

# 複数文で構成される聴覚情報による感情生起が文脈理解と記憶に与える 影響と瞳孔径の関係分析

Relationship between pupil diameter change rate and memory  
during listening to a single sentence containing emotion-induction words

森谷 隼介<sup>†</sup>  
Shunsuke Moriya

小竹 元基<sup>‡</sup>  
Motoki Shino

北島 宗雄<sup>†</sup>  
Muneo Kitajima

中平 勝子<sup>†</sup>  
Katsuko T. Nakahira

## 1 はじめに

文部科学省が令和 3 年に公表した「令和の日本型学校教育」に関する答申において、新しい時代を見据えた教育のため、個別に最適な学びの実現や、その学びを支えるための環境整備の必要性を示し、誰一人取り残すことのない教育の徹底を説いた [14]. そのための方策の一つとして ICT を用いた教育を挙げており、今後は情報通信による e ラーニング学習に似た形態の教育も一般的になっていくことが予想される。

従来の e ラーニング学習におけるコンテンツは、静止画や動画、音声、文章などを組み合わせたマルチメディア形態のものが多く、講義や資料を閲覧させる受動的学習が多い [13]. しかし、「令和の日本型学校教育」では学習者が主体的に考え、目標達成に向け取り組むことを理想としている。そのため、コンテンツ作成には受講者が自発的に授業に参加し、学習するために工夫が必要である。

その方略として、田中は興味と感情の関係を指摘し、授業導入時にポジティブ感情を生起させることにより浅い興味を喚起させ、課題への関与を高める土台を整えることが重要であると [10]. また、記憶と感情にも一定の関係があることが指摘されており、視覚情報や聴覚情報において感情を生起させる刺激の方が感情を生起させない刺激より記憶に残りやすいことが分かっている。このように感情を活用することは教育において有効であると考えられる。

授業を行う上で、受講者に解説を行い、注意を促したりする関係上聴覚情報は重要である。そこで本稿では授業や資料等のナレーションといった聴覚情報に着目する。ナレーション設計法に関する基礎研究として、複数文章で構成される聴覚情報に含める感情誘発語 (ANEW; Affective Norms of English Words) ・記憶 ・瞳孔径変化の関係分析を行う。ANEW ・瞳孔径変化の関係については、聴覚情報を聴取したときの内容理解における統合に焦点を当て、感情変化による瞳孔径変化分類手法を用いて感情と瞳孔径間の分析を行い、分類別の各タイプと記憶内容の関係について考察する。

## 2 感情-記憶-瞳孔径変化の関係・仮説

### 2.1 感情と記憶の関係

感情と記憶には一定の関係があることが指摘されている。本稿で着目する聴覚情報においては、Bradley らは日常法生活の

中で聞く音を刺激として呈示した結果、感情価に関わらず高覚醒度の刺激は記憶成績が良いという結果が得られた [2]. しかし、感情価の制御が適切ではなかったという指摘もされている。これを受けて、楊は国際的情動喚起音刺激データベースを拡張した IADS-E を使用し、感情価と覚醒度を制御した実験を実施したところ、高覚醒度の時、ポジティブ刺激の方がネガティブ刺激と比較して記憶成績が優れていた。低覚醒度においては感情価による違いは見られなかった。考察において、刺激ストレスと課題遂行のパフォーマンスに触れ、適度な刺激であれば認知課題のパフォーマンスを向上させるが、過剰となるとパフォーマンスが低下するとした。また、実験で使用したポジティブ刺激には楽器音が含まれており、被験者には音楽経験者が多かったことも要因の一つとした [9].

文脈的な意味を持つ短文を聴覚情報として呈示刺激とした研究も行われている。勝原らは読みの過程での処理と保持のトレードオフ関係を想定して開発されたリーディングスパンテストを利用し、若年者と高齢者を被験者に感情価と覚醒度を考慮した実験を行った。t 検定の結果、若年者はポジティブ・ニュートラル条件と比較してネガティブ条件において最も優位であり、ターゲット語の成績は低下するが文の再認テストは優位によくなくなった。高齢者においては、ポジティブ情報の処理がネガティブ情報の処理を記憶・初期注意の点において情報の処理を上回るという指摘があったが [7], どちらにおいても有意差が見られなかった [16]. また、ネガティブ条件において高覚醒度の単語が干渉することにより符号化が妨害される可能性を指摘した [12]. Moriya らは中間が感情価、覚醒度ごとに分類した単語を使用し、呈示タイミングや感情価、覚醒度を制御した実験系を設計し、実施した。その結果、感情価がネガティブで高覚醒度の単語を使用した文章が最も記憶に残っていた。また、感情価がポジティブな単語を使用した短文では低覚醒度の文章が最も記憶成績が優れていた [4].

このように、感情と記憶には一定の関係があり、ニュートラル以外の感情価が記憶に残りやすいこと、本稿で着目する文脈的な意味を持つ聴覚情報においてはポジティブ条件とネガティブ条件では記憶に残りやすい覚醒度が異なることが示唆されている。

### 2.2 感情と瞳孔径変化の関係

瞳孔は一般的には目に入る光の量を調整する役割を担っている。瞳孔に関しても記憶と同じように感情と一定の関係があることが知られている。感情的な刺激に反応してアドレナリンやその他の神経伝達物質が放出され、興奮や覚醒によって散瞳す

<sup>†</sup> 長岡技術科学大学

<sup>‡</sup> 東京工業大学

ることが報告されている [3]. 聴覚刺激による感情と瞳孔径の研究では, ポジティブやネガティブな聴覚刺激はニュートラルなものと比較して散瞳することが観察されている [6]. また, 原田は感情を喚起させる聴覚情報に対する瞳孔反応により, 被験者ごとに感情を反映する特性分類が可能であることを示唆した [11].

## 2.3 仮説

以上を持って, 人が記憶する情報について, 以下のことが考えられる. 人の感受性によらず, ポジティブ, もしくはネガティブどちらかの感情を生起させることによって情報が記憶に残りやすくなる可能性と, 個人ごとの特性によってポジティブ, もしくはネガティブな情報が記憶に残りやすいかが決まる可能性である.

Nakahira らは,  $n$  個の音声パケットからなる聴覚情報において上記の検索段階で知識概念に付随した感情をワーキングメモリ (WM) に渡し続ける状況が予想されること, それらが統合されたりされなかったりする場合があり, 統合されることによって感情が生起されることを示唆した [5]. ここから, 日本語訳 ANEW 聴取時に長期記憶の知識と統合し, 感情が生起されることが予想される. このとき, どのような知識と統合するかというリンク構造によって記憶するかどうかに関わってくる. 短文中の各単語の記憶の度合いは時間とともに減衰するが, 十分にリハーサルが行われていれば, 再生可能となる可能性があることを指摘されており, リハーサルの種類や WM の容量の関係も指摘されている [17].

ここまでの関連研究から得られる感情・瞳孔径変化・記憶の関係は, 次のように整理される.

- 感情の生起と記憶の関係
  - 短文・自然音を持つ感情価や覚醒度の組み合わせによって記憶成績を向上させる効果がある. また, 感情価・覚醒度の組み合わせによって感情を記述できる
- 感情の生起と瞳孔径変化量の関係
  - 感情と一定の関係が見いだされており, ある特定の条件下では散瞳がみられる
  - 呈示刺激中の複数箇所での起きる感情の変化を捉えるための手法として LGR-Map が提唱されている
- 感情を制御するためのしかけ
  - ANEW に含まれる単語は, 感情価・覚醒度の標準値が測定されている (英語・日本語の場合)

これらのことから, 一連の呈示刺激中に複数の感情誘発を起こすものが含まれると, その組み合わせによって, 本来期待される感情誘発の組み合わせに対する感情変化の有無を捉え, それが記憶にどのような影響を与えるか, を調べることが可能となる.

本稿では, 呈示刺激中に日本語訳 ANEW を 2 つ含め, その出現インターバルによって記憶の残りやすさや瞳孔径変化による感情生起の有無を分析する. さらに, Nakahira らが開発した被験者ごとの瞳孔径の動きの特性を分類するための LGR-Map を応用し [5], 瞳孔径の動きの各タイプと記憶内容の関係について考察する. また, 次のような仮説を立て, 実験によってそれ

を確かめる.

“2 つの日本語訳 ANEW 間のインターバルの長さに関わらず, 相反した特性を持ったものが記憶に残りやすく, この時の瞳孔径について, LGR-Map 上での分布において一定の特徴が見られる”

## 3 検証実験のデザイン

基本的な実験方法は Moriya らの研究を参照する [4]. ここでは主に Moriya らの実験方法との相違点を解説する.

### 3.1 日本語訳 ANEW について

Russell は感情を感情価 (Valence) と覚醒度 (Arousal) の二軸で表現可能であるとした [8]. 感情価とは一次元上の両端にポジティブとネガティブを配し, 感情の程度を定量化したものであり, 覚醒度も同様に, 一次元上の両端に高覚醒と低覚醒を配し, 感情が引き起こす歓喜の程度を定量化したものである.

Bradley らは英単語を 9 段階の両極性評価尺度を用いて感情価, 覚醒度別に分類したリストを作成した [1]. 実験は, 感情価 (Pleasure), 覚醒 (Arousal), 支配 (Dominance) の観点から評価された言語資料の開発を目的に行われた. これを参考に, 本間は日本語における感情価, 覚醒度のリストを作成する実験を行った [15].

本研究では本間の研究における単語リストを参照する.

### 3.2 呈示短文の作成方法

今回の実験で呈示する日本語訳 ANEW は本間の研究 [15] を参照し, この中から 2 つの日本語訳 ANEW を使用し, 短文を作成した. 短文の総数は 48 文で短文の長さは約 65 文字である.

2 つの日本語訳 ANEW の登場タイミングにおいて, 日本語訳 ANEW 間のインターバルをそれぞれ約 1 秒, 約 7 秒の短文を作成する. そのため, それぞれ 5 文字, 35 文字の単語や文章を用意した. これによってインターバルが 1 秒の時と 7 秒の時とで文末の構成が異なる. インターバル 1 秒の短文では 2 つの日本語訳 ANEW 再生後, 約 9 秒, 約 45 文字の文章が続く. 一方, インターバル 7 秒の短文では 2 つの日本語訳 ANEW 再生後に約 3 秒, 約 15 文字の文章が続く. これはそれぞれのインターバルの文章で文の長さを統一させるためである. この異なるインターバルの文章をそれぞれ 24 文ずつ作成する.

日本語訳 ANEW の感情価と覚醒度においては, 感情価は高ポジティブ, 高ネガティブの単語を使用した. 覚醒度においては, 低覚醒度, 中覚醒度同士の単語を使用した. 他の研究より, 感情価ネガティブかつ高覚醒度の単語が記憶に残りやすいことが明らかになっている [16][4]. また, 今回使用する本間による日本語訳 ANEW リスト [15] において感情価がポジティブで高覚醒度の単語数が少なく, 統計的な分析が難しいため, 本稿では中覚醒度以下の単語を使用することとした.

さらに, 1 つの文章中で登場する日本語訳 ANEW において同じ言葉を使用しないこととした. これは同じ言葉を使うことで強調され, 記憶されやすくなることを考えたためである.

### 3.3 実験方法

実験は 2 回に分けて行う. 全 48 個の聴覚情報のうち, 各感情価, 覚醒度の組み合わせ別に 24 個に分け呈示する. 1 回目

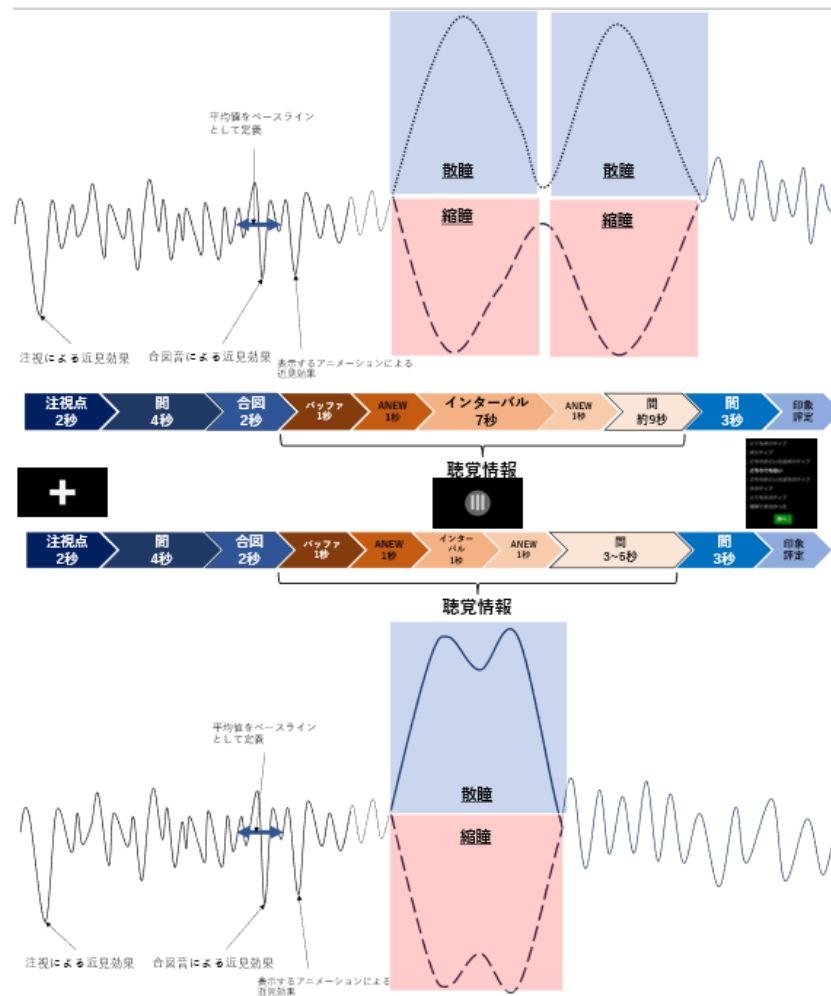


図 1 1 試行当たりの実行の流れと予想される瞳孔径の動き

の試行では、事前説明において被験者に記憶再生テストを行うことは伏せて実験を行い、5分間の休憩後に記憶再生テストを行う。2回目の試行では記憶再生テストを行う旨を告げ、5分間の休憩後に記憶再生テストを行う。これにより、心的準備の有無により純粋に記憶に残った文章と記憶に残そうとして残った文章の特性を分析できると考える。休憩を挟むのは親近効果を抑えるためである。記憶再生テストには紙に記述し、順不同で自由に再生してもらおう自由再生法を用いる。

### 3.4 実験手順

実験手順を以下に示す。

1. 実験の参加者に実験概要の説明し、流れを把握してもらい、参加の同意を得る。この時、記憶再生テストを行うことは説明しない
2. 練習問題の音声を呈示し、具体的なプロセスを理解してもらう
3. 視線測定機器のキャリブレーションを行う。キャリブレーションや視線の測定には Tobii 社の角膜反射法を用いた測定機器である Tobii pro nano と生体計測解析ソフトウェアの Tobii pro lab を使用する
4. 1 回目の試行を開始する。聴覚情報を呈示し、印象評定を

行う

5. 5分間の休憩後に記憶再生テストを行う
6. 2回目の試行を開始する。なお、この後記憶再生テストを行うことをここで告げる
7. 5分間の休憩後に記憶再生テストを行う

また、各インターバルごとの1試行当たりの流れと瞳孔径の動きの予想図を図1に示す。

これをもとに、20代の男性被験者1名を対象に評価実験を行った。今回は日本語訳 ANEW 間のインターバルが1秒の時と7秒の時において、それぞれ感情価がポジティブ、ネガティブの全組み合わせとなる10文を読み上げ、聴覚情報として呈示した。なお、被験者には聴覚情報を憶えるように指示した。結果を以下に示す。

実験後に行った記述式の自由再生法において、挙げられた短文は、日本語訳 ANEW 間のインターバルが1秒の短文が1つ、インターバルが7秒の短文が2つであった。感情価は、インターバルが1秒の文ではネガティブ-ネガティブの組み合わせ、インターバルが7秒の文ではネガティブ-ポジティブ、ポジティブ-ネガティブの組み合わせであった。被験者が記憶した日本語訳 ANEW の共通点として、インターバルに関わらず感

情価ネガティブの単語が含まれること、また、インターバル7秒の聴覚情報では相反した感情価を持つものが含まれていたことが挙げられる。これは本稿での仮説を一部支持している。

瞳孔径については現在解析中である。

#### 4 まとめと今後の予定

本稿では瞳孔径の各タイプと記憶内容の関係を分析するための実験系を設計した。これにより感情と記憶、瞳孔径の動きのタイプ間の関係の分析が可能となったと考えられる。また、評価実験を行った結果、本稿での仮説の一部指示していることが分かった。

今後はLGR-Mapを用いた瞳孔径分析の基盤を整え、本実験を行う予定である。

#### 謝辞

本研究の一部は科研費 JSPS (19K12246/22K12284, 代表: 岐阜工業高等専門学校・小川信之, 23K11334, 代表: 長岡技術科学大学・中平勝子) および経営改革促進事業の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] Margaret M. Bradley and Peter J. Lang. Affective Norms for English Words (ANEW): Instruction Manual and Affective Ratings. 1999.
- [2] Margaret M. Bradley and Peter J. Lang. Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology*, Vol. 37, No. 2, pp. 204–215, 2000.
- [3] K. LaBar and R. Cabeza. Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 7, pp. 54–64, 2006.
- [4] Shunsuke Moriya, Katsuko T. Nakahira, Munenori Harada, Motoki Shino, and Muneo Kitajima. Can pupillary responses while listening to short sentences containing emotion induction words explain the effects on sentence memory? In Alexis Paljic, Mounia Ziat, and Kadi Bouatouch, editors, *Proceedings of the 18th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications, VISIGRAPP 2023, Volume 2: HUCAPP, Lisbon, Portugal, February 19-21, 2023*, pp. 213–220. SCITEPRESS, 2023.
- [5] Katsuko T. Nakahira, Munenori Harada, and Muneo Kitajima. Local-global reaction map: Classification of listeners by pupil response characteristics when listening to sentences including emotion induction words. 2023. (in press).
- [6] Timo Partala and Veikko Surakka. Pupil size variation as an indication of affective processing. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 59, No. 1, pp. 185–198, 2003.
- [7] Andrew Reed and Laura Carstensen. The theory behind the age-related positivity effect. *Frontiers in Psychology*, Vol. 3, , 2012.
- [8] James Russell. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 39, pp. 1161–1178, 12 1980.
- [9] Wanlu Yang, 柏原志保, 中尾敬, 宮谷真人. 聴覚刺激の感情価と覚醒度が再認記憶に与える影響. 日本認知心理学会発表論文集, Vol. 2018, p. 41, 2018.
- [10] 田中瑛津子. 興味の深化を促す授業方略の検討. 教授学習心理学研究, Vol. 9, No. 1, pp. 12–28, 2013.
- [11] 原田宗玄. 感情喚起効果を含む聴覚情報に対する瞳孔反応による聴取特性分類. 長岡技術科学大学修士論文, 2023.
- [12] 勝原摩耶, 矢迫健, 源健宏, 田邊重澄. 3) 「研究開発コロキウム」報告 (グローバル coe): 情動脳とワーキングメモリの実行制御系との関連. 研究開発コロキウム: 平成21年度 成果報告書 (Colloquium for Educational Research and Development), pp. 66–75, 2010.
- [13] 文部科学省. 「学習者等の視点に立った適切な e-learning の在り方に関する調査研究」報告書, 2007.
- [14] 文部科学省. 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して 全ての子供たちの可能性を引き出す, 個別最適な学びと, 協働的な学びの実現 (答申), 2021.
- [15] 本間喜子. 単語の感情価と覚醒度にもとづいた単語刺激の作成. 愛知工業大学研究報告, Vol. 49, pp. 13–24, 2014.
- [16] 勝原摩耶, 荻阪満里子, 荻阪直行. 情動文脈に対するバイアスがワーキングメモリ利用過程に与える影響. 日本心理学会大会発表論文集, Vol. 75, pp. 3AM110–3AM110, 2011.
- [17] 荻阪満里子. ワーキングメモリと言語理解の脳内メカニズム. 心理学評論, Vol. 41, No. 2, pp. 174–193, 1998.