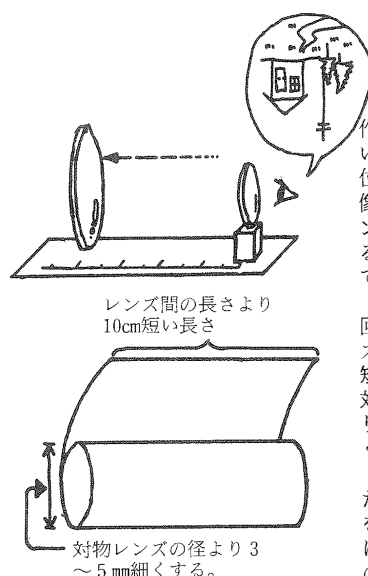


望遠鏡を作ろう

[対象：小学校3年生以上]

★ねらい 望遠鏡の製作活動を通して、光の屈折や、像のできかたなど●レンズの性質を理解させる。また、望遠鏡を自分で作り上げる満足感を味わわせ、天体観測への意欲を喚起させる。



テーブルの上に製作に使うレンズを置いて、対物レンズの位置を変えながら、像を結ぶ位置で、レンズ間の長さを測る。1cmか5mm刻みで十分。

筒は厚紙を2〜3回巻いて作る。レンズ間の距離より10cm短い長さで、外径が対物レンズの直径より3〜5mmくらい細くなるようにする。

内側を黒く塗る。ただし、接眼レンズをとりつける方40mmは塗り残す(接着剤の効果を妨げないようにするため)。

1 作り方

[準備物]

- ・紙筒 (印刷機用の原紙の芯などを利用するか工作用紙を巻いて作る)
- ・接着剤 (木工用ボンドなど発泡スチロールを溶かさなないものがよい)
- ・発泡スチロール (一辺が5cm程度の立方体：紙筒の内径よりやや大きいものが適当)
- ・布ガムテープ (幅10〜15mm程度の物)
- ・布ガム両面テープ (幅10〜15mm程度の物)
- ・レンズ対物用1枚 ・レンズ接眼用3枚
- ・フィルムの空きパック ・墨汁 ・糸
- ・カッター (はさみ) ・カッターマット
- ・クリップ ・工作用紙

図1 鏡筒長測定と鏡筒の作り方

2) 筒の外径 (直径) を決める。

筒の外径 (直径) は対物レンズの直径より5mm程度小さくする。これが、望遠鏡の胴体 (鏡筒) になる。

※筒は、印刷原紙の芯などの丈夫な紙筒を切るか、工作用紙や厚紙を巻いて作るとよい。特に、焦点距離が長いレンズを使う場合は、工作用紙を巻いて作った方が無難である。

1) 内側を墨汁などで黒く塗る。

○一方の端から4cmくらいは塗らない。

2) 紙筒を上手に作るコツ。

- 1) 糊または接着剤を薄く均等に塗る。
- 2) 接着剤が乾かないうちに素早く巻く。
- 3) 接着剤が完全に乾くまで、糸などで数箇所縛っておくと端まできちんと接着できる。
- 4) 内側に内径に合わせた木片などを芯にすると巻きやすい (巻いた後は抜く)。
- 5) 巻きつける前に紙にくせをつけておく。

(1) 望遠鏡の胴体 (鏡筒) の製作

1) 鏡筒の長さを決める。

<測定方法>

製作に使用する対物レンズを遠くに、接眼レンズを手前に持ち、接眼レンズのすぐ後ろからのぞいて、風景像が見える位置を見つける。そのときの二つのレンズ間の長さを測る。測定したレンズ間の長さより10cm程度短い筒を作る。

※会場で多数の参加者に製作指導するときは、あらかじめ、測定を行っておいた方がよい。

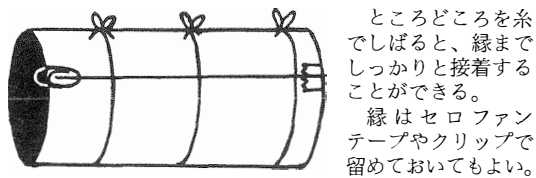


図2 紙筒の接着方法

(3) 接眼チューブの製作。

1) 工作用紙を2~3回巻いて丸めて、接眼チューブを作る。

①長さは8~10cm。

②外径は27mm程度にする。

※チューブの中も墨汁で塗る。(先に塗っておいてから巻く方がよい)。

幅8~10cmの厚紙を2~3回巻いて接眼チューブを作る。要領は鏡筒を作ったときと同じ。外径が27mm前後(フィルムケースの内径より小さい)にする。内側は、黒く塗る。

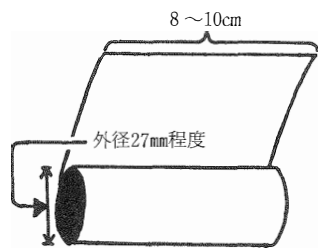


図3 接眼チューブの作り方

(4) 接眼チューブ差込部をつくる。

1) 発泡スチロールを筒の内側に入るように円形に削る。筒の内径より気持ち太めの円柱型にする。

※時々、筒と合わせながら削り、削り過ぎないように注意すること。筒の内側に押し込んで固定するので、きつめにつくる。

2) 接眼チューブの太さにあわせ、円柱型に削った発泡スチロールの中央に穴をあける。

※チューブが抜けず、しかもスムーズに動くようにする。

3) 筒の一方の縁から4cmくらいまで(墨汁を塗らなかつた部分)の内側に接着剤を塗り、発泡スチロールを押し込んで固定する。

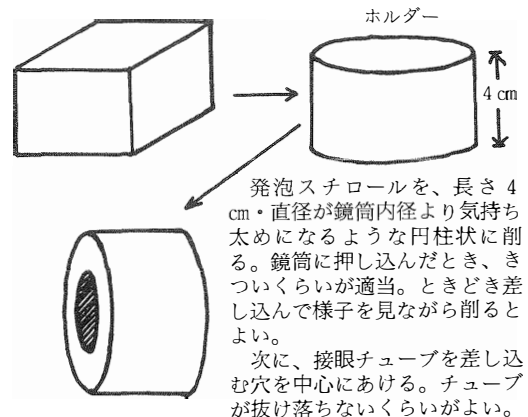


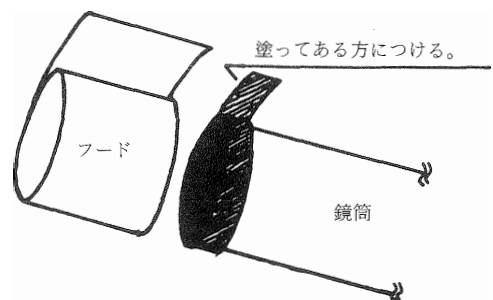
図4 接眼チューブ差込部の作り方

(5) 対物レンズとフードの取り付け。

1) フードを取り付ける。

①発泡スチロールをつけた方の反対外側に、(幅10mm程度の)ガムテープを、対物レンズと同じ径になる(胴体の補強を兼ねている)まで巻く。時々、対物レンズをあてて、確認しながら巻くとよい。

②最後の一周は、両面(ガム)テープを巻く工作用紙(用紙の厚さによって多少違うが幅5cm 長さは対物レンズ直径の3.3倍程度)を、両面ガムテープを巻いた部分の端に合わせて、まず1周巻きつける。2周目は接着剤をつけて貼りながら巻きつけ、フードをとりつける



幅10~15mmの布ガムテープを巻き付けて、対物レンズの直径と同じ太さにする。最後の一周は両面テープを巻く(鏡筒の補強を兼ねている)。幅50mmの厚紙を2回巻きでフードをとりつける。

図5 フードと対物レンズのとりつけ

2) 対物レンズを取り付ける。

○平面が内側になるようにフードの中へ落とし、削りくずの発泡スチロールから3×3×10mm角片3個を作り、3点を接着剤でとめる。

(6) 接眼部と接眼レンズの製作

1) 接眼チューブを作る。

○接眼チューブの接眼レンズ側にする方に幅約

1 cm程度の幅のガムテープを巻いて、フィルムの空きケースが抜き差しできて、しかも落ちない程度の太さにする。

2) 接眼レンズ (アイピース) を作る。

○フィルムの空きケース (黒色のものがよい) の底に穴をあけて、小さい方のレンズを入れて、固定する。

※穴は刃物でくりぬくこともできるが、熱したはんだゴテで溶かすと簡単にできる。(やけどさせないように注意する)

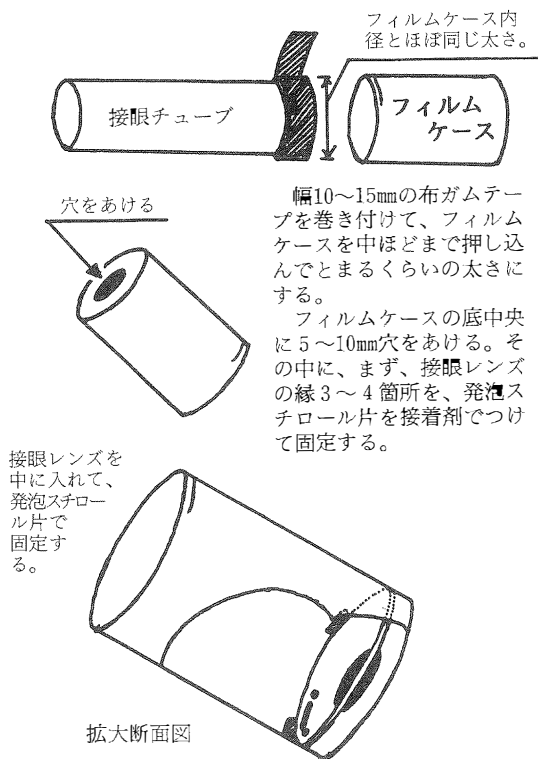


図6 接眼部と接眼レンズの作り方

(7) 完成

鏡筒に接眼チューブを差し込み、アイピースをとりつけて、できあがり。

2 使い方

(1) ピント合わせ。

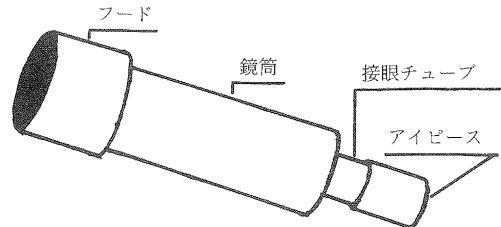
1) 目標物を選んで、望遠鏡を向ける。接眼レンズ (アイピース) をつけたチューブを引き抜きながら、おおまかにピントを合わせる。目標物が見え始めたら、少しずつ引きながら一番よく見えるところに合わせる。

※別の物を見る時には、同じ操作を繰り返

す。

※使用するときは、注意を必ず守るように指示する。

鏡筒に接眼チューブをさし、フィルムケースで作ったアイピースをとりつけて、できあがり。



[注意]

- ① 太陽や極端に強く光っているものを見ると失明したり視力が悪くなったりするので絶対に視野に入れないように注意する。
- ② カッターやはさみなどを使うときは、ケガをしたりさせたりしないように注意する。
- ③ 熱したはんだゴテの取り扱いにも注意が必要 (低学年の参加者が多い場合は指導者があらかじめ穴をあけておくとよい)

(2) 発展・応用

アイピースのレンズを追加すると、接眼レンズの焦点距離が短くなり、倍率が上げられる。

3. 参考説明・参考実験

(1) 光の進み方をしらべる。

[準備物]

- ・水槽
- ・画用紙
- ・懐中電灯 (あればレーザー光源)

1) 反射と屈折の様子を観察する。

○水槽の後ろに画用紙を貼り、光の入射角度によって反射角や屈折角の違うことを観察する。

(2) プリズムでいろいろな色の光に分ける

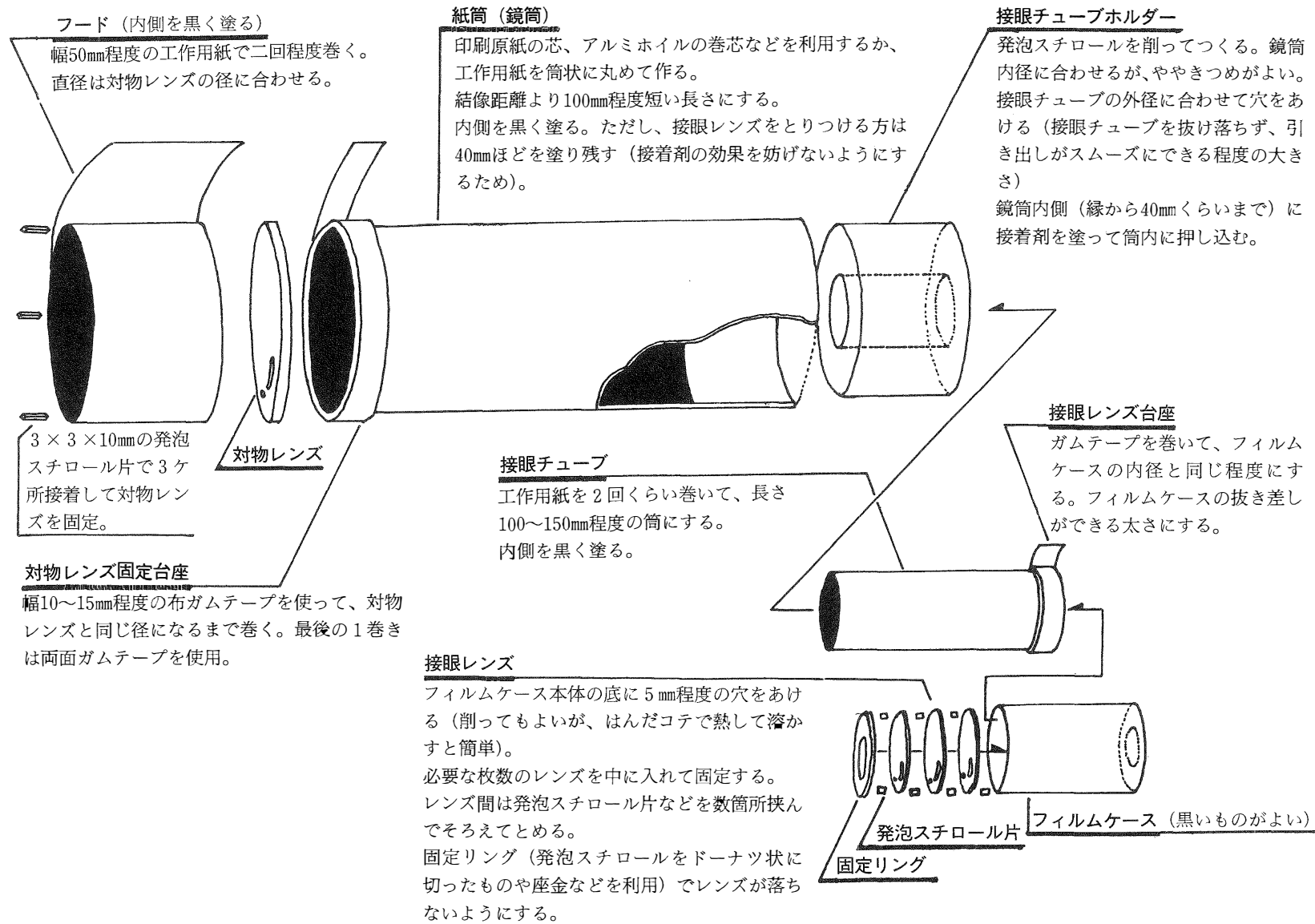
[準備物]

- ・プリズム
- ・スリット
- ・簡易分光器

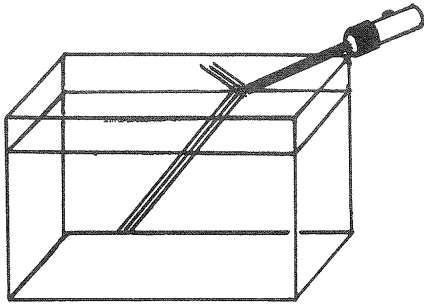
1) プリズムで光の色に分ける。

○プリズムで光が分けられるところを観察する。

図7 望遠鏡の作り方全体図



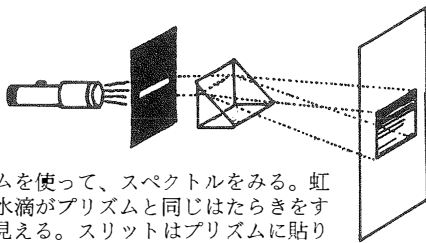
※波長の違いによって、光の曲がり方（屈折率）が違うためにおこることを説明する。（後で出てくる色収差の説明に使う）



水に入れた水槽の裏側に白い画用紙を張り、懐中電灯などで光の通り道がわかるようにあてる。あてる角度の違いで、屈折・反射の様子を観察してみよう。

図9 反射と屈折の様子を観察する

(3) レンズの性質をしらべる。



プリズムを使って、スペクトルをみる。虹の色も、水滴がプリズムと同じはたらきをするために見える。スリットはプリズムに貼りつけてもよい。水槽の角や窓ガラスなども、よく観察してみると、外の風景などが虹色になって見えるところがある。

図10 プリズムで光を分けてみよう

準備物

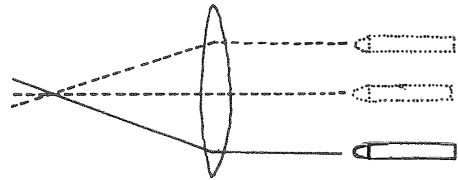
- ・スモークレンズ
- ・すりガラスの板
- ・懐中電灯（レーザー光源）
- ・ろうそく
- ・単レンズ（光学台のセットがあると実験しやすい。）

1) 焦点と結像。

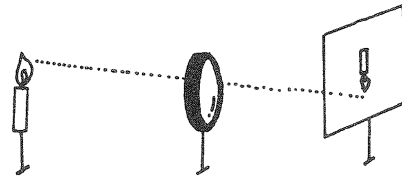
レンズで光を集めたりすることができることや平行光線が一点（焦点）に集まるところ、像をつくる場所があることを調べる。

室内を暗くして実験するので、受講生を移動させてから消灯し、暗いので周囲に注意するようにいってから始める。

- ①黒板にスモークレンズを貼りつけて、光源を上下に平行移動しながら、光路を調べると、ある一点を必ず通ることを確認する（焦点）。
- ②ろうそくの像が、すりガラスのスクリーンに上下左右逆さに映ることを確認する。



スモークレンズを使って、光路を見せる。光源を平行に上下移動させる。レンズを通過する位置によって光路が違ったり、焦点を必ず通る個とが確かめられる。



ろうそく・凸レンズ・スクリーンを一列に並べて、スクリーンにろうそくの像が逆さに映る様子を観察する。

図11 焦点と結像

(4) 屈折望遠鏡の歴史と屈折望遠鏡のしくみ。

1) 望遠鏡の歴史

レンズが光を集めたり、像をつくる性質があ

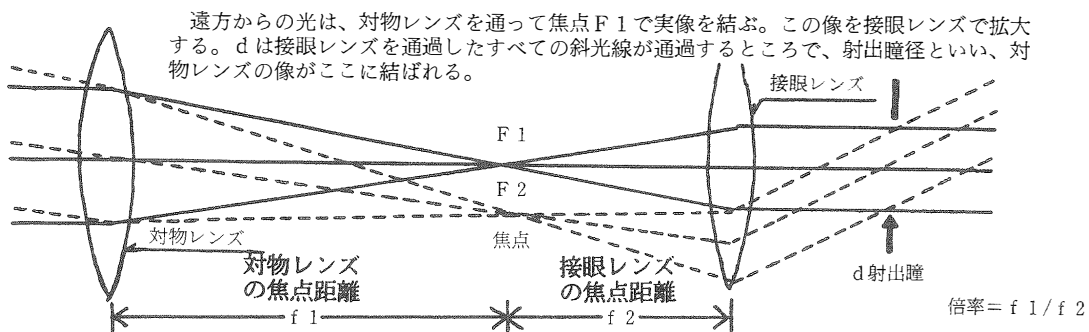


図12 ケプラー式望遠鏡

ることから、望遠鏡が作られた。レンズを二枚組み合わせると遠くの物が大きく見えることを利用して対物レンズに凸レンズを、接眼レンズに凹レンズを使った望遠鏡をガリレオがつくった。彼は、それを使ってさまざまな天体を観察し、木星の四大衛星や土星の輪（彼は輪であることには気づかなかった）などを観察している。

その後さまざまな改良がされて、現在のような屈折望遠鏡が作られているが、原理的にはガリレオが作った望遠鏡とほとんど変わりがない。

今回製作する望遠鏡は対物・接眼とも凸レンズ（入手しやすい）を使うケプラー式である。

参考のため光路図を示す。

対物レンズの焦点距離 f_1 を接眼レンズの焦点距離 f_2 で割った値が倍率になる。d 点は射出瞳で、この位置に対物レンズの像がでる。

(2) 屈折望遠鏡のしくみ

[準備]

・対物用レンズ ・接眼レンズ各1枚

1) 遠くの景色を見よう。

大きなレンズを外側に、小さいレンズを手前に持って、手前のレンズの位置をいろいろと変えてみると、遠くの景色が大きく見えるところがある。上下さかさまになっていることにも注意する。

※参考1

できあがった望遠鏡で風景などを見ると、上下左右が逆になっている。天体観測をする場合は、そうであっても大きなさしきわりがない。（市販の望遠鏡も原則的には上下左右が逆になっている。）

今回作った望遠鏡は、簡易的なものなので、倍率を上げると像が悪くなってしまう。また、像に赤や青の光のにじみが見えるが、これが色収差である。市販の望遠鏡は、精巧なものほどこの色収差やその他の各種収差が補正されていて、像がきれいに見えるように作られている。

※参考2

望遠鏡の倍率は、対物レンズの焦点距離を接眼レンズの焦点距離で割って求める。この倍率が、2倍ならその対象に $1/2$ の位置まで、3倍ならその対象に $1/3$ の位置まで接近してみた

場合の大きさに見えるということの意味する。

※参考3

製作に使用する対物レンズは、焦点距離200mm～500mm程度が適している。焦点距離が長すぎると鏡筒を長くしなければならないので、紙筒の製作が難しくなり、焦点距離が短いと色収差が強くなるようになる。接眼レンズは虫メガネなどのレンズを利用することもできる。

5 参考図書

○小型天体望遠鏡教室

（富田弘一郎著／誠文堂新光社）

○天体望遠鏡とやさしい観測

（高橋実著／日本放送出版協会）

○天体望遠鏡製作ハンドブック

（川村幹夫著／誠文堂新光社）

○天体望遠鏡の使い方と作り方

（丸山秀明著／土屋書店）

○天体望遠鏡をもとう

（富田弘一郎著／岩波書店）