

第6回 関東地区 「リフレッシュ理科教室」



不思議なサイエンスに
チャレンジしよう!

- | | |
|-----------|---|
| ① 東京会場 | ○平成20年8月7日(木)~8日(金)
○日本科学未来館 (東京都江東区青海2 - 41) |
| ② 多摩八王子会場 | ○平成20年8月22日(金)~23日(土)
○東京工科大学 (東京都八王子市片倉町1404 - 1) |
| ③ 湘南会場 | ○平成20年8月19日(火)~20日(水)
○東海大学湘南校舎 (神奈川県平塚市北金目1117) |



主催：(社)応用物理学会・応用物理教育分科会

共催：東京工科大学 協力：日本科学未来館 東海大学

第6回関東地区「リフレッシュ理科教室」 — 不思議なサイエンスにチャレンジしよう! —

① 東京会場（日本科学未来館）〈3テーマから2テーマ選択で実習をします〉

8月7日（木）《対象：小・中学校の先生》

- (1) 10:15~10:30 開会式（各会場 CR1,CR2,CR3）
「リフレッシュ理科教室」開催にあたって
CR1会場：鈴木恒則（東海大学）、CR2会場：毛塚博史（東京工科大学）
CR3会場：光井俊治（帝京大学）
- (2) 10:30~11:30 理科実験テーマの1つ目を実習（各会場）
- (3) 11:30~14:00 昼食・日本科学未来館見学
- (4) 14:00~15:00 理科実験テーマの2つ目を実習（各会場）
- (5) 15:00~15:30 修了証授与・閉会式（各会場）

8月8日（金）《対象：小・中学生、小・中学校の先生》

- (1) 10:15~10:30 開会式（各会場 CR1,CR2,CR3）
「リフレッシュ理科教室」開催にあたって
CR1会場：鈴木恒則（東海大学）、CR2会場：毛塚博史（東京工科大学）
CR3会場：光井俊治（帝京大学）
- (2) 10:30~11:30 理科実験テーマの1つ目を実習（各会場）
- (3) 11:30~14:00 昼食・日本科学未来館見学
- (4) 14:00~15:00 理科実験テーマの2つ目を実習（各会場）
- (5) 15:00~15:30 修了証授与・閉会式（各会場）

《理科実験のテーマ》

- ① 「ファイバースコープを作って、箱の中の昆虫の名をあてよう！」（CR3会場）
- ② 「LEDダイオードで信号機を作って、あか・みどり・あおを点滅させよう！」（CR2会場）
- ③ 「パラボラ型反射鏡を作って、光通信をしよう！」（CR1会場）

（表紙イラスト：仙北谷麻衣子）

② 多摩八王子会場 (東京工科大学) <2テーマの実習をします>

8月22日(金)《対象：小・中学校の先生》

12：20～13：00 東京工科大学内で昼食可です。

- (1) 13：00～13：10 開会式 (A会場)

「リフレッシュ理科教室」開催にあたって

①応用物理学会 教育・公益事業委員会委員長 渡辺和雄 (東北大学)

②応用物理教育分科会幹事長 毛塚博史 (東京工科大学)

- (2) 13：10～14：00 講演 (A会場)

「SI単位定数の定義とその変更の動向 — 秒の定義を中心に」

細川瑞彦 (独)情報通信研究機構 新世代ネットワーク研究センター)

<午後の後半>

- (3) 14：00～15：00 理科実験テーマの①を実習 (B会場)

- (4) 15：15～16：15 理科実験テーマの②を実習 (B会場)

- (5) 16：15～16：30 修了証授与・閉会式 (B会場)

8月23日(土)《対象：小・中学生、小・中学校の先生》

12：20～13：00 東京工科大学内で昼食可です。

- (1) 13：00～13：10 開会式 (A会場)

「リフレッシュ理科教室」開催にあたって

応用物理学会 会長 石原 宏 (東京工業大学)

- (2) 13：10～14：00 講演 (A会場)

「フラーレンのおもしろさを探る」

宮澤薫一 (独)物質・材料研究機構 ナノ物質ラボフラーレン工学)

- (3) 14：00～14：50 理科実験テーマの①を実習 (B会場)

- (4) 15：00～15：50 理科実験テーマの②を実習 (B会場)

- (5) 15：50～16：00 修了証授与・閉会式 (B会場)

《理科実験のテーマ》

- ①「ファイバースコープを作って、箱の中の昆虫の名をあてよう！」(B会場)

- ②「LEDダイオードで信号機を作って、あか・みどり・あおを点滅させよう！」
(B会場)

<会場案内>

A会場：片柳研究所棟KE302教室

B会場：実験棟A4階の電気電子の基礎実験室

第6回関東地区「リフレッシュ理科教室」 — 不思議なサイエンスにチャレンジしよう! —

(<http://annex.jsap.or.jp/edu/dape/first.html> 〈応用物理教育分科会〉)

問合わせと各会場へのアクセス

① 東京会場 (日本科学未来館)

○問合せ先:

②の多摩八王子会場(東京工科大学)と同じです。

○日本未来科学館への交通アクセス (Tel: 03-3570-9151)

新交通ゆりかもめ「船の科学館」駅下車、徒歩約5分

または「テレコムセンター」駅下車 徒歩約4分

HP案内: <http://www.miraikan.jst.go.jp/guide/route>

② 多摩八王子会場 (東京工科大学)

○問合せ先:

現地実行委員会 毛塚博史 (東京工科大学コンピュータサイエンス学部)

〒192-0982 東京都八王子市片倉町1404-1

Tel: 0426-37-2111(内2480, 2451)、Fax: 0426-37-2584

E-mail: kezuka@bs.teu.ac.jp

○東京工科大学への交通アクセス (Tel:0426-37-2111 (代))

八王子みなみ野駅 [JR横浜線] からスクールバスで約7分、徒歩で約20分

HP案内: <http://www.teu.ac.jp/campus/access/006644.html>

③ 湘南会場 (東海大学湘南校舎)

○問合せ先:

現地実行委員会 鈴木 恒則 (東海大学理学部)

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117

Tel: 0463-58-1211 担当: 鈴木恒則

E-mail: rika3@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

○東海大学湘南校舎への交通アクセス (Tel:0463-58-1211)

(徒歩) 小田急線 東海大学前より 徒歩15分

〈バス〉 ■ J R 東海道線 平塚駅より，神奈中バス【東海大学行き】【秦野駅行き】：東海大学正門前下車 所要時間約30分

■小田急線 鶴巻温泉駅より，神奈中バス【下大槻団地行き】

【秦野駅行き】：東海大学北門下車 所要時間約10分

HP案内: http://www.u-tokai.ac.jp/traffic_guide/index.html

目 次

- 第6回関東地区「リフレッシュ理科教室」開催へのメッセージ
 - (1) 「リフレッシュ理科教室」の開催にあたって ◆7
応用物理学会 教育・公益事業委員会委員長
渡辺 和雄 (東北大学)
 - (2) 第6回関東地区「リフレッシュ理科教室」の概要 ◆9
応用物理教育分科会幹事長・第6回関東地区リフレッシュ理科教室実行委員長
毛塚 博史 (東京工科大学・コンピュータサイエンス)

- 第1部 講演
 - 「フラーレンのおもしろさを探る」宮澤 薫一 [(独) 物質・材料機構] ◆13
 - 「SI単位定数の定義とその変更の動向—一秒の定義を中心に」
細川 瑞彦 [(独) 情報通信研究機構] ◆15

- 第2部 工作・実験教室
 - (1) 安全に実験するために 小栗 和也 (東海大・理) ◆20
 - (2) 工作・実験テーマ
 - ① 「ファイバースコープを作って、箱の中の昆虫の名をあてよう！」
光井 俊治, 那須井 美和子, 大田 将以 (帝京大・薬)
塚林 功, 関 一 (日本工業大学工学部) ◆21
 - ② 「LEDダイオードで信号機を作って、あか・みどり・あおを点滅させよう！」
毛塚 博史 (東京工科大学)
鹿野川 正彦 (元慶應義塾大学)
小林 幸夫 (創価大学) ◆28
 - ③ 「パラボラ型反射鏡を作って、光通信をしよう！」
鈴木 恒則, 藤城 武彦 (東海大学・理)
毛塚 博史 (東京工科大学・コンピュータサイエンス) ◆32

- 第3部 実行委員紹介
 - (1) 実行委員 ◆43
 - (2) メモ ◆44
 - (3) 修了証

「リフレッシュ理科教室」の開催にあたって

社団法人 応用物理学会 教育・公益事業委員会 委員長
渡辺 和雄

(東北大学 金属材料研究所 教授)

<小中学生のみなさんへ>

みなさんは毎日の学校や家庭の生活の中で、身近に起きる自然現象を不思議に思ったりしていませんか。

なぜ虹は7色になるんだろう、

なぜ台風が生まれるのだろう、

どうして太陽は燃えているのだろうなど自然には不思議なことがたくさんあります。また、みなさんのまわりにある私たち人類が発明した飛行機はどうして空を飛べるのだろう、テレビはどうして映るのだろう、電話はどうして聞こえるのだろう、冷蔵庫はなぜ冷えるのだろうなど、たくさん分からないことを見つけていることでしょう。

みなさんのこのような疑問や興味は、とても大事なことです。この疑問に「なるほど、そういうことか」と答えてくれるのが「理科」なのです。理科への興味は、素晴らしい知識を増やして、また、自分で工夫していろいろなものを作るという力をつけてくれます。理科の知識をもとにして、工作することは大変楽しいことです。聞いたり学んだりしたことが、実際に目の前にできあがってくるのはとてもわくわくします。

リフレッシュ理科教室では、みなさんが「楽しいな、おもしろいな」と思えるような、いろいろなモノ作りや工作実験をよい用意しています。最初は不安かも知れませんが、まず、自分の手を使って、いろいろなモノを作ることの楽しさを体験し、自分にも作ることができるという経験を、ぜひ味わってみてください。

<教師・ご父兄の皆様へ>

昨今の「若者の理科離れ」は、技術立国を目指して進んできた日本の将来を根底から危うくしかねない問題です。教育・公益事業委員会においては、この傾向を少しでも改善し、逆に、「理科が大好き」となるような次世代を背負う若者を増やすことを目的に、「リフレッシュ理科教室」を実施しております。これは実験工作を主体とした催しで、若者を指導する先生方に、まずご自身で、「理科」の楽しさを体験し、実際の学校教育の現場で活用していただくとともに、その実践の場として児童、生徒対象の理科工作教室にご協力頂き、学会幹事と一緒に理科好きの若者を育てていただくことを目的としております。

つきましては、この催しを通じて、先生方は勿論、保護者の皆様も子供たちが作る工作について、一緒に楽しみ、一緒に考えて、共通の体験をしていただき、次世代を背負う若者たちの理科への関心を少しでも高めていただければと思っております。

第6回関東地区「リフレッシュ理科教室」の概要

応用物理学会 応用物理教育分科会

幹事長 毛塚博史

(東京工科大学 コンピュータサイエンス学部准教授)

応用物理学会は10年ほど前から「リフレッシュ理科教室」を開催してきた。応用物理学会の各支部が主催して現在では全国の20カ所程度で開催されている。リフレッシュ理科教室は、教師に対して実際に手を動かして「モノづくり」授業ができるように支援することが目的である。教師に対して単に研修を行うだけではなく、これによって生徒にとっていかに魅力ある実験やモノづくりの授業ができるか実践力を身に付けてもらうことも目的である。その結果、生徒が理科に関心を持ち、将来の科学技術者・研究者の人材育成に期待をしている。

応用物理学会では、このような目的で、各地区の支部が主催者となって各支部で「リフレッシュ理科教室」を開催している。このような状況の中で、関東地区では、応用物理学会応用物理教育分科会が企画し、実施運営をおこなうことで、平成15年(2003年)から関東地区「リフレッシュ理科教室」を開催し、平成20年度で6回を数えている。関東での開催は、3会場(日本科学未来館、東京工科大学、東海大学湘南校舎)で実施している。この間、小中学校の生徒・教師が述べ2千人余りも参加した。東京会場(日本科学未来館)は、参加人数が270人余りと他の会場に比べて圧倒的に多く、理科実験への関心が高いことが注目される。

本企画は、応用物理学会応用物理教育分科会の幹事を中心に、同分科会の会員が実行委員となって、企画・運営をする。初日に教師向けの実験・工作教室を行い、2日目に実行委員とともに小・中学生向けの実験・工作教室を実施することに特徴がある。実験・工作に用いられる材料は、身近な生活で使用するような安価なもので、できるだけ手作りの工作にしている。

今回の企画の全体テーマは「不思議なサイエンスにチャレンジしよう!」とした。身近にある生活の科学に着目し、自然の観察やモノづくりへの創意工夫を通して、子どもや教師に感動と好奇心を与えたいというのがねらいである。小・中学校の教師には、教育現場でこれらの体験した理科実験を活用して、理科教育・科学教育・科学クラブ活動な

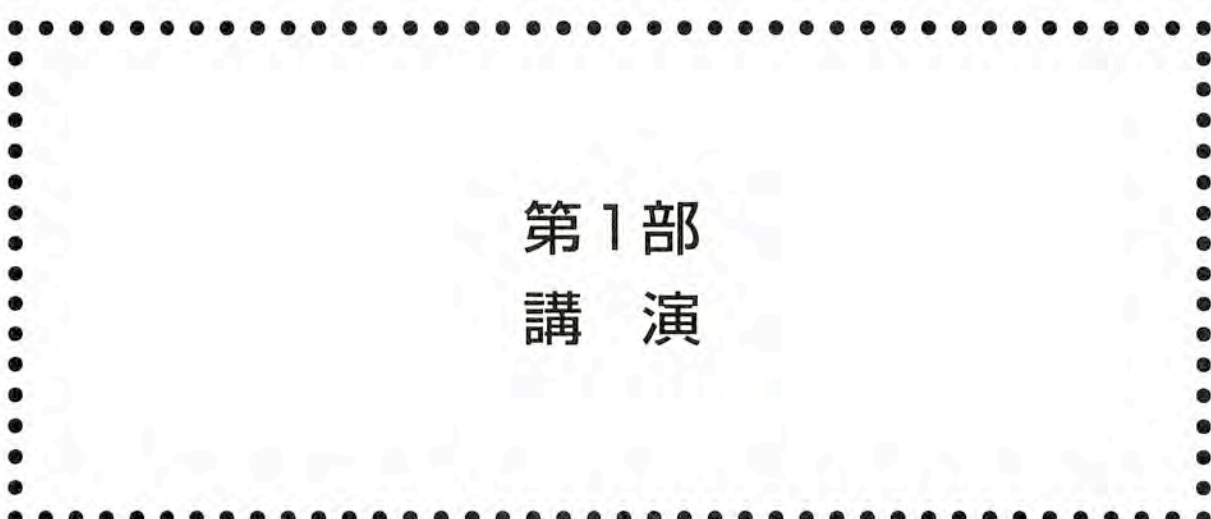
どに活かして「科学する心」を育ててもらいたいことを期待している。小・中学校の児童生徒には、実験を楽しんで科学への好奇心を高め、「なぜだろう?」「どうしてかな?」「不思議だな!」という科学を学ぶ力を身に付けさせたいと期待している。

東京都、各県・各市・各区での募集は、教育委員会へ協力を依頼して、学校等にチラシ、ポスターを配布するとともに応用物理教育分科会のホームページにも記載する。さらに、日本科学未来館の協力を得て「日本科学未来館友の会」のネットワークを通じて案内を送付してもらっている。

この「リフレッシュ理科教室」開催と同時に、できるだけ開催大学等で取り組んでいる先端の研究の一端にも触れて紹介したり、また、日本科学未来館内でのイベント参加・見学も企画している。

今回のテーマは、以下の通り、3種類の実験工作を実施の予定である。

- ①テーマ「ファイバースコープを作って、箱の中の昆虫名をあてよう!」
- ②テーマ「LED 発光ダイオードで信号機を作って、赤・青を点滅させよう!」
- ③テーマ「パラボラアンテナを作って、通信しよう!」



第1部
講演

フラーレンのおもしろさをさぐ探る

独立行政法人 物質・材料研究機構 宮澤薫一

みなさんは、フラーレンということばを聞いたことがありますか？ フラーレンは、炭素原子からできているかご型の分子です。フラーレンは、ピーマンのように中が空洞になっています。フラーレンにはいろいろな種類のものがありますが、カーボン60という名前のフラーレンは、図1と図2に比べて示すように、ちょうどサッカーボールの形をしています。



図1 サッカーボール

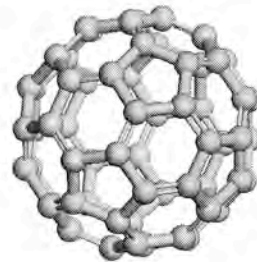


図2 C_{60} の球棒モデル

カーボン60は、化学記号で C_{60} と書きます。Cは炭素原子を表します。炭素原子ひとつと酸素原子ふたつでできている分子が二酸化炭素です。二酸化炭素の化学記号は CO_2 です。二酸化炭素は地球温暖化のニュースで聞く有名な分子ですね。原子から分子ができ、分子がたくさん集まって水や二酸化炭素ガスなどの物質ができます。

C_{60} の大きさは、およそ、1ナノメートル(1 nm)です。1 nmは、10億分の1メートル(m)の大きさです。1 mの千分の1が1ミリメートル(mm)、1 mmの千分の1が1マイクロメートル(μm)、1 μm の千分の1が1 nmですから、 C_{60} がいかに小さいかがわかるでしょう。

C_{60} は1985年に発見されました。ダイヤモンドとグラファイト(黒鉛)が炭素でできていることは知られていましたが、 C_{60} の発見により、炭素の同素体として、新しくフラーレンが加わったのです。 C_{60} はダイヤモンドよりも硬いといわれています。驚くべきことに、 C_{60} が規則正しく並んで作る結晶に、カリウムのようなアルカリ金属元素を加えると、低温で電気抵抗がゼロになる超伝導現象が生じることが知られています。

C_{60} の密度は、1立方センチメートル(cm^3)あたりおよそ1.7 g であり、ダイヤモンドの密度(約3.5 g/cm^3)のほぼ半分の値です。 C_{60} がいかに軽いかということがわかるでしょう。

物質には、電気を良く流すものと、電気をとても流しにくいものがあります。金、銀、銅、アルミニウムなどの金属は、電気を良く流す導電体なので、電子回路に欠かせない物質です。電子回路には、電気を流さない絶縁体も必要です。ダイヤモンドは絶縁体です。電気の流れやすさが、絶縁体と導電体の中間にある物質を、半導体といいます。シリコンは、とてもよく使われている代表的な半導体です。

グラファイトは、方向によって電気を非常に良く流します。グラファイトの薄い層を細く筒状に丸めてできる糸状の物質がカーボンナノチューブです。カーボンナノチューブの直径はおよそ1 nmです。カーボンナノチューブには、金属のように導電体の性質を示すものと、半導体の性質を示すものがあります。

以上のように、炭素には、導電体、半導体、絶縁体の3つの電氣的な性質を示すものがあるので、炭素のみを用いてトランジスタを作ることができ、さらに、炭素のみを用いてコンピュータを作ることができるでしょう。炭素だけで作られたコンピュータは、オールカーボンデバイスのひとつです。オールカーボンデバイスとは、全てが炭素だけからできている電子機器やそ装置のことです。将来、フラーレンとカーボンナノチューブだけで作られた集積回路を使う時代が来るかも知れません。

光合成は大気中の二酸化炭素を使って行われます。光合成から得たバイオ燃料を用いてフラーレンやカーボンナノチューブを合成することができるようになれば、オールカーボンデバイスの利用は、大気中の二酸化炭素を減少させることに大きく貢献することでしょう。

まさに、フラーレンは夢の材料です。大いにフラーレンを使ったデバイスの研究を発展させたいものです。しかし、大きな夢を実現させるためには、基礎がたいせつです。まずは、フラーレンの幾何学を勉強して、その構造をしっかりと理解しましょう。

カーボンナノチューブの研究が進んだ理由のひとつに、その構造が明らかにされたことがあげられます。フラーレンの世界も同じです。

この講演では、サッカーボールと C_{60} の幾何学を中心に勉強し、フラーレンのおもしろさを探ります。サッカーの試合もいっそう楽しくなるに違いありません。

SI単位定数の定義とその変更の動向—一秒の定義を中心に

独立行政法人 情報通信研究機構 細川 瑞彦

単位系、計量、定量的科学の基礎。古代においては、王の特権であった。古代中国では秦の始皇帝が長さ・面積（度）、体積（量）、質量（衡）の統一を行ったことが有名である。現在のメートルやキログラムは、フランス革命時に定められたメートル法がその起源となっている。このメートル法を元に整備されたSI単位系は現在では広く普及しているが、その定義に実はいろいろ変遷があることはあまり詳しくは知られていない。メートル法以降、定義の変更は科学技術の革新、高精度化などに伴うものであり、極限の精度を求めるときには重要な意味を持つものの、それまでの定義との整合性を保つように用意され、実生活においてはほとんど影響が現れないように配慮されたものだからである。しかしこれは逆に見ると、この定義の変遷を追うことにより、先端的な科学技術の進歩が浮き彫りにされる、ということでもある。

たとえば、地球の大きさを基準とすることから出発したメートルの定義は、科学の進展にともなって変えられてきた。1879年につくられたメートル原器は1960年に、クリプトン86原子の放出する特定の波長をもとに定義されることになり、メートル原器は定義として使われることは無くなった。さらに1983年には、光が一定時間に進む距離による新たなメートルの定義が採用された。

時間の標準もまた、元来は地球の自転が基準であったが、二十世紀後半にいくつかの変遷を経てきている。時間については、単位となる一秒の時間間隔を正確に定められたら、基準時刻を定めてそこから時間間隔を正確に測定して時刻を定めることが求められる。時刻を定めるシステムは時刻系または時系と呼ばれる。太陽の見かけの運行の季節変動が観測されて以来、その動きを平均化した「平均太陽時」と呼ばれる時系が用いられてきた。グリニッジ天文台を通る経度0°の子午線での平均太陽時に基づく時系は、「グリニッジ標準時 (Greenwich Mean Time)」と呼ばれて来たが、現在では「世界時 (Universal Time)」という呼び名に変わっている。地球の自転に基づく平均太陽時自身が不規則変動することが水晶時計によって明らかになって以来、より正確な時間の基準が求められた。その一つの答えが「暦表時」とよばれる、天体力学的に地球や月などの

軌道運動に基づいてつくられた時系である。この時系は1956年から1967年まで実際に世界の標準時として用いられたが、1967年、セシウム原子時計に基づく原子時 (Atomic Time) が新たな時間の定義として採用された。

キログラムの定義にはいまだにメートル原器と同時期につくられたキログラム原器が用いられている。この大きな理由として、キログラム原器による定義の精度がおよそ8桁あり、質量についてはこれ以上の精度を得る方法がない、ということがある。しかし、他の全ての基本単位は、原器による定義から普遍的な物理量に基づく定義に改められており、この流れは今後一層進められるべきものと考えられている。原器という人工物とその複製による定義は、誰もが簡単に手に入れたり用いたりすることは出来ないのに対し、光の早さとか原子の量子遷移などは、技術さえあれば、誰でもどこでも、またいくつでも何度でも再現し入手することが可能なものだからである。この考え方のもとに、質量もまた、原器を離れた新たな定義が検討されている。

これ以外の基本単位として、電流、温度、物質量、光度がある。この中で、温度についても定義の変更が検討されており、また物質量の単位、モルの高精度化が、前述の質量の定義の変更に大きな寄与をする可能性が見えてきている。

このように、近年の目覚ましい計測精度の向上は、様々な科学技術に影響を与えているとともに、その基礎であるSI単位系の定義をも変えるものとなってきている。このとき重要なのは、その定義で実際にはどれだけの正確さが得られるのかと、どれだけ容易に、最も信頼できる標準（多くの場合、国際標準）から、明確な精度でのつながりを保証できるか、ということである。後者はしばしば、トレーサビリティという言葉で呼ばれる。前者については、現行の定義と実際にそれを実現し現示する方法が一致しているのは時間と質量だけ、その他の基本単位は、定義を直接用いるのとはことなる実現方法がとられている、ということは案外知られていないようである。

時間、あるいはその逆数である周波数は、先に述べたようにセシウム原子時計によって実現されている。これは1950年代後半に、セシウム原子の量子遷移に基づく電磁波の周波数を、当時の天文学的に決められていた秒の定義に対して3年間掛けて9桁の精度で値を決定し、今に至っているものである。現在では最高精度の標準では10日程度の測定により有効数字16桁の正確さがえられていることと、世界中の標準機関の日々の協力により世界標準が毎月決められている、という他にはない特徴を持っていて、長さや電流などの他の基本単位にも大きな影響を与えている。この高精度の時間周波数の標準も、

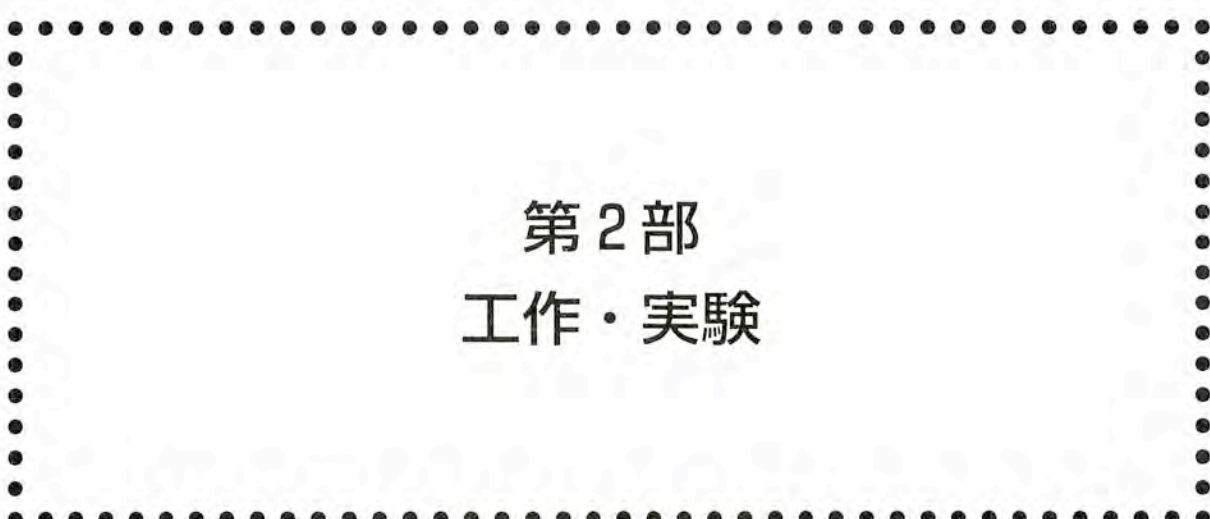
近年のレーザー技術の進歩などにより、セシウム以外の原子を用いた、より短時間により高精度の得られる可能性のある光周波数領域のものへの定義変更の検討が進められており、世界の先端的標準研究機関では、激しい研究開発と精度の競争が現在繰り広げられている。

このようなSI単位の標準については、メートル条約に基づく国際度量衡委員会 (CIPM) とその中につくられた各量に関する諮問委員会で定期的に議論され、またこの単位系と非常に深くかかわっている光速度、プランク定数などの基礎定数は、科学技術データ委員会 (CODATA) によって、国際的に認められた値が定期的に提供されている。

本講演では最も高精度な標準であり、さらなる高精度化のために定義の改変も議論されている時間周波数の単位、秒を中心に、基本単位の定義の変遷と今後、そしてそれらを司る国際機関について概観する。この話が、単位系の重要さと面白さ、奥深さを再確認する機会となっただけであれば幸いである。

参考：国際単位系とSI文書の日本語訳など

<http://www.nmij.jp/library/units/si/>



第2部
工作・実験

《安全に実験するために》

小栗 和也 (東海大学 理学部)

楽しい実験・楽しい工作をするためには、事故やケガは禁物です。

実験でスゴイ結果を出すことよりも、実験で事故やケガのないことが一番重要です。
くれぐれも事故やケガのないように注意して実験をしましょう。

事故を起こさないために、次のことに注意してください。

- ・指導者の指示に従って、実験を行ってください。また、わからないことがあったら、指導者に話を聞いてください。
(自分勝手な判断・行動は、事故につながる可能性があります)
- ・油断をしないでください。
(やさしい作業でも、油断をしていると事故につながります)
- ・気持ちに余裕をもって行動するように心がけましょう。
(あせりは禁物です)
- ・無理をしないでください。
(無理な姿勢での作業や道具の無理な使用は事故につながります)
- ・体調はだいじょうぶですか？
(体調が悪いときは、ケガや事故を起こしやすいだけでなく、良い成果・良い作品を作ることがむずかしいです)
- ・まわりの人のことを考えましょう。
(一人で実験をやっているわけではないので、お互いに注意することが大切です)
- ・実験・工作中は走ったり、ふざけたりしないでください。

安全第一を心がけて、楽しく実験や工作をしましょう。



ファイバースコープを作って、 箱の中の昆虫の名をあてよう！



光井俊治*、那須井美和子、大田将以（帝京大学薬学部）

塚林功、関一（日本工業大学工学部）

* t-mitsui@pharm.teikyo-u.ac.jp

< 1 > はじめに

光ファイバーは不思議な性質を持っています。電話でお友達とお話するとき声を伝えたり、曲がりくねった迷路の先のように（胃の内部の表面など）（内視鏡）を見たり、またレーザーメスで治療するとき、光ファイバーが光を伝えているのです。

光ファイバーは、

- ① 透明な物質（ガラスやプラスチック）でできて、電気のコードのように曲がります
- ② 光を伝え、光ファイバーの中に入った光を光ファイバーの外に出させません（図1）

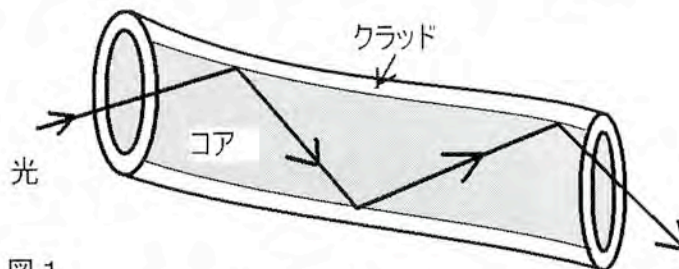


図1
コアに入った光はクラッドがあるために外に出られません。
この秘密は、“クラッドの屈折率<コアの屈折率”
です。

③ 光ファイバーが曲がっていても光を伝えます

④ たくさんの情報を一度に速く運びます

などの特徴を持っています。実際には、多数の光ファイバーを束ねて使用します。迷路の先にいる虫をみるためには、ただ、たくさんの光ファイバーを束ねただけでは虫に見えません。たくさんの光ファイバーをきちんと並べなければならないのです。光ファイバーをきちんと並べる方法が重要です。＜光通信の場合、光ファイバーを整然と並べる必要は特にありません＞

きょうの実験は、担当者のだれかが寝ているときに思いついた方法です。115本の光ファイバー（長さ約30cm）を束ねてファイバースコープを作ってもらいます。驚かないでください！ほんとうに簡単ですよ。図2は約500本の光ファイバーで作ったファイバースコープによる文字“光”の直視像を携帯電話で撮った写真です。

さあ実験です。光ファイバーを曲げたりして光ファイバーの中を光が伝わることを体験し、最後に、作ったファイバースコープを覗いて迷路の先



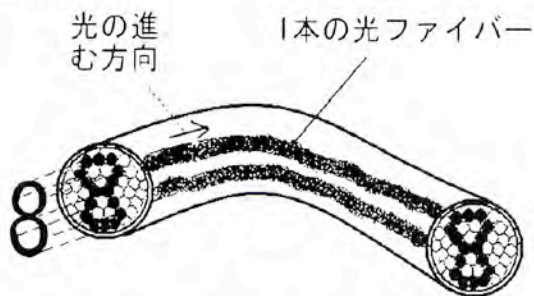
図 2

<2> 光ファイバーとファイバースコープ（内視鏡）にさわってみよう！

光ファイバーはガラスやプラスチックでできていて、透明で糸のように自由に曲がります。一見して、釣り糸と間違えてしまいそうです。

光が光ファイバーの中に入ると光ファイバーの外に逃げ出すことはできません。（図2）これは光が屈折するときに起きる全反射によります。

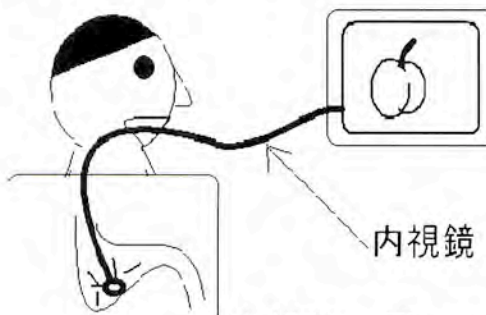
*光通信などで使われている光ファイバーの直径は10～100μm（髪の毛の太さと同様）と非常に細いです。ファイバースコープ（内視鏡）はたくさんの数の光ファイバーを束ねたもので、迷路の先にある景色を見ることが出来ます。胃カメラがそうです（図3）。



内視鏡の光ファイバーはきちんと並んでいます

図3

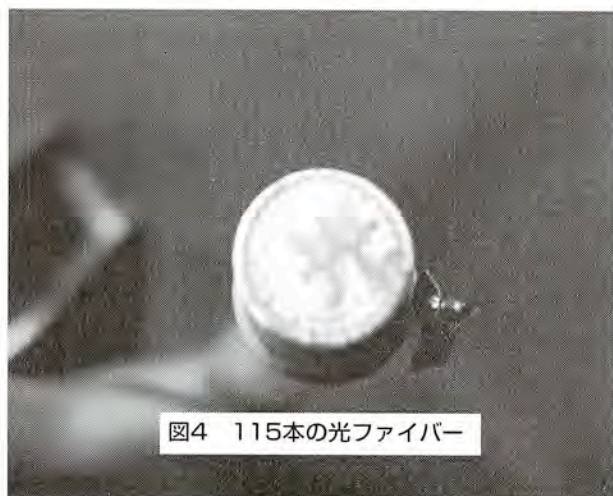
これは何だろう？
ミニトマトかな？



内視鏡で胃の中をみると！

ファイバースコープを作って、箱の中の昆虫の名をあてよう！

数千本～数万本の光ファイバーを整然と並べたファイバースコープはデジタルカメラと同じくらいきれいな像を作ります。きょうは約115本の光ファイバー（直径が0.5mm）でファイバースコープをつくります。これでもよく見えますよ（図4）。



< 3 > 光ファイバーを整然と並べる

光ファイバーを束ねたようすを図5に示します。この中で①俵積み（たわらづ 六方稠密：ろっぽうちゅうみつ 八の巣に似ていますね）か、②正方積み（正方稠密）のように、光ファイバーを並べればよいですね。きょうは光ファイバーがどちらの並び方になっているかを実験で調べてください。

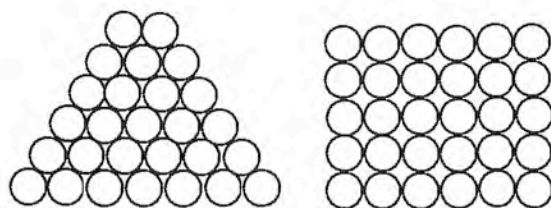


図5 ①俵積み
(光ファイバー間の空間が少ない)

②正方積み

< 4 > 実験の進め方！

1. 115本の光ファイバーを2つのあつちやくたんし 圧着端子の穴に入るだけ入れます。 ←これが光ファイバーをきちんと並べるのです！！！！
2. 1つの圧着端子を光ファイバーの他の端まではし ゆっくり移動し、光ファイバーをせつだん 切断します。 ←これも光ファイバーのりょうたん 両端のはいれつ 配列を一致させます！！！！

3. ハチの巣のように並んだ光ファイバーの表面を磨き^みます。
4. 作ったファイバースコープで光ファイバーの不思議な性質を調べます。
5. できあがったファイバースコープで迷路の先にいる虫を見て、虫の名前を当てます。

< 5 > 実験材料 (図6)

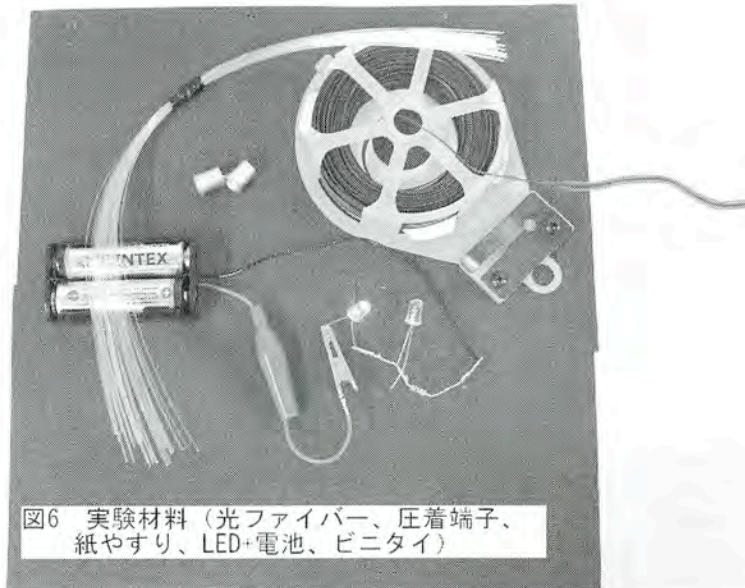


図6 実験材料 (光ファイバー、圧着端子、紙やすり、LED+電池、ビニタイ)

光ファイバー	光を伝える役目： 直径0.5mm・長さ約20cm、115本 (景色を伝えます)
圧着端子	光ファイバーの束をハチの巣のようにきちんと並べる役目： 内径6.1mm・長さ10mmの円筒形、2個
紙やすり	光ファイバーの端をきれいにする役目：2000番の規格： 1枚
ビニタイ(園芸用)	束になった光ファイバーを固定し 圧着端子を動かないようにする役目： 2本
電熱線	光ファイバーを熱で切ります： 先生に切ってもらいましょう ①火傷しないように、②発生するガスを吸わないように注意しましょう (屋外で作業します)
発光ダイオード(LED) (信号機の光)	赤などの光を出す役目： 1組 (電池付)

< 6 > 実験するときの注意

1. 光ファイバーは細くて透明です。特に、目に入らないように注意しましょう。
2. 光ファイバーに電灯・太陽光を入れたとき、光ファイバーの反対側から強い光が出てきますので、光ファイバーに目を近づけて見てはいけません。
3. プラスチックでできた光ファイバーを電熱線で焼き切るときにガスが出るので、ガスが部屋に充満しないように換気しましょう。

< 7 > ファイバースコープを作りましょう！

1. 1つの圧着端子に光ファイバー115本をすべて入れます（ややキツキツです）。光ファイバーは圧着端子を約5mm弱通り抜けるようにします。圧着端子を通り抜けた光ファイバーの端をなるべくそろえます（図7）。

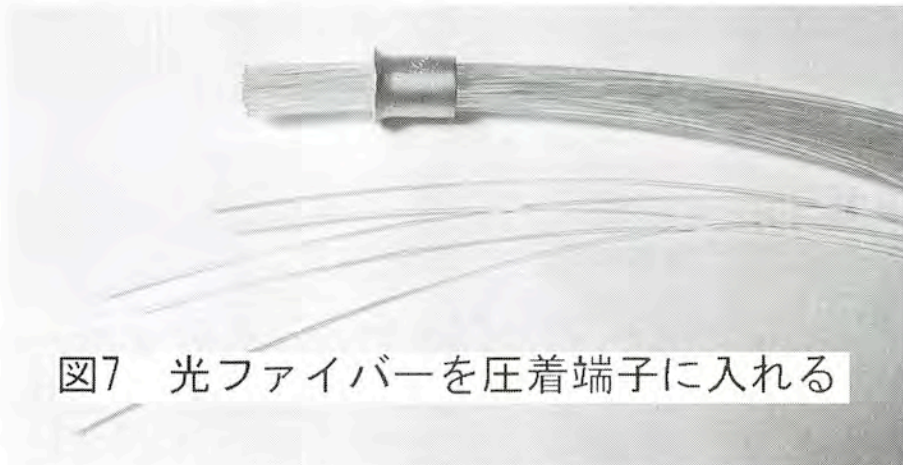


図7 光ファイバーを圧着端子に入れる

2. 2つ目の圧着端子を10mm程度出ている光ファイバーにゆっくりとまっすぐに押し込みます。このとき圧着端子または光ファイバーをねじってはいけません ←ここが光ファイバーの両端を同じように並べるためにいちばん重要なところです。
3. 2つの圧着端子をさらにゆっくりと光ファイバーに押し入れます。光ファイバーの端が圧着端子を約10mm（すべての光ファイバーが圧着端子を通過していなければなりません）通り抜けるようにします（図8）。



図8 約10mmだけ光ファイバーを左に出しましょう

4. 圧着端子を通り抜けた約10mmの光ファイバーを電熱線でゆっくり焼き切ります。光ファイバー同士は融けてしっかりくっ付きます(図9)。(このときプラスチックはガスを発生しますので、必ず部屋の換気をしっかりするか、部屋の外で光ファイバーを切りましょう)



図9

5. ビニタイで2つの圧着端子の間にある光ファイバーをしっかり縛ります。(図9)

6. 最初に入れた1つの圧着端子をゆっくり移動させ、光ファイバーの反対側が約15mm残るまで移動します。このとき、光ファイバーがばらばらになっている側を下にして、この部分を左右にゆさゆさとゆっくり動かす(図10)と、圧着端子を移動できます。



図10 圧着端子の移動
(光ファイバーをゆする)

7. 圧着端子の外に残っている光ファイバーの端を熱線で切断します。圧着端子が移動しないように光ファイバーをビニタイでしっかり巻いて固定します。(図9)
8. 最後に光ファイバーの両端を紙やすりで磨きます。

< 8 > ファイバースコープで実験しましょう (次頁の表に○などを書いてください)

A. 115本の光ファイバーの並び方は

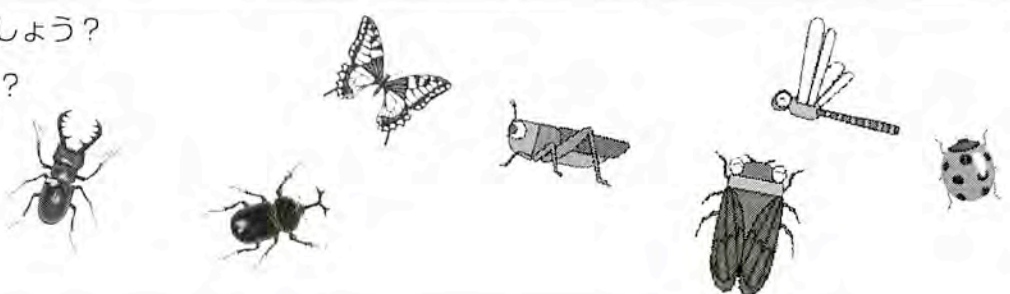
- ①俵積み(ハチの巣)、②正方積み、③ばらばら、④その他のどれでしょうか。

B. ファイバースコープの端っこを本に書いてある小さな字や小さな絵の上に直接置き、ファイバースコープの反対側をみましょう。字や絵が見えますか。字・絵の向きが反対向きになっているときはファイバースコープを曲げたりしましょう。光ファイバーを曲げたとき、字・絵はちゃんと見えますか。

ファイバースコープを作って、箱の中の昆虫の名をあてよう！

- C. 赤い光（LED）を光ファイバーに入れて、反対側から赤い光が出てくるか調べましょう。このとき光ファイバーを曲げたらどうなりますか？ 赤い光が光ファイバーの途中ちゅうちゅうで出ていますか？
- D. 虫の絵が置いてある箱の中にファイバースコープを入れて、虫の名を当てましょう。

< 9 > 実験からわかったことを下の表に書きましょう。

<p>A. 光ファイバーはどのように並んでいましたか？</p> <p>① 俵積み（蜂の巣）</p> <p>② 正方積み</p> <p>③ ばらばら</p> <p>④ その他（絵描きましょう）</p>	<p>B. 小さな字や絵が</p> <p>① 見えた</p> <p>② 見えなかった</p>	<p>C. 光ファイバーを曲げると、赤い光は</p> <p>① 消えた</p> <p>② 出ている</p>
	<p>B. 光ファイバーを曲げると、小さな字や絵は</p> <p>① 見えた</p> <p>② 消えた</p>	<p>C. 赤い光は光ファイバーの途中から</p> <p>① 出ている</p> <p>② 出ていない</p>
<p>D. 虫は何でしょう？ いますか？</p> <div style="text-align: center;">  </div>		

LEDダイオードで信号機を作って あか・みどり・あおを点滅させよう！

毛塚博史 (東京工科大学)

鹿野川正彦 (元慶応義塾大学)

小林幸夫 (創価大学)

はじめに

道の交差点に、あか・みどり・きいろの信号機があるのを知っていますね。どんな材料を使って、色を光らせているかを聞いたことがありますか。いままでの信号機は、電球で色を光らせていました。けれども、電球は、使っているうちに切れて色が見えなくなります。新しい信号機は、LED発光ダイオードという材料のはたらきで、色を変えるようになっています。この方が長持ちすることがわかってきたからです。このほかにも、LED発光ダイオードには、すぐれたところがあります。電球で光る信号機は、西日で見にくくなります。ところが、LED発光ダイオードで光らせると、西日でもちゃんと色を見ることができます。では、きょうの実験で、LED発光ダイオードを使った信号機をつくってみましょう。

実験のまえに

乾電池に豆電球をつないで、光らせたことがありますか。なぜ電球が光るのでしょうか。乾電池の出っぱったところをプラス極といい、平らなところをマイナス極といいます。乾電池のプラス極から、豆電球を通して、乾電池のマイナス極に電気が流れるからです。

豆電球には2本のエナメル線がついています。どちらの線を乾電池のマイナス極につないでも、豆電球は光ります。ところが、ダイオードという材料は、つなぎ方を変えると光らなくなります。

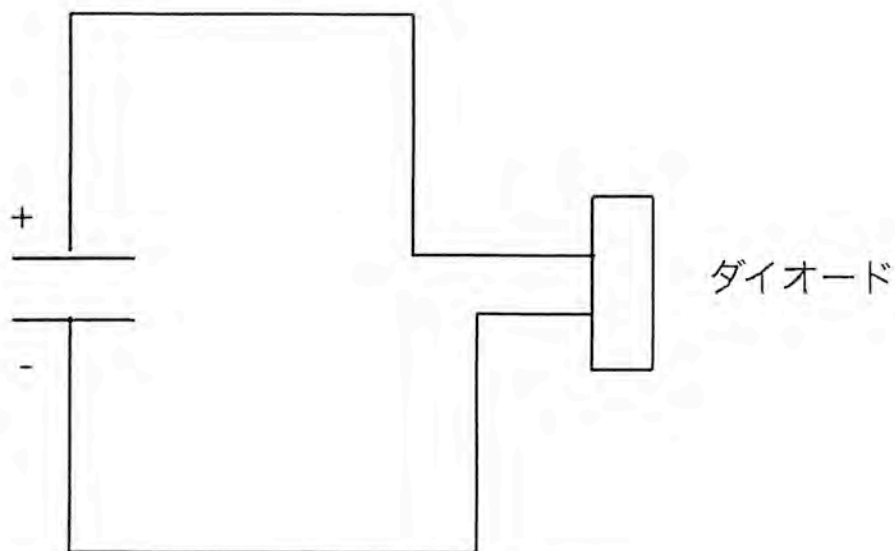
つぎの実験で、ダイオードが光るかどうか、明るさはどうかをためてみましょう。
そのまえに、ダイオードの2本の足をよく見てください。長い足と短い足とがあります。



ダイオード

実験1

(1) 乾電池のマイナス極に短い足をつないでみましょう。ダイオードが光ることをたしかめてください。



(2) こんどは、乾電池のマイナス極に長い足をつないでみましょう。ダイオードが光らないことをたしかめてください。

電気はエナメル線を通して流れます。乾電池を使う場合、この通り道は一方通行になっています。ところが、発信器という器械を使うと、電気が行ったり来たりすることができます。ちょうどみなさんがこちらからむこうに走り、むこうからこちらに走ってもどってくるようすと似ています。このように、電気が行ったり来たりするような流れを交流とよびます。1秒に50回だけ行ったり来たりする流れ方を50ヘルツといいます。では、こういう流れ方のとき、ダイオードの光り方は乾電池のときとどうちがうでしょうか。つぎの実験でためしてみましょう。

実験2

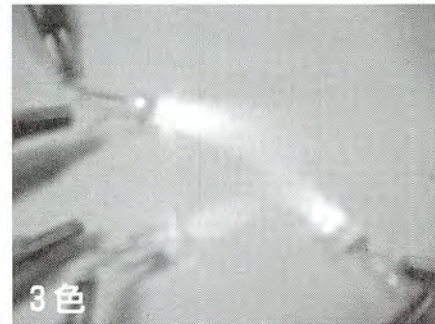
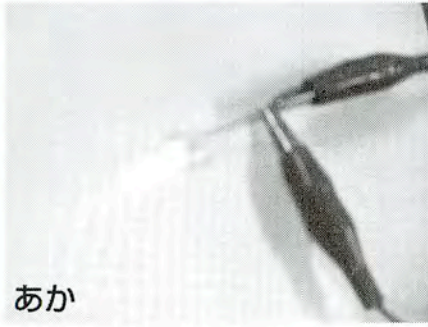
発信器とエナメル線をつないで、そのエナメル線をダイオードの足と結んでください。ダイオードが非常に速く光ったり消えたりするようになります。

[説明] ダイオードの光が消えるのは、ダイオードの中では電気が一方通行しかできないからです。交流では、電気が行ったり来たりします。このため、ダイオードに電気が通るままではなく、流れないときもあります。光ったり消えたりするようすを点滅といいます。

実験3

あかのダイオード、みどりのダイオード、あおのダイオードを組み合わせせて信号機のように点滅させてみましょう。

- (1) あかだけを光らせる場合、
 - (2) みどりだけを光らせる場合、
 - (3) あおだけを光らせる場合、
 - (4) 3色ともに光らせる場合
- をためすことができます。



写真を見ながら、実際に実験してみましょう。

[これからの勉強]

今回の説明のもっと正確でくわしい話は、学年が進んで多くのことを知ってから勉強してみてください。「電気の正体は何か」「どうしてダイオードの中では電気が一方通行しかできないのか」という疑問を覚えておき、理科の勉強を進めていくことを期待しています。

パラボラ型反射鏡を作って、 光通信をしよう！

東海大学 理学部 鈴木 恒則、藤城 武彦

東京工科大学 コンピュータサイエンス学部 毛塚 博史

(1) はじめに

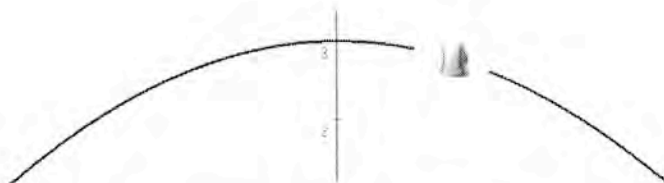


図 ボールを投げたときの放物運動の跡

君はキャッチボールを行ったことがありますね。ボールは手元から離れて一番高いところまで上がって、落下しながら相手のグローブに達します。そのボールの通った跡(軌道)は図のような曲線の放物線を描きます。それを英語ではパラボラ(Parabola)といいます。中学校の数学の時間で学習します。この放物線(パラボラ)で重要なのは光や電波や熱を集める部分があることです。それを焦点と呼びます。次の図はこの放物線を上下逆にして描かれています。放物線上で反射した光は焦点に向かって進みます。光は放物線上のどこで反射しても同じ焦点に向かって進みます。

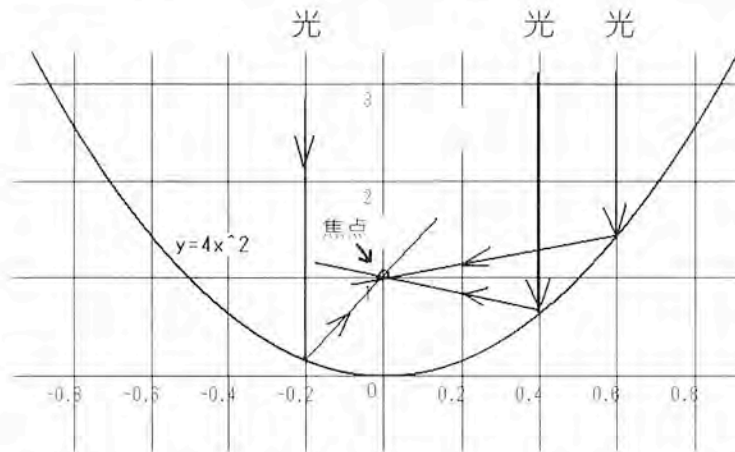
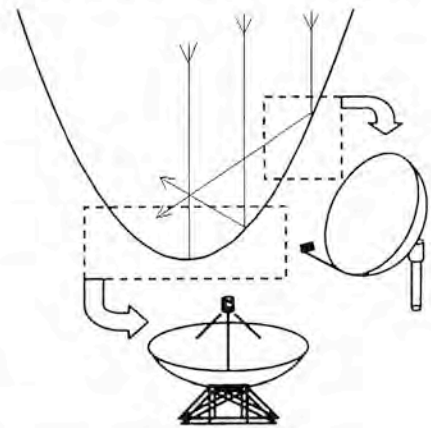


図 放物線上で反射した光は焦点に集まります。

放物面アンテナ（パラボラアンテナ）

また、図にあるように、2次元の放物面は身近なところに応用されています。たとえば、放物面の横の面を利用した衛星放送（BS）のパラボラアンテナや底の面を使った電波望遠鏡のパラボラアンテナがあります。また、反射望遠鏡の主鏡（底の鏡）も放物面鏡（パラボラ鏡）です。さらに、暗いところを照らすライトの反射鏡は放物線に近い曲線になっています。



君は屋根の上のBSアンテナを観察して、放物面になっているかを確認してください。これらの放物面は、光や電波を集めたり、遠くに飛ばしたりして利用されています。

(2) 実験の手順

- (A) 放物線（パラボラ）に光や電波が集まる焦点があることを、確かめます。放物線に接している部分で光を反射させて確かめます。
- (B) 次に、板目紙を切って、パラボラ鏡を作ります。それに、アルミ箔を張って、光や電波を反射させるようにします。
- (C) 光通信は最初に、メロデーICの曲で光の強弱を出す発光ダイオードをパラボラアンテナの焦点にセットして、平行光線を発信します。光を感じるフォト・トランジスターを受信側パラボラアンテナにセットして光を受け、スピーカで音を聞きます。
- (D) 最後に、手作りパラボラ鏡でテレビのBS放送を受信してみます。

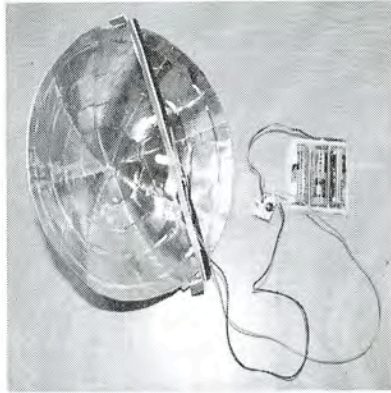


図 LEDをつけた発信側のパラボラ鏡

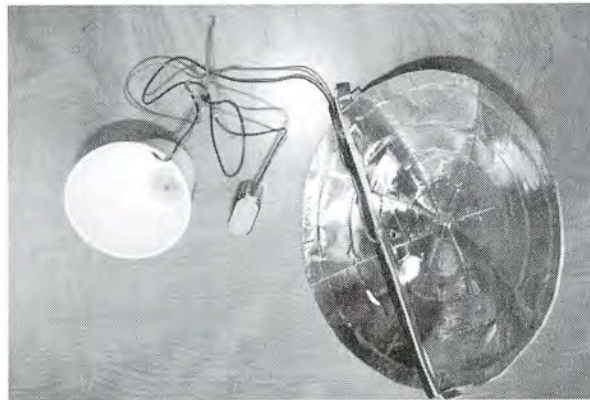


図 フォト・トランジスターをつけた受信側のパラボラ鏡

(3) パラボラ鏡の作成

パラボラ鏡は、放物線に接している接線を利用して、底が円形の立体的な三角形（円錐）を6個作ります。

パラボラ鏡はそれらを組み合わせて作ります。このパラボラ鏡の焦点は円形の中心で、高さは円の縁の高さの位置です。

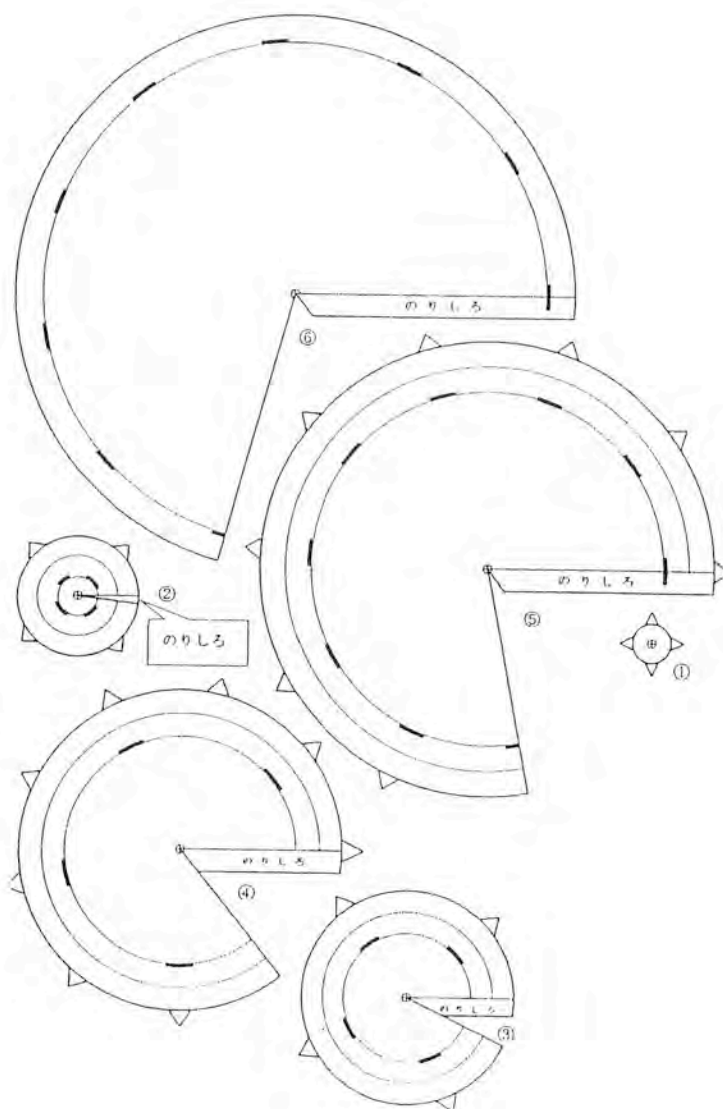


図 円錐形で放物面を作る展開図 「西村 鷹明著 『物理数学の道具箱』 p67 講談社サイエンティフィックより」

- 1) 図形①から⑥までハサミで切り取ります。このとき、小さな角状の三角形^{つのじょう}に注意しましょう。また、円の太く黒い短い部分^{ふとくろみじか}はナイフで切り抜きます。



図 はさみで切り取った型紙付き板目紙^{かたがみ}

- 2) 型紙は板目紙から取り去るので、のりしろの部分^{のりしろ}を板目紙に写しておきます。

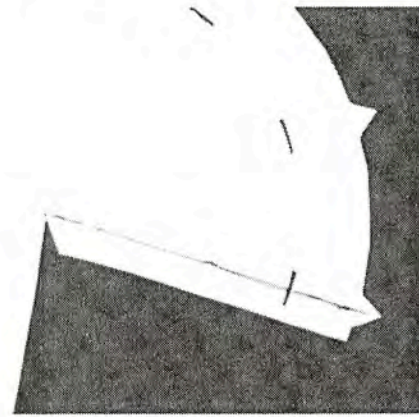
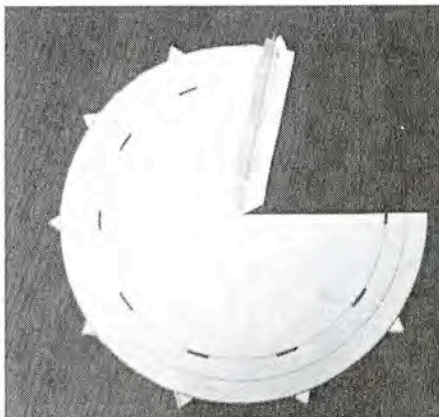


図 板目紙にのりしろの線を写しておきましょう。

3) 切り取った板目紙を、のりしろを重ねて、のりやセロテープで貼り付けます。それぞれ、6個の円錐を作ります。

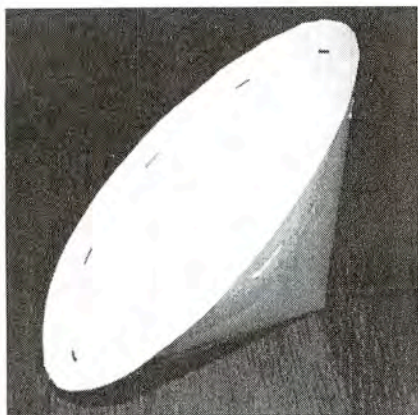


図 一番大きい 円錐形



図 6台の円錐形

4) 小さい⑥の円錐からパラボラ面を組み立てます。⑤の円錐に⑥の円錐の三角形の角を差し込みセロテープで留めて、組み立てます。順に①まで組み立てると、パラボラ面ができあがります。各円錐が浮き上がらないように、セロテープで補修します。



図 円錐形を組み立てたパラボラ鏡

5) 次に、アルミ箔を貼り付けるために、パラボラ面にスプレーのりを塗ります。アルミ箔を20cmくらい引き出し、パラボラ面に、ていねいに貼り付けます。方法は、アルミ箔を半分の10cmの部分で8つに分割するように切り分けます。切った1枚には45度の尖った角があります。尖った角をパラボラ鏡の底の中心に合わせて45度ずつ貼り付けます。最後は45度より狭くなるので調整して貼り付けます。これでパラボラ鏡の完成です。



図 アルミを貼り付けたパラボラ鏡

(4) 実験1 パラボラ鏡の焦点を確認しましょう。

「焦点は円形の中心で、高さは円の縁の高さの位置にあります」

遠くの光が焦点の位置に集まるか確かめてみましょう。また、LED（発光ダイオード）を焦点に置いて、平行な光を出してみましょう。焦点から出た光はパラボラ面で、平行光線となります。

(5) 実験2 パラボラ鏡で光通信を行います。

パラボラ鏡は2台使用します。1台は発信用で、もう1台は受信用です。

2台のパラボラ鏡の焦点の位置にLEDとフォト・トランジスターを取り付けるために橋渡しのボール紙をセロテープで取り付けます。



図 焦点にLEDとフォト・トランジスターを取り付けるための橋渡しのボール紙を付けたパラボラ鏡

(A) 発信側

メロデーICで変調した発光ダイオードをパラボラアンテナの焦点にセットして、平行光線を発信します。パラボラ鏡のボール紙の橋にリード線をはわせて、中心に発光ダイオードをセロテープでセットします。

(B) 受信側

フォト・トランジスターを受信側パラボラにセットして光を受け、スピーカで音を聞きます。パラボラ鏡のボール紙の橋にリード線をはわせて、中心にフォト・トランジスターをセロテープでセットします。

LEDが付いている発信用のパラボラ鏡を、紙コップを利用した台に取り付けて、光の方向を調整します。フォト・ダイオードが付いているパラボラ鏡で光を受けて、スピーカから、通信されている音を聞きます。どの程度遠くまで通信することができるか、実験を行ってください。

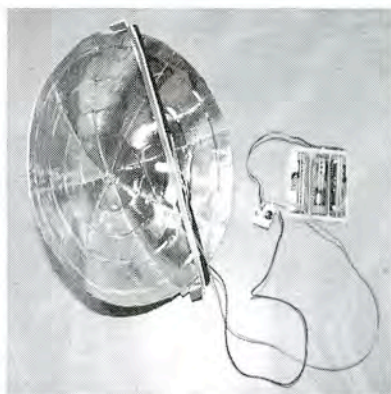


図 LEDをつけた発信側のパラボラ鏡

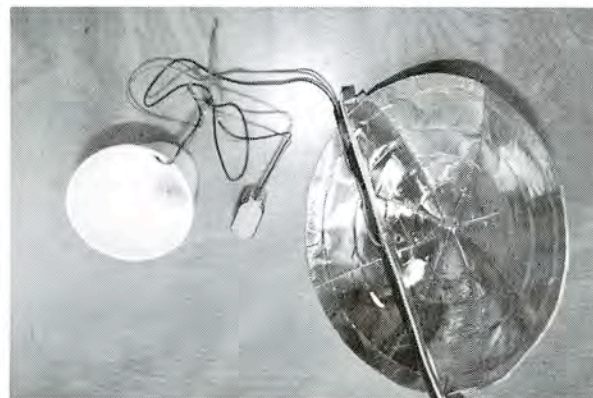


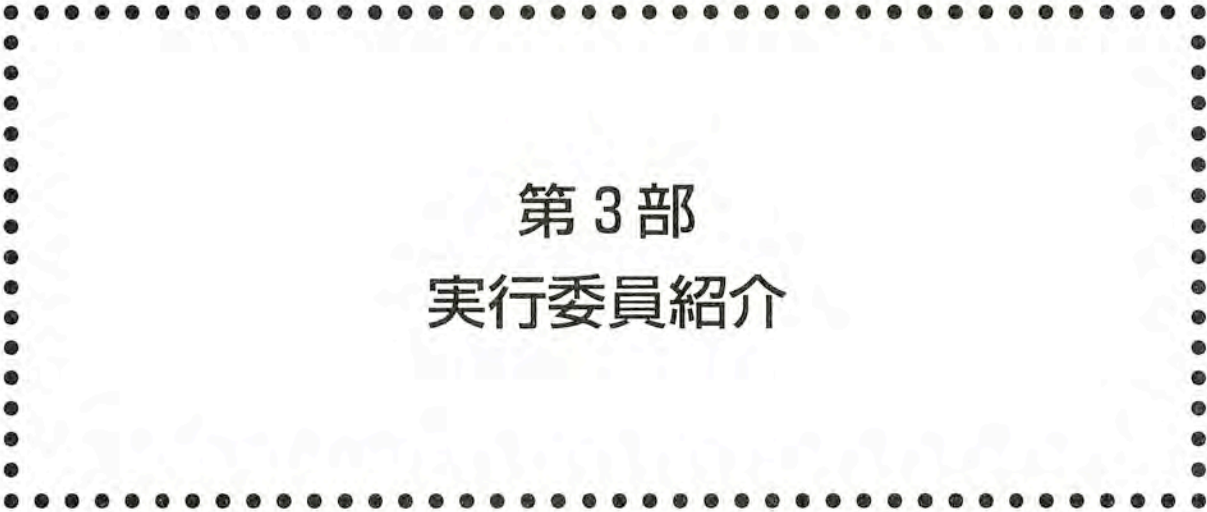
図 フォト・トランジスターをつけた受信側のパラボラ鏡

(6) 実験3 パラボラ鏡でテレビ(BS)を映してみよう。

(時間がない場合は、デモ実験となります)

受信側のパラボラ鏡のLEDとボール紙を取り去ります。テレビはBSのチャンネルにあわせ、BSアンテナの受信部分(導波管)を用意します。パラボラ鏡を南西の方向にあわせ、受信部分(導波管)を焦点に置いてパラボラ鏡の方向をBSが受信できるように調整して、BS放送を受信します。

注意：このパラボラ鏡で、目がまぶしく、強い光が当たる太陽光での実験はしないでください。目を痛めます。



第3部
実行委員紹介

第6回関東地区「リフレッシュ理科教室」実行委員

○実行委員会委員長

毛塚 博史（東京工科大） [応用物理学会 応用物理教育分科会幹事長]

①東京会場・②多摩八王子会場 実施委員長 [総務兼務] :

毛塚 博史（東京工科大・コンピュータサイエンス）

③湘南会場 実施委員長 [総務兼務] : 鈴木 恒則（東海大・理）

○実行委員（順不同）

藤川 知栄美（東海大・工）	[総務・庶務・HP・実験担当]
月岡 邦夫（玉川大・工）	[会計・実験担当]
光井 俊治（帝京大・薬）	[総務・テキスト・実験担当]
小林 幸夫（創価大・工）	[総務・実験担当]
鹿野川 正彦（元慶応義塾大）	[総務・実験担当]
鈴木 恒則（東海大_理）	[実験担当]
毛塚 博史（東京工科大・コンピュータサイエンス）	[実験担当・ポスター]
塚林 功（日本工業大・工）	[実験担当]
藤城 武彦（東海大・理）	[実験担当]
関 一（日本工業大・工）	[実験担当]
石川 和枝（元上智大）	[実験担当]
安藤 静敏（東京理科大・工）	[実験担当]
小川 賀代（日本女子大・理）	[実験担当]
那須井 美和子（帝京大・薬）	[実験担当・庶務]
長谷川 誠（千歳科学技術大・総合光科学）	[総務]
増子 寛（麻布中高）	[総務]
喜多 誠（慶応高校）	[総務]
岡本 晋一（応用物理学会）	[顧問]
白石 亨（北区教育委員会）	[総務]

第6回関東地区「リフレッシュ理科教室」
—不思議なサイエンスにチャレンジしよう！—

主催：（社）応用物理学会・応用物理教育分科会
共催：東京工科大学 協力：日本科学未来館・東海大学

発行日 平成20年7月26日

発行者 社団法人 応用物理学会
〒102-0073 東京都千代田区九段北1-12-3

編集 光井 俊治（応用物理教育分科会・帝京大学）

© THE JAPAN SOCIETY OF APPLIED PHYSICS 2008 PRINTED IN JAPAN

製作 株式会社 開発社

ISBN978-4-903968-40-7 C3042



修了証

様

あなたは、第6回関東地区「リフレッシュ理科教室」－不思議なサイエンスにチャレンジしよう！－に参加し、理科実験を楽しく体験されました。この経験を将来に活かされることを期待します。

平成20年8月 日

(社)応用物理学会・応用物理教育分科会
第6回関東地区「リフレッシュ理科教室」



実行委員長 毛塚 博史 (東京工科大学)
実施委員長 鈴木 恒則 (東海大学)