

TURING 图灵新知

千亿个宇宙

宇宙は本当に
ひとつなのか

最新宇宙論入門

多世界的
黑暗秘密

Hitoshi Murayama

田村山齐——著
逸宁——译

中国工信出版集团

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

[日]村山齐——著
逸宁——译

多世界的
黑暗秘密
宇宙
千亿个

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

千亿个宇宙:多世界的黑暗秘密/(日)村山齐著;
逸宁译.--北京:人民邮电出版社,2018.11

(图灵新知)

ISBN 978-7-115-49012-4

I. ①千… II. ①村… ②逸… III. ①宇宙—普及读
物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第172765号

内 容 提 要

本书从当前可观测宇宙出发,通过追溯早期宇宙,讲解了宇宙的诞生与可能的结局,并结合天文观测与物理学研究中的“暗物质”与“暗能量”问题,带领读者探索了宇宙中不可见的“额外维度”,以及奇妙的多重时空区域。本书语言通俗、线索清晰、节奏轻快、层层深入,不仅描绘出了宇宙的整体图景,还探讨了当前宇宙研究中待解决的关键问题,是宇宙学入门的科普佳作。

◆ 著 [日]村山齐

译 逸 宁

责任编辑 武晓宇

装帧设计 broussaille 私制

责任印制 周昇亮

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本:880×1230 1/32

印张:5.75

字数:107千字

2018年11月第1版

印数:1-4000册

2018年11月河北第1次印刷

著作权合同登记号 图字:01-2017-3137号

定价:49.00元

读者服务热线:(010)51095186转600 印装质量热线:(010)81055316

反盗版热线:(010)81055315

广告经营许可证:京东工商广登字20170147号

推荐序

中国科学院国家天文台
宇宙暗物质暗能量组首席研究员
陈学雷

现代物理学和天文学的发展令人惊叹，相对论、量子力学、宇宙大爆炸等超出人们日常直观的科学理论深刻地改变了人类对宇宙的认识。但是，宇宙的主要成分并不是我们已经熟悉的任何一种物质，而是迄今为止仍不知道是什么的所谓暗物质和暗能量，而宇宙大爆炸之前究竟发生了什么、为什么会有宇宙大爆炸？在我们可观测的宇宙之外，是否还有完全不同的宇宙？这些问题是现在的物理学家和天文学家们正在积极钻研求索的问题，也是公众深感好奇的内容。

本书的著者村山齐教授是当代一位著名的日本物理学家，主要从事粒子物理和宇宙学的研究。他也是国际著名的东京大学“数学物理联合宇宙研究机构”（IPMU）的所长。我还记得首次见到村山教授是 2007 年在北京大学科维理天文和天体物理研究所（KIAA）的一次座谈会上，当时 IPMU 和 KIAA 这两所研究机构都刚刚成立，并且都得到了著名的 Kavli 基金会的冠名资助，村山教授专程来 KIAA 访

问，并专门邀请了一些中国学者座谈交流。他此前任教于美国加州伯克利大学，返回日本担任了 IPMU 的首任所长。在这次交流中，他介绍了日本学术界的情况特别是存在的问题，比如论资排辈、缺乏国际化的视野；也介绍了 IPMU 的理念，特别是如何通过招聘充分多的外籍人员，使其保持国际化的氛围，提高研究所的活力，达到一流的研究水准，并带动整个日本科学研究的发展。

IPMU 体现了许多颇为新颖独特的理念，比如为了促进不同领域科研人员的交流，激发创造灵感，甚至连研究所的建筑也非常独特，不仅在研究所内设立了许多供人们相遇、交流的公共空间，而且没有明确的楼层——办公室被布置在连续上升的斜坡旁，以避免那种数学占一层、物理占一层、天文占一层的分化。现在建所十年，IPMU 已成为日本最著名的研究所之一，也是在国际上享有很高声望的一流研究所和研究中心。包括笔者在内的许多中国学者都曾到 IPMU 访问，而全世界（也包括中国）许多最优秀的青年研究人员也被吸引到 IPMU 进行博士后研究。当然，日本科学界的研究水平在国际上本来就是比较高的，IPMU 又得到了丰厚的资金支持并拥有很大的自主权，这些都是其成为国际一流研究机构的有利条件。但即便如此，IPMU 能在十年内就取得如此高的声望和大量科学成果，在很大程度上是得益于村山教授高瞻远瞩的视野和卓越的领导才能。

此后，我也曾几次在国际会议上遇见村山教授并与他交谈。给

我印象非常深刻的是，村山教授的学识非常渊博，虽然他自己最初的研究方向主要是粒子宇宙学理论，但他十分清楚天文学观测的方法和其中的各种实际问题。更令人惊讶的是他对学界动态的了解，不仅包括欧美和日本，甚至说起中国天文和粒子物理的各种项目和研究进展他也都极为熟悉。

本书是村山教授的一部科普著作，全面介绍了当前宇宙学的基本概念、重要问题，同时也用非常通俗易懂的语言介绍了许多新奇的理论和实验，还专门设置了问答，替一般读者问出阅读时可能存在的疑问，并由村山教授一一回答。对于想要弄懂这些概念的一般读者，这是一本不绕弯子、直奔主题的简洁明快之作。能向中国读者推荐这部著作，我感到十分荣幸。

前言

听到“宇宙”一词，你会想到什么呢？大部分人可能首先想到的是璀璨的繁星和绚丽的星系吧。因为在我们的观念中，这些繁星和星系就是宇宙。但是，这种观点在 2003 年被彻底颠覆了。

这次对宇宙认知的革新，源于一份从宇宙观测结果得出的宇宙整体能量清单。清单显示，构成恒星和星系的所有元素的能量仅占宇宙整体能量的 4.4% 左右。肉眼可见的恒星和星系，在浩瀚宇宙中仿若沧海一粟。除此之外的绝大部分宇宙，我们都无法用眼睛看到。

万物由原子构成，这是我们在学校学到的常识。然而，原子的占比甚至不足宇宙整体能量的 5%。那么剩余约 96% 的能量是什么呢？其实，其中的 23% 左右为暗物质，73% 左右为暗能量。在误差允许的范围内，将上述几部分全部相加刚好为 100%。虽然暗物质和暗能量都拥有各自的名称，但它们的“真身”仍是未解之谜。

也就是说，我们其实对宇宙整体知之甚少。然而直到 2003 年以后，我们才认清这一残酷现实。原本熟悉的宇宙，似乎在转瞬之间变得陌生。这种观念冲击，相当于在人们深信地球是宇宙中心的

“地心说”时代，哥白尼提出了“日心说”。以往，我们一直认为原子构成的宇宙就是宇宙的全部。直到后来，我们才意识到这种观点是错误的。

如今，前沿宇宙研究距离捕获暗物质只有一步之遥。倘若没有暗物质，地球、太阳、恒星以及星系都不会诞生。甚至可以说，我们人类的诞生也是因为暗物质的存在。但是，至于暗物质究竟是什么，目前仍无从知晓。不过幸运的是，已经正式启动的大型强子对撞机（LHC）和在日本神冈矿山地下1千米进行的暗物质液氙探测器（XMASS）等实验项目，非常值得我们期待。在今后的10年间，逐步揭开暗物质的神秘面纱，不再是痴人说梦。现在有一个热门话题，说暗物质可能是来自其他维度空间的“使者”。这可不是科幻小说，而是已开始正式研究的物理学理论——多维宇宙。

另一方面，暗能量则有些“反常”，它在试图将好不容易形成的宇宙大尺度结构撕裂为碎片。暗能量的真相更加“黑暗”，不过日本的图像和红移的斯巴鲁测量（SuMIRe）项目等或许将逐步探索出它的秘密吧。目前暗能量的最有力候选者为“真空能量”。真空为何会拥有能量呢？这是支配微观世界的量子力学提出的预言。但是计算结果表明，真空能量的数值是期望值的 10^{120} 倍。如果真空能量的数值这么巨大，那么宇宙诞生后马上就会被撕裂成碎片，根本没有孕育恒星和星系的时间。于是就此产生了“多元宇宙”的观点，该理论

认为存在很多个宇宙，甚至可能多达 10^{500} 个。在众多宇宙之中，真空能量恰好十分微小的宇宙寥寥无几，而我们的宇宙便是其中之一。

本书的中心内容是，讲解宇宙诞生的关键信息——暗物质和暗能量，并介绍宇宙的整体结构。结合该领域的热门话题，让我们一起来重新思考宇宙是什么，以及关于宇宙，我们了解了什么，又不了解什么。

目录

第 1 章	已知的宇宙	001
1.	太阳系——宇宙的小角落	002
2.	探索太阳系	005
3.	出人意料的公转速度	008
4.	恒星的构成	010
5.	中微子的馈赠	014
6.	艰辛的中微子观测	017
7.	恒星的内部结构	018
8.	深入探索银河系	019
9.	银河系中心的黑洞	023
10.	奇异的星系旋转	024
11.	看不见的物质	026
12.	星系中充满暗物质?!	027
13.	如何获知星系在旋转	029
14.	相当于几乎什么也没看到	032
	答疑解惑	033
第 2 章	宇宙满是暗物质	035
1.	星系团中也充满了暗物质	036
2.	引力透镜效应	039
3.	斯巴鲁望远镜	040
4.	星系团的碰撞	043
	答疑解惑	045

第3章	宇宙的大尺度结构	049
1.	宇宙中的“浓淡疏密”	050
2.	“大爆炸”的余烬	053
3.	膨胀中的宇宙	055
4.	宇宙的结构清单	056
5.	暗物质与宇宙的诞生	058
	答疑解惑	059
	小专栏	060
1.	构成万物的基本粒子	060
2.	力也源自基本粒子	060
3.	未知的基本粒子与宇宙之谜	061
第4章	暗物质的黑暗秘密	063
1.	暗物质的候选者	064
2.	胆小的第一候选者	068
3.	WIMP的真相	070
4.	其他维度的访客?!	071
5.	探寻暗物质的声音	073
6.	探索暗物质的热潮	078
7.	再现宇宙大爆炸	080
8.	宇宙的基因计划	082
	答疑解惑	085
	小专栏	087
1.	宇宙的年龄	087
2.	观察宇宙的开端	088

第 5 章 宇宙的命运 091

1. 宇宙的命运 092
2. 暗能量 093
3. 从超新星获知宇宙膨胀速度 094
4. 持续增加的能量 096
5. 宇宙将会撕裂? 098
6. 暗能量的产生速度 100
7. 超弦理论与宇宙终结 101
- 答疑解惑 102

第 6 章 多重宇宙 107

1. 宇宙不是唯一的 108
2. 从弯曲到平坦 110
3. 五维时空 113
4. 不可见的维度 114
5. 身边的多重维度 117
6. 应用于力的统一 119
7. 微弱的引力 121
8. 引力不会互相抵消 122
9. 引力为什么微弱 124
10. 存在渗透到其他维度的引力吗 126

第 7 章 多重维度 129

1. 渗透到多重维度的引力 130
2. 黑洞——存在多重维度的证据 132
3. ILC 的实验 133
4. 弯曲的宇宙 136

5. 额外维度空间是不确定的	138
6. 不确定的存在	139
7. 额外维度中的暗物质	142
答疑解惑	145

第 8 章 宇宙是唯一的吗 149

1. 三维的三明治	150
2. 宇宙的分支	151
3. 宇宙加速膨胀的能量	153
4. 理论物理学最糟糕的预言	154
5. 超弦理论与黑洞	157
6. 六维空间是叠在一起的	160
7. 何方可化身千亿，一宇宙前一揭秘	162
答疑解惑	165

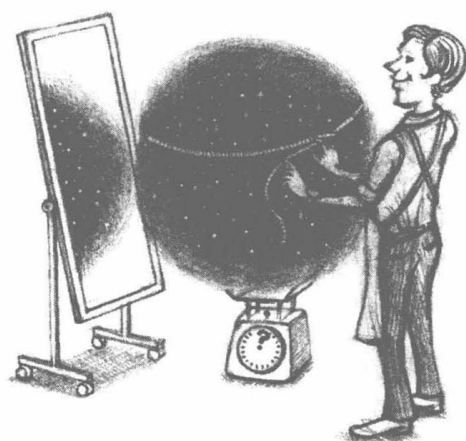
后记 167

内文插画：齐藤绫一

内文图版：Sakura 工艺社

协作方：IPMU、朝日文化中心新宿教室

第1章 已知的宇宙



我们对宇宙究竟了解多少呢？首先，我想整理一下我们已经了解的宇宙知识，并以此为线索来展开讲解。

1. 太阳系——宇宙的小角落

夜晚的天空中，可以看到月亮和星星。我们对宇宙的印象，或许就是这美丽的星空吧。仰望星空，我想任何人都曾在心中萌生过若干疑问。例如，宇宙是何时形成的？我们为何存在于宇宙中？这些问题可能听起来像是哲学问题。但是，现在科学已经可以解答这些疑问了。

我们生活在地球上，地球则围绕太阳运动。不过，仅在几百年前，人们还不了解这一事实，而是坚信地球是宇宙的中心。虽然哥白尼和伽利略提出了“地球围绕太阳运动”的日心说，但是几乎没有人相信。

进入 17 世纪，日心说才开始逐渐被人们接受。牛顿概括了力学体系，解释了太阳系天体运动的法则。自此之后，我们便理解了地球围绕太阳运动的现象。

以太阳为中心的天体系统也被命名为太阳系。在此后的一段时期内，太阳一直被视为宇宙的中心。1840 年前后，研究终于发现，

我们人类感觉非常辽阔的太阳系，对于宇宙整体而言仅是弹丸之地。这一时期，研究者也掌握了测量夜空中星星之间距离的方法。

例如，德国天文学家贝塞尔（图 1-1）成功测算出天鹅座 61 与地球间的距离为 11.2 光年。1 光年是指光在 1 年的时间里传播的距离，约为 9.46×10^{12} 千米。而当时太阳系中距离太阳最远的行星冥王星，被测算出与地球相距约 5.9×10^9 千米。结合这些结果，很明显可以得出结论：天鹅座 61 位于太阳系之外。另外，随着相关研究的发展，我们也明白了太阳只是众多恒星中的一员，大量的恒星汇集会构成星系。我们所在的星系叫作银河系。

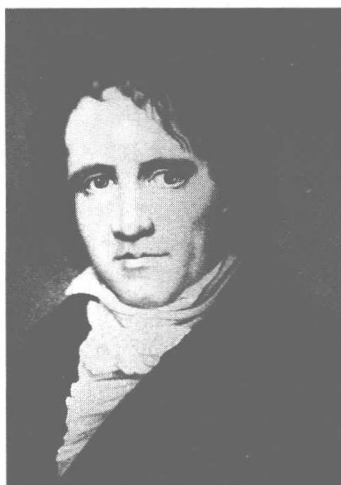


图 1-1 贝塞尔 测得天鹅座 61 与地球之间的距离

由于地球恰好诞生于太阳附近，人类又在太阳的恩惠之下生存发展，所以总是觉得太阳很特别。但从物理学的角度来看，太阳并非特殊天体，只不过是一颗普通恒星，而且位置还处于远离银河系中心的边缘区域。至此，将太阳视为宇宙中心的观点彻底崩塌，人们对太阳的认识也被改写——太阳并非宇宙中心，而是位于银河系边缘的一颗恒星。

那么，银河系的中心是宇宙的中心吗？当然不是。其实，银河系之外还存在很多天体以及其他星系。另外，众多星系还会聚集成一个个的集团，这种庞大的天体系统叫作星系团。星系团的聚集方式非常不可思议，既有星系分布非常密集的地方，也有毫无星系的空白地带。它的结构就像是黏在一起的肥皂气泡与泡沫。这就是所谓的宇宙大尺度结构。为什么会形成这样的结构呢？这着实令人感到不可思议。

为了解开这一谜题，目前正在世界各地观测遥远的宇宙。观测距离越远，就能看到越古老的宇宙。观测的目标不仅包括恒星和星系，我们还期待能一睹宇宙大爆炸的风采。虽然目前还无法确认大爆炸的情况，但我们已经成功观测到宇宙中残留的大爆炸余烬。这一观测结果表明，恒星和星系等由原子构成的物质，在宇宙整体中的占比不足5%。其余的部分，我们仅知道23%左右为暗物质，73%左右为暗能量（图1-2）。目前，世界各国都在开展暗物质的相关研究，有望在10年之内揭开这个“黑暗幽灵”的神秘面纱。