

## 衛星雲移動ベクトルと高層風データの スペクトル解析による比較例\*

丸山 健人

常岡 好枝\*\*

### 1. はじめに

静止気象衛星「ひまわり」による雲移動ベクトルのデータは、熱帯西太平洋上空の大規模擾乱の研究に有力な資料となることが期待される。従来、この地域では、レーウィン・ゾンデによる高層風データの解析が少からず行われ、大規模擾乱の研究に寄与してきた(柳井・丸山, 1969; 丸山, 1975; 林, 1979等)。しかし、この地域における高層気象観測点は極めて少く、広大な空白をうめるデータが求められていた。

雲移動ベクトルが実際大気中の風を代表するかどうかは、今後とも検討されなければならない問題であるが(浜田, 1979, 1980等参照)、このデータを用いた解析と高層風データを用いた解析とを比較してみることは、解析結果を理解する上で役立つであろう。雲移動ベクトルは、雲のないところでは計測できないこと、高度は気候値で評価するため精度がよくないことなどの弱点がある。しかし、熱帯収束帯領域を対象にするならば、雲が多いことや、温度、圏界面の変動が中緯度に比較し小さいことから、かなり精度がよく欠測の少ないデータの得られることが期待される。

さらに、時系列データのスペクトル解析は、雲移動ベクトルに適用することにより、ベクトル評価にともなう不規則な変動を除去し、大規模大気擾乱を分離する有力な手法と考えられる。すでに、中村(1979)は1978年5~10月の西太平洋域全体にわたって、対流圏上部に約5日周期の変動が風の南北成分に見られ、20数日周期の変動が風の東西成分に見られることを示している。そこで、雲移動ベクトルで見られる変動と従来からの高層風

データに見られる変動とがどのように対応しているかが問題になる。

本稿では、雲移動ベクトルにもとづくデータと、これに対応する高層風データについて、それぞれのスペクトルおよび相互のクロス・スペクトル解析を行い、比較を試みた。

### 2. データ

高層風データとしては、シンガポール(北緯01度20分, 東経103度53分)の1978年4月から1979年3月まで、毎日00時 GMT のものを用いた。このデータは、赤道にごく近い高層観測点の一つとして、解析例が多いので、結果の比較上利用した。雲移動ベクトル・データとしては、気象衛星センターから公刊されているものから圏界面レベルのものを選んだ。

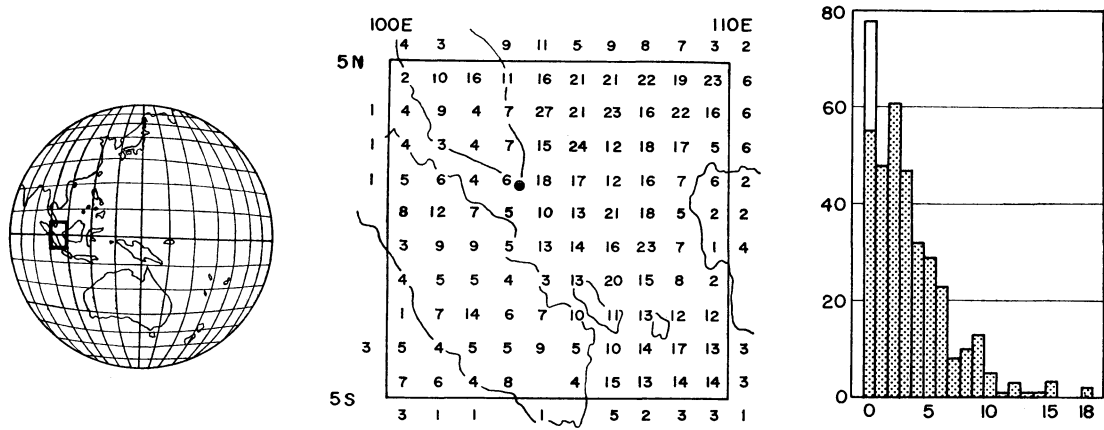
雲移動ベクトルと高層風データを比較する場合、若干の手續を要し、結果はかなりこの手續に依存すると考えられる。雲移動ベクトルは、必ずしも既存の高層観測点に近い上空で得られるとは限らないので、観測点から一定の距離内の雲移動ベクトルにもとづき、観測点上空の風を推定することになる。

第1図は、1978年4月(4月1日から23日までではデータなし)から1979年3月まで、シンガポール附近の緯経度10度ますの中に入った毎日の雲移動ベクトルの個数の度数分布と、緯経度1度ますごとにこの期間中に得られた雲移動ベクトルの個数を示したものである。ただし、10度ますの中に雲移動ベクトルが得られない日に限り、この範囲を四方に1度だけひろげ、この中に入るものを用いてある。このようにしてもなお、雲移動ベクトルの全く得られない日が2割近くある。こうして得られた毎日の雲移動ベクトルをもって衛星による風データ(以下“衛星風”と呼ぶ)とした。雲移動ベクトルが2ヶ以上あるときは、単純ベクトル平均により衛星風データとした。第1図に示すように、該当領域は30~40度ほど斜めに見るため、衛星直下よりも雲移動ベクトル算定の精度

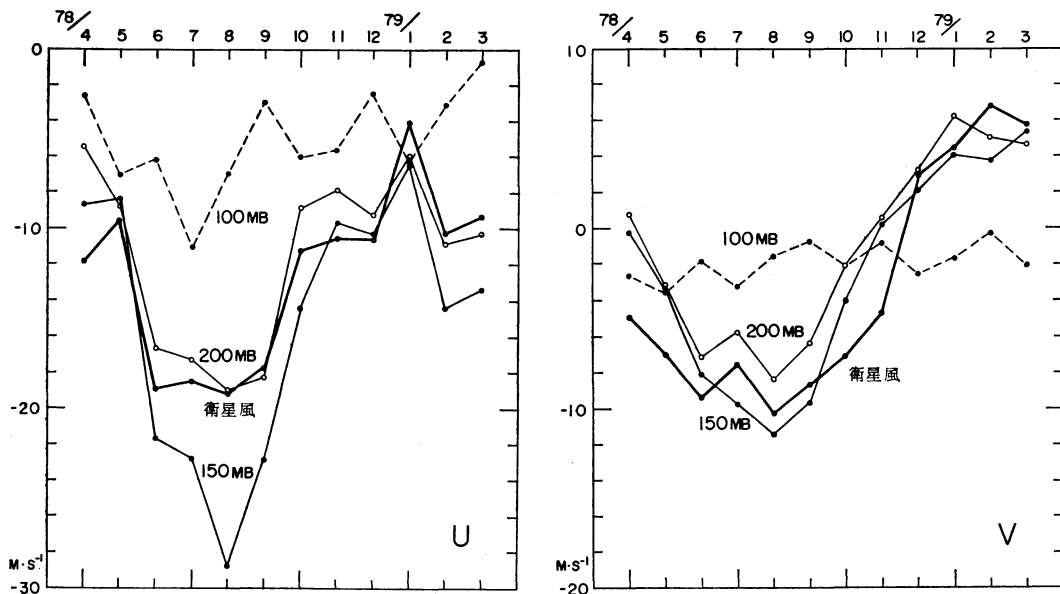
\* A comparative study between satellite cloud moving vectors and upper-wind data by a spectral analysis.

\*\* Taketo Maruyama and Yoshie Tsuneoka, 気象研究所予報研究部.

—1980年6月3日受領—  
—1980年7月16日受理—



第1図 (左) 太わくは解析に用いた領域。(中) 1978年4月1日から1979年3月31日までの期間中に得られた雲移動ベクトルの個数。わく外の数は、わく内に雲移動ベクトルが全く得られなかった日に限り、領域を1経緯度だけ拡げ採用した雲移動ベクトルの個数。(右) 1978年4月1日から1979年3月31日までの毎日、この領域で得られた雲移動ベクトルの個数(横軸)の度数(縦軸)分布。4月1日から23日までは技術上の理由により連続して全く得られなかったので、この期間に対応する度数は白ぬきにしてある。

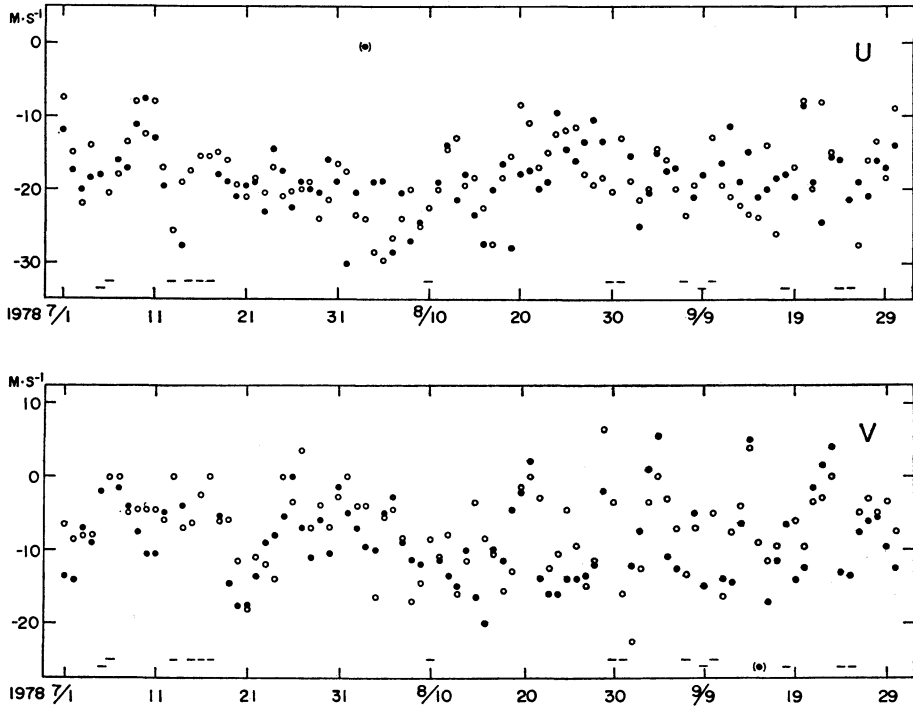


第2図 シンガポールの200・150・100 mbの高層風と雲移動ベクトルから得られた風(衛星風)の月平均値。(左)東西成分,(右)南北成分。

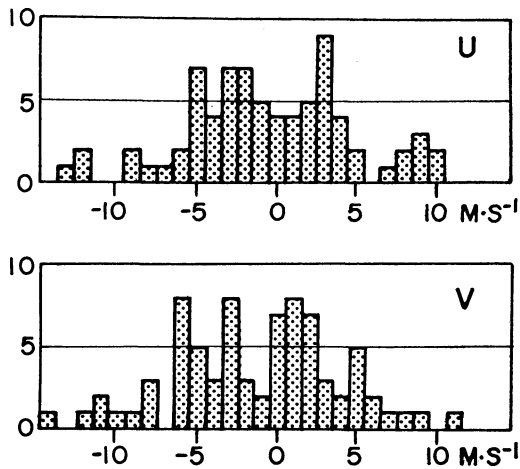
が落ちる。また、高層観測点からの距離により代表性が変化すると考えられるが、雲移動ベクトルの個数が少ないので、統計上考慮しなかった。

衛星風が高層風とどの程度一致するか、その概要をみ

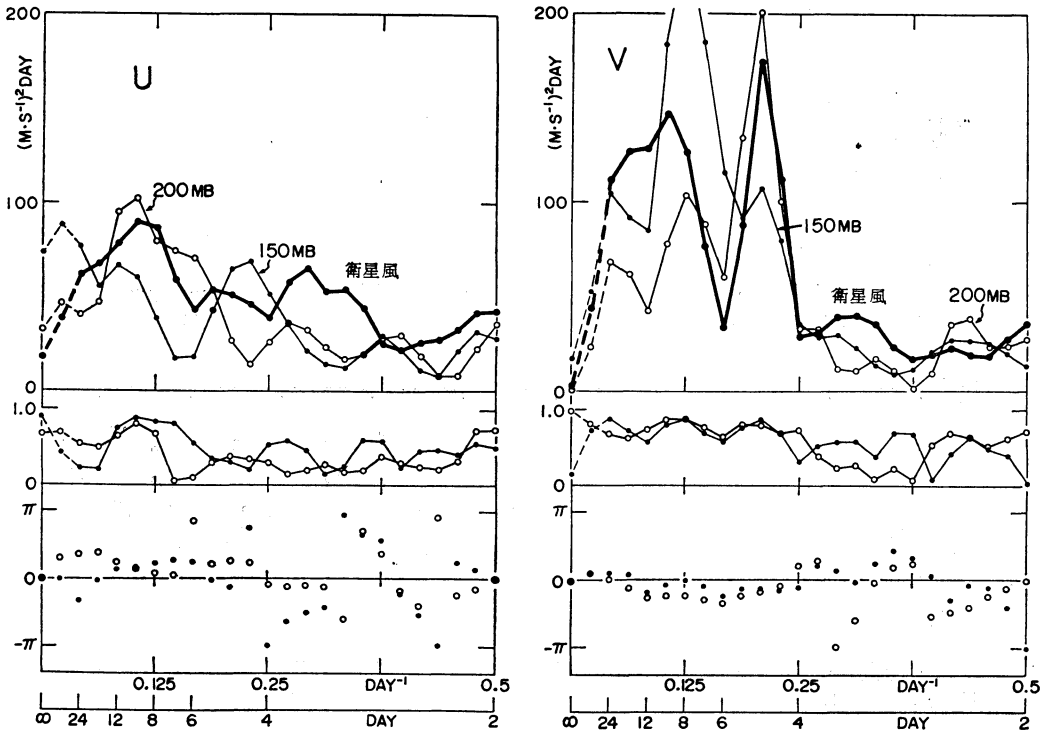
るために、第2図に衛星風と高層風の月平均値を示す。衛星風の東西成分は $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 程度の差で200 mbの高層風と合う。とくに8~9月、2~3月がよく合っている。南北成分では比較的差が大きく、とくに4~5月、10~



第3図a シンガポール 200 mb の高層風 (白マル) と衛星風 (黒マル) の日々の推移。マイナス印は欠測, カッコ付は前後に比して差が大きすぎるので異常値として計算上除去したもの。(上) 東西成分, (下) 南北成分。



第3図b 1978年7～9月の毎日のシンガポール 200 mb の高層風と衛星風の差の度数分布。衛星風が高層風より東西成分で東向き, 南北成分で北向きに大きいときプラスにとつてある。(上) 東西成分, (下) 南北成分。



第4図 1978年7～9月のシンガポール 200・150 mb の高層風と衛星風のパワースペクトル, および衛星風と高層風間のコヒーレンスと位相差. クロス・スペクトルの白マルは 200 mb, 黒マルは 150 mb の高層風に関する値を示し, 高層風の位相が衛星風より進んでいるとき位相差をプラスにとってある. (左) 東西成分, (右) 南北成分.

11月ごろには  $4\sim 6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  もある. 対流圏上層 150 mb くらいまでは, 高層風の平均南北成分には大きなシアがないので, 雲移動ベクトルのもつ系統的な南向きずれと考えられる. この系統的ずれは, 画像の位置合わせによる系統誤差で, 南北成分について  $-1.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  程度であることがほぼ解明され (浜田, 1980), これに対して, 1980年2月25日よりその誤差を除去するようシステムが変えられている. このことを考慮すると, 両成分とも高層風を比較的良好に表わしていると見られるのは, 6～9月ごろと12～1月ごろの期間である.

次に, 高層風 (200 mb) と衛星風とが月平均で比較的良好に合っていると見られる7～9月の期間について, 毎日どの程度合っているかを第3図に示す. 日々の時系列でみると, 南北成分の方が東西成分よりも変動の振幅が大きく, 高層風と衛星風の差も若干大きいように見える. 偏差の度数分布を見ると, 両成分とも (欠測で偏差が定義できない日を除き) 約8割は偏差  $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  以下で,

南北成分の方がやや広がり大きい. 高層風と衛星風は測定法も評価のしかたもちがうので単純な比較はむずかしいが, 本稿で定義した衛星風の場合, 領域を緯経度10度ますをとっていることから, 数千キロ以上の大規模じょう乱を反映していると考えられる. 時系列でみられる変動が測定, 評価のばらつきによるものか, 気象学的に意味をもつ大規模じょう乱によるものか, スペクトル解析により検討する.

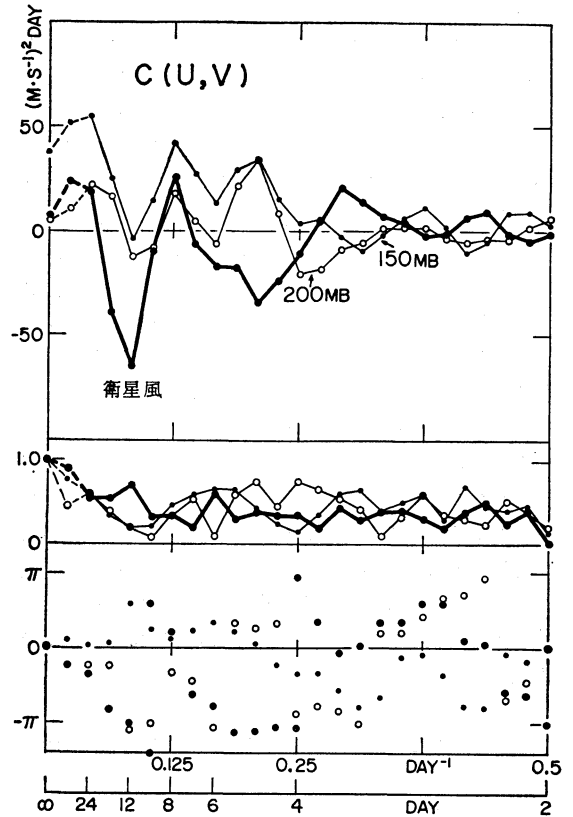
### 3. スペクトル解析

スペクトル解析の方法は, 時系列データの共分散関数をフーリエ変換するもので, これまで熱帯大気の大規模波動擾乱の研究にしばしば用いられてきた方法である (丸山, 1975). 欠測部分は直線で内挿し, 標準偏差10日の正規分布の加重移動平均により約20日以上周期帯のトレンドを求め, これを差引いて得られる擾乱部分についてスペクトル解析を行った.

第4図は、衛星風および高層風(200 mb・150 mb)のパワー・スペクトル、および両者間のコヒーレンスと位相差を1978年7~9月の3ヶ月間について示したものである。風の東西成分(U成分)では8~12日の衛星風のピークが200 mbの高層風のピークと振幅もほぼ合っている。コヒーレンスも0.8位にもり上がっており、位相差はプラス(高層風の方が進んでいる)だがゼロに近い。ただ、コヒーレンスは150 mbとの間の方が高い。図には示さないが100 mbとの間ではコヒーレンスもやや下がり、位相はほぼ逆位相になっており、また、400 mb附近ではコヒーレンスも低くなっている。この擾乱は対流圏上部に集中していることが示される。衛星風は150~200 mb層の擾乱を平均的に反映していると考えられる。U成分のその他のピークについては互いに対応がつけられない。

風の南北成分(V成分)では、5日の衛星風のピークが、200 mbの高層風と極めてよく合っている。一方、8~12日の衛星風のピークに対し、高層風150 mbと200 mbのピークは8日前後であり、周期にややずれがあり、振幅は150 mbが衛星風より大きく、200 mbで衛星風より小さい。しかし、衛星風・高層風間のコヒーレンスは、5日以上周期帯で0.8前後で高いレベルにそろっており、位相差もマイナス(高層風が遅れている)傾向ながらゼロに近い。したがって、これらのピークは、それぞれ互に対応しているものと考えられる。衛星風の8~12日のピークは、高層風150~200 mb層の平均的な風を反映しているものと考えられる。V成分の5日周期のピークは、図には示さないが、250 mb, 300 mbの高層風にもみられ、衛星風との間のコヒーレンスも高い。中村(1979)が指摘したV成分の変動と同じものである。

次に、衛星風、高層風のそれぞれについて、U成分とV成分間のコースペクトルを求めた。この量は、西風運動量の南北フラックスを示すので有意義な量である。第5図は、衛星風および高層風(200 mb・150 mb)のコースペクトルおよび、U成分・V成分間のコヒーレンスと位相差を1978年7~9月の3ヶ月間について示したものである。8日周期のところでは、衛星風・高層風ともコースペクトルがプラスになっているほかは、衛星風と高層風はほとんど合っていない。また、高層風の150 mbと200 mbもあまり合っていないとはいえない。コヒーレンスもそろっておらず、衛星風は特に低い。位相差もばらついている。したがって、U成分・V成分間に



第5図 1978年7~9月のシンガポール200・150 mbの高層風と衛星風の東西成分(U)と南北成分(V)の間のコースペクトル、およびU・V間のコヒーレンスと位相差。大黒マルは衛星風、白マルは200 mb、小黒マルは150 mbの高層風を示す。VがUより位相が進んでいるとき位相差をプラスにとっている。

有意な相関を主張することはできない。しかし、このことからただちにデータの精度が低いと判断することはないであろう。対象としている領域が赤道上下および赤道に近い場合、U成分・V成分の両成分をともなう大規模波動擾乱があらわれにくいためとも考えられる。

スペクトル解析は、他の四半期についても試みたが、1978年7~9月ほど衛星風と高層風のよい対応は示されなかった。この時期についてよい対応を示すのが1979年1~3月である(図は割愛した)。これらの時期は、北半球・南半球が冬または夏であり、熱帯の大規模基本場の変動が比較的小さいためと考えられる。

## 4. むすび

衛星雲移動ベクトルと高層風データをクロススペクトル解析により比較した結果、両種のデータに反映される大規模擾乱は、時期によっては対応がつけられることがわかった。高層風データは垂直方向には分解度が高いデータが得られているが、熱帯海洋上の大部分は空白に近い現状である。雲移動ベクトルは垂直方向には精度が低く、実際上対流圏上部では150~200 mb層に限られるが、雲の多い領域では広い範囲にデータが得られる。これらを組合せるなら、垂直・水平方向にひろがる大規模擾乱の分析が展開できよう。なお、他の熱帯海洋上でも同様のことがいえるかどうかを確かめるために、さらにこの種の分析を行う必要がある。

しかし、両種のデータから得られる結果が互に対応がつけられない問題は、衛星風データが改善されてもなお残るであろう。その要因として、風の計測方法が両者で全く異なることがあげられる。したがって、両者間で生ずる差について、一方が正しく他方が誤差であると見なすわけにはいかない。これらの評価については、今後の課題である。

## 謝 辞

本研究をすすめるにあたり、内田英治気象研究所予報

研究部長はじめ同研究部の方々にたえず助言をいただきました。

シンガポールのデータは、シンガポール気象サービス(Meteorological Service Singapore) 刊行のもの、気象衛星のデータは、気象衛星センター刊行のものを用いました。また、計算は、気象研究所電子計算室で行いました。

## 文 献

- 中村健次, 1979: 熱帯における静止気象衛星による雲移動ベクトルと雲量のスペクトル解析, 1979年度春季大会講演予稿集, 日本気象学会。  
 浜田忠昭, 1979: 風計算, GMS システム総合報告, II データ処理解説編, その2, 気象衛星センター。  
 ———, 1980: 静止気象衛星「ひまわり」の画像からの風計算, 天気, 27, 139-158。  
 林 良一, 1977: 時空間スペクトル解析法と大気大循環モデルへの応用, 気象研究ノート, 131, 61-74。  
 丸山健人, 1975: 大規模大気擾乱のスペクトル解析, 天気, 22, 267-280。  
 柳井迪雄, 丸山健人, 1969: 熱帯成層圏大気の運動, 天気, 16, 239-260。