

二次元フォーストブルームの渦モデルによる表現

大阪大学工学部 正 員 室田 明
大阪大学工学部 正 員 中辻啓二
大阪大学大学院 学生員 〇玉井昌宏

1. まえがき : 二次元フォーストブルームの流れに内在する組織構造を動力学的に位置付けることを目的として大規模渦動をモデル化した渦モデルの開発を試みる。前報¹⁾で示したモデルでは特に乱れ変動量の再現性に問題があった。ここでは、軸上付近の流れによる剪断効果を導入しモデルの改良を行った。

2. モデルの概要 : モデル化された流れ場を図-1に示す。流れ場は矩形分布を有する理想的な非粘性の場の流れと乱れを代表する大規模渦とにより構成される。場の流れ U_B は(1)式に示すように中心軸上流下方向平均流速の実測値 U_E の定数 (C_B) 倍であり、その分布の横方向範囲 y_B は流下方向に線形に広がっていると仮定する。

$$U_B = C_B \cdot U_E \quad \text{for } |y/y_B| \leq 1.0 \quad (1)$$

但し、 y_B の拡がり率 (dy_B/dx) は 0.1とした。大規模渦は前報と同様に次式で与えるランキン渦である。

$$Vr_i = C_G \frac{\Gamma_i}{2\pi r_i} [1 - \exp \{-1.26 (\frac{r_i}{rc_i})\}] \quad (2)$$

ここに Vr_i : 渦の回転速度、 Γ_i : 循環強度、 r_i : 渦中心からの距離、 rc_i : 核半径、 C_G は係数である。循環強度 Γ_i は場の流れ U_B とその拡がり y_B の積として算出する。核半径 rc_i は y_B の 0.8倍とした。渦は場の流れの外縁上に左右非対称な形で配置され、その流下方向間隔は上流側渦位置における y_B の 2.0倍とする。また、場の流れによる剪断効果を表現するために大規模渦列によって生じる横方向変動流速 v_v が高流速の場の流れと低速の周囲水を交換すると仮定して、その際に生じる運動量の交換を次式の様に評価する。

$$u_{EX} = C_{EX} \cdot v_v \cdot T_v \frac{U_B}{y_B} \quad (3)$$

ここに u_{EX} : 運動量交換によって生じる流下方向流速変動、 T_v : 渦の通過周期、 $U_B/y_{0.5}$: 場の流れの不均一性の指標となる流速勾配、 C_{EX} : 係数である。以上の仮定より、流下方向流速は定常な場の流れ U_B 渦循環によって生じる変動流速 u_v および運動量交換によって生じる変動流速 u_{EX} との合計として算定される。また、横方向流速は v_v により表示される。

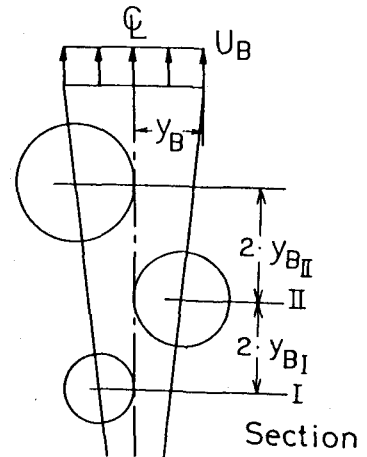


図-1 渦モデルの概要

3. 計算例 : フォーストブルームの運動量流束の卓越するジェット流動 ($U_B \propto X^{-1/2}$) と浮力流束の卓越するブルーム流動 ($U_B = \text{const.}$) に適用した例を示す。ここで用いた係数は $C_B = 0.5, C_G = 0.8, C_{EX} = 0.3$ である。図-2 に流下方向平均流速 U および横方向平均流速 V の断面内分布を示す。白抜記号はブルーム、黒塗記号はジェットの計算値を示す。縦軸は軸上流速値 U_ξ で基準化した平均流速を、横軸は半値半幅 $y_{0.5}$ で無次元化した横方向距離を示す。流下方向流速 U は両流動共にガウス分布にほぼ近似される。横方向流速 V はブルームにおいては全断面にわたり中心軸方向の流動を、またジェットにおいては中心軸付近で生じる外縁方向の流動を表示し、実線と破線で示した実測値²⁾の傾向と一致している。図-3 に流下方向と横方向流速の相対乱れ強さ $u'/U_\xi, v'/U_\xi$ およびレイノルズ応力 $\overline{uv}/U_\xi^2$ の断面内分布を示す。 u'/U_ξ の計算値は実測値の分布形状や規模を良好に再現している。 v'/U_ξ の計算値は若干尖った分布を示し、さらに両流動の絶対値の差異も小さい。レイノルズ応力の分布形状はジェットにおける計算値のピーク位置が外側にずれていることを除外すれば、実測値の分布形状を再現している。計算値の規模は実測値の2倍程度である。これは、モデルにおける渦列が乱れの中の最も秩序立った成分のみを表示していることに起因する。

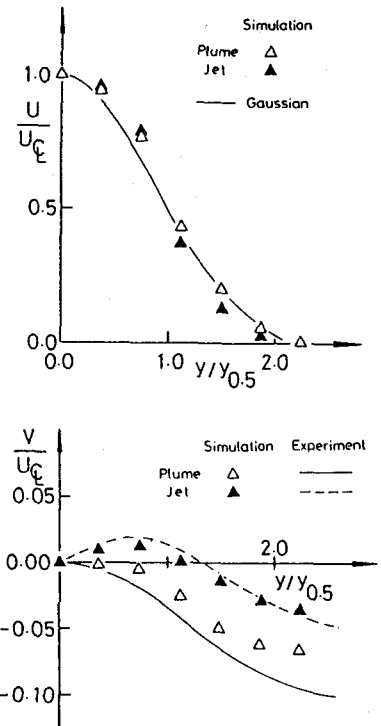


図-2 平均量分布

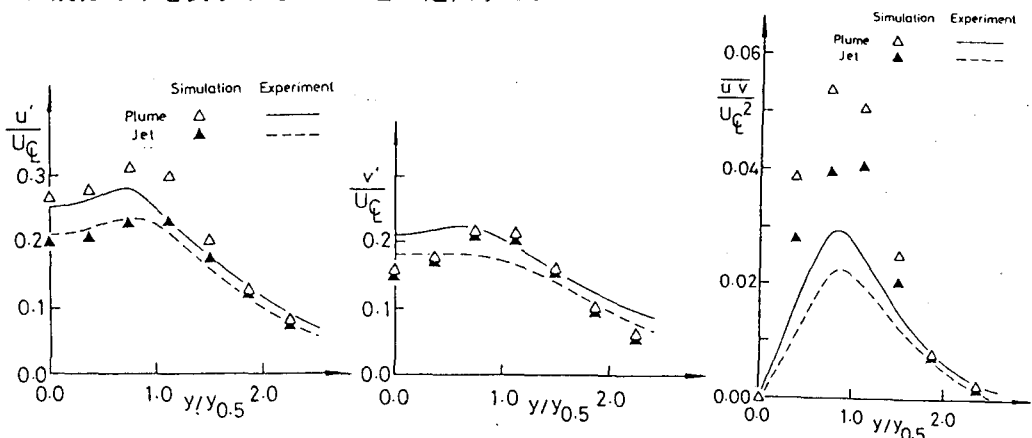


図-3 乱れ変動量分布

(参考文献) 1) 室田・中辻・玉井：関西支部年次学術講演会概要，1986。

2) Ramaprian・Chandrasekhara：IIHR Report, No.257, 1983.