

擬似温暖化手法を併用した領域気象モデル WRF による 名古屋都市圏風環境の将来推移シミュレーション

Future projections of wind environment in the Nagoya metropolitan area
by using WRF combined with pseudo global warming method

- 近藤由美, 名古屋大学, 名古屋市千種区不老町, E-mail: yumi.k827@gmail.com
飯塚悟, 名古屋大学, 名古屋市千種区不老町, E-mail: s.iizuka@nagoya-u.jp
伊藤奨, 名古屋大学, 名古屋市千種区不老町, E-mail: susumu.ito0201@gmail.com
日下博幸, 筑波大学, つくば市天王台 1-1-1, E-mail: kusaka.hiroyuki@gmail.com
原政之, 海洋研究開発機構, 横浜市金沢区昭和町 3173-25, E-mail: hara.masayuki@jamstec.go.jp
足立幸穂, 海洋研究開発機構, 横浜市金沢区昭和町 3173-25, E-mail: sachihoa@jamstec.go.jp
Yumi Kondo, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Japan
Satoru Iizuka, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Japan
Susumu Ito, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Japan
Hiroyuki Kusaka, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba, Japan
Masayuki Hara, JAMSTEC, 3173-25 Syowa-cho, Kanazawa-ku, Yokohama, Japan
Sachiho Adachi, JAMSTEC, 3173-25 Syowa-cho, Kanazawa-ku, Yokohama, Japan

Future projections of wind environment in the summers of the 2030s, the 2050s, the 2070s, and the 2090s in the Nagoya metropolitan area were carried out by using a regional atmospheric model, WRF (Weather Research and Forecasting). In the future projections, the pseudo-global warming method proposed by Kimura and Kitoh (2007) was introduced to consider the effects of global warming as background data. We also performed a present prediction (2010) and compared the differences between the present and future projections.

1. 序

地球温暖化が深刻化している近年、現状のみならず将来に渡る環境影響評価の必要性は高い。筆者らはこれまで、全球モデル MIROC (Model for Interdisciplinary Research on Climate) ⁽¹⁾ による擬似温暖化手法⁽²⁾と領域気象モデル WRF (Weather Research and Forecasting) ⁽³⁾ を併用した将来予測に取り組んできた⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾。これらの将来予測は地球スケールから都市スケールに至るダウンスケーリングシミュレーションであり、名古屋都市圏を対象として、その温熱環境の評価を主眼としてきた。

本研究では、そのような将来の温熱環境の変化 (地球温暖化の進行) に伴う風環境の変化に着目する。2030 年代、2050 年代、2070 年代、2090 年代の将来予測を実施し、地球温暖化の進行が名古屋都市圏の風環境にどのような影響をもたらすかを検討する。

2. シミュレーションの概要

2.1 シミュレーションモデル

完全圧縮・非静力学の領域気象モデル WRF を用いた。解析条件の詳細、WRF の予測精度に関しては文献 4-6 を参照されたい。

2.2 解析領域

Fig. 1 (Domain 3 のみ等高線も併せて表示) と Table 1 に示すように、3 段階のネスティングを使用した。Domain 3 が主となる解析領域で、その水平方向の範囲は名古屋市街地 (図中☆印) を中心とする濃尾平野 120km×120km である。

2.3 解析ケース

2030 年代、2050 年代、2070 年代、2090 年代の 8 月 1 ヶ月間を対象とした。比較のため、現状解析として 2010 年の 8 月 1 ヶ月間の解析も実施した。ただし、助走計算を含めるため、全てのケースにおいて 7 月 30 日 9 時から時間積分を開始している。

2.4 将来予測手法

本研究の将来予測は、Kimura ら⁽²⁾の擬似温暖化手法 (詳細は文献 4-6 も参照) に基づいて行った。同手法を用いることにより、

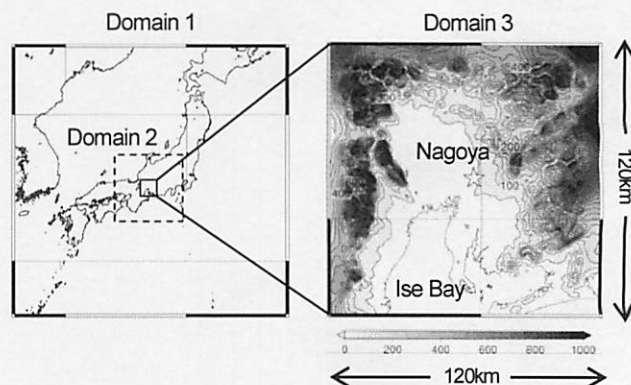


Fig. 1 Computational domains

Table 1 Computational domains and grid layout

	Size [km ³]	Grid points (Horizontal grid)
Domain 1	1975 × 1975 × 21	79 × 79 × 34 (25 km)
Domain 2	500 × 500 × 21	100 × 100 × 34 (5 km)
Domain 3	120 × 120 × 21	120 × 120 × 34 (1 km)

対象とする将来それぞれの年代の地球温暖化の影響をバックグラウンドとして考慮することができる。擬似温暖化手法を適用する際 (全球モデルで将来の長期解析を行う際) の将来シナリオは IPCC SRES (Special Report on Emissions Scenarios) A2 シナリオ (経済志向・地域主義志向) ⁽⁷⁾ を用いた。なお、本研究で行う将来予測は地球温暖化の影響 (全球気候変化) のみを考慮したものである。土地利用変化や都市・街区・建物形態変化、エネルギーシステム変化などの将来シナリオを作成し、それらも組み込んだ将来予測を実施することが今後の課題である。

3. 解析結果と考察

3.1 風速分布と気温分布

Fig. 2 (1)~(5)にDomain 3における各年代の日中平均風速ベクトル分布 (地上10m) を示す。これらは13時、14時、15時、16時、17時、18時の6時間に対して8月1ヶ月の平均値 (31日×6時間=計186時間の平均値) として図示している。どの年代においても、伊勢湾からの海風が顕著に現れており、その風が名古屋北方の内陸遠方まで到達している様子が見られる。ただし、Fig. 2のスケール表示では、年代間で大きな差は見られない。

Fig. 3 (1)~(5)にDomain 3における各年代の月平均気温分布 (地上2m) を示す。ここに示す気温分布は全て8月1ヶ月の全744時間を平均したものである。年代が進むにつれて徐々に昇温し、名古屋市街地 (図中☆印) を中心とした高温域が拡大している様子が確認できる。ただし、どの年代においても、現状 (2010年) の結果 (Fig. 3(1)) と比較して、陸上の水平方向の気温差 (気温差の空間分布) に大きな変化は見られない。つまり、今回の将来予測の空間分布では、地表付近の気温が水平方向にほぼ一様に昇温しており、年代が進んでも気温差の空間分布に大きな差が生じず、その結果、風の場に顕著な変化が生じなかったと考えられる。気温が一様に昇温しているのは、今回の将来予測がバックグラウンドとしての地球温暖化の影響のみを考慮した解析であることに起因していると考えられる。前述したように、土地利用変化や都市形態変化などの将来シナリオも組み込んだ将来予測が今後の課題である。

3.2 風速差分布と表面温度差分布

Fig. 4はFig. 2の風速ベクトルのスケールよりも細かく見たもので、Domain 3における各年代の将来予測と現状 (2010年) の風速差の分布 (地上10m) を示したものである。これらは、8月1ヶ月間の15時の平均値としての風速差の分布である。この時間帯で

は、特に2070年代以降において、現状よりも海風が弱まっている結果となっている。

Fig. 5にDomain 3における各年代の将来予測と現状 (2010年) の地表面温度差・海水面温度差の分布 (8月1ヶ月15時の平均値) を示す。各年代の地表面温度と海水面温度の差は、概して現状における地表面温度と海水面温度の差よりも大きくなっている。この結果のみを踏まえると、将来において海風が強くなる傾向にあると考えられるが、結果としてはそのようなになっていない。

Fig. 6はDomain 2における各年代の将来予測と現状 (2010年) の風速差の分布 (地上10m、8月1ヶ月15時の平均値) を示したものである。同時時間帯のDomain 2の結果においても同様に、伊勢湾からの海風が弱まっている様子が見られる。

3.3 大規模スケールの風系からの影響

Fig. 7はDomain 1における風速ベクトル分布 (地上10m、8月1ヶ月15時の平均値) を示したものである。現状解析、将来予測の全ての結果において、太平洋を東から吹き抜けてくる風が時計回りに循環し、日本列島を北上しているが、2070年代 (Fig. 7(4)) と2090年代 (Fig. 7(5)) の将来予測の結果は現状の結果 (Fig. 7(1)) と比較して、伊勢湾付近を北上する風の流れがやや弱まっている。前述したDomain 3やDomain 2における海風の弱化 (Fig. 4, Fig. 6参照) は、このような大規模スケールの風系も影響していると考えられる。大規模スケールの風系が変化する理由の1つとしては、擬似温暖化手法で用いている全球モデルの予測精度や将来シナリオの影響が考えられるが、これらについては今後さらに詳細に検討していく予定である。

4. まとめ

本研究では、擬似温暖化手法を併用した領域気象モデル WRF により、2030年代、2050年代、2070年代、2090年代の夏季 (8

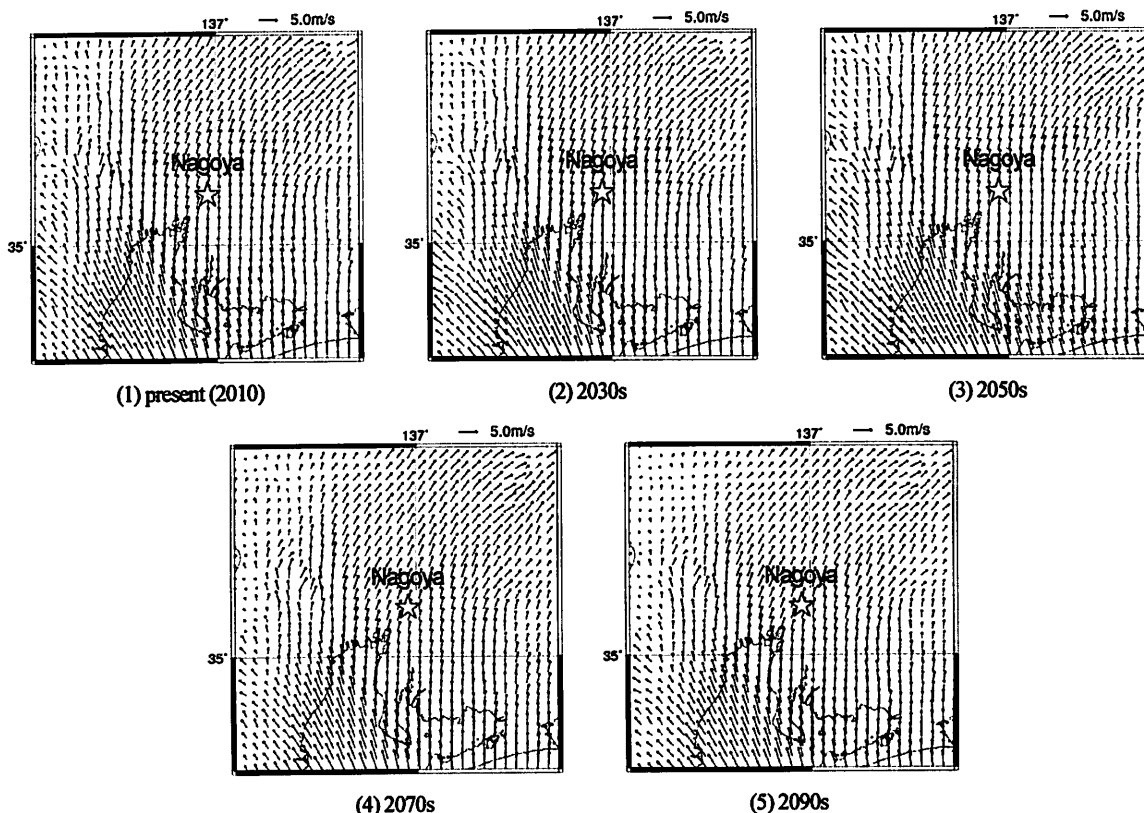


Fig. 2 Horizontal distributions of the daytime-averaged wind velocity vectors (10 m height, Domain 3)

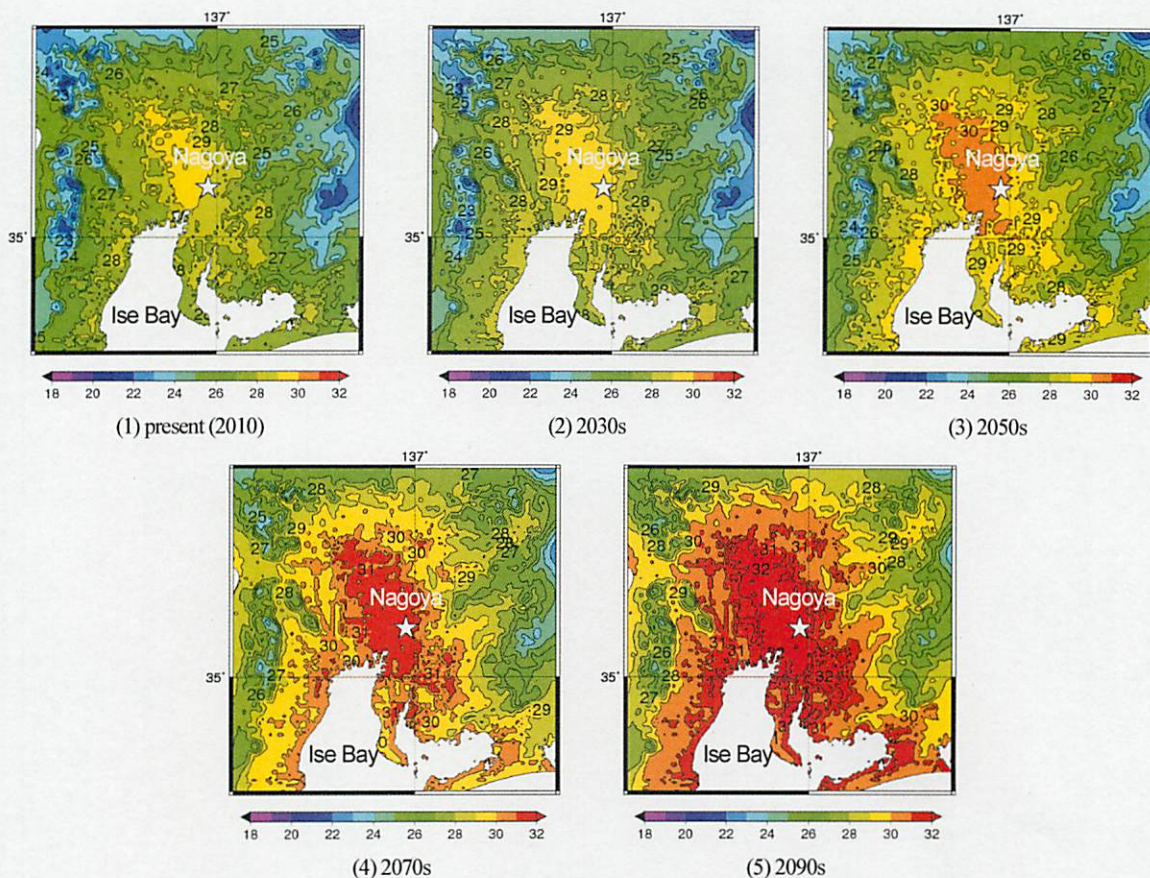


Fig. 3 Horizontal distributions of the monthly-averaged temperature (2 m height, Domain 3)

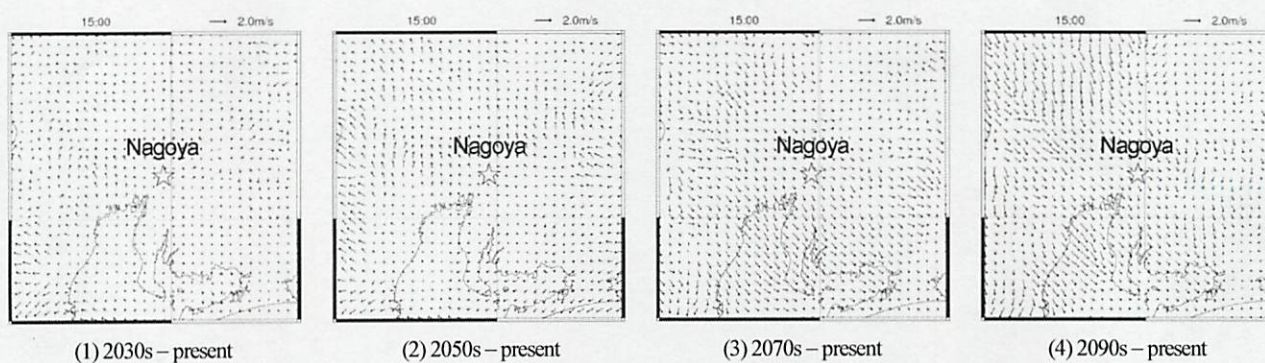


Fig. 4 Differences in the wind velocity vectors (future - present) (15:00, 10 m height, Domain 3)

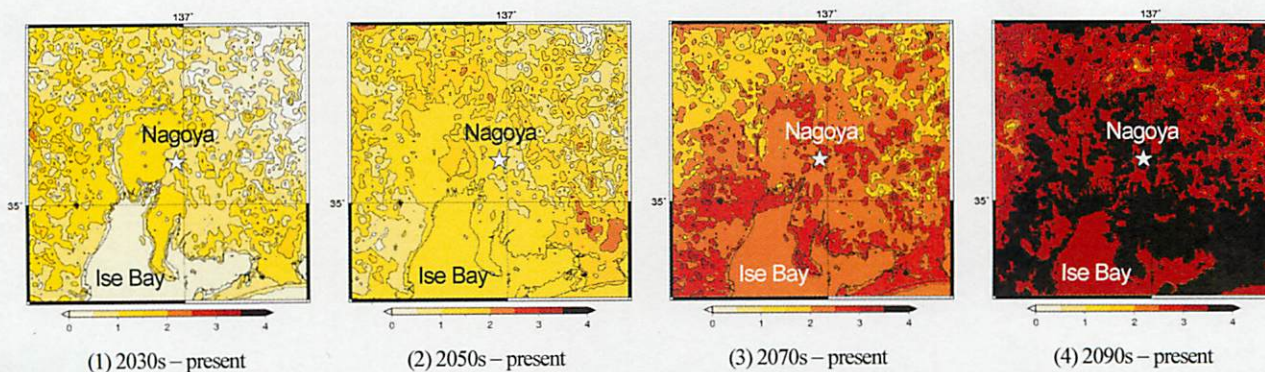


Fig. 5 Differences in the ground and sea surface temperatures (future - present) (15:00, Domain 3)

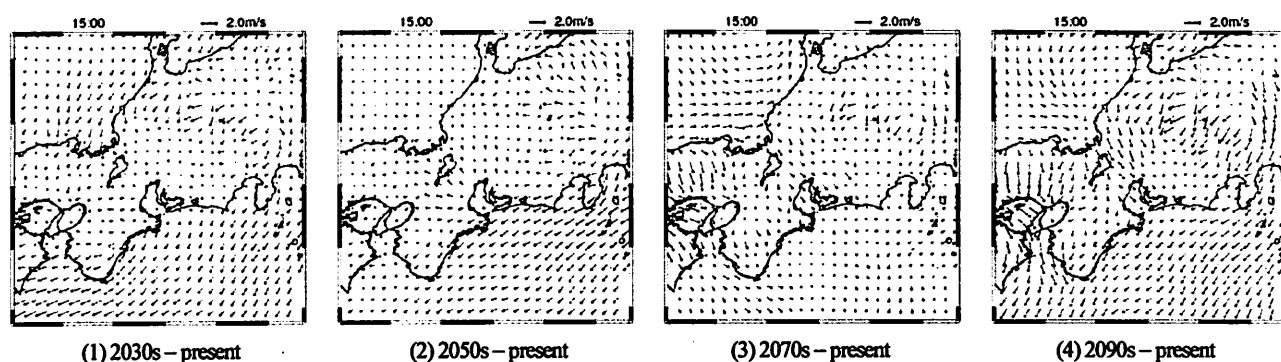


Fig. 6 Differences in the wind velocity vectors (future - present) (15:00, 10 m height, Domain 2)

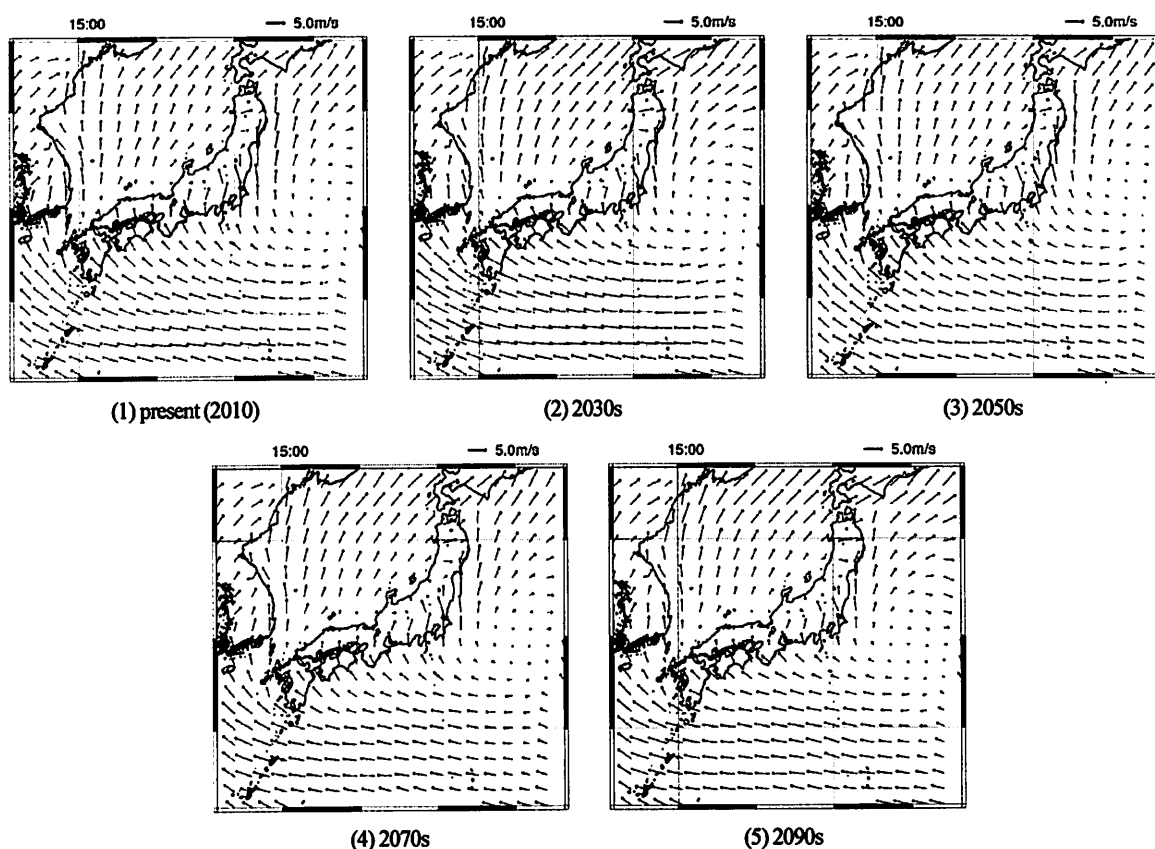


Fig. 7 Horizontal distributions of the wind velocity vectors (15:00, 10 m height, Domain 1)

月)を対象とした名古屋都市圏の風環境の将来予測を行い、今後の風環境の推移を調べた。今回の将来予測では、将来の大規模スケールの風系が局地的な要因(例えば、局所的な地表面温度と海水面温度の差)以上に局所スケールに大きな影響を及ぼすことも示されたが、大規模スケールの風系の予測を左右する全球モデルの予測精度や将来シナリオの精緻化、将来予測の不確実性について、今後さらに検討を重ねる必要がある。

謝辞

本研究は文部科学省「気候変動適応研究推進プログラム」の1研究課題(研究代表者:飯塚悟)の一環として行ったものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- (1) Nozawa, T., Nagashima, T., Ogura, T., Yokohata, T., Okada, N., Shiogama, H., "Climate change simulations with a coupled ocean-atmosphere GCM called the model for interdisciplinary research on climate: MIROC," CGER's Supercomputer Monograph Report 12: Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan, (2007).
- (2) Kimura, F. and Kitoh, A., "Downscaling by pseudo global warming method," The Final Report of the ICCAP, Research Institute for Human and Nature (RIHN), Kyoto, Japan, (2007).
- (3) Skamarock, W.C., J.B. Klemp, J. Dudhia, D.O. Gill, D.M. Barker, M.G. Duda, X.Y. Huang, W. Wang, and J.G. Powers, "A description of the Advanced Research WRF version 3," NCAR/TN-475+STR, NCAR Technical Note, (2008)
- (4) 飯塚, 金原, 日下, 原, 秋本, "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1) 夏季の温熱環境を対象とした現状再現の精度検証と疑似温暖化手法を併用した将来予測の試み,” 日本建築学会環境系論文集, 75(647), (2010), pp.87-93.
- (5) 飯塚, 金原, 日下, 原, “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) 2070 年代夏季温熱環境の長期トレンド予測,” 日本建築学会環境系論文集, 76(662), (2011), pp.425-430.
- (6) 黒木, 飯塚, 伊藤, 日下, 原, “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 3) 複数の IPCC SRES シナリオに基づく 2030 年代・2050 年代・2070 年代・2090 年代の名古屋都市圏温熱環境・風環境の将来予測の比較,” 日本建築学会環境系論文集, 77(678), (2012), pp.689-697.
- (7) IPCC Special Report on Emissions Scenarios, http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/, 2010.3.20 参照