

I-200

渦点法による自然風のシミュレーション

正員 三菱重工業(株) 串岡清則 正員 三菱重工業(株) 斉藤 通
正員 三菱重工業(株) 稲室隆二 正員 三菱重工業(株) 本田明弘

1. 序論 物体に作用する励振力は、主流の乱れにより変化することが知られており、風洞実験のみならず数値流動解析においても主流乱れを考慮することが重要である。

本研究では、数値計算により励振力を求める方法の一つである渦点法に主流乱れを導入し、風の乱れの励振力に対する影響をシミュレートすることを試みた。今回、その第一段階として自然風のシミュレーション結果について報告する。

2. 方法 図2に座標系および記号の定義を示す。本解析では、自然風のスペクトルを持った速度変動を与えそれを一様流中に導入した渦点により再現する。自然風のスペクトルは日野⁽¹⁾、コヒーレンスは塩谷⁽²⁾によって求められた経験式を採用し、それから岩谷の方法⁽³⁾により速度変動 $u'(y, t)$, $v'(y, t)$ を求めた。この高さ(y)方向の多地点での速度変動を渦点に変換する手法の概略を以下に示す。今、 $x=U_{\infty}t$ という近似を行い (t, y) を (x, y) へ変換すると、与えた u' , v' は (x, y) 平面の格子の交点上で定義される。そして格子内の循環を格子の中心に定義した渦点で代表する。この時格子内の循環は次式で与えられる。

$$\Gamma_{i,j} = \frac{u'_{i,j} + u'_{i+1,j}}{2} \Delta x - \frac{u'_{i,j+1} + u'_{i+1,j+1}}{2} \Delta x + \frac{v'_{i,j} + v'_{i,j+1}}{2} \Delta y - \frac{v'_{i+1,j} + v'_{i+1,j+1}}{2} \Delta y$$

このようにして全格子で定義された渦点を Δt ごとに一様流中に導入すると格子の大きさ以上のスケールを持った自然風の速度変動が再現される。以上手順のフローチャートを図1に示す。

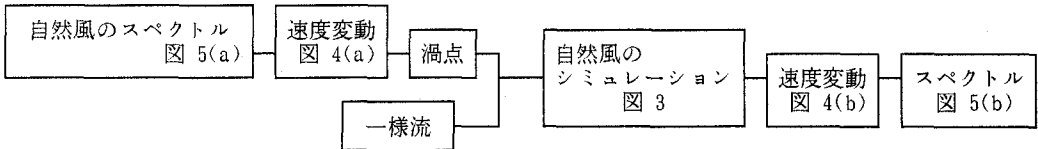


図1 シミュレーション手法概略

3. 解析例 以上の方法によって行ったシミュレーション結果について以下に示す。計算条件を以下に示す

渦点の導入時間間隔 $U_{\infty} \Delta t / \Delta y = 1$
 乱れ強さ $\sqrt{u'^2} / U_{\infty}, \sqrt{v'^2} / U_{\infty} = 0.06$
 高さ方向の分割数 $N_y = 10$
 計算ステップ数 $N_t = 1024$

図3は、一様流中に導入した渦点のある瞬間の分布を示す。ここで、○は正の循環を持った渦点を示し、△は負の循環を持った渦点を示す。また、渦点の大きさはその渦点を持っている循環の大きさを示す。これを見ると、渦点を導入している領域が有限であるため流れが蛇行している。図4は、(a)が与えた速度波形であり、(b)が流れ場における速度波形を示している。これを見ると、渦点の導入位置より近い点では速度変動波形は良く一致しているが、下流では若干速度波形が与えたものと比較して歪んできている。しかし、図5に示したスペクトルを比較すると $f \Delta y / U_{\infty} = 0.01 \sim 0.5$ の領域では両者は良く一致していることが分かる。

4. 結論 以上に示すように、自然風の乱れ特性を渦点法を用いて再現可能であるとの目処を得た。今後はその他の乱れ特性(風軸直角方向乱れ成分、空間相関特性)についても検討するとともに、このようにしてシミュレートされた流れの中に、物体を置いた場合の物体に作用する励振力の解析を行っていく予定である。

参考文献

- (1) Hino, M. , "Spectrum of gusty wind" , Proc 3rd Intern. Conf. Wind Effects on building and structures , Tokyo , pp69-77 , 1971
- (2) Shiotani, M. and Y. Iwatani , "Gust structures over flat terrains and their modification by a barrier" , Proc. 5th Intern. Conf. on Wind Engineering , Colorado , 1979 , pp203-204
- (3) 岩谷祥美 " 任意のパワースペクトルのクロススペクトルを持つ多次元の風速変動のシミュレーション " 日本風工学会誌 V01.11 1982

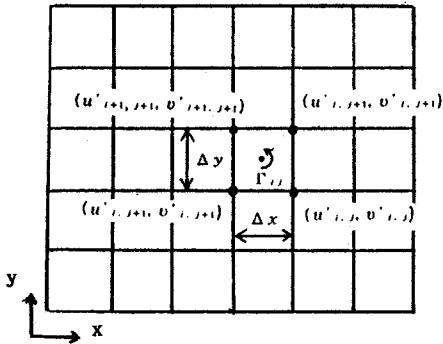


図2 記号および座標の定義

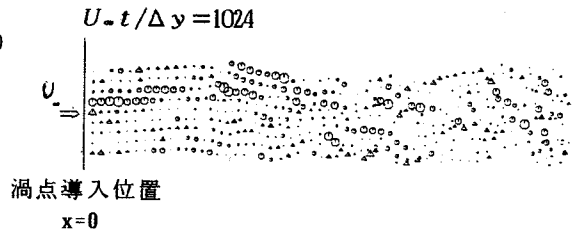
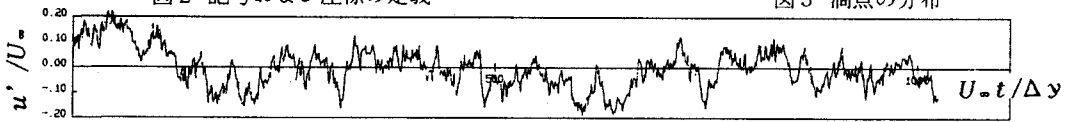
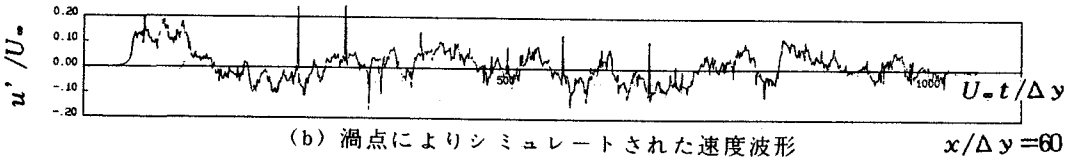
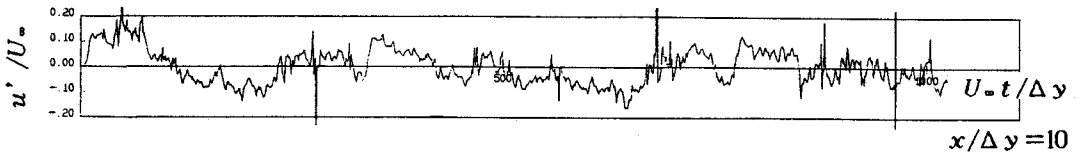


図3 渦点の分布



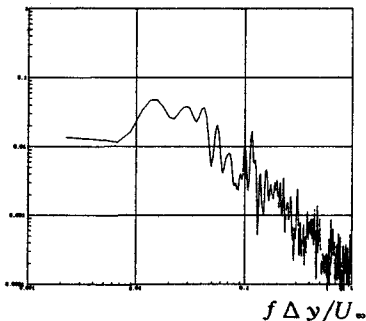
(a) 与えた速度波形



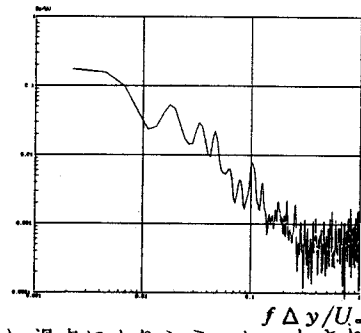
(b) 渦点によりシミュレートされた速度波形

$x/\Delta y = 60$

図4 速度波形



(a) 与えた速度波形のスペクトル



(b) 渦点によりシミュレートされたスペクトル ($x/\Delta y = 60$)

図5 スペクトル