

平成 26 年度 地球シミュレータ利用報告 研究成果概要

1. 課題名

気候変動に適応可能な環境探索のためのマルチスケールシミュレーション
Simulations of Adaptation-Oriented Strategy for Climate Variability

2. 課題責任者

大西 領(海洋研究開発機構 地球情報基盤センター)
Onishi Ryo

3. 課題の目的

地球温暖化に伴って気候変動現象が変化し、さらにそれらに影響を受けて、台風や豪雨、都市環境などのメソスケールあるいは局所的な気象や気候変動がどのような影響を受けるのかについての予測は、社会的な関心が非常に高い。加えて、これらの気候変動に対する適応策の検討には、近い将来の身近な環境変化についての定量的な予測が必要不可欠である。このための予測シミュレーションは、気候変動現象から都市スケールの環境変化までの複数の異なる時空間スケール間を対象とするシミュレーションが必要であり、学術的にも意義が大きく、また、積極的な研究開発が世界的に展開されようとしている。本プロジェクトは、この社会的要請および学術的意義から、地球シミュレータ上で計算性能最適化を施した全球/領域に対応可能な非静力学大気海洋結合モデル MSSG を使用して、全球規模の気候変動とそれらの変化が、日本近海域や港湾、および都市域の環境にどのような影響を与えるかを、マルチスケールシミュレーションを実施することによって検証、予測および評価することを目的とする。

4. 今年度当初の研究計画

本プロジェクトは今年度、下記3つの具体的な課題を設定した。

- (i)気候変動現象とメソスケール現象の相互影響を対象としたプロダクトランを目標に、超高解像度で大気海洋結合モデル MSSG 行いた再現性、予測性についての評価を行う。
- (ii)高精度の乱流混合および雲微物理過程、3次元放射過程に対する高速計算手法を導入し、物理的性能評価および予測精度を評価する。
- (iii)都市・臨海・港湾域に加えて、地下水系3次元モデルを導入し、そのテストシミュレーションを実施するとともに、計算性能、物理的性能の評価を行う。

5. 研究計画に沿った利用状況

- (i)MJO 現象における、海洋と大気の結合過程を明らかにするために、MSSG モデルを用いた大気海洋結合全球高解像度を行った。また、数十年スケールの東京湾 SST の変化の物理メカニズム

を明らかにするために、MSSG モデルを用いた高解像度海洋シミュレーションを行った。さらに、温暖化した際の都市部の降雨変化を明らかにするために、MSSG を用いた擬似温暖化ダウンスケールシミュレーションを行った。

(ii)微小雲粒子の成長に及ぼす雲乱流の影響を明らかにするために、乱流を直接計算し、微小水滴の運動と成長をラグランジアン法によって追跡する計算法を開発し、その大規模計算を行った。また、樹木が都市街区の暑熱環境に与える影響を明らかにするために、MSSG を用いた都市街区の熱・風シミュレーションにおいて、樹木が風況でなく熱放射場に及ぼす影響までを考慮できる計算法を開発し、実際の都市街区に適用した。

(iii)大気・海洋・地下水系の統合水大循環システムを明らかにするために、MSSG と地下水系モデル GetFlows を OASIS カプラーを用いて結合し、その動作を確認するとともに検証シミュレーションを実行した。

6. 今年度得られた成果、および達成度

<成果>

(i)MJO 現象における、海洋と大気の結合過程を明らかにするために、MSSG モデルを用いた大気海洋結合全球高解像度を行い、成果を春の海洋学会で発表した。また、MSSG モデルを用いた高解像度海洋シミュレーションにより、数十年スケールの東京湾 SST の変化の物理メカニズムを明らかにした。成果を国際会議で発表しただけでなく、査読付き国際誌 Ocean Dynamics に投稿した（査読中）。さらに、MSSG を用いて擬似温暖化ダウンスケールシミュレーションを行い、温暖化した際の関東都市部の降雨データ、および現在気候でのデータを整備した。そのデータセットを国立環境研の内水氾濫研究グループに提供することができた。

(ii)乱流を直接計算し、微小水滴の運動と成長をラグランジアン法によって追跡する計算法を開発し、その大規模計算を行い、微小雲粒子の成長に及ぼす雲乱流の影響を明らかにした。成果を、国際会議で発表しただけでなく、査読付き国際誌 Journal of the Atmospheric Sciences で発表した。また、MSSG を用いた都市街区の熱・風シミュレーションにおいて、樹木が風況でなく熱放射場に及ぼす影響までを考慮できる計算法を開発し、実際の都市街区に適用した。成果を国内会議、国際会議で発表しただけでなく、プレスリリースも行った。

(iii)MSSG と地下水系モデル GetFlows を OASIS カプラーを用いて結合し、その動作を確認するとともに検証実験を行った。また、高速化の検討も行った。

<達成度>

(年度当初の研究計画を全て達成した場合を 100% / 複数の目標があった場合は、それぞれについて達成度を数値で表示)

(i)計画通りの進捗であった。100%

(ii)査読論文発表のような科学的な成果だけでなく、プレスリリースを行うことにより、一般向けに成果を公表するに至った。計画以上の成果が得られたと考える。110%

(iii)計画通りに MSSG と地下水系モデル GetFlows の結合モデルを開発することができた。一方で、計画された検証実験の全てを行うには至らなかった。90%

全体として、達成度は 100%と考える。

7. 計算機資源の利用状況

<計算機資源の利用状況>

(計画的に計算機資源を利用できているか、状況を記載)

全ての提供計算資源を利用し切った。一方、大規模計算を多く実行したためストレージは常に不足気味であった。外部ストレージを活用することによって、厳しい状況をなんとか乗り切った状況であった。

<チューニングによる成果>

(ベクトル化、並列化チューニング等、計算機資源を有効利用するために行ったこととその効果を記載)

MSSG モデルはすでに地球シミュレータシステムに高度にチューニングされている。また、乱流を直接計算し、微小水滴の運動と成長をラグランジアン法による計算するコードに関しても、流体計算時にはピーク性能比約25%という高いパフォーマンスで計算を実行し、効率的に地球シミュレータシステムを利用することができた。

<計画的に利用できていない場合、その理由>

該当なし

8. 新聞、雑誌での掲載記事

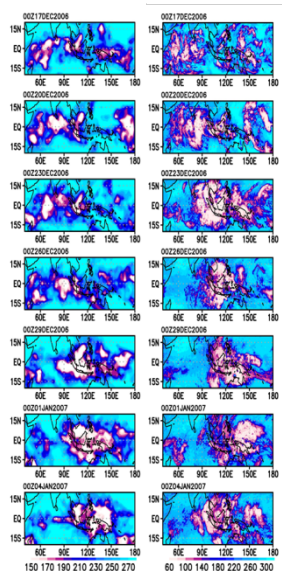
新聞掲載状況(オンライン版を含む)

1. 東京新聞
2015年2月18日 「「新国立」に緑を 周辺開発見直し 20日提案」
2. 産経ニュース
2015年2月21日 [「新国立競技場計画、修正提言へ 暑さ対策、日本学術会議」](#)
3. サンスポ
2015年2月20日 [「新国立計画に「都市と自然と環境分科会」が修正求める提言案」](#)
4. 日刊建設産業新聞(紙面)
2015年3月20日 「スパコンで低温要因解明 夏季夜間気温 緑地が影響 海洋研、三菱地所設計、竹中工務店」

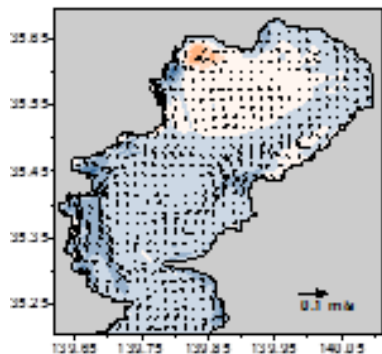
5. 日刊工業新聞(紙面)
2015年3月20日「都心ビル中庭緑地 低温下現象を解明 樹木の放射冷却など作用 海洋機構など模擬実験」
6. 日刊工業新聞
2015年3月20日 [「海洋機構など、東京都心ビルの中庭緑地の低温下現象を解明—樹木の放射冷却などが作用」](#)
7. 時事ドットコム
2015年3月20日 [「樹木の気温低下効果を再現＝高層ビルの緑地、スパコンで—海洋機構など」](#)
8. 環境展望台(国立環境研)
2015年3月19日 [「JAMSTEC など、高層ビルに囲まれたオアシス緑地の低温化現象と樹木の効果を解明」](#)
9. 日経 BP 環境経営フォーラム
2015年3月23日 [「竹中工務店など、研究チームが高層ビルに囲まれた緑地低温化と樹木の効果解明」](#)

気候変動に適応可能な環境探索のためのマルチスケールシミュレーション

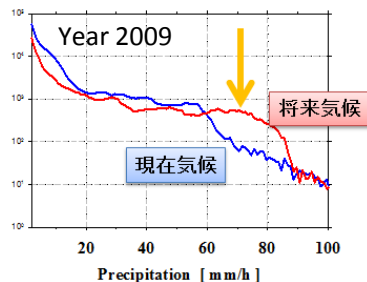
大西 領、独立行政法人海洋研究開発機構・地球情報基盤センター



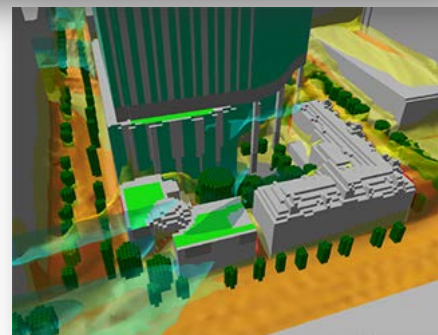
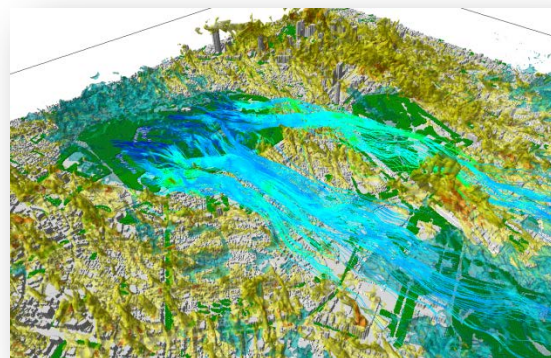
全球大気海洋結合シミュレーションによるMJO再現実験



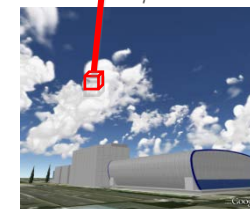
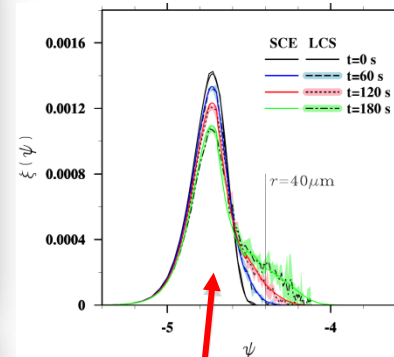
領域海洋シミュレーションによる東京湾の気候応答実験



ダウンスケール領域シミュレーションによる関東域の疑似温暖化実験



都市街区の熱・風環境シミュレーション



雲粒一つ一つの衝突成長を再現した直接シミュレーション

地球スケール

地域スケール

生活スケール

微物理スケール

全球から都市街区スケールや雲マイクロスケールまで、スケールを縦横無尽に横断して、地球環境予測シミュレーション法の高度化を図るとともに、最先端の大規模シミュレーションにより適応策立案に資するデータの取得を行った。