

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：37103

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23520732

研究課題名(和文) 初級者に効果的なマルチメディア英語教材：脳科学的考察を加えて

研究課題名(英文) Effective English Multimedia Teaching Material for Beginners at Elementary School: Suggestions from EEG Analyses

研究代表者

中野 秀子 (NAKANO, Hideko)

九州女子大学・共通教育機構・教授

研究者番号：20309735

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：ドライ電極測定法の妥当性と被験者の負担が低いことを示し、文字表示有無、リズム表示有無の英語学習では前頭部に出現するθ波が、α波より有意に増加し、文字有の学習中が文字無よりθ波パワーが有意に高く、学習のネットワークがより活性化していることを示した。同様にリズム表示有は表示無よりθ波パワーが高く、リズムの短縮率も高かった。語彙記憶テストとスペルマッチングテストの成績には有意な相関があり、小学5年の後半で既に音素認識能力の高・低群に有意な差があり、低い群の音素認識教育の必要性を示唆した。「絵+音声+文字表示」「絵+音声+英文+リズム表示」を繰り返しながら表現を増す効果的教材モデルを提案した。

研究成果の概要(英文)：Brain activation was recorded during pupils' English lessons. High validity and less time consumed for the measurement using dry cell electrodes were confirmed. The findings are as follows: Theta wave power increases most among alpha, beta, and theta wave powers. Theta wave power in the mid-frontal area (Fm theta) is highly correlated to brain activation during both English vocabulary and reading-aloud tasks. During vocabulary learning with captions, Fm theta is higher than that without captions. Fm theta during reading-aloud task with captions and rhythmic symbols is higher than that without them and the post test proved effective. Proficiency in vocabulary is highly correlated to that in spelling recognition. There were higher and lower groups in English proficiency at the end of the 5th grade schooling. Effective teaching materials with pictures, sound, and captions for vocabulary learning, and ones with pictures, sound, captions, and rhythmic symbols for reading tasks were designed.

研究分野：応用言語学、心理言語学、音声学

科研費の分科・細目：言語学・外国語教育

キーワード：英語文字表示 英語リズム表記 Fm 音素認識 語彙記憶 ドライ電極 英語初級者 効果的マルチメディア教材

1. 研究開始当初の背景

(1) 平成 23 年度から完全実施されている小学校外国語活動の学習指導要領では文字はあくまでも補助として扱われ、文字の導入に関しては、「音声での指導が十分になされ、音声と事物・概念との関連付けがある程度できてからが望ましい」(岡他, 2010) と指導されている。

しかしながら、小学校の 5 年生と 6 年生が、第 1 言語と異なる音素の発音・リズム・イントネーションなどを週一回という短時間で初めて触れて、自然に獲得することはむずかしい。小学校高学年では多くの生徒が文字を書いたり読むことに関心が高く、音声を中心としたチャンツや音読活動に文字を提示することが音声理解の補助となっているという報告もある(和歌山県教育センター, 2009)。それ故、外国語活動で効果的な英語音声教育を行うことは重要である。

(2) 脳波 (Electroencephalogram, EEG) は神経細胞の活動で起こるシナプス電位の集合であり、頭部に装着した電極で記録する。脳波の変動は主に 1~100Hz の正弦波要素からなり電圧は数百 μ V 以下で、周波数によって δ 波 (0.5-3Hz), θ 波 (4-7Hz), α 波 (8-12Hz), β 波 (13-30Hz), γ 波 (30Hz 以上) に分けられる。 θ 波はヒトのクレペリンテストや暗算などの記憶・学習や注意・集中時に出現し、 $F_m \theta$ は記憶に関与する脳内海馬と関連し、 θ 波存在下、動物の海馬のニューロンの可塑性が増強した報告もある (Natsume et al., 1997)。脳波の測定は通常、銀皿電極を国際 10-20 法の部位に装着し、アース電極を耳朶につける。著者らは、日本人学習者の英語リズム学習時における自発脳波を 5 日間測定し、前頭中心部の θ 波が学習中に変化する初歩的な知見を得た (Nakano et al., 2007; 中野他, 2011)。今までの実験では銀皿電極を使用したのが、電導性ゲルを頭皮と電極の間に塗る必要があるため時間がかかり、特に若年の参加者には負担になる可能性がある。夏目らはインタークロス (株) と協力して電導性ゲルの必要がないドライ電極を開発し、そのデータの信頼性について調べ、概ね同等な精度であったと報告している (岡本他, 2012)。本研究では小学校高学年の学習者の英語学習時の脳波の特徴を調べるが、従来の銀皿電極に起因する参加者の負担や手間を減少させるためにドライ電極を使用した。

(3) 先行研究

著者は自作のリズム教材 (Rhythm Instruction Material, RIM) を使って小学生群と中学生群にリズム訓練を行ない、実験前後の課題英文の強勢間の長さ (Inter-stress Interval, ISI) の短縮率を調べ、小学生群の短縮率が中学生群より高かったことを報告し、リズム訓練によるチャンキング効果と早期英語教育の重要性を示唆した (Nakano, 1994)。さらに、RIM を使った英語リズム訓練中の成

人男子の脳波を測定し脳内変化を調べたところ、学習者のリズムの習得にビート音のある教材が効果的で、学習中の正確な英語リズムの再生率と学習者の前頭部の θ 波に相関がみられた (中野他, 2011)。文字・リズム表示に関しては、「音声」、「音声+文字」、「音声+文字+リズム表示」(静止画)、「音声+文字+リズム表示 A (動画, 強勢位置を強調)」、「音声+文字+リズム表示 B (動画, 強勢位置と音節間の時間的長さ (ISI) を表現)」の 5 種類の教材を作成し、リズム教育を大学生に 4 週行なった結果、「音声+文字+リズム表示 B」を使ったリズム訓練で学習者の発話の ISI が一番短縮された (中野他, 2004)。以上のように、これまで大学生を対象としてビート音が音声教材に付加され、リズム表示が視覚的に示された研究はなされているが、日本人小学生を対象にした研究はされていない。加えて、小学生の学習時の脳活動を測定し、脳波分析結果との関連性を論じた研究もまだ行われていない。

2. 研究の目的

本研究では、小学生の英語音声教育に文字を導入することが、学習者に負担なのかどうか、また、リズム表示によってどのような効果があるのかについて学習者の脳内変化を調べ、得られた知見から考察を試みた。小学生の英語語彙学習中の音素認識と文字表示に関して以下のリサーチクエスチョン(RQ)について調べた。RQ1: ドライ電極を使用して英語語彙学習中の脳内変化が従来型と同様に測定できるか。RQ2: 英語語彙学習において文字表示有無及びリズム表記有無に関連した脳波変化はあるか。RQ3: 文字表示の効果はあるか。RQ4: リズム表記の効果はあるか。これらの結果を踏まえて効果的なマルチメディア教材の提案と試作品の公開を行う。

3. 研究の方法

実験を 2 回に分けて行った。

3.1 マルチメディア教材の表示と脳波のパイロット・スタディ

(1) 参加者は健常な右利き男子 (9 歳) 1 名と女子 1 名 (11 歳) であった。本研究の実施に先立ち、所属大学の倫理委員会からヒトを対象とする実験の承認を得、参加者と保護者には実験手順と脳波実験の安全性を説明し、承諾を得た。

(2) 実験資料

実験 A の資料として『英語ノート 1』(文部科学省, 2009) の Lesson 4 の会話文を使ったパワーポイント画像を 8 ページ作成し、「音声+絵+文字表示無」、「音声+絵+文字表示無」、「音声+絵+文字表示無」、「音声+絵+文字表示無」の 4 種類を作成した (資料 1)。本実験では英文理解度の違いによる影響を避けるために、それぞれのページには和訳を付加した。

実験 B のリズム教材として著者が Jazz Chants for Children (Graham, 1979) から修正して作成した教材 (RIM) の Lesson 1 を使用した (資料 2)。この教材の音声にはリズムを表すシンバルの音が強勢音節の位置に録音されている。全ての資料には意味理解のために和訳を付加した。次に、プレ

テスト及びポストテストとして以下の英文と理解のために絵を加えたテスト資料 (test material, TM) を作成した (Nakano, 1994 ; 資料 3 を参照)。参加者の実験中の発話を記録し、発話音声の中の強勢母音の最大音圧ピーク間を音声分析ソフト (杉スピーチアナライザ, (株) アニモ) を使って計測し ISI とした。

(3) 実験手順

参加者にドライ電極式脳波測定キャップを装着し (資料 4), 開眼 (10 秒)・閉眼 (10 秒)・開眼 (10 秒) の脳波を測定した後, 以下の実験 A, B の 2 つのプロトコルの実験中の脳波を測定した。実験 B の前後に TM を使ったプレテスト及びポストテストを行った。実験中の発話はマイク (SONY 製 ECM-PC50) を使ってパソコンで録音し, ビデオカメラ (GZ-HM670-A) で記録した。実験後, 参加者に実験材料の難易度と脳波キャップ装着に関するアンケート調査を行った。

実験 C

安静 (3 分)

① Ken と Mai の会話の「音声+絵+文字表示無」を聞く。(1 分)

② 「音声+絵+文字表示無」を音を聞きながら口頭発話する。(1 分)

③ 「音声+絵+文字表示有」を聞く。(1 分)

④ 「音声+絵+文字表示有」を音を聞きながら口頭発話する。(1 分)

安静 (3 分)

実験 D

プレテスト (1 分)

① RIM 「音声+絵+文字表示無」を聞く。(1 分)

② 「音声+絵+文字表示無」を音を聞きながら口頭発話する。(1 分)

③ 「音声+絵+文字表示有」を聞く。(1 分)

④ 「音声+絵+文字表示有」を音を聞きながら口頭発話する。(1 分)

ポストテスト (1 分)

実験中の脳波測定は国際 10-20 法に基づいて F3, Fz, F4 に当たる部位で測定を行った。脳波信号はバイオアンプ (デジテックス社製 BA1008) で 10000 倍に増幅し、ハイカットフィルター 30Hz、時定数 0.3 秒のフィルターに通し、サンプリング周波数 1 kHz でパソコンに取り込んだ。

3.2 マルチメディア教材の表示と脳波と語彙記憶実験

小学校 5 年生 6 名 (右利き、男子) の参加者に A (「絵」+「音」+「スペル」) と B (「絵」+「音」) の各 7 個ずつの英語未修語を PC 画面上に提示し、ドライ電極式脳波測定装置を使って学習中の学習者の前頭部に出現した脳波を測定した。実験手順は以下のとおりである。

① 開眼・閉眼 (各 20 秒)

② 未修語語彙学習

C (n = 7) (約 3 分), D (n = 7) (約 3 分)

③ 開眼・閉眼 (各 20 秒)

④ 算数計算 (5 分)

⑤ 語彙記憶テスト: 「音声-絵」マッチング

⑥ 語彙スペルテスト: 「音声-スペル」マッチング

⑦ 開眼・閉眼 (各 20 秒)

4. 研究成果

(1) ドライ電極の信頼性 (RQ1) について

ドライ電極のデータの信頼性についての岡本・夏目 (2012) の研究では, 従来型の電極皿によって得られたデータとドライ電極での脳波の測定を比較し, ドライ電極の信号が小さい場合もあったが, 概ね同等な精度であったことが報告されている。本実験でもノイズもなく, 測定ができることが分かった。キャップ装着時の苦痛と実験後の疲労感に関しては, 実験後に参加者に「まったく感じない, 感じない, やや感じる, 非常に感じる」の選択肢から実験参加者 8 人とも「感じない」と回答した。

実験 A, B で得られたデータの脳波の θ , α , β 波の領域の相対比率 (%) を比較した (表 1)。Friedman の検定により学習中に記録された 3 領域の脳波には有意差がみられ ($\chi^2 (2) = 39$, $p < .0001$)、3 つの領域の脳波が異なって出現していることを示し、ドライ電極の信頼性も示された。

表 1 実験 A 中に出現した θ , α , β 波の領域の相対比率 (%)

	θ 波 (SD)	α 波 (SD)	β 波 (SD)
相対比率 (%)	26.46 (4.88)	8.96 (2.66)	4.87 (2.74)

**** $p < .0001$

表 2. 実験 A のリスニング中の文字表示有・無の教材において出現した θ 波パワー

	θ 波パワー (SD)	
文字表示無 (n=12)	24.34	(4.00)
文字表示有 (n=12)	22.34	(3.80)

** $p < .01$

(2) 音声学習中の文字表示に関連した脳波変化 (RQ2) について

6 人の参加者で行った実験 C, D でも同様に語彙学習中に前頭部で出現する α , β , θ 波では文字有無の両実験とも θ 波に有意な顕著な変化があり ($p < .0001$)、 θ 波が学習に関与していることを示した (表 3)。

表 3. 文字表示有・無の学習中に出現した前頭部の α , β , θ 波の比較

	α 波 (SD)	β 波 (SD)	θ 波 (SD)
文字有	12.61 (5.18)	4.61 (2.60)	71.23*** (31.39)
文字無	9.25 (3.52)	3.00 (1.45)	51.59*** (18.43)

*** $p < .0001$

(3) 文字表示の効果

実験 A, C において文字表示有の学習中に出現した θ 波パワーは文字無よりそれぞれ有意に高かった ($t = 3.20, p < .01$; $t = 4.39, p < .01$) (表 2, 3)。これらの結果から文字有の教材の方が小学校 5 年生の後半ではより学習を進める脳内活動が活性していることが示唆される。

さらに、語彙学習後行った語彙記憶テストとスペル記憶テストの平均は、それぞれ 78.57% ($SD 23.47$)、64.28% ($SD 47.38$) であった。両テスト間の Spearman の順位相関では有意な相関があった ($\rho = .986, p < .0$)。これらの結果から、音と物事の関連付けが出来る段階の学習者は文字との関連付けもできていることが示唆される。加えて、5 年の 3 学期の時点で既に音の認識と文字認識 (音素認識) 能力に上位群と下位群が存在し、今回の語彙テストとスペルテストの合計点の平均点はそれぞれ、73.02%, 38.19% で、2 群に有意な差があった ($t = 3.70, p < .01$)。

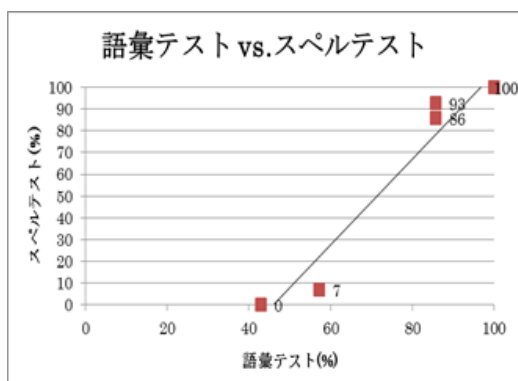


図 1 語彙テストとスペルテストの得点 (%)

表 4. 文字表示有・無の教材学習後のスペルマッチング成績

	平均点 (%)	(SD)
上位群 (n=16)	73.02	(6.45)
下位群 (n=8)	38.19	(7.88)

** $p < .01$

以上の結果から、音素認識能力が十分習得できていない生徒には文字無の教材では学習効果が不十分で、文字有の教材を使用した学習の方が、今回の実験の結果からは、 θ 波の出現も増大し、効果がある可能性が示された。

(4) リズム表示の効果

実験 B の RIM によるリズム学習の前後の pre-, post-test の資料 (TM) のリズムパターン (P1~P4) と ISI/T の計測法を以下に示す (図 2)。先行研究と同じく、全体の発話継続時間 (T) に対するそれぞれのリズムパターン中の強勢間の継続時間 (ISI) を相対発話速度 (ISI/T) と定義し、2 人の実験参加者の pre-, post-test の ISI/T を測定した。

P1: cats and dogs (●○●)、P2: a cat and a dog (●○○●)、P3: a banana and a cat (●○○○●)、P4: a banana and a piano (●○○○○●)

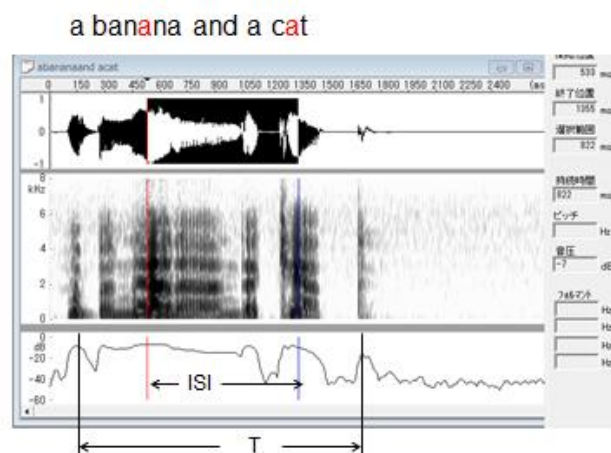


図 2 ISI/T の測定法

Pre-, post-test の ISI/T の違いについては post-test の方が短く発話されていることがわかった (表 3)。Pre-, post-test の ISI/T 間の t 検定を行ったところ、有意差があり ($t = 3.74, **p < .01$)、実験参加者の数が少ないのでさらにデータを増やす必要があるが、1 回の RIM の学習においても英語リズムの習得効果があることが示唆された。

表 5. Pre-test, Post-test 間の相対発話速度 (ISI/T) の差 (n=16)

	ISI/T の平均 (SD)	
Pre-test	.774	(.071)
Post-test	.648	(.099)

** $p < .01$

さらに θ 波の比率について beat 表示有と beat 表示無の RIM 学習中の平均を計測したところそれぞれ 60.74% ($SD 18.73$)、67.03% ($SD 13.68$) で、実験 A の結果と同様に beat 表示無の方が θ 波の出現比率が高くなった。これらの結果から、リズム表示が無い場合は、視覚的な強弱リズムの手掛かりがないので音により集中する必要があるが、リズム表示が有る場合は視覚の手掛かりが強弱リズムの判定を手助けしているので、ワーキングメモリーを余分に使う必要がなく、文理解や記憶にワーキングメモリーを使うことができるのではないかと思われる。

5. 結論：効果的なマルチメディア教材

本研究では、ドライ電極による小学生の英語学習中の脳内変化の測定を試みたが、ドライ電極を使用した測定法はおおむね可能であることが示唆された。さらに、文字表示とリズム表示の効果を調べるために θ 波の出現率を測定したが、その結果、文字表示が英語シャドーイング学習時において学習者の負担になっておらず、学習のネットワークの活性化を促進していることが示唆された。加えて、参加者の発話の音声分析から、文字表示が音声学習に効果があり、リズム表示がリズム学

習に効果があることを示し、文字表示やリズム表示を伴った音声教材の有効性を示唆した。同様に、語彙学習実験でも、文字表示の有る教材の方が無い教材よりθ波の出現が有意に高く学習のネットワークの活性化を促進していることが示され、語彙テストの結果から、小学校5年生の後半では既に音素認識の能力が高い群と低い群に有意な差があった事を報告し、低い群には音素認識の教育の必要性を示唆した。

リーパー (2010) によれば、アメリカの小学校における母語としての英語の音声指導は、“phonemic awareness (音素認識)”の能力を高めることに徹底している。我が国の小学校英語教育で小学校英語活動に文字表示を取り込んでいくのか、小学校3年で学習するローマ字や英語のライティングと有機的にスパイラルに繋げながら効果的な教授法と学習教材を構築する必要がある。

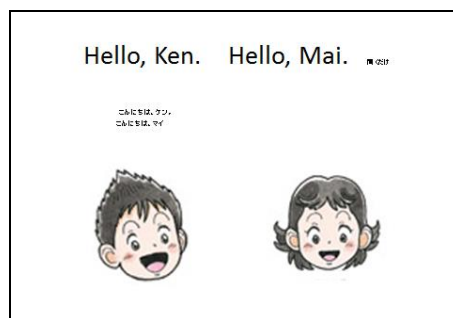
これらの研究結果から、語彙学習用教材は「絵+音声+文字表示」の教材を繰り返しながら徐々に語彙や表現を増やしていくものが効果的であり、音声リズム用教材は「絵+音声+英文+リズム表示」の教材を繰り返しながら徐々に表現を増やしていくものが効果的であることが示唆される。これらの結果を踏まえた教材を作成し、ホームページ (<http://manabinet.info>) に公開する。

引用文献

- 中野秀子他(2004). 「コンピュータを利用した英語リズムパターン学習におけるリズム提示の視覚・聴覚効果の分析」 *Computer & Education*, 16, 95-101.
- 中野秀子他 (2011). 「英語リズム教材による学習と脳波変化の特徴ービート音の効果ー」 *Computer & Education*, 31, 88-93.
- 岡秀夫, 金森強 (編著) (2010). 『小学校英語教育の進め方』 成美堂.
- 岡本達也. 他 (2012) 「ブレイン・コンピュータ・インターフェースを用いたゲームの実用化に向けて」 *IEICE Technical Report*.
- リーパーすみ子 (2010) 『アメリカの小学校ではうやうや英語を教えている』 径書房.
- 和歌山県教育センター(2009) 「外国語活動の効果的な指導に関する実証的研究ー『英語ノート』及びICT教材を活用した授業モデルの構築ー」 『平成21年度和歌山教育センター学びの丘研究紀要』.
- www.wakayama-edc.big-u.jp/kenkyukiyo21/H21/H21-4.pdf
- Nakano. H (1994). Teaching English Phonological Rhythm Using Jazz Chants, 『英語学と英語教育学』 (Ed) Shimaoka et al., 295-309, Tokyo: Kairyudo.
- Nakano, H. et al. (2007). Analysis of EEG pattern measured at eight electrodes on L2 English rhythm acquisition. *Language Education & Technology*, 44:155-167.
- Natsume, K. et al. ” Theta activity

-dependent and -independent muscarinic facilitation of long-term potentiation in guinea pig hippocampal slices” *Neurosci. Res.*, 27 (4), 1997, 335-341.

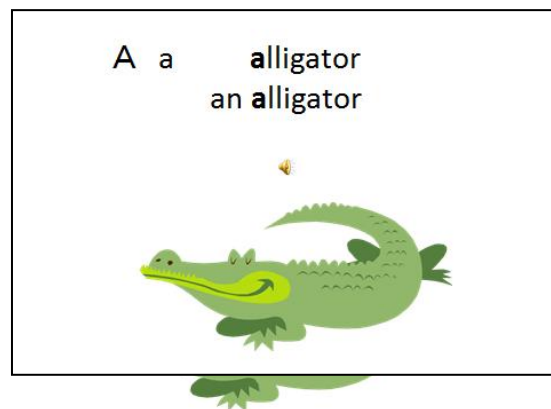
資料 1. 実験 A 「絵+音声+文字表示」の例



資料 2. RIM の「絵+音声+英文+リズム表示」



資料 3. 語彙記憶実験教材の例



資料 4. ドライセル電極



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)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① 中野秀子. (2013) 「小学校外国語活動における文字とリズム表示—脳波分析のパイロットスタディを加えて—」九州英語教育学会紀要 41, 87-96. (査読有)
- ② NAKANO Hideko. (2013) “Letters of Alphabet & Words at the Beginning of Learning English Sounds: A Pilot Study Using EEG Analysis” *The proceedings of 11th Asia TEFL International Conference*, p.30, Manila, Philippines. (査読有)
- ③ NAKANO Hideko. (2013) “The Effect of Beat Sound on English Rhythm Acquisition: How Are the Brains of Japanese Learners of English (JLE) Activated?” *Proceedings of 6th International Conference “ICT for Language Learning”*, 175-179, Florence, Italy. (査読有)
- ④ 中野秀子. (2013) 「小学校英語教育における文字とリズム表示に関して—脳波分析のパイロットスタディー—」九州英語教育学会支部大会発表要綱, 15-16. (査読有)
- ⑤ 中野秀子. (2012) 「英語リズムチャンキングによる脳波変化とその応用」*Proceedings of 51th JACET International Conference (Nagoya)* pp.214-215. (査読有)
- ⑥ NAKANO Hideko. (2012) “The Effect of Beat Sounds in English Rhythm Learning”, *Proceedings of 51th Asia TEFL International Conference*, (Dehli, India) p.160. (査読有)
- ⑦ 中野秀子. (2011) 「英語リズム教材による学習と脳波変化の特徴—ビート音の効果—」*Computer & Education*, 16, 2011, 95-101. (査読有)
- ⑧ NAKANO Hideko. (2011) “EEG analysis of Japanese students while learning English rhythm” *The Asia TEFL 2011 International Conference*, Soul, Korea.

[学会発表] (計 10 件)

- ① 中野秀子. (2014) 「小学生の初期の英語語彙学習と脳活動」全国英語教育学会全国研究大会, 徳島.
- ② 中野秀子. (2014) 「小学校英語教育における英語文字表示: 脳波からの考察を加えて」小学校英語教育学会全国研究大会, 神奈川.
- ③ NAKANO Hideko. (2013) “Letters of Alphabet & Words at the Beginning of Learning English Sounds: A Pilot

Study Using EEG Analysis” *Proceedings of 11th Asia TEFL International Conference*, Manila, Philippines.

- ④ NAKANO Hideko. (2013) “The Effect of Beat Sound on English Rhythm Acquisition: How Are the Brains of Japanese Learners of English (JLE) Activated?” *Proceedings of 6th International Conference of “ICT for Language Learning”*, Florence, Italy.
- ⑤ 中野秀子. (2013) 「小学校外国語教育における音声と文字教育に関する一考察: 脳内変化の観点からの考察を加えて」九州英語教育学会、長崎.
- ⑥ 中野秀子. (2012) 「英語リズムチャンキングによる脳波変化とその応用」*Proceedings of 51th JACET International Conference (Nagoya)*.
- ⑦ NAKANO Hideko. (2012) “The Effect of Beat Sounds in English Rhythm Learning”, *Proceedings of 51th Asia TEFL International Conference*, (Dehli, India)
- ⑧ 中野秀子. (2012) 「Beat音のある英語リズム教材による英語リズム習得と脳波変化」LET 第 52 回全国研究大会, 神戸.
- ⑨ 中野秀子. (2012) 「英語学習時における小学生の脳波変化—ドライ電極を使ったパイロット・スタディー—」小学校英語教育学会全国大会、千葉.
- ⑩ NAKANO Hideko. (2011) “EEG analysis of Japanese students while learning English rhythm” *The Asia TEFL 2011 International Conference*, Soul, Korea.

[図書] (計 1 件)

- ① 中野秀子. (2012) 「英会話リズムメソッド」旺文社.

[その他]

ホームページ: <http://manabinet.info/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中野 秀子 (NAKANO Hideko)
九州女子大学・共通教育機構・教授
研究者番号: 20309735

(3) 連携研究者

夏目 季代久 (NATSUME Kiyohisa)
九州工業大学・大学院生命体工学研究科・教授
研究者番号: 30231492