

B-DASHプロジェクト自主研究報告(最終)

[H27採択]

都市域における局所的集中豪雨
に対する雨水管理技術

メタウォーター(株)・(株)新日本コンサルタント・古野
電気(株)・(株)江守情報・(株)日水コン・神戸大学・
福井市・富山市 共同研究体



1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 性能比較以外の評価
5. ガイドラインについて
6. 普及展開
7. まとめ



1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 性能比較以外の評価
5. ガイドラインについて
6. 普及展開
7. まとめ

1. 研究概要

◇技術名称	都市域における局所的集中豪雨に対する雨水管理技術		
◇実施期間	委託研究:2015年7月～2017年3月 自主研究:2017年4月～2023年3月 ガイドライン発刊:2018年3月		
◇実施者	メタウォーター(株)・(株)新日本コンサルタント・古野電気(株)・(株)江守情報・(株)日水コン・神戸大学・福井市・富山市共同研究体		
◇実証フィールド		福井県福井市 排水区の面積:1,821ha	富山県富山市 排水区の面積:5,619ha
	自助共助支援	橋南、加茂河原・小山谷 排水区 238ha	呉羽排水区 排水面積:200ha
	施設運転支援	狐川右岸第6、下北野 排水区 284ha	-
◇実証技術	本技術は、小型レーダ雨量計や下水管内水位計によるデータに基づき、降雨・浸水予測をリアルタイムに実施するとともに、これらの情報を支援情報として下水道施設管理者や住民へ提供する技術である		



1. 研究概要
- 2. 自主研究**
3. 実証施設の性能比較
4. 性能比較以外の評価
5. ガイドラインについて
6. 普及展開
7. まとめ

2. 自主研究

自主研究の目的は以下のとおり。

- ①観測・予測精度を長期的なデータで確認すること
- ②実証期間中に浸水被害がなかったため、浸水を伴う降雨による浸水被害軽減効果の評価すること

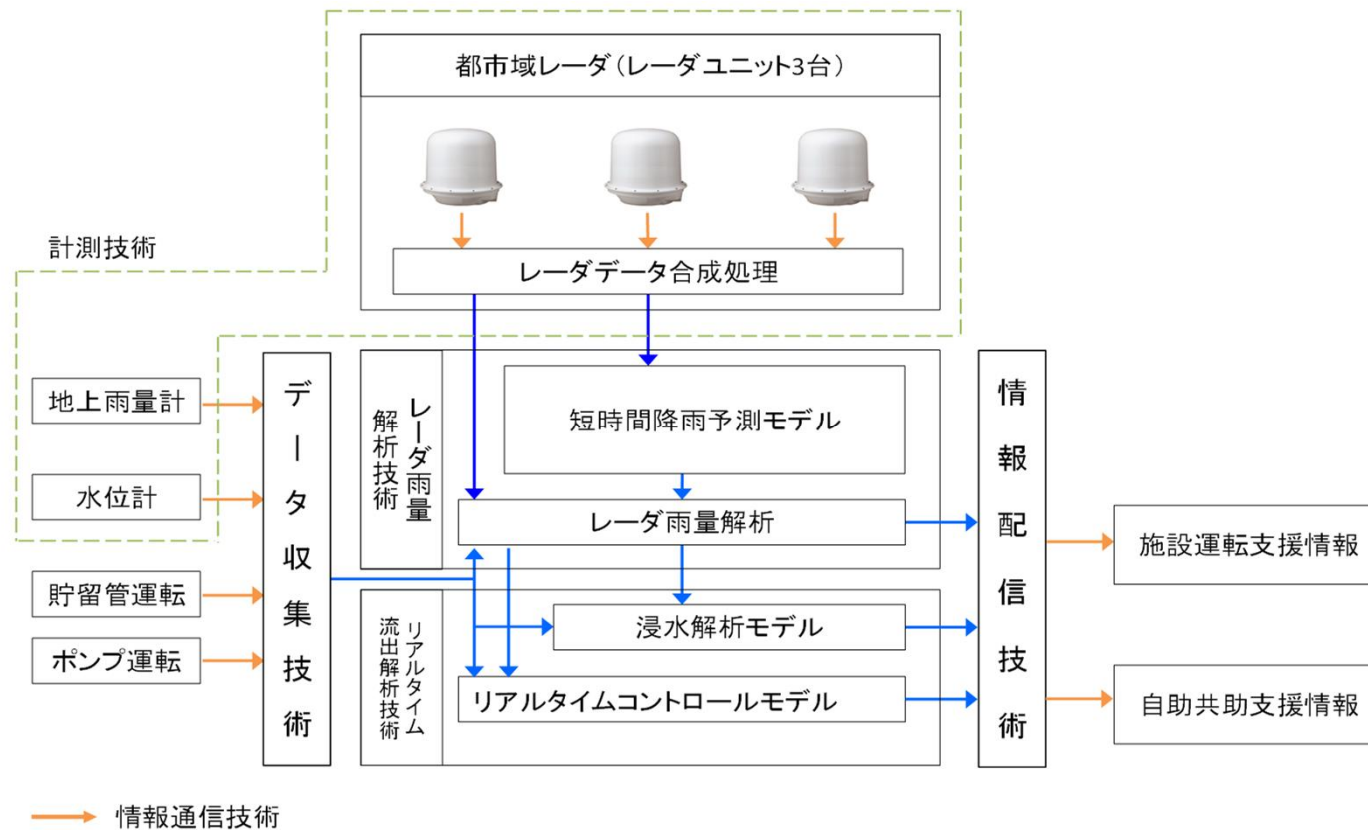
目的	性能評価項目		性能評価内容
長期的観測 および予測 精度の確認	都市域 レーダ	降雨観測精度	回帰係数、相関係数およびRMSEがXRAINと同等以上であることを確認する。
		信号減衰による 欠測域の確認	50mm/h未満の降雨に対して欠測域は発生しないことを確認する。
	短時間 降雨予測	降雨予測精度	移流モデルで1mm/10min以下、特異移流最大モデルにて、プラス方向の誤差となることを確認する。
	流出解析 技術	流出解析モデル精度	流出解析モデルの変更が生じた場合において、評価指標のNash-Sutcliffe係数が0.7以上となることを確認する。
浸水被害 軽減効果の 評価	施設運転 支援	浸水被害軽減	実証運転を実施し、貯留容量の確保による浸水被害軽減効果を確認する。
	自助 共助支援	浸水被害軽減	<ul style="list-style-type: none"> ・リードタイム(20分以上)を確保できることを確認する。 ・住民を対象にアンケート調査を実施し、浸水被害軽減効果を確認する。



1. 研究概要
2. 自主研究
- 3. 実証施設の性能比較**
4. 性能比較以外の評価
5. ガイドラインについて
6. 普及展開
7. まとめ

3. 実証施設の性能比較(システム構成)

レーダ雨量計と収集・解析・配信の各技術の組合せにより、既存の浸水対策施設をより効果的に運転するために必要な支援情報や、自助共助の促進に向けた支援情報を提供するシステム



収集技術



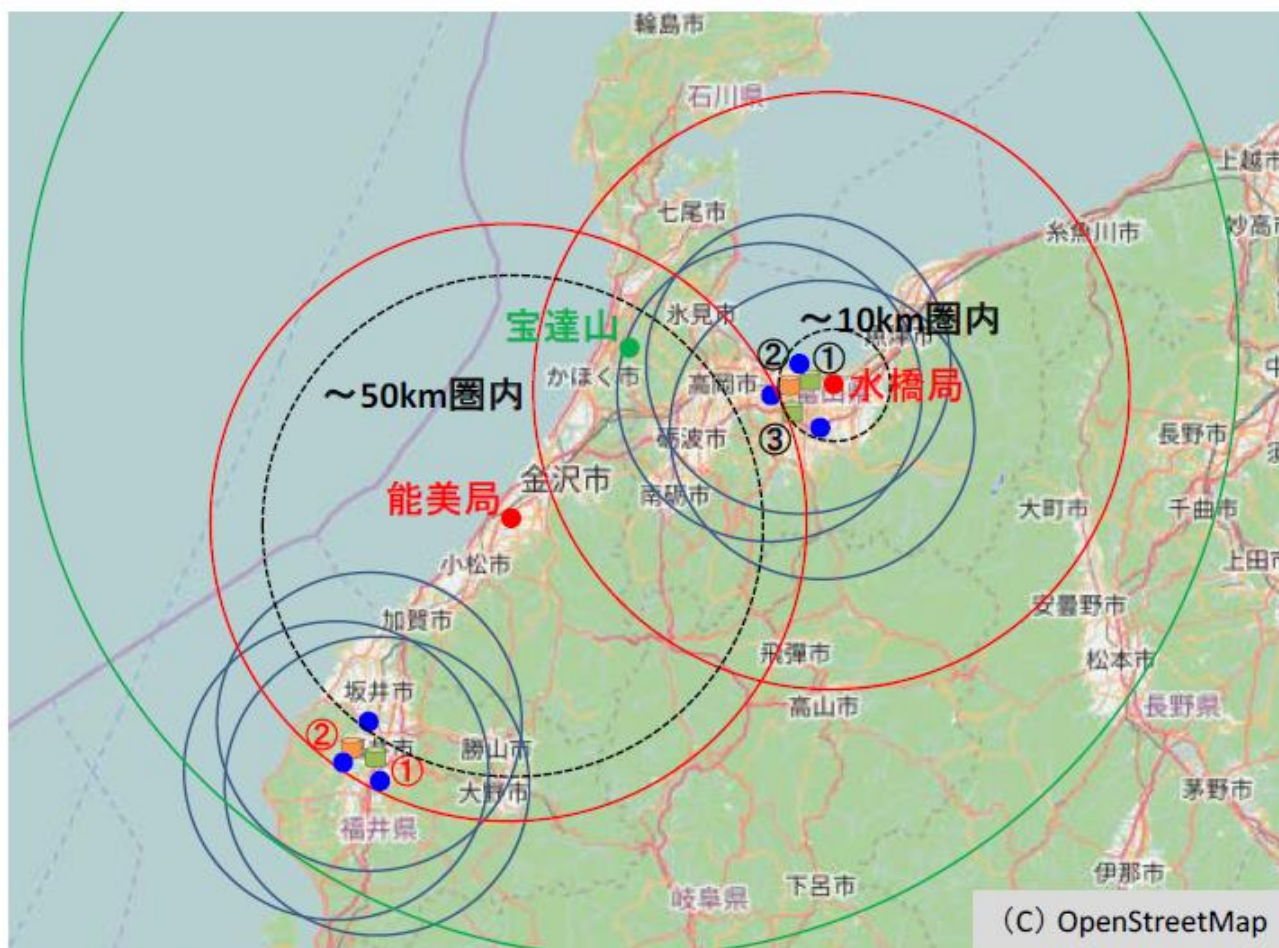
解析技術



配信技術

3. 実証施設の性能比較(雨量観測体制)

レーダ雨量計は、福井市・富山市それぞれに都市域レーダー3台を設置。



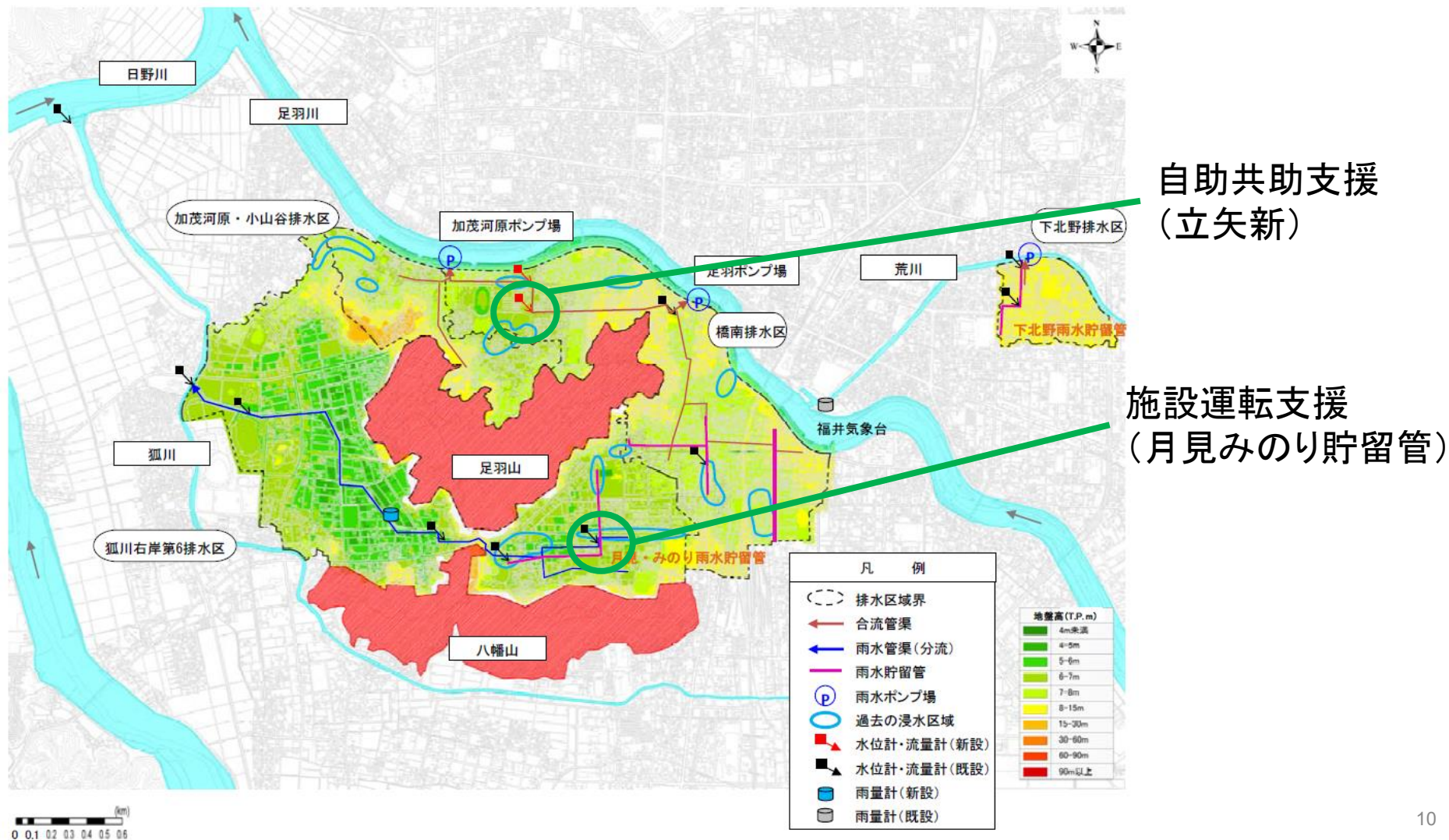
- 都市域レーダ
 - XMP(能美局、水橋局)
設置 : 2009年度
観測開始: 2010年度
 - Cバンドレーダ(宝達山)
 - 地上雨量計
 - 気象庁地上雨量計
- 都市域レーダ観測範囲
(観測範囲: 半径30km)
- XMP観測範囲
(定量観測範囲: 半径60km※)
- Cバンドレーダ観測範囲
(定量観測範囲: 半径120km※)

【地上雨量計】 ①富山、②呉羽排水区、③秋ヶ島
①福井、②第6排水区

※出水期における定量観測範囲の目安であり、設置場所や季節で異なる 9

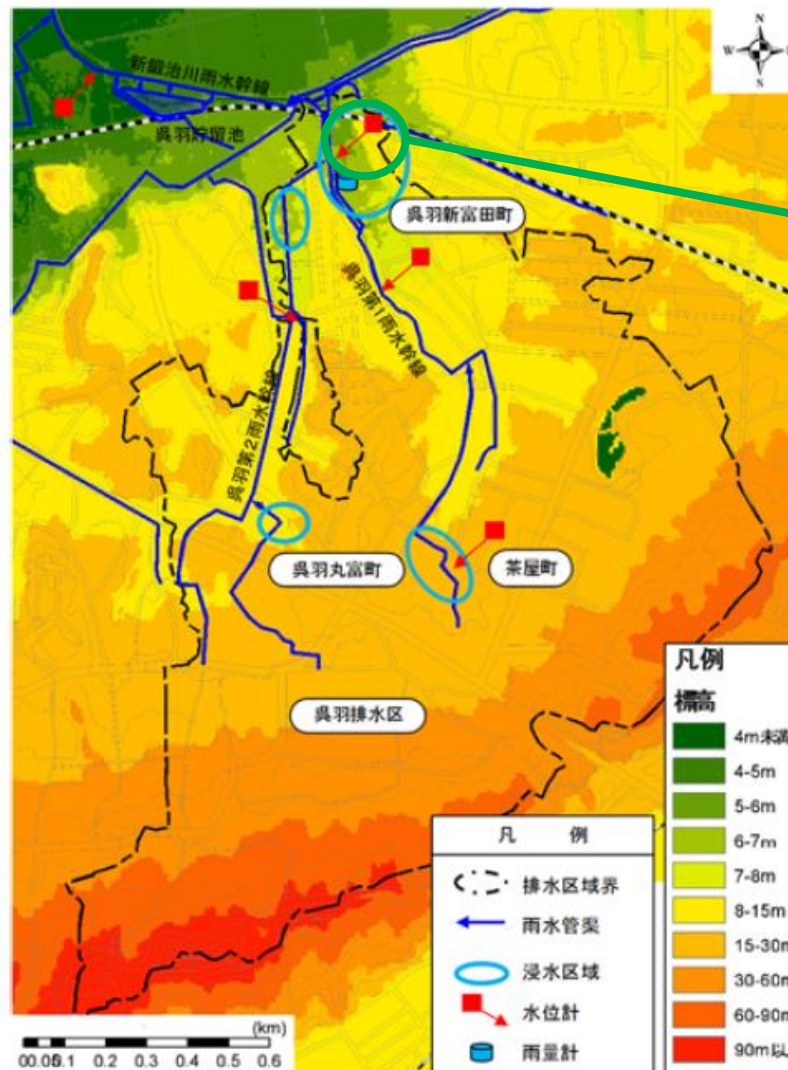
3. 実証施設の性能比較 (福井市水位計測)

福井市では、施設運転支援として月見みのり貯留管の水位、自助共助支援として浸水常襲地区である立矢新の水位計を評価対象として選定。



3. 実証施設の性能比較(富山市水位計測)

富山市では、自助共助支援として浸水常襲地区である新富町の水位計を評価対象として選定。



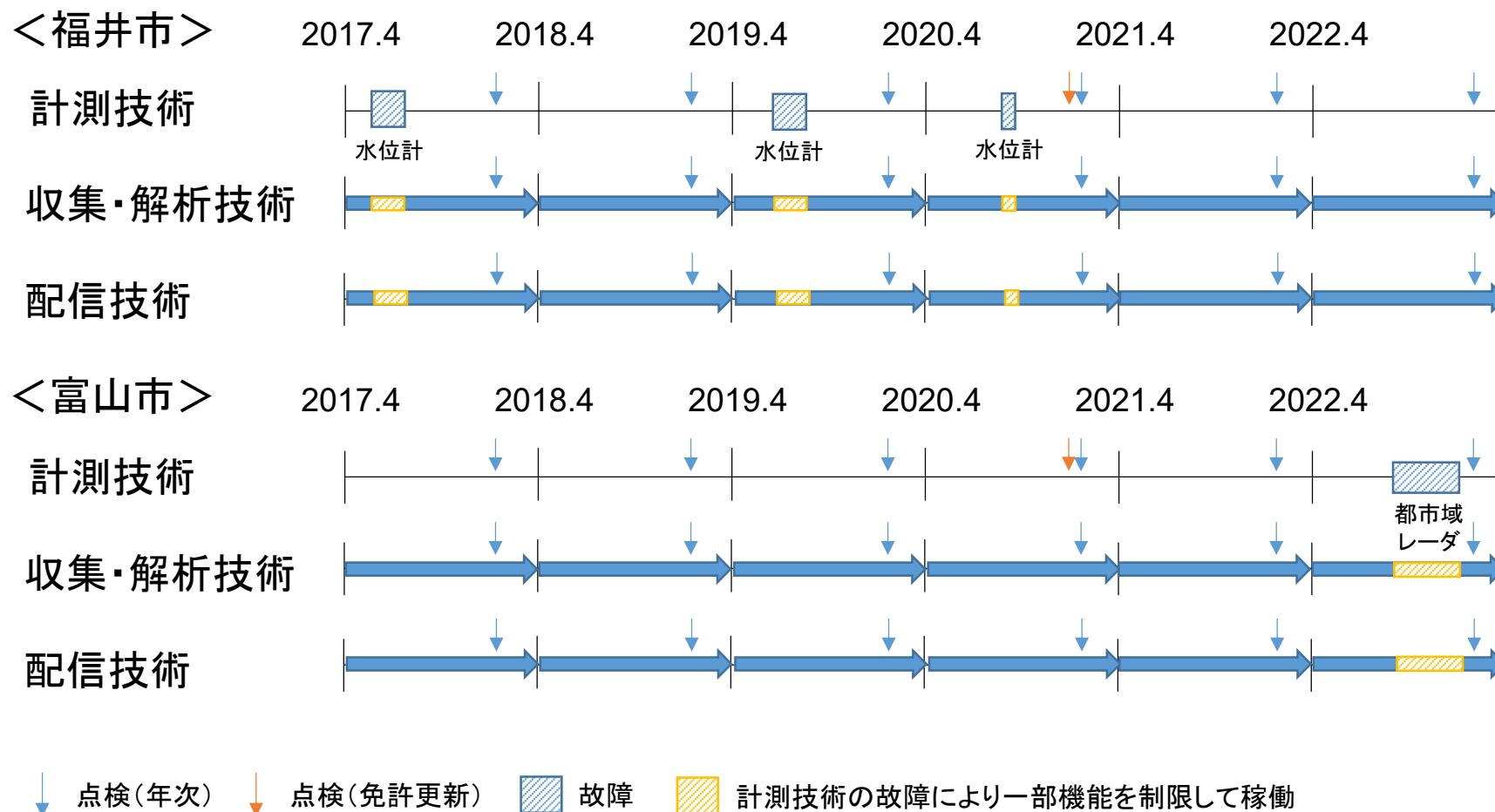
自助共助支援
(新富田町)

3. 実証施設の性能比較(システムの稼働状況)

自主研究期間中におけるシステムの稼働状況(=各データの取得や情報配信)はおおむね良好。

- ・福井市では、水位計について機器不良に伴う不具合が数回発生。水位計交換に要する期間においては、機能を制限して情報を配信。

- ・富山市では、1台の都市域レーダについてデータ処理装置に不具合が発生。装置交換に要する期間においては2台で運用。



3. 実証施設の性能比較(降雨観測状況)

概要: 自主研究期間中、最大水位を記録した降雨を対象に、実証期間中の観測降雨と比較を実施。

- ・対象降雨: 2017年度～2022年度の6年間のうち、自助共助支援対象エリア(立矢新・新富田町)で最大水位になった降雨

- ・富山市では浸水を発生させる降雨は観測されなかった。また福井市においても地表面付近まで水位が上昇する事象が見られたが、浸水を発生させる降雨は観測されなかった。

<委託研究>

	時間最大雨量 (mm/h)	10分最大雨量 (mm/10min)	最大水位 (m)	地表面まで (m)	降雨 種別
福井市 (2016年8月20日)	10.1	3.1	6.24	0.26	短時間 豪雨
富山市 (2016年7月26日)	19.2	6.1	4.61	0.91	短時間 豪雨

<自主研究>

	時間最大雨量 (mm/h)	10分最大雨量 (mm/10min)	最大水位 (m)	地表面まで (m)	降雨 種別
福井市 (2022年7月3日)	39.4	12.3	6.50	0	短時間 豪雨
富山市 (2018年8月31日)	36.9	11.6	5.15	0.37	短時間 豪雨

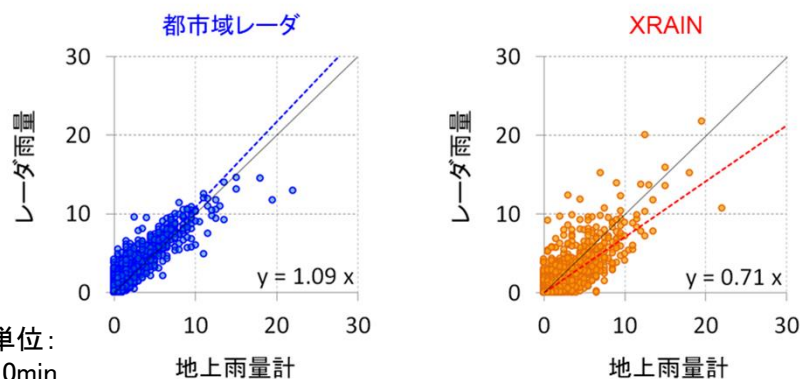
3. 実証施設の性能比較(降雨観測精度)

概要: 基本性能である降雨観測精度の確認を目的に、実証フィールド上空の降雨を観測している都市域レーダの降雨観測精度を評価。回帰係数、相関係数およびRMSEがXRAINと同等以上であることを確認。

評価対象日: 2017~2022年度の4月1日~11月30日

福井

地上雨量計: 福井地方気象台、社の2地点(2018年度以降、福井地方気象台1地点)

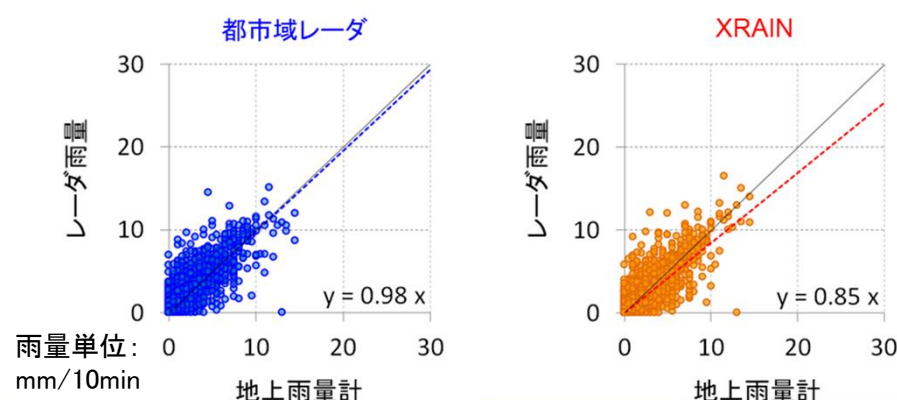


雨量単位:
mm/10min

	都市域レーダ	XRAIN
データ数(※1)	204491	203303
評価指標	回帰係数	1.09
	相関係数	0.89
	RMSE(※2)	0.19

富山

地上雨量計: 富山地方気象台、呉羽、秋ヶ島の3地点



雨量単位:
mm/10min

	都市域レーダ	XRAIN
データ数(※1)	434300	434685
評価指標	回帰係数	0.98
	相関係数	0.86
	RMSE(※2)	0.16

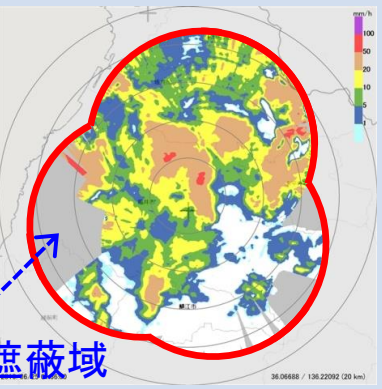
※1 10分間雨量データの同じ時刻において、地上雨量計とレーダ雨量計の両方に値が存在するデータ数

※2 Root Mean Square Error(二乗平均平方根誤差)

3. 実証施設の性能比較 (信号減衰による欠測域の確認)

概要: (福井市・富山市フィールド) 都市域レーダシステムが設計通り(降雨強度50mm/h未満の降雨で欠測が発生しない)であるか確認することを目的に、欠測域発生メッシュ数により評価。

- ・対象期間: 2017年度～2022年度の6年間
- ・観測可能領域における全メッシュデータに対して欠測したメッシュ数をカウントして評価を実施。

委託研究		自主研究						
欠測域は発生せず		欠測域は発生せず						
	都市域レーダ (50mメッシュ、40km四方)	50mm/h未満の降雨での欠測域発生メッシュ数(※)						
観測画像		フィールド	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
観測高度	500m	福井	0	0	0	0	0	0
観測画像の範囲	半径20km	富山	0	0	0	0	0	0
赤枠: 観測可能領域		※50mm/h未満の降雨観測時間 × 観測可能領域メッシュ数						
福井市: 2016年6月25日の事例								

3. 実証施設の性能比較(降雨予測精度)

概要: 短時間降雨予測モデル精度評価

・実測雨量と予測雨量を比較して、モデルの精度評価を実施。評価対象の降雨イベントは、実測水位(立矢新・新富田町)がメールを配信する基準水位を超えた場合の降雨を選定。

⇒福井市における10分間雨量の平均誤差量は、委託研究時の性能と比較して、平均誤差量は高くなったが、1mm以下の誤差であった。これは委託研究の降雨イベントと比較して降雨規模が大きかったため、誤差量が増えたと考えられる。

⇒富山市における10分間の雨量平均誤差量が、プラス側に大きくなった。

福井市と富山市で異なる予測モデルを運用・評価

福井市: 移流モデル

⇒ 施設運転支援を行う必要があるため、精度が高い予測を行う

富山市: 特異移流最大モデル

⇒ 自助共助支援のために、見逃しのない安全側を予測を行う

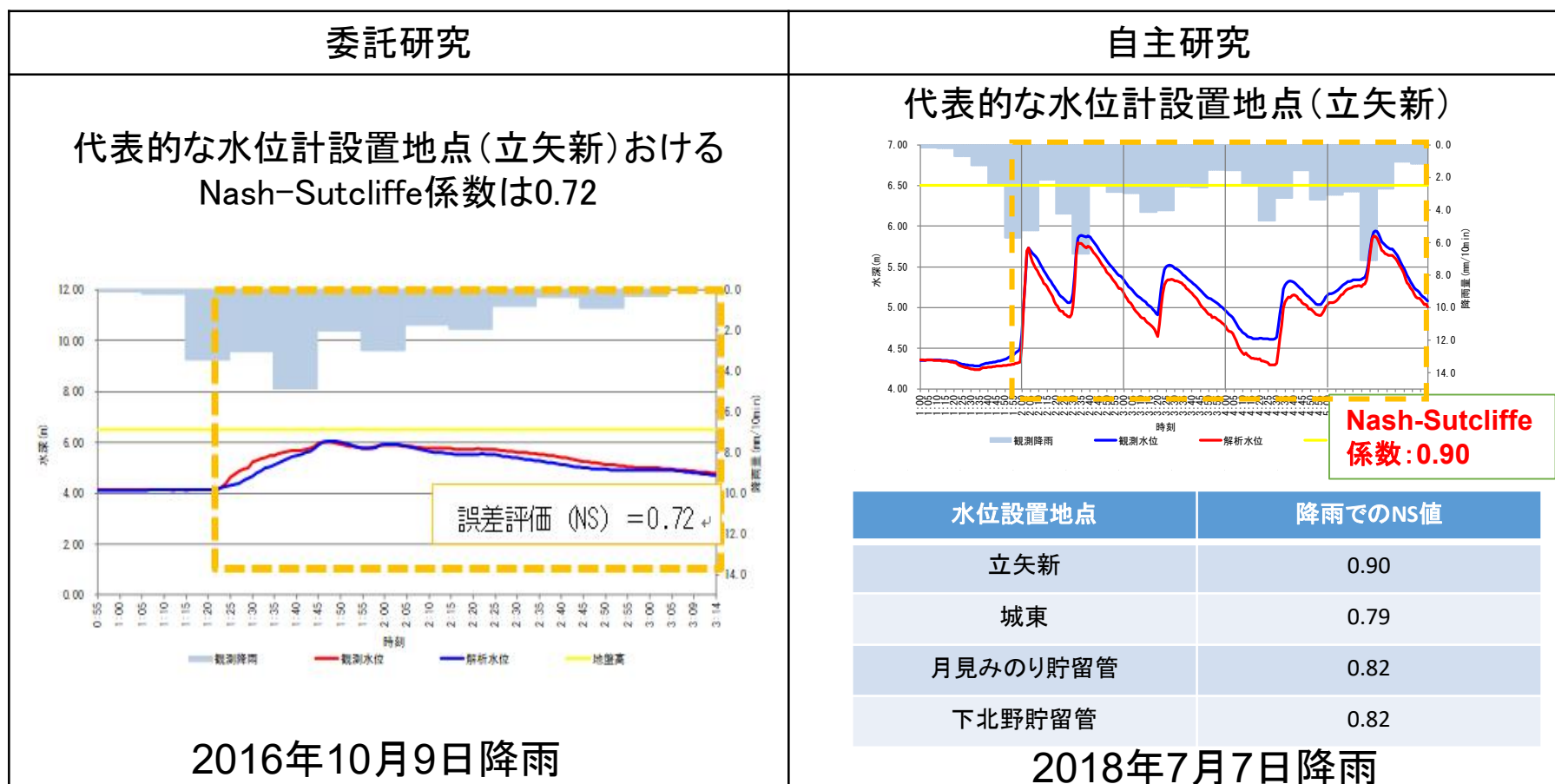
		委託研究	自主研究
福井市 移流 モデル	対象期間	2016	2017~2022
	降雨イベント数	5降雨(時間最大降雨量平均:10.9mm/h)	20降雨(時間最大降雨量平均29.7mm/h)
	平均誤差量	-0.1(mm/10分)	-0.6(mm/10分)
富山市 特異移流 最大 モデル	対象期間	2016	2017~2022
	対象降雨数	5降雨(時間最大降雨量平均:14.0mm/h)	13降雨(時間最大降雨量平均:20.7mm/h)
	平均誤差量	+0.9(mm/10分)	+2.5(mm/10分)

※平均誤差量とは、対象降雨について各時刻に解析された5分後、15分後、25分後の予測雨量(10分間雨量)と実測雨量との差を平均化した値

3. 実証施設の性能比較 (流出解析モデル精度)

概要: (福井市フィールド)

- ・ 自助共助支援対象区域において、2018年度に暫定貯留管が共用され流出解析モデルの修正が生じたため、その年の代表的な降雨を対象に確保すべき流出解析精度を有しているかを確認した。
- ・ 下水管路内における水位や代表的な地点におけるピーク時間・水位の解析結果が実績と概ね一致することを確認し、委託研究時のNash-Sutcliffe係数を上回った。



※Nash-Sutcliffe係数: 値が1に近いほどモデルの精度がよいとされる指標

3. 実証施設の性能比較 (施設運転支援による浸水被害軽減)

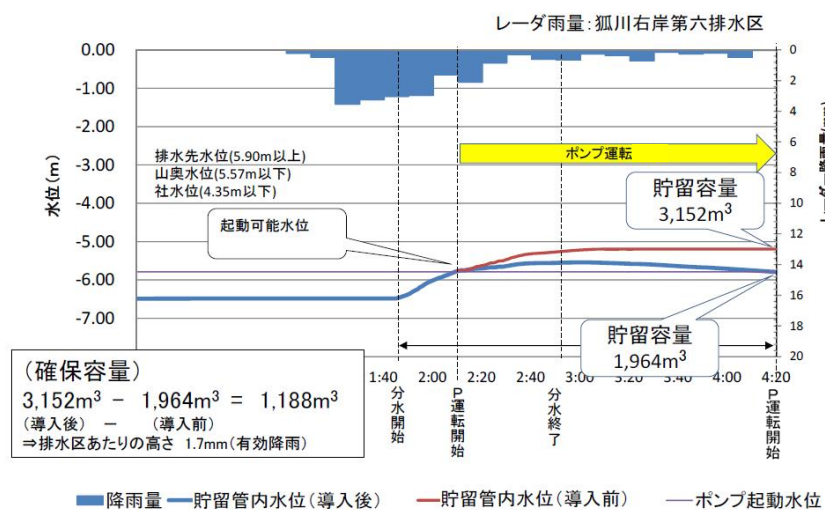
概要: (福井市フィールド、月見みのり雨水貯留管)

既存の雨水貯留管を最大活用するために、次降雨に備えて予測情報をもとに排水ポンプを運転することで、貯留容量を確保できているかを評価。

・自主研究期間中において、雨水貯留管の水位が最大になった降雨を対象について評価を行い、最も貯留容量を確保できた事例として2,277m³の貯留容量を確保することができた。

委託研究

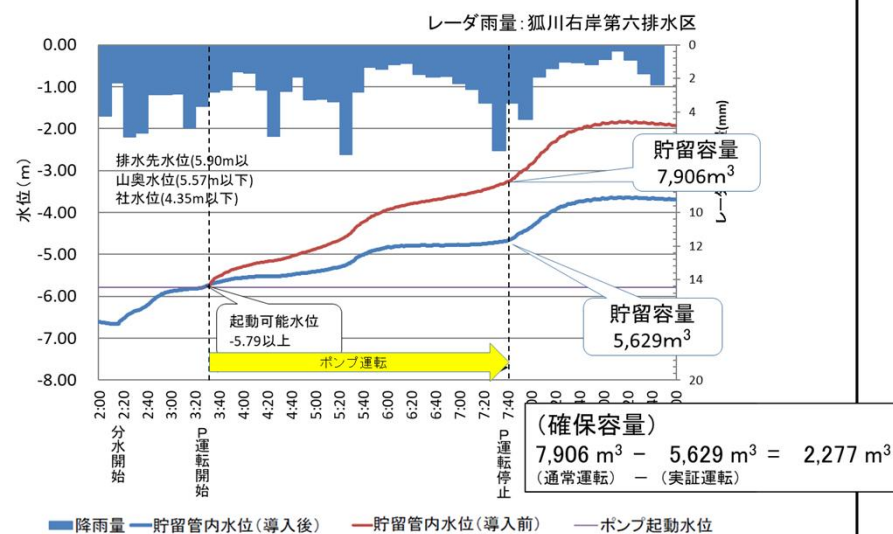
導入前と比較して1,188m³分の貯留容量
(最大貯留容量の約10%)を確保



2016年10月9日降雨

自主研究

導入前と比較して2,277m³分の貯留容量
(最大貯留容量の約20%)を確保



2018年7月7日降雨

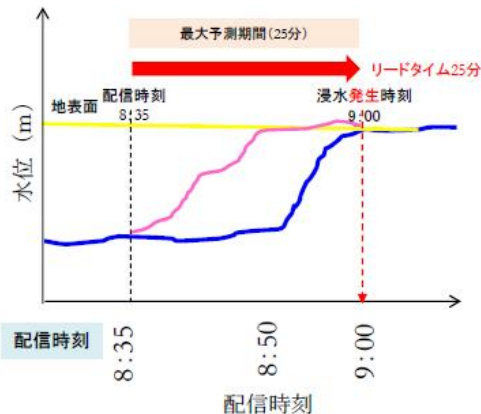
3. 実証施設の性能比較(自助共助支援による浸水被害軽減)

概要:リードタイムの確保

- ・住民が自助活動できる時間を確保するために、委託研究時の性能と同等に「住民側から見たリードタイム※」を確保できているか評価。
- ・リードタイム確保の基準は20分以上とし、対象降雨は基準水位(メールを配信する基準となる水位、福井+5.70m 富山+4.32m)を超えた降雨とした。
- ・福井市では、途中で基準水位を見直すことで、確保率を向上することができた。
- ・富山市ではほとんどの場合、リードタイムを20分確保することができた。

委託研究

※住民側から見たリードタイムの定義



	対象降雨	リードタイム確保回数	確保率
福井市	5	1	20%
富山市	5	3	60%

自主研究

<福井> 基準水位 (+5.80m ⇒ +5.70m)

	対象降雨	リードタイム確保回数	確保率
2017~2019	8	1	13%
2020~2022	12	7	58%

<富山> 基準水位(+ 4.32m)

	対象降雨	リードタイム確保回数	確保率
2017~2022	13	12	92%

基準水位変更



1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
- 4. 性能比較以外の評価**
5. ガイドラインについて
6. 普及展開
7. まとめ

4. 性能比較以外の評価（自助共助支援のメール配信）

概要：メール配信状況の確認

- ・住民へのメール配信実績を評価するため、基準水位を超過した降雨について、有効、空振り、見逃しを評価。
- ・自主研究期間中、両市において見逃しはなかった。
- ・福井市ではリードタイムを確保できなかったケースが多かったため、基準水位の見直しを実施した結果、配信実績に対する空振りの割合についてわずかに削減することに成功した。

＜福井＞基準水位(+5.70m)、メール配信先:62アドレス

	メール配信実績	有効	空振り	見逃し
2017～2019	51	8 (16%)	43 (84%)	0 (0%)
2020～2022	56	12 (21%)	44 (79%)	0 (0%)

基準水位変更

＜富山＞基準水位(+ 4.32m)、メール配信先:3アドレス

	メール配信実績	有効	空振り	見逃し
2017～2022	160	13 (14%)	147 (86%)	0 (0%)

有効：基準を超える実測値に対して、基準を超える内容のメール配信を行ったケース

空振り：基準を超えない実測値に対して、基準を超える内容のメール配信を行ったケース

見逃し：基準を超える実測値に対して、メール配信を行わなかったケース

4. 性能比較以外の評価（自助共助支援システムに対する継続利用意識調査）

＜アンケート調査＞

- ・自主研究期間において、自助共助支援システムに対する継続利用意識調査を実施した。
- ・福井市では導入初期から徐々に継続意識の低下がみられたが、2020年に比較的大きな降雨が多かったため、継続利用意識の回復が見られた。その後は、大きな降雨がなく、2022年度には再び継続利用意識が低下した。
- ・富山市では比較的高く継続利用意識が続いている。
- ・両市の違いとして、富山市では自主防災組織があり継続的な啓発活動を行っているが、福井市では新たなハード整備による浸水リスクが低下しているなど、浸水リスクに対する意識の違いがあったと考えられる。

＜継続利用意識のアンケート＞

Q. 今後も継続してシステムを利用したいと思いますか。 ■はい ■いいえ ■どちらでも ■未回答

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
福井市 8世帯 回収率: 100%					—	
富山市 3世帯※ 回収率: 100%						

※2017年度は5世帯、2018年度は4世帯

—: コロナ禍により未実施



1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 性能比較以外の評価
5. **ガイドラインについて**
6. 普及展開
7. まとめ

5. ガイドラインについて

概要:

ガイドラインに関する記載事項について、自主研究期間におけるシステム性能はガイドライン記載時と同程度以上であったことを確認した。

目的	性能評価項目		性能評価結果
長期的観測精度の確認	都市域レーダ	降雨観測精度	回帰係数、相関係数およびRMSEがXRAINと同等以上であることを確認した。
		信号減衰による欠測域の確認	50mm/h未満の降雨に対して欠測域は発生しないことを確認した。
	短時間降雨予測	降雨予測精度	移流モデルで1mm/10min以下、特異移流最大モデルにて、プラス方向の誤差となることを確認した。
浸水被害軽減効果の評価	流出解析技術	流出解析モデル精度	流出解析モデルの変更が生じた場合において、評価指標のNash-Sutcliffe係数が0.7以上となることを確認した。
	施設運転支援	浸水被害軽減	浸水を発生させる降雨は観測されなかったため、浸水被害軽減効果は確認できなかった。ただし、実証運転により2,277m ³ 分の貯留容量を確保した事例(浸水被害軽減のポテンシャル)を確認した。
	自助共助支援	浸水被害軽減	<ul style="list-style-type: none"> すべての降雨においてリードタイムは確保できなかったが、メール配信基準を見直すことで、リードタイムの確保率を向上することができた。 浸水を発生させる降雨は観測されなかったため、浸水被害軽減効果は確認できなかった。ただし、住民を対象にアンケート調査を実施し、自助共助支援システムに対する継続利用意識があることを確認した。



1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 性能比較以外の評価
5. ガイドラインについて
- 6. 普及展開**
7. まとめ

6. 普及展開

- ・本技術は、レーダ雨量計とそれ以外のデータ収集・解析・配信技術の各技術を組み合わせて展開するものである。レーダ雨量計については、自治体におけるXRAINをはじめとしたレーダ雨量計による観測状況に応じてレーダ雨量計を選定し、それ以外の各技術との組み合わせで提案を行う。
- ・本研究で使用している9.4GHz帯都市域レーダに関しては、航空機等への干渉可能性が問題とされ、実験試験局からの実用局化が遅れている。このため、提案を一時中断しているが、9.7GHz帯の実用局化が答申されたことから、9.7GHz帯の都市域レーダを利用したシステムの提案を行う。

<都市域レーダ実用局化の経緯と現状>

①B-DASH応募時

小型気象レーダ（都市域レーダ）は9.4GHz帯の実験試験局として運用し、総務省情報通信審議会での審議を経て、自主研究終了（2022年度）までには、実用局化が実現するとの目論見でB-DASHに応募

②現状（2023年2月現在）※

9.4GHz帯については依然審議が継続しており、完了時期は未定。9.7GHz帯の小型気象レーダ実用局に関して2023年2月3日付で電波法施行規則及び関連規定が改正された。

※出典：総務省HP

https://www.soumu.go.jp/menu_hourei/s_shourei.html



1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 性能比較以外の評価
5. ガイドラインについて
6. 普及展開
7. まとめ

7. まとめ

- 委託研究時と同等の性能を6年間維持し、観測・予測精度を長期的なデータで確認することができた。
- 自主研究期間において、浸水を伴う降雨は発生しなかったため、実際の浸水被害に基づく浸水被害軽減効果の評価はできなかった。一方、次降雨に備えて予測情報をもとに雨水貯留管の排水ポンプを運転することで、最大で約2,000m³の浸水を軽減するポテンシャルを確認できた。また、自助共助活動に必要なリードタイムは、委託研究時と同等以上確保できた。
- 本技術を構成する都市域レーダは、長期運用した実績がなく劣化状況に関する知見が十分でない。このため、劣化状況等に係る調査を実施することで、保守頻度の改善などに資する検討が可能となるなど、さらなる調査を実施する意義は高いと考える。



詳細調査(案)

<目的>

B-DASH施設を構成する都市域レーダは、実験試験局として最も長期で連続的に稼働したレーダである。このため、都市域レーダを対象に、劣化状況等に係る調査を実施することでガイドラインに記載されている保守項目及び保守頻度の改善などに資する検討を行うための調査を実施する。

<調査内容>

- ▶ 観測性能変化の検証及び要因分析並びに保守頻度の改善検討
- ▶ 都市域レーダの本体及び付帯設備の劣化状況評価
(本体:送受信機、レドーム、回転機構 付帯設備:架台、配線等)
- ▶ 保守費用低減の評価と合わせた回転機構の耐用年数に関する評価