

平成 23 年度 卒業論文

気象衛星画像を用いた東アジア地域の  
7月の反射光強度に関する研究

2012年2月10日提出

岡山大学 理学部 地球科学科

村島 美春

## 要旨

気象衛星ひまわりによって撮影された可視画像を解析し、東アジア地域の7月の月平均反射光強度を算出した。世界の気候に大きな影響を与えていると考えられているエルニーニョ現象と日本周辺の反射光強度の関係について調べた。2007年から2011年の期間について、日本周辺の反射光強度はエルニーニョ現象とは無関係に年々変動しているように見えた。

# 目次

1. 研究の概要
2. データ
  - 2-1. 気象衛星ひまわり
  - 2-2. 高知大学気象情報頁
  - 2-3. 可視画像
3. 解析
  - 3-1. 画像の選別
  - 3-2. 月平均反射光強度の算出
4. 結果と考察
  - 4-1. 2007年から2011年の7月の平均反射光強度
  - 4-2. 2007年から2011年の7月の平均反射光強度(偏差)
  - 4-3. エルニーニョと日本の気候
5. まとめ

参考文献

謝辞

## 1. 研究の概要

本研究は気象衛星「ひまわり」によって撮影された可視画像を使用し、東アジア地域の反射光強度の年々変動について調べた。具体的には7月1か月の反射高強度の平均を求め、それが年によってどのように変化するかを調べた。図1は研究で使用したひまわり可視画像の例である。

ひまわり可視画像を用いた先行研究には西村(2011)の卒業研究がある。そこでは、ひまわり6号で撮影された可視画像を用いて2007年から2009年の3年間についての解析が行われた。本研究ではひまわり7号のデータを使用し2010年と2011年の7月1か月間の可視画像を解析し、さらに西村(2011)が解析した2007年から2009年のデータを含めた5年間の変動について調べた。

また、7月の月平均反射光強度とエルニーニョ現象との関係についても調べた。エルニーニョ現象は日本の気候に大きな影響を及ぼしていると考えられているものである。

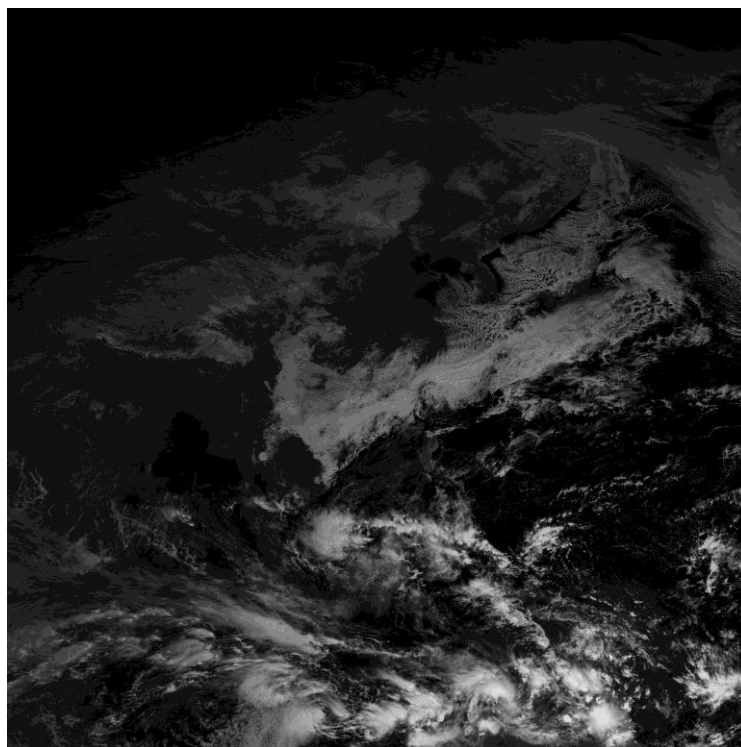


図1. 2012年12月1日25時(JST)の可視画像

## 2. データ

### 2-1. 気象衛星ひまわり

気象衛星「ひまわり」は静止衛星で、地上から見ると赤道上空の決まった場所に位置している(気象庁.気象衛星観測について)。そして 1 時間ごとに地球全体を撮影し、現在ひまわり 6 号 7 号の 2 機が赤道上空にある。

ひまわり 6 号は東経 140 度の赤道上空にあり、2005 年 6 月 28 日から 2010 年 7 月 1 日まで気象衛星として使用され、現在待機中である。

ひまわり 7 号は東経 145 度の赤道上空にあり、2010 年 7 月 1 日から気象衛星として使用されている。

### 2-2. 高知大学気象情報頁

データについては高知大学気象情報頁(<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>)から取得した。衛星によって取得される画像は本来図 2 のように丸い地球を映したものであるが、高知大学気象情報頁ではこの衛星画像を緯度経度上に展開した図 3 のようなデータを入力することができる。

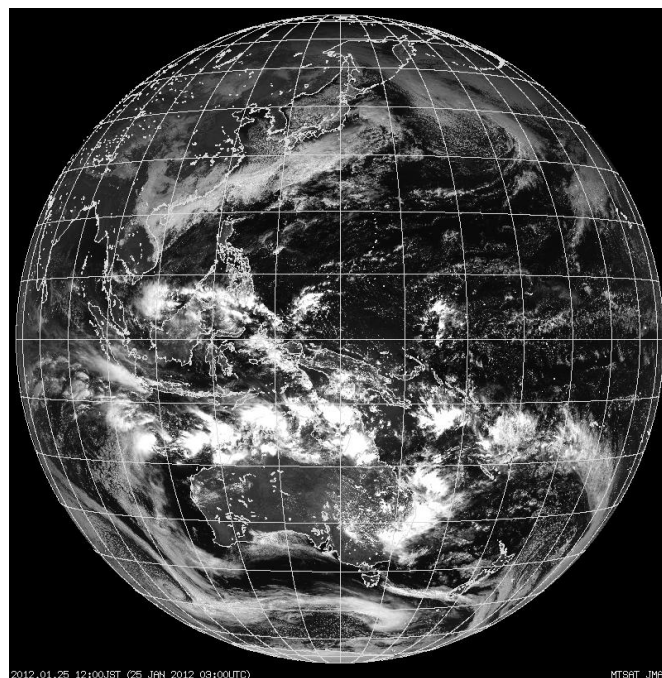


図 2. 衛星によって取得される可視画像

本研究では衛星画像から南緯 20 から北緯 70 度までと東経 70 度から 160 度までの範囲を切り出したデータ(<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/GAME/>)を使い解析を行った(図 3)。

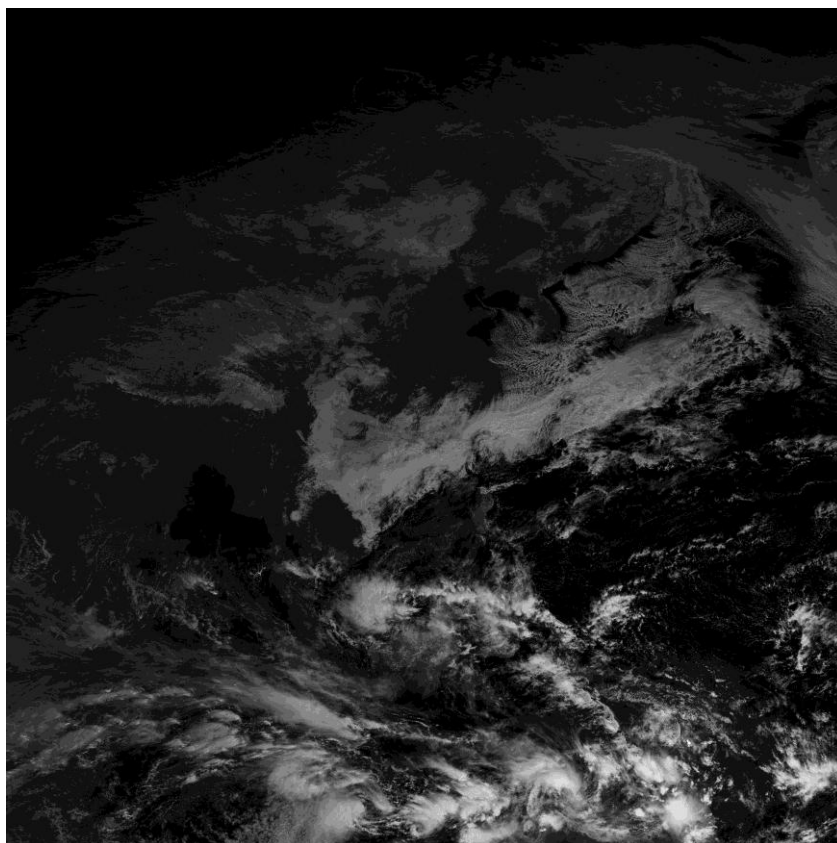


図 3. 解析に使用した画像データ(南緯 20 から北緯 70 度まで、東経 70 度から 160 度)

### 2-3. 可視画像

ひまわりによって撮影され可視画像は、地球で反射された太陽光を捉えたものである。よって、その光の強さは入射する太陽光の強さと反射率の両方によって決まっている。

入射する太陽光の強さは太陽天頂角の  $\cos$  に比例する。太陽天頂角とは、地表から見た太陽の方向と天頂の方向がなす角度のことであり、太陽が真上にあるとき太陽天頂角は 0 度、太陽が地平線にあるとき太陽天頂角は 90 度になる。

反射光強度を決めるもう一つは反射率、アルベドである。アルベドが大きい場所では反射光強度は大きくなり、アルベドが小さい場所では反射光強度は小さくなる。一般に雲のアルベドは地表のアルベドよりも大きいため、雲の出ている地域では反射光強度が大きくなる。

図4は2007年7月2日8時(JST)の可視画像である。白く写っている場所は反射光強度が大きい場所であり、雲が出ている場所に対応しているものと考えられる。ただし、反射光強度はアルベドだけでなく太陽天頂角にも依存していることに注意しなければならない。図4の左下の部分が黒いのはアルベドが小さいためではなく、この部分には太陽光が入射していないためである。太陽光があたっている右上の領域について、同じ雲が出ている領域でも反射光強度に差があるように見えるのは、雲のアルベドが場所によって違うことだけでなく、太陽天頂角が違うことで入射している太陽光強度が違っているせいでもある。また一方で、アルベドは太陽天頂角にも依存して変わる。太陽天頂角の異なる場所の間の反射光強度を比べてアルベドの大小を議論することはできない。

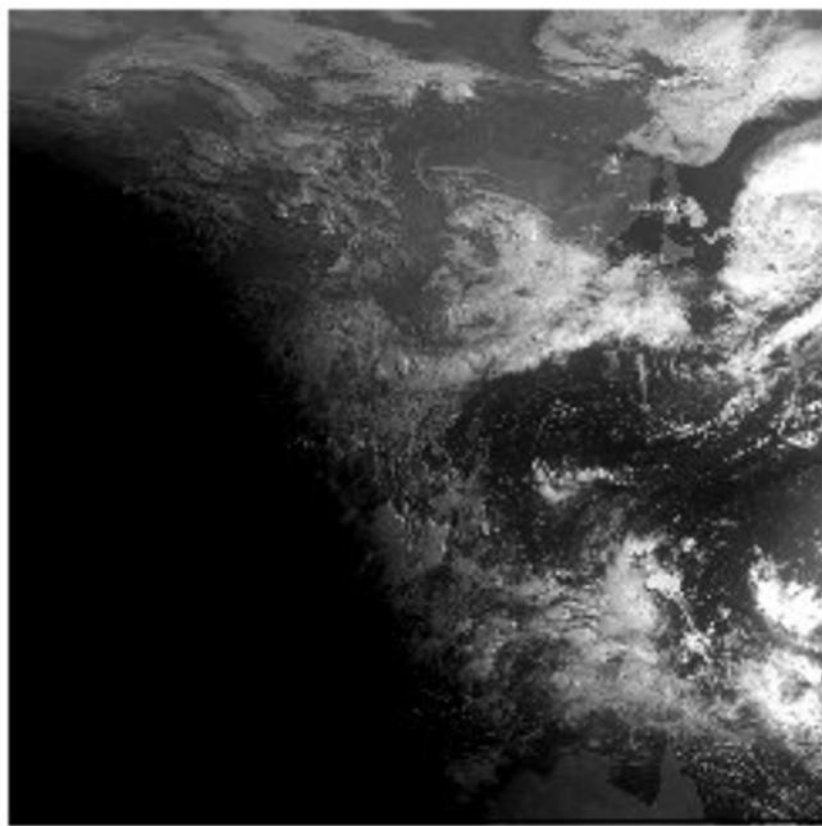


図4. 可視画像(2007年7月2日8時(JST))

### 3. 解析

#### 3-1. 画像の選別

解析では、まず可視画像の選別を行った。今回新たに解析したのは 2010 年 7 月と 2011 年 7 月の二か月分であるが、この期間中に撮影された可視画像は約 1500 枚ある。その 1 枚 1 枚に目を通し画像が使えるか使えないかを確認していった。図 5 は使えない画像の一例である。このように画像が乱れているものは解析に使用できないものとして、解析から除外した。

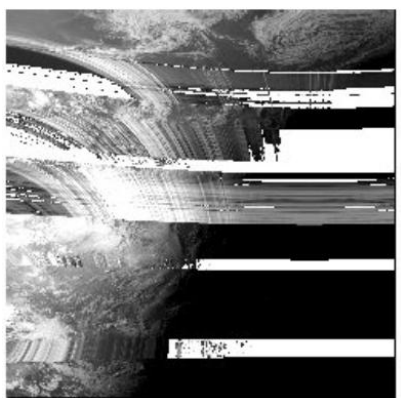


図 5. 2007 年 7 月 5 日 20 時(JST)の可視画像

#### 3-2. 月平均反射光強度の算出

月平均の反射光強度は、西村(2011)で使用されたのと同じプログラムを用いて算出した。月平均反射光強度の算出にあたっては、太陽光が当たっていない夜の部分を除外し、太陽光が当たっている部分のみを用いた。



## 4. 結果と考察

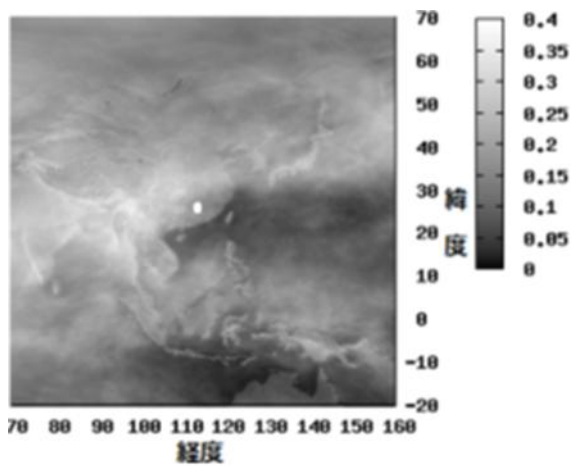
### 4-1. 2007年から2011年の7月の平均反射光強度

図6は気象衛星ひまわりの可視画像を使って作成された7月の平均反射光強度である。2007年から2009年の3年分は西村(2011)の先行研究によるもので、2010年と2011年は本研究で作成したものである。図7は図6にある5枚の月平均反射光強度から作成した5年平均の7月の平均反射光強度である。

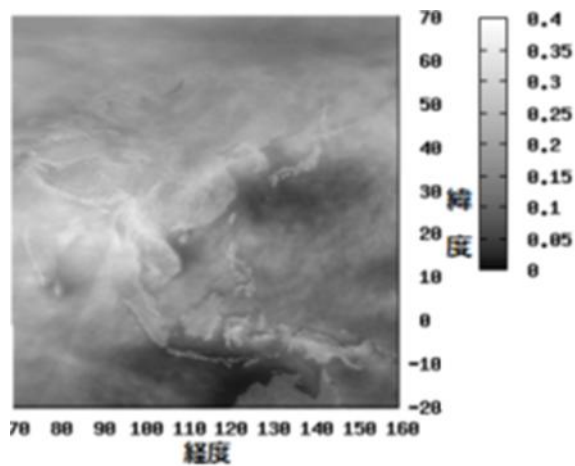
まず図6を見て気付くことは、2007年から2009年までの3年と、2010年以降の2年では反射光強度に明白な差があることである。2010年以降は2009年以前に比べて全体に反射光強度が小さくなっている。しかし、2009年以前と2010年以降で反射光強度が大きく変わったとは考えにくい。2009年以前と2010年以降の間に見られる反射光強度は、この間に観測している衛星がひまわり6号からひまわり7号へと切り替わったことによるものと考えられるのが自然であると考えられる。

月平均反射光強度の図における顕著な特徴のひとつは海陸の違いである。一般に陸面のアルベドは海面のアルベドより大きいため、陸は海よりも反射光強度が大きくなり、その結果として反射光強度の図において海陸の違いが見えたものと考えられる。

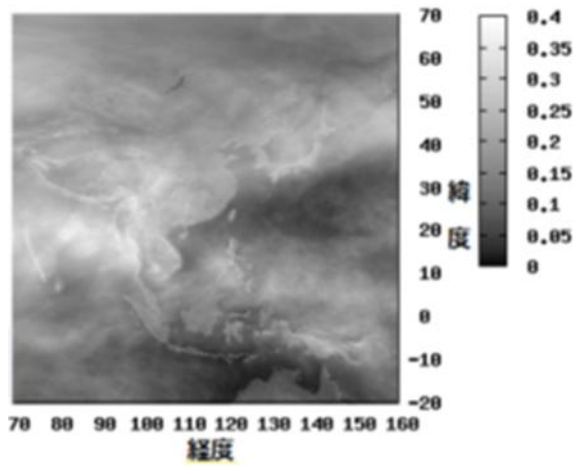
一方で、同じ海であっても反射光強度の大きい地域と小さい地域がある。同様に陸についても反射光強度の大きい地域と小さい地域がある。これらは雲の出現頻度に関係しているものと考えられる。雲は陸面や海面に比べてアルベドが大きいため、雲がよく出現する地域では反射光強度が大きくなることが予想される。実際に7月の月平均反射光強度(図7)を見てみると、日本列島付近はその南方の海域に比べて反射光強度が大きくなっている。これは、日本列島付近は梅雨前線の雲によって反射光強度が大きくなっているためであるとして説明することができる。同様に、日本の南方の海域は太平洋高気圧の影響によって雲が少なくなっているため反射光強度が大きくないものと考えられる。



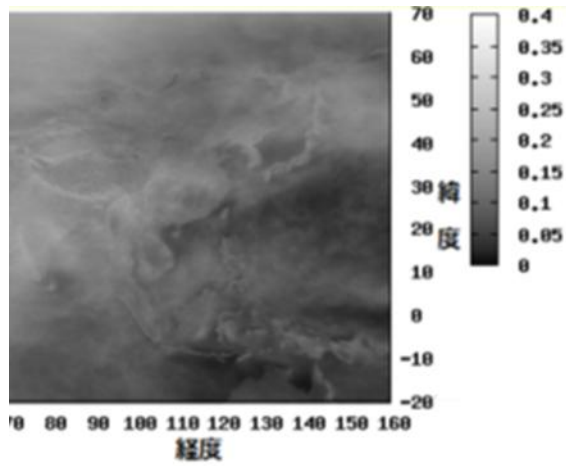
2007年



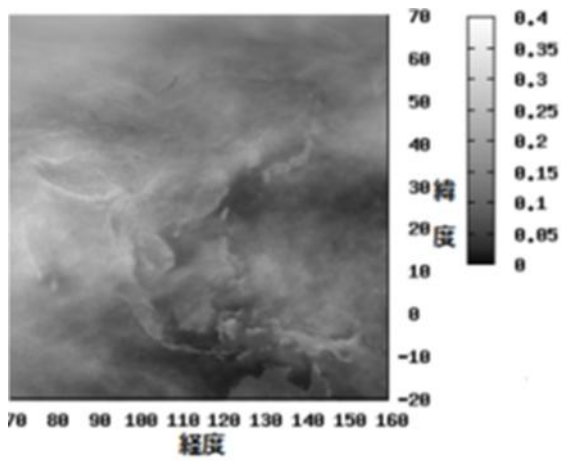
2008年



2009年



2010年



2011年

図 6.  
7月の平均反射光強度(2007年か  
ら 2009年までの3年分は西村  
(2011)の結果)

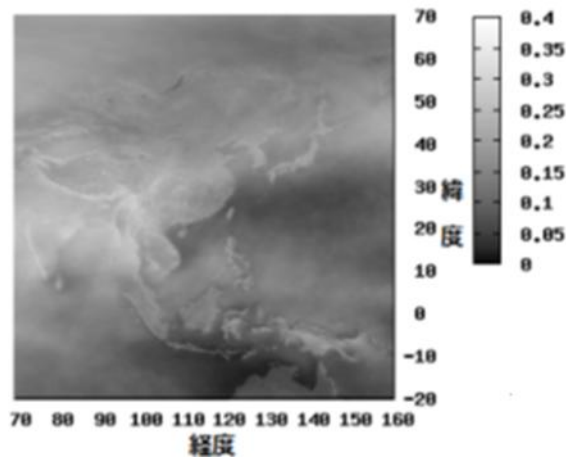


図7. 7月の平均反射光強度(2007年から2011年の5年間の平均)

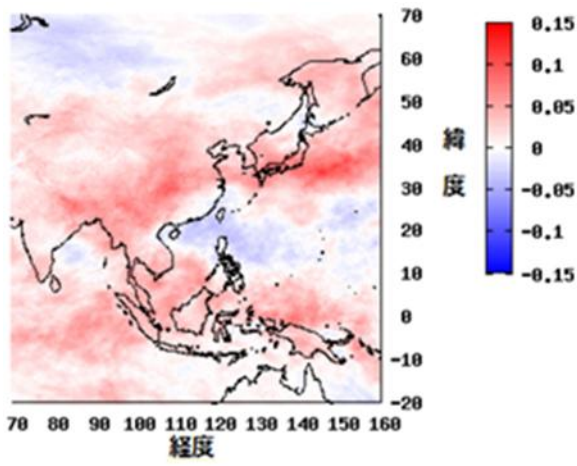
#### 4-2. 2007年から2011年の7月の平均反射光強度(偏差)

年々の変動をみるため、反射光強度の偏差の図を作成した(図8)。ここで偏差とは、それぞれの年の反射光強度から反射光強度の5年平均を差し引いたものである。5年平均より反射光強度が強い場合には赤色、5年平均より反射光強度が弱い場合には青色、というように色が付けてある。偏差の図を作ることでそれぞれの年の反射光強度の分布が平年に比べてどう違っているのかを分かりやすく見ることができる。

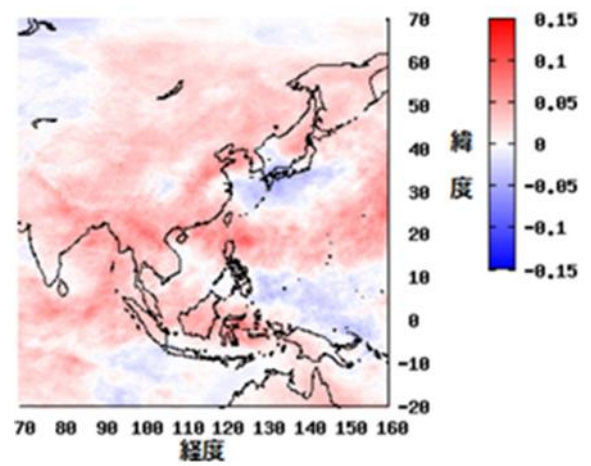
まず、2010年と2011年の偏差の図は全体に青っぽくなっている。これは4-1節で議論したように衛星が切り替わったことによるものと考えられ、これらの年の実際の反射光強度の偏差はこれほど負に偏ったものではなかったと思われる。同様に、2007年から2009年の3年については、図8の反射光強度の偏差は少し正に偏って表わされているものと考えられる。

一方で、それぞれの年における反射光強度は同一の衛星によって観測されたものであるので、それぞれの年における反射光強度の地理的な分布は衛星の切り替えの影響を受けていないと考えることができる。したがって、反射光強度の地理的な分布は衛星切り替えの影響を切り離して議論することができる。

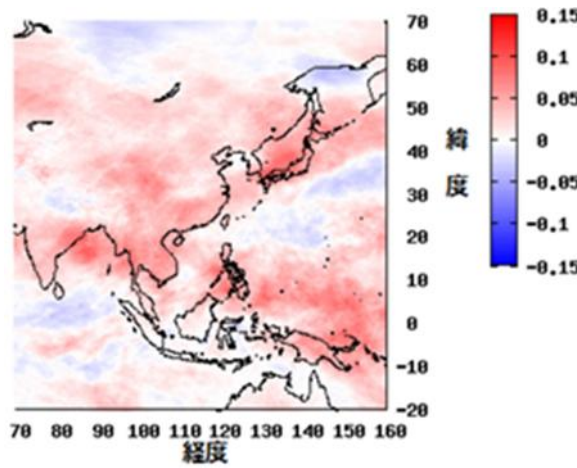
それぞれの年について反射光強度偏差の地理的な分布を見てみると、反射光強度が大きくなっている地域があるときには、それに隣接して反射光強度が小さくなっている地域のあることがわかる。例えば2008年の図では日本列島付近で反射光強度が平年よりも弱くなっているが、このとき日本の南方では反射光強度が平年よりも強くなっている。これは、大気には上昇する場所と下降する場所の両方があるということに関係しているものと考えられる。どこかで上昇すればどこかに下降する場所ができ、上昇する場所では雲ができやすくなるのに対し下降する場所では雲ができにくくなる。このことを2008年に当てはめるなら、日本列島付近は平年よりも上昇流が強くなり雲が出やすくなったのに対し、日本の南の海上では平年よりも下降流が強くなり雲が出にくくなった、ということである。



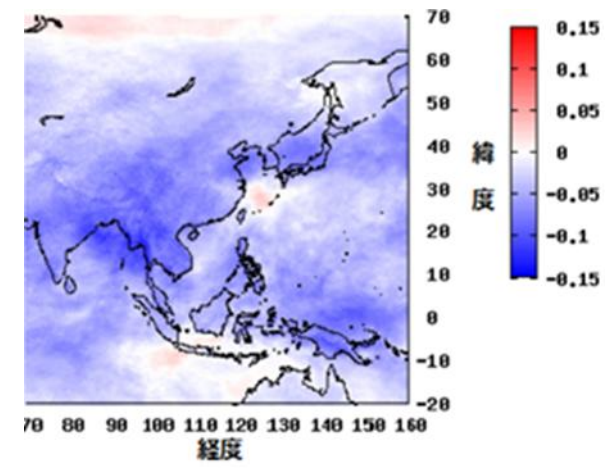
2007年



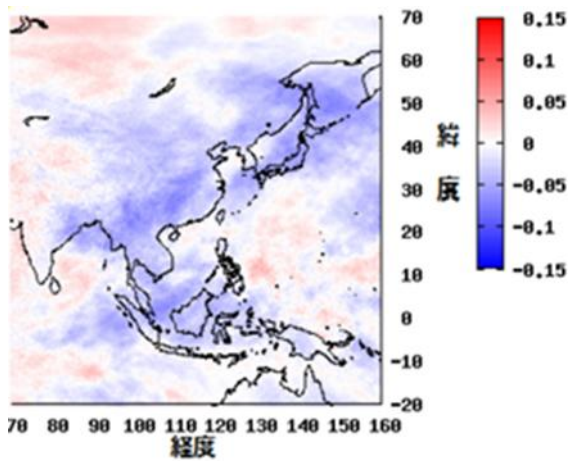
2008年



2009年



2010年



2011年

図8. 7月の平均反射光強度の偏差

### 4-3. エルニーニョ現象と日本の気候

エルニーニョ現象は世界の気候に大きな影響を与えていると考えられており、日本の気候もエルニーニョ現象の影響を受けて年によって冷夏になったり暖冬になったりしていると言われている。ここではエルニーニョ現象と日本の気候との関係を調べることを目的にして、日本付近の反射光強度の偏差とエルニーニョ現象の指標を比べてみた。

まず、日本付近の反射光強度の偏差は、2007年から2011年にかけて、正、負、正、負、負となっていることが図8よりわかる。2010年と2011年については衛星切り替えの影響で全体に負のバイアスがかかっているが、日本付近の偏差は周辺地域に比べても負に偏っているため、衛星切り替えの影響を割り引いても負の偏差であったと考えた。

図9は気象庁が発行している気候系監視速報にあったエルニーニョ監視海域の海面水温と南方振動指数の推移の図である。エルニーニョ監視海域の海面水温が正偏差のときエルニーニョ、負偏差のときラニーニャである。また、南方振動指数はエルニーニョのとき負偏差となり、ラニーニャのとき正偏差となるものである。図9において、エルニーニョ現象の発生期間は赤色の陰影で表わされ、ラニーニャ現象の発生期間は青色の陰影で表わされている。この図より、2007年と2010年はエルニーニョ、2009年はラニーニャだったことがわかる。

日本付近の反射光強度の偏差とエルニーニョ・ラニーニャの発生を比べてみると、エルニーニョであった2007年の反射光強度は正偏差であるのに対し、同じエルニーニョである2010年の反射光強度は負偏差となっている。少なくとも2007年から2011年の5年間を見る限り、日本付近の反射光強度の変動はエルニーニョ現象と相関がないように見える(表1)。

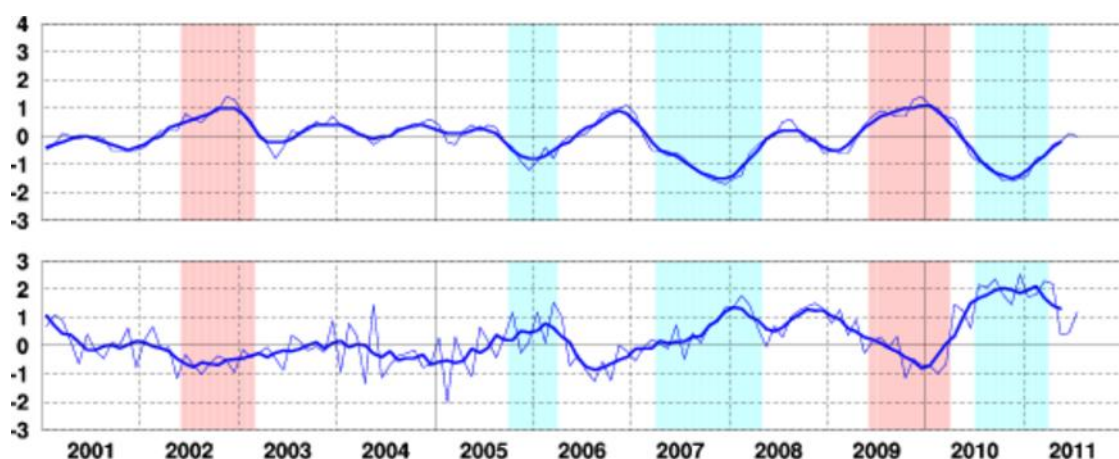


図8. エルニーニョ監視海域の海面水温(上)と南方振動指数(下)。図は気象庁気候系監視速報からの引用。

表 1. 2007 年から 2011 年の期間における日本の反射光強度の偏差とエルニーニョ/ラニーニャ現象の発生期間

	日本の反射光強度	エルニーニョ現象
2007	正	エルニーニョ
2008	負	
2009	正	ラニーニャ
2010	負	エルニーニョ
2011	負	

## 5.まとめ

衛星ひまわりの可視画像を用いて、2007年から2011年の期間における7月の反射光強度を調べた。2009年までと2010年以降では、反射光強度に大きな差が見られた。これは観測している衛星が切り替わったためであると考えられる。

反射光強度の5年平均を求め、各年について反射光強度の平年からの偏差を計算し、反射光強度の変動と大気大循環の関係について特に日本列島における反射光強度の年々変動とエルニーニョ現象との関係を調べた。2007年から2011年の期間においてだけ考えると日本列島の反射光エルニーニョには関係があるように見えなかった。

## 参考文献

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

気象庁.気候系監視速報 <http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/diag/sokuho/index.html>

気象庁.気象衛星観測について <http://www.jma-net.go.jp/sat/satellite/satellite.html>

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

西村奈那子(2011) 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の変動、  
岡山大学理学部地球科学科卒業論文。



## 謝辞

本研究で指導して下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。

卒論制作中に様々な面で支えて下さった方々にも感謝いたします。ありがとうございました。