

# 共創システム

三宅美博

われわれの研究グループの目標は共創システムを構築することにある。この共創システムとは、人間のころに関わる主観的な時間や空間を異なる人々の間で共有することで、リアルタイムのコーディネーションを共創出することを意味している。このような創出的なリアリティを伴う人間のコミュニケーションには2種類のモードの異なる情報処理プロセスが必要とされる。一つはメッセージ交換のような明在的なコミュニケーションであり、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インタラクションである。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を相補的に用いることで、われわれは共創的なマン・マシン・インタフェースやメディアの構築を進めている。われわれは、これらの新しいテクノロジーの実現によって、IT化された社会において喪失されつつある人間のころのつながりや社会的倫理、さらに人間の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。研究会においては上記のような内容について発表する予定である。

## Co-creation System

Yoshihiro Miyake

The purpose of my research group is to realize "Co-creation System." This co-creation means co-emergence of real-time coordination by sharing subjective time and space between different persons. Human communication with emergent reality like this needs two modes of thinking at the same time. One is explicit communication such as the exchange of message and the other is implicit embodied interaction such as sympathy and inseparable direct experience. By using this dual dynamic process in thinking, we are constructing 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 that had lost in IT society. I'll talk about the above theme in the workshop.

### 1. イントロ - 2種類の知能 -

共創システム (Co-creation system) の特徴は、人間のころに関わる主観的な時間や空間が異なる人々の間で共有され、リアルタイムのコーディネーション (Realtime Coordination) が実現されることにある。このような時空間の共創出を伴う人間のコミュニケーション機構を明らかにし、共創的なインタフェースやメディアとして再構成することが本研究の大きい目標である。

まず、共創という在り方を考える上での前提条件から説明を始めよう。われわれは「世界の一部として生きている (Being in a world)」これは、Fig.1 のように、「この限定された世界 (This definite world)」としてわれわれは世界を理解しているが、この世界理解こそが「ある無限定な世界 (An indefinite world)」

の一部分として包摂されているということを意味している。したがって、このような背景においては、ある無限定な世界の一部としてのこの世界を、その内側から如何にして予測できるのかという問いは極めて本質的である。全てはここから考え始めなければならない。

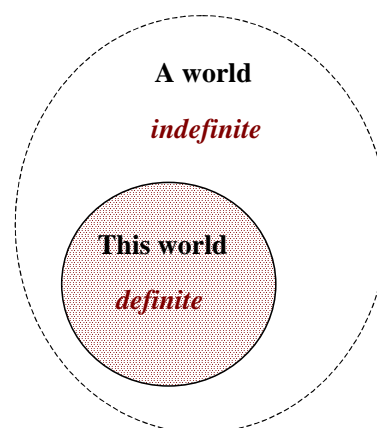


Fig.1 Being in a world

東京工業大学 大学院総合理工学研究科  
Interdisciplinary Graduate School of Science and  
Engineering, Tokyo Institute of Technology

このようなあらかじめ予測できない状況下（Unpredictability）において人間の知能を捉えると、それが大きく2種類に分類できることがわかる。一つは不確定性（Uncertainty）に基づく予測的知能であり、もう一方は無限定性（Indefiniteness）に基づく予測的知能である。前者は限定されたこの世界において定義される確率（Probability）に基づく知能であり、そこでは如何にして確率の最も高い状態を探索するか（あるいは制御するのか）という問いこそが重要になる。一方、後者の場合では無限定な世界を含む世界における現前（Presence）に基づく知能であり、そこでは如何にして適切な現前を創出するのかという問いこそが意味を持つ。

われわれが提案する共創システムは、当然、後者に属する知能であるが、もう少し説明を追加することにしよう。Fig.2 と Fig.3 にそれぞれ2種類の知能についてまとめておく。

まず、「確率に基づく探索（Search based on probability）」という形式の知能は、限定されたこの世界の完結性（Completeness）に基づく知能である。この知能を実現する上では下記の3つの段階が重要である。1）前もって完結した解の集合を定義すること。2）その解を確率によって評価すること。3）最大の確率を有する最適解（Best solution）を探索すること。このような限定された世界の内部における知能によってITシステムは構築されている。

もう一つの知能のカテゴリーは、「現前の創出（Emergence of presence）に基づく知能であり、無限定な世界に対処するための不完結性（Incompleteness）に基づく知能である。このような知能の在り方については、まだ十分に研究が進んではいないが、その実現に際しては下記の3つの段階が重要と考えられる。1）解集合自身が能動的な意味で不完結であること（Active incompleteness）。2）無限定な世界からの影響を受け入れられること（身体性に関わるはたらき（Embodied process）が含まれること）。3）これらの相補的關係から適切な解（Relevant solution）が創出されること。われわれが求めている共創システムはこのような開かれた知能に属する。

ここで、それぞれの知能を前提とした場合に、人間と機械の関係はどのように規定されるかという点について考察しておこう。これは共創システムが必要とされる社会的背景を把握する上で重要と考えられるからである。

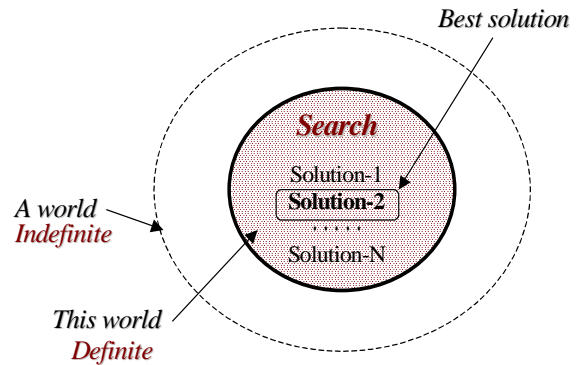


Fig.2 Search based on probability

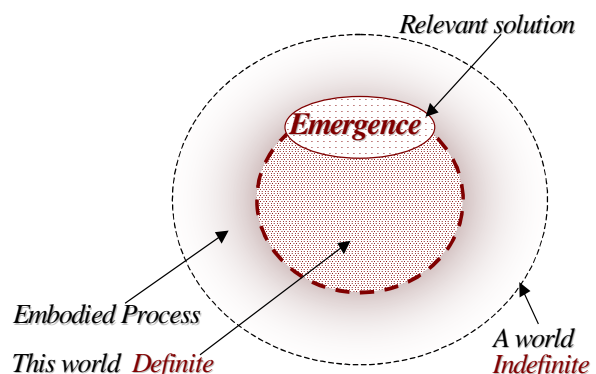


Fig.3 Emergence of presence

探索型の知能の場合には、Fig.4 のように、前もって機械側に多数の機能が準備され、その中から最適な機能が探索され、人間側へ伝達（Transmission）されることになる。このような人間-機械系は、高度に智能化されたITシステムに典型的である。たとえば飛行機のコックピットをイメージすればわかりやすいであろう。ただし、このような知能システムにおいては、機械側の機能集合が肥大化を繰り返し、最終的にはユーザーのみならず設計者さえも把握できない巨大なブラックボックスとしての機械を生み出してしまふ。これと同時に、人間側では受動化が進み、最終的には人間の主体性が排除されてしまふであろう。エアバスにおいて航空機事故が多発した背景には、このような人間と機械における共創的關係の喪失の問題が隠されている。

創出型の知能の場合には、Fig.5 のように、人間と機械が相互に不完結な要素として存在し、その上で身体のはたらきを共有する中で、両者にとっての適切な機能がリアルタイムに創出（Emergence）されることになる。この

ような人間-機械系は、日本の伝統文化に属する領域に特徴的であり、「場」の文化として室町時代末期に集大成されたものである。たとえば竜安寺の石庭を例とすれば、この庭には15個の石が置かれているが、同時にはその全てが見えないように構成されている(能動的な不完結性)。つまり、人間は庭の一部として能動的に移動する中で、身体性を介して自己を含む庭のイメージを共創するのである。竜安寺の石庭に関するこのような解釈は、エドワードホルの「かくれた次元」の中で日本人の空間感覚の例として適切に紹介されている。

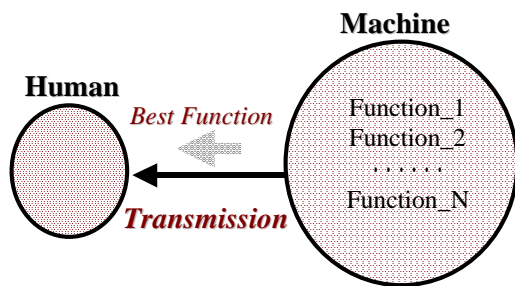


Fig.4 Transmission of function

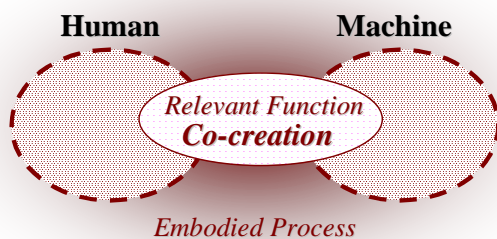


Fig.5 Co-creation of function

類似した傾向が、西洋と日本の自動人形(オートマトン)を比較することでも確認できる。西洋のオートマトンでは、その人形のこころや感情を表現するために目や口に動作機構を伴うものが多い。しかし、日本のオートマトンでは、顔はいっさい変化せず、その人形の置かれる状況から顔の見え方が変化するという創出的方法が取られる。たとえば末松が指摘するように、田中久重作の弓射り童子では、人形が弓を射るのに成功すると、その表情は喜んでいるように見え、失敗すると悲しんでいるように見えるのである。このことは人形のこころや感情

は、それを操作している人間との関係の中で創出されるべきであるという、共創に基づく設計思想が明確に示されている。

このように日本の伝統文化は、知を共創的に捉える傾向が強く、それを現代のITシステムの抱える諸問題を克服する上で活用することは極めて有効であろう。たとえばIT化された社会において喪失されつつある人間のこころのつながりや社会的倫理、さらに人間の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。そして、このような創出的な知能を共創システムとして、新しい情報化システムとして再構成することを目指しているのである。ただし、それは過去の文化への回帰ではなく、新たな技術への新生でなければならない。そのために次節において、共創システムの構築へ向けてのいくつかの仮説を提案することになる。

## 2. 共創システムへの仮説

ここでは共創システムの構築へ向けて、共創という在り方の背景にある、自己という知能の構造とその自己表現の方法論についての仮説を提案する。その結果として、共創システムとしての人間-機械系の設計原理が示唆されることになる。

まず、最初の仮説は「自己の二重性(Duality of self)」である(仮説1)。限定されたこの世界(This definite world)と無限定なある世界(An indefinite world)の関係については前節で説明したが、ここではそれらが二重化された自己と対応すると考える。自己は、明在的な自己(Explicit self)とそれを包摂する暗在的な自己(Implicit self)から構成されることになる。Fig.6に示すように、明在的自己は局在化された自己であり、この限定された世界に対応している。これは意識化される自己であり、主体と客体の分離が実現される世界である。一方、暗在的自己は遍在化された自己であり、無限定なある世界に対応している。これは身体化されている自己であり、主体と客体为非分離な関係となるシームレスな世界にある。これら2つの自己は相補的關係(Complimentarity)にあり、その間での相互拘束プロセス(Mutual constraint)を経て両者の境界(相即的關係)が創出されると考える。このような過程こそが自己の創出という在り方であり、共創的な知能



を実現する上で最も重要な背景になっていると考えられる。

つづいて、第二の仮説は「自己の自己表現 (Self-representation of self)」である (仮説 2)。自己の二重性という仮説に立脚するとき、この創出的自己という在り方をどのように表現すべきかという問題が必然的に生じるからである。創出的自己を Fig.6 に見られる表現のように、自己の明在的な領域に留めるのであれば、それは結果的に反省的な表現 (Reflective representation) でありそれは創出ではない。したがって、自己の創出プロセスそのものを表現するためには、その表現自体が自己表現でなければならないのである。表現が自己表現であることは、表現自体も二重化される必要があるということになる。これは Fig.7 に示すように、自己表現の二重性として捉えられる。ここでは、明在的表現 (Explicit representation) と暗在的表現 (Implicit representation) の二重化された表現の相補的関係としての相互拘束プロセスを介して自己創出を創出的に表現することが提案されている。これが第二の仮説である。

明在的表現とは、明在的自己、つまり意識化された限定された世界において主客分離的に自己の二重性を表現することである。暗在的表現とは、暗在的自己、つまり身体化される無限定な世界において主客非分離的に表現することである。もう少し具体的に説明すれば、下記のようになるだろう。つまり、明在的自己において捉えられた自己の二重性のモデルを、暗在的自己としての身体性の領域に埋め込むのである。そして、その結果として創出される明在的自己を経験することになる。このようなサイクルこそが、創出的サイクルとしての自己表現サイクル (Self-representation cycle) である。これは人間-機械系の問題として捉えれば、設計プロセスと使用プロセスは分離できないということに対応するであろう。

最後に三番目の仮説として、自己の二重性の明在的表現の具体的表現に関する仮説が必要である (仮説 3)。つまり、自己の二重性に関するモデルにおいて、明在的自己の明在的表現と暗在的自己の明在的表現についての形式を定める必要がある。

このとき問題になるのは、暗在的自己の明在的表現である。それは、従来より明在的自己の明在的表現が広く研究され、暗在的自己については十分な研究がなされていないからである。特に、無限定性および主客非分離性の具体的表

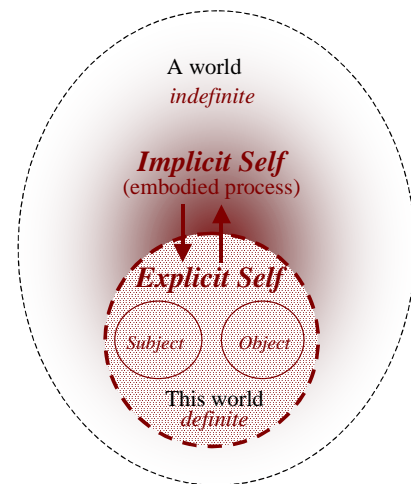


Fig.6 Duality of self

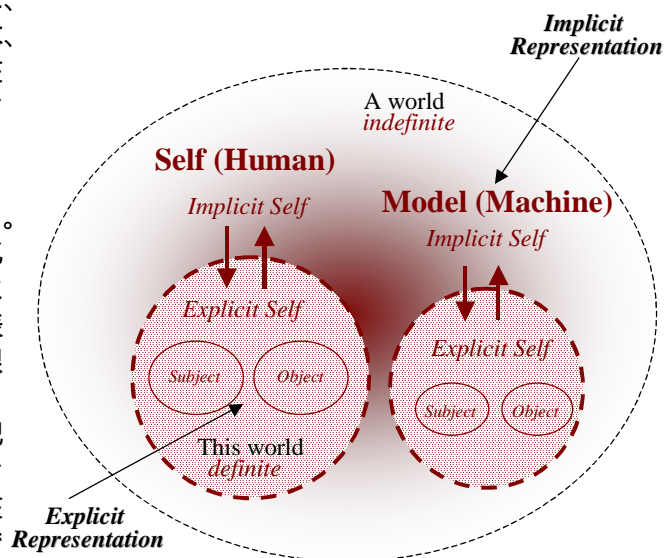


Fig.7 Self-representation of self

現を構成する必要がある。本研究では、無限定性は開放系 (Open system) として、主客非分離性は同時的関係性 (Simultaneity) として明在的に表現する。具体的には、身体運動の相互引き込み (Mutual entrainment) を、暗在的自己の明在的表現として用いることとする。既にコンドンらによって、母親の声と新生児の身体運動間での引き込みの報告があるばかりでなく、成人の対面コミュニケーションにおいても同様の身体運動の同期現象が報告されているからである。これらは暗在的自己の明在的表現の一例でしかないが、時間的コヒーレンス (Temporal coherence) の生成として暗在的自己を表現するという仮説は広い妥当性があるように思われる。一方、明在的自己の明在的

表現としては、限定性および主客分離性の表現が必要である。本研究では、限定性は閉鎖系（Closed system）として、主客分離性は因果的関係性（Causality）として表現することになる。

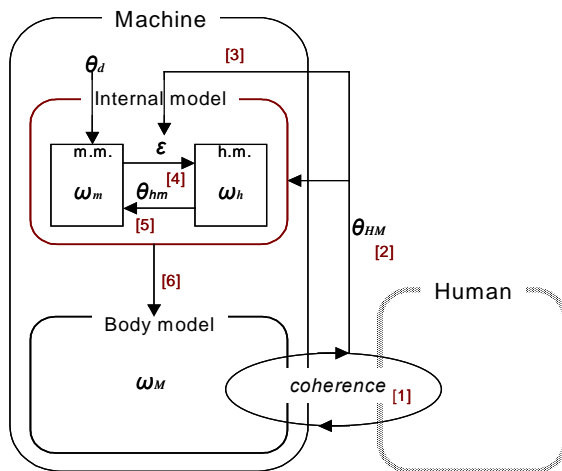


Fig.8 Duality model

これらの仮説より、われわれは自己創出のための明在的モデルを提案してきた。それは Fig.8 に示すような、「二重性モデル（Duality model）」であり、明在的自己に対応する内部モデル（Internal model）および暗在的自己に対応する身体モデル（Body model）の2つのサブモデルから構成され、さらに、それらの相互拘束を介して自己創出プロセスを構成するモデルである。特に、内部モデルとしては非線形振動子の結合系が自律系として構成され用いられている。非線形振動子とは引き込みを介して時間的コヒーレンスを生成する数学的表現である。一方、身体モデルは非線形振動子の非自律系として構成されており、無限定な世界に埋め込まれることが可能な形式になっている。このモデルの詳細については既に報告した別文献を参照して頂きたい。

### 3．共創インタフェースとしての表現

前節の仮説1と3に基づいて、共創を実現するための二重性モデルが構成された。これは自己の二重性の明在的表現に対応するモデルである。しかし、仮説2に基づけば、その表現自体が自己の二重性において表現される必要がある。そこで本節では、明在的表現としての二

重性モデルを暗在的自己（身体性）の領域において表現することになる。これによって自己表現サイクルとしての創出的な表現が可能になるからである。

このように自己の暗在的領域に二重性モデルを埋め込む際には、自己の身体との関係において具体的な状況を想定する必要がある。ここでは歩行リハビリテーションという身体運動の共創プロセスを一例として構成することを試みる。特に、人間が2人で並んで歩く状況を想定することになる。それは介助者と被介助者が寄り添いつつ一緒に歩行する状況が、歩行リハビリにおいて広く用いられているからである。誰にでも経験があると思うが、並んで歩いていると自然と歩調が揃うことがあり、そのような身体運動の引き込み現象は、前節の二重性モデルを適用する上で有効な性質であるとも考えられる。

具体的には Fig.9 のようなインタフェースを構成し、自己の自己表現としての表現を実現している。モデルは計算機の中に実装され仮想空間の歩行ロボットとして構成されている。このときに自己としての人間とその表現としてのロボットの間で足音を交換する。そして、歩行リズムのコヒーレンス生成を実現し、二重性モデルを暗在的自己の領域に埋め込むのである。ロボットの足音はヘッドフォンを介して人間側へ転送され、人間側の足の接地は接触センサーを用いてロボット側へ転送されている。これによって自己の暗在的領域を介する自己表現としての表現が可能になり、自己創出プロセスを実現できる可能性が生じるのである。このようなシステムは共創型の歩行介助ロボットと見なすことができるため「Walk-Mate」とわれわれは呼んでいる。

このような自己表現サイクルにおける共創プロセスの一例を Fig.10 に示す。これは片方の脚に 12kg の重りを装着し、擬似的に歩行障害を構成し、歩行リハビリとしての共創プロセスの計測と解析を行なったものである。この図は縦軸が歩行リズムの周期を表し、横軸が実験時間を表している。ここで注目すべき点は3つある。第一は、相互作用の開始直後に観察される相互適応プロセス（Mutual adaptation）である。ここでは人間側とロボット側が相互に歩み寄り形で歩行リズムの同調が実現されている。これは共創プロセスとして新しい歩行運動が創出されていることを示唆している。第二は、このような共創プロセスの結果として、人間側

とロボット側の両方が一体化した歩行運動の安定化 (Global stability) が実現されたことである。人間側の歩行リズムの周期ゆらぎに注目すれば、相互作用のもとでゆらぎが大幅に減少して不安定な歩行が安定化されていることがわかる。第三は、このような一体化した歩行運動において、主観的にも一体感 (Sense of unity) が感じられることである。このことは歩行という見かけ上の運動変化に留まらず自己の暗在的領域を介して共創が実現されていることを示唆するものである。

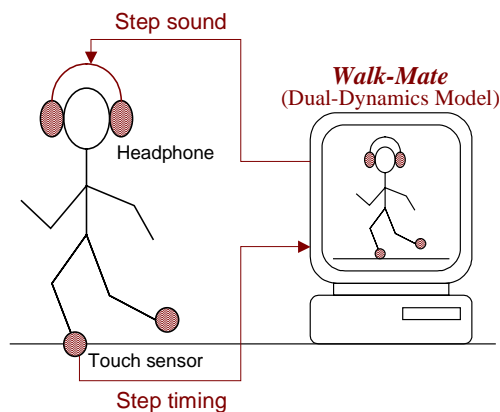


Fig.9 Walk-Mate

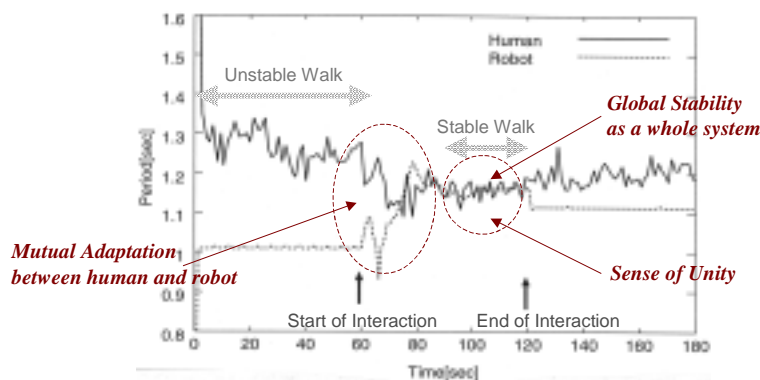


Fig.10 Co-creative walking

このような共創プロセスの歩行介助への有効性は、高齢障害者において実際に調査を進めている。特に、片側性の歩行障害における歩行の安定化や歩容の対称性の改善などに有効性が確認された。また、パーキンソン病のように脳神経系の障害に起因する加速歩行の安定化も実現できている。これらの結果の詳細は既に報告した別論文を参照してほしい。また、共創プロセスにおける、相互拘束過程とその関係を

詳細に解析した結果も得られている。そこでは脚の運動だけではなく腕の運動も計測されたのであるが、二重課題法によって腕の運動は明在的自己をより強く反映し、脚の運動は暗在的自己をより強く反映することが示された。その上で、両部位の運動の時間発展を解析することで、自己の二重性に基づく相互拘束プロセスとその共有に基づく自己創出の共有としての共創プロセスが明らかにされている。

#### 4. コミュニケーションにおける共創へ

高度に情報化された社会においては人間相互の信頼関係を構築する上で多くの困難が生じている。その中でも特に大きい問題はインターネットをはじめとする情報ネットワークにおける過剰なまでの情報の明在化であろう。自己の二重性に基づけば、過剰な明在化に起因する暗在的情報の喪失は自己創出の喪失であり、コミュニケーションの喪失をも意味する。米国におけるインターネットを介した遠隔教育の失敗という事態を見るまでもなく、情報ネットワークを介する自己創出プロセスの共有は大きい問題領域であろう。このような深刻な事態に対して共創システムの立場からその克服をめざすことが本研究の将来的な展望である。

#### 参考文献

- 1) 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)
- 2) 武藤剛, 三宅美博, "歩行介助を目的とする人間-ロボット協調系における共創出過程の解析," 計測自動制御学会論文集, Vol. 38 No. 3, pp. 316-323 (2002)
- 3) 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 (in press)
- 4) Miyake, Y. & Miyagawa, T., "Internal observation and co-generative interface," Proc. of 1999 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC'99), Tokyo, Japan, pp. I-229-I-237 (1999)
- 5) 三宅美博, "「生命」における設計," 現代思想, vol. 25, no. 6, pp. 301-317 (1997)
- 6) 三宅美博, 場と共創 (分担: "コミュニケーションと共生成" 第4章 pp. 339-397), NTT 出版, 東京 (2000)
- 7) エドワード・ホール, かくれた次元, みすず書房, 東京 (1970)
- 8) 末松, <http://www.suelab.nuem.nagoya-u.ac.jp/>