

リフレッシュ理科教室

不思議探検

2008京都

～光のなぞをとときあかそう!～

2008

8月

2日

京都市青少年科学センター
(京都市伏見区)

A 9:30 ~ P 4:30

科学講演会

「ふしぎでおもしろい
光の世界」

京都大学 教授 北野 正雄 博士



実験教室

- 「光で遊ぼう!—光の不思議
(偽札も鑑定できる!?)」
- 「偏光板を使って万華鏡を作ろう」
- 「いらなくなったCDで分光器を作ろう」

主催：（社）応用物理学会 関西支部

共催：京都市，京都市教育委員会，（独）科学技術振興機構JSTイノベーションプラザ京都，
（財）京都高度技術研究所，（社）日本物理学会京都支部，
（社）日本顕微鏡学会関西支部

後援：京都府教育委員会

協賛：三洋電機（株），住友電気工業（株），（株）日立ハイテクノロジーズ，
松下電器産業（株），三菱電機（株）

リフレッシュ理科教室^{り か きょうしつ}

2008^{きょうと} 京都

不思議探検^{ふ し ぎ たんけん}

～^{ひかり}光のなぞをときあかそう！～

2008年8月2日（土）AM10：00～PM4：30

きょうとしせいしょうねんかがく
京都市青少年科学センター

＜^{じかんわり}時間割＞

- | | |
|-------------|--|
| 10：00～10：10 | ^{かいこうしき} 開講式・あいさつ |
| 10：10～11：30 | ^{かがくこうえんかい} 科学講演会 |
| 11：30～13：00 | ^{ひるやす} お昼休み |
| 13：00～14：30 | ^{じっけんきょうしつ} 実験教室 A（1），B（1），C（1） |
| 14：30～14：45 | ^{きゅうけい} 休憩 |
| 14：45～16：15 | ^{じっけんきょうしつ} 実験教室 A（2），B（2），C（2） |

「リフレッシュ理科教室」の開催にあたって

しゃだんほうじん おうようぶつりがっかい こうえきじぎょういいんかい
社団法人 応用物理学会 教育・公益事業委員会 委員長
わたなべ かずお
渡辺 和雄
（東北大学 きんぞくざいりょうけんきゅうしよ きょうじゅ
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、たくさんの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、すば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・保護者の皆様へ＞

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。

「リフレッシュ理科教室」開催によせて

おうようぶつりがつかい かんさいしぶちょう
応用物理学会 関西支部長
たにぐち けんじ
谷口 研二
きょうじゅ
(大阪大学 教授)

おじいさんやおばあさんがまだ子供だった頃、家の中にはテレビやゲーム機はありませんでした。その頃の子供たちは、ごみ捨て場にあったラジオや時計を持ち帰ってはドライバーなどでそれらを分解して遊んでいました。小学校高学年になる頃には、分解したガラクタ(スピーカー、モーター、ゼンマイ、スイッチ、磁石など)が「おもちゃ箱」に一杯になっていたのです。子供はいつも「おもちゃ箱」のガラクタを使って何を作ろうかと考えていて、「面白いものを作ったね…」と友達やお母さんにほめられると、嬉しくなっていました。昔の子供たちはこのような経験を通して、「大人になったら、モノ作りができる技術者になろう」と思ったのです。

一方、最近の子供たちは携帯電話やゲーム機などの遊び道具に熱中し、液晶画面の中の「仮想の世界」では英雄になっています。ストレスの多い生活環境の中で、唯一、気晴らしができる楽しい時間なので仕方がないのかも知れません。でも、一度、液晶画面のスイッチを切って、昔の子供たちのようにガラクタで真剣に遊んでみませんか。ガラクタの組み合わせで面白いものができることを知れば、「モノ作り」にのめり込んでしまうかも知れません。

今回のリフレッシュ理科教室では、身の回りのもので意外なモノを作ったり、手品のように「あれっ、おかしいな」と思える題材を選んでいきます。工作したモノや実験の結果が不思議だな…。と思えたら、あなたは発明家になれる才能があります。不思議の理由を考えてみて、それでも分からなければ先生方に聞いてください。不思議を「なぜ」のままに放っておかず、理解する努力をすれば、きっと理科や工作は大好きになるでしょう。

もく じ 目 次

かがくこうえんかい 科学講演会

「ふしぎでおもしろい 光の世界」

p. 1

工学博士 きたの まさお 先生
北野 正雄

きょうとだいがくだいがくいん こうがくけんきゅうか きょうじゅ
京都大学大学院 工学研究科 教授

じっけんきょうしつ 実験教室

A. ひかり あそ び 光で遊ぼう — ひかり ふ し ぎ 光の不思議 — さつかんてい 二セ札鑑定もできる? ~

p. 9

B. へんこう ひかり せ かい 偏光した 光で世界をみてみよう

へんこうばん じっけん まんげきょう
— 偏光板を使った実験と万華鏡作り —

p. 13

C. いらなくなった CD でぶんこうき 分光器をつくろう

p. 21



ふしぎでおもしろい^{ひかり}光^{せかい}の世界

きたの まさお
北野 正雄*

あそ 光と遊ぼう

光は、わたしたちにとって空気と同じようにとても身近な^{みぢか}ものです。昼間^{ひるま}だけでなく、夜中^{よなか}でさえ、明るい光の中で生活しています。今日は、光と遊びながら、その役目^{やくめ}や性質^{せいしつ}について考えてみたいと思います。そして、ふだんあまり気づかない、光のすごさ、おもしろさ、ふしぎさにふれてほしいと思います。



やくめ 光の役目

地球上の生物はすべて太陽からの光のエネルギーにたよって生きています。植物は太陽の光と水と二酸化炭素^{にさん かたんそ}から体の材料^{ざいりょう}や活動^{かつどう}のエネルギーとなる炭水化物^{たんすいかぶつ}をつくり出しています。これを光合成^{こうごうせい}といいます。光合成によってつくられた炭水化物は、食物連鎖^{しょくもつれんさ}によって他の生物の生きる手段^{しゅだん}となります。光合成によってつくられる酸素^{さんそ}も生物にとってはなくてはならないものです。

田畑^{たはた}や森^{もり}は太陽の光エネルギーを受ける装置^{そうち}だと考えられます。人間一人分の食料^{じきりょう}をつくるためには運動場^{うんどうじょう}の数倍^{すうばい}の田畑が必要だといわれています。そこでできた植物はそのまま食料になる場合と家畜^{かちく}のえさとして使われる場合があります。

また、石油^{せきゆ}、石炭^{せきたん}は何万年まへの生物の死がいからできているので、太陽エネルギーの「かんづめ」ということができます。

光は動物にとっては、ものを見る手段^{しゅだん}としても利用されています。音やにおいも重要^{じゅうよう}ですが、光が高速^{こうそく}に、まっすぐ進む性質^{しゆしつ}や色のちがいが、獲物^{えもの}や天敵^{てんてき}をすばやく正確に見つけだすのに利用されています。

*北野先生の研究について詳しく知りたい人は先生の所属する電気電子工学科のホームページを見てみよう。

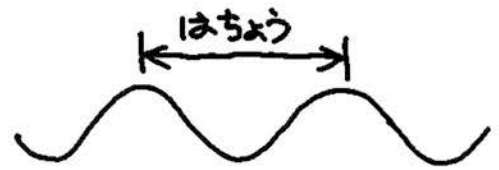
京都大学工学部・電気電子工学科 <http://www.s-ee.t.kyoto-u.ac.jp/>

光ってなに？

光はとても身近な^{みぢか}ものですが、「ところで、光っていったい何？」とたずねられると困^{こま}ってしまいますね。これにちゃんと答えたのがマクスウェルというイギリスの科学者です。彼は、光は「電^{でん}気^きと磁^じ気^きの波^{なみ}」であるということを、数^{すう}式^{しき}と実^{じつ}験^{けん}を組み合わ^あせることによって発見しました。150年ほど前のことです。その後、光のなかまである「電^{でん}波^ぱ」が発見^{けいたいでんわ}されました。電波は携帯電話やテレビ、ラジオでおなじみですね。

色と波長^{はちよう}

海や池の波を思い出して、絵に描^かいてみてくだ^さい。波はギザギザしていますが、そのあ^あら^らさ、こま^{こま}かさを表^{あらわ}すめ^めやすが波長^{はちよう}です。波長は、ギザギザの山^{やま}のてっ^てぺん^{ぺん}からつぎの山^{やま}のてっ^てぺん^{ぺん}までの長さです。



光の波の波長は 1 ミリメートルの 2000 分の 1 ほどの長さです。絵にはとてもかけないほどの細かいギザギザです。1 ミリメートルの 1000 分の 1 の長さを 1 マイクロメートル、さらにその 1000 分の 1 を 1 ナノメートルとよびますが、光の波長はナノメートルをつかつて表^{あらわ}すことが多いです。

光の波長のちがいは、人間には色のちがいとして感じられます。たとえば、650 ナノメートルぐらいの波長の光は赤色に、500 ナノメートルは緑^{みどり}に、350 ナノメートルは紫^{むらさき}に見えます。(携帯電話に使われている電波の波長は数 10 センチメートルで、光にくらべるとずっと長いです。)

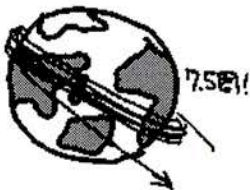
太陽の光や蛍光灯の光は白色に見えますが、これはいろいろな波長の光がまざりあったものだからです。まざりあった光を波長(色)にしたがって整^{せい}理^りすることを分^{ぶん}光^{こう}といいます。虹は雨粒^{にじ}によって、太陽の光が分^{ぶん}光^{こう}されたものです。プリズムや CD は分^{ぶん}光^{こう}のはたらきをします。

光^{はや}の速^{すみ}さ

光は、1 秒間に約 30 万キロメートル(地球を7周半！)進みます。ジェット旅客機^{りょかくき}

は、ほぼ音の速さで飛^とんでいます。それでも1秒間にせいぜい 300 メートルしか進みませんから、光がとびぬけて速いことが分かるでしょう。光より速いものは、たぶん存在^{そんざい}しないと思われています。

このように速い光ですが、地球から月までは 38 万キロメートルあるので、おうふくに 2.5 秒もかかってしまいます。ですから、月にいる人と電話をすると、とても話しくいことでしょう。火星は月の 200 倍もはなれていますから、電子メールでないとむりでしょうね。



小さい量、大きい量のあらわしかた

1 キロメートルが 1000 メートル、1 ミリメートルが 1000 分の 1 メートルであることは知っているでしょう。「キロ」は 1000 倍、「ミリ」は 1000 分の 1 倍を表すことばで、補助単位^{ほじょたんい}とよばれています。補助単位は大きい量や小さい量を表すためにつかわれます。つぎのように、大きいものから小さいものまで、1000 倍、1000 分の 1 倍ごとに決められています。

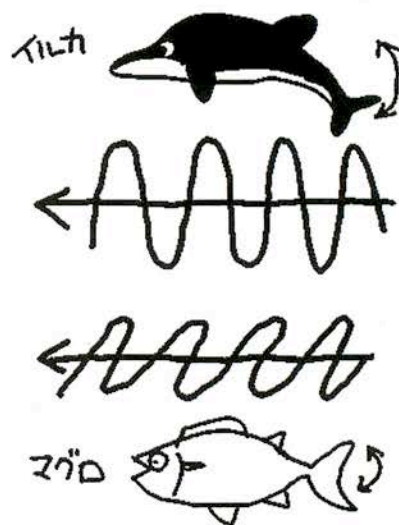
小さい		大きい	
m ミリ	$1/10^3 = 1/1000$	k キロ	$10^3 = 1000$
μ マイクロ	$1/10^6 = 1/1000000$	M メガ	$10^6 = 1000000$
n ナノ	$1/10^9 = 1/1000000000$	G ギガ	$10^9 = 1000000000$
p ピコ	$1/10^{12} = \dots$	T テラ	$10^{12} = \dots$
f フェムト	$1/10^{15}$	P ペタ	10^{15}
a アト	$1/10^{18}$	E エクサ	10^{18}
z ゼプト	$1/10^{21}$	Z ゼタ	10^{21}
y ヨクト	$1/10^{24}$	Y ヨタ	10^{24}

この中のいくつかはきっと聞いたことがあるでしょう。たとえば、1 マイクロメートルは 1 ミリメートルの 1000 分の 1、1 ナノメートルは 1 マイクロメートルのさらに 1000 分の 1 といったぐあいです。「10 億分の 1 メートル」より「1 ナノメートル」のほうが、いいかたが簡単^{かんたん}で便利^{べんり}でしょう。原子の大きさは約 0.5 ナノメートル (nm)、太陽ま

での距離は 140 メガメートル (Mm) などということができます。光の速さは秒速 0.3 ギガメートル (Gm) です。この他に、100 分の 1 をセンチ (c)、10 分の 1 をデシ (d)、10 倍をデカ (da)、100 倍をヘクト(h)であらわします。

光のかたより(偏光)

魚は泳ぐときに、体をうねらせながら進みますが、種類によって縦にうねらせるものと、横にうねらせるものがあるでしょう。光の波も縦にうねうねするものと、横にうねうねするものがあります。これを光のかたより、あるいは偏光といいます。蛍光灯や太陽の光は縦むきと横むきの両方の光がまざっています。偏光板という道具を使うと、一方の種類の光だけを取り出すことができます。



す。偏光板の向きを縦むきに合わせると、縦むきの光だけが通ります。横むきに合わせると横むきの光だけが通ります。どちらの場合も光のつよさは半分になります。

縦むきの偏光板と横むきの偏光板を重ねると、すっかり光が通らなくなって、まっ黒になってしまいます。ところが、2枚の偏光板のあいだに、ガラスびんやセロファンテープ、CD のケースなどをおくと、あらふしぎ、少し光がとおるようになります、ななめむきの偏光板をおいても光がとおるようになります。

パソコンやテレビに使われている液晶パネルは、偏光を利用して画像を表示しています。偏光板を画面にかざしてみれば、それをたしかめることができるでしょう。

偏光は反射にも関係します。反射する面が水平のとき、横むきの光はよく反射されますが、縦むきの光だとほとんど反射しません。このしくみを使ったものに魚つり用のサングラスがあります。偏光板で横むきの反射光を止めると、水の中がよく見えるようになります。

光と電波は仲間

携帯電話やテレビやラジオの放送^{ほうそう}につかわれている電波は光の仲間です。光と同じ速さで空中を伝わってゆくことができます。ただ、光の波長が数 100 ナノメートルであるのに比べると、電波の波長は数センチから数 100 メートルとずいぶん長いものです。電波は金属^{きんぞく}以外のものであれば、不透明なものでもおとりぬけることができます。まっすぐ進む性質が光にくらべて弱いので、光がとどかないかげの部分^{ぶぶん}にもとどくことができます。カーテンをしめた部屋^{へや}の中などでも携帯電話が使えるのはこのおかげです。

現代人にとっての光 — はたらく光

現代の人間は、光をエネルギーとしてや、ものを見るためだけでなく、さらに生活を便利^{しぜんげんしょう}にしたり、自然現象をしらべるために利用しています。例をあげてみましょう。

1. 分光器^{ぶんこうき}

分光器^{ぶんこうき}は光の波長をはかったり、光を波長ごとに分別^{ぶんべつ}する装置^{そうち}です。分光器のなかには、三角屋根形のガラスでできたプリズムや回折格子^{かいせつこうし}が入っていて波長を分ける働き^{はたら}をしています。

回折格子はガラスや金属の板の上に、光の波長とおなじぐらいのせまい間隔^{かんかく}（1 マイクロメートルぐらい）で畑のうねのようにみぞが刻まれたものです。CD や DVD も回折格子と同じようにみぞがあるので波長をわける働きをします。CD や DVD の裏側を光にかざすと虹色^{にじいろ}に見えるのはそのためです。このように波長によって分けられたものを光のスペクトルといいます。

スペクトルを見ると、もとの光がどのような波長の光からできているかを知ることができます。太陽の光と蛍光灯の光はどちらも白に見えますが、分光器を通してみると、ずいぶんちがって見えます。スペクトルを調べると、光を出しているものの性質や、そこに含まれている物質の種類を知ることができます。たとえば、太陽がヘリウムや水素でできていることは、太陽のスペクトルを調べるとわかるのです。

CD をつけた分光器は簡単につくることができます。(このテキストに作り方が書いてあるので、ぜひ挑戦してみてください。)

2. 光ファイバー通信

私たちは毎日のように、携帯電話やパソコンで遠くにいるひとと話をしたり、メールや写真の交換をしますが、この舞台裏で光が活躍しています。光ファイバーとよばれる、かみの毛ほどの太さのガラスの糸の中に光をとおして声や文字や絵や音楽をデータとして送っているのです。光ファイバーは深い海底を通して、外国にまでつながっています。みなさんの家の前の電柱にも光ファイバーがたくさん通っています。



声も絵も文字も送りたいものをすべて 0 と 1 がならんだ列で表します。たとえば、「蛙」という文字は 111010001001101110011001 になります。これをデジタルデータといい、列の長さをビットといいます。そして、光を消したら 0、光をつけたら 1 という約束を光ファイバーのむこうの人としておけば、データに合わせて光をつけたりけしたりすることで、データを伝えることができます。1本の光ファイバーで、1秒間に、なんと約 100 億個分のデジタルデータを送ることができます。

3. ものさしとしての光

はじめて知る人も多いとおもいますが、光は長さを測る正確なものさしとしてつかわれています。

長さの単位である 1 メートルはどのようにきめられているか知っていますか？ 19 世紀のフランスの科学者たちが世界中のひとびとがおなじ単位を仲よくつかう時代がくることを夢みて、地球の一周の 4 万分の 1 の長さを 1 メートルとさだめたのです。そのままではつかえないので、地球の大きさをはかった結果をもとに、1 メートルの長さの白金(けっこんゆびわでおなじみのプラチナ)でできた金属のものさを作り、各国に配りました。メートル原器とよばれるものです。このおかげで、それま

であったおびただしい数の長さの単位はしだいに使われなくなりました。オリンピックで 100 メートル走ができるのも、共通きょうつうのものさしのおかげなのです。

金属ぼうの棒では温度おんどの影響えいきょうなどで正確な長さをはかることは難むずかしいので、原子が発する光の波長をものさしとしてつかうことが考えだされました。1960年にクリプトンという原子からの光の波長の 1650763.73 倍の長さを 1 メートルとすることが決められました。「光のものさし」をつかうことになったのです。光の波長は数 100 ナノメートルと非常に小さいので、細かいものをはかる目盛めもりとしてはたいへん便利なのです。

数十年前の工場では、数マイクロメートルまではかれる道具があれば十分でしたが、現在のハイテク工場では数ナノメートルをはかれないと製品がつくれないようになってきています。技術がすすむと、さらに正確なものさしが必要になってきます。そのため、1983年には 1 メートルを「光が真空中しんくうを 1/299792458 秒の間に進む距離」ときめなおすことになりました。

技術の進歩で 1 秒をきめる時計の正確さがよくなったことと、光がどんな場所でもかならず同じ速さで進むことを利用して、どこでもだれでも使える、よりよいものさしとして提案されたのです。

4. 光の時計

光は時間をはかるものさし、つまり時計としても使われるようになってきました。人間は長い間、時間のものさしとして地球ちきゅうの自転じてんをつかってきました。つまり、地球が 1 回自転する時間が 1 日というわけです。これを $24 \times 60 \times 60$ でわった時間が 1 秒です。

1 日の長さを分割して、何時何分何秒を知るために時計がつくられ、時代とともに改良され正確なものになってきました。正確なふりこ時計ができるようになると、1 日の長さが一定ではなく変化していることが分かってきました。そこで、より正確な回転である地球の公転、つまり太陽の回りを一周する時間をものさしとすることになりました(1954年)。しかし、公転も少しふらふらしていることが分かってきたので、

より正確な原子の出すマイクロ波は しんどうの振動を使うことが考え出されました。マイクロ波は電波の一種で光の仲間です。1967年に、1秒を「セシウム原子の出すマイクロ波の振動時間の 9192631770 倍の時間」とすることになったのです。セシウム原子をつかった時計は原子時計げんしどけいとよばれ、数 10 万年たっても 1 秒ほどしかくありません。ふつうの時計は 1 日で 1 秒ぐらいずれてしまいます。

原子の出す光をつかうと、もっと正確な時計ができることが分かってきたので、今では 10 億年で 1 秒しかくわない光時計かいはつの開発が各国で行われています。

5. GPS — カーナビ

最近さいきんの車にはカーナビ(GPS)がついていて、知らない土地でも迷うことまよなく、目的地につくことができます。GPS はたくさんの人工衛星じんこうえいせいからの電波をうけることで、自分の場所ばしょを知ることができる装置です。

地面の上では、2 つの地点からの距離きょりが分かれば、その場所をいいあてることができます。このことを 3 角測量さんかくそくりょうの原理げんりといいます。

巻尺まきじゃくのかわりに、きまった時間の間隔かんかくで目印めじるしのついた電波を出しつづけています。GPS の受信装置は、この目印を調べて、それぞれの人工衛星までの距離を知り、3 角測量の原理で自分の位置を決めることができます。GPS の場合は 4 つの衛星を使って、自分のいる高さもとと正確な時刻も知ることができます。

電波につける目印は正確でないと、自分の場所がきちんと求められません。そのため、人工衛星には正確な原子時計がつみこまれています。

さいごに

光のことをいろいろお話しましたが、どうでしたか？ 少しは光と仲良くなれたでしょうか？ 今日、お話しできなかった、光の役目や光の性質はまだまだたくさんあります。学校の授業などで光の話が出てきたら、すこし気合いを入れて勉強してみてください。人類の生存じゅぎょうにとって大切な環境せいぞんやエネルギーかんきょうの問題にも、光の勉強はきっと役に立つと思います。

= 実験教室 =

A. 光で遊ぼう — 光の不思議

～ ニセ札鑑定もできる？ ～

虹には7色の光（赤、橙、黄、緑、青、藍、紫）が見えます。また、カラーテレビを近くで見たり、虫めがねで拡大して見てみると、赤、緑、青の3つの色の細かい点からなっているのがわかります。

「光で遊ぼう」の実験では、カラーテレビや蛍光灯に使われている蛍光体というものを使って、いろいろな色の光を作ったり、身の回りにあるお金（お札）やカードなどに隠された秘密？や、洗剤、さらには栄養ドリンクなどを利用して、「光の不思議」を楽しく体験します。普段の生活で気付かずに使用している物にも、隠された「光の不思議」が数多く存在しているのです。

準備

ブラックライト：紫外線という目に見えない光を出すライト

赤色、緑色、青色を発する3種類の蛍光体粉末、小型容器、白色紙
お札、洗剤、栄養ドリンクなど

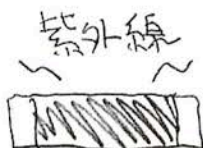
実験上の注意

蛍光体粉末は口や鼻に入れないこと。

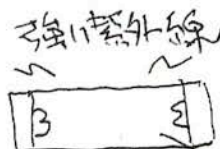
ブラックライトは無害ですが、長い時間直接見ないようにしてください。



普通の蛍光灯



ブラックライト



殺菌灯

実験 1 (蛍光体からいろいろな色を作ろう)

カラーテレビや蛍光灯に使われている蛍光体の白い粉を使って、蛍光体の不思議を実感し、またいろいろな色を作ってみましょう。

1

3種類の蛍光体をビンから少量ずつ取り、それらを使って白い紙の上に、字や絵を描いてみましょう。蛍光体は白色の粉末なので、ふつうの光をあててもほとんど区別ができません。これにブラックライトをあてるとどうなるかを観察しましょう。これはかくし絵といわれるものです。

2

3種類の蛍光体をほぼ同じ量だけ混ぜて容器をよく振って混ぜあわせ、これにブラックライトをあててどんな色になるか見てみましょう。
さらに、各蛍光体の加える量を変えて、発色光が真っ白になるようにがんばりましょう。

3

つぎに、3種類の蛍光体をいろいろな割合で混ぜて容器に入れ、ブラックライトをあててどうなるかを確かめましょう。このとき、それぞれどのくらいの割合で混ぜたか、メモをしておきましょう。

じっけん 実験2（ニセ札鑑定？）

さいきんはっこう 最近発行されている日本のお札やドル、ユーロ等の海外のお札に隠された、
かずかず 数々の「ニセ札防止策」をたんけん 探検します。また、身の回りにあるものにブラッ
クライトをあてて、どのようにひか 光るか見てみましょう。

1

ようい かつこく さつ 用意した各国のお札にブラックライトをあてて、ホログラフ
ー、じ き せんぞう も じ 磁気、潜像文字など、かく 隠されたニセ札防止の工夫をさつぼうし くふう しら 調べて
みましょう。

2

かくしゆ 各種のカード、は が き いんさつぶつ 葉書、印刷物などにブラックライトをあて、
それらにいろいろ も じ え たすうかく 色々な文字や絵が多数隠されていることを見てみま
しょう。

3

せんざい えいよう 洗剤、栄養ドリンク、じぶん き 自分の着ているふく 服などにブラックライト
をあて、どんなふうにも ひか 光るかを見てみましょう。

実験 3（自分だけの秘密の絵を描こう）

ブラックライトをあてると赤、青、緑に光る蛍光体絵の具をつかって、自分の好きな絵を描いてみよう。見た目には白にしか見えませんが、うまく思い通りの色を作ることができるかな？ 誰にも知られたくない秘密文書もできるかも！

1

蛍光体絵の具を適当に混ぜ合わせて、自分の好きな絵を描いてみてください。うまく混ぜないと思いつ通りの色ができませんよ。

2

できあがった絵にブラックライトをあてて、思ったとおりの絵ができているか確かめてみましょう。

おまけ

家に帰ってからもいろいろと試してみたいという人へ。最近ではインターネットでブラックライトや蛍光体絵の具を買うことができます。下にはその一例を示しておきます。これ以外にも買うことができる場所はたくさんありますので、インターネットで調べてみてください。

ブラックライト：<http://www.ureruzo.com/bl.htm>

蛍光体絵の具：<https://www.diyna.com/webshop/sinloihi/paint04.html>

= 実験教室 =

B. ^{へんこう} ^{ひかり} ^{せかい} 偏光した光で世界をみてみよう

— ^{へんこうばん} ^{つか} ^{じっけん} ^{まんげきょう} 偏光板を使った実験と万華鏡作り —

^{わたし} ^{ひかり} ^{さまざま} ^{もの} ^{ふうけい} ^{みて} ^{ひかり} ^{せいしつ}
私たちは光で様々な物や風景を見ています。光にはたくさんの性質があ
^{せいしつ} ^{りよう} ^{どうぐ}
り、それらの性質をうまく利用すると、役に立つ道具やおもしろいおもちゃ
^{こんかい} ^{ひかり} ^{せいしつ} ^{へんこう} ^{つか} ^{じっけん}
ができます。今回は光の性質のうち偏光を使った実験をしてみましょう。

^{ひかり} 1. 光とは？

^{ひかり} ^{でんぱ} ^{なかま} ^め ^み ^い ^{ひかり} ^{でんき} ^{しんどう}
光は、電波の仲間のうち目に見えるものを言います、光は電気の振動が
^{すす} ^{ほうこう} ^{すいちよく} ^{なみ} ^{ようす} ^{えが} ^ず
進む方向に垂直になっている波です。その様子を描いてみたのが図1です。
^{なみ} ^{ちょうてん} ^{ちょうてん} ^{きより} ^{はちょう} ^{ひかり} ^{ばあい}
波の頂点からとなりの頂点までの距離を波長といって、光の場合は380～
780ナノ(ナノは10億分の1)メートルくらいです。^{おくぶん} ^{ひかり} ^{はや} ^{しんくうちゅう}
光はとても速く、真空中
^{くうきちゅう} ^{ちきゅう} ^{しゅうはん} ^{びよう} ^{すす}
や空気中ではたった1秒で地球を7周半もします。(1秒で30万km進みます。
^{みず} ^{えきたい} ^{こたい} ^{なか} ^{はちょう}
す。)ただし、ガラスや水、プラスチックなど液体や固体の中では、波長や
^{そくど} ^{ちい}
速度が小さくなります。

^{ひかり} ^{いろ} ^{はちょう} 2. 光の色と波長

^{ひかり} ^{いろ} ^{はちょう} ^{みじか} ^{じゅん} ^{むらさき} ^{あい}
光は波長により違う色に見えます。波長の短いほうから順に、紫、藍、
^{あお} ^{みどり} ^き ^{だいだい} ^{あか} ^ず ^{あかい} ^{いちばんはちょう} ^{なが} ^{ひかり}
青、緑、黄、橙、赤となっていくます(図2)。赤色は一番波長の長い光
^{はちょう} ^{ひかり} ^{みじか} ^{しがいせん} ^{なが} ^{せきがいせん} ^{たいよう}
ですね。波長が光よりも短いと紫外線、長いと赤外線といわれます。太陽や
^{けいこうとう} ^{ひかり} ^{しろ} ^み ^{いろいろ} ^{はちょう} ^{ひかり}
蛍光灯の光は白く見えますが、これは色々な波長の光がまざっているため
^{おんがく} ^{うら} ^{にじいろ} ^み
です。シャボン玉や音楽のCDの裏が虹色に見えることがあります。これは
^ま ^{ひかり}
混ざっていた光がわかれたためです。

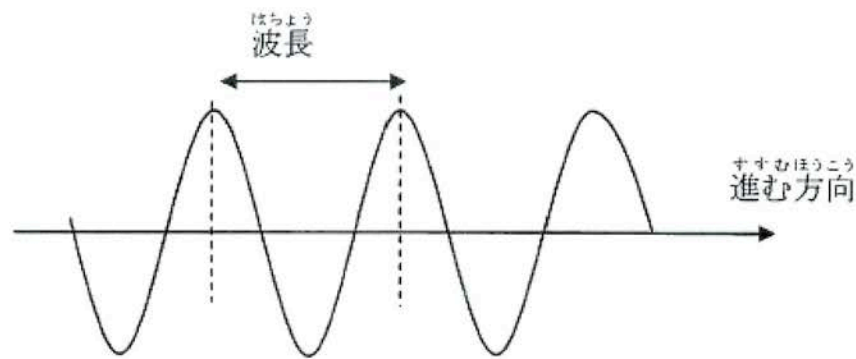


図1 光の波長

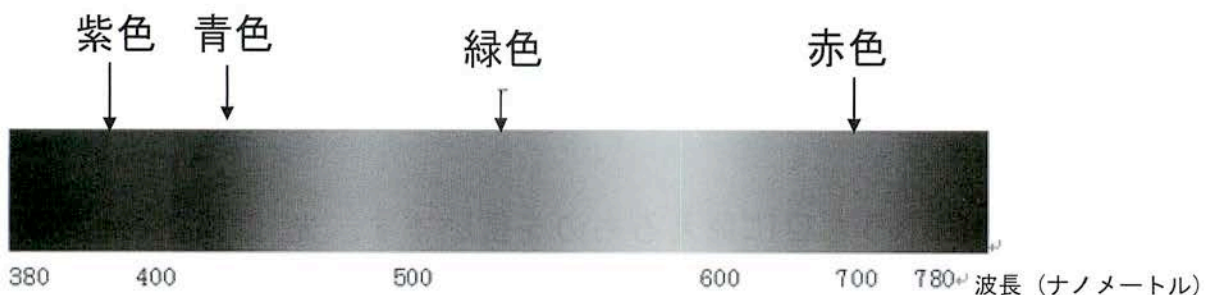


図2 人間が見える光 (単位はナノメートル)

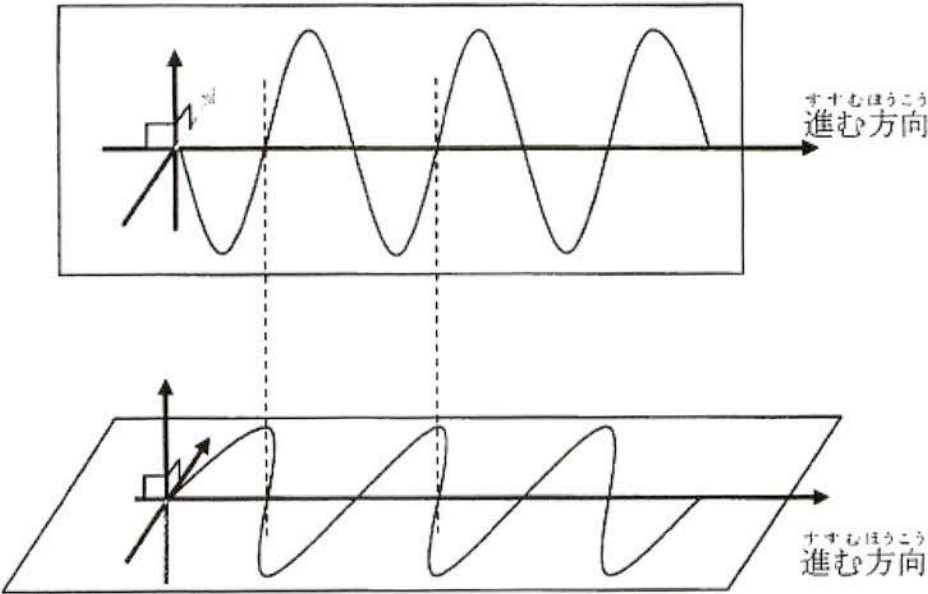
3. 偏光板ってなに？

電気の波の振動には、いろいろな向きがあります。例えば図3のように、波の進む方向が同じでも波の向きが違います。ふつう、光はさまざまな方向に振動する波がまざっています。

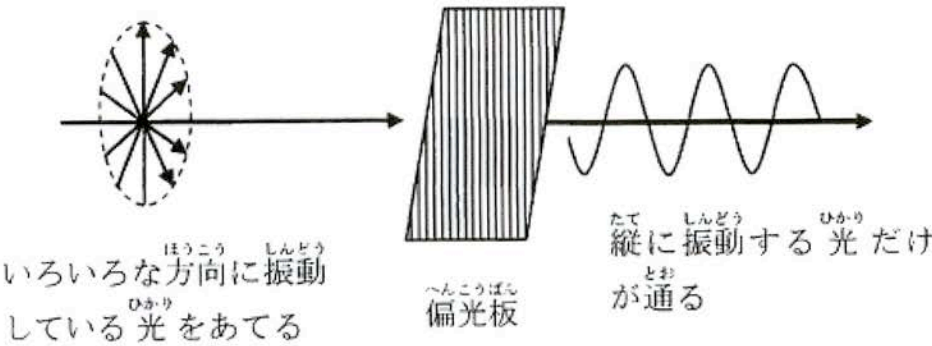
偏光板は、決まった向きに振動する光だけを通し、後は通さない性質を持った不思議な板です。図4のように色々な方向に振動している光を左から偏光板に当てます。偏光板を通り抜けた後は、縦に振動する波の光だけになっています。偏光板の向きを横にすると、横に振動する光だけを通します。

この偏光板を2枚重ねてみると、重ね方によって、光が通ったり、通らなかったりすることがわかります。これは、図5のように偏光板の向きがポイ

ントで、2枚の偏光板の向きが同じだと光 は通りますが、垂直 だと光 は通
 りません。 中間 だと半分ぐらい光 を通します。



ず
 図3 電気の振動の向き



ず
 図4 偏光板の向きと光 の通り抜けの様子

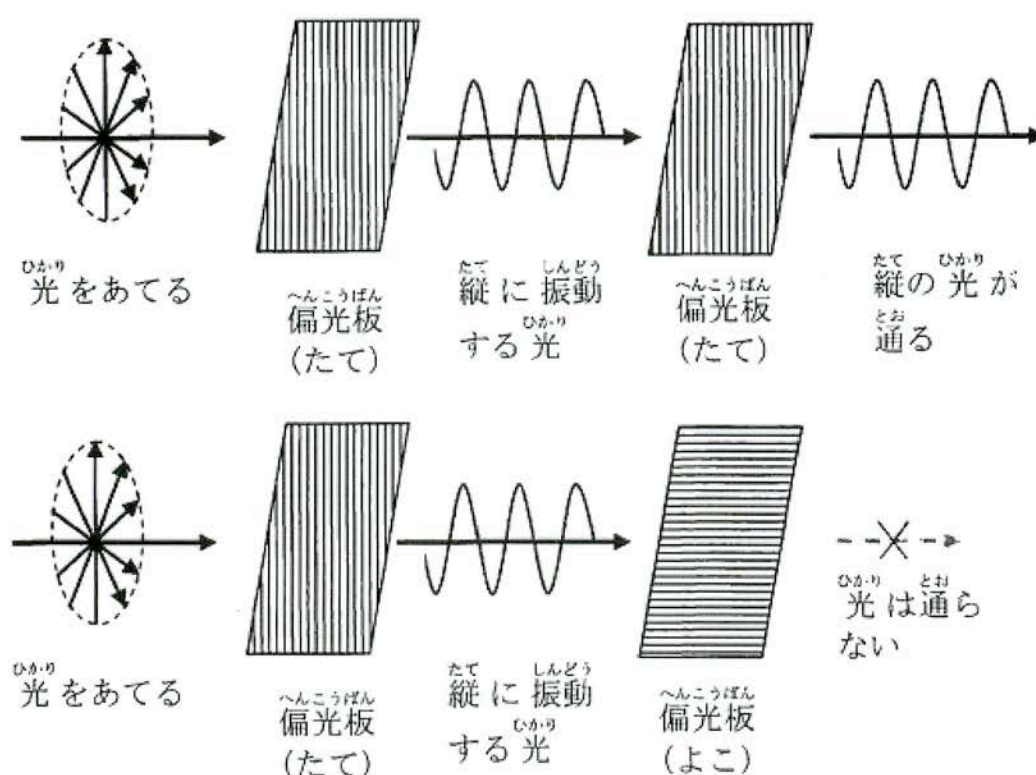


図5 偏光板の向きと光の通り抜け（実際の偏光板には線はありません）

液晶テレビの画面を偏光板を通して見ると偏光板の向きにより画面が見えたり、見えなくなったりします。（図6）

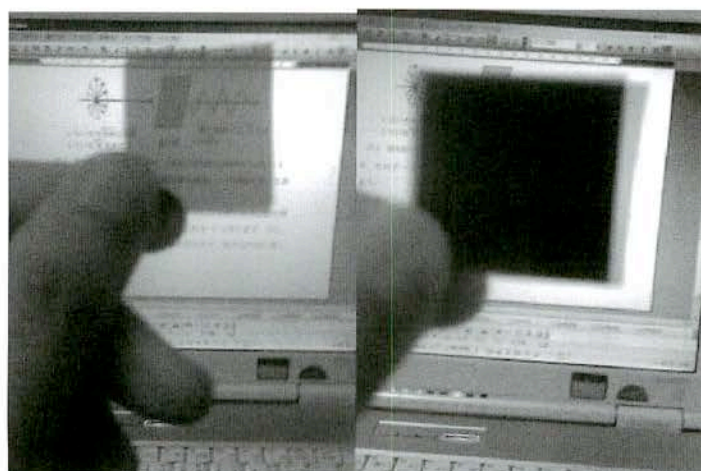


図6 偏光板の写真（左：偏光板の向きが同じ，右：偏光板の向きが垂直）

へんこうじっけんはこ

4. 偏光実験箱をつくろう.

ようい

<用意するもの>

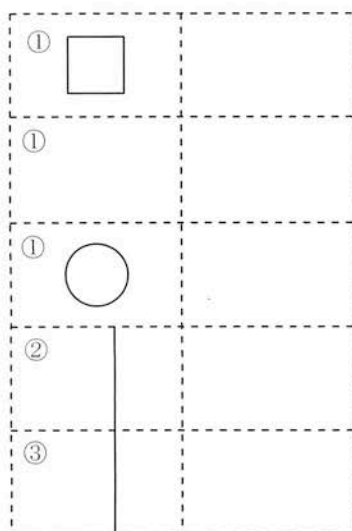
- 厚紙 (あつがみ) (まるや四角が印刷されたもの) (図7)
- プラスチックの丸い筒 (まるいつつ) (太いものと細いもの1本ずつ) (ふとい) (ほそい)
- 偏光板2枚 (へんこうばん まい)
- セロファン
- セロテープ, 両面テープ (りょうめん)
- ハサミ, カッター
- マジック
- マジックボール

かみ はこ

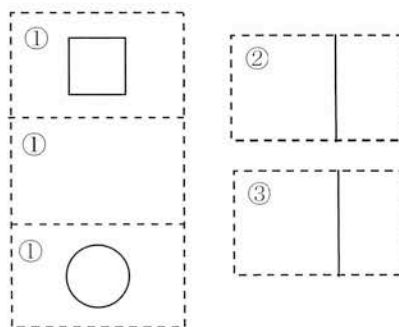
紙の箱をつくります.

1. 厚紙のまわりの部分をミシン目にそってとります.

①は3まい分, ②, ③は1まいずつに分けます. (図8)



ず はこ だいし
図7 箱の台紙



①の3枚は切り離さないように

ず だいし き わ
図8 台紙の切り分け

2. ①の^{しかく}四角とまるを^{きと}カッターナイフで切り取ります。

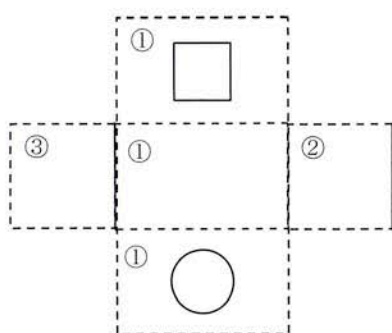
②、③は^{せん}線にそって^{きわ}はさみで切り分けます。

①の^{めぶぶん}ミシン目の部分にセロテープをはります。

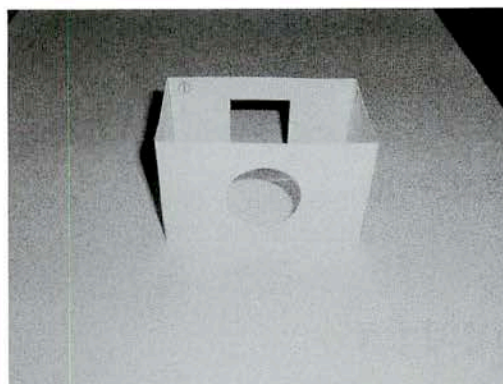
①の^{しかく}四角の^{あな}穴より^{へんこうばん}おおきく偏光板を切り取り、^{しかく}四角の^{あな}穴をおおうようにセロテープで^{へんこうばん}偏光板をはりつけます。

①の^{よこ}横に②と③をセロテープでとめます。(図9)

^めミシン目にそって^{おま}折り曲げ、セロテープでとめて^{はこ}箱をつくれます。(図10)

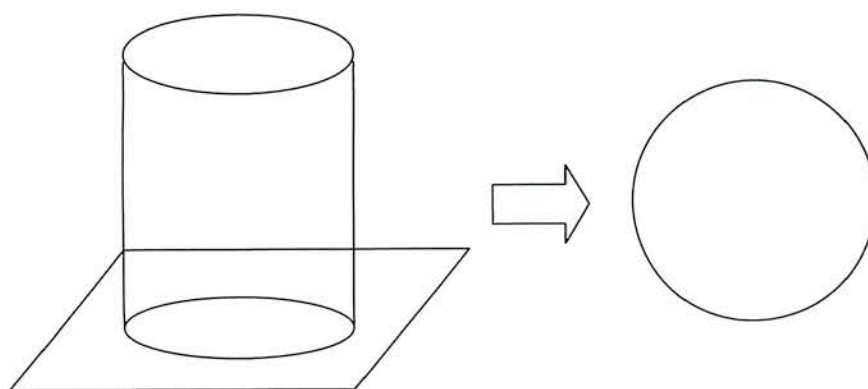


ず ^{だいし}台紙のはりあわせ
図9



ず ^{はこ}箱の部分の完成図
図10

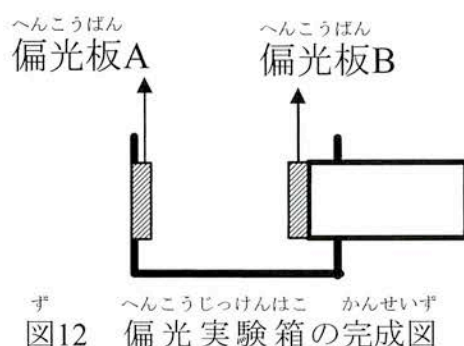
3. ^{へんこうばん}偏光板を次のようにして^{えんけい}円形に^き切ります。(図11)



ず ^{まるつつ}丸筒への^{へんこうばん}偏光板のはりあわせ
図11

ふと 太い方のプラスチック丸筒にそってマジックで印を入れます。その印より
すこ ちい へんこうばん き と へんこうばん まるつつ はし りょうめん
少し小さく偏光板を切り取ります。切り取った偏光板を、丸筒の端に両面テ
ープで止めます。

4. 偏光板をつけた丸筒を2. でつくった箱の丸穴の部分に差し込みます。完成
したものは図12 のようになります。



5. 実験

- 2枚の偏光板を通して光を見てみましょう。丸筒をまわして偏光板Bをまわすと通ってくる光の強さはどうなりますか。
- いよいよ偏光実験箱を使って実験です。基本的には偏光板A、偏光板Bの間に
見たいものを入れ、偏光板Bを回して通ってくる光の変化を見ます。(図13)
まず、偏光板Bをまわして一番暗くするようにしてください。偏光板Aと偏光板
Bの間に余った偏光板を入れてみましょう。光の見え方はどうになりましたか。
- スライドガラスにセロテープを貼ってください。もう一枚セロテープを前
にはったセロテープに一部分だけ重なるようにしてはてしてみます。これを
偏光実験箱で見てみましょう。テープの重なったところと重なっていないと
ころでどのように違いますか。

4. 透明のスーパーボールを偏光実験箱でみてください。スーパーボールを指で押さえるとどうなりますか。
5. いろんなものを偏光実験箱でみてください。どのようにになりましたか。
6. 入れるものを変えることで見え方が変わりますね。これを利用した、簡単な万華鏡のつくり方も説明します。

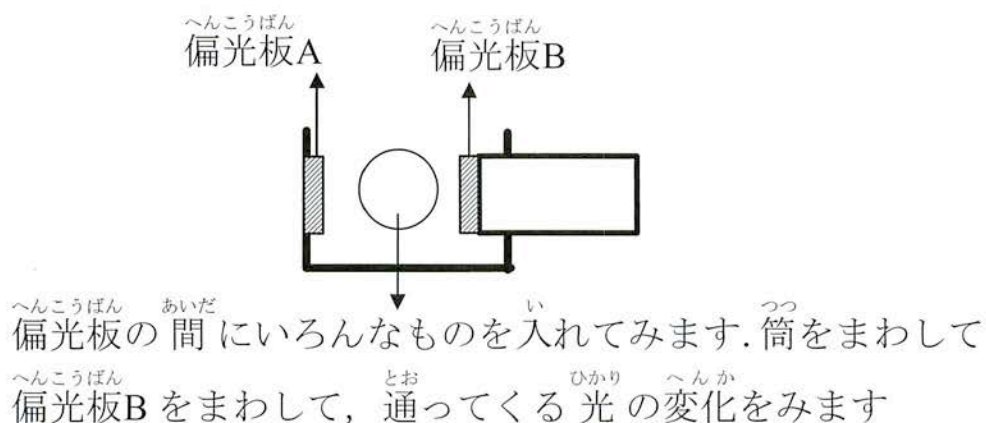


図13 偏光実験箱の使い方

これは偏光板を使っているためです。また、太陽の光が水面から反射する時のまぶしい光は決まった方向に振動しているので、これをさえぎる偏光板を使うと釣りのときに便利なサングラスになります。

C. いらなくなったCDで分光器を作ろう

1. 分光器って？

分光器とは光を色ごとに分ける機械のことです。皆さんも知っているように日常生活にはたくさんの色の光が存在します。例えば、雨が降ったあとに出来る虹を見ても分かるように、太陽から来る白い光はいろいろな色の光が含まれています。分光器を使えば、このいろいろな色が混ざった光を、光の特徴を使っていろいろな色に分けることができます。

2. 光は波？（光の回折、干渉）

なぜ、分光器を使うと光を色ごとに分けることができるのでしょうか。詳しいことは省略しますが、それは光が波の性質を持っているからです。一言で波の性質といってもいろいろありますが、分光器では波の“回折”と“干渉”

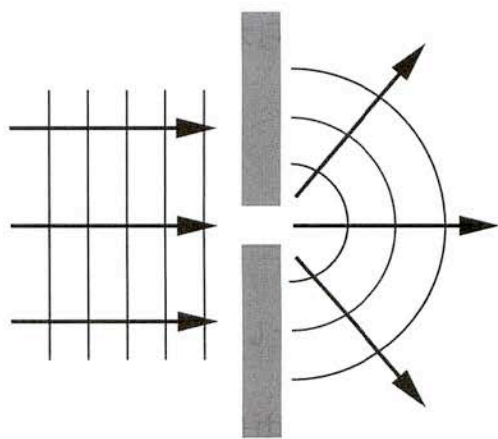


図1. 光の回折現象

という2つ性質を使っています。まず、波の“回折”というのは図1のように波が狭いところを通過するときに起こる現象です。例えば、物陰でも携帯

でんわ 電話が使えるのは でんぱ 電波が かいせつ 回折

するからです。テレビやラジオ

もこの現象のおかげで見たり

聞いたりできるのです。ただ、

光の波長はあまりにも短いた

め、日常生活の中では 光の

かいせつげんしょう 回折現象を目にする 機会 はあ

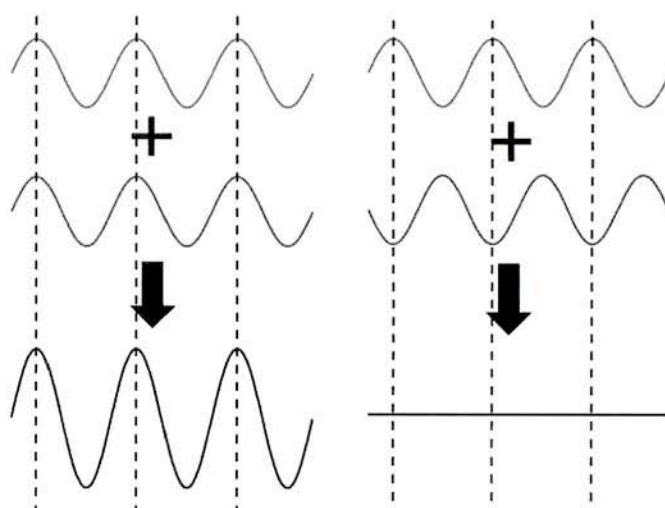


図2. 光の干渉

りませんが、この回折現象の発見は、光が波である 有力な証拠 になりました。

また、図2のように2つの波がぶつかりあった時に強め合ったり、弱め

合ったりする現象のことを波の“干渉”と言います。この2つの現象を使

って分光器は作られています。

3. 分光器のしくみ (回折格子)

分光器はいったいどうやって光を分けているのでしょうか。それは、簡単に言

うと、分光器の中に入っている“回折格子”というものが光を色ごとに分け

てくれているのです。“回折格子”というのは、ピカピカの表面にすごく狭い

間隔で小さな溝がほられています(図3のような形をしています)。その“回折

格子”に光が当たると、光が回折され、スクリーン上で干渉を起こします。

また、光が^{かいせつ}回折されるときに光
の色によって^{かんしょう}干渉を起こす場
所が^{ちが}違うので、色ごとにスクリ
ーン上に^{うつ}写る場所が^{ちが}違います。
つまり、それが私たち人間の目
には光をいろいろな色ごとに
分けているように見えるので
す。今日の^{じっけん}実験で皆さんが使う
CD（あるいはCD-R）の^{ひょうめん}表面も

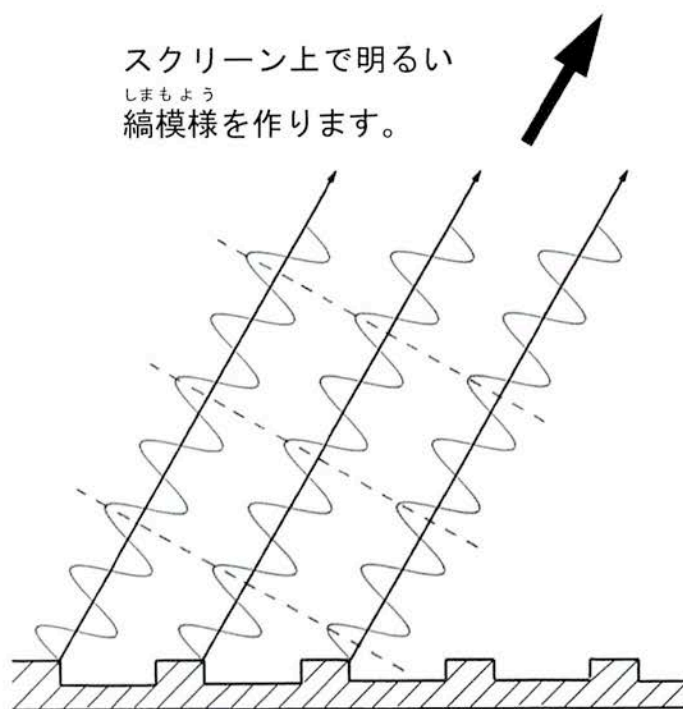


図 3. ^{かいせつこうし}回折格子

これに良く似た形をしているので、^{かいせつこうし}回折格子の代わりに使うことができます。

4. 分光器の組み立て

4.1 ^{じゅんび}準備するもの

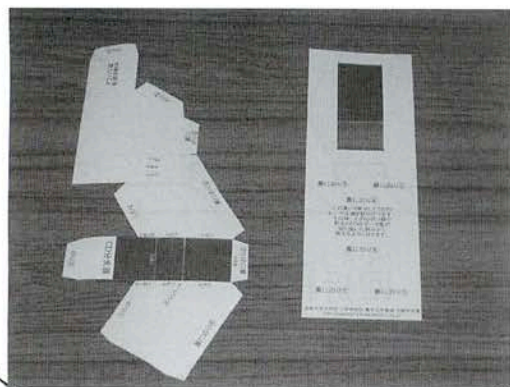
- ① ^{ぶんこうき}分光器の^{かたがみ}型紙
- ② いらなくなった CD または CD-R
- ③ はさみ、のり、カッター

注意： ^{じゅうぶんちゅうい}十分^{しょう}注意して使用して下さい！！

4.2 組み立て

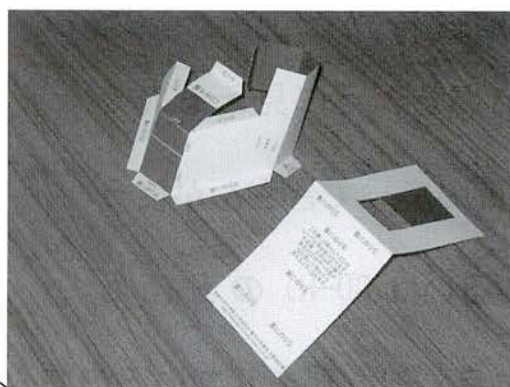
①

かたがみ き め
型紙を切り抜こう。スリットも
わす 忘れずに切りましょう。



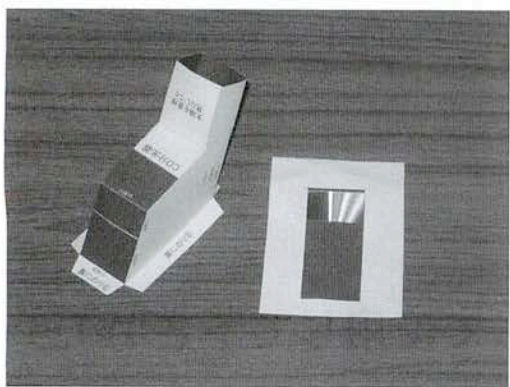
②

かたがみ やまお たにお
型紙を折ろう。山折り、谷折り
まちが 間違えないように。



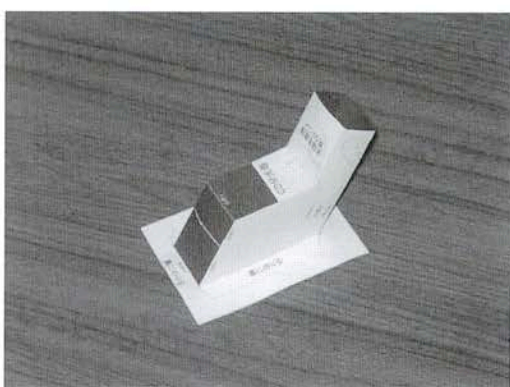
③

のり付けしよう。すうじ じゅんばん
数字の順番
にのり付けするとかんたん
簡単です。



④

かんせい
ついに完成。



4.3 いろいろな光を見てみよう

日常生活にはいろいろな光がありますね。例えば、太陽の光や部屋の照明はどちらも同じ白い光ですが、本当に同じ白い光でしょうか。今回の実験で皆さんが作った分光器を使って観察してみてください。何か違いが見えるかも知れませんよ。日常生活には他にもいろいろな光があるので、いろいろためしてみるとおもしろいですよ。

注意： 太陽のような強い光は直接見ないように！！

補足：

今回の実験で使用した分光器の型紙は、京都大学、北野先生の研究室 web サイト (<http://www-lab15.kuee.kyoto-u.ac.jp/>) からダウンロード出来ます。

ふろく 付録

- ・ CD (コンパクトディスク)

右の図 4 は CD の表面を電子顕微鏡で見た写真です。小さな溝が非常に狭い間隔でほられているのが分かります。円盤の円周方向(図の縦方向)にはいろ

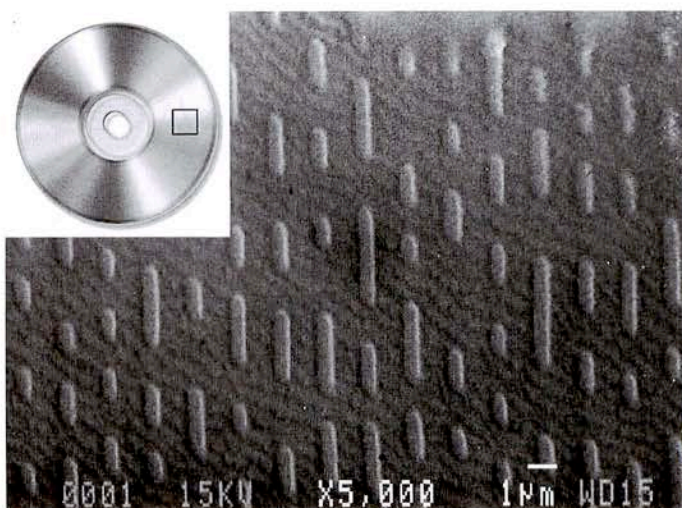


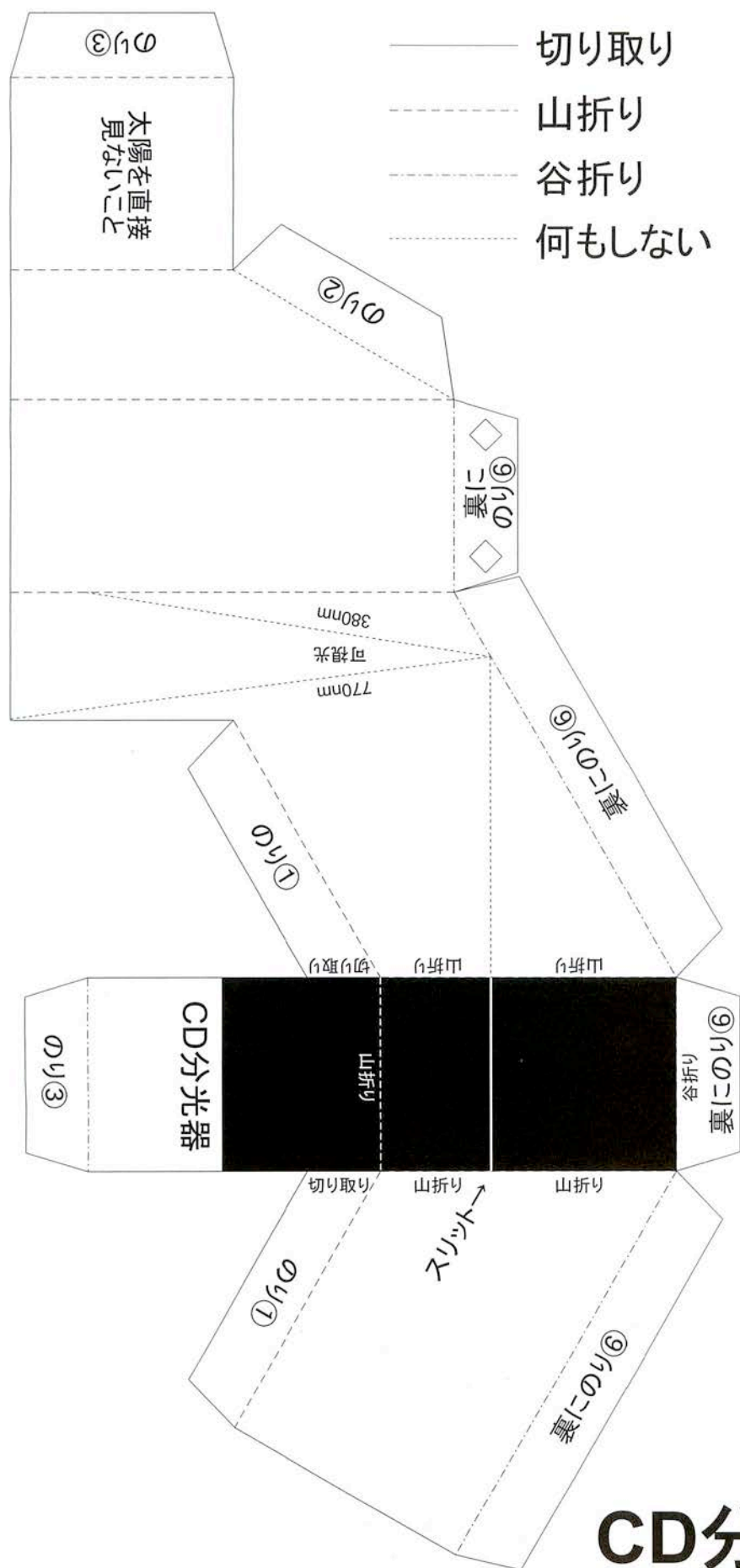
図 4. 電子顕微鏡で見た CD の表面

いろな長さの溝^{みぞ}がほられています。この溝^{みぞ}があるかないかでデータを読み取っているのです。また、円盤^{えんばん}の直 径 方 向^{ちよっけい} (図の横方向^{よこ}) には一定の間隔^{いってい}で溝^{かんかく}がほられています。これが今回の実験^{じっけん}で使ったように回折格子^{かいせつこうし}の役割^{やくわり}をするわけです。この直 径 方 向^{ちよっけい}の溝^{みぞ}の間隔^{かんかく}は、CD だと $1.6 \mu\text{m}$ 、DVD だと $0.74 \mu\text{m}$ と^{マイクロメートル} 正確^{せいかく}に決まっています*¹。

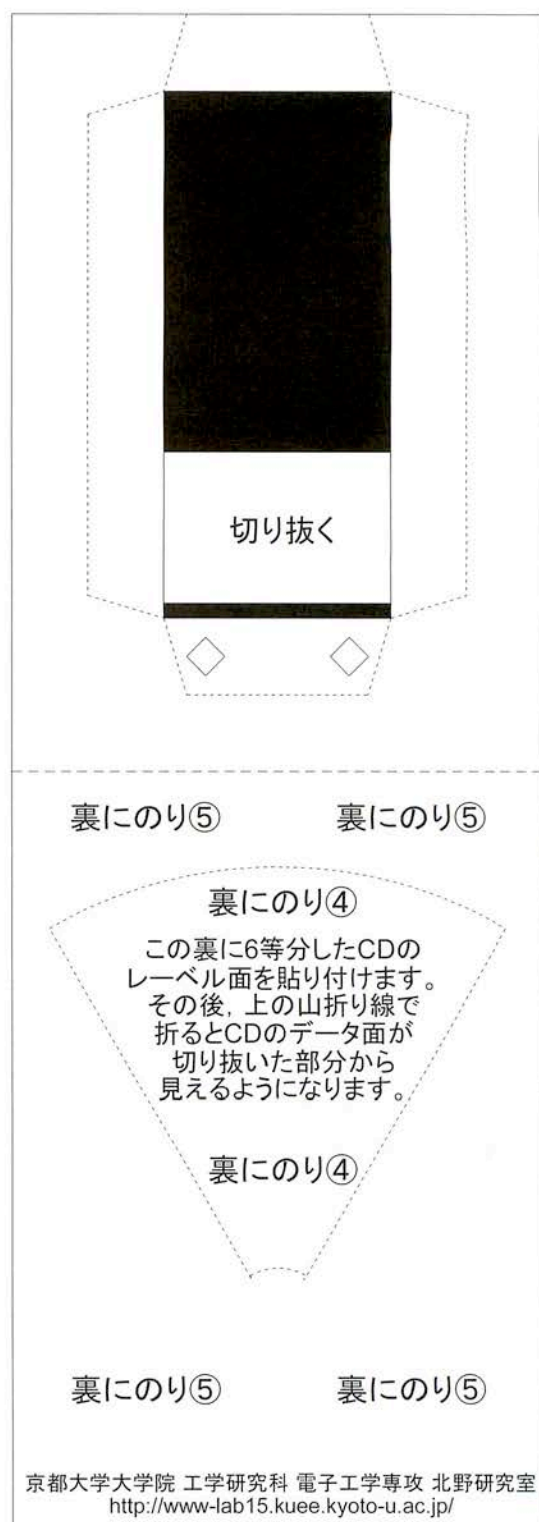
・ 追加実験^{ついかじっけん}

今回の分光器^{ぶんこうき}を作る実験^{じっけん}では、回折格子^{かいせつこうし}の代わりに CD (CD-R) を使いました。例えば、CD の代わりに DVD を使えばどうなるでしょう。回折格子^{かいせつこうし}が光を分けることができる原理^{げんり}にヒントがかくされています。実は、回折格子^{かいせつこうし}にほられている溝^{みぞ}の間隔^{かんかく}によって光を分けることができる能力^{のうりよく}が違います。溝^{みぞ}の間隔^{かんかく}が狭^{せま}くなるとその能力^{のうりよく}は高くなり、光をさらに細かく分けることができるようになります。なので、CD に比べて溝^{みぞ}の間隔^{かんかく}が狭^{せま}い DVD を使った方がさらに光をこまかく分けることができるでしょう。最近^{さいきん}では、さらに溝^{みぞ}の間隔^{かんかく}がせまい HD-DVD や Blu-ray disc といったものもありますので、ためして見るとおもしろいかも知れません。

¹ $1 \mu\text{m}$ は 0.001mm です。

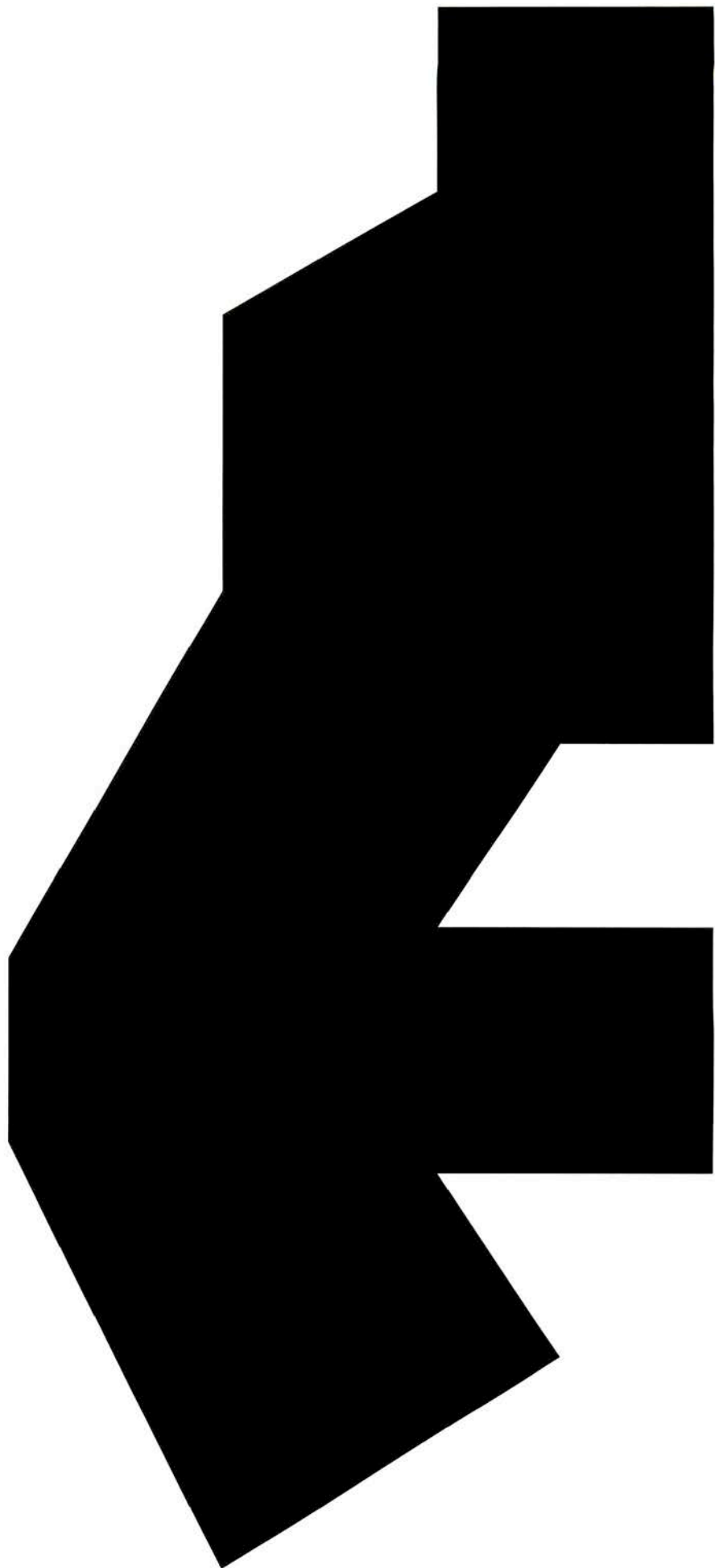


—— 切り取り
- - - 山折り
- - - 谷折り
..... 何もしない



CD分光器の展開図

スリットは切り抜くのではなく、定規を添えてカッターで1度切るのみにして下さい。
のり付けは番号順に行うと組み立てやすいと思います。
CD-Rが通常のCDより反射率が高く、見やすいようです。



社団法人応用物理学会

「リフレッシュ理科教室 2008 京都」 テキスト

不思議探検 ～光のなぞをときあかそう！～

発行者： 社団法人応用物理学会

発行日： 2008年8月2日

編集： 一色俊之（応用物理学会関西支部，京都工芸繊維大学）

© The Japan Society of Applied Physics

ISBN 978-4-903968-32-2 printed in Japan

あこがれの選手を追いかけて、強くなっていく。



熱い闘いを何度も観て、多くのものを学んでほしい。

感動のシーンを高精細に観る、残す。パナソニックのフルハイビジョン技術。

ボクだって、いつか自分より大きな相手を投げとばすんだ。

汗だくで練習に励む子供たちが見つめる中、世界の頂点を決める

闘いが始まります。パナソニックの「ブルーレイディーガ」は

フルハイビジョン高画質のまま長時間録画が可能。

世界の選手が躍動する姿を色あせることのない感動として残します。



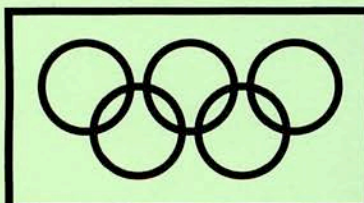
「ブルーレイディーガ」なら、
オリンピックを高画質にたっぷり録れます^{※1}。

パナソニックのフルハイビジョン録画技術により、
1枚のブルーレイディスクに約18時間^{※2}の長時間録画が可能。
さらに、いつもお使いのDVDディスク^{※3}にも、
フルハイビジョンで残せます。

新・ヒューマンビエラ
VIERA

ブルーレイディーガ
DIGA
Blu-ray

Official Worldwide Olympic Partner



Panasonic

詳しくはパナソニックホームページで panasonic.co.jp/olympic/

※1.対応機種：BW950/BW800/BW700/BP500 ※2.片面2層（50GB）ブルーレイディスクにHEモードで録画時。
※3.DVD-RAM/DVD-R/DVD-R DL（CPRM）に対応。（12cmディスクのみ）＊画質はイメージです。画面はハメ込み合成です。

松下電器