

Symmetric Instability

(対称不安定)

傾圧流体中には様々な不安定モードが潜在している。たぶん、一般に最もよく知られているものは温帯低気圧に対応する傾圧不安定 (baroclinic instability, 以下 BI) であろう。対称不安定 (symmetric instability, 以下 SI) も BI と同様に傾圧流体中に発生する不安定の一つであり、結果として生じる流れが軸対称であることからその名がつけられている。

Stone (1966) による非粘性線形 Boussinesq 方程式の解析によると、SI は地衡風バランスを仮定した Richardson 数 (Ri) が 1 以下で不安定となり、更に $Ri < 0.95$ では SI の成長率が BI のそれに卓越する。これは、弱い成層と強い鉛直シアーとが SI 成長の温床であることを意味する。

SI により生じる流れは、帯状流に直交する子午断面で見れば、極側に向かって傾斜した上昇域と下降域とが交互に繰り返される子午面循環となる。この循環の傾きは等温位面の傾斜よりもゆるやかであればよいが、特に等温位面の傾斜に近いモードほどその成長率が大きい (Bennets and Hoskins, 1979) ため、実際にはこのモードが卓越するものと考えられる。この循環の水平スケールは、Emanuel (1979) の解析により

(帯状流の鉛直シアー) × (SI の不安定領域の深さ) /
(コリオリパラメータ)

となることが示されている。

SI により形成される各々の循環セルにより帯状流の運動量が下向きに輸送され、帯状流の下層に非地衡風の強風域が形成される (上層に弱風域が形成されると言ってもよい)。SI による子午面循環は帯状流の運動量を下向きに輸送することによって自分自身の運動エネルギーを得ていると言える。地衡風調節の過程で子午面内に直接循環 (SI による個々の循環よりも大きいスケール

をもつ) が形成され、この循環によって熱が上向きかつ北向きに輸送されることになる (Stone, 1972)。

近年、SI が関心をもたれるようになったのは温帯低気圧の前線付近でしばしば観測されるメソ・スケールの降水帯の形成メカニズムとして、これまで述べてきたような SI による子午面循環の諸性質が魅力的であったからである。しかし、残念なことに、現実の大気中で SI の不安定条件が容易に満たされるとは考え難い。そこで Bennets and Hoskins (1979) が新たに提唱したのが条件付対称不安定 (conditional symmetric instability, 以後 CSI) である。CSI とは、水蒸気の凝結による潜熱放出を考慮し、SI の不安定条件中に現われる温位を、相当温位 (あるいは、湿球温位) に置き換えようというものである。この場合 CSI の不安定条件は温帯低気圧の前線付近では比較的容易に満たされることになる。筆者らが行った CSI の数値実験 (Saitoh and Tanaka, 1987, 1988) は、温帯低気圧の前線付近の降雨帯の観測結果と対照した際、に多くの点で興味深い結果を示している。

引用文献

- Bennets, D.A. and B.S. Hoskins, 1979: Quart, J. Roy. Meteor. Soc., 105, 945-962.
 Emanuel, K.A.: 1979: J. Atmos. Sci., 36, 2425-2449.
 Saitoh, S., and H. Tanaka, 1987: J. Meteor. Soc. Japan, 65, 675-708.
 _____, and _____, 1988: J. Meteor. Soc. Japan, 66, 39-54.
 Stone, P.H., 1966: J. Atmos. Sci., 23, 390-400.
 _____, 1972: J. Atmos. Sci., 29, 419-426.
 (日本電気㈱ C&C 情報研究所・齋藤 定)