

ヒューマンコミュニケーションと「間(ま)」の共創

三宅 美博[†]

[†] 東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻 〒226-8502 横浜市緑区長津田町 4259

E-mail: [†] miyake@dis.titech.ac.jp

あらまし 共創とは、こころに関わる主観的な時間や空間が多様な人々のあいだで共有され、社会的コーディネーションをリアルタイムに創出することを意味している。このような共創的なリアリティを伴うコミュニケーションには2つの異なる情報処理が同時に必要とされる。一つはメッセージ交換のような明在的なプロセスであり、もう一つは直接経験や共感のような暗在的かつ身体化されたプロセスである。そこで、われわれは人間の情報処理における、これらの2重化されたプロセスの相補性に基づいて、共創的なインタフェースやメディアの構築に取り組んでいる。このような共創テクノロジーの実現が、現代の社会における人のこころのつながりや相互信頼性などを回復する上で有効ではないかと期待している。

キーワード 共創システム, ヒューマンコミュニケーション, 主観的時間, 「間」

Human Communication and Co-creation of Subjective Time

Yoshihiro MIYAKE[†]

[†] Dept. of Computational Intelligence and Systems Science, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology 4259 Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama, 226-8502 Japan

E-mail: [†] miyake@dis.titech.ac.jp

Abstract The purpose of our research is to realize “Co-creation System.” This co-creation means real-time coordination by co-emerging subjective space between different persons. Human communication with emergent reality like this needs two modes of processing and mutual constraint between them. One is explicit communication such as the exchange of message and the other is implicit embodied interaction such as sympathy and direct experience. By using self-referential dynamics in this duality, we are developing co-creative man-machine interface and media. We think that this new technology would be effective to recover human linkage, social ethics and mutual-reliability.

Keyword co-creation system, human communication, subjective time

1. はじめに

舞踊やスポーツに限られることなく、人間同士のさまざまなコミュニケーションにおいて、人々は互いに協調しながら集団としての表現を時々刻々と即興的に創り上げてゆく。これはあまりにも身近な経験であり、その仕組みについて普段われわれは深く考えることはない。しかし、それを改めて「なぜ？」と問いかけてみると、ここにはいろいろな面白い問題が隠されていることに気づく。本稿では、このような人間同士の共創的なふるまいが可能になるコミュニケーションの仕組みについて考えてみよう。

まず、図1のようなスポーツの1シーンをイメージしていただきたい。ごく普通の連係プレーであるが、なぜこのようなスムーズな連係が可能になるのか考察してみると、ここには必ずしも自明ではないプロセス

が存在していることがわかる。多くの練習を経てはじめて可能になるという理解もあるが、実は、奇蹟的とも呼びうるような事態が生じているのである。ここでは、そのことを問題として明らかにするために、立場の異なる2つの視点について説明することから始める。



図1：ヒューマンコミュニケーション

第1の視点は、スポーツを観戦している観客の立場である。多くの方はこの立場から捉えているものと思われる。図2のように競技場のスタンドから連係プレーを眺めている立場である。これは客観的に選手の動きを把握できる位置にあり、時計やものさしを使って、各選手に共通のスケールで客観的な空間や時間を計測できるので、選手の連係動作は、そのような客観的な時空間の中の個々の軌道として記述される。つまり客観的な時空間の中の因果的な過程として協調の仕組みが説明されるのである。このような立場から協調の仕組みを捉える研究はこれまでも多数なされてきた。科学的研究はすべてこの範疇に含まれており、最近ではマルチエージェント系として構成される社会シミュレーションなどが広く注目を集めている。

一方、第2の視点は試合の当事者である選手の立場である。図3のように競技場のコートの中で自分自身が連係プレーをしている状況が対応する。このとき空間や時間は個々の選手の中で主観的に生成される。明らかなことではあるが、誰も、腕時計を見ながら秒単位のタイミングを調節してパスをする選手はいない。みな主観的な時間や空間の中で他者と協調しているのである。そして、ここに本質的な問題が隠されている。



図2：観客の視点

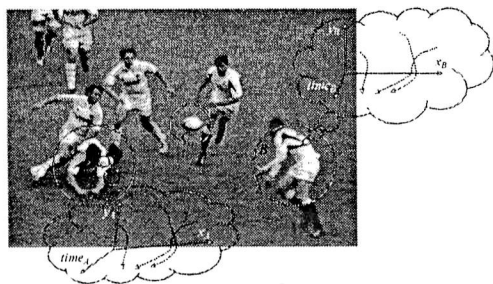


図3：選手の視点

それは主観的な時間や空間は、人間の外側から測れるような客観的なものとは異なり、必ずしも前もって個体間で共有されていないということである。ある人にとって時間は早く流れ、ある人にとって時間はゆっくり流れる。ある人にとっての主観的な5秒と、別の

人にとっての主観的な5秒が一致する保証などどこにもないのである。これは時間だけの問題ではない。私の赤とあなたの赤が一致するかどうかさえも確認のしようはない。このように多様な主観的時間や空間を生きている人々のあいだで、どうして協調ができるのであろうか？これは内部モデルの共有に関する問題とも言えるであろう。われわれはここから問い始めなければならない。

一見、絶望的にさえ思われる人と人の隔絶の中で、人間のコミュニケーションは、この問題をいとも簡単に克服しているように思える。そのような問題など最初から存在していなかったかのようなのである。では、どのような仕組みによって、主観的な領域が接続されるのであろうか？

われわれの研究では、このような主観的な時間や空間を「間(ま)」と呼び、それがインターパーソナルに共有される仕組みを探ることになる。つまり「間が合う」とはどういうことかを探るのである。結論を先取りすれば、それは、乖離した主観的世界を接続するのではなく、主観的な領域をともに生成するということになる。つまり「間」の共創である。ここにコミュニケーションにおける「共創」の必然性がある。

人と人のあいだで相互に協調し合うことが可能であるとすれば、この共創される「間」が不可欠である。この「間」を共創できるからこそ、人々が未来のシナリオを共有し、互いに信頼し安心して即興劇を演じることができるのではないだろうか。このような構造は、舞踊やスポーツに限られるものではなく、社会的コミュニケーションにおける安心感や信頼感の創出として、多くの局面に適用できるものであろう。

2. 内側に立つこと

この共創という枠組みは主観的領域を含むがゆえに、いわゆる客観的な領域に限定される科学的な枠組みを超えている。したがって、このような選手の立場から捉える共創的コミュニケーションとしての協調の研究は、「内側からの協調」と呼ぶべきであろう。そして観客の立場からの科学的研究は「外側からの協調」として区別されなければならない。この2つの立場の違いを比較するために図4と図5を参照していただきたい。みなさんの立ち位置はどちらであろうか。

あなたが協調しているシステムの外側に立ち、そのシステムを外側から客観的に観察する場合であれば、あなたという主体は、客体としてのシステムの外側に立っており、主体と客体が区別されている「主客分離システム」になっている。これは科学の立場である。このとき、あなたという主体にとってのシステムは客

観的な時間や空間の中に張られた完結した領域として立ち現れる。だから、そのような対象化されたシステムの制御や最適化が可能になるわけである。このようなシステムの捉え方は科学的な活動の対象としてのシステムであり、われわれがここで取り上げるまでもなく、これまでの長い歴史に基礎づけられているシステム論である。

External Viewpoint

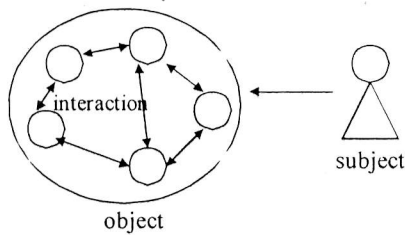


図4：主客分離システム

Internal Viewpoint (Co-creation)

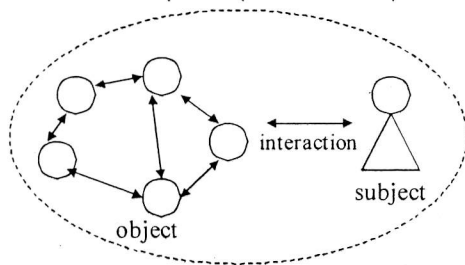


図5：主客非分離システム

一方、もし、あなたが協調しているシステムの一部として含まれているのであれば、状況は全く異なってくる。これはシステムを内側から捉える場合に対応し、あなたという主体は、客体としてのシステムと不可分な関係になってしまう。これは「主客非分離なシステム」になっている。これはいわゆる科学ではなく、人間のコミュニケーションを重視する立場である。このとき、あなたという主体にとってシステムは非完結な領域として立ち現れる。しかも、その非完結になってしまう背景に、あなた自身の自己言及さえも含まれているかもしれない。

このようなシステムこそ、ここで取り上げられるべきシステムであり、これが「共創システム」ということになる。共創システムとは、システムを内側から捉えたシステムであり、観察対象としてのシステムではなく、自分自身を包摂するものとしてのシステムになっている。つまり、オブジェクティブなシステムではなく、インクルーシブなシステムになっているのである。したがって、人間のコミュニケーションは共創システムと見なすことができるであろう。

われわれの研究の大きい目標は、このような共創システムとしてコミュニケーションを捉え直すことである。そして、これまでの枠組みの中で放置されてきた重要な視点をすくい上げることによって、人間のコミュニケーションを少しでも豊かなものになりたいという動機に基づいている。

具体的には、インターパーソナルな協調に注目して、その背景にある主観的時間としての「間」の共有の問題を取り上げる。さらに、その研究の作業仮説として、「二重性」に注目する。これはコミュニケーションにおける明在的（意識に上る）インタラクションだけではなく、それと同時に暗在的な（意識下の）インタラクションにも注目し、その相補的な関係の中でコミュニケーションを共創的に捉えるという仮説である。

この仮説は、いかにいえばコミュニケーションの重層性に着目するものともいえる。既に、コミュニケーションにおいては言語的コミュニケーションが3割程度であり、非言語的なものが7割程度あると言われている。3割の言語的と呼ばれるものの中にも、言語と近言語的なものに分類される。近言語とは、音響学的な性質であったり、時間的なパターンであったりする。非言語としては、身体運動やプロクセミクスなど広範な性質が含まれる。このような広範なコミュニケーションチャネルを介して主観的領域の共有が可能になると考えるのである。

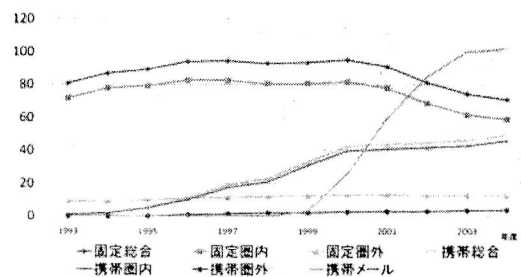


図6：通信手段の変化

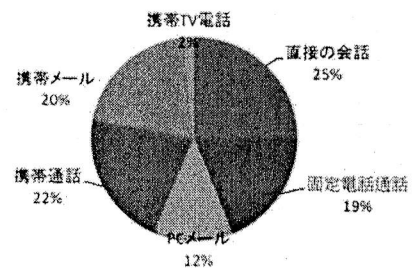


図7：家族内でのコミュニケーション

この仮説は、コミュニケーション支援の社会的側面を考慮するときに重要である。図6はNTTドコモの通

話量の経年変化であるが、1995年あたりから携帯電話の通話回数が増え始め、特に、2000年あたりから携帯メールの通信回数が爆発的に増大していることがわかる。しかも、家庭内でのコミュニケーション方法に関する類似の調査結果では、全通話回数の中で、直接の会話の占める割合が、わずか25%であることが報告されている。このことは現代の社会的状況の中で、われわれのコミュニケーションチャンネルが急速に縮小しており、このことが共創的コミュニケーションを社会から遠ざけているように思われる。

3. 「間」の生成と共有

われわれは、このような仮説のもとで、共創的コミュニケーションの研究に取り組んでおり、その中でも、時間的側面に注目して研究を進めてきた。主観的な時間がインターパーソナルに共有され、相互にタイミングが揃い協調動作が可能になる仕組みを探っている。つまり「間」の生成と共有の仕組みを探るということである。そして、それをヒューマンインタフェースに実装し、人工物として再構成することを目指している。具体的には、リハビリテーションや対話コミュニケーションの支援への活用が進められている。

ここでは、まず基礎的な研究として進めている、「間」の生成と共有の心理学的な研究から紹介したい。

われわれは同期タッピング課題という非常にシンプルな実験に注目してきた。これは周期的に提示される、メトロノームのようなリズム音刺激に同期させて、指でボタンを押すタスクである。被験者にはできるだけ音のタイミングに合わせてタップするように依頼するが、このとき非常に興味深い現象が観察される。それは被験者に経験される主観的な同調状態と、指運動のタイミングの間に時間的なズレが生じることである。

図8を見ていただきたい。これは横軸が物理的時間であり、点線で示した時刻がリズム音の刺激の時刻に対応している。縦軸はボタンを押した時刻の頻度でありヒストグラムとして表示されている。このとき被験者の主観的経験としては、音刺激とボタン押しが同調しているにも関わらず、客観的には、明らかにボタン押しのタイミングが音刺激のタイミングと異なっている。しかも、指の運動タイミングの方が音の発生に先行している。

この現象は「負の非同期現象」と呼ばれるが、主観的な同時と客観的な同時のあいだにズレが存在することを意味している。しかも主観的な「いま」という時間は、客観的な意味では未来の領域に生成されることもわかる。われわれは、これを主観的時間としての「間」の生成として捉えている。そして、このような主観的

時間の生成の仕組みと、そのインターパーソナルな共有の仕組みについて調べているのである。

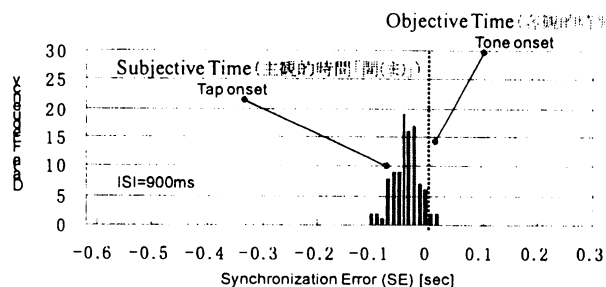


図8：負の非同期現象

われわれはコミュニケーションの二重性（チャンネルの重層性）という仮説に基づいて、このような主観的な時間が生成するメカニズムについて分析してきた。つまり、意識化される情報処理のプロセスと、それに先行する意識下の情報処理のプロセスから、共創を相補的に捉えるということである。具体的には、二重課題法と呼ばれる実験方法を採用することで、初めてこれが可能になった。同期タッピングをやりながら、それと同時に、注意を必要とする別の作業をやることで、このような主観的な時間の生成に関わる2つのプロセスを分離するのである。ここでは同期タッピング課題と単語記憶課題を併用している。

その結果を図9に示す。この図の縦軸は、全タップの中で何%のタップで負の非同期現象が発生したか、その生起率を示している。つまり、リズム音提示よりも先にタップした回数の割合である。100%であれば、すべてのタップが刺激音よりも先になされたことを意味する。一方、横軸はリズム音刺激に用いたリズムの周期である。単位はミリ秒になっている。リズムの周期が長くなると、負の非同期現象の生起率が低下することがわかる。

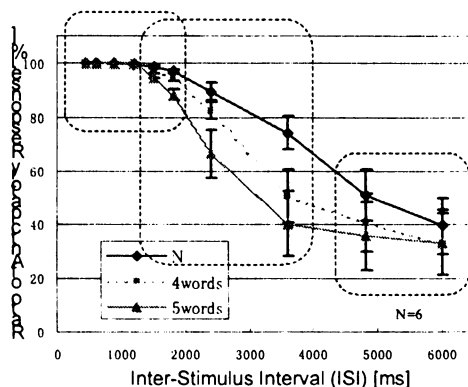


図9：2種類の時間生成機構

さらに、図中の凡例に示しているように、ここでは3つの条件が用いられた。ひとつは通常の同期タッピング(N)である。これに加えて単語記憶課題を同時に行う、二重課題法の条件で、4単語の場合(4 words)と5単語の場合(5 words)が示されている。タッピングを始める前に単語がモニターに映されて、それを被験者は記憶する。約100回のタッピング後に、その単語の回答が求められるのである。だから、タッピングの途中には、それらの単語を忘れないように注意しておく必要がある。これを調べることで、意識化されたプロセスから主観的な時間の生成への影響を評価することができる。

この結果から明らかなのは、リズム刺激の周期が1秒くらいまでは、いずれの条件でも差がほとんどなく100%の割合で負の非同期現象が観察されていることである。これは単語記憶課題からの影響が無いことを意味する。しかし、それを越えて4秒くらいの周期までは、条件に応じて生起率が有意に異なってくる。つまり、単語記憶からの影響を受けることになる。さらに、それよりも長い領域では、条件による差が小さくなるだけでなく、負の非同期現象そのものが生起しにくくなる。

このことから結論できることは、同期タッピングにみられる主観的な時間の生成機構は、大きく2つに分類できることである。ひとつは、1秒以下の短い刺激周期で見られるように、単語記憶からの影響を受けにくい仕組みで、単語記憶のような意識化されたプロセスを必要としない意識下のプロセスが主要となる暗在的メカニズムである。もうひとつは、それよりも長い周期で見られる、単語記憶からの影響を受ける仕組みであり、意識化されたプロセスを必要とする明在的メカニズムである。このように、少なくとも2種類の情報処理プロセスから主観的な時間の生成機構は構成されていることが明らかになった。

そこで、それぞれのメカニズムの詳細を明らかにするために、音刺激とタップの時間差として計測される同期誤差の時間変化をもとに、その時系列データ解析を行ってみた。その結果を図10に示すが、これは両対数プロットしたパワースペクトルである。

意識下のプロセスが中心となる条件では、同図左のように、スペクトルが右下がりの直線にのっている。これは同期誤差の時間変化が、べき乗則に従う自己相似性の高いダイナミクスを示すことを意味している。短い時間スケールでも長い時間スケールでも、類似した挙動を示していることがわかる。これは、いわゆるフラクタル的な挙動ということになる。一方、後者の意識に関わるプロセスを伴うメカニズムでは、同図左のような勾配は見られず、その代わりに同図右のよう

に数か所にピークが現れている。これは、それぞれのピークに対応する箇所に周期性の高い振動が含まれていることを意味しており、固有周期性の高いダイナミクスに対応する。

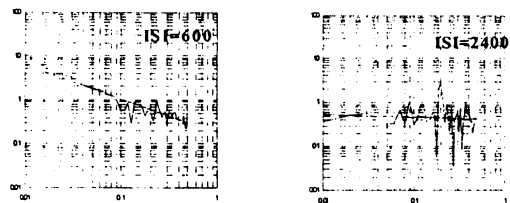


図10：2種類のダイナミクス

このように、同期誤差の制御ダイナミクスとしても、意識下のプロセスと意識の関わるプロセスに対応して、ダイナミクスが少なくとも2種類存在することが示された。前者が高い自由度を持つダイナミクスであるのに対して、後者では自由度が圧縮されている。このことは両者が異なる力学系から構成されていることを意味しており、ダイナミクスにおいても二重化されていることが明らかになった。またf-MRIを用いて、それぞれの過程における脳活動のイメージングを行ったところ、前者は主として小脳に由来し、後者ではそれ以前頭前野の活動が加わることも示されつつある。

これらの知見に基づいて、2人の被験者間での協調タッピングについても研究を進めている。主観的時間としての「間」がどのような仕組みでインターパーソナルに共有されるかを調べている訳である。同期タッピングと同様に、同期誤差の時間変化を計測し、その時系列解析を行うことで、主観的時間の共有の仕組みをダイナミクスの観点から調べている。一種の統計的なモデル推定である。

この実験課題では、一方の被験者のタップ動作が音刺激として他方の被験者に伝えられ、

同様に他方の被験者のタップ動作が音刺激としてフィードバックされるクロスフィードバック系として構成されている。つまり、先の実験のように一定のリズム音に同調させるものではなく、二人の被験者が相互にリズムを生成しつつ相互にタイミングを同調させる課題になっている。したがって、相手のボタン押しのタイミングとしての主観的時間は、自分にとっては客観的なリズム音刺激として入力され、その際の入力との同期誤差が、先の同期タッピングのときと同様に時系列分析された。

その結果、強い相関関係が2種類観察されている。同期タッピングにおける二重化されたダイナミクスと対応して2種類の相互作用モデルが推定された。一方は相互引き込み(エントレンメント)を中心とするリア

ルタイム性の強いダイナミクスであり、もう一方は履歴性の強いダイナミクスである。前者を意識下の情報処理プロセスに対応させ、後者を意識化されるプロセスに対応させることが可能である。これは図11にまとめるように構成されており、人間同士の主観的な時間の共有は、このような二重化されたプロセスを経て実現されていることが明らかになった。

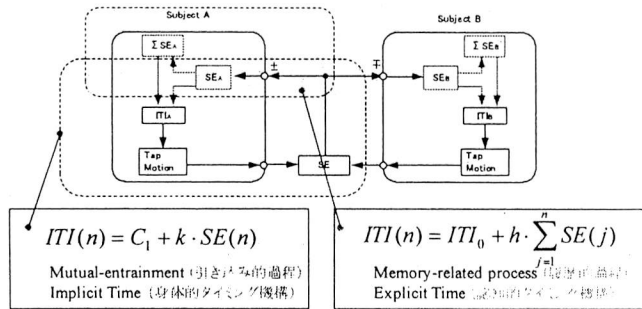


図11: 「間」の共有モデル

このように同期タッピングから協調タッピングへ拡張することで、主観的な時間の生成プロセスを、インターパーソナルな関係の中で共有するプロセスを含めて明らかにすることができたのである。われわれは、未来としての「間」を共創しつつ協調的に行動するシステムとして、その基盤を構築できるものと期待している。

このような主観的な時間の生成とインターパーソナルな共有のメカニズムを明らかにし、モデル化することで、更なる研究の展開が可能になった。それは、このようなモデルをモデルとして構成するだけでなく、このモデルの一方の人間に実際の人間が参加することである。つまり、モデル相手に協調タッピングをすることが可能になるのである。このことは、モデルを理解するだけでなく、モデルを主観的に体験できることを意味している。

実際に上記モデルと一緒に協調タッピングすると、相手がモデルであることがわかっていても、相手から発せられるタイミングが、あたかも人間であるかのような非常に不思議な印象を受ける。このような非常に人間らしい、主観的な時間共有のモデルを構築することに成功しているのである。以下、このモデルを幾つかのインタフェースに活用した事例を紹介したい。

4. 共創コミュニケーションの支援

われわれは上記の二重化された共創的コミュニケーションのモデルに基づいて、それを人間と人工物のインタフェースに活用することに取り組んでいる。こ

こでは具体例として、リハビリテーションの支援について紹介する。

誰にでも経験はあると思われるが、人と並んで歩く時に、思わず歩調が同調したことはないだろうか。意識することなく自然と歩調が揃うのである。もし、そのような経験がない場合には、身の回りの歩いている人に少し目を向けてみていただきたい。多くの人の歩調が自然と揃っていることに容易に気づくはずである。

このようにインターパーソナルに「間」が揃う現象は、生活のさまざまな局面で観察されるが、われわれは、特に歩行リハビリテーションに注目した。つまり患者さんとセラピストが歩調をそろえて歩く歩行訓練である。このような「間」の合った協調歩行を、人間と人工物のあいだに構成することで、患者さんとセラピストの関係を、患者さんと人工物の関係の中に再現することをめざしている。

具体的には、図12左のように、患者さんと仮想的な歩行ロボットが、足音の交換を介して協調歩行する系を構築している。これは前節の協調タッピングの実験系を、2人の人間のあいだでの歩行運動に拡張した形式になっている。そして、協調タッピングの研究から得られたインターパーソナルな協調モデルのうち、一方の人間のモジュールを仮想ロボットとして計算機上に構成しているのである。残りの部分は実際の人間として参加する。

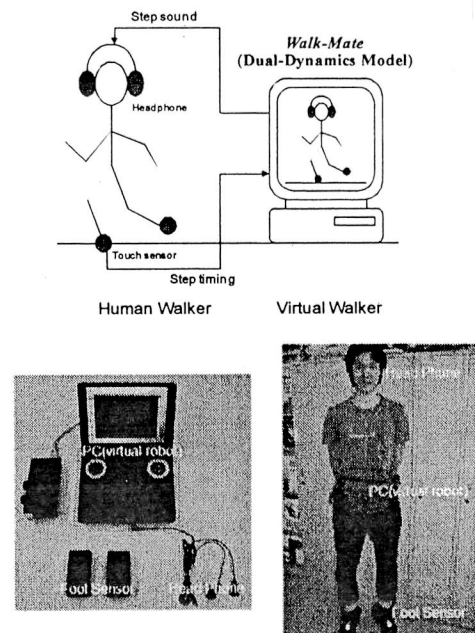


図12: Walk-Mate

このシステムは「Walk-Mate」と呼ばれ、歩行運動のタイミングを人間と仮想ロボットが相互適応させる中で、「間」という主観的な時間を共創するシステムにな

っている。言い換えれば、「間」を合わせてくれる歩行ロボットである。この仮想ロボットの部分は、モデルをもとに構成されるものであることから、図12右のように小型のパーソナルコンピュータに実装されている。これは一種のウェアラブルコンピュータになる。そして小型の計算機上でシミュレートされる仮想ロボットと足音の交換をしながら協調歩行するのである。

特に、患者とセラピストの間での歩行リハビリテーションへの応用を進めており、セラピストとの協調の中での安定な歩行運動の生成、および、運動機能回復への共創をめざしている。既に、「間」を合わせた協調歩行によって、人間と仮想ロボットの間での一体感の生成や歩行運動の安定化など、共創的な特性がいくつか確認されている。

図13は協調歩行における人間側と仮想ロボット側の歩行周期の時間変化を示したものである。左側の破線のところで、相互に足音の交換が始まり、右の破線のところで終了している。図からも明らかなように、歩行リズムの交換が始まることで、両者の歩行リズムが相互に適応し、一致した周期で歩行するようになることがわかる。さらに、そのような相互作用の始まる前に比べて、その同期時の歩行周期のゆらぎが有意に小さくなることも確認できる。これは歩行が安定化されていることを意味する。さらに、相互作用の終了後も、相互作用時の影響が残っており、歩行リズムの安定化の効果が持続していることもわかる。しかも、このような「間」を合わせた協調歩行の時に、人間側は一体感を感じることもアンケートで確認できた。

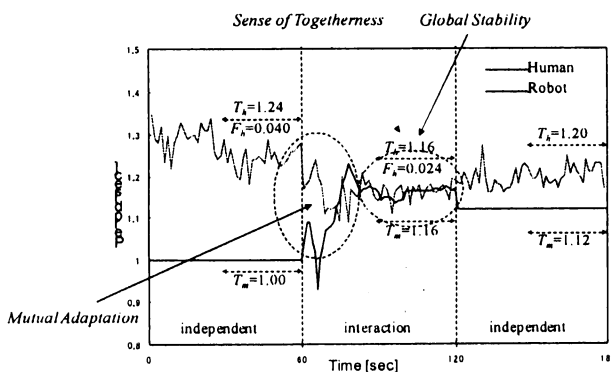


図13：共創的リハビリテーション

現状では、このような協調歩行システムを、リハビリテーションの歩行訓練に活用することを進めている。図14に示すように片麻痺患者では、協調歩行によって歩行周期のゆらぎが有意に減少し、歩行そのものが安定化している。図15に示すようにパーキンソン病では、協調歩行によって歩行周期の単調な減少として現れる加速歩行の安定化が観察される。このように相

互に「間」を合わせる中で、共創的に主観的な時間を共有し、運動を安定化させる技術としての応用が進められているのである。

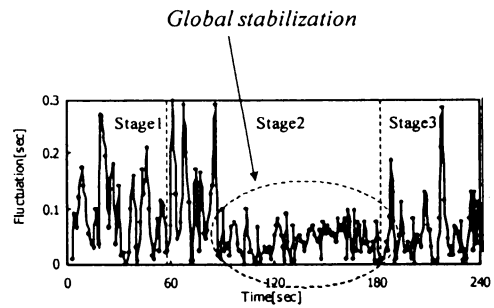


図14：片麻痺の場合

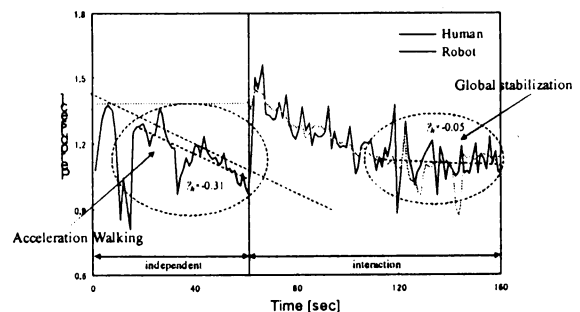


図15：パーキンソン病の場合

これ以外にも対話コミュニケーションにおける「間」の解析や再構成、音楽アンサンブル支援システムの開発など、さまざまなインタフェースへの応用の取り組みがなされているので、興味をもたれた方は章末の文献リストを参照していただきたい。

5. おわりに

このような共創的コミュニケーションの研究を介して明らかにされたことは、主観的な時間は未来に向かって開かれているということである。そして、未来としての「間」を共有しつつ、われわれは共に生きている。ここに「信じられるシステム」としての共創システムの重要性がある。これは人間が社会を編成し、相互に協調するための社会的知能の原点と見なすことも可能であろう。

したがって、ひとびとが相互に協力し合えるためには、この創出される「間」の共有が不可欠になる。これは舞踊やスポーツにおいて顕著に観察されるが、この「間」という内部モデルを共有できるからこそ、われわれは未来のシナリオを共有し、互いに信頼し安心して社会的即興劇を演じることができるのである。このようなシステムは、社会的コミュニケーションにおける安心感や信頼感の創出など、多くの共創的局面に

適用できるものと期待される。

最後になったが、共創システムはまだ生まれたばかりの研究領域である。このような人間と社会のコミュニケーションを志向するシステム論とその技術の将来に、今後ともご理解とご支援をいただければ幸いである。

文 献

- [1] 清水 博, 久米是志, 三輪敬之, 三宅美博, "場と共創," NTT出版 (2000)
- [2] 三宅美博, "共創とは何か" (分担: "人と人工物の共創システム" 第2章, pp.79-108), 培風館, 東京 (2004)
- [3] Miyake, Y., Onishi, Y. & Pöppel, E., "Two types of anticipation in synchronous tapping," *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 64, 415-426 (2004)
- [4] 三宅美博, 大西洋平, エルンスト・ペッペル, "同期タッピングにおける2つのタイミング予測機構," 計測自動制御学会論文集, vol.38 no.12, pp.1114-1122 (2002)
- [5] 小松知章, 三宅美博, "同期タッピング課題における非同期量の時間発展," 計測自動制御学会論文集 Vol. 41, No.6, pp.518-526 (2005)
- [6] Takano, K. & Miyake, Y., "Two types of phase correction mechanism involved in synchronized tapping," *Neuroscience Letters* 417, 196-200 (2007)
- [7] 今 誉, 三宅美博, "協調タッピングにおける相互同調過程の解析とモデル化," ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.7, No.4, pp.61-70 (2005)
- [8] 三宅美博, 宮川透, 田村寧健, "共創出コミュニケーションとしての人間-機械系," 計測自動制御学会論文集, vol.37, no.11, pp.1087-1096 (2001)
- [9] 武藤剛, 三宅美博, "人間-人間協調歩行系における共創出プロセスの解析," 計測自動制御学会論文集, Vol.40, No.5, pp.554-562 (2004)
- [10] 高梨豪也, 三宅美博, "共創型介助ロボット "Walk-Mate" の歩行障害への適用," 計測自動制御学会論文集, vol.39 no.1, pp.74-81 (2003)
- [11] 三宅美博, 辰巳勇臣, 杉原史郎, "交互発話における発話長と発話間隔の時間的階層性," 計測自動制御学会論文集, Vol.40, No.6, pp.670-678 (2004)
- [12] 小林洋平, 三宅美博, "階層化された相互引き込みモデルに基づくアンサンブルシステム," 計測自動制御学会論文集 Vol.41, No.8, pp.702-711 (2005)
- [13] 計測自動制御学会・共創システム部会,
<http://www.co-creation.jp>