




ご注意

ダウンロード時に、このページが表示された場合は、かならず

上のボタンを押して、保存してください。

上のボタンで保存できない場合は、
左上の  マークを押して、保存してください。

星の動きの観測

夜空に輝く星は一般に北極星を中心に左回り（東から西）に動いていますが、いったい1時間に何度くらいの割合で動いているのでしょうか。北極星の近くを実際に写真にとって、角度を測定してみましょう。

- ◆かかる時間 3～4時間
- ◆必要なお金 1000～1500円くらい（フィルム、現像、プリント代など）
- ◆準備するもの

- ・カメラ（バルブ付き、またはタイム露光のできるもの）※1
- ・レンズ（一眼レフカメラの35mm～50mmくらいの標準レンズ。フードを付ける）
- ・フィルム（感度 ISO-100～400ぐらいのもの）※2
- ・三脚（なくても撮影できます。NO4「こんなときは」参照）
- ・かい中電灯（暗闇では意外にまぶしいので、赤色のセロハン色紙をかぶせておくとよい）
- ・黒の厚紙（白い紙を黒くぬってもよい）
- ・時計 ・方位磁針 ・分度器 ・筆記用具
- ・虫さされ対策（野外での撮影になるので、あると便利）



※1…バルブ（B）とは、シャッターボタンを押している間はずっとシャッターが開いている（指をはなせば閉じる）機構のことです。また、タイム（T）とは、シャッターボタンを押すと、もう一度押すか、シャッター速度ダイヤルを動かすまでシャッターが開いている機構のことです。カメラの機種によってやり方が違いますので、使用するカメラの説明書を読んでください。バルブしか付いていないカメラには、ストップ機構付きのケーブルリリース（1000～1500円くらい）が必要です。

※2…フィルムは、カラーでも白黒でも撮影できます。東京など空が明るい地域では、フィルム感度ISO-400だと、画面の一部または全体がぼうっとなってしまうことがあります。星が動いた跡（光跡）がきちんと写っていれば問題はありません。また、空が暗くて星がよく見える地域ではISO-100～200でも撮影できます。星の色をきれいにしたい場合は、仕上がりにちょっとお金がかかりますがスライド用のカラーフィルムがよいでしょう。

以上の準備ができれば、星のよく見える夜を選んで、さっそく撮影に入りましょう。

◆撮影方法

① 撮影する場所などを選ぶ

(1) 撮影は、雲やガスの出ていない、よく晴れた夜を選んで行います。

【注意】 うすい雲やガスが出ていると、地上の光が反射して空全体が明るくなってしまいます。

うすい雲やガスが出ている場合に、どうしても撮影しなければならないときは、段階露光という方法をとります。これはしぼりを開放にして20分撮影したら、次にもう一段しぼって20分撮影し、その次にまた一段しぼって20分撮影していく、というやり方です。フィルムに当たる光の量を $\frac{1}{2}$ 倍、 $\frac{1}{4}$ 倍、 $\frac{1}{8}$ 倍…というように変えていくことによって、ちょうどよい光の量を探することができます。

(2) 撮影場所は、周囲にネオンや街灯のない暗い野外で、北の空の星がよく見えるところを選びます。また、三脚が安定するように、足場のしっかりしたところを選ぶようにしましょう。

② カメラを北極星に向ける

(1) カメラを三脚にセットしたら、方位磁針で方位を確認し、カメラを北の空に向けます。

(2) 右の図のように、水平面から約 35° （正確には、あなたが撮影する地点の緯度と同じ角度）傾けると北極星が画面の中央に入ります。（北極星をすぐに見つけられる人は、直接カメラをのぞいてもかまいません。）

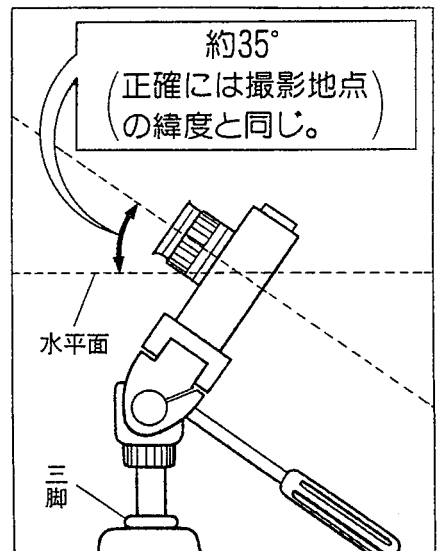
【参考】 三脚がない場合でも、ぐらぐらしないようにカメラを固定すれば撮影できます。くわしくは、NO4「こんなときは」参照。

(3) レンズのしぼりを開放にします。

【参考】 しぼりを開放にするというのは、50mm F1.4というレンズなら、しぼりを1.4にすることです。

(4) シャッター速度をB（バルブ）またはT（タイム）の位置に合わせます。（バルブで撮影するときはケーブルリリースをセットしてください。）

(5) 焦点は ∞ （無限大）の位置に合わせます。



③ 北の空を撮影する

【注意】 撮影中はレンズのそばで、かい中電灯をつけないようにしましょう。

(1) 黒の厚紙でレンズの前1～2 cmのところをおおってからシャッターを開きます。

【参考】 カメラはシャッターを開閉するとき振動することが多いので、そのまま写すと星像がぶれてしまいます。これを防ぐために、厚紙でおおってからシャッターを開くのです。そうすればレンズに入る光がさえぎられるので星像はぶれません。

(2) カメラの振動がおさまったら(5秒くらい)厚紙をはずし、そのときの時刻を記録します。

(3) シャッターを開いてから5分後に再びレンズの前を厚紙でおおいます。3～4分たったら厚紙をはずし、しばらくそのまま待ちます。

(4) 最初に時刻を記録してから正確に20分後に、再び厚紙でレンズの前1～2 cmのところをおおい、シャッターを閉じます。そのときの時刻も記録します。

【参考】 撮影時間は、そのときの天候などによって、10分～2時間などに変えてもかまいません。資料としてつけてある写真は、撮影時間が2時間の場合のものです。

以上で撮影は終わりです。少なくとも2回以上は撮影するようにしましょう。

【注意】 現像に出すときには、必ず星を写してあることを書いてわたします。そうしないと失敗した写真と思われて、正しく扱ってくれない場合があります。

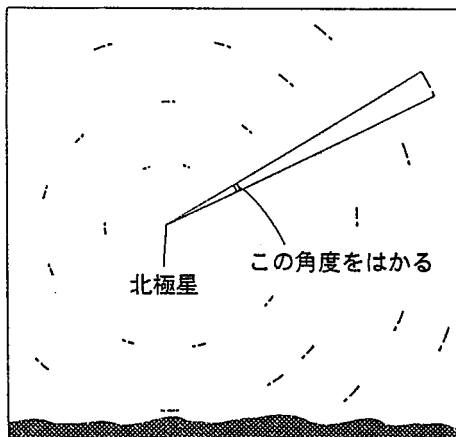
◆写真から角度を測定する

① でき上がった写真に右の図のように線を引き、撮影開始から終了までの間に星が動いた角度を分度器ではかります。

② ①で測定した角度をAとすると、星が1時間に動く角度は、

$$\frac{A \text{ [度]}}{\text{撮影した時間 [分]}} \times 60 \text{ [分]}$$

という式で求められます。



では動いた向きはわかるでしょうか？

- ③ 写真をよく見てみると、北極星を中心にして星がえがいた弧の端がとぎれているのがわかります。これは撮影の途中で厚紙でレンズをおおったときのものです。その位置を見れば、北の空の星は左回り（東から西）に動いていることがわかります。

▷こんなときは…

★夜の撮影で気温が下がり、レンズの表面などに水滴がつく場合

100円カイロなどを、輪ゴムやテープを使ってレンズの下に固定してやります。そうすると、カイロの熱で水滴が気化してきれいに写るようになります。

★撮影中にカメラや三脚にさわってしまった場合

星像がぶれていると考えられます。残念ですが、もう一度撮影をやりなおしましょう。

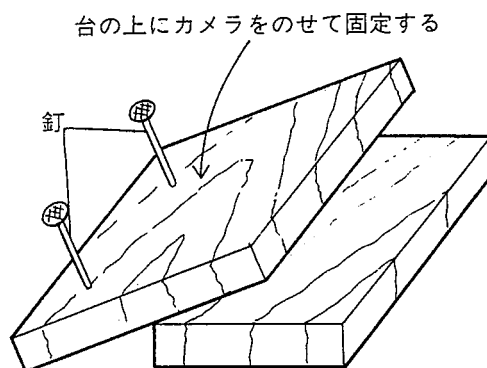
★絶好の撮影地だったはずなのに、できあがった写真がぼうっと白くなっていた場合

撮影中に、かい中電灯の光がレンズに当たってしまったのでしょうか。星が動いた跡がきちんと写っていれば問題はありませんが、あまりひどいときは他の写真を使わなければなりません。このようなときは、あらかじめ2回以上撮影しておくとう助かりますね。

★三脚がない場合の工夫

カメラを決まった方向に固定するには、安定した台に置いてやればよいのです。

例えば、カメラが乗るくらいの大きさの板に釘を打ったものを作り、下に何かはさんで角度を調節すれば、立派な台になります。台をつけずにカメラの下に直接何かはさんでも、シャッターを押すときに動かさなければ、ねらった構図で撮影できます。



レポートの書き方

このレポートはあくまで例です。実際には自分で行った結果を中心に書きましょう。

星の動きの観測

○年○組○番 氏 名

▷研究の動機・目的

夏休みに家族でいなかへ行ったとき、東京とは比べものにならないほど、星が多く見えた。そこで父に星の写真のとり方を教えてもらい、持っていったカメラで、星の動きを写して、星は北極星のまわりをどのように動いているかを調べてみることにした。

▷準備したもの

カメラ、レンズ、フィルム、三脚、時計、方位磁針、かい中電灯、分度器、厚紙、筆記用具など

▷撮影方法

- ① カメラを三脚に取り付けて、方位磁針で北の方角にカメラを向けて北極星が入るようにセットした。
- ② カメラのシャッターダイヤルをT（タイム）にし、初めはしぼりをF1.4 にして、レンズの前を厚紙でおおってからシャッターを切った。
- ③ 数秒後にレンズをおおっていた厚紙をはずし、そのときの時刻を記録した。
- ④ 厚紙をはずしてから5分後、星の動きが左右どちら回りかを写真に残すために4分間、レンズの前を厚紙でおおった。
- ⑤ 最初に厚紙をはずしてから正確に20分後に再びレンズを厚紙でおおい、シャッターを閉じた。
- ⑥ しぼりをF 2, 2.8, 4, 5.6, 8 と変えて、②～⑤をくりかえした。

▷測定方法

北極星を中心として星の動いた跡（光跡）を弧とするおうぎ形の中心角を分度器を使ってはかった。この角度をAとすれば、1時間に動いた角度は、

$$\frac{A \text{ [度]}}{\text{撮影した時間 [分]}} \times 60 \text{ [分]}$$

で計算できる。

▷測定結果

- ① 測定した日時…○年○月○日,
20時53分0秒～21時13分0秒
- ② 測定した角度… 4.9度
- ③ これにより求めた1時間の回転量
は,

$$\frac{4.9 \text{ [度]}}{20 \text{ [分]}} \times 60 \text{ [分]} \approx 15 \text{ [度]}$$

- ④ また写真を見ると, 星がえがいた
円弧の中心から見て右側にとぎれた
部分があることがわかる。

自分で撮影した
写真をはりましょう。

▷わかったこと

- ① 光跡のとぎれた部分から, 北の空の星は北極星を中心に左回り(東から西)に
動いていることがわかった。
- ② 北天の星の回転の速さは, 1時間あたり約15度になることがわかった。

▷感想

いなかへ行った日は, とてもよく晴れていて, 星もきれいに見えていた。その夜は父に撮影方法を教えてもらい, 次の夜に撮影する予定だったが, 次の日は雲が出ていて写せませんでした。そして東京へ帰る前夜, やっと晴れてくれたので, 撮影することができましたが, 写真ができあがるまでうまくとれているかどうか, 不安でたまりませんでした。また機会があれば, いろいろな天体写真に挑戦してみたいと思いました。

もっと発展した研究をしたい人は、次の実験もやってみましょう。

発展研究 1

●南の空の星の動きを調べる

南の空の星の動きを撮影し、星の動いた角度や向きを調べましょう。

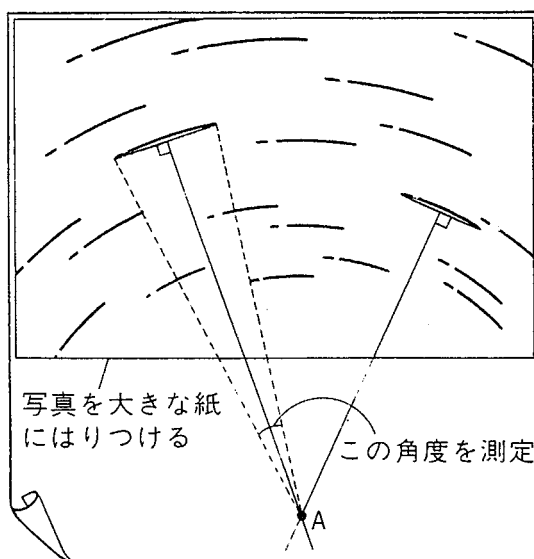
① 南の空の星の動きを撮影する

北の空の星の動きの撮影と同じようにして、南の空の星の動きを撮影します。（当然のことですが、カメラは南の空に向けます。）

② 写真から角度を測定する

南の空の星の動きは、北と比べて円弧の長さが大きくなり、中心が写真に入りきりません。このときの角度のはかり方は、次のようにします。

- (1) まず、写真を大きな紙にはりつけます。
- (2) 画面の中のできるだけ離れた2つの星を選んで、円弧の両端をむすぶ直線（弦）をかきます。
- (3) この直線の垂直二等分線を2つの星についてかき、その交点を求めます。
- (4) 求めた交点から、1つの星の円弧の両端を結んでその間の角度をはかります。
- (5) あとは北の場合と同じです。1時間に回転する角度を計算してみましょう。



③ 写真から回転する向きを調べる

写真をよく見てみると、交点を中心にして星がえがいた弧の端がとぎれているのがわかります。これは撮影の途中で厚紙でレンズをおおったときのものです。その位置をみれば、南の空の星は時計回りに動いていることがわかります。

発展研究 2

●全天の星の動きを調べる

北や南の空を撮影したついでに、東の空と西の空のようすも撮影してみましょう。4枚の写真から何がわかるでしょうか。

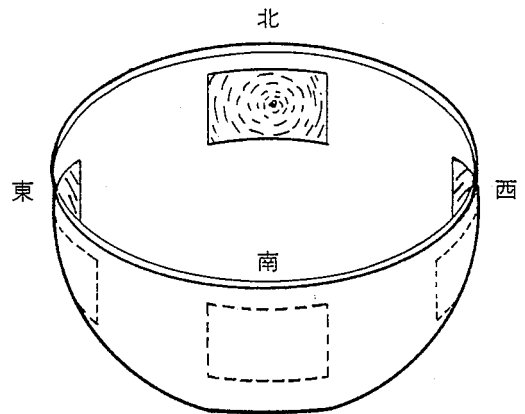
① 東の空と西の空の星の動きを撮影する

北の空の星の動きの撮影と同じようにして、東の空と西の空の星の動きをそれぞれ撮影します。

② 4枚の写真から全天の星の動きを調べる

(1) 台所にあるボールの内側に、右の図のように、方角に注意しながら4枚の写真をはりつけます。

(2) これを両手で持って、下からのぞき込むように見ると、すべての星が北極星を中心として東から西に回転しているようすがよくわかります。



発展研究 3

●星の年周運動を調べる

これまでの実験は、どれも星の日周運動を調べるためのものでした。今度は北極星と北斗七星（またはカシオペア座）の写真から、星の年周運動を調べてみましょう。

▷用意するもの…NO1で用意したもののほかに、トレーシングペーパー、35mmくらいの広角レンズが必要です。

【参考】 この実験で使う写真を撮影するには、35mmくらいの広角レンズが最も適していますが、50mmくらいの標準レンズしか使えない場合でも、構図を工夫して挑戦してみるとよいでしょう。

▷実験の方法（ここでは、北斗七星を例にとって説明しています。）

【注意】 北斗七星にするか、カシオペア座にするかは、撮影の時期と場所によって決まります。都合のよいほうを選びましょう。

① まず、北極星を中心にして北斗七星を撮影します。このとき、建物の一部など地上に固定されていて動かないものがいっしょに写るようにします。撮影地点、方角、高度、時刻などは正確に記録しておきます。

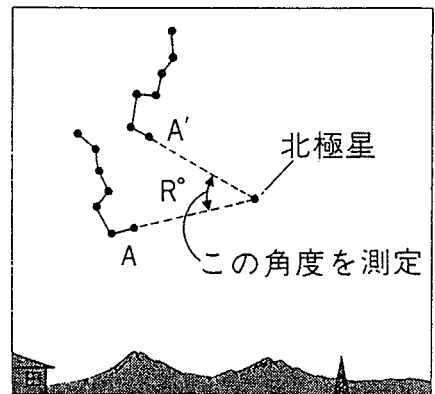
② ①で撮影してから10日後の同じ時刻に、まったく同じ条件で再び北極星と北斗七星を撮影します。

【注意】 2度目の撮影日は、天候などによって、10日～1か月などに、変えてもかまいませんが、撮影時刻は同じになるようにしましょう。

③ ①で撮影した写真から、北極星、北斗七星、建物などをトレーシングペーパーに写しとります。

④ ②で撮影した写真に③のトレーシングペーパーを重ね、建物の位置を合わせて北極星、北斗七星を写しとります。

⑤ トレーシングペーパーに写した北極星と2つの北斗七星の同じ星を結び、その間の角度をはかります。



⑥ ⑤ではかった角度をBとすると、次の式で星が1日に動く角度が求められます。

$$\frac{B \text{ [度]}}{\text{撮影日の間隔 [日]}}$$

結果はどうなるのでしょうか。東から西へ1日に約1度ずつ動いていることがわかりましたか。となると、1年間（365日）では、

$$\frac{B \text{ [度]}}{\text{撮影日の間隔 [日]}} \times 365 \text{ [日]} = \text{約 } 360 \text{ [度]}$$

動いていることがわかります。