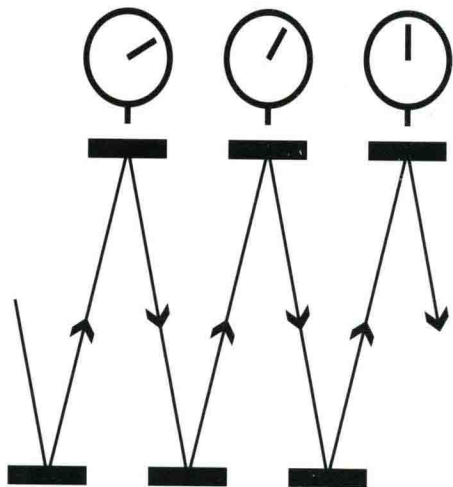


(日) 大栗博司/著 逸宁/译



引力是什么：

What is Gravity

支配宇宙万物的 神秘之力

纪念
爱因斯坦广义相对论
发表100周年

美国加州理工学院理论物理研究所所长，日本东京大学Kavli数学物理学联合宇宙研究机构研究主任
大栗博司 教授 科普力作

从牛顿、爱因斯坦到量子力学、超弦理论 / 一场解谜宇宙的冒险 / 一段永不停息的追寻

TURING

图灵新知

What
is
Gravity

Hiroshi Ooguri

（日）大栗博司 著
逸宁 译

引力是什么： 支配宇宙万物的 神秘之力

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

引力是什么:支配宇宙万物的神秘之力/(日)大栗博司著;逸宁译.--北京:人民邮电出版社, 2015.11

(图灵新知)

ISBN 978-7-115-40480-0

I. ①引… II. ①大… 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(2015)第226161号

内 容 提 要

本书以简洁通俗的语言讲解了从牛顿、爱因斯坦到现在前沿物理的研究内容,用全新的方式解读了相对论、量子理论、超弦理论,真正让你理解引力、引力波、 $E=mc^2$ 、黑洞等概念的含义与意义,也能让你体验到追寻宇宙深层谜题的冒险快感。

◆ 著 (日)大栗博司

译 逸 宁

策划编辑 武晓宇

责任编辑 乐 馨

装帧设计 broussaille 私制

责任印制 杨林杰

◆ 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>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本:787×1092 1/32

印张:9.125

字数:156千字

2015年11月第1版

印数:1-4 000册

2015年11月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字:01-2015-4867号

定价:39.00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:京崇工商广字第0021号



Standing on Shoulders of Giants

前 言

无法停止的“好奇心”

我每天都在思考引力。没错，就是那个将我们自身以及我们周围的一切物质——桌子、桌子上的杯子、汽车、海水和空气等，维持在地球上，不至于使其飞入宇宙空间的引力。

我已经持续研究了几十年引力。在世人眼里，我可能会被视为一个怪人。地球上没有人不受引力的影响，认真思考自己体重的人成千上万，而重新思考引力的人却寥寥无几。

因此，有时孤独感便由心而生。例如去孩子学校出席家长会的时候，如果自己被初次见面的家长询问“您从事哪方面工作”，只要我回

答“我在研究引力”，对话基本就进行不下去了。哪怕对方只说上一句“很久以前我就觉得引力不可思议”，我也会滔滔不绝地谈下去，然而大部分对话都会就此终止。即使偶尔对方给予回应，也基本上是消极地说：“哦，在上高中的时候，我最头疼的就是物理。”如果遇到的是医生或律师，任何人都有想咨询的事情吧。但遇到引力研究者时，几乎没有人会想到“机会难得，这次要问个究竟”。

实际上，即使我介绍了专业领域的相关内容，也不会对人们的日常生活有什么帮助。假如了解引力可以帮助减肥的话，那么我想在开家长会的时候，我会成为众人的焦点。

但是，我想通过自身的努力让更多的人了解我所从事的研究。理由很简单，就是因为它非常有趣。

在几千年的历史长河中，我们人类通过反复尝试不断摸索，解开了很多自然界中的谜题。虽然我们是身高仅为1~2米的生物，但是从大小相当于我们身体 $10\text{亿} \times 10\text{亿} \times 10\text{亿}$ 倍的宇宙，到只有 $10\text{亿} \times 10\text{亿}$ 分之一米的微观世界，如今我们都可以对其进行观测和理解。

当然，还有很多没有解决的问题。人类能够深入理解“与自己身高（尺寸）不符的”世界，真是一件不可思议的事。如果只是为了生存，那么只要掌握从我们身高的1000倍（大约1~2千米）到1000分

之一（大约 $1 \sim 2$ 毫米）左右的世界就足够了。与之相比，地球到月球的距离约为 4 亿米，最近经常听闻的“纳米”则为 10 亿分之一米。从进化论的角度来讲，人类即使不理解那些上亿级的世界，也不会被淘汰。我们完全没有必要掌握那些知识。

但是，人类已经获得了知晓与生活基本无关的事物的能力。即便明知没什么用，也会败给好奇心。而且我认为人类的这种行为是非常有价值的。

在仅此一次的人生中，我希望尽量深入地了解这个世界，因此我从未间断过我所从事的研究。引力是主导我们生活的力，它就在我们身边。但是，我们还没有完全看清它的真面目，如果不能理解引力，就无从知晓自然界中最深层的真相。因此，我认为引力研究很有意思，我也想让更多的人了解该研究领域的意义。

如果没有引力研究，就不会诞生 GPS

另外，这些研究也会在我们生活中发挥出意想不到的作用。

1969 年，费米国家加速器实验室的第一任主任罗伯特·威尔逊

(Robert Wilson) 曾作为证人在美国议会上被问道：“建造粒子加速器对我国的国防有什么帮助？”这里提到的“加速器”是指基本粒子研究中不可或缺的实验设备。具体情况我会在后面解释，这里只要把它理解成观察微观世界的巨型显微镜就可以了。

当时已经提出了在芝加哥郊外建造加速器的计划。该项计划是美国原子能委员会事业的一环，因为该委员会曾主持研制原子弹“曼哈顿计划”，所以即使在基本粒子物理学研究的建设上，也试图先赋予其国防使命。而且当时这项计划需要几亿美元的预算，毫无用处的建设是不会得到国民同意的。

就在这预算是否能得到认可的关键时刻，威尔逊给出了这样的回答：“加速器对于国防不会有直接的作用。但是，它对于保护我们国家是有益处的。”

威尔逊的回答很伟大，接受并通过计划的议会也伟大。虽然费米实验室的加速器现在被日内瓦的 LHC（大型强子对撞机）取代了，但在很长的一段时期内，它作为世界上最强大的加速器，对物理世界贡献巨大，很多令全世界感到自豪的重大发现都源于它。

进一步讲，科学的发展并非只是为了提高一个国家的知名度。科学通过推广合理的思考方式，让人类从迷信和偏见中解放出来，通过

探究宇宙和生命的奥秘，让我们对世界的认识与体验变得更加丰富。有句话这样说：“科学的目的是人类精神的荣光。”正如此话所讲，科学具有其自身的价值，创造出这种价值的意义重大。

而且，虽然科学发现最初是源于研究者的好奇心，但是从长远看，也有不少成果最终在实际应用中发挥出了作用。获得“菲尔兹奖”（也被称为“数学诺贝尔奖”）的森重文对于自己研究的基础数学这样评价：“虽然现在不能马上体现其作用，但是 50 年或 100 年以后它会发挥出未知的作用。因此一颗探究之心是最好的指南针。”一提到算术或数学，厌学的孩子就会提出这样的疑问：“学它有什么用？”但是，这些脱离日常生活的抽象研究往往会在未来起到意想不到的作用。



图 0-1 伽利略·伽利雷（1564—1642）

物理的世界亦是如此。例如 17 岁的伽利略·伽利雷在比萨的教堂发现了“摆的等时性”。当时伽利略或许是厌倦了比萨，心不在焉地盯着教堂的天花板看，对头上吊灯的摇摆产生了兴趣。他用自己的脉搏计算时间，观察一会儿后发现，摆动的周期与摆锤的重量以及振幅无关，只取决于摆线的长度。至于这个故事是否属实，科学史家们也持有不同的意见。虽然关于在何种情况下发现摆的等时性并没有定论，但至少有记录显示在 1602 年之前伽利略已理解了这一原理。

这一发现衍生出的“谐运动”被广泛应用于解释声波和电波等诸多物理现象的理论中。当然，它也被用于实用的技术之中，在我们日常生活中发挥着重要的作用。

另外，科学家在研究中使用的工具，有的经过改良也会被推广到整个社会中。互联网上的网页浏览器就是其中之一。它是由在 CERN（欧洲核子研究组织）工作的技术人员开发出来的，刚才提到的加速器 LHC 就在 CERN。因为有几千名研究者在 CERN 共同工作，所以必须高效地实现信息共享。于是，那里的技术人员开发了可以通过各自的电脑阅览放置于服务器的信息的方法，并将那些信息免费公开。这一技术给我们每天的生活带来了巨大的转变。

引力的研究也以各种各样的形式衍生出了“有用的技术”。例如人

造卫星中的 GPS（全球定位系统）。如果不了解牛顿的万有引力定律，就无法发射人造卫星。其实如果没有爱因斯坦的相对论，也无法使用 GPS 准确地测定距离。关于这一点，我会在后面的章节中做详细说明。

引力研究与理解宇宙息息相关

万有引力定律和相对论都是关于引力机理的划时代的重大发现。而且现在的引力研究继牛顿和爱因斯坦的时代之后，迎来了“第三个黄金时代”。关于引力的大型观测和实验项目相继启动，支撑它的理论也取得了巨大的进步。另外，根据这些理论我们也逐渐看清了宇宙的面目。本书的内容是追溯爱因斯坦的相对论及其之后 100 年间的研究发展，以及最新的引力理论所描述的宇宙。

读者刚开始读此书的时候，可能会想到“这是一本什么书？”或者“引力的话题会怎么展开呢？”等问题。那么，在正题开始之前，我先说明一下本书的整体框架。

朝永振一郎是继汤川秀树之后第二位获得诺贝尔奖的日本人。他在京都市青少年科学中心收藏的彩纸上，写下了下面的话。

认为某种现象不可思议，这是科学之芽。

仔细观察确认后不断思考，这是科学之茎。

坚持到最后并解开谜题，这是科学之花。

引力主导着我们在地球上的生活，重新审视这种力后发现它具有各种令人不可思议的性质。第一章选取了引力的“七大不可思议”，这是本书的“科学之芽”。

从第二章开始讲述如何解释引力这些不可思议的性质，以及它是怎样与理解宇宙联系紧密的。近代的引力研究是从伽利略和牛顿的时代开始的。然而，随着 19 世纪电和磁性质的明确，我们发现其与牛顿的理论不是很吻合，科学家们遇到了前所未有的难题。直到爱因斯坦创立了全新的引力理论——“广义相对论”，这个问题才得到解决。因此，第二章的内容是爱因斯坦的狭义相对论，第三章讲的是广义相对论。

现在市面上出版了很多解读相对论的书籍，为了能让没有读过这些书的读者也能理解理论内容，我在撰写本书的时候下了一番功夫。我本着绝不敷衍的原则，绞尽脑汁想出了自己觉得能够接受的全新解

读方法。由于这部分内容我的讲解较为细致全面，如果对于想要理解整体内容的读者来说，反而可能会觉得有些啰唆。如果陷入这种状况，可以先跳过这部分，直接读下一节的内容。当遇到不明白的内容时，回头重新读前面的内容，也许会豁然开朗。

爱因斯坦的相对论变成了现今观测和理解宇宙必不可少的理论。

光是由电场和磁场的振动而产生的一种波。爱因斯坦预言引力也像波一样传导，并称其为“引力波”。我们已经找到了引力波的间接证据，不过还没有直接地观测到引力波。日本岐阜县的神冈矿山下建有用于观测引力波的大型低温引力波望远镜“KAGRA”。观测引力波的目的不仅仅是为了验证相对论。目前人类主要使用光来观测宇宙，如果能够用引力波来进行观测，那么将会打开一扇宇宙观测的全新窗口。宇宙中存在用光无法看到的物质，如果用引力波进行观测就可以看到它们。另外，引力波或许也能让我们看到宇宙诞生时的景象，所以引力波观测被寄予了很高的期望。

爱因斯坦理论的另外一个预言已经得到了证实，那就是时空扭曲理论，只要存在重物，其周围的光就会扭曲。最近进行的研究正在利用这一理论寻找宇宙中看不到的引力源——“暗物质”和“暗能量”。无论暗物质还是暗能量，只要能够彻底揭示它们的真相，就将成为今

后数百年间记录在教科书中的伟大发现。利用日本引以为豪的“Subaru 望远镜”可以观测从远方星系传来的光的扭曲情况，用全世界最高精度的设备观测宇宙中暗物质和暗能量的项目也已经启动了。该项目就是我作为主任研究员参与的东京大学的 Kavli IPMU（卡弗里数学物理联合宇宙研究所）和日本国立天文台等机构共同开展的研究。

第三章的后半部分详细讲述关于引力波和暗物质的观测现状。

爱因斯坦的引力理论预言了黑洞的存在。由于黑洞在本书的后半部分内容中扮演了重要的角色，所以第四章会先介绍黑洞究竟是什么以及它是如何被发现的等相关内容。

第四章的另外一个话题是霍金对“大爆炸理论”的证明。提起著名的斯蒂芬·霍金，大家都知道他是一位轮椅上的物理学家，然而知道他为什么伟大的人或许并不多。霍金最初的重要工作是证明宇宙的诞生是从大爆炸开始的。虽然证明工作本身会用到高等数学，但是解说这件工作意义的时候可以不使用数学公式。

第五章是本书的“折回点”，这章介绍的内容是与相对论共同支撑 20 世纪物理学的量子力学。爱因斯坦为了消除电磁理论与牛顿的引力理论之间的矛盾，确立了相对论。但是，他的相对论与量子力学又产生了新的矛盾。解决这二者之间矛盾的全新引力理论将是本书后半部

分的主题。

第六章终于开始讲述统一相对论和量子力学的“超弦理论”。超弦理论成为基本粒子理论主流是在我考入研究生院的那一年。我怀着探究自然界中最深层秘密的梦想进入了研究生院，从那以后我就一直在研究这一领域，直至现在。本书的后半部分也会介绍我以前的各种思考。

霍金第二项重要的工作是指出了反映出相对论与量子力学之间矛盾的“黑洞信息丢失问题”。第七章讲的就是超弦理论如何解决了这个问题。在解决这个问题的过程中，关于引力和空间性质的新见解“全息原理”也逐渐明朗。这部分内容是本书的高潮部分。为解开引力之谜而来阅读本书的读者会在这里遇到“急转”。敬请期待吧。

超弦理论作为一个发展中的理论，也存在很多没有解决的问题。例如第一章提到的“引力的七大不可思议”，也都没有明确的解释。因此最后的第八章谈的是关于超弦理论的课题以及未来的展望。

随着这一领域不断启动涉及大规模观测和实验的研究课题，一定会传来各种重大消息吧。现在或许还不能称这个领域处于振奋人心的时代。如果能了解引力的话，也能更加深入地理解宇宙研究带来的新闻。现在的引力研究是一个非常有趣的研究领域。

目录

第一章	引力的七大不可思议	1
	1. 不可思议之一：引力是“力”	3
	2. 不可思议之二：引力的强度非常弱	6
	3. 不可思议之三：引力即使分开也能起作用	9
	4. 不可思议之四：引力对一切物体的作用都是一样的	12
	5. 不可思议之五：引力是“幻想”	17
	6. 不可思议之六：引力的大小“恰到好处”	19
	7. 不可思议之七：引力的理论还不完善	21
第二章	具有伸缩效应的时空——狭义相对论	23
	1. 物理学家是激进的保守主义者	25
	2. 物理学的理论是以“10 亿”米的步伐发展而来的	27
	3. 纳米世界的纳米技术	32
	4. 电波、光和放射线都是电磁波的一种	34
	5. 无论怎么叠加，光速都不变	36
	6. 验证光速不变的“迈克尔逊—莫雷实验”	38