

Table 5 高校生Dの結果

視覚補助具・ツール	主な使用場面
遮光眼鏡	常用。
拡大鏡	近接視を行っても見えにくい小さな文字を注視する際に使用。
単眼鏡	黒板・スライドを注視する際に使用。
拡大コピー	通常 A4・B4版のプリントや教科書を A3版に拡大する形で、高校からの配慮を受けていた。
iPad	PDF 化された教科書の閲覧・マーカー引きや辞書を引く際に使用。 2本指でピンチアウトを行う様子がみられた。

Table 6 小学生Eの結果

視覚補助具・ツール	主な使用場面
眼鏡	遠視・乱視矯正。遮光機能。常用。
斜面机	弱視学級における学習時に使用。
拡大鏡	弱視学級において漢字の構造確認の際に使用。
掲示用教材	漢字学習の際に E がなぞり書きを行えるよう、教師が教材として活用。

Table 7 視行動・見えにくさを補う行動

カテゴリー	研究協力者	A	B	C	D	E
網膜像拡大						
近接視による網膜像拡大		○	○	○	○	○
書字サイズの拡大			○		○	△
拡大コピーの利用			○		○	
拡大読書器, iPad 等の拡大機能活用		○	○	○	○	
コントラスト増強						
遮光眼鏡の装用			○	○	○	○
照明点灯等による照度確保		○	○	○	○	○
太陽光の遮断・調節		○	○	△	△	△
その他						
触覚の活用による情報収集補助		○	○	○		
他者への依頼・質問による情報収集		○	○	○	○	
資料整理による探索時間短縮		○	○		○	



Fig. 9 高校生Dが拡大コピー・iPad を使用する様子

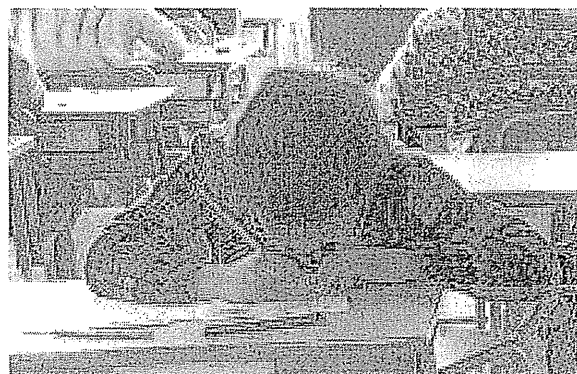


Fig.10 小学生Eが近接視を行う様子

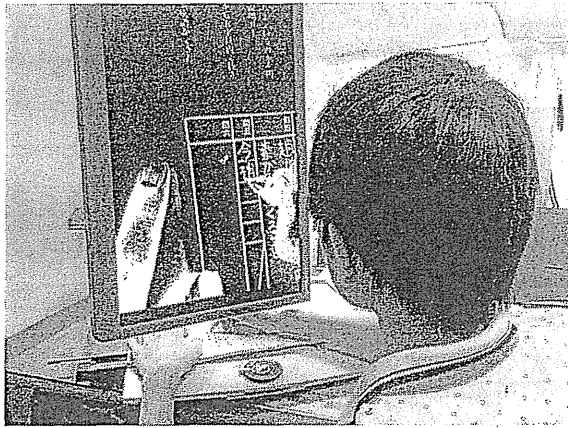


Fig.11 高校生Bが拡大読書器を使用する様子



Fig.12 高校生Dが拡大コピーを使用する様子

子どもの性格に配慮しながら、他者と関わって情報を得る力を身につけさせていくことが重要であると考え。

(3) 全体考察

「普通科の生徒においては『手持ちルーペ』が、保健医療科の生徒においては『拡大読書器』が最も頻繁に使用されている拡大補助具」(花井ら, 2010), 「活用頻度第1位に挙げられた補助具は、弱視レンズとCCTV」(青木ら, 2012) といったように、弱視者の拡大鏡、拡大読書器の使用頻度は高いとされていた。拡大鏡の具体的な使用場面は、高校生Bにおいてはテキスト、プリントを用いた学習時であった。拡大鏡を左手に、筆記具を右手に保持して、拡大鏡で注視することと記入とをこまめに繰り返して学習していた。高校生Dはプリントに関しては主に拡大コピーを近接視し、教科書や資料集に関してはiPadでデータを拡大し、近接視を行っていたが、その場で配布されたアンケートの

文章を注視する際は、拡大鏡を使用していた。小学生Eは教科書の漢字構造を確認する際に卓上型の拡大鏡を使用していた。これらのことは、拡大補助具が「持ち運びに便利」「見たいものがすぐに見られる」(花井ら, 2010) と示されていたことの実例といえる。

拡大読書器の使用場面について、社会人Aは資料の記入枠の注視・記入に使用しており、高校生Bはルビや長文の注視、テキストの解答枠への記入に使用していた。これらの活動時に拡大読書器を使用する理由として、画像を二値化した白黒反転機能でコントラストの増強が容易に行えること、長文を固視状態で読み進められることが挙げられる。また、拡大鏡では一度に見える範囲が限られているのに対し、拡大読書器では、記入枠への書き込みと、記入枠の幅や長さの把握を画面上で同時に行えることも利点であることが伺えた。

青木ら(2013)は、弱視レンズの使用用途として、辞書を引く際に用いることが小学校では54%、中・高では60%と、それぞれ1番目、2番目に多いことを示した。しかしながら、辞書を引く場面で高校生Bは電子辞書を、高校生DはiPadのアプリ「ジーニアス英和・和英辞典」を使用していた。これは青木ら(2013)が調査した成人弱視者が学齢期であった時代から、今日までに辞書を引く道具の選択肢が増えてきたことを示していると考えられる。また、青木らが電子辞書等の電子機器を、視覚補助具として認識していなかった可能性も挙げられる。小学生Eは辞書を近接視で使用していたが、これは辞書の索引・構造等を理解する学習段階であったためと考えられる。視覚支援の方法を考えるにあたっては、学習段階、本人の見え方の実態を鑑みた上で、なおかつ、その時々で晴眼者と同等のパフォーマンスを発揮できる、実用可能な道具を積極的に選択肢として取り入れていくことが必要であると考え。

青木ら(2012)は、拡大文字の図書、拡大コピーやリーディングサービスは補助的活

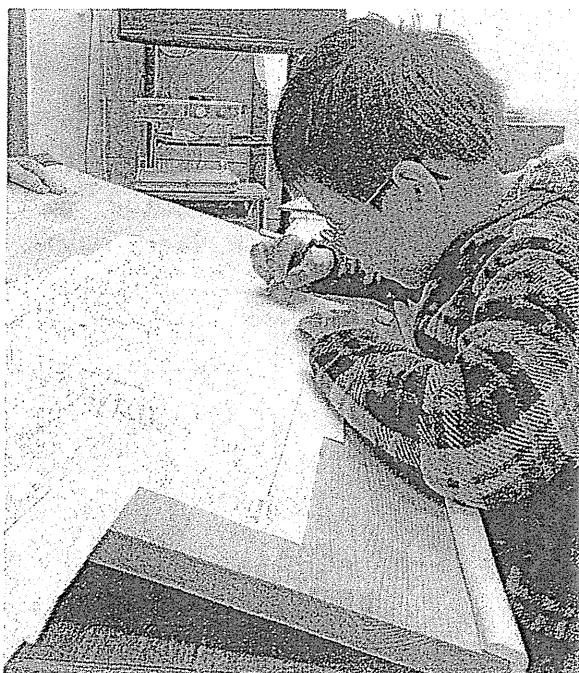


Fig.13 小学生Eが斜面机を使用する様子

用であると指摘した。同様に、高校生Bは拡大鏡、拡大読書器を主に使用しており、拡大コピーの使用は補助的であった。一方、高校生Dは授業10科目のうち、7科目で拡大コピーを使用していた。このことから、弱視者によっては拡大コピーも主要な視覚補助具となっていることが伺えた。高校生B、Dとで拡大コピーの使用頻度が異なる理由は、視覚特性が異なることが考えられる。高校生Bは視力よりも視野の広さが、見えにくさにより影響していることから、拡大コピーでは文字だけでなく用紙サイズが大きくなり、全体の把握を困難にすると考えられる。高校生Dは視野の広さよりも視力が見えにくさに影響していることから、拡大コピーを使用した方が読字や部分の検索を行いやすいことが考えられる。視覚支援を行うにあたっては、「使用者が多いから皆に同じように役に立つはずである」という視点ではなく、視覚特性や個人の好みに合わせた視覚支援法を選択する視点が必要である。この視覚支援法には、前述したように、電子辞書やタブレット端末といった電子機器、他者への依頼等も含めることができる。と考える。

青木ら(2012)は、書見台使用経験者は

調査対象者の24%と少なく、普及しない理由の検討の必要性を指摘した。また、奈良ら(2013)は、書見台を使用すると「学習効率が落ちる」と述べていた。書見台を使用していなくとも、高校生D、小学生Eのように近接視で前傾姿勢を取ることに慣れた弱視者がいることが原因の一つではないかと考えられる。また、高校生Bは、「机上に書見台を設置すると教具を置くスペースが限られる」と話した。これが、学習効率が落ちる一因ではないか。書見台・斜面機の導入の際には、姿勢が悪いと気道が狭くなってしまい好ましくないこと(氏間, 2010)、手元の照度確保に適していること等を説明した上で、書見台や斜面机以外に机を準備する等、十分な学習スペースを確保することが重要である。また、大人数の通常学級に限ったことであるが、書見台を使用すると、後方の児童生徒が黒板を注視する際に、書見台で黒板を覆って見えなくしてしまう可能性がある。高校生Dがテスト時のみ、小学生Eが弱視学級でのみ、斜面机を使用しているのはこれが一因であると考えられる。インクルーシブ教育の推進において、使用者である児童生徒とそれ以外の児童生徒の学習環境をどちらも最適な状況に整えることが望ましいが、解決策については、引き続き検討を行っていく必要があると考える。

本研究では、5名の弱視者に帯同し調査を行うことによって、より具体的な視覚補助具使用の実態を明らかにすることができた。弱視者は視覚補助具を始めとする視覚支援法を用いて、困難を解消し、晴眼者と活動内容やその質を合わせることができる。この時重要となるのは、何を使えるようになるかという道具主体の指導ではなく、どんな方法で見えにくさ・困難を解消することができるかというニーズを主体とした指導を、従来のものから最新の道具までを網羅して行うことであると考えられる。

参考文献

- 1) 青木成美・相羽大輔・奈良里紗・永井伸

- 幸・中野泰志 (2013) 弱視者が初等・中等教育期に活用してきた視覚補助具に関する調査研究. 宮城教育大学特別支援教育総合研究センター紀要, 8, 47-52.
- 2) 青木成美・永井伸幸・中野泰志 (2009) 成人弱視者の経済的観点から見た視覚補助具活用の違い—学校に通っていたときと社会人になってからとの比較. 第19回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 83.
- 3) 青木成美・永井伸幸・中野泰志・相羽大輔・奈良里紗 (2012) 成人弱視者の活用している視覚補助具—選択の過程とその内訳. 弱視教育, 50 (3), 13-16.
- 4) 花井利徳・中野泰志・吉野 中・澤海崇文・新井哲也・大島研介・草野 勉・山本 亮 (2010) 盲学校に在籍している弱視生徒に対するアンケート方式による拡大補助具等に関する実態調査 (2010年度実施). 高等学校段階における弱視生徒用拡大教科書の在り方に関する調査研究成果報告書, http://web.econ.keio.ac.jp/staff/nakanoy/research/largeprint/01_high_school/04_result/2010/chapter06/chapter06.html (2013年6月20日).
- 5) 川瀬芳克 (2007) 小児における補助具指導の導入と特性. 樋田哲夫 (編), 眼科プラクティス14「ロービジョンケアガイド」. 文光堂, 東京, 132-135.
- 7) 文部科学省 (2008) 高等学校段階における拡大教科書の普及推進の背景及び現状. 文部科学省ホームページ, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/1282367.htm (2013年6月20日).
- 8) 文部科学省 (2009) 視覚補助具・情報機器等の活用の必要性. 文部科学省ホームページ, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/1282378.htm (2013年6月20日).
- 9) 奈良里紗・相羽大輔・中野泰志・青木成美・永井伸幸 (2013) 成人弱視者が考える学齢期及び現在の視覚補助具活用—弱視レンズ・単眼鏡・書見台を中心に. 弱視教育, 51 (3), 18-22.
- 10) 氏間和仁 (2010) ロービジョンの訓練. 小田浩一 (監訳), ロービジョン・マニュアル. OBS, 東京, 309-324.

弱視教育 第五十三巻 第三号（平成27年12月25日発行）抜刷

視覚特別支援学校における3年間の
タブレット端末の活用状況
— 中学部理科の授業実践を通して —

北 野 琢 磨・氏 間 和 仁

視覚特別支援学校における3年間の タブレット端末の活用状況 — 中学部理科の授業実践を通して —

福岡県立北九州視覚特別支援学校

北 野 琢 磨

広島大学大学院教育学研究科

氏 間 和 仁

要約

近年、タブレット型多機能携帯端末（以下、タブレット端末）の技術進歩はすさまじく、教育界でもその普及に伴い様々な実践がなされ、その成果や課題が報告されている。筆者らは、平成24年度よりiPad（アップル社製）を用い、主に理科授業におけるその活用方法について研究を行っており、本年度までに中学校理科の全ての単元においてその活用を検討することができた。

3年間に於ける、iPad 活用の事例は79事例であり、それらを SAMR モデル（Puentedura, 2010）に基づいて学年ごとに整理・分類を行った結果、S（Substitution：代替）までが16事例、A（Augmentation：増強）までが17事例、M（Modification：修正）までが40事例、R（Redefinition：変革）までが6事例だった。

このことから、iPad が既存の器具の代替にとどまらず、生徒の学習方法や教師の授業方法等に様々な影響を与えていることが明らかとなった。

また、教師がiPad の操作法を身に付け、その有効性を認識することで、その活用方法が広がっていくとともに、生徒もiPad を活用する機会が増えることで、教師から指示されて使用するのではなく、自ら考え必要に応じて活用しようとする姿が増加することが分かった。

キーワード：理科授業、弱視、iPad、SAMR モデル

1. はじめに

近年、タブレット端末の技術進歩はすさまじく、教育界でもその普及に伴い様々な活用方法が模索されている。本研究においても、昨年度の青森大会においてタブレット端末に関する研究が数多く報告されるとともに（千葉ら, 2014；小山ら, 2014；朝日ら, 2014；小倉ら, 2014；松下ら, 2014）、「タブレット端末は未来を拓くか」というテーマでシンポジウムが行われた。

福岡県立北九州視覚特別支援学校では、平

成24年度より広島大学大学院教育学研究科氏間研究室の「iPad の視覚障害教育への活用に関する研究パートナー校」として主に理科授業におけるiPad の活用について研究を行ってきた。平成24年度は中学部1年生と2年生、平成25年度は2年生と3年生、本年度は3年生で実践を行い、中学校理科の一通りの単元でiPad の活用を検討できた。そこで、3年間の実践事例についてSAMRモデルに基づく整理・分類を試みた。その成果と課題を分析し、今後の実践に生かしていく

表1 授業実践対象者のプロフィール

生徒	視覚の状態	遠見視力			使用年度	
A	弱視	右0.03(0.5)	左0	両0.03(0.5)	H24	H25
B	盲	右0.03程度 (TAC による)			H24	H25
C	弱視	右0.4 (0.5)	左0.1 (0.1)	両0.5 (0.6)	H24	H25 H26
D	弱視	右0.07	左0.06	両0.07	H25	H26

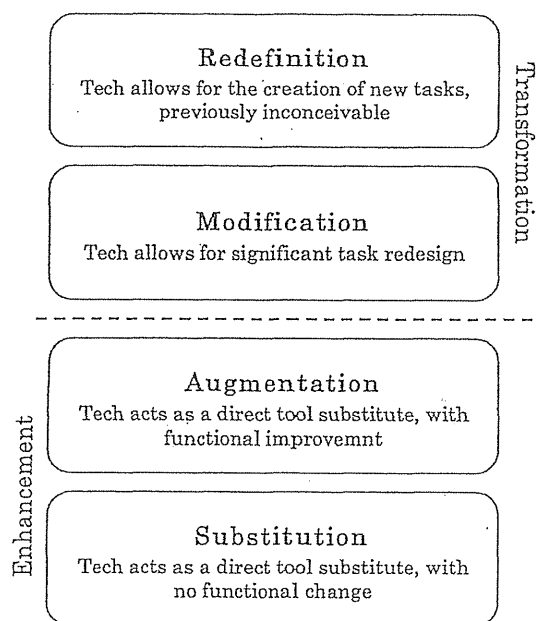


図1 SAMR Model
(Puentedura, 2010)

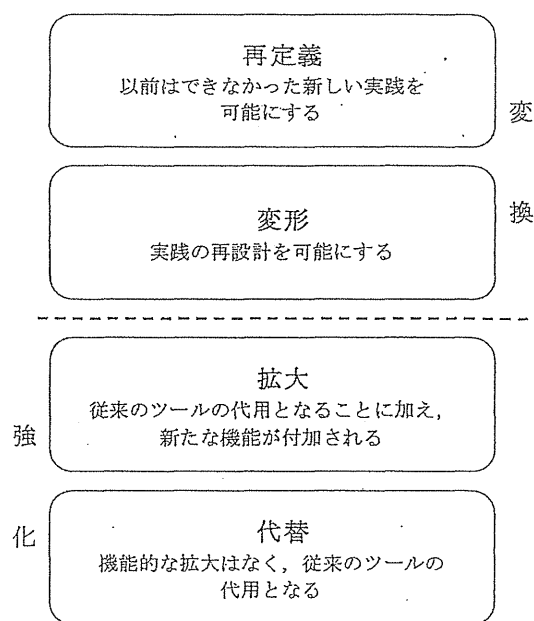


図2 SAMR モデル
(三井, 2014)

ことが本研究の目的である。

2. 実践事例の整理・集約

(1) SAMR モデルとは

Ruben R. Puentedura (2010) によって考案されたモデルであり、テクノロジーを利用する際にそれが従来の考え方や学び方に与える影響を4つの側面で示す尺度である(図1)。三井(2014)は、Puenteduraの著作を基に図2の様に意識したものを提案している。

SAMR モデルでは、「代替」「拡大」「変形」「再定義」と進むにつれ、授業等に大きな影響を与えるとされる。

また、「代替」から「変革」へと進むに従い、ブルーム及びその後継者らによって提唱された「ブルーム・タキソノミー」つまり、児童・生徒の認知スキルも「記憶」「理解」

「応用」「分析」「評価」「総合」という様により高度化すると指摘されている。

なお、本研究では民間が提案している意識、S(代替)、A(増強)、M(修正)、A(変革)を用いた。

(2) 授業実践と実践の整理・分類

授業実践で対象とした生徒の視覚の状況は、表1のとおりである。

授業では、東京書籍発行の「新しい科学1年～3年」を教科書として用いた。実践事例は、表2の様式で学年ごとに整理・分類を行った。

1年生22項目30事例、2年生16項目22事例、3年生23項目27事例の合計61項目79事例でiPadを活用した授業実践を行った。そのうちS(代替)のみの事例は16事例、A(増強)までは17事例、M(修正)までは40

表2 SAMR モデルによる整理・分類の例 (中学1年)

中学部理科授業での iPad 活用事例

1 使用教科書 東京書籍 「新しい科学 1年～3年」 2 1年 ※ 活用事例欄の数字は、新たに活用した年次 ①・・・研究1年次の事例 ②(③)・・・研究2(3)年次に新たに活用した事例							
単元名	活用項目	使用アプリ等	活用事例	S (代替)	A (補強)	M (修正)	R (変革)
ようこそ科学の世界へ	身近に見られる植物の観察	カメラ (静止画)	撮影・観察	・画面に大きく映し出して見る、弱視レンズの機能代替	・撮影して記録に残し、手元で拡大できる機能補強		
	植物図鑑 (検索)		① 植物検索	・植物を検索する植物図鑑の機能代替	・画像や文字を拡大表示して確認する機能補強		
	・観察2 水中の小さな生物	カメラ (静止画) AiORemote (印刷)	① 顕微鏡観察、記録	・視野映像を大きく映し出す顕微鏡投影装置等の機能代替	・視野映像を撮影して記録に残し手元で拡大しトリミングできる機能補強 ・撮影した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用)	・視野映像を他者と共有しながら観察できる授業形態の修正	
1 植物の世界 花のつくりとはたらき 葉、茎、根のつくりとはたらき	・観察1 色々な植物の花のつくり	カメラ (静止画)	撮影・観察	・画面に大きく映し出して見る、弱視レンズの機能代替	・撮影して記録に残し、手元で拡大できる機能補強		
	・観察2 葉のつくり	カメラ (静止画) AiORemote (印刷)	① 顕微鏡観察、記録	・視野映像を大きく映し出す顕微鏡投影装置等の機能代替	・視野映像を撮影して記録に残し手元で拡大しトリミングできる機能補強 ・撮影した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用)	・視野映像を他者と共有しながら観察できる授業形態の修正	
	・基礎操作の確認 顕微鏡の使い方	ePub 資料 (広島大学民間研究協力) iBooks	学習資料 ①	・教科書の代替	・文字の大きさ、フォント、画面の明るさ等を実態に応じて設定できる機能補強	・実際に使用する器具の静止画や動画を用いる資料内容の修正	
薬、茎、根のつくりとはたらき	・薬でできたゲンジブンの確認	カメラ (静止画)	薬の撮影、記録	・対象を撮影するデジタルカメラの機能代替	・撮影した画像を、手元で拡大し、トリミングできる機能補強 ・撮影した画像を他のアプリ (ペイント等) で利用できる機能補強		
		PlayPaint (追記)	結果予想 ①	・薬の給薬やふが描かれた、紙の機能代替 ・マジックの機能代替	・撮影した観察対象物の静止画に追記できる機能補強 ・消しゴムや修正液等を使わずに、何度も修正できる機能補強		・思い切った予想しようとする生徒の意識の変革
	・トライ 気体検知管での呼吸確認	カメラ (静止画)	気体検知管の目盛り確認 ①	・画面に大きく映し出して見る、弱視レンズの機能代替	・撮影した画像を手元で拡大できる機能補強 ・視認性を高めるためにコントラストを高めることができる機能補強 (フォークスロックス)		
	・観察3 蒸散と吸い上げられる水の量の関係	カメラ (静止画) PlayPaint (追記) AiORemote (印刷)	蒸散実験結果の記録 ① 気孔の顕微鏡観察、記録 ①	・対象を撮影する、デジタルカメラの機能代替 ・視野映像を大きく映し出す顕微鏡投影装置等の機能代替	・撮影した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用) ・視野映像を撮影して記録に残し手元で拡大しトリミングできる機能補強 ・撮影した画像に追記できる機能補強 (PlayPaint 使用) ・撮影、追記した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用)	・印刷した記録を授業プリントにはり、観察をまとめる授業方法の修正	
						・印刷した記録を授業プリントにはり、観察をまとめる授業方法の修正	
2 身のまわりの物質 身のまわりの物質とその性質 気体の性質	・トライ ダイオンの根の観察	カメラ (静止画)	ダイオンの根毛の実体顕微鏡による観察、記録 ①	・画面に大きく映し出して見る、弱視レンズの機能代替	・撮影した画像を、手元で拡大できる機能補強		
	・基礎操作の確認 顕微鏡の使い方 上皿てんびんの使い方 電子てんびんの使い方	ePub 資料 iBooks	学習資料 ①	・教科書の機能代替	・文字の大きさ、フォント、画面の明るさ等を実態に応じて設定できる機能補強	・実際に使用する器具の静止画や動画を用いる資料内容の修正	
		カメラ (静止画)	メシリンダーの目盛り、上皿てんびんの針の確認 電子てんびんの数値確認 ①	・画面に大きく映し出して見る、弱視レンズの機能代替			
	・気体の発生方法と性質	ビデオ (動画) SpeedUpTV (再生スピード調整)	アンモニア噴水の記録、確認 ① 水素が燃える様子の確認 ①	・動画を撮影・再生する、ビデオカメラの機能代替	・撮影した動画を、手元で拡大できる機能補強 ・撮影した動画の再生速度を調整できる機能補強 (SpeedUpTV 使用)	・短時間で起こる現象の瞬間を確認する、授業方法の修正	
	・実験5 水にとける物質の様子	カメラ (静止画)	電子てんびんの数値の確認 ①	・画面に大きく映し出して見る、弱視レンズの機能代替			
物質の姿と状態変化	・実験6 水にとけた物質を取り出す	カメラ (静止画) AiORemote (印刷)	蒸発させた物質の実体顕微鏡による観察、記録 ①	・視野映像を大きく映し出す顕微鏡投影装置等の機能代替	・視野映像を撮影して記録に残し手元で拡大しトリミングできる機能補強 ・撮影した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用)	・印刷した記録を授業プリントにはり、観察をまとめる授業方法の修正	
	・実験7 ろうが状態変化するときの体積や質量の変化	カメラ (静止画)	電子てんびんの数値確認 ①	・画面に大きく映し出して見る、弱視レンズの機能代替			

単元名	活用項目	使用アプリ等	活用事例	S (代替)	A (補強)	M (修正)	R (変革)
物質の姿と状態変化	・実験 8 エタノールが沸騰するときの温度	カメラ (動画)	試験管内の沸騰の確認 ①	画面に大きく映し出して見る。弱視レンズの機能代替	・撮影した動画を、手元で拡大できる機能補強	・危険なため目を近づけて観ることができなかった現象を確認することができるといった実験方法の修正	
		TabataPro (タイマー)	繰り返し測定時間の確認 ①	・実験時間の管理を行うタイマーの機能代替	・時間計測を繰り返して行える機能補強 ・設定時間前にカウントダウンを音で行う機能補強		
身のまわりの現象 光の世界	・実験 9 赤ワインを熱して出てくる物質	カメラ (動画)	枝つきプラスチック内の沸騰の確認 ①	・画面に大きく映し出して見る。弱視レンズの機能代替	・撮影した動画を、手元で拡大できる機能補強	・危険なため目を近づけて観ることができなかった現象を確認することができるといった実験方法の修正	
	・実験 1 かがみに当たった光の進む道筋	カメラ (静止画) (自作の撮影箱使用) PlayPaint (追記) AiORemote (印刷)	光の道筋の確認、記録 ①	・対象を撮影するデジタルカメラの機能代替	・画像を撮影して記録に残し手元で拡大しトリミングできる機能補強 ・撮影した画像に追記できる機能補強 (PlayPaint 使用) ・撮影、追記した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用)	・印刷した記録を授業プリントにはり、観察をまとめる授業方法の修正	
		ポケット定規	入射角、反射角確認 ①	・角度を測る、分度器の代替			
	・実験 2 透明な物体に入射する光の道筋	カメラ (静止画) PlayPaint (追記) AiORemote (印刷)	光の道筋確認、記録 ①	・対象を撮影するデジタルカメラの機能代替	・画像を撮影して記録に残し手元で拡大しトリミングできる機能補強 ・撮影した画像に追記できる機能補強 (PlayPaint 使用) ・撮影、追記した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用)	・印刷した記録を授業プリントにはり、観察をまとめる授業方法の修正	

単元名	活用項目	使用アプリ等	活用事例	S (代替)	A (補強)	M (修正)	R (変革)
音の世界	・実験 4 音の大小や高低と物体の振動との関係 ・理科学習発表会 (音について)	FreqAnalyzer PlayPaint (追記) AiORemote (印刷)	オシロスコープとして 音源装置として ①	・音の波を確認するためのオシロスコープの機能代替 ・様々な周波数や大きさの音を出す音源装置の機能代替	・結果が表示された画面をキャプチャして記録に残し、手元で拡大したり色の調整をしたりできる機能補強 ・キャプチャした画像に追記できる機能補強 (PlayPaint 使用) ・キャプチャ、追記した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用)	・キャプチャした画面をお互いに見せ合い、音の大きさや高さや振動や振動数の関係について意見を出し合う授業方法の修正 (科学へジャンプにて)	・様々な機器をそろえずとも実験が可能となる実験形態の変革 ・アプリを使用して実際に実験を行いながら発表する、発表形態の変革
		dBUltraPro	音の大きさの測定 ①	・様々な音が何デシベルか測定する騒音計の機能代替			
いろいろな力の世界	・実験 5 力の大きさとばねの伸びの関係	カメラ (静止画) メモ帳 (メモ)	ばねの伸びた長さの確認 ① 測定値のメモ、記録 ①	・画面に大きく映し出して見る。弱視レンズの機能代替 ・実験記録をメモする記録用紙の機能代替	・メモを静止画として記録できる機能補強	・机上をシンプルにすることができ (アーム使用) 実験の安全性や機能性を高める実験形態の修正	
大地の変化	・実験 1 火山灰の観察	カメラ (静止画) AiORemote (印刷)	実体顕微鏡観察、記録 ①	・視野画像を大きく映し出す顕微鏡撮影装置等の機能代替	・視野を撮影して記録に残し手元で拡大しトリミングできる機能補強 ・撮影した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用)	・印刷した記録を授業プリントにはり、観察をまとめる授業方法の修正	

単元名	活用項目	使用アプリ等	活用事例	S (代替)	A (補強)	M (修正)	R (変革)
大地の変化	・地層のでき方	カメラ (静止画) PlayPaint (追記) AiORemote (印刷)	実験でできた地層の確認、記録 ①	・画面に大きく映し出して見る。弱視レンズの機能代替	・撮影して記録に残し手元で拡大しトリミングできる機能補強 ・撮影した画像に追記できる機能補強 (PlayPaint 使用) ・撮影、追記した画像を WiFi 機能で即時に印刷できる機能補強 (AiORemote 使用)	・印刷した記録を授業プリントにはり、観察をまとめる授業方法の修正	

事例、R (変革) までは6事例であった。また、教師がiPadを活用する有効性やノウハウを知ったことで、2年次3年次は1年次に加え、使用したアプリの増加といった量的な変化のみならず、学習のまとめに活用した事例の増加といった質的な深まりがみられた。なお、生徒もiPadを活用する機会が増えることで、教師から指示されて使用するのではなく、自ら考え必要に応じてiPadを活用しようとする姿が増加した。

(3) それぞれの活用事例の傾向

① S (代替) としての活用

79事例すべてが既存の器具等を代替する役割を担った。中でも、視覚補助具の代替(25事例)、デジタルカメラやビデオカメラの代替(10事例)が多かった。図3は、顕微鏡撮影装置の代替の例である。顕微鏡の接眼レンズにiPadの背面カメラを近づけることで視野画像をiPad画面上に映し出して観察することが可能である。使用したアプリケーションソフトウェア(以下アプリ)は、

「カメラ」「明るく大きく」等である。他に、
オシロスコープ (図4)、音源装置 (図5)、
色識別装置 (図6)、騒音測定装置 (図7)、
プラネタリウム装置 (図8) などの代替とし

て活用した。

また、タイマー (図9)、分度器 (図10)、
単語帳 (図11)、電子黒板 (図12)、ワーク
シート (図13) などの代替としても活用した。

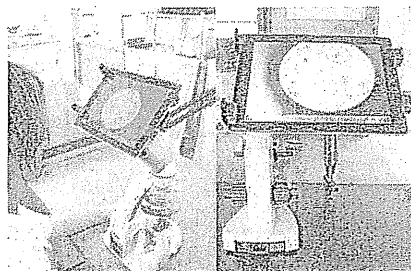


図3 顕微鏡撮影装置の代替
(アプリ カメラ・明るく大きく)

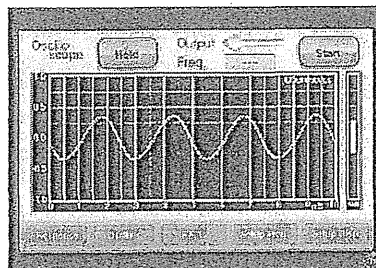


図4 オシロスコープの代替
(アプリ FreqAnalyzer)

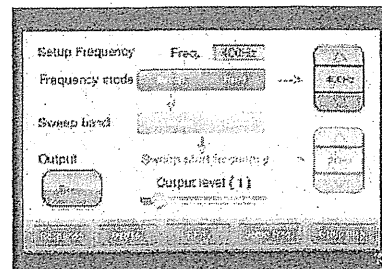


図5 音源装置の代替
(アプリ FreqAnalyzer)

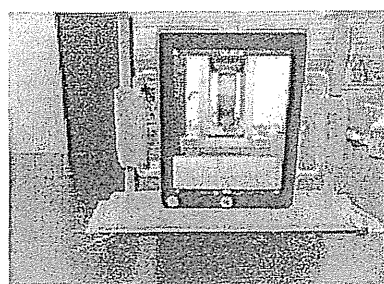


図6 色識別装置の代替
(アプリ ColorSay)

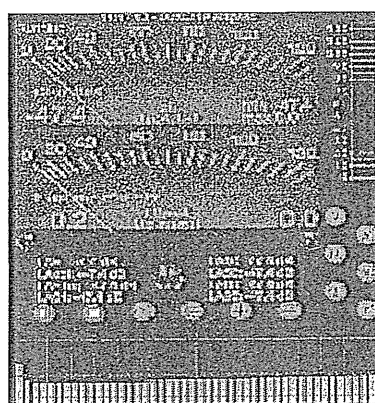


図7 騒音測定装置の代替
(アプリ dBUltraPro)



図8 プラネタリウム装置の代替
(アプリ 星座表)



図9 タイマーの代替
(アプリ TabataPro, ChocoTimeHD, BoxingTimerG)

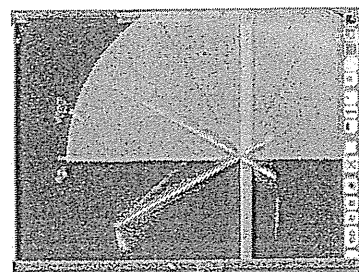


図10 分度器の代替
(アプリ ポケット定規)



図11 単語帳の代替
(アプリ ColorSay)



図12 電子黒板の代替
(アプリ Keynote)

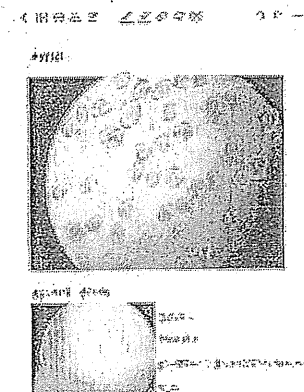


図13 ワークシートの代替
(アプリ GoodNotes)

②A（増強）としての活用

撮影した画像を手元で拡大（35事例）、追記やトリミング等の画像加工（22事例）、WiFi 機能を用いた印刷（18事例）等の事例が多かった。

図19は、撮影した画像をピンチアウトして拡大し、アプリ「カメラ」を利用して画像のトリミングを行った例である。「カメラ」の画像編集機能を活用すれば、トリミングの他に、画像の傾きや色調の変更も可能である。アプリ「明るく大きく」では、拡大のほかに明るさやくっきりさを一人一人の見え方に応じて調整することができるため、「カメラ」とともに多くの事例で用いた。

図15は、アプリ「PlayPaint」や「Sketch」

を用いて撮影した画像に追記した例である。追記は、主に実験・観察の方法や結果のまとめに用いた。

iPad では「カメラ」等で撮影した画像を、様々なアプリで二次利用できる。表3は画像を本研究で二次利用したアプリの例である。

③M（修正）としての活用

より安全に実験を行うための実験方法の修正（7事例）、撮影した静止画や動画を活用した授業方法の修正等の事例（28事例）が多かった。

図16は、顕微鏡観察における授業形態の修正の例である。iPad を活用することで、顕微鏡の視野画像を他者と共有することが可能

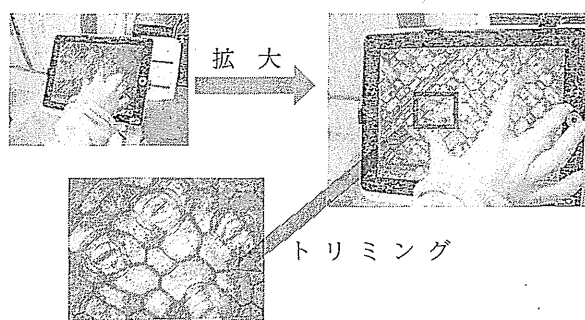


図14 画像の拡大およびトリミングの例
(アプリ カメラ)

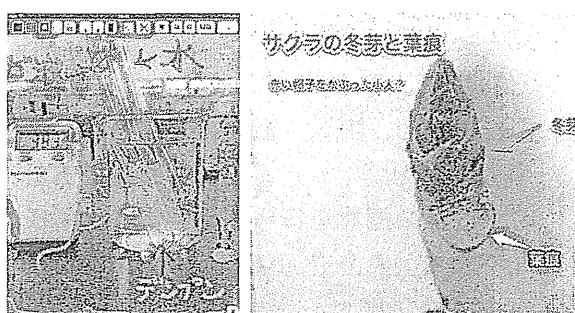
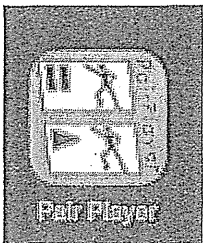
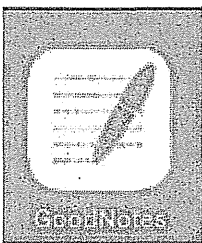
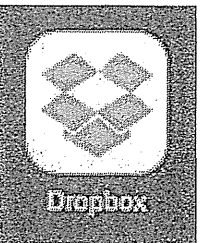
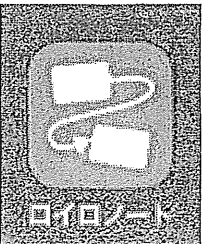
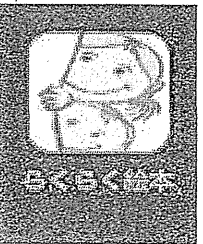


図15 画像への追記の例
(アプリ 左: PlayPaint 右: Sketch)

表3 画像を2次利用したアプリの例

			
プレゼンテーション	画像比較	ノート	クラウド
			
追記	追記	記録・マッピング	絵本作成

となるため、自分の視野画像について他者に意見を求めたり、教師が生徒に助言したりすることが容易となった。

図17は、理科室で印刷した記録写真をワークシートにはり、観察記録をまとめる授業方法の修正の例である。これまでカメラで撮影した実験や観察の写真は、一度パソコンに取り込む必要があったり印刷室等他の教室で印刷したりする必要があった。そのため生徒に渡すまでに時間がかかり、その時間内にワークシートに写真を貼って記録をまとめることができないこともあった。しかし、理科室にWiFi機能対応の印刷機を設置し、iPadの無線機能(WiFi機能)を活用することで理科室内で印刷が可能となり、撮影した写真を使ってワークシート等のまとめを行うことが容易となった。

図18は、本校にある実験器具の写真や動画を用いて、実験や観察の資料を電子教材化(以下、ePub化した資料)した例である。筆者が内容の編集を行った後、広島大学民間研究室にてePub化する方法で、平成24年度からの3年間で、表4の通り12タイトル作成した。

iPadにePub化した資料を取り入れて用いるという授業方法の修正を行ったことにより、教師の説明時間が短縮し生徒の活動量が増える傾向がみられた。これはePub化することにより、実験器具の写真の閲覧がスムーズに行えたり、自動で行替えが行われたり、読み易い文字サイズの設定が行えたりするた

めだと考えられた(松下ら, 2014)。

図19は、現象が起きた瞬間をiPadを用いて確認する授業法の修正の例である。

視覚障害を有する生徒にとって、水素の燃焼や放電などの瞬間におこる現象は、音は確認できるが現象そのものを視認することが困難な場合が多い。そこで、その現象を動画影し、再生速度を遅くすることで、現象そのものを確認することが可能となった。

図20は、危険が伴うため目を近づけて確認することができなかった現象をiPadを使うことによって安全に確認することができるようにした授業方法の修正の例である。中学校の化学実験では、実験の過程でガスバーナーを用いたり、化学変化が起こる際に激しい光や熱を伴ったりすることで目を近づけて現象を確認することが困難なものも多い。そのような際、スタンドやアームにiPadを固定することで、現象を安全な位置からリアルタイムに確認することが可能となった。また、同時に動画で録画しておくことで実験後に繰り返し確認することも可能となった。

図21は、星の日周運動を生徒自身がiPadのアプリを用いて確認する授業方法の修正例である。

夜間に実際の天体を観測することは、視覚障害を有する生徒にとって最も困難な活動の一つである。また、星座盤は盤の周囲に書かれた数字が小さく日時の設定を行うのが難しい。iPadの星空表示アプリは、見たい方角・高度にiPadを向けるとその方角・高度の星

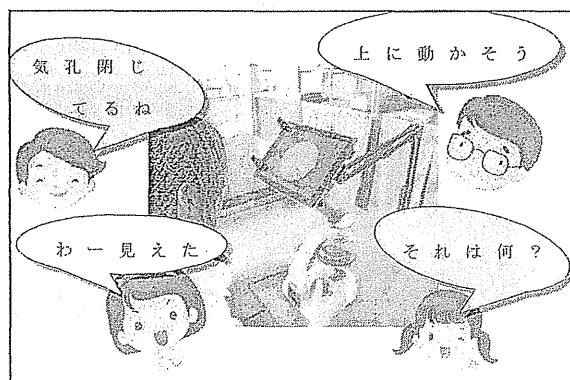


図16 顕微鏡観察での授業形態の修正

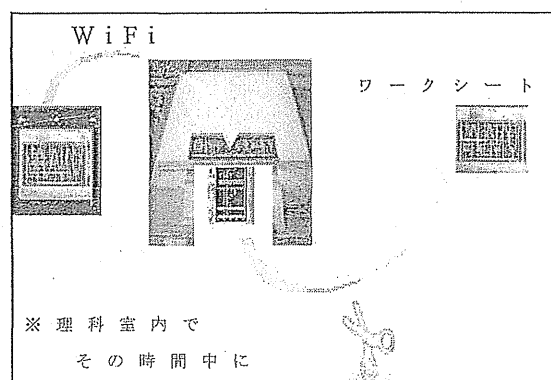


図17 無線 | 印刷を用いた授業方法の修正

空が表示される。また、時間設定も容易にでき、自動で設定した日時の星空が表示される。このような機能を使って、生徒自身が天体の日周運動や年周運動のシミュレーションを行うことで、その理解につながった。

④ R（変革）としての活用
追記アプリ活用でみられた活動に対する生徒の意識変革（間違いを恐れずに予想してみる）や音声補助が必要な生徒への実験方法の変革（色識別アプリや読み上げる pH メータ

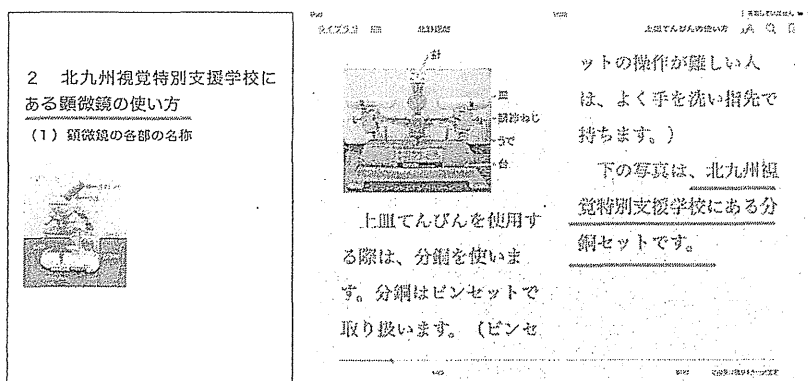


図18 実験や観察の資料を ePub 化した例（アプリ iBooks）

表4 ePub 化した資料

中1	中1	中1	中2
中2	中2	中3	中3
中3	中3	中3	中3

ーアプリの活用)の事例があった。

図22は、追記アプリ活用でみられた、実験結果を思い切って予想しようとする生徒の意識変革の例である。

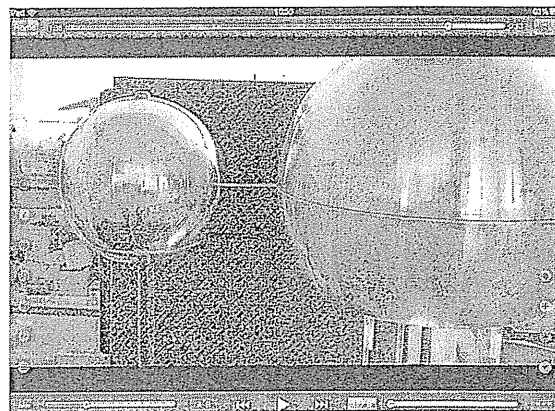
使用した追記アプリでは、iPadの画面をタップすることで、描いたものを削除し修正す

ることが可能なため、間違えることを恐れずに以前より思い切って予想する姿が見られるようになった。

図23は、音声補助を必要とする生徒が、自分自身で、pHを測定したり色の変化を確認したりすることを可能とした実験方法の変



水素が燃焼する瞬間の確認 (中1)



放電の瞬間の確認 (中2)

図19 現象が起きた瞬間をiPadを用いて確認する授業方法の修正 (アプリ・カメラ・SpeedUpTV)



図20 目を近づけることができない実験で現象を安全に確認する授業方法の修正 (アプリ・カメラ)
エタノールの沸騰の確認 (中1)



17:30



2時間後のシミュレーション



シミュレーションする生徒

図21 天体の動きを生徒自身がiPadでシミュレーションする授業方法の修正 (アプリ・星座表・StarWalk)
天体の日周運動の確認 (中1)

革の例である。iPad のボイスオーバー機能を活用することでこれまで他者の支援が必要であった活動を一人で行うことができるようになり、その結果、実験に対する興味・関心・意欲が増すとともに、自分でできたという自己肯定感が高まった。

3. 成果と課題

(1) 成果

- ・ SAMR モデルを用いて、これまでの実践事例を整理・分析することで、iPad が既存の器具の代替にとどまらず、生徒の学習方法・意識や教師の授業方法等に様々な影響を与えていることが明らかとなった。

(2) 課題

- ・ iPad を活用するからこそ可能となる、S（修正）やR（変革）の活用について研究を進め実践していくこと。
- ・ 通常の学級で行われている授業の中で、視覚障害を有する生徒が主体的に学習を行うための補助具としてS（代替）やA（補強）の事例を通常学級担当の先生方にも広めていくこと。

4. 終わりに

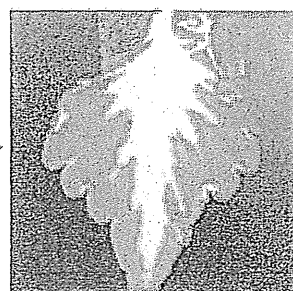
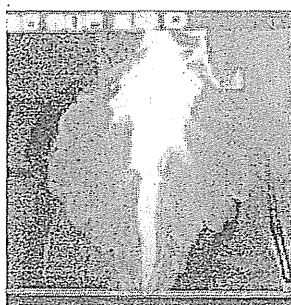
筆者が本研究でタブレット端末で目的に応じた活用を行えるまでには、表5に示す4段階があった。

表5 タブレット端末活用の4段階

1 段階	使い方が分からず活用できない段階
2 段階	基本的な使い方が分かりとにかく使いたい段階
3 段階	自ら使いたいアプリを探す段階
4 段階	授業の一つのツールとして目的に応じて活用できる段階

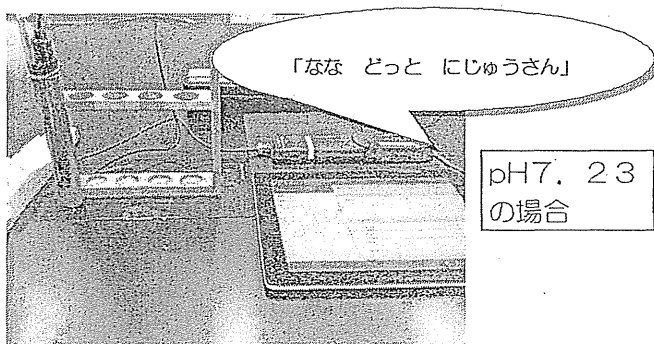


追記アプリで予想する生徒

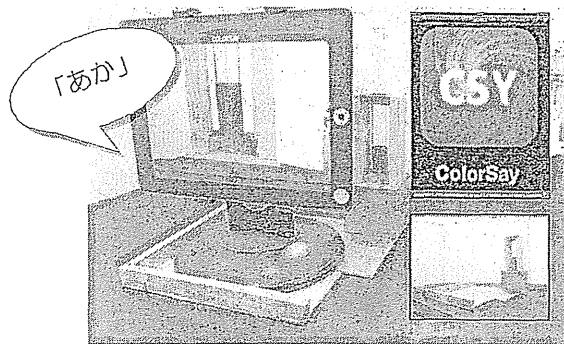


何度でも修正することが可能

図22 葉でできるデンブンの場所の予想（中1）



水素イオン濃度の測定（中3）



指示薬による色の変化の確認（中3）

図23 音声補助の必要な生徒が自分で実験できる実験方法の変革例（アプリ 左：SPARKvue 右 ColorSay）

最終的な目標は4段階に達することだが、それを達成するためには、2段階のとにかく使ってみるということが大変重要であった。視覚障害教育についての専門性をもつ教員が、タブレット端末をとにかく使い、タブレット端末本体及び様々なアプリの機能を知るとともに、可能なことや不可能なことを自身で感じる事が、授業での有効活用につながる。ただし、第2段階はより短期間が望ましい。そのためにも、本稿のような実践事例が多く世に出ることが重要である。これまで先達が築いてきた視覚障害教育の「不易」の部分を持継承していきながらも、タブレット端末の活用という「流行」の部分を組み合わせることが、今後、視覚障害を有する児童生徒の

より充実した学習を可能にする。つまり不易の部分をもっと洗練させていくであろう。

参考文献

- 1) Puentedura, R. R. (2010) Ruben R Puentedura's We blog ,2010/12/08, <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/000049.html>
- 2) 三井一希 (2014) SAMR モデルを用いた初等教育における ICT 活用実践の分類. 日本教育工学会研究報告集, 14-2, 37-40.
- 3) 松下萌・北野琢磨・佐々木良治・氏間和仁 (2014) 弱視教育における電子教材の作成と実践例. 弱視教育, 52 (2), 19-26.



CLINICAL INVESTIGATION

Persistent hypotony after trabeculectomy: incidence and associated factors in the Collaborative Bleb-Related Infection Incidence and Treatment Study

Tomomi Higashide¹ · Shinji Ohkubo¹ · Yosuke Sugimoto² · Yoshiaki Kiuchi² · Kazuhisa Sugiyama¹

Received: 25 October 2015 / Accepted: 16 February 2016
© Japanese Ophthalmological Society 2016

Abstract

Purpose To investigate the incidence of and factors associated with persistent hypotony after trabeculectomy with mitomycin C in the Collaborative Bleb-Related Infection Incidence and Treatment Study (CBIITS), a 5-year prospective multicenter study.

Methods A total of 955 eyes of 955 patients who underwent trabeculectomy with mitomycin C were studied. Surgical failure was defined as insufficient intraocular pressure (IOP) reduction (IOP > 21 mmHg or <20 % IOP reduction, or further glaucoma surgeries), loss of light perception, or persistent hypotony (IOP ≤ 5 mmHg persisting for >6 months). Factors associated with persistent hypotony in eyes with sufficient IOP reduction were determined by survival analysis and logistic regression analysis.

Results The cumulative probabilities of surgical success and persistent hypotony at 5 years were 62.0 ± 1.7 % ($\pm$ standard error) and 7.7 ± 0.9 %, respectively. In 685 eyes with sufficient IOP reduction, preoperative IOP (mmHg), limbus-based conjunctival flap, or choroidal detachment that occurred within 6 months of the surgery were significant risk factors for persistent hypotony [Cox proportional hazards regression model: hazard ratio, 0.95, 2.27, 3.24; 95 % con-

fidence interval (CI), 0.91–0.98, 1.21–4.23, 1.51–6.95; $P = 0.005$, 0.01, 0.003, respectively]. Bleb infection and final visual acuity (logarithm of the minimal angle of resolution) were significantly associated with persistent hypotony (logistic regression: odds ratio, 8.74, 1.37; 95 % CI, 1.89–40.4, 1.03–1.82; $P = 0.006$, 0.029, respectively).

Conclusions In the CBIITS, eyes with successful IOP reduction, a limbus-based conjunctival flap, lower preoperative IOP, and choroidal detachment that occurred within 6 months of the surgery were identified as risk factors for persistent hypotony.

Keywords Trabeculectomy · Persistent hypotony · Risk factor · Prospective study · Mitomycin C

Introduction

Although adjunctive use of antifibrotic agents improves the success rate of trabeculectomy, secured filtration may increase the risk of postoperative adverse events, including hypotony. Several retrospective studies have reported a higher incidence of persistent hypotony in association with the adjunctive use of mitomycin C (MMC) [1, 2]. Persistent hypotony is regarded as an important cause of visual loss after trabeculectomy through hypotony maculopathy and other ocular pathologies [3–5]. In addition, persistent hypotony has become one of the principal failure criteria of filtration surgery in recent studies [4–7], as recommended by the guidelines of the World Glaucoma Association [8]. An increase in persistent hypotony may decrease the overall surgical success rate.

Identification of risk factors for persistent hypotony may facilitate the implementation of appropriate measures to prevent visual loss. However, the risk factors have not been

✉ Tomomi Higashide
eyetomo@med.kanazawa-u.ac.jp

¹ Department of Ophthalmology and Visual Science, Kanazawa University Graduate School of Medical Science, 13-1 Takara-machi, Kanazawa 920-8641, Japan

² Department of Ophthalmology and Visual Science, Hiroshima University Graduate School of Biomedical Sciences, Hiroshima, Japan

evaluated in multicenter prospective studies, although single-site retrospective studies reported that a limbus-based conjunctival flap [9, 10] and a low early postoperative intraocular pressure (IOP) level [3] were associated with hypotony. The Collaborative Bleb-Related Infection Incidence and Treatment Study (CBIITS), a 5-year prospective multicenter study with over a thousand participants, was conducted in Japan to investigate the incidence and treatment outcomes of bleb-related infection after trabeculectomy with MMC [11, 12]. Although surgical success rates and risk factors for surgical failure in CBIITS have been reported, the influence of persistent hypotony on surgical outcome was unknown [13, 14]. Therefore, in the study reported in the present paper, we investigated the incidence of and factors associated with persistent hypotony after trabeculectomy with MMC in the CBIITS.

Materials and methods

The multicenter prospective study, CBIITS, was performed in accordance with the tenets of the Declaration of Helsinki, and was approved by the institutional review board of each clinical center. Written informed consent was obtained from all patients.

Study participants

As described in detail previously [11, 12], the enrollment period for the CBIITS, which ended on March 31, 2007, was 2 years, and the follow-up period ranged from 1 to 5 years, with assessments performed at 6-month intervals, at which time postoperative complications and interventions were reported. The criteria and procedures for diagnosing complications were at the discretion of each investigator. A total of 1249 eyes of 1249 patients who underwent any type of filtering surgery with or without cataract surgery or other intraocular surgeries were enrolled. Thirty-four institutions participated, and consecutive eligible participants were recruited at each site. The first operated eye was included when both eyes were eligible. The surgical technique and postoperative management were at the discretion of the local investigators. Among all the CBIITS participants, 1098 eyes of 1098 patients treated with MMC-augmented trabeculectomy with or without cataract surgery were included in this study.

Examinations and outcome definitions

The IOP was measured by Goldmann applanation tonometry. The average of the three preoperative IOP measurements closest to the time of surgery and the IOP

measurements closest to the follow-up assessments was adopted. Best-corrected visual acuity (BCVA) was measured at baseline and each follow-up visit. Persistent hypotony was defined as a sustained low IOP of ≤ 5 mmHg lasting longer than 6 months. Surgical failure was defined as insufficient IOP reduction (IOP > 21 mmHg or < 20 % IOP reduction from baseline at two consecutive follow-up visits or further glaucoma surgeries), loss of light perception, or persistent hypotony. Regarding the IOP-related criteria, the time of failure was counted as the second consecutive follow-up visit at which the criteria were met. Laser suture lysis and bleb needling were not regarded as further glaucoma surgeries. Patients with incomplete IOP data, which rendered the judgment of the IOP-related failure inconclusive, were excluded. Patients with no light perception at baseline, a lack of baseline or follow-up visual acuity data, or an unknown glaucoma type were also excluded.

Statistical analyses

For the continuous variables, the Kolmogorov–Smirnov test was used to examine distribution normality. For variables with a nonnormal distribution (i.e., nonparametric variables), the median and range were reported instead of the standard deviation, which was reported for variables with a normal distribution. For comparisons between eyes with and without persistent hypotony, an independent sample *t*-test and a Mann–Whitney test was used for the parametric and nonparametric variables, respectively. For categorical variables, the Fisher exact test or chi-square test was employed. For the comparisons between two groups adjusting for confounding factors, logistic regression analysis was used. BCVA was converted into the logarithm of the minimal angle of resolution (logMAR) format (counting fingers, 2.3; hand movements, 2.6; light perception, 3.0; no light perception, 3.6). A marked decrease in BCVA was defined as a > 0.3 unit increase in the logMAR value [15]. The cumulative probabilities of surgical success and the incidence of persistent hypotony were analyzed using the Kaplan–Meier method.

To identify the factors associated with persistent hypotony, subsequent analyses focused on cases with sufficient IOP reduction after trabeculectomy (IOP ≤ 21 mmHg and ≥ 20 % IOP reduction from baseline), given that hypotony usually occurs because of excess filtration. Various factors at baseline (baseline factors) or during surgery (intraoperative factors) and surgical complications and additional interventions that took place before the development of persistent hypotony (postoperative factors) were examined using Kaplan–Meier survival curves as well as the log-rank test (univariate analysis) and the Cox proportional hazards

Table 1 Baseline patient characteristics

Number of patients/eyes	955/955
Age (years), mean, median (range)	63.3, 65 (13–91)
Sex (F/M)	390/565
Types of glaucoma	
POAG/NTG	477 (49.9 %)
Primary angle-closure glaucoma	59 (6.2 %)
Exfoliative glaucoma	108 (11.3 %)
Neovascular glaucoma	72 (7.5 %)
Uveitic glaucoma	102 (10.7 %)
Others	137 (14.4 %)
Preoperative IOP (mmHg), mean, median (range)	24.9, 23 (8–70)
Number of preoperative IOP-lowering medications, mean, median (range) ^a	2.8, 3 (0–5)
Preoperative systemic carbonic anhydrase inhibitors ^a	351 (37.1 %)
Preoperative best-corrected visual acuity (logMAR), mean, median (range)	0.44, 0.15 (–0.18 to 3.0)
Previous cataract surgery	256 (26.8 %)
Previous glaucoma surgery	200 (20.9 %)
Previous pars plana vitrectomy	52 (5.4 %)
Follow-up periods after trabeculectomy (months), mean, median (range)	52.8, 60 (12–60)

POAG primary open-angle glaucoma, NTG normal-tension glaucoma, logMAR logarithm of the minimal angle of resolution

^a 10 cases were excluded owing to a lack of medication information

regression model (univariate or multivariate analysis) to identify factors significantly associated with persistent hypotony. Factors with probability values below 0.2 in the log-rank test or univariate Cox regression analysis underwent stepwise multivariate Cox regression analysis. When two factors were strongly correlated ($\rho > 0.7$ or $\rho < -0.7$, $P < 0.05$; Spearman rank correlation), only the factor with the smaller probability value was entered into the multivariate regression analysis. Statistical analysis was performed with SPSS software (IBM SPSS Statistics 20; IBM, New York, USA). MedCalc (v15.11.4; MedCalc Software, Ostend, Belgium) was used to draw Kaplan–Meier survival curves with 95 % CIs. For all analyses, probability values below 0.05 were considered significant.

Results

The baseline patient characteristics are shown in Table 1. A total of 955 of 1098 CBIITS cases were included; 138 cases were excluded because of incomplete IOP data. Two and three cases were excluded because of no light perception at baseline and incomplete visual acuity data, respectively. Regarding the trabeculectomy procedure, a limbus-based conjunctival incision was selected in 550 eyes (57.6 %), and simultaneous cataract surgery was performed in 163 eyes (17.1 %). The 5-year follow-up was completed in 75.0 % of the cases. As shown in Fig. 1, the

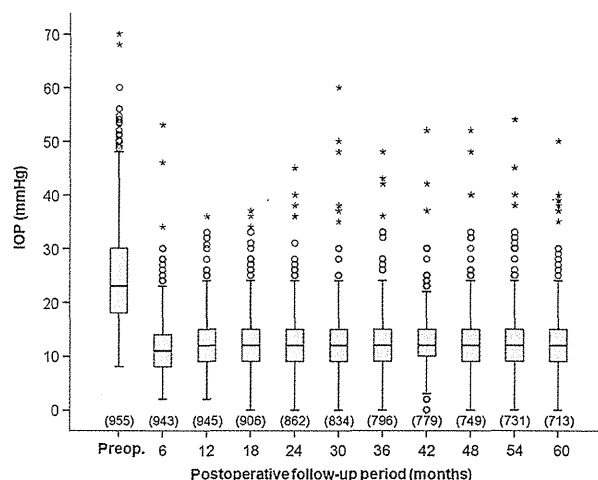


Fig. 1 Postoperative intraocular pressure course after trabeculectomy. Box plot of intraocular pressure at each time point is shown. Box interquartile range, whiskers nonoutlier minimum and maximum, circles outliers defined as >1.5 times the interquartile range above the 75th percentile or below the 25th percentile, asterisk extreme value defined as >3 times the interquartile range above the 75th percentile. The number of eyes measured at each time point is shown in parentheses. IOP intraocular pressure

mean postoperative IOP remained stable at about 12 mmHg.

A Venn diagram of the surgical failure by each criterion is shown in Fig. 2. Overall surgical success was achieved in 622 of 955 eyes (65.1 %). A total of 270 eyes (28.3 %)

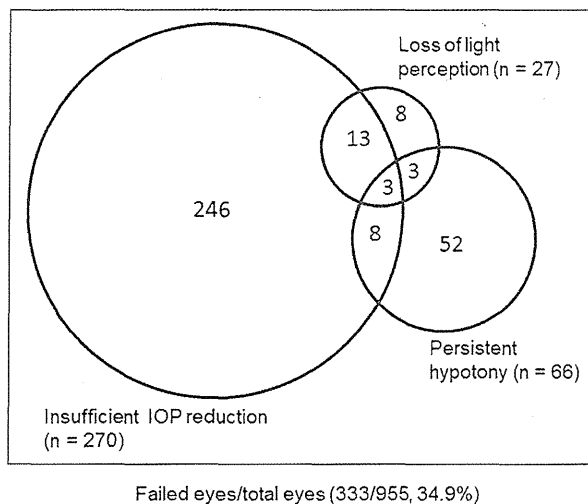


Fig. 2 Venn diagram of surgical failure by each criterion. All surfaces presented in this diagram are proportional to the number of eyes in each area. The *rectangle* indicates the total number of eyes. Definition of insufficient IOP reduction was IOP > 21 mmHg, <20 % IOP reduction, or further glaucoma surgeries. IOP intraocular pressure

failed owing to insufficient IOP reduction. Of these, 96 eyes (35.6 %) underwent further glaucoma surgeries, 28 eyes (10.4 %) failed owing to IOP > 21 mmHg, and 146 eyes (54.1 %) failed owing to <20 % reduction from baseline. Twenty-seven eyes (2.8 %) lost light perception postoperatively. Among them, 8 eyes failed solely on the basis of the visual acuity criteria. Sixty-six eyes (6.9 %) developed persistent hypotony. Of these, 52 eyes failed solely on the basis of the hypotony criteria.

The Kaplan–Meier survival curves of surgical success are shown in Fig. 3. Overall surgical success was 62.0 ± 1.7 % ($\pm$ standard error) at 5 years, and surgical success regardless of persistent hypotony was 68.0 ± 1.6 % at 5 years. The Kaplan–Meier survival curves of persistent hypotony are shown in Fig. 4. The cumulative incidence of persistent hypotony at 5 years, expressed as the proportion to the total number of eyes, was 7.7 ± 0.9 % in all eyes, 6.4 ± 0.8 % in eyes with sufficient IOP reduction, 0.6 ± 0.3 % in eyes with IOP reduction <20 %, and 0.7 ± 0.3 % in eyes with further glaucoma surgeries. Among the 66 eyes with persistent hypotony, 55 eyes had sufficient IOP reduction. In contrast, 11 eyes exhibited persistent hypotony despite insufficient IOP reduction. Of these, none required treatment for hypotony. Six eyes developed persistent hypotony only after further glaucoma surgeries: surgical bleb revision in four eyes, trabeculectomy at a different site in one eye, and cyclophotocoagulation in two eyes. One eye underwent two procedures. The remaining five eyes had low

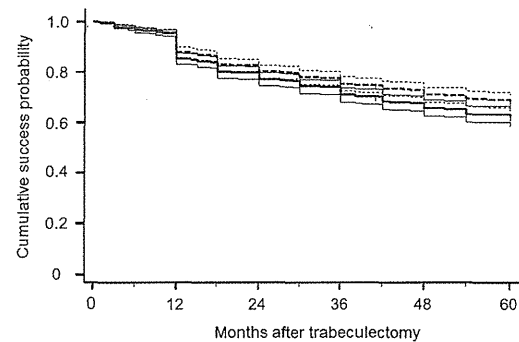


Fig. 3 Kaplan–Meier survival analysis of surgical success. Cumulative probabilities of overall surgical success (*solid line*) and surgical success regardless of persistent hypotony (*dotted line*) are shown. The gap between two curves implies the occurrence of surgical failure owing to persistent hypotony. The thinner lines indicate the 95 % CIs

preoperative IOP (8–16 mmHg) and met the IOP criteria of <20 % reduction from baseline during the follow-up period.

In 685 eyes with sufficient IOP reduction (i.e., IOP ≤ 21 mmHg and ≥ 20 % IOP reduction from baseline), the respective incidences of persistent hypotony were 2.9 ± 0.6 , 6.1 ± 0.9 , and 9.1 ± 1.2 % at 1, 3, and 5 years postoperatively. Persistent hypotony developed after a median period of 24 months (range 12–60) in 55 eyes. Of these, 3 eyes (5.5 %) developed sustained hypotony maculopathy. Treatments for hypotony were performed in 6 eyes (10.9 %): scleral flap sutures in 2 eyes, compression suture in 1 eye, conjunctival autograft for bleb leak in 1 eye, intraleak injection of autologous blood in 1 eye, and a choroidal tap for choroidal detachment in 1 eye. In contrast, 19 eyes (35 %) showed a subsequent IOP elevation (≥ 6 mmHg) without any treatments or cataract surgery. The follow-up period was significantly longer in eyes with an elevation of IOP after choroidal detachment without any intervention or cataract surgery than in eyes without an IOP elevation ($P = 0.02$, Mann–Whitney test). No other factors were significantly different between eyes with and without an IOP elevation. Marked visual acuity loss occurred in 17 eyes (30.9 %). A limbus-based conjunctival flap was more frequent in eyes with marked vision loss than in eyes without (94.1 vs. 68.4 %, $P = 0.035$, Fisher exact test). No other factors were significantly different between eyes with and without marked vision loss.

Comparisons of factors between eyes with ($n = 55$) and without ($n = 630$) persistent hypotony are shown in Table 2. Preoperative IOP was significantly higher in nonhypotonic eyes than in hypotonic eyes ($P = 0.006$). Limbus-based conjunctival incision was significantly more frequent in hypotonic eyes than in nonhypotonic eyes ($P = 0.003$). The percentage of eyes with choroidal