

# 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係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fMRI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に可能となってきた。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（独立行政法人産業技術総合研究所）

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（大阪大学大学院基礎工学研究科）

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的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解明する。

(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（同志社工学部）

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係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（京都府立医科大学医学部）

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（独立行政法人産業技術総合研究所）

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ぶ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先端情報科学研究部）

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 トリとヒトにおける音列の産出認知メカニズム（千葉大学文学部）

ア、トリとヒトを比較研究し、音列の産出認知に係わる運動指令のパケット化・階層化の機構を行動学的・生理学的に解明する。

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) 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 コミュニケーション素過程としての脳内シミュレーション機構の非侵襲的研究（岡崎国立共同研究機構生理学研究所）

ア、fMRIをもちいて、言語的および非言語的なシミュレーションを支える神経機構の類似と相違を明らかにする。

② 言語獲得と理解についての脳内メカニズムの解明（独立行政法人通信総合研究所）

ア、fMRI、MEGを用いて、図形・文字の認識に係わるヒトの脳活動を計測する。

イ、アの結果を用いて、言語に係わるヒトの脳活動のモデル化を行う。

③ 言語機能の脳内機構の解明に関する研究（慶応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 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 3D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。

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、脳磁図、fMRI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fMRI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、その性質の数理的解明を行う。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
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ー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					
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					
(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进行分析					
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					
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、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					
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					
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					
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					
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、視環境と環境課題ではどのように変化するかを心理物理学的実験により分析					
	仮想道具の作成、データ収集	データ収集シミュレーション		実験結果解析	
	システム構築	データ収集・記録			
	システム構築	データ収集・記録			実験結果の比較・記録モデルの構築
	データ収集・記録				実験結果の比較モデル構築
	システム構築予備実験	データ収集・記録			
				データ収集・記録	
	システム構築	データ収集・記録結果の体系的分析			

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度	
<p>イ. 物体認識における並列的特徴情報の統合過程を解明</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>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係わる機能を解明</p> <p>イ. ヒトを用いた心理学的な実験を行い、サルとの類似性、相連性を検討</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>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</p> <p>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</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>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</p> <p>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</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ぶ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>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</p> <p>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</p> <p>② トリとヒトにおける音列の産出認知メカニズム</p> <p>ア. トリとヒトを比較研究し、音列の産出認知に係わる運動指令のパケット</p>			実験結果解析, モデルの構築			
	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				
					心理実験によるヒトとの比較	
	システム構築	データ収集, 解析				
			データ収集, イメージング		モデルの構築	
	システム構築	データ収集, 記録			モデルの解明	
	システム構築	データ収集, 記録			モデルの解明	
	実験装置準備 プログラム開発	データ収集, 記録				モデルの構築
				データ収集, 解析		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
<p>化・階層化の機構を行動学的・生理学的に解明する</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 コミュニケーション素過程としての脳内シミュレーション機構の非侵襲的研究</p> <p>ア. fMRIをもちいた言語的および非言語的なシミュレーションを支える神経機構の解明</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>ア. fMRI, MEGを用いて, 図形・文字の認識にかかわる脳活動を計測</p> <p>イ. アの結果を用いて, 言語に係わる脳活動のモデル化</p> <p>③ 言語機能の脳内機構の解明に関する研究</p> <p>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解明</p> <p>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</p> <p>(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</p> <p>① 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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>(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</p>				<p>脳活動非侵襲計測 データ収集, 記録</p> <p>モデルの構築</p>	
				<p>脳活動非侵襲計測 データ収集, 記録</p>	<p>モデルの構築</p>
	<p>システム構築 予備実験</p>		<p>データ収集, 記録</p>		<p>データと理論の検証 モデルの構築</p>
			<p>数理解析, モデルの構築, モデルの拡張</p>		<p>モデルの検証</p>

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
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 イ. 試作品を用いて新しい計測手法を検証し、実際に計測 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 エ. 計測結果を表示するソフトウェアの開発					
	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				
				試作品の検証、実際の運用	
	試作品の神経生理学的検証				
				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	258百万円	210百万円

#### 4. 平成13年度における実施内容と達成目標

##### 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

機能的核磁気共鳴装置(fMRI)環境で使用可能な高機能仮想道具実験装置(平成12年度までに完了)を用いて、仮想現実空間での「新奇な」道具の使い方の学習時における被験者の脳活動を計測する。この計測データに基づいて、脳機能と道具の脳内表現について検討することにより、当初目的の達成に向けた成果の全体的なまとめを行う。具体的な研究内容は次の通りである。

ア. 仮想箸について、操作法習得後に道具のさまざまなパラメータを変更し、その際の脳活動がどのように変化するかを調べ、「新奇な」道具の使い方の学習時の脳活動が学習に伴ってどのように変化するかを調べることで、道具の使用に関わる脳活動の場所を特定する。

イ. 同様の過程をユーザインタフェースの評価実験を通して検討する。

ウ. これらの実験結果によって導出される道具の使用とその学習に関わる脳の機能に対する仮説を確認するための検討を行う。

##### (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

顔表情の脳内識別機構を知るため、サルの神経科学的研

究を進めてきた。その結果、脳内では、顔表情などのおおまかな情報と詳細の情報がダイナミックに表現されているということを解明し、さらに、これらを実現できるニューロン回路モデルを共同研究で提案した。今年度はその神経回路モデルがヒト脳の各部位にどう分散・展開されているかを知るために、サルとヒトの表情のある顔や図形を刺激とした場合のヒト脳の活動部位をfMRIを用いて画像計測する。計測データに基づいて、表情や個体の脳内分析機構を提案モデルとの関連から検討することによってモデルの妥当性を評価し、識別機構のまとめを行う。

##### 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

大脳皮質連合野において、物体像が脳内神経活動としてどのように表現されているのか、さらに、この活動をどのような解剖学的構造が支えているのかを明らかにすることを目的に、サルを実験対象にした研究を行い、昨年度までに、

ア. サルの下側頭葉皮質TE野細胞の両眼視差選択性の発見

イ. TE野内在性水平軸索の構造と生後発達の解析

ウ. 陽電子断層撮影(PET)法のサルへの適用

などを完了した。

今年度は、TE野において両眼視差選択性細胞がモジュール構造を形成しているかどうかの検討と顔反応領域のPET解析を完成し、当初目的の達成に向けた成果の全体的なまとめを行う。

##### ③ ヒトの顔の表情に関する心理学的研究

・ヒトの表情認知に関する種々の行動データ、fMRI、MEG データを手がかりに、表情認知の処理機構を明らかにすることを目的に研究を行い、昨年度までに、

ア. 行動データに基づく、表情の初期知覚の特徴の分析  
イ. 行動データに基づく、動的表情の認知の特徴の分析を完了した。

・今年度はこれらの成果をふまえて、表情と視線向きの初期視覚処理にかかわる神経回路（上側頭溝、扁桃体など）の時空間的活性化の機序について、行動指標（反応時間、正答率）及びfMRI、MEG データに基づき検討する。

同様に、動的表情の視覚処理に関わる神経回路の時空間的活性化の機序について、行動指標（心理評定、顔面の動き）及びfMRI、MEG データに基づいて検討する。これらの結果に基づいて、表情・視線の視覚処理に関する認知-情動-神経モデルを構築し、当初目的の達成に向けた成果の全体的なまとめを行う。

#### ④ 視覚的コミュニケーションの心理物理学的研究

ヒトの視覚的コミュニケーションの機構を明らかにするために、視知覚現象と神経機構の関係を分析することを目的として、昨年までに、知覚特性（輝度・色度の時間周波数特性、空間周波数特性）とレチノトピー性を持っている領野（V1～V4）の活動の関係をMEGとfMRIで解析した。今年度は、MEGとfMRIを使用して、下記項目に関して、知覚現象と神経機構の解析をさらに進めるとともに、当初の目的達成に向けた成果の全体的なまとめを行う。

ア. 知覚特性（運動知覚、両眼奥行き）とレチノトピー性を持っている領野（V1～V4）の活動の関係解析

イ. 注意課題を操作しながら、形態知覚特性（図地分節、面、形、物体）とレチノトピー性領野、全視野性領野の活動の関係解析

#### (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

・昨年度までの研究で非言語的コミュニケーションの理解に関して以下のことを明らかにした。

ア. サルでも継時的なピッチ変化を基本周波数に基づいて知覚するが、ヒトと全く同じではない。

イ. サルの音声コミュニケーションに用いられるクー音弁別において、カテゴリー知覚が用いられる。

ウ. 下丘ニューロンの神経生理学的記録から、同一ニューロンが広帯域にわたる異なる周波数に対して異なる時間応答パターンを示す。

エ. ヒトのメロデー中のピッチ変化弁別では文脈効果が見られる。

オ. 周波数情報劣化帯域雑音音声の知覚結果から、振幅包絡変化情報により音声知覚・認知が可能である。

カ. 周波数情報劣化帯域雑音音声の知覚結果により、振幅包絡変化情報が中枢でピッチの時間変化知覚に置き換えら

れる可能性がある。

キ. 音刺激と視覚刺激の同時呈示によって、視覚知覚が聴覚知覚によりコントロールされる場合が存在する。

・これらの成果を踏まえ、今年度は、以下の項目を探求するとともに、当初目的の達成に向けた期間全体のとりまとめを行う。

ク. サルにおける継時的ピッチ変化知覚の行動学的実験を続け、ヒトとの類似点と相違点を明らかにする。

ケ. 聴覚系中枢における時間情報表現・コーディング法を探るために、下丘ニューロンからの記録を継続する。

##### 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

・線条体のニューロンは大脳皮質から部位特異的な神経情報を受け、黒質線条体ドーパミン系による報酬や動機づけに関わる情報と視床CM、Pf核からの注意や警戒などの情報によって修飾作用を受けると考えられる。今年度は、系列運動の学習と記憶における大脳皮質-基底核系のシステムとしての機能を知るために、系列運動課題を行っているサルの線条体投射ニューロン、介在ニューロンの神経活動間の相関を求め、線条体内での統合と、皮質-基底核ループを介する役割を調べる。予備的な研究では、ボタン押しの順序に選択的な準備、最初の手がかりから運動の開始まで、ボタン押しの組み合わせ、報酬の予期などの、特定の順番での系列運動のための戦略を反映するニューロン間に皮質-基底核ループを介すると考えられる活動相関が観察されているので、その動作原理を調べる。

手を用いた系列運動の学習と記憶において線条体と黒質線条体ドーパミン系の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、昨年度に引き続いて調べ、学習に伴って生じる大脳基底核の可塑性の神経活動の実体を調べる。

・PETを用いたヒト脳のイメージングは、従来、脳の局所血流量の測定によって行われている。しかし、私たちは、線条体、大脳皮質前頭葉でのドーパミンニューロンの終末部への18FDOPAの取り込みをPETを使って測定することによって、ドーパミン系の活動を測定する新しい方法論を探っており、18FDOPA PETの測定データをシミュレーションできるモデルを確立しつつある。この方法を用いて、ヒトの系列運動の学習に伴って活動する中脳ドーパミン系の役割を調べる。

##### 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、当初の目的達成に向けた成果の全体的なまとめを行う。

ア. 負の粘性場と正の粘性場という異なる環境の下で運動課題を行うサルの小脳の電気活動と内部モデル仮説の理論

的な予測を比較して、複数の内部モデルが小脳内に生成されているかどうかを解明する。複数ある場合、切り替えが行われるのは小脳の上流か下流か、を明らかにする。

イ. 聴覚性課題として文章の朗読刺激のスピードを変化させる課題を追加して導入し、脳の活動をさらに賦活することによって「単語理解」「文理解」「文章理解」の各レベルに対応する脳活動をヒトの大脳及び小脳で明らかにする。

#### (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ぶりの理解に関する計算理論と神経回路モデルの研究

平成9～11年度に視覚的コミュニケーションシグナル提示装置、視覚刺激投影システム、高次視覚運動課題処理・解析装置を導入、得られたデータを解析し、神経回路モデルを構築した。今年度はこれらの装置を用いた行動実験、当プロジェクト全体で開発した脳磁計測装置を用いた非侵襲脳活動計測実験及び、昨年度に導入したfMRI視覚運動課題実験装置を使い、コミュニケーションに伴う脳活性化部位の同定実験を行うことで、今まで構築してきたコミュニケーションの計算理論の広範囲にわたる実験的検証を実施し、当初の目的達成に向けた成果の全体的なまとめを行う。

##### ② トリとヒトにおける音列の産出認知メカニズムに関する研究

これまでの研究で、ヒトと鳴鳥類の音列の産出と認知のメカニズムには行動レベル・神経回路レベルで共通点が多いことがわかった。今年度は、時系列信号の産出と認知を行う上でヒトと鳴鳥類が共通に使用していると思われるアルゴリズムを仮定し、鳴鳥類の歌産出と認知において、これがどのように実現されているかを神経回路のレベルで明らかにする。この成果から時系列信号の産出認知モデルを構成し、これがヒトの音列産出及び認知時のモデルとしても妥当性を持つかどうかを、脳波を指標として検討する。

## 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 コミュニケーション素過程としての脳内シミュレーション機構の非侵襲的研究

- ・fMRI及びPETを用いて、言語的及び非言語的なシミュレーションを支える神経機構の類似と相違を明らかにする。
- ・小脳疾患及び大脳基底核疾患における言語的及び非言語的なシミュレーション機能の変化を明らかにする。
- ・経頭蓋磁気刺激による皮質機能一過性干渉法を用いて、言語的及び非言語的なシミュレーション機能に関与する大脳皮質の機能的有意性を明らかにする。

#### ② 言語獲得と理解についての脳内メカニズムの解明

- ・本研究では、言語的コミュニケーションの脳内機構、特に言語獲得と理解の脳内メカニズムをfMRIとMEGなどにより解明することを目的に研究を行い、昨年度までに、ア. 文字や単語の形態・音韻・意味処理に関わる脳活動計

測

イ. 音韻処理の細分化のため、内語だけを行う課題での脳活動計測

ウ. MEGデータ解析のため複数活動源の逆問題を解き易くする方法の検討

を完了した。

- ・今年度は、昨年度に検討したMEG逆問題解法を使用し、これまでに行ってきた文字や単語の処理に関わる脳活動計測データを解析することにより、これらの処理の時間的・空間的特性をさらに詳細に明らかにし、言語モデルに寄与するデータを示し、当初目的の達成に向けた成果の全体的なまとめを行う。

#### ③ 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の解明を目的に研究を行い、昨年度までに、

ア. 日本語と英語の言語知識（文法）の発達に関する認知心理学モデルを構築するための諸実験を刺激文呈示装置などを用いて行い、必要なデータをほぼ収集し終えた。

イ. 日本語と英語の言語知識（文法）及び言語理解に関する認知心理学モデルを構築するための諸実験を言語機能心理モデル解析装置、タキストスコープ、眼球運動測定装置などを用いて行い、必要なデータをほぼ収集し終えた。

ウ. 言語の脳内処理に関するモデルを構築するための脳活動非侵襲計測実験（fMRIを使用）を行い、必要なデータをほぼ収集し終えた。

- ・今年度は、以下の項目を実施して当初目的の達成に向けた成果の全体的なまとめを行う。

エ. 上記のそれぞれについて、必要かつ可能な限りで、追加実験を行う。

オ. 上記で得たデータをもとに、それぞれのモデルを構築する。

- ・さらに、今後の成果活用を促進するため、

カ. 関連する分野の最近の主要文献データベースを構築する。

キ. 問題点と今後の研究課題を明確にする。

### (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 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

- ・最適化原理による運動パターンの生成理論を発展・展開させることによって、言語的コミュニケーションの脳内情報表現と脳内計算機構の原理の理解を目標に研究を行い、昨年度までに、

ア. 書字運動モデルにおける経由点の時間情報の最適化モデルの提案

イ. 最適化軌道の厳密解の計算アルゴリズムの提案と最適化規範の比較検討

ウ. 運動時間と軌道の変化に関する考察とモデル化



などを行った。

・今年度は、以下の項目を実施し、当初目的の達成に向けた成果の全体的なまとめを行う。

エ. 滑らかさ規範に基づく3次元の運動軌道生成モデルを核として、強化学習の枠組みによって、経路点情報等の特徴量を陽として与えることなく手話・身振りなどの複雑な順序的運動の新しい生成・認識モデルを構築する。

オ. 健常者では、運動速度が速くなると3次元方向の運動量が小さくなる傾向が強いが、脳損傷患者には、そのような傾向が観測されない場合がある。このことが失書と何らかの関連を持つのか否かを被験者実験、計算論及び計算機シミュレーションによって確認する。

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

昨年度までに、3Dバーチャルセンサシステムの開発と複数の脳活動源の計測法・解析法の研究を完了した。

本年度は、下記の研究を行い、成果の全体的なまとめを行う。

ア. バーチャルセンサシステムを用いて、コミュニケーション時の脳活動を計測解析できる手法の実証を行う。コミュニケーション時の脳磁場を測定し、バーチャルセンサ法と格子点移動法を適用する。これにより、広がった脳活動源の解析にバーチャルセンサシステムが有効であることを確認する。

イ. バーチャルセンサシステムを用いて、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う。

## II 平成13年度における実施体制

研究項目	担当機関	研究担当者
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ー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	岸野文郎
(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	独立行政法人産業技術総合研究所	山根茂
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	大阪大学大学院基礎工学研究科	藤田一郎
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	吉川左紀子
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	江島義道
(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	同志社大学工学部	力丸裕
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	京都府立医科大学医学部	木村實
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	独立行政法人産業技術総合研究所	北澤茂

研究項目	担当機関	研究担当者
(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ぶりの理解に関する計算理論と神経回路モデルの研究 ② トリとヒトにおける音列の産出認知メカニズムに関する研究	(株)国際電気通信基礎技術研究所 千葉大学文学部	川人光男 岡ノ谷一夫
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 コミュニケーション素過程としての脳内シミュレーション機構の非侵襲的研究 ② 言語獲得と理解についての脳内メカニズムの解明 ③ 言語機能の脳内機構の解明に関する研究 (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 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	岡崎国立共同研究機構生理学研究所 独立行政法人通信総合研究所 慶應義塾大学言語文化研究所 長岡技術科学大学工学部	本田学 宮内哲 大津由紀雄 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脳磁計バーチャルセンサシステムの脳研究への応用	(株)島津製作所基盤技術研究所	吉田佳一
4. 研究管理	(株)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) 先端技術総合研究所所長 (株)国際電気通信基礎技術研究所客員研究員
大津由紀雄	慶應義塾大学 言語文化研究所教授
川人光男	(株)国際電気通信基礎技術研究所 先端情報科学研究部主幹研究員
岸野文郎	大阪大学 大学院工学研究科教授
北澤茂	独立行政法人産業技術総合研究所 脳神経情報研究部門主任研究官
宮内哲	独立行政法人通信総合研究所 知覚機構研究室長
山根茂	独立行政法人産業技術総合研究所 脳神経情報研究部門総括研究員
吉田佳一	(株)島津製作所 基盤技術研究所主幹研究員
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)