

移動境界を適用した回転ドア・スライドドア周辺の温熱環境シミュレーション

Thermal Environment Simulation for Rotation Door and Sliding Door Using Moving Boundary Technique

*長井 大祐, 阪田 升, 佐野 裕史 (梯環境シミュレーション)

Daisuke Nagai, Minoru, Sakata, Hiroshi Sano (Environment Simulation Inc.)

Evaluation method for ventilation of various type of automatic door system has developed, using moving boundary technique for computational fluid dynamics. Characteristics of velocity and temperature distribution as to the space including rotation door or sliding door are discussed, based on unsteady numerical simulation results stated from same initial conditions.

Key Words: Numerical Analysis, CFD, Moving Boundary, Thermal Environment, Rotation Door, Sliding Door

1. 目的

大規模ビルのエントランスに設けられる回転ドアは、危険性が高いものの人の通行量が多くても空気密閉効果が高く、スライドドアは危険性は低い風除け室に2組のドアを設置する形式をとっても空気密閉効果は小さいとされる。しかし、回転ドア・スライドドアのそれぞれの換気特性を周辺の温熱環境と絡めて議論した研究はほとんど存在しない。ここでは、動くドアをCFDにおける移動境界として取り扱い、室内外の密度差を推進力とした場合の回転ドア・スライドドアの内外空気の置換状態を解析し、両者の換気特性及び周辺温熱環境の差異を明らかにする。

2. 解析手法

運動方程式たる Navier-Stokes 式と質量保存を満たすための連続の式、及び熱の移流拡散を扱う熱エネルギー方程式を用い、SOLA法¹⁾で非定常解を求めた。移動境界は、該当するオブジェクト部分の格子に所定の速度値を各時間サイクル毎に逐次与えて表現した。流体は空気とし、浮力の評価には Boussinesq 近似を用いている。解析には3次元熱流体解析コード WindPerfect²⁾を用いた。

3. 解析モデル

今回作成したモデルは図1のようである。回転ドアでは、回転部(駆動部)の直径4m、高さ3mとし、モデルの総格子数は、 $113 \times 108 \times 49 = 597966$ である。スライドドアでは、スライド部(駆動部)の幅4m、高さ3mとし、モデルの総格子数は $153 \times 110 \times 49 = 824670$ である。

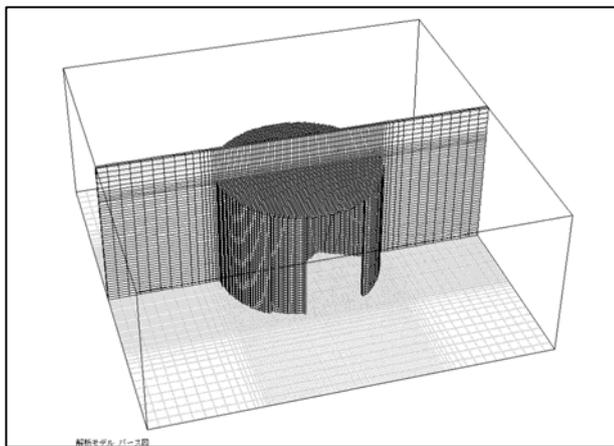


図1 回転ドア解析モデルと格子分割

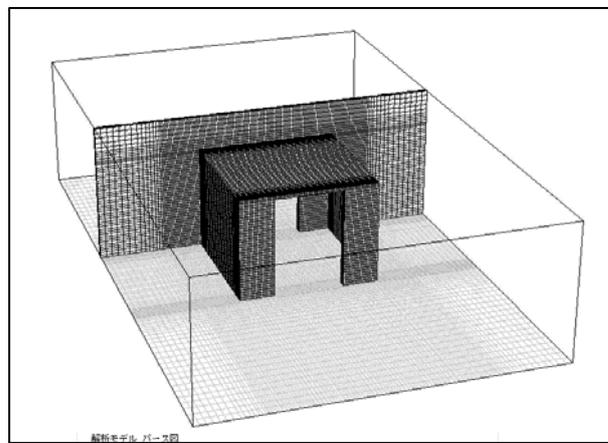


図2 スライドドア解析モデルと格子分割

温度初期条件としては、回転ドア、スライドドアともに、冬季を想定して内部22℃、外部0℃とした。本解析では、壁面熱貫流及び外部風は考慮していない。移動パターンは、回転ドアでは、駆動部の回転数は毎分3回である。スライドドアでは、中央部で2つに分かれたドアがそれぞれ逆方向に速度1m/secでスライドすると設定した。開閉動作は次のようであり、人が外から入ると仮定している。

	初期	2秒後	4秒後	6秒後	8秒後	10秒後
外ドア:	閉	開	開	開	閉	閉
内ドア:	閉	閉	開	開	開	閉

4. 解析結果と考察

図3-1~2に回転ドア稼働中の周辺風速ベクトルと温度分布を示す。ドアの中子が一定速度で回転し、室内外の温度差によって時間を追うごとに空気が回転ドア内部に取り込まれては反対側に回って開放される状態が表現されている。中子内の空気は、ドア開口が閉じている時には中子とともに一定速度で回転しているが、開口が生じ始める、あるいは開口がとじる直前では大きな気流の変動があり、中子内部の空気が混合されていることが分かる。また、図4-1~2に回転ドア稼働中の周辺風速分布を示す。ここでは、地上0.5m平面での速度ベクトルと温度分布を可視化した。2枚のドアの開くタイミングに時間差があるものの、やはり時間を追うごとに内外の空気がスライドドア内部に取り込まれる様子が観察されている。

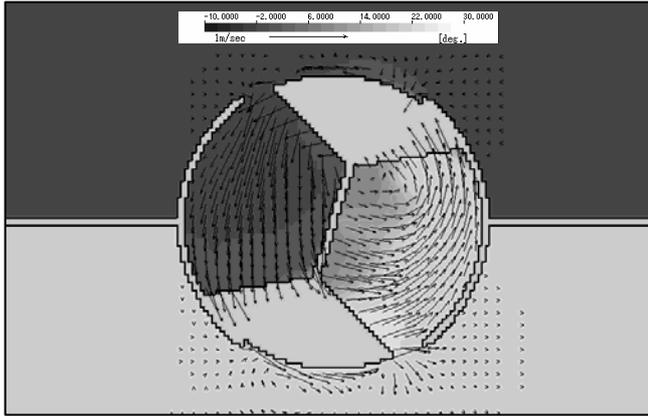


図 3-1 回転ドア周辺風速と温度分布 (4 秒後)

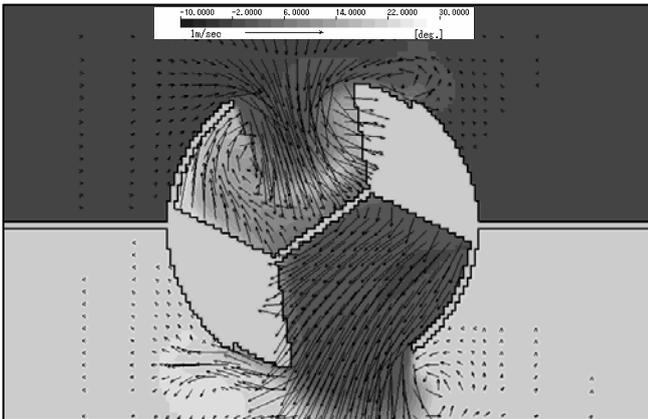


図 3-2 回転ドア周辺風速と温度分布 (8 秒後)

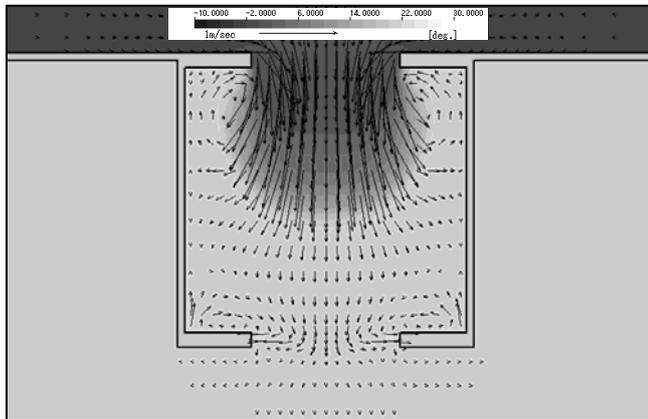


図 4-1 スライドドア周辺風速と温度分布 (4 秒後)

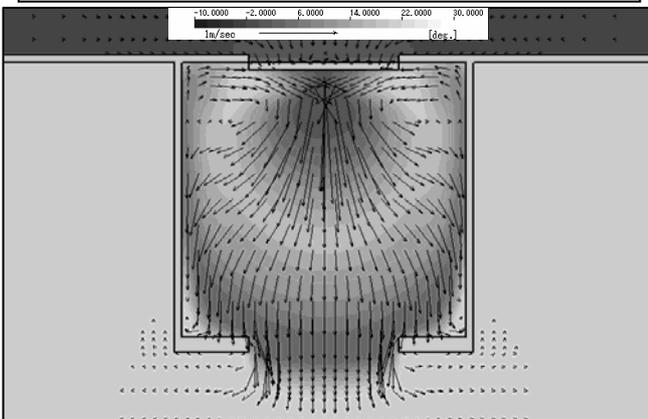


図 4-2 スライドドア周辺風速と温度分布 (8 秒後)

図 5, 6 には、それぞれ回転ドアとスライドドアでの稼働開始 8 秒後の温度ボリュームレンダリング (11℃) を示した。 空気の浮力と沈降力が拮抗する中性帯を境にして、内外の空気の流れる方向が逆になっている事が分かる。 また、回転ドアではドア内部の中子が回転しているために、流入する空気の運動量が大きいが、稼働開始後同じ時間において比較すると、11℃の温度等値面がスライドドアよりも進展が小さいのが特徴である。 結果的に室内に侵入する冷気量は本解析ではスライドドアのほうが大きくなっている。 実際のエントランスでは、スライドドアでは対向する人の通行があるなどでドアの開放時間が長かったり、エレベータシャフトによる煙突効果などで侵入する冷気が多くなるなど回転ドアに更に有利な条件が存在するので、回転ドアをスライドドアで代替するには技術面でなお多くの検討が必要である。

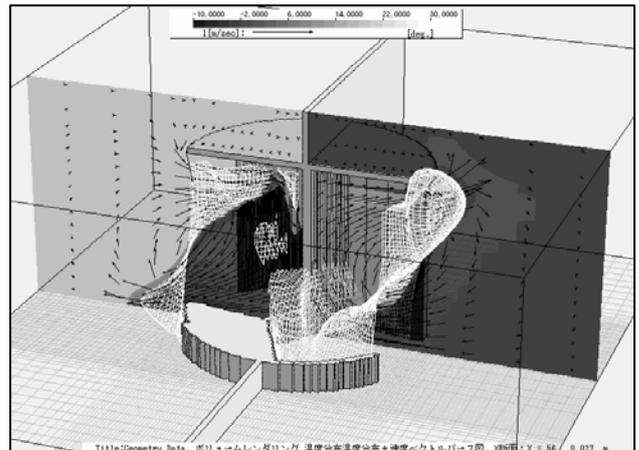


図 5 回転ドア周辺温度のボリュームレンダリング (8 秒後)

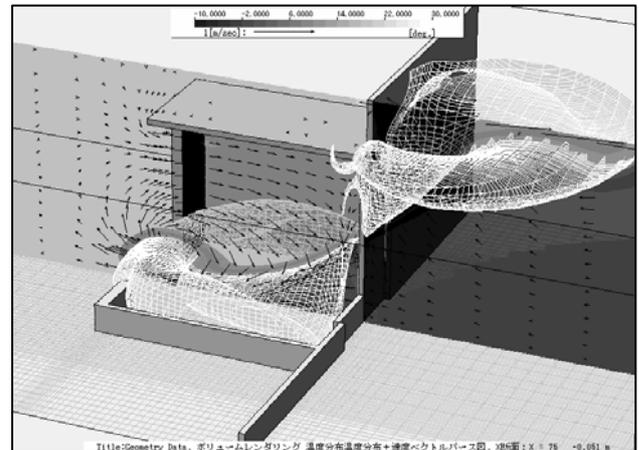


図 6 スライドドア周辺温度のボリュームレンダリング (8 秒後)

5. まとめ

(1) 移動境界を取り扱う CFD により、異なる構造の自動ドアの周辺風速・温度分布を、さまざまな稼働シーケンスで解析可能となった。(2) 自動ドアのうち、典型的な回転ドアとスライドドアについて解析を行い、刻々と変化する風速・温度分布の特徴を明らかにした。

6. 参考文献

- 1) C.W. Hirt, B.D. Nichols, N.C. Romero, Los Alamos Scientific Laboratory Report, LA-5852(1975)
- 2) WindPerfect は 榊環境シミュレーションの自社開発コード URL: <http://www.env-simulation.com/> を参照。