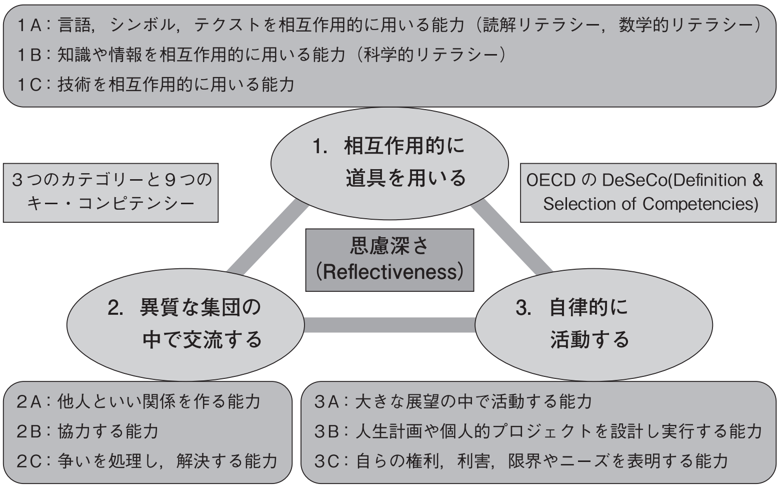
アクティブラーニングは怖くない

奈良女子大学教授　吉田(よしだ)　信也(しんや)

§1. アクティブラーニングが出てきた背景



上の図（参考文献〔1〕の図を参考に作成）は，2003年にOECDのDeSeCoプロジェクトが打ち出した，キー・コンピテンシーの考えである。これからの知識基盤社会を生き抜いていくための3つのカテゴリーと9つのキー・コンピテンシーを挙げている。「コンピテンシー」とは，簡単に言えば21世紀の知識基盤社会において必要な一般的な能力のことである。そして，その能力を学校教育の領域において具体化した知的な能力が「リテラシー」である。上の図における1A，1Bの各種リテラシーは，OECDの学習到達度調査PISA（Programme for International Student Assessment）によって，3年ごとに調査されている（学力低下論争のきっかけとなった調査である）。

この他にもいろいろな国や団体が，これからの世界で求められる資質・能力についてまとめ，提言している。例えば，国立教育政策研究所の「21世紀型能力」等である。

ここで，従来のよくある数学の授業は，次のようなものであっただろう。

・教師が定理，公式を一方的に教える（下手をすると証明なしに覚えさせる）
・生徒は，その定理，公式を使う問題を練習させられる
・生徒が理解できているかどうかの確認はなく，テストの点数が悪ければ，それは生徒の勉強不足，練習不足，すなわち生徒の責任とされる
・大学入試問題が解けることが目標とされ，大学入学後，その学力は剥落していく

これでは，せいぜい上図の1Aの力しかつけることができない（厳密には，数学的リテラシーの基礎となる部分でしかないだろう）。これからは，数学の授業においてもカテゴリー2，3のキー・コンピテンシーを育成することを意識した授業が求められる。

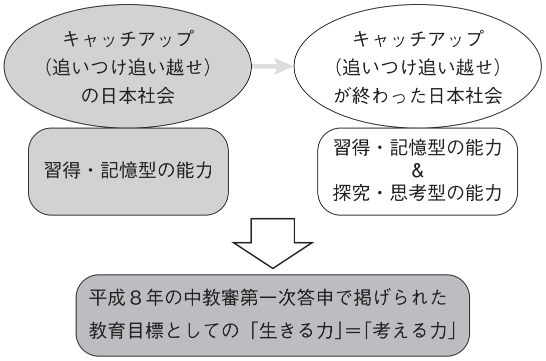
そして，キー・コンピテンシーにおいては，上図の真ん中にある“Reflectiveness”が重要である。この訳では「思慮深さ」となっているが，「内省」「反省」「振り返り」と訳すほうがよいかもしれない。言い換えれば，もうひとりの自分が自分を観ている「メタ認知」的なものである。

§2. ティーチングからラーニングへ

そこで，

ティーチング（一方的な知識伝達）から
ラーニング（生徒自身の学び）へ

ということが言われてきた。日本社会でいえば，下図のような変化が起こっている。



ここで，注意すべきは，「ティーチングからラーニングへ」＝「教師は教えない」，となってはいけないことである。教師は，レクチャー（講義）をすることによって，生徒に基本的な知識や手法は伝達しなければならない。特に数学は，この部分がなくては始まらない。つまり，

一方的に教師が定理，公式，解法を
教えこむティーチングと
生徒の活動の最初や合間に基本的な
知識等を伝達する（ミニ）レクチャー

の区別をしなければならない。

§3. 深い学び

また，アクティブラーニングという言葉の「アクティブ」に引っ張られて，アクティブラーニングとは，活発に生徒が活動しながら能動的に学習している姿を思い浮かべることが多いだろう。しかし，アクティブラーニングで重要なことは，

いかに深い（質の高い）学びができているか

ということである。つまり，生徒が外的に活発に発言し，活動していても，何も学んでいない，あるいは表面的な学びしかしていないのでは意味がない。外的にアクティブでなくても，すなわち非常に静かな授業であっても，一人ひとりの生徒が深い学びをしていることはある。外的にアクティブではなくても内的にアクティブであれば，それはアクティブラーニングである。つまり，「深さ・質の高さ」と，外的にしても内的にしても「能動的である」ことは，これから求められる学びの両輪である。

そして，外的・内的に関わらず深い学びをしたあとは，学習事項について書く，話す，説明する，質問する，議論する，プレゼンテーションを行うなどにより学習内容を「外化」，「対象化」することがアクティブラーニングのポイントの１つである。これは，従来でもよい授業と言われるものが備えているものであることからも，アクティブラーニングを特別視して，何をしていいかわからない，と怖れる必要はない。

要するに，深い能動的な学びをすることで，知識のネットワークを構成し，剥落することのない思考力を身につけるのが「アクティブラーニング」であり，学ぶのは生徒である。そして教師は，生徒が主体的に学ぶための「アクティブラーニング型授業」をいかに構成し，提供するかが問われる。

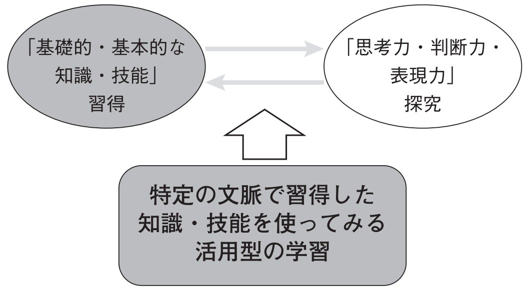
§4. 習得・活用・探究

そうは言っても，アクティブラーニング型の授業を具体的に構成して実践するのは難しそうだ，と思われるかもしれないが，大学入試合格だけにとらわれない授業を行っていれば，それは多分アクティブラーニング型授業になっているだろう。

さらに，現在の学習指導要領にもある

習得→活用→探究

の各場面で整理して考えていけば，アクティブラーニング型授業がより実践しやすい。



それぞれの場面について，授業のイメージ例は次のようになるだろう。

(1) 習得

習得の場面では，適切な練習問題のプリントと解答を教師が作成し，レクチャー後にそれらを元に生徒がグループに分かれて，全員が理解できるまで学び合いながら学習を進めれば，それはアクティブラ

ーニングである。そして，最後に理解度を確認するテストを行い，生徒自身が“Reflectiveness”振り返りを行えるようにする。

このような授業を行うとき，練習問題や解答，確認テストを作成するのに，データベース・プリント作成機能を持つ「Studyaid D.B.」は大いに役立つ。

⑵ 活用

活用場面には，次の２つがある。

① 習得のときと同じ文脈で，教師が選んだ知識を活用して，習得を深める

② 習得のときとは異なる文脈で，半誘導的な知識を活用して，探究につながる活動を行う

いずれの場合も，適切な問題とその解答を教員が用意し，生徒はグループで学習を進める。その際，協働して考え，学び合う学習を通じて，キー・コンピテンシーで言えば２のカテゴリーの力を育成できるだろう。

この場面では，「どうしてそのような解答を思いついたのか」「解くときはどのように考えていたのか」「家ではどんな勉強方法をしているのか」，等の生徒同士のやり取りも起きてくれば，よりよいアクティブラーニングになる。解答に至るまでの道筋，思考回路を同級生から聞き出すこと，逆に同級生に話して理解させることができれば，それは生徒双方にとって深い学びにつながる。教師は，授業中にたくさん喋っていれば自分自身が安心するものだが，説明したい，話したい誘惑に耐えて，生徒同士が話す，説明しあうことができる環境を作ることがポイントとなる。

⑶ 探究

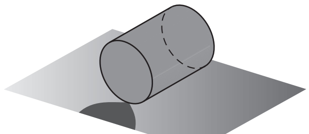
本来の探究学習は，教科の枠組みを超えて行われるものであるが，ここでは数学の枠内で考えてみる。

探究活動を行うことは，まさにアクティブラーニングを行うことであり，キー・コンピテンシーで言えば３のカテゴリーの能力を育成することになる。自ら問いを立て，課題を発見し，その解決策を試行錯誤しながら発見し(解決策がない場合，複数の場合もある)，それをレポートやプレゼンテーションで表現する能力である。しかしながら，課題を発見するのはそう簡単ではない。そこで，数学においては次のようなことが考えられる。

① 現実問題に関連するような，発展的な問題を学習することで探究する

例えば，次のような入試問題を生徒に考えさせる。

> 直円柱の石油タンクが，図のように側面の一母線で水平な地面と接する形に横倒しになり，地面と接する一点に穴があいて石油が流出しはじめた。倒壊前の石油タンクは一杯で，1時間後の現在までに半分の石油が流出した。単位時間あたりの流出量は穴から測った油面の高さの平方根に比例するという。微分方程式をたてて，このあと何時間何分で全部の石油が流出するか予測せよ。ただし，分未満は切り捨てよ。（96 東大・後期）



② 数学の定理・公式を拡張することで探究する

日頃の授業において，条件を変更することで定理・公式を拡張することを生徒に考えさせるのは，探究活動につながるアクティブラーニングであろう。

例えば，次のような問題を探究させる。

> パスカルの三角形を学習したが，これを下図のような「パスカルの平面」として拡張するとすれば，どうなるか。また，その「パスカルの平面」には，どのような意味があるか。

※グレーの部分は生徒に考えさせる。

…	…									
…	1									
$n=-3$	1	-3	6	-10	15	-21	28	-36	45	…
$n=-2$	1	-2	3	-4	5	-6	7	-8	9	…
$n=-1$	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	…
$n=0$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	…
$n=1$	1	1	0	0	0	0	0	0	0	…
$n=2$	1	2	1	0	0	0	0	0	0	…
$n=3$	1	3	3	1	0	0	0	0	0	…
$n=4$	1	4	6	4	1	0	0	0	0	…
$n=5$	1	5	10	10	5	1	0	0	0	…
$n=6$	1	6	15	20	15	6	1	0	0	…
…										

「隣接の２数の和が右下の数になる(＊)」というパスカルの三角形の作り方から，三角形の右には0が並ぶ。次に，$n=-1,\ -2,\ \cdots$と拡張すると，左端には１が並び，(＊)の規則より上図の数が並ぶ。そして，$n<0$ のときのこれらの数は，$(1+x)^n$ のテーラー展開の係数となっていることや，二項係数の拡張となっていることなどにつながる。例えば，

$$\binom{-2}{3}=\frac{(-2)\cdot(-3)\cdot(-4)}{3\cdot2\cdot1}=-4$$

$$(1+x)^{-2}=\frac{1}{(1+x)^2}=1-2x+3x^2-4x^3+5x^4-\cdots$$

また，三角形を三角錐に拡張することも考えられ，この場合は $(a+b+c)^n$ の展開式の係数となる。

§5. 文化としての数学

これまで述べてきたように，教師はいまの学習場面は習得・活用・探究のいずれなのかを意識して指導し，生徒たちがグループに別れるなどして協働しながら学び合える学習環境と教材を用意することが，アクティブラーニング型授業の基本である。

しかしながら，現実問題として現行のような大学入試があり，生徒たちが大学入学を望んでいるのであれば，高校現場の教師にとって入試対策の授業は必要であろう。そのような授業も，生徒の進路を保証する意味でも重要である。だからといって，アクティブラーニング型授業なんてやる時間はない，と思わないで欲しいのである。大学入試の合格だけが目的化してはいないか？と教師は常に自分自身を振り返る必要がある。学校教育の目的は何か？人格の完成であり，よき市民の育成である。その原点を常に忘れないようにしなければならない。そうでなければ，(数学の本質的なパターン認識とは別の)解法パターンを覚え，条件反射的に問題を解くことには長けているが，少し突っ込んだ，現実的な，曖昧な問題になるとお手上げになり，大学・社会人になると数学から逃避する人間を育成することになる。現実に，このようなことが起きていることもあり，アクティブラーニングが言われているのだろう。

このような現状において，数学教師としては，

数学は数千年前から営々として
築き上げられてきた文化である

という視点を忘れず，数学教師自身が，そうか！面白い！と思える教材を開発し，どんな数学を生徒とともに学ぶのかを追究することがアクティブラーニング型の授業を提供することにつながるのである。

例えば，素数について考えてみよう。数の「原子」である素数が無限に存在することは，ユークリッド(B.C.330 年頃～B.C.275 年頃)がすでに証明しているが，これを 1737 年のオイラーによる等式，

$$\left(1-\frac{1}{p_1}\right)^{-1}\left(1-\frac{1}{p_2}\right)^{-1}\left(1-\frac{1}{p_3}\right)^{-1}\left(1-\frac{1}{p_4}\right)^{-1}\cdots$$
$$=1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\frac{1}{5}+\frac{1}{6}+\frac{1}{7}+\frac{1}{8}+\frac{1}{9}+\cdots$$

を利用した証明，2006 年のサイダックによる，n と $n+1$ が互いに素であることを利用した証明，と歴史的にたどる。これにより，紀元前から始まった証明が連綿と 21 世紀まで続いていることや，オイラーの素晴らしい業績に触れるなど，人間の知的活動，文化としての数学を感じて学ぶことができる。

あるいは，ガウスも素数を数えて作成したであろう下の表を元に，素数の個数や出現度合いについてガウスが考えたことを生徒が追体験する。

N	1からNまでの素数の個数 $\pi(N)$	$\frac{N}{\pi(N)}$
10	4	2.5
100	25	4.0
1000	168	6.0
10000	1229	8.1
100000	9592	10.4
1000000	78498	12.7
10000000	664579	15.0
100000000	5761455	17.4
1000000000	50847534	19.7
10000000000	455052511	22.0
100000000000	4118054813	24.3
1000000000000	37607912018	26.6

1 列目が $\times 10$ になると 3 列目は $+2.3$ であることを発見し，乗法が加法に変わるので対数が現れ，その結果としてガウスは，素数定理 $\pi(N)\sim\dfrac{N}{\log N}$ を発見したことを学ぶ。

教科書の数学は，建設途中の足場を取っ払って，完成した建物だけを見せているが，足場の部分も体験させ考えさせることで，人間が作り上げてきた数学を感じさせる。このような数学は遠回りのようであるが，実は大学入試にも役立つ真の力を育成する。

《参考文献》

〔1〕 ドミニク・S.ライチェン，ローラ・H.サルガニク・編著　立田慶裕・監訳 『キー・コンピテンシー』 明石書店
〔2〕 小林昭文，成田秀夫・著　河合塾・編 『今日から始めるアクティブラーニング』 学事出版
〔3〕 加藤文元・著 『数学する精神』中公新書
〔4〕 中村滋，室井和男・著 『数学史』共立出版
〔5〕 文部科学省 『高等学校学習指導要領』

(奈良女子大学教授)