

研究論文

理科と体育を融合した新しいカリキュラム

沖花 彰*

中学校の理科学習をより親しみやすいものにするため生徒それぞれの短距離走をビデオ撮影し、それを分析しながら学習するカリキュラムを開発した。自分の走法をビデオで見ながら速さを導出し、加速減速と、足と地面との間の力の作用反作用を学習することは、生徒に興味関心をおこさせ理科が身近なものとして捉えられる。同時に体育を考える教科として科学する力も育てることができる。授業実践後のアンケートでも生徒の評価はよく、理科学習の新しいカリキュラムとして有効であると考えられる。

1. はじめに

児童・生徒の理科離れが深刻化していると言われるが、物理分野は特に著しい。学校における理科学習が、特に物理分野では、日常知や身近なことから遠ざかる傾向にあることがその一因であるとも言われている。国立教育政策研究所の平成13年度及び平成15年度の調査¹⁾によると小学校5年生から中学校3年生まで、理科は主要4又は5教科の中で「ふだんの生活や社会に出て最も役に立たない」教科と思われている。その一方で同じ調査によると全ての学年で理科が一番好きな教科である。ではなぜ「理科離れ」が起きるのだろうか。子供たちには理科が好きなの理由があり、好きだと思う既存概念があるはずである。その既存概念を把握し、それらと有機的に関連つけられたカリキュラムができれば理科離れをくい止めることができるはずである。

このような理由から、概念地図法²⁾を用いて「力」概念を中心にした既存概念の調査を行った。概念地図とは理科における用語をその関連性の度合いにより、学習者が各自の方法により結びつけて、各々の理解の世界を構成したものであり、具体的にはラベルと呼ばれる複数の概念を表す語とその直接の関係を意味する線と結合語により、学習者の概念構造を視覚化したものである。力学分野を対象としたのは、特に理科嫌いが顕著であると言われている物理学の基礎であることと、力は経験的に理解と親しみがあり概念地図を書いたときに結合される語が多い反面、その日常知が誤解の原因となっている可能性があるからである。中学生から大学生まで学習履歴ごとに9グループに分け、力概念に関する概念地図を、「力」を含む8つのラベルと被験者が自由に追加するラベ

ルを用いて作成してもらった³⁾。提示した8つのラベルからどのような追加ラベルが結合されているかを調べた結果、多くの被験者が「人間」や「筋肉」といったラベルを「力」や「運動」ラベルに結びつけていた。表1に、「人間」や「筋肉」ラベルが追加された割合を各グループ毎に示す。全追加ラベルの中で「人間」や「筋肉」ラベルが追加された割合は中学生3グループとも10%を越えそれぞれのグループ内で一番多かった。力や運動の学習は台車を使った速さを求める実験⁴⁾に代表されるように、「もの」の運動から学習する傾向が強い。これを自分の体の運動や、自分が与える力から導入するともっと生徒に親しみやすい理科学習になると考える。

表1 グループごとの「人間」「筋肉」ラベルの追加割合

「筋肉」または「人間」というラベルを追加した数	どのラベルから追加したか?								全追加ラベルに対する割合
	力	重力	物体	地球	重量	質量	運動	エネルギー	
中学1年1分野上履修前	8	0	3	3	1	0	12	3	12%
中学1年1分野上履修後	9	1	4	6	5	2	7	3	14%
中学3年1分野下履修前	15	1	7	11	4	1	12	6	15%
高校2年(文系)	6	1	1	5	3	0	1	1	6%
大学生(文系)	3	0	0	3	0	0	3	2	3%
高校2年(理系) 物理履修中	2	1	0	0	1	0	0	0	3%
大学(理系) 高校物理履修無	7	0	1	2	1	0	4	2	9%
大学(理系) 高校物理履修済	3	3	0	4	2	2	4	3	5%
大学物理専攻生	0	2	1	1	2	0	0	0	4%

すでに人間の運動は運動生理学、バイオメカニクスといった分野で幅広く研究されている。そこで中学校でも教科を越えて体育の授業と理科の授業を連携させるというカリキュラムを大学及び中学校の体育及び理科の教師で開発し実践した。生徒自らの短距離走法を教材として運動の様々な概念を捉えさせることは、生徒の興味関心を引き起こし、「自分たちとは無縁の理科・物理」から、「役に立つ必要な知識」へと考えを改めることが期待される。

人間の運動のビデオ分析を理科学習に生かす試みはこれまでも見られるが、本研究の2つ目の特徴は学校現場で実践しやすい点である。本カリキュラムでは生徒の短距離走の様子をビデオカメラで撮影しその映像を生徒自身が分析しながら理科学習を行うが、フリーソフトと学校現場の現有設備の範囲で安価に導入することができ、かつ教師に高度なIT技能を要求することなく行える。また3つ目の特徴は、他の教科と融合した形で授業カリキュラムを構成している点である。これまでの教材のほとんどは運動するものを人間に変えただけで、走ることを学習する観点に欠けている。本研究は理科固有の授業ではなく体育の授業としても活用できる。

2. 授業の到達目標

中学校学習指導要領（平成10年度改訂）によると理科第1分野の運動の規則性を学習する単位では目標や内容として、

- ・運動には速さと向きがあることを知ること。
- ・力が働く運動では物体の速さなどが変わること・・・を見いだすこと。

が挙げられている。本研究では速さを50m全体の平均と5mごとの「瞬間」の速さとして導出させ、平均の速さから瞬間の速さへのつながりの理解を促す。また力が働くことで減速する、加速するなど速さが変わる原因としての力とその向きについても学習させる。また体育の陸上競技については、

- ・自己の能力に適した課題をもって次の運動を行い、その技能を高め、競技したり、記録を高めたりすることができるようにする。
 - ・自己の能力に適した課題の解決を目指して、練習の仕方や競技の仕方を工夫することができるようにする。
- とあるが、各自自分の走法をビデオ分析しながら走法の改善の工夫をさせるよう進める。

3. カリキュラムの概要

開発した授業の流れはおおよそ以下のようである。

1時間目 50m走を行いビデオ撮影する。(体育の授業)

2時間目 ビデオ画面から5mごとの時刻をもとめ速さと距離のグラフに表し、加速と減速について学習する。(理科の授業)

3時間目 走るフォームを分析し、どうして加速、減速が起きるのかを考える。(理科&体育の授業)

4時間目 再度50m走を行う(体育の授業)

時間にゆとりがあれば3時間目の内容を2時間かけて行うとより効果があがる。以下に実際に行う場合の注意点を交えてより詳細に各授業の流れを示す。

1. 1時間目

50m走を行い、ビデオカメラに録画する。

1) 準備するもの

○デジタルビデオカメラ(三脚付き)、ボール11本

通常の家庭用ビデオカメラでよいが1/1000秒程度まで手動でシャッタースピードを変えられるものがよい。

2) ボールとカメラの設営

○ボールは5m間隔に設置し、ボールを走者が横切る時刻を読みとる。ボールは走るコースのカメラ側に立て、ボールが走者の前に写るようにする。ボールの上半分に白い紙を巻いておくと走者の手前でよく見える。

○カメラはコース中央からできるだけ遠い位置に設置し、スタート地点からゴール地点まで走者のフォームができるだけ真横から見た映像としてとらえられるようにする。(視差による距離の補正は別途教師が行うが、相似は3年生の数学で学習するので授業を実施する時期によっては生徒に補正させることも可能である。)

○横5m程度がカメラの画面いっぱい収まるようズームし走者の体の各部位を観察しやすいように大きく写す。特に、着地及び離地時の生徒の足の様子が見やすいように必ず走者の全身が完全に入るように撮影すること。

○シャッタースピードは1/500～1/1000秒程度にする。オートシャッタのままでは1/60秒程度になり各コマで体の各部位がぶれてしまう。1/1000秒でブレは1cm以下に押さえられる。

3) 50m走を実施する

○スタートは生徒が走り始めるときではなくスタータが合図したときとする。(スタート時の反応時間も考慮する。)そのためスタータの合図がカメラに収まるような工夫が必要。(スターティングシグナルの発煙でも可。旗で合図する場合は、基準の位置を定めておくこと合図の判定が容易になる。)

2. 1時間目と2時間目の間での教師による準備作業

録画した映像をパソコンにキャプチャする。

1) 準備

○ビデオキャプチャボード及びビデオ編集ソフトのインストール (先生機1台)。

生徒のビデオ映像をキャプチャ編集するためのキャプチャボードおよび編集ソフトは合わせて数万円である。我々はCanopus社のEZDVを用いた。(最近のパソコンなら標準装備のIEEE1394接続で取り込むことができる。)

○再生ソフトのインストール (生徒機全台)

コマ送り再生のソフトは何種類もあるが我々は60フィールド再生のAVIUTL99 (フリーソフト)⁵⁾を用いた。生徒機の性能はCPUクロック数350MHz, 主メモリ容量128MB, OSはwindows98程度以上あれば十分で、ほとんどの学校のパソコン教室に整備されているもので可能である。

2) ビデオ映像をキャプチャし, 生徒再生用ビデオファイルを作る。キャプチャに要する時間はビデオ再生時間と同程度である。1人の走行は20秒以内なので30分程度あれば全員分キャプチャできる。キャプチャしたビデオファイルを編集用ソフトで生徒一人一人にわけて個人ファイルを作る。これも再生時間と同程度でできる。データサイズは1ファイル50MB程度である。作業時間は20分分で1時間程度であった。

3) 生徒の個人ビデオファイルを各生徒機に格納する。

3. 2時間目

自分が走っている動画ファイル (図1参照) から距離と速さのグラフを出す。

1) ビデオから5mごとの時刻を読む。

1/60秒の精度でボールを横切る時刻を読みとる。どの時点を読みとればいかとまどう生徒もいるので体の重心を決めてそこがボールを横切るコマを探すよう指導する。コマとコマの間になる場合など「あいだを読む」力を養うことも重要である。



図1 生徒の動画ファイル (20m付近)

2. 速さの計算

まず50mの平均の速さはいくらになるか以下のかっこを埋めてください。
ある区間の速さ=走った()÷走った()・・・①
だからはじめから最後まで約50mを走った平均の速さは
(() - ()) ÷ (() - ()) = ()
単位も忘れずに書きます。計算は四捨五入して小数点第2位まで求めます。

(1) 速さの単位
ここでは速さには時速、分速、秒速という表し方があります。時速は1時間で走る距離、秒速は1秒で走る距離になります。時速はkm/時間、秒速はm/秒と表します。
50m走では普通秒速で表しますが、今求めた速さを時速に直してシートに書き加えてください。
注意: どこからどこまでというときは必ず「どこまで」(終点) - 「どこから」(始点) とします。

走る速さは50mの中でいつも一定ではなく速くなったり遅くなったりしています。平均の速さだけでは運動の様子はわかりません。そのときそのときの速さを瞬間の速さといいます。スタートでも平均時速以外に最高時速という新しい方をしますがこれも瞬間の速さです。最大瞬間風速というのも瞬間の速さです。
50m走でより細かく各瞬間の速さを求めるにはどうしたらいいでしょうか考えを書いてください。
()

(2) スタートから5mまでの速さをもとめよう。シートの「速さ」のゴール0と5の間の欄に書き入れます。同時にゴールまでの区間での速さを求めて、それをシートの「速さ」の対応する欄に記入します。

(3) 方眼紙の上半分に下の図のような棒グラフを作ります。縦軸は速さ、横軸は時間です。グラフの縦軸の目盛りは自分の過去の速さを基準にしてつけます。横軸はゴールまでにかかった時間を基準にします。スタートから5mまでの速さを縦の高さに、読みとった時間を横軸にして棒グラフを書きます。同時にゴールまでの区間での速さを求めて棒グラフを書いていってください。それらの速さはその区間での瞬間の速さになります。

このグラフの縦軸一つ一つの意味は何を意味しているでしょうか ヒント: ①の式
()

このグラフで縦軸が増えたり減ったりするのは速さがどうなっていることを表しているのでしょうか縦軸が増えるときは速さが増えているときで()しているとい、縦軸が減っているときは速さが減っているときで()していると言います。逆に一直線上を走る速さが常に一定で増えたり減ったりしないときの運動を等速直線運動と言います。等速直線運動のときの速さと時間のグラフはどうなるだろう? 次の図に図柄を書いてください。

図2 生徒用プリントその1

2) 読みとった時刻からまず50m全体の平均の速さを出す。速さという概念については、生徒はすでに小学校から持っているが筆者の経験では「速さ=距離÷時間」という公式的な理解で、ある区間内の平均の速さという理解が不足していると感じた。そのため図2に示すようなプリントを使って距離と時間を、50m区間の最後と最初の位置と時刻を書かせてから求めさせた。つぎに50m内では速さが一定ではないことに気づかせ、その時々速さとして瞬間の速さという概念を導入した。より瞬間の速さに近づけるためにはどうすればよいかを生徒に問いかけた上で5mごとの平均の速さを求めさせた。ここで時間があればまず10mごとの速さをもとめ、さらに5mごとの速さをもとめるとより一層瞬間の速さに対する理解が進むと思われる。(1/60秒の精度なのでこれ以上区間を小さくしても返ってばらつきが多くなる。)既存の中学校の教科書では区間を短くして平均の速さを瞬間の速さに近づける学習は見あたらない。平均の速さと瞬間の速さについては、Ⅲの授業実践後に行ったアンケート(表2)に示すように9割以上の生徒が理解できたと感じている。5mごとの平均の速さを瞬間の速さに「代用」

表2 授業の理解度

平均の速さと瞬間の速さについて			
よくわかった	36%	まあまあわかった	58%
あまりわからなかった	6%		
接地時の力の向きと加速・減速の関係について			
よくわかった	52%	まあまあわかった	40%
あまりわからなかった	8%		
自分のフォームにおける加速減速の様子について			
よくわかった	31%	まあまあわかった	47%
あまりわからなかった	23%		

させることより、平均の速さを瞬間の速さに近づける過程を教えることが重要だと考える。距離については視差による距離の補正を行った後のものを使用させる。

3) 時間と速さの棒グラフを書く。前述の調査¹⁾によると中学生はグラフを書く力が弱いと指摘されているので、できるだけパソコンの表計算ソフトは用いずグラフ用紙に書かせるようにする。速さが変わる運動であることを理解させる。ここでは棒グラフの面積が距離になることを理解させる。また理科では用いないが走法を分析する上では距離と速さのグラフの方が分かり易いのでそのグラフも書かせる。

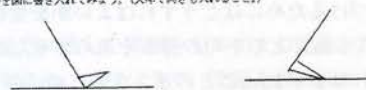
4. 3時間目

自分の走り进行分析する。ここでは加速・減速と力の向きとの基本的な関係を理解させる。2時間目に作成した表とグラフから加速している場面(5~15m付近)と減速もしくは速度が増えない維持場面(30~40m付近)を選ぶ。図3に示したプリントに沿ってそれぞれの場面ごとに接地時における足と地面の間での力の作用・反作用を学習し着地時が減速方向、離地時が加速方向に力が働くことを理解させる。この力が運動の加速・減速になっ

2. 加速や減速の原因を探ろう

簡単に実験その1: グループ毎に床に置いた紙を踏んで走り、置かれた紙の移動を観察します。紙を踏んだとき紙はどっちに移動する? キックして足が離れるとき紙はどっちに移動する?

加速するには何が必要だろうか? ... ()
 加速や減速は走っているときのどんなときにおきているのだろうか?
 に加わっている。
 ①と②の力を図に書き入れてみよう。(矢印で向きも入れること。)



足が地面を押すとき地面から足(人)に対して全く反対向きの同じ大きさの力を受けます。足が地面を押す力(作用)に対し地面が足を押し返す力(反作用)といえます。
 上の図それぞれに足が地面を押す力(作用)と地面が足を押し返す力(反作用)を矢印で書き入れよう。

③着地するときは()から()に対する力が()方向に加わっているため(加速・減速)する。
 ④離地するときは()から()に対する力が()方向に加わっているため(加速・減速)する。

図3 生徒用プリントその2

ていることを自分のビデオ映像から実感させる。調べる目安として①着地してから体の重心が足と垂直になるまでの時間(またはコマ数)、②垂直になってから離地するまでの時間(またはコマ数)をそれぞれ算出させ、加速場面では①より②のほうが多く、減速もしくは維持場面では①と②が同じ程度になることから①と②での力の方向の違いが結果として加速減速につながっていることを理解させる。

着地時や離地時における力の大きさは一般的に前者の方が大きく、また50m走の場面ごとに違っているはずである。そのため授業に先立って力の向きだけを調べる学習で、どの程度加速減速との関係がわかるかを我々が調べた。Ⅲの授業実践③で得た35名の動画データを整理した。図4(上)に加速場面(10m付近)、(下)に維持場面(35m付近)における①のコマ数と②のコマ数の人数分布を示す。加速場面での①のコマ数は平均3.7コマで②のコマ数は7.3コマであった。また維持場面ではそれぞれ4.2コマ、6.6コマであった。図をみても維持場面のほうが①と②の分布が近くなっており着地と離地のコマ数の差が少ないことがわかる。①着地時間(コマ数) < ②離地時間(コマ数)であれば加速時間のほうが減速時間より長いことを意味し、さらに①と②の差が大きければ大きいほど加速作用が大きいことを意味する。速さと時間のグラフから加速していることがわかる5~15m付近の

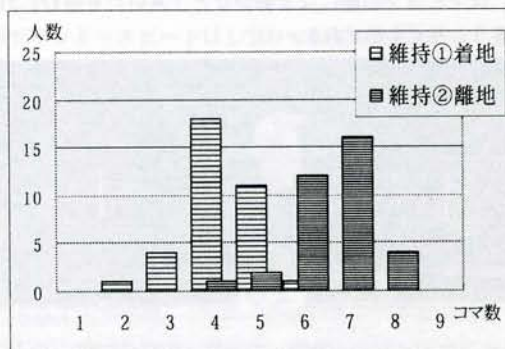
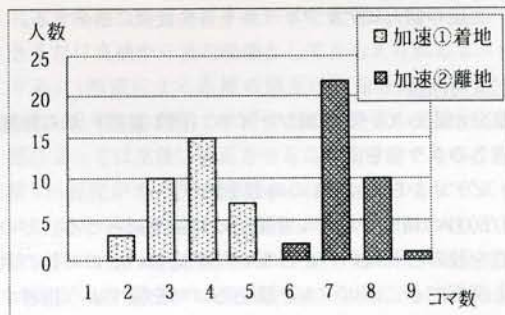


図4 上:加速場面 下:維持場面の①と②のコマ数分布

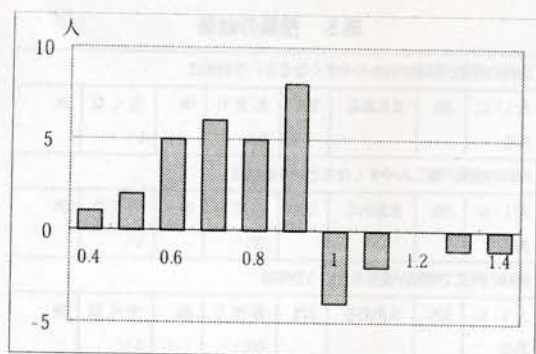


図5 加速場面の①/②と維持場面での①/②の比の分布

加速場面のほうが①と②の差が大きいことはビデオ映像によるこのような分析が妥当であることを意味する。さらに個人差があるので一人一人のデータについて加速場面での①/②を維持場面での①/②でわった値を求め、その分布を図5に示した。横軸に示したこの値が1であれば加速場面と維持場面での①/②が同じ、つまり2つの場面のビデオ映像に差が無いことを意味し、1に比べて小さいほど加速場面での①着地（減速）時間と②離地（加速）時間の差のほうが維持場面でのその差より大きく、両場面での加速作用の違いがビデオ映像から読みとれることを意味する。加速場面と維持場面では違いが見られなかったもの（4人）逆に維持場面のほうが多かったもの（3人）は負の効果としてマイナスで表した。個人差があるため全員が顕著な傾向を示すところまではいかなかったが、力と加速減速、作用反作用の学習を学ぶ上では有効であると思われる。実際に授業実践後の生徒の自己評価も9割以上が力の向きと加速減速の関係についてわかったと答えている。（表2）

また体育の教師による授業として実際に走法の映像を見ながら走り进行分析させると理科学習としてだけでなく運動技能の向上にもつながる。ここではあまり細かく体の部位の動きを定量化させることは避ける。教師や速い人の動きと比較し定性的な理解をすれば十分である。

4. 授業実践

本研究の実践例として①京都教育大学附属桃山中学校で課外活動の一環として模擬授業（平成16年2月実施1, 2年生16名対象）、②京都教育大学附属桃山中学校で選択理科授業（平成16年6月実施2年生13名対象）、③京都教育大学附属京都中学校選択授業サイエンス（平成17年6月実施2, 3年生35名対象）を行った。本来、力と運動の単元は中学校3年生で学習するが、学年が早まっても十分理解ができていた。パソコン操作も簡単で予備学習な

しに受け入れられた。受講後とったアンケート結果を表2～5に示す。いずれの実践授業も理科の選択授業であったので通常よりも理科が好きな生徒が多い。そのため評価は一般のクラスよりも幾分よいことが予想される。すでに述べたように瞬間の速さ、足と地面の間で作用する力と加速の関係はいずれも9割以上がわかったと答えた。ビデオ分析における操作は4割程度が難しいと答えたが着地の瞬間が見にくかったことや体の重心が垂直になる瞬間の決め方が難しかったからだと思われる。棒グラフを書く操作は軸の目盛りを決めることから表の値をグラフにすることまで慣れていないからか予想よりできが悪かった。しかしこういう授業については8割以上が興味をもった。また授業の効果についても表5に示すように8割から9割の生徒が理科及び体育の授業が「分かりやすくなる」、「親しみやすくなる」、「理解が深まる」のいずれにも効果があると答え、理科学習の新しいカリキュラムとして有効であると考えられる。

本研究は平成15-16年度科学研究費補助金によるもの⁶⁾である。（科研費課題番号15530584）共同研究者は以下の通りである。

京都教育大学教育学部

野原弘嗣 寺田光世 榎本靖士

京都教育大学附属桃山中学校

土田弘幸 岡島一博 下村勉

参考文献

- 1) 平成13年度及び15年度国立教育政策研究所小中学校教育課程実施状況調査
- 2) 概念地図法については例えば以下のようなものが挙げられる。
 - ・ノヴァック J.D.&ゴウウィン D.B著、福岡敏行&弓野憲一監訳：「子供が学ぶ新しい学習法—概念地図法によるメタ学習—」, 1992, 東洋館出版社。
 - ・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：「子どもの学びを探る—一知の多様な表現を基底にした教室をめざして—」, 1995, 東洋館出版社
- 3) 沖花, 「中学校理科『力学』分野における概念地図法の適用」, 理科教育学研究47 (2006) 印刷中
沖花・笹谷・今井, 「中学校理科『力学』分野における概念地図法の適用」, 同Ⅱ, 同Ⅲ, フォーラム理科教育 (1999) 1-14, (2000) 7-14, (2001) 2-7
- 4) 例えば 平成14年度用中学校理科1分野下学校図書

P.38

平成14年度用中学校理科1分野下啓林館P.41

5) AVIUTL99の入手サイトは以下の通り。

<http://ruriruri.zone.ne.jp/aviutl/>

6) 沖花他, 「中学校における理科と体育を融合した新しいカリキュラム開発の研究」, 平成15-16年度 科学研究費補助金基盤研究C (一般) 研究報告書 教師用テキストは以下で公開している。

<http://natsci.kyokyo-u.ac.jp/~okihana/hashiri/index.htm>

表3 ビデオ操作の難易度

ビデオから時間を読んで5mごとの速さをもとめる操作について							
簡単だった	8%	やや簡単だった	50%	やや難しかった	39%	難しかった	3%
表から速さと時間、速さと距離の棒グラフを書いた操作について							
簡単だった	15%	やや簡単だった	53%	やや難しかった	23%	難しかった	10%
ビデオを見て自分のフォームを分析する操作はどうでしたか							
簡単だった	8%	やや簡単だった	52%	やや難しかった	34%	難しかった	6%

表4 ビデオ分析の興味度

ビデオを見ながら速さを求めたりする授業全体について							
かなり興味が持てた	25%	まあまあ持てた	63%	あまり持てなかった	10%	興味なし	2%
ビデオを見ながらフォームを研究する授業全体について							
かなり興味が持てた	26%	まあまあ持てた	59%	あまり持てなかった	8%	興味なし	7%

表5 授業の効果

理科の授業が授業が分かりやすくなるという効果は							
大いにある	28%	まあある	59%	あまりない	9%	全くない	3%
理科の授業が親しみやすくなるという効果は							
大いにある	38%	まあある	50%	あまりない	8%	全くない	5%
理科の授業で理解が深まるという効果は							
大いにある	32%	まあある	57%	あまりない	8%	全くない	3%
体育の授業が授業が分かりやすくなるという効果は							
大いにある	34%	まあある	52%	あまりない	10%	全くない	5%
体育の授業が親しみやすくなるという効果は							
大いにある	37%	まあある	53%	あまりない	5%	全くない	5%
体育の授業で理解が深まるという効果は							
大いにある	31%	まあある	56%	あまりない	8%	全くない	5%
走る技術が向上するという効果は							
大いにある	46%	まあある	44%	あまりない	8%	全くない	2%

* 京都教育大学教育学部

"A New Course of the Physics Study with the Physical Training"

by OKIHANA, Akira

(2006年1月9日受理)