

あかつき搭載中間赤外カメラの性能評価

二口 将彦 [1]; 田口 真 [2]; 福原 哲哉 [3]; 今村 剛 [4]; 中村 正人 [5]; 上野 宗孝 [6]; 岩上 直幹 [7]; 佐藤 光輝 [8]
[1] 立教大・理・物理; [2] 立教大・理・物理; [3] 北大・理・宇宙; [4] JAXA 宇宙科学本部; [5] 宇宙研; [6] 宇宙科学研究所;
[7] 東大・理・地惑; [8] 北大・理

Performance evaluation of Longwave Infrared Camera (LIR) onboard the Akatsuki spacecraft

Masahiko Futaguchi[1]; Makoto Taguchi[2]; Tetsuya Fukuhara[3]; Takeshi Imamura[4]; Masato Nakamura[5]; Munetaka Ueno[6]; Naomoto Iwagami[7]; Mitsuteru SATO[8]
[1] Physics, Rikkyo Univ.; [2] Rikkyo Univ.; [3] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [4] ISAS/JAXA; [5] ISAS; [6] ISAS, JAXA; [7] Earth and Planets, U Tokyo; [8] Hokkaido Univ.

The Akatsuki spacecraft was launched on May 21, 2010 being in the way to Venus. After arrival at Venus in December, the Venusian atmosphere will be observed by the five cameras aboard. The Longwave Infrared Camera (LIR) will capture thermal infrared images of Venus in the wavelength range of 8-12 micron. Because infrared radiation is emitted from the altitudes of upper cloud top in the Venusian atmosphere where vertical temperature gradient is negative, the brightness temperature distribution mainly reflects altitude distribution of the cloud top. The most significant characteristics of LIR is that it can image both dayside and nightside with an equal quality.

The bolometer array used as an image sensor of LIR has large pixel-to-pixel sensitivity and offset variations, which are corrected by imaging a mechanical shutter with uniform temperature. Even though detailed calibration has been performed in the prelaunch function test of LIR, absolute temperature and temperature resolution derived from output images depend on temperatures of LIR itself.

LIR imaged the Earth about 14 hours after the launch of Akatsuki. At that time the altitude of Akatsuki was about 250,000 km, and the longitude and latitude of Akatsuki footpoint were 138.1 degrees E and 24.53 degrees S, where the local time was 20h38m. With this image data and an infrared image by a geosynchronous Meteorological satellite (MTSAT) at almost the time, the performance of LIR was evaluated.

The noise equivalent temperature difference (NETD) is one of the important performance parameters of LIR. The NETD of 0.3 K is achieved in the prelaunch evaluation test. It is difficult to derive NETD from the Earth image, because the brightness temperature of the Earth is not uniform. Therefore, least significant temperature difference was derived from the Earth's image and compared to that obtained in the ground test. The result shows LIR functions in a same condition as in the ground test.

Furthermore, the orientation of field-of-view in the satellite coordinate system is checked by the same image. It is confirmed that alignment errors of LIR both in azimuth and elevation angles are less than 0.1 degree.

2010年5月21日に打ち上げられた金星探査機「あかつき」は金星を目指して惑星間空間を順調に航行中である。12月に予定されている金星到着後、搭載された5台のカメラで金星の大気を三次元的に観測する。そのうちの中間赤外カメラ(LIR)は波長8-12ミクロンの中間赤外線を使って金星の上層雲の雲頂温度の分布を可視化する。雲頂付近の気温の高度分布は高度に依存して変化をすることから、雲頂の高度分布を反映した温度分布が得られると予想されている。昼面も夜面もほぼ同質の画像データが得られる点がLIRの特徴である。

LIRの検出器として使用されているマイクロボロメータアレイは画素毎の感度とオフセットのバラツキが大きいという特徴がある。それらを補正するために、メカニカルシャッターを一樣温度の校正源として使用している。LIRは自身が出す赤外光も感知するため、校正用シャッターやレンズの温度を安定化させ、モニターする機能を有している。各部の温度が変化しても出力画像から絶対温度及び温度分解能が要求仕様通りに導出するために、打ち上げ前にLIR各部や観測対象の温度を変化させて詳細な校正試験を行っている。

LIRは「あかつき」打ち上げ約14時間後に地球を撮像した。このとき、衛星高度は約25万km、衛星直下点の経度は東経138.1度、緯度は南緯24.53度、地方時は21時であった。この画像データとほぼ同時刻に得られた静止気象衛星(MTSAT)赤外画像データを使い、LIRの健全性を評価した。

LIRの重要な性能の1つに雑音等価温度(NETD)がある。地上評価試験では温度差付き一樣温度黒体の撮像から、NETDは0.3Kという値が得られている。NETDを評価するためには、雑音温度を知らなければならない。しかし地球画像は温度が一樣ではないため、それから雑音温度を導出することは難しい。そこで、1ビットあたりの輝度温度差を求め、MTSATのIRバンド1のデータと比較した。その結果、打ち上げ後もLIRは地上評価試験時と同等の性能が確認できた。

さらに、衛星座標系におけるLIRの視野方向の評価を行った。衛星座標系の-X軸方向に対して、LIRの視野中心方向はアジマス角、エレベーション角共に0.1度以内で一致していることが確認された。