

## 0 (番外) 虹の補足

### 0.1 虹の起こる原理

「虹の説明が分からない！」という人が多くいたので、改めてプリントをつくった\*1。このプリントを読めば虹の起こる様子が分かるようになると思う。なお、図が説明文のすぐ横にはついていないので、「何ページのどこに何の図があるのか」は自分で探すように。(本当に図がないときを除いて)「先生！図がありません！」とか言わないでほしい。

虹を理解するポイントは次の2点である。

1. 出射光がどこに集中するか。
2. 分散\*2した光がどのように目に入るか。

この2つの内容はまったく異なる内容である！ちゃんと区別して理解してほしい\*3。

出射光がどこに集中するか 授業では図7と図8の上の図を見せて

「下向き約42度の角度のところに光が集中する」

と説明した。(これでみんなが分かってくれると思っていたが)「よく分からない」という人が多かったようだ。よく分からない人は「出射光がどこに集中するか」の結果だけひとまず認めて、「分散した光がどのように目に入るか」を先に読んでほしい。この直後に書いてあることをとばして読んでも、虹のできる理由は分かる。「出射光がどこに集中するか」を詳しく知りたい人は次の段落とその次の段落も読もう。

「光が集中する場所の判定方法」を感覚的に説明する。図7の上の図に線がたくさん描いてあるが、1本1本の線が光の道筋を表している。ここで、

- 光線の間隔が狭いところは、同じ幅の中に光線が多く入ってるから明るい
- 光線の間隔が広いところは、同じ幅の中に光線が少なく入ってるから暗い

ということを理解しよう(図1参照)。図7の光線の中で間隔がもっとも狭いのは図8の「下向き42度の角度」の周辺で、この部分が一番明るくなる。

\*1 「プリント多すぎ」とかいうコメントは受け付けない。

\*2 分散という言葉くらい暗記しましょうね。

\*3 (分散の例として紹介したことからも分かると思うが、)2番目の「分散した光がどのように目に入るか」さえ理解すれば、虹が起こる理由はある程度分かる。

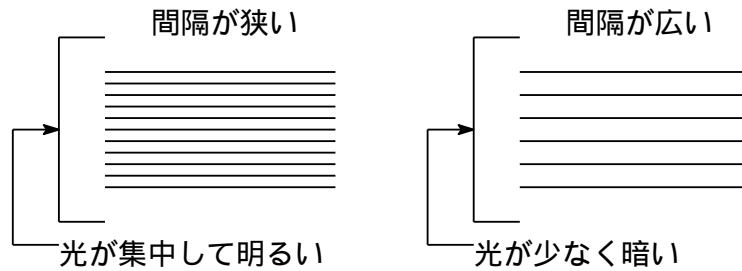


図1 光線の間隔と明るさ

これまで述べてきたことをまとめると、現実問題として

「下向き約 42 度の角度の光」のみが目に見える

と考えてよい。いいかえれば、

「下向き約 42 度の角度の光」以外の光は暗すぎてほとんど目に見えない

というわけだ。水滴にどのように光を入射しても「下向き約 42 度の角度の光として出てくる」ように見えるのだから、

「下向き約 42 度の角度の光」1 本が、出てくる光の代表だ

と思ってしまう。

分散した光がどのように目に入るか 出射光がどこに集中するかの答えとして

「下向き約 42 度の角度のところに光が集中する」

という結果を示した。光が「何度で出てくるのか」はあまり大事なことなく、本当に重要なのは

光がちょうど 1 本になって出ているように見える

ということである。この「光がちょうど 1 本になって出る」という様子を、例として赤色光のときについて描いてみたのが図 2 だ。虹のでき方を考える上で、角度の話はいつでもいいのである<sup>\*4</sup>。とにかく、「どれか 1 本が残る」ということが分かればよい。

<sup>\*4</sup> まったく関係がないわけではなく、「太陽の高度が十分に低くなくてはならない」といった「虹のできる条件」を考えるとときに角度の話は必要になる。

いま、白色光 1 本を水滴に入射しよう。図 2 の右図のように光の分散によって光が虹色に分かれる。

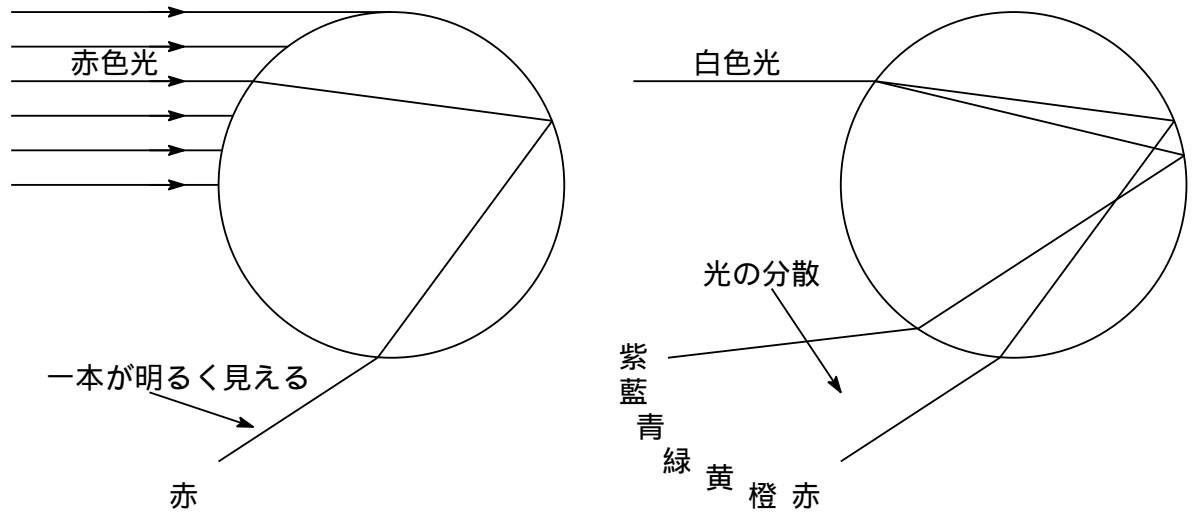


図 2 左：赤色光数本を入射したとき出射光が集中するところ、右：白色光 1 本を入射したときの光の分散の様子

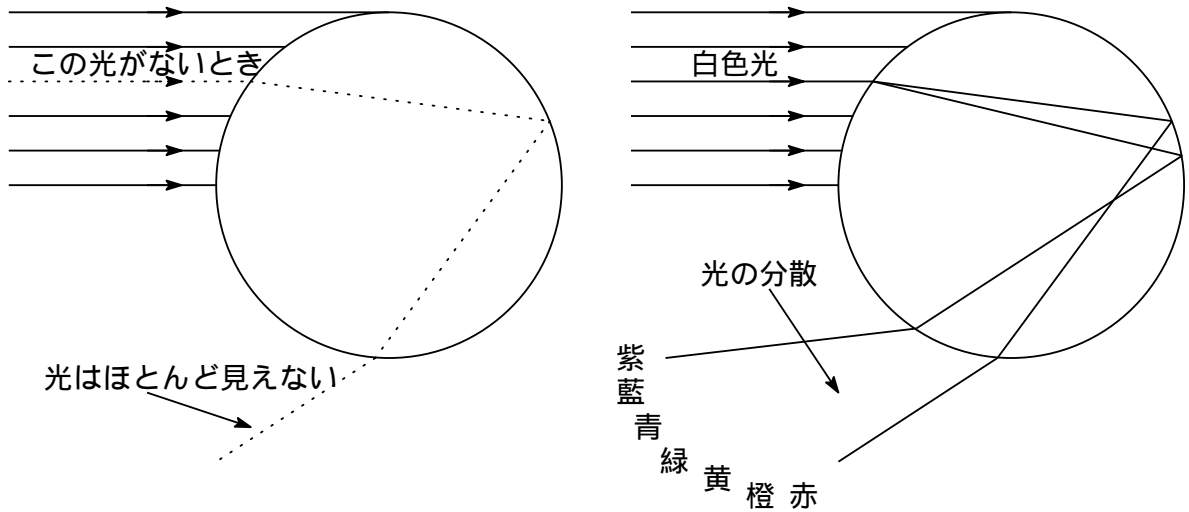


図 3 左：出射光が集まっている周辺の入射光を 1 本抜いたとき、右：白色光数本を入射したときの光の分散の様子

今度は、白色光数本を水滴に入射しよう。これも、図 2 の右図のように光の分散によって光が虹色に分かれる。「光が重なって真っ白くなるんじゃないの?」という心配はしなくてよい。図 3 の左図のように、ある 1 本の光 (点線) 以外の光 (実線) はほとんど影響

しないからだ<sup>\*5</sup>。

空気中に水滴が数多く浮かんでいるとき、それらすべての光が目に入る様子を描くと図4のようになる。

- 高いところの水滴ほど、分散された下側の光が見えるので、赤色に見える
- 低いところの水滴ほど、分散された上側の光が見えるので、紫色に見える

ことが理解できるだろうか。これを他の色の光でも考えれば、虹が見られることが分かる。

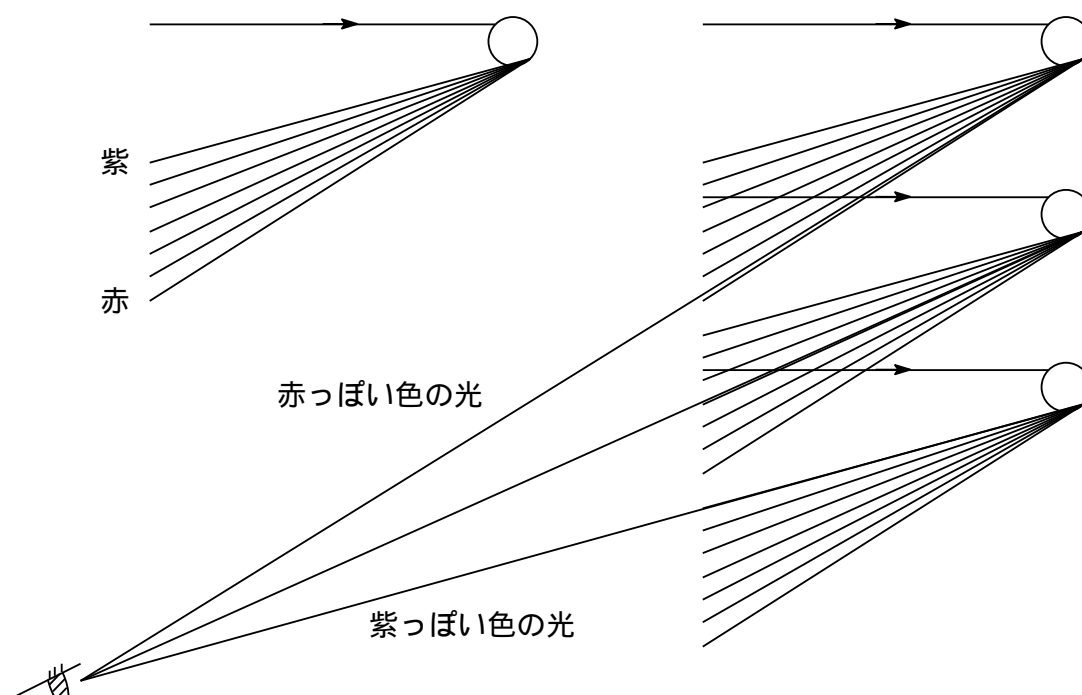


図4 空気中の水滴からの光

## 0.2 主虹と副虹

あるクラスで「水滴に入射する光は上側だけですか?」という主旨の質問があった。そのときは「主虹と副虹ができるんだよ」と適当に答えたが、私の説明にやや問題があったので訂正の意味もこめて記しておく。

授業で取り扱った虹は主虹とよばれる。普段、私達が目にするのはこの種類の虹である。運がいいと副虹とよばれる第2の虹も見られる。副虹は主虹よりもぼんやりしてい

<sup>\*5</sup> 厳密には「ある1本の光『の周辺の光』以外の光」というべきかもしれない。これは「光がちょうど1本になって出ているように見え、他の光は暗くてよく見えない」という仮定に基づいている。

て、はっきりとは見えない。また、副虹は主虹よりも上側(位置の高いところ)にできて、色の順番は(主虹とは逆に)上から紫藍青緑黄橙赤となっている。主虹と副虹の間は、まわりの空に比べて暗くなる。この暗い部分はアレキサンダーの暗帯として知られている。

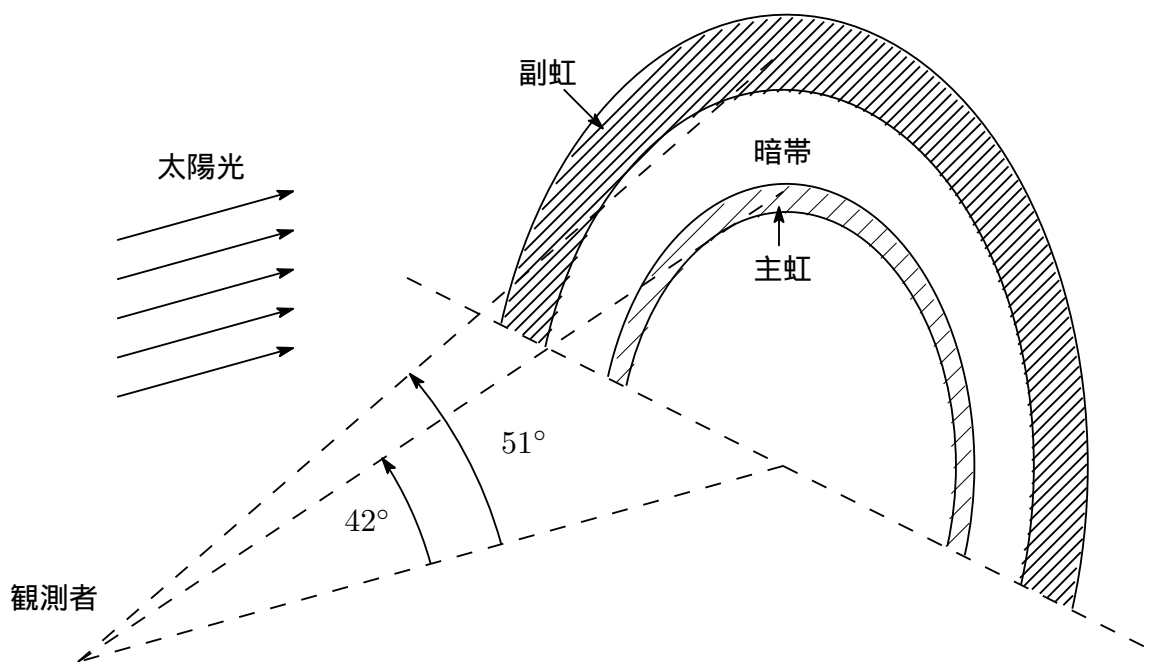


図5 主虹と副虹

(参考までに、簡単に説明しておく) 副虹を理解するポイントは次の5点ある。

1. 水滴の下半分に入射する光もある。
2. その光は水滴内で2回反射する(図6、図7参照)。
3. その光の出射角が(水滴の上半分に入射した光の出射角よりも)大きい(図8参照)。
4. 一般に、(入射光は屈折光と反射光に分かれるので)反射光の明るさは弱くなる。
5. 1回反射の主虹に比べて、2回反射の副虹は暗くなる(ので主虹よりも出現しにくい)。

(これも参考程度だが)アレキサンダーの暗帯は、図9において光線がまったくなくところに相当している。図10はそれを角度で表した様子である\*6。

\*6 数学で「関数のグラフ」を勉強すれば自然と分かってくるようになる。いまは、「なんとなく分かったつもり」になればよい。

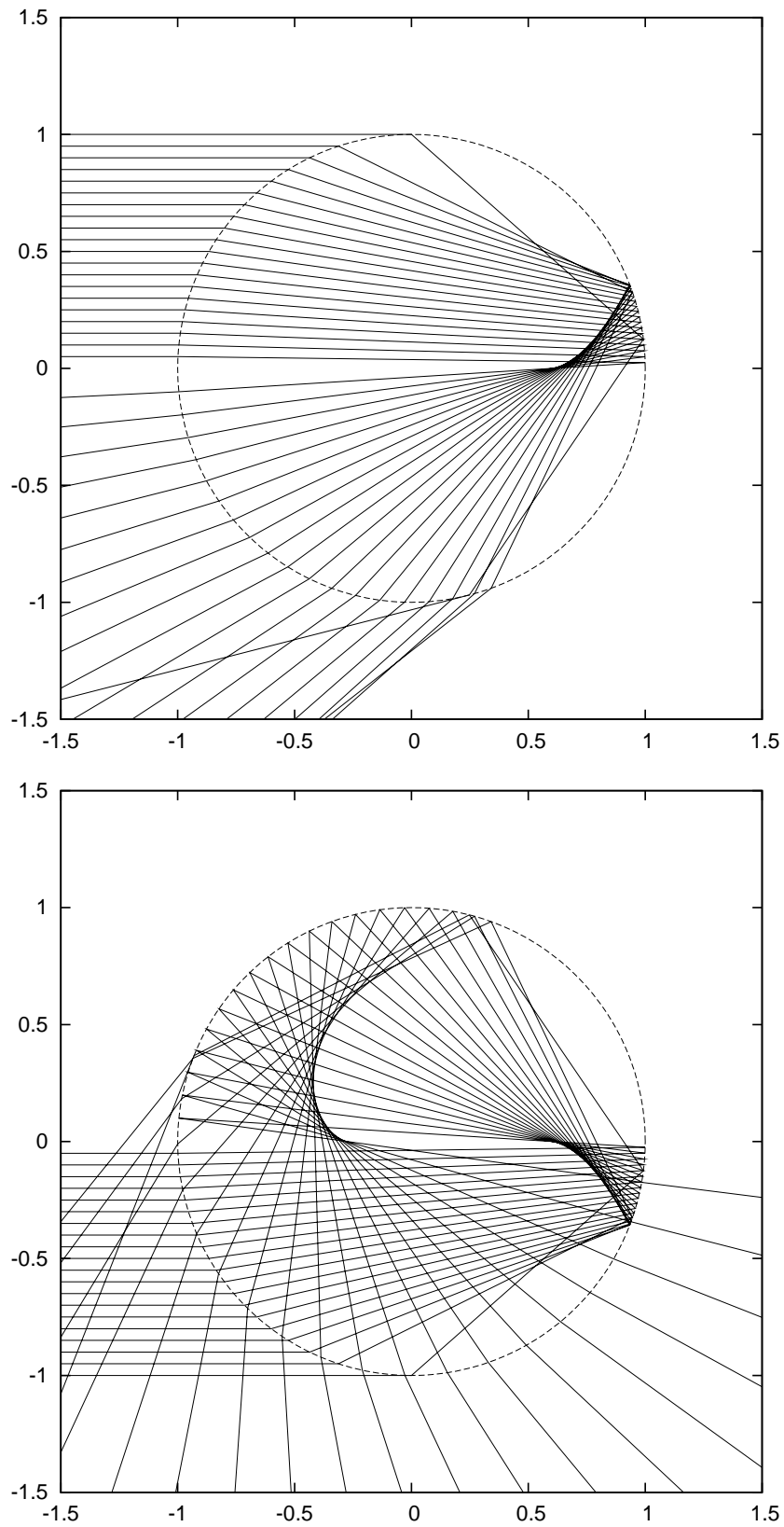


図6 入射光と出射光 (上: 水滴の上半分に光が入射したとき、下: 水滴の下半分に光が入射したとき)

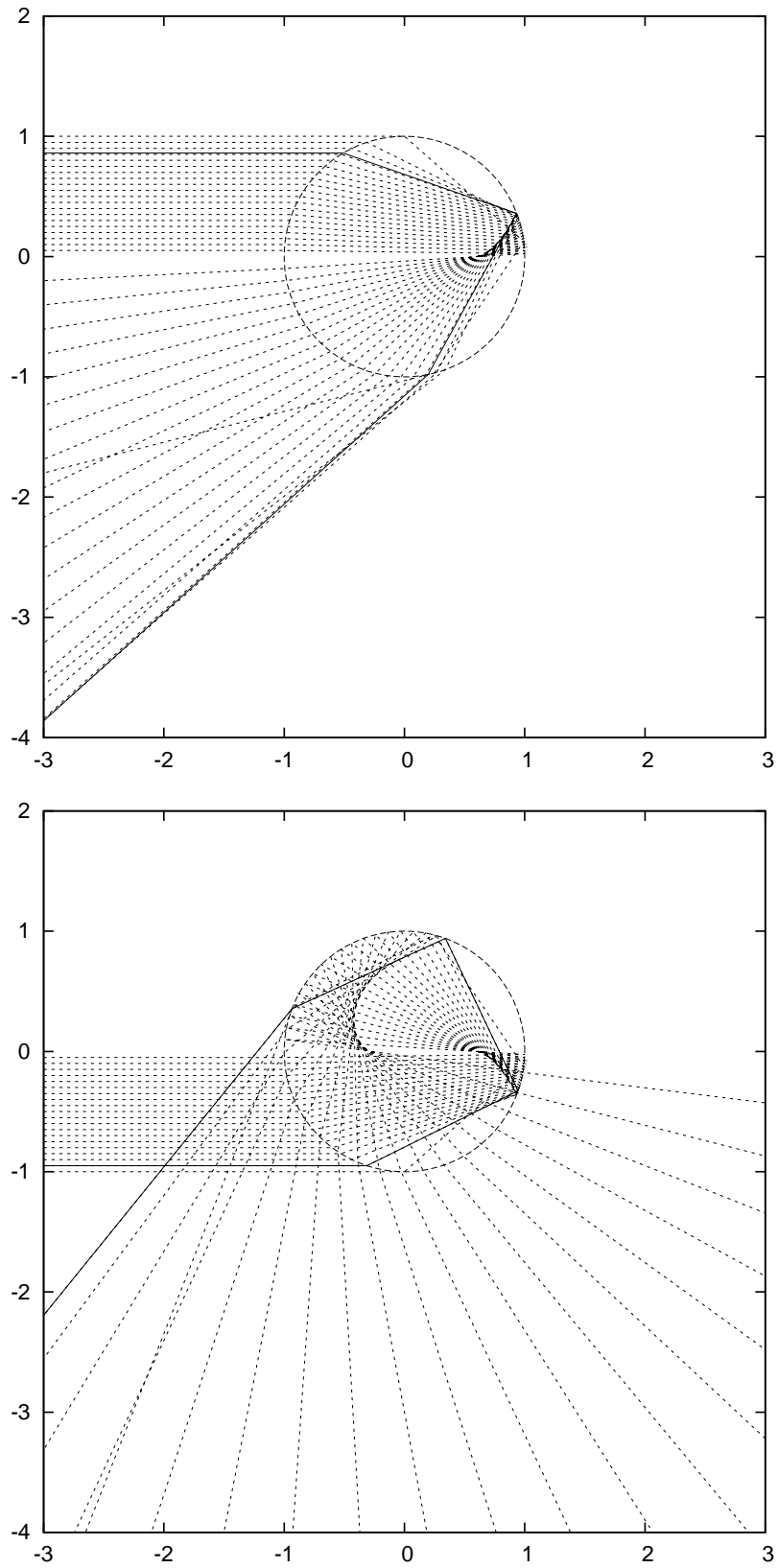


図7 遠くから見た入射光と出射光 (上: 水滴の上半分に光が入射したとき、下: 水滴の下半分に光が入射したとき)

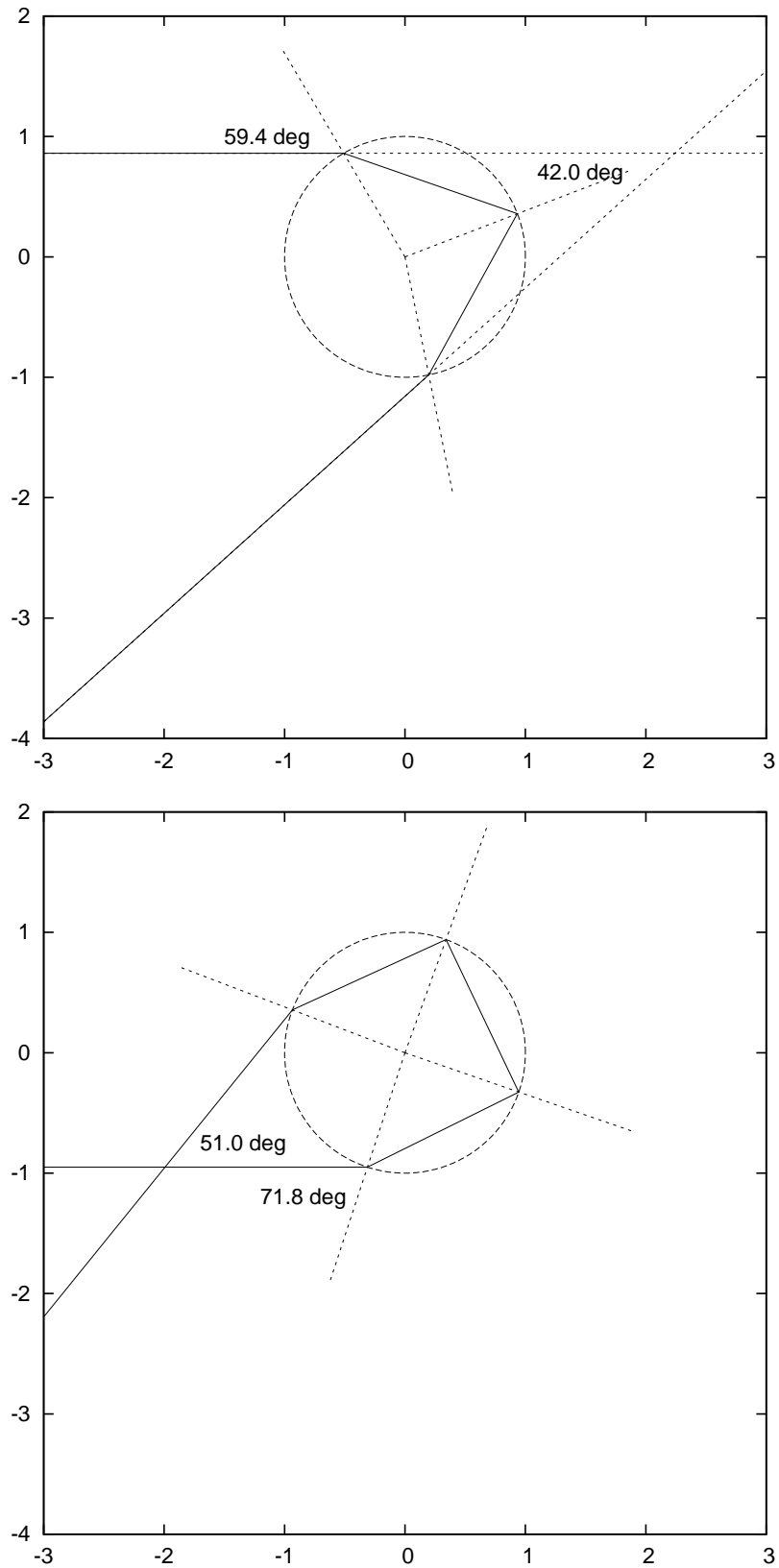


図8 出射光が集中する角度 (上: 水滴の上半分に光が入射したとき、下: 水滴の下半分に光が入射したとき)



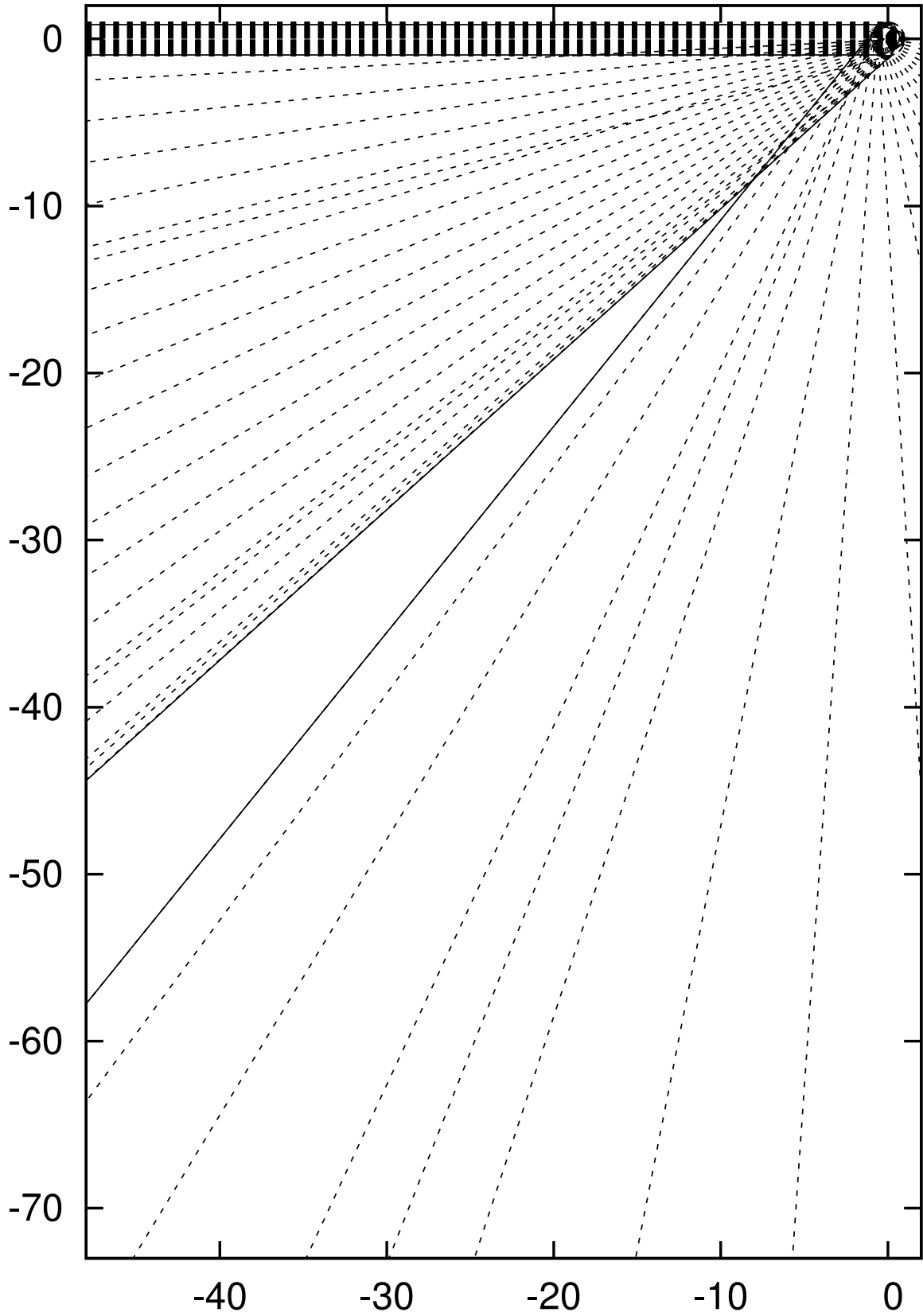


図9 かなり遠くから見た出射光の集中具合 (右上の水滴の上半分・下半分の両方に入射した光を考えている)

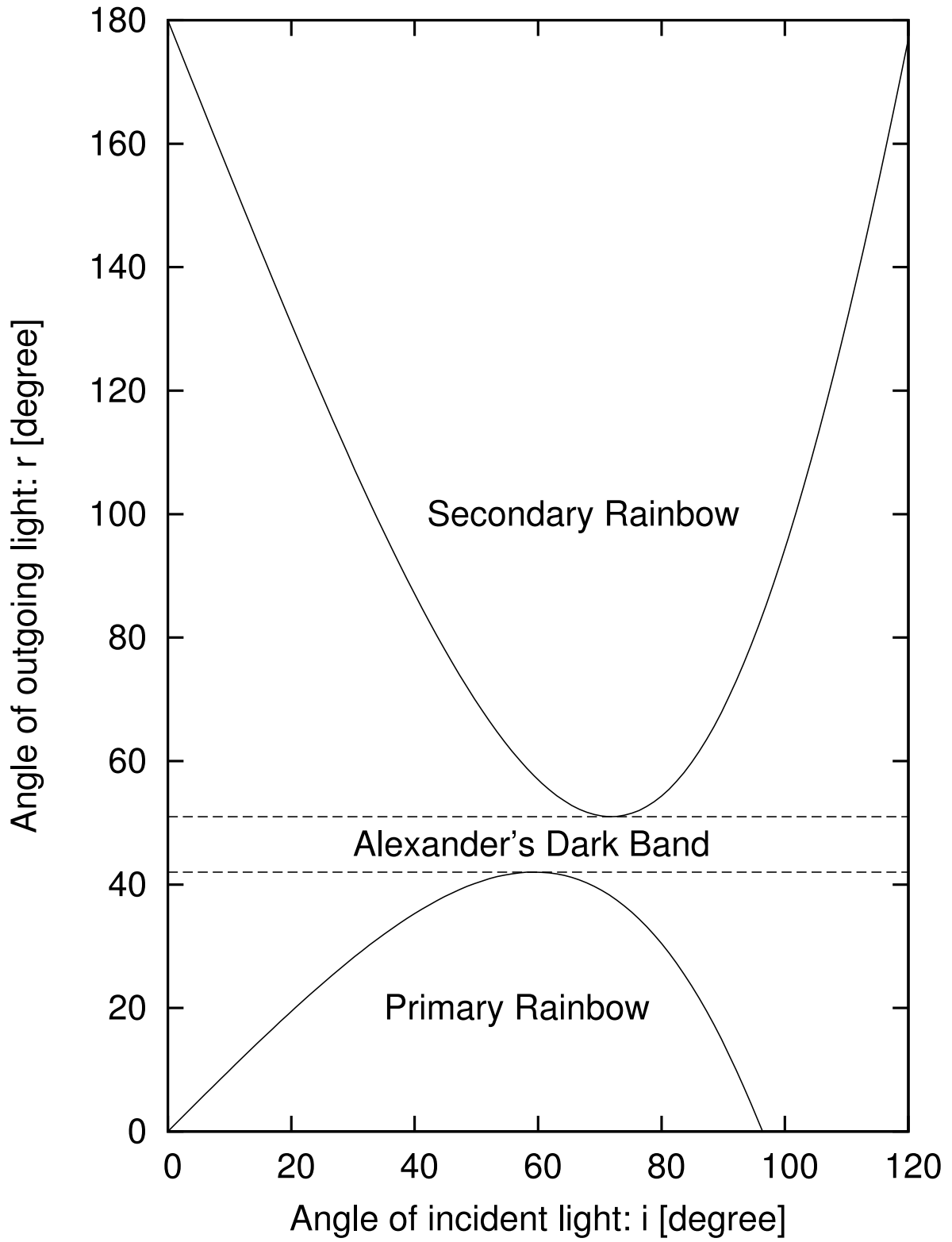


図 10 入射角と出射角の関係