



$$P_{in} = V(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

$$E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2$$

$$\psi(x,t)$$

3人瓜分物理諾獎 美德學者建氣候模型 預測全球暖化



克勞斯·哈塞爾曼

真鍋淑郎

喬治·帕里西

出生：1931年10月25日，德國漢堡
現職：馬克斯·普朗克氣象研究所教授

出生：1931年9月21日，日本愛媛縣
現職：普林斯頓大學高級研究員

出生：1948年8月4日，意大利羅馬
現職：羅馬大學教授

本年度諾貝爾物理學獎昨日揭曉，獎項頒發予3位來自美國、德國及意大利的學者，表揚他們「為人類理解複雜物理系統作出突破貢獻」，其中日裔美籍的真鍋淑郎及德國科學家哈塞爾曼，因為建立地球氣候的物理模型，讓

人類知道二氧化碳如何令地球氣溫上升，並可靠地預測地球暖化而獲獎；至於來自意大利的帕里西，則找出了看似無序的複雜系統背後的規律，對物理理論，以至數學、生物、神經科學等其他範疇，都有重要作用（見另稿）。

在宇宙不同複雜系統中，氣候就是與人類存亡最為息息相關的一環。大氣層中最具影響力的溫室氣體其實是水蒸氣，而二氧化碳在大氣層中所佔比例其實只有0.04%，不過人類無法控制水蒸氣濃度，二氧化碳則可以控制；1903年諾貝爾物理學獎得主阿倫尼烏斯早在19世紀末，已經初步證明二氧化碳及氣候變化關係，提出若大氣層二氧化碳含量減半，地球會進入新的冰河世紀；相反若二氧化碳倍增，氣溫則會上升攝氏5至6度，為二氧化碳與暖化關係的研究打開大門。

真鍋淑郎證增二氧化碳致升溫

生於日本的真鍋淑郎，1958年東京大學博士畢業後移居美國深造，自此致力解開二氧化碳與氣溫之間的關係，成為1960年代地球氣候物理模型開發的先驅者。與70年前的阿倫尼烏斯不同，真鍋淑郎研究時選將空氣垂直對流及水蒸氣中的潛熱納入考量，以發展出相應物理理論。

由於當年的電腦不發達，真鍋淑郎計算時將整個模擬理論縮減成一維，即一個進入大氣層40公里的垂直圓柱體，並計算出每當二氧化碳倍增，全球溫度便會上升逾攝氏2度。真鍋淑郎證實這種氣溫上升是二氧化碳增加所致，因為如果是太陽輻射下的升溫，理應整個大氣層同時變熱，不過模擬理論中卻只有靠近地面的部分變熱，上層大氣則變冷。

哈塞爾曼研人類如何影響氣候

約10年後，哈塞爾曼成功創建了將天氣和氣候聯繫在一起的模型，繼而解答一個重要疑問：為何天氣變化如此急速，但整體的氣候理論仍然可信。要在混亂的天氣數據中建立一個氣候理論，就像人放狗一樣，有時狗會跑在前面，有時又在後面，有時甚至不動；此外影響氣候的數據變化可以很大，有時如風力、氣溫等急速變化，有時則如海洋溫度等緩慢變化。哈塞爾曼的理論則成功納入隨機因素，說明快速的氣候變化，如何導致緩慢的海洋變化。

哈塞爾曼此後又研究出，如何在氣候系統中找出人類活動的足跡，因為如太陽輻射、火山灰、溫室氣體量等，都會留下「指紋」，可從整體氣候中分辨而出，哈塞爾曼便應用同一方法，找出人類是如何影響氣候系統。

隨著相關理論愈趨完善，溫室效應亦愈來愈明顯，大氣層中的二氧化碳含量自19世紀以來已上升40%，地球氣溫亦在過往150年間上升逾攝氏1度。諾貝爾委員會形容，有了兩位學者提供的物理基礎，人類再無法說自己「不知道」，藉此無視全球暖化。真鍋淑郎和哈塞爾曼將可平分其中一半獎金。 ●綜合報道

專家複雜系統理論 貢獻多項範疇

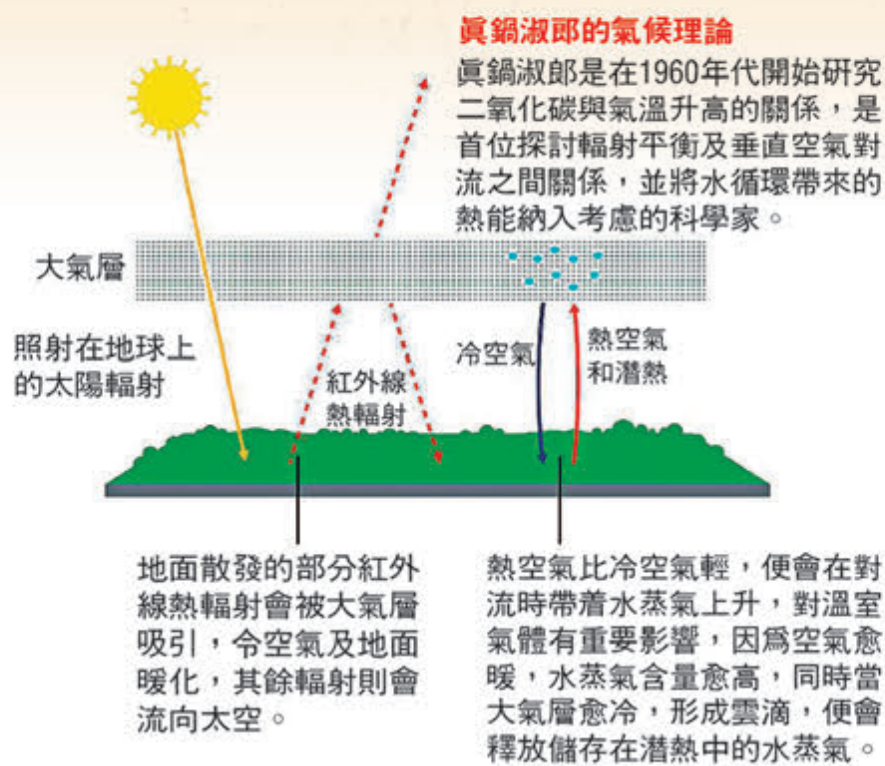
共同獲得今屆諾貝爾物理獎的物理理論學家帕里西，透過他的研究發掘出隨機現象背後的隱藏規則，評審形容，他的研究被視為複雜系統理論中最重要的貢獻，不止可在物理學中應用，對數學、生物、神經科學等其他範疇，同樣有作用。

發掘隨機現象背後隱藏規則

帕里西的研究是以統計力學為基礎，即在研究氣體、液體等以大量粒子造成的物質時，不能單獨計算每個粒子，而應將粒子的隨機運動納入考量，計算粒子的平均效應，如氣溫其實就是量度每個氣體粒子的平均能量值。氣體中的粒子可想像成是小球，當它們被急速擠壓時，便等於急速降溫，可是每次被擠壓後，小球所組成的圖案都不一樣，科學界卻無法解答為何會組成不相同的圖案。

帕里西以一個截然不同的系統作研究對象，稱為「自旋玻璃」，最大特點是有些自旋會指向一個方向，其他卻指向相反方向，帕里西於是想研究這些自旋是如何找到最佳方向。過往的科學家嘗試透過一種名為「副本方法」的數學技巧，解答此問題，不過沒有成果，帕里西在1979年取得突破，在副本中發現隱藏的結構，並找出從數學角度解釋的方法，自此他的理論便獲應用於不少無序系統中，成為複雜系統理論的重要基石。

自旋玻璃和粒子都是不穩定系統的典型例子，他們的排列方式必然是反作用力之間互相制衡的產物，帕里西的理論則成功解答，這些系統會有什麼行為、什麼結果，對於數學、生物學等涉及不穩現象的學科，帕里西的理論同樣適用，甚至可以解答冰河時期為何定期出現、鳥類遷徙如何排列圖案等問題。帕里西將可獲分1,000萬瑞典克朗（約893萬港元）中的一半獎金。 ●綜合報道

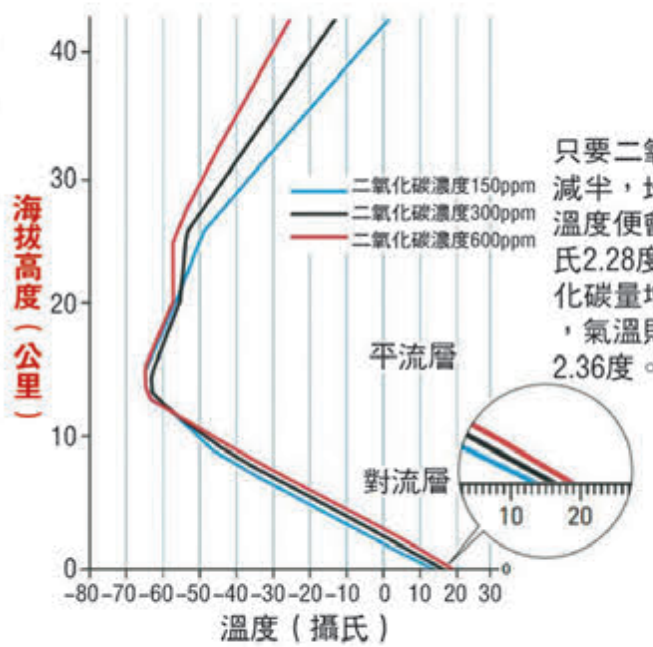


真鍋淑郎的氣候理論
真鍋淑郎是在1960年代開始研究二氧化碳與氣溫升高的關係，是首位探討輻射平衡及垂直空氣對流之間關係，並將水循環帶來的熱能納入考慮的科學家。

大氣層
照射在地球上的太陽輻射
紅外線熱輻射
冷空氣
熱空氣和潛熱
地面散發的部分紅外線熱輻射會被大氣層吸引，令空氣及地面暖化，其餘輻射則會流向太空。
熱空氣比冷空氣輕，便會在對流時帶着水蒸氣上升，對溫室氣體有重要影響，因為空氣愈暖，水蒸氣含量愈高，同時當大氣層愈冷，形成雲滴，便會釋放儲存在潛熱中的水蒸氣。

真鍋淑郎解開二氧化碳導致暖化之謎

真鍋淑郎的研究發現，二氧化碳增加會令低層大氣的溫度上升、上層大氣的溫度下降，從而確認地球氣溫變化是二氧化碳所致，因為若是太陽輻射造成的氣溫變化，應會令整個大氣層變暖。



只要二氧化碳量減半，地球表面溫度便會下降攝氏2.28度，二氧化碳量增加一倍，氣溫則上升2.36度。

專訪港學者 「氣候學終獲肯定」



譚志勇

香港文匯報訊（記者 蕭桂煬）香港中文大學理學院地球系統科學課程副教授譚志勇接受文匯報專訪時提到，氣候學一直予人「好似天氣報告」的觀感，事實上它的重要性不亞於物理學，一樣具備很多基礎知識。以氣候學為專業的譚形容，今次諾貝爾獎是對氣候學作出肯定，為此感到開心。

譚志勇以「Founding Father（創始者）」、「氣候模擬之父」形容真鍋淑郎，表示真鍋研發出第一代的氣候電腦模擬系統，後人將這個系統「精細化」，但萬變不離其中。譚介紹說，哈塞爾曼的貢獻則在於將海洋氣候變化與大氣氣候變

化相連接。海洋氣候變化較小，但內含極大熱能，對整體氣候的變化影響重大；大氣氣候則類似一般人理解的天氣，例如打風落雨，兩者變化一快一慢，卻被哈塞爾曼合二為一。

譚志勇稱讚真鍋的想法新穎，「例如將一道又一道物理過程放入電腦」，在他的年代是十分創新，其努力奠定了一個影響深遠的「氣候工具」。

譚志勇指出，氣候科學一直以來給人「好似天氣報告」的觀感，事實上，氣候科學如同物理學般有趣，也一樣有很多基礎知識。雖然譚志勇在普林斯頓大學讀博士，但當時真鍋已經退休，無緣上這位學術巨人的課堂，不過他仍看過真鍋留傳下來的筆記，還記得真鍋的試題很多都關於氣候以及全球暖化。

浸大助理教授激動 研究工作受鼓舞



高蒙

香港文匯報訊（記者 蕭桂煬）香港浸會大學社會科學院地理系助理教授高蒙，接受香港文匯報專訪時指出，在多年以前，二氧化碳排放是否引致全球暖化是具爭議議題，真鍋以科學方法建立氣候模型「完美終結」了爭議，為現代氣候模型的發展奠定了基礎。高蒙直言對氣候學獲獎感到激動，有自己領域的工作有卓越意義，受到莫大鼓舞。

「這次諾獎得主的均涉及複雜系統。」高蒙指出，其中真鍋淑郎和哈塞爾曼是在回答兩條問題，分別是「二氧化碳排放會導致全球變暖嗎？」，以及「全球變暖是由人類活動引起的嗎？」。

今次氣候學獲得諾獎，令高蒙非常激動。他表示，氣候模型最初主要因為當時科學認知局限性及計算條件限制，較少涉獵短壽命氣候因子。隨著學界發展，近20年來的氣候學研究已遠遠不止探討二氧化碳，涉獵包括臭氧、甲烷和顆粒物等元素。高蒙的研究也是順着這條大道，研究包括區域性的大氣污染問題。

高蒙稱，希望這次諾獎能令更多年輕的小朋友關注氣候學，發現她的趣味所在。高蒙笑着，對他而言，氣候學是非常有意思的科目，可以從「看似無序的現象尋找規律」，也緊貼生活。在十一國慶，高蒙與朋友爬山，他一位朋友不懂分霧與臭氧，及後聽高蒙娓娓道來，讓高蒙感受到分享知識的喜悅，言談中高蒙透露出對學科的鍾愛。