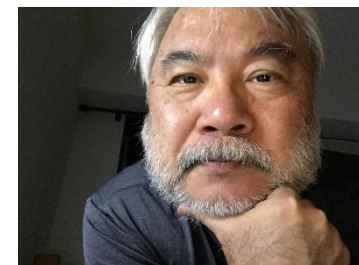


Pan-STARRS 經驗分享

- 巡天觀測
- 時變天文
- 研究與教育



陳文屏

中央大學 天文所、物理系



2023.05.28 @NTHU

「臺灣天文聯合觀測網」教學工作坊

帕羅馬巡天計畫 (Palomar Sky Survey)

- 美國國家地理學會資助，加州理工學院使用位於南加州帕羅馬山 48” Oschin 史密特望遠鏡，14” 柯達玻璃底片（視野6度）
POSS I
- 1949年11月開始，1956~1958年完成
- 由The National Geographic Society 贊助
- 1986年起，配合其他（南天, UK Schmidt）計畫，陸續將底片影像掃瞄數位化
→ Digital Sky Survey (DSS)



美國天文十年規劃書 (Astronomy Decadal Surveys)

By USA National Academies of Sciences, Engineering, & Medicine

- 1970 年代的天文與天文物理 (1972) : VLA, (HST)
- 1980 年代的天文與天文物理 (1982) : VLBA
- 天文與天文物理的十年發現期 (1991) : Great Observatories
- 新世紀的天文與天文物理 (2001) : JWST、ALMA
- 天文與天文物理的新世界與新地平(Astro2010) : 時變現象 (LSST)、太空紅外巡天 (WFIRST) ...
- 新世界、新物理 (Astro2020) : 多信使天文、地面與太空新一代 OIRUV 望遠鏡、尋找地外生命

天文觀測的新挑戰 --- 時變現象

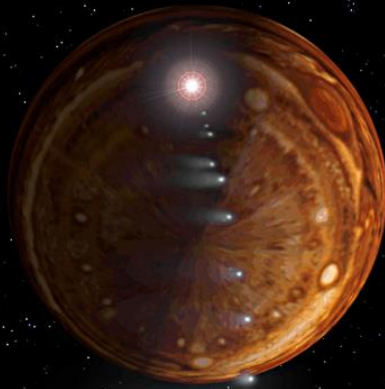
- **看得清楚**（解析度; resolution）——
角度（細節）、能量（光譜）
- **看得暗**（靈敏度; sensitivity）——
越發微弱（眾多而遙遠）的天體
越遠的宇宙 = 越年輕的宇宙

下個科學與技術挑戰：**時間**

也就是「天體在不同時間尺度如何變化？」



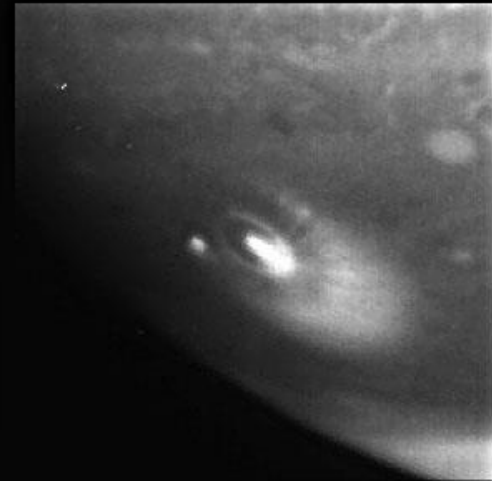
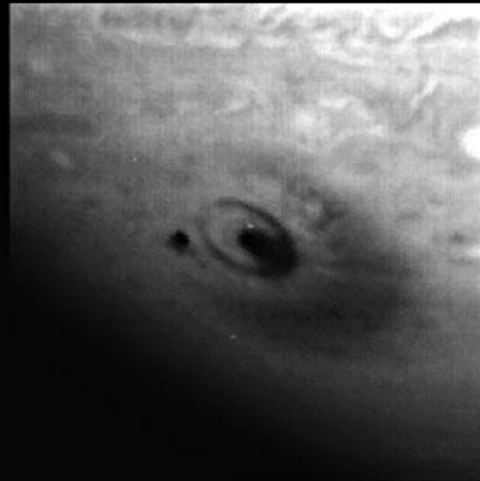
1994年夏天 彗星撞木星



G Impact Site

Green

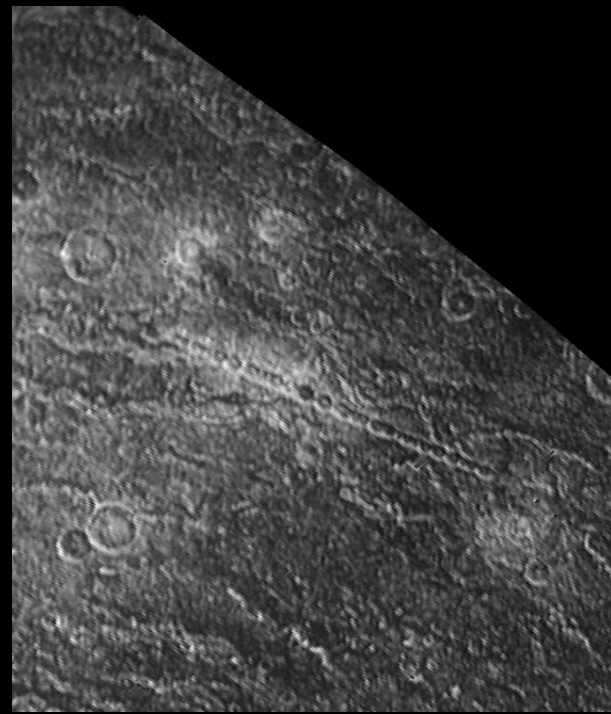
Methane



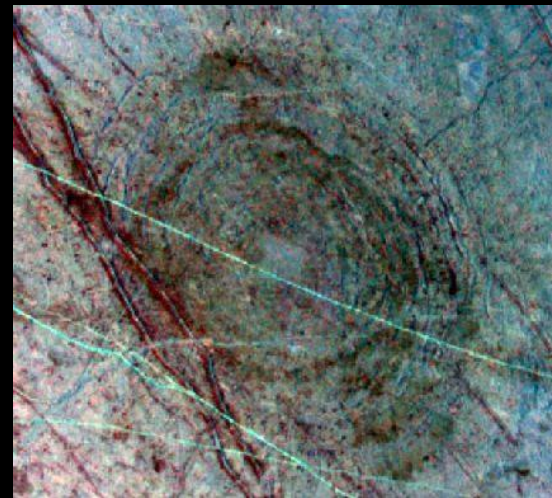
18 July 1994



木星衛星
Callisto 表面
的串狀隕石坑



木星衛星 Europa
表面的隕石坑



Lulin Observatory

Lon: 120° 52' 25" E

Lat: 23° 28' 07" N

Alt: 2,862 m

in central Taiwan

limited flat areas

Sky 21.28 mag/sq"

Data: 1,450 hrs/yr

One-Meter

(TAOS 50 cm × 4)

SLT 40

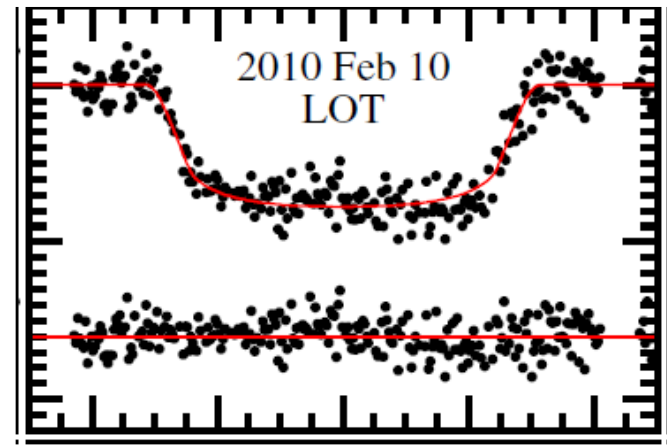
LWT40

L35

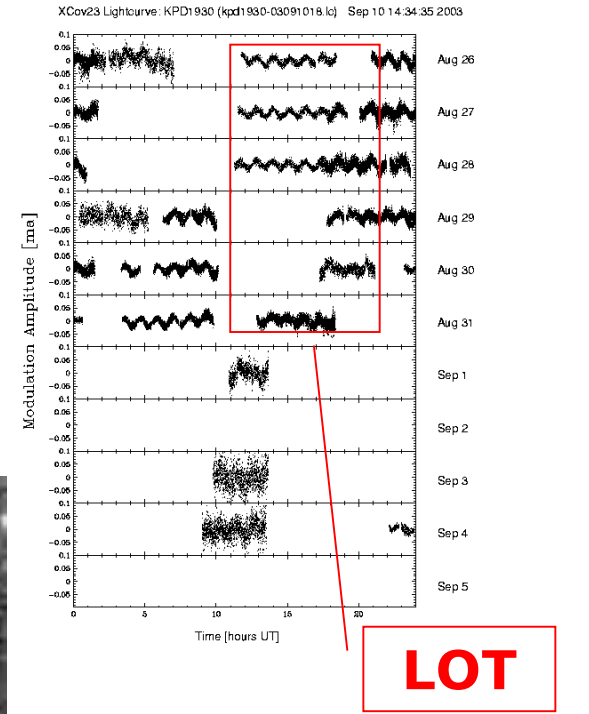
Experiments of
meteorology, space
and earth sciences



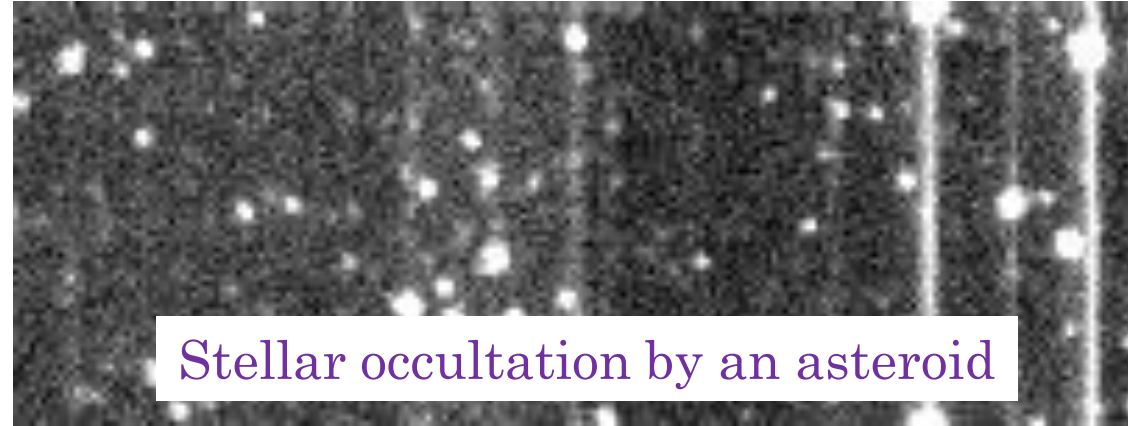
Pulsating stars, HMXBs
 Super-fast rotating asteroids
 TNOs, ...



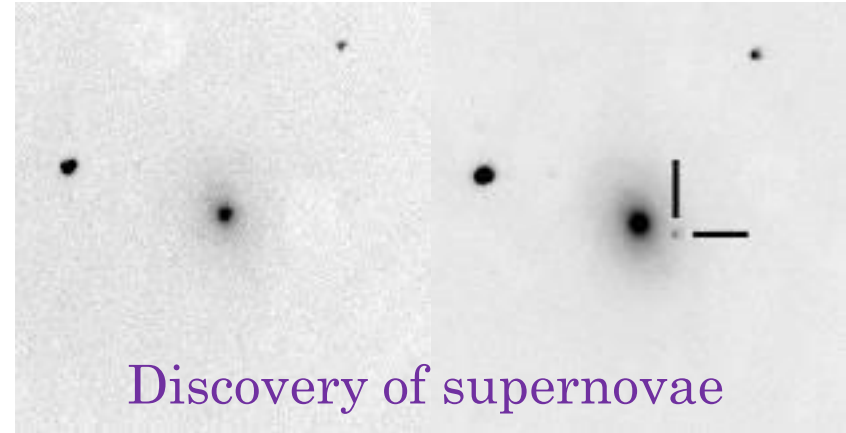
Transit Timing
 Variations of
 Exoplanets



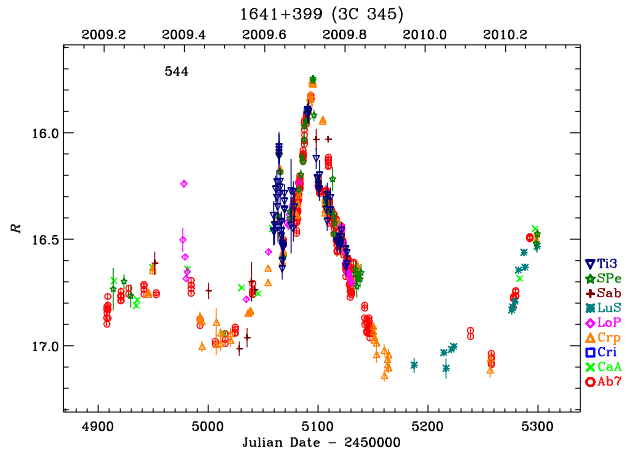
asteroseismology



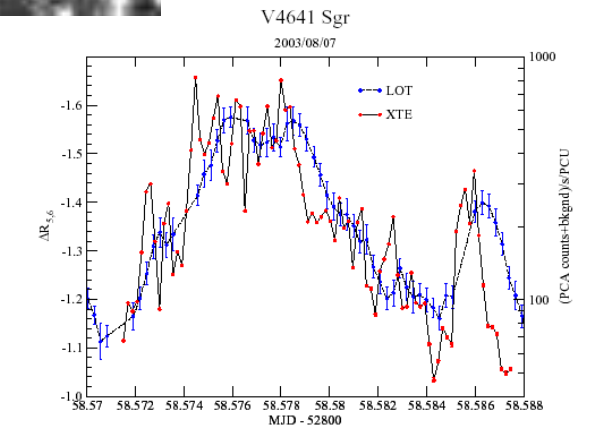
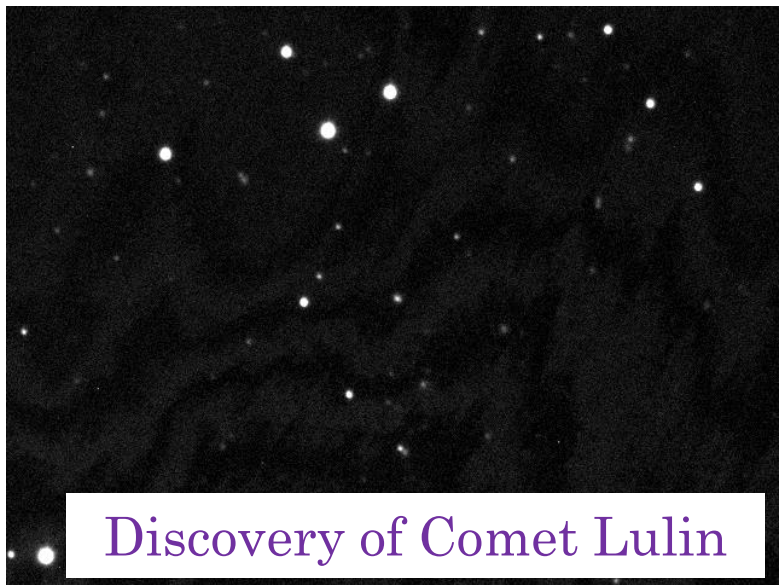
Discovery of supernovae



Ground support of space programs



Monitoring Blazars



Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System (Pan-STARRS)

DR2@MAST

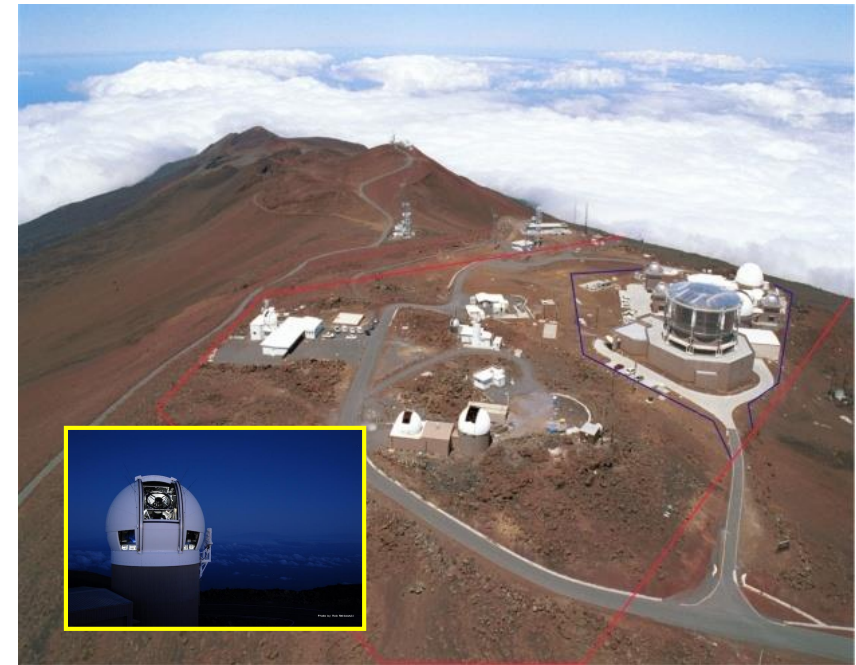
PS1 + PS2

Haleakala, HI, USA

$D=1.8$ m; 1.4 Gpix

Etendue= 50 m²deg²

(84 for Subaru/HSC; 319 for LSST)



Zwicky Transient Facility (ZTF)

DR1@IPAC

Palomar, CA, USA

3750 sq deg an hour to 20.5 mag

48'' (1.2 m) sky survey 47 sq deg

60'' (1.5 m) classification SEDM

200'' (5 m) spectroscopy

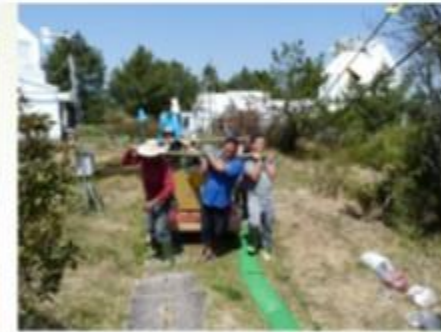
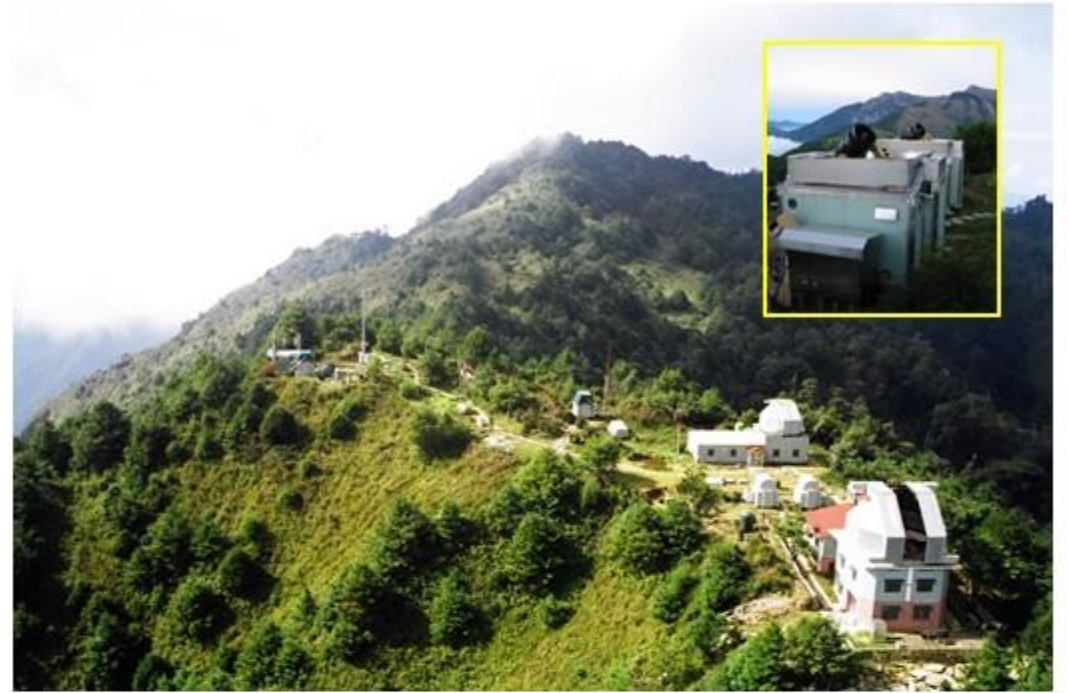




Installation of TAOS Telescopes

TAOS 1

From
Lulin
to
Qitai



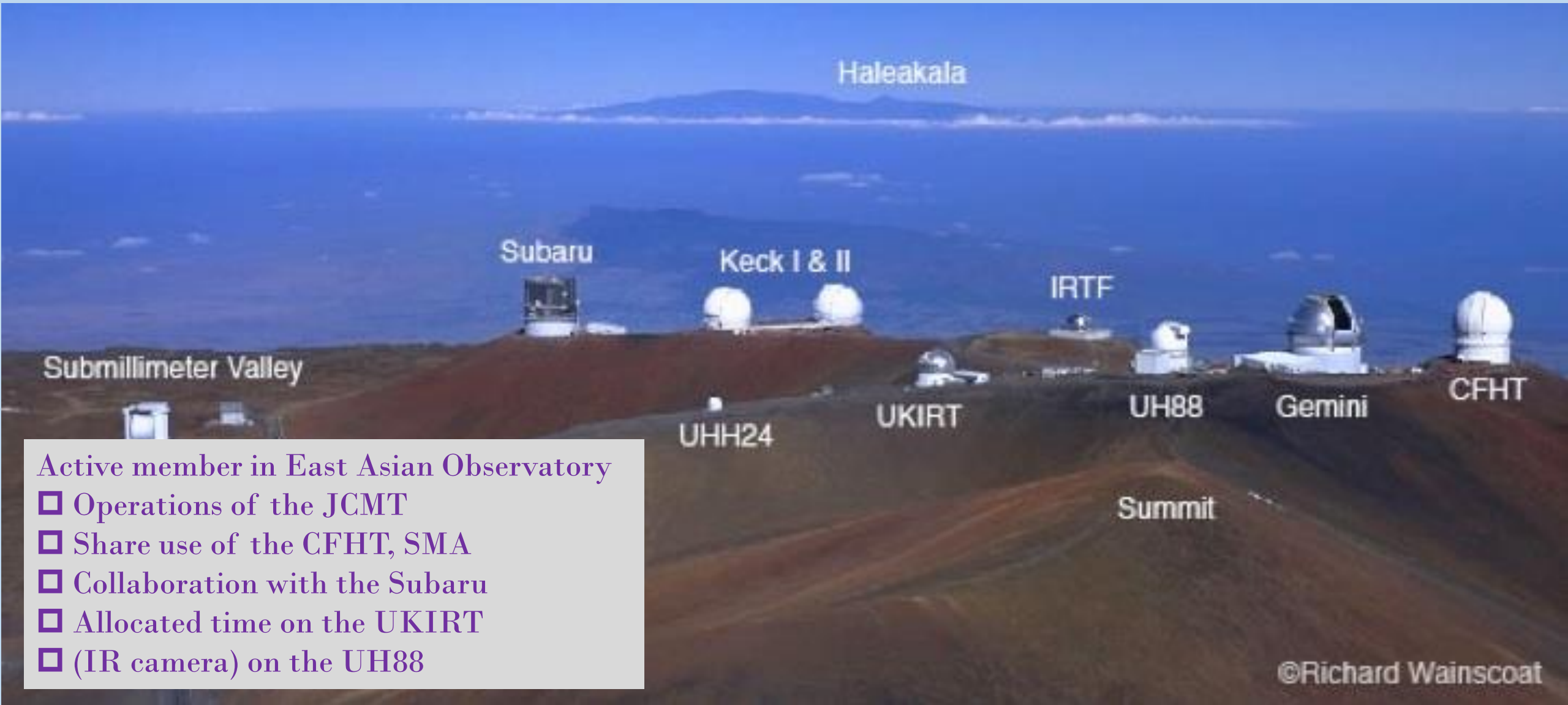
Disassembly of TAOS Telescopes



Qitai



Maunakea Observatory



Active member in East Asian Observatory

- ❑ Operations of the JCMT
- ❑ Share use of the CFHT, SMA
- ❑ Collaboration with the Subaru
- ❑ Allocated time on the UKIRT
- ❑ (IR camera) on the UH88

George E. Brown, Jr. Near-Earth Object Survey Act (2005由布希總統簽署)

NASA 在生效日一年內提出

- (1) 分析清點 NEOs 的方法；
- (2) 建議方案並估計預算；
- (3) 改道（減少損失）方案

目標：在 **15 年內** 對於直徑大於 **140公尺**（造成區域性災難），而近日點小於 1.3 AU 的 NEOs，予以偵測 (detect)、追蹤 (track)、建檔 (catalog)，與述性 (characterization)，達 90% 完整

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION

Near-Earth Object
Survey and Deflection
Analysis of Alternatives

Report to Congress



March 2007

美國加州民主黨
眾議員 (1920-
1999)，畢生
致力推廣科學與科學
政策擬定，身後仍有多
項實驗室、圖書館及法
案以其名之





泛星

Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System

PS1 consortium members



□ 每個月數次巡視全部可見天空（從夏威夷 = 3π 立體角）

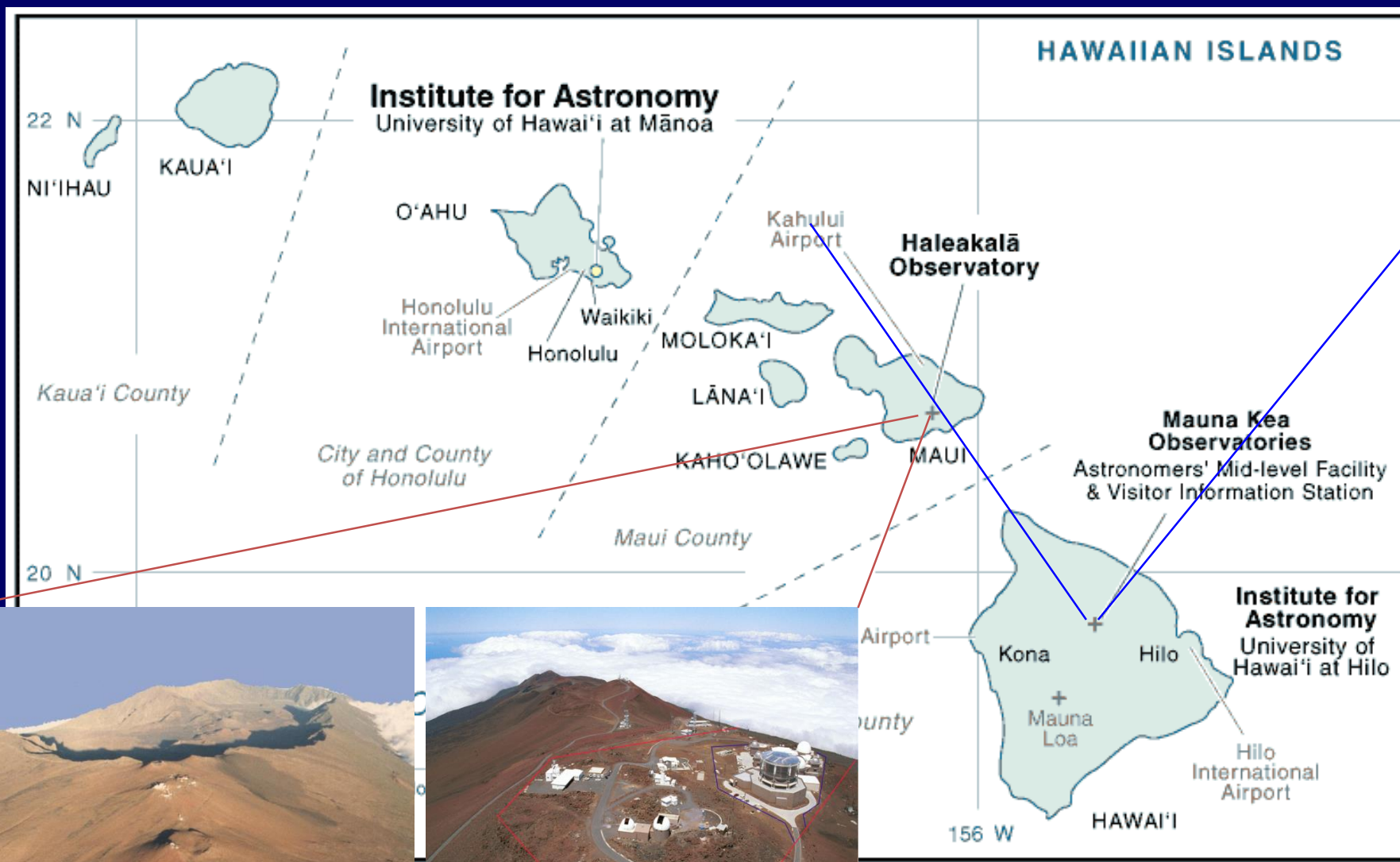
□ 望遠鏡口徑1.8米，位於夏威夷高山上，配備14億像元電子相機，採用最新「斜向轉移陣列」(Orthogonal Transfer Array) 技術 CCD 偵測器 (尺寸 40 cm)
→ 成像視野 7 平方度，每像元 0.26" (解析度與廣角兼顧)

- 偵測位置變化（小行星、彗星）或亮度變化（超新星、伽瑪線爆發源）的天體
- 累積非常深度曝光的靜態宇宙圖

- 超廣角成像
- 高效率觀測
- 快速海量資料處理



美國夏威夷群島

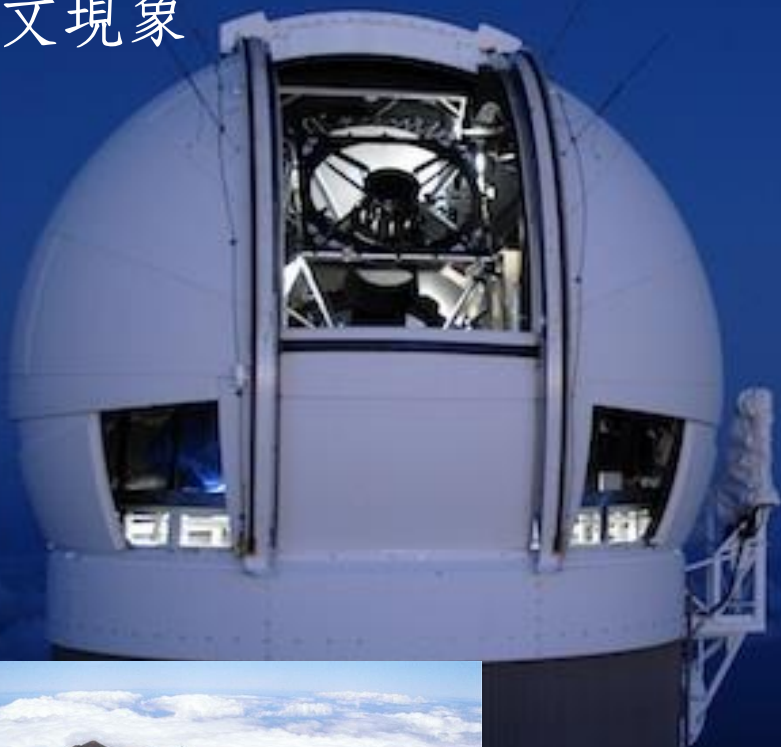


PS1– Haleakala, Maui

超廣角望遠鏡系統

革命性天文計畫

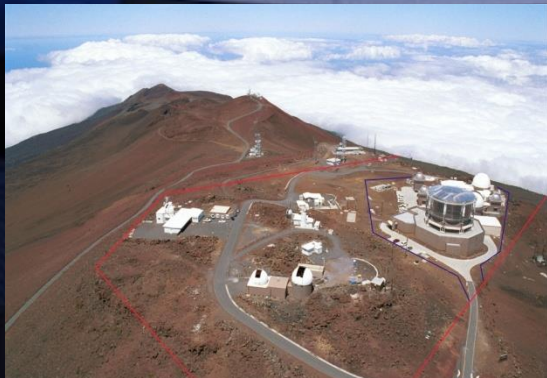
幫宇宙拍攝10年電影，研究動態天文現象



World's largest digital camera (1.4 Gpix)

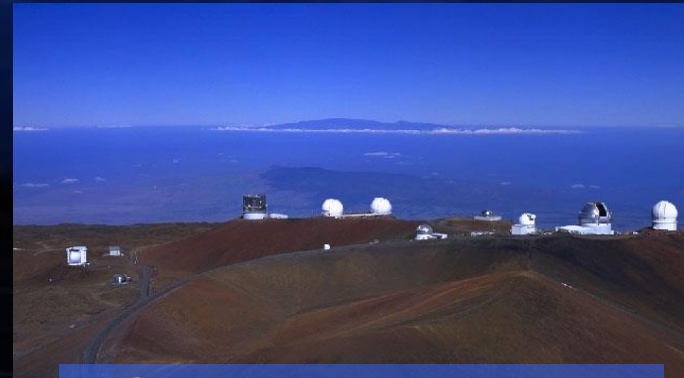
當時成為世界上最成功 搜尋近地小行星的儀器

美國夏威夷島



PS1- Haleakala, Maui

2010/05起 多波段重複巡天



PS4- Mauna Kea, Hawaii

時域天文學的先驅

泛星計畫發現第一顆對地球具威脅的殺手小行星

彗星撞地球 2098恐上演



更新日期: 2010/09/27 20:19

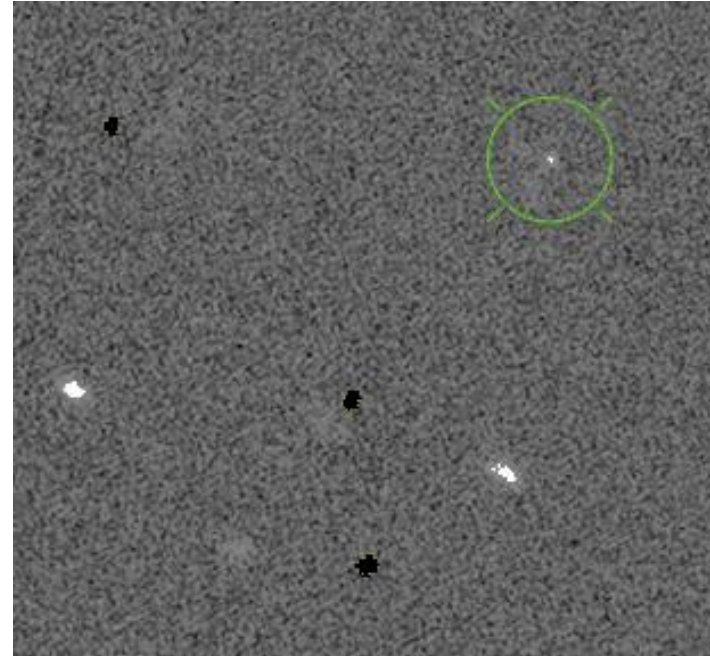
(中央社記者許秩維台北27日電)由中央大學天文研究所等單位參與的國際泛星計畫，發現1顆直徑約50公尺、名為2010ST3的小行星就在地球附近，它的軌道有可能在2098年撞擊地球。

中央大學天文研究所教授陳文屏今天表示，這是泛星計畫發現的第1顆對地球具潛在威脅的小行星，也為地球清除危險天體的任務邁進一大步，台灣團隊在這個國際計畫中做出貢獻。

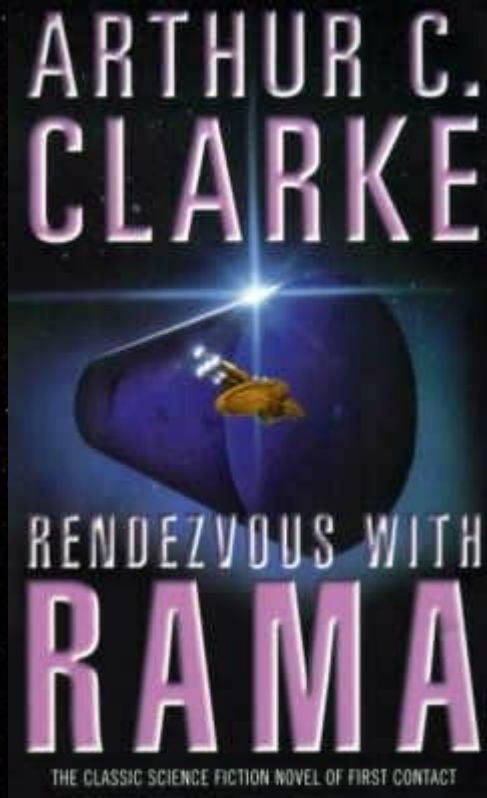
據中央大學提供的資料，泛星望遠鏡在16日拍攝的影像中，發現1顆軌道與地球接近的小行星，雖然直徑只有50公尺，但發現時距地球僅約3200萬公里。

陳文屏引述同為泛星計畫的夏威夷大學博士傑地基(Dr.Robert Jedicke)表示，2010ST3將有很微小的機會，在2098年撞擊到地球，所以非常需要監測。

據泛星計畫研究團隊分析，像2010ST3這樣的小行星通常在進入地球大氣層時會粉碎，但是爆炸震波仍可以摧毀幾百平方公里的區域。雖然大部分體積比較大的潛在危險小行星都已被編表，但科學家相信，仍有為數眾多直徑小於1、2公里的小行星，仍沒被發現，它們撞擊地球的頻率，大概幾千前就有一次



1I/2017 U1 ('Oumuamua)

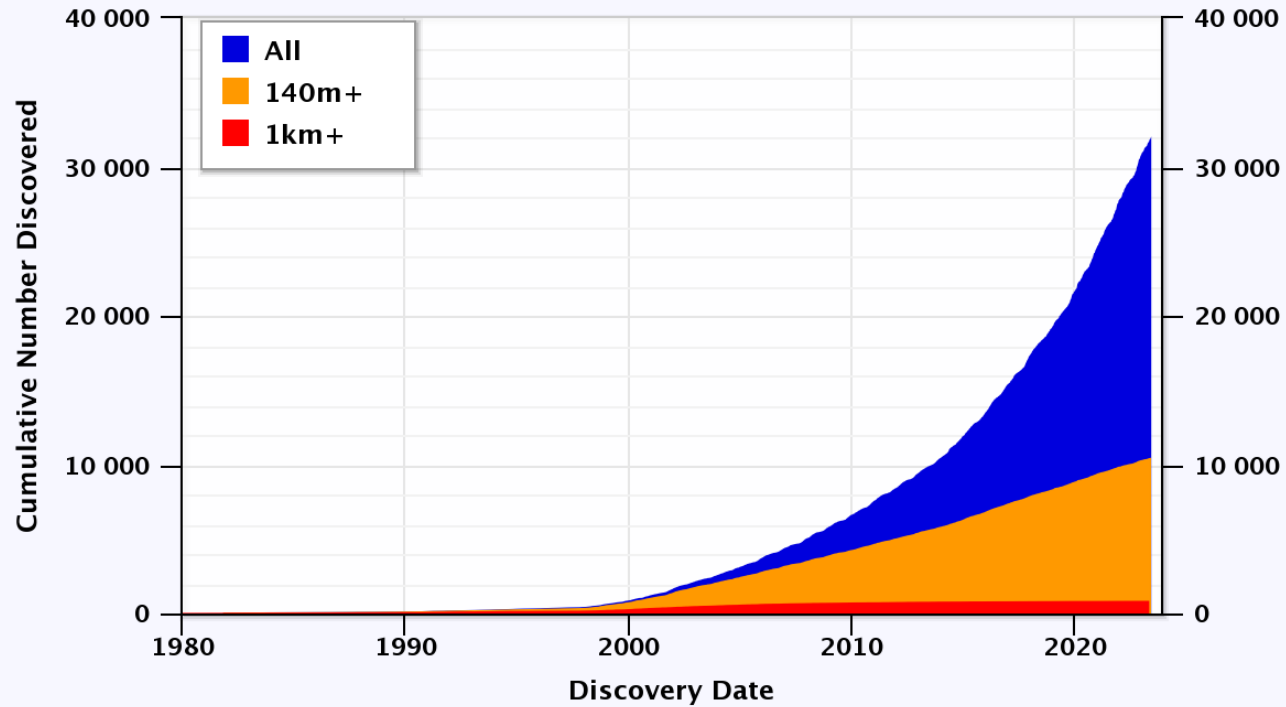


2017/10/19 由泛星發現，開啓
了「星際彗星」的新課題



Near-Earth Asteroids Discovered

Most recent discovery: 2023-May-22



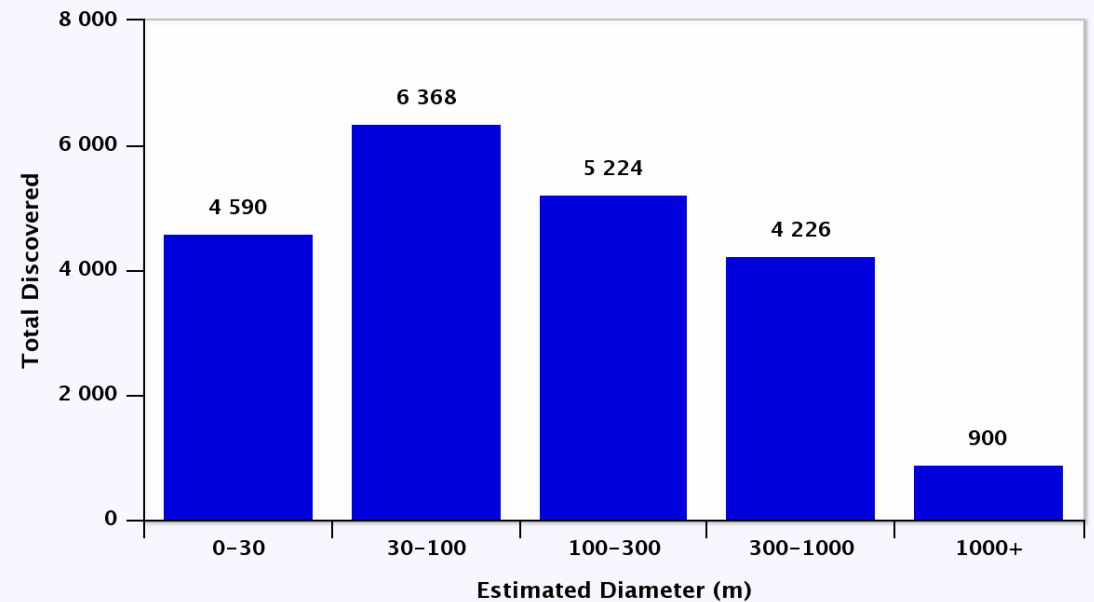
<https://cneos.jpl.nasa.gov/stats/>

Alan Chamberlin (JPL/Caltech)

https://en.wikipedia.org/wiki/Near-Earth_object

Near-Earth Asteroids Discovered

Total per Size Bin (as of 2019-Nov-02)

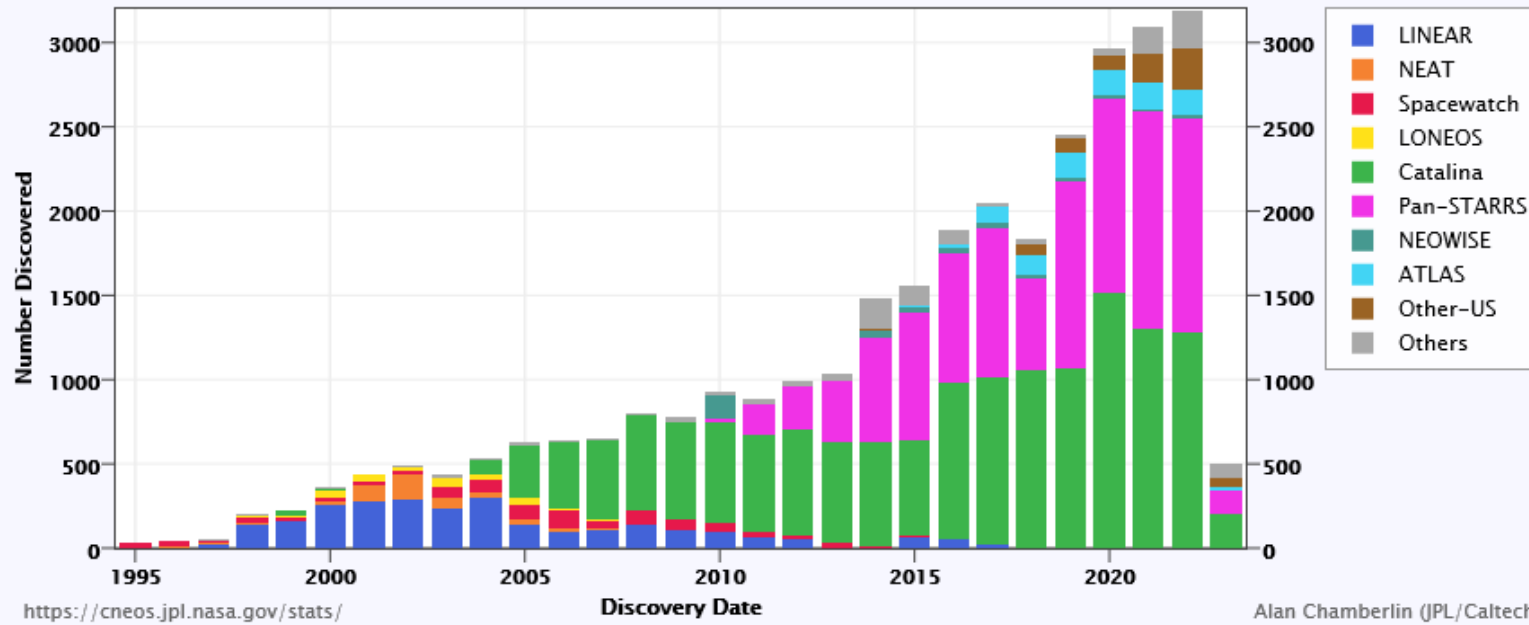


<https://cneos.jpl.nasa.gov/stats/>

Alan Chamberlin (JPL/Caltech)

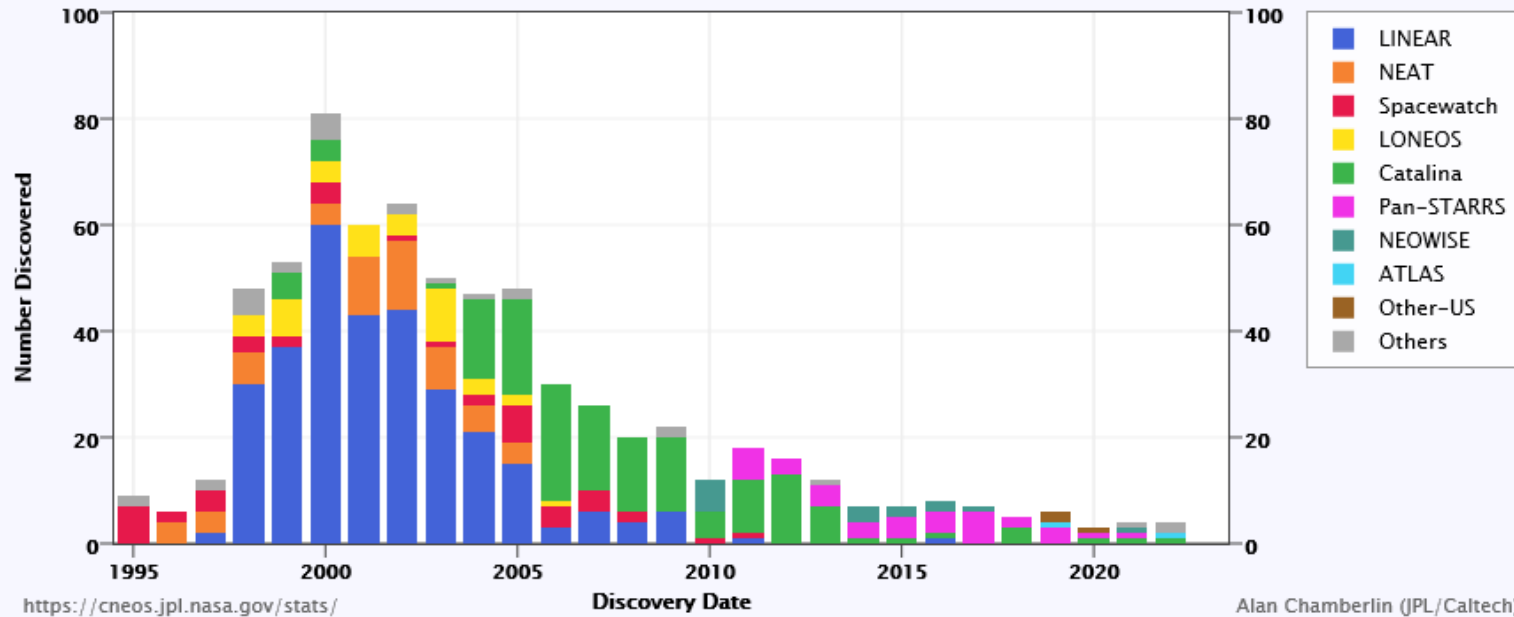
Near-Earth Asteroid Discoveries by Survey

All NEAs (as of 2023-Mar-24)



Near-Earth Asteroid Discoveries by Survey

~1 km and larger NEAs (as of 2023-Mar-24)



國際搜尋小行星活動

International Astronomical Search Collaboration (IASC)

“Isaac”
“I Ask”

國際小行星搜尋活動，由高中或準大學生參加
每年舉辦兩季，每次超過80個國家、1000個團隊參與

早年跨國配對，目前以單一國家為單位

我國持續參與，每次大約30所學校，歷年來表現不錯，也累積了不少經驗

使用套裝軟體（英文介面）或自行開發程式；
學習團隊合作與溝通；成果發表 …



All-Taiwan Asteroid Search Campaign

- 利用「泛星計畫」(PS1 or PS2) 的影像，搜尋「未知小行星」(萬一有X行星呢?)
- 學點天文、物理、數學、電腦操作、影像與資料分析技術、程式語言 (有沒有更好的方法?)
- 體會科學研究的合作與競爭；與同伴之間的溝通 (與競爭)
- 時間運用 (當然忙，然後呢?)

Moving Needles in a Haystack --- Finding Asteroids in Pan-STARRS Images

Jin, Ruo-Lan (金若蘭)¹, Dah-Lih You (游大力)² & Shih-chao Lin (林士超)³

¹ Taipei First Girls Senior High

² Chang-Hua Senior High

³ National Dali High

Between March 28 and May 20, 2011, there is a Pan-STARRS Asteroid Search Campaign using images taken by the 1.8-m PSI telescope located on Haleakala, Maui, in Hawaii, USA. The campaign is organized by the International Astronomical Search Collaboration (IASC) and in the current campaign draws 32 participating schools from Taiwan, Brazil, Bulgaria, Germany, Poland, Turkey and United States. Each school was paired with an oversea partner to work on the same set of 4-5 images every week.

In Taiwan, 3 high schools participated, 國立大里高中, 彰化高中, and 北一女中. The students are C. Yang & H. Zeng & Y. Jhao from Chang-Hua, 陳聖丁 (Shung-ding Chen), 黃義雄 (Yi-hsiung Huang), 林學敏 (Hsueh-min Lin), 林峙宇 (Zhi-yu Lin), 李子駿 (Zi-chin Li), 陳琮滄 (Tsung-yu Chen), & 蔡仲霖 (Chung-lin Tsai) from Dali, and 沈亮欣 (Shen, Liang-Shin), 莊雅淳 (Chuang, Ya-Chung), 張瑄 (Chang, Hsuan), 林孝柔 (Lin, Hsiao-Jou), 黃鈺昕 (Huang, Yu-Sin), & 蔡佳蓉 (Tsai, Jia-Rong) from Taipei.

In the campaign, our students competed and collaborated with fellow teammates and with international teams, analyzed the images to make preliminary new identifications of asteroids, and combined local resources to secure the discoveries. Overall, our students excelled, and our efforts were acclaimed by the organizing committee. Students were thrilled about the experience. Here we report our results in the campaign.

Education and Public Outreach

2010 December 18, 19 --- A workshop to introduce ALMA and PS1 to more than 200 teachers from every corner of the island; teacher working groups to develop relevant classroom materials

2011 May International Astronomical Search Consortium

2011-5-31 字彙 圖庫 論壇 新聞 精華 分享

7高一學生找到6顆小行星 擁命名權

國立大里高中天文社蔡仲賢等7名高一學生，加入地球衛隊，協助尋找可能撞擊地球的小行星，先後找到6顆小行星，並取得臨時編號，待確認2至3次週期後，就可擁有命名權。7人異口同聲表示，要命名為「國六星」，感謝學校及老師用心指導，其他則命名為臺灣、台中等名字。



國際新聞 尋找小行星 台生參與獲獎

【中央社/台北18日電】2011.05.28 09:19 pm

中大學生今天表示，台灣高中生參與「國際天文搜尋聯盟」尋找小行星的活動獲獎，在22顆取得臨時編號的小行星中，有4顆由台灣隊所發現，未來將擁有命名權。

Taiwanese students find asteroids in competition

Shih-Walter, with CNSA

A team of Taiwanese high-school students discovered four of the 22 asteroids that were found during an asteroid search campaign organized by the International Astronomical Search Consortium (IASC), an official from National Central University said on Thursday.

The number of Taiwanese students who made the discoveries in this year's Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System (Pan-STARRS) Asteroid Search Campaign, held from March 28 to May 13, Thirty-two schools from seven countries participated in the program.

Chen Wen-ging (陳文政), director of the Pan-STARRS program in Taiwan and an astronomy professor at National Central University, said the 22 asteroids have received provisional sequential numbers that are assigned to an asteroid when its orbit has been sufficiently determined.

The number is usually superseded by a permanent designation once a reliable orbit has been identified.

The asteroids were discovered by analyzing images from the Pan-STARRS, an array of advanced equipment used to detect asteroids, stars and other celestial objects, Chen said.

He added that the Taiwanese team would have the right to name the four asteroids.

Teachers who served as mentors to the team members said the students were required to use software to analyze weekly images released by Pan-STARRS which had not been analyzed by scientists.



Between March 28 and May 20, 2011, there is a Pan-STARRS Asteroid Search Campaign using images taken by the 1.8-m PS1 telescope located on Haleakala, Maui, in Hawaii, USA. The campaign is organized by the International Astronomical Search Consortium (IASC) and in the current campaign draws 32 participating schools from Taiwan, Brazil, Bulgaria, Germany, Poland, Turkey and United States. Each school was paired with an overseas partner to work on the same set of 4-5 images every week. In Taiwan, 3 high schools participated: National Dali Senior High School, Chang-hua Senior High School, and Taipei First Girls High School.

In the campaign, our students competed and collaborated with fellow teammates and with international teams, analyzed the images to make preliminary new identifications of asteroids, and combined local resources to secure the discoveries. Overall, our students excelled, and our efforts were acclaimed by the organizing committee. Students were thrilled about the experience. Here we report our results in the campaign. By the date of May 14 2011, the students of 2nd Pan-STARRS Asteroid Search Campaign have made 267 preliminary Main Belt asteroid (MBA) discoveries plus 22 provisional MBA designations and 1 rare Apollo-class asteroid discovery with an orbit crossing Earth's orbit. Among the 22 provisional MBA discoveries, 3 were discovered independently by students of National Dali High school and 1 was discovered simultaneously by both Chang-Hua Senior High and collaboration school.

More than that National Dali High school's followed-up observations by Lulin One-meter Telescope made another 3 provisional MBA discoveries: (2011 JF10, 2011 JV12, 2011 JS15)



2012 March/April IASC

國際搜尋小行星 羅高找到5顆!

【本報記者 羅榮輝 報導】國際天文搜尋聯盟主辦的搜尋小行星活動，台灣高中學生找到14顆小行星，羅高高中發現5顆，命名權由羅高學生獲得。

羅高高中天文社社長羅榮輝表示，該校學生在搜尋小行星活動中，共發現5顆小行星，並取得臨時編號。羅高高中天文社社長羅榮輝表示，該校學生在搜尋小行星活動中，共發現5顆小行星，並取得臨時編號。

羅高高中天文社社長羅榮輝表示，該校學生在搜尋小行星活動中，共發現5顆小行星，並取得臨時編號。



2012年4月8日國際泛星計畫小行星搜尋活動臺灣地區參加學校研討會

國立大里高中 沈亮松, 蔡維萍, 金若蘭, 蔡振, 林學敏, 蔡仲賢, 蔡怡銘

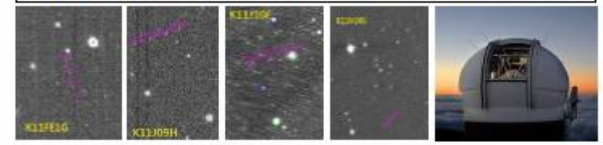
國立彰化高中 林士超, 陳聖丁, 李予聰, 黃義雄, 游大立, 楊承威, 陳冠翰, 曾鈺祥

國立北一女中 沈亮松, 蔡維萍, 金若蘭, 蔡振, 林學敏, 蔡仲賢, 蔡怡銘

國立彰化高中 林士超, 陳聖丁, 李予聰, 黃義雄, 游大立, 楊承威, 陳冠翰, 曾鈺祥

林學敏, 蔡仲賢, 蔡怡銘, 蔡怡銘, 蔡怡銘, 蔡怡銘

林學敏, 蔡仲賢, 蔡怡銘, 蔡怡銘, 蔡怡銘, 蔡怡銘



20140531



20141020



20160521



20161105





20170914



2019-11-05 Wide media coverage

由中央大學主導參加的國際「泛星計畫」，利用泛星望遠鏡取得的第一手影像，尋找未知天體，傳來振奮人心的消息。一群中興大學附屬高中學生在2014年分析泛星計畫的影像，發現一顆比海王星還遙遠的小行星，創下全球首次由高中生發現海王星之外的太陽系天體；這顆小行星寬度約200公里，距離太陽平均是地球與太陽距離的56倍，甚至比冥王星還要遠。

中央大學5日表示，這種新型態的小行星不同於一般位於火星與木星之間的小行星，國際天文學聯合會 (IAU) 經過相當長時間的討論，才決定命名規則，讓當年參與的這群高中生，現在都已快要大學畢業。

國際天文學聯合會在去年給予永久編號，並在近日正式接受興大附中學生投票命名該天體為「燭龍」(2014 GE45 = 472235 Zhulong "Torch Dragon")。中央大學指出，「燭龍」是山海經當中的紅色妖神，人面蛇身，張、閉眼控制了日夜，吸、吐氣控制了冬夏。

當年參與的學生何艾玲，現在就讀台灣大學地質學系四年級，她表示，忘不了當年在螢幕上尋找移動星點的辛苦，及與同學討論的樂趣，很高興貢獻了這個世界第一的發現，也希望之後能夠繼續類似的學術研究。

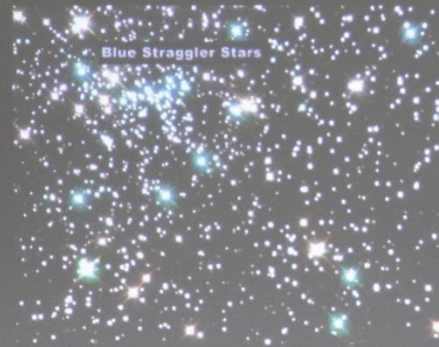
指導老師林士超指出，研究位在海王星軌道之外的這些小天體，也稱為「古柏帶天體」，有助於研究太陽系的形成與演化。他清楚記得，這顆小行星剛被發現時，位置變化很慢，有可能是因為往地球直線而來，而被誤認是近地小行星，但經過後續觀測，才證實是位在海王星軌道之外的遙遠太陽天體。



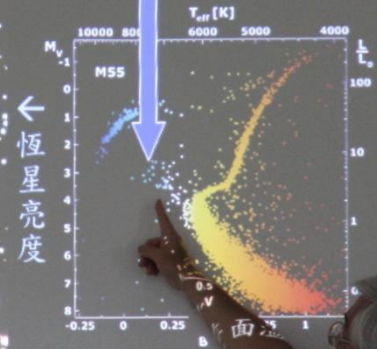
當年發現「燭龍」的興大附中團隊。(興大附中提供)

藍色掉隊星 (blue stragglers)

星團



恆星赫羅圖



← 恆星亮度

← 恆星表

國際泛星
搜尋活動
區參加學校
交流會



天塌下來， 誰來頂？

「小行星撞地球」不只是電影情節，它真的會發生！為了保護地球生物與棲境，歐美先進國家都嚴陣以待，台灣當然也不能落人後。中央大學陳文屏教授肩負科學家的強烈使命感，不僅要盡一份保衛家園的責任，更要為台灣在國際天文學術領域掙一席之地。 —編輯部

2003/12 科學人雜誌

我們常說「天塌下來有大人頂著」，但要是真的地球將與小行星或彗星碰撞，也就是天真的要塌下來了，那麼「大人」在哪？憑什麼總是歐、美、日等先進國家的科學家可以充當「大人」？我們國家「未來的主人翁」在哪裡？天體撞擊事件隨時都發生，幾年前的彗星撞木星，再看看月球斑斑表面，都是活生生的證據。撞擊所造成環境

巨大變遷，甚至生物大量滅絕，我們絕對不該掉以輕心。這種危機雖然不像颱風、地震或流行性感冒般耳熟能詳，但威脅的規模卻是全球性的。那麼到底誰該負責找出可能與我們相撞的小行星或彗星？天文學家嗎？國外的天文學家嗎？找到以後誰來擔心如何拯救世界？但願我們的科學家與工程師也勉勵自己，有「玩真的」本事，而非在自己領域的茶壺裡興風作浪。

1950年代，美國國家地理學會主導利用廣角望遠鏡拍攝全天空照片，後來更估計星系距離，繪製出宇宙的立體地圖。地理學會顯然認為「認識我們所在之處」並不止於地面，還包括太空。1960年代，美國空軍以當時最先進的儀器，在紅外波段研究宇宙天體。美國空軍顯然不只要高飛，眼光向下，同時也把眼界朝上，把領空延伸到太空。這些例子給了我很大的啟發，這是國力的全面展示，也是多元社會支持科學研究的最大縱深。 SA

20230209



泛星小行星計畫成果發表 活動流程

時間：2023/02/09(四)

地點：國立中央大學科學四館(健雄館)209教室、科學一館天文台

組別	學校
A1	國立中興大學附屬高級中學
A2	國立高雄師範大學附屬高級中學
A3	國立彰化高級中學
A4	國立中央大學附屬中壢高級中學
A5	台北市立育成高級中學
B1	台北市立中崙高級中學
B2	台北市私立東山高級中學
B3	高雄市立前鎮高級中學
B4	新北市立丹鳳高級中學
B5	臺中市立臺中第一高級中學

時間	活動內容
09:30-09:55	報到
09:55-10:00	開場
10:00-10:20	組別報告(A4)
10:20-10:40	組別報告(B1)
10:40-11:00	Break
11:00-11:20	組別報告(B4)
11:20-11:40	組別報告(A2)
11:40-12:30	A組參觀天文台 (去程10分鐘+參觀30分鐘+返程10分鐘)
12:30-13:30	A組用餐
11:40-12:40	B組用餐
12:40-13:30	B組參觀天文台 (去程10分鐘+參觀30分鐘+返程10分鐘)
13:30-14:00	韋伯太空望遠鏡 中大天文所陳文屏教授主講
14:00-14:20	組別報告(A1-1)
14:20-14:40	組別報告(A1-2)
14:40-15:00	Break
15:00-15:20	組別報告(B3)
15:20-15:40	組別報告(B5-1)
15:40-16:00	組別報告(B5-2)
16:00-16:10	活動總結

- ◆ 做事有始有終 (closure)
- ◆ 成果 (心得) 要發表 (各種形式) ;
沒有發表等於沒有發生

The latest campaign 2023.04.17~05.12
Next 2023.10 and 2024.04

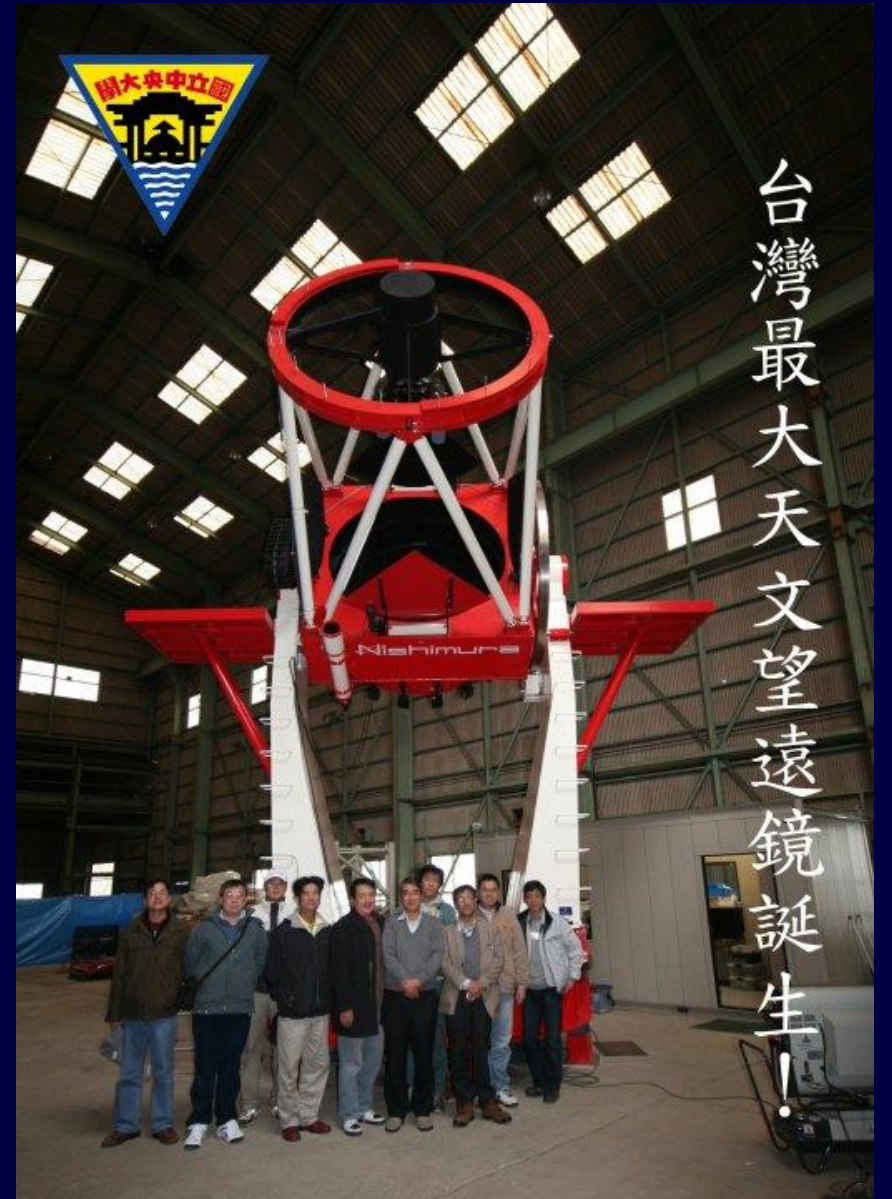
School Full Name	School Name	Contact Teacher	email	老師	校名
1 National Chang-Hua Senior High School	Changhua Senior High	Dah-Lih You		游大立	彰化高中
2 Taipei Municipal Chenggong High School	Chenggong Senior High	Yi-Jhen Huang		黃怡甄	成功高中
3 National Chia-Yi Senior High School	Chia Yi Senior High	Huang Kuan-fu		黃冠夫	嘉義高中
4 National Chiayi Girls' Senior High School	Chiayi Girls' Senior High	Ying-Lin Chen		陳盈霖	嘉義女中
5 National Chung-Hsing Senior High School	Chung-Hsing Senior High	Hsin-Pei Lee, Ms		李欣珮	中興高中
6 Kaohsiung Municipal Chungshan Senior High School	Chungshan Senior High	Kun-Huang Kuo		郭崑皇	中山高中
7 Kaohsiung Municipal Cianjhen Senior High School	Cianjhen Senior High	Yu-Hung Liu		劉育宏	前鎮高中
8 New Taipei Municipal Dan Feng Senior High School	Dan Feng Senior High	CY Hsu		徐承義	丹鳳高中
9 Taipei Private Dongshan High School	Dongshan Senior High	Ching-Chuan Hung, Mr		洪景川	東山高中
10 Taichung Municipal Feng Yuan Senior High School	Feng Yuan Senior High	Yung-Shun Chen		陳永順	豐原高中
11 National Fengshan Senior High school	Fengshan Senior High	Min-Sheng Chin		金旻聖	鳳山高中
12 New Taipei Municipal Jinhe High School	Jin Ho Senior High	Cora Chou		周伊珊	錦和高中
13 Taipei JingMei Girls High School	JingMei Girls Senior High	Yuting Ho		何玉婷	景美女中
14 Kaohsiung Municipal Kaohsiung Girls' Senior High School	Kaohsiung Girls' Senior High	Meng-Hsien Shen		沈孟嫻	高雄女中
15 National Kinmen Senior High School	Kin Men Senior High	Lee Yu-Hsien		李育賢	金門高中
16 National Lo-Tung Senior High School	Lo-Tung Senior High	Ching-Yi Su		蘇敬怡	羅東高中
17 Taipei Municipal Nan-Hu Senior High School	Nan-Hu High	Chang-Jen Wu		吳昌任	南湖高中
18 The Affiliated Senior High School of NCHU	NCHU Senior High	Shih-Chao Lin		林士超	興大附中
19 The Affiliated Zhongli Senior High School of NCU	NCU Senior High	Hui-Chun Huang, Ms		黃慧春	中大壩中
20 The Affiliated Senior High School of NKNU	NKNU Senior High	Ching-Li You		尤清麗	高師大附中
21 The Affiliated High School of NTNU	NTNU Senior High	YT Yeh		葉祐廷	師大附中
22 Kaohsiung Municipal Rueisiang High School	Rueisiang High	Yu-Ju Liang		梁育儒	瑞祥高中
23 Taichung Municipal Taichung First Senior High School	Taichung First Senior High	Ting-Shuo Yeh		葉庭碩	台中一中
24 Taipei Municipal Wanfang Senior High School	Wanfang Senior High	Yi-Chen Chiu		邱怡禎	萬芳高中
25 Taipei Municipal YuCheng Senior High School	Yu Cheng Senior High	Tsui-Ping Hung		洪翠屏	育成高中
26 New Taipei Municipal Zhonghe Senior High School	Zhonghe Senior High	Po-Jian Chiu		邱柏然	中和高中
27 Taipei Municipal Zhonglun High School	Zhonglun High	Shih-Yi Lin		林詩怡	中崙高中
28 Taipei Municipal Zhongshan Girls High School	Zhongshan Girls High	Yuan-Shu Chang, Ms		張淵淑	中山女高



Siding Spring, Australia, 3.9 m
 Mt Timau, Indonesia 3.8 m
 Devasthal, India, 3.6 m
 Gaomeigu, China 2.4 m
 Doi Inthanon, Thailand 2.4 m
 Xinglong, China, 2.16 m, 4 m
 Hanle, India 2.0 m
 Okayama, Japan, 3.8 m
 Bohyunsan, Korea, 1.8 m
 Mt John, New Zealand, 1.8 m

鹿林兩米望遠鏡

- ◆ 泛星計畫將發現極多可疑事件，鹿林望遠鏡將在第一時間進行追蹤觀測
to secure the discoveries
- ◆ 配備最先進且具特色的偵測儀器，將成為國際上極具競爭力的兩米望遠鏡
- ◆ 望遠鏡已完成
- ◆ 建築已經通過環境評估
- ◆ 預算已編列 **BUT**



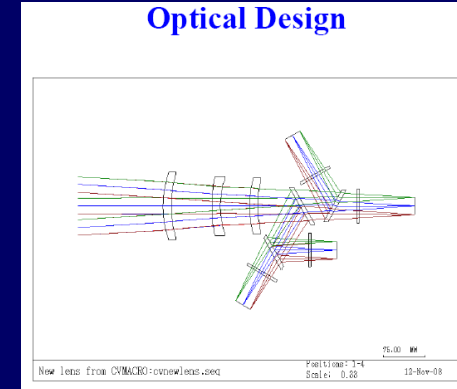
2010/03

兩米望遠鏡第一代儀器

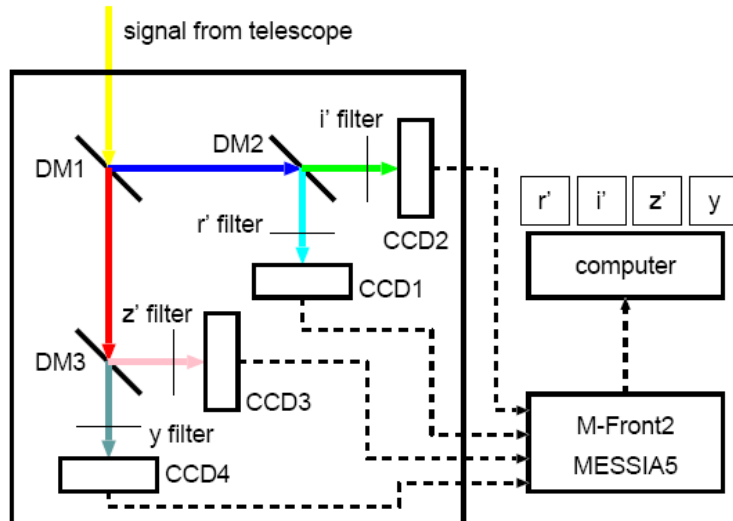
2008~10

● 四色同步相機

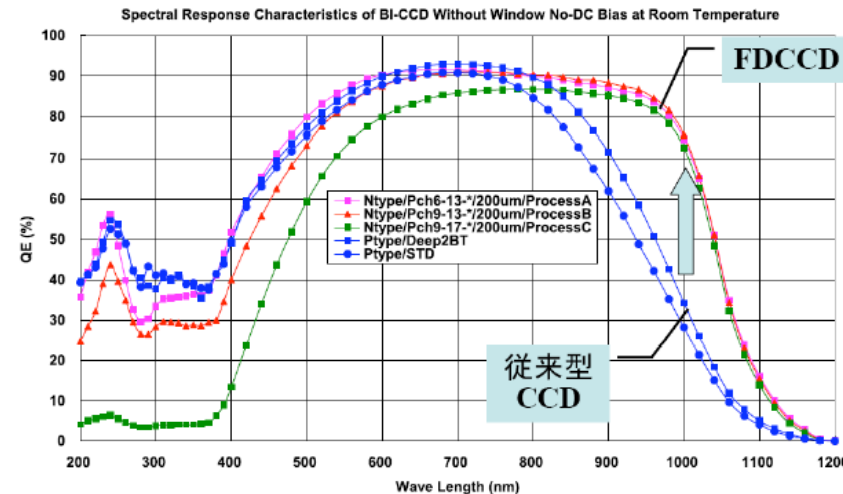
- ✓ r, i, z, y 波段 —— 同步取得天體多波段資訊；適合研究時變現象
- ✓ 最長波段達1微米（近紅外）



Conceptual Design of the Instrument

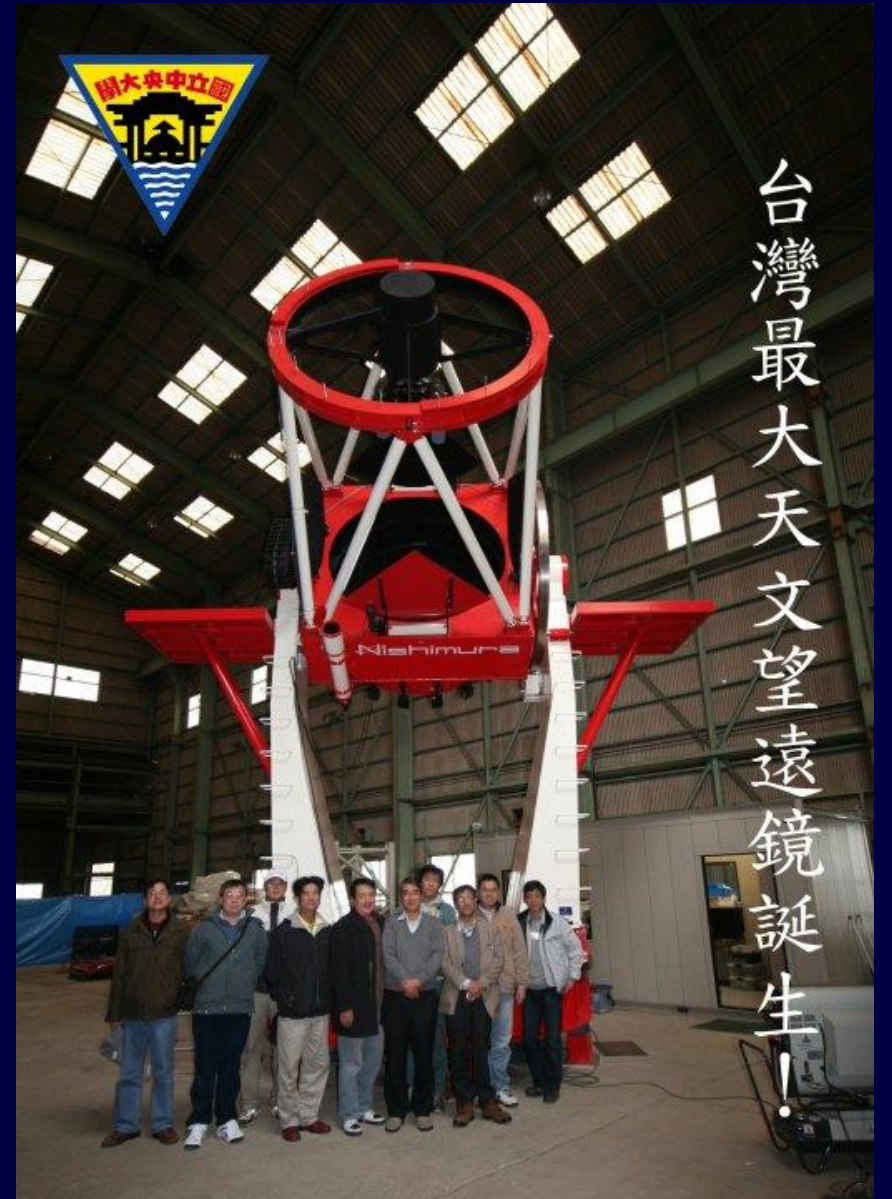


Fully depleted CCD



鹿林兩米望遠鏡

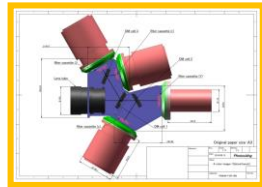
- ◆ LSST 將發現極多可疑事件，鹿林望遠鏡將在第一時間進行追蹤觀測
to secure the discoveries
- ◆ 配備最先進且具特色的偵測儀器，成為LSST重要搭檔
- ◆ 望遠鏡已完成改造、升級
- ◆ 用地已取得；建築設計完成；圓頂設計進行中
- ◆ 多色相機測試中
- ◆ 預算到位？



2010/03

Trans-Pacific 2-m Telescope

2mT 2023年在日本完成升級
多色相機 (SHAO)
遮罩建築設計 (ASIAA)
台址整建 (UNAM)
安裝調校 (NCU、西村)
營運觀測 (全體)



Lulin Obs, Taiwan

San Pedro Mártir Obs, Mexico
2mT NCU/ASIAA/UNAM/SHAO

LSST Cerro Pachón, 智利
8.4 米超廣角望遠鏡3~4
天巡天一次，找出時變
天體；為最前沿的研究
宇宙天文時變的工具

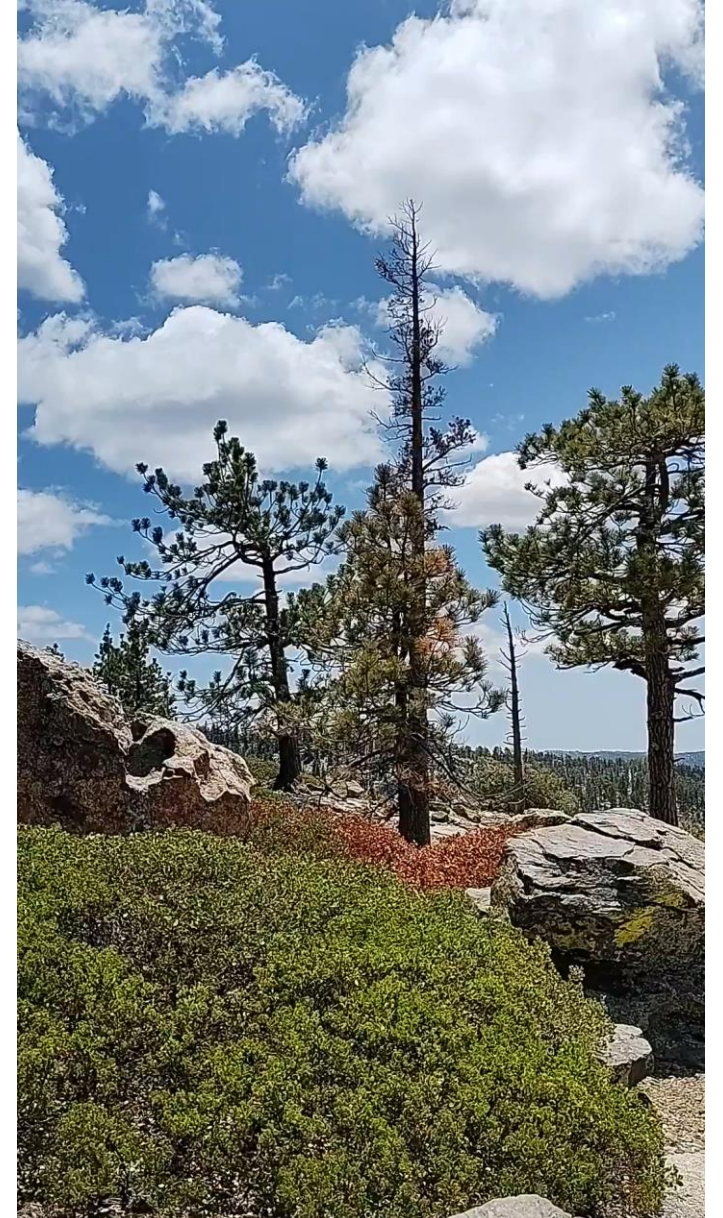


NCU LSST/2mT 科學課題

瞬變現象：超新星、劇烈合併、重力波源
變星：新生或老化恆星、太陽系天體

Proposed Site

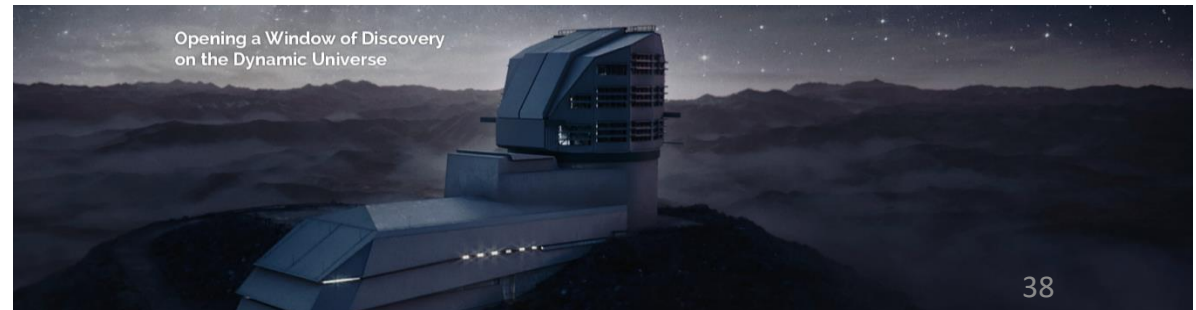
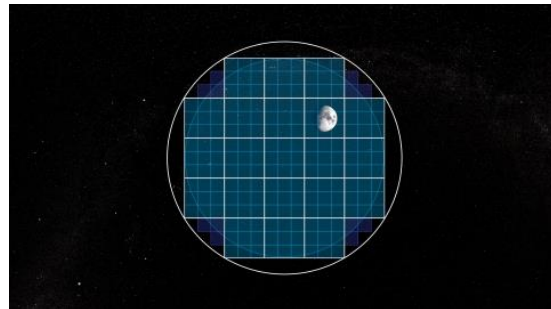
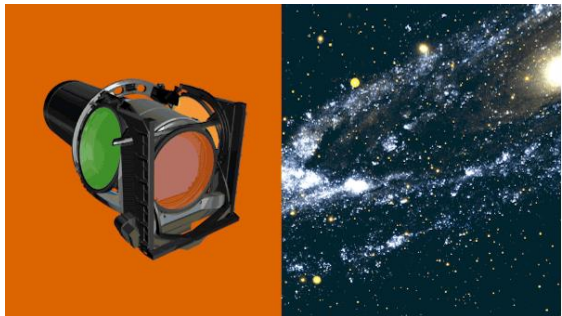
Seeing: 0.7 arcsec; Photometric nights: 70%;
Spectroscopic nights: 80%



The Vera C. Rubin Observatory

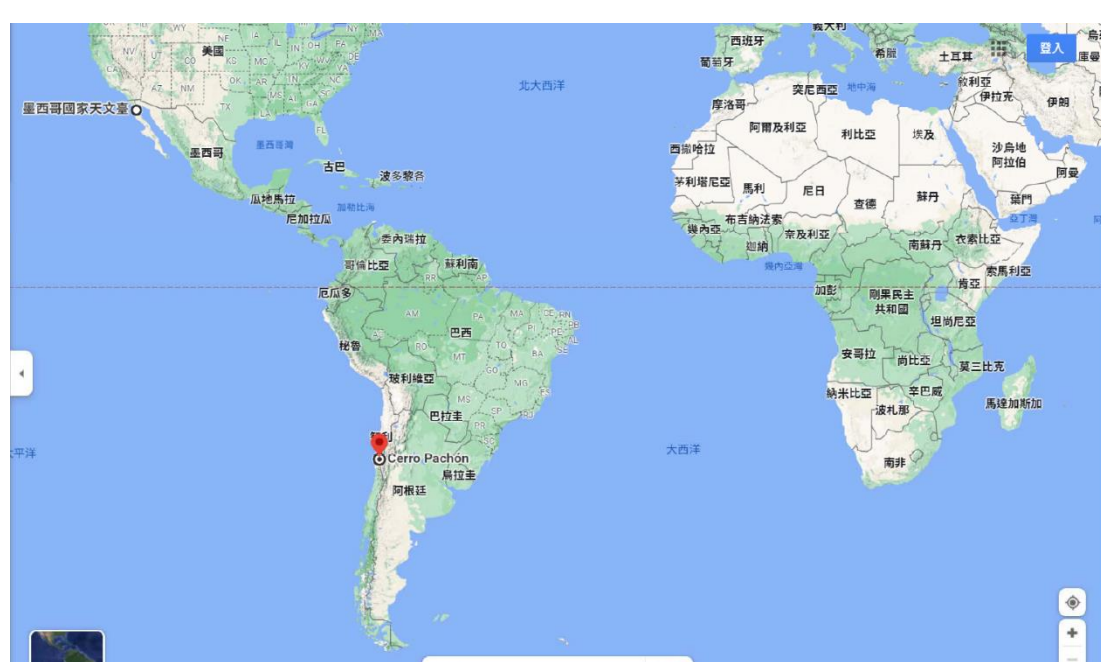
Legacy Survey of Space and Time (LSST)

- 位於北智利 Cerro Pachón (El=2715 m)；大氣穩定而乾燥
- 主鏡口徑 8.4 m; 相機 3200 megapixels
- 重複測量 37 billion stars and galaxies 的位置與亮度
- 每晚 10 million alerts, 1000 pairs of exposures, 20 TB 數據
- 2024年起將為天空拍攝 10 年的動畫，探索**動態的宇宙**



Legacy Survey of Space and Time (LSST) -- Rubin Observatory

- ✓ $D=8.4$ m, 3-mirror design
- ✓ FOV=3.5 deg dia. (**Wide**), Etendue =319 m²-deg 廣角
- ✓ 3.2 Gpix CCD camera 0.2" pixels (0.7 seeing)
- ✓ 30,000 deg² of the southern sky every 3 days (**Fast**) + special spots in 6 filters (u, g, r, i, z, y); each visit = 15 s \times 2 快速
- ✓ @ El Peñón peak, Cerro Pachón, Chile, 2682 m
- ✓ Ten-year survey: 800+ visits per spot, $r \sim 24.5$ /visit; $r \sim 27.8$ stacked
- ✓ 5 Mn images; 7 Tn sources; 5 Bn galaxies (**Deep**) 靈敏
- ✓ 15 TB/night (final 400 PB)
- ✓ Immediate data release; expecting $\sim 10,000$ transient alerts per visit
- ✓ Construction of mirror started 2007; funded 2014; site construction started 2015/04; first light 2024 (?)



Trans-Pacific 2-m Telescope

中央大學將在墨西哥 SPM 天文台安置兩米光學望遠鏡，合作單位包括中央研究院天文所、上海天文台，以及墨西哥國立自治大學天文所。首光設備為可見光四色同步相機，可高效率研究宇宙時變現象；後續設備包括紅外相機及光譜儀，將針對 Legacy Survey of Space and Time (LSST) 發現的可疑時變事件，在第一時間進行跟蹤觀測

望遠鏡開放部分時間給 LSST 成員，交換 NCU 四位教授有 LSST 數據權

一些提醒

- 用來搜尋小行星的影像來自泛星計畫，品質精良，只要花時間，就一定會發現小行星。要是能夠找到「近地小行星」，就更棒了。
- 參加的目的在學一點天文知識；學如何使用套裝軟體解決問題；學習如何與同伴合作，與國際隊友溝通；學著樂在其中。
- 找答案與找問題「為什麼要這樣」、「有沒有更好的方法」、「然後呢？又如何？」

我們參與泛星計畫 PS1 多年前就結束了，所有巡天數據已經上網。PS2由NASA資助，著重在太陽系小天體，目前以教育的角色持續參與

結論

◆ 探討天體時變現象的時代已經來臨

◆ 科學家不斷挑戰工程與技術極限

望遠鏡/偵測器 → 更大、更多、更快、更 ...

◆ 規劃很重要，一開始就想好資料怎麼收集、處理、分析、儲存、分配 ... (實驗設計) \$1 硬體, \$1 軟體, \$1 資料庫

◆ 科學家不斷挑戰自己的極限，面對從來沒有過的困難，這才有趣！

做某件事情絕非因為簡單、做過，而是因為有趣、具挑戰

◆ 結合不同專長滋養科學種子 然後呢？