



先を見つめて

初めに、2022年5月4日、朝日新聞 声(投書欄)の記事をコピーさせていただきます。

「能力に応じた教育、受ける機会」

通信制高校生 石原元(千葉県 16)

中学生の時、あまり学校に行かなかった。自分の学習ペースに対して、授業が遅すぎる時と早すぎる時とがあり、精神を擦り減らした。勉強が大好きだった私は、学校に行けない自分を卑下するしかなかった。

そんな時、「適応指導教室」に通うことを打診された。市の教育委員会が設置した少人数制学級で、自分のペースに合わせて出席してよいという。2年半通う中、得意な科目では先生との議論、苦手な科目ではわからない箇所まで戻り、普通の学校ではできないような勉強をさせてもらった。

憲法26条は、国民は「その能力に応じて、ひとしく教育を受ける権利を有する」とある。能力に応じた教育を受けられたからこその自分が存在している。未来の子どもたちが、いつでもどこでも、教育を受けられる機会を作ることが、私たちに課せられた義務であると感じている。

石原君に栄光あれ!

当塾は、現代が要請する 主要な教育目標は「知的創造的能力」の育成であり、その獲得された能力が現代の学力である、と何度も繰り返し主張してきました。人の学力の進展は年齢や学歴などによって画一的に決まるものではありません。多様な個人の能力の進展に適切に対応した教育を提供しなければ、学力を軸とする個性の進展は頓挫してしまいます。今や、かなり多くの現役の高校生もこうした考えに到達していたのです。

皆さまは、この数年の間で、教育基本法を読み直されことがあるでしょうか。現行の教育基本法は、第一次安倍内閣が、2006年の慌ただしい年末に改正し、同日に施行しました。

教育の目的では、旧基本法にあった「真理と正義を愛し、個人の価値をたつとび、勤労と責任を重んじ、自主的精神に充ちた」が削除されています。ここに改定の目的がうかがい知れます。その内容は、教育基本法の適用範囲と教育目標に如実に表れています。

旧教育基本法は大学を全く視野に入れていなかったのですが、学園紛争を通じて、大学も、時の権力者の思惑にしたがって管理するという考えが強くなり、改めて、大学管理を明文化しました。

旧基本法では教育方針として、

第二条(教育の方針) 教育の目的は、あらゆる機会に、あらゆる場所において実現されなければならない。この目的を達成するためには、学問の自由を尊重し、實際生活に即し、自発的精神を養い、自他の敬愛と協力によつて、文化の創造と発展に貢献するように努めなければならない。

となっていました。

一方、改正基本法では、教育の目標として、

第二条 教育は、その目的を実現するため、学問の自由を尊重しつづ、次に掲げる目標を達成するよう行われるものとする。

一 幅広い知識と教養を身に付け、真理を求める態度を養い、豊かな情操と道徳心を培うとともに、健やかな身体を養うこと。

二 個人の価値を尊重して、その能力を伸ばし、創造性を培い、自主及び自律の精神を養うとともに、職業及び生活との関連を重視し、勤労を重んずる態度を養うこと。

三 正義と責任、男女の平等、自他の敬愛と協力を重んずるとともに、公共の精神に基づき、主体的に社会の形成に参画し、その発展に寄与する態度を養うこと。

四 生命を尊び、自然を大切にし、環境の保全に寄与する態度を養うこと。

五 伝統と文化を尊重し、それらをはぐくんできた我が国と郷土を愛するとともに、他国を尊重し、国際社会の平和と発展に寄与する態度を養うこと。

要するに、時の権力が役立つ人間と判断できるように身心を育成することを教育の目標としています。

この目標にしたがって、当時の総理大臣安倍晋三氏は、2014年のOECD閣僚理事会で以下の発言をしました。

「学術研究を深めるのではなく、もっと社会のニーズを見据えたもっと実践的な職業教育を行う。そうした新たな取り組みを、高等教育に取り込みたい」

筆者も、安倍氏をブレない突破力のある政治家としてその存在意義を評価しますが、考え方は筆者と大きく異なります。現代が要請する主要な教育目標は「知的創造的能力」の育成であり、それを背景として初めてこの国の科学技術力の展開が可能であると考えています。

朝日新聞5月5日、子供の日特集「未来空想新聞」に以下のような記事がありました。

宮田裕章氏は1978年生まれ、東大大学院医学系研究科 医療品質評価学 特任教授で、専門はデータサイエンス、科学方法論だそうです。宮田氏は、2024年に開学を目指す、岐阜県飛騨市を本拠地とする私立大学「Co-innovation University」(2022年10月大学設置認可申請予定)の学長候補で、氏に教育の未来像を尋ねると、「2039年には、大学入試がなくなっている」と答えたそうです。

当塾も、大学入試は早急に撤廃すべきだ、少なくとも大学学士課程までは、知的創造的能力の育成に各地域の持つ多様性を活かせるように工夫すべきだと主張してきました。当塾は、全ての入試だけでなく、学力テストなど即興力を問う全てのテストは、創造的能力の育成に極めて有害な影響を与えるものとして、その全廃を主張してきました。当塾は、基礎科学教育の全ての教科を、地域で、私立・国公立の区別なく、無償で、本人の能力と意思にしたがって履修できるようにすることが、現代が要請する主要な教育目標「知的創造的能力」の育成の必要条件である、と主張してきました。

筆者は、経済や経営には全く疎いまま後期高齢者に至ったことを御承知頂いた上で、以下の文章をお読みください。

現代が要請する教育を！

1 4月3日のNHK「日曜討論」に出演した萩生田光一総産相は、原油高騰の追加対策や対ロシア経済制裁の強化などについて語っていたが、番組終了間際に「日本経済をどう立て直すか」と問われて、以下の様に言った。

過去を振り返って、イノベーションがなかったことが日本の成長につながらなかったという反省は分かっているわけですから、岸田内閣の『新しい資本主義』では市場に任せるだけでなく、官も一歩、共に前に出る。

アベノミクスは、大胆な金融政策機動的な財政政策民間投資を喚起する成長戦略が3本の矢だった。しかし結局、「異次元緩和」という1本目の矢に頼っただけ。円安誘導で輸出企業の利益拡大と株高を演出したが、企業は円安にあぐらをかき、成長につながる技術開発や投資というイノベーションが進まなかったのだ。

4月21日、TV朝日のモーニングショーでの、元財務官の榊原英資氏とテレビ朝日のコメンテーターの玉川徹氏とのやり取りは、極めて興味深いものだった。

玉川氏は「金利の差は大きいだろうが、今日の円安が日本の経済力を反映しているのではないかと気にしている。2000年比で英米のGDPは2倍に、独仏は1.5倍になっているのに、日本は成長していない。通貨が経済力を反映しているとしたら困ったこと」と懸念を示した。

榊原氏は反論し、「それは違う。今の円安は金融政策の差です。今後についても、日本は成熟段階に至った国で、弱くなっているとは思わない」

玉川氏がさらに「95年頃は日本の1人当たりGDPは世界第3位、今は20位以下です」と反論すると、榊原氏は「それでも日本の1人当たりGDPは400万円以上で、貧しくはない」といい、「日本は成熟段階に入っている」、「国債利払いが増えても問題ない」と言い切った。

この国の労働の生産性は先進7カ国中で最下位であるだけでなく、韓国をはじめ多くの国より低くなっていることは衆知の現実である。あらゆる局面でのこの国の全面的後退の前に、萩生田氏が、心底、この国の危機が過去の政策的な誤りによるのではなく、ただ技術開発投資を怠っただけだと判断したり、榊原氏のように、この国は経済力が全面的に後退しているのではなく「成熟段階にきているだけだ」との判断には、筆者の理解を超えた将に異次元の世界のこととしか思えない。国の全体としての労働の生産性が低下していることと、大半の国民がそれなりに経済的に安定した生活を送れることは、論理的に相容れない。

未だ、多くの政治家や企業経営者が、現状でも研究開発投資を倍額すれば、この国の科学技術力は強化し、結果として、労働の生産性は自然に増加する、と考えているようだ。『春夏秋冬』では、2019年の「科学立国の危機」(豊田長康著)の発売以来、そうした考え方だけでは、事態は全く改善できないことを何度も指摘してきた。

「科学立国の危機」はこの国の科学技術を社会学的手法(エビデンスに基づいた社会の法則性の解明)を全面的に適用した。「科学立国の危機」の帯には、英「ネイチャー」誌が警鐘! とある。筆者は、NHKの朝5時の

トップニュースで、英「ネイチャー」誌がこの国の科学技術が極めて深刻な状況にあることを報じていることを知った。その後、多くの本が出版され、この国の科学技術の現状が広く知れ渡るようになった。それらの全ての主張は、研究開発費の倍増に集約されるものだった。

ベンチャー(企業として新規の事業へ取り組むこと)がこの国の企業活動を活性化する要因の一つであることを誰も否定しないが、この国ではそのどの一つも、呼び方は次々と変化するが、GAFAM(Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft)のような巨大企業に成長したベンチャーは一つもない。なぜそうなっているのか、真剣に考え直さねば、この国の破綻の危機は、待ったなしに迫ってくる。

問題をさらに深刻にしているのは、いわゆる「経済安保」の問題である。ネット金融大手SBIホールディングスが、中国の保険・金融大手の中国平安グループと合弁会社を立ち上げようとしていた。平安は11万人のIT技術者を擁し、金融とITを融合したフィンテックやAIの分野で世界有数の特許申請を誇る。個人資産を含め、金融機関が扱う顧客情報は中国側に筒抜けになる可能性が大きかった。(朝日 5/5)

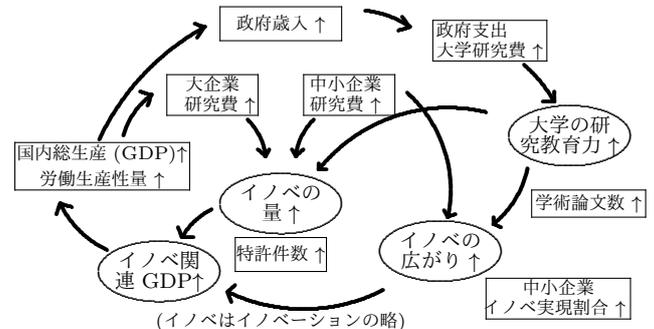
そうした状況の中で、『春夏秋冬』は何度も2018年度ノーベル生理学・医学賞受賞の本庶佑氏が、

「アカデミアがシーズを生めば、長期的に、しかも桁違いの経済効果を生むことは歴史が証明している。基礎科学の発展こそ、大学における研究の使命である」と主張し、この国の教育政策、科学技術政策には、この視点が決定的に欠如していることを指摘してきた。

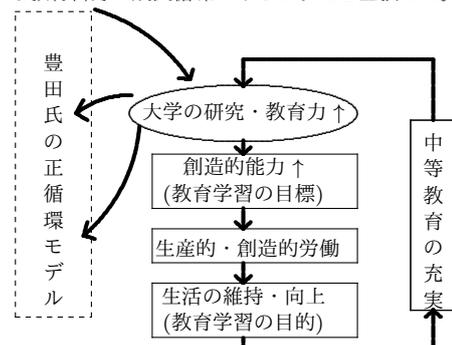
『春夏秋冬 372号』(2019年4月号)では、以下の様に書いた。

豊田長康氏は「科学立国の危機」(2019年2月14日発行)の中で、

「大学の教育研究力、イノベーションの量と広がり
を促し経済成長に貢献する正循環モデル(仮説)」
を提唱した(p.94)。



しかし、当塾の長年の主張通り、大学の研究・教育力は、その上に、教育の振興のサイクルがかぶさる。したがって、大学の教育・研究力には、下図のような教育自身の成長循環があるはずだと主張した。



豊田氏の分析は、正確で、殆どすべての点で、同意できるものばかりで

ある。しかし、(政府の)「統合イノベーション戦略」や豊田氏の主張だけでは、どちらも絵に描いた餅に過ぎず、研究投資は、砂漠に水を撒くようなものだ。たとえ、彼らの主張通り科学技術予算を 9000 億円増やしても、他の先進国や韓国・台湾並みの人口当たりの論文生産性を獲得することはできない。科学技術振興を担う人材の確保が保障されていないからだ。すなわち、上図のような教育振興のサイクルが確立しない限り、論文生産性は十分向上しない。豊田氏の経済成長の“正循環モデル”は、教育・人材育成という片輪を欠いたモデルであり、日本の現実を説明するモデルにはなっていない。

豊田氏の主張の通り、間違いなく「学術論文数は経済成長の原動力」であり、科学技術振興策は、「統合イノベーション戦略」や豊田氏の主張の通り、「エビデンスに基づく政策立案」が不可欠である。しかし、彼らの言うエビデンスは、せいぜい数年のタイムラグの中での相関であり、科学技術史と経済発展の底流を流れる基本原理や政策に迫る理解はそこからは得られない。今さら言うまでもなく、“教育は百年の計”である。多くのノーベル賞の受賞においても、研究と受賞の間には十数年のタイムラグがあり、またその研究に先立つ数十年の基礎研究があり、さらにその人材育成にも十数年の優れた教育環境がなければならぬ。これだけでも半世紀を要す。21 世紀になって、世界で 2 番目に多くのノーベル賞の受賞者を輩出したのは、「戦後 50 年たってから」ということと符合する。

しかももっと重要なこと、即ち現在の科学技術、一般に現在の人類の「知の在り方」は、従来とは異質の変貌を遂げつつある。ICT と AI の劇的進化は、人の知的労働の在り方に決定的な変更を要請するようになった。単純に言えば、過去に確認された事象と形式論理によって得られるあらゆる認識は、殆ど自動化が可能になりつつある。人の認識の最も重要な課題、合理的(科学的)な認識には、科学史が教えるように、あらゆる局面に飛躍(その最たるものをコペルニクス転回という)があり、それに果敢に挑戦することが人の知的労働の主要な任務となりつつある。そうした歴史的な大きな転換点にある現在において、皮相で短期の相関の分析に、どれだけ重要な意味があるのかも、十分考慮に入れておかねばならない。豊田氏は、自身の研究によって、応用研究に比べ基礎研究の方が GDP との相関が強い、数学は GDP と強い相関があることを明らかにした くど のではなかったのか。

諄いが、もう一度、2018 年度ノーベル生理学・医学賞受賞の本庶佑氏の言葉を引用する。

「アカデミアがシーズを生めば、長期的に、しかも桁違いの経済効果を生むことは歴史が証明している。基礎科学の発展こそ、大学における研究の使命である」

こうした考え方は、歴代の日本の殆どのノーベル賞受賞者が表明してきた。しかし、現実の日本の科学技術政策、教育政策は、こうした視点が決定的に欠如している。

理科教育について

[1] 「14 歳からの科学」ワークマンパブリッシュ著、水谷淳訳 ダイアモンド社 2022 年 3 月第 1 刷発行が読まれている。まず、その概要を紹介しておく。

その 1 時間目 科学の研究 第 1 章 科学者のように考える 中の「科学的探究」には以下の様に書いてある。

科学は、身の回りの世界に関する疑問の答えを見つけるための方法の 1 つである。科学者はまるで探偵のように、証拠を集め込み入った難問を解

いていく。証拠を見つけるには、実験や観測をおこなう。科学者が疑問について調べるプロセスを、科学的探究という。そして答えを見つけるための方法を、科学的方法という。

科学的探究は、身の回りの世界とその仕組みに関する何らかの疑問から始まる。疑問が見つかったら次に、背景調査や観察や実験をおこなって、その疑問に関係する情報を考えられる限り集める。

背景調査とは、実験で起こるであろう事柄を以前の科学者がどのように予測していたかを調べることである。その予測のことを仮説という。科学者は仮説をたしかめるために、観察して、その結果を予測と比較する。観察をするには、視覚、嗅覚、触覚、聴覚などの感覚を使って 1 つの出来事を記録する。定量的な観察は、測定によって行う。定性的な観察は、対象の性質を調べる。科学的探究によって明らかになった事柄を、結論という。

第 2 章 科学実験 第 3 章 実験レポートと結果の評価 第 4 章 SI 単位と測定 第 5 章 実験の安全対策と実験器具 と続く。

2 時間目(第 6 章)以降は各分野の議論である。

2 時間目は物質・化学反応・溶液、3 時間目は運動・力・仕事、4 時間目はエネルギー、5 時間目は宇宙と太陽、6 時間目は地球・気象・大気・気候、7 時間目は生物：その分類と細胞、8 時間目は植物と動物。9 時間目はヒトの身体と器官系、10 時間目は生命の歴史：遺伝・進化・化石、11 時間目は生態学：生息環境・相互依存・資源

(「14 歳からの科学」は、通常と違った本の構成で、**時間目は**部に相当し、章は本全体の通し番号でつけている。全ページは 540 ページ余りだが、大人には、殆ど全て既知のことである。しかし、特に生物・地学分野では、無数の用語が紹介されているが、一切の根拠・論証を省略しており、読者の不得手な分野は極めて読みづらくなっている。

[2] 筆者がこの本を紹介するのは、この本には自然の法則が極めて簡潔に書かれ、読者にその内容を理解してほしいと思ったからではない。殆ど毎号の『春夏秋冬』で述べてきた通り、自然を相手にするにしろ、社会を相手にするにしろ、教育・学習の一般的目標は、その対象に合理的に接する方法を身に付けることである。その対象から離れたところでデータ整理を行い、真実・法則性を見つけ出すことなどできない。「知的創造的能力」の獲得を目指す教育には、実験や調査は不可欠である。「現実・事実を知る」という手続きが欠かせない。例えば理科の教育では、実験・製作(飼育・培養)・観察(計測)・資料の整理などが、授業の過半を占めなければ、「知的創造的能力」の育成とは絶対にならない。自然科学の最も重要な教師は、自然自身であり、それを補助するのが大学の学士課程を含む学校教育である。社会科学でも全く同様である。現実との接点を軽視した教育は、現代が要請する主要な教育目標「知的創造的能力」の育成に、何の貢献もしない似非教育に過ぎないのだ。

これは、全く、日常的なことだ。創造性教育における科学の学習はこの積み重ねだ。理科の教育で、オンライン教育だけで可能な部分は極めて限られた部分に過ぎない。

当塾の HP に、筆者の大学 1 年生の基礎電磁気学の講義の、シラバス、理論構成の「電磁気学メモ」、各回の講義の詳細な内容「電磁気学講義詳細」を示している。本来、「電磁気学実験」と「電磁気学理論」が一体となっていないとすればならぬ(一括りの「物理実験」はあった)のだが、「理論」の講義の中で、2 回だけではあるが、学生による小実験でお茶を濁した。ま

ともな科学者・技術者が育つとは考えられない。3年で、この大学の非常勤講師を辞した。その後、この「電磁気学メモ」は、多くの大学の学生・教師の目に止まり、引用もされた。(現在は、SI単位の定義が変わったが、講義メモの価値には歴史性があり、そのままにしている。)

創造性教育においては、科学の学習(社会科学においても)には、各段階で、実験・製作(飼育・培養)・観察(計測)・資料の整理などが授業の過半を占めねばならない。オンラインだけによる基礎科学教育など絶対にありえない。

創造性教育を！

手元にある『ユークリッド原論(縮刷版)』(共立出版、初版1971年7月)の序文の前に、『原論』のグリユナエウス版(1533)(ギリシャ文字)などからの4頁にわたる写真が付加されている。その最初のページには、線分の移動、三平方の定理など『原論』の根幹部分が含まれている。それらが何を主張しているのかを検討する。全て、既にどこかで何度か書いたことばかりだと思うが、今一度、整理して議論する。

① 図を定規とコンパスを公法通り使って描くことを作図と言う。

「公法通り」とは、以下のことを言う。

(1) 与えられた2点を結ぶ線分を引く (2) 線分はいくらでも延長する
(3) 与えられた点を中心として、与えられた長さを半径とする円を描く
『原論』の最初の定理は、正三角形の作図であるが、これは、自明である。そして、2番目の定理が、

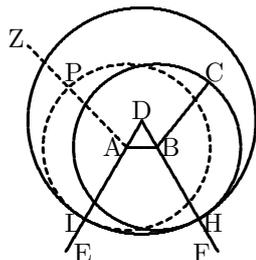
「与えられた点において

与えられた線分に等しい線分を作ることができる。」

である。

与えられた点をA、与えられた線分をBCとする。このとき点Aにおいて、与えられた線分BCに等しい線分を次のように作図することができる。

点Aから点Bへ線分ABを描き、その上に正三角形DABを作ることができ、DA、DBの延長上にE、Fをとり、線分AE、BFを描く。半径BCの円Bを描き、線分BFと円Bの交点をHとし、半径DHの円Dを描く。線分AEと円Dとの交点をLとする。



点Bは円Bの中心だから、BC=BH、点Dは円Dの中心だから、DL=DH、またDA=DB、AL=DL-DA=DH-DB=BH=BC。よって、与えられた点Aにおいて与えられた線分BCに等しい線分ALが作図できた。線分をAZ方向に移動するのならば、半径ALの円Aを描き、半直線AZとこの円Aとの交点を点Pとすれば、線分APは線分BCに等しい線分である。線分BCを点Bの周りに線分BHへ、線分BHを点Dの周りに線分ALへ、線分ALを点Aの周りにAPへ、回転移動した形になっている。

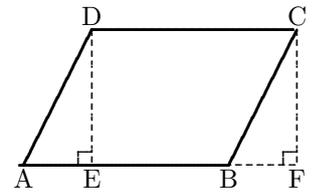
注目すべきは、本来、コンパスは円を描くだけの道具であり、長さを移動させる道具ではないのだが、上の手続きは、通常やるように、円の中心を任意に移動して、円を描き、長さを移動させる道具に利用しても良い、ということを示したことになる。

中学数学の図形の最も重要な学習項目は、「三角形の合同条件」であり、これはここから始まっていることを十分確認しておくべきだ。『中学数学基礎』では、これに基づいて、三角形の合同条件を証明している。しかし、この点を明記した検定教科書を見たことがない。即ち、全ての検定教科書は、三角形の合同条件を証明しないで、雑多な問題の処理法を示しているに過ぎない。

「知的創造的能力」の育成には、「基礎科学は発展・進歩させるもの」という視点で見なければならず、それには『原論』で集約されたユークリッド幾何学の基本的な構成の理解は、絶対に欠かせない過程である。

② 『春夏秋冬380号』では、以下の様にした。小学算数では、平行四辺形の面積は(底辺)×(高さ)と学ぶ。根拠は以下のようである。

図のように平行四辺形ABCDの頂点D、CからDCの対辺ABに垂線を引き、その交点をE、Fとすると、三角形ADEと三角形BCFは合同となる。



したがって、

平行四辺形ABCDの面積 = 長方形EDCF

$$= EF \times DE \quad (= \text{底辺} \times \text{高さ})$$

となる。

小学での他の説明はいろいろあるが、結局は上の証明と同様で、そのキーは、 $\triangle ADE \cong \triangle BCF$ にある。ところが、学習指導要領に基づく、三角形の合同条件は、小学では学ばず、中学2年の後半になってやっと学ぶこととなる。

さらに、 $\triangle ADB$ の面積は平行四辺形の面積の半分($\triangle ADB \cong \triangle CBD$ を用いる)だから、

$$(\text{三角形の面積}) = (\text{底辺}) \times (\text{高さ}) \div 2$$

が得られる。

言い換えれば、小学算数の上の公式は、証明されずに使われていたのだ。すなわち中学数学の視点では、算数は科学ではないのだ。

では、中学数学の立場から、三角形の面積の公式は、どんな原理で導かれているのだろうか。これについては、『春夏秋冬』で何度も議論してきたが、今一度、『中学数学基礎』を基に書いてみる。

等積移動

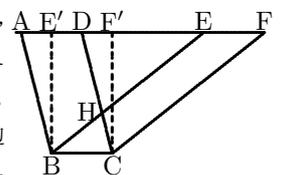
ユークリッドの『原論』では、平行四辺形および三角形の面積を以下のように取り扱っている。

「同じ底辺の上にあるかつ同じ平行線の

平行四辺形の面積は等しい。」

四角形ABCDは平行四辺形であるから、AD=BC、AB=DC。同様にEF=BC、

BE=CF。ゆえにAD=EF。両辺にDEを加えて、AE=DF。しかも、AB=DC、BE=CF。 $\triangle EAB$ と $\triangle FDC$ において、対応する3組の辺がそれぞれ等しいから、 $\triangle EAB \cong \triangle FDC$ (ユークリッドは、 $\angle EAB = \angle FDC$ を用いている)。



ゆえに $\triangle EAB = \triangle FDC$ 。両辺から、共通部分 $\triangle DHE$ を引き去ると、四角形 $ABHD =$ 四角形 $EHCF$ 。両辺に $\triangle HBC$ を加えると、平行四辺形 $ABCD =$ 平行四辺形 $EBCF$ 。

さらに、 E, F を点 B, C を通る直線 BC の垂線と AD との交点に選ぶと、四角形 $EBCF$ は長方形となる。

この定理を用いると、三角形の面積の公式が得られる。

この定理と「長方形の面積 = たて \times 横」を用いると、

$$\begin{aligned} \text{平行四辺形 } ABCD &= (\text{一般の}) \text{ 平行四辺形 } EBCF \\ &= \text{長方形 } E'BCF' \\ &= BC \times BE' \quad (= (\text{底辺}) \times (\text{高さ})) \end{aligned}$$

が得られる。

$\triangle ABC \equiv \triangle CDA$ より

$$\triangle ABC = \frac{1}{2} \times \text{平行四辺形 } ABCD$$

同様に $\triangle EBC = \frac{1}{2} \times \text{平行四辺形 } EBCF$

しかも、平行四辺形 $ABCD =$ 平行四辺形 $EBCF$ 。

よって、 $\triangle ABC = \triangle EBC$ 。

しかも $\triangle ABC = (\text{底辺}) \times (\text{高さ}) \div 2$ 。

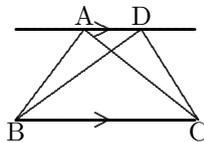
これが『原論』に基づいた「三角形の面積の公式」の展開である。『原論』が絶対である、ということではなく、ここでは、算術ではなく数学的展開とは如何なるものか、歴史的な数学の組み立てをしっかりと学んでほしい。注意すべきは、ユークリッド幾何学の立場からは、三角形の面積の公式は、平行四辺形の学習の後に導かれるものである。したがって、少なくとも中学校では、論理的には、平行四辺形の学習以前には、「三角形の面積の公式」は使ってはならないことになる。

ユークリッド幾何学を、文字式を用いる現代の数学の出発点として正当に位置づける、即ち基礎科学を「知的創造的能力」の基礎とみなす立場からは、上記のことがらは、極めて重要である。

慌てる必要はない。「創造性」を軸にがっちり学習を進め、科学・技術の frontline に立てば、未解明・未知の現象・事実は無数に転がっており、必ず大きな実績をもたらすことができる。そうなるように条件を整えることが、社会の責任である。しかし、広い意味で、これも筆者の一つのモデルであることに変わりない。他に有効なものがあれば、提唱して頂きたい。

上のことから、三角形は、面積を変えずに変形させることができる。

三角形の等積移動
点 A を通り BC に平行な直線上に
点 D をとるとき
 $\triangle DBC = \triangle ABC$ である。



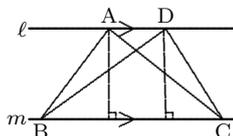
逆に、 $\triangle DBC = \triangle ABC$ とすると、 A, D から BC までの距離が等しくなり、 $AD \parallel BC$ となる。

面積を持つ図形についての等号 ($=$) は、面積が等しい事を表す。ユークリッドの『原論』(の翻訳)では、合同を単に「等しい」と表現している。注意深く読む必要がある。

例えば、教育出版「中学数学2」では、以下の様に書かれている。

$l \parallel m$ のとき、 $\triangle ABC$ と $\triangle DBC$ は底辺 BC が共通で、高さが等しい。したがって、

$\triangle ABC$ と $\triangle DBC$ の面積は等しくなる
とある。



論理が完全に逆転している。普通の言葉で言えば、完全な間違いである。等積移動は、相似条件や三平方の定理の証明にとって、極めて重要な役割を持つ。

勿論、ユークリッドの『原論』に反した展開をやっても構わない。しかし、その時は、覚悟を持って、首尾一貫すべきである。現状の(検定)教科書は、明らかに論理的に「間違い」である。小、中、高、そして大学の数学教育を一貫して、しかもできるだけ簡潔・高度に進めるための戦略が全く見られない。いろいろなやり方はあるのだろうが、こういう時こそ、上野氏・新井氏らの展開のように、数学や他の科学のリアルな歴史に学び、それを基礎にレベルを向上させることが重要ではないのか。「知的創造的能力」の獲得にとって、その方が結局は近道となるのではないのか。

上野健爾氏と新井紀子氏の共同監修“Math Stories”シリーズ

「数学五千年の歴史にかかわった人々は、それを前の世代から正確に受け継ぎ、新たな発見を付け加え、また正確な形で次世代に手渡しています。さらに言えば文化を超えて全く同じ内容が伝搬しているのです。そのようなことは、文学や哲学や医学など他の分野では見られなかった現象です。それはいかんにして可能だったのでしょうか。」

数学の歴史のちょうど中間点でユークリッドによって著された、『原論』という書物にそれを解くカギがあります。そこから始まる物語は、人々が数学の『言葉』をどのように獲得していったかにまつわる物語です。」

解が確立している定型の課題に対応するスキルの訓練は、現代の教育にとって、その意義はますます相対的に小さいものになっている。それらは、題意を AI に伝えれば、AI だけによって正解することができるようになりつつある。科学の歴史に少しは敬意を払うべきだ。

3 三平方の定理は、方べきの定理、トレミーの定理、その他を用いた無数の証明があるが、ここでは、『原論』における三平方の定理の証明を見ておこう。

直角をはさむ2辺の長さを a, b 、斜辺の長さを c とする直角三角形 $\triangle ABC$ を考える。図のように、各辺を1辺とする正方形を三角形の外側に描く。このとき、直角をはさむ2つの正方形の面積の和は、斜辺を1辺とする正方形の面積に等しいことを証明する。
 $\triangle ABE \equiv \triangle AHC$ である。

したがって、

$$\begin{aligned} \text{四角形 } ACDE &= 2 \times \triangle AEC = 2 \times \triangle ACH \\ &= 2 \times \triangle AJH = \text{四角形 } AJKH \end{aligned}$$

同様に、

$$\text{四角形 } BCFG = \text{四角形 } BJKI$$

これらを加え合わせると

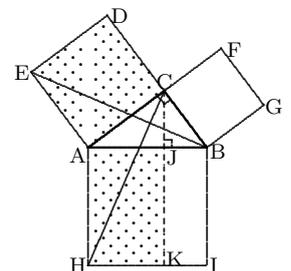
$$\text{四角形 } ACDE + \text{四角形 } BCFG = \text{四角形 } ABIH$$

よって $a^2 + b^2 = c^2$

となる。

注目すべきは、

等積移動： $\triangle AEC = \triangle ABE, \triangle ACH = \triangle AJH$
を用いていることだ。



4 三平方の定理は、文字式を用いる数学にとっても、極

めて重要な出発点を与える。例えば、『中学数学基礎』では、以下のような直線の直交条件の証明も示している。

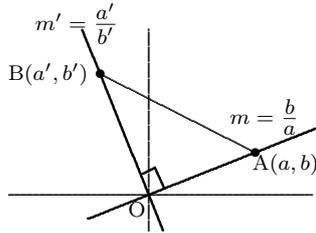
三平方の定理を用いて、2つの直線の直交条件を求めておこう。
点 $A(a, b)$, 点 $B(a', b')$ とすると, $\triangle AOB$ が直角三角形である条件は $AO^2 + BO^2 = AB^2$

$$\begin{aligned} \text{よって, } & (a^2 + b^2) + (a'^2 + b'^2) \\ & = (a - a')^2 + (b - b')^2 \end{aligned}$$

従って, $aa' = -bb'$

これより, OA, OB の傾きは,

$$\begin{aligned} m &= \frac{b}{a}, m' = \frac{b'}{a'} \text{ だから,} \\ m \times m' &= -1 \end{aligned}$$



ただし、『春夏秋冬 408号』で示したグラフの回転移動の公式を使っても直交条件は求めることができる。

$$\begin{aligned} f(x, y) = 0 \text{ のグラフを原点の周りに } \theta \text{ だけ回転したグラフの方程式は,} \\ f(x \cos \theta + y \sin \theta, -x \sin \theta + y \cos \theta) = 0 \end{aligned}$$

であった。

$$y = mx \text{ のグラフを } 90^\circ \text{ 回転する。} f(x, y) = y - mx = 0.$$

$$\cos 90^\circ = 0, \sin 90^\circ = 1 \text{ を用いると, } -x - my = 0, y = -\frac{1}{m}x.$$

即ち, 90° 回転した直線の傾き m' は, $m' = -\frac{1}{m}$ である。

よって, $m \times m' = -1$ となる。

5 『原論』では、三角形の相似条件の証明の基礎に、2つの定理を利用しているが、その一つは、以下の等積移動の考えを用いる定理である。

$\triangle OAB$ の辺 OA, OB の延長上に、それぞれ点 C, D をとるとき、
 $AB \parallel CD$ ならば、 $OA : OC = OB : OD$ が成り立つ。また、逆も成り立つ。

証明

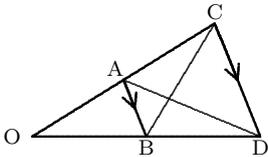
$$\triangle OAD \text{ において, } \triangle AOB : \triangle ABD = OB : BD \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\triangle OBC \text{ において, } \triangle AOB : \triangle ABC = OA : AC \quad \dots \textcircled{2}$$

$AB \parallel CD$ より $\triangle ABD = \triangle ABC$ 。

$$\text{したがって, } \textcircled{1} \text{ から, } \triangle AOB : \triangle ABC = OB : BD \quad \dots \textcircled{3}$$

$$\textcircled{2}, \textcircled{3} \text{ から } OA : AC = OB : BD \quad \dots \textcircled{4}$$



$$\textcircled{4} \text{ と比の性質より } OA : (OA + AC) = OB : (OB + BD)$$

$$\text{よって } OA : OC = OB : OD$$

逆に, $OA : OC = OB : OD$ ならば, $OA : AC = OB : BD$ となり,

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \text{ から } \triangle ABC = \triangle ABD \text{ となる。}$$

AB を底辺とした2つの三角形の高さが等しくなり, $AB \parallel CD$ 等積移動は, ユークリッド幾何学の根幹部分に関わる重要な考え方であったのだ。

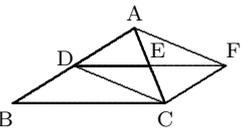
勿論, 三角形の相似条件は, 等積移動の考えを通した方法のみが存在するわけではない。『中学数学基礎』では, 十数年前までは, 中点連結定理 (これは, 相似を用いないで証明することができる) を拡張して, 相似条件を導いていた。

『中学数学基礎』には, 以下の様書いている。

現在, 中点連結定理は相似の応用と見なされているが, 中点連結定理は

相似の考えを全く使わないでも証明できる。

$\triangle ABC$ の AB, AC の中点を D, E とし, DE の延長上に $DE = EF$ となる点 F を取る。点 E は AC, DF の中点より, 四角形 $ADCF$ は平行四辺形となり, $AD \parallel FC, AD = FC$ である。



したがって, $DB \parallel FC, DB = FC$ となり, 四角形 $DBCF$ は平行四辺形である。よって, $DE \parallel BC$ 。また $DE = \frac{1}{2}DF = \frac{1}{2}BC$ 。

12年ほど前までの『中学数学基礎』では, これを整数比 $m : n$ に拡張し, 相似の基礎を構成していた。これは, 筆者のアイデアによるものであったが, 少し話が長くなるので, 現在は、『原論』に従った構成に改めている。

過去に, 一度『春夏秋冬』に書いたが, 要望があれば, 再度, 紹介しても良い。しかし, より重要なことは, 科学がどうい経緯・原理で発展してきたかを理解することが, 科学をどう発展させるかを主テーマとして学習する上では, 極めて重要な学習の過程となることを忘れてはならない。従って, 『原論』を踏襲する現在のやり方が, より理に適っている。

もちろん指導要領準拠の教科書の“相似”は (何回も繰り返し述べてきたが) “合同”も, 現在でも, “数学” になっていない。

以上のような歴史的経緯を考慮すると, 小学校レベルの三角形の面積の公式を根拠とした等積移動のまま学習を継続し, 文字式を使った現代数学に移行する教育・学習の進め方は, 自らも数学やその応用で創造的な貢献をめざす, という原則的な教育・学習の主要な目標「知的創造的能力」と全く相容れないものとなっている。愚民化教育だ。

6 今回の『春夏秋冬』を含め, この数年間, 何のために, できるだけ多くの若者が, できるだけ高度な基礎科学を大学学士課程の修了までに修得できるようにしなければならないのか, について具体的に考察しており, 今後もこれを継続するつもりである。現代社会はますます多くの人に「知的創造的能力」を要請するようになっており, 現代の教育は結果としてではなく真正面からそれに答えなければならなくなっている。

「知的創造的能力」は, 言い換えれば他の人が未だなしえていない科学的認識に到達することであり, そのためには第一に, 科学の発展の法則性 (歴史) に則った教育・学習が必要であり, 第二に, その原動力は個人やその人が属する社会の個性・多様性に大きく依存することを認めなければならないことである。それは, 定量的で均一な能力, 解が確立している課題に即興的に正解する能力とは真逆の能力である。過去に, 世界の何処かの誰かが解いた課題に, 短時間で正解しても, そこには何の創造的な価値も存在しない。AIは, 優れた言語理解力・検索能力・形式論理的展開力・深層学習力を活用して, まますます多くの課題に即興的に正解することができるようになる。人には, まますます歴史的に初めての, しかも AI だけでは正解できない課題に取り組まねばならなくなる。ここで要請される能力を「知的創造的能力」と規定しているのであり, これこそが現代が人に主要に要請する学力である。