

## ■シンポジウム 注意障害

## 随意性注意の障害

## —反応選択と Supervisory Attentional Control—

加藤元一郎\*

**要旨：**反応選択課題である Auditory Detection Test (ADT) を用いて、局在性脳損傷例における全般性注意の持続性および選択性の障害の検討を行った。また、Wisconsin Card Sorting Test (WCST) における保続性の誤りおよび cognitive set の維持障害を、Supervisory Attentional Control ないしは Working Memory の障害という観点から捉え、注意の能動的制御の神経基盤、特にその前頭葉内局在を検討した。ADT の成績は、右半球損傷、特に側頭頭頂葉損傷を中心とした右後方脳損傷で低下し、その障害の特徴は commission errors の増加であった。また、右後方脳損傷例中の半側空間無視を伴うケースでは、omission errors および commission errors の増加を認め、方向性注意の障害に加えて全般的注意の変容がより顕著であることが示唆された。WCST における保続性の誤り、すなわち内的表象の消去機構の障害は、主に前頭前野の中の Brodmann area 9 を中心とした損傷で生じることが示唆された。注意の意識的能動的な制御ないしは記憶された情報の一時的な操作については、前頭葉背外側部の果たす役割が大きいことが想定された。

神経心理学 11; 70~84, 1995

**Key Words：**全般性注意障害, 反応選択, 注意の能動的制御, ワーキング・メモリー, 前頭葉機能障害  
sustained attention, focused attention, supervisory attentional control, working memory, frontal dysfunction

## I はじめに

注意の定義は曖昧であり、注意という言葉によって表される現象はいくつかの側面を持っている。この注意のさまざまな側面は、alertness, vigilance, automatic attention, sustained attention, focused attention, selective attention, directed attention, divided attention, effortful attention, controlled attention, voluntary attention, executive control of attention, intention, search などと呼ばれる。すなわち、注意という語は、それが含む特徴を抽出した言葉を冠されて使用されることが多い。注意という機能を分析する場合には、互いに多くの重複を含みまた相互依存的であることを前提としながらも、注意をいくつかのタイ

プに分けて考える方が理解しやすい。そして、注意の強度 (intensity) と選択性 (selectivity) をいう二つの要因に従って、これらの諸側面を大まかにではあるが理論的に整理することが可能であろう (Van Zomeran et al, 1994; 鹿島ら, 1986)。まず、注意をその強度という要因からみると、いわゆる覚度 (alertness ないしは vigilance) とその持続性 (sustained attention) が問題となる。また、その選択性に注目すると、ある刺激にスポットライト (焦点) をあてる focused attention ないしは selective attention と二つの刺激に同時に注意を向ける divided attention が問題となる。そして、これらのやや要素的な注意を意図的にコントロールする機能として、voluntary attention, executive control of attention, intention ないし

1995年6月1日受理

Disorder of Voluntary Attention: Response Selection and Supervisory Attentional Control

\*東京歯科大学市川総合病院精神神経科, Motoichiro Kato: Department of Neuropsychiatry, Tokyo Dental College Ichikawa General Hospital

は search などの比較的高次の注意機能が存在する。近年、これらの注意の能動的制御機能は、Shallice (1982, 1988) に従って、Supervisory Attentional Control (SAC) と呼ばれることが多い。この機能は、日常行動の上では、外部環境に対して戦略をもって柔軟に対応してゆくために極めて重要であり、前頭葉機能と大きな関連を有している。例えば、Cohen (1993) は、反応選択とその制御過程を、response intention, initiation and inhibition, active switching, executive supervisory control に分け、これらの過程は前運動野や前頭前野に位置する前部脳システムの影響下にあるとしている。

脳損傷例では、これらの全般性注意 (generalized attention ないしは non-lateralised attention) が、さまざまな組み合わせおよびさまざまな重症度で障害される。実際の臨床症状としては、ぼんやりしたいいわゆる不注意 (inattention) の状態、転導性 (distractibility) の昂進、反応抑制障害 (disinhibition)、運動および行為の維持困難 (impersistence) などが良く観察される。これらの状態では、多くの場合、覚度ないしは注意の持続性の障害と注意の選択性の障害が混在している。また、脳損傷例では、これらの全般性障害に加えて、方向性注意 (directed attention) の障害とされる半側空間無視 (Unilateral Spatial Neglect (USN), Hemi-Inattention) がしばしば出現する。

本稿では、まず全般性注意が脳損傷において如何に障害されるかを、聴覚性の反応選択課題を用いて検討した。脳損傷例においてどのような注意障害が出現するかについては、現在までに、Cancellation Test などの視覚性課題を用いた多くの検討が行われている。しかし、視覚性課題を用いて全般性注意の障害を検討する場合には、脳損傷例では USN の合併があるため、その結果について慎重な分析が必要となる。従って、脳損傷例における全般性注意の研究には、両耳から刺激を入力する聴覚的課題を用いる方が、結果の分析が容易であろう。本研究では、このような観点から、聴覚性の反応選

択課題を用いて全般性注意の障害を検討した後、この障害と視覚性方向性注意の障害である USN との関連についても若干の検討を試みた。

今回我々が施行した Auditory Detection Test (ADT) (Mizuno, 1991) は、ターゲットである語音をいくつかの語音の中から選択し反応することを要求する課題であり、視覚性課題である Continuous Performance Test (CPT) の auditory 版と考えられる。CPT では、ディスプレイ上にランダムに提示される一連の文字の中から、文字 X、ないしは、文字 A に続いて提示される文字 X に反応することが求められる。CPT は、臨床的に施行が容易であり、英米圏で良く使用されているが、この検査が注意のどのような側面を評価しているのかについてはいくつかの見解がある。例えば、Mirsky ら (1960) は、この検査を sustained attention を評価する課題として用い、一方、Alexander ら (1973) は、focused attention を評価する課題ないしは注意の selectivity を評価する課題として用いている。また、この検査を、vigilance test と呼ぶこともある (Van Zomeren et al, 1994)。このように、CPT は注意の強度と選択性の両者を評価している可能性があり、従って、ADT も聴覚的な注意の持続性および選択性を評価する課題と考えられよう。なお、ADT と類似した聴覚性課題は、Grafman ら (1990) によっても施行されているが、多数例の局在性脳損傷に施行した報告は少ない (Mizuno, 1991)。

注意の能動的制御システムに関しては、近年、情報処理理論に基づいた多くの研究が行われている。これらの中で、Shallice (1982, 1988) によって提唱された Supervisory Attentional System (SAS) による注意の制御理論は、最も注目されるべき仮説と思われる。図 1 に、Shallice (1982) により提示された注意による行動の制御モデルを図式化したものを示す。このモデルでは、ほとんどの行動は、いくつかの一連の行為の集合体である schema によって制御されていると考えられている。この

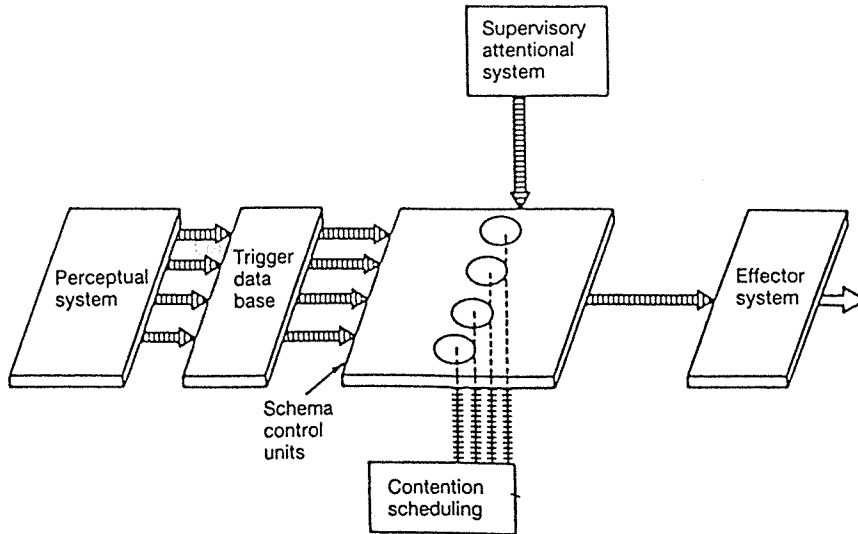


図1 Shallice (1982) による注意による行動の制御モデル (Baddeley, 1986より引用)

schema は、腕の蠅を追うようなほとんど無意識的な行為から、歩行のようなほぼ自動的行動、さらには車の運転のような複雑な行動にいたるまで、さまざまなレベルで働くことされる。そして、この schema は、routine な状況では、外界から情報の入力によりほぼ自動的に利用される。routine な状況における schema の選択については、contention scheduling といういわば決定法の一覧表が存在し、これが対立する schema の一つを自動的に選択する。しかし、non-routine な状況の時には、制御システムである SAS が呼び出される。SAS が機能する場合には、1) 自動的過程が失敗し訂正を必要とする状況、2) 計画や新たな意志決定を必要とする状況、3) 通常の方法では解決困難であると判断される状況、4) 新たな行動ないしは習熟度が低い行為を行う状況、5) 強い習慣的反応に打ち勝つ必要がある状況などが挙げられている (Baddeley, 1986)。すなわち、SAS は、習慣的で自動的な schema が無効な時に、適切な schema の選択を行うシステムである。また、これによる SAC は、意識的過程であるとされている。SAS は、schema の興奮性ないしは導出性を変化させることによって働くことされている。しかし、そのメカニズムの詳細な説明はなされていない。この点に関し

て、Working Memory の提唱者である Baddeley (1986) は、SAS と Working Memory の重要なコンポーネントである central executive との間の密接な関連を説いている。また、SAS による schema の選択は、Working Memory の活動を基盤として行われる可能性があることも指摘されている (van Zomeran et al, 1994)。すなわち、Working Memory の central executive が SAC の役割を担うと考える立場が存在するわけである。

Working Memory とは、心の中に数個の情報と同時に能動的に保持し、相互に関係づけ操作するシステムであるとされている。Goldman-Rakic (1991) によれば、Working Memory は、「心の黒板」にたとえられる。すなわち、外界の出来事による情報、意味記憶から引き出されたイメージ、内的表象などを一時的に「心の黒板」に書付け、その黒板上に保持された情報にさまざまな操作を加えるシステムであるとされる。活動する時間は、秒単位であり、数秒から数十秒である。Working Memory が働く典型的な例は、新しく読んだ電話番号を心に留め、ダイヤルした後すぐに忘れることであると言われている。Working Memory は、少なくとも三つのサブコンポーネントから成る (図2)。すなわち、central executive と二つの様

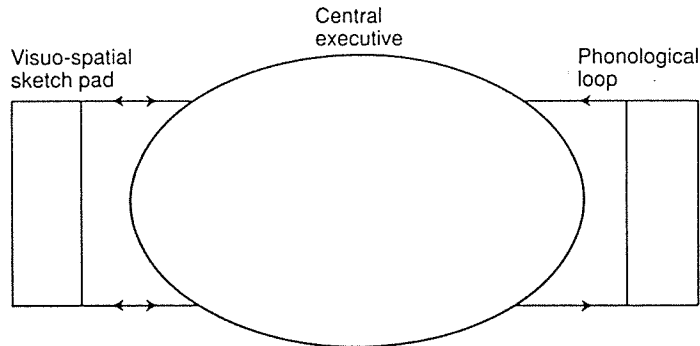


図2 Working Memory (Baddeley, 1993より引用)

式特異的に機能する slave systems である。slave systems の一つは、phonological loop と呼ばれ、言語ないしは音声に基づいた情報を保持しリハーサルするシステムであり、短期記憶の障害をもつ例で障害されるという。もう一つの slave system は、visuo-spatial sketch pad といわれ、視空間情報を担当するシステムであり、視覚的イメージを保持するとされている。central executive は、slave system に保持された情報を処理する中枢制御装置であり、長期記憶（意味記憶）にもアクセスする。二つの slave systems は、より単純な注意機能や短期記憶に近似したものであり、central executive は、「心の黒板」上に乗せられた情報の計算装置で、その機能は実行機能やいわゆる前頭葉機能に重なることが想定される。最近、Baddeley (1993) は、Working Memory という名称は misnomer であり、Working Attention という語の方がよりふさわしいかもしれないとの疑問を自ら提出している。すなわち、central executive は注意によって焦点を当てられた情報の操作や制御に関連しており、この機能を重要視すれば、Working Memory は、情報の一過性の保持つまり記憶に関与するというより、主に注意の制御を担っているという捉え方のほうが適切となる。以上の議論は、秒単位の記憶活動を注意の制御という観点から捉えなおそうとする試みである。さらに敷衍すれば、注意が残した痕跡を記憶（短期記憶）と呼ぶなら、両者はほぼ同義であり、この痕跡すなわち情報を操作するのが、central executive

ないしは SAC の機能であると言えるかもしれない。

Working Memory の障害を検出する神経心理学的検査としては、簡単なものとして、繰りあがりのある暗算や逆唱などが挙げられることが多いが、Goldman-Rakic (1991) や舟橋 (1993) によると、Wisconsin Card Sorting Test (WCST) がその典型的課題とされている。また、SAC の障害を検出する課題としては、Digit Backward, Serial Sevens, Paced Auditory Serial Addition Task (PASAT), Trail Making B Test, そして WCST が挙げられている (van Zomeren et al, 1994)。従って、次に、WCST の成績低下要因を Working Memory ないしは SAC の観点から考えてみたい。WCST では、検者から与えられる Cue の利用障害により、主に三つの誤り、すなわち、保続性の誤り (perseverative errors, PE), mental set の維持障害 (difficulty of maintaining mental set, DMS), set または concept の形成障害 (impairment of concept or set formation) が生じる (加藤, 1989; Kato et al, 1993)。このうち、保続性の誤りと set の維持障害は、Working Memory の central executive ないしは SAC の障害によって説明可能な障害と考えられる。set の形成障害は、WCST 以外の、例えば Vygotsky Test などの概念形成課題により敏感に検出される障害であり、Working Memory ないしは SAC の障害との関連は少ない (central executive ないしは SAC の機能が戦略や概念の新たな形成を含

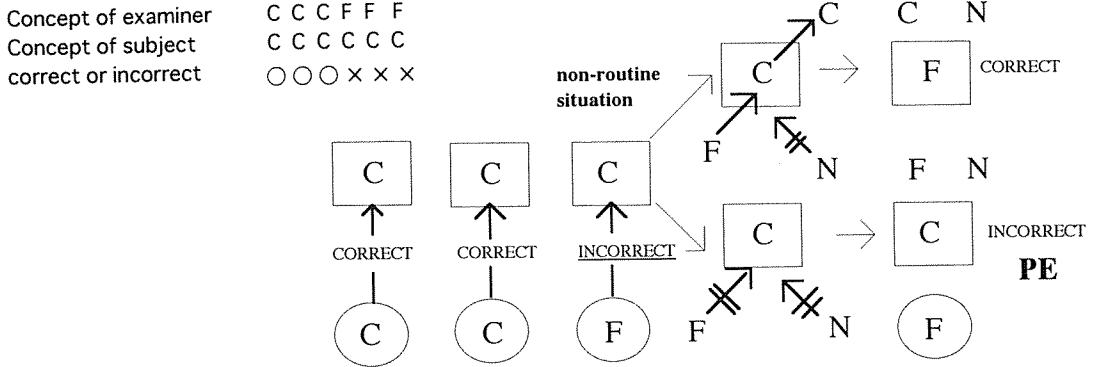


図3 PE：Cの概念を消せない—internal representationの消去機構の障害

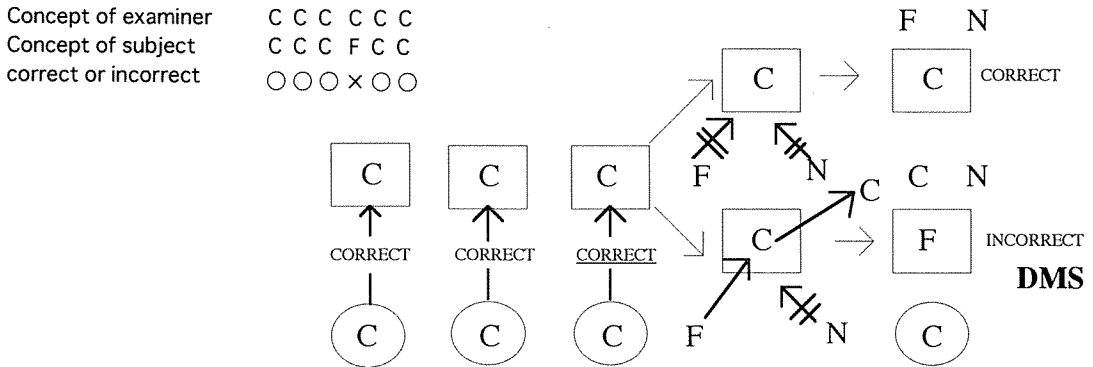


図4 DMS：Cの概念を保てない—internal representationの保持機構の障害

まないことは、前頭葉機能を考える上では重要である)。保続性の誤り (PE) と set の維持障害 (DMS) を、Working Memory ないしは SAC の観点から捉えたシエーマを、図3と図4に示す。なお、ここでは検討する保続は、一度強化された概念の保続ではなく、1回1回の施行における前反応の抑制障害である。□は被検者の心の黒板を、○は検者の心の黒板を示している。C(色)、F(形)、N(数)は、黒板に書かれた検者および被検者の内的表象 (internal representation) である。図3では、まず被検者はCの概念で正反応を続け、色概念が能動的に保持される (ここでは、contention scheduling が働いていると考えても良い)。途中で、検者の概念がFに変わり、Cでの反応が誤りであることが教示される (non-routine situation)。この後、通常は、central executive ないしは SAC が働き、Cが黒板の外にでて、

例えばFの概念が中に入る (図の上方)。しかし、図の下方のように、Cの概念を消去できず、FないしはNの概念が入れないなら、またCで反応してしまい、保続性の誤りが生じる。つまり、non-routine situation における central executive ないしは SAC による内的表象の消去機構が障害されていると保続が生じることとなる。図4の set の維持障害の場合も、同様に考えることができる。すなわち、通常では、図の上方のように、検者の正しいという教示が続く限り、色概念が能動的に保持されるが、図の下方のように、なんらかの理由で、急に黒板の上からCの概念が出てゆき、Fの概念が迷入すると、Cの概念の cognitive set がこわれ、set の維持障害が出現する。つまり、内的表象の能動的保持機構が障害されると、この誤りが出現することとなる。以上が、Working Memory ないしは SAC を用いた WCST の障害の説明

である。

従って、WCST の保続性の誤りと set の維持障害がどのような部位の脳損傷で出現するかを検討することは、Working Memory ないしは SAC がどのような神経機構の下で達成されるかという問いに何らかの示唆を与える可能性がある。WCST は、前頭葉機能検査として広く認められている検査であり、多くの研究により前頭葉損傷例においてその成績低下が顕著であることが報告されている（加藤，1988）。従って、本稿では、WCST の成績低下を生ぜしめる前頭葉内の損傷部位を同定することにより、注意の能動的制御の神経基盤の検討を試みた。

## II 反応選択課題を用いた

### 全般性注意障害の検討

#### 1. 対象

対象は、左側障害群47例および右側障害群93例からなる脳障害群140例である。対照群として、65歳以下の健常群30例と65歳以上の健常群13例を用いた。また、vigilance の軽度の低下を示す群として、退薬後24時間から72時間であり、明らかなせん妄状態を示さないアルコール依存症群15例を用いた。脳障害群は、全例右利きであり、発症後4カ月以上経た単一病巣の局在性脳損傷である。その発症後平均経過月数は13.1 (17.4) カ月であり、その病因はほとんどが脳血管障害である。表1に、全対象の例数、平均年齢、性、病因を示す。左側障害群と右側障害群で、年齢、性差、病因に差を認めなかった。

脳損傷群に関しては、その損傷部位による障害の特徴をより明らかにするために、左

表1 Subjects

	N	age	sex (m/f)	etiology I:H:T
L group	47	56.9 ( 9.5)	35/12	22:23:2
R group	93	59.6 (10.1)	64/29	59:34:0
Control:				
≤ 64 y.o.	30	53.3 ( 9.7)	15/15	
≥ 65 y.o.	13	69.3 ( 4.7)	4/ 9	
Al group	15	48.7 ( 8.5)	13/ 2	

L group : L hemisphere damaged patients,  
R group : R hemisphere damaged patients  
Al group : Alcoholics in withdrawal phase  
I : Infarction, H : hemorrhage,  
T : tumor after operation

前方損傷群 (LA Group)13例、左後方損傷群 (LP Group) 34例、右前方損傷群 (RA Group) 40例、右後方損傷群 (RP Group) 53例の4群に分けて検討を行った。また、脳損傷群に関しては、基礎的な神経心理学的検査として、WAIS, Rey-Osterrieth Complex Figure Test (copy administration, Rey Copy), 7語記銘検査 (7 words learning test, 7WLT), digit span を全例に施行した。また、病変の大きさの影響を検討するために、全例の CT 上の損傷量を計測した。表2に、脳損傷群4群の例数、平均年齢、性、病因、CT 上の損傷量

表2 Subjects (brain damaged group)

	N	age	sex(m/f)	etiology I:H:T	CT volume
LA group	13	56.8 (11.8)	11/ 2	6: 6:1	467.4 (877.8)
LP group	34	56.9 ( 8.7)	24/10	16:17:1	372.5 (364.9)
RA group	40	58.6 (10.6)	24/16	26:14:0	307.6 (282.4)
RP group	53	60.4 ( 9.8)	40/13	33:20:0	565.9 (568.7)

LA : left-anterior brain damaged patients  
LP : left-posterior brain damaged patients  
RA : right-anterior brain damaged patients  
RP : right-posterior brain damaged patients

表3 Neuropsychological data in brain damaged group

	VIQ	PIQ	Rey Copy	7WLT	Digit forward	Span backward
LA group	91.8(25.8)	89.8(18.8)	30.5(7.9)	5.6(1.5)	5.3(1.2)	2.7(1.8)
LP group	84.4(22.6)	94.1(15.9)	33.9(5.3)	5.9(1.2)	5.6(1.1)	3.0(1.5)
RA group	92.4(16.4)	78.1(14.9)	31.1(4.8)	5.9(1.0)	5.6(1.0)	3.5(0.9)
RP group	92.6(17.7)	72.8(13.0)	23.4(9.3)	5.8(1.0)	5.6(1.0)	3.2(0.9)

を示す。4群において、平均年齢、性差、病因に有意差はなかった。また、CT上の損傷量は、RA群で小さく、RP群で大きい傾向が認められたが、統計的に有意ではなかった。表3に、脳損傷群4群のWAIS, Rey Copy, 7語記銘検査（連続5回の即時再生における最大記銘数）、Digit Span（順唱、逆唱）の成績を示す。LP群でVIQが低下していたが、統計的に有意ではなかった。また、PIQについては、右側損傷群で有意な低下が認められた（ $p < 0.01$ ）。RP群で、Reyの図形の模写課題の成績が低下していた（ $p < 0.01$ ）。各群の7語記銘検査の成績には、差がなかった。LA群で、digit spanの逆唱の成績が悪い傾向が認められたが、有意ではなかった。

また、右後方損傷群において、全般性注意の選択性の障害とUSNの有無との関連を検討するため、各例においてUSNが存在するかどうかを判定した。USNを検出する方法は、線分2等分検査を用いた。線分の長さは20cmで、対象の正中位に提示した。久保（1993）に従って、Schenkenberg（1980）のpercent deviationが10%以上の例を、USN（+）とした。

## 2. 方法

注意検査として、Auditory Detection Test (ADT) を施行した（Mizuno, 1991）。この検査は、臨床的に容易に使用可能な反応選択課題である。ADTは、テープレコーダーによって1音/秒の速度でランダムに提示される「ト、ド、ポ、コ、ゴ」の5種類の語音の中から、目

標語音「ト」に対してtappingなどの何等かの運動反応を求める検査である。施行時間は5分間であり、目標語音「ト」は、1分間に10回、合計50回出現する。目標語音「ト」の平均出現頻度は、6回に1回である。失語や聴力障害の影響を除外するため、練習の段階で被検者に最も聞こえやすい音量を選択させ、語音認知が保たれていることを確認した上で施行した。評価には、総反応数（Response Number, RN）、正答数（Correct Response Number, Correct RN）、的中率（%, Hit Rate: 正答数/総反応数 $\times 100$ ）、Omission ErrorsとCommission Errorsの数をを用いた。的中率は、選択性の効率という反応の質的側面を反映していると考えられる。Omission Errorsは、目標語音「ト」を見落とした数、すなわちfalse negativeの数であり、Commission errorsは、「ト」以外の語音に反応した数、すなわちfalse positiveの数である。なお、結果の分析には、一元配置ないしは二元配置の分散分析を用い、多重比較検定にはTukey Compromise Testを用いた。

## 3. 結果

まず、左側障害群、右側障害群、65歳以下と65歳以上の健常群、アルコール依存症群の比較を見ると、ADTの正答数、的中率、Omission Errors, Commission Errorsに有意な差が認められた（ $F(4, 193) = 7.07$ ,  $p < 0.01$ ;  $F(4, 193) = 8.56$ ,  $p < 0.01$ ;  $F(4, 193) = 7.06$ ,  $p < 0.01$ ;  $F(4, 193) = 6.25$ ,  $p < 0.01$ ）。正答数の

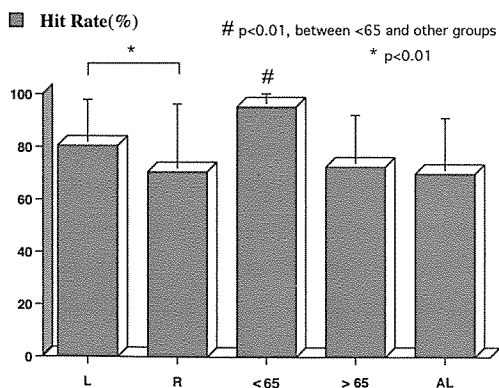


図5 Hit Rate(%) on Auditory Detection Test

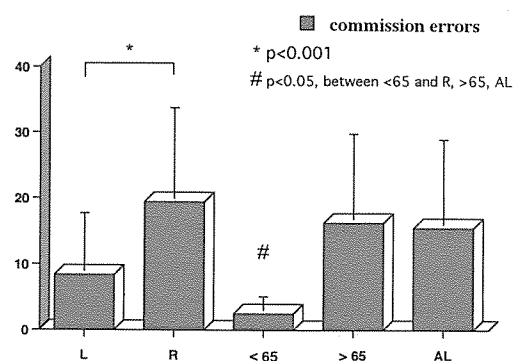


図6 Commission Errors on Auditory Detection Test

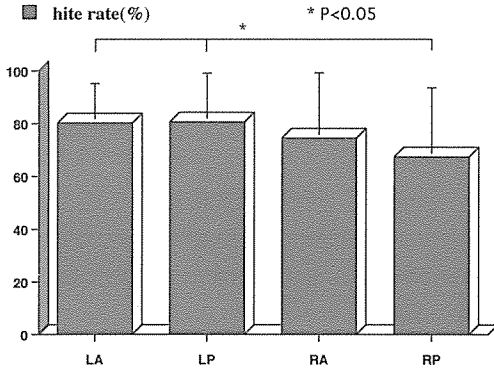


図7 Hit Rate(%) on Auditory Detection Test in Brain Damaged Groups

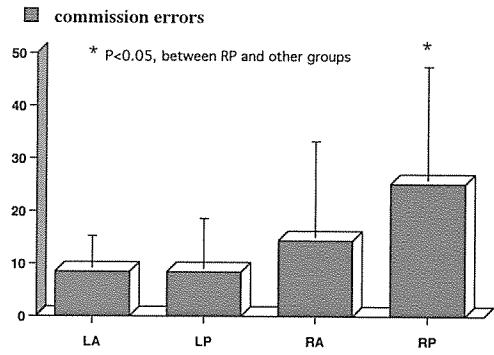


図8 Commission Errors on Auditory Detection Test in Brain Damaged Groups

平均値は、左側障害群35.3 (11.1), 右側障害群33.4(10.9), 65歳以下の健常群44.4(5.8), 65歳以上の健常群37.1(7.9), アルコール依存症群33.1(9.7)であり, 他群に比較して, 65歳以下の健常群で有意に高い正答数を示したが ( $p < 0.01$ ), その他の群では差は認められなかった。この結果は, Omission Errorsでも同様で, 65歳以下の健常群以外の4群で false negativeが増加していた。的中率と Commission Errorsの各群の平均値と標準誤差を, 図5と図6に示す。65歳以下の健常群に比較して他の4群は的中率が低く, また, 右側損傷群では, 左側損傷群に比較して有意な中率の低下を認めた。なお, 65歳以上の健常群とアルコール依存症群の成績はほぼ同様で, 脳損傷群とはほぼ同程度の的中率の低下を示した。Commission Errorsは, 65歳以下の健常群で最も低く, また右側損傷群では, 左側損傷群に比較して有意な増加を認めた。

次に, 左前方損傷群 (LA群), 左後方損傷群 (LP群), 右前方損傷群 (RA群), 右後方損傷群 (RP群)における成績の比較を検討した。損傷部位 (前部 vs 後部脳損傷, 左側 vs 右側損傷)による2元配置分散分析の結果では, 的中率と Commission Errorsにのみ, 損傷側の左右差の主効果が認められた ( $F(3, 136) = 4.45, p < 0.05$ ;  $F(3, 136) = 6.80, p < 0.05$ )。前後脳損傷の主効果は認められなかった。4群の的中率と Commission Errorsの平均値と標準誤差を, 図7と図8に示す。的中率は, 右側

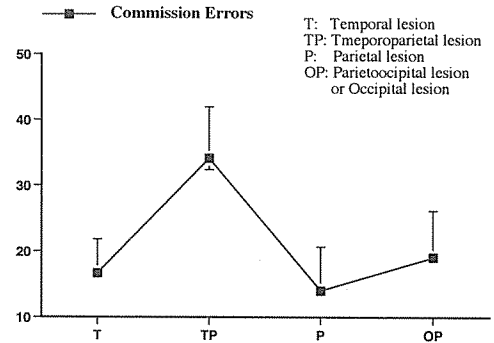


図9 Commission Errors on ADT in RP Group

損傷群で低く, RA群に比較して, RP群で特に低下していた。Commission Errorsにおいても, 右側損傷群でその誤り数が増加しており, RA群に比較してRP群でその増加は顕著であった。従って, ADTの成績は, RP群で最も低下し, その要因は Commission Errorsの増加であることが示唆された。次に, RP群, すなわち右後方損傷群を, その主病変のCT上の位置に従って, 側頭葉損傷群10例, 側頭頭頂葉損傷群20例, 頭頂葉損傷群8例, 頭頂後頭葉ないしは後頭葉損傷群7例に分類し, Commission Errorsの数を比較した。病変が非常に広範なため, その局在が決定不能な8例は除外した。図9に, 各群の平均値示と標準誤差を示した。側頭頭頂葉損傷群のみで, Commission Errorsの増加傾向が認められた ( $F(3, 41) = 1.33, p = 0.28$ )。

次に, 右後方損傷群 (RP群)における,



表4 Clinical and Neuropsychological Data of USN(+) and USN(-) group in Right-Posterior Hemisphere Damaged Group

	N	age	CT volume	VIQ	PIQ	Rey Copy	7 WMT	digit forward	digit backward
USN(+)	14	61.1(9.6)	678.6(437.8)	93.1(15.4)	71.0(14.7)	20.2(7.0)*	6.0(0.7)	5.9(0.9)	3.3(0.5)
USN(-)	22	59.5(9.2)	473.3(645.5)	91.6(17.3)	74.1(11.2)	26.2(10.3)	6.1(0.9)	5.6(1.0)	3.3(1.2)

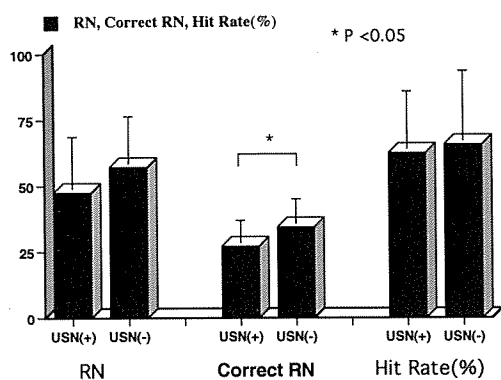
\*  $P < 0.05$ 

図10 Comparison of ADT Performances between USN(+) and USN(-) in Right Posterior Group

ADT の成績と USN の有無との関連を検討した。ADT と線分 2 等分検査の両者を施行可能であった右側後部損傷例36例のうち、USN(+) 群は14例、USN(-) 群22例であった。USN(+) 群と USN(-) 群の、年齢、性、CT 上の損傷量、WAIS、Rey Copy、7 語記銘検査、digit span の成績を表4に示す。Rey Copy の成績は、USN(+) 群で有意に低下していたが、その他の検査の成績に有意な差は認められなかった。RP 群における USN(+) 群と USN(-) 群の ADT の成績の比較を図10と図11に示す。ADT の総反応数、的中率および Commission Errors に差は認められなかったが、正答数と Omission Errors に有意な差が認められた ( $t$ -test,  $p < 0.05$ )。すなわち、USN(+) 群で、正答数が低下しており、Omission Errors の有意な増加が認められた。この USN(+) と USN(-) 群の成績を、左側後方損傷群 (LP 群) の成績 (Omission Errors, 15.2(11.1); Commission Errors, 8.3(10.2)) と比較してみると、Commission Errors は、USN(+) 群と USN(-) 群の両群共に LP 群より増加していたが、Omission Errors は、LP 群に比較し

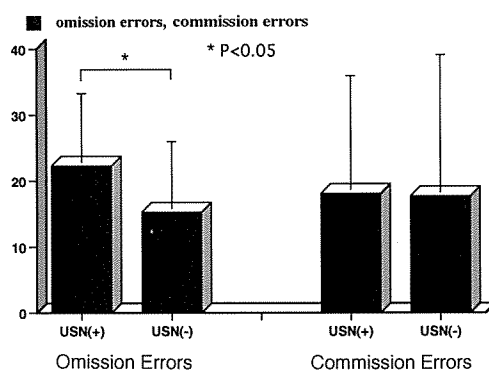


図11 Comparison of ADT Performances between USN(+) and USN(-) in Right Posterior Group

て USN(+) 群でのみ増加していた。すなわち、USN(+) 群では、Commission Errors と Omission Errors の両者の増加が認められることとなる。

#### 4. 考察

以上より、ADT の成績は、右半球損傷、特に右後方脳損傷で低下し、その障害の特徴は Commission Errors の増加であることが示唆された。また、右後方脳損傷の中では、側頭頭頂葉損傷がその障害に最も大きな影響を与えることが示唆された。ADT は、聴覚性の全般性注意の持続性および選択性を検討する課題である。従って、全般性注意の持続性および選択性の障害は、側頭頭頂葉損傷を中心とした右半球損傷で最も顕著であり、その成績低下の要因は、非目標音に対する選択性の低下 (反応抑制の障害) にあると考えられる。全般性注意の障害と右半球損傷との関連については、これを指摘するいくつかの報告がある。例えば、Coslettら (1987) や Wilkinsら (1987) は、右半球損傷において、左半球損傷に比較して vigilance test や sustained attention の課題が障害されることを報告している。また、Weintraub と

Mesulam (1987) も、外界に対する注意の選択性の障害と右半球障害との関連を指摘している。また、近年の脳血流研究でも、alertness や sustained attention を要する課題によって右半球が賦活されることも報告されている (Deutsch et al, 1988 ; Pardo et al, 1991)。今回の結果は、これらの研究を支持している。また、vigilance network における右半球の役割の強調する Posner と Petersen (1990) の見解とも一致している。

また、右後方損傷例の中で USN を示すケースでは、全般的注意課題において omission errors と commission errors の両者の増加が認められ、方向性注意の障害に加えて、より顕著な全般的注意の障害ないしは変容が存在することが示唆された。このことは、USN と non-lateralised attention や alertness の障害との関連と指摘するいくつかの報告と一致している。例えば、Weintraub と Mesulam (1987) は、右半球損傷では、対側における USN に加えて同側の注意障害が生じることを指摘している。また、今回の結果は、USN が non-lateralised attention の負荷で悪化するという Rapcsak ら (1989) の報告や、無視の程度は digit span の順唱と逆唱の差と相関するという Robertson (1990) の指摘とも関連を持っている。さらに、USN を示す例における課題に対する持続性や発動性の障害を指摘した Ishiai (1989, 1990) の報告や、疲労による無視の悪化と feedback による改善を指摘した Fleet (1986) の報告とも一致していると思われる。

なお、右半球後方損傷により、Commission Errors すなわちお手つきが増加がするという所見は、右半球後方損傷における刺激に対する反応過多という行動特徴や多幸性などの人格変化からも説明可能であるかもしれない (Mizuno, 1991)。確かに、注意の状態と行動ないしは情動は密接な関連を持つ。しかし、機能の階層性を考えれば、むしろ、これらの損傷例における

表5 Subjects with frontal lesions

	Frontal Group			Total
	left frontal	right frontal	bilateral frontal	
N	18	23	13	54
sex(male/female)	13/5	14/9	11/2	38/16
age(years)	54.5 (10.8)	52.9 (15.7)	51.7 (10.9)	53.2 (12.9)
education(years)	12.4 (3.1)	11.7 (1.8)	12.2 (2.0)	12.1 (2.4)
etiology				
infarction	8	9	3	20
hemorrhage	8	7	3	18
head trauma	1	2	6	9
tumor*	1	5	0	6
lobectomy	0	0	1	1

means and (SD) for age and education, \* after operation

注意障害が、行動特徴や人格変化の基盤をなしていると考えた方がいいかもしれない。

### III WCST を用いた Working Memory ないしは Supervisory Attentional Control (SAC) の障害の検討

前頭葉機能が未だ謎とされる理由の一つとして、前頭葉内における機能の局在が不明なことが挙げられる。しかし、前頭葉病変を有する臨床例、特に脳梗塞、脳出血などの場合には、前頭葉内のさまざまな部位が重複して損傷されていることが多く、検査結果や症状の前頭葉内局在を明確にすることが困難である。また、高次な機能であるほど代償機能が著しいことを考慮すれば、症例報告や数例の検討によりその責任病巣を確定することも難しいと考えられる。このため、本検討では、前頭葉内の Brodmann による各脳領域における損傷の有無を CT 上で同定し、その影響を多変量解析を用いて検討した。

#### 1. 対象

対象は、前頭葉にのみ病変を有する54例である。全例が、発症から3カ月以上を経た慢性期にある。表5に、対象の例数、年齢、性、WAIS の成績および病因を示す。全例の教育歴は9年以上である。損傷が皮質下のみにある例は除外した。病因の多くは、脳血管障害である。

表6 The results of analysis of covariance on WCST performances in Frontal Group (means and standard deviation)

	Area 6・8		Area 9		Area 10・11・12・46・47		Area 24・25・32	
lesion	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
N	31	23	21	33	11	43	33	21
1st trial								
CA 1	2.4 (1.6)	1.8 (1.5)	2.9 (1.6)	1.7* (1.5)	2.1 (1.7)	2.1 (1.6)	2.4 (1.8)	1.7 (1.5)
PE 1	11.2 (9.4)	12.1 (9.3)	7.5 (5.2)	14.2* (9.9)	12.4 (11.1)	11.4 (8.8)	10.8 (9.1)	12.9 (9.5)
2nd trial								
CA 2	3.5 (2.0)	3.3 (1.6)	4.4 (1.8)	2.8* (1.5)	4.4 (1.2)	3.2* (1.9)	3.5 (1.9)	3.3 (1.6)
PE 2	8.4 (9.4)	6.7 (5.5)	4.5 (4.7)	9.7* (8.9)	4.3 (3.7)	8.6 (8.5)	7.2 (7.7)	8.4 (8.4)

\*p&lt;0.05, Tukey Compromise Test

## 2. 方法

全例に、WCST (Keio version) を施行した (加藤, 1988)。WCST の評価値としては、第一施行および第二施行の達成カテゴリー数 (categories achieved, CA1 および CA2)、保続性の誤り (PE1 および PE2)、set の維持障害 (DMS1 および DMS2) を用いた。保続性の誤りは、直前の誤反応と同じカテゴリーに続けて分類された誤反応の数であり、前反応の抑制障害を評価している。set の維持障害は、2個以上5個以下の連続正答後に誤反応が生じた回数により評価した。

次に、田辺ら (1982) の方法と Damasio と Damasio (1989) による方法を用いて、CT 上における、Brodmann の Area 6, 8, 9, 10, 11, 12, 46, 47, 24, 25, 32における損傷の有無を、個々の例で同定した。これらの11領域における損傷の同定を行った後、さらに前頭前野の中で特に大きな領域を占める Area 9 および Area 10 に注目し、11領域を四つのグループにまとめた。すなわち、まず前頭前野を Area 9 と Area 10・11・12・46・47 に二分し、さらに前頭前野以外の領域を前運動野を中心とする Area 6・8 と前頭葉の limbic part である Area 24・25・32 に分け、個々の前頭葉損傷例において、以上の四つの部位における損傷の有無を決定した。そして、この四つの部位 (Area 6・8, Area 9, Area 10・11・12・46・47, Area 24・25・32) における損傷の有無

が、達成カテゴリー数、保続性の誤り、set の維持障害の出現に与える影響をそれぞれ独立して検討するために、損傷の有無による4元配置共分散分析を施行した。この際、CT 上の視覚的脳萎縮計数を共変量として用い、全般的脳萎縮の影響を除外した。視覚的脳萎縮計数としては、CT 上の cortical atrophy, ventricular dilatation, PVLに、それぞれ+に2点、±に1点、-に0点を与え、その合計点を採用した。また、多重比較検定には Tukey Compromise Test を用いた。なお、これまでの検討により、WCST の成績には損傷の左右差がないことが確認されているため、今回の検討では損傷側の影響は考慮しなかった。

## 3. 結果

54例中52例において、前頭前野領域 (Area 9, 10, 11, 12, 46, 47) のいずれかの area に損傷を認めた。また、Area 6・8 の損傷は54例中23例に認められ、Area 9 の損傷は33例、Area 10・11・12・46・47 の損傷は43例、Area 24・25・32 の損傷は21例に認められた。Area 9 の損傷の有無は、CA1 および CA2 に有意な影響を与えていた ( $F(5, 48)=4.92$ ,  $p<0.05$ ;  $F(5, 48)=11.39$ ,  $p<0.01$ )。また、Area 9 の損傷の有無は、PE1 および PE2 にも有意な影響を与えていた ( $F(5, 48)=8.10$ ,  $p<0.05$ ;  $F(5, 48)=9.21$ ,  $p<0.01$ )。Area 10・11・12・46・47 の損傷は、CA2 にのみ影響を与えていた ( $F(5, 48)=6.53$ ,  $p<0.05$ )。Area 6・8 と

Area 24・25・32 の損傷はいずれの評価値にも有意な影響を与えていなかった。また、四つの部位の損傷の有無は、いずれも DMS1 および DMS2 には影響を与えていなかった。表6に、各群における達成カテゴリー数と保続性の誤りの平均値と標準偏差を示す。第一施行および第二施行において、Area 9 に損傷がある場合にのみ、達成カテゴリー数の有意な低下と保続性の誤りの有意な増加が認められた。

#### 4. 考察

以上より、Wisconsin Card Sorting Test における保続性の誤り、すなわち、内的表象の消去機構の障害は、主に前頭前野の中の Brodmann の Area 9 の損傷との関連が強いことが示唆された。言い替えば、SAS や Working Memory の central executive が担当すると仮定される注意の意識的能動的な制御については、前頭葉背外側部、特に Brodmann の area 9 の果たす役割が大きいことが想定されることになる。しかし、内的表象の能動的保持機構の障害と考えられる set の維持障害と前頭葉内の損傷部位との関連は見出すことができなかった。set の維持障害は、注意の制御や情報の操作というより情報の保持機能（記憶）の障害に基づく障害であり、これまでの注意の持続性の障害についての所見から考えれば、大脳機能の側性化と強く関与する可能性が高い。今後、損傷の左右差を考慮に入れたより詳細な検討を行いたい。また、Area 10・11・12・46・47 の損傷では、第二施行で達成カテゴリー数の上昇が認められなかった。また、この部位の損傷は、保続性の誤りや set の維持障害には有意な関連を持たなかった。従って、この部位の障害では、保続や set の維持障害以外の理由による、ある種の学習障害が生じる可能性が示唆される。

Working Memory と前頭前野との関連については、近年、今回の結果と類似したいくつかの報告が散見される。すなわち、サルにおける delayed response の神経生理学的研究では、Working Memory の基礎となる神経機構が前頭葉の Area 46 に存在するという多くの研究

が存在する (Goldman-Rakic, 1987, 1991 ; Funahashi et al, 1990, 1991 など)。また、ヒトにおける PET による activation study でも、Working Memory の課題により Area 46 および Area 9 が賦活されることが示されている (Petrides et al, 1993, 1993)。また最近、同様の所見が、ヒトにおける f-MRI による activation study でも報告されている (McCarthy et al, 1994)。今回の我々の結果は、これらの研究の結果を損傷法を用いて確認したことになる。また、鹿島ら (1986) も指摘したように、今回の検討は、保続、概念転換障害、反応抑制障害、実行機能障害などと呼ばれる前頭葉機能障害を、注意の制御と言う観点から捉えなおしたものである。前頭葉機能障害には、短時間における記憶活動や注意障害という見方では説明できない障害も多く存在する (鹿島ら, 1993 ; 加藤ら, 1993)。例えば、新しいストラテジーや概念の形成、前述した Shallice の言葉を用いれば新たな schema の形成のような機能である (加藤, 1989)。今後、これらの機能に関しても、新しい立場からの検討が期待される。

謝辞：発表の機会を与えてくださった久保浩一教授に深謝いたします。また、ご指導いただきました鹿島晴雄助教授、データの収集に協力していただいた水野雅文、三村將、大江康雄、大川原浩の諸先生に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) Alexander DA : Attentional dysfunction in senile dementia. *Psychological Reports* 32 ; 229-230, 1973
- 2) Baddeley A : *Working Memory*. Oxford University Press, London, 1986
- 3) Baddeley A : Working memory or working attention ? In *Attention : Selection, Awareness, and Control*. eds by Baddeley A, Weiskrantz L, Oxford University Press, Oxford, 1993, pp. 152-170
- 4) Cohen RA : *The Neuropsychology of Attention*. Plenum Press, New York and London, 1993

- 5) Coslett HB, Bowers D, Heilman KM : Reduction in cerebral activation after right hemisphere stroke. *Neurology* 37 : 957-962, 1987
- 6) Damasio H, Damasio AR : *Lesion Analysis in Neuropsychology*. Oxford University Press, Oxford, 1989
- 7) Deutsch G, Papanicolaou AC, Bourbon T et al : Cerebral blood flow evidence of right cerebral activation in attention demanding task. *International Journal of Neuroscience* 36 : 23-28, 1987
- 8) Fleet WS and Heilman KM : The fatigue effect in unilateral neglect. *Neurology* 36 (Suppl 1) : 258, 1986
- 9) Funahashi S, Bruce CJ, Goldman-Rakic PS : Visuospatial coding in primate prefrontal neurons revealed by oculomotor paradigms. *J Neurophysiol* 63 : 814-831, 1990
- 10) Funahashi S, Bruce CJ, Goldman-Rakic PS : Neuronal activity related to saccadic eye movements in the monkey's dorsolateral prefrontal cortex. *J Neurophysiol* 65 : 1464-1483, 1991
- 11) 舟橋新太郎 : ワーキング・メモリー. *神経研究の進歩* 37(1) : 44-55, 1993
- 12) Grafman J, Litvan I, Gomez C et al : Frontal lobe function in progressive supranuclear palsy. *Archives of Neurology* 47 : 553-558, 1990
- 13) Goldman-Rakic PS : Prefrontal Cortical Dysfunction in Schizophrenia : The relevance of working memory. In *Psychopathology and the Brain*, eds by Bernard J. Carroll et al, Raven Press, New York, 1991, pp. 1-23.
- 14) Goldman-Rakic PS : Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. In *Handbook of Physiology, The Nervous System, Volume V*, American Physiological Society, Bethesda, MD, 1987, pp. 373-417.
- 15) Ishiai S, Furukawa T, Tsukagoshi H : Visuospatial processes of line bisection and the mechanisms underlying unilateral spatial neglect. *Brain* 112 : 1485-1502, 1989
- 16) Ishiai S, Sugishita M, Odajima N et al : Improvement of unilateral spatial neglect with numbering. *Neurology* 40 : 1395-1398, 1990
- 17) 鹿島晴雄, 半田貴士, 加藤元一郎ら : 注意障害と前頭葉損傷. *神経研究の進歩* 30(5) : 847-858, 1986
- 18) 鹿島晴雄, 加藤元一郎 : 前頭葉機能検査——障害の形式と評価法——. *神経研究の進歩* 37(1) : 93-110, 1993
- 19) 加藤元一郎 : 前頭葉損傷における概念の形成と変換について——新修正法 Wisconsin Card Sorting Test を用いた検討——. *慶應医学* 65(6) : 861-885, 1988
- 20) 加藤元一郎, 鹿島晴雄 : 概念の形成と変換に関する検査について(1). *精神科治療学* 4 : 541-545, 1989
- 21) 加藤元一郎, 鹿島晴雄 : 概念の形成と変換に関する検査について(2). *精神科治療学* 4 : 675-679, 1989
- 22) Kato M, Kashima H, Yoshino F : Disorder of concept formation in frontal damaged patients with good performance on the Wisconsin Card Sorting Test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 15(3) : 405, 1993
- 23) 加藤元一郎, 鹿島晴雄 : 前頭葉性記憶障害. *神経研究の進歩* 37(1) : 139-154, 1993
- 24) 久保浩一 : Neglect Syndrome. *神経心理学, 精神科 MOOK NO. 29*, 東京, 1993, pp. 226-236.
- 25) MaCarthy G, Blamire AM, Puce A et al : Functional magnetic resonance imaging of human prefrontal cortex activation during a spatial working memory task. *Proc Natl Acad Sci USA* 91 : 8690-9694, 1994
- 26) Mirsky AF, Primac DW, Marsan CA et al : A comparison of the psychological test performance of patients with focal and nonfocal epilepsy. *Experimental Neurology* 2 : 75-89, 1960
- 27) Mizuno M : Neuropsychological characteristics of right hemisphere damage : Investigation by attention tests, concept formation and change test, and self-evaluation task. *Keio Journal of Medicine* 40(4) : 221-234, 1991

- 28) Pardo JV, Fox PT, Raichle ME : Localization of a human system for sustained attention by positron emission tomography. *Nature* 349 ; 61-64, 1991
- 29) Petrides M, Alivisatos B, Evans AC et al : Dissociation of human mid-dorsolateral from posterior dorsolateral frontal cortex in memory processing. *Proc Natl Acad Sci USA* 90 ; 873-877, 1993
- 30) Petrides M, Alivisatos B, Meyer E et al : Functional activation of human frontal cortex during the performance of verbal working memory tasks. *Proc Natl Acad Sci USA* 90 ; 878-882, 1993
- 31) Posner MI, Petersen SE : The attention system of the human brain. *Annual Review of Neurosciences* 13 ; 25-42, 1990
- 32) Rapcsak SZ, Verfaellie M, Fleet WS et al : Selective attention in hemispatial neglect. *Arch Neurol* 46 ; 178-182, 1989
- 33) Robertson IH : Digit span and visual neglect : A puzzling relationship. *Neuropsychologia* 28 ; 217-222, 1990
- 34) Schenkenberg T, Bradford DC, Ajax ET : Line bisection and unilateral visual neglect in patients with neurologic impairment. *Neurology* 30 ; 509-517, 1980
- 35) Shallice T : Specific impairments of planning. *Phil Trans R Soc Lond B* 298 ; 199-209, 1982
- 36) Shallice T : From Neuropsychology to Mental Structure. Cambridge University Press, Cambridge, 1988
- 37) 田辺敬貴, 奥田純一郎ら : Orbito-meatal Line 平行の脳 CT 像における機能解剖学的部位同定の試み. *CT 研究* 4(3) ; 281-290, 1982
- 38) Van Zomeran AH, Brouwer WH : Clinical Neuropsychology of Attention. Oxford University Press, New York, 1994
- 39) Weintraub S, Mesulam M-M : Right cerebral dominance in spatial attention : further evidence based on ipsilateral neglect. *Arch Neurol* 44 ; 621-625, 1987
- 40) Wilkins AJ, Shallice T, McCarthy R : Frontal lesions and sustained attention. *Neuropsychologia* 25(2) ; 359-365, 1987

## Disorder of voluntary attention

### —response selection and supervisory attentional control—

Motoichiro Kato

Department of Neuropsychiatry, Tokyo Dental College Ichikawa General Hospital

Auditory Detection Test (ADT), the auditory version of Continuous Performance Test, was administered to the patients with focal brain damages, age-matched control, aged control, and alcoholics in withdrawal phase in order to assess the disorder of sustained and focused attention. Right hemisphere, in particular right posterior, damaged patients showed significantly lower ADT performances than the left hemisphere damaged patients, two control groups, and alcoholics. The characteristics of abnormal responses in right posterior brain damaged

patients was the increase of commission errors, but not omission errors. The patients with unilateral spatial neglect (USN) committed more both omission and commission errors than those without USN in right posterior brain damaged group. These findings suggest that the patients with USN may have severe abnormal changes of non-lateralised attention, in addition to the impairment of directed attention.

Moreover, we investigated the relationship the lesions within frontal lobes and the perseverative errors or the difficulty of maintaining

cognitive set in Wisconsin Card Sorting Test (Keio version), which could be caused by the breakdown of Supervisory Attentional Control or Central Executive component of working memory. Analysis of covariance revealed that the presence of damage in Brodmann Area 9 has significant main effect to the increase of

perseverative errors, which could be considered the impairment of eliminative mechanism of internal representation. Frontal dorsolateral regions may play an important role in supervisory attentional control or temporary operation of memory traces.

(**Japanese Journal of Neuropsychology 11 ; 70-84, 1995**)