



天 気

1990年4月
Vol. 37, No. 4

〔解説〕

107 (スーパークラスター; 季節内変動; 熱帯対流活動)

スーパークラスターと熱帯大規模対流活動*

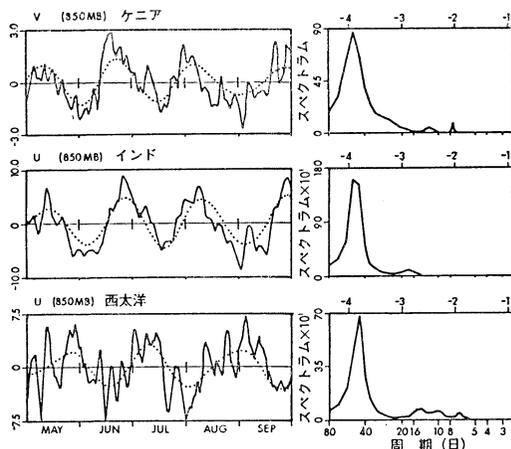
——平成元年度山本賞受賞記念講演——

中 澤 哲 夫**

1. はじめに

このたびは、山本賞をいただきまして、本当にありがとうございました。今回の受賞対象論文は、スーパークラスターについての解析だったわけです。この現象は、季節内変動と不可分です。その意味では、私がハワイ大学の村上多喜雄先生の下で1982年から1984年に行った研究に端を発しているといえます。ハワイでの仕事は、南北両半球モンスーンのエネルギー輸送というタイトルで始めたわけですが、調べていくうちに、インドモンスーン域に、非常に顕著な30~60日くらいの変動が対流圏下層にあることがわかり、さっそくこの季節内変動に焦点をあてていこうということになりました。

第1図は、1979年夏の期間の対流圏下層 850 mb での風の時間変化を示したものです。一番上がアフリカ東部ソマリア沖の南北風、次が、インド付近の東西風、下が西太平洋のものですが、この期間、45日くらいの周期変動の様子がよくわかると思います。この季節内変動は、1971年の Madden と Julian たちの論文に端を発し、第2図に示すような、有名なダイヤグラムがあるわけです。私が一番興味を持ったのは、この図に彼らが模式的に描いた雄大積雲です。30~60日の変動というのは、このような対流が循環と相互作用して維持されていると考えられていますから、この対流活動をもう少しきちんと調べてみようというのがその後の研究の動機だったわけ



第1図 1979年5~9月の期間におけるケニア付近の850 mb 南北風(上)、インド中部の850 mb 東西風(中)、西太平洋の850 mb 東西風の日々の変動(左:実線)とスペクトル解析(右)点線は30~60日周期帯でフィルターした値(村上(1986)より引用)

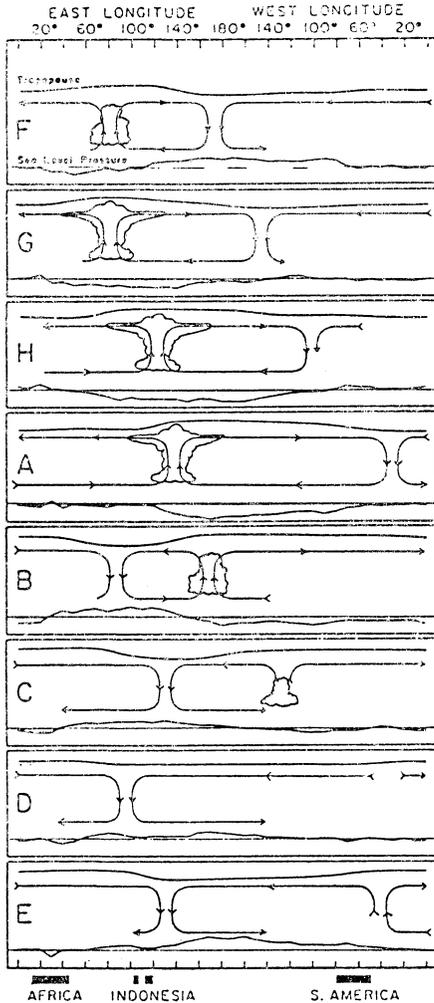
です。

2. 季節内変動内の短周期変動

季節内変動に伴う対流活動はランダムに起きているのかというところではなく、ハワイにいた時点でも、いくつかおもしろいことはわかってきていました。たとえば、第3図は安成さんの仕事ですが、インド付近では、850 mb の高度場で見ると、40日ほどの周期成分とも

* Super Cluster and Large-scale convective activity in the tropics.

** Tetsuo Nakazawa, 気象研究所台風研究部.



第2図 赤道に沿った30~60日変動に伴う東西循環の模式図 (Madden and Julian (1972) より)

に二週間程度の変動も卓越し、季節内変動の活発期にモンスーン低気圧 (Dと表わされている) という総観規模の現象が重なっていることがわかります。

第4図はハワイでの仕事のもので、北緯15度に沿った850 mbの東西成分 (左) と南北成分 (右) の時間経度断面図ですが、季節内変動の東進とともに、総観規模じょう乱に伴う風の南北成分の振幅の大きい領域が、個々のじょう乱の西進とは異なり、東進していることがわかります。

以上のことは、赤道域における対流活動に階層構造の

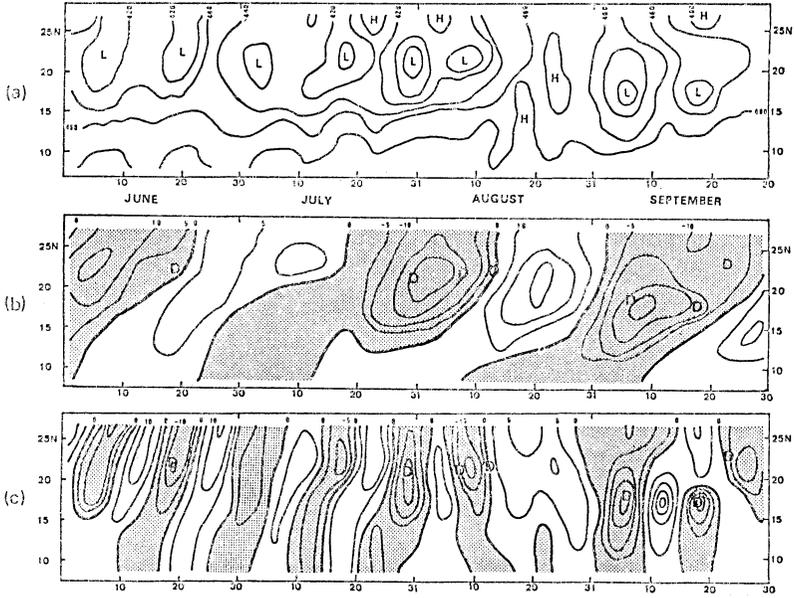
あることを示唆しています。ここで階層構造とは、各々の時間空間規模の異なる現象が、それぞれ力学的に独立した運動形態を取りながらも相互に関連し合っていることを指していますが、上の例では、惑星規模の季節内変動と総観規模じょう乱という二つのスケールの異なる現象 (階層) 全体の構造を言うわけです。

東西波数1に伴う変動の様相を調べるのであれば今までやられてきたような時間空間的にフィルターをかけて30~60日周期の惑星規模変動だけを取り出して議論しても差つかえないわけですが、このような季節内変動の下での総観規模変動を調べるためには、フィルターしていたのではだめです。

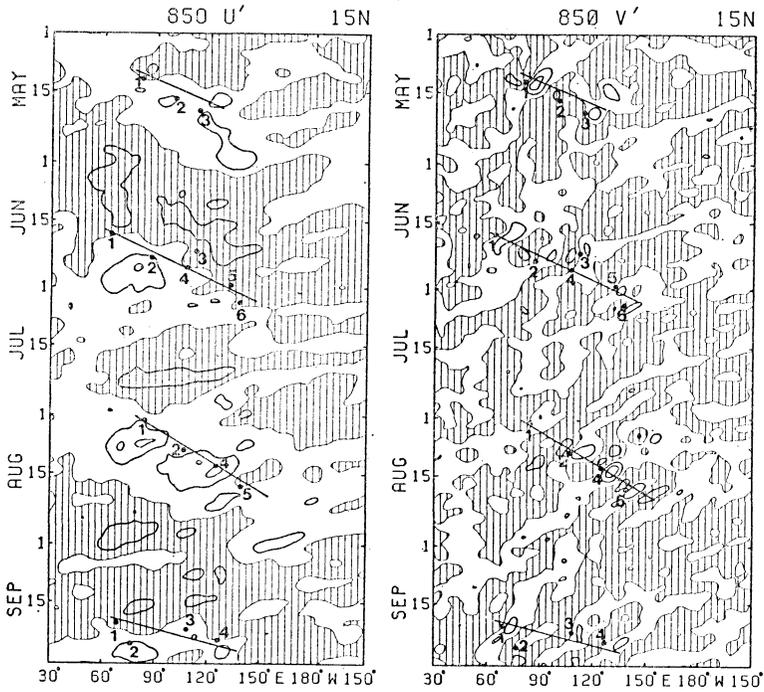
3. OLR から見たスーパークラスター

全球の大規模対流活動を調べるためには、NOAAの極軌道衛星から得られた外向長波放射 (outgoing longwave radiation, 略して OLR) のデータが適しています。元のデータは一日2回ありますが、欠測を時間内挿して、1日1回のデータにしてあります。第5図は、赤道に沿った、1976年における OLR 偏差の負の領域 (熱帯域では対流活動の活発な領域に対応すると考えられる) の時間経度断面図です。この図を見るとわかることは、まず、インド洋から日付変更線あたりにかけて変動の大きい領域が存在していること、季節内変動と呼ばれる30~60日変動に伴う大規模対流活動域が東進していることです。そして、面白いことには、その季節内変動に伴う大規模対流活動域は、総観規模の東進する対流活動域から成り立っています。ここでは1976年一年だけしかお見せできませんが、このような構造は他の年でも共通して見ることができます。

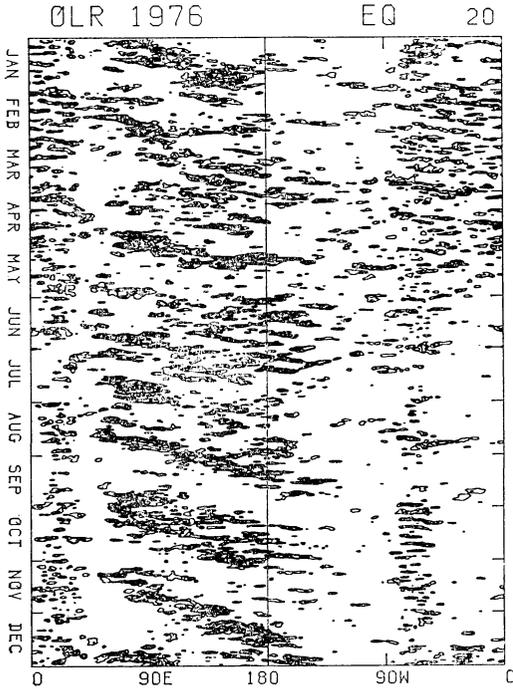
30~60日変動が総観規模の東進する対流活動域から成り立っていることは、既に数値実験から予測されていることでした。林さん、住さんら (1986) は、季節内変動が海洋上の海面温度の高いところで大きな振幅を持っていることに注目して、赤道で海面温度が最大になるようにした海洋だけからなる地球 (水惑星) を用いて季節内変動を再現しようと試み、30日ほどの周期で東進する季節内変動をみごとシミュレートしたばかりか、ほぼ同じ位相速度で東進する総観規模の東進する対流活動域をも表現することに初めて成功しました。彼らは、この総観規模の東進する対流活動域のことをスーパークラスター (超雲団) と呼びました。では彼らのスーパークラスターが実際の気象では存在するのか、もうすこしこの総観



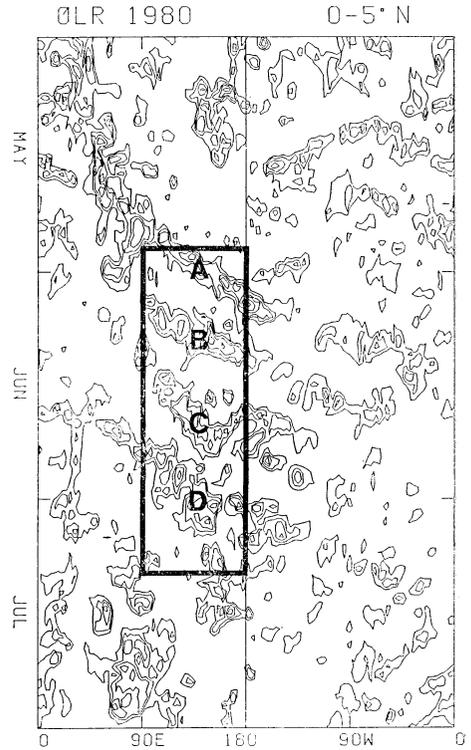
第3図 インド付近の 850 mb 高度場の緯度—時間断面図。
 (a) 5日平均 (b) 30~60日でフィルターした値 (c) 10~20日
 でフィルターした値。負の値は点彩してある (Yasunari (1981) より)



第4図 北緯15度に沿った30~60日でフィルターした場の時間—経度断面
 図。850 mb の東西風 (左) と南北風 (右)。負の値は点彩してあ
 る。(Murakami ら (1984) より)



第5図 季節変化成分だけを取り除いた OLR の 1976 年における赤道での時間—経度断面図。 -20 Wm^{-2} 以下 40 Wm^{-2} ごとに描いてある。



第6図 第5図に同じ。ただし、1980年5月から7月まで。

規模の東進する対流活動域、スーパークラスターを現実の地球上のデータを使って見てみることにしましょう。

第6図は、1980年の5月から7月の OLR の例です。この時期AからDの4つの東進するスーパークラスターが観測されます。東進速度を計算してみると、毎秒約 10 m ほどになります。では、スーパークラスターに伴う雲域は、この速度ではたして東進しているのでしょうか。熱帯域では対流圏下層でいわゆる偏東風が吹いていますし、また西進する偏東風波動もよく知られています。スーパークラスターに伴う雲域は偏東風に逆らって東進しているのでしょうか、偏東風波動との関連はどのようなのでしょうか、などの疑問が湧いてきます。

4. スーパークラスターの細部構造

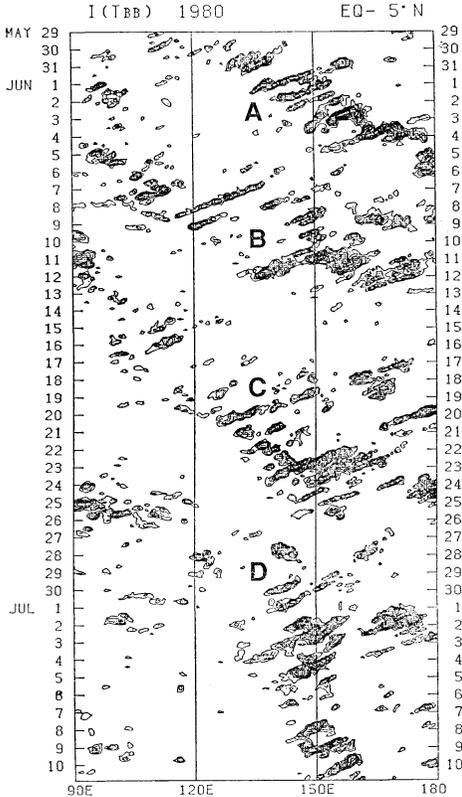
スーパークラスターに伴う雲域をさらに詳しく調べるためには、時間分解能一日1回、空間分解能 2.5 度の OLR では不十分で、より分解能の高いデータが必要です。幸い静止気象衛星「ひまわり」の3時間間隔のデー

タが水平解像度も高く利用できます。

第7図は「ひまわり」の画像から得られた、第6図で枠に囲まれた領域に対応した、ある対流指数を示しています。第6図で見られる4つのスーパークラスターに対応した対流活動域にAからDの印が書かれていますが、さらにこれらのスーパークラスターが、より時間空間スケールの小さい、西進するクラウドクラスターから構成されていることが解析されたわけです。

以上のことをまとめて模式的な図で示せば、第8図のようになるわけです。この図で左側に示されているのが、惑星規模の季節内変動中を東進する総観規模スーパークラスターで、OLR の解析から得られたものです。季節内変動中の対流活動は、いくつかのスーパークラスターから構成されています。この図の右側が、「ひまわり」で明らかにされたスーパークラスターの内部構造で、スーパークラスターが、西進するクラウドクラスターから成り立っていることを示しています。

したがって、熱帯域での対流活動には、季節内変動、



第7図 「ひまわり」の3時間ごとの赤外データを用いたある対流指数。

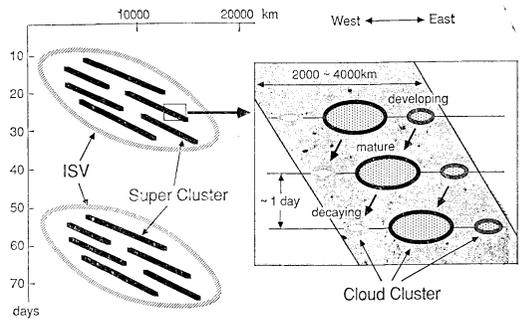
第6図の枠内と同じ期間、経度域が描かれている。

スーパークラスター、クラウドクラスター、というはっきりした構造を持った異なる時間空間スケールの現象が相互に関連しながら存在していることが実際の気象で確かめられたわけです。

5. 考察

このように、季節内変動に伴う対流活動域が組織的な振る舞いをしているとなると、スーパークラスターやその構成要素であるクラウドクラスターの実態の解明なくしては季節内変動を十分に理解できたことにはならないでしょう。その意味では、“対流”を伴った時間・空間スケールが長い現象を解析する際、そのスケールに合わせてフィルターして“対流”を議論するのは実態をとらえることはできません。もしかしたら、熱帯での大規模“対流”現象に関しては、月平均で議論することは見

HIERARCHY OF INTRASEASONAL VARIATIONS



第8図 季節内変動の階層構造の模式図。

直さなければならぬかも知れません。各階層毎に活動度を定義し、それぞれで論じなければ意味がないかも知れません。総観規模のスーパークラスターの活動度と、季節内変動の活動度とは違うからです。

いずれにしても、“対流”の実態を把握するためには、できるだけ分解能の高いデータを用いて“対流”をとらえていく必要がある点を強調したいと思います。

階層間の相互関連はわからないことばかりですが、たとえば、クラウドクラスターからの潜熱放出がスーパークラスターの運動エネルギー源となり、それによって強化されるスーパークラスターに伴う循環場が、クラウドクラスターの発生・発達を促進する、といった正のフィードバック機構が働いていると考えることができます。

7. 今後の方向

これからのことについてですが、1992年から1993年にかけて、WCRP の一つのプログラム TOGA に関連して、西太平洋上で大気・海洋結合系の応答実験(TOGA-COARE)を国際共同研究として実施することがWMOによって決定されています。ENSO の発生期にスーパークラスターがその引き金役を果たしていることを示唆する研究結果が提出されていますし、このTOGA-COAREでもスーパークラスターの構造を調べることがテーマの一つに上げられています。緒についたばかりで問題が山積みしているこのスーパークラスターの研究を今後とも続けていきたいと考えています。

8. 謝辞

受賞の対象となった論文は私個人の単独論文ではありますが、実際には多くの方々の協力と励ましなしには書けなかったものです。

先ほども述べましたように、季節内変動の研究を進めていくうえで、ハワイ大学の村上多喜雄先生には研究の姿勢等も含め、多くを学ばせていただきました。

GMS のヒストグラムのデータを編集・解析された村上勝人氏の仕事がなかったら、そして、それを業務化した気象衛星センターの努力がなかったら私の仕事もできませんでした。

GMS の1日間隔の画像からスーパークラスターに対応する対流域を同定したとき、3時間間隔の画像を調べたら、との貴重な示唆をくださった山岬正紀氏、私の研究を終始励ましてくださった、松野太郎先生、住明正氏、大学時代に熱帯気象への道へ導いてくださった新田勲氏、研究面に限らず様々な点でお世話になった、台風研究部はじめ気象研究所のスタッフの方々。

以上の方々にこの場をお借りして深く感謝したいと思います。

最後に、私をそだててくれた両親と、良き伴侶である妻と、この受賞の喜びをともにわかちあいたいと思います。

ありがとうございました。

文献

- Hayashi, Y.-Y. and A. Sumi, 1986: The 30-40 day oscillations simulated in an "aqua planet" model. *J. Meteor. Soc. Japan*, 64, 451-467.
- Madden, R.A. and P.R. Julian, 1972: Description of global scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. *J. Atmos. Sci.*, 29, 1109-1123.
- Murakami, M., 1983: Analysis of the deep convective activity over the western Pacific and Southeast Asia. Part I: Diurnal variation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 61, 60-75.
- Murakami, T., T. Nakazawa and J. He, 1984: On the 40-50 day oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer. Part I: Phase propagation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 62, 440-468.
- 村上多喜雄, 1986: モンスーン, 東京堂出版.
- Nakazawa, T., 1986 a: Intraseasonal variations of OLR in the tropics during the FGGE year. *J. Meteor. Soc. Japan*, 64, 17-34.
- Nakazawa, T., 1986 b: Mean features of 30-60 day variations as inferred from 8-year OLR data. *J. Meteor. Soc. Japan*, 64, 777-786.
- Yasunari, T., 1981: Structure of an Indian summer monsoon system with around 40-day period. *J. Meteor. Soc. Japan*, 59, 336-354.

第13回極域気水圏シンポジウムのお知らせ

南極域においては、現在第31次観測隊により「南極域における気候変動に関する総合研究(ACR)」が実施されており、国内においては、当研究所を中心に氷床コアの分析や、衛星データの解析、オゾンホールや氷床変動の研究が続けられております。つきましては極域における気象学、雪氷学、海洋学に関連する研究成果と今後の研究の展望について議論すべく、右記によりシンポジウムを開催致します。ふるって御参加下さい。

記

日時: 1990年7月12日(木), 13日(金)

場所: 国立極地研究所, 講堂

発表申込締切: 5月10日

連絡先: 国立極地研究所, 気水圏シンポジウム係

〒173 東京都板橋区加賀 1-9-10

電話 03 (962) 4711

FAX (962) 2529