

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K13258

研究課題名（和文）熱帯での対流性降水への都市化の効果に関する研究

研究課題名（英文）Urbanization impacts on convective precipitation in the tropics

研究代表者

Doan Quang Van (Doan, Quang Van)

筑波大学・計算科学研究センター・助教

研究者番号：80869264

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、熱帯都市のシンガポール、ラゴス（ナイジェリア）と東京を対象として、高解像度数値モデリング手法で、降水量に対する都市の影響を明らかにした。具体的に、都市が局所的な降水の時空間パターンに大きな影響を与えることが示された。その影響は極端な降水にも及んでいる。そして、都市の影響は、対流性降水が支配的な熱帯地方で特に顕著である。都市影響のメカニズムとして、都市ヒートアイランド効果が境界層の不安定性を誘発し、水平方向の水分収束・対流の形成と降水を促進する。また、沿岸部の都市では、都市のヒートアイランド効果により海風が強まり、海洋からの水分供給が増加する可能性があることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果の社会的意義は、都市計画、防災、気候変動への適応策への示唆にある。都市が局所的な降水量をどのように変化させるかを理解することで、都市計画者は、排水システムの改善、グリーンインフラの導入、洪水リスクを最小化する都市デザインの最適化など、異常降雨の悪影響を軽減する対策を設計・実施することができる。さらに気候変動は、降水パターンに変化をもたらし、都市部が直面する問題を激化させると予想されている。降水量の変化における都市化の役割を理解することは、持続可能な街づくりに向けて効果的な適応策を策定する上で極めて重要である。

研究成果の概要（英文）：This study utilized a high-resolution numerical modeling approach to investigate the city influence on precipitation in various climate backgrounds, i.e., Tokyo, Singapore, and Lagos (Nigeria). The research findings demonstrate the significant city impact on modifying localized precipitation spatiotemporal patterns, even for extreme precipitation events. The city impact is particularly pronounced in the tropics, where convection-driven precipitation dominates. Urban impact on precipitation is attributed to the urban heat island effect, which induces instability in the boundary layer. This instability enhances horizontal moisture convergence promoting convection formation and subsequent precipitation. The study also found that, in coastal cities, the moisture supply from the ocean could be increased due to the strengthening sea breeze because of the urban heat island effect.

研究分野：気候・気象学、地理

キーワード：対流性降水 熱帯 都市ヒートアイランド 気候数値モデル 海陸風 都市化

## 1. 研究開始当初の背景

都市の対流性降水については、近年、関心が高まっている。しかしながら、都市がどのように対流性降水に影響するのかについては未解明の部分が多い。対流性降水は出現頻度が低い上、局地性が高く、変動実態を捉えにくいのが一因である。都市で発生する雨は他のメソスケールの循環(海陸風、山谷循環等)にも影響されることから、直接的に都市効果を特定することが難しい。

対流性降水に対する都市の効果については世界各地で研究されてきた。その代表は、アメリカ主要都市を対象とした観測キャンペーン **Metropolitan Meteorological Experiment** である。その結果は、都市化の風下側の降水量を増やした効果を示した。特にこの効果は夏に顕著に現れる。日本の場合も東京の降水(非継続的)の長期変化傾向が確認され、郊外に比べて都市部では、春や夏の夕方を中心に降水量の増加傾向が分かった。これらは都市化の影響による降水変化の可能性を示唆するものである。

最近、高解像度数値気候モデルを用いた都市降水のメカニズムについての研究もされるようになった。これまで得られた知見は(1)都市化は都市やその風下側の対流性降水を増やすこと(2)その効果は午後から夕方まで最も大きいこと(3)都市は小雨より大雨に対して顕著に影響すること等である。これらの要因として都市ヒートアイランド現象や水蒸気の水平収束の強化や鉛直流の増加等が示された。他にも、人工排熱を含む都市で増加する顕熱も大きな役割を果たすことが示された。つまり、今までの研究では、都市化の影響に関しても、物理的なメカニズムに関しても、まだ理論が定まっていない現状にある。

加えて、これまでの都市降水についての研究には落とし穴がある。これは研究のほとんどが高緯度温帯気候地域の都市に注目することから、得られた知見に偏りがあるためである。熱帯での対流性降水に対する都市化の効果については未だほとんど解明されていない。

一方、熱帯地域は、温帯地域より、大気が不安定であり、常に高温高湿で、対流性降水が発生しやすい環境である。特に卓越風が弱いインターモンスーン期に、大気の総観場の影響より局地スケールで発生する対流による雨の方が主流となる。このような理由で、温帯より、熱帯の方が、対流性降水への都市影響の研究に適切な対象だと考えられる。

また、将来の都市は地球温暖化にも影響されている。大気の温度が高くなると、空気中の水蒸気量も増える。したがって、将来は大雨の頻度が増えていくと予測されている。一方、熱帯が低緯度にあるから高緯度より海面上昇が深刻である。東南アジアのメガシティは海岸に位置しているところが多いため、将来の降水変動や海面上昇により危機的状況に置かれている。そして、当地域では、今後にも都市化が進んでいくため、何より都市化による降水変動への影響実態を把握する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究は、熱帯都市(東南アジア等)と比較対象の日本の東京を研究対象とする。高解像度気候シミュレーション技術を活かして、熱帯気候での都市化が対流性降水に与える影響を明らかにする。また、その都市化効果の物理的メカニズムを説明する。地域間の比較で、熱帯と温帯での都市降水に関する物理的メカニズムの違いを明らかにする。

## 3. 研究の方法

本研究では、対流過程を直接計算する高解像度数値気象予測システムを用いて降水のシミュレーションを行う。熱帯地域の都市、具体的にはシンガポールとラゴス、そして東京のような中緯度都市を対象とした。目的は、これらの地域の降雨気候や異常気象に対する都市のシグナルを検出することである。都市化が降水パターン、特に極端なイベントの発生にどのような影響を与えるかを理解することを目的とする。高解像度の数値モデルにより、都市環境と大気の複雑な相互作用を解析することができ、都市化がこれらの都市の気候や異常気象に与える影響について知見を得ることができる。

シミュレーションでは、土地利用シナリオと気候強制シナリオの両方を考慮した。これらのシナリオを組み込むことで、土地利用の変化が地域の気候、特に降雨パターンや極端な現象にどのような影響を与えるかを調査することができる。さらに、結合モデル相互比較プロジェクトフェーズ5(CMIP5)による気候シナリオを活用する。様々な気候シナリオの影響を調べることで、異なる気候変動シナリオの下で降雨パターンや極端な事象が変化する可能性について洞察を得られる。この統合的なアプローチにより、都市化が降雨パターンにどのような影響を与えるかを深く理解する。

## 4. 研究成果

本研究は、都市化によって都市部やその周辺での対流性降水現象が増大するという重要な役

割を果たすことを示している。特に熱帯都市であるシンガポールに焦点を当て、シミュレーション結果とレーダー観測データから、シンガポール北部に降水ホットスポットが存在することが明確に示された。また、都市部を除いた感度シミュレーションを行った結果、降水ホットスポットは都市部と大気との相互作用に大きく影響されることが明らかになりました。都市ヒートアイランド現象は、土地建物の構造の変化や人間活動による熱の排出によって生じる地表面加熱の増加によって、都市部の大気の不安定性を高めていることが明らかになりました。都市境界層における水平収束によって、周辺地域からの空気湿気を都市上空に収束させ、雲形成とその後の降雨を促進する。

さらに、海陸風パターンの変化が、シンガポールにおける降雨エピソードの重要な要因であることが明らかになった。都市のヒートアイランド現象は、日中の海陸の温度差を拡大させ、海風の発達と内陸への侵入を促進する。興味深いことに、都市ヒートアイランド効果に伴う循環パターンや建物による表面粗度に起因する都市摩擦は、海風の内陸への侵入を妨げる傾向があり、海風前線が海側に移動して都市部直上に湿気の収束帯を形成する。これらのメカニズムから、シンガポールの降雨ホットスポットの根本的な原因が明らかになった。

沿岸の熱帯都市であるナイジェリアのラゴスを対象とした同様の研究でも、これらの知見は裏付けられている。ただし、ラゴスの場合は、アンサンブル数値モデルによるアプローチを採用し、異常降雨イベントを調査した。また、ラゴスの研究では、都市部が極端な降雨現象のタイミングや空間パターンに大きな影響を与える可能性があることを示す、同等の物理的メカニズムが働いていることを明らかにしている。

地球温暖化の影響を考慮した場合、将来の都市部の降雨パターンがどのように変化するかという問題については、東京とシンガポールに焦点を当てた比較研究により、時間降水量における「極端がより極端になる」現象の観点から、地球温暖化の著しいシグナルを明らかになった。この結果は、クラウジウス・クラペイロンの関係で提唱されている将来の降水量の変化に関する一般的なパラダイム（すなわち、1度の温暖化で7%増加）を覆すものであり、超クラウジウス・クラペイロン率を上回る、予想以上の異常降水量の増加を示している。このような「極端が極端になる」現象は、降水可能な水の量が増えるという大気中の水分量の増加と、上空が下空よりも暖かくなることによる大気の大気安定性の増加という2つの重要な要因に起因していると考えられる。この安定性の向上は、弱い対流を抑制し、それが閾値に達するまで、大気キャップを破って深い対流に発展させ、異常降雨を激化させる。これらの結果は、都市計画者にとって大きな意味を持ち、将来の気候で予想される降雨量の増加に対応できる持続可能な都市インフラを設計する必要性を強調するものである。

最後に、本研究は、地球温暖化という気候システムの「ニューノーマル」のもとで、都市の影響がどのように変化するかについて重要な知見を提供した。シンガポールの結果は、都市のヒートアイランド現象の副作用に起因する降雨ホットスポットが、地球温暖化強制力を組み込んだ数値シミュレーションの下では消滅する可能性があることを示唆している。この結果は、都市の降水、特に都市の気候に関する我々の現在の理解が、異なる気候レジーム下で異なる可能性があることを認識することの重要性を強調するものである。このような現象は、今後の研究でさらに追究されるべきものである。

## 5. 査読付き論文

- 1) Doan Q-V, Kobayashi S, Kusaka H, Chen F, He C, Niyogi D. 2022. Tracking urban footprint on extreme precipitation in an African megacity. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, doi: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-22-0048.1>
- 2) Doan Q-V, Chen F, Kusaka H, Wang J, Kajino M, Takemi T. 2022. Identifying a new normal in extreme precipitation at a city scale under warmer climate regimes: A case study of the Tokyo metropolitan area, Japan. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2022JD036810. <https://doi.org/10.1029/2022JD036810>
- 3) Wang J, Miao S, Doan Q-V, Chen F, Abolafia-Rosenzweig R, Yang L, Zhang G, Zhang Y, Dou J, Xu Y. 2023. Quantifying the impacts of high-resolution urban information on the urban thermal environment, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, doi: 10.1029/2022JD038048.
- 4) Gu Y, Kusaka H, Doan Q-V. 2022. An Advection Fog Event Response to Future Climate Forcing in the 2030s – 2080s: A case study for Shanghai, *Frontiers of Earth Science*, doi: 10.1007/s11707-022-1002-5
- 5) Doan Q-V, Chen F, Asano Y, Gu Y, Nishi A, Kusaka H, Niyogi D. 2022. Causes for asymmetric warming of sub-diurnal temperature responding to global warming. *Geophysical Research Letters*, 49, e2022GL100029. <https://doi.org/10.1029/2022GL100029>
- 6) Khan A, Khorat S, Doan QV, Khatun R, Das S, Hamdi R, Carlosena L, Santamouris M, Georgescu M, Niyogi D, Exploring the meteorological impacts of surface and rooftop heat mitigation strategies over a tropical city, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, doi: 10.1029/2022JD038099
- 7) Nguyen TH, Ngo TH, Nagashima T, Lam YF, Doan Q-V, Kurokawa J, Chatanic S,

- Derdouri A, Cheewaphongphan P, Khan A, Niyogi D. 2022. Development of current and future high-resolution gridded emission inventory of anthropogenic air pollutants for urban air quality studies in Hanoi, Vietnam. *Urban Climate*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101334>
- 8) Nguyen VT, Doan Q-V, Tran NN, Luong LTM, Chinh PM, Thai PK, Phung D, Le HHTC, Dang TN. 2022. The protective effect of green space on heat-related respiratory hospitalization among children under 5 years of age in Hanoi, Vietnam. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21064-6>
  - 9) Doan Q-V, Chen F, Kusaka H, Dipankar A, Khan A, Hamdi R, Roth M, Niyogi D. 2022. Increased Risk of Extreme Precipitation over an Urban Agglomeration with Future Global Warming. *AGU Earth's Future*, e2021EF002563. <https://doi.org/10.1029/2021EF002563>.
  - 10) Khan A, Carlosena L, Feng J, Khorat S, Khatun R, Doan Q-V, Santamouris M. 2022. Optically Modulated Passive Broadband Daytime Radiative Cooling Materials Can Cool Cities in Summer and Heat Cities in Winter. *Sustainability*, 14(3): 1110. <https://doi.org/10.3390/su14031110>.
  - 11) Feng J, Khan A, Doan Q-V, Gao K, Santamouris M. 2021. The heat mitigation potential and climatic impact of super-cool broadband radiative coolers on a city scale. *Cell Reports Physical Science*, 2(7): 100485. <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2021.100485>.
  - 12) Khan A, Carlosena L, Khorat S, Khatun R, Doan Q-V, Feng J, Santamouris M. 2021. On the winter overcooling penalty of super cool photonic materials in cities. *Solar Energy Advances*, 1: 100009. <https://doi.org/10.1016/j.seja.2021.100009>
  - 13) Simón-Moral A, Dipankar A, Doan Q-V, Sanchez C, Roth M, Becker E, Huang X-Y. 2021. Urban intensification of convective rainfall over the Singapore – Johor Bahru region. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 147(740): 3665–3680. <https://doi.org/10.1002/qj.4147>.
  - 14) Vitanova LL, Kusaka H, Doan Q-V, Subasinghe S. 2021. How urban growth changes the heat island effect and human thermal sensations over the last 100 years and towards the future in a European city? *Meteorological Applications*, 28(4): e2019. <https://doi.org/10.1002/met.2019>.
  - 15) Wang J, Chen F, Doan Q-V, Xu Y. 2021. Exploring the effect of urbanization on hourly extreme rainfall over Yangtze River Delta of China. *Urban Climate*, 36: 100781. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100781>.
  - 16) Doan Q-V, Dipankar A, Simón-Moral A, Sanchez C, Prasanna V, Roth M, Huang X-Y. 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. <https://doi.org/10.1002/qj.3966>.
  - 17) Hamdi R, Kusaka H, Doan Q-V, Cai P, He H, Luo G, Kuang W, Caluwaerts S, Duchêne F, Van Schaeybroek B, Termonia P. 2020. The State-of-the-Art of Urban Climate Change Modeling and Observations. *Earth Systems and Environment*, 4(4): 631–646. <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00193-3>.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 12件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Doan Quang Van, Chen Fei, Kusaka Hiroyuki, Dipankar Anurag, Khan Ansar, Hamdi Rafiq, Roth Matthias, Niyogi Dev	4. 巻 -
2. 論文標題 Increased Risk of Extreme Precipitation over an Urban Agglomeration with Future Global Warming	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Earth's Future	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021EF002563	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Simon Moral Andres, Dipankar Anurag, Doan Quang Van, Sanchez Claudio, Roth Matthias, Becker Erik, Huang Xiang Yu	4. 巻 147
2. 論文標題 Urban intensification of convective rainfall over the Singapore-Johor Bahru region	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 3665 ~ 3680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.4147	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Khan Ansar, Carlosena Laura, Khorat Samiran, Khatun Rupali, Doan Quang-Van, Feng Jie, Santamouris Mattheos	4. 巻 1
2. 論文標題 On the winter overcooling penalty of super cool photonic materials in cities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solar Energy Advances	6. 最初と最後の頁 100009 ~ 100009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.seja.2021.100009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Khan Ansar, Khorat Samiran, Khatun Rupali, Doan Quang-Van, Nair U. S., Niyogi Dev	4. 巻 25
2. 論文標題 Variable Impact of COVID-19 Lockdown on Air Quality across 91 Indian Cities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth Interactions	6. 最初と最後の頁 57 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/EI-D-20-0017.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Doan Quang-Van, Kusaka Hiroyuki, Sato Takuto, Chen Fei	4. 巻 14
2. 論文標題 S-SOM v1.0: a structural self-organizing map algorithm for weather typing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	6. 最初と最後の頁 2097 ~ 2111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-14-2097-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tran Dang An, Tsujimura Maki, Ha Nam Thang, Nguyen Van Tam, Binh Doan Van, Dang Thanh Duc, Doan Quang-Van, Bui Dieu Tien, Anh Ngoc Trieu, Phu Le Vo, Thuc Pham Thi Bich, Pham Tien Dat	4. 巻 127
2. 論文標題 Evaluating the predictive power of different machine learning algorithms for groundwater salinity prediction of multi-layer coastal aquifers in the Mekong Delta, Vietnam	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Indicators	6. 最初と最後の頁 107790 ~ 107790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolind.2021.107790	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tran Dang An, Tsujimura Maki, Pham Hai V., Nguyen Tam V., Ho Loc Huu, Le Vo Phu, Ha Khai Quang, Dang Thanh Duc, Van Binh Doan, Doan Quang-Van	4. 巻 29
2. 論文標題 Intensified salinity intrusion in coastal aquifers due to groundwater overextraction: a case study in the Mekong Delta, Vietnam	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Science and Pollution Research	6. 最初と最後の頁 8996 ~ 9010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11356-021-16282-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Feng Jie, Khan Ansar, Doan Quang-Van, Gao Kai, Santamouris Mattheos	4. 巻 2
2. 論文標題 The heat mitigation potential and climatic impact of super-cool broadband radiative coolers on a city scale	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cell Reports Physical Science	6. 最初と最後の頁 100485 ~ 100485
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.xcrp.2021.100485	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Khan Ansar, Carlosena Laura, Feng Jie, Khorat Samiran, Khatun Rupali, Doan Quang-Van, Santamouris Mattheos	4. 巻 14
2. 論文標題 Optically Modulated Passive Broadband Daytime Radiative Cooling Materials Can Cool Cities in Summer and Heat Cities in Winter	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 1110 ~ 1110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su14031110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Vitanova Lidia Lazarova, Kusaka Hiroyuki, Doan Quang Van, Subasinghe Shyamantha	4. 巻 28
2. 論文標題 How urban growth changes the heat island effect and human thermal sensations over the last 100 years and towards the future in a European city?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Meteorological Applications	6. 最初と最後の頁 e2019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/met.2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Doan Quang Van, Dipankar Anurag, Simon Moral Andres, Sanchez Claudio, Prasanna Venkatraman, Roth Matthias, Huang Xiang Yu	4. 巻 147
2. 論文標題 Urban induced modifications to the diurnal cycle of rainfall over a tropical city	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 1189 ~ 1201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/qj.3966	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Jie, Chen Fei, Doan Quang-Van, Xu Youpeng	4. 巻 36
2. 論文標題 Exploring the effect of urbanization on hourly extreme rainfall over Yangtze River Delta of China	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Urban Climate	6. 最初と最後の頁 100781 ~ 100781
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.uclim.2021.100781	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Azegami Y, Tanaka H, Doan Q-V, Kusaka H.
2. 発表標題 Analysis of strong winds by numerical experiments under current and future climates for Typhoon Hagibis in 2019
3. 学会等名 Summaries to Technical Papers of Annual Meeting, Japan Association for Wind Engineering
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Doan Q-V, Chen F, Kusaka H.
2. 発表標題 Change in extreme precipitation characteristics in urban areas under global warming
3. 学会等名 AGU 2021 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Doan Q-V, Vijayaraghavan S, Nguyen NS.
2. 発表標題 Sea breeze change and heat-related risk in urban environment under global warming
3. 学会等名 AGU 2021 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Vitanova LL, Yamamura S, Kusaka H, Doan Q-V.
2. 発表標題 Study on multiple impacts of COVID-19 pandemic on the urban environment in Tokyo metropolitan area
3. 学会等名 AOGS 2021 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Doan Q-V, Chen F, Kusaka H, Khan A, Dipankar A, Hamdi R, Gupta A, Niyogi D
2. 発表標題 Response of Extreme Convective Rainfall in a Tropical City to the Future Warming Climate
3. 学会等名 AOGS 2021 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Doan Q-V, Chen F, Kusaka H, Wang J, Kajino M, Takemi T.
2. 発表標題 Global Warming and Extreme Precipitation in a Mega City: A Case Study of Tokyo
3. 学会等名 AOGS 2021 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kusaka H, Doan Q-V, Nakamura S, Vitanova LL, Estoque R.
2. 発表標題 The Impact of Urbanization in Southeast Asia on the Local Climate Over the Last 100 Years: Numerical Study with Regional Climate WRF Model
3. 学会等名 AOGS 2021 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nguyen TH, Nagashima T, Doan Q-V
2. 発表標題 A High-resolution Emission Inventory of Air Pollutants for Air Quality Modelling Studies in Hanoi, Vietnam
3. 学会等名 AOGS 2021 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yamamura S, Vitanova LL, Kusaka H, Doan Q-V
2. 発表標題 Transit-Oriented Development: Concept for Improving the Environmental Value and Reducing the Environmental Load
3. 学会等名 AOGS 2021 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yamamura S, Vitanova LL, Doan Q-V
2. 発表標題 Transit-Oriented Urban Development for improving the human health and reducing the environmental load
3. 学会等名 the 17th International Conference on Urban Health (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Quang-Van Doan, Anurag Dipankar, Andres Simon-Moral
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本地理学会2020年度秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 日下博幸, Quang-Van Doan, Lidia Vitanova, 中村真悟, Ronald Estoque
2. 発表標題 アジアのメガシティの都市気候
3. 学会等名 日本地理学会2020年度秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Quang-Van Doan, Fei Chen, Hiroyuki Kusaka, Jie Wang
2. 発表標題 Linkage between urbanization and the change in extreme precipitation over the Tokyo metropolitan area
3. 学会等名 AGU Fall meeting
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Jie Wang, Fei Chen, Quang-Van Doan, Youpeng Xu
2. 発表標題 Using High-resolution Satellite Precipitation Products to Explore the Effect of Urbanization on Heavy Rainfall over Yangtze River Delta of China
3. 学会等名 AGU Fall meeting
4. 発表年 2020年～2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大学ホームページ <a href="https://trios.tsukuba.ac.jp/ja/researcher/0000004328">https://trios.tsukuba.ac.jp/ja/researcher/0000004328</a> Researchmap <a href="https://researchmap.jp/doanquangvan/published_papers">https://researchmap.jp/doanquangvan/published_papers</a> Google scholar <a href="https://scholar.google.com/citations?user=NGH2jQYAAAAJ&amp;hl=en">https://scholar.google.com/citations?user=NGH2jQYAAAAJ&amp;hl=en</a> Researchgate <a href="https://www.researchgate.net/profile/Quang-Van-Doan">https://www.researchgate.net/profile/Quang-Van-Doan</a> Github <a href="https://doan-van.github.io">https://doan-van.github.io</a>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	National Center for Atmospheric Research	University of Texas at Austin		
英国	Met Office			
ベトナム	Vietnam National University, Hanoi			
シンガポール	Centre for Climate Research Singapore	National University of Singapore		
オーストラリア	University New South Wales			