

静止衛星赤外観測を用いた雲データベースの中緯度への拡張

*西 憲敬 (福岡大・理)・濱田 篤 (東京大・AORI)・
広瀬民志 (千葉大・CERES)・向川 均 (京都大・防災研)

静止気象衛星 MTSAT 赤外スプリットウィンドーデータと雲レーダー搭載衛星 CloudSat 観測雲頂を比較することによって、静止衛星観測のみで雲頂高度を推定するルックアップテーブル(LUT)を作成し、web 上で準リアルタイムの更新を続けている。これまで熱帯域に限っていた算出領域を中緯度へ拡張する試みを行っているため、それを紹介する。また、データベースをさらに長期間に拡張する手法の開発についても述べる。

(1) 中緯度への拡張

まず熱帯と全く同じように、赤外 2ch データを直接 CloudSat の雲頂「高度」で回帰することがどの程度可能かを調べてみた。図 1 は、それぞれの緯度において、 $11\mu\text{m}$ の黒体温度(T_{11})が約 230K, $11\mu\text{m}$ と $12\mu\text{m}$ の輝度温度差(ΔT)が 0K をもつサンプルから推定される雲頂高度の平均と標準偏差である。赤道から緯度約 20 度までは、推定値の緯度変化は小さく、推定精度もよい。そこから高緯度側では、高度が緯度とともに大きく変化するとともに、通年のデータからテーブルを作成した場合には標準偏差も大きくなっている。ただし、季節別の標準偏差は熱帯域と同程度であり、季節ごとにテーブルを変えれば、目的によってはこのままでも実用に耐える程度の誤差に抑えられると考えられる。

次に、いきなり雲頂高度の推定をするのではなく、客観解析データの CloudSat サンプル位置における温度の高度分布を利用して、いったん「雲頂温度」の推定 LUT を作製して、必要な場所・時間における静止衛星観測の赤外パラメータにふたたび客観解析から得られる温度の高度分布の情報をあわせて、雲頂高度を算出することを試みる。このスキームに変更すれば、温度の季節変化をおり込んで、通年を通して一枚のテーブルで推定が可能なのではと考えた。図 1 において、赤外パラメータ $T_{11}=230\text{K}$, $\Delta T=0$ に対し、たとえば 35N では夏の推定雲頂高度は 12.2km(□)でそこでの気温は 223K である(灰実線)。冬には同じ気温 223K は高度 9.4km に下がる(灰破線)が、この下がった高度でまた推定雲頂高度(Δ)と一致している。これは、同じ雲頂温度推定テーブルが両方の季節で共通に使える可能性を示唆している。図 2 に、日本付近における一年のデータを用いた高度推定と温度推定の精度の比較を示す。用いた期間は 2010 年 7 月-2011 年 4 月(2011 年 1 月を除く)である。標準的な温度の高度分布を用いて、同じ色がほぼ同じ推定精度(サンプルの標準偏差)を示すようにしてある。全体的に温度推定のほうが精度が良い。たとえば、 $T_{11}=240\text{K}$, $\Delta T=0-4\text{K}$ 付近を比べれば、推定精度について高度にして約 0.5km の違いがあることがわかる。これからの本格的な中緯度データベースの作成にはこの方法を用いることにしたい。

(2) Himawari-8 への拡張

中緯度への拡張とは独立に、このデータベースを長期間へと拡張して気候研究に用いることができるようにする試みも平行して行っている。手始めとして、新しく 2015 年 7 月に運用を開始した静止気象衛星 Himawari-8 に対応することを考えた。残念なことには、この期間には CloudSat は夜間運用を停止しているため、CloudSat との比較は昼間しかできず、バイアスのない LUT を作成することができない。そこで、2015 年 7 月の MTSAT-2 と Himawari-8 の同時観測期間のデータを用いて、MTSAT の LUT に補正を施す形での作製を試みた。7 月 2-7 日の日本付近のデータについて、2 つの衛星データの輝度温度を比較した。たとえば、Himawari-8 の $(T(\text{Band}13), \Delta T(\text{Band}13, \text{Band}15)) = (240\text{K}, 5\text{K})$ であるサンプルの MTSAT による平均が $(238\text{K}, 3\text{K})$ であるなら、MTSAT の LUT の $(T_{11}, \Delta T) = (238\text{K}, 3\text{K})$ での雲頂高度を LUT から読みとって、Himawari-8 の $(240\text{K}, 5\text{K})$ の雲頂推定値とする。このようにして作製したテーブルが図 3 である。比較のために、MTSAT-2 のテーブルも示してある。今回用いた Himawari-8 の 2 つのチャンネル間の波長差は、MTSAT よりも大きいため、 ΔT は大きめとなっている。このような方法を用いて Himawari-8 の LUT は作製可能であると考えられる。

極軌道衛星も赤外スプリットウィンドー観測を行っているため、MTSAT の赤外輝度温度と極軌道衛星のそれを比較し、さらに極軌道衛星と過去の静止衛星のそれらを比較することによって、Himawari-8 に対して行ったのと同じ方法で MTSAT の LUT を過去にさかのぼって活用できると考えられる。このプロダクトは主に上層雲をターゲットにしているため、パラメタレンジ全体ではなく、輝度温度の低いレンジでの回帰直線を引くことが大切である。

この研究は、京都大学防災研究所共同研究の成果によります

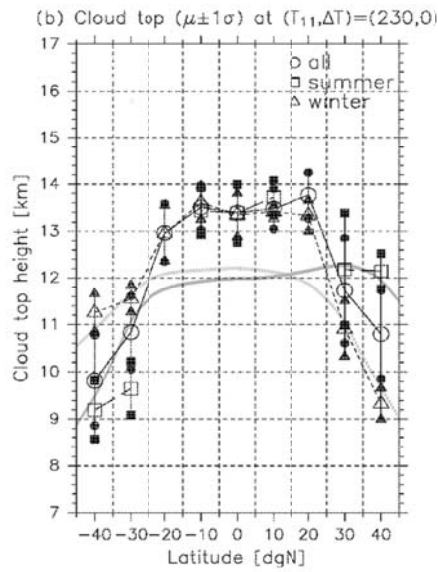


図 1: 雲頂高度サンプルの推定値と標準偏差の季節変化。120E-160E における緯度分布を示す。T11=230K, $\Delta T=0K$ のサンプルの例である。丸印が通年, 四角が 5-9 月、 Δ が 11-3 月を示す。縦棒の区間がサンプルの標準偏差を示している。灰色の太線は JRA55 の 2007 年 1 月 (破線)、7 月 (実線) の帯状平均気温 223K の高度(Hamada and Nishi, 2010, JAMC より引用・改変)

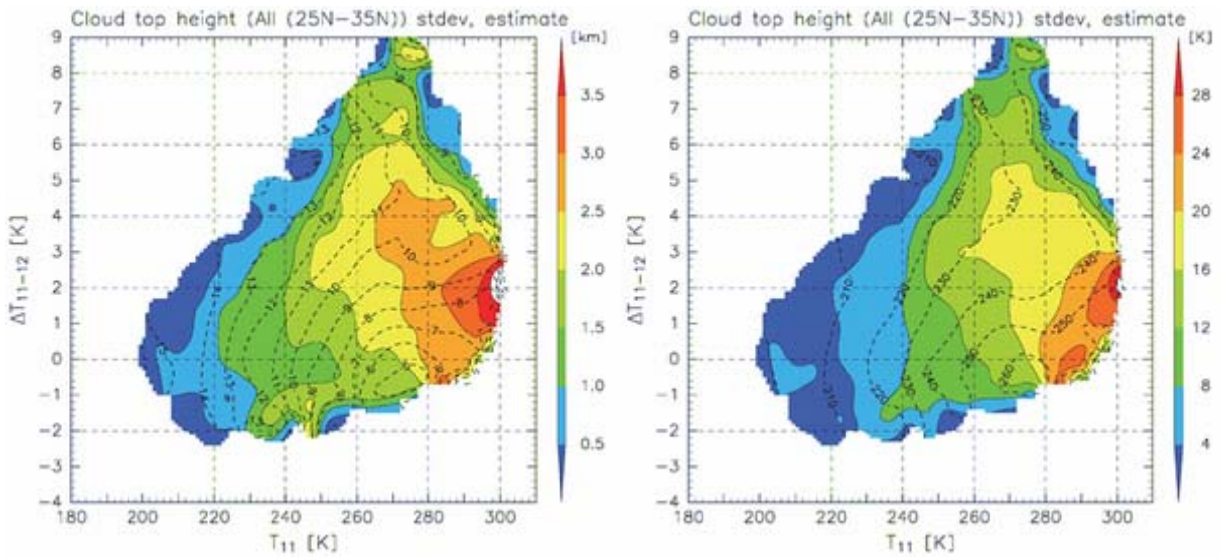


図2: MTSATの T11 および ΔT の各パラメタレンジに関する、CloudSat 観測の標準偏差。(左) CloudSat による雲頂高度の標準偏差(単位 km)を着色で、推定高度(単位 km)を破線で示す。(右) CloudSat 観測と客観解析を併用して算出した雲頂温度の標準偏差(単位 K)を着色で、推定温度(単位 K)を破線で示す。着色は、標準的な温度の高度分布からほぼ同じ色が同じ推定精度になるように行っている。横軸は T11, 縦軸は ΔT を示す。

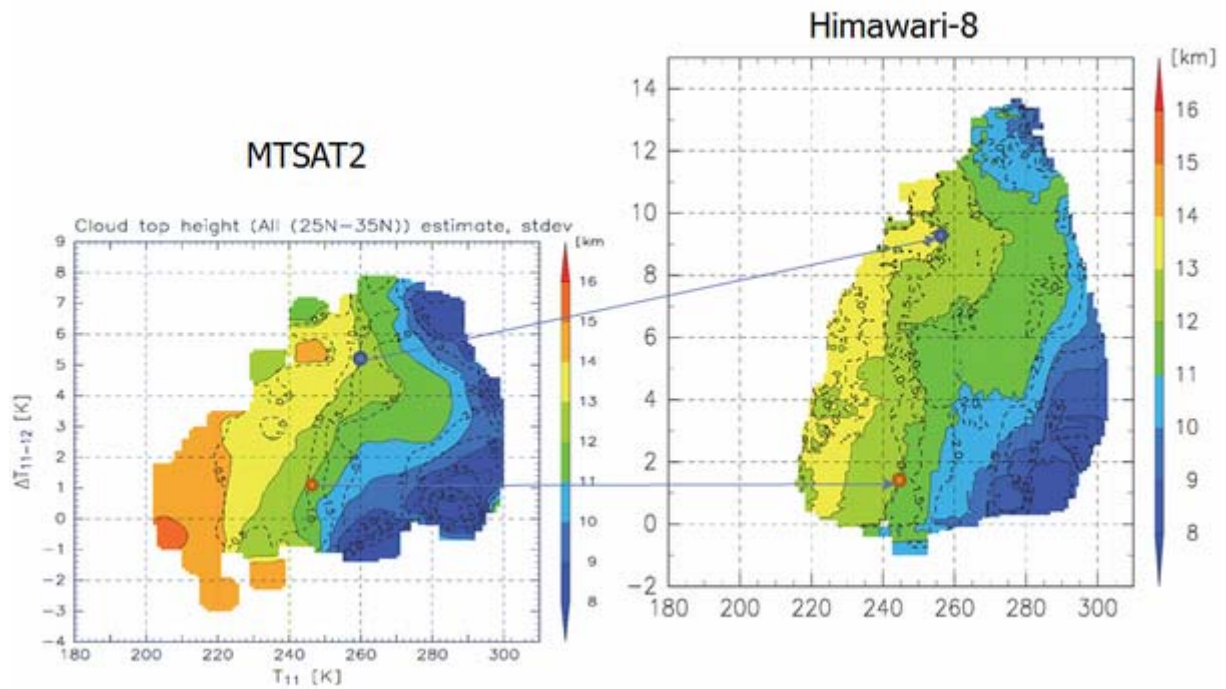


図 3: 雲頂高度(単位 km)の推定テーブル。(左) MTSAT-2 に関して CloudSat 直接観測を用いて作ったもので、横軸は T₁₁、縦軸は ΔT、(右) MTSAT-2 と Himawari-8 の観測を比較して補正を施すことによって、MTSAT-2 の LUT から作製した Himawari-8 用の LUT で、横軸は Band13 の輝度温度(K)で、縦軸は Band13,15 の間の輝度温度差(K)。両図をつなぐ矢印は、対応する補正位置の例を示す。