

視覚的短期記憶の容量と その能動的側面について

—顔と幾何学図形を材料にして—

御領 謙・大石奈津己・田口 朗・鈴木孝治

序

筆者らは先に認知機能の変容の研究の重要性を指摘し、変容過程の正確な評価を行うための道具の開発を開始したことを報告した（御領、鈴木他、2002）。筆者らに残された課題として、プランニング等の高次機能と言語を媒介としない画像記憶の特性、特にその能動的な側面をも含めた特性を測定する適切な方法の開発がある。本稿では後者の問題に関する試みについて報告する。できる限り言語系が介在しない状態での画像の短期記憶容量と、画像の能動的な心的操作に関わる能力とを測定する試みである。筆者らは認知機能の個人差を、応用的研究のみならず、認知過程の基礎的研究においても説明すべき重要な変動因であると考えているので、今回の場合も個人差の測定に重点を置く。結果として本稿においてははまだ実用的な検査の作成には至っていないが、画像の短期記憶における能動的側面と記憶容量に関して、いくつかの貴重な知見を得たので報告する。

1. 画像の記憶について

人間、そしておそらく動物も、膨大な量の画像情報を保持し、利用している。その過程には受動的な過程のみならず、きわめて能動的な情報操作の過程が関与しているに相違ない。人間の知的活動においては、ややもすれば言語を媒介とする活動の側面が重視されがちであるが、現実には日常生活のあ

らゆる場面で、画像情報に依存した認知活動がおこなわれており、その記憶過程を含めた処理過程の研究の必要性は、基礎的研究においてはもとより、神経心理学的研究など応用的観点からもきわめて高い (Della Sala他1999)。

長期記憶における画像情報と言語情報との優位性をめぐる活発な研究活動が1970年代に行われた。有意な情景画像 (scene) などを材料とした再認記憶に関する研究の嚆矢はShepard (1967) であろう。彼は600枚の画像を、数秒間一回だけ学習することにより、直後には96%の正再認率が得られ、一週間後にも再認率は90%を維持していることを明らかにしている。その後多くの研究者がこの驚異的な現象を追い、2,500枚もの画像を用いた場合や10,000枚も使用した場合でさえ、同様の結果が得られることを示したのものもある (Standing, 1973; Standing, et al, 1970)。その後、この膨大な量の画像の長期再認記憶に関しては、記憶材料の親近性、有意味性、言語的符号化可能性等の観点からさまざまな検討が加えられた。これらの結果のすべてを、一概に画像記憶の特殊性に帰することはできないが、この現象のもつインパクトは大きい (御領、菊地、江草1993、p113-118)。なお、Wolfe (1998) にはこの問題に関する今日の視点が示されており興味深い。

一方、画像記憶の短期記憶成分に関する1970年代の研究としては、Phillips & Christie (1977) に代表される重要な研究がある。彼らは5×5のランダムな白黒チェッカーボードパターンを記憶項目とし、それを最大8個、1.5秒間隔で継時的に提示し、その提示直後の再認率を測定した。再認率を検査する場合、原提示パターンと全く同じものか、あるいは1要素のみを白黒逆にしたものかを提示し、原提示パターンとの同異判断を求めている。現在この方法はChange Detection法と呼ばれることもある。さて、このようにして得られた再認率を系列位置別に見ると、最終項目のそれは約90%、その他の系列位置の項目は一律に約60%であり、言語材料で見られる初頭効果は全く見られなかった。この結果は系列の長さを1から8まで変化させても、変わらないなど、ロバストな結果であることが確認されている。また、最終1項目の新近性効果は、数字の暗算という系列提示後の干渉課題により消失したが、その他の位置の再認率には干渉効果は及ばないことが明らかとなった。Phillipsたちはこれらの結果から、画像の記憶が安定

視覚的短期記憶の容量とその能動的側面について—顔と幾何学図形を材料にして—

した長期記憶成分と、不安定な短期記憶成分とに分離しようと主張した。最終項目以外の結果（再認率60%）は上述のShepardなどが見出した画像の長期記憶成分を示しており、最終項目に現れている新近性効果は、Iconic Memoryとは別の視覚的短期記憶成分を示しているとされた。長期記憶成分の再認率が60%と低いのは、Shepardなどの研究と異なり、無意味図形が用いられたせいであろうと推測している。そして新近性効果が最終1項目に限定されることから、視覚的短期記憶は一度にわずか一枚の視覚表象を扱うにすぎないと結論づけている。この視覚的短期記憶の容量が一枚であるという結論は、実験パラダイムは若干異なるが、Kikuchi (1987) においてもランダムドットパターンを用いて確認されている。

ところで、このPhillips & Christie (1977) は、Baddeleyたちのワーキングメモリモデルの原型が姿を現した直後であり (Baddeley & Hitch 1974)、その議論には同モデルが生まれた時代背景の影響が色濃く見受けられる。たとえば上述の視覚的短期記憶成分に関し、画像一枚の容量をもつ画像バッファ機構を仮定するa single pigeon-hole説は採らず、したがって新項目が、直前の記憶項目と入れ替わる、というようなアナロジーは採らない。長期記憶成分は貯蔵庫 (Store) とみなしうが、短期記憶成分は視覚表象を作り出す処理装置 (Visualization processor) の産物であるという。この短期記憶成分に関する議論は、今日ではたとえばBaddeley (2000) のモデルに見られるように、はるかに精緻なものとなっているが、画像記憶の初期過程にこのようなワーキングメモリ仮説と同様の能動的処理過程を想定している点は、研究史的に見て興味深い。しかし上記の紹介は歴史的興味で行ったのではない。近年、視覚—空間的ワーキングメモリに関する関心が急速に高まっているにもかかわらず、上述のPhillipsやKikuchiが明らかにしたような、短期の画像記憶に関する基礎的なデータの蓄積は必ずしも十分ではなく、残された課題が多いからである。特に、視覚的短期記憶の容量が一枚でしかないとしたら、それがどのように利用されて、膨大な画像情報が長期記憶として保持されるにいたるかについては、有効な研究がまだ行われたとはいえない。Shepardの得た再認率96%と、Phillipsらの60%は刺激材料の有意性によって説明しつくせるのであろうか。検討すべき課題は多い。

Phillipsらの研究とは別に、視覚的な短期記憶のスパンが画像3、4枚であるとする研究もある (Yuほか、1985; Della Salaほか、1995; Vecchi他、2000)。しかしそれらは視覚的短期記憶スパンといっても、材料が異なっていたり、一回で記憶しうる一枚の画像に含まれる要素の数をスパンとしていたりともちまちであり、必ずしも比較が容易でない。たとえばLuck & Vogel (1997) は、どの程度複雑な画像を視覚的短期記憶として保持しうるかという問題を、きわめて巧妙な方法で検討しており、それぞれ4種類の特徴から構成される図形4個がその限界であることを示している。これなどは、継時的に提示される複数の画像の記憶の問題とは視点が異なる。

このような状況を受け、本稿では、改めて無意味な幾何学図形を継時的に提示した場合の再認記憶の特性を検討し、それと有意義図形の場合とを比較する。そして同じ幾何学図形を用いて、その能動的心的操作と記憶との関連という今日の問題についても検討したい。

2. 画像記憶の個人差測定

人間の知覚・認知の機構・機能を探る基礎的研究においては、個人差のできる限り少ない、人間一般に共通する、普遍的な法則性の発見に主眼を置いて、研究計画を立てることが一般的である。しかし、御領ほか (2002) に述べたごとく、認知的変容の現象に触れると、ごく一般的な認知機能における個人内変動と個人間変動の大きさに、改めて注目せざるをえなくなる。人間一般に共通する機能・機構があるにしても、その解明は同時に個人内、個人間に見られる大きな変動の発生源の解明をも達成するものでなければならぬであろう。実験心理学の主流においてはこの面への気配りが驚くほど少ない。たとえば、先に述べたPhillips & Christie (1977) でも、各実験に4、5名の被験者しか用いておらず、個人間のデータの分散は偶然誤差とみなされている。

くりかえすが、ほとんどあらゆる認知機能が発達と加齢、あるいは種々の病変により変化する。このような認知機能の変容において、何が変容したのかを正確に評価することが、教育やリハビリテーションに必要なことはい

視覚的短期記憶の容量とその能動的側面について—顔と幾何学図形を材料にして—までもない。そもそも、どのような認知の理論も当初から個人差変動の発生源を明確にしておかなければ、如何に論理的整合性の高い理論であろうとも、非現実的な机上の空論に過ぎないものとなる可能性がある。

1で述べた画像の短期記憶特性の検討においても、伝統的な記憶スパンを測定する方法を用いて、画像の短期記憶における個人間変動を評価することが、画像記憶の本質を見極める上で有効であるに違いない。

本稿の目的

以上の論議を背景に、本稿では画像の短期記憶過程に関して実施した4つの実験について報告し、若干の考察を行い、今後の展望を述べる。

1) 無意味な幾何学図形と顔写真を用いて、それらを継時的に提示した場合の直後再認記憶のスパンを測定する(実験1、2)。

2) 継時的に提示される3角形と4角形とを、指定された部分で心的に結合し、その結果を記憶するという、一種のワーキングメモリ課題を連続的にを行い、その直後再認記憶スパンを測定する。ここでの再認率の求め方は、ターゲット項目(記憶すべき項目として提示されたもの)に、それと同数の新項目を合わせて、ランダムに配置した再認テスト画面を提示し、その中からターゲット項目を選択させる方法をとる(実験3)。

3) 2と同じ課題で再認率の測定法を記憶探索法(プローブ法)とする。記憶探索法では、上記再認テスト画面の代わりに、ターゲット項目の中の一つか、あるいは新項目の一つかのどちらかを再認テスト時に提示し、それを見たかどうかの2者択一判断をさせる(実験4)。

実験1 無意味図形と顔写真を用いた直後再認の記憶スパン測定

目的

3角形と4角形を組み合わせた無意味な幾何学図形と、顔写真とを用いて、視覚的短期記憶のスパンを測定する。ただし言語材料と異なり再生は難しいので再認法を用いることとする。再認の際、一度に1箇所の系列位置

について検査する記憶探索法とは異なり、すべての提示項目と、それと同数の新項目とを一度にランダムに配列して提示し、その中から覚えている図形をすべて選び出すという方法を用いる。これを以下、多肢選択再認法と呼ぶ。

方法

装置 Director8 (Macromedia) により実験用プログラムを作製し、刺激提示と反応の記録を行った。刺激はタッチパネル付液晶モニター (refresh rate 60Hz) 上に提示された。

被験者 29名の大学生 (男性13名 女性16名)。それぞれ以下の1と2に参加したが、順序効果は被験者間で相殺した。

無意味な幾何学図形の記憶スパン測定

刺激・実験条件・手続き 三角形と四角形とをランダムに組み合わせて作成した無意味な幾何学図形283種を刺激のプールとした (図形の詳しい説明は実験3参照)。各図形は約7cm×7cmの大きさで、観察距離はほぼ50cm。刺激プールから記憶項目として複数個ランダムに選んで記憶セットとし、セット内の項目が持続時間1,600ms、ISI 400msの速さで継時的に提示された。すなわち2秒に一枚の割合で提示された。記憶セットの提示後、再認検査画面が提示された。これは提示された項目に、同数の新項目を加えてランダムに配置したものであり、被験者は記憶セットにあったと思うものをタッチパネルに触れることで選択した。記憶セットに含まれる記憶項目数を記憶セットサイズと呼ぶ。記憶セットサイズ条件は2、3、4、5、6、7個の6条件。2個条件から大きくなる方に順番に、各条件5試行ずつ検査された。通常のスパン計測検査と異なり、誤答が基準値を超えたところで実験を打ち切ることなく、すべての被験者に全セットサイズ条件を実施した。図形の例と提示状況を下の図1に示す。図1は記憶セットサイズ2の例である。

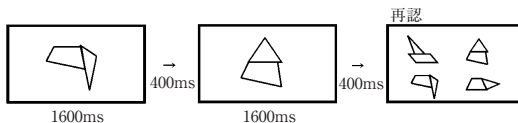


図1 多肢選択再認法における刺激の提示方法

顔写真の記憶スパン測定

刺激・実験条件・手続き 20代前半の女性350名分のモノクロ顔写真（背景が黒で、顔の向き、顔の大きさ、等がほぼ同じもの）を使用。各顔写真は約5.5cm×4.5cmの大きさに提示。記憶セットサイズ条件は幾何学図形より1条件多い、2、3、4、5、6、7、8の7条件とした。その他の実験条件は上と同じ。

結果

記憶スパンの測定：5 試行中3 試行以上ですべての項目を正しく再認できた場合に、その記憶セットサイズ条件を通過したものとし、通過した記憶セットサイズの最大値をその被験者の記憶スパンとした。ただし、そのスパンの次の大きさのセットサイズ条件で2 試行正解であった場合には、スパンに0.5を加えた。その結果、29名のスパンの平均値（標準偏差）は

幾何学図形： 3.4 (0.98) 個、最頻値 3 個

顔 写 真： 3.7 (0.88) 個、最頻値 3 個

であった。t 検定によれば、幾何学図形と顔写真のスパン値間の差は有意でない ($t = 1.394$, $df = 28$)。

平均正答率：先にも述べたごとく、本実験では、スパンに達した被験者にもその時点で実験を打ち切ることなく、すべての条件を実施したので、スパンとは別に、すべてのセットサイズ条件の正答率を求めることができる。そ

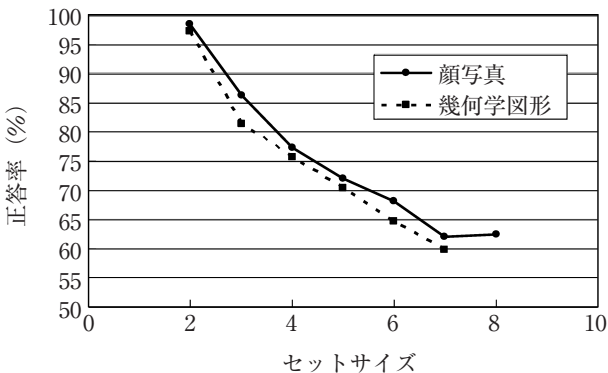


図2 実験1の結果 記憶セットサイズ別正答率

ここで各試行ごとの正答数を求め、記憶セットサイズ条件ごとに全被験者の平均正答率を算出し、図2に幾何学図形の結果を点線で、顔写真の結果を実線で示す。チャンスレベルは50%。平均スパン3.4個~3.7個に対応する平均正答率は80%前後であることがわかる。4個までであれば平均正答率75%以上の成績となっている。

顔の場合の正答率が、どの記憶セット条件でも若干幾何学図形に勝っていることがわかるが、顕著な差とは認めがたい。事実、顔実験に無い記憶セットサイズ8条件を除き、2要因の反復測定分散分析を行った結果、顔写真と幾何学図形間に有意差はなく ($F(6, 28) = 2.951, p = 0.097$)、セットサイズの効果のみが有意であった ($F(6, 28) = 109.097, p < 0.01$)。

系列位置曲線：次に各記憶セットサイズ条件ごとの系列位置曲線を図3と図4に示す。両図から明らかなように、幾何学図形であっても、顔写真であっても系列位置曲線は比較的平坦な形かあるいは若干の初頭効果と新近性効果を示している点である。これは、Phillips & Christie (1977)に見られたような、最後の1項目のみが際立って正答率が高く、残りは60%程度で平坦な系列位置曲線とはまったく異なっており、注目に値する。

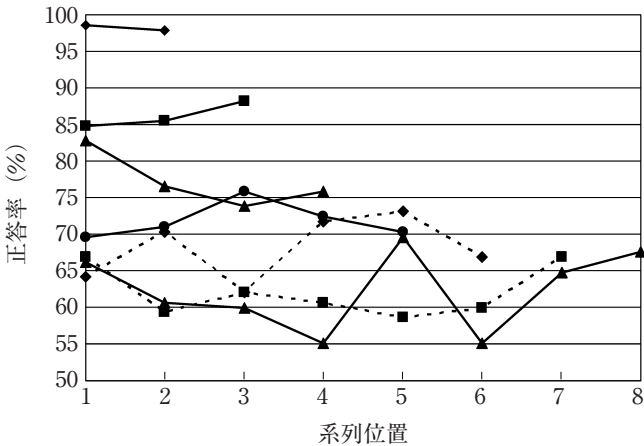


図3 顔写真の場合の記憶セットサイズ条件別系列位置曲線

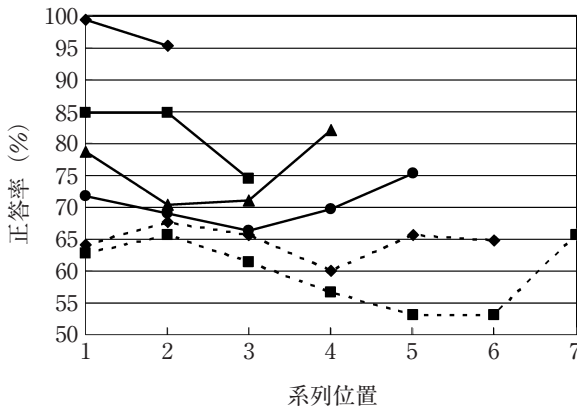


図4 幾何学図形の場合の記憶セットサイズ条件別系列位置曲線

実験1の考察

2秒に一枚の割合で提示される無意味幾何学図形と顔写真の短期記憶スパンには統計的に有意な差はみられなかった。また、記憶セットサイズごとの平均正答率においても統計的に有意な差は見られなかった。

記憶スパンに大きな個人差があることや、図3、図4の系列位置曲線の形状などから、Phillips & Christie (1977) や菊地 (1987) に同調して、視覚的短期記憶の容量が1枚であるとはとても結論づけられるものではない。むしろスパンが3ないし4という値はYuほか (1985) の推定値に一致している。しかし、これらの研究には実験法の違いや記憶材料の違いがあり、おたがいに必ずしも視覚記憶に関して同一の特性を測定しているとはいえない可能性もある。この点についてはなお今後の課題とし、ここでは顔というきわめて有意な図形と無意味図形との差に着目したい。

筆者らは実験を始めるに際して、両者にかなり大きな差があるのではないかと仮定していた。何故なら、序論で述べたごとく、一回観察しただけの有意画像の記憶容量が膨大であることを示す、多くの研究がある一方で、無意味図形を使った短期記憶実験からは短期記憶容量一枚という報告があるからである。ところがわれわれの結果では、顔写真と無意味幾何学図形の間には統計的に有意な差はみられなかった。そこで両者に本当に差がないのかど

うかをさらに確かめておきたい。二つの可能性について考えてみた。ひとつは実験1の一枚当たり2秒という提示間隔である。この程度の時間では顔写真から十分な情報を得、それを統合することができないのかもしれない。しかしこの点については、われわれは予備実験の結果、項目間間隔を4、5秒に延ばしても大きな変化のないことを確認している。もっと長くすれば、顔の持つ有意性を有効に利用する可能性が増すかも知れないが、そうなるともはや従来の研究との比較が困難となろう。

今回は時間要因とは別の、もうひとつの可能性を考えてみた。直後再生の場合は確かに差はないかも知れない。しかし、きわめて有意味な顔の場合には無意味図形に比べて、一度覚えられてしまえばその効果は比較的長時間持続するのではないか、ということである。次の実験2で、実験1の再確認とともに、この点について検討する。

実験2 無意味幾何学図形と顔写真の直後再認と遅延再認

目的

実験1と同じ刺激セットから選ばれた刺激を用いて、顔写真と幾何学図形の直後再認と遅延再認の結果を比較した実験を報告する。直後再認においては同程度の再認率であったとしても、顔の場合にはすでに長期記憶として保持されている可能性が高いと仮定すると、遅延再認においては顔の再認率が高まるのではないかと予想される。本実験ではこのことを検討すると同時に、直後再認において幾何学図形と顔写真とで差がないという実験1の結果を再確認する。

方法

装置 ディスプレイを17インチのCRT (EIZO社製 Flex Scan E67T) としたほかは実験1と同じ。再認検査はマウスで該当図形をクリックすることで行った。

刺激 実験1で使用した顔写真集から200枚、無意味幾何学図形集から200枚を選んで使用。

被験者 10名の大学生 (男性5名、女性5名)。

視覚的短期記憶の容量とその能動的側面について—顔と幾何学図形を材料にして—

実験条件と手続き 顔写真と幾何学図形をそれぞれ記憶項目とする顔写真条件と幾何学条件を設け、10名の被験者にそれぞれを実施日を変えて実施した。いずれの条件でも刺激の提示方法、反応の方法はまったく同じであるので、両条件を区別せず、以下に述べる。

直後再認：ターゲット項目、すなわち記憶すべき項目、の数は5枚に限定した。「用意」の合図のあと視野の中央に1秒間最初の項目が提示され、続いて1秒間マスク刺激（100×100の白黒ランダムドットマトリックスで刺激項目の出た領域を完全に遮蔽する）が提示される。引き続き2番目の項目が同様にして提示され、全部で5項目が提示される。5項目の提示が終了すると、即座にディスプレイの画面全体のランダムな位置に、5枚の提示項目と5枚の新項目（フィラー図形）がランダムな配列で提示される。被験者はその中から先の刺激系列の中で見たと思うものを5枚、当該項目をマウスでクリックすることにより選択する。選択が終わり、被験者の準備ができ次第の試行に移る。全部で10試行連続して実施する。各試行に使用する項目はすべて異なる。この直後再認課題終了後、約5分の休憩を終えたあと、遅延再認課題に移る。

遅延再認：直後再認では被験者はターゲット項目として計50枚、再認時の新項目として計50枚を見たことになる。遅延再認においては、この計100枚に新たな100枚を加えた、計200項目をランダムな順序で一枚ずつ提示してゆく。従って遅延再認時には、被験者はターゲット項目を学習時と再認テスト時の2回見ている。新項目も再認テスト時に一度見ていることになる。従ってこれら100枚に関しては「見た」が正反応となる。直後再認時の新項目の場合、それがもし再認されたとすると偶発学習によると考えられるので、特にこれを偶発再認と呼ぶことにする。遅延再認時に新たに導入された100枚はまったく始めてであるので、これに対しては「見ていない」反応が正反応であり、その反応率はいわゆる正棄却率である。

遅延再認における提示の速度は被験者のペースとする。被験者はまず、画面上に配置されている、「見た」「見ていない」ボタンのどちらかを選択し、その後その反応の確信度を「絶対に確信がある」「確信がある」「どちらともいえない」「確信がない」「まったく確信がない」の5段階それぞれに用意

されたボタンをクリックすることで評定する。絶対に確信があるを5、どちらでもないを3、まったく確信がないを1として採点する。

以上の直後再認と遅延再認からなるセッションを顔写真条件と、幾何学図形条件の両方で行なった。すべての被験者が顔写真条件と幾何学図形条件の両方に参加した。

結果

本実験の正反応率を図5に示す。直後再認とあるのは直後再認時におけるターゲット項目に対する「見た」反応率。遅延再認とあるのはターゲット項目に対する遅延再認時における「見た」反応率。偶発再認とあるのは、遅延再認時の、直後再認検査時に新項目として提示された項目に対する「見た」反応率。そして正棄却とあるのは、遅延再認時に遅延再認用に新項目として提示された項目に対して「見ていない」と反応した比率を示す。正棄却率を1から引いた値は信号検出理論でいう「誤警報率」である。

同図から明らかのように、幾何学図形でも顔写真でも結果はほとんど変わらず、それぞれ平均の直後正再認率は0.75と0.80であり、枚数にすると提示5枚中、3.8枚と3.9枚となっている。偶発再認と正棄却率は除き直後、遅延の条件について2要因反復測定分散分析(2×2)を行った結果、図形の種類(幾何学図形と顔)の主効果は有意でなく、直後・遅延の主効果が有意であった($F(1, 9) = 7.292, p < 0.05$)。すなわち無意味図形と顔写真の間には、直後再認においても遅延再認においても記憶量に有意な差はなく、直後再認よりは遅延再認の方が再認率が低いという結果となっている。

上記2条件に偶発再認の条件も加えて2×3の反復測定分散分析を行った結果、上記同様、直後・遅延・偶発の主効果のみが有意であった($F(2, 9) = 58.406, p < 0.01$)。偶発再認はチャンスレベルに極めて近く、何らかの記憶痕跡が生じていたとは判定できない。

幾何学図形と顔の間に見られる唯一の差は正棄却率である。正棄却率における図形種差を見る1要因分散分析の結果、その差は有意であることがわかった($F(1, 9) = 13.125, p < 0.01$)。つまり遅延再認時においては、顔写真の場合のほうが、はじめてみる刺激であるとの判断の精度が高いことを

視覚的短期記憶の容量とその能動的側面について—顔と幾何学図形を材料にして—

示している。

今回の実験では遅延再認において反応の確信度判断を求めたが、その結果には特に組織的な変動は見られなかった。全被験者の平均値は2.6、標準偏差は0.44、範囲は2.0から4.0であった。反応の分布をみると尺度の中心3「どちらでもない」をさけ4と2にピークをもつ2峰性の分布を示す例が多く、必ずしも測定尺度が適切であったとはいえないので、これ以上の分析は行わない。

次に直後再認における系列位置曲線の性質を見ておこう。図6に示すごとく、5番目がやや高く、幾何学図形の場合の一番目がやや低い傾向にあるが、Phillipsらに見られるような顕著な新近性効果は見られない。本結果も実験1で得られた画像のスパン約3枚という結果に矛盾するものではない。

実験2の考察

顔と幾何学図形の比較：実験2により視覚的短期記憶の容量に関して、無意味な幾何学図形と顔写真というわれわれの日常生活にとってきわめて有

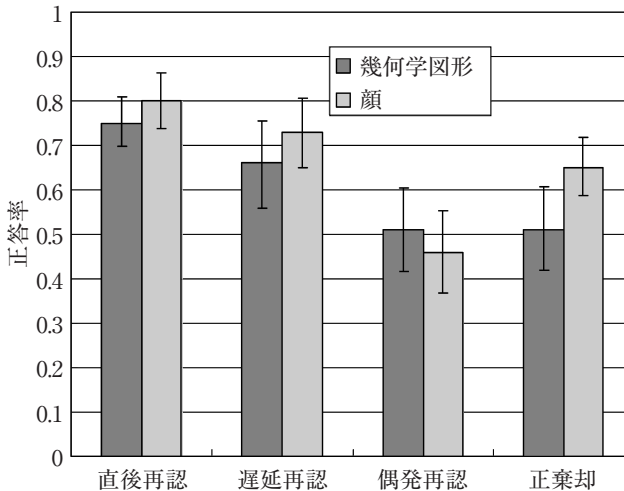


図5 実験2における正反応の比率。図中の線分は95%信頼区間を示す。横軸の項目名については本文参照。

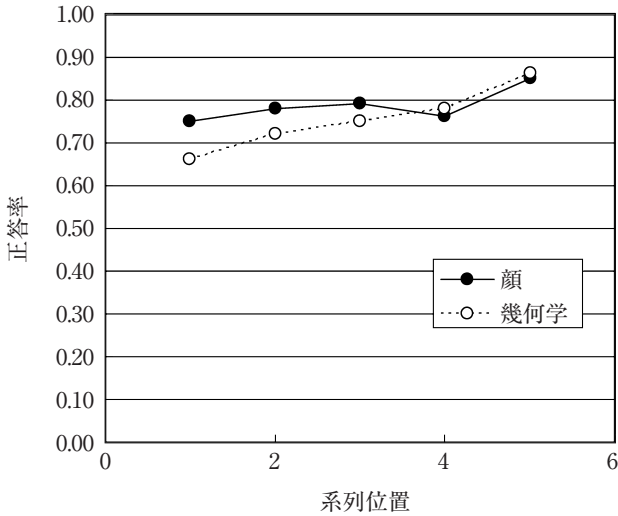


図6 実験2の直後再認における系列位置曲線

意味な顔写真との間に差がないことが改めて確認された。このことは筆者らにとっては予想外のことであった。しかしこのことを契機に、1回見ただけの情景に関する驚異的な再認率との格差について、考察を進めることが可能であるかもしれない。情景の記憶においては情景に関する要約が行われ、その要約 (gist) が記憶されるという考え方があり、その要約とは何かを明らかにすることが重要な研究課題であるとの指摘がある (Wolfe, 1998)。顔と今回使用した無意味な幾何学図形とは、この要約による効率が同程度であったのかもしれない。(あるいは正棄却率に差があった事実からみて、この要約の効果において顔がやや優れている可能性は残るが。)では再認率を飛躍的に高める要約にはどのような情報が必要であるのか。逆に今回の幾何学図形よりも、さらに無意味性の高い図形を用いれば再認率はさらに低下し、その結果を要約の問題として理解できるのか、など今後の検討にあたいする課題は多い。

いずれにせよ、2秒に1回という速度で顔を見るという条件では、顔という人間にとって特別な意味を持っていると考えられる刺激であっても、無意味な幾何学図形に比べて、優先的な処理を受けるといったことは起こらな

視覚的短期記憶の容量とその能動的側面について—顔と幾何学図形を材料にして—
いことが明らかとなった。

記憶スパンの個人差：われわれは視覚的短期記憶のスパンが3をピークとして個人変動を示すことを重要視したい。このことは視覚的刺激の短期記憶の働きが個人間で同等ではないことを明確に示している。この変動がどのような原因で生じるのか、そのことを説明しうる理論が必要とされているが、われわれの研究の段階はまだその必要性を指摘する段階にとどまっている。総合的考察の項で若干の議論を試みるにとどめる。

実験3 心的操作をとまなう場合の無意味幾何学図形の記憶スパン

目的

上記実験1、2においては、大量の無意味な幾何学図形と大量の顔写真を用いて、短期の再認記憶の特性、特にその容量を測定する実験を行った。その結果、短期の視覚的記憶容量が、画像1枚であるとの結論に同調する結果は得られず、かなりの個人差の存在するものであることがわかった。そして大学生の場合、画像の短期記憶容量の平均は3～4であるとの結論を得た。この結果をふまえ、次に視覚的短期記憶の能動的な側面について検討する。そのために、新たな課題、心的結合課題を考案した。この課題は心内で2枚の画像の一方を回転して他方に結合し、その結果できる合成図形を記憶してゆくというものである。このような心的操作により、1) どの程度複雑な画像まで正確に合成できるかという問題と、2) そのようにして連続して何枚の画像まで記憶できるか、という点に関心があるが、本稿においては、実験1、2に引き続いて、2)の問題について検討する。

方法

装置 ディスプレイが17インチのCRT (EIZO社製 Flex Scan E67T) であるほかは実験1と同じ。再認検査はマウスで該当図形をクリックすることで行った。

被験者 24名の大学生 (男性8名、女性16名)。

心的結合課題 図7に示すように、実験1で用いた無意味幾何学図形の三角形と四角形が分離され、三角形が先に800ms提示されたあと400ms後に

4 角形が800ms提示される。被験者は先に提示された三角形を心的に回転し、四角形に描かれた赤線分の部分を合わせ目として両者を心的に結合し、その結果を記憶するように教示される。この刺激組を記憶セットの1項目とし、例えば記憶セットサイズ2では、これが先の組の第二図形提示後400msの間隔をおいて二組連続的に提示される。被験者は2個の心的結合図形を記憶することになる。再認検査は実験1と同様に行なわれた。すなわち提示された全記憶項目およびそれと同数のフィラー項目がランダムな位置に同時に提示され、被験者はその中から、見たと思う図形をマウスでクリックすることにより選択した。実験1で使用した無意味幾何学図形283種とそれぞれの分割図形を刺激プールとした。それぞれの試行ではそのプールの中から必要な数の組をランダムに選択して使用した。被験者が十分に納得するだけの練習試行を行ってから本試行に入った。

なお、実験4と次の実験5では、分割図形を結合した図形を完成図形と呼ぶが、これらは実験1、2の無意味幾何学図形のことである。分割図形は方位、形の異なる3角形283、4角形283種であり、その大きさはディスプレイ上で9cm×9cmの領域に収まる。全体は黒線で描かれているが、一部が赤い線で描かれている(図7の点線部で示されている部分が赤線)。

本実験では実験1と異なり、全員の被験者にすべての記憶セットサイズ条件を課するのではなく、記憶スパンが決定した時点で実験を終止した。

完成図形課題 完成図形(実験1で用いた幾何学図形)を用いた直後再認実験を、実験2の被験者にも行った。図形間の提示時間間隔は心的結合課題における一組の提示時間に同じ2秒間隔。心的結合課題と同様、スパンが決まった時点で実験は打ち切られた。

結果

実験1と同じ基準で記憶スパンを求めた。完成図形課題におけるスパン

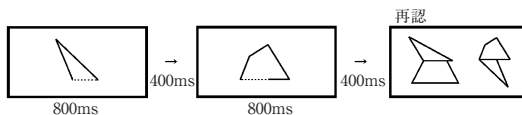


図7 心的結合課題刺激系列図 記憶項目1個の例

表1 実験3における記憶スパンの分布 (N=24)

スパン	心的結合	完成図形
0		
1	2	
2	15	8
3	6	13
4	1	2
5		1

の平均値 (標準偏差) は3.1 (0.73) 個であり、実験条件の等しい実験1の29名とほぼ同様の結果といえよう。次に心的結合課題のそれは2.5 (0.68) 個であり、完成図形課題との差は統計的に有意であった [$t = 3.08$, $df = 23$, $p < .005$]。24名の被験者のスパンの分布は表1の通りである。完成図形の場合は実験1と同じく最頻値が3であるのに対して、心的結合課題では最頻値が2となっている。

実験3の考察

本実験の結果は、まず第一に、本実験で使用したような単純な図形であれば、2秒おきに提示される2枚の図形を指示通りに心的に結合して、その結果を記憶することが可能であることを示している。そして次に、結合された図形が1枚であれば、大学生であればほとんど全員が正しくでき、2枚の場合でも半数以上のものが3試行連続して100%正確に再認できることがわかった。このようなデータと比較しうるデータを筆者らは知らないが、おそらく希少なデータであろう。もし視覚的短期記憶が単なる受動的なバッファーであり、その容量が画像1枚であるとしたら、このような課題をこなすことは不可能であろう。ではどのように考えればよいのか。にわかには結論を出すわけにはいかないが、この点については総合的考察において若干の考察を加えることとする。

実験 4 記憶探索法による心的結合課題の検討

目的

さてここまでの実験の再認検査では、記憶すべきターゲット項目すべてに同数のフィラー項目を加え、それらを空間的にランダムな位置に同時に提示して、その中から記憶にある項目を選択させるという方法をとった。これを多肢選択再認法と呼んだ。この場合、どの記憶セットサイズ条件においてもチャンスレベルは0.5となるが、サイズの増加にともない、選択肢の数が倍増してゆく。そして被験者は提示されたすべての項目を常に目の前にして、同数のフィラー図形群の中からそれらを選択してゆく。その選択の方法や順序は完全に被験者にまかされている。これらのことが再認率を上げることにつながっているのか、またはその逆かは他の方法と比較してみないとわからない。そこで実験 4 では、実験 3 と同じ心的結合課題に、記憶探索法を用いて検討する。ただ、この方法でスパンを求めることは容易ではない。そこでスパンは用いず、その他の利用可能な指標により実験 3 と比較することとする。

方法

実験装置、刺激、刺激時間条件等は実験 3 の心的結合課題に同じ。

実験条件と手続き 実験 3 の図 7 中の再認フェーズにおいて、提示項目とフィラーをすべて提示するのではなく、記憶項目が提示された系列位置の、どこかひとつの位置に提示された項目を、系列終了後にプローブ刺激として提示し、それが系列中にあったか、なかったかを答えさせる。記憶すべき項目の数、すなわち記憶セットサイズは 2、3、4 の 3 条件。すべての条件で各系列位置の項目を 3 回プローブとして使用する。従って系列中に「あった」と答えることが正答となる試行数は記憶セットサイズ×3 であり、プローブに系列にはなかった項目を使う試行、すなわち「なかった」と答えることが正答となる試行を同数加えた。総試行数は 54 試行となった。被験者が十分に納得するだけの練習試行を行ってから本試行に入った。被験者は 51 名の大学生。26 名についてはセットサイズ 2、3、4 の順で実験を行い、残りの 25 名については 4、3、2 の順に行った。

視覚的短期記憶の容量とその能動的側面について—顔と幾何学図形を材料にして—

これとは別に実験3に参加した被験者24名について、記憶セットサイズ5項目条件に固定して上記と同じ記憶探索法による実験を行ってあったので、ここにあわせて報告する。またこの被験者群には心的結合課題に加え、完成図形の直後再認課題についても行ってある。その他の手続き、刺激提示条件は上記と同じである。

結果

各条件のすべての系列位置にわたる平均正答率は2項目条件、0.72、3項目条件、0.67、4項目条件、0.66、5項目条件、0.60（別被験者群）であった。平均正答数に換算すると1.4、2.0、2.6、3.0個となり、セットサイズ2の条件の成績がかなり低くなっているほかは、実験3のスパンの値と比較してそれほど大きな食い違いはみられない。セットサイズ2のときの値が予想外に低いとその理由は不明である。

心的結合課題の記憶探索法の記憶セットサイズ2、3、4項目の場合（被験者51名）と5項目（被験者24名）の場合の系列位置曲線を図8に示す。

本実験課題のチャンスレベルは0.50である。5%の有意水準で2項検定を行った結果、どのセットサイズ条件においても上記系列位置曲線上の後ろから2項目目までの正答率に関してはすべて6割を超えており、チャンス

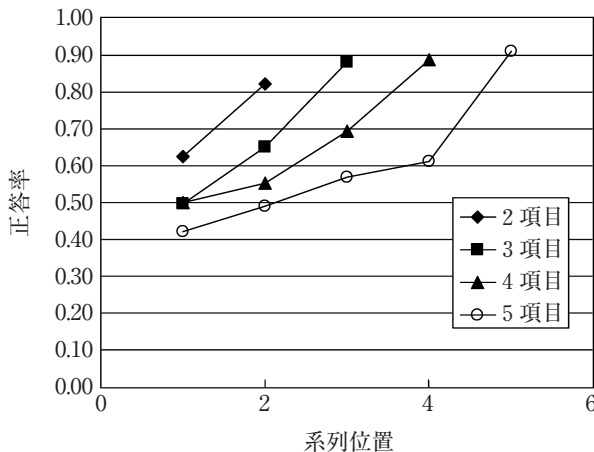


図8 実験4の結果 記憶セットサイズ別系列位置曲線

レベルとの差が有意であることがわかった。

実験4の考察

平均正答率に関して：本実験の結果からは心的結合課題の容量がいくつであるかの推測をすることは必ずしも容易ではないが、2項目程度であれば、チャンスレベルを超えて正しい再認ができることを示しており、実験3のスパン実験とそれほど大きくは変わらないということは言えよう。

系列位置曲線に関して：多肢選択再認法による実験1と2の図3、4、6と記憶探索法による図8の系列位置曲線には特徴的な違いがみられる。前者では初頭効果と新近性効果がともにみられるケースが多いが、系列位置による効果は概して少なく、全体的に平坦である。これに対して記憶検索課題の図8ではJ字型に近い曲線が得られており、強い新近性効果が得られている反面、初頭効果が欠如している。図8は心的結合課題の結果であり、その他の図は完成図形課題の結果であるので、以上の比較では上記の特徴が再認方法によるのか、課題の違いによるものなのかはわからない。幸い記憶探索課題のセットサイズ5条件では心的結合課題以外に完成図形課題も行っているため、そのときの系列位置曲線と実験1のセットサイズ5条件のそれとを比較すると、再認検査法による差がより明確になるだろう。その

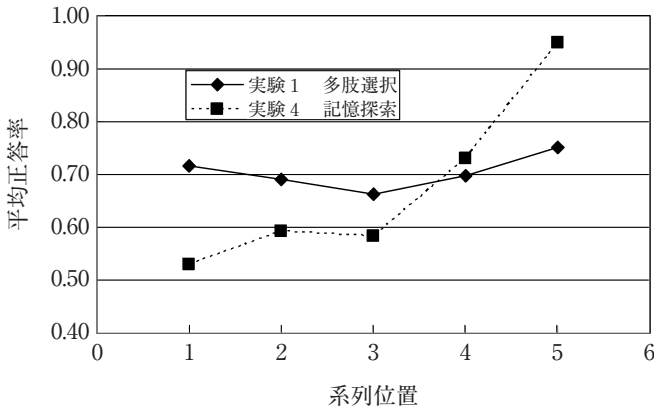


図9 再認検査法の違いと系列位置曲線
完成図形課題における比較

視覚的短期記憶の容量とその能動的側面について—顔と幾何学図形を材料にして—
比較を図9に示す。

図9から明らかなように、先に述べた系列位置曲線の違いは再認方法によるものであるといえるだろう。図9の記憶探索のデータは図8のセットサイズ5の条件（○印で示した曲線）と同一の被験者からのデータである。そして、前者は完成図形課題、後者は心的結合課題の結果であるが、2つの系列位置曲線の形状は類似している。

以上のことから、課題の違いにかかわらず、多肢選択再認法では平坦ないしはわずかなくほみを持つU字型の系列位置曲線を示し、記憶探索法ではJ字型の系列位置曲線が得られるといえる。このことはPhillips & Christie (1977)の系列位置曲線が、新近性効果の顕著な形態をしていたことと符号する。ただし彼らの結果では最終項目とその直前の項目との間に大きな開きがあり、そのことが視覚的短期記憶の容量が1枚であるとの彼らの結論の大きな根拠になっているが、われわれのデータには記憶探索法の場合であってもそのように顕著な新近性効果は得られておらず、彼らと同様の結論には至らない。どちらの再認方法で得られた結果を尊重すべきかは今後十分な検討が必要であろう。

総合的考察

視覚的短期記憶の容量およびその個人差について

本稿ではまず、言語材料の自由再生課題に類似した条件で、多肢選択再認法を用いて、無意味図形と顔写真の短期記憶スパンを大学生を被験者として測定した。その結果、両材料ともにスパンは平均3～4個であることがわかった。この数値はたとえばYuほか(1985)の推定値と一致している。彼らは音声化が難しい視覚的刺激として中国語の漢字の偏や、同音漢字を用いて記憶スパンを測定した実験の結果を要約し、2、3個のユニットであるとの結論に達している。さて、平均値はその程度であるとしても、その個人変動は大きく、このことが、どのような認知の仕組みによるものであるかを明らかにする必要性が指摘できる。図10に実験1と3で得られた幾何学図形の場合の多肢選択再認法による記憶スパンの分布をまとめて示しておく。

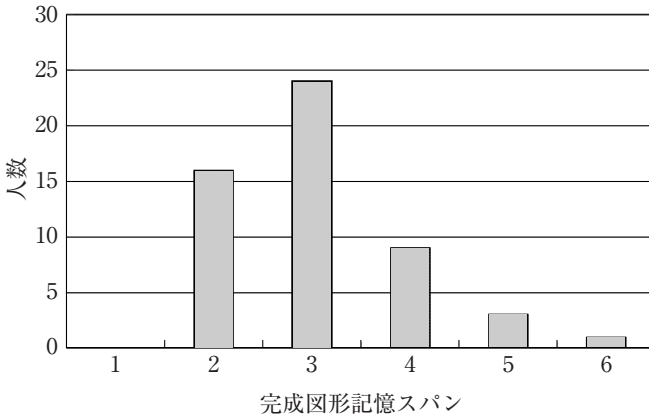


図10 実験1と3における完成図形に対する直後再認記憶のスパンの分布 (N=53)

53名の結果である。

このような個人差がどのような認知的仕組みに起因するのか、同一の被験者群から関連するさまざまな認知機能に関するデータを得、実験的手法と相関分析的手法を組み合わせて検討してゆく計画である。また個人内変動の大きさも正確に評価する必要がある。そして、被験者として脳損傷者や、幅広い年齢層からの被験者について調査することが必要と考えている。

画像の心的操作について

実験3では、提示された図形に心的操作を加えながら記憶するという、能動的事態における視覚的短期記憶のスパンを測定することを試み、大学生の場合、大半の被験者がスパン2を超えることが明らかとなった。この問題はいわゆるワーキングメモリの枠組みで検討してゆくことが妥当であろう。御領ほか(2002)でも詳述したが、人間の認知機構における能動的側面の理解の重要性が、近年特に強く認識されるようになってきている。たとえば、Baddeleyを中心とするワーキングメモリの研究、特に最近の中央実行系に関するもの、(Baddeley, 1996, 2000)や、近年研究の数が増加の一途をたどっている視覚的注意の研究などにそのような認識が顕著である。認知の研究が情報の取得、操作、保持、生成、利用の過程全般にわたるべきものであるとするなら、このことは当然のことであって、受動的な認識の側面のみ

視覚的短期記憶の容量とその能動的側面について—顔と幾何学図形を材料にして—

からは有意義な成果、妥当な理論形成を期待できないそうにないことは容易に想像できよう。

今、今回の実験結果から視覚的短期記憶の容量が1枚とはいえず、個人間で変動し、平均して3～4枚であることを述べた。そして心的操作を伴う場合にはその数が1枚程度減少することが明らかになった。このような事実の背後にあるメカニズムを考えると、視覚的イメージを生成し、それに操作を加えて作業をする場を考え、それをVisuo-spacial sketch padと呼ぶのがBaddeleyたちのワーキングメモリモデルである。その操作そのものは中央実行系の仕事である。このような枠組みで個人差の問題を考えてみると、大きくは三つの可能性がある。ひとつはVisuo-spacial sketch padの容量が個人によって異なるという可能性。もうひとつは中央実行系の性能が個人によって異なるという可能性である。あるいはその両方に個人差があるという可能性もある。そのような設問に答えるためにも、先に述べたような多角的な認知機能の総合的検討が必要である。

画像記憶の卓越性との関連

顔写真の成績が無意味幾何学図形と同じであるということも明らかとなった。本稿の研究で顔写真を用いた理由は、実は顔であれば個々の刺激に対して言語化が難しく、しかも無意味図形よりも記憶スパンが多くなるだろう、と考えたからであった。われわれの研究の目的のひとつは、多様な被験者層に適用できる認知機能検査を開発することにあるので、できるだけ数値的変動が生じる課題で個人差を測定したいという事情にある。この意味では目的を達することができなかったわけである。

しかし、この事実の発見は、よく知られている情景画像記憶の卓越性との関係において重要であり、十分な検討を要する。今回の実験結果と、序論に述べた情景画像の記憶に関する研究とのギャップの原因を綿密に検討することが、画像の記憶一般の理解に大きなヒントを与えるであろう。どのような情報を加えれば、また提示条件をどのように変化すれば記憶量が激増するのであろうか、興味はつきない。

References

- Baddley, A.D. and Hitch, G.J. 1974 Working memory. In *Recent advances in learning and motivation Vol. VIII* pp. 47-90.
- Baddeley, A.D. 1996 Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A Human Experimental Psychology, Special issue on working memory*, vol. 49A. 5-28.
- Baddeley, A.D. 2000 The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 4, 417-423.
- Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A.D., & Wilson, L. 1999 Pattern span: a tool for unwelding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*, 37, 1189-1199.
- 御領謙、菊地正、江草浩幸 1993 最新認知心理学への招待 サイエンス社
- 御領謙、鈴木孝治、桜井正人、増田美恵子 2002 人間における認知機能変容の研究にむけて 千葉大学人文研究 31号、23-58.
- Kikuchi, T. 1987 Temporal characteristics of visual memory. *Journal of experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 464-477.
- Luck, S.J. and Vogel, E.K. 1997 The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390: 279-281.
- Phillips, W.A. and Christie, F.M. 1977 Components of visual memory, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 117-133.
- Shepard, R.N. 1967 Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 156-163.
- Standing, L. 1973 Learning 10,000 pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 207-222.
- Standing, L., Conezio, J. and R.N. Haber. 1970 Perception and memory for pictures: Single-trial learning of 2500 visual stimuli. *Psychonomic Science*, 19, 73-74.
- Vecchi, T., Monticellai, M.L., and Cornoldi, C. 1995 Visuo-Spatial working memory: Structures and variables affecting a capacity measure, *Neuropsychologia*, vol. 33, 1549-1564.
- Wolfe, J.M. 1998 Visual memory: What do you know about what you saw?, *Current Biology* 1998, 8: R303-R304, <http://biomednet.com/eleceref/>

視覚的短期記憶の容量とその能動的側面について—顔と幾何学図形を材料にして—

09609822008R0303.

Yu, B., Zhang, W., Jing, Q., Peng, R., Zhang, G., and Simon, H.A. 1985 STM capacity for Chinese and English language materials, *Memory and Cognition*, 13, 202-207.