和算流による算数・数学教育改革の試み

鈴木　将史

1　はじめに

2020（令和 2）年度より、いよいよ小学校の新学習指導要領が本格実施となる。また中学校も翌年度には本格実施を迎える予定となっている。今回の指導要領改訂は「70 年に一度の改革」などとも呼ばれ、学力観から教科目標、評価規準に至るまで、座標軸の x と y が入れ替わったような改革が行われている。特に学力に関しては、新たに「学力の三要素」に対応する「資質・能力の三つの柱」として、①知識及び技能、②思考力、判断力、表現力、③学びに向かう力、人間性等が掲げられ、「主体的・対話的で深い学び」といったアクティブラーニング（以降「AL」とも呼ぶ。）を示す標語とともに、コンテンツ・ベースからコンピテンシー・ベースへの転換が図られている。巷間よく言われるように、これには AI やビッグデータ等に代表される、科学技術の急速な発達と、それによって生じる人材への社会的要求の激変が大きく影響している。「すでに知られた知識をいくら詰め込んでも、変化する未来社会では役に立たない。それよりも新しい問題に積極的に取り組んでいける思考力、協働性こそが求められている」というような表現で、求められる学力の変化が語られることが多くなっている。

当然のことながら、学習指導要領の改訂に伴って、学校教育現場でも、どのようにしてこの変化に対応し、新しい要請に応えればよいのか、活発な議論や実践の試みが進められている。ついでに言えば、教育コンテンツの面でも、小学校では英語科が本格実施、プログラミング教育の導入、カリキュラム・マネジメントの推進、さらにはインクルーシブ教育や地域連携など、大変多くのことが要求されるようになり、現場の対応力が問われる状況になってきている。

さて、算数・数学科について見てみよう。学習指導要領では、算数科・数学科の教科目標においてそれぞれ「算数的活動」・「数学的活動」という言葉が用いられるようになってからすでに 20 年が経っている。これは AL 的な活動を先取りしていたとも言えるであろう。今回の学習指導要領改訂を受け、小中学校の教育現場ではこれまでの取り組みに上乗せする形で、各教室の授業で様々な AL 的活動を活発に取り入れ、授業を改善する努力がなされている。

本稿では、教育現場のこうした状況を取り上げ、AL 的活動の意義や効果について

検討するとともに、学習指導要領改訂の社会背景が要請する目標に対して、まだ応えきれていないと考えられる問題点をあえて取りだすことを試みたい。詳しくは本論にて述べることにするが、簡単に言えば「“受動的な”ALでは、新しい時代を切り開く創造力を身につけるには物足りない」ということである。“内発的な”活動でなければ、社会で求められる力は身につかないと思うからである。

その上で、その克服のあり方を江戸時代の和算の手法に求めたい。和算の舞台となった算術道場や、全国に広く分布し当時の数学レベルを今に伝える数々の算額には、情熱をもって算術を学び追求した、当時の人々の前向きな意欲が強く表れている。その熱意を現代の算数・数学の授業に取り入れ、「創造的なAL活動」を行いたいというのが本稿の目標である。もちろん江戸時代と現代の令和の時代とでは、使える道具や社会環境などもまるで異なるため、当時のやり方をそのまま取り入れても無意味である。そこで本稿では、現代の算数・数学の授業の延長線上として実現可能と思われる具体的な方法を提案することにしたい。

ここで筆者が述べる内容はあくまでも私案であり、また試案でもあるが、この精神で算数・数学のカリキュラム全体を組み直してみたいというのが筆者の願望である。

2　学習指導要領の変遷

現在の学習指導要領に対する見方をはっきりさせるために、日本におけるこれまでの算数・数学教育の変遷を振り返る（鈴木，2018）。算数科教育に関するあらゆる書物で紹介されている内容ではあるが、簡潔に俯瞰することにより、歴史的に数学教育の底流に流れてきた2つの立場について確認したい。なお、約10年ごとに改訂される学習指導要領それぞれには定まった名称はないが、通常用いられる表現を記すことにする。

（１）明治前期・中期《1872（明治５）年から》

江戸時代の教育は、個々の学習者に合わせた寺子屋での教育が主流であり、当時の数学はそろばんを主とした「和算」と呼ばれるものであったが、明治維新と同時に新政府は欧米諸国に肩を並べるためには西洋式の算術、すなわち「洋算」によらなければならないとして、学制を敷いた1872（明治５）年に和算を廃止、洋算専用とした。

そこからやがて、学級一斉授業による「注入型」の算術教育、ひたすら問題を解かせる「求答主義」が幅を利かせるようになっていった。

（２）黒表紙教科書《1905（明治38）年から》

その表紙の色から「黒表紙教科書」とも呼ばれる『尋常小学算術書』はわが国最初の算術の国定教科書で、東大数学教室の藤沢利喜太郎によって編纂された。この教科書は「算術に数理なし」とした藤沢の「数え主義」を強く反映して、日常計算の習熟

に最も重点が置かれ、形式陶冶説に基づいた数学的訓練を強制するものであった。つまり、それまでの「注入型」「求答主義」の算術教育を一層推し進めたものであると言えよう。

（３）緑表紙・水色表紙教科書《1935（昭和 10）年から》

これに対し、当時欧米で盛んになった数学教育近代化運動を受けて編纂されたのが、『尋常小学算術』、すなわち「緑表紙教科書」である。この教科書を編纂した文部省の塩野直道は、「数理思想の開発」を掲げ、小学算術にも数理が存在すること、そしてそれは「注入」ではなく、児童の自発的活動によって「開発」されることを主張した。

ただし、画期的な考えをもっていたこの教科書も、戦争の進展とともにわずか 6 年で役割を終え、1941（昭和 16）年には「水色表紙教科書」と呼ばれる新しい教科書に取って代わられた。教科「算術」もこのときに「理数科算数」に改められ、この「算数」という名称が今に続いている。

（４）生活単元学習《1948（昭和 23）年から》

第二次大戦が終わり、アメリカ流の「６・３・３ 制」が導入されるとともに、「学習指導要領」（試案）が発行され、それに基づく検定教科書が編纂される方式となった。ここで導入されたのが、デューイ哲学に基づく「生活単元学習」である。

その方針は、児童の生活場面を重要視し、小学校では遠足や学級、中学校では住宅問題や食糧問題などを取り上げ、そうした日常的問題を通して算数・数学を学ぶというものであった。これは内容は親しみやすいが極端に「児童中心」に寄った指導であり、算数・数学の学問・教科としての論理的系統を無視したものであったため、体系的学習が阻害され、学力低下を招いた。

（５）系統学習《1958（昭和 33）年から》

生活単元学習への批判を受けて 1958（昭和 33）年、新たな学習指導要領が発表された。このときから指導要領は「試案」ではなく法的拘束力をもつものになった。

内容も前回の反省を受け、「系統学習」へと移行し、小中学校の一貫性を確立するとともに学習時間を増やして学習内容の程度を上げ、基礎学力・科学技術力を高めることを目的としていた。

（６）現代化《1968（昭和 43）年から》

1957（昭和 32）年の「スプートニク・ショック」をきっかけとして、人工衛星技術で先を越されたアメリカにおいて、科学技術を全力で振興させようとする動きが活発となった。そのため科学技術を支える数学への要求が高まり、関数や集合、確率といった、従来扱わなかった内容が算数に取り込まれるなど、教授内容が大きく引き上

げられた。これを「数学教育の現代化」と呼ぶ。しかしこれは当然ながら学習者を置き去りにした改革であったため、いわゆる「落ちこぼれ」を多数生み出す教育内容として批判を浴びることとなった。

（７）学習内容の削減と基礎・基本の重視《1977（昭和 52）年から》

現代化への批判を受けて 1977(昭和 52)年に告示された新しい学習指導要領からは、前回取り入れられた集合や確率といった単元内容は消え去り、学習内容は基礎・基本を重視して、「系統学習」の頃よりも絞られたものとなった。ここから「ゆとり」と呼ばれる時代が始まることになる。

（８）新学力観と個性化《1989（平成元）年から》

時代が昭和から平成に移るとともに、単に問題が解けることが学力ではなく、長く学び続けることを可能にするために、学ぶことに意義や喜びを見出すことも重要な学力であるという「新学力観」が打ち出された。そうした考えに基づき、算数・数学の学習内容もより厳選されたものとなり、児童・生徒の個性を重視する学習指導要領となった。

（９）生きる力と内容厳選《1998（平成 10）年から》

こうした考えを究極まで進めたのが 1998（平成 10）年の学習指導要領である。学習内容を約 3 割も削減し、子供たちが「ゆとりをもって」考え、議論することにより、学習の意義を見出すとともに個性や創造力を発揮できるとされたが、あまりにも少ない学習内容に世の中からも疑問や批判が集中し、この時期に学齢期を迎えた世代は「ゆとり世代」などという呼ばれ方をした。

最終的には国際学力調査 PISA の結果が大きく悪化したこともあり、「ゆとり教育」に終止符が打たれることとなる。

（10）脱ゆとり教育《2008（平成 20）年から》

「脱ゆとり」を掲げて告示されたのが 2008（平成 20）年の学習指導要領である。これによって、それまで減り続けてきた授業時数も 1977 年の水準にまで回復した。

ただし一方的に学習内容を増やしたわけではなく、かつてないほど「算数的活動」「数学的活動」が重要視され、単に知識を記憶して問題を解くという学習ではなく、表現活動や活用力を重視した、次の指導要領にもつながる視点が盛り込まれている。

（11）アクティブラーニング《2017（平成 29）年から》

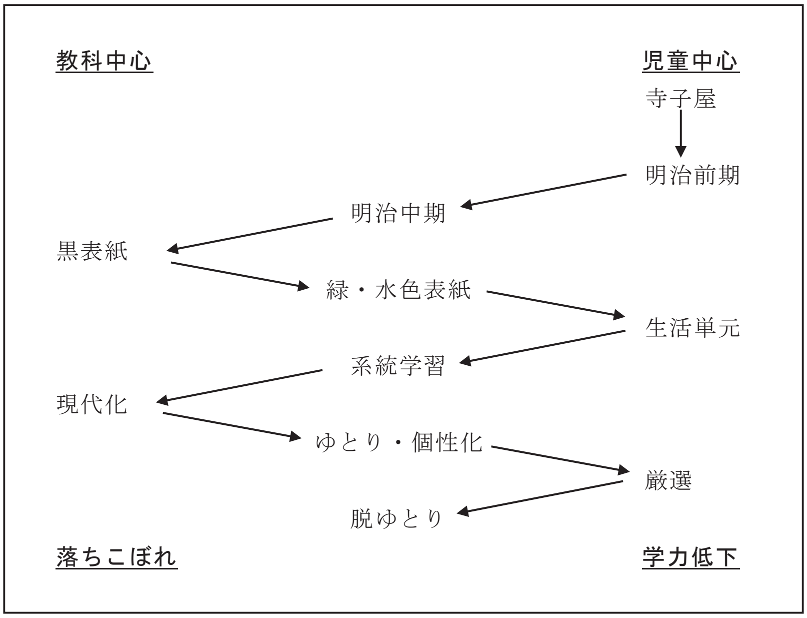
「学力の三要素」に基づくコンピテンシー・ベースの学習指導要領で、「主体的・対話的で深い学び」を掲げ、教える側から見た教科内容だけでなく、学習者側から見た

学習活動を重視している。教科の目標も、従来の領域別の内容記述から一変し、学力の三要素に即した構造的記述へと改められた。

まとめ

以上見てきたように、わが国の算数･数学教育は、学習指導要領の改訂のたびに様々に揺れ動いてきた。田村（2015）によれば、この変遷は「教科中心」と「児童中心」という見方から説明できる。すなわち､児童中心だった江戸時代の寺子屋から出発し、（１）明治前期・中期を経て徐々に教科中心へと移行、そして（２）黒表紙教科書で教科中心の強制的な教育となり、その後（３）緑・水色表紙を経て、今度は（４）生活単元学習で極端に児童中心のカリキュラムが実行された。しかし学力が低下したため（５）系統学習へ逆戻りし、今度は（６）現代化で教科内容を極度に高度化した。ところが今度はついてこられない児童･生徒が大量に生じたため（７）基礎･基本､（８）個性化を通じて徐々に学習内容を削減し、ゆとりのあるカリキュラムへと変化、そして（９）削減、厳選により教科内容を犠牲にした「ゆとり教育」が頂点に達した。その後（10）脱ゆとりにより再び教科内容を増加させ、現在に至っている。

このような「教科中心」と「児童中心」の往復は、ときに「振り子」と言われるように、まさに往復運動の様相を呈している。これを図示すると次のようになる。



田村（2015）による算数・数学教育の変遷の図

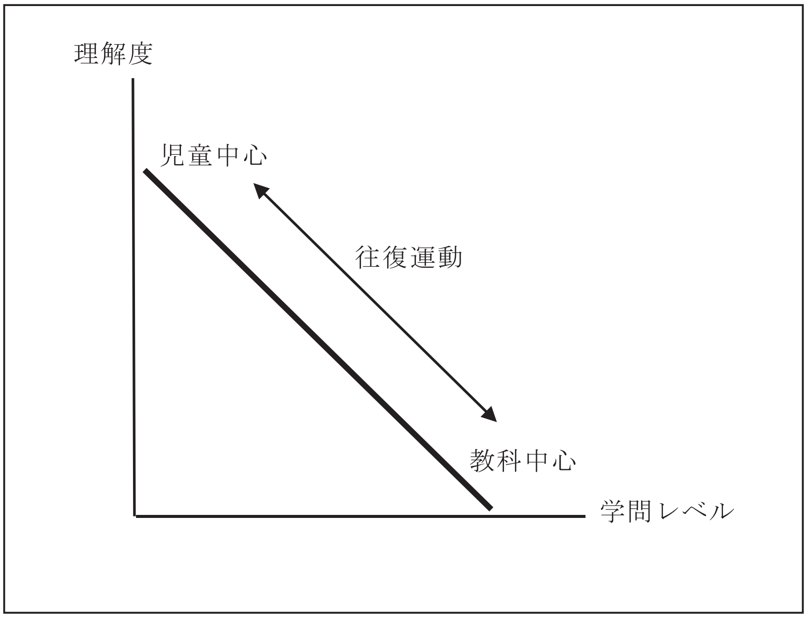
教育はつねに学習者の能力を上げるために行われるものであるから、それぞれの時代においては、学習者のことを真剣に考え、最高と思われる教育が、学習指導要領の

もとで実施されたに違いない。しかしながら現実には様々な要因によって目指すべき成果が十分に得られず、このように頻繁な路線変更が行われている。それだけ満足のいく教育成果を挙げることの難しさを示しているとも言えるが、上の表にある「教科中心―落ちこぼれ」「児童中心―学力低下」という対応は、示唆に富んでいる。つまり「何を教え込むか」だけを考えるとついてこられない児童・生徒が多く生じ、逆に「多くの児童・生徒がわかるように」を追求すると全体の学力が下がってしまうという、ある意味当然の関係である。この対応を克服できないまま、これまで振り子のような教育改革がなされてきたと言っても過言ではない。

　では、これから本格実施となる 2017（平成 29）年告示の新しい学習指導要領は、上の図のどのあたりを目指しているのであろうか？

3　新学習指導要領（2017（平成 29）年告示）のねらい

　前章で、日本の算数・数学教育が「詰め込み」と「ゆとり」の間で振り子のように変遷してきたことを紹介したが、筆者はこれを、これまでの教育改革が「何を教えるか」というコンテンツのみを尺度としてきた結果であると考えている。つまり「教授内容の量」という 1 次元的尺度をもとに改革を行ってきたため、量を増やすか減らすかだけの議論に終始し、結果的に振り子のように行ったり来たりしてきたのである。

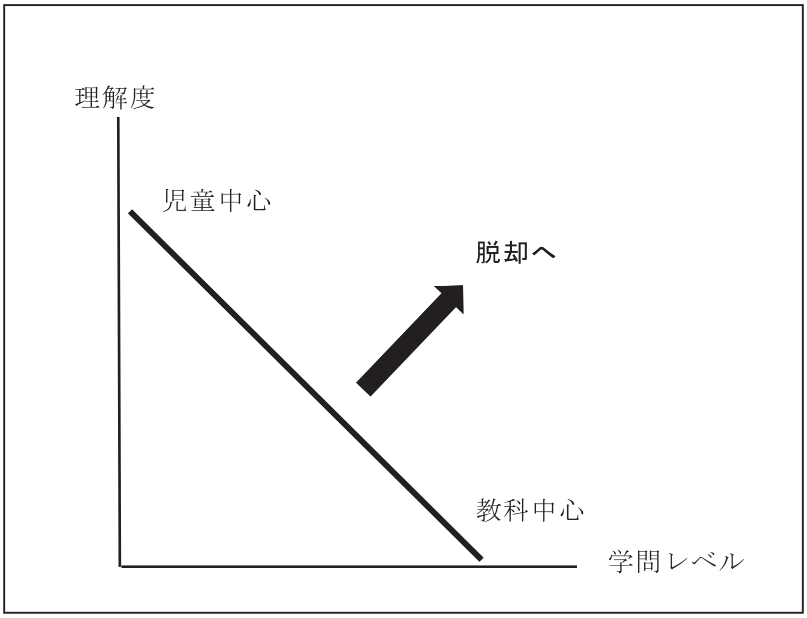


教育方針の変遷と学問レベル、理解度の関係

　この関係を模式的に表したのが上の図である。直線で表したのは単純に過ぎるかも

しれないが、要するに学問レベルと理解度の間には負の相関があり、この線上を行ったり来たりしている限り、誰もが満足する教育効果は決して得られないことがわかる。これまでの算数・数学教育の歴史は、このどちらを優先させるかというせめぎ合いに終始し、その時々の社会的背景によっていずれかが選ばれてきた歴史でもある。

それでは 2017（平成 29）年の新学習指導要領はどこに位置づけられるのだろうか？筆者の見方では、歴史上初めて、上図の往復運動からの脱却を目指しているように思われる。今回の改訂では、実は統計教育が強化された以外には、教科内容はほとんど変化していない。その代わり、学習者の学び方を改革することにより、学問レベルと理解度との両立を実現させせようとしている。つまり下図のような新たな改革を目指すのが今回の指導要領であると考えられる。



2017（平成 29）年学習指導要領の目指すもの

このことは改訂のテーマである「主体的・対話的で深い学び」という言葉にもよく表されている。新学習指導要領では「算数的活動」と「数学的活動」が統一され、小学校算数でも「数学的活動」と呼ぶようになった。また領域構成についても小中の一貫性が図られている。これは、「小学校算数も学問である」というスタンスを表明したものであるとも言えよう。そうした「数学的活動」に基づく「主体的・対話的な学び」により、今までよりも学問内容をよく理解できるようになることを目指している。さらに「深い学び」により、学問レベルも充実させることを意図している。つまり「詰め込みかゆとりか」という二元的対立から脱却し、両立を目指した改革になっているのである。

今回の改訂は「70年に一度の改革」とも呼ばれるが、「学制発布から140年余り」や戦後改革から70年といった単なる時間的な節目というよりも、その本当の意味はこの「学問レベルと理解度の負の相関からの脱却」という点にこそあると思う。そうであるならば、「主体的･対話的で深い学び」に対する様々な取り組みに対しても、「学問と理解の両立」という視点から光を当てる必要があるであろう。

４　「主体的・対話的で深い学び」の実践とその効果

新学習指導要領に対応するため、小中学校で通常試みられる「主体的・対話的で深い学び」の授業形態を挙げると、よく行われる手法として以下のようなものがある。

①　ペア活動：解き方や考え方を 2 人で共有する
②　グループ活動：解き方や考え方を 4 人程度のグループで共有する
③　全体共有：解き方や考え方をクラス全員で共有する
④　ジグソー法：考え方ごとの専門家集団で協議したのち元のグループで共有する
⑤　学び合い：全員が自分の考えを複数の相手に説明する

こうした形態の他にも「ラウンド・ロビン」「特派員」など多様なアクティブラーニングの手法が存在し、必要に応じて取り入れられている。また、個人による自己解決から①、②、③と進んでいくのも、大変オーソドックスな授業形態である。さらに、近年整備が著しいICT機器を用いて、こうした活動をより一層効果的に進めている学校もある。このように様々な手法・形式はあるが、総じて言えば、「自ら考え他者の考えを聞き、教師も含めて議論し合いながら高め合う学習」により、「主体的・対話的で深い学び」の実現が試みられていると言ってよい。

そうした動きのひとつとして、創価大学教育学部及び教職大学院は、八王子市教育委員会と連携して「アクティブラーニング推進校」という取り組みを進めている。これは、趣旨に賛同する小中学校を募集し、大学教員の協力･指導の下でアクティブラーニングを積極的に取り入れた研究授業を行う事業で、2020年度で 5 年目となる。筆者もこの事業において、いくつかの学校の教員とともにALを取り入れた授業を設計･実施しているが、上記のような手法を利用しつつ「主体的・対話的で深い学び」を意識した授業づくりをする中で、着実に教員の力量は上がり、児童・生徒を含めた授業のレベルも格段に向上している。今後全国の小中学校で同様の取り組みが進めば、新学習指導要領の目標達成に大きく近づくものと思われる。

そこで、こうしたAL型授業について、その目標の観点から評価を試みたい。つまり目的に対して手段が十分な効果をもつものになっているかどうかという視点である。

そのために改めて議論を整理すると以下のようになろう。

【新学習指導要領の目標】
これまでの教育課程が、学問レベルを優先させる教科中心と、理解度を優先させる児童中心の間の往復をくり返してきた流れから脱却し、2 つを両立させること

ただし、社会的な状況の変化から、当然「学習内容がよくわかる」という意味での単純な「理解度」ではもはや十分ではなく、より高いレベルでの「理解度」が求められているのは言うまでもない。

【社会的背景からの目標】
これからの変化する社会に対応できる人材の能力としては、決まった知識を覚えるだけでは不十分であり、新しい問題に挑戦し、他者と協力して解決していく柔軟な思考力・活用力、そして協働性が求められる。

こうした課題目標に対して、現在学校で行われている AL 型の授業は十分にこたえる内容になっているのかどうか、検討していきたい。

《AL 型授業の効果》

前章でも述べたように、きちんと取り組んでいる学校では、対話型授業による着実な成果が得られている。それは次のようなものである。

① 全員が自分の考えをもち、発表できる

教師が話をするだけの従来型授業では、教師が問いかけても挙手をせず、ただ聞いているだけの児童・生徒がどうしても生まれてしまう。また全員の理解度を調べることも困難であった。それが AL 型授業では他者との交流をするため、必然的に自身の考えをもたなくてはならなくなる。別の言葉で言えば、クラスの全員が授業の「参加者」になる。

② 他者の意見を聞き、取り入れる機会がある

ペア活動やグループ活動の中で、他者の意見に触れる機会が増し、それによって自分とは異なる意見に耳を傾け、ときにはそれを取り入れてさらに考えを深めるといった経験ができる。まさに「主体的・対話的で深い学び」の姿である。

③ 他者に対する説明の仕方を工夫するようになる

相手に説明するためには、まず自らが自分の考えをよく理解していなければならない。また相手を納得させるために、話の筋道を通さなければならない。このような活動から、論理性や表現力が養われる。

④ 多様な考え方を比較・吟味できるようになる

多くの児童・生徒の声を全体で共有するということは、目の前にたくさんの意見や考えが提示されることを意味する。そうすれば必然的に、それぞれのよさは何か、どれが一番わかりやすいか等について比較・吟味するようになる。このようにして、

いろいろな考えに対する評価の視点が得られるようになる。

AL 型授業のこうした効果は、わが国の教育においてはかなり新しいものであり、社会的背景として要請される「柔軟な思考力・活用力、そして協働性」の育成という面で大きな成果をもたらすと考えられる。また、多方面から検討・吟味することにより、取り上げた問題に対する理解が深まることも間違いない。

このように考えると、AL 型授業にはよいことばかりのようにも思えるが、現実には問題点もある。そのことを次の章で考えたい。

５　アクティブラーニング型授業の問題点～算数・数学の授業から

AL 型授業には数々の利点が挙げられるが、実際に目にする授業の中には、AL 型にすることにどのような利点があったのか、児童・生徒にどのような価値がもたらされたのか、あまりはっきりと感じられないものもある。それには、AL 型授業が理想的な形で行われていないとか、教材が AL 型授業に適当ではなかったとか、いろいろな理由が考えられるが、もともと AL 型授業が抱えている問題点として、以下のようなことが挙げられる。

①　活動が形式的になる

アクティブラーニングには多くの手法があるが、活動の形式を守ろうとするあまり、中身がおろそかになることがある。例えば「ペア活動」では、ペアの両方が相手に説明して納得してもらい、同時に両者の違いを認識しながら他者の考えを知ることを目標とするが、とにかく時間内に説明することが優先され、分かってもわからなくても「いいですか」「いいですね」となってしまう場面がよく見られる。

②　結論が決まっていて予定調和的になる

もともと答えのある問題を扱っているため、何度も同じような話し合い活動を行っていると流れ自体に慣れてしまい、児童・生徒が「結局こういう風に持っていきたいのだろう」と、議論の展開から結論まで見通してしまうようになりがちである。これでは「アクティブ」とは言えなくなってしまう。

③　扱う問題が単純すぎる

すでに述べたように、現代の社会的要請として、新しい問題も話し合いや協働により解決していこうとする能力が求められている。しかし、たいていの教室では扱っている問題が教科書程度の単純な問題であり、社会が要求するような「複雑で見通しの立たない問題」からは程遠い。そのため「協力して解決」しているようでも、実は「多様な自己解決結果の寄せ集め」となっているケースが多い。一つの式だけで解答が得られるような「単段階問題」をいくら話し合っても、せいぜい「そういう考え方もあるね」程度で、構造的な話し合いにはなりにくいと思われる。

④　創造性の開発につながりにくい

前項にも通じることだが、教室で話し合われる問題は教科書にある問題、あるいは教師が用意した問題であり、自分たちが作り出した問題や、世の中にある答えのない問題ではない。これでは社会が求める創造力の養成にはつながりにくい。

AL 型授業が本来の効果を発揮するのは、クラス全員が「これはどうやって解決するんだろう」と興味を持って考え、協力して解決したあと「皆で解決した」という達成感が得られるような問題を扱ったときであろう。もちろん学習者は初めて学ぶ内容が多いので、最初は簡単な練習問題から始めなければならない。しかし全員で話し合う AL 型授業の対象は、それなりにチャレンジングな問題であるべきだと考える。世の中のさまざまな事象につながるような問題であれば、なおよいと思う。

ところが現実には、「今の学習方法のままでは将来の役に立たない」という理由から AL が導入されたという経緯でも分かるように、現状はどうしても " 受動的な "AL 学習になってしまっている面がある。「学習指導要領が変わったから」「一方的な授業では効果が出ないから」「未来の社会で役立つから」といった状況に迫られて導入したのであって、内発的に始まったわけではない。そのため、扱う問題はそのままで、授業展開としてのみの AL 型授業にとどまってしまっている点に、現在の AL 型授業の限界があるように思う。

そこでここからは、AL 型授業にふさわしい問題提示のあり方について考察を加えよう。

6　和算における " 内発的 " 学び

筆者は江戸時代の数学である「和算」について、特にその教育課程に関心を持って調べているが、世界にも類を見ないと言われる当時の和算の状況について簡単に紹介しておこう。

およそ人間が社会生活を営む上で、土地の管理でも租税の取り立てでも、かなりの計算が必要なのは言うまでもない。世界中で、そうした生活の中から様々な数学が生み出されてきた。例えば 19 世紀に発見されたエジプトの「リンド数学パピルス」には、何と紀元前 19 世紀の数学問題 84 題が収められている。日本でも古くから中国の数学を輸入する形で数学が使われており、律令制の中で「算博士」と呼ばれる役職が置かれたりしたが、これはごくわずかな職業人の知識にとどまり、一般庶民が本格的に数学を学び、研究するという状況にはならなかった。

ところが江戸時代になると世の中が平和になり、またそろばんの普及によって庶民でも計算が簡単にできるようになったこともあり、数学が急速に普及･発達してくる。

中でも数学の発展に大きく寄与したのが、1627（寛永 4）年に吉田光由が著した

数学の教科書『塵劫記』である（鈴木，2017)。『塵劫記』にはそろばんによる計算を基本としつつ、商業、農業、工業といった当時の社会生活のすべてで必要とされる数学が網羅されており、そのような書物を渇望していた庶民に熱狂的に迎えられた。江戸期を通じてベストセラーであり続けた『塵劫記』には実用計算以外にも、鶴亀算や継子立て、油分け算のような数学的に面白い遊戯的な題材が盛り込まれており、この書物が日本における数学の普及に果たした役割は大きい。

『塵劫記』は大変な評判を呼び、当然のごとく数多くの海賊版が出回ったため、吉田光由は次々と改訂版を出版した。その最後のものが1641（寛永18）年の『新編塵劫記』であるが、そこに込められた「仕掛け」が、その後の和算の発展に大きな影響を及ぼすことになる。吉田光由は、『新編塵劫記』の最後に「遺題」と称して、解答のない難しい問題を10個収録した。すると別の数学研究家がその遺題を解決し、さらに新しい遺題を載せた書物を出し、さらに別の人がその遺題を解き、また新しい遺題を載せるといった連鎖反応が起こった。これを「遺題継承」と呼ぶが、解決されるたびに問題のレベルは上がっていき､解決困難な遺題が出されるようになっていった。

そこへ登場したのが関孝和（1645?～1708）である。関孝和こそ、和算を中学校レベルの問題の集積から当時最先端の数学理論へと押し上げた天才である。関は、単に出された問題を解決しただけでなく､「どのような問題も解けるような方法」を求めようとした。つまり一般論を建設し、公式を追求したのである。その内容はほぼ当時のヨーロッパの数学と同等であり、中にはヨーロッパよりも80年も先んじて関が発見した理論もあった。

関孝和の登場以降、和算には「関流」をはじめ「三池流」「最上（さいじょう）流」など様々な流派が起こった。各流派にはそれぞれの師匠がいて、一定の学問修得を終えた弟子には「免許状」が発行された。流派が日本各地に誕生したことにより、日本全国で数学が研究されるようになるとともに､「算術道場」とも呼ばれる数学塾で多くの庶民が数学を学ぶようになった。上野（2017）によれば、山口和（かず）ら「遊歴算家」と呼ばれる数学者たちにより農村地域にまで数学の指導が行われ、また算術道場では身分や男女を問わず、好きな数学を議論するサロンのような光景が見られたという。また年貢の計算が各地方に任されたため、庄屋などが数学を必要とするようになったとの見方もある。

このように日本中、農村地方に至るまで、数学を喜んで学ぶ愛好家が集い合うという、世界でも類を見ない状況であった。では、江戸期の庶民が楽しんで数学を学び追求した姿はどのようなものだったのだろうか？

《江戸時代の数学学習の特徴》

①　身分・男女を問わず集い合った（上野，2017）

江戸時代の算術道場を描いた図において、様々な身分の男女が寄り集まって学習している様子が描かれている。数学という世の中の動きを超越した世界では、武士

も農民も商人も関係なく、また男も女も分け隔てなく、単に「数学の力」だけを基準に集まり、問題を解き合っていたようである。

② 好きな内容を好きなだけ学ぶことができた

師匠の個別指導の下、各自の能力に合わせて好きなところを好きなだけ学ぶことができ、修得した数学の内容にしたがって免許状が与えられた。筆者は 2019 年 9 月に長野県の木島平村農村交流館にある「ふるさと資料室」を見学させていただいたが、そこには当地の和算家・野口保敞（やすたか）（湖龍（こりゅう））（？～ 1814）所蔵の数多くの和算書とともに、関流の免許状が保管されている。

③ 問題の相互出題、相互解決

『新編塵劫記』に始まる出題と解答の連鎖である「遺題継承」についてはすでに述べたが、これはいわば「書物の上での問答」である。これに対して算術道場では門人同士による「数学問答」が行われていた。ある人が問題を考えつくとそれを掲示し、別の人が自らの解答をその下に掲げると出題者がそれに対して〇や×をつけるといったやり取りがあったようである。

また別の道場を訪ねて問題を出し合い、相手のレベルを知るといった交流もあった。特に遊歴算家と呼ばれる和算家たちは、地方をまわって算術道場を訪ね歩き、多くの数学愛好家と知り合いになったり弟子を取ったりした。

このように、江戸時代に和算が日本全国に広がった背景には、こうした問題作成と解答挑戦に対する喜びがあったのである。

④ 算額の掲示（佐藤，2009）

特によくできた問題については、図とともに問題を板に書き、作者名とともに額装して神社に奉納した。これを「算額」といい、今も全国に数百枚の算額が現存している。算額は「こんなにいい問題ができた」といって、自らの学習成果を神に感謝しつつ世の中に発表するのが目的であったが、これには現代で言う「雑誌」のような意味合いもあり、広く一般の人に見てもらってアドバイスをもらったり、よりよい解き方を教えてもらったりするための交流の手段でもあったと思われる。

遺題継承、道場での問答、算額の掲示に共通するのは、江戸時代の数学学習者の「問題作成意欲」である。自分が学習した数学や解いた問題から、どのような新しい問題を作成することができるのかという探求心、そして自作の問題を公表し解いてもらう喜び、これが江戸期の和算発展の原動力であった。このような“内発的な”学習こそが、和算の特異な発達を支えたと言ってよいであろう。

7　和算流による授業改革試案

“受動的な”AL 型授業を乗り越えて、“内発的な”活動にするために、江戸期の和

算発展の原動力を参考にするならば、「自ら問題を作る活動」がカギとなるのではないだろうか。「未来の問題を解決する人材」の育成のためにも、「自ら問題を作る力」は不可欠である。さらに、ただ単に今まで習った問題の数値を変えたような問題を作るのではなく、「新しい構造の問題」、「より高度で複雑な問題」でなければ、協力し合って解決するに値する創造的なものにはならない。

この「新しくて高度な創造的問題作り」が実現すれば、第 5 節で挙げた問題点はすべて解決されると思われる。しかしながら、もちろん小中学生に、いきなり「今まで習った問題ではない、より高度で複雑な問題を作りましょう」と呼びかけても、右往左往するばかりであろう。

そこでここでは、第 5 節で挙げた「単段階問題」から「多段階問題」を作り出すことにより、「新しい構造を持つ複雑な問題作り」への試案としたい。ここで言う「単段階問題」とは、ひとつの式で答えが導き出せる問題、「多段階問題」とは、複数の式を経て答えが導き出される問題である。

《割合の単元における問題作り》

ここでは小学校 5 年の「割合」の単元を例として、単段階問題から多段階問題を作る方法を提示したい。「割合」の単元では基準量、比較量、割合という 3 つの量が扱われ、それらのうちどれを求めるかに応じて「割合の三用法」と呼ばれる 3 種類の問題を学習する。例題とともにそれらを示す。

【例題 1】〔割合の第 1 用法：比較量÷基準量＝割合〕 5 年生の人数は 112 人です。アンケートではそのうち 84 人が「算数が好き」と答えました。算数が好きな人の割合を求めましょう。
【例題 2】〔割合の第 2 用法：基準量×割合＝比較量〕 ある小学校の今年の児童数は 520 人です。来年の児童数は今年の児童数の 105% になる予定です。来年の児童数は何人になる予定でしょうか。
【例題 3】〔割合の第 3 用法：比較量÷割合＝基準量〕 クラスで希望をとったところ、科学クラブの希望者は 24 人でした。これは、定員の 1.6 倍にあたります。科学クラブの定員は何人ですか。

これらはいずれも現在の教科書に載っている問題である。どれも人数に関する問題であるが、「割合」の単元ではほかにも長さ、面積、価格などさまざまな量に関する問題が扱われる。念のためそれぞれの問題の解答を示しておこう。

【例題 1】$84 \div 112 = 0.75$　答え：割合は 0.75、あるいは 75%

【例題 2】$520 \times 1.05 = 546$　答え：546 人

【例題 3】$24 \div 1.6 = 15$　答え：15 人

「割合」の単元は、この 3 つの用法が児童の混乱を引き起こすため、指導の難しい単元とされているが、ここに挙げた例題は、いずれも 1 つの式だけで解決される単段階問題である。しかしこれらを組み合わせれば、「2 段階問題」を作ることができる。逆方向の組み合わせも入れれば 1 → 2、1 → 3、2 → 1、2 → 3、3 → 1、3 → 2 の 6 通りがありうるから、6 通りの問題を作成することができる。また、1 → 1、2 → 2、3 → 3 という問題もありうるから、これらを入れれば 9 通りとなる。

具体的に例を示そう。

【1 → 2 の問題】〔割合を求め、その割合から別の比較量を求める〕
ある町には 2 つの小学校があり、A 小学校と B 小学校では児童の男女の割合が同じです。A 小学校の児童数は 700 人で、そのうち男子は 378 人です。B 小学校の児童数は 850 人です。B 小学校の男子児童は何人でしょうか。

この問題では、前半部分が第 1 用法で、378 ÷ 700 = 0.54 より 54% という割合を求めてから、それを用いて後半では第 2 用法により 850 × 0.54 = 459 となり、459 人という答えが得られる。前半と後半をつなぐのは「割合が同じ」という情報であり、ここが読めていないと正解に至ることはできない。

もう 1 つ例を示そう。

【2 → 3 の問題】〔比較量を求め、その結果から別の基準量を求める〕
ある店で定価が 3000 円のセーターを 1 割引で買ったところ、同じ店の Y シャツの定価の 75%となりました。Y シャツの定価はいくらでしょうか。

1 割引では 1 − 0.1 = 0.9 倍となるので、前半で第 2 用法からセーターを買った値段が 3000 × 0.9 = 2700 円であることがわかり、さらに後半では第 3 用法により Y シャツの定価が 2700 ÷ 0.75 = 3600 円であることが得られる。

さらにもう 1 つ例を示す。

【3 → 1 の問題】〔基準量を求め、その結果から別の割合を求める〕
ある公園には 2400㎡の池があり、それは公園の敷地全体の 15% です。同じ公園には 5120㎡のグラウンドがあります。このグラウンドの広さは、公園全体の何%でしょうか。

問題の前半で第 3 用法により公園の敷地面積が 2400 ÷ 0.15 = 16000㎡であることがわかり、さらに後半で第 1 用法により 5120 ÷ 16000 = 0.32 = 32% となる。

これらはわずかな例であるが、最初の 3 つの例題よりは、かなり構造があり複雑な問題になっていることがわかるであろう。しかもこれらの問題を作ることは、3 つの用法の組み合わせ方を意識すれば容易である。さらに組み合わせれば「3 段階

問題」も作ることができる。

【2 → 2 → 1 の問題】
　ある店では400円のお菓子が毎日160個売れていますが、そのお菓子を今度1割引で売る予定です。今よりもたくさん売れることが予想されますが、全体の売り上げを8％伸ばすためには、売る個数を何％増やす必要があるでしょうか。

　まず1割引後のお菓子の単価は、第2用法により $400 \times 0.9 = 360$ 円である。次に現在の毎日の売り上げは普通の掛け算で、$400 \times 160 = 64000$ 円である。したがって、目標とする売り上げは同じく第2用法で $64000 \times 1.08 = 69120$ 円であり、そのためには新しい値段で $69120 \div 360 = 192$ 個を売らなければならない。最後に第1用法によりその割合は $192 \div 160 = 1.2$ となり、20% 増やす必要があるとわかる。

　これぐらいになるとかなり現実の問題にも近くなってきて、実際にありそうな感じがしてくるであろう。

　実はこのような複雑な計算は必要なく、$1.08 \div 0.9 = 1.2$ というだけのことなのだが、話し合う中で子どもたちからこのような考えが生まれてきたら、それは素晴らしいことだと思う。

　ここでは「割合」を取り上げたが、既存の問題を組み合わせて新しい問題を作るという実践から始めれば、それほど困難なく新しい問題を作ることができるように思う。そしてその延長線上には、児童・生徒がオリジナルな問題を考え出して解きあうような、活発な算数・数学の学習が繰り広げられる未来があるのではないだろうか。

参考文献

1　上野健爾（2017），「和算への誘い―数学を楽しんだ江戸時代」，平凡社.
2　佐藤健一監修（2009），「和算の事典」，朝倉書店.
3　鈴木将史編（2018），「小学校算数科教育法」，建帛社.
4　鈴木将史（2017），吉田光由『塵劫記』に見る算数教育の伝統と未来，創価大学教育学論集第68号，pp. 153-168.
5　田村三郎（2015），「今、なぜ和算なのか」，現代数学社.
6　文部科学省（2019），「小学校学習指導要領解説算数編」，日本文教出版.

Attempt to Reform Mathematics Education by the Method of Wasan

Masashi SUZUKI

"Autonomous, interactive, and deep learning" is emphasized in the new Course of Study issued from Japan's MEXT (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology). In order to respond to this policy, many elementary and junior high schools practice classes incorporating active learning. However, such a "passive" reform to active learning involves a variety of issues, such as class activities being formal and problems to solve being too simple to foster creativity.

On the other hand, during the Edo period, many people throughout Japan positively enjoyed learning mathematics without being forced to do so. In this article, we would like to explore the reform of mathematics education that fosters the competence truly useful in the future society from the method of Wasan.