

都市生態圏—大気圏—水圏における 水・エネルギー交換過程の解明

研究代表者
東京工業大学大学院・理工学研究科
国際開発工学専攻
神田 学

1

都市生態圏—大気圏—水圏における水・エネルギー交換過程の解明 研究の背景とねらい

水・エネルギーの輸送

大気圏 都市生態圏 水圏

ヒートアイランド
集中豪雨 アジアメガシティ 人工水エネルギー
循環 淡水化・高温化

2

I. 大気海洋同時観測(定常・集中) ～都市のフォーシングの実態把握 その(1)

大気圏 都市生態圏 水圏

水・熱フラックス計測 水・熱フラックス計測

淡水フラックス計測

流出

降雨レーダー 環流系計測
(短波海洋レーダー)

4

I. 準実スケールモデル都市実験 ～都市のフォーシングの実態把握 その(2)

(1) 幾何構造と水・エネルギーフラックス

大気圏 都市生態圏 水圏

熱エネルギー 放射エネルギー

水収支

(2) 都市植生の蒸散特性

蒸散 精密電子天秤

植生配置の影響

屋根面 道路面

5

II. 強制力モデルによる水エネルギーフローの再評価

「都市生態圏強制力モデル」

気象モデル
CIP-CITY (東工大)
RAMS (東工大)

水循環モデル
WEP (土木研究所)

都市活動パラメータ
人口・世帯分布
水・エネルギー消費
量原単位

沿岸海洋モデル
POM (東工大)

蒸発
降雨・吹送力

流出・遡上

6

COSMO 都市陸面過程の解明

大気—海洋—都市の相互作用

COSMO 都市陸面過程の解明

都市 = 完全粗面乱流

現地データ

- (1) 幾何形状の多様性
- (2) 人為影響
- (3) データ少ない
久が原・パーゼル

風洞データ

- (1) 低レイノルズ数
- (2) 大気境界層影響

COSMO

- (1) 不確定性の排除
- (2) 中間スケール > 相似性
- (3) 大気境界層影響

COSMO

Comprehensive Outdoor Scale MOdel experiment

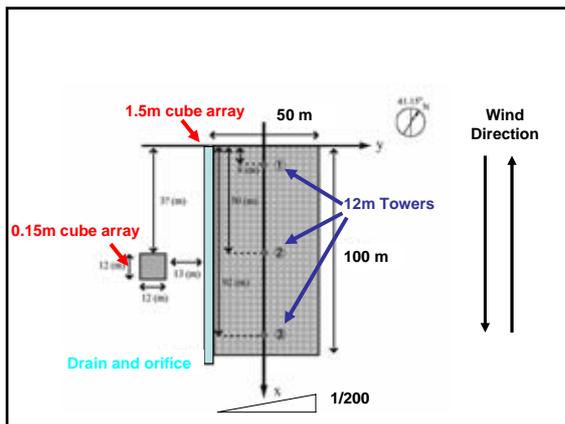
- (1) 陸面パラメータ
- (2) エネルギー収支
- (3) 乱流相似則



1.5 m cube model



0.15 m cube model



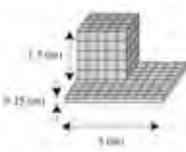
50 Hz



Captex HF-300
30cm x 30cm x 0.4mm



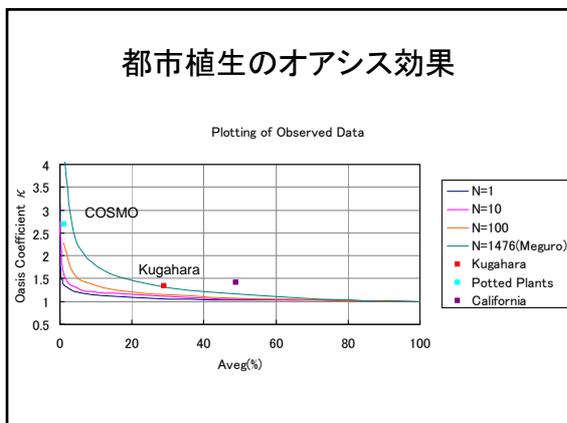
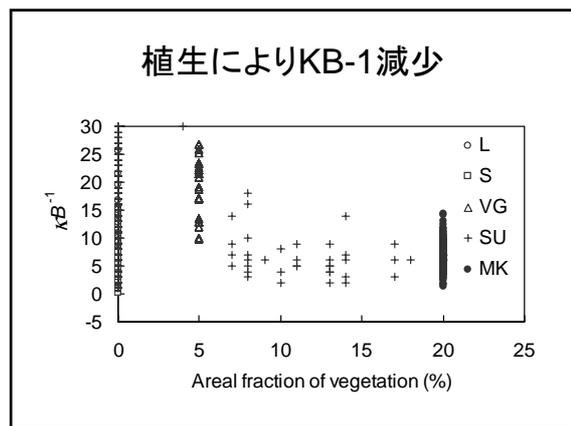
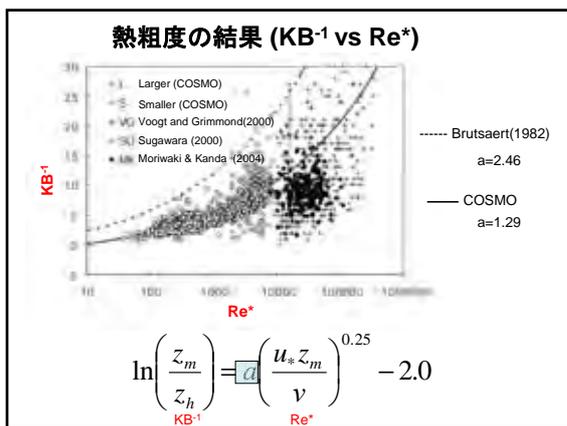
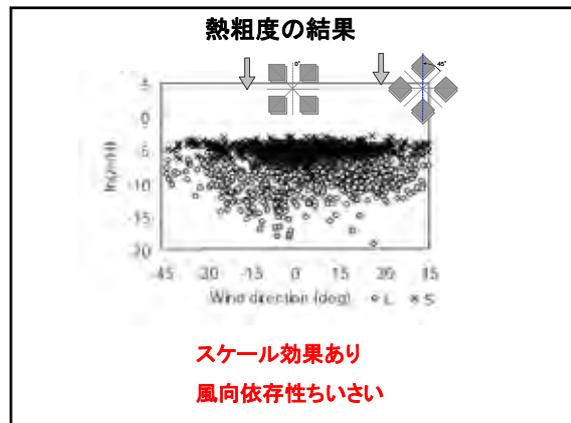
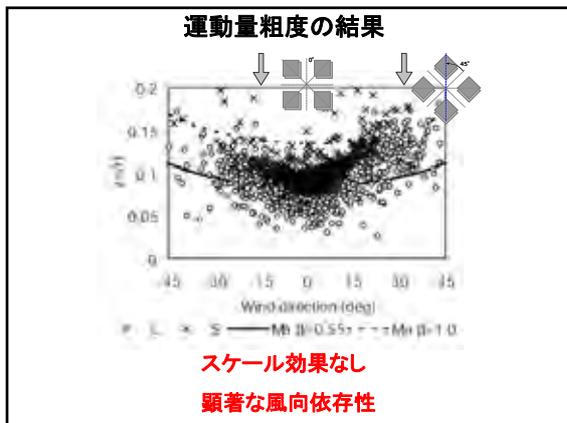
Adjustment of surface
radiative properties



Total 200 heat plates

都市陸面パラメータの包括化

- (1) COSMOデータ (大小モデル)
- (2) 風洞実験から得られた実験理論式
Macdonald et al., 1998
- (3) 現地観測のデータ
バンクーバー (Voogt and Grimmond, 2000)
新宿 (Sugawara, 2000)
久が原 (Moriwaki and Kanda, 2004)
- (4) LES-CITY (Kanda et al., 2004; Kanda, 2006)



- ### 都市熱収支の包括化
- (1) **COSMOデータ** (Kawai et al., 2007)
 - (2) **現地観測のデータ**
 - バーゼル (Cristen and Vogt, 2004) 年間
 - その他10数カ所の都市 短期
 - 久が原 (Moriwaki and Kanda, 2004) 年間
 - (3) **SUMM** (Kanda et al., 2004, 2006; Kawai et al., 2007)

熱収支の無次元化

(1) 純放射による無次元化

$$R_n = (H + LE) + G$$

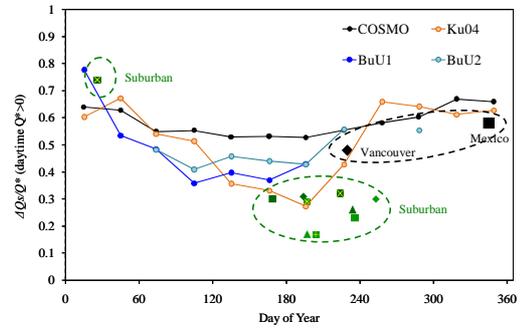
1 = 乱流輸送 + 蓄熱

(2) 入力放射による無次元化

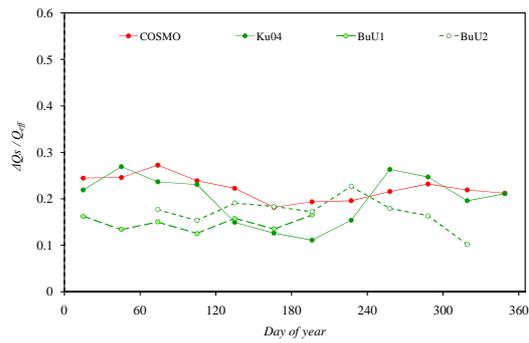
$$R_{in} = L + (H + LE) + G$$

1 = 放射冷却 + 乱流輸送 + 蓄熱

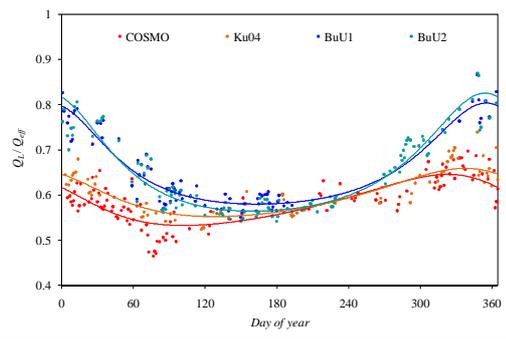
純放射で正規化した貯熱量の季節変化



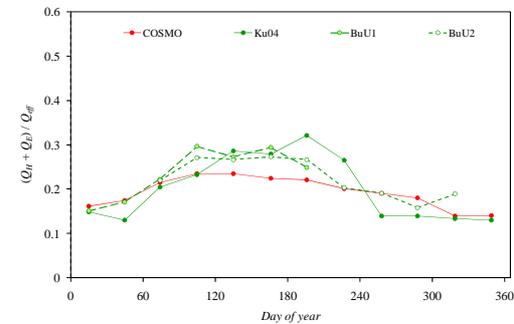
入力放射で正規化した貯熱量の季節変化



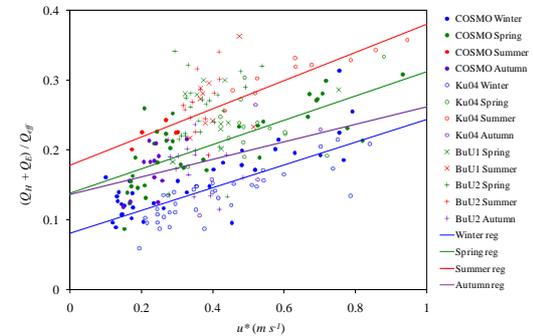
冬季に上向き放射増大(高緯度ほど顕著)

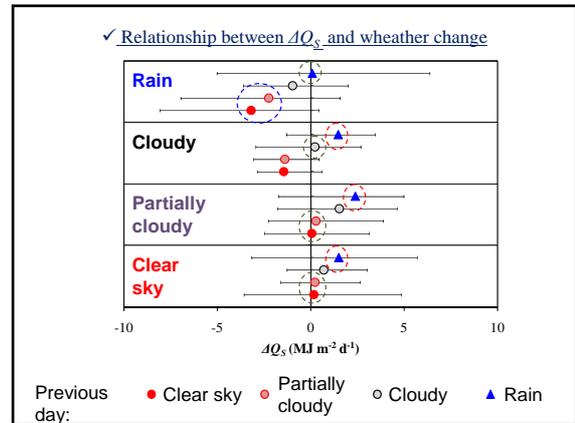
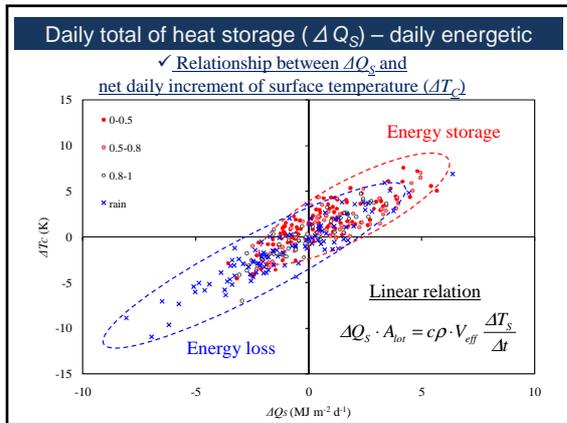


夏期に乱流熱輸送増大



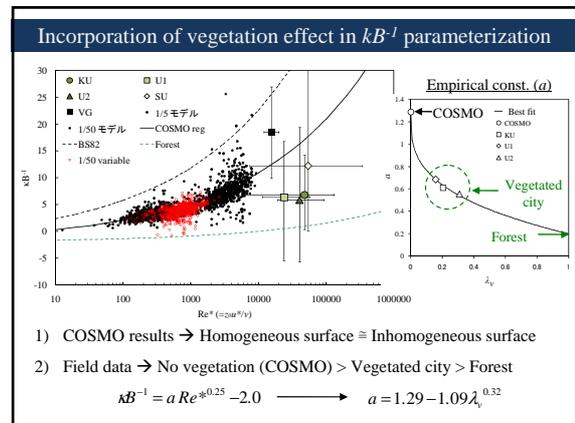
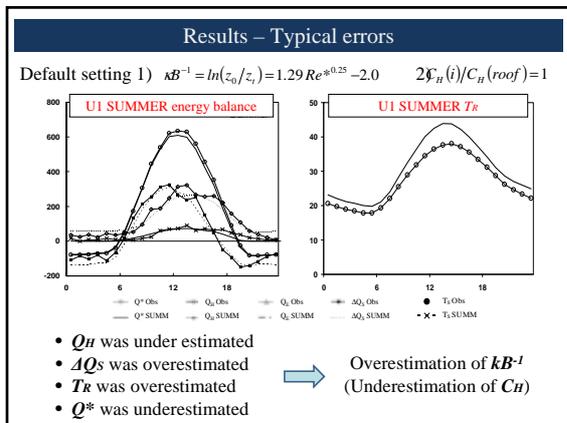
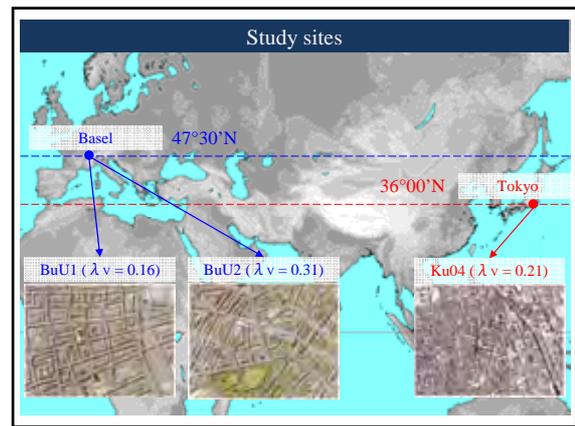
乱流熱輸送のU*依存性・季節性

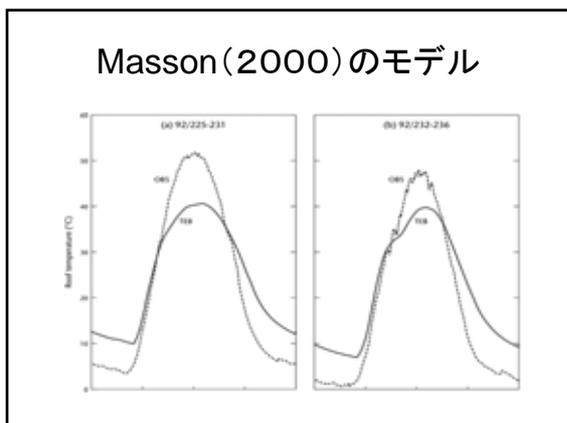
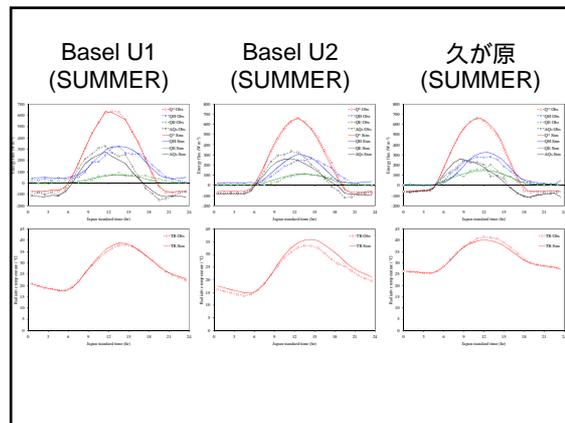
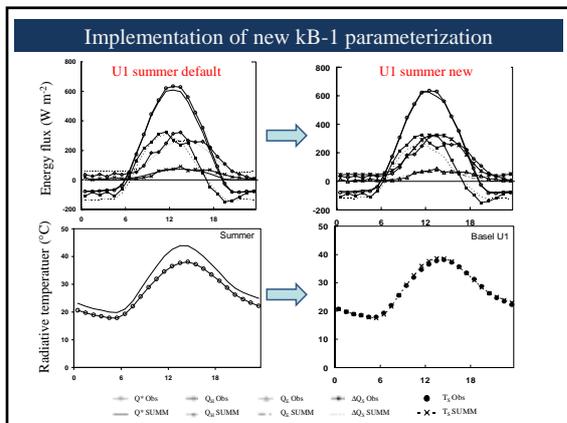




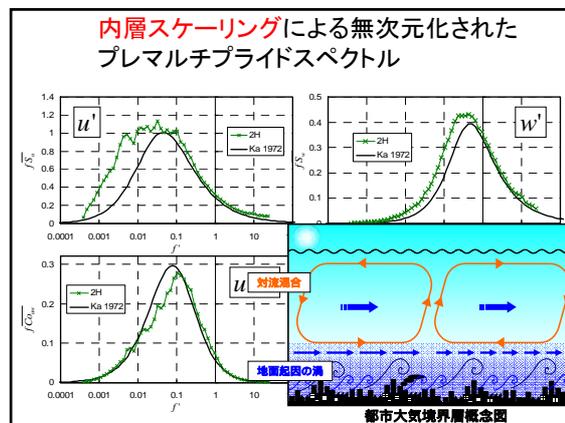
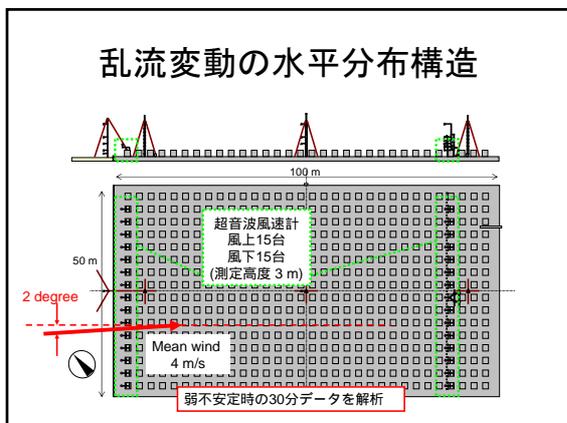
SUMM による熱収支検証

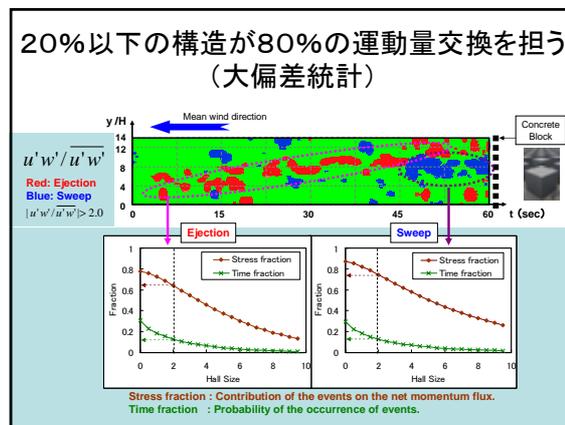
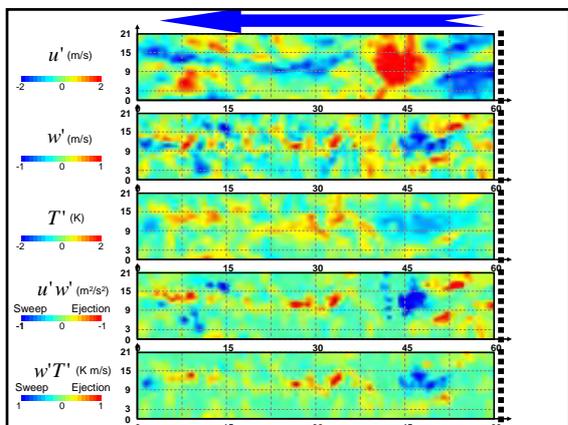
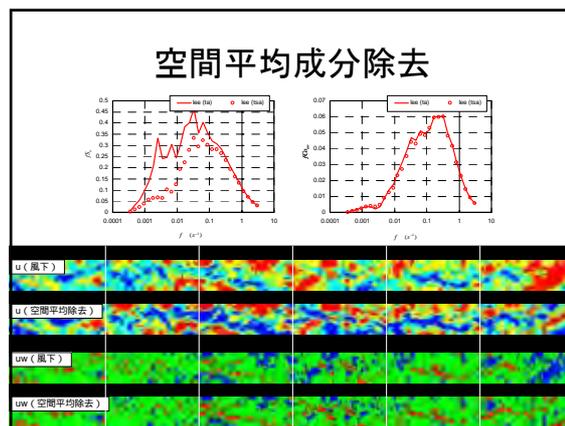
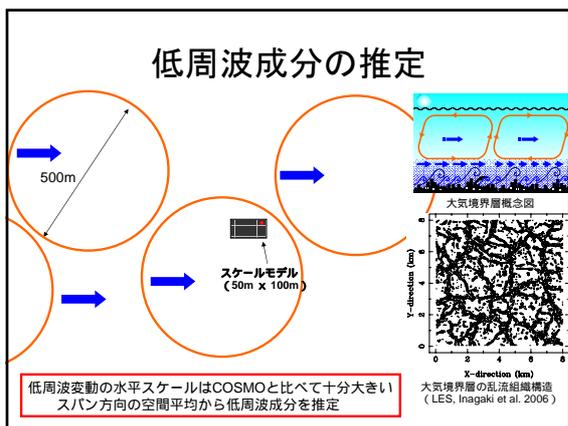
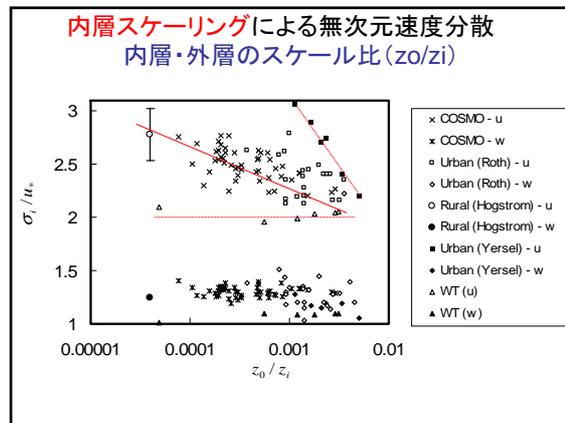
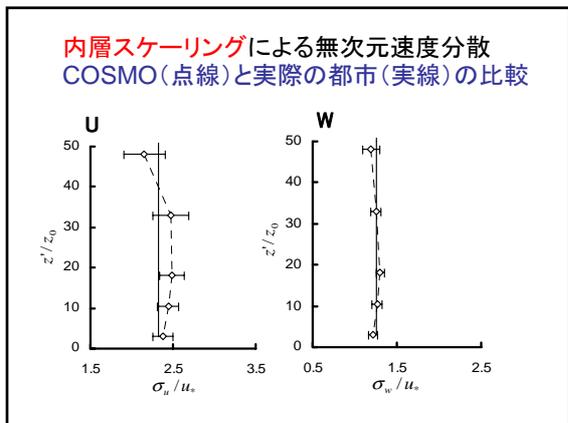
- Arrays of uniform buildings
 - square
 - staggered
- 3 geometric parameters
 - plane area index
 - frontal area index
 - street axis
- 6 surfaces
 - roof
 - floor
 - 4 vertical walls

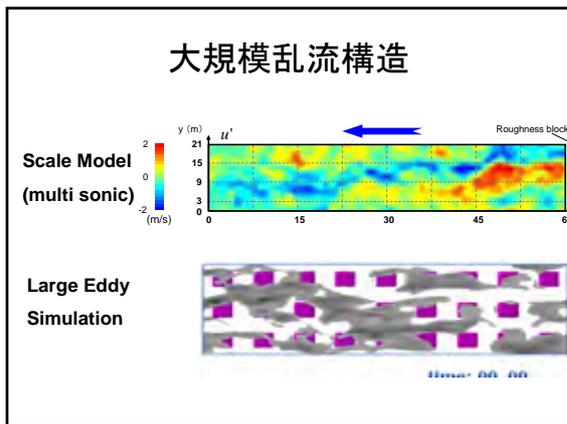
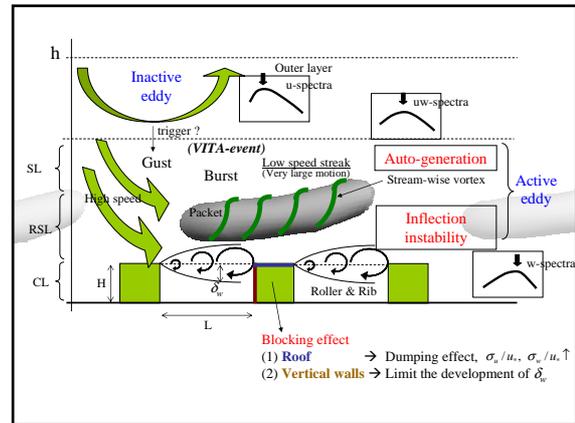
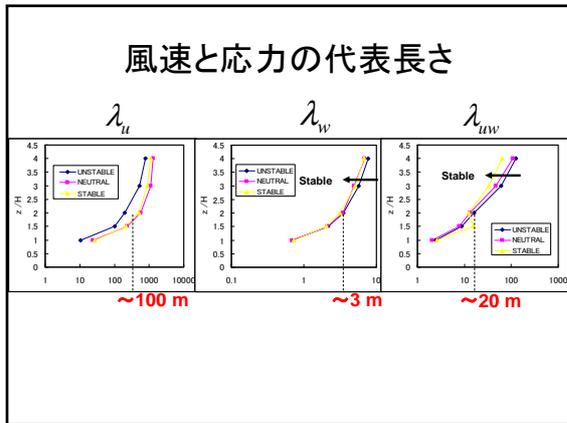




乱流相似則と乱流組織構造







まとめ

COSMOのユニークなデータを鍵として、現地観測と室内実験の知見を**包括的に解釈**し、都市陸面の水文気象学的の理解とモデル化を前進させた。

都市の多様性・人為影響にも関わらず、陸面パラメータ・熱収支・乱流統計量・相似則はいずれも共通性を有し、既存の理論を修正・拡張することによって**最大公約数的な扱い**が可能である。

- ### 今後の課題
- (1) 地域性の強い人間活動影響のモデル化
 - (2) アジアとの連携
 - (3) プラクティカル・アプリケーション

- ### CRESTの副産物
- (1) 都市の水文気象の**分野横断的連携**の萌芽 (ICUC7を横浜で2009主催)
 - (2) **無似**のインフラおよびデータ
 - (3) **若手の成長**(博士論文)
 - 森脇亮 (久が原タワー)
 - 河合徹 (熱収支・SUMM)
 - 稲垣厚至 (乱流構造・相似則)
 - 小田遼子 (東京湾の大気海洋相互作用)
 - Kholid Ridwan (SUMMの検証)