A-42 費用関数法を用いた温･速度場推定手法の可能性評価

Evaluation of the method to estimate flow and temperature field using Cost Function

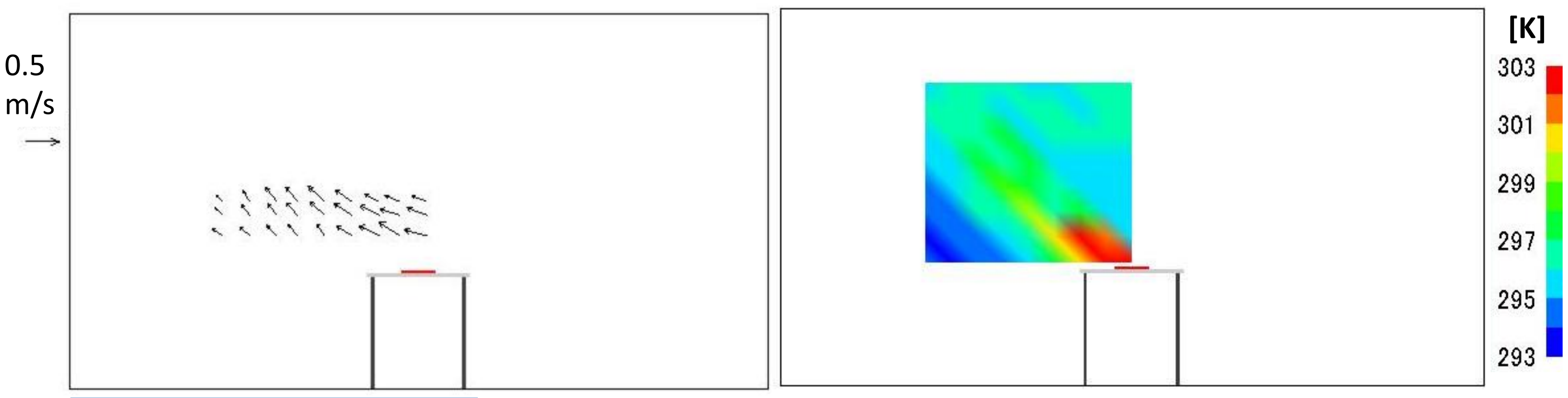
〇久野貴大（大阪大学） 近藤明（大阪大学） 井上義雄（大阪大学） 塩地純夫（ダイキン工業） 小松彰（ダイキン工業）

研究背景･目的

- 流れ場の速度分布や温度分布を正確に把握する手法として、数値解析や実測によるものが主流である。
- しかし、数値解析では実際の境界条件を正確に把握できないことによる誤差が含まれ、実測も欠測を含むために、室内全体の複雑な流れ場を把握することは困難と考えられる。
- より正確に温･速度場を推定するため、実測による測定値の情報を取り入れ、数値解析における境界条件のズレを修正する費用関数法を適用し、その有効性を検証する。
- 費用関数法について、従来手法（個別型）に加え新しい手法（統合型）を提案し、これらを比較することで優位性の検証を行う。

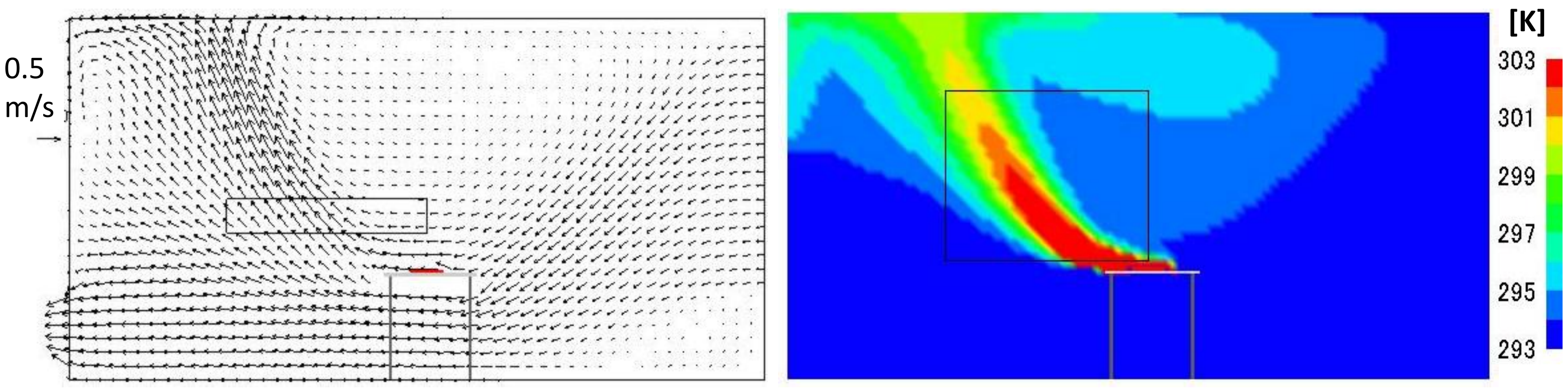
実測結果

- 熱源からの熱による上昇気流と吹き出し口からの風により図左上に向けての流れを確認できた。



数値解析結果

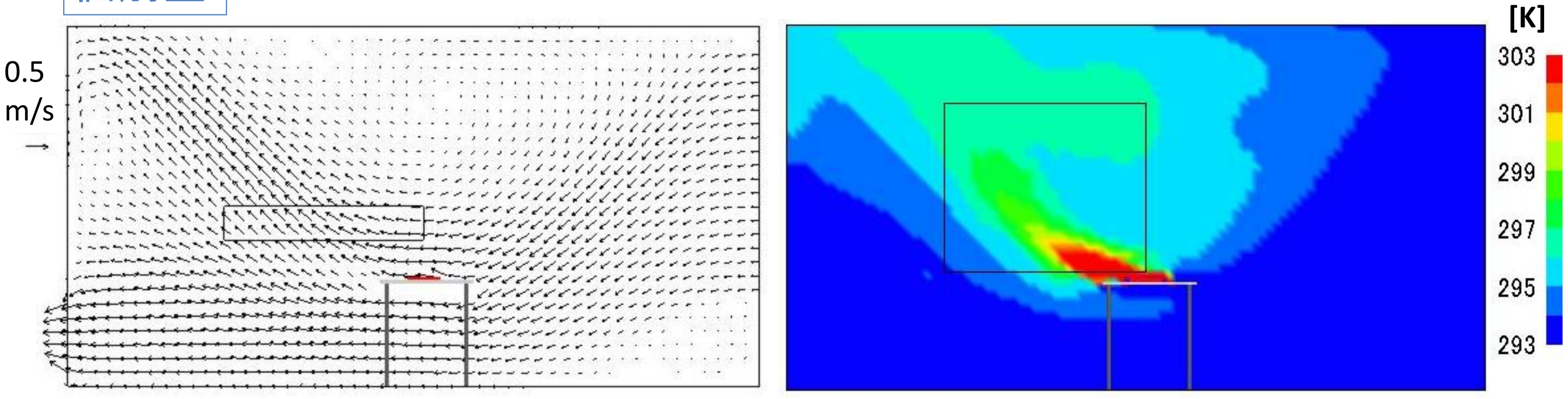
- 計算手法にはk-εモデルとSIMPLE法を使用し、105×100×55の均一メッシュで定常計算を行った。
- 数値解析のみでは熱源の境界条件が高く見積もられてしまい、実測値より上昇気流が強く発達してしまった。



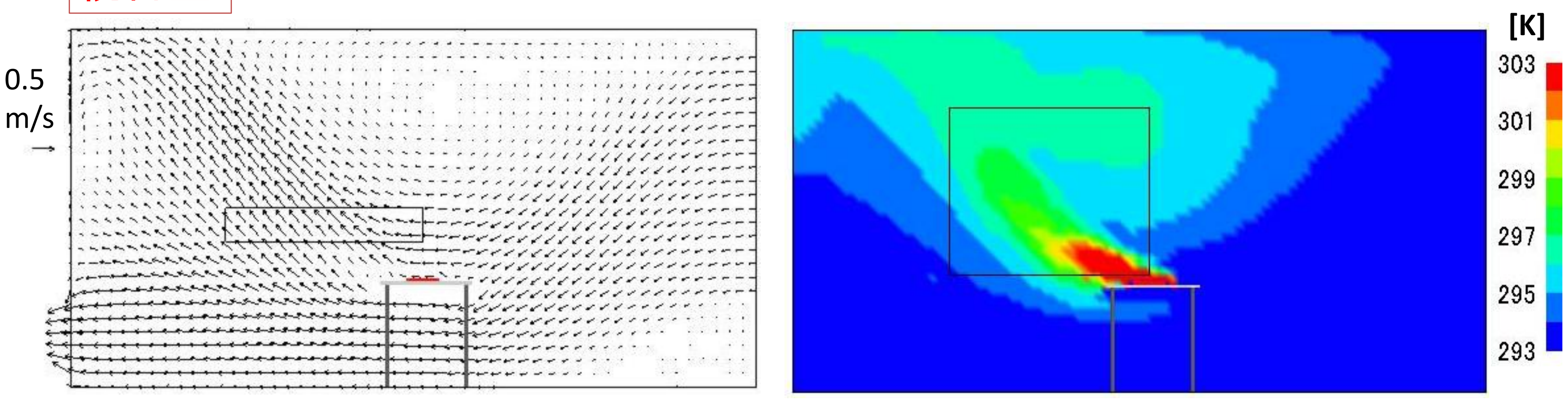
費用関数法結果

- 費用関数法を適用することで、数値解析のみで発達していた上昇気流を抑えることが出来た。個別型に比べてわずかに統合型の方が実測値に近い値を取っている。

個別型

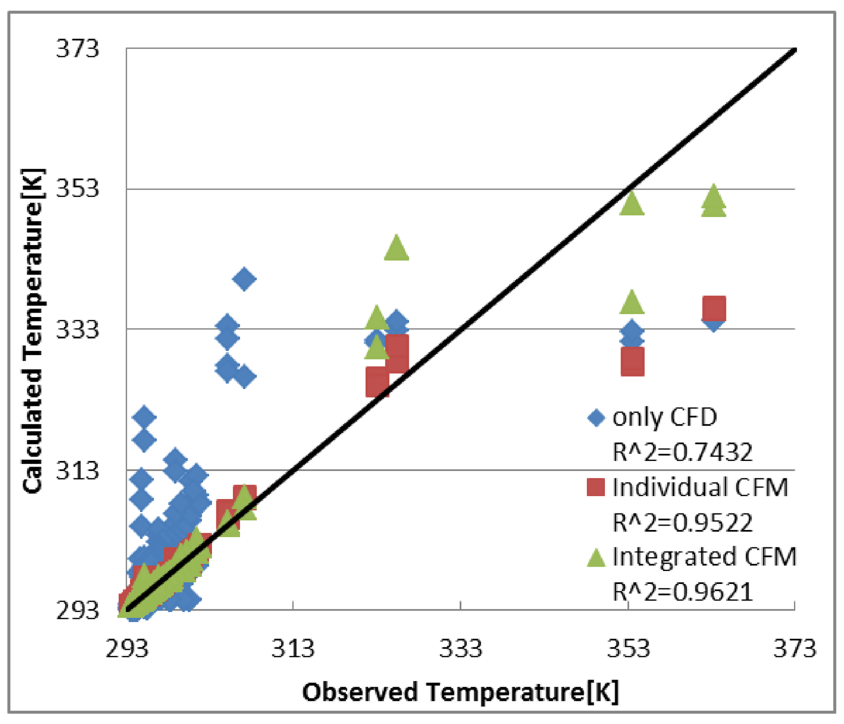


統合型

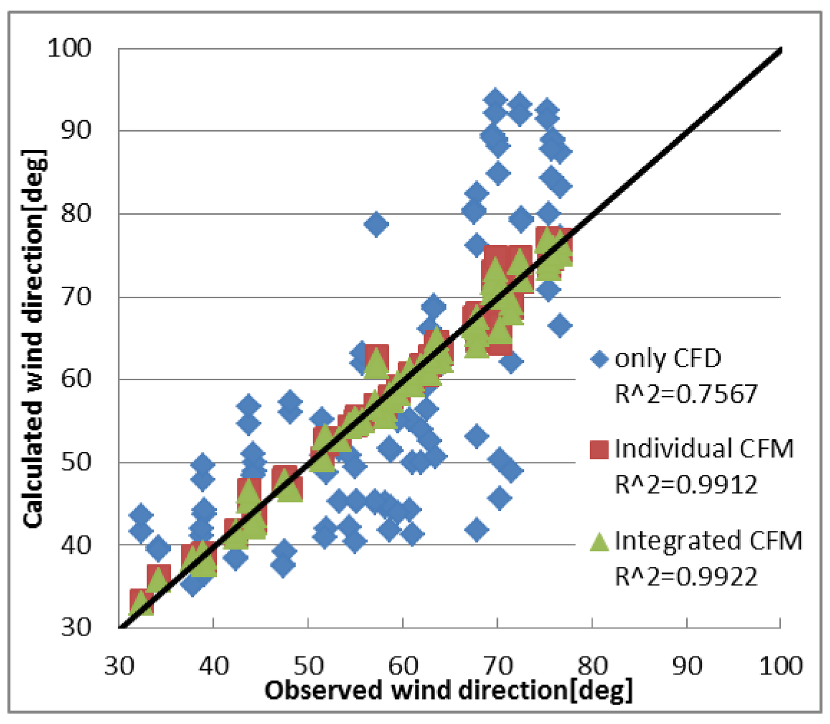


比較評価

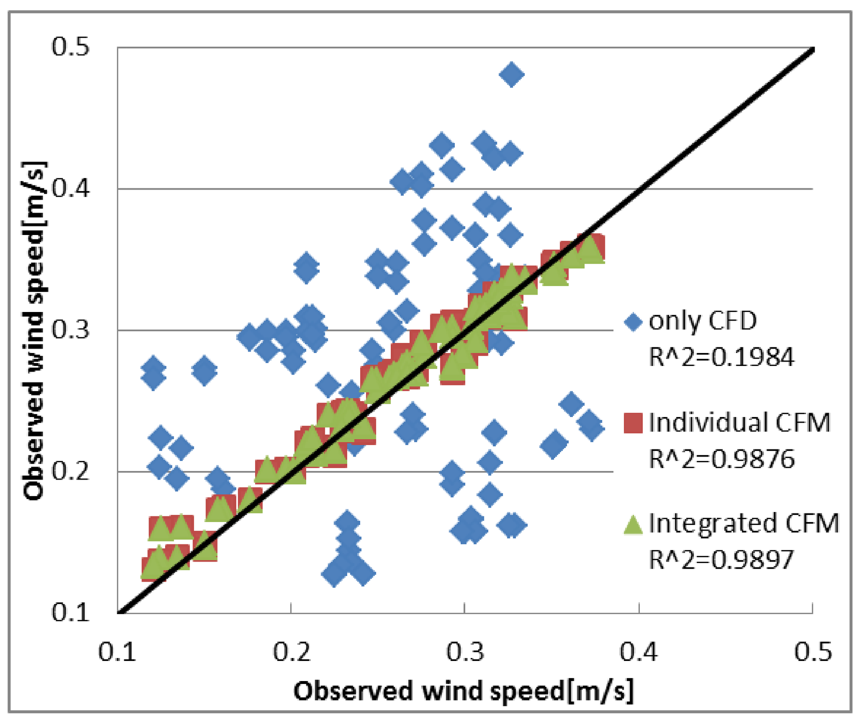
- 横軸に実測値、縦軸に計算値の相関図により数値解析のみ、個別型、統合型の順に実測値に近い値を取ることが確認できる。



温度相関図



速度傾き相関図



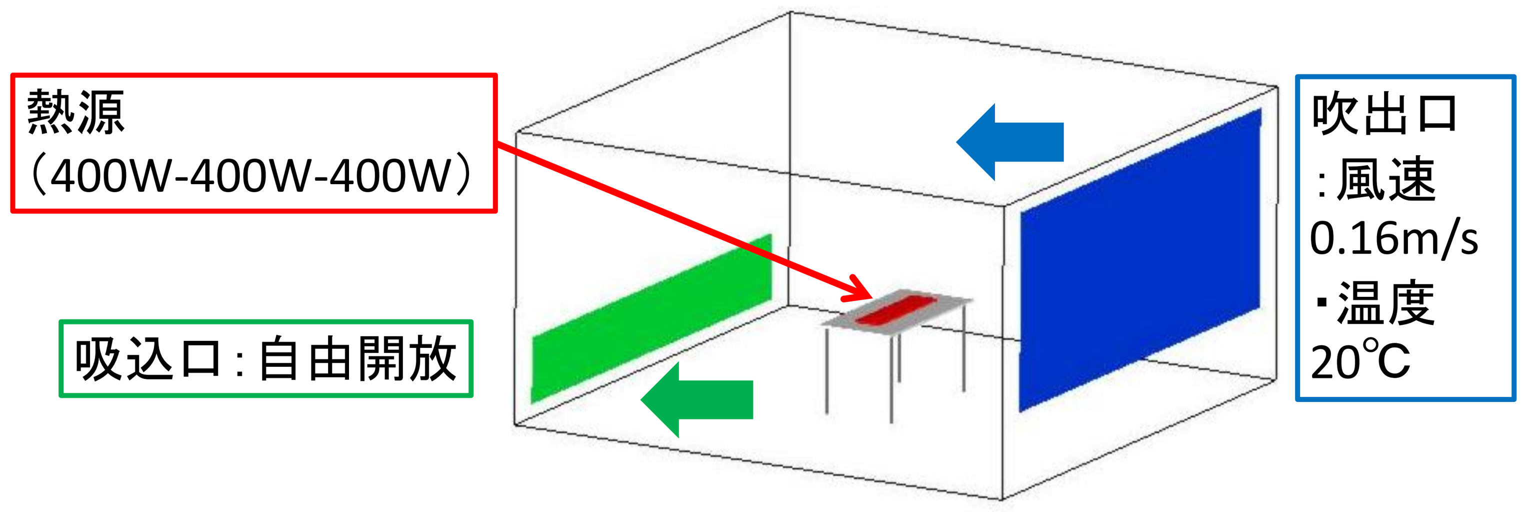
速度大きさ相関図

まとめ

- 室内気流における3次元計算において、数値解析に実測値を組み込む費用関数法を適用することで、数値解析のみより正確に室内の速度･温度分布を推定することが出来た。
- 個別型と統合型では、個別型より統合型の方が優位性が見られる。今回の研究ではわずかな差しか見られなかったが、2次元計算において差異が明確に出ており、今後検証を進めていく。

対象空間

- 浮力の効果を見るため、吹き出し風速に比べ熱源の影響が大きく、自然対流が主であるような空間を想定。



実験空間概略図

費用関数法とは

- 費用関数（CF）は支配方程式の残差の二乗と、推定値と実測値の差の二乗の和によって定義される。

$$CF = \int \left\{ \sum_k \alpha_k f_k^{\,2}(\xi_i, \eta_j) + \sum_j \alpha_j (\eta_j - \eta_{j,obs})^2 \right\} d\xi$$

f ：支配方程式　　η ：従属変数 (u, v, w, p, T)

ξ ：独立変数 (x, y, z, t)　　α ：等価係数

- 下記の式（上記の費用関数（CF）を従属変数 η で偏微分し、これを0とおいた式）を解くことで、CFを最小化する最適解 η を求める。

$$\frac{\partial CF}{\partial \eta} = \int \left\{ \sum_k \alpha_k f_k \frac{\partial (f_k)}{\partial \eta_j} + \alpha_j (\eta_j - \eta_{j,obs}) \right\} d\xi = 0$$

個別型と統合型

- 用いる支配方程式 f と従属変数 η の組み合わせにより個別型と統合型に分けられる。（下表）
- 変数を最適化するため各方程式fにおいてそれらの従属変数ηにおいて偏微分する→個別型費用関数（●）
- 温度分布からも速度分布を推定するため、温度の保存式を速度成分で偏微分する→統合型費用関数（●＋●）

f_k ：支配方程式

η_j ：従属変数	NS式x成分	NS式y成分	NS式z成分	連続式	温度式
速度u	●			●	🔴
速度v		●		●	🔴
速度w			●	●	🔴
圧力P	●	●	●		
温度T					●

考慮されるf_kとη_j の組み合わせ表