

V19c ACA 12-m アンテナ主鏡面熱変形 FEM 解析

浮田信治、直井隆浩、齋藤正雄 (国立天文台)

ALMA 計画の ACA アンテナは屋外で運用され、日射や外気温等の大きな熱外乱を受け、反射面形状が変形し結像性能が劣化する。また主鏡部はセンターリング部を介して空調された受信機室と接続されており、この部分の熱変形による影響も受ける。熱変形と外乱要因との関係を実測データをもとに定量的に検証した。

我々は事前に ACA1 号機の約 120カ所の温度測定を行い、主鏡骨組部 39 点、センターハブ 16 点、センターリング 20 点、主鏡面パネル・日除けパネル等各 1 点など 80カ所を選び、電波ホログラフィー法による鏡面形状測定中に温度モニターを実施した。有限要素法を用いて個々の部位別に熱変形量を推算し、また鏡面形状測定データ (2008 年 8 月 22 日から 10 月 14 日に取得された 92 セット) も独自に解析した。これらを比較検討して、その熱変形の特徴が下記の 5 つの変形要因でほぼ記述できることを見出した。(測定条件が似た夜間 2 回の鏡面形状と温度分布を基準データとし、差分を調べた。従って鏡面パネル自身の誤差や鏡面調整の未調整残留成分等を含まない。)

(1) 主鏡骨組部と副鏡支持柱の素材の熱膨脹係数の差により支持柱付近に V 字谷形状の変形が、また骨組部とセンターハブの温度差による変形が発生。昼間最大 $11\mu\text{m rms}$ 。(2) 日射によりアルミパネルが外気温より上昇し、パネル中央部と縁との温度差により個々のパネルが瓦のような形状に変形。温度差依存性は約 $0.4\mu\text{m rms/deg}$ 。(3) センターリング部に顕著な局所的温度不均一があり、最大 $20\mu\text{m rms}$ の鏡面変形が発生。(4) 日除けパネルに日射が当たることによると推察される特徴的な変形が発生する領域が 2 か所あり、最大 $11\mu\text{m rms}$ の寄与。(5) 上記以外に非点収差 mode の変形もあり (最大 $17\mu\text{m rms}$)、受信機室の温度と依存性がある。(測定期間中、空調装置の不具合があり受信機室の温度変化は ± 5)。これ以外の最終残留成分 (測定再現性を含む) は約 $7\mu\text{m rms}$ であった。要因の 1~3 では FEM と実測との特によい一致が確認され、温度測定と FEM 解析による診断の有用性が示された。