいんでしょうね、たとえて言うと。

三宅先生、以前アイデアをおっしゃっておりましたが、本日はいかがですか。

三宅：はい。相澤先生がおっしゃっていたような方向性というのは僕もすごく共感しております。ネットワークの言葉でいうと、この研究所がハブ機能をもつようなものになってくれたらいいなと思っています。我々が大学で、最近、COE、Center of Excellence と称しているいろいろプロジェクトをやっているのですが、ここは NOE、Network of Excellence というかたちでやると、この研究所も生きることかなという印象を持っています。

II. 講演ならびに討論

テーマ：「間」の共有によるコミュニケーション

講師：三宅美博

東京工業大学大学院総合理工学研究科 准教授

2.1 はじめに

三宅：本日は話をするにあたりまして、まず前回何を話したのか、第2回の報告をひもといてみましたら、何と2003年9月14日で、もう本当に丸5年の時間がたちました。

今日は、私が前に話したことから少し研究が進んだということで、その「少し」の部分をちょっとご紹介させていただくことと、今後の方向の予測をご報告をさせていただきます。

5年というと長いようですが、考えてみるとわずか5年です。何も特段変わったりしないのですが、その間私がどういうことをしてきたかといいますと、まず研究の関心がだんだん社会的な問題に向って参りました。それを進めるにあたりまして、科学技術と社会はどういう関係にあるべきなのかということ最近、真剣に考えていますので、その辺のことを最後に説明させていただいて締めくくりたいと思っています。とは申しますものの、本職は実験研究ですので、そちらのほうから、いろいろお話をさせていただきます（図1発表項目）

私が前回やりましたときには「共創」、即ち共に創るという方向性、重要性を一生懸命主張して、いくつかの技術をご紹介しました。歩行介助ロボットの話とか、音楽的なアンサンブルの話とかをビデオなどを一緒に見てもらいながらご紹介した記憶があります。

その後、「間」という問題にすごく興味をもってきました。それは「主観的な時間」という意味なのですが、心理的な時間といいますか、そういうものに興味をもってきて、それがどうやってみんなで共有されるのだろうかということにだんだん関心が移っています。そして、そういう方向での技術開発とか、あるいは今日ちょっとご紹介する社会的な展開とかを目下研究しています。

2003年当時はまだマイナーだったのですが、この5年ぐらいかけて、だんだんいろいろなところでこれに関する研究グループができてきました。一つは、SICEです。これは計測自動制御学会に「共創システム部会」という部会ができて、公の学会活動の舞台ができました。これはある意味で世に認めていただけ始めた一つの成果か

と思っています。

それから、合原先生がおられる東大に「共創工学研究部門」という部門ができました。これは人工物工学センターですから、吉川先生がおつくりになったところです。これも「工学」という側面からのものです。

あとは僕らがやっていた共創、Co-creationというのが海外にも輸出されました。ミシガン州立大学なのですが、「企業の商品開発における共創」という観点で、カンパニーの側が価値を決めるのではなく、ユーザーの側にも参加させて、この対等な関係でものづくりをしていこうという研究をRamaswamy先生（注：Venkat Ramaswamy）がやっておられます。この先生の書いた本で、『価値共創』という本がいま日本語に翻訳されています。2年ぐらい前に出たのではないかと思います。そのようなかたちで共創という概念が、だんだん社会的にも広がってきたように思います。

2.2 主観的な時間の共有による間の共創

三宅：能書きはここまでにして、早速研究紹介のほうに入っていきたいと思います。私自身、貢献心との関係をどのようにポジショニングしなければいけないのかと考えてはいるのですが、何よりもまずは我々の心が通うコミュニケーションが前提になるのではないかと考えています。その一つの具体的な例として、「間が合う」とか、「間が共有される」というか、つまり主観的な時間が共有されるということが、貢献心の前提になるのではないかと考えて、そこから研究をいくつかやりました。

先ず前回もお話をしたりハビリの話なのですが、さらにその次は、対話とか、いわゆる言語を介したコミュニケーションのところに展開していてソーシャル・ロボティクス分野でも最近成果が出始めています。

あとは工学的なものづくりをどうやって社会との関係の中でやっていくかという問題として、インクルーシブデザインという領域をいま立ち上げつつあります。この三つと基礎研究も含めると四つになりますが、今日はこれをご紹介させていただくことに致します。

一 スポーツの連携プレーにみる間の共有

三宅：まず間の共有についてイメージをもつていただくため、ラグビーの連携プレーの写真を示しました。スポーツで連携プレーをやると、一体感が生まれてきます。こ

のことを社会的に考えると非常に重要な意味があります。（図2 ラグビープレーにおける連携）

なぜこんな連携プレーができるのかを考えると、実は見方が二つあるということがだんだんわかってきました。

一つは、これは僕らが研究をやるときに使う見方で、自分はスタンドにいてお客さんとしてスポーツを観戦している立場です。僕らはいろいろな客観的な時間や空間を決めて、どの人はどう動くかを離れて見ているかのように描いていって、「AがBにボールをパスした」というかたちで説明するのです。

こういう客観的な視点では、連携プレーを人と人のインタラクションとして見るということが多かったのですが、こういう見方で捉えると、客観的であるが故にいろいろなものが決定論的な、こうやっていくとどうしても経済的な問題のように、いろいろなものが何かの目的に向かって最適化、最大化するという問題になってしまうのではないかと考えています。

このように人と人とのつながりを外から見るということが多かったのですが、現実にはこれだけでは説明できないことがあり、もう一つの視点として、選手の立場に立ってみようじゃないかということで、取り組んでいます。

実際に連携プレーをやるときには、自分が選手だったら、ボールをパスするときに腕時計を見ながらボールをパスする人はいません。「今から5秒後にパスするから、おまえ、5秒後に受けろ」とか、そういうことを言うプレーヤーはどこにもいません。一人ひとりの主観的な時間とか、そういうものを「間合い」とよんだりするかと思いますが、その中で連携プレーを当たり前のようにやられています。これは実に不思議なことだと思います。

実際、数10ms（ミリ秒、1,000分の1秒）もずれたら、ボールはまず受け取ることはできないし、野球だったら、明らかに空振りです。だから、その主観的なものがどうやって人と人の中で共有されるのだろうかということをずっと僕は考えてきています。これを支える仕組みが解ければ、この主観的なものが人と人の中で共有されるという問題を解くことができるのではないかというわけです。

一 主観的な心がどうして共有できるのか

三宅：さらに基本的に、主観的な心がどうやって共有できるのかという問題についても、ある程度答えが得られ

るのではないかと考えて取り組んでいます。

つまり、選手の立場に立って考えて、主観的なレベルでどうして協力がし合えるのだろうかという問題意識をもって研究に取り組んでいます。そして、こういうところから「共創」という問題のいちばん基本的なところを明らかにできたらと思っています。

主観的な世界というのは時々刻々僕らの中に生まれてくるものですが、それがどうして協調できるのかという問い、つまり内側から発した主観どうしが如何にして協調しあえるのかという問いはまだ解かれておらず、技術的にも、またこれからの社会システムの設計としても重要な課題だと思えます。言い換えますとシステムの中に自分が入って、その一員としてどうやって協調ができるのかという問題ではないかと思えます。

例えとして本当に適切かどうかは分からないのですが、よく経営学と経営は全然違うと言われます。経営学の先生は経営を外側から見て記述するのですが、経営者というのは自分がその組織の一員として中に組み込まれている立場でものごとを見て、判断をしていきます。このことが、主観的な問題と深くかかわってくるのではないかと考えています。

合原: その視点はいいとは思いますが、個々の人間の内部状態がわからないから、決定のプロセスは見えないと思うのですが。

三宅: 一人ひとりの、例えば脳の中の活動までは見えないけれど、観察できるものが一通り観察できるようになったら、当然、合原先生がおっしゃっているいろいろな脳の中の活動にしろ、体の動きにしろ、観察精度を上げることは原理的にはできてくると思います。

合原: ただ、やはり意思決定のプロセスまでは分からないから、結局内部状態まで観測しようとするとな上も下も難しさはたぶん同じになりますよね。

三宅: ただ、外側から観察する場合には、まだ精度を上げれば観察できるじゃないですか。

合原: でも、やはり脳の中まではわからない。行動だけを観察するということであって、それを決定論としてみるのだという見方を取るのだという意味ならわかるのです。

三宅: そういう意味だと思ってください。

合原: そういう意味?

三宅: そういう意味です。僕らが外側から科学的にものを

見ようとしたら、どうしてもそういう見方で見ざるを得ないので、そういう意味でいま言っています。

ですから、合原先生がおっしゃりたいに、中の子細にわたって調べていけば、実は調べきれないことがたくさんあるし、決定論的には書けないこともたくさんあるので、必ずしもこうは言いきれないのですが、ただ、そういう外から見る枠組みで科学的研究をこれまでやってきたということは確かだと考えております。

しかしながら、こういう決定論的な枠組みではなく、むしろそうではない内側から捉える枠組みで見ていくことが、共創という問題を考える上で重要ではないかと思っています。それでこの二つを対比する中で位置づけをしていけたらと思っています。

一 コミュニケーションのさまざまなやり方

三宅: いろいろな個体が異なる主観的な感じ方をするはずなのですが、それがどうして共有されるのかという問題について、今、いろいろなことを考えています。それには僕らの意識に上ってくる時間や空間だけではなく、もっと潜在的な領域を扱おうと考えています。工学や理学でも、身体性や身体にかかわることにはみんなが注目していますが、そのような領域、チャンネルが合わさって、実は共有ということが促進されているのではないかという立場で進めています。

それでは、人間のコミュニケーションはどのくらいのやり方があるのだろうか調べてみますと、言語的なものから非言語的なものまで、広いコミュニケーションチャンネルがあって、実は言語にかかわるものはだいたい3割ぐらいしかなく、非言語、体、プロクセミクスとか(注: 人類学者のエドワード・ホールが提唱した理論で近接学ともいわれる。人間を取り巻く空間は距離に応じて、密接距離(45cm以内)、個人距離(45~120cm)、社会距離(120~360cm)、公共距離(360cm以上)に分類されるという。)、いろいろなものを含めて7割方はそれ言語以外のものを使っていると言われてます。

しかし、意識に上るものは、やはりまだまだごく一部のコミュニケーションのチャンネルでしかなく、これをどうやって拡大していくという方向で考えていくことが、おそらく共創やコミュニケーションを工学的に応用する上で基本になると考えています。このコミュニケーションチャンネルの拡大ということが、おそらく主観的領域の共有と深く

つながっているのではないかと考えておまして、研究に取り上げているわけです。

ただし、これが本当にどのくらい意味があるのかと言われるかもしれません。そこでちょっと面白いデータを手に入れましたので紹介いたします。ドコモの方からもらったデータですが、今どれくらい工学的な意味でのコミュニケーションチャンネルが変化してきているかというのを調べたものです。(図3 応答タイミング制御の三重モード)

固定電話の変遷と携帯電話の変遷ですが、99年ごろから急速に伸びてきているものが携帯のeメールで、急速に使用量が増えてきています。2004年当時までの結果ですが、人間の社会的なコミュニケーションチャンネルというのは、こういう言語化された非常に狭いチャンネルの中にだんだん偏ってしまっているということが分かっています。

このような中で、例えば今、実際に家庭内でどの程度、人と人が直接対面で話し合っているかをみますと、固定電話、メール、携帯、いろいろなものがありますが、直接顔と顔を合わせているのは25%しかありません。

我々は主観的にいろいろ感じながら生きていますが、このように人と人のコミュニケーションの幅が狭くなってしまっているということは、それを共有するためのチャンネルが非常に細くなってしまっていることを意味します。ですから社会的な協調とかにおいて非常に困難が生じてしまっていると考えられると思っています。この問題は一般論では解けそうもないので、時間、特に主観的な時間という観点から扱ってみようと思って次の研究を始めました。

一 応答タイミングによる主観的時間の評価

三宅:まず主観的な時間というものを計ってみようじゃないかという研究をやりました。ごく基礎的な研究ですので、何の役に立つのかと思われるかもしれませんが、実際にはいろいろな問題に応用できることが分かりました。早速ご説明したいと思います。

実験はリズムに合わせてボタンをたたくという、きわめて単純なものです。メトロノームみたいなものを考えてください。ピッ、ピッ、ピッ、ピッ、ピッと、音に合わせてボタンをたたくのです。このときに被験者に、「音に合わせてボタンをたたいてください」とお願いをしてたいてもらいます。そして主観的にぴったり合っていると感じる

ところで、指のボタンを押すタイミングと音との間にどのくらいずれがあるのかを計るのです。

例えば滝さん、これをどのように思われますか。そろっていると思いますか。(ビデオを紹介しながら)

滝久雄:そんなに揃っていないんじゃないですか。

三宅:確かにずれるのですが、どうずれると思われます?

滝裕子:速くなる。

三宅:どっちが?

滝裕子:押すほうが。

三宅:どうしてだと思いますか?

滝裕子:予測しちゃうから。

三宅:うん。でも、ぴったり合っているのですよ。主観的には音にぴったり合っている。

滝裕子:合っている?

三宅:はい。それで実際にこれをやってみると何が起こるかという、結果的にはこの図のようになります。横軸が時間です。0のところがちょうど音が出た時刻なのです。このヒストグラムを見ていただきますと、叩くのは音が出る前なのです。(図4 応答タイミングのヒストグラム)(図5 ワーキングメモリ実験結果)

普通に考えたら、音を聞いてから、聴覚野が動いて、運動野が動き、筋肉を動かす筈なのに、実際は外から音が来るより前に僕らはもうすでにボタンを押していて、主観的には「ぴったり合っている」という感覚をもつのです。これはとても不思議です。

このことが何を意味しているかを考えてみますと、まさに予測的といってもいいのですが、私たちは自分の外から刺激が来るよりも前に、すでに外で起こるであろうイベントを何か経験してしまっていて、そのタイミングで同期していると感じている。そうしてみると、この主観的な時間というのは、実は物理的な時間よりもっと未来側にあるのではないか、ということが分かってきたのです。

客観的だといわれる「今」という時間と、実際に世界に何か変化が起きるよりも前に、すでに予測的に経験してしまっているこの主観的な「今」という時間の間にはずれがあるのだったら、両方を調べなければいけないのではないかと考えました。そこでこの「主観的な時間」、「客観的な時間」をどうやって個体間で共有できるのか、つまり「間」が合うのかという問題を取り上げたのです。

このずれには個体差があるのですが、ちなみにこれは私のデータですが、だいたい30~40ms、体が先に動

きます。

相澤:どのくらいの学習時間ですか？

三宅:これは先生、誰がやっても学習時間によらず変わらないのです。僕が、これを始めたのが2001年か2002年頃なのですが、それからよく被験者をやっていますが相変わらず同じです。ただし人によっては100msぐらい先に押して、「今だ」と思う人もいます。

加藤:慣れてくると、だんだん接近してくるということはないのですか？

三宅:これまでにたった1人だけ、これが0に接近した人を見たことがあります。音楽の訓練を幼少のころから受けている人で、最後はびったりそろってきます。

滝裕子:それは音が出るのですか？

三宅:ここの点線のタイミングで音が出ています。ピッ、ピッ、ピッという音が出ています。

滝裕子:そうすると耳の良し悪しとかは関係ない？(笑)

三宅:耳の良し悪しは音が鳴った後に聞こえるのが耳の良し悪しなんです。

佐藤:そうでないと目覚まし時計が鳴る前に起きてしまう。

三宅:そうです、音が鳴る前に。

滝裕子:では、この場合は動物的な何かですか？

三宅:そうです。つまり我々は外から何か刺激を受けて、何かが起こったと思って時間を感覚しているように思うけれども、実は外から何かが来る前に、もうすでにその経験をしてしまっている可能性があるのです。

1. はじめに
2. 手帳的な日記(日記帳)の共有
3. リハビリテーションへの応用(Walk-Mate Project)
4. コミュニケーションへの活用(Social Robotics)
5. 社会福祉システムへの活用(Inclusive Design)
6. おわりに

図1 発表項目

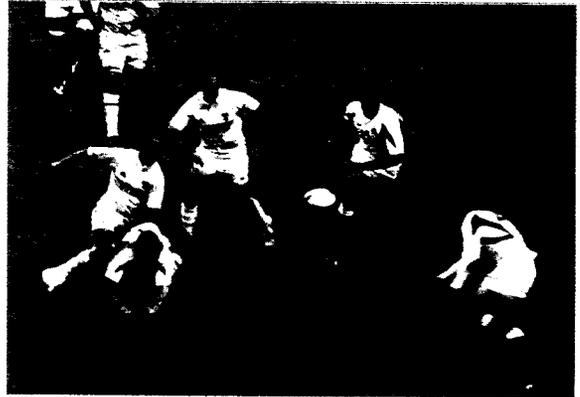


図2 ラグビープレーにおける連携

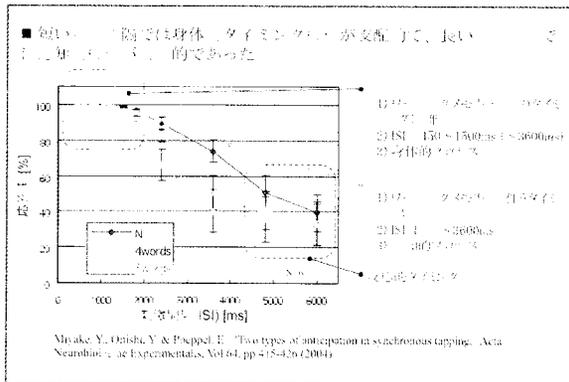


図3 応答タイミング制御の二重モード

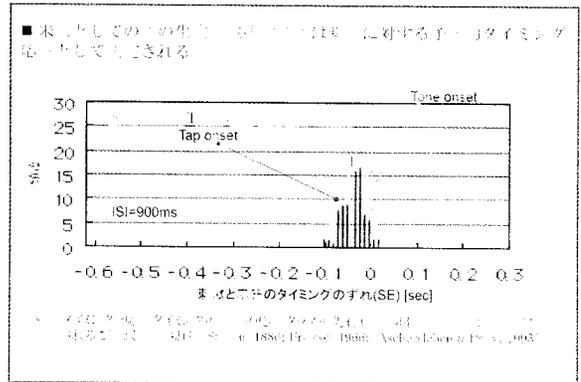


図4 応答タイミングのヒストグラム

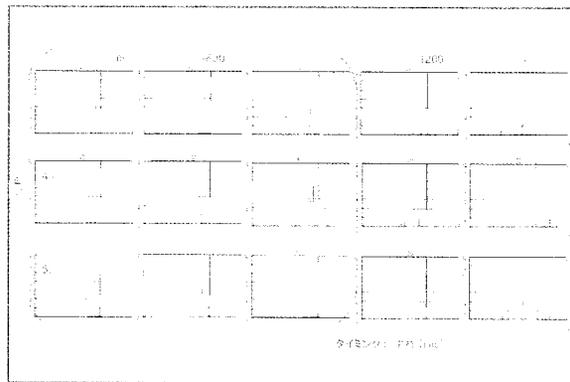


図5 ワーキングメモリー実験結果

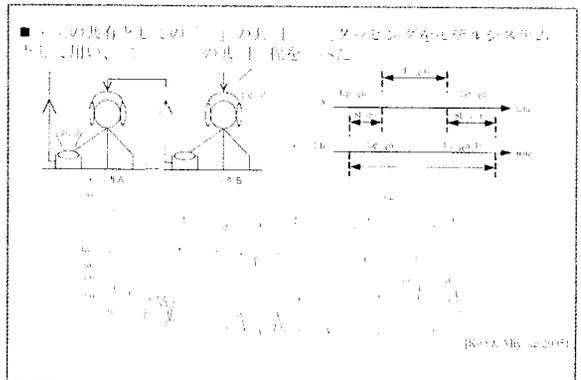


図6 協調タッピング実験

一 運動指令と刺激伝播の遅れ

合原：でも、これは繰り返しているからね。だから普通に考えると、指を動かすという信号が届くのと耳から音の刺激が入って届くのと伝播の遅れがあるから、それを補償する時間だというのが自然の話だと思う。

三宅：合原先生がおっしゃっているのは全くそのとおりだと僕も思うのですが、「それは予測でしょう」とよく言われるのです。

合原：予測というか、伝播ディレイですね。

三宅：そう伝播ディレイですよ。でも伝播ディレイがあるとしても、この場合ボタンを押しているということは、運動の指令がどこで出たかを考えなければいけないのではないのでしょうか。

合原：それはその前ですね。

三宅：当然、運動の指令はこれよりもっと前ですよ。しかし、僕らがボタンを押しているときのその感覚からすると、そういうディレイがあるようには、少なくとも主観的には感じない。

合原：それは心理的にそうなのでしょう。

三宅：感じないということなんです。

合原：それはそうです。産総研の人たちがやっている音と光の同時刺激の研究もあって、光のほうが速く届くので、音と光を刺激で出すのですが、音を少し前に出して光らせたほうが同時、つまり同じところからその二つの刺激がきたと感じるといふ心理実験があって、あれも音の伝播ディレイの分だけ、時間がずれたといえます。

三宅：それもよく言われ、そう思いますね。モダリティの間に差があるからとか考えられますが、同一モダリティでもこれが起こるのです。

林：同一モダリティとは？

大野：リズム感、一定のバランスでいくのでしょうか？

三宅：はい、そうです。

大野：音をずっと勝手に動かしたらどうなりますか？

三宅：それでも出ます。

大野：前にずれる？

三宅：ええ、前押しの確率が非常に高くなります。

まず合原先生のご質問からお答えしておきますと、僕が今やっているのは簡単にするためにリズムに合わせて指を動かすことをやっているのですけれど、僕と全く独立に東北大学の先生が、モニター上にターゲットを円でくるくる回す実験をされたのです。そしてマウスのカーソ

ルで、これをずっと追いかけてさせる。そうすると、両方も視覚的なモダリティから入るでしょう。しかし、必ずカーソルのほうがターゲットよりも先に動いてしまう。

つまり、いま合原先生がおっしゃった伝達速度の遅れがモダリティによって違うから起こるというのではどうもないらしいということが最近出ています。

それに、あらかじめ予測的かという、これは感覚的には完全に同期していますので、そういう意味では少なくとも被験者が感じている「今」という時間はこの辺にあると考えられます。

合原：でも、カーソルだって、視覚だというけれども、カーソルを動かしているのは手ですから、やはり同じ問題が残るのではないですか？三宅先生の実験は音に合わせてこうやってくださいという実験でしょう？

三宅：もう一つ、乱れたらどうなるか、例えば揺らぎがあったらどうなるかという問題があります。

少しの揺らぎだったら、やはり同じ現象が起こります。かなり僕らの注意に上るぐらいの揺らぎになったとしても、一種のランダムなものをかけたらもう予測しないかといったらそうではなくて、ランダムというのは実は我々が知覚できないということです。ですからランダムであろうとやはりそこにある一定のルールがあると思って、やはり予測してしまうのです。

こういう現象は、いま言った機械的なものとして、あるいはモダリティの伝達速度の差とか、そのようなことだけでは説明しきれないと思います。

合原：これが運動神経のいい人は前に反応するけれども、鈍い人は後だとか、そういう話になってくるとわかりやすいのですが。(笑)

三宅：実はこの研究をやったときに、国立リハビリテーションセンター研究所の所長で以前に産総研の人だった方から、「三宅、話せ」と言われて話に行ったら、その幅というのが人によって違わないのかと言われたのです。今、合原先生がおっしゃったような意味で違わないのかということですが、実は違うのです。主観的なものだから、年齢によっても、人によっても変わってくるのです。そのようなことを使って、例えば高齢者のさまざまな疾患のスクリーニングに使えるのではないかと「これ、認知症の予兆を見るのに使えるんじゃないか」とかとの示唆をいただきました。

そのおかげで学生を2人ほど、そこにポスドクで受け

取ってもらいました。(笑)

大野:自分が遅れ気味だと思うと修正しようとして速めるというのがありますね?

三宅:はい、あります。

加藤:これ、遅れると罰則を出しますというのではないのでしょうか?

三宅:遅れたら罰則ですか。

加藤:遅れたら罰則だとか、正しく打った場合にはほめられるとか(笑)。

三宅:これはボランティアなので、罰則も報酬もないのですが、ただ、モチベーションを維持するために、報酬を付けて遅れたら報酬が減るようにしたほうがいいのではないかという意見はいただいたことがあります。何時かやってみようと思っていますが。

大野:ジャズのパーカッションのミュージシャンの黒人の人なんか、やったらどうなんでしょうね。

三宅:この被験者数は学生が中心ですが、もうかれこれ200人は超えていると思います。その中でそれに対応するのはさっき申し上げたピアノを幼少のころからやっていたものだけで、黒人のパーカッション専門家とかは合うかもしれません。やってみていないので、まだ分かりませんが。

一 空間認知能との関連

林:これは私が今から2年前に『<勝負脳>の鍛え方』で紹介している空間認知能にかかわる現象ですね。どういうことかという、人間の体は、野球でいいますと、プレートまでの距離を測って反応する時間から考えると、ピッチャーが時速150キロ以上を投げると物理的には絶対に打てないはずなのです。でも実際は155キロの球でもバッターは打てるわけです。その理由は、我々がものを見たり、聞いたり、判断するときに空間認知能というのがすごい働きをしているわけです。この空間認知能を鍛えていくと、そこが反応して時間を先取りしてしまうわけです。

つまり実際にピッチャーがモーションに入る前に、球がどこに来るかを能力的に判断できるようになっているのです。それで打てるバッターと打てないバッターがいるわけです。それは何で決まるかという、左右傾かない水平な目線からとり込まれた情報が正確に空間認知中枢に達しているか否かです。つまり左右の脳が同時に同じ

形で情報をとり込むことが大切で、ちょっとでも傾いたりずれるとその補正に0.何秒かの遅れが出てくるので正確に反応できなくなるのです。

すごいピッチャーというのは、バッターボックスに向かって、必ず1回、目線で平行にラインを見て、投げるのです。バッターも同じようにイチローみたいに必ず目線を水平にしないと、その能力は働かないのです。もちろん年齢差も影響するし、どう立っているかにももちろん影響されます。三宅先生の研究の非常に大切なところは、これはまさしく空間認知能の脳の機能を見ているわけですから人間の能力判定法として非常にすばらしい方法だと僕は思います。

三宅:今はタイミングでしか見ていないですけども、実際には人間の運動などに非常に深く関係している能力です。その背景には、林先生がおっしゃった空間的な認知機能がかかわってくるはずですよ。まさに「間合い」のようなものがここで関わってきます。

加藤:林先生のおっしゃっていることは動体視力という概念とは違うのですか?

林:違います、脳ですから。

滝久雄:イチローとかレーサーなどは「動体視力」という言い方でよくいわれますね。

林:動体視力が良いと球は正確に見ることは出来ますが、それだけではありません。イチローでも目線が傾いてはヒットを打てないし、手足を動かすときには運動のライフライン、生命線があつて、それは肩ではなくて、腕を振るバランスのときの肩甲骨が水平になっていないといけません。

加藤:動体視力と言つてはいけないのですか?

林:人間の運動能力は、ものを目にして身体を動かすには0.3秒かかります。時速150km以上の早いボールを投げられるピッチャーとバッターボックスの距離からすると0.3秒以下になるのです。つまり動体視力がいくら良くても理論的には打てないことになります。それでも彼は150km以上の早い球を打てるのは時空も含めてすぐれた空間認知能をもっていて、ピッチャーがモーションに入った時からどこにボールがくるかを理解し、脳でボールを打てる才能を彼は身につけているからです。三宅先生の仕事は脳の空間認知能をしっかりと予測することを求める研究になっているので大変意味のある研究だと思います。

一 自由意志とは何なのか

三宅: 今、せっかくこういうちょっと予測的なところに話題が来ましたので、関連する有名な先生の研究がもう一つありますので、それを先にちょっとご紹介しておきます。

ベンジャミン・リベットという大脳生理学をやっている方で、日本語では『マインド・タイム 脳と意識の時間』と言う著書が岩波から2005年に出ています。訳者は下條信輔さんというカルテック(注 Caltech カリフォルニア工科大学工科大学の通称)の先生でしばらく前まで東大におられました。

合原: 10年ぐらい前ですね。

加藤: ノーベル賞を取りそうだとされていましたけれども。

合原: いい仕事をされていますよ。

三宅: リベット先生がやられた研究で非常におもしろいのは、人間の自由意志に関する研究です。ちょっと重要に思われるところを読んでみます。

「人間が何かを動かそうという自由意志に伴う運動が実際に発生する。例えば自分が何かを動かそう、自由意志で動かそうとした運動が実際に起こる、外から見て体が動く0.55秒前に、もうすでに神経活動は始まっている。」

つまり動く前に神経活動があっても、それは別に悪くないと思うのです。

もっと面白いのは、実は運動を開始する0.2秒前に自由意志つまり、「動かそうと思った」という意志そのものを感じているというのです。これは何を意味しているかというと、手が動く0.2秒前に意志をもった。自分は動かそうという意志をもって、さらに0.55から0.2を引くから0.35秒前に、すでにもう脳が動いている。ということは、自由意志を自分が意識するよりも0.35秒前にすでにもう脳が動いていることです。

それでは自由意志とは何なのか。何か外から見えるものよりも、やはり先にこういうことが起こっているということ、リベットがこの本の中でいろいろ指摘しています。

自由意志というのは本来ないというようなことを彼は言うのですが、こういう結果をただであれば一見なさそうですが、0.2秒後に自分の体が何か内在的に動こうとしているということは、実際に体が動く0.2秒前に気づく。しかし気づいたところから動くまでに0.2秒あるので、その間に自由意志はそれを止めることができるだろう。だから

ら自由意志というのは何かを動かすのではなく、何かを止めるためにあるのではないということがこの本の中に書いてあります。

合原: 非常に精密な実験ですが、ただしリベットは実験に対するさまざまな解釈を全部、自分の解釈以外はだめだということを綿密に傍証しているのです。(笑)

三宅: 本当にそういうところがある先生ですね。

林: 質問なのですが、「自由意志」ではなくて、人から「やりなさい」と言われたらどうなるのですか？

三宅: 「やりなさい」ですか？

林: ええ。

合原: リベットだと、おそらく「やりなさい」という意志を自覚したときには、すでに「やりなさい」という意志が発動しているということになるでしょう。だから脳が無意識のレベルで発動して、後に初めて自覚的なレベルでの「打つ」という意識が発生するとしてしか説明ができなくなるのではないですか。

三宅: たぶんね。

林: 「やりなさい」と言われて、「それではやってやろう」と思う、それは自由意志ですね。

三宅: ええ。

林: 「やりなさい」と言われて仕方なしにやるという場合と、全く意味が違うと思うのですが、それはどうなのですか。

合原: ピistolを突きつけられて「手を挙げろ」といわれて手を挙げるのと、うれしくて「手を挙げろ」というのは違いますからね。

林: ものを理解して、人間の考えを生み出すときの報酬神経群というのがあります。これは自分に対する報酬神経群でしか動かないので、人から言われてやったというのは、「星野ジャパン」みたいになるのですね。(笑)

人の名前前に付いた「○○ジャパン」というのは、特にプライドの高い一流の選手を集めた場合は人のために頑張ることになるので力を発揮しにくいのです。選手が自分からそう思う態勢でないといけません。

三宅: そうなんですね。それは外から動かそうと思ってもやはり動かないし、持続もしない。外からの制約がなくなったとたんに、消えてしまいますでしょう。

2.3 「間を合わせる」仕組み

ワーキングメモリー実験

三宅：いま言っている話は、いずれも外からの制約というよりも、内発的に出てくる。そういう時間というものをとにかく研究してみましょうということでやりました。これがどうやって個体間で共有されるかということを考えますと、最初に言った「間が合う」とか、林先生の空間的な言い方で「間合いがうまく合う」とか、そういう研究になってきました。コミュニケーションの研究としては非常に意義があるのではないかと考えて取り組んでいます。

どうしてこれが起こるのかをいろいろ調べていこうと思って、やった実験というのが、ボタンを押しながら単語を覚える実験です。図中に4words、5wordsと書いてあるのは、モニター上に字が出てきて、単語を覚えながらこれをやらせるのです。心理学でいうワーキング・メモリーで、かなり高次な脳機能を使うのですが、どのくらいこの先押し現象が減るかというのを調べました。

(図5 ワーキングメモリー実験結果)

それをみると、「100%」というのは、たたいているうちの全部が先押し、つまり音よりも先に押ししていることを意味します。実験では何%が音よりも先に押したかを調べます。100%ぐらい押し領域があれば、だんだん減ってきて3割ぐらいしか出てこないような領域もあります。

このタップのリズムの幅を1秒、2秒、3秒、4秒、5秒と、だんだん長くしていくと、先押しがだんだん起きにくくなってきます。速いのは放っておいてもできるのですが、でも4秒でたたけとか、5秒でたたけというのは難しくなります。

そのときに単語をいろいろ覚えながらやると、かなり差が出てきます。単語を覚えれば覚えるほど、より先押しができなくなる領域と、覚えても覚えていなくても差が出ない領域があって実はこの「間を合わせる」という現象の中にはかなり高次の機能を動員する領域と、それがなくてもできる領域の二つからできているようだということがだんだん分かってきたわけです。

林：単語は後から出るのですか、それとも先に、あるいは同時に出るのですか？

三宅：これはどうやるかという、まずモニターがあつて単語がぱつと5個出るので。それで「覚えろ」と指示し、覚えたところでブラックアウトしてから、ピッ、ピッ、ピッ、ピッ、ピッとやる。

林：単語を先に出しておくのですね。

三宅：たたき終わったときに、「さっき何を書きましたか」というテストをします。そういうテストを行うと、やはり覚えてなければいけないじゃないですか、終わるまで。そのことによって心理学的な用語ですが、注意資源が消費される。

林：要するにリズム活動自体が邪魔されるのですね。

一 間を合わせるのに働く脳の機能

三宅：そういうことです。かなり高次な脳機能のところが邪魔されるのです。そうすると、差が出るのですね。差が出るということは、何かタイミングを合わせる、つまり「間」を合わせるために高次機能を使っているぞということが分かる。他方、差が出ない場合には、ほとんど体が勝手にやっているのではないかとということがわかるじゃないですか。

どうも何か「間を合わせる」といったら、体がやっているのではないか、意識してやっているのではないのではないかと思われそうですが、実は両方使ってやっているようだということがだんだん分かってきました。

これはまだアンパブリッシュなデータなのですが、体が重要な役割を果たしているときには、やはり小脳がかなり中心に働いているのです。しかし高次機能を動員してくると、やはり前頭前野が動員されているのです。

それから面白いのは、側頭葉の言語野付近ですが、ここも動員されているらしいのです。何故なのかは今まだ調べている最中ですが、このような脳機構がベースにありそうということがだんだん分かってきています。ひょっとすると最近はやっているミラーシステムなどに関係があるかもしれないと期待はしているのです(注：ミラーシステム：他人の行動を理解したり、模倣によって新たな技能を修得する際に重要と考えられている神経系)。

さらに、タイミングのずれを補正しながらやる制御的なモデルもあつて、そのような制御機構なども調べてみると、いわゆる単純な制御機構に関わるずれを補正するだけではないような高次の複雑な機能が同時に見えてきます。小脳型の単純な運動ではなく、認知も動員した非常に重層的な制御機構があつて「間を合わせて」いるのではないかとことが分かってきています。

一 主観的時間の同調実験

三宅:これはまだ研究の途中なのですが、要はこの主観的な時間をどうして2人が合わせるのかということをやったのです。1人でやってもらってもいいのだけれども、これではいつまでたってもちががあかないのでこういう実験をしました。まずAさんがボタンを押すと、Bさんのヘッドフォンでピッと鳴る。そうしたら今度はBさんがボタンを押します。そうすると、Aさんのヘッドフォンがピッと鳴る。こうして2人でやって2人の合わせ方を調べることで主観的時間をどう共有するかを調べていこうと考えました。

林:それは2人の人がふたりでやっていると知らされてやっているのですか?それとも実は全然知らされないで2人でやっていて、「どうもちょっとおかしいな」というので対応するのですか?

三宅:なかなか鋭い質問です。実質的には横でやっているのが人であるということは、被験者が研究室の中の者なのでわかってはいるのです。そこで実際にどうやるかという、最初から相手が人だと思うとうまくタップできないので、この場合もしばらく最初の何 10 タップかはさっきまでと同じように、2人にさっきと同じように、ピッ、ピッとメトロノーム音を入れておいて途中から知らないふりをしてお互いの音を交差させるようにしてあるのです。ですから、途中までは「いつもと同じ実験をやらされているのだな」と思っているのですが、途中から何かちよっと様子がおかしいぞとなつて、それまでのタッピングでずっと周期を維持しながらタップしていくのです。

そうすると、AさんとBさんのタップのずれというのは、さっき見た外から来る音と自分がボタンを押すところのずれにあることになります。このずれは主観と客観のずれだと考えられますので、これが時間的にどう変動しているかを調べていけば、主観そのものは経験できないけれども、主観と客観のずれが変化しているかということはわかるじゃないか、これをモデル化してみようじゃないかと考えたのです。

そうしたら、2人の間で、少なくとも主観が共有されるプロセスは分析できる、そう思って調べていきました。特にこの SE (注:同期誤差) すなわちずれが時間と共に変化したのです。詳細はもう省略しますが、重要な相関が2つ見つかりました。一つはずれがそのまま周期のタイミングを変えることによって影響される、まさに即時的

な応答なのです。もう一つは、ずれの積分が変化させるタイミング調整に影響する、つまり記憶がかかってくるプロセスです。この二つを動員しているらしいということが、分かってきたのです。(図6 協調タッピング実験)

合原:過去の記憶は減衰しないのですか?

三宅:はい。

合原:デイレイに関しては、遠くのデイレイは減衰しそうな気がするのだけれどもサンメンションでいいのですか?

三宅:この場合には必ずサンメンションになります。統計的にはもっと高次のほうまで考えたら違ってくると思うのですが、まず相関が強いほうから2つだけ取ってきて見えています。もっと高次の成分を取ってくると、合原先生がおっしゃっているようなところも入ってくるのではないかと思うのですが、あくまでも第一段階の実験ということでお考えいただきたいと思います。

一 身体的機構と脳の学習・記憶機構

三宅:さっき脳の画像処理や単語を覚える実験でもわかりましたように、ごく即時的な、身体的な「間」を合わせる機構と、学習、記憶が関与する機構の両方がかかっています。この身体が関わっているところは単純な式ですが、いわゆる引込みの方程式を簡略化したものに非常に近いかたちになっているのですね。

身体は自然と同調する仕組みをもっていますので、前に同調の話をしたと思いますが、音楽を聞くと体が動いちゃうように、我々の体も持っている自ずと同調する仕組みと、おそらくもっと高次の機能がかかわる学習を経て調整していく仕組みの二つがあつて二人が同調できているらしいということが分かってきております。

大野:二人が少しずつ前にいけば、だんだん速くなるのではないですか?

三宅:少しずつ速くなることはあります。身近な現象ではコーラスなどをやっているときよくあるのですが、みんなで一緒に歌を歌うと、歌いはじめと歌い終わりで速さが違ってきて、だんだん歌い方が走ってくる。

加藤:特に幼稚園の子なんか歌うとね。(笑)

三宅:そうですね。あれなんか、まさに外から音が聞こえる前に、もう予測的に経験しているから、さっきの数 10ms のずれがどんどん累積してきて速くなってしまいます。だからものすごく身近な現象なのです。幼稚園なんかの子は、あまり高機能のほうは強くないのでしょう、

たぶん。

佐藤：いや、わからないですよ。幼い子どものほうがかえって記憶累積型の機能がしっかりしている可能性がありますね。大人のほうは余計なことを考えますから。(笑)

三宅：そうですね。

大野：仲のいいというか、気が合った2人にやらせたのと、喧嘩してしょうがない同士をやらせると、どうなるのですかね。

三宅：大野先生、それをやってみたいのですよ。実はこれを使うとおもしろいと思っているのは、関係の分析ができることです。主観的な関係が時間を共有できるかということですから、例えば、いろいろな医療の診断でも、患者自身は悪いというけれども、医者が診てどうも悪くはないのが、誰かと一緒になるとよくない人っていますね。ある状況に置かれるとよくない、つまり関係的な病つてやはりありそうじゃないですか。その関係的な病状なんかの診療などで、患者にこれをやらせたらどうか。実験装置は安そうですし、すぐできそうですから。

相澤：そういうレベルだと、いろいろな信号が入っているはずですよ。でも、これだときわめて単純な、何かベルの音というか、それだけなんでしょうか？

三宅：はい、それだけです。

相澤：姿かたちがまったく見えないのですね。

三宅：全く見えません。

相澤：さっき林先生が言われた空間認知もできないようなところで相性だとか何かというのが出てくるかどうか。

三宅：それがポイントでしょう。

ここまでやったら、ちょっと遊びがしてみたくまりました。何をしたかと言いますと、いまお話ししたのは2人の人間の動きを分析したのですが、一方をモデルにしておいて、他方は自分でなるのです。そうしたら、モデル相手にタップできる。モデル相手にタップするのは、実に不気味なのです。なぜ不気味かという、相手はモデルのはずなのに、裏切ってくるのです。何かパーソナリティがあるような印象を少なくとも自分は受けてしまうのです。

これはすぐ出来ますから、オープンラボのときにも学生がきたらよくやらせるのですが、相手が機械だとわかっているのに、人となりのようなものを感じてしまうような影響が出てくるのです。

相澤：個性の実態がない無個性なものが個性として受け取られる。

三宅：だからパラメーターとかをいろいろ調整すると、個体差が出せてくる。つまり何ていうのか個性のエッセンスみたいところが入られるかなと思います。

滝裕子：すごく原始的な質問で申し訳ないのですが、その2人が全く同じ聴力をもっている人なら分かりますけれども、聴力の差は関係はありませんか？

三宅：これをやるときに、同じ大きさの音を出すのではなく、「自分にとって聞こえる音にボリュームを調整してください」と被験者に頼むのです。つまり「音が自分にとっていちばん聞こえやすいところに調整してください、聞こえますか」「はい、よく聞こえます」と、2人にそれぞれ確認してから始めます。だから聴力差の問題はないのです。

滝裕子：なぜかこんな質問をしたかと言うと、普通の聴力テストの時に、音が聞こえたら押してくださいというのをやりますよね。ところが耳鳴りがすると押せなくなったりする。そうすると「聴力が弱っていますね」みたいな感じになる。だからそういうことが影響するのではないかなと思えるのですが。

三宅：聴力の試験のときは、音の強さを徐々に徐々に高くして行って、それで「どこで聞こえましたか」と聞くでしょう。この実験の場合には音を徐々に高くするのではなくて、出ないときは全然出ないし、出すときははっきりとあるレベルの音を出すという、ステップ状になります。

滝裕子：聞こえにくいような音ではないのですね。

三宅：はい、もう明確に聞き取れる音です。立ち上がりはスパイク状に立ち上がるような、そういう音でやります。

林：これは双子だとどうなるのですか？

三宅：いや林先生、やってみたくていろいろとそういうことを。(笑)

林：さっきの文字を見せながら、音を聞かせてそのずれをはかる実験に関連することですが、人間はそもそも勉強しても勉強しても覚えられない仕組みになっているのです。なぜかという、人間の脳は後からきた情報にすぐに反応する仕組みになっているので、最初に見た字はこう、次に音が入って来るとその音を中心に人間の脳というのは動きますので、「活字をあそこまで覚えていたはずなのに、何かここまでは言えそうだけれども言えない」という現象が起こるわけです。

だから人間はものを途中で考えるごとに覚えたものは完全には覚えきれず、いつも何か思い出そうにも思い出せない。勉強しても勉強しても頭がよくなるならないというの

はそういう仕組みだと言われているわけです。その仕組みが入っているので、純物理的あるいは機械的な研究とは違う意味の研究をしているということを理解しておいたほうがいいと思います。

三宅:それはそうですね。

林:面白いのは、人間というのは相手を嫌いになると、相手も嫌いになり、相手の人を好きだと思えば相手の方も好きになるのです。

加藤:いつもそうだといいのですけどね。(笑)

林:嫌いと思うと、確実に相手も自分を嫌いになるはずなのです。その同調性ですね。だからそれがこの実験でわかると、大変面白いと思って聞いていたのです。だから、たぶん双子でやってみると面白いでしょう。

加藤:例えば、鼓の名手なんて、あれは我々が感知できないような微妙な音の長さの違いをちゃんとある一つの表現として出すわけです。ですから、先生のやったテストみたいに単純なトントンではなくて、非常に難しい間合いで出すわけですね。そういうものをこの実験に使ったら、どういう結果になるのでしょうかね。

三宅:おそらく複雑なものになると、さつき相澤先生から言われたように学習する過程がだんだん見えてくると思います。今の段階は非常に単純なので、すぐできますし、再現性も高いのですが、非常に微妙なあるいは複雑なリズムになると、学習する過程でどうなるかはまだ分かりません。これまでみている限りでは、単純なリズムというのはこの即応的なものだけで出来てしまうのです。

加藤:全然別の仕組みを使ってやっているかもしれないわけですね。謡なんかの場合には言葉に対して、ちょっと間合いを伸ばした場合とか、思い切って間合いを伸ばした場合とか、普通に聞いているとただ単純に鼓が入っているようでもいながら、言葉の内容に対して微妙に調整されたリズムが入ってくるわけですね。リズムでありながら同時にちょっとずつ表現が違ってくるなんていう場合になると、全く別のシステムが入ってくるという可能性はあるでしょうね。

三宅:先生、その話はこの後、この話の応用の一つでソーシャル・ロボティクスという話を準備しております、そこでは対話の問題を出しますので、言語とこの間合いの関連した話が出てきます。先生へのお答えになっているかどうかは分からないのですが、ひよっとしたら後の対話の間合いのところ接点がちょっと出てくると思いま

す。

合原:今のモデルでいうと、左が小脳で、右が前頭葉という感じですか、

三宅:今の場合、そう思ってください。

合原:そんな感じですね。

三宅:ええ。そこを、今年、光トボがやっと使えるようになったので、それをを用いてこの辺りをもう少し本格的におさえてみようかなと考えています。

合原:特におもしろいと思うのは、右辺の第2項のサンメーションを脳がどうやって実現しているかというところですね。(図7 引き込みのダイナミクスと身体的タイミング)

三宅:僕もこれが高次機能とのかかわりで非常におもしろい面白いと思うのです。これまで僕らの研究は、引き込みだとかいろいろ言っていて、前回話をさせていただいたときにはどちらかといえばこちら中心の話だったのですが、どうもその後調べてみますと、かなり高次機能が関与していて、両方を扱わなければさっき言った不気味な対応というのは理解できないと思います。

引込みだけだと明らかに単調で、これは機械だなという印象しかないので、それが両方関わってくると、不気味な感じがして、人間らしいというか、パーソナリティみたいなものを感じてしまいます。ですから、ここを調べるのは、神経科学的な意味でもこういう制御的な意味においても面白いと思っています。

林:そこは加藤先生が質問なさったように、例えば3拍子半とか2拍子半とかの間合いが入ってくると、関係する脳の場所はA10神経群に関わってくるので、大脳皮質のコミュニケーションだけではなくもっと複雑になってくるのです。

加藤:この間、レニングラードフィルがショスターコピッチの5番をやったのですが、打楽器奏者の間合いの取り方が指揮者よりもはるかに慣れているのですね。初演のときから多分ずっと同じ奏者がやっているかもしれないのですが、あの間合いにはびっくりしましたね。

合原:確かにそういう演奏はありますよね。

林:間合いというのには、必ず人間の思考過程が入ってくるので、何ていうか、感情から心へ移ってくるわけですね、或いは気持ちから心に。そこに滝さんがおっしゃっている貢献心が、そのすぐ横に反応として働くのではないかと思います。

加藤:それはたいへんな難問ですね。貢献心がどこの位

置にあるかということ。

林:ですから、その間合いの話というのは意味が非常に深いのです。

三宅:そうですね。だからこのところを深めていくと貢献心へいくのか、もっと足りないものがあるのか、その辺は今後、要研究なのです。合原先生がおっしゃるように、この辺はもっと真剣に探ってみる価値があるような気がしています。

いまは間合い、即ち主観的な時間を共有すること、これが共創ということの基礎的な研究として位置づけていたらと思っております。

2.4 間合い技術のリハビリテーションへの応用

三宅:ウオーク・メイト (Walk-Mate) は、前回ちょっと話をいたしました、それに関連してさらに説明を致したいと思います。

当時ウオーク・メイトの中でやっていたのは、今から考えますと、一方を生身の人間にして他方をウオーク・メイトという仮想ロボットにして、バーチャルなリズムをジェネレーターとして置いて2人が間合いを合わせて歩くということだったというふうにとらえると、後付けですが再解釈ができるのではないかと思います。

<ムービー>

せっかくですので、ちょっとだけ復習をさせてください。何をやってたかということ、人間が並んで歩くと自然と歩調がそろうということがよくありますね。谷川先生も、誰かと並んで歩くと歩調が自然と揃ってくるからおありだと思いますが、その現象を応用しました。(図8 並んで歩くと歩調が揃ってくる)

加藤:渋谷の街頭なんかでもよく、ニュースなんかで見ると、歩調が合っていますね、考えてみるとおかしいですね。

三宅:おかしいでしょう。本当におかしいくらいそろっているのです。どうも、そろっているほうが話しやすいらしいのですね。だから僕が授業のときに学生によく言うのは、「おまえたち、彼女と相性が合うかどうか、これで調べたいいい」。歩調が合っていると長続きするんじゃないかって。(笑)

滝:そうなの?(笑)

三宅:あまり深く考えないでください。(笑) いろいろな解釈がありますので。

要は並んで歩くというのは「間」が合って歩く、そうい

うことですね。でも時計を見ながら足を合わせたりしません。自然と揃う。そこで、生身の人間と仮想的なロボットと一緒に歩いて、人間の足音を仮想的なロボットに聞かせて、他方の仮想ロボットの音を合成して人間に聞かせて互いに足音を交換しながら歩く。さっきの2人がピッ、ピッ、ピッと一緒に協調タッピングをしたのと同じことを、この人間とロボットがやっているということになります。

(図9 仮想ロボットを装着した人:ウオーク・メイト)

実は前回この中に入れていたアルゴリズムは、結果的には今から考えてみると、これとほとんど同じことを仮説的に入れていたのですが、要はそういうことだったのだなということが、後になって分かってきたのです。ですから、これはやはり「間を合わせる」システムだったのだなと、後付けながら解釈をしています。

前にも言いましたが、ウオーク・メイトは、小型のパソコンに入るのです。これをウエストバッグに入れますので、見かけ上は1人ですが、この中にバーチャルな歩行者が入っていて、人間の足音を拾ってバーチャルな相棒に聞かせ、逆にその足音を合成したものをヘッドフォンで人間が聞く。こうすると、見かけ上は1人だけれど、実は2人で歩いていることになり、間合いを合わせて歩くことになります。ウオーク・メイトという名前をつけてもう長くやっています。もう特許も取っています。

そして、これの実用をどんどん展開していきました。最近では、医工連携とかがありますので、その関連の病院へ行きましてリハビリへの応用をやっています。リハビリの現場では、患者と療法士がよく並んで歩いています。この並んで歩いている現場では、歩調がそろっているのです。ちょっと見てください。どんなふうに訓練しているか。(図10 リハビリ歩行の様子)

<ムービー>

揃っていますね。これは後ろで歩いている人は理学療法士というのですが、そろっていますね。

この患者さんは、前にもお見せしたかもしれませんが、左手が曲がって不自由なのです。交通事故で右側を損傷しているのです。足も左がちょっと曲がっていて外傷性の片マヒというのですが、この足音を出している仮想ロボットと2人が間を合わせて歩くシステムです。

こういうリハビリ研究を今、ドイツでやってくれています。ドイツではジェネレーションリサーチプログラムという高齢者研究がどんどん進んでいて、EUプロジェクトの

一つになっています。

現在は片まひとか、リズム障害のパーキンソン病とかに重点を置いて、この技術の有効性を地道に臨床評価をしています。だいたいイメージは湧きましたでしょうか。

<ムービー>

前にお見せしたと思いますが、これはうちの学生です。脚に重りをつけて左足がちょっと不自由な状態で歩いている様子ですが、このバッグの中にはさっき申し上げたウォーク・メイトが入っています。仮想ロボットと間を合わせながら歩くと、どんなふうになるのかを見るための映像です。

(図 11 ウォークメイトとの歩行実験)

さっき外から強制するとだめだという話をしましたのですが、最近よその大学ですけれども、モーターを張り付けたガンダムスーツみたいなもの、ご存じありませんか。ああいう風なモーターで体を強引に動かしてやろうというパワースーツというのがはやっていますが、あれは人間を外力で動かそうという発想なのです。確かに重たいものが運べるようになったりはするのですが、怖いのは、結局、機能をリプレイスする方向での技術なので、これをなくしたときに、元々もっていた機能、能力さえも失ってしまうこととなります。これに対して私たちのほうは、主観の側から人間を駆動するという、内側から駆動する技術なのです。

片まひは二子玉川にある玉川病院、パーキンソン病は用賀にある関東中央病院、いずれも東京医科歯科大学との協力の中でやらせていただいています。これらは臨床評価もかなり進みまして、もう現場の人が僕らの装置を使って学会発表してもらえるようなところまでできました。

2.5 コミュニケーションへの展開：ソーシャル・ロボティクス

三宅：これは最近、応用の一つなのですがロボットと人のコミュニケーションに使ってみようと思って始めました。何をしているかという、対話における「間」の研究です。それで対話は人間とアバターでやりました。アバターというのは画面上に写っている人間の像です。そのアバターと人間がタイミングを変えて話をすると、どのくらい様子が違ってくるかという、「間」の研究です。

実験に使っている対話は単純な対話です。人間がアバターに対して、「それ、取ってください」と言ったら、アバターが「はい」と答える。本当にこれだけの単純なも

のです。

<ムービー>

(図 12 アバターと人の応答実験)

ご覧いただくと、人間側が「それ、取ってください」というと、アバター側が「はい」と答えています。これはすごく自然に感じないでしょうか。ごく普通の受け答えだと思います。アバターは全く同じ「はい」という同じ音声を使うのですが、実は今、人間が「それ、取ってください」と言って、アバターが「はい」と答えるまでの間に、約 300ms の遅れを与えました。0.3 秒ずれているのです。

次に 1.8 秒の遅れを与えてみます。そうしたら、同じウェブファイルから再生していますから物理的には全く同じはずの音声で、どのように違って聞こえるのかを、ちょっと味わっていただきたいのです。つまり、間が言語の意味解釈を与えるコンテキストの役割をしているのではないかということが実験的に明らかになってきそうです。ちょっとこれと最初のを繰り返します。これを少しやった後、さっきの会話に移ります。

<ムービー>

2つは同じ「はい」なのです。これは物理的には完全に同じ「はい」なのです。でも聞こえ方が全然違うじゃないですか、「はい」の感じが。実際にアンケートを取って、いろいろな形容詞に対して測ってみると、やはり間が長いと、いずれの評価もスコアも低いのですね。「間」を変えることによって、物理的に全く同じ音声で違った意味をもってくるのです。

「はい」は、普通は肯定の意味があるのだけれども、1.8 秒も離れたら、何か「いやいや」というような否定的な感じがするでしょう。

相澤：後のは 1.8 秒ですか。

三宅：そうです。

相澤：最初のは？

三宅：0.3 秒です。

相澤：私は人には 0.5 秒、間があくと、それはいやいやの返事だと、よく言っています。(笑)

佐藤：0.5 秒だと、まだ肯定ではないですか？

相澤：まだ肯定でいいのですかね。(笑)

林：微妙ですね。

三宅：0.5 秒は微妙ですね。まあ、相手にもよるのですが、1 秒辺りを先生、これから採用されたいかがですか。

相澤：そうですか。(笑)

加藤：先生の秘書さんはたいへんですね。（笑）

三宅：意味も変わりますが、さつき林先生がおっしゃった空間の関係が、実はここで出てきたのです。タイミングを変えるといても、空間的には目の前のスクリーンにアバターが映っているだけなのです。

でもアバターと自分が今、距離がどれだけ離れているかを聞いてみると、やはりすぐ答える人は近いと思うし、遅く答える人は「なんか、こいつは距離感があるな」というふうに思うと言います。どうも林先生がおっしゃっているように、この「間」の面白いところは、空間の感覚を含んでいるので、応答のタイミングをちょっと変えただけで、物理的には同じ場所にいても、距離感が伸びたり縮んだりするのです。こういう面白いことが分かってきました。

この「間」の研究というのは、どうもまだまだやるのがたくさん残っているのではないかと思います。

林：ゴルフがうまくなりますよ。

三宅：いや、私、ゴルフをやらないのです、先生、連れて行ってください。（笑）

滝久雄：「間」というのは、みんな興味があるテーマですよ。

三宅：そうですね。

滝久雄：芸術の世界では特に。

三宅：こういう空間も含めて、やはり起こっていることがだんだん分かってくる。

滝久雄：話がうまいというのは「間がいい」ということとけっこう、共通語に近いかもしれないですね。同じことを話しても説得力がある。みんな、微妙な間が関係しているのです。

僕はプレゼンテーションをする場合には話をしながら相手の性格を見て、相手に一番いい「間」を見つけて、その「間」でずっと話す。僕なんかは毎日がプレゼンテーションが仕事で、相手を自分の土俵にいかにか引き込むからです。

要するに相手が自分の領域にいるという状況にならない限り、人は全然動かないし、心を動かさないと僕は感じています。

特にホモジーニアスな社会の歴史が長くて人間関係でも高度なコミュニケーションをしているの日本では、特異な人間社会が構築されていると思っています。相手の価値観というか、いろいろな関係を理解して、共感をもてるような段階まで入っていかないと、新しいことに対して

相手は絶対に聞かないというのが実感です。臨床的な話ですけど。（笑）

三宅：全くそのとおりで、さつきのいろいろな臨床的な診断にも使えるかなとも思います。今、NEDOのプロジェクトとして請け負って進めています。アバターを使っている研究は2、3年前からやっていて、とくにここ1、2年は、これを実際にロボットに使う方向で進めています。

経済産業省では高齢者対応コミュニケーションを重視してコミュニケーションロボットをやれという話でした。元になるのは某機械メーカーロボットで、愛知万博のときも活躍しましたが、このロボットに私のプログラムを入れてタイミング制御の重要性をみんなに理解してもらおうかと思って研究しています。

これもせっかくムービーがありますので、今からムービーで二つお見せします。メーカーからロボットを買ってきた時に、その応答がどの程度だったかということを見つめてから、僕らのプログラムを入れるとどう変わるかをちょっと見てください。実験は前と同様で、人が「それ、取ってください」と言うと、ロボットがうなずいて「はい、わかりました」とか、手を動かしたりします。ちょっと見てください。

<ムービー>

林：5秒位かかっていますね。

三宅：まあ、こんなものなのですね、買って来たときは。その会社のロボットがこのぐらいに変わります。

<ムービー>

少しましになったでしょう。これはやみくもにやっているのではなく、人間の対話を音声や身振りから全部分析して、その中でタイミング制御のルールを出して改良しているのです。

これを実際に、高齢者に適用した例もお見せします。

<ムービー>

実際に効果を評価をしてみますと、そのタイミングをコントロールするモデルを搭載した場合と、そうじゃなく従来型をある程度調整した後固定したものとを比較してみても、明らかに僕らのモデルを入れたほうがよいという結果になりました。

これは平均年齢69歳の人で、このような成果が出まして、これでよかったと思っていたのですが、学生でやってみると、年齢平均22.9歳でやりましたが、ほとんど差がなかったのです。アレ、若者って、「間」がどうでも

いいのかなとか思いました。(笑)

佐藤:普通は逆ですね。

三宅:不思議でしょう。固定するほうもそんなに悪いところには固定していないから、その影響もある程度はあるとは思いますがどうも高齢者のほうがやはり間合い、変化の幅が大きいみたいなのです。高齢者にはすごく効果があるのですよ。

林:若い人は人の話を聞いていないんじゃないの。(笑)

三宅:そうかな。

合原:もしくは高齢者が気が短いか。(笑)

滝裕子:ああ、それは言える。

佐藤:人間というのは分からないですね。

三宅:不思議ですね。もう少し条件を変えて、いろいろな尺度で見っていますが、若者にはまだあまり効果が見られないのですが、若者でも効果のある条件がそのうち見つかるかもしれないので、継続して測っています。一応このようなかたちで、「間」というものをいろいろなコミュニケーションの問題に使おうとを考えています。

例えば今、ソーシャル・ロボティクスとって、ロボットを社会へ送り出していく試みです。人と人をつなぐ道具としてロボットを使うという意味です。ロボットというどうしてもまだ機構学みたいなロボットの研究をする人が多いのですが、これからはロボットと人の関係の研究をしていくというところに移っていかなければいけないと考えています。

もう時間がないのではしよりますが、合意形成の問題にも使えると思いますので、少し話をしたいと思います。

佐藤:そう言えば加藤先生の合意形成に関する本がありますね。

三宅:ついひと月前に国際会議で発表してきたばかりなのですが、学生同士である一つの答えを演繹、合意しなければいけないという問題をやったときに、2人の人間の「間」がどのように変化していくかを調べました。

実施内容は、言語的な会話分析と、発話のダイナミクスに関する分析の両側から、合意形成つまりコンセンサス・ビルディングの解析をしています。

Aが話を終わってからBが話すまでの時間、Bが話し終わってからAが話すまでの時間の変動をみていきまると、最初はバラバラなのが、最後のほうではそろってくる。相関係数をとってみると、確かに最後のほうでハイ・コンセンサスになると、相関係数が高くなるのです。どうも同調

しているらしいということがだんだんわかってきています。

こういう研究をどんどん進めていって、さっき言った合意形成みたいな問題を、僕は工学なので、ソーシャル・ロボティクスみたいなものに応用できたら面白いなと思っています。そしてその延長上で、今度は社会システムへの展開ということを最近取り組み始めました。もう時間がないので要点だけ申し上げますと、去年1年間だけなのですが、JSTの社会技術プロジェクトというのがあって、そこでやっています。加藤先生もときどきあそこでお話をされておられますね。

加藤:ええ、何度か。

三宅:村上先生が(注:村上陽一郎東京大学名誉教授、現国際基督教大学教授、科学哲学や科学技術社会学が専門)やられている領域なのですが、あそこうまく1年間だけでもぐりこめましてやりました。

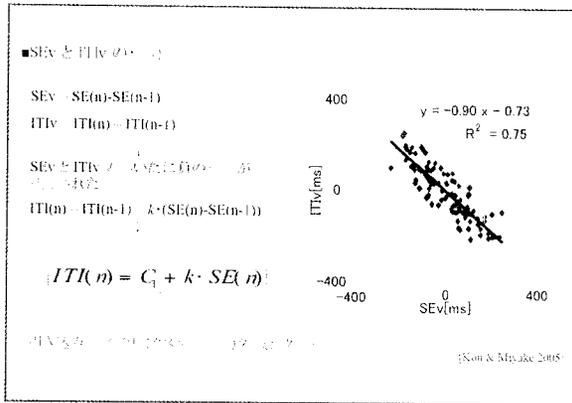


図7 引き込みのダイナミクスと身体的タイミング

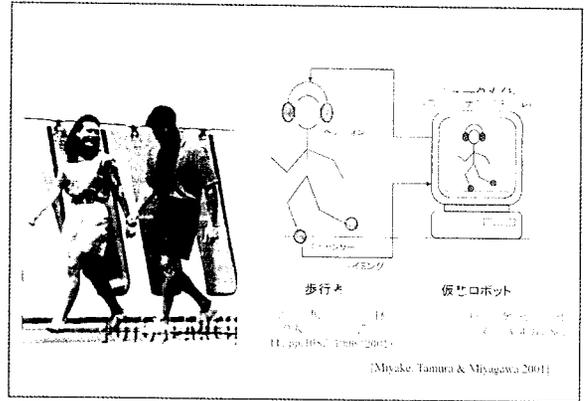


図8 並んで歩くと歩調が揃ってくる

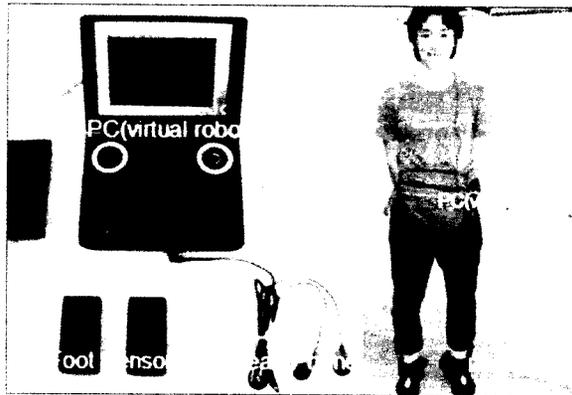


図9 仮想ロボットを装着した人：ウォークメイト



図10 リハビリ歩行の様子

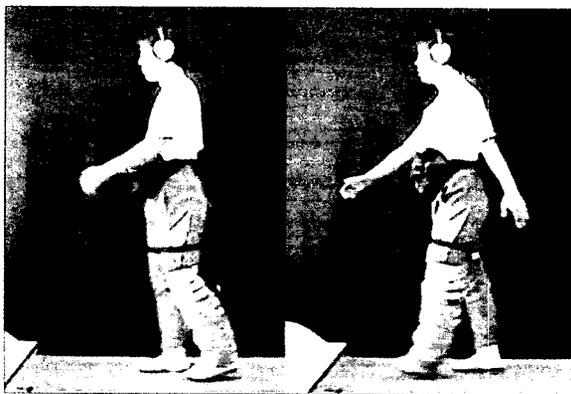


図11 ウォークメイトとの歩行実験

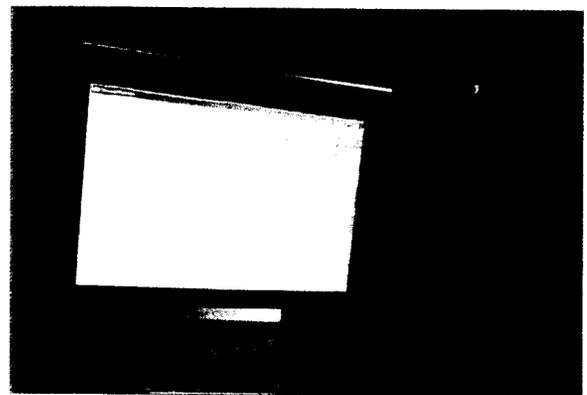


図12 アバターと人の応答実験

2.6 社会への展開：インクルーシブ・デザイン

三宅：そこでは科学技術と社会の関係はどうあるべきかという問題を取り上げてやっていました。なぜ、その問題を僕らが取り上げたかという、福祉機器の研究論文はすごくたくさんあるのに何故か実際に患者さんが家で使っている福祉機器はほとんどなくて、昔ながらの道具がほとんどなのです。

沢山のお金を使ってやっていることが、どうして生活の現場につながらないのか、どうしたら科学技術を生活につなげられるのかをもっと考えようというのがインクルーシブ・デザインという考え方なのです。

ユニバーサル・デザインというのは既に有名なのですが、インクルーシブ・デザインというのは、最近徐々に注目を集めつつあります。ユニバーサル・デザインという考え方はルーツはイギリスらしいのですが、そもそもイギリスには社会のノーマライゼーションという考え方があって、ボーダレス、バリアフリーにしようというのは、まさにその流れです。

加藤：障害がある人と障害のない人を隔離するのではなくて、共同の空間で生きるようにしようということですね。三宅：そういうことです。つまり社会参画が重要だという立場でやっているのです。

さらに、そのノーマライゼーションという考え方から、最近ではインクルージョンという考え方にどんどん変わってきているみたいです。ソーシャル・インクルージョンという考えは、参加した人がそこでもっと主体的に活動する居場所がなければ、その人たちが本当に社会参加したとは言えない、物理的に居ることと、居場所があるということとは違うことではないかというわけです。やはりキーワードは主体性ということにあります。

つまり、単なる参加というだけにとどまらず、主体性が引き出される社会システムづくりに取り組まなければいけないという考えがあって、その最初の設計原理がユニバーサル・デザインだったのです。単にバリアフリーにすればいいのではなく、いろいろなユニバーサル・デザインが今、世の中に始まってきています。

さらに、今はソーシャル・インクルージョンという考えかたの中でものづくりの設計思想が出てきました。つまり、作る側と使う側が同じ目線、同じ場の中で設計に関与していこう、より上流のところからものづくりに関与していこうという考え方で、それをインクルーシブ・デザイン

とよばれているらしいのです。

これまでの技術開発というのはどうしても研究者側の立場にのっかった技術開発であって、それをどうやってみんなに使ってもらうか、より広げていくかという方向でやっていたのですが、インクルーシブ・デザインには、生活の場には科学技術とは違うロジックがあるのではないかと思います。それをもっと受け入れるかたちで研究をしていかなければいけないのではないかという問題意識があります。

私がこれまでやってきたウオーク・メイトのような福祉機器も、研究はいいのだけれど、実際に使ってもらおうと思ったら、やはりすごく壁があるのです。その壁を乗り越えるためには、設計思想を根本からもう1回考え直さなければいけないと思って取り組みました。

それで、JSTの社会技術プロジェクトの中に入れさせてもらいました。これまでは科学技術というのは多くはある決まった枠の中で考えられてきましたが、生活というのは、もっと外の世界を含んだものだから、その乖離しているところをどうやって克服するかという問題に、僕らはぶつかっていると思っています。

もうこれで終わりいたしますが、社会技術のプロジェクトに参加していて思ったのは、サイエンスカフェとかいうふうに科学をどんどんみんなに広げていこうという考えの人がかなり居られたと思いますが、このような科学技術を広げるという方向だけでは問題が解けないのではないかということです。確かにみんなが科学を勉強すれば乖離は低くなるだろうけれども、結局広がっていくだけであって、本当に生活者の論理というのを取り入れた方向になるのかなと思うわけです。

そうだとすると、むしろ外の論理と内の論理が相互乗り入れできるようなボーダーのコミュニケーションがあまりにも狭く、壁があるのだから、ここを広げて、互いに乗り入れができるような仕掛けをつくってやるという考えなのです。例えばこれを医療機関や地域の中につくれば、僕らのやっている福祉機器ももっとよいものにするということです。このような違う論理の相互乗り入れの場づくりをどうやるかという問題提起を社会技術の中で行ってみました。

その場づくりをいま世田谷でやっています。さっきあげた玉川病院とか、地域リハビリは桜新町のほうでやっていますし、先端医療のところはさっき言った関東中央病

院でやっています。

滝久雄:この研究する学生たちが、社会の現場に出て行くことはいいことですね。問題を肌で理解できるから。

三宅:そうなんです。しかし最初は躊躇するのです。何故かという、「先生、これやったって論文書けないじゃないですか」、「論文を書けなければ、僕は卒業できないでしょう」などと言うのですが、結果的にはやはり自分の気づかなかった気づきが得られるのですね。科学の論理の中だけにいたら、外にある向こう側が見えない。向こうが見える、気づきというのかな、それは。

滝久雄:実際に役立たないと脳は活性化しませんからね。社会に役に立つと思った瞬間から研究したくなるのですね。

三宅:あともう一ついいのは、やはりきついことも現場の方や患者さんから言われるのですが、でも、うまくできたらすごく喜んでもらえるのですね。あれですごく元気をもらえる。ですからやはりこういう相互乗り入れというか、科学を広げるだけではなく、彼らと同じ目線で同じ土俵の中に入るという技術開発の場づくりをやっていきたいと思っています。

相澤:三宅先生、これ、総合科学技術会議が今年度から始めているのですよ。社会還元加速プロジェクトとして五つの課題をスタートさせました。

今までは研究者の論理が中心でしたが、これからはユーザー、それを取り巻く社会環境を総動員してやらなければいけない。これには省の壁をまずぶち破らなければいけないのです。

加藤:それがいちばん難しいのではないですか。

相澤:そうなんです。(笑)

滝久雄:なにしろ、がん細胞相手ですからね。

相澤:それを乗り越えるために、総合科学技術会議の議員が、それぞれのプロジェクトの総括をすることによって、省の壁を破ってしまおうと努力しています。この分野は私が担当しています。

相澤:さっきおっしゃっていたことを、まさしく本当に進めなければ、ロボットが今のままでは社会に出て行くのでは、とてもじゃないけれども、ものにならないだろうという感じがします。ぜひ頑張ってください。(笑)

三宅:先ほどのロボットを持ち込んだところ、みんなが元気になる、認知症でしゃべれなかった人がしゃべるようになったり、みんながびっくりするのですが、これまでも

のすごいチャンスを使っていなかったのだなと思い、本当にいい勉強になりました。

滝久雄:認知症なんかは成果が出ると思いますね。直観ですが。

三宅:確かに認知症には成果が出るのです。

林:私も実はそういうことを、マイアミ大学でやっていたんです。1980年に留学したときに、研究部門と臨床部門とリハビリテーション部門がつくられて、結果的にはいまもマイアミ大学に残っています。そのところでロボット工学がリハビリにすごい力を発揮しました。麻痺した患者さんを宙吊りにして、体がゆがむといけないうので宙吊りにしながら刺激を加えながら神経再生とか筋肉再生を研究していました。要するにロボット工学と一体化した人間ロボットのサイボーグのかたちというのは、麻痺した患者で立てない患者でも歩けるところまで、もう今はきているのですね。

それを日本でつくろうと思い、日大の救命センターで救急医療と臨床と研究と、もう一つ上にリハビリテーションフロアをつくろうと思ったら、やはりカットされました。要するに、医療には必要な無駄というのがいるのに、今は無駄はいけないという話になってしまってすべてカットされるという大変難しい状況になっているのですね。

やはり実際に患者を治すためには基礎研究、臨床研究、リハビリテーションが一体化していないと、ちゃんとした力が発揮されないと思います。僕はアメリカで10年近くさんざんやっていたので、三宅先生、紹介しますから、1回見て下さい。たぶん、マイアミ大学は、先生の仲間になれると思います。

あちらの大学の先生方もよくやられました。日曜日になると、いろいろな道具を使って、まひした患者さんとヨットに乗りに行きます。そうすると先生方はボランティアで日曜日に半日、その人たちと一緒に遊ぶ作業をやるのです。あれは本当に目からうろこが落ちたというか、びっくりしましたよ。そういう具合に、要するに社会環境をきちんとつくり上げているのです。

相澤:これをスタートさせるために、いろいろなセクターの人のご意見をうかがいました。車いすでしか来られないような人から、規制にかかる人、ビジネスをしようとする人々が関わっています。それから本当に自分が自ら使おうという気持ちが大切です。

やはりさっきのインクルージョン・モデルとかバリアフ

リーとかは、もう特殊な問題ではないという認識が大切なのですね。

三宅：そうなんです。まさにそこが。

林：高齢者の機能低下に対しても、目を向けていただけると思います。

三宅：いや、もう、やることがたくさんあるのですが、体があいに1個しかないもので。(笑)

佐藤：今日は前半も後半も、どこかで合宿しなければいけないような話になったのですが。(笑) この会の今後のことについていろいろなご意見を拝聴する時間を設けてあったつもりですが、ちゃんともっていくためにはあまり拙速ではなくて3月ぐらいにもう一度、やりたいと思っています。

せっかくですから、途中でいろいろな質問やご意見が出ましたが、何か特にほかにあればと思っているのです。

一つ私が感じていることは、工学部でも問題設定をこのくらいの違った分野の人が突っ込んだ議論ができるように大学が変わってこなければならぬという気がするのですが、その辺はどうなのでしょう。大学の中の活動の仕組みもそれこそバリアフリーな領域をもっと広げていく意識が必要なのではないでしょうか。

今日、三宅さんの話をお伺いして、脳の話になってきましたので、次は林先生にお願いして、その次ぐらいに合原先生にお願いしようかと思いますが如何でしょうか。今のところ、3月ごろに企画をしてみたいと思います。

2.5 哲学からの問い

加藤：脳についての工学的な研究では、リベットの研究なども非常に厳密な測定を積み重ねて仮説をつくってきていますが、哲学者は今まで意識というものを受容的な意識と能動的な意識と分けてきたのですね。それで感覚はすべて受容性であるというのがカントまでの考え方でしたが、フッサールになると、感覚そのものの中に自発性、指向性というものが含まれてくるとして、哲学者は受容性と能動性についていろいろと考え方を組み立ててきたのですね。

いま能動性という問題が実験的に扱われるようになったということは非常に大きなことです。例えば、貢献心というのも一つの能動性で、かくかくの条件で働く能動性ということですね。そういう能動性のかたちにどんな条件

が成り立っていて、どういうタイプの能動性があるかという研究が進んでいくと、哲学者はふんぞりかえっているだけではいかなくなると思います。

いま哲学領域ではニューロ・エシックスという領域が問題になってきています。まだまだ素朴すぎる面もありますが、私はときどきはつばをかけているのです。

例えば「こういう薬は自由を侵害する」などというのですね。では、「自由」というのは脳の状態からするとどういう状態か定義してみると私は言っています。「自由」というのは伝統的な人文科学の言葉で使っていて、こういう薬を使うと自由を侵害するなんていうのは、全然立証不可能ですから自由それ自体の脳のモデルをつくって説明しろと指摘しています。

そういった意味では非常に揺籃期で、今までの生命倫理とは全然違って、哲学固有の領域と言われていた「価値」だとか「自由」だとかと言われたものが、脳科学的に定義しなければならない段階に入ってきたのではないかと思います。

谷川：加藤先生がおっしゃったようにかなり問題そのものが、脳科学とか、いろいろな心理学とかの関係で本当に哲学の変わり方は、狭まってきたのでしょうか。

加藤：そうですね。いよいよ本丸が攻められているような気がする。(笑)

谷川：今日のお話で面白かったのは、最初の単純な応答の実験ですね。感覚とそれにもとづく身体の動きですね。そして音楽家の場合だけちょっと特例があったということで、音楽との関係は、身体の動きと形成について、一つおもしろい視点があったと思います。

それから、記憶の問題が入ってきて、次に別のレベルで、言語と「問」の問題が入ってきた。まだ、どう総合していいかわか言えないのですが、そういったレベルの整理をもう少しやってみると面白いかない感じがしました。まだいいコメントができなくてすみませんが、こうしたいくつかの視点をまとめて、もう一度考えてみたいです。

加藤：ぜひ、この会に大橋力さんは、別名城祥二さんで太鼓座という日本で太鼓の楽団を育てて、筑波の先生だったのですね。それから今はどこにおられるか。この間、ちょっと会ったのだけれど、彼はもともとコンピュータ学者なので、大学ではコンピュータを教えているのです。舞台裏では鬼太鼓座をやっている。

彼がやっていたのは、人間のリズム感の中には聞き取る

ことのできない波長が作用しているのではないかという研究です。いろいろな楽器を物理的に調べると、確かに聞こえる音のほかに聞こえない音も出ているわけですね。その聞こえない音の深層意識に対する効果というものがあるのではないかということでいろいろ調べていました。また彼は非常に幅が広い人で、バリ島の楽団の演奏についての研究だとか、バリ島の現地調査なんかもやっているのですね。今日も話に出ましたがリズムと意識というのは、意識と精神、肉体と精神の中間状態のいわばサブリミナルな領域にすごく結びついているのではないかということでした。ですからああいう人をよんで、リズムの話を聞くとおもしろいのではないかなと思います。

合原：トランス状態になるとかいろいろあると思いますね。

佐藤：では次回は、林先生よろしくお願い致します。

林：分かりました。

加藤：それからノーベル賞受賞者の脳のつくり方というもの。(笑)

林：それは加藤先生の仕事ですよ。(笑)

佐藤：それではどうも本日は有難うございました。