

北海道大学脳科学シンポジウム

RR2002

と き：平成 15 年 3 月 15 日(土) 午後 1 時～

ところ：札幌アスペンホテル

プログラム

司会：栗城真也（北海道大学電子科学研究所）

13:00～13:25 大森隆司（北海道大学工学研究科）

●ゲームに見る脳の認知プロセスのモデル化

13:25～13:50 室橋春光（北海道大学大学院教育学研究科）

●Gambling 課題の意志決定過程における心理生理的機序

司会：本間研一（北海道大学医学研究科）

13:50～14:15 阿部純一（北海道大学文学研究科）

●心理現象の基礎にあるメカニズムの探求

14:15～14:40 津田一郎（北海道大学理学研究科）

●エピソード記憶形成に関する数学モデル

14:40～14:50 休憩

司会：森谷 梨（北海道大学教育学研究科）

14:50～15:15 上田雅信（北海道大学言語文化部）

●自然科学の方法と生成文法

15:15～15:40 萩原裕子（東京都立大学人文学部）

●脳科学と言語理論をつなぐー脳磁界計測の可能性ー

司会：渡邊雅彦（北海道大学医学研究科）

15:40～16:05 金城政孝（北海道大学電子科学研究所）

●蛍光相関分光法による in vivo 一分子観察

16:05～16:30 黒田 敏（北海道大学医学研究科）

●骨髄間葉系細胞を用いた神経再生治療の開発

16:30～17:00 総合討論

本シンポジウムは文部科学省「21世紀型革新的先端ライフサイエンス技術開発プロジェクト」の「萌芽・融合研究開発プログラム」によるものです。RR2002とは文部科学省の委託事業「リサーチ・レボリューション・2002」を意味します。

Gambling課題の意志決定過程における生理心理的機序 —ADHD児の行動選択過程の検討に向けて—

室橋春光 北海道大学大学院教育学研究科

Damasio, A. Rは意志決定機構を説明するモデルとしてソマティックマーカー仮説を提唱した。ソマティックマーカーは、特定の行動がもたらすかもしれないネガティブな結果に我々の注意を向けさせ、自動化された危険信号として機能するものである(Damasio, 1994)。この信号が意識されることは少ないが、体性感覚マップの活動パターンの一過性的変化(内的状態)として記憶されていると考えられている(加藤,2001)。そしてこの信号により、我々は問題を生じ得る行動の選択を回避し、あるいは考慮すべき行動選択の数を減少させることができる(とされる(Damasio, 1994))。

Damasioらはgambling課題を工夫し、Skin Conductance Response (SCR)を用いてこの仮説の実証を試みた。Gambling課題とは、4つのカードの山から1枚のカードを被験者に引いてもらい、報酬を与える一方で罰金も時折徴収し、最終的に持ち金を増やすことを求める一種の賭のゲームである。4つのうち2つの山のカードは、報酬も高いが罰金も高く、他の2つの山のカードでは報酬は低い罰金も低い。被験者には、最初は各山の性質はわからず、カードを引き続けることによりしだいに理解できるようになる。通常は、初期には「危険な」山からより多くのカードを引くが、しだいに「安全な」山からより多くのカードを引くようになる。しかし前頭前野腹内側部の損傷患者では、終盤で再び「危険な」山からより多くのカードを引く傾向が強いことをDamasioらは報告した (Bechara et al., 1999)。

我々は、大学生を対象としてgambling課題実行時のEvent Related Potentials (ERP)及びSkin Potential Response (SPR)を記録し、脳活動と情動反応との関係から、ソマティックマーカー仮説の心理生理的機序に関する検討を行った(加藤・赤塚・室橋・諸富2002)。その結果、リスクの高いカード選択前5s間に予期的SPRの増強、及び選択前300ms間に前頭部で最大分布を示す陰性変動の振幅減少が認められた。これらの結果は、ソマティックマーカーが、リスクの高い選択肢への意志決定処理を抑制することによって行動の選択肢を絞るように機能することを示唆する。

注意欠陥多動性障害(ADHD)は、注意集中困難や注意の偏り、多動・過動性、衝動性を主症状とする症候群である。Barkley (1995) は、ADHDを行動抑制機能が不十分である結果として生ずるものであると主張した。ADHDのある子どもたちは日常生活において、注意に関連する様々な課題に直面する。この中には、過去から学ぶことが苦手であるという課題があり、教育的に重要な問題である。我々は、ADHD児を対象としてgambling課題を実施し、カード選択行動を分析した(小泉・室橋, 2002)。その結果、ADHD児では、ゲーム中盤では「安全な」山のカードをより多く選択するが、終盤では「危険な」カードをより多く選択する傾向の強いことが示された。今後、生理心理的指標を用いて分析することにより、彼らの行動選択過程における問題をさらに検討する予定である。

心理現象の基礎にあるメカニズムの探求

阿部純一 北海道大学大学院文学研究科

知・情・意と幅広い側面にわたる諸心理現象のそれぞれが、なぜ、どのように生じるのかを正しくまた詳しく知ることは、人類にとって至難の業であり続けている。一般的に言って、心理現象の科学的な説明や理解は、人類にとって、物理現象のそれに比べて格段に難しいということであろう。

心理現象の中で、例えば、対象を見たり聞いたりして認識する知覚現象、記銘や忘却などの記憶現象、様々な問題を解決する思考現象、機能の向上や変容をもたらす学習現象、言葉を発したり理解したりする言語現象など、主として人間の“知”の側面に関わる諸現象は認知現象と呼ばれている。それら認知諸現象の理解と解明を目指す学際的科学として、認知科学 (cognitive science) は、30 年ほど前から先進諸国において活発な研究活動を始めるようになって来ている。本発表では、そうした認知科学における研究のスタンス、特にその中核的な存在といえる認知心理学 (cognitive psychology) における研究のスタンスを、具体的な研究例を交えながら述べてみたいと思う。

心理現象をもたらす物質的基盤 (言い換えればハードウェア) は、言うまでもなく脳を中心とした神経系である。したがって、様々な脳活動可視化装置を用いて、脳の物質的活動状況を直接的に観察し記録し分析するという方法は、心理現象の解明にとって重要な武器となり得る。しかしながら、問題は、そのような装置を用いて脳の活動を観察し分析したからといってそれがすぐに心理現象の妥当な理解や説明につながるわけではないということにある。我々が興味をもつ研究対象は、脳の物質的活動現象というよりは、心理現象 (あるいは行動現象) であり、我々が真に求めるところは、その心理現象をもたらすメカニズムを妥当に合理的に説明できるようにするというところにある。脳の活動を測定する技術は進歩し続けるであろうし、それぞれの時代・時点で利用できるそうした技術は認知研究においてますます積極的に利用されるようになるはずである。しかし、大事なことを忘れてはならない。それは、認知現象の解明にどのような認識や態度で臨むか、そして、そのような装置から得られる脳の活動データをどのように利用するか、どのように利用できるか、ということである。

さて、今、目の前に未知の物体 (生物でもよいし人工物でもよい) があると、その物体が高度に複雑な情報処理機能 (例えば、人間がもっているような高次認知諸機能) をもっているらしいとしてみよう。その未知の物体がもつ未知の機能のメカニズムを解明したいとして、どのような作業を行ったらよいのであろうか。このたとえを分かりやすくするために、今目の前にある未知の物体を、(我々がよく使っている現行の) コンピュータであるとしてみよう。そして、今、そのコンピュータが、我々と日本語で自由に会話を交わせる能力をもっているとしてみよう。もしも、そのコンピュータの日本語運用能力が人間と同様のものであったとすると、我々はそのコンピュータはどのように仕組みられたのか、あるいは、そのコンピュータはどのような仕組みで日本語を理解したり発話したりできるのか、を知りたいと思うようになるはずである。そのような場合、我々はどのようにしてその内部の仕組みを推定しようとするのであろうか。そのような場合、我々ははたしてそのコンピュータの物質的活動状態 (例えば、電気的な活動状態) を観察し分析してみようとするのであろうか。もちろん、そうしても悪くはない。しかし、我々の多くは、そのような作業をしたからといって、日本語を自由に操れるその仕組みを解明できるというような単純な“夢”はもたないであろう。誤解を恐れずにいえば、ある高次機能の未知のメカニズムの解明には、ハードウェアの活動状況を分析するよりも、もっと重要な基本的探求態度があるのではないかということである。

当日の発表では、このことを音楽知覚のメカニズムの探求を例に採って述べる予定である。

自然科学の方法と生成文法

上田 雅信 北海道大学言語文化部

ノーム・チョムスキー (Noam Chomsky) は、物理学や化学が、世界の物理的な側面や化学的な側面を対象とした、合理的で経験的な研究であるのと同じように、生成文法 (generative grammar) は、世界の心的な (mental) あるいは言語的な (linguistic) 側面を対象とする、合理的で、経験的な研究であると主張している。この立場をチョムスキーは方法論的自然主義 (methodological naturalism) と呼ぶ。さらにチョムスキーは、生成文法の言語研究は、遺伝学で起こったように、いずれ物理学や化学のような自然科学の中核に何らかの形で統合 (unify) されることを主張する。この2つの特徴は、科学革命 (Scientific Revolution) で誕生した近代物理学を源とする自然科学 (近代科学) の中核となる特徴でもある。

この発表では、チョムスキーのこの2つの主張を、生成文法の言語研究を近代物理学と比較することによって批判的に検討する。第一に、科学革命で誕生した近代物理学をモデルとした科学方法論の観点から生成文法を考察すると、生成文法が近代物理学に非常に類似した特徴を持つ言語研究であると言えることを主張する。まず、生成文法の誕生の際に、ちょうど科学革命においてアリストテレス的な自然観が崩壊し新しい自然観が誕生したのと類似した、言語観の変化が起こったことを論じる。次に、生成文法の方法論が、近代物理学の方法論と本質的性質を共有していることを主張する。つまり、理想化を行い、数値化とは異なるが、抽象化を行うことによって、言語現象の形式的な特徴を抽出し、その形式的特徴に基づいて定式化した理論仮説から演繹的に言語現象を説明するという性質を持つものであることを主張する。

第二に、生成文法は、言語知識とその運用とを区別し、言語知識の運用を一旦捨象するという理想化に基づくものであり、非常に狭く定義された「言語知識」を研究対象とする言語研究であることを論じる。さらに、「言語知識」を「生成手順」と仮定し、表示と計算という概念を用いて言語知識の抽象的なモデルを構築することを目的とする、定性的な研究であることを論じる。最後に、生成文法と他の自然科学の分野との統合が難しいのは、これらの理由によるものであることを主張する。

エピソード記憶形成に関する数学モデル

津田一郎 北海道大学大学院理学研究科

A Mathematical Model for the Formation of Episodic Memory

Ichiro Tsuda, Department of Mathematics, Hokkaido University, Sapporo,
060-0810, Japan.

e-mail: tsuda@math.sci.hokudai.ac.jp

URL: <http://www.math.sci.hokudai.ac.jp/~tsuda/>

The cortical activity looks "fragile". A single time series of the activity is often observed as a nonstationary dynamics such as a chaotic change between synchronous and nonsynchronous states, or between more complex modes. Instability may occur not only in a change of initial and/or boundary conditions, but in a change of system's control parameters. The former instability indicates orbital instability which is a main characteristic of deterministic chaos, and the latter indicates structural instability which is a characteristic of chaotic itinerancy. Chaotic itinerancy is a dynamic behavior universally observed in various far-from-equilibrium systems. Chaotic features embedded in chaotic itinerancy can be revealed in the form of Cantor coding of chaotic orbits in a contracting system that is designed to receive the activity of chaotic itinerancy as inputs. We have studied these topics by means of various mathematical models and applied them to the cortical complex activity to clarify its coding scheme. We propose a hypothesis about a process of the formation of episodic memory.

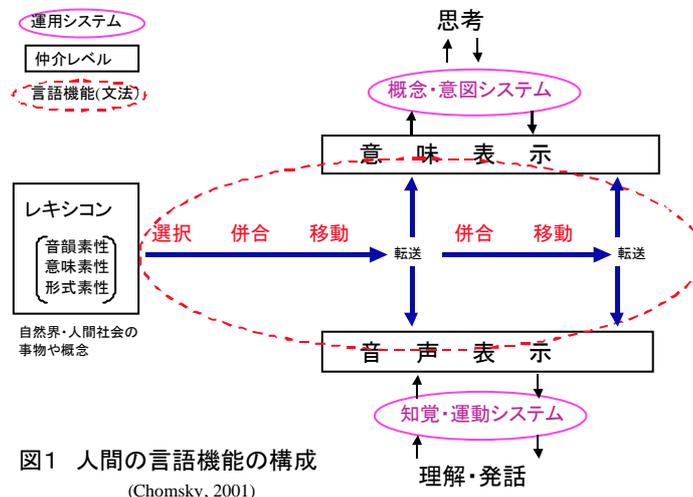
脳科学と言語理論をつなぐ ―脳磁界計測の可能性―

萩原裕子 東京都立大学人文学部

人間の脳機能解明に向けた試みとして、昨今、様々な脳機能計測法を用いた実証研究が盛んである。とりわけ人間にしかないと言われている言語機能は、思考や創造性といったヒトの究極的機能の解明に向けた試金石として多くの注目を集めている。脳内言語処理過程を探る上で重要なことは、i) 検査対象として、ヒト言語の中核的機能を取り上げること、ii) 空間分解能のみならず時間分解能にも優れた計測法を用いること、さらにiii) 実験結果を論理的に説明するための脳内処理モデルを構築することである。本発表では、i)を満たす条件として「生成文法理論」を枠組みとし(図1参照)、ii)を満たす方法として脳磁図(MEG)を用いて、日本語の文章理解過程について、本学電子科学研究所栗城慎也研究室との共同で行った実験研究を紹介する。

研究対象項目として、ヒト言語に固有と言われている「転位(displacement)」現象に着目し、かき混ぜ文(scramble文)と呼ばれる文章を取り上げた。構造上は「主語、目的語、述語」のような正しい語順であるCanonical文と、「目的語、主語、述語」のように補文の目的語を文頭に移動したScramble文とを比較するため、句ごとにMEG反応を計測し、信号源解析により活動する脳の部位を推定した。その結果、canonical文に比べてscramble文で高い活動を示し、それは時間帯によって異なることが示された。ブローカ野を含む左前頭部では遅い潜時帯で、上側頭回から角回、縁上回にかけての部位は早くから活動が顕著であった。この活動は、句の保持に必要な作業記憶を反映していることが示唆された。また、左側頭葉前部では、構文の種類に関係なく早い潜時帯で活動が認められた。このことより、統語範疇(品詞)および文法関係(主語、目的語など)の同定にこの領域が関与している可能性が示唆された。

今後この種の研究を展開していくことで、上記iii)の目標の達成に近づけることが期待される。



骨髄間葉系細胞を用いた神経再生治療の開発

黒田 敏 北海道大学医学研究科・脳神経外科

これまでわれわれは、ラット、マウスの局所脳虚血モデルや脊髄損傷モデルを開発、応用し、脳梗塞や脊髄損傷の急性期に細胞内カルシウムや活性酸素が細胞内の情報伝達系に作用し、2次的組織損傷を引き起こすことを明らかとしてきた。さらに、フリーラジカスキャベンジャーや免疫抑制剤といった薬物や、**bcl-2**などの内在蛋白質が組織損傷を軽減することも報告してきた。しかし、これらの急性期治療には **therapeutic time window** が存在するため、その効果は限定的で、臨床応用がなされても神経学的脱落症状が残存した場合、慢性期にはリハビリテーション以外に有効な治療法はこれまでのところなかったのが現状である。

一方、末梢神経や胎児神経組織を損傷した脳や脊髄に移植することで失われた神経機能を獲得させる試みも以前からなされていたが、わずかにパーキンソン病に対する胎児中脳組織の移植治療が海外で行なわれつつあるに過ぎない。しかし、最近になって、分化能を有する体性幹細胞による移植治療が神経組織の修復に有用であることが示唆されている。ひとつは胎児由来の **ES** 細胞であり、もうひとつは脳由来の神経幹細胞である。しかし、こういった幹細胞を得るためには、前者ではいまだに倫理的問題が解決しておらず、後者では、神経幹細胞を採取するために脳を傷つける操作が必要となる難点などがあり、今後の臨床応用には多くの問題が内在している。

そこで、われわれは、これらの経緯に基づき、骨髄間葉系細胞(**bone marrow stromal cell; BMSC**)が神経細胞やグリア細胞に分化するという最新の知見をもとに、自己骨髄から得られた **BMSC** 移植による中枢神経(脳および脊髄)の修復、神経症状の改善を目的とした研究計画を提唱し実施している。特に、この種の移植に関する研究では、これまで免疫染色や電子顕微鏡による生着や分化を確認することにとどまっていたが、われわれは、移植された細胞の神経機能の再構築がいかに行なわれるかに力点をおいた研究を行なう予定である。この研究には数多くの困難を伴い多くの時間を要すると予想されるが、本ワークショップでは、これらの経緯とともにこれまでのわれわれの知見の一部を呈示したい。