

蝴蝶效應和混沌故事

陳關榮

他不是文學家，卻在不經意間留下了一個膾炙人口的新成語：蝴蝶效應。

他是麻省理工學院（MIT）氣象系已故教授愛德華·諾頓·洛倫茨（Edward Norton Lorenz, 1917年5月23日 - 2008年4月16日）。



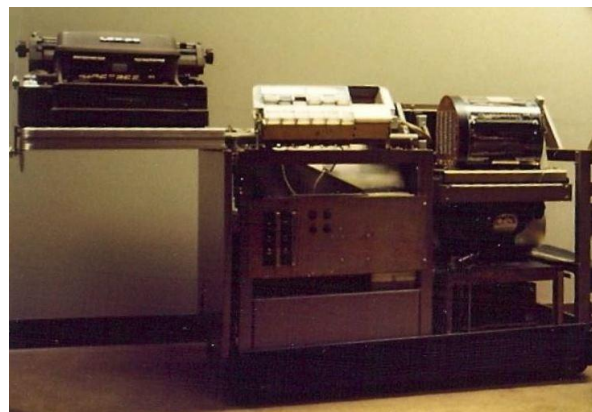
Edward Norton Lorenz

洛倫茨是一位氣象學家，研究大氣物理，曾孜孜不倦地去探索多年來被學術界認為“算不上是科學”（“less than science”）的“長期天氣預報”。氣象學家甚至普通人都知道，長期天氣預報是不精確的：誰知道明年的今天這個地區的天氣會怎麼樣呢？洛倫茨的偉大貢獻之一，是以一個簡單具體的物理學模型及其數學原理向世人示明：精確的長期天氣預報的確是不可能的。

洛倫茨很早就注意到，雖然一年有四季，但準確地說氣候和天氣都沒有嚴格的週期規律。在 1950 年代，他嘗試建立一個數學模型來描述大氣層上下溫差引起氣流變化的動力學過程。在作了許多簡化之後，他構建了一個 12 個變量的非常複雜的微分方程組。可是，在當年沒有高速計算機輔助的條件下，誰都沒有辦法對之進行分析和計算。洛倫茨試圖進一步簡化這個數學模型，但直覺上認為需要保留偶數個方程才能準確地描述氣流動態，多次嘗試之後以失敗而告終。

1961 年的一天，他和同在“MIT 一般環流研究項目”工作而後來成為“現代氣候理論之父”的巴里·薩爾茨曼 (Barry Saltzman) 教授一起探討了他的模型簡化問題。那時薩爾茨曼正在研究非線性 Benard 對流，通過譜展開得到了 7 個變量的降階非線性方程組。薩爾茨曼告訴洛倫茨，說他得到了一些週期解，但也有不穩定的解。洛倫茨仔細觀察了那些結果，發現 7 個變量中的 4 個週期解很快衰減從而變得不重要了，而其他 3 個則會保持長時間的非週期性變化。洛倫茨非常感激薩爾茨曼實驗結果給他提供的啟示，感覺到類似這樣的 3 個變量方程組應該足以用來描述他所期望的氣流運動的非週期性。果然，他將自己的模型作了相應的簡化後，僅保留了 3 個變量，發現能夠觀察到非週期性動力學現象。

當年洛倫茨求解這 3 個變量的方程組用的是一台 Royal McBee LGP-30 計算機，放置在 MIT 第 24 號樓第五層。這台機器比書桌還大，重約 260 公斤，可是速度極其緩慢，連今天的筆記型電腦都比它快上一百萬倍。當年，計算機程式是由兩位年輕女助手艾倫·費特 (Ellen Fetter) 和瑪格麗特·哈密頓 (Margaret Hamilton) 負責編寫的。艾倫和瑪格麗特分別從 Mount Holyoke College 和 Earlham College 數學專業本科畢業，兩人來到洛倫茨實驗室工作後才開始學習編寫計算機程序。不過她倆都很稱職。特別值得一提的是那位哈密頓女士，聰明的她很快就成為一位編程能手。她離開 MIT 比較早，後來加盟國家宇航局 (NASA)，先後為登月飛船編寫控制程式和為空中試驗室 (Skylab) 編寫操作軟件，2003 年獲 NASA 授予宇航傑出貢獻獎 (Exceptional Space Act Award)，2016 年榮膺美國總統自由勳章 (Presidential Medal of Freedom)，2017 年還被樂高 (Lego) 遊戲產品選定為成功女士偶像人物。



Royal McBee LGP-30 計算機

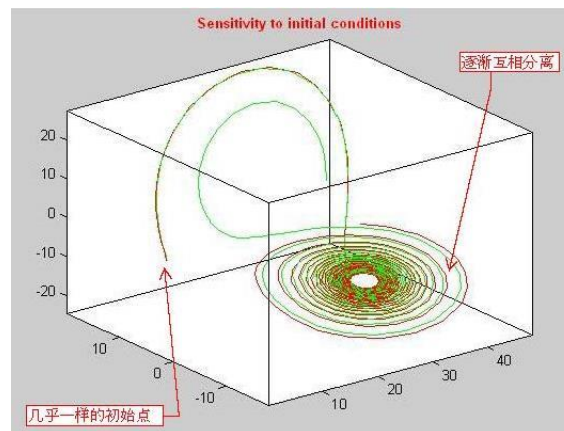
現在回來繼續說洛倫茨的故事。

故事發生的這一天是週五，洛倫茨如常來到了辦公室，繼續用他推導出來的簡化數學方程組做天氣預報模擬。他計劃把昨天的模擬重複一遍，以保證計算結果準確無誤。他知道那台蝸牛機器運算極慢，需要一個多小時才能完成計算，便踱進了學院旁邊的小咖啡館。喝

完咖啡回到辦公室後，他一看模擬結果大吃一驚，發現新畫出來的曲線與昨天的記錄大相徑庭：兩條曲線從相同的初始點出發，在起初幾週時間點上的預報相互吻合得很好，但隨後兩者迅速分離，大約兩個月後便變得毫不相關了。他反覆檢查了公式，兩位女士也反覆檢查了程序，都沒有發現任何錯誤。這讓他百思莫解。

經過反覆核查，在排除了計算機故障的可能性之後，他注意到了兩次模擬試驗過程之間的一個微小差異。當時的計算機運算精確度是保留小數點後 6 位數的，因此他在第一次計算中輸入了初始值 0.506127。但在第二次計算中，他圖省事輸入了 0.506，覺得這不到千分之一的“四捨五入”不會帶來甚麼影響。現在他發現自己錯了，這影響其實大得很。

歷史上許多重大機遇都出現在這種毫不顯眼的事情和毫不驚人的時刻：0.506 不夠精確么？改為 0.506127 再算一遍就好了嘛，還來得及去多喝杯咖啡呢。然而，出色的科學家和普通的實驗員之間的差別可能就在這個地方：洛倫茨覺得這不到千分之一的誤差所帶來的巨大影響從常理來說不可思議，此事必須有個數學解釋。隨後的幾天裡，他和兩位程序員一起再次重複了兩種不同初值的模擬，證實了他悟出的道理：由於該數學模型對初始條件具有高度敏感性，一個微小的初始誤差隨著反覆疊代運算最終釀成巨大的結果差異，導致了模型未來行為的“不可預測性”！



對初始條件的高度敏感性

洛倫茨把他的發現寫成了論文“確定性的非週期流”，於 1963 年發表在大氣科學雜誌（“Deterministic nonperiodic flow”，Journal of the Atmospheric Sciences, 20: 130-141, 1963）。

洛倫茨當時覺得他發現的可能只是流體力學中湍流的一個新特徵，投稿時把論文標題擬定為“確定性的湍流”。但雜誌編輯對此頗有懷疑。於是他把“湍流”改成了“非週期流”。洛倫茨在論文中指出：“兩個狀態之間不被察覺的微小差別可能最後演化為巨大的不同... 因此，如果在觀察當前狀態時有不管什麼樣的誤差——在任何真實系統中這些誤差

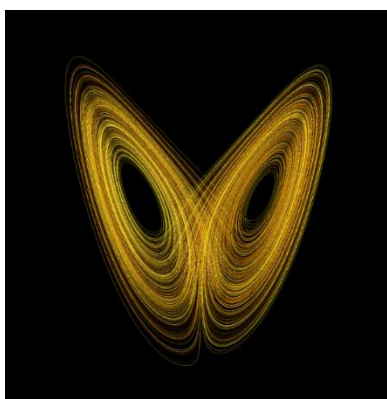
是不可避免的——那麼對於一個不太久遠的未來瞬間狀態做出任何可接受的預測都將是不可能的... 非常長期的準確天氣預報看來並不存在。”當年洛倫茨估算，準確的天氣預報最多在兩週時間之內可以做到。事實上，今天在高速計算機和大數據支持下，這個時間段也達不到三週。

在論文末尾，洛倫茨誠摯地感謝了巴里·薩爾茨曼和艾倫·費特。接下來，他在另一篇論文中也同樣地致謝了瑪格麗特·哈密頓。

在1963年這篇里程碑式的論文中，洛倫茨給出了刻劃上述3個主要變量的非線性方程組，即今天著名的洛倫茨系統或洛倫茨方程：

$$\begin{cases} \dot{x} = a(y - x) \\ \dot{y} = cx - xz - y \\ \dot{z} = xy - bz, \end{cases}$$

當參數 $a = 10$, $b = 8/3$, $c = 28$ 時，洛倫茨方程的解在三維空間中的軌道呈現一個漂亮的雙渦捲形狀的“吸引子”（attractor）。

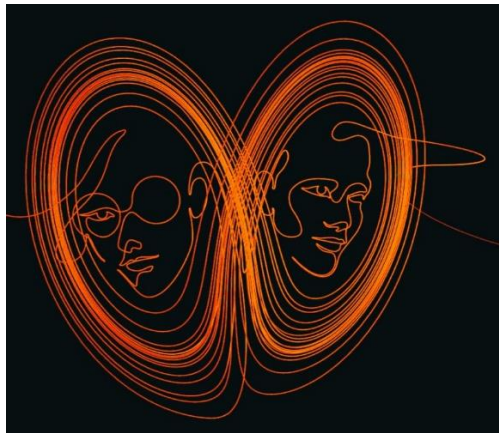


洛倫茨吸引子

這個後來被稱為“洛倫茨吸引子”的幾何對像是空間中一些帶穩定性的點的集合，具有某種動力學的吸引性，故稱為吸引子。但這個點集並不直觀可見。計算機畫出來的可視圖只是繞著吸引子運動的方程的解軌道，它處於一種不尋常的永不發散、永不休止、並且是非嚴格週期的“混沌”（chaos）運動狀態。其中，混沌軌道的不發散特徵是由它的全局有界性決定的，而無休止的運動行為則把它區別於通常的骨牌效應。此外，解軌道的非嚴格週期性展現出它密集的近似週期性運動，但又不曾嚴格地重複過去（用洛倫茨的原話來說，就是“solutions which never repeat their past history exactly”）。此外，這個

微分方程組的解由初始條件唯一決定，它是完全確定性的。從方程式可以看出，它沒有諸如噪聲或外來干擾的隨機因素。但系統對初始狀態值具有極高的敏感性，讓它的解軌道在長時間之後的狀態變得不可預測。人們把這種特性稱為“確定性的隨機”或“確定性的混沌”。由於混沌系統的解是確定性的，它可以用完全相同的初始條件來重演，但它又具有與不可複製的白噪聲相同的各種隨機特性，因此在工程應用中能派上一些特別用場。

對非專業人士來說，大抵上可以這樣直觀地去理解混沌系統及其混沌特性。



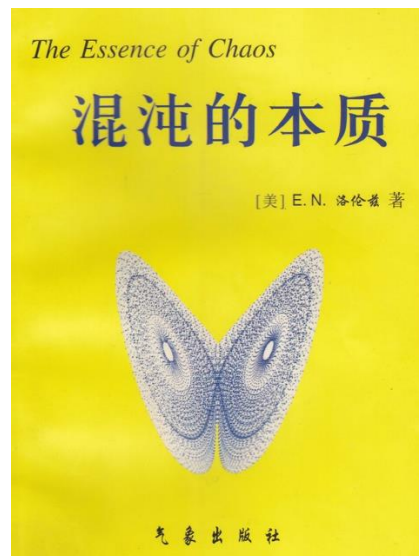
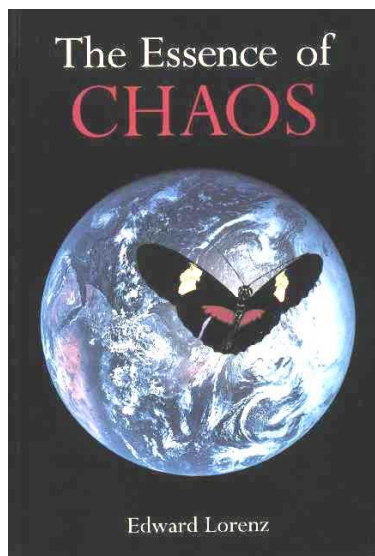
幕後英雄艾倫·費特和瑪格麗特·哈密頓
[Artwork by Olena Shmahalo 《Quanta》2019-5-20]

這裏回顧一下歷史是蠻有趣的。洛倫茨的上述論文並沒有使用 chaos 一詞。在科學文獻中，chaos 一詞最早由 MIT 的數學家諾伯特·維納 (Norbert Wiener) 1938 年題為 “The homogeneous chaos” 的論文中開始使用，但那是完全不一樣的數學概念。第一次正式用 chaos 來描述系統對初始條件極端敏感特性的，是已故數學家李天岩 (1945-2020) 和他的導師詹姆斯·約克 (James A. Yorke, 1941-) 在 1975 年發表的題為 “Period three implies chaos” 論文中的著名 Li-Yorke 定理。不過那是離散系統的混沌，屬另一個論題了。

洛倫茨 1963 年這篇科學發現報告發表後，初時只有幾個氣象學家關注。美國科普暢銷書作家詹姆斯·格雷克 (James Gleick) 1987 出版的名著《混沌學傳奇》(Chaos: Making a New Science) 中說：“洛倫茨的這篇論文，在 1960 年代雜誌上每年會被引用一次。可是二十年後，它每年被引用的次數超過一百。”今天，這篇文章已被引用兩萬三千多次。

順便說說，洛倫茨系統屬於所謂的耗散系統，其耗散量由流體粘度決定，缺失的能量則依靠熱能補給。後來人們知道，許多別的耗散系統都可以產生混沌吸引子。此外，也有許多能量保守系統即哈密頓 (Hamilton) 系統也可以產生不同類型的混沌，但那又是另一個論題了。

開始時，洛倫茨把他的發現比喻為“海鷗飛翔引起了暴風雨”。後來，他接受了一位氣象學家朋友 Philip Merilees 的建議，在 1972 年把他的一篇論文取題為“在巴西的一隻蝴蝶拍打一下翅膀會在得克薩斯州引發一場龍捲風嗎？”於是，後來的科學文獻、文學作品和人們日常生活裡便有了一個新成語：“蝴蝶效應”（“butterfly effect”）。洛倫茨在他 1993 年出版的科普著作《混沌的本質》中還有另一種比喻：“一個人在中國打噴嚏也可能會讓紐約的人們去鏟雪。”



UCL Press, USA, 1993（中譯本，1997）

顯然，“混沌”的本質就是對初始條件的高度敏感性。可是，很多事物對初始條件具有高度敏感性的這種觀察或認知，其實古來有之。

遠至孔子（前 551-479）的《禮記·經解》，其中《易》裡就說過：“君子慎始，差若毫釐，繆以千里。”古希臘哲學家亞里士多德（前 384-322）也說過：“對真實性極小的初始偏離，往後會被成千倍地放大。”近代物理學家詹姆斯·麥克斯韋（James Clerk Maxwell）在 1873 年亦說過：“系統初始狀態的一個無窮小變化可能會引起該狀態在有限時間內出現有限的偏差，這樣的系統稱為是不穩定的... 並且會使得對將來事件的預測成為不可能。”數學家雅克·阿達馬（Jacques Hadamard）在 1898 年也提到，“初始條件中的誤差或者不精確性可能會使系統長時間的動力行為變得不可預測。”到二十世紀初，通才數學家亨利·龐加萊（Jules Henri Poincaré, 1854-1912）在 1908 年的書《科學與方法》中寫道：“初始條件的微小誤差在最後結果中產生極大差別的情況可能發生... 於是預測變為不可能，從而我們就看到了許多偶然現象。”但是，所有先賢們的思想、觀念和知識都停留在或者說局限於哲學和數學的思辨上，沒有展示一個具體的科學實例。洛倫

茨的偉大貢獻，是他第一次為這種極端敏感性和後來的混沌理論提供了一個簡單而精準的物理系統的數學模型。不過，嚴格的混沌數學理論並不歸功於洛倫茨。

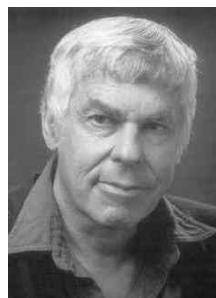
現代混沌數學理論的鼻祖，是剛才提到的那位通才數學家龐加萊。1887年，瑞典國王奧斯卡二世（Oskar II）懸賞，徵求太陽系穩定性問題的解答，期望解決天體力學中的三體甚至 N 體問題。國王組織了三位當時最有權威的數學家擔任評委：米塔-列夫勒（Magnus Mittag-Leffler）、魏爾斯特拉斯（Karl Weierstrass）和厄米特（Charles Hermite）。在那次高端科學論文競賽中，龐加萊以他對三體問題的研究成果獲得了大獎。

得獎論文按規定要在瑞典皇家科學院數學學報（Acta Mathematica）上發表。其時學報有一位負責論文校對的 25 歲年輕人 Lars E. Phragmen，那時他是個數學愛好者，閱讀龐加萊論文時發現有個地方老繞不過去，於是便去詢問作者。龐加萊在試圖作出解釋的過程中發現原文有錯，連他自己也繞不過去。

在這種時候，誠實的數學家可能會選擇放棄，不誠實的數學家可能會含糊其辭敷衍了事。而這位頂尖的數學家龐加萊呢，在重要錯誤面前，深思熟慮之後徹底地改變了原來沿用的傳統定量分析方法，以全新的定性分析方法重新探討了這個數學上極其艱深的問題。此舉讓龐加萊開啟了二十世紀動力系統定性理論、特別是混沌數學理論的先河，儘管該得獎論文拖延到 1890 年才問世（13 卷，1-270 頁）。



Henri Poincaré



Stephen Smale

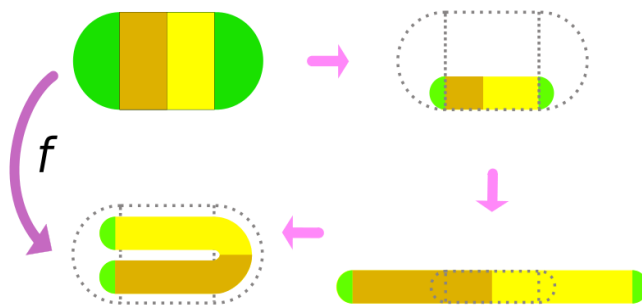
因為說到混沌的數學理論了，還得先把它說得更清楚一些，才能回去把洛倫茨的故事講完。

龐加萊對三體問題動力學作了精闢的定性分析之後，時間一下子過了半個多世紀。其間，除了大數學家喬治·伯克霍夫（George D. Birkhoff, 1884-1944）和安德列·柯爾莫哥洛夫（Andrey N. Kolmogorov, 1903-1987）的貢獻之外，還有非常重要但並不廣為人知的瑪麗·卡特賴特（D. Mary Cartwright, 1900-1998）和約翰·李特爾伍德（John E. Littlewood, 1885-1977），1945 年間兩人合作發展了無線電工程問題誘導出來的 van der Pol 振子的“奇怪吸引子”（“strange attractor”）的數學理論。十二年後，1957 年斯蒂芬·斯梅爾（Stephen Smale, 1930-）從密歇根大學數學博士畢業，在普林斯頓高

等研究院（IAS）訪問了一段時間之後，在國家自然科學基金資助下於 1959 年底來到了巴西里約熱內盧著名的純粹和應用數學研究院（IMPA）做博士後研究。這段時間他經常到沙灘去曬太陽，覺得沙灘的喧鬧絲毫不會影響他深入思考各種數學問題。

年輕的斯梅爾在一篇自己感到自豪的文章中提及了他的一個“猜想”：“混沌不存在！”（“chaos doesn't exist!”）但是，他很快就接到 MIT 的數學家諾曼·萊文森（Norman Levinson, 1912-1975）的來信，給他舉了一個反例，同時向他介紹了卡特賴特—李特爾伍德的研究成果。後來，斯梅爾在 1998 年為《數學信使》（Mathematical Intelligencer）寫的一篇題為“在里約熱內盧海灘上發現馬蹄”的文章中回憶道：“[當時]我夜以繼日地工作，試圖解決這個挑戰... 我最後說服了自己，萊文森是對的而我的猜想是錯了。混沌已經隱含在卡特賴特—李特爾伍德的 analysis 之中！現在迷團已經解開，是我作出了錯誤的猜測。但是在這個學習的過程中，我發現了馬蹄！”——好一個龐加萊式的數學家！

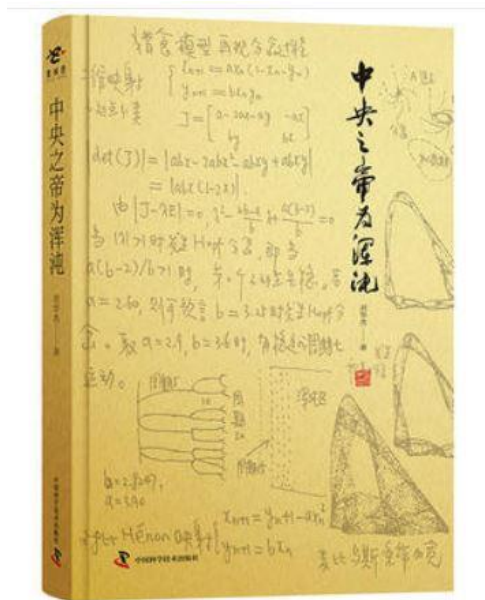
斯梅爾的“馬蹄”理論可以用下面的示意圖作一個簡單解釋。想像一個映射 f 把左上角的橢圓狀面積投影到左下角的馬蹄形面積去。它可以通過右面的壓縮、拉伸和摺疊三步操作而合成。然後，把馬蹄放到左上角去取代橢圓的位置，再次用映射 f 投影到左下角去，這也可以通過同樣的壓縮、拉伸和摺疊三步操作而完成。至此，做完了二次疊代運算， f^2 。然後，再重複同樣的步驟，直到完成 n 次疊代運算， f^n 。理論上， $n \rightarrow \infty$ ，便可以得到密密麻麻無窮多個點，是前面所有大大小小馬蹄的交點集合，稱為康托（Cantor）集。容易看出，開始時在橢圓上相距很遠的兩個點，通過多次映射（反覆壓縮、拉伸和摺疊）之後，會被轉移到非常接近的相鄰位置上。現在，如果從任意兩個無論怎樣接近的不同點出發，進行逆映射 f^{-n} ，便會發現當 n 越來越大時，兩條反覆疊代軌道就會分離得越來越遠，即開始時極小的差別會導致後來極大的差別。直觀地說， f^n 把開始離得很遠的兩個點映射到康托集裡非常接近的相鄰位置上，而 f^{-n} 則完成相反的工作。這個 f 稱為斯梅爾馬蹄映射。斯梅爾的馬蹄理論用清晰具體的數學方式來表達並嚴格證明了混沌的最基本屬性：對初始條件的極端敏感性。



斯梅爾馬蹄映射示意圖

斯梅爾是非常有個性的數學家。1968 年，詹森總統的科學顧問 Donald Hornig 在《科學》（Science）雜誌刊文批評斯梅爾，說他領著國家自然科學基金去巴西沙灘曬太陽：“數學家們一本正經地提出要納稅人認同數學創造應該由公款資助到里約熱內盧去躺沙灘...”

多年以後，斯梅爾在上面提及的 1998 年文章“在里約熱內盧海灘上發現馬蹄”中對 Donald Hornig 作出了公開的反駁，說自己在里約熱內盧沙灘上所作的數學創造“正是馬蹄理論和高維[所有高於 4 維]龐加萊猜想的證明”，其中後面一項成就讓斯梅爾榮膺 1966 年菲爾茲獎 (Fields Medal)。



繼續回顧歷史，還有很多故事。前面說到，在數學文獻中第一次正式用 chaos 來描述系統對初始條件極端敏感特性的，是 1975 年的李天岩—約克 (Li-Yorke) 定理。而最早把英文 chaos 翻譯為中文“混沌”的，是北京大學榮休教授朱照宣先生 (1930-)。這一名稱引來許多有趣的中國神話故事。已故郝柏林院士 (1934-2018) 在他英文版《混沌》扉頁以及《湍鑒—混沌理論與整體性科學導引》一書前言中，都引用過《莊子·應帝王》中的一句話：“南海之帝為倏，北海之帝為忽，中央之帝為渾沌”。其中，倏和忽後來變為成語“倏忽之間”，而古時的“渾沌”就是今天的“混沌”。中國道教始祖老子（前約 571-471）留下《太上老君八十一化圖》，其中第二化曰：“... 空洞之中，又生太無，太無之內生玄元始三氣，三氣相合，稱為混沌”。就是說，古人心中的宇宙從無到有，由某種混沌狀態開始。

即使以今天的科學觀來看太陽系、銀河系、以至整個宇宙，都可以把它們看作是混沌系統。首先，這些系統長期在如常運行，既不發散也不休止。其次，在天文時空尺度下，並沒有嚴格週期運動的天體。要計算週期就得使用時間。我們今天使用的曆法，俗稱陽曆，是天主教皇格里哥利 13 世 (Gregorius XIII, 1502-1585) 在公元 1582 年設定的。在這個年曆裡，二月份只有 28 天，從而每年有 365.2425 天，但每四個世紀再加入一個閏年即增多 1 天的話曆法會更準確，但這樣一來平均每年就有了 365.24242424 天，因為這個做法讓每年多出了 26 秒。不過，如果每隔 128 年再扣掉一個閏年，則每年有 365.242190419 天，400 年將相差不到 3 個小時。目前沒有比這個更精確的曆法了。可是，它還不是數學意義

下的嚴格週期。國際度量衡總局（International Bureau of Weights and Measures）使用國際原子時間（International Atomic Time），規定每年的1月1日或7月1日對時間作出微調，每次增加或者減少原子鐘定義的1秒。這樣一來，儘管年有四季，冬去春來，人類實際上永遠無法讓“一年時間”嚴格週期化。因此，按前面對“混沌”的通俗理解，所有的天體在天文時空尺度下都是混沌系統——看來在宇宙完全坍塌之前大概就是這樣。



現在再回來，繼續說洛倫茨的故事。

許多科學家有一種共識，二十世紀科學史上三件最重大的事件是相對論、量子論和混沌論。相對論界定了牛頓力學有效的最大時空界限，就是當物體運動接近光速以及在十億光年的大尺度宇宙空間裡，牛頓力學不再適用；量子力學則界定了牛頓力學有效的最小時空界限，就是在微觀世界裡牛頓力學不再適用；而混沌論則打消了確定性意味著一切均可預測的信念。

在經典物理學中，著名數學家皮埃爾-西蒙·拉普拉斯（Pierre-Simon Laplace, 1749-1827）代表了他那個時代絕大部分人的科學觀，認為如果一個確定性的系統有確定的初始狀態，那麼這個系統在未來所有時刻的狀態都已經被完全確定了並且可以通過精確無誤的計算而獲得。他說：“我們可以認為宇宙的現在是由它的過去來決定的；現在也是決定未來的原因。如果有一位智者在某一時刻獲知了自然界一切物體的位置和相互作用力，並且他具有超常的數據分析能力，那麼他就可以把宇宙這個最龐大的物體直至到原子這個最細微的顆粒全都囊括到一個公式中去。對於這位智者來說，沒有什麼東西是不確定的——宇宙的未來會像它的過去一樣完全呈現在他的眼前。”洛倫茨讓拉普拉斯這段名言變成了“魔咒”（Demon）。

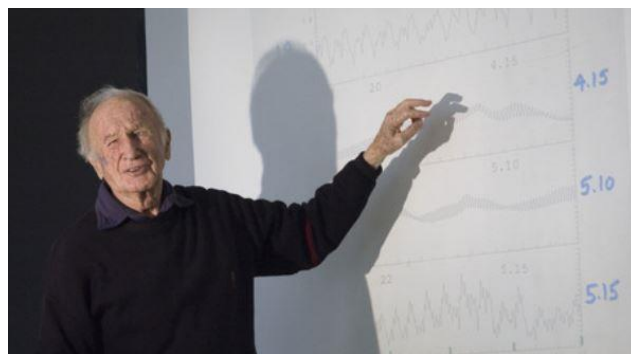
洛倫茨的非凡科學發現讓他在 1991 年榮獲被譽為“日本諾貝爾獎”的京都獎（Kyoto Prize），“獎勵他發現了‘確定性混沌’這一傑出科學貢獻，它是深刻地影響了廣泛基礎科學領域的一條原理，揭示了牛頓以來人類對自然認知的又一次翻天覆地的變化”。該獎勵給洛倫茨頒發了一幅獎狀、一個 20K 金獎章，以及 5 千萬日元（折合 ¥3 百多萬元）的獎金。歷史上，第一次京都獎在 1984 年頒發，獲獎者是洛倫茨在 MIT 的校友、數學家克勞德·香農（Claude E. Shannon），獎勵他在信息論方面的奠基性貢獻。



Kyoto Prize 頒獎典禮

洛倫茨一生獲得過不少榮譽和獎勵。他於 1969 年獲美國氣象學會 Carl-Gustaf Rossby 研究獎，1973 年獲英國皇家氣象學會 Symons 金質獎章，1975 年當選為美國國家科學院院士，1981 年當選為挪威科學與文學院外籍院士，1983 獲瑞典科學院 Crafoord 獎，1984 年獲英國氣象學院授予榮譽院士，1989 年獲美國富蘭克福研究院頒發 Elliott Cresson 獎章。此後，洛倫茨於 2000 年獲世界氣象組織授予國際氣象組織獎，2004 年獲俄羅斯國家科學院授予羅蒙洛索夫金質獎章，並獲荷蘭藝術與科學院於 1888 年設立、十年頒發一次的 Buys Ballot 獎章。洛倫茨生前最後一次演講是 2008 年初在義大利羅馬接受 Tomassoni 獎時的領獎演說，題目依然是“蝴蝶效應”（“The butterfly effect”）。

洛倫茨是個古典型科學家。他一生發表了 61 篇論文，任職後至離世平均每年發表 1 篇，其中 58 篇是他自己一個人寫的，另外 3 篇分別和一位同事合作，但沒有他的導師。記錄表明，他 33 歲時發表第一篇論文，在 50 歲以前僅發表了 18 篇，而 60 歲以後卻發表了 31 篇。他的發文高峰期在 45-75 歲之間。他人生最後一篇論文也是自己寫的，去世後於 2008 年 8 月由 Physica D 雜誌登出，題為“Compound windows of the Hénon map”（vol. 237, pp. 1689-1704）。



洛倫茨晚年還經常做學術演講

洛倫茨為自然科學和社會科學創下了一個不朽的奇跡，然而他的生平卻相對簡單。洛倫茨於1917年5月23日出生在康涅狄格（Connecticut）州的West Hartford。他父親Edward Henry Lorenz（1882-1956）是MIT機械工程畢業生，母親Grace Peloubet Norton（1887-1943）從他年少開始一直鼓勵和引導他和高手下棋並做博弈遊戲，十分注重他的智力發展。他的外祖父Lewis M. Norton是MIT教授，也是開設化工課程第一人。洛倫茨1938年從Dartmouth College獲得數學學士學位，1940年從哈佛大學獲得數學碩士學位，1941年獨自在美國科學院院刊（PNAS）發表了第一篇論文“A generalization of the Dirac equations”。他接下來到了部隊服役，二戰期間在空軍氣象站當天氣預報員。期間，1943年他在MIT完成了氣象碩士學位，戰後1948年在MIT取得了氣象博士學位。他的博士導師James Murdoch Austin（1915-2000）是新西蘭人，美國科學與藝術科學院院士，曾獲得過總統頒發的自由勳章。洛倫茨的博士論文題為“應用水力學和熱力學方程研究大氣模型的新方法”。他畢業後留校在氣象系任教，1962年晉升為正教授，1977-81年間任系主任，1987年榮休，2008年4月16日因患癌症在家中離世，享年91歲。他夫人Jane Loban於2001年去世。他們有三個孩子：女兒Nancy和Cheryl，兒子Edward。

洛倫茨是個溫文爾雅的謙謙君子。朋友們都說他“Modest and soft-spoken”。他喜歡野外跋涉和高山滑雪，還常常在學術會議之後去附近的山林遠足。他去世時，女兒Cheryl對親友說：“他兩週半前還去爬山，一週前還和同事一起完成了一篇論文。”



洛倫茨 @ Mt Battie [Lorenz Center]

2011年，MIT成立了洛倫茨學術研究中心，秉承洛倫茨的旨意，“追求對氣象學基本原理的認知”。研究中心的籌建者曾引述洛倫茨在2005年寫下的一段話：“人們經常都會看到，純粹理論研究的一點點成果，也許在很長時間之後，會導致連做該純理論研究的科學家都始料不及的實際應用。”



-
-
-

