

## 力学的ダウンスケール手法を用いた将来の都市気候予測

日下 博幸<sup>1</sup>, 飯島奈津美, 飯泉仁之直

(<sup>1</sup> 筑波大学計算科学研究センター)

### 1. はじめに

ある地域の気候変化に伴う将来の様々な影響を評価する際には、将来気候の予測が必要となる。将来気候の予測は、これまでは全球気候モデル(GCM)を用いたシミュレーションにより行われてきた。しかしながら、全球気候モデルの解像度は粗く、地域気候を表現しきれていないことが問題点であった。そのため、GCMの出力値を高解像度の領域気候モデル(RCM)にネスティングし、地域気候の再現性を高める手法、いわゆる力学的ダウンスケーリング手法が開発された。力学的ダウンスケーリングとは、全球気候モデルのような空間分解の低いモデルの出力データなどを初期値・境界値として領域気候モデルのような空間分解がより高いモデルを長期間走らせることにより、低解像度のデータの情報を引き継ぎつつ、高解像度のデータを得る手法である(日下・原 2012)。

最近、力学的ダウンスケーリングによる都市気候の将来予測が行われはじめている(例えば、原ほか 2010, 飯塚ほか 2011, Kusaka et al. 2012, Adachi et al. 2012)。しかしながら、その多くはある特定の年あるいは数年に着目した力学的ダウンスケールであり、Kusaka et al. (2012)を除くと、気候値とみなせるような 10 年スケールでの実験は行われていない。また、どれも月平均気温の議論しか行っておらず、一般的に人々が実感できる気温の指標の予測を行っていない。本講演では、東京・名古屋・大阪における真夏日日数・猛暑日数・熱帯夜日数など、人々が実感しやすい指標を用いて、将来の気温変化の予測結果を紹介する。最後に、時間が許すならば、簡単な健康影響評価の結果も紹介する。

### 2. 力学的ダウンスケーリング実験設定

力学的ダウンスケール実験に用いる領域気候モデルは、米国大気研究センターが中心となって開発した Weather Research and Forecasting (WRF) モデルである。都市モデルとして Single-Layer UCM(Kusaka et al. 2001)を採用する。Single-Layer UCM では、都市パラメータとして、建物高さ・建坪率・天空率・熱慣性・人工排熱などを考慮できる。本実験では、Kusaka et al. (2012a)を参考に、これらのパラメータを決定した。現状再現実験は、2000 年代の 10 年間の 8 月を対象とする。2070 年代 8 月を対象とした将来予測実験には、Kimura and Kitoh (2007)によって開発された擬似温暖化手法を用いる。本研究のような限定された領域に擬似温暖化手法を適用することにより、総観規模擾乱の頻度や経路の将来変化を議論できなくなるが、GCM の持つバイアスを低減できる。力学的ダウンスケール手法全般については、日下・原 (2012)を参照していただきたい。力学的ダウンスケール実験の結果は、GCM の予測結果に大きな影響を受ける。そこで本実験では、MIROC3.2-Medres, MRI-CGCM2.3.2a, CSIRO-Mk3.0 という気候感度が高い、中程度、低い GCM からのダウンスケール実験の結果を用いることにより不確実性の評価も含めた将来の都市気候予測を行う。さらには、このような将来の気候変動が都市住民の健康に及ぼす影響を評価する。

### 3. 結果

はじめに、2000 年代 8 月を対象とした力学的ダウンスケール(現状再現実験)の有効性の検証を行った。領域気候モデル WRF の計算結果は、観測から得られた月平均日最低気温分布もおおよそ再現した。例えば、三大都市圏の気温が高いなど、日最高気温とは異なる日最低気温特有の空間分布がよく再現された。解析領域全体の平均バイアスは $-0.6^{\circ}\text{C}$ で、実験結果と観測値の相関係数は 0.94、二乗平均誤差は $2.6^{\circ}\text{C}$ であった。

次に、力学的ダウンスケールにより 2070 年代の予測実験を行った。今後 70 年間で、東京の 8 月平均最高気温は $2.2^{\circ}\text{C}$ 、名古屋は $2.4^{\circ}\text{C}$ 、大阪は $2.2^{\circ}\text{C}$ 上昇すると予測された。月平均最低気温もほぼ同じように上昇すると予測された。GCM に起因する不確実性の幅は、東京・名古屋・大阪でおおよそ $1.2^{\circ}\text{C}$ あることがわかった。

バイアス補正後の日最高・日最低気温データを用いて、将来の真夏日・猛暑日・熱帯夜日数を推定した。2070 年代 8 月になると、三大都市では真夏日がほぼ毎日出現すると予測された。猛暑日は、大阪で 8 日から 22 日、名古屋で 9 日から 19 日、東京で 2 日から 9 日、とそれぞれ 2 倍以上増えると予測された。熱帯夜日数は、大阪では 21 日から 29 日、名古屋では 14 日から 26 日、東京では、15 日から 26 日に増えると予測された。いずれの指数も、2070 年代 8 月と記録的な猛暑年となった 2010 年 8 月で、ほぼ同程度の出現率となると予測された。

**謝辞：**本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (S-8) および文部科学省の委託事業「気候変動適応研究推進プログラム」において実施したものである。本研究で実施した数値シミュレーションの一部は、筑波大学計算科学研究センター学際共同利用プログラムの支援を受けた。

### 参 考 文 献

- 原 政之・日下博幸・木村富士男・若月泰孝 (2010) : 気候変動が首都圏の都市気候に及ぼす影響—冬季を対象として—, *ながれ*, 29, pp. 353-361.
- 飯塚悟・金原和矢・日下博幸・原 政之 (2011) : 2070 年代夏季温熱環境の長期トレンド予測—領域気象モデル WRF による名古屋都市圏の温熱環境シミュレーション(その 2), *日本建築学会環境系論文集*, 76, pp. 425-430.
- 日下博幸・原政之 (2012) : 温暖化のダウンスケーリング. 甲斐憲次 (編) : 二つの温暖化, 成山堂書店, pp197-208.
- Adachi, S. A., F. Kimura, H. Kusaka, T. Inoue, and H. Ueda (2012) : Comparison of the Impact of Global Climate Changes and Urbanization on Summertime Future Climate in the Tokyo Metropolitan Area, *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 58, pp.1441-1454.
- Kimura, F. and A. Kotoh (2007) : Downscaling by pseudo global warming method., *The Final Report of ICCAP*, 43-46.
- Kusaka, H., H. Kondo, Y. Kikegawa, and F. Kimura (2001) : A simple single-layer urban canopy model for atmospheric models : Comparison with multi-layer and slab models, *Bound. -Layer Meteor.*, 101, pp. 329-358.
- Kusaka, H., Hara, M., Takane, Y. (2012) : Urban climate projection by the WRF model at 3-km horizontal grid increment: Dynamical downscaling and predicting heat stress in the 2070' s August for Tokyo, Osaka, and Nagoya metropolies, *J. Meteor. Soc. Japan.* 90B, pp. 47-64.