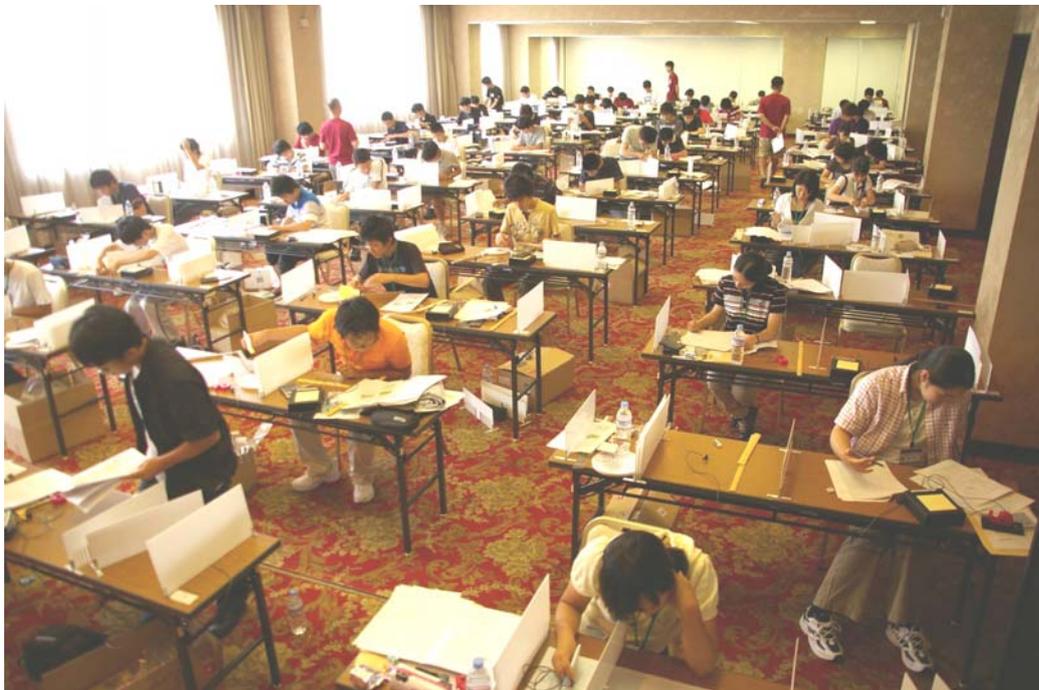


## 物理チャレンジ 2008 第 2 チャレンジ実験問題講評

物理チャレンジ・オリンピック日本委員会

### A. 出題のねらい

今年の第 2 チャレンジ実験コンテストの課題は、超音波を使い、さまざまな波動現象を実験して体感する内容であった。今回使用した超音波送信・受信装置は、委員考案によるオリジナル設計により、受信した超音波の強度だけでなく、受信波と発信波との位相差を測定できるため、等位相面（波面）を描くことが可能となっている。そのため、位相、振幅、干渉、回折など波動の基礎事項を実験で会得することができる問題設定となっている。また、課題に入るまえに、問題冊子の最初の 2 ページを使って波動の基礎的事項を解説し、教育的効果も狙った。本実験課題の必要な知識はすべて解説されて与えられていた。



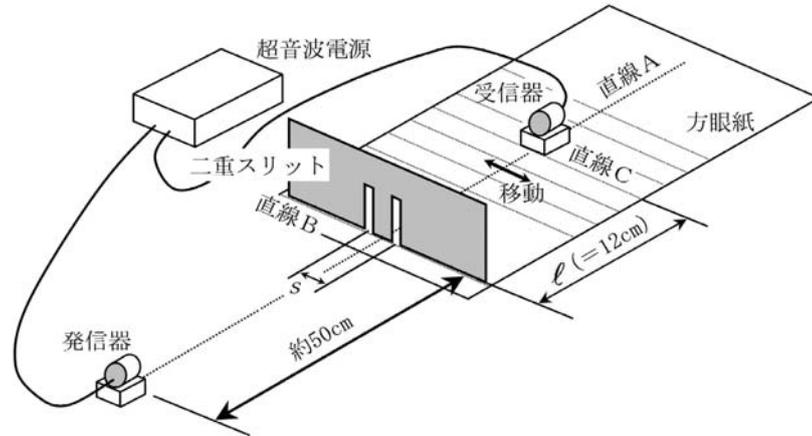
実験コンテストの様子。一人ひとりに実験キットを用意した。

### B. 実験課題の内容

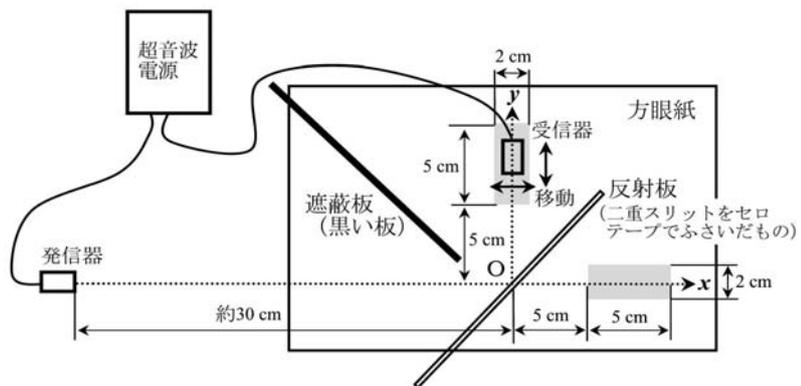
具体的には、下記の 5 テーマの実験課題を課した。

**課題 1 超音波の波長と音速の測定：**向かい合わせに置いた発信器と受信器の間の距離を少しずつ変えると、位相差が  $2\pi$  の周期で変化することを測定し、1 波長の長さを求める。その際、定規の読み取り誤差も考慮して、波長の測定誤差も計算する。また、周波数（既知）と測定された波長から音速を計算する。

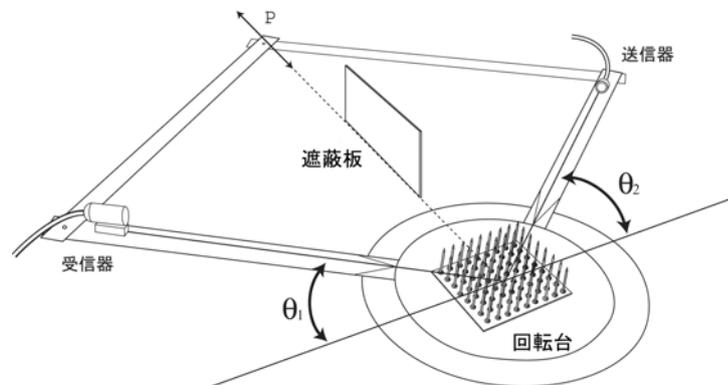
**課題2 二重スリットの干渉実験：**ヤングの二重スリットの干渉実験を，強度を測定することによって体験する。測定された「干渉縞」の間隔から再び超音波の波長を求め，課題1で求めた波長と比較し，どちらが測定精度の高い測定か考える。また，強度が極大になる地点をトレースすることによって，「干渉縞」の2次元的な分布を描き，その規則性を考察する。



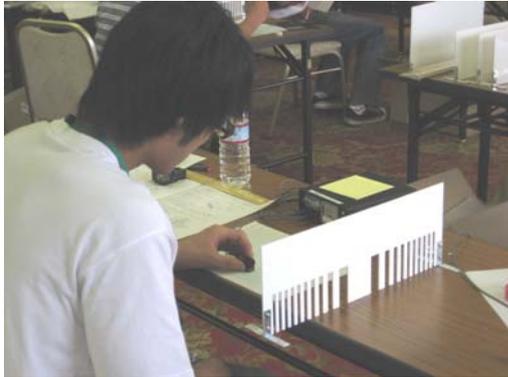
**課題3 ゾーンプレートによるレンズ作用：**多数のスリットを一定の規則性で開けたついでには超音波に対して凸レンズ作用を持つ。これをゾーンプレートという。このことを波面の形を測定し，発散する球面波が集束球面波になることを示してゾーンプレートの焦点距離を求める。また，ゾーンプレートでのスリット間隔の規則性をホイヘンスの原理から考察して求める。



**課題4 反射における位相変化：**超音波を硬い壁の反射板で反射させたときの位相変化を，位相分布を測定することによって求める。空気の粗密波である超音波は縦波なので，反射板表面近傍での空気分子の動きを考察することによって，固定端での反射にもかかわらず位相が変化しないことに気づかせる。



課題5 超音波のブラッグ回折：釘で作った結晶模型に超音波を照射し、ブラッグ回折角度を測定して格子定数を求める。また、その結晶模型を  $45^\circ$  回転させたときのブラッグ回折の測定も行い、この場合の格子定数も求め、前の場合と比較する。



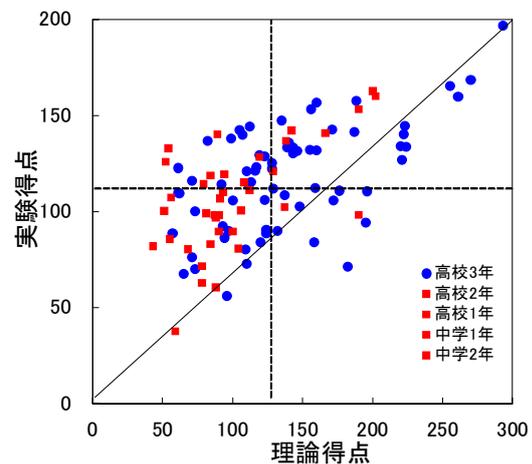
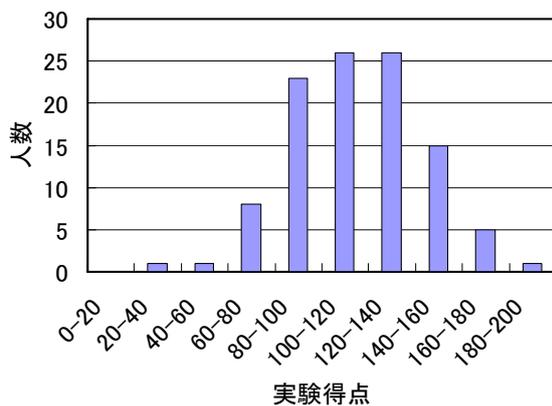
ゾーンプレートの実験。



ブラッグ回折の実験。

### C. 採点結果

配点は、問題の量および難易度を考慮し、課題1が40点、課題2が60点、課題3が40点、課題4が30点、理論と実験の成績の相関。課題5が30点とし、合計で200点満点とした。得点分布は下左図となり、ほぼ適切な分布を持った。ほとんどの参加者がある程度の実験をこなし得点していることがわかる。理論コンテスト(300点満点)の得点との相関を下右図に示す。理論コンテストの結果同様、上位4名は2008年の国際物理オリンピックベトナム大会の出場選手である。それ以外の参加者はほぼ50点から150点の間に分布しており、理論の成績に比べて分散が小さい。これは、教育的効果をあげるため、実験問題の冒頭に波動に関する基礎事項の解説をつけたことによると思われる。また、高校2年生以下の参加者の何人かに実験成績が優秀なものが見られる。これは、翌年の国際物理オリンピックの代表選手候補者の選出のために重要なことである。つまり、理論の成績だけでは高校2年生以下の参加者がオリンピック代表選手候補者に選ばれるのが難しいが、実験コンテストがその状況にある程度緩和しているともいえる。



#### D. 講評

今回の実験コンテストでは、多数の数値データの測定ではなく、波面を測定して作図することが多かったため、詳細にとらわれずに全体像を頭の中で思い描きながら実験することが重要であった。そのためには、系の対称性を考慮したり、理論的に考えられる結果を予想しながら実験すると格段に見通しが良くなる内容だった。しかし、理論的にこうなるはずだ、という思い込みが強すぎると思わぬミスをすることがあるので、注意が必要であった。たとえば、超音波の反射実験では、固定端での反射のときには位相が $\pi$ だけ変化するはずだという先入観があると、音波のような縦波ではそれが当てはまらないことに気づかない危険もある。しかし逆に、答案を見ると、自分が測定した結果に自信を持たずに誤った解釈をしている生徒も見受けられた。測定結果に再現性があれば、その結果を受け入れて、その解釈を考えるべきである。

普段、在学校で物理実験をほとんど行っていないと考えられるので、ある程度答えのわかっている問題であったり、あるいはヒントとなる基礎的事項の解説が問題冊子の冒頭に載っているなど、国際物理オリンピックの実験課題に比べればはるかに難易度の低い問題になっている。しかし、今回の実験課題を行えば波動現象について実感を持って理解できたはずであり、コンテストとしての意味と同時に教育的な意義も大きいと考えている。

以上