

## 対流混合層の水平拡散係数の見積もり

### Estimation of horizontal eddy diffusion coefficients in convective mixed layers

伊藤 純至<sup>1\*</sup>, 新野宏<sup>2</sup>, 中西幹郎<sup>3</sup>

ITO, Junshi<sup>1\*</sup>, NIINO Hiroshi<sup>2</sup>, NAKANISHI Mikio<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所・気象研究所, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>3</sup> 防衛大学校

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Res. Inst., The Univ. of Tokyo/Met. Res. Inst., <sup>2</sup> Atmosphere and Ocean Res. Inst., The Univ. of Tokyo,

<sup>3</sup> National Defense Academy

地球流体の数値モデルにおいては、サブグリッドスケールの乱流によるフラックスをパラメタライズする必要がある。このうち鉛直方向のフラックスは、近年精力的に研究されており、Large Eddy Simulation(LES) の計算結果をよく再現する1次元乱流モデルも提案されている(例えば Nakanishi and Niino 2009)。しかし水平方向の乱流フラックスについては、その物理的メカニズムも含めて十分に研究はなされていない。従来、水平方向のフラックスは専ら差分で生じうる不自然な高周波の擾乱を除去するために与えられたが、数値モデルの精緻化に伴い、水平方向の乱流フラックスに関する物理的理解とそれに基づく精度の良いモデル化は不可欠となると思われる。そこで、本研究では、地表からの熱フラックスにより、地面近くの大気成層が不安定になった場合に生成される、対流混合層におけるパッシブスカラーの水平乱流拡散係数を、乱流を陽に解像する LES を用いて見積もることとした。

LES モデル(Nakanishi 2000; Ito et al. 2010) の格子間隔は一様に 50m、計算領域は水平(x-,y-) 方向に 36km、鉛直(z-) 方向に 5km とした。側面境界条件は二重周期とした。大気は初期には静止し(一般風なし)、安定成層(4.0K/km) している。ある時刻  $t=0$  から、一定の熱フラックス  $Q=0.2\text{K}\cdot\text{m/s}$  を水平一様に地表面で与え続けることにより、対流混合層を成長させた。パッシブスカラー  $c$  の水平乱流拡散係数  $K_h$  を見積もるため、ある時刻  $t=0$  に x-方向に一様な水平勾配をもつパッシブスカラーの分布を導入し、この分布からのずれ  $c'$  の予報方程式を LES に導入して解く。このとき水平乱流拡散係数  $K_h$  は LES の計算結果におけるパッシブスカラーの水平フラックスを、一様な水平勾配で割ったものとして、求めることができる。

混合層が十分発達した数時間後に、パッシブスカラーを導入した場合、導入直後は乱流速度の自己相関によって  $K_h$  は  $t$  に比例して大きくなるが、渦のターンオーバー時間程度で次第に一定値に近づき、対流運動による渦拡散が実現している。 $K_h$  は  $O(100\text{m}^2/\text{s})$  である。鉛直方向の乱流拡散係数とは異なり、水平運動が卓越する対流混合層の最下端と上端付近で大きくなっている。

様々な時刻にパッシブスカラーの勾配を導入し、 $K_h$  の時間発展を対流速度  $w^*$  と混合層高さ  $h$  の積によってスケールすることを試みた。 $K_h$  はほぼ  $w^*$  と  $h$  の積によってスケールされるようだが、 $w^*$  と  $h$  の積で規格化した  $K_h$  は、若干時間とともに増加傾向が見られる。これは LES の格子間隔  $\Delta h$  が時間的に変化し、比較的早い時刻では  $\Delta h (=50\text{m})$  が大きすぎるため、水平方向の渦が十分に解像できていなかったためと考えられる。

キーワード: 乱流拡散係数, 渦粘性, 水平サブグリッドフラックス, 対流混合層

Keywords: turbulence diffusion coefficient, eddy diffusivity, horizontal sub-grid flux, convective mixed layer