

平成元年度科学研究費補助金（一般研究C）
（課題番号62580239）
理科実験における問題解決能力の評価に関する日英の比較研究

研究報告書（No.3）

APUによる児童の実態と問題点

1990.2.15
横浜国立大学教育学部
研究代表者 福岡敏行

2317463

横浜国立大学

375.42
HU

研究組織

研究代表者： 福 岡 敏 行 （横浜国立大学教育学部助教授）

研究分担者： 森 本 信 也 （横浜国立大学教育学部助手）

研究分担者： 稲 垣 成 哲 （横浜国立大学教育学部助手）

研究経費

昭和62年度	700千円	
昭和63年度	600千円	
平成元 年度	500千円	2317463
計	1800千円	横浜国立大学

研究発表

学会誌等

- ① 福岡敏行・竹村志保美，仮説設定能力に関する分析方法の開発と児童の実態～APUの評価問題（Generating Alternative Hypotheses）を使って～，日本理科教育学会研究紀要，Vol.29，No.3，1989
- ② 森本信也，理科授業における学習者の Preconceptionの変容に関する一考察～「水の状態変化」を事例として～，日本理科教育学会研究紀要，Vol.30，No.2，1989
- ③ 福岡敏行，学力の評価と児童の実態に見る問題点～APUの評価方法を参考に～，理科の教育，Vol.39，No.4，1990

研究の経過

昭和62年度において、APUの報告書の翻訳に取り組んだ。その中から評価問題のいくつかを選び、それらを使って我が国の児童・生徒の実態調査に取り組んだ。その結果を研究報告書No.1「APUの評価法による日英の児童の比較」で報告した。

昭和63年度においては、一人ひとりの児童にAPUの全てのカテゴリーが調べられるように評価問題を組み合わせ、その結果を報告書No.2「児童のプロセススキルの実態」で報告した。

3年目の平成元年度においては、いくつかの調査結果の中から、観察・実験における主要なパフォーマンス3例を選び、「学力」という観点において児童の実態に見られる問題点を洗い出してみた。この結果を児童の諸能力の育成に役立てることを願いつつ研究をまとめてみた。

本研究に際して、多くの学校の先生方の協力を得たのでここに感謝の意を表したい。

平成2年2月

横浜国立大学教育学部

研究者

福岡敏行

森本信也

稲垣成哲

APUによる児童の実態と問題点

目次

はじめに	1
1. 学力とは	1
2. APU理科の評価方法	2
1) 評価方法の分類	2
2) APU理科	4
3) APU理科評価の特徴	4
3. APU評価問題による児童の実態および問題点	5
1) 実験計画に関して	5
A. 児童の実態	5
B. 実験計画の実態に見る問題点	6
2) 仮設の設定に関して	9
A. 児童の実態	9
B. 児童の実態に見る問題点	9
3) 観察に関して	11
A. 児童の実態	11
B. 児童の実態に見る問題点	11
おわりに	15
参考・引用文献	15

APUによる児童の実態と問題点

はじめに

近年になって、色々な目的によって各国で国レベルの大規模な児童・生徒の学力調査が行なわれている。米国でのNAEP、英国のAPU、日本の到達度調査などいくつかある。また、IEAのように、いくつかの国で同一の評価問題による実態調査が実施され、児童・生徒の学力が比較されている。

色々な調査などの結果から、日本の児童・生徒は科学的思考力や、観察・実験を中心とした問題に対して余りよくないと言われている。いったいその実態はどのようなのであろうか。本稿において、その一端でも触れてみたい。

まず、「学力」とはどのようなものか、また、それを評価するにはどのような方法があるのか、今日話題となっている英国で実施されたAPUの評価方法はどのようなものなのか等を簡単に述べ、続いて、APUで使用された調査問題を参考にして作成した問題により、神奈川県内の児童・生徒の実態を調べ、学力に関わる問題点を考察してみたい。

1. 学力とは

「学力」の概念に関しては、一義的な規定の難しさはあるが、次の2つの側面を持っている。1つは、客体的側面（対象化された教育内容）で、もう1つは、主体的側面（学習主体の意識・意欲・関心・主体性など）である。

広義の学力は、その客体的側面と主体的側面との結合・統合において「生きて働く」主体的・実践的な人間の能力とし、その中軸に位置づくものとして「認識能力」を狭義の学力として把握することが適切であるとしている。¹⁾ その狭義の学力としての認識能力の内容を図1に示す。

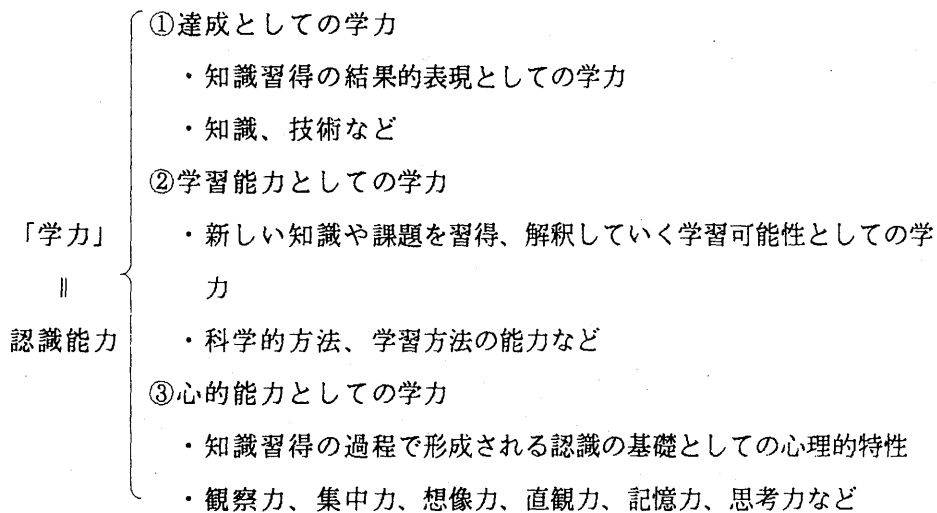


図1 狭義の学力としての認識能力²⁾

児童・生徒が学力を身に付けるとは、図1の①～③の学力とそれらを相互に関連させる力を持つことである。一口で言えば、未知なことに出会ったり、疑問点を持ったりしたときに、自分の持っている知識・技術をフルに使って主体的に学習したり、問題を解決していこうとしたりする力を養うことであろう。

これらの力を評価する際に、①の知識習得の評価が一般に広く行なわれているために、往々にして、学習が知識のみを重視する傾向があった。日本の児童・生徒の学力に関する問題点は、まず評価方法に改善すべき点があると言っても過言ではあるまい。次節において、最近の研究内容から児童一人一人の実態を知る方法を紹介する。

2. APU理科の評価方法

1) 評価方法の分類

理科教育において、学習者一人ひとりの実態を把握するために必要と思われる方法を、最近の研究内容から拾い上げ一覧として表1に示す。

表1 理科教育における学習者一人ひとりの実態把握の方法一覧³⁾

評価領域	評価対象	評価方法	評価内容
認知領域	<ul style="list-style-type: none"> 科学概念の発達過程 論理的能力の発達過程 科学概念の形成と論理的能力との関係 学習者の情報処理過程 	認知地図 (Cognitive Map)	<ul style="list-style-type: none"> 学習者が知覚情報あるいはイメージ内容を論理を用いて、物理的環境の認識に到るかを分析
		概念地図 (Concept Map)	<ul style="list-style-type: none"> 学習者一人ひとりの中で科学概念がどのように生成、発展するのかを分析
		CSMSによる方法 (Cognitive Development in Secondary Mathematics and science)	<ul style="list-style-type: none"> 基本的な科学概念を理解するために必要とされる。論理的能力を発達段階ごとに分析 基本的な科学概念の発達過程の分析
		Match and Mismatchによる方法	<ul style="list-style-type: none"> 小学校理科における基本的科学概念の発達過程を分析し、学習者一人ひとりの認識状態を把握するためのチェックリストの作製
技能領域	<ul style="list-style-type: none"> 科学の方法の分析、および、その定着度の調査 科学の方法の発達過程 	APUによる方法 (Assessment of Performance Unit)	<ul style="list-style-type: none"> 理科の学習にとって必要な6つの技能を抽出し、さらに、これらを17の下位カテゴリー分けし、これらの発達過程を分析
		Match and Mismatchによる方法	<ul style="list-style-type: none"> 小学校理科の学習に必要な技能を抽出し、その発達過程を分析し、学習者、一人ひとりの技能の習得状態を把握するためチェックリストの作製
情意領域	<ul style="list-style-type: none"> 科学的態度、構え、興味・関心の分析、および、その実態調査 科学的態度、構え、興味・関心の発達過程 	Science 5/13による分析	<ul style="list-style-type: none"> 科学的態度、興味・関心、科学に対する審美眼の発達過程の分析
		Klopferの構造分析	<ul style="list-style-type: none"> 理科学習において目標とすべき情意領域の内容を、具体的な学習場面と、それに対応する学習者の行動という2面性から分析
		Match and Mismatchによる方法	<ul style="list-style-type: none"> 科学的態度、興味・関心の発達過程を分析、学習者一人ひとりの意志を把握するためのチェックリストの作製

2) APU理科

表1に示してあるAPU理科の評価は技能領域が中心である。観察、実験結果より得られた情報を処理するための、もろもろの方法を学習者一人ひとりがどの程度習得しているのかを調査することにある。

例えば、APUでは、学習者の情報処理能力を、Science Performance と称し、その内容領域を「①記号による表現」「②実験装置や測定器具の使用」「③観察」「④解釈と応用」「⑤実験の計画」「⑥実験のパフォーマンス」という6つのカテゴリーにわけ、各々の年齢別(11、13、15才)習得状況を調査し、分析する方法が開発されている。

このような情報処理能力は、いわゆる「科学の方法」として、従来より理科学習の重要な学習目標の1つとされてきたが、これらが年齢別にどのように発達し、それをカリキュラム内容に反映させるかの議論は少なかった。この意味で、このような方法論の開発は、意義深いものである。

実際に実験を行なう場合には、カテゴリー①から⑤までが組み合わされているので、実験活動全体の評価も必要となってくる。カテゴリー⑥は、そうした必要性から位置付けられているものである。

現在、日本ではこうした理科活動の総合的な評価の枠組みをあまり見ることはないので参考とすることができる。

3) APU理科評価の特徴

APUの評価方法には、参考とする点がいくつか見られる。以下において、それらのいくつかを示す。

ア. APUの評価問題のフレームワーク(枠組)が明らかにされている。⁴⁾

イ. 評価問題の内容は、問題解決のプロセスに沿ってカテゴリー化されている。

5)

ウ. 理科のみに関する能力を評価するのではなく、他の分野や学校外での生活の中でも使えるような能力を評価しようとしている。⁶⁾

エ. 同じカテゴリー内での種々の評価問題についても、共通の評価基準を設定し、定量化ができるように工夫してある。

オ. 文章記述させることにより、1つだけの考えだけでなく色々な考え方で回

答できる拡散的思考を求めるものが多い。

カ。観察、実験における操作の過程を重視したチェックリストを使い、その分析方法にもいくつかユニークな点が見られる。^{7) 8)}

3. APU評価問題による児童の実態および問題点

1) 実験計画に関して

理科学習では、子どもが自然の事象に働きかけて、観察、実験により自然の仕組み・機能・原理・法則などを見つけていく。この実験を授業の中で展開する際に、子どもに実験を計画させることが大切であることは多くの人によって言われている。

実験の遂行において、実験を計画することの意義に、次のようなことが挙げられる。

ア。自分が計画を立案するので目的が明確になり、問題意識をはっきりさせて、意欲的に実験に取り組める。

イ。実験の手順がはっきりしているので無駄な時間がかからず、実験が有効に、しかもスムーズに展開できる。

ウ。危険な薬品や道具を使うとき、あらかじめそれに対する処置や心構えなども考えることが出来るので、安全・事故防止にも役立つ。

以上のような実験を遂行していくときの利点の他に、実験を計画するときは、既習事項や経験を想起したり、色々な思考を働かせたりしているので、児童の科学的思考の育成に役立たせることができる。

A. 児童の実態⁹⁾

実験の計画に関する児童の実態を調べるために、図2に示す問題を使用した。その結果を図3、グラフ1、グラフ2に示す。図3に示すように、実験計画の流れに沿って計画を立てていく場合、一步一步とステップを踏まなければ次の段階へ進めないのであれば、正答率は階段上になっていくはずである。しかし、グラフ2によれば、4年で僅かにその傾向が見られるが、全体的にはほとんど見られない。このことから、児童は、図3-(a)で示すような構成要素の順序性

にはあまりこだわらず、ある要素をとばして実験計画を立てている。それは、児童の記録を集めて実験計画の流れを作成した図3-(b)を見るとよくわかる。児童によって様々な筋道をたどって、まな板として一番良い木を決定するための結果の解釈に達している。また、途中の段階で計画を終えてしまう児童も多く見られた。

以上のことから、小学校4～6年の児童の実験計画能力に関して要約すると、次のようなことが言える。

ア. 5年生と6年生とではあまり違いはみられないが、4年生と5年生とでは大きな差が見られる。

イ. 実験を計画する際の構成要素の順序性には特別なものは見られなく、児童によって多様な流れが見られる。

ウ. 問題の把握から結果の解釈に至るまでは、多様な流ればかりでなく、ある構成要素をとばしたり、途中で止めてしまったりする児童が多い。

エ. 実験全体を考える場合、変数をかえたり、一定にしたりするといった、変数を操作する能力が低い。特に、後者の場合が著しい。

B. 実験計画の実態に見る問題点（具体的場面の想定と条件のコントロール）

実験を計画するためには、具体的な器具や事物の操作、変数の同定や、結果の予想等の思考操作が要求される総合的な学力の1つである。これらが頭の中で1つの流れとして展開されることが必要であるが、図3-(b)の児童の実態を見ると、思い付いたことを次々と記述していっただけであると考えられる。即ち、実験の実施が不完全または困難な実験計画では、不十分であろう。

変数の操作に関する力が極端に弱い。また、具体的な個々の操作は思い付いても、それらを連続させることができない。具体的な場面を想定し、色々な条件を設定するような思考力が足りないであろう。これは、教科書にも見られるが、料理カード方式で示されるように、実験の手順通りに行えばほぼ思い通りの結果が得られるような受身的なシステムで培われてきたと言っても過言ではあるまい。

自分の力で問題把握から問題解決に至るまでの過程を想定して学習すること、即ち、学習の仕方の学習（メタ学習）の力がまだ不十分なのであろう。

自由試行に始まって、問題把握から問題解決に至るまで、子どもの主体的活動を重視した学習展開ができるように、指導要領の内容の精選と運用の柔軟性、さらに、時間的ゆとりのある学校カリキュラムが望まれるのである。

パン、やさい、肉などを切るのに使うまな板を作ろうと思います。まな板としてどのような木がよいのかを考えて、4しゅるいの(ア～エ)木の中から一番よいものをテストをしていただきます。そのテストはどのようにしておこないますか。ただしテストをするときは下の絵の中にあるものを使えますが、全部を使う必要はありません。

そのとき、次のことははっきりとかきましょう。

- どんな道具を使うのか。
- 何をするのか
- どうなれば一番よい木であるといえるのか。

この図は、実験に必要な道具や材料を示しています。バター、小刀、のこぎり、かなづち、画びょう、ティッシュ、タオル、ボール、肉、ほうちょう、パン、エイソウ、そして4種類の木（ア～エ）のまな板のイラストが描かれています。

図2 実験計画能力の評価問題（APU理科の評価問題を一部改図）

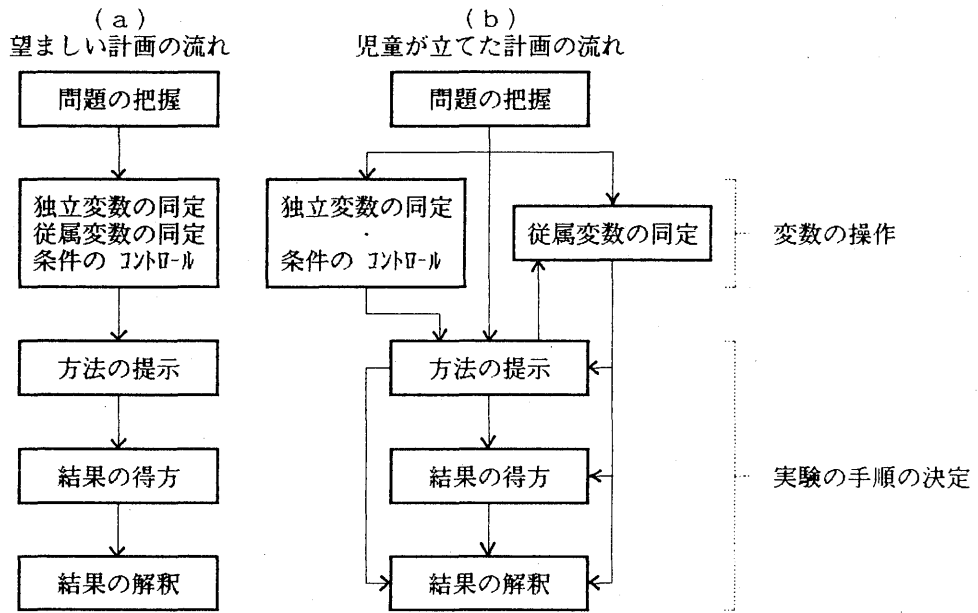
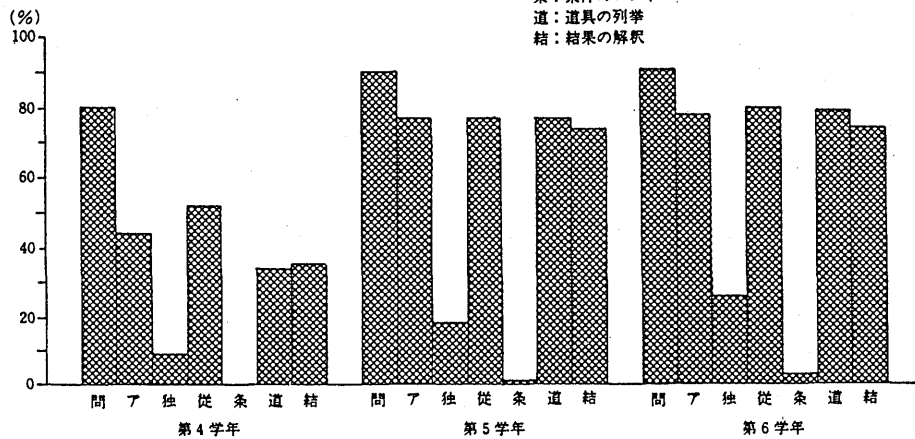
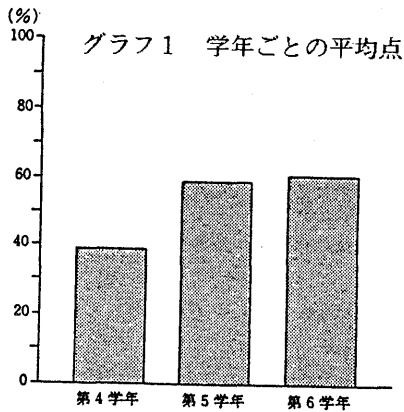


図3 実験計画の流れ



2) 仮説の設定に関して

A. 児童の実態

相異なる仮説をたてる能力の実態を調べるために、図4に示す評価問題を使用した。この問題は、設問に答えるために絵から情報を読み取り、それらを組み合わせて相異なる仮説をたてるのである。その結果を表2、グラフ3に示す。

結果を見ると、2種類の仮説をたてる能力は小学校高学年で急激に上昇しているが、大学生になっても60～70%までにしか達していない。また、小学校4年生では不適當または無記入が30%もある。2種類の仮説をたてられる児童は、4年で26%で、6年生でも48%にしかない。¹⁰⁾

これと同様の形式の電磁気に関する問題で、3種類の仮説を立てさせたところ、6年生の児童でもわずか12%であったと報告されている。¹¹⁾

表2 仮説を立てる能力 (数値は%を示す)

学年 対象数	小学4年 N=116	小学5年 N=294	小学6年 N=120	大学2年 N=75	大学3年 N=65
2種類の仮説	26	42	48	60	68
1種類のみ の仮説	44	47	49	40	31
2つとも不 適 または無 記入	30	11	3	0	1

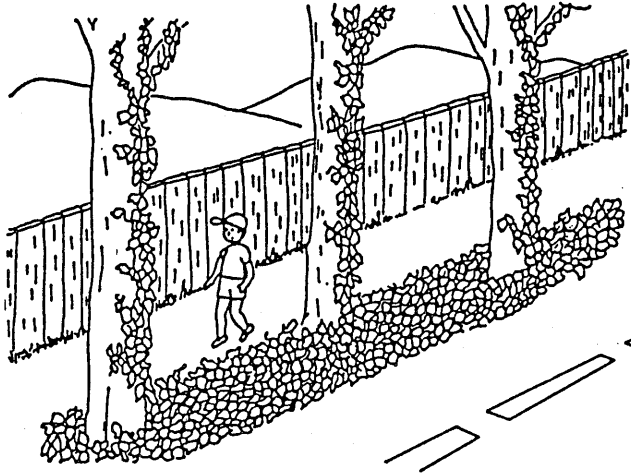
注) 大学生は非理科系である。

B. 児童の実態に見る問題点 (創造性：拡散的思考)

この評価問題では、得られた情報の組み合わせにより正答と称するものがいくつも考えられる。つまり、一種の拡散的思考能力を評価できるであろう。調査結果によれば、この能力が低いということは、深く考えられることである。1つの問いに対して正しい答えが1つだけあるという学習の積み重ねにより、1つの答えに満足して観点を変えて見直すということを余りしなくなったのであろう。

拡散的思考は創造性にもつながる大切な能力である。日々の学習の場において、もう少しこうした思考を深める学習方法を導入することが望まれる。

山田君は、歩道を歩いていて、木のみきのまわりにツタがしげっているのを見つけた。しかし、そのツタは下の図のように歩道に近い側には、しげっていません。
 なぜ、ツタは木の一方だけにしかしげっていないのでしょうか。考えられる理由を2つ書いて下さい。



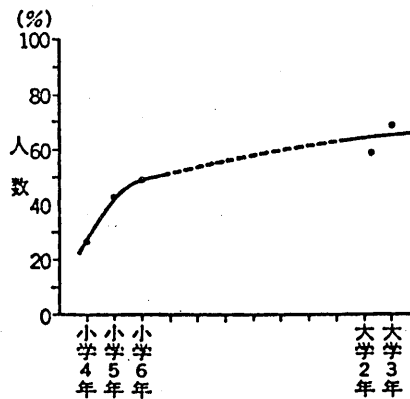
考えられる理由

1

2

図4 相異なる仮説を立てる評価問題

グラフ3 2つの仮説を立てる能力



3) 観察に関して¹²⁾

APUの6つのカテゴリーの中の1つである「③観察」では、事物・現象から五感や操作により情報を収集する能力や、それによって得た情報を処理するときの思考活動における能力も含んでいる。その中の触覚を使ったパフォーマンスに関する児童の実態を調べた。

調査は、図6に示すような箱の内側に5種類の素材が張り付けてあるものを与え、中をのぞかないで手で触れることだけによって、「ゴム」が1～5の素材の内、どれであるかを選ばせ、その理由を書かせた。図5は、それらの記録用紙である。

A. 児童の実態

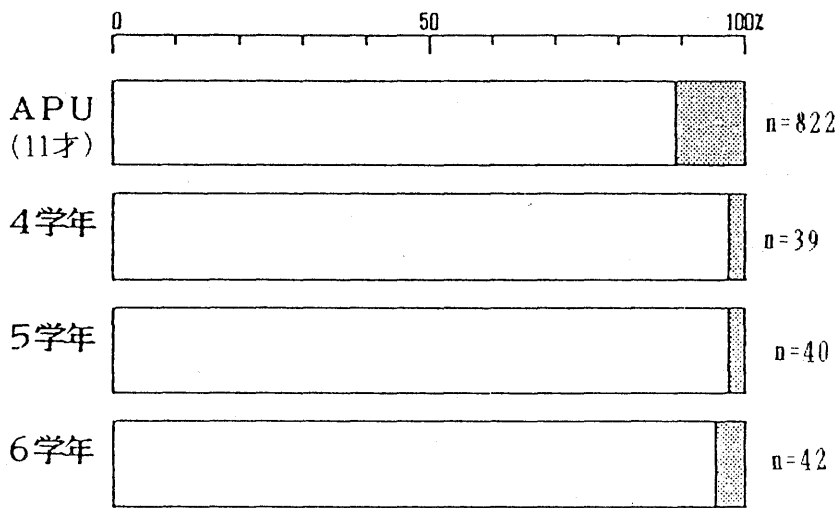
グラフ4より、「ゴム」を選べなかった児童は全体で僅か4人(3.3%)である。ほとんどの児童は「ゴム」を選んでいるが、それを表現することができなのはグラフ5で示すように約7割りであった。また、全体の平均得点は、グラフ6よりほぼ60%である。

児童が触覚によって得た情報をいかに表現しているかを見ると、「やわらかい」とか「弾力がある」といったように、ゴムの一般的性質を述べたり、「ぐにやぐにや」と言ったような擬態語で表現したり、「こんにやくのように・・・」のように、他の具対物を併用することによって表現したりする児童があり、それぞれが学年の進行によって特徴が見られる。グラフ7によると、4・5年では、擬態語と一般的性質を示す言葉が50%近かったものが、6学年で一般的性質を85%の児童が使用しているのが分かる。

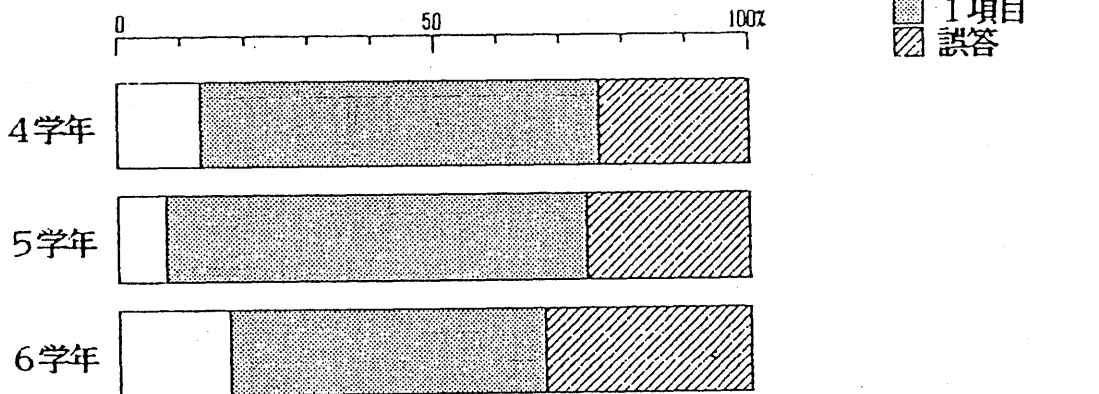
B. 児童の実態に見る問題点(多様な情報収集と豊富な表現内容)

概念は、内包と外延、即ち、共通の性質とそれらの性質を有するものでもって定義される。児童の実態を見ると、学年進行に伴って、より一般的な性質が多くなって述べられているので、一面では望ましい結果と言える。しかし、全体の項目数と、記述に具体物を併用したものが少なく、何れも変化がないところに問題があると言える。学年が進むにつれて、情報収集能力も高まってくるので、多様な情報量による項目数の増加が望まれる。一般的性質にまで高める

グラフ4 問1の正答率



グラフ5 問2の正答率 (問1の正答者について)



と同時に、外延に含まれる具体物も概念形成には重要な位置づけとなる。

- はこの内側のそれぞれの数字の後ろに、

ガラス、金属、木、皮、ゴム、

のうすくて四角いものがはりつけてあります。

- あなたの指をはこの中に入れて、その四角いものにふれてみなさい。

【問1】 どれが“ゴム”ですか。

あなたが“ゴム”であると思うものの番号を、次の□の中に書き入れな
さい。

【問2】 その番号のものが“ゴム”であると思ったのは、どうしてですか？

.....

.....

.....

.....

図5 評価問題の記録用紙

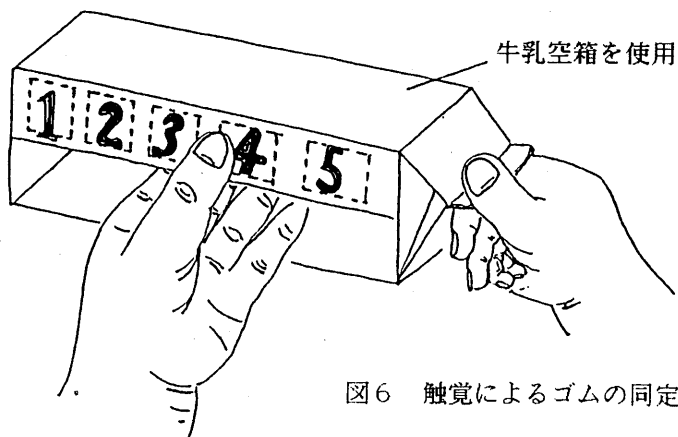
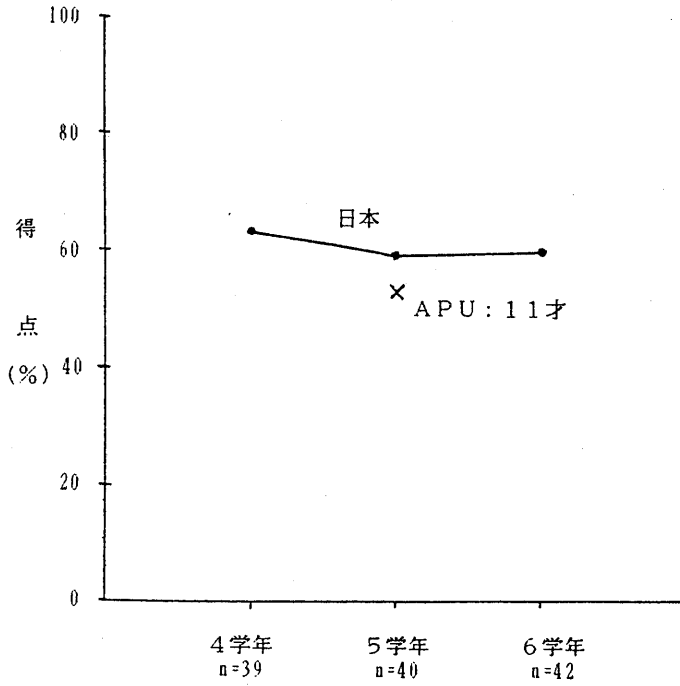
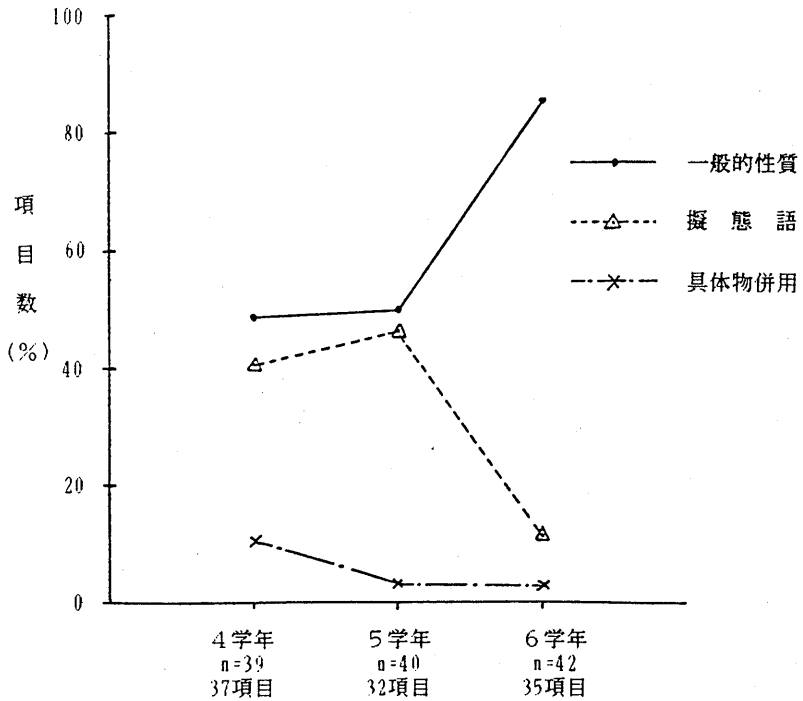


図6 触覚によるゴムの同定

グラフ6 触覚によるゴムの同定に関する平均得点



グラフ7 触覚によって得たゴムに関する表現内容



おわりに

学力に関する問題点をさぐるには、先ず子どもの実態を調べることである。本稿では、英国のAPU理科の評価問題を使って、神奈川県の子どもを対象にして調査を行なった。3例だけの評価問題による調査結果であるが、一歩でも子どもの実態に基づく考察を得るために、この方法を取った。この方法によって今後も少しずつ究明して行きたい。

参考・引用文献

- 1) 木下繁彌；「学力」、教育学大事典 第1巻、PP.314-315、第一法規、1978
- 2) 同上書1)、P.315 の図表1の1部分を書き替えて使用
- 3) 森本、福岡、松森；「学習者ひとりひとりの要求にこたえる理科学習の条件(1)」、理科教育、Vol.17、No.212、P.116、明治図書、1985
- 4) 福岡、松森、森本；「学習者ひとりひとりの要求にこたえる理科学習の条件(2)」、理科教育、Vol.17、No.214、P.114、明治図書、1985
- 5) 竹村志保美；「小学校：電磁気領域における探究の技法の評価問題の開発」、理科の教育、Vol.39、No.2、P.21、1990
- 6) 福岡、松森、森本；「子どもの実態(1)－APUを参考にして－」、理科教育、Vol.17、No.217、PP.115-116、明治図書、1985
- 7) W.Harlen、P.Black、S.Johnson；“Science in Schools - Agell:Report No.1”、PP.147-151、HMSO、London、1980
- 8) 同上書5)、P.21、図1
- 9) 福岡、下山；「実験計画能力の評価法と児童の実態」、横浜国立大学教育実践研究指導センター紀要、No.3、PP.35-52、1987
- 10) 福岡；「創造的思考とその評価」、理科の教育、Vol.33、No.12、PP.23-26、1984
- 11) 同上書5)、P.21
- 12) 中込・福岡；「観察における能力の評価について ～APUを参考にして～」、第36回日本理科教育学会発表資料、1986