

科学と教養教育

北村 正直^{*}

北海道大学名誉教授

Science in Liberal Education

Masanao Kitamura^{*}

Hokkaido University, Professor Emeritus

Abstract— We are living in a weird period, a postmodern era, where any established, objective knowledge is denied and replaced by subjective opinion, even a scientific theory is labeled as a social construct. In this paper we try to trace the origin of such queer ideas and examine the prevailing claims presented by some proponents, and conflicts between them and their critics, mostly from science. Finally, science in liberal education for the new era is discussed, since such ideas have permeated science and mathematics education throughout the world, including Japan, and it is increasingly getting difficult to present a well-balanced science curriculum in schools and colleges.

(Revised on January 15, 2003)

1. はじめに

「今日の焦眉の課題の一つは人類の文化の中での科学の位置づけである。」これは科学史、科学哲学の分野でのリーダーの一人であるハーバード大学のホルトン教授が最近の著書“Einstein, History, and Other Passions”(Holton 1997)の序文において最初に記した言葉である。アメリカでは70年代頃より人文学、社会学の分野で科学批判が強まってきた。しかし、この批判は非科学的傾向から更に反科学、反理性的な様相をもつようになってきた。このような傾向を彼は憂慮し彼は93年に“Science and Anti-science”(Holton 1993)を著し、この問題を取り上げていた。ここでは更に科学に対する批判を広く取り上げアメリカの大

学における一般学生の科学教育の問題点と共に論じている。

実は彼はすでに60年代に欧米の知識階級の間にある科学に対する批判的な傾向に気付いていた(Holton 1964)。彼は後になって当時の傾向を“Romantic Rebellion”と呼んでいる。この科学批判の一つは、現代科学に対する感情的な不満から発しているものである。このような批判者は非常に深く科学を理解しているが、現代科学の新しい概念は感情的に受け入れ難いようであった。彼等の言い分を一言でまとめると「中世には、人々は有機的な世界像があり、哲学者も文学者もそれが“理解”できた。しかし、現代の科学は自然の微小な各構成部分について調べ、全体については扱おうとしない。その結果、科学は人類から生き

^{*} 連絡先：060-08628 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学高等工学研究科知識メディアラボラトリー

^{**} Correspondence: Meme Media Laboratory, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, 060-8628, JAPAN

生きとした自然を、そして自然についての夢 (imagination) を奪ってしまった。」と言えるであろう。彼等にとり現代科学は現象を説明せんとして、常識や人間の直感を離れて、無責任な観念の世界に踏み込んでしまったと映ったのであろう。我々は、このような科学に対する不満の典型的な例をアーサー・ケスラー (Arther Koestler) の “The Sleepwalkers (夢遊病者たち)” (Koestler 1964) と、エドウィン・パートの “The Metaphysical Foundation of Modern Physical Science (現代物理的科学の形而上学的基礎)” (Burt 1995) に見ることができる。しかし、彼等は現代科学に批判的であるが、決して反科学的ではない。“夢遊病者たち” は実証的に調査し、ケスラー固有の流れるような文章で綴られた素晴らしい科学歴史の読み物である。筆者は時々この本を引っ張り出して声を出して朗読することがある。筆者は内容ばかりでなく文章も楽しみながら読んでいる。“形而上学的基礎” 科学に興味を持ち、科学の内容に精通している 20 世紀前半の正統的哲学者科学論であり、科学そのものの研究に携わる我々も楽しめる有益な哲学書である。特に大学において一般教育科目を担当する科学者にとっては文系学生の求めるところを知るのに役に立つであろう。それにもかかわらず彼等が求める科学のあり方には違和感を感じるのである。伝統的な人文科学の中で育ったものには、いかに優れた科学の理解者であろうとも近代科学には超えることが難しい心理的障害があるのかもしれない。

しかし、20 世紀の終わりにホルトンが取り上げた反科学傾向はそれ以前の科学批判とは全く異なる性質のものである。それは現代科学の個々の学説を批判するなどという生易しいものではない。それは科学全体の否定であり、科学理論の真理性や客観性を否定し、科学に不可欠な論理的思考や実証的方法そのものまでも積極的に否定し葬り去ろうとする思想的、政治的運動なのである。近代社会は不公正と抑圧の世界であり、その近代世界はルネッサンス、宗教改革や科学革命に始まった理性、科学、論理、秩序の時代と定義し、このような不正な近代から抜け出すのには近代のこれらの特徴、すなわち理性、科学、論理、秩序から開放されなければならないとこの新しい思想家たちは主張するのである。これが脱近代主義 (Postmodernism) と呼ばれるものである。このポストモダンの考えが文系学者の間に広がっていることを憂い、ホルトン教授は “Science and Anti-science” で

世界に警告を発したのである。ポストモダニズムは人文学、社会学の分野で全米の多くの大学に広がり、それを憂うのはホルトンだけではなく、多くの科学者、数学者、哲学者も見過ごすことができなくなってきたのである。バージニア大学のグロス教授 (生物学) とラトガース大学のレヴィット教授 (数学) も人文学、社会学の分野に反理性、反科学的傾向が広まり、学問とはいえないようなでたらめな、厳密さを欠く議論の横行に黙してはいられなくなった。彼等は “高度の (極端な) 迷信” (Gross・Levitt 1994) を著し、ポストモダニスト学者の非論理的、非科学的な考えを暴露し、痛烈に批判した。反理性、反科学的傾向といっても非常に多様で、一言でまとめるのは少し乱暴であるが、この小論の中ではこの傾向を一応 “ポストモダニズム (脱近代主義)” と呼ぶことにしよう。

“高度の迷信” の出版に対して、批判された側も黙ってはいなかった。ポストモダニズム運動の一つであるカルチュラル・スタディーズというグループの機関誌 *ソシアル・テキスト* は 1996 年の春・夏合併号を “科学戦争特集号” として、グロス、レヴィット始め彼等に批判的な科学者へ反撃を試みた。世に言う “サイエンス・ウオーズ” (金森 2000) の始まりである。科学者の側は非常に批判的ではあるが、“戦争” などという表現を用いるほどの考えはなかったようである。この特集号にニューヨーク大学のソーカル教授は “境界線を侵犯すること — 量子重力の変形解釈学にむけて” という論文を寄稿した。批判しようとしている科学者の側から彼等の賛同者が現われたのである。かくして彼の論文を掲載した *ソシアル・テキスト* 誌は “無事” 発刊された。ところがソーカル教授は直ちに別な雑誌 *リング・フランカ* にこの論文の内容が全くでたらめなでっち上げであることを暴露した。*ソシアル・テキスト* の編集者が科学を批判しているながら、そして科学を適当に都合の良いように引用しているながら、実際は科学については全くの無知であることが白日の下に曝け出されてしまったのである。これが有名な “ソーカル事件 (Sokal Affair または Sokal Hoax)” (金森 2000) である。この事件についてはソーカルとベルギー、ルーヴァン大学のブリックモン教授 (物理学) が 1998 年に著した “Fashionable Nonsense (日本語訳: 知の欺瞞)” (Sokal; Bricmont 1998, ソーカル・ブリックモン 2000) に *ソシアル・テキスト* 誌に投稿した原論文と解説がある。筆者の理科教育に関した論文 (北村 2001, 北村 2002)

にもこの事件の短い解説がある。マイアミ大学哲学科のスーザン・ハック教授は“Science, Scientism, and Anti-science in the Age of Preposterism”(Sokal 1996)という評論を書き、このような反科学思考を分析し、何故そのような似非学問が起きてきたかを考察している。

2. ポストモダニズムと科学教育

ケスラー (Koestler 1964) やバート (Burt 1995) の科学批判はポストモダニズムの反科学とは全く異なる。ケスラーやバートは科学を学び、科学を理解し、科学に好意を持ちながら、彼等が考える現代科学の問題点を指摘し批判しているのである。我々科学者には彼等の考えを辿り、その論点を見出し、彼等が何を考えているかを理解することができる。または理解できないときには少なくとも理解できない理由を明確に指摘できる。しかし、ポストモダニズムの主張には、ソーカルが言うように、論理が存在せず、内容も全く空虚なのである。従って、ホルトンの著書、文献 (Holton 1997) をカナダの大学書店で購入して読んだ時、「私はポストモダニズムの本は決して読まないようにしよう。時間の無駄になるから。私はホルトンほど辛抱強くないので、反科学的な立場の人の書いた物を読む神経は持ちあわせていない。このような人の著書は精神衛生上有害だろう」という感想を持った。ホルトン等が何故こんな馬鹿げた反科学的傾向を、まともに取り上げたのか理解できなかった。理由は昨年、文部科学省の“小学校学習指導要領解説；理科編”を目にして始めて理解できたのである。

ホルトンは「アメリカの大学で文系の学生が科学・数学の科目をほんの少ししか履修せずに社会に出て行くことを憂いている。今日の社会では科学技術が非常に大きな影響を持っている。その社会で彼等は将来、政府機関、国際機関、企業で活躍することが期待されている。彼等が決断しなければならない重要な事柄を理解するには科学知識が不可欠な場合が少なくない。それにもかかわらず、我々は彼等に必要な教育をしていない。」というのである。大学で文系の学生は自然科学の必修は数学を含めて2科目なのである。ホルトンは「将来、政府や企業の中核部において大切な政策の決定をしなければならない者が、科学技術について何も理解していなければ、社会はどうなるであろう。」と危惧しているのである。

アメリカの多くの大学では“科学、技術と社会 (Science, Technology and Society; STS)”という新しい科目が導入されている。これはイギリスで1970年代に試みられた“社会の中の科学 (SISCON; Science in Social Context)”という一般教育プログラムと同じ考えに基づいて考えられたのではと推測される。我々の生きている現代の社会で科学技術は我々にどう関わっているのかを考える科目である。筆者はこのプログラムの教科書を検討し、工学部の技術英語の授業で数年間使用したことがある。非常に良く準備され、トピックスも精選されていて、理工系の学生には非常に有益な読み物であると感じた。それを科目としてはどのように運営するかはかなり工夫する必要があるように思われた。例えば物理系の学生にとっては、生物や化学の話題、また経済や政治の問題が話題になると、学生の学習態度は受け身になってしまうのである。このような科目で従来の個々の教科を学ぶ一般教育とあわせて学ぶ事は勧められても、それらの代わりにこのような科目だけを持つてくる事は疑問である。このような意見を持っているにも関わらず、筆者はこのような科目は研究し、十分に準備して試行してみる価値があると信じている。このSTSもその意味で日本でも導入を試みることは非常に重要である。

しかし、米国では、STSは多くの波紋を引き起こしていることを見逃してはならない。というのは、少なからぬ大学では、STSプログラムは科学を理解していないどころか、むしろ科学に敵意を抱いている、ポストモダニスト学者たちが主となり、科学の地位を引き降ろす教育がなされていたのである。そしてSTSはこのおかしい科学観の普及の場となっているという現実があるのである。実際に科学の研究に従事し、科学の科目を担当している教授達を抜きにして、「科学の理論や法則は真理でなく、社会的に構築されたその時代の造り事である」という“科学の本質 (The Nature of Science: NOS)”が教え込まれているのである。グロスとレヴィットが文献、“Higher Superstition” (Gross, Levitt 1994) を書く動機の一つはこのSTSとの出会いであった。グロスは学生達が科学上のある概念に異常なまでの敵意を示すことに気付き、その原因を探っているうちに人文学者たちの奇妙な考えにであったのである。レヴィットは彼の大学で「科学、技術と社会」という講義があることを知り、その科目の担当者に協力を申しでた。ところが彼の申し出は退けられたのである。しかし、この講義の目的に

共鳴する彼は、どんな内容の科目なのか調べた。ところが、そこで扱われる科学とは科学者が想像することでもない(科学者から見れば)でたらめな内容の代物で、非科学、非論理的、非理性的、非学問的な言葉のお遊びのいい加減なものであることを知ったのである。

アメリカの大学の多くでは文系の学科のポストがポストモダニスト達に占められるような状況が60年代から徐々に進んでいたのである。彼等の講義において反科学、反理性的な教義が教え込まれ、またそこで育てられたものが大学のポストを占めるというようになっていった。そして多くのSTSプログラムはポストモダニスト達の格好の活動舞台となるという場合も少なくないのである。しかし、STSの目指す本来の目的、「科学、技術を、そして科学者、技術者の役割と責任を社会の中で考える」、は大学に取り、そして科学者、技術者に取り、非常に重要な課題である。

このような思想的傾向は教育学、特に語学教育、理科教育、数学教育にも影響を与えていた。ポストモダニズム応用の舞台の一つが語学教育、数学教育、科学教育であった。米国では、かつて、教員養成は専門のカレッジで行われていたが、大学が成長し総合化、巨大化するにつれて、教員養成は総合大学の小さな構成部分である教育学部で行われるようになった。そこでは、各教科の教育は教育学部の教授ではなくその教科の専門の教授によって行われるようになった。教育学部の教授に残されたのは、教授法のみとなった。教育学部では内容 (contents) のない、教授法が研究の対象となったのである。彼等がポストモダニストと同様に、「(作り話である)教科内容を教え込むのは意味がない。教科の性質を子供達が発見し、創り出していく教育が大切である。」という考えに傾いていく素地は教育学部にあったのである。これも60年代から徐々に変化が生じ、90年代にはこのような考えを持つ構成主義教育が教育界を支配するようになったのである。1991年全米科学教育研究協会年会で、ある参加者が「この会に出席している者はすべて構成主義者である “now we are all constructivists”」とある学者が誇らしげに述べたという逸話があるくらいである (Matthews HP)。

1989年の全米数学教師協議会 (NCTM: National Council of Teachers of Mathematics) の基準はこのような考えに基づいて設定されたのである。これは教育

省 (Department of Education)、米国科学財団 (NSF: National Science Foundation)、アメリカ科学振興協会 (AAAS: American Association of Advancement of Science) などの強力なバックアップを得ているのである。それは、一方においては大学における貧弱な科学教育と、他方においては科学を否定する人文学、社会学スタッフの長年にわたる教育の影響の結果、このような奇妙な科学観、自然観を容認できる、いやむしろそれを推進するのに力を入れる官僚、団体専門職員が育ってきた結果なのである。ホルトンは90年代の始めに文献 (Holton 1993) でこのような状況になる恐れがあることを警告していたのである。

日本においても同様の状況が起きているのである。日本では教員養成系大学における教科教育は実際にその分野で研究をしている教授たちによってなされることが多い。したがって問題があるのは個々の教科ではなく理科全体を扱う“理科教育”という分野である。ここでは一つの分野を深く掘り下げるのではなく、すべてを浅く広くカバーしなければならない。そこでは、教科の内容 (contents) よりも教え方、さらには考え方、物の見方という方法論的な面が強調される。また、実際の科学探究活動とは無縁の文部科学省の教科調査官が専門家ぶって権力を行使できるのもこの理科教育という分野である。文部科学省発行「小学校学習指導要領解説:理科編」で、彼等は臆面もなく「科学の理論や法則は真理ではない」と宣言している。実際に科学や数学の研究に携わっている科学者、数学者は、このような科学観があることすら想像もしていないであろう。

3. 科学と哲学、技術と社会 (STS) プログラム

STS教育は試みる価値のあるプログラムである。特に理工系の学生には、科学・技術の人間社会における地位、及びその社会に与える影響について考え、さらにそれに携わる科学者、技術者のモラルに至るまで省みる非常に貴重な機会である。STSは文系の学生にとっても有用な科目になりうるが、日本の大学の現状では文系学生のSTS学習は多くの障害が予想される。それは彼等が大学入学以前に、科学や数学を十分に履修していないという事実があるからである。また大学入学後も科学、数学について学ぶことはあっても、科学そのものの内容を学ぶ機会は少ない。そのよ

うな科目だけでは、科学や数学の内容 (contents) の理解は困難である。

STSが科学リテラシー教育であるためには、科学について語るだけでは極めて不十分である。我々はしばしば「科学の内容、すなわち個々の事実や理論を学ぶことは重要でなく、科学の方法、科学の性格について学ぶことが大切である。」という意見を聞くことがある。筆者も全く同じ主張を繰り返している。しかし、「科学者は科学のどの特定の分野、どの特定の事実、どの特定の理論を学ぶべきだと言うのではない。」ということはこの様に表現しているだけである。内容抜きで科学の方法も理論の性格について学ぶことは非常に困難だからである。文系の学生であろうとも、科学を科学者が探究するように学び、考える経験を通して、彼等は科学の内容と科学の方法についてよりの確に体得することが必要である。それを説明するために、科学の命題の真偽を論ずる論理学の議論と、因果律 (the law of causality) を取り上げよう。これらの問題は科学哲学や論理学の教科書において、具体的な科学上の問題を例として論じられることは少ない。むしろ直感で理解できるようなつまらない場合を例として論じられていることが多い。そのような例を紹介されて科学自体の性格が理解できることはまずないであろう。むしろ科学に対する偏見を生み出す恐れがあると私は考えている。

科学の命題の真偽が論ずる、最もポピュラーな例は「すべてのカラスは白い」という命題である。この命題は科学の命題の真偽を論ずる場合を模式的に示すには便利なのだろう。しかし、科学を实践している科学者には、この例は非常に空虚 (うつろ) な不適当な例と映る。私は科学哲学や論理学の本でこのような議論を目にする度に、著者は実際に科学研究である概念を定義し、それをを用いて研究をすすめた経験があるのだろうかという疑いが常である。科学の定義は実用的であり (working definition)、記述的 (descriptive) であって、その真偽を哲学書で述べられているように検討する場合は希である。この「すべてのカラスは白い」というのは観察に基づいて述べられた実用的な定義である。したがってその真偽を哲学的に議論するような問題ではない。昨年私がフィンランドに旅行した時、そこで見たカラスは羽が白、黒が斑に混じりあったカラスであった。そのようなカラスにであった時、我々は新しい状況を検討してから、カラスの記述定義を変更すれば良いだけのことである。「哲学書」にあるよう

な“sophisticated thinking”をすることは殆どない。そのような議論で検討しようとしていることは、科学者には極めて“trivial”なことだからである。私は科学哲学や論理学が不要と主張しているのではない。ただ多くの場合、実際行われている科学者の活動と縁が薄い、少なくとも文系学生が履修する科学の性格にはそぐわない。

物理学の問題での例を考えてみよう。ニュートリノには電子ニュートリノとミューメソンニュートリノとの2種類あることが明らかになったときニュートリノの定義を現象に合うように訂正するだけで終わることである。科学哲学的に内容から離れて、一般的に命題の真偽を検討し、学ぶことにより学生達は何を得ることができるだろうか？それよりは実際の科学、例えば落体運動を通して、その限られた範囲内でも重力の操作的定義を考え、そのような定義が同義反復ではなく有用な概念となる理由を検討するという経験を通して、学生は科学における概念形成とその限界について会得 (体得) することができる。このとき、我々は哲学書のように、ニュートリノの科学的定義は真であるか偽であるかなどと論ずることは全く的外れであると考えているからである。

ポストモダニストや構成主義科学教育者は「確固たる理由もなく、科学者は盲目的に因果律を信じている。」と嘲っている。彼等は何を根拠に彼等の考えの妥当性を主張しているのだろうか。彼等がその主張の根拠の一つとして引き合いに出すのはトマス・クーンが“科学革命の構造”で展開したパラダイム・シフトの概念である。しかし、彼の主張は彼が歴史の研究から得たものである。つまり歴史上の出来事の実分析から帰納した理論の一つである。歴史現象と自然現象との違いが歴史と科学における理論の客観性の相違を生み出している。ある歴史学者は著書 (Walsh 1958) の中で、科学の客観性を考察し、歴史研究においても科学と同様に客観的に分析する必要性を論じている。しかし彼は、歴史は科学と全く同じではないことを注意している。歴史においては、全く同じできごとが繰り返されることはありえないからである。筆者は「だから科学は歴史学より優れている」と言いたいのではない。「だからこそ、歴史学においてはより慎重に、より謙虚に学ばなければいけない」と思っているだけである。人類の科学の歴史上、科学革命と呼ばれるような出来事は片手で数えるくらいしか起きていない。たったそれだけの出来

事から、科学の性格から自然認識そのものを規定してしまうような大原理が発見されたとポストモダニストは主張するのである。しかもその思考の正当化は、「あるイベントがあり、それがあるパターンで展開した」という考察をすべてのイベントに拡大適用している、つまり因果律の適用と同じ性格の思考を展開しているのである。私は因果律を放棄することは、実在世界の理解を放棄することと同等であると考えている。人間は脳の中にある過去の経験(体験と論理的構成)と比較することにより、心理的安心を得る。その心理的安心を得ることを理解することと呼んでいるのではなかろうか。

物理学者は(そして他の分野の科学者と同様に)研究しようとする対象(物理系)のモデルを(対象とする現象に合わせて)構築する。そのモデルは多くの場合、因果律を満たす数学モデルである。従って、このモデルが因果律に合うのは当然のことである。だが、物理学者は「自然現象はすべて因果律に従う」というような大それた問題意識を表明したりはしない。たとえ、心の隅ではそのような信頼を抱いていたとしても、科学者は科学的に実証されていないことまでも主張を拡大するという習慣は持っていない。科学の理論はたとえ何百回、何千回繰り返されて実証されようとも、実証された現象の範囲内でだけ保証された理論なのである。ポストモダニスト達の科学者・科学批判にはこの「科学者の因果律に対する盲目的な信仰」というのがある。その批判は実際に科学の研究に携わっているものからすると全く的外れの議論しか展開されておらず、取り上げて反論する気も起さないものが多い。

ポストモダニストや構成主義理科教育学者達はクーンのパラダイム概念を無謀なまでに一般化(reckless generalization)し使用している。このような思考の暴走は彼等が人間中心、または主観的な判断にのみ頼っているからである。科学は自分の外にある現実世界(the external reality)に基準を置き、客観的判断をおもんじている。科学は客観的世界を抜きにして、方法論だけでは学ぶことができないのである。筆者がポストモダニスト達の企画するSTSカリキュラムや、小学校学習指導要領も含めて構成主義者の理科教育論に批判的なのは、科学から客観性を消去しようとする試みだからである。

科学の幾つかの分野の事実と理論、かつ探究方法を習得した上でSTSのような科目は有益であろう。

STSのような総合科目は、学生が総合し、検討する内容を身につけている時はじめて意味のある学習が可能になるのである。工学部の学生の英語教育にSISCONの教材を使ったとき、環境問題のところで授業が進まなくなったことがある。この授業に出てきていた学生は殆ど生物を学んだことがなかったからである。

高等学校以下でも“総合的学習の時間”が導入されるが、学ぶ子どもがその発展段階での内容を学習していることが必要である。総合すべき内容なき総合的な学習は不可能である。このような学習の舵取りをする教師は今まで以上に“内容”を身につけていなければならない。そして彼等は大学でこの内容を学ぶのである。したがってSTSのような総合科目は従来の教科、すなわち物理、化学、生物、地学等の教科と組みにしてカリキュラムが計画されなければならない。

筆者は一般教育科目の目標の一つとして「理解するとはどういうことか」をあげていた。我々は新しい出来事に出会うと、先ず行うのは、すでにある知識との比較である。つまり新しい出来事を既存の概念で理解しようとする。それができない時には、新たな概念を既存の概念を使って組み立て、または構成していくのである。クーンの主張するような革命的な“パラダイム・シフト”のような出来事は科学史上では非常に希である。新しい科学理論が現われても、古い科学理論は依然として“真”であり続ける。例えばニュートンの運動方程式は、量子論や相対性理論が現われて一世紀近く経った今でも(科学的に)“真”であり続けているのである。

理解とは、少なくとも科学上の理解とは、過去に蓄積された知識との比較という性格を有している。科学を理解する時、そして科学的理解を理解しようとするとき、この過去の知識を使わずに済ますことはできない。このような科学的理解を否定する教育が“構成主義教育”であると筆者は見ている。そしてそれがアメリカにおける新しい数学、科学の教育基準(Education Standards)をめぐる争いの根底にあるのである。例えば1992年に公表されたNational Science Education Standardsには「この基準が構成主義の理念に基づいて作られている」と高らかに謳われていて、この基準に異議を唱える科学者、伝統的な教育学の抵抗により、ようやく構成主義という言葉が削られこの基準は1995年に正式に制定されたという経緯が

ある。数学教育のケースについて、数学者、クワークの簡潔な解説 (Quirk HP) が彼のホームページにある。

4. 総合科目

筆者は総合科目には少なくとも二種類あると考えている。第一は “Integrated Studies (総合化された科目)” と呼ばれる。これはすでに総合化された科目を学生が学ぶという科目である。これに対して第二の科目は “Integrative or Integrating Studies (総合化する科目)” である。これは学習者がみずから総合的に問題を考える科目である。我が国で最も多く見受けられるのは、多くの分野から複数の教員がきて、教員の守備範囲の事柄について講義する形態である。多くの場合教員は予め一度は打ち合わせをするようであるが、講義が開始されると、講義内容、講義展開の調整をすることは困難だとされている。つまり総合化するという意識すらないのであると疑われるように見える場合がある。これらは総合科目と分類されているが、私はこのような科目を総合科目と呼ぶには些か心理的なためらいを感じる。

総合化する科目で欠かせないのはかつては印刷教材であった。ハーバード大学でホルトン教授が一般教育科目を担当していた 1962 年に彼は彼の教科書 “The Concepts and Theories of Physical Science” の他に 10 冊ほどの本を教材として指定していた。それは授業が講義中心ではなく、学生のみずから学ぶこと、つまり学習中心で授業が進められるのである。このような学習形態では印刷教材の果たす役割は非常に重要である。イギリスのオープン・ユニヴァーシティのような、メディア利用の教育においては、印刷教材はなおさら重要な役割を果たす。同大学の初代のヴァイス・チャンセラーだったペリー卿は「(受け身の姿勢で) テレビ番組やラジオ番組を見聞きしているだけでは学位は取れない」として、教育メディアの中心を印刷教材に移行し、大学の名称を “The University of the Air” から “Open University” に変えて大学を発足させたのである (Perry 1976)。この逸話はイギリスの高等教育関係がいかに学生の自主的学習を重視しているかを示している。

総合科目のような多くの分野を包括する学習では、深さばかりでなく、広がりも重要である。そのような科目において使用する目的で、古今の名著の中から

抜粋を集めて編集したものがよく使用されている。殆どがペーパーバックで手ごろな価格で購入できる。勿論、このような読み物は学生がクラスに出る前に読んでいることが前提として利用されている。この前提が我が国で通用すると確信できないのが (むしろ通用しないと確信できるのが) 悩みである。このような印刷教材は、学習者が講師の解説だけであることを理解したつもりになるのではなく、彼等が自ら原著に接し、自らの努力でそれらを批判的に読み、自らの判断を形成することが重要なのである。

長い間、国内、国外の大学で一般教育に携わってきた筆者はかなり多くの学習教材を集めていたが、今はほんの数十冊だけが手元に残っている。その一つに “Our Universe” という本がある。これは A4 版より一回り大きなサイズで 400 ページくらいのかかなり大型の本である。そこには世界各地の民族に伝わる宇宙創造の神話から昔の世界観をイラスト入りで紹介されている。プトレオマイオスの宇宙、中世の天文学の教科書からの抜粋、コペルニクス、ケプラー、ガリレオの著書からの抜粋、有名な科学史の本からの抜粋、現在の宇宙像を理解するに必要なデータ集と星座、星雲、ガヤラクシーのイラストや写真等々が納められている。このような資料を持っていたとしても、授業に仕えるようにする工夫と努力は並大抵の事ではなかった。人手と費用の面でかなり低いレベルで妥協せざるを得なかった。このような資料を個人としても集めていたが、現役を退いた時手放した。原罪手元には、哲学、科学史、数学史関係の書籍しか残っていない。その理由は、今はインターネットで自由に優れた資料にアクセスできるからである。世界のネット上には優れた資料があり、学生に見せたい資料を授業中に呼び出して提示したり、授業科目のホーム・ページを作り、学生がそこから資料を呼び出して利用できるできるようにする事もできる。

このように、今日では印刷教材に代わって、ネット上の膨大な資料を利用することを考えなければならない。科目担当者は自分自身で履修者がアクセスできる教材をデータベースに準備するだけでなく、世界のネット上の情報を集め、そのリンク集とその中の資料の解説を製作することができる。このような学習形態を通して、学生は、語学力は大学での学習には (学問には) 如何に有力な利器であるかを実感できるであろう。これは、インターネット利用教育の貴重な副産物と言えるであろう。ネット上の資料を充分

に活用するには、少なくとも(10ページ/時間)の読解力が必要とされるからである。

日本語のネット教材資料も急速に蓄積されることを期待している。海外のネット上にはフリーにアクセスできる教材にも非常に優れたものが多数ある。私は物理学、数学、哲学、歴史、科学教育等の資料を常に覗いていて、ある大切なことに気付いた。それは教材の善し悪しは、コンピュータの最新の技術とは殆ど無関係であるということである。これらの教材は、製作した教授が、ネットワークのなかった時にでも、準備していた授業の原稿そのものと見えるのである。ネットが利用できるようになったのでホームページを作り、掲載したというように見える。私が感心した教材の一つ、バージニア大学のファウラー教授の“Galileo and Einstein”(Fowler HP)を紹介しよう。これは普通の一般教育における物理学の講義である。この科目では通常の教科書の外に、講義の概要とサイドリーディングとして準備されたのが、このネット教材である。バビロニアでの数の概念(数えること)の起こりや、緯度の違いによる太陽の高さの違い等々科学が人類の歴史といかに関りを持ちながら発達してきたかを学ぶことができる。しかも学生は、これから与えられた機材で測定をし、データを整理し、(簡単な)数学を駆使して論理的にある結論まで到達する事を体験するのである。「昔の人はこれこれ、しかじかのことをした。その歴史的、文化的意味はこうこうだ。」という結論を一方向的にきかされるか、何も理解していないのに直感だけで、大それた結論を導こうとする学習形態は望ましくない。ファウラーの講義を受講する学生が、どう評価しているかは知らないが、ネット上の教材を見る限りでは非常に興味深い教材である。

ファウラーは他にも幾つか講義を担当しているがその一つ“Modern Physics”(Fowler HP)の教材も優れたものである。ニールス・ボーアが水素原子の量子論を提案した前後の個人的な事、彼を取り巻く学界の状況などにも触れてあり、彼を知っている理工系学科の学生を夢中にしてしまう、記事に溢れている。しかし、この科目は科学史、哲学専攻の学生にも選択することを勧めたくなるような科目である。このような科目は、専門科目であっても履修できる準備のできている他学科の学生が専門科目もしくは一般教育科目として単位の振り替えができるような科目にしても良いのではなからうか。ファウラーのこ

の二つの講義は今世紀の最も偉大な科学者に数えられる、アインシュタインとボーアの学問上の業績と人物について、科学者でない者が学ぼうとする時の手ごろな入門コースといえるだろう。このような科目も狭い専門科目と考えずに、広く一般の学生に開放して欲しいものである。私は個人的には総合科目よりもこのような科目に同情的である。

筆者は総合科目としては、「総合化する科目」が望ましいと考えている。その他いろいろな意見を筆者は持っているが、大切なことは科目の担当者が、みずから学び、考え、工夫して全体の枠組みがあっても、自由に講義を組み立てていく雰囲気を作ることである。

参考文献

- Burt, E. (1995), “The Metaphysical Foundation of Modern Physical Science,” Humanities Press (Originally published by Harcourt, Brace & Co. in 1927)
- Gross, P., Levitt, N. (1994), “Higher Superstition: The Academic Left and Its Quarrels With Science,” Johns Hopkins University Press
- Holton, G. (1997), “Einstein, History, and Other Passions,” Addison-Wesley Publishing Company
- Holton, G. (1993), “Science and Anti-science,” Harvard University Press
- Holton, G. (1964), “Why Teach Physics? Edited by Brown and others Based on Discussions at the International Conference on Physics in General Education,” The MIT Press
- 金森 修 (2000), 「サイエンス・ウオーズ (東京大学出版会)」ここではかなり詳しいサイエンス・ウオーズの紹介をしている。この本の評価はいろいろである。金森氏のこの紹介は客観的であると言えよう。しかし、科学者から見ると、一方的見方と評するのは酷であるが、これだけでは不十分と思われる。以下のソーカルの三文献とそこに挙げられた資料も参考にされたい。
- 北村正直 (2000), 「なぜ科学教育は必要か」, 『応用物理教育』第24巻第2号
- 北村正直 (2001), 「反科学・反理性と科学教育」, 『物理教育』第49巻第4号
- Koestler, A.; The Sleepwalkers, Penguin Books (1964) :

彼の名は日本でケストラーと表記されているが、著者はケスラーと表わした。英米で彼の著書について友人達と語り合ったとき、みな彼の名を“t”が聞こえないように呼んでいた。Koestlerのstlと子音が三つ続くので真ん中の“t”は発音しないか、もしくは聞こえないほど軽く発音するからであろう。通常の呼び方に異議はないが、著者は長年Koestlerをケスラーと読んでいたので、それを使わせていただくことにした。

Sokal, A. (1996), “Transgressing the Boundaries: Toward a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity,” Social Text, Spring/Summer

その他、インターネット上にはソーカル自身のものや多くのホームページがある。日本では東北大学数学科黒木玄氏の優れたもの（黒木HP）がある。ソーカル自身のサイトにも、また黒木氏のサイトにもソーカル事件関連のリンク集がある。

Sokal, A. and Bricmont, J. (1998), Fashionable Nonsense — Postmodern Intellectuals' Abuse of Science —, Pacador

アラン・ソーカル, ジャン・ブリックモン共著, 田崎晴明, 大野克嗣, 堀茂樹共訳 (2000), 「知の欺瞞」, 岩波書店

Perry, W. (1976), “Open University,” The Open University Press

Walsh, W. H. (1958), “Philosophy of History : Chapters II, III,” Harper & Row Publishers, Harper Torchbooks

参考ホームページ

Fowler, M ; Galileo and Einstein; (<http://www.phys.virginia.edu/classes/109N/home.html>)

Fowler, Michel; Modern Physics (<http://www.phys.virginia.edu/classes/252/home.html>)

Haack, Susan; Science, Scientism, and Anti-Science in the Age of Preposterism (<http://csicop.org/si/9711/preposterism.html>)

黒木玄 (<http://www.math.tohoku.ac.jp/~kuroki/Sokal/>)

Matthews, Michael R. ; Old Wine in New Bottles: A Problem with Constructivist Epistemology (http://www.ed.uiuc.edu/EPS/EPS-yearbook/92_docs/Matthews.HTM)

Quirk, William G.; The Anti-Content Mindset, The Root Cause of the "Math Wars" (<http://www.wgquirk.com/content.html>)