

百 科 小 叢 書

時 空 間 與 運 動

布 勞 德 著
秦 仲 實 譯

王 雲 五 主 編

商 務 印 書 館 發 行

書叢小科百

動運與間空間時

著 德 勞 布
譯 實 仲 秦

編主五雲王

行發館書印務商

中華民國二十四年四月初版

(56733)

朱

百叢書
科學
時間空間與運動一冊

Scientific Thought

每冊定價大洋肆角

外埠酌加運費匯費

原著者 C. D. Broad

譯述者 秦仲實

主編人 王雲五
上海河南路

印刷所 商務印書館
上海河南路

發行所 商務印書館
上海及各埠

版 翻
權 印
所 必
有 究

六七四上

榮

目錄

第一章	空間底傳統概念和引伸抽離原理	一
第二章	時間和變化底普遍問題	三三
第三章	傳統的動學及其在物理學領域內逐漸的修正 (一) 絕對論和關係論	七〇
第四章	傳統的動學之修正 (續) (二) 相對論特殊原理	一〇二
第五章	傳統的動力學及其在物理學領域內逐漸的修正 (一) 牛頓運動律和引力律	一四九
第六章	傳統的動力學之修正 (續) (二) 相對論一般原理 總結	一七五
附錄	哲學的題材及其與特殊科學之關係	二二五

時間空間與運動

第一章 空間底傳統概念和引伸抽離原理

欲將自然科學上所習用的空間 (Space)、時間 (Time)、物質 (Matter) 當作彼此獨立的東西來討論，是根本不可能的事；因為我們知道，牠們本性上是緊密地打成一片的。不過，這種見解是比較新近纔發現的；若就傳統的見解看來（現在有許多人在日常生活上仍然因襲着這種見解），則以爲空間時間無論如何能够彼此分離，而且都能和物質分離。因爲這是人所共喻的見解，似乎最好就從這點說起，然後逐漸指出牠的缺點，從而糾正牠。就任何情形而論，我們出發必有所往 (somewhere)；事實上，這三個概念很久就被視爲可分的而實際並未發生嚴重的錯誤，可見牠們是很可以分開的了。真的，推理上的原始性確不是我們現在所熟知而常用的，爲教學便利計，先從

推理上轉演來的而爲實際所熟知的說起，再回到推理上的原始性而爲實際所不常用的上去，比較好些。例如，感官上直接的素材（如有色物）就推理上說是在先，永存而又含有許多性質的物。理對象的觀念是在後；然而我們對於物理對象的觀念及比較熟悉而且常常用到。所以我就從空間底傳統概念討論起。

無疑地，我們平常生活中或科學中把空間當作一個大箱子或大容器看，在那裏面保存着一切物理對象，一切物理歷程也都在那裏面進行着。許多力學書籍真的都宣言不贊同這種見解。卻說空間是物質與物質間種種組成的。可是一到作者刪去空間專章時，就把空間這一概念忘懷了，而以後他和讀者卻都應用着空間「箱子」說。關於代替「箱子」說的見解留在極後面討論。現在且把所謂一個大箱子的觀念檢討一下，但是爲什麼是這樣呢，那就非等到我們把空間與時間的關係討論過後，是不能了解的。

現在且看通常的見解如何。通常說空間是一個「浩大無邊」的箱子，在那裏面物理世界的事事物物運行着而又存在着。第一點應注意的便是人們談到空間 (Space) 與地方 (space) 時，

可以用在兩種不同的意義上。(1)我們說巴克萊區是一個地方，葛洛斯汶區為另一地方時，意僅謂牠們是兩個不同的區域，不相重合，卻都是一個宇宙空間的「部分」。我們決不是說牠們是不同的「兩種」空間。巴克萊區不是「空間」，葛洛斯汶區也不是「空間」——因為兩區都不是包含着宇宙全體的箱子；但都是這樣一個箱子的一部分，所以都是「地方」。

(2)另一方面，數學家談論歐克里 (Euclidean) 空間及非歐克里空間時，他們是在討論可能的不同類的空間，而非討論不同的地方，如上述倫敦二區域，無論屬於那一種空間，牠們可都是那種空間的「部分」。所以空間一字用作 (a) 固有名詞，其意相當於「宇宙空間，包括任何地方——空間」；用作 (b) 普通名詞，其意則指成爲一種空間的特性，而表明所有的種種體系，如歐克里的空間，洛柏丘斯的空間 (Lobatchewskian) 等是。總之，各種空間皆有若干部分，這些部分是地方，自然不是空間。

歷史上，空間概念大概發生於宇宙空間之研究。歐克里正確地以自己的公理而規定吾人生活起居於其中的空間。不過，細想一下，便發現有很重大的兩點。(1)歐克里的演繹之真實性絕不

依他空間假定之正確而定。(2)我們知道已經擴充的種種體系是繼續的且有幾度，像宇宙空間一樣，然而牠們有許多性質仍與歐克里空間的性質不同。所以凡與宇宙空間十分類似的任何體系，我們決定也稱之爲「空間」，不過承認有許多體系只相符到這種程度，其他性質則仍然各不相同。數學家起初對於歐克里的公理尙不敢大膽地修改，及到膽量隨其技術之純熟而增加，纔逐漸地從歐克里的觀點討論未經開闢的種種空間上去。

我們不可不注意任何體系的純粹幾何學，牠們的命題都不過是假設的罷了。牠們明白規定如此這般的命題都是由公理而來，其所採用的術語則依各該體系的定義及假定來解釋。我們不應該說三角形三角之和等於二直角，但若三角形是在歐克里的公理所解釋的空間內，那就可以那樣說。這一點從數學的始祖以來就被隱藏起來了，一則因爲宇宙空間通常就被認爲歐克里式空間，一則因爲證明各種命題通常都用數字圖形。然而老實說，幾何上的圖形只能用爲例解，如近張伯先生的演講關稅改良時所引用的統計一樣，牠們不負證明上邏輯的責任，例如一個關於圓的命題能够用黑板上粉筆繪的粗糙的圓得到最後的證明，恰和用兩腳規繪的精細的圓證

明出來的一樣。證明的大前提即是體系的公理，也就是我們現在所討論的各術語的定義。

這些事實一把握住了，那就容易看到物理學上的空間與純粹幾何學上的空間的關係。我們曾談到一物理學的空間概念了——一個浩大無邊的箱子，一切宇宙現象存於其中。這一概念含有種種特性，如連續性(Continuity) 三度(three dimensions)等。純粹數學家根據此點而行概推。先在這些性質中間選擇幾種作為空間固定的標記；然後改變其餘的性質而想像各種各類的空間，作成各種空間的幾何學。在那個階段，也就在那個階段，便發生如下的問題：「宇宙空間究竟屬於那一種？」「各種可能的空間中，那一種最符合於物理學上的空間？」

這個問題換一句即是：「宇宙存在於那一種箱子裏面？」答案並不簡單，決不像解答某人的衣服是在行囊裏面，還是在衣箱裏面這種問題一樣的簡單。第一，物理空間與時間的糾纏，以及與物質的糾纏，都和本題十分相關。舉個例來說，我們的物理學幾何學都是討論宇宙間各種關係極密切的因子，這些因子決非各自孤立的。所以可以推想，設若將自然法則形式上加以適當的修改，則各種體系不同的幾何學也會一樣地適合於宇宙的空間了。除此而外，還有一純粹數學上的問

題，即歐克里幾何與某非歐克里幾何之不同，是否不僅在於測量空間習慣上有差別。第一種糾纏，糲糲糊糊可以這樣的比方，比方箱子的形狀可以改變，其改變可以視我們裝置衣服的情形如何而定。如果一位直率的人問你的箱子是衣箱嗎是包袱呢，並且堅持着「簡單的問題只須簡單的答案」，那就容易弄出誤解來的。至於第二種糾纏，要說明可不是這樣容易了，但如下述類推或許可以有用。兩地溫度各異，或用水銀柱在兩地所表示的高低來說明，或用一定體積的氣體由一地移至彼地時所生不同的氣壓來說明也可以。若用前一種習慣來測量溫度差，則兩對點子可以有同樣的溫度差；若用第二種習慣來測量溫度差，那兩對點子就可以有不同的溫度差了。事實上對與不對，毫無問題；因為我們所用的測量溫度差的兩種方法，一種便於某項目標，第二種則便於另一項目標故也。以「兩點間的距離」代表「二地的溫度差」吧，你就會相信兩種體系不同的幾何學所表示的，不是兩種空間而是測量單一空間的二種方法。

至於自然科學家的一個空間與數學家的許多空間，差異更大。且問問我們自己：平凡的科學者所謂宇宙空間的「減無可減的最低限度的」性質是什麼？（1）平凡的科學者說宇宙空間的

最低限的性質是「連續的」，又說宇宙空間有「三度」。我們無須去找關於連續性和度的精確的數學定義。草率一點說，所謂空間連續性，即任何兩個不相重合的地方，被另一地方分開而又連結起來，所有這些地方皆為一大宇宙空間的分子。至於說空間有三度，草率一點說，即是我們確定一「點」的位置需要三個獨立的知識。

(2)再者，科學家與普通人都把空間及空間中的事物顯然的劃分開。他們主張這種空間決不產生任何事象。「單是」位置不能影響於物質的任何性質。如果我們移動一件物質，牠的形狀大小自然或許有變動。比如移動一隻寒暑表，將牠由窗外移至近火的地方，牠的水銀柱就生變動。然而傳統的見解則謂「單是」位置的變動是不足解釋這一點的。因為水銀已改變牠對於空間中某物質的位置。長度已經改變了，空間的不活動性，我以為便是平常人分別空間與空間中的物質的標號。這個一旦破壞，我們便會迷惘而莫知所措。此點可分二方面來說明。(a)物理學上比較舊一點的理論，曾假定有一種特別的物質瀰漫空間，特稱之為以太。并假定以太對於普通物質能發生種種效果，於是在當時以太頗邀一般物理學家的寵愛。及物理學已經進步了，對於以太卻很

少發現。因之，物理學家始問：「以太不就是空虛的空間麼？」照電力學（Electro-dynamics）上羅倫子（Lorentz）的理論，以太只是絕對空間的概念，並非任何物件；至於卓越的科學家對於以太的態度也難像米考伯（Micawber）夫人所說的一樣，她說她「決不捨米考伯先生而他適。」

（b）反之，許多數學家想像空間，以為其中位置的差異能發生物體的形狀大小的差異，他們由是而成功地解釋各種物理現象。克里佛（Clifford）教授卽是一例。愛因斯坦（Einstein）在其萬有引力說中是又一例。然而，無論這些理論怎樣地可以解釋事實，我們並不認為愜意，因為牠們似乎將空間的動作牽連到物質上去，這不啻把區別空間與物質的一切方法全盤推翻。數學家發明任何種空間，若適合於可以觀察的事實而不影響於物質，則凡具有普通智力的物理學家都會接受了。但，純粹數學家所貢獻的比較粗野的空間，物理學家就完全不承認牠是空間，因為他以為那種空間對於牠的內容物無關緊要，所以是可以從牠的內容物分辨出來的。我們或許不應把這種異議當作最後的，因為空間、時間、物質三概念顯然的分別有一切人爲的表象；不過本章乃敘述傳統的見解，對此暫且不談。

現在就以爲空間是單一的，無限的，三度的容器，自然界一切事物都存在那裏面，不過牠對於一切事物都無甚關係。如果我們細思一下，我們會覺得要證明這樣一個對象之存在，是決不明顯的。我們既不能看見空虛的空間，也不能觸着牠；我們所能見所能觸的是各種物質。自然，科學家所堅信的事物大半都不能用感官來察覺；譬如輕原子與光波都非人所能見所能觸的。科學家設想這些對象能產生可以知覺的效果，這些對象也就是科學家由這種可覺的效果上推想出來的。然而，空間完全不是這種情形。因爲我們已經知道傳統見解上所說的空間決不能產生任何效果。既不設想空間能產生任何效果，則空間之存在明明白白地不能由何種可覺的效果加以推斷了。空間既不能被察覺又不能從而推斷，然則空間一概念我們又從何處得到？

在討論空間與時間中，常用的有兩組不同的概念，可稱之爲「分散的」和「集合的。」空間與時間的集合性質即是屬於空間與時間各整個的性質。例如我們如何而後相信有一空間，如何而後相信空間是歐克里式，如何而後相信空間能和其中物質分開，這些便是關於空間的集合性質上的問題。另一方面，有些概念不是應用於整個的空間上，而是應用於空間的各分子上。例如可

分性，線上各點的次序，都算是分散性質。本章和第二章只分別討論空間時間的分散性；牠們的集合性要在極後面才討論。

分散性質之歸屬於空間的皆各有其一定事實的根據，這些事實是在我們視域和觸覺領域以內，我們能夠直接觀察的。我一睜開眼睛便曉得有一色域。這個領域能擴張，這種擴張便是我推想面積體積的根據。再者，在全部領域內具有特別色彩的物件從牠的背景顯露出來；譬如二綠色物，可見的兩顆樹。這種物件有形狀有大小；而且是我們想像作圖的感覺基礎。於是像這種異顏異色的任何二件之間必有一色彩不同的擴張的背景，立刻使牠們連結起來而又分開。譬如，我們如果注意兩顆樹子，襯托的背景是無雲的天空，我們的視域便具有形狀特別的二物件被蔚藍的長空分開而又圍繞着。在此視域內無一物相當於空虛的空間一概念，因全部領域均被各種顏色佔據了。根據這種視覺上的經驗，我們便略略地知道一點引伸、形狀、大小、居中、連續等分散的概念。同時這種經驗的本身又告訴我們，視域的邊際決非明晰的。視域放大便逐漸模糊，物的實況逐漸不確定，離中心也愈遠。經驗中實無物足以說明視域是一獨立完全的體系；反之視域卻表明了自己

不過是某大物體中之一斷片罷了。當我們的頭稍爲移動時，新視域與舊視域差異極微。以前極清晰的物體實況現在有些變爲不大清晰了，以前不清晰的現在有些變來比較清晰了；有些部分是以前存在的，現在卻消失了，以前沒有的部分，現在邊緣上卻加添了一些；但是視域的大部分是少有變動的。由此更可見任何視域不過一較大的體系之段片罷了；我相信這就是我們推想空間具有「無限的」性質的一個根據。

我們觸覺域中，也有些很相同的概念粗淺地呈於吾人之前。當我握着某種東西時，覺得牠是擴張的，又覺得某物較某物爲大。如果此物有突出部分，我就覺得牠們是從「感覺」背景顯露出來的，正如視域中綠色物件從蔚藍的背景顯露出來一樣。不過有些特殊的事實關係着觸覺，尤其關係着與運動相連的觸覺，這些事實便是區別空虛地方與充實地方的起原。如果局限於視覺，那就難得知道如何而後能達到這種區別，因視域如上所述，處處都佈滿了色彩。（1）我若置手於一錫箱上面，則得一特別的感覺。感覺得一種冷的明顯的輪廓，雖然不能說錫箱的內部或外部沒有可覺的背景，可是可以說錫箱的背景與上述視域的背景相比較，是中立的，不定的。（2）假設我的

手指沿着界尺的邊緣移動，我便有一組運動感覺隨着一串觸覺。假設我手指繼續移動，到了界尺的末端仍繼續移動。則觸覺停息，運動覺繼續如前。觸覺之停息即「空虛」概念的基礎；運動覺之永續即「延廣的物質雖不在而延廣仍繼續」一概念的基礎。

上述各點在將來討論空間的集合性時尚須再為申說。這時我們覺得由這種方法得到的知識，若與我們應用於幾何學和物理學中的概念比較，都是極端粗淺的，我們所見所觸的是有限的平面及形狀複雜的體，決非形學家所謂的不能引伸的點和無闊度的線。至於我們能够認識我們視域中有色物體間的空間關係，也是一樣地粗淺。他們不是點與直線間的關係，而是粗野的平面與體積間的關係。我以為這些感官知覺上粗淺的對象一定有些性質顯然是屬於空間的，而且從牠們當中能够看出點線等等精確觀念的起原。不過「這些精確的名辭及其正確的關係我們能用之於數學物理學上，而不能用我們的感覺察覺牠們，那末，牠們同我們目前所感到的粗野的體或面及其粗淺的關係是怎樣連接起來的？」

真真問題就在這一點。像我們所能察覺的粗野而有限的體積，互相間的關係，極其複雜，難以

處理。而感官經驗所告訴給我們的空間之連續無窮，浩大無涯，都是憑模糊的感覺，而非憑理智得到的。在這種情形之下，要找出牠們的法則或加以推想，是不可能的。我們只有希望把有限的形體和牠們複雜的可覺的關係，分析為關係比較簡單而容易處理的名詞纔行。如果能夠成功，那我們就會一箭貫雙鵰了。我們對於那些能以察覺的空間性質極為公允；因為我們的分析是很徹底的。就另一方面言，我們能夠把握着這些性質，且能加以推想，所用的方法不像舊日憑藉感官所得極其粗野未經分析那樣，且舉例來說明我這意思，先舉極粗淺的例，其次舉一比較精密的例。

(1) 若欲測量一塊不規則的地面，則必先將他分成許多三角形。為什麼？因為三角形是一簡單形式，而且一切三角形的面積皆由其線的邊界依簡單法則而組成的。我們更能把任何直綫形盡量的分下去，分析成無數的三角形。因之，不必應用各種測量的方法以測量各該種直綫形，確能用這種分析法使一切直綫形合乎一個簡單的法則。

(2) 二有定物體間的距離觀念顯然是不確定的；所以連結此二物體的線，其方向觀念也是不確定的。因為在這種情形中沒有一個距離也沒有一方向。不過二物體之間我覺得顯然有一定