

PHPとJavaScriptライブラリで自作した タイピングや数学ドリルシステムの授業実践

大阪府立泉大津高等学校 松川 信彦 (Nobuhiko Matsukawa)
Osaka Prefectural Izumiohtsu High School

1 はじめに

JavaScriptによる教材作成の有用性は「学習コストの低さ」と「ソースコードの再利用と改変の容易さ」そして何より、「他人の書いた優れたコードの共有のしやすさ」にある。現在、ブロックプログラミングなどによる入力インターフェースの図式化や簡易化などの手法によって、作成者が持つコーディングへの忌避感低減を目指す方向性が主流であると思うが、Arduinoを始めとするIoTプログラミングや、Node.jsなどサーバサイドプログラミングなど、JavaScriptプログラミングが役立つ場面は増えこそすれ、減ることはないと思われる。従って、こだわるべきはJavaScriptの学習回避の道ではなく、コーディングを楽しみ研鑽する道であると筆者は確信している。より多くの教員や教育・数学プログラミングに関心を持つ人々が、JavaScriptによる教材作成に参加し、高品質で実用的な教材を量産・共有・活用できる時代の到来を切望している。

著者は自身のJavaScriptコーディングの研鑽や数学プログラミングの実装、MathJaxで作成したノートなどのコンテンツをブラウザの上での編集・保存・公開を目的とする、PHPによるサーバサイドプログラム「webnote」を実装した。自身の興味関心に止まらず、ドリルシステムの開発など教材開発を非常に効率的に進めることができることを実感している。

また、勤務校で受け持つ情報科の授業で利用するために、「タイピングシステム」を実装し、2017年春より、現在に至るまで運用し続けている実績がある。毎回、授業のうちの10分間で実施し、生徒のタイピングスキルの向上に確実に寄与している。

今回「タイピングシステム」を一般化し、「webnote」で培ったコンテンツ作成機能とを組み合わせ、一斉授業における実施に特化した自作のLMS「考査システム」を構築した。タイピングだけではなく、多肢選択問題や、証明問題などの記述式テストにも対応し、点数化に必要なデータをVPS内のMySQLに挿入していくシステムである。この稿においては「webnote」「タイピングシステム」「考査システム」の流れで解説していく。なお、使用するブラウザはgoogle chromeに限定する。

2 htmlとJavaScriptのソースコードをブラウザ上で編集・保存する手法について

著者の実装において多用され、基本となる実装なので、簡単に説明する。まず、jQueryのみで実装された編集システムについて解説する。

1. ブラウザの上のテキストエリア (id='source') にて html と JavaScript を編集.
2. テキストエリア (id='source') の内容を, div 要素 (id='show_source') にて html として表示する処理 (`$('#show_html').html($('#source').val())`) を実行.

1, 2 を繰り返して, html をより完成度の高いものに仕上げていく.

次に, VPS 中の或るデータベースに保存したり, 逆にそれを読み込む仕組みについて解説する. 或るデータベース中に sources というテーブルがあり, その columns は

```
sid VARCHAR(40), source MEDIUMTEXT
```

であるとする. テキストエリア (id='source') に書かれた文字列 (`var src=$('#source').val()`) を名前 'src_name' としてサーバに登録したり, 逆にサーバから読み込んでテキストエリア (id='source') に書き込む仕組みについて解説する. 書き込み・読み込み用の PHP ファイルを, それぞれ「write.php」「read.php」とする.

3. 書き込み: `$.post('write.php',{sid:'src_name', source:src})` でサーバーに送信し, write.php が SQL 文

```
"INSERT INTO sources (sid,source)
```

```
VALUES (" , $_POST['sid'] . " , " . $_POST['source'] . " );"
```

```
ON DUPLICATE KEY UPDATE source=VALUES(source);"
```

を実行し保存.

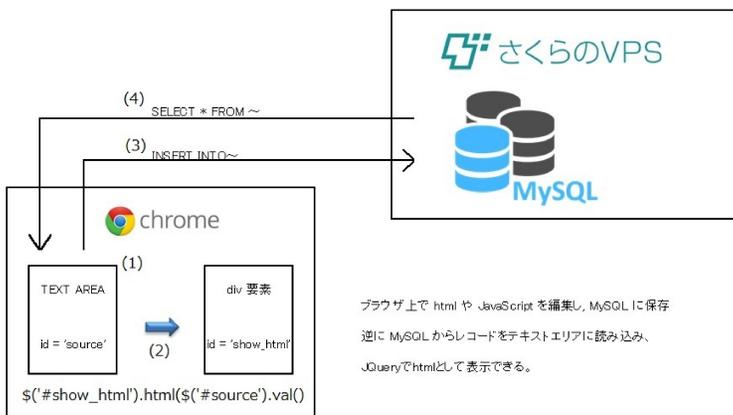
4. 読み込み: `$.post('read.php',{sid:'src_name'},read_source)` でサーバーに送信し, read.php が SQL 文

```
"SELECT source FROM sources WHERE sid=" . $_POST['sid'] . " ;"
```

を実行. クライアントに result を返し, JS 側の関数

```
function read_source(result){$('#source').val(result);}
```

により textarea に表示する.



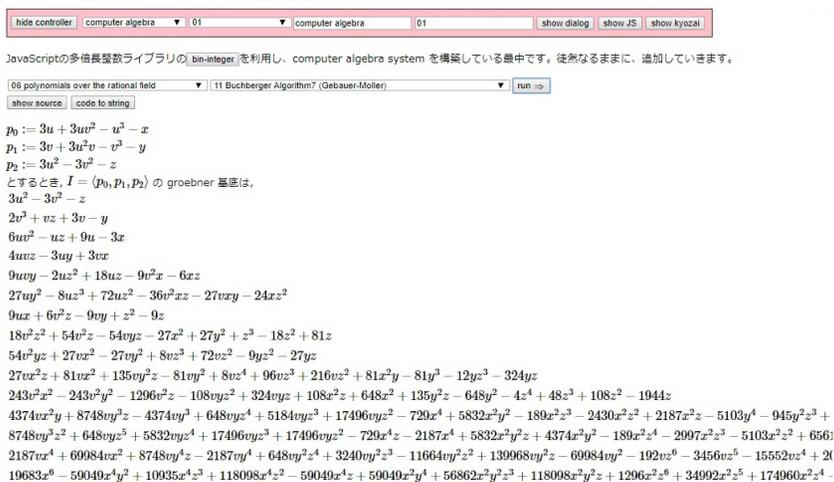
3 webnote について

3.1 JavaScript ライブラリの利用, computer_algebra.js の開発等について

近年 JavaScript ライブラリは急速に高性能化・多様化しており, 多倍長整数ライブラリ, 動的幾何ライブラリ, 物理エンジンなどを無償で利用できる場合が殆どである. それらを利用したコーディングを web ブラウザ上で実施しテスト, うまくいけば公開するという取り組み [13] を行っている.

ネットに繋がった PC さえあれば, いつでもどこでも JavaScript のコーディングや MathJax によるノート作成が可能となるようにした. このシステムを「webnote」と呼ぶことにする.

BigIntInteger.js は JavaScript において多倍長整数演算を実装し, 例えば, JavaScript の数式処理ライブラリ「algebrite」の実装の基礎となっている. 著者も BigIntInteger.js を基礎として有理数体や有限体などを係数環とする多項式や行列の演算, 初等整数論の実装を知的探求かつライフワークとして行っている. 筆者はこれを「computer_algebra.js」と呼んでいる. JavaScript でも大学の教科書レベルの計算ならば, 苦勞せず実装でき, 計算速度も十分に実用に耐えうるとするのが著者の感想である. 実際, groebner 基底の計算アルゴリズムである Gebauer-Moller のアルゴリズムを実装し, Ennerper 曲面の方程式を瞬時に導出したたり, [9] p82 にある, 「性能の低い計算機代数のソフトでは相当待ってても答えが出ない」という例を 3 分以内で計算させることに成功した.(下図参照)



```

hide controller | computer algebra | 01 | computer algebra | 01 | show dialog | show JS | show kyozai
JavaScriptの多倍長整数ライブラリの BigIntInteger を利用し、 computer algebra system を構築している最中です。従然なるままに、追加していきます。
06 polynomials over the rational field | 11 Buchberger Algorithm? (Gebauer-Moller) | run =>
show source | code to string
p0 := 3u + 3uv^2 - u^3 - x
p1 := 3v + 3u^2v - v^3 - y
p2 := 3u^2 - 3v^2 - z
とすると、I = (p0, p1, p2) の groebner 基底は、
3u^2 - 3v^2 - z
2v^3 + vz + 3v - y
6uv^2 - uz + 9u - 3x
4uuz - 3uy + 3vx
9uvy - 2uz^2 + 18uz - 9v^2z - 6xz
27uy^2 - 8uz^3 + 72uz^2 - 36v^2xz - 27vxy - 24xz^2
9uz + 6v^2z - 9vy + z^2 - 9z
18v^2z^2 + 54v^2z - 54vyz - 27x^2 + 27y^2 + z^3 - 18z^2 + 81z
54u^2yz + 27vx^2 - 27vy^2 + 8vz^3 + 72vz^2 - 9yz^2 - 27yz
27vx^2z + 81vx^2 + 135vy^2z - 81vy^2 + 8vz^4 + 96vz^3 + 216vz^2 + 81x^2y - 81y^2 - 12yz^3 - 324yz
243v^2z^2 - 243v^2y^2 - 1296v^2z - 108vyz^2 + 324vyz + 108x^2z + 648x^2 + 135y^2z - 648y^2 - 4z^4 + 48z^3 + 108z^2 - 1944z
4374ux^2y + 8748vy^3z - 4374vy^3 + 648vyz^4 + 5184vyz^3 + 17496vyz^2 - 720x^4 + 5832x^2y^2 - 180x^2z^3 - 2430x^2z^2 + 2187x^2z - 5103y^4 - 945y^2z^3 +
8748vy^3z^2 + 648vyz^3 + 5832vyz^4 + 17496vyz^3 + 17496vyz^2 - 720x^4z - 2187x^4 + 5832x^2y^2z + 4374x^2y^2 - 180x^2z^4 - 2907x^2z^3 - 5103x^2z^2 + 6561
2187vx^4 + 6908vxz^2 + 8748vy^4z - 2187vy^4 + 648vy^2z^4 + 3240vy^2z^3 - 11664vy^2z^2 + 130968vy^2z - 69084vy^2 - 192vz^6 - 3456vz^5 - 15552vz^4 + 21
19683z^6 - 59049x^4y^2 + 10935x^4z^3 + 118098x^4z^2 - 59049x^4z + 59049x^2y^4 + 56862x^2y^2z^3 + 118098x^2y^2z^2 + 1296x^2z^6 + 34992x^2z^5 + 174960x^2z^4 -

```


3.2 ドリルコンテンツ

反復練習による技能定着を目指したドリルシステムについては、コンテンツを開発しやすい。例えば、高等学校数学の2次式の因数分解や、平方完成、大学初年級の数学については、ガウス消去法の演習問題などである。

平方完成ドリル

全問題 **答え合わせ** 次の2次式を $a(x-p)^2+q$ の形にせよ。

[問3] $2x^2+6x+1$ (1回目の挑戦)

$-\frac{1}{2} \left(x + \frac{4}{1} \right)^2 + \frac{13}{1}$

$= -(x+4)^2 + 13$

番号	問題	解答	所要時間	トライ数
1	$\frac{3}{2}x^2 - 8x + 1$	$\frac{3}{2}(x-3)^2 - 11$	41.7226秒	2回
2	$-x^2 - 8x - 3$	$-(x+4)^2 + 13$	49.2966秒	2回

03 Gaussian Eliminat show dialog run

1行を 1/2 倍する

2行を 0 * 0 * 0 * 1 * 倍する

1行を 0 * 0 * 6 * 6 * 倍して 2行に加える

実行 戻る 適切 操作数 2

3	13	68	-124	47	258	247
198	666	3528	-6264	2520	13392	13059
-10	-33	-175	310	-125	-661	-643
-49	-71	-404	612	-358	-1586	-1732

1行を -66 倍して 2行に加える

3	13	68	-124	47	258	247
0	-192	-960	1920	-573	-3636	-3243
-10	-33	-175	310	-125	-661	-643
-49	-71	-404	612	-358	-1586	-1732

4 タイピングシステムについて

4.1 仕組み

admin 画面で、タイピングに用いるテキストの編集から、実施するテキストの選定、成績管理までを全てブラウザの上で完結するよう実装している。以下の図にあるように、「状態を登録」ボタンを押下すれば、図にある内容でタイピングのテストを実施することができる。

2017年12月04日 admin1 **状態を登録**

on 制限時間 1 0 分 0 0 秒

45 delete save 成績区分: 2学期末

繊維ナセルロースは、木材や古紙などから抽出したバルブで、環境に配慮された素材である。これは、毛髪の約10万分の1とされるナセルレベルまで解きほぐして、加工したものだ。軽さと強度に備れ、熱による変形が少ないという特徴もある。

このナセル素材は、間伐材や縮らなど、これまであまり使い道がなかったものを、有効に活用する点に特徴がある。その用途とは、軽量で強度が求められる車などの構造部材だ。日本は、森林が多く有望な素材といえる。

製紙会社は、木材などから繊維を抽出して紙を作っている。この技術を活用しながら、ナセルロースの開発を進めている。実用化に向けた試験的な生産では、他への転用やどのように加工していくのかなどの課題も多い。さらに、軽量化に向けて、品質を確保することも必要だ。

ナセルロースは、世界的に開発競争が激しい。製紙業が盛んな米国や北欧などがライバルである。日本は、炭素繊維の生産では先行しており、市場では主導権を握っている。政府はナセルロースを第2炭素繊維に育てる考えで、成長戦略にも盛り込んでいる。

生徒用の画面は、以下ようになっており、テキストの読み込みと、点数化に必要な要素(入力文字数、入力完了までの時間)のMySQLの登録以外は、全てJavaScriptで実装している。テキストエリアに文字を入力し、正しくない文字を入力した場合、そこから先はカウントされない。カウントされた文字は赤くなるようにしており、どこまで正しく入力できているのか、一目瞭然となるようにしている。開始と時間内での完了、時間切れでの終了それぞれに、効果音をつけることにより、ゲーム性を高めている。提示用画面に早く完了した生徒から名前を表示していくことも可能であり、生徒同士の切磋琢磨に寄与している。

2017年12月04日(月)1年0組 授業時間外 成績区分:2学期
蓮葉 藤織さん、頑張りましょう!

経過時間00分19秒 入力文字数12

繊維ナノセルロースは、木材や古紙などから抽出したパルプで、環境に配慮された素材である。これは、毛髪約10万分の1とされるナノレベルまで解きほぐして、加工したものだ。軽さと強度に優れ、熱による変形が少ないという特徴もある。

このナノ素材は、簡易材や福ワなど、これまであまり使い道がなかったものを、有効に活用する点に特徴がある。その用途とは、軽量で強度が求められる車などの構造部材だ。日本は、森林が多く有望な素材といえる。

製紙会社は、木材などから繊維を抽出して紙を作っている。この技術を活用しながら、ナノセルロースの開発を進めている。実用化に向けた試験的な生産では、他への転用やどのように加工していくのかなどの課題も多い。さらに、軽量化に向けて、品質を確保することも必要だ。

ナノセルロースは、世界的に開発競争が激しい。製紙業が盛んな米国や北欧などがライバルである。日本は、炭素繊維の生産では先行しており、市場では主導権を握っている。政府はナノセルロースを第2炭素繊維に育てる考えで、成長戦略にも盛り込んでいる。

繊維ナノセルロースは、

menu: 45 制限時間: 10分00秒
進捗を表示

4.2 実際の運用

デスクトップPCが生徒一人につき一台完備している教室における一斉授業での利用において、2017年度の春から現在に至るまで、タイピングシステムは問題なく稼働し十分実用に耐えるものであることが確認できている。具体的実施内容については、高等学校商業科のビジネス文書実務検定の速度部門

3級(10分間で300字程度)2級(10分間で450字程度)1級(10分間で700字程度)

をタイピングシステムにログインさせて実施している。全ての生徒がタイピングに集中する癖を身に付け、日が経過するに従って記録を伸ばし、最近では1クラス40人、ほぼ全員が300字を超え、約半数が2級合格レベル、上位2~3人が1級合格レベルに達するようになってきた。タイピング中の私語はほぼ皆無である。

4.3 不正防止

jQuery によって、不正につながる操作:

右クリック, F12, F5, 戻るボタン, view-source:url, テキストエリアにドラッグドロップ

これらを禁止する手法について、ネットで検索をかけて実装することができた。

5 考査システムについて

5.1 概要

[11] において、この稿の読者に「考査システム」体験できる ID と PW を用意した。

ID: 551
PW: horai

「webnote」での教材開発の利便性と、「タイピングシステム」におけると同様に制限時間付のコンテンツの配信と、実施結果の回収機能を同時に備えたシステムである。現段階では、タイピングや多肢選択問題などの作成したばかりであるが、工夫や錬成によっていくらかでも問題形式を増やすことが可能である。

5.2 実装

編集画面におけるテキストエリアは左右 2 分割となっており、左側は「frame」右側は「content」と呼んでいる。JavaScript での実装を「frame」に格納し、問題文を「content」に格納する。これにより一度作成した「frame」の上に沢山の問題文を乗せて運用することができる。「状態を登録」ボタンで実施内容を決定できる。

2017年12月04日 admin1 [show.html]

状態 on 1 1 年 1 組 制限時間 0 1 分 0 0 秒 状態を登録

000test	001	000test	001	delete frame	save frame	delete content	save content	成績区分: 2学期末
<pre> <div id="erb"></div>
 <div id="alert"></div>
 <div id="result"></div> </script> //問題、選択肢、正解、解説) を一単位とする。 var tap = \$("content").val(); eval(tap); function write_problea(i) var n = probs.length, j = 0, erb = 'table'; while(j < n) var v = probs[j]; var tap = "<tr><td colspan='top' style='padding:10px'>[" + String(parseInt(j)+1) + "]<table border='1'>[" + tap + v[j]</tr></td>"; tap += "<tr src=' + v[4] + "' height='150px'></tr></table>"; var n = v[1].length; tap += "</tr><td style='padding:10px'><div class='tels'>table', j = 0; while(i < n) var tp = "<tr><td><label form=" + String(j) + "'> + String(i) + "</td> + String(i+1) + "'>[" + v[j][1] + tp + "</tr><td><input type='radio' name='sel' + String(j) + "' id=" + String(j) + "'> + String(i) + "</td></tr>"; tap += tap + tp; j++; tap = tap + "</table></div></td></tr>"; erb = tap + "]</table>"; </pre>				<pre> //各問題文、1:解答群、2:正解、3:配分、4:状態遷移url var pprob = [["問題人物を述べた例。ここでは歴代の民主党政代表を述べた。 「麻生の決意針葉を空想し、特許をとったこともある政治家は誰?」,["小沢一郎","鳩山由紀夫", "菅直人", "野田佳彦"], "安部晋三"],2.5,"https://chieirei.jsh.c.blog.so-net.ne.jp/_images/kinzai_hokochieretreib/chieirei060306.png"], ["似た言葉を選べた例。この例では数字のみが違っている。 「モーツァルトの交響曲で、変奏しないものは?」,["交響曲第1番","交響曲第3番","交響曲第5番","交響曲第7番"],1.5,"https://i.bo-blogspot.com/r20080904/74a20q706d/AAAAAAAAABQoc/2e2e065c0K0uJ8Q_DWf1131vna80uS20Lc8/680/jjto2e2e06506AaY8f8P7I/AAAAAAAAAUic/GN10_G5d4876/800/azarl.png"], ["一見ありそうな選択肢の例。香川県と同じ四国の県を列挙している。 「香川県は香川県にありません。何県にある?」,["愛媛県","高知県","徳島県","神奈川県"],0.5,"https://i.bo-blogspot.com/r20080904/74a20q706d/AAAAAAAAABQoc/2e2e065c0K0uJ8Q_DWf1131vna80uS20Lc8/680/jjto2e2e06506AaY8f8P7I/AAAAAAAAAUic/GN10_G5d4876/800/azarl.png"], ["漢字で作られた選択肢の例。道べる文字「道」のまじりの置換になる。 【世界で一番大きい(形容詞)と呼ばれる全17ヶ国最大の都市は?」,["アムステルダム","ナカ"],2.5,"https://i.bo-blogspot.com/r20080904/74a20q706d/AAAAAAAAABQoc/2e2e065c0K0uJ8Q_DWf1131vna80uS20Lc8/680/jjto2e2e06506AaY8f8P7I/AAAAAAAAAUic/GN10_G5d4876/800/azarl.png"], ["格らわしい選択肢の例。 「好きな言葉」を漢字で書く?」,["触触触触","触触触触","触触触触","触触触触"],0.5,"https://i.duikai.blog-so-net.ne.jp/_images/kinzai_30a/9/dokais/ES5880ES90SA.png"], ["問題文だけでは解が一つに絞れない例。(バネジウム),(タンクステン),(イットリウム)は元素記号なので、残った X が答えとなる。選択肢がないと A,B,C など複数の答えが出てしまう。 「文字で元素記号にならない文字は?」,["V","W","X","Y"],2.5,"https://chuzaku.com/wp-content/uploads/2016/02/Paagaku_116ken_wan.png"] </pre>				

状態 1 1 項目 1 年 1 組 frame_id 000test 制限時間 01分00秒 で登録中

また、「show html」ボタンで即座に実装をチェックすることができる。画像にあるイラストは引用が自由である「いらすとや」[4]から引用している。

2017年12月04日 admin1 [show source](#)

[1]
麻生の得点計算機を考案し、特許をとったこともある政治家は誰？



- 1 小沢一郎
- 2 鳩山由紀夫
- 3 菅直人
- 4 野田佳彦
- 5 安倍晋三

[2]
モーツァルトの交響曲で、実在しないものは？



- 1 交響曲第1番
- 2 交響曲第3番
- 3 交響曲第5番
- 4 交響曲第7番

[3]
JR盛川駅は香川県にありません。何県にある？



- 1 愛媛県
- 2 高知県
- 3 徳島県
- 4 神奈川県

5.3 応用

高校とは違い、大学の数学科等での利用の可能性は各段に広がると想像できる。具体的には、一人一台ずつ均等な性能のPCが与えられている環境の下一斉に開始という場面、例えば定期テストにおいて、証明問題などの出題でも有用であると思われる。テキストエリアを入力インターフェースとしてMathJaxでリアルタイムに出力する実装で、制限時間を過ぎれば、テキストエリアの入力を禁止し、その内容を回収するシステムなどである。証明問題に限らず、例えばJavaScriptのコードを書かせて、数学的な実装を時間内で完成させるなども考えられる。

6 まとめ

思いつけば手当たり次第に実装を試すことができ、

「開発の効率化・スピード」「コンテンツの多産化」「システムの自由度・柔軟性」

が目指しているところである。「考査システム」の実装はその一応の答えである。今後は、「考査システム」を利用して、数学の反復学習コンテンツなどを中心に質量ともに充実させていく予定である。著者にとって最大の動機はcomputer_algebra.jsの構築などの数学の実装による数学的感覚の拡張である。自身の知的探求の道具として実装したものが発端となり、より良い数学教育システムの構築へとつながっていけばと考えている。

謝辞

本研究は、京都大学数理解析研究所共同事業「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」による成果である。

参考文献および web page

- [1] algebrite: <http://algebrite.org/>
- [2] BigInteger.js : <https://www.npmjs.com/package/big-integer>
- [3] CindyJS : <https://cindyjs.org/>
- [4] いらすとや : <http://www.irasutoya.com/>
- [5] JSFiddle : <https://jsfiddle.net/>
- [6] 金沢工業大学 KIT 物理ナビゲーション :
<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/physics/>
- [7] 木田祐司 : 「初等整数論」, 朝倉書店, 2001.
- [8] matter.js : <http://brm.io/matter-js/>
- [9] 丸山正樹 : 「グレブナー基底とその応用」
- [10] 野呂正行・横山和弘: 「グレブナー基底の計算 基礎編 計算代数入門」, 東京大学出版会, 2003.
- [11] 考査システム : https://noblegarden-math.jp/math/ohtsu_test/
- [12] 和田秀男 : 「数の世界-整数論への道」, 岩波書店, 1981.
- [13] webnote : https://noblegarden-math.jp/math/web_note/publish.php