



あい  
ち

# 物理サークル通信

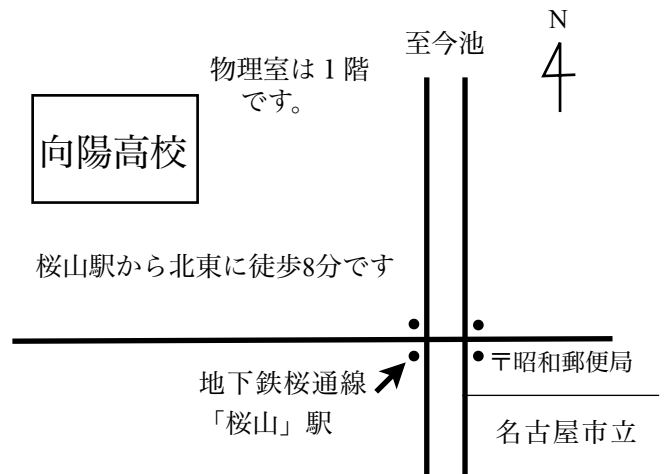
2025/ 12/14

愛知物理サークルホームページ <http://www2.hamajima.co.jp/ikiikiwakuwaku/>

次回の例会は

と き： 12月 21日 (日)  
13時半より  
ところ： 市立向陽高校  
物理室にて

名古屋市昭和区広池町47  
電話：052-841-7138  
幹事は向陽の石川光紀さんです



実験用具、教材、プリント、物品販売、何でも持ち寄しましょう。手ぶらでも大歓迎です。

2025年のノーベル賞には、生理学・医学賞に「末梢性免疫寛容に関する発見」（坂口志文・M.ブランコウ・F.ラムズデル）、物理学賞に「超電導回路における巨視的量子トンネル効果とエネルギー量子化の発見」（J.クラーク・M.デヴォレ・J.マルティネス）、化学賞に「金属有機構造体の開発」（北川 進・O.ヤギー・R.ロブソン）が選ばれました。「物性や細胞の分野には多くのフロンティアがまだまだ広がっているんだなあ」と改めて展望を感じます。

私事で恐縮ですが、悪性リンパ腫という血液のガン（私の場合はB細胞というリンパ球）に罹ってもう12年となります。20世紀の終わりにモノクローナル抗体、遺伝子組み換え、キメラ細胞などの技術によってよい薬（リツキシマブ）が開発され、骨髄に転移がなかったことも幸いして私は生きながらえ、職場に復帰することもできました。またアレルギー、潰瘍性大腸炎などに加え、1型糖尿病、関節リウマチ、バセドウ病など自己免疫疾患（免疫機構の暴走＝自分の体を異物とみなして攻撃する）に罹っている人は全人口の5%とされています。

特筆するような病気であっても免疫機構は私たちの生命活動すべてに関わっています。病原体から常に体を守り、その襲撃を記憶して次に備えます。一方ヒトの腸管内には1000種類、100兆個、1kgもの腸内細菌が棲みつづき、食べ物を分解し、消化、吸収を手助けしてくれています。免疫系のバランスが崩れると腸内細菌に対しても攻撃が行われ、炎症性腸疾患をひき起こすと考えられています。腸内細菌は本来は「異物」（＝非自己）ですが、彼らとの共生を保

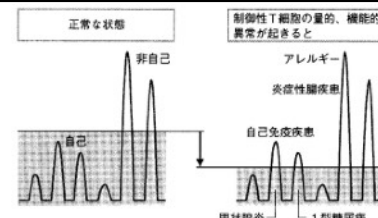


図1-3 制御性T細胞による免疫制御

←ブルーボックス「免疫の守護者 制御性T細胞とはなにか」（坂口志文・塚崎朝子著）より。Tレグは自己・非自己の認識（免疫の閾値）をコントロールする。



←シリウスKC「はたらく細胞」（清水 茜）第5巻第24話より。白血球やリンパ球など多くの免疫系はガン化した細胞を除去しようとするが、Tレグはそれを「自己」と判断すればガン細胞に対する彼らの攻撃を妨げてしまう。（免疫抑制）

つためには免疫機構の発動にブレーキが必要です。また妊娠中の母体にとって胎児の半分は父親譲りの非自己。しかし哺乳類の子どもは胎盤、子宮に守られ生まれてきます。これらの塩梅を調節するのが制御性T細胞（regulatory T cell : Treg）で、リンパ球全体の5%ほどを占めます。

パスツール、エールリヒ、メチニコフらに始まる免疫学の分野で、特に「自己寛容」「免疫抑制」の仕組みを明らかにしたのが坂口さんたちの研究です。本当に興味深いです。「科学」「日経サイエンス」の記事や書籍、漫画（？ /(^\_^;)）を参考にまとめました。（井階正治）

## 9月23日 例会の報告 (参加者13名、12件の報告がありました)

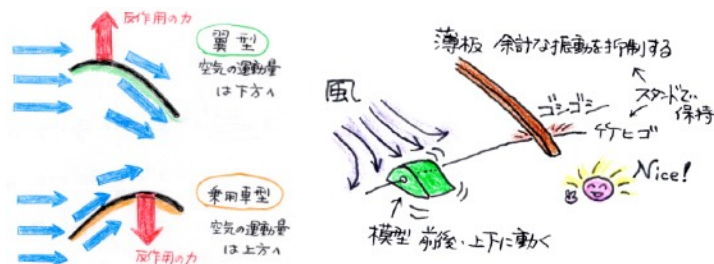
### プラダンの切れ端を利用した風洞（整流）実験装置（林さん：名古屋大学）

私が稲作をしている南知多の里山では、トビがピーヒョロロと鳴きながらゆっくりと上空を旋回する姿をよく見かけます。まったく羽ばたかず、大きな翼で空気をつかむような様子は見ていて惚れ惚れします。レオナルド・ダヴィンチやオットー・リリエンタール、ライト兄弟、宮崎 駿など著名人ならずとも、飛翔の仕組みに魅せられた人は数多いでしょう。

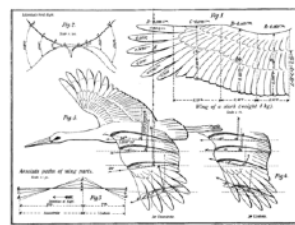
揚力の発生についてはサークル例会でもたびたび議論されてきました。ベルヌーイの法則や流線定理、マグヌス効果などのキーワードが頭に浮かびます。一方空気の流れや渦は目に見えず、定量的な測定も我々にできるのは局所的な風速程度なのでなかなか先へ進めません。林さんはプラダンの切れ端やボール紙を使って安定した気流をオープン状態で作り、物体が流れから受ける力の様子が簡単に分かる工夫を紹介しました。

送風機の風量はスライダック（変圧器）で調整。風は厚さ5cmほどのプラダンの束によって一様な流れに整流されます。模型は整形された断熱用スチロール（スタイロフォームなど）。軽いながらも目が詰まっています。丈夫。カッターでも電熱線でも簡単に工作できます。模型には穴を開けて竹串に刺し、簡単に交換できます。模型は風を受けて上下、前後に動きますが、支持棒（薄板）1本の摩擦と弾性力で余分な振動、動きを抑えます。（まさにTレグ？）//(^-^);  
とてもよい工夫です。

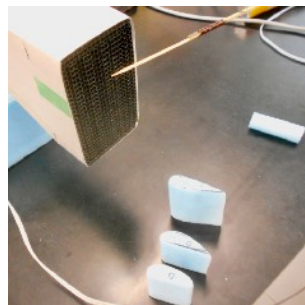
アーチのピークが前方にある「鳥の翼」型の模型は揚力を受けて上方へ。一方ピークが後方の「乗用車」型の模型は、前後対称なだけですが下方へ押し付けられました。圧力の大小だけでは何ともいえない結果ですが、空気の動きと力積の作用、反作用で考えると納得できます。多くの自動車がこのような断面（空気力性）を持っていることも合点がいました。



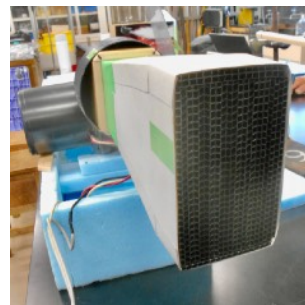
↑タカ、トビの仲間のハイイロチュウヒ（日本野鳥の会2025カレンダー12月の写真より）



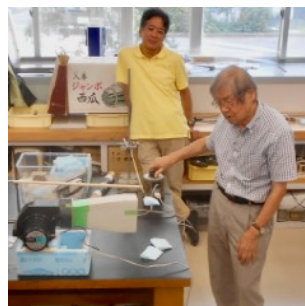
↑ オットー・リリエンタールの著書「鳥の飛翔」(1889)より。シュバシコウの翼の解析。



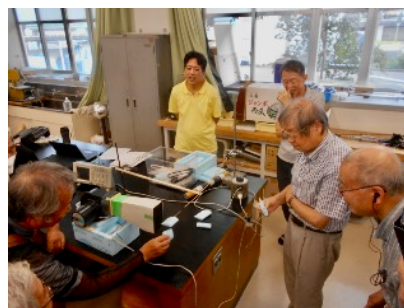
↑ 空気の吹き出し部と断熱スチロールを切り出したいろんな形の模型。串に刺すだけで簡単に交換可能です。



↑ 空気吹き出し部のアップ。写真手前側の厚み5cmほどにプラダンの切れ端が詰めてあります。おそらくは霧箱材料の残り？



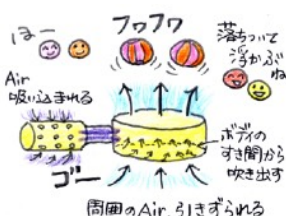
←林さんによる実験の様子。スライダックを調節して送風機からの風量を調節しています。実験中の模型は飛行機の翼型。アーチのピークが前方にあります。



←参加者一同興味津々。オープンな装置なのでつい手を出したくなります。実験中の模型は乗用車型。アーチのピークが後方にあります。

### ダイソンの羽根無し扇風機を利用した簡易風洞（深谷さん：愛知理科の会）

ダイソン社製の羽根無し扇風機が意外に安定した風を作り、簡易的な風洞として利用できるという提案です。この形の扇風機は台部分から吸い込まれた空気が上部のリングから押し出され、その流れが後方の空気を巻き込んで多くの風量を保つという仕組みです。風船、紙風船は一定の高さに保持され安定して浮かびました。しかし本来は床や台の上で直立して利用される扇風機なので、ガムテープで固定する以外に「本体を水平に保つ工夫」が必要かと感じました。





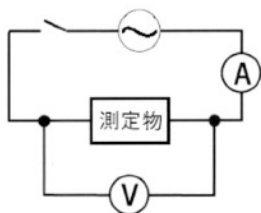
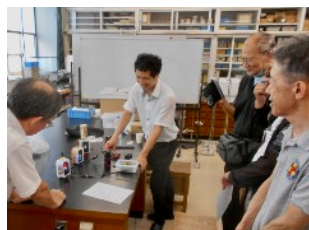
## 田中式静電気メーターの応用例（村田さん：三重・三重高）



（左）塩ビ棒などを手に本来の静電気メーターとしての使い方を説明する村田さん。

（左下）コンデンサーを測定物として実験中です。

（右下）実験回路の例。



測定物

・抵抗：12 k  $\Omega$

・コンデンサー：3.3 mF  
(インピーダンス  $300/\omega [\Omega]$ )

・コイル：1.73 H  
(インピーダンス  $1.73\omega [\Omega]$ )

田中英二さんによる静電気メーターは優れもので、帯電の正負、電荷の保存などが一眼で分かり、箔検電器やバンデグラフ起電機を扱うときには私も毎年必ず利用しています。村田さんはこちらを電圧計、電流計として応用することを提案しました。静電気メーター2つを下の回路図のように接続し、抵抗、コイル、コンデンサーを測定物とし

て回路の電圧、電流をチェックします。発振器によって角周波数 $\omega$ を変えると、測定物によるリアクタンス（インピーダンス）や位相の変化がLEDの色で確認できます。元々の作動原理を理解していないのがいけないのですが、田中さんの装置が交流回路に使えるのが少々意外です。

## 電荷の加速度運動と電磁波（石川さん：富山YMCA）

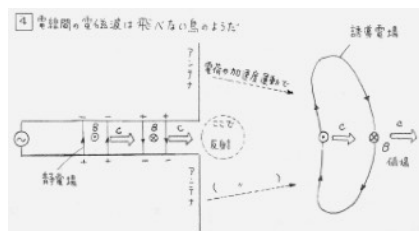
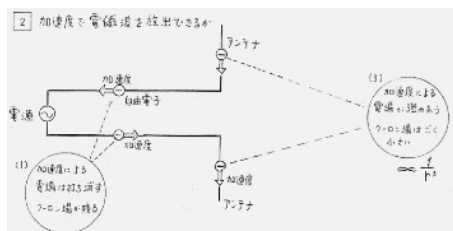


（左）江沢 洋さんの古い著作を前に、電荷の加速度運動が一定の距離だけ離れた場所に光速で伝わる様子を計算する石川さん。

（下）「2種類の電磁波」として石川さんがまとめた資料の一部。

一般に「アンテナは180°開いたコンデンサーで、電極間の電場の変動が磁場を生み、さらに磁場の変化が...と電磁波が伝わっていく」などと言われますが、その本性は何だろうか？というのが石川さんの問題意識なのでしょうか。

アンテナ内部の自由電子が電源（発振器）によって加速度運動（駆動）されると距離の1乗に反比例した電場（誘導電場）が作られる。一方アンテナの帯電によるクーロン電場は距離の3乗に反比例するのでごく小さい。



結局「電荷（アンテナ中の自由電子）の加速度運動が自由空間中を作る誘導電場が電磁波の電場の本性である」という結論のようですが、いつもながら不勉強な私にはよく分からないままでした。

（石川さん、すみません）



## ホームセンター仕様の手回しバンデグラフ起電機（杉本さん：向陽）



↑ 装置全景。杉本さんが材料や工夫した点などを説明中です。

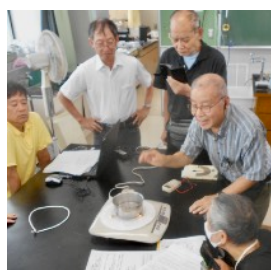


↑ 杉本さんがハンドルを回しています。飯田さんが手をかざして帯電を確認中。



↑ 回路カード。科学の祭典で工作ブースを実施します。

林さんが手作りしたバンデグラフ起電機は「まだプロ仕様！」と、杉本さんはホームセンターや100円ショップで入手できる材料にこだわって同じ規模の起電機を作りました。ゴムベルト一つにも性能の良し悪しがあるとのこと。詳細は「理科教室」の掲載記事をご覧ください。



## IH調理機の渦電流（伊藤広司さん）

「ファラデーとマックスウェル」というタイトルのレポートを発表。「IH調理機の渦電流は軸対称な渦電流と均質な鍋底であればほぼ等電位になる」「ファラデーモーターと渦電流」「ソレノイドと平行板コンデンサーの空間に蓄えられるエネルギーの式」などについて発表されました。いつもながら不勉強な私には充分理解することはできませんでした。

伊藤さん、ごめんなさい。





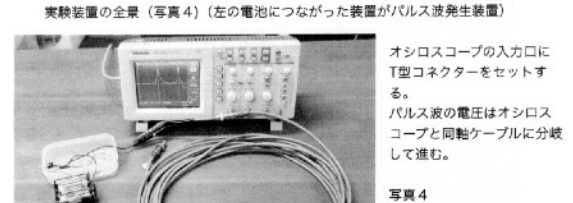
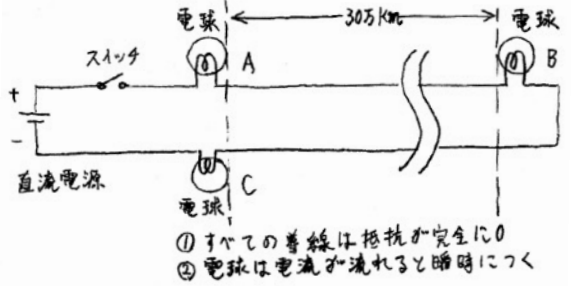
# 電球の点く順番と電圧（電場）の反射をオシロで確認（林さん）

右図は昔からよくある物理クイズの一つです。38万km離れた月まで導線を伸ばし、電球を直列につないでスイッチを入れたらどんな順番で点灯するでしょう？ ①電流が流れる向きにA,B,Cの順番、②同時に点灯、③A,Cは同時、Bは遅れて点灯、④電子の移動の向きにC,B,Aの順番。正解はどれ？ 議論の歴史は古いですが「実験は無理！」と抽象的な推理で終わってききました。ところが最近のデジタルオシロスコープはナノ秒( ns = 10<sup>-9</sup> s)スケールの過渡現象をチェックできます。林さんは道具の進歩と明瞭なパルスを生み出すアナログ的な回路（石川式）を利用して多くの知見を得ました。

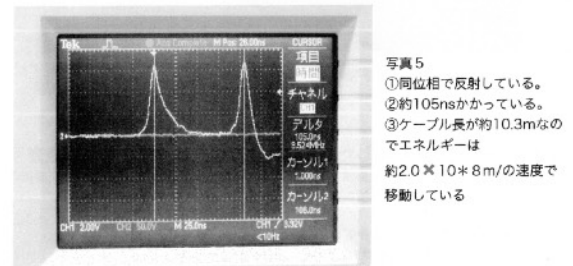
原理はいたって簡単で、パルス（電圧変化）が伝送線（同軸ケーブルや昔TVの接続に使われていたフィーダー線）を伝わる様子（反射波が戻ってくるまでの遅延）をオシロスコープで確認します。右図の写真5,6からはケーブル10.3m（往復20.6m）伝わるのに105ns要することが確認できます。伝送速度は20.6/(105×10<sup>-9</sup>)=2×10<sup>8</sup>(m/s)となり、従来いわれていた「光速」より小さい値となりました。また反射端末の状況（①開放（切ったそのまま。芯線と周囲のシールド線の接続無し）、②短絡（芯線とシールドを接続、ショート）、③抵抗(50Ω)接続）によって、反射波の位相の違いや減衰が非常に明瞭に分かりました。

電荷や電子の移動というより、電磁波（エネルギー？）が伝送線という媒質中をv=c/nで伝搬していくイメージを感じました。

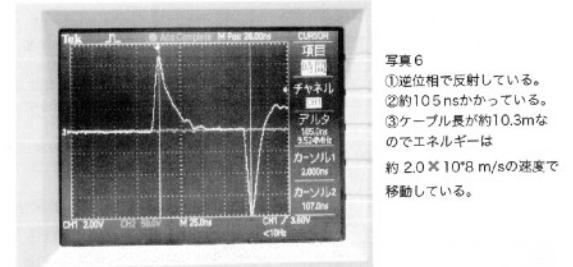
ということで、冒頭のクイズは「①が正解、ただし光速よりは遅い」という答になると思います。いかがでしょうか？



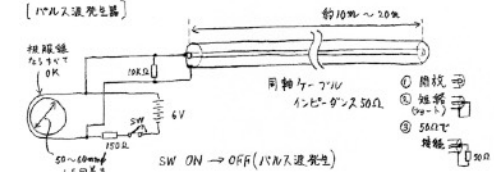
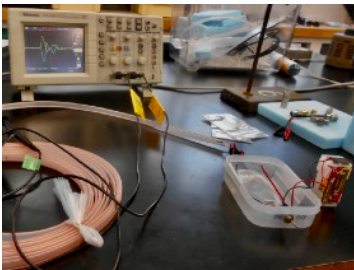
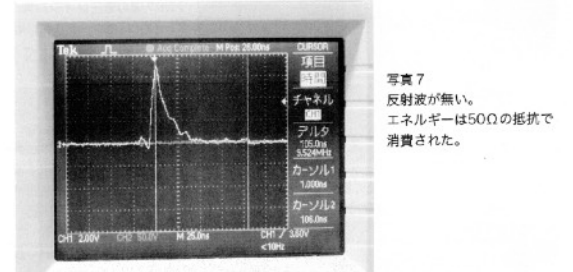
【2-2-1】ケーブル終端が開放端の場合（写真5）



【2-2-2】ケーブル終端がショート状態の場合（写真6）



【2-2-3】ケーブル終端が50Ωの負荷で接続されている場合（写真7）

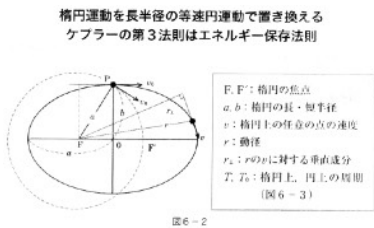


← 石川式パルス波発生機は左写真のタッパー容器の中です。コイルは導線を1回半巻いただけ。とてもシンプルです。

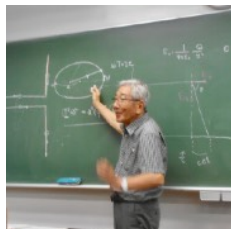


## その他の報告

### ケプラーの法則について（飯田さん）



↑ 飯田さんの著作より



ケプラーの第一法則（太陽を焦点とする楕円軌道）はどのような観測によって求められたかについて問題提起。私は普通に「恒星に対する見かけの位置」を時間的に追っていったと思うのですが。

### 気柱共鳴と消音の原理・文献紹介 「リーゼ・マイトナー」（井階）

学校の授業で使っている道具（振動数一定、気柱の長さを調節）を用いて石川さんの気柱共鳴実験を迫試。閉管を共鳴させ、気柱の長さを少しだけ伸ばすと途端に消音する経過を実験的に確認。ハーンとともに核分裂を発見したリーゼ・マイトナーは109番元素マイトネリウムとして名を残しています。文献は岩波書店より。