

(II-63) ドップラーレーダを用いた風の場の観測と温度風に関する研究

中央大学理工学部 学生員 ○天野 繁

中央大学理工学部 正 員 池永 均 山田 正

中央大学大学院 学生員 久米 仁志 森田 寛

1.はじめに：本研究は、中央大学理工学部設置されているドップラーレーダ¹⁾を用いて風の場の観測を行い、関東地方における風向風速の鉛直分布の観測値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すエクマン境界層内の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必ずしも現実に出現しないことがある。その理由の一つとして温度風の効果が考えられる。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ウインドスパイラルを表す理論式を示す。²⁾これらの式はNavier-Stokes方程式を静力学近似等の条件下で解き得られた解析解である。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³⁾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。地表面の地衡風速は理論式の螺旋形状が観測値に合うように設定した。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た。

3.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より高度が上がるると観測値の風速は理論値より大きくなり、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なる。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ウインドスパイラルはよく一致している。しかし高度1000m以上で理論値のウインドスパイラルは高度が上がるにつれ地衡風の風向風速に収束するが、観測値のウインドスパイラル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

表-2 理論式に与える計算条件

パラメータ 観測データ		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)
		U_{g0}	V_{g0}		$\partial T/\partial x$	$\partial T/\partial y$		
1996年3月30日 18時58分	温度 風効果 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	地衡風速 30.0					8.36×10^{-5}	3.2×10^5
1996年3月30日19時35分		20.0	21.0	12.9	-5×10^{-3}	-5×10^{-3}	8.36×10^{-5}	2.4×10^5
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

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

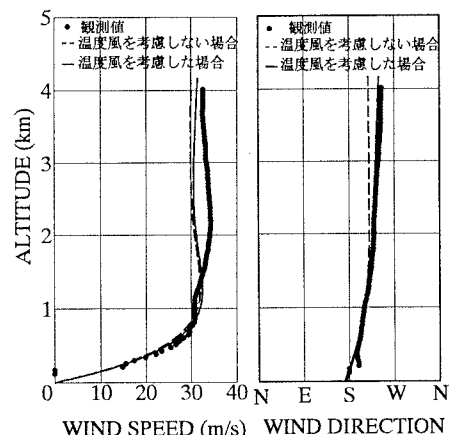


図-1 1996年3月30日18:58
風向風速の鉛直分布

1500m以上でも一定値に収束せず、理論値と観測値のウインドスパイラル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。同様に図-3からも温度風効果を考慮した場合の理論値と観測値のウインドスパイラルは一致していることがわかる。図-2と図-3のホドグラフはともに

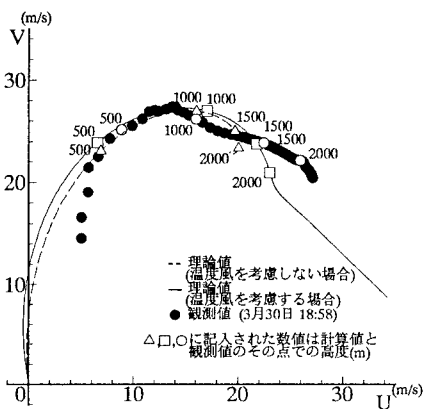


図-2 1996年3月30日18:58のホドグラフ

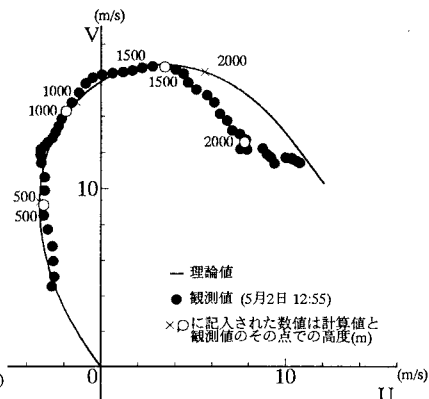


図-3 1996年5月2日12:55のホドグラフ

類似した気圧配置の時のものであり、温度風の風向がどちらも同じである。図-4の黒丸は1996年9月13日5時15分のウインドスパイラルであり、この時の温度風の風向は南東風になっている。温度風を考慮した場合の理論値と観測値のウインドスパイラルの形は非常によく一致している。

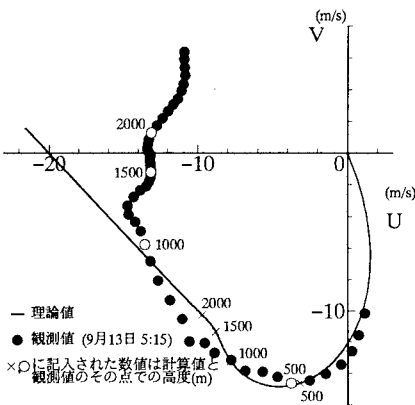


図-4 1996年9月13日5:15のホドグラフ

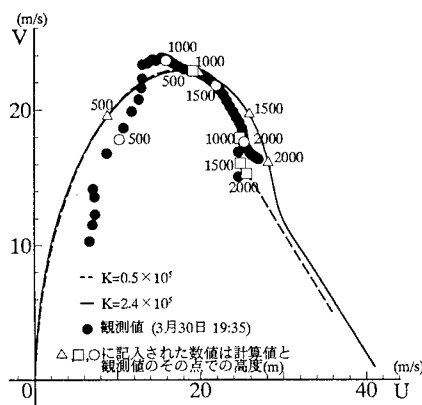


図-5 1996年3月30日19:35のホドグラフ

図-5の黒丸は1996年3月30日19時35分のウ

インドスパイラルであり、実線と破線は渦動粘性係数 K を図中のように変えたときのものである。ウインドスパイラルの形状は実線と破線どちらも観測値と一致している。しかし、各高度での風向風速は実線の方がより観測値に一致している。したがって渦動粘性係数に適当な値を与えることでウインドスパイラルをより精度よく評価できる。図-6は渦動粘性係数と最大風速の関係を示したものである。両者の間に相関関係は見られなかったが、渦動粘性係数は $0.5 \sim 4.5 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{s}$ の値をとることがわかった。

4.まとめ：(1)温度風効果を考慮しない場合、ウインドスパイラルの理論値はエクマン境界層内において観測値と一致するが、温度風効果を考慮した場合のウインドスパイラルはエクマン境界層だけでなくその上空でも観測値と一致する。(2)降雨時においても温度風効果を考慮したウインドスパイラルの理論式は実現に適用できる。(3)ウインドスパイラルより逆推定した渦動粘性係数は $0.5 \sim 4.5 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{s}$ の値をとる。

＜参考文献＞1)久米仁志,池永均,森田寛,山田正,内島邦秀：第51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,物理篇,47,pp.73-88,1988.

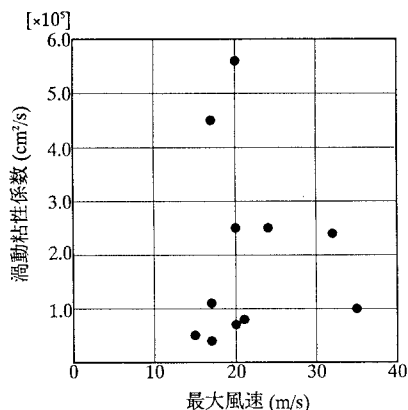


図-6 渦動粘性係数と最大風速の関係