

GMS/OLR を用いた NOAA/OLR の日変化の評価

大和田浩美*

Evaluation of NOAA/OLR diurnal variation by using GMS/OLR

Hiromi Owada

Abstract

Outgoing Longwave Radiation (OLR) is available data as an index to activity of tropical convection for climate system. OLR which National Oceanic and Atmosphere Administration (NOAA) calculates from NOAA satellite data is utilized broadly because this observation covers global region, but it was reported that statistic value such as 5-day mean, 10-day mean and monthly mean was influenced by diurnal variation because this observation is only twice a day. OLR has been calculated by using IR1 and WV data of GMS-5 routinely in the Meteorological Satellite Center. In this report, for the simulation of the diurnal variation of NOAA/OLR by GMS/OLR, GMS/OLR was calculated by using only IR1 data and 06/18UTC monthly mean GMS/OLR which was calculated from only 06UTC and 18UTC GMS/OLR data, which time is the closest to the observation time of NOAA-14, was compared with the 3 hourly monthly mean GMS/OLR which was calculated from 3 hourly GMS/OLR data, which was considered that the diurnal variation was removed. In comparison with 3 hourly monthly mean GMS/OLR, 06/18UTC monthly mean GMS/OLR was about 2-12(W/m²) greater on the land for October 1999 and February 2000. It is considered that to calculate monthly mean by only 06UTC and 18UTC data is not sufficient for removal of the diurnal variation and on the land the effect of greater value at 06UTC is left.

要旨

外向き長波長放射量 (Outgoing Longwave Radiation; OLR) は熱帯域の対流活動の指標として、気候系の監視において有効なデータである。米国海洋大気庁 (NOAA) が NOAA 衛星データから算出している OLR (NOAA/OLR) は全球をカバーしているということで広く利用されているが、観測が 1 日 2 回のみであることから、半旬、旬、月等の平均の統計処理をした場合、日変化の影響を受けていることが報告されている。気象衛星センターでは GMS-5 の IR1 及び WV データから OLR を算出しているが、今回の調査では、GMS-5 の IR1 データから OLR を算出し、NOAA-14 の観測時間帯に近い 06,18UTC のみのデータから月平均値 (06/18 月平均値) を作成し、日変化が除去されていると考えられる 3 時間ごとのデータから算出した月平均値 (3-hourly 月平均値) と比較することで、NOAA/OLR の日変化をシミュレートした。1999 年 10 月と 2000 年 2 月について 06/18UTC 月平均値と 3-hourly 月平均値とを比較すると、陸域では 2-12(W/m²) ほど 06/18 月平均値が高いことがわかった。これは 06,18UTC の

* 気象衛星センター システム管理課
(2000 年 8 月 9 日受領、2000 年 11 月 15 日受理)

2 時間帯のみの平均だけでは、日変化を除去しきれておらず、06UTC 時の陸域の高い OLR の影響が残っていることを示していると考えられる。

1. はじめに

外向き長波長放射量 (Outgoing Longwave Radiation; OLR) は地球から宇宙へ向かって放射される長波長放射の総量をさし、気候系の監視で特に熱帯域の対流活動の指標として有効なデータである。

米国海洋大気庁 (NOAA) では 1974 年 6 月に太陽同期の極軌道衛星 NOAA の赤外チャンネル ($10\text{-}12\ \mu\text{m}$) データを利用した OLR (以降 NOAA/OLR と記述する) の推定を開始し、現在までルーチン的に処理を行っている。極軌道衛星の観測は 1 日につき昼と夜の 2 回であり、時間間隔はおよそ 12 時間である。

NOAA/OLR はこの 2 軌道のデータからそれぞれ算出される。NOAA/OLR は $0.2\text{-}50\ \mu\text{m}$ の波長帯を観測する ERBE との比較において、亜熱帯の海上や昼の砂漠、高緯度の雪面においてバイアスは見られるものの、一般的に両者の相関はよいということが報告されている (Gruber, A., R. Ellingson, P. Ardanuy, M. Weiss, S. K. Yang and S. N. Oh, 1994)。現在 NOAA 衛星は複数運用されているが、OLR の月平均値には観測開始当初の 1 衛星との連続性を重視するために、

NOAA-14 の OLR の月平均値が米国海洋大気庁 (NOAA) の FTP サイトに公開され、利用されている。

OLR は気候系の監視のために半旬平均、月平均などの統計値が利用されるが、特に平年値からの偏差を得ることが重要なため、全球的で長期のデータセットが必要とされる。NOAA/OLR は過去 20 年以上ものデータセットがあり、全球観測であるため利用価値が高い。しかし 1 日 2 軌道のデータしかないことから、統計処理を行った場合、その日変化が無視できなくなるという報告 (Gruber, A. and T. S. Chen, 1988) がある。一方、GMS などの静止気象衛星による観測は、全球観測ではないものの、時間分解能は極軌道衛星よりもよいという利点がある。

気象衛星センターでは GMS-5 の運用開始時から現在まで、IR1-WV の赤外 2 チャンネルを用いた OLR の推定を行っており、3 時間毎の特別データから統計

処理を行って半旬平均値、月平均値、3ヶ月平均値を算出している (小山、1996)。

今回は NOAA-14 の観測時間にもっとも近い 2 つの観測時間帯 (06, 18 UTC) の GMS の OLR (以降 GMS/OLR と記述する) から月平均値を算出することで、NOAA/OLR の月平均値をシミュレートした。NOAA/OLR の算出に使用されているセンサーは NOAA/AVHRR の channel 4 ($10.3\text{-}11.3\ \mu\text{m}$) であるので、これとほぼ同じ波長帯を観測する GMS-5 の IR1 ($10.5\text{-}11.5\ \mu\text{m}$) から OLR を算出することとした。算出には、NOAA/OLR の算出に重回帰式が用いられていることから、事前に係数を決定し、重回帰式を用いた。06, 18 UTC のみから作成した GMS/OLR の月平均値 (以降 06/18 UTC 月平均値と記述する) を 3-hourly の GMS/OLR から作成した月平均値 (以降 3-hourly 月平均値と記述する) と比較することによって、NOAA/OLR に日変化の影響が残っていることを推定したので報告する。

2. GMS/OLR の算出方法

基本的には気象衛星センターでルーチン的に算出している IR1-WV の 2 チャンネルから求める OLR の算出方法と同様に、IR1 の放射輝度から重回帰式を用いて OLR を算出する。今回は IR1 の基本ヒストグラムを使用した。これは GMS-5 の観測範囲内について、 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 格子に含まれる IR1 の輝度レベル値毎の画素数分布を格納しているデータであり、衛星の軌道やキャリブレーションなどの情報も含んでいる。

基本ヒストグラムに格納されている GMS の放射輝度のキャリブレーションテーブルは、1 波長あたりの放射輝度なので、まず輝度温度のキャリブレーションテーブルと IR1 の応答関数を用いて、IR1 の観測する放射輝度のキャリブレーションテーブルを作成しておく。これは、後述の重回帰式の係数を決定する際に波数単位で放射輝度を扱ったためである。そして、IR1 のカウント値をそれぞれの放射輝度に換算し、重回帰

式 (1)、(2) でそれぞれの放射輝度について衛星天頂角の補正を行う。この式に代入することで、観測地点の天頂方向の放射輝度に変換できる。

なお、式で使われている $a_1, a_2, \dots, a_5, a_6$ の各回帰係数については、1998 年の各月 1 日の 00、12Z の数値予報値から、BSRN の 40 地点のプロファイル (計 960 のプロファイル) をとりだし、放射伝達モデル (LOWTRAN7) を用いて計算した結果である。この係数は季節や観測地点にかかわらず固定値である。

$$R_{ir}(0) = (a_1 + a_2 \times an + a_3 \times an^2) \times R_{ir}(\theta) + a_4 + a_5 \times an + a_6 \times an^2 \quad (1)$$

ここで、

$$an = 1 / \cos(\theta) - 1$$

$R_{ir}(0)$: 天頂方向に補正された IR1 の放射量 ($W/cm^2/sr$)

θ : 観測地点の衛星天頂角

$R_{ir}(\theta)$: 衛星で観測される IR1 の放射量 ($W/cm^2/sr$)

$a_1, a_2, \dots, a_5, a_6$: 回帰係数

次に重回帰式 (1) で得られたそれぞれの放射輝度から重回帰式 (2) で OLR を計算し、式 (3) で単位変換を行う。(2) 式で使用される回帰係数 b_1, b_2, b_3, b_4 につい

ても $a_1, a_2, \dots, a_5, a_6$ の決定時と同じプロファイルを用いている。この値についても季節や観測地点にかかわらず固定値である。

$$OLR(W/cm^2/sr) = b_1 + b_2 \times R_{ir}(0) + b_3 \times R_{ir}(0)^2 + b_4 \times R_{ir}(0)^3 \quad (2)$$

$$OLR(W/m^2) = OLR(W/cm^2/sr) \times 1.0E4 \times \pi \quad (3)$$

ここで、

b_1, b_2, b_3, b_4 : 回帰係数

π : 円周率

このようにして各ピクセルごとに OLR を算出し、0.25 度格子の平均値を算出することで、この格子の OLR の値としている。

図 1 は GMS/OLR と NOAA/OLR の対応を示す散布図、および NOAA/OLR を基準としたときの統計結果である。1999 年 10 月と 2000 年 2 月について、06/18UTC 月平均値を NOAA/OLR 月平均値と比較した。相関係数はほぼ 0.95 であり、RMSE は 1999 年 10 月はおよそ $9.7(W/m^2)$ 、2000 年 2 月はおよそ 11.1

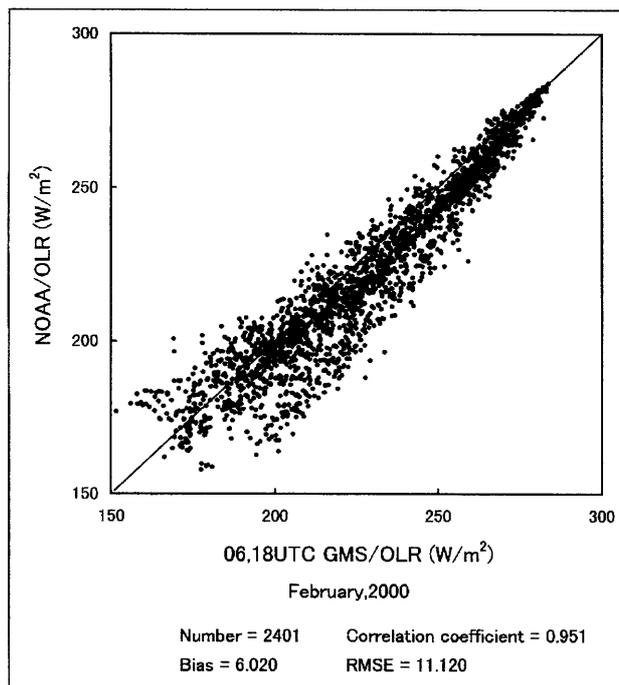
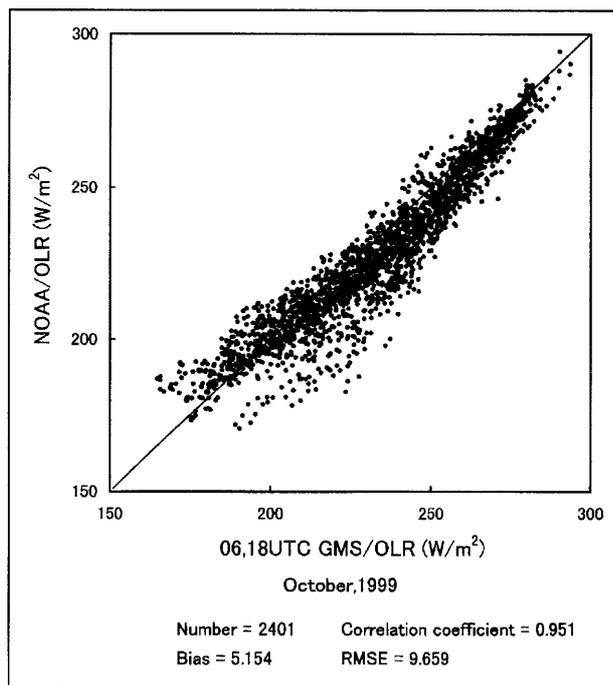


図 1 GMS/OLR と NOAA/OLR の比較
GMS/OLR と NOAA/OLR の月平均値を散布図にしたものとその統計結果。左図は 1999 年 10 月で右図は 2000 年 2 月である。

(W/m^2)であった。この結果より、GMS/OLRはNOAA/OLRと相関がよいといえ、GMS/OLRでNOAA/OLRの日変化をシミュレートすることは可能であるといえる。

なお今回利用したNOAA/OLRデータは、米国海洋大気庁(NOAA)のFTPサイトで公開されているNOAA-14のOLRの月平均値である。

3. 06UTC,18UTCそれぞれのGMS/OLR月平均値と3-hourly月平均値との差

NOAA-14はGMSの観測範囲内に関しては、およそ06UTC(昼軌道)と18UTC(夜軌道)に観測するため、06UTCと18UTCのGMS/OLRのみでそれぞれ月平均値をとり、3-hourly月平均値と比較することで、NOAA/OLRの日変化の影響をシミュレートすることができる。

まず、06UTCと18UTCのそれぞれについて月平均値をとり、3-hourly月平均値と比較した。ここでは1999年10月と2000年2月について示す。

図2、図3はそれぞれ、06UTCまたは18UTCのみのGMS/OLR月平均値と3-hourly月平均値の差を示している。ここで目に付くのは特にチベット高原、オーストラリア大陸の陸域で日変化が大きく、日中である06UTCでは $+20\sim 35(W/m^2)$ の値をとっており、夜間である18UTCでは $-20\sim -10(W/m^2)$ の値をとっていることである。海域での差はさほど目立たない。

また、ここには図は載せていないが、06UTC,18UTC以外の3-hourlyの各時間についても同様に調べてみたが、観測範囲内で昼の時間である00～09UTCでは、陸域の値の高い場所が太陽の位置とともに徐々に西に移動しているのがわかった。また、海域での差は06UTC,18UTCと同様に小さかった。

4. 06/18UTC月平均値と3-hourly月平均値との比較

06/18UTC月平均値を算出し、3-hourly月平均値との比較を行った。図4は1999年10月の3-hourly月平均値、06/18UTC月平均値、06/18UTC月平均値と3-hourly月平均値との差を示す。図5は同様に2000

年2月の結果を示す。

図4と図5をみると、海域での差は小さいが、陸域ではチベット高原付近を中心に、06/18UTC月平均値は3-hourly月平均値と比較して $2\sim 12(W/m^2)$ 程度の高い値を示している。昼軌道と夜軌道を平均することで日変化の影響はだいぶ除去されているが、陸域を中心に日変化の影響が依然として残っている。この結果はNOAA/OLRにもあてはまる可能性があると考えられる。

5. まとめ

気象衛星センターでルーチン的に算出しているOLRはIR1-WVの赤外2チャンネルで計算しているが、今回はNOAA/OLRの日変化の調査ということで、ルーチンと同等の手法を用いてNOAA/OLRに近い波長特性を持つIR1のみからGMS/OLRを算出した。

NOAA-14に近い観測時間帯である06,18UTCのみでGMS/OLRの月平均値をとって、3-hourlyのGMS/OLR月平均値と比較した結果、陸域を中心に $2\sim 12(W/m^2)$ ほど高めの値がでていたことがわかった。これは海域に比べ陸域のほうが日変化が大きいことが原因だが、06UTCと18UTCの2時間帯の平均だけでは、日変化を除去しきれておらず、06UTC時の陸域の高いOLRの影響が残っているといえる。よってNOAA-14で観測される他の領域でも同様に、陸域を中心に日変化の影響が月平均値に現れていると考えられるので、使用目的によっては注意が必要である。

6. おわりに

GMS/OLRは全球の気候系の監視には用いることができないが、3-hourlyの月平均値はNOAA/OLRの月平均値と比較して日変化の影響を除去できているので、西部太平洋熱帯域での詳細な対流活動を監視するためには非常に有効なデータといえる。

参考文献

Gruber,A., R.Ellingson, P.Ardanuy, M.Weiss,
S.K.Yang and S.N.Oh, 1994 : A comparison of
ERBE and AVHRR longwave flux estimates,
Bulletin American Meteorological Society, 75,
2115-2130

Gruber,A. and T. S. Chen, 1988 : Diurnal Variation of
Outgoing Longwave Radiation, Journal of
Climatology, 8, 1-16

小山朋子、1996 : 長波長放射量、気象衛星センター技
術報告特別号、75-76

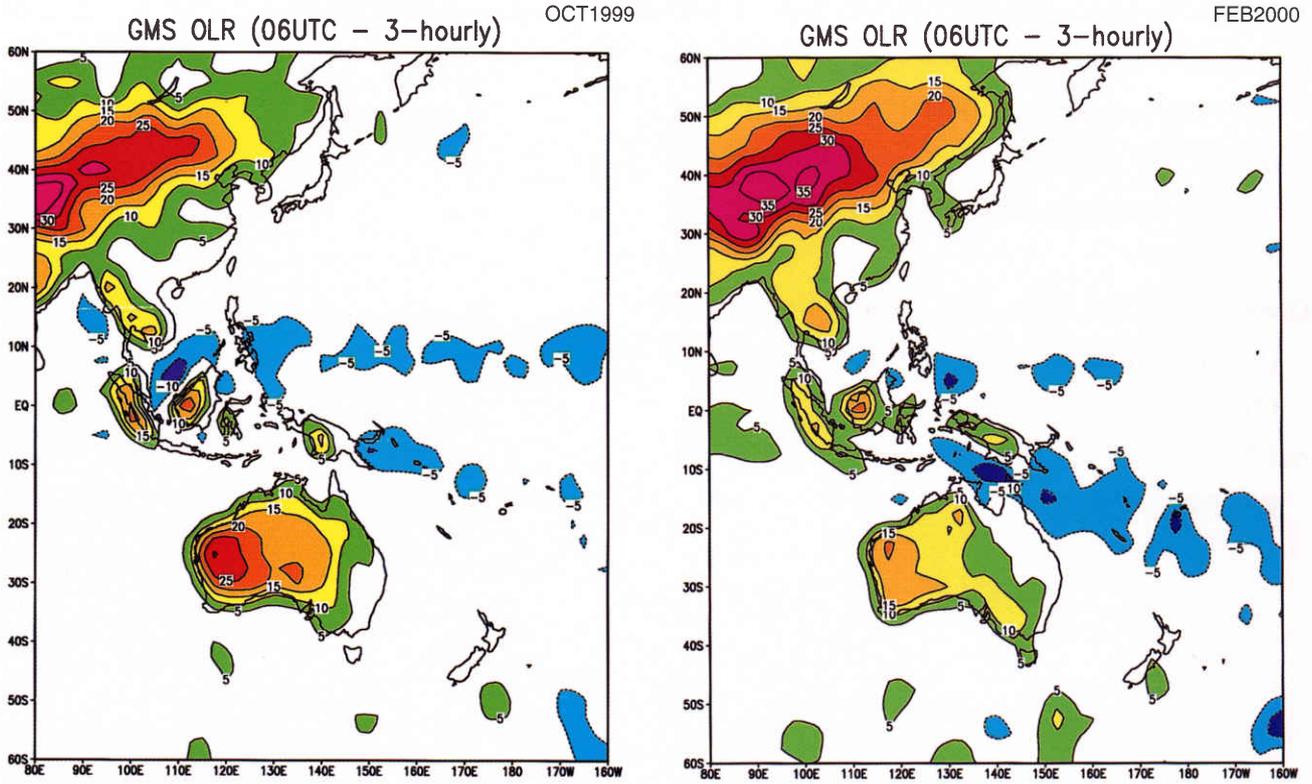


図2 06UTCのみのGMS/OLR月平均値と、3-hourlyのGMS/OLR月平均値の差(単位は W/m^2)
左図が1999年10月、右図が2000年2月のも。GMS/OLRはIR1のみで作成。

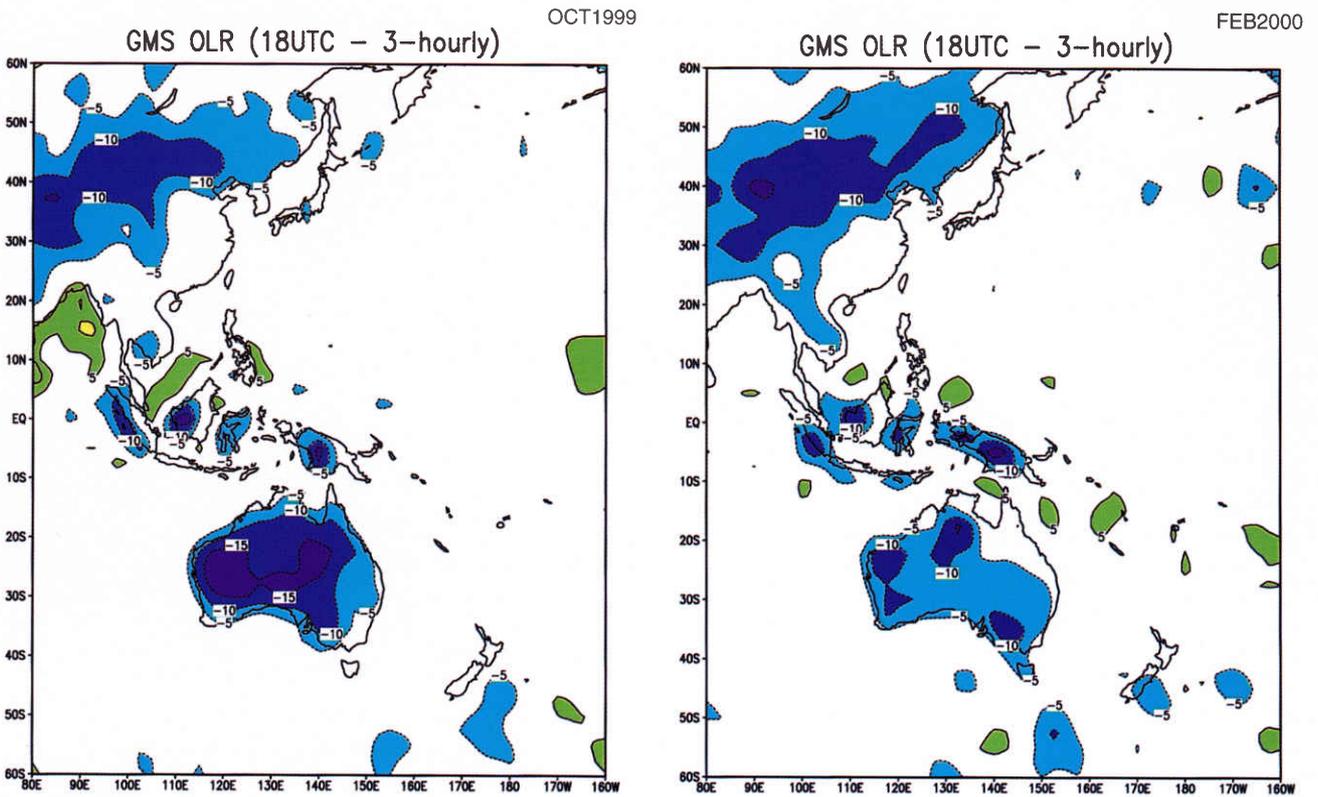


図3 18UTCのみのGMS/OLR月平均値と、3-hourlyのGMS/OLR月平均値の差(単位は W/m^2)
左図が1999年10月、右図が2000年2月のも。GMS/OLRはIR1のみで作成。

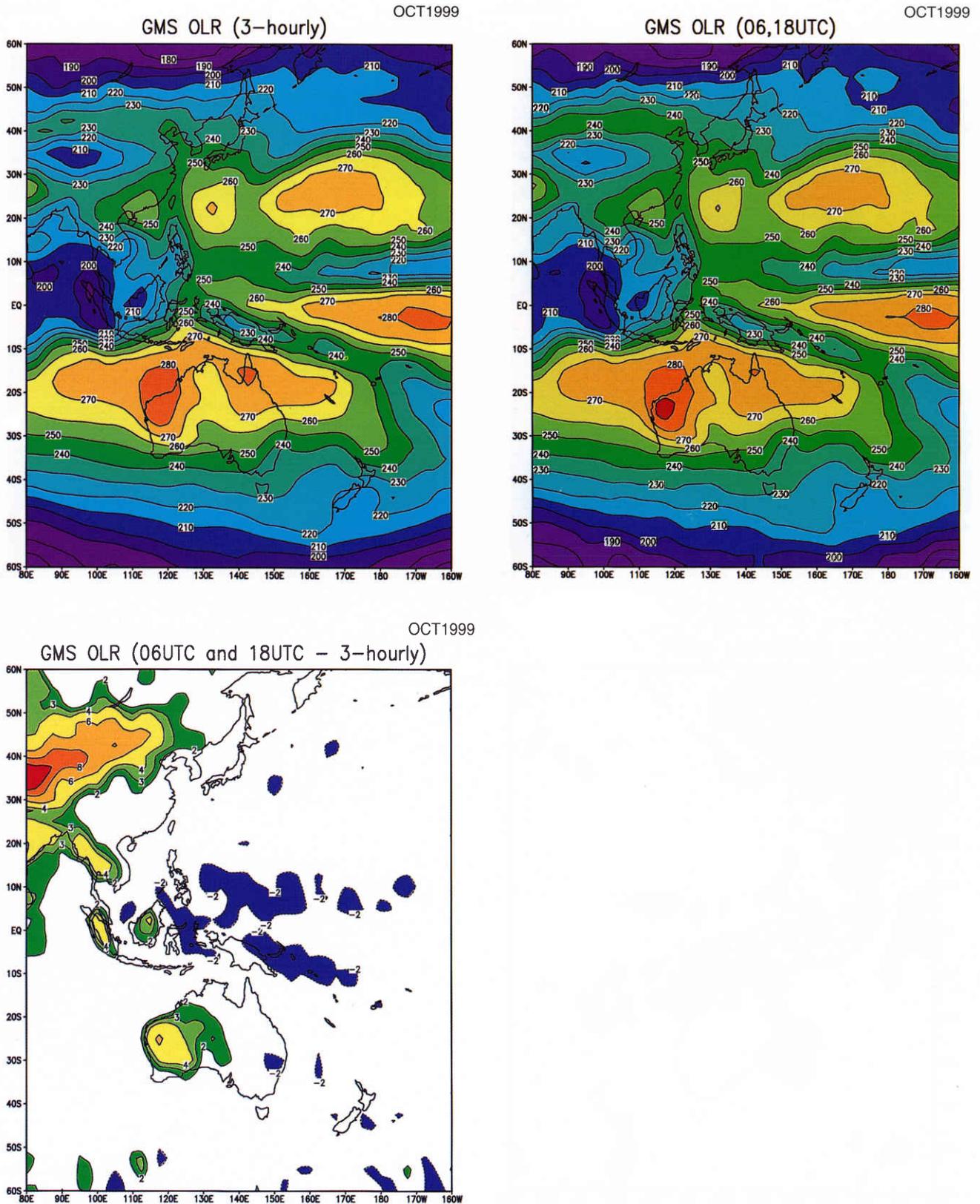


図 4 1999 年 10 月の GMS/OLR の月平均値 (単位は W/m^2)
 左上の図は 3-hourly の GMS/OLR 月平均値、右上の図は 06,18UTC の GMS/OLR 月平均値、左下の図は
 06,18UTC の GMS/OLR 月平均値と 3-hourly の GMS/OLR 月平均値との差をあらわす。GMS/OLR は
 IR1 のみで作成。

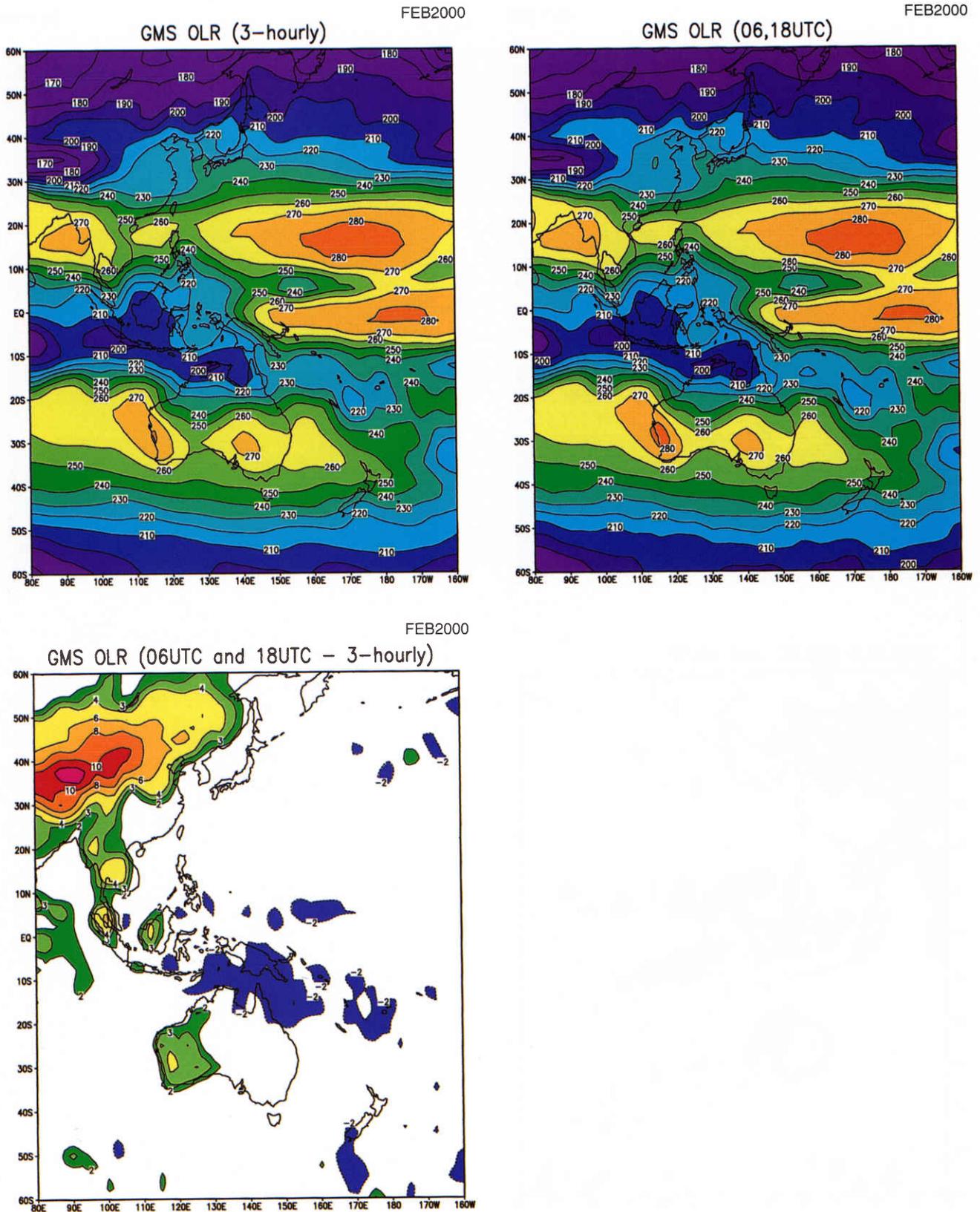


図5 2000年2月のGMS/OLRの月平均値(単位は W/m^2)
 左上の図は3-hourlyのGMS/OLR月平均値、右上の図は06,18UTCのGMS/OLR月平均値、左下の図は06,18UTCのGMS/OLR月平均値と3-hourlyのGMS/OLR月平均値との差をあらわす。GMS/OLRはIR1のみで作成。