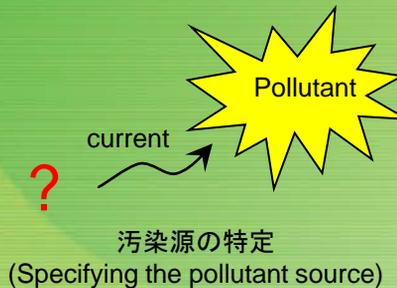


# 水域の汚染源特定のためのリバースシミュレーション (Reverse Simulation for Specifying the Pollutant Source in Water)

## 研究背景(Background)

- 水域で汚染物質が発見された場合、汚染源をただちに特定し、対策を講じなければならない。(If pollutant is detected in water, the pollutant source should be specified as soon as possible to take a measure.)
- 逆流跡線解析手法では、乱れによる拡散の効果を考慮できない。(The diffusion of pollutant is not taken into account in the method of inverse trajectory.)
- 汚染源を全く想定できない場合に有効な特定手法は存在しない。(There is no method to specify the pollutant source when it is never predicted.)



## 研究目的(Objective)

- 移流・拡散方程式を逆時間方向に解くリバースシミュレーション手法を開発する。数値不安定性を取り除く。(We develop the method of reverse simulation which solves the advection and diffusion equation of pollutant inversely in time. The main challenge is to eliminate the numerical instability.)

## 研究手法(Method)

- 基礎方程式(Governing equation of reverse simulation)

$$\frac{\partial P}{\partial t} - \frac{\partial(uP)}{\partial x} - \frac{\partial(vP)}{\partial y} - \frac{\partial(wP)}{\partial z} = -\frac{\partial}{\partial x} \left( A_H \frac{\partial P}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( A_H \frac{\partial P}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left( K_H \frac{\partial P}{\partial z} \right)$$

$P$ : 汚染物質濃度 (pollutant concentration)  
 $u, v, w$ :  $x, y, z$ 方向の流速 (velocity)  
 $A_H$ : 水平方向の渦動拡散係数 (horizontal eddy diffusivity coefficient)  
 $K_H$ : 鉛直方向の渦動拡散係数 (vertical eddy diffusivity coefficient)

- 数値不安定性を取り除くために、濃度場または濃度フラックス場にガウシアンフィルターによるフィルター操作を行う。(Gaussian filter is applied to the field of concentration or flux of concentration to eliminate the numerical instability.)

$$\bar{F}(x) = \int_{-\infty}^{\infty} G(r)F(x-r)dr \quad F(x) = P(x) \text{ or } \frac{\partial P(x)}{\partial x} \quad G(r) = \sqrt{\frac{6}{\pi\Delta^2}} \exp\left(-\frac{6r^2}{\Delta^2}\right) \quad \Delta: \text{フィルター幅 (filter width)}$$

- 計算方法は、1) 順方向計算を行い、各時間ステップの流速分布を求め、保存する。2) 汚染物質の初期分布を与えて、1)の流速を用いてリバースシミュレーションを実施する。(The method is 1) to execute the forward simulation to obtain and preserve the flow velocity field at each time step, and 2) to execute reverse simulation using the flow velocity field obtained in 1) under the initial condition of pollutant.)

- 本研究では、琵琶湖を対象とし、西岸で汚染物質が流出し、10 m s<sup>-1</sup>の北西風で8時間経過した場合を想定する。(The study area is Lake Biwa. We assume that pollutant flows out at the west coast and diffuses under the northwesterly wind of 10 m s<sup>-1</sup> for 8 hours.)

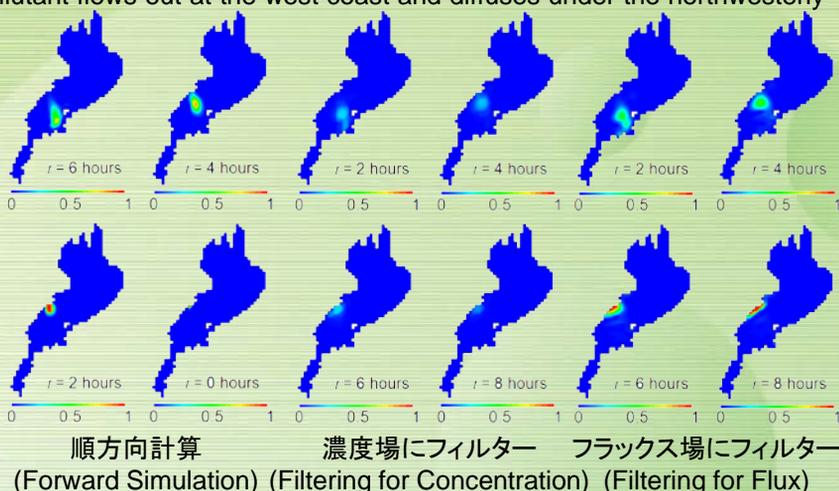
## 計算結果(Result)

- 濃度フラックス場にガウシアンフィルターを適用した場合の方が、汚染源の推定精度が向上した。(The accuracy of reverse simulation was better when the Gaussian filter is applied to the flux of the concentration of pollutant.)

$$\frac{\partial P}{\partial t} - \frac{\partial(uP)}{\partial x} - \frac{\partial(vP)}{\partial y} = -\frac{\partial}{\partial x} \left( A_H \frac{\partial P}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( A_H \frac{\partial P}{\partial y} \right)$$

2次元 (2-D)

$$-A_H \frac{\Delta_x^2}{24} \frac{\partial^4 P}{\partial x^4} - A_H \frac{\Delta_y^2}{24} \frac{\partial^4 P}{\partial y^4}$$



## 今後の課題(Future Works)

- リバースシミュレーションの最適な精度を得るためのフィルター幅の設定方法の確立 (Giving the filter width to achieve the better accuracy of reverse simulation.)

本研究は、旭硝子財団近藤次郎 Grantにより、本所人間・社会系部門の加藤信介教授、安部諭博士、本所基礎系部門の半場藤弘教授と共同で実施されました。ここに謝意を表します。