

共創システム：「間(ま)」を共創するコミュニケーション

三宅美博（東工大）

1. はじめに

ダンスやスポーツに限られず、人間同士のさまざまなコミュニケーションにおいては、人々が互いに協調しながら、集団としての表現が時々刻々と即興的に創られてゆきます。これはあまりにも身近なことなので、その仕組みについて深く考えることもありませんが、それを改めて「なぜ？」と問いかけてみると、いろいろな面白い問題がここには隠されていることに気づきます。本稿では、このような人間同士の協調的なふるまいが可能になるコミュニケーションについて、みなさんと一緒に考えてみましょう。

まず、図1のようなスポーツの1シーンをイメージしてください。ごく普通の連係プレーですが、なぜこのようなスムーズな連係が可能になるのか考えてみると、ここには必ずしも自明ではないプロセスが隠されています。多くの練習を経てはじめて可能なるという理解もありますが、実は、奇蹟的とも呼びうるような事態がここには生じているのです。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ます。



図1:ヒューマンコミュニケーション
(Catherine Trigg)

第1の視点は、スポーツを観戦している観客の立場です。多くの方はこの立場だと思われます。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に対応します。これは客観的に選手の動きを把握できる立場であり、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ます。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わけです。このような立場での協調の仕組みを捉える研究はこれまで多数なされてきました。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注目を集めています。

一方、第2の視点は試合の当事者である選手の立場です。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です。このときには空間や時間は個々の選手の中で主観的に生成されます。明らかなことではありますが、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ません。みんな主観的な時間や空間の中で他者と協調しているのです。そして、ここに本質的な問題が隠されています。



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す。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ます。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す。これは時間だけではありません。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が無いのです。このように異なる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しょうか？われわれはここから問い始めます。

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も思えます。そのような問題など最初から存在していないかのようです。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しょうか？

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ります。つまり「間が合う」とはどういうことかを探ることになるのです。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ります。つまり「間」の共創です。ここにコミュニケーションにおける「共創」の必然性があります。

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」が不可欠です。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のでしょうか。このような構造は、ダンス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す。

になっています。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す。したがって、人間のコミュニケーションは共創システムであると言えるでしょう。

われわれの研究の目標は、このような共創システムとして人間のコミュニケーションを捉え直すことです。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したいという動機に基づいています。

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ます。さらに、その研究の作業仮説として、「二重性」に注目します。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す。

この仮説は、いいかえればコミュニケーションの重層性に注目するものともいえます。既に、コミュニケーションにおいて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ています。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ます。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します。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ます。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す。

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す。図6はNTTドコモの通話量の経年変化ですが、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ります。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、直接の対面コミュニケーションの占める割合が、わずか25%であることが報告されています。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ネルがどんどん縮小しており、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ます。

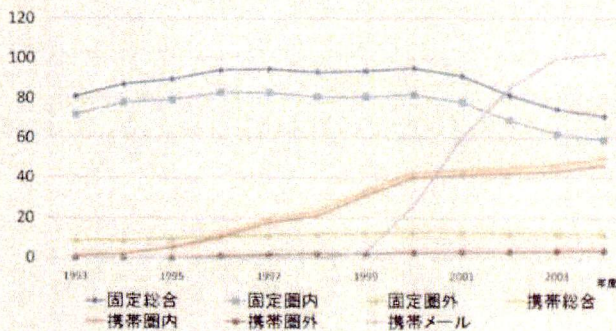


図6: 通信手段の変化

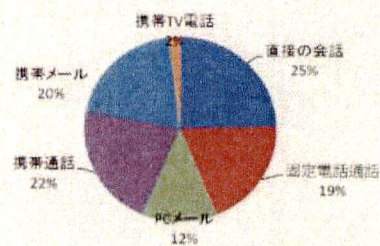


図7: 家族内でのコミュニケーション

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います。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ます。つまり「間」の生成と共有の仕組みを探るということです。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ます。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ます。

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ご紹介したいと思います。

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ました。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す。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しますが、このとき非常に興味深い現象が観察されます。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す。

図8をご覧ください。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ます。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ます。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のです。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ます。

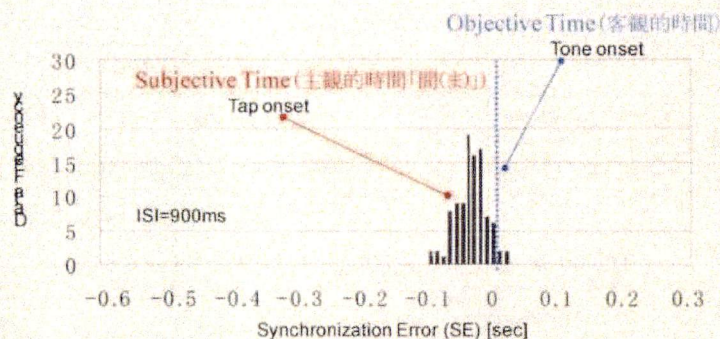


図8. 負の非同期現象

この現象は「負の非同期現象」と呼ばれますが、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ます。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ります。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ます。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ます。

われわれはコミュニケーションの二重性（チャネルの重層性）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ました。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す。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りました。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す。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ます。

その結果を図りに示します。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を示しています。つまり、リズム音提示よりも先にタップした回数の割合を示しています。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示します。一方、横軸はリズム音刺激に用いたリズムの周期です。単位はミリ秒です。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ります。

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ました。ひとつは通常の同期タッピング(N)です。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)が示されています。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します。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す。ですから、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ります。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ます。

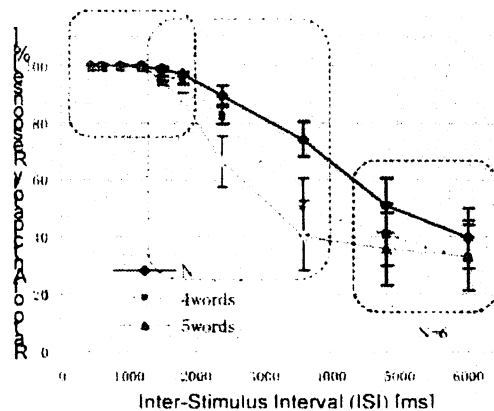


図9: 2種類の時間生成機構

この結果から明らかなことは、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%の負の非同期現象が観察されていることです。しかし、それを越えて4秒くらいまでは、条件に応じて生起率が有意に異なります。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ります。

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す。ひとつは、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す。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やすい仕組みであり、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す。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りました。

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ました。その結果を図10に示しますが、これは両対数プロットしたパワースペクトルです。

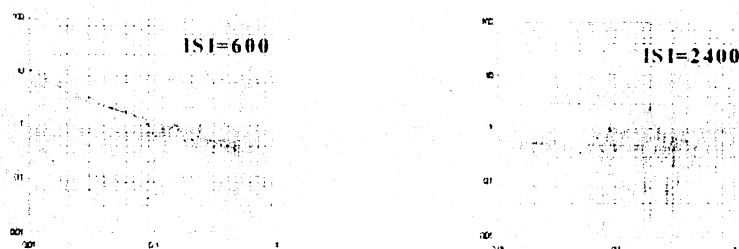


図10:2種類のダイナミクス

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ます。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ます。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ります。これは、いわゆるフラクタル的な挙動ということになります。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ます。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します。

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に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ました。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ます。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りました。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、後者ではそれに前頭前野の活動が加わることも示されつつあります。

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ます。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す。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、ダイナミクスの観点から調べています。一種の統計的なモデル推定です。

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ます。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です。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ました。

その結果、強い相関関係が2種類観察されています。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ています。一方は相互引き込み(エントレインメント)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す。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す。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りました。

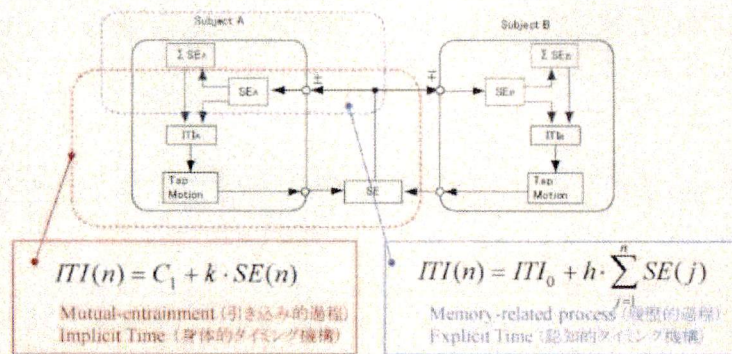


図11:「間」の共有モデル

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す。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ます。

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りました。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す。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す。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することが可能になることを意味しています。

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ます。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ます。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と思います。

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ます。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ご紹介します。

誰にでも経験はあると思いますが、人と並んで歩く時に、思わず歩調が同調したことはないでしょうか。意識することなく自然と歩調が揃うのです。もしご自身に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ください。多くの人の歩調が自然と揃っていることに容易に気付くはずで

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ますが、われわれは、特に歩行リハビリテーションに注目しました。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す。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ます。

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ます。これは前節の協調タッピングの実験系を、2人の人間の間での歩行運動に拡張した形式になっています。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、片方の人間の部分が仮想ロボットとして計算機上に構成しています。残りの部分は実際の人間として参加します。

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です。言い換えれば、「間」を合わせてくれる歩行ロボットです。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ーに実装されています。これは一種のウェアラブルコンピュータです。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ことになります。

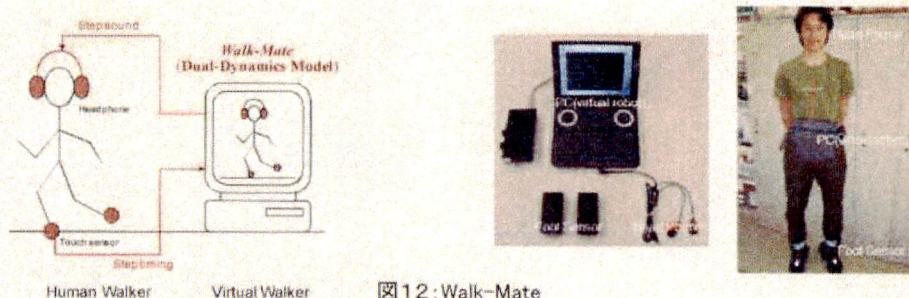


図12: Walk-Mate

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ます。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ます。

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す。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ます。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ります。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ます。これは歩行が安定化されていることを意味します。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ります。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ました。

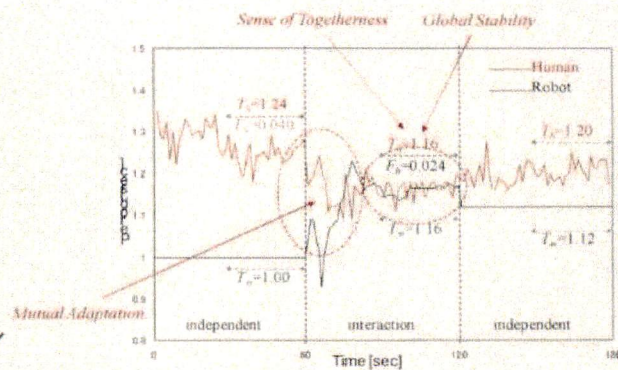


図13: 共創的リハビリテーション

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ます。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ます。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ます。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ます。

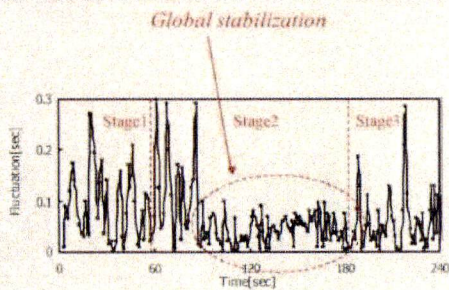


図14: 片麻痺の場合

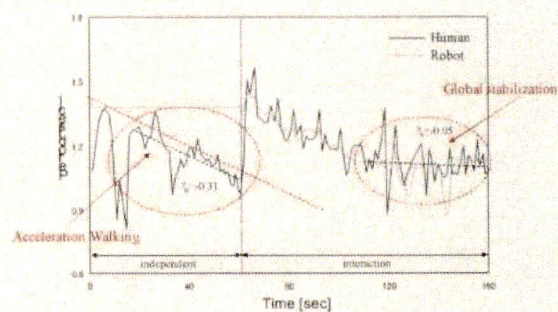


図15: パーキンソン病の場合

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ますので、興味をもたれた方は章末の文献リストを参照してください。

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の方向に向かって開かれているということです。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のです。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ります。これは社会を編成し、相互に協調するための社会的知能の在り方と見なすことも可能でしょう。

もし人間が互いに協調し合うことが可能であるとすれば、この創出される「間」の共有が不可欠になります。この「間」を共有できるからこそ、ひとびとが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す。この構造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ます。

事実、社会システムが弱体化し不安定化する中で、生活の現場から安心や安全を回復するための変革が生じつつあります。その中で、社会的な共創を可能にする新しいシステムが求められているのです。主体と客体を分離することではじめて成立する主客分離型システムの限界に、ひとびとが気づき始めているのでしょうか。そして、このような大きな流れの中で、共創という主客非分離なシステムの在り方が注目を集めています。

確かに現代社会では様々な社会システムが個へと解体しつつあります。そして社会的コミュニケーションが低下しています。この帰結として、社会よりも個を重視する力の論理が優先され、共創よりも競争が蔓延しているのです。ドレイファスも指摘するように、これは社会的な倫理観や信頼感の低下につながり、社会システムの機能不全を生じさせる予兆となるものでしょう。未来としての「間」を共有できない社会は、人を信じられない社会であり、個の力のみを頼る無秩序なシステムになってしまいます。したがって科学の基盤にある主客分離だけでは社会システムの安全性を高めることは困難です。主客分離型のシステムは、基本的に人を信じないシステムであり、その延長上に人々の安心は生まれません。

結局、われわれは、この主客分離システムという立場にとどまる限り裸の個にすぎず、未来を共創することのできない無秩序な集団でしかありません。このような状況の中でこそ、人を信じられることや人と共存できることに基づく社会的安心が求められています。ここに主客非分離システムとしての共創システムの必然性があるのです。

最後になりましたが、共創システムはまだ生まれたばかりの研究領域です。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す。

参考文献

- 1) 清水 博, 久米是志, 三輪敏之, 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* 61, 115-126 (2001)
- 4) 三宅美博, 大西洋平, エルンスト・ベッペル, "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.1, 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>