

# 初等中等教育におけるCBT導入を支援する 作問及び解答入力インターフェースの開発 ～ 作問・解答システム開発の試み ～

西原 秀夫

北里大学海洋生命科学部

## 要旨

文部科学省のGIGAスクール構想<sup>1</sup>におけるMEXCBT（文部科学省CBTシステム<sup>2</sup>）の提供や、コロナ禍での在宅学習を契機に、初等中等教育においてもCBTの導入が進められている。

しかし、いずれのCBTシステム（本稿では、MEXCBT やLMSの問題作成機能を含め「CBT」や「CBTシステム」とする。）も、システム専用の入力インターフェースを介した作問が必要となり、また、解答形式は、システムが提供する形式の範囲にとどまり、ワープロファイルなどとして各校・各教員に蓄積されている既存の学習教材の活用には、必ずしも適したものはなっていない。

本稿では、既存の学習教材を容易にCBT化することと、初等中等教育に適した解答入力形式の教材を作成することを目標に、作問・解答入力システムの開発を試みた。

キーワード：GIGAスクール構想、ICT利活用、CBT、WBT、在宅学習、学習方法

## はじめに

CBTについては、反転授業の事前学習に適したツール等として、その活用が期待される中、大学をはじめとした高等教育機関においては、Moodleシステム<sup>3</sup>などを用いることで、既に普及期に入っているといえる。また、後期中等教育諸学校においても、私立では広域通信制高等学校を筆頭に、公立でも神奈川県立横浜修悠館高等学校や東京都立新宿山吹高等学校をはじめ、多くの通信制高等学校で導入され、登校型の高等学校においてもGoogle社によるClassroomシステムを採用する学校が増えるなど、普及期に入りつつあるといえる。さらに、初等教育や前期中等教育においても、PISA等の国際学力調査のCBTによる実施の流れなどを踏まえ、全国学力・学習状況調査への導入が検討され、また、文部科学省からMEXCBTシステムが提供されるなど、今後の普及が予想される。

CBTの利活用は、動画や音声を活用した作問など、PBT（ペーパーベースの作問）で

は実現できない、新たな形態の作問を可能とするとともに、学習者の学習状況や過程の記録（ポートフォリオ）を容易に収集・作成でき、また、解答の正誤の自動判定機能による教員の負担軽減など、数多くのメリットがあり、さらには、児童生徒が端末上で様々な形式の問題に解答することに慣れていくことは、これからの情報社会を生きる上で欠かせないものでもあり、CBTの普及は、その加速が望まれる。

一方で、大学や一部の高等学校等で多く利用されているMoodleシステムや文部科学省のMEXCBTのベースとなっているTAOシステム<sup>4</sup>での作問は、外部の作問専用システムで作成した問題ファイル（QTIやSCORM規格ファイルなど）をインポートする機能はあるが、基本的には、システムの提供する作問機能で作成する必要があり、作成できる問題形態は、多肢選択式や穴埋め式など、限定的なものとなっている。また、Google社のClassroomでは、Webアンケート用のシステムであるForm機能での作問となり、数式入力による解答インターフェースは、有償の演習セット<sup>5</sup>機能を採用しなければ利用できない。また、いずれのシステムでも、国語や古文・漢文に特有の縦書きには対応できない。

これらのシステムでは、システムが共通に有する解答の正誤自動判定機能による事後処理の容易さや作問の容易さから、多肢選択問題や正誤判断形式、短答式や選択式の記述形式による作問が多くなる傾向にあり、本来問うべき作問意図を外さないよう注意する必要がある。また、正誤の自動判定機能については、教員の負担軽減につながるものとして期待され、様々なシステムが提案されているが、自動判定機能は、負担軽減の反面、各設問の誤答傾向や個々の児童生徒の取り組み状況の把握など、手作業により無意識に得られていた各種情報の取得ができなくなる。このようなことから、自動判定機能には、判定結果による正誤等の傾向の分析機能などが求められると考える。

CBTにおける作問では、出題者が意図する問題形態や解答形式について、どのようにシステムに適応させればよいかが課題となり、これには、CBTシステムそのものに加え、CBTシステムでの問題形式等に習熟することが求められ、慣れるまでは、作問者の大きな負担となる。この作問の負担を軽減するための取り組みとしては、東京都立新宿山吹高等学校通信制では、教員がワープロにより作成した問題を、外部の業者に委託しCBTシステムに導入する対応を取っているが、これは、予算面からも特異な事例といえる。その他にも、木原や畑によって開発されたシステム<sup>6,7</sup>は、Wordで作成した問題をMoodleの小テスト問題に変換するもので、Word文中に黄色マーカーを付した部分を正解とし、その部分を解答欄とする穴埋め問題などに簡便に変換できるもので、作問者の作業負担を大幅に減ずることができる。また、深井らによる問題作成支援ソフト「QuEdit」<sup>8,9</sup>などの提案もある。これは、専用のソフトウェア上で、問題文と正解を入力することで、Moodleの小テスト用の問題の作成を可能とするものである。これらの事例は、CBTシステムの作問形態の範囲内での問題作成については、作問者の負担軽減となるものであるが、初等中等教育で用いられてきた縦書きをはじめとした多様な設問形態には、十分には対応でき

ない。

教員は、学習者の習得・習熟状況を確認し、事後の指導に生かすため、単元や課題に適した多様な出題・解答形態の作問ノウハウを有しており、それに基づきPBT形式での作問を行ってきたが、このノウハウを、CBTシステムに導入するのは、現状のCBTシステムが有する作問機能や解答インターフェースの範囲では、学習段階に応じた数式や化学式の入力インターフェースや縦書きへの対応などの課題もあり、十分に対応できない。これらの点については、「全国的な学力調査のCBT化検討ワーキンググループ 最終まとめ（令和3年7月）」<sup>10</sup>においては、『CBT ではPBT ではできなかった様々な出題が可能になるが、作問にあたっては、教科教育の専門家に加え、CBT での出題方法や解答形式等に詳しい専門人材が必要になるため、作問体制の在り方を見直し、相当強化する必要がある。』とされ、また、『・・・数式のエディタ（補助ツール）を使って解答することは可能だが、児童生徒が操作に不慣れな場合、解答に時間がかかり、戸惑うことが想定され、・・・』や『・・・国語の調査問題は、現在縦書きで作成されているが、例えばインターネットからの情報等は、教科書でも横書きで記載されており、問題の種類によっては、横書きで示すことも考えられる・・・』と、課題とされて、数式エディタについては、操作性の改善が、また、国語への対応については、縦書きが望まれると読み取れる。

本研究では、作問者の視点からは、各学校や各教員の手元に蓄積されている既存の教材を活用し、より簡便に負担なくCBT教材を作成することを、また、学習（解答）者の視点からは、これからの時代に対応した標準的なWebペースの入力システムを原則に、コンピュータ操作に戸惑うことなく、より直感的に解答のための思考に集中し、入力できるインターフェースについての、2つのアプローチで、システムの開発を試みた。

### 開発システムの要件定義

開発システムの要件を定義するにあたって、CBTシステムの初等中等教育への導入の視点で、そのメリットと現状のCBTシステムの課題を整理する。

メリットとしては、

- ① 反転授業の事前学習の効果的な効率化が図れる。
- ② 不登校や病気療養中の児童生徒の在宅学習が効果的に行える。
- ③ 学習履歴（ポートフォリオ）が容易に収集できる
- ④ 動画や音声の導入など、これまで不可能であった作問が可能となる。
- ⑤ 児童生徒がこれからの情報社会を生きる上で欠かせないスキルを身に付けられる。
- ⑥ 解答の正誤の自動判定機能により、教員の負担軽減が図れる。
- ⑦ 学校間での課題の共有が促進できる。

などが挙げられ、一方で、現状のCBTシステムの課題としては、

- ① Webフォームによる作問が必須で、PCシステムにもよるが、画面の編集エリアが

狭小である。

- ② オフラインでの編集や編集途中での保存ができないか、限定的である。
- ③ 高機能化の影響で、設定項目が多く、システムへの習熟が必要となる。
- ④ 基本的に小問単位での作問となるので、複数の問題内容を見渡しながらの編集・解答ができない。
- ⑤ 図表を用いた作問が容易でない。
- ⑥ 国語や古文・漢文で必要となる縦書きに対応できない。
- ⑦ 漢字の書き取りやグラフ描画など、手書き入力による解答形式への対応が困難である。
- ⑧ 数式や化学式の入力には、一般的に有償の入力ツールの導入が必要となる。
- ⑨ 既存の教材の移行には、基本的に2画面間のコピー&ペーストが必要で、操作が煩雑となる。

などが挙げられる。

CBTによる学習の導入にあたっては、児童生徒が これからの情報社会を生きることを考慮すると、高等教育機関で利用が定着しているMoodleや文部科学省のMEXCBTの利用がゴールとなるのは言うまでもないが、メリットの①や②を、より早期により多くの学校、教科、科目で享受するため、CBTシステム導入までのつなぎのシステムとして、導入の初期段階での障壁と考えられる課題の解消を目的に、開発システムの要件を次のとおりとした。併せて、開発システムの一部機能をCBTシステムであるMoodleへ対応させる試みも行った。

#### ○開発システム要件

(作問・添削・分析システムについての要件)

- ・ 既存のPDF教材（文書）をベースにCBT化する。
- ・ Webベースの他、オフラインでの利用も可能とする。
- ・ 簡易的な解答の正誤判定機能を実装する。
- ・ 添削機能を実装する。
- ・ 各設問の誤答傾向を確認するための、簡易的な分析機能を実装する。

(解答入力システムについての要件)

- ・ WindowsPC、Chromebook、MAC、iPad など多様な端末に対応する。
- ・ 漢字書き取りやグラフ描画などの手書き入力に対応する。
- ・ 縦書き入力や、漢文の返り点や読み順、送り仮名の入力に対応する。
- ・ 数式・化学式入力に対応する。
- ・ 紙に書いた解答をカメラで撮影したデータによる解答を可能とする。
- ・ 添削後の再解答提出に対応する。

## 開発したシステムについて

開発したシステム（以下「WBTBuilder」という。）は、既存の印刷配付用の教材（問題）のPDFファイル上に、Web（ブラウザ）上で書き込みができる解答欄を付加することで、WBT課題（問題）を作成し、生徒による解答欄への解答の入力、解答の自動正誤判定や教師による添削入力を可能とし、また、添削結果への再解答入力や、設問ごとの誤答傾向が直感的に確認できる分析機能を搭載した。

解答インターフェースについては、解答者の利用する端末の多様性を考慮して、キーボード以外にも、ペン入力や画像入力にも対応した。

プログラムは、汎用性を考慮して、ブラウザ上で実行するアプリケーションとして、javascriptのみで記述した。これによって、多様なプラットフォームや、ローカル環境での実行が可能となっている。この「WBTBuilder」は、「作問モード」「解答モード」「添削モード」「分析モード」「変換モード」の5種の動作モードを有しており、動作モードの切り換えは、起動パラメータにより行う（起動パラメータについては、学習者には非公開を原則とする。）。

- ・ 作問モードでの起動：wbtbuilder.html?mode=sakumon
- ・ 解答モードでの起動：wbtbuilder.html（パラメータなしで起動）
- ・ 添削モードでの起動：wbtbuilder.html?mode=tensaku
- ・ 分析モードでの起動：wbtbuilder.html?mode=bunseki
- ・ 変換モードでの起動：wbtbuilder.html?mode=henkan

作問モードでPDF文書上に追加できる解答欄は、

- ・ 横書きテキスト入力欄

解答者は、キーボード入力、数式・化学式入力、手書き（マウス・スタイラスペン）入力、カメラ撮影・画像貼付けが可能。

- ・ 縦書きテキスト入力欄

解答者は、キーボード入力、漢文の返り点・読み順・送り仮名入力、手書き（マウス・スタイラスペン）入力、カメラ撮影・画像貼付けが可能。

- ・ 手書き入力欄

解答者は、手書き（マウス・スタイラスペン）入力、カメラ撮影・画像貼付けが可能。

となっている。加えて、作問時に既存PDF文書の修正やPDF文書への追加文を記述するための固定テキストの配置も可能となっている。

横書きテキスト入力欄と縦書きテキスト入力欄では、解答者の選択により、キーボード入力と手書き入力が選択でき、横書きテキスト入力欄のキーボード入力時には、数式・化学式入力が、縦書きテキスト入力欄では、漢文の返り点や読み順、送り仮名の入力が可能

となっている。数式・化学式入力については、今回独自にブラウザのMathML表示機能を活用し開発したもので、対応する数学記号については、学校種に応じて、学習指導要領に記載の範囲としており、学習者の習熟を容易としている。なお、完全な独自開発なので、特別なライセンス費用は必要としない。

手書き入力時には、マウスやスタイラスペンによる手書き入力に加え、解答欄にカメラ映像や画像ファイルを貼付けることも可能となっている。

これらの解答欄の形式については、横浜修悠館高等学校の教員の皆さんから聞き取ったITレポート（Moodle上でのレポート提出の仕組み）作成上の課題に基づき設計したもので、既存の多様な設問に対して、より適した形式の解答欄を付加できるものとなっている。

このように、「WBTBuilder」は、既存のペーパーベースの学習課題に変更を加えることなく、容易に多様なCBT形式の解答欄を付加することができる。

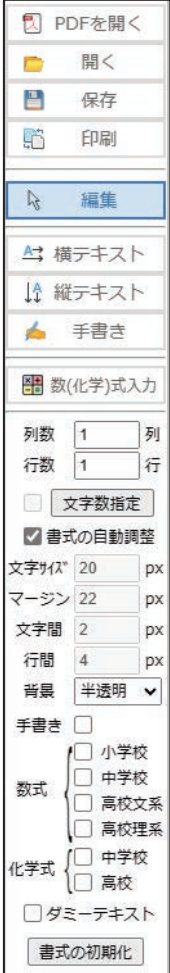


「WBTBuilder」の基本的な利用手順は、次の①～⑮の順となる。

○各モードの画面例

作問モード画面例	解答モード画面例
PDF ファイル上に解答欄を付加した状態の画面	解答欄に解答を入力している状態の画面

添削モード画面例	添削後の解答モード画面例
添削文を書き込んでいる状態の画面	添削ファイルを解答モードで開いた状態の画面

## ○各モードのメニュー例

作問モード	解答モード	添削モード	分析モード
 <p>解答欄を配置している状態のメニュー</p>	 <p>解答欄に解答を入力する状態のメニュー</p>	 <p>正誤記号 (○×) や添削文を入力する状態のメニュー</p>	 <p>複数の解答ファイルを読み込んで解答(誤答)状況を一覧表示している状態のメニュー</p> <p>課題ファイルを読み込み、独立したHTMLファイルまたはCBTシステムのインポートファイルに変換する状態のメニュー</p>

## ○ 作問モード (PCでの処理を推奨)

- ① [教師] 課題プリントのPDFファイルを用意する。
- ② [教師] ①のPDFファイルを読み込む。
- ③ [教師] 解答欄を追加する。
- ④ [教師] 作成した課題を、課題ファイルとして保存する(拡張子は.ysk)。
- ⑤ [教師] 保存した課題ファイルを生徒に配付する。

○ 解答モード（PCの他、タブレットやスマホでの利用も可能）

- ⑥ [生徒] 課題ファイルを「解答モード」で開く。
- ⑦ [生徒] 解答を入力する。
- ⑧ [生徒] 解答入力が終わったら、解答ファイルとして保存する（拡張子は,ysa）。
- ⑨ [生徒] 保存した解答ファイルを提出する。

○ 添削モード（PCでの処理を推奨）

- ⑩ [教師] 生徒が提出した解答ファイルを「添削モード」で開く。
- ⑪ [教師] 解答ファイルに正誤マークや添削事項を入力する。
- ⑫ [教師] 添削入力が終わったら、添削ファイルとして保存する（拡張子は,yst）。
- ⑬ [教師] 保存した添削ファイルを生徒に返却する。

○ 解答モードでの誤答の修正（PCの他、タブレットやスマホでの処理も可能）

- ⑭ [生徒] 添削ファイルを「解答モード」で開き、添削指示に従い誤答を修正する。
- ⑮ [生徒] 誤答の修正が終わったら、解答ファイルとして保存する（拡張子は,ysa）。
- ⑯ [生徒] 保存した解答ファイルを提出する。

- ⑰ 以下、必要に応じて、⑩～⑯を繰り返す。

- ※ 解答ファイルは、ファイル内に最初の保存時のファイル名を保持しているので、他人の解答ファイルのファイル名を変更した場合は、ファイルを開くことができない。
- ※ 提出された複数の解答ファイルを「分析モード」で読み込むことで、各設問の正答率や誤答傾向を確認できる。
- ※ 変換モードでは、「WBTBuilder」画面上の指定領域の設問と解答欄を、独立したHTMLファイルやMoodle小テスト問題のインポートファイルへ変換できる。

作問モード

作問モードでは、既存の課題文書をPDFデータとして受け取り、その課題文書上に、解答欄（WordやPowerPointのテキストボックス様のもの）を配置する方式とした。配置できる解答欄は、多様な作問様式に柔軟に対応するため、「横書き解答欄」「縦書き解答欄」「手書き解答欄」の3種の配置を可能とした。作問時の設定で、「横書き解答欄」では、解答者による数式（化学式）入力と手書き入力の選択を、「縦書き入力欄」では、漢文の返り点や読み順、送り仮名の入力と手書き入力の選択を、「手書き解答欄」では、スタイラスペンやマウスでの描画に加えて、カメラによる撮影や画像ファイルの貼付けを、それぞれ可



能とした。画像貼り付けについては、ファイルサイズの肥大化を抑制するため、貼り付け時に、画像の必要部分のみをトリミングし、貼り付け位置に合わせて最適な解像度に変換する機能を搭載した。

数式（化学式）入力については、作問時の指定によって、学校種に応じて、学習指導要領の記載に準じた数学記号や元素記号の範囲内で、数式（化学式）エディタが起動するので、入力方法の習得は容易である。漢文の返り点や読み順の入力においても、作問時に学習段階に応じたメニュー構成を指定することで、学習者の戸惑いを減じることができる。また、手書き入力欄へのカメラによる撮影や、画像ファイルの貼り付け機能を利用することで、計算過程などを紙に書き、カメラで撮影し貼り付けるなどの解答方法も選択できる。

いずれの解答欄においても、入力欄の背景を透過設定とすることができるので、手書きによる座標軸上へのグラフの描画や漢文の返り点の入力などの設問形態も可能となっている。

作問モードでのメニュー項目は、次のとおりである。

#### ○作問モードでのメニュー例

ファイル操作関連メニュー	解答欄の選択メニュー	解答欄の書式メニュー (横・縦書き時)	解答欄の書式メニュー (手書き時)

基本的な解答欄の配置方法は、「横テキスト」「縦テキスト」「手書き」の3種の解答欄のいずれかを選択し、画面上をクリックすることで、選択した解答欄がクリック位置に配置

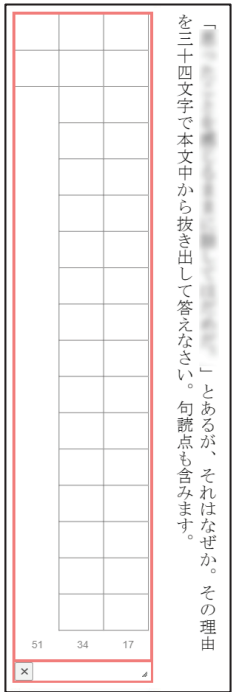
される。配置された解答欄は、自由に移動やサイズ変更できる。解答欄の書式メニューは、設定項目が多く、一見煩雑そうに見えるが、「横テキスト」「縦テキスト」解答欄の場合は、「書式の自動調整」にチェックを入れることで、文字サイズ、マージン、文字間、行間は、解答者の解答文字数と解答欄の大きさに応じて、自動的に調整され、解答文が解答欄からはみ出すことはない。さらに、作問時には、必要に応じて、背景の透過状態を設定したり、手書き解答や数式・化学式エディタの使用を許可したりできる。手書き解答や数式・化学式エディタの使用が許可されている場合は、解答者が、メニュー上から入力方法を選択し解答する。

「手書き」解答欄の場合は、作問時に描画時のペン色とペンサイズを設定する。解答者の操作を簡略化するため、解答者によるペン色とペンサイズの変更はできない。

解答欄の配置の効率化のため、Ctrlキーを押しながら配置することで、直前に配置した解答欄と同一の形状の解答欄を配置できる。これは、一般に近接する解答欄の形状が類似していることに対応したものである。また、横書きと縦書きの解答欄では、表形式の解答欄への対応として、表の範囲を指定した後、列数と行数を指定することで一度に複数の解答欄を配置すること（下図）や、解答欄の1行文字数と行数を指定することで、解答文字数を指定した解答欄への対応も可能となっている（右図）。なお、ここでの解答欄のマス目はPDFファイル上のもので、「WBTBuilder」の解答欄が背景を透過しているため、PDFファイル上のマス目が見えている。

$x$	...	-3	-2	-1	0	1	2	3	...
$x^2$	...								×
$-x^2$	...								...

表形式の解答欄



文字数指定の解答欄

解答の正誤判定機能としては、作問時に解答欄に正答を入力しておくことで、添削時に、解答の正誤を判定し、自動的に正答記号（○）を表示（配置）することができる（右図）。登録する正答は、|で区切って入力することで、複数の解答（別解）の登録や、\*によるワイルドカードの登録もできる。誤答記号については、登録外の別解がある場合など、正誤判定が困難なケースもあるので、自動で表示（配置）することはしていない。



正答マーク

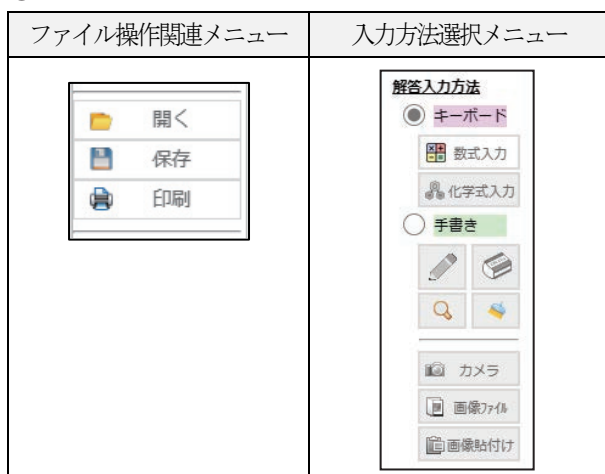
この正誤判定については、基本的には、記号解答や短答式の記述解答で機能するものであるが、「WBTBuilder」では、グラフ描画による解答などにおいても、入力した正答と学習者の解答との描画内容の重複割合で正誤を判定する機能を試験的に導入している。この際、正答の入力の際には、Altキーを押しながら入力することで、正答を極太線で入力できるので、解答のずれをある程度許容できる。一方、数式（化学式）での解答については、「2a」と「 $2 \times a$ 」、「 $2 \cdot a$ 」や、「 $O_2 + H_2$ 」と「 $H_2 + O_2$ 」のように、多様な記述形式が想定できるので、正誤判定には対応していない。

作問モードでの、解答欄の入力作業の負担については、解答欄の量や作問者の操作熟練にもよるが、多少の操作練習を行えば、A4版1ページの課題文書への解答欄の配置は、数分で完了でき、作問者の作業負担は軽微なものであることが確認できた。

## 解答モード

解答モードでは、学習者が解答に集中できるよう、メニュー構成は、ファイル操作関連（開く、保存、印刷）と、入力方法選択（キーボード、数式・化学式、手書きなど）に留めており、必要最低限のものとしている。

### ○解凍モードでのメニュー例



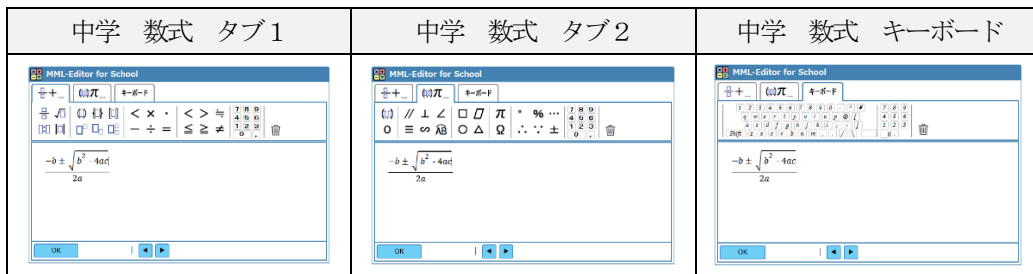
解答者は、作問時の設定の範囲で、解答をキーボード入力するか、手書きとするか、また、数（化学）式エディタを起動するか、画像ファイルを貼り付けるかを選択するのみとなっている。解答欄へのペースト機能は無効としている。

数式（化学式）エディタについては、「WBTBuilder」の開発に併せて、独自に開発したもので、ブラウザが標準実装している、MathMLを利用したものである。数式（化学式）エディタに表示されるメニュー構成（表示される数学記号や元素記号）は、学習段階に応じたもの（小学校数式、中学校数式、高校文系数式、高校理系数式、中学校化学式、高校

化学式)を作問時に選択・設定する。

数(化学)式エディタのプログラムは、「WBTBuilder」とは切り離れた独立したモジュールとして記述しているため、Moodleなど、他のシステムへの対応も容易なものとなっている。

○数式エディタのメニュー構成例



漢文の返り点や読み順、送り仮名の入力についても、「WBTBuilder」の開発に合わせて、新たに開発したもので、返り点や読み順については、解答欄をクリックすると、右図のメニューが表示されるので、解答をクリックする仕様で、送り仮名については、キーボードから入力する仕様である。

メニュー構成（表示される返り点や読み順の最高順位）は、学習段階に応じたもの(中学校、高校)を作問時に選択・設定する。振り仮名には対応していないので、元のPDFファイル内に記述しておく必要がある。

○漢文モードのメニュー構成

中学		高校		
作問時	解答時		解答時	
返り点	返り点	読み順	返り点	読み順

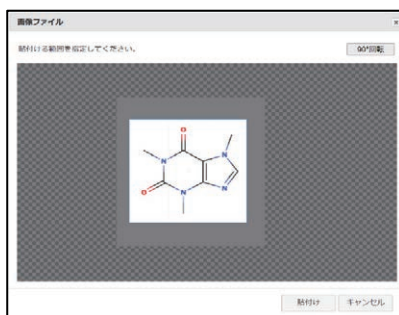
作問時には、正解入力の他に、固定の返り点や読み順、空欄を入力することができる。この機能を利用すると、右図の様に、読み順から返り点を答える問題や、逆に読み中をこたえる問題の作成が可能となる。

○漢文モードの作問例

作問時	解答時

手書き入力については、スタイラスペンでの使用が望まれる。スマホのタッチパネルやPCのマウスなどでも描画は可能であるが、描きやすいものではない。

「カメラ」機能や「画像ファイル」機能、「画像貼付け」機能は、スタイラスペンがない場合などに、手元の紙に解答を書き、それをカメラで撮影し、解答欄に張り付ける機能で、貼り付ける際には、解答欄のサイズに合わせた、トリミングや画像解像度変換、画像の回転が可能となっている。



画像貼り付け（トリミング）画面

### 添削モード

添削モードでは、学習者から提出を受けた解答ファイルの解答に対して、正誤判定を行い、添削事項を記入し、添削ファイルとして保存し解答者に返却する。解答者は、添削ファイルを解答モードで開き、誤答部分を修正し、再度提出する。この際、解答者は添削内容については、編集することはできない。

### ○添削モードでのメニュー例

ファイル操作関連メニュー	入力方法選択メニュー
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 開く</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 保存</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 印刷</div> </div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 編集</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 横テキスト</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 縦テキスト</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 手書き</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 数(化学)式入力</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 画像ファイル</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 画像貼付け</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 正答</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 誤答</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 添削文参照</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> 添削文登録</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/> 書式の自動調整</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;">文字サイズ* <input type="text" value="20"/> px</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;">マージン <input type="text" value="8"/> px</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;">文字間 <input type="text" value="2"/> px</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;">行間 <input type="text" value="4"/> px</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;">背景 <input type="text" value="半透明"/> ▼</div> <div style="text-align: center;">書式の初期化</div> </div> </div>

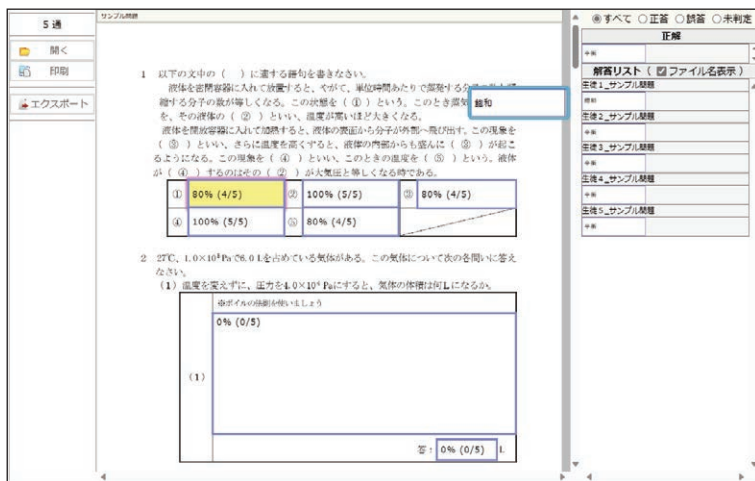
正誤判定については、作問時に正解を入力してある設問については、解答ファイルを添削モードで開く際に、正解の部分に自動的に正答記号（○）を表示（配置）する。正解を入力していない設問については、添削者が1問ずつ正誤判定をする必要があるが、正誤記号（○と×）は、解答欄をクリックのみで表示（配置）できる。正答記号（○）を付けた部分については、再解答時の解答者による編集はできない。

添削文は、横書きの他、縦書きや手書きにすること、添削文に数式や化学式を入力したり、画像を貼り付けたりすることもできる。また、添削文については、ひな形を登録する機能を有している。

### 分析モード

分析モードは、複数の解答者の添削ファイルを読み込み、設問ごとの正答率や、解答状況の一覧表示をするもので、読み込んだ解答者群の誤答状況等を把握するのに役立つ。

#### ○分析モードの画面例



分析モードでは、各設問の解答欄に、読み込んだ解答者群での正答率を表示し、各解答欄をクリックすると、クリックした解答欄の解答の一覧を、右ペインにサムネイル画像で表示する。一覧表示は、「正答のみ」、「誤答のみ」、「すべて」に切り換えて表示できる。サムネイル画像には、解答者名（ファイル名）を表示しているが、授業等で生徒に示す場合を考慮して、解答者名（ファイル名）を非表示とすることもできる。また、サムネイル画像をクリックすると、その解答者の解答を拡大表示できる。

エクスポートボタンを押すと、読み込んだ解答者群の解答の内、テキストで解答してあるものについて、その一覧を、エクセル（XLMX形式）のファイルで出力できる。

## 変換モード

変換モードでは、作問モードで作成した課題ファイルの一部を切り取り、独立したHTMLファイルやMoodle小テスト問題のインポートファイルへ変換できる。

変換モードで出力するHTMLファイルは、ブラウザ上に問題を表示し、解答を入力できるが、入力した解答について、正誤判定等の処理を行う機能は有していないので、実際の利用においては、提供するAPIを利用した追加プログラムでの処理が必要となる。本研究では、この機能を利用し、後述のとおり、Moodle小テスト問題のインポートファイルへの変換機能の実装を試みた。

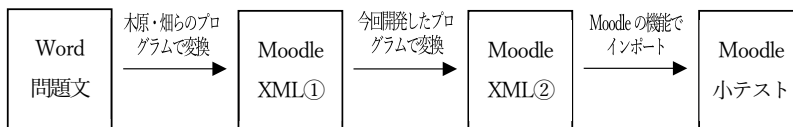
## CBTシステム（Moodle小テスト）への対応

初等中等教育でのCBT化のゴールは、前述のとおり「Moodleや文部科学省のMEXCBTの利用」と考えている。そこで、今回開発した「WBTBuilder」に実装した機能の一部について、Moodleの小テスト問題の穴埋め形式問題への対応を、「新たに設問を作成する」ケースと、「WBTBuilderで作成した課題ファイルを活用する」ケースの、2つのアプローチで試みた。

### （1）「新たに設問を作成する」ケース

対応方法は、木原や畑によるシステム<sup>67</sup>を利用するもので、次のようにWord上で作成する問題に、解答欄形式を付記した後に、木原や畑らのプログラム（QT\_Cloze.exe）でMoodleのXLM形式ファイル①を生成する。この①のXML形式のファイルを、新規に開発したMoodeleClozeConverter.exeで変換処理することで、MoodleのXML形式のインポートファイル内に、縦書き等を実現するためのjavascriptコード等を埋め込むものである。

### ○MoodleのXML形式インポートファイルの策定手順



### ○変換前のWord問題文例

問題 1 (テスト問題 No1) 67

67

< 1 > グラフをなぞる必要があるのか、あなたの考えを書きなさい。 67

#text:5.0.30.30#正解なし 67

67

< 2 > 次の文章の空欄を埋めなさい。 67

2 次図表のグラフの形は、#text:1.0.8.1#放物線とよばれる曲線です。  
#text:1.0.8.1#y=ax<sup>2</sup> のグラフは、左右対称で、その対称軸を#text:1.0.8.1#放物線の軸とい  
い、放物線と軸との交点を#text:1.20.6.1#頂点といいます。 67

67

< 3 > ○○について、35 文字以上、45 文字以内で答えなさい。 67

#waku:15.18.20.30#正解なし 67

67

< 4 > 次の読みを漢字にしなさい。 67

かながわ <small>67</small>	#hw:10.2.350.80#正解なし <small>67</small>
とうきょう <small>67</small>	#hw:10.2.350.80#正解なし <small>67</small>

67

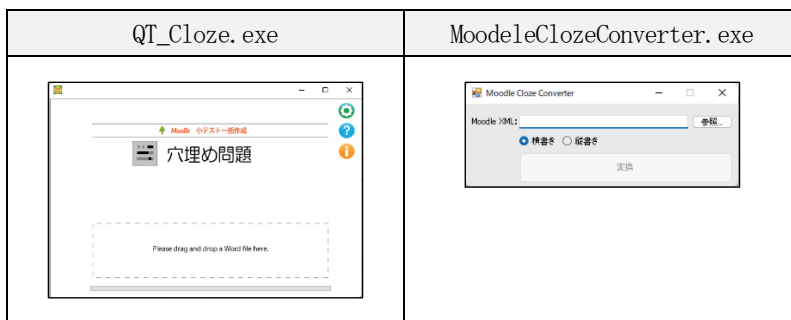
Wordの問題文は、QT\_Cloze.exeの仕様を拡張して記述する。黄色マーカー部分が解答欄となり、その他の部分（黒字）は、問題文となる。QT\_Cloze.exeでは、黄色マーカー部分には正解と配点を記述する仕様となっているが、今回の試作システムでは、この部分に解答欄の書式も記述するように拡張した。具体的な記述内容としては、

- #text;5;0,30,3#正解なし  
文字入力解答欄、5点、フォントサイズはデフォルト値、30文字3行、正解登録なし
- #text;1;0,8,1#放物線  
文字入力解答欄、1点、フォントサイズはデフォルト値、8文字1行、正解は放物線
- #waku;15;18,20,3#正解なし  
枠合わせ解答欄、15点、フォントサイズ18px、20文字3行、正解登録なし
- #hw;10;2,350,80#正解なし  
手書き解答欄、10点、ペンサイズ2px、横350px、縦80px、正解登録なし

となっており、この他にも、数式（化学式）エディタを呼び出す「#math」や背景イメージ上への手書き描画の「#img」が指定できる。

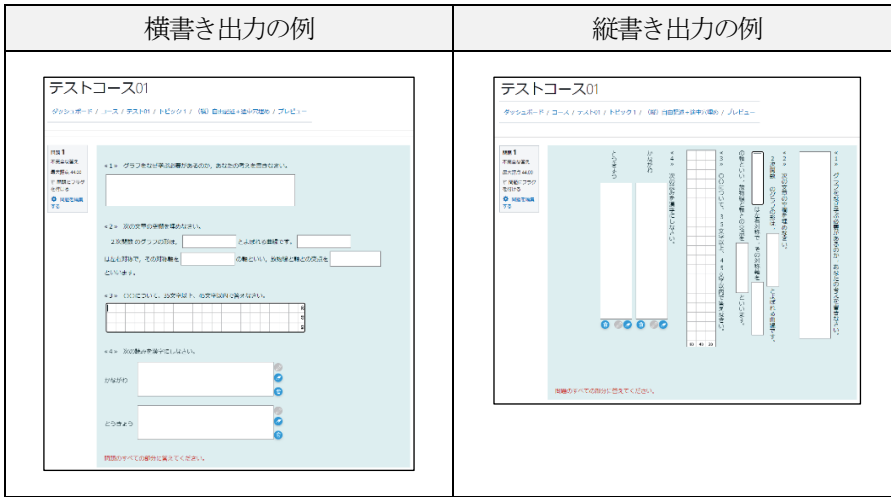
このWord問題文書ファイルを、QT\_Cloze.exeで処理し、得られたXMLファイルを、今回開発したMoodeleClozeConverter.exeで、縦書きまたは横書きの指定し処理することで、Moodle用のインポートXMLファイルを得ることができる。MoodeleClozeConverter.exeでは、元の解答欄を非表示として、新たに指定された様式の解答欄を配置し、元の解答欄との間の記述内容の同期処理を行っている。この同期処理によって、新設した解答欄への記述内容であっても、画面を閉じた後も内容は保持され、正誤判定や得点処理についても、Moodleの処理が機能する。これらの機能を実現するプログラムモジュールはjavascriptで記述しており、ソースの無い<img>を表示する際に発生するonerrorイベントで、システム内に読み込んでいる。

### ○QT\_Cloze.exe とMoodeleClozeConverter.exeの処理画面





○インポート後のMoodle小テスト問題画面例



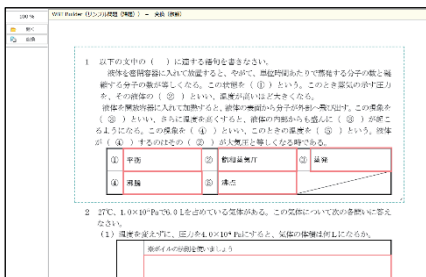
この方式の利点としては、Moodleに送られる問題文がテキストデータ形式となるので、転送後の問題文の修正が可能で、生成するインポート用のXMLファイルのサイズは小さくなる。

この方法では、Moodleのシステムファイルには一切手を加えていない。一般にMoodle等のシステムはサーバ管理者以外が変更を加えることは困難であるので、Moodleシステムに手を加えずに縦書き等が実現できた点は、今後の対応範囲の拡大時につながるものである。

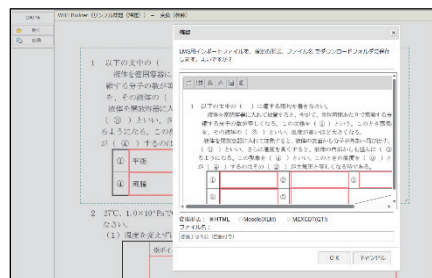
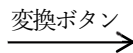
(2) 「WBTBuilderで作成した課題ファイルを活用する」ケース

上記「(1)新たに設問を作成する」の変換手順を利用し、変換モードとして「WBTBuilder」に実装したものである。「WBTBuilder」を変換モードで起動し、課題ファイルを読み込む。取り出す設問部分を矩形選択し、変換ボタンを押す。表示されるダイアログで変換形式（現在は、HTMLとMoodleのXMLインポートファイルにのみ対応）を選択することで、正解情報を含めて出力できる。

○「変換モード」の画面



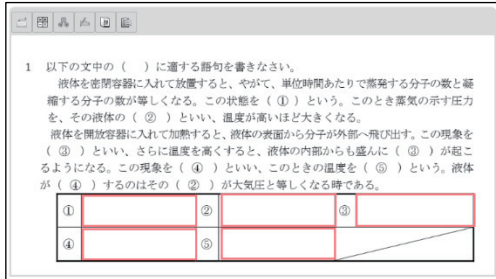
変換対象範囲の指定



出力形式の指定の指定

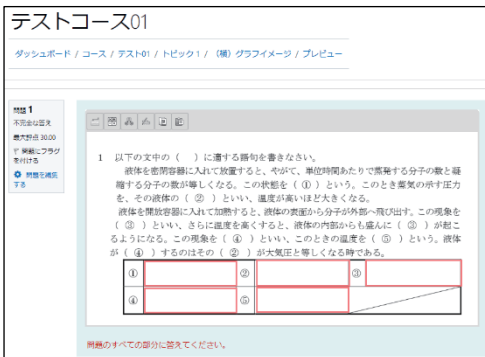
この変換モードで出力するファイルの問題文は、元のPDFファイルの問題文を画像化したものなので、ファイルサイズは、その分大きくなる。

### ○出力したHTMLの表示画面



HTML形式での出力の場合は、単にブラウザ上に問題文と解答欄を表示し、解答の入力を可能とするもので、解答結果の処理にあたっては、別途処理プログラムを作成する必要がある。今回試作したプログラムでは、処理プログラムの作成を支援するため、正解や解答文の取得、正誤判定結果を取得するための簡易なAPIを提供している。

### ○インポート後のMoodle小テスト問題画面



Moodleの小テスト問題としての出力では、「(1) 新たに設問を作成する」同様、正誤判定や得点処理についてMoodleの提供している処理が機能する。

### まとめと今後

CBTの初等中等教育への導入については、国語の縦書きや漢字練習、漢文の返り点、社会、地歴・公民の地図への書き込み、算数の筆算、数学や理科の数式入力やグラフ描画など、現行のシステムの作問機能では対応できないか、あるいは、数式入力のように高等数学に対応したものを利用せざるを得ないなどの課題があり、また、CBTによる作問においては、多肢選択問題や穴埋め問題、組合せ問題など、CBTシステムの機能の範囲内での作問に偏る傾向があるなども課題と言え、これらが障壁となり、普及が遅れる要因となっていると考えている。

このCBT普及の遅れは、PISAの出題方式<sup>11</sup>に見られるように、国際的なCBT化の流れに乗り遅れるもので、これからの時代を生きる児童生徒に対して、不利益をもたらすものであるとともに、不登校や病気療養中の児童生徒の在宅学習の機会の提供を阻害するものでもある。

縦書きの課題など、CBTシステムによる課題については、登校時の教室での学習で補うことでカバーする考えもあるが、今後CBTシステムでの学習が中心となる通信制高校や院内学級などでの学習においては、憂慮すべき問題と言える。

縦書きについては、2019年12月に、W3CがWebで縦書きなどを実現する「CSS Writing Modes Level 3」を勧告<sup>12</sup>し、また、Google社は、スライド作成ソフトにおいて、今まで縦書きには対応していなかったが、最近、実験的な実装を試みており<sup>13</sup>、縦書きという我が国の文化的背景への理解が進みつつあることは、期待させるものがある。

本研究では、各校、各先生方の手もとにある、過去の膨大な定期考査問題や小テスト問題、課題プリントなどをCBTコンテンツとして活用することを前提に、システムの試作を行い、CBT普及の障壁となっている課題の、縦書き問題や数式、化学式問題について、一定の対応策を提示することができた。

ブラウザ上での縦書きについては、「writing-mode: vertical-rl」を使用することで、表示上の縦書きは容易であるが、キーボード入力可能な解答欄については、通常の方法で縦書き対応することは困難である。「WBTBuilder」では、DIV要素に「writing-mode: vertical-rl」を設定し、さらにcontentenable属性を付与することで、縦書きの解答欄を実現しているが、この方法には、ブラウザの種類によって、キャレットの移動方向がキーボード上の矢印キーの方向と異なる場合があることや、日本語変換時の変換候補表示が縦書きにならず、入力文字を隠すなど、操作上の課題がある（次表）。なお、日本語変換時の候補表示については、最近のアップデートで、改善されたブラウザがある。キャレット移動についても、今後改善される可能性は高い。

#### ○ブラウザの縦書きへの対応状況（本稿執筆時）

ブラウザ	プラットフォーム	キャレット移動	日本語変換
Chrome	Windows	非対応	最近対応
Edge	Windows	非対応	最近対応
FireFox	Windows	対応	対応
Opera	Windows	非対応	非対応
Chrome	Chromebook	非対応	非対応
Safari	MAC	非対応	非対応
Safari	iOS	非対応	非対応

「WBTBuilder」では、縦書き入力時のキャレット移動については、ブラウザの機能を切り離し、押下キーに合わせて、DOM情報からキャレット位置を計算・取得し、移動させるようにしているため、禁則処理部などでは、不自然なキャレット移動となる場合がある。縦書き時のキャレットの移動に関しては、今後のブラウザの対応が待たれる。

「WBTBuilder」は、必要機能の実装面に焦点をあて開発を進めたため、アクセサビリティ面での対応は十分とは言えない。今後は、特に解答入力画面においては、ショートカットキーの導入や読み上げソフトへの対応など、アクセサビリティ面での対応を検討する必要がある。

今後は、「WBTBuilder」で実現した各種の機能を、Moodle版の試作システムの拡張としての実装を完成させ、さらには、文部科学省のMEXCBTへの適応などを検討していきたい。

今回の試作システム開発の取り組みが、今後の初等中等教育のCBT普及の一助となれば幸いである。

開発したプログラムは、<https://edu-mat.sakuraweb.com/wbtbuilder/teacher/> にアップしてあるので、必要に応じてご参照いただきたい。

## 参考文献

- 1 文部科学省：GIGAスクール構想の実現  
([https://www.mext.go.jp/a\\_menu/other/index\\_00001.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm))
- 2 文部科学省：文部科学省CBTシステム（MEXCBT:メクビット）について  
([https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/mext\\_00001.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/mext_00001.html))
- 3 ようこそMoodle コミュニティへ (<https://moodle.org/?lang=ja>)
- 4 デジタルアセスメントソフトウェアの最高峰を目指す  
(<https://www.taotesting.com/ja/>)
- 5 Google Classroom 教師向け演習セット  
([https://support.google.com/edu/classroom/topic/13452184?hl=ja&ref\\_topic=13453094&sjid=12256872983629071025-AP](https://support.google.com/edu/classroom/topic/13452184?hl=ja&ref_topic=13453094&sjid=12256872983629071025-AP))
- 6 木原寛，畑篤：Moodleの小テストおよびアンケート質問の一括作成ツールの開発，総合情報基盤センター広報，Vol.9，pp.31-34，2012
- 7 Moodle 小テスト問題，アンケート質問の一括作成ツール  
(<https://www.itc.u-toyama.ac.jp/service/moodle/guide/tool/index.html>)
- 8 深井裕二，河合洋明，工藤雅之：記述誘導方式による問題作成支援ソフトQuEditの開発と実践，工学教育(J.ofJSEE).63-6:pp.70-75.(2015)
- 9 Moodle小テスト問題作成 - QuEdit (教育用フリーソフト)  
(<https://www1.hus.ac.jp/~fukai/getstarted.html>)

- 10 文部科学省：全国的な学力調査のCBT化検討ワーキンググループ 最終まとめ（令和3年7月16日 全国的な学力調査に関する専門家会議 全国的な学力調査のCBT化検討ワーキンググループ）（[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/gakuryoku-chousa/1421443\\_00004.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/1421443_00004.htm)）
- 11 PISAの進化について：特にCBT化の観点から  
（[https://www.nier.go.jp/06\\_jigyou/symposium/sympo\\_r04\\_01/pdf/handout-C.pdf](https://www.nier.go.jp/06_jigyou/symposium/sympo_r04_01/pdf/handout-C.pdf)）
- 12 CSS Writing ModesがW3C勧告に  
（<https://www.w3.org/ja/press-releases/2019/css-writing-modes/>）
- 13 Google for Education 新しい機能とツールのご紹介  
（<https://services.google.com/fh/files/misc/jp-gfe-update.pdf>）