

生研公開講演

「音が見える」

第一部 高木堅志郎 教授

六本木キャンパス—序曲

古い航空写真が2枚あります。これは私の講座の前の、さらに前の教授、すでに故人になれましたが、その先生の遺品として最近発見されたものです。

生産技術研究所は元西千葉にいたわけですが、35年くらい前にこちらに移転してきました。その移転の準備委員をされていたとかで、その委員会資料として保管されていたものです。

まず1枚目ですが、六本木のキャンパスの写真です。といっても、この当時はまだ移転の候補地であったわけで、現在と決定的に違うのは、窓の外に見える物性研究所がないということです。これは昭和30年くらいの写真のようですが、つまり戦後10年くらい、まだ米軍が使っておりまして、ハーディバラックスと呼ばれていたそうです。この会議室なんかは米軍の将校たちが夜な夜なダンスパーティをやっていたと聞いております。

さらにその前、戦前は帝国陸軍の近衛師団が使っておりまして、昭和11年の2月26日の例の事件のときには、その玄関先に青年将校がずらっと並んで記念撮影をしております。何しろ近衛師団ですから馬をたくさん飼っておりまして、私の研究室はこの建物の裏手になりますが、昔は馬が住んでいたところだそうで、「怪我をすると破傷風になるぞ」と脅かされたものです。

大学の施設の移転というのはいつの時代でも大変なんです。このときも、移転が決まって、この敷地全部を使えると思っていたところ、突然、当時新橋にあったNHKが一緒に入ってくるという話が出てきて、当時の教授会は大変心配したということが生研の歴史に残っております。幸いNHKは来ませんでしたが、その代わり物性研究所と学術会議がきたということになります。

さて、興味あるのはもう1枚の方です。私はその先生か

ら生研の移転先として六本木のほかにもう1ヶ所候補地を提示されたと聞いております。どうもその関係の資料のようですが、これが明治神宮で、原宿駅、山手線がありまして、ここに白い建物がたくさんあるのは、当時ワシントンハイツと呼ばれて、米軍やその家族が住んでいた宿舎だったものです。この数年後に東京オリンピックがありました。この辺の宿舎はそのまま選手村に流用され、この辺は取り壊して水泳その他の競技施設ができたわけです。このX点、これが実は生研のもう1ヶ所の候補地だったようで、今にして思えば、ここには現在NHKが来ております。

実は生産技術研究所、近々第2の移転を迎えることになっていまして、駒場のほうにだいぶん建物が建っています。ちょうどそういう時期にこういう古い、第1回目の移転関係の資料が出てきましたので、ご披露した次第です。

音の可視化

さて、本題に移ります。「音」というのは目には見えないのですが、確実に情報を伝えるものとして古くはピタゴラスの頃から興味の対象となっていたようです。

光と同じように、音にも粒子説と波動説とがあったようですが、ガリレイの頃になりますと、波動としての音波というのがほぼ正確に認識されております。

17、8世紀のニュートン、ラプラスなどの忽々たるメンバーが研究し、19世紀の後半になってレーリー卿が「Theory of Sound」音を集大成した。この頃からどうも人類というのは「音を見たい」という希望を持っていたようですが、何しろ波長音というのは波長が長くて可視化しにくい。

(OHP)

ところが20世紀になりまして超音波が出ますと、これを見るという実験がいくつか始まっております。

そういうわけで、本日の題は「音が見える」といたしましたが、ほとんどは超音波の話で、耳に聞こえない音です。せめて目で見ようという、スタンスでお話をいたします。

可視化技術にはいろいろありますが、今日はシュリーレン法と動的光弾性 r についておもにお話しします。しかしルミノール法というのが最近また多少復活していますので、少しご紹介いたします。

水の中に強い超音波を当てますと光ります。これはソノルミネッセンスと呼ばれます。このままでは弱いのでルミノールを入れると強く光ります。これは取束超音波が光っているところ。これはビーカーの底から超音波を当て、液面が噴水のようにになっているところ。超音波加湿器はまさにこれです。

こういうふうはこの方法は音を三次元的に見ることができるといふ利点を持っています。

ではなぜ超音波で光が出るかといいますと、強い超音波を液体に入れると小さいバブルができて、それが超音波のサイクルでできたり消えたりします。キャピテーションという現象です。バブルが壊れる直前には、バブルの中心に強いエネルギー集中が起こり発光する。強いエネルギー集中が光と音を放射するという事は自然界でよくあることで、例えば雷の雷鳴と雷光がそうです。また、数年前に神戸地震がありました。地震の波というのは弾性波で、広い意味で音波と本質的に変わらないわけですが、あのときも空が随分光ったという話があります。岩石の中に起こった強い応力集中がもとで弾性波と電磁波のエミッションが起こったというふうに見ることが出来ます。

シュリーレン法

超音波パルスの伝搬を丁寧に見ようとする、シュリーレンが優れています。

シュリーレンというのは、一般に透明な媒質中にある屈折率の不均一、かげろうのようなものですが、それを明暗として写し出す方法です。原理は、点光源を平行光線にして一点に集め、それを隠して裏から見る。ここにもし何もなければ真っ暗です。しかしかげろうでもあれば光は曲がりますから、明るい部分となって見える。

液体中の音波は粗密波で、屈折率の不均一を伴いますから、これで見えます。しかし、音であるということの特殊事情が2つほどあります。

(OHP)

1つは周期性があるために一次、二次、三次というような回折が起こる。したがってレンズの像面にはこの点光源の実像が一次、二次、三次とたくさん並びます。このうち、例えば一次の光だけをスリットで取り出して可視化に使いますと、また別の情報が得られます。

それからもう1つ、音は水の中を秒速1.5 kmで走って

ますから、連続波の長いビームなら見えるのですが、パルスは早すぎて見えないということです。

そこでストロボを使います。このトリガーで1秒間に50~100ぐらいの繰り返しで超音波パルスを出しておいて、超音波を出してわずか数マイクロ秒遅れ時間をもって光らせると、パルスが出されて、ここまで走ってきた瞬間に光るということを毎回繰り返しますから、パルスが止まって見えます。

一方、この遅延時間を変えてゆっくり延ばしていきまると、徐々に光るタイミングがずれていきますから、パルスがあたかもゆっくり走っているように見える。この遅延時間のかけ方によって10万倍から100万倍のスローモーション撮影が可能になります。一例をごらんいただきます。(ビデオ)

これは水の中を走る周波数10 MHzの超音波です。水槽の上のほうに振動子があって、下向きに超音波が走り、底で反射します。

このスローモーションは、大体100万倍ぐらいで、このパルスの長さが7マイクロ秒ぐらいです。

今度は非常に短い1マイクロ秒のパルスです。

振幅を少し上げますと、波が回折して拡がるという様子が分かります。これは2回目の反射で、これは水面からの

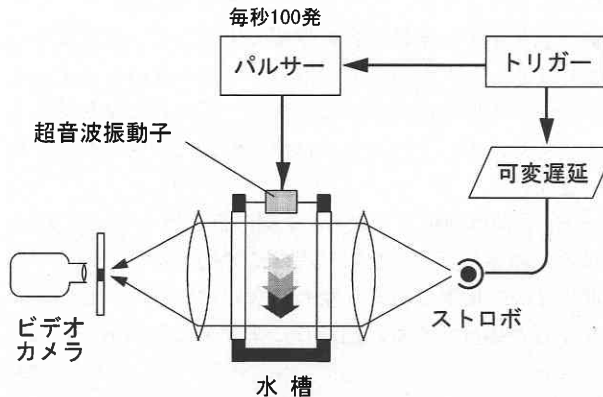


図1 超音波パルスのスローモーション撮影をするシュリーレンの装置

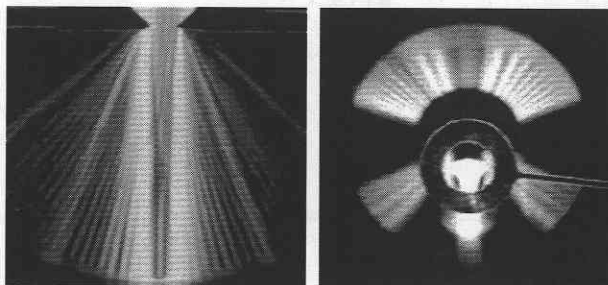


図2 10 MHz 超音波の伝播。スリットを通過するところ (左) とアルルパイプの透過と反射

反射で揺れております。

次は水面に向かって長いパルスを出します。赤いところは超音波の強い部分です。

今度は収束超音波で凹面の振動子を使うと、こういう音波が出せます。病院で使っている診断装置は、こういう収束音波で分解能を上げていることが多いわけです。ちょうどいまフォーカスしております。

今度はスリットを通過するパルスです。回折波の干渉で非常に複雑なパターン、ストライプが出ております。スリットの幅は3mmぐらい。色がついている理由については後ほどご説明します。

これは水中に置いたアルミの丸棒で、反射と透過が見えていますが、そのほかアルミの表面に弾性表面波が励起されて、それがまた水に再放射します。

これが反射、透過、これが再放射です。アルミの音速は水の音速の約4倍ですから、透過波のほうはあっという間に出てきます。

今度はアクリルのパイプで非常に複雑なパターンになります。

(ビデオ終わり)

いまこういう画が出てきましたけれども、色がついております。

これはなぜかといいますと、この可視化は一次の回折光を使っておりますが、その一次光の強度は1次のベッセル関数で表せます。横軸は音の振幅ですが、光の波長で割っております。したがって光の波長、つまり光の色によってこのカーブの格好は変わってきます。青い光に対してこうであっても、赤い光に対しては波長の分だけ引き延ばされています。

一方、光源は白色ですから、全部の色を持っていますが、簡単のため赤と青だけを取り出しご説明すると、振幅が弱い間は2つの比率はあまり変わらないけれども、しだいにかなり青が勝ってくる。逆にここまで来ると完全に赤だけ

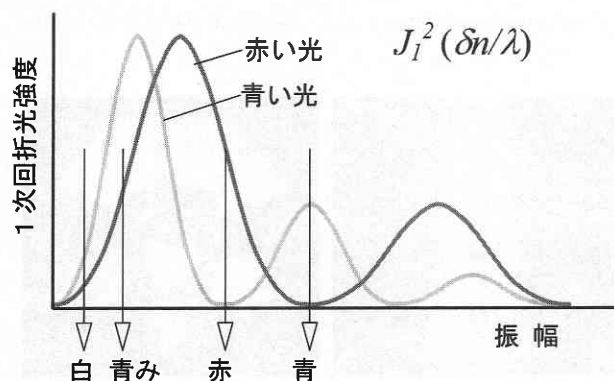


図3 超音波による一次回折強度の振幅依存性

になる。というふうに、音の振幅によって色が次々に変わってくるということがわかります。

次に0次光だけを遮ってほか全部を見る。こうすると色がつかないので微細構造は見えないのですが、パルス全体の動きはかえてよく見えます。

お見せする例は、まず水の中にアルミの板を置いて、そこに超音波を当てると、アルミの中にラム波という弾性波を励起して、それがまた水に再放射をするために尾を引くというものです。

次は溶融石英の板に長い超音波パルス当てると、透過と反射のビームがずれるビーム変位という現象があります。

(ビデオ)

これがアルミの板で、超音波パルスがいま真っ直ぐ入ってきて、ふつうに透過と反射が起こります。

次に角度を11度になると、ラム波が板の上に励振されて上に走ります。そのときに水の中に超音波を再放射します。直接反射と再放射成分で、位相がちょうど逆転するので間に黒い筋が出ます。一方、透過の方は、位相が逆転していないので筋が見えません。

45度では、全反射角を超えるので一切透過は起こりません。

次に石英の板を25度にして長いパルスを入れると、やはりこの中にラム波が励振されます。このラム波モードは水との結合が非常に強いので、あっという間に減衰します。したがって尾はほとんど引かない。その代わり再放射成分と入射波との干渉でいかにもビームがずれているような不思議な伝搬をします。

(ビデオ終わり)

漱石とシュリーレン

シュリーレンは非常に歴史の古いもので、1世紀以上前から行われています。初期には弾丸の衝撃波を撮るのに使われていたようですが、驚いたことにわが国において、明治の終わり頃にはすでにやられております。

実験したのは寺田寅彦で、随筆の中にこういう記述があります。

「実験室を見せろと言われるので案内して詳しい説明をした」ここで、「実験室を見せろ」と言った人は寺田寅彦先生ですが、先生といって物理の先生ではなくて文学の方で、要するに夏目漱石です。

「その頃、弾丸の飛行している前後の気波をシュリーレン写真で……」。これで明治40年頃にシュリーレンがやられていたということがわかるわけです。この話はまだ後日談があります。漱石はこのシュリーレンに大変感心して小説に使いたいと言った。ところが寺田寅彦は、まだ発表してないのでそれは困る。じゃあ、別の実験の話をしろとい

った。そこで寺田寅彦が、当時評判になっていた光の放射圧を計測するという実験の話をした。漱石はそれを小説に書いて、寺田寅彦は、それを読んで、なかなかよく書けていると漱石のことをほめておりますが、その小説というのが『三四郎』です。

『三四郎』の中には野々宮宗八さんという若い物理学者が出てきますが、三四郎が野々宮さんの実験室を見学しているところで、福神漬の罐とかうわばみの眼玉とか、変わった言葉が出ております。これは寺田寅彦が読んだ論文を漱石に話し、漱石が自分の言葉で描写した明治時代の物理実験の装置ということになります。そこで逆に、この漱石の小説からもとの実験を再現してみます。

三四郎が一番最初に気がついたのは福神漬の罐。福神漬の罐と言われても我々なかなかイメージわかりませんが、これはとにかく小型の真空容器のはずです。横っ腹にはうわばみの眼のような穴があいてキラキラと光る。これで、光学窓のついた真空容器であったことがわかります。それが御影石の台に乗っている。我々でしたら光学定盤を使いますが、当時は石を使ったとみえて、大変立派なものであったろうと想像します。

その二間ほど手前に望遠鏡があって、三四郎がそれのぞくと数字が見えて、それが2から3から4というふうに変化した。

これは何をやっているかといいますと、この福神漬の罐の中には水晶の糸。これは熔融石英を引っ張ってつくった非常に弱い軽いトルクバネがあるはずで。

そしてその先には「十六武蔵ぐらいの雲母」。これがまた分からないんですが、何でもオセロのコマのようなものだと言ったことがあります。とにかくこれは我々がレーリー板と呼んでいる、薄い雲母でつくった波動の放射圧のセンサです。中にアーク灯があって、それを光らせる。それが「うわばみの眼がキラキラと光る」ということになるわけですが、その光をレンズで雲母に集光しますと、放射圧で押される。このバネのトルクとつり合ったところで止まります。バネの定数を校正しておけば、このトルクバネのねじれ角から放射圧が計算できます。

そのねじれ角を測るのが鏡と望遠鏡です。望遠鏡の下には物差しがついていて、その物差しのメモリを鏡に写して望遠鏡で見ます。鏡が動くとき物差しの遠くのほうを見るので、この読んだメモリと二間という距離とから鏡の回転角が出る。これは一種のオプティカルレバーになっています。

この望遠鏡はメモリの虚像を読むわけですから、虚像が正しく見えるように、裏文字が打ってあるはずで。

これをやったレベデフという人はモスクワ大の教授です。現在でもモスクワ大のキャンパスに行くと非常に立派な銅像が建っていますが、光以外に波動全般に興味を持っていたようです。実はこの装置をそっくり使って超音波の研究をやっております。アーク灯が光ったときに、同時に200 kHz ぐらいの高周波の音波を出します。それをガラス棒を並べた回折格子で波長を選択し雲母板に集光して、あとは光と同じように実験をしています。

超音波の研究が本格的に始まったのは、例のタイタニック号の遭難事件がきっかけになっていて、これよりは20年ぐらい後の話です。レベデフという人は先見性のあった学者であるということが言えます。

動的 光 弾 性

次に、2番目の方法として動的光弾性。

液体の中の超音波は屈折率変化が大きいのでシュリーレンでよく見えますが、固体の場合は圧縮率が小さいためにシュリーレンの感度は下がってきます。ところが幸いなことに固体の場合は縦波も横波もずりの成分を持っているから複屈折が起こる。そこで光弾性がよいということになります。

(OHP)

光弾性の装置とはいっても、実は先ほどのシュリーレンとほとんど同じで、ポラライザーとアナライザーを持っているというだけの違いです。このままでも一応見えるのですが、これですとこの試料の中を光が直線偏光で通るために、偏光面と音波の伝搬方向で感度が違うという不都合が起きます。例えば、偏光面に直角に走る音波には感度がないということになります。そこで、 $\lambda/4$ 板を入れて、中を

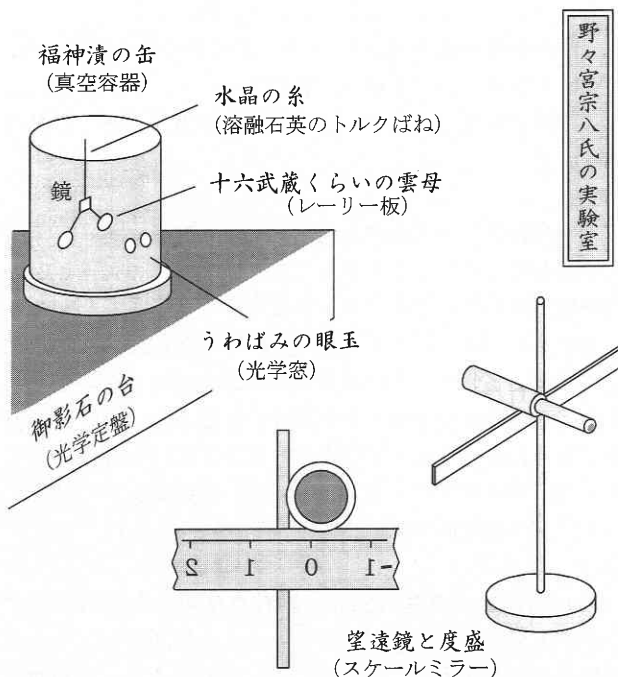


図4 夏目漱石が「三四郎」で描写した明治時代の物理実験

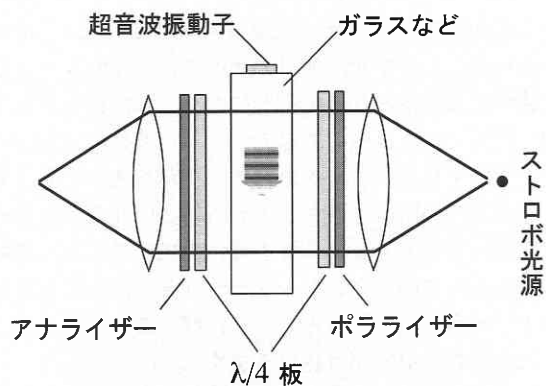


図5 動的な光弾性

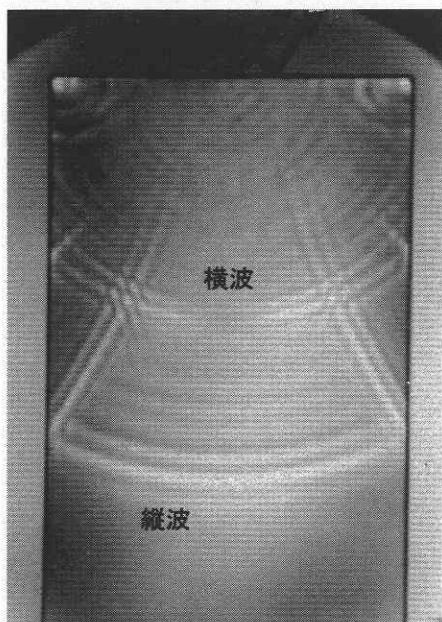


図6 ガラス中の縦波と横波 (根岸勝雄教授 提供)

円偏光で通してやると、等方的な感度をもつことになりま
す。

これはガラスブロック中の縦波と横波で、縦波の方は音
速が倍ですから先に進んでいる。また、波長も伸びており
ます。面白いのは、縦波がこの壁で反射した津波ですが、
この波長を見てわかるように横波になっています。つまり
反射のときに縦から横にモード変換が起こったというこ
とがわかります。

これからまたビデオをお目にかけます、ガラス中のふつ
うの伝搬、ラム波がだんだん立ち上がっていく様子、ラム
波は非常に分散性が強いために、位相速度と群速度が大き
く異なります。極端な例として、位相速度と群速度が逆向
きになったという例をお見せします。

(ビデオ)

水の上の波のように、いかにもやわらかく動いています
が、これはガラス中の弾性波です。光弾性というのは非常

に感度がいいということがわかります。

今度はこちら側から音波を出して、最初は乱れているの
ですが、だんだんラム波のモードが立ち上がって市松模様
が現れてきます。この辺はラム波のモードになっています。
この面で反射して、このあたりは低在波ができています。

次は位相速度と群速度の話ですが、水の中からゆっくり
音波がやってきて、ガラスに当たって、あるラム波のモー
ドを励起します。ラム波のパターンが左に流れているのが
位相速度に対応し、光っている部分全体の移動が群速度に
対応するわけです。この場合位相速度も群速度もこっちに
走っております。ただし位相速度のほうがかなり速いとい
う状態です。

次に、水からの入射角を少し変えて、別のラム波のモー
ドを出すと、今度は非常に位相速度の速い波が出てきます。
光っている場所全体はほとんど動いているように見えま
せんが、よくよく見るとだんだん右のほうにシフトしてき
ます。このモードの場合、群速度は位相速度の100分の1ぐ
らいで、しかもマイナスということになります。

(ビデオ終わり)

音響顕微鏡レンズ中の超音波

次の例は、超音波顕微鏡のレンズにおける伝搬です。し
ばらく前に **SXM** という言葉がはまりました。これは走査
なんとか顕微鏡の総称で、例えば **SEM** といいますと走査
電子顕微鏡、**STM** が走査トンネル顕微鏡、その仲間で
SAM、走査音響顕微鏡というのがあります。GHz ぐら
いの超音波をシャープにしぼって試料上を走査して画像をと
るというのですが、ここでレンズを使います。

これが顕微鏡像の例です、トランジスタの中を見たもの。
これはバクテリアですが、これが1ミクロンですから、こ
の辺の構造を見て、数10nmの分解能が出ていることがわ
かります。

(OHP)

この超音波レンズの中を画像化したいのですが、実際の
大きさが数ミリで小さすぎるので、数センチの大きさの大
きな模型をつくってその中を見ます。

ガラスでできたレンズ、水、ガラスの試料とありますが、
先ほど言いましたようにガラスの中は光弾性でないと見え
ない。水の中はシュリーレンでないと見えないので、両方
見るために多少工夫しています。基本的には光弾性にして
おいて、ポラライザーとアナライザーの調整を少し甘くす
ると、どうやら両方見えます。

(ビデオ)

これがレンズで曲率2cm、試料ガラスの上にちょうど
フォーカスしていますが、ごらんのように非常にシャープ
に焦点を結びます。これは光のレンズでいうと、いわゆる
単レンズで、しかもかなりジオプトリーは強い。かつ近軸

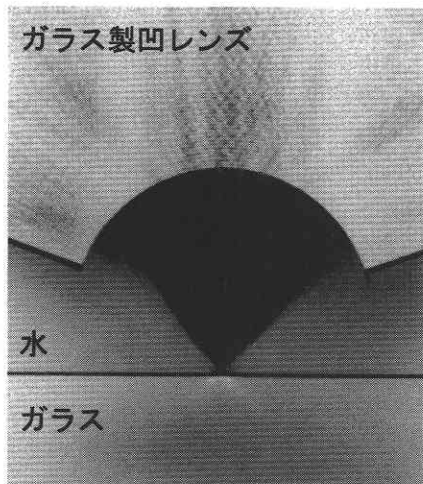


図7 音響顕微鏡レンズによる5.5 MHz超音波の収束 (根岸勝雄教授 提供)

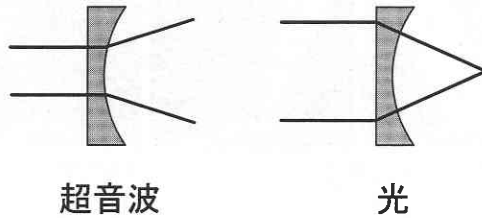


図8 凹レンズによる超音波の収束と光の発散



図9 白イルカのベルーガ

光線というわけではない。にもかかわらずこのように収差が少ないのは、ひたすら屈折率の比が大きいからです。空中に置いたレンズの場合、屈折率の比にして1.5とか2ぐらいですけれども、この場合、水とガラスの音速の比は4倍ありますから屈折率の比が4倍、これが収差の少ない原因です。

(ビデオ終わり)

もう一つ超音波と光のレンズで違う事情がありました。このレンズはどう見ても凹レンズですが、収束しています。光のレンズは、凹レンズは拡がります。これも屈折率の関係で、空気中に置いたガラスのは屈折率が高いからこうい

うことが起こるわけですが、水の中に置いたガラスは音速が速い。つまり屈折率が低いわけで、凹レンズと凸レンズの働きが逆になります。

そうかといって、超音波のレンズが全部こうなるというわけではありません。イルカの頭はメロンといってまくなっていますが、これは実はレンズの入れ物になっています。ここに凸レンズを持っていて、イルカは超音波をこれでしばって前方に出して前を警戒する。このレンズの材料は油脂で、海水より音速が1, 2割低いために屈折率が大きい。つまり凸レンズが収束レンズになるわけです。

いまのようなことがもっと顕著に分かるのは、ペルーガという全身真っ白なイルカです。格好はクジラに似てますが、このペルーガの頭はバンドウイルカと違って軟らかい。したがって超音波レンズを使っているとき、それがぼこんと前に出てくるのがよく見えます。

鴨川の水族館にペルーガがいます、かなり大きな水槽に飼われていますが、海から見れば非常に狭いわけです。かなり近くに超音波をフォーカスするのはつらいのだらうと思います。よく見ると、こういうふうな顔付きになるのがわかります。

時間反転波動

最後に、超音波を可視化するということが研究の推進に役立った例として位相共役波の話をしします。

位相共役波の研究は光の方で随分やられています。この定義は、「ある波動を表す複素関数があって、その複素関数の空間部分のみを共役にした複素関数が表わす波動。」言っている本人もよくわかりませんが、結局こういうことになります。空間的には全く同じ分布をもつけれども、時間的に反転している。空間分布は一緒だけれども、時間的に逆向きになる波ということになります。

次に、位相共役の鏡という素子を考えます。普通の鏡ですとこう反射いたしますが、位相共役の鏡はこういうふうに入射波に対してその時間反転波を返す素子が位相共役鏡です。

超音波の位相共役鏡は、圧電材料を使ってつくります。圧電セラミクスの上から周波数 ω の超音波パルスを入れて、同時に2倍の周波数の 2ω の電界を加えます。そうすると音波と電界が圧電性の高次の項(図11)と結合して位相共役波が出ます。

それで可視化いたします。水槽の底に位相共役の鏡を付けて、上から超音波を入れてみます。

(ビデオ)

まず第1回目は 2ω の電界をかけておりませんので、普通の反射しか起こりません。次に 2ω をかけますと、鏡面反射の少し後に位相共役反射が出て、元の振動子に戻って

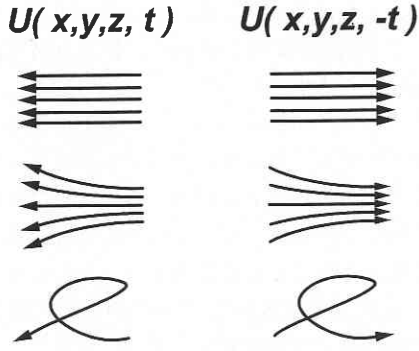


図 10 位相共役のペア

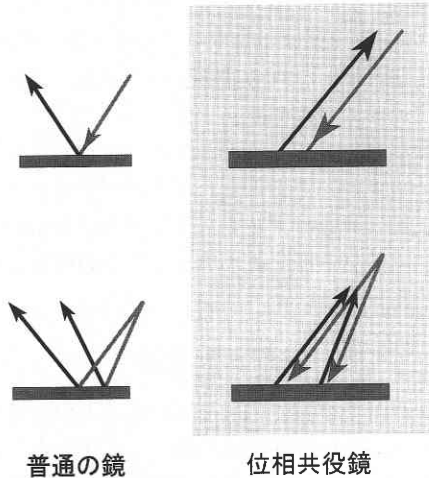


図 11 普通の鏡と位相共役鏡による反射

いく。今度は経路を複雑にして、一回水面で反射をさせて位相共役波に入れます。位相共役波は正しく来た道を逆戻りし振動子に帰っていきます。これが位相共役波の時間反転性です。

次に、ちょっといたずらをして水面を指でつついてゆらしてやりますと、ここの反射波は乱れますが、位相共役波のほうは、最後はまた平面波を再現してきちっと戻っていく。

今度は収束超音波です。入射波と反射波は振幅の絶対値は違いますが、分布は非常に近くなっております。

(ビデオ終わり)

先ほども申しましたように、位相共役の研究は光でよくやられています。ですが、音でやることにはメリットが一つあって、今のように時間反転性を可視化できるということです。光はこうはいかない。「光は、見えないのに音が見える」という逆説が成り立っております、結局世の中に光より速いものはない。これは相対論の基本仮定ですが、これに起因しております。光より速いもの。それはのぞみでしかないということになるわけです(笑)。どうもありがとうございます。この会場見ますと、大勢の前で話をす

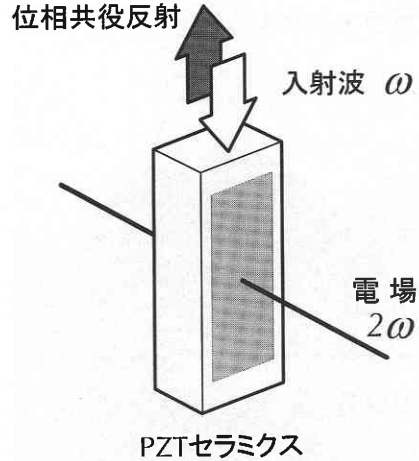


図 12 圧電セラミクスでつくる位相共役鏡

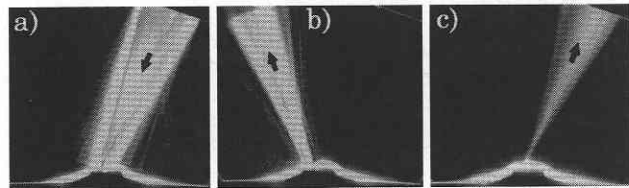


図 13 位相共役の可視化。収束入射波(a), 表面反射波(b), および位相共役波(c)

るといふことに関しては随分経験の深い方が大勢いらっしゃるようにお見受けします。ですから改めて言うまでもないのですが、講演とか講義で何か面白いことを言って笑わせるのは非常に難しいですね。大抵の場合は失敗いたします。今も成功したかどうか……(笑)。

これが講演と寄席の根本的に違うところではないかと思えます。寄席というのは、お客さんは木戸銭を払って笑いに来ているわけです。ですから席に着いたとたんに笑いに対して待ち状態、スタンバイになっています。咄家はまた上手ですから、枕話なんかを入れて会場の笑おうという雰囲気盛り上げていく。つまり笑いのポテンシャルを高めていきます。会場のポテンシャルが上がって、これ以上持ちこたえられない、そういうタイミングを見計らってぽつんと面白いことをいいますと、それがトリガーとなってどっと笑い崩れる。これが寄席における笑いのメカニズムですが、講演会はそうはいかないわけです。第一ここにおられる方は笑おうと思ってこられているわけではない。もしそうだったら私は落ち込んでしまいます。ですから突然ジョークを言われても笑えるものではない。大抵の場合は、言ったとたんに会場がシーンと静まり返って、言った本人は白けた気分になって、あわてて OHP を落っこしたり、マイクのコードに足を引っ掛けて、そこでどっと笑いが起こるといふ悲惨なことになります。

そういうわけで、光は見えないけれども、光よりはこだまのほうが遅いので音は見える、こういうロジックが成り

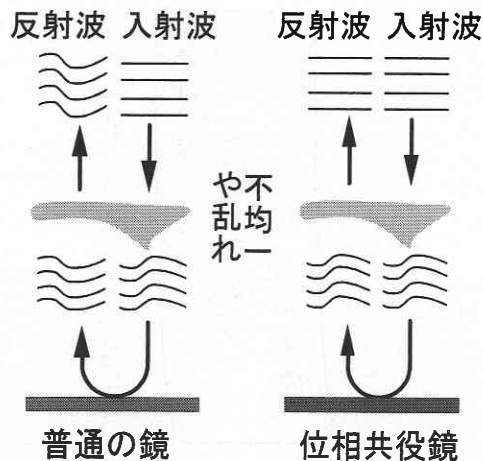


図 14 位相共役鏡の波面歪み自動補正

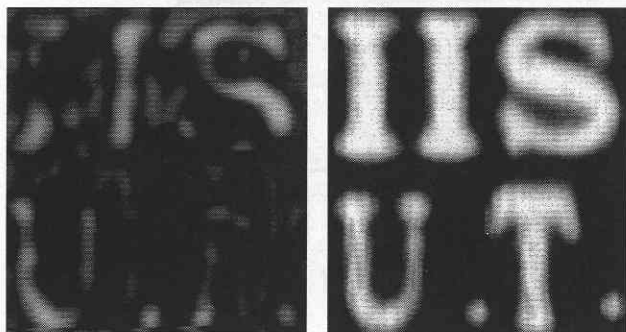


図 15 普通の像と位相共役の比較

立ちます。

これで位相共役波の時間反転性がわかりただけだと思えます。ということは同時に波面のひずみを自動補正する能力があるということがわかります。例えば平面波が途中で不均一を通過して波面が乱れたけれども、それを位相共役の鏡で戻すと、同じ不均一を逆向きに通過して平面波に戻る、この性質は映像系に応用できる可能性があります。

それで、走査型の超音波映像系を組んで、位相共役の鏡の上にターゲットを置き、その上にわざわざ波面をひずませるものをおいて映像をとります。2 ω を入れたり切ったりしてその変化をみます。

波面をひずませるものとしてカンテンでこういうものをつくって、XYZを画像化したものですが、普通のイメージだとこれですが、位相共役層だとそれが消えている。このぎざぎざを強くすると、もっと顕著に効果があらわれる。(図 14)

百聞不如一見

この位相共役波というのも直感的にわかりにくい概念なんです。いまのように見ることができれば理解できる。少なくとも理解した気分にはなれるようです。そういうことで、本日の結論としては大体こういうところかなという

気がいたしております。この引用文献としては漢書だそうで、これは中国のかなり古いものです。ところで、この漢語は中学校の英語の教科書に出ている、こういう英語のことわざの訳語として使われておりますが、本来これは日本語ではありません。日本語の中にはこれに相当することわざがなかなかないのですが、こういった近い言い回しがあります。

この辺まではどうやら視覚情報の絶対性をうたっているものですが、どうも日本のことわざ、あるいは言い回しには、それに対して疑いを持っているようなものが目につきます。ここまでいくとほとんど虚無の境地に達しております。

私も若い頃は上の方を信奉してたのですが、年とともにだんだん下に移ってござりまして、結論としては、基本的に百聞不如一見にいたしますが、そのほかこれだけオプションがありますので、適当なところをみつろっていただきたいと考えております。

六本木キャンパス—終焉

今日の話は、昭和初期に始まって明治に遡りましたが、最後は江戸時代までいってしまいます。

兼安祐悦という人がいたそうで、これは口中医といえますから、今でいうと歯医者、デンティストです。腕は良かったようですが、金儲けもけって下手ではなかったようで、ある時「乳香散」という薬を発売して、これが大当たり大金持になりました。乳香散—散というのは散薬で粉薬ですが、この辺の字から想像すると大したものではなくて、せいぜい歯磨き粉かなんかではないかという気がいたします。兼安先生は中山道沿いの本郷に住んでござりまして立派な蔵を建てました。「兼安の蔵」といえば名所になったほどだそうです。

江戸時代の歴史を語るとき、火事というのは欠かせない要素だそうです。例えば明暦の大火というのは不幸に亡くなった娘さんの着物を焼いたら、その振袖がもとで火がついた。そのときに焼け出されたのが八百屋の娘のお七で、本郷の寺に預けられている間に、その寺小姓と何やら浮いた話がありまして火をつけた。こういうふうにな大きな火事になりますと、江戸の政治経済、文化にまで影響を及ぼしてござりまして、振袖火事、お七火事などと固有名詞がつきます。

(OHP)

さて、享保になりまして四年、六年と続いて大火が起こりまして、これを大変憂慮いたしましたのが時の町奉行の大岡越前守忠相。私はこの人は最高裁と警察庁の長官を兼ねたような人だと理解してたのですが、実は消防庁長官も兼務されてたようで、大変忙しいわけです。火災の対策をいくつかとっております。いろは四十七組の火消し隊を

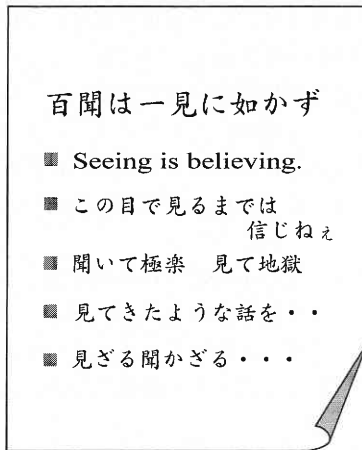


図 16 結論たち？

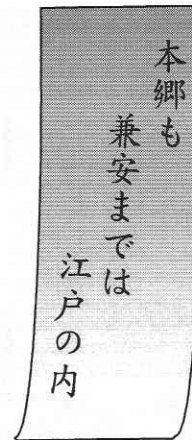


図 17 特選江戸川柳

つくった。火消しなんていうところは得てして勇み肌の若い衆が多いですから、しょっちゅう喧嘩出入りが絶えなくて、それで「火事と喧嘩は…」という言葉になっております。それから建物につきましても、今後家を建てるときは瓦葺きにせよ。板葺、藁葺は御法度である。壁についても漆喰を塗り込めた土蔵造りを奨励する。これは今風に言いますと防災建築基準ということになりますが、当時としてはかなり厳しいもので、全国あまねくこれを適用するというのは少々無理がある。そこで当面江戸の中だけということにいたしました。それでは江戸の中とはどこかという定義が問題になりまして、幸い中山道に関しては、兼安の蔵があって、これがご公儀において推奨されるべき模範建築物というわけで、ここまでを江戸の内として基準を適用し、それより外はおかまいなし。

その頃こういう川柳が流行ったそうです。要するに「兼安までが江戸の内」である。その後兼安はどうなったかといいますと、先ほどの『三四郎』の中で、物理学者の野々宮さんが白いリボンを買って、ヒロインの里見美禰子さんにプレゼントして三四郎がやきもきするところがありますが、そのリボンを買ったのが兼安です。つまり明治時代はすでに歯医者を廃業して小間物屋になっております。現在は地下鉄の駅前に兼安ビルというのが建っております。洋品店をやっている。

なんでこういう話をしているかといいますと、大事なのはこれからであります——

東京大学のメインキャンパスは本郷にあるということをご存じかと思いますが、旧加賀藩邸前田中納言屋敷跡、ここです。それに対して兼安の蔵は三丁目にありました。ということは、東大のメインキャンパスは兼安の蔵から中山道を下ることおよそ2町と半、江戸の外である。これが申し上げたかったわけで、そこへいきますとこの生産技術研究所のほうは麻布竜土町でございました。これは立派に江

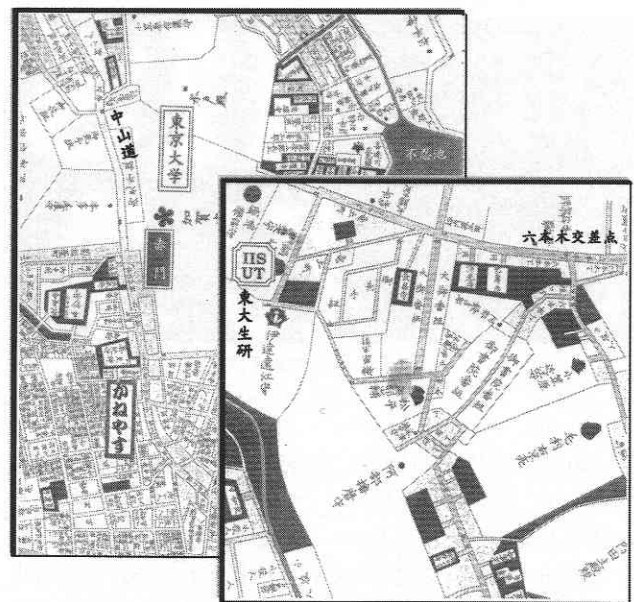


図 18 本郷キャンパスと六本木キャンパス

戸の内です。ここが六本木の交差点、これが現在外苑東通りと呼ばれてる防衛庁の通り、ここに切れ込んだ路地がありますが、これは我々が「斜めの道」と言っております、六本木の交差点に出る近道に使っております。

さて、生産技術研究所もこの六本木に引っ越して35年、都市型研究所を目指して頑張ってきたわけですが、その歴史的根拠が大岡越前守にある、といえるかどうかはともかく、この六本木で公開をするということもあと一回あるかないかということになりました。私もどうやら江戸の中で講演ができたということを楽しんでいる次第でございますが、その話に長い時間お付き合いいただいた皆様に感謝をして終わりたいと思います。尚本日使用したビデオの一部は本所名誉教授根岸勝広先生に、お借りしたものです。

ご清聴ありがとうございました。