

四维世界

——由超空间到相对论

〔日〕都筑卓司 著



科学出版社

四 维 世 界

——由超空间到相对论

〔日〕都筑卓司著

陈潜 李平译

科 学 出 版 社

1 9 8 1

内 容 简 介

会不会有人在地球某处忽然失踪，落入一个“四维世界”的洞穴，又出现在数千里之外的某地？能不能不打破蛋壳就把蛋黄取出来？

本书从这些饶有兴味的问题入手，概括介绍了多维空间几何学及弯曲空间几何学的一些基本知识。在此基础上，本书深入浅出地对狭义相对论与广义相对论的一些基本思想作了解释。实验上证实相对论的一些典型事例，如红移现象、塔差效应、水星近日点的偏移，以及光线在太阳附近的弯曲、引力波的检测等，书中都作了简要的说明。

本书叙述系统严谨，说理通俗易懂，行文生动有趣。适合于具有中等以上文化程度的读者阅读。

都 筑 卓 司

四 次 元 の 世 界

超空间から相对性理論へ

讲谈社，1975

四 维 世 界

一由超空间到相对论

〔日〕都筑卓司 著

陈潜 李平 译

责任编辑 鲍建成

科学出版社出版

北京朝内大街137号

通县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年12月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1981年12月第一次印刷 印张：5 3/8

印数：0001—11,100 字数：119,000

统一书号：13031·1749

本社书号：2386·13—3

定价：0.70元

目 录

序幕	(1)
第一章 什么是维	(7)
一维世界	(7)
二维世界	(8)
三维世界	(10)
阿恰布的圆柱战斗	(11)
我们看看影子	(13)
蛋不破而取出蛋黄	(17)
虚幻的维	(19)
多维空间的魔术	(21)
第二章 四维空间的性质	(25)
现实世界——四维空间的断面	(25)
在超空间汇交	(27)
平行的空间与垂直的空间	(28)
四维球	(29)
四维球走来了	(30)
橡皮球里外翻个儿	(32)
终止于正二十面体	(34)
为了看到四维骰子	(36)
画一幅画不出的图	(37)
超立方体框架模型的制作	(39)
压向三维空间	(42)
四维骰子的展开图	(43)
四维正多面体	(45)
第三章 弯曲了的空间	(47)

回不归的飞机.....	(47)
牵牛花蔓是几维?	(48)
情况颇不相同的球面.....	(51)
弯曲了的空间.....	(53)
平面几何学失效.....	(55)
曲率.....	(57)
高斯的发现.....	(58)
马鞍的几何学.....	(61)
拟球.....	(62)
第五公设之谜.....	(64)
非欧几里得几何学.....	(65)
多维球的体积.....	(87)
第四章 偶然事件.....	(69)
真正想知道的事.....	(69)
几何学与物理学的差别.....	(70)
不经证实不成其为真理.....	(71)
事件.....	(72)
并非偶然事件的事件.....	(73)
整数的谜.....	(76)
时间为什么是一维?	(77)
空间与时间的差别.....	(79)
时间与空间.....	(81)
不变量.....	(82)
第五章 什么是光.....	(85)
眼见为实.....	(85)
光有速度吗?	(85)
无需仰望天空而测得的光速.....	(87)
宇宙中最快信号.....	(89)
时间也有厚度.....	(92)
做为波的光.....	(94)

波是什么?	(96)
以太	(97)
绝对不动的宇宙之海吗?	(98)
迈克耳逊-莫雷实验	(100)
绝对论者的挣扎	(102)
自然科学的立场	(103)
量子论的波	(105)
最初有光速	(106)
第六章 现实的四维	(110)
什么是长度?	(110)
时间膨胀的简单解释	(112)
长度收缩的简单解释	(115)
什么是座标变换?	(117)
终于找到了四维	(119)
实际存在着的四维	(121)
光锥	(123)
座标移动	(125)
在名古屋和静冈吃饭	(127)
“同时”并不同时	(129)
因果律	(131)
超多时间论	(133)
第七章 非欧几里得空间	(136)
质量是什么?	(136)
引力场的提出	(137)
引力场的实际证据	(139)
光为什么弯曲?	(140)
引力为什么使时间变慢?	(142)
时钟佯谬	(145)
在哪里破坏了对称性?	(148)
伯格森等人的反驳	(150)

能够接收到引力波吗?	(153)
尚无办法弄清的宇宙构造	(156)
宇宙之运动	(157)
尾声	(159)

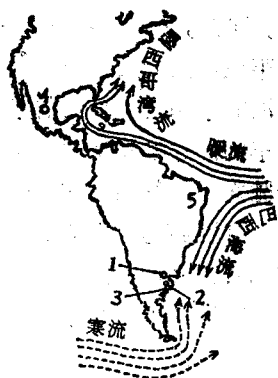
序 幕

一九六八年六月一日深夜，两辆高级轿车在南美阿根廷首都布宜诺斯艾利斯市郊疾驰着。六月天，在南美是冬季渐渐降临的季节。然而，阿根廷的滨海地区都几乎没有经历过严冬。那里离赤道的距离与东京相仿，可是，在最寒冷的七月，平均气温也保持在十度。而在盛暑的一月，也难得有达到二十五度的日子。这或许是大西洋海流起了调节气温的作用所致吧。

但这个海流却颇具怪癖。由非洲西海岸来的暖流，在赤道的南面向西而行，冲击到巴西的布兰科角，这个南美东海岸的三角形的顶点上。其主流继续沿南美海岸朝西北奔去，经过古巴、佛罗里达，冲刷到美国东海岸。这就是墨西哥湾流。冲击到布兰科角的另一股暖流，沿着三角形的另一边，

图0.1 奇妙事件的舞台，查斯科木斯和墨西哥城

- 1 - 布宜诺斯艾利斯；
- 2 - 查斯科木斯；
- 3 - 买普；
- 4 - 墨西哥城；
- 5 - 布兰科角



向南偏西方向流去，是为巴西海流。它经过里约热内卢直到乌拉圭的首都蒙得维的亚附近。与此相反，由太平洋南部朝东流来的寒流，掠过南美南端的合恩角，其一部沿阿根廷海岸向北而去。于是，寒流和暖流在阿根廷与乌拉圭的交界处——拉普拉塔河口猛烈相撞。暖流与寒流相撞的地方，极易生成大雾。

那天夜里，两辆轿车疾驶着，浓雾正笼罩着四野。后面车上坐着布宜诺斯艾利斯的律师盖拉尔德·毕达尔博士和他的妻子拉弗夫人，前面车上坐着的夫妻二人是他们的朋友。为了探望熟人，他们由布宜诺斯艾利斯南面的查斯科木斯市，向其南一百五十公里的买普市，彻夜驱车而行。

阿根廷的西部屏障着险峻的安第斯山。由中部直到东部是绵延的大平原。那是南美最大的谷仓。道路穿过连绵无际的麦田，又直插砂土漫漫的荒野。不知是因为前面的车速度太快了，还是由于博士夫妇的车发动机有点毛病，两辆轿车的距离渐渐拉开了。

前面的车临近买普市郊时，两人回首顾望，后面是浓雾弥漫，什么也看不见。于是他们决定停车等候后面的博士夫妇。可是，等了半小时、一小时，迷雾中依然茫无所见。道路平坦而无分叉，他们心中狐疑，调回车头来寻望。然而，既没有车相会，也没有车停在路旁。甚至连出了故障或破损的车的碎片都没见到。就是说，博士夫妇乘坐的车在公路上奔驰途中，忽地化作云烟消失了。

自翌晨起，亲戚朋友们全体出动，找遍了查斯科木斯市与买普市之间。然而，道路东西两边，在广袤无垠的地平线上，不论是人还是车，连影子都不曾见到。

两天过去了。正当最后要报警的时候，由墨西哥打来了长途电话。电话说：

“我们是墨西哥城的阿根廷领事馆。有一对自称是毕达律律师夫妇的男女正在我们保护中。您认识他们吗”；

接到电话很是诧异，于是请毕达尔本人来通话，一听，果真是失踪的毕达尔博士的声音。这就是说，博士夫妇六月三日确是在墨西哥城。

博士夫妇不久被送回了阿根廷，听听他们的谈话吧，那简直成了光怪陆离的事。据说，博士们坐的车离开查斯科木斯市不久，大约夜里十二点十分，车前突然出现白雾状的东西，倏地就把车包围了。他们惊慌中踩下刹车，不一会儿，便麻木失却了知觉。

不知过了多少时间，两人几乎同时苏醒过来。这时已是白天，车在公路上行驶着。可是，车窗外面的景色，与阿根廷的平原已迥然不同了。行人的服装也多未曾见过。他们急忙停下车来打听，呵，竟然说这里是墨西哥！

“这真是怪事！”

他们这样想着，又开动起车来，这时，街道和建筑物都无可置疑地说明是墨西哥城。带着梦境未醒的神态，两个人跑进阿根廷领事馆求助。他们惊魂稍定后才知道，他们的表在他们失去知觉的时刻——十二点十分已停住了，而跑进领事馆则是六月三日了。

这是完全如谎言一般的故事，可是，博士在待人接物上都是十分讲信用的。只是夫人因受这次事件的刺激身罹神经病而住进了医院。

由阿根廷的查斯科木斯市到墨西哥城，直线距离也在六千公里以上，即便利用了船舶、火车和汽车之类，要在两日内抵达也是断无可能的。若只是人，还可以认为是乘飞机飞去的；可是，连轿车一起在墨西哥出现，这怎么说也是桩怪事。然而，阿根廷驻墨西哥领事拉伐艾尔·贝尔古里证实说：

“此事是真实的。”

当地报纸以

Teleportation from Chascomús to Mexico*

的标题对这一事件大加报道。Teleportation这个词在普通辞典中还不大能找到。与通常的运输(transportation)不同，它是与这种事件紧密相联的词汇。若用前缀trans—，总会给人以搬运的感觉；而一旦改作tele—(远距离控制的)，就强烈地意味着有什么超自然的东西在由远处操纵着，因此引起人世问不可思议的事件。故相信这一事件的人们这样地传说着：

“大概，毕达尔博士们被卷进了突然出现的空间的窟窿里，就是说，由阿根廷通向墨西哥的空间管道中，穿行了四维世界，又返回到现实的空间。”

以上是某个儿童杂志上刊载的故事，里面冒出了许多专有名词。这一故事究竟有多大的真实性，笔者并不清楚。而且，也没有理由相信，两个人连人带车能在两天内迁移六千多公里。读物毕竟是读物，并不一定与事实相符。

但有趣的是最后出现的“四维世界”这个词汇。我们生活的空间是三维的空间，所谓四维世界是什么东西尚心中无数。况且，那样的东西在这个世上何处存在，谁也不能给予明确的解答。因此，所谓四维通常是个谜，变为常识不能解释的神秘事物，迷蒙在人们心上。而且，有时发生了奇怪事件，也把它祭为解决的法宝。那个奇怪事件若归之于四维空间所致，人们就将以达观的神态予以认可，或者不再追问“为什么”，而在这超越现实的巨大怪物面前叹服不止。

四维空间还提供了适合于科学幻想小说的素材。正如后

*由查斯科木斯到墨西哥的远距传递。——译者

面逐渐讲到的那样，四维空间如果存在，它就应是尘世的三维世界的延伸，并不一定非得在深深的海底或深山的洞窟之中不可。眼前的人突然消失而陷入四维洞穴之中拚死挣扎，等等，这在电视和电影里都是经常使用的手法。

笔者在幼时——那还是战前了——也是一个着迷于这种科学幻想小说的人。X国的主力舰队排成纵阵威武雄壮地在太平洋航行着。三十六厘米的主炮，准备好向不久可能出现在海面上的敌舰发出齐射，一同昂着了头。这时，第一艘舰突然向高空升起。四维的怪物出现了。对它说来，把浮在海上的主力舰举起等等，那是不在话下的。总之，第一艘舰在空中飞舞，海水由其甲板上猛烈泻落下来的插图，看上去十分惊异，至今还留下强烈的印象。

图0.2 四维世界的怪物出现了？



那么，所谓四维世界，究竟是不是真的存在呢？如果是可以想象的东西，大约是怎样的机构呢？而其机构又具有多大的能力呢？

虚构是虚构，还是暂时搁置吧。所谓四维应看作怎样的东西呢？这乃是本书的目的所在。当然，我们不能不从数学，特别是几何学的基础部分出发。然而，如后面所述，如果仅仅用数学的理论，怎么做也往往是在形式论上打圈圈。多数读者所希望的，大概并不是回答一下这个世界上是否当真有四维这个问题吧；而研究这个世界，即研究自然界的是自然科学*。在这个意义上，有必要由物理学的观点来考察这个问题。“四维世界”，这是需要由数学的形式和物理的实际测量两方面的观点来研究的问题。

*作者在本书中把数学算在自然科学之外。——译者

第一章 什么是维

一维世界

一条羊肠小道，两边是泥沼。人、马也好，车、石也好，一旦陷入这个泥沼，就将越陷越深，终难逃脱覆没的命运。这是可怕的无底深渊啊！要是珍惜性命的话，就绝不可由这条小道往外踏出一步。

某甲自北向南沿着这条羊肠小道照直地走着。不一会儿，他看到一块巨石挡在面前。石头大得根本无法攀越。而要想从两边绕行的话，立刻就会被泥潭吞没。这就是说，他根本不可能越过这块石头向南而去。

无可奈何，他只好返回。这时，他看见某乙沿着同一条道路走来。在这条道上，两人想要擦肩相错而过，是不行的。于是，甲就会永远在乙的南面，再不会有别的可能。看来，两个人将落得算盘珠一般的命运……。

的确，要用平常的话来说明什么是“维”，是很不容易的，但是聪明的读者通过上面的例子恐怕并不难于想象“一维空间”了。在广阔的空间中只限考虑直线时，那便是一维空间。象直线一样，没有宽，没有厚，只是朝一个方向延伸的空间，就是一维空间。

当我们想把空间隔开时，可以使用屏风、墙壁之类的平面；而把一维的直线分而为二的，则只能是点。上述故事中的巨石即为一例。当空间被限定在直线时，要越过那个点或穿行过去都是不可能的。

通常，如果说一维空间，指的就是空间中的一条直线。然而，若说“一维世界”，那就是始终限制在直线上延伸的世

界，它并不是说本来存在着更广阔的世界而我们仅指其中的一部分……。

现在，用铅笔画一条直线，线的粗细视为零。那就是“一维”，但不能看成是“一维世界”。前面所说的算盘珠的运动，也是一维运动很好的例子。但那也不是一维世界。所谓一维世界，是我们抽象出来加以想象的世界。

假定这里存在着一维世界。对这个世界的生物说来，除了羊肠小道，并没有什么空间。若是我们人类，就可以通过填埋泥沼，或使用直升飞机来越过阻塞道路的巨石。而一维生物既不能绕行，也不能翻越。对他们说来，到了障碍物面前就束手无策了。在他们的世界上，连纵横的概念都没有。所谓物体的大小，也仅仅是长度而已。在一维世界中如果有美人赛会的话，竞赛的项目也只是身长。胸腰都谈不上，当然更谈不上有什么魅力的差别了。

二维世界

羊肠小道上，一块巨石挡住了行人的去路。如果小道两边并不是无底的泥沼，而是象运动场一样坚固的土地，这时会怎样呢？他可以随便从石头的左侧或右侧绕过去，毫无困难地继续前进。不仅如此，倘若是可以自由行动的运动场的话，那就不一定要沿着道路前进了，完全可以取最短距离朝目标直穿过去。

象这样可以在横向和纵向都具广延的平面中行动时，称之为二维运动。在二维空间中，具有纵向的延伸和横向的延伸这两个方面，也就是说具有面积。因此，在二维空间中的行动比起一维来要自由得多。

然而，如果他进入运动场后在他周围设起栅栏的话，又会如何呢？栅栏的形状不管是圆的、还是方的，他却不能从

栅栏里出来了。他的行动将被限制在栅栏里面。

如果有二维世界的话，那么，住在那里的生物就会认为，“空间”只不过是“平面的扩展”。厚度的概念在那种生物的头脑中是不存在的。非但头脑中没有，那个世界的现实就没有厚度。

如果想要限制一下二维生物的行动范围，就可以用曲线把周围围起来。在二维世界中，从画好的闭合曲线里跑出来，那是不可想象的事。不仅如此，引一条线就可以断绝两边的往来……，这样的世界称之为二维世界。

二维世界和一维世界一样，也是假想的东西。但是，二维与一维相比，空间的概念差异甚大。研究空间形态的科学叫几何学，当从一维过渡到二维时，几何学的成果会飞跃地增加。

这里，不妨使用一下简单的几何学术语。在一维时，几何形态只有直线，而几何量则只有长度。如果变为二维，那么，空间量除长度外还有面积。而几何形态上则出现了各式各样的三角形、四边形和多边形，以及由曲线围成的圆和椭圆等。要引入诸如抛物线与双曲线，以及角度、曲率之类各种几何概念，只要有平面，那也就够了。

假定现在有一个一维生物，在直线的途中遇到了石头这样的障碍物。对他来说，是没有能力把物体从石头这边拿到那边去的。这时，二维生物来到这里，他抓起那个物体从石头旁边绕过去，放到直线的另一边去，这对他来说是不费吹灰之力的。可是，一维生物要是看到了这个行动，会怎样想呢？一维生物的全部世界就是在直线上。因此，当二维生物把物体从直线上拿开的一刹那，那个物体就会从一维生物的视野中消失。过一会儿，这个物体又突然出现在石头的另一边。在二维的人们看来很平常的事，对一维的人说来，就会

被看成是异乎寻常的怪事。

三维世界

我们居住的世界，既非一维的，也非二维的。它是个三维的世界。如果在旷野中筑起栅栏，谁都会知道如何越过栅栏跑出去。如果墙很高，那可以用撑竿跳，或者爬墙过去。甚至，用直升飞机或气球来飞越篱笆也未尝不可。

可是，二维生物要是见到了这件事，就会深感诧异。封闭在闭合曲线内的物体突然消失了，不久又在曲线外出现。曲线什么地方也没有破坏。对我们来说是自然而然的事，但对二维生物来说，就变成简直无法理解的怪事。

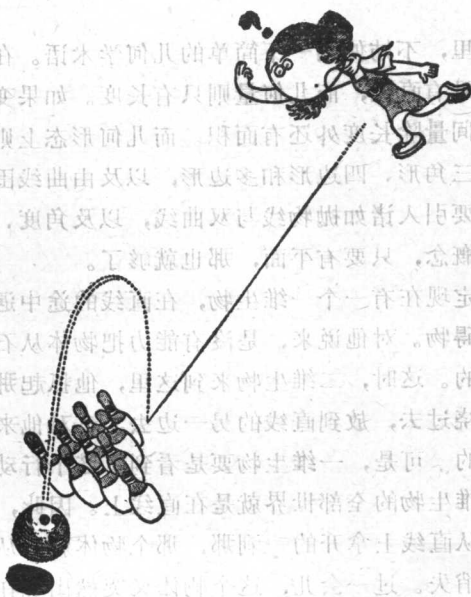


图1.1 二维世界中的奇迹