

2021 年 8 月 22 日

BYOD による授業前の数学的活動

大阪工業大学 北 秀和，堂之本 篤弘，
大阪府・大阪府立布施高等学校(定) 波多野 善隆
同 ・大阪府立布施高等学校 高野 亨

目次

1 ねらい

- ・ BYOD ・ 主体的 ・ 対話的で深い学び ・ ICT活用授業

2 開発・研究の方法

- ・ 自力探究活動を起点とした授業の構成
- ・ MaximaOnLineによるアプリ教材の作成
- ・ 試行・実践による検証

3 開発研究の現段階

(1) ICT機器の構成 (2) 数学的活動の構想(授業前)

(3) アプリ教材の開発

教材の形式的構造面(今回の中心)

4 現時点の取り組みを振り返って(主にBYOD関係)

5 参考資料・共同研究者

1 ねらい

●主体的・対話的で深い学び(新学習指導要領)

教師による例題の説明・問題演習・復習中心の学び

↓ ←授業前の数学的活動

生徒による「主体的・対話的な深い学び」

●ねらい

- ・ BYOD
- ・ 主体的・対話的で深い学び
- ・ オンライン授業を射程に入れたICT活用授業

2 開発研究の方法

(1) 自力探究活動を起点とした授業の構成

主体的 教材アプリ (maxima) 実行と考察

課題プリントへ手書、スマホ (スキャナソフト) で読取
提出フォームから授業前に提出

対話的 授業冒頭の班討議・全体発表討議

ブレイクアウト機能で班で発表、討議

深い学び 全体発表を踏まえた対話的授業

Teams用 HostPC (HPC)

PJ・MC・SP 接続 Teams用 LocalPC (LPC2)、

操作用 LocalPC (LPC1:HPC に remote 接続)

生徒は、スマホ (タブレット) で Teams 接続、発表

2(2) MaximaOnLine上のアプリ教材の作成

● MaximaOnLine用のスクリプトスタイルの工夫

MaximaOnLineの弱点(エラーコメントなし)への対応

コメントアウトコマンドの活用

コマンド単位実行

行単位実行

処理単位（ルーチン単位）実行

2(2) MaximaOnLine上のアプリ教材の作成(2)

●手書き解答を、設定場面で確認

個別具体的場面設定（任意設定）

パラメータの設定

代数・解析では変数の個別具体化

図形では点・直線・曲線の個別具体化

手書き解答と確認コマンドの工夫

概略筋道のステップ化

ステップの内容と確認、根拠をリスト化

リストのprint出力

代数・解析的方法による解法

図形的方法・グラフ活用による解法

2(2) MaximaOnLine上のアプリ教材の作成(3)

●アプリ教材は、生徒が数学的アイデアを仮想的に確認するときのモデル

○なお、アプリの内容面の詳細は、秋季発表大会にて口頭報告予定

2(3) 試行・検証

- 対話的授業の試行

 - ICT機器の構成・操作性

 - MaximaOnLineアプリ教材の構成

- BYODでの操作性

 - スマホでの操作性

2(4) 関連する先行研究の動向と本研究の位置づけ

- 日本数学教育学会102回大会特集号から
 - ① 高校部会発表総数66本、
 - ② 内、「主体的・対話的な深い学び」を扱う 11本
 - ③ 内、授業前学習を取り上げる 2本
 - ④ 内、予習動画作成による反転学習 1本
アプリ教材による授業前自力探究活動 1本
(本研究の筆者らによる)
 - ⑤ 高校数学の全般にわたり、系統的観点から
アプリ教材を配置する研究
本研究以外に見当たらない。

3 開発研究の現段階

(1) ICT 機器の構成

- ・ Teams用HostPC & 教材サーバ (RPC:WindowsDeskTop)
- ・ PJ・MC・SP・CM接続 Teams用LocalPC
(LPC2:ChromeBook)
CM1:黒板用 CM2:教室全体用
- ・ 操作用LocalPC(LPC1:RPCにremote接続:ChromeBook)
授業進行用
- ・ 生徒は、スマホ（タブレット）で接続、発表
スキャナアプリ、エディタアプリ、Teamsアプリを
インストール
- ・ その他、学校用メール、WiFi

3 (1) ICT 機器の構成 (2)

- ・ ICT 機器の運用状況 (大阪工業大学数学科教育法)



3 (2) 冒頭に数学的活動がある授業の構想

- 授業までに課題(Maxima アプリ)の実行・考察
課題、レポートファイルともにWebページ上
提出は、Webページの提出フォームから
発表班、発表者は事前に指示
発表しない班にも仮想発表者を指示
- 授業冒頭に班討議、(仮想)発表者のレポートを補正
TeamsのBreakOutRoomで班討議
課題発表
Teamsで発表レポート、maximaの実行画面を共有
1,2名の質疑、教員のコメント
正解かどうかよりも、
いろいろ考えたか感じたかどうかに着目

3 (2) 冒頭に数学的活動がある授業の構想 (2)

- 提出物・発表記録の保管・処理

 - クラウド・リモートデスクトップ活用

 - 年度・科目・授業回数・クラス単位でフォルダ作成

 - 課題・提出者ごとにファイル名で管理

 - 21b13H01SuuretuOomiya

- ポートフォリオも射程

- ネット環境

 - Web、メール、クラウドサーバ

 - 仮想教室 なくてもシステム構築可能

3 (3) アプリ教材の開発

●教材例

数学II「三角関数」

三倍角公式の解析的計算と図形的考察の教材

○教材の内容面（秋季発表大会で詳報の予定）

- ・「 $\sin(3 * a) = 3 * \sin(a) - 4 * \sin(a)^3$ を示せ。」

- ・ アプリ教材のねらい

筋道だった解析的計算・確認 直観的図形的確認

- ・ アプリ教材の構成

タイトル，関数・定数定義，解析的計算・確認，
直観的図形，図形での確認，類題等

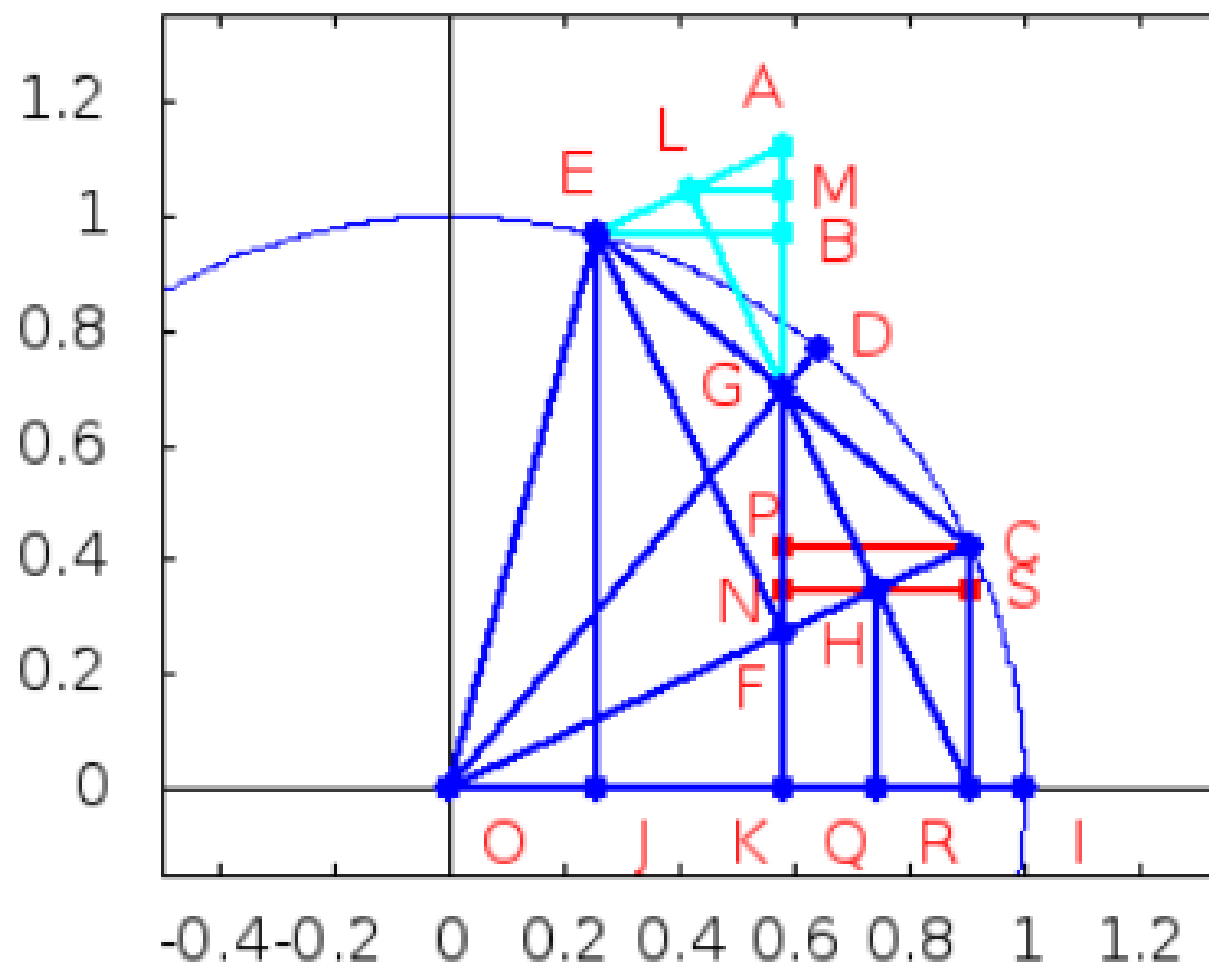
3 (3) アプリ教材の開発(2)実行画面

・ 解析的計算 ・ 確認

```
(TEJUN1: "1 解析的",
ev11: ["LHS=sin(2*a+a)=sin(2*a)*cos(a)+cos(2*a)*sin(a)",
/**/["LHS=",float(sin(3*deg)), "=",float(sin(2*deg)*cos(deg)+cos(2*deg)*sin(deg)), "(加法定理)"]],
/**/print(ev11)/*(◆修正部分2)*/,
ev12: [" =2*sin(a)*cos(a)^2+(cos(a)^2-sin(a)^2)*sin(a)",
/**/[" =",float(2*sin(deg)*cos(deg)^2+(1-2*sin(deg)^2)*sin(deg)), "(二倍角公式)"]],
/**/print(ev12)/*(◆修正部分2)*/,
ev13: [" =2*sin(a)*(1-sin(a)^2)+(1-2*sin(a)^2)*sin(a)",
/**/[" =",float(2*sin(deg)*(1-sin(deg)^2)+(1-2*sin(deg)^2)*sin(deg)), "(正弦・余弦平方和)"]],
/**/print(ev13)/*(◆修正部分2)*/,
ev14: [" =3*sin(a)-4*sin(a)^3 =RHS",
/**/[" =",float(3*sin(deg)-4*sin(deg)^3), "=RHS"]],
/**/print(ev14)/*(◆修正部分2)*/,
ans1: ["sin(3*a)=3*sin(a)-4*sin(a)^3",
/**/["LHS =",float(sin(3*deg)), "RHS =",float(3*sin(deg)-4*sin(deg)^3), "結論"]],
/**/print(ans1)/*(◆修正部分2)*/,
/**/End: "Tejun1")$
```

3 (3) アプリ教材の開発(2)実行画面(2)

- 直観的図形的確認の図形



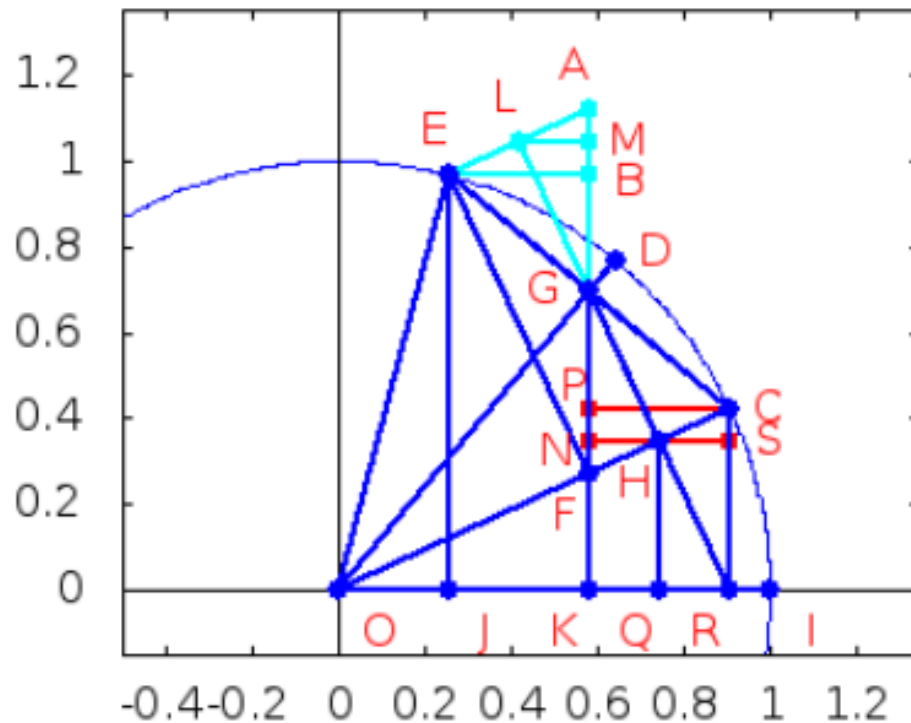
3 (3) アプリ教材の開発(2)実行画面(3)

- 直観的図形的確認

```
[IO=1、 $\angle EFO=\angle EGO=\angle GHO=$ 直角、 $OC\parallel EA$ 、 $\angle IOC=\angle COD=\angle DOE=a$ ,  
...仮定]  
[LHS= $\sin(3*a)=JE=KF+FB$ , [JE=, 0.96592582628907, KF+FB=, 0.96592582628907]]  
[ RC=CG=GF=GE=GA= $\sin(a)$ , [RC=, 0.4226182617407,  $\sin(a)=$ , 0.4226182617407,  
( $\triangle ORC\equiv\triangle OCG$ など)]]  
[ CH= $\sin(a)^2$ , [CH=, 0.17860619515673,  $\sin(a)^2=$ , 0.17860619515673]]  
[ CS= $\sin(a)^3$ , [CS=, 0.075482239733258,  $\sin(a)^3=$ , 0.075482239733258]]  
[ KF=RC-2*CS= $\sin(a)-2*\sin(a)^3$ , [KF=, 0.27165378227418,  $\sin(a)-2*\sin(a)^3=$ ,  
0.27165378227418]]  
[ CS=NF=AM=MB= $\sin(a)^3$ , [CS=, 0.075482239733258,  $\sin(a)^3=$ ,  
0.075482239733258]]  
[ FB=2*GA-2*AM=2* $\sin(a)-2*\sin(a)^3$  ,  
[FB=, 0.69427204401488, 2* $\sin(a)-2*\sin(a)^3=$ , 0.69427204401488]]  
[LHS=3* $\sin(a)-4*\sin(a)^3$ =RHS, [LHS=, 0.96592582628907, =RHS]]  
[ $\sin(3*a)=3*\sin(a)-4*\sin(a)^3$ , 結論,  
[LHS=, 0.96592582628907, RHS=, 0.96592582628907]]
```

3 (3) アプリ教材の開発(2)実行画面(4)

- ・ 生徒へのアプローチ例



- ・ $\angle EOD = \angle DOC = \angle COI = a$ のとき,
大きさが a となる他の角は？
- ・ 各線分の長さを, a を使って表してみよう.

3 (3) アプリ教材の開発 (3) 教材の形式的構造面

○今回の中心点

- **Maxima スクリプトの判読性向上**

- ① Maxima スクリプトの分節(ブロック)化

冒頭コメント 問題提示 ユーザ関数 ユーザ定数
代数・解析的手順 グラフ準備 グラフ描画
図形的手順 解答 まとめ 課題・修正部分提示

- ② 文節内の行を推論のステップ化

行を、論証ステップと確認のリストとその出力

① 分節化 ② 推論のステップ化

```
/* sample.txt 加法定理 */
/*(kill(all), print(" インストール Maxima では、行頭の /* を、次行頭に Cut
& Paste" ))$ */
(MONDAI:" sin(a+30) を加法定理で展開すると？(度数法)", print(MONDAI),
/**/End:" Mondai" )$
(TEISUU:"" ,
Pi:%pi, deg:25/180*Pi, print([Pi, deg]), subl:[a=deg], print(subl)
/**/End:" Teisuu" )$
(KANSUU:"" ,
sind(t):=sin(t/180*Pi), cosd(t):=cos(t/180*Pi),
/**/End:" Kansuu" )$
(TEJUN1: "1 解析的",
ev11:[" 与式=sin(a+30)=sin(a)*cos(30)+cos(a)*sin(30)",
/**/float(subst(subl,[" 与式
=",sind(a+30),"=",sind(a)*cosd(30)+cosd(a)*sind(30)," (加法定理)"])),
/**/print(ev11),
/**/End:" Tejun1" )$
/**/Finished:"" $
```

3 (3) アプリ教材の開発 (3) 形式的構造面 (2)

- ・ MaximaOnlineの弱点(エラーコメントなし)への対応
③ 文節(ブロック)ごと、④ コマンドごとの実行確認可
- ・ スマホでの操作性向上
全文選択コピー・ペースト
修正部分ごとに実行確認可

③ ブロックごと

④ コマンドごと

```
/* sample.txt 加法定理 */
/*(kill(all), print(" インストールMaximaでは、行頭の/*を、次行頭に Cut
& Paste"))$ */
(MONDAI:" sin(a+30) を加法定理で展開すると？(度数法)", print(MONDAI),
/**/End:" Mondai")$
(TEISUU:"" ,
Pi:%pi, deg:25/180*Pi, print([Pi, deg]), subl:[a=deg], /*print(subl)
*/End:" Teisuu")$
(KANSUU:"" ,
sind(t):=sin(t/180*Pi), cosd(t):=cos(t/180*Pi),
/**/End:" Kansuu")$/*
(TEJUN1: "1 解析的",
ev11:[" 与式=sin(a+30)=sin(a)*cos(30)+cos(a)*sin(30)",
/**/float(subst(subl,[" 与式
=", sind(a+30), " =", sind(a)*cosd(30)+cosd(a)*sind(30), "(加法定理)"])),
/**/print(ev11),
/**/End:" Tejun1")$

*/Finished:"" $
```

③ ブロックごと ④ コマンドごと (2)

前頁のスクリプト

(<https://math-oit.org/shuuchuu/2021/2021sSample.html>) を実行すると、

- ・ TEISUU ブロックの `print([Pi,deg])`, が実行されるが、`print(subl)` というコマンドが実行されていない。
- ・ TEJUN1 ブロックが、実行されていない。

ことが見て取れる。

そこで、TEISUU ブロック内の `/*` を `*` の直前行末に CutPaste して実行すると、エラー表示が出るので、さらに TEISUU ブロックの `print(subl)` の直後に「,」を補うと実行される。

次に、TEJUN1 ブロック直前の `/*` を `*` の直前行末に CutPaste して実行すると、TEJUN1 ブロックも、実行される。

③ ブロックごと ④ コマンドごと (3)

・ ブロックごと、コマンドごとの実行画面(1)

The image displays five screenshots of the 'Maxima on line' web application, showing the interface for entering and executing code. The interface includes a header with the CESGA logo, a main text area for code input, and a bottom section with a numeric keypad and a keyboard.

The code snippets shown are:

```
11) /* sample.txt 加法定理*/  
/*(kill(all), print("インストール  
&Paste"))$ */  
(MONDAI:"sin(a+30)を加法定理で展  
/**/End:"Mondai")$  
  
sin(a+30)を加法定理で展開すると？(度数法  
  
12) (TEISUU:"",  
Pi:%pi,deg:25/180*Pi,print([P  
*/End:"Teisuu")$  
  
5 %pi  
[ %pi, ----]  
36
```

The screenshots show the application running on various devices, including a desktop browser and mobile phones, demonstrating the user interface and the execution of the code snippets.

③ ブロックごと ④ コマンドごと (3)

・ ブロックごと、コマンドごとの実行画面 (2)

The image displays four sequential screenshots of the Maxima online interface, illustrating the execution of code blocks and commands.

Screenshot 1 (Left): Shows the initial state with a code block containing comments and a command to print the value of $\sin(a+30)$ using the addition theorem. The interface includes a "Click" button and a "Clear" button.

Screenshot 2 (Second from Left): Shows the execution of the first block, resulting in the output: $\sin(a+30)$. The interface includes a "Click" button and a "Clear" button.

Screenshot 3 (Third from Left): Shows the execution of the second block, which defines a function $f(t) = \sin(t/180 \cdot \pi)$ and prints its value at $t=30$. The interface includes a "Click" button and a "Clear" button.

Screenshot 4 (Right): Shows the execution of the third block, which defines a function $f(a) = \sin(a+30)$ and prints its value at $a=30$. The interface includes a "Click" button and a "Clear" button.

4 現時点で振り返って(主にBYOD)

- (1) 出力の判読性の向上
- (2) エラー時の対処能力の向上
- (3) 操作性の向上(特にスマホ)
 - ・ コマンドスクリプトの冒頭と末尾に空白行挿入で操作性向上
- (4) 通常授業でオンライン授業の訓練
- (5) ハイブリッド授業に対応

5 参考・引用

<https://math-oit.org/shuuchuu/2021/2021.html>