

教育評価の技術論的考察（上）

～ 形成的評価の枠組み ～

佐藤 勝彦

目 次

教育評価の技術論的考察（上）

- I. はじめに
- II. コンピュータ導入による形成的評価の可能性
- III. カリキュラム及び授業評価の枠組み

教育評価の技術論的考察（下）

- IV. 個性化教育における評価の方法
- V. CMIにおける形成的評価の技法
- VI. おわりに

I. はじめに

『若いM先生は、「わからない子をなくしてやろう」と意気込んで新しいクラスに力を入れていました。このクラスにN男という算数の成績が「2」の子がいました。「ぼくのことを“できない子”という先入観でみないから、それがうれしかった」というN男は、先生の熱意に答えて、がんばって80点近くの点数がとれるようになったのです。しかし、このとき、ほかの子はもっとよい点数をとるようになっていました。そのため、5段階相対評価の通信簿で成績順に上から5, 4, 3とふりわけていくと、N男にはまた「2」がついてしまいました。それほど気にもとめずに通信簿を渡した日、N男の母親から電話がありました。「先生、N男が帰ってくるなり、泣きだしちゃったんです。何もいわずに玄関で、ワンワン泣いているんですけど、学校で何かあったんでしょうか。」こうして、2学期が始まってN男は再びやる気のない子どもにもどってしまったというのです。』⁽¹⁾（朝日新聞社編「いま学校で」より）

このような内容は決して特殊な例ではない。現在の小学校では、5段階評価の「5, 4, 3, 2, 1」から、3段階評価の「たいへんよくできました」、「よくできました」、「もっとがんばりましょう」に変わってきてはいるが、段階別相対評価であることには変わりなく、中学校では相変わらず5段階評価が行われ高校入試の成績の一部として使われている。

公教育の評価は、このような相対評価、序列主義の評価が中心をなしている。学校教育における評価は、学力に対する価値観や教育観を反映しているものであり、教育哲学と表裏一体をなす重要な教育問題である。それは、公教育における価値体系の成立にもなるあらゆる側面とその形成過程が評価の対象になるからである。また、評価は前述の「いま学校で」の例でも明らかのように、人間の心の内側に働きかけ、その人の行動のしかたに深く関わっている。即ち、評価は人間の成長・発達に直接係わる重要な教育手段であるといえる。

相対評価における序列主義の教育は、受験戦争という社会構造の枠の中では、必要悪として認めている現状であるが、人間の成長・発達に与える影響の大きさを考えるとき、この現状維持が将来にどのような禍根を残すかは明らかである。従って、この現状から一人ひとりの子どもの成長・発達にあった教育の可能性を評価という観点から見直す必要がある。子どもたちに

とって、評価という教育的手段が成長・発達に直接的に影響のある公教育においては、現実的且つ具体的方法としての評価システムの開発が強く望まれている。

Ⅱ. コンピュータ導入による形成的評価の可能性

形成的評価はスクリヴァン⁽²⁾によってカリキュラム改善のための評価として理論化されていたものをブルームがカリキュラム改善だけではなく、教授-学習の全ての教育活動の改善のための評価として組織化したものである。従って、形成的評価は、形成発展するあらゆる段階で行われるものであり、その過程で収集されたデータはカリキュラム作成者、教師、生徒によって利用される。この形成的評価の具体的な手法に関しては第V章で詳しく説明する。この形成的評価の最大の特徴は、一人ひとりの学習者の学習目標に対する形成過程を時系列に評価し、そのデータをたよりにカリキュラムの改善や指導法、学習の仕方等の改善のためのフィードバックが行えることである。従って、より改善された優れたカリキュラムの作成と「学習者にかかる指導の内容や技術」の確立、さらには学習者の学習目標に到達するべき方向とその手段が与えられることになる。このような理想的な教育評価を実際の教育現場で行おうとするとその計画から実行まで相当な労力と時間が必要である。また、一人ひとりが到達目標に向かって学習を行うプロセスを形成的に評価する手段や方法が複雑で、手作業での形成的評価の実現には多くの困難がともないシステムとしての実現は不可能であった。ところが、コンピュータの発達は、パーソナル・コンピュータ（以下、パソコンと略す）を作り出し、教育現場での使用を可能とした。その結果、このパソコンは形成的評価システムの実現を可能とした。今回の報告は、パソコンを利用した形成的評価の技術論的な考察をおこなう。但し、技術論ではあるが、評価のノウハウを明示するのではなく、カリキュラム開発における教科の概念構造を明らかにし、教授-学習過程の設計・実践・評価というサイクルとそのフィードバック系としての評価の方法を理論やスローガンではなく実際の教育現場での実践可能な手法として利用できる技術を明らかにしようとしたものである。

図1は、形成的評価をおこなうためのパソコン・ハードウェアを示したものであり、図2は学習情報を中心としたファイル・システムを示したものである。これらシステムの具体的説明と授業での利用形態等は続編の第Ⅳ、Ⅴ章でおこなう。紙面の都合で、今回の本編（上）は形成的評価の枠組みを示し、後編（下）では形成的評価のシステム設計とその具体的使用方法に

図1. パソコン・ハードウェア

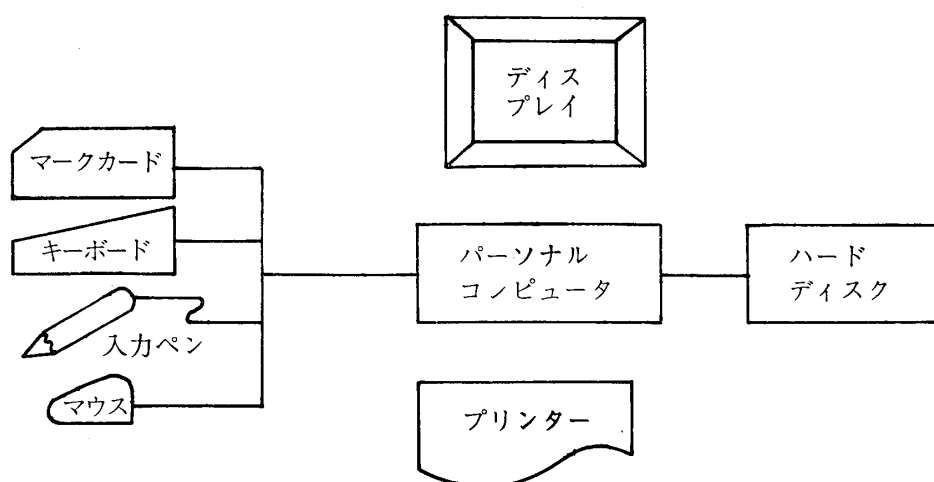
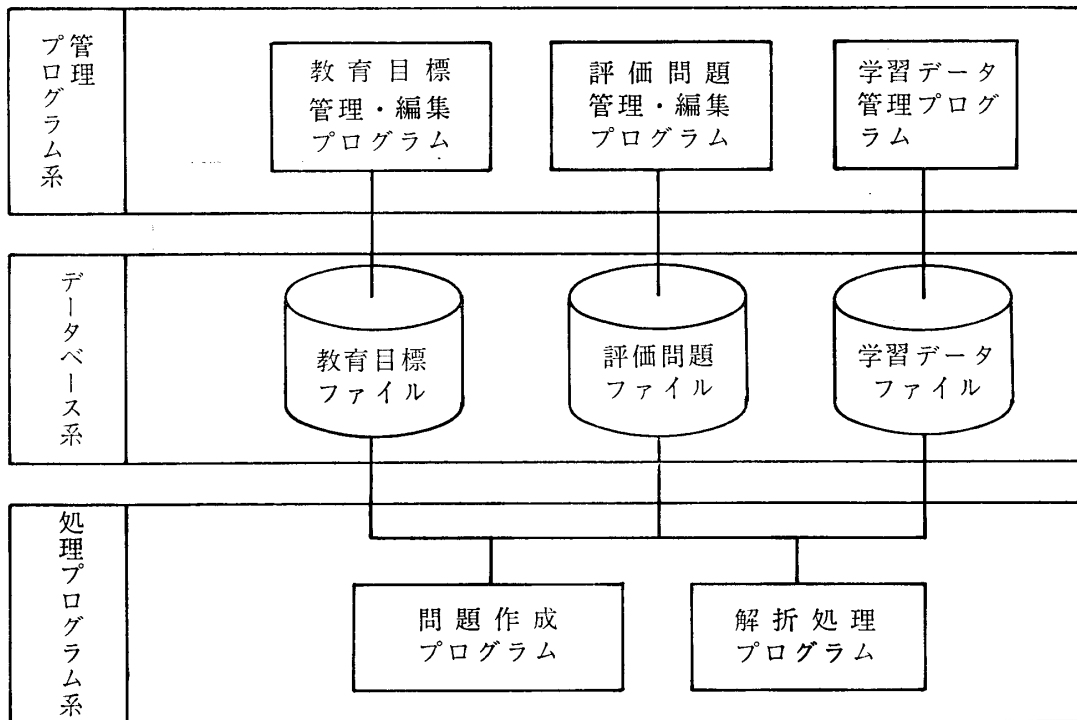


図2. ファイル・システム



ついて述べる。

Ⅲ. カリキュラム及び授業評価の枠組み

最近、教育工学の新しい教育技術の開発により、授業の設計・実施・評価というサイクルで、教育における最適要件の解明が数多くなされている。^{(3),(4),(5),(6)} その中で特に顕著なのが、授業の設計やカリキュラム開発へのフィードバックデータの提供である。

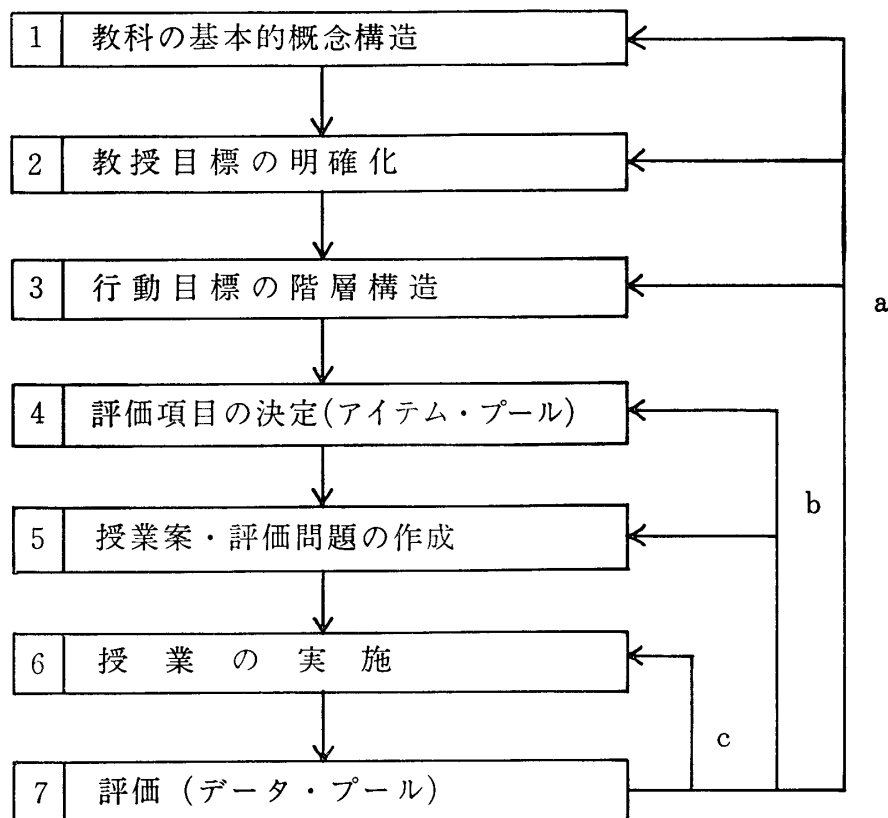
カリキュラム開発は、各国で勢力的になされ、新カリキュラムが紹介されて、その効果が問われている。優れたカリキュラムであるか、良い授業書であるかの判断は、それらを使用した学習者に対して初期の目的が達成され、ある水準にまで高められたかどうかという評価の裏付けがなければならない。

授業者（授業設計者）へ、どんなフィードバックデータを提供すればよいか。同じく、カリキュラム作成者へ、どんな情報を提供すればよいか、現実的な評価技術として考えられなければならない。それによって、授業設計者やカリキュラム作成者は、授業の改善をし、カリキュラムの修正を行なうのである。

そのためには、授業設計者やカリキュラム作成者の明確な目標が設定され分析されていなければならない。これは、授業評価とカリキュラム評価の前提条件である。

ブルーム（Bloom. B. S.）(1973) は⁽⁷⁾「カリキュラムは、それが教科書であれ、完全にセットされた教材であれ、教授活動であれ、あるいは学校全体の教育計画であれ、何らかの一貫した目的を備えているべきであり、その目的に関連して構成されなくてはならない。理想的には、そのカリキュラムによって生徒にどのような変化をもたらそうとしているのか、という形で目的が設定されているべきである。」としている。具体化された明確な目標が、一人ひとりの学習者にどのような変化を期待しているのか、という設計に対し、評価は、実際にある変化が起きているかどうか、また、その変化の量や程度はどのくらいかを明らかにして、設計とのズレ

図3. 授業設計のコース構造



を知ることを意味している。

次の図3は、授業設計の手法を流れ図で示したものである。

図3のコース構造は、授業の設計と評価の概略を示すもので、各項目ひとつひとつに十分な検討と研究を要するものであるが、一応、実証的なデータが、授業の改善とカリキュラムの修正へどのようにフィードバックするかがわかる。

即ち、aの部分カリキュラム修正へのフィードバック情報であり、b、cが授業改善へのフィードバック・データの流れである。以後、この図3のコース構造をもとに、各項目の説明と、a、b、cそれぞれの情報の流れを検討する。

①、②、③の項目とaのフィードバック情報の流れに関しては、この第Ⅲ章で、又④、⑤、⑥、⑦および、b、cのフィードバックデータに関しては、第Ⅳ、第Ⅴ章で解説する。

1. 教科の基本的概念構造

カリキュラム改造という作業における教科の基本構造は、学問的に専門家の英知を集めてこそ決定されるものであり、容易な作業ではないが、優れたカリキュラムには、その背景に教科の基本構造が明確に位置づいている。^{(8),(9)}

授業者は教科の基本構造を組み立てなくても、その組み立てられた概念構造を知る必要がある。

小・中学校の指導で起こりうる学習者が日常生活の中で取り得る常識的な思考や行動が、科学の基本構造の一部又は全部に対応している場合、学習者はもちろんのこと、指導者ですらそのことに気づかない場合がある。それは、いわゆる常識的な段階で止まり、放置されてしまうことを意味する。教育は、より具体的な事象を手がかりに、下位概念から上位概念へと一段高い

厳密な形式にまとめあげることであり、その知識なり概念が新しい問題場面への解決に役立つものとして指導されなければならない。

そこで、教育が概念 (concept) を問題にする場合、次の二つに分けて考えられる。

- 教科の科学的基本概念の構造
- 概念形成の過程

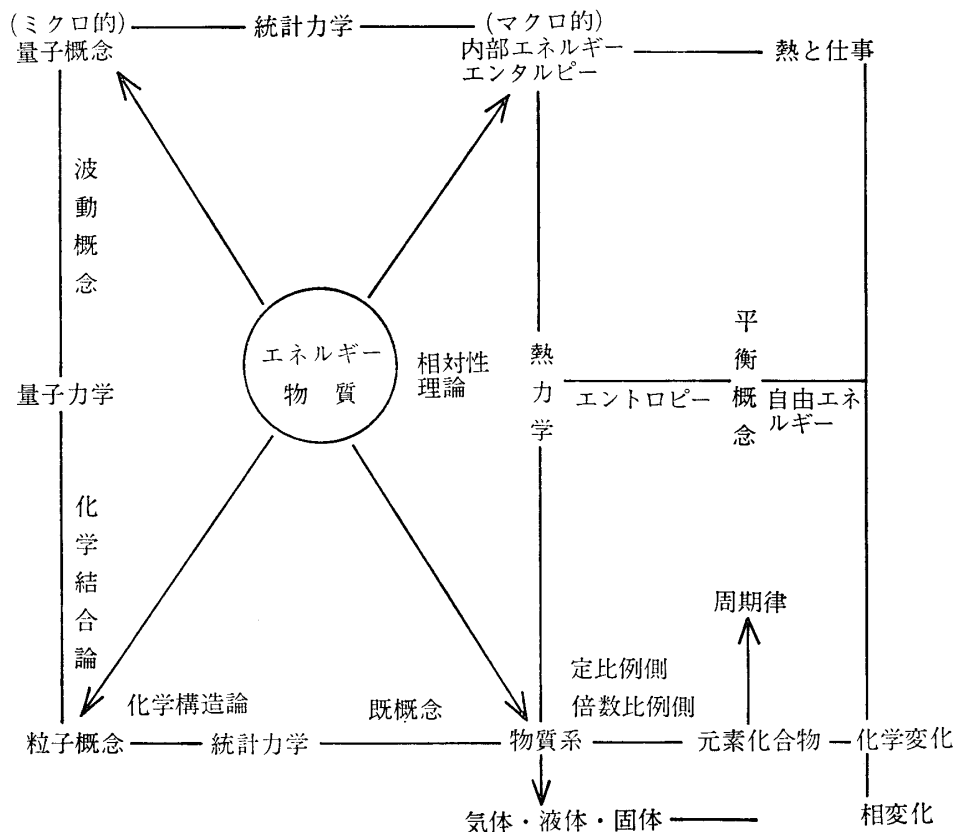
1-1. 教科の科学的基本概念の構造

森川久雄氏⁽¹⁰⁾によると、「今日の理科教育の目標の一つに、基本的概念の形成が挙げられている。これらの概念は、例えば、物質概念とかエネルギー概念といったもので、それなくしては自然の正しい認識はできず、自然科学や技術に関する情報を正しく位置づけることのできない必須のものであり、自然科学的知識体系の骨格となり、座標系をなすものである。これらの重要な概念は、並列的に存在するものではなく相互に関係し合い、助け合って一つの構造を構築していると考えられる。これらの構造をことばで説明することはきわめてむずかしいので、構造図として示されることが多い。そこで、描かれた図を概念構図 (conceptual scheme) とよぶ。」とし、基本的科学概念の構造図の意味を説明している。

例えば、次の図4は、この概念構図を示している。この図は山崎豊氏⁽¹¹⁾による化学の基本概念を構図にしたものである。

図4は、具体的事象の教材を奥深くひそめたところの概念図であり、これだけでは教材になり得ない。

図4. 化学の基本概念構図



そこで、その基本概念をどんな内容と方法とをもって教えるか、という教育内容の階層性が問題になってくる。この科学の基本的概念構造を明確にカリキュラムに位置づけた好例として、PSSC 物理をあげることができる。

PSSC (Physical Science Study Committee) の内容は、4つの部分からなり、それぞれの部分で物理の基本概念が明確に位置づけられ、概念間の階層構造が原子物理学を軸として系統づけられている。⁽¹²⁾

第一部……物理学の「基礎的概念」^(注1)を時間、空間、運動、物質として、まず最初は、時間や空間を測るための諸種の測定法を導入している。この種の時間、空間の測定実験から、生徒は、速度、加速度、ベクトル、相対運動を理解するように進められる。次には、時間の推移とともに位置を変えるものとして、物質を学ぶことになり、物質についてのこのような吟味の中で、質量とその保存の概念が発展されてゆく。そして、物質は分子の集合として扱われる。この分子（気体状態）を観察することによって、分子の運動が粒子モデルを用いて説明することができるようになる。

(注1) 基本概念と基礎的概念について、栗田一良氏⁽¹³⁾は「中学校では、エネルギー概念が基本概念の一つとなっているが、この概念の育成のためには、温度や熱、力、運動、電気回路等の基礎的概念が必要であろう。」と基本概念と基礎的概念の区別をしている。

第二部……我々は光によって生活している。従って、鮮明な像とぼけた像、鏡による反射、物質の境界での屈折についての取り扱いに進んでいくのは、生徒にとって容易である。この問題を追求していくと、自然に光の粒子説を発展させることになる。即ち、光に関する光の直進、光の反射、光の屈折の説明に粒子モデルを導入している。ところが、光の回折現象、光の干渉現象になると、粒子モデルでは説明がつかないことに気がつく。そこで、光は波であるという波動モデルを仮説として取り入れざるをえなくなる。生徒はここで、縄を伝わる波や水面の波の有様を観察して、波動の基となっている種々の特性を認識し始め、さざ波実験槽中におこる波を直接研究することによって、干渉・回折の知識を得る。

第三部……第三部では、方向をかえて運動というものを力学的観点から、一層細かく見ることになっている。生徒は、簡単な実験装置により、自分でニュートンの法則を発見することにより、運動力学についての諸法則や万有引力説を知り、運動が与えられたときに力をきめる方法を学びとる。運動量とエネルギーの保存則は、理論と実験の両面から導入され、これらの法則が第三部の本質的部分である。

第四部……電気を導入し、電気から原子の物理に入る。ここでは第三部で得た力学の知識を使い、初めは質的な実験から次には電荷間引力の量的研究へと進む。やがて、電荷に自然単位があることが理解され、電子や陽子とその質量が問題となり、原子構造の概念へと進むわけである。そして、ラザフォードの研究に従って原子の核モデルを打ち立てる。しかし、これではどうして原子が安定でありうるか、また光を放射しながらなぜ、衰えないかというようなある種の疑問は解決できない。この解決を求めていくうちに、第二部で扱った、光には粒子性と波動性のあることを知るようになる。そればかりでなくさらに進んで、物体は粒子として行動するが、ある面では波として行動することもあることを知る。そして、これら両者の性質を統合することによって、水素原子の安定性もそのエネルギー準位も理解することができる。

このように、PSSC 物理は、科学の基本概念を高校生という対象に対して、どのような順序でどこまで教えるかという教育内容の系統性と概念の階層性を例示した優れたカリキュラムであると言える。

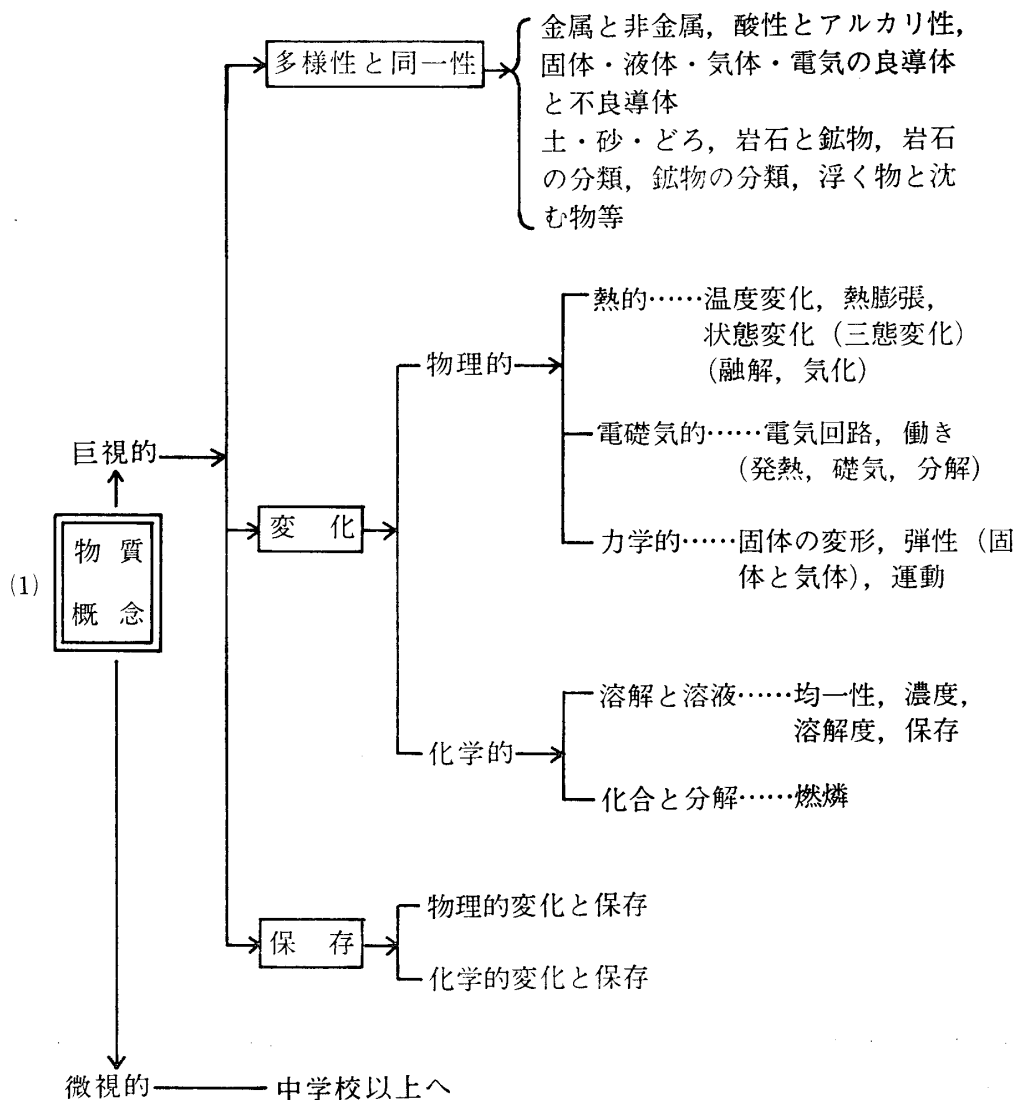
対象が小学校や中学校においても、上記の PSSC 物理のような教科の基本構造を支柱として、カリキュラムが構成されている COPES, SCIS, ESS, (以上が小学校), IPS, ESCP, ISCS (以上が中学校) などのプロジェクトの例を見ることができる。

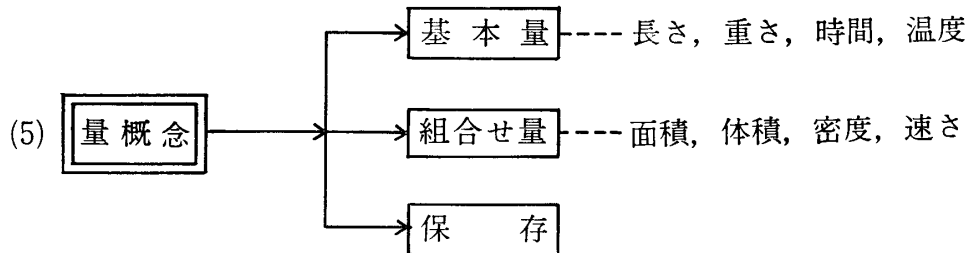
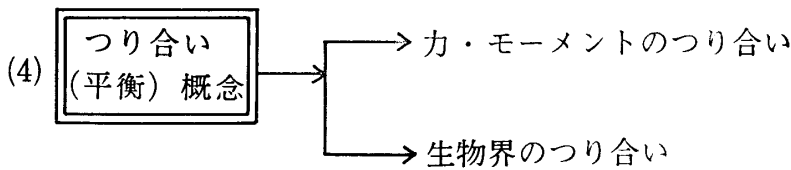
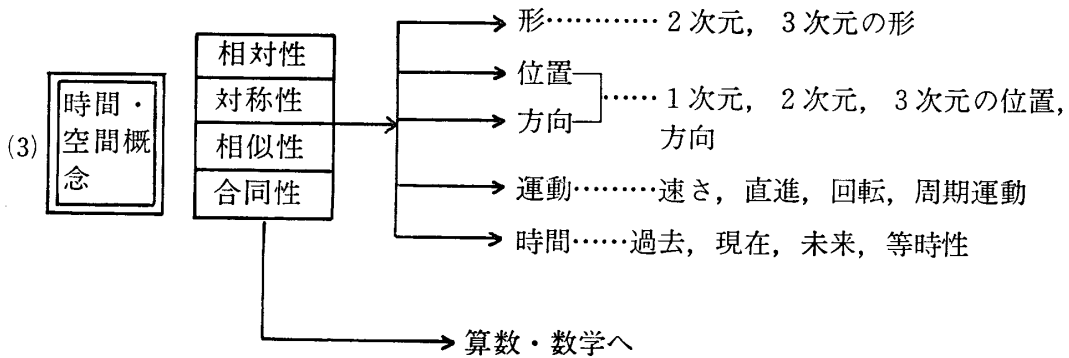
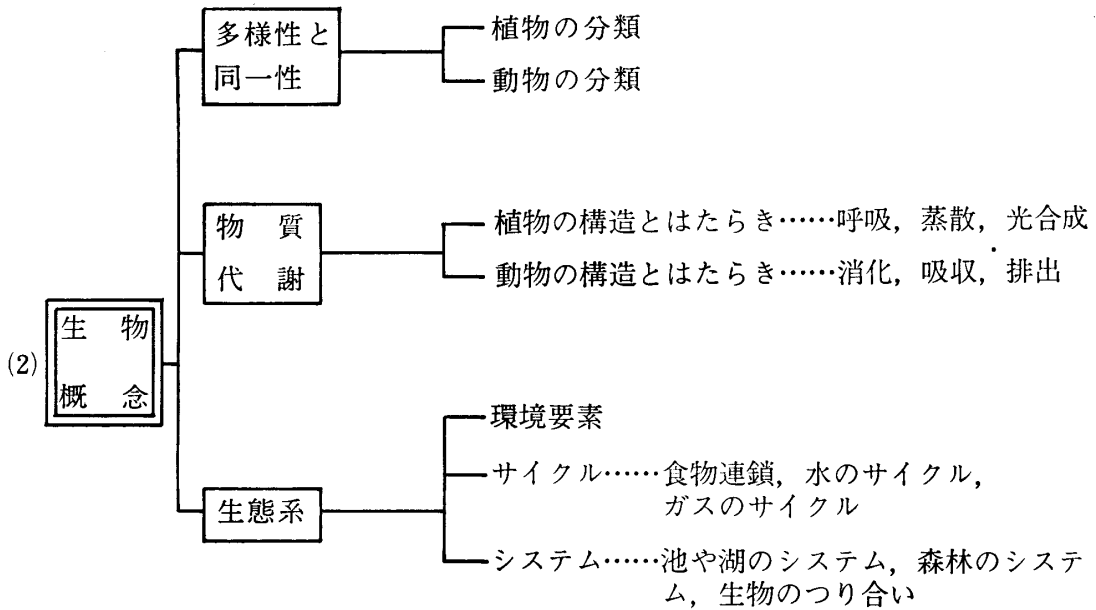
次に、小学校理科の基本的概念の構造について考えてみよう。基本となる概念ほど抽象の度合いを増すが、それは言い換えれば、多くの下位概念を包括しているということである。そして、下位に行くほど具体的事象に近づいてくる。小学校の場合は、まさにこの具体的事象が教材なのである。

現在、小学校理科の内容は次の三つに区分されている。

- A領域：生物と環境
- B領域：物質とエネルギー
- C領域：地球と宇宙

図5. 小学校理科の概念構造





上記三つの領域における内容と科学の基本的概念の関係が、あまり明白でない。即ち、小学校理科の基本概念に何を置くか、という問題と具体的事象に対応する下位概念から上位概念に至る階層構造を明確に位置づけられるか、ということである。

科学概念に関しては、前述のごとく、基本となる概念ほど抽象的であるが、それだけ多くの下位概念を包括しているという事実と、どんな科学的概念も基本概念から基礎的概念に分解し、その階層を示す論理性が存在するという事実から、小学校においても科学の基本的概念構造を階層構造として明記できるはずである。

例えば、エネルギー概念の基礎的（下位）概念としては、力や熱、運動などがあり、その概念の下位概念として、時間、空間、量の概念がある。さらに、時間、空間概念というのは、物の形や位置、方向、速さ等の下位概念を包括している。

栗田一良氏によると、⁽¹⁴⁾ 小学校理科の基礎的概念としては、時間、空間、量のほかに物質概念、生物概念、平衡（つり合い）概念をあげたいとして、次の図5のような概念構造図を提案している。⁽¹⁵⁾

図5の構造図では、5つの基本的概念を取り上げ、次のような根拠を述べている。

自然現象を演劇にたとえると、物質（生物を含む）という多様な役者が時間、空間、という舞台の上で演じるドラマのようなものであり、科学者は、そのドラマを観劇している観客である。ただしこの舞台は、とてつもなく広大であり、観客は自己の好みによってドラマを選び観察する。そして、ドラマの中に法則性や秩序性を発見し、科学をつくり上げてきたし、つくり上げつつある。物質概念と生物概念を取り上げたのは、このような自然界に基づいている。この二つの概念が、小学校理科のカリキュラムの中心の柱となるべきだろう。としている。五つのそれぞれの基礎的概念の構造案については栗田一良氏の文献⁽¹⁶⁾、⁽¹⁷⁾を参照されたい。

ここで、一応小学校理科の基本的・基礎的概念が明らかにされたが、次にこれらの概念と具体的教材内容との関連性を考えなければならない。即ち、内容の順序性と階層性である。

小学校指導要領は前述の三つの領域（A：生物とその環境、B：物質とエネルギー、C：地球と宇宙）に区分されている。

そこで、科学の基本概念をそれぞれの領域において構造化し、具体的教材との関連性を明らかにした。その方法は、それぞれの領域の中心概念を洗い出し、その中心概念を構成する法則や下位概念を位置づけることである。

水越敏行氏は、発見の対象を設定する手順の中で、この領域の構造を学問的体系と教授との総合的な立場で明らかにしている。⁽¹⁸⁾ 以下に示す領域の構造と主要内容の系統図は、この水越氏の構造図を参考にして、筆者が教育評価の枠組として使用しやすい形に手を加えたものである。

図6の系統図作成によって、科学における基本概念とその基本概念の小学校理科への位置づけが終わったわけである。即ち、これらの手続により、概念構造による教材（小学校理科）の方向性を知り、教材内容の系統性を理解することができる。

これらの作業は、カリキュラム作成者が、対象（この場合小学生）の学習者に対しての望ましい科学の基本的内容を到達目標として示したものにすぎない。そこで、これらの基本的内容に対し、学習者がどのような過程で概念化を行なっていくか、という概念形成の過程が問題になってくる。

1-2. 概念形成の過程

子どもにとって、外界からの刺激は、ほとんどが具体的経験事象である。彼らは多くの経験（体験）から、共通するモデルを見出す。これが概念化の過程である。この概念化の過程は、学習者が彼らを取りまく生活環境の中から多くの具象をよりどころに、新しい問題解決の枠組^(注2)を発見していくことである。

（注2）概念は、我々が経験するところの外的世界そのものではなく、その外的世界に対処して行為する

際に、我々の意識と行動の中に形成されたものである。従って、我々が概念をもつということは、それによって外界の課題を解決してゆく一種の枠組み (Frame of referene) をもつということを意味する。この枠組みは、従来概念と呼ばれたり、イメージと呼ばれたり、あるいはシエマ、プランなどと呼ばれてきたが、枠組み自体は固定したものではなく、経験によって作り変えられる場合もあり、又学習や教育の結果、新たな枠組みを得ることも多い。この枠組みの改変は現実と照合することによってなされる⁽¹⁷⁾。

彼らにとってのこの新しい枠組みの発見は、まさに生活的概念の確立であるともいえる。このような日常生活の経験の中から生じる常識的な生活的概念と諸科学の構造からの科学的概念とでは、彼らにとって、どちらがより基本的かという疑問が生まれる。この疑問に対して、芳賀純氏は「子どもにとって生活的概念は、子どもが現実へ対処するために不可欠であるという意味で基本的である。一方、諸科学の概念は、その達成が科学研究の究極の目的であるという意味でやはり基本的であると考えられる。」として、「教育にとっての基本的概念というのは、諸科学からみると形式化された概念そのものを指し、子どもの生活からみると、むしろ常識的概念 (生活的概念) そのものを指している。従って、学習指導のため基本的概念というのは、この両者の関連そのものである。」⁽²⁰⁾としている。

本題から少しそれてしまうが、芳賀氏の言う両者の関連を知るため、概念はいかにして形成されるかを次の論文⁽²¹⁾を引用しながら検討してみることにする。

概念形成に関する論述は数多く紹介されているが、ここでは教育評価を技術的に可能にするという意味から概念形成過程における評価のレベルを明確に位置づけている D. A. Firager, E. S. Ghatala, & H. J. Klausmeier^(注3)の研究を紹介する。

(注3) 彼らは、アメリカ・ウイソコンシン大学認知学者のための研究開発センター (wisconsin Research and Development Center for Cognitive Learning) において、研究及び現場の学校で概念学習に関する研究を行なっている。

彼らの研究の結果、図7に示すような概念の到達レベルと、一度学習された概念が拡大され、適用されるさまざまな道筋が確認されている。

図7の各レベルに含まれる操作 (認知的操作) について、次のように述べている。

「概念習得のそれぞれのレベルに導くような認知的操作について明らかにする必要がある。年齢、教授、概念タイプが学習に及ぼす効果は、このような認知的操作に及ぼすそれらの効果として理解される。『現実の世界』の概念に関する学習に影響を与える因子を理解するため、概念学習における認知的操作について、一つのモデルを設定した。」

以下、各レベルの認知的操作のモデルを示す。

(1) 具体的概念

学習者が、ある刺激を彼がすでに出合ったものとして、正しく確認できるようになったときに、具体的概念を持つようになったとする。図8は、具体的概念の形成に際して生じると仮定された認知的操作を示したものである。最初のステップは、刺激状況との出会いである。学習者が、どのような刺激状況に気付くかということは、その刺激状況の特徴や学習者の過去の経験に依存している。これは、Gagneの刺激反応学習と同じ意味を持っているもので、⁽²²⁾ 学習者がその刺激に注意を向けるとき、それを他の刺激から区別することである。

(2) 確認的概念

確認的概念が形成されるのは、学習者が、ある物体を違った視点から見たり、違った様式で

図6. B 領域 (物質とエネルギー) の主要内容系統

基本概念	系統の柱	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	
B 固有な性質	1. 物質の固有の性質を持つている	a. 物質の質量					<p>a-51 溶質の重さの保存(1)ア</p> <p>a-52 質による重さの違い(1)イ</p> <p>b-51 空気組成(2)ウ</p> <p>b-52 O₂の性質(2)イ</p> <p>b-53 CO₂の性質(2)オ</p> <p>a-61 体積の変化と重さの保存(3)エ</p>	
3. 化学変化によって新しい物質を生成する	d. 質変化(化学的)	<p>c-21 溶ける速さと温度(3)</p> <p>c-22 形の消失と水の变化(3)</p> <p>c-41 水の三態変化(2)イ</p> <p>c-42 溶液の均一性(1)ア</p> <p>c-43 溶ける量の変化と温度(1)イ</p> <p>c-51 溶ける限度(1)ア</p> <p>c-52 溶質(固体)の分離(1)エ</p> <p>c-61 気体の溶解(1)ア</p> <p>c-62 溶質(気分)の分離(1)ア</p> <p>d-51 物の燃焼と空気(O₂)の関係(2)ア</p> <p>d-52 H₂O₂とMnO₂→O₂(2)イ</p> <p>d-53 HCl+石灰石→CO₂(2)ア</p> <p>d-61 燃焼による発熱・発光(2)ア</p> <p>d-62 溶解による金属の変化(1)ウ</p>		<p>d-61 燃焼による発熱・発光(2)ア</p> <p>d-62 溶解による金属の変化(1)ウ</p>				

*印は次ページとの関係を示す

基本概念	系統の柱	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年						
B-III 物質	e. 重さ f. 体積 g. 温度 h. 圧力 i. 力の性質	4. 物質は大きさ、質量など、固有の性質をもっている	h-21 空気のおす力 (4) i-21 おもりの位置とつり合い (5)	e-31 空気のかさ (1)ア h-31 空気のもともどる力 (1)イ 気体の圧縮 (1)イ *2 *3	f-41 温度による体積変化 (2)ア i-41 下に引く力、持ち上げる力 (3)エ i-42 (3)ア・ウ 交点からの距離 (3)ア i-43 おもりの着力点 (3)イ i-41 回路と明るさ (4)イ 明るさと電流 (4)ア・ウ 電流と方位磁石 (4)イ *4	e-51 重さと質のちがいの重さ (1)イ f-51 水と同体積の物の重さ (1)イ *6 *7	f-61 体積の変化による移動 (3)ウ i-61 (4)イ 物の重さと力の伸びと重さの比例 (4)ア・ウ i-62 (4)ア・ウ 力の働く位置と重さと力の大きさ (4)ア i-63 (4)ア 力の方向・力の大きさ (4)ア i-64 (4)エ つり合い=(重さ)×(支点からの距離) (4)エ i-61 電流の方向と電磁の極 (5)イ i-62 (5)ウ 電流量・巻き数と磁力 (5)ウ i-63 (5)エ 電流の強さと電流計 (5)エ						
								B-IV 現象や働き	j-11 磁石につくもの (5) 磁石の働き (5)	i-21 電気を通すもの (6) 電気の通り道 (6) k-21 物の振動と音の振動の伝わり (7)	i-31 (4)ア、イ 磁石の二つの極の性質 (4)ア i-32 (4)ウ 磁場 (4)ウ	i-51 (4)ア・ウ 音の伝わり強さ (4)ウ i-51 (3)ア・イ 光の直進・反射・屈折 (3)ア i-52 (3)ウ レンズの焦点 (3)ウ i-53 (3)ア 熱の放射 (3)ア *5	i-61 電流の方向と電磁の極 (5)イ i-62 (5)ウ 電流量・巻き数と磁力 (5)ウ i-63 (5)エ 電流の強さと電流計 (5)エ
								B-V エネルギー	n-11 風・ゴムの働き (4)	n-21 物の重さと車を回す力 (5)	n-31 (2)ア 風車の回る力と仕事 (2)ア	m-61 (3)ア 熱の移動 (3)ア m-61 (3)イ 物の性質と熱伝導 (3)イ n-61 熱の移動と物のあたたまり (3)ア n-62 (4)オ 作用点の仕事量 (4)オ 滑車輪軸の仕事量 (4)オ n-63 (5)ア 電流の磁化作用 (5)ア	n-61 熱の移動と物のあたたまり (3)ア n-62 (4)オ 作用点の仕事量 (4)オ 滑車輪軸の仕事量 (4)オ n-63 (5)ア 電流の磁化作用 (5)ア
								重さ	1. 光の性質 m. 熱	i-11 影の強さと影の影の形・濃さの違い (6)	i-31 (3)ア・イ 光の反射、光の重ね合わせと明るさ暖かさ (3)ア i-32 (3)ウ レンズの集光 (3)ウ	m-41 (2)イ 状態変化 (2)イ *5	m-61 (3)ア 熱の移動 (3)ア m-61 (3)イ 物の性質と熱伝導 (3)イ n-61 熱の移動と物のあたたまり (3)ア n-62 (4)オ 作用点の仕事量 (4)オ 滑車輪軸の仕事量 (4)オ n-63 (5)ア 電流の磁化作用 (5)ア
								体積	n. 力学的エネルギー 熱・電気・放射・波動エネルギー	n-11 風・ゴムの働き (4)	n-21 物の重さと車を回す力 (5)	n-31 (2)ア 風車の回る力と仕事 (2)ア	n-61 熱の移動と物のあたたまり (3)ア n-62 (4)オ 作用点の仕事量 (4)オ 滑車輪軸の仕事量 (4)オ n-63 (5)ア 電流の磁化作用 (5)ア
温度													
圧力													
力の性質													
電流と回路													
振動													
光の性質													
熱													

図7. 概念の到達レベルとその拡充・適用

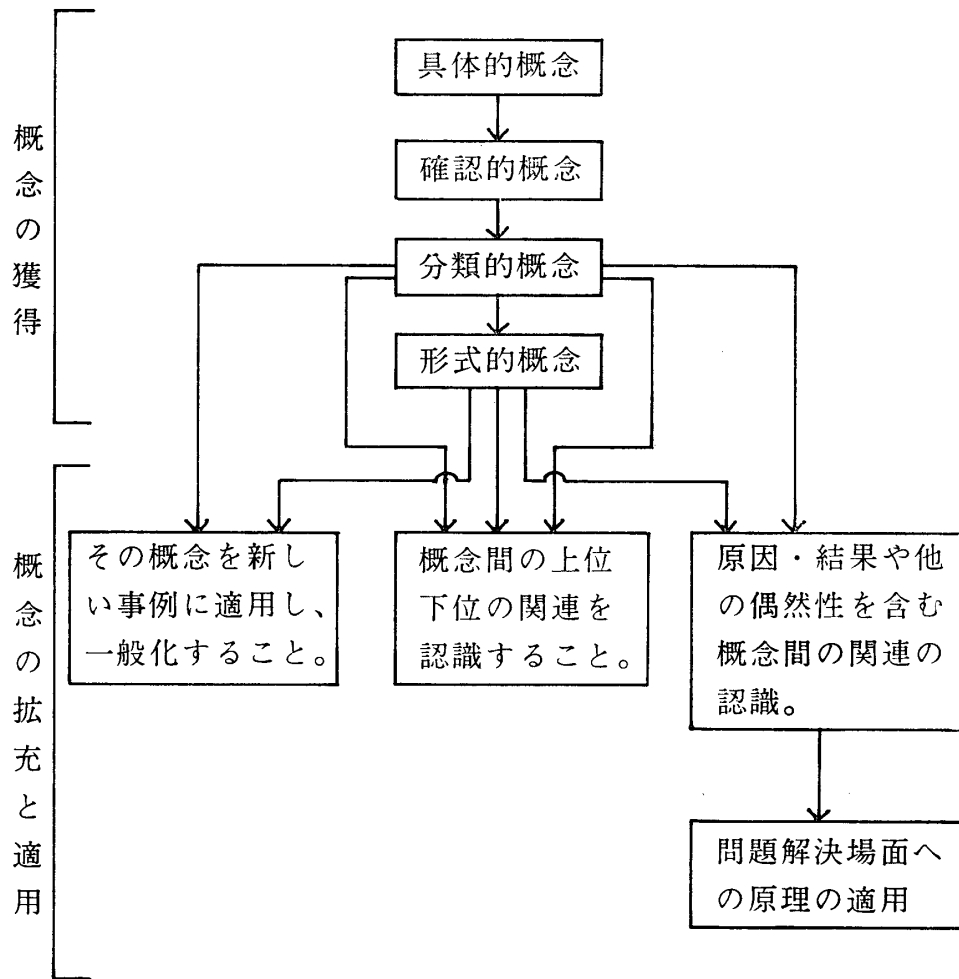
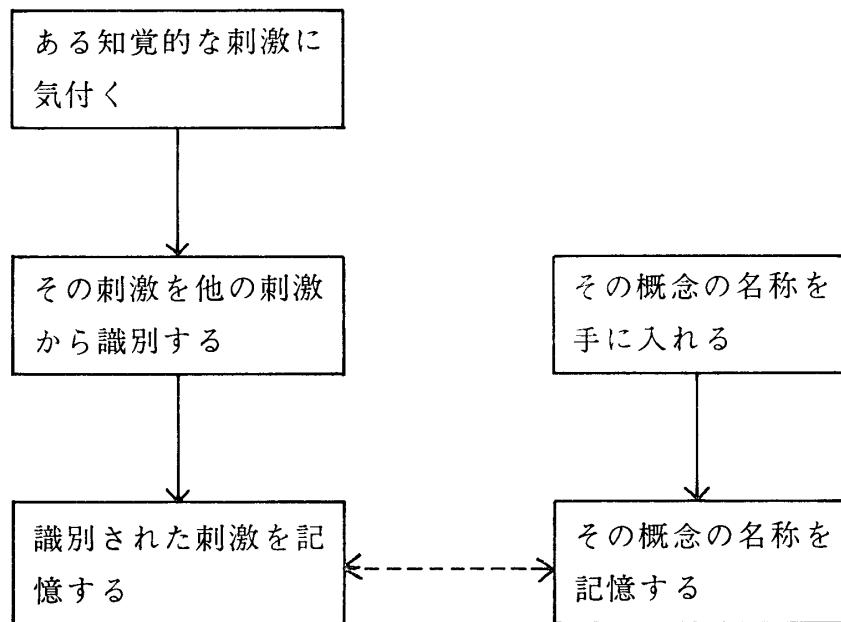


図8. 具体的概念の形成における認知的操作



感覚的に受けとめたりしても、それが以前に出会ったものと同じものであることを認識するようになったときである。そして、その確認的概念の形成には、一つの物体のさまざまな形式を他の物から識別すること、及びその形式を同一のものとして一般化することが含まれている。

この確認的概念に対して、J. B. Bruner らは、人生のきわめて早い時期に形成されることを示している。⁽²³⁾ ところが成人でさえ、その物体が、かつて不慣れなオリエンテーションや文脈のもとに提示された場合は、身近な物体を確認するのに失敗することもある。このようなことが起こるのは、ふつう以前に経験したその刺激が、たった一回だけの紹介とか一つの関連のもとに与えられたような場合である。

図9は、確認的概念の形成における認知的操作を示したものである。

(3) 分類的概念

学習者が、自分のグループ分けの理由を述べることはできなくとも、何らかの意味で同等なものを正しく一つにまとめて、グループ分けできるようになったとき、分類的概念を持つようになる。具体的概念や確認的概念の場合と同じように、学習者はその概念の名称を知っている場合もあれば、知らない場合もある。すなわち、学習者は正しく反応するけれども、その理由を述べるできないような概念である。

(4) 形式的概念

学習者が形式的概念を持つのは、何らかの意味で等質なものを正しくまとめてグループ分けすることができ、そのグループ分けの基礎になる理由について述べることができる。その概念の名称をいうことができるようになったときである。このレベルの概念習得に特有な様相は、そのなかまを決定づけるような属性について、明細に述べるような能力を持つことである。又学習者は、その概念の名称を知っていなければならない。

図9. 確認的概念の形成における認知的操作

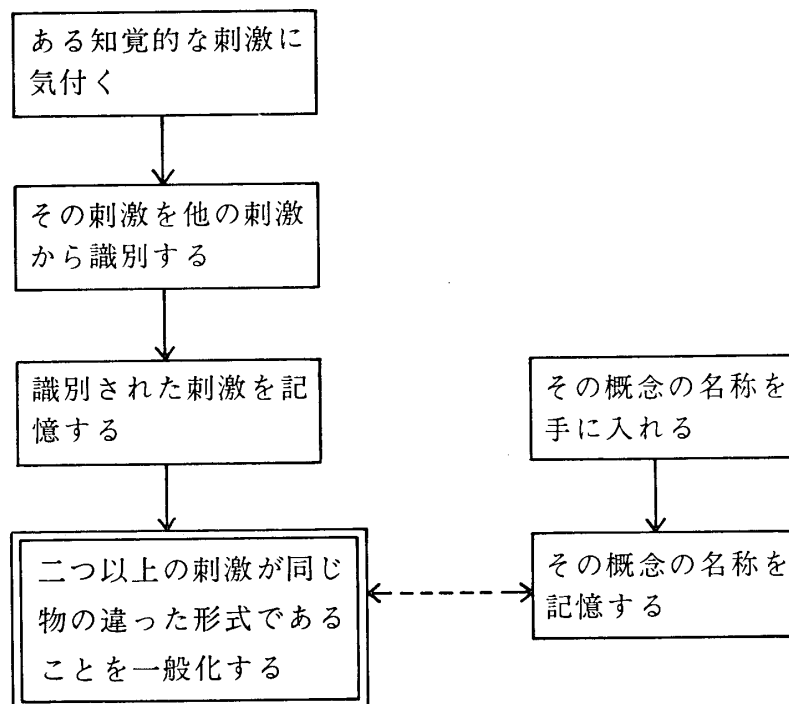
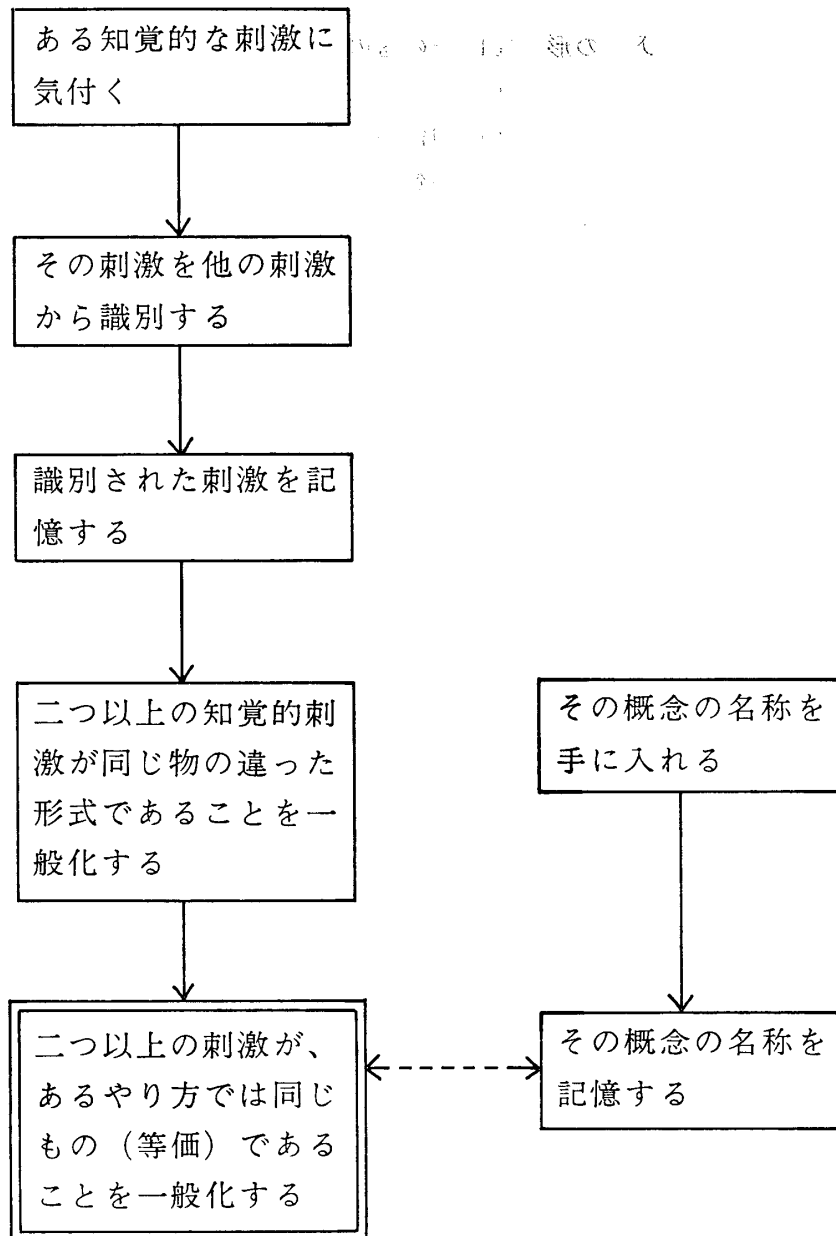


図10. 分類的概念の形成における認知的操作



学習者は、その概念の事例から、それを決定づける属性を推論したり、あるいはその概念の定義を与えることもできる。

まず、学習者がその概念を決定づける属性について、推論しなければならない場合、その推論に必要な認知的操作の概略は図10に示すような流れを持っている。

概念について推論するための前提条件は、その刺激の属性を識別し、その名称をあげることである。このことは、その概念にぴったり合うような属性を仮説化するための基盤を与えることになり、又それが推論されたあとで、それを決定づける属性をことばで表わすことが可能になる。

概念について推論する場合、次の二つの方法がある。

- A. どの属性が、その概念に適切であるかを推察することである。さらに、学習者はこの推察が、その概念と矛盾しないかどうかを知るために、それをその概念の例や例でないものと比較してみる。もし、その推察に矛盾があるときは、別の推察をし、それをさらに、その概念

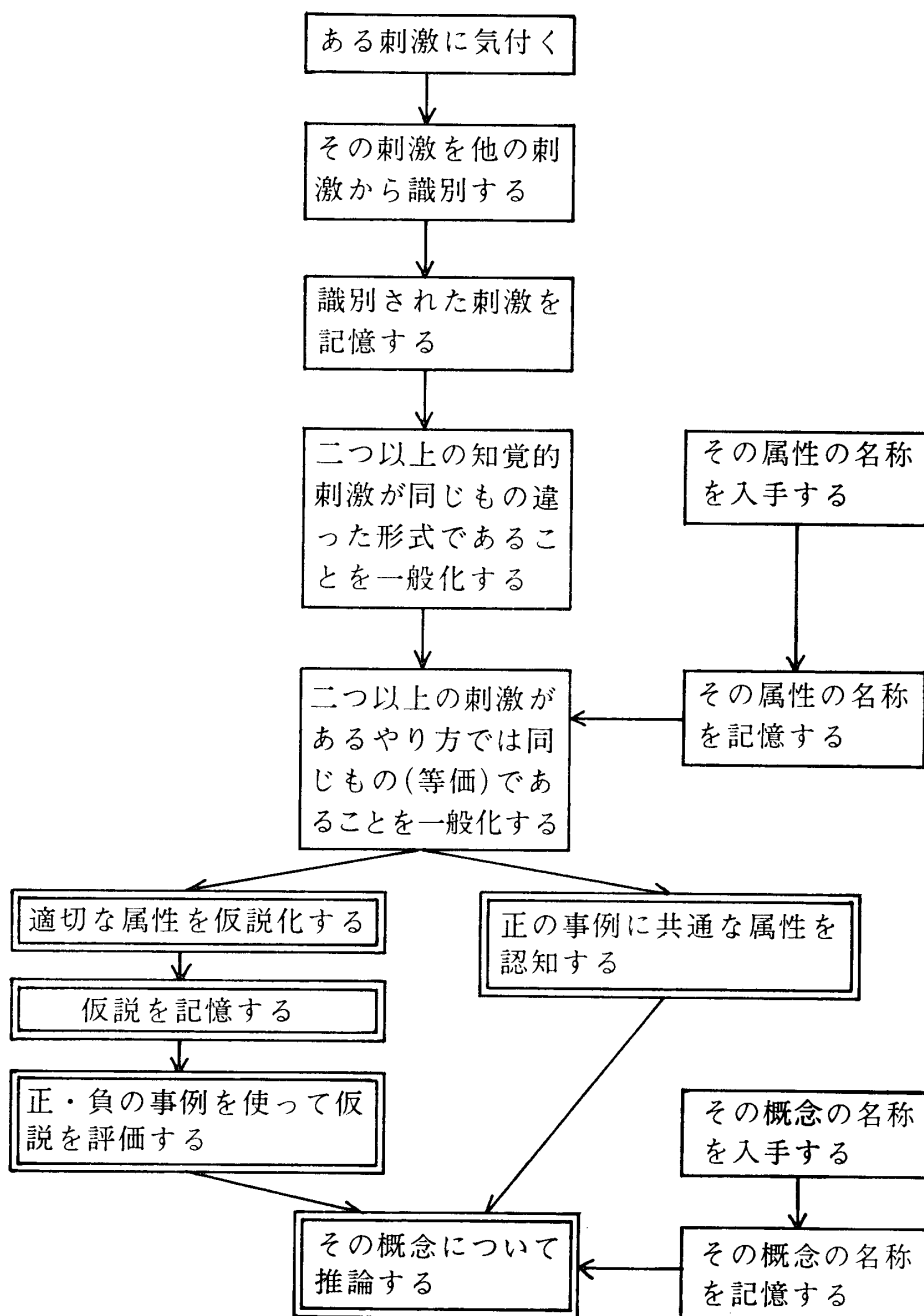
の例や例でないものと比べて評価する。最後に、彼らの仮説の評価から得られた情報をいろいろ組み合わせて、その概念を推論することになる。

- B. 概念の例の中から、共通性を抽出することである。この共通性による方法は、仮説による方法よりも子どもたちによく用いられる。なぜなら、子どもたちにとっては仮説を検証するのに必要な論理的な推理過程が、かなりむずかしいことがわかるからである。この方法は、その概念の正の事例だけが示されるような場合に、もっとも容易に使われるものである。

(5) 概念の拡大と利用

学習者が形式的概念を身につけたとき、それは概念習得の最高のレベルに達したことになる。

図11. 形式的概念の形成における認知的操作



しかしながら、この概念は新しい事例に出会ったり、他の概念に対する関連についての知識を獲得したりすることによって、さらに拡大されていくことになる。彼らは、この拡大の相様を次の四つに分類している。

① 新しい事例への一般化

J. S. Bruner らが指摘しているように⁽²⁴⁾、ある概念を持つということは、不断の学習に関する必要性を小さくするものである。新しい事が現われてもさらに学習することなく、それを確認することができる。又、ある概念について知るということは、学習者がそれに関する新しい事例をうまく扱うのに役立つような見通しを与えることにもなる。

② 上位・下位の関連の認識

基本となる概念ほど抽象の度合いが高く、多くの下位概念を包括していることは前述したが、基本概念の理解のためにはそこに包括されている下位概念の理解が必要である。

この下位概念の理解の過程において、上位・下位の関連について認識すれば、上位概念をその下位概念に適用する原理を導き出し、一般化することが可能になる。

③ 随伴性による関連の認識

J. S. Bruner らが指摘しているように⁽²⁵⁾、概念間の随伴性による関連 (contingency relationships between concepts) は、個々の事象によらないで、その仲間の関連づけを可能にするものである。このような随伴性による関連は、しばしば原理 (principle) とよばれている。

R. M. Gagne は、原理の一例として「丸いものはころがる」という命題をあげている⁽²⁶⁾。このような関連は、与えられた状況のもとで、あらゆる丸いものに何が起こるかを予測することを可能にする。

④ 問題解決場面における原理の利用

概念を問題解決のために活用する一つの方法は、原理、即ち随伴性による関連の適用によるものである。例えば、圧力、容積、重力、及び距離に関する原理は、気圧計を使って山の高さを決めるのに活用することができる。

(6) 概念習得に関する評価

D. A. Firayer らの論文から、概念習得のさまざまなレベルに到達する過程で用いられる認知的操作について紹介してきたが、最後に彼らが開発した概念習得のレベルを評価する手順を示す。(表1)

表1を参考に、概念習得のためのテスト問題作成の実際については、次章にゆずる。

このパラダイム（基本的構成）を使うことによって、何らかの教科内容に関する概念の獲得を測るようなテスト問題の開発が可能であり、教育評価にとって大切な技術的枠組の一つである。

2. 教授目標の明確化

教育目標の明確化・具体化の重要性については、多くの文献に見ることができる。^{(27),(28),(29)}そこで、目標を「なぜ明確に設定しなければならないか」という理論的根拠については、前文の文献にまかせるとして、ここでは、教育評価を技術的に可能にする枠組を決めるという方向で目標分析の検討を試みる。

教育目標には、抽象的なものから具体的なものまで、多くの段階に分けることができる。さらに、それらの目標群は、概念構造から明らかにされる内容目標と、問題解決過程における諸

表1. 概念習得のレベルを評価するための作業

レベル	作業
分類的	1. 概念の名称を与えたとき、学習者はその概念の例を選び出す（与える）ことができる。(注)
分類的	2. 概念の名称を与えたとき、学習者はその概念の例でないものを選び出す（与える）ことができる。(注)
分類的	3. 概念の例を与えたとき、学習者はその概念の名称を選び出す（与える）ことができる。(注)
層性の識別	4. 属性の真義を表わす名称を与えたとき、学習者はその属性の真義を示す例を選び出す（与える）ことができる。
属性の識別	5. 属性の真義を示す例を与えたとき、学習者はその属性の真義を表わす名称を選び出す（与える）ことができる。
形式的	6. 概念の名称を与えたとき、学習者はその概念に適切な属性の真義を表わす名称を選び出す（与える）ことができる。
形式的	7. 概念の名称を与えたとき、学習者はその概念に不適切な属性の名称を選び出す（与える）ことができる。
形式的	8. 概念の定義を与えたとき、学習者はその概念の名称を選び出す（与える）ことができる。
形式的	9. 概念の名称を与えたとき、学習者はその概念の正しい定義を選び出す（与える）ことができる。
上位・下位	10. 概念の名称を与えたとき、学習者はその概念の上位概念の名称を選び出す（与える）ことができる。
上位・下位	11. 概念の名称を与えたとき、学習者はその概念の下位概念の名称を選び出す（与える）ことができる。
原理	12. 二つの概念の名称を与えたとき、学習者は両者を関連づける原理を選び出す（与える）ことができる。

(注) このモデルは、分類的レベルでその概念の名称を知っていることを要求するものではない。しかしながら、その概念の名称に関する知識は、教室においては考えを伝達するために、重要なことであるから、教科内容に関する概念の習得を調べるのに、このことを必要な作業に加えるように決めたものである。

表2. 目標分析のレベルと領域

	A. 内容目標	B. 能力目標	C. 情意目標
I. 教科・領域			
II. 単元・題材			
III. 本時・分節			

能力を表わした能力目標、さらには学習者の意欲や能度を明記した情意目標とに配置することができる。水越敏行氏は前者を「目標のレベル」、後者を「領域」と称し、表2のようなマトリックスを示している。水越氏は、表2の位置づけを次のように述べている。「同じ内容目標でも、I-A と III-A とではレベルがまるで違う。m と cm くらいの違いがあるのだから目標記

述の様式にしても、同じであってよいはずがない。あるいはまた、II-A、II-B、II-C にわかれているのは、一つの単元や題材（小単元）の目標を概念や規則性の理解習得といった認知的なものだけでなく、探究能力とか、さらに探索意欲や持続力というように、複数領域でもってとらえていこうとするからである。

この九個の細胞（実際には III-C を II-C に吸収させることが多いし、低学年では II-B と III-B も合併するだろうから、数は実際にはもっと少なくなるが）のうち、今どこを分析しているのか、ということ常にはっきり自覚してかかる必要を私は痛感している。」⁽³⁰⁾

概念構造から明らかにされる内容目標については、前述した教科の基本的概念構造から記述することができるが、能力目標及び情意目標については、説明を要するところである。

問題解決法（Problem-solving method）によって、科学の方法を習得させようとする試みは、多くのカリキュラムに見ることができる。理科の場合、この問題解決法が探究の過程という探究的行動（態度）を指している。従って、探究の過程を通して科学の方法を習得するということが、世界の大多数の理科プロジェクトの指導理念となっている。

この指導理念にもとづいた小学校理科の代表例として、AAAS をあげることができる。

AAAS; Science-A Process Approach (American Association for the Advancement of Science)

このプロジェクトは、トリプル・エイ・エスと略称されていて、幼稚園から大学までの一貫した教材開発を企てている。

AAAS では、探究の過程における科学の方法を次の14の要素に分けている。

- ① 観察すること (observing)
- ② 測定する (measuring)
- ③ 数を用いる (using number)
- ④ 時間/空間の関係を用いる (using space / time relations)
- ⑤ 分類する (classifying)
- ⑥ 伝達する (communicating)
- ⑦ 推論する (infering)
- ⑧ 予測する (predicting)
- ⑨ データの解釈をする (interpreting data)
- ⑩ 条件を統御する (controlling variables)
- ⑪ 操作的に定義する (defining operationally)
- ⑫ モデルをつくる (formulating models)
- ⑬ 仮説をたてる (formulating hypothesis)
- ⑭ 実験する (experimenting)

AAAS のプロセス・アプローチは、プロセス・スキルズを計画的に訓練するという点に特徴をもっている。

水越敏行氏は、R. B. Sund と L. W. Trowbridge が出した五つのプロセス・スキルズを基本にして、日本の理科や社会科教育にあらうように細分化した尺度を使用している⁽³¹⁾。表2に示した能力目標が次に示すプロセス・スキルズである。

A. とらえる（取得的技能）

a 事象を見る

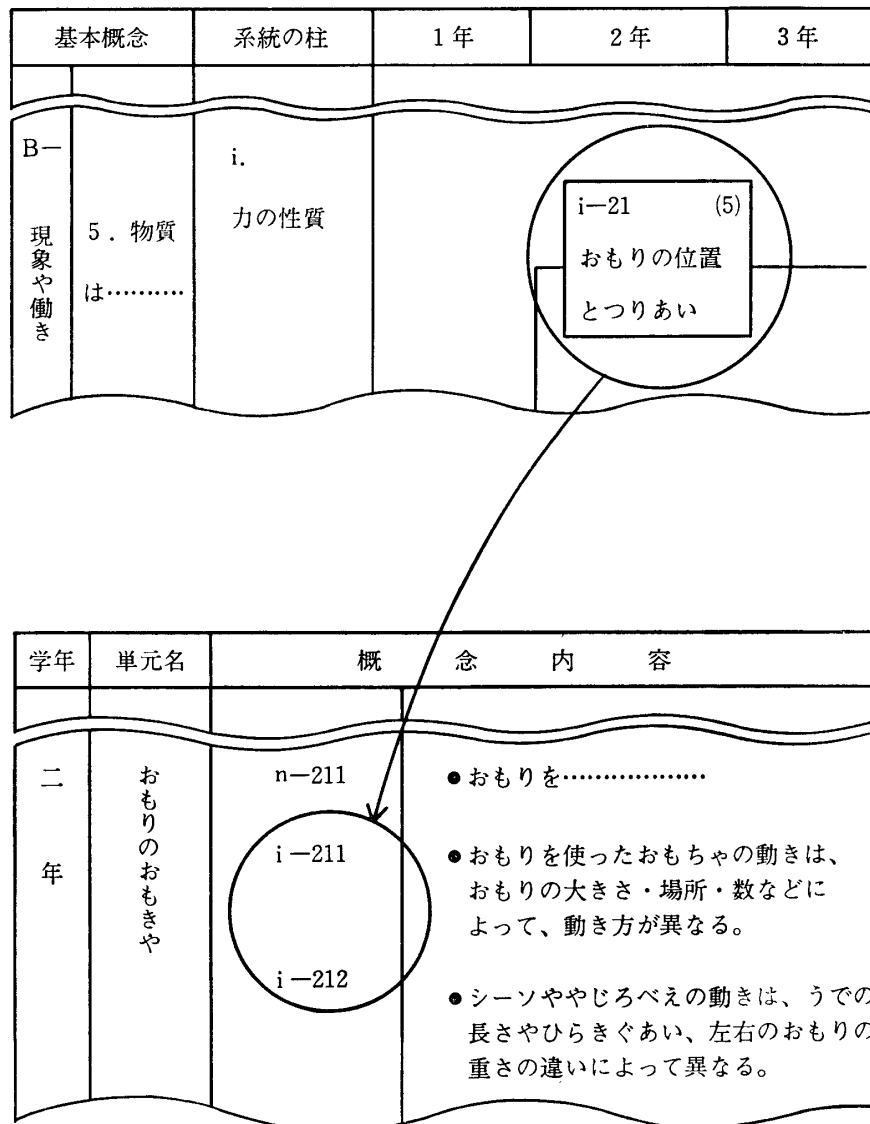
- b 資料を集める
 - c 経験を想起する
 - d 視点を持つ
 - e 用語記号をおぼえる
- B. 組み立てる（組織化の技能）
- a 比較・分類する
 - b データを解釈する
 - c 結果を予想する
 - d 作業仮説をたてる
 - e 操作的定義をする
 - f モデル化する
- C. つくりだす（創造的技能）
- a 適用する
 - b 視点をかえる
 - c アイデアを具体化する

表3. B領域における力学教材の単元名と概念内容

学年	単元名	概念	内容
一 年	風くち でおや 動も	n-111 n-112	<ul style="list-style-type: none"> ・風輪の回る速さは、風の強さに関係ある ・風輪の走る方向は、風の吹く向きに関係ある
	ゴ動も ムくち でおや	n-113 n-114	<ul style="list-style-type: none"> ・糸巻き車の動きは、ゴムの数（ゴムの強さ）に関係ある ・糸巻き車の動きは、ゴムのまき方（ゴムの伸びとねじれ）に関係ある
二 年	おも ち の おも	n-211 i-211	<ul style="list-style-type: none"> ・おもりを使ったおもちゃの動きは、おもりの重さに関係ある ・おもりを使ったおもちゃの動きは、おもりの大きさ・場所・数などによって、動き方が異なる
		i-212	<ul style="list-style-type: none"> ・シーソーややじろべえの動きは、うでの長さやひらきぐあい、左右のおもりの重さの違いによって異なる
三 年	風 ぐる ま	n-311 n-312 n-313	<ul style="list-style-type: none"> ・風車の回り方（速さ）は、風の強さに関係ある ・風車が物を動かす働きの違いは、おもりの重さで比べられる ・風車が物を動かす働きの違いは、ゴムやバネの伸びで比べられる
		i-421 i-431 i-432	<ul style="list-style-type: none"> ・水平になってつり合っている棒の左右に同じおもりを支点から等距離の位置につると、棒は水平になってつり合う ・てんびんのつり合いは、おもりをつるす糸の長さやおもりの形を変えても、つり合いは変わらない ・上皿てんびんのつり合いは、皿に置くおもりの位置やおもりの形を変えてもつり合いは変わらない
		i-422 i-411	<ul style="list-style-type: none"> ・上皿てんびんでつり合ったとき、物のおもさと分銅の重さは等しい ・物の重さは、ばねの伸びによっても測れる
六 年	て	i-621 i-611 i-622	<ul style="list-style-type: none"> ・てこを使うと、小さい力で重い物を動かすことができる ・力の大きさは、物の重さやバネの伸びで測れる ・おもりのかけている位置を変えるとおもりの重さは変わらないが、てこを傾ける働きが変わる
		i-641	<ul style="list-style-type: none"> ・てこを傾ける左右の働きが等しいときに、てこはつり合う
	こ	i-631 n-621	<ul style="list-style-type: none"> ・力の方向や大きさを変える道具にはてこの原理を利用しているものがある

- d 新しくつくりだす
- D. できる（操作的技能）
 - a 器具を操作する
 - b 測定する
 - c 製作する
 - d 飼育・栽培する
 - e 条件を統制する
 - f 装置を組み立てる
- E. つたえる（伝達的技能）
 - a 文章で
 - b 数式で
 - c 図表で
 - d 口述で

図12. 主要内容系統図から各学年の概念内容への関係



こうした能力目標と単元別の概念内容との組み合わせにより、単元レベルでの具体的目標の作成が可能となる。単元別の概念内容は先の主要内容系統図（図6）の下位概念を単元別に配列したものである。表3は、その単元別の概念内容を示したものであり、図12は主要内容系統図（図6）と単元別概念内容（表3）との関係を示したものである。

例えば、図12の関係図で示した内容は、小学校2年生の単元「おもりのおもちゃ」であるが、この概念内容と能力目標とを組み合わせると、次のような学習目標が作成される。

概念内容：i-211 [おもりを使ったおもちゃの動きは、おもりの大きさ・場所・数などによって、動き方が異なる。]

能力目標：B. 組みたてる（組織化の技能）[c. 結果を予想する]

学習目標：① おもりを使ったおもちゃの動きは、おもりの大きさによって動き方が異なることを予想することができる。

② おもりを使ったおもちゃの動きは、おもりの場所によって動き方が異なることを予想することができる。

③ おもりを使ったおもちゃの動きは、おもりの数によって動き方が異なることを予想することができる。

このようにして、各学年の単元で習得しなければならない学習目標が設定される。作成された学習目標がどの程度理解され定着したかは、具体的な学習目標から作成した評価問題によって評価することになる。評価したデータは学習目標作成にまで至った手順を逆に辿り、学習目標の設定や各学年の概念内容の妥当性、及び学習者の理解過程と主要内容系統図や概念内容の関連を明確にすることができる。即ち、概念構造や概念間の関係を明らかにし、概念内容の全体構造を学年の系統として把握した上での学習目標の作成は、その評価データによってカリキュラム全体へのフィードバックを可能とする。優れたカリキュラムや授業書の作成のためには、以上のような技術論としての具体的な手法が必要である。

（以下、次々号）

[お断り] 参考文献，引用文献については続編（下）で一括掲載する。