

機関番号：22604
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500897
 研究課題名（和文） 高密度な降水資料を用いた関東地方の強雨発現に与える東京都市域の影響評価
 研究課題名（英文） Impact evaluation of Tokyo Metropolitan area on the occurrence of torrential rainfall in the Kanto district by using high density rain-gauge network
 研究代表者
 高橋 日出男 （TAKAHASHI HIDEO）
 首都大学東京・都市環境科学研究科・教授
 研究者番号：40202155

研究成果の概要（和文）：本研究では、関東地方南部を対象とした稠密な雨量計とレーダの資料による強雨頻度の統計的解析と、東京都心域に発生した雷雨に伴う短時間強雨の事例解析を行った。都心域では夕刻から夜半に強雨頻度が増加していること、都心風下側で空間スケールの小さい強雨域が多発していることがわかった。また、都心域の強雨発生事例について、高い都市キャノピーによって強雨域近傍で停滞したガストフロントが強雨の維持停滞に関与した可能性が指摘された。

研究成果の概要（英文）：Statistical analyses of the intense rainfall frequency in the southern part of the Kanto district were performed by using dense rain-gauge data and radar data. Case analyses were also conducted on the localized torrential rainfall accompanied by thunder storm in the Tokyo Metropolitan area. It has been understood that the increase in the occurrence frequency of intense rainfall is obvious in the evening to midnight in the Ward area of Tokyo, and intense rainfall area with smaller spatial scale frequently appears on the leeward side of the Tokyo Metropolitan area. Moreover, as for the intense rainfall case in the Tokyo Metropolitan area, it was pointed out that the stagnation of gust front near the intense rainfall area due to large urban canopy was one of the possible causes for the maintenance and stagnation of intense rainfall area.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	700,000	210,000	510,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：気候学

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：短時間強雨，東京都心域，地表面粗度，地上風系，冷氣外出流，収束，事前予測

1. 研究開始当初の背景

近年、東京都区部を中心とした首都圏などにおいて、人命・社会生活等に大きな影響を及ぼす都市型水害の頻発が指摘されている。その要因として、都市域ではコンクリートや

アスファルトなどの不透水面が卓越し、保水・遊水能力が極端に低下していることがあげられる。それとともに、都市の存在が強い対流を発生させるきっかけとなり、時間降水量が数十から 100 mm を超えるような短時

間強雨の発現を増加させている可能性が議論されている。すなわち、都市の高温に伴う下層大気的不安定化や気圧の低下による収束、あるいは大きな地表面粗度に起因する風速の減少による収束などが想定されている。都市の熱・放射特性や地表面粗度および人工排熱などを与えた数値シミュレーションによって、首都圏における気温分布や風系の特徴はある程度再現される。しかし、空間スケールが小さい強雨現象については、詳細な発現の地域性などを捉えるに至っていない。一方、降水量の観測資料に基づいた解析的研究についても、アメダスなど通常の観測点の空間密度では強雨時の降水量分布や強雨頻度分布などを詳細に捉えることが困難であり、都市の降水（強雨）現象に関する理解は、都市の気温分布（都市ヒートアイランド）に関する理解に比べて大きく遅れている。

2. 研究の目的

本研究は、東京都市域がその内部および周辺域の強雨発現に及ぼす影響を、気象庁アメダス以外にも、自治体、民間企業・気象会社および独自観測などによる従来になく高密度な気象観測資料を用いて、解析的に抽出・評価することを目的とする。その際に、強雨頻度やその経年変化の地域性など数～十数年間の気象資料に基づいて都市(化)の影響のシグナルを検出する。それとともに、雷雨に伴って東京都心域に発生した短時間強雨に関する事例解析を行い、都市に発生する短時間強雨の特徴を明らかにすることを通して、都市による対流活動への影響を議論する。

3. 研究の方法

本研究では、数～十数年間における多数地点の降水資料を基にした関東地方南部および東京都区部における強雨発現の統計的解析(1)と、雷雨に伴う典型的な東京都心域に発生した短時間強雨の事例解析(2)を実施する。

(1) 関東地方南部および東京都区部における強雨発現の統計的解析

関東地方南部について、気象庁アメダス以外にも各都県や国土交通省、民間会社・気象会社が実施している降水資料（1時間値）を最大限収集して、異常値の検出（欠測とする）を行ったうえでデータベース化した。

これをもとに、年代別、時間帯別、また降水強度別の出現頻度分布を作成した。また、観測点が特に稠密な東京都区部については、都区部のほぼ中央にある気象庁（大手町）の風向風速によって場合分けを行い、以前の研究で得られていた東京都区部の建築物群（地表面粗度）分布との対比を行った。

また、1 km メッシュの降水強度が得られる気象庁合成レーダの資料を援用し、強雨域

の空間スケール（面積）による強雨発現の地域性の有無を調べた。さらにレーダーアメダス解析雨量を用いて東京都区部内で雷雨性の強雨が発生した事例を抽出し、強雨の発現域と大気汚染常時監視測定局などの風データによる収束域との関係を統計的に調べた。

(2) 東京都心域における短時間強雨の事例

2008年8月5日正午頃に発生した雷雨性の短時間強雨により、下水道作業中の5名が急な増水で流され犠牲になる事故が発生した。各区の独自観測資料など都区部120地点の降水資料を収集・解析したところ、時間降水量100 mmを超える強雨が都区部内で発生し衰弱していることがわかった。この事例を都市に発生した短時間強雨の典型例として、可能な限りの気象観測資料を収集し、レーダ資料も参考にしつつ風系場、温度場および気圧場に関する詳細な事例解析を行った。

4. 研究成果

(1) 関東地方南部および東京都区部における強雨発現の統計的解析

① 夏季の強雨発現頻度分布に関する研究

データベース化した関東地方南部における近年の時間降水量データを用いて、過去の期間の集計結果との比較から、近年の都市部における強雨発現の特徴を調べた。

1997年から2005年を対象とした解析では、20 mm/h以上の強雨頻度は山地域で高いが、強雨の基準を上げるにつれて東京都心域の高頻度が目立つようになり、都心で強雨が発生しやすい傾向がある。また、20 mm/h以上の強雨は、0、1時には沿岸域、13、14時頃には山地域、19～22時には都心域で現れやすい。一方、1981～1989年においては、都心域に強雨が現れやすい傾向は特に認められず、時刻別の集計においても19～22時に都心域で強雨が現れやすい傾向もみられなかった。

② 東京都区部の強雨頻度分布と風速

1991年から2003年における東京都区部の強雨時（時間降水量20 mm以上）を対象に、東風と南風のそれぞれ弱風時（風速3 m/s未満）と強風時（風速3 m/s以上）における強雨発現頻度の空間分布を解析した。風向別に認められた局地的な強雨頻度極大域には、強風時と弱風時とで大きな違いは認められない。しかし、弱風時には強雨頻度の局地的な集中性が高く（図1上）、一方強風時には都心を中心として、風下側に向かって左手側が高頻度域、右手側が低頻度域となる傾向が確認された（図1下）。これは、風速が大きくなるにつれて、新宿や池袋などの地表面粗度が特に大きい数kmスケールの領域とともに、都心域とその周囲の差異という大きい空間スケールの地表面粗度分布が収束

の形成にとって重要となる可能性を示唆している。

③強雨域の地域性に関する解析

南関東を対象に 2005~2008 年の 8 月における気象庁全国合成レーダのデータを用いて、降水強度 30 mm/h 以上の強雨域をその面

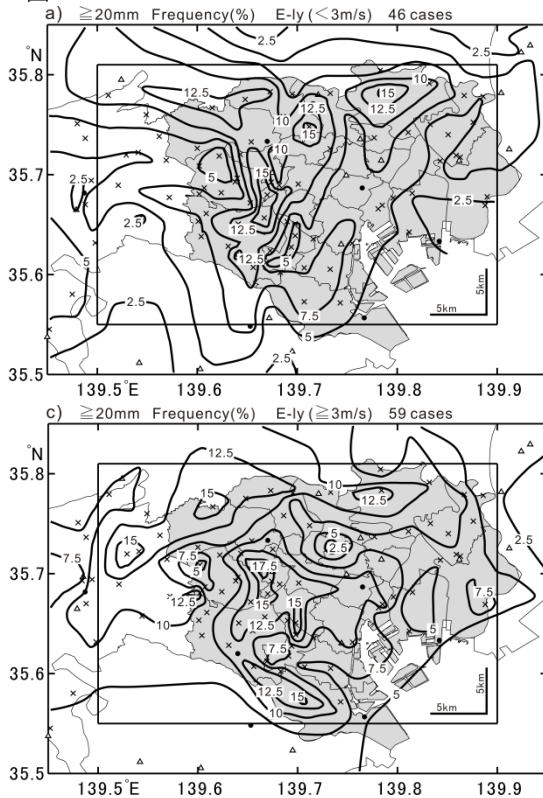


図1 大手町における東風弱風時(上:3 m/s未満)と東風強風時(下:3 m/s以上)における対象領域の強雨発現頻度分布。いずれも各カテゴリの事例数に対する各観測点における頻度(%)で表現してある。

積によって分類し、地域による強雨域の空間構造の差異などを検討した。東京都心域は山岳部と比べて強雨の発現頻度は相対的に低いものの、降水強度の最大値が他地域と比べて大きい場合が多い。特に、埼玉県と東京都の東部の県境付近では、小さい空間スケールの強雨が多く発現しており(図2)、降水域内における降水強度の大きい領域の空間的な集中性も高い傾向にあることが判った。

④地上風の収束域と強雨発生域との関係

2006年から2008年の夏季(6月から9月)に首都圏で発生した短時間強雨について、強雨の発現とそれに先行する収束との関係を、1時間間隔のレーダーアメダス解析雨量および自治体による大気汚染常時監視測定局の風向風速データを用いて統計的に解析した。短時間強雨発生の1~2時間前には、強雨の発生域にほぼ対応して収束の極大域

が現れている。事例ごとに両者の時間変化を調べると、強雨域は収束域の中心の移動に追従して移動する傾向のあることが認められた。このように強雨域と収束域は、1時間値によっても空間的にはある程度対応するが、両者の量的な関係を得るには、より高い時間分解能の資料による解析が必要とされる。

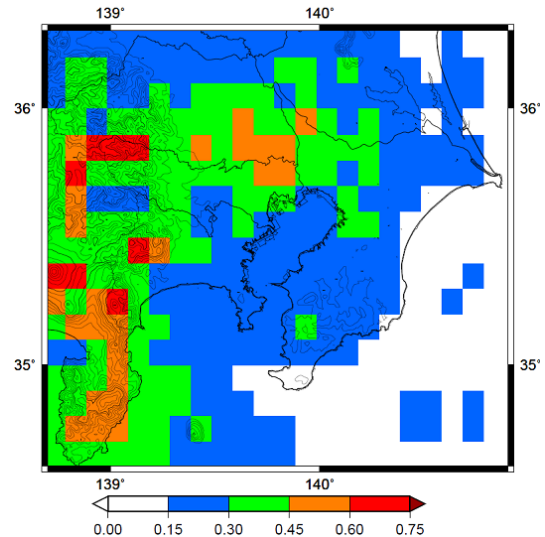


図2 10² km²以下の強雨域(≥30 mm/h)の発現頻度(%:2005~2008年8月の気象庁全国合成レーダから集計)

(2)東京都心域における短時間強雨の事例

①強雨域の形成と地上風の収束との関係

東京都区部を中心とする多数地点の10分間値を収集し、2008年8月5日に東京都区部で発生した短時間強雨の事例解析を行った。

主たる強雨域の中心は新宿区東部~文京区西部にあり、時間降水量や10分間降水量は練馬豪雨に匹敵するが、30 mm/h以上の面積は半分程度であった(図3)。また、雨量計とレーダによる降水強度の時間推移は異なっており、対流雲の盛衰に関連した降水粒子の挙動を反映している可能性がある。

都区部において一定以上の降水があった地域では、局所的な風系の進入に伴って降水開始の1時間程度前から地上風の収束量が増大し、降水開始と対応する収束の極大後の20~30分間に降水量が急増する(図4)。また、収束量の極大値と10分間降水量の極大値には比例関係が認められるなど、多数地点の地上風系変化を10分程度以下の高い時間分解能でモニタリングすることによる短時間強雨の事前予測の可能性が指摘された。

②強雨に与える東京都市域の影響

東京都区部とその周辺の多数地点における10分間隔の各種気象観測値を用いて、2008年8月5日に東京都区部で発生した短時間強雨事例の詳細な解析を行った。地上および上空(東京タワー)の風や気温の解析に

より、強雨域に近接した霞が関付近の高い都市キャノピーによって冷氣プール縁辺部が停滞維持され、それが東京湾からの南東風を上昇させて強雨の持続に關与した可能性が指摘された。また、強雨域周囲では、強雨終了後もしばらく大きい気温傾度（冷氣プール縁辺部に相当）が維持されており（図5）、これには雨水による都市表面の冷却と、都市キャノ

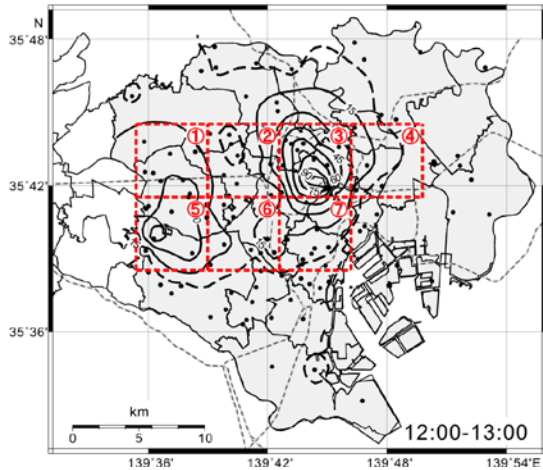


図3 2008年8月5日における13時までの1時間降水量分布。等値線は15mm間隔（破線：5mm）。①～⑦の領域（5km四方）は、図4の①～⑦の図に対応する。

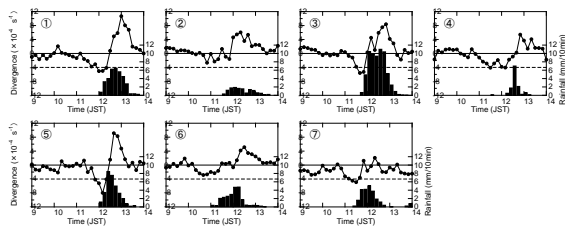


図4 図3中の領域①～⑦について平均した収束発散量（折れ線（左縦軸）：負値が収束，正値が発散）と降水量（黒棒（右縦軸））の時間推移（10分間値）

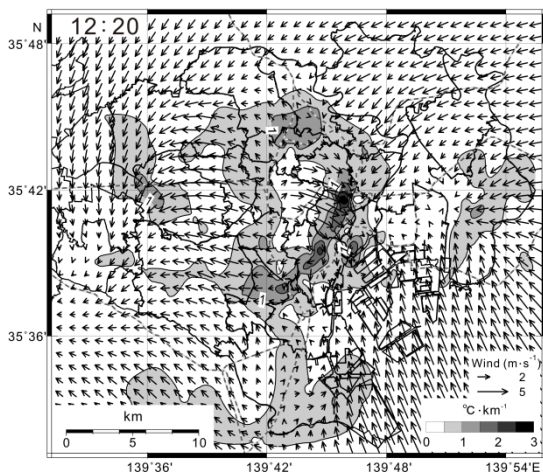


図5 2008年8月5日12時20分における

風系分布と1kmあたりの気温差の大きさ（灰色が濃いほどその付近の気温差が大きいことを表す）

ピーによる冷氣の機械的な滞留の關与が考えられた。以上のことは、都心部の高い都市キャノピー（建築物群）が短時間強雨をもたらす対流雲の発生発達（組織化）や世代交代に影響することを示唆するものである。今後、都市域・非都市域の事例比較やシミュレーション等による検討が必要である。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計14件）

1. Takahashi, K., Takahashi, H., and Mikami, T., Detection of the atmospheric pressure depression in the center of Tokyo using data corrected by assuming hydrostatic equilibrium: A case study when a typical urban heat island existed in the center of Tokyo at nighttime summer, *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 査読無し, 46, 2011, 13-30
2. 鈴木博人・中北英一・高橋日出男, 鉄道における雨量計の配置間隔に関する考察, *水工学論文集*, 査読有り, 55, 2011, CD-ROM
3. 高橋一之・高橋日出男・三上岳彦・横山仁・安藤晴夫・赤坂郁美, 静力学平衡を仮定して補正したデータによる東京都心部の気圧低下の検出, *天気*, 査読有り, 58, 2011, 131-141
4. 大久保さゆり・高橋日出男, 常時監視データによる国内のSPM濃度の長期および年々変動の解析, *大気環境学会誌*, 査読有り, 45, 2010, 96-106
5. Zaiki, M., Konnen, G.P., Kimura, K., Mikami, T. and Tsukahara, T., Reconstruction of historical pressure patterns over Japan using two-point pressure-temperature datasets since the nineteenth century, *Climatic Change*, 査読有り, 95, 2009, 231-248
6. Nagata, R. and Mikami, T., Response of the summer atmospheric circulation over East Asia to SST variability in the tropical Pacific, *International Journal of Climatology*, 査読有り, 30, 2009, 813-826
7. 三上岳彦, 都市気候と公園緑地の役割 (特集 都市気候と緑), *都市公園*, 査読無し, 185, 2009, 2-6

8. 三上岳彦, ヒートアイランドと都市型集中豪雨(特集 都市の水災害—伊勢湾台風から50年), *アーバン・アドバンス*, 査読無し, 50, 2009, 12-18
 9. 野津 剛・岸田岳士・田村哲郎・奥田泰雄・馬河紘子・田中博春・三上岳彦, 都市域乱流場における局所温熱環境のLES, *日本風工学研究会誌*, 査読無し, 119, 2009, 129-130
 10. 三上岳彦, 韓国・チョングジョン(清溪川)復元によるヒートアイランド緩和効果について(特集 ヒートアイランドの対策技術), *環境技術*, 査読無し, 38, 2009, 487-490
 11. Okubo, S. and Takahashi, H., Long-term and seasonal trends in SPM concentration and its spatial distribution in the Kanto region, Japan, *Urban Climate News (Quarterly Newsletter of the IAUC)*, 査読無し, 33, 2009, 26-29
 12. 鈴木博人・中北英一・高橋日出男, 雨量計の観測値を用いた降水量の空間代表性の解析, *水工学論文集*, 査読有り, 53, 2009, 391-396
 13. Takahashi, H., Long-term variability in the summertime rainfall intensity in Japan: Regional difference and decadal scale variation, *Proceedings, 18th International Congress of Biometeorology (ICB2008). Symposium on Climate variation "Climate variations and weather disasters"*, 査読無し, 2008, CD-ROM
 14. 鈴木博人・高橋日出男, 関東平野における降水の空間代表性—鉄道と気象庁の降水量データを用いた統計解析—, *自然災害科学*, 査読有り, 27, 2008, 161-173
- [学会発表] (計 32 件)
1. 高橋日出男・大和広明・紺野祥平・井手永孝文・瀬戸芳一・清水昭吾, ドップラーソナーで観測された東京都心風下側における夏季晴天日の海風鉛直構造, *日本地理学会 2011 年度春季学術大会*, 2011 年 3 月 30 日, 東京
 2. 鈴木博人・中北英一・高橋日出男, 鉄道における雨量計の配置間隔に関する考察, 第 55 回水工学講演会, 2011 年 3 月 10 日, 東京
 3. 福島あずさ・高橋日出男・松本 淳, ネパールにおける降水の地域特性とその経年変化, 第 165 回生存圏シンポジウム(第 6 回南アジアの自然環境と人間活動に関する研究集会), 2011 年 2 月 20 日, 京都
 4. 高橋日出男, 東京都心域の短時間強雨を捉える—観測データによる実態把握と事前予測に向けた研究—, 東京都環境科学研究所公開研究発表会特別講演, 2011 年 1 月 21 日, 東京
 5. Shimizu, S. and Takahashi, H., Seasonal variation in cool island effect of two urban green spaces, *International Symposium on Sustainable Urban Environment 2010*, December 10, 2010, Hachioji
 6. 瀬戸芳一・高橋日出男, 収束・発散場から見た関東平野における夏季海風日の風系の日変化, *日本気象学会*, 2010 年 10 月 27 日, 京都
 7. 紺野祥平・高橋日出男, 関東平野西部の丘陵地帯における冬季夜間の気温逆転の特徴, *日本気象学会 2010 年度秋季大会*, 2010 年 10 月 27 日, 京都
 8. 高橋日出男・大和広明・清水昭吾・大久保さゆり・高橋一之・鈴木博人, 2008 年 8 月 5 日に東京都区部で発生した短時間強雨について (2)冷気外出流と気温分布, *日本地理学会 2010 年度秋季大会*, 2010 年 10 月 2 日, 名古屋
 9. 大久保さゆり・高橋日出男, 気圧配置型の分類による総観スケールでの SPM 濃度水準と気象場の検討, *大気環境学会*, 2010 年 9 月 8 日, 豊中
 10. 鈴木博人・中北英一・高橋日出男, 雨量計の配置間隔に関する一考察, *土木学会*, 2010 年 9 月 1 日, 札幌
 11. 高橋一之・高橋日出男, 夏季における東京都区部の風系とヒートアイランド現象との関係(第 4 報)—静力学平衡を仮定して補正した夜間の気圧分布と風系との関係—, *日本気象学会 2010 年度春季大会*, 2010 年 5 月 26 日, 東京
 12. 大久保さゆり・高橋日出男, 国内の SPM 日最高濃度出現時刻の長期変化に関する解析, *日本地理学会 2010 年度春季学術大会*, 2010 年 3 月 27 日, 東京
 13. 高橋日出男, 都市型強雨とヒートアイランド現象, (社)空気調和・衛生工学会中部地区講演会, 2010 年 2 月 23 日, 名古屋
 14. 高橋日出男・大和広明・清水昭吾・大久保さゆり・内山真悟・高橋一之・鈴木博人, 2008 年 8 月 5 日に発生した東京都区部短時間強雨時の気温分布と地上風系, *日本気象学会 2009 年度秋季大会*, 2009 年 11 月 27 日, 福岡
 15. 大久保さゆり・高橋日出男, 常時監視データによる国内の SPM 濃度の長期および年々変動, 2009 年日本地理学会秋季学術大会, 2009 年 10 月 25 日, 西原町
 16. Seto, Y. and Takahashi, H., Adjustment technique of observed wind by roughness parameter and logarithmic law: Divergence field over

- the Kanto plain , The 4th Japan-China-Korea Joint Conference on Meteorology, November 9, 2009, Tsukuba
17. Yamato, H., Takahashi, H., and Mikami, T., New urban heat island monitoring system in Tokyo metropolis, The Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7), July 3, 2009, Yokohama
 18. Takahashi, H. and Nakamura, Y., Spatial structure of sky view factor calculated by using digital surface model in the Tokyo metropolitan area, The Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7), July 3, 2009, Yokohama
 19. Okubo, S. and Takahashi, H. , Long-term and seasonal trend of SPM concentration and its spatial distribution in the Kanto region, Japan, The Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7), July 2, 2009, Yokohama
 20. Takahashi, H., Nakamura, Y., and Suzuki, H. , Distribution of summertime intense rainfall frequency and the surface roughness in the Tokyo metropolitan area, The Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7), July 1, 2009, Yokohama
 21. Mikami, T., and Sekita, Y. , Quantitative evaluation of cool island effects in urban green parks , The Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7), June 29, 2009, Yokohama
 22. Takahashi, K., Mikami, T., and Takahashi, H., Influence of the urban heat island phenomenon in Tokyo on land and sea breezes, The Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7), June 29, 2009, Yokohama
 23. 高橋一之・高橋日出男・三上岳彦, 夏季における東京都区部の風系とヒートアイランド現象との関係(第3報) —静力学平衡を仮定して補正した夜間の気圧分布—, 日本気象学会 2009 年度春季大会, 2009 年 5 月 31 日, つくば
 24. 大和広明・高橋日出男・三上岳彦, 夏季の南関東における海風と気温変化の関係, 日本気象学会 2009 年度春季大会, 2009 年 5 月 29 日, つくば
 25. 高橋日出男・内山真悟・大和広明・大久保さゆり・高橋一之・鈴木博人, 2008 年 8 月 5 日の東京都区部短時間強雨時における地上風の発散量時間変化, 日本気象学会 2009 年度春季大会, 2009 年 5 月 28 日, つくば
 26. 大久保さゆり・高橋日出男, 大気環境常時監視データによる国内のSPM(浮遊粒子状物質)濃度の長期変動, 日本気象学会 2009 年度春季大会, 2009 年 5 月 28 日, つくば
 27. 瀬戸芳一・高橋日出男, 収束・発散場から見た関東平野における夏季の局地風循環, 日本気象学会 2009 年度春季大会, 2009 年 5 月 28 日, つくば
 28. 大和広明・高橋日出男・三上岳彦, 首都圏のヒートアイランド現象—広域 METROS の観測データを用いて—, 日本地理学会 2009 年度春季学術大会, 2009 年 3 月 29 日, 八王子
 29. 高橋日出男・内山真悟・大和広明・大久保さゆり・高橋一之・鈴木博人, 2008 年 8 月 5 日に東京都区部で発生した短時間強雨について (1)強雨域の挙動と地上風系, 日本地理学会 2009 年度春季学術大会, 2009 年 3 月 28 日, 八王子
 30. 鈴木博人・中北英一・高橋日出男, 雨量計の観測値を用いた降水量の空間代表性の解析, 第 53 回水工学講演会, 2009 年 3 月 4 日, 東京
 31. 高橋日出男・中村康子・鈴木博人・赤塚幸恵, 夏季の東京都心域における強雨発現頻度分布の風速による差異, 日本地理学会 2008 年度秋季学術大会, 2008 年 10 月 4 日, 盛岡
 32. 高橋日出男・中村康子・鈴木博人, 東京都心域における夏季の強雨頻度分布と高層建築物群との関係, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2008 年 5 月 28 日, 千葉
- [図書] (計 3 件)
1. 高橋日出男, 朝倉書店, 「温度とは」, 彼末一之監修・永島 計ほか編集『からだと温度の事典』分担執筆, 2010, 552-554
 2. 高橋日出男, 成山堂書店, 「5.1 都市と降水現象」, 福岡義隆・中川清隆編著『内陸都市はなぜ暑いのか 日本一高温の熊谷から』, 2010, 75-102
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
高橋 日出男 (TAKAHASHI HIDEO)
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授
研究者番号: 40202155
 - (2) 研究分担者
三上 岳彦 (MIKAMI TAKEHIKO)
帝京大学・文学部・教授
研究者番号: 10114662