

湿潤環境場における対流セルの寿命の統計解析のための

対流セル自動検出・追跡アルゴリズムの開発

* 清水 慎吾¹・上田 博^{1,2}(1: 名大・地球水循環研究センター), 山田 広幸²・耿 驍²(2: 地球環境観測研究センター)

1. はじめに

前回まで(2003年春季 P411、2005年春季 C311)の発表で、2001年長江下流域における梅雨期集中観測期間中に観測された降水バンドについて、デュアルドップラー解析とCReSSによる再現実験を行い、降水バンド進行方向後面の対流圏中層の飽差が小さいときに、バンド内の対流セルが長寿命になる事が分かった。この事例解析結果の一般性を調べるためには、対流セルの寿命の統計解析が必要である。今回は、対流セルを客観的に検出・追跡を行うために開発したアルゴリズムを紹介する。

2. 対流セルの検出方法

3次元格子データになった反射強度データ(水平分解能:1 km 鉛直分解能: 0.25 km 時間分解能: 6 分)を高度1 km から5 km までの5つの高度面において0.1 dBZ 毎に量子化する。今回の解析では、メソ対流系(MCS)を「30 dBZ 以上の反射強度で4 km²以上の面積をもつ閉曲線」と定義し、各高度で検出する。このとき、層状域からの強い降水は解析対象外とし、予めBright Band Fraction法(Rosenfeld, 1989)を用いて除外する(図1)。対流セル(CC)の検出には、Hering(2004)と同様に動的閾値によって行った(図1b)。MCSの閾値を30 dBZ から0.1 dBZ 毎に増やしていき、MCSが幾つかの構成要素に分かれ、かつ、その構成要素が1点の極値を持つときに、その構成要素をCCと定義する。ただし、その極値と閾値の差(ΔdBZ)が3 dBZ 以下の場合、CCと定義しない(図1bの一番左のピーク)。このように定義された複数のCCがMCSの面積を分割する。

3. 対流セルの追跡方法

各時刻、各高度で検出されたMCSとCCの追跡は、時間を前進および後退させた時の相互相関係数(Cross-correlation)法と面積重複割合(Overlap)法を用いて、MCSとCCのそれぞれの併合・分離も考慮した追跡方法を提案する。図2aに、ある高度のMCSとCCの分布の時間変化を示す(3タイムステップ間)。初期値および発生したばかりのMCSについては、「時間前進した時の相互相関係数法」の用いて、初期移動速度の推定を行う(図2b)。一旦、移動速度が推定されたMCSについては、過去の移動速度から推定される移動量を、次のタイムステップのMCSと面積が最も重複するように修正して、移動速度を求める(「時間前進した時の面積重複割合法」: 図2c)。この方法だけでは、「1対1対応」(現在のMCSに対して次のタイムステップのMCSが1つだけリンクされる)と「併合」の2通りが表現可能であるが、「分離」を表現できない。そこで、時間を逆進させて、前述の方法を行い「分離」を表現させる。実際には、時間後退した時の相互相関係数法で初期推定し、面積重複割合法で修正し、分離したMCSの移動速度を推定した(図2aのタイムステップ2のMCS)。このようにして推定されたMCSの移動速度を、CCの初期速度(もしくは第一推定値)として与えて、「時間前進した時の面積重複割合法」と「時間後退した時の面積重複割合法」でCCの「1対1」、「合併」および「分離」を表現し追跡する(図2aの細い黒矢印)。この方法の問題点として、「合併」と「消滅」の区別、および、「分離」と「発生」の区別が難しい事が挙げられる(図2a白矢印)。その対策として、高度4、5 kmの反射強度と高度1、2 kmの反射強度を比較して、上空のエコーが強い場合は、それぞれ「合併」、「分離」と判断した。

4. 検証とまとめ

2001年6月24日4時(北京標準時)にデュアルドップラー解析を行ったレインバンド内に、1時間以上の寿命を持つ対流セルが検出され(図3のCELL A)、上昇流のデータを使って評価した寿命とよく対応することが確認された(図なし)。今回紹介したアルゴリズムは湿潤環境場でよく観測される、下層にコアを持ち、組織化する対流セルに対しても有用であると言える。

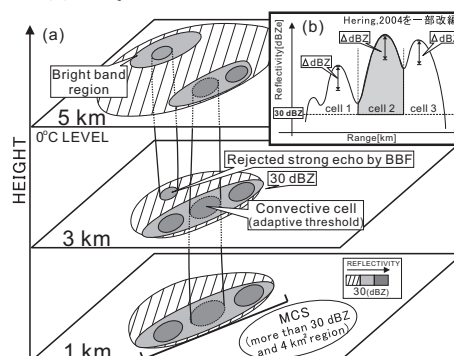


図1:(a) メソ対流系の検出方法。30 dBZ 以上の閉じた閉曲線でその面積が4 km²以上を持つものをメソ対流系として定義する。Bright Band Fraction法を用いて層状域からの強いエコーを除外した。(b) 動的閾値法による対流セルの検出方法。Hering,2004と同様に、ピークが一つだけ含まれるまで、メソ対流系の閾値を増やし、対流セルを検出する。

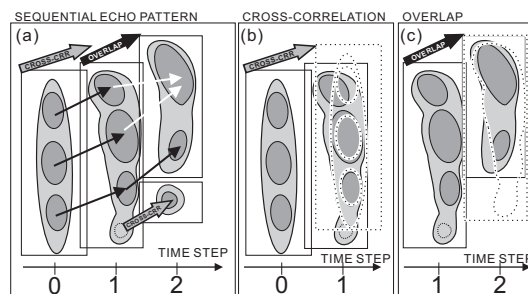


図2: ある高度におけるメソ対流系の移動量(a)を相互相関係数法(b)と面積重複割合法(c)で見積もる方法の概念図。太い実線はメソ対流系の、細い実線は対流セルの移動量を示す。

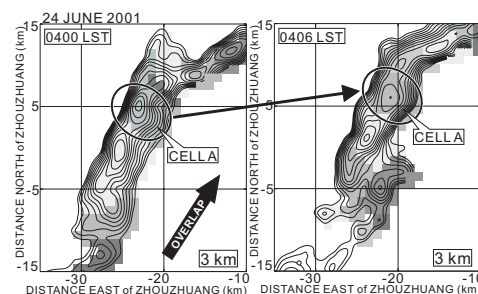


図3: 2001年6月24日4時(北京時)に長江下流域で観測されたレインバンドに対する、高度3 kmの対流セルの検出と6分後の追跡の結果。等値線で1 dBZ 毎の反射強度を、陰影で検出された対流セルの位置を示す。