

東京上空の降雨時の風の場の観測

中央大学大学院 学生員 ○天野 繁 森田 寛

中央大学理工学部 正 員 池永 均 山田 正

東日本旅客鉄道(株) 正 員 久米仁志

1. はじめに

本研究は、ドップラーレーダを用いて風の場の観測を行い、関東地方における降雨時の風向風速の鉛直分布の観測結果とエクマン境界層理論との比較を行ったものである。

2. 大気境界層及びその上空の風速分布

地面の摩擦が風速に影響を及ぼしているエクマン境界層内の風向風速分布はエクマンスパイラルと呼ばれる螺旋状となる。しかし、エクマンスパイラルは常に出現するとは限らないことが知られている。その理由の一つとして温度風の効果を無視していることが挙げられる。温度風とは風の鉛直シアが地衡風の風向に直交する方向の温度勾配に比例する場合の風のことである。表1に温度風効果を考慮した場合と考慮しない場合の理論式¹⁾を示す。風向風速の観測値はドップラーレーダを用いて観測した動径速度からVAD解析²⁾により求めた値である。理論式に与える計算条件を表2に示す。地表面の地衡風速及び渦動粘性係数は理論式の螺旋形状が観測値に合うように設定されている。温度の水平勾配の値は温度風効果を考慮した場合の理論値と観測値の風向が同じ向きになるように設定した。地上気温にはアメダスデータを用いた。渦動粘性係数は高度によらずに一定値をとると仮定している。

3. 理論値と観測値の比較

a) 温度風効果を考慮した場合と考慮

しない場合の理論値と観測値の比較：

図1の黒丸は3月30日18

時58分に観測した風向風速の鉛直分布である。実線は温度風効果を考慮した場合、破線は温度風効果を考慮していない場合の理論値である。温度風効果を考慮しない場合、風向風速の鉛直分布とともに高度1000m付近までの理論値は観測値に一致している。しかし、高度1000mより高度が上がると観測値の風速は理論値より大きくなり、

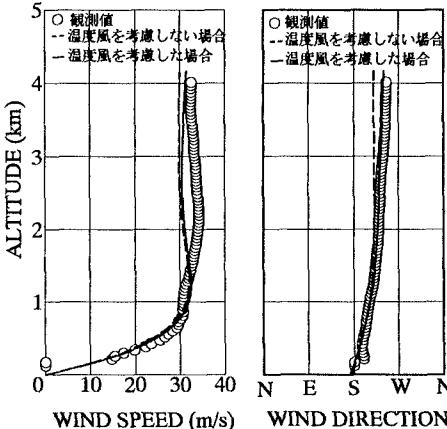


図1 1996年3月30日18:58
風向風速の鉛直分布

表1 本研究で用いた理論式

i) 温度風効果を考慮しない場合の
ウインドスパイラルを表す解析解

$$u = u_g(1 - e^{-az} \cos az)$$

$$v = u_g(e^{-az} \sin az)$$
 ここで u_g は地衡風速

$$a = \sqrt{\frac{f}{2K}} \quad (a \text{ は定数})$$
 f はコリオリパラメータ、 K は渦動粘性係数
 ii) 温度風効果を考慮した場合の
ウインドスパイラルを表す解析解

$$u = u_g(1 - e^{-az} \cos az) - v_g(e^{-az} \sin az)$$

$$v = u_g(e^{-az} \sin az) + v_g(1 - e^{-az} \cos az)$$
 ただし

$$u_g = u_{g0} - \frac{g}{fT} \frac{\partial T}{\partial y} z \quad v_g = v_{g0} + \frac{g}{fT} \frac{\partial T}{\partial x} z$$
 ここで u_{g0} 、 v_{g0} は地表面での地衡風速、
 T は気温(K)、 g は重力加速度

表2 理論式に与える計算条件

観測データ	パラメータ		地表面の 地衡風速 (m/s)		気温 (°C)	気温勾配 (°C/km)		コリオリ パラメータ f	渦動粘性 係数 (cm^2/s)
	観測する 温度風 効果	考慮 する 考慮 しない	U_{g0}	V_{g0}		$\partial T / \partial x$	$\partial T / \partial y$		
1996年3月30日 18時58分	考慮する		18.0	25.0	18.0	-5×10^{-3}	-5×10^{-3}	8.36×10^{-5}	2.5×10^5
	考慮しない			30.0				8.36×10^{-5}	3.2×10^5
1996年5月02日12時55分			3.0	18.0	18.5	-5×10^{-3}	-5×10^{-3}	8.36×10^{-5}	4.5×10^5
1996年5月02日一雨平均			6.0	17.0	18.0	-5×10^{-3}	-5×10^{-3}	8.36×10^{-5}	3.0×10^5
1996年9月13日 5時15分			-0.8	-11.0	20.4	5×10^{-3}	5×10^{-3}	8.36×10^{-5}	0.5×10^5

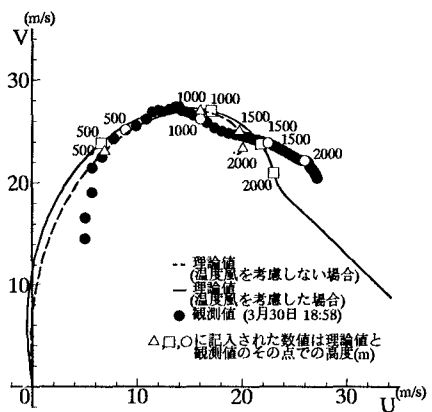


図2 1996年3月30日18:58の hodograph

キーワード：ドップラーレーダ、VAD解析、エクマン境界層、温度風、渦動粘性係数

連絡先：〒112 東京都文京区春日1-13-27 中央大学大学院理工学研科 TEL. 03-3817-1805

観測値の風向は高度が上がるにつれて南西風から西風に変わる。温度風効果を考慮した場合、風速と風向の理論値とも温度風効果を考慮しない場合よりも観測値によく一致している。これをホドグラフで表したものが図2である。Uは西風、Vは南風を表している。温度風効果を考慮しない場合、高度1000m付近までは理論値と観測値のホドグラフはよく一致している。しかし高度1000m以上で理論値のホドグラフは高度が上がるにつ

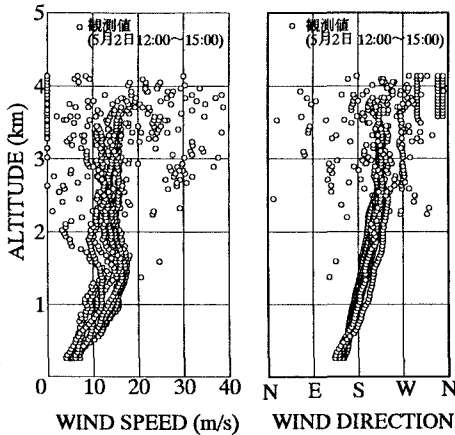


図-3 1996年5月2日12:00～15:00 風向風速の鉛直分布

れ地衡風の風向風速に収束するが、観測値のホドグラフは収束せず西風が大きくなり理論値と観測値は一致しない。これは温度風の効果のためと考えられる。次に温度風効果を考慮した場合は高度500m以上でも一定値に収束せず、理論値と観測値のホドグラフが同じ方向を向いている。この風向は温度風の風向と一致する。

b) 風向風速の観測値を一降雨平均した値と理論値との比較：図3は1996年5月2日の風向風速の鉛直分布である。各時間で同様の分布形状をしている。風速は高度500m付近で最大となり、風向は高度が上がるにつれ南東から南西へ向きを変える。高度500mより上空では観測値にばらつきがみられる。そこで各時間毎の風向風速の観測値を平均してホドグラフにして理論値のホドグラフと比較したものが図4である。これも温度風を考慮した場合の理論値と観測値のホドグラフの形は一致している。

4. 渦動粘性係数についての考察

図-5、図-6はそれぞれエクマン境界層厚と渦動粘性係数の関係、渦動粘性係数と最大風速の関係を表したものである。観測値と理論値との比較から逆推定した渦動粘性係数の値は5～55m²/sの値をとるので、エクマン境界層厚はおよそ500～1200mの厚さであることがわかる。

5. まとめ

- (1) 降雨時においても温度風効果を考慮したホドグラフの理論式は実現象に適用できる。
- (2) 温度風効果を考慮しない場合、理論値のホドグラフはエクマン境界層内において観測値ホドグラフと一致するが、温度風効果を考慮した場合のホドグラフはエクマン境界層内だけでなくその上空でも観測値のホドグラフと一致している。
- (3) 一降雨で平均した風向風速の値でも温度風を考慮した場合の理論値と観測値のホドグラフは一致する。
- (4) 渦動粘性係数5～55m²/sの値をとり、エクマン境界層厚は約500～1200mであることがわかった。

<参考文献>

- 1) 久米仁志、池永均、森田寛、山田正、内島邦秀：第1回年次学術講演会概要集、第2部、pp.778-780、1996。
- 2) Mendenhall, B.R.: 局地気象予測プログラムのシステム化の開発研究報告書より引用、(財) 日本気象協会1982。
- 3) 坪木和久、若浜五郎：低温科学物理編、47、pp.73-88、1988。

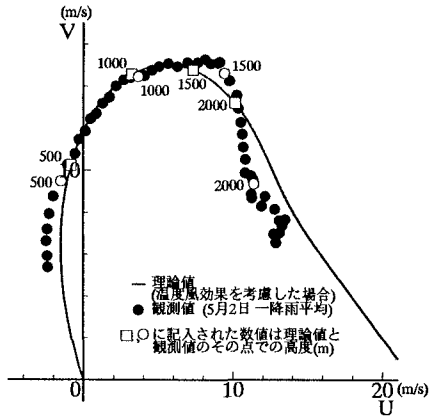


図-4 1996年5月2日一降雨平均のホドグラフ

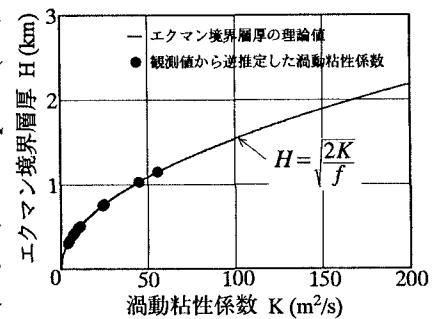


図-5 エクマン境界層厚と渦動粘性係数の関係

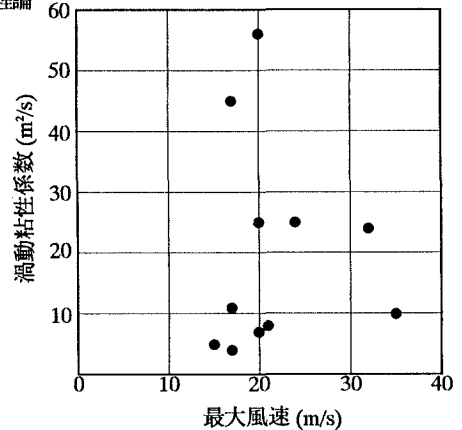


図-6 最大風速と渦動粘性係数の関係