

<p>加齢が視覚的短期記憶に与える影響 Effect of aging on visual short-term memory</p>
---

コース	物質科学コース
学籍番号	160440
氏名	土屋 慶典
指導教員	Micheletto Ruggero

In Japan, the population is aging and various social problems are occurring. The purpose of this study is to quantitatively verify the effects of aging on visual short-term memory through experiments. Through the experiment, the memory stage that is susceptible to aging can be identified, and a model that can estimate the age can be derived from the experimental results. I hope that this research will be useful to prevent aging and improve society..

● 研究背景・目的

現在、日本では高齢化が進んでおり、高齢者による危険な運転、認知症、介護問題など様々な社会問題が発生している。高齢者がこうした行動を起こす原因として認知力の低下が挙げられる。加齢によって衰える認知能力の中でも重要なものとして記憶力がある。また、人間は視覚から非常に多くの情報を得ており、人間が生活していく上で視覚から得られる情報はかかせないものである。このことは加齢によって視覚力が衰える高齢者にとってはより重要である。そこで、人間が生活していく上で重要となる視覚から得られる記憶が加齢によってどのような影響をうけるかを定量的に調べることを本研究の目的とした。

● 実験方法

被験者は最初にスクリーンに表示されたマトリクス図形を記憶し、次にスクリーンに呈示された 24 個のマトリクス図形の中から記憶したものを選択する。最初に呈示するマトリクス図形は 0.05s と 0.6s の 2 つの呈示時間を設定した。この工程を 8 回行ったものを 1 セットとして最大 7 セット行った。呈示されるマトリクス図形には遺伝的アルゴリズムの原理を用いた。

若年群 13 名（男性 12 名、女性 1 名）、高齢群 13 名（男性 7 名、女性 6 名）を被験者として実験を行った。

● 実験結果

高齢群、若年群における平均反応時間、ヒット率、未回答率に有意差が生じた。また、ヒット率、未回答率に関しては呈示時間による有意差が生じた。遺伝的アルゴリズムの影響は若年群には見られたが、高齢群には見られなかった。高齢群において、年齢と平均反応時間において正の相関性が見られ、70 代から平均反応時間が直線的に増加することが分かった。

● 考察

高齢群、若年群における平均反応時間、ヒット率、未回答率に有意差が生じたことから加齢による影響を受けることが分かった。また、高齢群は未回答率が若年群よりも高く、このことは記憶するマトリクス図形を記憶できなかった確率が高かったことを表しており、記憶の記銘、保持、検索の段階の内、記銘の段階で強く加齢影響を受けていることが予想できる。しかし、記銘が正しくできなかった原因として視覚力の低下が挙げられるため、今後は同程度の視覚力を持つ被験者を対象として実験を行っていく必要性を感じた。

表 1 各年代群における実験成績

	平均反応時間(s)	ヒット率(%)	フォルスアラーム率(%)	未回答率(%)
高齢群	9.55(4.42)	65.23(16.37)	21.56(13.72)	13.21(10.47)
若年群	4.42(0.95)	82.53(6.40)	14.31(7.731)	3.16(3.72)

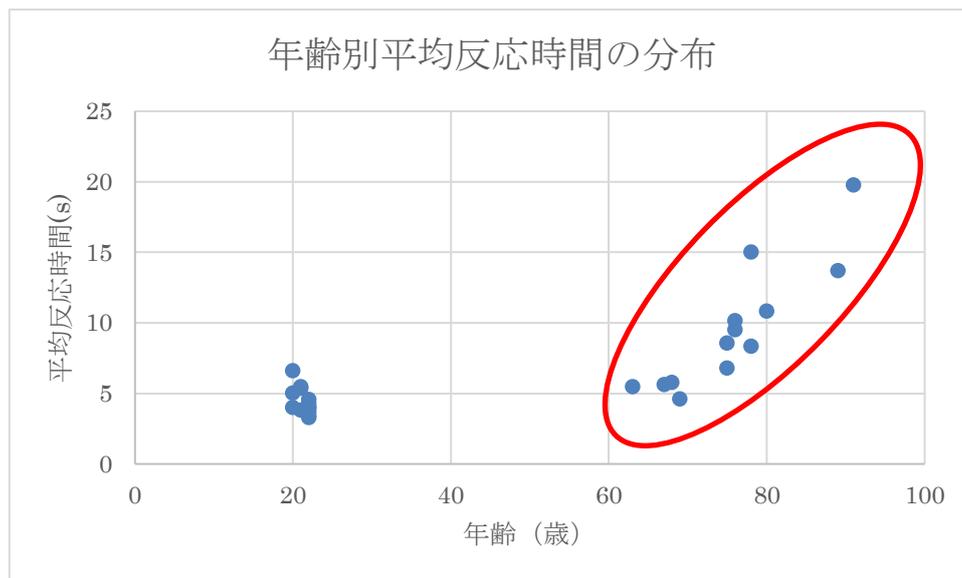


図 1 年齢別平均反応時間の分布

加齢が視覚的短期記憶に与える影響  
Effect of aging on visual short-term  
memory

コース 物質科学コース

学籍番号 160440

氏名 土屋 慶典

指導教員 Micheletto Ruggero

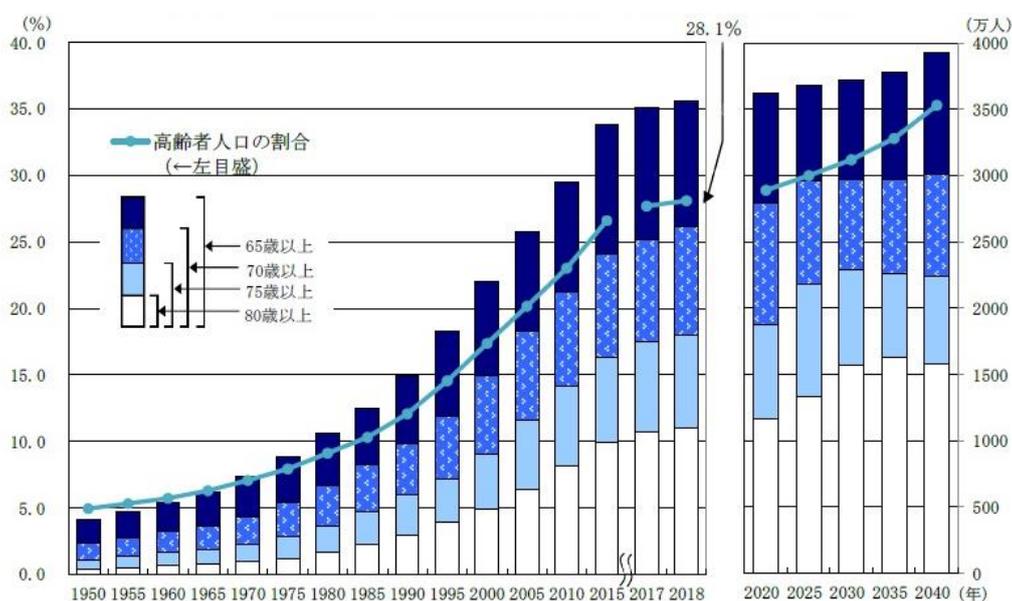
## 目次

1.章 序論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 視覚的短期記憶.....	3
1.4 記憶の段階.....	4
2.章 先行研究.....	6
2.1 研究方法.....	6
2.2 研究結果.....	8
2.3 本研究との違い.....	12
3.章 実験概要.....	13
3.1 実験方法.....	13
3.2 遺伝的アルゴリズム.....	16
3.3 遺伝的アルゴリズムの活用.....	18
4.章 結果と考察.....	19
4.1 高齢群と若年群の成績の差.....	19
4.2 呈示時間における高齢群と若年群の成績の差.....	22
4.3 遺伝的アルゴリズムの影響.....	25
4.4 年齢による平均反応時間の変化.....	26
5.章 考察.....	29
6.章 まとめ.....	31
7.章 謝辞.....	32
8.章 文献.....	33

# 1.章 序論

## 1.1 研究背景

現在、日本では高齢化が激しく進んでいる。総務省統計局ホームページの情報によると図1-1より2018年の日本における高齢者の割合は28.1%であり、2040年には35.3%になると推測されており、3人に1が高齢者になる。また、この現象は日本にさきがけておこっているものであり、さらに数年後には世界各国の先進国でも起きることだと予想されている。こうした高齢化に伴い、高齢者による危険な運転、認知症、介護問題など様々な社会問題が発生している。こうした問題はいまだに根本的な解決方法は見つかっておらず、今後さらに進展していく恐れがある。高齢者がこうした行動を起こす原因として様々なことが挙げられているが、一つの原因として認知能力の低下が挙げられている。人間の認知メカニズムは様々な研究が行われているが未だにわかっていないことがたくさん存在している。こうした人間の認知メカニズムを解決できれば高齢者が起こす行動を分析でき、様々な問題を解決できると考えたため高齢者を対象とした研究を行った。日本でいち早く高齢者の社会問題を解決できればこれから高齢化が進む世界各国の手本となることができると考えている。



資料：1950年～2015年は「国勢調査」、2017年及び2018年は「人口推計」  
2020年以降は「日本の将来推計人口（平成29年推計）」出生（中位）死亡（中位）推計  
（国立社会保障・人口問題研究所）から作成

- 注1）2017年及び2018年は9月15日現在、その他の年は10月1日現在  
2）国勢調査による人口及び割合は、年齢不詳をあん分した結果  
3）1970年までは沖縄県を含まない。

図 1-1 年代別人口割合の推移

出典 総務省統計局ホームページ <https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1131.html>

1月15日20時最終ログイン

## 1.2 研究目的

加齢によって、衰える認知能力の一つとして記憶があげられる。(Botwinick, 1978; Burke & Light, 1981; Craik, 1977; Craik & McDowd, 1987)らの研究によって若年成人に比べて高齢者の記憶成績が低いことが示されている。しかし、中には加齢によって影響を受けない実験結果も存在する。Schonfield & Robertson (1966)の再認方法を用いた記憶力のテストでは若年成人と高齢者の間に成績の差が認められなかった。その他の研究でも同様の結果が得られており、再認段階では加齢による影響が少ないことを多くの研究者が指摘している。しかし、國見・松川 (2009)の視覚的短期記憶による研究では、加齢による影響が少ないと指摘されている再認テストにおいても加齢による記憶力の低下が示されている。また、視覚的短期記憶を扱った研究は他の記憶研究に比べると数がなく、その他にもわかっていないことが多く存在する。加えて、人間は視覚から多くの情報を得ており、視覚から得られる情報は非常に重要なものである。そこで、現在理解が進んでいないかつ、人間が情報を得るうえで重要となる視覚に関連する記憶について様々なことが分かれば多くの問題を解決できると考えたため、視覚的短期記憶を取り扱った研究を行った。

本研究では Python で作成した実験プログラミングを用いて若年群、高齢群からそれぞれの視覚的短期記憶に関するデータを採取し、定量的に分析を行った。分析を基に、年齢群に応じて視覚的短期記憶の特徴にどのような変化が現れるかを導き出すことを目的として研究を進めた。

### 1.3 視覚的短期記憶

色、形状、大きさ、動きなど、視覚から得た情報を一時的に保持する記憶を視覚的短期記憶 (visual short-time memory) という。視覚的記憶研究では使用する刺激として言語的符号化ができるものと言語的符号化ができないものがよく比較される。言語的符号化ができるものとは視覚から得られた情報を言語化できるものまたは意味付けできるものであり、これらのできないものは言語的符号化ができないものとして扱われる。視覚的記憶研究で使われる刺激の多くが言語的符号化できるものであるが、言語的符号化できないものとしてドットパターン、マトリクス図形などが挙げられる。

視覚的短期記憶の年代による影響をみると 4×4 のマトリクス図形を用いた Vecchi & Cornoldi (1999)の研究、Arenberg(1978)のベントン視覚保持テスト (Benton Visual Retention Test)、Seo, Lee, Choo, Youn, Kim, Jhoo, Suh, Paek, Jun, & Woo (2007) の研究から再生法において加齢影響を受けることが報告されている。

一方で 1.2 でも述べているが、加齢影響は再生法では生じるが再認法では生じにくいことが分かっているが、言語的符号化が出来ないものを刺激として扱った國見・松川 (2009)の研究では再認法でも加齢影響が生じている。

また國見・松川 (2011)、Pezdeck (1987)、Koutstaal & Schacter (1997)、Koutstaal, Reddy, Jackson, Prince, Cendan & Schacter (2003)の研究により、高齢者は若年者に比べてフォルスアラームが多いという特徴をもつことが示されている。フォルスアラームとは、経験していない事象に対して、経験したと判断する虚再認である。視覚的短期記憶においては、事前に学習した学習図形と現在呈示されているテスト図形とを混同する誤答を示す。このように視覚的短期記憶では高齢者のみに現れる特有の性質を持つものも存在する。

## 1.4 記憶の段階

記憶には記銘、保持、想起の3つの段階が存在する。記銘は過去の経験をなんらかの形で取り込む、保持はある時点までそれを保持する、想起はそれを再現するという働きを持つ。記銘、保持、想起という用語は、それぞれ、符号化、貯蔵、検索と呼ばれることもある。多くの記憶研究ではこれら3つの段階を対象に、記憶に影響を与える独立変数を操作し、従属変数として記憶パフォーマンスを数量的に測定する。代表的な記憶実験として、エビングハウスの実験が挙げられる Ebbinghaus,(1885)。記憶テストの方法として再生、再認が挙げられる。再生とは、いわゆる論述式テストに該当し、記銘した項目を口頭や書記によって再現させるテストである。再認とは、いわゆる多肢選択テストに該当し、記銘した項目（ターゲット項目とよぶ）に記銘していない項目（ディストラクタ項目とよぶ）を加えて、それぞれが記銘した項目であるか否かの判断を求めるテストである。

### 記憶の段階

記銘（符号化）	過去の経験をなんらかの形で取り込む。
保持（貯蔵）	ある時点まで記銘したものを保持する。
検索（想起）	記銘、保持したものを再現する。

表 1-1 記憶の段階

### 記憶テストの方法

再生	論述式テストに該当し、記銘した項目を口頭や書記によって再現させるテスト。 例 英単語を覚えさせ、その単語を書き出させる。
再認	多肢選択テストに該当し、記銘した項目（ターゲット項目とよぶ）に記銘していない項目（ディストラクタ項目とよぶ）を加えて、それぞれが記銘した項目であるか否かの判断を求めるテスト。 例 英単語を覚えさせ、用意された選択の

	中から正解を選ぶ。
--	-----------

表 1-2 記憶テストの方法

## 2.章 先行研究

記憶に関する研究は様々な観点から様々な方法を用いたものが非常に多く存在するが、視覚的短期記憶を扱った研究は少ない。その中でも今から紹介する國見の先行研究はマトリクス図形を用いた視覚的短期記憶を扱っている。この実験では言語的符号化ができない視覚的短期記憶の成績が年齢に応じてどのように変化するかを表している。

### 2.1 研究方法

國見が行った実験を二つ紹介する。一つ目はマトリクス図形を用いた N-back 課題の実験 國見・松川(2009)である。実験では  $3 \times 3 = 9$  マスを  $4:5$ 、 $5:4$  (反転) に白黒で塗り分けられたマトリクス図形を使用した。このマトリクス図形を 3-6 個 PC 画面上に呈示時間 2000ms で提示した。試行ごとにランダムに変動するようにしたため被験者は連続呈示される図形の数で再認段階になるまでわからなかった。その後 4 個のマトリクス図形を呈示し、その中から N 個前に呈示された図形と同じものを選択する。再認画面の 4 図形にはターゲットが必ず含まれている状態にした。今回の実験では 0 個前、すなわち直前に呈示された図形と 1 個前に呈示された図形をそれぞれ選択させた。この一連の流れを 1 試行として 20 試行行った。

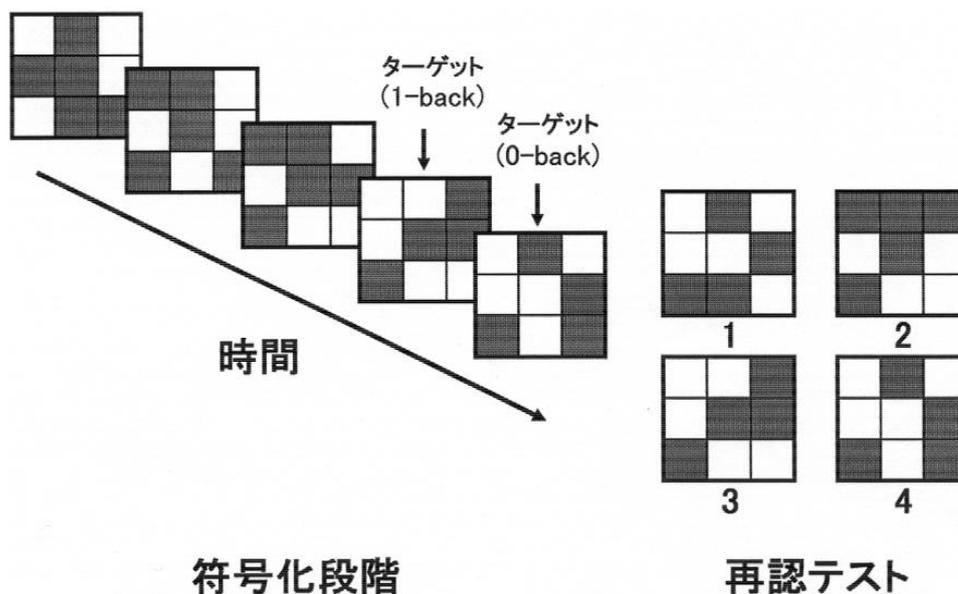


図 2-1 一つ目の実験方法

出典 國見 充展・松川 順子(2009).N-back 課題を用いた視覚的ワーキングメモリの保持と処理の加齢変化 心理学研究,80,100.

二つ目はマトリクス図形を用いた強制選択課題と Old/New 判断課題の実験である。 $4 \times 4 = 16$  マスを  $8:8$  に白黒で塗り分けられたマトリクス図形を用いた。まず初めに“準備”と

いう文字を呈示し、実験参加者は、自分のペースでキーを押すことで実験を開始した。最初に注視点を画面中央に 1000ms 呈示し、その後、学習図形を 2000ms 呈示した。続いて刺激をカバーするよう、市松模様配色した 6×6 のマトリクスマスクを 500ms 挿入した後にテスト図形を呈示した。Old/New 判断課題条件では、実験参加者はマスク後に呈示されるテスト図形が、マスク前に呈示された学習図形と同じであるか異なるかの判断をした。強制選択課題条件では、テスト図形を一つではなく、左右同時に二つ呈示した。実験参加者はどちらの図形が学習図形と同一かの判断をした。この 2 つの実験における順序はカウンターバランスとした。

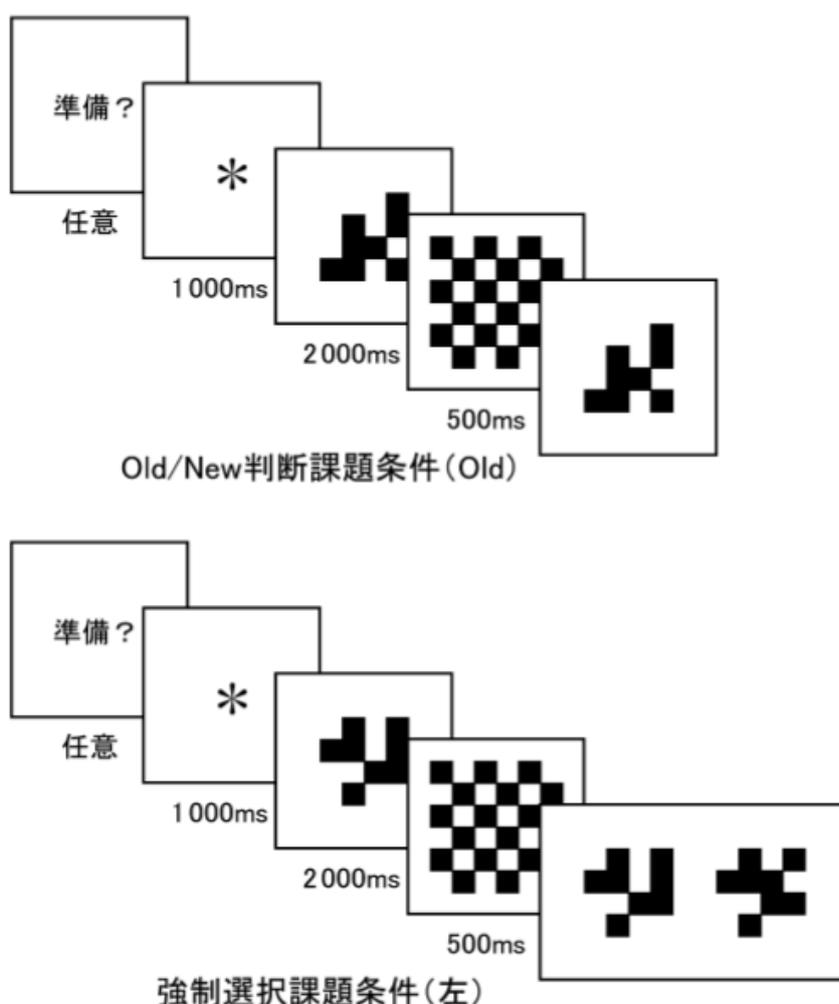


図 2-2 二つ目の実験方法

出典 國見 充展・松川 順子(2011).再認課題から見た高齢者における視覚的短期記憶 心理学研究 第82巻 第 4 号 pp. 402

## 2.2 研究結果

図 2-3 は本実験の年齢群ごとによる刺激数を変化させたときの 0-back,1-back の実験成績を表している。また、図 2-4 は年代群ごとの課題別平均再認率を表している。図 2-4 から短期保持のみを必要とする 0-back 課題では、60 代からの急速な低下が、処理と保持を必要とする 1-back では 30 代からの比較的直線的な低下が生じることが分かった。またどちらの課題においても加齢影響があることを確認できた。

年代群ごとの平均再認率(%)

年代群	課題	刺激数			
		3	4	5	6
20	0-back	96.3 (9.2)	95.0 (10.3)	100.0 (0.0)	98.8 (5.6)
	1-back	79.0 (24.7)	81.0 (18.9)	78.0 (24.2)	83.0 (18.7)
30	0-back	91.3 (14.7)	95.0 (10.3)	100.0 (0.0)	93.8 (13.8)
	1-back	68.0 (19.9)	65.0 (31.7)	67.0 (26.2)	70.0 (17.8)
40	0-back	93.8 (11.1)	96.3 (9.2)	97.5 (7.7)	92.5 (11.8)
	1-back	61.0 (23.8)	60.0 (26.8)	67.0 (21.8)	63.0 (25.4)
50	0-back	91.3 (12.2)	96.3 (9.2)	96.3 (9.2)	97.5 (7.7)
	1-back	65.0 (28.9)	66.0 (27.6)	59.0 (23.8)	65.0 (19.3)
60	0-back	66.3 (27.2)	86.0 (18.5)	90.0 (15.2)	89.0 (15.2)
	1-back	52.0 (21.9)	61.0 (22.0)	59.0 (22.9)	63.0 (27.0)
70	0-back	65.0 (33.8)	67.0 (29.9)	74.0 (29.1)	80.0 (20.5)
	1-back	43.0 (29.2)	60.0 (24.3)	55.0 (25.9)	60.0 (24.3)

注) 括弧内は標準偏差である。

図 2-3 一つ目の実験の結果 1

出典 國見 充展・松川 順子(2009).N-back 課題を用いた視覚的ワーキングメモリの保持と処理の加齢変化 心理学研究,80,101.

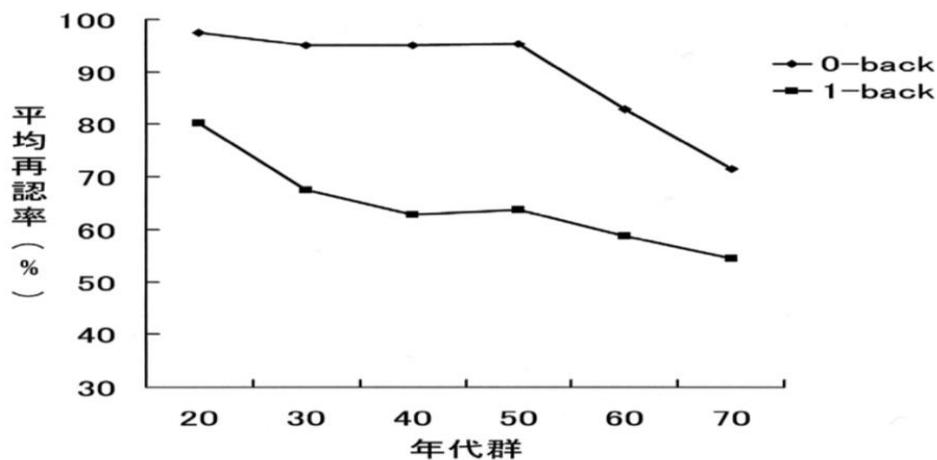


図 2-4 一つ目の実験の結果 2

出典 國見 充展・松川 順子(2009).N-back 課題を用いた視覚的ワーキングメモリの保持と処理の加齢変化 心理学研究,80,101.

図 2-5 は課題条件別に見た若年群と高齢群における実験成績を表わしている。どちらの実験でもマトリクス図形を用いた場合、視覚的短期記憶に加齢影響が生じることが分かった。また、高齢者は視覚情報の記憶は可能であるが、形状の詳細を記憶することが困難になっていることが分かった。しかし、この研究の範囲内では、視覚的短期記憶の入力、保持、想起のいずれか加齢影響を強く受けたのかを分離することはできなかった。

これら 2 つの実験から視覚的短期記憶の再認成績が加齢による影響を受けていることが明らかにされた。

課題条件別ヒット率, フォルスアラーム率, および  $d'$  の結果

	強制選択課題			Old/New 判断課題		
	ヒット率	フォルスアラーム率	$d'$	ヒット率	フォルスアラーム率	$d'$
若年群	95.50% (.03)	4.50% (.03)	2.49 (.55)	97.84% (.01)	3.76% (.02)	3.85 (.24)
高齢群	92.30% (.06)	7.70% (.06)	2.18 (.81)	96.24% (.03)	12.08% (.08)	3.12 (.61)

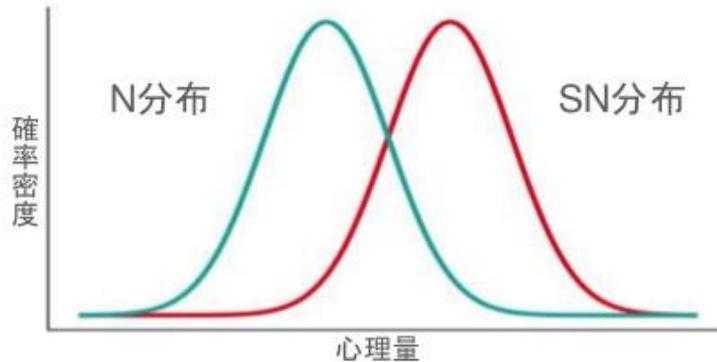
注) ( ) 内は標準偏差。

図 2-5 二つ目の実験の結果

出典 國見 充展・松川 順子(2011).再認課題から見た高齢者における視覚的短期記憶 心理学研究 第82巻 第 4 号 pp. 402

図 2-5 における  $d'$  は信号検出理論によって導き出された値であり、心理学の実験において弁別力といわれているものである。弁別力は被験者がどれだけノイズの中から正しく刺激を検出することができるかを表す力である。先行研究の実験では正しい刺激を最初に提示したマトリクス図形、ノイズを後に提示した、最初に提示したマトリクス図形とは異なるマトリクス図形である。したがって今回の実験の弁別力は最初に呈示されたマトリクス図形を他の異なるマトリクス図形に惑わされずに検出することが出来るかを表す力である。先行研究ではこの力を再認成績としている。信号検出理論では図 2-6 のようなノイズの心理量の分布 (N 分布) とノイズと信号を含んだ心理量の分布 (SN 分布) を考える。この分布は 2 つの分布が正規分布であること、等分散であることを仮定している。

# ノイズ分布と信号+ノイズ分布



心理量：信号強度に対応した心理量

確率密度：各分布のもとでその心理量が生じる確率 (尤度)

**N分布**：ノイズが呈示されたときの心理量の分布

**SN分布**：信号+ノイズが呈示されたときの心理量の分布  
信号が加わる分、信号強度が高くなるため、常に  
N分布より右側に位置する

※信号検出理論のもとではノイズおよび信号の強度は一定なので、ノイズや信号のばらつきではなく心理量に変換される際の誤差による分布である点に注意

図 2-6N 分布と SN 分布

出典 <https://www.slideshare.net/TakashiYamane1/15-81094162>2020年 1 月 20 日 20 時最終ログイン

N 分布は被験者の刺激がなかった時の反応の分布を表しており、分布の中心より左の部分は刺激がなかったことを正しく判断した時のこと、右の部分は刺激がなかったにも関わらず、あったと判断したことを表している。SN 分布はノイズと刺激が混ざった時の被験者の反応の分布を表しており、分布中心より左の部分は刺激があったにもかかわらず、刺激がなかったと判断したこと、右の部分は刺激があったことを正しく判断できたことを表している。SN 分布は必ず刺激を含んでいるため必然的に分布は正の方向に移動する。この 2 つの分布の距離が大きいほど、刺激とノイズの区別をつけやすいことがわかる。この SN 分布と N 分布の値の平均の距離を N 分布の分散で割ったものを  $d'$  としている。 $d'$  は数式 2-1 によって導きだされる。また、図 2-7 の点線は刺激があったかなかったかの判断基準を示しており、この点線がどちらかにかたよることで刺激があったかなかったかを判断するうえでの偏りであるバイアスが分かる。バイアスがない場合は N 分布と SN 分布の真ん中になる。バイアスにはいくつか種類があるが先行研究では数式 2-2 で導きだされるものを使用している。 $C > 0$  の時は刺激があったと判断する傾向が強く、 $C < 0$  の時は刺激がなかったと判断する傾向が強いことを示す。再認課題の際は記憶する対象が呈示されたか、されていないか、

という観点でとらえている。この実験では高齢群における判断基準  $C$  が若年群で-0.10 (SD=0.11), 高齢群で-0.30 (SD=0.21)であり、高齢群のほうがマイナス方向に大きな値を示している。このことから高齢群は若年群に比べて、記憶する対象であるマトリクス図形が呈示されなかったと判断する傾向にあることが分かる。

$$\text{数式 2-1 } d' = Z_N + Z_{SN}$$

$$\text{数式 2-2 } C = 0.5[Z_{SN} + Z_N]$$

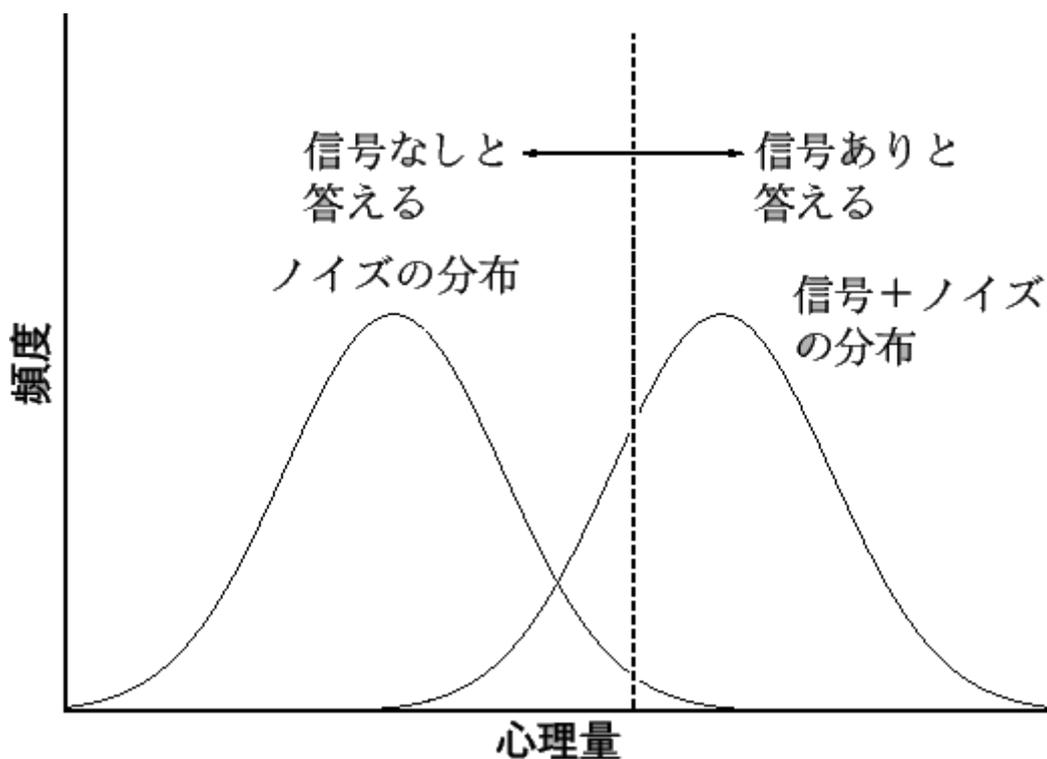


図 2-7N 分布と NS 分布における判断基準

出典 <http://www5e.biglobe.ne.jp/~tbs-i/psy/tsd/.pdf> 2020年1月18日18時最終ログイン

### 2.3 本研究との違い

先行研究では  $3 \times 3 = 9$  マスのマトリクス図形と  $4 \times 4 = 16$  マスのマトリクス図形を扱ったが、本研究では  $5 \times 5 = 25$  のマスの内 8 個のマスがランダムに白塗りされている図形を扱った。実験方法としては第 3 章でも詳しく述べるが、まず初めに記憶するマトリクス図形を呈示し、その後、スクリーン上に 24 個の同じようなマトリクス図形を呈して、最初に記憶したものを選択する先行研究の実験の内の選択課題による実験を行った。出てくるマトリクス図形には第 3 章でも話すが、遺伝的アルゴリズムを活用した。このようにして異なる実験方法の時に先行研究と同じような結果がでるのか、それとも異なる結果が現れるのか、またどのような変化が現れるのかを定量的に分析する。先行研究では正答率のみに着目していたが、先行研究では取り扱っていない反応時間（選択する図形がスクリーンにあらわれてから、選択するまでにかかった時間、すなわち解答時間。）などの部分にも着目した。

### 3.章 実験概要

#### 3.1 実験方法

まず初めに今回の実験では  $5 \times 5 = 25$  の内 8 マスを白く塗りつぶしたマトリクス図形を用いた。被験者はまず初めに図 3-1 のようなスクリーン中央に表示されたマトリクス図形を記憶する。その後図 3-2 のように同じようなマトリクス図形 24 個の図形が規則正しく配置された画面が表示される。その中から最初に覚えたマトリクス図形を選択する。呈示されたマトリクス図形の中には最初に記憶したマトリクス図形は必ず含まれているものとする。仮に、覚えられなかった、図形を探している間に忘れてしまった場合は真ん中の図形が何も描かれていない空間を選択する。最初に被験者が覚えるマトリクス図形の呈示時間は 0.05s と 0.6s の 2 パターンを用意した（以後、呈示時間が 0.05s のものを short、0.6s のものを long として扱う）。この工程を 8 回行ったものを 1 セットとしてとして最大 7 セット行った。被験者の気分がすぐれなかつたりした場合は実験を途中でやめ、その世代までのデータを収集した。この実験を通して、被験者の反応時間、選択したマトリクス図形、選択した座標、正しい選択肢の座標、マトリクス図形の出現回数、といった情報を得ることが出来た。実験は年代を問わずに行った実験、若年群を対象とした実験、高齢群を対象とした実験の合計 3 回行った。実験参加者はそれぞれにおいて 17 名（男性 13 名、女性 4 名）、13 名（男性 12 名、女性 1 名）、13 名（男性 7 名、女性 6 名）の合計 43 名であった。なお、最初に年代を問わずに行った実験は今回の研究の目的に関係なかったこと、使用した機器、プログラミングが異なったため実験データは扱わなかった。それぞれの平均年齢は 29.4 歳、21.3 歳、75.8 歳であった。なお、特別養護老人ホームラスール金沢文庫に被験者提供として実験に協力していただいた。1 回目の実験ではプロセッサ inter(R) Celeron(R) CPU N3060 @1.60GHz 1.60GHz の PC、2、3 回目の実験ではプロセッサ inter(R) Celeron(R) CPU N3350 @1.10GHz 1.10GHz の PC を使用した。

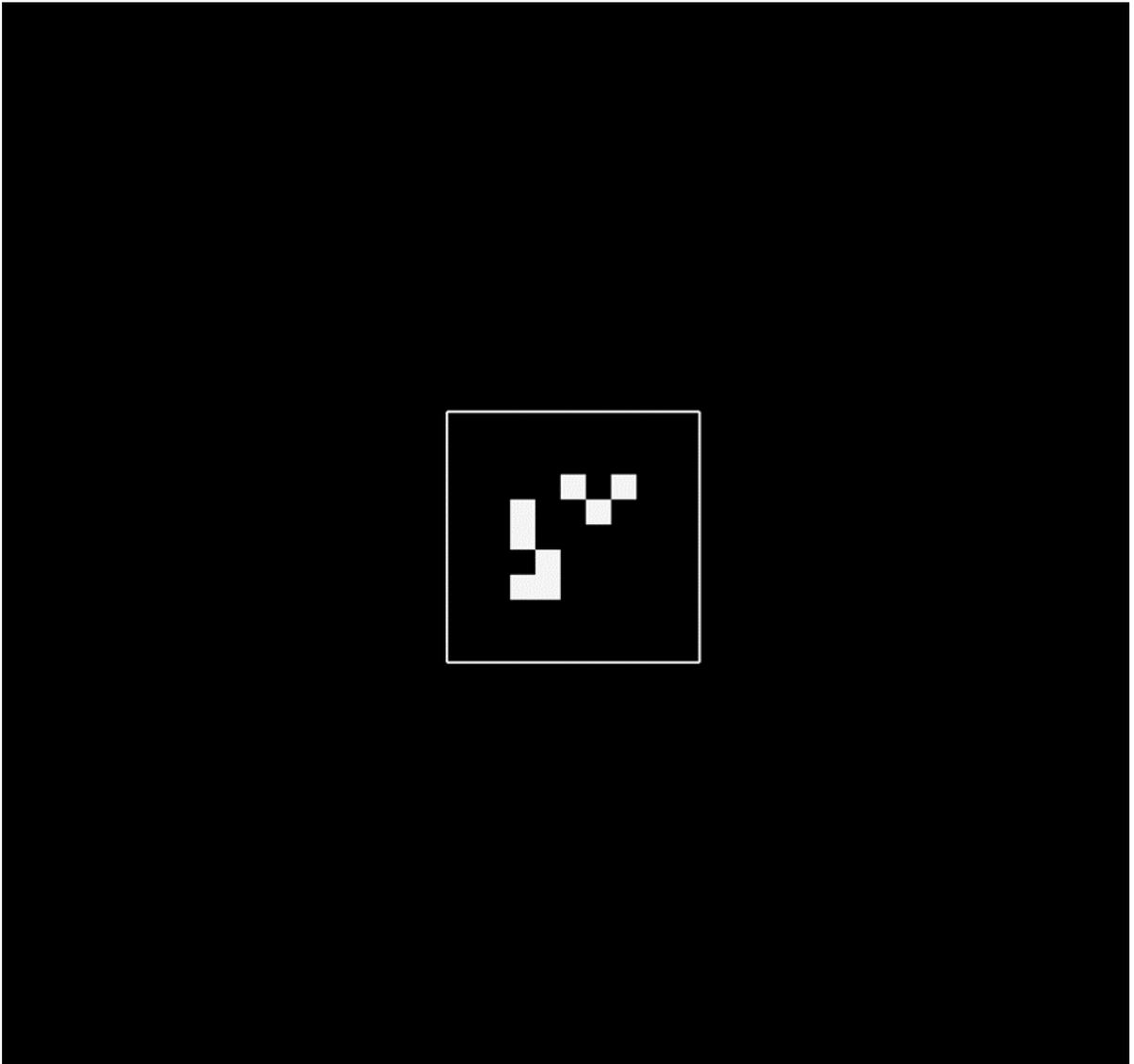


図 3-1 最初に呈示したマトリクス図形

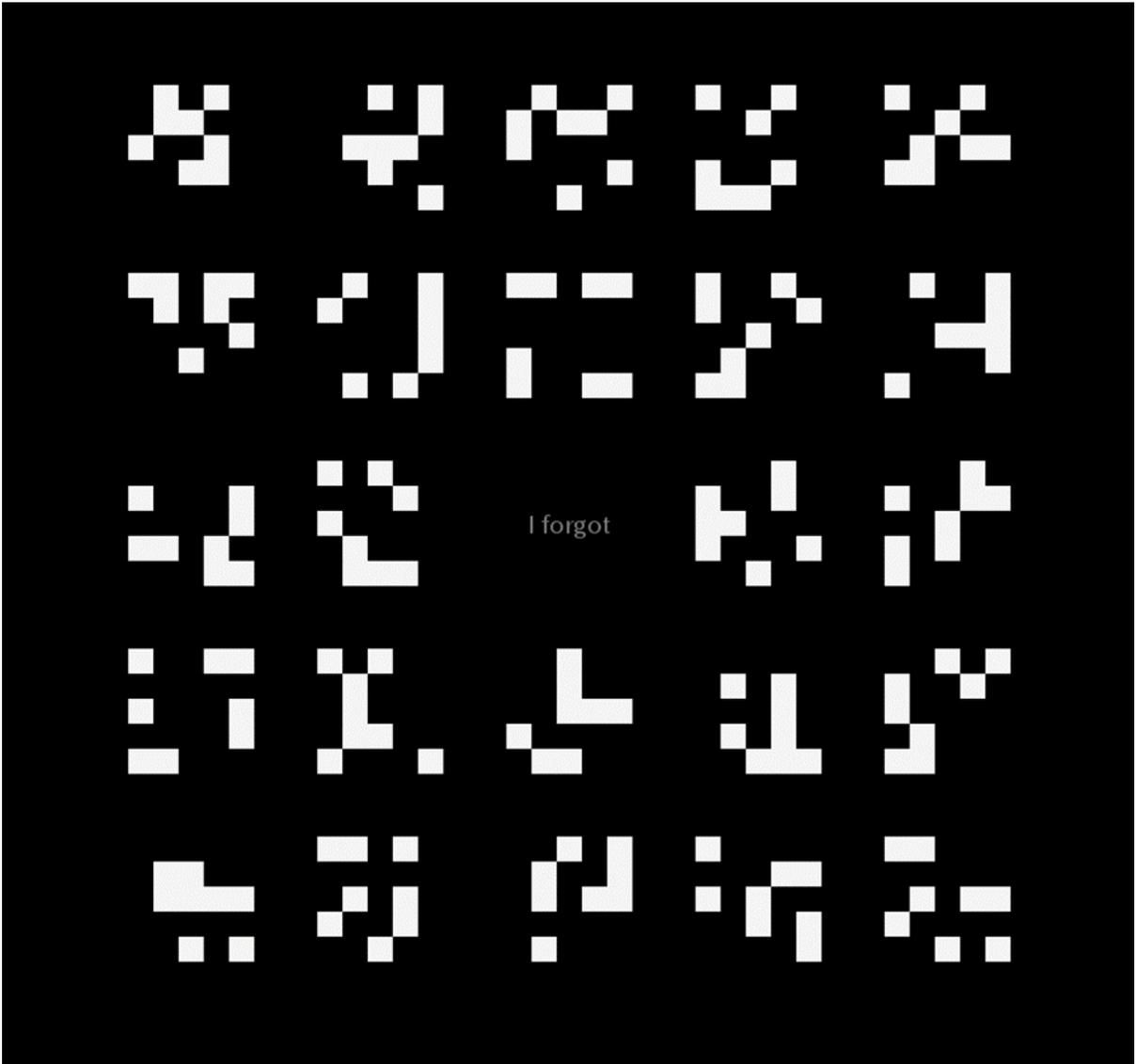


図 3-2 次に呈示したマトリクス図形

### 3.2 遺伝的アルゴリズム

本実験では使用するマトリクス図形の採択に遺伝的アルゴリズムを採用した。遺伝的アルゴリズム (GA) は、生物進化 (選択淘汰、突然変異) の原理に着想を得たアルゴリズムであり、確率的探索の一手法と考えることができる。GA は、基本的に **Generate-and-Test** 型のアルゴリズムで選択、交叉、突然変異の 3 種類の遺伝的操作を使用する。GA の処理手段はまず初期集団の生成をし、その後終了条件が満たされるまで以下の手順 (a) 適応度の評価 (b) 選択 (c) 交叉 (d) 突然変異をループするものである。まず初めに初期集団の生成として決められた個体数の染色体をランダムに生成する。この際の個体数の決定や染色体の長さ、コーディングの方法などは GA の研究の中心的課題であるが、現在では職人芸的に決めている。続いて、各々の個体に対して (a) 適応度の評価を行う。この評価は遺伝的アルゴリズムを使う場面において大きく異なる。基本は、より良い個体が高い適応度の評価をされる。各々の個体に適応度が決定されたら、それを基に (b) 選択を行う。基本的に、適応度の高い個体が、より多くの子孫を残す機構となる。これによって、より良い個体を形成する遺伝子が集団中に広がっていく。いくつかの方法が提唱されているが、どの方法を採用するか、さらに適応度と残せる子孫の数の期待値の関係をどのように設定するかで淘汰圧力が変わってくる。選択交配を行う個体対が決定されたら、染色体の (c) 交叉を行う。交叉の方法も、いろいろ提案されているが基本的には、双方の染色体の一部ずつを採ってきて子孫の染色体を作るものがあげられる。最後に (d) 突然変異を加える。これは、ある確率で染色体の一部の値を変える操作である。これらの操作が終了すると、新しい世代の個体集団が作られたことになる。そして、この新たな集団に対して、また適応度評価、選択、交配、突然変異を行いさらに新たな世代を作っていく。この工程を行っていくにつれて自然と指定した環境に強い個体が生まれていく。この原理を用いて設定した課題における最適解を求めることが最大の目的である。

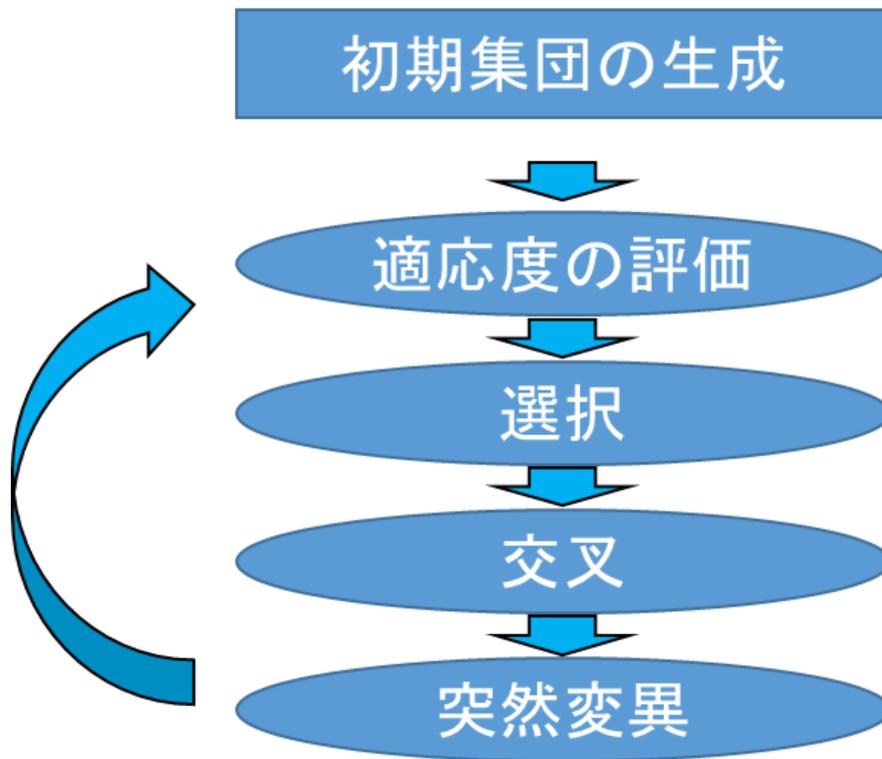


図 3-3 遺伝的アルゴリズムにおける処理手段

### 3.3 遺伝的アルゴリズムの活用

本実験では、 $5 \times 5 = 25$  マスの内 8 マスが白塗りされているマトリクス図形を 8 個ランダムに、これらの一つ一つを固体とした初期集団を設定した。それぞれの個体における 1 マスのグリッドを染色体に設定した。適応度の評価を反応時間で行い、それぞれの集団における反応時間が小さいものを高い評価とした。それぞれの集団における評価の高いものを上から順に並べ、上から 3 つのものを次の世代に持ち越し、そしてこの 3 つの個体を親として組み合わせた個体を子孫として遺伝させた。残りの図形をまた新しくランダムに加えて、この図形を突然変異の図形として扱った。この工程を 1 セットとして繰り返し行った。被験者が実験を終えるまで、または 7 セットまで実験を終えるまでを遺伝的アルゴリズムの終了とした。この原理を用いることで世代が進むにつれて反応時間が小さくなっていくことが予想される。本実験では遺伝的アルゴリズムを用いて最適解を見つけるのではなく、遺伝的アルゴリズムを用いた実験を行った際に年齢群に対して違いが生じるのか、違いが生じた場合にはどのような違いが生じるかといった点に着目した。

## 4.章 結果と考察

### 4.1 高齢群と若年群の成績の差

高齢群と若年群による平均反応時間、ヒット率、フォルスアラーム率、および未回答率の数値を表 4-1 に表した。

表 4-1 各年代群における実験成績

	平均反応時間(s)	ヒット率(%)	フォルスアラーム率(%)	未回答率(%)
高齢群	9.55(4.42)	65.23(16.37)	21.56(13.72)	13.21(10.47)
若年群	4.42(0.95)	82.53(6.40)	14.31(7.731)	3.16(3.72)

注) 括弧内は標準偏差である。

それぞれで t 検定を行った所、図 4-1 から 4-4 における p 値よりフォルスアラーム率を除く、3つの項目で年代群に有意差が生じた。

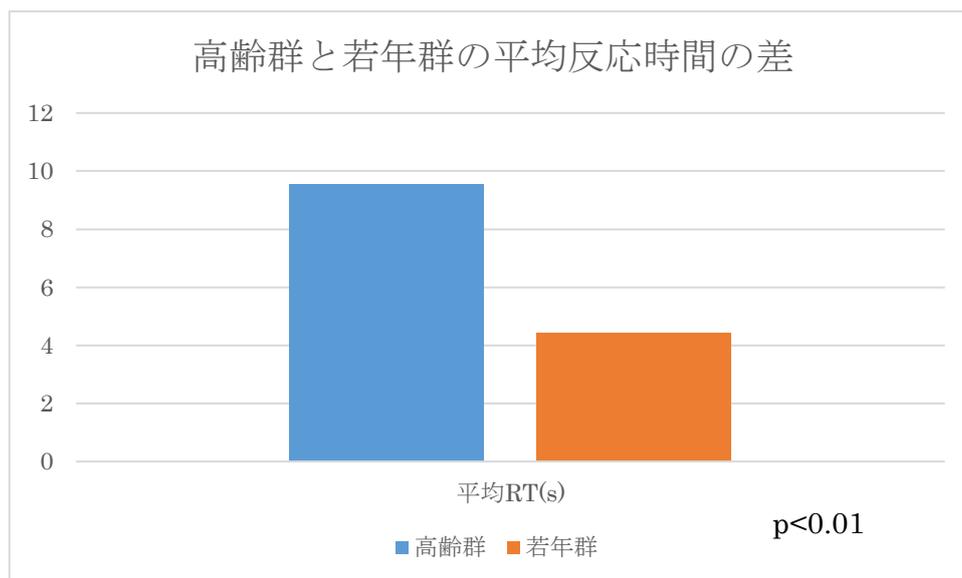


図 4-1 高齢群と若年群の平均反応時間の差

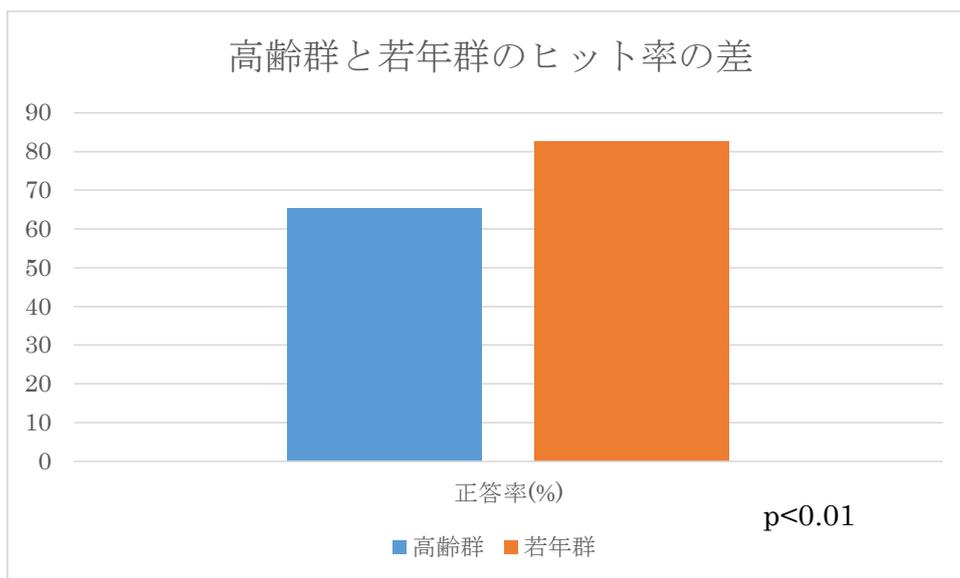


図 4-2 高齢群と若年群のヒット率の差

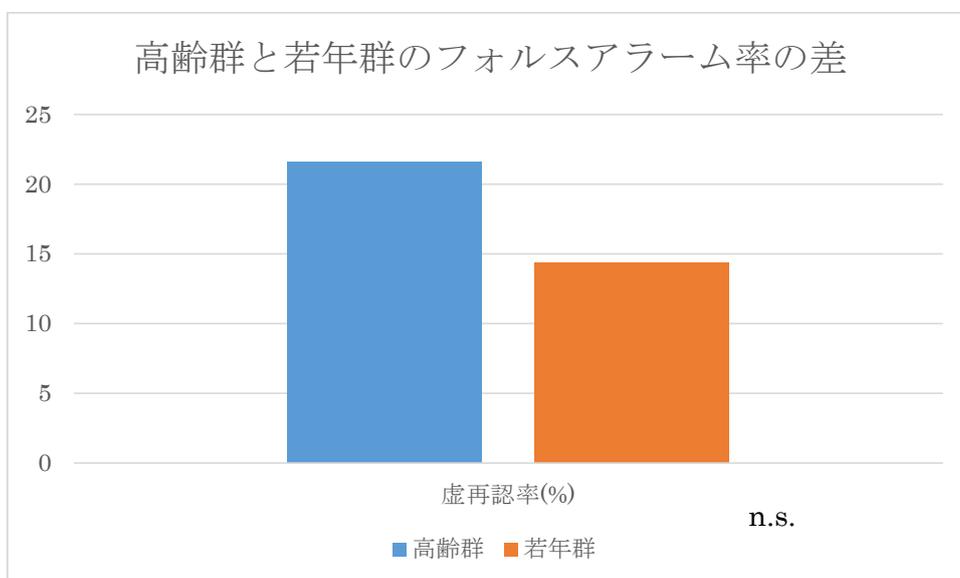


図 4-3 高齢群と若年群のフォルスアラーム率の差

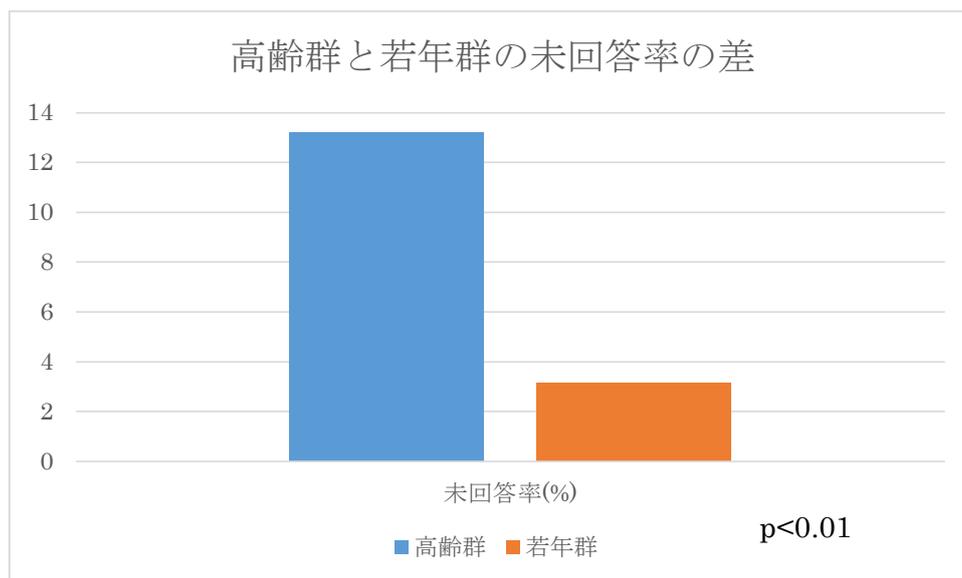


図 4-4 高齢群と若年群の未回答率の差

#### 4.2 呈示時間における高齢群と若年群の成績の差

図 4-5 から 4-8 は高齢群と若年群に分けた時の呈示時間に応じた平均反応時間、ヒット率、フォルスアラーム率、未回答率を表している。これらの図からは平均反応時間、フォルスアラーム率に関してはどちらの年代も呈示時間に応じて同様の変化を表しており、交互作用は見られない。しかし、ヒット率に関しては年齢群と呈示時間を組み合わせた際に数値が上がる、未回答率に関しては年齢群と呈示時間を組み合わせた際に数値が下がるというように交互作用が見られる。そこで、年齢群と呈示時間における交互作用を調べるために混合二要因分析を行った。

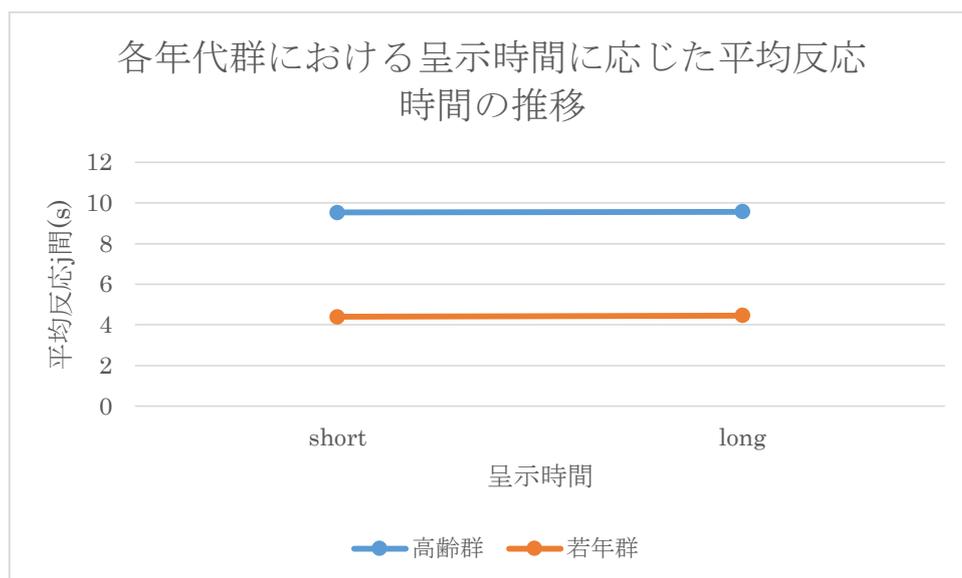


図 4-5 各年代群における呈示時間に応じた平均反応時間の推移

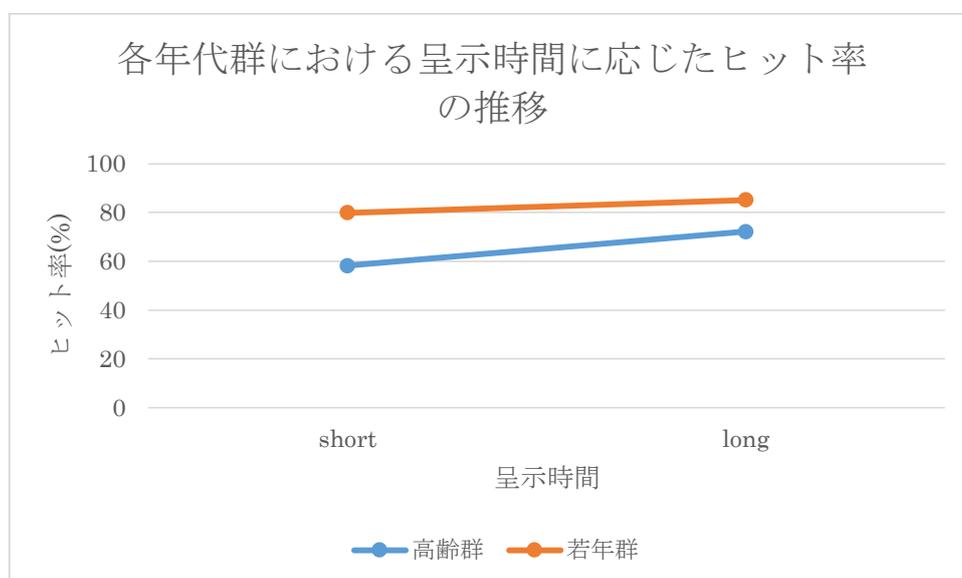


図 4-6 各年代群における呈示時間に応じたヒット率の推移

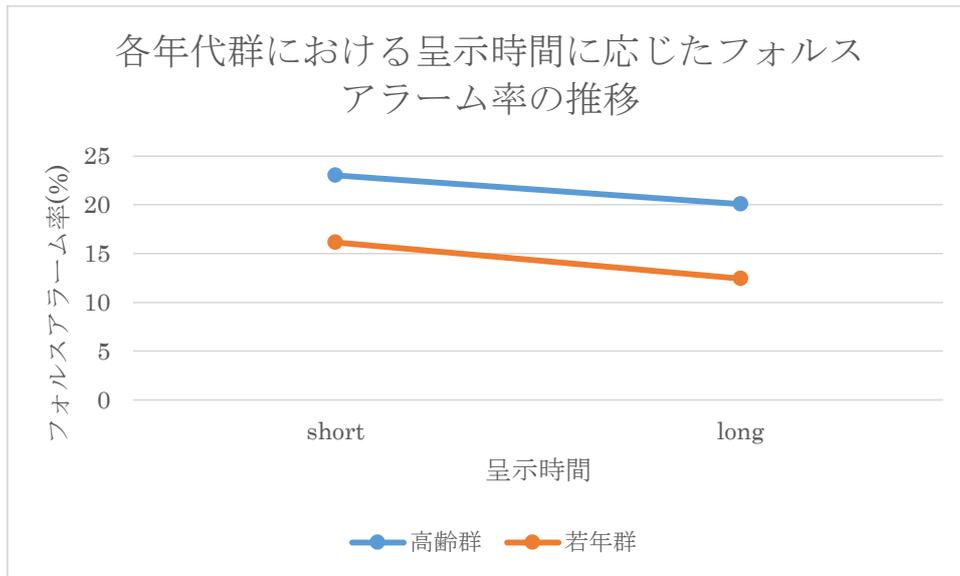


図 4-7 各年代群における呈示時間に応じたフォルスアラーム率の推移

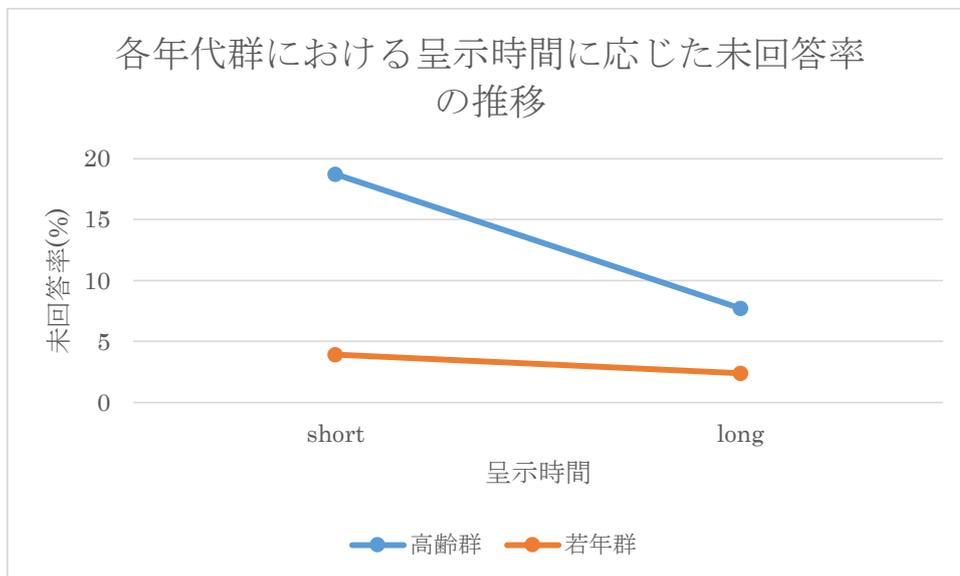


図 4-8 各年代群における呈示時間に応じた未回答率の推移

平均反応時間を従属変数とした呈示時間×年齢群の混合二要因分散分析の結果、呈示時間では有意差が生じなかったが( $F(1, 48)=0.0036, n.s.$ )、年齢群では有意差が生じた  $F(1, 48)=32.78, p<0.01$ 。交互作用は見られなかった ( $F(1, 48)=1.44, n.s.$ )。その後、ヒット率、フォルスアラーム率、未回答率をそれぞれ従属変数として同様に呈示時間×年齢群の混合二要因分散分析を行った。それぞれの結果は表 4-2 に表した。表 4-2 からわかるように平均反応時間を従属変数とする呈示時間とフォルスアラーム率を従属変数とする呈示時間における

主効果を除く、全ての従属変数において年齢群、呈示時間における主効果の有意差が生じた。しかし、交互作用における有意差はどの従属変数でも生じなかった。

表 3-2 それぞれの値を従属変数とした時の年齢群×呈示時間の混合二要因分散分析の結果

平均反応時間	
呈示時間	(F(1, 48) =0.0036, n.s.)
年齢群	(F(1, 48) =32.78, p<0.01)
交互作用	(F(1, 48) =0.0014, n.s.)
ヒット率	
呈示時間	(F(1, 48) =7.00, p<0.05)
年齢群	(F(1, 48) =22.77, p<0.01)
交互作用	(F(1, 48) =1.44, n.s.)
フォルスアラーム率	
呈示時間	(F(1, 48) =1.03, n.s.)
年齢群	(F(1, 48) =4.89, p<0.05)
交互作用	(F(1, 48) =0.01, n.s.)
未回答率	
呈示時間	(F(1, 48) =6.69, p<0.05)
年齢群	(F(1, 48) =17.25, p<0.01)
交互作用	(F(1, 48) =3.83, n.s.)

### 4.3 遺伝的アルゴリズムの影響

図4-9,4-10は各世代における平均反応時間を高齢群と若年群に分けて表したものである。遺伝的アルゴリズムが作用すれば世代が上がっていくにつれて、平均反応時間が小さくなっていき、最終的に一番小さくなることが予想される。しかし、若年群においては世代が上がっていくにつれて反応時間が下がっていることがわかるが高齢群においては予想とは反した結果となった。

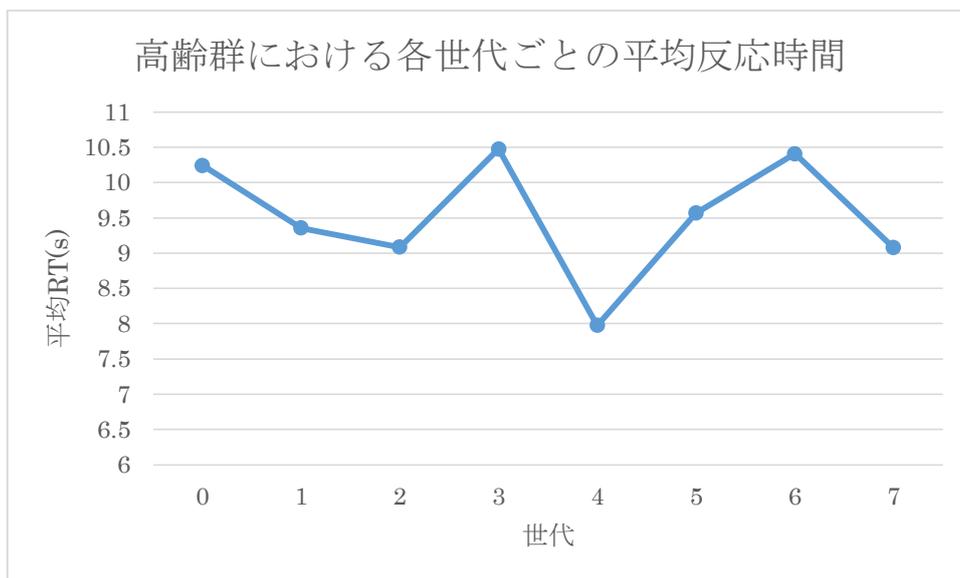


図 4-9 高齢群における各世代の平均反応時間の推移

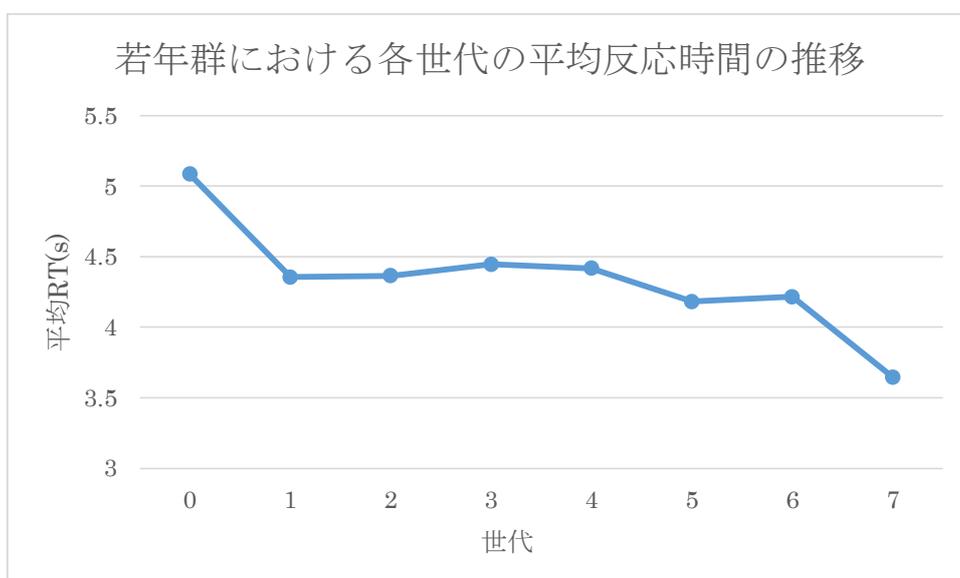


図 4-10 若年群における各世代の平均反応時間の推移

#### 4.4 年齢による平均反応時間の変化

図 4-11 から 4-14 は年齢に応じた平均反応時間、ヒット率、フォルスアラーム率、未回答率を表すものである。図 4-11 から平均反応時間において高齢群における平均反応時間と年齢に相関関係が見られる。そこで、高齢群における年齢の平均反応時間の分布をグラフ（図 4-15）にした。図 4-15 からわかるように年齢が上がるにつれて平均反応時間が直線的に大きくなることが分かった。また図 4-15 で表されたような近似直線も得られた。高齢群においては年齢と平均反応時間の関係において正の高い相関があることが分かる。

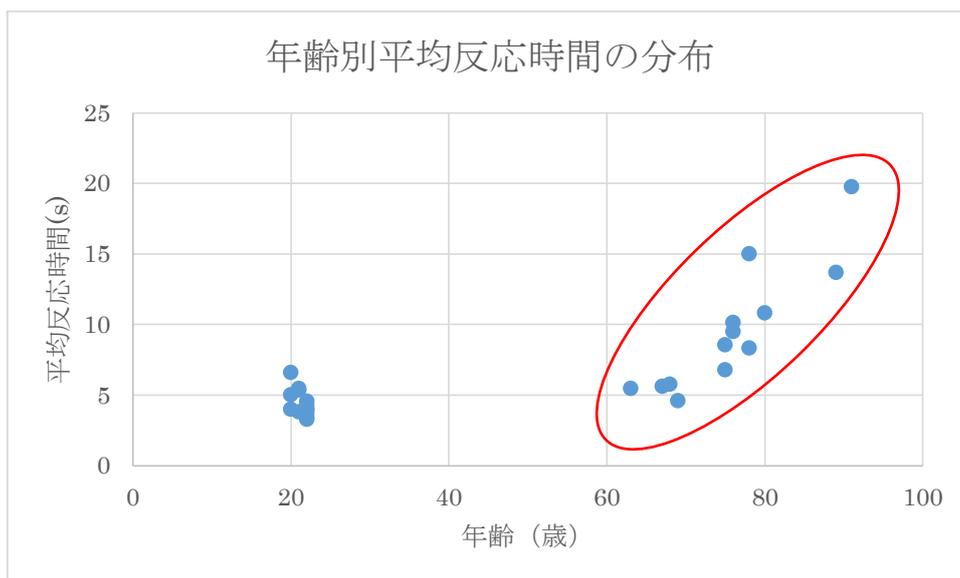


図 4-11 年齢別平均反応時間の分布

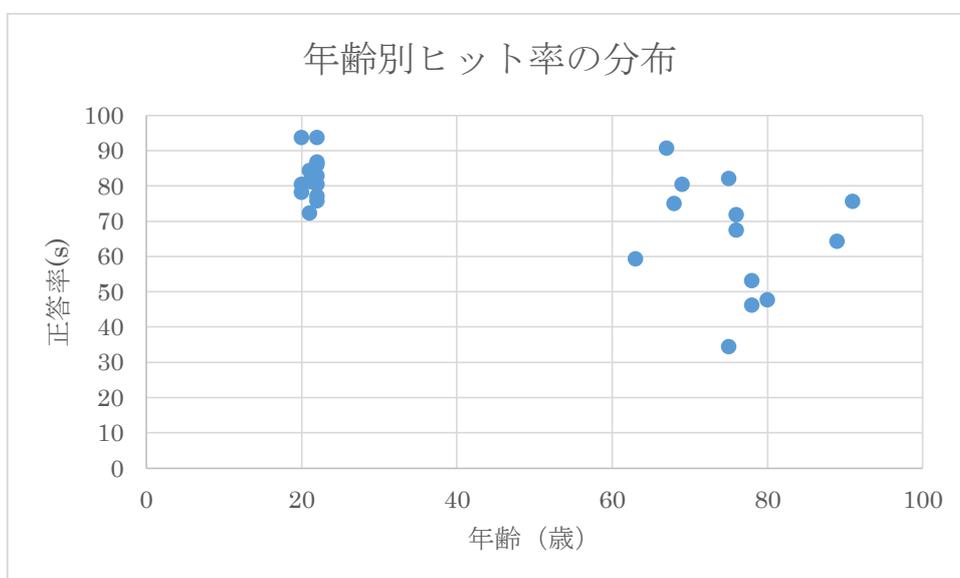


図 4-12 年齢別ヒット率の分布

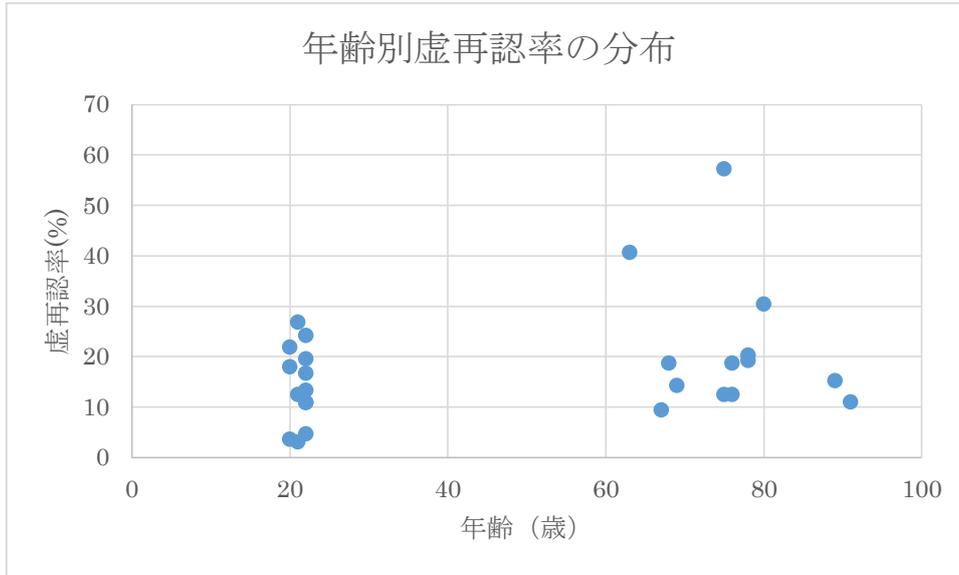


図 4-13 年齢別フォルスアラーム率の分布

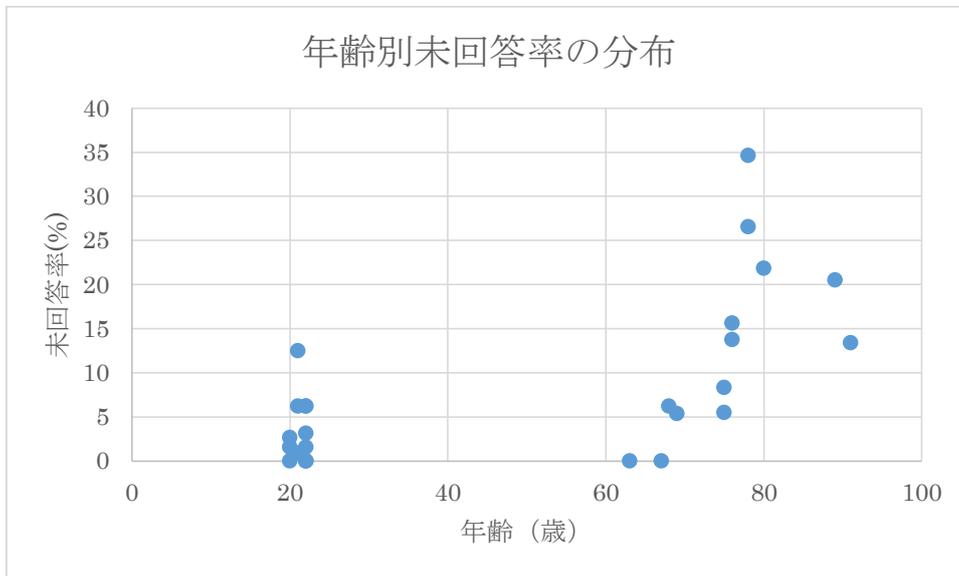


図 4-14 年齢別未回答率の分布

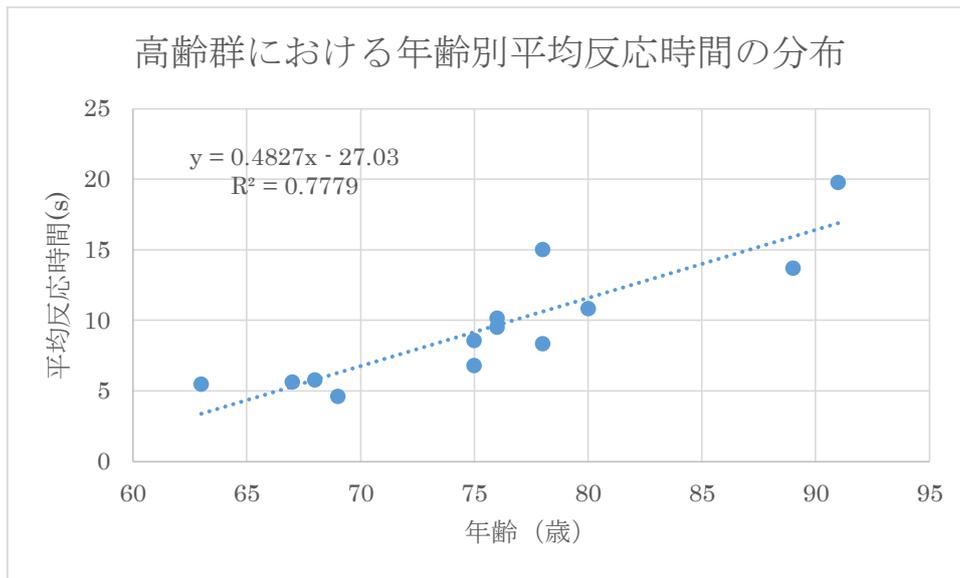


図 4-15 高齢群における年齢別平均反応時間の分布

## 5.章 考察

各年代群における、実験成績に対して、t検定を行ったところ、平均反応時間、ヒット率、未回答率において有意差が生じた。この結果より、 $5 \times 5$ のマトリクス図形を用いた、ルアー数を増やした選択課題における再認法による視覚的短期記憶の実験においても先行研究同様、高齢群は若年群に比べて、ヒット率が低下することが分かった。また新たに若年群に比べて平均反応時間が大きくなること、未回答率が高くなることが分かった。したがって、マトリクス図形を用いた視覚的短期記憶の再認課題における実験では加齢による影響を受けることが分かった。また、この実験では高齢群は若年群に比べ、図形を記憶してから探し出すまでにより多くの時間を要することを示している。加えて、未回答率が多くなることは被験者が呈示されたマトリクス図形を記憶できなかった確率が高かったことを表す。したがって、記憶の記銘、保持、検索の段階の内、記銘の段階で強く加齢影響を受けていることが予想される。しかし、未回答を選択した被験者は呈示されたマトリクス図形を記憶できなかったことが要因ではなく、マトリクス図形を探している間に忘れてしまった、そもそもスクリーンを見ていなかったことなど様々な要因も考えられるため、実験的根拠は薄い。フォルスアラーム率に関しては先行研究と異なり、有意差が生じなかった。原因として、マトリクス図形のマス数を  $4 \times 4 = 16$  マスから、 $5 \times 5 = 25$  マスに変更したことによって被験者が最初に呈示されたマトリクス図形と異なるマトリクス図形が出てきた際に、違うものと容易に判断できるようになったことが予測できる。このようにして考えると高齢群のヒット率が若年者に比べて減少したのは記銘の段階で誤ったマトリクス図形を記憶してしまったことによって正しく検索できなくなったことが考えられる。したがって、高齢群は記銘の段階で強い加齢影響を受けていることを別の観点からも予想できる。しかし、正しく記銘が出来なかった原因として加齢によって視覚能力そのものが低下していることも十分に考えられるため、今後は同程度の視覚力の被験者を対象として実験を行っていく必要性を感じた。

平均反応時間、フォルスアラーム率は呈示時間による影響を受けないことが分かった。特に、平均反応時間はグラフ、分散分析の結果からも容易に判断できる。呈示された図形を探すまでにかかる時間、フォルスアラーム率は記憶するマトリクス図形に関係性がないことが考えられる。特に、反応時間に関して高い確率で関係性がないことを示唆できる。一方、ヒット率、未回答率に関しては呈示時間による影響を受けることが分かった。これによってマトリクス図形を記憶するにあたって呈示時間は記銘の段階で非常に重要度の高い要因であることが分かる。記憶するマトリクス図形の呈示時間は検索する段階で影響を与えないためにフォルスアラーム率は呈示時間による影響を受けなかったと考えられる。また、年齢群、呈示時間による交互作用ではグラフからは有意差があることを推測できるものもあったが分散分析の上では、どの成績においても有意差は生じなかった。この原因としてはデータのバラつき、データの数の少なさが関係していることが予測できる。特に、高齢群は標準偏差からもわかるようにデータのバラつきがかなり存在する。高齢者の加齢影響は個人

差が非常に大きいため、多少のデータのバラつきが存在することは十分にあり得ることであるためこうしたデータのバラつきを防ぐためにより多くのデータをとることは実験における正確さを高めるうえで非常に大切なことである。また、外的影響によって実験結果が異なるものにならないよう、実験方法に工夫を施すことも重要であると感じた。

実験プログラムに遺伝的アルゴリズムを用いたことで平均反応時間は世代ごとに小さくなっていくと予想していたが高齢群に関しては異なる結果となった。原因としては、各世代の成績がよかった個体（反応時間が小さかったもの）同士を掛け合わせて出来た個体が必ずしも優れた個体にならなかったことが挙げられる。本実験で用いたマトリクス図形の中でも今回の遺伝的アルゴリズムにおける優秀なものは多々存在した。こうした優秀な個体は優秀でありうる特徴などが存在していることが予想されるが、これらの特徴が個体同士を掛け合わせた際に消えてしまったことが考えられる。具体的に表すと、被験者が記憶しやすい、または他のマトリクス図形との区別がつけやすいと感じていた特徴が個体同士を掛け合わせたことによって消えてしまったことである。このような結果が高齢群にのみ現れたことは非常に興味深いことであり、今後検討していく価値は十分にあるだろう。また、本実験にかかった時間は被験者によるが 15 分程度であった。これにより高齢者の集中力が下がってしまったことで記憶したマトリクス図形を探すのに大きな時間を要してしまったことが考えられる。こうした遺伝的アルゴリズムとは関係ない外的要因による影響も少なからず受けているだろう。こうしたことを未然に防ぐために実験方法は吟味を重ねたうえで大きく改良する必要がある。また、遺伝的アルゴリズムの進化には多くの繰り返しが必要となるため世代数をもっと増やしていく必要性を強く感じた。

國見・松川(2009)の先行研究では 0-back 課題で 60 代からの急激な再認成績の低下、1-back 課題で 30 代からの比較的直線的な低下が生じたことが分かった。今回の実験では平均反応時間において 70 代からの急激な増加が見られた。また、高齢群において年齢の増加に伴って平均反応時間が大きくなることが分かった。また近似直線より、平均反応時間は年齢ごとに 0.48 秒上がるということがと予測できる。これにより、平均反応時間から年齢、年齢から平均反応時間を予測することが可能になった。単純なテストを被験者に行った際に平均反応時間から被験者の加齢具合を判断するうえで参考となるものになるだろう。しかし、被験者数が少ないこと、高齢者の加齢影響が個人差による影響が大きいことから正確性という点においては疑問が残るものとなった。これらの点は今後の課題としてこれからの研究に生かしていきたい。

## 6.章 まとめ

本論文では、マトリクス図形を用いた視覚的短期記憶の再認法による実験を高年齢群、若年齢群に行った際にどのような違いが現れるか定量的に求めることを目的とした。

結果として、平均反応時間、ヒット率、未回答率において加齢による影響を受けることが分かった。加齢による影響が記銘、保持、検索の内の記銘で強く受けていることも示唆できる。また年齢群とは関係ないが、呈示時間によって、ヒット率、未回答率に影響を与えることも加えてわかった。年齢群、呈示時間による交互作用は見られなかった。遺伝的アルゴリズムにより予想された世代が上がるにつれて、平均反応時間が小さくなるという予想は若年者のみに見られた。高年齢群においては年齢の変化に伴って変化する平均反応時間を予測するモデル式を求めることが出来た。

今回の研究では若年齢群と高年齢群に絞って実験を行ったため、若年齢群と高年齢群の間において加齢影響がどのように生じるのかといった点まではわからなかった。広範囲の年齢を対象として同様の実験を行えば、新たなことが明らかにされるだろう。また性別による差や被験者のそもそもの学力、学習習慣などといった点は考慮しなかったため、こうした要因を踏まえたうえで実験を進めればより高精度な実験結果が得られるだろう。

## 7.章 謝辞

本研究を進めていく上でミケレット教授には実験方法、分析方法、実験に対するアドバイスなど様々な分野で熱心な指導をいただきました。大変感謝しております。

また、ゼミ活動において様々なアドバイスをくださったミケレット研究室の方々にも深く感謝しております。

なお、東京国際フランス学園のダレッシオ・レオナルド健さんにはデータ採集などにおいて実験協力をしていただきました。誠にありがとうございます。

そして、本研究で快く実験を引き受けてくださった特別養護老人ホームラースール金沢文庫、被験者の方々に感謝いたします。

最後に、本研究に携わっていただいた全ての方に感謝の意を示し、謝辞とさせていただきます。



図 7-1 実験に協力してくださった特別養護老人ホームラースール金沢文庫

出典 <https://koseikai-star.com/facility/103> 2020年1月17日18時最終ログイン

## 8.章 文献

- Arenberg, D. (1978). Differences and changes with age in the Benton Visual Test. *Journal of Gerontology*, 33, 534-540.
- Botwinick, J. (1978) *Aging and behavior* (2nd Ed.) Springer: New York.
- Burke, D.M. & Light, L.L. (1981) Memory and aging: The role of retrieval processes. *Psychological Bulletin*, 90, 513-546.
- Craik, F. I. M. (1977) Age differences in human memory. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds) *Handbook of the psychology of aging*. Van nostrand reinhold company: New York.
- Craik, F. I. M. & McDowd, J. M. (1987) Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 474-479.
- Ebbinghaus, H. (1885) *Über das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*. Leipzig: Duncker & Humblot. (宇津木 保 (訳) 望月 衛 (校閲) (1978). 記憶について 誠信書房)
- Koutstaal, W., Reddy, C., Jackson, E. M., Prince, S., Cendan, D. L., & Schacter, D. L. (2003). False recognition of abstract versus common objects in older and younger adults: Testing the semantic categorization account. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 499-510.
- Pezdek, K. (1987). Memory for pictures: A life-span study of the role of visual detail. *Child Development*, 58, 807-815.
- Seo, E. H., Lee, D., Y., Choo, I. H., Youn, J. C., Kim, K. W., Jhoo, J. H., Suh, K. W., Paek, Y. S., Jun, Y. H., & Woo, J. I. (2007). Performance on the Benton Visual Retention Test in an educationally diverse elderly population. *Journal of Gerontology*, 62, 191-193.
- Schonfield, D. & Robertson, B.A. 1966 Memory storage and aging. *Canadian Journal of Psychology*, 20, 228-236.
- Vecchi, T., & Cornoldi, C. (1999). Passive storage and active manipulation in visuo-spatial working memory: Further evidence from the study of age differences. *European Journal of Cognitive Psychology*, 11, 391-406.
- 石田翼『信号検出理論の指標をめぐって』東北大学 <http://www5e.biglobe.ne.jp/~tbs-i/psy/tsd/tsd.pdf> 2020年1月18日18時最終ログイン
- 井上和哉(2019)『信号検出理論の概要と教授法』認知心理学テクニカルレポート COGPSY-TR-003
- 監修者 海保 博之・楠見 孝 (2006)『心理学総合事典』初版、朝倉書店
- 國見 充展・松川 順子(2009).N-back 課題を用いた視覚的ワーキングメモリの保持と処理の加齢変化 *心理学研究*, 80, 98-104.
- 國見 充展・松川 順子(2011).再認課題から見た高齢者における視覚的短期記憶 *心理学研究* 第82巻 第4号 pp. 399-405

G.A.ゲシャイダー著、宮岡 徹・倉片 憲治・金子 利佳・芝崎 朱美訳(2003) 『心理物理学  
—方法・理論・応用（上巻）—』、(株) 北大路書房

G.A.ゲシャイダー著、宮岡 徹・倉片 憲治・金子 利佳・芝崎 朱美訳(2003) 『心理物理学  
—方法・理論・応用（下巻）—』、(株) 北大路書房

総務省統計局ホームページ <https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1131.html>

1月15日20時最終ログイン

テレビジョン学会誌(1996) 講座複雑性への挑戦 遺伝的アルゴリズム Vol.50,NO5,pp.609-  
616