

## ドップラーソーダーによる風速鉛直分布の実測

乱れの強さの補正と  $Z_0$  の推定

正会員 ○日比一喜\*

正会員 孟岩†

ドップラーソーダー 風速鉛直分布 乱れの強さ

1. はじめに 近年、ドップラーソーダーの設置例が増えてきており複数研究機関による共同観測プロジェクトも実施されるようになってきた。日本風工学会の上空風研究会や ABL 研究会などによる複数台のソーダーによる研究成果が蓄積されつつある。これらの研究では従来の風速計とは全く異なる原理によるソーダーの観測データの解釈の仕方について多くの議論がなされてきた。このなかで特にソーダーによる風速の乱れの強さの評価方法に対する問題点が指摘され神田<sup>1)</sup>、田村<sup>2)</sup>らのグループで検討が行われてきた。本研究は都市部における 3次元の超音波風速計の観測データから得られる補正係数 ( $k = \sigma_u / \sigma_w$ ) を用いて風速の乱れの強さを再検討し、既往の観測データとの比較を行ったので報告する。

2. 観測の概要 2.1 測定概要 観測場所は東京都江東区越中島に所在する清水建設(株)技術研究所内の 5階建ての建物の屋上(地上 20m)に設置されたドップラーソーダーと同建物のペントハウス上のポールに設置された地上 40m の 3次元超音波風速計(カイジョー TR-610B)を用いて実施された。観測地点は比較的東京都の湾岸地帯に近く、方位 NNW から W にかけて発達した市街地が広がっており粗度区分 IV から V に相当する。また、方位 S は低層の工場地帯を経て海に近く、粗度区分 III から IV に相当する。同地点におけるソーダーによる観測は 1994 年から継続しているが、超音波風速計の  $\sigma_w$  の記録を開始したのが 1996 年 6 月からであるため本報告では主にこの期間の記録を解析する。2.2 風速の乱れの補正方法 モノスタティック型ドップラーソーダーによる風速の乱れの評価は地上から天頂角  $\beta = 20$  度で設置された A, B 2成分の送受信器から得られる  $\sigma_A, \sigma_B$  より、水平方向速度成分 U の乱れは  $\sigma_U = 0.5 * (\sigma_A + \sigma_B) * \sqrt{\sin^2 \beta + k^2 \cos^2 \beta}$  から求められる。従来の観測における係数  $k = \sigma_u / \sigma_w$  は過去の鉄塔による観測から決められた値  $k = 2.5$  が用いられてきた。本研究ではこの値を再検討するためにドップラーソーダーと同一場所に設置された超音波風速計から  $k = \sigma_u / \sigma_w$  を求め補正を行った。宮下<sup>3)</sup>らは k 値を決めるときに仮定された楕円モデルの妥当性につ

いて詳細に検討しているが、ここでは  $k = \sigma_u / \sigma_w$  の観測データから値を求め、風向別係数を求めて過去の多くの研究者の観測データを整理した Counihan の研究<sup>4)</sup>との比較を行なった。2.3 風速の乱れの補正結果 図-1に屋上三次元超音波風速計から得られた  $\sigma_u, \sigma_w$  と風向の関係を示す。一年弱程度の観測期間であるため東京地方の季節風の頻度の高い、NNW および SW が多くなっているが、台風 T9617 号の記録も含まれている。 $\sigma_u, \sigma_w$  は粗度区分の IV ないし V の北よりの風の値が粗度区分 III ないし IV の南よりに比べて大きくなっていることがわかる。この結果を用いて求めた k 値 ( $k = \sigma_u / \sigma_w$ ) を図-2に示す。南よりの方が逆に k 値がやや大きくなっている。求められた k 値と風速の関係を調べたが明確な風速依存性は示していない。この結果から風向 E から W までの南よりの風に対して  $k=1.83$ 、風向 W から E までの北よりの風に対して  $k=1.74$  として風速の乱れの強さの補正を行った。補正結果の例を上記の二つの風向について図-3に風速と乱れの強さの鉛直分布として示す。図の縦軸の高度は 5階建て建物の屋上地上 20m をこの地帯のゼロ平面変位と考えて図示している。図中の高度 20m のプロットは屋上の地上 40m の超音波風速計の観測値である。平均風速のプロファイルは何の補正もせずにドップラーソーダーと超音波風速計の鉛直分布が連続している。また、乱れの強さの鉛直分布も両者がほぼ一つの回帰曲線で近似できるため、今回の補正はほぼ妥当と考えられる。

3. 観測データの比較 ドップラーソーダーと超音波風速のデータから求めた風速の鉛直分布の 100m 以下のデータを用いて  $Z_0$  の推定を行った。また、低高度から 400m 前後までの観測データからべき法則で近似した場合の指数  $\alpha_u$  を求めた。同様にして乱れの強さの分布から  $I_u$  の回帰式を求め、高度 30m における  $I_u(30)$  を求めた。これらの結果を整理したものが図-4である。この観測地点の粗度区分から考えて  $Z_0$  は 1m 前後となっており、推定結果は妥当と考えられる。 $\alpha_u$  と  $Z_0$  の関係は他の研究者の観測結果と同様の分布を示している。参考までに孟によって提案されたモデル

Fullscale measurement of wind velocity profile using Doppler sodar

Compensation of turbulence intensity and estimation of  $Z_0$ 

Kazuki HIBI, et.al.

との比較も同じ図中の破線に示した。 $I_u(30)$  と  $Z_0$  の関係を示した、図-5を見ると  $Z_0 = 1m$  付近でやや大きめの値を示しているが全体の傾向は一致している。  
 4. まとめ 1) 平均風速の鉛直分布は超音波風速計の観測値と同じ回帰式でよく近似できる。2) K 値の補正を行った  $I_u$  の鉛直分布も同様に超音波風速計と同じ回帰式でよく近似できる。3) 指数  $\alpha_u$ 、 $I_u(30)$  の  $Z_0$  に対する関係は既往の観測結果と同様の傾向を示す。4) 今後も継続的な観測を続けるとともに k 値による補正方法をさらに検討を進めていきたい。

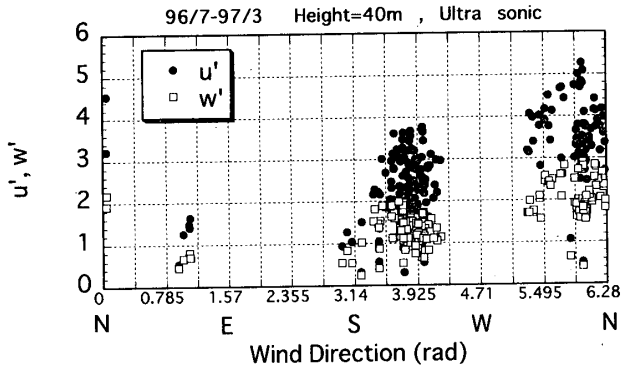


図 1: 風速の乱れ  $\sigma_u, \sigma_w$  の風向別分布

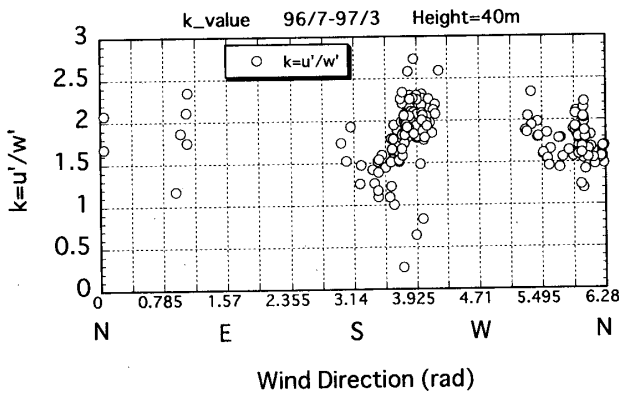


図 2: 補正係数 k 値の風向別分布

参考文献(1) 神田、内藤ら、”複数ドップラーソーダーによる大都市上空の強風観測 (その1、その2)”、第14回風工学シンポジウム論文集 (1996) (2) 田村、岩谷、佐々木、須田、藤井、”ドップラーソーダーによる自然風の観測値の意味”、日本風工学会誌、第67号、平成8年4月 (3) 宮下ら、”複数ドップラーソーダーを用いた地表面付近の風速の乱れの特性的に関する研究”、第14回風工学シンポジウム論文集 (1996) (4) 孟、松井、日比 ”中立時の大気境界層における強風の鉛直分布 (その1、その2)”、日本風工学会誌、第65号、平成7年10月

\*清水建設(株)技術研究所 主席研究員 工博  
 †清水建設(株)技術研究所 研究員 工博

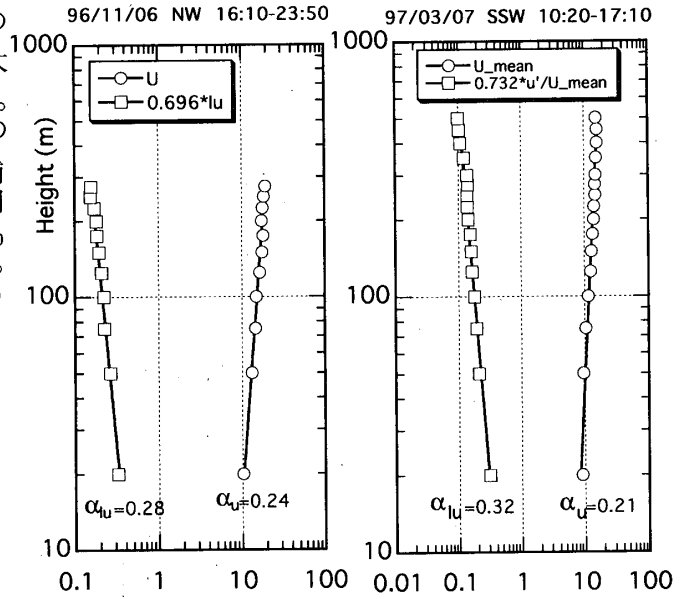


図 3: 平均風速と乱れの強さの鉛直分布

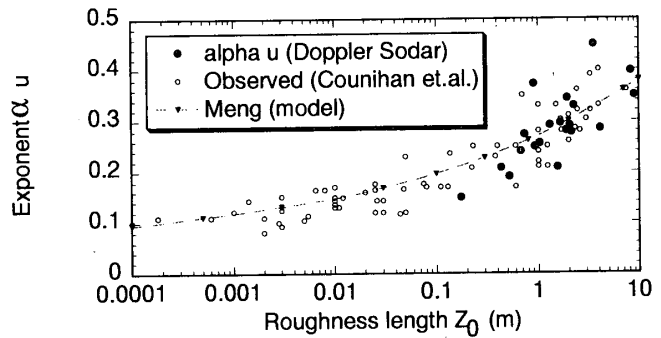


図 4: 平均風速の鉛直分布のべき指数  $\alpha_u$

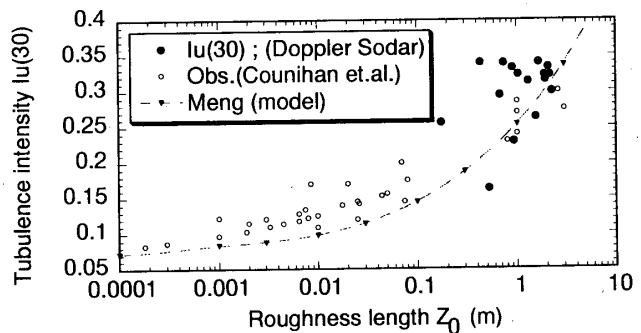


図 5: 高度 30m における風速の乱れの強さ  $I_u(30)$

謝辞 日本風工学会上空風研究会 (代表神田順東大教授、幹事内藤玄一防大教授)、ABL 研究会 (田村幸雄東京工芸大教授) のメンバー諸氏には研究会において有益な議論をしていただきました。ここに記して謝意を表します。

Institute of Technology, Shimizu Corp.  
 Institute of Technology, Shimizu Corp.