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）
研究員	山上 晃央、西 暁史
学生	大学院生　28 名、学類生　5 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。令和元年 9 月からは、ドアン助教と西研究員が着任している。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。研究の結果、新潟市で過去に発生した極端高温の 80%以上が、台風による山越え気流（フェーン）によるものだったこと、21 世紀末の新潟市ではフェーンによって約 45.5℃の異常高温が出現し、熱中症リスクが 16.6 倍になる可能性があることが分かった。このほか、文科省の気候変動適応技術社会実装プログラムなどにも参画している。ここでは、現在および将来の全国都道府県別・市町村別の熱中症リスクマップを作成した。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、すでに協定を結んでいるベトナム国家大学ハノイ自然科学大学やハノイ科学技術大学、さらには、中国気象局都市気候研究所と、アジアのメガシティの都市気候の共同研究を行った。令和元年からは、ベルギー王立気象研究所およびアリゾナ州立大学都市気候研究センターと協定を新たに結び、アメリカ大気研究センターとも国際テニュアトラック事業を共同で始めた。これで、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結んだことになる。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、竹中工務店やウエザーニューズなど民間企業と都市街区気象 LES 関係の共同研究がある。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、建部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。また、基礎研究として「地球温暖化はどこまで自然変動か」の調査をしており、その結果、温暖化の半分は自然変動で、100 年後の温暖化は 1℃程度であり、温暖化予測はいまだに仮説であるとの見解を示した。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ンビア校と共同研究を継続している。松枝助教のグループは、準リアルタイム複数モデル・初期値アンサンブルによる顕著現象の予測改善に関する研究を行っており、2 週間～2 ヶ月先までの予測改善には、ENSO に伴う外力の予測ではなく、中緯度の西風ジェットの予測を正確に表現する必要性があることが分かった。また、国際連携としては、筑波大学・ドイツ学術交流会の支援の下、カールスルーエ工科大学と共同で「欧州とアジアにおける天候レジーム」の研究を行っている。国内連携としては、文科省北極研究推進プロジェクトへの参画がある。

3. 研究成果

【1】気候変動に伴う都市災害への適応の研究

本プロジェクトの筑波大チームの目標は、新潟市と熊谷市を対象に、将来の暑熱災害を引き起こす気象を予測し、それによる健康影響評価を行い、その適応策を提案することである。

新潟市に暑熱災害をもたらす要因の一つにフェーンがある。フェーンによる極端高温は、ある特定の気圧配置のときに起こりやすく、地球温暖化によって激甚化する可能性がある。本研究では、新潟市における歴代トップ 10（および 30）の極端高温日を分析し、100%（80%以上）が、北陸地方の西～南西に位置する台風に吹き込むフェーンが原因で発生していたことを明らかにした。

さらに、現在と将来の極端高温日を対象に地域詳細化計算を実施した。その結果、21 世紀末までに 3℃上昇する場合、新潟平野の日最高気温記録は 45.5℃となり、現在よりも 4.9℃高くなると予測された（図 1-1）。これらは、フェーンが強まることで、極端高温が激甚化することを予見するものである。

このような日の将来の住民の熱中症リスクは、現在の約 16.6 倍になると予測された。また、この日の熱中症搬送者総数と中等症の搬送者数は、人口が変らない場合、新潟市でそれぞれ 1,180 人と 361 人と見込まれた。これは、新潟消防本部保有の救急車が一台あたり一日で 47 回の出動を余儀なくされ、現在の新潟医療圏における病床が既に 7 割が稼働中だとすると、空き病床の 22.9%を一日の熱中症入院患者が占めることになる。

解像度が 20 km の d4PDF 気候シナリオでは、フェーンに伴う異常高温が表現できなかった。将来の極端高温予測には、本研究のような地域詳細化計算が必要であろう。

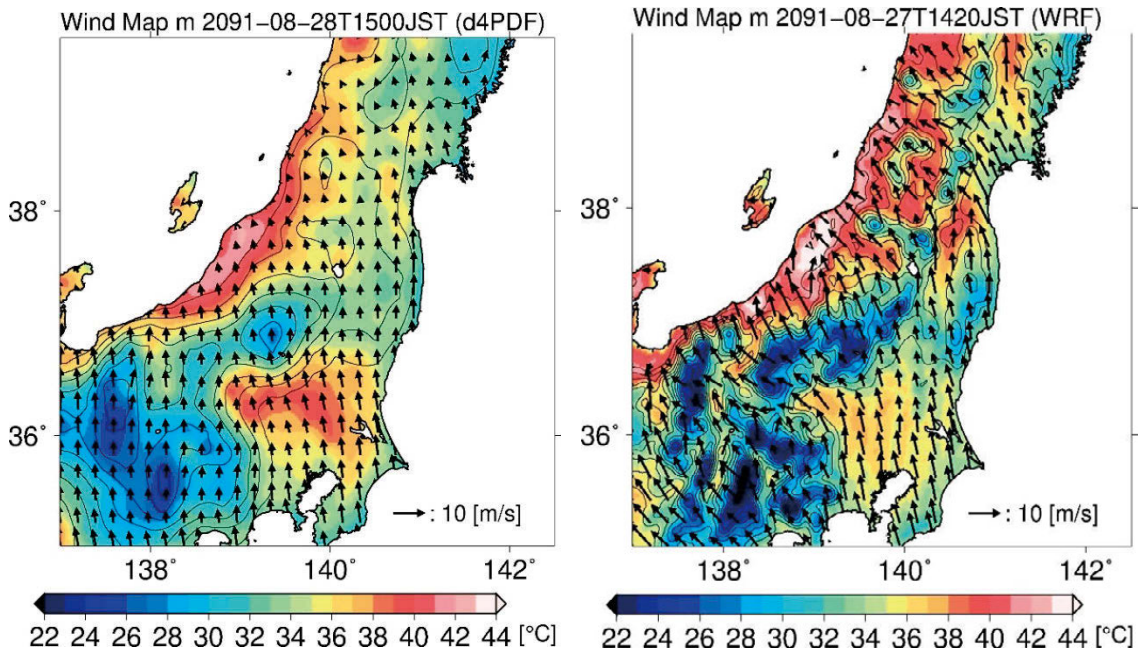

図 1 : 新潟市で将来極端高温が発生した時の気温・風分布。（左）20 km を解像する d4PDF データと（右）それを領域モデルによって 5 km を解像するように計算した結果を用いた結果。色は地上気温（℃）を、矢羽は地上風ベクトル。

【2】全国都道府県別・市町村別の熱中症リスク予測の研究

本プロジェクトでは、日本全国都道府県別・市町村別に現在および将来の熱中症リスク評価を行い、リスクマップを作成した。熱中症リスクは、熱中症搬送者数と中等症以上の搬送数によって評価した。

本研究の新規性の一つに、ひと夏を初夏、盛夏、晩夏の３つの期間に分割して、熱中症搬送者数予測モデルを組み立てたことがある。これにより、予測精度は向上した。将来予測の結果、近未来（2031 年～2050 年）における日本全国の全搬送者数で見たリスク（住民一人ひとりの立場でのリスク）は、気候シナリオに依存するが、SI-CAT 推奨 GCM を用いた場合、RCP2.6 と RCP8.5 シナリオでは、それぞれ 1.3～2.9 倍（平均 2.1 倍）と 1.5～3.3 倍（平均 2.3 倍）に増加すると評価された（図 2）。ただし、住民が暑熱順化しながらその行動も含めて暑熱に適応していった場合のリスクを試算したところ、全搬送者数で見たリスクを日本全国の平均値で 2.3 倍から 1.6 倍に抑えられることが分かった。

次に、気温変化から推定されたリスクマップ（住民一人ひとりの立場でのリスク）と気温変化・人口動態変化の両方の情報から推定されたリスクマップ（自治体の立場から見たリスク）を比較した。後者の場合、人口減少がゆるやかな政令指定都市や発展が著しい中規模都市（例えば、茨城県つくば市、守谷市など）でのリスクが相対的に高いことが分かった。

最後に、暑さで有名な埼玉県や岐阜県などを対象に、医療体制に及ぼす影響を調査した。その結果、埼玉県とさいたま市医療圏では、それぞれ、ひと夏に合計 5,515 回と 1,025 回の救急車の出動を余儀なくされ、救急搬送による入院患者数も延べ人 1,984 と 370 人になると評価された。最も暑い日の場合、その一日だけで、救急車一台あたり 6.4 回と 8.3 回の出動、空き病床数の 3.7%（6.1%）を熱中症救急搬送患者が占めると評価された。救急車一台が一回出動する毎に約 6 万円の費用がかかると言われている。自治体の予算の面でも，救急搬送体制の面でも，対策が急務である。（日下）

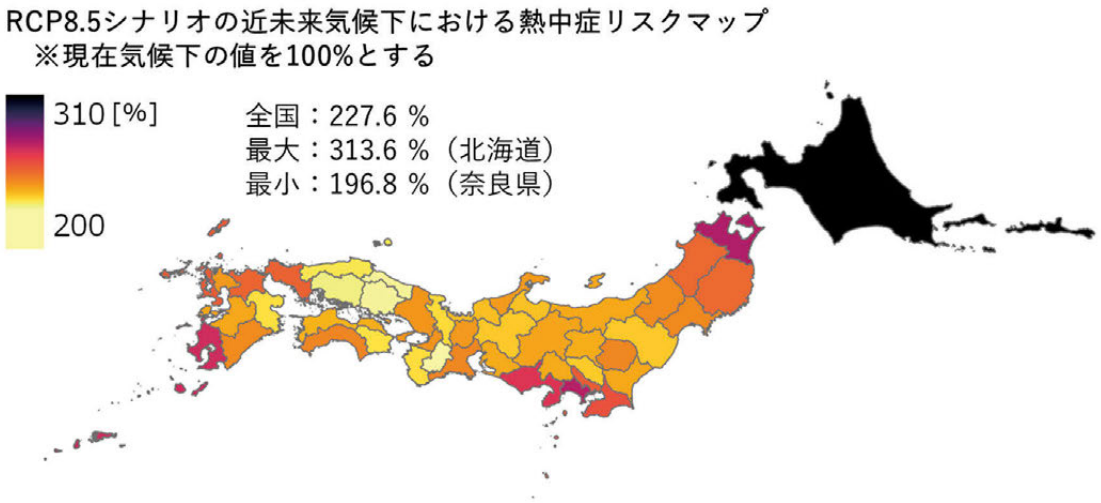

図 2：RCP8.5 シナリオの近未来気候下における全搬送者数の増加率。現在気候下の搬送者数を 100 %としている。搬送者数の値は、GFDL-CM3、HadGEM2-ES、MIROC5、MRI-CGCM3 の 4 種類の GCM から得られた値を平均した。

【3】東南アジアの記録的高温の研究

ベトナムの中部および北部において、近年、最高気温記録を更新する猛暑が頻発している。例えば、2016 年 6 月 3～5 日にベトナム北部の首都ハノイにて、40.0℃となる記録的な高温が発生し、2019 年 4 月 20 日にはベトナム中部の都市ビンにて 40.2℃の記録的な高温が発生した。本センターは、ベトナム国家大学自然科学大学およびハノイ科学技術大学との協定に基づき、これらの記録的高温をもたらした要因を調査した。その結果、ハノイの高温に対しては、総観規模の暖気移流の効果とフェーンおよびヒートアイランドという局地的な効果が重なって発生したことが明らかとなった。一方、ビンの高温に対しては、主としてフェーンによって発生していたことが明らかとなった。（日下）

【4】都市気象街区 LES モデルの開発に関する研究

ヒートアイランド現象を生み出す要因は複数あり、季節、時刻、地域、都市構造によって、主要因は異なると考えられている。本研究では、これまで開発してきた都市街区気象 LES モデルを用いて、日本最大のエネルギー消費量を誇る新宿副都心とその近くの住宅街を対象に、夜間のヒートアイランド現象の重要な成因と考えられている人工排熱と乱流混合による逆転層の破壊について、定量的に比較調査した。その結果、新宿副都心の高層ビル街では、風の強弱によらず、人工排熱の効果の方がより重要な因子であり、住宅街では人工排熱と乱流混合の効果がおおよそ同程度であることが分かった（図 3）。（日下）

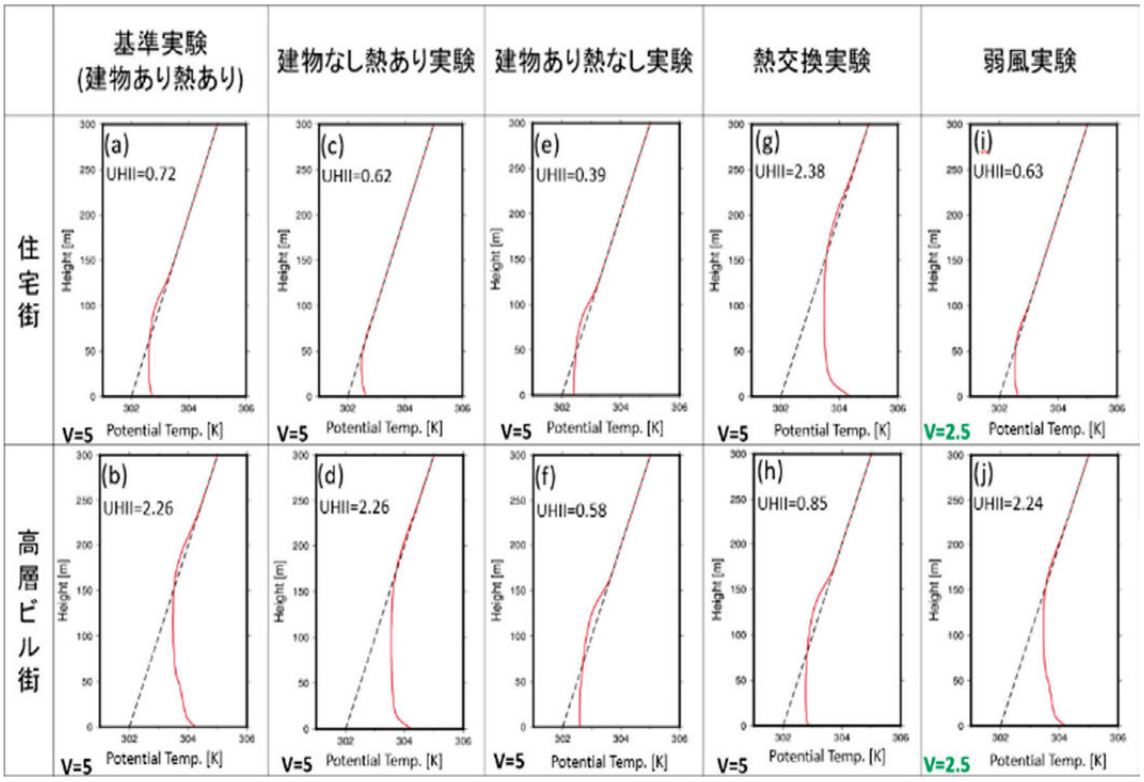

図 3　都市街区気象 LES モデルによって計算された夜間の温位の鉛直分布。上図は、住宅街、下図は高層ビル街の結果。点線は初期値で、赤実線が計算結果。

【5】地球温暖化はどこまでが自然変動か

図 4 は欧米の主要な研究機関による気候モデルを過去 1000 年間にわたり走らせた結果の気温変化である(近藤 2003 から引用)。長周期変動を引き起こすメカニズムが組み込まれていない（解っていない）ので、流体の揺らぎとして発生する内部変動（これも自然変動の一部）を除けば、長周期変動は存在せず、トレンドもない。一方、近年観測された温暖化(0.7℃/100 年)は、モデルの自然変動（ここでは内部変動）では説明できない温度上昇となっている。よって、この部分は人為起源の CO_2 の増加によるものである、との考察から、ここだけは人為

起源の外力としてモデルに組み込み、モデルをチューニングすることで観測と一致させているのである。このモデルの結果は、かつてホッケースティックと名付けられた観測結果と同じである。そして、この温度の急勾配を将来に外挿して危機的な将来の地球温暖化が予測されているのである。しかし、このような結果がおかしいことは明らかである。最新の IPCC 第 5 次報告では、西暦 1000 年頃には中世の温暖期があり、1500-1800 年ころには小氷期があったとされ、最近の 200 年間は 0.5℃/100 年のリニアートレンドで気温が上昇している。この 1000 年スケールの変動は、人為起源ではなく自然変動であることは確かである。その大振幅の自然変動を気候モデルは再現できないので、図のように真っ平らな気温変化にしかならないのである。もし、この長周期の自然変動の原因が今後解明され、過去 1000 年の大きな変動とともに、近年の 0.5℃/100 年のリニアートレンドが自然変動で再現されたとすると、人為起源にその原因を求めた気候モデル予測の根拠は総崩れとなる。温暖化の半分は自然変動ということになり、100 年後の温暖化は高々1℃程度になる。このように、地球温暖化予測はいまだに仮説であり、検証できないので真実ではない。（田中）

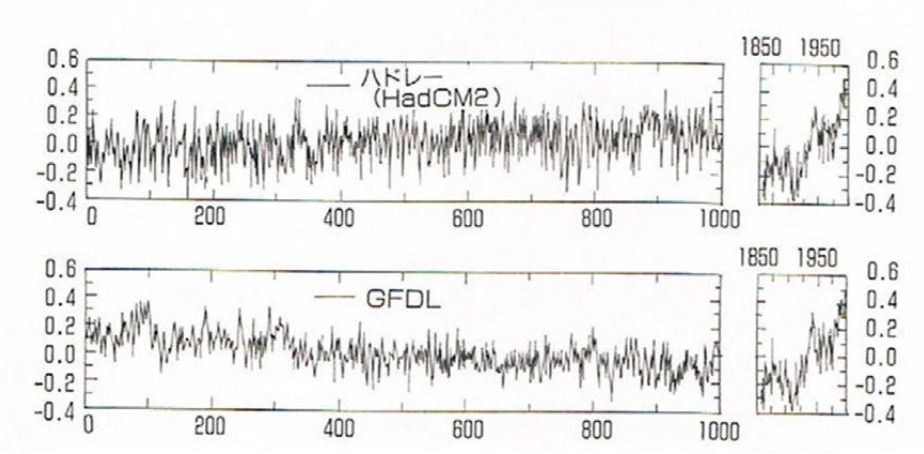

図 4　欧米の主要な研究機関による気候モデルを過去 1000 年間にわたり走らせた結果の気温変化（近藤 2003 より引用）

【6】熱圏と対流圏を繋ぐ大気重力波の理論的解析

本研究では、熱圏で生じた大気重力波（AGWs）が対流圏にどのように伝播するかについて 3 次元ノーマルモード関数（3-D NMF）展開を用いて理論的に解析することを目的とする。3 次元 NMF 展開は、観測データを 3 次元 NMF によりスペクトル表記する手法である。球面座標系の線形プリミティブ方程式から、東西風、南北風、ジオポテンシャル高度のそれぞれの摂動についての線形微分方程式を得る。ここから、鉛直・水平方向に変数分離することで、鉛直構造方程式と水平構造方程式を導くことができる。本研究では各方程式の解である鉛直構造関数と水平構造関数を結合させ、従属変数を波数展開し 3 つの変数と温度偏差を求め、下部熱圏の大気で生じた AGWs の下方伝播を理論的に解析した。

図 5 左は中緯度の山岳強制により生じた東西波数 0 の重力波の上方伝播の解析解である。波のエネルギーが群速度により上方伝播する様子が再現されている。図 5 右は、中間圏界面にオーロラオーバルを想定した初期値を与えた際の重力波下方伝播の解析解である。高度場の波の伝播を 24 時間後まで見たところ、線形論の通りの理論的な波を再現できた。地上に腹を持ち、対流圏界面付近に節をもつ定在波が再現された。大気の安定度は温度場が負の値の時に不安定化し、正の値の時に安定化する。これにより、総規模擾乱においては対流圏の安定度を変えるため、低気圧の発達に影響を引き起こす可能性があると考えられる。より高緯度の北緯 70 度から伝播する波も対流圏に到達するが、AGWs の振幅は約数千分から 1 万分の 1 に減少した。熱圏のオーロラによる温度応答は 100K から 1000K であるので、対流圏に到達した際は 0.01 から 1.0K の応答があると考えられる。（田中）

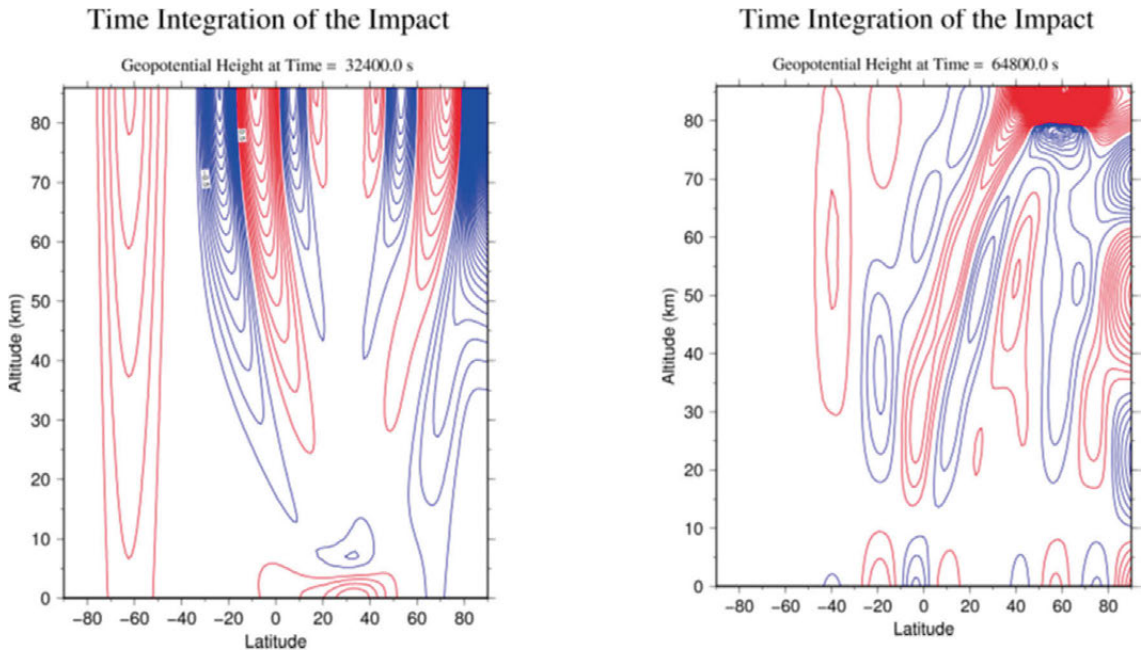

図 5　（左）中緯度の山岳強制により生じた東西波数 0 の重力波の上方伝播の解析解，（右）中間圏界面にオーロラオーバルを想定した初期値を与えた際の重力波下方伝播の解析解.

【7】S2S 時間スケールでの予測可能性とテレコネクションとの関係

2 週間から 2 ヶ月程度の時間スケールの数値天気予報は延長(S2S)予報と呼ばれる。S2S 予報は、中期予報（3 日から 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、S2S project によりアーカイブされている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、北半球における S2S 時間スケールの予測可能性を調査した。その結果、3-4 週間予報における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 6）。また、エルニーニョ時には PNA の位相と振幅の 4 週間予測のスキルが、NAO の位相の 3-4 週間予測のスキルが高くなることがわかった。一方、ラニーニャ時には、エルニーニョ時のような顕著な予測スキルの違いは見られなかった。さらに、S2S 時間スケールの予測を改善するには、ENSO に伴う外力の予測ではなく、中緯度の西風ジェットの予測を正確に表現する必要があることが示唆された。本研究の結果は、紋別で行われた第 35 回北方圏国際シンポジウム「オホーツク海と流氷」2020 において口頭発表を行った。（松枝）

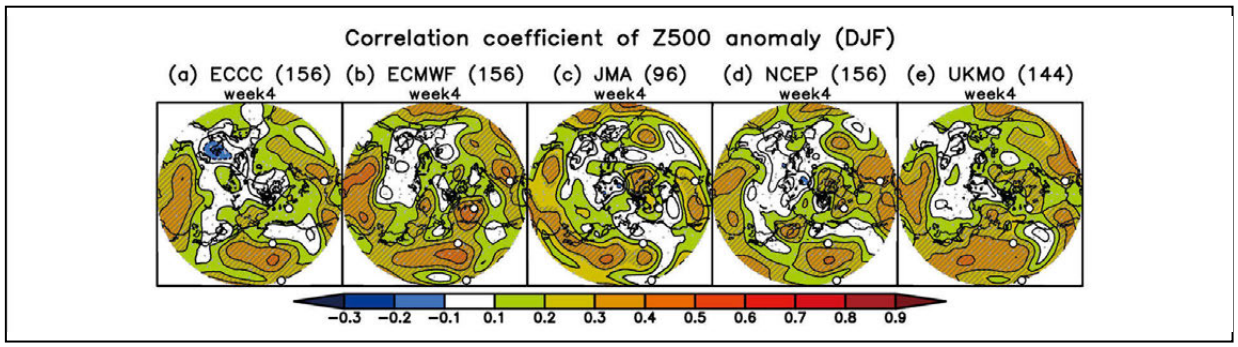

図 6 週間予報のスキル。白い点が PNA の作用中心を示している。

【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・プログラムのもと、カールスルーエ工科大(ドイツ)の Christian Grams 博士の研究グループと相互滞在型の国際共同研究を行った。今年度は、ドイツ側が 1 回、日本側が 2 回、相手国を訪問した。研究テーマは、欧州とアジア域における天候レジーム(しばしば目にする天気パターン)の予測可能性に関する研究で、(1) Grams 博士の開発した年を通してのレジーム検出方法のアジア域への適用、(2) 欧州域天候レジームの季節内スケール(1 ヶ月先まで)における予測可能性の新しい評価方法の確立などに取り組んだ。また、互いの機関でセミナーも行い、プログラムに参加していない研究者とも交流をした。（松枝）

【9】北極低気圧の予測における空間解像度依存性

数値予報モデルの予測精度を向上させるもっとも単純な方法としてモデルの高解像度化が考えられる。北極低気圧の予測に対するモデルの水平解像度の依存性を調べるために、ECMWF が研究・教育の用途で公開している簡易版現業予測モデル OpenIFS を用いた予測実験を行った。2008～2018 年における顕著な北極低気圧 13 事例について実験を行った。実験対象の解像度は、T639（赤道上約 32km）、 T511（同約 40km）、T319（同約 60km）の 3 種であり、T639 が ECMWF の現業アンサンブル予報で使用されている解像度である。初期値および境界値は ECMWF が提供するデータセット ERA5 の再解析データから作成した。実験の

結果、事例依存性は大きいものの、13 事例を平均すると解像度が高くなるほど予測精度が高く、T639 の予測精度がもっとも高いことがわかった。

事例に関わらず予報期間 4 日までは解像度依存性は小さいが、5 日以降は事例によって大きく差が開く事例とそうでない事例に二分された。3 日程度の予報期間では解像度による違いは明らかでないが、それより長い予報期間では精度の高い予測に数値モデルの高度化が必要であることを示している。予測誤差の空間分布を調べると、解像度が変化しても誤差の分布はほとんど変化しなかった。したがって、北極低気圧は事例ごとに異なる予測しにくい要素があり、それは高解像度化ではほとんど改善されないことが示された。これらの結果より、北極低気圧の予測において、わずかな誤差が非線形的に大きく成長するカオスの影響が比較的小さいことが示唆されている。（松枝）

【10】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。（松枝）

【11】VLES モデルの開発

数百メートルメッシュで、都市気象・気候を予測できる Very Large Eddy Simulation モデルの開発研究に着手した。CCS の既存の LES をベースに、多層キャノピーモデルを結合するフレームワークをデザインした。今後の開発に必要となるソースコードを整備した。そして、VLES に都市の力学的なバルク効果の導入に着手した。その他、LES の計算効率化のため、ビル形態係数を計算するモジュールの OpenMP 化に取り組んだ。（ドアン）

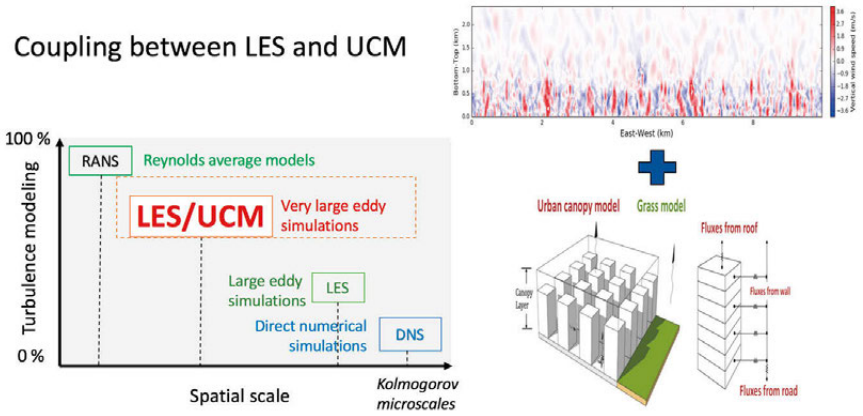

図 7　VLES モデルの概要。ビルディングのバルク効果を反映させるため、LES に多層キャノピーモデルを導入する。

【12】東南アジアの都市気候の研究

東南アジアの都市気候の研究のための観測データの収集とそれらの解析・分析を行った。熱帯都市における極端降水の数値的研究を行うため、研究対象のシンガポールの WRF 計算領域を設定し、テスト計算を行った。その他、都市化が起因する気候予測の不確実性について、ベトナム・ハノイ市をケーススタディとして、研究を始めた。複数の将来都市化シナリオを用いて、高解像度 WRF モデルで、将来都市気候を予測した。急成長都市を対象にした都市化シナリオによる気候予測の不確実性について世界で初めて定量的に評価した。(ドアン)

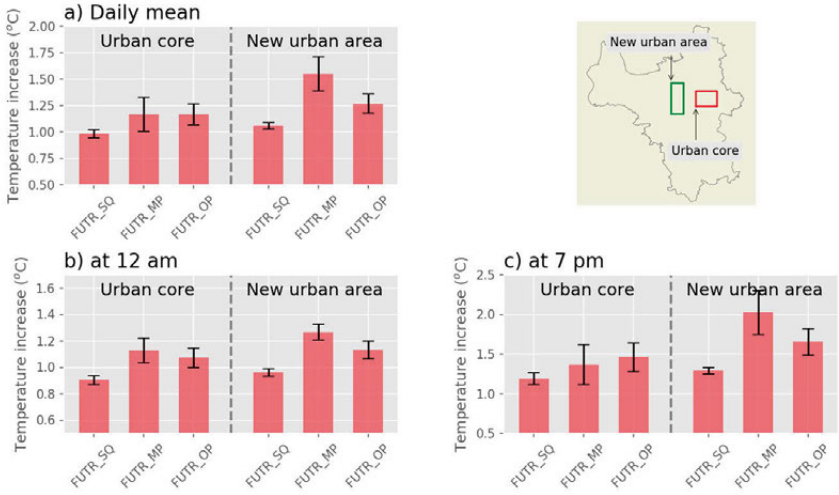

図 8　将来都市シナリオ(FUTR_SQ, FUTR_MP, FUTR_OP)の違いによる将来気温予測の不確実性（ベトナム・ハノイ市の場合）。

4. 教育

指導学生（日下）

D3（地球）　：加藤隆之、今井優真

D2（地球）　：浅野裕樹、佐藤拓人、佐藤亮吾

D1（地球）　：中村真悟、畔上泰彦

M2（地球）　：根岸もも子、前田知夏、前畑美瑠、永田彩、小林大樹、本橋洋介

M1（地球）　：池田貴史、五木田夏実、大津佑介

M1（教育）　：石田理沙

B4（地球）　：小迫茉里香、小野寺平、小林峻

指導学生（田中）

M2（地球）：栗花卓也、伊藤一輝、松信匠、岡崎晴菜、萩原美沙子、原淑貴

M1（地球）：縄司瑛太、豊岡大地、石山涼太、伊藤峻、熊谷怜皇

指導学生（松枝）

B4（地球）：毛利亮 、大貫航太朗

5. 受賞、外部資金、知的財産権等

受賞

1. ベストポスター賞、佐藤亮吾、佐藤拓人、日下博幸、清水麻美、荒木貴光、地域性と季節性を考慮した熱中症救急搬送者数予測手法の開発、2019 年 9 月 22 日（日下）

外部資金

1. 環境研究総合推進費、日下博幸、分担、2019～2021 年度、全年度直接経費：30,000,000 円（2019 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. 気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）、日下博幸、分担、2015～2019 年度、全年度直接経費：17,997,838 円：（2019 年度直接経費：2,796,928 円）、気候変動の影響評価等技術の開発に関する研究（日下）
3. 地域適応コンソーシアム事業、日下博幸、分担、2017～2019 年度、全年度直接経費：8,041,768 円（2019 年度直接経費：3,918,326 円）、関東地域事業委託業務（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、2019～2022 年度、全年度直接経費：未定（2019 年度直接経費：500,000 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）
5. 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、2019～2022 年度、全年度直接経費：未定（2019 年度直接経費：1,000,000 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）
6. 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、2018～2020 年度、全年度直接経費：1,700,000 円（2019 年度直接経費：350,000 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）
7. 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、2017～2019 年度、全年度直接経費：990,000 円（2019 年度直接経費：220,000 円）、基盤研究(B)都市大気環境におけるトレードオフの推計と機構解明 （日下）
8. 共同研究(株式会社ウェザーニューズ)、日下博幸、代表、2017～2020 年 8 月、全年度直接経費：995,520 円（全期間で左記の直接経費）、（日下）
9. 共同研究(株式会社竹中工務店)、日下博幸、代表、2017～2020 年度、全年度直接経費：3,133,200 円（2019 年度直接経費：1,000,000 円）、（日下）

10. 独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金、田中博、代表、2017～2019 年度、全年度直接経費 3,400,000 円（R1 年度直接経費：900,000 円）、基盤研究（C）ロスビー波の砕波と飽和による地衡風乱流理論の構築（田中）
11. 文部科学省・北極域研究推進プロジェクト(ArCS)、松枝未遠、分担、2015～2019 年度、全年度直接経費：23,290,000 円（R1 年度直接経費：4,050,000 円）、気象・海氷・波浪予測研究と北極航路支援情報の統合（松枝）
12. 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（R1 年度直接経費：1,100,000 円）、北極大気の予測精度向上に関する研究（山上）

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. Koyanagi, T., H. Kusaka, 2020: A climatological study of the strongest local winds of Japan “Inami-kaze”. International Journal of Climatology, 40, 1007-1021.
2. Nishi, A., H. Kusaka, 2019: The “Karakkaze” Local Wind as a Convexity Wind: A Case Study using Dual-Sonde Observations and Numerical Simulations. SOLA, 15, 160-165.
3. 日下博幸, 猪狩浩介，小久保礼子，佐藤拓人，ドアングアンヴァン, 2019:土地利用と人間活動が都市中心部の気温と暑さ指数の分布特性に及ぼす影響. E-Journal GEO, 14(1), 180-196.
4. Nishi, A., H. Kusaka, 2019: A Climatological Study of the Local “Karakkaze” Wind, with a Focus on Temperature Change. SOLA, 15, 149-153.
5. Doan, Q. V., V. N. Dinh, H. Kusaka, T. Cong, A. Khan, D. V. Toan, N. D. Duc, 2019: Usability and Challenges of Offshore Wind Energy in Vietnam Revealed by the Regional Climate Model Simulation. SOLA, 15, 113-118.
6. Nishi, A., H. Kusaka, L. L. Vitanova, Y. Imai, 2019: Contributions of Foehn and Urban Heat Island to the Extreme High-Temperature Event in Niigata City during the Night of 23–24 August 2018. SOLA, 15,132-136.

7. Tanaka, H.L., and M. Iguchi 2019: Numerical simulations of volcanic ash plume dispersal for Sakura-jima using real-time emission rate estimation, Journal of Disaster Research, 14, No.1, 160-172, 2019.
8. Matsunobu, T. and H.L. Tanaka 2019: Time series analysis of normal mode energetics for Rossby wave breaking and saturation using a simple barotropic model. Atmos. Sci. Let. DOI:10.1002/asl.940.
9. Yamagami, A., M. Matsueda, and H. L. Tanaka 2019: Skill of summertime extraordinary Arctic cyclones in a medium-range reforecast. Polar Science, doi:10.1016/j.polar.2019.02.003.
10. Subramanian, A., M. A. Balmaseda, R. Chattopadhyay, L. R. Centurioni, B. D. Cornuelle, C. DeMott, T. Hamill, H. Hendon, I. Hoteit, M. Flatau, Y. Fujii, S. T. Gille, A. Kumar, J. -H. Lee, D. Lucas, M. Matsueda, A. Mahadevan, S. H. Nam, S. Paturi, S. G. Penny, A. Rydbeck, R. Sun, A. Tandon, Y. Takaya, R. E. Todd, F. Vitart, D. Yuan and C. Zhang, 2019: Ocean observations to improve our understanding, modeling, and forecasting of subseasonal-to-seasonal variability. Front. Mar. Sci., doi:10.3389/fmars.2019.00427
11. Strommen, K., I. Mavilia, S. Corti, M. Matsueda, P. Davini, J. von Hardenberg, P. L. Vidale, and R. Mizuta, 2019: The Sensitivity of Euro-Atlantic Regimes to Model Horizontal Resolution. Geophys. Res. Lett., 46, 7810-7818. doi:10.1029/2019GL082843.
12. Matsunobu, T. and M. Matsueda, 2019: Assessing the predictability of heavy rainfall events in Japan in early July 2018 on medium-range timescales. SOLA, 15A, 19-24. doi:10.2151/sola.15A-004.
13. Vu, D.Q., Q. V. Doan, V. N. Dinh, D. D. Nguyen, 2020: Evaluation of resource spatial-temporal variation, dataset validity, infrastructures and zones for Vietnam offshore wind energy. Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering, 62 (1), doi:10.31276/VJSTE.62(1).03-16
14. Doan, Q.V., H. Kusaka, M. T. Nguyen, 2019: Roles of past, present, and future urbanization on urban heat island effects in Hanoi, Vietnam: Numerical experiments with a regional climate model. Sustainable Cities and Society 47, 1-9.

B) 査読無し論文

特になし

(2) 国際会議発表

A) 招待講演

1. 日下博幸: 2019. How to project future climate by dynamical downscaling method? Climate Change Downscaler Training Workshop(招待講演) Khlong Luang, Thailand. 2019/06/03.
2. Matsueda, M., 2019: Flow-dependent predictability of wintertime Euro-Atlantic weather regimes in medium-range forecasts. Workshop on predictability, dynamics and applications research using the TIGGE and S2S ensembles. 2 – 5 April 2019, Reading, UK.

B) 一般講演

1. Sato, T., O. Tatebe, H. Kusaka 2019: In-situ Data Analysis System for High Resolution Meteorological Large Eddy Simulation Model. 6th IEEE/ACM International Conference on Big Data Computing, Applications and Technologies (BDCAT'19),155-158,2019/12/05.
2. Sato, R., H. Kusaka, 2019: Climatological study of channeling flow focused on surface geostrophic wind. The 35th International Conference on Alpine Meteorology（ICAM）, Riva del Garda/Italy. 2019/09/02
3. Asano, Y., H. Kusaka, 2019: Dynamical effect of topography of Aso caldera on "Matsubori-kaze". The 35th International Conference on Alpine Meteorology（ICAM）, Riva del Garda/Italy. 2019/09/02
4. Nishi, A., H. Kusaka, L. L. Vitanova, Y. Imai, 2019: Contributions of Foehn winds and Urban Heat Island to the nocturnal Extreme High-Temperature Event in Niigata City, Japan. The 35th International Conference on Alpine Meteorology（ICAM）, Riva del Garda/Italy. 2019/09/02
5. Kusaka, H., A. Nishi, A. Kakinuma, 2019: Climatological study of south foehn in Japan: Dynamic, thermodynamic, or hybrid/scrambling type? The 35th International Conference on Alpine Meteorology（ICAM）, Riva del Garda/Italy. 2019/09/02
6. Yamagami, A. and M. Matsueda, 2019: Assessment of sub-seasonal forecast skill over the Northern Hemisphere in operational ensemble forecasts. The Tenth Symposium on Polar Science. 3rd – 5th December, 2019, Tokyo, Japan.
7. Yamagami, A. and M. Matsueda, 2020: Predictability of weekly mean atmospheric variability over the Northern Hemisphere on S2S timescales. The 34th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans. 17th – 19th February, 2020, Mombetsu, Japan.

(3) 国内学会・研究会発表

A) 招待講演

特になし

B) その他の発表

1. 日下博幸, 佐藤亮吾, 2020: クラスター分析を用いた日本の気候区分, 日本地理学会 2020 年春季学術大会, 東京, 2020/03/27
2. 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, 日本地理学会 2020 年春季学術大会, 東京, 2020/03/27
3. 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, 日本地理学会 2020 年度春季大会,東京, 2020/03/27
4. 石崎 紀子, 日下 博幸, 荒木 貴光, Quan Van Doan, 池田 亮作, 2019: 領域モデルにおける境界層スキームと ramp 現象の再現性, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 福岡, 2019/10/30
5. 阿部 紫織, 中村 要介, 浅野 裕樹, 日下 博幸, 2019: 流域単位の降雨予測による洪水予報精度向上と リードタイム確保の可能性, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 福岡, 2019/10/30
6. 佐藤 亮吾, 佐藤 拓人, 日下 博幸, 清水 麻未, 荒木 貴光, 2019: 地域性と季節性を考慮した熱中症救急搬送者数予測手法の開発, 日本ヒートアイランド学会 第 14 回全国大会, 千葉, 2019/09/22
7. 横山 仁, 安達 聖, 宇治 靖, 金子 竜也, 浅野 裕樹, 日下 博幸, 2019: 茨城県つくば市における 2018 年夏季の気温分布, 日本ヒートアイランド学会 第 14 回全国大会, 千葉, 2019/09/21
8. Vitanova, L. L, H. Kusaka, 2019: Impact of urbanization on the surface air temperature across Bulgaria, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会（Japan Geoscience Union Meeting 2019）, 千葉, 2019/05/26
9. Vitanova, L. L, H. Kusaka, 2019: Possible impact of urbanization on the surface air temperature in Sendai City in the past 150 years, 日本気象学会 2019 年度春季大会（2019 MSJ Spring Meeting）, 東京, 2019/05/15
10. 萩原・田中 2019, 熱圏と対流圏を繋ぐ大気重力波の解析. 日本気象学会 2019 秋季大会予稿集
11. 松信・田中 2019, ロスビー波の砕波実験による順圧 3 次元ノーマルモードエネルギースペクトルの形成過程に関する研究. 日本気象学会 2019 秋季大会予稿集
12. 田中・萩谷 2019, 球面座標系における亜熱帯ジェットの地衡風調節（解析解）. 日本気象学会 2019 秋季大会予稿集
13. 山上晃央, 松枝未遠, 2019: 夏季の顕著な北極低気圧とその予測可能性. 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月 15–18 日, 東京

(4) 著書、解説記事等

1. 田中博 2019: 地球大百科事典　地球物理編　翻訳者, 監訳：井田喜明・木村龍治・鳥海光弘、朝倉書店, 2019 年 10 月.
2. 田中博 2019: 地球温暖化はどこまでが自然変動か. 国際環境経済研究所 (IEEI) 解説記事　2019/10/11.
3. 赤祖父俊一・田中博 2020: 地球温暖化は止まっている. 国家基本問題研究所 (ろんだん) 解説記事 2020/02/05.
4. 田中博 2020: 地球温暖化は止まっていないへの再反論. 国家基本問題研究所 (ろんだん) 解説記事 2020/02/10.
5. 田中博 2020: 地球温暖化予測はあくまで仮説-CO2 の影響範囲見極めを. 月刊エネルギーフォーラム, No. 5, P98-99

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・ドアン）
・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. 気象業務支援センターとの共同研究（日下）
4. 環境省地域適応コンソーシアム事業・パシフィックコンサルタンツ株式会社との共同研究（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（日下）
2. ハノイ科学技術大学（USTH）と本センター間の協定（日下）
3. アリゾナ州立大学（UCRC）と本センター間の協定（日下）
4. 日越大学（VNU）（ベトナム）との連携（日下）
5. アジア工科大学院（Asian Institute of Technology）（タイ）との連携（日下）

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（日下）
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. インドネシア気候・気象・地球物理庁との共同研究、SATREPS火山灰追跡モデル（田中）
9. 米国ミズリー大学コロンビア校との共同研究、ブロッキング現象、部局間協定（田中）
10. 筑波大学/筑波大学・ドイツ学術交流会(DAAD) パートナーシップ・プログラム(ドイツ・カールスルーエ工科大学との相互滞在型研究プログラム)（松枝）

8. シンポジウム、研究会、スクール等の開催実績

1. 都市気候の将来予測に関する国際ワークショップの開催（日下）
2. TGSW2019 でのセッション開催（日下）

9. 管理・運営

1. 学長補佐（日下）
2. 生命環境科学研究科長（田中）
3. 教育研究評議員（田中）
4. T-ACT 推進室員（田中）

10. 社会貢献・国際貢献

1. 東京都環境影響評価審議会委員（日下）
2. オリンピック・パラリンピック暑熱環境測定等検討委員会委員（日下）
3. 熱中症予防声かけプロジェクト実行委員（日下）
4. 日本学術会議自然地理学環境防災小委員会委員（日下）
5. 日越大学での授業、タイのアジア工科大学院での講義（日下）
6. 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（日下）
7. 東京都環境影響評価審議会　委員（日下）
8. 日本ヒートアイランド学会　理事（日下）
9. 気候影響・利用研究会　幹事（日下）
10. 日本気象予報士 CPD 制度、運営委員、認定委員（田中）
11. 気象研究所、評議員 (田中)
12. 気象庁異常気象分析作業部会 委員 (松枝)

13. 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)
14. アメリカ気象学会（AMS）都市環境部会（BUE）委員（ドアン）

11. その他：メディア関連

1. NHK ラジオ第一「ＮＨＫジャーナル」（2019 年 9 月 9 日）
   オリンピックの暑さ対策に関連して、日下教授の都市気象予測の研究が紹介された。
2. 毎日新聞、新潟日報ほか（2019 年 8 月 6 日）
   日下教授と西暁史研究員の、新潟の熱帯夜に関する研究成果が掲載された。
3. NHK 総合「首都圏ネットワーク」（2019 年 8 月 6 日）
   オリンピックの暑さ対策に関連して、日下教授の都市気象予測の研究が紹介された。
4. 毎日新聞　夕刊（2019 年 7 月 29 日）
   日下教授と西暁史研究員の、熊谷猛暑とフェーンの研究成果が掲載された。
5. 読売新聞（2019 年 7 月 25 日）
   日下教授と民間気象会社「ウェザーニューズ」が共同で行っている都市気象予測モデルの研究に関する内容が一面に掲載された。
6. 日本経済新聞　夕刊（2019 年 6 月 17 日）
   日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。
7. 産経新聞夕刊（2019 年 6 月 17 日）
   日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。
8. 東京新聞夕刊（2019 年 6 月 17 日）
   日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。
9. 信濃毎日新聞（2019 年 6 月 17 日）
   日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。
10. 神戸新聞（2019 年 6 月 18 日）
    日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。
11. 静岡新聞（2019 年 6 月 18 日）

日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。

12. 共同通信社
日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。

13. 神戸新聞 NEXT
日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。

14. 河北新報　ONLINE NEWS
日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。

15. デジタル毎日
日下教授と西暁史研究員の熊谷の猛暑の論文の内容が、新聞、オンラインニュースに掲載された。

16. NHK E テレ （2019 年 4 月 24 日）
「又吉直樹のヘウレーカ！」に日下教授が出演。タイトルは「風はどこから吹いてくる？」。