

ハッブルはその後、天の川銀河の外に存在する銀河を次々と発見し続けます。発見された銀河の形にはいくつかのパターンがありました。ハッブルはそれらを、渦巻き構造を持つ**渦巻銀河**、渦巻き銀河の中心に棒状構造がある**棒渦巻銀河**、渦巻き構造はなく楕円状に恒星が集まった**楕円銀河**、そしてそのどれにも属さない**不規則銀河**に分類しました。これは「**ハッブル分類**」もしくは「ハッブルの音叉図」と呼ばれています(図2・14)。ちなみに私たちの住む天の川銀河は棒渦巻銀河だと考えられています。

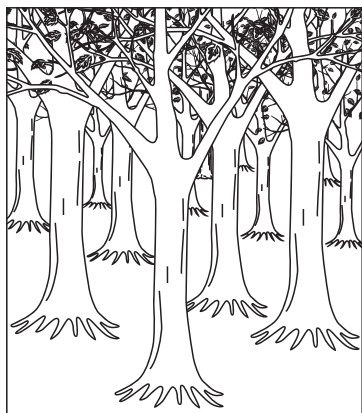
2.5

オルバースのパラドックス

準備が整いました。いよいよ「夜空はなぜ暗いのか」という問題について考えていきましょう。

「宇宙が暗いなんて当たり前じゃないか」と思われるかもしれませんが。確かに、私たちは毎日、太陽が沈んで夜になると、空が暗くなることを知っています。この夜の暗さこそが、(今まで説明した通り街明かりや月明かりや大気発光の影響が加わった)宇宙の暗さです。生ま

図 2-15 外が見えない森、背景が見えない星空



れてから今まで毎日、例外なく規則正しく夜はやってくるので、あまりに当たり前すぎて「夜が暗い」ことに対して疑問を抱いたことはないかもしれません。

ですが、実は「夜が暗い」ことはとても不思議なことで、「なぜ夜が暗いのか」の理由がきちんと理解されるようになってから、何とまだたった150年程度しかたっていないのです。では、まずはなぜそもそも「夜が暗い」ことが不思議なのかというところから考えていきましょう。

● 実は不思議な夜の暗さ

今あなたが森の中に立っているとしま

す。周りには木が生い茂っています。この森がどこまでも広がっているとしたら、あなたは森の外を見ることができでしょうか？ できなさそうな気がしますよね？

ここで簡単のために、それらの木は全てが同じ種類で同じ太さだとしましょう。同じ太さの木だと言っても、近くにある木は太く見え、遠くにある木は細く見えます。森はどこまでも続いているのだから、手前に見える2本の木の間には、それら手前の木よりも遠くにあって細く見える木が見えるはずです。そしてその木と先ほどの手前の木の間にもさらに遠くの木が見えるはずで、さらにその木と先ほどの木の間にもさらに遠くの木が見えて……という感じで、見渡す限りどの方向を見ても、必ず木が視線を遮り、外の世界を見ることはできません（図2・15右）。

夜空が明るいはずだというのは、これと同じ理屈です。この森の例え話において、森を宇宙に、木を星に置き換えて考えてみましょう。森の例えで全ての木を同じ太さにしたのと同様に、ここでも全ての星を同じ明るさだとしましょう。すると、手前の星は明るく見えますが、その明るい星の間には、より遠くの暗い星が見えるはずで、その星と星の間には、さらに遠くの星が見えるはずです（図2・15左）。このように考えると、先ほどの森の例えと同様に、どの方向に目を向けても必ず星が視線上に存在することになり、何もない「真つ暗な宇宙」は見えないはず、つまり宇宙は星の光で明るいはずだという結論になってしまいます。

●過去の偉人たちを悩ませた夜空の暗さ

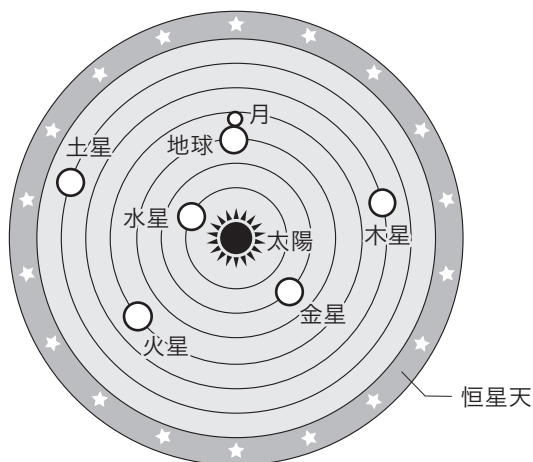
この問題に最初に気づいたのは、トーマス・ディッグスでした。彼は1576年にコペルニクスの地動説を紹介する『天体軌道の完全な記述』を書きましたが、この時、宇宙の姿を表す図に改訂を加えました。図2・16上がコペルニクスが考えた宇宙の姿です。太陽が中心にあり、その周囲を惑星が回っています⁴⁴。一番外の天球（恒星天）には恒星が貼り付けられていました。すなわち、全ての恒星は一番外の恒星天に貼り付けられているようなイメージだったのです。一方、ディッグスが描いた宇宙の姿は図2・16下のようなもので、コペルニクスの図にあった一番外の恒星天をなくし、代わりに外に広がる無限の空間に恒星をばらまいたのです。

ここで初めて、「無限の空間に無限の恒星がばらまかれているとしたら、なぜ夜空は暗いのだろうか」が問題として浮上してきます。ディッグス自身は、「あまりに遠くにある星は暗すぎて見えないから」という説明を与えています⁴⁴が、後に解説するようにこの理由では夜空が暗い理由を説明できません。他にも、ケプラーの法則（2章2節）で有名なヨハネス・ケプラーは図2・16上のコペルニクスの

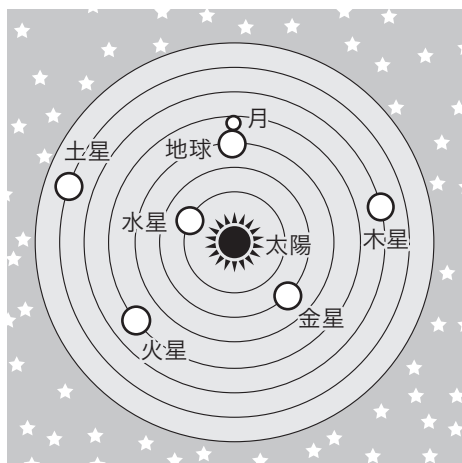
44 当時は望遠鏡の発明前なので、肉眼では見えない天王星と海王星はまだ知られていませんでした。

図 2-16 コペルニクス(上)とディッグス(下)の宇宙観

コペルニクスの宇宙



ディッグスの宇宙



宇宙図のように、全ての恒星は一番外側の恒星天に張り付いている（つまり宇宙空間も星の数も無限ではない）ため夜空は暗いと考え、オットー・フォン・ゲーリッケは恒星天は存在せず、ディッグスの宇宙図（図2・16下）のイメージに近いものの、その外に広がる空間は無限ではなく、その中にある恒星の数も無限ではないために夜空は暗いと考えました。すなわち、ケプラーもゲーリッケも宇宙の中の恒星の数は無限ではないから夜空は暗いと考えたのです。

しかしこれらの考えはアイザック・ニュートンの登場により否定されました。ニュートンの万有引力の法則によると、全ての恒星は互いの重力で引き合っています。もしこの宇宙に恒星が有限個しかないと、それらの恒星は互いの重力で引き合い、いずれは全ての恒星は宇宙の中心に重力で落ち込んでしまはずです。そうならないためには、恒星は宇宙に無限に存在しなければなりません。もしこの宇宙に恒星が無限にあって均一に分布しているとすると、ある恒星には全ての方向から同じだけの重力がかかり相殺するので、恒星がどこかに落ち込むという事は無くなります。そうすると、やはり宇宙に恒星は無限に存在することになり、夜空は明るくなってしまうのです。

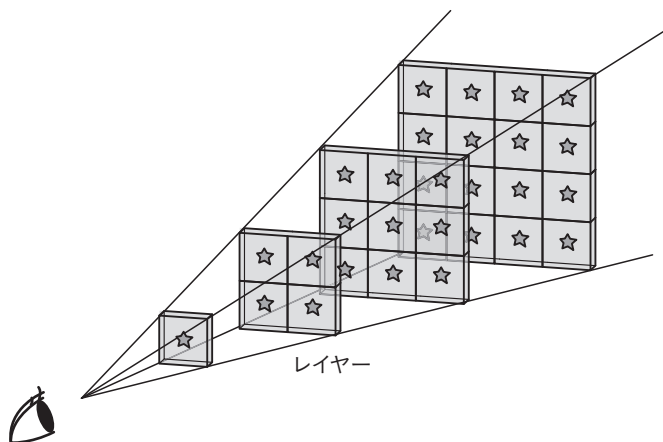
●「夜空が明るくなるはず」の理由

ではここで、宇宙に恒星が無限個存在すれば、本当に夜空は明るくなってしまふのか、言い方を変えると、ディッグスが考えたように「あまりに遠くにある星は暗すぎて見えないから」という説明ではなぜダメなのかをもう少し詳しく考えていきましょう。

まず、2章4節で考えたように、恒星までの距離が2倍になると明るさは $\frac{1}{4}$ に、距離が3倍になると明るさは $\frac{1}{9}$ にと、距離の2乗に反比例して見かけの明るさは暗くなっていきました。次に、奥行きと見える範囲の関係について考えます。ある範囲の空を見た場合、奥行き方向の距離が2倍になると、見えている面積は4倍に、奥行き方向の距離が3倍になると、見えている面積は9倍にと、ここでも2乗の法則が成り立ちます。

ここで、恒星が宇宙に同じ密度で一樣に分布しているとしましょう。そうすると、距離が2倍になると、恒星1個1個から届く光の量は $\frac{1}{4}$ になりますが、見えている面積が4倍になるので、見える星の数も4倍に増えます。このため、それらが打ち消しあって、結局、私たちが届く光の量は同じということになります。図2・17のように距離ごとにレイヤーを区切って考えてみると、各レイヤーからは同じ量の光が届いていることになります。空のどの方向に視線を向けても必ずどこかのレイヤーが視界に入ります。そして、今考えたよう

図 2-17 見える範囲の広がり



に、どのレイヤーも同じ明るさに見えるはずです。また、一番近くのレイヤーには最も近い恒星である太陽があるはずなので、その最も手前のレイヤーの明るさは太陽の表面の明るさとなります。このように考えると、夜空はどの方向を見ても、太陽の表面と同じ程度にギラギラに明るくまぶしい「明るい宇宙」になるはずだ、という結論になってしまいます。

最初にこのように考えたのはジャン・フィリップ・ロイ・ド・シエゾーで、その約80年後にハインリッヒ・オルバースも同じ考えを示しました。

しかし実際は夜空は暗いです。これは疑いようもない事実です。ではなぜ夜は暗いのでしょうか？ 現在ではこの謎を「オ

オルバースのパラドックスと呼んでいます。本来ならオルバースよりも先に夜空は明るくなるはずだと示したシエゾーの名を冠して「シエゾーのパラドックス」と呼ぶべきなのでしょうが、現在では「オルバースのパラドックス」と呼ばれています。これには2つの歴史的な経緯があるようです。ひとつは、ここで説明した内容について書かれたシエゾーの著書をオルバースは持っていたにも関わらず、オルバースが発表した論文には先行するシエゾーの成果についての言及がなかったこと（単なる不注意だった可能性があります）、もうひとつは、1950年頃にヘルマン・ボンディが「なぜ宇宙は暗いのか」という問題を「オルバースのパラドックス」と名付けて紹介したことで、この名称が一般に知られるようになったことです。

夜が暗いことは確かなので、シエゾーやオルバースによる上記の考えにはどこかに間違いがあるはずだということになります。どこに間違いが潜んでいるのでしょうか？ 以後の章では、この「どうして夜空は明るくならないのか」という問いかけに対する謎解きを一緒に考えていきたいと思います。