文/ 范賢娟

中研院所舉辦的第33屆院士會議當中，邀請到葉永烜院士來講「卡西尼任務對土衛六『泰坦』地質及大氣環境的探測和後續工作」，葉永烜院士是卡西尼計畫的發起人，從頭到尾了解整個過程，以及不斷更新的最新發現，這些都是百聽不厭的第一手經歷，吸引了許多人前來聆聽，讓臺大天文數學館的國際會議廳爆滿。

卡西尼任務發起人談
惠更斯探索泰坦

葉永烜院士百聽不厭的第一手經歷

一些巧合的機會

1982年葉院士才35歲，他正在德國的馬克斯普朗克高層大氣研究所工作，是個初出茅廬的研究員。他對幾年前航海家計畫（Voyager Program）經過土星所拍攝的圖片很感著迷，神秘的土星環、籠罩濃厚大氣的泰坦（Titan），似乎有許多謎等待科學家去深入了解，這些都不是路過拍攝幾張照片就能夠回答的。

葉院士就和法國天文學家高提耶（Daniel Gautier）一起寫了份計畫書，希望能夠說服歐洲航空太空總署（ESA）與美國航空太空總署（NASA）一起去探索土星與泰坦這顆太陽系唯一具有大氣的衛星研擬詳細的計畫。

剛開始許多有經驗的資深學者都不看好這龐大的國際合作計畫能夠通過，因為NASA與ESA才剛吵完架，關係不好。沒料到那兩個研究單位正因為吵過架，雙方關係低迷，但歐美科學家則非常希望尋求破冰的機會，剛好看到這樣一份大型的研究計畫過來，便積極推動科學和技術之可行性評估，經過多次審查，終於通過。由NASA負責卡西尼號太空船，這是航向土星的主體，而其探測任務則是以土星與土星環為目標；ESA負責惠更斯探測器，這是以泰坦為研究目標，要穿越濃厚大氣登陸這顆衛星，實地探測，傳回訊息。

不過雖然NASA與ESA同意合作，但因為計畫的經費太大了，

美國國會那邊又是一關。如何讓民意代表認同這樣的科學計畫？這就得由熟悉美國國會遊說方式的歐文（Toby Owen）去找到關鍵的人來協助，計畫經費的審核才能順利通過。

繁複的事前準備工作

經過十多年的審查、設計、製造與測試，到了1997年才完成地面的準備工作、發射升空，然後在漫長的飛行旅途中，這艘無人太空船曾兩度飛越金星，除了順便拍點照片之外，最重要是要以金星的引力幫卡西尼-惠更斯號太空船加速，讓它能更快到達土星的軌道。

2004年卡西尼-惠更斯號太空船終於抵達土星軌道附近，不過這時候速度太快，土星的引力無法抓住它，因此還要想辦法讓它減速才能進入環繞土星的軌道。然而因為這距離很遠，因此何時往哪裡下指令要求減速多少，這都要經過嚴密的計算才能配合得天衣無縫。

正式開始觀測

等到進入土星軌道，確認一切符合預期，惠更斯於2004年底與卡西尼分離，於2005年初降落泰坦，它還以卡西尼為中繼將觀測的資料傳回地球。

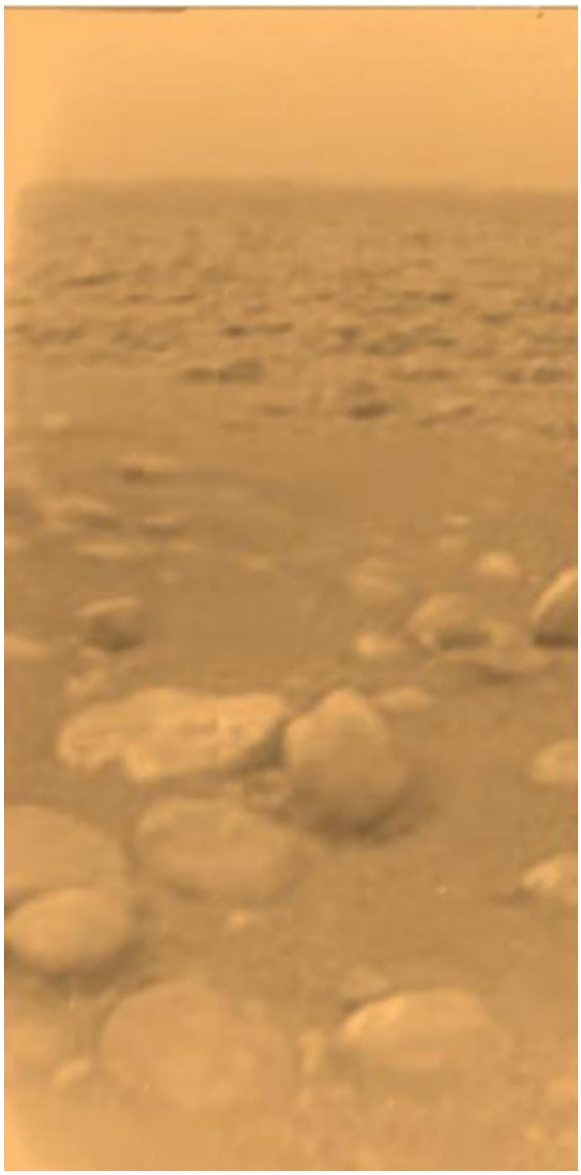
泰坦上面有什麼呢？

從外所見泰坦有濃密的大氣，主要是氮氣（98%），其次是甲烷（2%），其地面大氣壓力是地表的1.5倍，因此降落時採用降落傘的方式。這過程雖然短暫，但記錄到高空有很大的風速，葉院士還播放風聲給我們聽，感受在泰坦高空中跳傘翻飛的刺激。

距離地表數公里時慢慢可以看清楚地表物體與其結構，泰坦的地質相當複雜。地球上的地質主要是受到水的影響，泰坦的地形雕刻師則是甲烷，甲烷在那裏的三態變化循環也有著如地球上水的效果，侵蝕、攜帶、沉積，在低處聚集的甲烷也會形成湖泊。

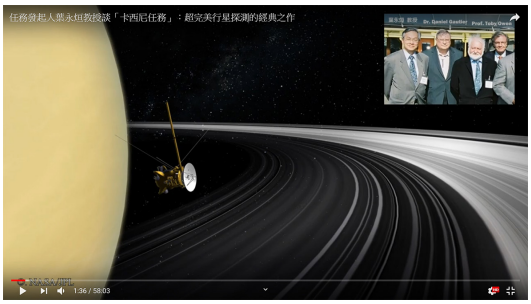
那會有甲烷海洋嗎？

由於甲烷湖泊規模並不大，未達全球性的規模，因此按照習慣，就稱那為「湖泊」而非「海洋」，不過那湖泊也有美國五大湖那麼大。



惠更斯號降落泰坦時所拍攝的第一張圖片。（©. NASA/JPL）

YouTube相關影片：



超完美行星探測的經典之作/
任務發起人葉永烜教授談「卡西尼任務」
https://www.youtube.com/watch?v=TaK-M-8cdSM&t=2290s

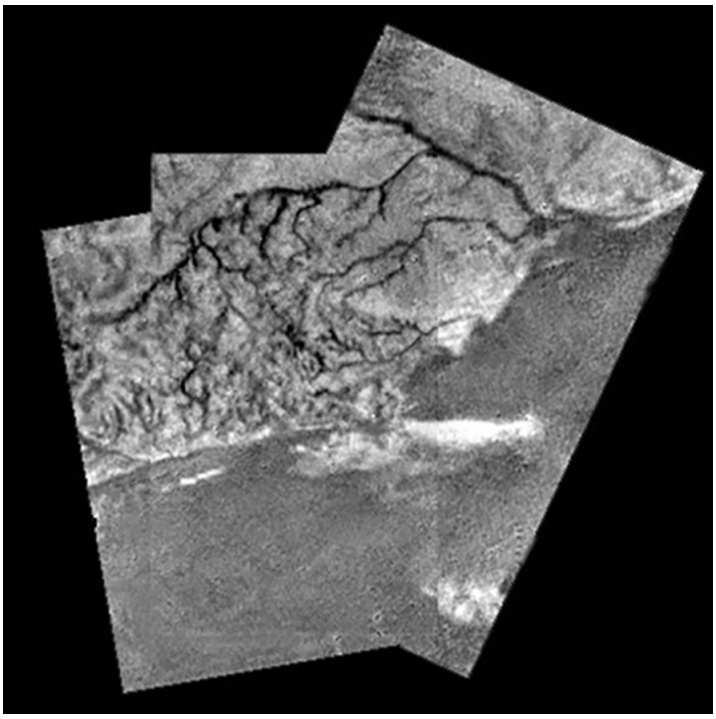
泰坦上面沒有水嗎？

泰坦的表面零下180度，因此如果有水，也會是固態。不過從卡西尼觀察和理論模型可以推論其地表之下上存在大量的液態水，科學家稱之為「地下海洋」。

那會有生物在其中優游生活嗎？

這的確很能刺激想像力，然而目前還不知道答案，或許等待有興趣的人接棒探索！

雖然泰坦大氣有濃厚的氣膠因此從外看起來不透明，但卡西尼號利用雷達接收反射訊號的原理，繪出一幅泰坦全球的表面地形圖，從中可見泰坦的最高山在赤道附近，高達3337公尺，相對於泰坦的半徑2500公里（0.4倍地球半徑），也小有可觀。

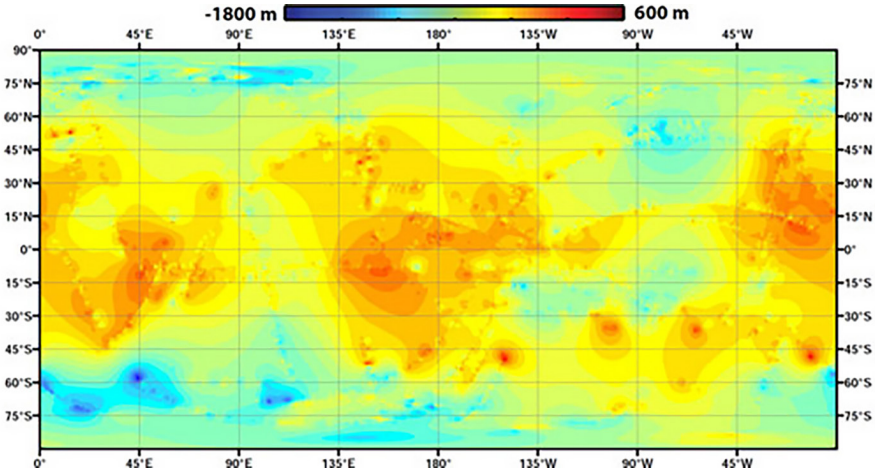


惠更斯號所拍攝到地面清楚的河流地形。（©. NASA/JPL）

這高山是怎麼來的呢？

那天接著葉院士演講之後是地質學家鍾蓀霖院士，介紹亞洲的造山運動，葉院士就很好奇想知道泰坦上面有沒有板塊活動？答案應該是有的，但那裏是怎麼樣的活動造出高山出來呢？他鼓勵地質學者把眼光從地面移向太空來協助發掘答案。

對泰坦上甲烷湖泊與陸地的分布也是雷達掃描反射而了解的，不過誰能確定那真的是液態呢？直到有次觀測到太陽反射作用產生的太陽閃爍，就像地球上的落日一般，天文學家才確定那是液態物質。



泰坦的地形圖。（©. NASA/JPL-Caltech/ASI/JHUAPL/Cornell/Weizmann）

還有一個細心的義大利學者發現反射訊號旁邊有個比較不明顯、但始終穩定存在的次要訊號，他福至心靈地了悟到主要訊號是液態表面反射，而那個次要訊號則是穿透液態抵達岩層表面的反射，因此二者的差距就是湖泊的深度，這就讓天文學家對泰坦的認識更加立體。

放眼未來，讓知識與想像力帶領出下一個新計畫

整個卡西尼-惠更斯計畫非常地成功，經過了兩次延長，最後在2017年畫下了句點。不過人類的好奇心顯然不會在此畫下句點，而是被激起更多的好奇心，希望能夠更加認識這顆神秘的行星系統。

而隨著科技的進步探索儀器也可以大幅改善，例如降落的儀器可以用四軸飛行器而有更好的機動性，不用再被限制於定點工作。但重點是你要看什麼？有什麼樣的好題目去說服政府花這麼多的錢、這麼長的時間去執行一個尖端科技計畫。

葉院士特別強調，在類似計畫當中，基礎知識是很重要的，由它來引領科技的發展，帶領科技往前。然而面對前所未見的許多新環境與新發現，葉院士引用愛因斯坦的話，強調基礎知識是在應用之先，但比知識更重要的是要有想像力！

范賢娟：《臺北星空》特約編輯