有害危険物質発生による都市汚染に関する研究

.研究で想定する有害危険物質発生

事故による可燃性物質の都市への漏えい、近年の社会情勢の不安定化 に伴う生物兵器テロでは、これまでの慢性的な大気汚染(都市交通、工場 排ガス)とは別の問題が顕在化する。

- ・濃度発生以後の時刻歴_有害危険物質発生開始後、遠隔地に到達するのにかかる時間
- ・濃度のばらつき_時々刻々変化する濃度の統計的なばらつき





左は有害物質が突発的に発生した際の濃度の 時刻歴を示す。左の図が一回の計測を示す。 濃度が、時間に対して大きく変動している。時に は平均濃度(図では1.0)に比べ5倍程度もの値を 取っている時刻もある。左下が平均的な濃度の 時刻歴である。



○Fig.5 Geometrical condition Source generation

⇒頻度分布を含めた濃度の輸送を風洞実験と

数値解析で検証し、予測可能な手段を講じる。



○Fig.1 Air pollution by traffic incidents



○Fig.2 Tokyo saline gas attack,1995 (Jiji Press Ltd)

Difference of danger /arrival time of pollutant /fluctuation of concentration

濃度の頻度分布(風洞実験)→ 赤いグラフが濃度の時刻歴を示し、 青いグラフがその度数分布(確率密度分布) を示している。 全ての図は平均値を差し引き、標準偏差で 規格化されている。 平均値は全て等しいが、値のばらつきの度 合いはそれぞれの条件で大きく異なっている ことが分かる。

OFig.6 Time history and Probability Density Function





風洞実験vs数值解析(Large Eddy Simulation)

.高次のモーメント

頻度分布の形状を推量するのに用いられる指標 →歪み度(Skewness) $E\left[(\theta - \mu)^3\right]$ $E\left[\left(\theta-\mu\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}$

 $\mu = \int_{-\infty}^{\infty} \theta f(\theta) d\theta \quad \mathbf{E} \Big[(\theta - \mu)^n \Big] = \int_{-\infty}^{\infty} (\theta - \mu)^n f(\theta) d\theta$



Q.数値解析に、頻度分布の再現性があるか?

同一条件で行った風洞実験との比較

Calculation condition

Standard smagorinsky Orthogonal grid	/ model
12400000	
	(Nx,Ny,Nz)=(379,375,87)
Boundary condition	
	inflow: dumped data outflow : advective outflow wall, ceiling : gradient 0 floor : no slip
pressure SMAC	
Time dev. Adams-Ba	ashforth
Descritization	2 nd order central
	(around the source) QUICK







平均濃度の過大評価があるものの、

濃度の変動に関する統計量の全体的な傾向は

一致している。

ここではLESによる数値解析が濃度場の解析を

十分行えていると判断する。



○Fig.8 LES of pollutant dispersion



Kato Lab., Ooka Lab., and Kikumoto Lab.

数値解析による頻度分布形状

.数値解析による輸送式収支の検証

頻度分布形状予測に資する情報を得るために、歪みの輸送を検証する。 歪み度に含まれる量の輸送方程式に着目

濃度の分散



n=2,3の量 $\langle c'^2 \rangle \langle c'^3 \rangle$ は、歪み度の算出に用いられる量。n=2については既知の解法があるがn=3に関してはそれぞれの項の意味合いが不鮮明。

数値解析的に方程式の収支計算を試み、定量的な評価の可能性を探る。



の項を、より低い次数で近似計算する可能性を検討。



3/4

加藤研究室・大岡研究室・菊本研究室 Kato Lab., Ooka Lab., and Kikumoto Lab.

これからの課題

現在のところLESを行うには計算コストが高すぎるため、事件や事故発生に 先だって計算を行うことは現実味が薄い。

n=3の方程式もしくは値そのものを、計算コストの低い解析方法に付加的に 計算できれば、有事の際の危険性把握に貢献できる。

近似評価(Channel flow)

a.k-eモデルの高次相関項に類した勾配拡散近似

 $\left\langle u_{j}^{\prime}c^{\prime 2}\right\rangle = -\frac{1}{\sigma_{2}}v_{t}\frac{\partial\left\langle c^{\prime 2}\right\rangle}{\partial x_{i}} \qquad \left\langle u_{j}^{\prime}c^{\prime 3}\right\rangle = -\frac{1}{\sigma_{3}}v_{t}\frac{\partial\left\langle c^{\prime 3}\right\rangle}{\partial x_{i}}?? \quad or \quad \left\langle u_{j}^{\prime}c^{\prime}\right\rangle\left\langle c^{\prime 2}\right\rangle$

b.タイムスケール比R'

c.Re数、Schmidt数依存性の確認

応用へむけて

点原発生条件や、複雑市街地形状などの実際的な状況を想定した 数値計算による検証。



OFig.17 Point source generation on boundary layer flow

OFig.16 "lidabashi" calculation with RANS





Kato Lab., Ooka Lab., and Kikumoto Lab.