

これからの時代の中学校・高等学校 数学科におけるICT利用への提言

愛知教育大学 数学教育講座
飯島康之

このスライドと実際の進め方について

- 「背景」や「考え方」をご理解いただくことを考えて、少し資料は詳しく記述しています。
- しかし、それをすべて「解説」しているのでは、一方的でもあり、きっと面白くありません。
- 前半の方は、「ざっと」触れる程度で、「具体例」を元に「模擬授業的」に、一緒に考えていただきながら進めたいと思います。
- もちろん、「質問」を含めて、「飛ばしたところ」について解説などを求めていただくことは歓迎です。

1.自己紹介をかねて

- 1978-87:筑波大学自然科学類数学専攻→大学院(博)教育学研究科
- 1987-89:上越教育大学学校教育学部助手
- 1989-現在 :愛知教育大学
 - 2016-2018/愛知教育大学附属高校校長兼任
 - 2020- 自然系学系長, 2021- 教職大学院・博士課程の代表
- 1989- 動的幾何ソフト GCのソフト開発・教材開発・授業研究
 - 1989-DOS版 /図形を「動かして調べること」ができる/コンピュータ室
 - 1996- Windows版 /インターネットが可能に
 - 2000- Java版 / 電子黒板・教師用デジタル教科書
 - 2010- html5版 / 4人で1台を囲んで話し合いの活性化 / 啓林館デジタル教科書で利用

1.1.私と附属学校そして公立校

- 1981(学部4年):教育実習(筑波大附属高校)/雫石先生
- 1983(院3年):非常勤(筑波大附属中)/吉田先生・相馬先生・増田先生
 - 先生も「生徒」も、教えてくれる。そして、「教育研究の出発点と終着点は『授業』」と確信
- 1985(院5年):非常勤(筑波大附属高校)/雫石先生を含めて多くの方々
 - 「教科書」から少し距離を置いて「授業は自分で設計すべきもの」
- 1987-8:上越教育大学/附属中学校/確率/GCの初めての授業
 - 「コラボ」の魅力
- 1989-:愛知教育大学/附属名古屋中など/GCの実践(第一期)
 - 上越教育大附属中/川崎市総合教育センター/鳥取../島根../など
- 2000-:名古屋中・附属高校など/GC(第二期) プロジェクト等
 - 岡山大附属中/川崎/有田/延岡/熊本/小牧/岡崎/高崎/札幌/など
- 2010-:名古屋中・岡崎中など/GC(第三期) タブレット
 - 熊本大附属中/川崎/足立区/日向/岡崎/新城/など
- 2016-18:附属高校校長

1.2. コラボの対象としての附属学校

- 「単独でできることはかぎられている」
- 「自分にはない力と立場」をリスペクト
- 「対等の立場」
- おもしろいコトをする
- おもしろいモノをつくる
- 社会に対して提案をする
- そこに、いろいろな人(学生・地域,...)を巻き込んでいく
- なにかを動かしていく
- その中核としての「附属学校」
 - 生徒, 教員, 研究者, 院生, 保護者, 知識, 企業, ...
- でも, 現実には, なかなか「そうこうことが成立」しているケースは, 多くない。

1.3 コラボの中核としての授業研究

- 「素材」「この学校」「この先生」
- 教材研究
- コンテンツ開発/(必要に応じて)ソフトの改良
- 複数の授業化の可能性の検討
- 学生対象の模擬授業
- 学校での研究授業と協議会
- 授業分析
- 他の授業化の可能性の再検討や一般化/類題の開発など
 - そういうことを, 30年継続してきました。

2. 新しい段階を迎えた教育でのICT利用

- 私にとってのこれまでを振り返ると
 - 1978/学生として大型計算機等に出会う(FORTRAN)
 - 1983-/ワープロなどとしての計算機
 - 1987-/プログラミングにより, 単体ソフトやツール開発する存在(GC/DOS, GC/Win)
 - 1990年代/「コンピュータ室」で特別な探究が可能になった
 - 1995-/インターネット(web, オンライン保存, ...)
 - 2000年代/「教育の情報化」/電子黒板, プロジェクタ, デジタル教科書(GC/Java)
 - 2010年代/タブレットの登場と, 「学び合いの道具」(GC/html5)
 - 2020年/ GIGAスクール構想により「最低限の環境」が一新

2.1 「新しい可能性と混乱」

- 「教える」から「学ぶ」へ
- 「習得」から「活用」になり, 「探究」へ
- カリキュラムデザイン
- STEM教育/STEAM教育
- 令和の日本型教育
 - 学びの個別最適化
 - 協働学習
- EdTechの可能性とインパクト
- CBTなどの可能性
- 「学ぶ環境」の爆発的拡大/「学校教育」だけが教育/学習ではない
- 背景としての「産業革命」/「近代化の産物」としての中等教育

2.2 「一人一台のタブレット」の意味

- 「特別な機器」から「文房具」へ
- 「授業のときの道具」から「24時間利用可能な道具」へ
- 「学びをナビゲートし、アーカイブする」クラウドシステム
- 「学びのインターフェイス環境等」を設計・実現・利用可能な度合いが爆発的に拡大(前提とするのが、今の標準的なタブレットのままであるとしても)
- 「少なくとも入学から卒業まで、どのようなシステム(パッケージ)」を提供するかを提供し、実践するためのインフラ
 - →「学校」「自治体」等の特色をどう出していくのか。
- 「全国の教育の最低基準」が大きく変わったことにより、「次世代」に変わっていくはず。

2.3 おそらく、5-10年をかけて次の段階へ

- 教育に関するさまざまな価値観や行動様式の転換が、細部のさまざまなところで変わっていく
- それぞれのところで小さな混乱やトラブルとして改変などを繰り返していくはず。
- 当たり前だけれども、「生徒の変化」や「企業・社会の変化」の方が早い。
- 「学校」だけが教育の場ではなくなっていくだけでなく、主流が変わるところに変わっていくのが、「人生100年時代」であり、「society5.0時代」でもある。
- とくに、これまで「変わらないままできた高校教育」は、大きな変革が求められていく可能性が高い。

3.難しい存在としての「数学教育」

- ある意味では、「基礎・基本」であり、不易であり、「それほど変わる必要がない」存在
- ある人々の考えでは、「個別最適化」のターゲット。
- ある人々の考えでは、「やり方・解き方を効率的に教えればいい」
- 数学的モデル化など「応用」や「統計」に関しては、テクノロジーは不可欠。(だから、「テストに出ない」ので、結果として軽視されてきた?)
- STEM教育/STEAM教育の中での「M」の立ち位置は難しい。
- 総合的な学習のような学びの中での「M」は、「数学」なのか?

4.ICTは何をもたらす?

- 「生徒を採点し、評価し、適切な問題や解説を提供してくれる」テーチングマシン?
 - 個別「最適化」するのかもしれない。でも、学びは孤立化するばかりで、「やり方」や「解き方」指導ばかりになるのかもしれない。
- 「ボタンを押したら自動的に問題を解決してくれる」便利な道具?
 - 「楽になる」と一緒に、「考えなくなる」?
 - 「計算の仕方」の代わりに、「新しい『やり方指導』」をすることになる?

4.1 「道具が変わると探究が変わる」

- 個人的な考えだが、
 - 「**道具が変われば、(それによって実現可能な)探究が変わる**」
- という認識が根本にないと、上記のようなことにしかならないようにおもう。
- 逆にいえば、
 - 「**こういう探究をしたいから、こういう道具を選択する**」
 - 「**こういう探究をしたいから、こういう道具を設計し、実現する**」
- というのが、基本のはず。
- ここの経験をある程度蓄積することは、先生方には「**不可欠**」

4.2 こたわるべきこと

- 「どんな思考をさせたい？」
- 「どんな活動をさせたい？」
- そのためには、「どんな道具をつかうといい？」

5.GCに関連して取り組んできたこと

- 1990年代 / 「コンピュータ室で新しい数学的活動ができる」
 - 「特別な授業を可能にする道具」
- 2000年代 / 「プロジェクタ等に提示して」
 - 日常的な道具として
 - 「問題提示」「議論」「検証」などの道具として
 - 解決そのものは、伝統的な道具(紙と鉛筆など)を中心に
- 2010年代 / 「タブレット=4人1台」で学び合い
 - 問題提示等は、プロジェクタ
 - 観察、学び合い、言語活動などを活性化するための道具

5.1 同じ図でも、静的/動的でかなり変わる/奥が深い

- 以前から、「動的な見方」などは研究されていましたが、実際に図を動かしてみると、これまで静的に接してきた問題が、大きく「変わります」
- 数学的活動そのものも大きく変わることもあります。
- 関連する数学的内容がかなり深化することもあります。
- 今までにない「問い」が生まれることもあります。
- あるいは、教師側が思っているのと、かなり違った反応を生徒がする(生徒にとっては、それが自然な活動)ということもあります。
- そういう意味でも、奥が深いのです。

5.2 「見えていても見えていない」

- 同じ図を眺めていても、同じところに注目しているとは限らない。
- 「言語化」することが、思考を活性化し、学び合いを深めていくために重要
- 道具の選択/切り換え
 - 「4人1台」なら、記録などを書く「ノート」の場所も確保できるし、「実験の道具としてのPC」と「証明などの道具としての紙」の選択ができる。
 - 「話し合いをする」のか、「一人で解決する」のかも選択できる。

5.3 思考のサイクル

- 作図ツールは、interactive なソフト。
- 図を動かして調べて、「あ、こんなことが」「ということは」「そうか。」「だったら」...そういう「対話的なやりとりをする」のが適しているソフトです。
- 「そういう思考のサイクル」のおもしろさを生かすようにしたいわけです。
- 「一人」の中でも可能ですが、「言語化」するには、複数の方がいい。グループで手に終えないなら、学級全体で取り組むといい。
- 問題解決の「醍醐味」を感じるようにしたいのです。

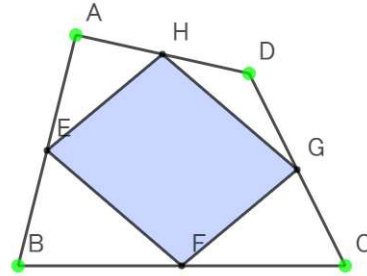
5.4 授業では臨機応変の対応が求められる

- グループの活動など、生徒にゆだねる部分を多くすると、作図ツールを使った授業の醍醐味は深まっていきます。
- 一方で、生徒の活動や発言などを観察し、どのタイミングでどういう教授行動をとるかなど、「臨機応変の対応」が求められる授業になります。
- 簡単にいえば、「かなりの授業スキルが求められる」のです。

6.具体的な事例を通して

6.1 もっとも基本的で奥が深い図

- おそらく、この図を元に、かなりの数の授業設計ができるのではないのでしょうか。
- もっともオープンな発問は
- 「4点を自由に動かしたときに気づくことは何?」
- その気づきに応じて、「言語活動」をしながら、いろいろな授業の流れに分岐することもできます。



6.2 「暫定的な結果」としての対応表

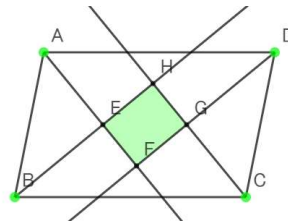
「いろいろな場合を調べる」ためのワークシートとして、次のような結果が想定できますが、...

ABCD	EFGH
正方形	正方形
長方形	ひし形
ひし形	長方形
平行四辺形	四角形
台形	四角形・ひし形
四角形	四角形

6.3 四角形の4つの角の二等分線で作る四角形(1990)

- 対応表をつくると、...

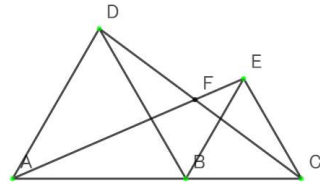
ABCD	EFGH
正方形	点
長方形	正方形
ひし形	点
平行四辺形	長方形
台形	四角形
四角形	四角形



6.4 「埋めたらおしまい」でなく

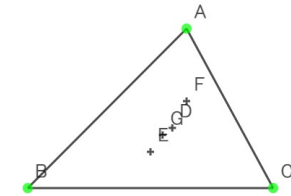
- 対応表を埋めると、「課題に取り組み終わった感じ」になりますが、そうではなく、実はそれは「本当の探究の出発点」なのです。
- 「観察」はしていますが、実はその観察は「完全なもの」ではありません。
- 「表を見て、どんなことを感じる」というような発問は、当時の生徒も、きっと先生も戸惑ったと思います。今の大学生も、最初は困っています。
- でも、作図ツールを使った探究では、「サイクルを回していくうえで」基本的なのではないかと思います。

6.5 定番ですが、授業化はいろいろ



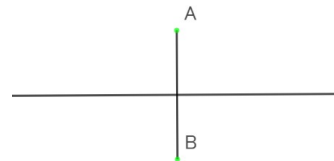
6.6 「高校での飛び込み授業」の定番(1)

- 4つの心
- 「外心・内心・重心・傍心」を作図したのですが、どれがどれかわからなくなっていました。
- どれがどれかが一目瞭然にわかるようにしてください。
- 「新しい種類の問題」です。
- ストーリー、読み取れますか？



6.7 高校での飛び込み授業の定番(2)

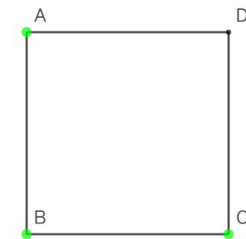
- 何が見える？
- 線分ABとその垂直二等分線があります。
- 点Aを左右に動かすと、何が見えるでしょう。
- (変な問題ですよ)



6.8 日数教イベント用につくった問題

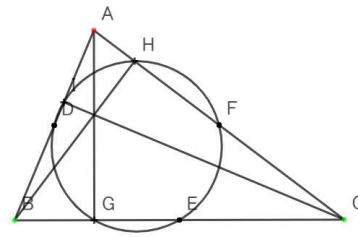
- 日数教100周年のイベントで、小学生から高校生までくるかもしれないので、一応誰でも簡単に楽しんでもらえる「新種の問題」をつくりました。

正方形に見えますが、...A,B,Cを動かすと...



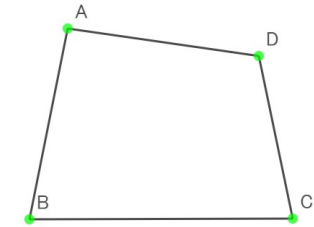
6.9 九点円

- 筑波大附属中の非常勤などでお世話になったとき、吉田先生が「学習指導論」に関連して記述され、語られていた「九点円」にはいろいろと関心がありました。
- 数年前に、附属名古屋中の山中先生が「1時間モノとして扱いたい」「え、無茶じゃないの?」
- 数時間の準備を踏まえた上での「1時間モノ」として実践されました。



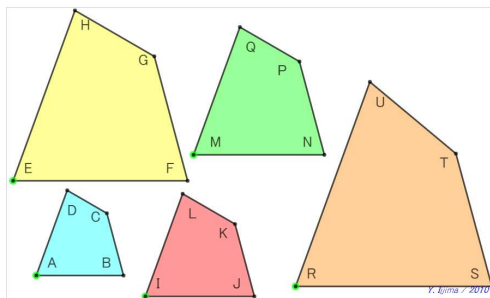
6.10 こんな四角形をつくろう

- タブレットで4つの点をつまんで動かすことができますから
- 「正方形できるかな」「平行四辺形できるかな」
- 「左右対称な四角形できるかな」
- こんな条件を満たす四角形はできるかな。



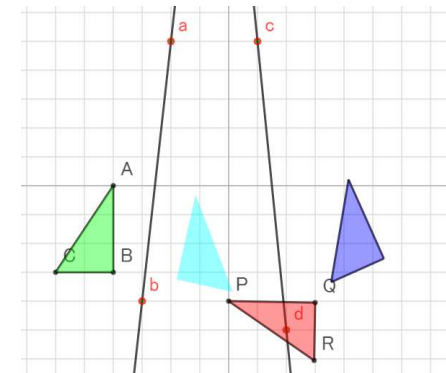
6.11 相似な四角形は?

- 足立区の中学校の実践です。
- 山本先生や風間先生が関わって、毎年授業研究会をされています。
- 数年前には、この課題でした。
- 私は思いつかないような課題です。



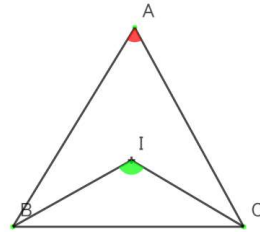
6.12 線対称の合成

- 岡崎市立葵中学校にて
- 線対称を2回行っています。
- 濃い青を赤に重ねよ。



6.13 どんな関係?

- 上越教育大附中(1989)
- 岡崎市葵中
- 新城市立千郷中(飯島実践)

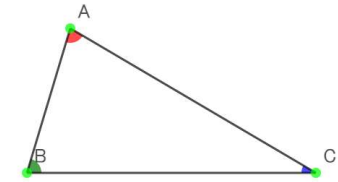


$\angle BAC = 60$
 $\angle BIC = 120$

6.14 みなさまへのチャレンジ(1)

- 三角形の内角の和は 180° ?

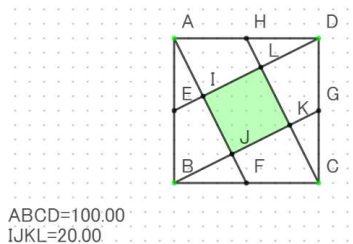
180° のはずだね。



$\angle CAB = 76$
 $\angle ABC = 73$
 $\angle BCA = 30$

6.15 みなさまへのチャレンジ(2)

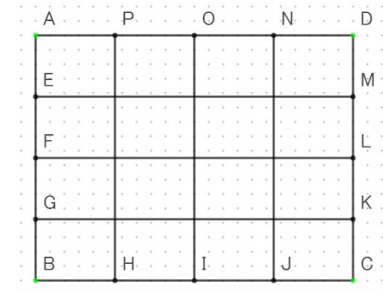
- どんな種類の四角形までは成立するのだろう。



$ABCD = 100.00$
 $IJKL = 20.00$

6.16 みなさまへのチャレンジ(3)

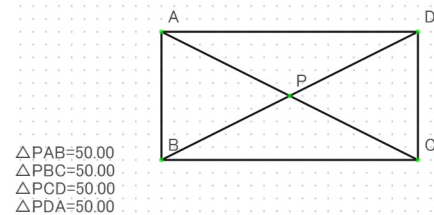
- この場合, 16個の面積にはどんな関係がありますか?
- ABCDの形を変えると, その関係はどう変わりますか?



6.17 みなさまへのチャレンジ(4)

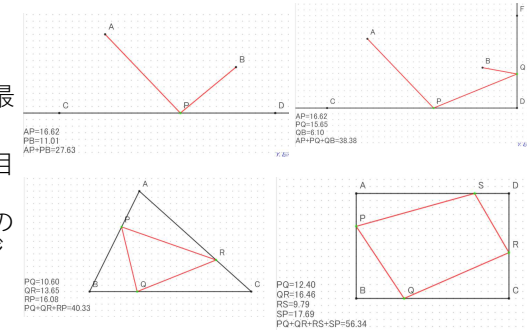
- どんな関係がありますか?
- さらにこの問題を探究してください。

- もともと小5の問題です。
- 発展の「段階」は複数あります。
- 1991年頃、中学校の先生方と盛り上がった問題でした。



6.18 みなさまへのチャレンジ(5)

- どう発展させますか?
- 名古屋中での実践(最初の二つ)
- 春日井高校で(三つ目はうまくいかなかった)→その後宮崎県の中学校でチャレンジ
- 大学生や同僚と盛り上がった(四つ目)



7.いろいろな試み

- 「オンライン保存」/サーバは誰でも使えます。
- 授業ビデオはかなり前からいろいろな形で撮影し、記録し、分析したりしています。
 - グループの様子を記録したいとおもうと、名古屋中にはビデオを13台くらい持ち込んだりしました。
- 私の「アカデミックカフェ」での講演の様子
- 私の学部の授業は、すべてオンデマンドで学生には提供しています。
- zoomで「こんな授業をやりたい」動画を学生につくらせ、提出させたりしています。

8.日本型学校教育の砦=授業 そして幾何

- 「授業」の文化は、日本の教育の大きな特徴だと思います。
- 特に、数学教育では、「問題解決」型の授業は大きな特徴だと思います。
- 教室に、いろいろな個性の生徒が「集まってみんなで取り組む」からこそこのプロジェクト解決型の授業という意味でも、その価値は大きいと思います。
- 「幾何」の特徴って、実はそういう、半実験科学的なことで、いろいろな解釈が可能で、豊富な情報を採りながら、思考水準を高めていくようなことも関わる、独特の世界ではないかと思います。
- 20世紀の現代化では、幾何教育は「時代遅れ」の感がありましたが、きわめて21世紀的な教材の宝庫として、再生できるのではないのでしょうか。
- 少なくともそのときの幾何は、「証明」だけの世界ではないと思います。

9.ご希望があれば、いつでも

- webの方では、いろいろなことを掲載しています。
 - <http://www.auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/iijima/iijima.htm>
- ご希望があれば、いつでもメールいただければと思います。
 - yijima@aecc.aichi-edu.ac.jp

付記:2021/6 明治図書から

INTRODUCTION なぜ、今、数学的探究なのか
CHAPTER1 探究とは何かを実感する
CHAPTER2 探究を支援する道具を理解する
CHAPTER3 タブレットPCで学びを変える
CHAPTER4 グループの学びに任せる
CHAPTER5 教科書の問題を探究してみる
CHAPTER6 探究のための教材研究をする
CHAPTER7 ライブ感のある授業を準備する
CASE STUDY1 探究のための教材研究の実際
CASE STUDY2 探究に焦点を当てた授業の実際

