

跟著怪咖物理學家 一起跳進黑洞

一次搞懂當今最熱門的宇宙議題



你一定聽過黑洞、時間旅行、暗物質、蟲洞、希格斯粒子、重力波、相對論……
但你真的「知道」那是什麼嗎？



跟著怪咖物理學家 一起跳進黑洞

——一次搞懂當今最熱門的宇宙議題

多田將 著 陳嫻若 譯 徐毅宏 審訂

圖解

跟著怪咖物理學家一起跳進黑洞！

—— 一次搞懂當今最熱門的宇宙議題

2016年3月初版

定價：新臺幣420元

有著作權・翻印必究

Printed in Taiwan.

著者	多田將
插畫者	上直子
譯者	陳嫻若
審訂	徐毅宏
總編輯	胡金倫
總經理	羅國俊
發行人	林載爵

出版者 聯經出版事業股份有限公司
地址 台北市基隆路一段180號4樓
編輯部地址 台北市基隆路一段180號4樓
叢書主編電話 (02) 87876242 轉229
台北聯經書房 台北市新生南路三段94號
電話 (02) 23620308
台中分公司 台中市北區崇德路一段198號
暨門市電話 (04) 22312023
台中電子信箱 e-mail: linking2@ms42.hinet.net
郵政劃撥帳戶第0100559-3號
郵撥電話 (02) 23620308
印刷者 文聯彩色製版印刷有限公司
總經銷 聯合發行股份有限公司
發行所 新北市新店區寶橋路235巷6弄6號2樓
電話 (02) 29178022

叢書主編 李 佳 嫻
封面設計 捌 子

行政院新聞局出版事業登記證局版臺業字第0130號

本書如有缺頁・破損・倒裝請寄回台北聯經書房更換。 ISBN 978-957-08-4700-0 (平裝)
聯經網址: www.linkingbooks.com.tw
電子信箱: linking@udngroup.com

SUGOI UCYU KOUGI by Sho Tada

Copyright © Sho Tada, 2013

Illustration Copyright © Naoko Ueji

All rights reserved.

Original Japanese edition published by EAST PRESS CO., LTD.

Traditional Chinese translation copyright © 2016 by Linking Publishing Company

This Traditional Chinese edition published by arrangement with EAST PRESS
CO., LTD., Tokyo.

through HonnoKizuna, Inc., Tokyo, and KEIO CULTURAL ENTERPRISE
CO., LTD.

導讀

前台北市立天文科學教育館研究組長

徐毅宏

剛收到這本書的邀請email時，習慣性上網搜尋了作者多田將的訊息，第一眼看見的就是一位染著淡金色頭髮的男性；繼續搜尋下去，他專精的科學領域是高能物理中的基本粒子研究，而不是天文學或是宇宙學。也因此，不由得好奇地思考這位科學家，會用怎樣的方式將「宇宙」介紹給大家。

仔細閱讀，《跟著怪咖物理學家一起跳進黑洞》原本是由演講內容整理成書，因此「看」的方式也建議不必依照天文教科書的編排，依序閱讀；而是「跳」著看，先看完主要章節，再看後面的專題部分，會更有條理；也可以把專題部分抽離出來看，當作是專精知識的補充。

翻開這本書，從目錄就能感覺到不一樣介紹宇宙的方式。第一章的主題從

普羅大眾最感興趣的「黑洞」開始，建議先跳過反物質的部分，隨著多田將博士從逃脫速度開始認識黑洞，再從歷史的關連引出相對論，了解從愛因斯坦架構的理論中，宇宙裡時間與空間的相互關係，與「重力」擔任的角色。

第二章的主題是目前最廣為接受的「大霹靂」，一個名字看起來有趣，但卻讓許多科學家絞盡腦汁的宇宙誕生理論。作者延續上個章節「重力」的話題，從蘋果與月球的掉落問題，隨著各式的科學思辯與證據，推論到連愛因斯坦都無法相信，宇宙正在膨脹的事實。現在大家熟知的事實「宇宙正在膨脹」，有著許多衍生的迷思：「地球是不是宇宙中心？」、「宇宙是不是有盡頭？」、「宇宙是不是有起始點？」、「宇宙的未來會怎樣？」，這些問題在這個章節裡將會被一一揭露解釋。但在末尾——最新的觀測證據顯示宇宙曾經減速，但目前卻呈現加速膨脹的敘述，卻讓宇宙又陷入令科學家迷惘的狀態。

第三章的主題是「暗物質」，一種目前無法確認，但卻強烈影想宇宙演化與狀態的存在。從觀測星系時，天體不正常運動狀態下的發現，到科學家想用不同理論解釋它，再到不同候選物質的驗證實驗，多田博士發揮了基本粒子的領域專

精，娓娓道來。雖然最後出現另一個驚奇的存在——暗能量，卻能夠看到科學家追求解答的豐富想像力與契而不捨的耐心。

在前面三個章節的先備知識鋪陳之下，第四章將以倒敘的方式，慢慢描述「宇宙初生」的歷史，一直回溯到宇宙剛誕生的前10⁻⁴⁴秒時所發生的事。在閱讀這個章節之前，不妨先回到第一章的前半，先認識一下反物質再繼續，會有更完整的概念。回溯宇宙初期的狀況，其實也是回溯自然界四種基本力演化的歷程，也是科學界一個重要的研究方向，能完整描述四種基本力的大一統理論。

要如何呈現廣闊無垠的宇宙圖像？星際大戰系列電影為了要架構一個與我們所處世界完全獨立的時間與空間，片頭都是由「A long time ago in a galaxy far, far away……」開始引言，然後刻畫一個個吸引人的故事，這是科幻電影作者所採用的表達方式。

對於本書作者而言，想要傳達的是，人們對從沒到過的宇宙樣貌有什麼想法，而為了驗證這個想法，進行了什麼樣的觀測和研究，重複這樣交互的運用理論（想法）和實驗（觀測），從千頭萬緒中如何拼湊出圖像的過程本身的魅力。

每本書籍都有其不同的編排，但是卻很少有書介紹科學家為何想了解宇宙，為了解又做了什麼樣的研究、研究出理論卻又一再被改寫。在科學領域裡，「結果」固然重要，但是更有價值的是如何獲得這些結果的「過程」。如何從「過程」中得到「科學」的思考方法和執行方法才是這本書想要闡明的重點，除了知識之外，讀完的您是否已經有所體會了呢？

目次

導讀 前台北市立天文科學教育館研究組長 徐毅宏

i

序言 1

第一章 黑洞

空間與時間混合的地方

17

什麼是反物質？

19

湮滅與對生——物質與能量相互轉變

23

反物質用於臨床醫療上

26

動量守恆定律——光會反射出來

28

南極的 BESS 實驗——搜集自宇宙飛來的反物質

30

如果把地球壓縮成半徑 8.9 mm 的粒子，就會變成黑洞

34

愛因斯坦的方程式在發散

38

數學算出來的黑洞

40

奇異點旋轉就會變成環

42

星球的死亡——重力塌縮

44



所有的物質都變成十萬分之一大小 46

體重決定死法 49

超新星爆炸！ 50

角動量守恆定律 53

中子塌縮，產生黑洞 54

觀察黑洞的方法 56

從宇宙來的光線波長 60

用X射線看的話…… 62

超強武器「任意門」 65

黑洞有3種 66

微型黑洞可以當作垃圾處理場？ 68

史蒂芬·霍金的黑洞蒸發理論 69

夏威夷的黑洞官司 72

愛因斯坦與英文能力 76

建立相對論時要準備的兩大支柱 78

微中子超光速的罪魁禍首是義大利人？ 81

邁克生·莫雷實驗 82

狹義相對論預測的事①速度增加，質量也會增加





第二章

大霹靂

人類為什麼無法想像宇宙

139

掉落的蘋果與不掉落的月球
星星為何散布在宇宙間？

146

144

微軟公司的徵才考試、放射線與電力的問題

125

專題——定量的思考——

製造不出「任意門」的3個理由

121

白洞與蟲洞

118

速度與重力的等效原理——海龜的速度與龍宮的重力

116

廣義相對論預測到的事②重力導致時間扭曲

112

重力透鏡效果——重力讓光彎曲

108

廣義相對論預測到的事①重力導致空間彎曲

105

廣義相對論——為加進重力而導入「等價原理」

102

另一個根據，相對性原理

99

狹義相對論預測的事②速度增加，時間變慢
光的速度固定的話，時間就變得有彈性

96

狹義相對論預測的事②速度增加，時間變慢

90

宇宙常數？ 148

從球丟出去到球落下來的幾億年瞬間 150

如果所有的星球都在遠離我們的話…… 154

曾經是個小小宇宙 156

宇宙的復合 158

散播全宇宙、最古老的光 162

一九六四年捕捉到、向全方位傳播的均一電波 163

一九八九年的COBE 166

光是什麼？ 168

眼睛如何看見光 170

人類無法想像3維的封閉空間 176 172

宇宙「有限」但沒有「盡頭」 176 172

比光更快遠離的星球 178

不是星星在移動，而是空間在擴張 179

全宇宙的星星分布圖 181

二〇〇一年的WMAP——用高解像度攝影了解的宇宙構造 184

大霹靂理論無法解釋①視界問題 190

大霹靂理論無法解釋②平坦性問題 194



大霹靂理論無法解釋③ 磁單極子問題 196

真的找到磁單極子了嗎？ 203

大霹靂前發生的暴脹 204

暴脹理論如此說明 206

宇宙的3個未來 210

丟出去的球會中途加速嗎？ 215

專題II 測量地球到星星距離的方法——

那顆星離地球有多遠呢？ 219

① 恆星視差 0 ~ 300 光年

② HR圖 ~ 3 萬光年

③ 造父變星 ~ 6 千萬光年

④ 塔利·費舍爾法 ~ 3 億光年

⑤ Ia型超新星 ~ 30 億光年



暗物質

明明存在卻捕捉不到的物質，該如何捕捉呢？

235

星星一定在動 236

離太陽越近，公轉速度越快，離得越遠越慢 238

星系的自轉速度很奇怪…… 240

球形的笨蛋！ 246

為星星取你的名字送給你 248

失蹤的質量 249

暗物質以外的解釋①電漿宇宙論 250

暗物質以外的解釋②修正的牛頓力學 252

包立的訓誨：不要懷疑基本法則 253

利用哈伯宇宙望遠鏡，觀測宇宙質量的分布 256

宇宙中有多少暗物質？ 258

暗物質的分布如同消費稅 262

暗物質的候選者①MACHO（大質量緻密暈族天體） 263

暗物質的候選者②基本粒子 266

熱基本粒子的候選者——微中子 267

冷基本粒子的候選者——WIMP和軸子 268



暗物質的探索方法 271

使用液態氬的XMAS實驗 272

地球以每秒二百公里的速度在運動 274

WIMP撞擊氬原子核時…… 276

水封住雜音 278

夏天和冬天的撞擊方向不同 280

檢到各種有的沒的的軸子實驗 281

軸子探索實驗「CARACK」 282

複雜而緻密的實驗裝置 286

沒有暗物質的話，也沒有星星的誕生 289

計算暗物質能形成今日宇宙的數量 290

真正暗黑的暗能量 293

專題III 從粒子物理學思考暗物質的面貌 299

不可能再切分的19種基本粒子

什麼是標準模型？

玻色子與費米子

按自旋的不同分組



第四章

然後宇宙創造了

用想像力和技術到達的世界

327

超對稱理論

未知的基本粒子中性伴子？

C P 對稱性被弱作用力打破

C P 對稱靠強作用力守恆

皮塞－奎恩理論的撞球台

最初放置撞球台時的「搖擺」

溫度是什麼？

328

校外教學的滑雪和學生的能量

329

相變——物質的面貌改變了

332

加溫的話，可以看到過去

334

10¹³秒後——原子核捕捉到電子

338

從10⁰秒開始到10²秒後——元素合成

342

說明宇宙元素構成比的 $\alpha\beta\gamma$ 理論

344



10 秒後——對生被打斷，剩下只有光的宇宙	348
10 億的光與剩下的 1 個物質	352
自然的法則應該是左右對稱，但……	356
10 ⁻⁸ 秒後到 10 ⁻⁴ 秒後——夸克凝集，成為質子	357
10 ⁻¹¹ 秒後——第 3 次相變產生「電磁力」和「弱作用力」	358
自然界的 4 種力——人類只能感受到「重力」和「電磁力」	362
「電磁力」與「弱作用力」曾經是一家	364
質量是什麼？	366
希格斯粒子產生階級差別	370
用 LHC 來加溫！	372
使徒的機率是六九	373
科學論文與 A B E	374
10 ⁻³⁶ 秒到 10 ⁻¹¹ 秒後——第 2 次相變與能量沙漠	380
暴脹與相變的潛熱	381
暴脹子？	384
魔法少女的「希望」相變為「絕望」的時候	386
10 ⁻⁴⁴ 秒後——第一次相變，重力誕生	387
愛因斯坦嘗試失敗、物理學上最困難的問題	388

人類與科學的偉大歷史	387
第谷·布拉赫為什麼主張地心說？	389
實驗技術改變了理論	394
隨時都可以改寫	396
後記	398

