

熱帯降雨観測衛星（TRMM）観測データの一般公開について

平成10年9月2日
郵政省通信総合研究所
宇宙開発事業団

1. TRMM観測データ公開までの経緯

- (1) 平成9年11月に打ち上げられたTRMMは、平成10年1月までの初期機能確認試験を経て、2月より選考研究者（PI）へのデータ提供を開始し、定常的な観測を続けながら、観測データの校正・検証を実施してきた。
- (2) 降雨レーダの校正・検証にあたっては、気象データとの比較を行うとともに、5月から6月にかけて石垣・宮古TRMMキャンペーン実験を実施し、郵政省通信総合研究所の航空機搭載降雨レーダや気象庁の地上レーダからのデータとの比較などを実施した。
- (3) 校正が概ね終了したレベル1データ（受信電力や放射輝度の観測データ）の一般提供を、6月1日から開始した。
- (4) 8月末までの検証によって、観測データは適切に処理されていることが日米合同のサイエンスチームにより確認された。
- (5) 9月1日より、レベル2以上のデータ（降雨強度等の物理量）の一般提供を開始した。

2. 降雨レーダ観測データの校正・検証結果

- (1) アルゴリズムの基本機能に関する評価
 - ・ 降雨減衰補正前のレーダ反射因子（ Z_m ）の誤差は1 dB以内である。
 - ・ 降雨減衰補正済みレーダ反射因子（ Z ）の誤差は、 Z の値とともに増加するが、 Z が約35 dBZ（5 mm/hrから7.5 mm/hrの降雨強度に相当）よりも小さい場合、 Z の誤差は概ね15%以内に収まっていると推定される。
 - ・ 地表面付近の降雨強度の誤差は、降雨強度の増加とともに増えると推定される。
 - ・ 10 mm/hrまでの降雨では、降雨強度の誤差は±25%以下であると推定される。
 - ・ 降雨強度の評価及び高精度化は、今後の研究テーマである。また、降雨減衰補正機能についても、強い雨のデータを蓄積し、今後の研究により評価、検証及び改良を行う必要がある。
- (2) 地上観測データを用いた検証
 - ・ 航空機搭載降雨レーダとの同期実験により、レーダ反射因子（ Z_m ）の鉛直構造のパターン比較を行い、良好な結果が得られた。
 - ・ 地上レーダとの同期実験により、 Z の水平構造のパターン比較を行い、良好な結果が得られた。
 - ・ 雨滴粒径分布計のデータと Z_m の比較評価を行い、少ないサンプル数ではあるが、良好な結果を得た。
 - ・ AMEDASのデータと降雨強度の比較評価を行い、3 mm/hr程度の弱い降雨につい

ては比較的良好一致した。しかし、強い降雨では降雨レーダ（PR）の降雨強度が小さくなることから比較方法には検討の余地があり、今後の研究においてより高精度の検証を行う必要がある。

（3）日米合同サイエンスチームの結論

個々のアルゴリズムにはさしあたっては、小さな調整しか残っておらず、また気象レーダとしては十分な性能が確認されている。これ以上の大きな精度向上には研究レベルの作業が必要であり、開発母体に閉じることなく多数の研究者に広げるべきである。また、TRMMの打ち上げ以来ほぼ9ヶ月が経過し、研究者からの要求も日増しに強まっていることから、レベル2、3のデータを公開すべきである。

3. TRMMデータ公開について

（1）提供対象データ

①降雨レーダ（PR）

観測対象 : 降雨によるレーダ波の反射

提供データの概要 : 降雨強度、降雨の三次元構造

データの構造 : 観測幅215 km、垂直分解能250 m、水平分解能4.3 km

②TRMMマイクロ波観測装置（TMI）

観測対象 : マイクロ波放射

提供データの概要 : 海洋上の降雨強度

データの構造 : 観測幅760 km、水平分解能6～50 km

③可視赤外観測装置（VIRS）

観測対象 : 可視・赤外放射

提供データの概要 : 雲の分類と分布

データの構造 : 観測幅720 km、水平分解能2 km

（2）提供媒体

8ミリカセット、CD-ROM、DAT、MO（フォーマットはHDFのみ）

（3）提供価格

・ 研究目的に利用する場合

1シーン（1周回あたり）2,600～5,000円程度（処理レベル、提供媒体による）。データ複製実費相当額で提供するが、適用条件等あり。

・ 研究目的以外に利用する場合

1シーン（1周回あたり）18,000円

（4）インターネットによるデータの公開

降雨レーダの一部のデータ（日本周辺の降雨状況など）をインターネット上で公開している。

4. 今後の予定

8月までに確定したアルゴリズムにより、観測されたデータの処理を行うとともに、これまで蓄積されたデータの再処理（レベル1、レベル2）を12月頃までに実施する予定。また、データの検証を今後も継続し、アルゴリズムの改修を実施していく。

データ公開にあたっての日米合同TRMMサイエンスチームの見解

この度、日米合同のTRMM（熱帯降雨観測衛星）サイエンスチームは、広く一般の研究や応用に供することを目的としてTRMMのデータを公開することと致しました。この中には降雨についての様々なプロダクトが含まれていますが、これらを良く検討した結果、センサー毎のプロダクト間で、あるいは複数のセンサーデータを組み合わせて作成したプロダクトとの間で相互に違いはあるものの、これらの違いはそれぞれのアルゴリズムにおいて適用した物理的な処理方法の基本的な違いによるものと結論致しました。このような違いはあるものの、初期の検証データと同様にそれぞれのプロダクトが25%以内の違いで一致しています。

細かな点がTRMMサイエンティストによるこれからの研究課題として残ってはいるものの、今が開発の初期段階にあることおよび降雨量を計測することの本質的な難しさを考えれば、このような一致はアルゴリズムの基本原理の正しさを確信させるものです。我々は、検証処理とアルゴリズムの改良とを相互に関連づけることによってアルゴリズムの中の不確実な部分を適切なものにすることができると考えています。

我々はこの衛星ミッションの当初から、降雨データは個々の不確実な地上測定に任意の補正を加えて求めるよりも、むしろ観測の物理的な理解を基に取得するべきであると強く感じていました。マイクロ波放射計の観測と同様に、降雨からのレーダ反射信号を解釈する手法が複数あることから、初期のTRMM公開データ中に残されている不確実性は、今日のレーダを用いた降雨量推定における基本的な不確実性を表すものと言えます。

しかし、TRMMデータはかつてなかったほど良質ですので、現存するセンサープロダクト間の相違はいずれ解決され、その結果、降雨プロセスの理解あるいはまた地上および衛星のセンサーからの測定というものの理解を促進するだけでなく、より質の高い降雨プロダクトが得られるということを、我々TRMMサイエンスコミュニティは確信しております。

Comments on the TRMM data release from The Joint TRMM Science Team

The Joint TRMM Science Team of Tropical Rainfall Measuring Mission is pleased to announce the release of the TRMM data for public research and applications. After careful review of the various rainfall products, the team has come to the conclusion that while there are differences among the sensors, and combinations of sensors, these differences are due to fundamental differences in the physics used by the algorithms. Despite these differences, there is agreement to within 25% among the various products as well as early validation data.

Given the early stage of development and the inherent difficulty of measuring rainfall by any means, is an affirmation that the underlying physical principles are sound although many of the details remain a subject of further research being conducted by TRMM scientists. The TRMM science team feels that the proper mix of algorithm development and validation data processing is curing to help resolve some of the remaining ambiguities.

The TRMM Science Team has felt strongly from the inception of the mission that rainfall products should be based upon our physical understanding of the observations rather than the arbitrary calibration to any single ground based measurement with its own uncertainties. Given the diversity of approaches being used to interpret the rainfall signal, the uncertainties remaining in the early release of TRMM data represent a fundamental uncertainty in today's rainfall estimates from radar as well as radiometric observations.

Given the unprecedented quality of the TRMM data, however, the TRMM scientific community now feels confident that the remaining differences will be resolved – resulting in even higher quality rainfall products as well as increased understanding in rainfall processes and their measurement from both ground and space-based sensors.

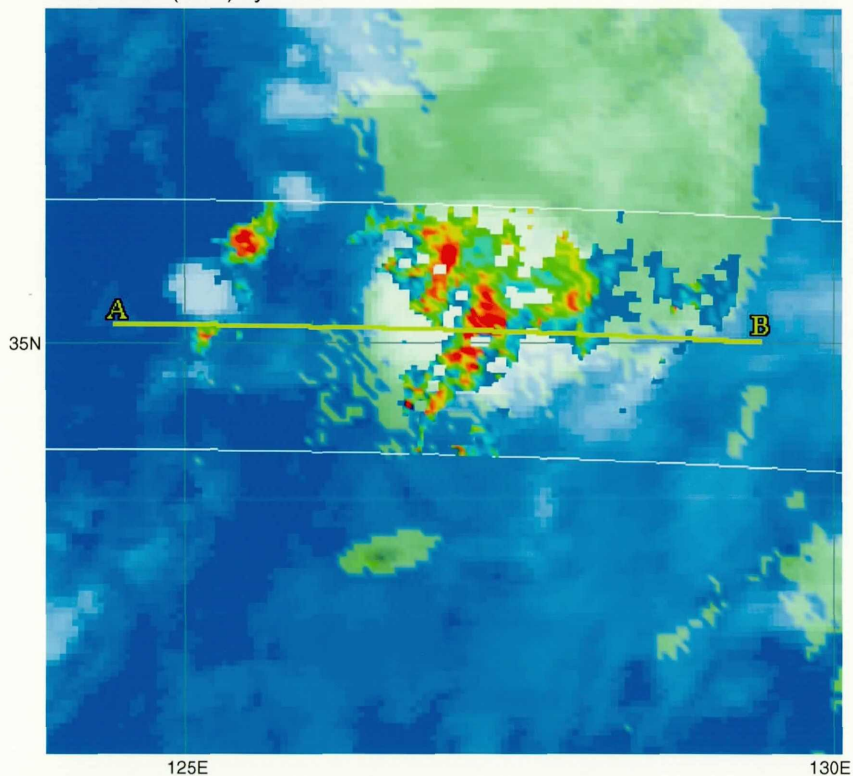
A Concentrated Heavy Rain over Korea

NASDA
NATIONAL SPACE DEVELOPMENT AGENCY OF JAPAN
CRL
COMMUNICATIONS RESEARCH LABORATORY

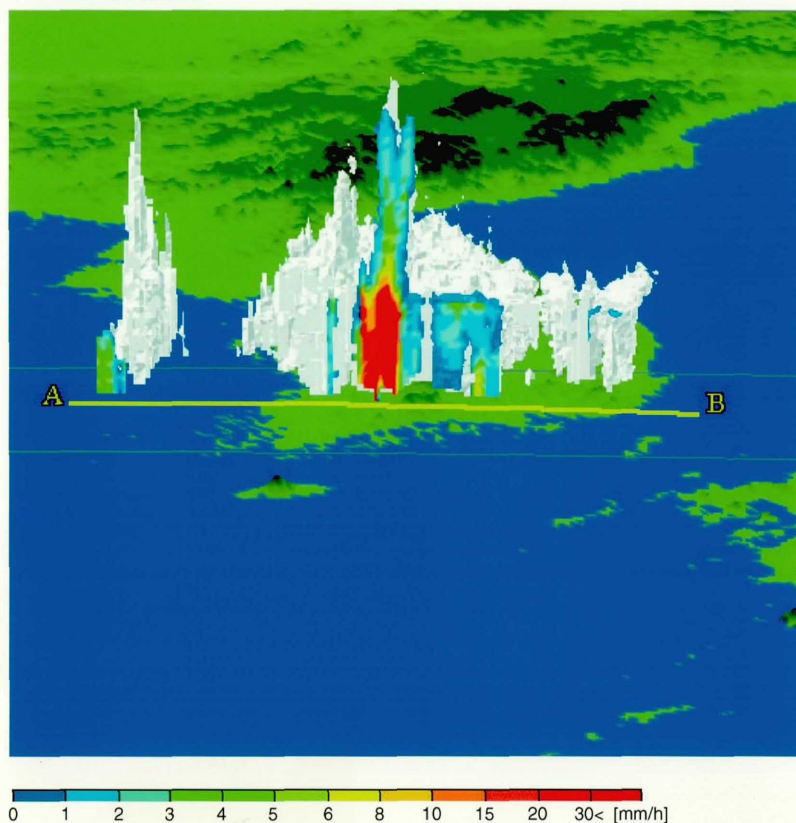


TRMM Earth View

Horizontal Cross Section of Rain at 2.00 km Height
GMS 13:00 (UTC) by JWA



3-D Rain Structure



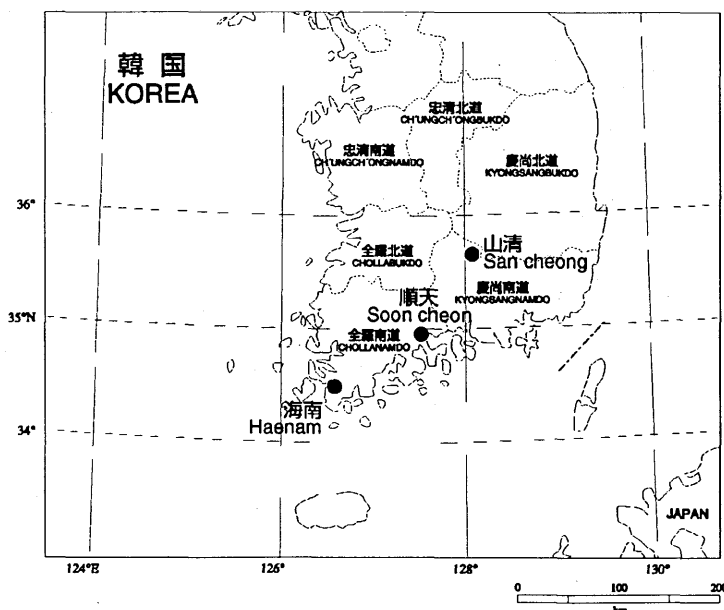
韓国の集中豪雨

この図は、1998年7月31日の午後10時12分から16分（日本時間）にかけてTRMM搭載降雨レーダ（PR）が捉えた韓国南部の集中豪雨の画像です。中国・中東部で強い雨を降らせた前線が衰えないまま東進したことにより、土砂崩れや濁流などによる死者が出るなど韓国南部に大きな被害をもたらしました。

翌日の新聞報道によれば、1998年7月31日夜から8月1日午後7時までに全羅南道順天で226mmの降雨量を記録したのを最高に、慶尚南道山清で203mm、全羅南道海南で103mmを記録しました。特に7月31日の夜、全羅南道の順天地区で記録した降雨量は1時間当たり128mmに達し、同国気象観測史上最大の降雨量を記録しました。上図は高度2kmにおける降雨の水平分布です。瞬間的に数10mm/hr以上の非常に強い雨が観測されています。降雨の強い領域が数カ所存在していたことも確認できます。また下図は、上図中の線A-Bにおける降雨の鉛直断面です。場所によっては地上から14kmという、非常に高い高度まで降雨が観測されています。今年の夏は、東北・北陸では梅雨明けが発表されず、また、新潟・北陸地方での大雨や、中国・長江での大洪水など、エルニーニョの影響と考えられる現象が東アジア各地で発生しています。これら異常気象の解明に、TRMM衛星のデータが役立つことが期待されています。

A Concentrated Heavy Rain over Korea.

This is the image of a concentrated heavy rain over Korea observed by TRMM Precipitation Radar(PR) on July 31, 1998 at 10:12 pm to 10:16 pm (JST). Because the front caused the heavy rain in middle east China had moved to the east without weakening, it brought great damages in the south part of Korea such as losing lives by landslide, muddy stream and so on. According to the newspaper on the following day, the precipitation was recorded 226 mm in Soon Cheon, Cheon Ra Nam-Do at the highest, 202mm in San Cheong, Kyung Sang Nam-Do and 103mm in Hae Nam, Cheon Ra Nam-Do from the night on July 31 to 7 pm on August 1. Especially, on July 31 at night, the precipitation in Soon Cheon, Cheon Ra Nam-Do was reached to 128mm an hour, which is the highest precipitation in the history of weather observation in Korea. The above image is a horizontal distribution of rain at an altitude of 2.0km. TRMM observed the very heavy rain more than tens of mm an hour instantaneously. We can also identify the province of heavy rain in several place. The bottom image shows the vertical cross section at the line A-B in the above image. It observed the rain at very height such as 14 km above ground according to the place. In this summer, the end of the rain season was not announced and a phenomenon which is supposed to the influence of El Niño have appeared in east Asia, such as heavy rain in Hokuriku, Niigata in Japan and a deluge in Chang Jiang in China. TRMM data is expected to be useful for the investigation of these abnormal weather.

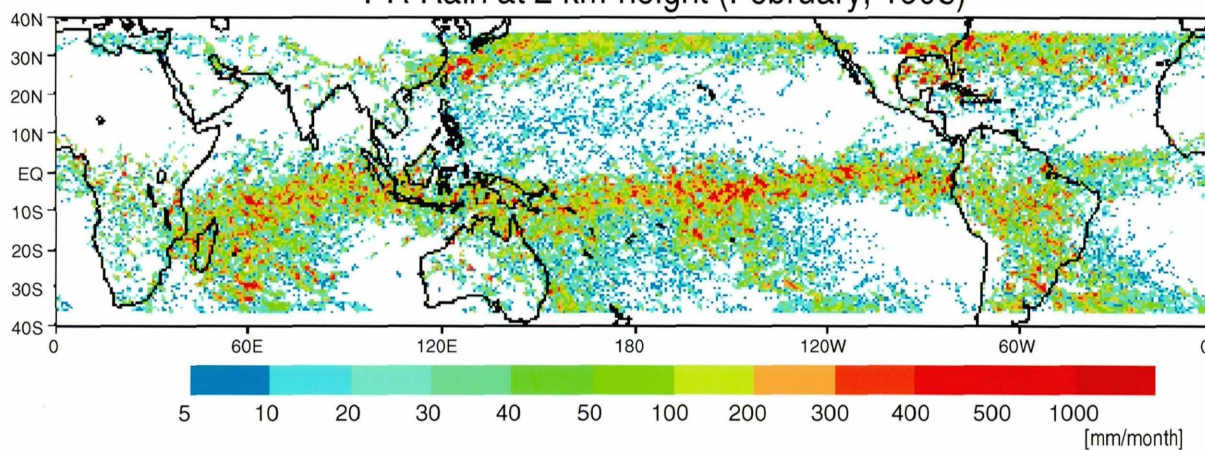


El Niño warm episode observed by TRMM

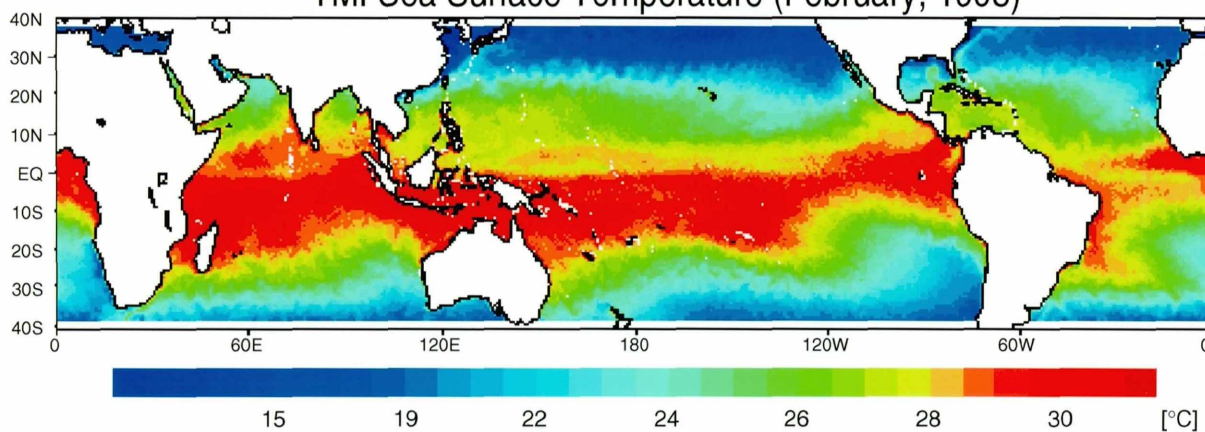
NASDA
NATIONAL SPACE DEVELOPMENT AGENCY OF JAPAN
CRL
COMMUNICATIONS RESEARCH LABORATORY



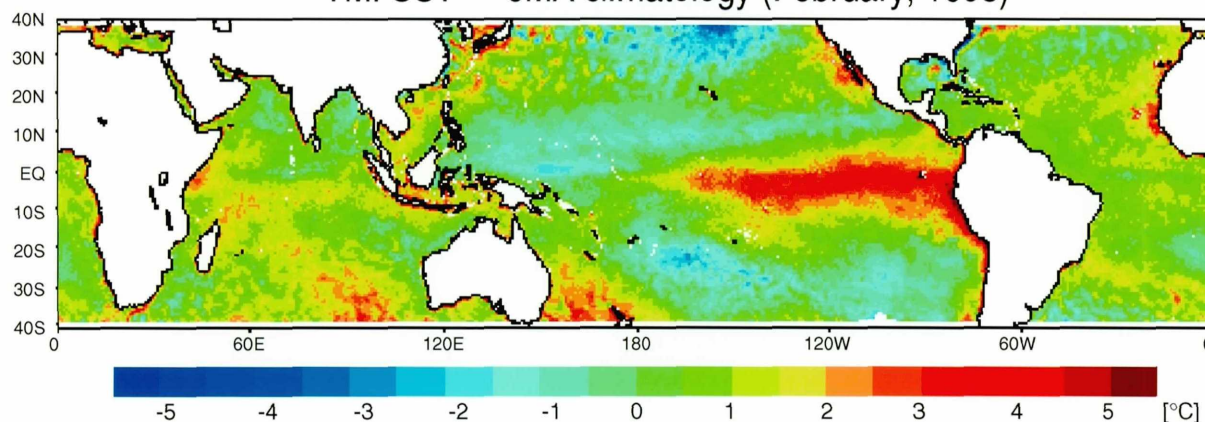
PR Rain at 2 km height (February, 1998)



TMI Sea Surface Temperature (February, 1998)



TMI SST — JMA climatology (February, 1998)



TRMM が捉えたエルニーニョ現象

これらの図はTRMMによって観測された、エルニーニョに伴う海面水温の変動とそれに対応する降水量の分布を示しています。

上の図は降雨レーダ(PR)の観測から見積もられた、1998年2月の高度2kmにおける月積算降水量です。夏半球である南半球に特に降雨の多い領域が見られます。赤道付近で東西に帯状に広がる雨の多い領域が熱帯収束帯(ITCZ)です。平年のこの時期はオーストラリア北部やインドネシアなどで雨季に当たっており、西部熱帯太平洋から日付変更線にかけて雨の多い領域が広がっていますが、この図では、降水量の最も多い領域がより東側の西経150度付近に移動しているのがわかります。これは、前年から続いていたエルニーニョの影響であると考えられます。なお、チベット高原やロッキー山脈、アンデス山脈などで降雨が示されていないのはそこでの標高が2kmを越えているためです。

中央の図はTRMMマイクロ波観測装置(TMI)から推定された同じ月の平均海面水温、下の図は気象庁による2月の海面水温の気候値からの偏差で、黄色や赤は平年より海面水温が高いことを示しています。中央の図で海面水温の高い領域と上の図で降水量の多い領域はよく一致しています。この時期、まだエルニーニョの状態が続いていたため、下の図に見られるとおり、通常は水温の低い南米ペルー沖に至る東部赤道太平洋で非常に水温が高くなっており、逆に西部赤道太平洋では水温が下がっていました。エルニーニョによる海面水温の変動に対応して、上の図の熱帯収束帯で降水量の多い領域が例年に比べ東側へ移動し、西部太平洋で降水量が少なくなっている様子が現れています。このような熱帯での大規模な降水域の移動は、世界の気象に大きな影響を及ぼします。

El Niño warm episode observed by TRMM

These figures indicate the variation of Sea Surface Temperature (SST) related to an El Niño warm episode and corresponding rainfall distribution in February 1998.

The upper panel shows estimated accumulated monthly rainfall at 2.0 km height derived from the Precipitation Radar (PR). Heavy rainfall regions were observed in the Southern Hemisphere which was in the summer season in this figure. Zonal heavy rainfall regions along the equator correspond to the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). In a normal year, heavy rainfall regions are located around the western tropical Pacific, but in February 1998, the maximum rainfall region over the equatorial Pacific moved east of date line, around 150°W at the equator. The El Niño warm episode is supposed to have influenced this shift. Also, there were no rain observations in the Tibetan Plateau, the Rocky Mountains and the Andes because those regions are highlands where the altitude exceeds 2.0 km.

The middle panel shows that monthly mean SST retrieved from the TRMM Microwave Imager (TMI) and its deviation from the climatological monthly mean compiled by the Japan Meteorological Agency. Yellow and red areas indicate higher SST than normal years. In the middle panel, higher SST regions in the tropics correspond well to heavy rainfall regions in the upper panel. Since the El Niño warm episode continued in February 1998, there are higher than normal SSTs in the Eastern equatorial Pacific and lower than normal SSTs in the western tropical Pacific. Related to those positive and negative SST anomalies, the heavy rainfall region extending over the equatorial Pacific shown in the upper panel shifted its maximum area further eastward than in normal years and less rainfall was observed in the western tropical Pacific. Such a shift of the maximum rainfall region in the tropics linked to convective activity variations should significantly affect world weather.