

「波の性質」効果的な指導法

－ 授業プリント活用により、生徒自ら考える －

高山高等学校 宮ノ腰 浩司

1 はじめに

どのような進め方にとすると理解して行きやすいのか、どのように工夫したら生徒が問題を見いだすのか、どのようなことをすれば生徒は問題を解決できるのか、そして、どのようなことで生徒の理解が深まるのか、私自身、今まで試行錯誤を繰り返しながら授業プリントというものを作成してきた。

私も以前は教科書中心に授業をしていたのだが、説明、作図、演習問題など、こちらの意図に従って進めることができる授業プリントの合理性に気がつき、また、考えやすい・自分でも進めやすい・書き込むことができる・理解しやすいなど、生徒からの評判も手伝って現在に至っている。

2 指導の意図

「波」という分野は生徒にとっては非常に難しいと感じるところであろう。確かに最初から三角関数が使われ（特に、ここで嫌になってしまうのではないだろうか）、計算も複雑そうに見える。さらには何の役に立つのだろうとさえ考える生徒も少なくない。

そのような分野で、いかに生徒の興味・関心を引きながら授業を進めていけるかということ考えたとき、やはり生徒の主体的な活動が必要になるであろう。積極的とまでは難しいと思うが、自分が参加していることで主体的に取り組み、今自分がわからないことを発見し、そして、それに対して個人的に先生からのサポートを受けながら自分のペースで進めていくことができるとき、生徒は投げ出すことなく理解を深めていく。

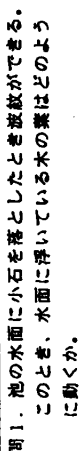
そんな想いを授業プリントに取り入れてみた。

3 単元案

No.	内 容	事物・現象を見る	問題を見いだす	解決法を考える
1	波・等速円運動・単振動	・水面に浮かぶ船のゆれ ・ひもとバネによる波 ・ウェーブマシン	・波とは何？ ・波のできる様子	・人によるウェーブ ・作図
2	波の要素・波の式	・OHP	・波の式の意味 ・式の考え方と使い方	・与えられている、あるいはわかるものは何なのか
3	波の進み方・縦波と横波	・ひもによる波(横波) ・バネによる波(縦波)	・位相とは何か ・波の進行方向と振動方向の違い	・実際に進んだ波を描いてみる
4	重ね合わせ・定常波	・ウェーブマシン	・衝突後の波形の予測 ・重なった波の波形	・作図
5	波の干渉	・水波投影装置	・特徴の発見 ・干渉点の条件	・作図し、そこから読みとる
6	波の反射と定常波	・ウェーブマシン	・自由端と固定端の違い	・作図と特徴
7	波の伝わり方	・水波投影装置	・どのように考えたら説明がつくのか	・ホイヘンスの考え方
8	波の屈折	・水波投影装置	・ホイヘンスの原理で、どのように説明するか	・作図

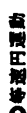
(1) 授業プリントと指導用プリントの1例

見 目 曜日



静かな水面に小石を投げると、小石が落ちたところから波紋が広がる。このとき、水面に呼んでいる物体を見ると、ほぼ上下にゆれるだけで、波紋とともに進むことはない。広がってゆくのは波面の振動であり、水そのものではないことがわかる。このように、ある場所が生じた振動が次々と隣に伝わっていく現象を「波」とはいう。また、この場所では振動が次々と隣に波を伝える物質を「媒質」といい、最初に振動を始めたと、この場所を「発振元」という。

○煤質の振動



物体Pが、Oを中心として半径「 r 」の等速円運動をする。

このこと、中野のFが1秒間によむる中心月を

使い、記号は□(タテ)を用いる。一層の角度30°をラジス

また、角速度は記号 ω (オメガ) であらわされるので、次

10

一 圖するのにかかる時間を [] といふ。記事は [] を [] を

転送を [国 / 国] 「 国 / 国 」 のみで、この国が国にあり、

444

物体Pが半径A[m]の円周上を等速円運動

境の屈(正射影)は、 y 軸上を原点 O の面

に距離 A [m] の範囲内で (変動)

右図で、変位 y [m] と時間 t [s] との関係を示す。

間当たりの回転数を(等速円運動)

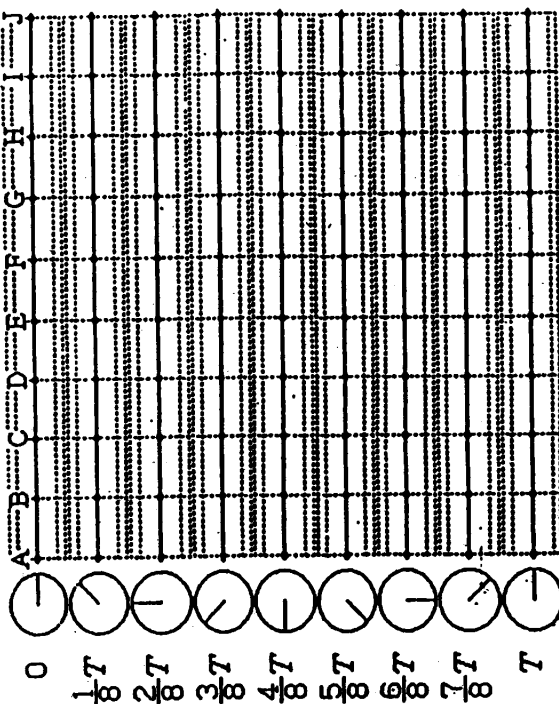
座標(位置) v [1] は右式であらわされる, この

時間を []、1 秒間の往復回数 f [Hz] を [] を、 ω [rad/s] を []、 γ [rad]

車運動においても、等速円運動と同じ式が

波源Aが周期Tで振動し、B、C、D……と1/8周期ずつ遅れて振動している。振動

が振わる様子もト図に書き。



問2. 時刻 t [s] における変位が $y = 0.5 \sin 4\pi t$ [m] であらわされる単振動の振幅、周期、振動数は、それぞれいくらか。

教師用

波 1. 波動・等速円運動・単振動 月 日 曜日
 【本問】ここでは、波動の導入として波の伝播から、波を学習していくにあたってやはり等速円運動や単振動の基本的な考え方は必要であると考え、必要最小限の知識として取り上げた。

問 1. 【問題発見】波とは？波が伝わっていく様子を観察する。
 水をはった水槽やバットなどに葉っぱや船を浮かべ、波を起こし、その様子を観察する。
 気がついたことを発表させる → 方向をつけて、次の文を説明。

○波と媒質

(イメージを壊さずながら考えさせる)
 静かな水面に小石を投げると、小石が落ちたところから波紋が広がる。このとき、水面に浮いている物体を見ると、ほぼ上下にゆれるだけで、波紋とともに進むことはない。広がってゆくのは波面の振動であり、水そのものではないことがわかる。このように、ある場所が生じた振動が次々と隣に伝わっていく現象を「波」といったり、最初に振動を始めたところを「波源」という。
 また、この場所では水面のように波を伝える物質を「媒質」といい、最初に振動を始めたところを「波源」という。
 振動している媒質は、エネルギーを持つので、波の伝播とともにそれらも伝えられる。しかし、媒質自身が波とともに進むわけではないから、波は運動する物体自身が直接運ぶのとは異なる仕方ですべてを運んでいることになる。

※ サッカーなどでは観客がウェーブをする。その様子を思い起こさせたり、何人かの生徒で実際にやってみてもらう。

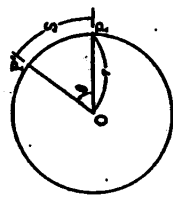
○媒質の振動

ここでは、図のように「ひもを伝わる波」、「ばねを伝わる波」を見せ、さらにウェーブマシンなどを見せて問 1 を確認する。

【問題発見】2つの波の速さを考えさせる
 波の進行方向と媒質の動く方向の違いの発見から横波・縦波を説明する。

○等速円運動

【問題発見】身のまわりで等速円運動を行っているものはあるだろうか。
 角速度、中心角など、単振動への簡単な導入が目的。関係式だけでも理解できれば良い。



一定の速さで円周上を回る運動を「等速円運動」という。
 物体Pが、Oを中心として半径r[m]の等速円運動をする。
 このとき、半径OPが1秒間に変わる中心角を「角速度」といふ。一般的には、角速度の単位は「ラジアン [rad] / 秒 [s]」を用いる。一周の角度360°をラジアンに換算すると2π [rad]であり、1 [rad]は57.3°となる。
 また、角速度は記号ω [rad/s]であらわされるので、次の式が成り立つ。

$\omega = \frac{\theta}{t}$

$\theta = \omega t$

一周するのにかかる時間を「周期」といい、記号はT [s]を用いる。また、1秒間の回転数を「[1/s]」であらわすと、次の式が成り立つ。

$T = \frac{2\pi}{\omega}$

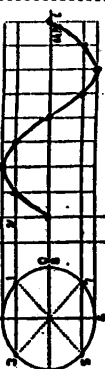
$T = \frac{1}{f}$

一般に、回転数の単位[1/s]は、「ヘルツ」(単位Hz)であらわす。

○単振動

波の式への簡単な導入が目的。板において生徒がつまづきやすい点でもあるので、式の意味やグラフの説明をゆつくり行う。

(正射影を観察すると分かりやすい)



物体Pが半径A[m]の円周上を等速円運動しているとき、物体Pからy軸上を原点Oの両側に投影した点Qは、y軸上を原点Oの両側に距離A[m]の範囲内で「往復運動」をする。このような運動を「単振動」という。

右図で、変位y[m]と時間t[s]との関係を観てみる。→ 正弦曲線 となる。
 ここで、この単振動の様子を式であらわしてみよう。等速円運動の半径をA、単位時間当たりの回転角(角速度)をω(等速円運動では一定)とする。原点Oを単振動の中心にあるとすると、原点Oから出発した点Qのt[s]後の位置(変位)y[m]は右式であらわされる。この式で、Aを振幅、ω[rad/s]を角速度、1往復に要する時間を周期T、1秒間の往復回数f[1/s]を振動数という。単振動においても、等速円運動と同じ式が成り立つ。

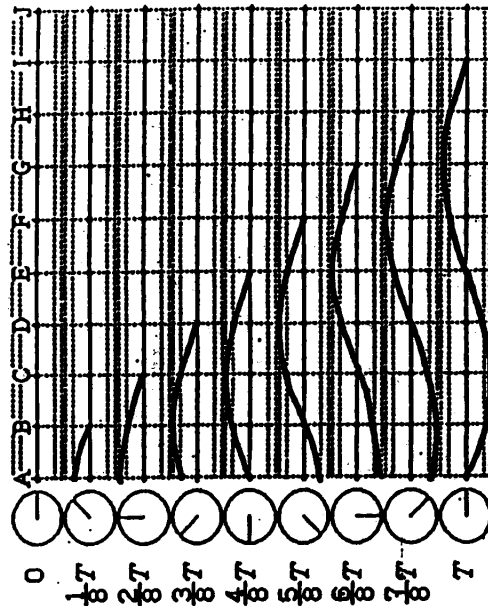
$$y = A \sin \theta = A \sin \omega t$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}, \quad \omega = 2\pi f$$

※ 図で、正射影の時間による変位の変化を確認する。

○波(正弦波)のできる様子【生徒の活動・解決】

波源が振動(単振動)したとき、波が伝わる時間とともにどのように伝わっていくのかを描かせる。こちらが考えている以上に、生徒にとつては理解が深まると思う。
 初めはどのようにして良いのかわからない生徒がいるので、2〜3列を黒板で説明した方がよいかもしれない。



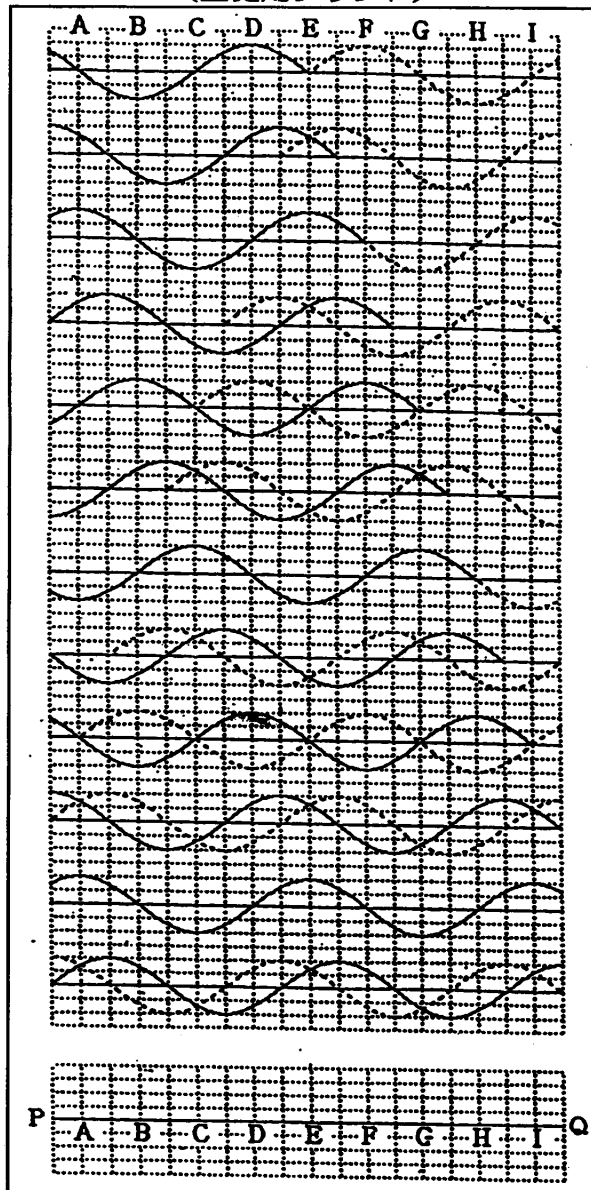
問 2. 【生徒の活動・問題発見】
 単振動の式 $y = A \sin \omega t$ と比べ、振幅が、また角振動数から周期・振動数が計算される。
 振幅 0.50[m]、周期 0.50[s]、振動数 2.0[Hz] (単位に注意)

(2) 効果的であったと考えられる作図等

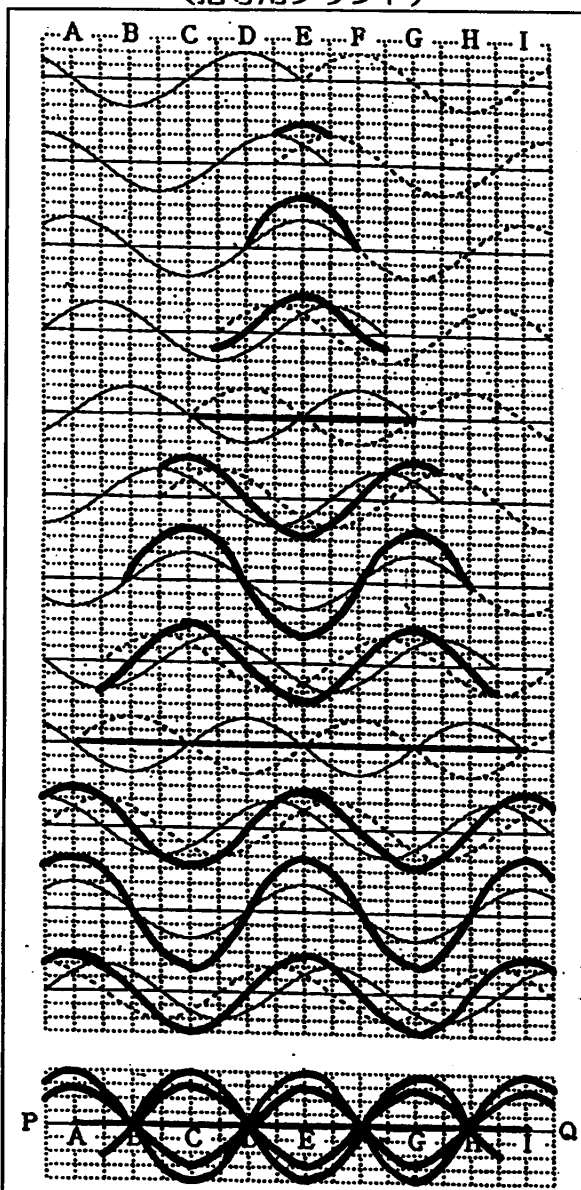
① プリント№4 問3. 定常波のできる様子

右向きに進む波(実線)と左向きに進む波(点線)が重なると、どのような波ができるか。

(生徒用プリント)



(指導用プリント)

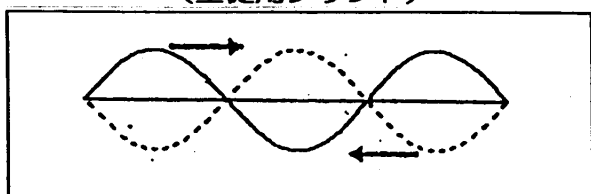


重なっていく波の合成波の様子が良くわかり、さらに、合成波だけを最下段図に順に描くことにより、定常波とはどのようなものなのかを視覚的にも理解できる。

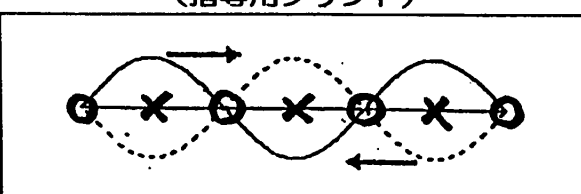
② プリント№5 問2.

右に進む波(実線)と左に進む波(点線)がある。定常波の腹の位置に○、節の位置に×を書きなさい。

(生徒用プリント)



(指導用プリント)

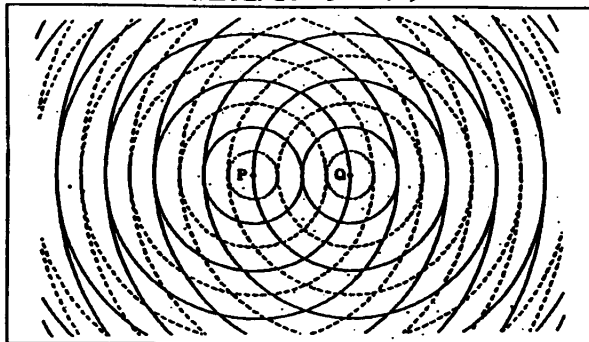


①の復習である。見た目で判断すると間違いやすい。波を進ませて考えるように指導。

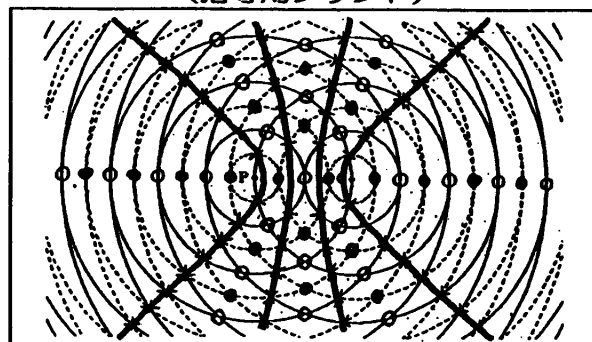
③ プリント№5 ◎波の干渉

実線は波の山、点線は波の谷を示している。山と山が重なっているところに○、谷と谷が重なっているところに●、山と谷が重なっているところに×をつけよ。
つぎに、×が重なっているところを曲線で結べ。

(生徒用プリント)



(指導用プリント)



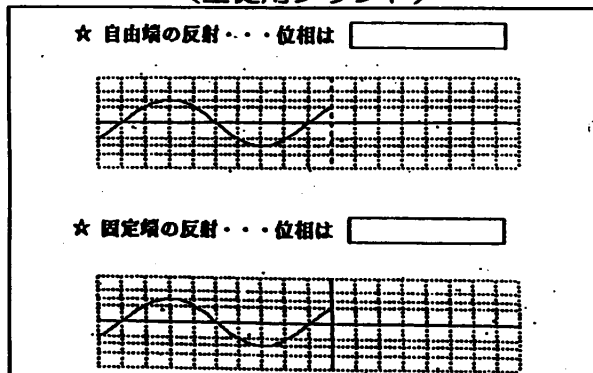
この作業の前に水波投影装置で見せておく。特徴を見つけさせた後、この作業をさせる。原理が理解できた後にもう一度水波投影装置で見せると理解が深まる。

また、この図を使って波が強めあう点・弱めあう点の条件を考えさせているのだが、その違いを考えさせることによって、生徒自身が公式を導くことができると考えている。

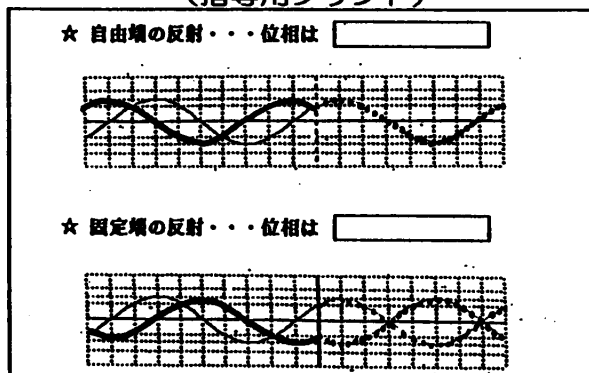
④ プリント№6 ◎連続波の反射

自由端と固定端での連続波の反射を書け。

(生徒用プリント)



(指導用プリント)

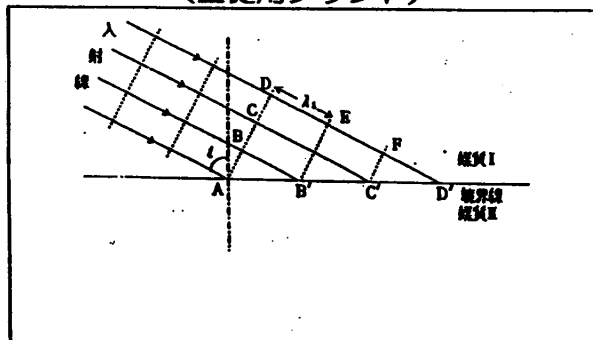


自由端と固定端の違いを考えさせ、「このように考えれば説明できるよ」というような形で指導した。

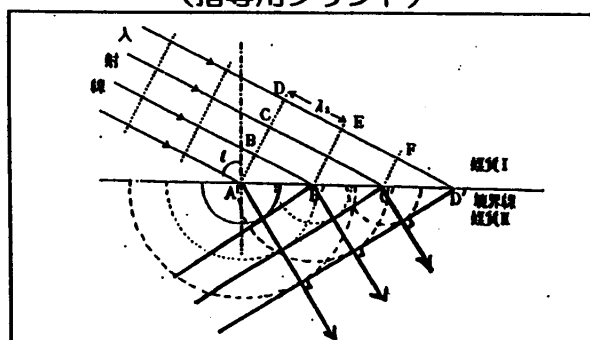
⑤ プリント№8 ◎波の屈折

媒質Ⅰ、Ⅱにおける波の速度の比を5 : 3とする。ホイヘンスの原理を用いて媒質Ⅱの中に生じる波面を描き、さらに射線を書け。

(生徒用プリント)



(指導用プリント)



各生徒が納得しながら作業をしていた。ここまでくると、作業しながら理解していけることに楽しさを感じているように見受けられた。

5 考察

№1 波動・等速円運動・単振動

やはり等速円運動や単振動など新しい式が出てくるところで抵抗を感じるようであるが、深入りせずに進めた。「波のできる様子」で作図をさせたが、波源が1往復するとできる波についての理解が深まったようである。

№2 波の要素・波の式

公式として2つの式を示したが、まだまだ抵抗感を感じる。とにかく式を使おうということで問題にすすんだが、生徒がわからないところはどちらの式を使うかということであった。問題から与えられている、または知り得るものは何か、それによって式を選ぶことができることに重点を置いた。

№3 波の進み方・縦波と横波

波を考えるには波形を動かして考えてみると分かりやすいことを説明。また、縦波と横波の関係では今ひとつ理解できなかった生徒がいた。

参考として水面波を説明したが、興味を持って聞いていた。

№4 波の重ね合わせ・定常波

波の独立性のところでは生徒も積極的に予想していた。ウェーブマシンで結果を見せたときは本当に楽しそうだった。問3での重ね合わせと定常波は集中して作業していた。自分自身が作図することによって分かることも多いのではないかと感じる。

№5 波の干渉

問2の問題は理解度を試すものである。「よく考えて」と注意を促すと自分なりに波を動かして考えていた。

干渉の条件を見つけ、式を導き出すところでは、積極的に意見を述べていた。自身で発見したことに喜びを感じ、楽しさを覚えた生徒もいたようである。

№6 波の反射と定常波

自由端と固定端の違いを説明し、なぜこのように考えるのかということを説明したあと、作図させた。このころになると作図が楽しくなっているようで、作図に要する時間も縮まってきた。

№7 波の伝わり方

初めに現象を説明し、その現象をどのように考えたら説明できるかを考えさせた。

もちろん考えつくような生徒はいなかったのだが、ホイヘンスの原理を説明したときには感心していた。興味を持って取り組んでいる様子が見えた。

№8 波の屈折

どのように屈折するのかをホイヘンスの原理を使って作図していくのだが、ここでも楽しそうに作業していた。作図が終わると「なるほど」と感心しながらうなずく姿が多く見られた。

6 おわりに

プリント学習における生徒自身による『作図』は、生徒の問題発見や解決・理解に大きく影響をおよぼしていると考えられる。もちろんその部分だけを抜き出して作業させるのも1つの方法である。しかし、ノートに貼っていく手間や煩雑さを考えたとき、やはりノート自身をプリントにした方が良いのではないかと考え、現在のような実践になった（初めにファイルを配っている）。

個人なりの注意書きなども書き込めるということもあり、自分だけの参考書として扱ってくれている生徒も少なくなく、うれしい限りである。

最後に、私に授業プリントのすばらしさを教えてくださいました山口義文先生、佐藤正明先生、竹中洵治先生に、紙面をお借りしてお礼を述べたいと思います。ありがとうございました。