

# 琉球大学学術リポジトリ

## 全球域の静止衛星観測画像における時系列解析

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理学部 公開日: 2012-12-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 島袋, 知巳, 清野, 光弘, Shimabukuro, Tomomi, Seino, Mitsuhiro メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/25575">http://hdl.handle.net/20.500.12000/25575</a>

## 全球域の静止衛星観測画像における時系列解析

島袋知巳, 清野光弘\*

琉球大学理学部物質地球科学科

### Satellite Image Analysis for Channels (IR1 and IR3) covering Full Disk Imagery and Time Series Analysis

Tomomi Shimabukuro, Mitsuhiro Seino\*

#### Abstract

Image analysis and time series analysis for MTSAT images covering full disk of channels (IR1 and IR3) are discussed. The new time series data derived from fractal analysis of the time series images illustrated in 600x600 pixels are generated and power spectra for the ratio of cloud covers, water vapor, and space packing exponents with periodic peaks are calculated by using Fourier transform. Chaotic behaviors of orbits for their time series data restructured with three dimensional space of states are observed. The branch points of the system, the points of intersections where the amplitude of the fluctuations in four moving average curves become smaller at the same time, are evaluated with the time interval related to the periodic peaks. The features of the branch points and between the ratio of cloud cover or the ratio of water vapor and the space packing exponent are described.

## 1 はじめに

気象現象は複雑系であり, 気温, 気圧, 水蒸気量等の要素が複雑に関係し合いながら発生している. そのため, 1つの気象現象を把握するためには, これらの複数の要素についても観測や解析を行う必要がある.

地球は太陽光によって温められているが地球自身, 赤外線を放射しており気温を下げる働きがある. これを地球放射と呼ぶ. 雲や水蒸気が存在すると, 太陽光を遮るかまたは散乱するため, 地表の温度の上昇は緩やかなものになる. 夜間になると地球放射によって気温は徐々に低下していくが, 地球放射を吸収し, 雲や水蒸気から地表に向けて赤外線が放射されるため気温の低下は緩やかなものになる. また, 雨や雪, 台風等の気象現象は雲が様々な条件下で成長することで引き起こされる. このことから気象における雲や水蒸気的重要性が分かる.

高知大学気象情報頁 [1] や気象庁の WEB サイト [2] では, 気象観測画像データ [1-3] が公開されている. その画像データは静止気象衛星 MTSAT-2 によって, 観測されている. 画像データには雲から放射される赤外線を捉えた赤外画像および大気中にある水蒸気と雲からの赤外放射を観測した水蒸気画像がある. 赤外画像は波長帯が  $10.3\sim 11.3\ \mu\text{m}$  のチャンネル IR1 のデータであり, 水蒸気画像は波長帯が  $6.5\sim 7.0\ \mu\text{m}$  のチャンネル IR3 のデータである.

本研究では, 2008 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までの IR1 および IR3 の時系列データで特に全球域の画像データ [2] に注目し, 画像解析および時系列解析を行う. 日本付近における解析については, 文献 [4] の解説があるので, 併せて参照してもらいたい. 解析する期間については, 日本付近の場合と多少異なるが, 同様の方法で画像処理解析を行う. 全球域の画像データは日本付近の場合とは異なり, 全て 600x600 のピクセルサイズになっている. これらの観測データを用いて, 赤外画像や水蒸気画像の 2 値化処理を行った後, これらの 2 値化画像から測度を求め, 1 ピクセルあたりに占める割合として雲量率や水蒸気占有量を計算し, さらにフラクタル分析から導出される空間充填指数を求める. 解析して得られたデータを用いて, 雲量率および水蒸気占有率, 空間充填指数の時系列解析を行う. ここでは, フーリエスペクトル, 3 次元状態空間上に再構成された時系列データの挙動, 移動平均法によるトレンドをそれぞれ分析する.

## 2 解析方法

2008 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までの IR1 および IR3 における全球域全ての画像データについて, 雲量率  $C$  および水蒸気占有率

\* Email: seino@sci.u-ryukyu.ac.jp

$W$ , 空間充填指数  $F$  をそれぞれ計算する [4]. 本研究では, 画像データから得られた  $(C, W, F)$  を用いて, 2008 年 12 月 31 日 17 時から 2009 年 12 月 31 日 16 時までと 2009 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までのそれぞれ 1 年間に分けて時系列解析を行う. このとき, 2008 年 12 月 31 日 17 時から 2009 年 12 月 31 日 16 時までの時系列に関して, 2008 年 12 月 31 日 17 時を  $\text{Time}=0$  と設定しこれを終了日時の 2009 年 12 月 31 日 16 時まで続けて設定する. 終了日時においては,  $\text{Time}=8724$  とする. また, 開始日時の 2009 年 12 月 31 日 17 時以降についても同様に  $\text{Time}=0$  とし終了日時の 2010 年 12 月 31 日 16 時を  $\text{Time}=8700$  とする. さらに, 雲量率  $C$  および水蒸気占有率  $W$ , 空間充填指数  $F$  についての全球域の時系列データ  $J^{(\text{Year})}(\text{Time})$  をそれぞれパラメータ  $(C, W, F)$  に "Z" (全球域の意) および赤外 "I", 水蒸気 "W" を順に付加し  $J_{ZIC}^{(\text{Year})}(\text{Time})$ ,  $J_{ZIW}^{(\text{Year})}(\text{Time})$ ,  $J_{ZIF}^{(\text{Year})}(\text{Time})$ ,  $J_{ZWC}^{(\text{Year})}(\text{Time})$ ,  $J_{ZWW}^{(\text{Year})}(\text{Time})$ ,  $J_{ZWF}^{(\text{Year})}(\text{Time})$  とする. ここで, Year には 2008 年 12 月 31 日 17 時から 2009 年 12 月 31 日 16 時までの場合, Year=2009 とし, 同様に 2009 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までの場合, Year=2010 とする.

時系列データにおいて, 例えば,  $J_{ZIC}^{(2009)}(728)$  は Year=2009, Time=728 での全球域における赤外画像をフラクタル分析したときの雲量率を表している. これ以外のデータに関しても同様に定義される.

本研究では, 時系列データ  $J^{(\text{Year})}(\text{Time})$  の離散フーリエ変換を求め, パワースペクトル  $P^{(\text{Year})}(f)$  を

$$P^{(\text{Year})}(f) = \left| \frac{1}{T} \sum_{\tau=0}^{T-1} J^{(\text{Year})}(\tau) e^{-i2\pi f\tau} \right|^2 \quad (1)$$

により計算する. ここに,  $f$  は周波数であり,  $T$  は取り扱う時系列データの終了日時を表す. 雲量率  $C$  および水蒸気占有率  $W$ , 空間充填指数  $F$  に関して, パワースペクトルの振る舞いをそれぞれ調べる. 日本付近の場合 [4] にも観察されたようなスペクトルの特徴として, ピーク位置やその間隔を求めておく.

次に, パワースペクトルにおいて, 出現する複数のピークから周期性を調べる. それらのうちの代表的なピーク間距離を選択し, 時系列データを 3 次元状態空間に再構成する [5]. 時系列データ  $X(t)$  で構成される 3 次元上での軌道は, 例えば, ピーク間距離の一つが 365 時間である場合,  $(X(t), X(t+365), X(t+2 \times 365))$  で与えるものとする.

さらに, 時系列データ  $J^{(\text{Year})}(\text{Time})$ ,  $0 \leq \text{Time} < T$  から, 単純移動平均 [4,6]

$$\Phi^{(\text{Year})}(\theta, n) = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} J^{(\text{Year})}(\theta + k) \quad (2)$$

を計算し, 新しい時系列データ  $\Phi^{(\text{Year})}(\theta, n)$  を作る. このとき,  $n$  をパワースペクトルのピーク位置の間隔に設定する. 本研究において,  $\Phi^{(\text{Year})}(\theta, m)$ ,  $m = n, 2n, 3n, 4n$  の振る舞いを調べ, それらがほぼ同時に収斂する値を決定し, そのときの  $\Phi^{(\text{Year})}(\theta, m)$  を求める. このように, 時系列データ  $\Phi^{(\text{Year})}(\theta, n)$  を用いて, 雲量率や水蒸気占有率, 空間充填指数の時系列データに関するトレンドから見出される収斂値は, 時系列に内在する周期性の分岐点を与える.

## 3 結果と考察

### 3.1 フーリエスペクトルについて

赤外画像における時系列データに関するパワースペクトルを図 1 に示す. (i) は 2008 年 12 月 31 日 17 時から 2009 年 12 月 31 日 16 時までの雲量率における時系列データに関するパワースペクトル  $P_{ZIC}^{(2009)}(f)$  であり, (ii) は (i) と同様の期間での空間充填指数  $F_C$  におけるパワースペクトル  $P_{ZIF_C}^{(2009)}(f)$  を, (iii) は 2009 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までの雲量率におけるパワースペクトル  $P_{ZIC}^{(2010)}(f)$  を, (iv) は (iii) と同様の期間での空間充填指数  $F_C$  におけるパワースペクトル  $P_{ZIF_C}^{(2010)}(f)$  をそれぞれ表す. また, 表 1 には赤外画像における時系列データに関するパワースペクトル (i)  $P_{ZIC}^{(2009)}(f)$ , (ii)  $P_{ZIF_C}^{(2009)}(f)$ , (iii)  $P_{ZIC}^{(2010)}(f)$ , (iv)  $P_{ZIF_C}^{(2010)}(f)$  の最大強度と日時をそれぞれ示す.

図 1 のパワースペクトルにおいて, ピーク位置の間隔 (ピーク間距離) は (i) の場合 ① - ② で 15 日 4 時間 (364 時間), ② - ③ で 15 日 6 時間 (366 時間) であり, 平均値は 365 時間である. (ii) の場合については ① - ② で 15 日 4 時間 (364 時間), ② - ③ で 15 日 6 時間 (366 時間) であり, 平均値は 365 時間である. (iii) の場合については ① - ② で 15 日 9 時間 (369 時間), ② - ③ で 15 日 2 時間 (362 時間) であり, 平均値は 365.5 時間である. (iv) の場合については ① - ② で 15 日 9 時間 (369 時間), ② - ③ で 15 日 2 時間 (362 時間), ③ - ④ で 15 日 (360 時間) であり, 平均値は 363.6 時間となっている. これらの傾向をみると, 雲量率と空間充填指数にはピーク間距離にほとんど差がみられないことが分かる. すなわち, 2008

年 12 月 31 日 17 時から 2009 年 12 月 31 日 16 時まで  
 と 2009 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までのそれぞれの期間でパワースペクトルが周期的に 360 時間~369 時間で変動していることが分かる。

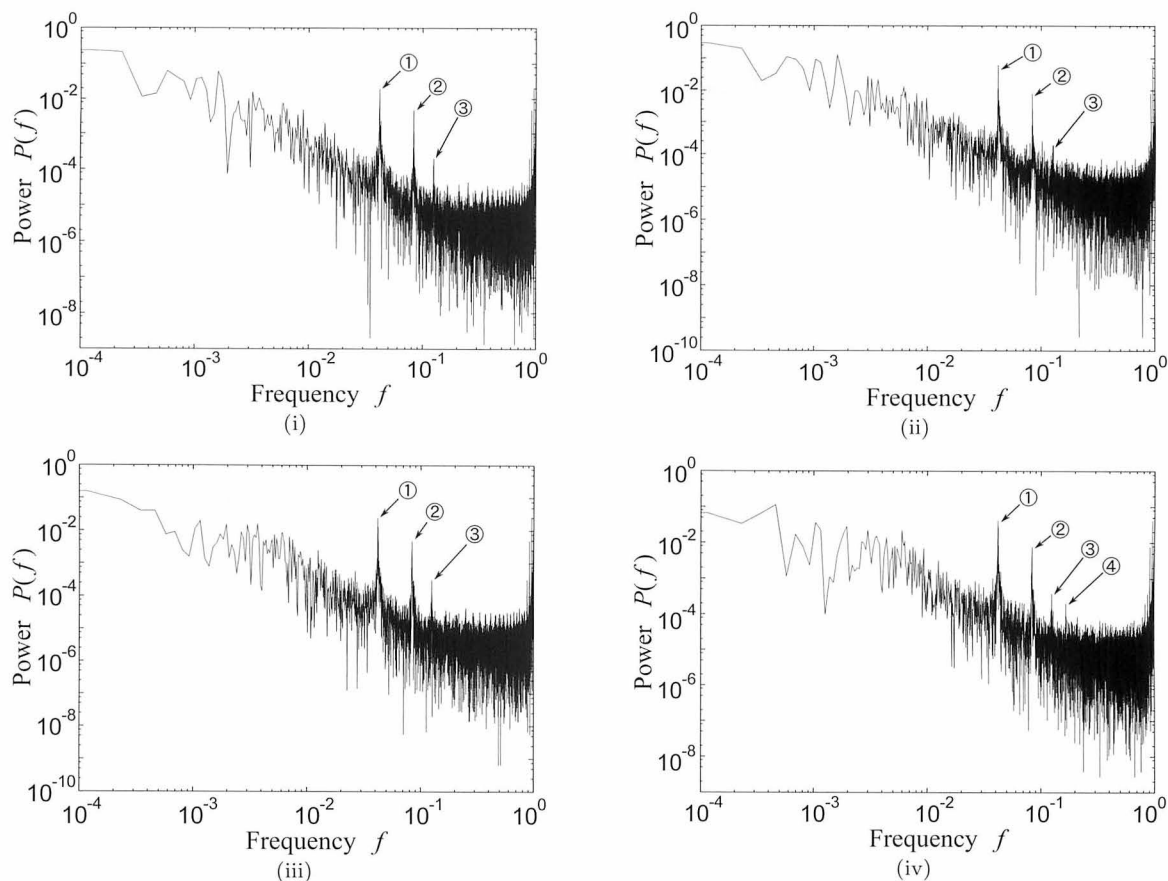


図 1: 赤外画像における雲量率  $C$ , 空間充填指数  $F_C$  に関する時系列データのパワースペクトル. (i)  $P_{ZIF_C}^{(2009)}(f)$ , (ii)  $P_{ZIF_C}^{(2009)}(f)$ , (iii)  $P_{ZIF_C}^{(2010)}(f)$ , (iv)  $P_{ZIF_C}^{(2010)}(f)$ .

表 1. 赤外画像に関するパワースペクトルの最大強度と日時.  
 (i)  $P_{ZIF_C}^{(2009)}(f)$ , (ii)  $P_{ZIF_C}^{(2009)}(f)$ , (iii)  $P_{ZIF_C}^{(2010)}(f)$ , (iv)  $P_{ZIF_C}^{(2010)}(f)$ .

(i)				
	周波数 $f$	最大強度	Time	日時
①	0.041839	0.019564	365	2009 年 1 月 16 日 2 時
②	0.083448	0.004835	728	2009 年 1 月 31 日 6 時
③	0.125401	0.000198	1094	2009 年 2 月 15 日 12 時
(ii)				
	周波数 $f$	最大強度	Time	日時
①	0.041839	0.062061	365	2009 年 1 月 16 日 2 時
②	0.083448	0.007980	728	2009 年 1 月 31 日 6 時
③	0.125401	0.000190	1094	2009 年 2 月 15 日 12 時
(iii)				
	周波数 $f$	最大強度	Time	日時
①	0.041724	0.024652	363	2010 年 1 月 15 日 21 時
②	0.083908	0.004859	730	2010 年 1 月 31 日 6 時
③	0.125057	0.000321	1088	2010 年 2 月 15 日 8 時
(iv)				
	周波数 $f$	最大強度	Time	日時
①	0.041724	0.041272	363	2010 年 1 月 15 日 21 時
②	0.083908	0.007675	730	2010 年 1 月 31 日 6 時
③	0.125057	0.000380	1088	2010 年 2 月 15 日 8 時
④	0.166322	0.000207	1447	2010 年 3 月 2 日 8 時

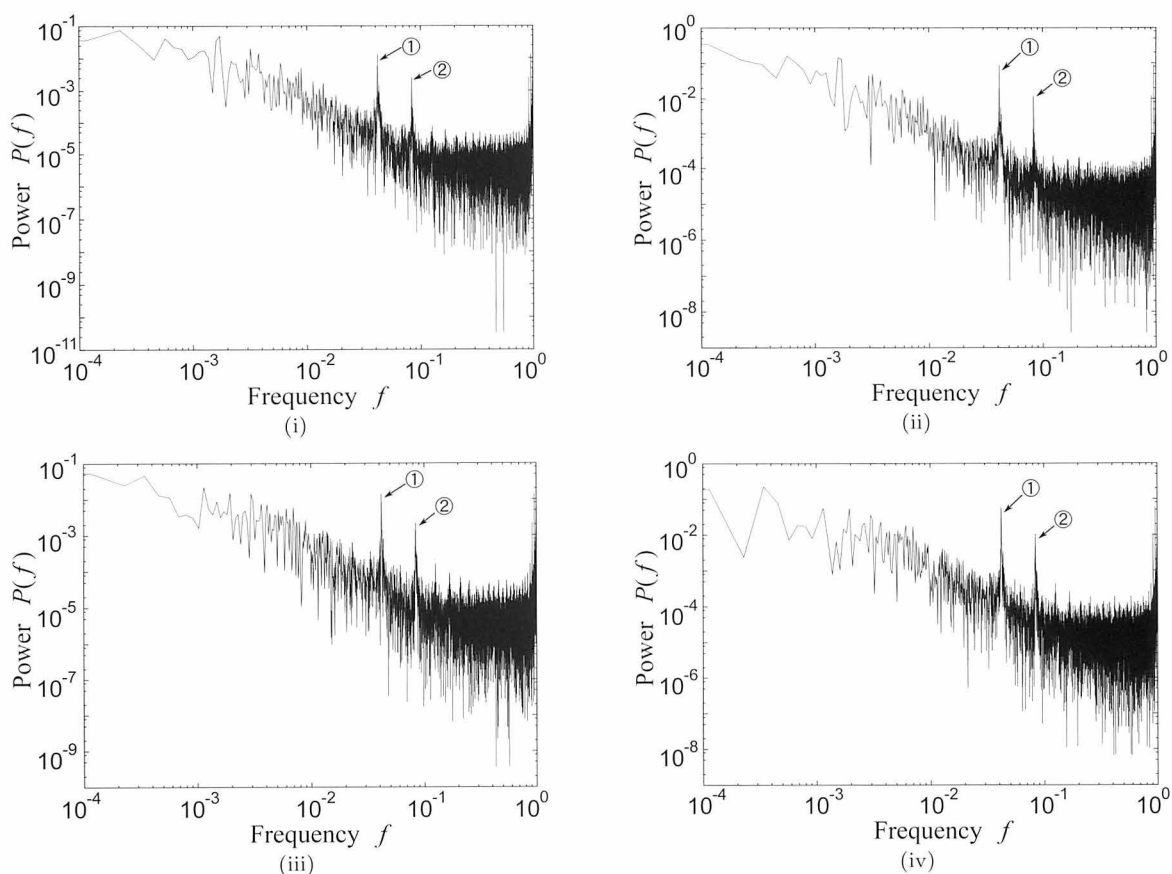


図 2: 水蒸気画像における水蒸気占有率  $W$ , 空間充填指数  $F_W$  に関する時系列データのパワースペクトル. (i)  $P_{ZW}^{(2009)}(f)$ , (ii)  $P_{ZWF_W}^{(2009)}(f)$ , (iii)  $P_{ZW}^{(2010)}(f)$ , (iv)  $P_{ZWF_W}^{(2010)}(f)$ .

表 2. 水蒸気画像に関するパワースペクトルの最大強度と日時.

(i)  $P_{ZW}^{(2009)}(f)$ , (ii)  $P_{ZWF_W}^{(2009)}(f)$ , (iii)  $P_{ZW}^{(2010)}(f)$ , (iv)  $P_{ZWF_W}^{(2010)}(f)$ .

(i)				
	周波数 $f$	最大強度	Time	日時
①	0.041834	0.013168	365	2009年1月16日2時
②	0.083438	0.002589	728	2009年1月31日6時
(ii)				
	周波数 $f$	最大強度	Time	日時
①	0.041834	0.088887	365	2009年1月16日2時
②	0.083438	0.011989	728	2009年1月31日6時
(iii)				
	周波数 $f$	最大強度	Time	日時
①	0.041719	0.014308	363	2010年1月15日21時
②	0.083898	0.002195	730	2010年1月31日6時
(iv)				
	周波数 $f$	最大強度	Time	日時
①	0.041719	0.060250	363	2010年1月15日21時
②	0.083669	0.010593	728	2010年1月31日4時

以上のように、赤外画像に関する全球域の時系列データにおけるフーリエスペクトルには、特徴的なピークが3ないし4ヶ所出現していることが分かる。日本付近の場合に比べて出現するピークの個数は減少傾向にある。第1ピーク①から第3ピーク③までの雲量率や空間充填指数に関するTimeの値はすべて同値であり、2009年および2010年の場合で、その間に差異はほとんど認められない。このことは、日本付近の場合に関しても同様である。

水蒸気画像における時系列データに関するパワースペクトルを図2に示す。(i)は2008年12月31日17時から2009年12月31日16時までの水蒸気占

有率における時系列データに関するパワースペクトル  $P_{ZWW}^{(2009)}(f)$  であり,(ii)は(i)と同様の期間での空間充填指数  $F_W$  におけるパワースペクトル  $P_{ZWF_W}^{(2009)}(f)$  を,(iii)は2009年12月31日17時から2010年12月31日16時までの水蒸気占有有率におけるパワースペクトル  $P_{ZWW}^{(2010)}(f)$  を,(iv)は(iii)と同様の期間での空間充填指数  $F_W$  におけるパワースペクトル  $P_{ZWF_W}^{(2010)}(f)$  をそれぞれ表す。また、表2には水蒸気画像における時系列データに関するパワースペクトル (i) $P_{ZWW}^{(2009)}(f)$ , (ii) $P_{ZWF_W}^{(2009)}(f)$ , (iii) $P_{ZWW}^{(2010)}(f)$ , (iv) $P_{ZWF_W}^{(2010)}(f)$  の最大強度と日時をそれぞれ示す。

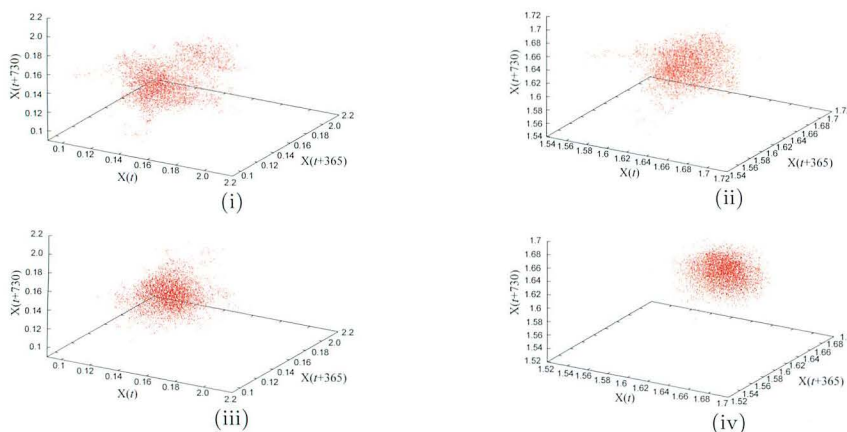


図3: 赤外画像における時系列データによる軌道の3次元状態空間内での再構成。(i)Year=2009における雲量率,(ii)Year=2009における空間充填指数,(iii)Year=2010における雲量率,(iv)Year=2010における空間充填指数。

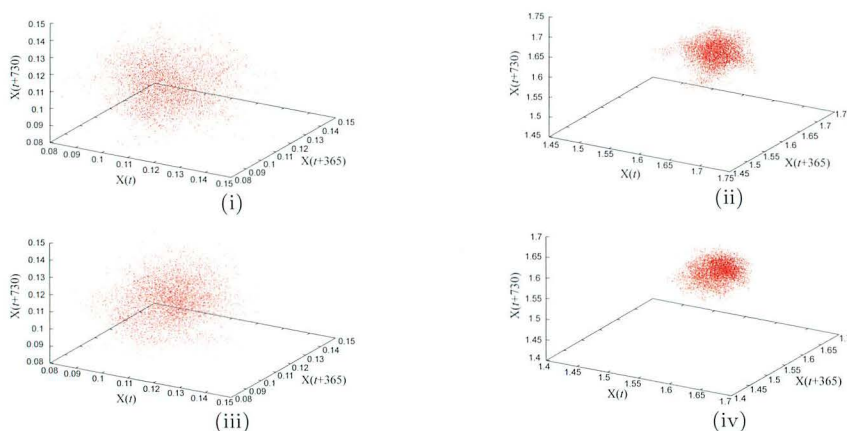


図4: 水蒸気画像における時系列データによる軌道の3次元状態空間内での再構成。(i)Year=2009における水蒸気占有有率,(ii)Year=2009における空間充填指数,(iii)Year=2010における水蒸気占有有率,(iv)Year=2010における空間充填指数。

パワースペクトルにおいて、ピーク間の距離は (i) の場合 ①-② で 15 日 4 時間 (364 時間) である. (ii) の場合については ①-② で 15 日 4 時間 (364 時間) である. (iii) の場合については ①-② で 15 日 9 時間 (369 時間) である. (iv) の場合については ①-② で 15 日 7 時間 (367 時間) となっている. これらの傾向をみると、水蒸気占有率と空間充填指数にはピーク間距離にほとんど差がみられない.

以上のように、水蒸気画像に関する全球域の時系列データにおけるフーリエスペクトルには、日本付近の場合 [4] の結果と同様に、特徴的なピークが 2ヶ所出現していることが分かる. また、パワースペクトルの第 1 ピーク ① や第 2 ピーク ② について、ピークが出現する日時に差異が認められるが、水蒸気占有率や空間充填指数の Time の値は、全球域や日本付近の場合の両者とも同値である.

### 3.2 3次元状態空間軌道上での挙動について

赤外画像における雲量率や空間充填指数の時系列データに関して、パワースペクトルにおけるピーク間隔が 360 時間~369 時間で周期的に出現しており、表 1 中の第 1 ピーク ① に相当する Time の値は Time=365 であるため、365 時間がこの時系列の周期であると仮定する. このとき、時系列データ  $X(t)$  を用いて、3次元上での軌道 ( $X(t), X(t+365), X(t+2 \times 365)$ ) に再構成したとき、その軌道の3次元状態空間における振る舞いを図 3 に示す. 図 3 において、(i) は 2008 年 12 月 31 日 17 時から 2009 年 12 月 31 日 16 時までの雲量率についての振る舞いを、(ii) は (i) と同様の期間での空間充填指数の場合を、(iii) は 2009 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までの雲量率についての振る舞いを、(iv) は (iii) と同様の期間での空間充填指数の場合をそれぞれ示す.

図 3 において、アトラクタ構造の存在は観察できないが、(ii) および (iv) では密に凝集するような振る舞いが観察される.

水蒸気の場合について、表 2 から Time=365 であるので、赤外の場合と同様に 3次元上での軌道として再構成される. 図 4 には水蒸気占有率や空間充填指数の時系列データにより構成された 3次元状態空

間における軌道の振る舞いを示す. 図 4 において、(i) は 2008 年 12 月 31 日 17 時から 2009 年 12 月 31 日 16 時までの水蒸気占有率についての振る舞いを、(ii) は (i) と同様の期間での空間充填指数の場合を、(iii) は 2009 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までの水蒸気占有率についての振る舞いを、(iv) は (iii) と同様の期間での空間充填指数の場合をそれぞれ示す.

図 4 において、図 3 と同様にアトラクタ構造の存在は観察できないが、(ii) および (iv) では図 3 よりもさらに密に凝集するような振る舞いが観察される. このことから、時系列には特定の周期をとるような構造が内在していると推定される.

以上のように、全球域や日本付近の場合について 2009 年や 2010 年における時系列データで再構成された軌道の様相は、空間充填指数に関する時系列データで特徴付けられることを示している.

### 3.3 時系列トレンドの様相について

赤外画像における時系列データのフーリエスペクトルに関して、鋭いピークが周期的に出現する時間間隔 (ピーク間距離) は 365 時間 (Time=365) であるので、 $n = 365$  とおき、さらに開始時刻  $\theta$  を雲量率の時系列データにおけるパワースペクトルの初期の鋭いピークが出現する時刻 (2009 年 1 月 16 日 2 時, Time=365) に設定する. また、水蒸気占有率の時系列データに関しては、Time=365 に設定する. 本研究では、時系列データ  $\Phi^{(Year)}(\theta, n)$ ,  $\Phi^{(Year)}(\theta, 2n)$ ,  $\Phi^{(Year)}(\theta, 3n)$ ,  $\Phi^{(Year)}(\theta, 4n)$ ,  $\theta^{(2009)} = 365$ ,  $\theta^{(2010)} = 363$ ,  $n = 365$  を計算し同一平面上にグラフを描く. 図 5 と図 6 に描かれているグラフで赤色の曲線は  $\Phi^{(Year)}(\theta, n)$  であり、緑色は  $\Phi^{(Year)}(\theta, 2n)$  であり、青色は  $\Phi^{(Year)}(\theta, 3n)$  であり、黒は  $\Phi^{(Year)}(\theta, 4n)$  である. 図 5 には、赤外画像についての移動平均曲線が示されており、このとき  $\theta = 365$  に設定されている. 図 6 には水蒸気画像についての移動平均曲線が示されており、2008 年 12 月 31 日 17 時から 2009 年 12 月 31 日 16 時までの時系列データにおいては、 $\theta = 365$  が設定される. さらに、2009 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までの場合においては、図 5 と同様に、 $\theta = 363$  が設定される.

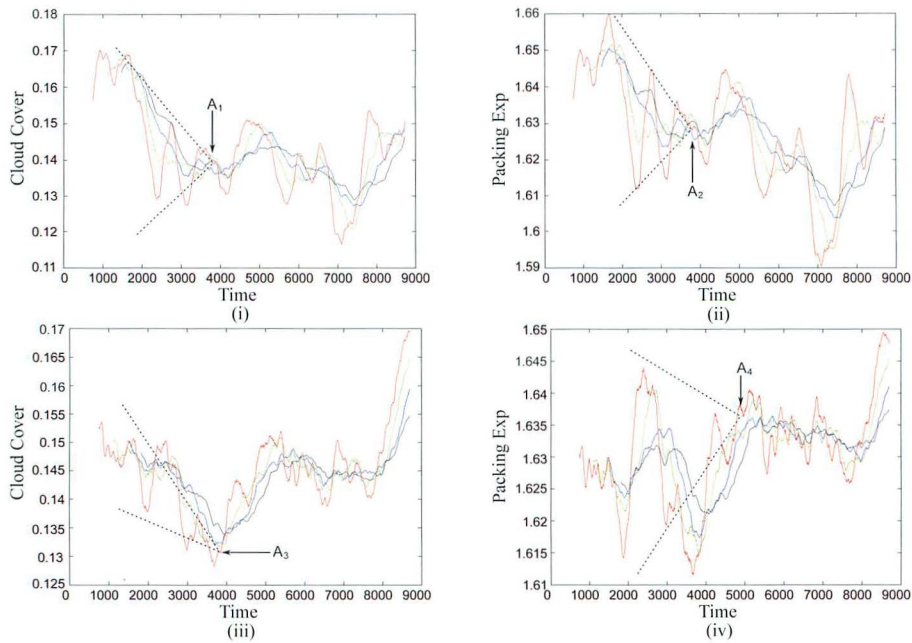


図 5: 赤外画像における時系列データの移動平均曲線. (i)  $\Phi_{ZIC}^{(2009)}(365, 365)$ , (ii)  $\Phi_{ZIFC}^{(2009)}(365, 365)$ , (iii)  $\Phi_{ZIC}^{(2010)}(363, 365)$ , (iv)  $\Phi_{ZIFC}^{(2010)}(363, 365)$ .

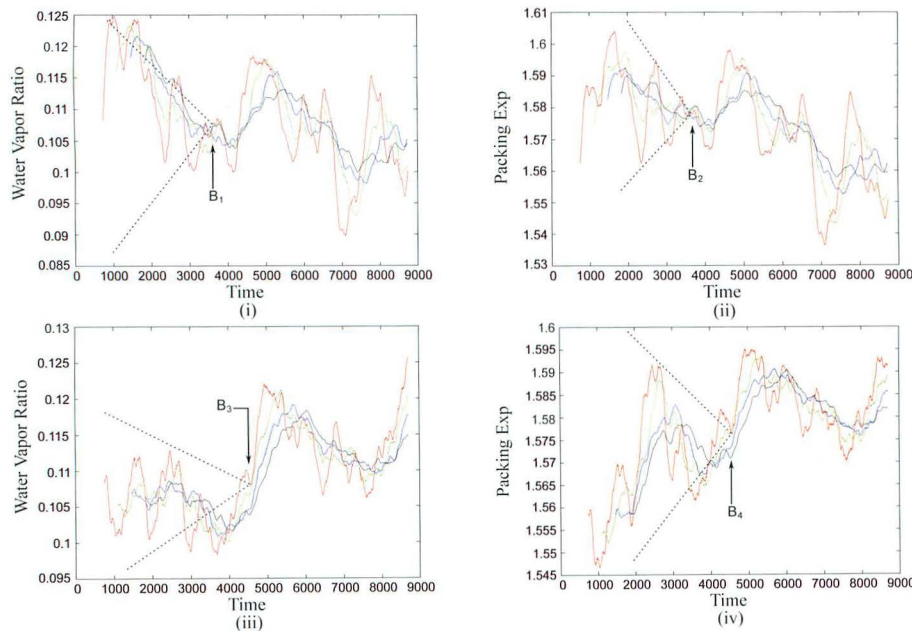


図 6: 水蒸気画像における時系列データの移動平均曲線. (i)  $\Phi_{ZWW}^{(2009)}(365, 365)$ , (ii)  $\Phi_{ZWFw}^{(2009)}(365, 365)$ , (iii)  $\Phi_{ZWW}^{(2010)}(363, 365)$ , (iv)  $\Phi_{ZWFw}^{(2010)}(363, 365)$ .

図 5 において, (i) に 2008 年 12 月 31 日 17 時から 2009 年 12 月 31 日 16 時までの雲量率の時系列データに関する移動平均曲線  $\Phi_{ZIC}^{(2009)}(365, 365)$  を, (ii) には (i) と同様の期間での空間充填指数の時系列データに関する移動平均曲線  $\Phi_{ZIFC}^{(2009)}(365, 365)$  を, (iii) に 2009 年 12 月 31 日 17 時から 2010 年 12 月 31 日 16 時までの雲量率の時系列データに関する移動平均曲

線  $\Phi_{ZIC}^{(2010)}(363, 365)$  を, (iv) には (iii) と同様の期間での空間充填指数の時系列データに関する移動平均曲線  $\Phi_{ZIFC}^{(2010)}(363, 365)$  をそれぞれ示す. (i)~(iv) において, 同一平面上に描かれた 4 曲線が収斂する点  $A_1 \sim A_4$  をそれぞれ求める.

(i) について,  $A_1$  の日付と平均雲量率はそれぞれ 2009 年 6 月 8 日 12 時 (Time=3792) と 0.139051 で



与えられる。(ii)について、 $A_2$ の日付と平均空間充填指数はそれぞれ2009年6月8日12時(Time=3792)と1.628241となる。(iii)について、 $A_3$ の日付と平均雲量率はそれぞれ2010年6月11日1時(Time=3847)と0.130940となる。(iv)について、 $A_4$ の日付と平均空間充填指数はそれぞれ2010年7月27日12時(Time=4954)と1.636370となる。

図6において、(i)に2008年12月31日17時から2009年12月31日16時までの水蒸気占有率の時系列データに関する移動平均曲線 $\phi_{ZWW}^{(2009)}$ (365,365)を、(ii)には(i)と同様の期間での空間充填指数の時系列データに関する移動平均曲線 $\phi_{ZWFw}^{(2009)}$ (365,365)を、(iii)に2009年12月31日17時から2010年12月31日16時までの水蒸気占有率の時系列データに関する移動平均曲線 $\phi_{ZWW}^{(2010)}$ (363,365)を、(iv)には(iii)と同様の期間での空間充填指数の時系列データに関する移動平均曲線 $\phi_{ZWFw}^{(2010)}$ (363,365)をそれぞれ示す。(i)~(iv)において、同一平面上に描かれた4曲線が収斂する点 $B_1 \sim B_4$ をそれぞれ求める。

(i)について、 $B_1$ の日付と平均水蒸気占有率はそれぞれ2009年6月3日1時(Time=3661)と0.107494で与えられる。(ii)については、 $B_2$ の日付と平均空間充填指数はそれぞれ2009年6月3日1時(Time=3661)と1.577979となる。(iii)については、 $B_3$ の日付と平均水蒸気占有率はそれぞれ2010年7月10日9時(Time=4546)と0.107920となる。(iv)については、 $B_4$ の日付と平均空間充填指数は2010年7月11日6時(Time=4567)と1.576344となる。

以上のように、2009年についての $A_1$ および $A_2$ 、 $B_1$ および $B_2$ に関するTimeや日付は同値であるため、雲量率と空間充填指数、水蒸気占有率と空間充填指数との間に関係する分岐点とパワースペクトルのピーク間距離に関する周期性がよく類似している反面、2010年についての $A_3$ および $A_4$ にははっきりと相違が観られ、雲量率と空間充填指数との間に関係する分岐点の様相がそれぞれ異なることを示している。これに対して、日本付近の場合では $A_1 \sim A_4$ 、 $B_1 \sim B_4$ のすべてにおいてよく一致しており、これは日本付近の場合のみの特徴と考えられる。

## 4 まとめ

2008年12月31日17時から2010年12月31日16時までのIR1およびIR3のデータで特に全球域の画像データに注目し、画像解析および時系列解析を行った。画像解析については、観測データから雲の画像や水蒸気画像のみを特徴抽出し2値化処理を行ない、雲

量率および水蒸気占有率、空間充填指数をそれぞれ求めた。この時系列データを用いて、雲量率および水蒸気占有率、空間充填指数の時系列解析を行った。

フーリエ解析により時系列データのパワースペクトルを求めた。赤外画像において、雲量率や空間充填指数のパワースペクトルには、ピークが3ないし4ヶ所出現しピークは360時間~369時間の間隔で周期的に並んでいることが分かった。また、日本付近の場合と比べて、ピークの出現頻度に差異がみられた。さらに、水蒸気画像において、水蒸気占有率や空間充填指数のパワースペクトルには、ピークが2ヶ所出現しその時間間隔(ピーク間距離)にはほとんど差異がみられなかった。また、日本付近の場合に比べて、第1ピークの出現する日時と類似していることが分かった。パワースペクトルからピークが周期的に出現するときの代表的なピーク間距離を用いて、3次元状態空間上で再構成された時系列データにおける軌道の様相はカオス的にはならず密に凝集する傾向にある。

さらに、そのTimeの値を用いて、時系列データから4シフトについての移動平均曲線 $\phi^{(Year)}(\theta, m)$ を与え、それらの曲線から収斂する点をそれぞれ求め、雲量率と空間充填指数、水蒸気占有率と空間充填指数との間に関係する分岐点とパワースペクトルのピーク間距離に関する周期性についてその特徴を明らかにした。

## 謝辞

気象庁より、気象衛星の「全球域」および「日本付近」の赤外画像および水蒸気画像を利用させて頂きました。また、本論文の作成に関して友寄友造琉球大学名誉教授には有益な助言を頂きました。関係者の皆様に深く謝意を表します。さらに、原稿を校閲して頂いた理学部物質地球科学科の深水孝則教授に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 高知大学気象情報頁, <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>
- [2] Japan Meteorological Agency, <http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html> (English)
- [3] W. Takeuchi, T. Nemoto, T. Kaneko and Y. Yasuoka, *Asian Journal of Geoinformatics*, **10(3)** (2010) 29-33.
- [4] M. Seino and T. Shimabukuro, *Bull. Facul. Sci.*,

- Univ.Ryukyus*, 93(2012) 1-10, in Japanese.
- [5]H. D. I. Abarbanel, R. Brown, J. J. Sidorowich and L. Sh. Tsimring. *Reviews of Modern Physics. B* **5(9)**, (1991) 1347-1375.
- [6]J. Beran, *Statistics for Long-Memory Processes*, Chapman and Hall, 1994.