

2008 年度研究プロジェクト「認識と運動における主体性の数理脳科学」
Research Project: Mathematical Brain Science of Subjectivity in Cognition
and Motion

実施期間： 2006～2008 年度（第 3 年次）

Term of the Project: 2006-2008 fiscal years (3rd year)

研究代表者： 沢田 康次 国際高等研究所フェロー・特別委員／東北大学名誉教授
東北工業大学学長・理事

Project Leader: Dr. Yasuji SAWADA, IIAS Fellow; Project Representative on the IIAS Planning
Board; Professor Emeritus of Tohoku University;
President, Tohoku Institute of Technology

研究目的要旨：

脳の数理的研究、脳型計算理論の研究はその先駆的な研究がはじまってからかなりの時間が経過した。この分野ではこれまでに個々の目覚しい成果があるが、神経細胞群のミクロなダイナミックスと動物個体のマクロダイナミクスを結び付ける手法を開拓し、現代的な実験データを参考にして心の発現を数理的に理解できるフレームワークを構築する必要がある。本研究は、これまであまり明示的に行われてこなかった「脳機能としての認識と運動における主体性の解明」を研究課題として、その実証可能な数理的研究の可能性を追及する。

研究目的：

脳の数理的研究、脳型計算理論の研究はその先駆的な研究がはじまってからかなりの時間が経過した。この分野ではこれまでに、個々の目覚しい成果があるが、今後の更なる発展のために、これまであまり明示的に行われてこなかった表題を切り口として、実証可能な数理的研究の可能性を追及したいと考える。数理科学を研究手法としては、「脳機能としてのこころの数理科学」の現状と可能性をできるだけ明確にしたいと考える。

脳は生物の進化の過程で、動物と植物に分岐した最初の動物である腔腸動物ヒドロでは既に散在神経系を持っており、プラナリアでは集中神経系を持っている。このように脳が動物としては必要不可欠であるのは、進化の初期には動物が運動する餌を捕獲することと、危険物から素早く避難することが生存に必要であり、このための装置として発達したものと考えることができる。つまり、感覚運動系が脳の主目的であった。進化が進み脳は感情や言語など他の機能を持つにいたり、「こころ」は極めて内容の豊富な複合現象を意味するようになり自然科学の対象から遠のいていた。しかし実験手法の目覚しい進歩により脳内の神経活動がほぼリアルタイムで計測できることが可能になり、この問題に対する科学的アプローチの期待が高まっている。

したがって、高等動物は動物全体の歴史の中で短時間しか存在していないことを考えると、先ず言語をもたない動物でも一般に存在する感覚運動系の一般的特徴を数理的に明らかにすることが必要である。その事実から、ヒトが長年観察して作り上げ言語化された「主体性」「自己」のような概念が「こころ」を説明するのに必要な基本となっている可能性を明らかにしなければならない。

「自己 (self)」は他者との対立概念であるから、「自己」の科学的研究とは主体と他者との間に如何なる相互作用があれば観測者である主体が自己の存在に納得するかを明らかにすることである。主体が他者を観測するだけでは対象と関係を持つことは出来ない。関係は、他者に働きかけその反応を知って

生じるものである。そのためには、主体が他者と関係を持つのに必要な感覚—運動系の脳機能を数理科学的に表現し、その相互作用を主体自身が観測して「自己」の存在を納得できる普遍的で明白な科学的根拠を与えることであると考える。

自己と他者との相互関係をいうとき、動物と無機的自然現象の間、捕食者と被食者の場合には対等ではない相互作用であるが、一方、対等な主体者間の相互作用はコミュニケーションという言葉が使われている。社会性動物のコミュニケーションにはこの対称性を破壊して役割分担をする場合もあるが、ヒトとヒトの理想的なコミュニケーションは対等な関係が期待されている。非対称的な関係において獲得してきた「自己」の概念は、理想的コミュニケーションにおいてはどのように修正されるのかを数理的に明らかにすることもこの研究の重要なテーマである。

要約すればこの研究会では以下の項目を明らかにすることを目的とする。

- 1) 自己は数理的にいかに表現できるか?
- 2) 対等な自己の間のコミュニケーションは単純な自己からどのような修正を受けるか?

Objectives:

Many brilliant works on the function of neural networks have been produced in the field of mathematical brain science and computational brain science. In addition a new research step may be due which connects the function of microscopic neural network and macroscopic behavior of individuals including mind, with help of vast amount of experimental data of recent imaging technology. This research project intends to construct a theoretical framework of studying subjective behavior of cognition and motion as a brain function.

前年度までの研究の概要 :

2006 年度

- 第一回 : 2006 年 8 月 9 日(水)—10 日(木)
第二回 : 2007 年 3 月 23 日(金)—24 日(土)

2007 年度

- 第三回 : 2007 年 9 月 22 日(土)
第四回 : 2008 年 3 月 27 日(木)

第一回研究会、第二回研究会

本プロジェクト参加者のメンバーによる研究発表を行って、参加者の本テーマに関するこれまでの研究内容の紹介と討論を行った。本プロジェクトのメンバーは、イメージング技術による実験研究者、認知心理学的手法による実験研究者、数理工学者、物理学者、哲学者からなり研究会においての意見交換は興味深いものであった。第二回目からは、各講演の間の議論に有機性が出てきて興味深く且つクリエイティブであった。

第三回研究会

2007 年度第 1 回目の研究会は「主体性」にとどめて重要な時間認識とその脳内表現について集中的に議論した。脳内では空間情報処理のために時間順序の認識についてバグが出るという見解を初め、本研究会の主題にとどめて有意義な議論があり、今後の議論に続けたい。発展が期待される。

プログラム

- 「脳内の時間順序認識と脳内座標」 北澤茂氏 (順天堂大医学部)
「オブジェクト認識における時間」 斎木潤氏 (京大人間・環境学研究科)
「速度認識と時間認識」 沢田康次 (東北工大)
「脳内の時間表現」 深井朋樹氏 (理化学研究所脳科学研究所)

第四回研究会

2007 年度第 2 回目の研究会は、甘利俊一氏が理化学センター脳科学研究センター長を退任される機に、理研における数理脳科学の現状とその将来についての紹介してもらい、それを中心には脳内の情報処理方式、記憶コーディング、運動と思考、自己などについての数理脳科学の可能性について討論し、本研究の将来に対して有益な種々の示唆を得ることができた。

Achievement:

Research Meetings

We had so far four meetings on our project, “Mathematical Brain Science of Subjectivity in Cognition and Motion”

Dates:

First meeting, August 9th-10th, 2006

Second meeting, March 23th-24th, 2007

Third meeting, September 22th, 2007

Fourth meeting, March 27th, 2008

Location :

International Institute for Advanced Studies

Technical Program:

In the first and second meeting, more than half of the members of the research project presented a paper concerning of their own research related to the title of the project. The discussion in the meeting was fruitful because the members are composed of brain scientists using imaging and psycho-physical experiments, mathematical engineering, physicists and philosophers.

In the 3rd meeting, three researchers gave invited talks on the time recognition and time-representation in brain. This subject is important for understanding subjectivity.

In the 4th meeting, Amari gave us a review talk on the present mathematical brain science in The Brain Science Research Center of RIKEN, as a memorial talk on the occasion of his retiring. We discussed several possible subjects in which mathematical science plays important roles in the brain science.

キーワード: 主体性、数理脳科学

Key Word: Subjectivity, Temporal recognition, Inversion of Causality, Mathematical brain science

研究計画・方法:

代表者の実験研究としては、ここまでターゲットが人と独立に運動し、被験者の運動によっては影響を受けない場合であったが、2008 年度の研究では、ターゲットが被験者と同じヒトの場合を考え、両者が互いに相互作用し合って相手を tracking する動的適応性（コミュニケーション特性）を計測する。予測可能な独立運動するターゲットを tracking する場合にはヒトは anticipatory に先行することによって、動的適応性を最適化していることを明らかにしたが、ヒト同士の場合は両者共が相手を同時に先行することはできない。相互追従の場合は動的適応（コミュニケーション）が最適化されるのはどんな条件が必要かを解明し、社会性動物の生存にとって極めて重要である他者との協調的適応性の本質を明らかにするために、ヒト同士の動的適応性の実験的解明をおこなう。また、コミュニケーション成立の場合の脳内表現を理論的に解明するため、先行制御モデルを必要に応じて修正し、数値解析及び非線形解析によりヒトの他者との適応性における先行制御の役割を明らかにする。

また研究会では、参加の数理的脳研究、脳型計算理論の研究者、哲学者とともに、最新の脳研究のデ

ータをベースとし、引き続き「自己」「主体性」の概念の数理科学化の可能性を追及する。

研究会開催予定：

2008年9月 第五回研究会 於：国際高等研究所

2009年3月 第六回研究会 於：国際高等研究所

参加研究者リスト： 20名（◎研究代表者）

氏 名	職 名 等
◎沢田 康次	国際高等研究所フェロー・特別委員／東北工業大学長・理事／東北大学名誉教授
甘利 俊一	独立行政法人理化学研究所脳科学研究センター特別顧問
池上 高志	東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系准教授
乾 敏郎	京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻認知情報論分野教授
大森 隆司	玉川大学工学部機会情報システム学科教授
岡田 真人	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
岡ノ谷 一夫	独立行政法人理化学研究所脳科学総合研究センター生物言語研究チーム チームリーダー
金森 順次郎	国際高等研究所長
津田 一郎	北海道大学電子科学研究所電子情報処理部門教授
野家 啓一	東北大学副学長・大学院文学研究科文化科学専攻教授
信原 幸弘	東京大学大学院総合文化研究科准教授
藤村 靖	国際高等研究所フェロー／オハイオ州立大学名誉教授
星 元紀	国際高等研究所フェロー／放送大学教養学部教授／東京工業大学名誉教授
本田 学	国立精神・神経センター神経研究所疾病研究第7部長
三崎 将也	独立行政法人情報通信研究機構未来ICT研究センター特別研究員
宮内 哲	独立行政法人情報通信研究機構未来ICT研究センター研究マネージャー
飯塚 博幸	大阪大学大学院情報科学研究科助教
西田 真也	日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所 人間情報部感覚運動研究グループ主幹研究員
三宅 美博	東京工業大学大学院総合理工学研究科准教授
宮崎 真	早稲田大学高等研究所助教

話題提供者リスト： 4名

氏 名	職 名 等
下條 信輔	カリフォルニア工科大学教授
西田 真也	日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所 人間情報部感覚運動研究グループ主幹研究員
三宅 美博	東京工業大学大学院総合理工学研究科准教授
Dr. Eva Ruhnau	Director of the Human Science Center, University of Munich

研究会開催実績：

第1回： 2008年10月7日 (於：高等研)

第2回： 2009年3月11日 (於：高等研)

研究実績の概要：

第5回の研究会はキーワーズ；「脳内時間」「時間順序認識」「因果律認識と自由意思」「錯覚」などとして、関連する研究結果について定量的に議論できるところで特徴を出すことを目指した。

研究発表は4件、総合討論1件；

- インター個人的な時間感覚の共有について（三宅）
- 錯覚と時間について（沢田）
- マルチモーダル刺激実験における時間順序認識の限界（西田）
- 脳内時間と意識について（本田）
- Libet：意識を伴うアウェアネスの遅延と自由意思の存在（全員）

第6回研究会は以下の3点に問題意識を持ち、討論のフォーカスを目指した。

- 1) 脳内時間と物理時間の違いに原因をもつ錯覚を含む諸現象
- 2) 脳内情報処理速度の環境依存性に関する直接的実験結果
- 3) 主観・主体の客觀性・相対性

研究発表は3件；

- 「時間、意識、自由意思」（下條）
- 「主観と客觀のあいだ」（野家）
- 「Complementarity of Discrete and Continuous Time -A Frame to Unify Subjectivity and Objectivity」（Ruhnau）

代表者の発表学術論文

- 高齢運転者のカーブ走行時運転挙動特性について—ドライビングシミュレーターによる走行実験分析—高
地康弘、村岡一信、沢田康次、太田博雄、人間工学 **44**(2008), No. 3, 165–170
- 予測と行為—主体的行為はいかにして可能か—、沢田康次、石田文彦、計測と制御 **48** (2009), 60–65

Whole Achievement:

I. Achievement of 2008 fiscal year;

- I-1) The keywords of 5th research meeting was set as brain time, temporal order recognition, causality recognition and free will, illusion to focus the discussion.

The reports in the meeting were

- Sharing an interpersonal brain time(Miyake)
- Illusion and brain time(Sawada)
- Temporal order recognition for multimodal stimuli(Nishida)
- Brain time and consciousness

- I-2) The key topics of 6th research meeting was set as follows to focus the discussion;

- 1) Some illusion arising from multiple times in brain.
- 2) Some experimental evidence of the dependence of the information processing speed on the environment.
- 3) Objectivity and relativity of Subjectivity

The reports in the meeting were ;

- Time, Consciousness and Free will(Shimojo)
- Subjectivity and Objectivity and in between(Noye)
- 「Complementarity of Discrete and Continuous Time -A Frame to Unify Subjectivity and Objectivity」（Ruhnau）

Meeting in the 1st year was mainly concentrated on the self-introductory reports on the research related to this project of the member. We tried to look for the research subject of common interest between the members in the 2nd year.

Finally in the 3rd year we could more deeply dig into the problem of BRAIN TIME and consecutive illusive phenomena. We hope this subject will find its development and fruitful results for the theme of the the project research I proposed.

研究成果報告書： 2010年 3月発行予定

担当： 金森所長