

発見的認識のベーシック・メソッド

関根 靖光

(平成13年10月4日受理)

On the Basic Heuristic Method

Yasumitsu SEKINE

(Received on October 4, 2001)

キーワード：発見的方法－知的自己実現－創造的教育

Key words: heuristic method — intellectual self-realization — creative education

序

平成3年、一般教育の枠組み規制が取り払われた大綱化以降、各大学には特色ある教養教育の新たな構築という課題が課せられてきた。しかし多くの大学で起きたことは、教養教育の再構築どころか専門教育によるその蚕食であり縮小化であった。存在意義の検討に入る間もなく、組織上、居場所さえ失った大学もある程である。

しかしこれに対して公的な立場から歯止めの試みが無いわけではない。平成12年11月の大学審議会の最終答申『グローバル化時代に求められる高等教育の在り方について』¹⁾は、教養を重視した教育の改善充実を第一の課題として挙げ、その内容として次の5目標を明示している。①高い倫理性と責任感を持って判断し行動できる能力の育成、②自らの文化と世界の多様な文化に対する理解の促進、③外国語によるコミュニケーション能力の育成、④情報リテラシーの向上、⑤科学リテラシーの向上。これらの目標が旧大学設置基準の一般教育の人文・社会・自然・語学(情報含む)の4部門に概ね対応することは明らかである。とはいえ、旧来の一般教育の枠組みの単純な再興をねらっているのではない。現代および近未来の世界が日本に期待する人間像(これを簡明に自立しコミュニケーションできる地球市民像と名付けよう)を実現するための教育内容を示唆しようとしているものであると理解できる。つまり、いずれの専門を専攻するにせよ、それらに埋没するのではなく、自立しコミュニケーションできる地球市民として自覚し成熟することを日本の

高等教育の今後の主課題として掲げ、その実現に必要な不可欠と思われる5種のプロセスとして上記の5目標を提起していると捉えることが可能である。そして、自立しコミュニケーションできる地球市民としての自己形成は、フンボルト的な教養概念である「自己形成(Bildung)」の21世紀ヴァージョンとして定義し直したものと解釈できる。最終答申の教養重視には、日本の大学はこのように再解釈された限りでの「教養的²⁾大学」として生まれ変わらねばならない、とのメッセージが含まれていると読み取れる。

本稿は、上記の教養概念に含まれる多様な側面のうち「自立」の側面、しかもそれを知的観点から取り上げ、高等教育がその育成に取り組むべき「自立的知的営為の何であるか」を考察し概説することによって「教養的²⁾大学」が教育法やカリキュラム形成等で今後採るべき方向を示唆することにする。

§1 信頼のネットワークによる認識と発見的認識

自立的な知的営為とは何か、という問いに対する答えの概略は大学審議会の中間報告にあたる平成10年10月の答申²⁾に触れられている。曰く、21世紀の高等教育においては、「主体的に変化に対応し、自ら将来の課題を探索し、その課題に対して幅広い視野から柔軟かつ総合的な判断を下すことのできる力(課題探索能力)の育成を重視することが求められている」と、この「課題探索」という知的プロセスの自主・自立的な展開を、仮に「自立的知的営為」と名付けておこう。

上記の中間報告の主張内容を更に分節化すると3つの大契機とその連関を示す次のような図式が見えてくる。

「変化に富んだ問題状況→将来を見越した課題探求の自主・自立のプロセス→解決状況」。「自立的知的営為」とは、この図式の特に真ん中の契機の自発的实践に重点を置いた言い方であることは明らかである。1番目の問題状況や3番目の解決の契機が重要であるのは当然であるが、そもそも状況の問題性および問題解決が適切・的確かなどの評価は結局、2番目の契機である課題探求者の解釈や探求や判断などの知的営みによって左右されるからである。正にその重要性を踏まえて、中間報告は課題探求能力の陶冶を高等教育機関に期待していると考えられる。従来の教育方法では、課題探求の知的プロセスが余りに他人任せの部分が多かったことの反省、また来るべきグローバル化時代への危機感などが背後にある隠れた動機であろう。

本稿は、課題探求の自主・自立のプロセスの特性の考察を目的とするが、筆者は、認識論を扱った「哲学」の授業で「自分で発見した知識がありますか？ あるならば思い出す限り書き出して下さい」という形で教場レポートを書かせることがしばしばある。結果はどの大学、学部、学科においても学生達の最初の反応は概ね似たようなものであった。彼らの殆どがどう考えても思いつかないという態度なのである。思い出せない、というよりそのような体験は皆無に近いのでどうしても思いつかないとも言えるような思案顔。この現象が示唆しているのは、学生には自分で自発的に課題や問題を立て、その問題の答え探求をどうにか自力で展開し、答えの可能性を推測し、その真偽を何らか自分で検証し、最終的に真ないし真に最も近い答えを判断するに至る、といった知的経験が圧倒的に少ないという日本の教育状況の現実である。なるほど、受験戦争を突破して大学に入学はしてみたが、暗記や応用のテクニック偏重の受験本位の学習に追われて、教えられた知識に対し素朴な疑問や好奇心を抱いて徹底的に探求したりすることが回避され続けてきた結果、それが知的習性になってしまった、と解釈できるだろう。

学生達には次のようなアドバイスをして助けることにしている。「ニュートンやアインシュタインのような大発見を思い浮かばなくてもいいのです。何か日常なことで、誰からも助けられずに自分で洞察し発見したことがきっとあると思いますよ。それも結構多くあると思います。例えば、おいしい卵焼きの作り方を自分で発案したとか、バレーボール部で上手なレシーブの仕方を自分

なりに考案したとか」学生達はそこで安心して、学問的にはトリヴィアルかもしれないが(実はすべての大発見はトリヴィアルな疑問から出発しているので、含蓄的にはトリヴィアルな現象といったものはない)自分史にとっては輝かしい知的発見をレポートすることになる。理学系、文化系、家政系、どの分野であろうと共通して多い事例はクラブ活動での種々の工夫である。家政系の場合は料理、服装、染色、アルバイトなど生活の多岐の面にわたる。しかしどの系列であれ、学生達がレポートで表明する発見的知識の数は2ないし3、せいぜい5以内に限定される。これは、「自分で考えない」ことが知的習性になった結果であると推測できる。しかしポジティブに考えれば、習性ならば今日を第一歩として変えていくこともでき、大学審議会は高等教育にその大変更を期待しているのであろう。

ところで一般的に、「自力で発見した知識」という部分集合は全体の何パーセント位を占めているだろうか。残念ながら確かな統計が見当たらないが、学生の報告書から、彼ら自身が「自力発見」と自覚している知識が驚くほど希有であることが窺い知れる。人間には自力発見の認識能力はどの程度あるのだろうかは今のところ推測の域を出ないが、現状を遙かに上回ることは予想できる。他者依存の知的習性が課題探求能力の育成を阻害してきたと言えるのである。今後の研究課題であろう。

いずれにせよ、我々の知識の大半は多くの人の手を経て伝達されてきた間接的知識であることは疑い得ない。1 + 1 = 2の真であることや時間、空間の意味を疑い、一々最初から証明し直しその上で自分の問題に挑戦しようとする人は滅多にいない。ベースとなる知識は、或る時、誰かが初めて証明したり検証したりしたものであるが、それらの真が一旦決定的意義を有するようになると信頼すべき伝承のネットワーク³⁾を通じて受容されていくものである。受験知識とはそのような間接的知識の集積物である。図式化すれば、

$$A_0 \rightarrow A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow \dots \rightarrow A_{n-2} \rightarrow A_{n-1} \rightarrow A_n$$

Aは或る知識を表す。A_nは知識伝承のn番目にあたる私のところに教師を通じて伝承してきたばかりのその知識を意味し、A_{n-1}はその教師に伝えられた知識Aを意味する。この信頼に基づく伝承のネットワークを遡るとA₀という当該知識の源泉に至るだろう。Aという定理や法則は0番のところそこで初めて発見的に認識されたわけである。我々が「自立的知的営為」を身につけ

る為には、 A_1 から A_n へと伝承されてきたような間接的知識で満足するだけでなく、 A_0 におけるような発見的認識を自ら身につける必要があるだろう。つまり、自発的に課題や問いを立て、自らの力で答えを探求し、最終的に真ないしそれに近似する判断に至る発見的認識プロセスを修得していく必要がある。例えメジャーな発見には至らなくても、そのような知的習性は、真の意味で「知る」という活動を可能にすることだろう。

以下、科学史上著名な発見的認識を手掛かりに、自立的知的営為の一般的方法論を考察していく。

§ 2 アルキメデスの「ヘウレーカ！」体験

科学史上、報告されている発見の中で最も有名なものはアルキメデスの「ヘウレーカ！」体験であろう。ウィトルウィウスの『建築書』⁴⁾中に記録されている挿話を参考に、淡色の脚色を施して再構成してみる。

話の発端はこうである。紀元前3世紀、シュラクサイの僭主ヒエロンが、神々への捧げ物として金の王冠を作らせようと思立った。そこで、重さを精密に計った上で材料である純金の塊を請負の金細工師に渡した。出来上がった王冠の出来栄は大変立派で王は大満足であった。ところが、この王冠は純金ではなく、一部、銀が混入しているという噂が耳に入った。王は直ちに件の金細工師を宮廷に呼び付け審問したが金細工師は王から預かった純金を全部使用した、その証拠に材料の金塊と王冠とは同じ重さであると身の潔白を訴えるばかりである。

それを聞いた重臣の一人が、中に銀を詰めても同じ重さにできると王に耳打ちしたため王は困ってしまった。事の真偽を確かめるためには王冠を割って調べるのが最も簡単ではあるが、壊すには惜しいほど王冠の出来栄は見事である。思案のあげく王は「王冠を壊さずに、この王冠が純金かどうかを判定せよ」と学者達に命じたがすべて徒労に終わる。そこで希代の科学者アルキメデスが呼ばれその難問を解くよう王から要請された。連日連夜の努力にもかかわらず、問題を解く糸口すら見つからず、さすがのアルキメデスも疲れ果て、気分転換に公衆浴場に出掛ける。そして、なにげなく湯槽に身を沈め溢れ出る湯水を眺めていたところ、彼は突然「ヘウレーカ（発見した）！」と歓喜の叫び声を発して湯槽から飛びだし、衣服を着けるのも忘れて裸のまま家に戻った。

ウィトルウィウスによると、「ヘウレーカ！」と叫んだ瞬間、アルキメデスは王冠問題を解く鍵を発見したと

のことである。そのヒントになったのは、ウィトルウィウスによれば、「湯槽から彼の身体の体積分だけ湯が溢れ出る」現象であった。他の俗伝ではその時アルキメデスは王冠問題解決の鍵として「浮体の原理」を発見したことになっており、後世若きガリレオが正にその立場に立って処女論文『小天秤』⁵⁾を書き浮力の原理に基づく王冠問題解決策を提示したのであるが、ウィトルウィウスでは溢れる湯量と身体の体積との同量関係が手掛かりとされている。実際、『建築書』によると自宅に戻ったアルキメデスは次のような実験を行なったとされる。

彼は王冠と同じ重さの金塊と銀塊、それに水槽を一つ用意した。水槽を水で一杯に満たすと静かに銀塊を沈めてみた。するとそこから水が溢れ出る。銀塊を取り出すと水槽の水は溢れ出た分だけ減っていた。溢れ出た水量を測定するため、彼は水槽に別に用意した水を注入してどの位の水量で水槽が再び一杯になるか計量した。次に金塊を用いて同様の実験を行なったところ、銀塊よりも金塊の方が溢れ出る水量が少ないことが分かった。最後に、例の王冠を水槽に入れたところ溢れ出た水量は銀塊の時より少なく金塊の時よりは多いという結果が得られた。この実験結果に基づいてアルキメデスは、王冠を壊さずに王冠が純金製でないことを立証したのである。

さて上記の伝承された実験を分析すると、アルキメデスは少なくとも実験の直前に次の3原理の考え方をもちそれらを実験の構成原理としなければならなかったことが分かる。

- (1) 物体の種類が同じで重さが等しい場合、空間的形態が異なろうとも体積は同じである（仮に異形同体積の原理と名付ける）
- (2) 同じ重さでも物体の種類が異なる場合、それぞれの体積は異なる（同重異体積の原理と名付ける）
- (3) 水の中に物体を入れると、その物体の体積分だけ水が排出される。（排水の原理と名付ける）

まず(1)の原理から、王冠が純金製ならばたとえ姿形は変わってもそれと同じ重さの金塊の体積と同じ体積を持つことが帰結される。次に(2)の原理から、もし王冠が純金製ではなく何か他の金属が混入している場合、たとえ同じ重さでも同重量の金塊とは体積が異なる。以上(1)と(2)から、王冠が純金かどうかは、同重量の金塊と同じ体積かどうかを調べれば分かることになるが、それは(3)の原理に基づいて、王冠およびそれと同重量の金塊を水を一杯に張った水槽に入れて、それらが排出する水量

を測定し比較すれば判明する。

アルキメデスは「ヘウレカ！」と叫んだ瞬間、上記の3原理を活用して王冠問題が解けることを洞察した筈である。ところで、それらの原理は既に自明のものとして彼に知られていたのか、それとも少なくともその一部については、公衆浴場のその現場で正に彼が初めて直観的に発見したのか、「ヘウレカ！」体験の歴史的事実の仔細については記録がないので最早確定不能である。しかし自立的知的営為の核となる発見的認識の特性を、その偉大な発見の逸話を手掛かりにどうにか理解し修得したい我々にとってはその貴重な実例を歴史の闇に葬ったままにしてはいけぬ。ウィトルウィウスの伝承を参考に、「ヘウレカ！」体験を想像的に再構成し、それにイメージ不変性分析とでも称され得る分析を施して発見的認識の特性理解を深めていきたいと思う。

§3 「ヘウレカ！」体験の再構成とイメージ不変性

再度、公衆浴場でのアルキメデスに焦点をあてる。そして、彼の発見的認識の生じた場所は他のどの場所でもよかったというのではなく、やはり公衆浴場での体験に強く結びついたものであったと仮定しよう。その仮定の上で、彼の「ヘウレカ！」体験を自由想像的に再構成してみる。その際問題になるのは、自由想像は全くでたらめな虚構になるのではないか、という懸念である。実際、筆者が学生達にこのアルキメデスの発見エピソードについてウィトルウィウスを参考に自由にストーリーを創作させたところ、理学系文化系の別なくポイントを欠いた単なる風呂屋での心象風景のものが多かった。ポイントを欠いていると言うのは、どんなにイメージを自由に解放して物語創作しても、あの発見物語で記述されている実験にとって構成上必須要件である3原理が何らかの形で含まれねばならないからである。それが出来るためには、逸話の分析がかなりうまくできていなければならない。3原理を析出し、その上でそれに基づいて自由な復元をするというのがミソなのである。数学で、図形の自由な変形を通して同位相的に不変である性質をトポロジー不変性と呼ぶが、それと類比的に、自由なイメージによるいかなる変形を通じても不変である基本構造をイメージ不変性と呼ぶとすると、正にアルキメデスの発見エピソードの想像的再構成は、3原理と王冠問題との関わりをイメージ不変性として含まなければならない。以下の想像的再構成は筆者が試みたものである

が、イメージ不変性を考慮に入れた無限に可能な自由創作の一つに過ぎない。これを単純に「想像Ⅰ」と呼ぶことにする。物語の構成契機である心象シーンの各々に番号をふり、その一つについて「発見的認識とは何か」の観点から解説を施し、発見的認識の理解に資する要素や条件や構造を浮き彫りにするつもりである。

[想像Ⅰ]

- ① [アルキメデスは心身の疲れを癒すべく湯に身を沈めた]
- ② [アルキメデスが身を沈めると、同時に湯が溢れ出た。それを彼はしばらくぼんやり眺めていた。すると何とはなくふと次のような問が頭に浮かんだ]
- ③ [湯が溢れ出たが、どの位の量の湯が溢れ出たのだろうか]
考えるともなく、推理が動きだす。
- ④ [自分が湯に入ることによって湯が溢れ出たのだから・・・そうだ、自分が湯に入ることによって身体が湯を押し出し、それが溢れ出るのだから自分の身体の体積分だけ湯が溢れ出たに違いない]
しばらく湯につかっていると、このところ彼をずっと悩ませていた金塊が、ふと脳裏をよぎり、
- ⑤ [さて、自分と同じ重さの金塊を湯槽に入れたらどうだろうか]と自問している。
- ⑥ [自分と同じ重さの金塊はずっと小さいだろう。それを湯にいれたらどうか・・・そう、自分と同じ重さの金塊はずっと小さいから、自分の身体の時と比べ、溢れ出る湯もずっと少ないに違いない]
すると、彼の身内に何か高揚した予感のようなものが溢れ出て、突如次の問になる。
- ⑦ [王冠の場合はどうだろうか。王冠と同じ重さの金塊を湯槽に入れた場合と比べると、湯の溢れ方はどうなるだろうか]
金塊から王冠が出来上がるプロセスが連続的なイメージとして浮かんでくる。
- ⑧ [金塊が変形しながら王冠になるのだから・・・両方の体積は同じだ！]
頭がぐるぐる急速に回り予感に満ちた緊張が加速され、そして突然、解放の瞬間。
- ⑨ [そう、王冠が純金ならば材料の金塊と体積は同じだから、それによって溢れ出す湯量も同じ筈だ。そして純金製でなければ・・・そう、当然湯量に違いが出る筈だ。ヘウレカ！ 王冠の問題の解

き方がとうとう分かったぞ。王冠を湯に入れたとき溢れ出る湯量と、その王冠と同じ重さの金塊を湯に入れたとき溢れ出る湯量を比較するだけではないんだ、ただそれだけのことなんだ！]

彼はあまりの有頂天で、服も着けずに自宅に急行しウィトルウィウスの伝える水槽の実験を、喜びの余韻にひたりながら実施した。

「想像Ⅰ」についての以下の解説は、先の3原理と照らし合わせながら行なわれる。即ち、(1)異形同体積の原理(=同種類で同重量の物体は空間的形態が異なろうとも体積は同じ)(2)同重異体積の原理(=重さは同じであるが、種類が異なる物体はその体積も異なる)(3)排水の原理(=水中に物体を入れるとその物体の体積分だけの水が排出される)。

〔想像Ⅰの解説〕

① [アルキメデスは心身の疲れを癒すべく湯に身を沈めた]

彼が身を沈めてから実際に行なっただろうことや彼に生起しただろうことは無限に想像可能である。しかし、ここでは王冠問題の解決の糸口になった体験内容以外はさして重要でないとして考察外におこう。いま、人が湯につかった時に気付くだろう内容のうち、次の2点のみを重要なものとみなして話を進める。

(イ) 湯に身を沈めた時、湯が溢れ出た

(ロ) 湯に身を沈めた時、身体が軽くなった

このうち、特に浮体の原理発見につながる(ロ)は後年、ガリレオの知的イメージを刺激したものであるが、ウィトルウィウスに従って(イ)がアルキメデスの注意を引いた体験内容であったと仮定して論を進める。即ち、

② [アルキメデスが身を沈めると、同時に湯が溢れ出た。それを彼はしばらくぼんやり眺めていた]

ところで状景をただぼんやり受け身的に眺めているだけでは、現象全体は体験の漠然とした感情的気分に没したままで、特殊な意味連関、特に物理的意味を持つものとして現象しはしない。例の王冠問題の解決につながる発見があったとしたら、アルキメデスは湯が溢れる状景をぼんやり眺めているうちにその状景の何かにふと気付いた筈である。それは何だったのだろうか。湯が溢れ出るといふ単一の現象だけをとって、彼のうちに生じた関心は多種多様であろう。例えば、湯の溢れ行く波紋運動、その速度、湯の中の熱感の変化etc. 更に、自分の身

体と湯が溢出との関連についても種々の関心が生まれうる。身体の動きと湯の波紋運動の関連etc.

ここでは、伝承が示唆するように、上記3つの原理の中、排水の原理が最初に思いつかれたとする単純な仮説を立てて考察を進めよう。もし排水の原理がアルキメデスに先行する誰かによって既に確定されたものだったとすると事は簡単である。彼は湯が溢れ出るのをぼんやり眺めながら、溢れる湯の量を自分の身体の体積分であるという、かつて学んだ原理をふと思い出したということであろう。他方、彼自らが原理としてのその原理の最初の発見者だとすると、彼は湯が溢れる状景を眺めるうちに当該の原理を発見的に思いついたということになる。

さて、疑問を持つとは、漠然と感じられていたに過ぎない現象野にその現象を分節化する視点とか観点ないし次元或いはその現象の意味とかを注入しそれらについて疑問を抱くということであるから、排水の原理を思いつかせた端緒は次の問いであったに違いない。

③ [湯が溢れ出たが、どの位の量の湯が溢れ出たのだろうか?]

この問と共に、のっぺりとしていた現象野に、湯の溢れる量という観点が導入される。しかもその量は未知のものとして確定的答えを待っている。

④ [自分が湯に入ることによって湯が溢れ出たのだから・・・そうだ、自分が湯に入ることによって身体が湯を押し出し、それが溢れ出るのだから自分の身体の体積分だけ湯が溢れ出たに違いない]

これは正に排水の原理の直観的把握である。③では、自分の身体の体積という観点と溢れ出た湯の量という2つの観点およびそれらの関連性が、漠然とそれを生きていたにすぎない具体的体験の中に意識的に注入され、その体験全体をそれまでとは異なる様相で再構成する。換言すれば、湯が溢れ出るといふ何気ない状景は、自分の身体と溢れ出る湯との関係という新しい布置の中で、そのような関連の意味を持ちうるものとして改めて現象し直している。或いはもっと厳密に言えば、そのような布置の中で身体の体積と溢れる湯の量の数量的関係がどのようなものであるかという③の問を、その体験自身投げ掛けているかのように現象している。この未完の開かれた構造は、その問の答えを得て初めて充足できるのである。が次の瞬間、④において、二つの量が等しいという答と何故等しいのかの理由が一挙に捉えられる。更に、自分の身体とその身体によって溢れ出た湯量という具体的特

殊性が払われれば、抽象的原理としての排水の原理そのものの洞察に直行するだろう。つまり、或る物体の体積 V とその物体によって排水された湯量 M 、といった一般化された2つの変数間の等号関係。ところでこの排水の原理だけでは王冠問題の解決にまだ程遠い。次にアルキメデスは「重さ」という新しい観点をふと思いついて、現象野に投げ入れたものとして話を進める、即ち

⑤ [自分と同じ重さの金塊を湯槽に入れたらどうだろうか?]

四六時中彼を悩ましていた王冠問題を一時でも忘却するためにこそ浴場に赴いただろうに、金塊とか王冠がふと脳裏をかすめるといふのも至って自然の心理であると思われる。この⑤の問で、現象野に「重さ」という新しい次元が負荷された。

⑥ [自分と同じ重さの金塊はずっと小さいだろう、それを湯に入れたらどうか・・・そう、自分と同じ重さの金塊はずっと小さいから、自分の身体の時と比べ、溢れ出る湯もずっと小さいに違いない]

最初の文についてであるが、アルキメデスは遙か昔の子供時代から、さまざまな物質を手にとって或る物は大きいのに意外に軽く、他の物は小さいのに意外に重といった経験を積み重ねて来ただろう。そして経験から、金塊は小さくても思いの他重く自分の身体と同じ重さの金塊は随分小さい筈だと推定できたと思われる。この最初の独白部分には、「物質の種類」と「重さ」の両者が関連する「体積」の考え方と、更に既に④で確認した、その物質の「体積」とそれを湯に入れた時の溢れ出る「湯量」の等号関係が同時に意識されている。あえて現代的な関数的図式を用いれば、前者の関係は、物質の種類 k と重さ w を持つ体積関数 $V(k, w)$ として、また後者の排水の原理は、 $V=M$ で表現できるだろう。体積関数 $V(k, w)$ の方は、その変項 k の中にいろいろな物質名を入れ、また変数 w にいろいろな重さの値を入れてその物質の体積 V を測定すると、さまざまな V 値を示す筈である。ところでアルキメデス自身の身体の重さが或る値 W だったとすると、⑥の冒頭の問は正に次のような分節化された考えの縮約形とみなすことができる、つまり

⑥' [V(「自分の身体」, 定数 W) = V_1 と V(「金塊」, 定数 W) = V_2 を比較すると経験から $V_1 > V_2$ だろう。それらを湯に入れたらどうか。それらを湯に入れた時の溢れる湯量 M_1 と M_2 を比較するとどうだろうか・・・そう、 $V_1 > V_2$ で、しかも排水の

原理によって $V=M$ だから・・・ $M_1 > M_2$ に違いない]

すると突然、彼の脳裏に次の決定的問が生じる(と筆者は想像的に再構成する)。

⑦ [王冠の場合はどうだろうか。王冠と同じ重さの金塊を湯槽に入れた場合と比べて、湯の溢れ方はどうだろうか]

例の王冠問題が彼の頭脳を急襲する。

⑥の体積関数 $V(k, w)$ を用いると⑦の問は次のように翻案できる。体積関数 V の変項 k に「王冠」、変数 w に「その王冠の重さ」である定数 W を入れ、間髪を入れず次に、定数 W はそのままにして k に「金塊」を入れてみる。そのとき両者の V を比較するとどうなるか。同じことだが、両者が溢れさせる湯量 M を比較するとどうなるか。

アルキメデスの眼前に、金塊から徐々に連続的に変形されて王冠が出来上がるプロセスがイメージとして思い浮かんだことだろう。

⑧ [金塊が変形しながら王冠になるのだから・・・両方の体積は同じだ!]

物質が同じで重さが同じならば形が異なっても体積は同じである、という異形同体積の原理が素早く把握され彼の頭は予感に満ち満ちて急速にぐるぐる回り出す。自由変形の操作子を C とし物質を k とすると、 $V(C(k)) = V(k)$ が異形同体積原理の関数表現となるが、⑧の洞察とは、 $V(\text{王冠}) = V(C(\text{金塊})) = V(\text{金塊})$ と表現できるだろう。と、突然の解放。王冠が金塊全部を使っているのならば、王冠と金塊は体積が同じだ、 $V_1 = V_2$ 。ところで排水の原理によって $V=M$ だったからそれらが湯に入れられたとき溢れ出す湯量も等しい筈だ、つまり $M_1 = M_2$ 。逆に $V_1 \neq V_2$ ならば $M_1 \neq M_2$ 。

⑨ [・・・ヘウレカ! 王冠の問題の解き方がとうとう分かったぞ。王冠を湯に入れたとき溢れ出る湯量とその王冠と同じ重さの金塊を湯に入れたとき溢れ出る湯量を比較するだけでいいんだ、ただそれだけのことなんだ!]

$V=M$ ならば $M=V$ だから、溢れ出る湯量という実に単純な実験結果の比較によって $M_1 = M_2$ なら $V_1 = V_2$ 、つまり王冠は純金製であることが立証されるし、他方 $M_1 \neq M_2$ なら $V_1 \neq V_2$ 、つまり王冠は純金製でなかったことが立証されるのである。

以上、想像 I の解説であったが、ウィトルウィウスの

逸話中の銀塊の実験は、「王冠を壊さずに、王冠が純金製か否かを調べる」という王冠問題の本質部分からすれば2次の意義しかないでここでは割愛した。後に若きガリレオは、アルキメデスほどの大学者なら、「浮体の原理」を用いて王冠の不純性だけでなく、金と銀の構成比率すら精確に測定しえた筈だと確信し、彼の処女論文『小天秤』でその小天秤の制作法と浮体原理に基づく構成比率測定法を詳説したのだが、ヒエロン王の期待は「浮体の原理」や金銀の混合比測定といった高レベルのものでは到底なかったと見るべきである。

§ 4 「ヘウレーカ！」体験に見る発見的認識の特性と発見的認識母型

「ヘウレーカ」体験の自由想像による再構成は「想像Ⅰ」の他にも無限に可能であろうが、イメージ不変性の点からは限定されたものになるだろう。ウィトルウィウスの伝承を基にした場合は例の3原理が不変的核にならないといけない。発見的認識プロセスに関する想像シーンの系列も上記と異なるシナリオが無限に可能であろう。しかし、発見的認識プロセスにもそれを発見的たらしめている不変的なダイナミック構造がある筈である。

第一に、アルキメデスが公衆浴場に赴いた動機は王冠問題解決のためではなかった筈である。疲れを取り心機一転したい気持ちからだっただろう。彼がゆっくり湯槽につかったとき、彼はさまざまな感覚的印象を持ったことだろう。湯が暖かくて気持ちがいいとか、いつものように体が軽くなったような感じとか、浴場で響く音が心持ち大きく分厚く聞こえそれが何とも言えず心地よいとか。もちろん、身体を湯中に沈めたとき波紋を起こしながら湯がゆっくり外へ運動していく等、知的関心をひく現象は無限に隠されているが、湯に入っているとき人は通常、湯の暖かさに包まれてゆったりと過ごすのみである。風呂に入るとはそういうことでいいわけだ。この「体験」と名付けられるシーンには実は無限の問題が胚胎しているのであるが、気付かないだけなのである。

第二に、ふとしたきっかけで彼は現象の何かに気付いた。日常気にしていなかった湯の溢れる様子とか、身体が軽くなった印象とかに。現象が常々送っているサインの数々。ここからは彼の知性が能動的に発動されなければならない。「溢れる湯の速度はどのくらいだろう」「溢れる湯量はどのくらいだろう」「ばかに熱いがどのくらいの温度だろう」「湯中では身体が軽くなった感じだが、

通常の体重よりどれくらい減っているのだろうか」等等。つまり、ばーと体験したままの現象野に「速度?」「湯量?」「温度?」「湯中の体重?」といった諸々の関心事、観点、次元が彼の方からの問いという形で意識的積極的に投げ掛けられる。更にそれら観点が変項や変数として自由に変化され、それらの関連性、相関性などが問われていく。発見的認識にはこの能動的な「問いかけ」というシーンは必ず必要である。このことによって現象野は答える責務を負荷され、観察とか実験といったうまいお膳立てが整えられれば答えざるを得ないという状態に追い込まれる。

第三に、問いかけだけして答えを探求しない人はごまんというだろうが、アルキメデスは現象野に問を投げ掛けるとそれを停止せずに、その答えをさまざまに推論し問答をあれこれ繰り返しながら探求し続ける。彼が正に浴場において発見的認識をしたということならば、湯につきながら必ずやこの答え探求のプロセスを実行したに違いない。この過程で彼は終に王冠問題解決に必須の洞察を得る。「ヘウレーカ！」である。この洞察はしかし決定的答えでは未だない。蓋然性が限りなく100%に近い仮説的推測である。彼が自宅に急行して伝承された実験をした、ということは、彼がまず逸る心を落ち着かせながら自分の推測が果たして正しいかどうかの検証実験を行ない、それが正しいと確証を得た後で王冠の真贋を決定する最終実験を整えた、と考えるべきであろう。

第四に、答え探求の過程で、解決への適切なアプローチ策、例えば的確な観察や実験構成のアイディアが浮かんだり、答えに密接に関わるかもしれない諸原理の洞察を得たり、答えそのものの様々な可能性すら予感し予想できる状態に至るだろう。しかしそれらは有力な推測かもしれないが未だ仮説レベルのものである。最後にそれらの真偽を検証したり証明したりするなどして、仮説が真であることを判断する段階にまで進まなければならない。そこに至って認識は一応、初期の目標に到達したことになる。

第五に、ウィトルウィウスの逸話では自宅での実験後の話は載っていないが、当然王の前で例の王冠が純金ではなくインチキである所以を、水槽実験を実演しながら説明したことだろう。これが認識結果を踏まえた次の実践段階である。王はその実演ショーによって王冠問題終了、ということで満足したに違いない。しかしアルキメデスのような大科学者にとってはそれは本格的な理論活

動の端緒に過ぎない。例の3原理を原理として精確に証明し世間に公表し他の学者との対話や議論の可能性を開く、といった作業とか、王冠内の金銀の含有率を測定する方法を考察するとか。

上述の5契機を含む発見的認識のダイナミズムを、筆者は従来より「学→問→思→弁→行」構造と見做しこれを発見的認識母型と名付けている。上記の段階との対応関係で言えば、第一段階＝学、第二段階＝問、第三段階＝思、第四段階＝弁、第五段階＝行。

「学問思弁行」の出典は儒教の四書の一書『中庸』⁶⁾である。その20章17節で、「誠は天道なり、これを誠にするは人の道なり」と説かれ、18節では、この「誠」を「誠」に実現する人の道として、「博くこれ(=誠)を学び、審かにこれを問い、慎しみてこれを思い、明らかにこれを弁じ、篤くこれを行う」ことが勧められている。この章句を貫いているのは人の道のダイナミズムである「学→問→思→弁→行」であり、これが人を「誠」の実現へと運ぶ道筋(meta hodos=method=方法)とされる。筆者はこの図式を発見的認識の普遍的な動的構造を表す最適の表現として採用し、「発見的認識母型」と名付けた。その各契機は次の認識論的意義を持つ。

「学」とは、体験し、経験し、学び、あらゆる事・物・理に対して関心を持つこと。

「問」とは、それら体験し経験し学習し関心を抱いている事柄について、「学」の状態のままで満足せず、「何?」「何故?」「体積は?」「重さは?」などさまざまな問題意識を持ち、現象に対して詳しく問いたてを行い問を分節的に定式化する努力をすること。

「思」とは、問うた事を問うたままに放置せず、問に対して適切な答えを得られるよう、答え探求の種々の工夫をこらし、答えのいろいろな可能性に思いを巡らし、推測し、仮説を立て、観察や実験構成を考案したり予想を立てたりすること。

「弁」とは、答えの可能性を可能性のままに止めず、答えの候補の中でどれが真の答え(に最も近い)か、真偽のほどを明確に弁別して当初の問に対する真なる答えを最終的に確定し判断を下すこと。

「行」とは、以上のような知的判断を世間に表明し他者との議論の可能性を開くだけでなく、認識結果に基づいてさまざまな事柄を篤実に実践すること。

この発見的認識母型は、本稿の冒頭部分で解説した「自立的知的営為」の普遍的方法論と言えるもので、こ

れを自覚的に修得して、種々の問題状況においてこの認識母型を自主自発的に発動し展開できれば、知的自立の点で成長・成熟が大いに期待されるのである。

受験・受験で追い立てられる教育状況では、多くの知識を広く浅く学びそれを器用に応用する側面、特に「学」の段階が強調され過ぎてきたが、「学」だけでは自立的認識のほんの端緒に過ぎない。「学」から更に進んでさまざまな疑問を持ち積極的に自ら課題や問いを立てる「問」の契機を実践し得て初めて「学・問」をやっていると言えるのである。また問題意式を持つだけでは不十分である。辛抱強い答え探求の試みをやってみる必要がある。そこで初めて「考える」プロセスの醍醐味を味わうことができるだろう。しかしこの「思」の段階は真の答えを得ない限り充足されない。答えの真と偽を弁別する「弁」に達することによって初めて、何かを知ったのだ、という満足感が得られ、知的に成長することが出来る。そしてその結果を自分の言動で表明し他者とコミュニケーションする「行」の段階へと進めば、グローバルなコミュニケーション社会の一市民として自立できるのではないだろうか。単なる「学」者に終わらず、「学問思弁行」者に成りたいものである。

§ 5 「学→問→思→弁→行」の累積的展開

ところで、「学→問→思→弁→行」の発見的認識母型は一回の施行で完成とはならず、更にそこから高次の問題が派生したり高階の関心へと発展することも十分あり得る。一人の人物が同一テーマをどこまでもどこまでも高めたり広げたり深めたり出来るのである。このような展開を「発見的認識母型の累積的展開」と名付けよう。例えば「何故空は青いのか?」という疑問をどこまでも追求したら、その累積的展開は大学院の物理学の博士過程の論文テーマにまで高まることになるではないか。「どうしたら卵焼きがおいしく食べれるか?」のテーマを追求した子供がたまたま作った卵焼きで満足せず、何故その温度で、その時間熱したらおいしくできたのかの原因をとことん追求すると、物理学や化学、更には生理学、心理学、比較文化的研究にまで踏み込んでしまい、栄養学科の博士課程にふさわしい学際的な研究にまで発展するだろう。もちろん発見的認識母型の累積的展開は個人のみならず、世代を越えても進んでいく。人類の知的歴史は、同一問題、同一テーマを巡るこのような累積的展開の宝庫である。問題に対する決定的な答えが獲得

できると、多くの場合その結果は真理として、発見者や証明者の名前を冠されて後代へと、信頼のネットワークを通じて伝承されていく。が、或る時一人の若者が疑問を持つことになる。この解決は本当に真なのかと、彼は先代の問題解釈を低次のもの、粗雑過ぎるものと感じたのかもしれない。或いは実験や証明方法に欠点を見いだしたのかもしれない。先代の最終解決に矛盾する反例を発見したり考案したのかもしれない。そこから問題は新たな解釈のもと高次のものになっていき、実験や証明はより精密より精確になり、理論は反例をも包含できる更に一般的なものに変貌していく。新しい知のヒーローやヒロインの誕生である。

本稿の王冠問題も以下のような問題解釈や解決の累積的展開が可能であるし、ウィトルウィウスの伝承やガリレオの試みが示すように歴史的事実としても発現した。

①段階の「問」：ヒエロン王の素朴な期待の反映。

既知の重量の金塊が与えられている。それから作られたとされる王冠は同重量であった。それが純金製かそうでないかであるが、不純な場合は銀のみが混入されているとする。この条件の下で同重量の王冠が純金か否かを、王冠を壊さずに実験的に決定せよ

①段階の「思」と「弁」：ウィトルウィウスの伝承を基に本稿で再構成した想像Ⅰのような、推測や実験構成の試みと、王冠の不純性の立証実験

②段階の「問」：①と同一条件で、実験的だけでなく更に実験構成の原理に関しても厳密に証明せよ。科学者としてのアルキメデスが持ったであろう問題意識

②段階の「思」「弁」は省略

③段階の「問」：①と同一条件で、②の問題に加えて更に、王冠が純金でない場合金銀の混合比をも実験的に精密に決定し、同時に実験の原理や理論も厳密に証明せよ。ガリレオの問題意識。偉大なアルキメデスがウィトルウィウス伝承のような幼稚で粗雑な解決法を行なった筈がないと確信

③段階の「思」「弁」はガリレオの『小天秤』を参照

④段階の「問」：①の条件の一部を、混入している金属を銀だけでなく、銅も混入されている可能性があるとして、王冠が純金製でない場合、3金属の含有比をも実験的に精密に決定し、同時に原理や理論も厳密に証明する

④段階の「思」「弁」は省略

⑤段階の「問」：④における3金属という条件を一般化し、任意の数の金属が混入されている可能性あるものとして、どの金属がどれ位混入しているか、その含有比も実験的に決定し、理論的にも説明原理を厳密に証明せよ。

理論的想像力を駆使した新たな問題解釈や課題設定によって王冠問題は、⑥以降も累積的展開がどこまでも可能であろう。

S6 学生による発見的認識事例と教養的カリキュラムの可能性

学生達に発見的認識母型の説明をした後、「自力による発見的認識」に再チャレンジしてもらいレポートを提出させた。彼らは自分の関心あるテーマに対して今や極めて自覚的に「学→問→思→弁→行」のダイナミズムを展開することができる。例えば数学科の学生は群論、工学科はゲーム論などで独自の問題を追求する。以下は家政系1年のKさんが実際に提出したレポートの概説である。テーマは「おいしい紅茶の入れ方」。Kさんは「おいしい紅茶の入れ方とは？」という「問」を自発的に自分に課したわけである。

冒頭でKさんは紅茶のおいしさを、香り、味、色、温度の4つの観点から定め、最終的な官能判断は自分の感覚で決めている。以下、彼女の自主的な「思」のプロセス。

順次、次のような5つの実験を行なっている。(1)湯の温度を変えてそのおいしさを比較する。沸騰したてのお湯(約98℃)とポットのお湯(約78℃)の2ケース。(2)入れるお茶の量を変えて比較する。1g、3g、5gの3ケース。(3)時間を変えて比較する。お湯の入れたて、30秒、1分、3分、5分後の5ケース。(4)お茶の入れ方の比較。ティーバッグ、ティーポット、ティーメーカー、茶こしの4ケース。(5)カップを暖めた場合とそうでない場合における湯の温度変化による比較。各々ティーコゼを使う場合と使わない場合の4ケース。どの場合も湯量はティーカップ一杯分、約150ml。また使用される紅茶はメルローズ紅茶(原産国インド、ブレンド国イギリス、スペシャルセイロンを使用)

Kさんの試みは、湯の温度 T 、お茶の量 V 、時間 t 、お茶の入れ方 p 、カップの温度状態 S の5つの変数ないし変項を持つ、紅茶おいしさ関数 F で表現できるかもしれ

ない。F (T, V, t, p, S)

これらの変数、変項を変化させた結果の紅茶のF状態のおいしさの度合いは、彼女自身の官能判断が決するとしている。さて、これら5つの変数や変項を全部同時に変化させてそのF値を確かめることはデカルトが『精神指導の規則』⁷⁾で指摘しているように有限的な知の所有者である人間には無茶なことである。せいぜい2項目の関係を確認することが賢明なやり方であろう。Kさんは一つの変数ないし変項の変化が及ぼすF値をまず調べ、その中で最高値を示す値があれば、それを固定したままで、次の変数ないし変項の実験に移るというプロセスを順次繰り返している。巧まらずしてデカルト推奨の方法である。

実験1：湯の温度Tの変化。沸騰した湯かポットからの湯かの2ケースの結果、沸騰したてが色も味も香りもよく出た。

実験2：沸騰したてのお湯を使うことにし、つまり温度を沸騰温度Tに固定し、次にお茶の量Vを3ケースに分けて実験。結果は3gが色、味、香りとも丁度良かった。

実験3：沸騰したてのお湯、お茶の量は3gに固定し、つまりTとVはそれらに固定し、次に茶漉しを用いてお湯に入れる時間tを変化させる。結果は3分後が、色が良いだけでなく、味は紅茶独特の渋みが出て香りも良い。

実験4：お茶の入れ方pの違いによるおいしさ関数の比較。結果として分かった事は、多人数ならティーポット、1～2人分ならティーメーカー、1人だけなら茶漉しが手軽。

実験5：T, V, t, pに関する上記の最適条件を固定して、更に変項Sを変化させる。既に実験1で、沸騰した湯がよしという確証が得られていたがそれを追証することになった。つまり暖めたカップに沸騰した湯を入れ更にティーコゼを用いるとよいということ。

Kさんは各実験を終えて総合的に「弁」に達した。以後Kさんは、自分で検証したおいしい紅茶の入れ方でティータイムを満喫していることだろう。それがいわば、Kさんの「行」の段階に当たるものである。優秀な「学問思弁行」の実践と評価できる。しかし、今回の結果を享受するだけでなく、更に技術的に発展させたり関心を拡張させたり学問的に深めたりする可能性はいくらでもある。発見的認識の累積的展開である。このことによって「紅茶の最もおいしい入れ方の科学」といった新領域を開拓

するかもしれない。

最後に提案：学生達一人一人に発見的認識母型のような「自立的知的営為」の習性を身に付けさせることを第一目標とする大学を「教養的大学」と呼ぶならば、これからの日本の高等教育機関は「教養的大学」を目指すべきではないだろうか。そしてKさんのように「自ら問題を立て、自ら答えを探求し、自ら判断する」発見的認識の実践が可能なカリキュラムを各大学が設計し、学生自らが、大学時期だけでなく生涯にわたって自分の課題を累積的に展開できるよう出来るだけの側面援助をすべきではないだろうか。

注

- 1) 「文部時報」特集・大学審議会答申 平成12年10月 pp.9～11
- 2) 「文部時報」平成10年12月号 p.57
- 3) Lonergan, B. 'Insight', Philosophical Library London, pp 703～707
- 4) Vitruvius, 'De Architectura' Loeb Classical Library Vol. II pp 203～207
- 5) ガリレオ『小天秤』豊田利幸訳「世界の名著26」中央公論社 pp.36～41
- 6) 『中庸』講談社学術文庫 pp.139～140
- 7) デカルト『精神指導の規則』デカルト著作集4巻 白水社 pp.11～120

Summary

Archimedes's "Eureka!" experience is one of the most brilliant instances in the history of the scientific discovery. In this paper I reconstruct the story to find the basic heuristic methodology qua logic of discovery. This case-study reveals the heuristic structure quite akin to the golden middle way of 'the Doctrine of the Mean (『中庸』)', that is, the dynamics of 「学→問→思→弁→行」. Both methodology can be expressed as "experiencing and learning → doubting and questioning → thinking and conjecturing → distinguishing and judging → applying and acting". Man will become more self-confident and self-reliant through the cumulative development of this creative thinking. The core of this paper challenges the present problem-situation of the higher education in Japan which can be summarized as "Less general and less creative education!". The heuristic method will surely bring more creative and more general cognitive experience to any student in any field.