

# 空間的処理容量の個人差と 三次元物体認識における視点依存性

近藤 武夫

(2002年9月30日受理)

Individual differences of spatial span and view-dependence  
in three-dimensional object recognition

Takeo Kondou

When we recognize three-dimensional (3-d) objects, we match two-dimensional (2-d) view on our retina and our internal representations. The representations are called “canonical views”, which are preferred view and are judged to be the best view of an object by viewers (Palmer, Rosch, & Chase, 1981). It is known that our recognition performance on canonical views is best. On the contrary, our performance in the non-canonical views is inferior to that in the canonical views, so this performance is called “view-dependence”. Moreover, it is known that large memory set size and high similarity (i.e., high cognitive load) cause view-dependence (Newell, 1998). This large memory set size and high similarity should be considered as cognitive load. And the cognitive load should also be dependent on individual differences in a spatial span, which reflects the capacity of mental transformation of internal representations. In this study, I examined whether individual differences in spatial span relate to view-dependence or not. According to the scoring of spatial span task (Shah & Miyake, 1996), ten subjects with high spatial span score and 10 subjects with low spatial span score were assigned to high and low spatial span groups, respectively. The result showed that only low spatial span group showed view-dependence in high cognitive load condition of 3-d object discrimination task. This suggested that individual difference in spatial span could be one of factors which affect the view-dependence in 3-d object recognition.

Key words: three-dimensional object recognition, spatial span, individual difference,  
view-dependence

キーワード：三次元物体認識，空間的処理容量，個人差，視点依存性

## 三次元物体認識における視点依存性

日常、我々の周囲に存在する物体は、高さ、幅、奥行きを持つ三次元物体である。三次元物体の認識過程は、奥行き回転によって大きく変化する網膜上の二次

元像と、内的に保持された三次元物体表象との照合過程である (Edelman, 1999)。また、その照合過程で用いられる内的表象は、三次元物体の最もそれらしい見えて典型的景観 (canonical view: Palmer, Rosch, & Chase, 1981) を主とした景観の集合であると考えられている (Tarr, 1995)。典型的景観が提示された際に、認識までの潜時が最も短くなることや、誤答率が最も低くなるのが数多く報告されており (Tarr & Pinker, 1989; Tarr & Bülhoff, 1995; Tarr, Williams,

本論文は、課程博士候補論文を構成する論文の一部として、以下の審査委員により審査を受けた。

審査委員：利島 保 (主任指導教官)，山崎 晃，  
深田博己，宮谷真人，中條和光

Hayward, & Gauthier, 1998; 他多数), このような認識成績は, 特定の視点(観察方向)に依存して変化することから, 視点依存性と呼ばれている。

### 視点依存性の理論

認識成績に観察される視点依存性から, 内的な処理過程においても, 我々が三次元物体を認識する際, 新奇な景観が提示された場合には, 内的に保持された典型的景観との照合という視点依存的な処理によって認識が行われている(Tarr, 1995)と考えられている。典型的景観で最も遂行成績が優れ, その他の景観がそれと比較して劣るという遂行成績の乖離の大きさ, すなわち視点依存性の度合いは, 物体の親近性によって変化する(Tarr & Bühlhoff, 1995)と言われる。親近性が高ければ, 物体についての景観が数多く内的に保持されることになるため, 保持された景観からの変換処理の負荷が軽減し, 認識は見かけ上, 視点非依存的になる。反対に親近性が低ければ, 保持された三次元物体表象はほとんど典型的景観のみとなり, 認識成績は典型的景観に依存したものとなる(Tarr & Bühlhoff, 1995)。しかし, 親近性が高い物体に対しても, 三次元物体の再認実験において, 標的とデストラクタとの類似性の高さや記憶セットサイズを同時に増加させることにより, 視点依存の認識成績が生起すると報告されている(Newell, 1998)。このように, 三次元物体の親近性の低さだけが, 視点依存性に関わる要因ではないことも示唆されており, 視点依存性の生起には複数の要因が関わっていると考えられる。

### 極端な視点依存性を示す患者と認知的処理容量

神経心理学的研究によれば, 三次元物体を観察したときに, 観察する方向(視点)が変化することで, 対象の認識が困難になる脳損傷患者の存在が報告されている(Humphreys & Riddoch, 1984; Lawson & Humphreys, 1999)。彼らは, その物体の最もそれらしい見え, すなわち典型的景観では物体の認識が可能だが, それ以外の視点へ景観が変化すると, 認識が困難になった。つまり, このような患者の認識過程には, 特定の視点に強く依存し, それ以外の視点では, 健常者に見られるような, 反応時間の遅れや誤答率の増加といった程度ではない, 極端な視点依存性が生起していたと考えられる。このように, 視点の変化によって景観が変化しただけで, 三次元物体を認識できなれば, 我々にとって適応上の問題が生じる。そのため, 視点依存性の生起に関わる要因を明らかにすることは, 脳損傷患者に見られる, 極端な視点依存性という障害のメカニズムを理解する上で重要な問題といえる。

また, 脳損傷患者に見られる視点依存性は, 外的な刺激である三次元物体が持つ属性により生じたというよりも, 損傷を原因とする, 観察者自身の内的な変化によって生じていると考えられる。対象認知に関わる認知的処理容量を規定する神経心理学的研究についてみると, サルの下側頭野での, 物体の特定の景観に反応する細胞(Logothesis & Pauls, 1995)の発見や, 課題遂行中に認知的負荷が増加することによって, 下側頭野が活性化する(Carpenter, Just, Keller, Eddy, & Thulborn, 1999)ことが示唆されている。このことから, 下側頭領域は, 視点の変化に伴う景観の変化を計算する機能を担っているといわれている。前述の極端な視点依存性を示す患者は, 共通して右側頭葉に損傷を持っていた。このことからすると, 脳損傷患者は, この認知的処理容量に障害を受けていた可能性がある。

### 認知的処理容量の測定

一方で, Newell (1998) が示した類似性の高さや記憶セットサイズの増加という要因とは, 課題遂行時の認知的負荷を高める要因であり, 親近性などの物体側の属性を操作せずとも, 認知的負荷を高めることが, 視点依存性が生起する条件となると考えられる。認知的負荷に対する感受性, すなわち, 認知的処理の高まりに対応可能な処理容量には個人差があると言われていた。例えば, 作動記憶研究においては, 認知的処理容量の個人差を測定するテストが用いられ, 処理容量が大きい被験者群の方が, 小さい被験者群よりも課題遂行成績が優れていると報告されている(例えば, Daneman & Carpenter, 1980; Miyake, Just, & Carpenter, 1994)。空間スパン課題(Spatial Span Task, SST)は, 空間的な処理容量を測定することを目的として, Shah & Miyake (1996) により開発されたテストである。このテストにより測定される空間的処理容量は, 三次元物体の心的操作による変換能力と高い相関があると Shah & Miyake (1996) により報告されている。このことから, 典型的景観に依存した認識成績, すなわち視点依存性の生起に, 空間的処理容量の個人差が関与していることが予想される。

### 本研究の目的

もし空間的処理容量の違いが, 視点依存性の生起に関与していれば, 三次元物体認識の遂行成績における典型的景観への依存の度合いは, 空間的処理容量の個人差により異なるであろう。すなわち, 認知的負荷が低い条件では, 課題の処理に必要なとされる空間的処理容量が小さいために, SST 得点群間に遂行成績の差は見られないが, 認知的負荷が高い条件では, SST

得点高群では典型的景観への依存の度合いが低く、得点低群では依存の度合いが高いと予想される。そこで本研究では、SST 得点高群と得点低群を対象として、三次元物体認識課題における遂行成績を比較することで、視点依存性の生起に、空間的処理容量が関与しているか否かを検討することを目的とした。

## 方法

**被験者** 広島大学の大学生・大学院生32名中、空間スパン課題の上位得点群10名、下位得点群10名の計20名。うち男性10名、女性10名。全員の視力は正常（または矯正）であった。

**刺激** Hayward & Williams (2000) で用いられた無意味物体のうちの12物体を、それぞれy軸について0度から350度まで10度刻みで回転した際の景観についてレンダリングし、256×256ピクセル、グレースケールで取り出した画像を使用した。刺激例を図1に示した。

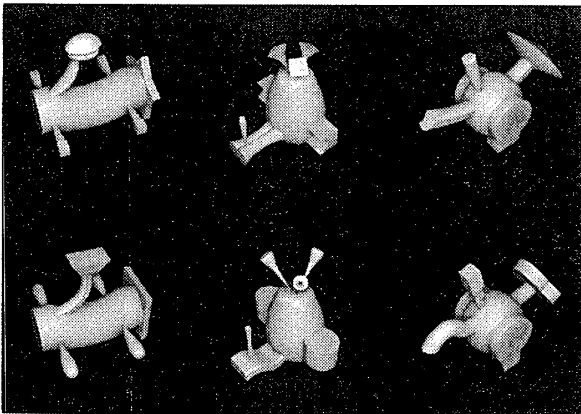


図1. 実験で使った三次元物体刺激の例  
縦に並んだ物体が類似性の高い物体を表す。

**装置** 刺激の提示および反応時間の測定はパーソナルコンピュータ (IBM ThinkPad600) により制御した。刺激は17インチ CRT に提示した。観察距離は57cmとした。また、被験者は2ボタンマウスを用いて反応した。

**実験計画** SST 得点群 (得点高群, 得点低群) × 記憶セットサイズ (1, 3) × 視点 (0度, 40度, 80度) の3要因計画。第1要因は被験者間要因, 第2, 3要因は被験者内要因であった。

**手続き** 実験は大きく分けて, Shah & Miyake (1996) の SST による空間処理容量の測定と, 認知的負荷の高低それぞれの条件における, 被験者の典型的景観への依存の度合いを測定する, 三次元物体の遅延弁別課題からなっていた。

SST: Shah & Miyake (1996) の SST を用い, 被

験者の空間的処理容量を測定した。コンピュータのスクリーン上に、通常文字 (F, J, L, P, R) かその鏡映文字が提示された。被験者はその文字が「通常文字」か「鏡映文字」かをボタン押しで判断した。同一試行中では同じ文字が使われ、被験者には各試行でスクリーン上にどの文字が現れるかを伝えた。それぞれの文字は7つの角度 (45度増分区切りで、正立方向を含まない) のうちのいずれかであり、70個の組合せ (文字×方向×通常/鏡映文字) が存在した。文字の回転方向は、同じ試行内で反対方向が連続して提示されないように、また同じ試行内では同じ方向が2度提示されないようにした。さらに、被験者には、鏡映判断と同時に、文字の回転方向を保持しておくよう求めた。被験者の反応がないままに200ms経過した場合、強制的に次の文字を提示した。それぞれの試行において、すべての文字が提示された後、7つの文字方向に正立方向を加えたものを表す、8つの四角形の「ボタン」を持った、ダイヤモンド形状のグリッドを提示した。被験者の課題は、マウスを使って、提示された順序通りに、それぞれの文字の上部の方向をクリックによって示すことであった。被験者が適切な数のボタンをクリックし終わると、スクリーン上のグリッドが消え、次の試行が開始された。鏡映判断および文字方向を記憶する文字数は、2文字から5文字まで段階的に増加していった。2文字～5文字の各文字数レベルにおいて、鏡映か否かを判断し、回転方向を記憶するという試行を、それぞれ5試行ずつ繰り返した。そのため、リーディングスパンテスト (Daneman & Carpenter, 1980) と同様、この空間スパンテストは20の文字セットから構成されていた。図2に2文字レベルにおける試行の例を図示した。

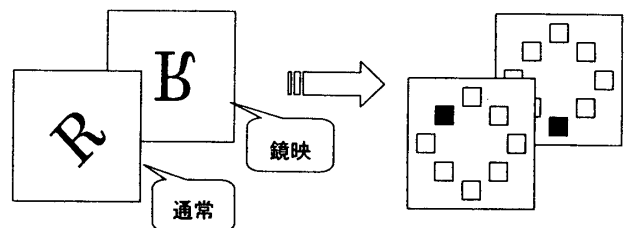


図2. 2文字レベルにおける試行例

各文字数レベルを構成する各5試行のうち、3試行以上、文字の空間的方向を正確な順序で再生することができれば、その文字数レベルを解決したことになる。SST 得点は、被験者が2文字～5文字レベルまでの、どのレベルまで解決できたかに応じた得点を与えた。例えば、2文字レベルの5試行中、3試行以上に正解し、次の3文字レベルでも3試行以上を正確に再生したが、4文字レベルでは1試行しか再生できなかった

場合、3点を与えた。ただし、例外的に得点を与える場合があった。各文字数レベルで、解決条件である、3試行に対して正確に再生することができなくても、2試行に対して正確に再生できた場合には、0.5点を得点に加算した。また、ある文字数レベルで、5試行のうち2試行以下しか再生できなくても、それよりも高い文字数レベルで、2試行かそれ以上を再生できた場合には、SST得点の上限と下限の平均をSST得点として使用した。たとえば、2文字レベルは解決できたが、2文字レベル、4文字レベルでは1試行以下しか正確に再生できなかった場合、本来であれば2点しか与えられない。このとき、5文字レベルを解決することができたとする。3文字レベルと4文字レベルを解決できなかったため、5点を与えることはできないが、この場合、5点(上限)と2点(下限)の平均を取って、3.5点をSST得点として与えた。最高得点は5.0(全文字レベルで、3試行以上に対して正確に再生できた場合)、最低得点は1.0(2文字レベルで1つだけ正確に再生したか、1つも再生できなかった場合)であった。この得点をもとに、上位10名、下位10名を、それぞれSST得点高群、SST得点低群とした。

**三次元物体の遅延弁別課題：**三次元物体の遅延弁別課題における認知的負荷の高低は、Newell (1998) に従い、標的-非標的物体間の類似性が高い条件で、記憶セットサイズ(記憶する標的の数)の大小を操作することにより定義した。記憶セットサイズが小さい条件では、物体間の類似性は高いが、記憶セットサイズが小さいために認知的負荷が低く、記憶セットサイズが大きい条件では、物体間の類似性が高く、記憶セットサイズが大きいために、認知的負荷が高い。また、無意味な三次元物体刺激(Hayward & Williams, 2000)を用いることで、親近性の影響(Tarr, 1995)を避けた。

この遅延弁別課題は、記憶セッションと典型的景観の調査セッション、弁別セッションという3つのセッションからなっていた。記憶セッションでは、被験者は、正立状態にある3次元物体(標的物体)が、 $y$ 軸について5回転するアニメーションを観察した。被験者には、その物体をよく見て、形状をよく記憶するよう教示した。

典型的景観の調査セッションでは、記憶セッションで記憶した三次元物体を、様々な方向から観察した際の画像を画面上に提示した。画像は正立正面(0度)の状態から、 $y$ 軸について10度刻みで回転した際の景観であり、合計で36景観であった。典型的景観は、主観的な良さ判断と高い相関を持つことが知られている(Palmer, Rosch, & Chase, 1981; Blanz, Tarr, & Bülthoff, 1999)。このため、本研究でも被験者が最も

良いと判断した景観を典型的景観として採用した。具体的には、提示された静止画像の中から被験者自身が主観的に最も「良い」と感じた画像の上にマウスポインタを移動し、その画像をクリックすることによって画像を選択した。実験用モニターの解像度が1024×768ピクセルであり、1画面に36景観すべての画像を提示することができなかったため、景観の静止画像は3画面に分けて提示した。記憶する標的物体は、記憶セットサイズ小条件では1つ、大条件では3つであったため、記憶セッションから典型的景観の決定セッションを、被験者は記憶セットサイズ条件に応じて、1つもしくは3つすべての標的物体について繰り返した。

弁別セッションの課題は、標的物体との類似性が高いディストラクタ物体と、記憶セッションで記憶した標的物体を弁別するという遅延弁別課題であった。刺激物体の中心にあるパーツは同じだが、周辺に接続されているパーツの形状が異なる物体を、類似性の高いディストラクタ物体とした。記憶する標的物体が3つの条件(記憶セットサイズ大条件)では、標的物体同士は類似性の低い物体であった。類似性の低い物体では、刺激物体の中心にあるパーツの形状も周辺に接続されているパーツの形状も異なっていた。

弁別判断を行うために提示される標的刺激画像は、調査セッションで選択された典型的景観と、この典型的景観から、 $y$ 軸について時計回りに40度、80度回転した際の景観(非典型的景観)であった。つまり、各標的物体について3枚の標的刺激画像が存在し、合計で12枚の標的刺激画像となった。また同時に、ディストラクタ物体からも、上記の3枚の画像と同じ回転角度にあたる景観を取得し、これをディストラクタ刺激画像とした。標的刺激画像と同様に、合計で12枚のディストラクタ刺激画像となった。記憶セットサイズ大条件では、標的物体が3つであったため、非標的物体と合計で72枚の刺激画像となった。また、記憶セットサイズ小条件では標的物体が1つであったため、非標的と合計で24枚の刺激画像となった。これらをそれぞれ4回ずつ、ランダムな順序で被験者に提示した。

まず、画面に500 ms間、凝視点を提示した。次に、被験者の反応を受け付けるまで刺激画像を提示した。被験者は、提示される画像に対し、記憶セッションで記憶した物体かそうでないかをボタン押しで反応した。ボタンが押されると、500 ms ブランクが提示された後、再び凝視点が提示され、次の試行が始まった。ただし、被験者がボタンを押さないまま3 000 ms が経過すると、強制的に次の試行が始まった。

記憶セットサイズ小条件では、1つの刺激物体を記憶し、よく似た非標的から弁別する課題(記憶セッション

から弁別セッションまで)を、刺激物体を変え、3回繰り返した。記憶セットサイズ大条件では、1つのブロック内で3つの刺激物体を記憶するため、繰り返しはなかった。また、記憶セットサイズ条件の実施順序と、記憶セッションでの標的物体の提示順序は、被験者間でカウンターバランスをとった。

## 結果

SST得点の中央値は2.50であり、上位10名の中央値は3.50、得点範囲は3.25-5.00、下位10名の中央値は1.00、得点範囲は1.00-1.50であった。上位10名をSST得点高群、下位10名をSST得点低群とした。SST得点についてt検定を行った結果、両得点群に有意差 ( $t = 14.241, df = 18.00, p < .001$ )が見られた。

図3に、実験条件ごとの反応時間の平均値を示した。また、図4に、実験条件ごとの誤答率の平均値を示した。それぞれの図中の誤差線は標準偏差を表す。図3についてみると、SST得点低群の記憶セットサイズ大条件のみで、視点0度(典型的景観)から80度の景観にかけて反応時間が延長している。すなわちこの条件でのみ視点依存性が生起しており、他の条件では視点による変化がなく、視点依存性が生起していないように見える。図4についてみると、記憶セットサイズ大条件では、SST得点高低群ともに、典型的景観から80度の景観にかけて誤答率が増加している。また、それ以外の全体的傾向としても、典型的景観から80度の景観にかけて増加しているように見える。

**反応時間** 被験者ごとに、各実験条件の平均値に、各実験条件の標準偏差を2倍した値を加減算したものを超えた反応は外れ値として分析から除去した。反応時間の平均値について3要因(SST得点の高低2水準×記憶セットサイズ2水準×視点3水準)の分散分析を行った。

2要因(記憶セットサイズ、視点)の交互作用が有意 [ $F(2, 36) = 3.751, p < .05$ ]であった。下位検定を行った結果、記憶セットサイズ大条件で視点の効果が有意 [ $F(2, 72) = 3.781, p < .05$ ]であり、80度の景観に対する反応時間は、典型的景観に対する反応時間よりも有意に長かった(図3)。

3要因(SST得点群、記憶セットサイズ、視点)の交互作用が有意 [ $F(2, 36) = 3.457, p < .05$ ]であった。下位検定を行った結果、SST得点低群の、記憶セットサイズ大条件のみで、視点の効果が有意 [ $F(2, 72) = 7.896, p < .005$ ]であり、80度の景観に対する反応時間が、典型的景観に対する反応時間よりも有意に長かった(図3)。記憶セットサイズ小条件、SST得点高群

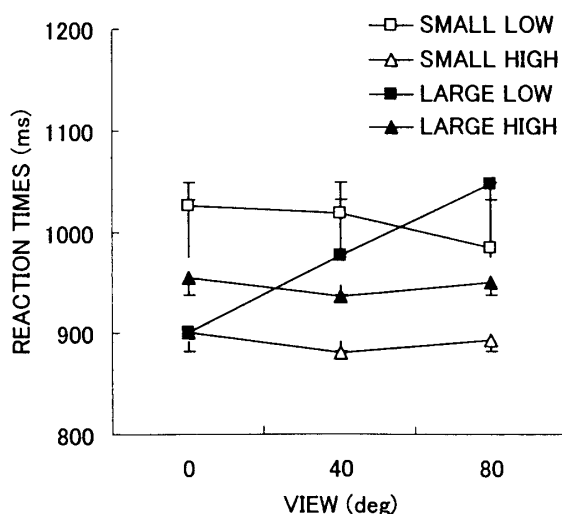


図3. 記憶セットサイズ条件(大条件=LARGE, 小条件=SMALL)およびSST得点群(高群=HIGH, 低群=LOW)条件における視点ごとの反応時間の平均値

注) 図中の誤差線は標準偏差を表す。低群については正方向のみ、高群については負方向のみの誤差線を加えた。

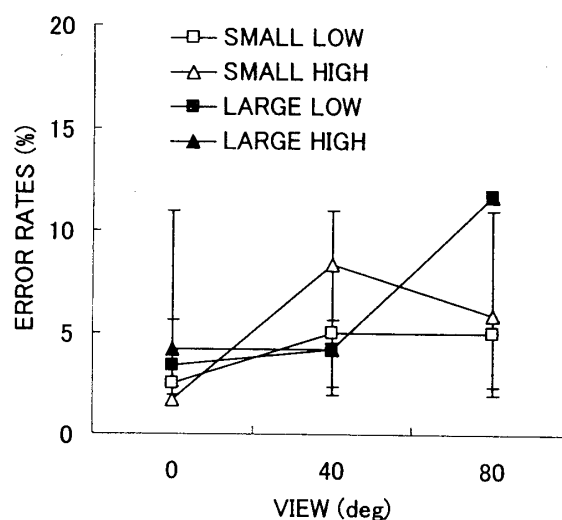


図4. 記憶セットサイズ条件(大条件=LARGE, 小条件=SMALL)およびSST得点群(高群=HIGH, 低群=LOW)条件における視点ごとの誤答率の平均値

注) 図中の誤差線は標準偏差を表す。低群については正方向のみ、高群については負方向のみの誤差線を加えた。

では有意な視点の効果は見られなかった。さらに、SST得点低群で、典型的景観のときの記憶セットサイズの効果が有意 [ $F(2, 72) = 4.461, p < .05$ ]であり、記憶セットサイズ大条件での典型的景観に対する反応時間は、小条件よりも有意に短かった(図3)。

**誤答率** 角変換後の誤答率の平均値について3要因(SST得点の高低×記憶セットサイズ×視点)の分散分析を行った結果、視点の主効果が有意 [ $F(2, 36) =$

4.896,  $p < .05$ )であった。下位検定の結果、80度の景観に対する誤答率は、典型的景観に対する誤答率よりも有意に高かった(図4)。

## 考 察

本研究では、空間スパン課題の得点高群と得点低群の、三次元物体認識課題における遂行成績を比較することで、認知的負荷の高まりによる視点依存性の生起に、空間的処理容量が関与しているか否かについて検討することを目的とした。すなわち、もし空間的処理容量の違いが視点依存性の生起に関与していれば、三次元物体認識の遂行成績における典型的景観への依存の度合いは、空間的処理容量の個人差により異なることが予測される。そのため、認知的負荷が高い条件において、SST得点高群では典型的景観への依存の度合いが低く、得点低群では依存の度合いが高くなるという仮説を立てた。

反応時間についての3要因分散分析において、2要因(記憶セットサイズ、視点)の交互作用が有意であり、記憶セットサイズ大条件で典型的景観に対する反応時間が80度の景観よりも有意に短かった。このことは、物体間の類似性が高く、また同時に、記憶セットサイズが増加した際に、視点依存性が生起するとしてNewell(1998)の結果を再現したものであると考えられる。本研究では、この2つの要因における負荷が同時に増加することを、認知的負荷が高い状況としている。このため、認知的負荷の高い条件のみで視点依存性が得られたことから、認知的負荷の増加により、視点依存性が生起したといえる。

また、3要因の交互作用が有意であったことから、SST得点高群では、記憶セットサイズ条件にかかわらず視点依存性が観察されなかったのに対し、SST得点低群では、記憶セットサイズ大条件、すなわち認知的負荷が高い条件のみで、視点依存性が観察された(図3)。この結果は、SST得点に反映される空間的処理容量の小さい群で、認知的負荷の増加によって視点依存性が生起したことを示している。すなわち、視点依存性の生起には、空間的処理容量が小さいことが関与しているように思われる。また、SST得点低群において、記憶セットサイズ大条件での典型的景観に対する反応時間が、記憶セットサイズ小条件の典型的景観に対する反応時間よりも短くなっていった(図3)。このことは、SST得点低群では、記憶セットサイズが大きくなることで、記憶セットサイズが小さい条件と比較して、三次元物体認識処理が、より強く典型的景観に依存していたことを示している。すなわち、認

知的負荷が高い条件で、SST得点高群では典型的景観への依存の度合いが低く、得点低群では依存の度合いが高くなるという仮説は支持された。

誤答率についての3要因分散分析の結果では、視点の主効果が有意であった。このことは、SST得点や記憶セットサイズにかかわらず、視点依存性が生起していたことを示しており、反応時間の結果に観察された効果が現われていないように思われる。これについて、ワイヤーフレーム状の無意味な三次元物体を刺激として用いた遅延弁別課題において、繰り返し観察した物体の反応時間は次第に均一化した。誤答率では、特定の視点とその他の視点には安定して差異が見られ、変化しなかった(Edelman & Bulthoff, 1992)ことから、誤答率に反映される結果は、三次元物体の心的変換処理を行う試行の繰り返しによる影響を受けにくい(Edelman, 1999)と考えられている。

これまで、空間的処理容量は、三次元物体の心的変換処理(Shepard & Metzler, 1971)に関与していることが示唆されてきた(Carpenter, Just, Keller, Eddy, & Thulborn, 1999)が、三次元物体認識課題の遂行成績において生起する典型的景観への視点依存性(Tarr, 1995)に関与しているか否かは明らかにされていなかった。しかし、本研究の結果から、認知的負荷が高まったことにより、認識処理に多くの空間的処理容量が必要である条件で、空間的処理容量の小さい被験者に視点依存性が認められたことから、典型的景観への視点依存性には、空間的処理容量が関与していることが明らかになった。

また、本研究で取り上げた、記憶セットサイズが大きく、物体間の類似性が高いという認知的負荷の高さとは、例えば「たくさんの食器類が並べられている棚の中から、特定の形の皿とスプーンを探す」といった、日常的によく見られる課題状況である。冒頭に挙げた極端な視点依存性を示す脳損傷患者についても、このような状況で患者にかかる認知的負荷を低めたり、空間的処理容量に関わる認知的リハビリテーションを行うことで、視点依存性の度合いが弱まり、患者のADL(Activity of Daily Living; 日常生活動作)の改善に役立つと思われる。脳損傷患者において、実際に空間的処理容量が低下しており、それが極端な視点依存性の生起に結びついているかという点について、今後は実際に、脳損傷患者を対象とした検討が行われることによって明らかになるであろう。

## 【引用文献】

Blanz, V., Tarr, M. J., & Bulthoff, H. H. 1999 What

- object attributes determine canonical views? *Perception*, **28**, 575-600.
- Carpenter, P. A., Just, M. A., Keller, T., Eddy, W., & Thulborn, K. 1999 Graded functional activation in the visuospatial systems with the amount of task demand. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **11**, 9-24.
- Darneman, M., & Carpenter, P. A. 1980 Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **11**, 671-784.
- Edelman, S. 1999 *Representation and recognition in vision*. London: MIT Press.
- Edelman, S., & Bülhoff, H. H. 1992 Orientation dependence in the recognition of familiar and novel views of 3D objects, *Vision Research*, **32**, 2385-2400.
- Hayward, W. G., & Williams, P. 2000 Viewpoint dependence and object discriminability. *Psychological Science*, **11**, 7-12.
- Humphreys, G. W., & Riddoch, M. J. 1984 Routes to object constancy: Implications from neurological impairments of object constancy. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **36A**, 385-415.
- Lawson, R., & Humphreys, G. W. 1999 The effects of view in depth on the identification of line drawings and silhouettes of familiar objects: Normality and pathology. *Visual Cognition*, **6**, 165-195.
- Logothetis, N. K., & Pauls, J. 1995 Psychological and physiological evidence for viewer-centered object representation in the primate. *Cerebral Cortex*, **3**, 270-288.
- Miyake, A., Just, M. A., & Carpenter, P. A. 1994 Working memory constraints on the resolution of lexical ambiguity: Maintaining multiple interpretations in normal contexts. *Journal of Memory and Language*, **33**, 175-202.
- Newell, F. N. 1998 Stimulus context and view dependence in object recognition. *Perception*, **27**, 47-68.
- Palmer, S. E., Rosch, E., & Chase, P. 1981 Canonical perspective and the perception of objects. In J. Long & A. D. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance IX*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Pp.135-151.
- Shah, P., & Miyake, A. 1996 The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, **125**, 4-27.
- Shepard, R. N., & Metzler, L. A. 1971 Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, **171**, 701-703.
- Tarr, M. J. 1995 Rotating objects to recognize them: A case study on the role of viewpoint dependency in the recognition of three-dimensional objects. *Psychonomic Bulletin & Review*, **2**, 55-82.
- Tarr, M. J., & Bülhoff, H. H. 1995 Is human object recognition better described by geon-structural-descriptions or by multiple-views? Comment on Biederman and Gerhardstein (1993). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **21**, 1494-1505.
- Tarr, M. J., & Pinker, S. 1989 Mental rotation and orientation-dependence in shape recognition. *Cognitive Psychology*, **21**, 233-282.
- Tarr, M. J., Williams, P., Hayward, W. G., & Gauthier, I. 1998 Three-dimensional object recognition is viewpoint dependent. *Nature: Neuroscience*, **1**, 275-277.

(主任指導教官 利島 保)