

八戸高専 正員 ○田中 博通
 八戸高専 正員 金子伸一郎
 八戸高専 正員 藤原 広和

1. はじめに

「やませ」は東北地方特有の気象現象である。1993年の史上最大の冷害は、典型的な「やませ」の気象条件のもとで発生したものである。この冷害はその後多くの社会問題を派生した。

本研究は、「やませ」時における風速の観測結果を基に、風速変動スペクトルの特性と従来提案されている自然風の風速変動スペクトルの評価式について考察したものである。

2. 観測方法

観測は図-1に示した小川原湖の北側で行った。風速計を固定して連続測定した時はピラム型風向風速計を使用し、2台の風速計間距離を変えて同時測定した時はアネモマスター風速計を使用した。測定条件として、風速計の地上からの設置高は10mであり、サンプル周波数は2Hzである。なお、スペクトル解析はFFT法で行い、その際のデータ総数は4096個である。

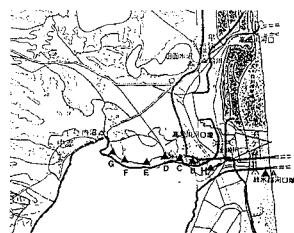


図-1 測定地点

3. 結果及び考察

(1) 相互相関係数

図-2, 3は風速計間距離が $r=10\text{m}$ と 30m の時の風速の時系列である。 $r=30\text{m}$ においてもかなり変動が保たれていることがわかる。図-4は $r=50\text{m}$ までの測定値から求めた相互相関係数と r/V との関係である。相互相関係数は指数関数的に減少し、係数 k は0.0873となった。

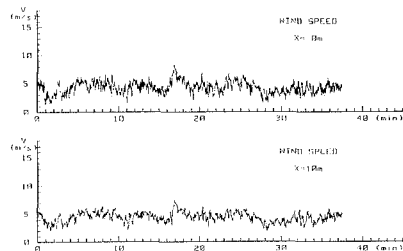


図-2 風速の時系列 ($r=10\text{m}$)

(2) 風速変動スペクトル

図-5は図-1に示したA点における1993年7月4日の12時から18時までの風速と風向の時系列である。このデータから計算した12時, 13時, 14時からの風速変動スペクトルを図-6に示す。スケールの大きな気象変動と地形の影響に関する低周波領域では相違が見られるが、 $f=0.02\text{Hz}$ 以上の周波数領域でのスペクトルは一致している。他の解析結果も同様な傾向となった。

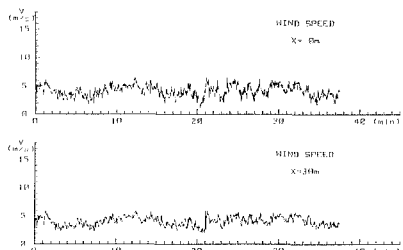


図-3 風速の時系列 ($r=30\text{m}$)

自然風の風速変動スペクトルとしてよく知られているものにDavenportの式¹⁾と日野の式²⁾がある。Davenportの式は地上風のスペクトルであるが船体の係留実験の時の海上風のスペクトルにも適用されている。日野の式は突風率の評価のための突風スペクトルとして剪断応力は一定、風速分布は指数則で表される、高周波領域ではKolmogorovの $-5/3$ 乗が成り立つといった仮定の基に導いたものである。これらの代表的なスペクトルを無次元形で以下に示す。

①Davenportのスペクトル

$$f \cdot S(f) / V^2 = 4kX^2 / (1+X^2)^{4/3} \quad \dots \textcircled{1}$$

$X=1200f/V$, V : 地上10mの平均風速, k : 地上の摩擦係数

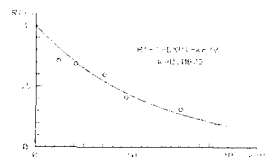


図-4 相互相関係数

②日野のスペクトル

$$f \cdot S(f) / V^2 = 0.475 \bar{u}^2 f / \beta V^2 \cdot \{1 + (f / \beta)^2\}^{-5/6} \dots \textcircled{2}$$

$$\beta = 3.0537 / 2\pi \cdot (a / \bar{u}^2)^{3/2} V^4 (\alpha k / Z_1) (Z / Z_1)^{(2\alpha-1)}$$

$\bar{u}$: 乱れ強さ, a : Kolmogorov定数 ($a=0.5$),

α : 風速分布の指数

Z_1 : 風速分布に指数則を適用したときの基準高

図-7は測定時に気球を使って求めた風速分布である。この測定により、「やませ」の鉛直方向の境界は高度130mから150mであることがわかり、 $Z_1 = 80\text{m}$ として指数則を適用すると $\alpha = 0.147$ となった。図-7よりほぼ指数則で表すことが可能であるといえる。

図-8は $V=4.54\text{m/s}$, $\bar{u}=0.807\text{m/s}$ である測定値（1993年7月4日 12:00:00-12:34:08）の風速変動スペクトルを縦軸に $f \cdot S(f) / V^2$ 、横軸に f / V で表したものである。また、図-8に①, ②式から計算したスペクトルを併記した。この計算において、観測地点が障害物のない平地であることから $k=0.005$ とした。低周波側において日野の式が観測値と一致し、高周波側では両者の減衰割合が観測値よりも小さいことがわかる。しかし、平均風速と風速変動が大きく、しかも風の息が顕著な自然風だけでなく、平均風速と風速変動が比較的小さい「やませ」に対してもDavenportと日野のスペクトルの評価式が成り立つことは興味深い。また、日野のスペクトル式の中には乱流特性値が含まれているにもかかわらず、実測値との一致が良いのは自然風の乱れにおいてもその運動を規定するスケールがあることを示すものと考えられる。

4. おわりに

「やませ」の風速変動スペクトルについて既往の経験式と比較検討を行った。今後、高周波側でのスペクトルについて妥当な表示を検討する必要がある。

最後に、研究を行うに当たり協力していただいた建設省東北地方建設局高瀬川開発工事事務所の方々、（財）ダム水源環境整備センター 松井宏明氏、新日本気象海洋㈱ 鈴木潤氏、村松浩三氏に感謝致します。また、測定に協力された平成5年度八戸高専5年生であった諸氏に感謝致します。

【参考文献】

- 1) Davenport, A.G.: The application of statistical concepts to the wind loading of structures, Proc. Inst. Civil Engres., Vol.19, pp.449-472, 1961.
- 2) 日野幹雄：瞬間最大値と評価時間の関係－とくに突風率について，土木学会論文集，第117号，pp.23-33，1965.

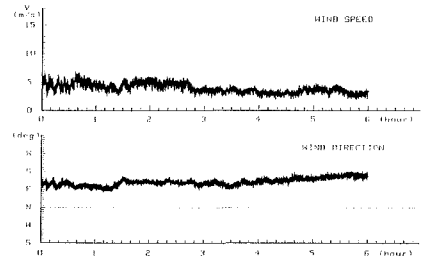


図-5 風速と風向の時系列

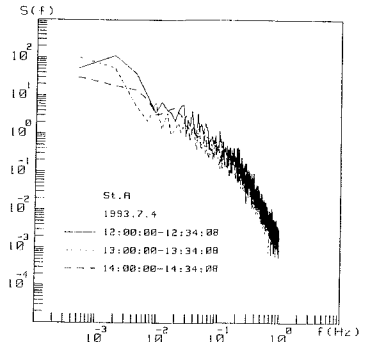


図-6 風速変動スペクトル

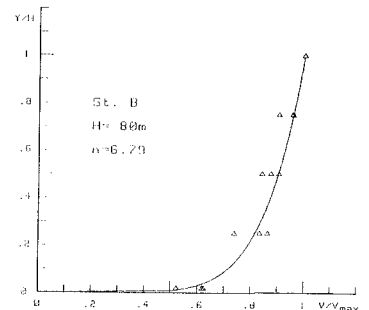


図-7 風速分布（指数則）

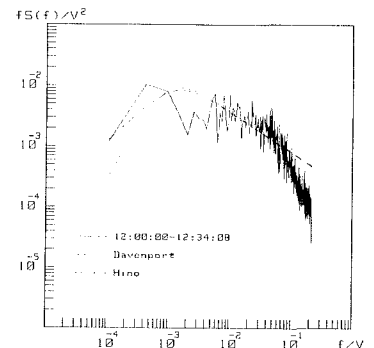


図-8 無次元風速スペクトル