

国土交通省総合技術開発プロジェクト  
「都市空間の熱環境評価・対策技術の開発」第1回検討会

# ヒートアイランドの数値 シミュレーションの技術開発

2005年1月19日（水）

独立行政法人建築研究所上席研究員

足永靖信

1

## ヒートアイランド数値解析モデルの分類

| モデル名称      | 分解能 | 計算負荷 | モデルの特徴         | 主な入力条件   |
|------------|-----|------|----------------|--|
| メソスケールモデル  | 粗   | 小    | 粗度を有する平坦面として一括 | 土地利用（市街地、田畑、海、山等）に関する物性値（熱伝導率、蒸発効率、粗度、アルベド等）や人工排熱を設定         |
| 都市キャノピーモデル | 中   | 中    | 建物群をバルクに表現可能   | 建築群の条件（建ぺい率、建物高さ、空調システム等）や、土地被覆構成に関する物性値（熱伝導率、蒸発効率、アルベド等）を設定 |
| CFD        | 密   | 大    | 建物等の形状・配置を表現可能 | 形状・配置（建物、道路、樹木等）や、個々の土地被覆に関する物性値（熱伝導率、蒸発効率、アルベド等）を設定         |

2

## 研究の目的



近年、ヒートアイランド対策が政策的にも重要課題とされ、河川や公園等の都市内に存在する**地区レベル**の環境的資源の価値が見直されるようになり、このような問題にも取り組みが必要と指摘されている

市街地には住宅、オフィス等が多様に存在し、河川と比較すると極めて細密なスケールで膨大かつ複雑に建築物が配置されている。CFD解析において河川と建築物を同列に扱うためには天文学的なメッシュ分割が必要！

地区レベルの環境的資源・対策効果を予測・評価する。

超ベクトル並列計算機利用

従来の計算機資源の制約を取り除く

東京の数km-数10km四方の領域を対象に  
水平5mメッシュの解像度で気温および風のCFD解析を実施

3

| コンピュータ          | 年    | 演算速度<br>(MFLOPS)     | 記憶容量<br>(W=Word)    |
|-----------------|------|----------------------|---------------------|
| ENIAC           | 1946 | $3.3 \times 10^{-4}$ | 20W                 |
| CDC6600         | 1964 | 1.0                  | 32kW                |
| CDC7600         | 1968 | 4.0                  | 65kW                |
| CRAY-1          | 1976 | 160.0                | 8MB                 |
| VPP800          | 1998 | $1.0 \times 10^6$    | $2 \times 10^6$ MB  |
| SX-5            | 1998 | $1.0 \times 10^6$    | $1 \times 10^6$ MB  |
| SR8000          | 1998 | $1.0 \times 10^6$    | $1 \times 10^6$ MB  |
| Earth Simulator | 2001 | $40.0 \times 10^6$   | $10 \times 10^6$ MB |

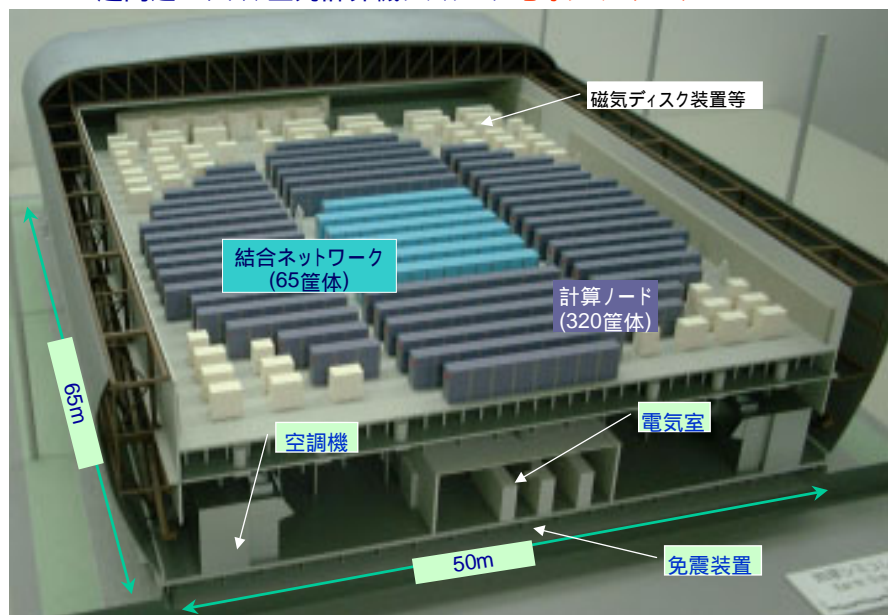
## Development of Computer

Calculation speed =  $\times 1000$  million、Memory capacity = more than  $\times 1000$  million

Recently, calculation speed =  $\times 10 / 5$  years

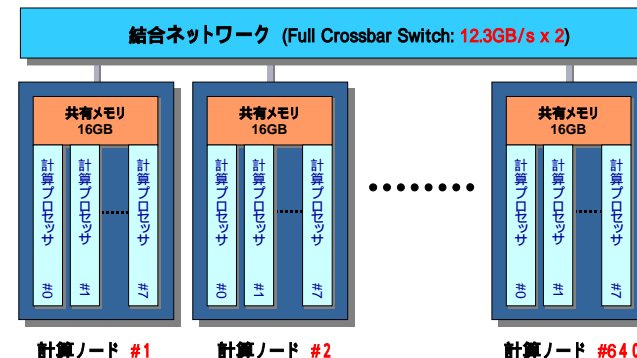
4

## 超高速ベクトル並列計算機システム 地球シミュレータ



## 地球シミュレータの全体構成

- ・ピーク性能: **40TFLOPS**
- ・主記憶容量: **10TB**
- ・総ベクトルプロセッサ数: **5120**
- ・総ベクトル計算ノード数: **640**
- ・計算プロセッサのピーク性能: **8GFLOPS**
- ・計算ノードのピーク性能: **64GFLOPS**
- ・計算ノードの主記憶容量: **16GB**



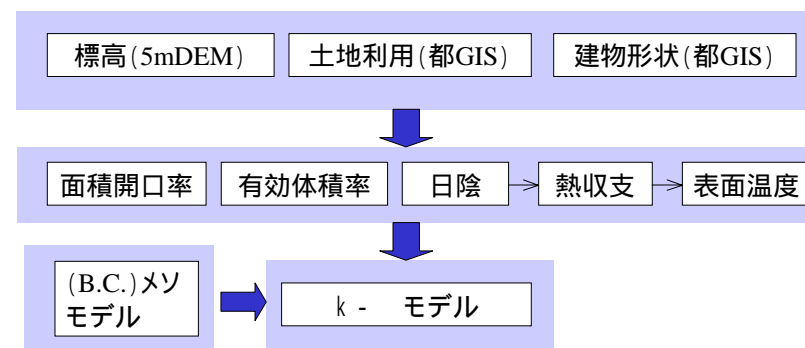
6

## CFDによる東京23区の解析

- ・東京23区に存在する全建物(約170万棟)を解像可能な、5mメッシュの大規模解析
- ・住棟間から地域全体までの熱環境をシームレスに再現
- ・ヒートアイランド対策のリアリティの獲得を期待

7

## CFD解析の流れ



・南北約33km × 東西36km × 上空500m 30～50億メッシュ  
 ・1ケースに3,000～5,000ノード時間  
 (ポアソン方程式の行列ソルバーの改善により、通常に比べて150倍以上の計算速度)

8

## 計算条件

**乱流モデル:** 標準k-εモデル

### 地表面 & 建物屋上・壁面の境界条件

- ・**風速** 一般化対数則を適用
- ・**表面温度** 大黒らの設定値を活用  
(水面:28.8, アスファルト:58.8, 草地:41.2, 建物屋上:58.8, 建物壁面:34.1)  
夏期の日中を考え地表面, 建物屋上は全て日向, 建物壁面は日影と想定

### 計算領域界面の境界条件

- ・**流入境界条件:** 風 南風想定, ベキ指数  $\alpha=0.25$  のベキ乗則  
基準風速 羽田空港の観測高さ6mの夏季平均風速(5.07m/s)  
k, ε 大黒らと同様の式
- ・**気温** 28.8 一定値

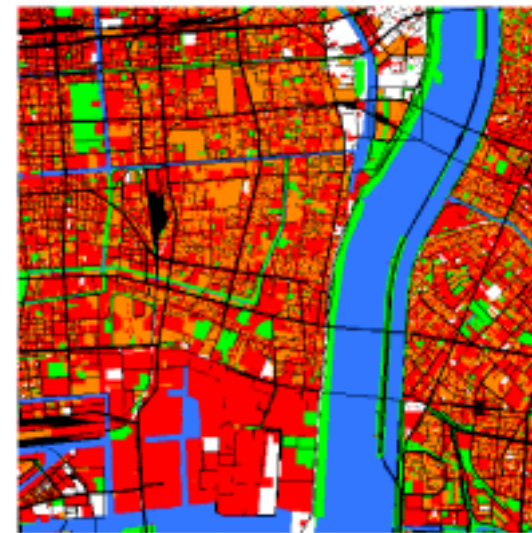
- ・**側面境界条件:** 法線方向の勾配ゼロ
- ・**下流境界条件:** 法線方向の勾配ゼロ
- ・**上空境界条件:** 対称境界

100mの円滑面を  
バッファゾーン  
として設定

#### ベクトル並列処理の概要

- ・ベクトル演算率: 99.50%
- ・ピーク性能に対する実効性能: 12.26%
- ・分割数:  $2(X) \times 8(Y) \times 10(Z) = 160$  分割
- ・利用ノード数: 20 (160プロセッサ)

## 全計算領域の土地利用 (5km × 5km)



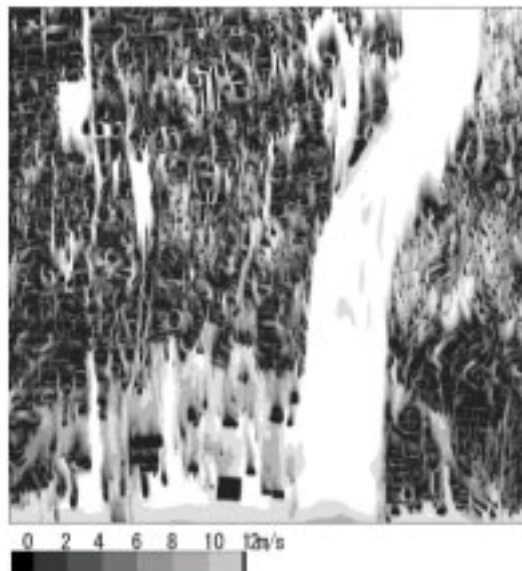
水平5mメッシュ

$1000 \times 1000 \times 100$   
= 1億メッシュ

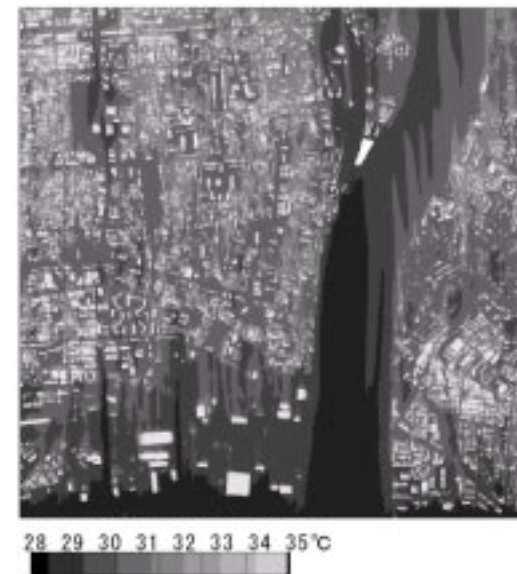
- 市街地(住宅地以外)
- 市街地(住宅地)
- 緑地
- 道路・鉄道等
- 空地
- 水面

10

## スカラ風速の分布 (地上10m)



11



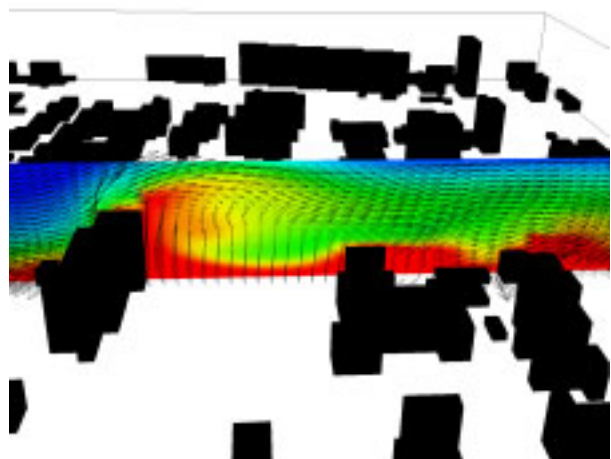
Temperature  
[ ]

## 気温分布 (地上10m)

12



## 気温、風ベクトルの鉛直断面



13

## まとめ

- 1 世界最高レベルの性能を有する、我が国が開発した地球シミュレータの紹介をした
- 2 総プロ「都市空間の熱環境評価・対策技術の開発」では、地球シミュレータにより数値解析の規模を飛躍的に拡張し、都市の風の道等の解明に取り組む
- 3 今年度は試験的に建物を解像したCFD解析を実施し、河川を含む5km四方の熱環境を予測した事例を紹介した。

14