

令和 5 年 10 月 24 日現在

機関番号：32630

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K00801

研究課題名（和文）瞳孔径拡張による外国語理解力の向上：過剰学習と間隔反復による

研究課題名（英文）Improvements of foreign language comprehension via pupil dilation: overlearning and spaced repetition

研究代表者

窪田 三喜夫 (Kubota, Mikio)

成城大学・文芸学部・名誉教授

研究者番号：60259182

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：心理生理学的指標の瞳孔径拡張の測定により、日本人英語学習者が英語母音と子音の聞き取り能力が促進されることを明らかにした。伝統的な外国語学習法である長時間の意識的音声トレーニングではなく、瞳孔径を拡張させる無意識的な方法で自然に短期間に外国語音声識別能力が上達する指導法を提案する。瞳孔径拡張により英語母音ペアの識別がpost-testで成績が上昇した。英語子音ペアでも瞳孔径拡張が母音識別post-testの成績を上昇させた。更に過剰学習と間隔反復を組み合わせる復習方法は効果的であり、学習習熟度が低くなるに応じて復習間隔を短くする方法が適切であることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

瞳孔径拡張が半無意識的に日本人英語学習者が苦手とする母音と子音の識別能力を上達させることが判明した。教育現場で瞳孔径拡張トレーニングを導入する意義があることが明らかになった。更に過剰学習と間隔反復を組み合わせる復習方法を現場で導入し、特に低い学習習熟度の学習者には復習間隔を短くする指導法を実践させるのが適切である。音声教育に瞳孔径拡張の手法を取り入れるのは社会的に意義深い。T/Fテストという長時間を要する音声訓練方法を継続するのではなく、聴覚時に超小さな円から超巨大な円を見ることにより生じる瞳孔径拡張が成績向上につながるという本結果は外国語教育のみならず教育全般で重要な教育的な指摘と言える。

研究成果の概要（英文）：I have found that comprehension abilities for Japanese learners of English were promoted by pupil dilation (one of the indexes in psychobiological measurements). Instead of using conscious phonetic training that lasts for a long period of time, I suggest that pupil dilation during foreign language comprehension may be an effective method. Results demonstrated that pupil dilation improved scores of English vowel pair tests and consonant pair tests. Furthermore, I discovered that a mixed method of overlearning and spaced interval was an effective instructional strategy, as well as shortening intervals between reviews for low language proficiency learners.

研究分野：言語習得 心理言語学 言語脳科学

キーワード：瞳孔径拡張 脳内音声処理 ミスマッチ成分 子音分別能力 母音分別能力

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1.研究開始当初の背景

今の外国語教育学研究は他の研究領域との融合により多角的視点で進める必要があるが、学習効果研究は依然として限定的であるため、本研究では瞳孔径の計測と、様々な復習方法により、どのような学習効果が現れるかを検討する。

## 2.研究の目的

心理生理学的指標の1つである瞳孔径拡張と複合的学習方法(過剰学習+間隔反復)により、文法と語彙に関する外国語の理解力が短期間で(1週間後)伸び、長期的にも言語記憶が保持される新学習法の開発を目指す。

## 3.研究の方法

### (1) 研究1年目 (2019年度)

心理生理学的指標の1つである瞳孔径拡張の測定を行うことによって、日本人英語学習者が音声の習得、特に英語子音の上達が促進されるのかを調査した。これによって、伝統的な外国語学習法である長時間の意識的音声トレーニングによるのではなく、瞳孔径を拡張させる無意識的な方法によって自然に短期間に外国語の音声識別が促進されることを研究の目的とした。これにより、新しい外国語の指導方法の提案を目指すことになる。すなわち、瞳孔径を随意に変動させる学習方法により、効果的な外国語学習・記憶が促進されるかを検討した。第一の実験として、どのような図形を提示すれば被験者の瞳孔径が収縮するのか、あるいは拡張するのかを様々な図形と時間的なタイミングを用いて瞳孔径実験を行った。

### (2) 研究1年目 (2019年度)

第二の実験として、異なる子音のペアーを学習者が聴取している時に、英語能力の低い学習者(TOEIC 599点以下)の場合、丸円拡大による瞳孔径拡張が英語子音の無意識的認知につながるかを検討した。

### (3) 研究2年目 (2020年度)

心理生理学的指標の1つである瞳孔径拡張の測定を行う上で、どのようなタイプの音声や文法によって、脳内ミスマッチ成分が検出されるのかを調査した。3種類の脳実験を実施した。(1)英語使役動詞は原形不定詞を伴う。to不定詞を挿入することで文法的に不適格となる。この言語現象をミスマッチ実験に適用した。対照群として、一般動詞を用いた。

### (4) 研究2年目 (2020年度)

日本語の係り結びに関する脳内ミスマッチ反応を測定した。「全く」という副詞は否定語を伴うが、肯定語「ある」の場合は文法的に不適格となる。

### (5) 研究2年目 (2020年度)

英語の前方母音である high 母音と mid-high 母音に関する脳ミスマッチ音声実験を実施した。high 母音が高頻度刺激で、mid-high 母音が低頻度刺激であるセッション1と、high 母音が低頻度刺激で、mid-high 母音が高頻度刺激であるセッション2を日本人英語学習者に与えた。

### (6) 研究3年目 (2021年度)

瞳孔径拡張によって、さまざまな英語子音ペアの識別が半無意識的に向上するのかを調査した。ミスマッチ成分検出用の実験パラダイムを利用した。瞳孔径拡張は、超小型円から超大型円を見ることにより誘発した。

#### **(7) 研究最終年度 (2022 年度)**

瞳孔径を拡張させることによって日本語英語学習者の英語母音ペアの識別能力が上達するのかを研究した。瞳孔径拡張の方法としては超小型円を超大型円に瞬時に拡大させる方法をとった。脳波ミスマッチ成分を検出する実験パラダイム (oddball paradigm) を用いた。瞳孔径拡張の平均値は、標準刺激では 1674 dots に対し、逸脱刺激では 1967 dots であった。標準から逸脱刺激への変化により瞳孔径が拡張されていることを確認した。

#### **(8) 研究最終年度 (2022 年度)**

学習後 30 分後に再学習させる「過剰学習」と間隔を次第に大きくする「間隔反復法」(1 週間後、1 ヶ月後、3 ヶ月後) を組み合わせる実験群 A、学習後 30 分後に再学習させる「過剰学習」する実験群 B、「間隔反復法」のみの実験群 C を比較実験した。音声刺激は、英語子音ペア 3 種類と母音ペア 3 種類である。

#### **(9) 研究最終年度 (2022 年度)**

学習習熟度に応じて復習間隔に変化をつける実験では、TOEIC 上級得点者(650-850 点)、中級得点者(450-650 点)、低級得点者(300-450 点)の 3 実験群を設定した。

### **4. 研究成果**

#### **(1) 研究 1 年目 (2019 年度)**

極小の丸円(2mm)から、時間的遅延がない状態で、極大の 20cm の丸円を提示することにより、瞳孔径拡張が被験者全員から認められた。ただし、2 つ目の極大の丸円の中に、極小の丸円を残像として残すのが重要なテクニックであることを実証した。それにより、視点が 1 つの実験中で動かないようになるからである。

#### **(2) 研究 1 年目 (2019 年度)**

Pre-test と比較し、瞳孔径拡張操作によって、post-test の子音識別する得点が上昇した。これにより、音声識別の困難な学習者は瞳孔径拡張により、自然に識別できる能力が備わっていることを明らかにした。

#### **(3) 研究 2 年目 (2020 年度)**

英語使役動詞ミスマッチ実験の結果、to 不定詞挿入という文法的逸脱が極めて大きな脳反応を引き起こすことを明らかにした。

#### **(4) 研究 2 年目 (2020 年度)**

日本語文法ミスマッチ実験の結果、文法的逸脱語の場合、極めて大きな脳磁場反応を引き起こした。

#### **(5) 研究 2 年目 (2020 年度)**

その結果、セッション 1 で、極めて大きな脳磁場反応が測定された。ペアとして 2 番目に提示される低頻度刺激が、聞き手の音声システムにない音声の場合、その音声への慣れがないために、脳細胞が活発に反応することを明らかにした。

#### **(6) 研究 3 年目 (2021 年度)**

瞳孔径拡張の平均値は、standard 刺激では 1452 dots に対し、deviant 刺激では 1899 dots であり、standard から deviant の変化により瞳孔径が拡張されていることを確認した。

●英語子音ペアの[r] と [l]に関して、瞳孔径拡張実験を行った。pre-test と比べて、英語子音識別テストでは、25.3%の成績の上昇につながった。

●英語子音ペアの[dz] と [d]に関して、瞳孔径拡張実験を行った。pre-test と比べて、英語子音識別テストでは、23.7%の成績の上昇につながった。

●英語子音ペアの[th] と [s]に関して、瞳孔径拡張実験を行った。pre-test と比べて、英語子音識別テストでは、26.1%の成績の上昇につながった。

以上のように、瞳孔径拡張をさせることにより、自然に日本人英語学習者が苦手とする子音の識別能力が推進されることを明らかにした。瞳孔径拡張は認知的再構築を誘発させるため、瞳孔径拡張トレーニングが半無意識的な英語識別能力を向上させることを発見した。

### (7) 研究最終年度 (2022 年度)

●英語母音ペアの[i ] と [ɪ]に関して (例: beat-bit)、瞳孔径拡張実験を行った。pre-test と比べて、英語母音識別テストでは、28.1%の成績の上昇につながった。

●英語母音ペアの[o] と [ɔ]に関して (例: boat-bought)、瞳孔径拡張実験を行った。pre-test と比べて、英語母音識別テストでは、25.9%の成績の上昇につながった。

●英語母音ペアの[ʌ] と [ɑ]に関して(例: cup-cop)、瞳孔径拡張実験を行った。pre-test と比べて、英語母音識別テストでは、25.2%の成績の上昇につながった。

### (8) 研究最終年度 (2022 年度)

実験群 A が最も成績がよく、次に実験群 C、そして実験群 B という結果であった。

音声に関する学習効果は「過剰学習」と「間隔反復」を組み合わせる方法が3ヶ月後でもその音声記憶が維持されることを明らかにした。

### (9) 研究最終年度 (2022 年度)

TOEIC上級得点者では1週間後、1ヶ月後、3ヶ月後の復習間隔が適していたが、低級得点者は密度の高い復習間隔が必要であった。1週間後、3週間後、1ヶ月半後、3ヶ月後という4回の復習が必要であった。

瞳孔径拡張が半無意識的に日本人英語学習者が苦手とする母音の識別能力が上達させたことが判明した。瞳孔径拡張は認知的再構築を誘発させるため、英語音声識別能力を向上させる目的で、外国語教育において瞳孔径拡張トレーニングを導入する意義があることを明らかにした。更に過剰学習と間隔反復を組み合わせる復習方法と、学習習熟度が低くなるに応じて復習間隔を短くする方法が適切であることが判明した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Mikio Kubota, George Zouridakis	4. 巻 online
2. 論文標題 Differentiation of task complexity in long term memory retrieval using multifractal detrended fluctuation analysis of fNIRS recordings	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00221-022-06365-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mikio Kubota ; Junko Matsuzaki; Ippeita Dan; Haruka Dan ; George Zouridakis	4. 巻 238
2. 論文標題 Head errors of syntactic dependency increase neuromagnetic mismatch intensities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 2137-2160
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mikio Kubota; Luca Pollonini ; George Zouridakis	4. 巻 238
2. 論文標題 Local syntactic violations evoke fast mismatch related neural activity detected by optical neuroimaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 2665-2684
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mikio Kubota, Junko Matsuzaki, Ippeita Dan, Haruka Dan, George Zouridakis	4. 巻 239
2. 論文標題 Native non prototypicality in vowel perception induces prominent neuromagnetic mismatch intensities in non native speakers: a pilot study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 937-953
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------