

理科（物理 I） 学習指導案

指導教諭 県立下館第二高等学校 渡邊 晃良

- 1 日時 平成24年 10月*日（*） *校時
- 2 場所 物理室
- 3 実施クラス 2年*組 物理 I 選択者 41 人（男子*人，女子*人）
- 4 単元名 波の性質
- 5 教材名 『改訂版 高等学校 物理 I 』，2010，数研出版
- 6 単元について

(1) 教材観

本単元では、まず、既習の力学・熱力学が「エネルギーの変換現象」を取り扱ってきたのに対し、波は「エネルギーの伝達現象」だということを、身の回りの現象を通して生徒が意識できるようにする。

次に、ひもの振動に関連させて「波の発生原因」や「波の要素」、地震波に関連させて「縦波と横波」について説明する。また、物体同士の衝突との違いを強調しつつ、重ね合わせの原理と波の独立性について説明する。さらに、「海岸に近づくとつれ、なぜ波が高くなるのか」を導入教材とし、水面波の干渉の観察、実験を行い、具体的なイメージを持ちながら、波を定量的に扱うことができるよう促す。

そして、波の基本原理であるホイヘンスの原理を説明する。そして、そのホイヘンスの原理を用いて、「入射角と反射角が等しくなる理由（反射の法則）」、「海岸に打ち寄せる波の波面が、海岸線と平行になる理由（屈折の法則）」、「狭い隙間から差す光が、ぼんやりとその周りも明るくする理由（波の回折）」を説明する。最後に、水面波の観察を通して、波の反射、屈折、回折を実際に観察させる。このように、理論、身の回りの現象、波の観察に関連させることで、ホイヘンスの原理の有効性について生徒が実感できるようにする。

以上のように、本単元では、身の回りの現象を教材として波についての基本的な理解を深め、後の単元である「音」、「光」に必要となる知識を身に付けていく。

(2) 生徒の実態

生徒は、普通科の理系クラスの物理選択者である。授業中は静かで、課題の提出状況も良好であり、真面目な生徒が多いが、積極的な発言は見られない。ただし、発展的な話に興味を示すなど、物理学に対する興味はある。また、生徒の理解力にはかなりの幅がある。

(3) 指導観

生徒の理解力に幅がある実態を考慮し、発問の際は、生徒が考える時間を多く確保する。教材は、できるだけ図や写真を使用して作成し、生徒が興味をもって考えられるような内容とする。実験は、初めの説明を丁寧にし、生徒の操作中にはあまり口出しをせず、自主性を重んじる。法則などを説明する際は、実験や身の回りの現象と関連させるとともに、デジタル教材を用いて、生徒の概念的な理解を促す。

7 単元の目標

- 波に関する現象について、興味・関心をもち、意欲的に取り組む。【関心・意欲・態度】
- 波について、図や表を用いて考えることができる。【思考・判断・表現】
- 水面波の観察から、波の干渉、反射、屈折、回折を正確に把握する技能を身に付けることができる。【観察・実験の技能】
- 波についての基本的な知識を身に付けており、波の反射、屈折、回折について、ホイヘンスの原理により統一的に理解することができる。【知識・理解】

8 指導計画と評価計画（7時間扱い）

時間	学習内容	評価の観点				評価規準と評価方法
		関心 意欲 態度	思考 判断 表現	観察 実験 の技能	知識 理解	
1	波とは	○				・波に関する現象について、関心をもち、意欲的に取り組んでいる。（行動観察）
2	波の基本（波の要素、位相、種類）				○	・波について、波の要素・位相・種類などの基本的な知識を身に付けている。（プリント）
3	縦波と横波、波の干渉（重ねあわせの原理と波の独立性）			○	○	・縦波を横波で表現している。（プリント） ・波の干渉について、基本的な知識を身に付けている。（プリント）
4	水面波の干渉（本時）		○	○		・水面波を観察し、波の干渉を正確に記録している。（プリント） ・波の干渉について、図や表を用いて考えている。（プリント）

5	ホイヘンスの原理と反射の法則			○	・ホイヘンスの原理を用いて、反射の法則を理解している。(プリント)
6	波の速度変化、ホイヘンスの原理と屈折の法則		○	○	・波の速度変化と、波の屈折の関係を思考している。(プリント) ・ホイヘンスの原理を用いて、屈折の法則を理解している。(プリント)
7	ホイヘンスの原理と波の回折、水面波の観察まとめ			○	・ホイヘンスの原理を用いて、波の回折を理解している。(プリント) ・水面波の反射、屈折、回折を観察し、正確に記録している。(プリント)

9 本時の学習

(1) 目標 水面波を観察し、波の干渉を正確に記録できる。【観察実験の技能】

波の干渉について、図や表を用いて考えることができる。【思考・判断・表現】

(2) 準備 授業プリント (41)、実験プリント (41)、海の波の映像 (1)、雨の降る池の映像 (1)、パソコン (1)、プロジェクター(1)、直流電源 (1)、水面波発生装置 (1)、ガラス水槽(1)、スポンジ (4)、光源(1)、投影機(1)、OHPシート(41)、はさみ(41)、セロハンテープ(41)、赤青マジックペン(41) ※ () 内は数

(3) 展開

過程	学習活動・内容	指導上の留意点と評価																																
導入 (7分)	<ul style="list-style-type: none"> 海の波の映像や授業プリントの写真を見て、「海岸に近づくにつれ、なぜ波が高くなるのか」という発問について、予想を立てる。 池の波紋の映像を見て、本時のテーマが、「水面波の干渉」であることを意識する。 	<ul style="list-style-type: none"> 不思議に思わせ、水面波について興味をもたせることを目的として発問する。 「干渉」という用語についての復習も兼ねる。 																																
展開 (35分)	<p>実験A (水面波の干渉の観察)</p> <ul style="list-style-type: none"> 実験プリントを用意し、スクリーンに映し出された、2つの水面波の干渉を観察し、スケッチする。 <p>実験B (水面波の干渉のモデル実験)</p> <ul style="list-style-type: none"> ハサミでOHPシートを切り取り2枚にし、波2のシート、干渉波のシートを作る。 2枚のシートを実験プリントの波1に重ねてセロハンテープでとめ、水面波の干渉のモデルを作成する。 強めあう点 (山と山、谷と谷が重なる点)、打ち消しあう点 (山と谷が重なる点) を、それぞれ赤マジックペン、青マジックペンで打つ。 赤い点を赤マジックペンで、青い点を青マジックペンでつなぐ。 図1から、強めあう点、打ち消しあう点を定量的に把握し、表に記入する(表1)。さらに、その規則性に気付く。 <p style="text-align: center;">表1 強めあう点、弱めあう点の規則性</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>点</th> <th>S₁P (S₁との距離)</th> <th>S₂P (S₂との距離)</th> <th> S₁P - S₂P (距離の差)</th> <th>点</th> <th>S₁Q (S₁との距離)</th> <th>S₂Q (S₂との距離)</th> <th> S₁Q - S₂Q (距離の差)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P₀</td> <td>4λ</td> <td>4λ</td> <td>0λ</td> <td>Q₀</td> <td>$\frac{5}{2}\lambda$</td> <td>2λ</td> <td>$\frac{1}{2}\lambda$</td> </tr> <tr> <td>P₁</td> <td>$\frac{9}{2}\lambda$</td> <td>$\frac{7}{2}\lambda$</td> <td>λ</td> <td>Q₁</td> <td>3λ</td> <td>$\frac{3}{2}\lambda$</td> <td>$\frac{3}{2}\lambda$</td> </tr> <tr> <td>P₂</td> <td>5λ</td> <td>3λ</td> <td>2λ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	点	S ₁ P (S ₁ との距離)	S ₂ P (S ₂ との距離)	S ₁ P - S ₂ P (距離の差)	点	S ₁ Q (S ₁ との距離)	S ₂ Q (S ₂ との距離)	S ₁ Q - S ₂ Q (距離の差)	P ₀	4λ	4λ	0λ	Q ₀	$\frac{5}{2}\lambda$	2λ	$\frac{1}{2}\lambda$	P ₁	$\frac{9}{2}\lambda$	$\frac{7}{2}\lambda$	λ	Q ₁	3λ	$\frac{3}{2}\lambda$	$\frac{3}{2}\lambda$	P ₂	5λ	3λ	2λ					<ul style="list-style-type: none"> 水槽の端に、反射波を軽減するために、スポンジを敷き詰める。水槽に水を入れ、水面波発生装置を直流電源につなぎ、2つの水面波を発生させる。光源で水面を明るく照らし、それを投影機とプロジェクターを用いてスクリーン上に映し出す。 *評価【観察・実験の技能】 水面波を観察し、波の干渉を正確に記録している。(プリント) モデル実験の手順の説明は、教員が実際にやってみせながら行う。 十分に時間を取り、生徒が規則性に気付くまで待つ。また、規則性が生じる理由も考えさせる。 *評価【思考・判断・表現】 波の干渉について、図や表を用いて考えている。(プリント)
点	S ₁ P (S ₁ との距離)	S ₂ P (S ₂ との距離)	S ₁ P - S ₂ P (距離の差)	点	S ₁ Q (S ₁ との距離)	S ₂ Q (S ₂ との距離)	S ₁ Q - S ₂ Q (距離の差)																											
P ₀	4λ	4λ	0λ	Q ₀	$\frac{5}{2}\lambda$	2λ	$\frac{1}{2}\lambda$																											
P ₁	$\frac{9}{2}\lambda$	$\frac{7}{2}\lambda$	λ	Q ₁	3λ	$\frac{3}{2}\lambda$	$\frac{3}{2}\lambda$																											
P ₂	5λ	3λ	2λ																															
まとめ (8分)	<p>授業プリントを用い、観察・実験に関連して、下式について理解する。</p> <p>強めあう点 打ち消しあう点</p> $ l_1 - l_2 = m\lambda \quad l_1 - l_2 = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$ <div style="text-align: center;"> <p>波源S₁ 波源S₂ 観測点P</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> 2つの波源との距離の“差”が重要なことを強調する。 練習問題を用意し、理解を深められるようにする。 																																

水面波の干渉の観察・実験

月 日 天気 年 組 名前

●目的

2つの水面波の干渉を観察し、任意の点における干渉の様子が、2つの波源と任意の点の距離の差によって決まることを理解する。

●準備

直流電源、水面波発生装置、スポンジ、ガラス水槽、光源、投影機、プロジェクター、スクリーン、OHPシート、はさみ、セロハンテープ、マジックペン（赤、青）

●方法

実験A（水面波の干渉の観察）

- ① ガラス水槽の端に、端からの反射波を軽減するために、スポンジを敷き詰める。
- ② ガラス水槽に水を入れ、水面波発生装置を直流電源につなぎ、水面波発生装置で2つの水面波を発生させる。それを投影機とプロジェクターを用いてスクリーン上に真上から映し出す。このとき、光源で水面を明るく照らすと水面波が観察しやすい。
- ③ スクリーン上に映しだされた水面波を観察し、スケッチする。このとき、波源、白い部分、黒い部分、灰色の部分が見えるように描く。
- ④ 投影機を動かし、水面を斜めから観察する。この時、白い部分、黒い部分、灰色の部分の波の変位がどうなっているのかを注意して観る。

実験B（水面波の干渉のモデル実験）

- ⑤ OHPシートを、点線に沿ってハサミで切り取る。
- ⑥ 波2と書かれたOHPシート（波2シート）を、枠からはみ出さないように、波1に重ね、セロハンテープでとめる。このとき、波2シートがめくれるように、上だけをとめることに注意。
- ⑦ 波2シートの上から、干渉波と書かれたOHPシート（干渉波シート）を、枠からはみ出さないように、波2の上に重ね、セロハンテープでとめる。このとき、干渉波シートがめくれるように、上だけをとめることに注意。
- ⑧ 実線と実線が重なっているところと点線と点線が重なっているところに、赤マジックで点を描く。
- ⑨ 直線もしくは双曲線になるように、点をなめらかに赤マジックでつなぐ。
- ⑩ 実線と点線が重なっているところに、青マジックで点を描く。
- ⑪ 双曲線になるように、点をなめらかに青マジックでつなぐ。
- ⑫ 波源 S_1, S_2 と、赤線上の P_0, P_1, P_2 との距離を、波長 λ の倍数でそれぞれ表に記入する。
- ⑬ 2つの波源と赤線上の点との距離の差 $|S_1P - S_2P|$ を、波長 λ の倍数でそれぞれ表に記入する。
- ⑭ 波源 S_1, S_2 と、青線上の Q_0, Q_1 との距離を、波長 λ の倍数でそれぞれ表に記入する。
- ⑮ 2つの波源と青線上の点との距離の差 $|S_1Q - S_2Q|$ を、波長 λ の倍数でそれぞれ表に記入する。

●結果

・実験Aの結果

③スケッチ

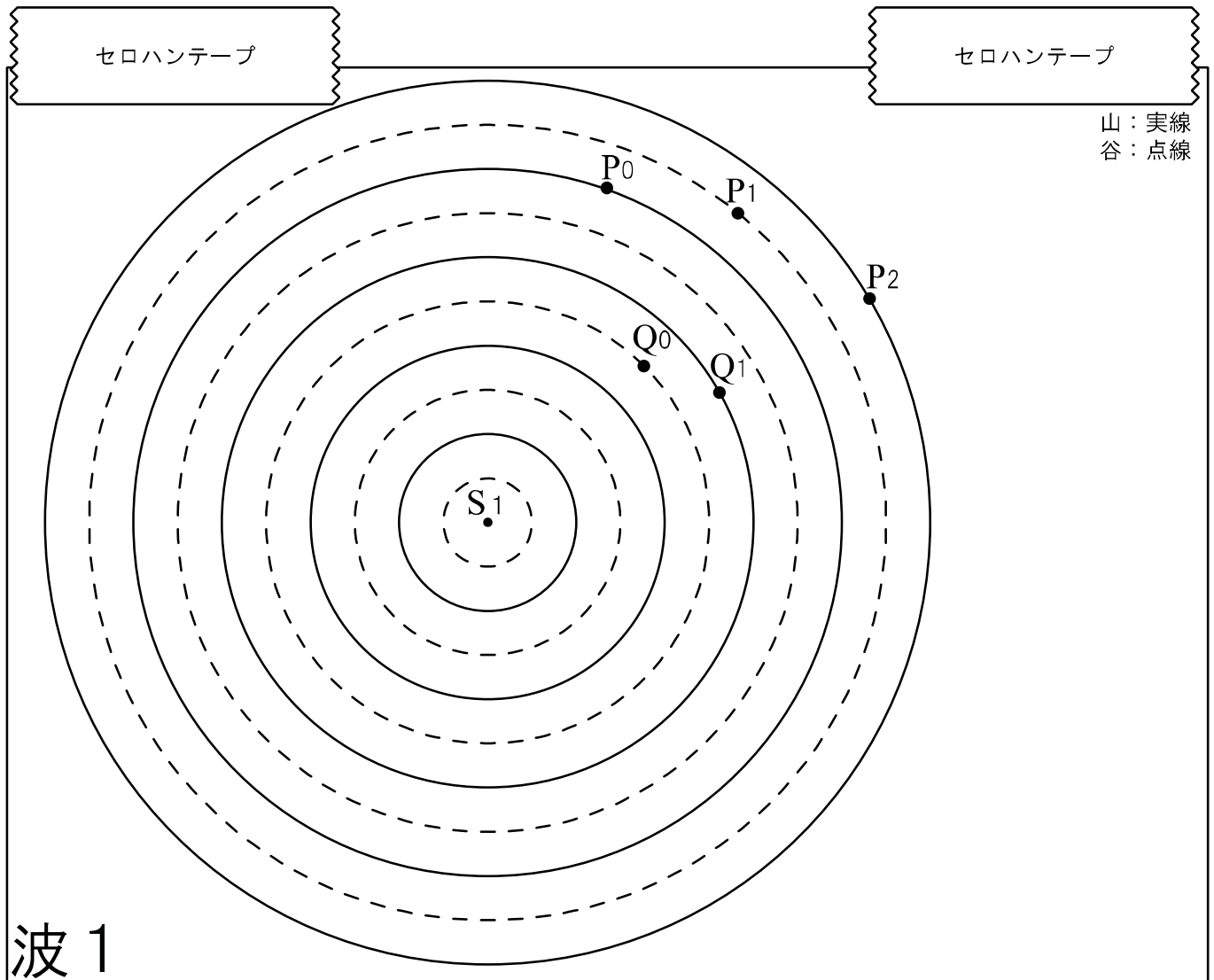
2つの水面波の干渉により、水面に模様ができる。模様は、白と黒の模様は____状に、灰色の部分は、____状になっている。

④斜めから観察

白い部分は____、黒い部分____、灰色の部分は____であることが観察できた。

・実験Bの結果

⑤～⑪モデル実験



⑫～⑮距離の差の表

任意の点	S_1P (S_1 との距離)	S_2P (S_2 との距離)	$ S_1P - S_2P $ (距離の差)	任意の点	S_1Q (S_1 との距離)	S_2Q (S_2 との距離)	$ S_1Q - S_2Q $ (距離の差)
P_0				Q_0			
P_1				Q_1			
P_2							

※ 3λ , $\frac{1}{2}\lambda$ のように、波長 λ の倍数で記述すること

●考察

・実験Aの結果からの考察

2つの水面波の干渉は、_____状の干渉模様をつくる。この線は、_____の集まりである。

・実験Bの結果からの考察

同位相の波を発する2つの波源があるとき、強めあう点と、2つの波源との距離の差は、_____になる。また、打ち消しあう点と、2つの波源との距離の差は、_____になる。

●目的

2つの水面波の干渉を観察し、任意の点における干渉の様子が、2つの波源と任意の点の距離の差によって決まることを理解する。

●準備

直流電源、水面波発生装置、スポンジ、ガラス水槽、光源、投影機、プロジェクター、スクリーン、OHPシート、はさみ、セロハンテープ、マジックペン（赤、青）

●方法

実験A（水面波の干渉の観察）

- ⑩ ガラス水槽の端に、端からの反射波を軽減するために、スポンジを敷き詰める。
- ⑪ ガラス水槽に水を入れ、水面波発生装置を直流電源につなぎ、水面波発生装置で2つの水面波を発生させる。それを投影機とプロジェクターを用いてスクリーン上に真上から映し出す。このとき、光源で水面を明るく照らすと水面波が観察しやすい。
- ⑫ スクリーン上に映しだされた水面波を観察し、スケッチする。このとき、波源、白い部分、黒い部分、灰色の部分がわかるように描く。
- ⑬ 投影機を動かし、水面を斜めから観察する。この時、白い部分、黒い部分、灰色の部分の波の変位がどうなっているのかを注意して観る。

実験B（水面波の干渉のモデル実験）

- ⑭ OHPシートを、点線に沿ってハサミで切り取る。
- ⑮ 波2と書かれたOHPシート（波2シート）を、枠からはみ出さないように、波1に重ね、セロハンテープでとめる。このとき、波2シートがめくれるように、上だけをとめることに注意。
- ⑯ 波2シートの上から、干渉波と書かれたOHPシート（干渉波シート）を、枠からはみ出さないように、波2の上に重ね、セロハンテープでとめる。このとき、干渉波シートがめくれるように、上だけをとめることに注意。
- ⑰ 実線と実線が重なっているところと点線と点線が重なっているところに、赤マジックで点を描く。
- ⑱ 直線もしくは双曲線になるように、点をなめらかに赤マジックでつなぐ。
- ⑲ 実線と点線が重なっているところに、青マジックで点を描く。
- ⑳ 双曲線になるように、点をなめらかに青マジックでつなぐ。
- ㉑ 波源 S_1, S_2 と、赤線上の P_0, P_1, P_2 との距離を、波長 λ の倍数でそれぞれ表に記入する。
- ㉒ 2つの波源と赤線上の点との距離の差 $|S_1P - S_2P|$ を、波長 λ の倍数でそれぞれ表に記入する。
- ㉓ 波源 S_1, S_2 と、青線上の Q_0, Q_1 との距離を、波長 λ の倍数でそれぞれ表に記入する。
- ㉔ 2つの波源と赤線上の点との距離の差 $|S_1Q - S_2Q|$ を、波長 λ の倍数でそれぞれ表に記入する。

●結果

・実験Aの結果

③スケッチ

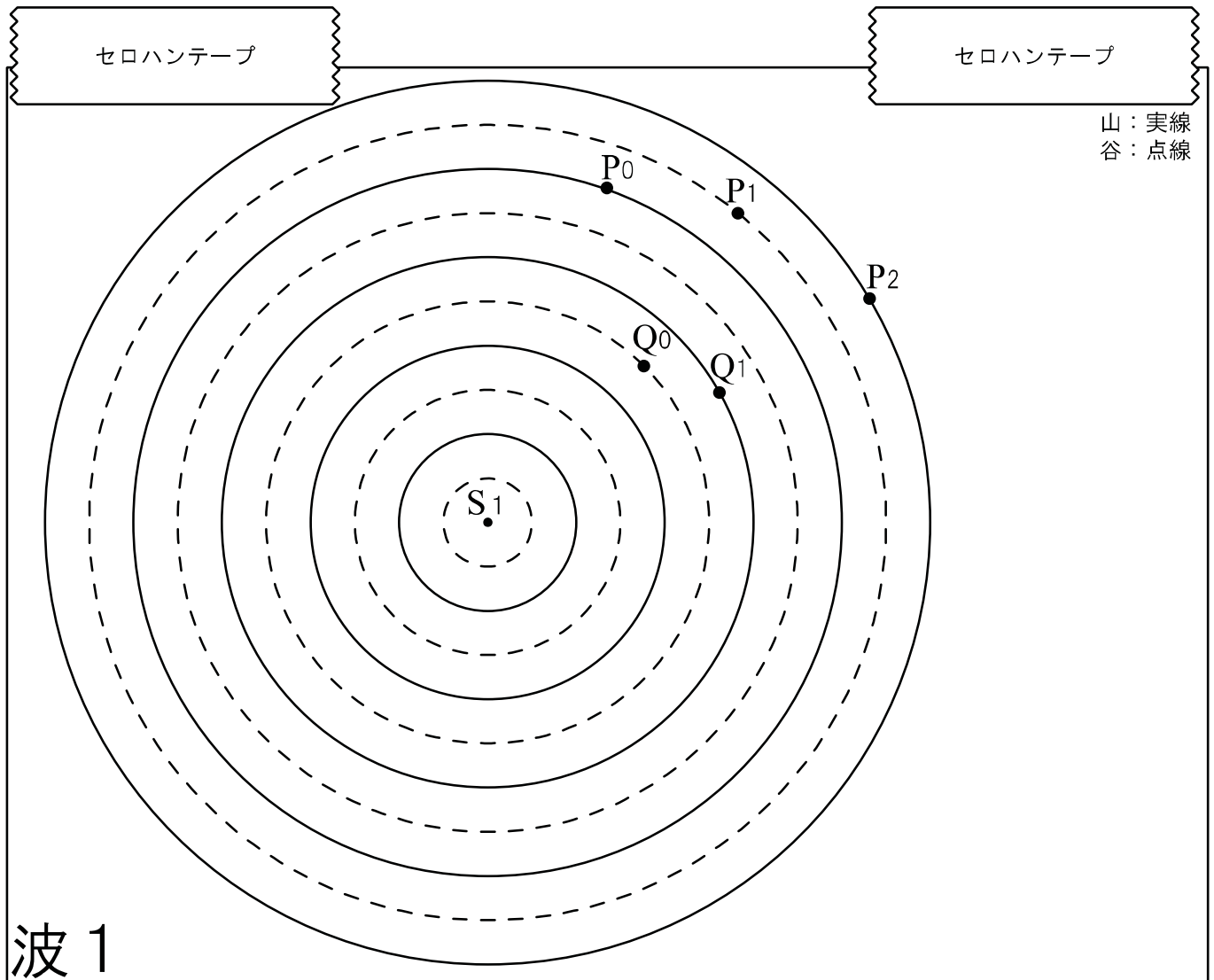
2つの水面波の干渉により、水面に模様ができる。模様は、白と黒の模様は円状に、灰色の部分は、双曲線状になっている。

④斜めから観察

白い部分は山、黒い部分山、灰色の部分は振動していない点であることが観察できた。

・実験Bの結果

⑤～⑪モデル実験



⑫～⑮距離の差の表

任意の点	S_1P (S_1 との距離)	S_2P (S_2 との距離)	$ S_1P - S_2P $ (距離の差)	任意の点	S_1Q (S_1 との距離)	S_2Q (S_2 との距離)	$ S_1Q - S_2Q $ (距離の差)
P_0	4λ	4λ	0λ	Q_0	$\frac{5}{2}\lambda$	2λ	$\frac{1}{2}\lambda$
P_1	$\frac{9}{2}\lambda$	$\frac{7}{2}\lambda$	λ	Q_1	3λ	$\frac{3}{2}\lambda$	$\frac{3}{2}\lambda$
P_2	5λ	3λ	2λ				

※ 3λ , $\frac{1}{2}\lambda$ のように、波長 λ の倍数で記述すること

●考察

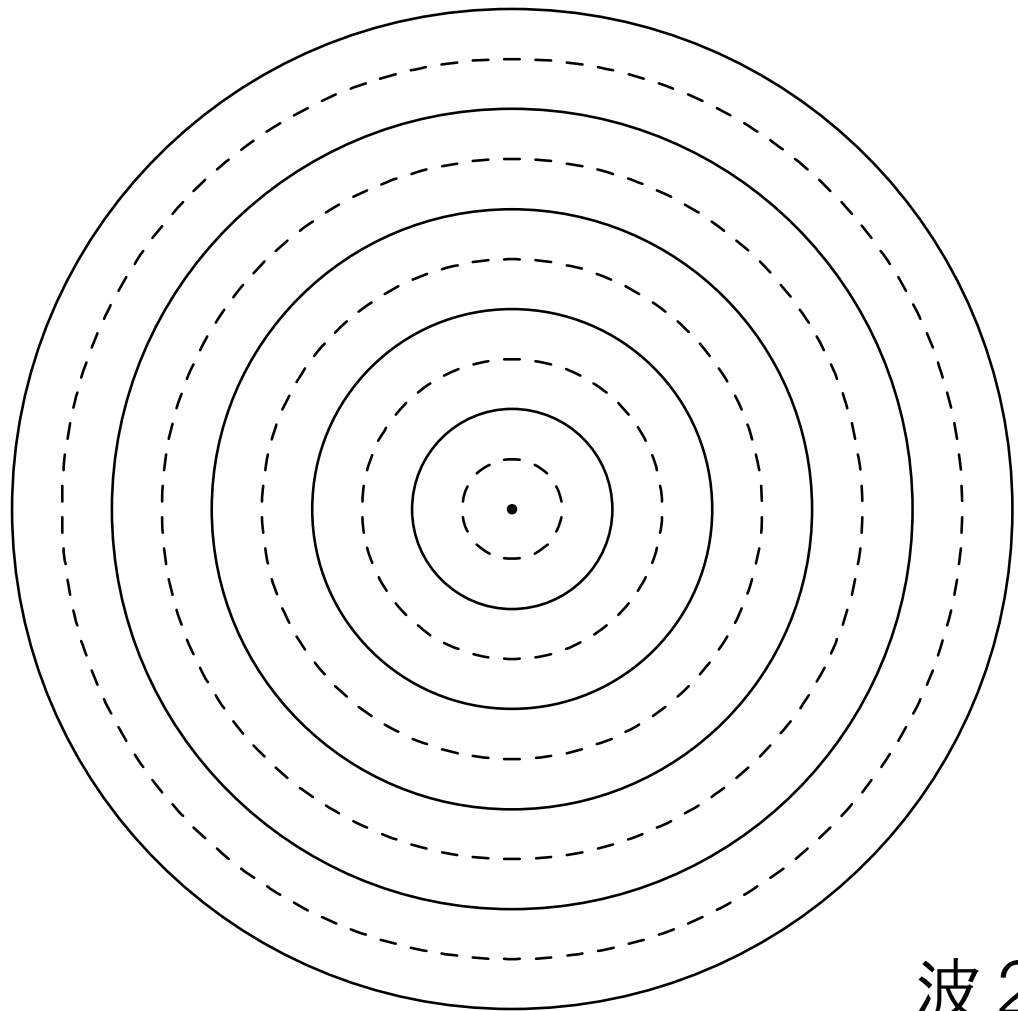
・実験Aの結果からの考察

2つの水面波の干渉は、双曲線状の干渉模様をつくる。この線は、振動していない点の集まりである。

・実験Bの結果からの考察

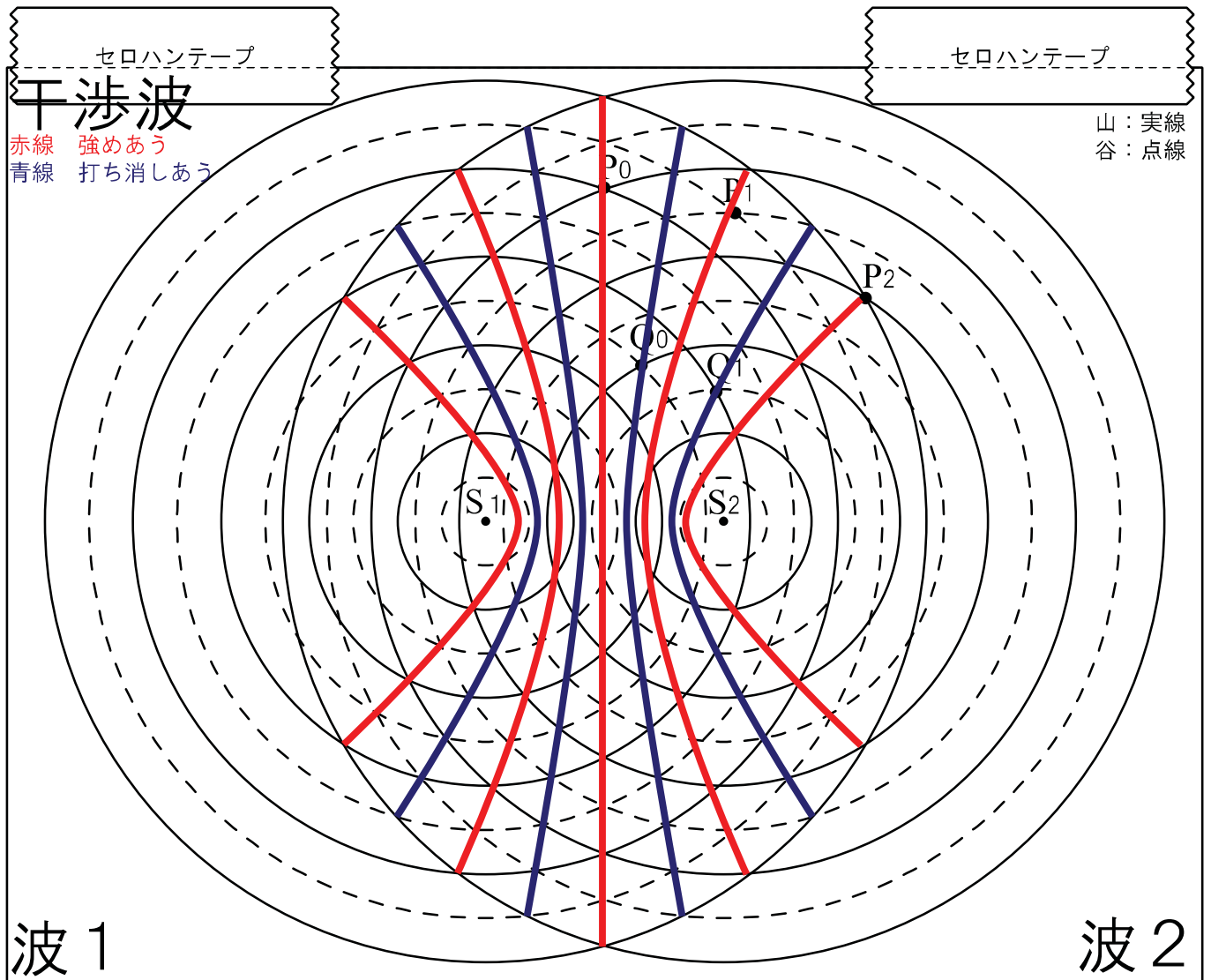
同位相の波を発する2つの波源があるとき、強めあう点と、2つの波源との距離の差は、波長の整数倍になる。また、打ち消しあう点と、2つの波源との距離の差は、 $1/2$ 波長の奇数倍になる。

点線に沿って、四角の枚で切り取る。 ※球面波の破線は切り取る線ではないので注意！



波 2

番外：⑤～⑪モデル実験の結果はおそらく以下のようなになる。生徒には、もう少し線を伸ばして描か
たい。



水面波の干渉

赤字：生徒書き込み
青字：教員用補足

?クイズ～海の波～?

なぜ、海の波は、海岸に近づくとつれ高くなり、「ザッパーン」と砕けるのか?なぜ、川ではこのような現象を見ることができないのか?



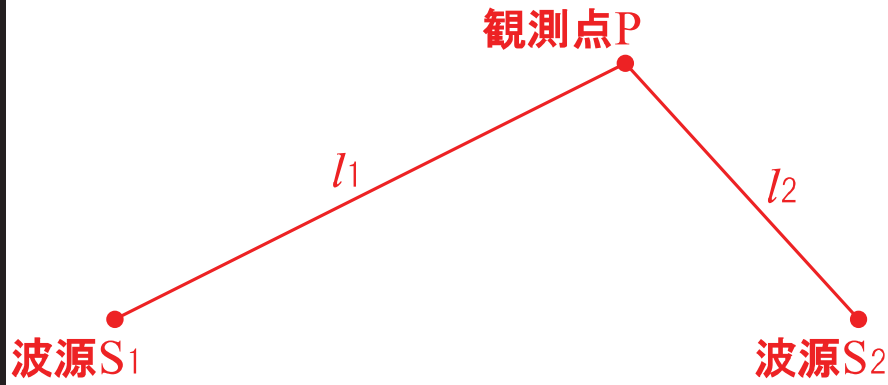
⇒波は、水深が深いほど速く伝わる性質がある。波が海岸に近づいてくると、海岸に近い前方の波ほど遅くなるので、波が渋滞を起こす。そして、前の波と後ろの波が重なりあって、波が高くなる。大きな波の山の部分では水深が深い効果で伝搬速度が早くなり、すぐ前方の谷では水深が浅い効果で伝搬速度が遅くなる。このため、山と谷で伝搬速度の差が大きくなり、バランスがくずれてしまう。この結果、波頭が前方に倒れこむようになって、くだけるのである。川でこの現象が見られないのは、水深がほぼ一定で、速度差が生まれにくいからである。(参考：『ニュートン別冊 なるほどよくわかる波のサイエンス』)

<水面波の干渉>

◎水面波の干渉

強めあう点 $|l_1 - l_2| = m\lambda$

打ち消しあう点 $|l_1 - l_2| = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$



強めあう点、打ち消しあう点の立体図

