

VI. 地球環境研究部門

1. メンバー

教授	日下 博幸（センター勤務）、田中 博（センター勤務） 植田 宏昭（学内共同研究員）
助教	松枝 未遠（センター勤務）、ドアン グアン ヴアン（センター勤務）
特任助教	中村 祐輔（学内共同研究員）
研究員	山上 晃央、今井 優真
学生	大学院生 23 名、学類生 10 名

2. 概要

地球環境部門における主な活動として、ある地域を対象とした地域規模の気象・気候の研究と地球規模の気象の研究がある。

地域規模の気候の研究は、日下教授のグループが取り組んでいる。プロジェクトとしては、環境省環境研究総合推進費の一環としての「気候変動に伴う都市災害への適応」研究がある。北海道大学、京都大学と共同で、将来の都市気候予測、特にフェーンによる災害レベルの高温予測とその影響評価に関する研究を行っている。このほかの国内連携として、気象庁気象研究所、農研機構の研究者が代表の科研費に参画している。国際連携としては、ベトナム国家大学ハノイ自然科学大学、ハノイ科学技術大学、ベルギー王立気象研究所、アリゾナ州立大学都市気候研究センターと連携協定を結んでいる。また、アメリカ大気研究センターとも国際テニユアトラック事業を継続している。アジアと欧米を代表する都市気候研究拠点と共同研究を行っていることになる。このグループのユニークな社会貢献として、筑波山神社と共同で筑波山頂の気象観測所を運営していること、産学連携として、ウェザーニューズを始め、竹中工務店、パシフィックコンサルタンツなど民間企業との共同研究がある。また、先方の都合により報告書には記載できないが、建築系の著名な研究所との共同研究も実施している。建築系の企業との共同研究は、気象学分野の大学の研究室としてはユニークである。CCS 内での連携としては、HPC 部門の朴教授グループとの LES の GPU 化に関する共同研究、天笠教授グループとの機械学習に関する共同研究がある。

地球規模の気象研究は、田中教授と松枝助教・山上研究員のグループが取り組んでいる。田中教授のプロジェクトとして、科研費の「ロスビー波の砕波と飽和による地衡風乱流理論の構築」がある。国際連携としては、アラスカ大学国際北極圏研究センターと協定を続けており、インドネシア気候・気象・地球物理庁や米国ミズリー大学コロンビア校と共同研究を継続している。

3.研究成果

[1] 都市街区気象 LES モデルの開発

地球環境研究部門の中核的研究課題として、前年度に引き続き都市街区気象 LES モデルの開発を行っている。令和2年度は、これまで開発してきた都市街区気象 LES モデルを、都市内の熱環境悪化に対する適応策を定量的に評価するツールとして用いるため、ドライ型ミストの効果モデル内に取り入れる改良を行った。過去に、ハードコーディングでこの機能を搭載したことはあったが、ユーザがドライミストの設置場所やミストと噴霧量を自由に設定できるように改良した。また、これまで不十分であったミスト効果の検証も行った。この機能を用いて試験的に行った実験では、取り入れる前と比べて観測によって得られた局所的な低温域の再現性を向上させることができた（図1）。（日下）

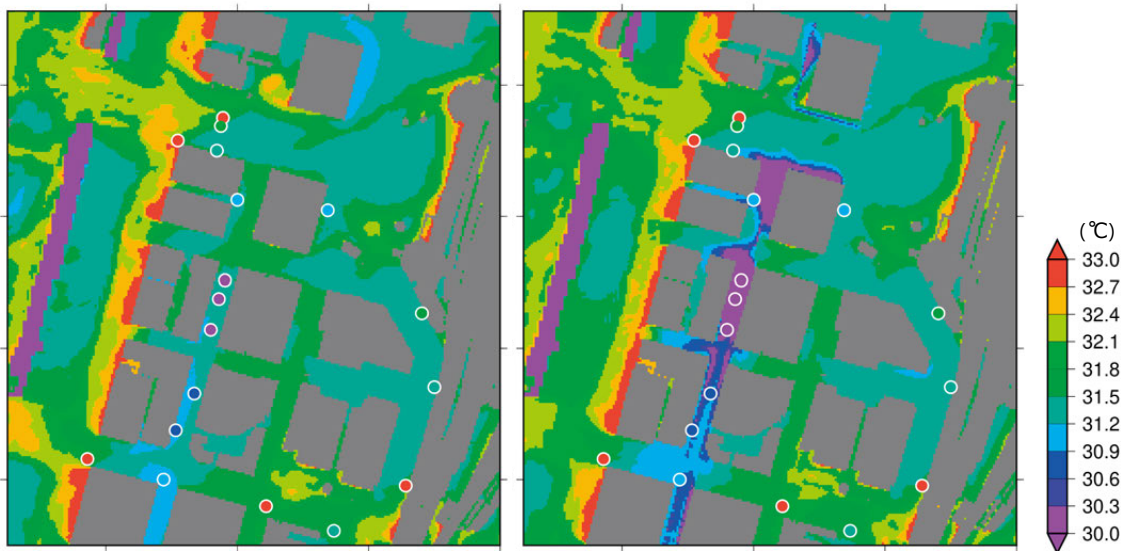


図1：東京駅・丸の内周辺の気温分布。モデル出力値に観測値をシンボルで重ねている。色の凡例はモデル，観測値で共通。左：ドライミスト未設置時，右：ドライミスト設置時。

[2] 熱中症救急搬送者数予測モデルの開発

熱中症患者数の増加に伴い、現在、熱中症救急搬送者数の輸送が重要となりつつある。そこで、新たに翌日の熱中症救急搬送者数予測モデルを開発した。広く利用されている一般化線型モデル（GLM）、一般化加法モデル（GAM）、サポートベクターマシン（SVM）、ランダムフォレスト（RF）の4種類の手法それぞれを用いた場合の予測モデルの相互比較を行い、それぞれの手法を用いた場合の予測精度を比較した。さらには、予測モデル（統計モデルベース）の説明変数として広く利用されている日最高気温（V1）、日最高WBGT（V2）、温熱四要素（気温、湿度、日射量、風速）（V3）、温熱四要素に積算日数を加えた5要素（V4）、温熱四要素に前日搬送者数を加えた5要素（V5）、積算日数と前日搬送者数を加えた6要素（V6）を用いた場合それぞれの予測精度を比較した。その結果、GAMをベースに予測モデルを作成

し、説明変数として V6 を用いたモデルが最も予測精度が高く、広く利用されている予測モデル（GLM+V1 もしくは GLM+V2）に比べて、10 年間の平均誤差で見た場合に 50% 程度の精度向上が認められた（図 2）。また、積算日数と前日搬送者数の情報を用いることで、短期の暑熱順化を考慮することができるようになり、一般的な予測モデルで見られる初夏の過小評価や晩夏の過大評価を大幅に軽減できることも分かった。（日下）

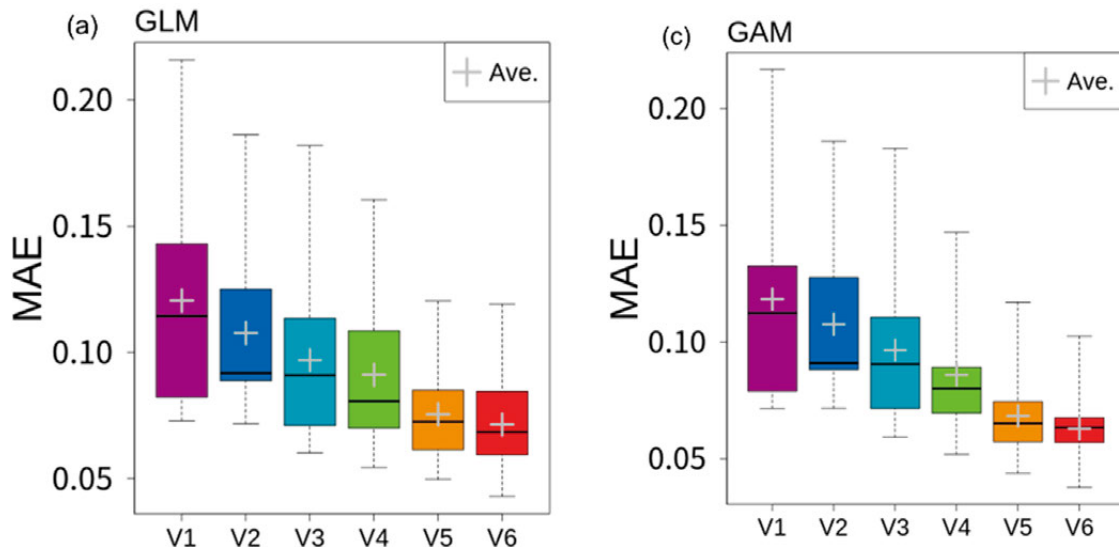


図 2：翌日の熱中症救急搬送者数予測モデルの精度。左が GLM を用い場合、右が GAM を用いた場合。V1 から V6 はそれぞれ本文中の説明変数を意味する。

[3] 気圧配置型分類のための類似度比較

気象学・気候学分野では、気圧配置型を日本海低気圧型、冬型、夏型のように分類し、それぞれの気圧配置型と特定の気象現象を結びつける解析がしばしば行われる。この分類に際して、類似度が利用されるが、その計算手法が分類の精度に影響を与えていると考えられている。より高精度な気圧配置を分類するため、相関係数や structural similarity, average Hash といった 5 つの類似度計算法の精度を相互比較した。この際、多数の教師データを用いてそれぞれの類似度の精度を統計的に比較した。比較の結果、水平気圧勾配を考慮する S1-score と画像の構造的な類似性を考慮する structural similarity が高精度であると分かった（図 3）。また、類似度によって重視する要素が異なる可能性も示唆された。この研究は、特に理想的でない教師データを使った分類を行うような場合でもよく機能する類似度を選択するための参考になる研究と言える。

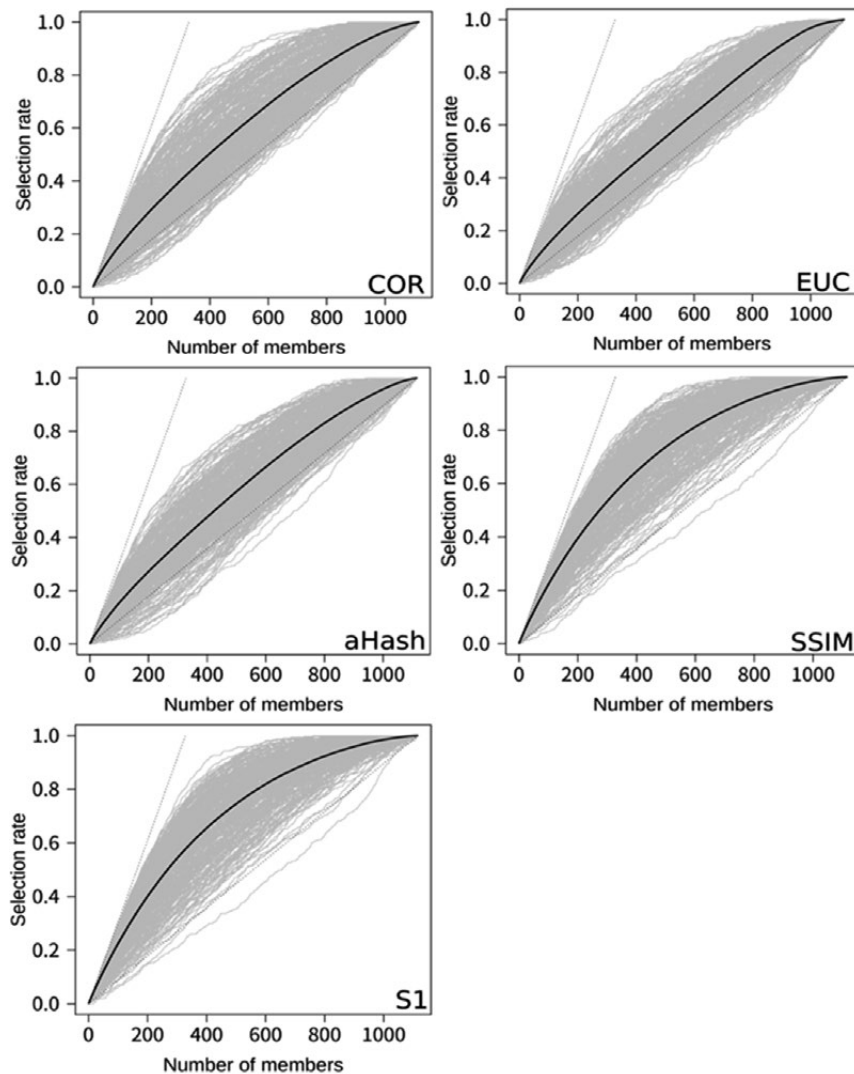


図3 各類似度の抽出率の推移。

黒実線は全教師の平均。灰実線はそれぞれの教師データの推移。

【4】 3次元ノーマルモード展開を用いた重力波伝播の理論的研究

気候変動研究では、1000年前の中世の温暖期や200年前の小氷期の原因として太陽活動の長期的変化が候補にあげられている。太陽活動の強化は電離層のオーロラオーバルを活性化し、ジュール熱により大気を加熱する。Prikryl(2016:2018)では、大気重力波の下方伝播により、その影響が微弱ながら対流圏の天候の変化に現れるという。本研究では、気候変動研究の一環として、熱圏から対流圏に伝播する重力波の理論解について研究を行った。球座標系のプリミティブ方程式を解析的鉛直構造関数と Hough 関数で 3D スペクトル化し、静止大気中の微小振幅擾乱の 3D ノーマルモード線形解として解析的に時間変化を求めた。

はじめに、初期値として北緯 30 度、高度 0km を中心に、幅 20 度と高さ 7.5km の $\cos$ 波として軸対称なジオポテンシャルを置き、地衡風調節による重力波の鉛直伝播を図 1 左に再現した。群速度の上方伝播と位相速度の下方伝播が確認できた。次に、オーロラオーバルを想定して下部熱圏の北緯 60 度にジオポテンシャルの初期値を置くと、群速度は下方に伝播し、位相速度が上方に伝播する重力波の構造が見られた（図 4 右）。下端境界条件により、高度 10km 付近に節構造が見られることから、重力波伝播により、静的安定度に微弱ながらも変化が生じ、対流圏の対流活動に影響を及ぼし得ることが確認された。（萩原・田中）

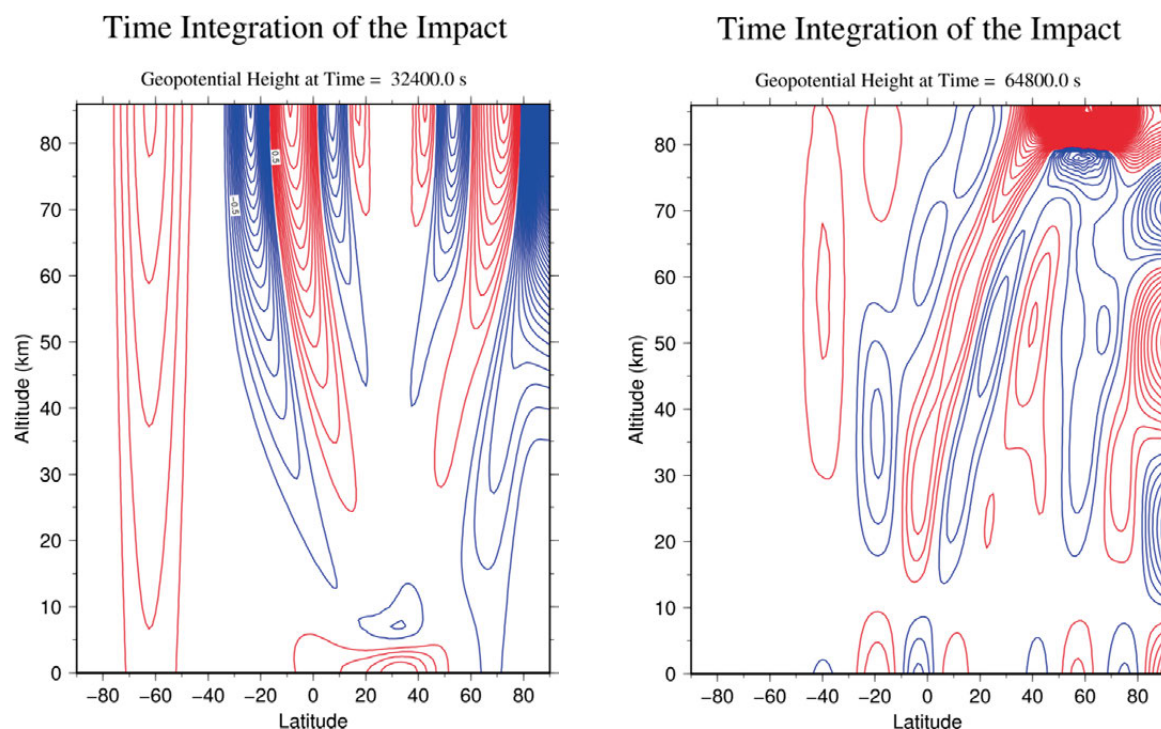


図 4 熱圏と対流圏を繋ぐ重力波の鉛直伝播の線形理論解

[5] 火山灰追跡モデル PUFF とリアルタイム MP レーダーシステムの結合

Tanaka(1994)が開発したリアルタイム火山灰追跡 PUFF モデルに、桜島火山研究センターの MP レーダーシステムによるリアルタイム観測データを同化し、より信頼性の高い火山灰追跡システムを構築した。これまでは、桜島周辺の地震計や傾斜計を用いた火山灰噴出率のリアルタイム推定を PUFF モデルの初期値に用いたシステムが構築されていたが(Tanaka and Iguchi 2019)、初期値の推定には経験則による不確かさが残っていた。このシステムに X バンド MP レーダー観測値を同化することで、モデル予測の信頼性を飛躍的に向上させることができる。

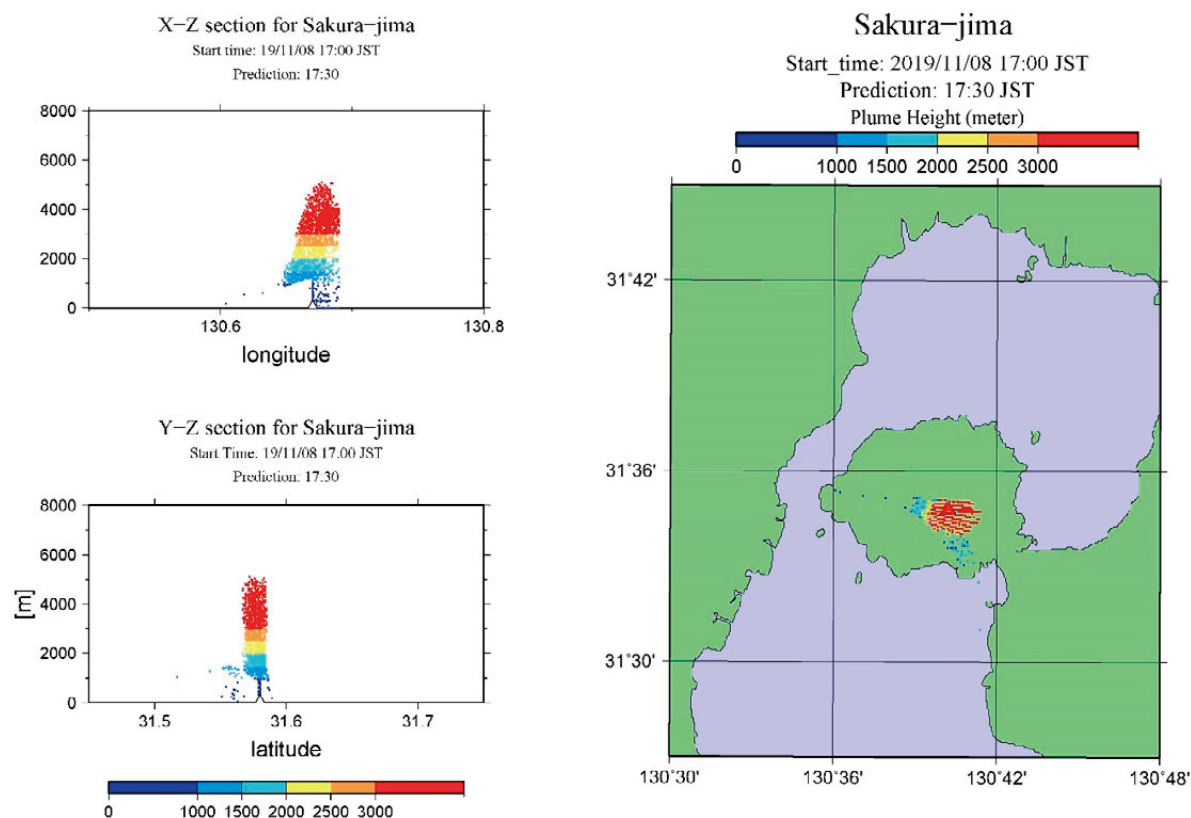


図5 PUFF モデル予測に MP レーダー観測を同化した火山灰拡散予測

PUFF モデルは空気塊のトラジェクトリーを計算するラグランジュモデルであるが、正確な風の 3 次元データと火山噴火の際の正確な噴出率のデータ、そして噴煙の 3 次元的な実測が重要である。図 5 は PUFF モデルによる予測値に MP レーダーの実測を同化した直後の噴煙の水平分布と鉛直分布である。モデルでは火口上に円柱状に散布された噴煙が、MP レーダーの観測値により分布が改善されている。このように実測に裏付けされた噴煙の拡散予測の信頼性は飛躍的に向上したと言える。図 6 は噴煙の実測値のデータ同化により改善された PUFF モデルによる降灰分布の推定値である。世界的に最も観測網が充実している桜島火山の地震計や傾斜計、降灰量観測のデータを統合した新システムは、世界的にも初めての試みであり、今後のさらなる研究成果が期待される。（田中）

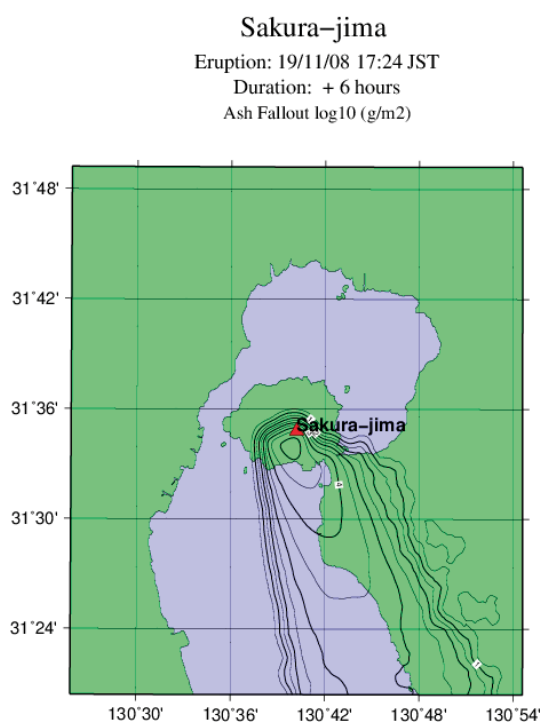
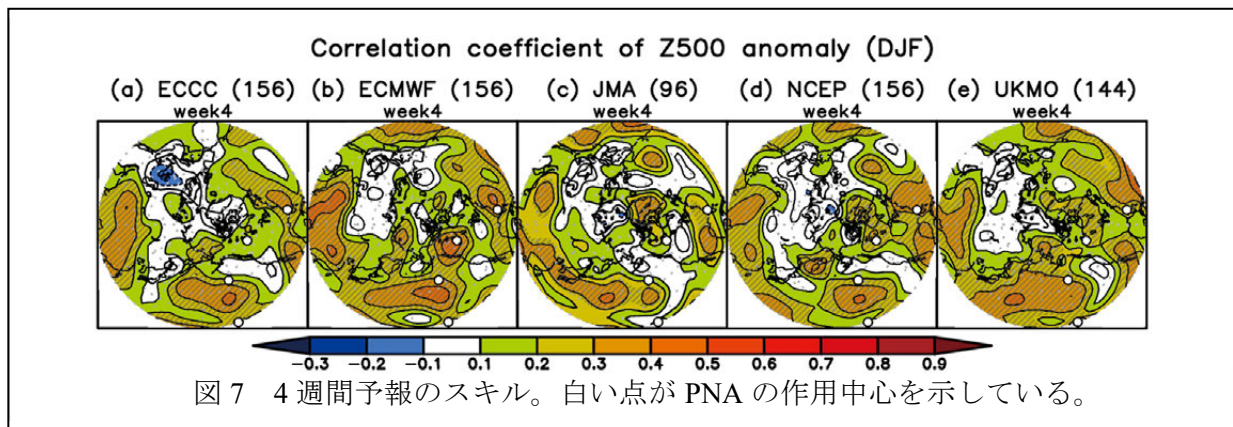


図6 PUFF モデル予測に MP レーダー観測を同化した火山灰拡散予測

[6] S2S 時間スケールにおける冬季北半球週平均大気変動の予測スキルおよびテレコネクションパターンとの関係

S2S 時間スケール（2 週間から 2 ヶ月程度）の数値天気予報は、中期予報（～2 週間程度）のように初期状態の影響を受けるには予報時間が長すぎ、季節予報（3 ヶ月以上）のように海洋などの影響を強く受けるには予報時間が短すぎるため、予測可能性の砂漠と呼ばれている。本研究では、世界各国の現業数値予報センターのアンサンブル予報データを用いて、冬季北半球における週平均大気変動の予測可能性を調査した。予測スキルは北極域および地中海から徐々に低下した。その一方で、3, 4 週間予測でもスキルが高い領域は、北半球での支配的なテレコネクションパターンである、太平洋-北米パターン (PNA) および北大西洋振動 (NAO) の作用中心と対応していた (図 7)。また、エルニーニョ時には、PNA の位相と振幅の 2-4 週間予報のスキルが、NAO の位相の 3-4 週間予報のスキルが高くなることが示された。一方、ラニーニャ時にも予測の改善は見られたが、エルニーニョ時ほど顕著ではなかった。さらに、S2S 時間スケールの予測を改善するには、ENSO に伴う赤道の予測ではなく、中緯度のジェットのパイアスを修正する必要があることが示唆された。

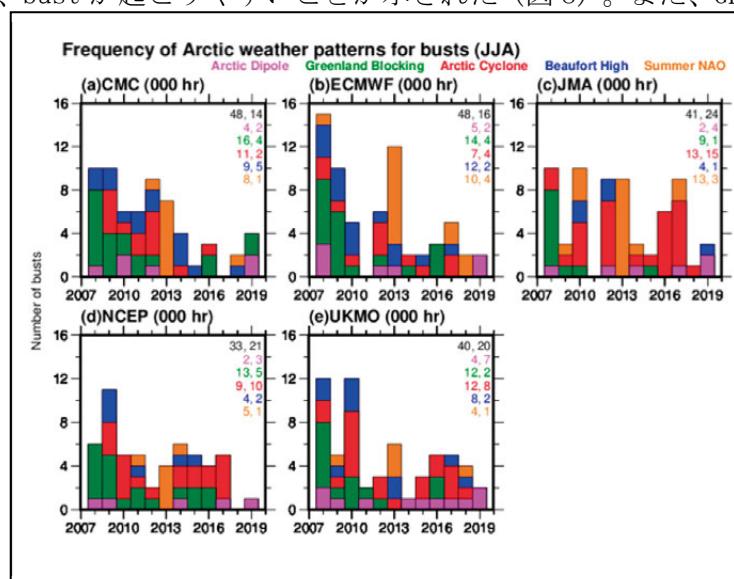
本研究は、Geophysical Research Letter で論文として発表し、気象学会秋季大会、American Geophysical Union fall meeting において発表した。



[7] 北極域における予測精度急低下 (forecast bust) と夏季の循環場との関係

数値天気予報における予測精度急低下事例を forecast bust と呼ぶ。本研究では、主要な5つの数値予報センターの現業中期アンサンブル予報データを用いて、北極域における forecast bust の統計的な特徴と、夏季の bust と循環場の関係について調べた。北極域での bust の年間の発生頻度は、2008年では予報の7-13%であったが徐々に減少し、2012年以降は2-6%程度であった。また、月別頻度では、5月と夏季(7-9月)に多く(~6-7%)、冬季(12-3月)は少なかった(~4%)。また、夏季の北極域の循環場を5つのパターンに分類し、bust の発生頻度との関係を調べたところ、初期場が北極低気圧(AC)パターンとグリーンランドブロッキング(GB)パターンの時に、bust が起こりやすいことが示された(図8)。また、GBパターンからの bust は近年減少しているが、ACパターンからの bust は減少傾向が見られないことが示された。

本研究の結果は、Atmospheric Science Letters に論文として発表された。



[8] 欧州とアジアにおける天候レジームの予測可能性(筑波大学・ドイツ学術交流会パートナーシップ・プログラム)

カールスルーエ工科大(KIT, ドイツ)のChristian Grams 博士の研究グループと以下の2つのテーマに関して国際共同研究を行っている。本来は相互滞在型の共同研究であるが本年度については、オンライン会議を定期的に行うことで共同研究を継続した。

(1) アジア域の天候レジームと極端降水との関係に関する研究

先行研究で特定済みの日本を中心とするアジア域での5つの天候レジーム(モンスーン型、Western Pacific 型、高気圧型、低気圧型、西谷型)と日本の5領域(気象庁気候情報課が現業で利用する西日本、東日本太平洋側、東日本日本海側、北日本太平洋側、北日本日本海側の5区分)での極端降水の関係について調査している。地域により、極端降水に寄与する天候レジームが異なっていることが分かった。力学的な考察を行った後、結果を国際誌に投稿する予定である。

(2) 天候レジームの季節間(S2S)予報におけるバイアス補正方法に関する研究

数値予報モデルはそれぞれ固有のバイアスを持っており、S2S 時間スケールではそのバイアスが顕著に現れる(図9)。そのため、S2S 予報データのバイアス補正方法について検討した。3つのバイアス補正方法として、再解析データ気候値を用いた Z500 偏差を用いた天候レジームを計算する方法(non calibration)、モデル気候値(各モデルの再予報データから計算)による Z500 偏差を用いて天候レジームを計算する方法(standard calibration)、再解析データ気候値から再予報データの天候レジーム予報を計算した後にその頻度のバイアスを補正する方法(flow-dependent calibration)の3つを比較した。KIT のグループがヨーロッパ域の天候レジームを、筑波大のグループが東アジア域の天候レジームを担当した。その結果、予測精度の違いはどちらの領域でも補正方法に依存しないことが示された。一方で、天候レジームの頻度に関しては、non calibration より standard calibration で予測が改善されることが示された。また、flow-dependent calibration では standard calibration よりさらに改善したものの、その違いは大きくなかった。

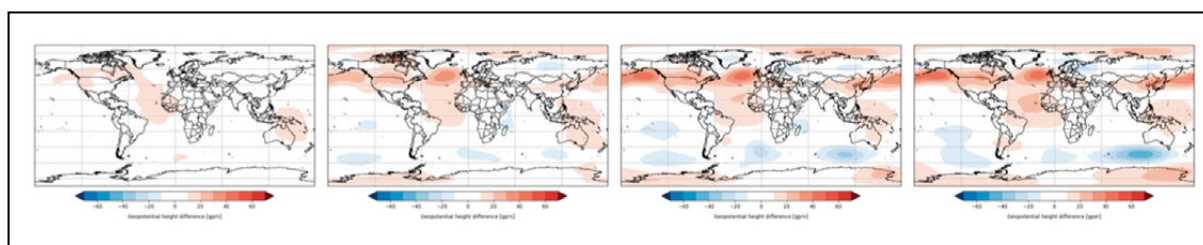


図9 1/1, 4/2, 7/1, 10/2を初期日(左から)とする再予報データから計算した気候値(30日予報)と再解析から計算した気候値との差(モデルー再解析)。

[9] TIGGE Museum および S2S Museum

現業アンサンブル予報表示サイトである、TIGGE Museum（中期（数日～2週間）予報を対象）および S2S Museum（延長（数週間～2ヶ月）予報を対象）の管理・運営を行なった。プロダクトの改良および各数値予報センターの提供するアンサンブル予報データの仕様変更への対応を行なった。新たに利用可能となった季節予報データ（6ヶ月先まで）についても、予報表示サイト（Copernicus Museum）の立ち上げを開始し、今後プロダクトを充実させていく予定である。

[10] VLES モデルの開発

Very Large Eddy Simulation (VLES)は、大きな渦を直接解く百～数百メートルメッシュ解像度のモデル系のことである。しかし、VLES は都市気象に使うとき、サブグリッドスケールであるビル等の効果を直接解けないため、その都市効果をどのようにパラメタライズ化するかはまだ課題として残っている。モデルのサブグリッド都市効果は大きく分けると2つある。一つ目はビル等の都市構造による大気の摩擦等の力学的効果である。二つ目は都市キャノピー層内の放射過程や人工的排熱等の熱的效果である。本研究は、CCS の既存の City- LES モデルをベースに、都市構造による力学的・熱的なサブグリッド効果を VLES に導入する方法を考案し、実装することを目的としている。まず、2020 年度の成果として、力学的効果を導入・実装した。具体的に、ビル等からの空気摩擦は力学的な基本方程式に空気抵抗項として追加した。空気抵抗項を計算するために、サブグリッドスケールのビルや道路等の都市形態が使われる。そして、モデルに実装した結果、ビルの存在によって、都市キャノピー内の平均風速が空気抵抗項が実装されていない場合より、減衰したことが確認された（図 10）。(Doan)

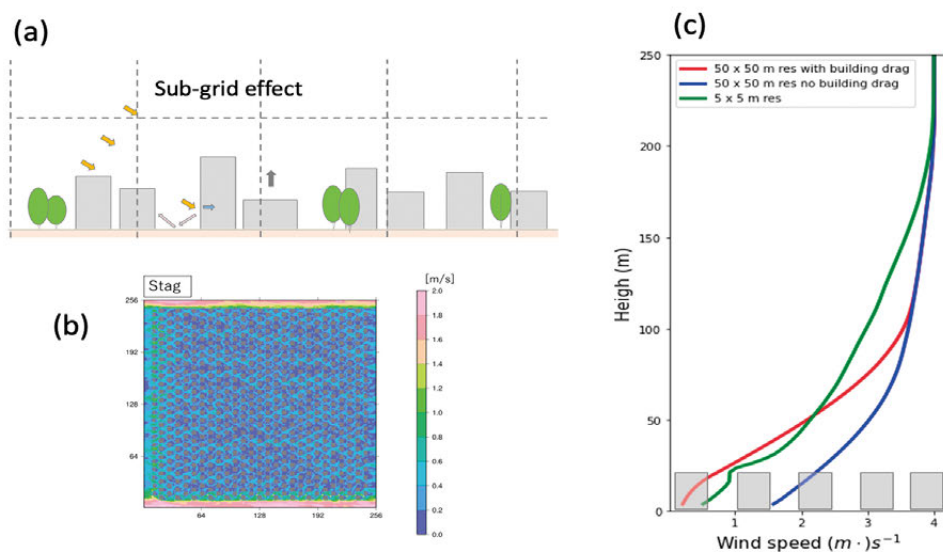


図 10 VLES モデルの概要。ビルディングのバルク効果を反映させるため、LES に多層キャノピーモデルを導入する。

[11] 熱帯都市における降水

都市域で発生する降水のメカニズムについては、まだ十分に理解されないことが多い。特に、対流性降水が支配的な熱帯地域での都市降水についての研究事例が少ない。本研究は、赤道直下の熱帯都市であるシンガポールにおける降水への都市影響を数値モデルを用いて調べそのメカニズムを明らかにする。具体的に、シンガポール気候研究所（CCRS）と UK の Met Office 共同で開発された 300m 解像度の天気予報システム uSINGV を用いて、インターモンスーン期間である 11 月を対象とし、都市影響の感動実験を行った。本研究が明らかにしたのは、シンガポールと北部とマレー半島の南端に位置する Johor Baru 都市圏付近で発生する午後の降水の「ホットスポット」は都市影響との関連性が強い。午後遅くから夕方にかけての総降水量の 20～30% が都市効果によるもので、熱帯都市の強い都市効果があることが明らかになった。降水量が増加した理由としては、都市ヒートアイランド現象による対流の活発化、摩擦収束の増加、強い海風による境界層水分の流入の増加、海風前線の海側への移動などが考えられる。本研究の成果は UK の王立気象学会の Quaterly Journal 誌に発表した。（Doan）

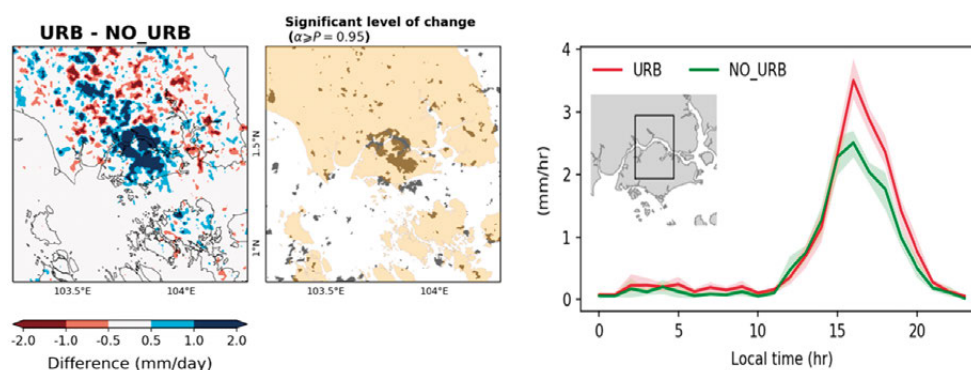


図 11 熱帯都市であるシンガポールでの都市化による降水への影響。数値計算結果は都市効果が都市域の降水の 20～30% 増加することを示した。

[12] 気候研究用の新しい自己組織化マップの開発

本研究は気候研究用の新しい自己組織化マップアルゴリズム（Structural SOM または S-SOM と名付ける）を提案する。S-SOM の特徴は、時空間構造を持つ入力データを扱えることである。具体的には、ベストマッチングユニット (BMU) の検索スキームに従来のユークリッド距離 (ED) の代わり、構造的類似指数 (S-SIM) を導入した。S-SIM を用いることで、ED では不可能な、高・低気圧の位置などの空間的な相関関係を考慮することが可能となる。新しいアルゴリズムの精度検証として、ERA-Interim 海面気圧データを用いて、日本周辺の天気パターンを分類を試した。その結果、S-SOM は ED-SOM や COR-SOM（ユークリッド距離やピア

ソン相関係数を用いた SOM) より、クラスタリング質とトポロジー保存の 2 つの点で優れていることがわかった。本研究の成果は欧州地球科学連合 (EGU) の Geoscientific Model Development 誌に発表した。(Doan)

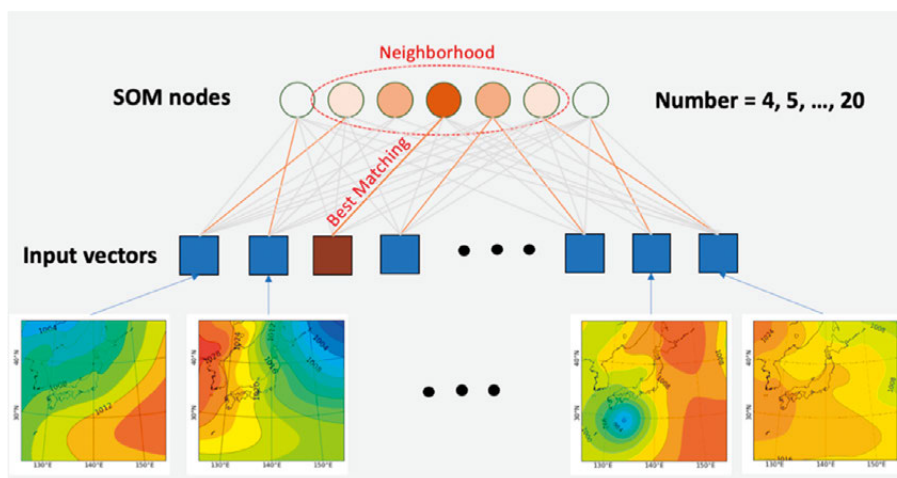


図 12 自己組織化マップアルゴリズムの概念図

4.教育

指導学生 (日下)

D3 (地球) : 浅野裕樹、佐藤拓人、佐藤亮吾

D2 (地球) : 中村真悟、畔上泰彦

M2 (地球) : 池田貴史、五木田夏実、大津佑介

M2 (教育) : 石田理沙

M1 (地球) : 小野寺平、小林峻、鎌田碧、杉谷大樹、西場慧

B4 (地球) : 駒崎寛和、高田菜月、石川里桜

指導学生 (田中)

D1 (地球) : 松信匠

M2 (地球) : 石山涼太、豊岡大地、縄司瑛太、伊藤駿、熊谷怜皇、栗花卓也

B4 (地球) : 赤見彰一、五木田麗奈、岩田美佳、亀田遼

指導学生 (松枝)

M1 (地球) : 毛利亮、大貫航太郎

B4 (地球) : 古賀太暁、黒川里帆、佐久間耀

B1 (地球) : 50 名 (学生名省略、クラス担任)

集中講義など

放送大学放送講師・地球科学客員教授 次期放送分のスタジオ収録（田中）

5. 受賞、外部資金、知的財産権等

受賞

1. The Helmut E. Landsberg Award, American Meteorological Society, Hiroyuki Kusaka, For advancements in urban canopy modeling, adopted by international research communities, and pioneering contributions to downscaling past, current, and future urban climates, 2021 年 1 月（日下）
2. 第 59 回日本生気象学会大会優秀発表賞、中村慎吾、日下博幸、佐藤亮吾、将来気候下における熱中症搬送者数の増加が地域の救急医療体制へ与える影響、2020 年 11 月 29 日（日下）

外部資金

1. 環境研究総合推進費、日下博幸、分担、2019 年～2021 年度、全年度直接経費：30,000,000 円（2020 年度直接経費：10,000,000 円）、気候変動に伴う都市災害への適応（日下）
2. 独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金、日下博幸、分担、2019 年～2022 年度、全年度直接経費：未定（2020 年度直接経費：900,000 円）、基盤研究(A)統合粒子モデル開発による水物質を介した気象変化と環境汚染の相乗効果の解明（日下）
3. 独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金、日下博幸、分担、2019 年～2022 年度、全年度直接経費：未定（2020 年度直接経費：780,000 円）、基盤研究(B)領域気象モデルを活用した農地動態の広域熱環境への影響評価（日下）
4. 独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金、日下博幸、分担、2018 年～2020 年度、全年度直接経費：1,550,000 円（2020 年度直接経費：300,000 円）、基盤研究(B)発展途上諸国の急成長都市群におけるヒートアイランド現象の形成要因と将来予測（日下）
5. 共同研究(株式会社ウェザーニューズ)、日下博幸、代表、2017 年～2020 年 8 月、1,095,000 円（2017 年 9 月～2020 年 8 月：1,100,000 円）、（日下）
6. 共同研究(株式会社竹中工務店)、日下博幸、代表、2017 年～2020 年度、全年度直接経費：3,133,200 円（2020 年度直接経費：550,000 円）、（日下）
7. 共同研究(パシフィックコンサルタンツ株式会社)、日下博幸、代表、2020 年度（日下）

8. 日本学術振興会・学術研究助成基金助成金（研究活動スタート支援）、山上晃央、代表、2019－2020 年度、全年度直接経費：2,100,000 円（2020 年度直接経費：1,000,000 円）、北極大気の予測精度向上に関する研究（山上）
9. 独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金、ドアン・グアン・ヴァン、分担、2019 年～2022 年度、全年度直接経費：未定（2020 年度直接経費：900,000 円）、基盤研究(A) 統合粒子モデル開発による水物質を介した気象変化と環境汚染の相乗効果の解明（Doan）

知的財産権

特になし

6.研究業績

(1) 研究論文

A. 査読付き論文

1. Hamdi, R., H. Kusaka, QV., Doan, et al., 2020: The State-of-the-Art of Urban Climate Change Modeling and Observations. *Earth Systems and Environment*, 4, 631–646.
2. Doan, Q. V., H. Kusaka, T. Sato, and F. Chen, 2020: A structural self-organizing map (S-SOM) algorithm for weather typing. *Geoscientific Model Development*, 14,2097-2111.
3. Garratt, J., J. Wilczak, A. Holtslag, H. P., Schmid, A. Grachev, A. Beljaars, T. Foken, F. Chen, C. Fairall, B. Hicks, H. Kusaka, A. Martilli, V. Masson, M. Mauder, S. Oncley, M. Rotach and M. Tjernström, 2020: Commentaries on Top-Cited Boundary-Layer Meteorology Articles. *Boundary-Layer Meteorology*, 177(2), 169-188.
4. Sato, T., H. Kusaka, and H. Hino, 2020: Quantitative assessment of the contribution of meteorological variables to the prediction of the number of heat stroke patients for Tokyo. *SOLA*, 16, 104–108.
5. Tanaka, H.L., Nakamichi, H., and Iguchi, M. 2020: PUFF Model Prediction of Volcanic Ash Plume Dispersal for Sakurajima Using MP Radar Observation, *Atmosphere*, MDPI, 2020, 11(11), 1240 <https://doi.org/10.3390/atmos11111240>
6. Hagiwara, M. and H. L. Tanaka, 2020: A Theoretical Analysis of the Atmospheric Gravity Wave that Connects the Thermosphere and the Troposphere, *Tsukuba Geoenvironmental Sciences*, 16, 1-14, <http://doi.org/10.15068/00162379>
7. Yamagami, A., and M. Matsueda, 2020: Subseasonal forecast skill for weekly mean atmospheric variability over the Northern Hemisphere in winter and its relationship to midlatitude teleconnections. *Geophysical Research Letters*, 47, doi:10.1029/2020GL088508.

8. Yamagami, A., and M. Matsueda, 2021: Statistical characteristics of Arctic forecast busts and their relationship to Arctic weather patterns in summer. Atmospheric Science Letters, in press. doi:10.1002/asl.1038.
9. Jie Wang, Fei Chen, Q. V., Doan, Youpeng Xu, 2021: Exploring the effect of urbanization on hourly extreme rainfall over Yangtze River Delta of China. Urban Climate, 36, 100781-100781 doi:10.1016/j.uclim.2021.100781
10. Doan, Q. V., A., Dipankar, A., Simón-Moral, C. Sanchez, P., Venkatraman, M., Roth, and X. Y., Huang, 2020: Urban induced modifications to the diurnal cycle of rainfall over a tropical city. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 147(735),1189-1201.
11. Nguyen T. H., T., Nagashima and Q.V., Doan, 2020: Air quality modeling study on the controlling factors of fine particulate matter (PM2.5) in Hanoi: A case study in December 2010. Atmosphere, 11(7), 733.
12. Dung Phung, Thong Nguyen-Huy, Ngoc Nguyen Tran, Dang Ngoc Tran, Quang-Van Doan, Son Nghiem, Nga Huy Nguyen, Trung Hieu Nguyen and Trude Bennett, 2021: Hydropower Dams, River Drought and Health Effects: A Detection and Attribution Study in the Lower Mekong Delta Region. Climate Risk Management, 32(100280). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100280>

B. 査読無し論文

1. 田中博, 2020: 「温暖化将来予測はあくまで仮説」副題: CO2 の影響範囲見極めを, 月刊エネルギーフォーラム 2020 年 5 月号 p98-99.

(2) 国際会議発表

A. 招待講演

特になし

B. 一般講演

1. Yamagami, A., and M. Matsueda, 2020: Forecast skill for wintertime atmospheric variability over the Northern Hemisphere and its relationship to mid-latitude teleconnections. American Geophysical Union fall meeting, 1-17 December, Online, 2020
2. Quang-Van Doan, Fei Chen, Hiroyuki Kusaka and Jie Wang, 2020: Linkage between urbanization and the change in extreme precipitation over the Tokyo metropolitan area, Japan. AGU Fall Meeting, Online, 2020/12

3. Lidia Lazarova Vitanova, Shinji Yamamura, Hiroyuki Kusaka and Quang-Van Doan, 2020: Numerical evaluation system for improving the environmental value and reducing an environmental load of Transit-Oriented Development. AGU Fall Meeting, Online, 2020/12
4. Thanh Hung Nguyen, Tatsuya Nagashima and Quang-Van Doan, 2020: A high-resolution emission inventory for air quality modeling studies in Hanoi, Vietnam in 2017. AGU Fall Meeting, Online, 2020/12
5. Jie Wang, Fei Chen, Quang-Van Doan, Youpeng Xu, 2020: Using High-resolution Satellite Precipitation Products to Explore the Effect of Urbanization on Heavy Rainfall over Yangtze River Delta of China. AGU Fall Meeting, Online, 2020/12
6. Sato, R., H. Kusaka and T. Sato, 2020: Developing prediction model of number of heat stroke patients and future prediction of heat stroke risk in Japan. AGU Fall Meeting, Online. 2020/12/15

(3) 国内学会・研究会発表

A. 招待講演

1. 日下博幸: 2020. For advancements in urban canopy modeling, adopted by international communities, and pioneering contributions to downscaling past, current, and future urban climate. 第 72 回気候影響利用研究会, 21 November, 2020, Online.
2. 日下博幸、ドアングアンヴァン、リディアビタノバ、中村真悟、ロナルドエストケ: 2020. アジアのメガシティの都市気候、日本地理学会 2020 年秋季学術大会、2020/11/07、オンライン
3. 日下博幸、西暁史、柿沼亜衣、ドアングアンヴァン、小野寺平、遠藤周平: 2020. フェーン昇温の主要なタイプは、本当に熱力学理論タイプなのか?、日本地理学会 2020 年秋季学術大会、2020/10/18、オンライン
4. Quang-Van Doan, Anurag Dipankar, Andres Simon-Moral, 2020: シンガポールの都市化が同地域の対流性降水に及ぼす影響、日本地理学会 2020 年秋季学術大会、2020/10/18、オンライン

B. その他の発表

1. 中村真悟、日下博幸、佐藤亮吾, 2020: 将来気候下における熱中症搬送者数の増加が地域の救急医療体制へ与える影響、第 59 回日本生気象学会大会、オンライン、2020/11/28
2. 池田貴史、日下博幸, 2020: 暑熱順化を考慮した日々の熱中症搬送者数予測モデルの開発、第 59 回日本生気象学会大会、オンライン、2020/11/28

3. 日下博幸, 佐藤亮吾, 佐藤拓人, 2020: 都市構造が都市内部の暑熱環境に与える影響の調査, CSIS DAYS 2020 : 全国共同利用研究発表大会, オンライン, 2020/11/20
4. 大津佑介, 日下博幸, 2020: タイ・バンコクの都市化が降水に与える影響, 日本地理学会 2020 年秋季学術大会, オンライン, 2020/11/14
5. 佐藤亮吾, 日下博幸, 佐藤拓人, 2020: 将来気候下における日本全国市区町村別の熱中症リスクマップの作成, 日本地理学会 2020 年秋季学術大会, オンライン, 2020/11/14
6. 池田貴史, 日下博幸, 2020: 暑熱順化を考慮した日々の熱中症搬送者数予測, 日本地理学会 2020 年秋季学術大会, オンライン, 2020/11/14
7. 中村真悟, 日下博幸, 佐藤亮吾, 2020: 温暖化に伴う熱中症搬送者数の増加が地域救急医療体制へ与える負荷, 日本地理学会 2020 年秋季学術大会, オンライン, 2020/11/14
8. 浅野裕樹, 日下博幸, 金子竜也, 横山仁, 2020: つくば市で発生した放射霧に対するヒートアイランド現象の効果, 日本地理学会 2020 年秋季学術大会, オンライン, 2020/11/14
9. 畔上泰彦, 今西美音子, 藤原邦彦, 日下博幸, 2020: 夏季街区内の微気候が歩行者経路選択に与える影響, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, オンライン, 2020/10/28
10. 山上晃央, 松枝未遠, 2020: S2S 時間スケールにおける北半球冬季の週平均場の予測可能性とテレコネクションとの関係. 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020/10/28-30, オンライン.
11. Quang-Van Doan, 日下博幸, 佐藤拓人, Fei Chen, 2020: 気象パターン分類用の新しい自己組織化マップアルゴリズム S-SOM の開発, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, オンライン, 2020/10
12. 佐藤亮吾, 日下博幸, 佐藤拓人, 2020: 日本全国の各市区町村別を対象とした熱中症救急搬送者数予測の将来予測, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, オンライン, 2020/10/28
13. 佐藤拓人, 日下博幸, 2020: 気圧配置分類に有効な類似度計算法の調査, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, オンライン, 2020/10/28
14. 浅野裕樹, 金子竜也, 横山仁, 日下博幸, 2020: つくば市におけるヒートアイランド現象が放射霧に与える影響, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, オンライン, 2020/10/28
15. 小林峻, 日下博幸, 2020: ハノイを襲った記録的高温に寄与した異なる時空間スケール現象, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 神奈川, 2020/05/19
16. 佐藤亮吾, 佐藤拓人, 日下博幸, 清水麻未, 荒木貴光, 2020: 地域性・季節性・年齢を考慮した熱中症救急搬送者数予測モデルの開発, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 神奈川, 2020/05/19

17. 小野寺平, 日下博幸, 2020: 清川だし吹走時の気温変化とその形成メカニズム, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 神奈川, 2020/05/19
18. 佐藤拓人, 日下博幸, 2020: 気圧配置分類における類似度計算法の相互比較, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 神奈川, 2020/05/19

(4) 著書、解説記事等

1. Tanaka, H.L. and Žagar, N. 2020: 3D Modal Variability and Energy Transformations on the Sphere. In: Žagar N., Tribbia J. (eds) Modal View of Atmospheric Variability. Mathematics of Planet Earth, vol 8. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60963-4_4.
2. Tanaka, H.L. 2020a: Generalization of Baroclinic Instability and Rossby Wave Saturation Theory. In: Žagar N., Tribbia J. (eds) Modal View of Atmospheric Variability. Mathematics of Planet Earth, vol 8. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60963-4_5.
3. Tanaka, H.L. 2020b: Applications to Predictions and Climate Studies. In: Žagar N., Tribbia J. (eds) Modal View of Atmospheric Variability. Mathematics of Planet Earth, vol 8. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60963-4_6.
4. 天野一男・田中博他編 2021: 地学基礎、実教出版（文部科学省検定済み教科書、高等学校理科用）200pp.
5. 田中博・伊賀啓太 2021: 改訂版 はじめての気象学、放送大学教材、放送大学教育振興会、NHK 出版、258pp

7.異分野間連携・産学官連携・国際連携・国際活動等

異分野間連携（センター内外）

- ・ CCS 内： HPC 研究部門と都市街区気象 LES モデルの開発（日下・Doan）
- ・ CCS 外： 建築工学分野（竹中工務店）と建物設計時の風荷重に関する共同研究（日下）
- ・ CCS 外： 農業分野（農研機構）と水田の気候緩和効果に関する共同研究（日下）
- ・ CCS 外： 情報通信分野（情報通信機構）と雲のリアルタイム画像解析に関する共同研究（日下）

産学官連携

1. 株式会社ウェザーニューズとの共同研究（日下）
2. 株式会社竹中工務店との共同研究（日下）
3. 株式会社パシフィックコンサルタンツとの共同研究（日下）

国際連携・国際活動

1. ベトナム国家大学ハノイ自然科学大学 (VUN/HUS) と本センター間の協定 (目下)
2. ハノイ科学技術大学 (USTH) と本センター間の協定 (目下)
3. アリゾナ州立大学 (UCRC) と本センター間の協定 (目下)
4. 日越大学 (VNU) (ベトナム) との連携 (目下)
5. アジア工科大学院 (Asian Institute of Technology) (タイ) との連携 (目下)
6. ベルギー王立気象研究所 (Royal Meteorological Institute, Belgium) (ベルギー) と本センター間の協定 (目下)
7. アラスカ大学フェアバンクス校、国際北極圏研究センター (IARC) との大学間協定 (田中)
8. 米国ミズリー大学コロンビア校との部局間協定 ブロッキングと異常気象の研究 (田中)
9. ハンブルグ大学 (ドイツ) との共同研究、大気ノーマルモードの応用研究 (田中)
10. National Center for Atmospheric Research (USA) との連携 (Doan)
11. Centre for Climate Research Singapore (Singapore) との連携 (Doan)
12. National University Singapore (Singapore) との連携 (Doan)
13. University of Calcutta (India) との連携 (Doan)
14. University of Texas at Austin (USA) との連携 (Doan)
15. Vietnam National University (Vietnam) との連携 (Doan)
16. Ho Chi Minh City Medicine and Pharmacy University (Vietnam) との連携 (Doan)
17. Griffith University (Australia) との連携 (Doan)

8. シンポジウム、研究会、スクール等の開催実績

1. 国際学会セッションの共同主催者 American Geoscience Union Fall meeting (2020 年 12 月) (Doan)
2. アメリカ気象学会 (AMS) 都市環境部会 (BUE) 定例 Webinar の主催 (2020 年 11 月、2021 年 2 月) (Doan)

9. 管理・運営

特になし

10.社会貢献・国際貢献

1. 東京都環境影響評価審議会委員 (目下)
2. 熱中症予防声かけプロジェクト実行委員 (目下)
3. 日本学術会議自然地理学環境防災小委員会委員 (目下)
4. 筑波山の山頂にて気象観測を行う筑波山プロジェクトの主導 (目下)
5. 東京都環境影響評価審議会 委員 (目下)
6. 日本ヒートアイランド学会 理事 (目下)
7. 気候影響・利用研究会 幹事 (目下)
8. 一般財団法人日本海事協会 NEDO 洋上風況調査手法の確立に関する技術委員会委員 (目下)
9. 日本地理学会地理学評論 Ser.A 編集委員会委員 (目下)
10. 環境省気候変動適応における広域アクションプラン策定事業全国アドバイザー (目下)
11. 環境省気候変動適応における広域アクションプラン策定事業評価委員 (目下)
12. 日本気象学会 山本賞候補者推薦委員会委員 (目下)
13. 気象庁異常気象分析作業部会 委員 (松枝)
14. 世界気象機関 (WMO) 大気科学委員会(CAS) 予測可能性・力学過程およびアンサンブル予報に関する作業部会 (PDEF) 委員 (松枝)
15. アメリカ気象学会(AMS) 都市環境部会 (BUE) 委員(任期 2020 年 1 月～2023 年 1 月)
(Doan)
16. NHK E テレ (2020 年 10 月 11 日)
「サイエンスゼロ」に目下教授が出演。都市街区気象 LES モデルの紹介。
17. NHK 水戸 (2020 年 11 月 6 日)
「サイエンスゼロ」 (目下)
18. 中日新聞 朝刊 (2020 年 8 月 18 日)
浜松での日本最高気温記録 41.1℃の解説。 (目下)
19. 時事通信 (2020 年 8 月 17 日)
浜松での日本最高気温記録 41.1℃の解説。 (目下)
20. NHK (2021 年 1 月 9 日)
目下教授が取材を受けた内容が「NHK スペシャル」内で紹介された。

11.その他

とくになし