

平成 14 年度

修士学位論文

# 画像再認課題において正確性と 高速応答を考慮した刺激呈示方法

The stimulus presentation method for an accurate  
and quick response in a image reconfirmation task

1055109 東野泰幸

指導教員 篠森敬三

2003 年 1 月 31 日

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻  
情報システム工学コース



# 要 旨

## 画像再認課題において正確性と 高速応答を考慮した刺激呈示方法

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。

その作業方法を求めるために、呈示されたパターンを比較あるいは再認して、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を、作業の定義とした。そして作業効率を反応時間 (reaction time : RT) と正答率 (hit rate : HR) から判断する。

今回の実験では、特に人間によるパターンの比較作業において、「記憶を用いないで直接比較する場合において、一度に扱う枚数が多くなったときの影響」、「記憶を利用した再認の場合、多数の画像を一度に記憶することによる、作業中の記憶の劣化」、「記憶する枚数を、段階的に増加させたときと、一度に増加させたときの違い」の影響について検討し、さらに主成分分析により、実験手法や被験者の優劣を分析した。

今回の実験によりインターフェイスの作業効率には、「一度に扱う個数」、「呈示方法」、「トレーニング効果」、「ユーザ特性」が相互に影響していることがわかった。

よって画像再認を行うインターフェイスにおいては、単純にパターン直前呈示を行ったり、直接比較を行えば、RT や HR が良くなるというものではないことが明らかとなった。

キーワード 応答時間, インターフェイス, 判断条件, 画像再認課題



# Abstract

The stimulus presentation method for an accurate and quick response in a image reconfirmation task

Yasuyuki Higashino

In order to design the interface which is easy to use, it is important that it is easy to identify. And the accuracy and processing speed when working are also important. When it has the specific information-processing purpose, some work methods are possible. And the optimal work method should exist at least experientially.

In order to search for the optimal work method, the work definition of this experiment was specified. It compares or reconfirms the shown pattern according to the specified judgment conditions. And the shown pattern judges whether it is the target pattern. And working efficiency is judged from reaction time (reaction time: RT) and a percentage of correct answers (hit rate : HR).

In the experiment at this time, I considered the work which compares the pattern which man performs about the following contents. First, when the shown image is directly compared without a user's using memory, If he has too much the image used at a stretch, what kind of influence can it have? Next, when a user does a image reconfirmation subject using memory, If many images were memorized at once, while performing a image reconfirmation task, doesn't memory deteriorate? Finally, What kind of influence does the difference between two conditions have? (1)When the number of images memorized gradually is made to increase .(2)When the number of images memorized at a stretch is made to increase . Furthermore, the experiment method and

subject capacity were analyzed using principal component analysis.

It turned out that the following items have influenced mutually at the working efficiency of an interface. "The number used at a stretch" ."The presentation method" ."The training effect" ."User property" .

In the interface which performs image reconfirmation .

It became clear that it is not that RT and HR become good by "A pattern is shown immediately before" and "A pattern is compared on that spot".

***key words*** Reaction Time, Interface, judgement condition, image reconfirmation task

# 目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	実験目的	1
1.2	再生と再認	3
1.2.1	再認	3
1.2.2	再生	3
1.3	反応時間 (Reaction Time) について	3
1.3.1	反応時間 (RT) の定義とは	4
1.3.2	反応時間の規定要因	5
1.3.3	判断系の規定要因	5
1.3.4	速さと正確さのトレードオフ	6
1.3.5	運動系の規定要因	7
1.3.6	反応の左右差	8
第 2 章	実験方法	9
2.1	実験プログラム	9
2.2	実験刺激	10
2.3	実験環境	11
2.4	実験全体の説明	13
2.5	(1) 条件：上下同時比較 (上下同じ組み合わせは 20 回中,1~7 枚)	15
2.6	(2) 条件：周辺同時比較 (周辺呈示枚数は 1~12 枚)	16
2.7	(3) 条件+1：記憶比較+1 (記憶画像の増加は+1 枚:記憶枚数は 1~7 枚)	18

2.8	(3) 条件 <sub>+n</sub> : 記憶比較 <sub>+n</sub> (記憶画像の増加は <sub>+n</sub> 枚:記憶枚数は1~5,7枚) . . . . .	19
2.9	(4) 条件 <sub>+1</sub> : 直前呈示記憶比較 <sub>+1</sub> (記憶画像の増加は <sub>+1</sub> 枚:記憶する枚数は1~7枚) . . . . .	20
2.10	(4) 条件 <sub>+n</sub> : 直前呈示記憶比較 <sub>+n</sub> (記憶画像の増加は <sub>+n</sub> 枚:記憶する枚数は1~5,7枚) . . . . .	21
<b>第3章</b>	<b>実験結果:RT と枚数変化</b>	<b>23</b>
3.1	(1) 条件 <sub>(2)</sub> 条件 : 同時比較法の結果 . . . . .	23
3.1.1	被験者 YHS の場合 . . . . .	23
3.1.2	被験者 SI の場合 . . . . .	24
3.1.3	被験者 RO の場合 . . . . .	25
3.1.4	被験者 RK の場合 . . . . .	26
3.1.5	被験者 TN の場合 . . . . .	27
3.1.6	被験者 YHG の場合 . . . . .	28
3.1.7	被験者 MK の場合 . . . . .	29
3.2	(3) <sub>+1</sub> 条件,(3) <sub>+n</sub> 条件 : 直前呈示なしの記憶比較の結果 . . . . .	30
3.2.1	被験者 YHS の場合 . . . . .	30
3.2.2	被験者 SI の場合 . . . . .	31
3.2.3	被験者 RO の場合 . . . . .	32
3.2.4	被験者 RK の場合 . . . . .	33
3.2.5	被験者 TN の場合 . . . . .	34
3.2.6	被験者 YHG の場合 . . . . .	35
3.2.7	被験者 MK の場合 . . . . .	36
3.3	(4) <sub>+1</sub> 条件,(4) <sub>+n</sub> 条件 : 直前呈示あり記憶比較法の結果 . . . . .	37
3.3.1	被験者 YHS の場合 . . . . .	37

3.3.2	被験者 SI の場合 . . . . .	38
3.3.3	被験者 RO の場合 . . . . .	39
3.3.4	被験者 RK の場合 . . . . .	40
3.3.5	被験者 TN の場合 . . . . .	41
3.3.6	被験者 YHG の場合 . . . . .	42
3.3.7	被験者 MK の場合 . . . . .	43
<b>第 4 章</b>	<b>実験結果:RT と正答率</b>	<b>45</b>
4.1	(1) 条件,(2) 条件:同時比較法の結果 . . . . .	46
4.1.1	被験者 YHS の場合 . . . . .	46
4.1.2	被験者 SI の場合 . . . . .	47
4.1.3	被験者 RO の場合 . . . . .	48
4.1.4	被験者 RK の場合 . . . . .	49
4.1.5	被験者 TN の場合 . . . . .	50
4.1.6	被験者 YHG の場合 . . . . .	51
4.1.7	被験者 MK の場合 . . . . .	52
4.2	(3)+1 条件,(3)+n 条件:直前呈示なし記憶比較の結果 . . . . .	53
4.2.1	被験者 YHS の場合 . . . . .	53
4.2.2	被験者 SI の場合 . . . . .	54
4.2.3	被験者 RO の場合 . . . . .	55
4.2.4	被験者 RK の場合 . . . . .	56
4.2.5	被験者 TN の場合 . . . . .	57
4.2.6	被験者 YHG の場合 . . . . .	58
4.2.7	被験者 MK の場合 . . . . .	59
4.3	(4)+1 条件,(4)+n 条件:直前呈示あり記憶比較の結果 . . . . .	60
4.3.1	被験者 YHS の場合 . . . . .	60

4.3.2	被験者 SI の場合 . . . . .	61
4.3.3	被験者 RO の場合 . . . . .	62
4.3.4	被験者 RK の場合 . . . . .	63
4.3.5	被験者 TN の場合 . . . . .	64
4.3.6	被験者 YHG の場合 . . . . .	65
4.3.7	被験者 MK の場合 . . . . .	66
<b>第 5 章</b>	<b>主成分分析の結果</b>	<b>67</b>
5.1	主成分分析 . . . . .	67
5.2	第 1 主成分 . . . . .	68
5.3	第 2 主成分 . . . . .	72
5.4	第 3 主成分 . . . . .	76
5.5	その他の主成分 . . . . .	82
<b>第 6 章</b>	<b>考察</b>	<b>83</b>
6.1	直接比較の考察 . . . . .	83
6.1.1	(1) 条件：上下同時比較 . . . . .	83
6.1.2	(2) 条件：周辺同時比較 . . . . .	83
6.2	直前呈示がない場合の記憶比較 . . . . .	84
6.2.1	(3)+1 条件：記憶比較法 + 1 (直前呈示なし) . . . . .	84
6.2.2	(3)+n 条件：記憶比較法 + n (直前呈示なし) . . . . .	84
6.3	直前呈示がある場合の記憶比較 . . . . .	85
6.3.1	(4)+1 条件：記憶比較法 + 1 (直前呈示あり) . . . . .	85
6.3.2	(4) 条件+n：記憶比較法 + n (直前呈示あり) . . . . .	85
6.4	判断の違いによる RT の差についての考察 . . . . .	86
<b>第 7 章</b>	<b>結論</b>	<b>87</b>

目次

謝辭

89

参考文献

91



# 目次

1.1	反応時間と運動時間	4
2.1	呈示パターン	11
2.2	呈示画面の例	11
2.3	実験ブースのレイアウト	12
2.4	実験手法のフロー図	14
2.5	(1) 条件の実験刺激の呈示	16
2.6	(2) 条件：周辺同時比較 (周辺呈示枚数 8 枚のとき) の刺激呈示画面の例	17
3.1	被験者 YHS : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数	23
3.2	被験者 SI : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数	24
3.3	被験者 RO : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数	25
3.4	被験者 RK : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数	26
3.5	被験者 TN : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数	27
3.6	被験者 YHG : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数	28
3.7	被験者 MK : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数	29
3.8	被験者 YHS : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)	30
3.9	被験者 SI : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)	31
3.10	被験者 RO : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)	32
3.11	被験者 RK : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)	33
3.12	被験者 TN : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)	34
3.13	被験者 YHG : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)	35
3.14	被験者 MK : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)	36
3.15	被験者 YHS : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)	37

3.16	被験者 SI : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)	38
3.17	被験者 RO : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)	39
3.18	被験者 RK : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)	40
3.19	被験者 TN : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)	41
3.20	被験者 YHG : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)	42
3.21	被験者 MK : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)	43
4.1	被験者 YHS : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)	46
4.2	被験者 SI : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)	47
4.3	被験者 RO : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)	48
4.4	被験者 RK : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)	49
4.5	被験者 TN : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)	50
4.6	被験者 YHG : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)	51
4.7	被験者 MK : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)	52
4.8	被験者 YHS : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)	53
4.9	被験者 SI : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)	54
4.10	被験者 RO : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)	55
4.11	被験者 RK : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)	56
4.12	被験者 TN : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)	57
4.13	被験者 YHG : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)	58
4.14	被験者 MK : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)	59
4.15	被験者 YHS : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)	60
4.16	被験者 SI : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)	61
4.17	被験者 RO : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)	62
4.18	被験者 RK : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)	63
4.19	被験者 TN : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)	64

4.20	被験者 YHG : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)	65
4.21	被験者 MK : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)	66
5.1	第 1 主成分係数	68
5.2	YHG 第 1 主成分	69
5.3	MK 第 1 主成分	70
5.4	YHS 第 1 主成分	70
5.5	RK 第 1 主成分	70
5.6	RO 第 1 主成分	71
5.7	TN 第 1 主成分	71
5.8	SI 第 1 主成分	71
5.9	第 2 主成分係数	72
5.10	SI 第 2 主成分	73
5.11	RO 第 2 主成分	73
5.12	MK 第 2 主成分	73
5.13	TN 第 2 主成分	74
5.14	YHG 第 2 主成分	74
5.15	YHS 第 2 主成分	74
5.16	RK 第 2 主成分	75
5.17	第 3 主成分係数 1,2,3 枚	76
5.18	第 3 主成分係数 4,5,7 枚	76
5.19	YHS 第 3 主成分 1,2,3 枚	78
5.20	RO 第 3 主成分 1,2,3 枚	78
5.21	YHG 第 3 主成分 1,2,3 枚	78
5.22	SI 第 3 主成分 1,2,3 枚	78
5.23	RK 第 3 主成分 1,2,3 枚	79

5.24 MK 第3主成分 1,2,3 枚 . . . . .	79
5.25 TN 第3主成分 1,2,3 枚 . . . . .	79
5.26 YHS 第3主成分 4,5,7 枚 . . . . .	80
5.27 MK 第3主成分 4,5,7 枚 . . . . .	80
5.28 YHG 第3主成分 4,5,7 枚 . . . . .	80
5.29 RO 第3主成分 4,5,7 枚 . . . . .	80
5.30 TN 第3主成分 4,5,7 枚 . . . . .	81
5.31 SI 第3主成分 4,5,7 枚 . . . . .	81
5.32 YHS 第3主成分 4,5,7 枚 . . . . .	81
5.33 RKO 第3主成分 4,5,7 枚 . . . . .	81

# 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、わかりやすく、扱いやすく、操作を間違えにくいもので、さらに操作自体が速やかに行えるものであると考える。使いやすいインターフェイスを設計する上では、利用するとき単に見やすいというだけではなく、作業における正確性や作業速度もまた重要である。ユーザがある特定の情報処理を行う時において、いくつかの作業方法から 1 つを選択することが可能であり、複数の作業方法の中で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。

その作業方法を求める一例として、本実験では呈示されたパターンを比較あるいは再認して、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を題材として取り上げ、それを今回の研究の作業定義とした。そして作業効率を反応時間 (reaction time : RT) と正答率 (hit rate : HR) から判定することにした。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、かかる時間が少なく、作業の結果が正しい作業である。

ここで取り上げる作業課題は、呈示されたパターンを見て、それが目的のパターンであるのか、または違うパターンなのかを判定することである。そのための作業方法として、「記憶を全く用いないで、画面上に同時に呈示されたテストパターンと参照パターンを直接比較する」という方法 (上下同時比較) と、「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) を想定した。これらの手法を基本として、いくつか条件を変えて実験を行った。

以前行った卒業研究では、記憶を利用したパターン比較と、記憶を利用しないで直接見比

べるパターン比較を行った。これにより異なった情報処理系で同じパターンを比較する作業を行うとき、どの程度までなら記憶した方が有利なのだろうか。その画像数を求めるために、あらかじめ記憶させた画像が呈示されている画像と同じか、否かを判断させることを目的とした画像再認課題を行った。そのときの研究結果では、直接パターンを比較するときと比べて、RT が速くなる部分もあったが、いずれも HR の減少が認められた。これは、正確性を優先させるために、時間を多くかけたり、逆に正確性を犠牲にして処理速度を保とうとするようなトレードオフ、あるいは憶えたパターンが作業中に劣化していること、が関与していると推定された。

そこで今回の実験では、さらに一歩進めて人間によるパターンの比較という作業において、ユーザが作業に必要な画像を、(1)「記憶を用いないで直接比較する場合において、一度に扱う枚数が多くなったときの影響」、(2)「記憶を利用した再認の場合、多数の画像を一度に記憶することによる、作業中の記憶の劣化」、(3)「記憶する枚数を、段階的に増加させたときと、一度に増加させたときの違い」の影響について検討した。さらに主成分分析により、実験手法や被験者の優劣を分析した。また、記憶の劣化を補修するためのアイデアとして、(4)「記憶を利用した再認の場合に、再認課題の直前に記憶する画像を毎回呈示する場合の効果」について検討した。なお、今回の実験において、パターン記憶の処理課題をより重視する観点から、刺激の命名が困難であるパターンを使用することで、言語記憶の影響を最小にするように工夫した。これにより、呈示される刺激を言葉で覚えてラベリングすることが困難であるため、被験者は刺激を言葉ではなくイメージとして扱うことになる。逆にもしラベリングして刺激画像を扱ってしまうと、実験においては単に言葉の操作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ことになる。

今回の実験結果より、ここで定めた作業において効率よく作業するためには、ユーザの個人特性により、どのような画像情報をどの程度までならば憶えた方が良いのか、あるいはどの程度までなら直接比較したほうが良いのか、というデータをこの実験で求める。集計された結果からは、主成分分析によってユーザーのオペレーターとしての優劣や特性を明らかにし、個人にとって最適なインターフェイスを考案するための基礎的なデータを提供する。

## 1.2 再生と再認

この研究に関する過去の研究については参考文献の海保博之・加藤 隆,「認知研究の技法」,(1999)<sup>[1]</sup> に詳しいので以下に要約して引用する.

### 1.2.1 再認

再認は,前に提示された項目を,与えられた紛らわしい選択肢の中から選ぶ課題である.または,次々と提示される項目が前に経験したものであるかどうかを判断する課題である.材料はすでに存在しているので,被験者は,項目を記憶貯蔵庫から呼び出す必要はなく,提示されたものが記憶の中にある特定の項目であるかどうかを判断するだけでよい.例えば,「鎌倉幕府が開設されたのは」,「(1) 1185 年 (2)1192 年 (3)1198 年 (4)1333 年」のうちどれかを選択する多肢選択課題,あるいは,それが「1192 年」で正しいかどうかを答えるイエス・ノー課題は,共に再認課題である.

### 1.2.2 再生

再生は,前に経験した刺激そのものはそこに与えられていない条件のもとで,その刺激を再現する課題である.同じ再生でも,その項目と対になっている項目が与えられての再生,いくつかの項目を順番に想起していく再生,あるいは「かいほひろゆき」に対して「かき」のように,その一部分が与えられている再生は,想起のために何らかの手がかりが存在する再生なので,手がかり再生 (cued recall) と呼ばれる.

## 1.3 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>[2]</sup> に詳しいので以下に要約して引用する.

### 1.3.1 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。

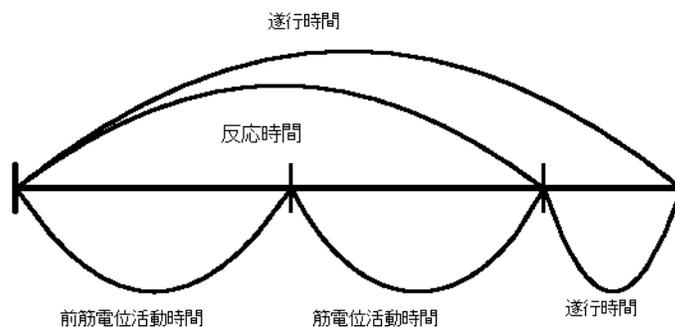


図 1.1 反応時間と運動時間

### 1.3.2 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。

### 1.3.3 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。

### 1.3.4 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)。

#### 1.3.5 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.

### 1.3.6 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「PC (パソコン工房 Anfis 1500 Pentium4 1.5GHz)」, 実験刺激を呈示するためのモニターは「FD トリニトロン CPD-420 (SONY)」を使用した。本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 (周辺同時比較のみ違う)。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、ひとつ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>[3]</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程度であるため、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った。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くとそれだけで判断できる。つまり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ので、雪の結晶の大きさを調整して同じにした。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だ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 9.5cm, 各刺激の誤差は 0.3cm 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 110cm. 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実験では, 図 2.2 のように一定の位置に呈示され, 刺激と刺激の間は 3cm ほど離れている.(周辺同時比較のみ違う)



図 2.1 呈示パターン

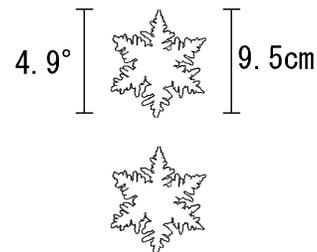


図 2.2 呈示画面の例

## 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  $270 \text{cm} \times 230 \text{cm} \times 180 \text{cm}$  (奥行き  $\times$  幅  $\times$  高さ) の大きさで, その中に  $180 \text{cm} \times 160 \text{cm} \times 65 \text{cm}$  (奥行き  $\times$  幅  $\times$  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。

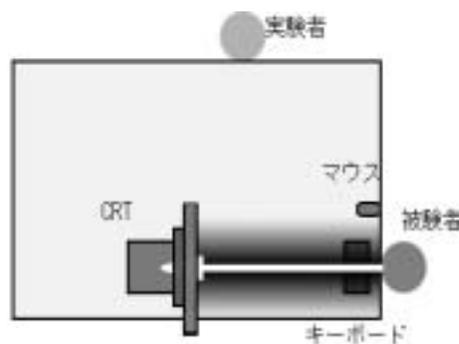


図 2.3 実験ブースのレイアウト

## 2.4 実験全体の説明

実験は 21 歳から 24 歳の男性,6 名と 30 歳の男性 1 名の計 7 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, 操作インターフェイスの説明, 判断条件の説明, 被験者としての心構えの説明を行った. 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」という最大遂行条件を提示した. 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, 最大遂行で行われるようにしておきたい. 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.

操作インターフェイスの説明は, 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 つだけであると説明し, 「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 0.5 秒間おき, その後に実験刺激を出す. この 0.5 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でデータを取る。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 n 回行う。これにより、n\*20 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をしておく。例えばこの実験は 1 セッション、10 分ほど (暗順応時間を除く) で終了するが 1 日に 6,7 回程度まで (合計 1 時間前後) 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ときにデータを取る」、「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。

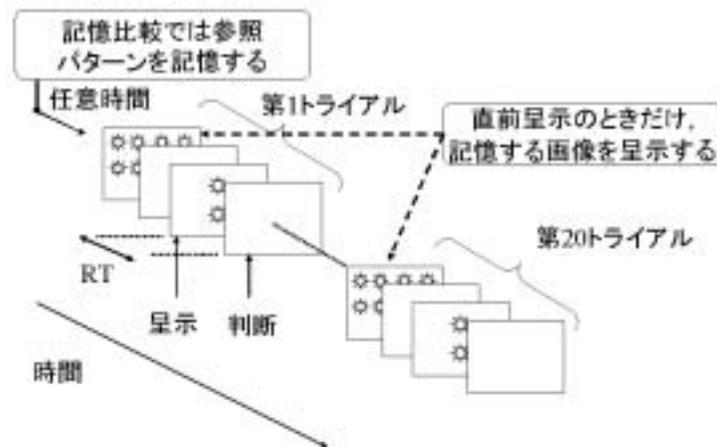


図 2.4 実験手法のフロー図

## 2.5 (1) 条件：上下同時比較

### (上下同じ組み合わせは 20 回中,1~7 枚)

人間がパターン比較作業をする時に、比較対象が目の前にあり、互いにあまり離れてはいない場所に呈示されている場合、いったいどのくらいの処理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、被験者が一定の位置から、呈示されたパターンを見て、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った。それに必要な反応時間 (RT) と正答率を測定した。

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。しかし、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よそ  $5^\circ$  以内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、純粋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。

この実験では、1 回の実験で被験者に 20 回ほどの判断をしてもらう。1 回の実験で刺激呈示回数 20 回中、セッションごとに上下同じものが呈示される回数が 1~7 回と変化させている。ただし、上下同じ組み合わせが変化すると、それぞれのセッションの刺激の呈示順序は変化する。そして、各上下同じ枚数ごとに 3 回、実験を行いデータを採取した。(例：上下同じ組の数 7 回  $20 \times 3 = 60$  点で 1 つのデータ点となる)

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

いると最初の方で規定回数, 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. よって, 実験者は被験者に聞かれても枚数については答えず, 常に上下で判断するように指示した.

実験 1 の実験の流れを以下に示す.

- (1) 実験ブースに入る.
- (2) 実験に関する説明
- (3) 暗順応を行う.(5 分間)
- (4) 実験刺激になれる.(1 分間)
- (5) リターンキーを押す.(実験開始)
- (6) スペースキーを押す.
- (7) 先行警告音が鳴る.
- (8) 刺激呈示 (先行警告音の 5 秒後)
- (9) 上下の画像を認識する.
- (10) 認識結果に従い, マウスを押す.
- (11) 実験終了

(6) から (10) を 20 回繰り返すと,  
1 回のセッションが終了する.

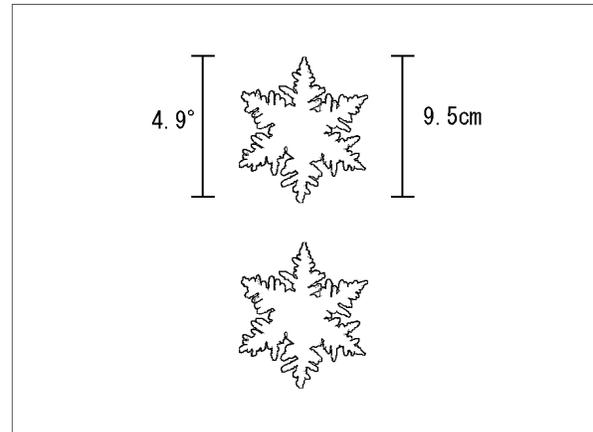


図 2.5 (1) 条件の実験刺激の呈示

## 2.6 (2) 条件 : 周辺同時比較 (周辺呈示枚数は 1~12 枚)

人間は, 目の前にあるものを比較するとき, 比較対象が複数あるときは視線を移動しながら, 目的の画像を探そうとするはずである. 比較する処理に必要な時間は, 画像の複雑度が関係しているが, その多くは視線移動の回数と距離によって決定する. この実験で与えられる判断条件は「CRT 上の中央に表示された画像が, 周辺に呈示された複数の画像の 1 つと同じである, と判断したらマウスの左ボタンを押し, 周辺に同じものはない, と判断したら右ボタンを押し」というものである. なお (1) 条件 : 上下同時比較との違いは, 基準となる画像 ((2)

条件では以後、中央呈示画像) が画面の中央に呈示され、その比較対象 ((2) 条件では以後、周辺呈示画像) が複数個あるという点にある。これにより、この作業において被験者が一度に扱う画像枚数は、中央呈示画像が 1 枚、それと周辺呈示画像が 1~12 枚で、最低で 2 枚、最高で 13 枚になる。この (2) 条件では、周辺に 12 ヶ所の呈示可能場所があるが、それらの出現確率は、中央呈示画像と同じものが周辺呈示画像にあるかどうかに関わらず、均等になるように制御してある。これは視線移動に、おかしな偏りを発生させないためである。そして、周辺に何枚呈示されようとも、中央呈示画像と同じものは最高で 1 枚しかない。つまり、周辺に 10 枚呈示されているときに、中央に呈示された画像と同じものが 4 枚あるということはない。これにより、視線移動で偏った方向のみを見るようなことはなくせた。中央呈示画像と周辺呈示画像の 1 枚が同じである回数は 20 回中 10 回で固定されており、周辺呈示画像は 12 ヶ所のどこかに呈示されるのだが、それは 1 回の実験全体を見ると均等になるように配置されている。これにより、被験者がどのような視線移動をしても、すぐに作業が終わっても、周辺呈示枚数が同じ状況のときならば、全体を見れば均等な作業になっているはずである。

この実験では他の実験と呈示される画像のサイズが多少違う。それは、画面上に最大 13 枚呈示させるためには、他の実験と同じ刺激サイズでは表示しきれなかったためである。この変更点が、結果にどのような影響を与えるかは不明であるが、この実験の、中央に 1 枚、周辺に 1 枚の計 2 枚の呈示状況と、(1) 条件：上下同時比較との R T の差がどの被験者でも大差なかったため、それほど大きな影響はないものと考えられる。

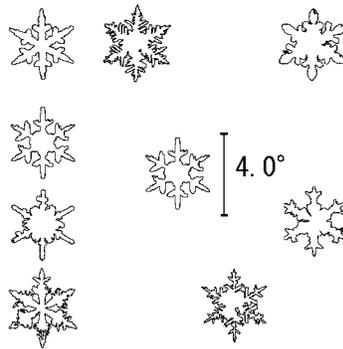


図 2.6 (2) 条件：周辺同時比較 (周辺呈示枚数 8 枚のとき) の刺激呈示画面の例

## 2.7 (3) 条件+1：記憶比較+1

### (記憶画像の増加は+1 枚:記憶枚数は 1~7 枚)

人間は目の前にあるものと、以前に憶えたものを比較するとき、決められた判断をして何か行動するには、どのくらいの時間が必要なのだろうか。そしてそれは正確なのだろうか。

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、比較処理に要する反応時間 (RT) と正答率 (HR) を測定する。

(3) 条件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、実験開始前に憶えた  $n$  枚の画像の内のひとつである、と判断したらマウスの左ボタンを押し、憶えたものではないと、判断したら右ボタンを押し」というものである。なおあらかじめ、被験者には一度呈示された画像は、もう一度出現しないと説明してある。しかし、気分的にはいつも同じ状態で行うように指示した。

(3) 条件の実験では、他の実験との差異を減らすために、(1) 条件と同じ呈示位置に、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、(3) 条件の場合は、上下を見比べる必要はなく、間違っても視線移動に要する時間が発生すると処理が複雑になりすぎる。そこ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、あらかじめ決めた  $n$  枚 ( $n=1 \sim 7$ ) を、目の前に置いたラップトップで憶えてもらう。被験者が憶えたと判断できるまで、多少の時間をかける。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 1,2,3,4,5,6,7 枚と、それぞれ行って、記憶するパターンは 1 枚ずつ増加するようにした。つまり、一度憶えた画像をもう一度憶え、それに新たに 1 枚記憶する画像を追加する形式をとった。これにより、各実験の被験者に対する記憶の負荷は、実験の順にしたがい増加するが、負荷は+1 程度となる。ただし、記憶枚数が変わると、それぞれのセッションの刺激の呈示順序は変化する。

(3) 条件+1 の実験の流れを以下に示す.

- (1) 実験ブースに入る.
- (2) 実験に関する説明
- (3) 暗順応を行う.(5 分間)
- (4) 実験刺激になれる.(1 分間)
- (5) 記憶する画像を呈示.(被験者は画像を記憶する)
- (6) リターンキーを押す.(実験開始)
- (7) スペースキーを押す.
- (8) 先行警告音が鳴る.
- (9) 刺激呈示 (先行警告音の 5 秒後)
- (10) 画面上の画像を認識する.
- (11) 認識結果に従い, マウスを押す.
- (12) 実験終了

(7) から (11) を 20 回繰り返して, 1 回の実験が終了する.

## 2.8 (3) 条件+n：記憶比較+n

(記憶画像の増加は+n枚:記憶枚数は1~5,7枚)

この実験は基本的には,(3) 条件+1:記憶比較+1 と大きな差はありません. 唯一の変更点は,(3) 条件+1 が一度に記憶する枚数は, 段階的に増加していき, その負荷は順を追って+1枚されるところを,(3) 条件+n では, 記憶する枚数は 1,2,3,4,5 , 7 枚 (6 枚は, 作成した画像の枚数の都合上, 実験を行えなかった) と, それぞれ行って, 前のセッションで憶えた画像は, 呈示される画像としては, 同じ実験中には再度呈示されないようにした. つまり, 記憶枚数が増えるにしたがって, 一度に記憶する枚数が増加し, 記憶に対する負荷が激増することになる. 最大で 7 枚の画像を憶えることになる. さらに一度憶えた画像をもう一度覚えるような, 記憶の重複が起きないように設定を考慮した. 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、記憶枚数が変わると、それぞれのセッションの刺激の呈示順序は変化する。

## 2.9 (4) 条件+1：直前呈示記憶比較+1

### (記憶画像の増加は+1枚:記憶する枚数は1~7枚)

この(4)条件+1は、基本的には(3)条件+1(記憶比較+1)とほとんど変わりません。大きな変更点は、記憶する枚数が7枚もあると、「憶えきれない」、「作業中に忘れてしまう」といった状態になり、記憶が劣化する現象が起きるかもしれない。それならば直前に見たものな、らそれほど記憶は劣化しないだろうと考えた。そこで、セッション開始前に画像を記憶させ、さらに記憶した画像を、被験者が判断作業を行う前に再度呈示する実験を行った。

(4)条件+1の実験の流れを以下に示す。

- (1) 実験ブースに入る。
- (2) 実験に関する説明
- (3) 暗順応を行う。(5分間)
- (4) 実験刺激になれる。(1分間)
- (5) 記憶する画像を呈示。(被験者は画像を記憶する)
- (6) リターンキーを押す。(実験開始)
- (7) 記憶する画像を呈示する。(被験者は記憶の補修を行う)
- (8) スペースキーを押す。
- (9) 先行警告音が鳴る。
- (10) 刺激呈示(先行警告音の5秒後)
- (11) 画面上の画像を認識する。
- (12) 認識結果に従い、マウスを押す。
- (13) 実験終了

(7)から(12)を20回繰り返して、1回の実験が終了する。

## 2.10 (4) 条件+n: 直前呈示記憶比較+n

### (記憶画像の増加は+n枚:記憶する枚数は1~5,7枚)

この(4)条件+nは、基本的には(3)条件+n(記憶比較+n)とほとんど変わりません。大きな変更点は、記憶する枚数が7枚もあると、「憶えきれない」、「作業中に忘れてしまう」といった状態になり、記憶が劣化する現象が起きるかもしれない。それならば直前に見たものな、らそれほど記憶は劣化しないだろうと考えた。そこで、セッション開始前に画像を記憶させ、さらに記憶した画像を、被験者が判断作業を行う前に再度呈示する実験を行った。



## 第3章

# 実験結果:RT と枚数変化

### 3.1 (1) 条件,(2) 条件 : 同時比較法の結果

#### 3.1.1 被験者 YHS の場合

(1) 条件,(2) 条件 (同時比較法) より得られたデータを上下同じ組み合わせの数, および周辺呈示枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した. (1) 条件,(2) 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に上下同じ組の回数と周辺呈示枚数をとった.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした.

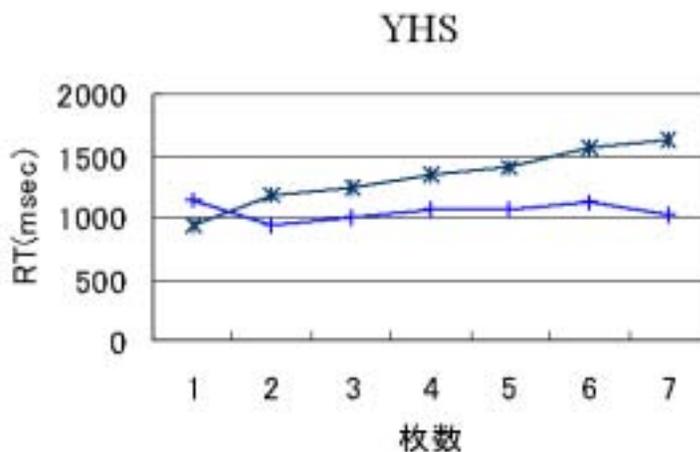


図 3.1 被験者 YHS : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数

上記のグラフより以下のことがわかる. (1) 条件において, 20 回中の上下同じ組の回数に変化しても, 反応に要する時間はさほど変化しない. (2) 条件 (周辺同時比較) では, RT は周辺呈示枚数が増加すると増加する.

### 3.1.2 被験者 SI の場合

(1) 条件,(2) 条件 (同時比較法) より得られたデータを上下同じ組み合わせの数, および周辺呈示枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した. (1) 条件,(2) 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に上下同じ組の回数と周辺呈示枚数をとった.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした.

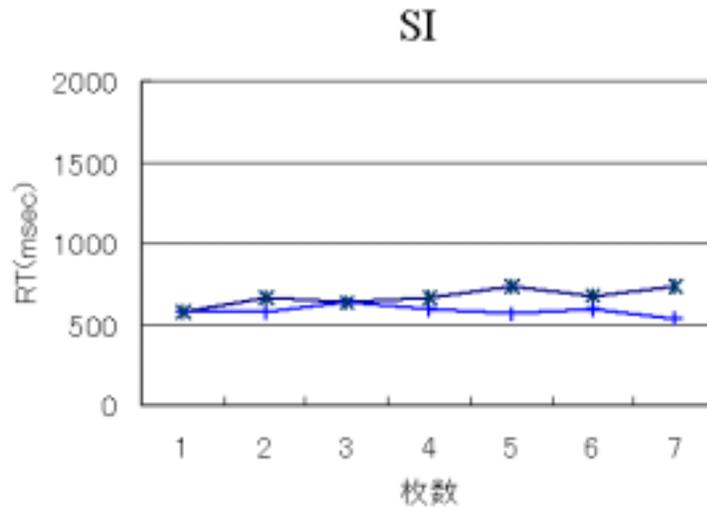


図 3.2 被験者 SI : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数

上記のグラフより以下のことがわかる. (1) 条件において,20 回中の上下同じ組の回数に変化しても, , 反応に要する時間はさほど変化しない. (2) 条件 (周辺同時比較) では,RT は周辺呈示枚数が増加しても RT は増加しない.

### 3.1.3 被験者 RO の場合

(1) 条件,(2) 条件 (同時比較法) より得られたデータを上下同じ組み合わせの数, および周辺呈示枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した. (1) 条件,(2) 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に上下同じ組の回数と周辺呈示枚数をとった.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした.

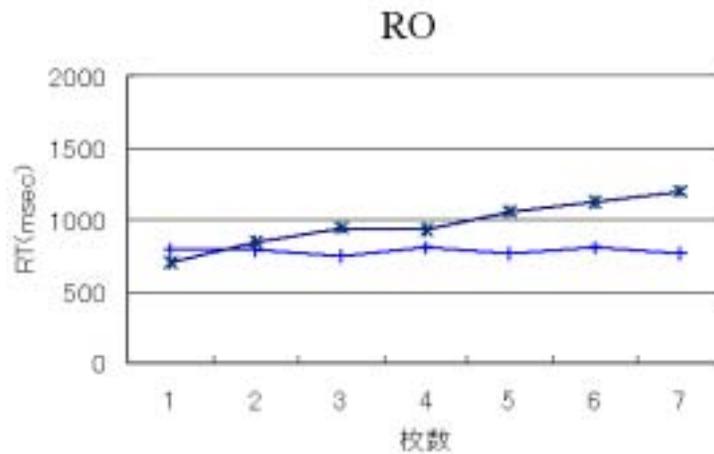


図 3.3 被験者 RO : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数

上記のグラフより以下のことがわかる. (1) 条件において, 20 回中の上下同じ組の回数に変化しても, , 反応に要する時間はさほど変化しない. (2) 条件 (周辺同時比較) では, RT は周辺呈示枚数が増加すると増加する.

### 3.1.4 被験者 RK の場合

(1) 条件,(2) 条件 (同時比較法) より得られたデータを上下同じ組み合わせの数, および周辺呈示枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した. (1) 条件,(2) 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に上下同じ組の回数と周辺呈示枚数をとった.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした.

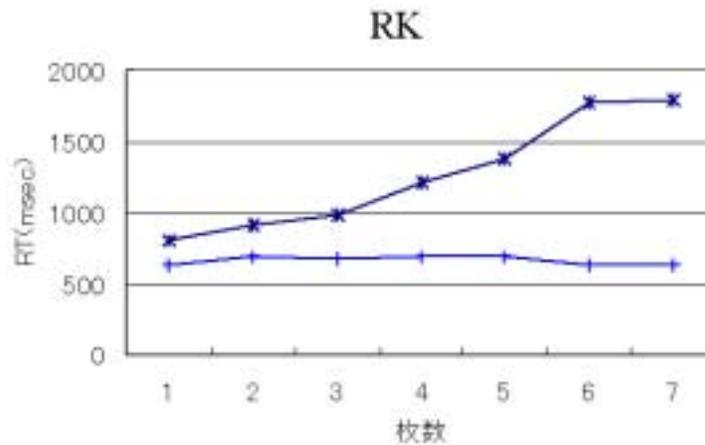


図 3.4 被験者 RK : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数

上記のグラフより以下のことがわかる. (1) 条件において, 20 回中の上下同じ組の回数に変化しても, 反応に要する時間はさほど変化しない. (2) 条件 (周辺同時比較) では, RT は周辺呈示枚数が増加すると増加する.

### 3.1.5 被験者 TN の場合

(1) 条件,(2) 条件 (同時比較法) より得られたデータを上下同じ組み合わせの数, および周辺呈示枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した. (1) 条件,(2) 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に上下同じ組の回数と周辺呈示枚数をとった.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした. 上記のグラフより以下のこと

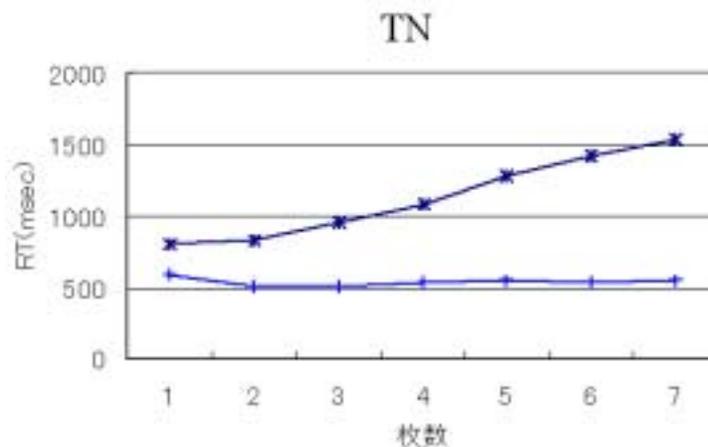


図 3.5 被験者 TN : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数

がわかる. (1) 条件において,20 回中の上下同じ組の回数が増加しても, , 反応に要する時間はさほど変化しない. (2) 条件 (周辺同時比較) では,RT は周辺呈示枚数が増加すると増加する.

### 3.1.6 被験者 YHG の場合

(1) 条件,(2) 条件 (同時比較法) より得られたデータを上下同じ組み合わせの数, および周辺呈示枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した. (1) 条件,(2) 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に上下同じ組の回数と周辺呈示枚数をとった.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした.

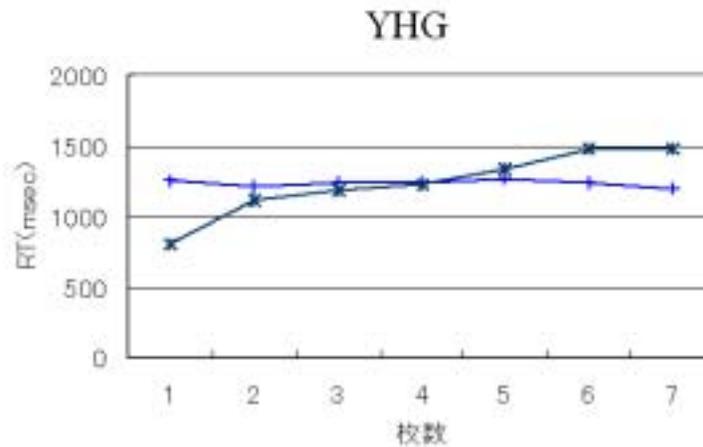


図 3.6 被験者 YHG : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数

上記のグラフより以下のことがわかる. (1) 条件において, 20 回中の上下同じ組の回数に変化しても, , 反応に要する時間はさほど変化しない. ただし, 上下違う組の数が 1 回のときのみ RT がやや小さい. (2) 条件 (周辺同時比較) では, 周辺呈示枚数が 4 枚までは, ほとんど RT は変わらない. 5 枚目から, は周辺呈示枚数が増加すると, RT が増加する.

### 3.1.7 被験者 MK の場合

(1) 条件,(2) 条件 (同時比較法) より得られたデータを上下同じ組み合わせの数, および周辺呈示枚数の変化に伴う RT の変化を示すためにグラフで表示した. (1) 条件,(2) 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に上下同じ組の回数と周辺呈示枚数をとった.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした.

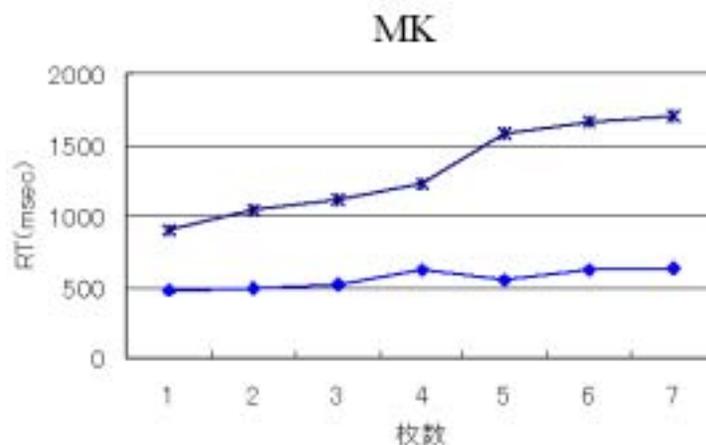


図 3.7 被験者 MK : RT と上下同じ組み合わせの数, 周辺呈示枚数

上記のグラフより以下のことがわかる. (1) 条件において,20 回中の上下同じ組の回数に変化しても, , 反応に要する時間はさほど変化しない. (2) 条件 (周辺同時比較) では,RT は周辺呈示枚数が増加すると増加する.

## 3.2 (3)+1 条件,(3)+n 条件 : 直前呈示なしの記憶比較の結果

### 3.2.1 被験者 YHS の場合

(3)+1 条件,(3)+n 条件 (直前呈示なしの記憶比較) 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.

(3)+1 条件,(3)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (3)+1 条件のデータ点, が (3)+n 条件のデータ点とした.

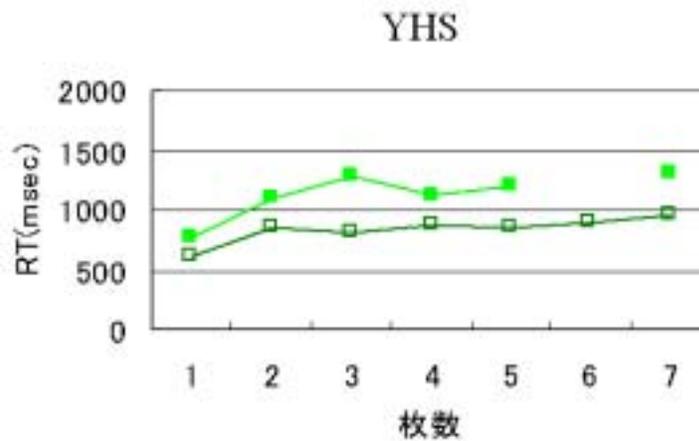


図 3.8 被験者 YHS : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)

3.8 のグラフより以下のことがわかる.

(3)+1 条件の記憶枚数 2 枚で,RT が急に増大している. しかし, その後は RT は変化していない. (3)+n 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. しかし, 記憶枚数が 3 枚から,RT の増加が止まった. (3)+1 条件の方が (3)+n 条件より全体的に,RT が短い.

### 3.2.2 被験者 SI の場合

(3)+1 条件,(3)+n 条件 (直前呈示なしの記憶比較) 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.

(3)+1 条件,(3)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (3)+1 条件のデータ点, が (3)+n 条件のデータ点とした.

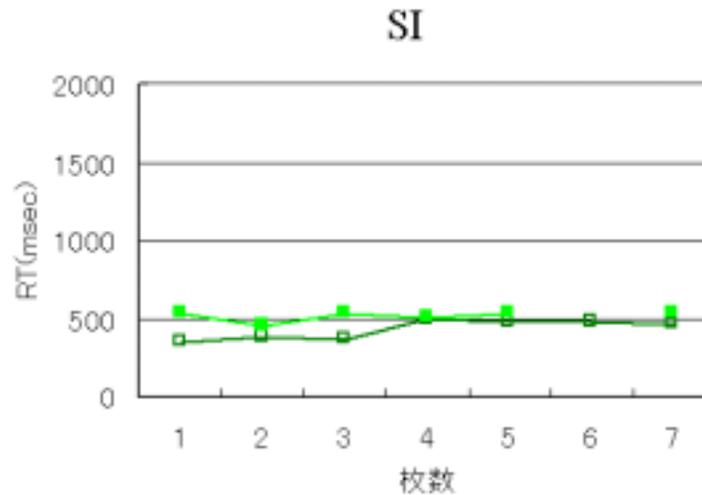


図 3.9 被験者 SI : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)

3.9 のグラフより以下のことがわかる.

(3)+1 条件の記憶枚数 4 枚で,RT が急に増大している. しかし, その後は RT は変化していない. (3)+n 条件では, 記憶枚数が変化しても,RT は増加しない.

(3)+1 条件の方が (3)+n 条件より全体的に,RT が短い.

### 3.2.3 被験者 RO の場合

(3)+1 条件,(3)+n 条件 (直前呈示なしの記憶比較) 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.

(3)+1 条件,(3)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (3)+1 条件のデータ点, が (3)+n 条件のデータ点とした.

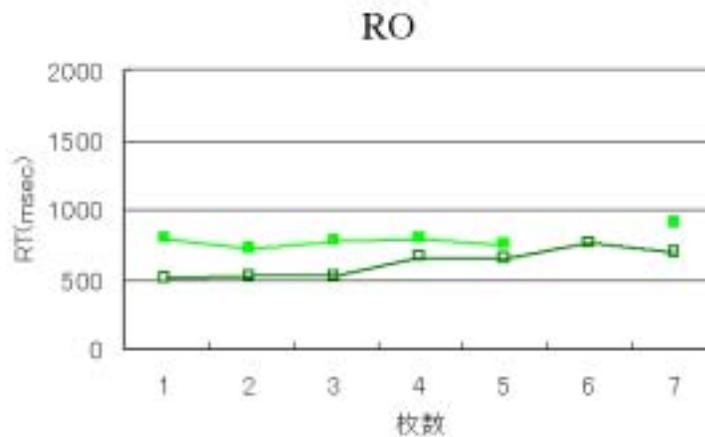


図 3.10 被験者 RO : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)

3.10 のグラフより以下のことがわかる.

(3)+1 条件の記憶枚数 4 枚で,RT が急に増大している. しかし, その後は RT は変化していない. (3)+n 条件では, 記憶枚数が変化しても,RT は増加しない. (3)+1 条件の方が (3)+n 条件より全体的に,RT が短い.

### 3.2.4 被験者 RK の場合

(3)+1 条件,(3)+n 条件 (直前呈示なしの記憶比較) 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.

(3)+1 条件,(3)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (3)+1 条件のデータ点, が (3)+n 条件のデータ点とした.

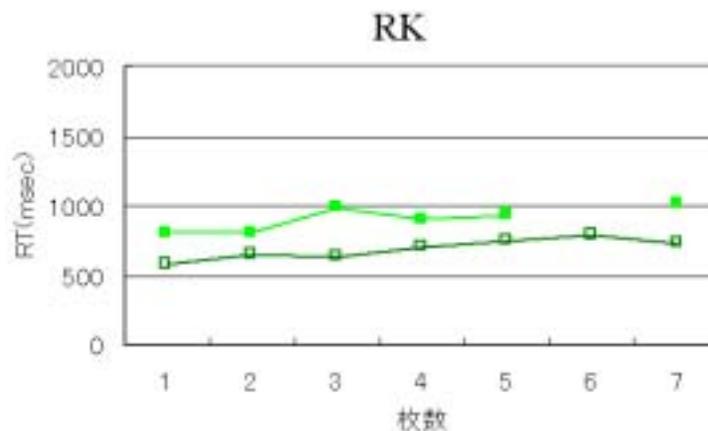


図 3.11 被験者 RK : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)

3.11 のグラフより以下のことがわかる.

(3)+1 条件の記憶枚数の増加に伴い,RT が増大している. (3)+n 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. しかし, 記憶枚数が 3 枚から,RT の増加が止まった. (3)+1 条件の方が (3)+n 条件より全体的に,RT が短い.

### 3.2.5 被験者 TN の場合

(3)+1 条件,(3)+n 条件 (直前呈示なしの記憶比較) 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.

(3)+1 条件,(3)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (3)+1 条件のデータ点, が (3)+n 条件のデータ点とした.

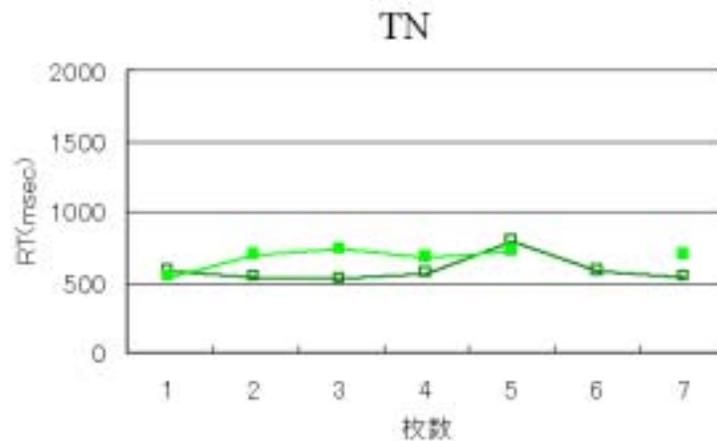


図 3.12 被験者 TN : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)

3.12 のグラフより以下のことがわかる.

(3)+1 条件の記憶枚数が増加しても,RT は変化していない. しかし, 記憶枚数が 5 枚で RT が激増している. (3)+n 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. しかし, 記憶枚数が 2 枚から,RT の増加が止まった. (3)+1 条件の方が (3)+n 条件より全体的に,RT が短い.

### 3.2.6 被験者 YHG の場合

(3)+1 条件,(3)+n 条件 (直前呈示なしの記憶比較) 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.

(3)+1 条件,(3)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (3)+1 条件のデータ点, が (3)+n 条件のデータ点とした.

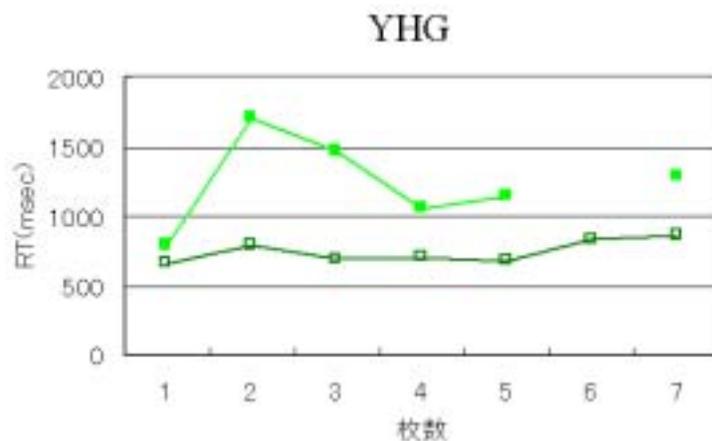


図 3.13 被験者 YHG : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)

3.13 のグラフより以下のことがわかる.

(3)+1 条件の記憶枚数が増加しても,RT は変化していない. (3)+n 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. しかし, 記憶枚数が 2・3 枚で,RT が激増した. (3)+1 条件の方が (3)+n 条件より全体的に,RT が短い.

### 3.2.7 被験者 MK の場合

(3)+1 条件,(3)+n 条件 (直前呈示なしの記憶比較) 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.

(3)+1 条件,(3)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (3)+1 条件のデータ点, が (3)+n 条件のデータ点とした.

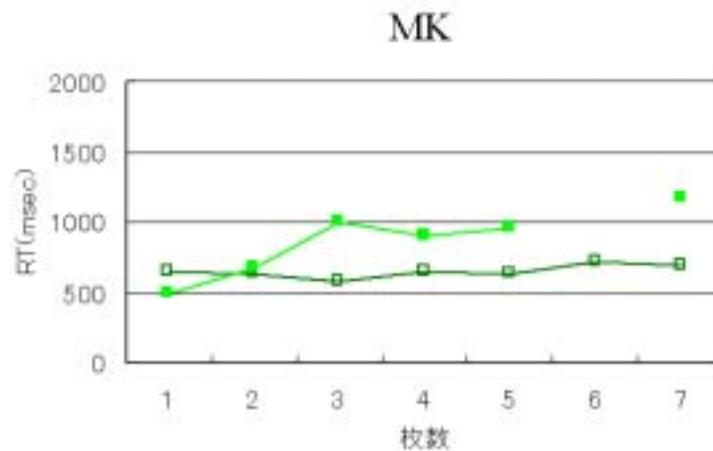


図 3.14 被験者 MK : RT と記憶枚数 (直前呈示なし)

3.14 のグラフより以下のことがわかる.

(3)+1 条件の記憶枚数が増加しても,RT は変化していない. (3)+n 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. しかし, 記憶枚数が 3 枚から,RT の増加が止まった. (3)+1 条件の方が (3)+n 条件より全体的に,RT が短い.

### 3.3 (4)+1 条件,(4)+n 条件：直前呈示あり記憶比較法の結果

#### 3.3.1 被験者 YHS の場合

(4)+1 条件,(4)+n 条件 (直前呈示ありの記憶比較) 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.

(4)+1 条件,(4)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (4)+1 条件のデータ点, が (4)+n 条件のデータ点とした.

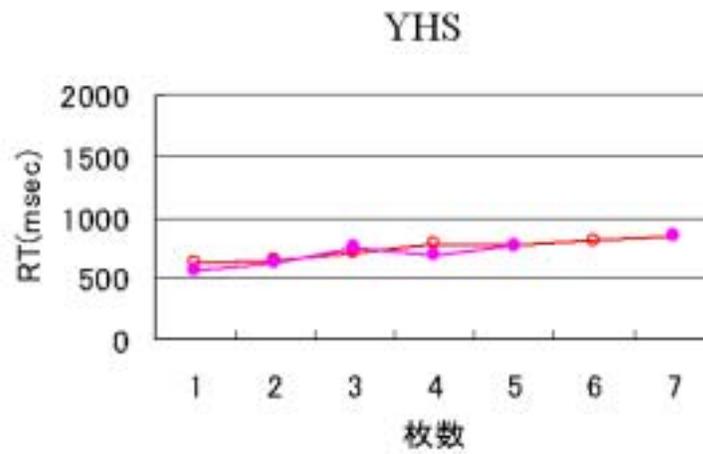


図 3.15 被験者 YHS : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)

3.15 のグラフより以下のことがわかる.

(4)+1 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. (4)+n 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. (4)+1 条件と (4)+n 条件では差があまり認められない.

### 3.3.2 被験者 SI の場合

(4)+1 条件,(4)+n 条件 (直前呈示ありの記憶比較) 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.

(4)+1 条件,(4)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (4)+1 条件のデータ点, が (4)+n 条件のデータ点とした.

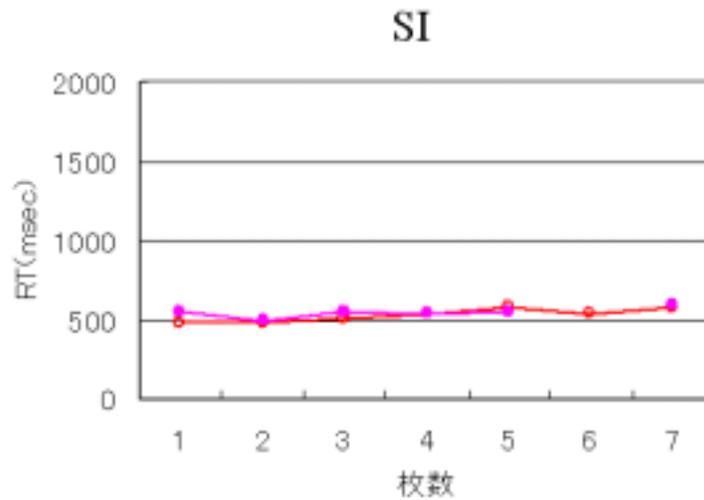


図 3.16 被験者 SI : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)

3.16 のグラフより以下のことがわかる.

(4)+1 条件では, 記憶枚数が増えても,RT は増加しない. (4)+n 条件では, 記憶枚数が増え  
ても,RT は増加しない. (4)+1 条件と (4)+n 条件では差があまり認められない.

### 3.3.3 被験者 RO の場合

(4)+1 条件,(4)+n 条件 (直前呈示ありの記憶比較) 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.

(4)+1 条件,(4)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (4)+1 条件のデータ点, が (4)+n 条件のデータ点とした.

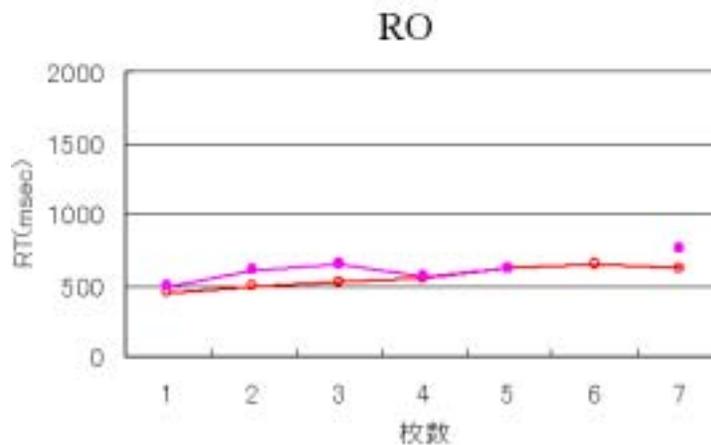


図 3.17 被験者 RO : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)

3.17 のグラフより以下のことがわかる.

(4)+1 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって, RT が増加している. (4)+n 条件では, 記憶枚数が 2 枚からは, 枚数が増えても, RT は増加しない. (4)+1 条件の方が (4)+n 条件より全体的に有利である.

### 3.3.4 被験者 RK の場合

(4)+1 条件,(4)+n 条件 (直前呈示ありの記憶比較) 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.

(4)+1 条件,(4)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (4)+1 条件のデータ点, が (4)+n 条件のデータ点とした.

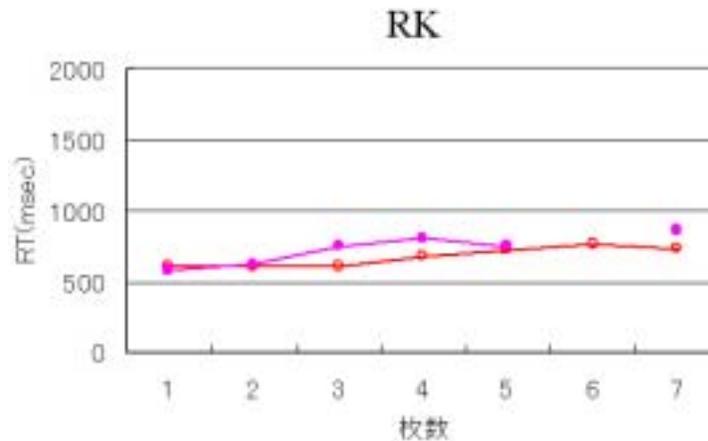


図 3.18 被験者 RK : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)

3.18 のグラフより以下のことがわかる.

(4)+1 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. (4)+n 条件では, 記憶枚数が 3 枚からは, 枚数が増えても,RT は増加しない. (4)+1 条件の方が (4)+n 条件より全体的に有利である.

### 3.3.5 被験者 TN の場合

(4)+1 条件,(4)+n 条件 (直前呈示ありの記憶比較) 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.

(4)+1 条件,(4)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (4)+1 条件のデータ点, が (4)+n 条件のデータ点とした.

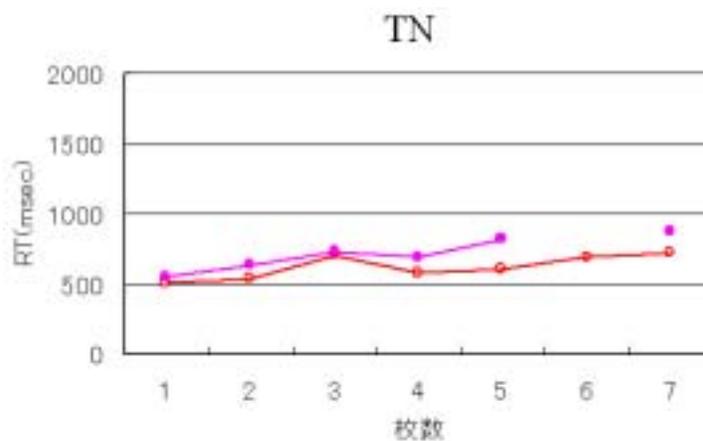


図 3.19 被験者 TN : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)

3.19 のグラフより以下のことがわかる.

(4)+1 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. しかし, 記憶枚数が 3 枚のとき,RT が急に増大している. (4)+n 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. (4)+1 条件の方が (4)+n 条件より全体的に有利である.

### 3.3.6 被験者 YHG の場合

(4)+1 条件,(4)+n 条件 (直前呈示ありの記憶比較) 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.

(4)+1 条件,(4)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (4)+1 条件のデータ点, が (4)+n 条件のデータ点とした.

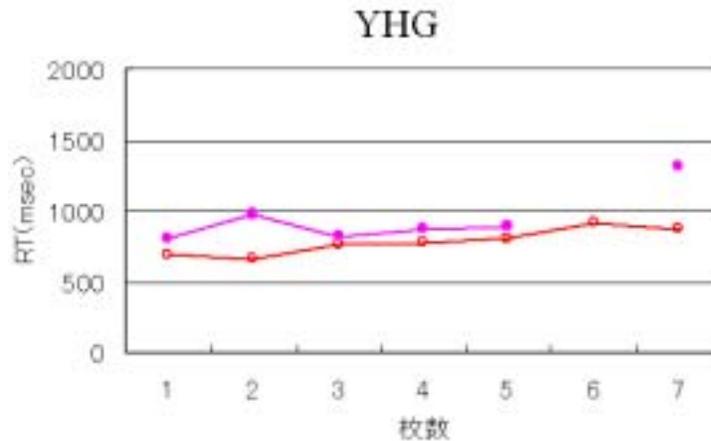


図 3.20 被験者 YHG : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)

3.20 のグラフより以下のことがわかる.

(4)+1 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. (4)+n 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. (4)+1 条件の方が (4)+n 条件より全体的に有利である.

### 3.3.7 被験者 MK の場合

(4)+1 条件,(4)+n 条件 (直前呈示ありの記憶比較) 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.

(4)+1 条件,(4)+n 条件のデータを, 縦軸に反応時間 (msec) をとり, 横軸に被験者が記憶した枚数をとった. が (4)+1 条件のデータ点, が (4)+n 条件のデータ点とした.

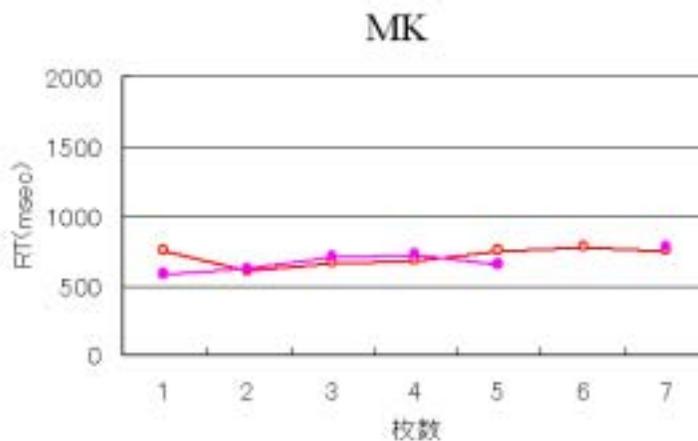


図 3.21 被験者 MK : RT と記憶枚数 (直前呈示あり)

3.21 のグラフより以下のことがわかる.

(4)+1 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. (4)+n 条件では, 記憶枚数が増えるにしたがって,RT が増加している. (4)+1 条件と (4)+n 条件では差があまり認められない.



## 第 4 章

# 実験結果:RT と正答率

RT と枚数変化より、各実験の大まかな傾向は推測することができた。しかしながら、それほど差は明らかではなかった。

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 との関係を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 の差はを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。

## 4.1 (1) 条件,(2) 条件:同時比較法の結果

### 4.1.1 被験者 YHS の場合

縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり、横軸に  $\text{RT}(\text{msec})$  をとった。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。

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした。

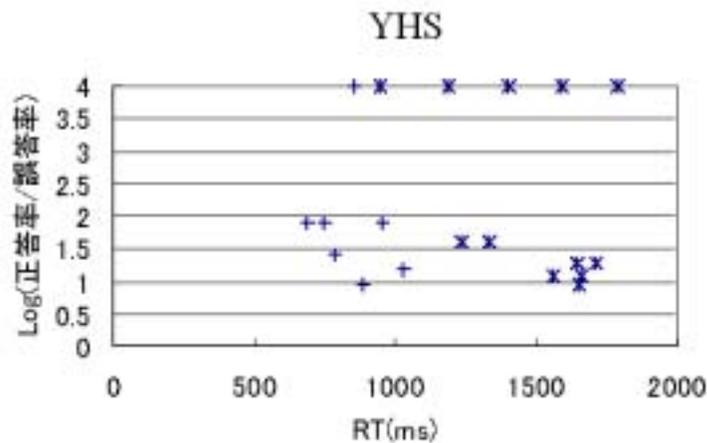


図 4.1 被験者 YHS : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)

(1) 条件では,20 回中の上下同じ組の回数が増えると少しは RT, 正答率が変化するが, おおむねデータ点は一箇所に集中しており, 枚数の違いは影響していないように見える。(2) 条件では周辺呈示枚数が増加により, その分,RT が大きく増加し, 同様にやや正答率も減少している。

### 4.1.2 被験者 SI の場合

縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり, 横軸に  $\text{RT}(\text{msec})$  をとった. 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.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした.

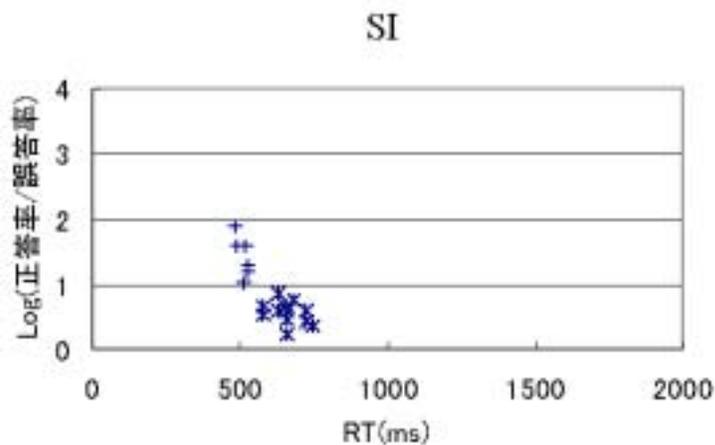


図 4.2 被験者 SI : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)

(1) 条件では,20 回中の上下同じ組の回数が増えると少しは RT, 正答率が変化するが, おおむねデータ点は一箇所に集中しており, 枚数の違いは影響していないように見える.(2) 条件では周辺呈示枚数が増加しているがそれほど, 正答率,RT は変化していない. しかし,(1) 条件と比較すると, レスポンスは悪くなっている.

### 4.1.3 被験者 RO の場合

縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり, 横軸に  $\text{RT}(\text{msec})$  をとった. 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.

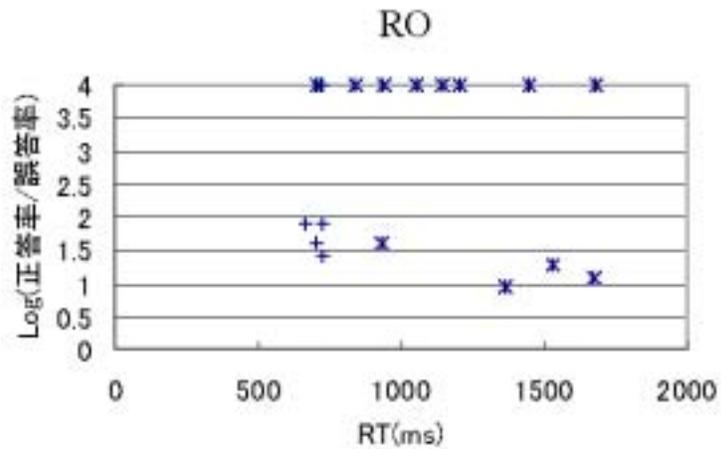


図 4.3 被験者 RO : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)

(1) 条件では,20 回中の上下同じ組の回数が増加してもほとんど RT, 正答率は変化せず, おおむねデータ点は一箇所に集中しており, 枚数の違いは影響していないように見える.(2) 条件では周辺呈示枚数が増加により, その分,RT が大きく増加し, 同様にやや正答率も減少している.

## 4.1.4 被験者 RK の場合

縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり, 横軸に  $\text{RT}(\text{msec})$  をとった. 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.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした.

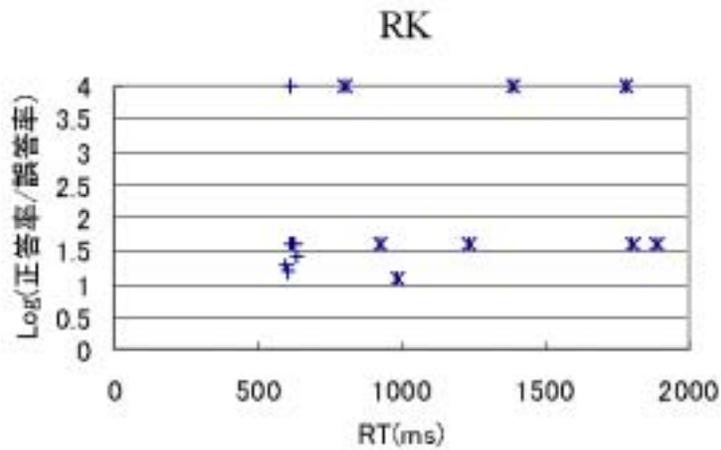


図 4.4 被験者 RK : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)

(1) 条件では,20 回中の上下同じ組の回数が増加してもほとんど RT, 正答率は変化せず, おおむねデータ点は一箇所に集中しており, 枚数の違いは影響していないように見える.(2) 条件では周辺呈示枚数が増加により, その分,RT が大きく増加し, 正答率はほとんど変化しない.

#### 4.1.5 被験者 TN の場合

縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり、横軸に  $\text{RT}(\text{msec})$  をとった。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。

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした。

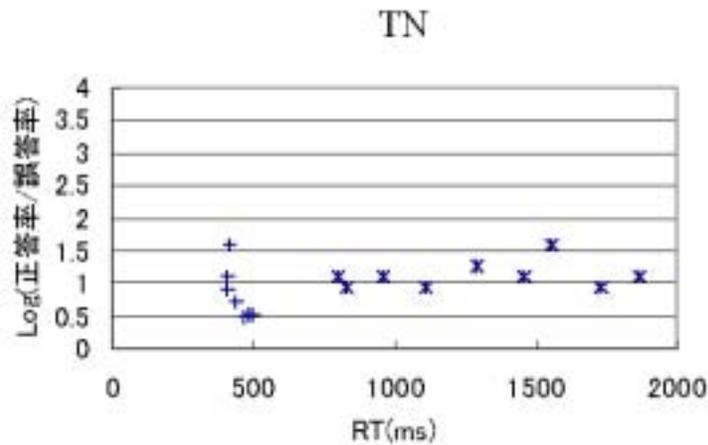


図 4.5 被験者 TN : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)

(1) 条件では,20 回中の上下同じ組の回数が増加してもほとんど RT, 正答率は変化せず, おおむねデータ点は一箇所に集中しており, 枚数の違いは影響していないように見える。(2) 条件では周辺呈示枚数が増加により, その分,RT が大きく増加し, 正答率はほとんど変化しない。

#### 4.1.6 被験者 YHG の場合

縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり, 横軸に  $\text{RT}(\text{msec})$  をとった. 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.

+ が (1) 条件のデータ点, \* が (2) 条件のデータ点とした.

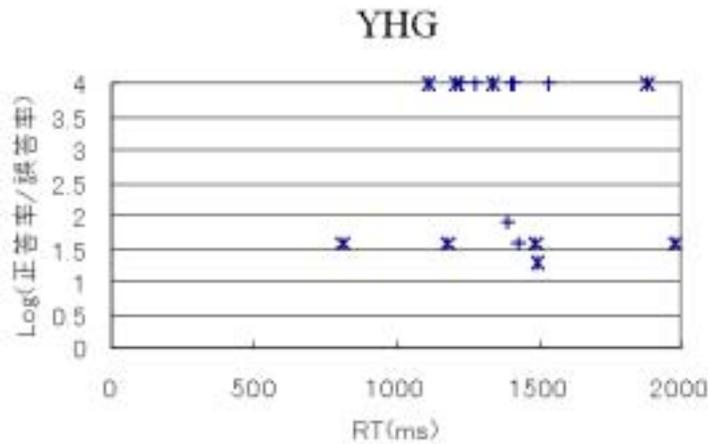


図 4.6 被験者 YHG : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)

(1) 条件では,20 回中の上下同じ組の回数が 13 ~ 19 では枚数変化してもほとんど RT, 正答率は変化せず, おおむねデータ点は一箇所に集中しており, 枚数の違いは影響していないように見える. しかし,20 回中の上下違う組の回数が 1 ~ 7 では枚数変化すると, それ自体の差はわからないが,RT で前者と大きく差がある. (2) 条件では周辺呈示枚数が増加により, その分,RT が大きく増加し, 正答率はほとんど変化しない.

## 4.1.7 被験者 MK の場合

縦軸に  $\text{Log}(\text{正答率}/\text{誤答率})$  をとり、横軸に  $\text{RT}(\text{msec})$  をとった。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。

+ が (1) 条件のデータ点、\* が (2) 条件のデータ点とした。

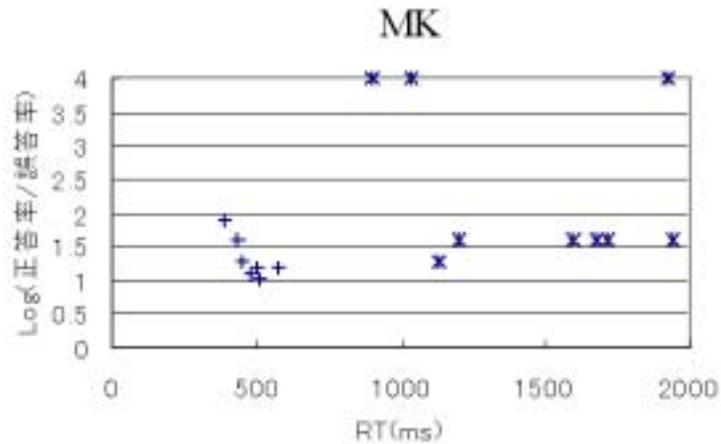


図 4.7 被験者 MK : RT と正答率 ((1) 条件,(2) 条件)

(1) 条件では、20 回中の上下同じ組の回数が増加してもほとんど RT、正答率は変化せず、おおむねデータ点は一箇所に集中しており、枚数の違いは影響していないように見える。(2) 条件では周辺呈示枚数が増加により、その分、RT が大きく増加し、正答率はほとんど変化しない。

## 4.2 (3)+1 条件,(3)+n 条件:直前呈示なし記憶比較の結果

### 4.2.1 被験者 YHS 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. 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.

が (3)+1 条件のデータ点, が (3)+n 条件のデータ点とした.

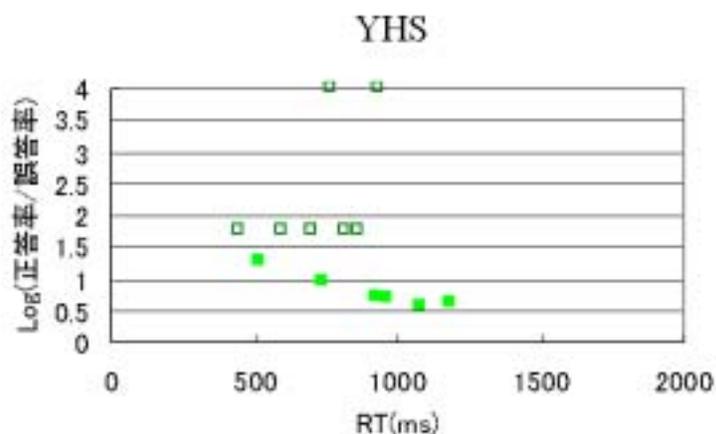


図 4.8 被験者 YHS : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い. そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて, 正答率と RT が悪くなっている. (3)+1 条件では記憶枚数が段階的に増加するためか, 正答率は一定に RT のみ増加している.(3)+n 条件では, 一度に多くの情報を与えられるので, かなりレスポンスが悪くなっている.

### 4.2.2 被験者 SI 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。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。

が  $(3)+1$  条件のデータ点、 が  $(3)+n$  条件のデータ点とした。

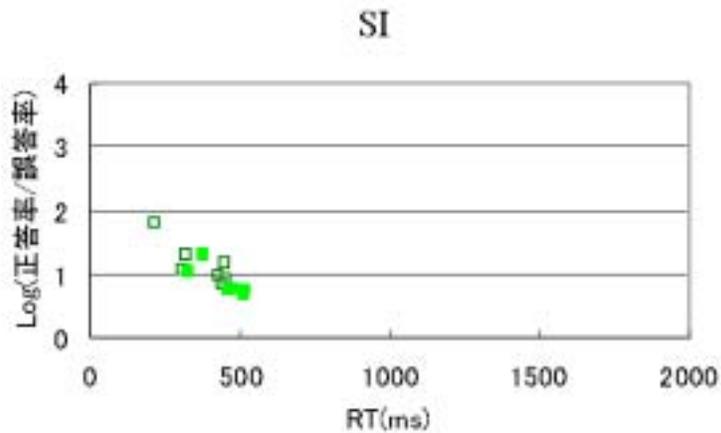


図 4.9 被験者 SI : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。 $(3)+1$  条件、 $(3)+n$  条件では記憶枚数が段階的・急激にそれぞれ増加するが、両者ともその分正答率・RT が悪くなっている。

### 4.2.3 被験者 RO 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。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。

が (3)+1 条件のデータ点、 が (3)+n 条件のデータ点とした。

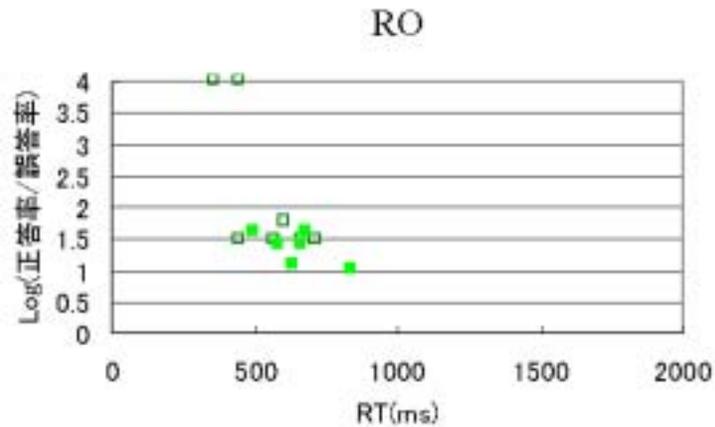


図 4.10 被験者 RO : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。(3)+1 条件では記憶枚数が段階的に増加するためか、正答率は一定に RT のみ増加している。(3)+n 条件では、一度に多くの情報を与えられるので、かなりレスポンスが悪くなっている。

#### 4.2.4 被験者 RK 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。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。

が  $(3)+1$  条件のデータ点、 が  $(3)+n$  条件のデータ点とした。

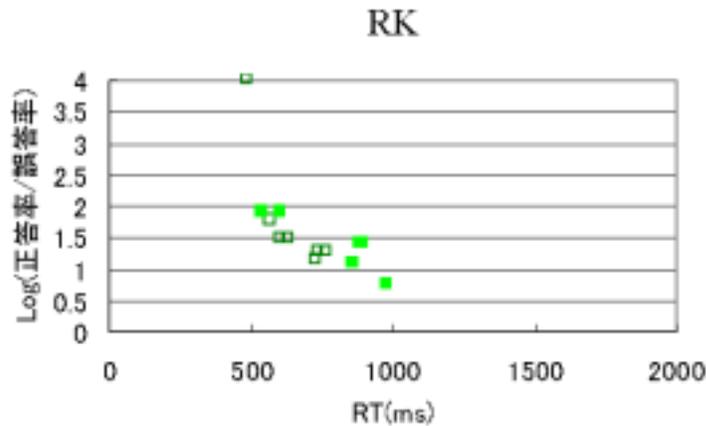


図 4.11 被験者 RK : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。(3)+1 条件,(3)+n 条件では記憶枚数が段階的・急激にそれぞれ増加するが、両者ともその分正答率・RT が悪くなっている。

#### 4.2.5 被験者 TN 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. 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.

が (3)+1 条件のデータ点, が (3)+n 条件のデータ点とした.

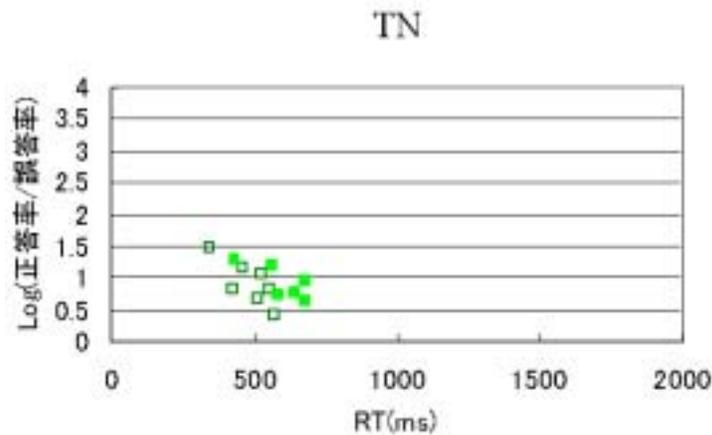


図 4.12 被験者 TN : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い. そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて, 正答率と RT が悪くなっている. (3)+1 条件,(3)+n 条件では記憶枚数が段階的・急激にそれぞれ増加するが, 両者ともその分正答率・RT が悪くなっている.

#### 4.2.6 被験者 YHG 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。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。

が  $(3)+1$  条件のデータ点、 が  $(3)+n$  条件のデータ点とした。

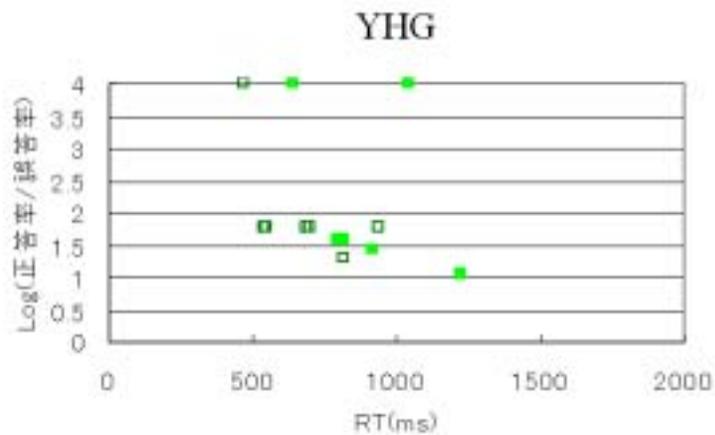


図 4.13 被験者 YHG : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。

### 4.2.7 被験者 MK 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。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。

が (3)+1 条件のデータ点、 が (3)+n 条件のデータ点とした。

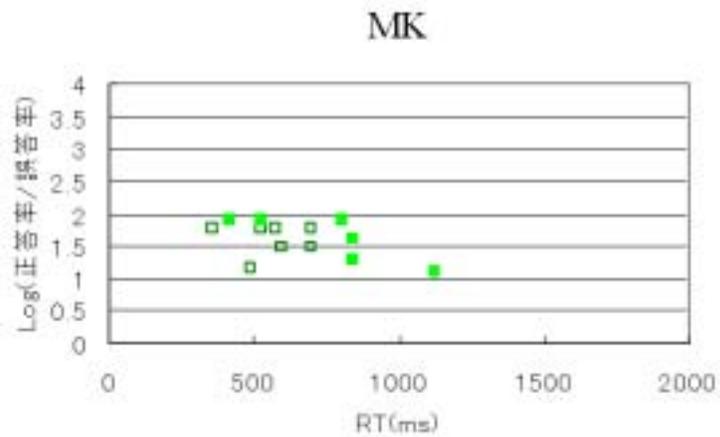


図 4.14 被験者 MK : RT と正答率 (直前呈示なし記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。(3)+1 条件では記憶枚数が段階的に増加するためか、正答率は一定に RT のみ増加している。(3)+n 条件では、一度に多くの情報を与えられるので、かなりレスポンスが悪くなっており、その変化も大きい。

### 4.3 (4)+1 条件,(4)+n 条件:直前呈示あり記憶比較の結果

#### 4.3.1 被験者 YHS 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. 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.

が (4)+1 条件のデータ点, が (4)+n 条件のデータ点とした.

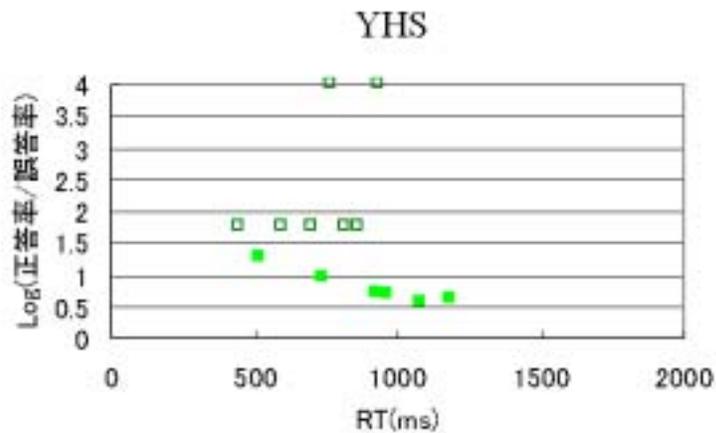


図 4.15 被験者 YHS : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い. そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて, 正答率と RT が悪くなっている. (4)+1 条件では記憶枚数が段階的に増加するためか, 正答率は一定に RT のみ増加している.(4)+n 条件では, 一度に多くの情報を与えられるので, かなりレスポンスが悪くなっている.

### 4.3.2 被験者 SI 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. 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.

が (4)+1 条件のデータ点, が (4)+n 条件のデータ点とした.

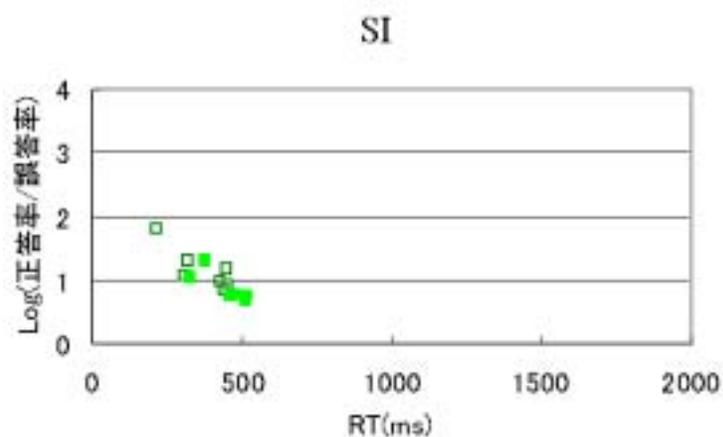


図 4.16 被験者 SI : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い. そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて, 正答率と RT が悪くなっている. (4)+1 条件,(4)+n 条件では記憶枚数が段階的・急激にそれぞれ増加するが, 両者ともその分正答率・RT が悪くなっている.

### 4.3.3 被験者 RO 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。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。

が  $(4)+1$  条件のデータ点、 が  $(4)+n$  条件のデータ点とした。

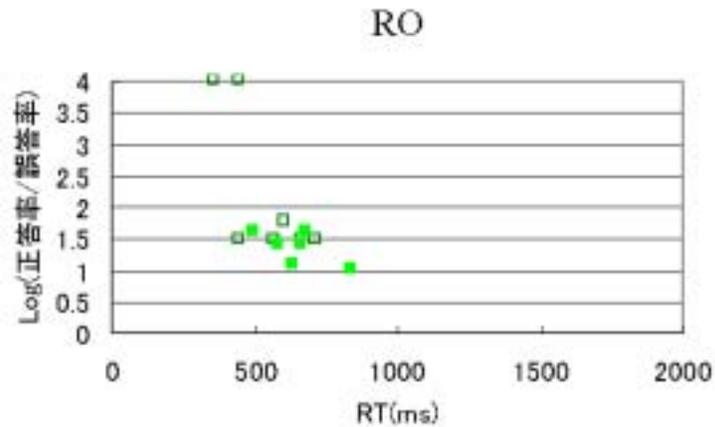


図 4.17 被験者 RO : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。 $(4)+1$  条件では記憶枚数が段階的に増加するためか、正答率は一定に RT のみ増加している。 $(4)+n$  条件では、一度に多くの情報を与えられるので、かなりレスポンスが悪くなっている。しかし、全体的に正答率は良い。

#### 4.3.4 被験者 RK 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。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。

が (4)+1 条件のデータ点、 が (4)+n 条件のデータ点とした。

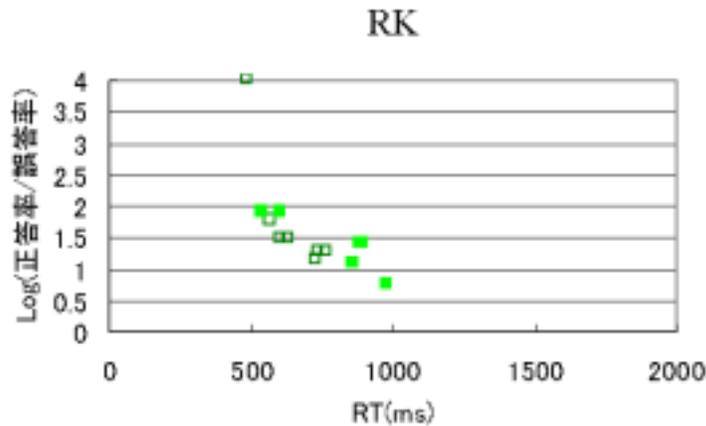


図 4.18 被験者 RK : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。(4)+1 条件,(4)+n 条件では記憶枚数が段階的・急激にそれぞれ増加するが、両者ともその分正答率・RT が悪くなっている。

### 4.3.5 被験者 TN 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。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。

が  $(4)+1$  条件のデータ点、 が  $(4)+n$  条件のデータ点とした。

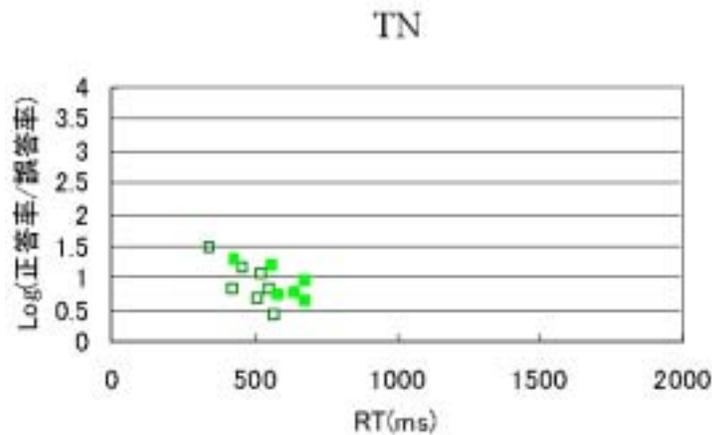


図 4.19 被験者 TN : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。 $(4)+1$  条件、 $(4)+n$  条件では記憶枚数が段階的・急激にそれぞれ増加するが、両者ともその分正答率・RT が悪くなっている。しかし全体的にミスが多いのであまり記憶手法による差がみられない。

### 4.3.6 被験者 YHG 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。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。

が (4)+1 条件のデータ点、 が (4)+n 条件のデータ点とした。

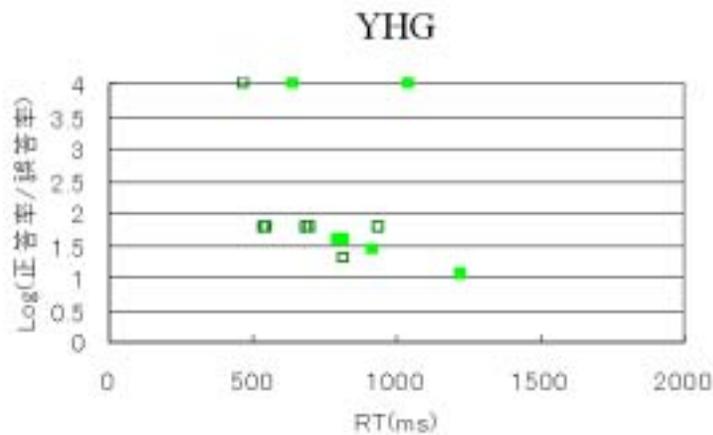


図 4.20 被験者 YHG : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。全体的に正答率がよく、RT が大きい。

### 4.3.7 被験者 MK 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。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。

が  $(4)+1$  条件のデータ点、 が  $(4)+n$  条件のデータ点とした。

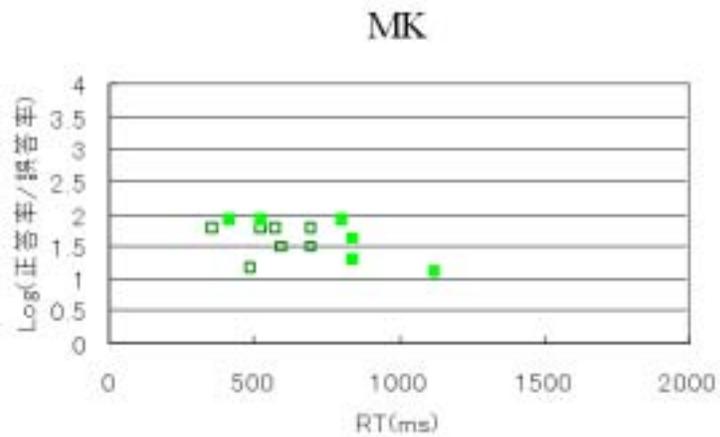


図 4.21 被験者 MK : RT と正答率 (直前呈示あり記憶比較)

全体的に記憶枚数が少ないと正答率と RT は良い。そして記憶に対する負荷が大きくなるにつれて、正答率と RT が悪くなっている。(4)+1 条件では記憶枚数が段階的に増加するためか、正答率は一定に RT のみ増加している。(4)+n 条件では、一度に多くの情報を与えられるので、かなりレスポンスが悪くなっており、その変化も大きい。しかし、全体的に正答率が良い。

# 第 5 章

## 主成分分析の結果

### 5.1 主成分分析

これまでのグラフから読み取れた、被験者特性についてさらに詳細に検討するために、主成分分析を用いて分析した。これまでの実験により得られた対象枚数の増加による RT の変化により、各実験の大まかな傾向と被験者の傾向は推測することが出来た。しかしながら、そのデータから直接的に、被験者の特性や優劣を定量的に評価することは難しい。

よって相関行列による主成分分析により、被験者評価を行った (多変量解析 for Excel(シンクスタット))<sup>[4]</sup>。

ただし、RT については「3000ms-RT」を値として用いたので、値が大きいほど高速の処理となる。これは、主成分分析を行うときには扱う変数の値が、大きい方が良いのかそれとも小さい方が良いのかを統一しておく必要があるからである。一般的に RT は大きいほど反応が遅くパフォーマンスが悪いが、HR は値が大きいほど成績が良い。つまり値の大きさ方向による成績の良さが逆になっている。そのため主成分分析に用いる RT は、今回の実験の RT の範囲が 300ms ~ 2500ms 程度であるため、「3000ms-RT」という処理をして、RT と HR の変数の大きさの方向を同じにした。

相関行列による主成分分析を行うと、データが標準化されるため、単位の違いを気にせずに複数の実験手法の RT・HR データを 1 つに統合し、かついくつかの基準において分類・順位付けをすることができる。

主成分分析は実験手法ごとの HR と RT の値を、枚数 1・2・3 枚での平均と 4・5・7 枚での平均で求めそれを変数とした。第 1 主成分、第 2 主成分においては、1・2・3 枚 と 4・5・7

枚でほとんど差がないので1つのグラフに掲載した。第3主成分については枚数の違いにより差が生じたため、2つに分割して掲載した。

## 5.2 第1主成分

縦軸に第1主成分係数を取り、横軸に各実験手法を、左半分に RT、右半分に HR をとった。各条件はそれぞれ、(1) 条件は上下同時比較、(2) 条件は周辺同時比較、(3)+1 は記憶比較+1、(3)+n は記憶比較+n、(4)+1 は記憶比較+1(直前呈示あり)、(4)+n は記憶比較+n(直前呈示あり) である。

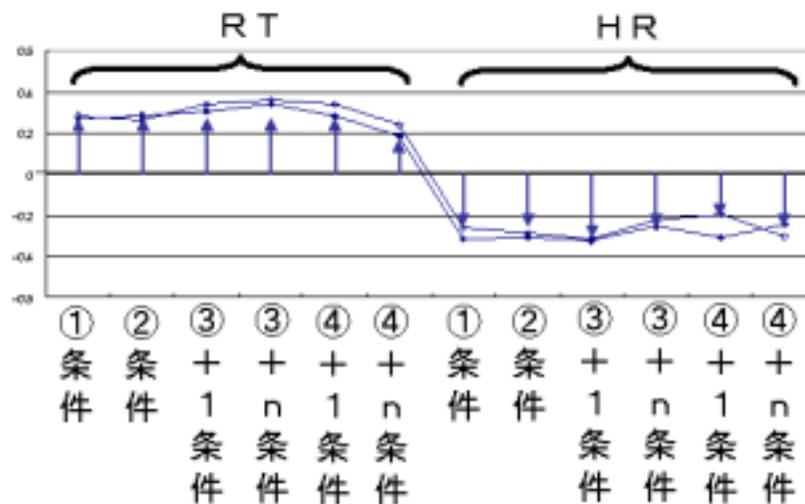


図 5.1 第1主成分係数

第1主成分(情報量=56.7%)は、実験手法によらず、RT全体とHR全体のどちらかの値が増大し、他方が減少する。よって、この成分は被験者がRTとHRのどちらを優先するかという、「主傾向」を表していると考えられる。各成分の変化量は被験者の傾向の強さであると考えられる。

被験者は第1主成分により、主に以下の3つのタイプに分類された。

縦軸に各実験における第1主成分係数×被験者の主成分得点を取り、横軸に各実験手法を、左半分にRT、右半分にHRをとった。各条件はそれぞれ、(1)条件は上下同時比較、(2)条件は周辺同時比較、(3)+1は記憶比較+1、(3)+nは記憶比較+n、(4)+1は記憶比較+1(直前呈示あり)、(4)+nは記憶比較+n(直前呈示あり)である。

● タイプ(1)：正答率優先タイプ

YHG：変化量大      かなりRTが遅い、しかし非常に正確である

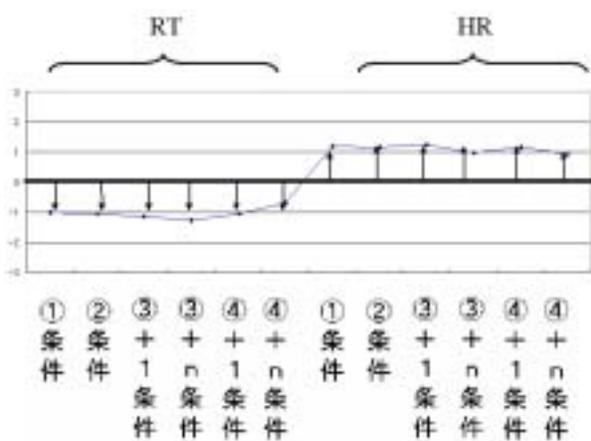


図 5.2 YHG 第1主成分

● タイプ(2)：均分タイプ

(HR を保ちながら,RT を追求している, 作業的に最大遂行である)

YHS・MK・RK：変化量小 RT はすこし遅い, しかし正確である

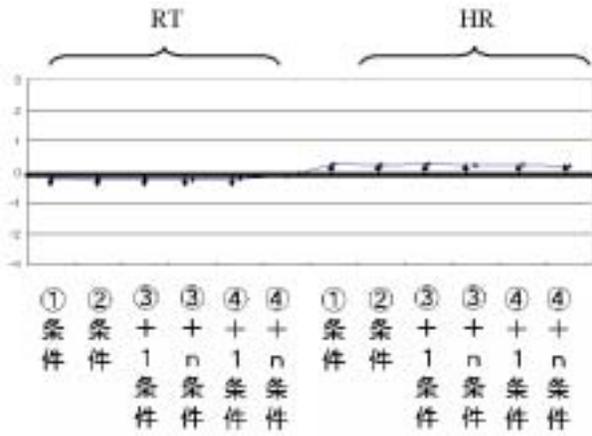


図 5.3 MK 第1主成分

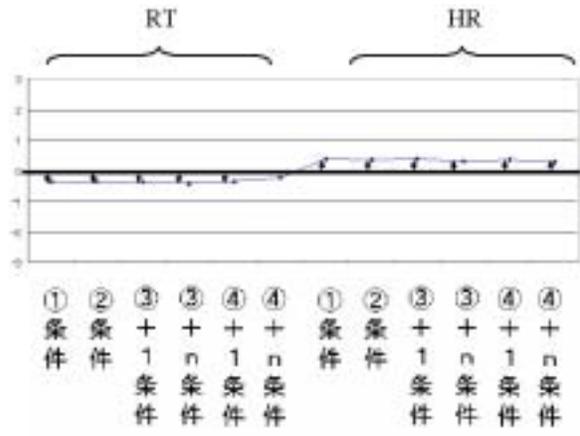


図 5.4 YHS 第1主成分

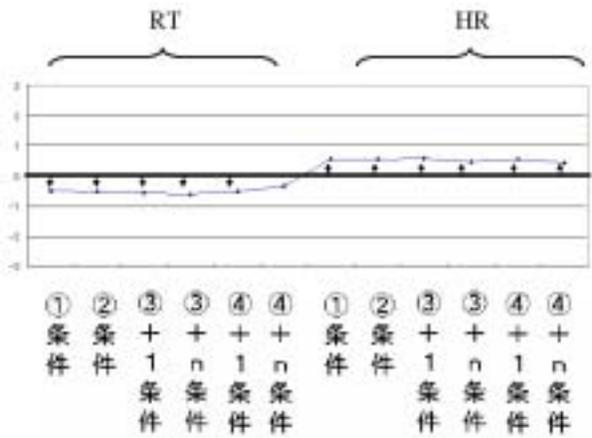


図 5.5 RK 第1主成分

● タイプ(2') : 完全均分タイプ

RO : 変化量なし      第1主成分得点が限りなくゼロに近いため, 変化なし

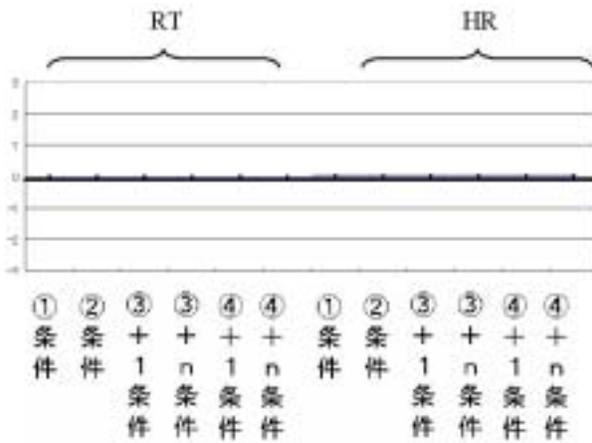


図 5.6 RO 第1主成分

● タイプ(3) : RT 優先タイプ

TN・SI : 変化量大      RT は比較的速い, しかし正確ではない

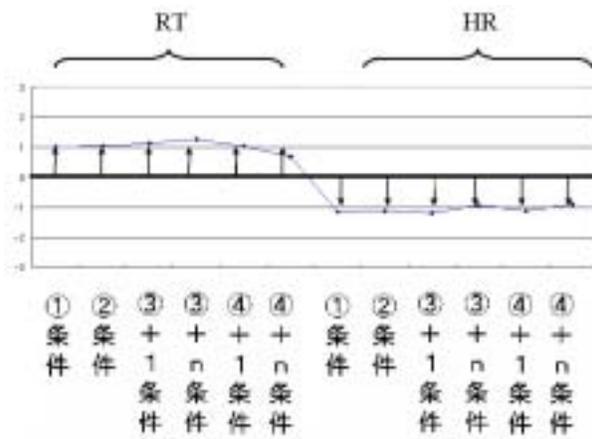


図 5.7 TN 第1主成分

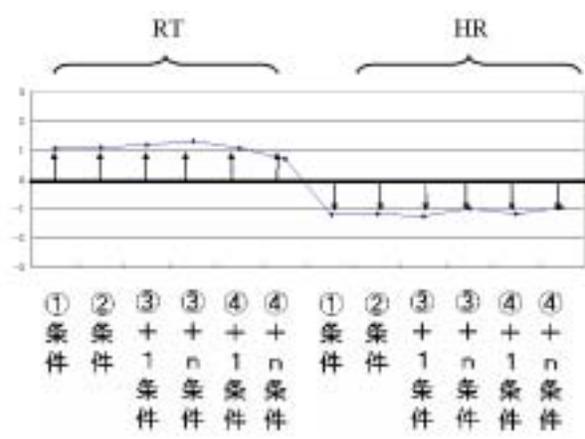


図 5.8 SI 第1主成分

### 5.3 第2主成分

縦軸に第2主成分係数を取り、横軸に各実験手法を、左半分に RT、右半分に HR をとった。各条件はそれぞれ、(1) 条件は上下同時比較、(2) 条件は周辺同時比較、(3)+1 は記憶比較+1、(3)+n は記憶比較+n、(4)+1 は記憶比較+1(直前呈示あり)、(4)+n は記憶比較+n(直前呈示あり) である。

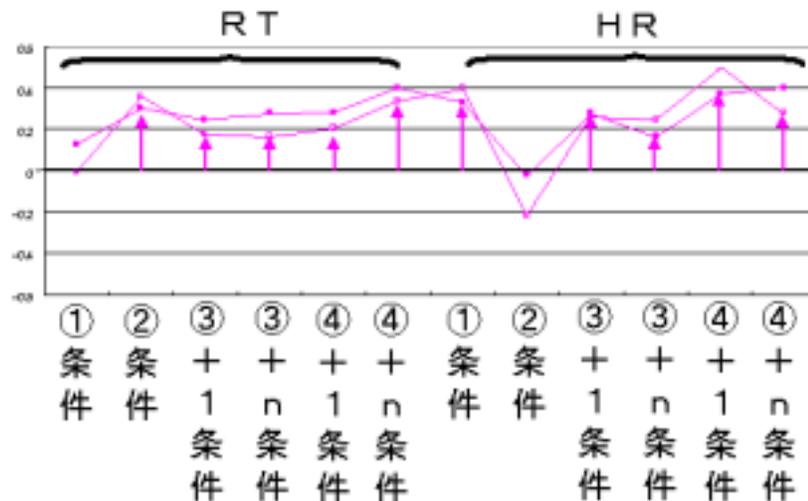


図 5.9 第2主成分係数

それぞれの被験者の結果として、上下同時比較では、RT か HR のどちらかだけの向上である。記憶比較では、RT と HR のセットで向上した。ただし、周辺同時比較では HR のみ減少している。

よって、第2主成分(情報量=18.8%)は、実験手法・記憶手法の違いでは、RT 値・HR 値の変化方向は変わらない。つまり全ての RT と HR が共に上昇している。よって相関係数が全て正なので、被験者の「総合的能力」を示すと考えられる。

記憶比較(直前)の方が、通常の記憶課題より被験者の優劣に関与している。ここが直前呈示なしと比較して、大きく減少している場合には、より簡単な作業なのにレスポンスが悪化しているということになる。よって例えば TN のような被験者はオペレータとしては不適切であろうことが推定できる。

被験者は第2主成分より、主に以下の3つのタイプに分類された。縦軸に各実験における第2主成分係数×被験者の主成分得点を取り、横軸に各実験手法を、左半分にRT、右半分にHRをとった。各条件はそれぞれ、(1)条件は上下同時比較、(2)条件は周辺同時比較、(3)+1は記憶比較+1、(3)+nは記憶比較+n、(4)+1は記憶比較+1(直前呈示あり)、(4)+nは記憶比較+n(直前呈示あり)である。

● タイプ(1)：優秀である

SI・RO・MK

周辺のHRのみキープ or ダウン多手法のRT・HRは向上していた。

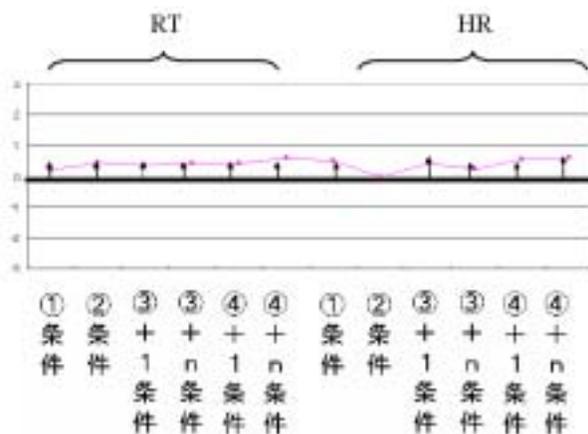


図 5.10 SI 第2主成分

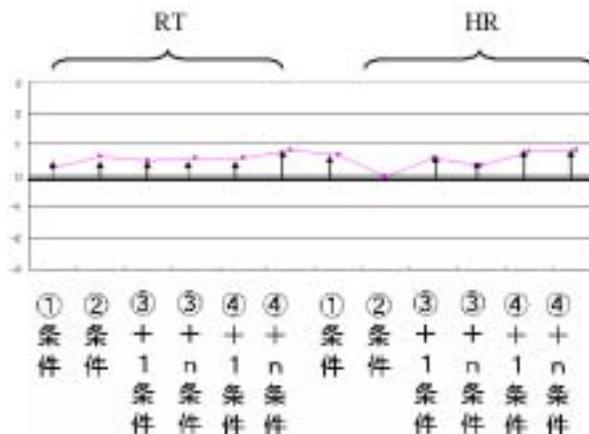


図 5.11 RO 第2主成分

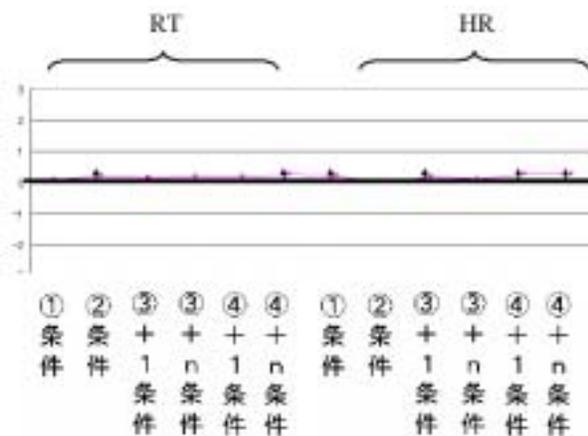


図 5.12 MK 第2主成分

- タイプ(2)：優秀でない

TN・YHS・YHG

周辺のHRのみキープ or 向上他手法のRT・HRは悪化していた。

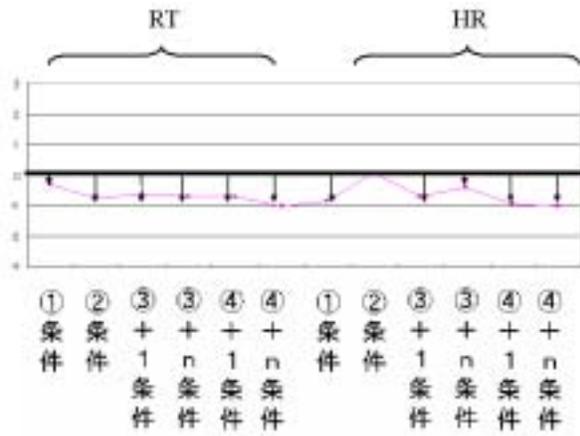


図 5.13 TN 第2主成分

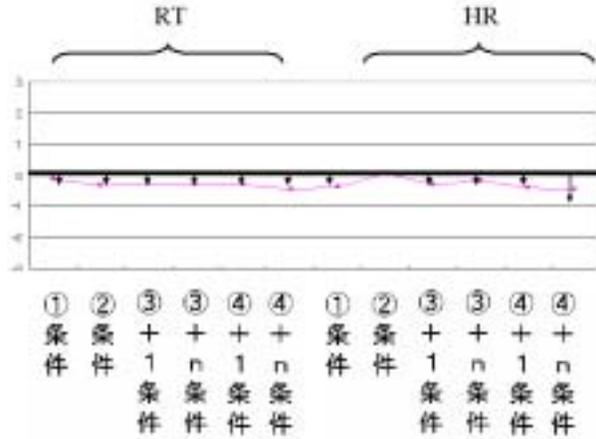


図 5.14 YHG 第2主成分

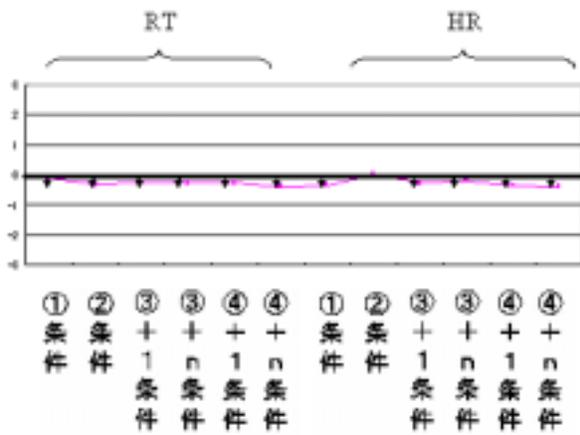


図 5.15 YHS 第2主成分

- タイプ(3) : ふつう

RK

ほとんど第1主成分で決定しているため, 変化無し.

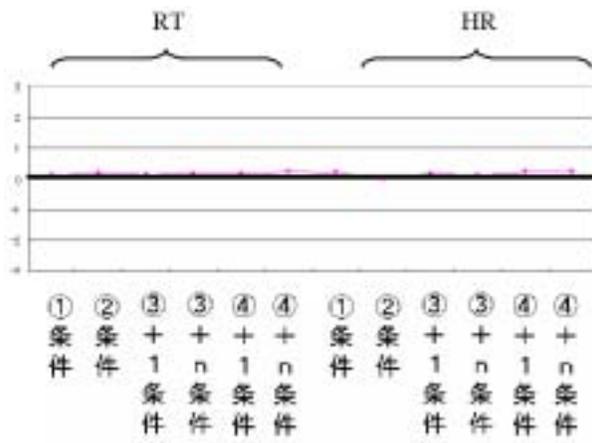


図 5.16 RK 第2主成分

## 5.4 第3主成分

縦軸に第3主成分係数を取り、横軸に各実験手法を、左半分に RT、右半分に HR をとった。各条件はそれぞれ、(1) 条件は上下同時比較、(2) 条件は周辺同時比較、(3)+1 は記憶比較+1、(3)+n は記憶比較+n、(4)+1 は記憶比較+1(直前呈示あり)、(4)+n は記憶比較+n(直前呈示あり) である。

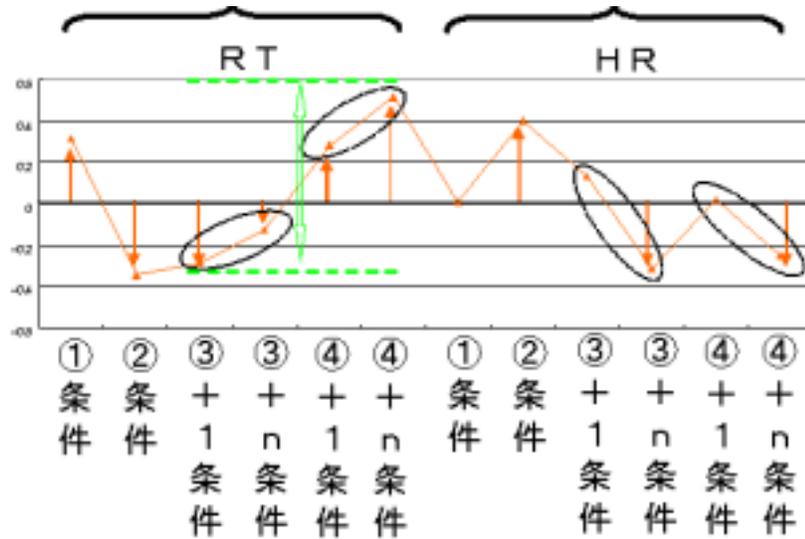


図 5.17 第3主成分係数 1,2,3 枚

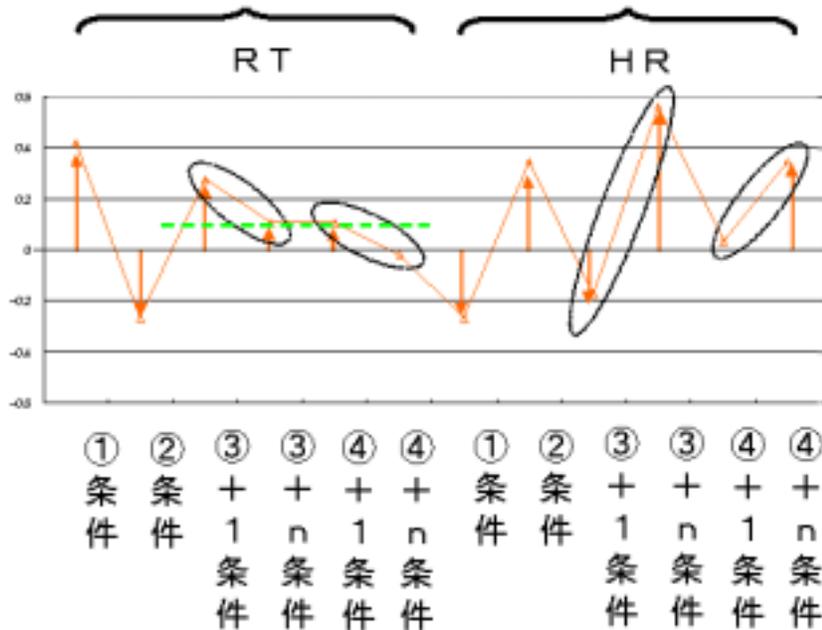


図 5.18 第3主成分係数 4,5,7 枚

第3主成分(情報量=9.9%)は「直前呈示の効果」が考えられるが、情報量が小さいため全体に与える影響が少ない。

それぞれの被験者の結果では、上下同時比較のHRのみ常にキープされているが、その他の手法においては、RTが向上すると、HRは変化しないか、もしくは悪化している。あるいはHRが向上すると、RTは変化しない、もしくは悪化しているなどばらばらである。さらに被験者により、どの手法のRT・HRが向上・悪化するのは別々である。

しかしながら第3主成分ではRTとHRは実験手法ごとに、どちらかが向上すれば、もう一方は悪化するといったふうに、相互に影響しながら変化している。実験手法によらずHR・RTのどちらかが優先されているだけならば、第1主成分の「主傾向」で示されているが、ここでは実験手法の違いで変化が生じていると考えられる。

このことから、(3)条件と(4)条件のように、直前呈示の有無の違いによるRTとHRの変化を見ることで、直前呈示のない場合より、ある場合の方がRT・HR共に向上していれば、直前呈示の効果があるといえるのではないか。

被験者によっては、記憶比較(直前呈示なし)の手法で向上し、記憶比較(直前呈示あり)で、悪化している被験者がいることから、このような被験者においては直前呈示の効果が少ない可能性がある。よって、この第3主成分を分析することにより、直前呈示が有効な被験者と、有効でない被験者に分類することが出来る。

被験者は第3主成分得点より、主に以下の3つのタイプに分類された。

縦軸に各実験における第3主成分係数×被験者の主成分得点を取り、横軸に各実験手法を、左半分にRT、右半分にHRをとった。各条件はそれぞれ、(1)条件は上下同時比較、(2)条件は周辺同時比較、(3)+1は記憶比較+1、(3)+nは記憶比較+n、(4)+1は記憶比較+1(直前呈示あり)、(4)+nは記憶比較+n(直前呈示あり)である。

まず、記憶枚数が少ない状況 (1,2,3 枚) での第3主成分の影響をグラフ化した。

● タイプ (1) : 効果がある

YHS・RO

若干の HR の悪化とそれなりの RT の向上

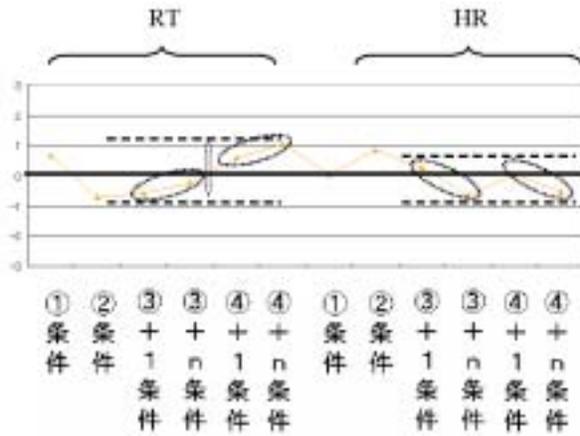


図 5.19 YHS 第3主成分 1,2,3 枚

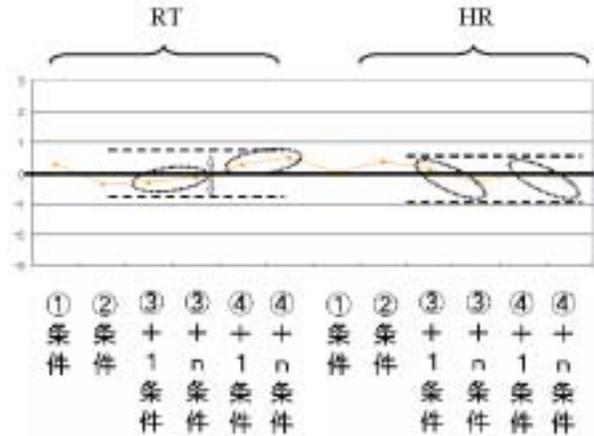


図 5.20 RO 第3主成分 1,2,3 枚

● タイプ (2) : 相殺されている

SI・YHG

RT の向上と HR の悪化

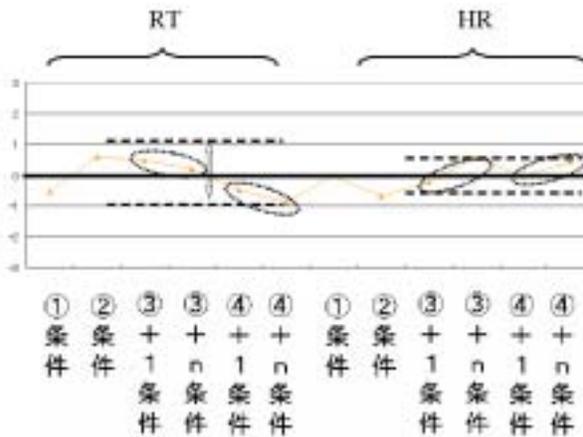


図 5.21 YHG 第3主成分 1,2,3 枚

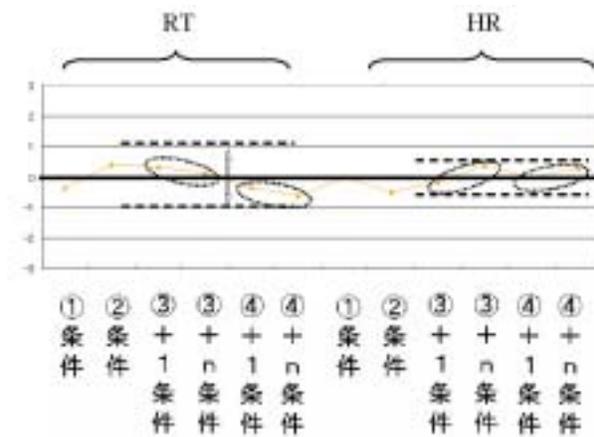


図 5.22 SI 第3主成分 1,2,3 枚

● タイプ(3) : 効果なし

RK・MK・TN ほとんど変化無し

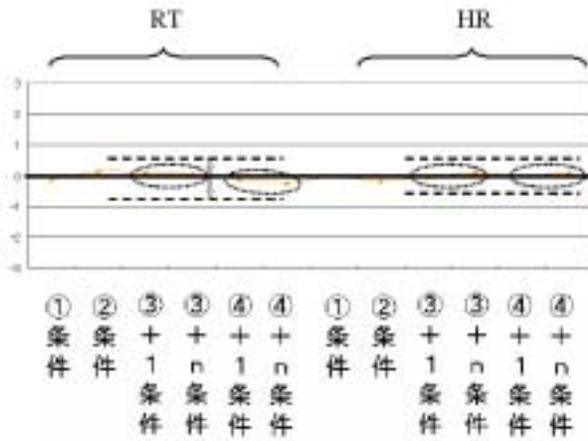


図 5.23 RK 第3主成分 1,2,3枚

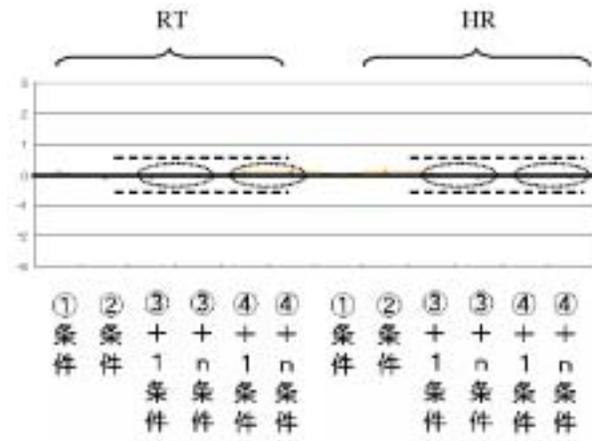


図 5.24 MK 第3主成分 1,2,3枚

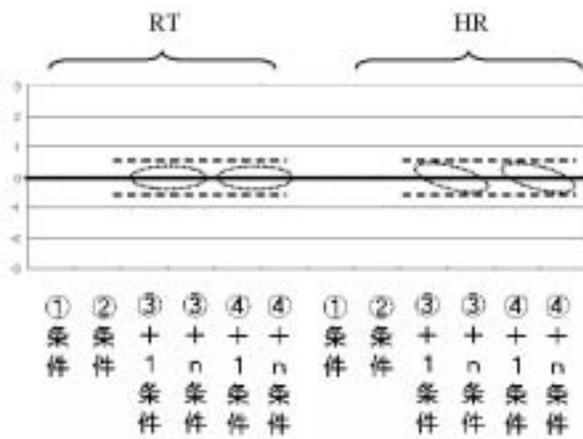


図 5.25 TN 第3主成分 1,2,3枚

このように、記憶する枚数が少なく、記憶に対する負荷が小さい状況では、それほど大きな影響はない。

次に、記憶枚数が多い状況 (4,5,7 枚) での第3主成分の影響をグラフ化した。

- タイプ (1) : 効果がある

YHS・MK

HR の向上

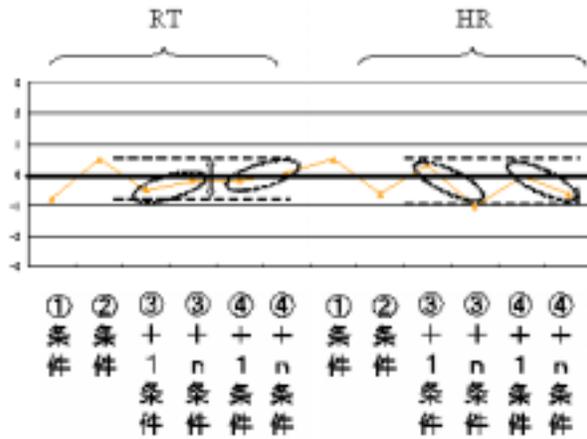


図 5.26 YHS 第3主成分 4,5,7 枚

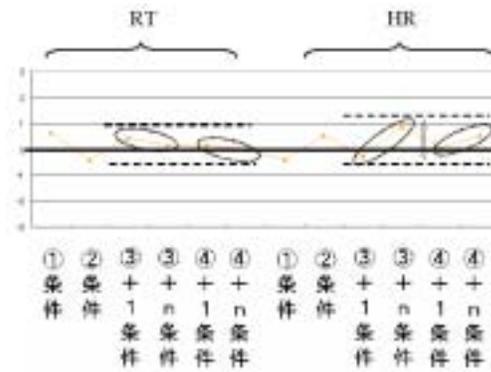


図 5.27 MK 第3主成分 4,5,7 枚

- タイプ (1) : やや効果がある

YHG・RO・RK・TN・SI

若干の HR の向上

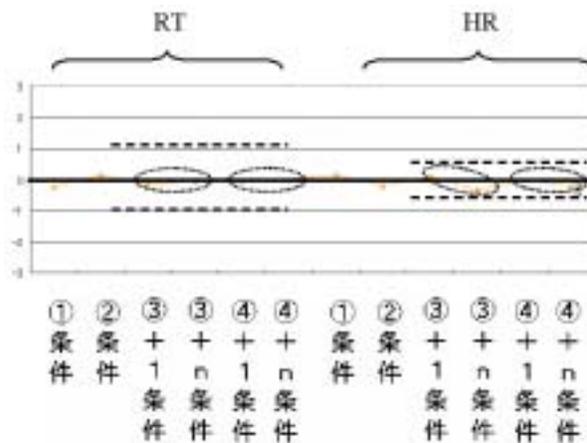


図 5.28 YHG 第3主成分 4,5,7 枚

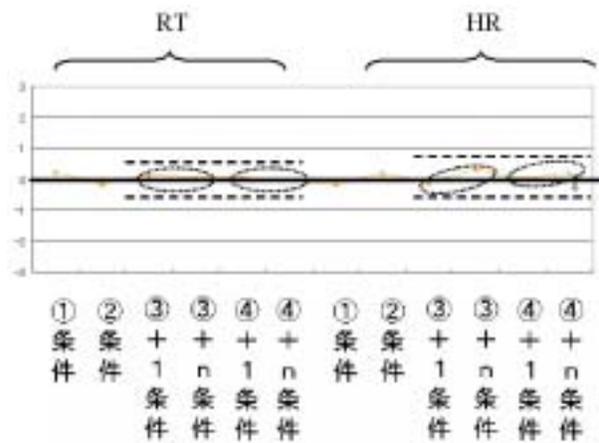


図 5.29 RO 第3主成分 4,5,7 枚

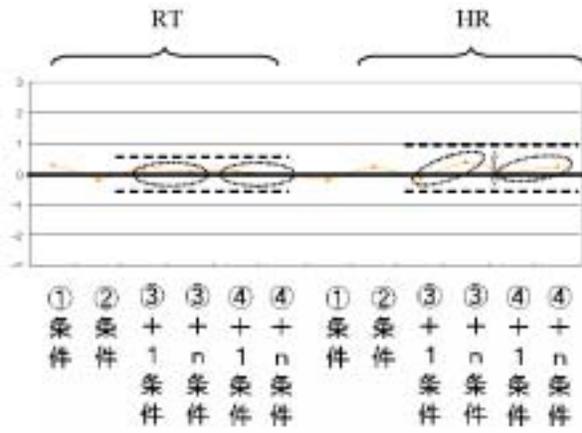


図 5.30 TN 第3主成分 4,5,7枚

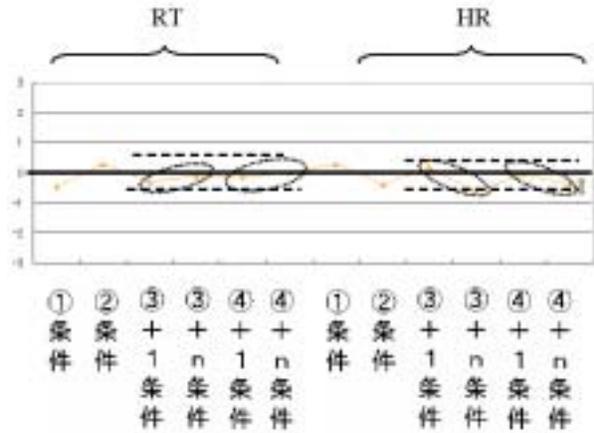


図 5.31 SI 第3主成分 4,5,7枚

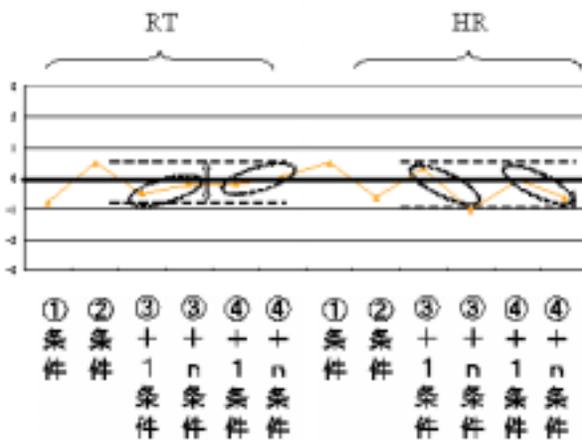


図 5.32 YHS 第3主成分 4,5,7枚

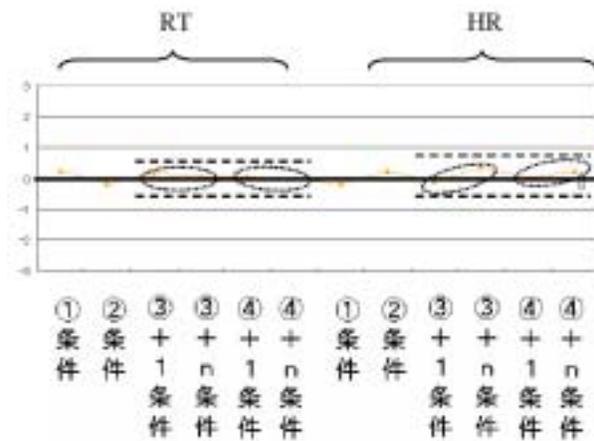


図 5.33 RKO 第3主成分 4,5,7枚

このように、記憶する枚数が多く、記憶に対する負荷が大きい状況では、効果が認められる。しかしながら、この主成分は情報吸収比率が10%以下なので、全体にそれほど大きな影響を与えてはいない。よって、この主成分を「直前呈示の効果」と断定するのは難しい。

## 5.5 その他の主成分

第 4 主成分については、特に作業特性と考えられる傾向は見られなかった。これは第 4 主成分の寄与率が低い (5.9%) であることも反映していると考えられる。

第 1, 第 2 の主成分までは、取り扱う枚数が 1・2・3 枚でも、4・5・7 枚でもそれほど大きな差は認められなかった。しかしそれ以降の主成分では差が生じた。このことから、被験者の傾向と優劣は、全ての実験を行わなくても、1・2・3 枚か 4・5・7 枚のどちらかのみ行えば判明することが推測される。

# 第 6 章

## 考察

### 6.1 直接比較の考察

#### 6.1.1 (1) 条件：上下同時比較

HR と RT は全実験手法でかなりよいレスポンスを持つ。20 回中の上下同じ組数が代わっても RT・HR は変化しない。これは、直接比較する場合は、毎トライアルごとに独立した作業となっていることが示唆される。そして、一度に扱う刺激が、その場で呈示されている 2 枚しかないことが原因であると考えられる。例えば記憶比較では、その場に呈示されている刺激 1 枚と記憶している刺激  $n$  枚 (最高 7 枚) で、最低でも 2 枚以上である。ユーザに対する負担がかなり少ないことが、RT・HR に影響していると考えられる。

単純な 1 対 1 の同時比較作業では、どれだけ時間をかけても良いなら、完璧に出来るはずである。これができなければ、単純に見分けれていないことになる。当然各被験者については、時間をかければ今回使用した雪の結晶の画像を見分けれるかどうかの確認はしている。その結果、どの被験者でもは時間をかければ、画像を見分けることができた。つまり、作業における間違いの要因は、視野・視力ではなく作業課題自体に起因するものであるはずである。

#### 6.1.2 (2) 条件：周辺同時比較

HR は上下同時比較と同程度である。周辺呈示枚数の増加に伴い、RT が単純増加している。

上下同時・周辺同時多数比較では、時間をかければ出来る作業なので、枚数が増加しても HR は変わらず、RT が視線移動の分だけ増加している。被験者から記憶比較より、疲労すると

いう報告があり、これは記憶を使った処理よりも視線移動を多くする作業の方が疲労しやすいことを示唆している。この視線移動により周辺同時多数比較の方が RT が増加していると考えられる。

## 6.2 直前呈示がない場合の記憶比較

### 6.2.1 (3)+1 条件：記憶比較法 + 1 (直前呈示なし)

枚数の変化によらず HR は良い。RT は枚数増加に伴い、やや増加している。

記憶比較 + 1 では段階的に記憶枚数が増加する。そのため同じ刺激を何度も記憶したり、思い出したりすることで、記憶が強化されるので、トレーニング効果が高い。そのため枚数増加による記憶の負荷が小さくなり、記憶枚数が多くても (最高 7 枚) HR は激減しなかった。

おそらく、トレーニング効果の高い状況 ((3)+1 条件) では、記憶枚数 7 枚の負荷は被験者にとって限界ではないことが推測される。実際に被験者 YHG に 10 枚まで記憶させたところ、それでも RT・HR に変化は認められなかった。

### 6.2.2 (3)+n 条件：記憶比較法 + n (直前呈示なし)

記憶に対する負荷が高いため、記憶枚数が一定数以上 (被験者によって 3~4 枚程度) になると、HR は激減している。記憶枚数 4,5 枚以上では、RT は一定となった。

記憶比較で RT が一定値から増加しないのは、被験者が一度に扱える情報量を超えてしまったことより、情報量が頭打ちになってしまい、それ以上時間をかけて情報処理を行うことが出来ないからであると推測される。一定量を超えると記憶の一部の劣化を招き、どれほど再認作業に時間をかけようと、記憶されていないので、完全正解は不可能になってしまう。そのため、最大遂行を目指しても、RT・HR のうち制限のある RT が優先され、その分 HR の低下を招いているのではないかと考えられる。

一度に記憶する手法においては、記憶枚数が 4 枚程度ですでに限界に近い結果が出ており、このようなインターフェイスはあまり良くないことがわかった。

## 6.3 直前呈示がある場合の記憶比較

### 6.3.1 (4)+1 条件：記憶比較法 + 1 (直前呈示あり)

枚数変化によらず HR はよい、RT は枚数増加に従いやや増加している。

直前呈示なしの記憶比較 + 1 と差ほど変化はない。これはトレーニング効果が高く、枚数が増えたときの記憶の負荷が小さいため、直前呈示が加えられても違いがでるような結果にはなっていなかった。

### 6.3.2 (4) 条件 + n：記憶比較法 + n (直前呈示あり)

記憶に対する負荷が高いため、記憶枚数が 3, 4 枚以降では、直前呈示無しに比べて RT・HR が良い。記憶枚数 4 枚目以降では、RT は一定値で増加しなくなる。

直前呈示なしの場合より、RT と HR が向上したのは、直前呈示の効果により記憶の劣化を防いだからだという可能性がある。しかし、HR の向上 (5 ~ 10%) はどの被験者にも見られたが、RT の向上はそれほどでもなかった。このことから次のことが考えられる。記憶の劣化を防ぐことで、時間をかければ完全正解が可能な作業となるため、被験者はより正確に作業しようとする。その結果、HR の大きな向上と RT のわずかな向上が起こるのではないか。しかし、記憶枚数が 7 枚のときには、HR はさほど向上していなかったという事実も存在する。

このように直前に呈示することで、記憶の劣化は軽減することができた。しかし、結局の所ユーザが一度に扱える情報量は増加してないと考えられる。

この条件における、一度に多くの画像を記憶しななければならないという状況 ((3)+n 条件、(4)+n 条件) では、直前に呈示することで、RT・HR が +1 条件で示されるような段階的な記憶作業をする場合のレベルに近づいている。よって、日常的に繰り返し使用することのないイメージ群の中から、そのうちの複数のイメージを記憶しなければならないような状況においては、判断の直前にイメージ群を呈示させることは、効率という点で意味がある手法といえるだろう。

## 6.4 判断の違いによる RT の差についての考察

人間が特定の画像同士を比較するときには、その画像内容を順に走査して比較することになる。そのため、「同じ画像である」といった処理を行うためには、両者を全て比較参照する必要があるため、時間がかかる。そして、「同じ画像ではない」といった、どこか違う点を1つでも発見すればよい処理では、発見したい作業をただちに終了することが可能である。よって、複数回の作業を重ねると全体としては「同じ画像である」より「同じ画像ではない」のほうが、必要とされる RT は小さくてすむはずである。

今回の結果はこの予想処理モデルに合致するものであった。この大小関係と両者の差は、被験者によって差が生じている。例えば差が大きい被験者は判断に対して慎重であり、差が小さい被験者は処理が早く即断していることがわかる。しかし、この大小関係が逆になっている被験者もあり、このモデルだけで全てが説明できるわけではない。

# 第7章

## 結論

今回の実験によりインターフェースの作業効率には、「一度に扱う個数」、「呈示方法」、「トレーニング効果」、「ユーザ特性」が影響していることがわかった。これらをまとめると、

1：直接比較は正確ではあるが、視線移動が多くなり疲労しやすい。

上下同時・周辺同時多数比較では、時間をかければ出来る作業なので、枚数が増加してもHRは変わらず、RTが視線移動の分だけ増加している。被験者から記憶比較より、疲労するという報告があり、これは記憶を使った処理よりも視線移動を多くする作業の方が疲労しやすいことを示唆している。この視線移動により周辺同時多数比較の方がRTが増加していると考えられる。

2：直前呈示の効果

直前呈示をすることで、RT的には、大きく目立った変化は認められない。しかし、数名においてはやや向上している。HR的には、記憶負荷が大きな状況（記憶<sub>+n</sub>）では、どの被験者でも、それなりの向上を見せた。しかし、記憶負荷が小さな状況では大差ない。主成分分析から、これによりパフォーマンスが比較的大きく上昇する被験者とそうでない被験者が明らかになった。ただしその影響は主成分比率で10%程度である。

3：+1 と +n の効果

記憶<sub>+1</sub>では枚数の増加の影響が比較的小さかった。これは画像を何度も記憶したり、思い出したりすることによるトレーニング効果が大きく作用している。そのため記憶に対する負荷が小さくなったためであると考えられる。それに対し、記憶<sub>+n</sub>では、一度に多数の画像パターンを扱い、かつ同じパターンについては、繰り返し記憶することも思い出

すこともないので、記憶に対するトレーニング効果は少ない。よって記憶に対する負荷が高くなったため、枚数増加の影響が比較的大きい。このように、習慣的に同じパターンを何度も利用するような環境下では、記憶を利用した処理は有効な方法であると考えられる。

最後に、今回の実験における各手法の、有効な使用状況を述べる。

a：習慣的に同じパターンを、利用するような環境下では、記憶を利用した処理は有効な方法である。

b：日常的に利用しないトレーニング効果の小さい場合、直前呈示により、RT・HRを向上できる。

c：一度に扱う枚数が1・2枚程度なら、RT・HRが良く、記憶を利用した処理は有効な方法である。画面上で直接比較しないため、視線移動の影響がなく、記憶するのはたった1枚なので記憶に対する負荷はほとんどない。作業として非常に簡単であることが原因である。

d：記憶を利用する作業では、扱う個数が大すぎるとHR的に作業は成立しない。

e：一度に扱える個数や、有効な呈示方法は、ユーザ特性によって異なる。これは、ユーザにとって最適なインターフェイスの考案に役立つ可能性がある。

よって画像再認を行うインターフェイスにおいては、単純にパターン直前呈示を行ったり、直接比較を行えば、RTやHRが良くなるというものではないことが明らかとなった。

# 謝辞

今回の研究を行うにあたって、協力していただいた皆さんに感謝と敬意をここに表します。

ご指導いただいた指導教員の篠森先生には、研究活動において、本当にお世話になりました。何度も研究相談のために、貴重な御時間を割いていただき、その度に実のためになるお話を聞かせていただいたことは、これからの人生において必ずや役に立つはずです。テーマやスケジュールについても、学会の締め切りなど、どうしてもない制約はあるものの、本当に自由に、自分が興味をもった内容で活動させていただき、ありがとうございました。

先生から受けたこの御恩は、もうすぐ始まる社会人としての活動において、あきらめずに努力することで代えさせていただきたいと考えています。

自分たちの卒業研究で忙しい中、私の実験の被験者として協力していただいた賀来君、西岡君、桧垣君。お忙しい中、本当にありがとうございました。就職活動を終えたばかりで、休むまもなく協力していただいたおかげで、多くのデータを収集することができました。そのおかげで、2003年度の冬季視覚学会にも参加することができました。

研究室に入ったばかりで不慣れなにもかかわらず、実験に参加してくれた、池君、五百蔵君、大久保君、久原君。皆さんのおかげで多くの実験データの収集と、被験者としての貴重な意見をいただいたおかげで、新たな実験アイデアを見つけることもできました。おかげで多くの実験手法を作成することができました。

終始実験データの採取に協力してくださった被験者の皆さんには、本当に感謝しています。

学会等で、私の説明を聞いてくださった先生方や学生の皆様には、種々の貴重なご意見とやる気を賜りましたことを厚く御礼申し上げます。

このように多くの人の支えがあったからこそ、今回の研究を最後まであきらめずに行うことができました。今、私は、上で述べた方々、全員に感謝しています。



# 参考文献

- [1] 海保博之・加藤 隆,「認知研究の技法」,東京:福村出版株式会社,1999.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 長谷川勝也,「これならわかる多変量解析」,東京:株式会社技術評論社,2002.
- [5] 石村貞夫,「すぐわかる多変量解析」,東京:東京図書株式会社,1994.
- [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.
- [7] 上野雄宏,反応時間の構造( ),人文研究 Vol.23 301-317,1972.
- [8] 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.
- [9] 松田隆夫,「視知覚」,東京:培風館,1995.