

# Stretch NICAM-Chem を用いた 福岡市を中心とする高分解能大気汚染シミュレーション

黒田剛史<sup>1</sup>, 五藤大輔<sup>2</sup>, 笠井康子<sup>1</sup>, 是津耕司<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構, <sup>2</sup> 国立環境研究所

## 1 福岡市を中心とした大気汚染予測システムの構想

近年, 大気汚染(PM<sub>2.5</sub>, 対流圏オゾン, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> など)が引き起こす肺疾患・脳血管疾患などの健康被害は世界的にもますます深刻であり, 世界保健機関(WHO)は 2012 年における世界の大気汚染による推定死亡数は約 370 万人と推定した(WHO, 2014). これは交通事故よりも多い値となる.

日本の特徴としては越境汚染被害があり, 国内で観測される PM<sub>2.5</sub> と対流圏オゾンの約 50%が国外を起源とする越境汚染という報告がある(金谷, 2013; Nagashima et al., 2010). 本研究では, データが整備されており行政も市民も意識が高く協力が得られやすいという観点から, 福岡市に着目し, 市町村の道路レベルにおける大気汚染物質予報システムを構築することを目標としている. そのため空間分解能は 1~5km 程度をターゲットとした. 衛星観測, 地上観測, 小型 IoT センサを連携したシステムにより, 地区単位でのヘルスケア及び住環境の改善に向けた提言に役立つ環境データの創出を目指す(図 1).

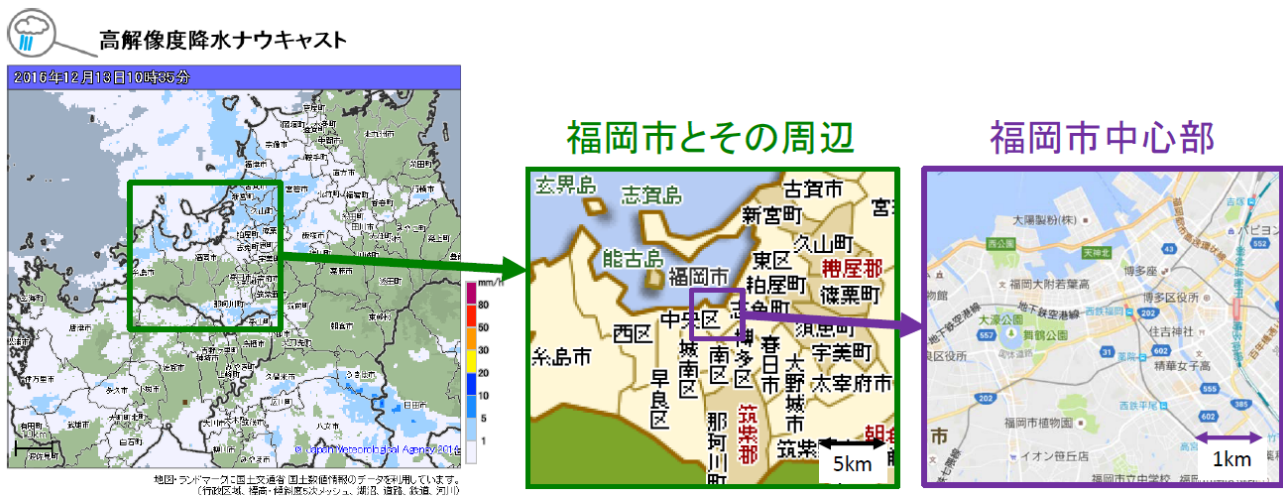


図 1: 大気汚染予測システムの概念. 気象庁・高解像度降水ナウキャスト(左)の大気汚染版のようなものを想定しており, 水平分解能 5km で福岡市とその周辺を市町村レベルで(中, ©Mapion), 水平分解能 1km で福岡市中心部を道路レベルで(右, ©Google マップ)分解可能となる.

## 2 Stretch NICAM-Chem を用いた九州地方の高分解能シミュレーション: 初期計算結果

アジア全域を含む広範囲をカバーし, かつ都市部高分解能シミュレーションを実現するツールとして, 我々は非静力学正二十面体大気モデル NICAM (Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model, Tomita and Satoh, 2004; Satoh et al, 2008)の Stretch グリッド版(Tomita, 2008)の使用に着手した. これに 3 次元エアロゾル輸送モデル SPRINTARS (Spectral Radiation-Transport Model for Aerosol Species, Takemura et al., 2000, 2002,

2005)を実装した Stretch NICAM-Chem (Goto et al., 2015)を用いて、九州地方の高分解能シミュレーションに着手した。Goto et al. (2015)では  $glevel=6$ ,  $stretch\ ratio=100$  (グリッド間隔約 10~1000 km), グリッド間隔が最小になる中心を東京付近(140°E, 35°N)に置いて、関東地方における気象場・エアロゾル場の日変化の再現及び水平高分解能エアロゾル分布シミュレーションの有効性を実証した。

本研究では福岡市の高分解能予測と大陸からの越境汚染のシミュレーションに重点を置く観点から、 $glevel=7$ ,  $stretch\ ratio=100$  (グリッド間隔約 5~500 km), グリッド間隔が最小になる中心を九州近傍の東シナ海海上(127°E, 31°N)に置き、試験的に 2009 年 7 月 1 日 9:00 JST (0:00 UTC)の NCEP FNL データセット (<http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/>)を気象場の初期値に用いて 5 時間フォワード計算を行った。鉛直グリッドは 40 層で最下 3 層の高度は約 80, 250, 430m, 上端高度は約 40km である。初期状態ではエアロゾルは大気中に存在せず、全球で地表・海表面からのエアロゾル放出を月平均値で導入した。

図 2 に 5 時間のフォワード計算で得られた、九州全域~朝鮮半島南部について 2009 年 7 月 1 日 14:00 JST における 2m 高度の温度と 10m 高度の風速場、雲の光学的厚さ、降水量、地表面における日射量の計算結果を、福岡県域を拡大した結果と合わせて示す。図 3 に同時刻の炭素及び海塩エアロゾルの光学的厚さ分布を示す。エアロゾルの結果は初期状態からの計算時間が十分ではないため定量的には現実より小さい値であるが、福岡市内を 5km 分解能で予測するのに必要な高分解能計算が可能であることを確認できた。

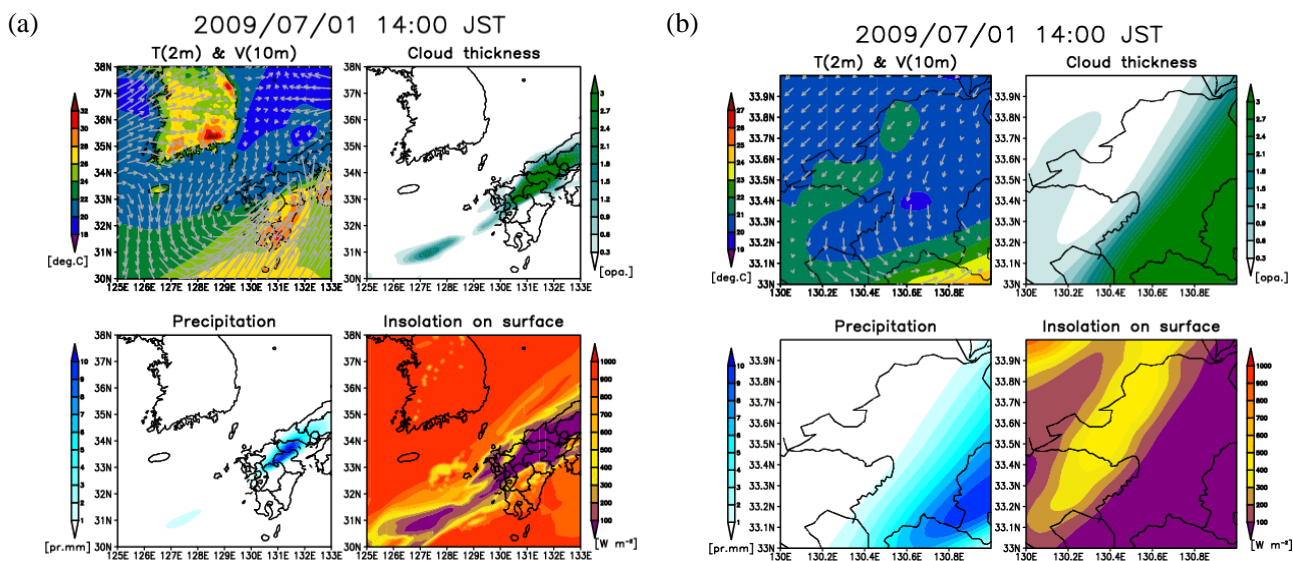


図 2 : (a), (b)ともに  $glevel=7$ ,  $stretch\ ratio=100$  (中心点:127°E, 31°N)とした Stretch NICAM-Chem による、NCEP FNL データセットの初期値から 5 時間のフォワード計算で得られた 2009 年 7 月 1 日 14:00 JST における 2m 高度の温度と 10m 高度の風速場(左上), 雲の光学的厚さ(右上), 降水量(左下), 地表面における日射量(右下)の結果. (a)は九州全域~朝鮮半島南部(125°-133°E, 30°-38°N)を, (b)は福岡県域(130°-131°E, 33°-34°N)を拡大した結果.

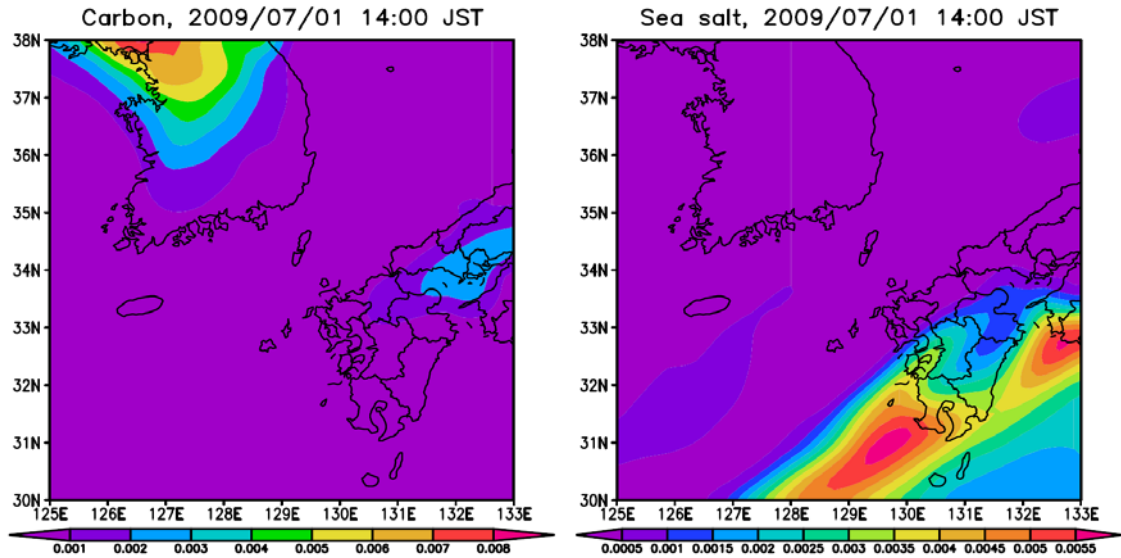


図3：図2aと同様の条件，時刻，範囲におけるStretch NICAM-Chemによる炭素エアロゾル(左)及び海塩エアロゾル(右)のシミュレーション結果．大気中にエアロゾルがない状態からの5時間のフォワード計算の結果のため，定量的には現実の値よりも小さい．

### 3 今後の予定

当面はStretch NICAM-Chemを本発表と同条件(福岡市付近の最小水平グリッド間隔約5km)で運用し，まず2014年～2016年の過去事例をターゲットにNCEP FNLデータセットを気候値の初期値及びナッジング値に用いてシミュレーションを進める．そこで得られるPM<sub>2.5</sub>をはじめとするエアロゾルの計算結果をひまわり8号([http://www.eorc.jaxa.jp/ptree/index\\_j.html](http://www.eorc.jaxa.jp/ptree/index_j.html))などの衛星観測データ，環境省・そらまめ君(<http://soramame.taiki.go.jp/>)などの地上観測データと比較し，まだこれらのデータを同化して予測に用いる準備を進める．

### 参考文献

- Goto, D., T. Dai, M. Satoh, H. Tomita, J. Uchida, S. Misawa, T. Inoue, H. Tsuruta, K. Ueda, C.F.S. Ng, A. Takami, N. Sugimoto, A. Shimizu, T. Ohara, and T. Nakajima (2015), Application of a global nonhydrostatic model with a stretched-grid system to regional aerosol simulations around Japan, *Geosci. Model Dev.*, *8*, 235–259.
- 金谷有剛 (2013), 越境大気汚染を正しく理解する, 日経サイエンス2013年5月号.
- Nagashima, T., T. Ohara, K. Sudo, and H. Akimoto (2010), The relative importance of various source regions on East Asian surface ozone, *Atmos. Chem. Phys.*, *10*, 11305–11322.
- Satoh, M., T. Matsuno, H. Tomita, H. Miura, T. Nasuno, and S. Iga (2008), Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) for global cloud resolving simulations, *J. Comput. Phys.*, *227*, 3486–3514.
- Takemura, T., H. Okamoto, Y. Maruyama, A. Numaguti, A. Higurashi, and T. Nakajima (2000), Global three-dimensional simulation of aerosol optical thickness distribution of various origins, *J. Geophys. Res.*, *105*, 17853–17873.
- Takemura, T., T. Nakajima, O. Dubovik, B.N. Holben, and S. Kinne (2002), Single scattering albedo and radiative forcing of various aerosol species with a global three dimensional model, *J. Climate*, *15*, 333–352.
- Takemura, T., T. Nozawa, S. Emori, T.Y. Nakajima, and T. Nakajima (2005), Simulation of climate response to aerosol direct and indirect effects with aerosol transport-radiation model, *J. Geophys. Res.*, *110*, D02202.
- Tomita, H. (2008), A stretched grid on a sphere by new grid transformation, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, *86A*, 107–119.
- Tomita, H. and M. Satoh (2004), A new dynamical framework of nonhydrostatic global model using the icosahedral grid, *Fluid Dyn. Res.*, *34*, 357–400.
- WHO (2014), News release “7 million premature deaths annually linked to air pollution”, <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>.