

# 移動物体解析手法による人体歩行時の周辺気流解析

正会員 永吉 一朗 1\*  
 正会員 阪田 升 1\*

移動物体 一般化ポロシティ法 Super Cartesian 法  
 人体歩行 気流解析 CFD

## 1 はじめに

人体や車両などが移動する際、単純に平行移動する訳ではなく、手足の振動やタイヤの回転などを考慮する必要がある。従来では、移動する物体に付随して運動するオブジェクトのシミュレーションは、計算時間や入力工数の問題などで困難であった。本報告では、構造格子による一般化ポロシティ法を用いて移動物体問題を定式化し、更には移動する物体に付随するオブジェクトの平行運動・回転運動も定義可能とし、これら物体周辺の流れの再現を試みた。

ここでは、手足を振り歩行する人体のシミュレーション結果を報告する。

## 2 解析方法

移動物体解析手法には Super Cartesian 法<sup>1)</sup>と呼ぶ手法を用いているが、これは構造格子での Euler 系技法の一種である。固定直角座標系で格子を定義し定式化も Euler 表現のみであって、セル毎に流体・非流体・境界面セルの判定を行う(図.1 参照)。

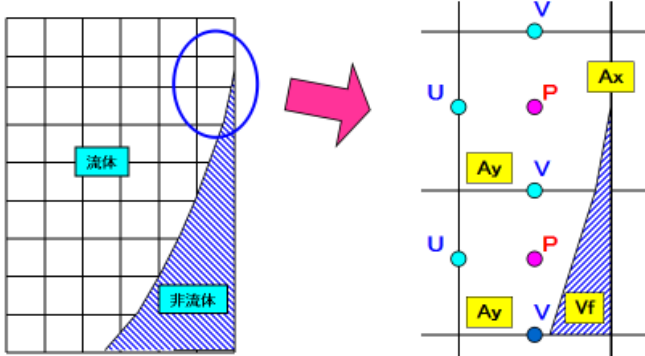


図1 SuperCartesian 法の概要

CFD (計算流体力学) の基本方程式の式において体積占有率  $V_f$ 、及び隣接セル間の開口率  $A_x, A_y, A_z$  を時間的に変化させれば、極めて簡単に境界面の移動を取り扱うことが可能である。すなわち、面の接線方向の移動についてはシア(Shear)による流体側への運動量伝達を評価し、面の法線方向の移動については体積占有率の変化による圧力の寄与を評価すればよい。ここで用いた CFD

解析手法のあらまきは次のようである<sup>2)</sup>。

---

基礎方程式：NS 方程式, 連続の式  
 空間の離散化：不等間隔格子 (最小格子間隔 0.5m)  
 時間の離散化：SMAC 法  
 移流項：Hybrid 中心差分  
 乱流モデル：直接シミュレーション (DNS)  
 初期条件：流速ゼロ  
 駆動条件：移動物体平行移動・回転移動

---

## 3 人体歩行時周辺流動と車両走行時シミュレーション

人体歩行時シミュレーションの手順としては、  
 解析モデル (固定部) の作成 10m x 8m x 3m  
 人体モデル (移動部) の作成 胴体, 首, 手, 足  
 モーションの設定 平行移動, 回転運動  
 を順次行った。解析モデルは 3 次元 CAD で作成した。

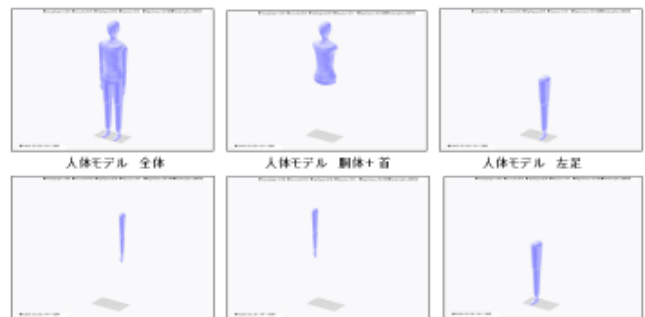


図2 人体歩行モデルの3次元CADデータ表示

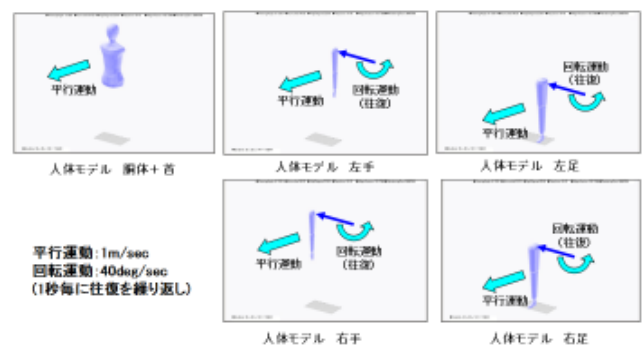


図3 人体モデルへのモーション定義づけ

図2及び図3に、それぞれ歩行運動させる人体各部の形状CADデータと、各部位のモーションを表した。基本的には、成人男性を模した胴体・腕・足の5つのCADデータを、胴体に関しては平行運動(1m/sec)、腕・足に関しては往復回転運動(40deg/sec、1秒毎に往復を繰り返す)の運動をそれぞれ与えた。

図4にシミュレーション結果として各時刻の流速分布を示すが、人体の歩行により前方に押される流れが発生すると、胴体の進行に伴う往復回転運動によって腕・足周辺に複雑な気流が発生していることが分かる。人体の後ろに回り込む流れも見える。

図5には真上から見た平面流速の変動を示すが、特に腕・足の先端は歩行速度の倍の速度で動くためか、カルマン渦列様の流れが人体の後流側に生成している状況が観察できる。

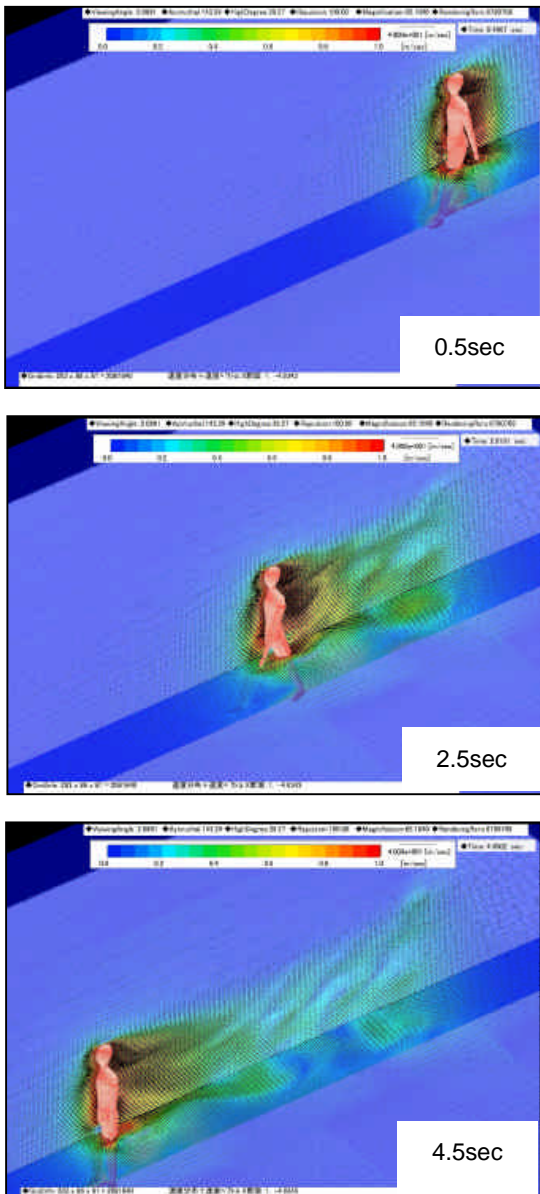


図4 速度分布+速度ベクトル図(垂直面・水平面同時表示)

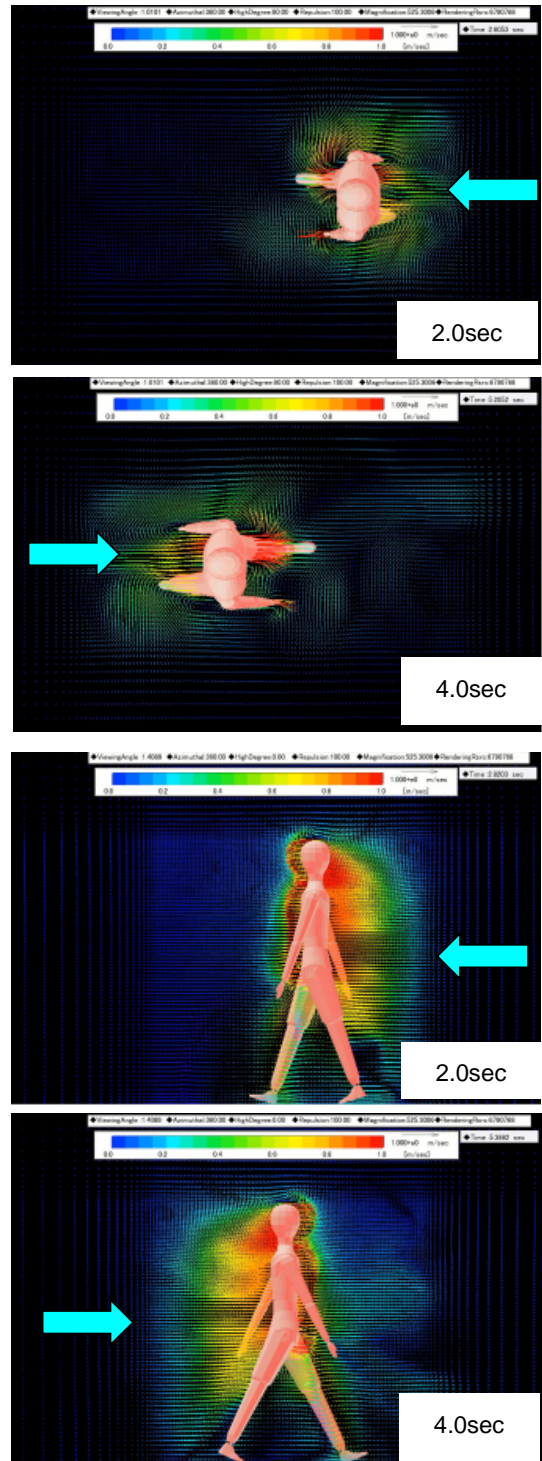


図5.往復運動時の速度ベクトル分布図

#### 4.まとめ

人体歩行時の移動物体解析CFDを実施し、今まで再現できなかった現象を捉えることが可能となった。

#### 5.参考文献

- [1] 阪田升, 長井大祐, 計算力学講演会講演論文集 2007(20), 559-560, 2007-11-25