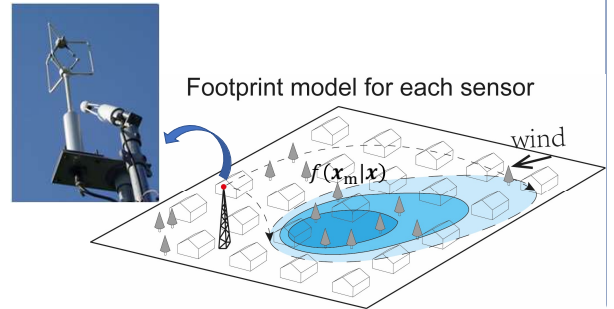


都市大気乱流拡散場におけるフットプリント解析の高度化と応用 随伴濃度に基づいたフットプリント計算手法の開発

1. 研究背景

- センシング技術の普及により、大気境界層内に設置されたセンサーによって空気汚染物質の濃度やフラックスが様々に計測されている。
- フットプリント関数とは、センサー計測値への各場所に存在する発生源の寄与度と定義される。その関数はセンサーの計測値がどこからの発生に依るのかに関する解釈を与え、ある領域の汚染発生強度の推定にも有用な情報を提供できる。
- 従来の手法は数値流体力学(CFD)とラグランジュ追跡法を組み合わせるフットプリントを評価しているが、多数の発生源から放出された多数の粒子を追跡するため計算負荷が極めて大きい。
- 本研究は随伴濃度に基づいた逆解析手法によってより効率的なフットプリント計算手法を提案している。



2. 提案手法

- Turbulent Flux Footprintの計算

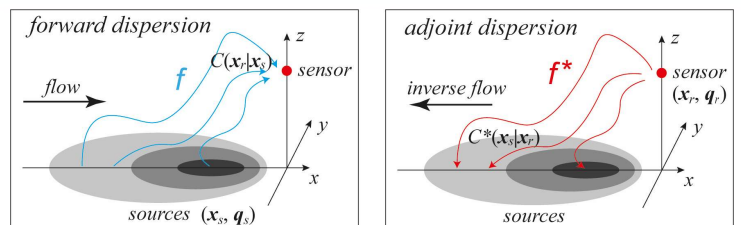
$$f_{ff}(x_r|x_s) = \overline{u_z'(x_r)C'(x_r|x_s)} \approx -K_f(x_r) \left. \frac{d\bar{C}}{dz} \right|_{x_r}$$

- 従来の手法は多数の発生源による拡散濃度場を計算する。

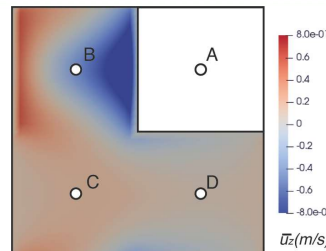
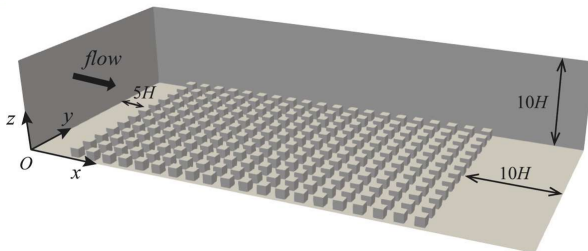
$$\left. \frac{d\bar{C}}{dz} \right|_{x_r} \approx \frac{C\left[\left(x_r + \frac{\Delta z}{2}\right)|x_s\right] - C\left[\left(x_r - \frac{\Delta z}{2}\right)|x_s\right]}{\Delta z}$$

- 提案手法は逆解析におけるセンサーの随伴濃度によってFootprintを評価し、計算量を圧倒的に低減できる。

$$\overline{C^*(x_s|x_r)} = \overline{C(x_r|x_s)} \quad \Rightarrow \quad \left. \frac{d\bar{C}}{dz} \right|_{x_r} \approx \frac{C^*\left[x_s\left|x_r + \frac{\Delta z}{2}\right.\right] - C^*\left[x_s\left|x_r - \frac{\Delta z}{2}\right.\right]}{\Delta z}$$



3. ケース設定



- 屋上(A) $z_r = 0.3H$
- 後流(B) $z_r = 1.3H$
- 交差点(C) $z_r = 1.8H$
- 道路(D) $z_r = 2.5H$

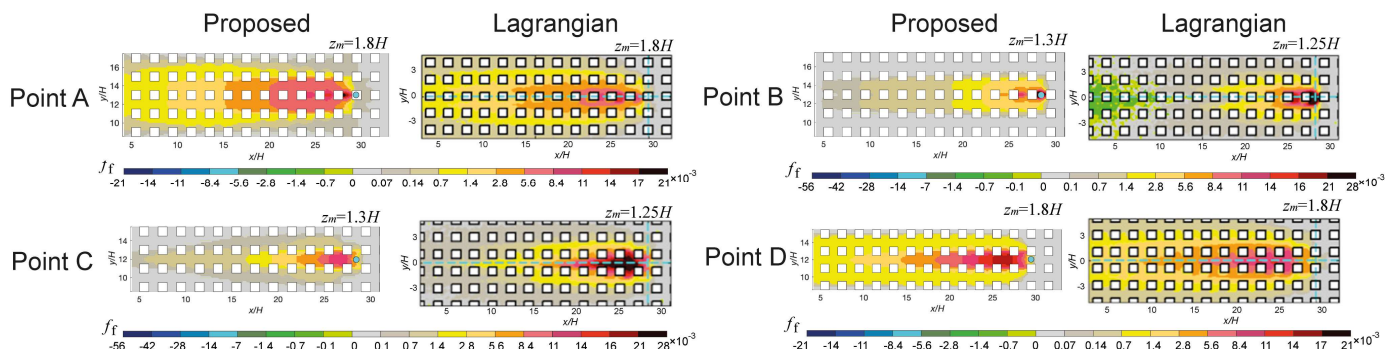
- RANSによって市街地モデルにおける定常な速度と随伴濃度を計算した。

- センサー配置と鉛直方向速度の水平分布

- 合計15個の位置におけるフットプリントを評価した。

4. 計算結果

- Flux Footprintに対して提案手法の計算結果とLES+Lagrangianの結果と比較する。



- RANSを使っても、提案手法の結果はLES+Lagrangianの結果と近づき、市街地モデルにおけるFootprintの特性を再現できることを分かった。