

平成 12 年度  
学士学位論文

# 異なる判断条件における刺激応答時間

Reaction time in different judgement condition

1010434 東野泰幸

指導教員 篠森敬三

2001 年 2 月 5 日

高知工科大学 情報システム工学科

# 要 旨

## 異なる判断条件における刺激応答時間

東野泰幸

使いやすいインターフェイスを設計する上で、単に見やすいというだけではなく、処理における正確性や処理速度も重要である。また、特定の情報処理の目的に対していくつかの作業方法が可能であり、少なくとも経験的には最適な作業方法が存在するはずである。今回の実験では、このような観点から特に人間によるパターンの比較という作業において、記憶の処理をした場合の影響について考える。作業目的は呈示されたパターンを比較して、それが目的のパターンであるかどうかを、与えられた判断条件で判定することである。ここでは作業の効率を応答時間 (reaction time : RT) と正答率/誤答率から判断する。実験では記憶させる枚数や画像の記憶の仕方などの影響についての検討をした。

実験結果より、記憶枚数 1~3 では「速くて正確」、それ以上 (4枚を除いた 5~7枚) では「そこそこの速さで不正確」、上下比較では「そこそこの速さで正確」となる。このことから情報量がある基準より少ないなら覚えたほうが速いと考えられる。これは記憶の切り捨てや記憶の上書きが影響している可能性が考えられる。今後ともインターフェイス設計等において、どの程度までなら記憶させた方が良いのか、表示したほうが良いのかを示す基準点を調べることは、インターフェイスを改良する上で重要である。

キーワード 応答時間、インターフェイス、判断条件

# Abstract

## Reaction time in different judgement condition

Yasuyuki Higashino

When you design an easy-to-use interface, accuracy and the processing speed only that it is not easy to see in designing an easy-to-use interface in processing are also important. There are some methods to reach a certain purpose, and the best method is sure to exist at least experiencing it. It thinks about the influence when the processing of the memory is especially added from such a viewpoint in work of comparison of patterns by man in the experiment at this time. The work purpose is to compare presented patterns and to judge under the judgment condition being given whether it is a target pattern. The efficiency of work is judged from response time (reaction time:RT) and the rate of correct answer rate/wrong answer. The influence was examined, how to memorize the number of sheets to make it memorize in the experiment and the image.

It is fast and accurate in number of sheets 1-3 of the memory, inaccurate in number of sheets 5-7 of the memory at a hurried speed, accurate in an upper and lower comparison at a hurried speed. It is thought that remembering is fast if it is fewer than the standard with the amount of information from this. This can consider a possibility that the omission of memory and overwrite of memory have influenced. When you design the interface, it is thought it is significant when the interface is improved, to examine the reference point by which whether you memorize or I should display it is shown.

*key words*    Reaction Time, Interface, judgement condition

# 目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	実験目的	1
1.2	反応時間 (Reaction Time) について	2
1.2.1	反応時間 (RT) の定義とは	2
1.2.2	反応時間の規定要因	3
1.2.3	判断系の規定要因	4
1.2.4	速さと正確さのトレードオフ	5
1.2.5	運動系の規定要因	6
1.2.6	反応の左右差	7
第 2 章	実験方法	8
2.1	実験プログラム	8
2.2	実験刺激	9
2.3	実験環境	11
2.4	実験全体の説明	12
2.5	実験 I、上下比較	14
2.6	実験 II、記憶比較 (1 ~ 4 枚)	15
2.7	実験 III、記憶比較 (5 ~ 7 枚)	16
第 3 章	実験 I と実験 II の結果	17
3.1	反応時間 (RT) と記憶枚数	17
3.1.1	被験者 4 名の平均の場合	17
3.1.2	被験者 Y.H の場合	18
3.1.3	被験者 T.A の場合	19

3.1.4	被験者 Y.F の場合 . . . . .	19
3.1.5	被験者 T.N の場合 . . . . .	20
3.2	RT と正答率 . . . . .	21
3.2.1	被験者 4 名の平均の場合 . . . . .	22
3.2.2	被験者 Y.H の場合 . . . . .	23
3.2.3	被験者 T.A の場合 . . . . .	24
3.2.4	被験者 Y.F の場合 . . . . .	24
3.2.5	被験者 T.N の場合 . . . . .	25
<b>第 4 章</b>	<b>実験 III を加えた結果</b>	<b>26</b>
4.1	反応時間 (RT) と記憶枚数 . . . . .	26
4.1.1	被験者 4 名の平均の場合 . . . . .	26
4.1.2	被験者 Y.H の場合 . . . . .	27
4.1.3	被験者 T.A の場合 . . . . .	27
4.1.4	被験者 Y.F の場合 . . . . .	28
4.1.5	被験者 T.N の場合 . . . . .	28
4.2	RT と正答率 . . . . .	29
4.2.1	被験者 4 名の平均の場合 . . . . .	29
4.2.2	被験者 Y.H の場合 . . . . .	30
4.2.3	被験者 T.A の場合 . . . . .	31
4.2.4	被験者 Y.F の場合 . . . . .	31
4.2.5	被験者 T.N の場合 . . . . .	32
<b>第 5 章</b>	<b>考察</b>	<b>33</b>
5.1	反応時間と記憶枚数の考察 . . . . .	33
5.2	RT と正答率の考察 . . . . .	34
5.3	記憶の切り捨ての可能性について . . . . .	34

5.4	記憶の上書きの可能性について . . . . .	37
5.5	総合的考察 . . . . .	39
第 6 章	結論	41
	謝辞	42
	参考文献	43
付録 A	付録	44
A.1	被験者 Y.H の全データ . . . . .	44
A.2	被験者 T.A の全データ . . . . .	46
A.3	被験者 Y.F の全データ . . . . .	48
A.4	被験者 T.N の全データ . . . . .	50

# 目次

1.1	反応時間と運動時間	3
2.1	実験刺激の呈示	10
2.2	実験ブースのレイアウト	12
2.3	実験 I、上下比較の流れ	15
2.4	実験 II、実験 III、記憶比較の流れ	16
3.1	反応時間 (RT) と記憶枚数 平均	17
3.2	反応時間 (RT) と記憶枚数 Y.H	18
3.3	反応時間 (RT) と記憶枚数 T.A	19
3.4	反応時間 (RT) と記憶枚数 Y.F	20
3.5	反応時間 (RT) と記憶枚数 T.N	21
3.6	RT と Log(正答率/誤答率) 平均	22
3.7	RT と Log(正答率/誤答率) Y.H	23
3.8	RT と Log(正答率/誤答率) T.A	24
3.9	RT と Log(正答率/誤答率) Y.F	24
3.10	RT と Log(正答率/誤答率) T.N	25
4.1	反応時間 (RT) と記憶枚数 平均	26
4.2	反応時間 (RT) と記憶枚数 Y.H	27
4.3	反応時間 (RT) と記憶枚数 T.A	27
4.4	反応時間 (RT) と記憶枚数 Y.F	28
4.5	反応時間 (RT) と記憶枚数 T.N	29
4.6	RT と Log(正答率/誤答率) 平均	30
4.7	RT と Log(正答率/誤答率) Y.H	30

4.8	RT と Log(正答率/誤答率) T.A . . . . .	31
4.9	RT と Log(正答率/誤答率) Y.F . . . . .	31
4.10	RT と Log(正答率/誤答率) T.N . . . . .	32
5.1	被験者のミスの内容と記憶の切り捨ての予測値 . . . . .	36
5.2	判断条件に一致すると判断した数 . . . . .	37
5.3	ミスの内容と記憶の上書きの予測値 . . . . .	38
A.1	被験者 Y.H の全データ . . . . .	44
A.2	被験者 Y.H の全データ . . . . .	45
A.3	被験者 T.A の全データ . . . . .	46
A.4	被験者 T.A の全データ . . . . .	47
A.5	被験者 Y.F の全データ . . . . .	48
A.6	被験者 Y.F の全データ . . . . .	49
A.7	被験者 T.N の全データ . . . . .	50
A.8	被験者 T.N の全データ . . . . .	51

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 実験目的

人にとって使いやすいインターフェイスというのはどのようなものであろうか。それはユーザにとっていつ、どんなときに、どんな作業をするのかによらず、わかりやすく、扱いやすく、操作を間違えにくいもので、なおかつ操作自体が速やかに行えるものではないかと考える。

そこで使いやすいインターフェイスを設計する上で、それを使うときに単に見やすいというだけではなく、処理における正確性や処理速度も重要であると考えられる。ある特定の情報処理の目的に対してユーザーが行うにはいくつかの作業方法を選択することが可能であり、少なくとも経験的には最適な作業方法が存在しうるはずである。

今回の実験ではこのような観点から特に人間によるパターンの比較という作業において記憶の処理を付加した場合、どのような影響がでるのだろうかということについて考える。

作業目的は呈示されたパターンを比較してそれが目的のパターンであるのか、またはそうではないのかを判定することである。作業方法としては、「常に記憶を用いずに画面上に同時にテストパターンと参照パターンを呈示し直接比較する」という方法(上下比較)。もうひとつは、「参照パターン(目的のパターン)をあらかじめ記憶しテストパターンのみを画面に呈示して比較する」という方法(記憶比較)。これらの手法を基本とした実験をいくつか条件を変えて行う。

なお、今回の実験ではパターンの記憶という処理をより重視するためにその刺激を命名することが難しいようなパターンを使用して言語記憶の影響を最小にするよう工夫した。こう

することで、呈示される刺激を言葉で覚えてラベリングすることができにくくなり、被験者は純粋に刺激の形状を見たり、覚えたりして言葉ではなく刺激をイメージとして扱うことになる。逆にもし言葉としてそれを扱ってしまうとそれは単に言葉のやり取りをしているのと同じになってしまい実験目的が変わってしまうのでこの実験ではラベリングしにくいものを扱うことにした。

ここでは実験に対する作業の効率を反応時間 (reaction time : RT) と正答率/誤答率から判断する。効率の良い作業とは当然のことながら効率の悪い作業に比べそれにかかる時間は少なく、作業の結果が正しくできていることである。実験では記憶させる枚数の変化や画像の記憶の仕方などの影響についての検討をした。

今回の実験結果より、人間が扱うインターフェイスとして、それを使うユーザが求めようとしている目的に到達するために要する時間が少なく、操作ミスを少なくできるという点から、より効率よく作業するためにはユーザがどのような情報をどの程度までならば覚えた方が良いのかその情報量をこの実験で求めてみたい。

## 1.2 反応時間 (Reaction Time) について

この研究に関する過去の研究については参考文献の積山 薫 (1994)<sup>[1]</sup> に詳しいので以下に要約して引用する。

### 1.2.1 反応時間 (RT) の定義とは

刺激呈示が開始されてから所定の反応が生起するまでの所要時間を、反応時間 (reaction time : RT) と呼ぶ。反応時間という語は、1873 年に Exner が最初に用いたといわれている (Woodworth&Schlosberg,1955)。RT は普通、刺激に対する反応の決定と、その決定に基づく運動の遂行に要する最小の時間と考えられる。したがって被験者には通常、知覚-運動協応成立下で、できるだけ速く正確にと教示し、キー押しなどの比較的簡単な最小限の運動で反応させる。スキルの測定のように、比較的複雑な一連の運動をさせる場合、その所要時間

は遂行時間 (performance time) というべきであろう。今回の実験ではあまり関係がないが、遂行時間は知覚—運動協応そのものを問題にするわけであるが、このうち刺激が呈示されてから運動開始までを RT、運動開始から完了までを運動時間 (movement time : MT) と分ける立場もある (図 1.1)。近年、運動制御の観点から、筋電位活動の開始時点をもとに RT をさらに前筋電位活動時間 (pre-motor time) と筋電位活動時間 (motor time) とに分解する場合もある。RT の同義語に反応潜時 (latency) があるが、これはしばしば RT よりも広い範囲に用いられ、生理的な反応や動物の反応にはこちらが用いられる。

今回の実験では、比較的簡単な作業で被験者に呈示される刺激が CRT 上に出た瞬間から、与えられた判断条件にしたがい被験者がマウスを押した瞬間までの時間を RT とする。

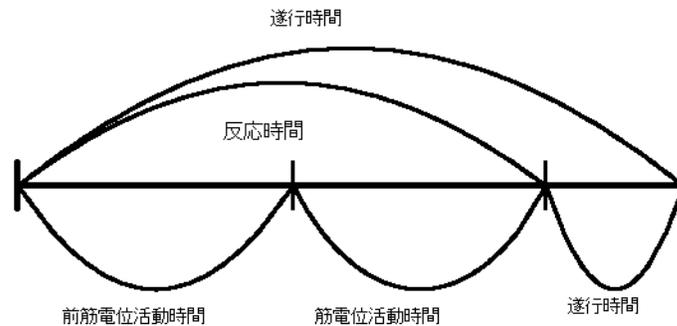


図 1.1 反応時間と運動時間

### 1.2.2 反応時間の規定要因

今日 RT は、個人差測定よりも人間一般の内的過程を研究する道具として、広く用いられている。仮説的な内的過程を検証するための実験条件が設定され、条件間の RT の差が測定される。しかし、どのような実験でも、データ全体のちらばりにおいて最も大きな分散を占めるのは、おそらくは個人差による分散である。実験計画上、この点を銘記しておかねばならない。それとともに、測定の前に被験者に十分な練習試行を課すこと、被験者の注意が散漫にならないようつねに配慮することなどが不可欠である。RT は敏感な指標であるが、非常に多くの要因の影響を受けるので、剰余変数を統制しなければ測っても意味がない。RT

は一般に、感覚系・判断系・運動系の所要時間の合計と考えられる。

### 1.2.3 判断系の規定要因

判断系の規定要因として時間的要因がある。単純 RT の最も典型的な測定事態では、反応すべき刺激の少し前に、「用意」の合図として警告信号 (warning signal) が与えられる。警告信号と刺激との時間間隔は先行間隔 (foreperiod : FP) と呼ばれている。単純反応事態では、被験者は何が刺激で何が反応かあらかじめ知っており、唯一不確定なのは刺激がいつ提示されるかである。したがって、FP は RT に大きな影響を与える要因となる。これはさまざまな形で検討されているが、一つには、RT を最小にする「最適な FP の値」を求める問題があった。普通それは、系列内の FP をに保ち (constant FP series)、系列間で FP の値を変化させる方法によって調べられる。初期の研究では、最適値は 2 秒 (Woodrow,1914) とか 1 秒 (Telford,1931) とされていたが、その後のデータによれば、250 - 500ms の範囲にあり、それ以上では RT は FP の単調増加関数となる (たとえば Klemmer,1956 : Karlin,1959 : Botwinick,& Brinley,1962)。250ms より短い FP については、心理学的不応期 (psychological refractory period) の問題として研究されており、この範囲では RT は長くなる (Welford,1980)。

情報理論の浸透に伴い、FP の与え方によって情報処理の時間特性を調べようとする研究が組織的になされるようになった。そこでは、FP の長さを系列内で変動させる方法 (variable FP series) がしばしばとられる。もともとは、早発反応の防止に利用されたりしていた方法である。古くから用いられていた一様分布の FP 系列を例にとれば、系列間では平均 FP が大きいほど RT も大きい。平均 FP が同じでも、FP の長さが広い系列の方が、また一定 FP 系列より変動 FP 系列の方が、RT は大きい。系列内では、中位の FP で RT が短くなる U 型の関数となる Klemmer(1956) は以上のような事実を、時間不確実性が増すにつれて RT が大きくなるという情報仮説によって説明している。

#### 1.2.4 速さと正確さのトレードオフ

同一の課題で同一の被験者であっても、教示で「速さを強調すると反応は速いがエラーが多くなり」、「正確さ」を強調すると反応は正確だが RT は長くなる。通常の実験でなされる「速く正確に」という教示では、RT も正確さも中位となる。このような関係を速さと正確さの背反関係またはトレード・オフ (speed-accuracy trade-off) と呼ぶ。速さと正確さのトレード・オフを実験的に記述する手続きとして一般的な方法は、Fitts (1968) によって提案された。そこでは、「速く」、または「正確に」の教示と、「正反応で速い」、「正反応で遅い」、「誤反応で速い」、「誤反応で遅い」といった反応分布との組合せで、与える報酬のマトリクス (pay-off matrix) を設定する。そして被験者に結果をフィードバックしながら、報酬によって速さと正確さを統制する。

速さと正確さとは、大まかにいって負の相関をする。これを直線的な関数として記述する試みがなされており、RT と一次関数をなすような正確さの測度がいくつか考案されている。Pew(1969) は、種々の測定条件で得られたデータを分析して、 $\text{Log}(\text{正反応率}/\text{誤反応率})$  を正確さの測度として RT との間に一次関数を見いだした。彼はこの直線を、信号検出理論における ROC (Receiver Operating Characteristic, 受信者感度特性) にならって Speed-Accuracy Operating Characteristic と呼び、以後は一般的に LOC (Latency Operating Characteristic) と呼ばれる。

条件間で処理時間の差を検討する場合、理論的には、RT の条件差をそのまま実験操作の効果とみなせるのは、被験者が正確差の水準を一定に保って反応したとき。すなわち実験中ずっと LOC 上の一点で反応したときだけである。例えば、エラーが一定なデータでは条件差となる RT の差を実験操作の効果として扱えるが、RT と誤答率との間に負の相関がある場合は、条件差は速さと正確さのトレード・オフ以上のものに帰せられない。逆に RT と誤答率とが正の相関をなすデータでは、条件差の存在は実験操作の効果とみなせるが、条件差となる RT の差の絶対値に意味はない。エラーがまったくない場合、理論的には反応ができるだけ速くなされたという保証がない (Lachman, Lachman, & Buttefield, 1979, P. 161)。

### 1.2.5 運動系の規定要因

ここでいう運動系とは、運動の実行のみならず、反応選択・運動プログラミングなどの準備過程をも含む。刺激と反応の適合性を考えると、たとえば左右に並んだ2個のランプのどちらが点灯したかを判断するには、口頭で、「右」、「左」と答えるよりも、左右に並んだボタンの対応する側を押す方法が速い。もし、左のランプに右のボタンを逆に対応させなければならぬと、自然な対応の場合よりも遅くなる。一方、音声「ひ」、「み」のどちらが提示されたかを報告するには、口頭で「ひ」、「み」とオウム返しにするのが最も速い方法である。このように、刺激や課題の性質と反応様式との組合せが RT に及ぼす効果を、刺激と反応の適合性 (stimulus-response compatibility) という。手を交差して右手での左のボタン、左手で右のボタンを押す場合、左に置かれた右手は右のランプに反応するより左のランプに反応する方が速く (Wallace,1971)、適合性は手の解剖学的な左右より空間的配置に関係している。

この場合、腕が見えていなくても同様であり (Wallace,1972)、適合性は筋肉運動の手がかりに依存することが示唆される。また、ランプが視野のどちら側に提示されるかという大脳半球機能差とも関係がなく、二つのランプの相対的な左右に依存して成り立つ (Nicoletti,Anzola,Luppino,Rizzolatti,&Umiltà, 1982)。刺激と反応の適合性に関する研究は、作業空間を最も能率よく配置するという人間工学的な観点から始まったが、次第に認知的側面に焦点があてられた。すなわち、情報理論のもとで刺激の選択肢数 (情報量) だけが RT の規定要因とされがちであったのに対して、反応を遂行する人間の内部構造が問題にされた (たとえば Fitts&Seeger,1953 : Fitts&Switzer,1962)。どの反応様式が最も速いかは、特定の実験計画のもとで問われねばならないが、単純 RT に限るなら、手の方が足で反応するより速く (Seashore&Seashore,1941)、手でボタンを押す方が口頭で答えるより速い (大山,1985) とされている。

### 1.2.6 反応の左右差

一般に、反応が右手 (利き手) が左手か、または右足か左足かによる左右差は、単純 RT では報告されていない (Seashore&Seashore,1941 : 大山,1985) が選択 RT ではしばしば利き手の方が速くなる (たとえば Kerr,Mingay,&Elithom,1963)。この点を検討した Rabbit(1978) によれば、選択 RT でも、片手のみで複数の反応キーを押し分ける「片手課題」では利き手と非利き手の差はなく、右手で右側のキー、左手で左側のキーを押す「両手課題」では利き手の方が速かった。両手課題の RT の差は、筋肉運動系のレベルではなく、より認知的な運動選択の段階で生じると考えられる。また、Sekiyama(1982,1983) の手の線画の左右同定課題では、両手で押し分ける反応でも口頭反応でも、利き手の線画に対する RT の方が短かった。このことから、内的過程において利き手の表象の方が非利き手の表象より速くアクセスされることが示唆される。

## 第 2 章

# 実験方法

### 2.1 実験プログラム

実験時に使用した機材は、実験用のプログラムを作成するために [Delphi Learning Version5.0 (Borland)] を使用した。実験用のコンピュータとして [Digital Equipment Corporation Celebris GL]、実験刺激を呈示するためのモニターは [Diamondtron RD17GX (Mitsubishi)] を使用した。この実験では細かい時間測定が必要でありそれは他の周辺機器の影響を受けないものでないと安定したデータが得られない。そこで時間の計測には Delphi の Timer コマンドではなく別にタイマーボード、[PCI-6103(Interface 社)] を使用した。ハードウェアとしてタイマーボードの使用したことにより RT 測定における時間精度は、Windows、及びプログラムの作業状態によらず 0.1msec よりも正確である。

実験刺激の呈示に関しても、実験の刺激はどの実験でも常にふたつの画像を決まった場所に呈示させる。その際、プログラムのコードでは CRT 上側と CRT 下側の画像をどちらかを先に呈示することになっているのでそれによりデータに何らかの影響が出る可能性を考えてみた。画像の呈示にかかる時間を調べるために、計測には実験で使用したタイマーボードを使用した。よって精度的には保証されている。データを大量に集めて調べた結果、片方の画像の呈示にかかる時間は 5ms ほどでしかなく、このデータ自体のばらつきは 0.1ms 以下でしかない。今回の実験の RT は、全ての実験を含めた最短の RT でも 300ms 以上なので、この程度の誤差 (1.7%程度) ならば問題ないと考えられる。これよりこのプログラムの精度による影響は、少なくかつ安定しているといつて良い。

## 2.2 実験刺激

実験刺激には個々のパターンの命名が困難であり、またパターンのサイズや色が調整可能であってパターンの差異が微小であるパターンの群として、雪の結晶の画像を使用した。雪の結晶の画像は写真集<sup>[2]</sup>からカラーイメージスキャナ、「GT-9500(EPSON)」を使用し取り込んだものを「Adobe Photoshop 5.0(Adobe)」で編集した。画像データの扱いはBitmapで扱い、ファイルサイズはキロバイト単位であるため、画像呈示や転送におけるデータ間の差は発生しない。

呈示された画像を比較する際の刺激同士の差が、刺激の形状以外での要因で大きく影響すると、せっかく言語記憶の影響を最小にするべくラベリングしにくい刺激を選んだのに、比較がとても簡単になってしまう可能性がある。そのため被験者が判断するための刺激の余計な要因をできる限り排除するためにいくつか工夫をした。まず明らかに刺激のサイズが違っているとそれだけで判断できる、刺激の大きさはそれを知覚するための重要な要因のひとつである。そこで雪の結晶の大きさを調整して同じにしました。また結晶部分以外は刺激によって色も違い、ノイズになる可能性があるので取り除いた。また、結晶の軸の方向が違うもの同士では簡単に判別できてしまい、「軸が縦で形は...」、というような被験者にパターンを判別する余計な基準を与えてしまう。そのため雪の結晶の軸を同じになるようにパターンを回転させて大まかなパターンの形状を統一化した。刺激が呈示される際に、あまりにも中心がずれているのは問題がある。それは判断要因になる可能性があるだけでなく違う位置に呈示されることでそれがノイズになり被験者の判断の妨げになるような可能性があるため、パターンの中心がほぼ同じ位置にくるように刺激を再配置した。実験刺激に色がついていてそれでパターンの判別をされてしまうと別の実験になってしまうので画像にはモノクロ処理をし色情報をなくした上で、コントラストと明るさを見た目でほぼ同じになるように調整した。刺激の種類はかなりの数(120程度)を作成してあるが、その中でも大きく学術的に分類されているものがある。例えば「広幅六花」、「樹枝状六花」がある。そのためそれらは同じ分類のもの同士で実験するように、実験セッションに組み込んだ。そうしないと、明らかにイ

メージが違うものとして判別しやすくなってしまいうからである。

実験刺激は分光放射輝度計、「CS-1000(MINOLTA)」を使い測定した。測定した刺激は実験刺激の背景である黒い背景、実験前に見せる実験刺激の平均の背景、そして実験刺激のディスプレイ上側の刺激を10点、刺激の上部と下部をペアで5点とりそれぞれ測定した。そのデータから平均を求める。刺激輝度はサンプルの測光データでは  $18.0 \sim 38.5 \text{cd/m}^2$  の範囲で、平均輝度は  $33.7 \text{cd/m}^2$ 。刺激の色度：CIE  $x=0.287 \sim 0.295$ , CIE  $y=0.298 \sim 0.314$  で、平均色度は  $(x, y)=(0.290, 0.315)$  となる。刺激サイズは実験に使用された総刺激数80個の平均で  $9.5 \text{cm}$ 、各刺激の誤差は  $0.3 \text{cm}$  以内であった。視距離は実験に参加した被験者の視距離を測定しその平均を取ったもので  $110 \text{cm}$ 。これより被験者が見ることのできる Visual Angle は  $4.9^\circ$  となる。背景は黒で  $(x, y)=(0.309, 0.340)$ 、輝度  $=0.28 \text{cd/m}^2$  である。

この作成した刺激を今回行われるどの実験でも、図 2.1 のように一定の位置に呈示され、刺激と刺激の間は  $3 \text{cm}$  ほど離れている。

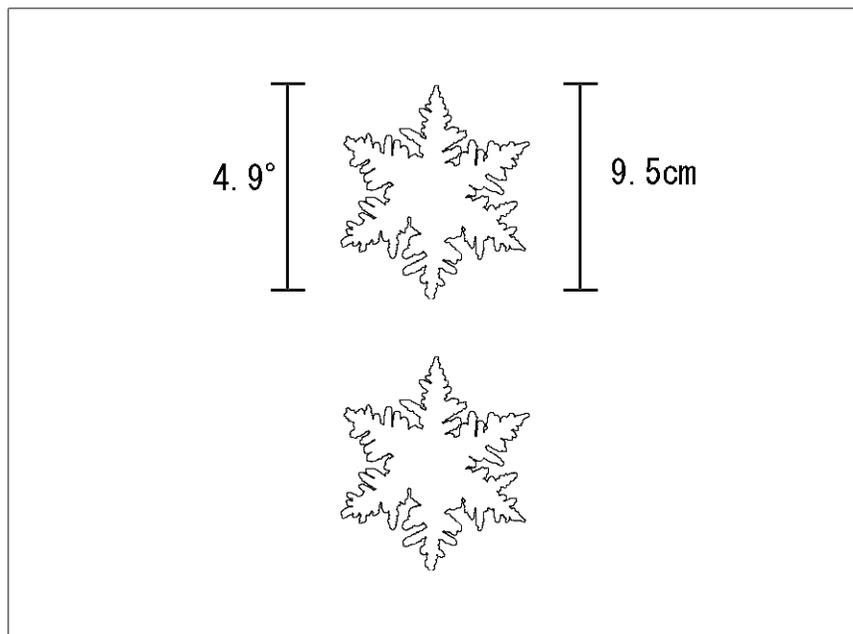


図 2.1 実験刺激の呈示

## 2.3 実験環境

実験は暗室内で行った。ファンゲル材で組んだフレームに黒い板を張り合わせて、接合部分をテープで遮光した暗室を作成。暗室は 270cm × 230cm × 180cm (奥行き × 幅 × 高さ) の大きさで、その中に 180cm × 160cm × 65cm (奥行き × 幅 × 高さ) の大きさの机を置き、その上にディスプレイ等の機材を設置した (図 2.2 参照)。

被験者は暗室内で椅子に座り自然な姿勢で実験を行った。この際、マウスの位置は大体固定しておいた。完全固定しても別に問題ないと思うのだがよほど変な体勢で持たない限り、固定する必要も感じないので自然な体勢で持つようにしておいた。キーボードは大まかな位置を固定しておきそれにより被験者とディスプレイとの間の距離を一定にするように気をつけた。このようにある程度、被験者の姿勢を決めることで被験者間の視距離の差を少なくし実験条件の統一化を図った。ただし、被験者があまりにも変な体勢で実験をしているようなら注意し、正しい姿勢で座らせた。ディスプレイ等のその他実験設備は固定とする。顎台は使用せず自然両眼視の状態で行った。実験者も同時に暗室内に入り被験者の観察をした。

被験者には暗室で外部からの刺激を防ぎ、そして暗室内の他の機材、人からの影響を取り除くための遮光板をいくつか用意した。これは被験者が実験中に他のことに意識を集中してしまうと RT が不安定に増加する可能性が高いのでそれを避けるために実験ブース内で被験者が気になりそうな要因を排除するためである。まず、ディスプレイ上の周辺の影響を取り除くためにディスプレイを覆うカバーを設置、これによりディスプレイ上にあるバーやメニュー、電源ランプ等からの影響を防いだ。次にディスプレイ自身の出す光を防ぐために、被験者がディスプレイを正面から見て、その周辺と背景が見えないようにディスプレイと被験者の間に遮光板を設置した。そして、被験者が周りからの影響が少ないように、トンネルのような覆いを作りディスプレイと被験者の間に設置した。

これらの処置をすることにより、被験者が見ることができるのは遮光板に覆われていない CRT 上の中央部のみであった。

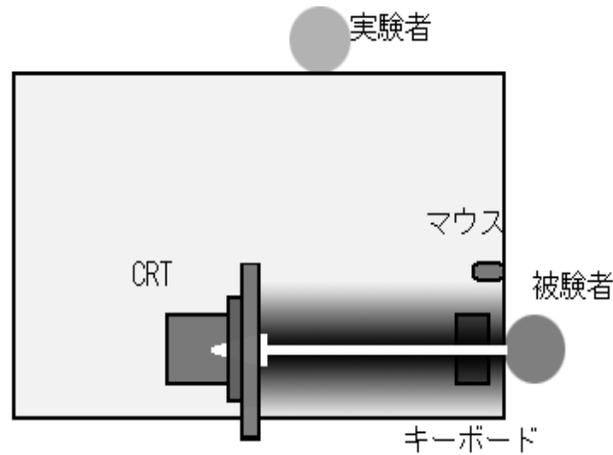


図 2.2 実験ブースのレイアウト

## 2.4 実験全体の説明

実験は 22 歳の男性、4 名で行った。被験者に実験ブースに入ってもらった後、実験についての説明と、必要事項、操作形の説明、判断条件の説明を行った。これらの説明は被験者の実験をこなした回数によらず毎回実験の前に行うことにした。

説明内容は、この実験はある動作をする時の RT を測定するためのものであり、かなり細かい数字を扱うので真剣に行うよう注意することである。

必要事項は、被験者間の反応の速さと正確さのトレードオフをなるべく一定にするために、判断は「速く、かつ正確に」という条件を提示した。これは、同一の課題、同一の被験者であっても、教示で「速さ」を強調すると反応は速いがエラーが多くなり、逆に「正確さ」を強調すると反応は正確だが RT は長くなる。このようなある意味当然のことが起きるので通常の RT 測定実験で行われる、「速く正確に」という教示をして、RT と正確さを中位で一定にしておきたい。このような関係を、速さと正確さの排反関係 (speed-accuracy trade-off) と呼ぶ。

操作系の説明は、今回使用するのは「キーボードのリターンキーとスペースキー」、「マウスの右ボタンと左ボタン」、の 4 つだけと説明し、「マウスは判断したときに押して、右

か左かは判断による。そして、マウスをクリックしたら呈示されていた画像は消えて、画面は真っ黒になる」として「キーボードはリターンキーが実験開始のキーで、スペースキーが実験刺激を呈示させるものとする」と説明した。そして、被験者がスペースキーを押すと、被験者に刺激を出す前に「用意」の合図として警告信号 (Warning Signal) を出し、その後、警告信号と刺激との時間間隔である先行間隔 (forperiod) を 3 秒間おいてその後に刺激を出す。この 3 秒間は一定かどうかを測るためにタイマーボードで計測し、その結果 0.1ms 以下の誤差は見られなかったので、安定している。

判断条件は実験によって異なるので、それぞれ実験前に説明した。

実験データの安定化を図るため実験を開始する前に暗順応を 5 分間行う。その後、実験刺激とほぼ同じ明るさの刺激を CRT 上に呈示しそれを 1 分間見せる。((x, y)=(0.283, 0.308);33.3cd/m<sup>2</sup>)

このあと実験を開始する。毎回判断条件に従い、マウスを押す。この作業の繰り返してデータを取る。1 セッションについて 20 回呈示し、これを常に違うパターンを用いて 3 回行う。これにより、60 個のデータ点が得られる。実際には 1 回につき 20 回以上データを取り最初と最後の数回は捨てている。これは訓練を繰り返しても 1 回目のデータは遅くなるような気がするので排除することにしたためである。

全ての実験に共通していえるが、RT は非常に影響を受けやすいので被験者の体調等に注意しておく。例えばこの実験は 1 セッション、順応をいれても 15 分ほどで終了するが一日に 3 回までしかデータは取らないようにした。これはある種の刺激に対する慣れが起きないようにするためでもあるが、あまり疲れた状態では実験を行いたくないからである。被験者の体調が著しく低下しているときは明らかに RT は長くなるだろうし、判断も誤りやすいだろうと思われる。実験条件を均一にするために、「被験者の状態が普通のとくにデータを取る」、「連続してデータは取らないで休憩をさせる」、「実験に集中させる」という条件を実験者に課している。被験者には、実験をする前に十分な訓練をして実験途中に実験に対する慣れで RT が変化することの無いようにした。あまり使いすぎた刺激は学習効果が生まれると思われるので訓練中に使用した刺激 (20 枚前後) は実験には使用しないことにした。

## 2.5 実験 I、上下比較

人間が何かを判断するためにその場にあるもの同士で比較する時にその対象が目の前にあり、それがあまり離れてはいない場所にある場合どのくらいの時間が必要なのだろうか。今回の実験では刺激が CRT 上に呈示された「CRT 上で上側の刺激」と「CRT 上で下側の刺激」を被験者がある一定の位置で見た場合において被験者がそれらを見てそれらがあらかじめ与えられた判断条件にあっているかどうかを判断する実験を行い、それに必要な反応時間 (RT) を測定した。

この実験で与えられる判断条件は「CRT 上に表示された画像が上下同じであると判断したらマウスの左ボタンを押し、上下違うと判断したら右ボタンを押し」というものである。なお被験者にはあらかじめ一度呈示された画像はもう一度出現しないとあってある。また気分的にはいつも同じ状態で行うように指示している。

人間が視線を動かさずに見れる範囲はおおよそ  $5^\circ$  であるといわれており、今回の実験で呈示される刺激は  $4.9^\circ$  とその範囲内にある。ただし、刺激と刺激を見比べる今回の上下比較では、その距離がある程度離れており、被験者はその二つを見比べるときどうしてもその視線を何度か上下させる必要がある。今回はその具体的な影響は調べてはいないが実験で得られたデータを扱う際にその点を考慮する必要があると思われる。よって、純粹に視線の移動がないような条件の場合には、今回得られた RT よりも少しばかり短い RT となると予測される。データを検討する際にはそのことを考慮しておく。

なお、この実験ではどの場合でも上下比較で上下違うものは 20 回中 3 回で統一している。ただし、そのことは被験者は知らないで実験を行った。その理由は、もしこのことを知っているとしたら最初の方で 3 回上下違うと判断したら、そのあとは考えないで応答される可能性があるためである。この場合には測定される RT が全く違うものになってしまう。したがって、実験者は被験者に聞かれても枚数については答えなかった。

実験 I の実験の流れを図 2.3 に示す。

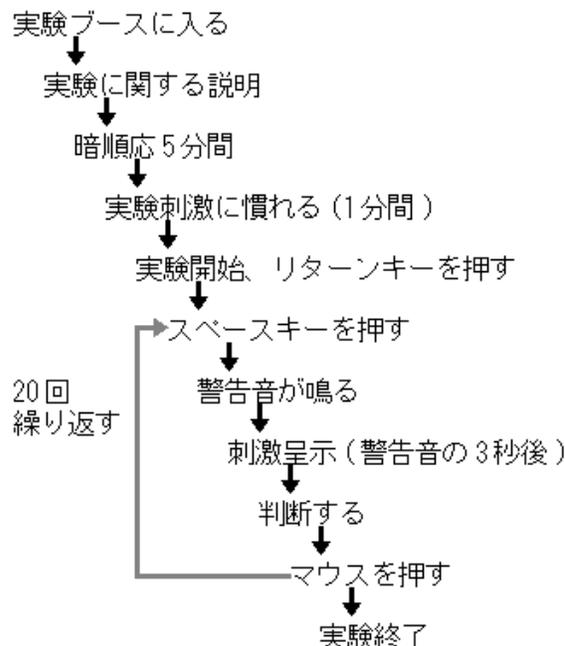


図 2.3 実験 I、上下比較の流れ

## 2.6 実験 II、記憶比較 (1 ~ 4 枚)

人間は目の前にあるものと、これまでに覚えたものを比べてある判断をして何か行動するとき、どのくらいの時間がかかるのだろうか。この実験では CRT 上に呈示された刺激と記憶した刺激の比較 (記憶比較) を行い、そのために要する反応時間 (RT) を測定する。

この実験で与えられる判断条件は「CRT 上に表示された画像が実験開始前に覚えた  $n$  枚の画像の中のひとつであると判断したらマウスの左ボタンを押し、そうでないと判断したら右ボタンを押し」というものである。なお被験者にはあらかじめ一度呈示された画像はもう一度出現しないといっている。また気分的にはいつも同じ状態で行うように指示している。

この実験では他の実験との差異を減らすために、実験 I と同じ呈示位置に、刺激を呈示する。つまり、CRT 上の上側と下側に同じパターンが呈示される。ただし、この実験の場合には、上下を見比べる必要もないし、それに要する時間が発生すると厄介なので、被験者には上側を見て、下側は見ないように指示した。実験前に呈示する 20 枚の画像のうちあらかじめ

め決めた  $n$  枚 ( $n=1\sim 4$ ) を目の前に置いたラップトップで覚えてもらう。被験者が覚えたと判断できるまで時間をかける、あまり速いようだといいかげんにしている可能性があるので確認を取るようにする。記憶する枚数は 1,2,3,4 枚とそれぞれ行って、記憶するパターンは重複がないようにした。つまり、一度覚えた画像をもう一度覚えるようなことはないようにした。これにより各実験の被験者に対する負荷は実験の順によらず記憶枚数に従う。ただし、記憶枚数が変わってもそれぞれのセッションの刺激の呈示順序は同じとする。

実験 II、実験 III の実験の流れを図 2.4 に示す。

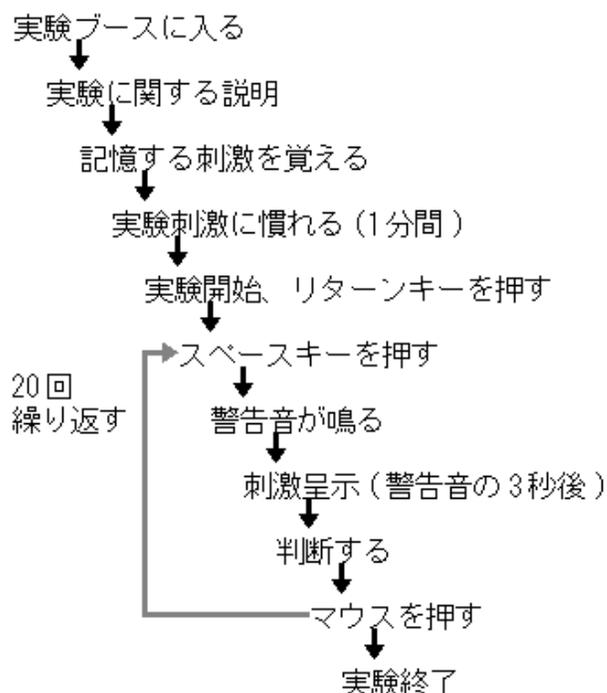


図 2.4 実験 II、実験 III、記憶比較の流れ

## 2.7 実験 III、記憶比較 (5~7 枚)

この実験は、記憶枚数が多くなるとどうなるかという観点から行った。実験条件は、実験 II とほとんど変わらないようにした。ただ一度記憶した画像はもう一度覚えることはないが記憶枚数が変化すると刺激の呈示順は変化するようにした。ただこの実験は、実験 II が行われてから 2 週間のブランクが被験者にあるのでそれがどう影響するのは現段階ではわからない。

# 第 3 章

## 実験 I と実験 II の結果

### 3.1 反応時間 (RT) と記憶枚数

#### 3.1.1 被験者 4 名の平均の場合

実験 I と II より得られたデータを記憶枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した。

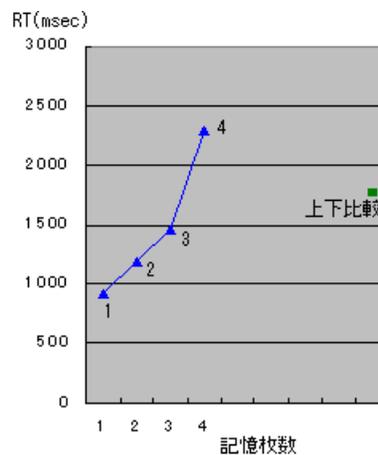


図 3.1 反応時間 (RT) と記憶枚数 平均

実験 II のデータを、縦軸に反応時間 (msec) をとり横軸に記憶枚数をとった。同じ縦軸で実験 I のデータを同じグラフ上にプロットした。

記憶枚数が増えるにつれて反応に要する時間は比較的単純に増加する。記憶枚数 3 と 4 枚の反応時間の間ぐらいと上下比較 (3 枚一致) の反応時間はほぼ同じである。記憶枚数が 1, 2 枚であればテスト刺激と参照刺激を上下で比較するよりも記憶したパターンとテスト刺激を

### 3.1 反応時間 (RT) と記憶枚数

比較したほうが RT は短くなる。記憶枚数が 3 枚から 4 枚になる辺りでの RT の増加がそれまでより少し急である。

#### 3.1.2 被験者 Y.H の場合

実験 I と II より得られたデータを記憶枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した。

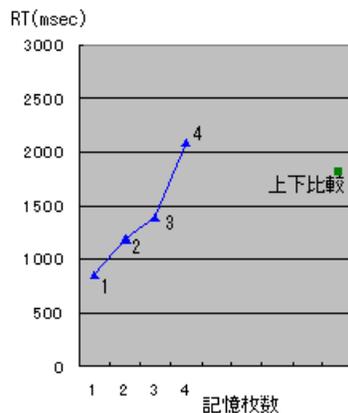


図 3.2 反応時間 (RT) と記憶枚数 Y.H

実験の II データを、縦軸に反応時間 (msec) をとり横軸に記憶枚数をとった。同じ縦軸で実験 I のデータを同じグラフ上にプロットした。

記憶枚数が増えるにつれて反応に要する時間は比較的単純に増加する。記憶枚数 3 枚と 4 枚の反応時間の間ぐらいと上下比較 (3 枚一致) の反応時間はほぼ同じである。記憶枚数が 1, 2 枚であればテスト刺激と参照刺激を上下で比較するよりも記憶したパターンとテスト刺激を比較したほうが RT は短くなる。記憶枚数が 3 枚から 4 枚になる辺りでの RT の増加がそれまでより少し急である。

## 3.1.3 被験者 T.A の場合

実験 I と II より得られたデータを記憶枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した。

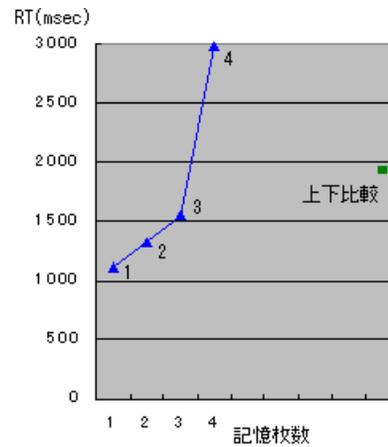


図 3.3 反応時間 (RT) と記憶枚数 T.A

実験 II のデータを、縦軸に反応時間 (msec) をとり横軸に記憶枚数をとった。同じ縦軸で実験 I のデータを同じグラフ上にプロットした。

記憶枚数が増えるにつれて反応に要する時間は比較的単純に増加する。記憶枚数 3 ~ 4 枚の反応時間の間ぐらいと上下比較 (3 枚一致) の反応時間はほぼ同じである。記憶枚数が 1, 2 枚であればテスト刺激と参照刺激を上下で比較するよりも記憶したパターンとテスト刺激を比較したほうが RT は短くなる。記憶枚数が 3 枚から 4 枚になるあたりで RT の増加がそれまでより急である。

## 3.1.4 被験者 Y.F の場合

実験 I と II より得られたデータを記憶枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した。

実験 II のデータを、縦軸に反応時間 (msec) をとり横軸に記憶枚数をとった。同じ縦軸で実験 I のデータを同じグラフ上にプロットした。

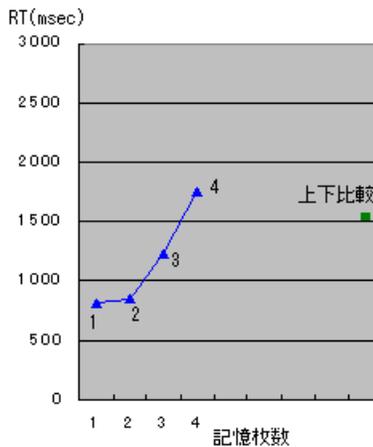


図 3.4 反応時間 (RT) と記憶枚数 Y.F

記憶枚数 2～4 枚では記憶枚数が増えるにつれて反応に要する時間は比較的単純に増加する。記憶枚数 3～4 枚の反応時間の間ぐらいと上下比較 (3 枚一致) の反応時間はほぼ同じである。記憶枚数が 1, 2 枚であればテスト刺激と参照刺激を上下で比較するよりも記憶したパターンとテスト刺激を比較したほうが RT は短くなる。他の被験者に比べ全体的に RT の値が短く、反応が速いといえる。記憶枚数 1 枚と 2 枚の差があまりない。

### 3.1.5 被験者 T.N の場合

実験 I と II より得られたデータを記憶枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した。

実験 II のデータを、縦軸に反応時間 (msec) をとり横軸に記憶枚数をとった。同じ縦軸で実験 I のデータを同じグラフ上にプロットした。

記憶枚数が増えるにつれて記憶枚数が 4 枚目あたりまでは反応に要する時間は比較的単純に増加する。記憶枚数 3～4 枚の反応時間の間ぐらいと上下比較 (3 枚一致) の反応時間はほぼ同じである。記憶枚数が 1, 2 枚であればテスト刺激と参照刺激を上下で比較するよりも記憶したパターンとテスト刺激を比較したほうが RT は短くなる。

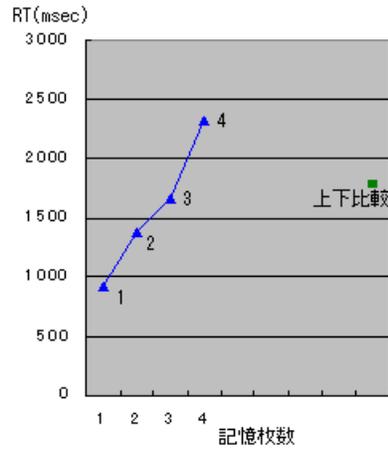


図 3.5 反応時間 (RT) と記憶枚数 T.N

## 3.2 RT と正答率

条件間で処理時間の差を検討する場合、理論的には、RT の条件差をそのまま実験操作の効果とみなせるのは、被験者が正確さの水準を一定に保って反応したとき、すなわち実験中ずっと同じ LOC 上の一点で反応したときだけである。そのために  $\text{Log}(\text{正答率} / \text{誤答率})$  と RT との関係プロットして正確さの評価を試みた。

LOC は、Latency Operating Characteristic のことで、信号検出理論における ROC (Receiver Operating Characteristic, 受信者感度特性) にならって Speed-Accuracy Operating Characteristic と呼ばれているもののことである。

RT と一次関数をなすような正確さの測度がいくつか考案されていて Pew (1969) は、種々の測定条件で得られたデータを分析して、 $\text{Log}(\text{正反応率} / \text{誤反応率})$  を正確さの測度として RT との間に一次関数を見いだした。この直線を、LOC という。

つまり、エラーが一定なデータでは条件差となる RT の差は実験操作の効果として扱えるが、RT は増加しているのにエラーが減少しているような RT と誤答率との間に負の相関がある場合は、条件差は速さと正確さのトレード・オフ以上のものに帰せられない。RT が増加するとエラーも増加するような RT と誤答率とが正の相関をなすデータでは、条件差の存在は実験操作の効果とみなせるが、反応時間の絶対値に意味はない。エラーがまったくな

い場合、理論的には反応ができるだけ速くなされたという保証がないという関係がある。

### 3.2.1 被験者 4 名の平均の場合

縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり、横軸に RT をとった。見やすいように各点ごとに記憶枚数を添えた。正答率と誤答率は判断条件の答えと被験者の答えが同じ時に正解とし、そうでないときはミスとした。そして、正答率は各実験ごとに正解数/総データ数、誤答率はミス数/総データ数とした。

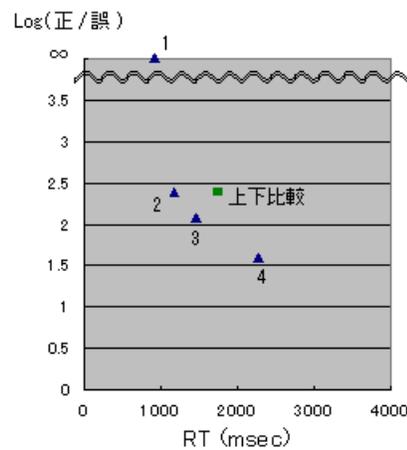


図 3.6 RT と  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  平均

記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。けれども記憶枚数の増加と正答率の減少はトレードオフをしているのかははっきりとはわからない。なぜなら今回のデータは多くの場合において正答率 100%になっており、「理論的には反応ができるだけ速くなされた」という保証がないからである。その観点から見るとデータの取り方にやや問題がある。ただし、全被験者の平均で見ると記憶枚数 2,3 枚と上下比較の場合でほぼ同じであるので同程度の performance であると期待される。また記憶枚数 4 枚の場合には、明らかに  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  が低下している。全体的に緩やかなカーブを描きながら記憶枚数が増えるにしたがい正答率は低下し、RT は増加した。

## 3.2.2 被験者 Y.H の場合

縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり、横軸に RT をとった。見やすいように各点ごとに記憶枚数を添えた。正答率と誤答率は判断条件と被験者の答えが同じ時に正解とし、そうでないときはミスとした。そして、正答率は各実験ごとに正解数/総データ数、誤答率はミス数/総データ数とした。

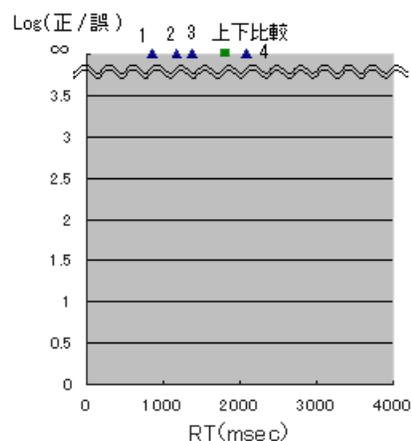


図 3.7 RT と  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  Y.H

記憶枚数が少ないと RT は短い。けれども記憶枚数の増加と正答率の減少はトレードオフをしているのかははっきりとはわからない。なぜなら今回のデータは全ての場合において正答率 100%になっており、「理論的には反応ができるだけ速くなされた」という保証がないからである。

## 3.2.3 被験者 T.A の場合

グラフの見方は被験者 Y.H と同じである。

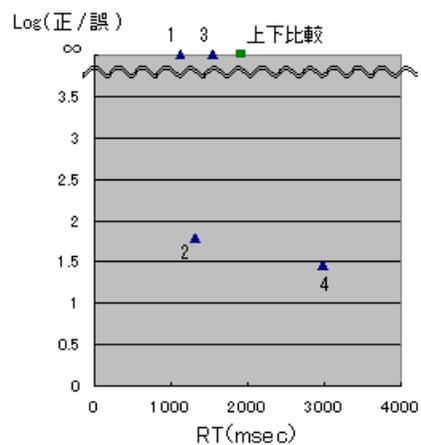


図 3.8 RT と Log(正答率/誤答率) T.A

記憶枚数が少ないと RT は短い。記憶枚数の増加にしたがい単純に正答率が減少していない。

## 3.2.4 被験者 Y.F の場合

グラフの見方は被験者 Y.H と同じである。

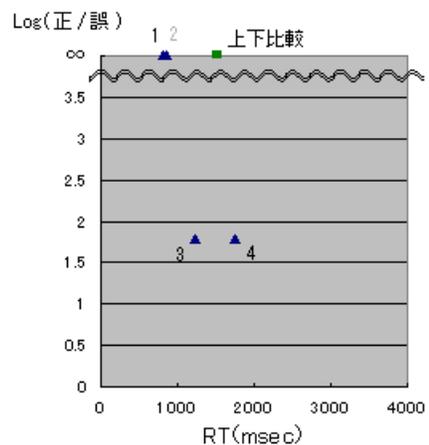


図 3.9 RT と Log(正答率/誤答率) Y.F

記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。記憶枚数 3 枚と 4 枚では正答率があまり変わらないが、RT は記憶枚数が少ない方が良い。記憶枚数 3 ~ 4 枚の場合には、明らかに  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  が低下している。

### 3.2.5 被験者 T.N の場合

グラフの見方は被験者 Y.H と同じである。

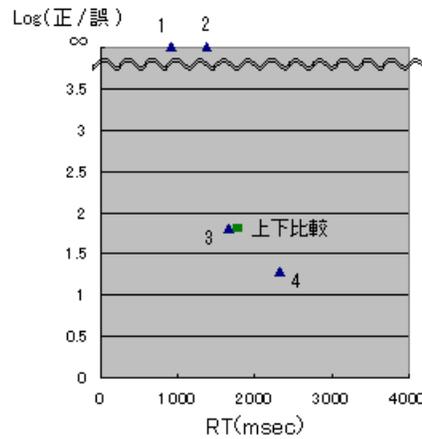


図 3.10 RT と  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  T.N

記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。記憶枚数 3、4 枚の場合には、明らかに  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  が低下している。記憶枚数が 3 枚と 4 枚を比べると正答率と RT が悪くなっている。

# 第 4 章

## 実験 III を加えた結果

### 4.1 反応時間 (RT) と記憶枚数

縦軸に反応時間 (msec) をとり、横軸に記憶枚数をとった。これに実験 III のデータを加えたもので、単位のとり方は変わらない。

#### 4.1.1 被験者 4 名の平均の場合

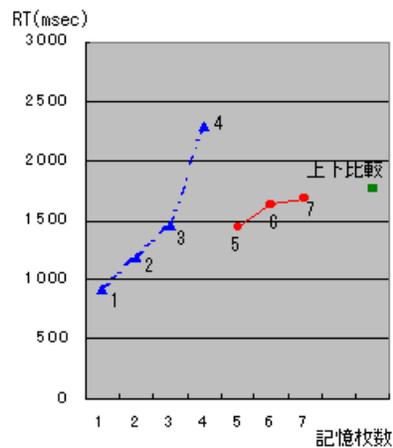


図 4.1 反応時間 (RT) と記憶枚数 平均

記憶枚数が多くなっても反応速度は爆発的には増加せず一定の領域からは大きく逸脱はしていないようには見えない。記憶枚数 1,2 枚にくらべて記憶枚数 5,6,7 枚では反応速度は遅く、正答率も悪い。しかし、直感に反して記憶枚数 5,6,7 枚での RT は記憶枚数 4 枚の場合よりも RT は短い。

## 4.1.2 被験者 Y.H の場合

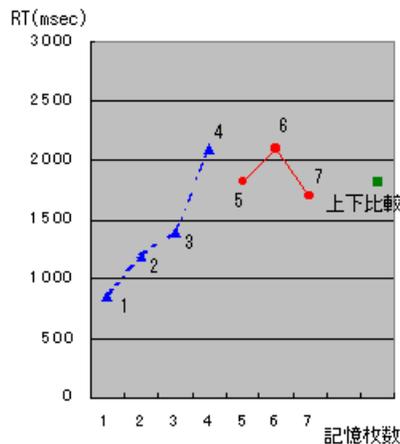


図 4.2 反応時間 (RT) と記憶枚数 Y.H

記憶枚数が多くなっても反応速度は爆発的には増加せず一定の領域からは大きく逸脱はしていないようには見えない。記憶枚数 1,2 枚に比べて記憶枚数 5,6,7 枚では反応速度は遅く、正答率も悪い。しかし、直感に反して記憶枚数 5,6,7 枚での RT は記憶枚数 4 枚の場合よりも RT は短い。しかも記憶枚数が 6 枚と 7 枚では 7 枚のほうが RT が短くなった。

## 4.1.3 被験者 T.A の場合

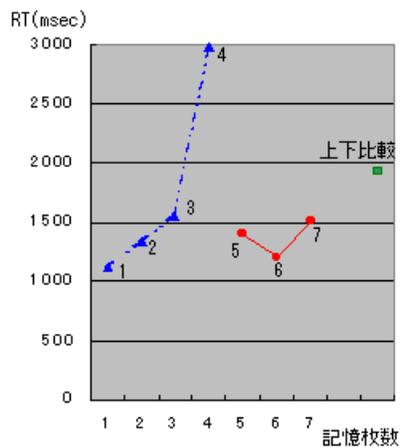


図 4.3 反応時間 (RT) と記憶枚数 T.A

#### 4.1 反応時間 (RT) と記憶枚数

記憶枚数が多くなっても反応速度は爆発的には増加せず一定の領域からは大きく逸脱はしているようには見えない。むしろこの被験者に限って言えば記憶枚数 1,2 枚よりも記憶枚数 5,6,7 枚のほうが RT は短いという、直感に反する結果がでた。しかも記憶枚数が 5 枚と 6 枚では 6 枚のほうが RT が短くなった。

##### 4.1.4 被験者 Y.F の場合

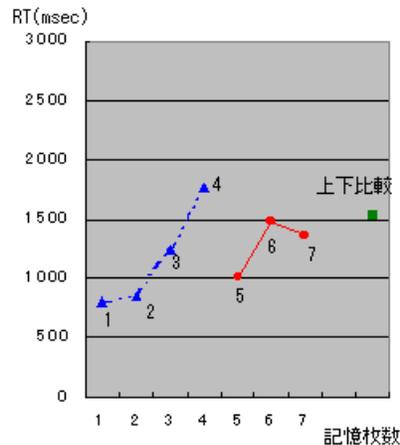


図 4.4 反応時間 (RT) と記憶枚数 Y.F

記憶枚数が多くなっても反応速度は爆発的には増加せず一定の領域からは大きく逸脱はしているようには見えない。記憶枚数 1,2 枚にくらべて記憶枚数 5,6,7 枚では反応速度は遅い。しかし、直感に反して記憶枚数 5,6,7 枚での RT は記憶枚数 4 枚の場合よりも RT は短い。RT は記憶枚数 5~7 枚だけで言えば 7 枚よりも 6 枚のほうが少し RT は短いと全体的には緩やかに増加している。他の被験者に比べ RT が全体的に小さく、反応が速いといえる。

##### 4.1.5 被験者 T.N の場合

記憶枚数が多くなっても反応速度は爆発的には増加せず一定の領域からは大きく逸脱はしているようには見えない。記憶枚数 1,2 枚にくらべて記憶枚数 5,6,7 枚では反応速度は遅く、正答率も悪い。しかし、直感に反して記憶枚数 5,6,7 枚での RT は記憶枚数 4 枚の場合より

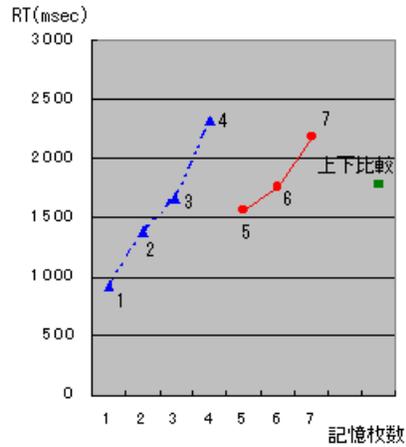


図 4.5 反応時間 (RT) と記憶枚数 T.N

も RT は短い。しかし、RT は記憶枚数 5~7 枚では、ほぼ線形に上昇している。

## 4.2 RT と正答率

実験 I、実験 II と同様に実験 III のデータを加えて  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  と RT の間の関係を調べた。単位系のとり方は同じで、縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり、横軸に RT をとった。見やすいように各点ごとに記憶枚数を添えた。正答率と誤答率は判断条件と被験者の答えが同じ時に正解とし、そうでないときはミスとした。実験 II を例にすると、「記憶にあるものをあると認識できた」、「記憶にないものをないと認識できた」が正解で、「記憶にないものをあると認識した」、「記憶にないものをあると認識した」がミスである。そして、正答率は各実験ごとに「正解数/総データ数」、誤答率は「ミス数/総データ数」とした。

### 4.2.1 被験者 4 名の平均の場合

記憶枚数 1~4 枚では緩やかなカーブを描きながら記憶枚数が増加するにしたがい正答率は減少し、RT は増加した。しかし、記憶枚数 5~7 枚ではグラフ上のほぼ同一の点に集まっている。記憶枚数 5~7 枚は全体的に正答率が悪く、RT は記憶枚数 3~4 枚と同じくらいである。比較的、正常にトレードオフしているように見えるので、記憶枚数 4~7 枚の点は近

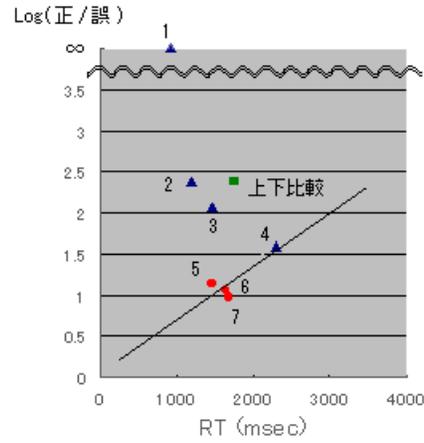


図 4.6 RT と Log(正答率/誤答率) 平均

似直線で結ぶことができる。

#### 4.2.2 被験者 Y.H の場合

記憶枚数が少ないときに比べ、記憶枚数 5~7 枚では正答率、RT は悪くなるが正常にトレードオフしているようには見えない。記憶枚数が少ないときの正答率が 100%なので評価しにくい。記憶枚数 5~7 枚のデータはほぼ同じである。

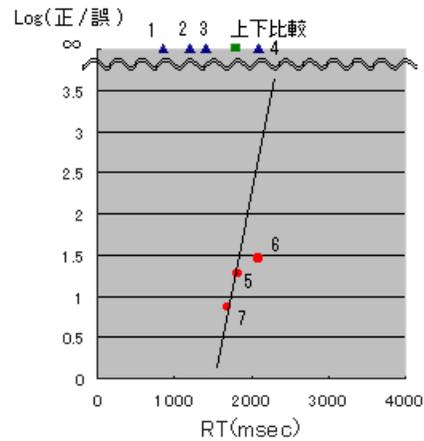


図 4.7 RT と Log(正答率/誤答率) Y.H

## 4.2.3 被験者 T.A の場合

記憶枚数が少ないときに比べ、記憶枚数 5~7 枚では正答率、RT は悪くなるが正常にトレードオフしているようには見えない。記憶枚数が少ないときの正答率が 100%なので評価しにくい。記憶枚数 2 枚と記憶枚数 5~7 枚が同じような所にある。記憶枚数 4 枚のデータの方がどの点よりも正答率、RT が悪い。記憶枚数 5~7 枚のデータはほぼ同じ RT である。

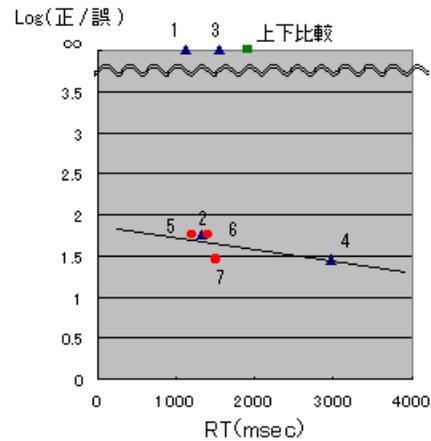


図 4.8 RT と Log(正答率/誤答率) T.A

## 4.2.4 被験者 Y.F の場合

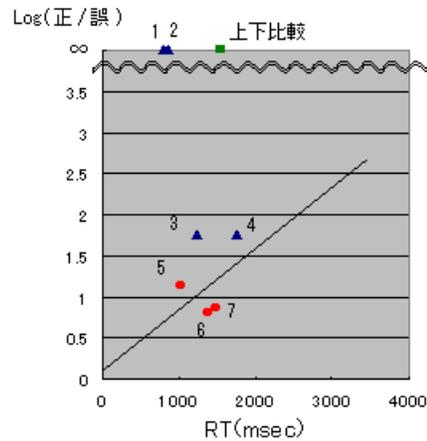


図 4.9 RT と Log(正答率/誤答率) Y.F

記憶枚数が少ないときに比べ、記憶枚数 5~7 枚では正答率、RT は悪くなる。比較的、正常にトレードオフしているように見えるので、記憶枚数 3~7 枚の点は近似直線で結ぶことができる。記憶枚数 5~7 枚のデータは似たようなところにある。記憶枚数が 3~4 枚の方が記憶枚数 5~7 枚よりも RT は大きいですが、その分、正答率が悪くなっている。このことからトレードオフが生じているといえる。

#### 4.2.5 被験者 T.N の場合

記憶枚数が少ないときに比べ、明らかに記憶枚数が多いときの方が正答率、RT が悪くなっている。記憶枚数が 4 枚の方が記憶枚数 5~7 枚よりも RT は大きいですが、その分、正答率が悪くなっている。このことから比較的、正常にトレードオフしているように見えるので、記憶枚数 3~7 枚の点は近似直線で結ぶことができる。記憶枚数 5~7 枚のデータはほぼ同じ所にある。

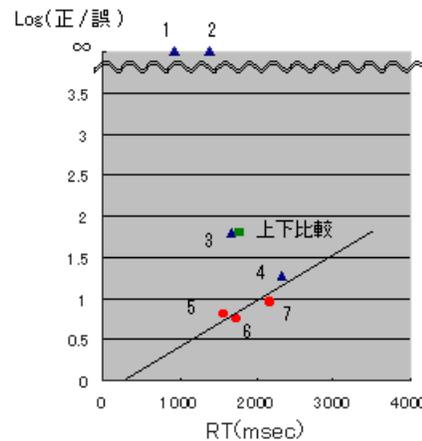


図 4.10 RT と Log(正答率/誤答率) T.N

# 第 5 章

## 考察

### 5.1 反応時間と記憶枚数の考察

実験 III は実験 I、実験 II のあと実験期間が 2 週間あいているため、完全に同じ条件下の実験とはいえない。このブランクがどのように影響しているのかよくわからない。ただ、これまでに得た経験が失われていると考えると RT は増加しそうだが、実際には逆である。それに経験が失われていても実験前には訓練を課すのでそれほどの影響は無いと考えられる。むしろ、この実験の操作が無意識下で行われているぐらいのレベルになっている可能性のほうが高く、これならば RT はさほど変化していなくても問題は無いと考えられるが、それでも RT の全体的な減少は説明できない。

実験 II のデータが比較的線形に単調増加しているのは、被験者に与えられる記憶枚数の増加という負荷が影響していると思われる。しかしながら、実験 III では全体の平均では線形に上昇しているように見えるが各被験者ごとに見てみると記憶による負荷が増えても RT は増加せずに、逆に減少している例も存在する。さらに、記憶枚数 4 枚の方が実験 III の記憶枚数 5~7 枚よりも RT が大きい。このことは二つの実験の間に 2 週間のブランクがあったとしても説明できないので、この段階でもう一度、記憶枚数 1~4 枚のデータを採取しなおすべきであったと思われる。

上下比較のデータ点が記憶枚数 3~4 枚の間の RT と同じである。これは最初、記憶枚数が 3 枚の時と上下比較で上下違うものが 3 枚呈示される時と比較してみたらどうだろうかと思ひデータを採取したが、この呈示枚数が変化した場合の実験 I での RT の変化を調べていないので単なるデータ点としてしか扱えないのが残念である。

実験Ⅰの上下比較と実験Ⅱの記憶比較4枚、実験Ⅱの記憶比較4枚と実験Ⅲの記憶比較5枚において各被験者ごとのRTと全被験者から得られた全データのRTで統計的有意かどうかを調べたところ上下比較と記憶4枚では被験者ごとの結果は4人中1人しか有意は示されず、記憶4枚と記憶5枚では4人中3人において統計的有意が示された。そして全被験者のRTでは二つの場合とも両者の差は統計的有意が示された(5%)。

## 5.2 RT と正答率の考察

記憶枚数が1~2枚ではどの被験者でも正答率とRTが良いのでこの程度ではたいした負荷にはならないのだろう。記憶枚数が増えた場合には $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$ が低下しており、記憶枚数が少ない場合と同じperformanceでのRT測定実験とはいえない。このことが記憶枚数5~7枚の場合にRTが記憶枚数4枚の時より短くなった要因であるとも考えられる。特に被験者Y.F、T.N(あるいは平均のデータ)では、記憶枚数4枚と5~7枚の場合とを右上がりの直線で近似可能であり、これはRTと正確さのトレードオフで説明できる。ただし、記憶枚数4枚目と5~7枚目の間で何故RTと正答率とのトレードオフが突然生じたかどうかは不明である。もっと多くのデータと被験者が必要なのでそれを測定した後に検討しなおしたい。しかし、記憶枚数5枚からは覚える画像が増加してもそれほど正答率が激的に変化しないのはなぜだろうか。

## 5.3 記憶の切り捨ての可能性について

記憶枚数が多くなるにつれて、あまりRTが当初予想したように爆発的に増加せず一定領域にとどまり、そのかわり正答率の低下を引き起こしたかのような現象についてある推論が考えられる。それは正確さとRTのトレードオフである。このトレードオフによりRTの爆発的増加はとめられ正答率はその分減少しているのは説明できるがどうしてそれは起きているのだろうか。その答えとして「記憶枚数が一定以上だと覚えることをあきらめて、切り捨てているのではないだろうか」という仮説がある。この仮説が正しいのかどうかを確かめるた

めにいくつかの分析を行った。

まず、もしこの記憶の切り捨てが起きていると仮定すると、実験の結果からいくつかの結果が得られるはずである。それは被験者の応答が間違えている場合、操作ミスを除くと2つの場合が考えられ、「覚えさせた刺激を覚えていないものと認識した」、「覚えさせていない刺激を覚えたものとして認識した場合」の2つである。もし先ほどの仮定が正しいならこの二つのミスの内、「覚えさせた刺激を覚えていないものと認識した」が切り捨てた分だけ多くなり、「覚えさせていない刺激を覚えたものとして認識した場合」は増加しないはずである。なぜならもし記憶枚数の限界が4枚とするなら7つ覚えなれないといけない実験で4つしか覚えられないので3つ切り捨てることになるので20回のデータ点の内、4つは、「覚えさせた刺激を覚えてたものと認識した」という答えをだし、「覚えさせた刺激を覚えていないものと認識した」という答えを3つだし、あとは「覚えさせていない刺激を覚えていないものとして認識した場合」になるはずである。よって、操作ミス以外では「覚えさせていない刺激を覚えたものとして認識した場合」はないはずである。

そしてもうひとつは被験者が「これは記憶した画像である」という答えが減少、または一定以上増えないはずであるということである。なぜなら、いくつかの画像を切り捨てているのだから、「これは記憶した画像である」という答えは切り捨てていない数までとなるはずである。

この二つのことが実験結果にあらわれるはずであるので、それを具体的にまとめたものを表す。

図5.1に今回の実験の結果から得られた、各記憶枚数ごとの、被験者の答えが間違っていた場合のその間違え方の内容を示した。仮説である「記憶枚数が一定以上だと切り捨てているのではないだろうか」を確かめるための「覚えさせた刺激を覚えていないものと認識したが、切り捨てた分だけ多くなり、覚えさせていない刺激を覚えたものとして認識した場合は増加しない」という推論が「記憶枚数の限界は4枚である」とした時に理想的に働いた場合の値も参考までに付け加えた。この図の「ミス1」は「覚えた刺激を覚えていないものと認識した」で「ミス2」は「覚えていない刺激を覚えたものとして認識した場合」とした。さ

	Y.H		T.A		Y.F		T.N		予測値	
	ミス1	ミス2								
記憶枚数1枚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
記憶枚数2枚	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
記憶枚数3枚	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
記憶枚数4枚	0	0	2	0	0	1	2	1	0	0
記憶枚数5枚	1	2	1	0	3	1	6	2	3	0
記憶枚数6枚	2	0	0	1	6	1	4	5	6	0
記憶枚数7枚	5	2	1	1	8	0	2	4	9	0
	ミス3	ミス4								
上下比較	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

図 5.1 被験者のミスの内容と記憶の切り捨ての予測値

らに上下比較の場合も考えたので「ミス3」は「上下同じものを上下違うと認識した」で「ミス4」は「上下違うものを上下同じと認識した」として、それぞれ各記憶枚数ごとに全部で60個のデータのうち何回、間違えたのかを間違え方を別々にして、回数で示した。

被験者の2つのミスの場合の変化についての結果から、記憶枚数1~4枚ではどの被験者でもミスは1回あるかないかだが、記憶枚数が増えるとやはりミスは増加しており、そのミスのタイプは推論どおり、「覚えさせた刺激を覚えていないものと認識した」が増加している。しかし、「覚えさせていない刺激を覚えたものとして認識した」も記憶枚数が少ないときに比べ、やはり増加しており仮説が完全に正しいかどうかはわからない。

被験者ごとに見てみると、Y.Hは予想した予測値よりもミス1のミスの数が少ないが、この記憶枚数の限界を5枚までなら記憶できるとして考えると非常にきれいに予測値に近く、だがミス2のミスも存在するのではっきりと推論が正しいとはいえない。T.Aは全体的にミスが少ないので予測値に近いとはいえない。Y.Fは非常に予測値に近いし、ミス2も少ないので今回の被験者の中ではもっとも理想に近い形といえる。T.Nは全体的にミスが多いのであまり覚えきれてはいないようである。

この結果、理想に近い被験者もいたがどちらのミスのタイプも予測値どおりにはいかなかった。他に何らかの原因があるとも考えられる。

次にもう1つの推論を検討してみた。もし意図的な記憶の切捨てが起きているなら被験者が覚えた画像は記憶できる限界の枚数までとなるので、被験者が何回、「この画像は覚えた

と判断した」かを数えてその回数の変化を調べることは意味がある。図 5.2 に被験者が何回、「この画像は覚えた」と判断した」と答えたか(つまり、マウスの左クリックを行った)を表し、同時に上下比較の時の「上下同じと判断した」回数と記憶枚数の限界を 4 枚としたときの予測値を付け加えた。

	Y.H	T.A	Y.F	T.N	予測値
記憶枚数1枚	3	3	3	3	3
記憶枚数2枚	6	6	6	6	6
記憶枚数3枚	9	9	9	9	9
記憶枚数4枚	12	14	12	12	12
記憶枚数5枚	15	15	15	16	16
記憶枚数6枚	18	18	18	18	18
記憶枚数7枚	21	21	21	21	21
上下比較	9	9	9	9	9

図 5.2 判断条件に一致すると判断した数

図 5.2 の結果からは、どの被験者にしても元々の覚えなければいけない記憶枚数の数とほとんど同じであることを示しており、少なくとも被験者は記憶しなければならない記憶枚数を、覚えきれたかどうかはわからないものの覚えたつもりにはなって応答しているといえる。つまり意図的に記憶の切り捨てが行われたのではないと考えられる。

以上のように、この仮説を正しいと断定できるような強い結果は存在していなかった。ただし、その傾向としてはそのような可能性も否定できない。さらに、他に何らかの要因が考えられないか検討してみた。

## 5.4 記憶の上書きの可能性について

「記憶する枚数が一定以上だと覚えることをあきらめて、切り捨てているのではないだろうか」という仮説から予想される、図 5.1 に示したデータでは被験者の Y.F、Y.H においては、「記憶の切り捨て」の傾向が強い。特に Y.F についてはかなり予測値の値に近い。したがって、この仮説が正しいとするなら、記憶の切り捨ては、意図的に覚えていないのではな

く、実験の刺激が難しすぎたためやむを得ず覚えきれなかったのではないかと考えられる。それならば、そのあいまいな記憶に対して、実験中に何度も呈示されるよく似た刺激によって、「記憶の上書き」が行われたのではないかと考えられる。この「記憶の上書きの仮説」が正しいとすると、被験者は記憶すべき画像のいくつかを意図的にではなく切り捨て、さらに記憶した画像のいくつかが実験中に書き換えられていることになる。その場合、被験者は記憶しなければならない数の画像を覚えた気になり、その結果、切り捨てられた分の刺激に対しては、「覚えさせた刺激を覚えていないものと認識した」という答えになり、上書きされた画像に対しては、「覚えさせていない刺激を覚えたものとして認識した場合」という答えとして結果に現れると考えられる。

このように、記憶の上書きが行われた場合には、一枚の上書きで、ミス1が一回、ミス2が1回の2回のミスが生じるはずである。したがって、先ほどの記憶の切り捨て仮説より、予想したミスのおおよそ2倍のミスが生じている計算になる。

	Y.H		T.A		Y.F		T.N		予測値	
	ミス1	ミス2								
記憶枚数1枚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
記憶枚数2枚	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
記憶枚数3枚	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
記憶枚数4枚	0	0	2	0	0	1	2	1	0	0
記憶枚数5枚	1	2	1	0	3	1	6	2	3	3
記憶枚数6枚	2	0	0	1	6	1	4	5	6	6
記憶枚数7枚	5	2	1	1	8	0	2	4	9	9
	ミス3	ミス4								
上下比較	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

図 5.3 ミスの内容と記憶の上書きの予測値

図 5.3 の結果は被験者 T.N ではミス1 とミス2 の値は等しくはないもののミス1+ミス2で考えると他の被験者よりも多くなっている。よって、被験者 T.N においては記憶の上書きが起こっている可能性も否定できない。記憶の限界枚数を別にすればおおむねそのような傾向が見られる。

現段階では被験者数が少ないこともありはっきりとは断定できないがこの二つの仮説が

ら、記憶枚数が増加し一定枚数以上になると、記憶の切り捨てと上書きが起こり、その結果 RT の爆発的増加が抑えられるかわりに、正答率の減少を引き起こしているという可能性は十分にあるといえる。

## 5.5 総合的考察

これらのデータより、このようなことが考えられる。記憶枚数が 4 枚までは枚数が増えるにしたがい反応速度は増加する。記憶枚数 3 枚、4 枚の反応時間と上下比較 (3 枚一致) の反応時間はほぼ同じである。記憶枚数が 4 枚以上にすると正答率は悪くなる。被験者によっては記憶枚数が 5 枚以上になると 4 枚の時よりも RT が短くなるが正答率が悪くなるというトレードオフが生じている。この要因はあきらかではないが、1 セッションの枚数が 20 枚までしかないことが影響している可能性や、記憶の切捨てという要因も考えられる。記憶枚数が 4 枚までの場合、同じ順序でパターンを呈示していることや、パターンが全部で 20 枚しかないことが影響している可能性、また実験を中断したことなどがデータに影響を与えている可能性もありそれらを制御した上で再実験する必要がある。

今後の展開としては、実験 I においては上下比較の上下違うという答えの数をいくつか連続的に変化させて行いその増減によって結果がどのように変わるかを検討してみたい。おそらくそれほどの変化は見られないと思うが上下同じと判断するよりも上下違うと判断する方が RT はかかると思われるのでその分、視線の移動距離が増えて RT が増加する可能性があると思われる。それに、何らかの方法を用いて視線の移動をする必要がないようにすればどのような結果がでるのか興味がある。単純に考えると視線の移動がない分 RT は減少し、純粹に上下を比べるのにかかる RT が測定できそうである。それとも逆に、視線の移動距離を測りそれがどのように RT に影響を及ぼしているかを調べてみるのもいいかもしれない。

実験 II と実験 III に関しては、両者の実験の差異をなくし連続したデータとして扱えるようにしておきたい。そうすれば、反応時間は線形に単調増加するのか、それともある一定のラインで増加を止め水平に近づくのだろうか、あるいは他の形状を取るのかが理解できるか

も知れない。それに刺激の呈示順をどう扱うかも大事である。

今回は、雪の結晶という比較的なじみのないものを対象にしてみたがこれが RT と正答率にどのような影響をもたらしているのか大変興味がある。もしこれが被験者にとってなじみのあるもの、例えば町の看板や、車を持っている人ならば交通標識などではどうだろうか。今回の実験とは RT や正答率がどう変わるのだろうか。他にも、刺激のサイズ、呈示位置が変わればどうなるのか調査したいことはかなりある。

どのような実験をするにせよ、もっと多くの被験者が必要だし、安定したデータを得るための工夫が必要である。

# 第6章

## 結論

今回のような図形を視角  $4.9^\circ$  という大きさで見た場合、刺激の記憶枚数が 1~3 枚であれば上下比較よりも記憶比較のほうが速く、かつ正確さも失わないことが示された。これより、扱う情報量がある基準より少ないなら覚えたほうが速いと考えられる。記憶枚数 1~3 枚では「速くて正確」、それ以上 (4 枚を除いた 5~7 枚) では「そこそこの速さで不正確」、上下比較 3 枚においては「そこそこの速さで正確」となる。このような変化は、「記憶の切り捨て」や「記憶の上書き」の仮説によっても説明することができる。

インターフェイスを使うユーザが求めようとしている目的に到達するためにかかる時間が少なくかつ、その処理に対してのミスをできる限り少くしたいという観点から考えると、今回の結果は記憶した方が効率が良いのはどの程度の情報量なのかを求めることは意味がある。すなわちインターフェイス設計等においてどの程度までなら記憶させた方が良いのか、あるいは表示したほうが良いのかを示す基準点を調べることにはインターフェイスを改良することにおいて重要であると考えられる。

# 謝辞

今回の研究を行うに際してご指導いただいた指導教員の篠森先生、および終始実験データの採取に協力して下さった被験者の皆さん、その他いろいろと助言して下さった皆様には厚く御礼申し上げます。

初めてながら日本視覚学会で行ったポスター発表を聞いて下さった方々、質問をして下さった皆様には今後の展開を決める上で大変参考になりました。今後も、学会には参加する予定なのでどうかよろしくお願いします。

最後に、今回の体験はこれから何かをする上で非常に貴重なものになると思っています。この貴重な経験を今回の研究を通して得られたことを大変嬉しく思います。

今回ご協力していただいた皆様、本当にありがとうございました。

この研究は、住友海上福祉財団（道路交通の安全）の研究費助成を受けています。

# 参考文献

- [1] 積山 薫, 反応時間,[ 新編 感覚・知覚心理学ハンドブック (大山 正ら編)] 第 部 総論 6 章 知覚運動協応 6-4-1,6-4-2,6-4-3 節 (東京:誠信書房) 185-193,1994.
- [2] 小林禎作,[ 雪の結晶 冬のエフェメラル ], 札幌:北海道大学図書刊行会,1983.
- [3] 石村貞夫,[ すぐわかる統計処理 ], 東京:東京図書株式会社,1994.
- [4] 上野雄宏, 反応時間の構造 ( ), 人文研究 Vol.23 301-317,1972.
- [5] 戸田正直・高田洋一, 心理学における情報理論適用の現状, 心理学研究 Vol.30 48-65,1953.
- [6] 石村貞夫,[ すぐわかる統計処理 ], 東京:東京図書株式会社,1994.

# 付録 A

## 付録

### A.1 被験者 Y.H の全データ

記憶枚数1枚		記憶枚数2枚		記憶枚数3枚		記憶枚数4枚	
記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)
89428578	471 6654	524 825	570582	5104704	703 823	2514 318	3220411
8943708	557 61	2045 3178	1541 7466	1922 9166	777 6589	3143 1342	4308 805
19934454	3665 634	5046 4128	15004092	3789 8934	4063 32	3589 4838	6307 38
	6608 4932	1141 332	419 7714	1735 8072	2008 848	4642 4532	1683 499
	854 8414	2384 3548	385 827	890 494	961 995	1904 4384	8440 582
	425 1792	1610 9146	496 2054	862 1118	4022 1496	1546 0146	2024 505
	451 0506		284 5662	2205 507	2376 132	1092 9582	1534 023
	385 7096		684 1098	1080 9024	1535 688	2708 1614	2401 3 916
	41 7 9306		643 749	2141 1804	1087 8734	1873 3878	3383 283
	61 7 4324		446 7708		963 6378	2453 493	2582 879
	1625 81 88		536 3574		648 9996	2455 6242	3027 291
	671 1 39		983 82		2211 6342	2764 2888	2608 078
	453 5898		373 0842		1266 4296		3147 834
	588 6966		3089 2548		1271 719		3254 613
	1422 81 06		554 847		1431 498		2154 745
	557 2356		2287 503		721 749		2460 314
	491 379		577 2654		1218 3246		1537 348
	845 1186		787 7532		2511 1158		3748 19
	538 839		1699 4622		816 3		2949 316
	740 2632		1258 7148		557 5689		988 689
	380 6046		478 2534		606 021		2544 204
	423 4788		1753 623		813 0489		1766 696
	366 5298		492 528		693 6124		892 329
	446 7534		7400 55		1456 9926		602 445
	461 2698		442 7322		846 4006		1451 982
	912 0726		2676 9402		2293 7832		2616 348
	476 1498		578 9742		474 7152		1489 784
	488 4798		631 0116		736 3662		1863 229
	769 5258		530 044		488 7096		3243 562
	706 8846		451 2882		590 667		2735 243
	363 5502		413 3244		408 5862		1183 731
	392 469		468 3066		3850 3952		1642 386
	273 6984		370 4262		3719 6502		2392 469
	450 81		487 8688		529 0788		1782 479
	451 9224		484 3766		682 4034		2038 368
	400 7442		883 0956		642 03		2852 536
	775 5804		2217 7206		3899 243		3044 002
	411 8196		593 0958		584 5044		2579 414
	852 5076		476 8844		685 2714		3228 482
	345 2664		1210 7532		1072 551		2843 898
	478 167		739 4148		825 5424		3056 695
	463 1676		611 4906		1194 0192		9644 638
	446 3592		577 8486		1138 8414		5332 251
	773 8704		3797 1924		1274 8256		3768 663
	574 6812		680 3984		1268 8128		3089 171
	784 2762		1181 825		1178 7198		1665 241
	538 0418		349 4692		910 3956		3845 412
	472 275		451 6902		1588 0518		3145 634
	410 8488		681 7392		1285 1022		
	579 4776		597 0824		578 1336		
	454 3374		704 053		899 9238		
	292 533		577 4796				
	466 488		4194 615				
	492 414		1614 8058				
	336 6556						
	485 2728						
	697 5228						

図 A.1 被験者 Y.H の全データ

記憶枚数5枚		記憶枚数6枚		記憶枚数7枚		上下比較の誤差3枚	
記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶がない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶がない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶がない(正)	上下比較の上下同(正)	上下比較の上下違う(正)
819.446	1295.691	990.6	2201.992	1320.512	1559.908	389.1834	707.7348
835.326	988.961	1119.277	1468.839	1288.168	1567.96	425.5758	1389.0846
829.691	1424.499	1076.436	2179.012	1799.696	1256.676	1783.7022	2212.1454
5159.69	1033.251	804.329	1403.122	1790.374	1495.953	1592.5476	1100.1162
5669.662	879.482	1130.816	1316.125	2902.911	1332.871	1513.0974	880.9074
2243.487	1233.206	2361.298	1582.531	1340.134	1515.149	1850.8902	1286.8488
1528.438	847.33	1320.695	1062.439	1515.543	1110.409	1005.9984	673.3554
1528.116	1145.808	2923.482	1195.209	811.429	1178.682	2326.304	795.5208
3205.467	1768.014	2403.077	946.589	890.619	2063.765	2177.883	2291.7996
2723.381	788.485	3426.476	2329.924	925.25	3935.89	1689.5736	
4834.695	1144.491	2294.948	1537.21	2568.173	895.574	1779.3378	
1234.528	1424.064	1218.935	2223.787	1030.409	877.609	1497.9258	
2444.533	1186.435	4214.309	1927.602	2401.062	1285.123	1637.9272	
1314.576	935.311	1524.733	1961.05	1206.149	1704.406	1678.871	
	1919.285	4828.243	1185.469	1000.396	1201.811	1647.5514	
	1756.098	2967.702	1449.553	925.955	3916.241	1495.0566	
記憶比較の記憶にある(誤)	1076.105		1532.125		2924.005	3153.018	
2869.231	866.701	記憶比較の記憶にある(誤)	2196.882	記憶比較の記憶にある(誤)	3441.544	1558.6902	
	1291.661	5348.323	1345.464	2389.503	1590.345	1921.2468	
	953.609	2255.794	1406.551	2395.586	1923.989	2064.069	
	1076.642		2110.47	1506.069	81.737	1329.2742	
	1985.36		1176.766	1345.05	1057.478	1446.9072	
	1011.304		1896.751	1619.613	855.626	2397.4572	
	1143.513		2495.589		1090.209	1572.9312	
	1144.496		1575.742		1842.398	1303.9788	
	3175.681		2507.756		1232.686	1734.204	
	1310.356		1611.606		2565.315	1614.8866	
	934.655		4842.112		1630.9	3375.531	
	4114.1		1311.573		1303.72	4661.6496	
	984.212		3691.656		1745.167	2035.0434	
	1283.983		1943.501		3508.039	1850.4342	
	853.513		3222.133		1448.26	2682.5064	
	1380.88		2235.991		1121.151	2357.5362	
	1715.933		2542.67		1474.105	3057.1938	
	1022.85		1626.611		1624.735	1498.3314	
	1466.489		2462.735		897.01	2174.4432	
	21601.28		1693.61		1171.759	1678.6726	
	1239.922		1762.357			1314.4632	
	1655.269		1066.486		記憶比較の記憶がない(誤)	1867.251	
	2561.579		4559.233		1066.711	1833.8952	
	1315.142		3033.34		5072.627	3546.8252	
	698.241		1706.128			1652.8036	
	1027.657					1765.7406	
						1787.3874	
	記憶比較の記憶がない(誤)					2290.0314	
	4802.202					1975.289	
	7440.765					1526.7792	
						1661.8886	
						1425.8388	
						1817.55	
						2116.029	

図 A.2 被験者 Y.H の全データ

## A.2 被験者 T.A の全データ

記憶枚数1枚		記憶枚数2枚		記憶枚数3枚		記憶枚数4枚	
記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)
1146.853	1469.919	3428.423	1469.919	2056.665	1909.255	4526.954	1919.287
1783.762	3428.423	8908.883	805.698	1624.453	1862.881	2395.104	2680.681
1705.114	805.698	2603.107	1118.573	2839.84	1022.268	9176.152	2713.374
	1118.573	2990.919	607.136	1465.05	4964.203	10355.219	1221.688
	607.136	867.513	664.378	839.148	1799.823	4131.995	4666.328
	664.378		628.006	1829.85	171.353	1755.39	1158.595
	6908.883		722.064	1256.599	956.561	2084.661	1336.913
	628.006	2237.819	1146.853	1314.458	791.093	3810.414	1382.499
	722.064		698.926	840.233	3355.501	2805.529	3763.104
	698.926		712.134		991.105	2065.639	3304.536
	712.134		912.789		1229.493	1295.359	4102.01
	912.789		607.961		1600.058	1691.247	1156.01
	607.961		778.256		901.239		4871.237
	778.256		1710.055		4417.669	記憶比較の記憶にない(誤)	1450.203
	1710.055		1542.46		1079.831	8852.805	1422.347
	1542.46		843.47		1999.085	3666.354	9064.959
	843.47		709.018		763.112		4064.599
	709.018		672.274		3764.415		4061.067
	672.274		988.912		1733.914		3486.449
	568.281		1314.472		1260.897		4932.532
	1089.422		986.851		1686.187		6828.215
	482.399		1458.909		1822.904		777.762
	1037.39		1890.78		493.715		1048.408
	536.086		649.919		1147.189		2399.715
	1370.369		974.124		799.466		8484.226
	558.128		5885.866		1569.021		889.804
	932.944		802.989		821.207		876.773
	574.676		1082.793		1136.136		848.236
	320.713		1127.753		1796.39		1758.682
	414.117		866.409		902.71		1344.133
	423.355		867.793		1628.573		1152.07
	755.564		608.515		2833.011		505.507
	485.656		915.353		726.441		2284.774
	382.129		703.28		748.871		897.607
	496.523		3256.384		842.303		1922.147
	954.445		753.897		638.995		2926.076
	506.178		631.034		1019.104		2202.996
	554.958		921.924		726.982		7184.246
	872.274		485.375		1919.59		3781.881
	1943.481		456.378		2111.545		703.362
	1047.923		699.728		850.468		2894.397
	698.497		719.076		1438.078		763.071
	4604.824		592.051		602.947		1137.252
	986.622		679.608		1085.567		679.032
	648.454		1630.306		4281.085		2444.138
	857.262		668.221		980.106		1283.575
	871.419		1583.077		1035.017		
	1253.064		828.891		1410.33		
	630.119		832.649		802.736		
	392.008		799.271		533.78		
	1069.334		838.753		1793.185		
	721.36		663.487				
	853.217		3087.113				
	912.746		885.958				
	716.361						
	813.143						
	2233.692						

図 A.3 被験者 T.A の全データ

記憶枚数5枚		記憶枚数6枚		記憶枚数7枚		上下比較の誤差9枚	
記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	上下比較の上下同(正)	上下比較の上下違(正)
1823.573	2376.879	1894.543	1606.035	849.686	1166.446	2105.382	1812.162
1408.967	1489.514	3420.305	1041.098	1246.031	782.519	1693.301	1963.322
1555.171	2801.785	1488.881	920.673	2146.517	1063.171	1188.756	995.085
3043.368	847.737	3786.207	765.555	1150.498	970.549	1195.145	1713.603
1573.124	2619.688	1191.067	914.742	885.296	1136.528	1472.308	2182.43
1310.138	1593.906	1729.052	819.965	1381.787	1233.358	999.798	1607.102
847.157	1149.364	1147.961	870.775	956.729	1187.46	1624.889	991.356
1205.611	1453.969	1010.817	1353.406	4076.151	1719.469	2354.578	1011.445
919.947	1198.428	1937.813	1510.85	2493.307	1131.903	1471.721	1255.548
939.302	1114.307	1169.15	1177.326	924.269	2946.517	3939.271	
3574.858	1677.035	823.616	876.042	1495.332	763.427	2684.081	
881.331	1131.725	820.478	773.847	1433.439	669.343	1453.525	
1528.342	905.5	1982.327	2903.96	1004.388	940.464	2595.158	
1206.77	1039.535	1683.169	1296.825	1733.45	1599.774	1382.219	
	1379.457	1036.884	2577.277	965.962	984.116	2407.483	
記憶比較の記憶にある(誤)	3141.741	856.123	1079.838	2485.082	1469.65	2802.177	
2835.776	4485.276	759.79	920.894	1195.734	3673.455	2137.391	
	1360.466	554.574	802.417	1521.073	1122.71	2049.36	
	948.488		1489.794	863.61	1668.62	1736.702	
	905.803		640.442	1067.144	780.121	1536.535	
	1357.709		933.193		1819.058	1765.279	
	1103.393		867.165	記憶比較の記憶にある(誤)	732.326	1926.357	
	2469.248		557.775	1958.085	1116.149	3671.276	
	1063.844		1500.797		1367.188	1771.149	
	898.491		670.23		1655.397	1617.057	
	813.047		1923.105		4584.569	2617.585	
	757.202		1282.984		885.662	6530.758	
	1045.693		1063.177		1019.829	3437.49	
	841.135		1150.413		1687.471	1293.416	
	741.006		722.022		1163.627	1002.054	
	890.93		1949.529		1043.252	2940.388	
	625.081		751.354		1464.428	3044.9	
	532.206		661.727		2124.084	2287.249	
	850.615		512.591		1577.661	3246.583	
	558.095		555.232		761.702	1266.521	
	1221.565		696.657		1501.243	1622.453	
	1179.694		724.858		1702.711	1661.525	
	660.476		635.303		804.937	993.987	
	796.924		1151.958			1151.209	
	1253.199		626.978		記憶比較の記憶にない(誤)	1841.309	
	966.725		7201.99		4812.662	1337.564	
	1552.138					1776.027	
	2135.114		記憶比較の記憶にない(誤)			1396.57	
	890.618		799.928			1672.208	
	781.066					1340.083	
						1141.455	
						1702.142	
						1838.554	
						1474.249	
						1728.64	
						1835.778	

図 A.4 被験者 T.A の全データ

## A.3 被験者 Y.F の全データ

記憶枚数1枚		記憶枚数2枚		記憶枚数3枚		記憶枚数4枚	
記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)
1344.975	437.874	1642.686	631.162	5629.426	1391.702	2954.732	1172.604
570.553	622.117	511.458	400.592	1887.23	792.424	1208.01	1601.485
1708.515	535.737	4023.259	633.898	2228.976	1242.724	2788.268	8516.168
	1061.597	802.351	364.621	1129.645	973.387	2420.247	1026.499
	489.855	1095.726	431.57	1421.6	2295.069	6274.179	1141.34
	486.376	820.188	611.921	904.898	846.271	1980.97	1025.03
	449.308		538.53	4406.686	595.774	3832.168	816.247
	4199.795		794.499	1502.699	763.23	1548.161	1225.682
	423.211		706.676		971.024	1365.654	2161.65
	459.233		1052.815	記憶比較の記憶にある(誤)	759.187	1130.347	1185.231
	530.065		499.052	5522.535	1365.581	1342.656	2512.586
	480.817		531.155		808.401		746.794
	475.006		578.906		540.602	3944.501	1163.278
	541.335		864.73		1342.037		760.236
	3505.544		549.42		844.437		956.124
	636.04		521.401		1049.873		700.903
	542.331		488.361		746.921		862.364
	508.875		635.434		1681.624		1159.848
	575.002		596.774		515.301		936.275
	1299.94		1299.517		503.257		716.153
	400.599		588.091		465.683		1924.149
	250.614		987.578		754.533		2177.554
	384.253		853.977		617.015		772.421
	594.687		571.326		519.717		246.449
	660.651		708.07		468.774		1122.658
	510.68		714.772		1126.928		1027.707
	477.875		604.834		1006.725		1155.908
	1027.006		624.588		1653.205		584.486
	516.599		548.716		871.084		775.053
	779.843		514.844		655.655		756.039
	1902.878		587.255		582.31		1958.721
	896.468		500.021		1595.627		1042.95
	982.221		454.066		807.283		789.819
	725.35		466.608		628.863		1145.253
	732.17		433.854		680.257		579.807
	938.614		811.926		1185.744		785.427
	798.403		2303.151		1087.936		1348.31
	646.238		1773.147		591.829		5813.446
	626.299		319.928		775.769		1252.721
	565.004		549.624		1048.498		4054.646
	691.377		714.518		909.558		1019.513
	807.726		1105.841		978.489		1973.717
	1965.137		960.909		1002.467		702.59
	1196.031		877.711		617.616		2973.642
	746.624		1103.038		1136.595		1166.548
	555.301		1001.402		611.112		3689.732
	285.146		1055.531		456.397		887.646
	234.061		866.015		660.172		
	519.052		701.969		531.019	記憶比較の記憶にない(誤)	
	1044.77		1943.75		875.328		2086.704
	512.554		1356.428		4204.084		
	474.268		671.692				
	641.032		1303.521				
	835.018		776.435				
	545.152						
	958.707						
	687.035						

図 A.5 被験者 Y.F の全データ

記憶枚数6枚		記憶枚数6枚		記憶枚数7枚		上下比較の誤差8枚	
記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	上下比較の上下同じ(正)	上下比較の上下違う(正)
1894.522	1060.357	1679.39	1199.573	1148.061	1071.54	1391.702	5829.426
1058.315	2188.86	874.648	1029.958	6833.077	842.562	792.424	1887.23
910.022	774.964	708.959	1242.737	598.614	908.175	1242.724	2228.976
690.891	633.833	1763.331	684.975	866.123	705.466	973.987	1129.845
647.462	1023.303	870.168	903.736	1017.989	683.822	2295.069	1373.401
861.289	768.596	697.244	959.597	756.473	651.013	846.271	864.321
876.565	1725.055	720.76	800.502	1208.804	1195.92	595.774	1824.796
1220.543	965.273	681.6	1050.003	652.306	947.297	763.23	1502.699
854.703	824.082	1003.408	1965.768	1160.688	801.374	1144.401	5522.535
770.982	1089.276	1648.564	894.5	1891.712	2355.422	869.254	
1204.038	707.202	5055.866	1103.715	1124.265	832.764	4897.44	
738.59	637.352	1325.896	1028.828	661.082	749.676	2491.172	
	721.469		674.429	812.005	1018.164	590.301	
	942.797		2253.918		166.773	2078.585	
記憶比較の記憶にある(誤)		記憶比較の記憶にある(誤)		記憶比較の記憶にある(誤)			
821.922	1016.777	3316.711	973.961	1240.466		2754.877	
812.399	1142.785	1435.087	854.259	1154.386	752.206	5068.735	
690.637	811.418	2274.585	2005.932	5503.674	812.841	746.921	
	727.341	3505.118	3985.818	1186.024	732.157	1881.624	
	684.426	572.131	849.402	2481.03	775.574	515.301	
	2432.141	795.127	915.798	1813.922	4946.588	503.257	
	873.533		636.56	2153.759	3372.442	465.693	
	1564.134		785.825	1726.583	1515.307	754.533	
	766.542		3771.604	1714.183	767.069	617.015	
	810.364		945.767		613.292	519.717	
	852.259		753.399		946.663	469.774	
	685.386		671.509		1044.27	1126.928	
	949.136		991.941		1315.878	1006.725	
	823.064		1878.193		695.572	1653.205	
	623.274		2313.256		2239.819	854.557	
	775.098		1513.834		781.789	628.463	
	641.834		1109.024		939.874	582.31	
	830.696		2499.041		855.901	1595.627	
	850.539		1888.718		797.088	807.283	
	687.287		1536.304		1413.39	628.863	
	1699.46		739.034		772.03	690.257	
	2364.022		1185.304		803.245	1185.744	
	751.15		744.858		802.112	1087.936	
	705.892		3829.44		2516.849	631.619	
	801.295		681.457		1012.959	775.769	
	1392.812		3149.22			1048.498	
	1401.396		1454.775			909.558	
	1065.239					978.488	
	1044.738		記憶比較の記憶にない(誤)			1002.467	
	1454.045		1711.976			617.616	
						1136.595	
	記憶比較の記憶にない(誤)					611.112	
	1103.571					456.397	
						6901.72	
						531.019	
						875.828	
						4204.064	

図 A.6 被験者 Y.F の全データ

## A.4 被験者 T.N の全データ

記憶枚数1枚		記憶枚数2枚		記憶枚数3枚		記憶枚数4枚	
記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)	記憶比較の記憶にある(正)	記憶比較の記憶にない(正)
1556.773	2154.063	8625.929	1308.883	1494.015	1621.828	2463.994	776.136
539.909	1487.818	880.217	718.378	1053.242	731.894	1171.642	1992.274
1398.034	1716.277	3104.464	10633.457	1009.665	1976.43	1194.259	1965.69
	2009.868	1473.509	578.499	1473.644	2037.588	1528.653	896.325
	606.386	960.219	1130.095	746.104	4982.405	3560.476	4517.05
	712.324	747.235	231.123	1229.86	561.253	2804.969	1321.342
	923.871		1456.008	1246.408	1394.013	1997.287	1297.279
	1335.411		2649.518	2510.283	1761.107	5954.204	3645.282
	1389.506		3919.552	3401.192	2202.596	3050.004	1060.626
	579.364		6147.052	4349.22	4349.22	1641.562	1356.292
	563.976		991.673	948.571			2447.817
	889.709		719.567	653.764		記憶比較の記憶にある(誤)	771.383
	1817.363		755.284	1854.062		907.594	4571.681
	555.826		659.778	800.465		709.358	891.383
	2200.149		3882.173	2969.144			3023.014
	708.813		1611.966	914.641			2258.624
	2061.932		3927.012	827.155			658.519
	1198.554		875.922	614.435			7794.791
	1289.535		1068.394	789.244			664.414
	1291.242		578.367	2597.205			3359.605
	461.334		726.828	451.9328			978.417
	540.766		975.337	1360.179			1071.868
	753.216		711.75	1994.115			775.64
	936.508		499.944	1166.236			5520.496
	672.797		595.253	1880.771			2130.904
	749.083		973.337	2167.328			10476.205
	1001.791		700.058	4407.966			443.708
	889.157		748.587	1776.706			1442.264
	1134.307		647.845	679.183			2637.251
	1550.372		1177.005	1534.483			1229.138
	1031.93		449.768	964.605			3160.158
	676.045		687.89	1037.856			1807.641
	679.413		675.073	1695.055			1321.313
	563.56		590.491	682.77			640.594
	723.616		812.606	567.894			1380.815
	567.337		776.637	1431.354			4657.75
	875.634		838.689	693.028			2490.281
	612.537		601.898	1315.516			1955.626
	579.338		624.186	822.449			867.349
	981.511		560.939	610.593			846.001
	844.117		938.824	810.327			896.322
	471.674		694.37	908.854			1322.224
	1369.078		769.547	528.369			1397.855
	692.335		515.766	783.33			1284.121
	459.224		387.069	745.92			528.121
	591.671		579.773	656.864			3020.91
	545.924		633.576	576.467			746.953
	661.91		3981.68	477.153			
	508.492		502.89	536.506			記憶比較の記憶にない(誤)
	721.5		423.084	1276.528			7833.315
	569.404		466.868				
	388.388		391.437			記憶比較の記憶にない(誤)	
	306.03		491.888			6660.733	
	535.474		487.351				
	287.188						
	562.027						
	524.185						

図 A.7 被験者 T.N の全データ

