

論文

携帯情報端末のカメラ機能を用いた 非言語情報を併用した学習システムの研究

船田眞里子・赤堀侃司・安西弥生

A Study on a Learning System Using Non-verbal Information
with a Mobile Terminal Camera

FUNADA Mariko

AKAHORI Kanji

ANZAI Yayoi

研究の概要

本研究では、講義における板書や自学自習における文献などの言語情報に加えて、ケータイ・スマホ等の携帯情報端末のカメラ機能を用いて、板書情報や文献情報の写真およびカメラシャッター音などの非言語情報を併用することにより、ノートテイキングなどの言語情報だけの学習より、学習効果が高まるという仮説を設定し、その検証を目的とした。仮説の検証には、ゼミ・講義の内容に関する定着、英語の単語・熟語の定着、アラビア語の意味の定着の課題を使用した。これらの課題に対し、カメラ機能を用いた写真としての記録（モバイル・ピクチャー・ノート）をとること（モ

バイル・フォト・ノートテイキング) と、筆記によるノートテイキングによる記録との間で正答率などを用いて定着度を比較した。その結果、それぞれ単独のノートテイキングでは、有意な差は認められず、両者の併用の有効性、あるいは互換性が示唆された。また、モバイル・フォト・ノートテイキングにおける有効性の一因は、携行できることに加えて情報の選択・加工可能性であることが示唆された。本研究は、科学研究費補助金の助成を受けて行ったものである。

1. はじめに

本研究は、以下の科学研究費補助金の助成を受けて行った研究である。

研究種目名：挑戦的萌芽研究、研究機関：平成24年度～平成26年度

課題番号：24650563、代表：赤堀侃司（白鷗大学）

研究課題名：携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システム

以下に各章の執筆担当と概要を示す。

2章 カメラ機能による記録とノートテイキングの学習効果

(赤堀 侃司)

学生がノートテイキングしないことへの危惧は、背景にノートテイキングが正統的な学習方法だという仮説がある。しかし、重要なスライドを記録したい場合やノートテイキングが難しい状況では、カメラ機能を用いることは情報を失わないために適切な場合もある。2章では、二重符号化説を想定し、カメラ機能を用いた写真としての記録の方法と、ノートテイキングによる記録の方法の違いについて、実験計画法を用いた科学的な検証を行い、有効性の差を検討した。

3章 英語学習におけるモバイル・フォト・ノートテイキングの効果

(安西 弥生)

携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システムの研究

3章では、2章の枠組みに従い、携帯情報端末のカメラ機能を用いたノートテイキングが暗記学習にどのような影響を及ぼすのかの検証を行った。特に、「英語教育」というコンテキストで英単語・熟語の定着に関する実証研究を行いその効果を検証した。実験は2段階で行い、第1段階はモバイル・フォト・テイキングの1週間後の影響を、第2段階は学習直後の効果について実験とその解析により検証を行った。

4章 携帯情報端末のカメラ機能と非言語情報の暗記課題への応用とその効果（船田真里子）

4章では、モバイル・フォト・ノートテイキングの有効性の要因として「携行性」と「選択・加工可能性」に着目し、これらの要因とモバイル・フォト・ノートテイキングの有効性との関係を明らかにすることを目的とした。課題には被験者が初めて学習する言語（アラビア語）を用い、有効性の評価には正答率と生体情報の一つである事象関連電位の頂点電位の差を使用した。

5章 まとめと結論

5章では、全体の総括を述べる。

2. カメラ機能による記録とノートテイキングの学習効果

2.1 本研究の枠組み

近年、大学の講義などで、学生がスマートフォンのカメラ機能を用いてパワーポイントのスライドや、板書した内容を撮影することが、新聞などのメディアで報道されるようになった。その論調は、ノートテイキングしないことへの危惧であり、便利な道具を使うことへの批判がほとんどである。しかしながら、この背景には、学生は教員の提示する資料や板書した内容を、ノートテイキングによって書き写すことが正統的な学習方法だという仮説がある。しかし研究者が参加する学会などの研究発表の場では、デジタルカメラや、スマートフォンやタブレットのカメラ機能を用いて、

参加者が記録することは、かなりの頻度で見受けられる。著作権や肖像権の問題はあるが、重要なスライドやノートテイキングが難しい状況では、カメラ機能を用いることはそれほど批判されることではないであろう。筆者の個人的な経験では、その時記録した写真などは、後日に検索しやすいという印象を持っている。この意味から、カメラ機能を用いた写真としての記録の方法と、ノートテイキングによる記録の方法の違いについて、実験計画法を用いた科学的な検証を行うことは、十分に意味あるものと思われる。そこで、2012年から3年間で実証実験を行った。それぞれの研究結果については、参考文献を参照されたい（赤堀 2013, 赤堀 2014）。

2.2 カメラ機能を用いる理論的背景

本研究においては、カメラ機能を用いる学習効果の根拠として、二重符号化説を想定している(S.M. Kosslyn 他 2009)。その概念図を図1に示す。

学習者が、発表者によるパワーポイントなどで表示した資料や、教員が板書した内容などをカメラ機能で写真撮影するときの光景を考えると、提示された資料や板書した内容などの多くは文字や図表などであり、まとめれば言語情報と考えられ、写真として記録する場合には全体をまとめて情報を得るので、非言語情報と考えられる。具体的には、提示された資料や板書した内容などを読む場合には、文字であれば単語レベルさらに文章レベルで逐次的に情報を処理しており、図表の場合も部分的に情報を読み取り全体との関連を調べていると思われるので、言語情報処理においては基本的に部分から全体へ、またはボトムアップ的な情報処理と考えられる。

一方、カメラ機能で撮影するときは、提示された情報や板書した内容を全体として1枚の写真として記録するので、どちらかという統合的な処理をしていると考えられる。つまり、1枚の写真として記録する場合の情報処理は、はじめに全体として捉え、次に部分や細部に注視をして分析的に捉えるというトップダウン的な処理と考えられる。二重符号化説では、言語情報と非言語情報による符号化によって、両方の情報が脳内で統合化

携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システムの研究されることで学習効果が高まると考えているが、この理論を適応すれば、情報を読み取る逐次的な処理または分析的な思考と、カメラ機能による全体的な処理または統合的な思考を併用することが学習効果を高めると考えられる。

以上のことから、提示された資料や板書内容を読み取りながら、且つ重要と感じた情報をカメラ機能で撮影することは、必ずしも学習効果が低下するとは言いえないのではないだろうか。ノートテイキングの場合は、どちらかという逐次的な処理または分析的な思考が中心であり、ボトムアップの情報処理に近いので、全体を構造的に把握するためには、学習者がノートテイキングした内容をまとめたり、要約をしたりするなどの活動が必要とされるかもしれない。しかしながら、ノートテイキングの場合は手を動かすという動作を伴うので、この学習効果は大きい（川

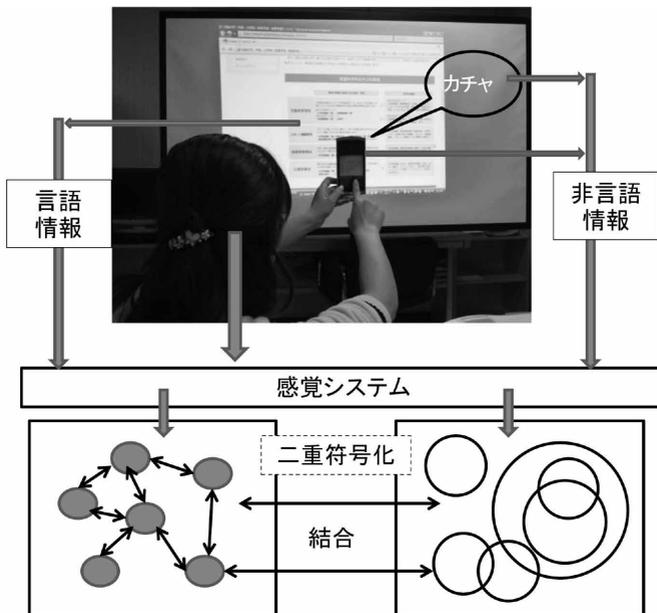


図1 二重符号化による学習の効果

村 2006a, 2006b)。したがって、本研究の問いは、統合的な情報処理またはトップダウン的な処理による記録の仕方と、動作を伴う学習の記憶の仕方の違いはどこにあるかとも考えられる。そこで、筆者は以下のような実験計画を立てて実施した。

2.3 実験方法と実験結果

スマートフォンのカメラ機能を用いた写真の記録による学習者グループ（以下、カメラ群、またはスマホ群と呼ぶ）と、ノートテイキングを用いた内容の記録による学習者グループ（以下、ノート群と呼ぶ）に分けて、内容の記憶や理解の違いについて2つの実験を行った。1つは、筆者が所属する研究室のゼミの学生約10名を対象とし、他方は、東京都内の大学生60名を対象とした。ただし、ゼミの学生は、発表内容については比較的よく理解しており、テーマの異なる内容について4回実験を行った。東京都内の大学生対象の実験では、学生達は内容については特に専門分野ではないので、その理解度についてはばらつきがあり、テーマの異なる内容について2回実施した。以下、それぞれの実験結果について述べる。

2.3.1 ゼミの学生による実験

2012年5月16日～6月6日の毎週水曜日の13:05～14:35の90分間で、4回分のゼミを行い、それぞれ1週間後にテストを実施した。発表者はゼミの学生であり、1回のゼミ90分間に3名が発表を行い、他の学生はその発表を聞いて質疑応答する。1週間後のテストの内容は、ゼミで配布された資料や発表でスクリーンに投影した内容であり、知識・理解を問う問題である。当然ながら発表者はテストに正解できるので、ノート群・カメラ群の集計からは除外して分析した。発表者を除いた2群のテスト得点の平均値を、4回のゼミごとに示しているが、その時のテストの難易度によって得点はばらついている。集計人数も少なく妥当性も低いことから、得点の標準化は行わないで、平均得点で比較した。その比較を図2に示す(赤堀、

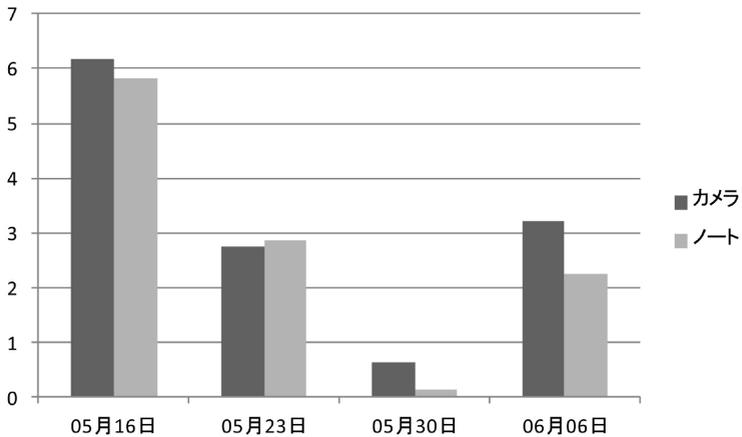


図2 4回のゼミの1週間後におけるテストの平均得点の比較

2013)。図2に示すように、カメラ群とノート群の間に統計的な有意差は、見られなかった。

2.3.2 東京都内の学生を対象にした実験

本実験は、2013年10月に、ゼミの学生を対象にした実験に用いた教材を選んだ。60名の学生を、カメラ群（ここでは、スマホ群）とノート群にそれぞれ30名ずつに割り当てて、学生の差による影響を相殺するように実験計画を立てた。筆者がパワーポイントを用いて10分間説明をし、5分間実験と関係のない映像をスクリーンに投影して視聴させ、脳の記憶状態を一時的に開放させた。その後、知識理解の問題および自由記述の感想からなる10分間のテストを行った。その結果を図3に示す（赤堀、2014）。

図3において、問1-1～問1-3は記憶の問題、問2-1～問2-4は理解の問題、問3は理由を述べる問題となっている。図3から、問1の記憶の問題ではカメラ群（図では、スマホ群）がやや得点が高い傾向にあり、問2および問3の理解や理由を述べる問題では、ややノート群の方が

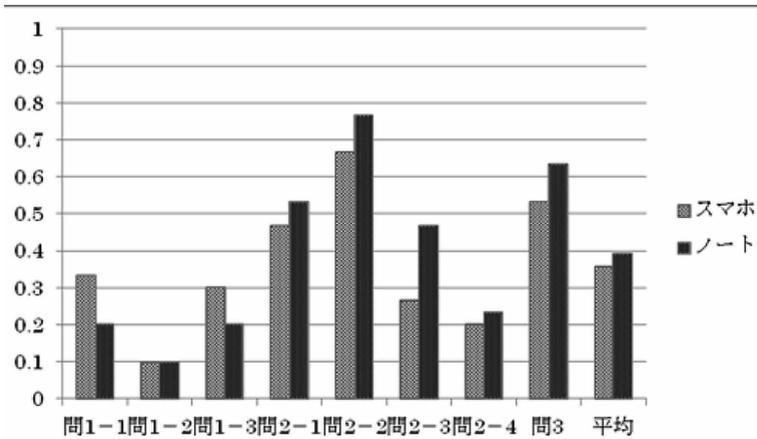


図3 東京都内の学生によるスマホ群ノート群の平均得点の比較

高い得点の傾向にある。また、平均得点においては、少しだけノート群の方が高い得点を示す傾向がある。しかし、いずれも統計的な有意差はなく、この結果から、スマホ群もノート群も知識および理解の上では差がないと言える。

2.4 まとめ

本研究では、上記の2つの実験①、②の他にも、以下の③、④の実験を行った。

- ① ゼミの学生10名を対象にした4回の実験によるカメラ群とノート群の比較
- ② 東京都内の60名を対象にしたカメラ群とノート群の比較
この実験では教材1と教材2の2種類について実験を行った。
- ③ シャッター音の有無による学習効果の比較
- ④ ゼミの学生10名を対象にした10回の実験によるカメラ群とノート群の比較

この実験では、1ヶ月後における内容の記憶の保持率について行った。

携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システムの研究

以上の結果を総括すれば、以下のようにまとめられる。

いずれの実験においてもカメラ群とノート群の間に統計的な有意差は見いだせなかった。このことはある意味で貴重な知見と考えられる。その理由は、直感的および経験的には、手を動かして書くという動作を伴うノート群の方が、内容の理解や記憶において優れていると思われるが、実験計画に基づく結果においては、特にノート群のほうが優れた学習効果を示すという結論は得られなかった。そのことは、本研究の背景となる二重符号化説から考えれば、むしろ妥当な結果とも考えられる。但し、科学的に実証するためにはさらなる研究が必要とされる。

3. 英語学習におけるモバイル・フォト・ノートテイキングの効果

3.1 インTRODクシヨN

モバイル・ツールのカメラ活用したノートテイキングは、近年急速に広まっている。国際学会では、iPadやスマートフォンを使い、パワーポイントのスライドの写真を取る光景がよく見かけられる。教育現場においても学生が板書の写真を取る光景が時々見られる。また、モバイル・ラーニングに関する研究も活発である。しかし、モバイル・ツールの中でも広く普及している携帯電話、しかも、基本的な機能であるカメラに着目した研究は非常に限られている。そこで、本稿は、赤堀（2012）の枠組みに従い、携帯電話のカメラ機能を用いたノートテイキングがどのような影響を及ぼすのか検証を行った。本研究は、「英語教育」というコンテキストで実証研究を行いその効果を検証することを目的とした。

AnzaiとBonk（2012年8月18日）は「モバイル・フォト・ノートテイキング」とは、携帯電話を使ったノートテイキング、「モバイル・ピクチャー・ノート」は、携帯電話のカメラで撮った写真のノートと定義した。

モバイル・フォト・ノートテイキングの実証実験は、2012年に二段階で行われ、第一段階の目的はモバイル・フォト・ノートテイキング



図4 研究の枠組み：モバイル・フォト・ノートテイキングの英単語学習への効果

の短期的影響、つまり実施1週間後の影響 (Anzai, 2013)、第二段階はモバイル・フォト・ノートテイキングの学習直後の影響の効果検証 (Anzai, Funada, Akahori, 2013) を行った。

3.1.1 モバイル・ラーニング

モバイル・ラーニングは、モバイル・ツールを活用したフレキシブルな学習である。モバイル・ラーニングという用語は2005年頃から見受けられ (赤堀, 2010)、モバイル機器の普及により、モバイル・ラーニングに対する関心が教育者、研究者からも高まっている (Anzai, 2013)。モバイルテクノロジーは、携帯電話、スマートフォン、タブレット等を含み、小型で持ち運び可能なモバイル機器を、どう教育に活用するか、どのような学習効果があるのか、どのような活用場面があるのかなど、教育の現場や教育工学研究において関心が高い (赤堀, 2010)。特に、携帯電話は、様々なモバイル機器の中でも教育的な活用が活発に研究されている。それは、携帯電話はすでに学生に広く普及しているので、新たに学習環境を整備しなくとも、教育実践が可能であることが理由のひとつである。さらに携帯電話は、テクノロジーの革新により、スマートフォンに移行し、手軽なコンピュータとなっている (総務省 2012, Impress R & D, 2013)。テクノロジーの発達はモバイルラーニングをよりインタラクティブに、コレボラティブにしている (Huang, Jeng & Huang, 2009 : Javella, Naykki,

携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システムの研究 (Laru & Luokkanen, 2007; Choi, 2012)。英語教育においては、Cavus and Ibrahim (2009) は英単語学習の研究を行い、Anzai (2013) は英語リスニングの効果検証を行い、モバイル・ラーニングの効果を報告している。しかしモバイル・フォト・ノートテイキングが英語学習に及ぼす効果についてはほとんど先行研究がないので、筆者らは実証実験を行った。

3.2 短期（1週間後）の学習効果

3.2.1 方法

2012年前期に、モバイル・フォト・ノートテイキングが英単語学習にどのような影響を及ぼすか、短期的な学習効果を検証した。この場合「短期」とは、授業でモバイル・フォト・ノートテイキングを行った1週間後の効果検証のことである。この実験は、補助教材として15分間行った。実験参加者は83名で、モバイル・フォト・ノートテイキングを行った群と、通常のノートテイキングを行った二群比較を行った。授業設計は図5に示したように、CNN Student Newsを学生全員で見、教員がニュース全体に関わる質疑応答を行い、その後、細部にわたる質疑応答を行った。その後、教員はパワーポイントを使い、英単語を説明し、学生はノートを取った。最

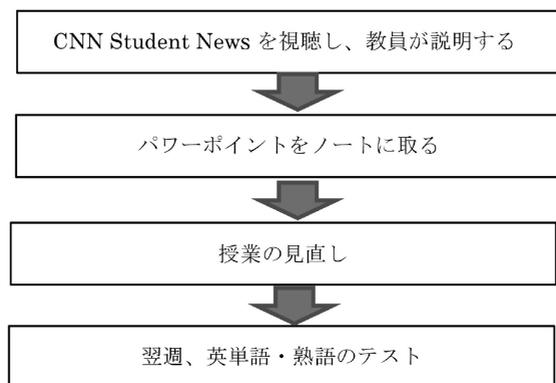


図5 英語授業のアウトライン

後に学生はもう一度、ニュースを視聴し、理解の確認を行った。翌週に、教員はスライドで説明をした語彙から10問のテストを行った。この全過程を3回行った。

二群の違いは、ノートテイキングの仕方である。実験群では、教員がプレゼンテーションの間に、いつでも携帯電話を使いスライドの写真を撮って良いと指示をした。一方、統制群では学生は「通常のノートテイキング」を行った。従って、統制群には教員から指示を出さなかった。この状況下で、学生は紙と鉛筆などの筆記用具でノートしたので、「通常のノートテイキング」とは、紙と筆記用具を使ったノートテイキングとなる。両群に、翌週、英単語テストを行うことは伝えなかった。

モバイル・フォト・ノートテイキングの短期学習効果は、混合研究法により検証された。量的効果検証は、毎週英語教員が英単語を説明したスライドから10問出題し、合計点で計算をした。アンケートは授業実践がすべて完了後に行った。

実験前に実験群と統制群に、学習者特性としての英語力に差がないか、英語力の検定を行った。まず、標準化された英語テスト結果で一要因分散分析を行うと $F(1, 81) = 1.88, p = .173$ で有意差は認められなかった。次に、実験教材となるCNN Student Newsで事前テストを行ったが、 $F = .066, p = .799$ で、両群に有意差はなかった。従って、実験群と統制群の英語力は等質もしくは近似していると見なした。

3.2.2 結果

3.2.2.1 量的な検証

まず、モバイル・フォト・ノートテイキングが英語単語テスト合計得点に及ぼした影響について述べる。実験参加者は56名で、うち21名が統制群、35名が実験群に参加した。一要因分散分析の結果、群（実験群、統制群）が、英語力の及ぼした主効果は、 $F(1,55) = .476, p < .05$ であった。実験群の平均点は($M = 20.71, SD = 4.98$)で、統制群の平均点は($M = 17.52, SD = 5.80$)

携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システムの研究であった。従って、モバイル・フォト・ノートテイキングは英語単語学習において統計的に有意な結果となった。

次に、各週ごとに英語語彙学習にモバイル・フォト・ノートテイキングが及ぼした影響について述べる。結果をまとめた結果が図6である。分析の結果、第1回の英単語テストの結果では両群に、有意差はなかったが、第2回、第3回は、モバイル・フォト・ノートテイキングが通常のノートテイキングよりも有意な結果となった。第2回の英単語テストの一要因分散分析の結果は、 $F(1, 76) = 15.56$ 、 $p < .001$ で、実験群は ($M = 8.02$, $SD = 2.31$) で、統制群 ($M = 5.66$, $SD = 2.91$) であった。第3回の英単語テストの一要因分散分析の結果は、 $F(1, 76) = 15.56$, $p < .001$ であった。実験群は ($M = 8.02$, $SD = 2.31$)、統制群 ($M = 5.66$, $SD = 2.91$) よりも有意に得点が高かった。

統制群と実験群の英語単語テスト得点の比較は図6にまとめた。統制群の平均は順次、5.15、6.55、6.60であった。一方実験群の平均値は4.73、8.55、8.49であった。

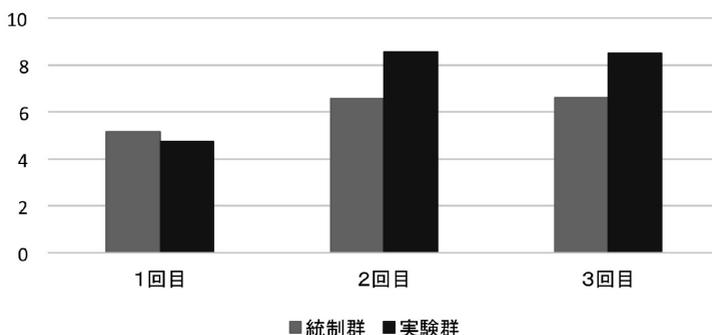


図6 第1回から3回の英語語彙テスト得点

3.2.2.2 実験群に関する質的な調査結果

第一に、モバイル・フォト・ノートテイキングの有効性について、学生がどのように認識をするか44名の学生にアンケートを行った。その結果、約70%が非常に役立つ、あるいは役立つと回答をした。どちらとも言えないは25%、あまり役に立たない、あるいは役に立たないと否定的回答を下学生は2%であった。従って学生はおおむね肯定的に認識をしたという結果が得られた。

第二に、学生がモバイル・ピクチャーノートを利用し学習をした場所について質問を行った。その結果、約半数である54%が通学中であると回答をし、家庭が24%、続いて大学が19%、その他が1%であった。従って、携帯電話で写真を取るというノートテイキングの学習方略が、いつでも、どこでものモバイル・ラーニングの学習スタイルを可能にしていることがうかがえた。

最後に、「モバイル・フォト・ノートテイキング」の有効性に関して実験群の学生から以下のような自由記述があった。

- スライドに集中して、携帯で写真を撮りました。
- 英単語の意味を忘れたときに、復習がしやすかった。
- メモをいつでも、どこでも見られた。
- スライドを写真のように暗記することができた。
- バスでは紙の本やノートを人前で広げるのは抵抗があるが、携帯電話のメモは見直しがしやすかった。

自由記述からも、携帯電話で写真を撮るという学習方略が、モバイル・ラーニングに結びつきやすいことが明らかになる。その一方で、「スライドに集中」「写真のように暗記できる」という記述もあり、モバイル・フォト・ノートテイキングが、モバイル・ラーニングで学習時間を多くしている以外にも認知的に影響がある可能性も見られる記述があった。

3.3 直後の学習効果

本研究の第二段階の実験として、2012年12月にモバイル・フォト・ノートテイキングが直後に及ぼす影響を検証した。第一段階の短期の影響の検証と同様に実験群と統制群の二群比較を行った。

学習者特性としての英語力は、英語標準テストの結果、 $F(1, 50) = .26, p = .61$ で、統計的な有意差はなかったため、二群の英語力は、同質もしくは近似していると考えた。教材は、“Twas the Night before Christmas(クリスマスの前の晩に)” (<https://www.youtube.com/watch?v=vZfSoJmSlug>)を使用した。授業のプロセスは第1回と同様である。まずビデオを視聴後、教員が内容についての一般的な質問をし、話の筋を理解する手助けをした。その後、もう一度ビデオを視聴し、詳細な質問がされた。その後教員がパワーポイントのスライドを使い、語彙を説明した。統制群は、通常のノートテイキングを行い、実験群は携帯電話を使い写真を撮るように指示された。最後に、もう一度ビデオを視聴し、学習の確認をした。第一段階の検証と異なる重要なポイントは、英語単語テストを授業実践直後に行ったことである。

wreath	リース
Round belly	なるいお腹
chubby	小太りの
elf	小人
exclaim	大声で言う

図7 授業時に使用したスライドの例

3.3.1 量的な検証

一要因分散分析を行い、実験群と統制群に統計的有意差があるか検定を行った。その結果、 $F(1, 53) = .80, p = .37$ で、二群に統計的な有意差はないことがわかった。統制群の平均点が ($M = 9.50, SD = 3.17$) で、実験群 ($M = 8.31, SD = 3.91$) であった。従って、通常のノートテイキングとモバイル・フォト・ノートテイキングとは同じ、あるいは近い結果をもたらすことがわかった。

3.4 ディスカッションと結論

本研究の二段階の実験から、英単語のモバイル・フォト・ノートテイキングは

- (1) 1週間後つまり短期効果では、通常のノート・テイキングよりも得点が高い。
- (2) 授業直後の効果では、通常のノートテイキングとモバイル・フォト・ノートテイキングに有意差はない。

ということがわかった。

暗記をするには、紙と鉛筆を使い、手を動かすことが効果的だといわれてきた。しかし、モバイル・フォト・ノートテイキングは、いつでもどこでも学習できるモバイル・ラーニングを可能にする利点がある。特に、通学中では、電車のアナウンスや乗客などの外部からの刺激で学習が途切れ、また再開するという学習パターンが起りやすいが、英単語学習は文脈依存が少ないので、通学中のモバイル・ラーニングに適しているといえるだろう。またモバイル・ラーニングのように、学習をコントロールできるといふ意識と所有感は学習に重要である (Twinning & Evans, 2005)。

さらに英単語学習には記憶を定着するために繰り返しの学習が必要であるという特徴がある。上岡 (1982) は、高校生の英単語記憶の保持率を研究し、一日後の記憶保持率は90%であるが、1週間後は33%、2週間たつとたった5%になると述べている。従って、英語の語彙数を増やすために

携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システムの研究は、繰り返しの学習が必要で、この点からも、学習者のいつでも身近にある携帯電話を英単語学習に活用することは望ましいと言える。

今後の研究の課題として、

- (1) モバイル・フォト・ノートテイキングが直後には効果が見られなかったが、短期的効果を出すのは何故なのか。
- (2) タブレットでモバイル・フォトノートテイキングを行っても同様の結果が得られるのか。画面の大きさや重さは、学習効果に影響があるのか。
- (3) スライドの情報が文字と図のときは、効果に違いがあるのか。

などさらなる検証が必要である。

赤堀 (2014) は、メディアと学習の分野においては「紙との戦い」を繰り返してきてたと述べている。英語教育においても、テクノロジーの活用を時として批判し、そして受け入れ、教授方法が進化を続けてきた。例えば英語辞書である。英語教育では、かつては、紙の辞書対電子辞書の議論があったが、現在では、電子辞書は受け入れられ、電子辞書対携帯電話の様相である。紙でノートを取るという学習は、今後も重要な学習スタイルであり続けるであろう。また、教員や他の学習者からの否定的な反応が気になるので、授業中に携帯電話は利用しにくいという学生の声もある。しかし、現時点で本研究の結果として明らかになったことは、携帯電話のカメラ機能を使ったノートテイキングは、ひとつの有効な英語学習方略であり、ノートテイキングのオプションとなりうるということである。

4. 携帯情報端末のカメラ機能と非言語情報の暗記課題への応用とその効果

4.1 はじめに

2章および3章の研究では、暗記課題に対して携帯端末のカメラ機能を用いた学習法が筆記用具を用いたノートテイキングよりも優位または可換

であることが示唆された。本研究では、暗記課題の学習への携帯端末のカメラ機能の役割を「学習内容を携帯可能な形で保持できること」と「必要な情報を選択・加工できること」の二つの要素からなるものとして把握した。前者は、単語などを覚えるのに与えられたプリントを携帯して覚えるのと同様に覚える内容を持ち歩くことを意味している。後者はプリントの中から覚えたい単語を自分で選択して覚えやすいような形の画像を作成して（言語情報と非言語情報を加えて）覚えることを意味する。

これらの役割に対し、本研究では、次の2仮説を立て検証することを目的とした。

暗記課題の学習に携帯情報端末のカメラ機能を用いる有効性の要因は、
仮説Ⅰ：学習内容が携帯可能なことである。

仮説Ⅱ：学習内容を選択・加工した（言語・非言語情報を加えた）上で携帯可能なことである。

具体的には、今回の実験による学習の効果（記憶）を測定するために、被験者全員に事前知識が無いアラビア語の単語とその意味の暗記課題を用いた。また、学習効果の把握のために、「筆記試験の正答率」と生理指標として「事象関連電位（Event-Related Potential, 以下ERPと略称）」、さらに「ERP測定課題実行中の正答率」とした。脳に関する生理指標を使用するのは、学習の主体者は脳であるとの認識と、試験と異なるデータを同時に用いることで解析結果に対する安定性や信頼性を高めるためである。

4.2 実験方法と解析方法

4.2.1 実験方法

仮説Ⅰ、Ⅱのそれぞれの検証のために実験A、Bを行った。

(1) 学習内容： アラビア語の単語（名詞）30種類

アラビア語6種類の単語とその下に日本語の意味を書いた画像5種類（図8）を30秒ずつ表示して単語とその意味を覚える事前学習を、仮説Ⅰ、Ⅱ用の実験A、B双方で行った。

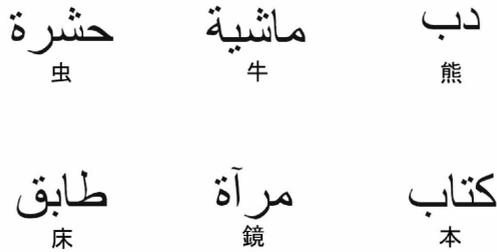


図8 アラビア語の単語学習用の画像の例

(2) 実験の手順：

【実験A】

実験Aでは、図9のタイムスケジュールに従い実験を行った。事前学習終了後、筆記試験を行い、その後1週間おきに4回筆記試験とERPの測定、筆記試験の自己採点を行った。事前学習および各実験の間は、自由学習とした。自由学習とは、学習を全く行わないことも含め、指定した学習法で学習するという制約以外は自由意志で好きな時間帯・継続時間行う学習とした。

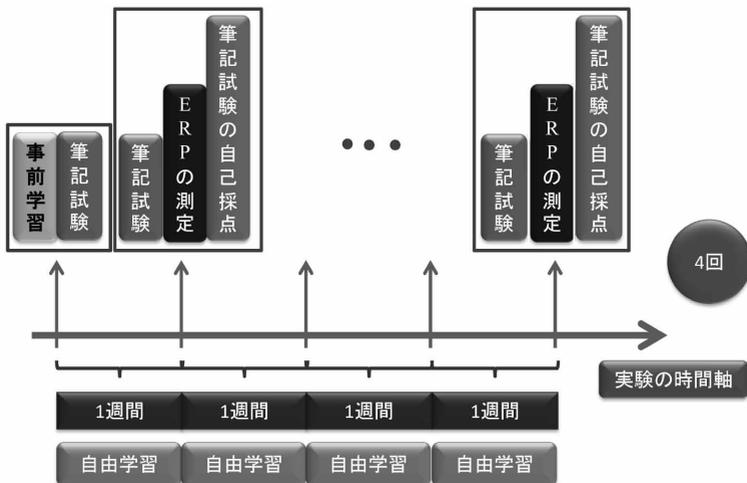


図9 実験Aのタイムスケジュール

【実験B】

実験Bでは、事前学習後に、アラビア語の単語を次のような語群に分割した：

- ① 被験者別に実験者が指定した5種類の単語
- ② ①以外で被験者が選択した5種類の単語
- ③ その他の20種類の単語

各被験者に指定単語と選択単語の意味（訳）を提示し（一覧表に筆記で記入）、次回の実験まで（学習後約4日間）に単語の意味を覚えてくるように依頼した。ただし、被験者が選択した単語は覚え易いように自由に加工し、画像をカメラ機能で取り込んで覚えるよう依頼した。

(3) 被験者：

【実験A】

実験Aの被験者は、アラビア語に関する知識が全くない成人学生（21～22歳、 $a \sim l$ で識別）で男性8名と女性4名である。これらの12名の被験者を表1の2群（ α 群、 β 群）に分割した。ただし、通学方法などを考慮して、できるだけ群間に差が生じないように分類した。また、被験者は全員右ききである。学習は全く暗記を行わないことも含めて自由意志で行うこととした。

表1 実験Aの被験者の分類と分類の目的

群	男性	女性	被験者数	目的
α 群	5	1	6	学習中に画像をカメラで写し、ケータイ・スマホに取り込み、以降の暗記には画像を使用する群
β 群	3	3	6	事前学習では、画面を注視するのみで、以降の暗記には配布したプリントを使用する群

【実験B】

実験Bの被験者は実験Aと異なる成人学生10名で男性が8名、女性が2名である（20～21歳）。被験者はaa、bbなどで識別した。被験者は全員右利きである。

(4) ERPの測定：

- 課題の提示：19インチの画面の中央に単語と日本語訳の選択肢3個を並べた画像（図10）を1秒間ずつ、間に400～600msのランダムな時間をおいて表示する。被験者は答が左・中央・右の場合、課題の次に○が表示された際に、それぞれ1・2・3をテンキーから入力する。課題のサイズは縦2.0cm、横7.5cmである。
- 被験者の位置：画面と目の距離が60～80cmとなる位置に腰掛ける。
- 課題の反復：30個の単語をランダムな順序で1回ずつ、計30回表示する。この繰返しを1セットと呼び、1分間の休憩をはさんで3セット連続して行う。
- 脳波：脳波は日本光電社製のNeurofax EEG8310で、ハイカット周波数を60Hz、抵抗を約2k Ω とし、A/D変換ボードを挿入したgateway社のコンピュータG7-600を用いてリアルタイムで記録する。標準化周波数は1kHzとした。
- 電極配置：国際10-20法によるA₁A₂を基準電極とするCz、Pz、C₃、C₄の単極導出とした。Czを中心に解析した。



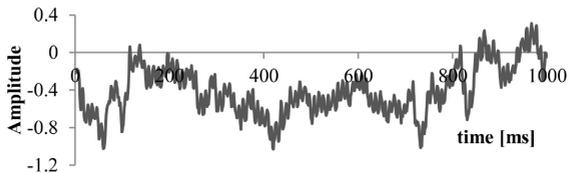
魚 鏡 星

図10 ERP測定用の画像の例

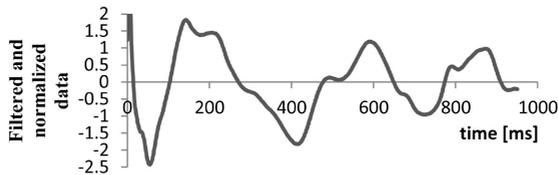
4.2.2 解析方法

ERPは加算平均法（Averaged Method, AM）とデータ選択加算平均法（Data Selecting and Averaging Method, DSAM）で測定した。ERP測定手順は以下のとおりである：

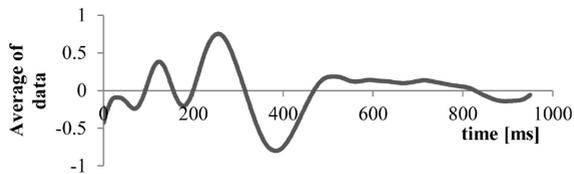
- (1) アダプティブフィルタを用いて、測定データ（図11 (a)）の高周波・低周波雑音を低減する。
- (2) フィルタ処理後の各波形の平均と標準偏差を用いて標準化する（図11(b)）。
- (3) 標準化データを、課題提示時点をそろえ、実験Aでは200回、Bでは100回、刺激時点を基準として加算平均し、ERPを求めた（加算平均法（AM））（図11 (c)）。



(a) 測定データ



(b) フィルタ処理・標準化処理後のデータ



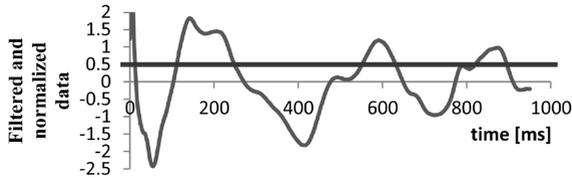
(c) AMによるERP

図11 加算平均法（AM）によるERPの測定手順

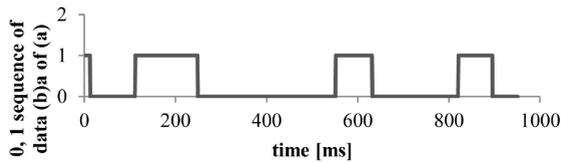
携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システムの研究

次にデータ選択加算平均法（DSAM）でERPを求めた。

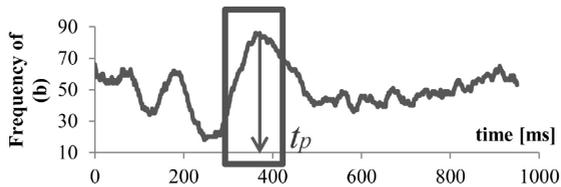
- (1) フィルタ処理・標準化処理後のEEG（図12 (a)）を、閾値 $L(=0.5)$ を用いて、 L 以上の場合1, L 未満の場合0と変換して各データを0, 1の2進系列（図12 (b)）に変換する。



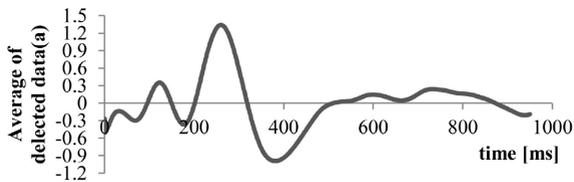
(a) フィルタ処理・標準化処理後のデータと2進変換用の閾値 L



(b) 2進系列返還後のデータ



(c) 2進系列の加算による各潜時の高振幅データの度数



(d) DSAM による ERP

図12 データ選択加算平均法（DSAM）によるERP

- (2) 変換された2進系列データを加算して度数分布図(図12(c))を作成する。
- (3) ターゲットとする電位の潜時が存在する区間の度数の最大値を与える潜時 t_p (図12(c))を求める。
- (4) t_p の振幅がL以上のデータを加算平均してERPを求める(図12(d))。

4.3 実験結果と考察

実験A、Bの結果をそれぞれ順に述べる。

【実験A】

図13は実験Aの反復による正答数の変化である。横軸は事前実験から4回の実験の回数を示し、縦軸が正答数を示す。●、▲が被験者 α 群と β 群の筆記試験の正答率、○、△がそれぞれの群のERP測定時の3択課題の正答率である。後者の正答率が良いのは選択肢があったためであると考えられる。いずれの場合も2回以後は筆記の β 群の方が正答率の平均が高い。しかし、被験者間の分散が大きく有意な差は認められなかった。

この結果から、学習内容が携帯可能であるというカメラ機能は正答率に関してはその有効性が認められないことが示唆された。

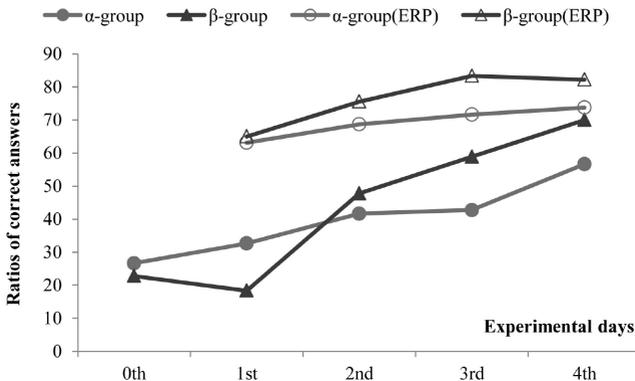


図13 実験Aの筆記試験とERP測定時の正答率

携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システムの研究

図14は実験Aで得られたERPの例（被験者：b、第4実験日）である。測定部位は(a)から(d)の順にそれぞれCz、Pz、C₃、C₄である。横軸は問題提示後の時間、縦軸は振幅である。問題提示後から順に正（positive）の頂点電位P1、P2、P3が、負（Negative）の頂点電位N1、N2、N3などが出現している。Pzで最も高電位のP1が、Cz、C₃、C₄で高電位のP2が出現している。

図15は α 群と β 群の全被験者の全実験日の加算平均ERPである。筆者らの先行研究では、学習が進むとP2の潜時が高振幅となり、短縮することが確認されている。各測定部位のERPのP2で β 群のERPの方が高振幅で潜時が短いことが確認できる。この結果は β 群の方が平均的に学習が進捗していることを示唆している。

図16はDSAMによる平均ERPとその高電位の度数分布（ L を用いた2進系列に変換したデータの和）を示したものである。 α 群の低振幅なP2（図

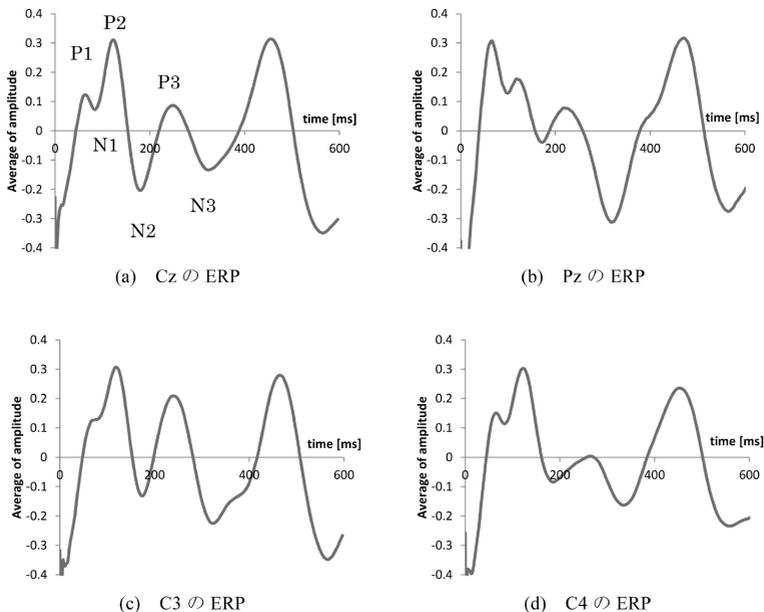


図14 実験AのDSAMによる α 群のERPの例（被験者：b、第4実験日）

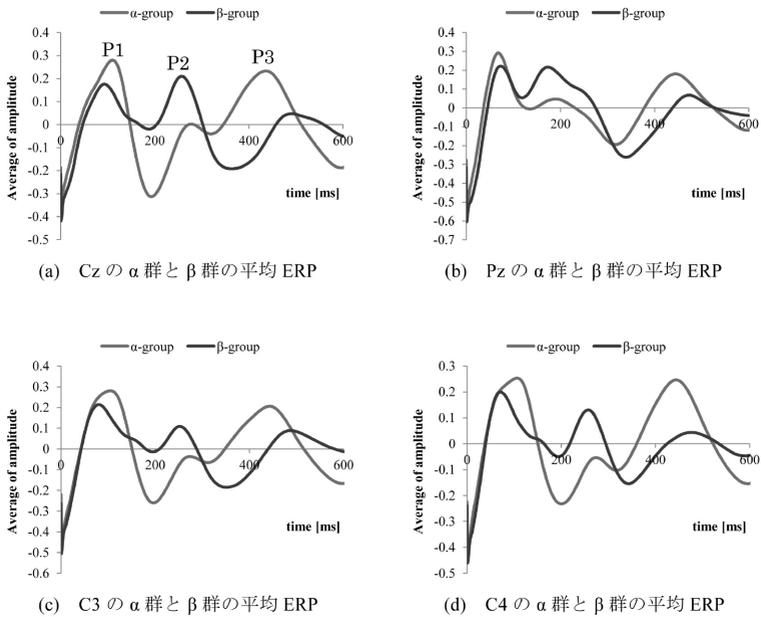


図15 実験AのDSAMによる α 群と β 群の平均ERPの比較

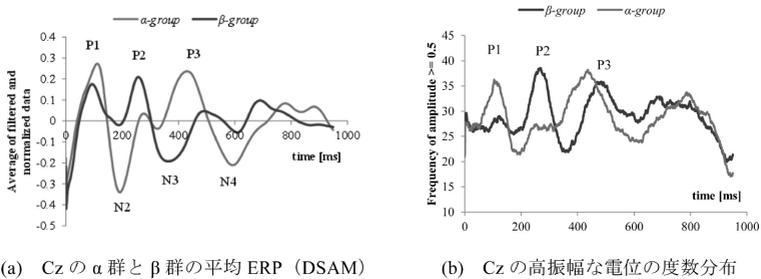


図16 実験Aの α 群と β 群のERP(Cz)の平均とDSAMによる頂点電位の分布の比較

16 (a) は度数分布 (図16 (b)) においてもピークが明確でないことが示されている。この結果はERPに関しても β 群に対する α 群の優位性は認められないことを示している。

【実験B】

図17は実験Bの正答率を示したものである。横軸が被験者の区別、縦軸が正答率に対応している。正答率は、実験者が暗記を指示した5単語 (indicated)、被験者が覚える単語として選択した5単語 (selected) とその他の20単語 (others) 別に表示されている。正答率は、「その他の単語群 < 指定された単語群 ≤ 選択した単語群」の順であり、指定単語群と選択単語群の間には有意差が認められなかった。上記の正答率の順序を用いると、被験者が選択し、暗記するために選択・加工した単語群の正答率が最も高いことが示された。これは仮説Ⅱが成立することを示唆している。

表2は単語の暗記指示・暗記選択・その他の区分別の暗記した単語数である。平均暗記単語数は表の順に3.6、4.4、2.2であり、指示単語と選択単語の正答数の間には有意差は認められないが、選択単語とその他の単語間には有意水準1%で有意差が認められた。暗記単語数についても仮説Ⅱは支持された。

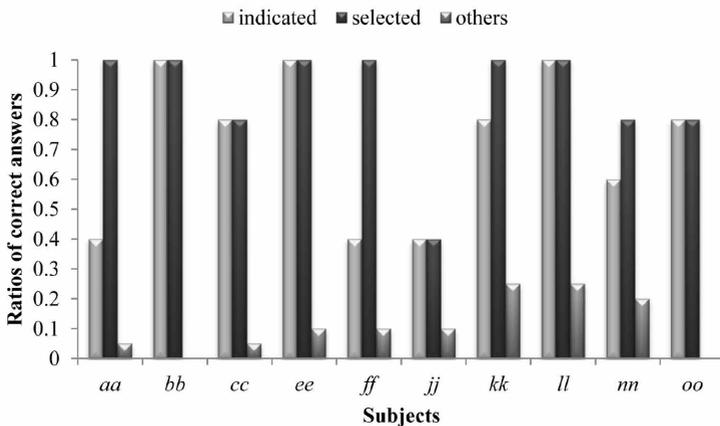
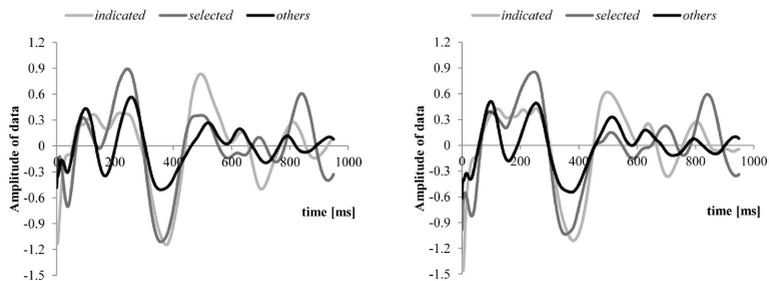


図17 実験Bの指示単語 (indicated)、被験者の選択単語 (selected) とその他の単語 (others) の正答率

表2 実験Bの単語の区分別暗記単語数

被験者	暗記指示単語	暗記選択単語	その他
<i>aa</i>	2	5	1
<i>bb</i>	5	5	0
<i>cc</i>	4	4	1
<i>ee</i>	5	5	2
<i>ff</i>	2	5	2
<i>jj</i>	2	2	2
<i>kk</i>	4	5	5
<i>ll</i>	5	5	5
<i>nn</i>	3	4	4
<i>oo</i>	4	4	0

次に、ERPの結果について検討する。図18はDSAMによる全被験者のERPの測定部位別のERPである。(a)から順にCz、Pz、C₃、C₄から得られた平均ERPである。学習の進捗と関係が深いP2に注目すると、雑音の影響で頂点電位がつぶれているC₃を除く全ての測定部位で選択・加工して暗記した単語（selected）のP2が高振幅で潜時が短縮していることが示されている。この結果は、ERPに関しても仮説Ⅱが支持されていることを示している。



(a) 単語区分別の全被験者の平均 ERP (Cz)

(b) 単語区分別の全被験者の平均 ERP (Pz)

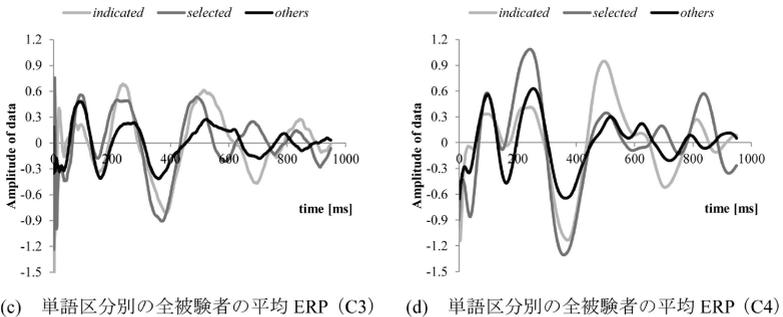


図18 実験 B の単語区分別の DSAM による平均 ERP の比較 (被験者：全員)

4.4 結論

本研究は、次の 2 つの仮説の検証を目的とした：

暗記課題の学習に携帯情報端末のカメラ機能を用いる有効性の要因は、

仮説Ⅰ：学習内容が携帯可能なことである。

仮説Ⅱ：学習内容を選択・加工した（言語・非言語情報を加えた）上で
携行可能なことである。

これらの仮説に対しそれぞれ実験を行い、検証を試みたが、本実験の被験者に対して仮説Ⅰは否定的に検証され、仮説Ⅱは肯定的に検証された。

モバイル・フォト・ノートテイキングを暗記学習に使用した場合の有効性の一要因は暗記対象を覚えやすいように「選択・加工（言語・非言語情報の付加）」することにあることが示唆された。

謝辞 本実験で使用したアラビア語の問題は、白鷗大学教育学部准教授 渋川美紀先生が作成されたものである。記して深謝したい。また、実験に協力いただいた白鷗大学経営学部HCIゼミナール所属の2013年度生、2014年度生にも感謝したい。

5. まとめと結論

本研究の成果は、主に次の3点の結果としてまとめられる：

- (1) カメラ機能を用いた写真としての記録の方法と、ノートテイキングによる記録の方法の違いについて、実験計画法を用いた科学的な検証を行った結果、両者には有意な差は認められなかった。すなわち、両記録の方法は学習効果において、ほぼ等価であり、互換性が認められた。この結果は二重符号化説から妥当なものであると考えられる。また、統計的な有意差は認められないが、暗記問題では、カメラ機能を用いた写真としての記録がノートテイキングよりやや有効であり、内容の理解・論述の問題ではノートテイキングの方がやや有効であった。
- (2) 英単語・熟語に関する暗記問題の1週間後のテストの得点は、モバイル・フォト・ノートテイキングを行った実験群がノートテイキングを行った統制群に対し有意に高得点であった。また授業直後のテストの得点に関しては有意差が認められなかった。この結果は、モバイル・フォト・ノートテイキングの記録は、通学時などの移動の際に記録を利用しやすいという利点があるということである。
- (3) 前提知識がない暗記課題の学習では、カメラ機能を用いた写真としての記録の方法は、携行できることに加え、暗記対象を選択・加工（言語・非言語情報を付加）できることが、より学習効果を高めることが示唆された。解析には、試験の正答率と生体情報の一つである事象関連電位を使用した。

これらの結果から、今回被験者となった20代前半の学生については、カメラ機能を用いた写真としての記録の方法は、ノートテイキングに代わりうるものであることが示唆された。また、記録に加工（言語・非言語情報）を加えるなど使い方によっては学習効果をより高める可能性があることも示唆された。

「内容の理解の問題」、「論述の問題」等への、カメラ機能の活用法の考

携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習システムの研究案は今後の課題である。記録の加工の有効性から、画面の大きいタブレット端末を用いてタッチペンや指などでの書き込みを可能とすることなどが一つの解決法であると推定される。この仮説の検証も今後の課題である。また、今回対象とした被験者は、20歳前後の学生であり、デジタル社会に生まれた世代である。カメラ機能を用いた写真としての記録の方法がノートテイキングと互換性があるという結果は、この世代固有の特徴であるとも考えられ、世代間の違いの検証も課題である。今後はさらにデジタル機器と親和性の高い世代が増加することが推定され、デジタル機器を用いた学習の有効性は高まることが予測される。新しいデジタル機器のより有効な活用法に関する基礎研究は引き続き重要な分野であると考えられる。

参考文献

- Kosslyn Stephen M., Giorgio Ganis, William L. Thompson, 武田克彦 (翻訳) : 心的イメージとは何か, 北大路書房, 2009
- 赤堀侃司: 携帯情報端末のカメラ機能を用いた非言語情報を併用した学習の効果, 白鷗大学教育学部論集, 7(1), pp.29-37, 2013
- 赤堀侃司: スマートフォンのカメラ機能が学習に及ぼす効果に関する研究, 白鷗大学教育学部論集, 8(1), pp.29-42, 2014
- 川村義治: イメージと記憶—なぜ身体動作イメージは英単語の記憶再生に効果があるのか, 教育メディア研究, 12(2), pp.31-41, 2006a
- 川村義治: 文の記憶再生における述語動詞の動作化の効果, 日本教育工学会論文誌 30(1), pp.29-36, 2006b
- 赤堀侃司 (2012.6.01) 科研萌芽研究第1回打ち合わせ 白鷗大学
- 赤堀侃司 (2014) 「タブレットは紙に勝てるのか」東京: ジャムハウス
- 赤堀侃司、渡邊修、池田真、竹川暢、毛利靖、栗本直人 (2010). モバイル学習のすすめ 東京: 高陵社書店
- Anzai, Y. (2013). Mobile Photo Note-taking to Support EFL Learning. In R. McBride & M. Searson (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2013* (pp.2012-2020). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education

(AACE).

Anzai, Y., Funada, M. & Akahori, K. (2013). Immediate Effects of Mobile Photo Note-taking in English Vocabulary Learning. In T. Bastiaens & G. Marks (Eds.), *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2013* (pp. 550-556). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Anzai, Y. and Bonk, C. (Personal communication, August 18, 2012).

Impress R&D (2013). Survey research on the trend of Smartphone/cellphone users. Retrieved from <http://www.impressrd.jp/news/121120/kwp2013>

総務省 (2012). 第2節「スマートフォン・エコノミー」～スマートフォン等の普及がもたらすICT産業構造・利用者行動の変化～
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc122310.html>

Twining, P. and Evans, D. (2005). Should there be a future for Tablet PCs in schools? *Journal of Interactive Media in Education*, 20. Retrieved from <http://jime.open.ac.uk/2005/20>

上岡光男 (1982) 「英単語は学習された後、どのように忘れられてゆくか」『英語教育』31, 8, 42-27. 東京：大修館書店

Anzai Y. : Mobile Photo Note-taking to Support EFL Learning. *Proc. of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, pp. 2012-2020), 2013.

Piction, T. W., et al.: Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: recording standards and publication criteria, *Psychophysiology*, 37, 128-152, 2000.

船田眞里子他：電位分布からの再構成による事象関連電位の特徴付け，人間工学46 (2), 144-155, 2010.

船田眞里子他：正答数で定義した反復学習効果の事象関連電位による推定，教育工学会，35(5), 193-203, 2011.

(本学経営学部教授)

(本学教育学部教授)

(九州大学教材開発センター准教授)