

学習指導要領の「主体的・対話的で深い学び」とは何か？

2017年度 数学教育分科会のまとめ

真鍋和弘

1. はじめに

札幌市の教育文化会館を会場として2017年度合同教研が開かれた。11月3日の夜に開かれた「教育のタベ」では、ジャーナリストの斎藤貴男さんによる講演「国民が真実を知るために」があった。「国民にとって大切な9割方の情報は隠されている、そう思った方がよい」という刺激的な話から始まり、「今は極端なまでに情報にフィルターがかけられ、本当のことが伝えられない時代になった」という指摘もあった。昨年の総選挙では、結局国民は何を信じて投票すればよいのかよく分からないまま、政権与党が圧倒的議席を維持するという結果に終わってしまった。斎藤さんは「思い込みをやめ、真実を知ろうと努力することが大切である」と呼びかけられた。

「アクティブ・ラーニング」をめぐって

本分科会の共同研究者である高橋哲男さんは、昨年度の報告の中で「アクティブ・ラーニング」をめぐる教育学論点について、いくつかの指摘をされている。「アクティブ・ラーニング」という言葉の由来から説き起こし、日本の教育改革の現状と課題の方向性について批判的かつ建設的に考察されている。

これも以前どこかに書いたことであるが、直訳すれば「能動的学び」となるこの概念自体を批判する教育者はまずいないのではないかと。極端な例をあげれば、高校で1クラス40人の生徒がそれぞれに自分が学ぶべき学問を決め自主的に勉強を始めれば、生徒たちは驚くような成長を遂げるはずである。教師たちはほとんど何もしなくてもよい。時々質問にくる生徒に答えたり、相談に乗ってやるだけで、教育効果は抜群に上がって行くことだろう。しかし、現実はそうになっていない。

教師を経験された方なら誰でも、すべての子どもが、いつでも「能動的学び」をしてくれることはあり得ないということを知っている。もちろん教師たちはできるだけ多くの子どもたちが「能動的学び」となるように努力すべきであるし、続けなければならない。文科省が教育政策として「学びの転換」を呼びかけることはよいとして、問題はどのようにすれば「受動的学び」から「能動的学び」へ転換できるのか、そのための授業、教材、方法論など、ある程度の処方箋を文科省は示すべきである。そうでないと現場はただ混乱するだけである。

文科省の用語集では、アクティブ・ラーニングを「教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称」と定義している。学修という耳慣れない用語が使われているが、文科省は高校までを学習、大学からを学修と呼び区別しているらしい。高

橋さんも指摘するように、「アクティブ・ラーニング」はもともと大学の教育を改善するために提唱された概念である。後でも述べるように、文科省は「アクティブ・ラーニング」という言葉を新しい指導要領では封印してしまった。筆者が思うに、小・中・高すべての学校にそれを形式的に広げようとしたところに問題があったのではないかと思っている。

評価に関する指定校研究から見えてくるもの

筆者の勤める公立高校は、2014年に国立教育政策研究所が主催する指定事業の研究指定校（高校・数）に選ばれた。研究課題は「基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図るとともに、生徒の主体的な活動を重視した指導方法の工夫・改善についての研究」である。いったい何を研究すればよいのか？という疑問が残るが、具体的に行ったのは評価に関する研究である。文科省は数学の評価の4観点として、①知識・理解、②数学的な技能、③数学的な見方や考え方、④関心・意欲・態度をあげ、観点別に評価するよう各学校に「指導」している。それに従って本校では定期考査の問題を4つの観点に分類し、その他の小テストや課題、提出物、授業態度などを観点別に点数化し、最終的には①30%、②30%、③20%、④20%の割合になるように調整して評価点を算出し5段階評価を行った。恐ろしく煩雑な過程を経ての評価である。幸いにも筆者は3年前に本校を退職し、非常勤講師でもあるので、評価に関するこれらの「災難」に巻き込まれずに済んだ。

先の「アクティブ・ラーニング」と同様、文科省による4観点別評価は、多様な評価という点でとくに問題となることはない。しかしこれを各学校に対して機械的に指導することは、大きな問題を引き起こす。本校における「評価」の何が問題かということ、第1に「4観点の分類」が明確に示されていないことである。数学の考査問題を4つに区分する明確な判断基準は存在しない。第2には最終的に1つの数値として評価を下してしまったことである。多様な観点から評価するのであれば、短くてもかまわないが文章として記述すべきである。統計学の専門家ではないので、少し誇張した言い方になるが、性格の異なる多種多様なデータを多く集めれば集めるほど、各データ（それは1つの数値で表される）がもつ誤差すなわち雑音（白色ノイズ）も増加してくる。最終的な数値がいったい何を表しているのかわからなくなる、という統計学的な疑念が残る。

コンピュータ技術が発達し、ビッグデータを簡単に処理できる時代になっている。学校にもすでに押し寄せてきている。いずれAI（人工知能）によって人が成績処理される時代がやってくるのではないかと、古い時代を知っている者としては恐怖すら感じる。

「アクティブ・ラーニング」から「ディープ・ラーニング」への転換

さて、先の評価に関する研究は、文科省が「アクティブ・ラーニング」に舵を切るようになると、本校の研究にも影響を与えるようになる。途中から「アクティブ・ラーニング」を取り入れた授業やその評価へと次第に研究内容が変化していった。2015年の9月に行われた本校の公開研究会では、初等中等教育局の視学官（元数学高校教員）が講演した。その中で「アクティブ・ラーニング（主体的・能動的な学び）の他に、ディープ・ラーニング（深い学び）」という言葉もある。知識や技能の活用のために『深い学び』の過程が実現できているかを考えてほしい、・・・『対話』が授業内で実現できているか見直してほしい」という話をした。また、国立大学の準教授が「アクティブ・ラーニング」をとり入れた数学の授業の例として、グラフ理論（巡回サラリーマン問題）に関連した授業をおこなった。

昨年、文科省は小学校、中学校の新学習指導要領を発表した（高校は今年3月に発表）。そこで驚いたことは、あれほど力説していた「アクティブ・ラーニング」という言葉が削除され、代わりに「主体的・対話的で深い学び」という言葉が登場した。教育現場であまりにも「アクティブ・ラーニング」という言葉がひとり歩きし、收拾がつかなくなって撤回したという話も聞こえてきた。筆者も本校の様子などを見ていてそう感じた。カタカナ語を使わないようにしたという説もあるが、CM（カリキュラム・マネジメント）やPDCAサイクルなどの言葉は残っているので、その話は信用できないと思っている。

筆者は文科省内で以前から「主体的」「対話的」「深い学び」などの言葉は意識的に使われていたと見ている。「アクティブ・ラーニング」がひとり歩きし、方法論的になり過ぎることを防ぐために、文科省の担当者は意識的に「ディープ・ラーニング」を「深い学び」と訳して、指導要領に取り入れたのだろう。実は「ディープ・ラーニング」には「深層学習」と訳される、AI（人工知能）に関連するまったく別の意味がある。それについては最後に触れる。

筆者がもう一つ驚いたのは、今まで強調されていた評価の4観点が消え、新しく「学力の3要素」として、①知識・技能、②思考力・判断力・表現力、③主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度、があげられていることである。前回の4観点と今回の3要素をくらべると、前回の①②③が今回の①②に、前回の④がより広がって今回の③に書き換えられているようにも見える。これからは評価においても4観点から3観点となるのか？ 文科省はその理由を経過も含めてきちんと説明すべきである。10年ごとに繰り返される学習指導要領の「書き換え」は、教育的にはほとんど不毛なもののように見える。

AI技術における「ディープ・ラーニング」（深層学習）とは

いまこの文章を書いている時点で、『AI vs. 教科書が読めない子どもたち』という本がベストセラーになっている。著者は新井紀子さんという女性の数学者で、数理論理学が専門である。筆者は以前に興味をもって何冊か彼女の著書を読んだことがある。最近は「東大ロボット」つまり「AIロボットは東大に入れるか」という研究プロジェクトのリーダーの一人である。先の本によれば「ディープ・ラーニング」とは、AI（コンピュータ）をいかにして人間に近づけるか、そのための工学的技術のことを指す言葉として紹介されている。正確を期すために長くなるがその部分を引用する。

「そして、第3次AIブームと呼ばれているのが、今私たちが生きている時代です。1990年代半ばに検索エンジンが登場し、以降、インターネットが爆発的に普及しました。2000年代にはインターネットの世界が加速度的に広まりかつ深まり、ウェブ上に大量のデータが突如として増殖したのです。そこで『機械学習』という20世紀からあったアイデアに注目が集まりました。それが、2010年代の半ばに燃え上がった現在の第3次AIブームの火付け役になったと言えます。そして、その火に油を注いだのが、機械学習の一分野であるディープラーニングでした」p. 28～29.

政権に仕える官僚たちが、自分たちの新しい政策の中で何か「新しい概念」に対して名前つけることにはとくに反対はしない。しかし明確な証拠がある訳ではないが、新しい指導要領のキーワードとして「深い学び=deep learning」という言葉を用いた背景には、AIブームの火付け役となった「ディープ・ラーニング」があったことは間違いないと思う。「アクティブ・ラーニング」や「ディープ・ラーニング」の明確な教育論的定義が曖昧のままでは、教育現場はただただ混乱するばかりである。誰もが納得できる明確な定義ができないのなら、せめて政府や文科省はこれらの言葉を乱用して、子どもや教師、学校を振り回さないでほしいと思う。

2. レポート内容の紹介

分科会参加者は、2日間とも10数名と、例年にくらべると幾分少ないように感じた。小学校からのレポートがなく、これも現場に余裕がないことの表れかと思われる。レポート数は全部で9本であった。現代の教育現場はブラックと言われるほど過酷な状態にある。それでもこれだけのレポートが集まったことは、参加された皆さんの並々ならぬ努力があったからである。今まで参加が少なかった新採用1、2年めの若い教員の参加もあり、未来に希望が繋がる研究会だった。以下、発表順にレポートの概要を報告する。

[1] 生徒に興味を持たせる授業作りの工夫

小笠原洋志（札幌南高校定時制）

報告者は若い高校教員である。数学に苦手意識をもつ生徒たちに、どうしたら数学に興味をもってもらえるかを重視したとりくみである。定時制高校に入学してくる生徒の半数ほどは、いずれかの段階で不登校経験があり、「授業を集中して受ける」、「人の話を聞く」などの基本的なことが身につけていない、ということである。これまで授業終了5分前に行っていた小テストの終わりに「今日の授業のまとめ」のコーナーと、裏面に「宮本式算数パズル」を付け加えてみた。これにより「授業にメリハリが出てきたように感じる」とレポートでは述べられていた。学ぶ意欲を失っている子どもたちにとって大切なことは、友だちや教師に対する信頼である。最後に小笠原さんは「パズルなどに頼りすぎず、授業そのものを『面白い!』と思ってもらわなければいけないと感じる。授業づくりにおいて基本的なことをさらに追及していくことで興味をもって授業を聞いてくれる生徒も増えてくると考えられる」と結んでいる。若い先生たちにはぜひ頑張ってもらいたいと思う。

[2] 数学課題探求の指導について ～ピタゴラスの定理の指導～

黒田正弘（八雲高校）

高校3年生の特設科目である「数学課題探求」の様子が報告された。「課題探求」の受講者は3名と、とても恵まれた環境である。受講者に望まれる生徒像として、1) 自ら課題を意欲的に選び、自ら考える力、自分の考え方を持てる力、2) 他と協働しながら意思疎通できる力、3) 自らの考え方を発表できる力、結果を残せる力、が挙げられている。今回は、ピタゴラスの定理を利用した50m走のコース作成のようすをビデオ観賞した。ピタゴラスの定理は直角を作るために利用されている。発表後の生徒の感想として「今回プレゼンをして、自分の研究したことについてしっかり説明することができました。また、自分の思いもしっかり伝えることができました。初めてプレゼンして分かったことがたくさんあるし、改善点も見つかったので次回につなげていきたいと思います」が紹介されていた。

討論の中で、直角を作るなら、輪を12等分して3:4:5を利用する「エジプト紐」がよい、などという意見も出た。数学をよく理解するためには、実際に手や足を使って体験することが大切だと感じる。黒田さんは、現在「ビッグデータ」を主題に学習に取り組んでいるそうである。次回にその報告が聞けることを期待したい。

[3] 文章問題という壁 ～方程式の学習を通して～

大竹宏周（赤平中学校）

「普段の実践での悩みをレポートしようと思う」で始まるこの報告は、「文章から方程式が立てられない」という小学校から高校までの教師共通の悩みを扱ったものである。教科書でも取り上げられている文章題として次のような例題が紹介されている。

「何人かの生徒で、アメを同じ人数ずつ分けます。5個ずつ分けると12個あまり、7個ずつ分けると4個足りません。生徒の人数は何人でしょうか」（過不足の問題）

大竹さんは「なぜ難しいか？と考えたときに、生徒たちはそもそも文章が読めていないのではないかと述べている。後で紹介するが、渡辺勝さんによると「バカロレア」の数学の試験は3時間、哲学は4時間もかけて文章を書くのだそうである。日本とフランスの「文化の違い」を感じてしまう。

大竹さんは1学年の生徒たちに配布したプリントの中で「世の中で問題となっていることの大半は、数学のように答えが一つではないため、いろいろ試行錯誤して長い年月をかけながら答えを探し出しているものが大半です。今みなさんはその訓練の最中なのです」と呼びかけている。

[4] 7の倍数判定法

成田収（数学教育協議会）

成田さんは、小・中・高それぞれ1本ずつのレポートを報告された。これは小学生向けのレポートである。整数が2, 3, 4, 5の倍数かどうかを判定する方法はよく知られており、中学校でも習う。しかし7の倍数判定法はあまり知られていない。成田さんは、高橋哲男さんから聞いた7の倍数判定法について、その原理を分かり易く説明してくれた。

カギとなるのは、7を法とする整数の世界(mod 7)では10の逆数が存在するという事実である。合同式で書くと $10 \times 5 \equiv 1 \pmod{7}$ より、5は10の逆数である。すなわち $5 \equiv 10^{-1} \pmod{7}$ である。この5という数を、判定したい数の末尾の数にかけて残りの数に足すという操作を繰り返していくと、7の倍数かどうかを判定できる。実際には $5 \equiv -2 \pmod{7}$ なので、5をかけ足す代わりに2をかけて引いていく。これなら小学生でも計算できそうである。この原理を小学生に説明するために、成田さんは「7を見るとすぐに食べてしまうオニ」を登場させている。札幌大通高校の授業でこの話をしたところ、ひとりの生徒が13の倍数の判定法を自分で発見し報告してくれたそうである。レポートの最後でも強調しているように、この方法の凄いところは、どんな素数(2と5を除く)の倍数もこの方法で判定できることである。

[5] 特別支援学級での実践から

山田美彦（大楽毛中学校）

昨年に引き続き、山田さんは発達の違いや特性の異なる子どもを対象とする中学校の特別学級での取り組みを報告してくれた。学級には公文式の塾に通っていた子どももいるそうである。今回は簡単な1元1次方程式がとりあげられた。解が正の整数となるように限定されている。例えば方程式 $2x + 4 = 20$ を解くとき、子どもたちはこれを一度、 $\square + 4 = 20$ と置き、 $\square = 16$ と求めてから再び $2 \times \square = 16$ を解いて $x = 8$ と求めることができた。この学級の生徒たちには「移項」という概念が形成されなくて、生徒たちは、 $\square + 4 = 20$ を $\square = 20 - 4$ と変形したり、 $2 \times \square = 16$ を $\square = 16 \div 2$ と変形せず、足し算は足し算のまま、かけ算はかけ算のまま答えを見つけたそうである。

議論の中で、 x と $2x$ を同じ \square で置き換えることに疑問が出された。しかし子どもたちはこの種の問

題をバンバン解いていったということである。教師は往々にして生徒たちに解き方を強制する傾向がある。実際の授業では子どもたちが納得できるような過程を経ることが大切だと思う。

[6] 2017年バカロレア問題を見る

渡辺勝（道数協高校サークル）

バカロレアとはフランスの大学に入学するための資格および国家試験である。1808年にナポレオンによって導入された。渡辺さんは、今回も40ページを超える精緻なレポートを作成し発表された。レポートによると、18歳に達したフランス国民の62%がバカロレアを取得しており（2005年の時点）、原則として取得した青年はどの大学にも入学することができる。

日本でも2020年度から現行のセンター試験に代わる新「共通テスト」が実施される予定であり、渡辺さんのこの研究は大きな刺激を与えてくれる。文科省は4観点評価など多角的な評価をわれわれに指導するが、例えば中・高の数学教科書の記述がまだまだ問題の解法が中心であり、改善が求められる。

フランスの指導要領やバカロレアの参考にすべきところとして、大半が現実との接点をもった数理的現象や数理的問題を豊富に取り上げていることを挙げている。渡辺さんの「(バカロレアの) 解答は記述式で、採点には『手間暇』がかかるが、国家的にそれを覚悟していることを(日本は) 見習うべきであろう」という指摘はもっともだと思う。

[7] 赤い帽子のパズル（難解な論理パズル）

真鍋和弘（札幌英藍高校）

論理パズルとしてよく知られている「赤い帽子のパズル」を授業でとりあげてみた。一見解けそうに見えないが、論理だけで解けてしまうのが、このパズルの面白いところである。数学者の野崎昭弘さんはこのパズルをたいへん気に入っておられ、画家で元小学校教師の安野光雅さんと共著で『赤いぼうし』という絵本を書かれている（童話屋、1984年）。

上記の本の紹介に『もし…だったら』という考え方はとても大切です。この考え方のおかげで、数学が今のように発達したのだ、と言ってもいいくらいです。この本のねらいは、この『もし…』という考え方の紹介です」というのがある。高校の教科書では、論理にでてくる $p \Rightarrow q$ （ p ならば q と読む）がこれに当たる。この部分は教師も生徒も混乱させられる部分であり、数学教育の課題でもあると思う。

「赤い帽子のパズル」の背景には背理法や帰納法が隠されている（そこが難解な理由なのかもしれない）。高校の授業での導入は3人の場合について行ったが、むしろ n 人で考えた方が規則性が見えてくるのではないかと思う。今回は n 人の場合の詳しい証明をつけた。実際に赤い丸●と白い丸○を図に書いてみると、予備知識のない小学生でも解くことができるの。子どもから大人まで難解だが、分かっってしまうとけっこう楽しいパズルである。

[8] 積み木でピタゴラス

成田收（数教協）

ピタゴラスの定理： $x^2 + y^2 = z^2$ を満たす整数の解のことを「ピタゴラス数」と呼ぶ。このレポートはピタゴラス数を、積み木をつかって簡単につくる方法の紹介である。最初にピタゴラスの定理が成り立つ理由を、コンピュータ画面のアニメーションで簡単に見せてくれた。

長方形で表される積み木を並べるだけで、3辺の長さがすべて整数のピタゴラス三角形が出現する。

2 : 1 の長方形から (3, 4, 5) のピタゴラス数、3 : 2 の長方形から (5, 12, 13) のピタゴラス数が出現するところが見事である。

成田さんが言うように、これを学んだ中学生はピタゴラス三角形を高校生になっても忘れないだろう。また長方形を 60° の平行四辺形に変えると最大角が 120° のアイゼンシュタン三角形 (3, 5, 7)、(5, 16, 19) が出現することなども報告された。

[9] 切線法による微分・逆切線法による積分

成田 收 (数教協)

デカルトの系譜を引き継ぐライプニッツの微分・積分法の紹介である。「切線法」および「逆切線法」はライプニッツの命名である。この時代の歴史的背景については数学史家である高瀬正仁さんの著作に詳しく紹介されている。

高校数学ではコーシーによって完成された微分・積分を習うために、その背景にある思想や意味が伝わりにくくなっている。これらを補うものとして、微積分の誕生時期に触れることは価値のあることだと思う。微分におけるライプニッツ則とは、 $d(pq) = dp \cdot q + p \cdot dq$ のことだが、記号論の天才でもあったライプニッツの慧眼は現代数学にも影響を与えている。上の式を微分の公理として位置づけることは、もはや現代数学においては常識となっている。高校の微積分をコーシーによる(厳密化という)呪縛から解き放ち、より自由でおおらかな学問として学ぶことができないかと思う。

(札幌英藍高等学校)

[参考]

- [1]平成26・27年度 国立教育政策研究所教育課程研究センター関係指定事業(高等学校・数学) 研究紀要 (発行)北海道札幌英藍高等学校 数学科.
- [2]新井紀子『AI vs. 教科書が読めない子どもたち』東洋経済新報社(2018)