

視覚系におけるニューロインフォマティクスに関する研究

研究管理統括者：白井 支朗（豊橋技術科学大学情報工学系）

I 試験研究の全体計画

1. 研究の趣旨

感覚・知覚・認知や記憶・情動等、脳の複雑かつ精緻な機能は、21世紀に残されたフロンティアとしてその解明が期待されており、今日では脳神経科学に関する研究成果が爆発的に増大している。その一方で、研究対象や内容の専門・細分化が極度に進み、脳神経系の全体としての機能を統合的に捉えることが著しく困難になっているという相矛盾した状況が生じている。すなわち、日夜生み出されつつある脳神経系に関する知見は、個々の研究者がその全体を把握、理解できる許容量をはるかに超えるものであり、例えば、実験系の研究者と理論系の研究者との間では用いられる言葉も手法も違うため、理解内容に大きなギャップが生じている。

こうした問題点を解決し、今後脳科学を飛躍的に発展させるためには、情報の解析・処理・伝達・蓄積・統合・保存・利用等に関する情報科学技術の導入が不可欠である。特に、分子生物学、生物物理学、神経生理学、解剖学など、脳神経系に関する個別の知見を記述・統合した数理モデルは、システムとしての脳機能・メカニズムを考え・理解する上で欠かすことのできない仮説の検証を強力に支援する思考のプラットフォームとして、また膨大な知見のデータベースとして、今後の脳神経科学における研究手法の中心的役割を担うものと期待される。本プロジェクトが展開しようとするニューロインフォマティクスとは、そうした研究に関連するデータベース、データ解析手法とそれらを統合した支援環境を構築し、その環境の上で数理モデルを構築するための研究を推進し、脳神経系の理解・解明を進めるための新しい研究パラダイムである。すなわち、従来の各分野の研究を縦糸とすれば、ニューロインフォマティクスはそれらの研究を結び付ける横糸であり、実験的手法と数理・情報科学的手法を融合したアプローチによる21世紀に向けた新しい脳神経科学の研究基盤である。

2. 研究の内容及び目標

本プロジェクトでは、脳神経系のなかでも比較的知見の豊富な視覚神経系を具体的対象として上述のニューロインフォマティクスに関する研究を推進する。本プロジェクトの目標は、第1に視覚系の各レベル（単一神経細胞、網膜神経回路、視覚野）を対象とした数理モデルを構築するこ

と、第2に脳神経科学的問題を情報科学的な手法を有効に利用して解決するために、実験データ解析手法やデータベースなどのニューロインフォマティクス資源、またそれらを統合したニューロインフォマティクス研究支援環境 Visiome Platform を構築すること、第3にこうした資産を基盤として「眼を創る」、すなわち、現在のセンサー技術には無い、新しい情報処理原理に基づいた脳型視覚機能デバイスを実現することである。第1の目標である数理モデルの構築は、基礎となる実験データの取得、データの解析、モデル化、シミュレーション、モデルの検証というプロセスから成る。こうしたそれぞれのプロセスはニューロインフォマティクス研究支援環境により加速化され、また、それぞれのモデル研究から得られた成果がモデルデータベースに登録されることで、より一層の研究支援環境の充実を図ることができ、研究を再び加速することができる。また、こうした知見の加速度的増大は視覚機能デバイスの開発に対しても、より豊富な情報を与えることになり、開発プロセスの促進にもつながる。本プロジェクトは、こうした実験的、理論的、技術開発的研究などを相互促進的に推進するためのニューロインフォマティクス研究基盤を築き上げることが目標である。

1. 神経細胞の数理的再構成モデル構築に関する研究

脳神経系の機能単位である単一神経細胞について、その細胞内、細胞間の情報処理機構を数理モデルとして記述する。4つのチームは次のように役割を分担する。1.(1)は神経細胞・神経回路の形態形成・回路形成に関わる細胞内シグナル伝達過程の空間特性の解析とそのモデル化、1.(2)は細胞応答の調節・可塑性に関わる分子機構のモデル化、1.(3)は神経細胞の情報統合に関わるシナプス統合過程のモデル化、1.(4)は培養中枢神経回路網の振舞いを解析して、スパースな神経回路におけるダイナミクスと単一神経細胞の特性をモデル化する。これらの研究は互いに協力して分子レベルの過程から単一神経細胞レベルの特性までを統合した単一神経細胞の数理モデルを「仮想細胞」として1.(3)がとりまとめる。得られた数理モデルはrealisticな神経細胞の振る舞いを、空間的には分子レベルから単純な回路レベルまで、時間的にはサブミリ秒から年レベルまでを再現することができ、2、3の数理モデルの最小機能単位として位置付けられる。

(1) 単一細胞内シグナリングの空間特性の解析とモデルに関する研究（名古屋大学・医学部）

神経細胞内の情報処理（シグナリング）の空間的分業のメカニズムを解明するためのモデル系の確立を目指す。こ

れまでに、伸展依存性形態応答において、刺激の空間情報（大きさや方向）が形態に変換される過程の主要なシグナル伝達系が明らかになってきており、これを元に初步的モデルをつくとともに、解析とモデルの詳細化を行い、1.(2)、1.(3)の協力を得て、刺激感知から形態応答に至る過程を再現する数理モデルを構築する。

(2) 神経細胞の物理化学反応数理モデルに関する研究（富士ゼロックス㈱中央研究所）

細胞応答の調節・可塑性に関わる神経細胞内および神経細胞間における信号処理の本質の抽出を目標として、神経細胞を分子機械と捉え、細胞の形態を考慮した分子レベルの物理化学反応モデルを構築する。

(3) 神経細胞のシナプス統合過程に関する研究（東京薬科大学生命科学部）

神経細胞におけるミリ秒時間領域での高速の情報統合の基本的計算原理をモデル化するために、樹状突起と細胞体を含む単一神経細胞全体の時空間応答を高速イメージング手法を用いて実験的に解析するとともに、本グループの研究成果を統合した数理モデルを「仮想細胞」として再構成する。

(4) 培養神経細胞による神経回路の数理解析（拓殖大学工学部）

少数の神経細胞から成る神経回路が示すダイナミクスの細胞レベルでの解明を達成目標として、神経細胞を微小電極アレイ上に培養した神経回路とそのデータを基にした数理モデルである人工神経回路を実現する。

2. 細胞生理に基づく仮想網膜の実現に関する研究

1.で得られた単一神経細胞レベルの特性から神経回路としての機能が発現される神経機構の解明を目指し、神経研究の宝庫である網膜を具体的対象に神経生理実験データに基づいた網膜神経回路の数理モデルの構築を行う。2.(1)では、イオンチャネル、シナプス部の特性について、網膜介在ニューロンであるアマクリン細胞を用いて解析する。2.(2)では、2次元に広がる神経節細胞層で観察される同期的・周期的発火パターンに関与する細胞間神経機構を剥離網膜標本と網膜スライス標本を用いて解析する。この神経機構にはアマクリン細胞の活動と神経節細胞における符号化機構が密接に関連していると予想される。2.(3)では、生理学的知見に基づいた網膜神経細胞モデル、網膜神経回路モデルを構築し、モデル研究、および実験的検証を実施するための基盤を構築する。各研究で得られた成果は相互促進的に働くのみならず、最終的にはこれら全ての知見が統一性のある「仮想網膜」として記述される。すなわち、視細胞における光エネルギー変換機構から網膜出力細胞である神経節細胞におけるインパルス列への符号化機構に至る網膜神経回路情報処理機構に関する数理モデルへと統合する。

(1) 網膜細胞のイオンチャネルとシナプス機構に関する研

究（星城大学リハビリテーション学部）

網膜内情報処理の神経機序の解明を達成目標として、網膜スライス標本に対するパッチクランプ法により、アマクリン細胞がもつイオンチャネル、および、アマクリン細胞—アマクリン細胞、アマクリン細胞—双極細胞間のシナプス特性を解析して光応答の発生機構を明らかにし、その数理モデルを構築する。

(2) 視覚系における並列情報処理とコーディングに関する研究（東京大学大学院人文社会系研究科）

網膜神経節細胞集合における同期的発火と周期的発火がどのような神経回路によって生じているのかを明らかにすると共に、この様なスパイク発火が視覚中枢でどのように利用され、かつ、逃避行動に反映されるのかを神経情報科学的に解析し、その数理モデルを構築する。

(3) 網膜神経回路の数理モデルに関する研究（愛知県立大学情報科学部）

網膜神経回路における視覚情報の受容、処理、伝達、符号化の具体的メカニズムの解明を達成目標として、これまでの網膜に関する豊富な神経科学的知見に基づいた網膜内神経細胞、情報伝達機構、回路構造の数理モデル化を行うと共に、本プロジェクトで得られた知見を統合し、統合数理モデルとしての「仮想網膜」を実現する。

3. システム・計算論的アプローチによる視覚機能に関する研究

視覚野における情報の流れは、大まかには網膜情報を受け取る視覚野の入り口である第一次視覚野に始まり、物体の識別に関する情報処理（形態視）を担っている下部側頭葉皮質に向かう経路と、運動や位置の識別（空間視）を担う頭頂小葉皮質に向かう二種類の経路が存在する。その後、これらの情報は連合野で統合され、最終的に視覚認知が形成される。本グループでは視覚野を構成する主要な経路における情報処理機構を対象とする。3.(1)では第一次視覚野の特徴である機能地図の自己組織化に関する数理モデルを構築する。3.(2)および3.(3)では視覚パターン認知において重要な役割を担う体制化、対象識別において重要な役割を担う色覚に関する計算論に基づく数理モデルを構築する。3.(5)では運動視による空間認識に関する数理モデルを構築するとともに、3.(11)と協力し、その情報表現を生理実験により検証する。高次機能が関与する視覚認知機能に関しては、神経生理学的な手法（3.(4)：連合野を含む複数領野からの神経活動の記録及びその解析手法の確立、3.(10)：一次視覚野における広域情報の統合機構の解明）、心理物理学及び計算論的研究を融合した手法（3.(6)：高次視覚認知機能モデル）、システム解析の手法（3.(9)：立体視の脳内機構）および、神経回路モデルを仲介とする合成的手法（3.(8)：文字や図形パターンの認識機構、特にボトムアップ信号とトップダウン信号の相互作用機構の解明）によりアプローチする。さらに、こうした脳の高次視

覚機能は、神経活動パターンに基づき最終的にはクオリアとして知覚されることから、3.(7)においてクオリア発現に関する理論的・実験的研究を進める。

(1) 視覚野機能地図の自己組織化の数理モデルに関する研究（日本電気(株)基礎研究所）

視覚野ネットワークの形成機序の解明を達成目標として、発達脳に関する豊富な神経科学的知見を取り入れ、視覚経験が視覚野細胞の受容野およびコラム構造へ与える影響の再現と予測が可能な、神経活動に依存する自己組織化の数理モデルを構築する。

(2) 視覚認知における体制化の数理モデルに関する研究（(株)理化学研究所脳科学総合研究センター）

視覚認知におけるゲシュタルト要因の解明を達成目標として、心理物理学および生理学によって得られた多くの神経科学的知見を統合し、視覚認知における体制化を説明する数理モデルを構築する。

(3) 色彩知覚の数理モデルに関する研究（豊橋技術科学大学情報工学系）

視覚神経系における色情報処理、表現の理解を達成目標として、計算論的及び心理物理的手法により、色彩透明視現象、色情報表現を主たる対象とし、計算理論および視覚神経系の構造に基づいた色知覚の数理モデルを構築する。

(4) 視覚認知における脳のダイナミクスに関する研究（岡崎国立共同研究機構生理学研究所）

視覚認知を担う脳内神経回路の動作様式の数理モデル構築を達成目標として、脳活動を生理学的に計測しその情報論的解析を行う。視覚認知行動を行っているサルの大脳視覚野、前頭連合野などの複数の領野から同時に多数のニューロン活動を記録し、その詳細な解析にもとづいて視覚認知を実現している脳神経回路の動作様式のモデル化を進める。

(5) 運動視による空間認識の神経網モデルに関する研究（富士通(株)）

大脳MST野で「平面の空間認識」を運動視により行う神経網のモデルを構築する。そのために、まず空間認識機構の数理アルゴリズムを明らかにし、次にそのアルゴリズムとこれまでに固めた「MT野で局所運動を検出する神経網のモデル」に基づいて、網膜からMST野までの全神経網（3億本以上と推定）を数式で一本ずつモデル化する。このモデル神経網をコンピュータ上に構築して、環境や障害物などを的確に空間認識できることを実画像を用いて実証する。また、モデル神経網の妥当性を検証するために、微小電極などを用いて神経生理学的に検証する実験方法を開発し、モデルから予測されるMST野細胞応答の時系列シミュレーションを行う。その予測細胞応答に基づき、3.(11)に協力して大脳MST野での検証実験を進める。

(6) 高次視覚認知機能のニューラルネットワークモデル（京都大学大学院情報学研究科）視覚認知過程を①物体表現記憶過程、②情報保持・操作過程、③選択過程の3つの

下位過程に分けて神経回路のレベルでモデル化する。特に、神経生理学や認知心理学さらには神経心理学などで知られている現象を説明できるモデル化をめざす。さらに物体表現記憶過程では、物体の脳内表現形成過程と照合過程に分けてモデル化を試みる。

(7) 神経活動の時空間パターンからクオリアを予測する研究（金沢工業大学人間情報システム研究所）

ある脳機能に対応する特定の部位を予め定義することなく、神経活動パターンだけから、知覚されているクオリアを予測することを目的とする。MEG計測により得られた神経活動が生み出す多様体を導き、色のクオリアに固有の対称性を見付け出すことを第一義的な目的とする。また、得られた対称性を持つ白黒明滅刺激の色知覚が、対応する色クオリアを生じさせるかどうかを心理物理実験によって確認する。すなわち、実際の色刺激に対応するMEGの応答から、色の神経活動による時空間コーディングを予想し、この予想に基づいて作られた明滅刺激が、元の色刺激の色と相関を持つかどうかを調べる。

(8) 視覚パターン認識機構の神経回路モデルの研究（東京工科大学片柳研究所）

神経回路モデルを仲介とする合成的手法を用いて、脳の高次中枢における視覚情報処理機構の解明を目指す。すなわち、生理学的・心理学的実験データを情報処理という立場に立って整理しなおし、その神経回路モデルを構築する。構築したモデルの反応を計算機シミュレーションによって求め、生物の脳の反応と比較しながら、モデルの反応が脳と同じになるように修正を加えていく。視覚系の諸性質の中でも、特に、視覚パターンの認識機構に注目して、神経回路モデルを構成していく。

(9) 視覚皮質における両眼情報処理の機構に関する研究（大阪大学大学院生命機能研究科）

ステレオ視の基盤となる、一次視覚野に始まる両眼情報の統合機構を、さらに高次の領域まで含めた神経回路網の数理モデル発展させるため、大脳皮質上での情報の流れに沿って、生理学的実験研究とモデル構築を同時に行う。

(10) 一次視覚野のニューロン活動修飾のネットワークメカニズム（大阪大学健康体育部）

脳において視覚情報処理の高速化を実現し、リアルタイムで行動に反映させるためには、行動上重要な情報を選択的に処理・出力するメカニズムが必要である。一次視覚野に見られる、広範囲視野の刺激配置に依存してニューロンの応答性が調節される「刺激文脈依存的活動修飾」は、この視覚情報処理の効率化のために広域のニューロン活動に応じて個々のニューロンの出力を最適化する現象である。本研究では、網膜—視床—一次視覚野—視覚前野という階層的ネットワークと一次視覚野内の機能的ネットワークの中で、「刺激文脈依存的活動修飾」がどのようなメカニズムで形成されているのかを明らかにし、視覚情報処理

における広域の機能統合様式を解明することを目標とする。
(1) 運動視機能におけるMST野の情報表現に関する研究
(玉川大学工学部)

空間認識のための視覚的運動分析を行っている視覚の高次中枢であるMST野の神経細胞の反応特性と視覚的認知特性の対応関係を調べ、空間認知の脳内情報表現を明らかにする。また、3.(5)の研究で構築されたモデル神経網が生理学的に妥当であることを検証するために、モデルから予測される細胞応答をシミュレートし、その予測応答をMST野で実験的に検証する。

4. 視覚機能デバイスの実現に関する研究

視覚機能を半導体の超高集積回路で実現することを目指し、網膜から視覚野に至る動きを中心とした視覚情報処理機構と半導体デバイス・回路機能を融合した、新しいデバイス・回路・ネットワークの実現に関する研究を行う。4.(1)は初期視覚機能を中心とし、4.(2)は高次視覚機能を中心とした研究と位置づけられ、最終的には、両者の成果を統合し、超高速といった人間の視覚系を超える能力を持つアナログ・デジタルハイブリッド視覚デバイスの開発を目指す。その過程で、視覚機能の要素回路技術を構築する。4.(3)では、立体構造をもつ脳神経回路網の時空間応答を計測するための極微小多電極センサの実用化を進め、多層構造をもつ網膜神経機構の実体に基づく計測を進める。これらの研究過程では、1.(4)や3.(5)を初めとするモデル化の研究成果を逐次取り入れながら研究を進める。併せて、ハードウェアの視点から「視覚情報処理と電子回路・デバイスの適合性」を検討することによって、モデル化研究へのフィードバックも図る。

(1) 初期視覚情報処理を行うアナログ・ビジョンチップに関する研究（豊橋技術科学大学電気電子工学系）

高等動物の網膜機能および下等動物等に見られる動き検出に関する初期視覚機能を集積回路チップで実現することを目指す。そこでは、低電力・高集積が可能なアナログデバイス・回路・ネットワークの基礎技術を構築する。

(2) 高次視覚情報処理を行うアナログ・デジタル混在チップに関する研究（北海道大学工学部）

動き方向検出神経場と二次元局所速度に対して選択的に応答する神経場の自己組織アルゴリズムを構築し、広域的な動き情報を検出するアナログ集積回路の実現を目指す。さらに、精度・信頼性に優れたデジタル処理チップとの融合を図る。

(3) スマート極微小多電極センサの構築と網膜細胞電位計測への応用に関する研究（豊橋技術科学大学電気電子工学系）

信号処理集積回路上にミクロンサイズの電極径・間隔で数千～数万の立体極微小多電極センサチップを構築する。これを用いて、3次元の細胞応答分布を計測できるスマートセンサ構造を完成させ、2.(2)、2.(3)と協力しながら

網膜神経回路の数理モデルを構築するための生理実験に基づく視覚系情報処理モデルの検証を行う。

5. ニューロインフォマティクス構築のための基礎研究

1.～3.の研究を支援する環境を構築するために、5.(1)では新しいシミュレーション環境として期待されるシミュレーションサーバの開発を行い、具体例として、入力（外部刺激の受容）から出力（行動の発現）に至る情報処理機構がコンパクトに実現されている昆虫脳の行動発現過程における神経細胞、神経回路モデルをインプリメントする。5.(2)及び5.(3)では、神経システム解析、モデリングをターゲットとした実験データ解析アルゴリズムとソフトウェアツールを開発する。5.(4)では、視覚系に関する形態、生理学的知見、数理モデル、関連研究業績を統合したデータベースを核とし、本プロジェクトの成果を統合した形で公開、利用可能にするVisiome Platformを構築する。このデータベースには、これまでの関連する研究関連情報、および、本プロジェクトにおける各研究テーマの成果である実験データ、数理モデルなどが登録される。5.(5)及び5.(6)ではこれら全てを効率的に利用するための研究支援環境の構築を目標に、神経科学分野におけるモデル研究を促進、支援するユーザ環境として、5.(2)、5.(3)において開発される実験データ解析、モデリング手法や、5.(1)、5.(4)で開発されたデータベース、シミュレーションサーバの効率的な活用、さらには研究室レベルでの各種情報の管理を支援するソフトウェア環境 Personal Visiomeを構築する。これらはプロジェクト進行中はプロジェクトメンバー間で公開、利用し、プロジェクトメンバーである各分野における実際の研究者からのフィードバックに基づき改良を行っていく。

(1) 微小脳神経回路の数理モデルに関する研究（姫路工業大学環境人間学部）

新しいシミュレーション環境として期待されるシミュレーションサーバの開発を行い、具体例として微小脳における感覚情報の処理、記憶、行動発現に関わる神経系の基本的なメカニズム解明と、視覚を中心とするミツバチにおける感覚受容に関する神経回路、記憶形成に関する神経回路、行動制御に関する神経回路、個体行動に関する数理モデルをシミュレーションサーバへインプリメントする。

(2) 脳神経活動データの数理解析法に関する研究（理化学研究所脳科学総合研究センター）

ニューロインフォマティクスにおいて利用できる独立成分分析、高次相関法などに基づく効果的な実験データ解析手法の支援環境への実装を目標とし、脳神経活動に関する計測データに対するノイズ除去、特徴抽出、信号源の推定等に関する新しい解析アルゴリズムの計算ツール開発を行う。

(3) 脳神経システム解析のための数理アルゴリズムに関する研究（岐阜大学工学部）

脳における情報表現の解明，およびモデル化に必要な特徴量の抽出手法の確立を目標として，マルチチャネルシステム解析，スパイク列解析，コーディング，非線形・非定常システム解析に関する計算アルゴリズムの開発を行う。

(4) 視覚神経系のニューロインフォマティクスデータベース構築に関する研究（富士ゼロックス(株)中央研究所）

視覚神経系に関する単一神経細胞レベル，神経回路レベル（網膜），システムレベル（視覚野，視覚中枢）の数理モデルを中心に，関連する実験的研究ならびに理論的研究によって得られたデータソフトウェアを集約し，データ解析から文献検索，シミュレーションまで統合的に支援できるシステム Visiome Platform の運用を達成目標とし，データベースと解析環境およびシミュレーション環境を統合することにより，視覚神経系データベースのデータ構造やユーザーインターフェース技術を開発する。

(5) ニューロインフォマティクスのためのコンピュータ支援環境の構築に関する研究（長岡工業高等専門学校機械工学科）

ニューロインフォマティクス研究を推進していく上で必要な，細胞生理，神経科学，脳科学などに関する実験データの解析，数理モデル構築プロセスを効率良く行うための解析支援デスクトップ環境を構築する。開発は UNIX システム上で行い，5.(2)，5.(3)で開発される解析アルゴリズムの実装，さらに，5.(4)で開発されるニューロインフォマティクスデータベースや海外の関連サイト等を有効に活用できるインターネット対応型の支援環境 Personal Visiome についても研究を進め，常時，プロジェクトメンバーへの公開を通じて改良を重ね，最終的にはフリーソフトウェアとして一般に公開する。

(6) モデリング・シミュレーション統合支援環境構築に関する研究（ディーエスピーテクノロジ(株)）

豊橋技術科学大学で開発され，平成12年度プロジェクトメンバーに公開したUNIX版システム解析支援環境 SATELLITE におけるシミュレーション機能を発展させたモデリング・シミュレーション統合支援環境を構築する。このシステムにより，モデル評価バリエーションが増え，より効率的かつより厳密なモデル評価を行うことができ，さらにリアルタイムシミュレーションまで可能となる事から，これまで不可能とされてきたモデルベースのオンライン生理実験が可能となり，脳・神経系に対する新しい実験研究に基づく成果が期待される。なお，開発は，より多くの研究者に対し利用しやすい研究支援環境を提供するために，Windows システム上で行うが，将来的には UNIX システムにおいても利用可能とすることを念頭に，5.(5)と綿密な連携をもって進める。

3. 年次計画

本プロジェクトでは，脳・神経系に関する細胞レベル・回路レベル・システムレベルの機構・実体を解析し，理解

するために，脳科学の多様な知見を共通の情報として統合し，その数理モデルを構築することによって，脳・神経系に関する知見の蓄積・統合・共有を学際的，国際的に進める研究基盤を確立し，脳神経科学と情報科学技術を融合したニューロインフォマティクス研究基盤の確立およびこれにもとづく視覚系のニューロインフォマティクスの展開を目標としている。第Ⅰ期では，メンバーそれぞれの研究を推進するとともに，全体としては，モデリング・シミュレーション環境，解析理論，モデルデータベースなど，各グループがモデル研究を推進する上で不可欠な研究基盤要素に関して議論を進め，Visiome Platform の概念とその基本仕様を策定した。すなわち，それぞれのグループがその上で数理モデルの構築，登録，シミュレーション，検証などを実行できる環境仕様を明確にし，そのプロトタイプ版を作成・メンバー内に公開し，更なる検討の上，運用版の仕様を策定した。1.～3.の各研究グループは，担当する数理モデルの構築に向けた研究を進めるとともに，提供された研究支援環境に対するニーズをグループ5.にフィードバックし，Visiome Platform 開発の指針とした。デバイス開発グループは，視覚系数理モデルのデバイス化に関わる基礎的な研究を並行して進め，新しい数理モデルが提案された時点でその機能デバイス化を遅滞なく進められるよう研究を推進している。

第Ⅱ期においては，高次視覚機能に関する神経生理，認知心理の分野を充実すべく，3人の新しいメンバー（斎藤，佐藤，乾）の参加を御願した。メンバー間の協力・充実を図るとともに，各メンバーの研究を加速化し，個々のモデルの検証作業を進めるとともに，単一神経細胞，網膜神経回路については第Ⅰ期で得られたモデルの統合化をはかり，視覚高次機能モデルとあわせて，策定された仕様に基づき第Ⅱ期において開発される Visiome Platform に逐次登録していく。なお，これまで3.(6)（3次元物体の形状認知）として参加いただいた赤松メンバーに代わって，乾メンバーの参加を願った。また，3.(5)を担当されていた川上メンバーは岡本メンバーと交代した。さらに，視覚心理に関して多くの実績と活発な研究を展開している NTT の視覚研究グループの協力が得られた事から，第Ⅱ期において外部協力者として参加を御願した。

第Ⅱ期では，第Ⅰ期で構築した数理モデル，データベース，解析手法などのソフトウェア資源を，順次 Visiome Platform へ登録する作業を進める。平成15年度前半には，本プロジェクトの成果報告会を公開シンポジウムの形式で開催し，メンバー全員の研究成果を発表すると共に，Visiome Platform の一般公開を行なう。外部からのフィードバックを収集し，Visiome Platform の運用上の問題点を洗い出すと共に，運用組織についての検討を進める。Visiome 環境（Personal Visiome および Simulation Server）についても，Visiome Platform と連携して，平成15年度前半

に完成版の公開を目指す。また、Visiome Platform 上での数理モデルによる視覚研究に対する啓蒙を図るために、数理モデルのコンテストを行い、Visiome Platform へ登

録された優秀なモデルを表彰することを計画している。平成15年度末には、脳神経科学の研究基盤としての研究成果を、プロジェクト研究報告書としてとりまとめる。

研究項目	11年度	12年度	13年度	14年度	15年度
1. 神経細胞の数理的再構成モデル構築に関する研究		第Ⅰ期		第Ⅱ期	
(1) 単一細胞内シグナリングの空間特性の解析とモデルに関する研究		伸展方向依存的な形態応答の細胞内シグナル分子の同定	シグナル分子の時空間パターンのイメージング	伸展方向依存的な形態応答を実現する仮想細胞の実現	
(2) 神経細胞の物理化学反応数理モデルに関する研究	スパイン分子モデル構築	樹状突起の分子モデル構築		神経細胞の分子モデル構築	
(3) 神経細胞のシナプス統合過程に関する研究	樹状突起の受動的特性の解明と再構成	樹状突起の能動的特性の解明と再構成	シナプス入力間の相互作用の解明と再構成		単一神経細胞モデルのとりまとめ
(4) 培養神経細胞による神経回路の数理解析	微小電極アレイ上への単純神経回路の形成	単純神経回路のネットワークモデル開発		人工神経回路による神経回路ダイナミクスの研究	
2. 細胞生理に基づく仮想網膜の実現に関する研究		網膜細胞のイオンチャネルとシナプス特性のモデルパラメータの推定	網膜細胞間のシナプス特性のモデル化	網膜細胞間の相互作用のモデル化	網膜細胞の情報処理モデルの構築
(1) 網膜細胞のイオンチャネルとシナプス機構に関する研究					
(2) 視覚系における並列情報処理とコーディングに関する研究	網膜における同期的・周期的発火機構の解析と数理モデルの構築	視蓋ニューロンにおける発火パターンの解析と数理モデルの構築		視覚中枢における情報統合の解析 視覚情報と行動の相関解析	視覚中枢における情報統合のモデル化 視覚系における並列処理モデルの構築

研究項目	11年度	12年度	13年度	14年度	15年度
(3) 網膜神経回路の数理モデルに関する研究		単離網膜神経細胞の数理モデルの開発	網膜神経回路のネットワークモデル「仮想網膜」の開発	仮想網膜に基づく網膜の情報処理機構の解明	統合網膜神経回路モデルのとりまとめ
3. システム・計算論的アプローチによる視覚機能に関する研究		視覚経験を取り入れた自己組織化モデルの構築	神経ネットワークの自己組織化数理モデルの実現および検証	入力層と上位層間の結合を導入した数理モデルの構築	研究のとりまとめ
(1) 視覚野機能地図の自己組織化の数理モデルに関する研究		群化と分節化を説明する神経力学モデルの探求	視覚イメージ体制化を実現する統合的数理モデルの実現	様々な錯視現象への応用とモデルの精緻化	モデルの検証と研究のとりまとめ
(2) 視覚認知における体制化の数理モデルに関する研究		色彩知覚に関する計算理論の構築	心理物理実験による計算理論の検証・精緻化	色彩知覚の数理モデルの実現および実験的検証	研究のとりまとめ
(3) 色彩知覚の数理モデルに関する研究		行動下における複数視野同時ニューロン活動の記録法及びデータ解析手法の開発	視覚行動時における複数視野からのニューロン活動の記録および情報論的解析	神経活動データに基づく数理モデルの構築、およびモデルによるニューロン活動の予測とその検証実験	研究のとりまとめ
(4) 視覚認知における脳のダイナミクスの研究	MST野神経網の数理構造の検討	網膜からMST野までの神経網のモデル化とコンピュータ上での構築		細胞応答シミュレーションと生理学的検証法の開発	研究のとりまとめ
(5) 運動視による空間認識の神経網モデルに関する研究				物体表現記憶過程・情報保持/操作過程・選択過程のモデル化、統合および検証	研究のとりまとめ
(6) 高次視覚認知機能のニューラルネットワークモデル(新規交代)					

研究項目	11年度	12年度	13年度	14年度	15年度
(7) 神経活動の時空間パターンからクオリアを予測する研究		色刺激に対する神経活動の時空間構造を求める タキストスコープの設置	明滅色覚クオリアの計測	MEG計測 明滅色覚カラーチャートの制作	研究のとりまとめ
(8) 視覚パターン認識機構の神経回路モデルの研究			視覚パターン認識機構の神経回路モデルの構築		研究のとりまとめ
(9) 視覚皮質における両眼情報処理の機構に関する研究			視覚刺激提示装置を開発し生理実験を開始 モデルの構築を開始	必要な量の生理学的実験データを確保 モデルの全体像を確定, データより検証	研究のとりまとめ
(10) 一次視覚野のニューロン活動修飾のネットワークメカニズム(新規)				麻酔したネコにおける視床・一次視覚野での同時記録覚醒サル一次視覚野からの記録 実験データ量の確保・分析	研究のとりまとめ
(11) 運動視機能におけるMST野の情報表現に関する研究(新規)				MST野細胞のVisual flowの情報表現の研究 モデル神経網からの予測の生理学的検証	研究のとりまとめ
4. 視覚機能デバイスの実現に関する研究					
(1) 初期視覚情報処理を行うアナログ・ビジョンチップに関する研究	局所適応型網膜回路, 二次元動き検出ネットワークの基礎開発	網膜機能の高度化と二次元動き検出回路の開発		動き検出集積システム(2)との統合	
(2) 高次視覚情報処理を行うアナログデジタル混在チップに関する研究	視覚情報処理の抽出とアナログ-デジタル回路の適合性の基礎研究	アナログ-デジタル視覚情報処理アーキテクチャの開発		ハイブリッドビジョンチップの設計・試作・測定。(1)との統合	
(3) スマート極微小多電極センサの構築と網膜細胞電位計測への応用に関する研究		信号処理集積回路チップ上への極微小電極の設計・試作	スマートチップによる生理実験方法の構築と最適チップ構造の確立	生体実験に基づく視覚系信号処理モデルの検証	
5. ニューロインフォマティクス構築のための基礎研究					
(1) 微小脳神経回路の数理モデルに関する研究	微小脳神経細胞の数理モデル構築と昆虫行動パターンの解析	微小脳神経回路モデルの構築と実験的検証		シミュレーションサーバの構築 神経細胞, 視覚行動モデルのシミュレーションサーバへのインプリメント, 研究まとめ	

研究項目	11年度	12年度	13年度	14年度	15年度
(2) 脳神経活動データの数理解析法に関する研究	独立成分分析によるデータ解析法の支援環境への実装	動的独立成分分析による生体信号の非線型フィルタ分離法の支援環境への実装	多チャンネル脳波信号の動的分離フィルタリング学習アルゴリズムの支援環境への実装	視覚誘発電位からの特徴検出手法の支援環境への実装	多元生体信号解析法の開発 脳活動分析への応用
(3) 脳神経システム解析のための数理アルゴリズムに関する研究	視覚情報のコーディング, マルチチャンネル伝送に関する研究	スパイク列情報からの特徴抽出法, 解析手法の検討	スパイク列の計算機上の効率的な表現法の検討, 解析手法の実現支援環境への実装	開発手法のプロジェクト内公開, 実データへの応用	
(4) 視覚神経系のニューロインフォマティクスデータベース構築に関する研究	データベースのデータ構造, ユーザインタフェースの仕様をプロジェクト内研究者多数の合意が得られる形で決定し, システムの構築に着手	プロジェクト内の数理モデル(単一神経細胞, 網膜神経回路, 自己組織化, 色覚, 運動視など)をコンテンツとしたテスト運用の開始(プロジェクト内への公開。各研究グループの利用を通じた改良点の洗い出し)と解析環境, シミュレーション環境との統合		プロジェクトの新規研究成果(数理モデルおよび関連データ)取り込んだVisiome Platformの開発と本格運用テストおよび公開開始	
(5) ニューロインフォマティクスのためのコンピュータ支援環境の構築に関する研究	NI-SATELLITEのプロジェクト内公開・改良	ニューロインフォマティクス・デスクトップ支援環境(NI-DTE)仕様策定	NI-DTEの開発	NI-DTEの評価, 改良, 公開, 運用	Persohal Visiomeの仕様策定, 開発
(6) モデリングシミュレーション統合支援環境構築に関する研究		Windows版NI-SATELLITEの開発	ニューロインフォマティクス研究を念頭においたモデリング・シミュレーション統合支援環境の構築	リアルタイムシミュレータの開発と実用化	研究のとりまとめ
所要経費(合計)	173百万円	173百万円	173百万円	191百万円	163百万円

Ⅱ 平成15年度における実施体制

研究項目	担当機関	研究担当者
1. 神経細胞の数理的再構成モデル構築に関する研究		
(1) 単一細胞内シグナリングの空間特性の解析とモデルに関する研究	名古屋大学医学部	曾我部 正 博
(2) 神経細胞の物理化学反応数理モデルに関する研究	富士ゼロックス(株)中央研究所 東京薬科大学生命科学部	市 川 一 寿 宮 川 博 義
(3) 神経細胞のシナプス統合過程に関する研究	拓殖大学工学部	川 名 明 夫
(4) 培養神経細胞による神経回路の数理解析		
2. 細胞生理に基づく仮想網膜の実現に関する研究		
(1) 網膜細胞のイオンチャネルとシナプス機構に関する研究	星城大学リハビリテーション学部	金 子 章 道
(2) 視覚系における並列情報処理とコーディングに関する研究	東京大学大学院人文社会系研究科	立 花 政 夫
(3) 網膜神経回路の数理モデルに関する研究	愛知県立大学情報科学部	神 山 齊 己
3. システム・計算論的アプローチによる視覚機能に関する研究		
(1) 視覚野機能地図の自己組織化の数理モデルに関する研究	日本電気(株)基礎研究所	宮 下 真 信
(2) 視覚認知における体制化の数理モデルに関する研究	(株)理化学研究所脳科学総合研究センター	田 中 繁
(3) 色彩知覚の数理モデルに関する研究	豊橋技術科学大学情報工学系	中 内 茂 樹
(4) 視覚認知における脳のダイナミクスの研究	岡崎国立共同研究機構生理学研究所	小 松 英 彦
(5) 運動視による空間認識の神経網モデルに関する研究	富士通(株)	岡 本 浩 明
(6) 高次視覚認知機能のニューラルネットワークモデル	京都大学大学院情報学研究科	乾 敏 郎
(7) 神経活動の時空間パターンからクオリアを予測する研究	金沢工業大学人間情報システム研究所	田 森 佳 秀
(8) 視覚パターン認識機構の神経回路モデルの研究	東京工科大学片柳研究所	福 島 邦 彦
(9) 視覚皮質における両眼情報処理の機構に関する研究	大阪大学大学院生命機能研究科	大 澤 五 住
(10) 一次視覚野のニューロン活動修飾のネットワークメカニズム	大阪大学健康体育部	佐 藤 宏 道
(11) 運動視機能におけるMST野の情報表現に関する研究	玉川大学工学部	斎 藤 秀 昭
4. 視覚機能デバイスの実現に関する研究		
(1) 初期視覚情報処理を行うアナログ・ビジョンチップに関する研究	豊橋技術科学大学電気電子工学系	米 津 宏 雄
(2) 高次視覚情報処理を行うアナログ・デジタル混在チップに関する研究	北海道大学工学部電気工学科	雨 宮 好 仁
(3) スマート極微小多電極センサの構築と網膜細胞電位計測への応用に関する研究	豊橋技術科学大学電気電子工学系	石 田 誠

研 究 項 目	担 当 機 関	研究担当者
5. ニューロインフォマティクス構築のための基礎研究	姫路工業大学環境人間学部	池 野 英 利
(1) 微小脳神経回路の数理モデルに関する研究		
(2) 脳神経活動データの数理解析法に関する研究	㈱理化学研究所脳科学総合研究センター	Andrzej Cichocki
(3) 脳神経システム解析のための数理アルゴリズムに関する研究	岐阜大学工学部	横 田 康 成
(4) 視覚神経系のニューロインフォマティクスデータベース構築に関する研究	富士ゼロックス㈱中央研究所	山 口 功
(5) ニューロインフォマティクスのためのコンピュータ支援環境の構築に関する研究	長岡工業高等専門学校	竹 部 啓 輔
(6) モデリング・シミュレーション統合支援環境構築に関する研究	ディーエスピーテクノロジ㈱	藤 井 康 夫
6. 研究管理	豊橋技術科学大学情報工学系	臼 井 支 朗

Ⅲ リエゾン会議

委 員	所 属
○臼 井 支 朗	豊橋技術科学大学 情報工学系 教授
大 澤 五 住	大阪大学 大学院生命機能研究科 教授
宮 川 博 義	東京薬科大学 生命科学部 助教授
池 野 英 利	姫路工業大学 環境人間学部 助教授
神 山 齊 己	愛知県立大学 情報科学部 助教授
中 内 茂 樹	豊橋技術科学大学 情報工学系 助教授
横 田 康 成	岐阜大学 工学部 助教授
山 口 功	富士ゼロックス㈱ 中央研究所
竹 部 啓 輔	長岡工業高等専門学校 総合情報処理センター 助手

(注：○は研究管理統括者)