

マイコンを利用した小学校物理教材の指導法

—空気の圧力，体積，温度の関係について—

神 垣 信 生

平 田 香 代*

(物理研究室)

(昭和61年10月11日受理)

1. はじめに

小・中学校の理科教育においては、可能な限り身近な自然の事物や現象に触れさせ、ありのままのすがたを正確に把握させることが、その根幹とならなければならない。児童・生徒は、観察や実験などの直接経験を通して、自然界の成り立ちや規則性を感得し、心意的発達段階に応じて、しだいに複雑な自然のしくみを理解するようになる。

しかし、自然事象のなかには、目に見えるものであっても、その本質を支配する要因は認識できないものも多く、これが児童・生徒の理解を困難にし、思考を混乱させる原因となっている場合が少なくない。この問題に対応し、学習効果を高めるための方策として、教材のモデル化やビデオなどの教育機器の活用が一般に試みられている。

最近、教育現場では、マイクロコンピュータ（マイコン）の導入が急速に進められ、事務処理の能率化がはかられているとともに、授業への利用に関する研究が積極的に行われている。

マイコンを理科教育の視覚機器として利用する場合、その方法は次の2つに大別されよう。

- 1) 自然の法則に基づく諸現象を数式に従って計算し、画面上にシミュレーションして見せる方法である。この方法は、法則に従った現象の進行を追跡的に学習させることができるとともに、現象そのものを視覚的に確認することによって、法則のもつ意味をより明確に把握させることができる点で有効である。
- 2) 自然現象としては容易に目で見ることができても、その現象が起こる原因を明らかにすることが困難な場合に用いる方法である。実験・観察によって得られた事実やこれまでの経験を基礎にして、順序だてた解説と無理のない範囲の前提を導入することによって、科学的により深く理解させることができる。

前者は、比較的簡単なプログラムによって現象のシミュレーションを見せることが可能であり、主として高等学校や大学の授業で利用される。後者は、理論よりも直接体験を通して学習内容を理解させるための方法として効果的であり、主として小・中学校の授業に役立つものと考えられる。

*川之石小学校

いずれにしても、教育機器としてのマイコンは、様々な現象をモデル化して動的にとらえさせることができるばかりでなく、計算機能を活用したり、児童・生徒の理解度に合わせて瞬時に必要な画面に変えたりすることが可能である。また、いろいろな画面を組み合わせるなどの選択的な利用ができるという長所をもっており、多様な機能を備えた有力な教育機器といえる。

2. 研究のねらい

本研究では、小学校第4学年の「空気」に関する物理教材を取り上げ、マイコンを利用した指導法の開発を試みた。

小学校理科における「空気」に関する教材は、次のように取り扱われている。

第2学年	身の回りには、目には見えないが空気があることに気付かせる。
第3学年	閉じ込めた空気を押し縮めると、かさが小さくなるが、手ごたえは大きくなり、元にもどろうとする性質があることを知らせる。
第4学年	空気の体積は、温度によって変化することを理解させる。

第4学年の「空気の温度と体積」の学習では、フラスコ、ポリエチレンの袋、注射器などを用いて、閉じ込められた空気を温めると体積がふえることを実験的に確かめることが中心となっている。

「空気の圧力、体積、温度の関係」は、物理現象を論理的に究明する教材として適している。そのためには、気体の分子運動論を導入しなければならないが、目に見えない気体の分子を実証することは困難である。そこで、マイコンによるシミュレーションを利用して、気体の分子運動を具体的にとらえさせ、空気に関する現象を理論的により深く理解させるとともに、粒子概念の形成と科学的思考力の芽を育てるための指導法をめざした。

研究の手順は以下の通りである。

- 1) マイコンのプログラム作成
- 2) 研究授業の計画立案
- 3) 研究授業の実施
- 4) 児童に対するアンケート調査
- 5) 考察とまとめ

3. プログラムの構成と内容

空気に関する現象について、小学生を対象に授業を行うため、ここでは空気を構成する分子の種類には立ち入らず、空気は一種類の分子からなるものとし、分子どうしおよび分子と器壁とは完全弾性衝突するものとした。また、一定温度のもとでは、各分子の運動の速さは一定とした。さらに、分子は「つぶ」、圧力はすべて「圧す力」と表現し、力の大きさは矢印の長さで表した。

プログラムの構成としては、授業の内容や進度に合わせた利用を図るため、個々の独立したプログラムを作成し、これらを適当に連結して目的に沿った授業が実施できるようにした。

本研究では、閉じ込められた空気に関する現象を、空気の ①圧力と体積 ②温度と圧力 ③温度と体積 との関係の3つに分類し、これらを分子の運動によって説明するため、次のようなプログラムを作成した。なお、プログラムの進行に際しては、個々の現象や説明が終わるごとに画面を停止させておき、児童の反応を考慮しながら次の段階へ進められるようにした。また、児童が画面上の動きだけにとらわれるおそれがあるため、観察する際に留意すべき内容を画面に示した後、現象の進行状態を見せ、その結果およびまとめを随時画面上に表した。

3-1. 気体の圧力と体積との関係

児童は、これまでに空気でっぽうや注射器を用いて実験し、ピストンに力を加えると体積が減少し、圧力が強くなることや、その逆の現象が起こることを体験的によく知っている。そこで、ボイルの法則として知られているこの現象をマイコンで再現してみる。

図1は、注射器のピストンの上におもりを1個のせると、ピストンはしだいに下がっていくが、ある位置で停止することから、筒の中の空気がどのようなはたらきをしているか問いかけた画面である。続いて、このおもりを取り去ると、再びピストンが上がっていくのはなぜかを問いかけた画面を図2に示す。

このような現象をもとにして、物を動かすためには力が必要であることから、空気のもつ力に対して疑問と興味をもたせることができる。

3-2. 気体分子の導入

前項の疑問に答えるため、容器内の空気について、①空気はたくさんのつぶが集まったものであり、②つぶとつぶの間にはすき間があって、③このつぶは自由に動いているという考え方を示したものが図3である。また、空気のおつぶが一様に器壁へ力をおよぼしていることを説明したのが図4である。児童は、このような提示に対して惑うことがあるかも知れないが、日常生活経験から、小さなつぶの集団運動が力をおよぼす要因となることを連想させる。そのため、台ばかりの上に小さな玉が衝突したとき、はかりの針がふれることを示したのが図5である。さらに、多数の玉があれば常にいずれかの玉が台上に当たり、はかりの針が常時ふれた状態にあることを示したのが図6である。(この画面は、18個の玉のうち常に1個は台上に当たって針のふれが一定であることを示したものであるが、玉の運動中の状態を表すため、画面を撮影する際に露出時間を長くしたため5個の玉が台上に当たっているように見えている。)

3-3. 容器の体積と内部の分子がピストンに衝突する回数との関係

分子の運動による器壁への衝突回数は、容器の体積と関係があることを示した画面が図7および図8である。ここでは、ピストンの位置1、2および3を児童に選ばせ、分子がピストンに衝突するごとに衝突回数がマイコンの画面上に表現できるようにした。

3-4. 容器の体積と気体分子による圧力との関係

一定温度のもとでは、分子の運動速度は一定であるとしたため、空気の体積の変化に応じて、分子がピストンに衝突する回数が変わる。このことから、空気の体積と圧力との関係について段階を追って説明したのが図9および図10である。また、これらの現象をまとめて図11の画面とした。

3-5. 容器内の気体の温度と分子の運動速度との関係

シャルルの法則として知られている気体の温度と体積との関係について、実験的な現象を示したのが図12である。実際の画面では、左側の画像に対して右側の画像では、水槽に湯を入れるとピストンはしだいに上昇し、やがて停止する。前項までの内容が理解できていれば、ピス

トンの上昇は圧力の増加によるものと考えられるので、その圧力増加の原因について考察する必要がある。すなわち、図12の左右の画像において、分子の数は同じであり、分子自身の質量も変わらないことから、分子1個の衝突による力の大きさと衝突回数の変化によってこのような現象が起こることを予想させる。そこで、0℃と50℃のときの気体分子の運動速度がそれぞれ図13および図14のようになるものとし、運動速度の違いによって、衝突の際に器壁へおよぼす力の大きさの相違を図15で、また、衝突回数の違いを図16で示した。

3-6. 噴水実験

以上のようないろいろな現象を観察し、その現象が起こる理由を説明した後、3-1. ~ 3-5. の内容をすべて含むものとして図17に示すようなフラスコを用意し、これを湯につけたとき起こる現象を予想させ、実際に実験すると図18のように噴水となって水がとび出すことをマイコンで見せる。この現象は図19のようにフラスコを湯につける前の空気をつぶの動きと、温度を上げたときのつぶの動く速さの違いによって図20のように順を追って考えれば説明できるということでもまとめを行った。

1

ピストンの上におもりをのせると...
ピストンが少しさがりましたね。

おもりをきさえているのはピストンです。
では、ピストンを下からきさえているのは何でしょうか。

2

おもりをとると...
ピストンはもとのいちまでもどりましたね。

では、何がピストンをおしあげたのでしょうか。
容器の中の空気がピストンをおしあげたのでしょうか？
空気には力があるのでしょうか？

3

空気とはどんなものでしょう？

空気はたくさんの小さなつぶが無まったもの
つぶとつぶの間にはすき間がある。
このつぶは自由に動いている。

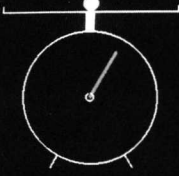
容器の中には小さな空気のつぶがたくさんあります。そのうちのいくつかを大きくしてみましょう。

4

空気をつぶがぶつかって容器をおします。

空気をつぶはたくさんあるので、そのうちのどれかはまわりの容器に高にぶつかっています。
ですから、空気全体ではまわりの容器をいつもおしつけていることになりですね。

空気の力とはどんなものでしょう？



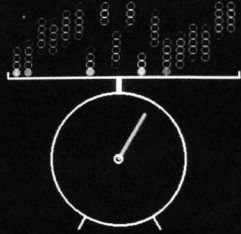
空気がおす力とは空気のつぶがしょうとつしたときの力

玉がはかりの台にあたるとはかりの針はふれて、台が力をうけたことがわかります。

(CR)

5


空気の力とはどんなものでしょう？



玉の数が多いと...

(CR)

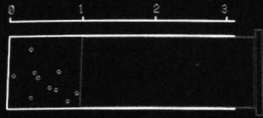
6



容器の中には小さな空気のつぶがたくさんあります。容器の中と外との空気の出入りはありませんから、容器の中の空気のつぶの数はいつも同じです。いくつかの空気のつぶを大きくして、その様子を見てみましょう。

(CR)

7



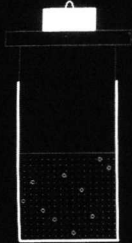
ピストンの位置	ぶつかる回数
3	8
2	10
1	20

空気がかき小さいほどぶつかる回数は多いですね。

(CR)

8

容器の中の空気のつぶの様子を見てみましょう。

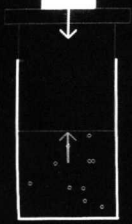


容器の中には小さな空気のつぶがたくさんあります。このうちのいくつかを大きくしてみましょう。

(CR)

9

空気のつぶがピストンにぶつかって、ピストンはきえられているわけです。



(CR)

10

おもりにおされてピストンが下がる。

▼

空気がかき小さくなる。

▼

空気のつぶがピストンとしょうとつする回数がふえる。

▼

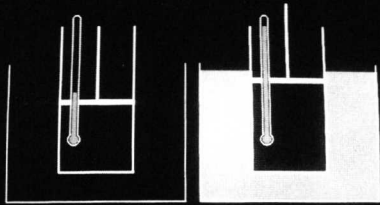
空気がピストンをおす力が大きくなる。

↑

空気がかき小さくなるとまわりをおす力が大きくなる。

(CR)

11



空気が温度が上がるとかきが大きくなります。

(CR)

12

空気の温度は 0 °C です。

100 °C
00 °C
0 °C

13

空気の温度は 50 °C です。

100 °C
00 °C
0 °C

14

玉2の速さは玉1の速さの2倍です。
はかりの針のふれ方に注意して見てください。

玉1 玉2

15

みどりの玉は赤の玉の2倍の速さです。

速さ

1 2

玉の速さが2倍になるとちょうど2倍の回数も2倍になります。

(CR)

16

図のようなフラスコを湯の中に入れるとどうなるでしょう・・・？

温度計 ガラス管

水そう フラスコ

水

(CR)

17

図のようなフラスコを湯の中に入れるとどうなるでしょう・・・？

水そうに湯をいれると・・・

18

空気のつぶの様子を見てみましょう。

フラスコの中には小さな空気のつぶがたくさんあります。このうちのいくつかを大きくしてその様子を見てみましょう。空気のつぶの速さに注意して見てください。

(CR)

19

空気の温度が上がる

▼

空気のつぶは速く動くようになる。

▼

空気のつぶは 1 より強くぶつかる。 2 ぶつかる回数が増える。

▼

空気のつぶがぶつかっておす力が大きくなる。

▼

水はおされてガラス管を通して出ていく。

20

表 1 ○指導の過程 (表中の□はマイコンに提示した内容)

学 習 活 動	思 考 の 過 程	指 導 上 の 留 意 点
<p>1) 空気についていろいろな現象を思い出す。</p> <p>2) アンケートAに答える。</p> <p>3) 疑問をもつ。</p> <p>4) 空気はつぶの集まりと考えることにする。</p> <p>5) 空気の力について調べる。</p> <p>6) 空気のかさとつぶのようす、および圧す力について調べる。</p> <p>7) 第5時限の学習をまとめる。</p> <p>8) アンケートBに答える。</p>	<p>・身の回りには、目に見えないが空気がある。</p> <p>・空気は容器の中に閉じ込めることができる。</p> <p>・閉じ込めた空気を押し縮めると、かさが小さくなるが、元にもどろうとする。</p> <p>・空気は温まるとかさがふえる。</p> <p>□空気には力があるだろうか？</p> <p>□空気とはどんなものだろうか？</p> <p>① 空気は、たくさんの小さなつぶが集まったものである。</p> <p>② 空気をつぶとつぶの間には、すき間がある。</p> <p>③ 空気をつぶは自由に動いている。</p> <p>□空気のどこに力があるのだろうか？</p> <p>・自由に動いている空気をつぶは、容器内の壁にぶつかる。</p> <p>・空気をつぶがぶつかると、容器の壁は圧されることになる。</p> <p>□空気をつぶが容器の壁にぶつかって圧す力が空気の力である。</p> <p>・空気をさらに押し縮めると、押し返す力が強くなる。</p> <p>□空気のかさが小さくなると、空気をつぶのようすはどうなるだろうか？</p> <p>□空気のかさが小さくなると、空気をつぶがぶつかる回数がふえて、容器の壁を圧す力は大きくなる。</p> <p>□空気が押し縮められると、かさが小さくなる。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>□空気をつぶが容器の壁にぶつかる回数がふえる。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>□空気が容器の壁を圧す力は大きくなる。</p>	<p>・マイコンの映像を見ながら既習内容を思い出させる。</p> <p>・つぶがぶつかることによって力をおよぼすことがイメージできるよう工夫する。</p> <p>・注射器を用いて、押し返す力の強さを感じとらせる。</p> <p>・注射器の中の空気をつぶのようすを思い出しながらまとめる。</p>

休憩 (10分間)

学 習 活 動	思 考 の 過 程	指 導 上 の 留 意 点
<p>9) 噴水の実験を復習する。</p> <p>10) 疑問をもつ。</p> <p>11) 空気はつぶの集まりと考えることについて復習する。</p> <p>12) 空気の温度が変わると、つぶのようすがどうなるか調べる。</p> <p>13) 空気のかぶの動きと空気の圧す力との関係について考える。</p> <p>14) 第6時限の学習をまとめる。</p> <p>15) アンケートCに答える。</p>	<p>噴水の実験で、フラスコから水がふき出したのはなぜだろう？</p> <p>・空気は温まるとふくらむ。</p> <p>空気は温まるとふくらむのはなぜだろう？</p> <p>・空気はたくさんの小さなつぶが集まったもので、つぶとつぶの間にはすき間があり、空気のかぶは自由に動いている。</p> <p>空気が温まると、空気のかぶはどうなるだろうか？</p> <p>空気のかぶは、温度が上がるとはやく動くようになる。</p> <p>空気のかぶがはやく動くようになると、つぶが容器の壁にぶつかったときの力はどうなるだろうか。また、ぶつかる回数はどうなるだろうか？</p> <p>空気のかぶの動きがはやくなると、つぶが容器の壁にぶつかったときの力が大きくなるし、ぶつかる回数も多くなる。</p> <p>空気の温度が上がると、空気の圧す力が大きくなる。</p> <p>フラスコを湯のなかに入れて、内部の空気を温めると、空気のかぶがはやく動くようになる。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>空気のかぶが容器の壁にぶつかる力が大きくなり、ぶつかる回数が多くなる。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>空気の圧す力が大きくなる。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>フラスコ内の水は、圧されてガラス管から出ていく。</p>	<p>・マイコンを見ながら思い出させる。</p> <p>・マイコンのかぶの動きから気付かせる。</p> <p>・マイコンとOHPを用いて総合的にまとめる。</p>

4. 学習指導の実際

○日時 昭和60年2月5日(火), 第5・6時限

○対象児童 愛媛大学教育学部附属小学校, 第4学年, 月組(男子18名, 女子16名)

表 2

児童	空気に関するとりえ方											
	A				B				C			
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
1		○					◎				○	
2				○	◎						◎	
3		○					◎				○	
4	○						◎				○	
5		○					◎				○	
6		○					◎				○	
7	○				○				○			
8		○					◎				○	
9		○					◎				○	
10	○						◎				○	
11		○					◎				○	
12		○			◎				○			
13				○			◎				○	
14	○						◎				○	
15	○				○				○			
16				○	◎				○			
17		○					◎				○	
18		○					◎				○	
19	○				○				○			
20		○					◎				○	
21		○			◎				○			
22		○					◎				○	
23		○					◎				○	
24		○				○					◎	
25	○						◎				○	
26	○				○						◎	
27	○				○						◎	
28	○						◎				○	
29		○			◎				○			
30	○						◎				○	
31				○			◎				○	
32	○				○				○			
33	○						◎				○	
34		○					◎				○	
計	13	17	0	4	11	1	22	0	8	0	26	0

(◎ は授業後に空気に関するとりえ方が変化したことを示す。)

○授業題目 空気の体積が温度によって変わるのなぜか

○指導の過程 (表 1)

5. 結果と考察

5-1. アンケート調査の結果

児童の空気に関する現象の理解度を調べるため、アンケート調査を行い、表2のような結果を得た。アンケート調査は、授業開始時(A)、授業終了時(B、C)の3回にわたって行い、児童の空気に関するとりえ方の変化を調べた。その結果は、次の4通りのとりえ方に大別してまとめた。

- ① 空気全体をひとかたまりのものとしてとらえる。
- ② 空気をいくつかのかたまりととらえ、そのかたまりが伸縮するものとしてとらえる。
- ③ 空気をつぶの運動をもとにしてとらえる。
- ④ その他のとりえ方をする。

5-2. 考察とまとめ

アンケートAの調査結果には、児童がこれまでの経験から、容器内に閉じ込められた空気の現象に対するとりえ方が示されている。すなわち、34名の児童のうち13名は容器内の空気をひとかたまりのものとしてとらえ、17名は空気のかたまりの伸縮によるというとりえ方をしており、空気は小さなつぶが集ったもので、このつぶが動いているというとりえ方をもっていた児童はいなかった。しかし、マイコンによって、空気はつぶの集まりであり、つぶの運動がいろいろな現象の基本になっていることを指導した後のア

ンケート B および C の結果によれば、大部分の児童に学習の効果が認められ、空気に関するいろいろな現象をつぶの動きとしてとらえることができるようになっている。さらに、空気のつぶの大きさや数、およびつぶが動く速さなどの気体分子論的な考え方に興味を示し、より発展的な学習を期待する児童もみられた。

このように、当初の目標とした粒子概念の形成と科学的思考力の芽を育てるためにマイコンを利用した指導法を試みた結果は、一応の成果をあげることができたものと受け止められる。これは、マイコンによる動きのある映像によって現象の進展を確認できたことによるところが大きい。

小・中学校の理科教育におけるマイコンの利用法としては、① 既習内容の復習、② 実験結果の予測やまとめ および③ 単元のまとめなどが考えられる。また、数字キーやリターンキーなどの簡単な操作により、次の画面へ進めるようプログラムを作成することによって、児童・生徒が個人やグループで自発的に利用することも可能である。

以上のように、マイコンを利用した指導法は、適当な教材を選択し、学習の進度と内容に応じたプログラムを作成することによって、理科学習に対する児童・生徒の興味・関心を一層高めることができるであろう。また、観察や実験などを通して得られた事実を基調として、これを発展的・論理的に思考する能力や態度を育てるうえで役立つものと期待される。

参考文献

- 三島信彦：マイコン物理，共立出版，昭和56年
 和田正信：マイコンシミュレーションでみる物理の世界，培風館，昭和58年
 武者利光：パソコングラフィックス 物理，オーム社，昭和59年
 文部省：小学校指導書 理科編，昭和53年
 文部省：中学校指導書 理科編，昭和53年
 霜田光一他編：小学校理科1～6年，学校図書，昭和55年
 押田勇雄・藤城敏幸：熱力学，裳華房，昭和45年

〔図説明〕 (CRT上ではいずれもカラーの映像である。)

- 図1. 注射器のピストンにおもりをのせると、ピストンが下がる。(3-1.)
 2. ピストンのおもりを取り去ると、ピストンが上がる。(3-1.)
 3. 容器内の空気は、小さなつぶが集まったものである。(3-2.)
 4. 容器内で、空気のつぶが運動することによって器壁に力をおよぼす。(3-2.)
 5. 物体は、衝突することによって力をおよぼす。(3-2.)
 6. 多数の物体があると、常に台に力をおよぼす。(3-2.)
 7. 容器に閉じ込めたつぶの数は一定である。(3-3.)
 8. 容器の体積変化とつぶの衝突回数の変化を調べる。(3-3.)
 9. 容器内の空気のつぶを表す。(3-4.)
 10. 外力とつぶの衝突による力とがつり合う。(3-4.)
 11. 外力によって体積は変化し、その外力は空気の圧す力とがつり合う。(3-4.)

12. 空気の温度によって体積が変化する。(3-5.)
13. 0℃でつぶが運動している。(3-5.)
14. 50℃でつぶが運動している。(3-5.)
15. 物体の運動速度によって衝突時の力の大きさは異なる。(3-5.)
16. 物体の運動速度によって器壁への衝突回数が異なる。(3-5.)
17. 噴水実験の用意をする。(3-6.)
18. フラスコを湯につけると水が出る。(3-6.)
19. フラスコ内のつぶを表す。(3-6.)
20. 噴水実験をまとめる。(3-6.)