

## 感情誘発語を含む単文聴取り時の瞳孔径変化速度と記憶の関係

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原田 宗玄<sup>†</sup>  
Munenori Harada村上 増穂<sup>‡</sup>  
Mashiho Murakami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

文部科学省が推進している教育方針に、アクティブ・ラーニングと STEAM 教育がある [6, 4]. アクティブ・ラーニングとは、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称のことであり、汎用的能力の育成を目的としている。一方、STEAM 教育は、Science・Technology・Engineering・Mathematics の STEM 分野が複雑に絡み合っている現代社会の問題を、芸術・文化・政治等の広い範囲を含めた Arts, Liberal Arts の知識も活用して問題解決を図ることが可能な人材を育成する教育方針のことである。いずれの教育手法も、自ら様々な分野を学び、分析力と応用力を兼ね備え、チームワークを発揮可能な人材を育成するのが狙いである。文理の枠を超えて様々な知識を能動的に学び、活用できる人材が求められていることを示している。

こうした、自ら学ぶ姿勢を育成する教育法が推進されている背景として、Society5.0 の実現に向け求められる人材像がある。平成 30 年に公開された文部科学省の政府報告書の中では、これからの時代を牽引するための人材に必要な力は、“知識・技能などの基礎的な学力に加え、情報を正確に理解し論理的思考を行うための読解力、他者と協働するための対話力なども重要となる。また、人と機械が密接に関係し合う社会の中で、科学的に思考するためのリテラシー、分析力、システム全体をデザインする力が必要である”とされている [5]。

このように、Society5.0 の実現には、異分野を繋げ、目まぐるしく変化する知識・技能・社会情勢や価値観から総合的に物事を判断できる、すなわち、ジェネリックスキルを備えた人材が必要とされる。学びの活動や、それに伴う人材育成は、学校教育だけで行われるものではなく、社会教育施設でも行われる。なかでも、博物館や美術館などでは能動的な学習を求められる機会が多く、様々な価値観、文化、歴史等に触れることもできるため、アクティブ・ラーニングや STEAM 教育の観点から見ると最も有意義な社会教育施設の一つであると考えられる。博物館や美術館などでは鑑賞行動を通じて鑑賞物の解釈を行うことで学習が進む。解釈は一通りではなくさまざまな視点から行い得る。当然、解釈に際しては、どのように鑑賞するのかに加えて対象物に対する基礎知識も必要である。基礎知識の多寡は鑑賞行動に影響する。基礎知識の不足している学習者たちが能

動的に学習を行うのは難しいので、鑑賞中の対象物に関する基礎知識を付加的に与えることは、能動的な学習を進める上で重要であると考えられる。

以上を踏まえ、本研究では社会教育施設にも適用可能な教育コンテンツに着目し、能動的な学びを提供する一助となるコンテンツ設計に着目する。コンテンツは、通常、視聴覚情報で構成されるが、聴覚情報に着目し、短時間かつ少ない呈示回数で記憶に残りやすく学習効果の高い学習支援を目指す。

## 2 感情誘発語と先行研究を踏まえた仮説の構築

## 2.1 感情誘発語について

感情誘発語とは、感情を生起させる単語のことである。記憶研究においては、記憶の促進と抑制の両面において、その影響が検討されており、感情価と覚醒度の 2 つの変数が存在することが報告されている。感情価とは、直線の両端にポジティブとネガティブを配し、生起される感情の程度を定量化するものであり、単語をポジティブ、ネガティブ、そのどちらでもないニュートラルに分類できる。覚醒度とは、直線の両端に高覚醒と低覚醒を配し、感情が引き起こす身体的・認知的影響の強度の程度のことであり、高覚醒、中覚醒、低覚醒に分類できる [7]。

## 2.2 先行研究を踏まえた仮説の構築

先行研究において、村上ら [2] は被験者に音声ガイド等の聴覚情報を含む 3 つの観光映像を鑑賞させ、印象評価と記憶再生テストを行った。音声ガイドには、解説する対象の顕在的特徴を解説し視線を誘導するための“視線誘導部”と、その対象の背景などの潜在的な特徴を解説する“情報付加部”で構成されている。平林らの研究 [1] では、視覚誘導部と情報付加部の呈示間隔を 3 秒程度に設定することで、対象の発見後に情報付加部を聞くことが可能となり、記憶に残りやすいことが確認されている。村上ら [2] の実験では、平林ら [1] の実験結果が適用された。情報付加部として、感情価の異なる感情誘発語を含む聴覚情報を作成し、映像と同時に呈示した。その結果、ネガティブな感情誘発語が聴覚情報に含まれていると記憶に残りやすいことが確認された。

また、原田らの研究 [3] では村上ら [2] の実験データをもとに、瞳孔径の縮瞳から散瞳に変化する極小値の点同士を繋いだ線分と極小値間で変化する瞳孔径データからなる面積を計算することで変化量と時間を読み取り、分析を行った。その結果、感情誘発語が持つ感情価と被験者の印象評価が一致したとき、ネガティブな文章に関して散瞳速度に違いがみられた。また、

<sup>†</sup> 長岡技術科学大学<sup>‡</sup> 東京大学

表 1 感情価および覚醒度の分類. 感情価部において, P はポジティブ, Ng はネガティブ, Nu はニュートラルを示す.

感情価						覚醒度	
P(7.00 - 9.00)		Nu(4.00 - 6.99)		Ng(1.00 - 3.99)			
7.70 - 9.00	高 P	6.00 - 6.99	P 寄りの Nu	3.00 - 3.99	低 Ng	7.00 - 9.00	高覚醒度
7.35 - 7.69	中 P	5.00 - 5.99	Nu	2.00 - 2.99	中 Ng	4.00 - 6.99	中覚醒度
7.00 - 7.34	低 P	4.00 - 4.99	Ng 寄りの Nu	1.00 - 1.99	Ng	1.00 - 3.99	低覚醒度

同条件の時, ニュートラルな感情価とそれ以外の文章の散瞳速度の分布に有意な差が確認された.

以上のことから, 本研究では「聴覚情報にネガティブかつ高覚醒度の感情誘発語を含ませることにより記憶に残りやすくなり, その時の瞳孔径変化速度も他と比較して有意差がある」という仮説を立てた. 本稿では, 感情誘発語のレベルと出現タイミングを制御した実験系を設計し, それらの関係性を検証する.

### 3 実験

本稿では聴覚情報のみに着目した実験系を設計し, 感情誘発語聴き取り時の瞳孔径変化速度と記憶の関係を検討する. 実験では, 感情誘発語を含む単文を聴覚情報として呈示し, その印象を 7 段階で評価させる. 全単文の呈示終了後, 休憩を挟み, 記憶に残っている単文を口頭で可能な限り挙げてもらった. 実験の被験者は計 10 人であった.

#### 3.1 実験環境

実験は, 他の音が聞こえにくい防音室内で行った. 防音室内の照明の状態は一定に保ったため, 光によって瞳孔径が変化することはないとした. 瞳孔径の測定には, 非侵襲で角膜反射法を用いる Tobii 社製の Tobii pro nano を使用した. 音声聴き取りは, Dell 社製の 24 インチディスプレイ S2440L を約 0.8m 離れた位置から座位状態で注視しながら行われた. この時, ディスプレイには図 1 に示したアニメーションが表示された. アニメーション表示の理由は, 被験者に画面を注視させやすくするためであった. アニメーションが瞳孔径の縮瞳や散瞳にほとんど影響を与えないことを確認している.

#### 3.2 呈示する単文について

呈示する単文を作成する際, いくつかのルールを規定した. また, 使用する感情誘発語は本間の研究 [7] を参考にした.

感情誘発語を選択する際は次のような規定を適用した. まず, 各感情価, 覚醒度を表 1 のように分類した. この中から, 各感情価, 覚醒度による差異を観察しやすくするために, 高ポジティブ, ニュートラル, 高ネガティブと, 高覚醒度, 低覚醒度をそれぞれ組み合わせた文章を作成した. この中で, 覚醒度が表 1 の規定の数値帯以下ものしかない場合, 最も覚醒度が大きい値 (もしくは小さい値) の単語を使用した. また, 覚醒度が表 1 規定の数値帯の単語が複数ある場合, 被験者が受ける印象のばらつきを抑えるため標準偏差が 2.00 以下の単語を使用した. そのうえで, 1 つの単文に現れる感情誘発語を一つ, 1 回とした.

文を作成する際は, 次のような規定を設定した. 文の長さは, 読み上げた時に被験者が理解しやすい 6 秒前後となるようにした. そのため, ひらがな換算で  $30 \pm 10$  文字程度の文を作成し, それを読み上げて収録して, 聴覚情報を作成した. また, 瞳孔

径の変化をとらえやすくするため, 感情誘発語が出現するまでに約 1 秒のバッファを持たせた. よって, 感情誘発語の前に 5 文字前後の単語等を用意した. さらに, 各感情価と高覚醒度, 低覚醒度の組み合わせにおいて, ポジティブの感情誘発語やネガティブの感情誘発語を使用する際は表 2 に示すように, ポジティブさ, ネガティブさを感じる文をそれぞれ 6 文ずつ作成した. ニュートラルの感情誘発語を使用する際は感情を誘発しない文を 8 文, ポジティブさやネガティブさを感じる文をそれぞれ 4 文ずつ作成した.

それぞれの雰囲気を持った文 (文全体がポジティブな雰囲気, 感情を生起させないニュートラルな雰囲気, ネガティブな雰囲気) を作成する際の要点として次の要素が挙げられる.

##### 文全体がポジティブな雰囲気

- ポジティブの感情誘発語を使用し, そのほかに感情を生起させるような語彙を使用しない
- 感情誘発語以外に, 文末に肯定的な語彙を使用する
- 文中に否定的な語彙を使用し, 終盤でそれを否定する
- ネガティブな感情誘発語を使用する際, その言葉を主語に置かず, 他の語彙の修飾に用いる

##### 文全体がニュートラルな雰囲気

- ニュートラルの感情誘発語を使用し, そのほかに感情を生起させるような語彙を使用しない
- 客観的な事実を, 感情を生起させる語彙を使用せずに描写する

##### 文全体がネガティブな雰囲気

- ネガティブの感情誘発語を使用し, そのほかに感情を生起させるような語彙を使用しない
- 感情誘発語以外にも, 文末に否定的な語彙を使用する
- 文中に肯定的な語彙を使用し, 終盤でそれを否定する
- 文中に肯定的な語彙を使用しない

これらの要素を単独で使用したり, 組み合わせて使用したりすることで文を作成した. 作成した単文は合計 40 文であった.

#### 3.3 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, 参加の同意を得る
2. 練習問題として 3 つの音声呈示, 印象を評価し, 実験の流れを把握してもらう
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は Tobii 社の生体計測解析ソフトウェアの Tobii pro lab を使用した

表 2 作成する単文の組み合わせ

高ポジティブ			ニュートラル			高ネガティブ		
覚醒度	文の雰囲気	作成する数	覚醒度	文の雰囲気	作成する数	覚醒度	文の雰囲気	作成する数
高覚醒	ポジティブさ	3	高覚醒	ポジティブさ	2	高覚醒	ポジティブさ	3
	ネガティブさ	3		ニュートラルさ	4		ネガティブさ	3
低覚醒	ポジティブさ	3		ネガティブさ	2	低覚醒	ポジティブさ	3
	ネガティブさ	3	ニュートラルさ	4	ネガティブさ		3	
				ネガティブさ	2			

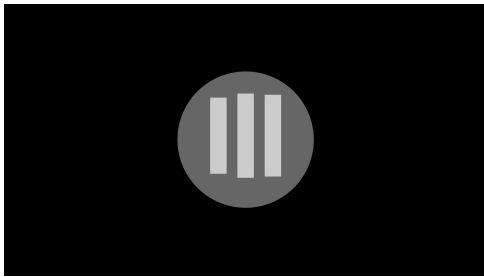


図 1 音声再生中に表示するアニメーション例

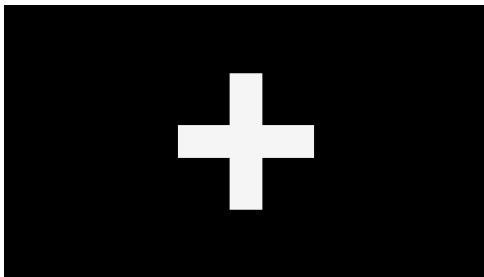


図 2 呈示する注視点

- 感情誘発語を含む音声をもつ単文を 1 つ呈示し、1 回ごとに印象評定を 7 段階で行う。これを 40 回行う
- 5 分間の休憩により短期記憶のリセットを行ったうえで、記憶に残っている単文を口頭で可能な限り挙げてもらい、確認する

1 試行あたりの実験の流れを以下に示す。

- 十字の注視点を 2 秒間表示する (図 2)
- 音声呈示前にチャイムを鳴らし、合図する。チャイムの長さは約 1 秒である
- チャイムが鳴り終わった 1 秒後に聴覚情報を呈示する。この時、図 1 のアニメーションが表示される
- 聴覚情報の呈示終了後、印象評定の選択肢が自動で表示される
- 印象評定の選択肢を選んだうえで次へボタンを押す
- 1 に戻る

表 3 記憶再生テストにおいて被験者が挙げた単文に含まれる感情誘発語の各感情価と覚醒度。括弧内は、文の雰囲気と印象評定の一致件数/不一致件数。

文中の感情価	高覚醒度	低覚醒度
ポジティブ	0	3(3/0)
ニュートラル	1(1/0)	1(0/1)
ネガティブ	10(6/4)	1(0/1)

## 4 実験結果

### 4.1 被験者の記憶に残った単文について

実験後に行った口頭での記憶再生テストにおいて被験者が挙げた文中に含まれる感情誘発語が持つ感情価と覚醒度を表 3 に示す。なお、実験前の事前説明では実験後に記憶再生テストを行うことを伏せており、被験者が意図的に単文を覚えたことは考えにくい。被験者の最も記憶に残っている単文中において、含まれている感情誘発語の共通点として文の雰囲気と印象評定の一致不一致にかかわらず感情価がネガティブであることと高覚醒度であることが挙げられる。この結果は、本稿で立てた仮説と一部一致する。また、感情価のみを考えればネガティブな感情誘発語を含む単文を挙げる被験者が多いことから、村上らの研究結果 [2] を支持する形となった。

### 4.2 分散分析

最も被験者の記憶に残っていた文章を記憶再生テストで挙げた被験者とそうでない被験者間において、文の雰囲気と印象評定の一致率に対し、二要因混合の分散分析を行った結果を図 3 に示す ( $F(2, 16) = 10.18, p < .01$ )。A1 が記憶に残っている被験者、A2 がそうでない被験者を表し、B1 がポジティブ、B2 がニュートラル、B3 がネガティブをそれぞれ表している。ポジティブ、ネガティブの 2 つとニュートラルを比較すると、ニュートラルの一致率が優位に低い。これは村上らの研究 [2] を支持している。また、ポジティブ、ネガティブの結果も同様である。

### 4.3 感情誘発語と瞳孔径について

本稿での実験は、画面を注視する際に出現する輻輳反応の影響を取り除くため、聴覚情報を呈示する際にさまざまな仕掛けを導入している。それを踏まえた瞳孔径変化量の予想図を図 4 に示す。感情誘発語による瞳孔径変化が見られるのは、概ね試行開始後 4 秒以降であると想定し、4 秒以降の瞳孔径変化の傾

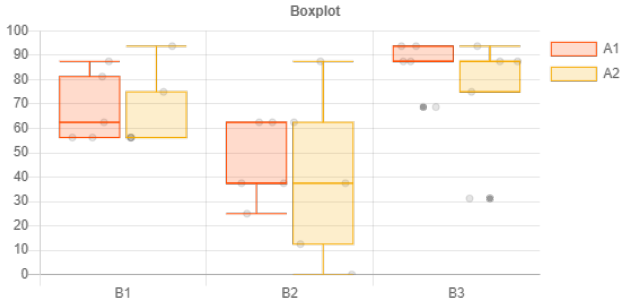


図3 記憶再生テストにおいて一定の成績があった被験者とそうでない被験者間における文の雰囲気と印象評定の一致率の二要因混合分散分析

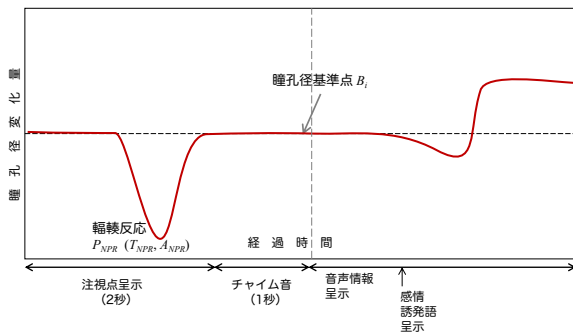


図4 瞳孔径変化量の予想図

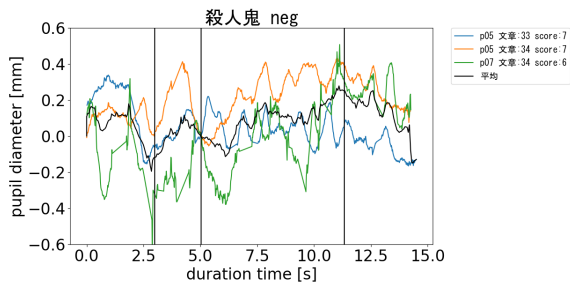


図5 実際の瞳孔径計測の例。感情誘発語はネガティブなもの、文の印象をネガティブであると判断したものの3名分の結果。1つ目の縦線は聴覚情報呈示開始時刻を、2つ目の縦線は感情誘発語の呈示時刻を、3つ目の縦線は聴覚情報呈示終了を示す。

向によって被験者のタイプ分類が可能かどうかを第一次の分析対象とする。その例を図5に示す。現在、この方針に従って解析中である。

## 5 考察

口頭での記憶再生テストにおいて、感情価がネガティブかつ高覚醒度の文章を挙げた被験者が多いことから、感情価だけでなく覚醒度も被験者の記憶に影響を与えやすい可能性があることが分かった。また、分散分析の結果を見るとニュートラルの感情誘発語を含む単文における文の雰囲気と被験者の印象評定一致率の分布範囲が広いことが分かる。これはニュートラルの感情誘発語は文中の他の単語による影響を受けやすく、その結

果、ばらつきが生じたと考えられる。表3を見ると記憶再生テストにおいてポジティブの感情誘発語を含む単文を挙げた被験者が数名いたことから、ネガティブの感情誘発語だけでなくニュートラル以外の感情誘発語を使うことで記憶に残りやすくなることが示唆された。しかし、ポジティブかつ低覚醒度の単文を挙げており、最も記憶再生テストで挙げられたネガティブかつ高覚醒度の単文とは逆の結果であり、再考の余地がある。

## 6 まとめと今後の課題

本稿では聴覚情報に着目し、短時間かつ少ない呈示回数で記憶に残りやすく学習効果の高い学習支援を目指し、実験を行った。その結果、ネガティブかつ高覚醒度の聴覚情報は記憶に残りやすいことが確認された。しかし、ポジティブの感情誘発語は低覚醒度のものが最も記憶再生テストにおいて挙げられており、検討の余地がある。また、感情誘発語は参加者の気分や時代の世相など、考慮する必要がある要素が多く、この結果をコンテンツ作成に適用する際は注意が必要である。現在は、感情誘発語と瞳孔径の関係分析を並行して行っており、こちらの分析も進めていく。

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) の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] R. Hirabayashi, M. Shino, K. T. Nakahira, and M. Kitajima. How auditory information presentation timings affect memory when watching omnidirectional movie with audio guide. In *Proceedings of the 15th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2020)*, Vol. 2, pp. 162–169, 2020.
- [2] M. Murakami, M. Shino, K.T. Nakahira, and M. Kitajima. Effects of emotion-induction words on memory of viewing visual stimuli with audio guide. In *Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2021)*, Vol. 2, pp. 89–100, 2021.
- [3] 原田宗玄, 村上増穂, 北島宗雄, 小竹元基, 中平勝子. 瞳孔径変化に着目した聞き手感情推定のための特徴量抽出手法. 情報処理学会第84回全国大会予稿集, 第4巻, pp. 51–52, 2022.
- [4] 文部科学省. 教育課程企画特別部会 論点整理 補足資料(5), 2015.
- [5] 文部科学省. Society 5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～, 2018.
- [6] 文部科学省. 学習指導要領の趣旨の実現に向けた個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に関する参考資料, 2021.
- [7] 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.