

研究開発テーマ名

気象シミュレーションによる最適化アクチュエータ配置の評価方法構築

2022年度までの進捗状況

1. 概要

この研究テーマでは、最適化したアクチュエータ位置での入力により、気象場がどの程度改変できるかを評価するための気象シミュレーション技術を構築します。このプロジェクトで改変・制御しようとする気象場は、線状降水帯などの極端気象です。このような気象現象はそれ自体が現在活発に研究されている状況にあり、現在の技術ではシミュレーション上で再現すること自体が容易ではありません。そのため、気象シミュレータ上で極端気象場に入力を加えて、その変化を確認する場合、極端気象をある程度現実的に再現できるようにする必要があります。また、気象モデルは様々なものがあり、それぞれ特徴があるため、どの気象モデルを選択するかも重要な点です。本テーマでは、利用する気象モデルや計算に必要な境界条件や計算領域の大きさ、解像度など様々なパラメータを明らかにし、現実的な計算コストで極端気象を再現してアクチュエータによる入力の効果を適切に評価する技術を構築します。

2. 2022年度までの成果

これまでに、気象モデルの選定と試験的なシミュレーションを実施しました。気象モデルとしては、米国のNCAR(National Center for Atmospheric Research)を中心に開発された WRF と日本の理化学研究所を中心に開発されている SCALE を選定しました。WRF は入力に対する感度を計算するために使われる典型的な手法で必要とされる adjoint モデルが用意されています。一方、SCALE は、adjoint モデルは実装されていないものの、国内で現在精力的に開発が進められており、最新の物理モデルが実装や、多様な計算機環境での効率的な実行を想定した設計が成されてい

ます。

アクチュエータ位置の最適化には多数のシミュレーションを繰り返す必要があるため、極端気象を再現するだけでなく、それをいかに低コストで実現するかも重要です。図1は WRF モデルによる試験的なシミュレーションの結果を示しています。カラーマップは地上 2 m の温度場を示します。計算の解像度を変化させ、計算に必要な時間を調べました。解像度が 20 km の場合は計算時間は 400 秒程度ですが、解像度が低く局所的に発生する線状降水帯のような極端気象現象を再現できません。一方、解像度が 2 km の場合は現象を詳細に再現でき、陸上付近での細かい温度変化が捉えられています。しかし、高解像度でのシミュレーションは計算時間を必要とするため、多数のシミュレーションを行うことが難しくなります。そのため、対象とする極端気象現象を極力低コストに再現できる条件を今後明らかにしていきます。

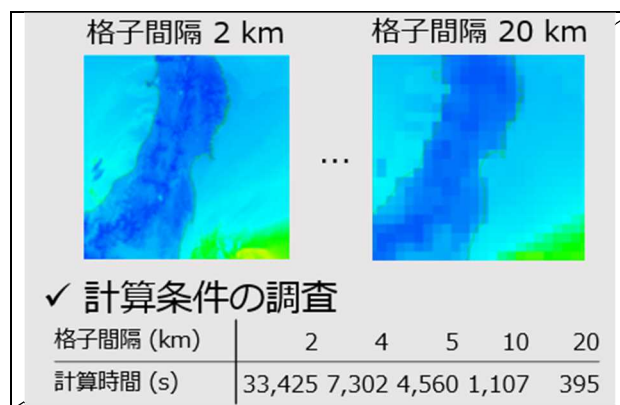


図1：試験的なシミュレーション結果（地上 2 m の気温）

また、図2は SCALE モデルで再現した線状降水帯の鉛直断面の水物質と速度ベクトルの可視化です。図に示す通り、局所的な水物質質量の上昇と上昇気流の発生が捉えられており、線状降水帯を合理的に再現したシミュレーションが実施できています。

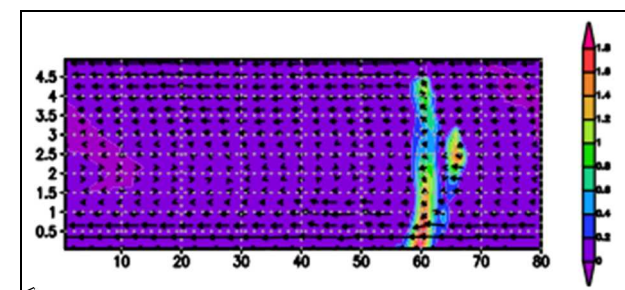


図2：鉛直断面の水物質と速度ベクトルの可視化

3. 今後の展開

気象モデルはそれぞれ異なる特徴を持っています。また、アクチュエータ位置の最適化手法にも様々な方法論が考えられるため、これら2つの気象モデルの双方を効果的に活用して最適化アクチュエータ配置の評価方法を構築していきます。今後は複数の異なるシナリオで線状降水帯を再現できる計算条件の同定と、気象場に入力を行う機能を気象シミュレータに実装する作業を行います。その後、シミュレータ上で再現した極端気象場に対して、アクチュエータ位置を最適化する計算を行います。次に、最適化された地点で水蒸気や熱の入力を行った計算を行い、気象場がどの程度改変できるかやアクチュエータ位置の最適化が効果的に行えているかどうかを明らかにします。また、入力によって気象場が変化するメカニズムを調べることで、より効果的な入力方法の検討などが可能になると期待されます。