

適切な災害予測情報利用のための高解像度降水ナウキャストの 予測精度評価についての基礎的検討

白井 友崇¹⁾・中條 壮大²⁾

1) 大阪市立大学 大学院生活科学研究科 e-mail: m19hb005@ka.osaka-cu.ac.jp

2) 大阪市立大学 大学院工学研究科 e-mail: nakajo@eng.osaka-cu.ac.jp

リアルタイムに公開される高解像度降水ナウキャストの予測値と XRAIN の解析雨量を自動画像キャプチャにより取得，画像解析を行い，その比較から精度検証を行った．ここでは2018年の7月豪雨と台風12号通過時を対象に，降雨形態や時間変化，降雨強度の違いの影響，地域間比較について分析を行った結果を示す．降雨強度の高い場合には過小評価のバイアスがあることや適切な参照範囲の目安などを明らかにした．

Key words：降水予測，豪雨災害，高解像度ナウキャスト，XRAIN

1. はじめに

近年，日本では2018年の7月豪雨（西日本豪雨）のような前線性の長期豪雨や，台風による豪雨の事例が増加している．それに伴い河川氾濫や土砂災害などの降雨に起因する水害が増加し，避難が間に合わずに多くの犠牲者をもたらしている．気象庁のホームページ(HP)に配信される高解像度降水ナウキャスト¹⁾（以下，ナウキャストと略記）の情報は，既に様々な防災アプリに降水予測情報としてスマートフォンなどでも利用されており，避難目安としての利用が期待されている．しかし気象予報には初期値・境界値の不確実性や数値予報モデル固有のバイアスが含まれる．そのため，気象の専門家ではない市民が予報結果をどのように解釈し，避難などの減災行動に反映させるべきかを決定するのは難しい．また，深夜や早朝においては行政が避難情報を出すべきか躊躇する場合もある中で，行政の提示する避難情報に依存した避難計画だけでは十分ではない．そのため，市民が自己の判断で適切に災害予測情報を読み取ることのできるようなリスク情報の提示方法について考えていく必要がある．

降水予測の初期値条件が降雨予測精度に与える影響については，加藤ら²⁾が 国土交通省の提供する X バンド MP レーダ（XRAIN）³⁾に基づく降水量予測と気象レーダの情報をナウキャストに同化させることで予測精度を向上させる試みを，高田ら⁴⁾は降雨域の移動特性，時間特性を考慮したナウキャストの予測精度向上を図った．また加藤ら⁵⁾は 50 mm/h 以上の局地的な短時間強雨での予測精度検証を行っている．しかしこれらの研究では狭い範囲での短時間強雨に対して行われており，広域での長時間強雨に対しての精度検証は行われていない．そのため，こうした予測精度が災害リスク情報として市民が利用する際にどういった結果をもたらすのかという視点に基づく評価は十分ではない．

本研究では広域での比較的長時間にわたる豪雨イベントを対象に，ナウキャストの予測値と XRAIN による降水観測値（解析雨量）の比較から，ナウキャストの降水予測の精度を分析，評価を行った．またそれにより，予測情報の利用の観点から注意すべき点について明らかにすることを目的とした．予測精度が十分でない場合には，局所的な予測精度ではなく，やや領域を拡大して参照しながら防災行動を決定することも想定される．そこで，参照領域を拡大して評価した場合に，強雨の見逃しが生じにくい適切な領域設定について分析し，ナウキャストの活用法についても検討した．

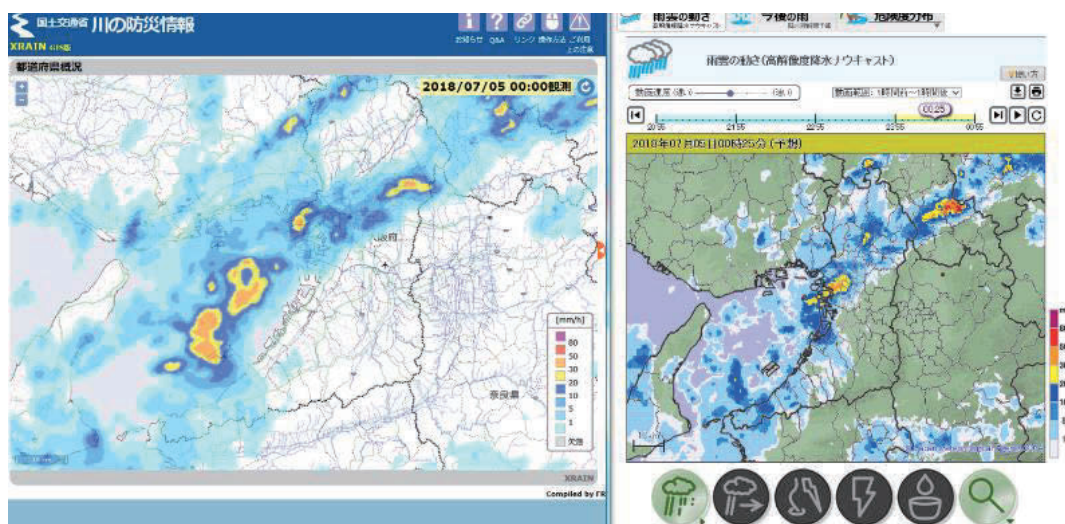


図-1 2018年7月5日0時における観測値：XRAIN（左）と予測値：高解像度ナウキャスト（右）の例

2. 研究手法

(1) 使用データ

気象庁のHPにおいてリアルタイムに更新される高解像度降水ナウキャストは、空間解像度 250 m の数値予報モデルの出力結果であり、現在提供されている降水予測情報の中では最も高解像度な予測値である。一方、比較対象とした XRAIN の解析雨量は、X バンド MP レーダおよび C バンドレーダによる観測を元にした高空間解像度の観測値である。研究を実施するにあたり、解析対象範囲は大阪近郊の東経 134°53'4"～135°54'4"、北緯 34°13'6"～34°54'11"とし、解析期間は 2018 年 6 月 15 日から 7 月 29 日までとした。その間に、対象範囲では 2018 年 7 月豪雨および台風 12 号によって顕著な豪雨が発生した。ここでは、それらのイベント間の結果を比較することでナウキャストの予測精度の特徴について分析を行った結果を示す。予測値と観測値については、それぞれ気象庁および国交省のHPから10分間隔で画像キャプチャにより自動取得した。そのため、評価されるのは図-1に示すように凡例で区分された雨量データであり、実際に得られている連続的な量ではない。ただし、市民はこうした区分データから行動を決定すると考えられるので、この研究では区分データを用いた比較で評価する。

(2) 検証方法

画像キャプチャにより得られた予測値および観測値は、表示領域や縮尺などをできるかぎり合わせたとしても、同じ地点の結果を得る事はできない。そこで、解析対象範囲内で座標基準となる地点(大阪市,三重市)を設定し、予測値と観測値でそれらの地点の座標が等しくなるように線形補間操作を行った。また、ナウキャストおよび XRAIN の表示画面には、雨量以外にも市区境界線や道路などの情報がレイヤーとして重なって表示されている。こうした情報は別途に除去し、欠損したデータは周辺の降雨量データから内挿補間を行った。ナウキャストのリードタイム(XRAIN 観測時刻からの予測時間)は 0 分、30 分、60 分の 3 ケースについて表示の切り替えが可能であり、それぞれの結果を取得し、精度評価を行った。精度評価においては次式で定義される予測誤差 ΔP (mm/h)を用いた。

$$\Delta P = P_{obs} - P_{forc} \quad (1)$$

ここで P_{obs} は XRAIN の観測雨量、 P_{forc} はナウキャストの予測雨量である。

予測精度の検証においては、解析対象の全域で評価した場合と、特定の地域に限定した場合とで比較を行った。前者は平均的な精度について、後者は地形要因などで地域性が現れる可能性について評価するために、

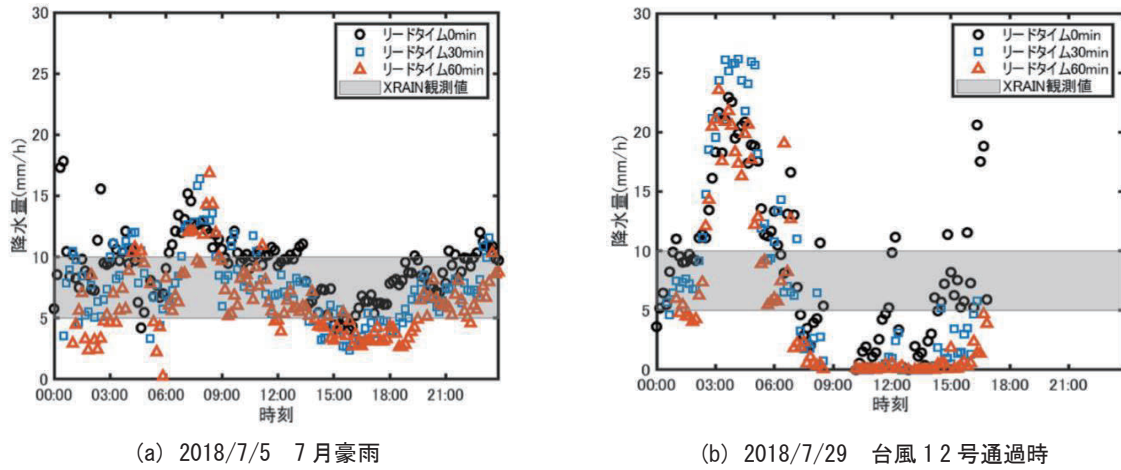


図-2 5～10 mm/hの少雨地点におけるナウキャストの予測結果

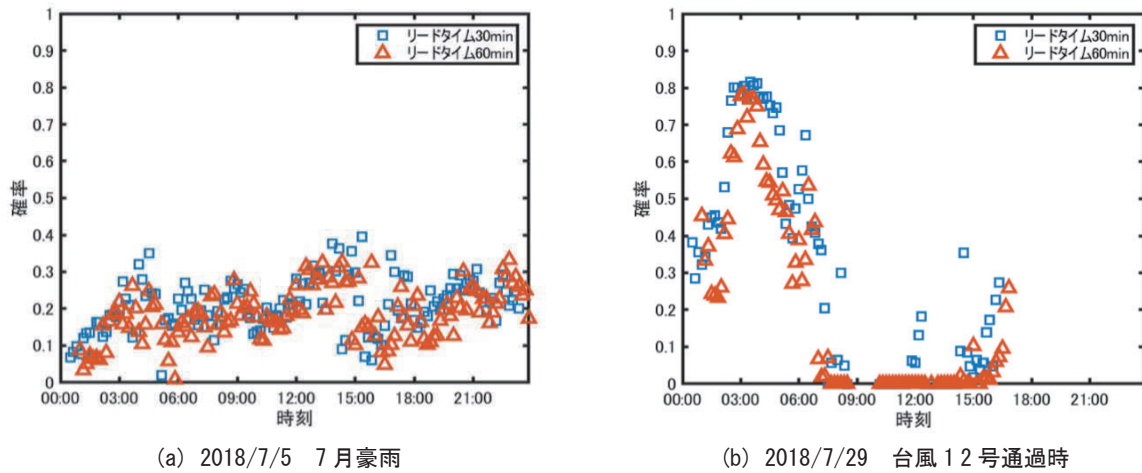


図-3 5～10 mm/hの少雨地点におけるナウキャストの正答率

降水量の多く、実際に7月5日に避難勧告の出た神戸市、茨木市、豊中市の3都市を対象に精度の地域間比較を行った。またここでは特に前線性の豪雨が長期間継続した2018年7月5日の結果と、台風起因の豪雨イベントである2018年7月29日の結果を比較し、降雨イベント間での差異についても検討した。

3. 降雨形態や降雨強度の違いが予測精度に及ぼす影響 ～解析範囲内の平均的な精度について～

(1) 少雨地点の精度

まず、解析範囲全体における平均的な精度結果について述べる。ここでは降雨強度毎にその予測精度を比較する。図-2は2018年7月5日と7月29日における時系列の予測降水量変化を示しており、XRAINの観測値において5～10mm/h（通常の雨。ここでは便宜上、少雨と記す）であった地点のみの予測値の平均をリードタイム毎に示している。すなわち、各図中に灰色の帯で示された範囲は予測値と観測値が平均ではほぼ同じ値となっていることを示す。また、各地点で予測値がその帯状領域の間にあり、精度よく予測されている地点数を集計し、全領域に対する割合について算出したものをここでは正答率と称する。その正答率の時間変化を図-3に示す。本研究では予測精度に重きを置いているためおり、リードタイム0minについてはナウキャストの観測精度であるため、除外している。

図-2(a)より、前線性降雨の少雨地点では予測結果も概ね観測値と同じ値を示しているように見える。しかし、これはあくまでバイアスが小さい（過小と過大の割合が同程度である）ことを意味するにすぎない。実

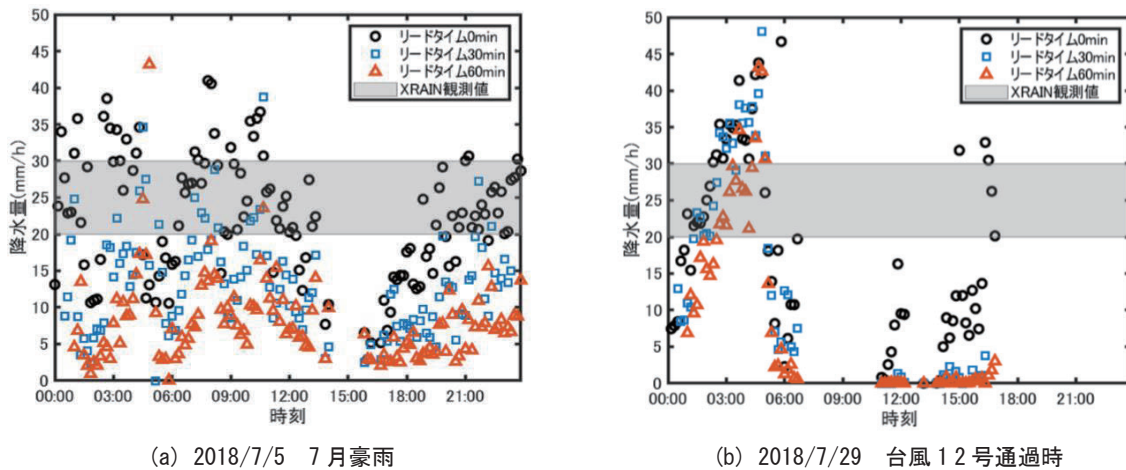


図-4 20~30 mm/hの強雨地点におけるノウキャストの予測結果

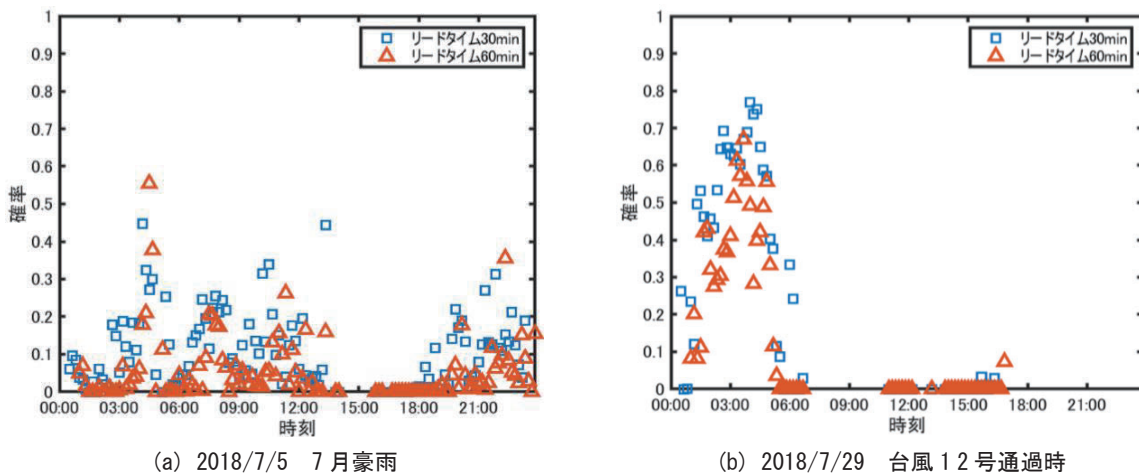


図-5 20~30 mm/hの強雨地点におけるノウキャストの正答率

際, 図-3(a)を見ると正答率は良くて30~35%程, 平均的には15~25%程度でしかない. リードタイムの差は比較的小さく, 正答率でみるとリードタイム30分の方がやや高くなる程度である.

また図-2(b)より, 台風通過後の少雨地点においては, 深夜から早朝にかけて(0~6時頃)の降雨については予測が過大となる一方で, その後の昼過ぎまでの降雨においては過小に評価するバイアスが存在している. 一方で, 図-3(b)に示されるように正答率は深夜から早朝にかけて高く, その後の昼過ぎまでの降雨では正答率が低い. すなわち, 深夜の降雨については平均的には精度がよいが, 一部の地域で強い雨を予測し, 午前中から昼過ぎにかけての降雨はほとんど予測できていないことを示している. このように, 今回の検討事例では前線性の降雨と台風時の降雨では, 予測精度の特徴が異なる結果となった.

(2) 強雨地点の精度

図-4および図-5には同様に観測値として20~30 mm/h(どしゃ降りの大雨, ここでは強雨と記す)であった地点のみの予測値の検証結果を示している. 全領域の地域数は250m格子で489629点である. 図-4(a)が示すように, 前線性降雨の強雨地点においては予測がほとんどの時刻で過小となるバイアスを示している. また, リードタイムが長くなるほどにその過小バイアスは大きくなっている. また図-5(a)は正答率が0~5%ほどと1割に満たない時間が長いことを示している. また, 先ほども述べた通り本研究では予測精度に重きを置いているおり, リードタイム0minについてはノウキャストの観測精度であるため, 除外している.

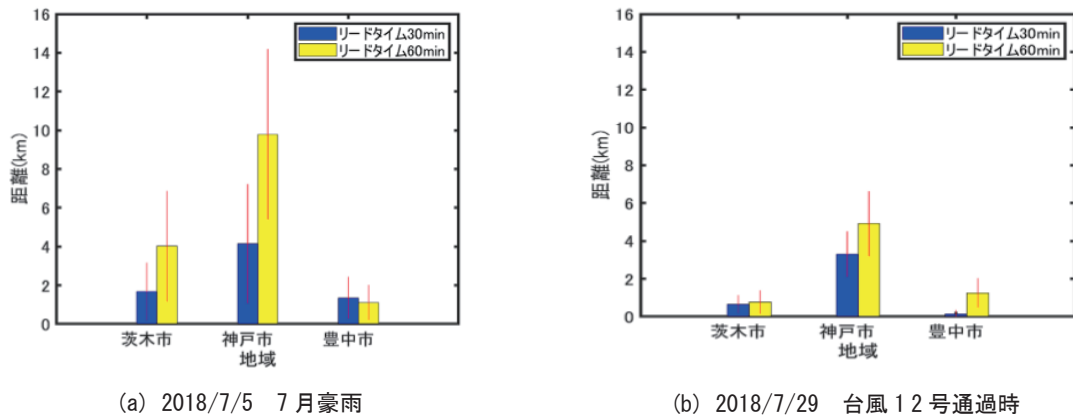


図-6 代表地域における必要参照距離 NRL

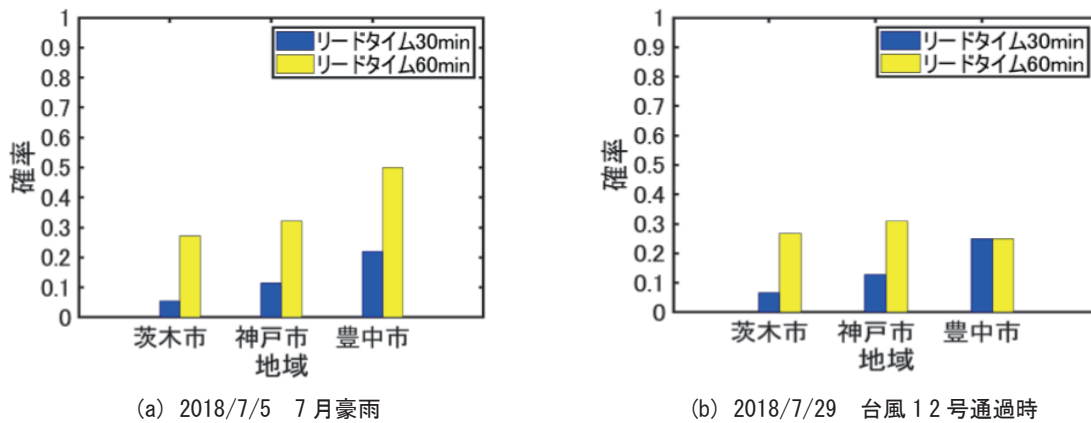


図-7 代表地域における誤答率

また図-4 (b) から台風時の降雨においては、少雨地点で確認されたのと同様に、深夜3時頃を中心に過大評価、午前中から昼過ぎにかけては過小評価となるバイアスを示している。また正答率についても少雨地点に見られたのと同様に、時間帯によって大きく傾向が変化している。

4. 強雨予測における必要な参照距離および誤答率

高解像度ナウキャストの局所的な再現性については前章で検討したが、実際には近隣の地域の予測結果も同時に参照しながら防災行動を決定していると考えられる。そこで、注目している地点だけでなく、その周辺地域も含めて降水リスクを評価する場合の精度評価について検討する。ここでは対象領域内で実際に降雨量の多かった茨木市、神戸市、豊中市に着目し、分析した結果を示す。

分析方法としては、20~30mm/hの強雨が生じた地点を中心として、どれだけ探索範囲を拡大すれば同じ降雨強度の現象が生じているかを各時刻において探索し、見つかった場合にその地点までの距離を必要参照距離 NRL として評価した。その定義より、NRL が小さいほど近くに類似の強雨が予測されたことを意味する。また、どれだけ NRL を大きくしても予測結果には強雨が含まれていない場合もある。そこで、強雨イベントの数に対してそれに相当する強雨イベントが対象地周辺の予測結果に見つからなかった数の比を誤答率と定義し、評価した。

図-6 は7月5日および7月29日をそれぞれ対象期間とした場合の平均 NRL とその標準偏差をエラーバーで示している。また、図-7 は同時期の強雨に対する誤答率を示す。図-6 より、多くの場合はリードタイムが長くなるほど NRL は大きくなっていることがわかる。また29日の台風時と比べると5日の前線型降雨時に

はNRLが大きくなっている。ただし、豊中市の場合にはやや異なる傾向にある。5日と29日どちらにおいても神戸市の予測は他の地域と比較して精度が悪い結果となっている。

図-7の誤答率においても、3地域においてリードタイムが長くなるほど誤答率は高くなる傾向にある。NRLにおいては豊中市の精度は他の地域と比較して高いように思われたが、誤答率は他の地域よりもやや高くなっている。このように地域間での違いはあるものの、概ねリードタイム30分では10~20%程度、60分では30~50%程度の確率で強雨を予測できていないことが示された。

5. おわりに

2018年の大阪周辺における降雨イベントに対して高解像度降水ナウキャストの精度を評価し、その利用の観点から分析を行った。前線性降雨においては5~10mm/hの少雨時には平均的に良好な精度が得られていたが、20~30mm/hの強雨時には過小評価のバイアスが大きくなった。台風時の降雨に対しては時間帯によって過大評価と過小評価が変化する傾向にあった。局所的な精度で評価すると正答率は全般的に3割未満と低い。そのため防災情報の利用という観点からは参照領域を拡大して評価する必要がある。強雨イベントの生じた代表的な地点について必要参照距離を算定すると、茨木市や豊中市では数km程度、神戸市では5~10km程度の範囲内で降水リスクを評価すべきであることが示された。前線性の降雨時については台風時の降雨と比較して大きな参照領域を取る必要がある。また、強雨の見逃しについてもリードタイム60分では3割程度を想定しておく必要がある。

ただし、今回の検討は検証地点数こそ多いものの、検討に用いているイベント数や検証地域が非常に限られた結果であり、どこまで汎用的な知見として利用できるかは不確かである。また、配信画像から画像分析を経て雨量分布を分析しているため、情報の精度としてはやや劣る。そのため今後はサンプル数を増やし、より一般的な結果としてとりまとめ、実際の利用時の知見として応用していくことや、実際のナウキャストデータや解析雨量のデータを直接分析することなどが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 気象庁, 高解像度降水ナウキャスト, <https://www.jma.go.jp/highresorad/index.html>, 2019年8月23日参照。
- 2) 加藤敦・真木雅之・岩波越・三隅良平・前坂剛 (2009): Xバンドマルチパラメータレーダ情報と気象レーダ情報を用いた降水ナウキャスト, 水文・水資源学会誌, Vol. 22, No. 5, pp. 372-385.
- 3) 国土交通省, 川の防災情報 XRAIN GIS版, <http://www.river.go.jp/x/xmn0107010.php>, 2019年8月23日参照。
- 4) 高田望・田中裕介・池淵周一・中北英一 (2013): 局地的な大雨の予測精度向上を目指した降水ナウキャスト手法の開発, 土木学会論文集 B1, Vol. 69, No. 4, pp. 349-353.
- 5) 加藤亮平・清水慎吾・下瀬健一・前坂剛・岩波越・中垣壽 (2015): 局地的短時間強雨に対する高解像度ナウキャストの予測精度検証, 非静力学モデル WS2015 予講集, p. 318.