

教育教材作成におけるオブジェクトの両義性と同一性

武井恵雄 横山明子
帝京大学理工学部

学習支援のための電子化教材において、学習対象となる記号や象徴、図形などはソフトウェア・オブジェクトとして実現されるが、それらは単なる文字や数値の場合と異なり、一つひとつが独立なオブジェクトとなるのが普通である。その結果、学習時に操作対象となる実際のオブジェクトが、学習対象としての理想的オブジェクトが持っている同一性を失うことが起こり得る。電子化教材で顕在化するこの問題を解決するための理論的考察を行い、"emicな同一性の保持"という概念を提案する。

Emic Conservation of the Object Identity appeared in Educational Contents

Shigeo TAKEI and Akiko YOKOYAMA

Faculty of Science and Engineering, Teikyo University

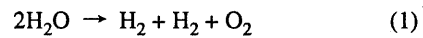
A new concept of "emic conservation of the object identity" is proposed. In case that the educational concepts, e.g., chemical symbols are realized by software objects, those instances are different from each other. As a result, identical nature of the symbols will be lost. However, if the objects are loosely grouped by any method, the identity of these is conserved. This situation is observed in the phonemic treatment of human voice in contrast to the phonetic treatment. This concepts, "emic conservation" seems useful to the educational contents development system.

1. はじめに

小中学校むけの電子化教材の開発環境である"Infostudio"^{1,3)}の開発途中で、電子化教材ならではのおもしろい現象に出会い、簡単な考察をつけて報告しておいた^{4,5)}。

それは、教材開発環境"Infostudio"の機能の一つ、「パズル教材」を用いて教材を開発し、パズル化のために教材を要素単位にバラバラに切り離して提示すると、復元パズルの正解は唯一つ、元の順序のものだけに限定されてしまうという現象であった。教材の中に同じ要素が二つ以上あった場

合、解答者は、その並べ方によって、システムからある時は正解、ある時は不正解といわれることが起こるのであった。報告⁴⁾では、次の化学式の例をあげた⁶⁾。



教材において、この右辺の二つの H_2 を表す切片は、一つひとつが独立のオブジェクトになるため、当然のことながらそれぞれが別物としてシステムに認識されるから、問題作成者が決めた順序に切片を置かなければ、パズルとしては不正解となるのであ

た。同じことは、三角形の三つの角を合わせて、全体の角度が 180° となることを示す教材でも起こった。問題作成者が $\angle A$, $\angle B$, $\angle C$ の順にならべるのを正解とすると、 $\angle A$, $\angle C$, $\angle B$, の順に並べた解は不正解となってしまうことになる。これでは不都合なので、“Infostudio”としてはすぐに措置され、改良されたが、この現象は、教材開発環境一般に共通して現れる可能性があるし、情報科学の問題としてもおもしろいので、考察を深めてみたいと考えた。

本稿では特に、記号が表れる教材を取り上げ、電子化教材の作成を念頭において、記号論／記号学による考察を行う。

なお、前稿^{4),5)}では、学習目的でみた場合、同一性を持つべき教材オブジェクトが、ソフトウェア・オブジェクトとして実現される際に両義性が現れてしまうという観点で捉えた。このため、本稿も同一性と両義性と名付けて研究を開始したが、5章に記すように、今では「オブジェクトの同一性の保持」とでもする方が適当だという見解に達している。

2. 教材におけるオブジェクトを議論する理由

前章にあげた教材が電子教材ではなく、教員による手作りであり、画用紙の切片で出来ていたとするとどうだろうか？ 同じ記号が書かれた切片があれば、間違いなく教員は同じものとしてあつかい、並べ方の順序に関係なく正解とするだろう。この場合、直接の操作対象は画用紙の切片というオブジェクトだが、教員は無意識のうちに、学習における操作対象を切片上の記号だけ限定し、切片の画用紙やその形状という属性を取捨するわけである。

学校教育における学習というコンテキストでは、このあつかいは至極当然のことであろうが、児童生徒によっては、必ずしもそう受け止めないで学習に参加する者があるかもしれない。児童生徒の反応は状況に依存するだろうが、紙の質感や切れ具合に関心をもったり、準備をした教員の作業に想いを馳せて、画用紙を切り離す順序に拘泥することもあるかもしれない。従来の学校教育では、そういった“余分な”想念を捨てさせ、ある特定の記号や象徴にだけ関心を向けさせることに、教室での教員の努力が注がれてきたと思うが、たとえば遠隔教育や、自学自修への傾斜や脱学級化という文脈を考えると、教材と記号との関係を、もう一段深く考える必要があると感じる。

今の例では、学習の到達目標が簡単なため、たいていの学習者が自己収束的にいわゆる正解を探しだしてしまうだろうが、問題がもう少し複雑であって、思考や推論を行う場合であると、教材の利用が学習を阻害することになるかもしれない。こう考えると教育学の問題だろうが、実はもっと根が深いと考えられる。

記号とその機能についての議論は、プラトン以来、哲学の主要課題の一つであったし、記号論(semiotics)、記号学(semiologie)につながって、人間理解、社会理解の基礎ともなっている。つまり、現代の社会学のテーマである。情報教育においては、コミュニケーションの問題⁷⁾として重要である。

さらに、教育教材を電子的な手法で作成していく上では、学習者が操作する対象と、学習対象として設定される対象との区別が重要になってくるだろう。実世界において有効であった教材をそのまま電子化し

たのでは、多くの誤動作が生まれ兼ねないと考えている。大事なことは、それが教材開発者の技量や常識の欠落のせいではなく、電子化された世界では、実世界において人間が慣れ親しんできた認識の仕方とは違う部分がまともに顕在化するためと考えられることである。この意味で、十分議論しておく必要を感じる。

以下では、操作対象をオブジェクトとよび、学習対象として設定される対象は、その性質に応じて、記号とか概念とか象徴とよぶことにする。操作対象は、コンピュータ上にソフトウェア・オブジェクトとして生成されるし、われわれにとって、そういった"オブジェクトという概念"は、共通理解を持ちやすいからである。なぜなら、オブジェクトには、その外延的特性として、最初からクラスとインスタンスがあるし、内延的特性として、静的属性と共にメソッドといった動的属性があって、従来の言語学的記号論よりはるかに明瞭な議論が出来るからである。

3. 教材における記号

先の例では、化学式が学習内容であった。前章の化学式(1)で考えると、この教材には、 H_2O 、 H_2 および O_2 という3種類の分子式と、 2 、 \rightarrow および $+$ という3種類の(化学)操作記号が現れる。ところが、教材開発環境"Infostudio"で作成された電子教材では、その記号が載った「切片」として切り取られるから、それぞれが視覚的なある大きさを持ったオブジェクトとして認識される。切り方によって切片の形は違って来るのだから、それらを別々のオブジェクトとして扱って当然であろう。今の場合、全部で8個のオブジェクトができるわけで、右辺の第

一の H_2 と、第二の H_2 とは別のオブジェクトであるし、二つの $+$ 記号もまた別のオブジェクトである。教材開発環境"Infostudio"では、実際これらをすべて弁別していたし、一般のシステムでも別々のオブジェクトとしてあつかうのが正しい。

一方、教材として見る場合には、これでは困る。組み合わせの順序で正解、不正解になるのでは理不尽であるが、問題はそれだけにとどまらない。記号が同じなら同じものを指す、という常識にも反する。ここで取り上げている例でいうと、二つの H_2 、二つの $+$ は、同じ記号表現(signifian)であって、同じ記号内容(signifie)を指さなければならない。これが記号機能を利用するメリットの筈である。

問題が化学の学習であるから、(1)式は、たとえば水の電気分解というコンテクストの中にあらわれ、水が分解されて水素分子と酸素分子になることを表すもの、としての理解が最初に求められるだろう。この浅い段階の理解においても、液体から気体への相変化があるという内容を理解しなければならない。ついで、Hが元素の名前であること——Hydrogeniumに由来して英語ではHydrogenということまで学ぶかどうかは別として——を学び、もう一段進むと、Hで水素原子1個を表すことも学ぶ。そして、同じ文字Hを用いて水素の原子量1.008を表したり、関連してHで1モル(=1gram/atom)を表すという、化学の世界のジャンゴまで⁸⁾も学ばなければならない。こうして、中学から高校にかけての化学の学習が進行する。

化学の学習において、化学記号と化学式を導入すると、それによって理解が急速に進む生徒と、逆に理解できなくなってしまう生徒が見られ、そこで二極分化が進むと

いうが、それは、学習内容の深化だけではなく、記号と記号内容の理解にも依存しているだろうと推察される。

先に、記号表現(シニフィアン)と記号内容(シニフィエ)というソシュール流の表現を使ったが、詳しくいうと、(1)式において H_2 という記号表現によって表されるものは、ある場合には、電気分解によって発生した水素ガスを表し、ある場合には、それを構成する水素分子というクラスを表し、またある場合にはインスタンスとしての水素分子を表す。さらに、一定の水がすべて電気分解されたとき、どれだけの水素ガスが発生するかという計算問題においては、 H_2 は1モルを表すことを思いださなければならぬ。U.エーコが強調するように、 H_2 という記号の「意味」は、記号 H_2 と上述の何通りにも上るシニフィエとの「関係」であるというほかないのである——もし、言語だけで記述するならば。

幸いにしてわれわれは、ソフトウェア・オブジェクトという優れた概念を持っている。オブジェクトは、名前を持つソフトウェアの実体であり、そのオブジェクト名によって、必要なインスタンスを生成したり、メッセージを送ることでそれらインスタンスに仕事をさせることができる。オブジェクトの開発者はオブジェクトに持たせる機能を外部に知らせることができて、その使用者はメッセージを特定することによって、オブジェクトから自分の意図通りの機能を引き出すことができる。これを、伝統的な記号論での三角形で描くと、図. 1のようになるだろう。

これに対比して、G.Fregeの図を図. 2に載せる¹⁰⁾。ただしエーコは、Fregeの図は曖昧で、意味ではなく外延、意義ではなく内

延とすべきであるとしているが、それは彼が推論という文脈に拘ったためだと思う。

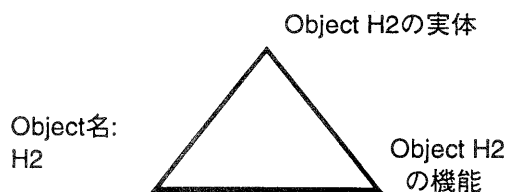


図. 1 オブジェクトの存在を前提にした記号 H_2 とそれが表す意味機能



図. 2 Fregeによる記号とその辞義的意義Sinnと、それが本来表す意味Bedeutung

オブジェクト指向プログラミングに関するほんの入口の知識を持ち出したにすぎないが、以下に示すように、言語だけで記述している立場に比べて、遥かに明快に話をするすることができることに注目したい。

図. 1で、"Objectの実体"と書いたところのソーステキストを読むと、オブジェクト H_2 の特性やら、それに関する操作関数が書かれていて、もし、読みこなす力量があれば、水素分子に関して、化学の専門家が持っているのと同じ辞書的知識を得ることが出来るだろう。これは、学習者には無理な話だが。

一方、"Objectの機能"と書いたところは、このオブジェクトがコンピュータ上で実際

に走ったときに実現される機能であり、このオブジェクトに備わったメソッドの機能によって、学習に必要な反応の様子やら、計算の様子やらが示される。必要なら可視化の仕組みなどによって、理解を高めることもできるだろうが、それは二次的なことで、記号に関わる教材は、まずここに述べた機能を備えなければならない。

ただし、今の水素に関わる化学の学習においては、これだけでは不十分なはずである。なぜなら、人間である教師は、不用意にも H_2 を"水素"と呼んだり、クラスとしての水素分子とインスタンスとしての水素分子を区別せずに話したりするからである。これは分かっているの混用であるが、片や学習者の方は、分からないままの混同があって、学習がうまく進まないことが多い。原子と分子の弁別、元素と原子の弁別などを通して次第に理解が深まっていく。そして、化学の学習にどっぷり漬かるうちにそういったことに「慣れて」、教師と同じレベルに達するようになるかもしれないし、脱落するかもしれない。

この部分を支える電子教材の機能は、ただのオブジェクトでは実現できない。なぜなら、学習者は、何が欠けていて理解が不完全なのかが分からないのであり、一方、電子教材の側では、それが何の原因によるものかを推測し、実際に確かめてみるができる筈だからである。こためには、通常エージェントと言っているソフトウェア実体か、少なくともデーモンと呼ばれる自律的なソフトウェア実体が必要となる。

5. 同一性の保持

第1章の終りで触れたように、前稿⁴⁾⁵⁾では、学習目的でみた場合、同一性を持つべ

き教材オブジェクトとしての記号が、ソフトウェア・オブジェクトとして実現される際に両義性が現れてしまう——理念としては同一だが、操作対象としては別物であり、一にして二、二にして一である——という観点で捉えた。

しかし、検討を進めた結果、学習支援のためのソフトウェアプロダクトであるから、学習対象としての「記号」の同一性の実現と保持が第一義的に重要であって、作成時における諸問題——たとえば記号が切片の上に乗っているために、個々のインスタンスオブジェクトが別クラスのもののように見える問題は、オブジェクトの再統合を行って、同一クラスに属するように整理すべきだという結論に達した。オブジェクトの相違は、記号論における*etic*な相違であり、*emic*な観点¹¹⁾で同一性を保持すべきだということとパラレルなことで、これを、イーミックな同一性の保存と呼ぶことを提案する。

6. おわりに

学習にとって、本当に役に立つことをめざした本格的な電子教材の開発は、その緒についたばかりだと考えている。ここで取り上げた教材開発環境"Infostudio"は、不器用ながら、学習者が自ら学ぶという姿勢を重視し、また、プラットフォームに依存しない教材コンテンツの開発環境づくり出そうとするものであった。その開発段階で教員が試用するのを観察する機会を得た著者二人は、一見ささいな不具合にも見える現象に目を止めた結果、教材開発環境の基本部分に、今まであまり深く検討されて来なかったことがあるのに気づいた。そして、それが、古くからある記号論の問題とも結

びつくことに気づいた。

本稿はその検討の最初のものであり、まだまだ追求しなければならないことが残っている。たとえば、人間の言語における記号論は、記号が指向する対象が a priori に決まっているかのように考えられていたのを打ち破り、「言葉が対象を生み出す」(ソシユール)というところにまで止揚した結果、大きな発展を遂げた。本稿での考察は、オブジェクト指向の枠組みの中で、記号が指向し、学習する対象となる内容を表現することが出来ることを示したが、ソシユールにならって、「記号が対象を生み出す」ところまで、この枠組みで表現できるかどうか、考え切っていない。

また、現実的な問題として、「切片の上の記号」から、純粋に記号だけに着目してオブジェクトの再統合を行う具体的な方法がまだ未検討である。場合によっては適切なエージェントを置くべきかもしれないと思うが、検討が不足している。

一方、理論的な検討と共に、実際の教材開発環境に即して、実証的な研究を行うことが是非必要であるとみている。

謝辞 この研究は、冒頭にも記したように、教材開発環境"Infostudio"の開発過程における観察から始まった。同環境の開発を直接進められた日立製作所システム開発研究所および日立製作所公共情報事業部の皆様と、さらにプロジェクト全体を指揮された東京農工大学中川正樹教授に感謝する。

註 および 参考文献

- 1) 西山晴彦, 矢川雄一, 山岸純子, 辻政昭, 中川正樹, 小谷善行, 武井恵雄, 大岩元: 小中学校における情報教育向け電子教材開発環境の提案, 情報処理学会研究報告 99-CE-52,69-76(1999).
- 2) 西山晴彦, 古賀明彦, 山岸純子, 中川正樹, 小谷善行, 武井恵雄, 大岩元: 小中学校における情報教育向け電子教材開発環境の設計, 情報処理学会第60回全国大会論文集, 4-367(2000).
- 3) 西山晴彦, 古賀明彦, 山岸純子, 中川正樹, 小谷善行, 武井恵雄, 大岩元: 小中学校における情報教育向け電子教材開発環境の開発, 情報処理学会第60回全国大会論文集, 4-369(2000).
- 4) 横山明子, 河村 瞳, 武井恵雄: 教師による教材作成支援ソフトウェアの試用の観察, 情報処理学会研究報告 CE-55-4(2000).
- 5) 武井恵雄, 横山明子: 栃木県総合教育センターにおける「教材開発環境」の実証実験, 情報処理事業振興協会 教育の情報化振興事業「初等中等情報教育のための教材開発と教育支援形態の実証実験報告書」, (2000)
- 6) 実際には、次の化学式をあげた。
$$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H} + \text{H} + \text{O}$$
これは、宇宙空間などでは実際に起る反応であるが、地上では水素原子、酸素原子が単体で存在しにくいということ、学校教育では水素分子、酸素分子であつたことから、文中の(1)式に変更した。
- 7) 武井恵雄: 情報教育におけるコミュニケーション, 情報処理学会 情報教育シンポジウム論文集, SSS99, 17-21,(1999),
- 8) 物理学の分野では、こういったカテゴリーの異なる量を表すには別の記号を使う習慣であるし、化学の世界でも研究論文では同様なようなので、学校教育の化学というべきかもしれない。
- 9) ウンベルト・エコ(谷口 勇 訳): 「テキストの概念」而立書房(1993)
- 10) 図は同上のエーコの表現にならうものである。
- 11) たとえば、見田宗介, 栗原 彬, 田中義久編「社会学辞典」孔文堂.