

振動の不思議：振動の最新応用研究

慶應義塾大学
環境情報学部
教授武藤佳恭



はじめに

音は、空気を振動させて伝播してくる縦波であると思われていますが、音には縦波と横波が存在するようです。横波の音を、音と定義していいのかは別問題として、ここでは現在あまり知られていない様々な振動の不思議な物理現象を紹介します。

1. 不思議な音との出会い

雷が光ると同時に、“ピィシー”という音を聴いたことがありますか？その後、距離によって、縦波の“ゴロゴロ”の雷の音が聞こえてきます：（音波の伝播速度 V : $V = 331.5 + 0.61T$ m/s T :気温）。スズムシを草むらに採取に行こうと思っても、なかなかスズムシの鳴いている場所を簡単には特定できません。アブラゼミのように、居場所を特定しやすい音を出す虫と、居場所が特定しにくい音を出す虫がいるようです。また、スズムシの鳴いている音を聞きながら自動車に乗っていると、救急車のようなドブラー効果も認識できません。小さな虫が出す音が、何故遠くまで伝播し、音源の位置が特定しにくいのか不思議な現象です。

音の研究を始めたのは、2004年7月7日からです。発明家の寺垣武氏のお宅に招待され

ました。寺垣氏は、不思議なスピーカを我々にデモしてくれました。驚いたのは、大音量でスピーカを鳴らしても、その部屋で大声を出さなくても普通の会話が出来るのです。寺垣氏は、一枚のPET下敷きとオルゴールを使って寺垣式スピーカの原理説明のデモをしてくれました。

2. 不思議な音の研究・開発

音よりもスピードが速いとなると、電磁波ではないかと思い、オルゴールから出る電磁波を測定しようと思いつきました。電磁波計測器（トリフィールドメータ）で測定し、おおまかな電磁波の発生をまず確認しました。また、オルゴールから発生する電磁波を詳細に測定するために、10KHz前後の超長波帯域の受信機やアンテナを早速購入しようとしたのですが、簡単に入手できないことがわかりました。自ら超長波の受信機とアンテナを作るしかないので、インターネットの情報を参考にしながらそれらを作成しました。自作の超長波の受信機とアンテナで、オルゴールから発生する詳細な信号（音と電磁波）測定に成功しました。オルゴールからはきれいなソリトン波が出ており、これが応力をかけたフィルムに、不思議で面白い物理現象を引き起

こしているようです。面白い物理現象とは、
1. オルゴールの音（信号？）が100m以上離れた場所（360度どの方向）でも、はっきり聞こえるのです。2. オルゴールだけでは、中度の難聴の人ではその音が小さくて聞こえませんが、応力をかけた下敷きからはそのオルゴール音（信号）ははっきり聞こえるのです。3. 発生する音は、騒音の中でも聞こえるのです。

私のキャンパスでは、上空をジェット機が飛んでいるのですが、一般の縦波の音はジェット機の騒音でかき消されますが、下敷きから出るオルゴールの音はかき消されません。

電波は、磁界と電界が交互に作用して伝播していきませんが、我々が作り出している音（信号）では磁界と電界に音波が不思議に絡み合って飛んでいるようです。



図1. オルゴール



図2. オルゴールと下敷き

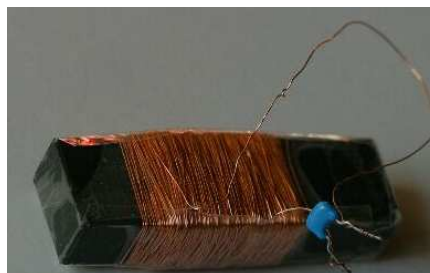


図3. 超長波アンテナ（超長波アンテナを、直流成分をカットしてコンピュータのオーディオ入力端子につなぎます）

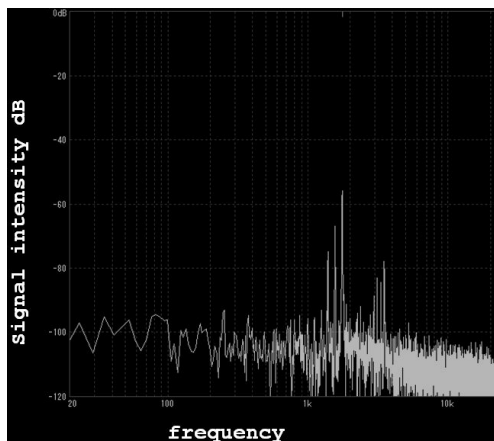


図4. 超長波アンテナと PC オーディオ入力から測定された電磁波の FFT 処理画像のスナップ写真（横軸が周波数、縦軸が信号の強さの dB）

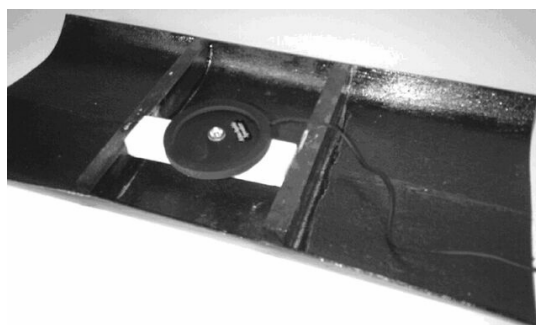


図5. プロトタイプスピーカ（非常に軽いスピーカなので、私の研究室のブラインドにぶら下げています。スピーカの振動板の材料はすべてバルサ材です。）

オルゴールから電磁波が発生するメカニズムは、フレミングの右手の法則に従っています。地球上には南極から北極に向けて磁力線が走っています。その磁界の中で、導体（オルゴールの歯）を高速に弾くと導体には渦電流が生じます。

自作の超長波のアンテナと PC のオーディオ機能を利用して、オルゴールの曲を録音（録電磁波？）してみました。不思議な現象は、曲の端々で、プヨン・プヨンという音が聞こえてきます。

いろいろな難聴の人たちに、補聴器なしでこの試作スピーカから出る音を聞いてもらいました。鼓膜のない人でも、聞こえたときはちょっと驚きました。現在、JR 東日本コンサルタンツと共同研究（小林三昭氏担当）で車内用スピーカや駅構内用スピーカを開発中です。難聴者用の補聴器は、当研究員の加藤卓也氏と共同開発中です。

3. 音波や機械振動から発電

武藤研究室の速水君（現在大学院生）は、音波を使った発電を考えました（2004年2月23日 日経新聞朝刊）。私は、音波もさることながら機械振動を直接発電する方針を指示しました。なぜならば、何百万人も駅に集まるわけですから、人間の体重移動エネルギーを利用しようと考えたからです。また、JR 東日本の大塚社長（現在会長）に振動による発電を提案しました。現在、JR 東日本では、本格的に床発電を共同研究で実験中です。発電効率の高いピエゾ素子開発で京セラと共同研究しています。



図5. 試作用の発電床（サイエンスパーク製作）

4. GPSの電波受信

私がアドバイスしている ZCC（株）は最新の GPS 装置を JR 東日本に提案し、いろいろな実証実験をすることになりました。ZCC の GPS は、米国の軍需技術である PVT (position, velocity : ドプラー効果利用し精度が 0.2 Km, UTC 同期精度 : 30 ns) モデルを Trimble 社と共同で開発したものです。現在、一般的には電車内や近傍では電磁波の影響で GPS が受信する微弱な電波は受信しにくいことになっていますが、実際には高精度に測定できることがわかりました。非常に微弱な電波であっても、周期性のある電波であれば、積分してその信号を強くすることができます。なぜならば、ホワイトノイズは積分されるとゼロになる性質があるので、微弱な電波を積分することによって強くすることができるのです。通常の熱ノイズは、 -114 dBm から -100 dBm ですが、GPS の信号は -130 dBm なのでもっと微弱な電磁波です。

この PVT モデルの GPS を使って JR 東日本コンサルタンツでは、トレインロケーションサービスと呼ばれる GPS 自動列車案内を八高線 群馬藤岡、用土駅で実験中です。

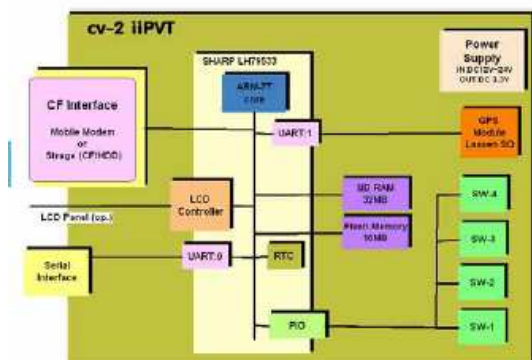


図6. CPU:ARM-7, OS:ZERO-Linux 2.4.1x ROM Version (1.2MB), メモリー:32MB (RAM) / 4MB (Flash), 処理能力:45MIPS,

5. 不思議な振動

2005年8月27日、和歌山城の堀の浄化がうまくいったというので、プロジェクト責任者の松元密峰氏の所に見学に行きました。人間が出す不思議な気の振動を物体にトラップさせることができるというのです。皆さんは、フラクタル構造で、電磁波（光や電波）を短時間トラップできたという報告はご存知かもしれませんが、それに似た不思議で面白い現象です。堀には、ひょうたんがいくつか浮いており、ひょうたんの中には松元氏が振動を注入した物質がたくさん入っているそうです。松元氏が気を注入した物を、直接手で触ってみると、何らかの振動を感じることができます。人によって、その振動をすぐに感じる人と感じにくい人がいるようです。

通常、磁石に指を近づけても我々はその磁場を感じにくいものですが、不思議な振動を加えた磁石の場合、近くに指を近づけるとその磁場の存在をはっきり認識できます。

次世代センサ協議会の講演では、二級酒を使って、酒の味覚を変化させる実験デモをし

ました。実験では、いくつかのコップを用意してもらい、二級酒をすべてのコップに入れてもらいました。次に、不思議な振動を入れたシートの上に二級酒の入ったコップを置くだけで二級酒の味が大きく変わります。シートの上においた酒の味覚とシートの上に置かなかった酒の味覚とはっきり区別することができます。

この不思議な振動は、電磁波のような性質を持っています。その不思議な振動の周波数は不明であり、電磁波としての信号の強さもはっきりわかりませんが、人間が直接触れたり、光、電波、音波などに乗ってその振動は伝播できることがわかりました。

6. フラクタルと振動

自然の物は、すべてフラクタル構造をもっています（山、川、木、葉、根、海岸線、人間の肺や血管、雷の通路…）。フラクタル構造には、次のような不思議な機能があります。

1. フラクタル構造の電気伝導性の固体は、光や電磁波をトラップし、エネルギーを蓄える機能があります。最新の高性能アンテナは、フラクタルアンテナです。最高性能のキャパシタは、内部がフラクタル構造をしています。
2. フラクタル構造を持つ AEROGEL は、99.8%が空気という固体で、ギネスブックにも登録されていますが、世界一軽い固体であり、世界一の断熱材です。
3. 葉のように、表面がフラクタル構造であると、ごみ・水・油などをはじく構造をしています。フラクタル表面は、撥水・撥油・撥塵性を持つようです。