

# 音声による説明を伴う情報提示における 手書きとアニメーションの比較実験

岡崎 泰久<sup>\*1</sup>, 田代 健太<sup>\*1</sup>, 吉川 厚<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 佐賀大学 <sup>\*2</sup> 東京工業大学

## Comparative Evaluation of Presentation by Handwriting and Slide Animation with Voice Explanation

Yasuhisa Okazaki<sup>\*1</sup>, Kenta Tashiro<sup>\*1</sup>, Atsushi Yoshikawa<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Saga University <sup>\*2</sup> Tokyo Institute of Technology

本研究では、音声による説明を伴った教材提示において、板書のように書いていく過程を提示する提示と、スライドのアニメーション機能を用いた情報提示方法の違いが、学習者の理解に与える影響を、実験により調べる。提示手法による違いを、課題の構造と学習者自身による主観評価、課題テストの得点、およびその視線の動きから分析する。

キーワード: 板書, スライド, 手書き, アニメーション, 情報提示, 音声

### 1. はじめに

学校教育現場において、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段に加え、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の活用が進められ、ICTの積極的な活用が進んでいる<sup>(1)(2)</sup>。そうした中で、プレゼンテーションソフトによるスライドを用いた授業が広がっている。

スライドを用いることにより、テキストだけでなく、図や動画などの教材資料をあらかじめ用意できる、デザイン機能により、見栄えの良いスライドを容易に作成できる、作成したスライド教材を再利用できるなどの利点がある。一方で、量が多すぎたり、単調になりやすいといったスライドの問題点が指摘されている<sup>(3)(4)</sup>。こうした問題点は、プレゼンテーションソフトの使い方に原因があり、スライドを用いた情報提示のガイドラインも示されている<sup>(5)</sup>。一方で、スライドよりも、板書を用いた授業を好む教員や学習者も少なからず存在している<sup>(6)</sup>。

「量が多すぎる」「速すぎる」というスライドの問題点を解消する一つの方法として、スライドの文字数の削減や、提示時間の延長も考えられるが、板書が好ま

れる大きな要因として、書く過程そのものを提示できることがあるのではないかと考えている。

伝統的な教材の提示手段である板書には、書いていく過程をそのまま見せることができるという大きな特徴がある。

我々は、書いていく過程そのものを見せるということは、思考のプロセスそのものを提示することであり、最終結果のみを提示する場合に比べて、豊かな教育的情報を含んでいると考えている<sup>(7)</sup>。こうした書いていく過程を見せる良さを明らかにするために、我々は、板書のように書いていく過程を提示する動的提示と、最終結果のみを提示する静的提示やアニメーションを用いたスライドによる提示との違いを調べる研究を行ってきた<sup>(7)(8)(9)(10)</sup>。

これらの研究を通じて、我々は、音声を伴わない情報提示において、逐次的な構成的理解を助ける板書型の動的な情報提示は、課題が難しい場合には有効な提示手法であり、一方、最終結果をまとめて示す静的提示は、情報の解釈の自由度を与えるもので、課題が難しくない場合には、有効な提示手法となり得ることを示した。また、動的提示における提示の速さが、理解

の重要な要因となり、適切な情報提示の速さがある可能性も示した。

本研究では、より実際の場面に近づけ、説明音声に伴う提示について、同様の認知実験を行い、板書のように書いていく過程を提示する提示と、スライドのアニメーション機能を用いた情報提示方法の違いが、学習者の理解に与える影響調べる。

今回我々は、数学の図形の計算問題、証明問題と社会の問題を取り上げて実験を行い、情報の提示手法の違いの影響を、課題の構造と難易度（得点）、学習者自身による主観評価、課題の得点、および、その視線の動きから分析した。

## 2. 実験方法

図1～3に示す三種類の課題(11)(12)(13)それぞれに、説明音声を持った手書きによる提示、Power Pointのアニメーション機能を用いた提示、および、最終結果のみの三種類、合計9種類の問題解説（提示パターン）を用意した。静止画は手書きによる提示の最終結果と同じものである。

手書きの提示パターンの作成には、本研究室で開発を進めているプレゼンテーションツール『HPT』を用いた(14)。このツールにより、板書のように、書く過程そのものをそのまま再生して提示することができる。

今回の実験では、こうした手書きの提示と、スライドのアニメーション機能を用いた提示の二種類の動的提示、および、最終結果のみを示す静的な提示を、課題の構造と難易度（得点）と学習者自身による主観評価、および、視線の動きから比較を行い、板書のように書いていく過程を提示する動的提示と、スライドのアニメーション機能を用いた動的情報提示の違いの分析を行う。

実験の手順を図4に示す。実験の概要を説明した後、被験者に、課題1から課題3の三パターンの提示を行った。一つの画面の提示が終わると、確認課題として、提示したパターンを変形した課題を実際にその場で解いてもらった。その後、この提示と課題に対する個別アンケートに回答してもらい次の提示に移行した。同様の手順を繰り返して実験を進め、最後に全体アンケートを行った。

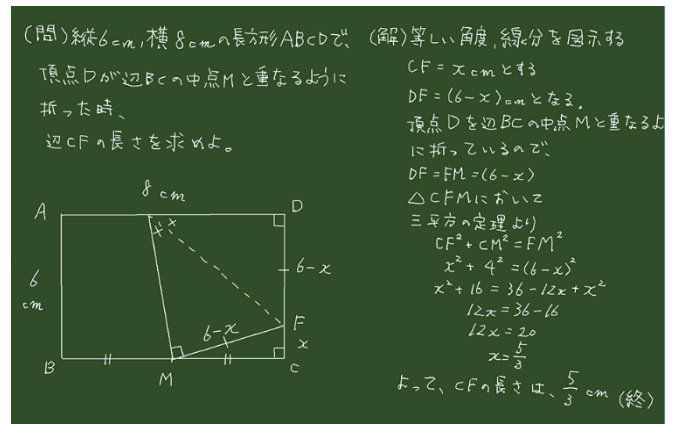


図1 課題1（数学：図形計算問題）

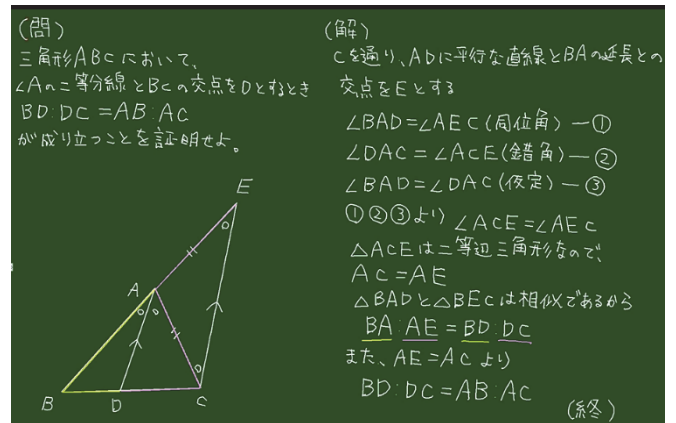


図2 課題2（数学：図形証明問題）

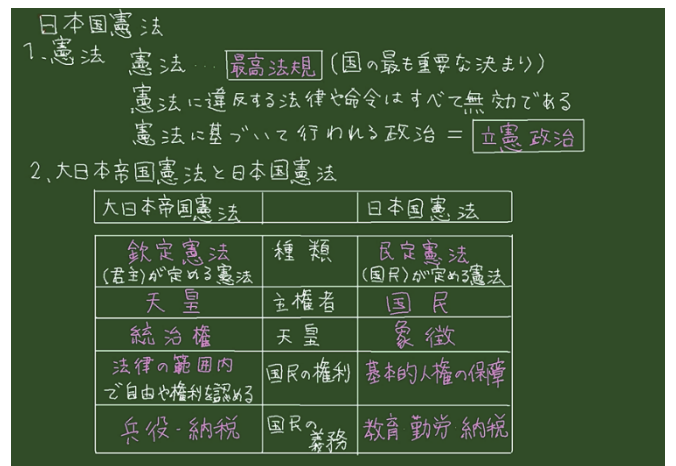


図3 課題3（社会：日本国憲法）

パターン提示の際の被験者の視線の動きをとらえるため、Tobii Technology社のアイトラッカーTobii X1 Light Eye Trackerを使用した(15)。被験者は何も装着する必要はなく、被験者はモニタの前で自由に動くことができる。

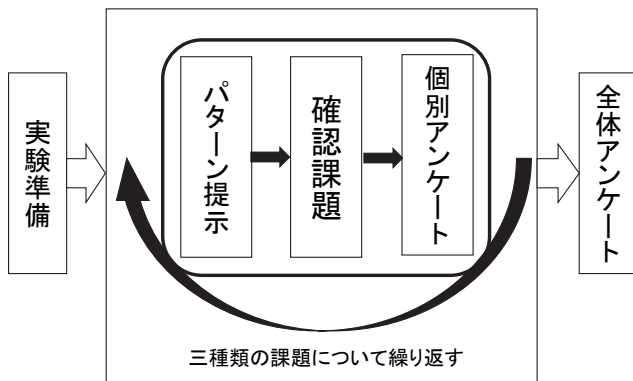


図 4 実験手順

表 1 被験者への提示パターン

		提示方法		
		静止画	手書き	アニメーション
提示 課題の 種類	課題1	①	④	⑦
	課題2	②	⑤	⑧
	課題3	③	⑥	⑨

実験パターン No.	課題 1	課題 2	課題 3
1	①	②	③
2	①	⑤	⑥
3	①	⑧	⑨
4	④	②	⑥
5	④	⑤	⑨
6	④	⑧	③
7	⑦	②	⑨
8	⑦	⑤	⑥
9	⑦	⑧	③

20代前半の学生 20 名を被験者として、平成 29 年 1 月 11 日から 1 月 20 日にかけて実験を行った。各被験者に提示される三種類の提示パターンとして、表 1 に示す 9 つの実験パターンのいずれかを割り当てた。静止画の課題 1 の提示を提示パターン①、課題 2 を提示パターン②、課題 3 の提示を提示パターン③とした。手書きの提示、スライドのアニメーションを用いた提示に対しても同様に、提示方法と提示課題の種類に応じたパターンを割り当てた。実験パターン 1 は、すべての提示が静止画の提示であり、実験パターン 2 は、課題 1 が静止画、課題 2 と課題 3 が手書きによる提示の組み合わせである (表 1)。

表 2 提示手法の違いとその主観評価 (全体)

	一番わかりやすい提示	一番わかりづらい提示
手書き	45%	15%
アニメーション	30%	25%
静止画	25%	60%

表 3 提示手法の違いとその主観評価 (課題別)

課題 1	一番わかりやすい提示	一番わかりづらい提示
手書き	40%	17%
アニメーション	30%	17%
静止画	30%	66%

課題 2	一番わかりやすい提示	一番わかりづらい提示
手書き	67%	25%
アニメーション	33%	25%
静止画	0%	50%

課題 3	一番わかりやすい提示	一番わかりづらい提示
手書き	42%	0%
アニメーション	29%	33%
静止画	29%	67%

### 3. 実験結果

#### 3.1 課題・アンケート分析

##### 3.1.1 提示方法の違いと主観評価

提示方法の違いとそれに対する主観評価を、表 2 に示す。全体を通して、一番わかりやすいと感じた提示、および、一番わかりづらい提示を回答してもらったものである。

わかりやすさでは、動的提示である手書きとアニメーションで差があるように見える。一方、わかりづらさでは、静止画が一番わかりづらく、次いでアニメーション、手書きの順になっている。この結果は、音声が無い場合のこれまでの実験の結果とおおむね一致している。また、この傾向は、課題別の評価においても同様である (表 3)。

##### 3.1.2 提示方法の違いと課題の難易度

提示方法の違いと課題の得点の関係を表 4 に示す。

表 4 提示方法の違いと平均点(100 点満点)

	手書き	アニメーション	静止画	全体
課題 1	88 点	83 点	100 点	91 点
課題 2	79 点	46 点	46 点	58 点
課題 3	86 点	87 点	94 点	89 点

課題 1 および 3 の平均点が高く、課題 2 の平均点が低いことから、今回の被験者に対する課題の難易度は課題 2 が難しく、課題 1 および 3 が易しかったと考えられる。

表 3 に示した、課題ごとの主観評価において、難しかった課題 2 において、手書きのわかりやすさの主観評価が際立っている。それに対して、易しかった課題 1 および 3 においては、主観評価の最も低い静止画の得点が一番高くなっており、被験者による主観評価と確認テストによる結果が異なっている。

## 3.2 視線分析

### 3.2.1 視線データの分析手法

取得した視線データの解析には、視線解析ソフトウェア Tobii Studio<sup>TM</sup>を用いた<sup>(16)</sup>。これを用いることにより、Tobii アイトラッカーを用いた実験の設計、対象となる視覚刺激の提示、レコーディング、リプレイ、ビジュアライゼーションなどを行うことができる[7]。

本研究では、Gaze plot (ゲイズプロット) と Heat map (ヒートマップ) を用いた。

ゲイズプロットでは、被験者ごとに、注視点と視線の軌跡を、被験者が見た時間の流れとともにアニメーションで表示することにより、被験者がどの部分を、どの順序で見えていったか、あるいはどの部分を注視したかを、動的にとらえることができる (図 5)。

ヒートマップは、被験者の視線移動を総合し、注視時間をサーモグラフィのように視覚化する。これにより、被験者がどの部分を注視したのかを、視覚的にとらえることができる (図 6)。

### 3.2.2 ゲイズプロットによる分析

これまでの実験で、手書き再生やアニメーションによる提示を見た被験者の視線移動は、動的に提示される書く過程に追随していた。一方静止画の場合には、動的提示に比べて視線の移動が速く、要素の参照行動も多い。また、被験者の視線移動に多様性が見られた。

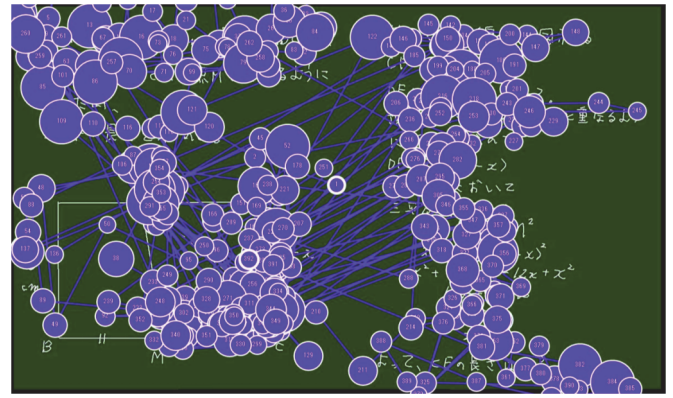


図 5 ゲイズプロット例

(被験者 No5, 課題 1, 手書き)

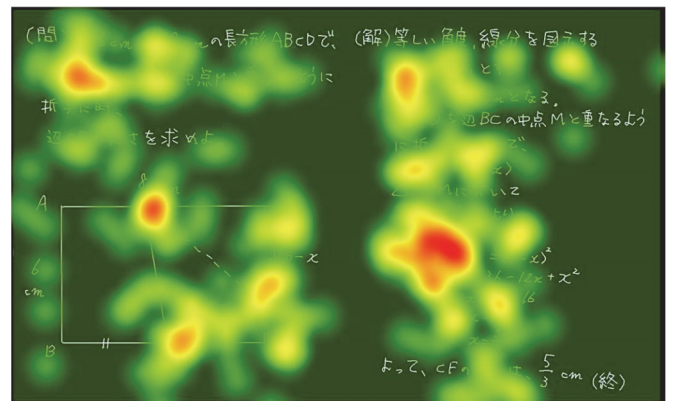


図 6 ヒートマップ例

(被験者 No.12, 課題 2, 静的提示)

今回、説明音声加わることで、音声による視線の誘導効果が確認された。これまでの実験で、動的提示では、視線は、逐次提示される問題文あるいは解答プロセスを追いながら、適宜図に視線を移動させてその要素を確認して、また元に戻るといった特徴を示していた。今回、音声による説明加わることで、静止画においても、動的提示同様、音声にしたがって視線が移動していくことが確認された。また、手書きやアニメーションによる動的提示では、提示の直後に説明音声の流れの場合、提示に加えて、音声にもしたがって視線を移動させることが確認された。

### 3.2.3 ヒートマップによる分析

これまでの実験で、手書きとアニメーションの動的提示のヒートマップの比較では、特徴的な違いは見られないが、静止画では個人差が大きいことがわかっていった。

今回、説明音声加わることにより、静的提示に静

止画においても、説明の順序通りに視線が移動し、視線の移動回数や停留回数の大きな違いが見られなかった。

#### 4. 考察

これまでの実験を通して我々は、書く過程を見せる動的提示は、学習者の構成的理解を助ける情報を逐次的に与えるため、課題が難しい場合に有効な提示手法になる一方、最終結果のみを見せる静的提示は、学習者自らが課題の情報を自由に解釈し構成することが可能であるため、課題が難しくない場合には有効に働く可能性があることを示した。また、動的提示において、思考プロセスに沿って逐次提示することの有用性も示した<sup>(8)(9)(10)</sup>。

今回の説明音声が付加した実験において、難しい課題であった課題2において、主観評価、課題の得点の双方において、手書きによる提示が優位である(表3, 表4)。これは、今回の実験において、アニメーション効果には“フェード”を用いたため、スライドでは、手書きに比べて構成的な提示が十分できなかったためであると考えられる。今回の実験においても、手書きによる構成的提示の有用性が改めて示されたと考えている。

また、今回の実験では音声による説明が付加したことにより、音声による視線の誘導効果が確認された。これまでの音声を伴わない提示においては、静的提示において、視線移動の多様性が確認されていた。しかし、今回の実験では、説明音声が付加されたことにより、静的提示における視線移動の多様性は見られず、説明音声に従った視線移動が確認された。

さらに、この音声による視線の誘導効果は、手書きやスライドによる動的提示においても確認された。動的提示によりその場所を見た後に説明音声が流れると、その言及箇所に変更して視線が移動することが確認された。今回の実験で難しかった課題2において、手書きが高く評価されたのは、前述の提示手法の違いに加えて、音声による説明との相乗効果の可能性も考えられる。手書きによる提示では、書いていく過程を見て、追体験しながら構成的に理解を進めていく。その直後に改めて、そのプロセスを振り返ることにより、より

理解しやすくなった可能性があるのではないかと推察される。

今回の実験では、課題が易しい場合において、静止画の得点が高いが(表4)、主観評価が低くなっている(表3)。課題の得点が高い理由として、時間効果があると考えている。静止画に夜静的提示では、最初から最後まですべての情報が提示されている。易しい課題では、逐次的に理解していかななくても、提示された結果を解釈することにより容易に理解できるため、理解にかかる負荷が少なく、提示時間が長いことが有利に働いたと考えられる。

一方で静的提示の主観評価が低い理由として、説明音声の速さの影響があると考えている。説明音声が遅く感じられて、視線が説明箇所から外れてしまうことが確認された。また、アンケートの自由記述においても、「説明の速さが合わなくてイライラした」という意見もあった。静的提示の場合、説明音声は視線をコントロールする重要な要因となるため、その速さを与える影響は大きいと考えられる。

#### 5. まとめと今後の課題

本研究では、音声による説明を伴った教材提示において、板書のように書いていく過程を提示する提示と、スライドのアニメーション機能を用いた情報提示方法の違いが、学習者の理解に与える影響を、実験により調べた。提示手法による違いを、課題の構造と学習者自身による主観評価、課題テストの得点、およびその視線の動きから分析した。

その結果、これまでの音声を伴わない提示同様、板書のように書いていく過程を見せる逐次的な動的提示が、学習者の構成的理解に好ましい影響を与え、課題が難しい場合には有用な提示手法となり得ることを実験的に示した。また、説明音声による視線の誘導効果を確認した。音声により、静的提示の視線移動の多様性が失われ、音声の与える影響が大きいことを示した。加えて、この音声による誘導効果が、動的提示にも現れ、理解に影響を与える可能性を実証した。

今回の実験では教材の提示と説明音声という視覚情報と聴覚情報を与えており、その相互作用が理解に影響を与えると考えられる。言語音は影響の大きい聴覚

刺激であり<sup>(17)</sup>、遅れてきこえることの影響も研究されてきている<sup>(18)</sup>。

こうした視覚と聴覚の相互作用の研究と今回の結果を踏まえて、説明音声の速さや提示とのタイミングを考慮した実験を行い、音声による説明を加えた提示において、学習者の理解につながる要因を明らかにしていくことが今後の課題である。

## 謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(c)課題番号 16K01117 の助成を受けたものである。また、本研究の遂行にあたり、実験にご協力いただきました佐賀大学教育学部の園田貴章教授、中島範子氏、および、学生の皆様に心から感謝いたします。

## 参 考 文 献

- (1) 文部科学省：“教育の情報化の推進”，  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/main18\\_a2.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/main18_a2.htm) (2017年2月6日確認)
- (2) 総務省：“ICT利活用の推進”，  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/ictseisaku/ictriyou/](http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictriyou/) (2017年2月6日確認)
- (3) Tufte, E. R.: “The Cognitive Style of PowerPoint: Pitching Out Corrupts Within, Second Edition”, Graphics Press, Cheshire (2006)
- (4) ガー・レイノルズ: “プレゼンテーション zen”, ピアソン桐原, 東京 (2009)
- (5) Atkinson, C. and Mayer, R. E.: “Five ways to reduce PowerPoint overload”, Sociable Media (2004)
- (6) 柳沢昌義, 福田沙織: “黒板とプレゼンテーションソフトによる授業とノートテイキングに関する調査研究”, 日本教育工学研究会報告集, pp.63-68 (2008)
- (7) 岡崎泰久, 野口千樹, 吉川厚: “書く過程の提示における学習者の主観評価と視線分析”, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.114, no.82, pp.39-44 (2014)
- (8) 岡崎泰久, 野口千樹, 吉川厚: “学習者の主観評価と課題の難易度にもとづく情報提示方法仮説の提案”, 第13回情報科学技術フォーラム(FIT2014)講演論文集, 第3分冊 pp.387-388 (2014)
- (9) Okazaki, Y., Noguchi, S., Yoshikawa, A.: “Gaze Analysis and Subjective Assessment of Learners Observing the Writing Process”, Proc. of the 22nd International Conference on Computers in Education (ICCE2014), pp.83-88 (2014)
- (10) 岡崎泰久, 西村康平, 吉川厚: “手書きとアニメーションによる情報提示の比較評価実験”, 電子情報通信学会技術研究報告 vol. 116, no. 228, ET2016-36, pp.13-18 (2016)
- (11) M. P. S. Learning: “中3数学 (三平方の定理の応用) 折り曲げ (2)”,  
<https://www.youtube.com/watch?v=YGWC5osnznns>  
(2017年2月6日確認)
- (12) e-CLUS: “中学3年数学講座 角の二等分線と線分比 中3数学 図形と相似11”,  
[https://www.youtube.com/watch?v=A39\\_ymSQ0zM](https://www.youtube.com/watch?v=A39_ymSQ0zM)  
(2017年2月6日確認)
- (13) e-CLUS: “中学社会公民的分野 人権と憲法2 日本国憲法”,  
<https://www.youtube.com/watch?v=GNhMSGIkYkk>  
(2017年2月6日確認)
- (14) 細木秋裕, 田中久治, 渡辺健次, 岡崎泰久: “書く過程の提示が可能なプレゼンテーションツールの開発”, 教育システム情報学会(JSiSE) 研究報告, vol.25, no.6, pp.127-132 (2011)
- (15) Tobii Technology: “Tobii X1 Light Eye Tracker”,  
<http://www.tobii.com/product-listing/tobii-x1-light/> (2017年2月6日確認)
- (16) Tobii Technology: “Tobii Pro Studio”,  
<http://www.tobii.com/ja/product-listing/tobii-pro-studio/> (2017年2月6日確認)
- (17) 宮原道子: “有意味な言語音は認知活動を最も妨害する聴覚刺激なのか?”, 立命館文学 vol. 636, pp.1089-1079 (2014)
- (18) 沢田晴彦, 箕一彦: “遅延聴覚フィードバックによる発話潜時への影響”, 第4回認知神経心理学研究会, pp.26-27 (2001)