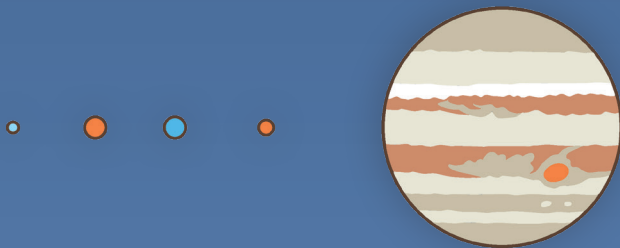


前言

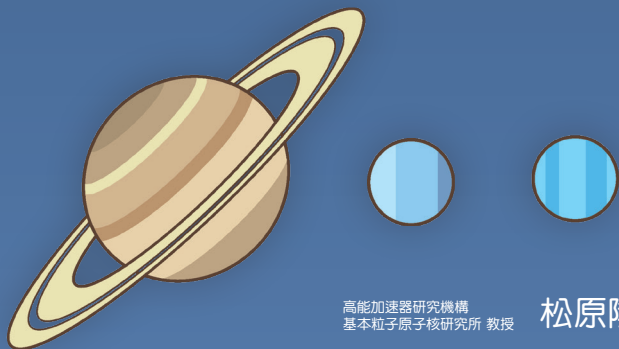
「雖然對太空感興趣，但總覺得，太空的事好像很難懂。」「以前在學校學過，但之後就沒有再接觸了。」我特別希望這樣的讀者拾起這本書。只要稍微翻一翻本書就會發現：一個個有關太空的主題，都以簡潔的文章與插圖，搭配淺顯易懂的解說，呈現在各頁面上。本書在編排上下了一點功夫，讓讀者們能夠立刻從感興趣的篇章開始讀起，而不必依序慢慢閱讀。書中亦有最新資訊，因此，即便遇到以前涉獵過的知識，也很適合拿來複習，順便吸收新知。

人們的太空知識正不斷地更新。從前無法想像的技術正在逐一實現。民營企業主導太空開發案的報導，也變得時有所聞。阿波羅計畫後中斷了一陣子的外星生命探索計畫，也正在規劃重啟。此外，隨著探索技術的進步，相關理論及研究也有了大幅進展，讓人們更加了解遙不可及的天體，以及我們所居



住的宇宙。從人造衛星、太陽系、銀河系，到整個宇宙——本書將帶領各位讀者，前往太空研究、開發的最前線。

宇宙浩瀚無垠。人類雖已掌握了不少相關知識，但太空中仍然充滿著未知謎團。「了解宇宙、開拓宇宙」肯定會為人類帶來更大的可能性。前方一定還有許多必須克服的難關。而在那之後，又有什麼樣的未來等著我們呢？請各位一面閱讀本書，一面享受那個平時不太會去注意的宏大世界。若能讓各位對那超乎常識的宇宙風貌產生憧憬，我便倍感欣慰。



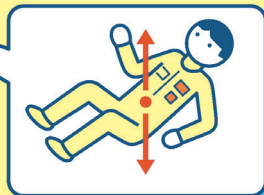
高能加速器研究機構
基本粒子原子核研究所 教授

松原隆彦

第 1 章

讓人好奇的 太空 大小事

夜空中有著浩瀚無垠的宇宙。
那麼，宇宙究竟是什麼樣的地方呢？
宇宙的大小、星球的一生、超新星……
讓我們來一窺神祕宇宙的運行機制吧！



01

[基礎]

宇宙的盡頭是什麼樣子？

原來如此！

人類只能觀測到約138億年前的宇宙邊際。理論上則推測宇宙邊緣在約464億光年外！

宇宙的盡頭在哪？宇宙究竟有多大？

舉例來說，在地球上，我們並無法看見地平線另一側的陸地與海洋。在太空中也是同樣的道理，而我們能夠觀測的宇宙邊緣，就稱為「**宇宙的地平線**」〔圖1〕。我們所見的宇宙地平線，最遠只到138億光年外，至於另一側的宇宙長什麼樣子，則無從觀測。

我們看到的星光，都是花費多年才從星星上傳到地球的光。假設有一顆距離地球4光年的星星，那麼我們看到的星光，就是那顆星星於4年前發出來的光。「光」是這個宇宙中速度最快的東西。人們推測，宇宙誕生於138億年前。以光來觀測宇宙的話，最多只能觀測到138億年前的東西而已。所以換句話說，現在的宇宙地平面，具有讓光移動138億年的大小。

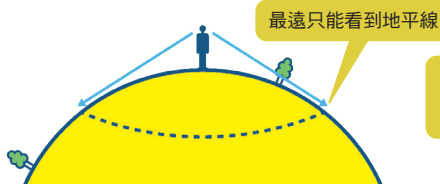
而且，**宇宙每年正以4光年的距離向外擴張中**。在「138億年前發出的光傳向地球」的這段時間內，宇宙也在持續膨脹。換言之，我們觀測到的「位在138億光年外的天體」，現在已經跑到約464億光年外了。因此我們可以計算出：**理論上存在的宇宙邊緣，就位在距離地球約464億光年外的地方**〔圖2〕。

可觀測宇宙的邊緣，稱為宇宙的地平線

▶ 何謂「宇宙的地平線」？〔圖1〕

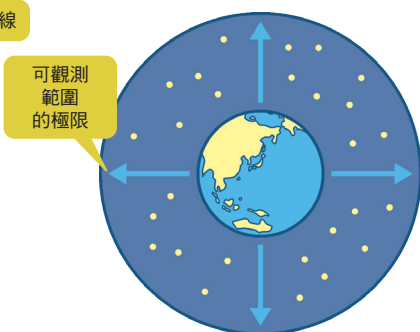
可觀測的宇宙邊緣，稱為「宇宙的地平線」，就跟地球上的地平線一樣。

地球的地平線



就跟我們看不到地平線外的東西一樣，在宇宙地平線的另一端，也有我們無從觀測的地方。

宇宙的地平面

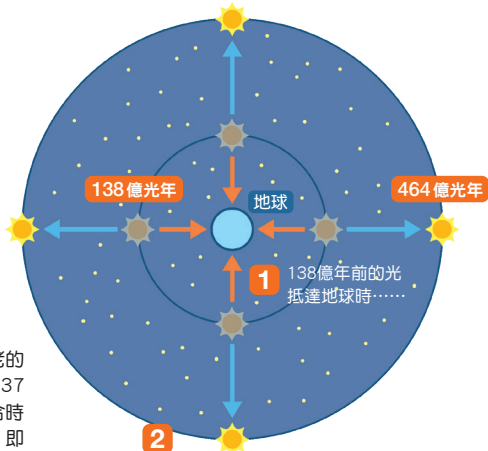


▶ 現在的宇宙大概有多大？〔圖2〕

由於宇宙不斷膨脹，再加上宇宙誕生至今已經過了138億年，因此理論上，宇宙的半徑已達到464億光年。

約138億年前的電波

在這個宇宙中，可觀測的最古老的光（電波），是來自宇宙誕生37萬年後。目前已觀測到宇宙復合時代（→P63）放射出來的電波，即「宇宙微波背景輻射」。



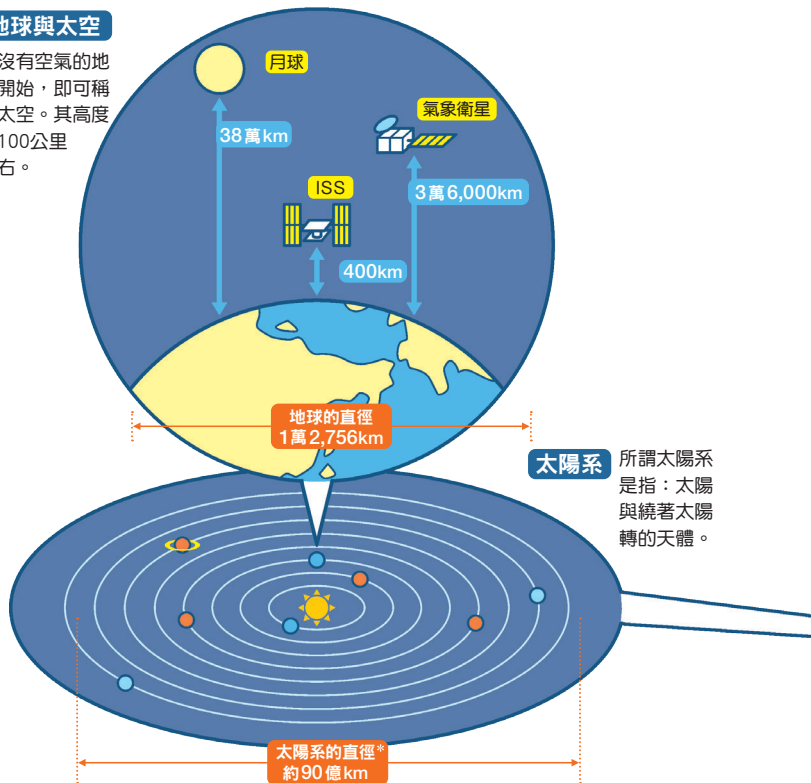
來看看浩瀚宇宙的大小吧

▶ 地球與太陽系

一般而言，距離地表約100公里以上的上空，即稱作太空（宇宙）。地球周圍的國際太空站（ISS）與人造衛星，都飛行在我們有辦法利用的太空範圍內。

地球與太空

從沒有空氣的地方開始，即可稱為太空。其高度為100公里左右。

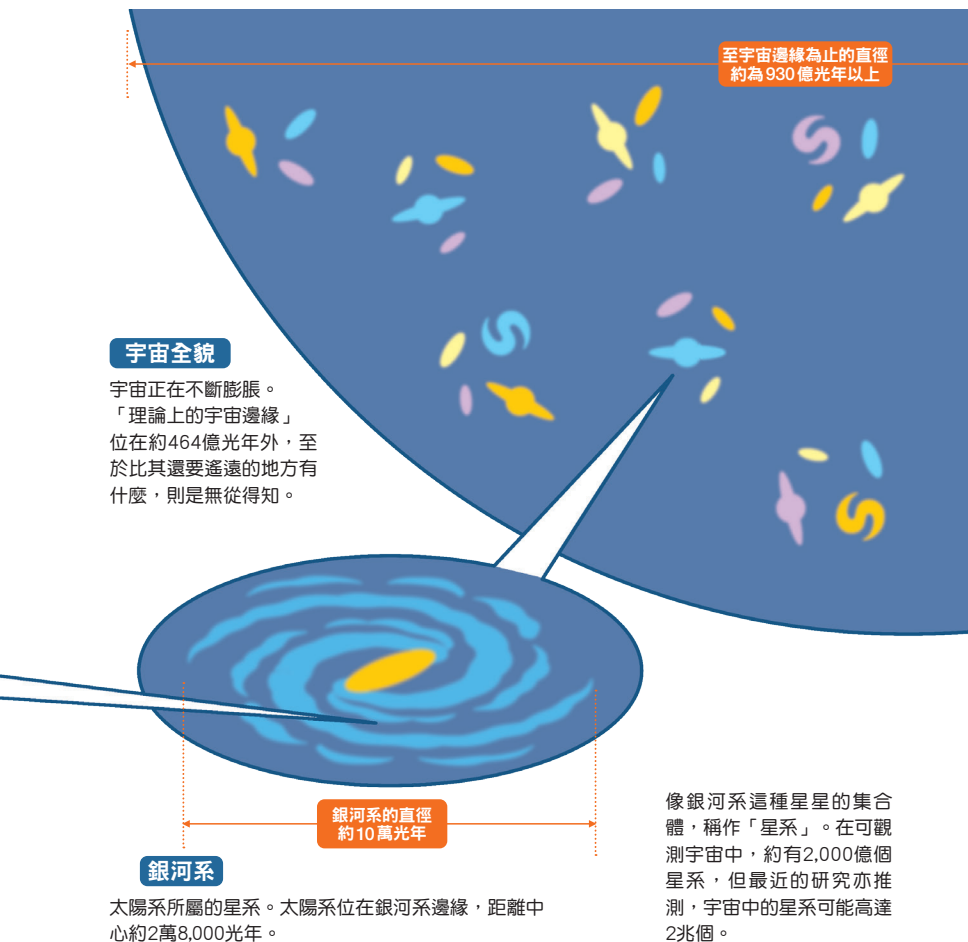


月球距離地球約38萬公里，是離地球最近的天體。太陽與地球的距離，則是1億5,000萬公里。而這個以太陽為中心，有著行星、小行星等天體的領域，就叫做太陽系。

* 從太陽到海王星距離的2倍

▶ 銀河（天河）與太空

太陽系屬於銀河系的一部分。銀河系為螺旋形的巨大天體，其直徑約為10萬光年，厚度約為1,000光年。銀河系中估計有1,000億~4,000億顆像太陽那樣的恆星。



至宇宙邊緣為止的直徑
約為930億光年以上

宇宙全貌

宇宙正在不斷膨脹。
「理論上的宇宙邊緣」
位在約464億光年外，至
於比其還要遙遠的地方有
什麼，則是無從得知。

銀河系的直徑
約10萬光年

銀河系

太陽系所屬的星系。太陽系位在銀河系邊緣，距離中心約2萬8,000光年。

像銀河系這種星星的集合體，稱作「星系」。在可觀測宇宙中，約有2,000億個星系，但最近的研究亦推測，宇宙中的星系可能高達2兆個。

02

[基礎]

行星？恆星？ 天體有哪些種類

原來
如此！

太空中有行星、衛星、恆星、星團、星雲、銀河……等各種天體

當我們仰望夜裡的星空時，就能看見無數個天體。用肉眼看的時候，雖然可以區分出亮度、顏色上的差異，卻無法辨識出它們各別是什麼樣的天體。不過，只要使用望遠鏡，就會發現星星可分為好幾個種類〔圖1〕。

有幾顆明亮、可見的星星是「行星」。行星是繞著太陽運行的天體，其本身並不會發光，但是會反射太陽光，所以看起來很明亮。地球也是行星之一，而地球又帶有一顆叫做月球的「衛星」。火星、木星、土星等行星也都擁有各自的衛星。

組成星座的星星們，幾乎都跟太陽一樣，屬於會自行發光的「恆星」。若有數個～數十萬顆恆星集結在一起，就可稱之為「星團」。

飄盪在太空中的氣體被星光照亮後，會形成像雲一般的明亮天體。這種天體就叫做「星雲」。也有一些星雲會遮蔽後方的星光，因而看起來黑黑的。

宇宙中還有一些由1,000萬～100兆顆恆星集結而成的大型星星集團，這樣的天體就叫做「星系」。太陽系所在的銀河星系，也是大型星星集團之一。「銀河（天河）」指的是由內側觀看銀河系的模樣，因此滿天繁星看起來就像一條河一樣〔圖2〕。

使用望遠鏡辨識出天體的種類

▶ **各式各樣的天體** [圖1] 宇宙中有各式各樣的天體。我們可以根據形狀、大小來替天體分類。

衛星

繞著行星轉的星球。不會發光。

行星

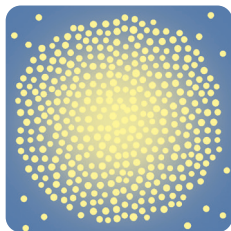
繞著恆星轉的星球。不會發光。

恆星

會自體發光的星球。夜空裡的星星幾乎都是恆星。

星團

恆星的集團。彼此的重力使彼此聚在一起。



星雲

很多星際物質 (→P36) 聚在一起，看起來就像雲一樣。



星系

由許多恆星、星際物質等集結而成的天體。



▶ **銀河系的構造** [圖2]

太陽系所在的銀河系，是一個由許多星球組成的大圓盤狀天體。因此，從內側觀看銀河系中心，就會看到星星有如河流般排列成帶狀。



銀河系的中心

從地球觀測的話，銀河中心就在射手座那個方向。

我們會看到許多星星聚集在銀河系中心

觀看方向

地球

03

【基礎】

1光年有多遠？ 測量宇宙的單位是？

原來
如此！

用來表示**宇宙大小**的三種單位
分別是：**天文單位** < **光年** < **秒差距**

人們常用「光年」一詞來表示太空中的距離，對吧？除了「光年」之外，「天文單位」和「秒差距」也是**表示宇宙距離的單位**。而這些單位分別代表什麼意思呢？

首先是「**天文單位**」。太陽與地球的距離為1億4,960萬km，因此人們將**太陽與地球的距離，訂定為1天文單位（AU）**〔右圖上〕。在相對狹小的範圍內，好比太陽系內，就能以1天文單位作為標示距離的基準。若以天文單位表距離，就能簡單明瞭地標示成：太陽距離木星約5AU、距離土星約10AU、距離天王星約20AU、距離海王星約30AU。

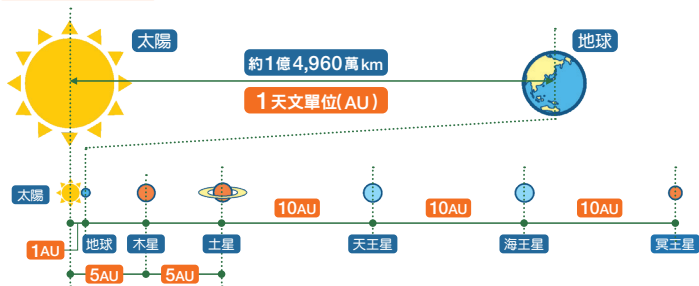
接著是「**光年**」。標示地球到其他恆星或星系的距離時，若使用天文單位，就會造成數字過大，所以才要改用光年〔右圖中〕。1光年是**指光行進1年的距離**，大約是9兆5,000億km。太陽距離最近的恆星「比鄰星」約4.2光年，距離北極星433光年，距離仙女座星系230萬光年。

「**秒差距**」是指，**從地球上觀測時，恆星視差**〔右圖下〕**為1角秒的星際距離**。1秒差距＝約3.26光年。用秒差距來表示距離時，數值較小，較方便運用，因此主要是天文學家在使用的單位。

1秒差距 = 約3.26光年 = 約20萬6,265AU

► 用來表示宇宙大小的距離單位

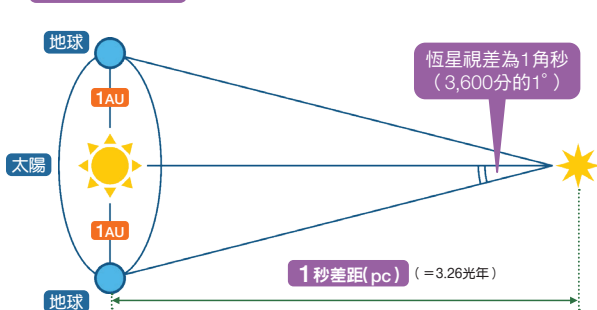
天文單位(AU) 太陽~地球的距離。主要用於標示太陽系內天體之間的距離。



光年 光在太空中行進1年的距離。



秒差距(pc) 恆星視差為1角秒的距離。計算時以天文單位為基準。



恆星視差

地球公轉使我們移動到不同位置上，而我們在兩個相異位置上，觀測同一個天體時，就會產生視角差。只要知道恆星視差，就能利用三角測量計算出該天體至地球的距離。

04 宇宙空間是「真空」嗎？ 或者說，有什麼東西嗎？

【基礎】

原來
如此！

太空是「趨近真空的狀態」。跟地球的空氣相比，**只有一點點物質而已！**

人們常說，宇宙是「真空」狀態。「真空」通常是指「什麼物質都沒有的狀態」，但是在理論上，「沒有任何東西的狀態」應該稱為「絕對真空」。宇宙空間並非「絕對真空」，而是**有少量原子、分子存在其中**。至於所謂的「少量」究竟是多少呢？就拿地球上的數值來比較吧。

包覆地球的大氣，是由氮、氧等元素的分子所組成。以地表的空氣（0°C時）來說，每 1cm^3 中就含有**約2,700京（2,700萬的1兆倍）個分子**。

相較之下，在恆星與恆星之間的遼闊宇宙空間中，每 1cm^3 僅含有**1~數個分子或原子**。跟地球上相比，宇宙中的物質含量便顯得相當稀少〔圖1〕。

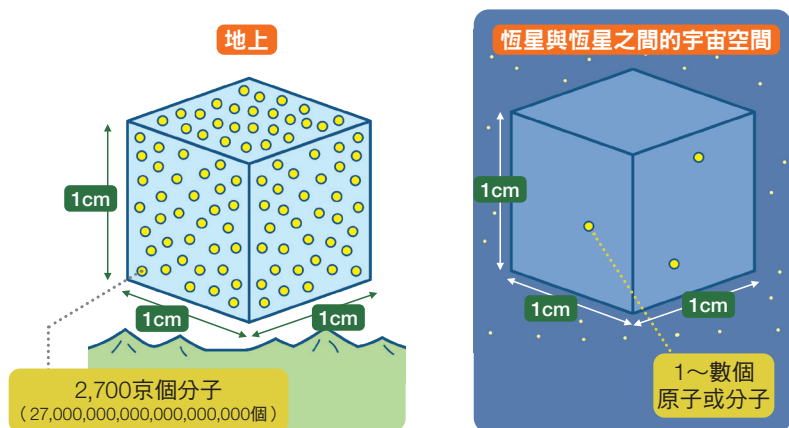
這些稀疏的物質又可分成兩種，一種是氣體（gas），稱**星際氣體**；另一種是**固體微粒**。部分氣體與微粒子，經過長年累月的集結，使密度變大後，就會變成孕育新星球的材料（→P36）。地球等行星也是由這樣的物質所形成的。

太空中不僅有原子、分子等物質，還有電波、光、宇宙射線這三種粒子穿梭於宇宙中。除此之外，尚充滿謎團的暗物質、暗能量也存在於宇宙中〔圖2〕。

飄浮在太空中的星際氣體、微粒子等

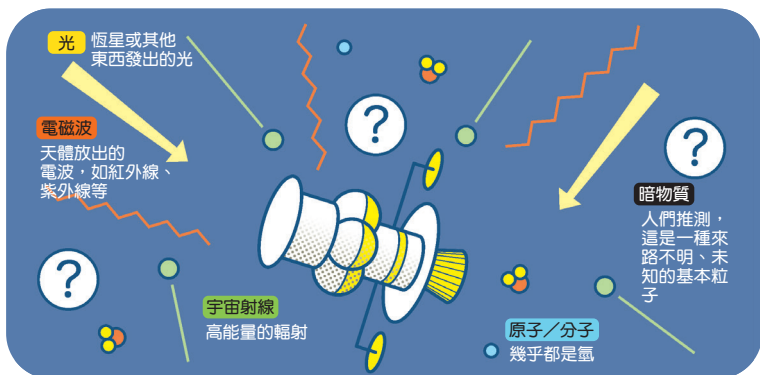
▶ 1 cm³的空間內所含的原子／分子數量〔圖1〕

太空中的密度比地球上來得低。



▶ 在太空中穿梭的東西〔圖2〕

宇宙空間內除了有原子、分子之外，還有各式各樣的東西。



Q 人體若直接暴露在太空中， 會發生什麼事？

破裂

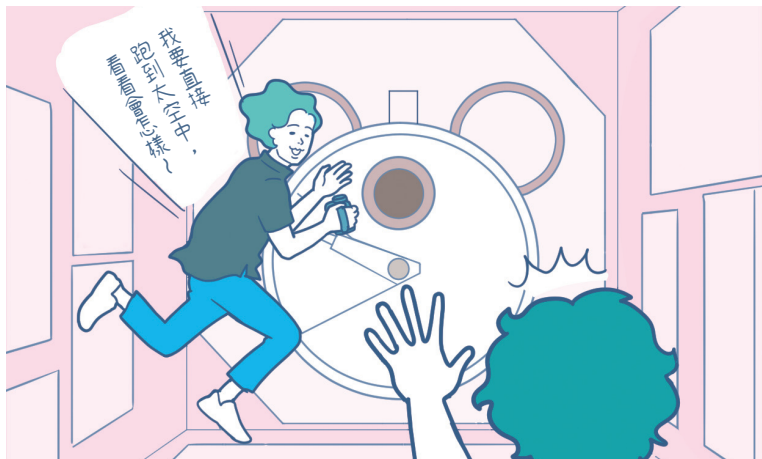
or

乾掉

or

意外地
毫無變化

太空中沒有空氣，接近真空狀態，因此人類進入太空時都會穿著太空衣。假如沒穿太空衣直接進入太空中，那麼人體會變成怎麼樣呢？



一般來說，距離地表100km以上的地方就稱為外太空。首先，這個地方幾乎沒有空氣，因此，**假如人體直接暴露在這種環境下，那麼肯定會在數分鐘內窒息而亡。**

就算立刻憋氣，也會因為太空的氣壓趨近於零，而導致肺裡的空氣膨脹，造成肺部損傷。假如把肺裡的空氣吐光，就能暫時保住肺

臟，而且體內循環系統的血壓也能維持穩定。雖說如此，終究還是會因為血液無法繼續向大腦供氧，而在數分鐘後死亡。

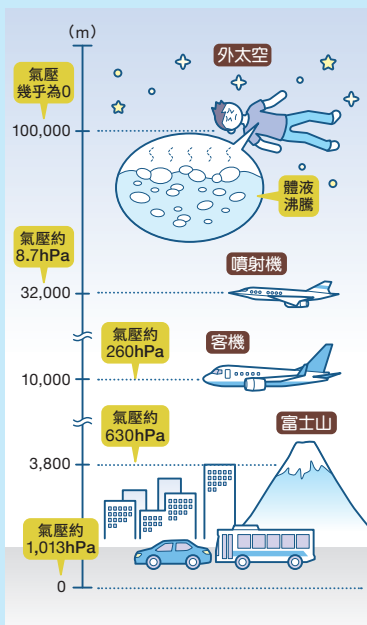
你或許會想：如果帶著**潛水用的氧氣瓶**，是不是就能解決空氣的問題了？但這樣是行不通的。水在地表時，沸點是 100°C ，但是在高山等氣壓較低的地方時，沸點也會隨之降低。在氣壓趨近於零的太空中，**體表附近的淚液、唾液等水分，就會在低於體溫的溫度下開始沸騰**。

水分一旦沸騰，體積就會增加1,000倍以上，而身體也會隨之膨脹。不過，雖說人體不是密閉的構造，卻也受到皮膚包覆，而且血管也是封閉的系統，因此，人體並不會膨脹到立刻破裂的程度。

淚液與唾液沸騰，隨後，血管內也會產生水蒸氣，使血液停止流動。如此一來，大腦就會缺氧、失去意識，然後大概在幾分鐘內就會因為窒息或腦死而死亡。死亡後，遺體會先被體內水分沸騰所產生的水蒸氣撐到膨脹，待水蒸氣排完之後，就會乾掉。因此，正確答案是「乾掉」。

高度與氣壓

太空中的氣壓趨近於零，使得水的沸點降低。因此連體內的水分也會沸騰。



05

[基礎]

明明有太陽， 為何太空還那麼暗？

原來
如此！

太空中的**粒子稀少**，
因此**無法反射光線照亮周遭**！

只要看看從國際太空站（ISS）上拍攝的影像，就會發現太空中明明有太陽，卻還是一片漆黑。在地球上，只要是白天就很明亮，那麼太空中為何會那麼暗呢？

試想一下我們的居住環境吧。我們之所以「看得見東西」，**是因為光線照射在物體上，然後被物體反射到我們的眼中**〔**右圖上**〕。

地球上有空氣，而空氣中飄有許多細小的灰塵、水、氣體等粒子。**陽光照射到這些粒子後，就會被反射到四面八方**。當太陽光從海面或是地面反射，反射至四面八方，這些光便照亮了四周，所以地球上的白晝看起來才會如此明亮。

至於太空中是什麼狀態呢？ISS所在的高度為400km左右，那裡已經接近真空狀態，幾乎沒有任何的空氣和灰塵。即使陽光照射過去，**也沒有灰塵、氣體等粒子可以反射光線**。

於是，光線只會直接通過，不會照亮周圍，也因此不會有光線進入我們的眼球內〔**右圖下**〕。因此，太空看起來總是暗的。

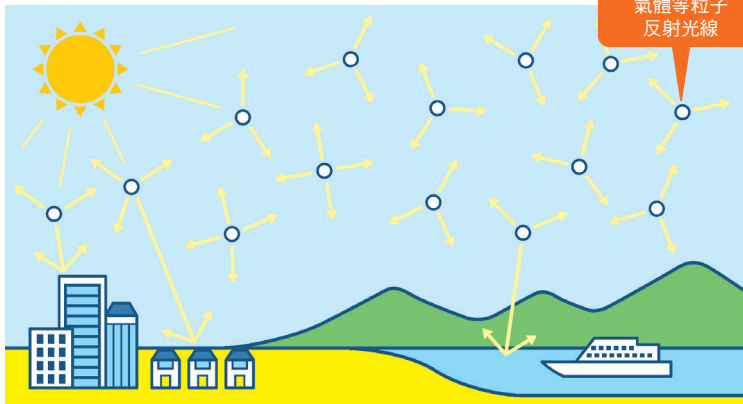
在地球上，大氣中的粒子會反射陽光

▶ 「地球上明亮」與「太空中昏暗」的原因

陽光照射到懸浮在空氣中的細小塵埃、水、氣體等粒子上，然後被反射、四散到周圍，因此地球上很明亮。

在地球上 空氣中的粒子反射陽光，使四周看起來很明亮。

細小灰塵、水珠、
氣體等粒子
反射光線



在太空中 沒有灰塵、氣體等粒子可以反射陽光，所以看起來很昏暗。



太陽出來時，地球與
ISS的機身都會被照亮，
但太空中還是一片黑

06

【基礎】

星球之間會互相牽引？ 「引力」是什麼力量？

原來
如此！

引力是星球之間互相拉扯的力量。
假如沒有引力，**星球就不會誕生！**

「引力」在宇宙中，具有什麼樣的意義呢？

任何具有質量的物體之間，都會有**互相牽引的力**。這種力就叫做**萬有引力**（圖1）。英國的物理學家，牛頓發現了這種力，並整理出為世人所知的「萬有引力定律」。

在地球、月球這種**質量較大的物質之間，會產生非常大的萬有引力**（引力）。此作用力也使得地球與月球互相吸引、繞轉。而地球、火星與木星等行星持續繞著太陽轉，也是因為各行星與太陽之間有著萬有引力。

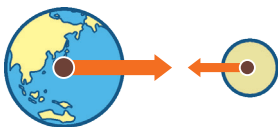
假如星球之間的引力突然消失的話，會發生什麼事呢？若地球與太陽之間不再有引力，那麼**地球就會像擲鏈球的鏈球一樣，從太陽的「手」中離去，最終飛出太陽系**。其他行星也一樣。不僅如此，就連太陽系所在的銀河系，以及恆星、星雲等天體，也都在彼此的引力的影響下相互牽引，因此才會湊在一起。

說到底，要是物體之間沒有引力的話，氫之類的物質就不會聚集在一起，而**星球也不會誕生**吧。

所有物體都會互相吸引、拉扯

▶ **何謂萬有引力定律？**〔圖1〕 萬有引力定律由下列兩種規律構成。

1 重量愈大，引力愈強

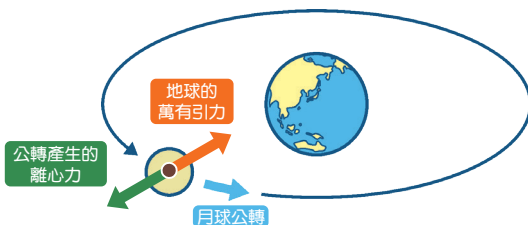


兩個物體的質量愈大，作用力愈強。

2 距離愈遠，引力愈弱



兩物體相隔愈遠，彼此之間的作用力愈弱。



月球被地球的萬有引力拉扯著轉。月球之所以不會靠近地球，是因為月球公轉產生了離心力。

▶ **體重60kg的人若跑到月球上……**〔圖2〕

月球的質量比地球小，所以萬有引力也比較小。因此，人在月球上的體重，只有原本的6分之1左右。

