

HEAT FLUX IN THE COASTAL ZONE

MAHRT et al.

Boundary-Layer Meteorology 86: 421-446, 1998

1. Intro

海面上の顯熱フラックス = 小さい・水平移流の効果が大
相似則からバラける

輸送係数 = 波の状態に依存

モニン - オブコフ相似則が適用できないケースもある。

しかし、あらゆるモデルでは常に適用して使っている。

実際のケースでは以下のような明らかにすべき問題がある。

1) 風向のばらつきの問題

風速プロファイル = 高度毎の風向の違いを無視

運動量フラックス = 主風向きの運動量のみを算定

2) 風速の平均法の問題 (Section-2.1)

3) 風速軸の補正 (軸回転) の問題

4) 平均化時間の問題

5) トレンド除去の問題 (Section-3)

6) 空力温位と観測気温の関係 (Section-1.1)

7) 安定度関数の定式化の問題 (Section-1.2)

1.1 Aerodynamic Temperature

運動量の粗度長へ外挿した気温

放射温度の誤差は小さくない

(raiometric 粗度長 = 物理的意味不明)

表層海水温は cool skin 効果、warm layer 効果を含む

1.2 Stability Functions

粗度要素が波で移動するので、観測から定式化は困難。

1.3 Application to Data

Approach

$CH = \{k/(\ln(z/z_0) - m)\} \{k/(\ln(z/z_{0H}) - h)\}$ から逆算

表面温度の測定誤差

m, h の式の選択

z_0 と z_{0H} の関係の仮定

その他、多くの仮定が含まれる

Approach

中立状態の輸送係数を陸上での安定度関数から算定

中立輸送係数の波状態、風速、その他のパラメタへ依存

波が高い 表面積が大 熱フラックスが大

= 輸送係数の中立値が小

波が高い 波影が大 熱フラックスが小

風速と輸送係数の関係はばらついて良く分からぬ

摩擦係数は風速と正の相関がある

2. Deviations from Monin-Obukhov Similarity Theory

2.1 Vanishing Wind Speed

通常、バルク法では、ベクトル平均風速を用いる。

風速ゼロ、熱フラックスがゼロ CH 無限大

瞬間風速の時間平均は、風の息成分だけ大きい。

風の息成分は 3 つの成分に分けられる

(1) モニン - オブコフ相似則に従う小規模の表面層乱れ

(2) 境界層高さに影響される境界層スケールの渦

(3) メソスケールの運動

小規模乱れと境界層スケールの渦が平均流速と乱流フラックスに寄与する。

平均流速スケールに瞬間風速の時間平均を用いることは矛盾あり。しかし メソスケール運動は無視せざるを得ない。

2.2 Flux Divergence

海流 (暖流・寒流) 上の風による熱移流

対流雲からの下向きの冷気の移流

フラックス vs 勾配関係のバラツキ、

コンスタントフラックス不成立

沖タワーと岸タワーを結ぶ風向きの時は評価可能。

2.3 Additional Scales

接地境界層 : z/L

波境界層内 : $z/L, z'$ (ζ : 代表波長) = 高さ 3 m 以下

matching 層 : $z/L, z/h$ (h : 境界層高さ) = よくある

従来の層なし : $z/L, z', z/h$, コリオリパラメータ

2.4 Internal Boundary-Layer Depth

内部境界層高さが重要なパラメータである。

6 高度の超音波風速計のフラックスから推定可能。

バラツキが大きく困難。タワー高さを超えると不可能。

内部境界層高さスケール $hIBL$ を導入。やや過大なのでパラメタを調整。

3. Data

1994 年の秋、デンマーク海岸、2km 沖合い、水深 4m

10 メートルの高度に超音波風速計と白金温度計

3.1 Fluxes

弱風時はイマイチ。10 分平均の 1 時間平均。横風補正あり。

水蒸気フラックスは、バラツキが大きいが輸送係数は同様。

3.2 Surface Temperature

放射温度計 - 1.2 を表面温度として採用。

フラックスの向きと整合性あり。

フロート式の水温計と整合性あり。

4. Roughness Length

運動量の粗度長 = 1mm ~ 0.01mm のオーダー。弱い

熱の粗度長はさらに小さい、バラツキあり。

運動量の粗度長は波の状態に依存。

熱の粗度長は内部境界層高さに依存し、運動量の粗度長の効果は二次的。

内部境界層高さに依存して粗度長が減少するメカニズム :

(a) 境界層トップが低いことによって、大きな渦が少
不安定時に、この効果が説明可能。

安定時にはそもそも大きな渦はない。

安定内部境界層トップの低空ジェットが大きな渦を抑制

(b) 移流の効果 : よくわからない

(c) 強い温度移流 10m でのフラックスは表面フラックスより小 : 内部境界層高さが低い時、3m と 10m の間で 50% も減少する場合がある。

(d) 熱的粗度長の安定度依存性は安定度関数の不備
「内部境界層効果」とする。(他の効果の分離なしだが)

内部境界層高さスケール $hIBL$ の関数にする (図 3)

5. Transfer Coefficient

CH を $z/L, \ln(z/z_0), z/h, Cp/u^*$ の関数にする。

(Cp : 波の速度、 Cp/u^* : 波齧 = wave age)

z/L とは負の相関

Cp/u^* = 波齧とも負の相関(8%)

Cp/u^* が非常に小さい時 : Cp が小さい 波の崩れ

Cp/u^* が小さくない場合 : 主に u^* に効くので、CH にはそれほど効かない。

$hIBL$ とはシステムチックに正の相関。(43%)

$CH = CHN + (-z/L)^{(1/3)} - 0.6 \times 10^{-3} \exp(-0.05hIBL/z)$

6. Conclusions

不安定な時に、内部境界層効果が大であった。

境界層トップが低いと、大規模渦が少なくなるから。

内部境界層高さを推定するためにより良いデータが必要だ。

内部境界層高さと安定度と波の状態を分けて考えるためにもより完璧なデータが欲しい。

相似則の更なる改良は、海面温度のより精密な測定から得られるだろう。陸上で作られた安定度関数の応用のためにには、安定度、波の状態、移流、内部境界層高さの効果を分離するだけのデータが必要である。