



千万分之一的光速

一千亿分之一的太阳系

十四百万分之一的光速

[日] 松田行正 著

张维军 译

图书在版编目 (CIP) 数据

一千亿分之一的太阳系：四百万分之一的光速 /

(日) 松田行正著；张维军译. -- 北京：中信出版社，

2017.12

ISBN 978-7-5086-7869-6

I. ①一… II. ①松… ②张… III. ①艺术 - 设计 -

日本 - 现代 IV. ①J131.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 166487 号

1000 億分の 1 の太陽系 + 400 万分の 1 の光速

構成・文・造本 松田行正

© 2009 by Yukimasa Matsuda

Simplified Chinese Translation edition © 2017 by YoYoYo iDearBook Company

Published by China CITIC Press

Through Future View Technology Ltd.

ALL RIGHTS RESERVED.

一千亿分之一的太阳系+四百万分之一的光速

著 者：[日] 松田行正

译 者：张维军

出版发行：中信出版集团股份有限公司

(北京市朝阳区惠新东街甲 4 号富盛大厦 2 座 邮编 100029)

承印者：北京佳信达欣艺术印刷有限公司

开 本：787mm×1092mm 1/32

版 次：2017 年 12 月第 1 版

京权图字：01-2017-6376

书 号：ISBN 978-7-5086-7869-6

定 价：99.00 元

印 张：19.25 字 数：10 千字

印 次：2017 年 12 月第 1 次印刷

广告经营许可证：京朝工商广字第 8087 号

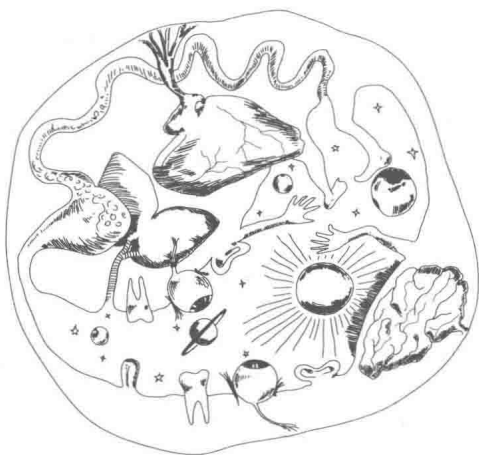
版权所有·侵权必究

如有印刷、装订问题，本公司负责调换。

服务热线：400-600-8099

投稿邮箱：author@citicpub.com

献 给 松田朔空



内脏翻转后形成的人体宇宙图。如能将人体
内外翻转，手脚从内脏翻转的内壁凸出，体
内则是整个宇宙。加藤爱子根据乔治·伽莫
夫（George Gamow）著作《从一到无穷大》（*One,
Two, Three... Infinity*, The Viking Press Inc., New York, 1949）
绘制。

书本常常被比喻成小宇宙。说到封闭空间的宇宙话题，我总是会首先想到中国古代传说的“壶中天”。传说，在一只小小的壶中，别有一番天地。

物理学家乔治·伽莫夫曾经描述，人可以通过一种拓扑转换，在自己体内移动到全宇宙任何地方，还提供了一幅从头到脚彻底翻转的图像。图中人的身体内部是整个外部世界，内脏则在外面。

受到伽莫夫的启发，日本艺术家赤濑川原平创作了《宇宙罐头》（1964）。他使用一罐普通的螃蟹罐头，吃掉里面的螃蟹后，把罐头标签贴到罐头盒内侧。或许这还不是真正的“内脏翻出”，但确实是拓扑转换的优秀范例。正如作品名称所示，这也是一个微型宇宙。

靛蓝鸫是一种全身覆盖明亮蓝色羽毛的飞鸟。据说，它在迁徙时，会根据星座的位置来确定自己的路线，就像大航海时代之前的古代水手那样。如果我们能以某种方式从靛蓝鸫的记忆中提取出全部星系的信息，那可能就是另一种宇宙模型。

我一直被各种宇宙模型的魅力所吸引，也期待有机会亲手做一个。这本书就是我的最终成果。

我们的太阳系，实际尺寸为50个天文单位（天文单位，英文为“Astronomical Unit”，通常缩写为“AU”，指地球到太阳的平均距离。1个天文单位大约是1.5亿千米，50个天文单位就是75亿千米）。我产生了把距离按照一千亿分之一的比例缩小的想法，这样我就能将50个天文单位放到像风箱一样折叠连接的书页中。每页的宽度是125毫米，600页连接起来就是75米，就是75亿千米的一千亿分之一。这样，书中的每一页就可以等比对应太空中的相应区域。

我们经常听人说，要阅读一本书的“字里行间”，还有“留白”也很重要。这本书就充满了空白，但是因为它它是太阳系的比例模型，那些空白区域恰恰是物理空间的指代物。

很多宇宙模型使用对数比例，对数的数值每增加1就会以一个完全不同的量级跳跃着接近宇宙的尽头。有不少影片和科普书籍阐述过这一观点，纪录片《10的乘方》（*Powers of Ten*）就是典型的例子。这部片子基于基斯·博克（Kees Boeke）的著作《宇宙观：40级跳跃中的宇



赤瀬川原平，《宇宙罐头》（1964）。加藤爱子绘图。

宙》(Cosmic View - The Universe in 40 Jumps, 1957)的思想制作。如副书名所示,指数比例正是产生跳跃的工具。

然而,如果你尝试用指数比例来绘制太阳系,第一个跨页用1~10米的量级,第二个跨页用10~100米的量级,以此类推,你会发现75亿千米只需要13个跨页就完成了,也就是26页。

我想要把本书做成一个连续的、延展的太阳系模型,而不是指数级跳跃、瞬间飞逝的太阳系模型。纵然它只是一个缩影,我也想准确表达出太阳系那种巨大辽阔的感觉。

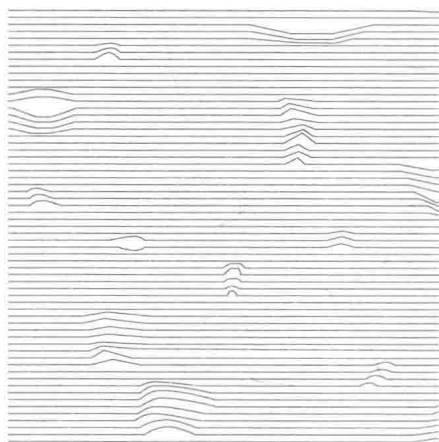
太阳系稀稀疏疏,行星之间是广袤无物的深邃空间。然而,当我放入所有的行星、矮行星和小行星,连接各自的近日点和远日点,画出它们所有卫星的轨道,太阳系看起来就不再那么稀疏了。相反,因为有如此多的连接线条,它变得相当复杂和拥挤。事实上,就像电影《第三类接触》(Close Encounters of the Third Kind)中的那句台词所说,“我们并不孤单”。想象一下,如果每一根线都承载着一部自己的戏剧,那么太阳系该是如何热闹的一幅图景。

以光速穿越太阳系的75亿千米所需的时间只有短短的7个小时,但宇宙中的距离是如此令人难以置信的巨大。除非你决定采用适当的缩略形式,否则根本不可能理解与表达。两种常用的度量单位就是前面提到的“天文单位”和“光速”。

1光年就是光在一年的时间里传播的距离(约为9.46万亿千米)。在这样的表述下,时间单位“年”被用在表示距离的单位中。这在某种意义上提醒我们,“时间”和“距离”是一样的。甚至于对仅仅“1米”的距离进行定义,也是离不开时间的。

米制是法国大革命时期建立的,其基本单位“米”被定义为基于子午线从地球赤道到北极点实测长度的一千万分之一。这个值就成为“基准米”,并为此制作了金属的米原器尺。

随着测量精度的逐渐提升,人们发现地球子午线的测量数值事实上并不精准。然而此时,米制已经被普遍使用,如果再贸然推出一个新的标准值,将会导致广泛的问题。解决的办法是放弃对子午线的测量,但是仍然以米制为基础,即使它是依据原本并不准确的测量值而产生的。米制的理念原本是要追寻符合自然的完美数值,却不得不向一个基于非精确测量值的人造标准妥协。



表现太空中异常的波动线条。加藤爱子根据维克托·瓦萨雷里（Victor Vasarely）的作品《波性的可塑成分》（*Plastic Constituents of Wave Character*, 1958）绘制。

可是这个新标准的基础显得尴尬而随意，科学家们再次转向自然寻求答案。经过反复试验，一个新的定义于1960年被采纳，“米”的新标准被定义为氪86同位素橙色谱线波长的倍数。不幸的是，这个倍数（1650763.73）还是显得很不自然。

到1972年，精确测量光速成为可能。由于光在真空中传播的速度是恒定的，1983年国际度量衡大会决定将“米”的定义修改为“光在真空中行进299,792,458分之1秒的距离”。“米”的实际长度事实上与原来的米原器完全相同，但是如此一来，新的定义还包含了时间的概念。这是一个相当了不起的观念上的转变。

因为我喜爱那种基于光的距离与时间的意向，我决定在这本书表现太阳系75亿千米的旅程中，增加另外一个比例尺来呈现每秒钟光所运行的距离。我让书的600页的长度（75米）对应30万千米，在其中插入从每秒4千米（对应书中1毫米）一直到30万千米的速度与距离等数据。你会发现，对比这些来自不同领域的同类数值，真是一件非常有趣的事情！

把看上去无限广阔的太阳系压缩到600页的书中，这让我意识到，太阳系毕竟也是有限的。同时，那些密密麻麻的线条也让我想到维克托·瓦萨雷里（Victor Vasarely）的作品。将75亿千米的太阳系旅程压缩至一卷之中，形成了这本书，但是我更想把它看作另一种形式的天球仪或浑天仪。

松田行正

本书使用说明

本书是按照1:1000亿的比例制作的太阳系缩微模型。模型部分600页，每页宽125毫米，总长75米。将书中相应的长度数字乘以1000亿，你就能得到太空中的实际距离。本书描述的就是距离太阳75亿千米半径范围内的宇宙。

★ 行星

行星及其卫星的轨道居于页面中间。有些行星实际上应该小于0.5毫米，但是基于可识别性考虑，就以最小可用的0.5毫米标示。

★ 卫星与行星环

同样的，卫星轨道之间的间隙在印刷时也至少留出0.5毫米空白。土星等行星拥有行星环，显示为灰色。行星环是围绕行星旋转的小颗粒与尘埃带。

★ 小行星

除了延伸跨页的长长行星线，每一颗小行星也画了线条，用以标注近日点与远日点之间的距离。

近日点（用向左的箭头表示）是指天体靠近太阳时最近的点，远日点（用向右的箭头表示）则相反，是指天体远离太阳时最远的点。

大部分小行星位于火星和木星之间的小行星带，其他小行星位于海王星轨道之外的柯伊伯带。

还有一些所谓的逆行小行星，拥有高倾角和高偏心率的轨道，某些轨道甚至延伸至75亿千米之外。

顺着近日点的线条，你会发现一个小圆点。这里标示着半长轴的值，也就是椭圆轨道长轴的一半。

本书中包含了2009年可见的100颗小行星，而确定轨道和分配编号的小行星已经超过20万颗。

★ 提丢斯-波得定则

约翰·丹尼尔·提丢斯（Johann Daniel Titius）最早提出此猜想，认为行星到太阳距离的数值遵循一种简单的几何规则。约翰·埃勒特·波得（Johann Elert Bode）进一步发展了此定则。

★ 外海王星天体

这些天体的轨道至太阳的平均距离大于海王星的轨道，其中包括类冥矮行星和柯伊伯带的其他小天体。

★ 数字

书中1到75000之间的数字表示对应的1毫米到75000毫米之间的位置。

★ 三角数

从1到n的自然数之和。

$$n(n+1)/2 \quad n \geq 1$$

★ 斐波那契数列

一个数列，其每个数都是之前2个数的和。

$$F_{n+2} = F_n + F_{n+1}$$

★ 泰波那契数列

一个数列，其每个数都是之前3个数的和。

$$F_{n+3} = F_n + F_{n+1} + F_{n+2}$$

★ 迪达那契数列

一个数列，其每个数都是之前4个数的和。

$$F_{n+4} = F_n + F_{n+1} + F_{n+2} + F_{n+3}$$

★ 2^n

2的n次幂。

★ n^2

n的平方。

★ n^3

n的立方。

- ★ 页面顶端是真实的尺寸数据，每页125毫米，600页总计75000毫米。
所列出的一些速度对应应在其1秒钟所到达的位置。

- ★ 页面底部是按照光速的400万分之1对应划分的30万千米（每秒）。1毫米对应4千米（每秒），这个位置列出了一些4千米到30万千米之间的距离和以千米/秒表示的速度。

- ★ 右页边缘有三个标记色块，可以通过页口来索引。上面的色块以每10米为一个梯次，直至75米。下面的色块则以1万千米为一个梯次，10万千米为一个循环，三个循环后达到30万千米。中间的色块则标明当前页面所处的行星区间。

▶ 页面顶端 / 数列中的数字是真实的尺寸数据，每页125毫米，600页总计75000毫米。
这里列出的速度对应位置为其1秒钟所到达的距离。
这里还列出了一些介于1 ~ 75000毫米之间的的距离数据。

▶ 小行星 · 外海王星天体

▶ 页面中间 / 行星 · 卫星 · 行星环

▶ 小行星 · 外海王星天体

▶ 页面底部 / 按照光速的四百万分之一对应划分的30万千米（每秒）。1毫米对应4千米（每秒）。
这个位置列出了一些4 ~ 30万千米之间的距离和以千米/秒表示的速度。

1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	66	78	91	105	120
0	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55		89		
0	1	1	1	2	4	7	13	24	44		81			
0	1	1	1	2	4	8	15	29	56				108	
1	2	4	8		16	32			64					
1		4	9	16	25	36		49	64		81	100		121
1		8		27					64					125
小肠的消化速度·1毫米/秒 蜗牛的最快速度·2.8毫米/秒 蚕吐丝的速度·8.7毫米/秒 树獭在地面的最快速度·3.33厘米/秒 鼯鼠的最快速度·3.6厘米/秒 海龟的最快速度·7.6厘米/秒 眨眼的速度·11厘米/秒 0.125米														

太阳

直径 = 1392000千米
从太阳发出的光到达地球需约8分19秒
Sun
diameter: 1392000km
time for light to reach the Earth: about 8m19s

- 0.2413千米/秒·火星的平均自转速度
- 0.466千米/秒·地球的平均自转速度
- 1.023千米/秒·月球的平均轨道速度
- 2.38千米/秒·月球的逃逸速度
- 2.593千米/秒·天王星的平均自转速度
- 2.688千米/秒·海王星的平均自转速度
- 4.44千米/秒·水星的逃逸速度
- 4.749千米/秒·冥王星的平均轨道速度
- 4.892千米·南极最高峰文森山的高度
- 5千米·东京日本皇宫外墙周长
- 5.02千米/秒·火星的逃逸速度
- 5.44千米/秒·海王星的平均轨道速度（近日点速度 = 5.28千米/秒·远日点速度 = 5.18千米/秒）
- 5.527千米·北冰洋的最大水深
- 5.55千米/秒·呼吸的速度
- 5.597千米·亚马孙河源头海拔
- 5.6千米·一件男士大码T恤总线长

136	153	171	190	210	231
144	149				233
128	144	169	196	208	225
				216	

5.791 千米·蝴蝶飞行的最高海拔（小蜂蝶）

5.8 千米·肉食动物居住的最高海拔（雪豹）

5.895 千米·非洲最高峰乞力马扎罗山的高度

5.95 千米/秒·声音在铁中的传播速度（约为在空气中传播速度的4.4倍）

6.5 千米·日本载人潜水器 Shinkai 6500 最大潜水深度

6.81 千米/秒·天王星的平均轨道速度（近日点速度=7.11千米/秒·远日点速度=6.48千米/秒）

7.2 千米·《格列佛游记》中飞岛“勒皮他”的直径

7.236 千米·南冰洋的最大水深

7.74 千米·日本地球号深海钻探船的最大挖掘深度

7.7 ~ 7.9 千米/秒·国际空间站的轨道速度（地球同步卫星的速度是3千米/秒）

7.8 千米/秒·导爆索内的爆炸传播速度

7.8 千米·世界上最长溜冰场的长度（加拿大里多运河）

7.9 千米/秒·卫星环绕地球飞行而不落下的速度（第一宇宙速度）

7.906 千米·印度洋的最大水深

根据塔利－费舍尔关系测定银河系绝对对星等的氢原子波长·21厘米

7.935 千米 / 秒 · 苏联斯普特尼克一号人造卫星的最大速度

8 千米 · 世界最大岩石的长度 (澳大利亚奥古斯特斯山)

8.02 千米 · 日本海沟最大水深

8.2 千米 / 秒 · 航天飞机进入大气层时的速度

8.372 千米 · 捕捉到深海鱼的最大水深 (神女底鼈鲷)

8.605 千米 · 大西洋的最大水深

8.848 千米 · 珠穆朗玛峰的高度

9.65 千米 / 秒 · 土星的平均轨道速度 (近日点速度 = 10.19 千米 / 秒 · 远日点速度 = 9.12 千米 / 秒)

9.893 千米 / 秒 · 土星的平均自转速度

10 千米 · 日本最长洞穴 (山口县秋芳洞)

10.36 千米 / 秒 · 金星的逃逸速度

10.8 千米 · 世界最宽瀑布的宽度 (老挝湄公河孔恩瀑布)

10.9 千米 · 发现深海鱼的最大水深 (一种类似鲷巨鱼的比目鱼)

10.92 千米 · 地球最深处 (马里亚纳海沟)

11 千米 · 对流层到海平面的距离

血液从心脏流出的速度 · 30 厘米 / 秒

0.375 米

主动脉里的血流速度：40 厘米 / 秒

水星

赤道直径 = 4880 千米
轨道半长轴 = 0.38710 天文单位
距离地球 91688535 千米 = 光速约 5 分 6 秒
Mercury
equatorial diameter: 4880 km
semi-major axis: 0.38710 AU
distance from the Earth: 91688535 km
time for light to reach the Earth: about 5m6s

根据提丢斯-波得定则计算出的水星位置
轨道半长轴 = 0.4 天文单位

- 11.082 千米 / 秒 · 载人飞行器最高速度纪录 (阿波罗 10 号飞船)
- 11.19 千米 / 秒 · 地球的逃逸速度
- 11.3 千米 · 鸟类飞行最高纪录 (一种秃鹰)
- 12.6 千米 / 秒 · 木星的平均自转速度
- 12.9 千米 / 秒 · 宇宙飞船重返大气层的速度
- 13 千米 / 秒 · 天狼星的平均自转速度 (大犬座 α 星)
- 13.06 千米 / 秒 · 木星的平均轨道速度 (近日点 13.71 千米 / 秒 · 远日点 12.44 千米 / 秒)
- 13.1 千米 · 世界上最长的公路铁路两用双层桥濑户大桥全长
- 14 千米 · 日本大坂城外护城河周长 (大坂之战后被填平)
- 14.358 千米 / 秒 · 先驱者 10 号的最快飞行速度
- 15.1 千米 · 东京湾跨海公路全长
- 16 千米 · 哈雷彗星最长处
- 16.7 千米 / 秒 · 太阳系的逃逸速度 (第三宇宙速度)
- 17.132 千米 / 秒 · 旅行者 1 号探测器的速度
- 18.288 千米 · 协和式飞机最大飞行高度