

2.3. 研究終了報告

本節には、気象研究所が実施し、平成 23 年度に終了した研究課題のうち気象研究所予算による下記課題について、課題毎に計画と研究成果等を掲載した。

2.3.1. 地方共同研究

- ・ 都市域に強雨をもたらす降水系の構造と環境場及び予測に関する研究 127

都市域に強雨をもたらす降水系の構造と環境場及び予測に関する研究

研究期間： 平成 22 年度～平成 23 年度
研究代表者： 金子法史（東京管区気象台 技術部気候・調査課 調査官）
研究担当者： 金子法史、木村光一¹⁾、窪田邦晃²⁾、藤原宏章、片岡 彩（東京管区気象台技術部気候・調査課）、由比栄造¹⁾、辰巳禎明²⁾、松浪岳司、肆矢朗久¹⁾、高瀬真治、森本奈歩、長谷川洋²⁾、竹内孝夫、瀧上隆雄¹⁾、北畠 淳²⁾、成瀬由紀子（名古屋地方気象台観測予報課）、太田弘彦（名古屋地方気象台防災業務課）、藤部文昭（予報研究部）、青柳曉典（環境・応用気象研究部）

研究の目的

都市域に強雨をもたらす降水系について、事例解析と都市キャノピースキームを適用した数値モデル実験による調査を継続して行うことにより、降水系の発生過程や内部構造と環境場の相互作用に関する基礎的な知見をさらに蓄積する。また、GPS 可降水量を予測に活用する上での基礎的な調査を充実させるとともに、強雨発生や継続時間の予測可能性に関する調査も行い、事例解析による調査成果とあわせ、防災気象情報の精度向上に資する成果を得ることを目的とする。

研究の目標

- ① 関東地方や東海地方の都市域に強雨をもたらす降水系の発生過程や内部構造に関する基礎的な知見の蓄積を進める。
- ② JMANHM に都市キャノピースキームを適用した数値実験を活用することで、ヒートアイランドが都市域の強雨に与える影響について知見を蓄積する。
- ③ GPS 可降水量を予測に活用するための基礎的な調査を行う。
- ④ GPS 可降水量や各種観測データを用いた、強雨発生や継続時間の予測可能性に関する知見を得る。
- ⑤ 上記調査における個々の成果を総合的に分析し、予報現業作業で有用となる強雨の前兆現象、継続時間、雨域の移動方向、降水量予測などに関する知見を見出すことにより、防災気象情報の精度向上に資する。

主な研究成果・目標の達成状況

- ① ドップラーレーダーデータを用いた三次元事例解析
 関東地方、東海地方の都市域に強雨をもたらす降水系について、ドップラーレーダーデータを用いた三次元解析を中心とする事例解析を行い、降水系の発生した環境場や発生・発達過程や内部構造に関する基礎的な知見を蓄積した。
 ア) 2010 年 7 月 5 日夕方から夜のはじめ頃にかけて、東京都の多摩西部～北部と、練馬区～板橋区付近に大雨をもたらした降水系を対象に事例解析を行った。多摩西部～北部での発達は、関東山地が対流の強化を助長する立体構造を解析した。また、練馬区～板橋区付近での発達については、東京湾と相模湾からの下層風の収束域が上昇流を強化させ、埼玉県境まで流入した鹿島灘からの冷湿な気塊による暖湿気の持ち上げの効果も加わり、積乱雲が再発達したことが確認できた。
 イ) 2011 年 8 月 12 日夕方から夜のはじめ頃にかけて東京都板橋区付近に発生し、東京都と埼玉県の県境付近で局地的に発達した降水系の事例解析では、相模湾からの南寄りと千葉方面からの南東寄りの下層風の収束域に、暖湿気が流れ込んだことが発生のトリガーとなったことが分かった。
 ウ) 2011 年 7 月 25 日日中に名古屋市とその周辺で発生した降水系について事例解析を行い、内陸に発生した低温域の北寄りの風と総観規模の南寄りの風との下層収束をトリガーに対流雲が急速に発達する過程を解析した。
 エ) その他、名古屋市とその周辺で 2009 年から 2010 年に発生した短時間強雨の 3 事例について事例解析を行っており、強い降水系に対応した下層の水平収束や上昇流の存在を確認している。
- ② GPS 可降水量による降水予測に関する調査
 GPS による気象観測データを用い、降水予測に活用するための基礎的な調査と強雨発生やその継続時間の予測可能性に関する調査を行い、様々な知見を得た。
 ア) 2008 年 8 月 5 日の東京都心部で発生した短時間強雨について、大気遅延量から算出される勾

¹⁾ 平成 22 年度、²⁾ 平成 23 年度

配パラメータ、非一様成分と降水の関係を調査した。水蒸気量による重み付けを施した勾配パラメータの収束と降水の対応では、一部の地域で強雨が観測される直前に収束が高まる様子が見られた。非一様成分を用いた解析では、降水が観測される前から非一様成分の分散値の変動が大きくなる様子が見られ、この分散値が短時間強雨の指標となる可能性が示唆された。

- イ) 2010 年 7 月 5 日の関東付近の降水事例から、勾配パラメータ、非一様成分、GPS 可降水量及び可降水量フラックスによる降水の予測可能性について調査した。勾配パラメータの収束域は降水に先行していることが確認できた。非一様成分の分散は降水と概ね対応していることが確認できた。地点毎の非一様成分と降水量の対比では、降水量が多いほど変動が大きくなる等の特徴が見られ、また、リードタイムは十分とはいえないものの、降水に先行して変動する箇所もみられた。
 - ウ) 2008 年 7 月～2010 年 9 月の東海地方について、GPS 可降水量等の指標と強雨との統計的な関係を調査し、GPS 可降水量や気柱相対湿度から計算した SSI は、強雨の必要条件と捉えることが適切であることが分かった。また、毎時大気解析 925hPa 風速を用いた指標が、地形性収束によると推測される強雨の必要条件として利用できる可能性が確認できた。さらに一次細分区域毎の精度評価から、強雨事例を効率的に捕捉できる指標に地域性があることもわかった。
 - エ) 東海地方について、MSM 降水量を考慮した GPS 可降水量データと解析雨量との統計関係を調査し、MSM の 7 時間降水量が 100mm 以上となっている場合、かつ、GPS 可降水量データが一定値以上のときに、実況で強雨となることが多いことがわかった。
 - オ) 2009 年 6 月 22 日に愛知県江南市付近で発生した降水系について、可降水量フラックスの収束域で強雨エリアを拡大させたことがわかった。また、強雨発生 1 時間前の勾配パラメータの分布をみると、同地域では周辺に比べて大きな成分が見られ、水蒸気の局地的な増加・集中が示唆された。
 - カ) 2009 年 7 月 26 日夕方、伊勢湾からの暖気と岐阜県からの寒気による気温差を伴った収束域上の愛知県尾張地方で発生した線状メソ対流系について、発生前の地域に GPS 可降水量の増加や可降水量フラックスの強い収束がみられた。また気温の低下した地域とメソ対流系の発生した地域との対応の良いことが確認できた。
 - キ) 2011 年 8 月 23 日に愛知県の尾張北部で発生したメソ対流系について、GPS 可降水量の増加が大きな領域は、数時間後の強雨域を包括しており、一次細分区域程度のポテンシャル予測には利用可能であることを確認した。また、アメダス風による可降水量フラックスの収束域は、ほぼ同時現象ではあるが概ね強雨域と対応しており、アメダスに加えて部外機関の風データを利用すれば、より詳細な収束域の把握が可能となり、ナウキャストへの利用が期待できることが確認できた。
- ③ 都市キャノピースキームを適用した数値実験
- JMANHM に都市キャノピースキームを適用した数値実験を行い、ヒートアイランドなどの都市環境が都市域の降水系に及ぼす影響を調査した。
- ア) 2010 年 7 月 5 日に東京都内に大雨をもたらした降水系について、現業 MSM と同じ地表面過程を用いた実験、都市キャノピースキームを都市格子に適用した実験及び都市地表面のパラメータを農地用の値で置き換えた実験を行った。降水開始時の多摩西部におけるモデルの降水表現は実況と矛盾しないものであったが、降水系の発達期以降についてはうまく再現できず、降水系の移動方向や構造が異なる結果となった。また、3 つのモデル間の比較を行ったところ、都市の熱的效果によってその周辺部の風系に変化が生じ、暖湿気の流入する地域が変わることにより降水が強化される可能性が示唆された。
 - イ) 2011 年 8 月 12 日夕方から夜のはじめ頃にかけて東京都板橋区付近に発生した降水系について、現業 MSM と同じ地表面過程を用いた実験及び都市キャノピースキームを都市格子に適用した実験を行った。実験結果では実況と同様、下層の南西から南寄りの風と南東寄りの風の収束域に暖湿気が流れ込んだことが降水発生のトリガーとなっていることが確認できた。また、都市キャノピースキームを用いた実験では、現業 MSM と同じ地表面過程を用いた実験よりも降水強度が強い結果となり、それは前者の実験で、都市の熱的效果によって形成されたと考えられる高温低圧部が維持され、その気圧傾度によって風の収束がより強かったためであることが示唆された。また、都市域とその周辺域との気温のコントラストは夕方から夜のはじめ頃の時間帯に強まってくることが分かった。

当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

都市キャノピースキームを適用した実験において、研究 2 年度目には都市グリッド内に存在する東京

都内のビル群について、国土地理院の地理情報システム（GIS 情報）によるビルの形状と、標準的なオフィスビルの熱パラメータを用いたものに変更するとともに、水平解像度 1km の実験を行うための変更も合わせて行った。

成果の他の研究等への波及状況

GPS 可降水量による降水予測に関する研究成果を、管区推奨調査研究「GPS による気象観測データを活用した降水予測に関する調査研究」の調査手法の例として提示するとともに、ドップラーレーダーデータによる三次元事例解析技術や調査手法については、同調査研究「地域に特有な気象現象の構造解明に関する調査研究」の参加官署等に適宜提供している。

また、気候・調査課では、科学技術戦略推進費「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」課題 1（稠密観測による極端気象のメカニズム解明）の協力官署となっており、来年度に向け、稠密観測により得られた観測データ等を活用した事例解析に対して、地方共同研究によって得られた成果や解析技術・手法を生かしていく。

今後に残された課題

東京都付近で発生した強雨事例について、事例解析と都市キャノピースキームを適用した数値実験を行ったことにより、都市の熱的効果によって形成された高温低圧部が、その付近での降水系の発生や発達に影響を及ぼす可能性があることを確認できた。このことから、今後の課題としては、事例解析と数値実験を同時に実施する事例を増やし、ヒートアイランドの影響の統計的な有意性を確認することが上げられる。また、東海地方では名古屋市付近のヒートアイランドが降水系に及ぼす影響について考察するために、事例解析と合わせた数値実験の必要性が考えられる。

GPS による気象観測データを用いた調査については、前回（平成 19 年度～20 年度）の地方共同研究で初めて扱った大気遅延量の勾配パラメータを用いた調査に加え、本研究では非一様成分と降水現象との関係についても事例調査を行った。また、MSM 降水量を考慮した GPS 可降水量と解析雨量との統計調査など新たな取り組みも始められ、これらの調査によって降水系の発生域を事前に絞り込める可能性が示された。今後は予報現業作業に活用するためのさらなる調査の進展が課題となる。

研究成果及びその活用に関する意見（気象研究所研究課題評価委員会による終了時評価）

（評価結果）

優れた研究であった。

（総合所見）

本研究は、社会的に注目されている都市域での強雨について、気象予報の現場において最新の知見を活用し適切に対応するために実施されたもので、時宜を得た取り組みである。

事例をさらに積み重ねる必要はあるが、GPS 可降水量関連物理量が降水予測に使える可能性を見いだした意義は大きい。また、数値実験を通じて都市キャノピーの影響の大きさを把握するなど、当初の目標は概ね達成された。

大気遅延量から算出される勾配パラメータや非一様成分といった、これまでに調査実績のあまりない物理量に注目した調査や、ドップラーレーダーデータを用いた三次元解析を中心に、降水系の発生した環境場や降水系の発生・発達過程や内部構造に関する詳細な事例解析を行い、有益な知見を得ることに成功したことは評価に値する。

しかし、依然として各事例に対する知見の蓄積にとどまっており、「個々の成果を総合的に分析し、防災気象情報の精度向上に資する」という到達目標については、その達成には至っていない。最終的な到達目標は容易なものではないが、これまでの成果を体系的に取りまとめることは重要であり、今後の研究の発展に期待したい。

研究成果については、部外の専門家の意見を広く聞くことも研究の遂行にとって有効なので、気象学会大会などでも発表していただきたい。また、予定されている報告書をまとめるとともに、気象研究所の研究支援の枠組みを活用するなどして、査読論文の形に取りまとめて発表していただきたい。研究成果の学会等での発表は、地方官署職員の技術力向上に資することから、気象研究所担当研究官も積極的に支援していただきたい。

本研究は、平成18 年度から継続・発展してきた研究であり、研究成果は確実に高度化している。

都市域の強雨は社会的な関心が高く、引き続き研究を進めて行くべき課題である。今後も研究を継続し、その成果を着実に予報業務に活かしていただきたい。

成果発表状況

- ・印刷発表件数 0 件
- ・口頭発表件数 16 件

成果発表一覧

(1) 査読論文

なし

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

なし

(3) 口頭発表

1. 木村光一, 金子法史, 藤原宏章, 片岡 彩, 2010: 2010 年 7 月 5 日に東京都で発生した大雨についてードップラーレーダー解析で見る降水現象の特徴(第一報)ー, 東京都内調査研究会.
2. 片岡 彩, 金子法史, 木村光一, 藤原宏章, 2010: 2010 年 7 月 5 日に東京都で発生した大雨についてーJMANHM による再現実験及び感度実験ー, 東京都内調査研究会.
3. 藤原宏章, 金子法史, 木村光一, 片岡 彩, 2010: GPS 衛星によるマイクロ波の大気遅延量を用いた局地的大雨の予測に関する調査ー2008 年 8 月 5 日の事例ー, 東京都内調査研究会.
4. 太田弘彦, 肆矢朗久, 瀧上隆雄, 成瀬由紀子, 坪井嘉宏, 2010: 2009 年 6 月 22 日に愛知県北西部で発生した浸水害ー可降水量フラックスの収束域と強雨の対応ー, 愛知県内調査研究会.
5. 肆矢朗久, 太田弘彦, 成瀬由紀子, 瀧上隆雄, 坪井嘉宏, 2010: 2009 年 7 月 26 日尾張地方で発生した大雨について, 愛知県内調査研究会.
6. 坪井嘉宏, 太田弘彦, 瀧上隆雄, 成瀬由紀子, 肆矢朗久, 2010: 東海地方における GPS 可降水量と強雨の統計的關係について, 愛知県内調査研究会.
7. 由比栄造, 松浪岳司, 高瀬真治, 森本奈歩, 竹内孝夫, 2010: 都市域に強雨をもたらす降水系の構造と環境場に関する研究ードップラーレーダーデータによる三次元事例解析ー, 愛知県内調査研究会.
8. 片岡彩, 木村光一, 金子法史, 藤原宏章, 2011: 2010 年 7 月 5 日に東京都で発生した大雨についてーデュアルドップラー解析及びJMANHMによる再現実験・感度実験ー, 関東甲信地区調査研究会.
9. 由比栄造, 松浪岳司, 高瀬真治, 森本奈歩, 竹内孝夫, 2011: 都市域に強雨をもたらす降水系の構造と環境場に関する研究ードップラーレーダーデータによる三次元事例解析ー, 東海地区調査研究会.
10. 窪田邦晃, 金子法史, 藤原宏章, 片岡 彩, 2011: 2010 年 7 月 5 日に東京都内で発生した大雨についてードップラーレーダー解析でみる降水現象の特徴(第二報)ー, 東京都内調査研究会.
11. 藤原宏章, 金子法史, 窪田邦晃, 片岡 彩, 2011: GPS 気象観測データを用いた大雨の予測調査ー2010 年 7 月 5 日の事例ー, 東京都内調査研究会.
12. 藤原宏章, 金子法史, 窪田邦晃, 片岡 彩, 2012: GPS 気象観測データを用いた大雨の予測調査ー2010 年 7 月 5 日の事例ー, 関東甲信地区調査研究会.
13. 片岡 彩, 金子法史, 窪田邦晃, 藤原宏章, 2011: 2011 年 8 月 12 日に東京都で発生した降水系の事例解析, 東京都内調査研究会.
14. 片岡 彩, 金子法史, 窪田邦晃, 藤原宏章, 2011: 2011 年 8 月 12 日に東京都で発生した降水系についてー都市キャノピースキームを用いた JMANHM による再現実験ー, 東京都内調査研究会.
15. 太田弘彦, 北畠淳, 成瀬由紀子, 森本奈歩, 2011: 2011 年 8 月 23 日に尾張北部で発生した強雨について, 愛知県内調査研究会.
16. 太田弘彦, 北畠淳, 成瀬由紀子, 森本奈歩, 2012: 2011 年 8 月 23 日に尾張北部で発生した強雨について, 東海地区調査研究会.