

知識天地

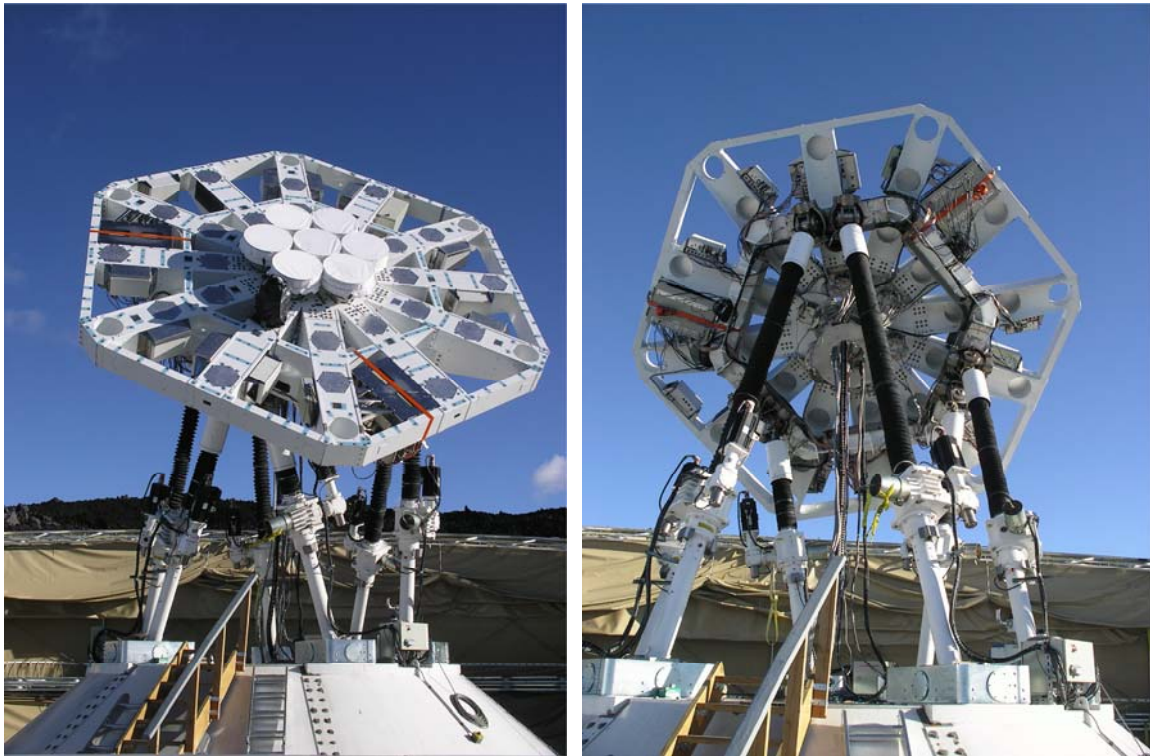
宇宙背景輻射陣列計畫的進展

梅津敬一助研究員（天文及天文物理研究所籌備處）

李遠哲宇宙背景輻射陣列（AMiBA）為一平臺式的干涉儀，由 7 座天線組成，操作波長為 3 毫米。目標是研究宇宙微波背景（CMB）輻射的結構。AMiBA 是教育部追求卓越計畫—「宇宙學與粒子天文物理（CosPA）計畫」的一部份。追求卓越計畫的目標是促進跨領域研究並大規模整合獨立的研究計畫。

AMiBA 的主要合作者包括本院天文所、國立臺灣大學物理系與電機系、以及澳洲國家天文臺（ATNF）。本計畫開始於 2000 年。由兩座天線組成的原型機於 2002 年架設於夏威夷的毛納洛峰（海拔 3396 公尺）進行設計概念測試。臺址的開發工程於 2004 年完成。AMiBA 的底座隨即於 2004 年運至夏威夷安裝，平臺於 2005 年運送並完成組裝。隨著 7 座 0.6 米天線組裝完成以及測試觀測的成功，本陣列於 2006 年 10 月啓用，並以李前院長遠哲命名，以紀念他對推動臺灣天文發展的卓越貢獻。

圖一為所有接收機與相關器模組均完成安裝後的 AMiBA。



圖一：AMiBA 望遠鏡的近照。左圖顯示初階組態，即 7 座 0.6 米天線裝設在 6 米的平臺上。右圖顯示接收機套組與其他各式電子組件，如相關器、本振及中頻系統，一起裝置在平臺上。反射鏡與接收機可以裝置在平臺上的不同位置，以達到不同的基線長度。（圖片提供：本院天文所 AMiBA 計畫科學家高培邁博士）

AMiBA 的目標是測量宇宙背景輻射的空間結構（參見以下兩篇論文：Ho et al. 2008, MPLA, 23, 1243; Wu et al. 2008, MPLA, 23, 1675）。宇宙背景輻射中攜帶宇宙早期各種物理過程的痕跡。

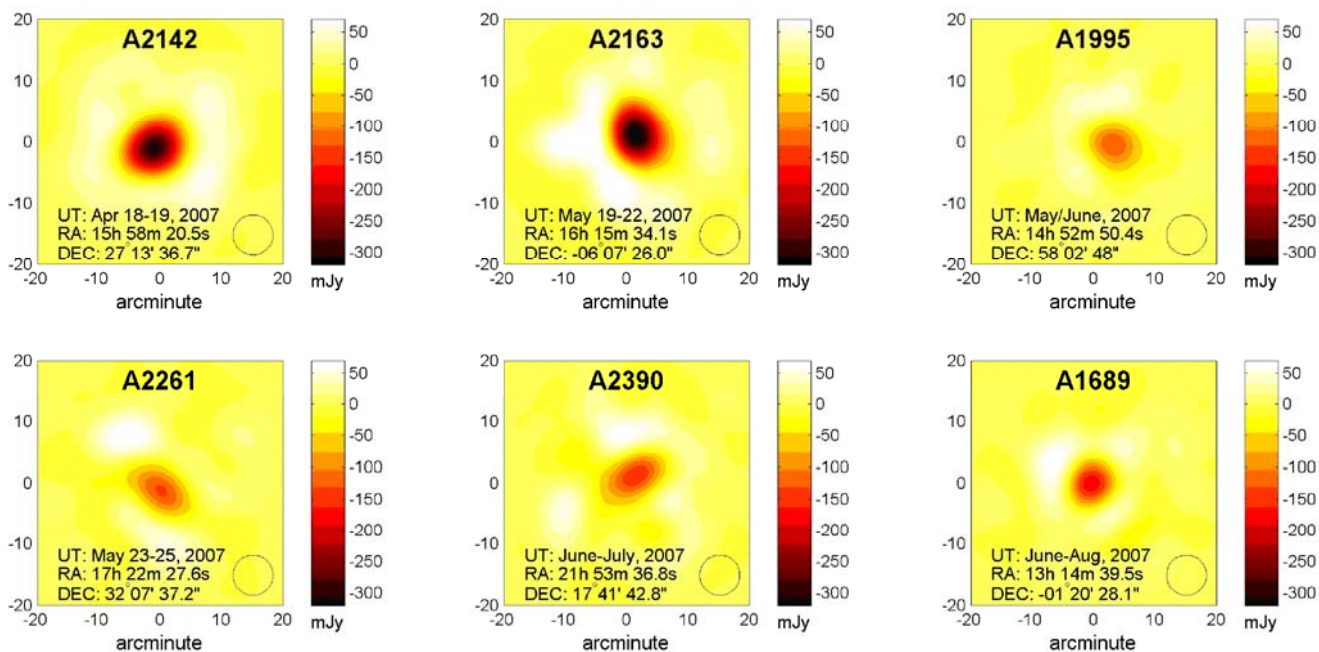
最早由 Penzias & Wilson（1965）發現的宇宙背景輻射，已經確認為造成宇宙開始膨脹之大霹靂的明確特徵。後續的研究，將取自紅移值約 1100（對應於宇宙年齡 38 萬年；目前的宇宙年齡為 137 億年）之早期宇宙中的物質去耦，已確立此殘餘輻射的特性為：平均溫度 2.725K（目前），部分各向異性為 10^{-5} 等級（COBE, Mather et al. 1990; Smoot et al. 1992），偏極化等級為溫度波動的數個百分點至 10% 以內（DASI, Kovac et al. 2002; WMAP, Kogut et al. 2003; Page et al. 2007; Nolita et al. 2008; CBI, Readhead et al. 2006; QUaD, Pryke et al. 2008）。

尤其透過 COBE 及 WMAP 在各種角尺度下觀測到的 CMB 結構（Bennett et al. 2003; Spergel et al. 2007; Komatsu et al. 2008）顯示：CMB 各向異性的角功率譜是探測宇宙論模型的有效工具。AMiBA 是專為角範圍 2 至 20 角分取

像而設計，相當於全極化波長 3 毫米下球面諧波在多極值 $l=800 \sim 8000$ 的範圍。這些性能正好可補現有或興建中儀器之不足。

AMiBA 取樣的角尺度滿足 CMB 結構中較高數量級（即較小的角度）的聲峰（acoustic peaks），能提供宇宙學模型進一步的限制條件。AMiBA 的目標之一是蒐尋及研究遙遠的星系，其中星系團內氣體會透過孫亞葉夫-仄爾都維契效應(SZ 效應，以下簡稱 SZE，參見 Sunyaev & Zel'dovich 1970, 1972; Rephaeli 1995; Birkinshaw 1999; Carlstrom, Holder, & Reese 2002) 扭曲 CMB 的光譜。由於宇宙紅移變淡，星系團的可見光與 X-射線表面亮度，隨紅移值（即距離）增加而迅速減少。而可偵測的 SZE 與紅移值幾乎無關，因為它是 CMB 輻射的光譜扭曲，隨紅移值增加而增加。如此，在蒐尋紅移值大於 1 的星系方面，SZE 測量更為靈敏，也是探測遙遠宇宙扭曲的重要工具。

AMiBA 計劃進行過程中，AMiBA 團隊已於 2007 年使用由 7 座天線組成的陣列對 6 個大質量星系團進行 SZE 觀測，為的是研究星系團的物理特性並獲得背景宇宙學的限制條件。在 3 毫米波長，SZE 訊號在 CMB 天空中看來像是溫度下降，而且是熱星系團內氣體中熱能量含量的測量工具。圖二顯示 AMiBA 觀測這 6 個大質量星系團所得到的第一張影像，其中可看出 SZE 減縮量。在 3 毫米波長觀測 CMB 的天空，是因為在 3 毫米波長下熱 SZE 減縮量的光譜相依性接近其最大值，而 SZE 訊號受到銀河系同步加速輻射及塵埃前景與背景輻射源的污染程度也最低。AMiBA 在 3 毫米波長下的運轉能彌補其他已有或興建中儀器波長範圍之不足。



圖二：AMiBA 觀測 6 個大質量星系團首度獲得的 SZE 減縮量影像。
 (圖片提供：臺灣大學物理系暨本院天文所合聘副研究員吳俊輝教授)

儘管由 7 座 0.6 米反射鏡組成的陣列已啓用，我們也一面進行擴展至 13 座天線的工程。這次的升級工程會將天線鏡面由 0.6 米加大為 1.2 米，這將使收集面積增加 7.4 倍，而單點觀測時干涉儀的速度將增加近 60 倍。我們會將 13 座天線放置於平臺上，儘可能產生最長的基線。這將使角分辨率提升至 2 角分。相關器也會擴大，俾能處理大量的交叉相關。在 AMiBA 運轉的第二個階段，首要的科學目標是測量 CMB 的功率譜至較高的多級數量，以便測量第二及第二以上聲峰的形狀。對 $l=800$ 至 $l=8000$ 之 CMB 溫度各向異性角功率譜精確的測量 (Park et al. 2003) 使我們能觀測到諸如 SZE 的次級效應 (Lin et al. 2004, ApJ, 608, L1)，以及可能的宇宙弦結構 (Wu 2004, MPLA, 19, 1019)。第二大科學目標是著重在解析天空中星系的 SZE 結構，好與由弱重力透鏡研究導出的暗物質結構做比較 (Umetsu & Broadhurst 2008, ApJ, 684, 177; Broadhurst, Takada, Umetsu et al. 2005, ApJ, 619, L143; Broadhurst, Umetsu, Medezinski et al. 2008, ApJL in press (arXiv: 0805.2617) ; Okabe & Umetsu 2008, PASJ, 60, 345)。第三大科學目標是

透過 SZE 普查星系團的分佈 (Umetsu et al. 2004, MPLA, 19, 1027)。為能得到目標星系團的紅移值，將透過地面望遠鏡執行後續的觀測。

本文發表之時，擴建工程已在進行中，預計 2009 年完工啓用。

※各期知識天地文章請逕於本院網頁：<http://www.sinica.edu.tw/>「常用連結」之「週報〈知識天地〉」項下瀏覽。※