

# 三次元プルームモデルに基づく暑熱環境評価モデルの開発

## DEVELOPMENT OF THERMAL ENVIRONMENT MODEL BASED ON 3-DIMENSIONAL PLUME MODEL

○ 佐藤 拓人<sup>\*1</sup>, 日下 博幸<sup>\*2</sup>

Takuto SATO<sup>\*1</sup> and Hiroyuki KUSAKA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 筑波大学 生命環境科学研究科 School of Life and Environmental sciences, University of Tsukuba

<sup>\*2</sup> 筑波大学 計算科学研究センター Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

Corresponding author: Hiroyuki KUSAKA, E-mail : kusaka@ccs.tsukuba.ac.jp

In this research, numerical model based on three dimensional plume model which predict thermal environment is developed. Meteorological models which used for evaluation of thermal environment are usually difficult to use because of computational cost. Thus we developed thermal environment model which computationally costs less. Through the numerical experiment for model validation, this model could reproduce effect of small green area correctly. So, this simple model we developed has possibility to reproduce and evaluate thermal environment in small region.

### 1. まえがき

近年、都市開発によって熱環境が悪化することが問題となっている。そのため、それぞれの都市や地域で効果的な対策を講じる必要がある。その対策の一つとして、環境アセスメントの実施が挙げられる。環境アセスメントにおける調査要素は様々であるが、現在熱環境を調査もしくは評価する項目はない。しかしながら、近年の都市計画において熱環境は最も重要なテーマの一つと位置付けられており、実際にアセスメントにおける調査項目として定める動きもある。このような動きがあることから、環境アセスメントにおける熱環境の調査や議論に必要なモデルの開発は急務であると言えるだろう。

気象分野や建築分野では、様々な熱環境評価モデルを開発しているが、空間解像度や計算負荷の観点から見ると、いずれもアセスメントで利用するには不向きであると思われる。

木村<sup>(1)</sup>は、対象スケールが浮力の効果を考慮しなくて良いほど小さく、熱が大気物質同様に乱流で拡散し、風が熱の影響を受けないという条件の場合は大気汚染物質拡散モデルでも熱拡散による昇温を見積もることができるとした。

これらを受けて、本研究では、大気汚染物質拡散モデルとして用いられているプルームモデルをベースとして、熱拡散による暑熱環境の変化や、都市の昇温を予測する熱環境評価モデルを開発した。このモデルは、現在よく用いられている気象学モデルや熱環境モデルより計算負荷が小さく、アセスメント等の暑熱環境の評価に適していると考えられる。

### 2. 開発したモデル

本研究で開発したモデルは、プルームモデルをベースとし、放射モデルと地表面モデルを組み合わせたものとした。

まず、プルームモデルはガウス分布型プルームモデルを用いた<sup>(2)</sup>。このとき、大気汚染物質の代わりに、地表面からの顕熱フラックスを用いることで、昇温効果を表現した。このときのプルームモデルの式を式(1)に示す。

$$C_p \rho \cdot \Delta T(x, y, z) = \frac{Hdt \cdot dx dy}{2\pi \sigma_y \sigma_z U} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (1)$$

このとき、 $\Delta T(x, y, z)$ は気温摂動、 $Hdt$ は顕熱フラックス、 $S$ は熱源の面積、 $C_p$ は定圧比熱、 $\rho$ は大気密度、 $\sigma_y, \sigma_z$ は $y, z$ 方向の拡散幅、 $He$ は熱源の高さを表す。このとき、拡散幅はパスキルギフォード線図から求めた。

また、地表面モデルは Force-Restore モデルを、放射モデルは近藤のもの<sup>(3)</sup>を使用した。

### 3. 結果

ここでは、精度検証のため行なった、岡田<sup>(4)</sup>の小規模緑地の風下側の温度差の観測結果との比較を示す。この観測は、小規模な緑地がその風下側におよぼす影響を調べたもので、本研究では、観測と同様の条件の緑地を仮定し、精度検証を行った。その際の気温差の再現結果を図1に示す。

図1からわかるように、公園(小規模緑地)からの距離が遠くなるほど、緑地による気温低下の影響が小さくなる効果が再現できていると言えるだろう。またその程度も、ある程度再現できているといえ、簡便なモデルの場合でも、比較的良好に暑熱環境を再現できる可能性があると言える。

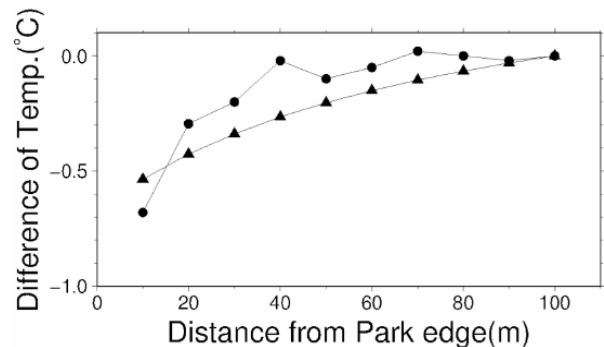


Figure 1 Temperature difference distribution from green area.  
Circle : Measurement Triangle : Plume model

### 4. 結論

本研究では、熱環境が環境アセスメントの検討対象になりうることに着目し、熱環境を比較的簡便に予測するモデルを開発した。このモデルは、三次元プルームモデルをベースとして、地表面モデル等と組み合わせ、小規模な熱環境を予測できるものである。

実際の観測と比較した結果、本モデルは熱環境をよく再現したといえるだろう。具体的には、小規模な緑地による冷却効果を再現した実験では、冷却効果の範囲やその程度をある程度再現できた。そのため、本研究のような簡便なモデルでも暑熱環境を再現できる可能性があるといえる。

### 謝辞

本研究の一部は、文部科学省「気候変動適応技術社会実装プロ

グラム (SI-CAT: Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology)」の支援により実施された。

#### 参考文献

- (1) 木村 富士男, 都市の熱汚染, 大気汚染学会誌, 27-6(1992), 87-94
- (2) Turner, D. B., A diffusion model for an urban area, J. Appl. Met., 3(1964), 83-91
- (3) 近藤 純正, 水環境の気象学, 朝倉書店, (1994), pp.350
- (4) 岡田 牧, 夏季日中における小規模緑地が周囲街区の気温に及ぼす影響, 筑波大学大学院生命環境科学研究科地球科学専攻修士学位論文