宮崎大学学術情報リポジトリ
University of Miyazaki Academic Repository

知識表現の道具として概念地図法を用いる理科授業の事例的研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2011-07-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 兒玉, 秀人, 中山, 迅, Kodama, Hideto メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/3455

宮崎大学教育学部教育実践研究指導センター紀要　第2号，29－39，1995

知識表現の道具として概念地図法を用いる理科授業の事例的研究

兒玉秀人[1)]・中山　迅[2)]

Case Study of a Science Class in Which Concept Mapping Is Used as a Tool of Representing Knowledge

Hideto KODAMA and Hayashi NAKAYAMA

要　旨

理科の問題解決過程では，問題把握が不可欠である。また解決への見通しをもつために，学習者自身が問題を具体的に記述することも重要である。ところが，多くの児童にとって，複数要因からなる問題を文章で記述することは困難な課題である。そのため問題把握があいまいになり，「解決方法が見つからない」，「観察・実験の意味が分からない」という状態に陥りやすい。そこで，児童が問題を見つけ整理するための足場として，問題把握場面への概念地図法の導入を試みた。小学校4年生の「光電池のはたらき」の単元で，この方略を用いたところ，この方法の有効性が示唆された。概念地図法は，これまで宣言的知識の関係づけに利用する例が多かったが，今回の結果は，手続き的知識の関係づけへの利用の有効性を示唆するものである。

1．問題の所在

自然についての子どもの見方は，科学者の見方とは異なっており，しかも多様なものであることは，ここ10年来の数多くの研究が示している。そういった知見は，近年，理科教育関連図書が相次いで翻訳されたことで我が国にも紹介されている。例えば，オズボーンら[1)]，ホワイト[2)]，ドライヴァーら[3)]，ノヴァックら[4)]，グリンら[5)]，ウエストら[6)]，ホワイトら[7)]の邦訳がその代表例である。また，我が国でも，森本[8)]，津幡ら[9)]，堀[10)]も，同じような視点で，理科学習を子どもの視点からとらえなおそうとする書物を著している。

こういった，研究で指摘されていることは，次のようにまとめられる。

①子どもは自然について科学者とは異なった見方をしている。

②そういった見方は，日常的な経験と結びついた構造化された知識の枠組みに支えられている。

1）宮崎大学大学院教育学研究科

2）宮崎大学教育学部

③その見方は，日常生活ではすぐれた予測力・説明力をもつものである。
④それらの見方は，授業で科学者の考え方を教えても，簡単には捨てられない。
⑤子どもは，能動的に情報を獲得し，自ら概念を構成し直すことによってしか，新しい見方を獲得できない。

こういった知見に基づくと，子どもの見方を無視して一方的に科学的知識を伝達することはできなくなる。そこで，授業では，まず子どもの見方を引き出すことが重要になってくる。これは，教師が子どもの認識実態を把握するだけではなく，子ども自身が自分の知識構造をモニターするという意味で重要である。ポズナーら[11]は概念変容には4つの条件が必要であると指摘している。その1番目が「自己の概念への不満が生じること」である。つまり，自分の見方を顕在化させて他の学習者と比較した時に食い違いに気づいたり，目の前の事象に適用しようとしたときに，予測や説明が困難になることに気づいたときに，不満は生じるのである。この意味で，子どもが自己の知識をなんらかの形で表現することで，理科の学習は初めて成立するものであると言える。知識の表現が学習の鍵をにぎるのである。

ところが，実際に子どもが自然についての自分の考え方を表出しても，その中の矛盾点や未知の点を整理できないと，観察や実験の方法に結びつくような問題が生みだせないことが多い。特に，B区分（物質とエネルギー）の内容では，変化の要因がつかみきれない場合がある。

そこで，本研究では，小学校4年生理科の「光電池のはたらき」の実践をとりあげ，児童が「自分の調べたい問題」を整理し，あらためて問題を発見するための「知識表現の道具」として概念地図法を導入する試みを行った。従来の実践で用いられた概念地図は，宣言的知識に限定したものがほとんどであったが，今回は，特に手続き的知識を概念地図で表現させることを意図したものである。

概念地図法は[12][13]，J.D.Novakによって開発された評価法であり，知識表現の方法である。そしてこれは，概念と命題を外見化する技法である。この方法では，学習者が持っている概念や既知の概念間の関係の範囲が概念地図として表現されるのである。この概念地図法を，Novakらは，「学習者が既に何を知っているかの探索」としての道具として用いた。

日本では，福岡[14]らが小学校6年の「水溶液の性質」の単元で，「概念地図作り」を学習の道具として利用する研究を行っている。この研究では，概念地図が，宣言的知識の獲得には有効であったことが報告されている。ところが，彼らの研究では，学習の道具としての概念地図の機能が不十分であることも問題になった。彼らは，概念地図のラベルを教科書から選定しており，地図は宣言的知識による関係づけで構成されるものであった。しかし，子どもが自分自身の問題解決で使える道具として概念地図を位置づけるには，ラベルは子どもの言葉から選定する必要があると考えた。また，解決の方法への見通しにつながる問題を子どもが作れるようにするには，概念地図に手続き的知識の要素を盛り込むことが必要であると考えた。

そこで，本研究では，ある学級で概念地図法を実際に導入した授業を例にとり，次の目的で分析を進めていった。

2．研究の目的

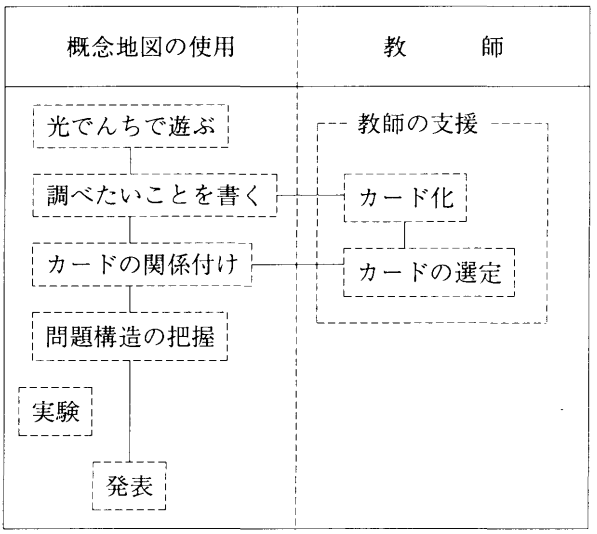
子どもが自然事象にかかわる問題を自分で見つけ，整理し，実験し，結果を考察していくための「知識表現の道具」として，概念地図法を授業の中に有効に位置づける可能性を探る。

3．アプローチの方法

（1）　授業　佐土原町立広瀬西小学校の4年生　　男子 23名　女子 14名　計37名
（2）　単元「光電池のはたらき」
（3）　概念地図を導入した授業　「光電池のはたらき」の2時間目から4時間目
（4）　授業での概念地図の使用

授業を実施した単元は，4年生の「光電池のはたらき」である。概念地図は，授業の流れの中に，表1のように位置づけた。はじめに，光電池とモーターを使った車を制作し，自由な活動を設定した。そして，児童にワークシートを配布し，活動を通して生まれた「調べてみたいこと」を自由に記述させた。教師は，児童の記述の中から，この光電池で重要と思われる事項を概念地図のラベルとして選定し，カードに記入した。この際，児童の言葉でカードの言葉を選定し，記述した。

表1　授業での概念地図の用い方



児童には，グループごとにカードを配布し，地図作りの作業をさせた。児童は，まずグループで話し合い，カードを並べる作業に取り組んだ。そして，ラベル間の関係を書き込んだ。その一つひとつの関係は，独立変数として変化させる要因と，従属変数として変化する要因の関係を表すものであった。その後，でき上がった地図に表された「調べたいこと」の関係の中から，自分で調べたいことをワークシートに文章で記述し，自分の実験を行った。
実験終了後に，各自の実験結果を持ち寄り，各グループでまとめて発表した。

これが，授業における概念地図利用の大まかな流れである。

また，カード化した言葉は表2に示した。

表2　概念地図で用いたカード

モーター　おき方　光でんち　たて　いろいろな光　よこ　太陽の光　半分かくす OHPの光　角度　けい光とうの光　かいちゅうでんとうの光　鏡の光

（5）分析

概念地図法が，今回の授業でどのような機能を果たしているのか，表3に示す4つの方法で確かようとした。授業は，すべてVTRに記録し，概念地図にかかわる部分を子どもに提示して，「何を考えていたか」を記述させた（①）。また，問題作りにおける概念地図の役割を児童

がどのようにとらえているのかを，抽出児童の面接によって探った（②）。さらに，児童が概念地図を作成する前後で記述した問題数を比較した（③）。そして，最後に，児童が概念地図の有効性をどのように評価しているのか質問紙法で調査した（④）。

表3　分析の目的と方法

分析すること	分析方法
①VTRで抽出した場面における児童の内観	再生刺激法
②問題作りにおける概念地図の役割	面接法
③概念地図を導入した場合の問題作りの比較	問題数の比較
④学習における概念地図の有効性についての評価	質問紙法

4．結果と考察

①再生刺激法による分析

再生刺激法[12]による分析は，授業場面を子どもに見せて，「その時何を考えていたか」「そのわけ」を子どもに書かせて分析する方法である。この分析を通して，概念地図法が子どもにとってどのような役割を演じているのかを確かめた。VTRの場面は，表4の通りである。ここでは，詳しい記述が得られた2人の女子児童を特に取り上げて分析した。

結果を，図1と図2に示した。図1からは，児童Aが，カードを並べる場面で，「班のみんなと相談しながらカードを並べた」と書いている。このことから，カードを並べるときに共同学習の場面があったことがわかる。概念地図は，子どもたちの学習の中に，一つの共同の場を与えたことになる。

また，問題を作ったとき「早く実験がしたかったから」という「わけ」を書いている。このことから，児童Aにとって，実験が待ち遠しいことが読み取れる。これは，児童Aが，実験がうまくできるという見通しをもっていたことと思われる。このことが，実験の場面で，「予想通りになるかを確かめていた」ことにもつながっている。発表の場面では，「どんな発表か知りたかった」と書いている。これは，他の班と自分の班との比較をしようとしていることを表している。

表4　再生刺激法での場面

場面1	カードを並べる
場面2	カードを並べて問題を作る
場面3	実験する
場面4	実験したことを概念地図にまとめる
場面5	概念地図での発表

次に，図2の児童Bに着目する。概念地図でカードを並べているとき，児童Bは，「カードをどういうふうにすればちゃんとつくか（光電池やモーター）」と，予測につながる疑問

を考えている。また，問題を作るときには，「ここはつくと思うし，ここはつかんと思うな。」と，具体的に予測を立てている。この予測の存在によって，実験中には，「どの位の数字になるかな」と考えることができたのだと思われる。概念地図での発表を聞くとき，児童Bは，「あそこの班は回ったのになぜ，ここの班は，回らなかったのだろう」と考えている。ここで，児童Bは，自の班と他の班の結果を比較して，新たな疑問を感じはじめている。再生刺激法による2人の児童の回答から，概念地図が，実験における「予測」「比較」の道具として機能していることが読み取れる。また，「予測」がうまくできたことで，実験中に何をしたらよいのかが把握でき，戸惑うことが少なかった。

概念地図や学習で使った場面や実験	考えていたこと		わけ
概念地図にカードを並べる	どのようにカードを並べようかと考えていた。班のみんなと相談しながらカードを並べた。		あまりわからなかったから。
概念地図を見て問題を作る	どんな問題を作るか考えていた。	←予測	早く実験がしたかったから考えていた。
実験する	予想通りになるかを確かめていた。	←制御	まだしたことがなかったから。
概念地図にまとめる	どれとどれを結ぶかを班の人達と考えていた。		まだ，意味が分からなかったから。
概念地図の発表を聞く	ほかの班の発表を聞いていた。	比較→	どんな発表か知りたかったから。

図1　再生刺激法による児童Aの分析

概念地図や学習で使った場面や実験	考えていたこと		わ　　け
概念地図にカードを並べる	カードをどういうふうに並べればいいのかな	疑問・予想→	カードをどういうふうにすればちゃんとつくか（光電池やモーター）
概念地図を見て問題を作る	ここはつくと思うしここはつかんと思うな	←予測	だいたいそう思ったから
実験する	どのくらいの数字になるかな	←制御	動くか動かないかを確かめたかったから
概念地図にまとめる	ここは回った，ここは回らんかった		班の人でまとめていたから，ここは，0.1とか言っていたから書いていた
概念地図の発表を聞く	あそこの班は回ったのになぜ，ここの班は，回らなかったのだろう	←比較→	自分たちの班と少しずつ違ったから

図2　再生刺激法による児童Bの分析

②問題作りにおける概念地図の役割について

問題作りにおける概念地図の役割について探るため，前述の児童Aと児童Bの2人を対象として面接を実施した。質問内容は，「(1)概念地図として子どもの言葉で書かれたカードを並べる時のこと」，「(2)前時に作った問題と，カードを並べた概念地図で作った問題の比較」について聞いた。その時の様子を表5と表6に示した。

表5の中に，「分けるのが難しかったから，みんなと相談しちょたがね。」また，「意見が対立したね。」というのがある。

これは，先の再生刺激法で見た時と同じように共同で作業したことが分かる。また，児童Aの「鏡は，光が薄かったからね」とか「蛍光燈は，電池じゃなくて，コンセントでやっているから，あの，光が薄くて，太陽の光よりか」という言葉がある。これは，カードを並べるとき，子どもたちが相談の中で，光の強さに目を向けてカードを並べていたことを意味している。このこと

表5　カードを並べた時のこと

T　カードを並べる時のこと
A　分けるのが難しかったから(Bの方を向いて話す)
　みんなと相談しちょったがね。
B　うん
A　これが(鏡のカードを指す)
B　これが，こうじゃっちゃねいと
T　意見が対立したね
T　難しかったことは
A　特に，
　鏡は光が薄かったからね
　どっちやろかね，どっちやろかね，てね。
B　うん
T　じゃ，カードの並べ方に何かあるわけ
　秘密があると
　このカードの並べ方に
A　電気とかがつかっているからね。
　蛍光燈は，電池じゃなくて，コンセントでやっている
　から，あの，光がうすくて，太陽の光よりか。
　オーエッチピーは，結構明るかったがね。だから，回
　ったけど懐中電灯は，あんまり光が
B　うすくって，
A　思っていたより，予想より，少なかったがね

表6　概念地図から問題を作ったことについて

T　前時に作った問題と概念地図から作った問題を比べる
　どっちがわかりやすいとか，自分で実験がしやすかったとか。
A　後で作った問題の方が，やりやすかった。①
T　それはどうしてか分かる。
A　それは，縦とか，横半分，隠してみてもあまり変化がなかった。
　(概念地図)ちゃんと回るだろうとか，先に予想していたし，実験したら，はっきり分かった。
T　実験するんだったら，どっちがしやすい。
A　こっち(概念地図)。
T　これは(前時に作った問題)全部半分(光電池を半分隠すなど)のことを書いているよね。こっち(概念地図)はカードをおいて光だけになったんだけど，この事についてはどうですか。
A　こっちの問題(前時に作った問題)は，教科書とかちらっと見たら，縦半分隠したらどうなるかなとか，書いていたから。そして，こうしている絵があったから，自分もそういうのでその答えがのっていなかったから，自分で実験して結果がみたいと思ったから，
T　こっちの方は。
A　問題と一緒に書いて，予想立てて，これと(概念地図からの問題)同じようにしたから，実験がしやすい。②
T　こっち(前時に作った問題)とこっち(概念地図から作った問題)を比べて同じですか。
B　これは表で，分かりやすい(概念地図から作った問題)
T　概念地図と表があるのと，ないのではどっちがいい。
B　こっちがいい。
T　問題の表を作るのに，概念地図があるのとないのではどっちがいいですか。
B　どっちでもいい。
T　Aさんは，どう。
A　やりやすい。
　先にこういう(概念地図)を作っていると，一応こういうのが(問題と予想)頭に浮かぶから，結構やりやすい。③
T　頭に浮かんでくる。
T　Bさんは，太陽電池でどのくらいの電気がでるのかなというのがあるんだけど，こっち(概念地図からの問題)で光をいろいろ変えているよね。これは，どうかな。
B　こっち(概念地図からの問題)の方がいっぱいの事が調べられるから，こっち(概念地図からの問題)の方がいい。

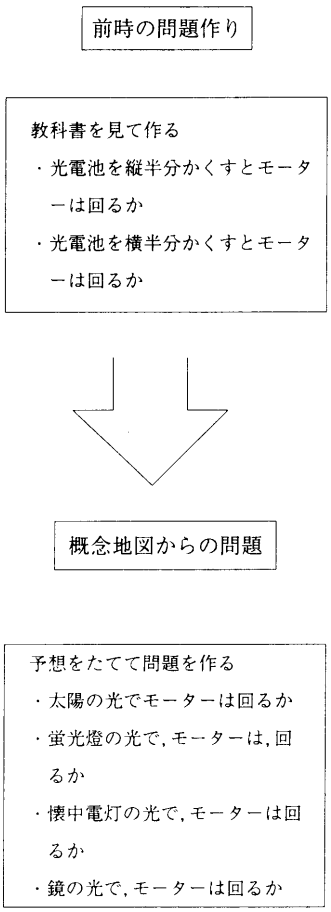


図3　児童Aの考え方の変化

は，発表で使った概念地図からも読み取れる。

児童Aと児童Bの属したグループの概念地図は，資料1に示すものである。資料1から，このグループは光の強さで，カードを並べていることが分かる。すなわち，一番上に子どもが，光の強いと考える「太陽の光」。その次にコンセントを使って光を出す「OHPの光」と「蛍光燈の光」。そして，その下に乾電池で光を出す「懐中電灯」。一番下は，太陽の光を反射する「鏡の光」となっていた。このこから，光電池でモーターを回すことと光の強さとを，概念地図で関係づけていたと考えられる。そこには，光の強さで光電池が回るか回らないかという「予測」が介在している。ここでも概念地図は，「予測」のための道具として機能したと言える。

表6は，概念地図から問題を作ったことについての面接の記録である。表5と同じく児童Aと児童Bの2人に面接をした。この面接では，前時に作った問題と概念地図から作った問題とを実際に見せながら面接をした。その結果，概念地図があると，児童Aにとっては，表5の①

②③から分かりやすかったことがわかる。このことを図3に示した。児童Aは，前時の問題作りで，教科書をその問題作りの材料としている。それが，概念地図を使うことにより，「頭の中に予想を立てて問題を作ることができた」と言っている。これは，児童Aにとっては，問題を作る時に，概念地図が道具となっていたものと考えられる。

③概念地図を導入した場合の問題作りの比較

表7は，前時に作った問題の数と概念地図を使って作った問題の数についての，一人当たりの問題の平均の個数での比較である。この表からは，概念地図で問題を作った方が，多くの問題が作られたことが分かる。概念地図からの問題では，実験を行う際の独立変数となる要因と，従属変数となる要因が「ラベル」として明示されているため，児童はそれらの関係を一つづつ検討できる。一つひとつの関係の検討によって，地図上に問題の全体像が表されるので，より多くの問題を意識できたもの解釈できる。

表7　一人当たりの問題数の平均（37人）

前時での問題数	概念地図での問題数
1.85個	3.14個

④学習における概念地図の有効性についての評価

この授業で用いた概念地図について，子どもに質問紙法で評価を求めた。質問項目は，次のようなものである。

「概念地図が，あった方がいいですか。」

「概念地図が，あってもなくてもいいですか。」

「概念地図が，ないほうがいいですか。」

また，同時にその「わけ」も書かせた。その結果を表8に示す。この表から，「あるほうがいい」という子どもが27名であった。また「ないほうがいい」と答えた子どもは，いなかった。概念地図を使う「わけ」については，「わかりやすい」「実験をまとめるのがやりやすいから」「考えやすい」「発表しやすい」「あると分からない意味が，分かりやすくていいから」というものと「必要な時と必要でない時があった」というものであった。「あると分からない意味が，分かりやすくていい」という子どもの回答は，概念地図のもっている機能をよく表わしている。つまり，概念地図によって，自分の分かっていることと分かっていないことを整理してくれるメタ認知的機能があるのである。

表8　概念地図についての質問結果（35人中）

あるほうがいい	あってもなくてもいい	ないほうがいい
27名	8名	0名

また，今回の授業における概念地図は，児童が問題をつかむところから，解決し，発表するところまで一貫して機能した。そのことが，感想によく出ている。つまり，「問題を作るときに分かりやすく。」「実験の時には，大きな問題における各実験の位置づけを明確に意識化することに役立つ。」「まとめて発表する時には，概念地図に実験の結果をあてはめて説明に使う。」という一連のサイクルをよく表わしている。

5．まとめと今後の課題

本研究では，小学校4年生の理科授業において，概念地図法を知識表現の道具として利用する際の可能性と，児童にとっての意味を，一つの実践事例を通して探ってきた。再生刺激法と面接法による分析は，顕著な特徴がみられた児童を特に抽出して実施したので，これによって一般性のある知見を得ることはできない。しかし，理科授業における児童自身の問題把握を目的とした知識表現の道具として，概念地図法が利用可能であることが示唆された。特に，概念地図で問題解決にかかわる手続き的知識を含んだ表現をさせたことが，この研究の特徴である。

本研究でとりあげた実践では，概念地図法が，カードを並べる時点から問題を把握するための道具として機能し，実験結果の予測をするための道具となっていた。また，実験結果のまとめや発表をする際にも，実験結果を整理して最初の問題と結びつけて考え，説明するための道具として機能していた。このように，概念地図を用いての問題づくりは，記述式ではとらえにくい問題を「地図」の形にすることで把握しやすくするだけでなく，解決のプランをたてることや，実験結果を整理して理解し発表することにつながるものであった。

今回の事例では，概念地図の作成という問題解決が，児童が，これから取り組もうとする光電池の性質に関する問題の制約条件やプラン，そして目標の因果性[16]に関する知識の獲得につながったのではないかと考えられる。つまり，児童が手続きを含んだ概念地図で問題を表したことで，問題構造の把握が可能になり，解決への手続きと実験結果への見通しを得ることができたのでないかという解釈である。今回の事例研究の結果だけから，このことを，断定することはできない。しかし，こういった観点から，理科授業における問題解決にかかわる知識表現の道具としての概念地図の機能を，これからさらに深く探っていくことが必要となるであろう。

引用・参考文献

1）R.オズボーン&P.フライバーグ編 森本信也&堀哲夫 訳
「子ども達はいかに科学理論を構成するか―理科の学習論―」，東洋館出版社 1988

2）R.T.ホワイト著 堀哲夫・森本信也 訳「子ども達は理科をいかに学習し教師はいかに教えるか ―認知的アプローチによる授業論―」，東洋館出版社 1990

3）R.ドライヴァー，E.ゲスン，A.ティベルギエ編 内田正男監訳
貫井正納・鶴岡義彦 他訳「子ども達の自然理解と理科授業」，東洋館出版社 1993

4）J.D.ノヴァック&D.B.ゴーヴィン著　福岡敏行&弓野憲一　監訳
「子どもが学ぶ新しい学習法 ―概念地図法によるメタ学習―」，東洋館出版社 1992

5）ショーン，M.グリン ラッセル，H.イェーニィ ブルース，K.ブリットン編著
武村重和監訳 稲垣成哲・中山迅・世波敏嗣・松原道男・吉田淳・中山玄三 訳
「理科学習の心理学 ―子どもの見方と考え方をどう変容させるか―」，東洋館出版社 1993

6）ウエスト&パインズ編 進藤公夫監訳 野上智行・稲垣成哲・田中浩朗・森藤義孝 訳
「認知構造と概念転換」，東洋館出版社 1994

7）リチャード・ホワイト&リチャード・ガンストン著 中山迅・稲垣成哲 監訳
中山迅・稲垣成哲・片平克弘・森藤義孝・松原道男・溝辺和成・小倉康・隅田学 訳
「子どもの学びを探る ―知の多様な表現を基底にした教室をめざして―」，東洋館出版社 1995

8）森本信也著「子どもの理論と科学の理論を結ぶ理科授業の条件」，東洋館出版社 1993

9）津幡道夫 編著「子どもたちは自然をどのようにとらえているか」，東洋館出版社 1993

10) 堀哲夫著「理科教育学とは何か」，東洋館出版社 1994
11) Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A., Accommodation of a scientific conception : Toward a theory of conceptuual change. Science Educatin, 66 (2), 211－227, 1982
12) J.D.ノヴァック＆D.B.ゴーヴィン著 福岡敏行＆弓野憲一 監訳
「子どもが学ぶ新しい学習法 ―概念地図法によるメタ学習―」，東洋館出版社 1992
13) 前掲書 7)，第2章
14) 福岡敏行，笠井恵：日本理科教育学会研究紀要，Vol.32，No. 1，pp.67－73，1991
15) 吉岡静夫，渡辺和志：日本教育工学会雑誌，Vol.16，No. 1，pp.23－39，1992
16) 仮屋園明彦：教育心理学研究，Vol.42，No. 4，pp.59－69，1994

（1995年 1 月10日受理）

資料1

光でんち
モーター
いろいろな光
太陽の光
オーエッチピーの光
けいこうとうの光
かい中でんとうの光
かがみの光
きあてる
まわった1.5
きわった 4
まわらなかった 0.1
まわらなかった 0.1の半分
まわらなかった 0.9