

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：82505

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26330182

研究課題名(和文) アイトラッキング技術を用いた捜査のための記憶検出技術に関する研究

研究課題名(英文) Applicability of the eye tracking technology for the memory detection in criminal investigations

研究代表者

小川 時洋 (Ogawa, Tokihiro)

科学警察研究所・法科学第四部・室長

研究者番号：60392263

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、情報・記憶検出のパラダイムである隠匿情報検査(Concealed Information Test, CIT)におけるアイトラッキング技術、特に瞳孔径指標の有用性を検討した。参加者が模擬窃盗課題を行った後に、記憶あり・なし条件を含むCITを実施し、瞳孔径および皮膚電気活動や心拍数などの自律系生理指標を計測した。

分析の結果、参加者が模擬窃盗課題で取ったものを質問した際には、そうでないものを質問した時に比べて10秒程度にわたって瞳孔径がより大きくなった。瞳孔径による記憶のあり・なしの識別性は、従来の自律系指標と比べて遜色なく、瞳孔径を追加することによる増分妥当性も示唆された。

研究成果の概要(英文)： This study focused on availability of a pupillary measure in the Concealed Information Test (CIT) for information or memory detection. Participants performed a mock theft and then underwent the CIT in both knowledgeable and unknowledgeable conditions while recording their pupil diameter and traditional autonomic measures such as electrodermal activities and heart rates. In the CIT, the item which a participant theft in the preceding mock theft task served as the relevant item, and the other items were irrelevant items.

Pupil diameter was larger in response to the relevant item presentation than irrelevant item presentations. This differential pupil response seemed to sustain over 10 sec. after stimulus onset.

Detection efficiency of pupil measure was comparable with those of traditional autonomic CIT measures. Moreover, results provided preliminary evidence suggesting incremental validity of the pupillary measure in the CIT.

研究分野：生理心理学

キーワード：アイトラッキング 瞳孔径 記憶検出 隠匿情報検査

### 1. 研究開始当初の背景

現在の日本の犯罪捜査では、記憶・情報検出を目的としたポリグラフ検査が実施されている。そのパラダイムは、隠匿情報検査 (Concealed Information Test, CIT) と呼ばれる。CIT では、事件内容に関する質問に対する反応の違いに基づいて、検査対象者の事件事実に関する記憶(認識)の有無を調べる (Lykken, 1959, *J. Appl. Psychol.*, **43**, 385-388 など)。質問は、事件に関連する項目(関連項目)と、それと類似するが事件内容とは関連しない複数の項目(非関連項目)で構成し、この関連項目と非関連項目を組み合わせた項目セットを質問表と呼ぶ。もし、検査を受ける者(検査対象者)が、当該事件事実を知っていれば、どの項目が関連項目であるかが分かるはずである。一方、事件事実を知らない検査対象者は、関連項目と非関連項目が区別できないはずである。

現在の実験場面では、主として自律神経系活動を反映する皮膚伝導度反応 (Skin conductance response, SCR), 呼吸運動, 心拍数 (Heart rate, HR), 脈波容積などが計測されている。一般に質問表中に含まれる関連項目を特定できる検査対象者は、関連項目提示時には非関連項目に比べて、大きな SCR と、低い HR, 呼吸運動, 規準化脈波容積 (NPV, 高い血管緊張を反映する) を示す。一方、関連項目を特定できない検査対象者では、関連項目・非関連項目提示時の生理活動に、系統的な差異は生じない。これらの指標に基づいた正確性は、質問表単位で 90% 程度である (小川他, 2013, *法科学技術学会誌*, **18**, 35-44)。この正確性の一層の向上を図るには、記憶の有無に鋭敏に応答する新たな指標の導入が有効である。本研究ではそのような指標の候補として、瞳孔径変化に焦点をあてる。

瞳孔径の変化は、CIT の他の指標の多くと同じく自律神経系によって調節される (Beatty & Lucero-Wagoner, 2000, *Handbook of Psychophysiology*, 142-162 など)。眼の虹彩の中心部にある瞳孔の直径(瞳孔径)は、副交感神経系活動の影響を受ける瞳孔括約筋と、交感神経系の制御下にある瞳孔散大筋という 2 つの平滑筋で調整される。刺激に対する瞳孔径変化は 0.2sec. 以内に生じ、0.5-1sec. でピークに達する (アンドレアッシ, 2012, *心理生理学*, 358-381)。瞳孔径変化の主たる機能は、網膜に入射する光量の調節であるが、その微細な変動 (10 分の 1 ミリ単位) は、高次の心的活動を反映すると考えられている (Beatty & Lucero-Wagoner, 2000)。

幾つかの研究が、CIT の指標としての瞳孔径の利用可能性を検討している (Lubow & Fein, 1996, *J. Exp. Psychol. Appl.*, **2**, 164-177; Seymour et al., 2013, *Front. in Psychol.*, **3**, 614)。これらの研究は、関連項目を知っている検査対象者の瞳孔径は、関連項目提示時に非関連項目提示時よりも大きくなることを報告している。模擬犯罪課題を用いた実験で瞳孔径

と皮膚抵抗反応(実験 2 のみ)を測定した Lubow & Fein の研究では、瞳孔径は皮膚抵抗反応に比べて感度はやや劣ったものの、皮膚抵抗反応で見られた偽陽性が見られなかった。さらに、皮膚抵抗反応では記憶なしと判定された記憶あり条件の参加者の何名かは、瞳孔径では記憶ありと判定された。この結果は、CIT の指標としての瞳孔径の有用性を示唆する。

しかし、CIT 時の瞳孔径変化の挙動に関する知見は多くない。特に、質問刺激提示時点からの瞳孔径の時間的変化の把握は、CIT における瞳孔径の利用可能性を検討する上で重要である。例えば、HR では、質問刺激提示後 5sec 以降で記憶あり・なし条件の識別性が大きくなるが (小川他, 2013)、瞳孔径の識別性の時間的変化に関しては報告が少ない。Bradley の研究グループは、刺激後の瞳孔径の最大値と刺激前の値との差分を分析に用いているが、最大値が得られた潜伏帯は不明である。さらに最大値という単一の値は、代表値としての信頼性が低い可能性も考えられる (Gamer et al., 2008, *Physiol. Behav.*, **95**, 333-340)。また、Lubow & Fein は刺激提示後 6 秒間の瞳孔径変化を示している (実験 2)。しかし、彼らの実験では質問間隔が 10 秒以下で、実務や他の CIT 研究 (Breska & Ben-Shakhar, 2011, *Psychophysiol.*, **48**, 437-440) と比べると短く、関連・非関連項目間の差異が最大となる区間を含んでいるかどうかは不明である。また、実験場面を想定した場合、多角的に生理的变化をとらえるという観点から、瞳孔径を従来の指標と組み合わせることも考えられる。その場合に、瞳孔径の時間的応答特性が他の指標と異なるのであれば、刺激提示タイミングのコントロールなどにも工夫が必要となる可能性もある。

### 2. 研究の目的

本研究では、CIT 時の瞳孔径変化について、特にその時間変化を含めて分析する。また、実験では、瞳孔径に加えて自律系生理指標も計測し、それぞれの指標に基づいた記憶の有無の識別性を求め、CIT の指標としての瞳孔径の相対的有用性を評価する。

### 3. 研究の方法

模擬窃盗課題を用いた CIT 実験を行い、瞳孔径のほか、皮膚伝導度、HR、呼吸運動、NPV を測定した。実験は、2 つ行った。実験 1 では、質問項目を画面に一つずつ逐次提示した。実験 2 では、質問項目を一覧形式で画面上に全て提示した。

実験参加者 実験 1 では成人 21 名 (うち男性 10 名, 平均年齢  $32.4 \pm 4.4$  歳), 実験 2 では成人 20 名 (うち男性 6 名, 平均年齢  $35.1 \pm 2.7$  歳) が参加した。

刺激 アクセサリーと玩具紙幣を用いた。

装置 瞳孔径は、非接触型眼球運動測定装置 (EMR-AT VOXER, nac) を用いて利き目が

ら 0.1mm の精度，60Hz のサンプリングレートで計測した。皮膚伝導度，HR，呼吸運動，NPV の測定には，デジタルポリグラフ装置 (PTH-347Mk3，TEAC) を用いた。皮膚伝導度は，左手第 2・3 指末節にディスポ電極を装着し，0.5V 定電圧回路を用いて導出した。HR は，ディスポ電極を用いて第 誘導法で導出した心電図の R 波のピーク間隔に基づいてオンラインで計測した。呼吸運動は，胸部・腹部にアネロイド・ペローズ型ピックアップを装着して計測した。NPV は，左手第 4 指末節にセンサーを装着して得られた脈波信号からオンラインで計測した。

手続き 実験は，参加者ごとに個別に実施した。最初に模擬窃盗課題を行った。参加者は，実験室内に設置された引き出しからアクセサリーもしくは玩具紙幣が入った封筒を一つ窃取した。続いて CIT を実施した。CIT の質問表は，アクセサリーを尋ねるものと金額を尋ねるものであった。模擬窃盗課題で参加者が窃取したのは，アクセサリーか紙幣のどちらかであるため，窃取したものに関する質問は記憶あり条件，もう一方は記憶なし条件となった。各質問表の項目を一通り提示することをもって 1 セットとし，提示順序を変えながら，各 5 セット実施した。記憶あり条件，記憶なし条件への質問表の割当て，実施順序は参加者間で入れ替えた。質問項目は，アクセサリーでは，指輪，ブローチ，ネックレス，イヤリング，時計，金額では，2000 円，4000 円，6000 円，8000 円，10000 円の 5 種類であり，グレーの背景に白い文字で提示した。実験 1 では，各セットの最初に提示する緩衝項目をアクセサリー(ネクタイピン，ブレスレット)・金額(1000 円，12000 円)共に用意した。質問項目は，画像と音声を組み合わせて 25s の間隔で提示した。実験 1 では，質問項目は一つずつ，画面中央に約 5s 間提示した。実験 2 では，図 1 のように全ての質問項目をセット開始から終了まで提示した。質問提示時には該当項目のサイズを大きくし，斜体とした。また，提示後にはサイズを小さくした。参加者は，全ての質問に“いいえ”と口頭で返答した。

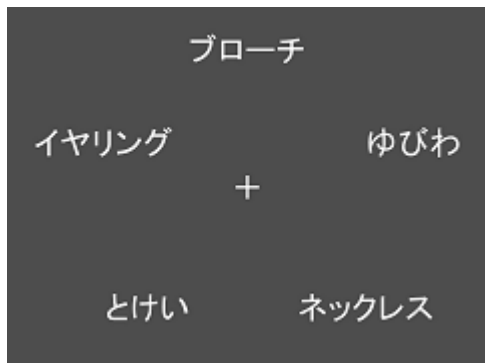


図 1 実験 2 の質問表示画面

瞳孔径データの解析 瞳孔径データは，専用のソフトウェア(情感計測システム，夏目綜

合研究所)を用いて瞬目等の影響を除去したあと，各セット内の全解析対象データポイントの平均と標準偏差を用いて標準化した。質問項目提示後 20s を各 2s の 10 区間に分け，各区間の平均値から刺激提示前 2s を減算したものを，関連・非関連項目ごとにまとめた。

SCR として，刺激後 5s 以内に生じた最大変化値を求めた。呼吸運動は周期ごとの呼吸曲線長(RLL)を求めた。SCR は，質問表単位で，RLL，HR，NPV はセット単位で参加者ごとに各質問提示前 2s から提示後 20s までのデータポイントを用いて標準化した。

#### 4. 研究成果

記憶ミスのあった参加者(1 名)および計測エラーが多く見られたデータを除外し，実験 1 では 11 名，実験 2 では 13 名のデータを分析対象とした。

(1)質問に対する瞳孔径の変化 記憶(あり・なし)×項目(関連・非関連)×区間(Block1-10)別の瞳孔径の結果を図 2 および図 3 に示す。

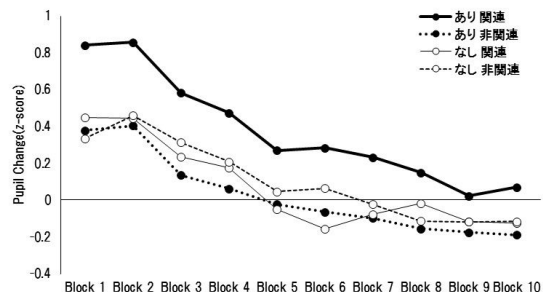


図 2 実験 1 における瞳孔径変化

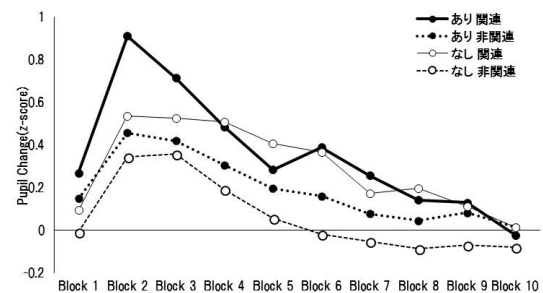


図 3 実験 2 における瞳孔径変化

上記の 3 要因を個人内要因とする分散分析を行った結果，記憶×項目の交互作用は，実験 1 では有意傾向( $p = .069$ )，実験 2 では有意ではなく( $F < 1$ )，記憶×項目×区間の交互作用は何れも有意ではなかった( $F < 1$ )。ただし，刺激提示後 12 秒までを分析対象とした場合，実験 1 では記憶×項目の交互作用が有意( $p = .027$ )となり，記憶あり条件では関連項目提示に対して非関連項目提示時よりも大きな瞳孔散大が見られた。記憶・区間別に項目間の差異について t 検定を行った結果，記憶あり条件では区間 1 から区間 7 まで関連項目提示時の瞳孔径は非関連項目提示時よりも有意に大きかった( $ps < .041$ )。記憶なし条件では，

項目間で瞳孔径に有意な差異は見られなかった。 $(ps > .121)$ 。

また、実験 2 については刺激前からの変化値ではなく、絶対値として分析した場合に記憶 × 項目の交互作用が有意傾向( $p = .090$ )となった。記憶条件別にみた項目間の差異は、区間 2 と 3 で有意であった( $ps < .034$ )。

(2)記憶の有無の識別性 次に記憶あり・なしの識別性を評価するため、実験 1 の瞳孔径データについて記憶条件別に関連・非関連項目間の差分値を求め、受信者動作特性曲線(ROC)の曲線下面積(AUC)を求めた。その結果、区間 1 から区間 6 までの AUC は有意に 0.5 よりも大きく、.701 ~ .840 の範囲をとった。これらの区間の平均値の AUC(および 95%信頼区間)は.799 (.623 - .974)であった。他の自律系指標の AUC は、SCR が.799 (.618 - .980)、RLL(刺激提示後 5 ~ 15s 間)は.750 (.548 - .952)、HR(同 5 ~ 15s 間)は.785 (.582 - .989)、NPV(同 5 ~ 10s 間)が.802(.610 - .994)であった。また、これらの指標を平均した統合指標および瞳孔径を除いた場合の AUC は、それぞれ.924(.799-1.000)および.917(.797-1.000)であった。なお、実験 2 における瞳孔径の弁別的反応は限定的であったため、分析は行わなかった。

(3)まとめ 本研究で得られた知見は以下のようにまとめることができる。まず、先行研究と同様に、記憶あり条件では関連項目提示の瞳孔径は、非関連項目提示時に比べて大きくなったのに対し、記憶なし条件では項目間に瞳孔径変化の差異は見られなかった。さらに、記憶あり条件における瞳孔径の項目間の差異は、刺激提示後 10s 程度にわたって見られることが示された。この結果は、著者らが知る限り、本研究が初めて報告するものである。この結果からは、瞳孔径を用いた CIT では、事象関連脳電位のような厳密な刺激提示タイミングの統制が不要であると考えられ、既存の自律系生理指標との組み合わせも容易であることが示唆された。また、AUC で評価した瞳孔径による記憶あり・なしの識別性は、SCR などの従来の指標に比べて劣るものではなかった。さらに、瞳孔径と従来指標を統合した際の AUC は、従来指標のみを統合した場合に比べて僅かに大きくなった。この結果は、瞳孔径の追加による増分妥当性を示唆するが、数値の違いが僅かであったことや、データ数が少ないことから、今後さらなる検討が望まれる。

(4)今後の課題 一方、本研究では幾つか課題も残された。まず実験 2 では、通常の CIT 実験で見られる結果が再現されなかった。記憶あり条件における関連・非関連項目に対する瞳孔径の弁別的反応は不明瞭であった。また、従来の自律系指標においても HR を除いて有意な記憶 × 項目の交互作用が見られなかつ

た。この結果には、質問項目を一覧表示し、提示済みの質問項目の表示サイズを小さくするという実験手続きが影響を及ぼした可能性が考えられるが、原因は不明である。結果として実験 2 からは、瞳孔径の有効性を評価することができなかった。また、瞳孔径計測の安定性も課題である。本研究では、計測エラー等の理由から、実験 1、実験 2 共に約 4 割の参加者の瞳孔径データを、分析から除外した。アイトラッキング技術による瞳孔径や眼球運動の非接触計測の困難さは、以前にも指摘されている(今田他, 2009, 浦上財団研究報告書, 17, 113-125)。本研究で用いた装置は最新の型式のものではなく、技術発展による改善も期待できるが、安定した計測の実現が本技術の普及にとって望まれる。また、結果として本研究のサンプル数は十分なものならなかった。したがって、たとえば識別性を示す AUC の結果は、参考程度にとどめておくべきであろう。他方で、サンプル数の少なさは、CIT の指標としての瞳孔径の利用可能性を必ずしも否定するものではない。比較的少ないサンプル数であっても先行研究と同様の瞳孔径変化が見られた点は、CIT 時の瞳孔径変化の傾向に一定の再現性があることを示唆する。また、実際場面では、記憶の有無を参加者ごと、質問表ごとに調べ、多人数のデータを分析するわけではない。以上から、本研究の結果は、CIT の指標としての瞳孔径の妥当性について、少なくとも否定はしない。

瞳孔径を指標とした CIT 研究は、現時点ではそれほど多くはなく、その有用性を評価するためにはさらなる研究が必要である。たとえば、近年発表された CIT のメタ分析(Meijer et al., 2014, *Psychophysiol.*, **51**, 879-904)では、SCR や HR、事象関連脳電位の識別性に影響を及ぼす要因が分析されているが、瞳孔径は含まれていない。瞳孔径指標特有の問題としては、たとえば質問刺激を視覚的に提示する場合には、その輝度や眼球運動の影響などが考えられる。現実場面に、瞳孔径計測を導入するためには、瞳孔径計測技術自体の発展に加えて、瞳孔径に及ぼす諸要因の影響についての基礎的知見の蓄積をあわせて進めてゆく必要がある。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 3 件)

小川時洋・松田いづみ・常岡充子 (2016) 隠匿情報検査における瞳孔径変化(生理心理学と精神生理学, 34(2), p111, 2016/5/14)

Ogawa, T., Matsuda, I., Tsuneoka, M. (2016) The validity of pupillary response in the concealed information test(第 31 回国際心理学会議, p.98, 2016/7/27)

小川時洋 (2017) 隠匿情報検査における  
瞳孔径変化の識別性(日本心理学会第 81  
回大会プログラム, p405, 2017/9/20)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

小川 時洋 (OGAWA Tokihiro)  
科学警察研究所・法科学第四部・室長  
研究者番号：60392263

(2)研究分担者

松田 いづみ (MATSUDA Izumi)  
科学警察研究所・法科学第四部・主任研究  
官  
研究者番号：80356162

常岡 充子 (TSUNEOKA Michiko)  
科学警察研究所・法科学第四部・研究員  
研究者番号：80623199