

## 理科教育におけるモデルの価値と利用

井 藤 芳 喜

Yoshiki ITOH : THE MERIT OF MODEL AND ITS USE  
IN SCIENCE EDUCATION

### は じ め に

理科教育では古くからモデル (model) が盛んに使用されてきた。例えば、ポンプの模型、人体模型等がこれである。これらは現実に認識し得る道具や物体の原理や構造を、モデルをとおして説明し、理解し易くしたものと見える。また、分子、原子のモデル、太陽系の運行模型等は、直接肉眼で目撃し難い抽象的な現象を具体化し、説明や理解の手段としている。のみならず、自然科学の研究の手段として、未知の分野の究明にモデルを使用し、新しい自然事象の解明が次々となされている。

教育の現代化に沿って計画された PSSC で取扱われている実験内容は、自然の諸現象を理解せんがためのモデル的実験が多く取扱われている。また、CHEMS や AAAS あるいは Nuffield 理科等においても、複雑な抽象的な諸現象を、生徒に理解できるように具体的モデルに置換えて、従来は高度な知識と考えられていた内容を巧に理解させようとしている姿がうかがわれる。

本稿では、これらのモデルを使用することの意義を明らかにし、理科教育にモデルを導入する場合の方法とその限界、活用の方法等を具体的例をとおして述べる。

### I モデルの意義

#### 1・1 具体的内容のモデル

モデル (模型) という言葉は、船の模型、模型飛行機等と古くから使用されている。船の模型を例にとり、その意義を考えてみよう。

博物館等に陳列してある模型の多くは形状のみの模型で、空間的に縮小した外観上の模型にすぎない。このような模型は、実際に水に浮べることもないので、船のバランス、エンジンの取付け等は、全く考慮する必要はない。

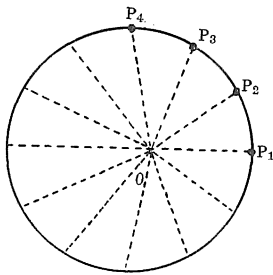
造船所で新しい船を建造する場合には、予め模型を使用して種々なテストを行なう。例えば、推進抵抗を少なくする船型の研究には種々の型の船型を考え、この模型を使って実験を行なう。

このような模型では水に接する部分の外型のみを考慮するので、他の直接に関係のないエンジンや、船内装備を考慮する必要はない。また、その船型も必ずしも実物大とは限らず、小型模型を使用して実験している。

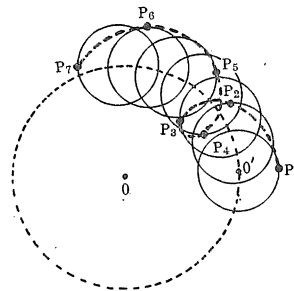
以上の二例でわかるように、モデルとは、必要な部分のみを強調し、これを理解、解明するのにつごうよく考慮し、不必要な他の部分をできる限り省略したものと考えられる。もしも種々の機能を同時に有するモデルがあるとすれば、必要部分の価値が薄れるばかりでなく、これが必要部分へも影響を及ぼし、理解、解明が困難となることさえある。また、種々の機能をことごとく集約した精巧なモデルがあるとすれば、これはもはやモデルではなくて、そのもの自体といえる。従って一般には、その機能を満足するに足る部分のみのモデルで十分といえる。

### 1・2 抽象的内容のモデル

自然現象の解明にモデルを使用した例は古くはギリシャ時代に溯ることができる。当時既に、太陽の黄道上の運動が等速度ではないことが知られていたので、これを説明するのにヒッパルコス (Hipparchus BC160?-BC125) は、太陽は円周上等速度で運行しているが、地球はその円の中心から少し離れているという離心円を考えて、見かけの運動を説明した。(第1図)\*1  
また、プトレマイオス (Ptolemaios Claudios 150?) は惑星の運動の説明で、地球を中心とした円周上の仮想の点O'が等速円運動をし、惑星はO'を中心とした第二の円周上等速運動をしていると考えた。(第2図) この考え方によって、惑星は天体上にある時は速く、ある時は



第1図 ヒッパルコスの離心円



第2図 プトレマイオスの周転円

遅く運動しているようにみえることを説明しようとした。\*2

これらの二つのモデルは、もちろん、観測結果と完全な一致をみないので捨て去られたが、あくまでも地球を中心とし、円は完全無欠のものという前提で、天体の運行を円運動の単純な合成と考えた結果である。このモデルは、当時としては真にすばらしいモデルといえる。

今日では、コペルニクス (Kopernicus, N. 1473-1543)、ケプラー (Kepler, J. 1571-1630) 等によって築き上げられた太陽中心の長円(楕円)軌道が用いられている。これが成立するまでには、歴史的に数多くのモデルが考えられ、このモデルと観測値を対比させながら、最も単純で確実なもののみが残ったものである。

今日でこそ、観測技術が発達し、天体構造は具体的に認識できるが、解明の過程では抽象的現象の解明の手段として具体的モデルを考えたものであろう。

今日でも分子、原子の構造の究明に、また宇宙間の微小な動きの究明等にも、既知の諸現象を満足するモデルを考え、これにより新しい構造を究明していることは周知のとおりである。

以上の例のように、モデルは、宇宙次元や原子次元の事象等を人間次元の事象に変換したり、抽象的事象を具体的事象に変換したりしてこれを解明しようとする。しかも、自然科学は複雑な事象を単純化して表現することが要求される。<sup>3</sup> 従って、抽象的事象の解明に使用されるモデルは、既知の事象を包含し、しかも単純なモデルが要求される。自然科学が単に自然の事象の現象的認識に留まらず、理論的追求による本質的認識即ち、真理の探求を必要とするならば、モデルは理論を展開する基盤として必要となり、仮説はこのようなモデルにより立てられることになる。

## II モデルによる教育

### 2・1 Analogy による教育

得難い事象や再現困難な事象、また、複雑な事象や抽象的事象は、これを理解し易い類似な具体的事象に置き換えて説明し究明しようとする場合が多い。教育の場においては、これらのモデルによる典型的事象を取扱うことが多い。二三の例をあげて、その内容を説明する。

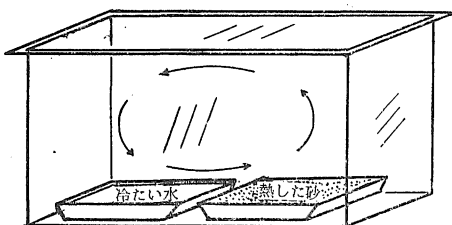
#### 2・1・1 構造のモデル化

人間の体内の構造を知るため、これを直接解剖してみることは、子供の精神的発達上からも、また、道義的立場からも簡単にできない。従って、人体模型等で代用して教育される。この場合模型では静的取扱いしかできないが、強いて動的取扱いを求めるならば、他の人間以外の動物で代用することができ、これらがモデルである。

動植物や鉱物の標本もまたモデルと考えられる。これらのモデルに必要なことは、その特徴をあらわした典型的な形が必要なことである。特徴がはっきり表示できないものはモデルとしてふさわしくない。地形の模型等は特徴を誇張して表わすことができる。

#### 2・1・2 現象のモデル化

天文・気象現象のように、非常に大きな規模で行なわれている事象、あるいは地質現象のよ



第3図 季節風の類似実験……対流

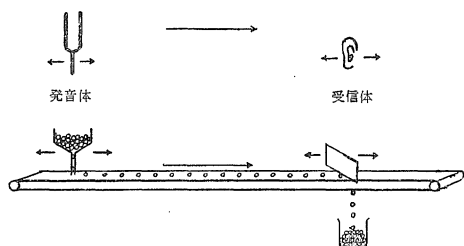
うに、過去何年もの間に蓄積されてきた現象等は、これをそのまま実験してみることは不可能に近い。例えば、季節風を説明し、理解するために、容器中に閉ぢ込められた気体の対流により、この現象を納得させようとする実験がある。これは季節風の起る現象を大きな対流と考

え、これをモデルで実験したものである。(第3図)対流という現象のみに注目すれば、液体の対流現象でも同じモデルといえる。

このように、現象のみをとらえて、これを具体的で説明し易くモデル化したものがある。この種のモデルは自然の本質を誤ってとらえ、誤ったモデルを形成することがあるので注意を要する。この種のモデルとして、泥水の沈降による堆積岩の生成を示すものがある。

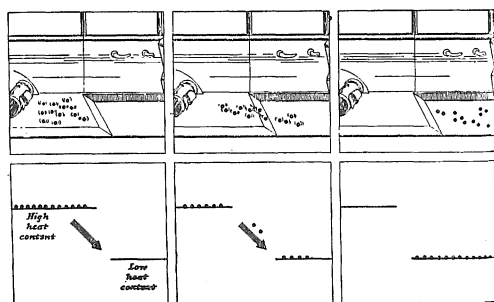
### 2・1・3 機能のモデル化

ドプラー効果は、発音体、受信体、媒体の三者の相互運動により起る。この三者を第4図のように、一定時間間隔で豆粒の出る装置(発音体)、豆粒を受取る装置(受信体)、ベルトコンベア(媒体)の組合せと考え、波長を豆の間隔、周期を豆の通過する時間間隔、振動数を単位時間に受取る(送出す)豆の数と考えればモデルが成立する。このモデルは、本質的には全く関係のない物体を用いて、その機能のみをモデル化したものと考えられる。

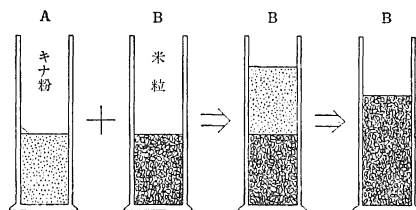
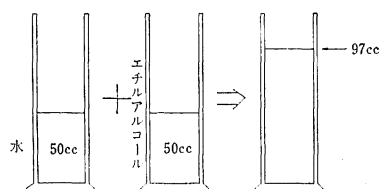


第4図 ドプラー効果のモデル

CHEMS 化学では化学反応におけるエネルギー平衡のモデルとして、床に段のあるワゴンの中のゴルフの球を考えている。(第5図) また、分子の性質をマクロ的に説明しようとするモデル(第6図)<sup>15</sup> や水に浮ぶ氷による isostasy の説明等がこれに相当する。



第5図 CHEMSにある化学平衡のモデル



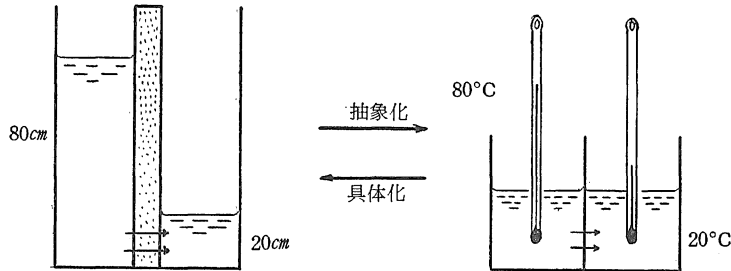
第6図 水とアルコールの混合の現象のモデル

### 2・2 抽象的現象の具体化

抽象的事象はこれを具体的なモデルに置き換えて説明や理解をし易くする。

熱と温度のような抽象的概念は、これを適格に把握することがむずかしいらしく、将来教師となるべき、理科専攻学生にも、この両者の区別ができない者がある。熱に関するモデルは、カルノー（Carnot, N. 1776-1832）が熱機関（カルノーサイクル）で使用していて、決して新しいものではない。<sup>\*6</sup>

こゝでは第7図に示すように別のモデルを考えた。水位の高さを温度、水の量を熱量に対応



第7図 熱の伝導のモデル

させる。水位の異なる二つの容器を細いパイプで連結するか、多孔質の仕切り板（断熱材に相当）で仕切る。しばらく放置すれば、水は高い方から低い方へ流れ（熱力学の第一法則）、やがて平衡状態となる。容器の底面積（水の量と対応）が同じならば、50 cmの高さ（50°Cの温度に対応）で停止する。仕切り板の孔の太さや厚みを考慮すれば、熱の伝導に関する法則（ニュートンの冷却の法則）を導くモデルに発展する。

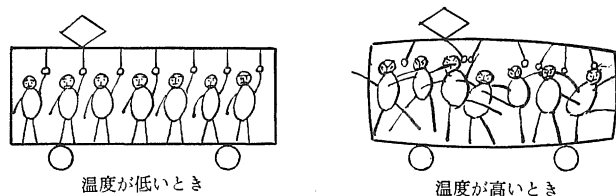
このように、水と熱との対応により、抽象的な（熱）現象（こゝではマクロ的現象に限られているが）を具体化して思考し、これによって得られた概念を抽象的概念に対応せしめて、説明し理解し、さらに新しい法則を導くことを可能とする。

分子、原子の世界の解明には、これまで数多の先駆者達が種々のモデルを工夫して解明し、現在もなお未開の分野に新しい概念を導入したモデルを形成して、研究を続けていることはいまさらいうまでもない。これまでの既知の現象の説明や理解のためのモデルも数多の教育者が工夫し、実践しているので、その実例についてはこゝでは割愛する。

### 2・3 擬人的モデル

機能のモデル化の一つとして、擬人的モデルが考えられる。これは、事象を人間または動物等の行動と置き換えて表現するモデルである。

温度が高くなると物体は膨張する。この現象のミクロ的説明では、物体の分子運動のはげしきで表現する。このモデルとして、電車内に閉ちこめられた人間の動きで表現したものがある。温度が低いと、萎縮して動きが少なかった者が、温度が高くなるにつれ活発に動き、このため人と人との間隔が必要となり、電車の外壁は外側に膨れる。もし膨れない場合は圧力を生ずる。



第8図 熱膨張の擬人的モデル

(第8図) 朝永振一郎氏の「光子の裁判」\*7では、理解し難い不確定性原理を素人にも解り易くしたモデルを取扱ったものといえる。

しかしながら、このような擬人的に扱われるモデルは、これを小学校等で利用すると、 $\text{アニメミズミズ}$ 的思考を助長することになりかねないので、十分注意する必要がある。

#### 2・4 モデルの実験

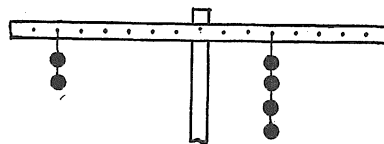
自然科学の既知の諸法則を理解するためには、典型的な理想状態を作り出し、これにより法則を理解しようとすることがある。この典型的状態は自然界にはめったに起らないか、時には全く起らない現象のこともある。モデル化という場合には、とかくこのような典型的な取扱いをするので、元来モデルという言葉には、理想的という意味が含まれている。

落下の法則は「空気の摩擦を全く無視した」場合の物体の落下であるか、「真空中」を物体が落下する場合の法則である。従って、落下の法則は空気中の自然の状態では適用できない法則であり、特殊な法則である。

種々の道具は力学の原理を応用したものである。例えばペンチ、はさみ、釘抜き、押し切り等は「てこ」の応用という。即ち、力点、作用点における力と、支点までの距離で代表される「てこ」をモデルとしている。しかし実際の道具は教室で実験する「てこ」ほど単純ではない。さらに、てこにおける力の関係は、天秤という特別なモデルに置き換えて実験することになる。小学校における天秤の取扱いも、支点からの距離が1, 2, 3, 4……, おもりも, 1, 2, 3, 4……というような特殊な場合のみで法則を見出そうとしていて、決して自然のままの状態ではない。

このように、モデルによる特殊な典型的なもののみを取扱えば、法則を理解するには便利であるかも知れないが、 $\text{やゝもすると自然界の複雑なあるがままの姿を忘れ、法則に限界があることや、測定値には誤差を含むこと等を見過ぐすことになる。}$

これらのモデル化された実験の場合には、生徒は法則等を導き出すことに性急になって、思考の育成や実験の態度を阻害する傾向のものもある。<sup>\*8</sup> 先の天秤の例をとれば、一般の市販の道具は腕の長さを変化させる穴が数個しかなく、変化の要因が少ないので機能的実験に不向きである。せめて一方に15個程度の穴がなければ発見的な実験はできまい。



腕の長さも、おもりも、とびとびで連続でない

第9図 天秤のモデル実験

### III モデルの限界

#### 3・1 具体的内容のモデル

具体的モデルはその目的によって、表示の内容が異なる。先に述べたように、船全体の構造配置を知るモデル、船型を研究するモデル、積載エンジンの大きさを研究するモデル等は当然異なる筈である。これらのモデルはその用途に応じて考案され、目的に応じた要素のみを強調して、他の要素はできるだけはいらぬようにしなくては、理解や研究が困難となるであろう。従って、ある目的に作られたモデルは、これを拡張して別の用途に使う場合に、その適否を十分検討しなければならない。上記の船の例では相互にモデルを交換する訳にはいかない。モデルには適用できる限界があり、これを超えるときは別のモデルを考えなければならない。

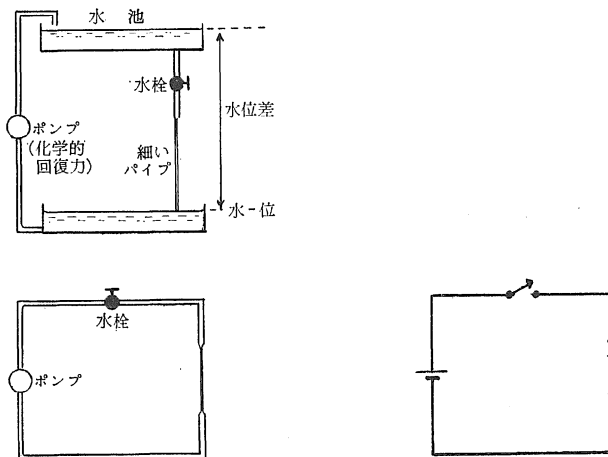
#### 3・2 抽象的内容のモデル

抽象的で理解し解明し難い事象は、これを具体的で理解し易い事象に置き換えたモデルを使用する。このモデルに含まれる事象は現実とできるだけ類似した事象を豊富に含まなければ類推の対象とならない。

電気回路は往路と帰路の二本の線が必要であることを、会社に出かけるお父さんと会社から帰るお父さんに譬えたものを見かけたことがあるが、このようなモデルは、電気に関する他の諸性質を理解する場合にはもはや役に立たない。また、ベルトコンベアや閉ぢられた道路に譬えた例では、やゝ広い事象を包含できるが、これとても利用の範囲が狭い。

古くから、電気諸現象の説明には「水」がモデルとして使用されている。このモデルの由来については、筆者も詳しく研究していないが、恐らく、電気に関する諸現象を多くの研究者が研究しているうちに、自然発生的に考え出されたものであろう。ともかく、電気に関する諸術語は、水に関する諸術語と同義である故、術語の発生時に、すでにその概念が判明していたものと考えられる。

電気回路における器具と水の閉回路における器具とを対比してみると次の図や表のごとくに



第10図 電気回路のモデル

第1表

電 気	水
電 池	水 池
発電機 (化学的起電力)	ポンプ
(電)導線	水道管
抵 抗	抵 抗
(導線の種類と太さ)	(パイプの種類と太さ)
可変抵抗	水圧調整器
スイッチ	止水栓
電流計	水流計(単位時間の水量)
電圧計	水圧計
電力量計	水量計

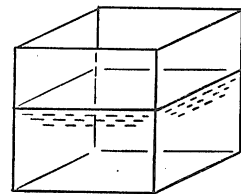
第2表

電 気	水
電 流	水 流 (1秒間に流れる水量)
電 位	水 位
電位差=電圧	水位差=水圧
抵 抗	抵 抗
電気量	水 量
電気容量	水の容量

なる。また、電気に関する諸現象を対比させてみれば第2表のようになる。

この類似は、単に電気回路のみならず、静電気の諸現象にまで、ある程度拡大することができる。<sup>\*9</sup>

さらに、水を小さい粒子(分子)の集りと考えるならば、電子の流れを粒子の流れと考えることもできる。実際に回路を流れる電子



底面積	水	電気
	$S$	$C$
高さ	$h$	$V$
	$V=Sh$	$Q=CV$
エネルギー	$\frac{1}{2} Vh$	$\frac{1}{2} QV$
	$\parallel$	$\parallel$
	$\frac{1}{2} Sh^2$	$\frac{1}{2} CV^2$

第11図 電気量およびエネルギーのモデル

の速度はさほど速くないが、電流は速く流れる現象は、水の閉回路で分子自身はゆっくり流れても、パイプ中を分子が運動する現象が速く伝わることで理解し得る。

以上のように、水を電気のモデルと考えることは、電気回路の諸現象や諸法則(オームの法則、キルヒホッフの法則等)の理解に役立つばかりでなく、エネルギーとしての電気の取扱い、電子としてのマクロ的現象の取扱いにまで進展させることができる。しかしながら、このモデルも静電氣的現象のすべての説明にまで発展させるには少し難点があるばかりでなく、電気と離れて考えることのできない磁気現象との結びつきを説明する現象は見出せない。今日では、急速に発展してきた電気理論を、逆に流体の諸現象の解明に活用している状態で、このモデルは非常に適した利用範囲の広いモデルということができる。

電気の現象を水以外の現象に譬えた例もあるが適用範囲が狭く有効とはいえない。しかしながら、教育の段階では、児童・生徒の既知の諸現象をモデルに使用する関係上、適用の限界が非常に狭いモデルもあり得る。また、場合によっては必要以外の部分を掲げない方が混乱を生じないので理解に有利のこともある。この場合、適用の範囲を誤らないよう注意を要する。

適切なモデルか否かは別にして、電気の回路を家庭と工場と工具に譬えた擬人的モデルによって、指導上効果をあげた例がある。<sup>\*10</sup> これは、発達段階に合せたモデル形成の一例といえるが、次の段階ではもはや適用できない限界のあるモデルといえる。このような適用限界を超えるモデルは、これにこだわることなく深く捨てて、新しい次の段階のモデルを考える必要がある。



#### IV 視聴覚教材の活用

##### 4・1 視聴覚教材の再検討

自然科学の研究の特徴は、直接自然を観察等によって認識するのみでなく、これらの諸現象を論理的に説明し、さらに理論によって、直接五感では感知できないような自然の奥底に潜んでいる真理を究明することにある。

理科教育が、単に自然の直接観察による現象的認識に留まらず、進んで論理的思考により自然を本質的に認識しようとするならば、豊富な経験と思考の方法を会得しなければならない。

自然科学の本質は自然を直接研究することにあるから、従来はとかく、理科教育に視聴覚的教材を導入することは本末顛倒であるとされてきた。確かに、自然科学の研究は自然から出発し自然へ演繹されなければならない。しかし、今日の視聴覚教材は近世以前の自然哲学的考察を押しつけようとする教材は皆無といってもよい。その内容は単に間接経験にすぎないし、間接経験だから信頼できないものでもない。のみならず、得難い経験や細かい詳しい経験さえ加わっている。とりわけ、視聴覚的教材での論理の展開は優れた教育者や科学者によって計画され、一般の教育者が簡単に模倣できないような内容を多分に含んでいる。

このような立場から、視聴覚的方法を積極的に取り入れて、自然に関する経験を豊かにし、思考の方法の訓練の育成に、その利用の範囲を拡大する必要がある。

##### 4・2 視聴覚教材によるモデルの形成

###### 4・2・1 一般モデルの視聴覚教材化

教育上のモデル形成の重要な要素は具体化である。この具体化は、実際に目前に具体化されたモデルの実物が存在するものもあれば具体的事物を内容としているが実在しないで思考するモデルもある。前者はポンプの模型であり、天体運行模型等であり、後者は熱現象を水に譬えたチャートである。

具体的思考を要する小学校中学年以下では具体的モデルを必要とするが、抽象的思考ができる小学校高学年以上では、必ずしも具体的物は必要でなく、図やスライド、テレビや映画（動的モデル）で差支えない。

視聴覚教材が発達していない時代には、説明用にあらゆる模型を必要としたが、現在では視聴覚教材で代用させ、複雑な現象の説明以外のモデルは教室から姿を消しても差支えない。特に中学校以上においてこれがいえる。

###### 4・2・2 動的モデルの視聴覚教材化

モデルの最も効果的な表現は映画による動的表現といえる。これは具体的に存在するモデルでは表現し得ない分野まで表現することができる。

分子運動の変化による状態の変化をモデル化しようとし、何らかの変化による物体の運動の変わるものを捜し求めたが、実在する適切なものが見当らなかつた。この映画化には際しては

アニメーションを使って、分子運動の速さと位置の変化を表示させ、固状、液状、気状の三者の表示をたやすくモデル化することが可能である。

血液の循環の様子、消化系統の胃や腸の働き等は、実物を映画化して説明できるが、これはむしろ動的モデルを使って説明した方が理解し易い。

映画「日本の気候」では、気圧配置による季節風の起因や、Coriolis の力による風向の変化等を動画を使ってうまく説明している。CBA 化学や CHEMS 化学等では、分子の結合の機構やエネルギー変換の原理等、動画を使って有効な教材を数多く用意している。

これらのモデルは映画特有の巧みな説明と組み合わせられて、自然の事象の理解や研究方法の解明に威力を発揮している。

## V ま と め

1) モデルの役割には複雑な事象を単純化するはたらきと、抽象的事象を具体化するはたらきの二つが考えられる。前者はいわゆる「模型」にみられるように、具体的に実在する事象の一部を抽出して、これをある定った特殊な目的に使用するために、不必要な部分を単純化したモデルである。後者は、「モデルを使った思考」にみられるように、抽象的な事象を具体的事象と対比させて、思考の補助的手段として利用するもので、そこには多くの既知の事象を包含したモデルが要求される。両者とも自然の理解、解明に欠かせないものである。

2) 教育上、アナロジーを用いて複雑な現象や抽象的現象をモデル化する場合の注意すべき点のいくつかを指摘してみよう。

### 1 構造のモデル化

複雑な構造のものは、これを単純化して理解し易くする。この場合、理解させようとする部分は、その特徴がよくあらわされるような典型的なものでなければならない。また、不必要な部分は、できる限り省略すべきである。

### 2 現象のモデル化

気象現象のように、非常に大規模な事象や、地質現象のように、長年月の蓄積した事象はこれをそのまま実験で再現できないので、類似の現象で再現してみる。このモデル化では、現象の本質を誤まらないようなモデル化を考える必要がある。

### 3 機能のモデル化

現象が抽象的で理解し難いときは、内容は異なるがその現象の機能が類似したモデルを用いることがある。この場合には具体的事象の説明がかえって複雑になることがある。できるだけ単純なモデルを考える必要がある。

3) 抽象的事象は具体的事象をサンプルにしてモデルを形成する。このモデルは具体的物の場合もあれば図や映画であってもよい。このモデルは抽象的事象をできる限り多く包含し得るものでなければならないし、未知の分野の開拓が可能なものが望まれる。従って思考の発展に伴って、モデルの形態は次第に変化していくことも考えられる。

教育上、発達段階に応じて擬人的モデルを利用することがあるが、とかく誤って現象をとらえる傾向があるので注意を要する。

4) 既知の法則を理解するために、モデル化された実験が多く使用されている。理解のためには好つごうであるけれども、この乱用は、やゝもすると自然界の複雑なあるがまゝの姿を忘れがちである。

5) モデルの適用には限界がある。具体的内容のモデルでは、この限界の範囲内で利用すべきである。抽象的内容のモデルでは、できる限り適用範囲の広いモデルを使用すべきであるが、教育上、時には、発達段階に応じた限られた範囲のモデルを使用する方が効果的のこともある。

6) 視聴覚的方法を用いれば、具体的物によるモデルの大半が不必要となる。また具体的物によって表示できないモデルを適当に作成して利用することができる。さらに動画の活用は実在の世界では代用できないような、画期的モデルを与えてくれるであろう。

### お わ り に

本稿で述べたモデルの意義、モデル形成の方法、教育的活用上の留意点は、まだ十分に解明したとはいえないが、差当り判明した原理に基づき、今後は教育上有効なモデルを工夫考察し、教育の実践をとおしてその効果を検討していきたいと考えている。

### 要 約

モデルの役割には、複雑な具体的事象を単純化するはたらきと、抽象的現象を具体的に表現するはたらきの二つが考えられる。両者とも自然科学の理解と解明に欠くことのできないものである。

教育上に利用されるモデルは、複雑な構造を単純化した**構造のモデル**、天然現象を類似した現象で理解しようとする**現象のモデル**、全く異質の物体によって、その機能のみを理解しようとする**機能のモデル**等がある。これらのモデルについて、その特徴と内容を明らかにした。

抽象的事象はこれを具体化したモデルによって思考し、これを抽象的概念に対応して理解する方が有効である。このようなモデルを形成するに必要な要素や、モデルによる判断に限界があること、また、モデル化した実験では、自然の本質を誤って伝える危険があることなどを明らかにした。

視聴覚教材は思考の訓練に有効であることを認識し、各種のモデル教材の視聴覚化の必要と、動的モデルによる効果的教育の可能性を指摘し、モデル化に対するいくつかの指針を与えた。

## 参 考 文 献

1. ダンネマン, 安藤徳太郎・加藤正訳 大自然科学史 第1巻 1955 三省堂
2. 中野 栗夫 自然科学概論 第1分冊 1962 (p.3) 未刊行
3. 中谷宇吉郎 科学の方法 1958 (p.1) 岩波書店
4. C H E M S Chemistry An Experimental Science 1963 (p.156) Freeman
5. 大賀健太郎 理科教育の研究 第3章 第4節 第5項 1969 (p.205) 東洋館
6. 井藤 芳喜 “理科における子供の量概念の発達” 理科の教育 第17巻 第9号 1968 (p.13)
7. 朝永振一郎 “光子の裁判” 物理学者の眼 科学随筆全集 第2巻 1961 (p.119) 学生社
8. 井藤 芳喜 “小学校理科教育における帰納的演繹の方法の適用” 島根大学論集 (教育科学) 第16号 1966 (p. 67)
9. 井藤 芳喜・椿 弘夫 “自然科学上の概念構成におけるモデルの使用例” 日本理科教育学会中国支部大会発表要項 1967 (p.10)
10. 高柳 文雄 “電気回路の接続について” 理科の教育 第15巻 第8号 1966 (p.40)

(昭和44年12月1日受理)

## SUMMARY

## The Merit of Model and its Use in Science Education

by Yoshiki ITOH

In taking up the role of the model used in classroom teaching, we find there are some ways of thinking in their function. One of which is the simplifying of a complex concrete phenomenon and another is the concrete expression towards an abstract phenomenon. Both are essential in the perfecting of knowledge and understanding in the studying of natural science.

In the many model forms used there are: “structural model” that helps in simplifying complex structure; “phenomenon model” that helps to cultivate understanding of phenomenon which resembles natural phenomenon; “functional model” which helps to gain understanding only through the function but by an entirely foreign matter. Through these different forms of models we would like to clarify some of their characteristics and contents.

In the case of abstract phenomenon we find that thinking ability is obtained through the model giving concret expression and that the result achieved is effective when understanding grows through abstract conception.

But, there are limitations in determining the factors necessary in forming judgement through these models and in the using of personificated models. Also, it helped to clarify our viewpoints that the experiments in the using of all-inclusive models was a stumbling block to teaching, that is, such as teaching erroneously which should be avoided since this is unnatural.

We recognized the fact that the using of audio visual teaching aids reinforced effectiveness in the training of thinking ability indicating the necessity of using model and audio material aids in the classroom.

It also pointed out the possibility of contributing to effective teaching method through motivating models and of acting as a guiding principle in the adaptation of models in classroom teaching.