

波動分野（音波まで）におけるプリント学習の授業実践

- 問題解決能力の育成のための一助としての授業プリント -

瑞浪高等学校 水谷 浩久

1 はじめに

物理において問題解決能力の育成の為の授業で意識したいのは、生徒が自ら課題を見つけることもあるが、少なくとも生徒が考えること、自ら答え（結果）をだすことを意識したい。答をだすことは練習問題を解くことではなく、現象を理解する、法則を導きだすということである。そのために、教師側からは講義的な部分（一方的に教える）を減らし（必要最低限の講義的な授業は当然あるが）生徒が疑問を抱き、それを解決させる一助に心がけたり、生徒の活動（今回は作図など）によって自ら理解していく方向に持っていくように心がけることだと思う。特に単発の授業（実験など）で考えるのではなく、全ての授業の流れの中で何を意識していくかに重点を置いた。

今回、波動分野では、目（視覚的）や耳（聴覚的）を十分使えることもあり、教科書を使わずに、（演示実験が中心となるが）現象を見せ、そこから入り、疑問を持つとともに、考えさせることを主眼におき、生徒が考えること、作図など作業をすることによって理解していき、その補助として、VTRやコンピュータシミュレーションなどを利用していく方法で行った。さらに、作図させたり、自分の意見を考えさせることに時間がかかるため、作図を描きやすくしたり、時間節約のために、プリントを使うことを試みた。（実験書の後にもあるが・・・）

2 指導者の意図

今回初めてプリントを作成し、そこで意識したことは、あまり文章として（教科書のよう）に載せず、要点を生徒に書かせること。写すための図は、プリントに描いておくが、作図させたいことは、出来るだけ生徒に作図させる様にする。ただし、補助的なもの（枠線など）は描いておく。例題問題などは載せず、授業の流れの中で、必要だと感じたときに、とくに引っかかる部分を意識してだす。この場合はノートを使用する。そのため、冊子になるような完全なプリント学習とはいえない感じもある。初の試みであったため、今後に課題を残したと思うが、プリントだけに頼ったり、プリントが中心ではなく、あくまでも補助的なものの1つであり、時間節約・作図のしやすさのために使い、”現象から入り、考える”ことを中心において、いかに理解していくか、その流れを考えた。

3 問題解決能力に関する単元案

時	内 容	自然の事物・現象を見る	問題を見いだす	解決法
1	波とは？ 円運動・単振動について簡単に	ウェーブマシンの運動 ボールとひも コンピュータシミュレーション	波としての動き 媒質の運動	
2	波の式	ウェーブマシンの波形 コンピュータシミュレーション VTR（ｽｰ・ｺﾞ送ﾘ）	媒質の運動 横軸の意味	単振動 作図
3	縦波 縦波の横波表示	つるまきばね コンピュータシミュレーション	振動の方向	作図 例題

4	波の重ね合わせ 定常波	ウェーブマシンの波形 VTR(スロー・NHK) コンピュータシミュレーション	予測する	作図
5	波の干渉	水波投影装置・OHP 円のOHPシート2枚	特徴を考える	作図 読みとり
6	ホイヘンスの原理 波の反射	水波投影装置・OHP		観察 作図
7	波の回折・屈折	水波投影装置・OHP		作図
8	パルス波の反射	ウェーブマシン	なぜ?と思わせる	
9	音波 高さ・強さ・大きさ・速さ	太鼓・ろうそくのVTR 低周波発信器→ラジカセ おもしろコップ	音波=疎密(縦)波 音の高さ・振動	聞く・見る
10	音の反射・屈折・回折 音の干渉	スピーカー・マイク・おもしろコップ		聞く・見る
11	うなり 共鳴・共振	音叉・マイク・おもしろコップ 音叉・共振振り子	なぜ? 振動数との関係	聞く・見る 作図
12	弦の振動	ギター・弦定常波・モノコード・	音の高さとの関係	聞く・見る
13	気柱の振動	試験管 VTR(NHK)	振動状態 音の高さとの関係	聞く・見る
14	気柱共鳴の実験	実験書・音叉・気柱共鳴管		実施する
15	ドップラー効果 音源のみ移動する場合	日常生活では? ドップラーボール 図より		読みとり
16	観測者の移動 両方の移動	図より		読みとり

4 授業の展開と生徒の活動

・波としてのイメージを聞く。 → 波形・海・地震波など

- ・ ウェーブマシンで波を出す。どのような運動か？
左右の運動の視点から媒質の運動への視点へ
- ・ ひもの先にボールを付けたモノを回し、円運動を見せる。
- ・ 円運動の周期・回転数・角速度（特に角[rad]）・速度の説明
- ・ 単振動の見方（円運動の正射影）コンピュータシミュレーション → 変位のみ
- ・ ウェーブマシンで波をだす。波がどのように伝わっていくか？
→ 一周後の波形を描かせる。逆位相で描く生徒が多い
スローのVTR、コンピュータシミュレーション 意味を理解する
- ・ 波の要素の説明
- ・ 波の式 → 原点と同じ振動であり、時間的ずれのみであることに気付かせる
→ 横軸が、変位か時間によって何を意味するのか？ 式の流れをつくる
- ・ つるまきばねを伸ばして床において、横波・縦波をだす
→ リボン（ある点）の運動に注目 進行方向と振動方向の違いに気付く
- ・ コンピュータシミュレーションと作図により、縦波の横波表示の理解 → 図を見て理解。例題
- ・ （ウェーブマシンで）山と山がぶつかったら？ → 消える・でかくなる・平均化・はねかえる・飲み込まれるなど
- ・ 実際やって見る。さらにスローのVTRで理解。コンピュータシミュレーション・VTR(NHK)も利用 → 山と谷については考えさせ、実際同じように見せる 作図しながら理解
- ・ （ウェーブマシンで）定常波をつくる → どんな波か？ 動かない波などの意見
- ・ プリントの作図 → それぞれの波の合成波をかき、その様子が定常波と理解
- ・ 水波投影装置・OHPを使い波の干渉を見せる
→ 特徴は？ しましまなどという。強・弱などの現象は理解している
- ・ プリントの作図 → 交点に○点をつけ、それは何を意味するのか？その線を結ぶラインは？円上と円と円の間に×点をつけ、それは何を意味するのか？ 強め合う・弱め合う位置を理解
- ・ 強める・弱める点の特徴（A、Bからの距離）に気づかせ、干渉条件をつくらせる
長さ的な特徴（何mm、何cm）から波長を使った一般式まで考えを広めていける
- ・ OHPシートに黄色のマジックで書いた同心円を2枚ずらして重ね、干渉として見せる。
- ・ ホイヘンスの原理の説明 → 点、棒、円からの進行での作図
- ・ 水波投影装置・OHPで見せる → 作図させる。（進行（素元波、共通の界面）
- ・ 波の反射。水波投影装置より（過程と結果の図） → 特徴から法則へ
- ・ 回折現象（水波投影装置・OHP）を見せる
→ 隙間と回折の関係？ 狭いときに広がるという → 波長との関係
- ・ 波の屈折。水波投影装置より（過程と結果の図） → 特徴から法則へ。助言必要
- ・ ウェーブマシンでの山の反射を見せる。
端をこそっと手で押さえたり、離したりして
→ なぜ山や谷になるのか？よく観察させる
波の作り方に意識がいくが、そのうち気付く生徒が出てくる
- ・ 固定端・自由端での反射の様子を作図させる
線対称・点対称的な理解をする
- ・ マイク・オシロスコープで声の波形を見せる → 波としての認識
- ・ VTR（太鼓とろうそくの炎のゆれ） → 縦波（疎密波）であるとの意見が出る
- ・ 定周波発信器からラジカセで音に、同時にオシロスコープで見せる。

- 音の高さと振動数の関係？ 比例関係に気付く
- オシロスコープの波形と音の大きさより超音波の話
- ・音階、音の速さなど身近な例の紹介など
- ・スピーカー・マイク・オシロスコープを使い反射の特徴は？ オシロスコープの波形で何となく理解
- ・低周波発信器とラジカセからの音を、マイクとオシロスコープでひろう（干渉）
 - 特徴は？ 強弱には気づくが、干渉であることに気付くには時間がかかる
- ・音叉（少し振動数の違う）2つを鳴らす。 → 特徴は？ フォワン・フォワンと
マイク・オシロスコープでも見てみる → 音の大小に気づく
- ・作図させる → 例えば波長 3 cm と 4 cm の波を 2 つ描かせ、合成させる。
特徴？ 音の大・小・大の関係は？（うなりの周期）横軸注意 図で理解
- ・音叉（同じ振動数のもの 2 つ）を片方鳴らす、そして止める。
音叉（振動数の違うもの 2 つ）を片方鳴らす、そして止める。
いろいろな振動数の音叉でやる → 特徴は？ 同じ振動数しか起こらない
- ・共振振り子を見せる、糸の長さを変える。
- ・ギターを弾く → 弦の種類・押さえる位置・張り具合で音の高さが変わる 聞く
- ・モノコードで振動状態を見る。さらに弦定常波を見せる。 基本振動・倍振動の理解
- ・一定の振動数で張力の変化 → 波長は？（波の速さの変化に気付かせる）
線密度の変化 → 速さの関係も何となく理解
- ・倍音との関係も示す → 弦の音の高さの特徴・まとめ？
- ・試験管を口で吹く → 水の高さによる音の変化は？ 聞いて分かる
- ・管内の空気の振動を見せる（VTR (NHK)） → 作図 空気の振動の理解
- ・吹き方による音の高さの変化 → 倍音の存在に気づかせる
- ・（計算と実際耳で）試験管に水を入れ音階をつくらせる。（開口端補正の存在）
- ・気柱共鳴の実験（実験書）を生徒実験として行う
- ・車のエンジン音やサイレンの音の高さが、
近づくとき・遠ざかるときにどうなるか？ → 日常生活で感じているものが多い。
- ・ドップラーボールを投げて実演 → 気づく
- ・音源が近づく場合。図（モデル）より → 波長の変化を出す。振動数の変化へ
- ・観測者が近づく場合。図（モデル）より → 山から山までの時間の変化
振動数の変化へ
- ・両方が運動している場合。 → それぞれの変化から、あわせて考える。

5 考察

現象（演示実験等）から入り、予測や考えを出させることを意識して、そこに時間をかける。時間を与えられ、またプリントに、書く欄があると、生徒は一応何らかを書いている。写すだけの図はあらかじめ描いてあるだけでも、時間的にはかなり節約できる。

作図によって理解させたい部分では、作図に十分時間を取ったが、ノートに全て書くときよりは、時間的に節約できた。ノートに全て書かしていた時よりは、時間的なことも含め、効果的だと思う。この同じ時期に 3 年生では磁場の内容をやり、写すだけの図などは、プリントにすればかなり時間的節約もできると思う。特に、波動分野は、作図をすることによって理解がしやすい分野であるので、他の分野に比べ効果が大きいようにも思われる。プリント作成で意識したポイントは次のようなことである。

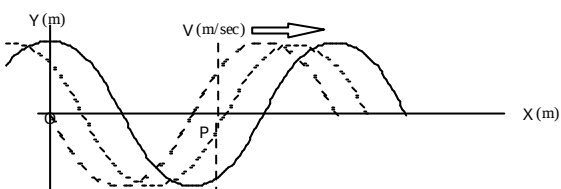
~~~~~ 枠内がプリントの一部です。(縮小・一部抜粋)

自分の考え

クラスの意見

自分の考え、クラスの意見を書かせるスペースを作り、思ったことを書かせる。それにより、生徒は何らかの事を書いている。

波の式



原点Oにおいて、 $Y = A \sin \frac{2\pi}{T} t$  (m) として

座標X(m)の点Pで、O→Pまでの時間は( )、よって時刻t(sec)

の時のP点は、( )の時の原点Oと同じである。

@時刻t(sec)の座標X(m)の点Pの変位：Y(m)は？

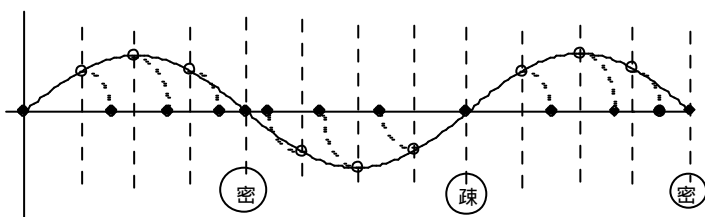
与える図はあらかじめ描いておく。

図の読みとり集中させる。

時間的節約にもなる。

文章はなるべく短く、簡潔にし、重要とか、考えさせる部分は自分で記入させる。

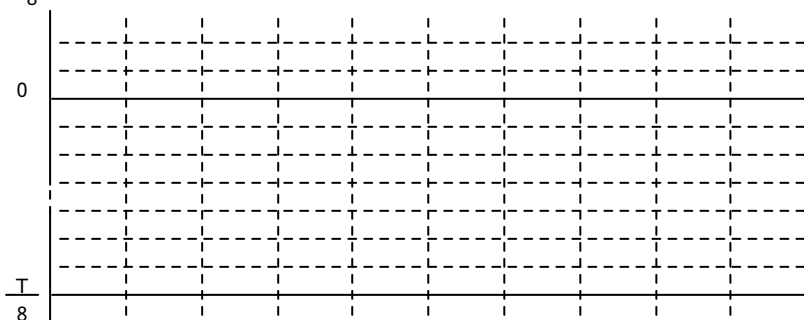
縦波の横波表示 (Y軸正 → X軸正)



シミュレーションの一部(一瞬)として載せる。

描き方も理解させるが、完成したものとしてのせ、VTRなどと並行していく。

@  $\frac{T}{8}$  (sec) ごとの波を描いてみよう？



生徒の作図させることに主眼をおく。

罫線や、長さなどを与えておき、作図がスムーズに行くように枠線のみ描いておく。

@作図してみよう？ (P、Qから同じ同心円をコンパスで描いてみよう)



円が描いてある状態からでも良いと思うが、円を描かせることから始めてみた。

## 6 おわりに(まとめ)

教科書の内容は、すばらしく、読んでいけば理解できる部分が多いと思うが、受け身的な流れができ、考える力を養うには不適だと思う。教科書を使わずに、教科書の内容を全て理解していくには、それなりのものを用意しなければならない。それが、現象を見せることであり、VTR(スローも含む)やコンピュータシミュレーション、そしてプリントなどが補助として必要になってくると思う。その所々で、生徒がいかに疑問を持ち、いかに考えていくかが重要であり、法則なども生徒の考えの流れで導き出していきたい。当然生徒だけでは無理なので、いかにそのような方向に持っていけるかが重要なポイントであり、教師としての力量でもあると思う。”与えずぎず”が難しいところで、あまりにも親切丁寧もどうかと思ってしまう部分もあり、自分でやる部分や、さらに勉強したいと思わせる部分が残されていくのが大切だと思う。

教科書を使わない形式の授業はずっとやってきたが、プリントを使うことは今回が初の試みであったが、課題はいくつか残るにしろ、プリントを補助として使うことは、問題解決能力の育成を考えた上でもプラスの効果だと感じた。ただ、そのプリントは、学校や、先生の特徴によって変わり、全学校一斉で使えるものを作成するのは無理、というより無駄ではないかとも感じた。基礎としてのプリントは必要だが、学校の特徴によって大きく変わるべきであると思う。私が作ったプリントも、瑞浪高校では、ある程度適していると思うが、他の学校ではどうだろうか?と思う部分も多い。後で作図なども含め書き換えられるように、一太郎・花子のみを使ったため、図なども苦労した。

今回は、実験など現象を見せるものについては、真新しいこともなく、どの学校でもやっていることなので、本文の中心ではなかったが、この部分が、実は一番大切な気がする。

最後に、波動分野のプリント学習の生徒(32名)の授業後のアンケート結果の一部では、授業プリントはどうか?に対して、Aある方がよい(25名-78%)で、理由として・分かりやすい。・時間の節約になり、授業に集中できる。・復習として見やすい。・書くことが少なくなり、手間が省ける。・楽になる。などで、Bない方がよい(3名-9%)で、理由として・管理が大変、なくしそうだから。・全てノートにかいた方が覚えやすい。などで、Cどちらでも(4名-13%)で理由として・ノートの方がやり易い時もある。・楽になるけど、怠慢になる心配がある。などで、文章量(説明文など)について?に対して、A説明文がもっとあった方がよい(15名-47%)で、理由として・その方が分かり易そう。・式と図だけだと後で不安。・分かりにくい部分もあった。・復習しやすいなどで、B文章は短い方がよい(17名-53%)で理由として・要点だけの方が、見やすく、分かり易い。自分で書くことで覚えるので、文章は短くて良い。・先生の話の中で説明しているので、必要(大切)な所だけノートに取ればよい。などで、作図を含め、記入を多くしたが?に対してA:完成した図の方がよい(7名-22%)で、理由として・自分で描くと図が間違う(うまく描けない)。・苦手。・正確だから。・完成した図でも理解できる。などで、B:描くこと(作図など)は必要だ(25名-78%)で理由として、・描くことで理解した所が多い。・面倒だが、力がつく。・なれる必要があるから。などであった。また 次の分野(授業)でもプリントを使用していきたいか?に対し、A使用したい(23名-72%)、B教科書を使いたい(2名-6%)、Cノートだけでよい(3名-9%)、無回答(4名)であった。現在教科書をどの程度利用しているか?に対して、A復習として見ている(0名)、Bテスト前などたまに見る(4名-12%)、Cほとんど見ない(28名-88%)という結果だった。表形式を文章にしたので非常に見にくくなったが、アンケート結果からも、今後もいくつかの課題や変更点はあるにしろ、この授業プリントを使う授業形態を継続していきたいと思う。