

説明的文章の理解における最適な視聴覚提示タイミングの検討

Optimal Timing of Audio-Visual Presentation for Expository Text Comprehension

高橋 麻衣子^{†‡}, 田中 章浩[‡]
Maiko Takahashi, Akihiro Tanaka

[†] 日本学術振興会, [‡] 東京女子大学
Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo Woman's Christian University
maiko_tk@lab.twcu.ac.jp

Abstract

This study investigates the optimal timing of audio-visual presentation for text comprehension. Previous studies showed that comprehension performance of audio-visually presented text was not different from that of only visually or auditorily presented one, raising the possibility that cognitive load on processing both visual and auditory information negated the positive effect of multi-modal presentation. To reduce the load of processing dual information simultaneously, we proposed to delay the timing of one of the two modality presentation and to direct participants' attention to one of the two modality information during audio-visual text presentation. In our experiments, passages were presented audio-visually in three conditions; auditorily preceding, simultaneous, and visually preceding conditions. Participants were instructed to direct their attention to whole information (Exp. 1), visual information (Exp. 2), and auditory information (Exp. 3). The results showed that comprehension performance was higher in the visually preceding condition when their attention was directed whole or visual information. Based on the results, the integration process of audio-visually presented text information was discussed.

Keywords — reading comprehension, listening comprehension, audio-visual integration, multimedia learning

1. 問題と目的

近年、電子書籍をはじめとする視聴覚メディアの発展と普及により文章を「読む」と同時に「聞く」ことが容易に達成できるようになった。文章を視聴覚提示されると、視覚もしくは聴覚のみの単一モダリティで提示されるよりも内容の記憶や理解が促進されるのだろうか。文章記憶や理解の成績を最大限に引き上げる視聴覚提示方法とはどのようなものだろうか。

言語を視聴覚提示した場合の理解成績について

検討したこれまでの研究からは、単一モダリティのみの提示よりも向上するとの知見[1][2]と、低下するとの知見[3][4]の双方が報告されており、統一的な見解は得られていない。高橋・田中（2013）は説明的文章を視聴覚提示した場合と視覚もしくは聴覚のみで提示した場合で文章の理解成績に差が生じなかったことを報告し、この原因について複数のチャンネルからの情報入力の促進効果と、両チャンネルからの情報のオーバーフローという干渉効果が拮抗した可能性について言及している[5]。情報を視聴覚提示することでのオーバーフローという負の効果を最小限にし、両モダリティからの情報を加算的に利用するためにはどのような工夫が必要なのだろうか。ここで、言語情報が視聴覚的に提示される状況の一つとして、文や文章を音読する場面に着目する。音読時には、視覚提示された言語情報を発声することで聴覚的にも提示される。Kondo & Mazuka（1996）は成人が音読する際には視点が発声点よりも2, 3文字先行することを報告しており[6]、視聴覚提示された情報の入力のタイミングにずれが生じることを示唆している。自然な音読状況において視覚情報が聴覚情報に先行して入力され、これが最適な読解成績を生み出すのであれば、言語を視聴覚提示する際にも提示タイミングをずらすことで理解が促進されるのではないだろうか。どちらかを先行して提示し、同じ情報をもう一方のモダリティで後から提示することで、先行して提示された情報の処理に注力し後続して提示された情報を補助的に利用できることが考えられる。結果として、両モダリティからの情報がオーバーフローすることなく

効率的に活用され、同じ視聴覚情報を同時に提示されたり、視覚もしくは聴覚のみを単一提示されたりするよりも理解成績が向上する可能性が指摘できる。

自然な音読時には、視覚情報が先行して入力されるだけでなく、視覚情報に注意を向けて読解を進めている。このように視聴覚提示された言語情報のどちらか一方に注意を方向づけることも同時提示された視聴覚情報の処理に有効ではないだろうか。注意を方向づけない場合には両チャンネルから同時に提示された情報の処理が重複しオーバーフローする可能性があるが、どちらか一方の情報に明示的に注意を方向づけることで注意を向けた情報をメインに、もう一方の情報を補助的に利用できるだろう。その結果として情報のオーバーフローを防ぎ、視聴覚提示された言語情報の理解が促進される可能性が指摘できる。

本研究ではこれらの可能性に着目し、説明的文章を視聴覚提示する際に理解に最適な方法を提案することを目的とする。実験1では、文章の視聴覚情報を同時に提示する場合と視覚もしくは聴覚情報を先行させて提示する場合の記憶と理解の成績を比較する。文章を音読する際には視覚情報が聴覚情報に先行しているため、視覚が先行している条件での理解がより促進されることが予測できる。実験2, 3では視聴覚提示のタイミングをずらすだけでなく、参加者の注意を視覚もしくは聴覚情報のみに向けさせて理解成績を比較する。注意をどちらか一方の情報に明示的に方向づけることで、視聴覚提示された言語情報の理解が促進されることが予測される。

2. 実験1

2.1 目的

実験1では、視聴覚提示する情報のタイミングをずらし、文章内容の記憶と理解に与える影響を検討する。具体的には、視覚情報を聴覚情報に先行させて提示する視覚先行条件、聴覚情報を先行させる聴覚先行条件、視覚情報と聴覚情報を同時に提示する視聴覚同時条件を設定し、条件間での

成績を比較する。音読場面では視点が発声点に先行することから、視覚先行条件の成績がより高くなることが予測できる。

2.2 方法

実験参加者 日本語を母語とする大学生 24 名が実験に参加した。

刺激 高橋・田中(2013)と同じ刺激を利用した。200 字程度の説明的文章を 18 文章用意し、それぞれの文章に対して逐語的な記憶を問う課題と文章内容の理解を問う課題を 4 問ずつ作成した。逐語記憶課題は文章中のある一文を逐語的に記憶していれば正答にたどりつく課題として作成した。内容理解課題は、文章の命題表象が構築できたかを問うものであり、文章中の一部分を要約したり別の言葉で言い換えたりした文を正誤判断文として作成した。文章刺激と逐語記憶課題、内容理解課題の例を表1に示す。

表 1 文章刺激と逐語記憶課題、内容理解課題例

【課題文章】 ネコの目は、暗闇でもモノがよく見えます。ヒトの目と比べても7分の1の光量で十分にモノを認識することができます。その理由の一つは暗闇で光る目。暗闇では、光がネコの目に反射されたようにキラリと光ります。それは、ネコの目にはタペタムという反射板が付いているからです。網膜から入ってきた光が反射され、網膜に返されることで、わずかな光が2倍にされ、暗いところでも鮮明に見えるようになっています。もう一つの理由は目の大きさ。ネコは体のサイズからみて大きな目を持っています。目が大きい分瞳孔も大きく、より多くの光が取り込まれるのです。
【逐語記憶課題】 ネコの目は、暗闇でもモノがよく見える。(正) ネコの目にはタペットという反射板が付いている。(誤)
【内容理解課題】 ネコの目は、反射板によって網膜へ入る光量が2倍にされ、鮮明に見える。(正) ネコの目の瞳孔はあまり大きくないが、たくさんの光を吸収する。(誤)

各文章刺激を朗読に熟達した女性に自然なスピードで読み上げてもらい、その音声を収録した。その音声を Sound Forge によって文節ごとに切り取り、各文節での音圧が同程度になるように調整して、文節ごとに1つのファイルを作成した。

課題文章に含まれていた文節数の平均は 51.94 ($SD = 6.07$, $Min = 40$, $Max = 65$)であった。各文節の音声ファイルの持続時間の平均は 584.49ms ($SD = 270.49$, $Min = 223$, $Max = 1400$)であり、文節に含まれる文字数の平均は 4.01 ($SD = 1.88$, $Min = 2$, $Max = 10$)、モーラ数の平均は 4.61 ($SD = 1.95$, $Min = 1$, $Max = 9$)であった。

実験計画 提示順序（聴覚先行・視聴覚同時・聴覚先行）を参加者内要因として配置した。従属変数は逐語記憶課題と内容理解課題それぞれの正答率とした。

手続き 実験は個別に行なった。刺激の提示と反応の記録には、Super Lab 4.5 を使用した。参加者には課題文章を聞きながら読み、その後に提示される問題に答えるように教示した。課題文章は、コンピュータの画面上に1文節ずつ視覚提示されるとともに、ヘッドフォンを通して聴覚的にも提示された。参加者には目をつぶったりせず、視聴覚提示されたどちらの文章にも注意を向けるように教示した。視覚先行条件においては、ある1文節を視覚提示し、同時にその直前の文節を聴覚提示するという方法で提示のタイミングを操作した。聴覚先行条件においてはその逆で、ある1文節を聴覚提示し、同時にその直前の文節を視覚提示した。どちらの条件においても、提示時間はその文節の音声ファイルの提示時間が長いほうにあわせた。視聴覚提示条件では、同じ文節を同時に提示した。視聴覚提示条件での各文節の提示時間は、視覚先行条件、聴覚先行条件のものとあわせた。各条件の刺激提示方法の概要を図1に示す。

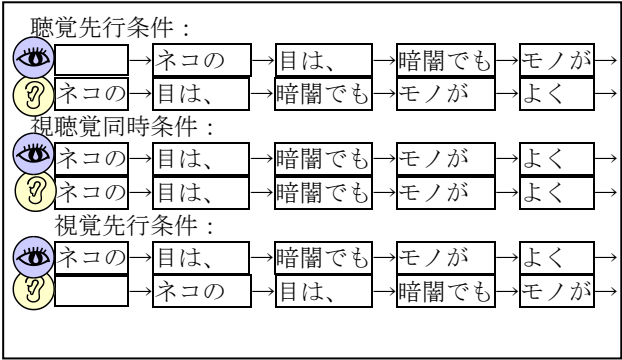


図1 課題文章の提示方法の概要

図1から、視覚先行条件と聴覚先行条件では両

モダリティから同時期に異なった情報が提示されることが見て取れる。自然な音読時には視点が発声点よりも 2, 3 文字先行していることが報告されており[6]、本実験の状況はそれに模した形となる。さらに、視聴覚同時条件との全体的な提示時間をそろえることが可能となるため、この提示方法を採用した。

文章の提示終了後、逐語記憶課題、内容理解課題を各4問提示した。これらの課題文はすべて視覚的に提示し、それぞれについてキー押しで反応するように求めた。

各条件への刺激ブロックの割り当てと、条件の実施順序は参加者間でカウンターバランスした。1人の参加者が実験を終えるのに30~40分程度の時間を要した。

2.3 結果と考察

各条件での逐語記憶課題と内容理解課題の正答率の平均値を図2に示す。これらの値について、提示順序（聴覚先行・視聴覚同時・視覚先行）を要因とする分散分析を実施した。その結果、逐語記憶課題においては要因の主効果は有意水準に達しなかった ($F(2,46) = 2.26$, $MSE = 0.58$, n.s.)。一方、内容理解課題においては提示モダリティの主効果が有意傾向となった ($F(2,46) = 2.68$, $MSE = 0.58$, $p < .08$.)。Bonferroni法による多重比較の結果、条件間の差は5%の有意水準に達しなかった。

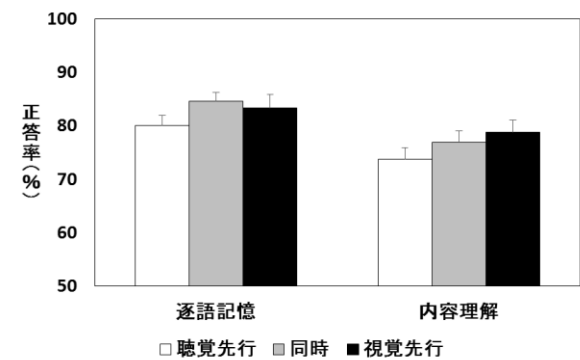


図2 実験1（全体注意）正答率

以上から、主に文章内容の逐語的な記憶よりも理解にかかわる課題において、視聴覚提示のタイミングによって成績に違いがある傾向が示された。

しかし、多重比較検定では条件間の差が有意水準に達せず、視覚先行条件の成績が視聴覚提示条件のものを上回るという予測通りの結果は得られなかった。そのため、提示のタイミングをずらしただけで視聴覚同時提示の情報のオーバーフローによる成績の低下を抑えることができたと主張することは難しい。そこで実験 2 では参加者の注意を視覚情報のみに、実験 3 では聴覚情報のみに向けさせることで、視聴覚同時条件における情報のオーバーフローを回避できるかを検討する。

3. 実験 2

3.1 目的

我々が音読をするときには、視覚情報が聴覚情報に先行して入力されるだけでなく、書かれた文字を処理するために聴覚情報よりも視覚情報に注意を向けて読解を進める。したがって、言語情報を視聴覚提示する際には、視覚情報を先行させるだけでなくそこに注意を向けることでより効率的な処理が可能となるのではないだろうか。

実験 2 ではこの可能性を検討するため、視覚情報にのみ注意を向けたうえで視聴覚情報の提示タイミングをずらす効果を検討する。

3.2 方法

実験参加者 実験 1 に参加していない、日本語を母語とする大学生 24 名が実験に参加した。

刺激・実験計画・手続き 実験 1 と同様である。ただし、参加者にはヘッドフォンから提示される聴覚情報を無視して視覚情報に集中するように教示した。

3.3 結果と考察

各条件での逐語記憶課題と内容理解課題の正答率の平均値を図 3 に示す。これらの値について、実験 1 と同様の分散分析を実施した。その結果、逐語記憶課題においては要因の主効果は有意水準に達しなかった ($F(2,46) = 2.25$, $MSE = 0.72$, n.s.)。一方、内容理解課題においては提示モダリティの主効果が有意となり ($F(2,46) = 3.72$, $MSE = 1.43$, $p < .05$)、Bonferroni 法による多重比較の結果、視覚先行条件の正答率が視聴覚同時提示条

件のものよりも 5%水準で有意に高いことが示された。

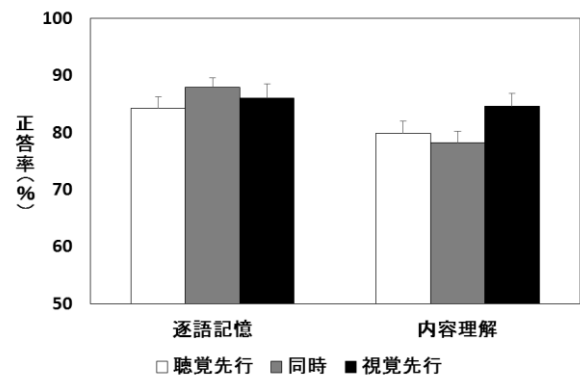


図 3 実験 2 (視覚注意) 正答率

視覚情報に注意を向けることで、視覚先行条件の理解成績が視聴覚同時条件のものを上回ることが示された。注意を視覚情報のみに方向づけることによって、音読時と同様に視覚情報の処理に主に注力し、後続する聴覚情報を補助的に利用するといった効率的な処理が行なわれていたことが考えられる。

4. 実験 3

4.1 目的

実験 2 において、視覚情報に注意を向けると視覚先行条件での成績が視聴覚同時提示条件のものを上回ることが示された。この理由として、成人の自然な音読場面と類似していることが考えられる。一方で、先行する情報が視覚提示であれ聴覚提示であれ、そこに注意を向ければ理解成績が向上するという可能性も指摘できる。そこで実験 3 では聴覚情報に注意を向けさせ、聴覚情報が先行する条件が視聴覚同時提示する条件よりも成績が向上するかを検討する。

4.2 方法

実験参加者 実験 1, 2 に参加していない、日本語を母語とする大学生 24 名が実験に参加した。

刺激・実験計画・手続き 実験 1 と同様である。ただし、参加者には視覚情報よりもヘッドフォンから提示される聴覚情報に集中して話を理解するように教示した。その際に、目をつぶったりコン

ピュータ画面から顔を背けたりせずに文字を見るように教示した。

4.3 結果と考察

各条件での逐語記憶課題と内容理解課題の正答率の平均値を図 4 に示す。これらの値について、実験 1 と同様の分散分析を実施した。その結果、どちらの課題においても要因の主効果は有意水準に達しなかった（逐語記憶課題 $F(2,46) = 1.02$, $MSE = 0.46$, n.s. ; 内容理解課題 $F(2,46) = 0.06$, $MSE = 0.80$, n.s.）。

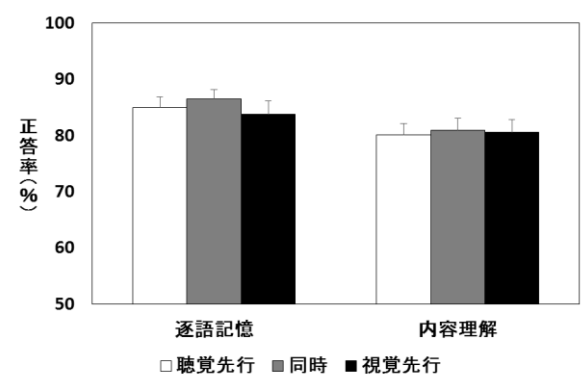


図 4 実験 3（聴覚注意）正答率

聴覚情報に注意を向けるように教示をしても、聴覚先行条件の成績が視聴覚同時条件のものを上回るという結果は得られなかった。本研究の対象となった成人の参加者は、読解に熟達していることが考えられるため、注意を向けずとも視覚情報を自動的に処理できた可能性が指摘できる。さらに、本研究の対象となった成人の参加者にとっては本研究で用いた平易な文章刺激の朗読音声を聞くよりも黙読したほうが速く理解できた可能性が高い。そのため聴覚先行条件において、後続して提示された視覚情報の処理が先行する聴覚情報の処理に追いつき、情報のオーバーフローが生じたのではないだろうか。実験 2 でみられた視覚先行条件における優位性が実験 3 では消失した結果についても、本実験の対象者は注意を向けずとも視覚情報の処理を自動的に遂行し、注意を向けた聴覚情報の処理と拮抗した結果であると考察することができる。成人の参加者に対して聴覚情報に注意を向けるように教示すると、情報のオーバー

フローを防ぐために視聴覚提示された情報のどちらかをメインとしどちらかを補助的に利用するという処理方法を実行できなくなるのではないだろうか。

5. 総合考察

本研究では言語を視聴覚提示する際の最適な提示方法を明らかにすることを目的として、視覚情報と聴覚情報の提示のタイミングをずらし、また注意の方向づけを操作して理解成績を検討した。その結果、視覚情報を聴覚情報に先行して提示し、かつ視覚情報に意識的に注意を向けることで視聴覚情報を同時に提示するよりも理解が促進されることが示された。本研究の 3 つの実験の結果と、本研究と同じ刺激を使用した高橋・田中（2013）の結果をまとめて表 2、表 3 に示す。

表 2 実験 1～3，高橋・田中（2013）の逐語記憶課題正答率

	視覚先行	聴覚先行	視聴覚同時
実験 1	83.3	80.0	84.5
(全体注意)	(9.44)	(8.24)	(11.94)
実験 2	86.1	84.3	87.9
(視覚注意)	(7.20)	(7.85)	(8.22)
実験 3	83.7	84.9	86.5
(聴覚注意)	(6.94)	(9.74)	(7.08)
	視覚	聴覚	視聴覚
高橋・田中	80.7	77.5	80.1
(2013)	(7.79)	(11.05)	(8.64)

括弧内は標準偏差

表 3 実験 1～3，高橋・田中（2013）の内容理解課題正答率

	視覚先行	聴覚先行	視聴覚同時
実験 1	78.8	73.8	76.9
(全体注意)	(10.27)	(10.39)	(10.99)
実験 2	84.6	79.8	78.1
(視覚注意)	(7.99)	(9.20)	(11.31)
実験 3	80.6	80.0	80.9
(聴覚注意)	(11.10)	(7.96)	(8.33)
	視覚	聴覚	視聴覚
高橋・田中	75.0	74.5	75.4
(2013)	(9.11)	(9.90)	(8.11)

括弧内は標準偏差

本研究で行なった3つの実験は、どの情報に注意を方向づけるか（実験1では全体注意、実験2では視覚注意、実験3では聴覚注意）以外は同じ刺激を用いて同じ手続きで実施した。また、高橋・田中（2013）では同じ刺激を用いて、視覚提示、聴覚提示、視聴覚提示条件での正答率を比較し、その差がないことを報告した。本研究で得られたデータを高橋・田中（2013）のものと直接比較することはできないが、高橋・田中（2013）の視聴覚提示条件の実施手続きは、本研究の実験1における視聴覚同時提示条件のものに類似する。これらを同等のものとみなすことで、高橋・田中（2013）の視覚もしくは聴覚のみ提示条件と本研究でのさまざまな視聴覚提示条件との比較ができるのではないかと考えた。そこで、まず本研究の3つの実験で得られた逐語記憶課題、内容記憶課題それぞれの正答率に対して、注意の方向づけ（全体・視覚・聴覚）を参加者間要因に、提示順序（聴覚先行・視聴覚同時・視覚先行）を参加者内要因に配置した2要因の分散分析を行なった。その結果、逐語記憶課題においては提示順序の主効果が有意となった（ $F(2,138) = 4.14$, $MSE = 0.46$, $p < .05$ ）。Bonferroni法による多重比較の結果、視聴覚同時提示条件の正答率が聴覚先行条件ものよりも5%水準で有意に高いことが示された。注意の方向づけの主効果（ $F(2,69) = 1.70$, $MSE = 1.32$, n.s.）、2要因の交互作用（ $F(4,138) = 0.71$, $MSE = 0.46$, n.s.）は有意水準に達しなかった。内容理解課題においては、注意の方向づけの主効果が有意傾向となり（ $F(2,69) = 2.79$, $MSE = 1.50$, $p < .07$ ）、Bonferroni法による多重比較の結果、視聴覚同時条件の正答率が視覚先行条件、聴覚先行条件のものよりも5%の有意水準で低いことが示された。さらに、提示順序の主効果が有意となり（ $F(2,138) = 3.34$, $MSE = 0.70$, $p < .05$ ）、Bonferroni法による多重比較の結果、視覚先行条件の正答率が聴覚先行条件のものよりも5%水準で有意に高いことが示された。交互作用は有意水準に達しなかった（ $F(4,138) = 1.38$, $MSE = 0.70$, n.s.）。以上から、内容理解課題において、全体に注意を向けた実験

1の正答率よりも視覚もしくは聴覚のみに注意を向けた実験2, 3の正答率のほうが高いことが示された。高橋・田中（2013）の視聴覚条件を本実験1の視聴覚同時条件と同等であるとみなすのであれば、高橋・田中（2013）で視覚条件、聴覚条件よりも視聴覚条件での成績が向上しなかったのは、言語情報を視聴覚的に提示された際に両モダリティからの情報に注意を向けて情報がオーバーフローしたためであるとの考察が可能となる。本研究の実験2, 3のように言語を視聴覚提示する際にどちらか一方の情報に注意を方向づけることで情報のオーバーフローが解消され、単一モダリティのみの提示よりも理解が促進されることが考えられた。

本研究で設定した視覚先行条件は、聴覚よりも視覚提示された文節が1文節分先行して提示されるものであり、これは発声点より視点が2, 3文字先行するという音読[6]のときの視聴覚情報の提示状態に類似する。本研究の参加者である成人は読解に習熟しており、言語情報を視覚提示されたほうが同じ情報を聴覚提示されるよりも短い時間で理解できることが考えられる。そのため、視覚情報が先行する場合は音読時と同様に視覚情報に注意を向けやすくこれをメイン情報として処理し、後から提示された聴覚情報を補助的に利用することで理解が促進されたことが考えられる。一方で聴覚情報が先行する場合は、後続する視覚情報をも素早く処理してしまうために先行する聴覚情報に注意を向けにくく、結果として両モダリティからの情報がオーバーフローしたのではないだろうか。

成人とは異なり、読解能力を習得する初期段階の児童は、相対的に音声情報の処理が得意であるため、彼らにとっての最適な提示タイミングは成人のものとは異なる可能性が指摘される。読解の習得レベルが異なる者を対象に同様の実験を行い、学校教育におけるよりよい視聴覚メディアの在り方について提案を行うことが今後の課題である。

また、本研究では主に内容理解課題においてのみ提示タイミングの影響がみられ、逐語記憶課題

の成績については3つの実験をまとめて分析した際に視聴覚提示条件のものが聴覚先行条件のものより高いという結果が得られただけであった。逐語記憶課題は、文章をそのまま保持すれば正答にたどり着く課題であった。逐語的な記憶表象を構築するためには、視聴覚情報の提示タイミングをずらさず、むしろ同時に提示するほうが効果的であることが考えられる。一方で内容理解課題は、文章そのものを逐語的に記憶するのではなく、そこから要約や推論を行って命題表象の構築を求めたものであった。本研究では、このような処理を行う際に提示タイミングの効果が生じた。今後、視聴覚提示タイミングのずれの効果が命題表象を構築する過程のどこでどのように寄与するかを詳細に検討する予定である。

謝辞

この研究は平成24年度科学研究費補助金（特別研究員奨励費、課題番号：24・7995）の支援を受けた。

参考文献

- [1] Moreno, R., & Mayer, R.E. (2002) "Verbal redundancy in multimedia learning: When reading helps listening" *Journal of Educational Psychology*, 94, pp. 156-163.
- [2] Montali, J., & Lewandowski, L. (1996) "Bimodal reading: Benefits of a talking computer for average and less skilled readers," *Journal of Learning Disabilities*, 29, pp. 271-279.
- [3] Jamet, E., & Le Bohec, O. (2007) "The effect of redundant text in multimedia instruction" *Contemporary Educational Psychology*, 32, pp. 588-598.
- [4] Diao, Y., & Sweller, J. (2007) "Redundancy in foreign language reading comprehension instruction: Concurrent written and spoken presentation" *Learning & Instruction*, 17, pp. 78-88.
- [5] 高橋麻衣子・田中章浩 (2013) "説明的文章の理解における提示モダリティの効果" 日本認知科学会第30回大会発表論文集, pp.489-495.
- [6] Kondo, K., & Mazuka, R. (1996) "Prosodic planning while reading aloud: On-line examination of Japanese sentences" *Journal of Psycholinguistic Research*, 25, pp.357-381.