

### 3次元非静水圧モデルを用いた対流プリューム構造の数値実験

## Numerical experiments of structure of convective plumes using a 3-dimensional nonhydrostatic model

# 岡田 直資[1], 見延 庄士郎[2], 金本 吉仁[2], 池田 元美[1]

# Naosuke Okada[1], Shoshiro Minobe[2], Yoshinori Kanamoto[2], Motoyoshi Ikeda[1]

[1] 北大院・地球環境, [2] 北大・理・地球惑星

[1] Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido Univ., [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~minobe>

海洋対流におけるプリュームの構造を、3次元非静水圧モデルを用いて調査した。コリオリパラメータ・粘性係数・密度フラックスパラメータが異なる160の実験を行い、無次元パラメータによって張られる平面状で、2D レジームと3D レジームとの境界が従来提案されていた直線ではなく、より複雑な曲線となることを見出した。さらに、2D レジームの実験のうち、経験的なスケール則から長さスケールが大きく外れる実験において、従来知られていたヒートン構造とは異なるマッシュルーム構造が存在することを明らかにした。マッシュルーム構造はヒートン構造とは異なり、時間発展が本質的であり、個々の構造は比較的短い時間に生成・消滅する。

開いた海洋における対流(Open water deep convection)について、従来2D レジームと3D レジームの二つの状態が存在することが知られている。2D レジームでは鉛直方向の構造が主として鉛直第一モードで説明され、鉛直方向に支配的な構造があるために本質的に2次元乱流であると見なすことができる。一方、3D レジームでは鉛直方向に支配的な構造はもはや存在せず、本質的に3次元乱流であると言える。これらのレジームについてはいくつかの非静水圧モデルを用いた実験が行われてきた。例えば、2D レジームと3D レジームの境界は対数表示された二つの無次元パラメータ、flux Rayleigh number と natural Rossby number, が張るパラメータ平面上の直線で表現されることが提案されており、また2D レジームは上下の安定な渦対が本質的な役割を果たすヒートン構造となっていると考えられてきた(例えばKlinger and Marshal 1995, 以下KM)。しかし、KMの直線近似の提案はわずか19の実験にもとづいており、また2D レジームの構造をすべてヒートン構造であるかどうかの系統的な研究はなされていない。本研究ではこれらの問題を解決するために、KMよりも桁多い160の実験を行い、さらにプリュームの3次元構造の可視化によって2D レジームにおけるプリューム構造の詳細な調査を行った。

KMと同様に鉛直流速のEOF解析で得られる鉛直第一モードが全分散の60以上を説明する場合に2D レジーム、そうでない場合には3D レジームとして、2D レジームと3D レジームの境界を同定した。その結果、KMが仮定した直線は、実際にはより複雑な曲線の一部の線形近似であることが示された。

さらに、2D レジームのうち、標準的なスケール則から外れた長さスケールを持つ実験に着目して、そのプリューム構造を詳細に調べた。これらの実験ではヒートン構造とは異なる、時間発展する構造が実験領域のいたるところに見られた。この構造は、その時間発展のある局面ではキノコ状の構造を示すので、マッシュルーム構造と名づけた。本質的に安定なヒートン構造とは対照的に、マッシュルーム構造ではその時間発展が重要である。上向きの流速が底面付近から発生して表面に到達する過程で、まずマッシュルームの軸が形成され、次いで上向き流速が上昇するにつれてマッシュルームの傘が生じる。さらに上向き流速が上昇すると、マッシュルームの軸は上向きに徐々に消え、マッシュルームの傘は千切れ、一つのマッシュルーム構造は消滅する。このようなマッシュルーム構造は、計算領域のいたるところに見られ、生成と消滅を繰り返す。