

(様式7 終了時A)

研究プロフィールシート（終了時評価）

研究課題名： a5 大気境界層過程の乱流スキーム高度化に関する研究

研究期間： 平成26年度～平成30年度

研究代表者： 毛利 英明（環境・応用気象研究部 第5研究室長）

研究担当者：

[環境・応用気象研究部]	○毛利 英明、北村 祐二（平成26～30年度）
	藤枝 剛、川端 康弘（平成26～28年度）
	萩野谷 成徳（平成26～27年度）
	水野 吉規（平成28～30年度）
	守永 武史（平成29～30年度）
[気候研究部]	保坂 征宏（平成26～30年度）
[予報研究部]	伊藤 純至（平成27～29年度）
[併任：気象庁予報部]	米原 仁（平成26～30年度）
[併任：気象庁観測部]	小野木 茂（平成26～30年度）
	守永 武史（平成28年度）
[客員研究員等]	伊藤 純至（平成26・30年度）
	西澤 誠也（平成27～30年度）
	萩野谷 成徳（平成28～30年度）

1. 研究の背景・意義

大型計算機の処理能力が向上した結果、高い解像度で数値予報を行う機運が高まっている。しかし現在の大型計算機の能力をもってしても、大気境界層における乱流現象を完全に分解して表現することは不可能であり、乱流による運動量・熱・水輸送は、サブグリッド乱流スキームを用いたパラメタリゼーションで表現せざるを得ない。大気境界層における乱流輸送は大気全体に影響を及ぼすから、高い解像度に見合う予報精度を達成するには解像度に適したパラメタリゼーションを開発する必要がある。開発の指針を得るため大気境界層乱流に関する知見を深めることが求められている。

（社会的背景・意義）

地球温暖化問題を背景として、風力発電や太陽光発電など再生可能エネルギーの有効利用さらに都市型豪雨や突風など局地的な顕著現象に対応するため、局地モデルの水平解像度を上げ、きめ細かな数値予報を行うことが強く求められるようになってきた（「新成長戦略」H22年閣議決定；「竜巻等突風に関する情報の改善について（提言）」H24年竜巻等突風予測情報改善検討会など）。大型計算機の処理能力が向上した結果、こうした高解像度の数値予報が現実により近づいている状況である。

（学術的背景・意義）

大気境界層においては、水平解像度が数百 m 程度になると、従来は平滑化されていた乱流の空間構造が個々に分解されるようになるため、空間構造を水平方向に平均処理する既存の Mellor-Yamada 型サブグリッド乱流スキームが有効に機能しなくなる。現状のままでは、たとえ処理能力が高い大型計算機を用いて局地モデルの高解像度な計算を行っても、大気境界層のみならず全領域において、解像度に見合う予報精度が達成できない。他方この解像度は乱流の一様等方な慣性領域を対象とする Large Eddy Simulation (LES) 型サブグリッド乱流スキームを適用するには低すぎる。このように水平解像度で数十 m から数百 m までに相当する大気境界層の「グレイゾーン」は既存スキームの有効範囲外であり、新たに次世代型のサブグリッド乱流スキームを開発する必要があるのである (Wyngaard 2004; Honnert et al. 2011)。

しかし Mellor-Yamada 型スキームの理論的基盤となる Monin-Obukhov の相似則 (1954) や LES 型スキームの理論的基盤となる Kolmogorov の普遍則 (1941) に対応する理論が「グレイゾーン」では知見不足のため確立していない。次世代サブグリッド乱流スキームを開発するには、計算手法の開発だけでなく、大気境界層乱流に関する知見を深めて開発の指針を見出すことが必要なのである。明快な相似則や普遍則が中間的なスケール領域である「グレイゾーン」に存在する可能性は低いが、この領域における大気境界層乱流とくに空間構造の特性や運動量・熱・水輸送等の統計則に関する研究を推進し、乱流スキーム開発の指針を明らかにすることが必要である。

(気象業務での意義)

気象庁予報部では平成 24 年度に計算機システムを NAPS9 に更新し、平成 25 年度内の現業化を目指して次世代局地モデル asuca の最終調整を進めている。現業化当初の水平解像度は 2km 程度で、数年後から運用される次期システム NAPS10 で想定されている解像度は 1~1.5km 程度である。さらなる高解像度化に向けては「グレイゾーン」に適した境界層の次世代サブグリッド乱流スキームを開発する必要があり、開発の方向性を見出しておくことが現時点で求められている。

2. 研究の目的

気象庁数値予報モデル高度化に向けた大気境界層過程の次世代サブグリッド乱流スキーム開発の指針を得る。

3. 研究の目標

大気境界層乱流の「グレイゾーン」における空間構造の特性や運動量・熱・水輸送等の統計則を①数値計算・理論研究②風洞実験③野外観測から明らかにする。

得られた知見を総合的に検討して「グレイゾーン」に適した大気境界層過程の次世代サブグリッド乱流スキームを開発する方向性を見出す。

4. 研究結果

(1) 成果の概要

大気境界層乱流の「グレイゾーン」における空間構造の特性や運動量・熱・水輸送等の統計則について以下の知見を得た。

① 気象研 LES や気象庁 asuca を用いた大気境界層に関する数値計算あるいは理論研究

に基づき論文として発表した成果：

- ・気象研 LES で作成した境界層乱流の数値計算データベースを解析し、「グレイゾーン」に対応する乱流スキームにおいて用いる混合長について、その解像度依存性を診断する手法を構築した(論文 11)。
- ・気象研 LES で作成した境界層乱流の数値計算データベースを解析し、「グレイゾーン」に対応する乱流スキームを、LES で用いる Deardorff モデルを拡張することで構築した(論文 5)。
- ・理論的考察から、中立な境界層乱流における各種物理量の 2 点相関を導出し、流速変動等とエネルギー散逸率等では函数形が異なることを示した(論文 4)。
- ・理論的考察から、中立な境界層乱流における粗視化エネルギー散逸率や流速の変動が統計学の安定分布に基づいて理解できることを示した(論文 8, 10)。

② 気象研風洞における境界層乱流や温度成層の実験に基づき論文として発表した成果：

- ・気象研風洞における実験から、論文 4 で理論的に得られた相関函数の函数形が実際の境界層乱流における函数形と矛盾しないことを示した(論文 2)。
- ・気象研風洞における実験から、境界層乱流の安定・不安定時における温度変動の分散が床面からの高度の対数関数として記述されることを示した(論文 3, 15)。
- ・気象研風洞において得られた中立な境界層乱流の流速データから、乱流の運動エネルギーが粗視化されても対数正規分布に従い顕著に揺らぐことを見出し、分布則の起源を統計学的な議論から明らかにした(論文 12)。
- ・気象研風洞において都市キャノピーや森林キャノピーの模型実験を行い、キャノピー内外における流速場・温度場・スカラー濃度場などの挙動を明らかにした(論文 9, 13, 18)。

③ 気象研露場や気象官署における接地境界層の野外観測に基づき論文として発表した成果：

- ・気象研露場の蒸発散測定装置を用いて過去 10 年間にわたり得られた観測データを解析し、顕熱・潜熱の乱流輸送量に、植生が大きな影響を与えていることを明らかにした(論文 19)。
- ・気象研露場の蒸発散測定装置を用いて得られた観測データの地域代表性を明らかにするため、つくば市郊外にある農環研の観測拠点で得られたデータと比較検討した(論文 22)。
- ・気象研鉄塔の超音波風速計を用いて得られた風速時系列データを解析し、大規模な乱流構造が大気境界層における運動量の輸送等に大きく寄与していることを明らかにした(論文 14)。
- ・気象官署の現業データを解析して突風率から地表面粗度の長期変化を明らかにした(論文 17)。また地上気圧の日変動が周辺地形や観測地の地表面状態に大きく依存することを示した(論文 23)。

以上で得られた知見を検討した結果、「グレイゾーン」に対応する大気境界層過程の次世代サブグリッド乱流スキームを、論文 5 で提案したスキームの改良版として構築し気象庁 asuca に実装のうえ数値予報課に提供した。

この乱流スキームは物理量を区分して 2 種類の解像度依存性を設定するのが他に類の無い特徴である。解像度依存性が異なることは、中立状態については論文 4 の理論に根拠があり、同理論は論文 2 の風洞実験および論文投稿中の野外観測で検証した。また

安定・不安定成層でも同様の理論が期待できることを論文 3, 15 の風洞実験で示した。

なお大気境界層乱流にかかる計算手法の検討や実験・観測技術の検討から以下の成果を得て論文として発表した。

- ・数値計算について平均風が存在しない自由対流の極限においても解像度に関係なく地表面からの熱輸送量を評価できる手法を提案した(論文 7)。
- ・理論計算において移流拡散スカラーの多点空間相関を固有値問題として解く手法を提案し、その安定性と効率性を 4 点相関を例として示した(論文 1)。
- ・気象研風洞において千葉大学等が開発した小型 LED ライダーの性能試験を行い、同ライダーが実用に耐えることを確認した(論文 6, 16 および査読なし著作 1)。
- ・気象研風洞において野外観測用 PIV 装置を開発し、その性能を気象研露場における接地境界層乱流の観測で確認した(論文 20)。
- ・気象官署の野外観測データを用いて、下向き大気放射量の簡易計算式について精度評価を行い、観測地の地域特性を考慮した改良法を提案した(論文 21)

数値計算における成果は数値予報課の現業メソモデルで既に使用されている。理論・観測・実験における成果については今後の研究でも活用していきたい。

(2) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)

- ② 風洞実験では第1年度と第2年度に、本庁観測課の技術開発課題「低木植栽等周辺環境と露場内微気象に関する調査」(平成 26～27 年度)の一環として、地上気象観測環境に関する調査を実施した(項 4(4)の 6)と 5(4)も参照)。この期間に予定していた中立な境界層の実験については①理論的研究で代替した。

(3) 成果の他の研究への波及状況

所内の他の研究課題への波及状況は以下のとおりである。なお外部機関との共同研究および外部資金に基づく研究については項 4(4)の 1)と 4)に記述した。

- ② 気象研風洞において得られた実験データを課題 A1(高分解能モデルの検証)に提供。
- ③ 気象研露場において得られた観測データを課題 A1(高分解能モデルの検証)、A2(GPS による土壌水分観測)、C1(陸面過程)に提供。また c8(観測環境)の依頼で土壌試料の含水量を測定。

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

事前・修正評価では計画の修正は必要なしと判断されているが、評価の「総合所見」で要請された点については以下のとおり対応した：

- 1) 大学や外部研究機関との連携(事前評価)：
 - ① 理研計算科学研究機構の西澤誠也氏(平成 27～30 年度)と東大大気海洋研の伊藤純至氏(平成 26・30 年度)が本研究課題に客員研究員として参加(論文 7)。
 - ② 龍谷大と共同研究「地形が大気境界層における拡散現象に及ぼす影響の研究」(平成 21 年度～)を実施(論文 9 など)。
 - ② 国立環境研と共同研究「粒子画像解析に基づく乱流計測技術に関する研究」

(平成 25 年度～)を実施(論文 13)。

- ② 東大と共同研究「高頻度高層観測データを利用した重力波の発生メカニズム及び乱流強度推定に関する研究」(平成 30 年度～)を実施。
- 2) 本庁数値予報課との連携(事前評価)：
- ① 数値予報課(米原仁：平成 26～30 年度)と応用 5 研(北村祐二：平成 26～30 年度)とは互いに職員が併任。
- 3) 所内モデルグループとの連携(事前評価)：
- ① 課題 A1(伊藤純至：平成 27～29 年度)と課題 a5(北村祐二：平成 26～30 年度)とは互いに担当者が併任。
 - ② 課題 A1(高分解能モデルの検証)に気象研風洞で得られた実験データを提供。
 - ③ 課題 A1(高分解能モデルの検証)、C1(陸面過程)に気象研露場の観測データを提供。
- 4) 外部資金の活用(事前評価・中間評価)：
- ① 科研費 若手 B 26800246「メソモデルの高解像度化に向けた新たな大気境界層乱流モデルの構築」(平成 26～28 年度 2,700 千円 北村(代表))および新学術領域(研究領域提案型)18H05055「地表面フラックス見積もりスキームの改良とそれによる南極域氷床の増減量評価」(平成 30～31 年度 0 千円/2,000 千円 北村(協力者))を実施(論文 5, 7, 11)。
 - ② 科研費 基盤 C 25340018「フィールド観測と風洞実験による里山の大气浄化機構の解明」(平成 25～27 年度 1,300 千円/3,900 千円 毛利(分担))および基盤 C 17K0052「里山における大気汚染物質と熱の輸送・拡散過程の解明」(平成 29～31 年度 1,200 千円/3,600 千円 毛利(分担) 水野・守永(協力者))を実施(論文 2, 3, 8, 9, 10, 12, 15)。
- 5) 面的・立体的な観測手法の検討(事前評価)：
- ② 千葉大学等と共同で小型 LED ライダーの性能試験を気象研風洞で実施(論文 6, 16 および査読なし著作 1)。
 - ② 東大との共同研究において無人グライダー搭載用乱流強度計の性能試験を気象研風洞で実施(平成 30 年度～)。
- 6) 本庁観測課との連携(事前評価)：
- ② 技術開発課題「低木植栽等周辺環境と露場内微気象に関する調査」(平成 26～27 年度)を分担(査読無し著作 2, 3; 項 4(2)と 5(4)も参照)。
- 7) 数値計算と風洞実験・野外観測・理論研究との連携(中間評価)：
- ① 理論的研究から得られた各種物理量の解像度依存性(論文 4)を風洞実験(論文 2, 3, 15)および野外観測(論文投稿中)で検証し、数値計算における乱流スキーム最終版の作成に反映。
- 8) 乱流スキームを実装した asuca による気温・風速の日変化計算(中間評価)：
- ① 周期境界で平坦な地表という簡略化した状況についてではあるが、気温・風速の 24 時間にわたる変化を計算して乱流スキームを検証。

(5) 今後の課題

数値モデルの高精度化を目指す場合、大気境界層については、地表面近傍の接地境界層に関する表現の改善が重要視されるようになってきた。実際、本研究課題で理論研究(論文 4, 8)や風洞実験(論文 2, 3, 15)を行った流速変動や温度変動の分散の対数則は LES 等の数値計算で再現できないのが現状である。原因は地表面との運動量や熱の収支を評価する精度が高くないことであり、こうした地表面フラックス評価に用いる接地境界層過程の高度化を次期中期課題の主たる目的としたい。

なお本研究で開発した次世代型乱流スキームは気象庁 asuca に実装済みではあるが、現業化には紆余曲折が予想される。次期中期課題の進展次第では見直しが必要となるかもしれない。今後とも数値予報課と緊密に連携して本スキームの現業化に取り組んでいきたい。

5. 自己点検

(1) 到達目標に対する達成度

①数値計算・理論研究、②風洞実験、③野外観測の各々において大気境界層乱流の解明に資する成果が得られ、これらを統合して「グレイゾーン」に対応する大気境界層過程の次世代サブグリッド乱流スキームを構築し、気象庁 asuca に実装することができた。

ただし③野外観測のため気象研露場に整備した超音波風速計や赤外線水蒸気二酸化炭素濃度計については、現時点で成果となった論文は投稿中の 1 本だけである。これらの測器が通年観測で取得している風速・気温・水蒸気濃度等の時系列データは次期中期課題で活用していきたい。

(2) 到達目標の設定の妥当性

到達目標に対する達成度から判断して、概ね妥当であった。

(3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

到達目標に対する達成度から判断して、概ね妥当であった。数値的研究の方向性を決める理論(論文 4)を風洞実験(論文 2, 3, 15)や野外観測(論文投稿中)で検証し、また野外観測の技術開発を風洞で行う(論文 6, 16, 20 および査読なし著作 1)など、数値計算・風洞実験・野外観測を統合した成果を得ることが出来た。

(4) 成果の施策への活用・学術的意義

項 4(1)に記したように「グレイゾーン」に対応する大気境界層過程の次世代サブグリッド乱流スキームを asuca に実装して気象庁数値予報課に提供した。加えて数値予報課および観測課に対して以下の業務貢献を行った：

- ① 数値予報課に全球モデル境界層過程の評価用として気象研 LES モデルを計算例とともに提供した。
- ① 数値予報課に本課題で得られた地表面熱フラックスの評価手法を提供した(論文 7)。本手法はメソモデルが asuca に更新されて以降に現業で利用されている。
- ② 観測課の技術開発課題「低木植栽等周辺環境と露場内微気象に関する調査」(H26-H27)において露場の風環境に関する風洞実験を実施し(査読無し著作 2)、その結果は H26 年度に策定の「観測環境維持管理マニュアル」(温暖化等監視 41 地点用)に

反映された。

- ② 観測課の技術開発課題「低木植栽等周辺環境と露場内微気象に関する調査」(H26-H27)において露場周辺の低木植栽に関する風洞実験を実施し(査読無し著作 3)、低木植栽が熱源遮蔽としては逆効果になる可能性を指摘した。この指摘を受けて気象観測ガイドブック(気象庁 2002)の電子版が一部改訂された。

また項 4(1)で記したように大気境界層乱流に関して様々な知見が得られており、一定の学術的意義があったと判断される。

(5) 総合評価

残された課題も有るが、業務的および学術的に一定の成果を得たと判断される。

6. 参考資料

6.1 研究成果リスト

(1) 査読論文

1. Ooi, K., Y. Mizuno, T. Sogabe, Y. Yamamoto, and S.-L. Zhang, 2018: Solution of a nonlinear eigenvalue problem using signed singular values. East Asian Journal on Applied Mathematics, 7, 799-809.
2. Mizuno, Y., T. Yagi, and K. Mori, 2018: Contribution of attached eddies to the intensity and turbulent transfer of velocity fluctuations in wall-turbulence. Fluid Dynamics Research, 50, 045513.
3. Mouri, H., T. Morinaga, T. Yagi, and K. Mori, 2017: Logarithmic scaling for fluctuations of a scalar concentration in wall turbulence. Physical Review E, 96, 063101.
4. Mouri, H., 2017: Two-point correlation in wall turbulence according to the attached-eddy hypothesis. Journal of Fluid Mechanics, 821, 343-357.
5. Kitamura, Y., 2016: Improving a turbulence scheme for the terra incognita in a dry convective boundary layer. Journal of the Meteorological Society of Japan, 94, 491-506.
6. Shiina, T., S. Yamada, H. Senshu, N. Otobe, G. Hashimoto, and Y. Kawabata, 2016: LED minilidar for Mars rover. Proceedings of SPIE, 10006, 0F.
7. Kitamura, Y., and J. Ito, 2016: Revisiting the bulk relation for heat flux in the free convection limit. Boundary-Layer Meteorology, 158, 93-103.
8. Mouri, H., 2015: Mathematical model for logarithmic scaling of velocity fluctuations in wall turbulence. Physical Review E, 92, 063003.
9. Y. Ichikawa., S. Mukai, M. Nishimoto, H. Mouri, and A. Hori, 2015: Analysis of air purification in a woodland by field observation and wind tunnel experiment. International Journal of Environmental Pollution and Remediation, 3, 33-41.
10. Mouri, H., 2015: Log-stable law of energy dissipation as a framework of turbulence intermittency. Physical Review E, 91, 033017.
11. Kitamura, Y., 2015: Estimating dependence of the turbulent length scales on model resolution based on a priori analysis. Journal of the Atmospheric Sciences, 72, 750-762.
12. Mouri, H., 2015: Lognormality observed for additive processes: application

- to turbulence. *Emergence, Complexity and Computation*, 14, 109-114.
13. Lin, Y., T. Ichinose, R. T. Wu, Y. Yamao, H. Mouri, and R. V. Rivera-Virtudazo, 2014: An experimental study on exploring the possibility of applying artificial light as radiation in wind tunnel. *日本ヒートアイランド学会論文集*, 9-2, 108-112.
 14. Horiguchi, M., T. Hayashi, A. Adachi, and S. Onogi, 2014: Stability Dependence and diurnal change of large-scale turbulence structures in the near-neutral atmospheric boundary layer observed from a meteorological tower. *Boundary-Layer Meteorology*, 151, 221-237.
 15. 守永武史, 毛利英明, 八木俊政, 森一安, 萩野谷成徳, 2018: 境界層乱流における安定成層時の風速変動と温度変動. 第25回風工学シンポジウム論文集. (in press)
 16. 椎名達雄, 千秋博紀, 乙部直人, はしもとじょーじ, 川端康弘, 2018: ローバ搭載用 LED ミニライダーの開発とダストの挙動観測. *日本リモートセンシング学会誌*. (in press)
 17. 萩野谷成徳, 2015: 突風率から推定した地表面粗度の長期変化. *天気 (論文・短報)*, 62, 17-27.
 18. 片岡浩人, 田村哲郎, 又吉直樹, 毛利英明, 2014: LES による都市キャノピー内外の風の乱流構造の予測. 第23回風工学シンポジウム論文集, 535-540.
 19. 甲斐智博, 萩野谷成徳, 2014: 草地における地表面熱収支の季節変化及び植生の影響, *天気*, 61, 777-784.
 20. 小野木茂, 萩野谷成徳, 堀晃浩, 八木俊政, 毛利英明, 2014: 汎用デジタルカメラを使用した野外 P I V 撮影技術. *日本風工学会論文集*, 39, 63-66.

担当者が所外に異動した後に出版された単著論文

21. 藤枝鋼, 2018: 日本国内における昼間の地表面付近の大気放射量推定法. *Papers in Meteorology and Geophysics*, 67, 1-14.

客員研究員の論文

22. Kuwagata, T., S. Haginoya, K. Ono, Y. Ishigooka, and A. Miyata, 2018: Influence of local land cover on meteorological conditions in farmland: case study of a rice paddy field near Tsukuba City, Japan. *Journal of Agricultural Meteorology*, 74, 140-153.
23. 萩野谷成徳, 2017: 気圧日変化に影響を及ぼす地形や地表面状態についての統計的研究. *天気*, 64, 223-233.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説)

1. Shiina, T., S. Yamada, H. Senshu, N. Ootobe, G. Hashimoto, and Y. Kawabata, 2016: LED-powered mini-lidar for martian atmospheric dust studies. *SPIE Newsroom*.
2. 細道晶子, 河野沙恵子, 梅原賢之, 小野木茂, 萩野谷成徳, 毛利英明, 2016: 気象官署の周辺に存在する樹木列が気温の観測値に及ぼす影響に関する風洞実験の報告. *測候時報*, 83, 39-46.
3. 細道晶子, 河野沙恵子, 梅原賢之, 小野木茂, 萩野谷成徳, 毛利英明, 2016: 露場周囲の低木植栽が気温の測定に及ぼす影響に関する風洞実験の報告. *測候時報*, 83, 33-38.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等

1. Nishizawa, S. and Y. Kitamura, Improvement of the Surface Flux Scheme in Finite Volume Method Models, Asia Oceania Geosciences Society 15th Annual Meeting (AOGS2018), 2018年6月, アメリカ, ホノルル
2. Mizuno, Y., T. Yagi, and K. Mori, Contribution of attached eddies to the intensity and turbulent transfer of the streamwise velocity fluctuation in a boundary layer, Workshop on Fundamental Aspects of Geophysical Turbulence III, 2018年3月, 愛知県名古屋市
3. Umehara, K., A. Hosomichi, S. Kawano, H. Mouri, and S. Hagiya, Field experiments to determine the effect of boundary fences on temperature observation, WMO International Conference on Automatic Weather Stations, 2017年10月, ドイツ, オッフェンバッハ・アム・マイン
4. Sakamoto, M., K. Aranami, K. Kawano, K. Matsubayashi, T. Hara, H. Kurahashi, J. Ishida, and Y. Kitamura, Development of a Hexahedral Yin-Yang Grid Global Model: AGHEXA, The Workshop on Partial Differential Equations on the Sphere, 2017年4月, フランス, パリ
5. Aranami, K., K. Kawano, Y. Kitamura, T. Hara, and J. Ishida, A time-splitting method for Eulerian based models considering the CFL condition in 3D, The Workshop on Partial Differential Equations on the Sphere, 2017年4月, フランス, パリ
6. Kawano, K., K. Aranami, T. Hara, K. Matsubayashi, M. Sakamoto, and Y. Kitamura, Improving computational stability with time-splitting of vertical advection considering 3-dimensional CFL condition, The 4th International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models, 2016年12月, 神奈川県足柄下郡箱根町
7. Kitamura, Y., A LES Based Parameterization Scheme for the Terra Incognita in a Planetary Boundary Layer, 22nd Symposium on Boundary Layers and Turbulence, 2016年6月, アメリカ, ソルトレイク・シティ
8. Senshu, H., S. Yamada, T. Shiina, N. Otobe, G. Hashimoto, K. Umetani, and Y. Kawabata, Development of short-range LIDAR for future Mars landing mission, 日本地球惑星科学連合 2016年大会, 2016年5月, 千葉県千葉市
9. Sakamoto, M., J. Ishida, K. Aranami, K. Kawano, K. Matsubayashi, T. Hara, H. Kusabiraki, T. Ito, and Y. Kitamura, Development of a Hexagonal Yin-Yang Grid Global Model: AGHEXA, The Workshop on Partial Differential Equations on the Sphere, 2015年10月, 韓国, ソウル
10. Kitamura, Y., Developing a parameterization scheme for the gray zone in the atmospheric boundary layer, International WS Issues in downscaling of climate change projection, 2015年10月, 茨城県つくば市
11. Mouri, H., Log-stable law of energy dissipation rate for turbulence intermittency, 15th European Turbulence Conference, 2015年8月, オランダ, デルフト
12. Lin, Y., T. Ichinose, Y. Yamao, and H. Mouri, Wind tunnel experiment on the Influence of approaching wind direction on flow field under wall surface heating and low wind velocity conditions, 9th International Conference on Urban Climate, 2015年7月, フランス, トゥールーズ
13. Kitamura, Y., Estimation of the turbulent length scale across terra incognita with its application to a convective boundary layer, 3rd International Workshop on Nonhydrostatic Numerical Models, 2014年9月, 兵庫県神戸市

14. Mouri, H., Lognormality Observed for Additive Processes: Application to Turbulence, 2014 Interdisciplinary Symposium on Complex Systems, 2014 年 9 月, イタリア, フィレンツェ
15. Ichikawa, Y., M. Nishimoto, S. Mukai, S. Hashimoto, H. Mouri, and A. Hori, Analysis of air purification in a woodland by field observation and wind tunnel experiment, 4th International Conference on Environmental Pollution and Remediation, 2014 年 8 月, チェコ, プラハ
16. Sakamoto, M., J. Ishida, K. Kawano, K. Matsubayashi, K. Aranami, T. Hara, H. Kusabiraki, C. Muroi, and Y. Kitamura, Development of Yin-Yang Grid Global Model Using a New Dynamical Core ASUCA, The Workshop on Partial Differential Equations on the Sphere, 2014 年 4 月, アメリカ, ボルダー

・国内の会議・学会等

17. 毛利英明, 守永武史, 萩野谷成徳, 壁乱流の $1/k$ スペクトル則は実在するのだろうか: 大気境界層における観測結果, 日本流体力学会年会 2018, 2018 年 9 月, 大阪府豊中市
18. 水野吉規, 八木俊政, 森一安, 不安定成層を伴う乱流境界層における速度乱れのスペクトル, 日本流体力学会年会 2018, 2018 年 9 月, 大阪府豊中市
19. 北村祐二, 大気境界層グレーゾーンに適用可能な乱流スキームの開発, グレーゾーン研究会, 2018 年 7 月, 千葉県柏市
20. 水野吉規, 八木俊政, 森一安, 弱い不安定成層を伴う乱流境界層における運動量輸送のスケール, 京都大学数理解析研究所研究集会「乱流と遷移: 構造、多重スケール、モデル」, 2018 年 7 月, 京都府京都市
21. 北村祐二, MYNN モデルの逆勾配項再考, 日本気象学会 2018 年度春季大会, 2018 年 5 月, 茨城県つくば市
22. 水野吉規, 八木俊政, 森一安, 壁乱流における速度の 2 点統計量に対する attached eddy の寄与, 日本物理学会第 73 回年次大会, 2018 年 3 月, 千葉県野田市
23. 西澤誠也, 北村祐二, 地表面フラックス計算における有限体積法モデルでの問題点と新計算手法の提案, 第 19 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2017 年 11 月, 富山県富山市
24. 北村祐二, 伊藤純至, 大気境界層の grey zone における MYNN モデルの適用, 日本気象学会 2017 年度秋季大会, 2017 年 11 月, 北海道札幌市
25. 毛利英明, 守永武史, 八木俊政, 森一安, 壁乱流におけるスカラー密度変動の対数則, 日本物理学会 2017 年秋季大会, 2017 年 9 月, 岩手県盛岡市
26. 水野吉規, 八木俊政, 森一安, 乱流境界層におけるレイノルズ応力の壁面垂直方向輸送, 日本流体力学会年会 2017, 2017 年 9 月, 東京都葛飾区
27. 北村祐二, 西澤誠也, 移流項の差分化によって生じるエネルギー散逸率の推定, 日本流体力学会年会 2016, 2016 年 9 月, 愛知県名古屋市
28. 椎名達雄, 千秋博紀, 部直・, はしもとじょーじ, 川端康弘, ローバ搭載用 LED ミニライダーによるダストの挙動観測, 第 60 回宇宙科学技術連合講演会, 2016 年 9 月, 北海道函館市
29. 北村祐二, 西澤誠也, 移流項の差分化によって生じるエネルギー散逸率の推定, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
30. 米原仁, 北村祐二, 気象庁全球モデルにおける EDMF 型境界層スキームの開発, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区
31. 部直・, 部園・, 椎名達雄, 千秋博紀, はしもとじょーじ, 梅谷和弘, 川端康弘, 地上/火星用 小型 LIDAR の開発と風洞試験, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区

32. 毛利英明, 壁乱流における流速変動の対数則について, 日本物理学会第 71 回年次大会, 2016 年 3 月, 宮城県仙台市
33. 山田園子, 椎名達雄, 千秋博紀, 乙部直人, はしもとじょーじ, 川端康弘, MAV 搭載用超小型 LED ライダーの作製と評価, 電子情報通信学会光エレクトロニクス研究会, 2016 年 2 月, 沖縄県那覇市
34. 川端康弘, 萩野谷成徳, 気象研究所で長期観測した地表面熱フラックス, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
35. 萩野谷成徳, 川端康弘, 小野木茂, 桑形恒男, 小野圭介, 石郷岡康史, 気象研究所露場で観測したフラックスの空間代表性, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
36. 北村祐二, 乱流長さの解像度依存性の推定と大気境界層への適用, 日本流体力学会年会, 2015 年 9 月, 東京都
37. 市川陽一, 向井駿介, 西堀大貴, 毛利英明, 川端康弘, 堀晃浩, 都市と森のキャノピー層内の大気拡散(5) 樹木形状の影響, 第 56 回大気環境学会年会, 2015 年 9 月, 東京都新宿区
38. 毛利英明, 壁乱流における流速変動の対数則について, 研究会「乱流を介在した流体现象の数理」, 2015 年 7 月, 京都府京都市
39. 北村祐二, 伊藤純至, 数値モデルで診断される地表面熱フラックスの水平解像度依存性, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
40. 藤枝鋼, 日本国内における地表面付近の下向き長波長放射量推定に関する評価, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
41. 北村祐二, 混合距離の非等方性を考慮した境界層乱流モデルの構築, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 2014 年 5 月, 神奈川県横浜市

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等

1. Mizuno, Y., T. Yagi, and K. Mori, Contribution of attached eddies to a two-point correlation function in wall-turbulence, International Symposium on Fluctuation and Structure out of Equilibrium 2017, 2017 年 11 月, 宮城県仙台市
2. Kitamura, Y. and S. Nishizawa, Estimating the energy dissipation rate derived from discretization of the advection term, 2016 AGU Fall Meeting, 2016 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
3. K. Umehara, A. Hosomichi, S. Kawano, and H. Mouri, Field experiments to determine the effects of boundary fences on temperature observation, Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation (CIMO TECO 2016), 2016 年 9 月, スペイン, マドリード
4. Kitamura, Y., Developing a parameterization scheme for the gray zone of the atmospheric boundary layer, AGU Fall Meeting, 2015 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
5. Ichikawa, Y., S. Mukai, D. Nishibori, H. Mouri, Y. Kawabata, and A. Hori, Influence of the shape of trees on atmospheric dispersion in a forest, The 13th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality, 2015 年 11 月, 兵庫県神戸市
6. Lin, Y., T. Ichinose, R. Wu, Y. Yamao, H. Mouri, and R. V. Rivera-Virtudazo, An Experimental Study on Exploring the Possibility of Applying Artificial Light as Radiation in Wind Tunnel, 9th International Conference on Urban Climate, 2015 年 7 月, フランス, トゥールーズ

・国内の会議・学会等

7. 守永武史, 八木俊政, 森一安, 毛利英明, 境界層乱流におけるスカラー濃度変動の対数則, 日本気象学会 2018 年度春季大会, 2018 年 5 月, 茨城県つくば市
8. 北村祐二, 西澤誠也, 差分誤差由来のエネルギー散逸が乱流フラックスに与える影響, 日本気象学会 2017 年度秋季大会, 2017 年 10 月, 北海道札幌市
9. 藤枝鋼, 日本国内における地表面付近の下向き長波長放射量推定法の改良(その 2), 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 10 月, 愛知県名古屋市
10. 川端康弘, 萩野谷成徳, 気象研構内における長期地上気象観測と地表面エネルギー輸送, 第 13 回環境研究シンポジウム, 2015 年 11 月, 東京都
11. 藤枝鋼, 日本国内における地表面付近の下向き長波長放射量推定法の改良, 日本気象学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月, 京都府京都市
12. 萩野谷成徳, 気圧日変化と地形特徴, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
13. 藤枝鋼, 曇天時を含む地表面付近の下向き長波長放射量の推定, 日本気象学会 2015 年度春季大会, 2015 年 5 月, 茨城県つくば市
14. 川端康弘, 萩野谷成徳, 大気-地表面間におけるエネルギー輸送, 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市
15. 萩野谷成徳, 小野木茂, 館野の鉄塔データから推定した粗度長の長期変動(2), 日本気象学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 10 月, 福岡県福岡市

客員研究員の学会発表

16. 萩野谷成徳, 気象データの特別長期平均と地形特徴, 日本気象学会 2016 年度春季大会, 2016 年 5 月, 東京都渋谷区

6.2 報道・記事

- ② NHK 昼のニュース(茨城県枠) および「いば6」(平成 30 年 4 月 18 日放送)
科学技術週間の一般公開に際して行った大型風洞における可視化実験の紹介である。

6.3 その他(3.(3)「成果の他の研究への波及状況」関連)

- ①②③ 気象大学校における予報業務研修において大気境界層の講義を担当した(平成 26~30 年度)。
- ① Kitamura 2016(論文 5)に対し 2016 年気象集誌論文賞が授与された。
- ① 京都産業大学理学研究科において大気境界層について集中講義を行った(平成 27 年度)。
- ② 国交大臣の視察や一般公開など計 60 件の視察・見学に大型風洞あるいは回転実験台の実演で対応した(平成 26~30 年度 10 月末現在)
- ② 防衛省技術開発本部・防衛装備庁で実施中の風洞を用いた大気拡散の研究について外部評価委員として中間評価を担当した(平成 26・28 年度)。
- ②③ 神戸大学理学研究科に設置された気象研との連携講座において大気境界層の実験・観測的研究について集中講義を行った(平成 28~30 年度)。
- ②③ 放送大学の授業番組「はじめての気象学」の教材作成に回転実験台を用いた実演および蒸発散測定装置の撮影で協力した(平成 27 年度)。