# 平成 22 年度 卒業論文

# ひまわりで見る東アジア地域における 月平均反射光強度の年々変動

2010年2月10日提出 岡山大学 理学部 地球科学科 西村 奈那子

# 要旨

大気大循環のパターンは年によって異なる。大気大循環のパターンに年々変動はあるのか、可視画像で見ることができるのか、年々変動があるのならそれがどのような変動なのかとらえることを本研究の目的とする。

そのために本研究では気象衛星ひまわり 6 号が撮像した可視画像を用いて 1 か月の月平均 反射光強度をも計算し、東アジア地域の大気大循環について考察した。

#### 目次

- 1 研究背景と目的
- 2 データ
  - 2-1 研究対象期間
  - 2-2 研究対象領域
  - 2-3 気象衛星
  - 2-4 可視画像
  - 2-5 反射光強度
    - 2-5-1 太陽天頂角
    - 2-5-2 アルベド
- 3 解析
  - 3-1 データの選定
  - 3-2 月平均反射光強度の算出
  - 3-3 3(4)年平均からの偏差の算出
- 4 結果
  - 4-1 7月
    - 4-1-1 3年の平均
    - 4-1-2 偏差
  - 4-2 1月
    - 4-2-1 4年の平均
    - 4-2-2 偏差
- 5 考察
  - 5-1 反射光強度の意味するもの
  - 5-2 7月
    - 5-2-1 3年の平均
    - 5-2-2 偏差
      - ① 西太平洋における雲分布の変動
      - ② 日本列島付近の降水活動
  - 5-3 1月
  - 5-3-1 4年の平均
  - 5-3-2 偏差
- 6 まとめ
  - 6-1 解析作業
  - 6-2 結果、考察

参考文献

謝辞

# 1 研究背景と目的

図 1.1 は気象衛星ひまわり 6 号が撮像した画像で、東アジア地域だけを切り出している。この画像は可視光の波長の光をとらえた画像で、太陽光の反射を撮ったものである。雲は太陽光をよく反射するため、この画像では白く映っている。降水量や気温など観測によって得られるデータは、観測地点だけしか知ることができないが、気象衛星画像は雲の空間分布など、広範囲の大気の状態が視覚的にわかる。つまり、気象衛星画像の利点は観測地点のない地域や海上の大気の状態の情報を得ることができることである。

画像1枚1枚は瞬間の状態をとらえたものである。しかし、期間を設定して各地点(この画像での1画素に相当する地域)に太陽光の反射の時間平均をとった画像では、明るい場所はその期間における雲や雪の出現頻度が高く、暗い場所は低いことが予想される。つまり、どこを雲がよく通ったかといった大気大循環のパターンをとらえることができる。

大気大循環のパターンに年々変動はあるのか、可視画像で見ることができるのか、年々変動があるのならそれがどのような変動なのかとらえることを本研究の目的とする。

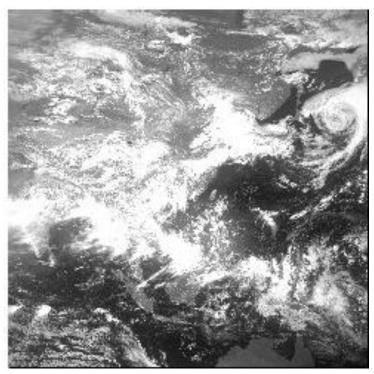


図 1.1 2007 年 7 月 1 日 15 時(JST)の可視画像

# 2 データ

本研究では、気象衛星ひまわり6号が撮像した可視画像を解析に使用する。

#### 2-1 静止気象衛星

静止気象衛星とは、地球の自転周期と同じ公転周期で地球のまわりを周っている静止衛星である。地球上から見ると、いつも同じ位置にいる。

日本が打ち上げている静止気象衛星でも、衛星が違うと地球から見たときの衛星の位置も 少し異なる。

ひまわり 6 号は東経 140° の赤道上空約 36000km にいる静止衛星である。

ひまわり 6 号で撮像されている可視画像は、可視光の波長帯 $(0.55\sim0.8\,\mu\text{ m})$ の光をとらえている。

1時間に1回全球を撮像している。

#### 2-2 可視画像

可視画像は、雲や地表面で反射した太陽光を観測している。反射光の強さを白黒の濃淡で表している。反射光が強いほど白く、弱いほど黒い。雲は太陽光を強く反射するので、白く映る。夜間は太陽光が入らないために、反射せず、真っ黒になる。(図 2.2 参照)

本研究では、高知大学気象情報頁で公開されているものを解析に使用した。これは、ひまわり 6 号が撮像した画像に緯度経度の座標をつけ、東アジア地域(北緯  $70^\circ$  から南緯  $20^\circ$ 、東経  $70^\circ$  から東経  $160^\circ$  の領域)を切り出してある。

画像サイズは 1800x1800 画素で、解像度は 20 画素/1°である。

画像をテキストデータで見ると、各画素について、衛星がとらえる反射光強度を入射する太陽光強度(緯度によらず一定値)で割った値、つまり0から1の値を0から255に線形に補間した値が書いてある。

#### 2-3 反射光強度

反射光強度とは衛星がとらえた反射した太陽光の強さである。

反射光強度を決める要素は2つあり、入射してくる太陽光の強さとアルベドである。

#### 2-3-1 太陽天頂角

入射してくる太陽光の強さは天頂角によって変わる。その強さは cos(天頂角)に比例する。

天頂角とは、地上から見た太陽と、天頂とのなす角である。明け方や夕方は、昼間よりも天頂角が大きいため、入射する太陽光強度が小さく、可視画像では暗く映る。(図 2.2 参照)

#### 2-3-2 アルベド

アルベドとは入射した太陽光がどれだけ反射したかの割合、反射率である。 アルベドは、地面や雲の物理的特性で決まる。(表 2.1 参照)

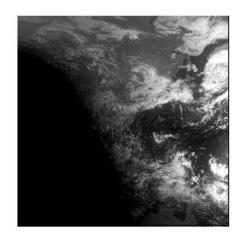
入射する反射光の強さが同じ場合、アルベドが大きいと反射光強度は大きくなる。

地面より雲の方がアルベドは大きいため、雲が出ると反射光強度が大きくなる。そのた め、可視画像では雲が出ているところは白く映っている。

陸と海では、陸の方がアルベドは大きいため、陸の方が反射光強度は大きくなる。その ため、可視画像では陸は海よりも明るい。

陸地では、雪氷の有無によって反射光強度は変わる。雪氷がある陸地では無い陸地より もアルベドが大きいため、雪氷のある方が反射光強度は大きくなる。そのため、可視画像 では、雪氷がある場所では、無い場所と比べて明るい。

可視画像で白い部分は、雲あるいは雪が出ていると考えて良い。ただし、アルベドが同 じでも、太陽天頂角によって反射光強度の大きさが変わるので、太陽天頂角が大きく異な る地域同士の反射光強度を見て、どちらのアルベドが大きいか小さいかという議論はでき ない。



地表面	(%)	雲	(%)
海洋,湖	8	薄い, 隙間のある雲	
	7/11/2	積雲	30
陸地		卷雲,卷層雲,卷積雲	35
土壌	14	層雲	40
草原	18		
砂漠	27	厚い雲	
	.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	卷層雲	74
氷雪		層雲	65
海氷	35	高積雲, 高層雲, 層積雲	68
古い雪	59	積雲	75
新雪	80	乱層雲	85
	31.5mc X*90*	積乱雲	90

図 2.2 2007 年 7 月 2 日 8 時(JST)の可視画像 表 2.1 地面や雲の典型的なアルベド 図:高知大学気象情報頁 右上が昼間、左下が夜間に相当

http://airsea.as.maritime.kobe-u.ac.jp/kogi/ ohsawa/2010/marine\_met/text2010\_1.pdf

#### 2-4 研究対象期間

本研究では、ひまわり 6号の運用期間である 2007年、2008年、2009年7月と、2007 年、2008年、2009年、2010年1月を研究対象期間とした。

この期間を選んだ理由は3つある。

1つ目は、同じ衛星が撮像した画像を扱いたかったからである。地球から見て衛星の位置

が違うと、同じ強さの反射光でも衛星で受ける反射光の強さに違いが生じることが考えられ、それを回避するために地球から見て同じ位置から撮像された、つまり同じ衛星で撮像された期間の画像を選んだ。

2つ目は、各画素に書いてある値から規格化された反射光強度の値への変換が容易であったからである。高知大学気象情報頁で公開されているひまわり 6 号の可視画像のデータは、0:=0.0 から 255:=100.0 の間を線形に補間しても十分である(高知大学気象情報頁ホームページ、URL: <a href="http://weather.is.kochi-u.ac.jp/wiki/archive">http://weather.is.kochi-u.ac.jp/wiki/archive</a>)。このため、ひまわり 6 号の運用期間を選んだ。

3つ目は、夏と冬について見たかったからである。日本を含む東アジア地域は夏と冬にアジアモンスーンの影響を強く受ける。その影響が大気大循環のパターンに強く反映されているか、あまりされていないかを見るために、夏の代表として7月、冬の代表として1月を選んだ。

#### 2-5 研究対象領域

本研究では、大気大循環のパターンについてアジアモンスーンの影響も考慮するため、 東アジア地域やインド、オーストラリア北部を含む、北緯 70° から南緯 20°、東経 70° から東経 160°の領域を、研究対象領域とした。



図 2.1 研究対象領域

URL: <a href="http://www.stat.go.jp/data/sekai/img/worldmap.gif">http://www.stat.go.jp/data/sekai/img/worldmap.gif</a> より引用

## 3 解析

#### 3-1 データの選定

まず、高知大学気象情報頁(http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/GAME/)から対象期間の可 視画像をダウンロードした。画像は、gzip 形式で圧縮されているので、解凍した。ダウン ロードした画像は、バイナリ形式で書かれているため、テキスト形式に変換した。

次にダウンロードした画像を 1 枚 1 枚目で確認して、使用できるものとできないものに分けた。図 3.1 は使用した画像の一例である。図 3.2 のように画像が乱れているものは、扱うデータから外した。

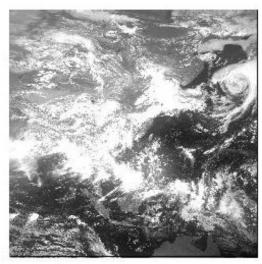


図 3.1 2007 年 7 月 1 日 15 時(JST)の可視画像



図 3.2 2007 年 7 月 5 日 20 時(JST)の可視画像

#### 3-2 月平均反射光強度の算出

ダウンロードした画像は、各画素について、衛星がとらえる反射光強度を入射する太陽 光強度(緯度によらず一定値)で割った値(規格化された反射光強度)、つまり0から1の値を0から255に線形に補間した値が書いてある。

まず、各画素において、各時刻の1か月の規格化された反射光強度の0から255に線形に補間した値の時間平均を計算した。次に、各時刻の反射光強度の平均値から、1か月の平均値を計算し、規格化された反射光強度に変換した。

### 3-3 各年の平均の3(4)年平均からの偏差の算出

7月について述べる。

2007年、2008年、2009年の7月の平均から3年の平均を計算する。(以後、これを3年平均と呼ぶ)

各年の平均から3年平均を引き、これを偏差とした。

1月についても同様の計算を行った。しかし、1月は研究対象期間が 2007 年から 2010 年の4年なので、7月で3年平均とした部分は4年平均とする。

# 4 結果

#### 4-1 7月

#### 4-1-1 3年の平均

図 4.1 から図 4.4 は 2007 年、2008 年、2009 年 7 月の月平均と 3 年平均の反射光強度を示した図である。横軸は経度で東経  $70^\circ$  から東経  $160^\circ$  。縦軸は緯度で南緯  $20^\circ$  から北緯  $70^\circ$  。図の右側に載せてある値は規格化された反射光強度で単位は無次元。最小値は 0 で 最大値は 1 である。これらの図では、最大値は 0.4 となっている。太陽天頂角が  $0^\circ$  で、この値が 0.4 をとっていると、入射された太陽光の 40%を反射していることになる。

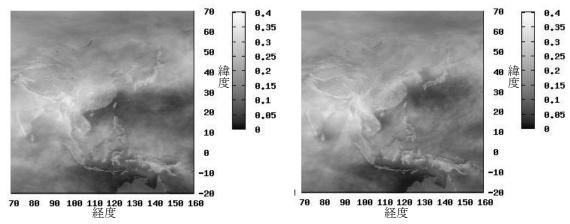


図 4.1 2007年7月の月平均反射光強度

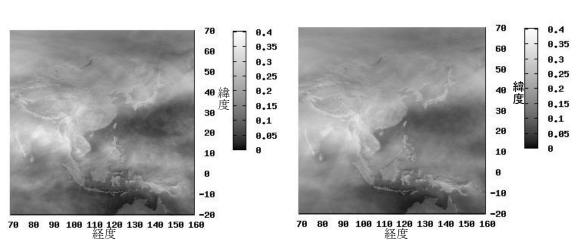


図 4.3 2009 年 7 月の月平均反射光強度

図 4.4 3年平均の反射光強度

図 4.2 2008年7月の月平均反射光強度

図 4.4 から、7 月の平均的な状態(ただし、2007 年、2008 年、2009 年の 3 年)について 以下のことが分かった。

- 東経 120°付近から東経 160°付近にかけて、反射光強度の小さい領域が、南緯 20°から南緯 10°と、北緯 20°から北緯 30°で見られる。
- 東経 120°付近から東経 160°付近にかけて、反射光強度の大きい領域が、南緯 10°から北緯 20°で見られる。
- 日本列島付近では、反射光強度が大きい。
- ベンガル湾付近では、反射光強度が大きい。

#### 4-1-2 偏差

図 4.1 から図 4.3 を見ると、年ごとに反射光強度に違いが見えるのだが、非常に分かりにくい。違いを視覚的に分かりやすくするために、各年の反射光強度の月平均について、反射光強度の 3 年平均からの偏差をとったものが、図 4.5 から図 4.7 である。軸は図 4.1 から図 4.4 と同じで、値は規格化された反射光強度の 3 年平均からの偏差であり、単位は無次元である。赤は 3 年平均よりも反射光強度が大きく、青は小さいことを表している。

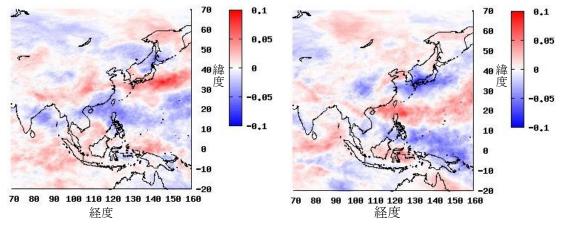


図 4.5 2007 年 7 月の月平均反射光強度(偏差)

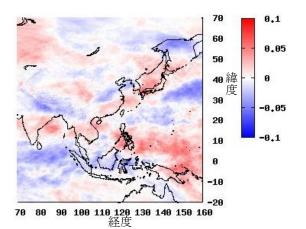


図 4.6 2008 年 7 月の月平均反射光強度(偏差)

図 4.7 2009 年 7 月の月平均反射光強度(偏差)

図 4.5 から図 4.7 から以下のことがわかった。

- ① 日本列島付近では、2007年と2009年は3年の平均(以後例年と呼ぶ)よりも反射光強度が大きく、2008年は小さかった。2007年は、北緯40°付近より北側の日本列島で、反射光強度が小さかった。
- ② 西太平洋では、反射光強度が例年よりも大きい領域と小さい領域が、赤道から日本列島にかけて緯度方向に交互に現れている。

2007 年は反射光強度が例年よりも大きい→小さい→大きい→小さいというパターンが見える。2008 年は小さい→大きい→小さい、2009 年は大きい→小さい→大きいというパターンが見える

### 4-2 1月

図 4.8 から図 4.12 は 2007 年、2008 年、2009 年、2010 年 1 月の月平均と 4 年平均の反射光強度を示した図である。軸と値の見方は図 4.1 から図 4.4 と同じである。

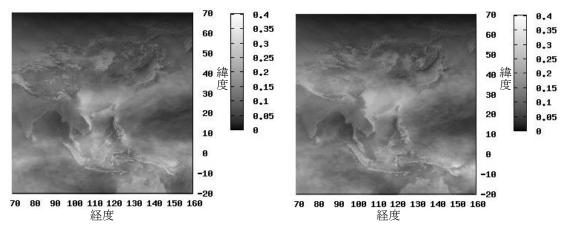


図 4.8 2007年1月の月平均反射光強度



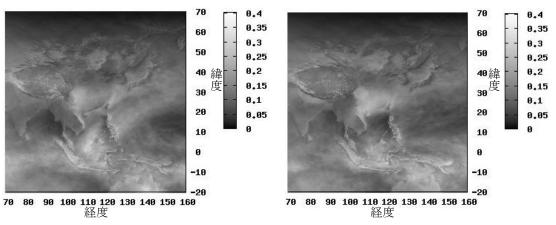


図 4.10 2009 年 1 月の月平均反射光強度

図 4.11 2010 年 1 月の月平均反射光強度

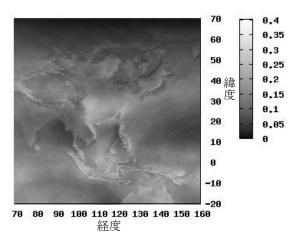


図 4.12 4年平均の反射光強度

#### 4-2-1 4年の平均

図 4.12 から、1 月の平均的な状態(ただし、2007 年、2008 年、2009 年、2010 年の 4 年)について以下のことが分かった。

- 北緯70°付近では、反射光強度が小さい。
- 南緯20°から北緯10°にかけて反射光強度が大きい。
- 東経 130° から東経 160° において、北緯 10° から北緯 20° の領域で反射光強度が 小さい。
- インドシナ半島東部から中国南部にかけて反射光強度が大きい。
- ベンガル湾付近で反射光強度が小さい。
- 日本列島では日本海側が太平洋側と比べ反射光強度が大きい。

#### 4-2-2 偏差

各年の反射光強度の月平均について、反射光強度の4年平均からの偏差をとったもの が、図 4.13 から図 4.16 である。軸や値の見方は図 4.5 から図 4.7 と同じである。

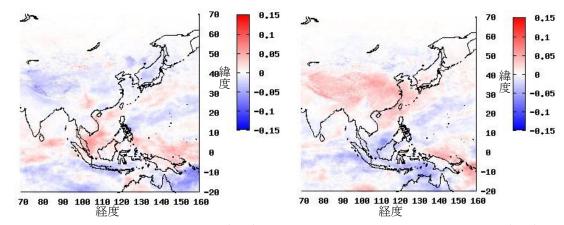


図 4.13 2007 年 1 月の月平均反射光強度(偏差)

図 4.14 2008年1月の月平均反射光強度(偏差)

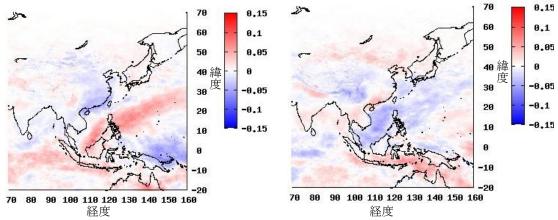


図 4.15 2009 年 1 月の月平均反射光強度(偏差) 図 4.16 2010 年 1 月の月平均反射光強度(偏差)

図 4.13 から図 4.16 より以下のことが明らかになった。

- ① 日本列島における反射光強度の年々変動は見られない。
- ② アジア大陸周辺における反射光強度の 4 年平均(以後例年と呼ぶ)と比べて、2007 年では、北緯 40°付近を境に、南側で例年よりも反射光強度が小さい。

2008年では、北緯 40°付近を境に、南側で例年よりも反射光強度が大きい。しかし、インドやインドシナ半島は、例年よりも小さい。

2009年では、中国南部で例年よりも小さく、中国乾燥地域で大きい。

2010年では、チベット高原を中心とした北緯30°付近から北緯40°付近の地域で、例年よりも小さく、その地域の周辺で大きい。

# 5 考察

#### 5-1 反射光強度が意味するもの

2-3 で述べたように、可視画像で白い部分は雲あるいは雪が出ていると考えて良い。つまり、月平均反射光強度の図では、地面よりも明るい部分は雲あるいは雪がその月でよく現れたことが推察される。反射光強度が地表面の反射光強度大きい地域では、雲や雪が多いと言っても良いだろう。

一般的に上昇域で雲ができ、下降域で雲ができにくい。よって、雲が多い領域では上昇 流、少ない領域では下降流が発生していると考えられる。

偏差の図では、赤い部分は例年よりも雲あるいは雪が多い、青い部分は少ないことが推察できる。

以上のことを念頭において、7月と1月それぞれの大気大循環について考察する。

#### 5-2 7月

5-2-1 3年の平均

5-1 で述べたことをふまえ上で、図 4.4 から以下のことが推察できる。

- 東経 120°付近から東経 160°付近にかけて、反射光強度の小さい領域が、南緯 20°付近から南緯 10°付近、北緯 20°付近から北緯 30°付近で見られる。これらの領域では、雲が少なく、下降域に対応することが考えられる。このことから、南緯 20°付近から南緯 10°付近は南半球の亜熱帯高圧帯の一部、北緯 20°付近から北緯 30°付近は北半球の亜熱帯高圧帯の一部に対応することが考えられる。
- 東経 120° 付近から東経 160° 付近にかけて、反射光強度の大きい領域が、南緯 10° 付近から北緯 20° 付近で見られる。これらの領域では、雲が多く、上昇域に対応することが考えられる。この領域は熱帯収束帯を含んでいる。しかし、緯度方向に範囲が広いため、この領域全てが熱帯収束帯に対応しているわけではない。
- 日本列島付近では反射光強度が大きい。つまり、雲が多いことが考えられる。年によって多少違いはあるが、7月の前半は日本が梅雨期であるために雲が多いと考えられる。
- ベンガル湾付近では反射光強度が大きい。つまり、雲が多いことが考えられる。この地域ではこの時期、夏のアジアモンスーンによって降水活動が活発になるため、雲が多いと推察できる。

#### 5-2-2 偏差

5-1 で述べたことをふまえた上で、図 4.5、図 4.6、図 4.7 から以下のことが推察できた。 ① 西太平洋における雲分布の変動

図 4.5、図 4.6、図 4.7 の西太平洋では赤道から日本列島にかけて反射光強度の大きい領域と小さい領域が交互に現れている。つまり、例年と比べて雲の多い領域と少ない領域

が交互に現れていることが推察される。

2007年では、赤道から日本列島にかけて、例年よりも雲が「多い→少ない→多い→少ない」というパターンが現れている。2008年では、「少ない→多い→少ない」、2009年では「多い→少ない→多い」というパターンが現れている。

この雲分布の空間変動のパターンの原因として考えられるものにテレコネクションがある。

テレコネクションとは地理的に離れた領域で相関をもって変動することである。テレコネクションのパターンの一つを図 5.1 に示す。図は気象庁異常気象レポートのものである。

図 5.1 は海面気圧の平均からの偏差を示している。偏差の波列が図 4.5 から図 4.7 の西 太平洋での赤青のパターンに似ている。もちろん、このパターンがテレコネクションに関 係しているとは断定できない。

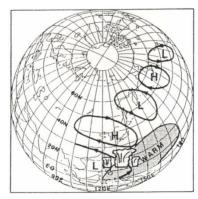


図 5.1 PJ パターン

気象庁の異常気象レポートより引用

#### ② 日本列島付近の降水活動

図 4.4 より、2007 年、2008 年、2009 年 7 月の日本列島付近では、雲が多い。7 月前半は梅雨期のため、この雲は降水を伴う雲であることが推察される。それぞれの年で降水活動が活発であったか否か、考察する。

図 5.2、図 5.3、図 5.4 は 2007 年、2008 年、2009 年 7 月の降水量平年比を示しており、気象庁ホームページ(http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/mdrr/)で公開されているものである。緑色は平年よりも降水量が多く、茶色は少ない。平年値は 1971 年から 2000 年までの平均値である。これらの図と、各年についての 3 年平均からの偏差の図を比較する。図 5.5、図 5.6、図 5.7 はそれぞれ図 4.5、図 4.6、図 4.7 から日本列島付近を切り出した図である。

#### ● 2007年7月

図 5.5 では北日本で例年より雲が少なく、北日本以外では雲が多い。図 5.2 を見ると、図 5.5 で例年より雲が多い所で平年より降水量が多く、雲が少ない所で降水量が少ない。

#### ● 2008年7月

図 5.6 では北日本以外で例年よりも雲が少ない。図 5.3 を見ると、図 5.6 で雲が例年より少ない所で平年より降水量が少ない。

#### ● 2009年7月

図 5.7 では全国的に例年よりも雲が多い。図 5.4 を見ると、全国的に平年より降水量が多い。

2007年も2009年も7月は日本列島で降水活動が活発であったのだが、活発な領域に少し違いがある。2007年は北日本以外で降水活動が活発であったのに対し、2009年は全国的に活発である。この違いは梅雨前線の位置が関係していると推察できる。2007年7月に発生した前線は、ほぼ等緯度上に停滞していた。一方2009年7月に発生した前線は、日本列島に沿うように停滞したものも見られた。このことが、降水活動が活発な領域に違いをもたらした原因の一つと考えられる。

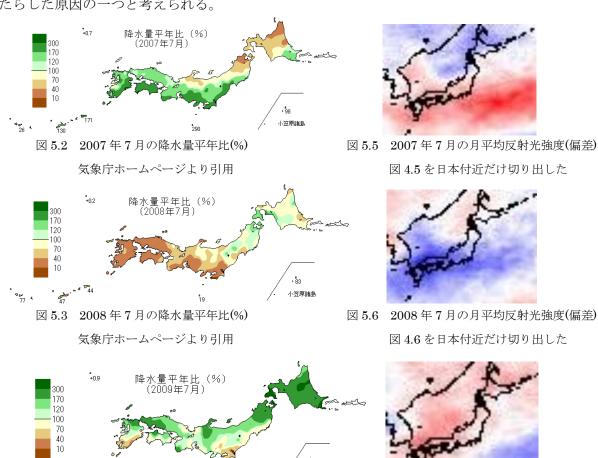


図 5.4 2009 年 7 月の降水量平年比(%)

気象庁ホームページより引用

小笠原諸島

図 5.7 2009 年 7 月の月平均反射光強度(偏差)

図 4.7 を日本付近だけ切り出した

#### 5-3 1月

雲はもちろんだが、雪氷も反射光強度の変動に寄与する。そのため1月については大陸 での雪氷の変動についても述べていく。

#### 5-3-1 4年の平均

5-1 で述べたことをふまえ上で、図 4.12 から以下のことが推察できた。

- アジア大陸の大部分では反射光強度が小さい。つまり、雲が少なく下降域に対応していると考えられる。1月はシベリア高気圧の勢力が強いため、雲が少なくなったと推察できる。
- 南緯 20°付近から北緯 10°付近にかけて反射光強度が大きい。つまり、雲が多く上昇域に対応していることが考えられる。この領域の一部は赤道熱帯収束帯を含んでいることが推察される。
- 東経 130°付近から東経 160°付近において、北緯 10°付近から北緯 20°付近の領域で反射光強度が小さい。つまり、雲が少なく下降域に対応していることが考えられる。この領域は、亜熱帯高圧帯の一部に対応していることが推察される。
- インドシナ東部から中国南部にかけて反射光強度が大きい。つまり、雲あるいは雪が 多いと考えられる。
- ベンガル湾付近で反射光強度が小さい。つまり、雲が少ないと考えられる。
- 日本列島では、太平洋側より日本海側の方が反射光強度は大きい。つまり、雲あるい は雪が多いと考えられる。

#### 5-3-2 偏差

図 5.8、図 5.9、図 5.10、図 5.11 は 2007 年、2008 年、2009 年、2010 年 1 月の月平 均海面気圧を示したものであり、気象庁ホームページ

(http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/db/diag/db hist mon.html) で公開されているものを東経  $60^\circ$  から西経  $150^\circ$  、南緯  $30^\circ$  から北緯  $60^\circ$  を切り出している。これらの図と、各年についての 4年平均からの偏差の図を比較する。図 5.12、図 5.13、図 5.14、図 5.15 はそれぞれ図 4.13、図 4.14、図 4.15、図 4.16 と同じものである。

5-3-1 で述べたように 1 月はシベリア高気圧の勢力が強い。つまり、よく晴れている。 地面に雪が積もったら、反射光強度に反映される。高気圧勢力内での同じ地域で反射光強 度の年々変動があるとすると、その変動は雪によるものだと推察できる。この事と、5-1 で 述べたことをふまえた上で、以下のことが推察できる。

#### ● 2007年1月

図 5.12 から、朝鮮半島の北で例年よりも反射光強度が小さい。つまり、例年より雪が少ないと考えられる。2007 年 1 月は、この地域を含むシベリア一帯は気温が高かったため、雪が積もらなかったと推察できる。

日本海では例年より反射光強度が小さい。つまり、例年より雲が少ないことが考えられる。これも、シベリア一帯の気温が高いために日本列島に吹き出す空気も暖かく、日本海上で積雲が発達しなかったためだと推察できる。また、図 5.8 から、シベリア高気圧の等圧線が日本列島付近でそれほど混んでいないため、北西季節風も弱かったことも原因の一つだと考えられる。

#### ● 2008年1月

図 5.13 から、中国のほぼ全域で、例年より反射光強度が非常に大きい。つまり、雲あるいは雪が極端に多いことが考えられる。2008 年 1 月は中国から中央アジアにかけて異常低温となり、アフガニスタンでは寒波や大雪、中国中部、南部では大雪や多雨の被害が報告された。(気象庁,URL:http://www.jma.go.jp/jma/press/0802/01d/world20080201.pdf)。図 5.9 からシベリア高気圧の勢力が非常に強く(中心気圧 1040hpa)、太平洋高気圧が強いことがわかる。シベリア高気圧の寒気の南下と、太平洋高気圧の西端での暖気の流れによって、中国南部での大雪や多雨をもたらしたことが推察できる。

#### ● 2009年1月

図 5.14 から、フィリピン付近から北東方向に延びている領域で例年よりも反射光強度が大きい。つまり、この領域で例年より雲の多いことが考えられる。図 5.10 より、シベリア高気圧からの寒気吹き出しによって対流活動が活発になったためだと推察できる。

#### ● 2010年1月

図 5.15 から、東アジア北部にかけて反射光強度が大きい。つまり、雲が多いことが考えられる。2010 年 1 月は、この地域では異常低温になる都市も多く、降水(雪)も多かった。図 5.11 より、シベリア高気圧が高緯度で発達し、勢力は非常に強いことがわかる。このため、東アジア北部でシベリア高気圧からの寒気吹き出しによって、大雪や多雨になったと推察できる。

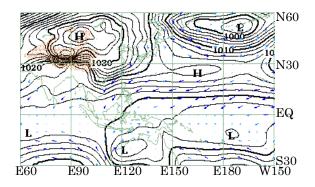


図 5.8 2007年1月の平均海面気圧

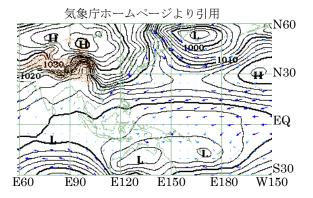


図 5.9 2008年1月の平均海面気圧

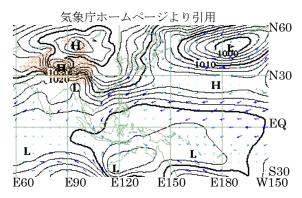


図 5.10 2009 年 1 月の平均海面気圧

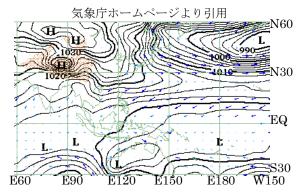


図 5.11 2010 年 1 月の平均海面気圧 気象庁ホームページより引用

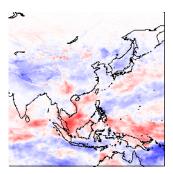


図 5.12 2007 年 1 月の月平均反射光強度(偏差) 図 4.13 と同じものである

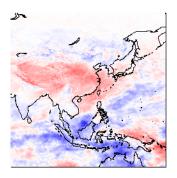


図 5.13 2008 年 1 月の月平均反射光強度(偏差) 図 4.14 と同じものである

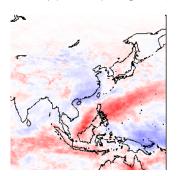


図 5.14 2009 年 1 月の月平均反射光強度(偏差) 図 4.15 と同じものである

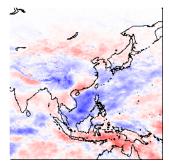


図 5.15 2010 年 1 月の月平均反射光強度(偏差) 図 4.16 と同じものである

# 6 まとめ

#### 6-1 解析作業

- ① 画像の各画素について、2007年、2008年、2009年7月、2007年、2008年、2009年、2010年1月の月平均反射光強度を計算した。
- ② 7月と1月それぞれの反射光強度の平均を出し、各年について3(4)年平均からの偏差を計算した。

### 6-2 結果、考察

- ① 7月では、西太平洋において、赤道から日本列島にかけて例年よりも雲が多い領域と少ない領域が緯度方向に交互に現れているのが見られた。雲分布の空間変動のパターンが年によって異なっていた。
- ② 1月では、特に大陸で雲や雪の年々変動が見られた。例年よりも雲や雪が多くなるか少なくなるかはシベリア高気圧の勢力や、位置が大きく影響していたと推察される。

# 参考文献

```
気象庁ホームページ URL: http://www.jma.go.jp/jma/index.html
```

高知大学気象情報頁 URL: http://weather.is.kochi-u.ac.jp/

天気 Vol.54, No.3 (日本気象学会)

No.9

Vol.55, No.3

No.9

Vol.56, No.3

No.9

Vol.57, No.3

一般気象学 [第2版] 小倉義光 著 (東京大学出版会)

図 2.1 URL: <a href="http://www.stat.go.jp/data/sekai/img/worldmap.gif">http://www.stat.go.jp/data/sekai/img/worldmap.gif</a>

表 2.1 URL: http://airsea.as.maritime.kobe-u.ac.jp/kogi/ohsawa/2010/marine\_met/text2010\_1.pdf

図 4.5~図 4.7、図 4.13~図 4.16 の海岸線データ

URL: <a href="http://rimmer.ngdc.noaa.gov/mgg/coast/getcoast.html">http://rimmer.ngdc.noaa.gov/mgg/coast/getcoast.html</a>

# 謝辞

本研究で指導してくださったはしもとじょーじ准教授には、心から感謝しております。 本当にありがとうございました。

また、同じ研究室の作田知之さんと遠藤壮啓さんには大変お世話になりました。文章の添削や、論文のレイアウトのアドバイスしていただきました。本当にありがとうございました。

### 付録

#### 解析手順

#### 1 データの取得

本研究で使用した画像は、高知大学気象情報頁(http://weather.is.kochi-u.ac.jp/)で公開されているものをダウンロードした。ダウンロードするために download.sh というシェルプログラムを実行させる。このシェルプログラムでは、ファイルを 1 枚ダウンロードするごとに 3 秒待つように設定してある。

#### \$./download.sh

#### 2 画像の解凍

ダウンロードした画像は gzip 形式で圧縮してあるので gunzip コマンドで解凍した。 \$ gunzip \*.pgm.gz

#### 3 画像のテキスト形式への変換

ダウンロードした画像はバイナリ形式で書かれたファイルなので、テキストエディタで見ることができるテキスト形式に変換する。その際に convert.sh というシェルプログラムを実行させる。ファイル名は変換前と同じ名前で、テキスト形式に変換される。変換前のファイルは残らない。

#### \$ ./convert.sh

#### 4 各時刻における反射光強度の時間平均の算出

画像ファイルには、ピクセルひとつひとつに  $0\sim255$  の値が書いてある。この値は、 $0\sim1$  に規格化した反射光強度を  $0\sim255$  に線形補間した値である。各ピクセルについて、各時刻における 1 か月の  $0\sim255$  の値の平均値を求めるために monthlymeanh.sh というシェルスクリプトを実行した。このシェルスクリプトには calcmeanhMT.f というプログラムをコンパイルした calcmeanhMT.out が組み込まれている。calcmeanhMT.f は各ピクセルについて、 $0\sim255$  の値の平均値を求め、その値を  $0\sim1023$  に線形補間するプログラムである。2007年 1 月の 1 90 時を例にあげると、monthlymeanh.sh では、同じ年の同じ時刻の画像 (MT1R0701\*00VIS.pgm)をつなげて、一つのファイルができる。このファイルにcalcmeanhMT.outを実行させると、各ピクセルについて、各時刻における 1 か月の 10~1023の値の平均値が計算でき、結果は MT1R0701dd00VIS.pgm というファイルに出力される。

#### \$./monthlymeanh.sh

#### 5 1か月の反射光強度の時間平均の算出

各ピクセルについて、1 か月の  $0\sim1023$  の値の平均値を求めるために monthlymean.sh というシェルスクリプトを実行した。このシェルスクリプトには calcmeanMT.f というプログラムをコンパイルした calcmeanMT.out が組み込まれている。calcmeanMT.f は、各ピクセルについて、 $0\sim1023$  の 0 を除いた値の平均値を求めるプログラムである。0 を除くということは、昼間のみの平均値を計算することを意味している。2007 年 1 月を例にあげると、monthlymean.sh では、同じ年の画像(MT1R0701dd\*VIS.pgm)をつなげて、一つのファイルができる。このファイルに calcmeanMT.out を実行させると、各ピクセルについて、一か月の 0 を除いた  $0\sim1023$  の値の平均値が計算でき、結果は MT1R0701ddhhVIS.pgm というファイルに出力される。

#### \$./monthlymean.sh

#### 6 4(3)年分の1か月の反射光強度の時間平均の算出

各ピクセルについて、4(3)年分の 1 か月の  $0\sim1023$  の値の平均値を求めるために monthlymean3.sh というシェルスクリプトを実行した。このシェルスクリプトには、calcmean3MT.f というプログラムをコンパイルした calcmean3MT.out が組み込まれている。calcmean3MT.f は calcmeanhMT.f と内容は同じものである。1 月を例にあげると、monthlymean3.sh では、同じ月の画像(MT1R\*01ddhhVIS.pgm)をつなげて、一つのファイルができる。このファイルに calcmean3MT.out を実行させると、各ピクセルについて、4 年分の 1 月の 0 を除いた  $0\sim1023$  の値の平均値が計算でき、結果は MT1Ryy01ddhhVIS2.pgm というファイルに出力される。

#### \$./monthlymean3.sh

#### 7 4(3)年分の1か月の反射光強度の時間平均からの偏差の算出

各ピクセルについて、各年の 0~1023 の値の平均値の 4(3)年分の平均値からの偏差を求めるために、monthlydiff.sh というシェルスクリプトを実行した。このシェルスクリプトには、pgmdiff.f というプログラムをコンパイルした pgmdiff.out が組み込まれている。2007年 1 月を例にあげると、monthlydiff.sh では、MT1R0701ddhhVIS.pgm とMT1Ryy01ddhhVIS2.pgm を読み込んでおり、pgmdiff.out を実行させると、各ピクセルについて、(MT1R0701ddhhVIS.pgm)ー(MT1Ryy01ddhhVIS2.pgm)+1023の計算が行われ、結果はMT1R0701ddhhVISdiff.pgm というファイルに出力される。

#### \$ ./monthlydiff.sh

#### 8 pgm 形式のファイルを gnuplot で表示する形式に変換

作業 5 や作業 6 でできた画像データを gnuplot で表示する形式に変換するために、 nodim2dimmean.f というプログラムをコンパイルした nodim2dimmean.out を実行した。 これは座標を緯度経度に、 $0\sim1023$  の値を規格化された反射光強度の値( $0\sim1$ )に変換し、pgm 形式の画像データを gnuplot で表示する形式に変換するプログラムである。

作業7でできた画像データをgnuplotで表示する形式に変換するために、nodim2dimdiff.f というプログラムをコンパイルした nodim2dimdiff.out を実行した。これはnodim2dimmean.f と内容はほとんど同じで、 $0\sim2046$  の値を $-1\sim1$  の値に変換する点だけ異なる。

#### 9 gnuplot で画像を表示

画像を gnuplot で表示するために以下のコマンドを打った。 mean.gp というファイルに書かれている条件に従って、png 形式のファイルである 0701mean.png に出力するという意味である。

\$ gnuplot gnuplot> set terminal "png" gnuplot> set output "0701mean.png" gnuplot> load "mean.gp" gnuplot> exit

mean.gp は、作業 8 でできたデータをグレースケールの画像として描くように設定し、withmap.gp は、作業 8 でできたデータを、0 を白として、一方向に青のグラデーション、+方向に赤のグラデーションの画像として描いて、黒で海岸線を重ね書きするように設定している。coastline3.dat は海岸線のデータが書いているファイルで、海岸線のデータはhttp://rimmer.ngdc.noaa.gov/mgg/coast/getcoast.htmlから入手した。mean.gp は規格化された反射光強度の時間平均を示したデータに、withmap.gp は偏差を示したデータに対して使用した。

```
使用したプログラムやシェルスクリプト
```

```
1 download.sh (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
#!/bin/bash
wget -l1 -m -np -nH -r --cut-dir=1 --wait=3 http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/GAME/2010/Jan/VIS/
2 convert.sh (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
#!/bin/csh -f
foreach file (/work1/nanako/GAME/2010/Jan/VIS/*.pgm)
  convert -compress None $file temp.pgm
  mv temp.pgm $file
end
3 monthlymeanh.sh (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
#!/bin/csh -f
set ST = MT1R
set YY = 10
set MM = 01
set WL = VIS
set bindir = /work1/nanako/bin
if (-e alldata.dat) then
    rm alldata.dat
endif
touch alldata.dat
for each\ HH\ (\ 00\ 01\ 02\ 03\ 04\ 05\ 06\ 07\ 08\ 09\ 10\ 11\ 12\ 13\ 14\ 15\ 16\ 17\ 18\ 19\ 20\ 21\ 22\ 23\ )
  \mathtt{cat} \$\{\mathtt{ST}\}\$\{\mathtt{YY}\}\$\{\mathtt{MM}\}*\$\{\mathtt{HH}\}\$\{\mathtt{WL}\}.\mathtt{pgm} > \mathtt{alldata.dat}
  ${bindir}/calcmeanhMT.out
  if (-e mean.pgm) then
      mv\ mean.pgm\ \$\{ST\}\$\{YY\}\$\{MM\}dd\$\{HH\}\$\{WL\}.pgm
  endif
  rm alldata.dat
end
```

4	calcmeanhMT.f (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/sre	c)
	Program calcMean	
	Implicit NONE	
c ca	alculate mean	
с	skip comment lines	
с		
c n	aximum data size	
	Integer NXMAX, NYMAX	
	Parameter (NXMAX=1800)	
	Parameter (NYMAX=1800)	
c m	aximum value (output)	
	Integer datmaxout	
	Parameter (datmaxout = 1023)	
c		
c io		
	Integer IFILE, OFILE	
c fi	le type	
	Character*2 FT	
c d	ata size	
	Integer NX0, NY0	
	Integer NX, NY	
c n	naximum value	
	Integer datmax	
c	ival values	
c p	Integral det(NYMAY NYMAY)	
	Integer dat(NXMAX,NYMAX)  Real*8 datx(NXMAX,NYMAX)	
	Integer out(NXMAX,NYMAX)	
	HIDESEL OUD/INVINA'IN LIMAA/	

```
c number of pgm data
      Integer npgm(NXMAX,NYMAX)
c loop control
      Integer i, j
c -----
{\bf c} initialization
      Do 120 i = 1, NXMAX
        Do 110 j = 1, NYMAX
          dat(i,j) = 0.0D0
          npgm(i,j) = 0.0D0
 110
        Continue
 120 Continue
c read data, add data
c -- open input data file
      IFILE = 21
      Open(IFILE,FILE='alldata.dat')
 201 Continue
c --file type
      Read(IFILE,*,END=299) FT
      If (FT.ne.'P2') then
           Write(*,*) 'input file is not PGM'
          \operatorname{Stop}
      End If
c --skip comment lines
      Read(IFILE,*)
      Read(IFILE,*)
c --data size
      Read(IFILE,*) NX, NY
      Do 620 i = 1, NXMAX
        Do 610 j = 1, NYMAX
          If (npgm(i,j).eq.0) then
              If ((NX.le.0).or.(NX.gt.NXMAX)) then
```

Write(\*,\*) 'invalid data size (NX)'

```
\operatorname{Stop}
               End If
              NX0 = NX
              If ((NY.le.0).or.(NY.gt.NYMAX)) then
                   Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
                   \operatorname{Stop}
               End If
              NY0 = NY
            Else
              If (NX.ne.NX0) then
                   Write(*,*) 'invalid data size (NX)'
                   Stop
               End If
              If (NY.ne.NY0) then
                   Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
                   Stop
               End If
           End If
 610
         Continue
 620 Continue
c -- maximum value
      Read(IFILE,*) datmax
c -- read data
      Read(IFILE, *) ((dat(i, j), i=1, NX), j=1, NY)
c --add data
      Do 220 i = 1, NX
        Do 210 j = 1, NY
           datx(i,j) = datx(i,j) + (dat(i,j)*1.0D0)/(datmax*1.0D0)
           If (dat(i,j).le.0) then
                npgm(i,j) = npgm(i,j) + 0
             Else
                 npgm(i,j) = npgm(i,j) + 1
           End If
 210
         Continue
 220 Continue
c -- read next pgm
```

```
Go to 201
299 Continue
c --close file
      Close(IFILE)
c output data
c --make output data
      Do 320 i = 1, NX
        Do 310 j = 1, NY
          If (npgm(i,j).le.0) then
              out(i,j) = 0.0D0
            Else
              out(i,j) = datx(i,j)/(npgm(i,j)*1.0D0)*(datmaxout*1.0D0)
          End If
310
        Continue
 320 Continue
c -- open output data file
      OFILE = 22
      Open(OFILE,FILE='mean.pgm')\\
c --output data
 301 Format(2A)
      Write(OFILE, 301) FT
      Write(OFILE,*) NX, NY
      Write(OFILE,*) datmaxout
      Write(OFILE,^*)\;((out(i,j),\,i=1,NX),\,j=1,NY)
c --close file
      Close(OFILE)
 401 Continue
      Stop
      End
```

```
5 monthlymean.sh (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
#!/bin/csh -f
set ST = MT1R
set YY = 10
set MM = 01
set WL = VIS
set bindir = /work1/nanako/bin
if (-e alldata.dat) then
   rm alldata.dat
endif
touch alldata.dat
cat \ \{ST\} \{YY\} \{MM\} dd* \{WL\}.pgm > alldata.dat
if (-e mean.pgm) then
   mv\ mean.pgm\ \$\{ST\}\$\{YY\}\$\{MM\}ddhh\$\{WL\}.pgm
endif
rm alldata.dat
6 calcmeanMT.f (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
     Program calcMean
     Implicit NONE
c calculate mean
c --skip comment lines
c -----
c maximum data size
     Integer NXMAX, NYMAX
     Parameter (NXMAX=1800)
     Parameter (NYMAX=1800)
c maximum value (output)
```

```
Integer datmaxout
      Parameter (datmaxout = 1023)
c -----
{\bf c} io
       Integer IFILE, OFILE
c file type
       Character*2 FT
c data size
      Integer NX0, NY0
      Integer NX, NY
c maximum value
       Integer datmax
c pixel values
       Integer dat(NXMAX,NYMAX)
      Real*8 datx(NXMAX,NYMAX)
      Integer out(NXMAX,NYMAX)
c number of pgm data
       Integer \; npgm(NXMAX,NYMAX)
c\ loop\ control
      Integer i, j
{\bf c} initialization
      Do 120 i = 1, NXMAX
        Do 110 j = 1, NYMAX
           dat(i,j) = 0.0D0
           \mathrm{npgm}(\mathrm{i},\mathrm{j}) = 0.0\mathrm{D}0
 110
         Continue
```

120 Continue

```
c read data, add data
c --open input data file
      IFILE = 21
      Open(IFILE,FILE='alldata.dat')\\
 201 Continue
c --file type
      Read(IFILE,*,END=299) FT
      If (FT.ne.'P2') then
           Write(*,*) 'input file is not PGM'
           Stop
      End If
c --data size
      Read(IFILE,*) NX, NY
      Do 620 i = 1, NXMAX
        Do 610 j = 1, NYMAX
           If (npgm(i,j).eq.0) then
              If ((NX.le.0).or.(NX.gt.NXMAX)) then
                   Write(*,*) 'invalid data size (NX)'
                   \operatorname{Stop}
              End If
              NX0 = NX
              If ((NY.le.0).or.(NY.gt.NYMAX)) then
                   Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
                   \operatorname{Stop}
              End If
              NY0 = NY
            Else
              If (NX.ne.NX0) then
                   Write(*,*) 'invalid data size (NX)'
                   Stop
              End If
              If (NY.ne.NY0) then
                   Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
                   Stop
              End If
```

```
End If
 610
        Continue
 620 Continue
c -- maximum value
      Read(IFILE,*) datmax
c -- read data
      Read(IFILE,*) ((dat(i,j), i=1,NX), j=1,NY)
c --add data
      Do 220 i = 1, NX
        Do 210 j = 1, NY
          datx(i,j) = datx(i,j) + (dat(i,j)*1.0D0)/(datmax*1.0D0)
          If (dat(i,j).le.0) then
                npgm(i,j) = npgm(i,j) + 0
            Else
                npgm(i,j) = npgm(i,j) + 1
          End If
 210
        Continue
 220 Continue
c -- read next pgm
      Go to 201
 299 Continue
c --close file
      Close(IFILE)
c \ output \ data
c -- make output data
      Do 320 i = 1, NX
        Do 310 j = 1, NY
          If (npgm(i,j).le.0) then
               out(i,j) = 0.0D0
            Else
               out(i,j) = datx(i,j)/(npgm(i,j)*1.0D0)*(datmaxout*1.0D0)
           End If
 310
         Continue
```

```
320 Continue
c -- open output data file
     {\rm OFILE}=22
     Open(OFILE,FILE='mean.pgm')
c --output data
301 Format(2A)
      Write(OFILE, 301) FT
      Write(OFILE,*) NX, NY
      Write(OFILE,*) datmaxout
      Write(OFILE,*) ((out(i,j), i=1,NX), j=1,NY)
c --close file
      Close(OFILE)
401 Continue
     Stop
     End
7 monthlymean3.sh (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
#!/bin/csh -f
set ST = MT1R
set MM = 01
set WL = VIS
set bindir = /work1/nanako/work
if (-e alldata.dat) then
    rm alldata.dat
endif
touch alldata.dat
cat \ ST}*\Mmddhh\ML}.pgm > alldata.dat
${bindir}/calcmean3MT.out
if (-e mean.pgm) then
    mv\ mean.pgm\ \$\{ST\}yy\$\{MM\}ddhh\$\{WL\}2.pgm
```

```
\quad \text{end} if \quad
rm alldata.dat
8 calcmean3MT.f (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
     Program calcMean
      Implicit NONE
c calculate mean
c --skip comment lines
c -----
c maximum data size
      Integer NXMAX, NYMAX
     Parameter (NXMAX=1800)
     Parameter (NYMAX=1800)
c maximum value (output)
      Integer datmaxout
     Parameter (datmaxout = 1023)
c -----
{\bf c} io
      Integer IFILE, OFILE
c file type
      Character*2 FT
c data size
      Integer NX0, NY0
      Integer NX, NY
c maximum value
```

Integer datmax

Integer dat(NXMAX,NYMAX)

c pixel values

35

```
Integer out(NXMAX,NYMAX)
c number of pgm data
      Integer npgm
c loop control
      Integer\ i,\ j
c -----
{\bf c} initialization
      npgm = 0
      Do 120 i = 1, NXMAX
        Do 110 j = 1, NYMAX
          dat(i,j) = 0.0D0
 110
        Continue
 120 Continue
c read data, add data
c -- open input data file
      IFILE = 21
      Open(IFILE,FILE='alldata.dat')
 201 Continue
\mathbf{c} --file type
      Read(IFILE,*,END=299) FT
      If (FT.ne.'P2') then
          Write(*,*) 'input file is not PGM'
          Stop
      End If
c --data size
      Read(IFILE,*) NX, NY
      If (npgm.eq.0) then
          If ((NX.le.0).or.(NX.gt.NXMAX)) then
               Write(*,*) 'invalid data size (NX)'
               Stop
```

End If

Real\*8 datx(NXMAX,NYMAX)

```
NX0 = NX
           If ((NY.le.0).or.(NY.gt.NYMAX)) then
               Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
               \operatorname{Stop}
           End If
          NY0 = NY
         Else
           If (NX.ne.NX0) then
               Write(*,*) 'invalid data size (NX)'
               Stop
           End If
           If (NY.ne.NY0) then
               Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
               Stop
           End If
      End If
c -- maximum value
      Read(IFILE,*) datmax
c -- read data
      Read(IFILE, *) ((dat(i, j), i=1, NX), j=1, NY)
c --add data
      Do 220 i = 1, NX
        Do 210 j = 1, NY
           datx(i,j) = datx(i,j) + (dat(i,j)*1.0D0)/(datmax*1.0D0)
 210
         Continue
 220 Continue
c --set number of pgm
      npgm = npgm + 1
c -- read next pgm
      Go to 201
 299 Continue
c --close file
      Close(IFILE)
```

```
c output data
c -- check number of pgm
      If (npgm.eq.0) then
          Go to 401
      End If
c -- make output data
      Do 320 i = 1, NX
       Do 310 j = 1, NY
          out(i,j) = datx(i,j)/(npgm*1.0D0)*(datmaxout*1.0D0)
310
        Continue
 320 Continue
c -- open output data file
      OFILE = 22
      Open(OFILE,FILE='mean.pgm')
c --output data
 301 Format(2A)
      Write(OFILE,301) FT
      Write(OFILE,*) NX, NY
      Write(OFILE,*) datmaxout
      Write(OFILE, *) \; ((out(i, j), \; i=1, NX), \; j=1, NY)
c --close file
      Close(OFILE)
 401 Continue
      Stop
      End
9 monthlydiff.sh (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
#!/bin/csh -f
set ST = MT1R
set MM = 01
set WL = VIS
set bindir = /work1/nanako/work
```

```
if (-e diffdata.dat) then
   rm diffdata.dat
endif
touch diffdata.dat
foreach YY (07 08 09 10)
 ${bindir}/pgmdiff.out
 if (-e diff.pgm) then
     mv\ diff.pgm\ \$\{ST\}\$\{YY\}\$\{MM\}ddhh\$\{WL\}diff2.pgm
 endif
 rm diffdata.dat
end
    pgmdiff.f (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
     Program pgmdiff
     Implicit NONE
c diff pgm files
c -----
c maximum data size
     Integer NXMAX, NYMAX
     Parameter (NXMAX=1800)
     Parameter (NYMAX=1800)
c -----
c io
     Integer IFILE, OFILE
c file type
     Character*2 FT
c data size
     Integer NX1, NY1
```

```
c maximum value
      Integer datmax1, datmax2
c pixel values
      Integer dat1(NXMAX,NYMAX), dat2(NXMAX,NYMAX)
      Integer\ out(NXMAX,NYMAX)
c\ loop\ control
      Integer i, j
c -----
c open input data file
      IFILE = 21
      Open(IFILE,FILE='diffdata.dat')
c read 1st pgm \,
c --file type
      Read(IFILE,*) FT
      If (FT.ne.'P2') then
          Write(*,*) 'input file is not PGM'
          Stop
      End If
c --data size
      Read(IFILE,*) NX1, NY1
      If ((NX1.le.0).or.(NX1.gt.NXMAX)) then
          Write(*,*) 'invalid data size (NX)'
          Stop
      End If
      If ((NY1.le.0).or.(NY1.gt.NYMAX)) then
          Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
          Stop
      End If
c -- maximum value
```

Read(IFILE,\*) datmax1

Integer NX2, NY2

```
c -- read data
       Read(IFILE,*)\;((dat1(i,j),\;i=1,NX1),\;j=1,NY1)
c read 2nd pgm
c --file type
      Read(IFILE,*) FT
       If (FT.ne.'P2') then
           Write(*,*) 'input file is not PGM'
           Stop
      End If
c --data size
      Read(IFILE,*) NX2, NY2
       If (NX2.ne.NX1) then
           Write(*,*) 'invalid data size (NX)'
           \mathbf{Stop}
      End If
       If (NY2.ne.NY1) then
           Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
           Stop
      End If
c -- maximum value
      Read(IFILE,*) datmax2
       If (datmax2.ne.datmax1) then
           Write(*,*) 'max-value are not the same'
           \operatorname{Stop}
       End If
c -- read data
       Read(IFILE, *) ((dat2(i, j), i=1, NX2), j=1, NY2)
c close file
       Close(IFILE)
c diff
      Do 120 i = 1, NX1
        Do 110 j = 1, NY1
```

```
out(i,j) = dat1(i,j) - dat2(i,j) + datmax2
 110
        Continue
 120 Continue
c output data
c -- open output data file
     {\rm OFILE}=22
     Open(OFILE,FILE='diff.pgm')
c --output data
 301 Format(2A)
      Write(OFILE, 301) FT
      Write(OFILE,*) NX1, NY1
     datmax1 = datmax1 + datmax2
      Write(OFILE,*) datmax1
      Write(OFILE,*) ((out(i,j), i=1,NX1), j=1,NY1)
c --close file
      Close(OFILE)
     Stop
     End
11 nodim2dimmean.f (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
     Program nodim2dim
     Implicit NONE
c convert pgm to gnuplot data file
c no-dimensional data is converted to dimensional data
c maximum data size
      Integer NXMAX, NYMAX
     Parameter (NXMAX=1800)
     Parameter (NYMAX=1800)
```

```
c set border
      Real
              XMIN, XMAX
      Parameter (XMIN=70.0)
      Parameter (XMAX=160.0)
      Real
              YMIN, YMAX
      Parameter (YMIN=-20.0)
      Parameter (YMAX=70.0)
c set min and max of pixel values
      Real
             DMIN, DMAX
      Parameter (DMIN=0.0)
      Parameter (DMAX=1.0)
c -----
c io
      Integer IFILE, OFILE
c file type
      Character*2 FT
c data size
      Integer NX, NY
c maximum value
      Integer datmax
c pixel values
      Real dat(NXMAX,NYMAX)
c longitude and latitude
      Real x, y
c loop control
      Integer\ i,\ j
```

c ----

```
c read pgm
c -- open input data file
      IFILE = 21
      Open(IFILE,FILE='datain.pgm')
\mathbf{c} --file type
      Read(IFILE,*) FT
      If (FT.ne.'P2') then
           Write(*,*) 'input file is not PGM'
           Stop
      End If
c --data size
      Read(IFILE,*) NX, NY
      If ((NX.le.0).or.(NX.gt.NXMAX)) then
           Write(*,*) 'invalid data size (NX)'
           \operatorname{Stop}
      End If
      If ((NY.le.0).or.(NY.gt.NYMAX)) then
           Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
           Stop
      End If
c -- maximum value
      Read(IFILE,*) datmax
c -- read data
      Read(IFILE, *) ((dat(i, j), i=1, NX), j=1, NY)
c --close file
       Close(IFILE)
c output gnuplot data file
c -- open output data file
      OFILE = 22
      Open(OFILE,FILE='dataout.dat')\\
{\bf c} --output data
      Do 120 j = NY, 1, -1
        y = YMIN + (YMAX-YMIN)/NY*(NY-j+0.5)
        Do 110 i = 1, NX
           x = XMIN + (XMAX-XMIN)/NX*(i-0.5)
```

```
dat(i,j) = DMIN + (DMAX-DMIN)*(dat(i,j)/datmax)
         Write(OFILE,*) x, y, dat(i,j)
 110
        \\Continue
        Write(OFILE,*)
 120 Continue
c --close file
      Close(OFILE)
     Stop
      End
12 nodim2dimdiff.f (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)
     Program nodim2dim
     Implicit NONE
c convert pgm to gnuplot data file
c no-dimensional data is converted to dimensional data
c ----
c maximum data size
     Integer NXMAX, NYMAX
     Parameter (NXMAX=1800)
     Parameter (NYMAX=1800)
c set border
             XMIN, XMAX
     Real
     Parameter (XMIN=70.0)
     Parameter (XMAX=160.0)
             YMIN, YMAX
     Real
     Parameter (YMIN=-20.0)
     Parameter (YMAX=70.0)
c set min and max of pixel values
             DMIN, DMAX
      Real
      Parameter (DMIN=-1.0)
```

```
Parameter (DMAX=1.0)
c -----
c io
      Integer IFILE, OFILE
c file type
       Character*2 FT
c data size
       Integer NX, NY
c maximum value
       Integer datmax
c pixel values
      Real dat(NXMAX,NYMAX)
c longitude and latitude
      Real x, y
c\ loop\ control
      Integer i, j
c -----
c read pgm
c -- open input data file
      \mathbf{IFILE} = 21
      Open(IFILE,FILE='datain.pgm')\\
c --file type
      Read(IFILE,*) FT
      If (FT.ne.'P2') then
           Write(*,*) 'input file is not PGM'
           \operatorname{Stop}
      End If
```

c --data size

```
Read(IFILE,*) NX, NY
      If ((NX.le.0).or.(NX.gt.NXMAX)) then
           Write(*,*) 'invalid data size (NX)'
          Stop
      End If
      If ((NY.le.0).or.(NY.gt.NYMAX)) then
          Write(*,*) 'invalid data size (NY)'
          \operatorname{Stop}
      End If
c -- maximum value
      Read(IFILE,*) datmax
c -- read data
      Read(IFILE,*) ((dat(i,j), i=1,NX), j=1,NY)
c --close file
      Close(IFILE)
c output gnuplot data file
c -- open output data file
      OFILE = 22
      Open(OFILE,FILE='dataout.dat')\\
c --output data
      Do 120 j = NY, 1, -1
        y = YMIN + (YMAX-YMIN)/NY*(NY-j+0.5)
        Do 110 i = 1, NX
          x = XMIN + (XMAX-XMIN)/NX*(i-0.5)
          dat(i,j) = DMIN + (DMAX-DMIN)*(dat(i,j)/datmax)
          Write(OFILE,*) x, y, dat(i,j)
 110
        Continue
        Write(OFILE,*)
 120 Continue
c --close file
      Close(OFILE)
      Stop
      End
```

## $13 \quad mean.gp \quad (epa:/home/epalab/dc\mbox{-}arch/2011/Bthesis\mbox{-}nishimura/src)$

```
set pm3d
set palette gray
set cbrange [0:0.4]
unset surface
set view 0,0
set size square
splot "dataout.dat"
```

## 14 withmap.gp (epa:/home/epalab/dc-arch/2011/Bthesis-nishimura/src)

```
set pm3d explicit
set cbrange [-0.15:0.15]
set palette defined (0.0 "blue", 0.05 "white", 0.10 "red")
set view 0,0
set size square
splot 'dataout.dat' with pm3d, 'coastline3.dat' with lines lc rgb "black"
```