



まえがき (p.2：カッコ内は原著ページ数。以下同)

- いま問われているのは、テクノロジーを教室で活用すべきかどうかではなく、どのように導入すれば最も効果的に若者の学習成果を向上できるかという点である。
- この報告書にまとめた包括的な提言内容によってテクノロジーそのものが若者の学習成果を向上させることはないが、その背後にある教授法 (pedagogy) は向上させることができる (例：児童生徒にタブレットを買い与えたとしても全員の達成度を押し上げるわけではないが、児童生徒が取り組む練習の質や量を、クイズアプリを通じて増やしたり、児童生徒の思い違いに対して的確なフィードバックを提供したりといった意図で使用すれば、達成度を押し上げる可能性が一段と高まる)。

はじめに (p.3)

- テクノロジーのエビデンスを要約することは、技術革新のスピードや教室内で採用されてきたテクノロジーの種類の高さや研究された経緯が多様であることから、難易度が高くなっている。しかし、特筆すべきは、40 年以上にわたって構築されてきたエビデンスの上に共通のメッセージが明確に表れたことである。
- 最も重要なメッセージは、「学習を向上させるには、テクノロジーを効果的な教授法 (pedagogy) に基づいて活用しなければならない」ということである。いかにテクノロジーを活用して学習成果を向上させるかという問いは、いかに効果的な教授をするか、そして、子供はいかに学ぶのかといった問いと同じである。だからこそ、教室での最良の活用方法を検討する (提言 1) ための包括的な枠組みを提供することに加えて、この報告書は効果的な教授法における重要要素—説明とモデリング (提言 2)、児童生徒の練習 (提言 3)、評価とフィードバック (提言 4) —から構成されている。

提言概要 (pp.4-5)

提言 1：テクノロジーによって教授法や学習がどのように質向上するかを事前に検討する

- 新たなテクノロジーはいつでも刺激的に見える。しかし、明確なニーズに対応する形で導入されない限り、(問題を解決するのではなく) 解決すべき問題を探る道具となり下がる可能性がある。通常、新たなテクノロジーの導入は評価指針のレビューなどの広範な計画と結びつけると有益であることが多い。
- 学校側はテクノロジーによってどのように学習が向上するのか、教育学上の (pedagogical) 根拠・仮説を考慮する必要がある。
- 支援と実施の明確なプランがなければ、テクノロジーがインパクト (影響) を与える可能性はあまりない。明確なプランには、初期の研修に何が必要か、必要な時間やリソースはどのぐらいか、どういった継続的支援を用意すべきかを検討することも含まれる。
- テクノロジー導入の判断に際しては、テクノロジーの実施費用について、期待されている利益と併せて分析することが含まれる。これには初期費用と継続的に必要な費用の両方を含めて検討する必要がある。

提言2：テクノロジーを活用して質の高い説明やモデリングを実現する

- テクノロジーは教師が新しい概念やアイデアを説明しモデリングするのを助け得る。
- 新たな形態のテクノロジーを導入したからといって教師の教授方法が自動的に変化するわけではない。電子黒板の導入の失敗は、テクノロジーを採用するにあたって教育学上の（pedagogical）根拠を考慮する必要性、および、教師が当該テクノロジーを効果的に活用するために必要な訓練を慎重に計画しなくてはならないことを明確に示す。
- テクノロジーは教師の代替ではなく、補助的に活用することで最も効果を発揮する。

提言3：テクノロジーを使って児童生徒の練習の効果を向上する

- テクノロジーには、児童生徒が教室の内外で取り組む練習の質や量を向上させる可能性を秘めている。
- テクノロジーは児童生徒を引きつけ、モチベーションを高めるものとなり得るが、テクノロジー、モチベーション、達成度との関係は複雑である。すべての学習者がテクノロジーを効果的に活用するのに必要なスキルを持っているかの確認を含め、テクノロジーをどのように使用しているかをモニタリングすれば、よく学ぶ学習者とその同級生との格差がテクノロジーによって広まってしまいうリスクを抑えられる可能性が高い。
- テクノロジーは、児童生徒が成功するにつれて、挑戦的な課題を増やしたり、児童生徒が新しいスキルを適用する必要がある新たなコンテキストを提供したりすることによって、教師がより効果的な練習を実現することを支える。
- テクノロジーを活用し、練習のおさらいに役立てたり、自分で小テストを行ったりすることで重要なアイデアや知識の定着を高めることができる。

提言4：テクノロジーで評価とフィードバックの方法を改善する

- テクノロジーには、評価とフィードバックを改善する可能性があり、これは効果的な教授法に欠かせない要素である。しかし、評価やフィードバックの情報をいかに収集・伝達するかという方法より重要なのは、教師がいかに評価を通じて得られた情報を活用するか、そして児童生徒がフィードバックを踏まえてアクションするかである。
- テクノロジーの活用は、評価の正確さと評価情報の収集速度を高め、教師の意思決定に必要な情報を提供し、作業不可を低減することができる。
- テクノロジーはプログラムや指導を通じて児童生徒に直接フィードバックを提供することができるが、あらゆる場合において慎重な実施やモニタリングが必要である。テクノロジーを使ってフィードバックを実施する場合は、ほかの形式と併用して補完的な位置づけにすれば、最も効果的なフィードバックとなる傾向にある。

提言1：テクノロジーで教授法や学習がどのように質向上するかを事前に検討する (p.6-)

テクノロジーが児童生徒に与えるインパクトについて、その原因をテクノロジーだけに帰すことはできない。テクノロジーは学校で多様な目的のために多様な方法で使われ、実際学びを改善するポテンシャルを持っている。しかし、教育テクノロジーの評価において見られるインパクトには大きな幅がある。表1はその一例である。

表1：EEFが出資したプロジェクトの導入テクノロジーと研究結果の例*

名称	内容	研究結果概要	進歩した エビデンス格付け 月数
ABRA	20週間のオンライン読み書き能力プログラムで発音の流暢さと理解アクティビティを重視したもの。この調査ではABRAツールの紙ベースのバージョンの効果も評価した。	プラスの効果がオンラインと紙バージョンのABRAで確認された（キーステージ1の児童に2~5か月の進歩）。	(オンライン) +2
Accelerated Reader	オンラインのソフトウェアで、生徒の読書年齢を評価し、生徒のニーズと興味に合わせた本を提案する。	試験ではキーステージ3のAccelerated Readerを使用している生徒が、他の同程度の生徒と比較して3か月多く進歩したことが分かった。	+3
Affordable Maths Tuition	1対1でのチュータープログラム。生徒は、インドやスリランカの研修を受けた数学の学位を持つチューターからインターネットで授業を受ける。	6年生で行われる「通常通りの」教授および支援と比較して、査定ではキーステージ2での数学に対して指導がインパクトを与えたというエビデンスは一切なかった。	+0
GraphoGame Rime	音韻の意識と上手な発音を促しながら音読を教えるコンピューター・ゲーム。	通常のやり方と比較した場合にGraphoGame Rimeがキーステージ1の生徒の読む能力やスペリングテストの得点を向上するというエビデンスはない。	-1
Learner Response System	手持ちの電子機器セットを使って、授業中に問題に答える仕組みになっている。教師は回答の概要を瞬時に見ることができ、リアルタイムのフィードバックを提供できる。	評価ではキーステージ2において2年間システムを使用した生徒の数学ならびに読みにける成果が向上したというエビデンスはなかった。	+0
Mathematical Reasoning	通常の数学の授業の一部として教師が実施する10時間のユニットで、オンラインゲームでの学習支援が付属している。	有効性試験: 数学の達成度において小さなプラスの達成度 有効性試験: 数学の達成度において大きなプラスの効果	+1 +3
Maths Flip	オンラインの反転学習プログラム。生徒は、主要な内容をオンラインで授業時間外に学び、その後の授業で学習効果を高める。	新たな数学の課題をMathsFlipで1年間学んだ生徒は、キーステージ2の数学において若干の進歩があり、それは約1か月分程である。	+1
Texting Parents	子どもの今後の試験の日付、宿題の提出状況、学校での学習内容をテキストメッセージで保護者に知らせる。	この評価では、数学の達成度および欠席常習者の割合の低下などわずかなプラス効果があった。	+1

*2018年12月までに刊行済みの最も関連する結果を含んだ。これらはEEFセキュリティ評価の南京錠5個中3個以上のものだけであり、中程度から極めて高いレベルのセキュリティであることを意味する。

デジタル・テクノロジーのインパクトに関する効果の幅は、教授法（アプローチ）間および教授法内の両方に見られる。つまり、効果は、各アプローチのデザインを支える教授学的（ペダゴジカル）な要因と、学校特有の要因との両方から生まれるということである。後者は、学校のニーズをそのアプローチがどれだけ解決できたか、どれだけ効果的に実施（実装）されたかを含む。それゆえ、本節では、教室で新しいテクノロジーを活用するかどうか、いかに活用するかを考えるための枠組みを提供する。

1.1. まず学習のニーズを見極める

- 学校が成果向上のプレッシャーにさらされているときほど、新しいプログラムや製品が魅力的に見えるものであり、教授と学習向上のための既存の優先事項に対する解決策となるのかを十分に検討しないまま導入したくなるものだ。開発業者によって大々的に販売されているものは、約束されていたよりも信頼性が低く、使いにくいテクノロジーをどの教師も体験することとなる。
- これに対して明確なニーズに対応する形で導入すれば、学習成果を向上させる可能性がずっと高くなる⁽²⁾。

1.2. テクノロジーがいかに学びの質向上につながるのかの根拠（仮説）をはっきりさせる

- 特定した問題にどの程度リンクしているか。例えば、検討している読書プログラムは児童生徒が最も苦戦している側面（解読、流ちょうさ、理解）を重視しているか。
 - 教授をいかに変化させるか。例えば、説明、モデリング、成長の評価、フィードバックの提供について教師が容易であると思えるものか。
 - 学習をいかに向上させるか。例えば、児童生徒がよりタスクに時間をかけて効率的、効果的に学習するか。児童生徒がテクノロジーによって、より深く、生産性の高い中で長期間学ぶことになるかなど。
- この三点をはっきりさせることで、テクノロジーをどういうところでプラスとして使うのが明確になる（ボックス1参照）。

※ 学習効果に対して「教授学的なデジタル利用≒教授学的なデジタル非活用>非教授学的方法」を示しており、興味深い。

ボックス1：テクノロジーは有効な要素なのか？

通常は、デジタル・テクノロジーを利用した介入の評価では、通常の教室の実践を継続した場合とテクノロジーを使って支援をした児童生徒の向上を比較する。しかし、一部では、デジタル・テクノロジーの支援を他の形で提供した場合との比較がなされている。

2016年に実施したEEFの調査ではこのタイプの3群比較を行った⁽¹⁵⁾。既に十分に研究された読み書き能力のプログラムであるABRAに焦点を当てた。コンコルディア大学

が開発した ABRA は、ゲームベースのバランスのとれた読み書き能力の指導モジュールで、読書を始めたばかりの子供を対象としている。

研究では、オンライン ABRA プログラムを使用した 1 年生の児童の成長と、紙と鉛筆を使用する同様のコンテンツに磁石を付けた文字やカードなどのリソースを追加したプログラムを通じて学習した児童を比較した。オンラインプログラムのアクティビティを非デジタル版のプログラムと同じものにし、アクティビティに関して同様な物語、語彙アイテム、質問、単語、語音を活用した。そのため、内容はオンライン版とほぼ同じとなり、提供方法のみが異なることになった。さらに無作為に選んだ児童グループには、通常通りの授業を続けた。

デジタル ABRA グループと非デジタル版のグループは同程度の成長を遂げ、両グループとも通常授業を受けた対照群の児童よりも大きな成長が見られた。オンライン版には効率や費用などの面での優位な点があるかもしれないが、この事例では、読み書き能力の発達を研究する専門家が慎重にデザインした指導教材の内容の方が、その提供方法よりも重要であるということが示唆されている。ほぼ間違いなく、内容と教授法の基礎がある ABRA はプロジェクトにおいて有効な要素であった⁽¹⁶⁾。

1.3. テクノロジーに既存の教育の補完、強化、代替のいずれをさせるのかを検討する

- これまでのところ、テクノロジーは従来の教育に取って代わるのではなく、補完や強化を目的として使用する際に最も効果を発揮している。最大規模のインパクトを記録した研究では、テクノロジーは付加的な学習リソースへのアクセスを可能にし、さらなる学習時間を提供していた（※いつでもどこでも学べるようにした支援の効果が大きかったということ）^(1, 5, 6, 7, 8)。
- テクノロジーが教授活動や学習活動に効果的に使用されている場合は、教師やその支援者によって授業へ慎重に統合されている。しかも、教師も支援者もテクノロジーになれ、かつ児童生徒が効果的に利用できるように一定のトレーニングを受けている。例えば、Mathematical Reasoning（数学的推論）という 2 年生向けに研究者に開発されたコンピュータ・プログラムは、教えるべき内容と、時間外にも使えるオンラインゲームを統合している。二つの EEF 評価は、こうした統合アプローチは数学の到達度にプラスの効果があったことを示している^(11, 12)。
- テクノロジーの効果は、他の種類の付加的支援をなかなか上回れない場合が多い。例えば、読みの支援のために設計された GraphoGame Rime を、読むことに苦労している 2 年生の児童を対象に活用し、その効果を EEF が評価した⁽¹³⁾。結果として、テクノロジーを利用した児童生徒とそうでない児童生徒との間で差がなかったが、統制群では少人数グループや 1 対 1 の読み書き活動などで読み書き能力の訓練を受けていた。
- したがって、テクノロジーの評価は「それが効果を持つのか」と問うよりも、「ほかのやり方よりもさらに効果を持つのか」と問うた方がよい。学校は、ある方法が効果を持つ

ための複数の要因を考慮し、その中でテクノロジーの正しい使い方を考えるべきである。

- テクノロジーが学校外で使われるときにすら、その意図しない、役に立たない効果に注意すべきである。例えば、テクノロジーは子供の関心を引き出し、動機を高める効果が明らかであるが、オンラインの手軽な小テストを勧めた場合、それだけが学習の振り返りのやり方だと思ってしまうリスクがある。

1.4. 実装準備を行う

- 課題（ニーズ）と解決案と根拠（仮説）が明確になれば、最後のステップは実装できるかどうか、学校がそのアプローチを実装するキャパシティを持つかの見極めである。
- アプローチが教員研修や支援など、よく計画されたものとして実装されれば、そうでない場合に比べて、格段に効果的なものになる。だから、いかに実装するかが大事なのである。
- 実装のプロセスは、図1のとおり、テクノロジーを用いた変化について考え、準備し、導入し、変化を持続させる一連のステージのサイクルとなる。

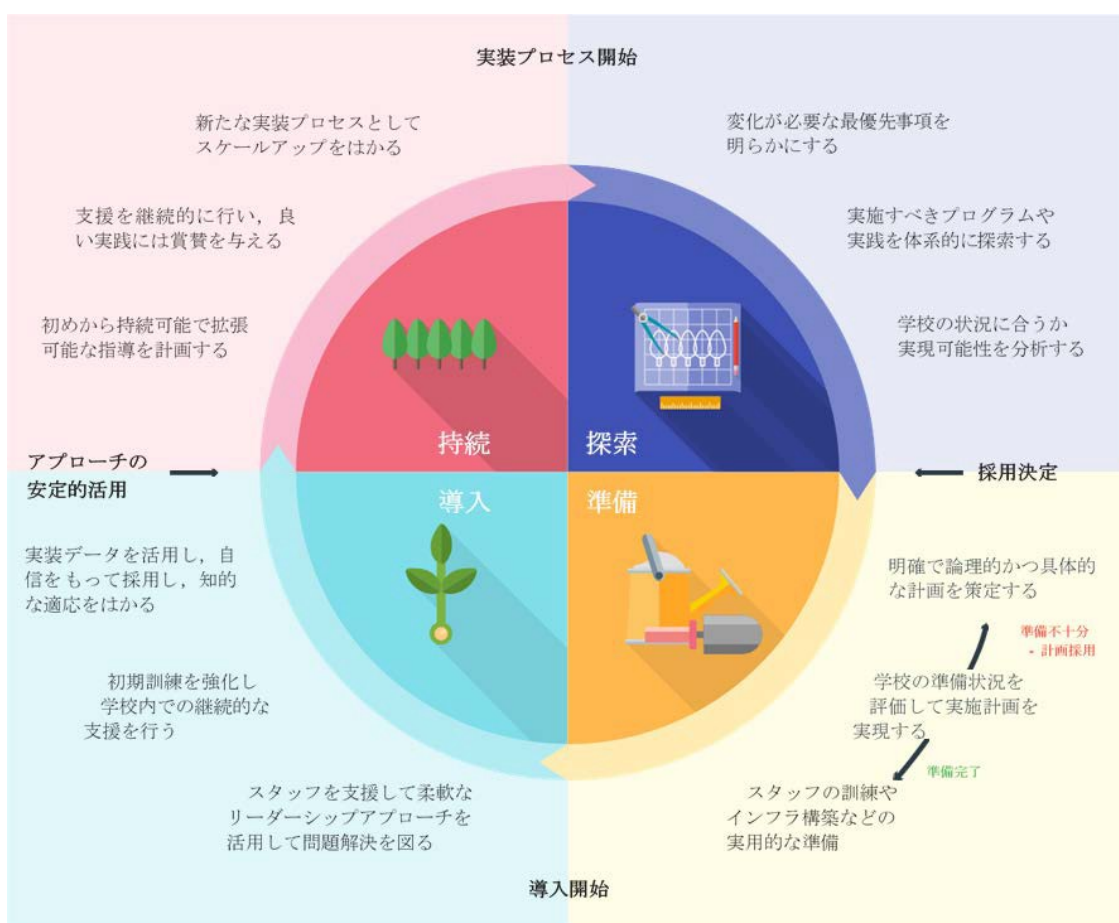


図1：実装プロセス全体像

学校や教師が検討すべきポイント

- 適切な設備が利用可能か？
- プログラムはいつ実施すべきか，児童生徒には何が不足しているか？
- 教師やティーチングアシスタントにどのような養成・研修が必要か？
- 使用するテクノロジーの導入にあたって，児童生徒に対してどういった初期支援が必要か？ テクノロジーを効果的に活用するために追加の継続的支援を必要とする児童生徒がいるのか？
- 児童生徒がテクノロジーを活用するにあたって教室内外に適切な広さの空間があるか？
- 支援のために大人がそばにいるべきか，児童生徒が自主的にテクノロジーを活用することができるか？
- アプローチの提供はどのように監督し，意図した活用を保証するのか？
- 初期費用や継続的費用があるか？ 手ごろで，正当化可能（説明がつく）か？

提言2：テクノロジーを活用して質の高い説明やモデリングを実現する (p.12-)

2.1. 説明とモデリングは効果的な教育の基本的要素である

- 質の高い説明やモデリング（注：見本を示すこと）のおかげで、教師は、児童生徒が利用しやすく、覚えやすく、明確な形で新たなアイデアや知識、技能を伝達・説明できる。説明とモデリングは口頭や文章、外化物を利用するなど多種多様な形で実現でき、ライブでも事前準備でも提供できる。
- 効果的な説明は、論理的なステップで教材を紹介し、新しいアイデアを児童生徒の先行経験や既習と明確にリンクする。優れたモデリングは、抽象的なアイデアを具体的にアクセスできるものにし、何をすべきか、どう考えるべきかのモデルを示す。
- テクノロジーは、こうした教師の説明やモデリングをサポートする可能性を秘めている。しかし、重要なのは、説明やモデリングに関する教授学的（ペダゴジカル）な原則にテクノロジーが整合しているか、そして実際どのようにテクノロジーが使われるかに、その可能性が実現するかは掛かっている。単に新しいテクノロジーを導入すれば学習が向上するわけではない（ボックス2参照）。

ボックス2：電子黒板は学力を向上させるのか？

2000年代初め、英国政府は大規模な実験プログラムに資金提供し、電子黒板をイングランドの初等学校の教室に導入した。目的の一つは、「教室全体でのインタラクティブ・ティーチング」の活用を通じての読み書きと計算の習熟度向上であった⁽²³⁾。教師を対象に電子黒板の効果的な使用方法について支援やトレーニングを実施した。

教室の実践と達成度に対する効果の評価によると、電子黒板によって教師の実践に変化があった⁽²⁴⁾。具体的には、授業の進度が速くなり、教師のオープン・クエスチョンの数が増えた。しかし、こうした変化が見られながらも明確な学力向上をもたらすには至らなかった。また、実験プログラムに参加した学校と対照グループとの比較では、達成度の向上に関して明確なエビデンスは得られなかった。

電子黒板は多くの学校で導入されており、現在では極めて一般的である。すべての学校で本実験のようなトレーニングや支援を受けられるとは限らず、学校によっては実験で確認されたような教室の実践における変化が実現していない可能性がある。

電子黒板の導入が達成度の向上をもたらすと仮定することは間違いであったといえるかもしれない。これは、大きな期待とともに教室に導入された高価な新しいテクノロジーが、目に見える成果を挙げられなかった一つの事例である。

2.2. テクノロジーは教師のモデリングや説明のサポートとなる

- テクノロジーは、多様な方法で教師の説明やモデリングをサポートすることができる。単純な例としては、動画を新たな教科内容の導入に活用したり、ビジュアライザーを使用して

worked example（問題の解き方）をホワイトボードに映し出したりするなどがある。高度なものになれば、インタラクティブなシミュレーションや反転学習を行い、授業の前に自宅で予習する形で題材の導入を終えるなどがある（ボックス3参照）。

- 皮肉なことに、説明とモデリングを支援するテクノロジーの単純な活用方法の方が高度な活用方法に比べて研究がなされていない。しかし、電子黒板の導入など評価を経た事例は、同様のテクノロジーの活用に関する教訓や参考となり得る。
- 包括的な教訓が二つある。一つ目は、どうすればテクノロジーによって効果的な教授ができるのかを教師が理解する必要である。改めて強調しておくことが、教育学・教授学（pedagogy）は設備よりも重要である。ビジュアライザーであれば、教師ができる範囲を超えて幅広く質の高い見本を児童生徒に見せることができ、教師の説明とモデリングの質を向上する可能性がある。また、ビジュアライザーを使って正確さを期して説明する場合、一貫して学習効果が高まることが分かっている（例：数学）⁽²⁰⁾。二つ目は、教師がトレーニングを受けたり継続的な教授方法の支援を受けたりすることができ、管理職がテクノロジーの採用支援に配慮すれば、ビジュアライザーなどのテクノロジーをずっと効果的に活用できる。電子黒板の導入が示すように、単純なテクノロジーでもその効果を最大化するには持続的訓練や支援が必要である。

ボックス3：反転学習

反転学習は、学習教材を授業の前にオンラインリソースを通じて学習するアプローチである。映像で重要な概念の説明を見たり、技能や既習を評価する問題の解決や学習活動を行ったりする。教師はそこで評価情報を事前に得ることになるので、対面での授業時間を様々な形で使えるようになる（例：特定の困難を抱える児童生徒の支援に絞ることや、児童生徒をグループにして協調学習に従事させるなど）。

反転学習は近年中等教育や高等教育中心に様々な環境で導入されている。しかし、その人気やアプローチに利点があるとする論拠とは裏腹に、反転学習プログラムが児童生徒の成果に与える効果に関する質の高い研究はほとんどなされていない。

例外として、EEFが出資した MathsFlip プログラムの無作為化比較試験がある。これは5、6年生の数学の達成度を向上させようとしたものである。参加クラスには個別のウェブページを用意し、共有のリソース、動画、文書、児童と教師間のコミュニケーション空間が含まれていた。児童が自宅でインターネットにアクセスしなかった場合は、児童が活動を完了できそうな昼休みや始業前、放課後に補講を開いた。

評価によると、アプローチに従った児童は、比較対照の学校の児童と比較して、数学で1か月分に相当する進歩が見られた⁽²⁵⁾。参加した教師に提供された技術的支援ならびに熟達者による支援がプロジェクトの重要な特徴として機能した。これは実施に時間と資源を割く必要性を強調している。さらなる課題は、すべての児童生徒に事前の準備活動を完了させ、授業時間を無駄にしないようにすることである。

2.3. シミュレーションと仮想実験

- 説明とモデリングを向上するテクノロジーの高度な活用方法の評価からは、科学、テクノロジー、エンジニアリング、数学で特に有望なことが見えてきている。多くの研究で科学と数学における活用方法（例：生態系がいかに変化するかや動物の解剖を描くなどのインタラクティブなシミュレーション）が模索されてきた⁽²¹⁾。平均的に見て、こうしたアプローチは、シミュレーションが児童生徒を特定の学習ポイントへと向けるようにデザインされている場合や、シミュレーションの内容が説明書などの他の形式と併せて強化されている場合に特に学習の質を向上させると分かっている。加えて、実現可能であれば、シミュレーションや仮想実験で実地の実習を支援したり代用したりするのではなく、「現実の」モデリングを支援することが推奨される。

提言3：テクノロジーを使って児童生徒の練習の効果を向上する (p.16-)

3.1. 練習の重要性

- 練習 (practice) は教育と学習の欠かせない部分である。児童生徒が新たに学んだ知識や技能を活用する機会を繰り返し作ることで、学業的成功につながる。児童生徒は練習を通じて既習の技能を流ちょうに使えるようになり、重要な概念やアイデアを覚えることができる。テクノロジーが学習を改善する明快な方法の一つは、教室か自宅かを問わず、練習量を増やし、その質を高めることである。

3.2. テクノロジーは児童生徒の練習を質と量の両面から高める

- 児童生徒の練習の流ちょうさを高めるテクノロジーの簡単な活用例は、携帯電話やタブレットでのクイズアプリである。地理に関する語彙や歴史の年代にまつわるテストを通じて重要な情報を覚えやすくなる。
- 数学の練習に対するテクノロジーの効果については特に強いエビデンスがあるが、国語 (English)、科学、外国語学習などの教科に関してもエビデンスがある。なお、練習の効果にはフィードバックをはじめとする他の要素も関わるため、それ単独の効果を切り離して捉えることは難しいが、新たな技能を活用する実践の練習の種類と数を増やす点が重要な特徴である。
- テクノロジーが練習の助けとなる理由は、従来のタスクよりデジタルの方が児童生徒にとって魅力的に感じられることである。しかし、テクノロジー・モチベーション・達成度との関係は複雑である。テクノロジーの活用によって児童生徒のモチベーションが高まる事例も一部にあるが、このモチベーションが学習活動につながらない場合もある。複雑さのもう一因は、モチベーションの高い児童生徒の方が他の児童生徒よりもテクノロジーによる練習機会の追加を活用しやすいという点である。あるレビューでは、学業成績が振るわない児童生徒を対象に数学のチュータリングシステムを適用しても効果が見られなかった⁽³¹⁾。このレビューは、ソフトウェアを最大限に活用するには、十分な予備知識、自己管理能力、学習意欲、コンピューターのスキルが必要だと示唆した。こうした資質は、不利な児童生徒に不足している可能性が高い。
- したがって、学習活動と達成度との間の複雑なつながりを理解することが重要だ。すべての児童生徒がテクノロジーを効果的に活用する上で必要なスキルを備えているかの確認も含めて、テクノロジーの活用状況をモニタリングすれば、成績の良い児童生徒と他の児童生徒との格差をテクノロジーが広げてしまうリスクを低減できる。
- テクノロジーは教室外における児童生徒の練習の支援にも活用できる。Texting Parentsに関するEEFの評価では、子弟に宿題の提出を促したり今後の試験に関する変更点などについて短いテキストメッセージを定期的に保護者に送ったりすることで、児童生徒の

出席率と達成度の向上が見られた。向上度は小さなものだったが、アプローチに要した費用は極めて少なかった⁽³²⁾。

3.3. 適応型練習 (adaptive practice) と分散練習 (spaced practice)

- テクノロジの中には評価の機能を内蔵し、児童生徒が取り組むタスクを適応的 (adaptive) に選ぶことで追加のチャレンジやサポートを提供するものもある。しかし直感とは真反対の結果だが、一部の研究では、こうした特徴を持つプログラムが、練習機会を追加するだけの単純なプログラムよりも平均的に効果が低いということが分かっている⁽²⁹⁾。逆に、適応型のテクノロジの方が学習を向上させた事例もある。適応アプローチの平均効果が低いのは、単純なアプローチの評価と比べて研究・調査の数が少ないという事実のためかもしれない。この多様な結果が混在する状況は、高度なテクノロジの運用や運用効果のモニタリングに配慮することの重要性を示唆している。
- 人は同じ時間を記憶に使う場合でも、それを集中して使うよりも分散して使う方が、長く記憶している。また、重要な情報を思い出せるか (retrieval) のテストが記憶 (recall) の成績を向上させる。それゆえ、練習の質を向上させるためには、(アダプティブに問題を出す代わりに) 思い出すこと (retrieval) や分散練習、結果の重要度の低いテスト (low stakes testing) などが手段としてあり得る⁽¹⁴⁾。
- 長期記憶を強化するには「忘却ギャップ」のあとに再度その課題に戻ることが必要である^(35, 36)。これは幅広い教育的エビデンスで十分に裏付けされており、テクノロジによって容易となる。しかし、学校で使用するアプリケーションを絞った上で、本当に各学校でうまくいくかの研究・調査を深めるのが有意義だと思われる。

ボックス 4：デジタル・テクノロジを活用して成績不振の児童生徒を支援

チュータリングシステムは、学習が遅れつつある児童生徒に追加の学習機会を提供できるものである。システムの魅力は、教職員が行えば非常にコストがかかる個別指導を、人手を使わず実現できるところにある。児童生徒の理解度を正確に評価した上で内容を調整できるため、各児童生徒に合ったレベルの練習が提供できると主張されている。

しかし、他のテクノロジ同様、チュータリングシステムの効果は指導がいかにかうまく実施されたかに左右される。効果的に実施するには、一定レベルのスタッフによる管理を必要とする。それゆえ、多くのプログラムは、補足的な位置づけでの活用を想定して設計されており、遅れを取り戻すための他の種類の指導を代用する程度である (注：システムだけで遅れを取り戻す個別指導は不可能という意味)。こうした事例ですら、他の支援よりも有効であるというエビデンスは示されておらず、学校はどういった支援が最も効果的であり適切であるかを検討する必要がある。

例えば、GraphoGame Rime は大学で開発されたオンラインのリーディングゲームであり、これを EEF で評価した⁽¹³⁾。ゲームは児童生徒に聞こえた音と、画面上の正しい文

字セット（「rimes（韻文）：英語学習者の読み書きのための必要な要素」）を選ぶという練習機会を提供し、各児童のレベルに合わせた適切な課題（音や韻文）を出題できる。評価では、対照となる統制群と比較して児童にプラスの成長が見られなかった。これは、統制群の児童にも他のプログラムや手法を通じて類似した読み書き能力の支援を得ていたせいにもよる（※テクノロジーそのものより支援が大事ということ）。

同様に、インドやスリランカの教師による授業のオンライン配信で1対1の授業をより安価にする新しい方法が評価されたが、効果があったとのエビデンスはなかった⁽³⁷⁾。ここでも、統制群の児童（学校から学業不振とされている6年生）も、支援の提供を受けており、ときには対面での授業形式もあったためだと考えられた。

提言4：テクノロジーで評価とフィードバックの方法を改善する (p.20-)

4.1. 評価とフィードバックは効果的な教育の重要な要素である

- 効果的な評価は、児童生徒の学習やそのニーズに関する情報を教師に提供する。児童生徒が教わったことを理解しているか、重要概念やスキルを習得したか、どの児童生徒に追加支援が必要かを判断する上で役に立つ。小テストや質問、よりフォーマルなテストをはじめとする効果的な評価には、潜在的に誤解を招く可能性がある要素（例：忙しそうに見える児童生徒や、いかにも自信ありげに見える児童生徒）に教師が過剰な影響を受けることを回避できる⁽³⁹⁾。
- フィードバックは、児童生徒には「いかに向上するか」の情報を提供する。フィードバックは、言葉や文書など様々な形があり得るが、正確かつ明確で、さらなる努力を励まし、向上方法の具体的なガイダンスを提供でなければならない。さらに、長期にわたれば、児童生徒が自身の学習状況をモニタリングし、調整できるように支援するものであるべきだ。
- テクノロジーには、評価とフィードバックの両方を改善するポテンシャルがある。特に速度と効率の面である。しかし、ポテンシャルをどれだけ実現できるかは、教授方法と実施によって決まる。評価情報をどれだけ集めて教師に届けるかより、教師がそれをどう使って、児童生徒がそれに従ってどう活動するかが重要である。
- テクノロジーを評価の効率化や効果向上に使えるれば、教師の作業負荷の削減にもつながる（ボックス5）。

ボックス5：採点結果のフィードバックを改善したテクノロジーの活用方法

一部の学校は、教師が児童の提出物（work）に対するフィードバックをデジタル化して向上が見られるかの実験を行っている。この種のフィードバックは、教室で口頭や紙にコメントをまとめるのが普通だが、コメントを書くのに時間がかかったり、生徒がフィードバックどおりに行動するのが難しかったりする。

リンカンシャー州ウィザンにあるセント・マーガレット英国国教会小学校（St Margaret's CE Primary School）では、児童の提出物に対する口頭のフィードバックをタブレット端末で映像として記録する手法を考案した。これは、書面によるフィードバックで起こる「教師の意図と児童の理解との間での抽象化（によるかい離）」を克服するためだ。児童は自分の解答の写真の隣にモデルテキストの写真を並べた状態で、「二つの改善点」をもらう。その後、テキストを改善するときに教師の声を好きなだけ再生することができる。その児童に見せることだけを意図しているため、フィードバックはその児童のニーズおよびその学習を前進させることに焦点を当てている。

同校では、タブレット活用の経験があったため、この手法をスムーズに導入できたが、導入効果を評価すべく小規模の無作為化比較試験を実施した。評価の結果、成功だったことが示されたが、さらに予想外の有益な結果もあった。例として、特別な教育ニーズや障がいのある児童が教師の声を聴いて再確認しているときに使うヘッドフォンが、気が散る要因を遮断してくれることが分かったのである。

4.2. 効果的評価をテクノロジーはサポートできる

- テクノロジーは、児童生徒の読み書きリテラシーの基礎診断や多肢選択式クイズの解答結果の児童採点、学習者応答システム (learner response system) による児童生徒の解答把握など、収集する情報の質、収集速度、収集の容易さ向上をねらったものが多い。児童生徒向けの動画による説明や練習課題を含んだプログラムは、それに併せて評価の機能を内蔵していることが多い。
- しかし、評価の重要な部分とは、次に何が起きるかである。正確な情報をすぐに受け取っても、その情報に従って教師が自分の教授法を適応させ（てアクションを起こさ）ない限り意味はない。例えば、クラス全員に質問を投げかけ、ミニ・ホワイトボードで解答を見せってもらうアナログな方法があるが、そのボードの代わりにテクノロジーを活用して情報を収集することができる。しかし、それだけでは、異なる結果をもたらすとは考えにくい。収集した情報の価値は教師の使い方によって決まる。例えば、その結果を教師が解釈して、その教科でよくある誤概念を表していると判断したり、それに対する効果的な対処法を取ることができたりするかで、その情報価値は変わるのである。
- EEF の二つのトライアルの結果は、テクノロジーだけでは不十分だというアイデアを実証する有益な事例を示すこととなった。学習者応答システム (Learner Response System) の取組は、2014 年から 16 年のキーステージ 2 の数学の授業において、手持ち式の電子クリッカーを活用した⁽⁴²⁾。教師の質問に対して、児童生徒はクリッカーで解答を入力し、児童生徒と教師双方がすぐにフィードバックを受け取ることができた。しかし、質の高い研究は、キーステージ 2 において効果が見られないこと、そこにフィードバックの正確さに関する教師側の懸念があること（例：解答が一部正解でも否定的なフィードバックが出てしまう）を明らかにした。
- もう一つの EEF の研究では、教師の形成的評価スキルを磨く 18か月にわたる学校全体でのアプローチの効果を調べた⁽⁴³⁾。「形成的評価埋め込み (Embedding Formative Assessment) プロジェクト」には、中等学校の教師が毎月集まって授業で試すことができる評価とフィードバック戦略についての研修も含まれており、教師の実践にアプローチを組み込むための効果的で継続的な支援をいかに使うかが焦点であった。この研究において、持続的な職能開発 (professional development) を重視することは、小規模ながらも費用対効果が高く、GCSE の向上が見られた（※テクノロジーを導入するだけでなく、それを何のためにいかに使うかの支援が必要だということ）。

4.3. 児童生徒へのフィードバックにテクノロジーは活用できる

- 多くのテクノロジーを用いた介入は、練習問題やゲームの後にフィードバックを提供するようデザインされている。理論上、この種のフィードバックは「知的学習支援システム (intelligent tutoring system)」の一部として提供されている場合が多く、スピードや個別化された対応ができることから好ましい代替手段となり得ると考えられている。例えば、児童生徒に間違ったところの情報を提供し、その誤りに焦点をあてた新たな問題を提供するなどである。
- しかし、あらゆるテクノロジーの活用と同様、成功の鍵を握るのは、究極的には、プログラムの設計を支える教育の質とその実施方法である。例えば、正確な評価を行い個人に合わせた (tailored) フィードバックを提供することを目的としたプログラムを数多く調査したところ、通常の教授法と比較して児童生徒の成果向上にはつながらないことがわかった。一方、有望なエビデンスがあったデジタルプログラムとして Accelerated Reader がある。これは、児童生徒に読んだ本についての問題を出し、適切なレベルの課題となる本を正確に示すものである。EEF の研究では、プログラムを活用している 7 年生 (中学 1 年生相当) の児童生徒が統制群よりも到達度が高かった⁽⁴⁶⁾。多様な結果が強調するのは、複雑なテクノロジー運用の効果を現場において慎重にモニタリングする必要があるということだ。
- ソフトウェアの効果的な活用は、児童生徒を集中させるよう働きかけるだけであったとしても、大抵はいまだ教職員からの支援に頼る状態にある。教師や授業助手のガイダンスが効果をより大きくする可能性があるというエビデンスがある⁽⁴⁸⁾。教師は最低でも児童生徒の活用と進捗をモニタリングする必要があり、教室の教授方法をそれに従って調整する必要がある。これについては、児童生徒の進捗のダッシュボード分析を提供するソフトウェアなどで簡単になる可能性もある。

以上

引用文献（注：抄訳に用いなかった文献もすべて原典のまま掲載している）

1. Higgins, S., Xiao, Z., and Katsipataki, M. (2012) 'The Impact of Digital Technology on Learning: A Summary for the Education Endowment Foundation' (Full Report).
[https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Publications/The_Impact_of_Digital_Technologies_on_Learning_\(2012\).pdf](https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Publications/The_Impact_of_Digital_Technologies_on_Learning_(2012).pdf)
2. Education Endowment Foundation (2018). 'Putting Evidence to Work: A School's Guide to Implementation'.
<https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Publications/Implementation/EEF-Implementation-Guidance-Report.pdf>
3. Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., and van der Spek, E.D. (2013) 'A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games', *Journal of Educational Psychology*, 105(2), pp. 249–265.
4. Miller, S., Davison, J., Yohanis, J., Sloan, S., Gildea, A., and Thurston, A. (2016) 'Texting Parents: Evaluation report and executive summary', 2016 ;(July).
https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Projects/Evaluation_Reports/Texting_Parents.pdf
5. Kulik, J.A. (2003) 'Effects of Using Instructional Technology in Elementary and Secondary Schools: What Controlled Evaluation Studies Say', Final Report. Sci Technol. May 2003.
6. Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., and Baki, M. (2013) 'The effectiveness of online and blended learning :A meta-analysis of the empirical literature', *Teachers College Record*, 115 (3).1-47
https://www.sri.com/sites/default/files/publications/effectiveness_of_online_and_blended_learning.pdf
7. Outhwaite, L.A., Gulliford, A., and Pitchford, N.J. (2017) 'Closing the gap: Efficacy of a tablet intervention to support the development of early mathematical skills in UK primary school children', *Computers and Education*, 108, pp. 43–58.
8. Rutten, N., van Joolingen, W.R., and van der Veen, J.T. (2012) 'The learning effects of computer simulations in science education', *Computers and Education*, 58 (1), pp. 136–153.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
9. Sokolowski, A., Li, Y., and Willson, V. (2015) 'The effects of using exploratory computerized environments in grades 1 to 8 mathematics: A meta-analysis of research', *International Journal of STEM Education*, 2 (1), p. 8.
10. Morgan, K., Morgan, M., Johansson, L., and Ruud, E. (2016) 'A Systematic Mapping of the Effects of ICT on Learning Outcomes', Oslo: Knowledge Center for Education.
11. Stokes, L., Hudson-Sharp, N., Dorsett, R., et al. (2018) 'Mathematical Reasoning: Evaluation report and executive summary', Education Endowment Foundation.
https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Projects/Evaluation_Reports/Mathematical_Reasoning.pdf
12. Worth, J., Sizmur, J., Ager, R., and Styles, B. (2015) 'Improving Numeracy and Literacy: Evaluation report and executive summary.' Education Endowment Foundation.
https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Publications/EEF_Research_Papers/Evaluation_Reports/Campaigns/Evaluation_Reports/EEF_Project_Report_ImprovingNumeracyAndLiteracyInKeyStage1.pdf
13. Worth, J., Nelson, J., Harland, J., Bernardinelli, D., and Styles, B. (2018) 'GraphoGame Rime: Evaluation report and executive summary', Education Endowment Foundation.
https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Projects/Evaluation_Reports/GraphoGame_Rime.pdf
14. Zhao, Y. (2017) 'What works may hurt: Side effects in education', *Journal of Educational Change*, 18 (1). doi:10.1007/s10833-016-9294-4
15. Abrami, P., Borokhovski, E., and Lysenko, L. (2015) 'The effects of ABRACADABRA on reading outcomes: A meta-analysis of applied field research', *Journal of Interactive Learning Research*, 26 (4),

- pp. 337–367. <https://www.learntechlib.org/p/147396/>
16. McNally, S., Ruiz-Valenzuela, J., Rolfe, H. (2018) 'ABRA: Online Reading Support: Evaluation report and executive summary'. Education Endowment Foundation https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Projects/Evaluation_Reports/ABRA_with_addendum.pdf
 17. Cheung, A.C., and Slavin, R. E. (2013) 'The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta- analysis', *Educational Research Review*, 9, pp. 88–113.
 18. Kulik, J.A., and Fletcher, J.D. (2016) 'Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review', *Review of Educational Research*, 86 (1), pp. 42–78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>
 19. Wittwer, J., and Renkl, A. (2010) 'How effective are instructional explanations in example-based learning? A meta-analytic review', *Educational Psychology Review*, 22 (4), pp.393–409.
 20. Education Endowment Foundation (2017) 'Improving Mathematics in Key Stages Two and Three'. <https://educationendowmentfoundation.org.uk/evidence-summaries/evidence-reviews/improving-mathematics-in-key-stages-two-and-three/>
 21. D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., and Haertel, G. (2014) 'Simulations for STEM learning: Systematic review and meta-analysis', Menlo Park, CA: SRI International. 2014 ; (March).
 22. Education Endowment Foundation (2018) 'Improving Secondary Science'. <https://educationendowmentfoundation.org.uk/tools/guidance-reports/improving-secondary-science/>
 23. Reynolds, D., and Muijs, D. (1993) 'The effective teaching of Mathematics: A review of research', *School Leadership and Management*, 19 (3), pp. 273–288.
 24. Higgins, S. (2010) 'The Impact of Interactive Whiteboards on Classroom Interaction and Learning in Primary Schools in the UK. 'In: Thomas, M., and Schmid, E.C., eds. *Interactive Whiteboards for Education: Theory, Research and Practice*. Hershey, PA : IGI Global; pp. 929–938.
 25. Rudd, P., Berenice, A., Aguilera, V., Elliott, L., and Chambers, B. (2017) 'MathsFlip: Flipped Learning: Evaluation report and executive summary', Education Endowment Foundation. https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Projects/Evaluation_Reports/Flipped_Learning.pdf
 26. Lo, C.K., Hew, K.F. (2017) 'A critical review of flipped classroom challenges in K-12 education : Possible solutions and recommendations for future', *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*. doi:10.1186/s41039-016-0044-2
 27. Rosenshine, B. (2012) 'Principles of instruction: Research-based strategies that all teachers should know', *American Educator*, 36 (1), pp. 12–20.
 28. Institute of Education Sciences (2009) 'Assisting Students Struggling with Mathematics: Response to Intervention (RtI) for Elementary and Middle Schools'.
 29. Cheung, A.C., and Slavin, R. E. (2013) 'The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta- analysis', *Educational Research Review*, 9, pp. 88–113.
 30. Kunkel, A. (2015) 'The Effects of Computer-Assisted Instruction in Reading : A Meta-Analysis'. A dissertation submitted to the Faculty of University of Minnesota.
 31. Steenbergen-Hu, S., and Cooper, H. (2013) 'A meta- analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on K-12 students' mathematical learning', *Journal of Educational Psychology*, 105 (4), pp. 970–987.
 32. Education Endowment Foundation (2018) 'Working with parents to support children's learning'. <https://educationendowmentfoundation.org.uk/tools/guidance-reports/working-with-parents-to-support-childrens-learning/>
 33. Clark, D.B., Tanner-Smith, E.E., and Killingsworth, S.S. (2016) 'Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis', *Review of Educational Research*, 86 (1), pp.79–122.

34. Dunlosky, J, Rawson, K.A., Marsh, E.J., Nathan, M.J., and Willingham, D.T. (2013) 'Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology', *Psychological Science in the Public Interest* Suppl.14 (1), pp. 4–58.
35. Agarwal, P.K., Finley, J.R., Rose, N.S., and Roediger, H.L. (2017) 'Benefits from retrieval practice are greater for students with lower working memory capacity', *Memory*, 25 (6), pp.764–771.
36. Roediger, H.L., and Butler, A.C. (2011) 'The critical role of retrieval practice in long-term retention', *Trends in Cognitive Science*, 15 (1), pp. 20–27.
37. Torgerson, C., Ainsworth, H., Buckley, H., et al. (2016) 'Affordable Online Maths Tuition: Evaluation report and executive summary', Education Endowment Foundation. https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Projects/Evaluation_Reports/Affordable_Maths.pdf
38. Black, P., and Wiliam, D. (2009) 'Developing the theory of formative assessment', *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21 (1), pp. 5–31.
39. Coe, R. (2013) Inaugural lecture by Professor Robert Coe.' *Improving Education: A Triumph of Hope over Experience*'.
40. Education Endowment Foundation (2018) *EEF Teaching and Learning Toolkit: Feedback*. Education Endowment Foundation. <https://educationendowmentfoundation.org.uk/evidence-summaries/teaching-learning-toolkit/feedback/>
41. Education Endowment Foundation (2016) 'A marked improvement? A review of the evidence on written marking', https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Publications/EEF_Marking_Review_April_2016.pdf
42. Wiggins, M., Sawtell, M., and Jerrim, J. (2016) 'Learner Response System: Evaluation report and executive summary', Education Endowment Foundation. https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Projects/Evaluation_Reports/Learner_Response_System.pdf
43. Speckesser, S., Runge, J., Foliano, F., et al. (2018)'Embedding Formative Assessment: Evaluation report and executive summary', Education Endowment Foundation. https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/EFA_evaluation_report.pdf
44. Belland, B.R., Walker, A.E., Kim, N.J., and Lefler, M. (2016) 'Synthesizing results from empirical research on computer-based scaffolding in STEM education: A meta-analysis', *Review of Educational Research*, 87 (2), pp. 309–344.
45. Cheung, A.C.K., and Slavin, R.E. (2012) 'The effectiveness of educational technology applications for enhancing reading achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis', *Educator's Summary*, Updated April 2012, *Educational Research Review*, 9, pp. 88–113.
46. Siddiqui, N., Gorard, S., and See, B.H. (2016) 'Accelerated Reader as a literacy catch-up intervention during primary to secondary school transition phase', *Educational Review*, 68 (2), pp. 139–154.
46. Works Clearinghouse (2016) 'WWC Intervention Report: Accelerated Reader', 2016;(August), pp. 1–48.
47. Sokolowski, A., Li, Y., and Willson, V. (2015) 'The effects of using exploratory computerized environments in grades 1 to 8 mathematics: A meta-analysis of research', *International Journal of STEM Education*, 2 (1), p. 8.

抄訳： 白水 始

この抄訳はEEFの公式な翻訳ではありません。訳の品質や原本との一貫性に対する責任は抄訳者のみにあります。原本と抄訳との間に不一致がある場合は、原本にある記述が優先されます。

より詳細な情報:

報告書: Education Endowment Foundation (2019) “Using Digital Technology to Improve Learning: Guidance Report”

WEB : <https://educationendowmentfoundation.org.uk/education-evidence/guidance-reports/digital>