

地域防災実践型共同研究（特定）（課題番号：28R-01）

課題名：レーダーネットワークを活用した統合防災システムの構築

研究代表者：山中 稔

所属機関名：香川大学

所内担当者名：橋本 学

研究期間：平成 28 年 4 月 1 日 ～ 平成 30 年 3 月 31 日

研究場所：高知大学朝倉・物部キャンパス，京都大学防災研究所

共同研究参加者数：12 名（所外 8 名，所内 4 名）

- ・大学院生の参加状況：3 名（修士 3 名，博士 0 名）（内数）
- ・大学院生の参加形態 [研究補助]

研究及び教育への波及効果について

本研究の実施により，高知大学設置の偏波ドップラーレーダー観測システムによる常時観測環境が確立され，研究のみならず，教育面でも大きく寄与する。また，本研究には修士学生 3 名，学部学生 6 名が参加しており，研究成果の一部は修士論文 1 本と卒業論文 4 本に反映される。

研究報告

(1) 目的・趣旨

本研究は，年間降水量が全国トップレベルにあり，短時間強雨や竜巻等突風の発生頻度も高い高知県において，高知大学で稼働中の MP ドップラーレーダー 3 台の観測データを用いて，1～2 分程度のタイムラグで大雨，洪水，突風などに関連する情報提供システムを構築し，その有効性を検証することを目的とする。本システムは XRAIN の観測対象外地域をカバーして風水害に対する地域防災力を高めるだけでなく，大雨をもたらす降水システムや河川氾濫メカニズムなど災害発生メカニズム解明に寄与する知見を得ることができる。

(2) 研究経過の概要

平成 28 年度に設置した高知市市庁舎屋上と高知市内小学校 3 箇所を含む計 5 箇所の地上観測システムによる観測は年度末まで継続した。レーダー観測システムについては，偏波パラメータの降雨減衰補正と地形クラッタのマッピングなどによる除去を行うとともに，地形でビームが減衰される地域のデータ削除や偏波間相関係数を用いた品質管理を実施した。さらにネットワークデータを提供するためのアルゴリズムを改良した。雨量評価の精度検証には先述の地上観測機器のほか，アメダスデータ，牧野植物園に設置している光学式雨滴粒度分布計と転倒ます雨量計を比較した。渦検出については，高知県の竜巻多発傾向と全国傾向を比較するために，渦検出アルゴリズムを用いた全国の渦発生の統計的評価を行った。

レーダーデータに連動する都市豪雨災害機構の解明，氾濫予測精度の向上及び防災減災技術の構築を目指し，内水排除過程における道路側溝の影響，マンホール部のエネルギー損失及び内水排水ポンプの操作方法を着目し，現地調査と室内実験及び，数値解析による研究を行った。

さらに，国土地理院から提供されている大気遅延量 (F3 解析値) のデータを用いて GPS 可降水量を高知豪雨 (1998 年 9 月) の動態に着目して求め，GPS 可降水量と降水量との関係を調べた。加えて，高知市における同可降水量と降水量の長期データセット (1996 年 4 月～2016 年 7 月) を作成し，降水に係る高知市の気候の特徴について解析した。

(3) 研究成果の概要

レーダー観測システムにおいて，雨量評価において上記の品質管理を行なった上で朝倉，物部，安芸の 3 台のレーダーを用いて 1kmCAAPI のネットワークデータを各レーダーデータの取得後，1 分以内の準リアルタイムで構築することに成功した。

また、雨量評価については、やや強い雨に適用する偏波間位相差変化率を用いた雨量評価により、朝倉レーダーと安芸レーダーがやや過小評価傾向にあるものの、地上雨量計との相関が0.8の高精度で評価可能であることを示した。一方、Z-R関係についても各レーダーについて適正な評価ができた。光学式雨滴粒度分布計から得られた平均的な粒径サイズのパラメータDm(中央粒径)と雨滴粒度分布計上空をレーダーで観測した偏波パラメータZDRに対応関係がみられることが明らかとなった。雨雲内の平均的な粒径サイズの違いに対して朝倉レーダーでは特に ρ_{HV} の感度が高い一方で、古野レーダーではZDRの感度が高かった。気象庁レーダーによる2013年4月の渦発生状況を調べた結果、大半の渦はノンスーパーセルタイプの降水システムに伴うものであることを明らかにしたが、地域によって海上と陸上の発生率が異なることを明らかにした。また、時刻別に見ると、日中後に発生率が高い気象庁竜巻等突風データベースとは異なり、早朝にやや多い傾向が見られた。

氾濫解析モデルの精度向上を図り、排水施設として機能する側溝を考慮した新たな地上—地下接続モデルを提案し、高知県高知市の一部を対象とした数値解析を行った。その結果、側溝容量の変化は地上部の雨水及び下水道管渠からの逆流流量を貯留できる容量と同等であることが分かり、側溝容量の増加に伴って、地上部の浸水軽減効果が見られた。また、側溝を考慮したモデルにおける地上部—下水道管渠間の交換流量は、側溝を考慮していないモデルにおける地上部—下水道管渠間の交換流量と比較して、降雨強度の変動に影響されやすいことが分かった。

下水道の流下能力を高精度に評価することが必要不可欠であり、マンホール内のエネルギー損失の評価方法の確立が重要な課題となる。下水管渠流れ模型実験装置を用いてマンホール内のエネルギー損失の実態を解明し、マンホール内の3次元流れ構造との関係を調べた。実験では3方向接合型マンホールを対象とし、流量比、主管・支管の接合角度、下流水深がエネルギー損失に及ぼす影響を評価し、粒子画像流速測定法を用いてマンホール内の流れ構造の解析を行った。

下水道からの排水が外水河川へ与える影響に注目し、現地調査及び数値解析から都市下水道の放流先である外水河川の降雨時における時間的・空間的な水理特性を解明し、それらと内水排水ポンプの排水過程との関係を調べた。研究は高知県高知市にある二級河川久万川の支川紅水川を対象として行った。現地調査では実河川における水位変動特性を把握することを目的として定期的な写真撮影、圧力式水位計を用いた水位観測及び降雨・内水ポンプ操作実績データの収集等を行った。内水ポンプの操作方法が放流先河川の水理特性に影響を及ぼすことが明らかとなった。

GPS 可降水量を用いた大雨予測指標により、水資源確保の観点から安全な予測結果を得ることに成功し、治水・利水に対する同指標の利用可能性を示した。さらに、同可降水量から計算可能な降水効率と標準雨量指数の両指標を用いることにより、季節に拘わらず雨の降りやすい高知市の気候の特徴が明らかとなった。

(4)研究成果の公表

佐々浩司, 西藤大輝, 2017: ドップラーレーダーにより検出される渦の視線距離依存性, 日本流体力学会年会 2017(東京, 2017年8月30日).

坂東光, 張浩, 藤原拓, 岡田将治, 松岡直明. 2017: 雨水排除過程に伴う都市放流先河川の水理特性に関する研究. 日本流体力学会年会 2017(東京, 2017年8月31日).

松田亮, 張浩, 藤原拓, 川池健司. マンホール周辺のエネルギー損失に関する実験的研究日本流体力学会年会 2017(東京, 2017年8月31日).

山中稔, 佐々浩司, 橋本学, 中川一, 川池健司, 張浩, 森牧人, 村田文絵, 寺尾徹, 2017: レーダーネットワークを活用した統合防災システムの構築, 第54回自然災害科学総合シンポジウム(宇治, 2017年9月14日).

Zhang, H., Okada, S., Sassa, K., Fujiwara, T. and Bando, H., 2017: Impacts of drainage discharge on the hydraulics of receiving streams in urban areas, The Second International Top-level Forum on Engineering Science and Technology Development Strategy, October 18-20, Nanjing, China (Invited lecture).

村田文絵, 佐々浩司, 2017: 高知大 Parsivel と偏波レーダーによる背が低い雨滴の特徴の解析, 日本気象学会秋季大会(札幌, 2017年10月31日).

西井章, 佐々浩司, 2017: 高知大 MP レーダーネットワークによる雨量評価, 日本気象学会秋季大会(札幌, 2017年11月1日)

Fumie Murata, Koji Sassa, 2017: Observation of rain drop size distribution by Parsivel disdrometers and X-band MP radars in Kochi, Japan International Tropical Meteorology Symposium 2017, Ahmedabad, India, 8.

Zhang, H., Matsuda, T., Fujiwara, T. and Kawaike, K., 2017: Impact of sewer pipe arrangement on hydraulic efficiency of

municipal sewerage system, The 10th International Conference on Challenges in Environmental Science and Engineering, November 11-15, Kunming, China

Zhang, H., Matsuda, T., Fujiwara, T., Kawaike, K. and Sassa, K., 2018: Laboratory experiments on the three-dimensional flow in a junction manhole,平成 29 年度京都大学防災研究所 研究発表講演会(宇治, 2018 年 2 月 21 日).

西井章, 佐々浩司, 2018: 高知大学 MP レーダーネットワークによる降雨観測精度の検証, 平成 29 年度京都大学防災研究所 研究発表講演会(宇治, 2018 年 2 月 21 日).

西藤大輝, 佐々浩司, 2018: 気象庁レーダーを用いた日本の竜巻発生可能性の分布, 平成 29 年度京都大学防災研究所 研究発表講演会(宇治, 2018 年 2 月 21 日).

澤谷拓海・張浩・川池健司・中川一, 2018: 都市域における小規模水理構造物に着目した雨水排水プロセスのモデル化, 平成 29 年度京都大学防災研究所 研究発表講演会(宇治, 2018 年 2 月 21 日).

Koji Sassa, Daiki Nishifuji, Osamu Suzuki, 2018: Climatology of Mesocyclone Observed by Doppler Radars in Japan, International Workshop on Wind-related Disasters and Mitigation (仙台, 2018 年 3 月 12 日).

森 牧人, 門田晃誠, 佐々浩司, 2018: 降水効率及び標準雨量指数を用いた高知市の気候解析. 日本農業気象学会 2018 年全国大会 (九州大学伊都キャンパス, 2018 年 3 月 15 日).