

# JEM/SMILES Level 2 プロダクト改訂状況

光田千紘\*1、鈴木睦\*2、岩田芳隆\*2、眞子直弘\*2、内藤陽子\*3、高橋千賀子\*1、今井弘二\*4  
西本絵梨子\*4、林寛生\*4、塩谷雅人\*4、佐野琢己\*2、高柳昌弘\*2、谷口弘智\*1  
\*1 富士通 FIP, \*2 ISAS/JAXA, \*3 京大理, \*4 とめ研究所, \*5 京大生存圏研

## 1. はじめに

JEM/SMILES (JEM 搭載型超伝導サブミリ波リム放射サウンダ) は、国際宇宙ステーション (ISS) の日本実験棟暴露部に取り付けられた大気微量成分の測定機器であり、2009 年 9 月に HII-B ロケット試験機にて打ち上げされ、宇宙ステーション補給機技術実証機によって ISS まで輸送された。JEM/SMILES は 640 GHz に A,B,C の 3 つの観測バンド (ただし、分光器数の制約から、同時観測は 2 バンドまでである) を持ち、機械式冷凍機によって 4K まで冷やされた超伝導ミキサを利用し、システムノイズ 400K という高感度で、約半年間 O<sub>3</sub> や HCl、BrO など微量分子の観測を行った。

SMILES での観測データは、筑波宇宙センターでのレベル 0 (L0) /レベル 1B (L1B) 処理にて校正された輝度温度スペクトルへと変換され、さらに軌道情報を基にした観測地点情報や視野障害予報が付加され、L1B データとして提供される。それをを用い L2 では観測地点ごとの微量分子の濃度プロファイルの算出を行う。SMILES の L2 プロダクトは、観測開始数ヵ月後より、およそ半年に一度のペースでリリースを行っている。ここでは、その改訂内容とプロダクトの現状、今後の改訂予定について紹介する。

## 2. 取得データと視野障害情報

SMILES は、2009/10/12 の大気全球観測開始から、2010/04/21 でのサブミリ波発振器故障による大気観測機能の喪失までの約半年間データを取得した。12 月初旬の長期視野障害、2 月下旬から 3 月上旬の通信系障害などはあるが、ほぼ期間内継続して、品質の良いデータを取得している。

SMILES は、ISS 進行方向に対し左 45 度に取り付けられ、北緯 65 度から南緯 38 度を観測する。ただし、スペースシャトルのドッキング時には ISS が反転し、観測地点が南にシフトする (2010 年 11 月下旬、2 月中旬、4 月中旬)。

SMILES は、53 秒間で 1 スキャン取得し、一日の観測数はおよそ 1630 と多い。一方で、ISS の太陽電池パネルによる視野障害の影響が大きく、1 周回に 2 回、約 5--10% の割合で発生する。L2 システムでは、L0/L1B にて視野障害と予測されたスキャンについてもプロダクトに含めるが、視野障害予報情報もプロダクトに付与し、ユーザ側でスクリーニングの実施を推奨している。

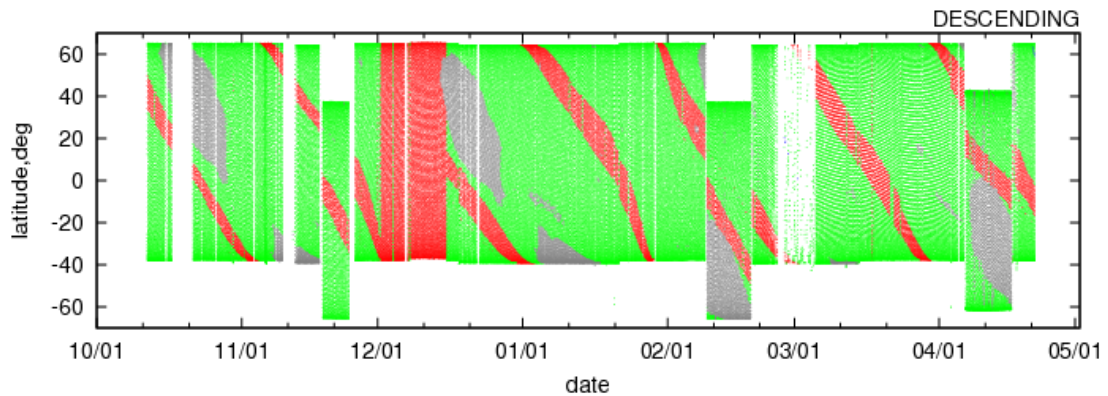


図 1 観測期間内の視野障害情報(Descending データのみ,v1.3 プロダクト格納)。

赤：視野障害有予報、緑：視野障害無予報。灰：視野障害予報欠損

### 3. Level 2 処理システム

L2 処理システムは、forward 部と inversion 部の 2 つに分別される。

- Forward model: L1B データに格納された校正済み輝度温度スペクトルを再現する。これには、吸収係数（線吸収及び連続吸収）の算出、観測経路での放射伝達計算だけでなく、SMILES 観測装置内の観測特性、フィルタでの透過率や分光器の応答特性など、を考慮した装置関数処理も行われる。
- Inversion model : forward model で算出されたスペクトルと、観測スペクトルとが一致するような分子のプロファイルを算出する。

また、これら以外にも、L1B データの補正を行う事前処理、フラグなどの品質情報付与を行う事後処理がある。

### 4. Level 2 プロダクトのリリース状況と改訂内容

- V1.0 (005-06-0024) : リリース日 2010/01/23  
L2 処理アルゴリズムテストのためのバージョンである。打ち上げ前に設計したアルゴリズム (SMILES Mission plan 2002; Takahashi *et al.*, 2010; Imai *et al.*, 201) をそのまま用い、エラーフラグのない、品質の良い L1B データのみ処理を実施した。リトリバル後のスクリーニングが簡単という利点がある一方、データ利用率は 55% と低いという欠点がある。
- V1.1 (005-06-0032) : リリース日 2010/04/19  
マッピング・スクリーニングテストのためのバージョンである。V1.0 のアルゴリズムに対し、L1B データのエラーとして判定された Star Tracker の太陽視野障

害による姿勢データ欠損を回避するための内挿処理を追加した。また、それ以外のエラーフラグ（視野障害予想情報含む）の妥当性を検討するため、エラーフラグの有無にかかわらず全ての L1B データを処理している。

V1.1 プロダクトは成層圏と比較し、中間圏の確度について改善が必要とされた。例えば、同スキャンのバンド間比較において、中間圏での温度、O<sub>3</sub>、HCl で 10%、20%、20% のずれが存在していた。さらに ACEv2.2、MLSv2.2 との衛星間比較より、O<sub>3</sub> 及び HCl が成層圏（10%以内）に比べ、中間圏での一致が悪い（30%以内）ことが指摘された。

- V1.2 (005-06-0150) : リリース日 2010/09/15

アルゴリズム改訂の第一弾バージョンである。V1.1 で問題とされた中間圏の確度悪化の要因と推測された分光器の応答関数に対し、SABER との観測温度と一致するように経験的な補正を加えた。これによりバンド間のずれは 1/5 程度に抑制され、衛星間比較でも相対差はそれぞれ O<sub>3</sub> 15%以内、HCl 10% 以内とよい一致を示している（今井ら、2011）。

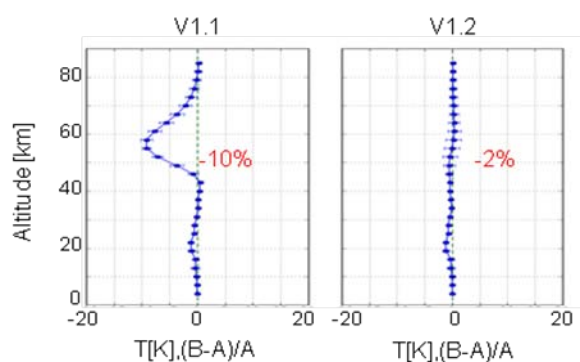


図 2 同スキャンでの band A,B (分光器 1, 2)のリトリバル温度差

なお、応答関数補正については、更なる確度向上のため、軌道上データを用いた較正が、測器チームによって進められている（溝渕ら、2011）。

- V1.3 (006-06-0200) : リリース日 2011/03 予定

L1B での非線形補正導入（後述）を控え、L2 アルゴリズム確認のためのバージョンである。1 スキャン内での観測高度刻みの補正、積分時間内での移動を考慮したアンテナパターンなど、物理的に正しいものについて積極的に導入した。

- V2.0 (XXX-XX-XXXX) : リリース日 2011 年内予定

改訂の柱として、非線形補正の導入を予定している。アンテナからの入力に対し、分光器での出力が非線形的にふるまうことを非線形性と呼ぶ。現状の L1B v 006 では分光器の出力が線形的であると仮定して輝度温度スペクトルを算出しているが、SMILES の非線形性は 3% 程度あり、プロファイルを数%の確度で決めるためには、このような細かな点も考慮する必要がある。

現在のサンプルテストでは、非線形補正導入により、v1.0 から問題点として指摘されていた成層圏での温度バイアス (5K) がなくなる可能性が示唆されている。しかしながら、中間圏では温度バイアスが增大するため、補正值については測器チームと連携して慎重な検討を進める。一方で中間圏での温度は、感度が弱いにもかかわらず O3, HCl プロファイルへ与える影響が大きいため、L2 システム内では他の信頼できる温度データを参照し、リトリバルを止めるなども対策も合わせて検討を進めていく予定である。

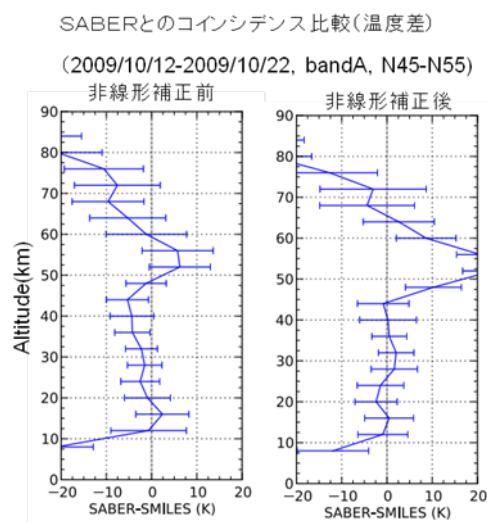


図 3 非線形補正前後の衛星間温度比較(SABER を利用)

## 5. まとめ

JEM/SMILES では、2009 年秋に打ち上げられ、北半球の冬期間をカバーする半年の大気観測データを取得した。L2 システムでは、およそ半年に一度のペースで、これまで 3 度のプロダクト改訂を実施し、現在 v1.3 を公開準備中である。現状でも他衛星に匹敵するプロファイルが算出されているが、高感度データを活かし、よりプロファイルの確度を上げるため、L2 アルゴリズム改訂だけでなく、測器チームと連携し、非線形性や分光器の応答関数改訂についても検討を進めていく予定である。

### (参考文献)

- SMILES Science Team and SMILES Mission Team: JEM/SMILES Mission Plan Version 2.1 (2002)
- Kikuchi, K., T. Nishibori, S. Ochiai, H. Ozeki, Y. Irimajiri, Y. Kasai, M. Koike, T. Manabe, K. Mizukoshi, Y. Murayama, T. Nagahama, T. Sano, R. Sato, M. Seta, C. Takahashi, M. Takayanagi, H. Masuko, J. Inatani, M. Suzuki, and M. Shiotani: "Overview and early results of the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES)", *J. Geophys. Res.*, **115**, D23306, doi:10.1029/2010JD014379 (2010).
- Takahashi, C., S. Ochiai, and M. Suzuki: "Operational retrieval algorithms for JEM/SMILES level 2 data processing system", *J. of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, **111**, 160–173 (2010).
- Imai, K., M. Suzuki, and C. Takahashi: "Evaluation of Voigt algorithms for the

ISS/JEM/SMILES L2 data processing system”, *Advances in Space Research*, **45**,  
669-675 (2010)

今井弘二、眞子直弘、鈴木睦、佐野琢己、塩谷雅人、西本絵梨子、内藤陽子、光田千  
紘：” JEM/SMILES Level 2 プロダクト の初期検証結果について” ， 第 25 回大気圏シ  
ンポジウム講演集， 2011

溝渕智子、菊池健一、西堀俊幸、尾関博之、光田千紘、落合啓、SMILES ミッションチーム：  
“JEM/SMILES 電波分光計の応答特性” ， 第 25 回大気圏シンポジウム講演集， 2011