

東京大学大学院総合文化研究科 助教授

酒井 邦嘉

「言語の脳機能に基づく言語獲得装置の構築」

1. 研究実施の概要

言語に規則があるのは、人間が言語を規則的に作ったためではなく、言語が自然法則に従っているからである——。こうしたチョムスキー (Noam Chomsky) の言語生得説は激しい賛否を巻き起こしてきたが、最新の脳科学は、この主張を裏付けようとしている。実験の積み重ねと MRI 技術の向上によって、脳機能の分析は飛躍的な進歩を遂げた。本研究プロジェクトは、脳に備わる「言語獲得装置」の実体を明らかにするため、言語という究極の難問に、脳科学の視点から挑むものである。

1861年にブローカが発話の障害を報告して以来、言語障害の症例がこれまで数多く蓄積されてきた。大脳皮質の言語野であるブローカ野が損傷を受けると、発話される文から文法的な要素が抜けてしまう現象が知られており、「失文法」と呼ばれている。1960年代に、アメリカのゲシュビントらは、失文法の原因がブローカ野を含む前頭葉の損傷であることを主張したが、この考えに異論を唱える研究者が多数現れて、論争が続けられてきた。その後、脳科学の進歩に伴い、人間の脳活動を画像として捉える fMRI (機能的磁気共鳴映像法) などを用いて、心のさまざまな機能の座が脳のどこにあるかを調べられるようになってきた。しかし、人間だけに備わった言語能力が、その他の心の機能と原理的に分けられるかという問題は、依然として認知科学における中心的な謎であった。本研究プロジェクトでは、言語の本質である「文法」という抽象的な概念が脳の中でどのように使われているかを特定の大脳皮質の働きとして客観的に明らかにし、記憶などの認知機能では説明できない言語能力の座を特定することを目標とした。この研究により、言語の処理に特化した「言語獲得装置」の存在が確かめられる。

まず、文法的な間違いを含む文と綴りの間違いを含む文を比較することで、文法を使って言語を理解するときに働く脳の部分を、fMRIによって初めて明らかにした。この実験では、英語を母語とする被験者に英語の文を視覚的に提示して、文法的な語順の判断と綴りの判断における脳活動を比較したところ、文法的な間違いを含む文は、綴りの間違いを含む文よりも強い活動を、大脳皮質の各言語野に引き起こすことが明らかになった。また、この2条件での皮質活動の差は、左脳のブローカ野が最大であった。以上の結果は、ブローカ野が文法処理に特化していることを示す直接的な証拠であり、脳における文法処理モジュールの存在を示唆している。この研究成果を報告した論文は、2000年5月23日発行のアメリカ科学アカデミー紀要に掲載された。

この結果から、文法判断に必要な認知機能がブローカ野に関係していることがわかったが、一般的な認知機能がどの程度までブローカ野の働きに影響を及ぼすのかは未知の問題であった。そこで我々は、一般的な認知機能の代表として記憶にスポットを当てる一方で、言語機能の中心として文法を位置づけて、両者を対比させた。この新しいパラダイムに基づく fMRI の実験から、文法を使う言語理解に対する特異的な活動が左脳の前頭前野に局在することを発見した。記憶などの認知機能では説明できない言語能力の座を特定したこの知見は世界で初めてのものであり、基本的な脳の機能が人間とサルで同じであると考え

る大多数の脳科学者の常識を覆す発見である。この研究成果を報告した論文は、2002年8月1日発行の *Neuron* に掲載された。

このような研究の積み重ねが突破口になって、人間の人間たるゆえんである心の働きの解明が進むことが期待される。失語症の研究で長年の論争であった「失文法」の問題に対し、脳機能イメージングの手法によって新しい知見を提供できたことは、医学の進歩においても重要である。この成果は、脳の損傷部位と言語機能の関係を明らかにする手がかりを与えるだけでなく、言語障害の機能回復を研究する上で、ブローカ野周辺皮質の活動をモニターすることの重要性を示唆する。また、言語処理が人間の脳で特別な意味を持つことを初めてはっきりさせたことにより、人間をサルの特長としてとらえる人間観を大きく変革させることになった。言語の脳科学の成果は、一般的な認知発達のパラダイムでは説明できない「言語の生得性」に対する理解を深めると共に、単語の丸覚え中心の語学教育から、文法と理解を重視する言語習得法への移行を強く促すものである。このような新しいコンセプトの教育方法を提案することで、言語の脳科学はその成果を広く教育へ応用することに貢献する。

本研究プロジェクトを構成する各グループによって得られたその他の成果を、以下にまとめる。

1) 脳における言語獲得装置の解析グループ (東京大学 酒井邦嘉 他)

TMS (経頭蓋的磁気刺激法) の実験から、文法処理とブローカ野の働きの因果関係を初めて証明した。TMS は、無侵襲的に脳の一部を刺激して脳の領野と機能の因果関係を明らかにできる、現在唯一の実験手法である。本研究によって文法処理の機能が前頭前野の一部に局在することが示され、しかも TMS が文法判断を特異的に「促進」することが明らかとなった。事象関連の TMS の実験は、これまで知覚機能や運動機能に限られており、TMS は特殊な場合を除き脳機能を抑制することが報告されていたので、この知見は常識を覆す画期的な結果である。この研究成果を報告した論文は、2002年9月14日発行の *Neuron* に掲載された。

2) 脳をモデルにした自然言語処理の開発グループ (慶応義塾大学 櫻井彰人 他)

人間の脳の神経システムは、構成要素がアナログ的かつ分散的である一方、自然言語の構文処理に示されるように、機能としては高度にデジタル的かつ集中的な記号処理を行っている。人工神経回路網を用いてこのモデルを構成するために、アナログ的かつ分散的な神経回路網の内部表現に含まれる記号的構造を明らかにし、それを活かした人工神経回路網の構築方法を検討した。また、それらの結果をもとに、脳における言語獲得機構のモデル化に適した構造の検討、特にそこで用いられるべき神経回路網の学習アルゴリズムの検討、意味範疇・統語範疇の初期獲得アルゴリズムの検討を行い、再帰的神経回路網の学習能力を明らかにした。

3) 失語症における病態生理の解析グループ (東京警察病院 渡辺英寿 他)

失語症回復期の症例7例を用いて、言語タスク時の脳活動の計測を光トポグラフィで行なった。すべての症例は、左半球(中大脳動脈灌流領域)に脳梗塞を作ったための失語症を呈し、リハビリテーションにより言語機能の回復がみられ、発症からの期間は6-15ヶ月である。5例で左下前頭回(Broca領域周辺、以下IFG)には殆ど反応がないか、或いはヘモグロビンが低下するなど、異常な反応が見られた。別の3例では左IFGに増加が見られるものの微弱であった。左IFGに異常な反応の見られた3例では、右側のIFGに血流量の明確な増加が見られた。このうち1例は、6ヶ月後、12ヶ月後に光トポグラフィを追跡計測したところ、左のIFGに血流量の増加が見られるようになり、それに伴って右IFGの反応が低下してゆく現象が見られた。他の症例も追跡中であるが、回復期に左右の大脳半球が動的に協調的に作動している可能性が示唆される所見である。

4) 光トポグラフィとfMRIによる言語機能計測のためのパラダイム開発グループ(日立製作所 牧敦 他)

光トポグラフィの技術開発として、新たに短波長計測の有効性を確認し、脱酸素化ヘモグロビンの変化において従来よりノイズ成分が有意に低減し、S/Nの向上が示された。また、MRIによる神経線維束トラッキングの高精度化を図るため、ゴースト低減法及び歪み補正法を開発した。異方性指数と固有値の閾値処理により抽出した、白質を含む領域のボクセルを出発点としてトラッキングを行うことにより、神経線維の描出が可能となった。1画素内の複数方向成分の有無は、近傍画素の固有ベクトルとの内積を評価関数として決定した。処理前画像のノイズ除去フィルタリングを行うことで、固有ベクトルの整列化に効果があることを見出した。以上の技術により、比較的小さな拡散強調だけで神経線維束を描出することに成功した。

2. 研究構想

1) 本研究のねらい

これまで、言語の脳研究が他の分野の脳研究に比べて遅れているのは、言語の情報処理システムが非常に複雑であるからだ、と一般に考えられてきた。しかも、言語はヒトに限られる高次機能であるので、動物実験によるアプローチが使えない。一方で、この困難な問題に挑むための研究体制が、わが国のみならず、欧米においてもまだ完全には整っていないのが実状である。脳研究を推進してきた神経科学者の多くは、近年の言語学の発展に関する知識が乏しい。また、言語の脳研究の重要性を認識している言語学者は、限られている。このような現状に鑑みて、学際的なアプローチを結集させることこそが、言語の脳機能を解明するうえで、重要な研究戦略になりうると考える。

本研究は、言語学と心理学を中心に据えて、脳機能イメージングの生理学的手法と、神経回路網モデルの工学的手法の融合により、脳における言語情報処理の基本原理の解明を

めざすものである。

2) 研究戦略

2. 1 研究パラダイム

チョムスキーがもたらした言語学のパラダイム・シフトは、「普遍文法 (Universal Grammar)」をめぐる進展した。普遍文法とは、人間が生得的にもっていると考えられる言語能力、すなわち言語獲得装置についての理論である。われわれが母語を用いて発話したり、他者の発話を理解したりするときには、普遍文法にもとづく言語情報処理を、無意識のレベルでおこなっていると考えられる。言語学では、この普遍文法の候補として、さまざまな言語のデータを普遍的に説明することができる理論が提出されてきた。しかしながら、これらの理論が、脳の認知機能の一部として支持され得るかどうかは、まだよくわかっていない。普遍文法の計算原理が、実際に脳のどのようなシステムによって実現されているか、という根本的な問題に挑戦するためには、新しい研究パラダイムの開発が必要である。

ここで、普遍文法に基づく典型的な例について検討してみる。「太郎が自分自身を励ました」という文は文法的だが、「自分自身が太郎を励ました」という文は非文法的である。このように、われわれは母語に関する限り、文法的な文と非文法的な文を、明確に区別することができる。そこで、文法的なエラーを検出するためのメカニズムが脳にある、という作業仮説を立ててみることにする。この作業仮説を検証するための研究パラダイムの一案として、2段階の脳機能イメージングの実験を提案したい。第1段階では、言語刺激として、上の例のように単一の文法規則に関するペアを用い、文法的な文を提示したときと、非文法的な文を提示したときとで、脳の活動状態を比較する。ある脳の領域Aにおいて、両者の間に差が検出されたと仮定する。第2段階では、さまざまな種類の文法的なエラーについて第1段階の実験をくり返し、領域Aがどのような文法的なクラスで差を示すかを、くわしく解析する。仮に、特定の文法的なクラスにおいてのみ、選択的に差が現れる領域が検出できれば、上の作業仮説を支持する知見が得られたことになる。

実際の実験では、日本語を母語とする被験者を中心とするが、言語の特異性をできるだけ排除するため、英語を母語とする被験者を集めて、追試を行うことにする。また、記憶や注意の不要な負荷をなくすため、言語刺激には、使用頻度の高い日常的事物ばを使い、可能な限り短い文を用いる。さらに、言語課題の心理学的評価も大切である。文法的であるかどうかを判断する際の反応時間を測定し、言語刺激間および被験者間で検定をする必要がある。

2. 2 言語の脳機能計測

機能的磁気共鳴映像法 (fMRI) は、現在もっとも有力な、無侵襲の脳機能計測技術であり、1992年にはじめて報告された。fMRIは放射性物質を使わないので、同じ被験者でく

り返し計測を行って再現性が確認でき、活動部位の場所と時間の精度も、PET（ポジトロン断層撮影法）より優れている。fMRIのエコープレナ法という技術を使えば、わずか十分の一秒以下で、一枚の画像データが得られる。日立製作所中央研究所と申請者らの共同グループは、いち早くこの技術の有用性に着目し、わが国で最初のエコープレナ法の実験報告を行っている。

PETでは、二つの実験条件で脳の局所血流量を測定し、一方から他方を差し引くことで、脳の活動と関連した血流量の変化を検出する。一方fMRIでは、脳の局所的な活動の時間変化を、秒のオーダーで観察できるので、過渡的な変化や中間段階の脳の活動をとらえるのに、より適している。言語についての脳機能イメージングは、PETを用いた研究が十年ほど前より行われてきて、最近fMRIによる研究が見られるようになったものの、fMRIの利点を生かした実験はまだ少ない。また、言語の脳機能イメージングと言っても、大半の実験は単語刺激を使うのみにとどまっていて、言語学の理論やモデルに問題意識をもった研究はわずかしかない。したがって、新しい研究パラダイムの開発と、fMRIの効果的な運用が、言語情報処理の基礎的研究を推進していく鍵となると考えられる。

2. 3 画像計測法の技術開発

わが国においては、欧米が開発したMRI装置を設置している研究施設が多く、研究上の要請を技術開発に反映させるのが難しい場合が多い。脳機能計測の技術が発展途上にあることを考えるならば、わが国で開発された装置を設置して、脳研究と一体となった産学共同の技術開発を推進した方が、革新的な発展に役立つであろう。とくに、計測装置の改良や脳機能画像の統計的評価などについて、実験者が要望を出し、これを技術サイドから検討する、というプロセスをくり返すことが大切である。

顕微鏡の発明が細胞生物学を生みだし、遺伝子工学の技術が分子生物学の発展をもたらしたように、新しい脳機能計測の技術こそが、認知脳科学の発展の鍵である。そして、ヒトにも適用できる脳機能の計測は、無侵襲的でなくてはならない。日立製作所中央研究所では、無侵襲的機能イメージングの方法として、fMRIに加えて、光トポグラフィ技術を世界に先駆けて開発中である。光トポグラフィ技術は、被験者の頭部を拘束することなく計測できるという利点があり、言語などの脳機能計測に適している。産学共同の研究チームにより、このような先端的技術開発の成果を、効率よく脳機能の研究に役立てていきたい。

2. 4 言語の神経回路網モデルの開発

本研究プロジェクトのもう一つの柱に、言語の神経回路網モデルの開発がある。数学的に定式化されつつある言語学の成果を積極的に取り入れて、新しい脳型情報処理システムの構築をめざしたい。そのためには、言語機能の情報数理とアルゴリズムの研究が必要であり、個別言語の枠組みをこえて、普遍的なシステムの構成原理を明らかにしていくことが望まれる。具体的には、神経回路網の初期条件として、最小限どのような普遍文法の知

識を与えておく必要があるかが問題になる。これは、言語獲得装置のモデル化に他ならない。個別言語のデータを入力として、その個別言語についての文法システムを出力として生み出すような、言語獲得装置の実現をめざす。

幼児が母語を話し始めるときに耳にする言語データは、有限であって、非文法的なものや、完結しないままの発話を含んでいる。それにもかかわらず、豊かな言語知識を獲得できるのは、高度に発達した言語獲得装置が機能しているためと考えられる。言語学の最大の課題は、この言語獲得装置に関する理論をつくることである。認知脳科学によるアプローチは、言語獲得装置がどのように脳で機能しているかを明らかにし、さらにこれと同等のシステムを構成することによって完結する。すなわち、脳機能イメージングの知見を、言語獲得装置のモデルにフィードバックさせることにより、脳における言語情報処理のモジュール構造を反映させた、脳型デバイス・アーキテクチャの構築が期待できる。

3) 研究体制

これまで申請者は、東京大学医学部とマサチューセッツ工科大学言語学科の両方において研究を行ってきた。この2つの研究機関は、平成7年度に発足した国際共同研究事業（ICORP）・「心表象」プロジェクトの研究グループである。したがって、上に述べた研究内容は、このプロジェクトと有機的にリンクする形で推進していく。

東京大学の酒井邦嘉・河内十郎らによる「脳における言語獲得装置の解析グループ」は、全体のとりまとめに加え、脳機能計測の実験と普遍文法の計算原理の解析を担当する。慶應義塾大学の櫻井彰人による「脳をモデルにした自然言語処理の開発グループ」は、脳をモデルにした自然言語処理の開発を担当する。東京警察病院の渡辺英寿による「失語症における病態生理の解析グループ」は、失語症の臨床症状からみた言語処理機構の解析を担当する。日立製作所の牧敦らによる「光トポグラフィと fMRI による言語機能計測のためのパラダイム開発グループ」は、言語機能計測に適したパラダイムの開発を担当し、MRI と近赤外光トポグラフィを中心とした画像計測法の技術開発を分担する。この技術を最適に活用できるように、東京大学グループが具体的な実験パラダイムを確立し、言語課題の心理学的評価を行う。

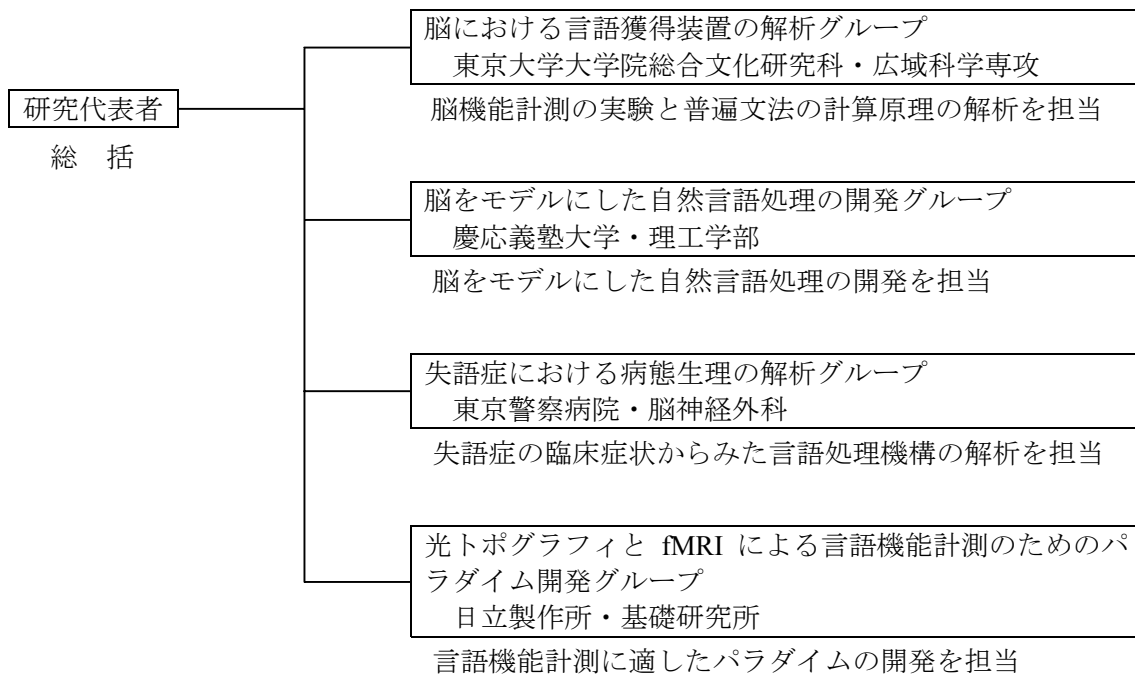
研究プロジェクトの開始に合わせて、早急に東京大学駒場キャンパスに MRI 装置を整備し、脳機能計測の実験を効率よく遂行する。また、光トポグラフィ装置および磁気刺激装置を導入して、fMRI による実験と有機的にリンクするように研究を進めていく。言語学・心理学に基づく基礎的な脳研究に加えて、臨床の神経内科・脳外科の知見と脳機能計測の技術を融合させ、さらに自然言語処理のモデル化までを見据えた研究体制を作る。グループ間にまたがる共同チームで実験を行い、研究者間の意見交換が研究の改善に反映される体制が特に重要である。

4) その後の新展開から生まれた目標

fMRI と光トポグラフィによる言語機能の脳マッピングを発展させた結果、文法処理のモジュール性を確立するという目標が新たに設定された。具体的には、前頭前野において言語処理と言語性短期記憶の分離し、さらに言語のサブモジュールとして統語処理と意味処理の分離を確立することを目標とした。また、これらの知見をもとに言語システムをモデル化するためのアプローチを発展させて、基本的品詞の獲得のための単語毎の文脈記憶のモデルと、有限長のカウンタを用いるにも関わらず正しい文法を獲得する離散的再帰型神経回路網モデルを構築する研究を継続した。さらに、大脳皮質の領野間の機能的結合を明らかにする手法を開発中であり、この手法を MRI による神経線維束イメージング技術と組み合わせることで、言語の脳機能を司るネットワークの解明を新しい目標とした。

3. 研究実施体制

(1) 体制



4. 研究期間中の主な活動

(1) ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
平成 11 年 6 月 10 日～12 日	CREST Workshop on Language Acquisition and Brain Functional Imaging	東京大学 駒場キャンパス	48 名	近年の言語獲得研究の成果をまとめ、脳機能イメージングとの新しい接点を探る

5. 主な研究成果

(1) 論文発表

国内 9件

東京大学 酒井グループ

1. 酒井邦嘉：記憶のしくみー生理学的な面から。臨床神経科学 16, 135-138 (1998).
2. 酒井邦嘉：脳は時を心に刻む。科学 68, 164-168 (1998).
3. 酒井邦嘉：言語の認知脳科学。生体の科学 49, 10-22 (1998).
4. 酒井邦嘉：言語獲得の脳科学。生体の科学 49, 40-53 (1998).
5. 酒井邦嘉：光トポグラフィによる脳機能マッピング。Radioisotopes 49, 115-116 (2000).
6. 酒井邦嘉&市田泰弘：言語のモジュール性の再検討。ベビーサイエンス 01, 17-18 (2002).
7. 酒井邦嘉：言語の脳科学ー脳はどのようにことばを生みだすか。中公新書、東京 (ISBN 4-12-101647-5) (2002).

慶應義塾大学 櫻井グループ

1. 櫻井彰人&酒井邦嘉：言語獲得のモデル。数理科学 444, 45-51 (2000).
2. 櫻井彰人&酒井邦嘉：言語獲得のモデル。In：別冊・数理科学『脳情報数理科学の発展ー21世紀に広がる脳科学の新しい胎動』、サイエンス社、東京、pp.70-77 (2002).

海外 27件

東京大学 酒井グループ

1. Sato, H., Takeuchi, T. & Sakai, K. L.: Temporal cortex activation during speech recognition: An optical topography study. *Cognition* 73, B55-B66 (1999).
2. Embick, D., Marantz, A., Miyashita, Y., O'Neil, W. & Sakai, K. L.: A syntactic specialization for Broca's area. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97, 6150-6154 (2000).
3. Hashimoto, R., Homae, F., Nakajima, K., Miyashita, Y. & Sakai, K. L.: Functional differentiation in the human auditory and language areas revealed by a dichotic listening task. *Neuroimage* 12, 147-158 (2000).
4. Sakai, K. L., Hashimoto, R. & Homae, F.: Sentence processing in the cerebral cortex. *Neurosci. Res.* 39, 1-10 (2001).
5. Homae, F., Hashimoto, R., Nakajima, K., Miyashita, Y. & Sakai, K. L.: From perception to sentence comprehension: The convergence of auditory and visual information of language in the left inferior frontal cortex. *NeuroImage* 16, 883-900 (2002).
6. Noguchi, Y., Takeuchi, T. & Sakai, K. L.: Lateralized activation in the inferior frontal cortex during syntactic processing: An event-related optical topography study. *Hum. Brain Mapp.* 17, 89-99 (2002).
7. Hashimoto, R. & Sakai, K. L.: Specialization in the left prefrontal cortex for sentence comprehension. *Neuron* 35, 589-597 (2002).
8. Sakai, K. L., Noguchi, Y., Takeuchi, T. & Watanabe, E.: Selective priming of syntactic processing by event-related transcranial magnetic stimulation of Broca's area. *Neuron* 35, 1177-1182 (2002).
9. Sakai, K.L., Homae, F., Hashimoto, R. & Suzuki, K.: Functional imaging of the human

- temporal cortex during auditory sentence processing. *Am. Lab.* 34, 34-40 (2002).
10. Hashimoto, R. & Sakai, K.L.: Attentional influence on speech recognition: An fMRI study of multiple auditory areas. *NeuroImage*, 9, S1057 (1999)
 11. Hashimoto, R. & Sakai, K.L.: MULTIPLE PATHWAYS IN HUMAN AUDITORY CORTEX REVEALED BY A DICHOTIC LISTENING TASK. *Neurosci. Res. Suppl.* 23, S293 (1999)
 12. Sato, H., Sakai, K. L.: FUNCTIONAL MAPPING OF THE AUDITORY CORTEX DURING SPEECH RECOGNITION WITH OPTICAL TOPOGRAPHY. *Neurosci. Res. Suppl.* 23, S294 (1999)
 13. R., Nakajima, Sakai, K.L.: INFORMATION PROCESSING BASED ON SPEECH RECOGNITION IN LANGUAGE AREAS. *Neurosci. Res. Suppl.* 23, S294 (1999)
 14. Homae, F., Sakai, K. L.: FUNCTIONAL BRAIN MAPPING OF CONTEXT: SENSITIVE PROCESSING OF LANGUAGE IN AUDITION AND VISION. *Neurosci. Res. Suppl.* 23, S294 (1999)
 15. Takeuchi, T., Sakai, K.L.: ATTENTIONAL EFFECT ON SPEECH RECOGNITION: FUNCTIONAL MAPPING WITH OPTICAL TOPOGRAPHY. *Neurosci. Res. Suppl.* 23, S297 (1999)
 16. Homae, F., Sakai, K.L.: Contextual Decision vs. Lexical Decision: An fMRI Study of Language Processing. *NeuroImage*, 11, S289 (2000)
 17. Hashimoto, R., Sakai, K.L.: An fMRI study of syntactic processing with visual sentence presentation. *Soc. Neurosci. Abstr.* 26, 1249 (2000)
 18. Sakai, K. L.: Sentence processing in the cerebral cortex. *Neuroscience Research* 39, 1-10 (2001)
 19. Hashimoto, R., Sakai, K. L.: Multiple syntactic processing domains in the left frontal cortex. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S52 (2001)
 20. Homae, F., Sakai, K.L.: Dissociation of auditory and visual sentence processing domains in the left inferior frontal gyrus. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S52 (2001)
 21. Sakai, K.L.: FACILITATION AND INHIBITION OF SYNTACTIC PROCESSING BY FOCAL TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION OF BROCA'S AREA. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S53 (2001)
 22. Suzuki, K., Sakai, K.L.: The segregation of semantic and phonological processing in the inferior frontal gyrus. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S53 (2001)
 23. Takeuchi, T., Sakai, K.L.: Functional mapping of semantic and phonological processing: an optical topography study. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S53 (2001)
 24. Noguchi, Y., Sakai, K.L.: LATERALIZED ACTIVATION IN THE INFERIOR FRONTAL CORTEX DURING EXPLICIT SYNTACTIC DECISION: AN EVENT-RELATED OPTICAL TOPOGRAPHY STUDY. *A Supplement of the Journal of Cognitive Neuroscience* (2001)

慶應義塾大学 櫻井グループ

1. Sakurai, A.: A Fast and Convergent Stochastic MLP Learning Algorithm. *Int. J. Neural Systems*, vol.11, no.6, 573-584 (2001).

東京警察病院 渡辺グループ

1. Sakai, K. L., Noguchi, Y., Takeuchi, T. & Watanabe, E.: Selective priming of syntactic processing by event-related transcranial magnetic stimulation of Broca's area. *Neuron* 35, 1177-1182 (2002).

日立製作所 牧グループ

1. Sato, H., Maki, A.: Wavelength Dependence of Sensitivity in Near-infrared Spectroscopy for Measurements of Temporal Cortex Activation. *Medical Physics*, (2002)

プレス発表 2件

東京大学 酒井グループ

1. Hashimoto, R. & Sakai, K. L.: Specialization in the left prefrontal cortex for sentence comprehension. *Neuron* 35, 589-597 (2002.7.30).
2. Sakai, K. L., Noguchi, Y., Takeuchi, T. & Watanabe, E.: Selective priming of syntactic processing by event-related transcranial magnetic stimulation of Broca's area. *Neuron* 35, 1177-1182 (2002.9.9).

(2) 特許出願

国内 1件

日立製作所 牧グループ

1. 発明者 : 山本由香里
発明名称 : 核磁気共鳴装置
出願番号 : 特願 2001-369536
出願日 : 2001年12月4日

(3) 新聞報道等

①受賞 2件

- ・酒井邦嘉・日本神経科学学会奨励賞、2001. 9. 27.
- ・酒井邦嘉・毎日出版文化賞、2002. 11. 28.

②新聞報道 13件

1. 認知脳科学。東大99—研究する東京大学、東京大学新聞社、192-193 (1998)。
2. 研究室散歩—認知神経科学。東京大学新聞、東京大学新聞社、2055, 2 (1999年7月20日)。
3. 駒場の授業20選—認知神経科学。東大2001 (東大2003に再録)、東京大学新聞社、139-140 (2000)。
4. 脳の反応はとても正直—言語機能解明の糸口に。北國新聞、32 (2000年12月16日) ; 中部経済新聞、15 (2000年12月16日) ; 山陽新聞(夕刊)、2 (2000年12月19日) ; 北海道新聞 (2000年12月22日)他。

5. アトムと人どう共存？。産経新聞（関西版）、31（2001年1月1日）。
6. 文法処理する「ブローカ野」－脳の言語機能解明が前進。神戸新聞（夕刊）、3（2001年4月3日）；東奥日報、4（2001年4月2日）；河北新報、11（2001年4月2日）；徳島新聞（夕刊）、4（2001年4月9日）他。
7. 東大で学べること。東京大学新聞、東京大学新聞社、2164、3（2002年3月10日）。
8. 科学の秘境－脳に迫る（第1回）。日経産業新聞、9（2002年7月8日）。
9. 文法理解と言葉の記憶－脳の活動部位異なる。日本経済新聞、38（2002年8月1日）；日経産業新聞、8（2002年8月1日）；日本工業新聞、2（2002年8月1日）；日刊工業新聞（2002年8月1日）。
10. 脳に「文法中枢」。讀賣新聞（夕刊）、2（2002年8月1日）；The Daily Yomiuri, 3（2002年8月2日）；科学新聞、1（2002年8月16日）；教育学術新聞、3（2002年8月28日）。
11. なぜなぞ科学－「丸暗記」英語がたどたどしいのは……。毎日新聞、11（2002年9月2日）。
12. 脳の「文法中枢」特定－磁気刺激、速く課題処理。日経産業新聞、11（2002年9月17日）；日刊工業新聞（2002年9月12日）；日本工業新聞（2002年9月12日）。
13. 21世紀の気鋭：酒井邦嘉氏－脳の言語機能を解明－新鋭装置使い物理手法。日経産業新聞、10（2002年9月26日）。