

ヒトを含む霊長類のコミュニケーションの研究

I 試験研究の全体計画

1. 研究の趣旨

現在、いじめや高齢化社会への対応が社会問題となっておりコミュニケーションにかかわる脳科学研究は早急な進展が望まれている。一方、近年のPETやf-MRIなど脳活動非侵襲計測法の急激な進歩と計算理論や神経回路モデルの進展によって、コミュニケーションを脳科学として研究することが現実可能となってきた。そのような状況の中にあつて、ヒトを含む霊長類の言語及び非言語的コミュニケーションの研究は、言語学・心理学・教育学・人類学など幅広い分野で行われているにもかかわらず、神経科学の研究分野としては未だ確立されていないのが実状である。本研究においては計算理論、神経回路モデル、脳活動非侵襲計測法、神経生理実験を組み合わせた総合的な方法論および理論を確立する。また、計算理論・神経回路モデル・人類学などを重要な結合要素として、霊長類で得られている神経生理学・神経解剖学の知見をヒトの言語学・非侵襲計測・心理学の研究成果と結び付ける。

2. 研究内容及び目標

1. 非言語的コミュニケーションの理解に関する研究

ヒトを含む霊長類のコミュニケーションの理解に資するため、非言語的コミュニケーションの脳内機構の解明に関する研究を行う。

(1) 非言語的コミュニケーションの脳活動非侵襲計測に関する研究

① バーチャルリアリティ技術を用いた道具の脳内表現に関する研究（大阪大学大学院工学研究科）

ア. 仮想現実空間における各種道具の操作時の脳非侵襲計測を行う。

イ. データ分析結果に基づいて脳活動のシミュレーションを行う。

(2) 非言語的コミュニケーションの電気生理実験とヒトの心理実験に関する研究

① サルとヒトを対象にした顔の表情識別の脳内機構の解明（通商産業省工業技術院電子技術総合研究所大阪ライフレクトロニクス研究センター）

ア. サルにFixation taskを行わせ、人と猿の表情の異なる顔写真（約50枚）で刺激することによって生じる上側頭溝の上部、下部、下側頭部のニューロン活動と顔表情との関係を分析する。

イ. 動物脳での顔表情の分析・統合機構を探り、表情分析

の脳内機構を解明する。

ウ. 計算論的モデル構築に必要なデータを収集するとともに、人被験者での心理実験結果と比較することにより、非言語的コミュニケーションにおける人と動物の違いを明らかにする。

② 視覚的コミュニケーションシグナルと一般物体像の脳内表現（大阪大学基礎工学部）

ア. サル大脳皮質視覚連合野において、物体像がどのように神経活動として表現されているかを解明する。

イ. アで得られた結果を、顔・姿勢・他個体の運動などのコミュニケーションシグナルの脳内表現と比較する。

③ ヒトの顔の表情に関する心理学的研究（京都大学大学院教育学研究科）

ア. 様々な表情の変化をビデオクリップで提示し、被験者の表情変化のタイミング等を測定する。

イ. アの測定結果を、静止画による表情認知と比較し、表情認知モデルを構築する。

④ 視覚的コミュニケーションの心理物理学的研究（京都大学大学院人間・環境学研究科）

ア. 知覚尺度が、視環境と環境課題ではどのように変化するかを心理物理学の実験により分析する。

イ. 物体認識における並列的特徴情報の統合過程を明らかにする。

(3) 非言語的コミュニケーションの電気生理学の実験及び行動学的実験に関する研究

① 霊長類の音コミュニケーション知覚機構の解明（同志社大学工学部）

ア. サルの行動実験・生理実験及び薬物による一時的な局所的部位不活性化を組み合わせ、音コミュニケーション知覚にかかわる機能探究を行う。

イ. ヒトを用いた心理学的な実験及び齧歯類を用いた同様な実験を行い、その類似性、相違性の検討を行う。

② 非言語的コミュニケーションの基礎となる感覚運動系列学習と遂行の神経生理学的研究（大阪大学健康体育部）

ア. 動物の脳のニューロン活動を記録、解析することにより、運動系列の遂行のメカニズムを解明する。

イ. アで得られた結果を人間の脳活動と比較することにより、人間の脳の仕組みを解明する。

③ コミュニケーションのための内部モデルの小脳内存在に関する生理学的研究及び非侵襲脳活動計測による研究（通商産業省工業技術院電子技術総合研究所情報科学部）

ア. サルの視覚-上肢運動変換時の小脳電気活動の生理学的実験により、小脳内部モデルを解明する。

イ. ヒトの漢字一読み変換過程の脳活動非侵襲計測を行い、内部モデルを保持している小脳の部位を明らかにする。

(4) 非言語コミュニケーションの計算理論に関する研究

① 顔の表情の識別や身振り手振りの理解に関する計算理論と神経回路モデルの研究(㈱国際電気通信基礎技術研究所経営企画部)

ア. 心理・行動実験によりヒトの表情、身振りの認知特性を明らかにする。

イ. 視覚コミュニケーション計算理論と神経回路モデルを構築する。

② 表情変化の特徴化と表情理解の研究(通商産業省工業技術院大阪工業技術研究所光機能材料部)

ア. 感情変化に伴う表情の時間変化情報を身体の分光画像情報、生理信号、心理物理実験などを用いて解析する。

イ. 感情による表情表出モデルを分光データに基づいて構築する。

③ 運動パターンの生成と知覚における最適化原理の研究(豊橋技術科学大学情報工学系)

ア. 運動の生成と認識を統一的に研究することにより、コミュニケーションのための情報表現機構を解明する。

2. 言語的コミュニケーションの理解に関する研究

ヒトを含む霊長類のコミュニケーション理解に資するため、言語的コミュニケーションの脳内機構の解明に関する研究を行う。

(1) コミュニケーション機能のモデル化に関する研究

① 脳活動非侵襲計測実験等に基づくコミュニケーション機能のモデル化に関する研究(京都大学大学院情報科学研究科)

ア. f-MRIを用いた実験による運動系列予測仮説の検証を行う。

イ. コミュニケーション機構を考慮したニューラルネットによるシミュレーションモデルを構築する。

② 言語獲得と理解についての脳内メカニズムの解明(郵政省通信総合研究所通信科学部)

ア. f-MRI, MEGを用いて、図形・文字の認識にかかわる脳活動を計測する。

イ. アの結果を用いて、言語にかかわる脳活動のモデル化を行う。

③ 言語的コミュニケーションにおける視覚と音声情報の統合に関する研究(金沢大学文学部)

ア. 視覚情報刺激として用いた心理実験により、視覚と音声情報の統合機構を解明する。

④ 言語機能の脳内機構の解明に関する研究(慶應義塾大学言語文化研究所)

ア. 日本語・英語の文法構造の違いに焦点をあて、言語機能の脳内機構特性を明らかにする。

イ. アの結果から、言語機能の心理学的モデルを構築、脳活動非侵襲計測実験による資料とつぎあわせ、検証を行う。

(2) 言語的コミュニケーションの非言語的コミュニケーションの計算理論からの拡張に関する研究

① コミュニケーションにおける動的メカニズムの解明(奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科)

ア. 動的メカニズムを持つ神経回路モデル、確率モデルの性質を解明し、モデル化を行う。

イ. 脳活動非侵襲計測実験に基づく、アのモデルの検証を行う。

② 言語的コミュニケーションにおける埋め込み構造の最適化原理に基づく研究(長岡技術科学大学工学部)

ア. 最適化原理をはじめとする数値技術、神経回路モデル、心理実験などの技術を用い、埋め込み構造についての計算理論を構築する。

イ. 最適化原理による運動パターン生成理論を発展・展開し、言語的コミュニケーションの脳内情報表現と計算機構を明らかにする。

3. コミュニケーションの脳科学のための新しい計測技術開発の研究

ヒトを含む霊長類のコミュニケーション理解に資するため、コミュニケーション時のヒト脳活動を高時間分解能・高空間分解能で計測できる装置の開発を行う。

(1) コミュニケーション時のヒト脳活動の非侵襲計測法開発に関する研究

① 脳磁計バーチャルセンサシステムの脳研究への応用(㈱島津製作所基盤技術研究所)

ア. 脳磁場を3次元的に計測でき、かつ神経活動を脳内の電流分布として捉えることができる3D脳磁計バーチャルセンサシステムの開発を行う。

イ. 試作品を用いて新しい計測手法の有効性を検証し、実際の計測を行う。

ウ. 開発された3D脳磁計バーチャルセンサシステムを体性感覚野皮質や視覚系皮質に適用し、その性能を神経生理学的に評価する。

エ. 計測結果を表示するソフトウェアの開発を行い、脳活動計測技術向上に資する。

② 新しい非侵襲脳活動計測装置及び手法を神経内科学的に評価する研究(京都府立医科大学附属脳・血管老化研究センター)

ア. 開発された3D脳磁計バーチャルセンサシステムを、失語症や皮質感覚障害を有する脳梗塞患者に適用、その性能を神経内科学的に評価する。

イ. 計測結果を表示するソフトウェアの開発を行い、脳の画像診断技術向上に資する。

3. 年次計画

本プロジェクトでは脳におけるコミュニケーション機能をモデル化するのに十分なデータ及び知識を蓄積することを目標とする。

第Ⅰ期（前期3年間）では、ヒトとサルにおける身振りや表情等による非言語的コミュニケーション、言語的コミュニケーションの両方について、脳活動非侵襲計測実験、電気生理実験、行動学的実験を通じデータ収集を行う。同時に、計算理論と神経回路モデル構築のため、それぞれの共通性・特異性に関する評価を行う。また、新しい脳活動非侵襲計測技術開発のため、近赤外法、脳磁図、f-MRI等における新しい方式の開発を行う。

第Ⅱ期（後期2年間）では、第Ⅰ期に行った実験の結果

から得られたf-MRIあるいはMEGによる脳活動データを元に、計算理論や神経回路の構築を行う。また、見まね・運動系列学習などの非言語的コミュニケーション及び意思決定の計算理論を拡張することにより、動的メカニズムの持つ神経回路モデル、その性質の数理的説明を行う。最終的には大規模ニューラルネットワークモデルを構築するとともに、非言語的コミュニケーション、言語的コミュニケーションの両方について、脳内機構の解明を狙う。

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
		第Ⅰ期		第Ⅱ期	
1. 非言語的コミュニケーションの理解に関する研究					
(1) 非言語的コミュニケーションの脳活動非侵襲計測に関する研究					
① バーチャルリアリティ技術を用いた道具の脳内表現に関する研究					
ア. 仮想現実空間における各種道具の操作時の脳非侵襲計測	仮想道具の作成, データ収集				
イ. データ分析結果に基づいた脳活動のシミュレーション		データ収集 シミュレーション		実験結果解析	
(2) 非言語的コミュニケーションの電気生理実験とヒトの心理実験に関する研究					
① サルとヒトを対象にした顔の表情識別の脳内機構の解明					
ア. サルに Fixation Task を行わせ、人と猿の表情の異なる顔写真で刺激することによって生じるニューロン活動と顔表情との関係を分析	システム構築		データ収集・記録		
イ. 動物脳での顔表情の分析・統合機構を探り、表情分析の脳内機構を解明	システム構築		データ収集・記録		
ウ. 計算論的モデル構築に必要なデータの収集、ヒト被験者での心理実験結果と比較することにより非言語的コミュニケーションにおける人と動物の違いを解明				実験結果の比較・ 記録モデルの構築	
② 視覚的コミュニケーションシグナルと一般物体像の脳内表現					
ア. サル大脳皮質視覚連合野において、物体像がどのように神経活動として表現されているか解明	データ収集・記録				
イ. アで得られた結果を、顔・姿勢・他個体の運動などのコミュニケーションシグナルの脳内表現と比較			データ収集・記録	実験結果の比較 モデル構築	

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
③ ヒトの顔の表情に関する心理学的研究 ア. 様々な表情の変化をビデオクリップで提示し、被験者の表情変化のタイミング等を測定 イ. アの測定結果を、静止画による表情認知と比較、表情認知モデルの構築	システム構築 予備実験				
			データ収集・記録		
④ 視覚的コミュニケーションの心理物理学的研究 ア. 知覚尺度が、視環境と視覚課題ではどのように変化するかを心理物理学の実験により分析 イ. 物体認識における並列特徴情報の統合過程を解明	システム構築				
			データ収集・記録 結果の体系的分析		
(3) 非言語的コミュニケーションの電気生理学的実験及び行動学的実験に関する研究 ① 霊長類の音コミュニケーション知覚機構の解明 ア. サルの行動実験・生理実験及び薬物による一時的な局所的部位不活性化を組み合わせ、音コミュニケーション知覚にかかわる機能を解明 イ. ヒトを用いた心理学的な実験を行い、サルとの類似性、相違性を検討	システム構築 予備実験				
			行動実験・生理実験データ収集・記録		
② 非言語的コミュニケーションの基礎となる感覚運動系列学習と遂行の神経生理学的研究 ア. 動物の脳のニューロン活動を記録、解析することにより、運動系列の遂行と学習のメカニズムを解明 イ. アで得られた結果を人間の脳と比較することにより、人間の脳の仕組みを解明	システム構築				
			データ収集、解析		
③ コミュニケーションのための内部モデルの小脳内存在に関する生理学的研究及び非侵襲脳活動計測による研究 ア. サルの視覚-上肢運動変換時の小脳電気活動の生理学的実験により、小脳内部モデルを解明 イ. ヒトの漢字-読み変換過程の脳活動非侵襲計測を行い、内部モデルを保持している小脳の部位を解明	システム構築				
			データ収集、記録		モデルの構築
(4) 非言語コミュニケーションの計算理論に関する研究	システム構築				
			データ収集、記録		モデルの構築

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
① 顔の表情の識別や身振り手振りの理解に関する計算理論と神経回路モデルの研究					
ア. 心理・行動実験によりヒトの表情、身振りの認知特性を解明	実験装置準備 プログラム開発	データ収集, 記録			
イ. 視覚コミュニケーション計算理論と神経回路モデルの構築					モデルの構築
② 表情変化の特徴化と表情理解の研究					
ア. 表情・身振りの時間変化情報を、身体の分光画像情報, 生理信号, 被験者の申告などによる感情変化に伴う反応を解析	計測手法開発	データ収集, 記録 データ特徴化			
イ. 感情による表情表出モデルを分光データと心理実験データに基づいて構築					モデルの構築
③ 運動パターンの生成と知覚における最適化原理の研究					
ア. 運動の生成と認識を統一的に研究することにより, コミュニケーションのための情報表現機構を解明	システム構築 予備実験	データ収集, 記録 計算理論の構築			モデルの解明
2. 言語的コミュニケーションの理解に関する研究					
(1) コミュニケーション機能のモデル化に関する研究					
① 脳活動非侵襲計測実験等に基づくコミュニケーション機能のモデル化に関する研究					
ア. f-MRIを用いた実験による運動系列予測仮説の検証	脳活動非侵襲計画データ, 心理実験データ, 行動実験データ収集, 記録				
イ. コミュニケーション機構を考慮したニューラルネットによるシミュレーション					モデルの構築
② 言語獲得と理解についての脳内メカニズムの解明					
ア. f-MRI, MEGを用いて, 図形・文字の認識にかかわる脳活動を計測	脳活動非侵襲計測データ収集, 記録				
イ. アの結果を用いて, 言語にかかわる脳活動のモデル化					モデルの構築
③ 言語的コミュニケーションにおける視覚と音声情報の統合に関する研究					
ア. 視聴覚情報を刺激として用いた心理実験により, 視覚と音声情報の統合機構を解明	システム構築 予備実験	データ収集, 記録			モデルの構築
④ 言語機能の脳内機構の解明に関する研究					
ア. 日本語・英語の文法構造の違いに焦点をあて, 言語機能の脳内機能特性を解明	システム構築 予備実験	データ収集, 記録			

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
イ. アの結果から、言語機能の心理学的モデルを構築、脳活動非侵襲計測実験による資料とつきあわせて検証				データと理論の検証 モデルの構築	
(2) 言語的コミュニケーションの非言語的コミュニケーションの計算理論からの拡張に関する研究					
① コミュニケーションにおける動的メカニズムの解明					
ア. 動的メカニズムを持つ神経回路モデル・確率モデルの性質を解明、モデル化		数理解析, 計算理論の構築, 理論の拡張			
イ. 脳活動非侵襲計測実験に基づく、アのモデルの検証	モデルの構築		モデルの設計	モデルの検証	
② 言語的コミュニケーションにおける埋め込み構造の最適化原理に基づく研究					
ア. 最適化原理をはじめとする数理技術、神経回路モデル、心理実験などの技術を用い、埋め込み構造についての計算理論を構築		数理解析, モデルの構築, モデルの拡張			
イ. 最適化原理による運動パターン生成理論を発展・展開し、言語的コミュニケーションの脳内情報表現と計算機構を解明				モデルの検証	
3. コミュニケーションの脳科学のための新しい計測技術開発の研究					
(1) コミュニケーション時のヒト脳活動の非侵襲計測法開発に関する研究					
① 3D脳磁計バーチャルセンサシステムの脳研究への応用					
ア. 脳磁場を3次元的に計測でき、かつ神経活動を脳内の電流分布として捉えることができる3D脳磁計バーチャルセンサシステムの開発	システムの理論的構築, 性能確認 システムの試作, 開発, 検証				
イ. 試作品を用いて新しい計測手法を検証, 実際の計測				試作品の検証, 実際の運用	
ウ. 開発された3D脳磁計バーチャルセンサシステムを体性感覚野皮質や視覚系皮質に適用し, その性能を神経生理学的に評価		試作品の神経生理学的検証			
エ. 計測結果を表示するソフトウェアの開発				ソフトウェア開発	
② 新しい非侵襲脳活動計測装置及び手法を神経内科学的に評価する研究					

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
ア. 開発された3D脳磁計バーチャルセンサシステムを、失語症や皮質感覚障害を有する脳梗塞患者に適用、その性能を神経内科的に評価 イ. 計測結果を表示するソフトウェアの開発		試作品の神経内科学的検証			
4. 研究管理				ソフトウェア開発	
所要経費(合計)	239百万円	250百万円	258百万円		

4. 平成11年度における達成目標

1. 非言語的コミュニケーションの理解

(1) 非言語的コミュニケーションの脳活動非侵襲計測

① バーチャルリアリティー技術を用いた道具の脳内表現に関する研究

・手の動作や道具の使用と学習に伴う脳活動部位を明らかにするために、多数の新奇な仮想道具の3次元形状とその動作アニメーションをグラフィックスワークステーションで作成し被験者に視覚的に提示する装置と、この動作アニメーションを被験者の手動作から直接計測されるデータに基づいて駆動する手形状・動作入力装置を用いて、複数の感覚情報を利用した各種仮想道具の操作に伴う脳活動をf-MRIやMEGを用いて測定し、手ぶりなどのコミュニケーションにおける脳の情報処理機構を解明する道筋をつける。

(2) 非言語的コミュニケーションの電気生理実験とヒトの心理実験に関する研究

① サルとヒトを対象にした顔の表情識別の脳内機構の解明

・コミュニケーションに使われる、複数の情報を同時に持つ顔情報が、頭葉のニューロンのダイナミックな活動のなかでどのように表現されているかを明らかにするために、ヒトやサルの表情を含む顔やその他の図形及び表情の動画を刺激として、サルの側頭葉と一次視覚野(V1)のニューロン活動を記録し、側頭葉とV1との間の双方向結合の働きを解析することによって、複数情報のダイナミックな神経コードに関する双方向情報処理モデルの具体化を計るために必要な基礎的な神経生理学的データを得る。

② 視覚的コミュニケーションシグナルと一般物体像の脳内表現

・一般物体像の脳内表現を明らかにするために、サルのTE野における3次元面構造の脳内表現のしくみを調べ、サルがヒトと同じく「一般像抽出原則」に従った面構造の知覚を行っているかどうかを検討する。

・サルのTE野内在性神経連絡と一次視覚野内在性神経連絡の相違が個体発生の間にどのように生じてくるかを神経解剖学的手法を用いて調べる。

・昨年度までにPET法により見出した側頭葉内の顔視覚像により活性化される脳部位の活動が、どのくらい顔の像に特異的なものであるかを検討する。

③ ヒトの顔の表情に関する心理学的研究

・表情の表出に影響する主要な要因を抽出するために、表情と表出者の内的状態との関係を自然な状況で表出される表情を記録しかつ表出者の感情状態との関係を調べる心理実験を行うことによって、感情喚起映像の知覚時における表情変化の特性と被験者の主観的な感情経験との対応関係、種々の認知課題遂行時の表情や視線の変化と外的刺激との関係、2者間のインタラクション場面における表情・視線の動きに関するデータを得る。

④ 視覚的コミュニケーションの心理物理学的研究

・視覚的コミュニケーションにおける色知覚、運動知覚、奥行き知覚の知覚機構を明らかにするために、視覚測定用のf-MRI実験システムを整備し、色知覚、運動知覚、奥行き知覚にかかわる脳の活動部位及び活動特性をf-MRIとMEGによって測定し、その結果を統合分析することによってこれらの知覚の神経機構の相互関係に関するデータを得る。

・色輪郭と輝度輪郭の相互作用過程の、神経機構と奥行き知覚における単眼手がかりと両眼てがかりの相互作用過程の神経機構を明らかにするために、f-MRIとMEGとEEGによる測定結果を統合分析することによって、物体認識における並列情報特徴情報の統合過程の解析を行う。

(3) 非言語的コミュニケーションの電気生理学的実験及び行動学的実験に関する研究

① 霊長類の音コミュニケーション知覚機構の解明

・サルによる音声の知覚実験では、合成音声の継時的変化を弁別させる実験を行い、サルがヒト同様に合成音声の継時的変化のカテゴリカルな弁別を行うか否かを検討する。

また、電気生理学的実験を行いサル聴覚中枢における合成音声の継時的変化に対応するような継時的変化を伴う音刺激の表示のされ方を探る。

・ヒトによる音声の知覚実験では、周波数成分を劣化させた条件では緩徐な振幅変化だけによって音声知覚可能なことを系統的に示し、音声知覚の中核メカニズムにおける時間情報 (temporal information) 表現の使われ方を調べる。

② 非言語的コミュニケーションの基礎となる感覚運動系列学習と遂行の神経生理学的研究

・系列運動の学習における大脳基底核線条体、黒質線条体ドーパミン系、視床線条体系の役割を明らかにするために、日本猿が複数の押しボタンを特定の順番で押さえる課題を実行している際にその大脳基底核及び視床の単一ニューロンの活動を記録することによって、手を用いた系列運動の実行と学習に伴って視床 CM, Pf 核、線条体、黒質線条体ドーパミン系の各ニューロンがどのような活動をし、どのように活動特性を変容させるかを調べる。

・ヒトの系列運動の学習に関与する大脳皮質前頭前野と大脳基底核の働きを明らかにするために、先に確立した脳細胞の細胞内でのイノシトールリン酸代謝をモニターするリガンドとして ^{14}C -Diacylglycerol (DAG) を用いる方法で PET 計測を行い、大脳基底核、特に線条体 (被殻と尾状核) がそれぞれ学習のどのプロセスに関与するかを調べる。具体的には、習得過程か、学習済みの運動の読み出し過程、Explicit Learning または Implicit Learning 過程、視空間座標に基づく学習か身体座標での学習かなどについて調べる。

③ コミュニケーションのための内部モデルの小脳内存在に関する生理学的及び非侵襲脳活動計測による研究

コミュニケーションのための内部モデルが小脳内に存在することを明らかにするために、以下の 2 項目についての研究を進める。

・サルを用いた生理学的研究では、サルに対して単関節腕運動課題を訓練して力学的パラメータを変更した時の学習過程を行動学的に解析するとともに、トルクモータの制御プログラム開発環境を導入して学習課題として最適なパラメータの変更プロトコルを作成し、運動課題実施中のサルの小脳プルキンエ細胞から電気活動を記録して、実測した各細胞の単純スパイクの活動と内部モデル仮説から得られる理論的な予測とを比較する。

・ヒトを用いた非侵襲脳活動計測では、視覚性、並びに聴覚性課題におけるヒトの f-MRI を行うとともに既に明らかになった小脳などの活動部位に対して磁気刺激を加えて課題遂行に支障が出るかを調べ、機能画像で描出された脳部位が課題遂行に貢献しているかどうかを判定する。

(4) 非言語コミュニケーションの計算理論に関する研究

① 顔の表情の識別や身振り手振りの理解に関する計算理

論と神経回路モデルの研究

・非言語情報による学習とコミュニケーションの計算理論の構築と神経回路モデルと実験結果の検証を行うために、視覚刺激投影システムと視覚的コミュニケーションシグナル提示装置を使った心理実験データの収集を行うとともに高次視覚運動課題処理・解析装置によりデータの解析を行い、計算理論と神経回路モデルのシミュレーションを試みる。

② 表情変化の特徴化と表情理解の研究

・ヒトの表情変化特性を明らかにするために、困惑感情喚起プログラムを用いて中立状態から困惑状態に至るまでの表情の 3 次元的变化及び生理反応の変化の計測を行い、得られた表情変化情報と生理反応の変化について解析し相関関係を調べることによって、表情変化の特徴化を試みる。

③ 運動パターンの生成と知覚における最適化原理の研究

・手で楕円を描く運動とその知覚における $1/2$ 乗則に代表されるような運動の生成と知覚において共通な運動規範を採用しているという仮説をより広く厳密に検証するために、画像提示システムを用いて物体とヒトの手の様々な動きを被験者に提示してそれらの運動の速度波形と知覚した運動の自然を実験的に調べ、運動知覚のカギとなる情報を抽出することを旨とする。

・運動制御に用いられる視覚的特徴を明らかにするために、カメラで取り込んだ対象物の画像を様々な加工・変形して被験者に提示する実験システムを構築し、被験者が対象物の変形画像だけを見てつくった手の把持形状をサイバグロブで計測する心理物理実験を行い、画像情報と指関節角情報との関係を解析することによって、運動制御のための本質的な視覚情報を抽出することを旨とする。

2. 言語的コミュニケーションの理解に関する研究

(1) 脳活動非侵襲計測実験等に基づくコミュニケーション機能のモデル化に関する研究

① 脳活動非侵襲計測実験等に基づくコミュニケーション機能のモデル化に関する研究

・コミュニケーション機能のモデルを構築するために、手の運動の見真似過程や立体視とアフォーダンスに関する f-MRI 実験の結果を基礎にして手を用いた系列行為の学習過程を調べ、観念失行と観念運動失行との比較及び系列学習と概念記憶の関係について検討する。

・発達心理学で知られているいくつかの文法機能に関するエラーを説明するシミュレーションモデルと、言語課題を含むワーキングメモリー課題に関するニューラルネットワークモデルを構築するために、イメージング研究を基礎として言語獲得と理解に関するモデル化を進める。

② 言語獲得と理解についての脳内メカニズムの解明
音韻処理に関わると考えられる複数の脳活動部位の役割を明らかにするために、文字や数字などの言語刺激を視覚的に呈示して被験者が内語を行う際の脳活動を f-MRI や

MEG などによって計測することにより脳活動の時間的・空間的变化をとらえる実験を実施し、被験者に与える課題条件と脳活動の関係を詳細に分析し音韻処理に関わる脳活動部位とその処理内容を明確にする。

③ 言語的コミュニケーションにおける視覚と音声情報の統合に関する研究

・音声知覚における視聴覚統合の様式が年齢によってどう変化するかを記述するために、マガーク効果の大きさを測定する際に問題となる天井効果や床効果を避けることができる適切な刺激を作成していくつかの年齢段階の被験者についてマガーク効果を測定する横断的な実験を行い、大人と子どもでのマガーク効果の生じやすさを比較するための心理物理学的データを得る。

④ 言語機能の脳内機構の解明に関する研究

言語機能の脳内機構を解明するために、今年度は下記の3項目について研究を進める。

・日本語および英語の言語知識（文法）及び言語理解に関するスコア（解釈上の影響が及ぶ範囲）と統語範疇の問題を中心とする認知心理学的モデルを構築し、日本語と英語の両方を対象に統語解析の一般的原理の候補を明らかにするとともにそれらの原理の实在をテキストスコアを用いた実験を通じて確認する。

・日本語と英語を対象として、刺激文提示装置を利用し幼児を被験者とする文法の獲得に関する認知心理学的実験を行い、言語機能の発達に関連する生得的原理と経験の相互作用について確認する。

・脳内処理における統語範疇（品詞）と概念の関係を重点を置いた f-MRI を利用した脳活動非侵襲計測実験を行い、これまでの言語（単語）の脳内処理に関する実験の結果得られたデータが、実は概念の脳内処理に関するものであったことを確認する。

(2) 言語的コミュニケーションの非言語的コミュニケーションの計算理論からの拡張に関する研究

① コミュニケーションにおける動的メカニズムの解明

・昨年度提案した教師あり学習、教師なし学習、強化学習を統合した複雑時系列学習法の有効性を検証するために、同学習法をロボットシミュレータの運動学習や声や音などの高次元のコミュニケーション時系列の学習に適用することを試み、工学的な実証実験結果を得る。

・コミュニケーションの動的課程の計算理論を構築するた

めに、脳内コミュニケーションの実体であるニューロンスパイクの時系列がいかなるプロセスでエンコード・デコードされているかを計算理論的に検討し、新しい提案を行う。

② 言語的コミュニケーションにおける埋め込み構造の最適化原理に基づく研究

・非言語的である腕・手の運動によるコミュニケーションと言語的コミュニケーションのための本質的な情報表現及び計算機構を理解するために、多数の被験者による腕の運動と両手の形状変化を高精度で計測する実験と双方向性理論の立場から運動パターン認識の運動指令説を検証する神経回路網モデルの研究と失書患者の行動実験を進め、書字運動モデルを手話・身振りなどの連続運動によるサイン言語を生成するモデルへ発展させるとともにこれらの認識系モデルの構築を行う。

・構文の埋め込み構造を理解するための実験的研究の枠組みの検討を開始する。

3. コミュニケーションの脳科学のための新しい計測技術開発の研究

(1) コミュニケーション時のヒト脳活動の非侵襲計測法開発に関する研究

① 3D脳磁計バーチャルセンサシステムの脳研究への応用

・3D脳磁計バーチャルセンサシステムのトータルシステムを構築するために、複数の広がった電源解析法のシミュレーションを行うとともに昨年度試作したシステムを用いて測定したヒトの脳磁場解析にその電源解析法を適用して基礎的評価を行い、有効性を示すとともにシステムの性能向上を図るためのデータを得る。

・3D脳磁計バーチャルセンサシステムを基礎的脳研究へ適用するために、試作システムを用いて視覚情報処理におけるボトムアップとトップダウン信号の相互作用の解析を行い、有効性を示す。

② 新しい非侵襲脳活動計測装置及び手法を神経内科学的に評価する研究

・新しい非侵襲脳活動計測装置及び手法を神経内科学的に評価するために、臨床脳研究への応用に向けた体性感覚処理の実験を継続して行うとともに頭頂連合野の障害を有する患者を用いた実験を新たに行い、注意（アテンション）集中による体性感覚認知の調節機構を明らかにするとともに体性感覚の認知障害（失認）の機構を明らかにする。

II 平成 11 年度における実施体制

研究項目	担当機関	研究担当者
<p>1. 非言語的コミュニケーションの理解に関する研究</p> <p>(1) 非言語的コミュニケーションの脳活動非侵襲計測に関する研究</p> <p>① バーチャルリアリティー技術を用いた道具の脳内表現に関する研究</p> <p>(2) 非言語的コミュニケーションの電気生理実験とヒトの心理実験に関する研究</p> <p>① サルとヒトを対象にした顔の表情識別の脳内機構の解明</p> <p>② 視覚的コミュニケーションシグナルと一般物体像の脳内表現</p> <p>③ ヒトの顔の表情に関する心理学的研究</p> <p>④ 視覚的コミュニケーションの心理物理学的研究</p> <p>(3) 非言語的コミュニケーションの電気生理学的実験及び行動学的実験に関する研究</p> <p>① 霊長類の音コミュニケーション知覚機構の解明</p> <p>② 非言語的コミュニケーションの基礎となる感覚運動系列学習と遂行の神経生理学的研究</p> <p>③ コミュニケーションのための内部モデルの小脳内存在に関する生理学的研究及び非侵襲脳活動計測による研究</p> <p>(4) 非言語コミュニケーションの計算理論に関する研究</p> <p>① 顔の表情の識別や身振り手振りの理解に関する計算理論と神経回路モデルの研究</p> <p>② 表情変化の特徴化と表情理解の研究</p> <p>③ 運動パターンの生成と知覚における最適化原理の研究</p>	<p>大阪大学大学院工学研究科</p> <p>通商産業省工業技術院電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター 大阪大学基礎工学部</p> <p>京都大学大学院教育学研究科 京都大学大学院人間環境学研究科</p> <p>同志社大学工学部</p> <p>大阪大学健康体育部</p> <p>通商産業省工業技術院電子技術総合研究所</p> <p>(株)国際電気通信基礎技術研究所</p> <p>通商産業省工業技術院大阪工業技術研究所 豊橋技術科学大学</p>	<p>岸野 文 郎</p> <p>山 根 茂</p> <p>藤 田 一 郎</p> <p>吉 川 左紀子 江 島 義 道</p> <p>力 丸 裕</p> <p>木 村 實</p> <p>北 澤 茂</p> <p>平 原 達 也</p> <p>松 岡 克 典 宇 野 洋 二</p>
<p>2. 言語的コミュニケーションの理解に関する研究</p> <p>(1) 脳活動非侵襲計測実験等に基づくコミュニケーション機能のモデル化に関する研究</p> <p>① 脳活動非侵襲計測実験等に基づくコミュニケーション機能のモデル化に関する研究</p> <p>② 言語獲得と理解についての脳内メカニズムの解明</p> <p>③ 言語的コミュニケーションにおける視覚と音声情報の統合に関する研究</p> <p>④ 言語機能の脳内機構の解明に関する研究</p>	<p>京都大学大学院情報学研究科</p> <p>郵政省通信総合研究所</p> <p>金沢大学文学部</p> <p>慶應義塾大学言語文化研究所</p>	<p>乾 敏 郎</p> <p>宮 内 哲</p> <p>積 山 薫</p> <p>大 津 由紀雄</p>

研究項目	担当機関	研究担当者
(2) 言語的コミュニケーションの非言語的コミュニケーションの計算理論からの拡張に関する研究 ① コミュニケーションにおける動的メカニズムの解明 ② 言語的コミュニケーションにおける埋め込み構造の最適化原理に基づく研究	奈良先端科学技術大学院大学 長岡技術科学大学工学部	石井 信 和田 安弘
3. コミュニケーションの脳科学のための新しい計測技術開発の研究 (1) コミュニケーション時のヒト脳活動の非侵襲計測法開発に関する研究 ① 3D脳磁計パッチャルセンサシステムの脳研究への応用 ② 新しい非侵襲脳活動計測装置及び手法を神経内科学的に評価する研究	株式会社島津製作所基盤技術研究所 京都府立医科大学附属脳・血管老化研究センター	吉田 佳一 高梨 芳彰
4. 研究管理	株式会社国際電気通信基礎技術研究所	東倉 洋一

III リエゾン会議

委員	所 属
○東倉 洋一	日本電信電話(株) 基礎研究所長 (株式会社国際電気通信基礎技術研究所 客員研究員)
乾 敏郎	京都大学 大学院情報研究科教授
大津 由紀雄	慶應義塾大学 言語文化研究所教授
岸野 文郎	大阪大学 大学院工学研究科教授
北澤 茂	通商産業省 工業技術院電子技術総合研究所情報科学部脳機能研究室主任研究官
平原 達也	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 経営企画部主幹研究員
松岡 克典	通商産業省 工業技術院大阪工業技術研究所光機能材料部情報光学研究室長
宮内 哲	郵政省 通信総合研究所通信科学部信号処理研究室主任研究官
山根 茂	通商産業省 工業技術院電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター長
吉田 佳一	株式会社島津製作所 基盤技術研究所主任研究員
力丸 裕	同志社大学 工学部知識工学科教授
和田 安弘	長岡技術科学大学 工学部電気系助教授

(注：○は研究管理統括者)