

高校数学における授業の変革について

－主体的な学びを生む授業の浸透と深化を目指して－

調査研究部 数学ユニット

真鍋済希 佐々木源太郎 宮本聡

平成25年度に行われた福井県数学指導改善実行会議の提言において、高校生さらなる学力向上を図るためには、各学校の実態に応じた日々の授業の在り方を検証し、再構成すべきとの判断がなされた。それを受けて平成26年度は3つのグループを組織し、「予習的課題を前提とした授業」「グループ活動を取り入れた授業」「ICTを活用した授業」の3タイプの授業について考察し、研究協力校において研究・実践を行った。平成27年度は、それぞれの実践を行う過程で見えてきた課題や、実践を行って検証した成果を踏まえて、さらなる授業改善にむけて提言する。

**〈キーワード〉 予習的課題、グループ学習、ICT、アクティブ・ラーニング、授業研究会
ユニット通信、授業の振り返り**

I はじめに

平成26年度の研究成果をもとに、本年度に数学ユニットが行うべき研究活動は次の2点と考えた。

① 授業改善を広める活動

平成26年度に行った研究・実践は3つのグループの研究協力校においてである。その研究内容の詳細は平成27年3月に発刊した「高校数学の授業改善について」（福井県教育研究所調査研究部数学ユニット 平成26年度報告書）で述べている。しかしながら、高校数学の授業改善の取組みは研究協力校だけが行えばよいのではなく、県内全ての高校で行うべきことである。したがって本年度はまず県内全ての高校に直接足を運んで平成26年度報告書の説明を行い、数学ユニットの考える授業改善の内容を理解してもらおうことにした。さらに授業改善を広めるために可能な限り多くの高校への授業訪問を実施し、授業研究会を行うことにした。

② 授業改善の内容を深める活動

1年間の研究活動で授業改善の完成形が確立するはずはない。平成26年度報告書を発刊したものの、まだまだ研究内容は浅く授業実践例も少ないと判断している。今後も研究は継続し、授業改善の内容を深める必要がある。本年度は授業訪問を通して授業改善への意識付けを図るとともに、授業改善の新たな方向性を探っていく。また授業研究会の在り方を見直し、活発な意見交流ができる会になることを目指していく。3つのグループにおける研究を、生徒の実態に応じて取り入れたり融合させたりして開発、確立することで、県内高校全体の更なる授業改善につなげたいと考える。研究協力校での授業実践やアドバイザーからの指導助言を蓄積し、何が良くして生徒が主体的に学ぶことができたのか、何を工夫すればより主体的に学べたのかなどについて数学ユニットで省察していくことにした。

II 自ら学ぶ学習スタイルの確立をめざして

1 これまでの経緯

平成26年度から「数学指導改善第1グループ」として3つの研究協力校において、自ら学ぶ学習スタイルを確立することを目指して、「予習的課題を前提とした授業」の研究・実践を開始した。「予習的課題」という用語は、村上芳夫(1965)『主体的学習実践のための学習方法訓練細案』に見られる。我々は、この村上氏の理論をベースとして、「予習的課題を前提とした授業」を構成した。以下にその概略を述

べる。

1時間の授業を「導入」、「展開」、「発展・まとめ」という3段階構成で考えたときに、「展開」に相当する内容の中で、生徒が自分で予習する課題として与えるものを「予習的課題」と呼ぶこととする。授業の最後10～15分を確保し、「予習的課題」に取り組むために必要な内容を解説する。さらに、生徒全員に「予習的課題」の学習方法を、生徒の実態に応じて提示する。課題の内容および取り組み方が明確にされていることで、生徒にとっては予習段階で生じる「疑問点」も明確に意識することができ、次時の授業に対する目的意識や意欲が向上する。次時は「予習的課題」に関する生徒の疑問点の解決を主体に授業を構成することができ、生徒の理解の度合いが深まる。さらに、効率的に授業時間を活用することができるため、生徒の実態に合わせた多様な授業展開が可能となる。

この理論を協力員の先生方と共有することから開始し、さらには「予習的課題」の持つ性格を最大限に生かすため「T S Lシート」による授業法を考案した。「T S Lシート」とは、授業1時間毎に用いる「ワークシート」である。学習内容を3段階で構成する(Three Step Learning)ことを意味しており、【ステップ1】が前時に説明する内容、【ステップ2】が「予習的課題」、【ステップ3】は発展的内容やまとめに相当する。これを受けて、A校においては「T S Lシート」による実践が平成26年9月から本格的に始動し、今年度も継続して行われている。

実践の規模については、研究協力校は3校のままで変化がないものの、各校における実践クラス数および協力員数は増加した。A高校では協力員が4人となり、B高校では1、2年生の全クラス、C高校では2年生理系2クラスと1年生全クラスでの研究実践となった。したがって年度当初には、新たに協力員となった方々に数学ユニットの考える「予習的課題を前提とした授業」の説明を行い、考え方を共有した。各学校においては、昨年度から実践に取り組んでいる先生方が中心となって、それぞれの学校におけるスタイルの浸透を図った。

2 平成27年度の実践について

(1) 「T S Lシート」の変化と、授業の変化

昨年度のA高校における実践により、「T S Lシート」の大きな利点として、「生徒が学習の見通しを立てやすい」、「教材の配列を自由に組み替えることが容易である」ことは実証された。さらに今年度はそれぞれの授業者が工夫を凝らしてシートを作成している。1枚のシートに3つのステップ全てを見せることにこだわらず、生徒の状況に柔軟に対応するために【ステップ2】までをワークシートに掲載し【ステップ3】はその場で与える方式であったり、予習的課題を単元毎にまとめて生徒に渡しておくことで、取り組みの早い生徒はどんどん先に進めることができる方式、さらには【ステップ1】に該当する内容で2時間、【ステップ2、3】に該当する内容で1時間という3時間サイクルで構成する方式、などである。いずれにしても、「予習的課題を前提とした授業」の理論に沿ったうえで、生徒の実態や扱う内容によって構成を変更し、協力員の個性が反映されたものになっている。

さらに、昨年度の実践でも確認されていたことであるが、「予習的課題を前提とした授業」を行うと授業のスピードははよくなる。だが、単にスピードをはやめるだけでは生徒が消化不良を起こしかねない。そこで、はやく進めることで生み出される時間の有効活用を考える必要がある。この「生み出される時間」は大別すると、1時間の授業ごとに生じる「すきま時間」と、数時間の授業後に生じる「まとまった時間」の2種類がある。この時間の使い方としては、演習の時間に充てたり、学習が遅れがちな生徒の支援をしたり、グループ学習の時間にしたりするなど、多様な使い方ができる。

上記の内容を取り入れることで、従来の一斉指導型の授業から脱却し、生徒が主体的に考えることが行われていた授業実践例の概略について述べる。

【数学Ⅱ「剰余定理と因数定理」における授業実践の概略】

○「T S Lシート」の利点を生かした教材づくり

- ・教科書の記述順にとらわれない配列の変更

「整式の割り算」を、章をまたいだ「剰余定理」の冒頭に配置する。こうすることで、剰余定理の理解がスムーズになり、さらに2次方程式から高次方程式への学習の系統性を高めることになっている。

- ・生徒が学習内容の見通しを立てやすい

【ステップ1】（前時に扱う内容）

剰余定理と因数定理の基本的な内容の説明

【ステップ2】（予習的課題）

課題A （剰余定理の標準的な問題）

$x^{100} + x^{99} + 1$ を $x^2 - x$ で割ったときの余りを求めよ。

課題B （独力で家庭学習させるだけでは理解しにくい問題）

整式 $P(x)$ を $(x-1)^2$ で割ったときの余りが $4x-5$ で、 $x+2$ で割ったときの余りが -4 である。 $P(x)$ を $(x-1)^2(x+2)$ で割ったときの余りを求めよ。

【ステップ3】（発展・まとめ）

やや発想力を要する発展的な問題

整式 x^{2015} を $x^2 + 1$ で割った余りを求めよ。

このように授業で取り扱う内容が1枚のT S Lシートに網羅されているため、目指すべき目標およびそこに至る過程を理解した上で学習を進めることができる。

○進度がはやまったことで生み出された時間の活用

本時は予習的課題である【ステップ2】の解決からスタートする。「課題A」は、生徒からの疑問点を吸い上げ、教師が解説するスタイルで行った。「課題B」は教師に説明されると、「式変形の手順」を覚えるだけになりがちな問題である。したがって、進度がはやまったことで生み出された時間の有効活用として、「なぜそうすると解けるのかという理由」を生徒たちで考える時間を十分にとり、グループで学び合うことを通して深い理解を目指した。

○実践において見られた生徒が自ら学ぶ姿

「課題B」の難易度は高かったため、予習段階で解けたと言っている生徒も、類題を参考書で探し出し、その解法をまねただけという生徒がほとんどであった。

グループ学習に移行し、生徒が「課題B」の説明を始めるが、「式変形の手順」を説明するに留まり、「なぜそうするのかという理由」まで説明することができるものは皆無であった。その説明を聞いていた生徒は「理由」こそが知りたいのであって、説明した生徒に対して「なぜその計算をするのか？」という質問を投げかけていた。質問された生徒は、自分の理解が浅かったことを認識させられることになる。ここからグループの全員が一丸となって「なぜそうすると解けるのかという理由」を主体的に考え始めることになった。

以上の概略でみたように、この実践は、「教師がどう教えるか」という視点ではなく「生徒がどう学ぶか」という視点で、教材の配列変更に取り組み、T S Lシートの作成までを一貫して構成している。さらには「予習的課題を前提とした授業」が目指している「主体的に学習する態度の育成」に加え、「話し合いによる深い理解」を意図した授業であり、数学授業改善第1グループと第2グループの研究成果が融合された授業である点が意義深い。

(2) 研究協力校の様子

① 生徒対象アンケートより

A高校では、1年生に対して並行履修を実施しているため、1つのクラスに2人の担当者がつくことが一般的であり、一方が「予習的課題を前提とした授業」、他方は従来型の授業という組合せとなることが多い。従ってA高校においては、授業形態の違いにより生徒に多少の混乱が生じる上に、クラスによっては従来型の学習スタイルに引き寄せられることも起きうることがアンケート結果から読み取れた。一方でB高校の1、2年生、C高校の1年生では学年全体での取り組みであるため、授業者のみならず生徒にとっても統一感がある。

さらに、普段の家庭学習については、年度当初は予習に多くの時間を割いているが、10月頃になると予習にかかる時間は減っていく傾向が3校に共通して見られた。これは、予習に慣れてきたためポイントを押さえて予習するようになるためと考えられる。同時に、予習と復習の両方に取り組んでいるという生徒の割合が増えてきた。このことは、予習的課題に取り組むことに加え、自分にとって必要と判断した復習に、生徒が自ら取り組むようになってきていることを評価すべきである。「予習的課題を前提とした授業」を受け続ける中で、少しずつではあるが主体的に学習することにつながっていると考えられる。

② 協力員の報告より

A高校では、昨年度に作成した「T S Lシート」の利活用を試みた。しかしながら、たとえ同一人物が作成したシートといえどもそのまま再利用することはなかった。つまり、協力員の経験値が上がったことにより、昨年度のシートの不十分な点が見えるようになったということであり、継続して実践したことの成果が得られている。B高校では、以前と比較すると、休み時間に数学の教科書を広げながら、その内容について話をしている生徒の姿が多く見られるようになり、学習意欲の高まりが感じられた。C高校では、昨年度は「予習的課題を前提とした授業」を受けていた生徒が、今年度は従来型の授業を受けることになっても、変わらず予習を続けていたところ、その様子を見た周囲の生徒が、自分なりに予習に取り組むようになったという波及効果も見られた。

(3) 効果測定に関する試み

昨年度からの懸案事項である効果測定を今年度はA高校において試みた。A高校は、「予習的課題を前提とした授業」と「従来型の授業」とが混在しているためである。しかしながら、中間考査や期末考査といった定期考査では、授業スタイルの違い以外の要因が結果に大きな影響を及ぼす可能性が高いため、特定の単元が終了した後に、事前予告なしの小テスト（10分間10点満点）を実施した。得られた結果に対して有意水準5%のt検定による有意差の判定を行った。

【結果比較① 剰余定理と因数定理（1年生：数学Ⅱ）の基本問題】

	生徒数	平均点	p 値（片側）
予習的課題型	112	4.4	0.27
従来型	110	4.1	

t 検定による有意差は見られない。

【結果比較② 定積分（2年理系：数学Ⅲ）の計算問題】

	生徒数	平均点	p 値（片側）
予習的課題型	78	4.2	0.02
従来型	79	3.3	

t 検定による有意差が見られた。

この結果からは、少なくとも「予習的課題を前提とした授業」を行うことで、短期的な効果が見られる場合があることがわかる。今後も短期的な効果測定回数を重ね、検証している必要がある。

3 得られた評価と今後の方向性について

(1) 得られた評価

「第97回全国算数・数学教育研究（北海道）大会」における「予習的課題を前提とした授業」の研究発表の際に、鳴戸教育大学秋田美代教授より次のような評価を頂いている。

『数学を自主的に学習する子どもを育てるとするのが我々数学教師の最終目標であるので、大変すばらしい研究をしている。この研究では教材の構造自体を明らかにして、教師が確実に教えるべきことをはっきりさせようとしている。教えるべきことを確実におさえていけば、後は子どもたちに任せて、子どもたちが自分自身で考えていける方法であると思う。今日の発表の中であったように、教材を分析してから授業の計画を立てるということは、若い先生方には必ずしもすぐにできることではない。しかし、この研究の中からそのようなことを理解して、教材全体の構造を分析して教師が指導することによって、生徒たちに数学とはどのような教科なのか、何をすることが数学では重要なのか徐々に明らかになっていけば、飛躍的に数学の理解度が高まるような可能性を持った授業であると思う。』

このコメントでも指摘されているように、「予習的課題を前提とした授業」に取り組むこと自体が、「生徒がどう学ぶか」という視点からの教材研究を要求している。すなわち、いかに効率よく知識を伝達するか（つまり「教師がどう教えるか」）に重点を置いていた授業からのパラダイム転換を要求しているといえる。

(2) 今後の方向性

「予習的課題」を授業でどのように扱うかについては、さらに研究・実践を重ねる必要がある。授業者が単に解説していただくだけでは理解が深まらない内容であれば、2(1)で示した実践例のように、グループ学習を取り入れた授業を構成し、学び合いによる深い理解を目指すべきである。すなわち「予習的課題」の設定段階から「生徒がどう学ぶか」という視点で教材研究を行い、最良と考えられる手法を選択していくことが要求される。さらには、毎日の授業ごとに留まらず、単元全体を俯瞰した上での「予習的課題」の設定についても研究していく必要がある。

また、学年進行に伴う、より適切な「予習的課題」の内容設定についてもさらに研究する必要がある。例えば、数学Ⅲ「いろいろな関数のグラフ」を扱う内容のときには、「T S Lシート」が適していない可能性があるという協力員からの意見も出ており、この点については、さらに研究していく必要がある。

高校3年間の数学全体を通したカリキュラム設計という観点から考えると、1、2年生において「予習的課題を前提とした授業」に取り組んだことが、高校3年生の段階でどのような影響を及ぼしているかについては注目していく必要がある。

Ⅲ 学習意欲の高まりと理解の向上をめざして

1 グループ活動を取り入れた授業について

(1) これまでの経緯

平成25年度に行われた福井県数学指導改善実行会議の提言において、高校生のさらなる学力向上を図るためには、各学校の実態に応じた日々の授業の在り方を検証し、再構成すべきとの判断がなされた。そこで示された『協働的な学習を行うことで生徒の学びを深める』という方向性に沿って「数学指導改善第2グループ」が組織され、平成26年度には「グループ活動を取り入れた授業」をテーマとして研究協力校2校、協力員4名で実践・研究を開始した。高校数学にグループ活動を取り入れた授業を行うにあたり、効果的にグループ活動を行うためのわかりやすい型として、まずは「知的構成型ジグソー法」に取り組むことになった。昨年度に得られた成果について述べる。一つ目は、教師の視点が変わったことである。「教師がどう教えるか」でなく「生徒がどう学ぶか」という視点で授業を考えられるようになってきた。二つ目は、学習に対する主体性が向上したことである。難しい問題はすぐにあきらめていた生徒が、自分で納得するまで考え、相手が納得してくれるまで説明するという姿が見られるようになってきた。また、授業時間が終わっても思考が止まらず、休み時間もワークシートや黒板を用いて議論する姿も多くみられた。

一方、見つかった課題について述べる。一つ目は、学習課題設定が難しいことである。共通の問いとその重要な要素となるエキスパート課題を適切に設定することが難しい。難しすぎると時間がかかりすぎ、簡単すぎると思考の深まりが得られない。生徒の実態を考慮した上で適度な課題設定をすることが必要である。二つ目は、グループ活動の位置づけをどうするかである。毎時間グループ活動を行うのではない。単元全体を見通し、グループ活動をどのように位置づけると効果的な単元構成ができるかについても研究を深める必要がある。

(2) 平成27年度の実践から

平成27年度は研究協力校4校、協力員10名に拡大し研究・実践を行った。新たに加わった協力員には、前年度の研究で得た「グループ活動を取り入れた授業」についての成果と課題を共有した上で実践をスタートした。今年度の実践について新たな取り組みを述べる。

① 実践例を共有する

協力員の実践報告を数学ユニットで集約しているだけでは、「グループ活動を取り入れた授業」について深まっていけない。また在籍校の異なる協力員同士が授業を見せ合い、頻繁に研究会を開くことも難しい。そこでガルーン（福井県教職員グループウェア）を利用して、メンバー共有のフォルダに実践を報告してもらうことにした。報告例を互いに読み合うことでメンバー全員の意識が向上するとともに一年目の協力員にとっては、昨年度の研究の成果と課題についての理解が進んだものと判断する。

② 学習計画を立てる

一つの単元の、どこでグループ活動を行うと効果的であるのかを知るために、指導計画を立ててから実践を行った。具体例を右に示す。協力員からは「新しい概念（今回は、グラフを利用して不等式を解くこと）の導入を、ジグソー法で行うことは難しく感じられた」「グループ活動を年度の当初に組み込むことは、クラス経営の意味からも意義がある」など、指導計画を立てたからこそその感想を得られた。

「グループ学習を取り入れた指導計画」		
単元	積分法（数学Ⅲ）	
指導計画		
節	内容	協同学習の有無
第1節	1 不定積分の公式	
	2 置換積分法	グループ学習①
	3 部分積分法	
	4 色々な関数の不定積分 問題演習	
第2節	1 定積分	
	2 定積分の置換積分法と部分積分法	
	3 定積分と数列の和の極限	グループ学習②
	4 定積分と不等式 問題演習	
第3節	1 面積	グループ学習③
	2 体積	
	3 回転体の体積	
	4 斜軸回転による体積 問題演習	

(3) 授業実践例（知識構成型ジグソー法を用いた、定積分の置換積分法の導入の授業）

《本時のねらい》

三角関数を用いた定積分の置換積分では、なぜこのような置換を思いつくのか疑問に思う生徒が多い。円のパラメータ表示と大きく関係しているのだが、その理由を語るのではなく、まずはその計算結果が半円の一部の面積と一致することに気付かせることをねらいとする。

【メインの課題】

- (1) 定積分 $\int_0^{\sqrt{3}} \sqrt{4-x^2} dx$ を求めよ。また、一般に $\sqrt{a^2-x^2}$ ($a>0$) の形を含む定積分に対し、変数 x をどのように置き換えれば計算できるのかを考えよ。
- (2) $y=\sqrt{4-x^2}$ を図示せよ。また面積計算を用いて定積分 $\int_0^{\sqrt{3}} \sqrt{4-x^2} dx$ の値を求めよ。

【エキスパート課題A】（課題設定の理由：置換する関数の決め方を示す）

- $x=2\sin\theta$ とおくとき
- (1) $\sqrt{4-x^2}$ を θ で表せ。
- (2) x が 0 から $\sqrt{3}$ まで変化するとき、それに対応する θ の区間を求めよ。
（最も簡単な区間をとればよい。）

【エキスパート課題B】（課題設定の理由：半角の公式の利用を確認する）

- 次の定積分を求めよ。
- (1) $\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 x dx$ (2) $\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} a \cos^2 \theta d\theta$ ($a>0$)

【エキスパート課題C】（課題設定の理由：定積分の値が図形の面積と大きく関係していることの確認）

- (1) 曲線 $y=\sqrt{4-x^2}$ を xy 平面上に図示せよ。
- (2) 曲線 $y=\sqrt{4-x^2}$, 直線 $x=0$, $x=\sqrt{3}$, x 軸 で囲まれた部分を xy 平面上に図示せよ。

《本時の流れ》

・学習活動	○支援内容 と 生徒の様子
<ul style="list-style-type: none"> ・本時の流れを説明。 ・メイン課題を解説してから提示する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ジグソー班（3人×12班）の確定。 ○拡大印刷したメイン課題を黒板に貼る。 …各自で取り組む（5分）
<ul style="list-style-type: none"> ・エキスパート活動 ジグソー班内でエキスパート担当者を決める。 A（4人×3班） B（4人×3班） C（4人×3班）に分かれて 課題に取り組む説明できるようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ジグソー班内でエキスパート担当者を決める。 ○各班にワークシートを配付する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>課題A…ほとんどの班で(1)の絶対値をつけることができているが、不十分な答えは出せている。</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>課題B…半角公式を忘れていた生徒はいるものの、班内でどうか解決する。</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>課題C…微分を用いてグラフを描いている。半円であることは、どの班も気付かない。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○課題Cはほとんどの班が正解には至らないが終了。ジグソー活動へ。

<p>・ジグソー活動 ジグソー班に（3人×12班）にもどり、各エキスパート担当者の報告を行う。報告後協力してメイン課題の解決に向かう。</p>	<p>○エキスパート担当者の報告後にメイン課題に取り組むことを指示。 ジグソー班内でエキスパート課題Cの解決に向けての話合いが活発化した。</p>
<p>・クロストーク 本時においてクラス全体で最低限共有したい学習内容を押さえる。</p>	<p>○代表の班に板書させ、発表させる。 発表1…エキスパート課題A(1)の答えに絶対値が必要であること。 発表2…エキスパート課題C(1)のグラフが半円であること。 ○クロストークの途中で本時は終了。 ○メイン課題を宿題にする。</p>
<p>・まとめ 次時の最初に行う。</p>	<p>本時で未解決であった課題を次時で解決することによって、学びに継続性が生まれ理解も深まった。</p>

【分析と考察】

本実践では、メイン課題(2)の関数がどのようなグラフになるのかを頭の中でぼんやりしたままクロストークに入ったため、発表1、発表2のようなメイン課題の解決につながる重要な情報をクラス全体で共有することができた。つまり、エキスパート活動で正確な解答が得られていなくても、そのままクロストークに突入したことが功を奏したのである。正確な知識を組み合わせることで問題が解決すると、その時点で生徒の思考は停止する。知識が不十分であっても、それを「みんなで考えてみる価値のある問題」と捉え、考え続けることができるところが協調学習の良さである。その良さを引き出すことができた実践であった。

2 ICTを活用した授業について

(1) これまでの経緯

職業系高校を対象に行った県のアンケート（平成25年7月実施）では、数学の授業の内容に関して「あまりおもしろくない」「ぜんぜんおもしろくない」と回答した生徒が41.0%もいた。そこで平成25年度に行われた「数学指導改善実行会議」では『教材に変化を持たせ、「数学はおもしろい」と感じる授業を行う』という方向性が出された。その方向性に沿って「数学指導改善第3グループ」が組織され、平成26年度には「ICTを活用した授業」をテーマとして研究協力校4校、協力員4名で実践・研究を開始した。研究のねらいは、生徒の数学に対するイメージを「難しい」「分からない」「おもしろくない」「暗い」という負のイメージから、「易しい」「楽しい」「おもしろい」「明るい」という正のイメージに転換させることである。昨年度の研究から得られた成果を述べる。一つ目は、使用目的を明確にすることが大切であることを理解できたことである。高校数学の授業で利用できるソフトは数多くあり、それぞれに特徴を持っている。当然その特徴を生かした使い方をしなければならない。例えばPowerPointを用いるのならば「紙で配った方がまし」となっていないのである。二つ目は、生徒の理解に向上がみられたことである。本来は、「数学はおもしろい」と学ぶ意欲を高めるための研究であったが、ICTを用いることで生徒の顔が上がるようになり、教師も生徒の顔を見ながら授業ができた。その結果、該当クラスにおける考査の成績が、従来どおりの授業を行った他クラスと比較して格段に向上するという成果を得られた。

一方、見つかった課題を述べる。一つ目は、ICT教材の作成や授業の準備に時間がかかることである。しかし、研究の柱は難しいコンテンツの作成ではなく、ICTを生かした授業づくりであり、数学教師の既知の知識と技能で「ICTを活用した授業」の構築は可能である。二つ目は、実践回数の少なさである。ICTを数学の授業に活用することはプラス面ばかりでなく、機器のトラブルなどマイナス面も必ずある。またICTを有効に活用するにはICT教材を生かす生徒への発問も重要である。それらを明らかにするためにも、できる限り実践回数を増やす必要がある。

(2) 平成27年度の実践から

平成27年度は研究協力校5校、協力員6名に拡大し研究・実践を行った。前年度の研究で得た知見、つまり「ICTを数学の授業にどう生かすのか、それによって何が生まれるのかを考えた上で、適切な場面で使用目的をはっきりさせてICTを活用する授業づくり」が研究の柱であることを共有した上で実践がスタートした。今年度の実践での新たな取組みを述べる。

① 対象学年や扱う単元を広げるとともに、授業実践例を増やす。

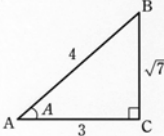
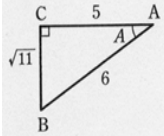
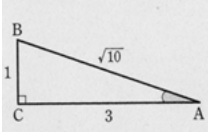
昨年度は対象学年が1年生、扱う単元は数学Ⅰ「2次関数」であった。今年度は学年、単元に縛られずICTをできるだけ日常の学習活動に取り入れることで授業実践例を増やすことにした。

② 「生徒の学びにどうつなげるか」といった観点でコンテンツを作る。

ICT教材作成の注意点は、力作を作れば作るほど「教師の一人芝居」（教師主導の授業）になってしまう可能性が高いことである。ICT教材を見せるために授業をするのではなく、ICTを生かした上でグループ活動やペア学習を取り入れた授業づくりを行う。そのためのコンテンツを作成する。使用ソフトも、PowerPointやGrapesに縛られないことにした。

(3) 授業実践例（授業内容 「三角比」の定義の導入）

使用教室 CAI室

教師の活動と《意図》	生徒の活動の様子	支援内容とICT活用
《定義の理解のために》 「2つの相似な直角三角形で変わらないものは何ですか。」	ペア同士で考える。 →発表	(2台あるPCの中間モニターに) Grapesを用いて相似な直角三角形(辺長を記入したもの)を提示。
《三角比の定義》 鋭角の三角比を定義する。	例1を用いて $\tan A$, $\sin A$, $\cos A$ を理解する。	(中間モニターに提示しておく。) 例1 
《定義の定着を図る》 「このままの状態でもよいが、考えやすい状態に書き直そう。」	Wordの機能を用いて、図形を回転させたり、反転させたりする作業を行うことで考えやすい図形に直す。	教師用PCから生徒用PCに文書データファイル(Word)で作成した演習問題を送信する。 演習問題1 (1)  (2) 
《応用問題に取り組む》 「一辺の長さを書いていない三角形はどうすればいいだろうか。」	ワークシートを利用してペア同士で考える。	実物投影機を用いて、生徒に解答を発表をさせる。生徒が変形した図も示す。

【分析と考察】

本時では、三角比の導入の場面で生徒の興味関心を高め、理解を深めるためにICTを活用した。三角比を定義する場面では、中間モニターで解説することできれいな画像を素早く提示出来るというICTの利点を生かしていた。また演習ではパソコンを生徒が作業する「道具」と割り切り、文書作成ソフトWordの機能を用いて、直角三角形を回転させたり反転させたりして考えさせた。紙と鉛筆で解決できるようにワークシートも併用し、最終的には念頭操作で三角比を求めることができるような配慮がされていた。ただCAI室は、モニターの関係もあって授業がしにくい欠点がある。理由は、生徒の顔が見えづらいこと、話合いがやりにくいこと、プリントや教科書が置きにくいことである。その解決のために書画カメラ（実物投影機）を使いこなすことは、ICTを活用した授業を行うために必要なノウハウである。モニターで提示する方法もあるが、一つのスクリーンに提示して生徒の視線を集めることが理想的である。本時はICTのスライドと教師の説明だけで授業を進めるのではなく、作業をさせたり、ペア学習を取り入れたり、説明をさせる場面を設定したりすることで、生徒に主体的な学びが生まれた実践であった。

3 得られた成果と今後の方向性について

(1) 成果

① 授業改善に対する意識が広まってきた

「平成26年度数学ユニット活動報告書」の概要説明の際、最も質問が多かったことは、グループ学習（主に知識構成型ジグソー法）に関してであった。これは中教審答申の内容が各学校に影響を与えていることの表れである。8月に開催した実践型集合研修（高校数学）では、数学ユニットが考える「グループ活動を取り入れた授業」についての発表を行った。参加者は定員を超え、またその満足度も高かった。（満足度3.8／満点4.0）

公開授業についても可能な限り多くの高校に訪問し、授業研究会にも参加した。協力員以外の公開授業への訪問は1学期が11件、2学期が12件で、そのうち「グループ活動を取り入れた授業」または「ICT教材を活用した授業」に関する授業は1学期が5件、2学期は10件であった。グループ活動やICT活用は、やってみなければその良さは分からない。公開授業を通して「まずは自分なりに研究してやってみた」という感想を得られたことは大きな収穫である。このことから県内全ての高校に授業改善を意識した授業研究が広まってきていると判断できる。

② 授業改善の内容が深まってきた

本年度グループ活動を取り入れた授業実践は多くなってきて、授業研究の輪が広がって来ている。「知識構成型ジグソー法」というわかりやすい手法を用いることで、より深い教材研究が行われ、教師自身の専門的成長につなげることができていると感じる。また授業改善の一つとしてグループ学習に取り組むことで、「教員がどう教えるか」ではなく「生徒にどう学ばせるか」という視点での授業づくりができるようになってきた。今後はクロストークではどこまでの理解を全体で共有させるべきなのか、どのような場面でグループ活動を取り入れると有効なのか、単に方法論に終わるのではなく「なぜそうなるのか」という深い言語活動を導くような課題設定は何か等、さらに研究を深める必要がある。

「ICTを活用した授業」については、アドバイザーの飯島康之教授（愛知教育大学）から『昨年と比べて良い意味で変わってきている。普段の授業における生徒の学びをさらに良くするための道具として、ICTが使われていることが実感できた。主役は「ICT」ではなく「生徒の学び」であることが考えられていた。すごく進歩している。』という評価を得た。昨年はICTを無理して使っていた、つまり「本来の自分の授業とは違うけど、使わなきゃいけないから」という授業であった。今年は、「生徒たちにいかに分かりやすく説明するか」ということを考えたり、先生自身が「こんな授

業をやってみたい」と考えたりしながらICTを使いこなしていた。授業改善の内容は確実に深まってきた。

③ グループ学習とICTとが融合してきた

本年度の実践を振り返ってみると、生徒の学びがより主体的になるようにグループ活動の中にICTを取り入れたり、予習的課題を与えてみたりと工夫した実践が多くみられた。それは良い授業を作るための一つの手段として、授業の中にICTやグループ学習を取り込むことができたからである。何のために授業力の向上をめざしているのかといえば、生徒の学習意欲を高め理解の向上をはかるためである。あくまで主役は生徒である。授業改善が良い方向に進んでいる好例である。

(2) 今後の進むべき方向性

新しい時代に必要となる資質・能力の育成のためには、学びの質や深まりを重視することが必要であるとの認識には疑いの余地はない。課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習（いわゆる「アクティブ・ラーニング」）の充実や、そのための指導の方法等を充実させていくことについての研究は全国各地で進められている。

2年間にわたり、数学ユニットは高校数学の授業改善の研究に取り組んできた。更なる改善を目指すためには、次年度以降「グループ活動を取り入れる」「ICTを取り入れる」というテーマを取り払い、学校の枠を超えた授業改善に取り組む必要があると考える。そういった意味からも今年度、知識構成型ジグソー法での実践が多かった中で、授業者が自分なりにアレンジしたグループ学習についての実践がみられたことは大きな進歩であった。研究の幅を広げて研究テーマに自由度を持たせたり、研究協力校を増やしたりすることで、県内全ての高校の授業改善がさらに深まるものと判断する。

IV 平成27年度の数学ユニットの新たな活動について

1 授業研究会の深まり

公開授業の研究会については昨年度から行ってきたが、一般的な研究協議の形式であった。高等学校においては、従来から「コの字型」や「ロの字型」または「一斉講義型」の机の配置で研究協議が行われ、授業者の反省から始まり、質疑応答、指導助言と続くのが一般的であった。この形式では発言する人が限られてしまい、授業についての十分な意見交換がされない場合が多く、参加者全員に発言してもらったとしても簡単な感想を述べるだけの参加者も多かった。また、授業者にとっても成果と課題がはっきりせず、研究協議が不完全燃焼であった可能性がないとはいえない。

そこで、今年度は研究協議を小グループで行い、参加者一人ひとりの意見を十分に引き出せるようにした。決められた一定の時間内に公開授業の成果と課題、授業改善の方向性を話し合うことで、参加者の授業力アップにつながると考えた。また、各グループの代表者が協議の内容をまとめて発表することで、授業者も含めて参加者全員がその内容を共有できるようにした。今年度行った授業研究会の形式は2パターンあり、その流れは以下のようなものである。

(1) 付箋を活用した授業研究会

- ・授業者が「授業の意図」について語る。
- ・授業を見て気づいたことや、授業中に見られた生徒の学びについて付箋に書く。
○良かった点・成果→黄緑色の付箋 ○改善が必要な点・課題→ピンク色の付箋
- ※1枚の付箋には1つの内容を記入する。
- ・各グループの進行役と発表者を決める。
- ・グループ協議の際に、模造紙に付箋を貼りながら語り合う。

- ・全体共有として、グループ毎に協議の内容を報告する。
- ・指導助言

付箋を使ったやり方では、まず自分の意見を付箋に書くことで考えが整理されるという良さがある。また、それぞれの付箋はみな平等であり、発言の機会も均等に与えられる。模造紙にまとめる際には、付箋を貼ったり取ったりしながら同じような考えのものをまとめることができる。課題としては、付箋に長い文章を書くと読みにくくなってしまふことが挙げられる。付箋の大きさにもよるが、3行程度の短い言葉で簡潔に、そして丁寧な文字でまとめることを参加者全員に周知徹底する必要がある。もう一つの課題はまとめ方の難しさである。模造紙に付箋をただ並べるのではなく、全体共有の際に分かりやすく伝えるために内容ごとに整理する必要がある。

(2) ワークシートを活用した授業研究会

- ・授業者が「授業の意図」について語る。
- ・授業の観点をあらかじめ設定し、話し合うテーマを明記したワークシートを準備する。
- ・各グループで進行役と記録・発表者を決める。
- ・グループでワークシートに沿って協議し、記録者が清書する。
- ・全体共有として、グループ毎に協議の内容を報告する。
- ・指導助言

ワークシートを使ったやり方では、授業の観点到に沿って話し合うテーマが設定されているため、グループ協議がスムーズに進むという良さがある。また、どのグループも同じ内容について話し合を深めていくため、全体共有の時には自分のグループと比較しながら興味深く聞くことができる。ワークシートには、各グループでの協議内容がコンパクトにまとめられているため、授業者が後で振り返りをしやすい。課題としては、テーマに沿って話し合うため、自由な視点で語りにくい点が挙げられる。また、場合によっては従来型のように発言力のある人の意見で方向性が決まってしまう危険性もある。

今年度の授業研究会では、どちらの形式においても昨年度とは違って活発な意見交流がなされた。まず、「反省」ではなく「授業の意図」を最初に授業者が語る場面を設定したことで、グループ協議の論点のはっきりしたことが大きい。また、「教師の教え方」ではなく「生徒の学び」に注目したことで、授業者はもちろん、参加者にとっても今後の授業づくりに生かせる良い材料になったと思われる。若手、ベテラン関係なく少人数で協議することで、授業改善に向けた教師の意識についてもより高まったと考えられる。そして、付箋をつかったやり方とワークシートを使ったやり方、それぞれの形式の良さや課題も見えてきた。今後は、数学ユニット主導で開催する授業研究会で、双方の利点を生かした授業研究会について県内に提案していく必要がある。ただ、いつも同じパターンで行うとマンネリ化する恐れもあるため、いくつかのパターンを研究していくことも重要であるとする。

2 数学ユニット通信

昨年度からの取組みである高校数学における授業改善の波は、少しずつではあるが県内各地に広がってきている。特に第1、第2、第3グループの研究協力員を中心に公開授業を行っているが、授業改善のポイントとなる発問であったり課題設定、もしくは授業形態など具体的なことに関してはその参観者のみが見るところである。また、研究協力校以外の高校に関しても、授業力アップのために日々研究に取り組んでいる熱心な先生は多い。

数学ユニットの活動としてそういった先生方の授業を見るだけでなく、その素晴らしい実践を積極的

に発信していく必要があると考えた。そこで定期的に「数学ユニット通信」(右の資料を参照)を作成し、各校に送付したりホームページで配信したりしてアピールすることにした。

数学ユニット通信の内容は「どういうねらい、意図があって授業を組み立てていたか」という授業者の思いや、「生徒は何をどのように学んでいたか」という生徒の学びなどを中心にして、授業の流れに沿って紹介していくものとした。また、数学ユニットが考える授業改善のヒントとなる部分に関しては「数学ユニットイチオシPoint」として取り上げた。アドバイザーである国立教育政策研究所の白水始総括研究官や、愛知教育大学の飯島康之教授が参加された公開授業に関しては、数学ユニット通信も拡大版を作成し、講演や指導助言で得られた授業改善につながるエピソードなどを掲載することにした。

このように授業改善のポイントをまとめた情報をどんどん県内に発信していくことで、一人でも多くの先生が「これはおもしろそう。やってみようかな。」とか「これならできかな。やってみようかな。」といった具合に実践してくれることを期待している。そして、授業改善の波を今よりもっと大きなものにしていくため、今後も継続して数学ユニット通信を作成し発信していこうと考えている。

3 授業の振り返り

今年度は、昨年度の研究について周知徹底する目的で県内各校を訪問し、報告書についての説明会を行った。報告書を学校に送付するだけではその中身を理解してもらえないのではないか、という思いから、数学ユニットが足を運んで直接説明するという方法を選んだ。その際、公開授業週間などに訪問させて頂きたい旨を伝えたことで、随時数学ユニットに案内が送られてきて、1学期、2学期と多くの公開授業を参観することができた。

実際に県内各校を訪問して授業を参観し、その後の研究会で意見交流することで、授業改善の流れについて確認したり提案したりすることができた。また、授業の様子をビデオカメラで撮影し、その映像をDVDにまとめて授業者に送付した。自分の授業をDVDの映像で客観的に見ると、気づかなかった自分の癖や生徒目線で見た発問の仕方や板書などがよく分かり、それを振り返ることで授業改善につながると考えた。所定のシートに振り返った内容を記述し、そのデータを送付してもらうように任意でお願いしたが、どの先生も快く引き受けてくれた。送られてきたシートには、「発問の仕方」「板書計画」など、授業の反省点も多く書かれていたが、「様々な教育法、指導法を積極的に学ぶ必要がある」など、自分自身の授業改善について前向きな意見が多く、県内の高校数学教師の意識改革が進んでいると感じた。これらの研究事例から考えると、大切なことは「足を運んで実際に授業を見る」「授業について意見を交流する」「授業者が客観的に自分の授業を振り返る」ことであると感じた。そして、このような活動を継続することで高校数学における授業の変革が進んでいくと考えている。

資料【数学ユニット通信 (第5号)】

数学ユニット通信

～福井県教育研究所～
第5号



11月19日(木)に坂井高校の公開授業が行われました。
佐々木真康教諭による「2次関数」の授業で、ICTを活用しながら、グループ学習(知識構成型ジグソー法)も取り入れた授業でした。

＜坂井高校 佐々木 真康教諭＞

単元名：数学Ⅰ「2次関数」
授業のねらい：ICTを効果的に用いることで生徒の興味関心を高め、
数学と実生活とのつながりを感じさせる。

今回の授業が行われたクラスでは、数学の時間にクラスの人数を半分に、少人数で学習をしています。佐々木教諭は、男子生徒ばかりでの授業ということもあり、興味関心を高めるためにサッカーのシュートを数学の教材として扱いました。また、授業者自身が「グループ学習のノウハウを身につけたい」という思いを強く持っているため、ICT活用だけでなくグループ学習(知識構成型ジグソー法)も取り入れて授業を組み立てていました。

授業の最初にW杯ブラジル大会でのスーパーゴールの動画を見せ、「このシュートが描く放物線を2次関数の数式に表そう」というメイン課題を伝えました。エキスパート活動の時には、佐々木教諭が各グループの学習状況を観察しながら、悩んでいる生徒に声かけをしていました。「ここには何を代入する?」や「この式を展開してみよう」など、少人数の良さを生かしてきめ細かな指導を行っていました。

メイン課題に取り組み前に、各グループにホワイトボードを配り、グループ学習がスムーズに進むように配慮していました。生徒は、与えられたホワイトボードを中心に集まり、考え方を書いて計算したりして活用していました。授業の最後には、あるグループが求めた数式をGRAPESを用いてグラフにしました。佐々木教諭は、GRAPESの背景をゴールシーンに変更し、生徒の求めたグラフとシュートの軌跡が重なることを確認しました。生徒たちからは、「おお、すごい」という声がたくさん聞かれ、数学と実生活とのつながりを感じることができた授業でした。

★数学Unit-イチオシPoint★

①生徒にとって身近な話題である「W杯のスーパーゴール」を題材として取り上げ、動画を見せることで興味関心を高めていた。

②グループ学習が活発化するように、ホワイトボードを準備したり、机間巡視できめ細かな指導をしたりして、適切な支援を行っていた。

③計算で求めた結果と実際のシュートの軌跡が一致することを、ICTを活用して生徒に提示していた。

V 省察

平成27年度の活動を振り返ると、間違いなく授業改善の波は広がってきている。秋の授業訪問では、研究協力校以外の高校であってもグループ活動を取り入れた授業やICTを活用した授業が多く見られた。春の訪問や夏に行われた高校数学の実践型集合研修が好評であったことが影響していると判断している。授業研究会でも意見交流が活発になるなど、多くの教師が授業改善に向けて前向きに取り組んでおり、これからは若手教師を中心に取り組みがさらに広がり、深まっていく手応えを感じている。

次年度以降の研究内容については、これまでの活動を通して得ることのできた知見をもとに、テーマに自由度を持たせる形で再構成し、学校の枠を越えた授業改善に取り組むとよいのでは考える。例えば一つの学校内において複数のテーマでの授業改善に取り組んでみたり、学習到達度の異なる高校同士がチームを組んで一つのテーマについて授業改善に取り組んだりすることができれば、異なる観点で様々な意見交換ができる。新たなアイデアも生まれてくるだろうし、研究はさらに深まっていくはずだ。

数学ユニットがこれまで2年間行ってきた活動のねらいは、近年全国的に話題となっているアクティブ・ラーニングのねらいとほぼ同様のものである。数学ユニットの考える「高校数学の授業の変革」とは、ただ板書されたものを生徒が黙々とノートに写しているような、数学的な学びとはほど遠い授業をなくすための変革である。そのための手段として「予習的課題を前提とした授業」「グループ活動を取り入れた授業」「ICTを活用した授業」を提案してきた。

ただ、授業改善の取組みで注意したいことがある。それは、(特に若手教師に対して) 授業改善の取組みが上滑りにならないことである。高校教師には専門教科を指導するための専門性が不可欠であり、その専門性が疎かになっては本末転倒である。例えば「予習をさせればそれで良い」と考えている教師はいないか。それさえすれば全てが改善されると勘違いしていないか。「予習をさせる」ことは「授業を主体的な学びにつなげる」ためであり、復習を含めどのように学ばせるかを考えた授業づくりが大切なのである。生徒のニーズに応えるために良い教材を作成して適切な評価を行うこと、より深く数学について語れることなど、高校数学教師に求められることは多岐にわたる。「高校数学における授業の変革」は小手先の授業方法の改善ではなく、日々学び続ける教師の姿があってこそ成し遂げられるものであることを理解してもらわなければならない。

《参考文献》

- 飯島康之(2014)「テクノロジーを利用した数学の指導」、愛知教育大学免許状更新講習14
- 大阪市教育センター(2014)「21世紀に求められる資質・能力を育成する授業デザインに関する研究－ICTを活用した協働学習の内容・方法－」研究紀要第205号
- 杉江修治(2011)『協同学習入門』ナカニシヤ出版
- 中央教育審議会(2012)「教職生活の全体を通じた教員の資質能力の総合的な向上方策について(答申)」
- 中教審教育課程企画特別部会(2015)(第11回)第86回教員養成部会資料
「これからの学校教育を担う教員の資質能力の向上について(中間まとめ(素案))」
- 牧田秀昭・秋田喜代美(2012)『教える空間から学び合う場へ－数学教師の授業づくり－』東洋館出版社
- 三宅なほみ・齊藤萌木・飯窪真也・坂本篤史(2013)「平成22年度報告書「協調が生む学びの多様性」」東京大学
大学発教育支援コンソーシアム推進機構
- 村上芳夫(1965)『主体的学習実践のための学習方法訓練細案』明治図書
- 村上芳夫(1967)『主体的学習の発展』明治図書
- 福井県教育研究所(2014)研究紀要 第119号
- 福井県教育研究所(2014)高校数学の授業改善について(調査研究部数学ユニット平成26年度報告書)