

# 抑制機能の分類に関する研究

土 田 宣 明

## Classification of Inhibitory Function

Noriaki Tsuchida

Behavioral regulation functions can intentionally initiate or terminate behavior (Luria, 1961). This study investigated the inhibitory function, a behavioral regulation function in an attempt to explain and classify. Moreover, among the classified functions, we identified a special inhibitory function and examined its characteristics. An inhibitory function is not a unitary entity and it is usually classified based on two dimensions. It was indicated in this study, that there might be four kinds of inhibitory functions. The first dimension consists of a location-based inhibitory function and an identity-based inhibitory function. The second consists of a deletion function (inhibition of an activated reaction) and a restraint function (inhibition of a stimuli induced reaction). The existence of these four types of inhibitory functions (each dimension consists of two functions  $\times 2$ ) remains a hypothesis and future studies are needed to confirm its validity. Furthermore, detailed investigation of the special inhibitory function based on this classification system indicated that the inhibitory function has a close relation to the optical pathway.

行動調節機能とは、行動を始動したり、停止したりすることが自分の意図どおりに行える機能をさす (Luria, 1961)。本研究ではこの行動調節機能の中の抑制機能に注目して、抑制機能の概念の説明と、その機能の分類を試みる。さらに分類した中から、特定の抑制機能に注目して、その機能の特徴を検討したい。

### 1. 抑制機能の概念

抑制機能とは具体的にどのような機能と考えられているのであろうか。そして、これまでに何が分かっているのであろうか。抑制機能に関して、早くから注目していたLuriaの理論と神経心理学の分野での考え方を基に、抑制機能の概念について紹介する。

#### A. Luriaの理論

LuriaはいわゆるGO/GOあるいは、GO/NO-GO課題を用いて、言語が人間の行動調節にどのよ

うに関わるのかを明らかにした。この課題はルリヤ・テクニクと呼ばれるものである。例えば、特定の刺激（赤ランプが点灯した時）にはバルブを押し、別の刺激（緑ランプが点灯した時）には、バルブを押しさないように指示される課題である。Luriaはこのような課題を通して、発達途上の子どもを対象にしたり、脳損傷患者を対象にして、行動調節の機能の問題を検討した。本論の主題である抑制機能に限定するならば、Luria（1961, 1973）が明らかにした点は、次の3点であろう。

1) 発達的にみて、行動の始動より、行動の抑制が困難であること。ヒトにとって、ことばが意味として作用するまでには、音刺激としてしか作用しない段階がある。音としての刺激価と意味としての刺激価が矛盾しない場合（例えば、「押せ」ということばは、音刺激として+であり、意味価でも+である）には、問題がみられない（すなわち、行動の始動場面）。しかし、音としての刺激価と意味としての刺激価が矛盾する場合（例えば、「押すな」ということばは、音刺激価としては+であるが、意味価では-）は、音としての刺激価と意味価が混在し、行動の抑制が困難になることを明らかにした。例えば、発達の一時期で、行動の始動はできても、行動の抑制が困難な時期が存在することを示した。すなわち、刺激の感覚的要素と意味的要素を明確に区別する必要性を示したと思われる。

2) 一旦始動した行動を抑制することは、単に行動を始動させない（抑制する）こととは別の心理学的意味をもつこと。例えば、ある行動（バルブ押し）を一旦始めると、その行動そのものによって起こる筋運動性の興奮が次の行動を引き起こす原因となる。さらにその行動が強い運動性興奮を伴うものであればあるほど、行動の抑制は難しくなることを明らかにした。

3) 行動抑制にとって、前頭葉が重要な役割を果たしていること。前頭葉損傷患者を対象にした実験的観察を通して、行動の抑制が困難なことを明らかにした。

以上の3点はいずれも抑制の問題を考える上で重要であり、示唆に富む指摘であろう。

## B. 神経心理学の理論

神経心理学では、古くから、直前の行為を繰り返してしまう「保続」などの症状を通して、抑制の問題が扱われてきた。また、近年になり、抑制機能の異常が原因と思われる行為障害が目目され、失行症と対峙させられるべき位置に置かれるようになってきた（山鳥, 1991; 森・山鳥, 1993）。この行為障害は、前頭葉病巣・脳梁損傷を中心とした症候である。このうち特に、前頭葉病巣を中心とした症候としては、次の4つのものをあげることができる（山鳥, 1985）。

1) 病的把握現象。これはさらに把握反射（grasp reflex）と本能性把握反応（instinctive grasp reaction）に分けることができる。いずれも手掌への触覚刺激に対して、それをつかもうとする反射・あるいは一連の運動である。特に対側性の本能性把握については、前頭葉内側面の病巣で生じるとされている（Denny-Brown, 1951）。

2) 道具の強迫的使用現象（compulsive manipulation of tools）。病的把握現象を示す右手が目前に置かれた道具を使わないよう、触らないよう制止されているにもかかわらず、意思に反して使ってしまう現象。道具の強迫的使用に関しては左前頭葉内側面（前部帯状回、補足運動野を含む）と脳梁膝部の病巣との関連性が指摘されている（森・山鳥, 1993）

3) 運動保続（motor perseveration）。単純な運動を繰り返し、止めることができない現象。これは脳損傷でひろくみられる症状であるが、特に前頭葉損傷が重視されている。

4) 環境依存症候群（environmental dependency syndrome）。患者がある環境へ導かれるとその環境から命令されたかの如く、環境に合う行動をしてしまうもの。例えば、目前にある道具を使

用命令はないにもかかわらず、両手で使用してしまったり（利用行動: utilization behavior）、模倣せよと命令されたわけではないのに目前の人の動作を模倣してしまう（模倣行動: imitation behavior）現象。責任病巣としては、一側または両側の前頭葉眼窩部（Lhermitte, 1983）、前頭葉前下部（Lhermitte, Pillon, & Serdaru, 1986）が指摘されている。

それでは、このような症候のメカニズムはどのように考えられているのであろうか。今のところ、2つの考え方がある。一つは、Denny-Brown（1965）のいう、前頭葉（回避系）と頭頂葉（関与系）の平衡関係の破綻を想定するものである。河村（1992）が示したように、前頭葉病巣でみられる症候は、いわゆる「習熟行為の解放現象」とみることができる。この考え方によると、まず頭頂葉後部両側に、行為促進機能の中枢が存在している。これに対して、通常は、両側前頭葉前部にある行為抑制の中枢からの制御で、平衡が保たれている。ところが前頭葉の障害により、この平衡が破綻してしまうと、行為抑制障害が現れるという考え方である。

もう一つは、前頭葉と頭頂葉の関係を平衡的なものではなく、階層的なものとみる考え方である。高次の認知機能の中枢を前頭葉に想定し、監督機構のメカニズムの欠如が行為抑制障害となって現れるとする考え方である。Norman and Shallice（1986）によって提唱され、近年注目を集めている監督的注意システム（supervisory attentional system: SAS）がそれにあたる。このモデルによれば、十分に確立された行動パターンはある種のスキーマ（運動のコントロールを指示する手続き知識）を形成しており、そのスキーマが駆動すると、不適切なスキーマを抑制することによって、行為のコントロールを確保しようとする。不適切なスキーマを抑制する力はスキーマの活性化の強さを反映するのだが、このようなスキーマの選択に関わって重要な役割を果たすのが、監督的注意システムである。この考え方に基づくと、例えば注意の維持障害は、不適切な情報の入力を抑制できないために生じることになる。

以上のように、神経心理学では、抑制の異常は、いくつかの症状に分類され、行為の抑制障害に関する理論として、2つの考え方が示されている。ただ、どちらの理論が正しいというのではなく、障害される行為のレベルによって、どちらの理論で説明する方が、その現象を理解しやすいかということであろう。単純な行為の保続のようなものならば、前者の理論を用いた方が理解しやすいし、問題解決を含むような高次の認知機能の場合は、後者の理論を用いた方が理解しやすいものと思われる。いずれにしろ、2つの理論は対立するものでない。

最後に、神経心理学での抑制の障害を測定する検査法の問題について触れる。神経心理学の分野では、これまで複数の測定法が使用されてきた。ただし、いずれも抑制の問題にだけ焦点をあてたものではなく、広い意味でのプランの形成とその実行の問題を検討するものとして用いられてきたようである（近藤, 1989）。さらに、その測定的主要な目的は、各測定法でみられた患者の症状と損傷部位の特定化を行うことにあった。代表的な測定法に、Wisconsin card-sorting test, Stroop test, ハノイの塔、語流暢性テストなどがある。この内、特に著名なものが、Wisconsin card-sorting testである。

このテストでは色、形、数の異なる図形が印刷されたカードが用いられる。被験者には予め提示された4枚のカードの下に、色、形、数のいずれかの分類カテゴリーにしたがって、1枚ずつカードを置いていかせる。被験者の側は自分の置いたカードに対してなされる実験者の反応を手がかりに、分類カテゴリーを推測し、カードを次々に置いていくというものである。このようなことを繰り返して、正反応が10回連続すると、実験者は予告無しにカテゴリーを変更する。そして、再び被

験者が正しい分類ができるようになるのをまつ。前頭葉損傷患者では、分類基準が変化しても、固執傾向が強く、前の分類を繰り返してしまうことが一般的に知られている (Milner, 1963)。

また、部位の特定に関して、例えばMilner (1971) は Wisconsin card-sorting testでの保続的なエラーと前頭葉背外側面との関連を指摘している。一方、Drewe (1975) は前頭葉内側面と保続的なエラーとの関連を強調している。このように、前頭葉眼窩部、内側面、背外側面での機能の違いを追求する研究も進んでいる。しかし、研究者による部位の定義に差異がみられるとの指摘もあり (Stuss & Benson, 1985)、特定の部位と特定の症状との明確な関連を指摘するまでには至っていない。ただ、一般的な傾向として、運動-実行機能のコントロールを必要とする課題での失敗は、右半球よりもむしろ左半球前頭葉の損傷と関連する傾向が強いといわれている (McCarthy & Warrington, 1990)。

## 2. 抑制機能の分類

近年では抑制機能を複数のタイプに分けて分析しようとする研究の方向性、考え方がうまれつつある (Carlson, Hasher, Connely, & Zacks, 1995; Hasher, Zacks, & May, 1999)。今のところ2つの分類方法が示されている。

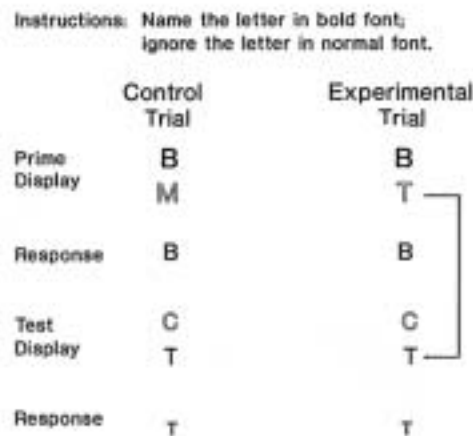


Figure 1 Identity negative priming の例 (May, Kane, & Hasher, 1995)

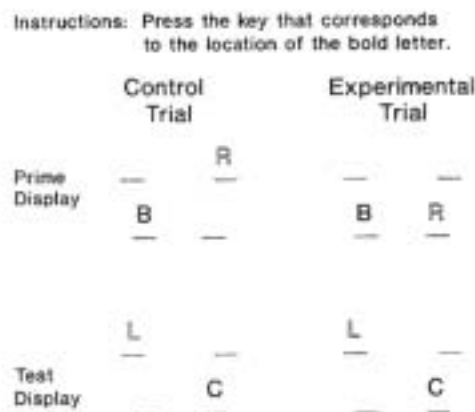


Figure 2 Location negative priming の例 (May, Kane, Hasher, 1995)

一つの分け方は、location-basedの抑制機能とidentity-basedの抑制機能に分類する方法である。例えば、同じネガティブプライミング効果の実験課題でも、Figure 1, Figure 2に示したように、2つのタイプの実験課題に分けることができる。例えば、ボールド体で書かれた文字とノーマル体で書かれた文字が同時に提示され、ボールド体で書かれた文字を呼称するように指示されたとする(Figure 1)。このとき、ノーマル体で書かれた文字情報に対する反応は抑制しなければならない。抑制しなければならないのは、対象の特性情報(ノーマル体の名称)に対する反応の抑制である。一方、4つの刺激とそれに位置関係で対応する4つのスイッチが用意されているとする。このとき、ボールド体で書かれた刺激位置に対応するスイッチを押し、ノーマル体で書かれた刺激位置のスイッチを押しなないように指示されたとする(Figure 2)。このとき、抑制しなければならないのは、刺激の位置情報(ノーマル体の文字が提示された位置)に対応する反応の抑制である。このような刺激を用いて、ネガティブプライミング効果(先行する刺激の処理から後続する刺激の処理に与える負の影響)を測定すると、特性情報に関する反応の抑制に関しては、加齢の影響が強くみられるのに対して、場所情報に関する反応の抑制に関しては、加齢の影響がみられないとする知見がえられている(May, Kane, & Hasher, 1995)。

もう一つの分け方は、一度活性化した反応の抑制(deletion function)か、刺激から誘発された反応の抑制(restraint function)かという分け方である(Hasher, Tonev, Lusting, & Zacks, 2001)<sup>1)</sup>。例えば、一度活性化した反応の抑制とは、以前は正しかった反応でも、場面が変わることで、不適切な反応になったとき、それを抑えなければならないときに機能する抑制である。代表的なものとしては、Wisconsin card-sorting testでみられるように、以前は正しかった分類次元でも、場面が変わることで、それを抑えて、新しい次元を探さねばならないときに機能する抑制である。さらに刺激から誘発される反応の抑制とは、刺激に結びついた優位な反応を抑えて、適切な反応をしなければならないときに機能する抑制である。例えば、Stroop課題で、文字情報は無視して、色を呼称しなければならないときに、刺激に優位に結びついた文字情報に対応する反応(文字を読んでもう反応)を抑えるときに機能する。

以上の2つの分類から理論上、2×2の4つの抑制機能に分類することが可能であろう。各抑制機能の分類と、日常場面で想定される機能低下の影響と、各抑制機能を検討するために使用される代表的な課題を表(Table 1)にして示した。各々の抑制機能は日常場面でも重要な役割を担っていることが想像される。たとえば、identity-basedの抑制機能のうちの、一度活性化した反応の抑制は、同一の刺激に対して、見方を変えることが必要な場面で必要となる機能である。また、identity-basedの抑制機能のうちの、刺激から誘発される反応の抑制は、目立つ刺激への反応を抑えて、別の刺激に対して反応しなければならぬような場面で必要となる機能である。さらに、location-basedの抑制機能のうちの、一度活性化した反応の抑制は、刺激の探索場面などで、一度探索したところには注意を向けないように、効率的な探索に必要となる機能である。また、location-basedの抑制機能のうちの、刺激から誘発される反応の抑制は、手近にあるが、不適切な刺激への反応を抑えるような場面で必要となる機能である。

Table 1 抑制機能の分類

抑制機能の種類	日常場面で想定される機能低下の影響	代表的な実験課題
identity-based の抑制機能 ・一度活性化した反応の抑制	・同一の刺激に対して、異なる反応が困難になる。 例：同一のスイッチでも、モードによって、異なる機能（意味）が想定されるような場合。モードに合わせて使い分けることが困難になる。	Wisconsin card-sorting test
・刺激から誘発される反応の抑制	・目立つ刺激への反応を抑えることが困難になる。 例：切符購入時に金銭を投入した段階で（本来は、そこで経路のボタンを押さねばならないにもかかわらず）、ランプが点灯したボタンを押してしまう。	Stroop 課題 go/no-go 課題 identity negative priming 課題
location-based の抑制機能 ・一度活性化した反応の抑制	・一度注意を向けた場所へ再度注意を向けてしまい、効率的な探索が困難になる。 例：一度注意を向けた方向に、繰り返し注意を向けてしまう。	復帰抑制課題
・刺激から誘発される反応の抑制	・手近にある刺激への反応を抑えることが困難になる。 例：銀行のATMの操作時などで、本来操作すべきではないボタンを、手近にあるので押してしまう。	Simon 課題 stimulus-response compatibility 課題 location negative priming 課題

### 3. 具体的研究例から（視覚経路との関わり）

それでは、この分類の中の location-based の抑制機能のうち、刺激から誘発される抑制機能の検討を通して、抑制機能の特徴についてさらに詳しく検討してみたい。この検討を通して、抑制機能が視覚経路と密接に関わっている可能性を提示したい。

Tsuchida (2005) は、若年成人を対象にして、location-based の抑制機能の実験を行った。使用された課題は、stimulus-response compatibility（これ以後SRCと略す）課題（Fitts & Seeger, 1953 ; Hommel & Prinz, 1997）である。SRC 課題とは、刺激の提示に合わせて、指示された反応ボタンを押す課題である。例えば、ディスプレイ上に、注視点をはさんで左右の2箇所に刺激が提示されたとしよう。このとき、刺激に対応するように左右2つの反応ボタンが用意されており、右側に刺激が提示されたら左側の反応ボタンを、左側に刺激が提示されたら右側の反応ボタンを押すように指示されたとする。このような課題で反応時間を測定すると、刺激と反応ボタンが同じ側に提示された時に比べ、反応時間が長くなる。これは刺激と反応の位置関係の適合性を示す現象として研究されてきた（Kornblum, Hasbroucq, & Osman, 1990）。

このSRC 課題は、別名 directional Stroop task とも呼ばれている（Diamond, 2002）ように、反応の抑制機能をみる課題としても検討されてきた（Christ, White, Mandernach, & Keys, 2001）。例えば、右側の反応ボタンを押すべきときに、刺激が左側に提示されたとする。このとき、刺激と適合した左側の反応ボタンを押す反応を抑制して、右側のボタンを押さなければならない。SRC 課題は、Stroop 課題での文字の呼称のように、被験者にとって実行しやすい反応を抑制し、指示され

た反応の遂行が要求される課題でもある。そして、刺激と反応が適合したときの反応時間と不適合のときの反応時間の差（これをSRC効果という）は、抑制機能の効率を示すものと考えられてきた。すなわち、適合した時と不適合の時の反応時間の差が短いときは抑制機能が効率的に働いていることを示し、差が長いときは抑制機能が効率的に働いていないことを示すと考えられている。確かに、このような課題を年齢の異なる集団に実施すると、抑制機能の衰退傾向が予想された高齢者で、エラーが増大し、SRC効果が大きくなる（Christ, et al., 2001）ことが示されている。

一方、近年、2つの視覚情報処理の経路と抑制機能の関係が注目されている（Assad, Rainer, & Miller, 1999; Sakagami & Tsutsui, 1999）。これはGoodale（1995）の2つの視覚経路（visual pathway）に関する知見に基づいたものである。2つの視覚経路とは、刺激の場所情報に基づく「どこ経路: where pathway」（背側経路: dorsal visual pathway）と、刺激の特性情報に基づく「何経路: what pathway」（腹側経路: ventral visual pathway）である。これまでの研究から、頭頂葉（parietal lobe）—運動前野（premotor area）系によって準備された運動の候補を下部側頭葉（inferior temporal lobe）—前頭前野腹外側部（ventrolateral prefrontal cortex）系がその場の状況に即した形で抑制していることが示されている（Figure 3: Figure 3はSakagami & Koizumi（2001）を一部改変して作成したもの）。

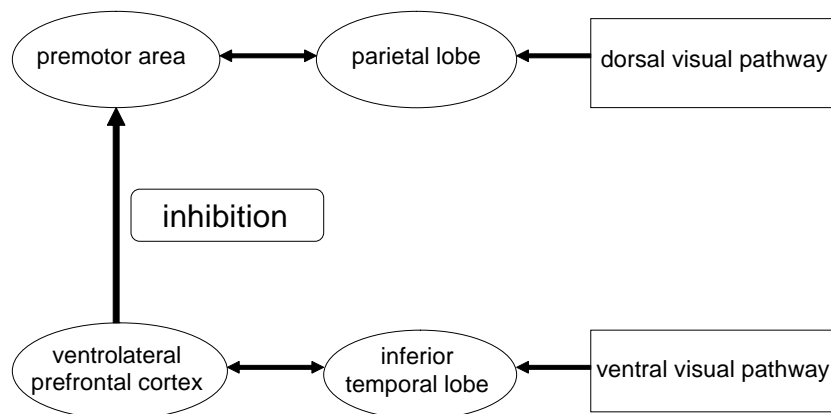


Figure 3 視覚経路と抑制機能

例えば、Sakagami and Tsutsui（1999）は、色と動きの複合刺激を使ったgo/no-go課題をサルに学習させ、課題遂行中のサルの前頭前野腹外側部（ventrolateral prefrontal cortex）のニューロン活動を記録した。その結果、色に注目して反応を抑制しなければならないときにのみ、ニューロンの活性化がみられた。このことは、前頭前野の中でも腹外側部は、下部側頭葉から色についての情報をうけるが、動きや位置の視覚情報処理に関する背側経路（dorsal visual pathway）からの投射が少ないという解剖学的事実とも一致する（Sakagami & Tsutsui, 1999）。

また、若年成人を対象に、場所弁別課題（背側経路）の実施と並行して、場所弁別課題で対象になった刺激の特性（色）に注目するような課題（腹側経路）を負荷すると、場所弁別課題のエラーが減少することが示された（Tsuchida, 2005）。具体的に述べると、前述したSRC課題と並行して、SRC課題とは直接関係しない「色」の特性に注目するような課題を負荷すると、SRC効果が減少し、場所弁別課題のエラー数が減少することが確認された。Figure 3に示したように、背側経路からの運動処理に、腹側経路からの抑制が働いたものと思われる。他にも、ヒトを対象にした神経科

学的な実験において、反応抑制しているときに、前頭前野腹外側部の活性化が確認されている (Konishi, Nakajima, Uchida, Kikyo, Kameyama, & Miyashita, 1999)。

一方、高齢者を対象に、SRC 課題と直接関係しない「色」の特徴に注目するような課題を実施すると、若年成人にみられたようなエラー数の減少は確認できなかった (Tsuchida, submit)。このことは、抑制機能の強めるメカニズムが加齢の影響を受けやすいことを示しているものと思われる。location-based の抑制機能に関してはこれまで、加齢の影響はうけにくいといわれてきた。しかし、この結果からは location-based の抑制機能を強める機能が、加齢の影響をうける可能性のあることを指摘できる。

#### 4. まとめと今後の課題

本論では、抑制機能の概念を説明し、先行研究から得られた知見をまとめて抑制機能の分類を試みた。抑制機能とは、単一の機能として存在するものではなく、主として2つの次元から分類でき、今のところ計4種類の抑制機能が存在する可能性を指摘した。具体的にいうと、location-based の抑制機能と identity-based の抑制機能の次元。一度活性化した反応の抑制 (deletion function) か、刺激から誘発された反応の抑制 (restraint function) かという次元である。この2次元  $2 \times 2$ 、計4種類の抑制機能については、まだまだ仮説の域をでておらず、今後のデータの蓄積が必要であろう。さらに、この分類に基づき、特定の抑制機能を詳しく検討すると、抑制機能は視覚経路と密接に関連する可能性があることが指摘できた。

#### 脚注

- 1) Hasherらは、これらに加えて、無関連な情報を抑えて、関連する情報のみを処理する機能を挙げている (access function)。例えば、記憶課題などで指示された単語以外のものは、排除するときに必要になる機能である。行動調節という面からみると、被験者にとって目についた、無関連な情報を抑えるという意味では、restraint functionと同じ機能であると思われるので、今回は、restraint functionに含めて検討したい。

#### 引用文献

- Assad, W. F, Rainer G, and Miller, E. K. (1998). Neural activity in the primate prefrontal cortex during associative learning. *Neuron*, 21, 1399-1407.
- Christ, S. E., White, D. A., Mandernach, T., & Keys, B. A. (2001). Inhibitory control across the life span, *Developmental Neuropsychology*, 20, 653-669.
- Connely, S. L., Hasher, L., & Zacks, R. T. (1991). Age and reading : The impact of distraction. *Psychology and Aging*, 6, 533-541.
- Denny-Brown, D. (1965). Positive and negative aspects of cerebral cortical functions. *North Carolina medical journal for doctors and patients*, 17, 295-303.
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: cognitive functions, anatomy, biochemistry, In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.) *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford Univer. Press. Pp.466-503.
- Drewe, E. A. (1975). An experimental investigation of Luria's theory on the effects of frontal lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 13, 421-429.



- Fitts, P. M. & Seeger, C. M. (1953). S-R compatibility: spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of Experimental Psychology*, **46**, 199-210
- Goodale, M. (1995). The cortical organization of visual perception and visuomotor control. In S. M. Kosslyn & D. N. Osherson (Eds.) *Visual cognition*. Cambridge MA: MIT Press. Pp.167-214.
- Hasher, L., Zacks, R. & May, C.P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal and age. In D. Gopher & A. Koriat(Eds.), *Attention and performance X VII: Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application*(pp.635-675). Cambridge, MA: MIT Press.
- Hasher, L., Tonev, S. T. Lusting, C. & Zacks, R. T. (2001). Inhibitory control, environmental support, and self-initiated processing in aging. In M. Naveh-Benjamin, M, Moscovitch, H. L. Roediger (Eds.), *Perspectives on human memory and cognitive aging: Essays in Honour of Fergus Craik*. New York: Psychology Press.
- Hommel, B. & Prinz, W. (1997). (Eds.) *Theoretical issues in stimulus-response compatibility*. Amsterdam: North-Holland.
- 河村満 (1992). 行為障害の観察から脳のしくみを探る—習熟行為遂行の促進—抑制障害—*神経心理学*, **8**, 17-24.
- Konishi, S., Nakajima, K., Uchida, I., Kikyo, H., Kameyama, M. & Miyashita, Y. (1999). Common inhibitory mechanism in human inferior prefrontal cortex revealed by event-related functional MRI. *Brain*, **122**, 981-991.
- 近藤文里 (1989). プランする子ども 青木書店.
- Kornblum, S. Hasbroucq, T. & Osman. A. (1990). Dimensional overlap: Cognitive basis for stimulus-response compatibility: a model and taxonomy. *Psychological Review*, **97**, 253-270.
- Lhermitte, F. (1983). 'utilization behavior' and its relation to lesions of the frontal lobe. *Brain*, **106**, 237-255.
- Lhermitte, F., Pillon, B.Serdaru, M. (1986). Human autonomy and the frontal lobes. Part I : Imitation and utilization behavior: A neuropsychological study of 75 patients. *Annual Neurology*, **19**, 326-334.
- Luria, A. R. (1961). *The role of speech in the regulation of normal and abnormal behavior*. New York : Pergamon Press.
- Luria, A. R. (1973). *The working brain*. London : Penguin.
- McCarthy, R. A. & Warrington, E. K. (1990). *Cognitive Neuropsychology : A Clinical Introduction*. San Diego, CA: Academic Press.
- May, C. P., Kane, M. J. & Hasher, L. (1995). Determinants of negative priming, *Psychological Bulletin*, **118**, 35-54.
- Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting. *Archives of Neurology*, **9**, 90-100.
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences and psychological processes. *British Medical Bulletin*, **27**. 272-277.
- 森悦朗・山鳥重 (1993). 前頭葉と行為障害 *神経進歩*, **37**, 127-138.
- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action : Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation, Vol.4* (pp.1-18). New York : Plenum Press.
- Sakagami, M. & Tsutsui, K. (1999). The hierarchical organization of decision making in the primate prefrontal cortex. *Neuroscience Research*, **34**, 79-89.
- Sakagami, M. & Koizumi, M. (2001). Koudouyokusei to zentouyou [Behavioral inhibition and prefrontal lobe]. *Brain Medical*, **13**, 29-35.
- Stuss, D. T. and Benson, D. F. (1985). *The frontal lobe*. New York :Raven Press.
- Tsuchida, N. (2005). Inhibitory function in stimulus-response compatibility task. *Perceptual and Motor Skills*, **100**, 249-257.
- Tsuchida, N. (submit) Inhibitory function in stimulus-response compatibility task and aging.

山鳥重 (1985). *神経心理学入門* 医学書院.

山鳥重 (1991). 道具の使用とその異常 *神経研究の進歩*. **35**, 1000-1006.

(本学文学部教授)