

降雪予測メッシュ

累積

時間

エリア選択

全県

〇月〇日〇時 発表

福井県降雪予測システムの開発



福井県工業技術センター 奥田広行

福井県降雪予測システムとは

1. 予測の「きめ細かさ」を追求

平成23年2月の大雪（短期集中降雪）の被害を教訓に、「いつ、どこに、どれだけ降るか」をあえて明確に示す、福井県が独自に開発した気象予測システムである。

2. 開発経過

開発期間：平成25年度～28年度、4年間

開発費：総額35,965千円

全額文科省補助金による（特別電源所在県科学技術振興補助金）

開発者：福井県建設技術研究センター（当時）

委託業者：（一財）日本気象協会

平成25年度の一般競争入札で落札、以降特命随意契約

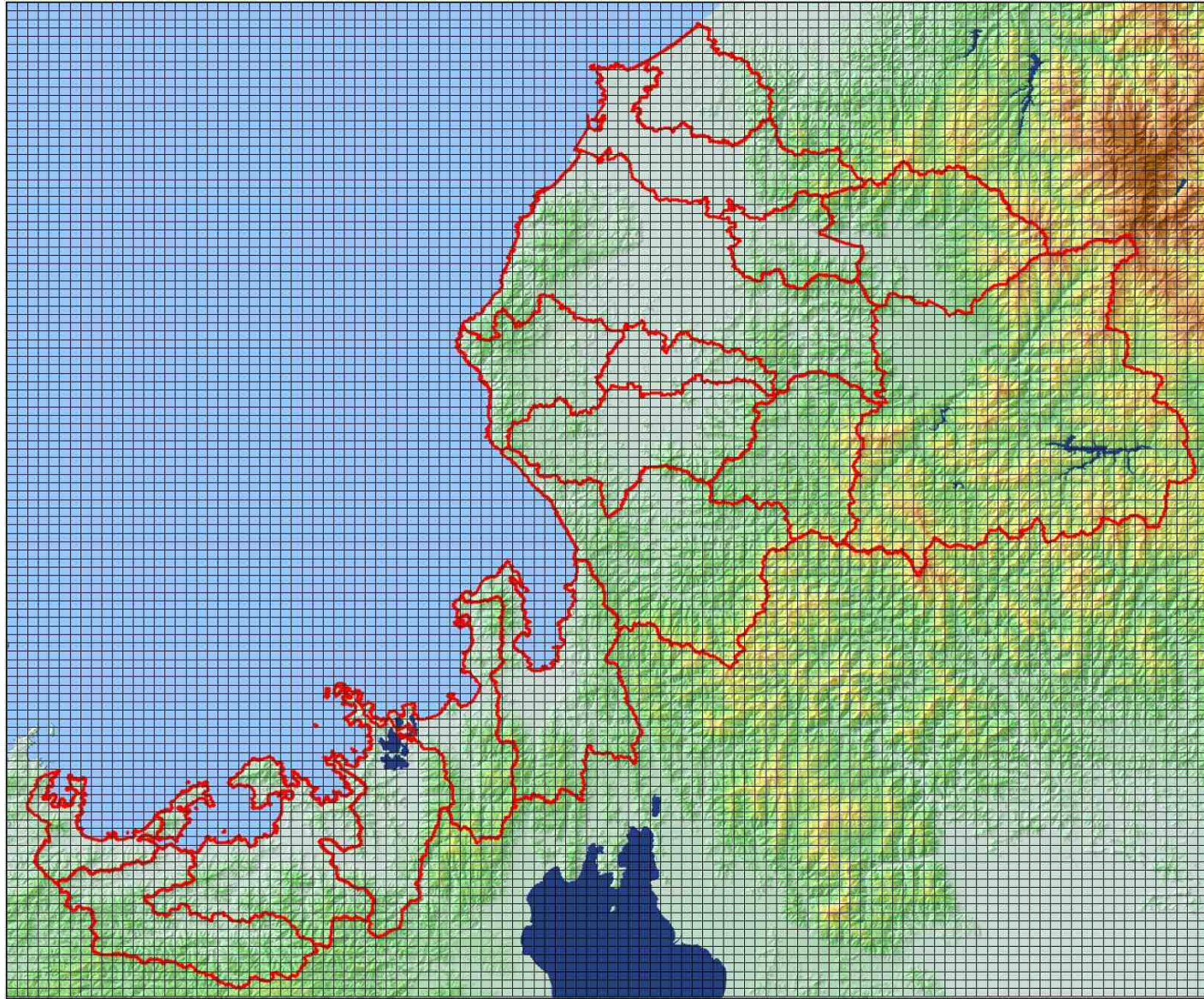
「いつ、どこに、どれだけ降るか」

気象庁の予報区分=9エリア



①	嶺北北部	平地
②	嶺北北部	山地
③	嶺北南部	平地
④	嶺北南部	山地
⑤	奥越	
⑥	嶺南東部	平地
⑦	嶺南東部	山地
⑧	嶺南西部	平地
⑨	嶺南西部	山地

福井県降雪予測システム：メッシュ予測



メッシュサイズ 1 km 東西114×南北118 = 13,452メッシュ

福井地方気象台：エリア予測とポイント予測

県防災課経由で県の関係機関、市町、消防署に配信

福井県地点別6時間降雪量・区域別24時間降雪量予想

平成23年01月30日06時 福井地方気象台発表

地点名	予想時刻	03~09時	09~15時	15~21時	21~03時	03~09時	翌日09時までの 区域別24時間降雪量	平均~最大センチ
福井市豊島		3	4	5	5	3	嶺北北部平地	15~30
坂井市宮領		3	2	4	4	2		
福井市皿谷		8	9	10	7	5	嶺北北部山地	30~60
鯖江市上戸の口		4	5	6	4	3		
越前市村国		4	5	6	5	4	嶺北南部平地	20~40
南越前町今庄		7	9	10	7	6		
南越前町広野		8	10	12	10	8	嶺北南部山地	40~70
勝山市滝波		5	7	9	8	6		
大野市蛇塚		6	7	6	5	4	奥越	30~60
勝山市北谷		9	11	12	11	8		
大野市九頭竜		10	11	10	9	6		
敦賀市松栄		10	10	9	7	3	嶺南東部平地	20~40
敦賀市刀根		7	11	12	10	5		
小浜市遠敷		3	7	8	6	5	嶺南西部平地	20~40
おおい町川上		5	9	9	6	4		
							嶺南西部山地	40~60

ポイント予測
(15地点)



エリア予測
(9エリア)



強い冬型の気圧配置が続き、大雪となるおそれがあります。

福井県降雪予測システム：ポイント予測



アメダス観測所↓7地点
 県土木部積雪深計設置箇所↓36地点
 県農林水産部観測箇所↓20地点
 全63地点

福井県降雪予測システム：ポイント予測

地図表示
予測表

発表

2014年11月25日

10時00分 定時

エリア選択 福井土木

砂子坂 山王 皿谷 福井 上一光 河合繁輝 下市 喜 小稲津 下荒井 福井(ア)
当日 明日 明後日 明々後日

地点	降雪量(cm)				要素	25日																								
	25日 10-16	25日 16-9	26日 9-16	26日 16-9		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4						
砂子坂					天気																									
					降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					累積降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					気温(°C)	11	13	15	15	16	15	14	12	11	11	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
					風向	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	
					風速(m/s)	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	5	5
山王					天気																									
					降雪量(cm)	-	-	-	-	2	0	0	1	1	3	4	4	1	3	5	5	5	6	6	6	6	6	6		
					累積降雪量(cm)	-	-	-	-	2	2	2	1	2	5	9	13	14	17	22	27	32	38	44	44	44	44	44		
					気温(°C)	2	3	3	4	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
					風向	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	
					風速(m/s)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
皿谷					天気																									
					降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					累積降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					気温(°C)	9	11	13	13	14	13	12	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	
					風向	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北		
					風速(m/s)	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
福井					天気																									
					降雪量(cm)	1	-	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3		
					累積降雪量(cm)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	3	5	7	10	14	18	21	24	27	27	27	27	27		
					気温(°C)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
					風向	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	
					風速(m/s)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

天気

風向

解説
予測は雪氷期間中の毎日10:00、15:30と臨時予報提供時に更新します。

予報は雪氷期間中の毎日10:00、15:30と臨時予報提供時に更新します。

NHKの天気予報



福井県降雪予測システム：メッシュ予測

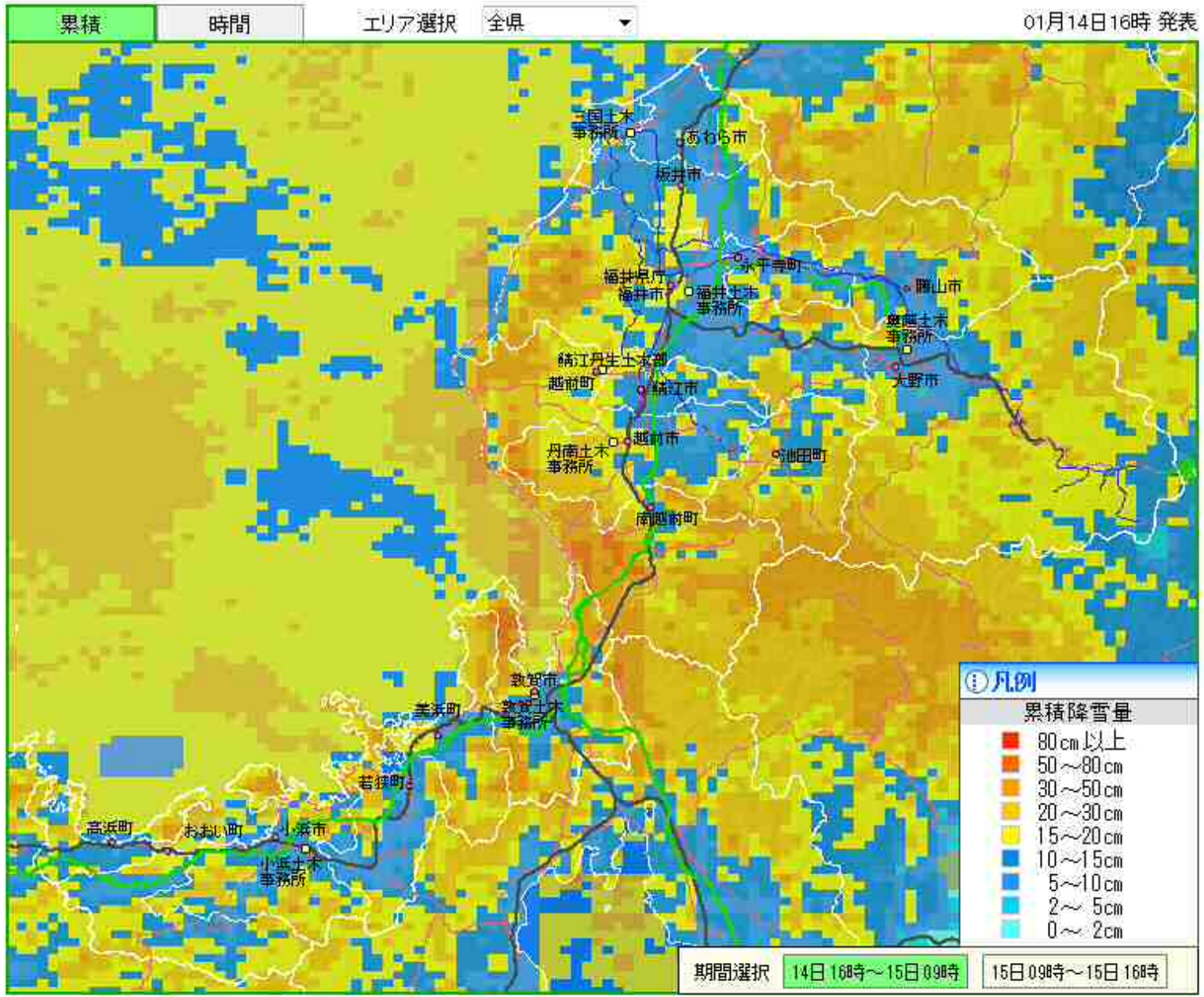
降雪予測メッシュ

降雪ポイント予測

ご意見箱

ご利用上の注意

日本気象協会提供



福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

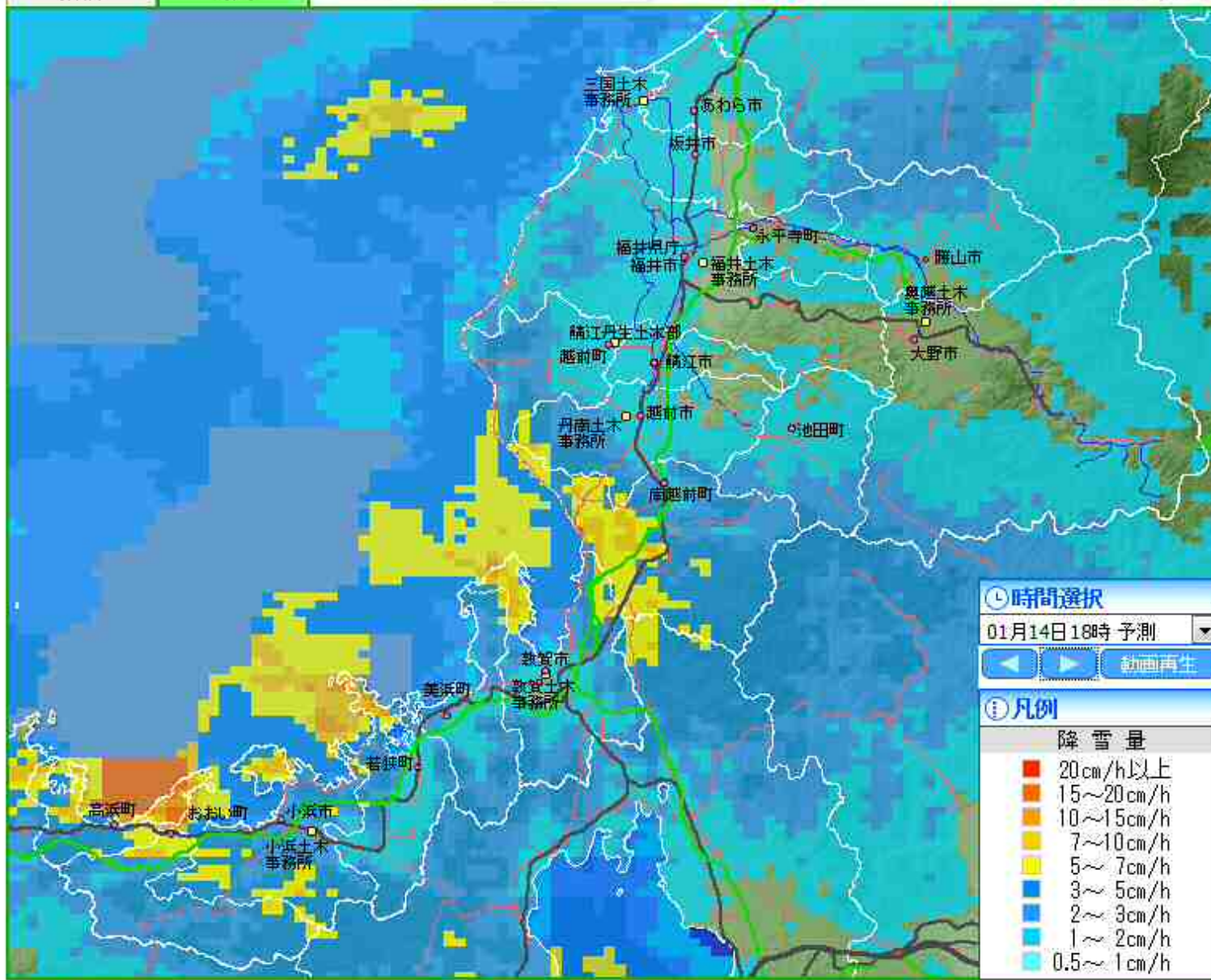
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日18時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

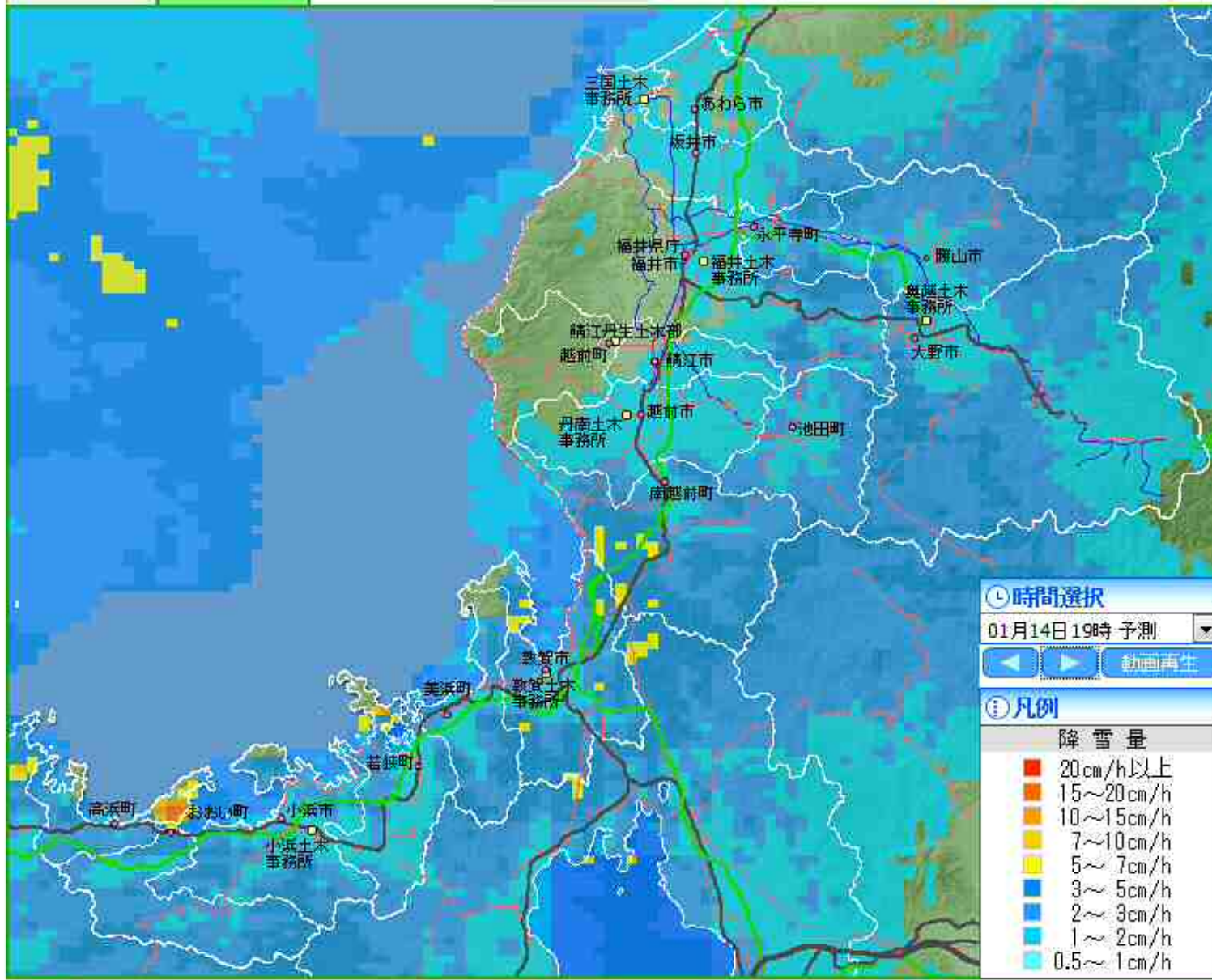
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日18時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

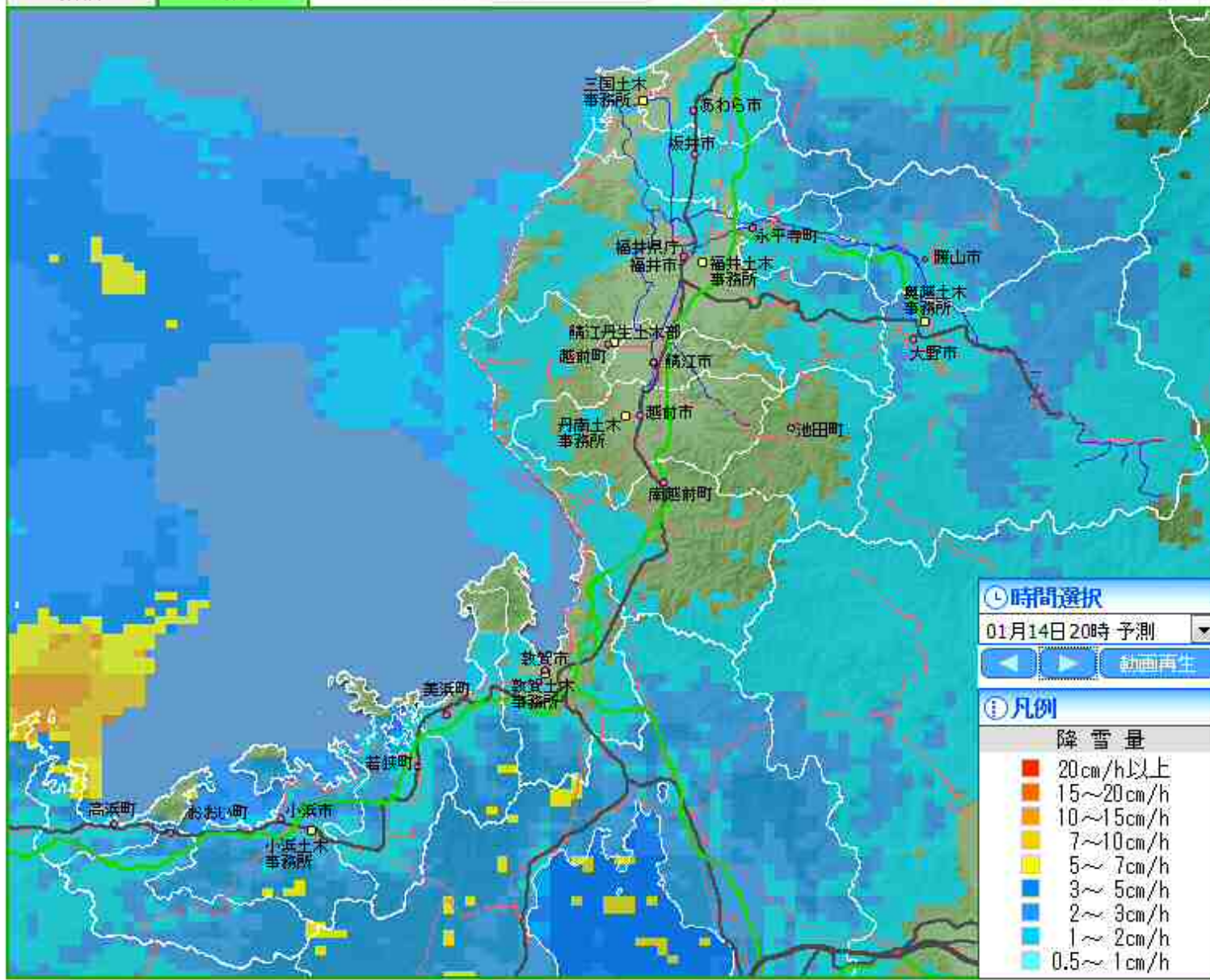
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

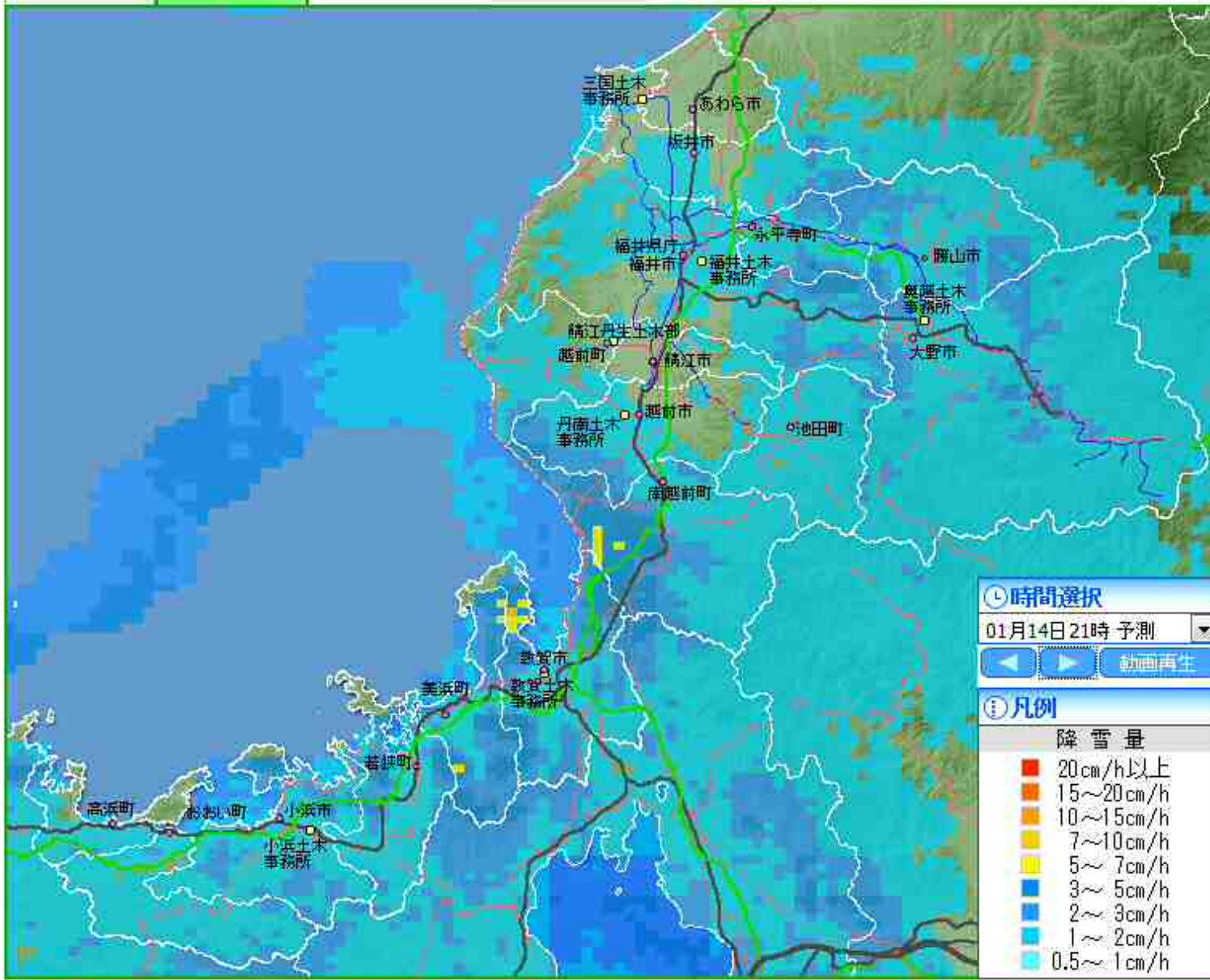
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

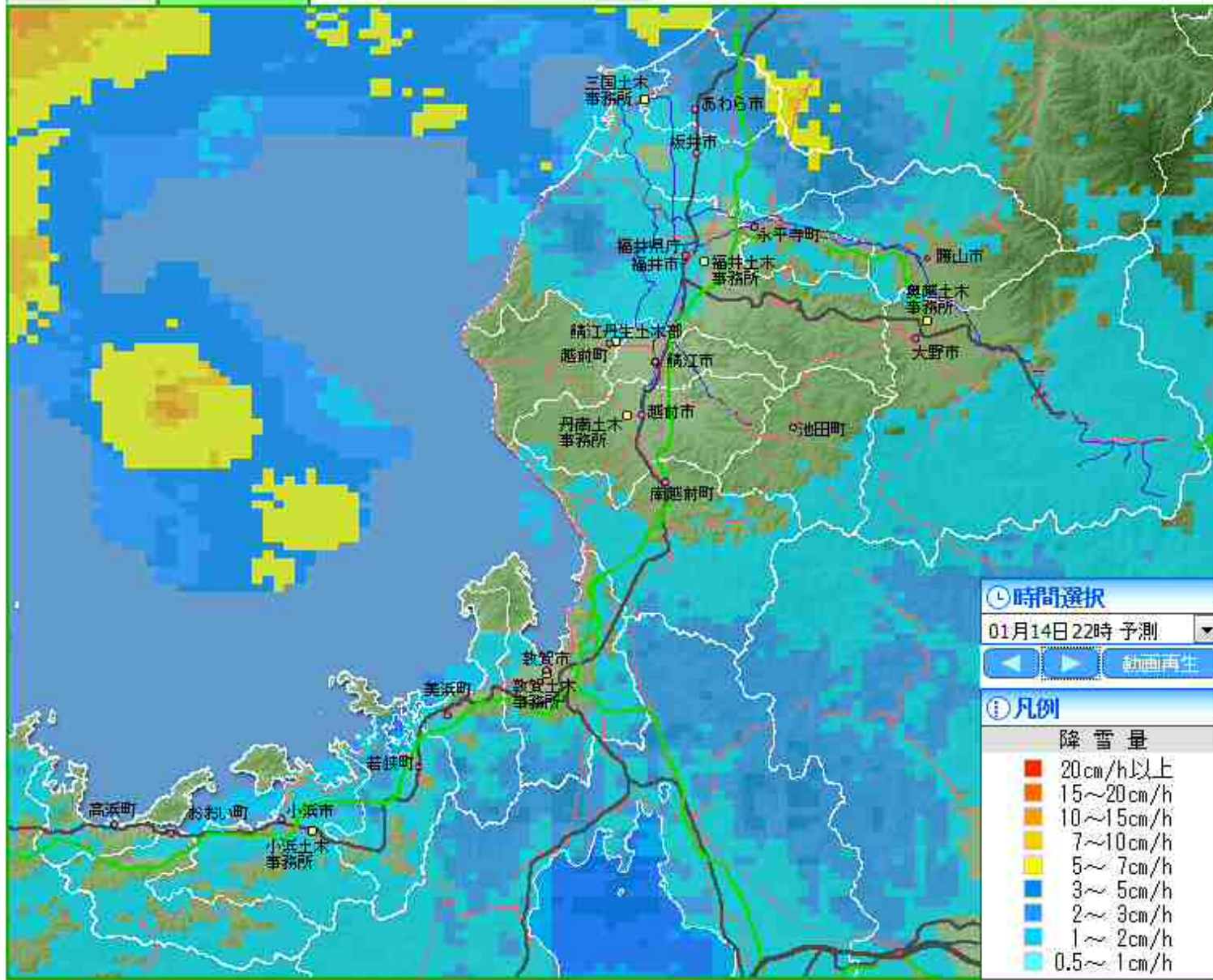
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

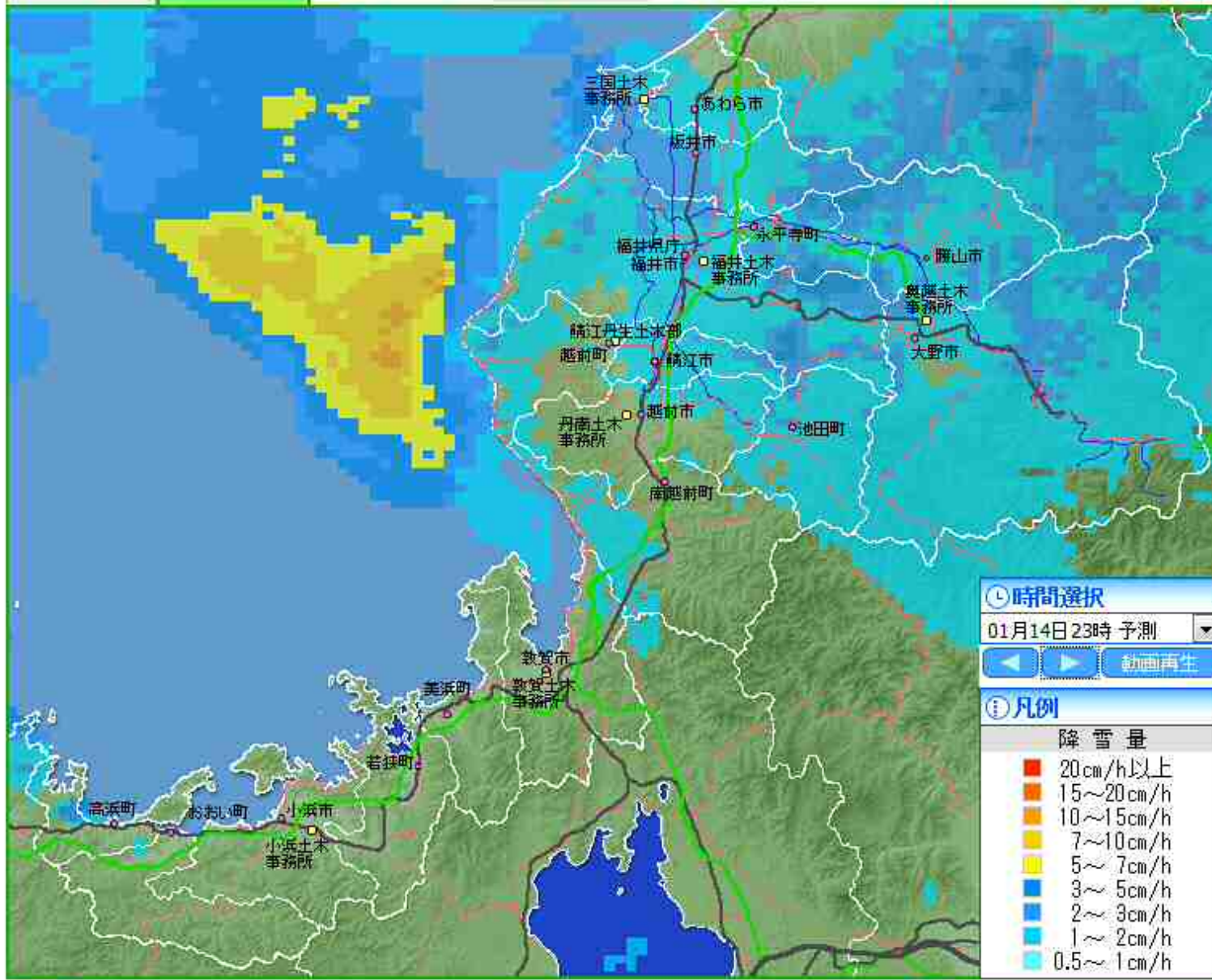
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

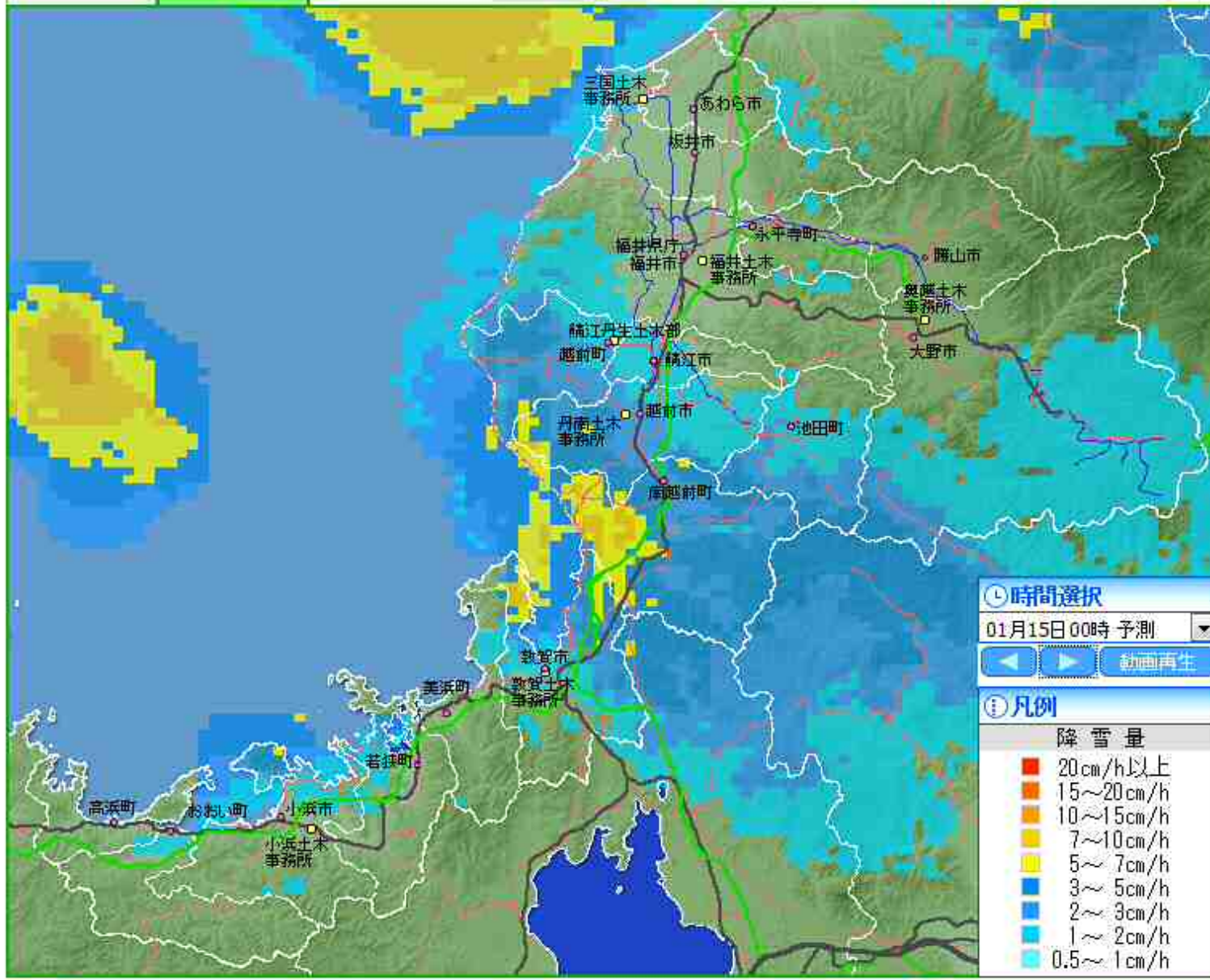
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



時間選択

01月15日00時 予測

動画再生

凡例

ご利用上の注意
日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

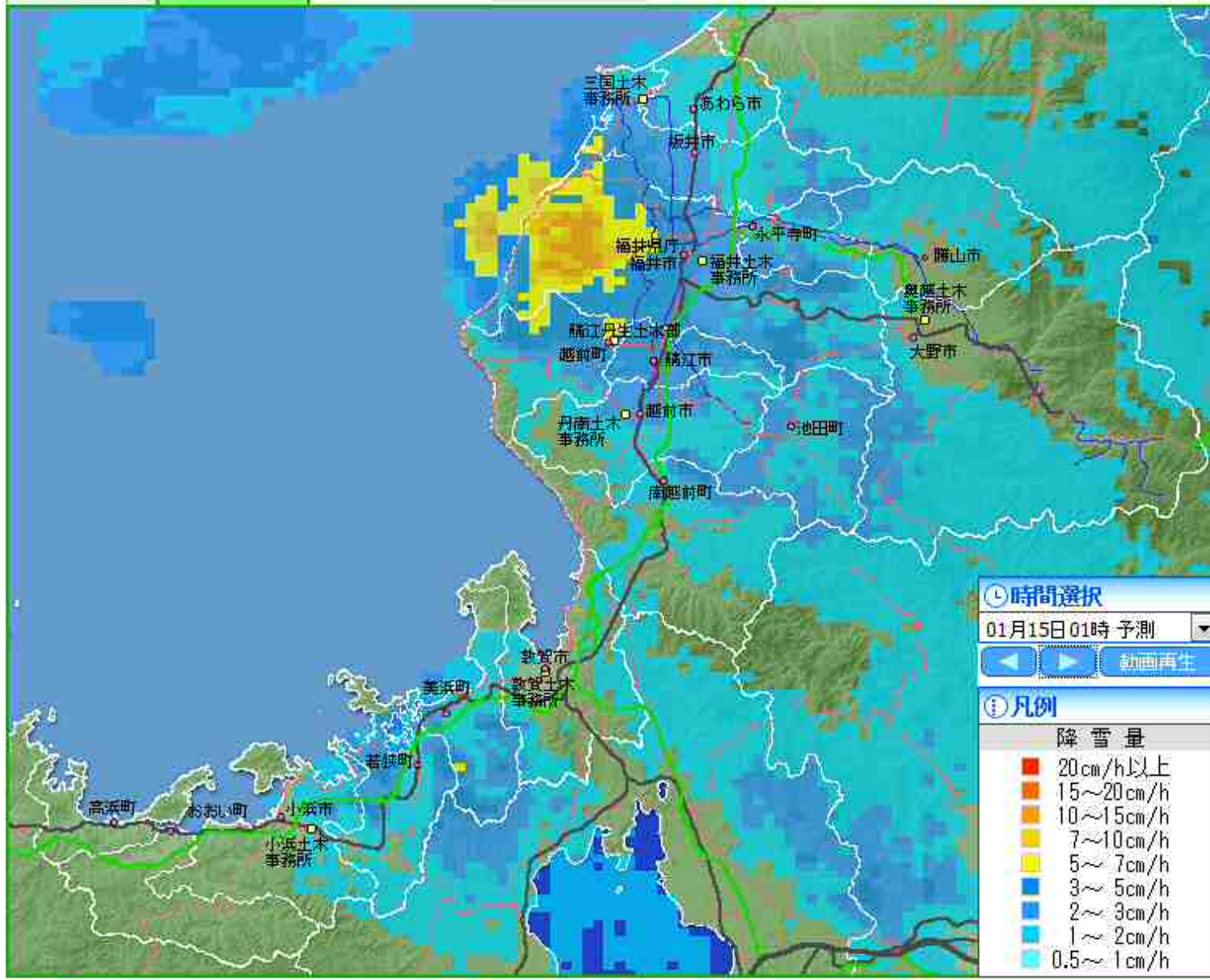
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メッシュ

降雪ポイント予測

ご意見箱

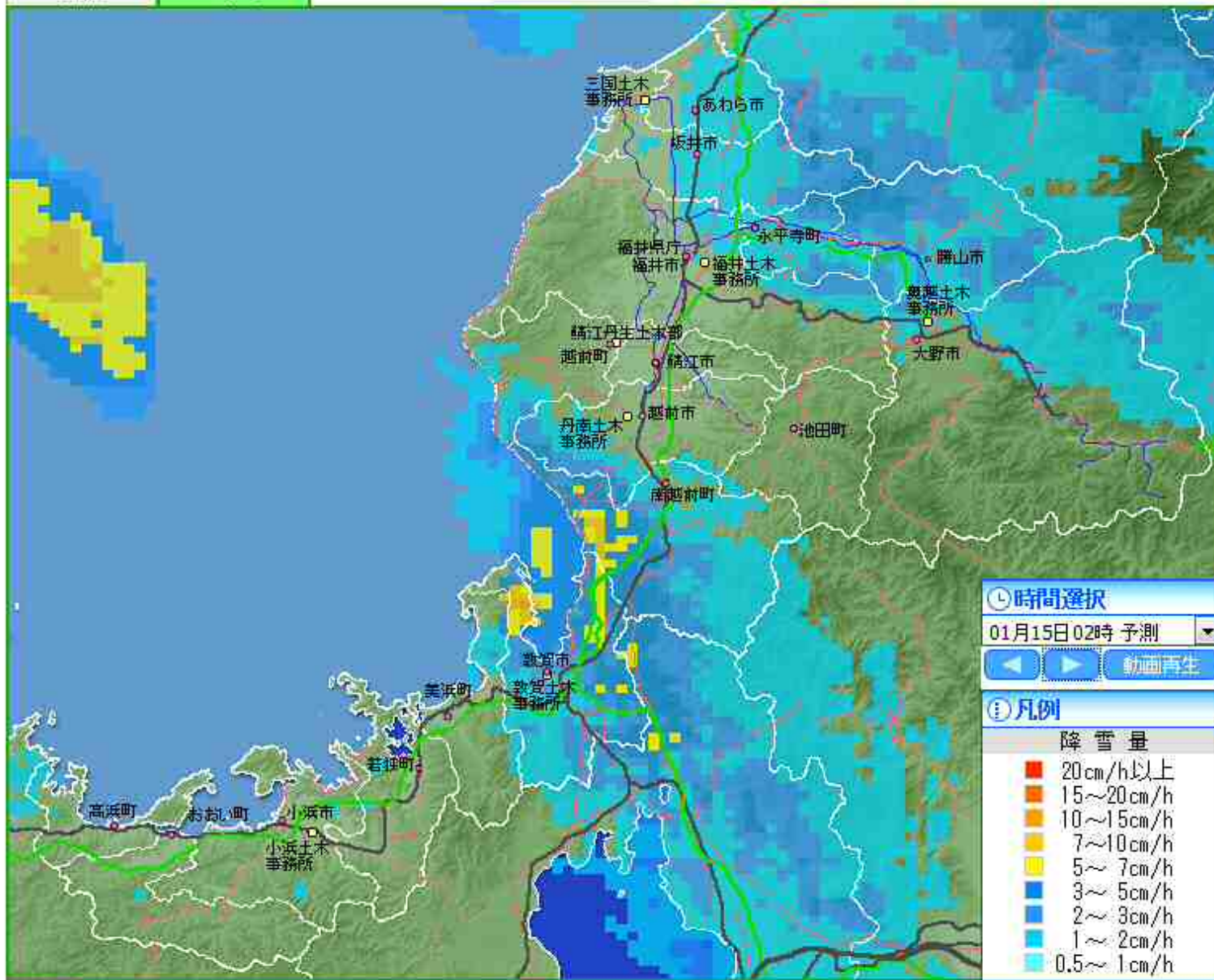
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日09時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

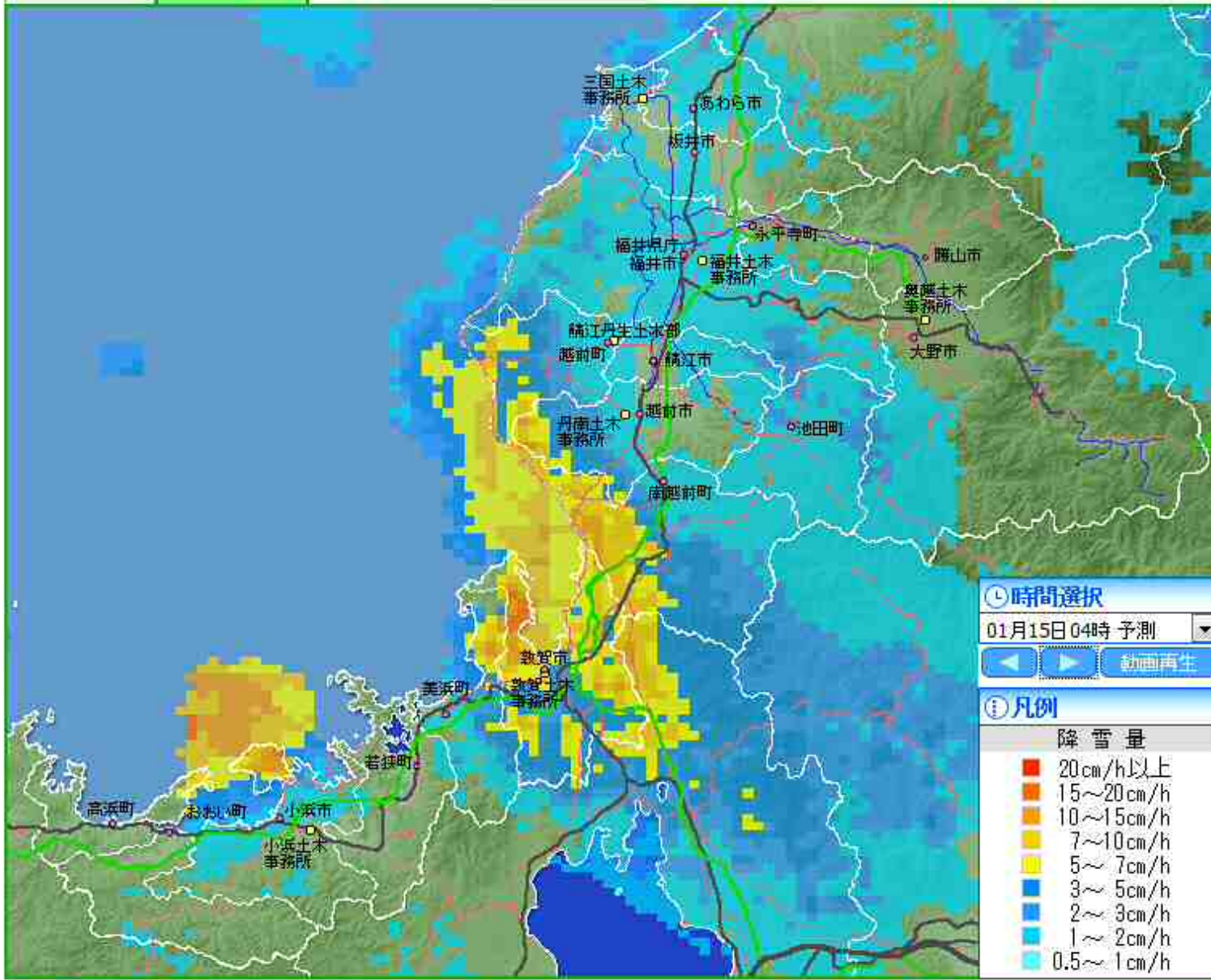
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日18時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

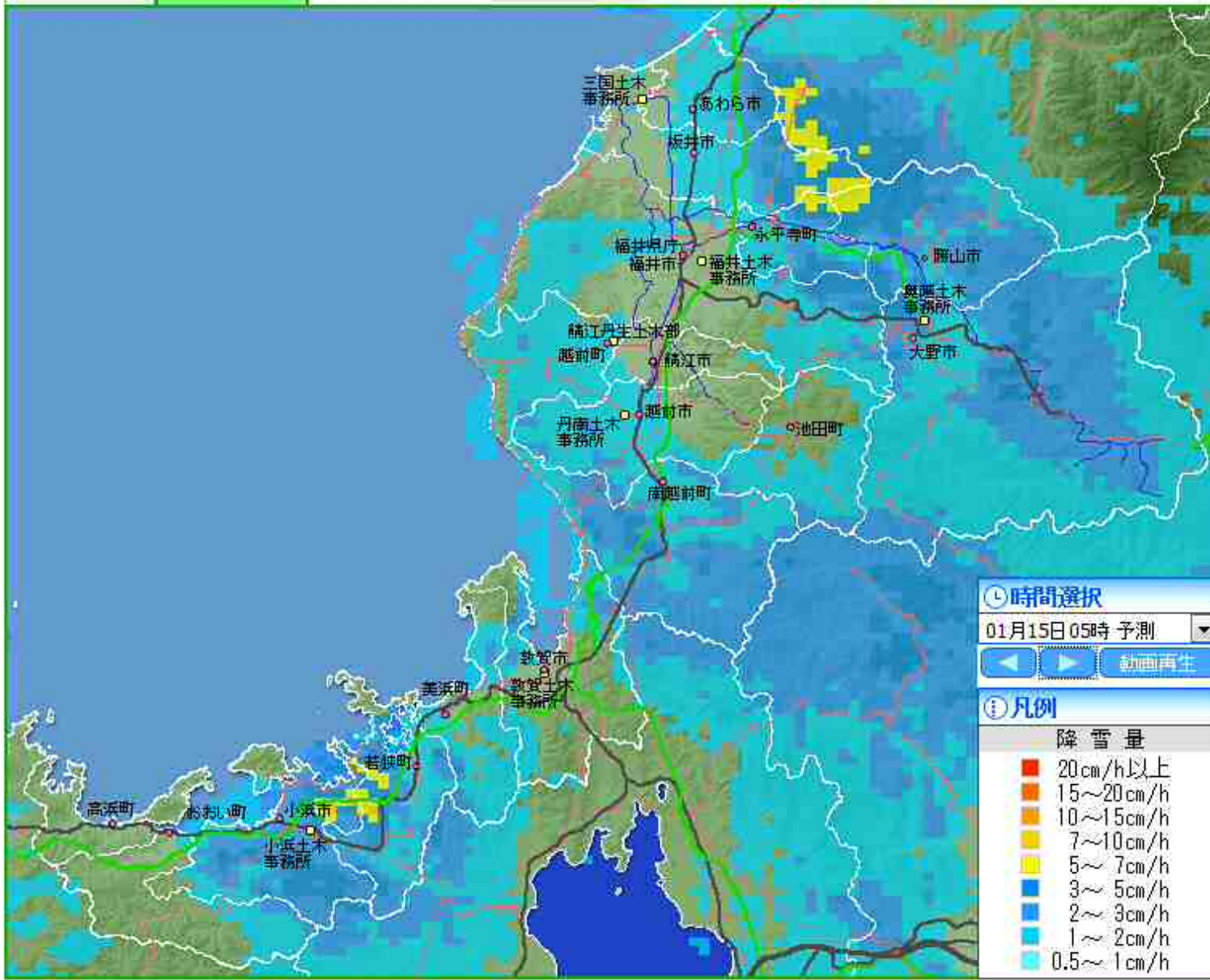
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

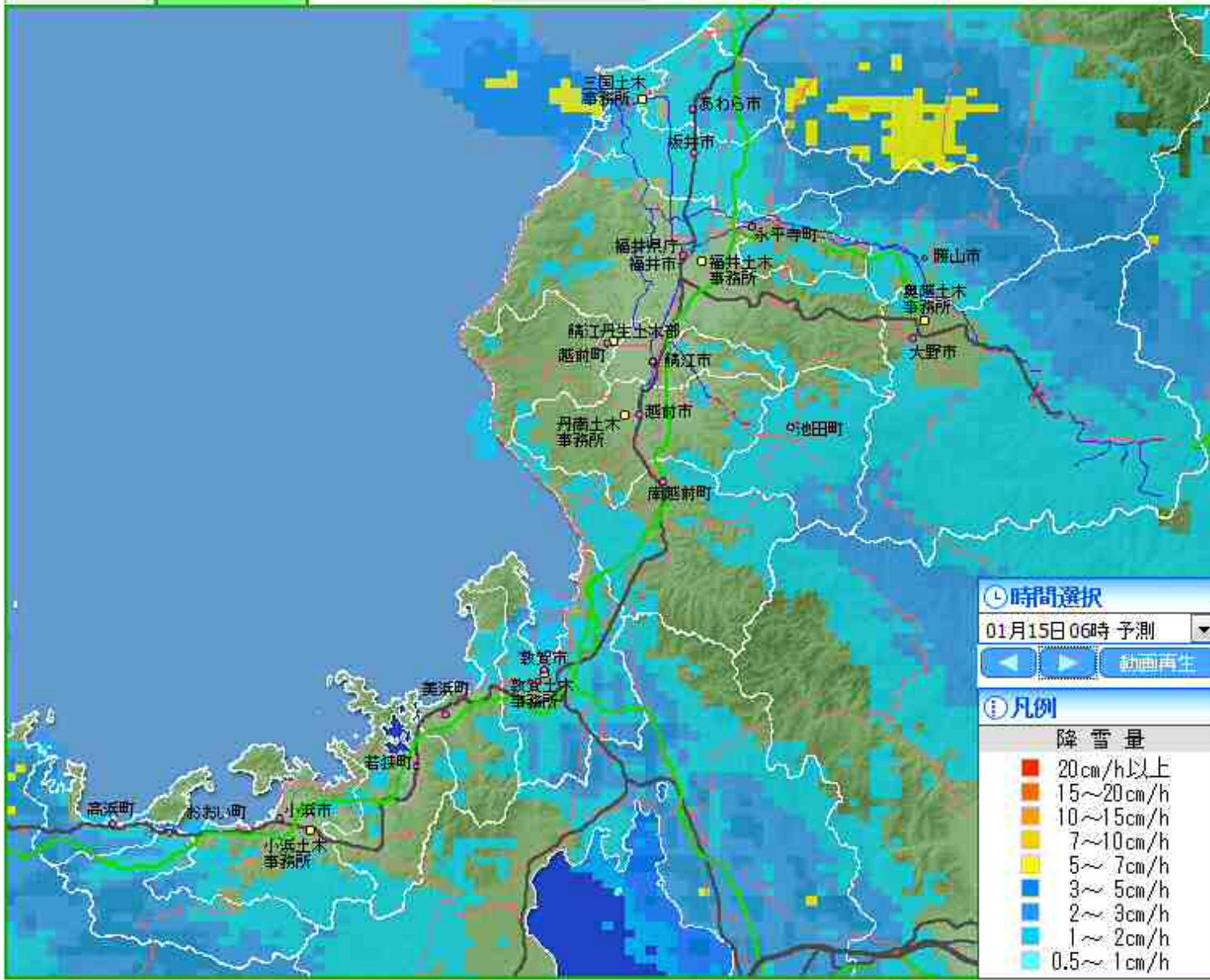
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

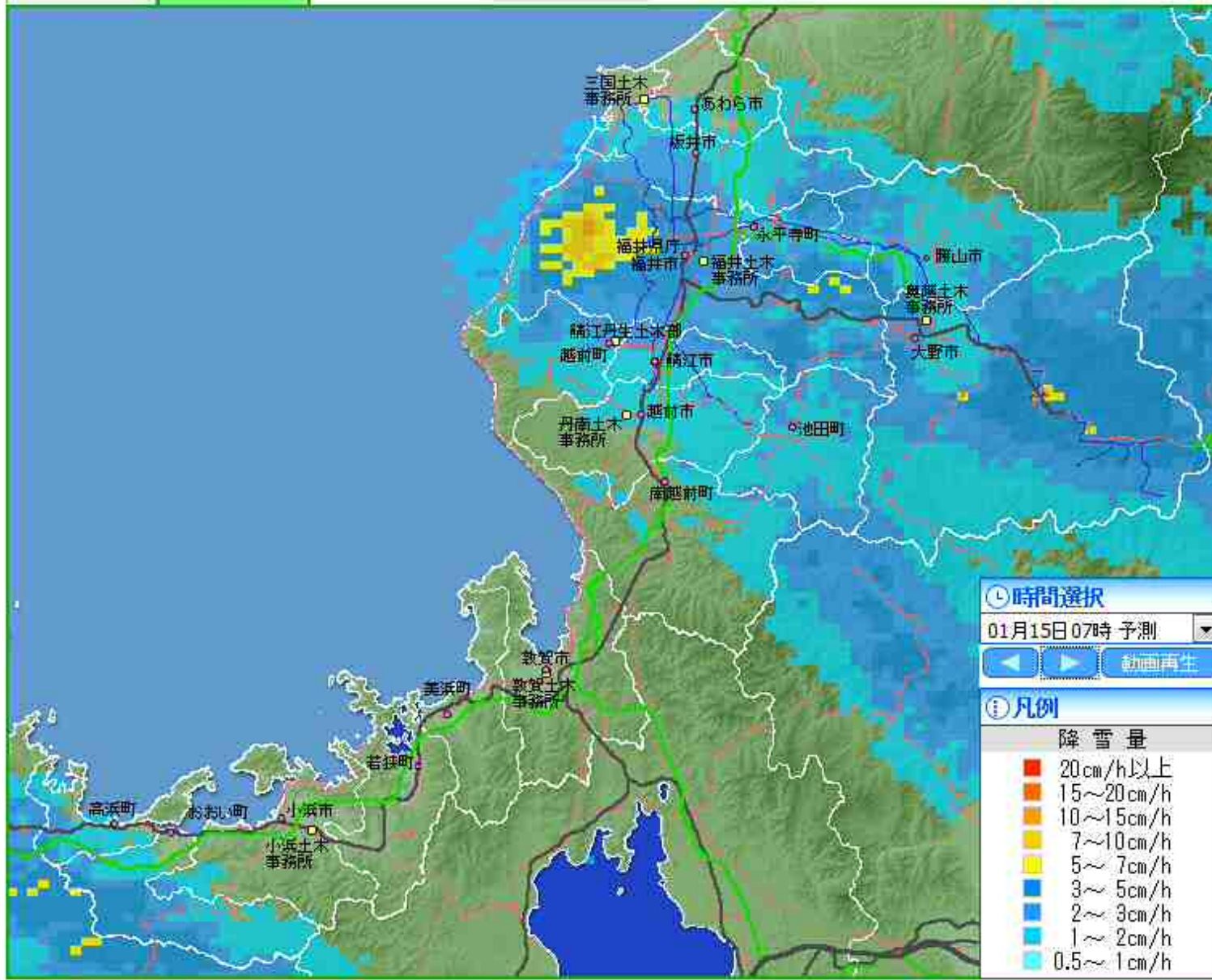
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

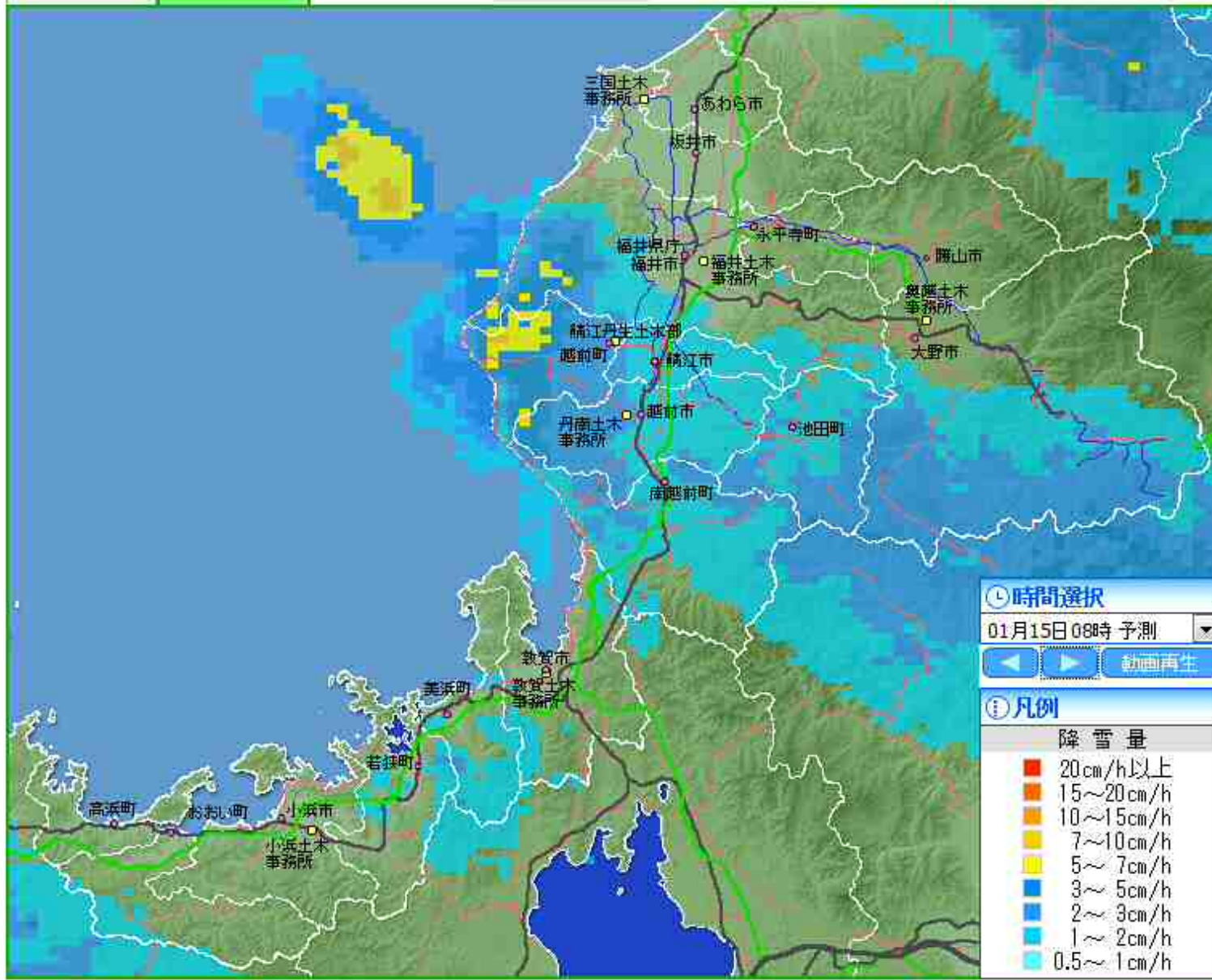
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



時間選択

01月15日08時 予測

動画再生

凡例

ご利用上の注意
日本気象協会提供

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メニュー

降雪ポイント予測

ご意見箱

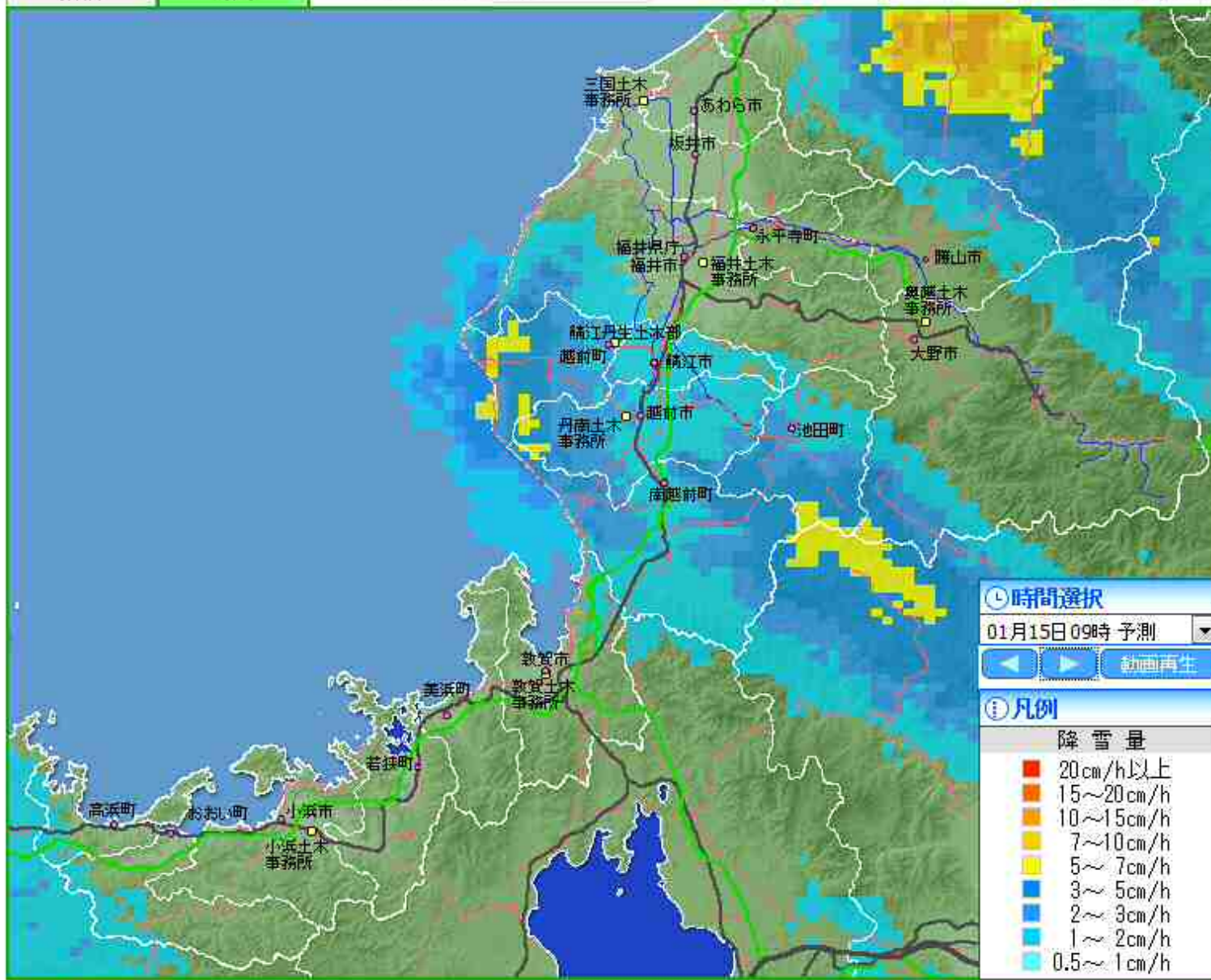
累積

時間

エリア選択

全県

01月14日16時 発表



ご利用上の注意

日本気象協会提供

福井県降雪予測システムとは

1. 予測の「きめ細かさ」を追求

平成23年2月の大雪（短期集中降雪）の被害を教訓に、「いつ、どこに、どれだけ降るか」をあえて明確に示す、福井県が独自に開発した気象予測システムである。

2. 開発経過

開発期間：平成25年度～28年度、4年間

開発費：総額35,965千円

全額文科省補助金による（特別電源所在県科学技術振興補助金）

開発者：福井県建設技術研究センター（当時）

委託業者：（一財）日本気象協会

平成25年度の一般競争入札で落札、以降特命随意契約

福井県降雪予測システムとは

3. 運用方法

- システムは日本気象協会のデータセンタ内に構築
県の資産はソフトウェアのみ、ハード資産を一切有さない
クラウド化方式
- 予測結果はインターネット上に自動配信
- 気象予報士の介在は無く、一般公開は行われぬ。
(県内部でのみ閲覧可能)
- ホスティング料、オペレータシステム監視費および気象
データ購入費が運用費となる。
⇒ 年間運用費：378千円／月×4ヶ月超

福井県降雪予測システムとは

4. 予測内容

①メッシュ予測

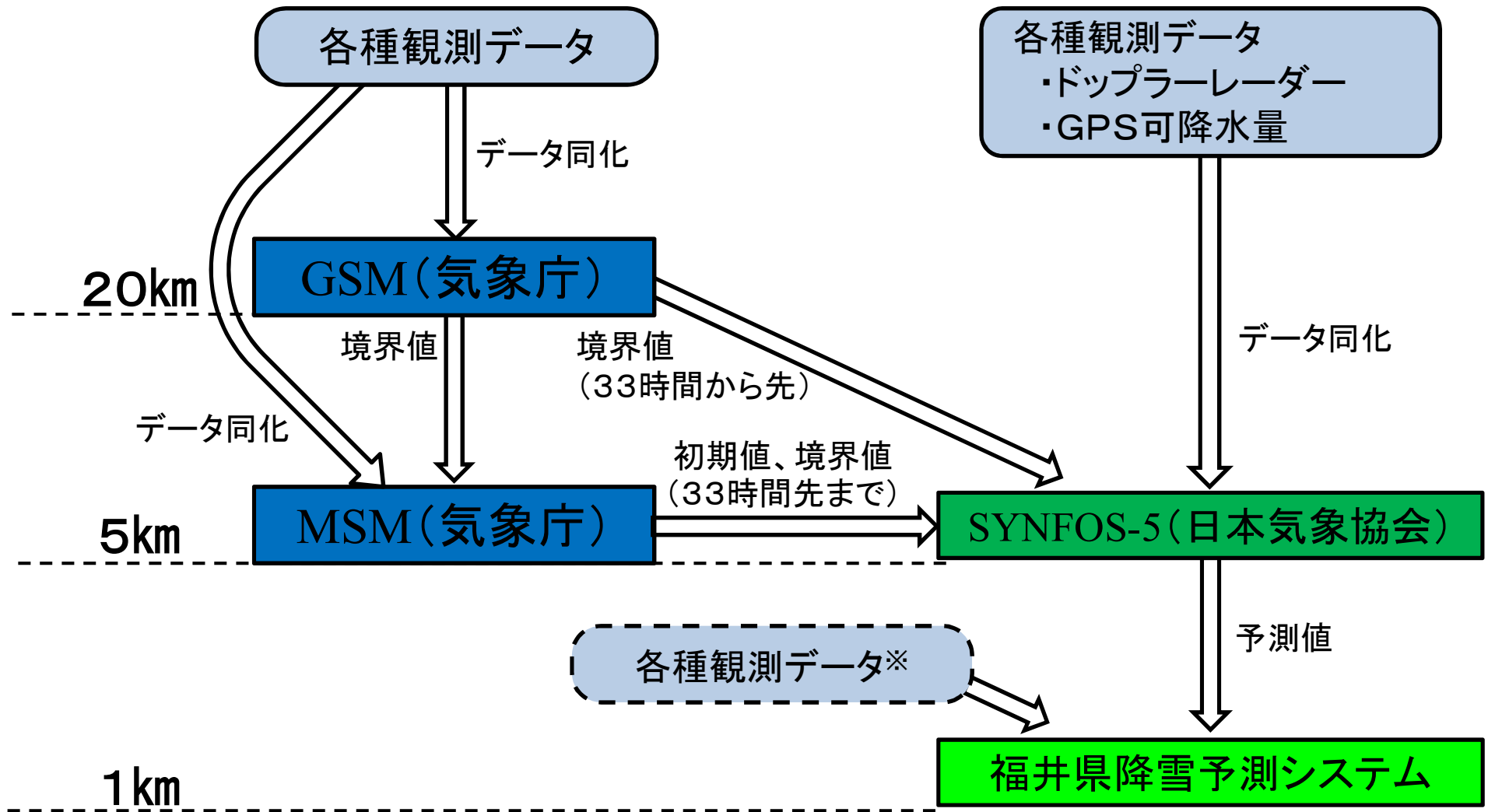
福井県を1kmメッシュサイズに区分し、各メッシュ毎の時間降雪量を最大24時間先まで予測

②ポイント予測

県内63地点の時間降雪量を最大48時間先まで予測

以上の予測を1日3回、16時、23時、9時に発表（更新）

降雪予測の成り立ち



格子間隔

※高層気象観測データを取込み、予測精度を改良

福井県独自の積雪観測（雪情報システム）

超音波で積雪深を計測→



写真は勝山市北谷町



点検状況（年1回）

→ 県内36箇所の観測データを活用（ポイント予測）

気象庁の高層観測



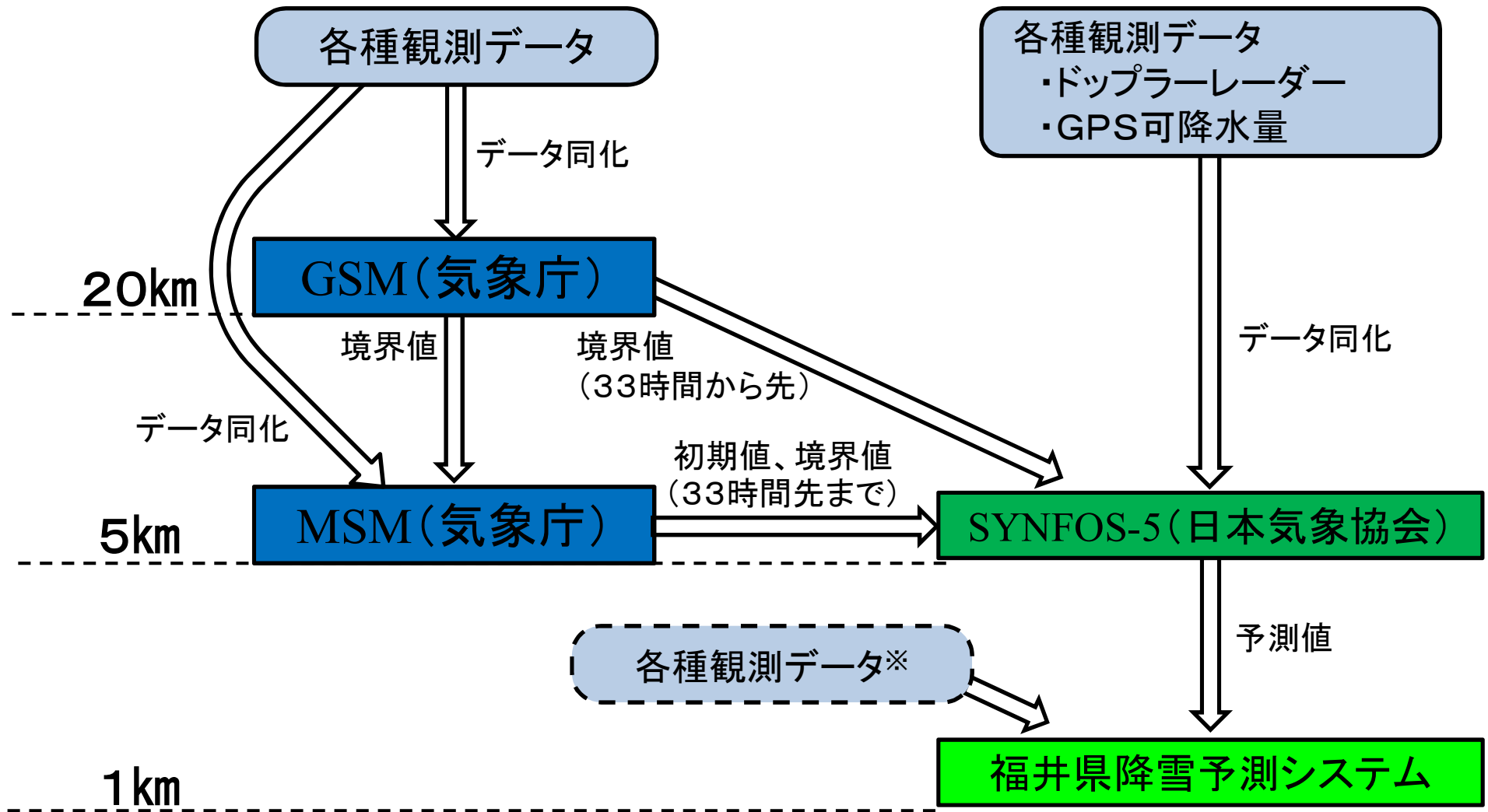
自動放球装置



- 輪島上空500hPaの高層観測データを活用
（気象5要素のうち等圧面高度および気温）
- 日本気象協会の予測を補正

・図表:
気象庁ホームページより引用

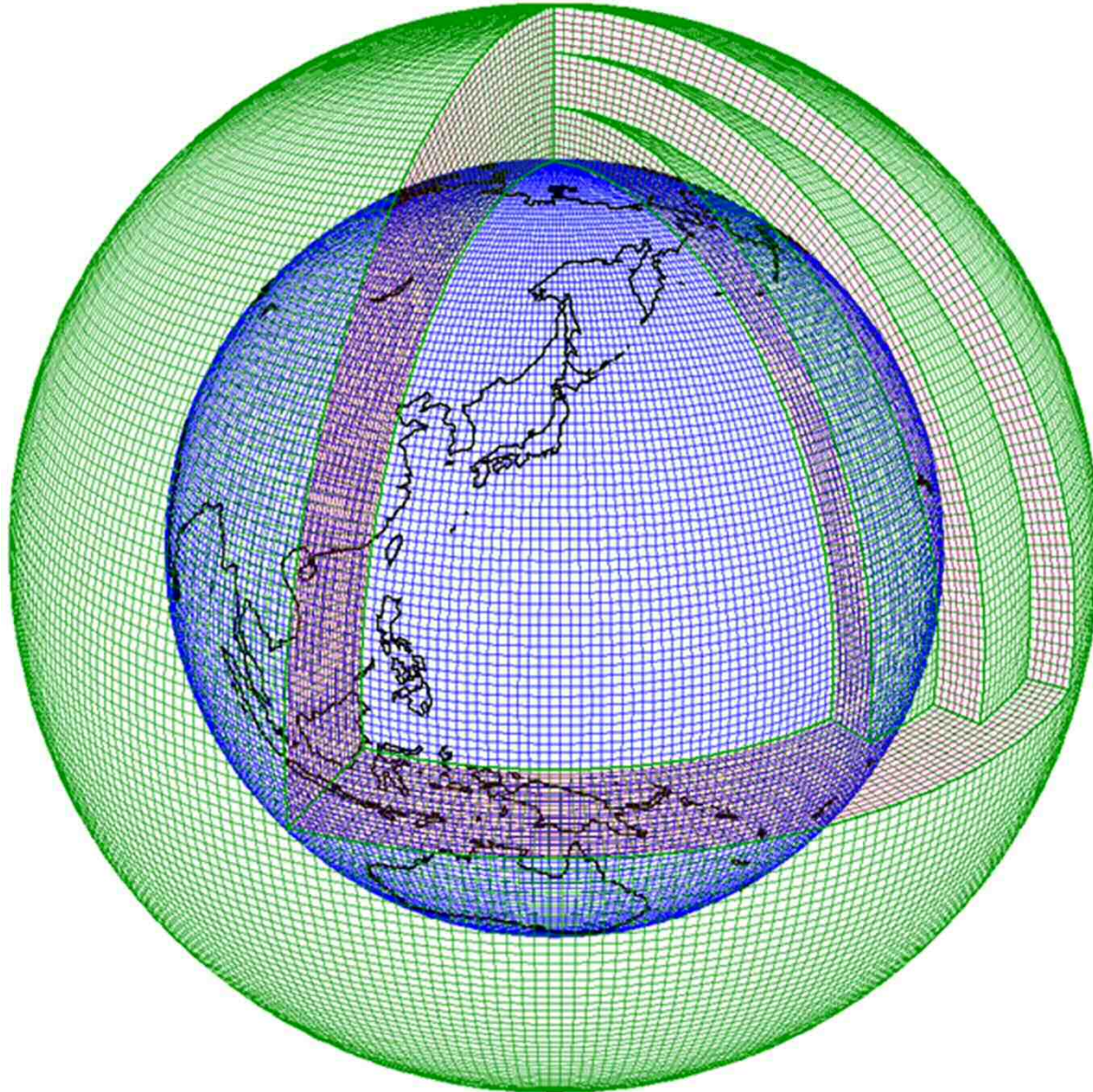
降雪予測の成り立ち



格子間隔

※高層気象観測データを取込み、予測精度を改良

気象庁GSM(全球モデル): 数値予測、20km



- 水平格子間隔 約20km
- 鉛直60層
- 1日4回実行
 - 00,06,18時(UTC)初期値から84時間予報
 - 12時(UTC)初期値から216時間予報
- 用途
 - 天気予報支援(今日、明日～週間予報)
 - 台風予報支援(進路、強度)
 - メソモデルの側面境界
 - 海洋のモデルの大気境界など。

・図表:
気象庁ホームページより引用

GSM-TL959L60 2014.01.23.12UTC FT=000
(Valid Time: 01.23.12UTC)



- 水平格子間隔 約20km
- 鉛直60層
- 1日4回実行
 - 00,06,18時(UTC)初期値から84時間予報
 - 12時(UTC)初期値から216時間予報
- 用途
 - 天気予報支援(今日、明日～週間予報)
 - 台風予報支援(進路、強度)
 - メソモデルの側面境界
 - 海洋のモデルの大気境界
 - など。

・図表:
気象庁ホームページより引用

気象庁MSM(メソモデル): 数値予測、5km

- メソモデル(MSM: Meso-Scale Model)

- 水平格子間隔 5km

- 鉛直50層

- 1日8回実行

- 00,06,12,18時(UTC)初期値から15時間予報

- 03,09,15,21時(UTC)初期値から33時間予報

- 用途

- 防災気象情報支援

- 降水短時間予報への利用

- 航空予報支援

- など

- 初期値には各種観測データの外、3時間前のMSM自身の予測値を使う(第一推定値)
- 境界値はGSMの予測に基づく。



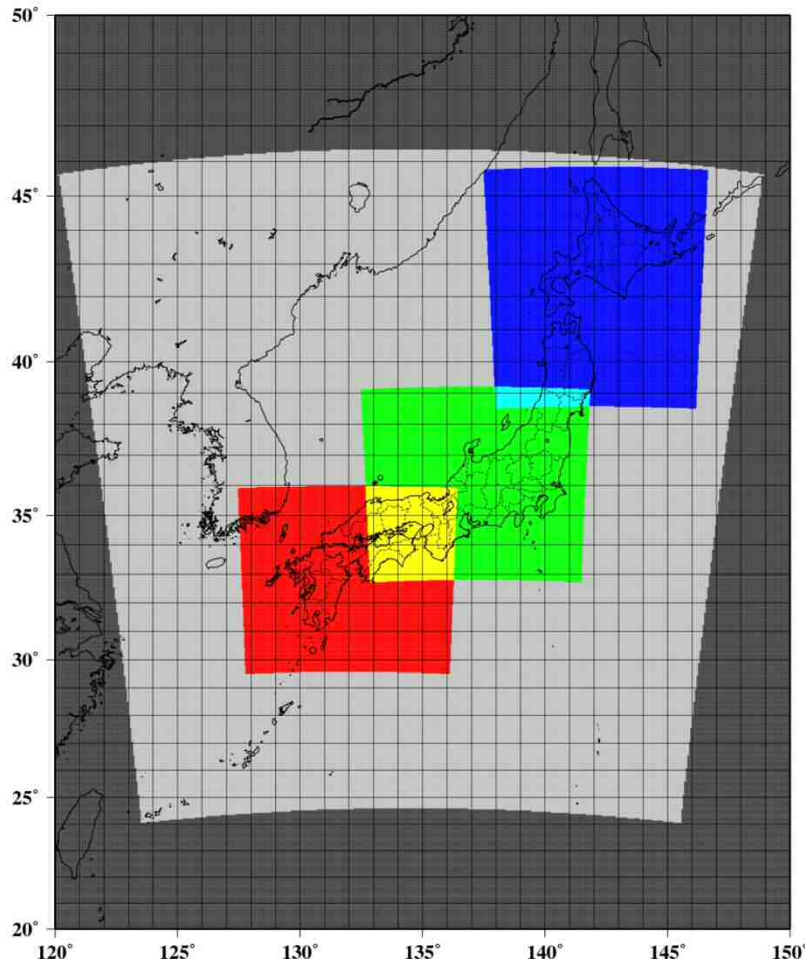
日本気象協会SYNFOS-5：数値予測 5 km

平成25年度にシステム開発業務委託の一般競争入札を実施した結果、一般財団法人日本気象協会が落札した。

本県が降雪予測システムの直接のデータ元とする数値予測モデルSYNFOS-5は、日本気象協会が独自に開発したものであり、以下の仕様からなる。

SYNFOS-5の概要

格子間隔	5km
予測時間	33時間先～51時間先
初期時刻	0時から3時間おき(1日8回予測更新)
発表時刻	初期時刻から約4時間後
予測範囲	北緯24～46度、東経125～146度
予測高度	地表～100hPa面(計31層)
予測要素	降水量、降雪量、地上気圧、風向風速、気温、相対湿度、日射量等
備考	<ul style="list-style-type: none">・初期値には観測データ(ドップラーレーダおよびGPS可降水量)の他、MSMの予測値を使う(第一推定値)・境界値はMSMの予測限界(15～33時間先)までMSM、その先はGSMの予測データを使う。



SYNFOS-5 予測範囲 (灰色)

(赤、緑、青はSYNFOS-ナウキャストの予測範囲)

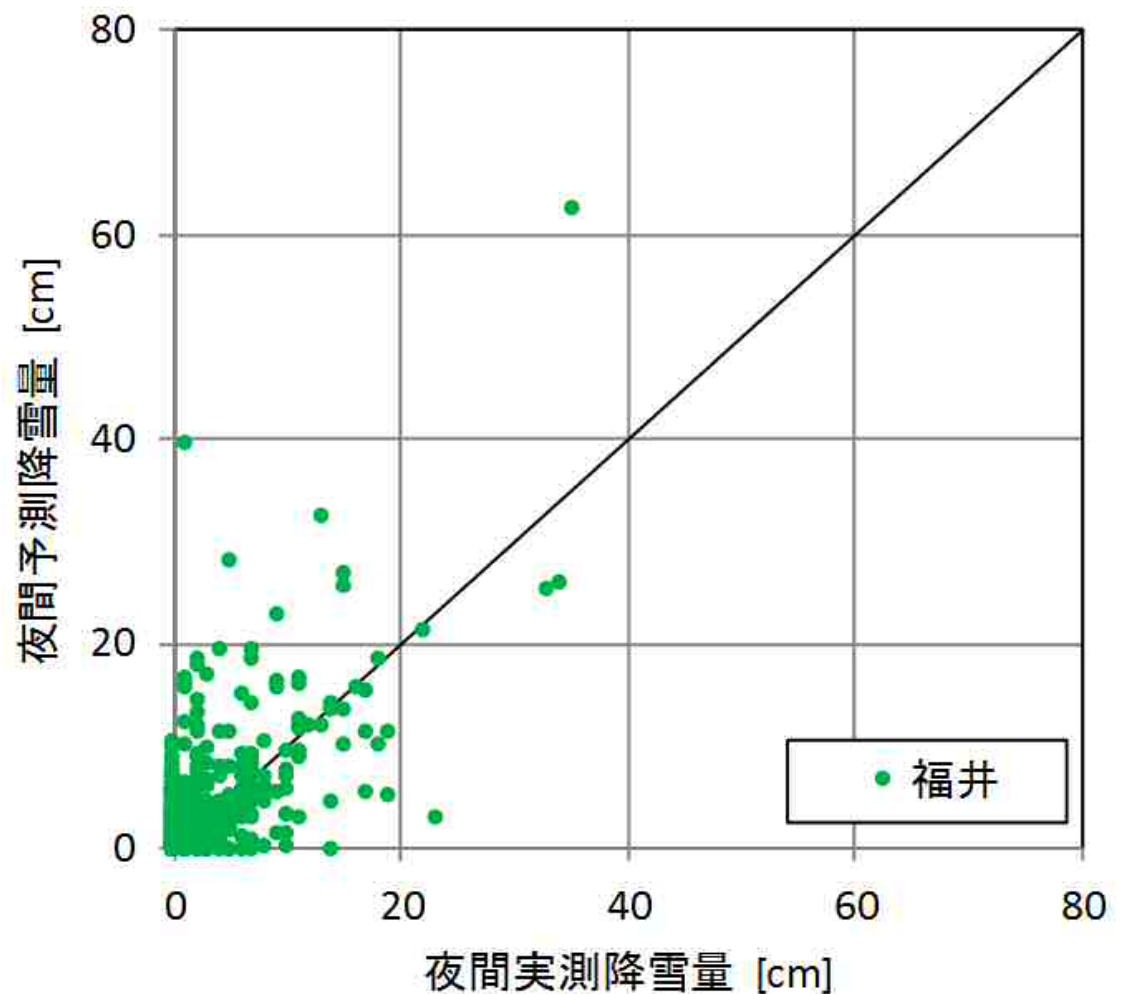
福井県降雪予測システム：統計的手法

◇その予測点における過去の気象データを収集し、実測降雪量に対して同一時刻での①SYNFOS-5の過去の予測降雪量、②輪島上空500hPaでの等圧面高度、および③同500hPaでの気温、との相関を調べ定式化、これを予測補正式として利用する。

◇メッシュ予測では1kmメッシュごとの実測降雪量データが存在しないが、降水量に関しては国交省の解析雨量データが1kmメッシュごとに存在するため、これを他の観測所で測定される気温、湿度との関係から解析的に降雪量を算出、これを実測値の代わりとした。

◇ポイント予測では予測精度向上のため、SYNFOS-5の格子を予測点の最直近に限定せず、±20kmの範囲で最も相関が良くなる格子を選定、その格子での予測データを用いるようにした。

予測精度の検証：メッシュ予測

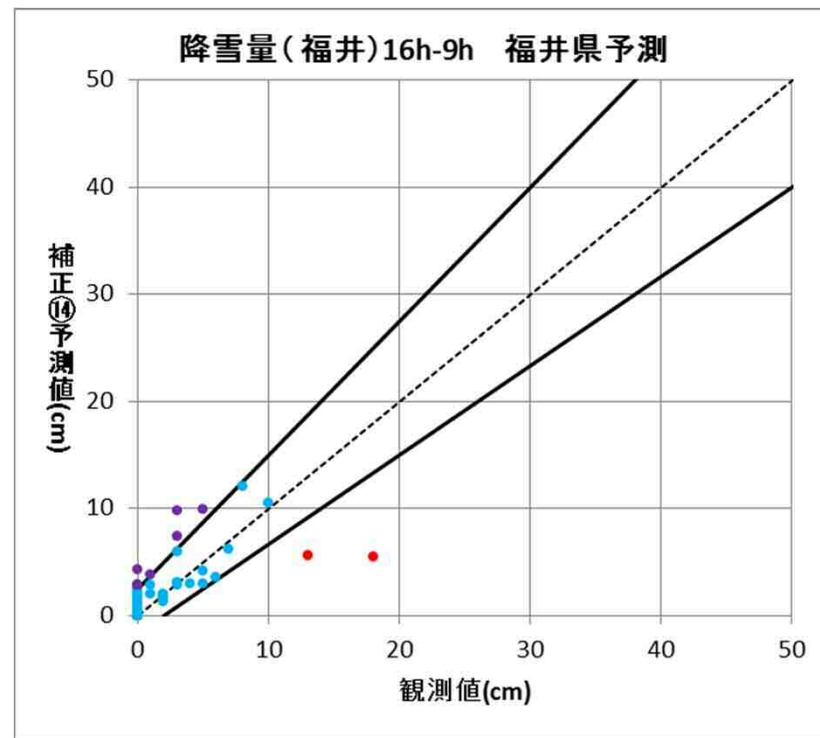
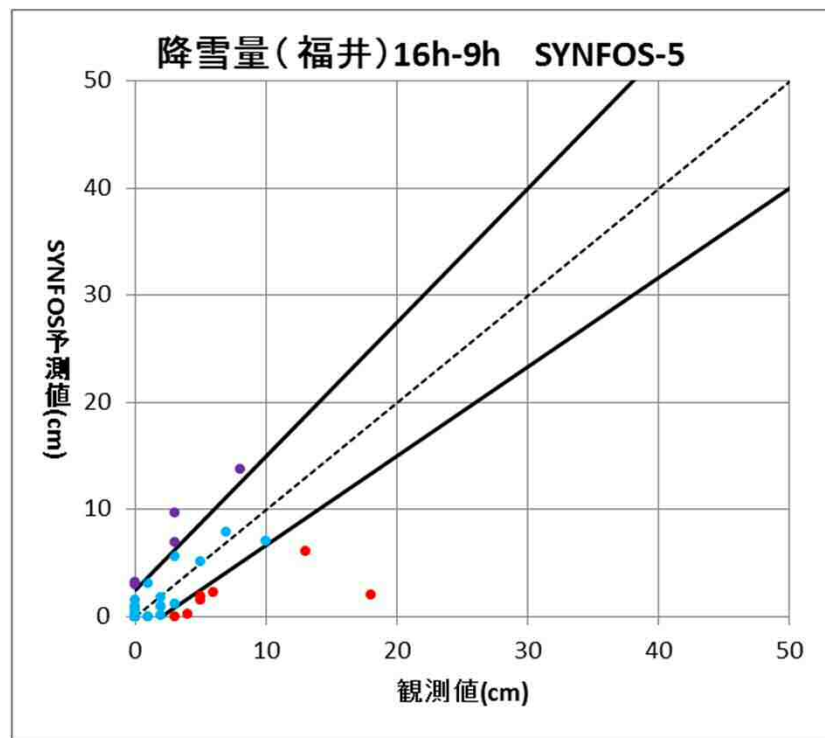


場所：福井市豊島（アメダス観測所）

集計期間：平成19年度～25年度、12月1日～3月31日

的中率（ $\pm 2\%$ ± 2 cm以内、無降雪日除く）：55.2%

予測精度の検証：ポイント予測

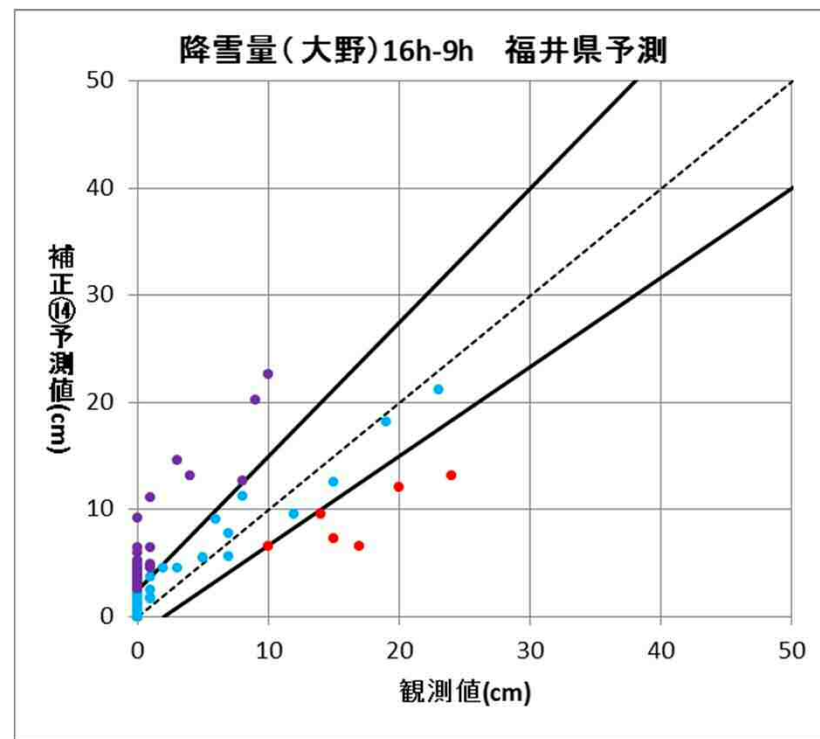
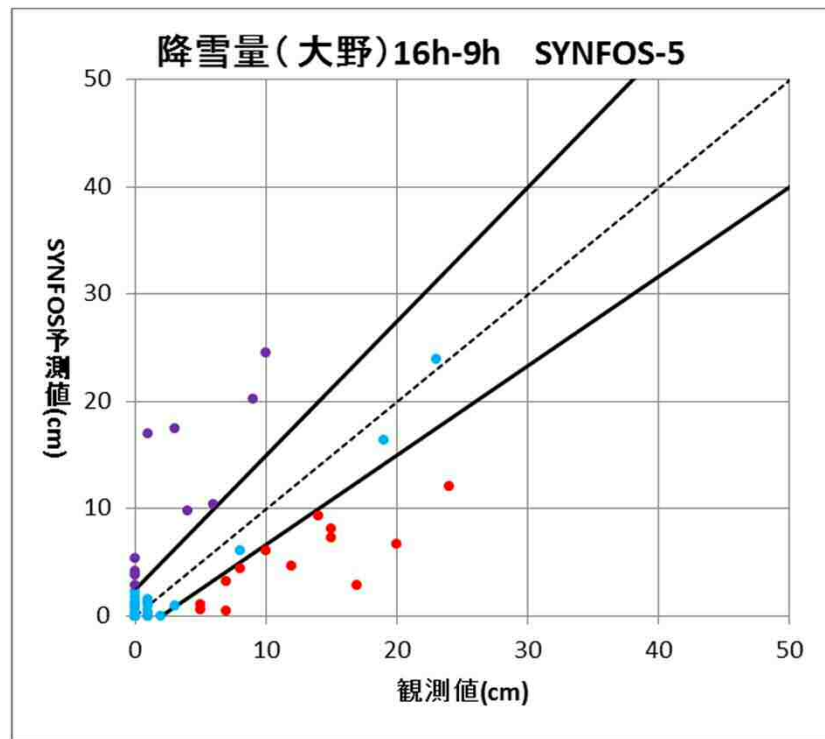


場所：福井市豊島（アメダス観測所）

集計期間：平成26年度、12月1日～3月31日

的中率（±2% ± 2cm以内、無降雪日除く）：54.5%→72.7%

予測精度の検証：ポイント予測

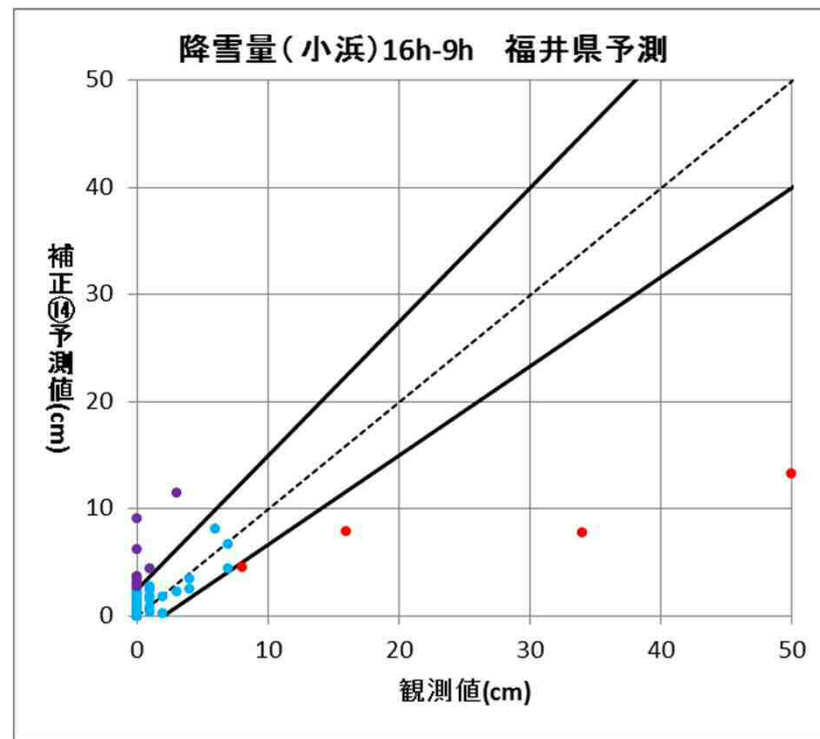
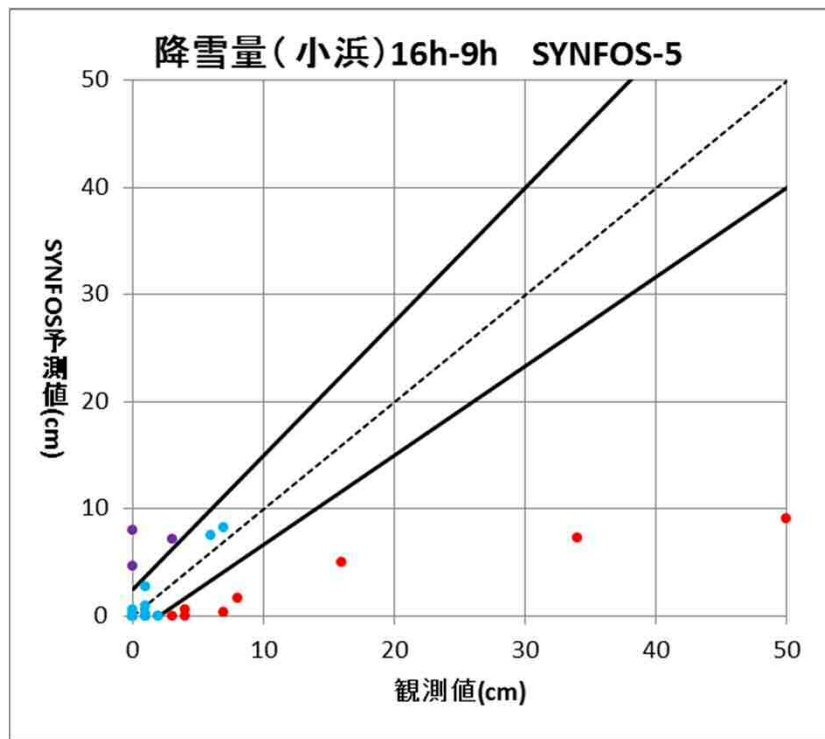


場所：大野市（アメダス観測所）

集計期間：平成26年度、12月1日～3月31日

的中率（±2% ± 2cm以内、無降雪日除く）：40.6%→50.0%

予測精度の検証：ポイント予測



場所：小浜市（アメダス観測所）

集計期間：平成26年度、12月1日～3月31日

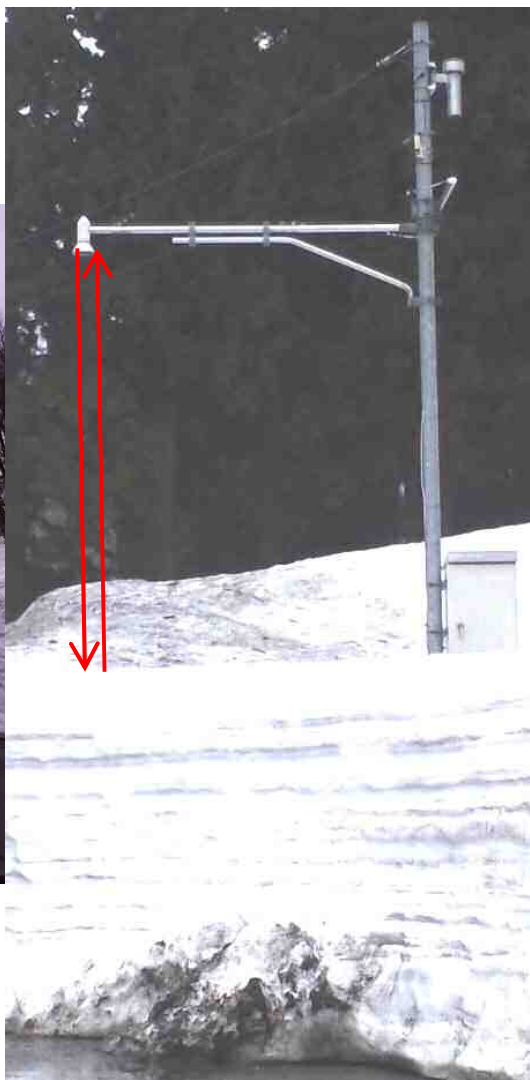
的中率（±2% ± 2cm以内、無降雪日除く）：57.1% → 71.4%

反省点:ポイント予測が土木部に手厚いこと

超音波で積雪深を計測→



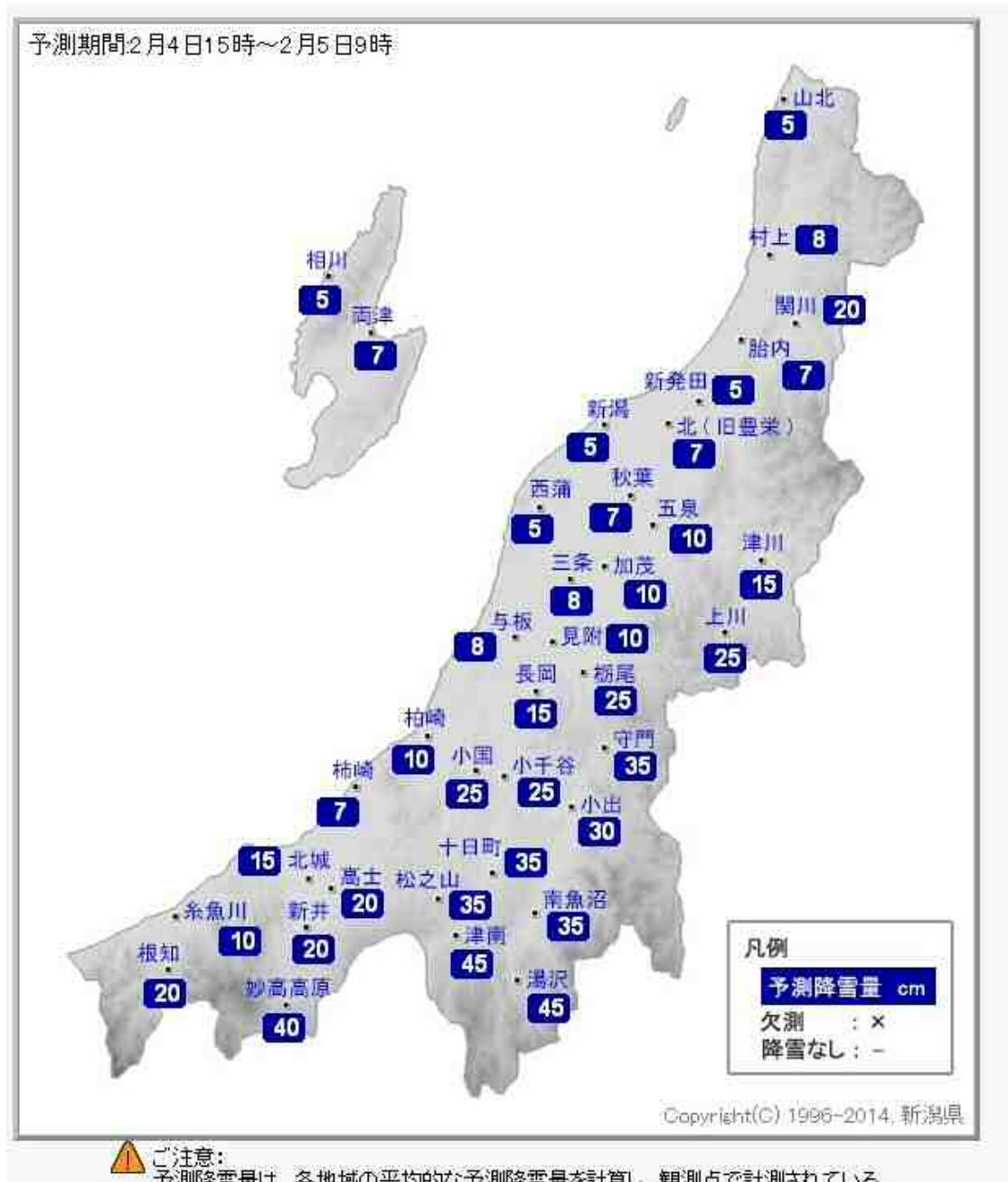
写真は勝山市北谷町



点検状況 (年1回)

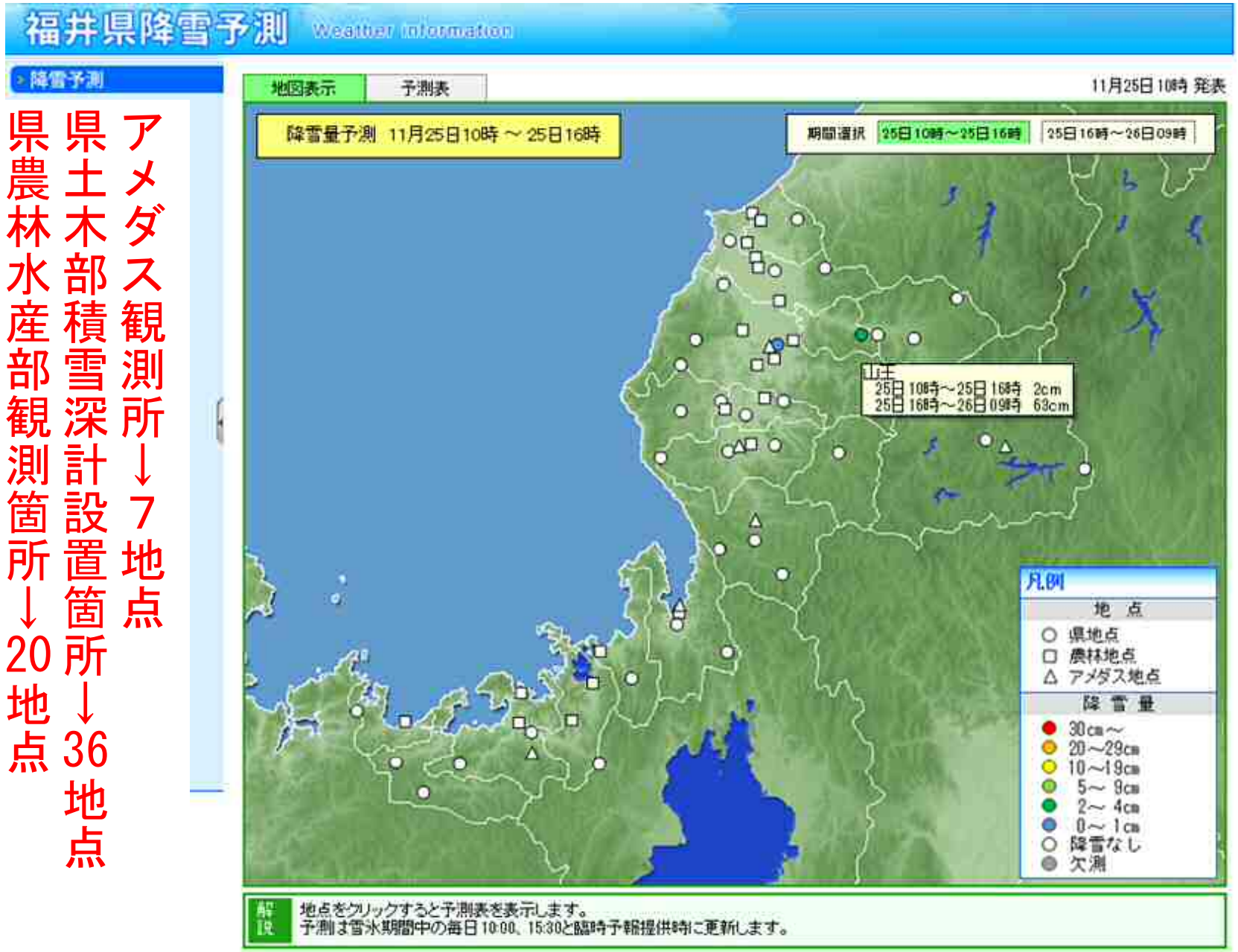
36箇所の県の観測所は道路の要監視箇所に整備している

参考：新潟県



- ・ 防災課が主管
- ・ 観測所は消防署内
- ・ 地域バランスが良い
- ・ 積雪深計の管理が行き届いている

福井県降雪予測システム：ポイント予測



アメダス観測所↓7地点
 県土木部積雪深計設置箇所↓36地点
 県農林水産部観測箇所↓20地点
 全63地点



福井県降雪予測

www.micosfit.jp/fukui_snow/

よく見るページ Firefox を使いこな... Web スライス ギャ... おすすめサイト

福井県降雪予測

Weather Information

降雪予測メッシュ
 降雪ポイント予測
 ご意見箱

累積
 時間
 エリア選択 全県

01月14日 16時 発表

凡例
 累積降雪量
 ■ 80 cm 以上
 ■ 50 ~ 80 cm
 ■ 30 ~ 50 cm
 ■ 20 ~ 30 cm
 ■ 15 ~ 20 cm
 ■ 10 ~ 15 cm
 ■ 5 ~ 10 cm
 ■ 2 ~ 5 cm
 ■ 0 ~ 2 cm

期間選択 14日 16時 ~ 15日 09時 15日 09時 ~ 15日 16時

解説 独自手法により福井県内の1kmメッシュ降雪量を表示します。予測は9時、16時、23時に更新します。

ご利用上の注意
 日本気象協会提供

福井県降雪予測システムとは

3. 運用方法

- システムは日本気象協会のデータセンター内に構築
県の資産はソフトウェアのみ、ハード資産を一切有さない
クラウド化方式
- 予測結果はインターネット上に自動配信
- 気象予報士の介在は無く、一般公開は行われ無い。
(県内部でのみ閲覧可能)
- ホスティング料、オペレータシステム監視費および気象
データ購入費が運用費となる。
⇒ 年間運用費：378千円／月×4ヶ月超

福井県降雪予測システムとは

2. 予測方法は①日本気象協会の気象予測モデルSYNFOS-5をベースとし、②福井県の観測データとの相関関係から定式化した予測補正を適用（統計的手法）、③補正した予測値を気象予報士を介さずにインターネット上に自動配信する、というもの。

福井県降雪予測システムとは

4. 予測内容

①メッシュ予測

福井県を1 kmメッシュサイズに区分し、各メッシュ毎の時間降雪量を最大24時間先まで予測

②福井県の観測データとの相関関係から定式化した予測補正を適用（統計的手法）、

③補正した予測値を気象予報士を介さずにインターネット上に自動配信する。

3. 気象予報士が介在しないため、一般公開は行われない (県の機関のみに対する情報提供)

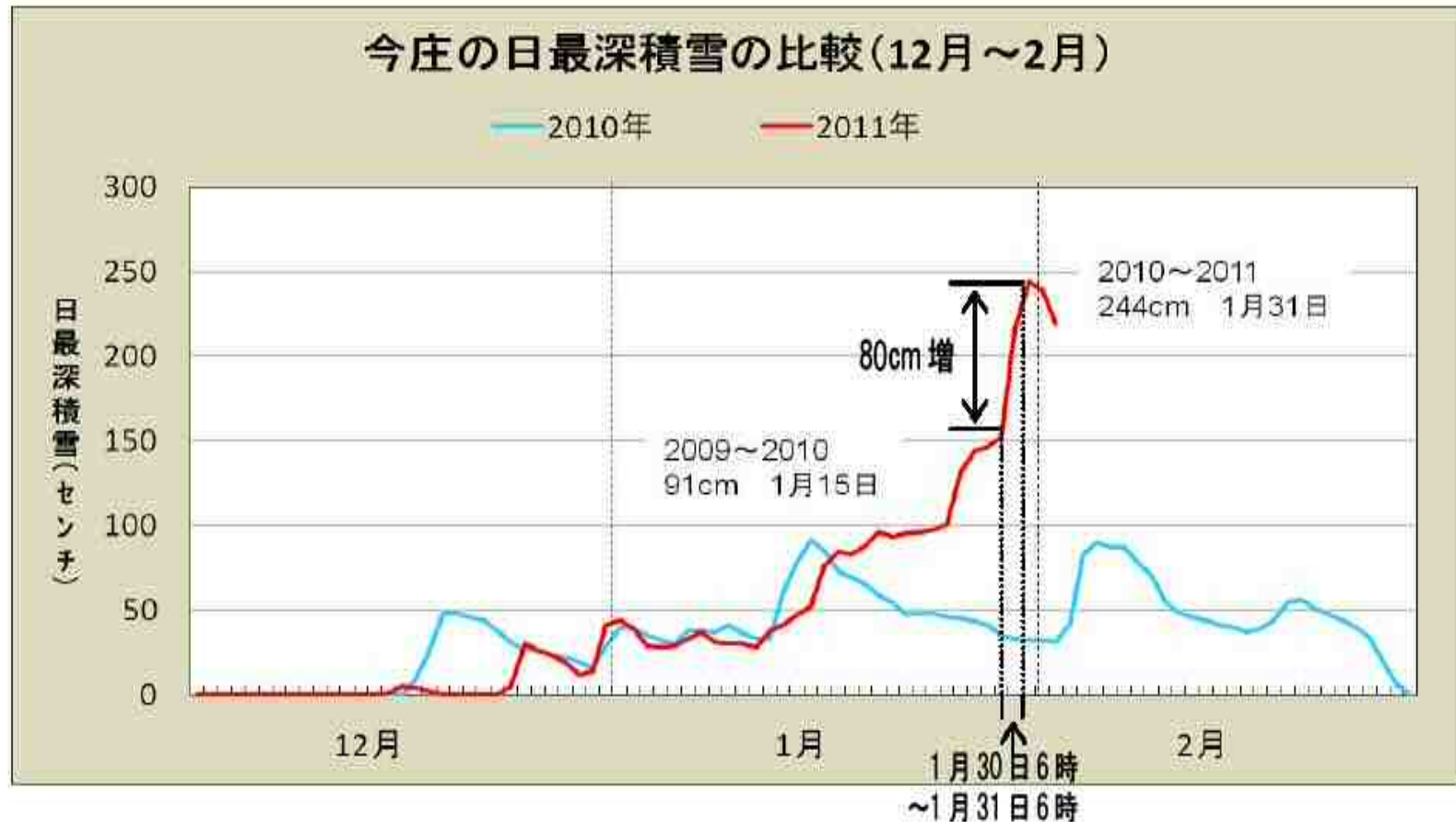
4. 県内63地点の時間降雪量を最大48時間先まで予測 (ポイント予測)

福井県を1 kmメッシュサイズに区分し、各メッシュ毎の時間降雪量を最大24時間先まで予測（メッシュ予測）

各予測の特徴と留意事項

ポイント予測	<ul style="list-style-type: none">・ 土木部積雪深観測所36カ所：そのポイントに特化した予測・ 気象庁アメダス観測所7カ所：そのポイントに特化した予測・ 農林水産部測定20カ所：属する1メッシュの予測値・ 気温も独自に予測しており、降雪量以上に予測精度が高い（農林水産部除く）。・ 地域代表性に乏しいポイントが少なくない（特に土木部観測所）。
メッシュ予測	<ul style="list-style-type: none">・ 予測が地域平均化を免れ、局所的な大雪を表示できるようになるため、警告効果が高い。・ 予測はどの範囲まで参考にすべきか等、効果的な活用方法については今後も検討していく必要がある（特に動画）。天気図を見るのと同レベルのスキルと経験を要するものかも知れない。・ 予測精度はポイント予測より劣ると考えられる。

短期集中降雪（H23年大雪）の発生



- 南越前町今庄で80cm/日の積雪
- 観測史上最大が続出

図表：「平成23年1月大雪対策状況」：福井県 より引用

短期集中降雪（H23年大雪）の被害



大型車両の立往生

- ・北陸自動車道 800台
- ・国道8号 280台



園芸ハウスの倒壊

- ・倒壊 117棟
- ・破損 6棟

写真：「平成23年1月大雪対策状況」：福井県 より引用

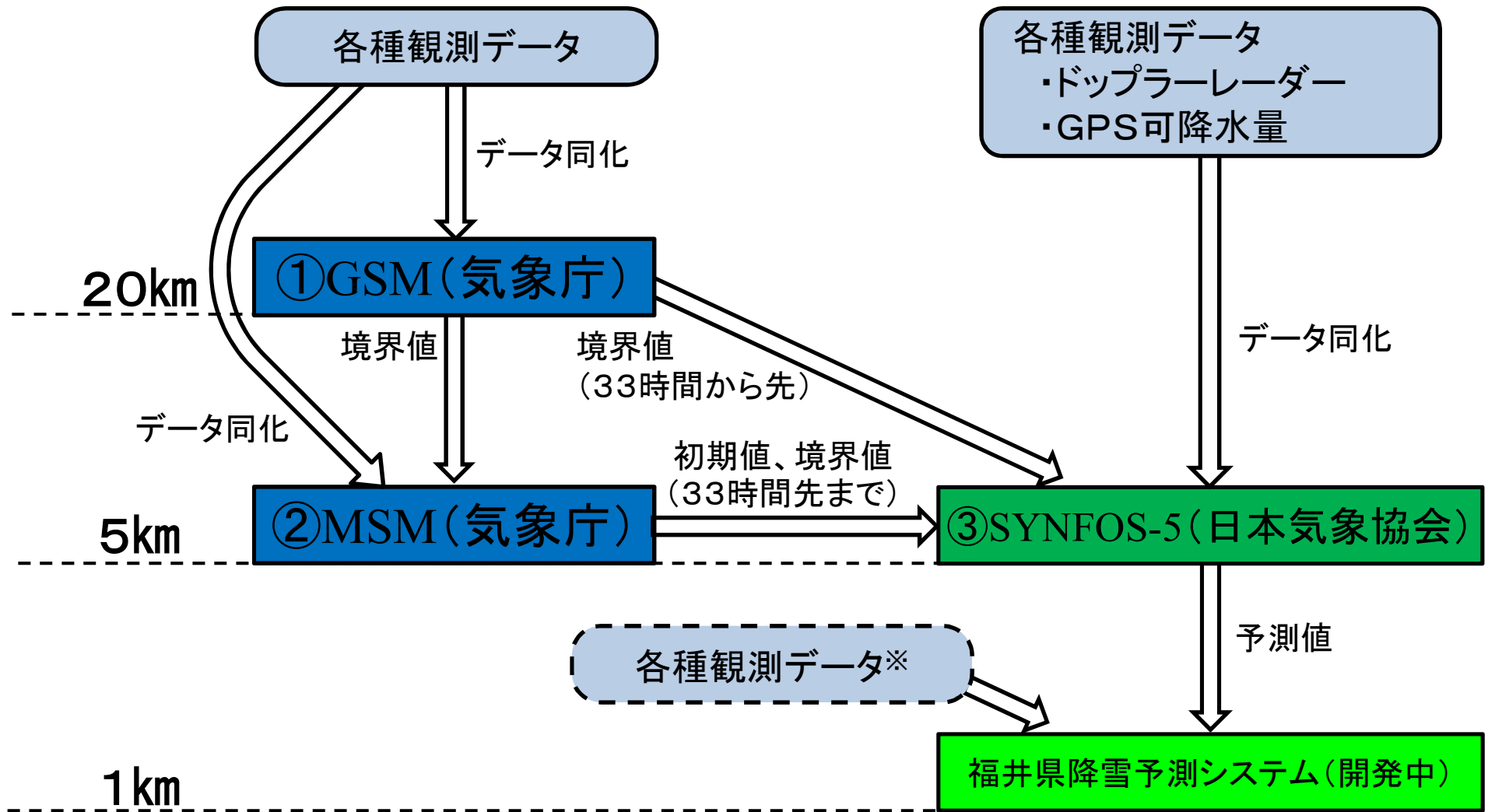
現状の降雪予測

- ① 予測範囲は広域、時間的傾向も不詳。
- ② 近年の降雪傾向に対応できない。
局地的、かつ短時間に降る。



きめ細かい降雪予測

降雪予測に必要な観測と予報モデル

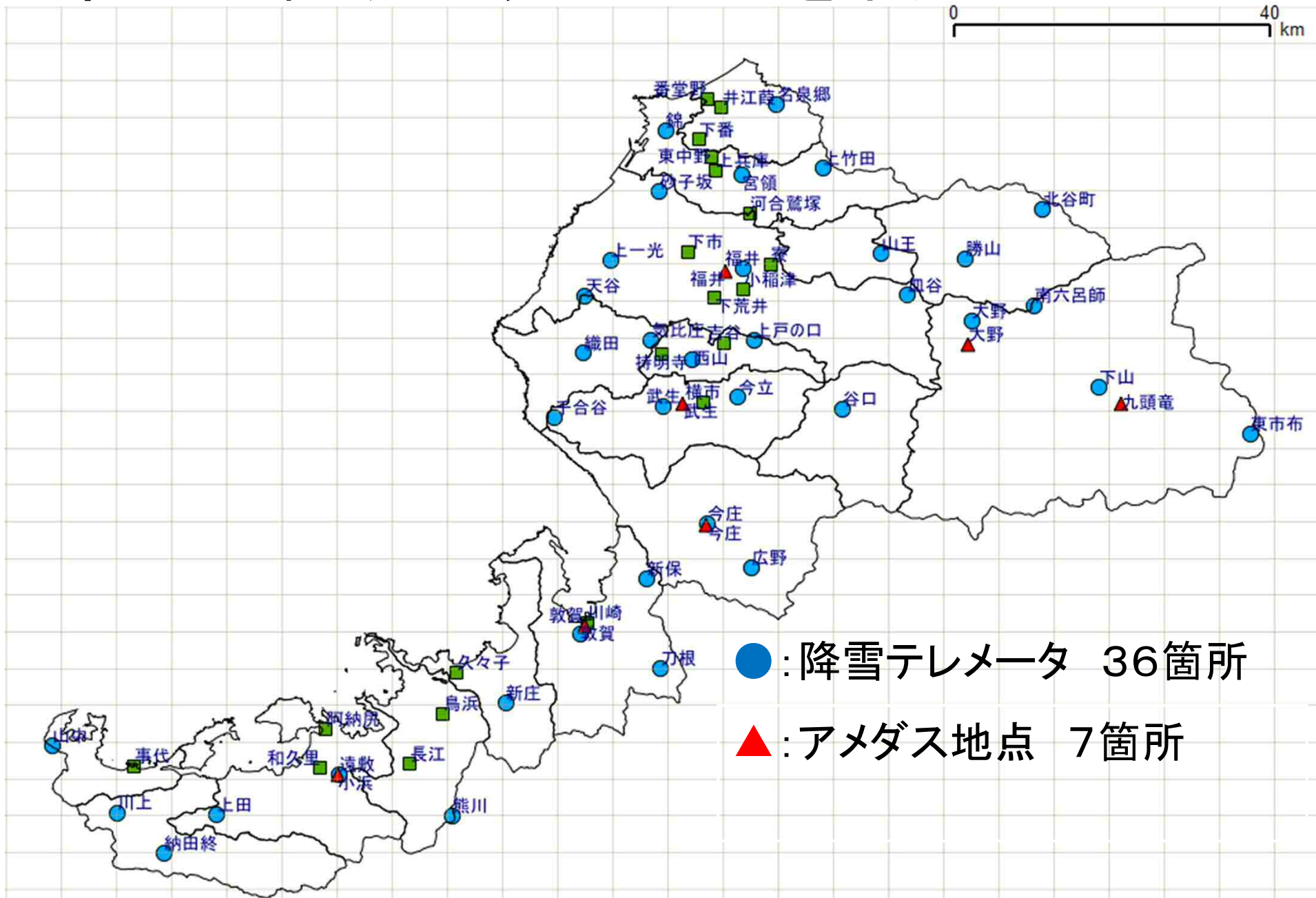


格子間隔

※高層気象観測データを取込み、予測精度を改良

県内36箇所を観測データを活用

0 40 km



気象庁の高層観測



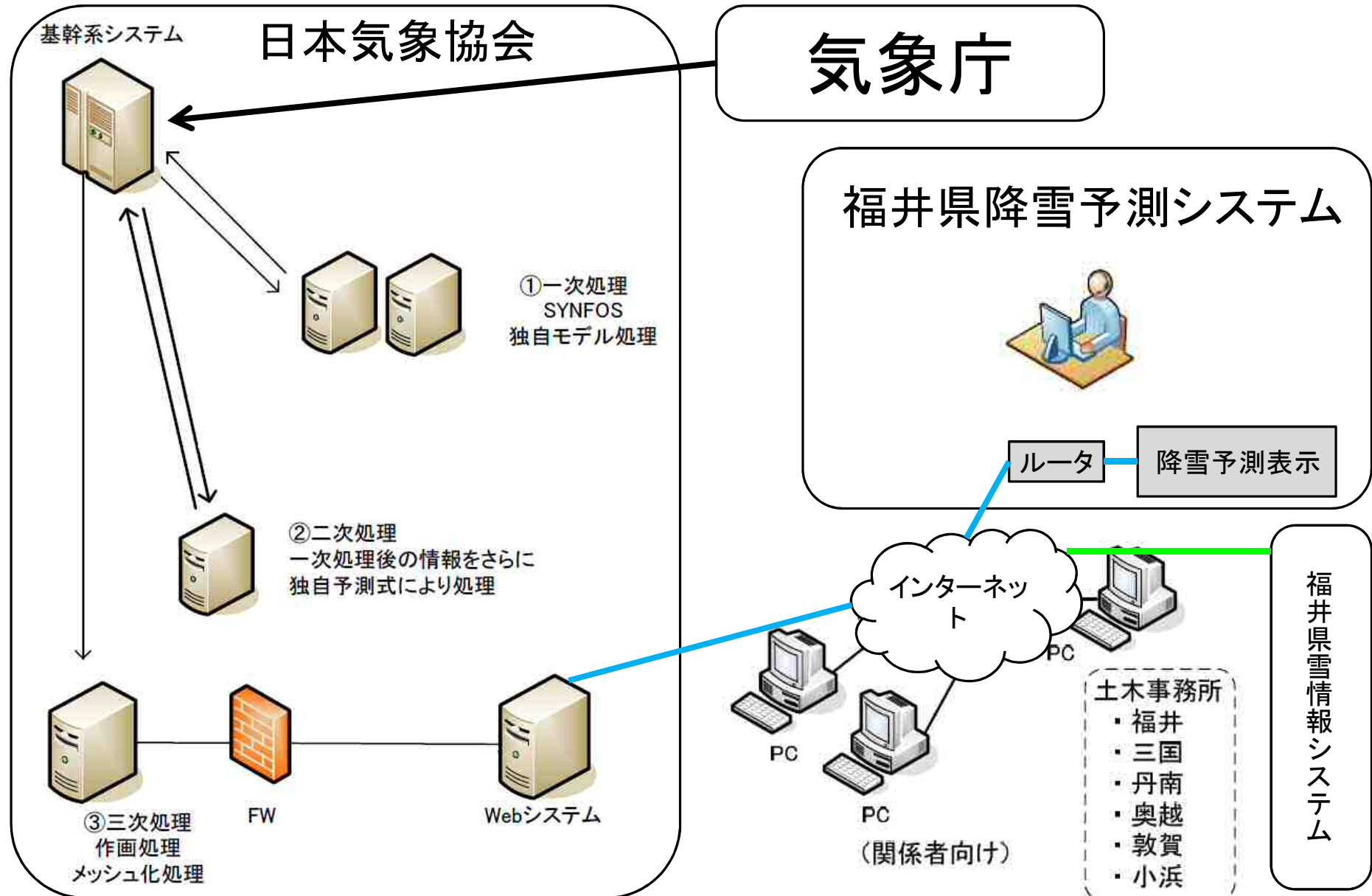
自動放球装置



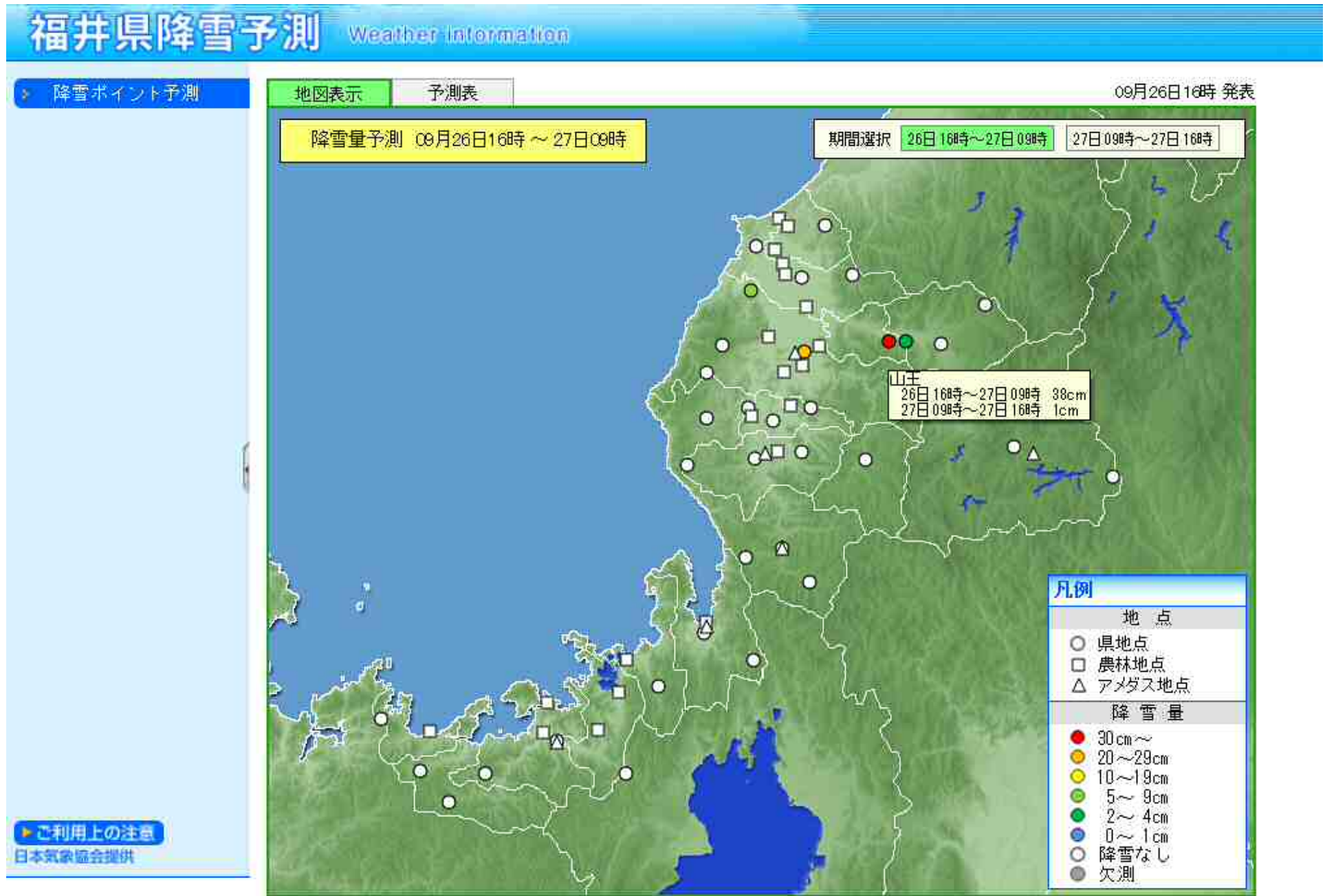
- 輪島上空500hPaの高層観測データを活用
- 日本気象協会の予測を補正

・図表:
気象庁ホームページより引用

システムの構築



ポイント予測：県内63地点を最大48時間先まで予測



ポイント予測：県内63地点を最大48時間先まで予測

福井県降雪予測 Weather information

降雪予測メッシュ

地図表示		予測表				発表		2016年09月26日		16時00分 定時		エリア選択		福井土木							
		カレンダー																			
砂子坂 山王 皿谷 福井 上一光 河合鷺塚 下市 粟 小稲津 下荒井 福井																					
当日 明日 明後日																					
地点	降雪量(cm)				要素	26日															
	26日 16-9	27日 9-16	27日 16-9	28日 9-16		17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8
砂子坂	天気																				
	降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
	累積降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	
	気温(°C)	5	5	4	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2
	風向																				
	風速(m/s)	3	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
山王	天気																				
	降雪量(cm)	-	1	1	1	2	3	5	8	13	18	22	26	29	32	35	37	37	37	37	
	累積降雪量(cm)	-	1	2	3	5	8	13	18	22	26	29	32	35	37	37	37	37	37	37	
	気温(°C)	1	1	0	-1	-1	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	
	風向																				
	風速(m/s)	1	2	2	2	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	2	
皿谷	天気																				
	降雪量(cm)	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	累積降雪量(cm)	-	-	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
	気温(°C)	4	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4		
	風向																				
	風速(m/s)	0	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
福井	天気																				
	降雪量(cm)	-	1	1	1	2	3	4	3	3	3	3	3	3	2	2	1	-	-		
	累積降雪量(cm)	-	1	2	3	5	7	10	14	17	20	23	25	27	28	28	28	28	28		
	気温(°C)	4	3	3	2	1	2	1	1	1	1	0	0	0	-1	-1	0				
	風向																				
	風速(m/s)	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	3				
上一光	天気																				
	降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	累積降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

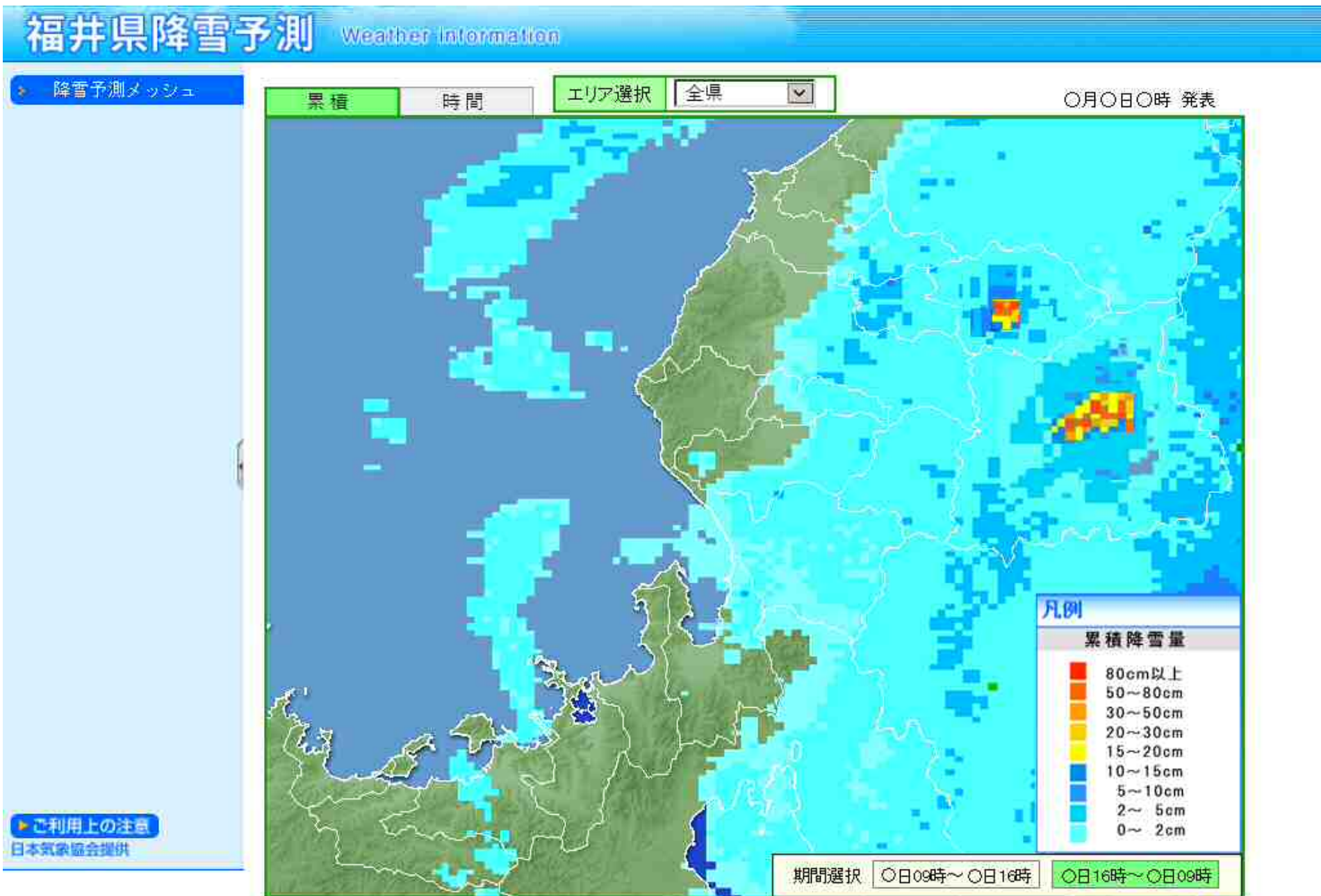
ご利用上の注意

日本気象協会提供

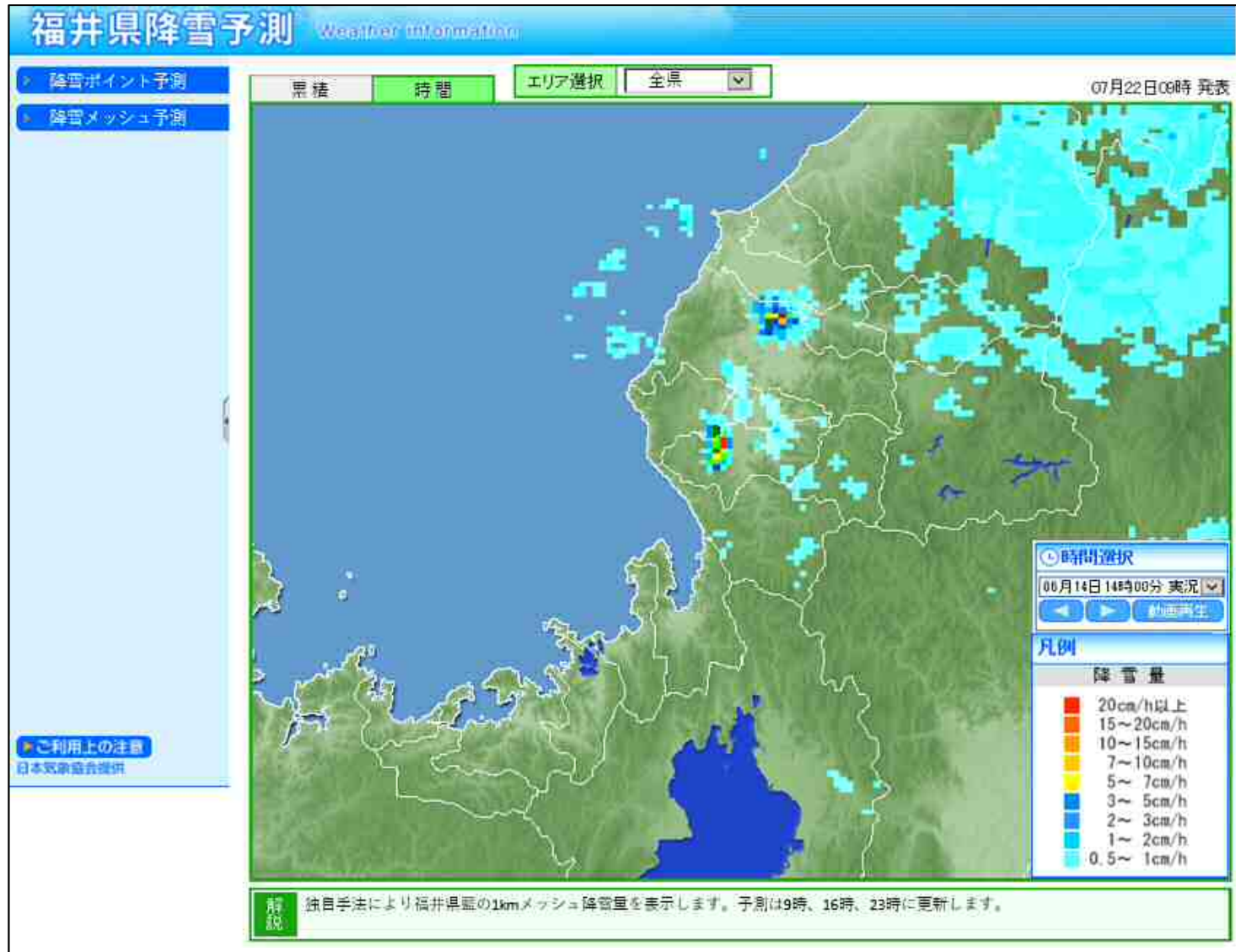
天気 風向

解説 予測は雪氷期間中の毎日9:00、16:00、23:00頃に更新します。

メッシュ予測：1kmメッシュ毎に最大24時間先まで予測

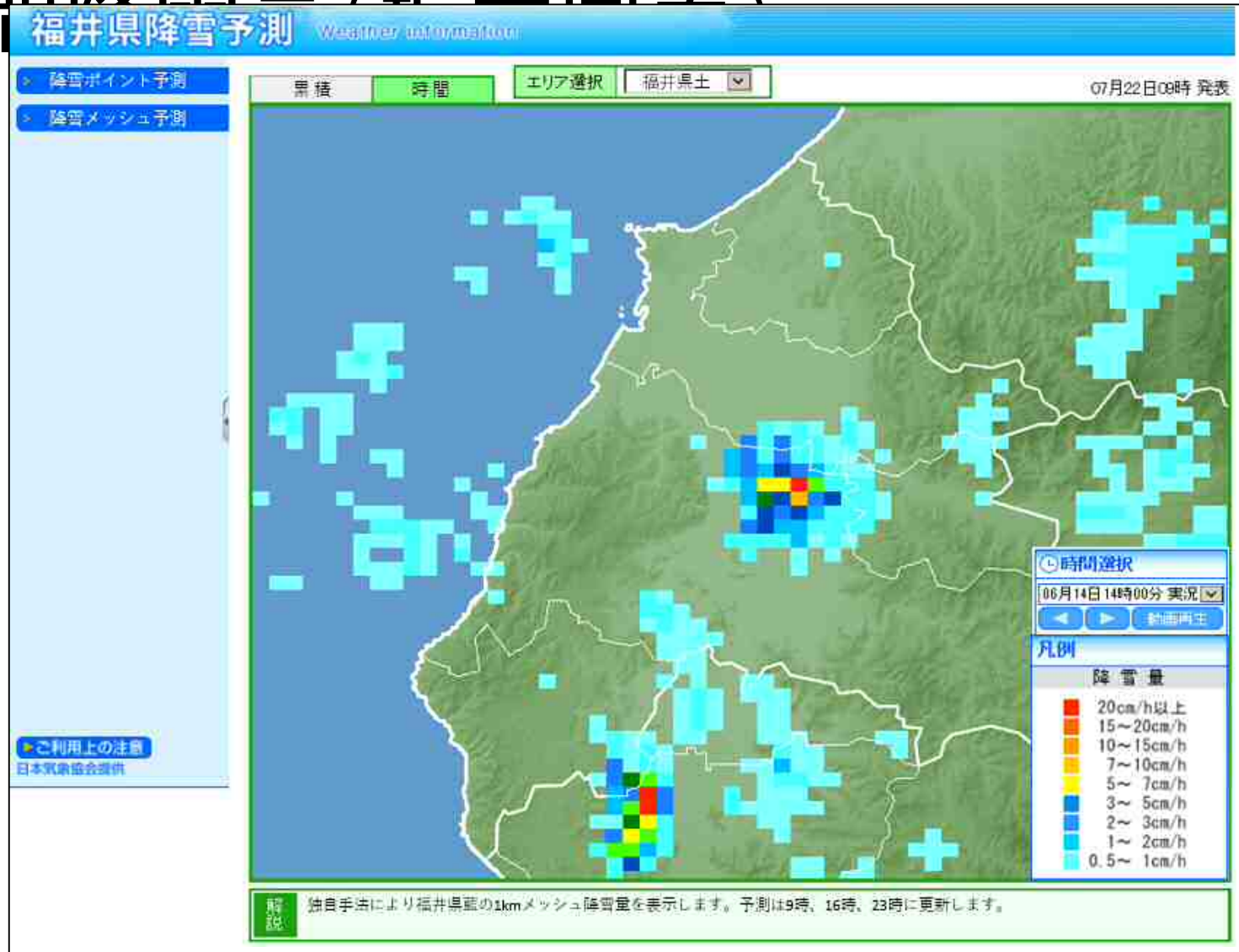


1kmメッシュ降雪予測情報 時間降雪量(全県)



1. 1kmメッシュ降雪予測情報 時

間降雪量(地上雪上)



1. 1kmメッシュ降雪予測情報(スマートフォン画面)



PC版と同様全県と拡大の2種類の拡大率の予測メッシュ画像を表示。

累積降雪量・全県表示例

●累積降雪量・時間降雪量ボタン

累積降雪量(夜間・昼間の累積降雪量)、時間降雪量の表示を切り替えます。

●拡大ボタン

最後に閲覧したエリアにジャンプします。

●エリア選択ボタン

土木事務所をプルダウン選択します。

みたい土木事務所エリアにジャンプします。

※拡大地図では地図を動かすことができます。

●期間選択ボタン

夜間降雪量・昼間降雪量を切り替えます。

●ポイント予測へボタン

PCサイトへリンクします。

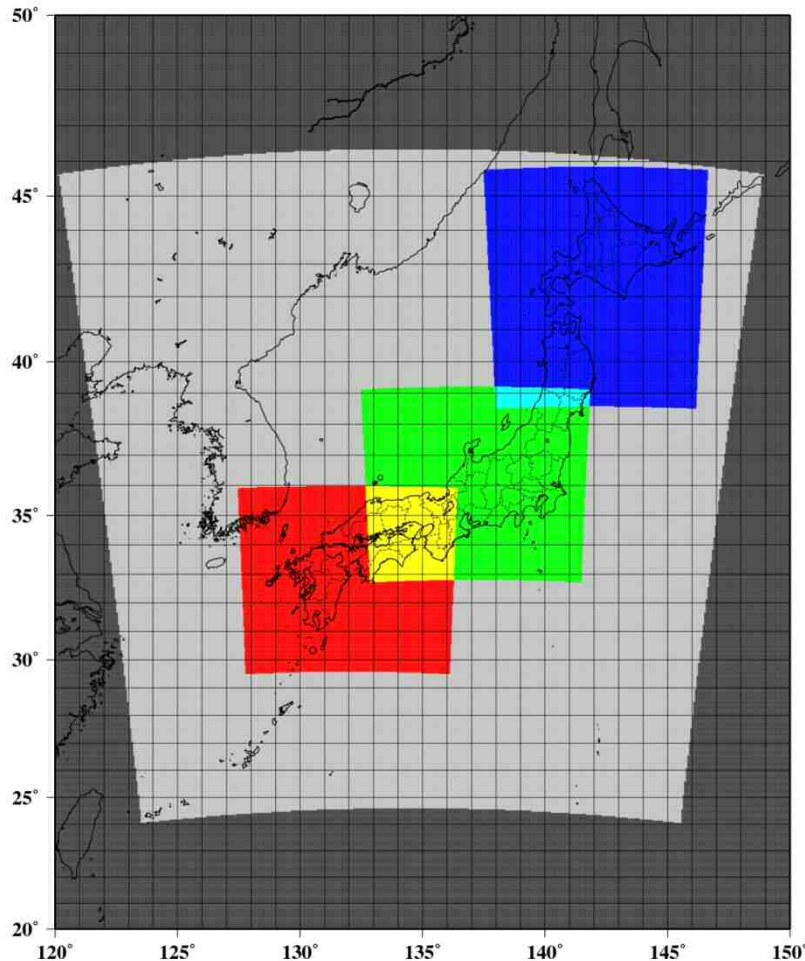
数値予測モデルの予測を補正する

平成25年度にシステム開発業務委託の一般競争入札を実施した結果、一般財団法人日本気象協会が落札した。

本県が降雪予測システムの直接のデータ元とする数値予測モデルSYNFOS-5は、日本気象協会が独自に開発したものであり、以下の仕様からなる。

SYNFOS-5の概要

格子間隔	5km
予測時間	33時間先～51時間先
初期時刻	0時から3時間おき(1日8回予測更新)
発表時刻	初期時刻から約4時間後
予測範囲	北緯24～46度、東経125～146度
予測高度	地表～100hPa面(計31層)
予測要素	降水量、降雪量、地上気圧、風向風速、気温、相対湿度、日射量等
備考	<ul style="list-style-type: none">・初期値には観測データ(ドップラーレーダおよびGPS可降水量)の他、MSMの予測値を使う(第一推定値)・境界値はMSMの予測限界(15～33時間先)までMSM、その先はGSMの予測データを使う。



SYNFOS-5 予測範囲 (灰色)

(赤、緑、青はSYNFOS-ナウキャストの予測範囲)

参考

H23年1月30日大雪当日 福井地方気象台の予報※

今庄：日累計39cmと予想⇒

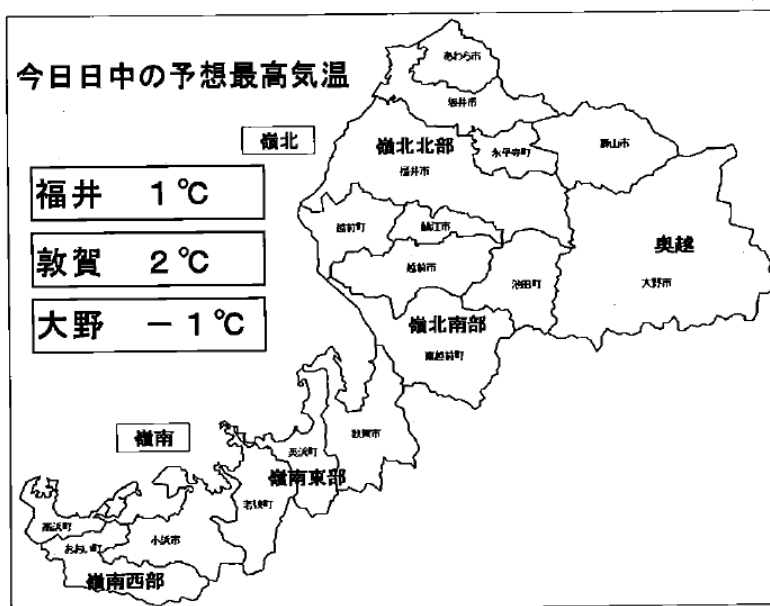
福井県地点別6時間降雪量・区域別24時間降雪量予想

平成23年01月30日06時 福井地方気象台発表

地点名	予想時刻	03～09～15～21～03～					翌日09時までの 区域別24時間降雪量
		09時	15時	21時	03時	09時	
福井市豊島		3	4	5	5	3	嶺北北部平地 15～30
坂井市宮領		3	2	4	4	2	
福井市皿谷		8	9	10	7	5	嶺北北部山地 30～60
鯖江市上戸の口		4	5	6	4	3	嶺北南部平地 20～40
越前市村国		4	5	6	5	4	
南越前町今庄		7	9	10	7	6	嶺北南部山地 40～70
南越前町広野		8	10	12	10	8	
勝山市滝波		5	7	9	8	6	奥越 30～60
大野市蛇塚		6	7	6	5	4	
勝山市北谷		9	11	12	11	8	
大野市九頭竜		10	11	10	9	6	
敦賀市松栄		10	10	9	7	3	
敦賀市刀根		7	11	12	10	5	嶺南東部山地 40～70
小浜市遠敷		3	7	8	6	5	嶺南西部平地 20～40
おおい町川上		5	9	9	6	4	嶺南西部山地 40～60

強い冬型の気圧配置が続き、大雪となるおそれがあります。

※福井地方気象台が県危機対策防災課を通じて県の関係機関、市町、消防署に配信



I . 研究の背景

現状の降雪予測

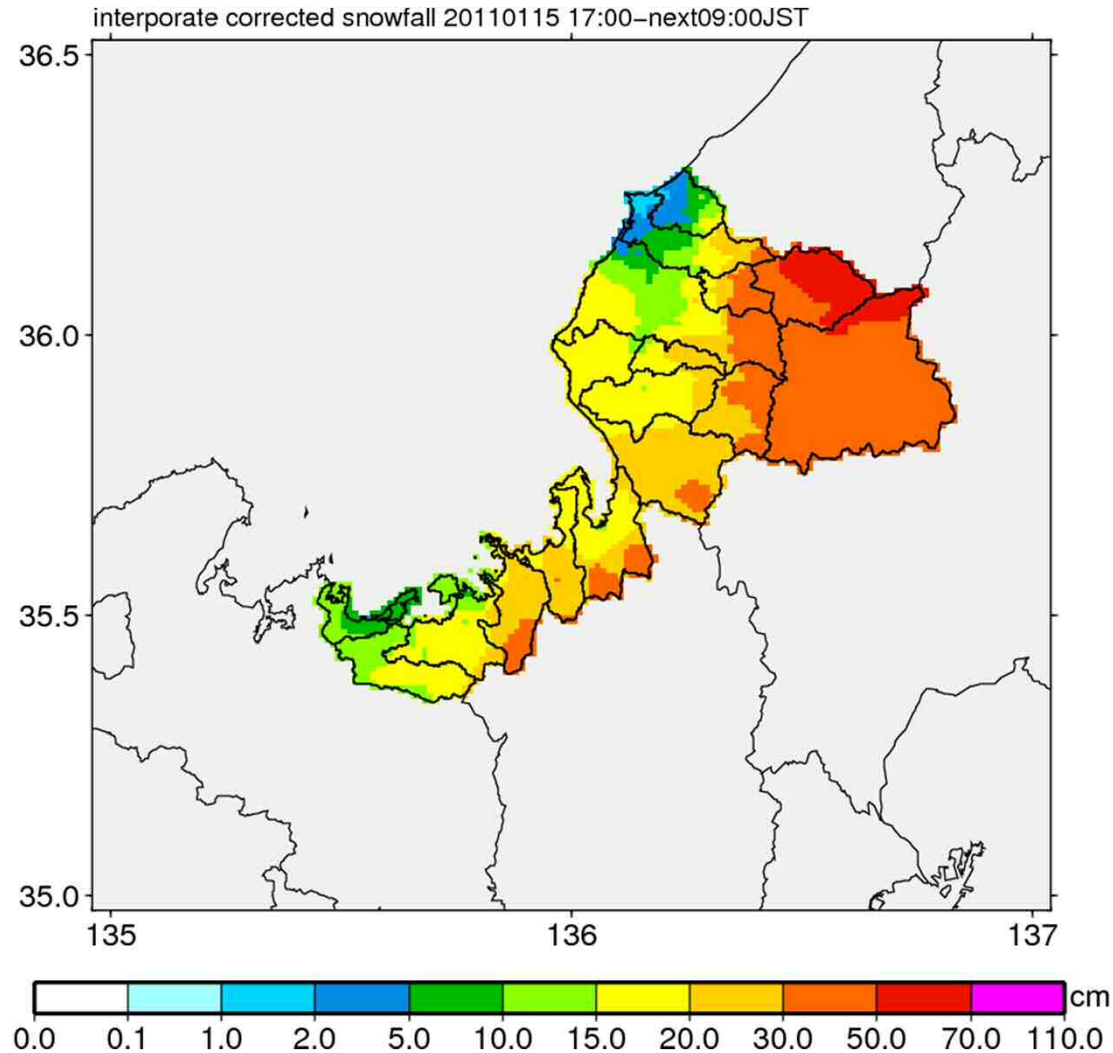
- ①予測範囲は広域、時間的傾向も不詳。
- ②近年の降雪傾向に対応できない。
局地的、かつ短時間に降る。



きめ細かい降雪予測

Ⅱ. 研究計画

予測のイメージ図(1kmメッシュ予測)



Ⅱ. 研究計画

研究項目	研究内容	実施年度			
		H25	H26	H27	H28
①降雪を予測する手法の研究	過去の気象データと地形等のデータを解析し、予測手法を研究する	 手法の検討	 1年目の結果を反映し手法の改良	 他の手法の精度検証も行い、最良の予測手法を確立	
②降雪予測システムの開発	①で確立した手法を基にシステムを開発し、発表する	 システムの試作	 改良した手法によるシステムの改良	 関係者の意見を反映し、システムの完成 手法の確立した部分からシステムを改良	 確立した手法によりシステムを完成
③評価	②で開発したシステムを実測と評価する。	 研究所内部で評価	 県関係者に公開し、意見を集約	 試験運用し、最終評価	 試験運用し、最終評価

当初、変更

Ⅲ. 予測手法の選択

⇒ 数値予測を選択

	移動予測	数値予測
方法	運動学的予測	大気の状態に関する物理学方程式を解く
測定対象	レーダ計測(降水量)より降水域を定める	各種観測データ
格子間隔 (予測時間)	250m(1時間先) 1km(6時間先)	5km(33~51時間先)(注2) 2km(9時間先)(注3)
限界	<ul style="list-style-type: none"> ・予測時間が短い ・降水域(雨雲)の生成消滅を予測できない 	<ul style="list-style-type: none"> ・初期値誤差 ・離散化による誤差 ・計算に時間がかかる
例	気象庁雨雲レーダ MICOSFITメッシュ予報(注1)	MSM、SYNFOS-5等

注1：1 kmメッシュでの降雪予測を提供。気象庁の雨雲レーダを気温で雨雪判別し、降水域を降雪域に変えて表示する。日本気象協会の特定向け予報。雨雪判別の難しい福井では当たらないと言われる。

注2：日本気象協会のSYNFOS-5

注3：気象庁LFM

降雪予測 求められる予測時間

◇ハウス農家（融雪装置有）

夜間融雪のため、17時に翌日朝までの予報必要

◇ハウス農家（融雪装置無）：鉄骨補強のため、
2日間分の予報必要

◇除雪関係者

16時台発表で翌日9時まで必要

⇒ 17時間先

⇒ 予測時間が6時間しかない移動予測は不適

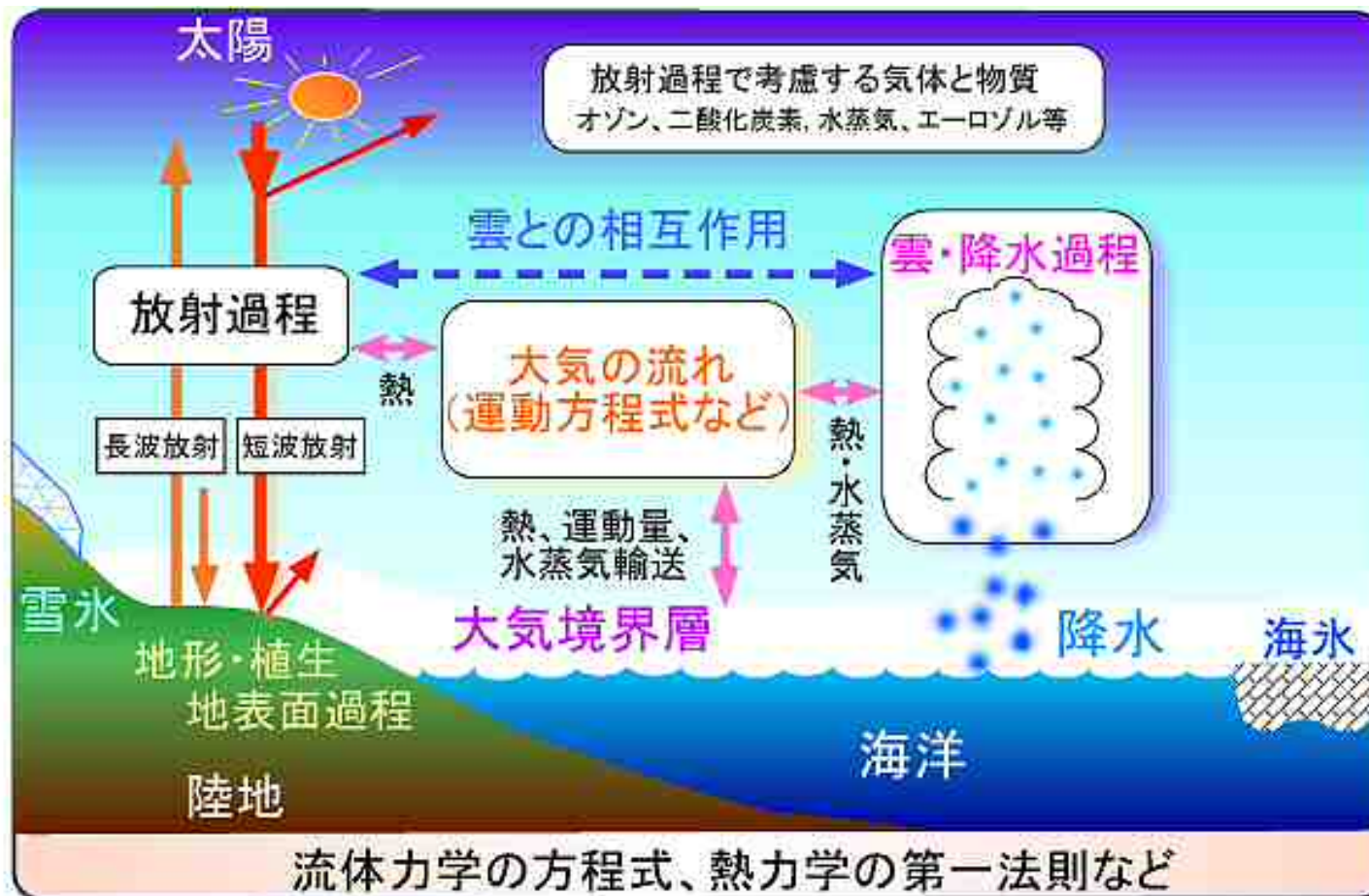
移動予測の例 気象庁雨雲レーダ



- ・直前の降水域（雨雲）の移動速度を元に予測。
- ・地形の効果、直前の降水の強度変化も反映。
- ・6時間先までしか予測できない。

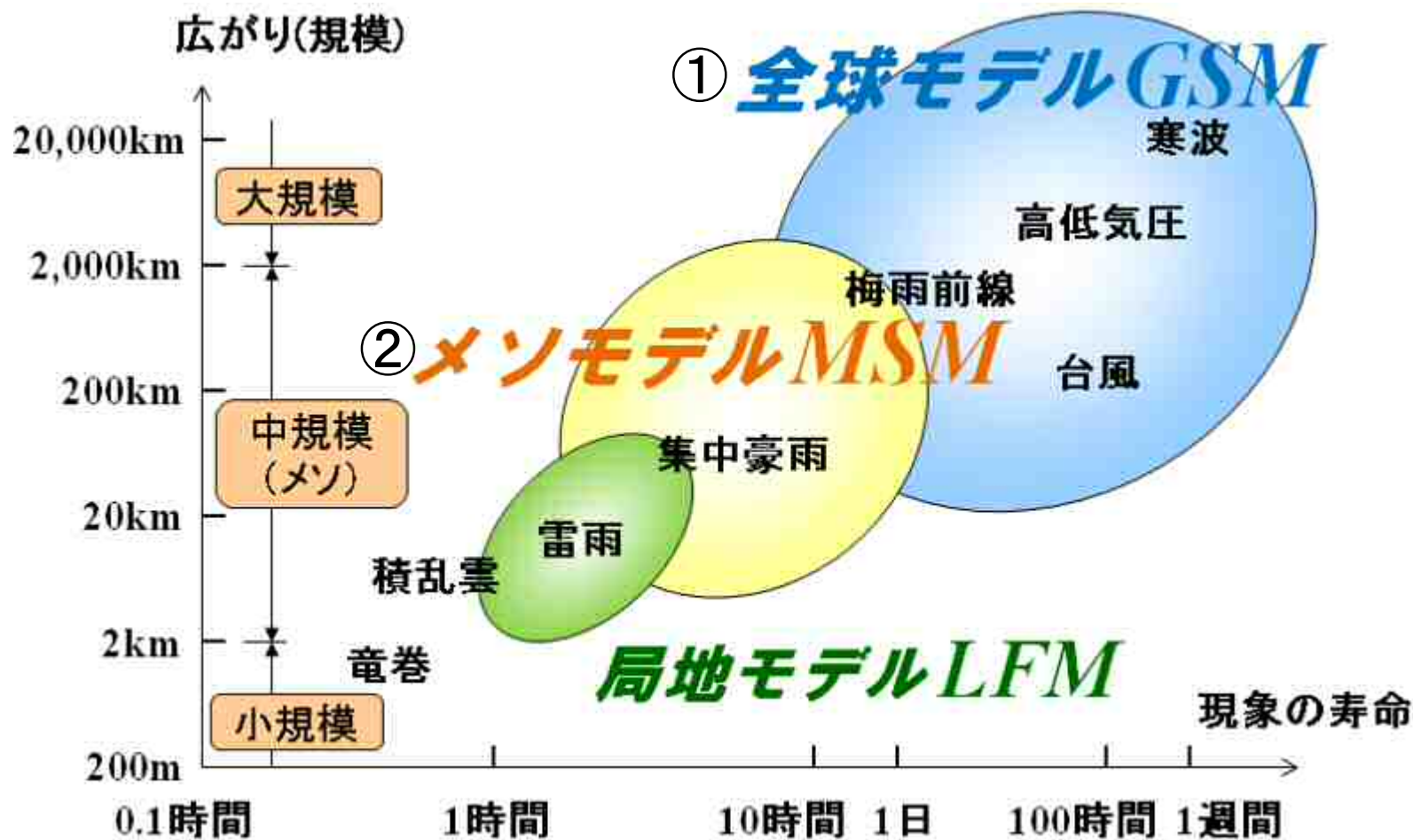
数値予測の方法

- ・物理学の方程式により、風や気温などの時間変化をコンピュータで計算して将来の大気の状態を予測する。
- ・その数値計算は、予報範囲をメッシュ状に分け、その各格子点に観測データを反映し行うものである。
- ・観測データの各格子点への反映は特別な計算手法によるものであり（「データ同化」という）、またデータ同化に使える観測データは種類が限られる。



・図表:
気象庁ホームページより引用

気象庁の数値予測モデル



GSM(格子間隔20km): 高・低気圧、台風、梅雨前線など水平規模が100km以上の現象を予測

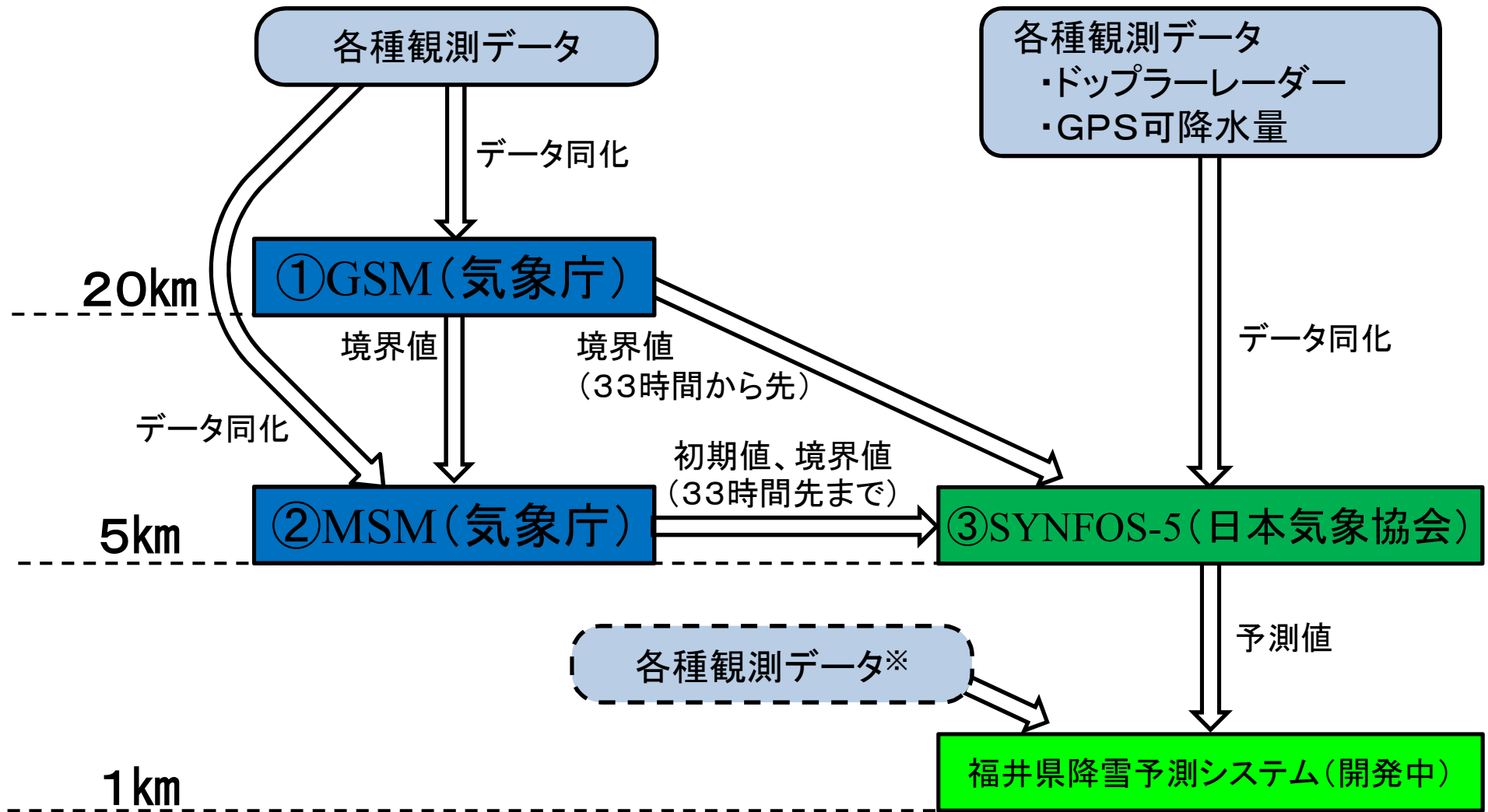
MSM(格子間隔5km): 局地的な低気圧や組織化された積乱雲等、水平規模が数10km以上の現象を予測

LFM(格子間隔2km): 水平規模10数km程度の現象まで予測可能

※LFMは予報時間9時間であり、降雪予測システムでは使えない。

・図表:
気象庁ホームページより引用

降雪予測に必要な観測と予報モデル



格子間隔

※高層気象観測データの取込みを検討中

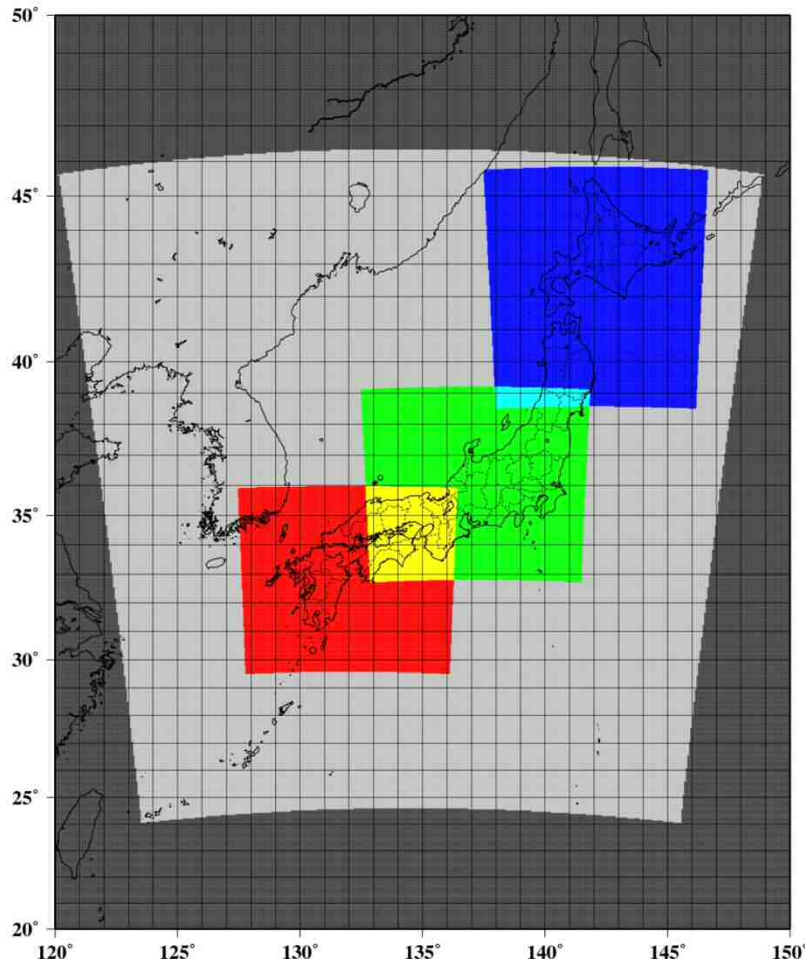
本県の採用した数値予測モデル

平成25年度にシステム開発業務委託の一般競争入札を実施した結果、一般財団法人日本気象協会が落札した。

本県が降雪予測システムの直接のデータ元とする数値予測モデルSYNFOS-5は、日本気象協会が独自に開発したものであり、以下の仕様からなる。

SYNFOS-5の概要

格子間隔	5km
予測時間	33時間先～51時間先
初期時刻	0時から3時間おき(1日8回予測更新)
発表時刻	初期時刻から約4時間後
予測範囲	北緯24～46度、東経125～146度
予測高度	地表～100hPa面(計31層)
予測要素	降水量、降雪量、地上気圧、風向風速、気温、相対湿度、日射量等
備考	<ul style="list-style-type: none">・初期値には観測データ(ドップラーレーダおよびGPS可降水量)の他、MSMの予測値を使う(第一推定値)・境界値はMSMの予測限界(15～33時間先)までMSM、その先はGSMの予測データを使う。



SYNFOS-5 予測範囲 (灰色)

(赤、緑、青はSYNFOS-ナウキャストの予測範囲)

IV. 降雪予測システムの開発

(1) 予測補正式の検討

予測補正式とは

予測降雪量を直接算出するのではなく、SYNFOS-5が出力する予測降雪量を補正し、より精度の高い予測とすることが現実的な方法となる。

それを可能にする“式”が予測補正式である。

SYNFOS-5が過去に予測した気象データを収集し、そのデータと以下の実測データから統計学的な相関を見定めることで、予測補正式を作成することができる。

解析に使用する実測データ

	種別	観測データ	測定頻度	場所、設置数	分析期間
降雪テレメータ	地上自動観測	降雪量、気温	1時間毎	福井市砂子坂 他35箇所	平成21年度 ～平成26年度 12月1日～3月31日
アメダス	地上自動観測	気温、風、降水量等	常時	福井市豊島 他6箇所	平成21年度 ～平成26年度 12月1日～3月31日
農林水産部計測	地上観測	積雪量	9時に測定	あわら市番堂野 他19箇所	平成24年度 ～平成26年度 12月1日～3月31日

検討した予測補正式

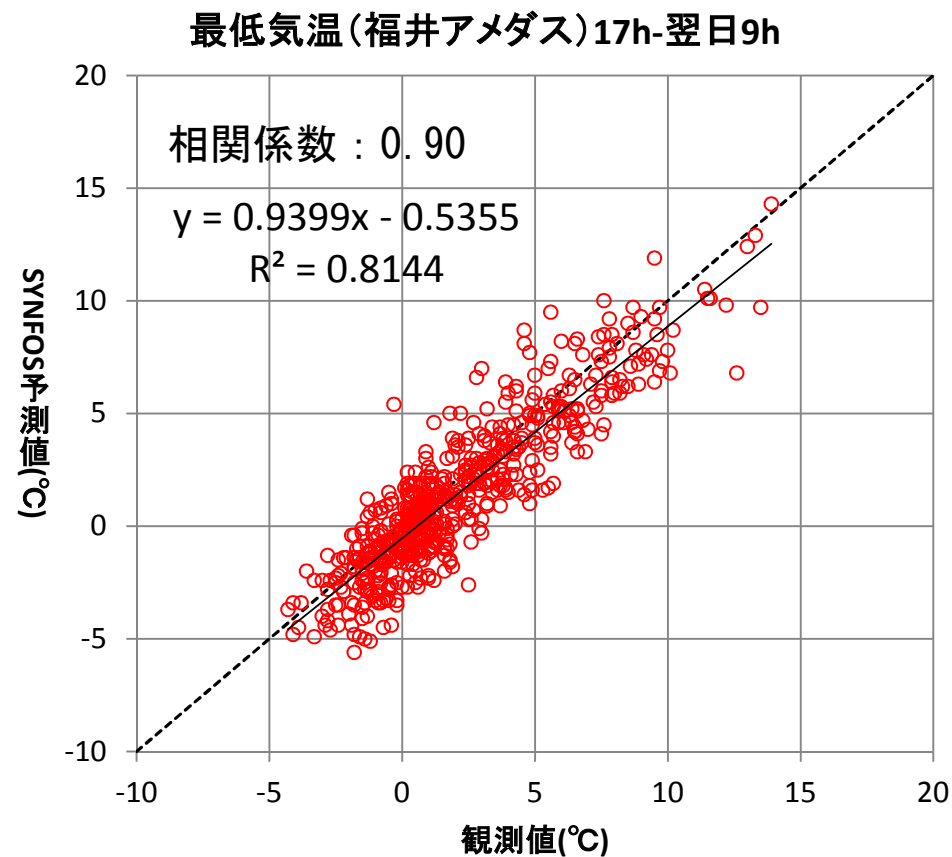
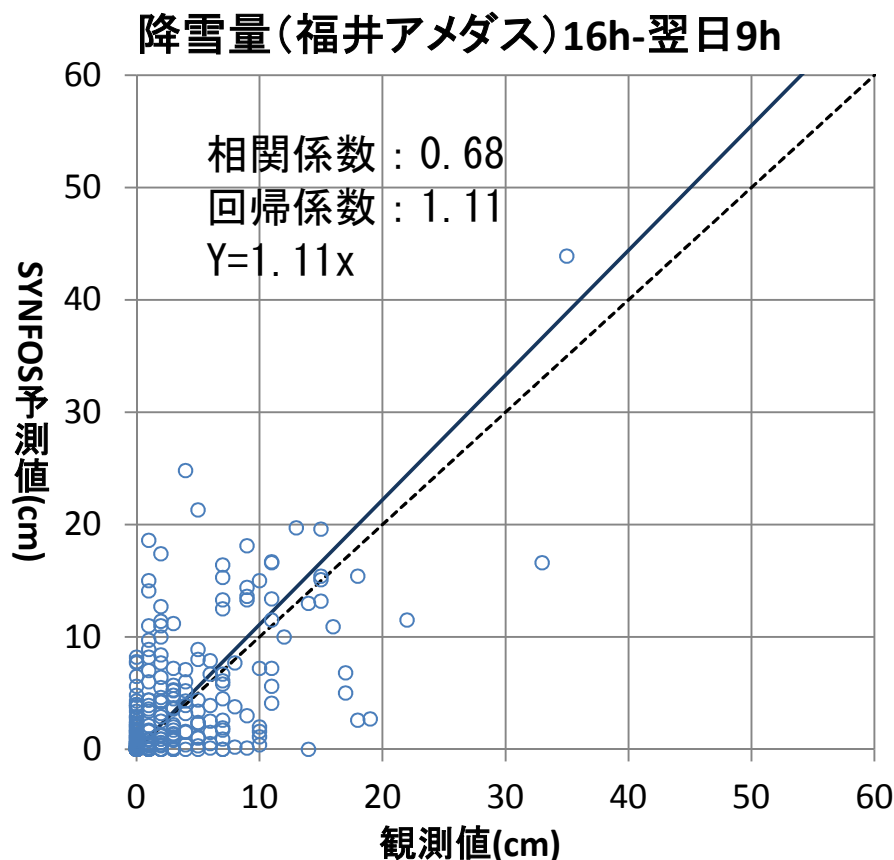
以下の3つの予測補正式について検討し、精度評価している（詳細後述）。

	方法	特徴とねらい	結果
検討1	距離重みによる内挿処理	<ul style="list-style-type: none">最も簡易で自然な1kmメッシュ予測値算出方法である。	予測精度改良するが、検討3に及ばず。
検討2	気温の高度補正と雨雪判別	<ul style="list-style-type: none">気温に関しては3次元的に1kmメッシュ化。気温が正確な場合に有効な「雨雪判別」により、予測降雪量の精度改良を図る。	予測精度改良せず。
検討3	気温補正式と雪水比補正	<ul style="list-style-type: none">気温に関しては実測値との相関で補正する。雪の密度に係る「雪水比」による補正。	予測精度が若干改良。

※検討1および2に関しては、アメダス地点での検証までとしている。

予測補正式の評価指標

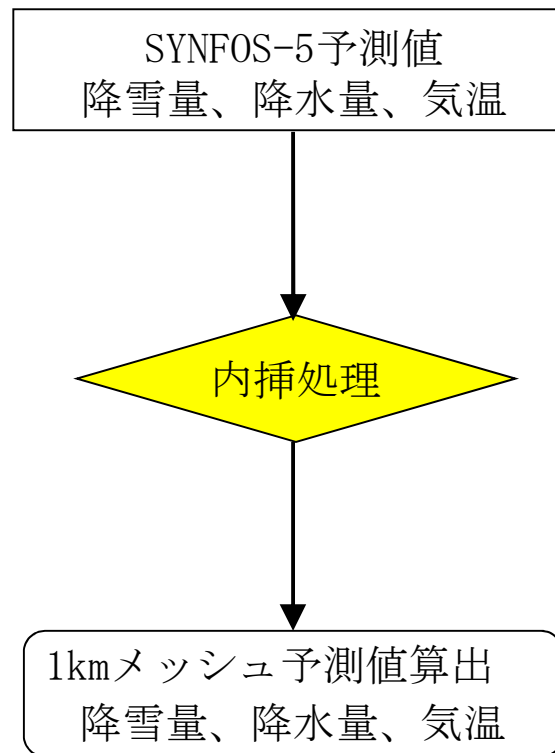
評価指標：相関係数と回帰係数について



- ・ 観測値を x 軸、予測値を y 軸とする散布図に対し、最小二乗法による直線近似式がグラフ上の実線である。
- ・ 相関係数が高い（最大 1）ほど、直線からの散らばりが小さくなる。
- ・ 気温以外のデータに関しては、原点を通る直線 $y=ax$ で近似する。その傾き a が回帰係数。当然 $a=1$ が理想。
- ・ 相関回帰Ⅱ型では、観測値を y 軸、予測値を x 軸に変えた場合回帰係数は $1/a$ となり、 $y=x$ の直線に対し鏡像反転した各点に対して、同じく鏡像反転した元と同一の直線となる。

◇(検討1) 距離重みによる内挿処理

距離重みの手法により、5kmメッシュ予測値から1kmメッシュ予測値を算出する方法。
降雪量以外の気象データ（降水量、気温等）も同じ方法で、1kmメッシュ予測値として算出する。



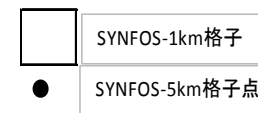
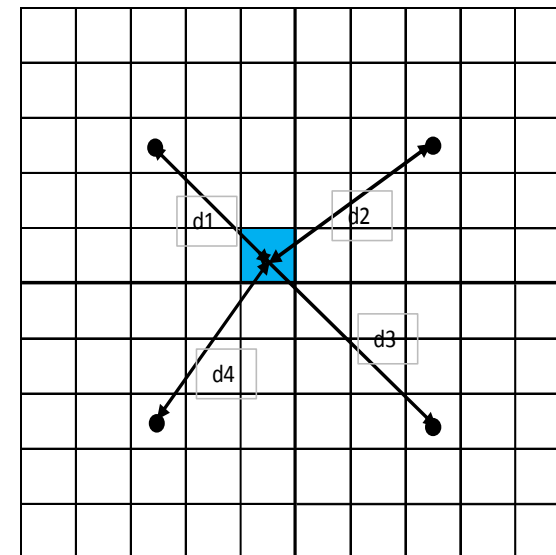
内挿処理の計算方法

数値予測では、予測値はそのメッシュの中心（格子点）における値として計算され、その値はメッシュ範囲の平均値に一致する。SYNFOS-5であれば、5 km間隔の格子点ごとに予測値が与えられる。

これに対し、以下の方法で、1 kmメッシュの予測値を簡易に求めることができる。

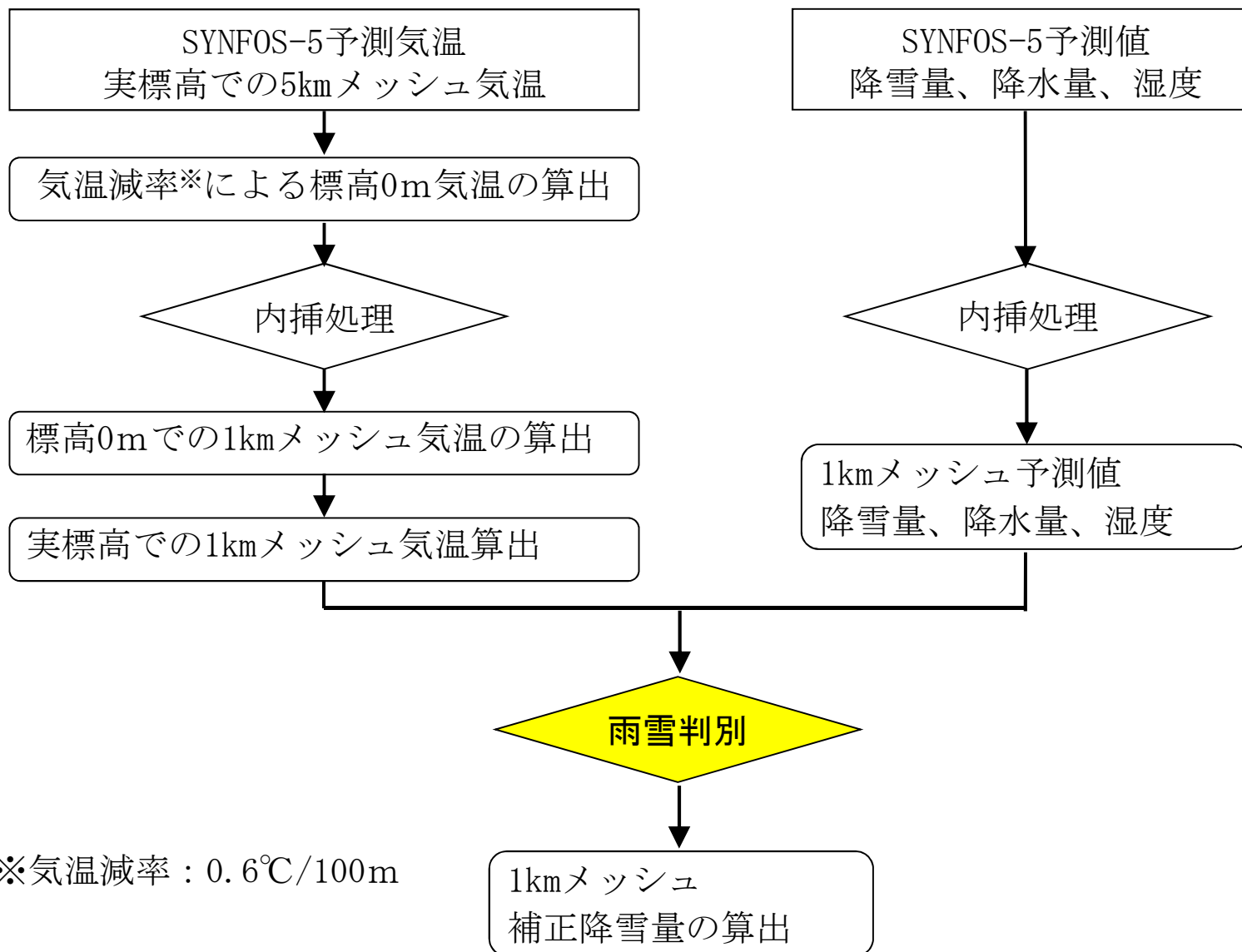
- ① SYNFOS-5の格子点 i における予測値を S_i とする。
- ② 5 kmメッシュを東西南北にそれぞれ5等分し、1 kmメッシュを作成。
- ③ ②のメッシュの中心を1 kmメッシュの格子点とする。
- ④ 1 kmメッシュの格子点 I における予測値 S_I を、 I を取り囲む5 kmメッシュの格子点4点の予測値と距離（ i との距離を d_i とする）より、下式により算出する。

$$S_I = \frac{\sum(S_i / d_i^2)}{\sum(1 / d_i^2)}$$



◇(検討2)気温の高度補正と雨雪判別

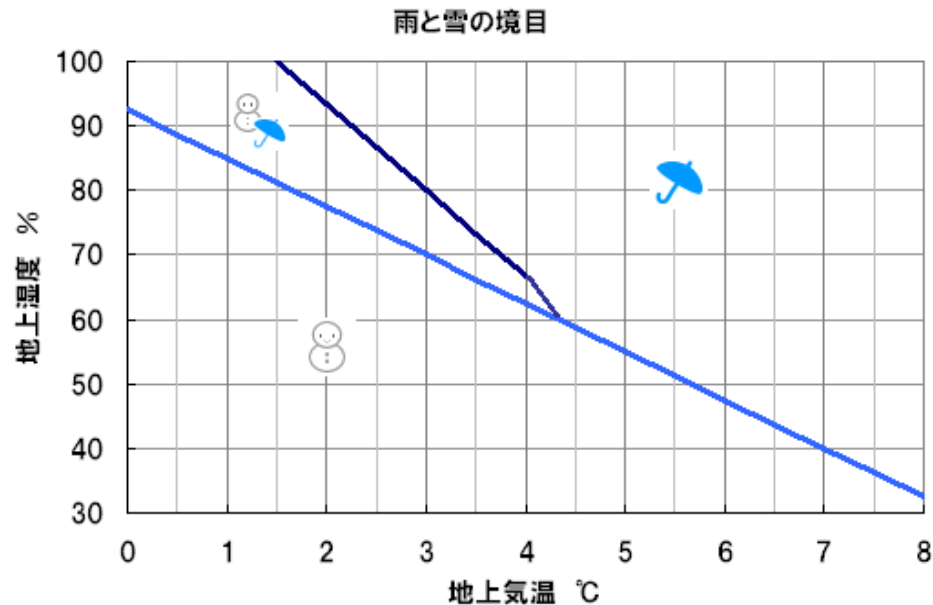
気温に関し、1kmメッシュの実標高を反映するメッシュ予測値を算出したもの。



※気温減率：0.6°C/100m

雨雪判別による降雪量算出

1 kmメッシュの気温、降水量および湿度の関係から 1 kmメッシュの降雪量予測値を算出するもの。
 具体的には下表による。

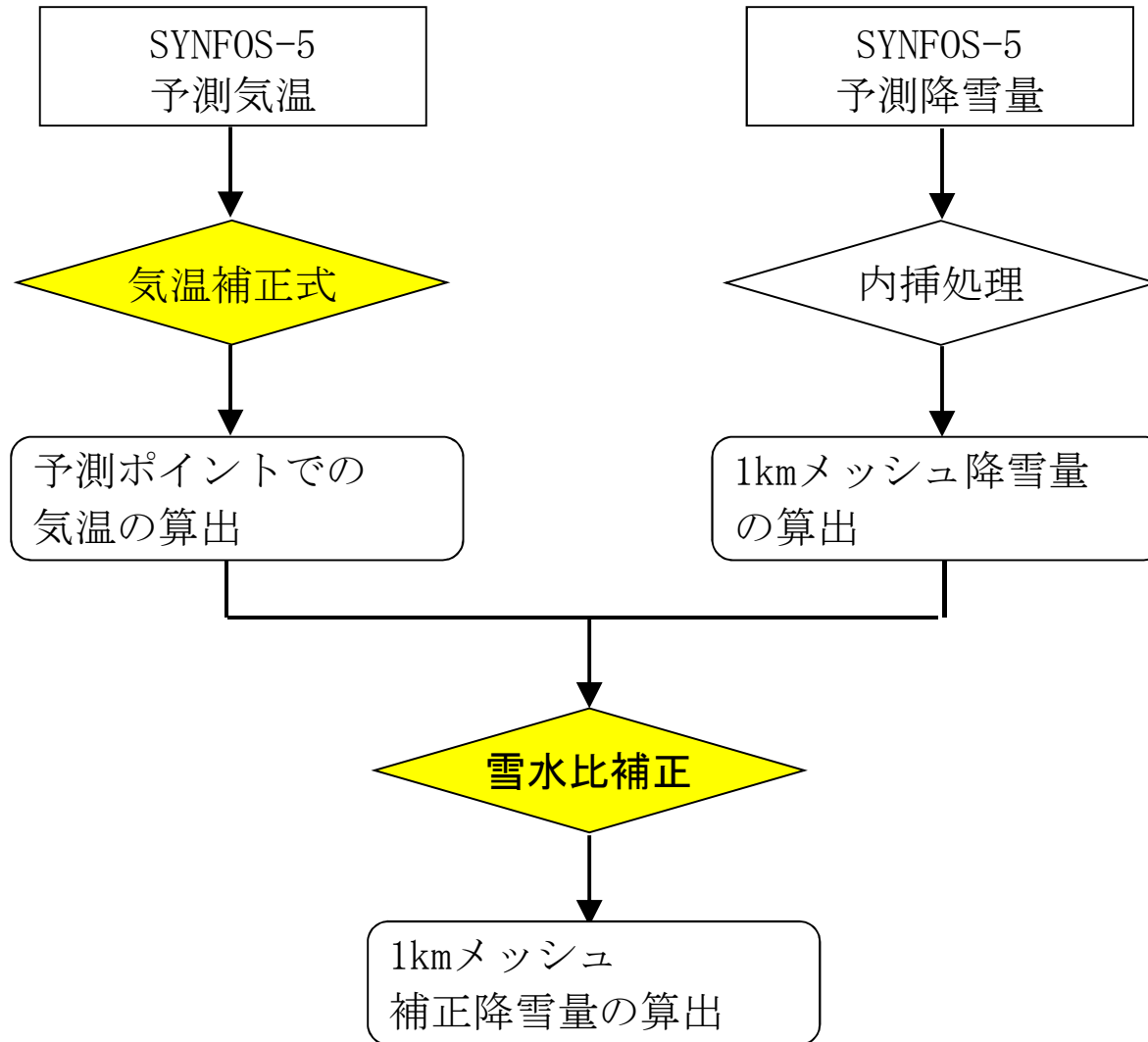


地上気温および地上湿度による雨と雪の境目（気象庁資料）

気温条件	雨雪判別	備考
4℃以上	雨	
4℃以下	湿度基準値以上 雨orみぞれ 湿度基準値以下 雪 <u>湿度基準式：100-7.5×気温</u>	気温 3℃ 湿度77.5% 気温 2℃ 湿度85% 気温 1度 湿度92.5%
0℃以下	雪	

実際に採用した判別方法（4℃以下は境目を湿度基準式で直線近似）

◇ (検討3) 気温補正式と雪水比補正



気温補正式

- ①農林水産部20箇所を除く降雪テレメータ36箇所とアメダス7箇所では、毎時の気温が測定され、実測値との相関による気温予測補正式の見通しが良い。
- ②毎時の気温を算出できれば、雪水比（後述）による降雪量補正ができる。
 - ⇒ 降雪テレメータ36箇所とアメダス7箇所に対して、気温補正式を作成
 - ・実測値対予測値のストレートな相関となるよう、気温の内挿処理は行わなかった。
 - ・気温を測定しない農林水産部20箇所では、気温補正を行わない。

$$T'(補正気温) = a \times T(\text{SYNFOS-5km気温}) + b$$

雪水比補正

雪の密度が気温によって変化することに着目し予測降雪量の補正を行うものである。雪水比（降雪量cm／降水量mm）の逆数で単位をそろえたものが密度に相当する。

①気温と雪水比（降雪量cm／降水量mm）の関係をアメダス地点の実測値により回帰分析し定

式化（2009年12月1日～2014年3月31日、時間雨量1mm以上、かつ時間降雪量1cm以上が対象）。

②補正気温 T' に対する雪水比 α を求め、これに単純内挿降雪量 S を乗じて予測補正降雪量 S' とする。

気温と雪水比の回帰分析結果

地点名	傾き(c)	切片(d)	補正式適応範囲	最大時間降雪量(cm)
福井	-0.2255	1.158	-4~4°C	10
大野	-0.131	1.1781	-4~4°C	13
今庄	-0.1605	0.9368	-4~4°C	10
敦賀	-0.28625	1.2448	-4~4°C	10
小浜	-0.1556	1.0155	-4~4°C	10

③<降雪量補正式>

$$\alpha = c \times T'(\text{補正気温}) + d$$

$$S'(\text{予測補正時間降雪量}) = \alpha \times S \text{ (1km単純内挿時間降雪量)}$$

予測精度の比較検証

(アメダス7地点での検証)

アメダス地点夜間（16時～翌日9時）降雪量の精度比較

指標	モデル名	福井	武生	大野	九頭竜	今庄	敦賀	小浜
相関係数	SYNFOS-5	0.68	0.69	0.62	0.66	0.58	0.57	0.41
	(検討1)単純内挿	0.70	0.69	0.62	0.67	0.59	0.59	0.45
	(検討2)気温の高度補正等	0.66	0.66	0.57	0.60	0.57	0.58	0.32
	(検討3)雪水比補正等	0.72	0.73	0.65	0.71	0.64	0.60	0.41
回帰係数	SYNFOS-5	1.11	0.95	0.95	0.93	1.11	1.05	1.33
	(検討1)単純内挿	1.09	0.95	0.97	0.93	1.07	1.20	1.30
	(検討2)気温の高度補正等	0.67	0.64	1.07	0.71	0.93	0.72	0.89
	(検討3)雪水比補正等	1.12	1.14	1.15	1.44	0.99	1.07	1.46

最適予測補正式を赤字

注) 武生および九頭竜に関しては気温測定がなく雪水比補正ができないため、それぞれ福井および大野の降雪量補正式を適用している

相関係数をみると小浜地点以外、検討3の予測補正式を用いるのが最も良い結果となった。

これは気温による補正が有効であることを示す結果といえる。

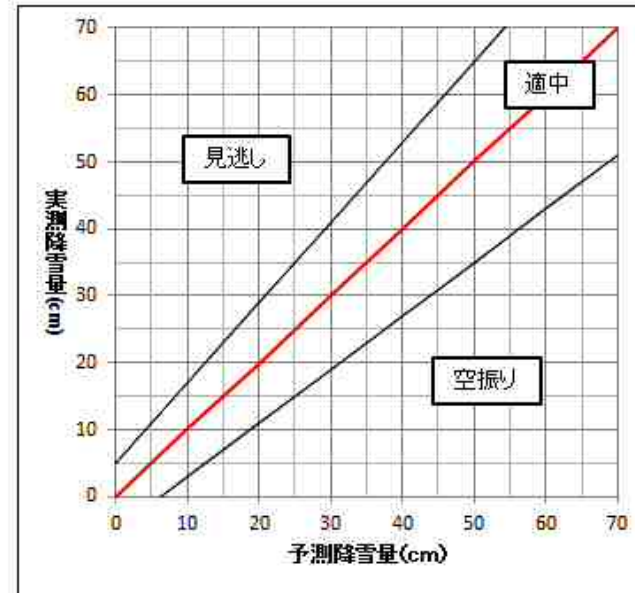
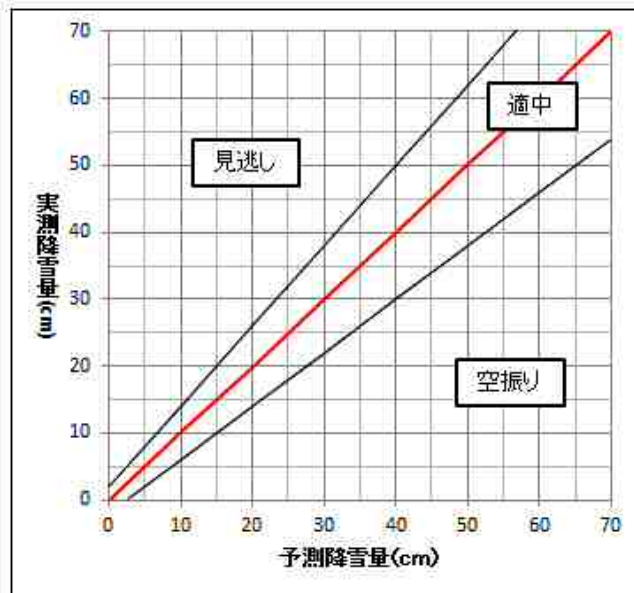
小浜地点については気温と雪水比の相関性がやや低いことと、大雪事例が少なく極端な空振り事例が影響していることが考えられる。

的中率について

◇基準値(5~10cm)で評価する場合

		予測	
		降雪あり (基準値以上)	降雪なし (基準値未満)
実測	降雪あり (基準値以上)	的中	見逃し
	降雪なし (基準値未満)	空振り	的中

◇適合範囲(予測値×N%±αcm)で評価する場合



- 予測値×20%±2cmの適合イメージ 予測値×20%±5cmの適合イメージ
- ・適合範囲の的中率は、予測値と観測値に対称性がない。
また、散布図と異なり、予測値をx軸としている。

最適予測補正式の的中率結果

SYNFOS-5 (降雪なし除く※)

	5cm基準(%)			20cm基準(%)			率(±20%±2cm)			率(±20%±5cm)		
	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し
アメダス7地点平均	65.1	4.3	30.6	93.7	3.0	3.4	36.9	9.4	53.6	72.6	5.0	22.4
降雪テレメータ36箇所平均	61.0	18.4	20.6	95.4	1.9	2.7	47.4	21.8	30.8	75.2	9.3	15.6
農林水産20箇所平均	72.0	10.1	17.9	93.1	3.0	3.8	51.9	15.9	32.2	78.1	7.6	14.4
全63箇所平均	64.6	9.4	26.0	94.2	2.6	3.2	41.9	14.1	44.0	74.0	6.6	19.3



雪水比補正後 (降雪なし除く※)

	5cm基準(%)			20cm基準(%)			率(±20%±2cm)			率(±20%±5cm)		
	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し
アメダス7地点平均	66.5	5.0	28.5	93.3	4.0	2.7	38.2	11.3	50.5	74.0	6.3	19.8
降雪テレメータ36箇所平均	59.2	19.2	21.5	95.4	2.1	2.5	49.3	23.4	27.3	75.4	11.9	12.7
農林水産部20箇所平均	74.0	9.6	16.5	93.0	4.1	2.9	53.5	17.7	28.8	78.9	9.1	12.0
全63箇所平均	65.0	10.0	25.0	93.9	3.4	2.7	43.4	15.9	40.7	75.0	8.4	16.6

※好天が続くなどの的中して当然のようなケースを除外するため、実測値0cmとなった日を集計対象外とした。

全63箇所平均の予測精度を、一番条件の厳しい適合範囲(±20%±2cm)で比較すると、
的中率: 41.9% → 43.4% 空振り: 14.1% → 15.9% 見逃し: 44.0% → 40.7%
 ⇒ 僅かながらの的中率は改善した。空振りは微増となるがそれ以上に見逃しが減じ、安全サイドでの予測になっている。

結論: 雪水比補正は有効、しかしこれ以上の予測精度改良を図る必要がある。

(2) システム開発と試験運用

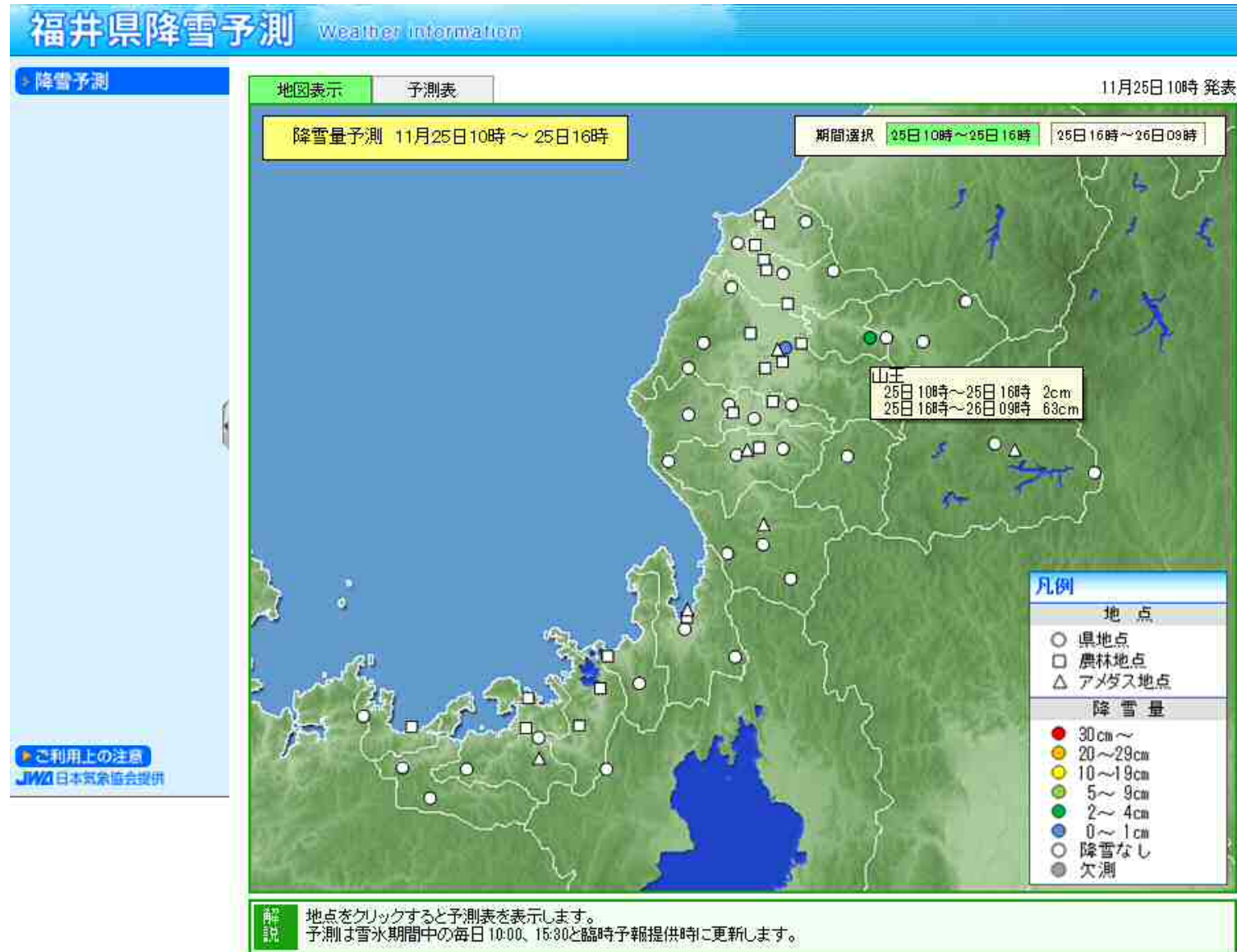
開発の現状

- ・ 県内63地点に対する降雪予測システムを開発。
(累計予測降雪量を地図上のポイントに色分け表示した「ポイント予測画面」、1時間単位の予測降雪量等を48時間先まで表示する「予測表画面」を開発)
- ・ 平成26年12月10日～27年3月31日にかけて試験運用。

システムの特徴

- ・ インターネットを通じての情報提供
(パスワード管理による特定向け予報としての運用を想定)
- ・ 基本的にハードを有さないクラウド化方式である。
(県はソフトのみ開発。日本気象協会のデータセンターでシステムが稼働する)

試験運用画面:「ポイント予測画面」



試験運用画面:ポイント予測の予測表

地図表示 予測表

発表 2014年11月25日 10時00分 定時

エリア選択 福井土木

砂子坂 山王 皿谷 福井 上一光 河合郷塚 下市 裏 小稲津 下荒井 福井(ア)

当日 明日 明後日 明々後日

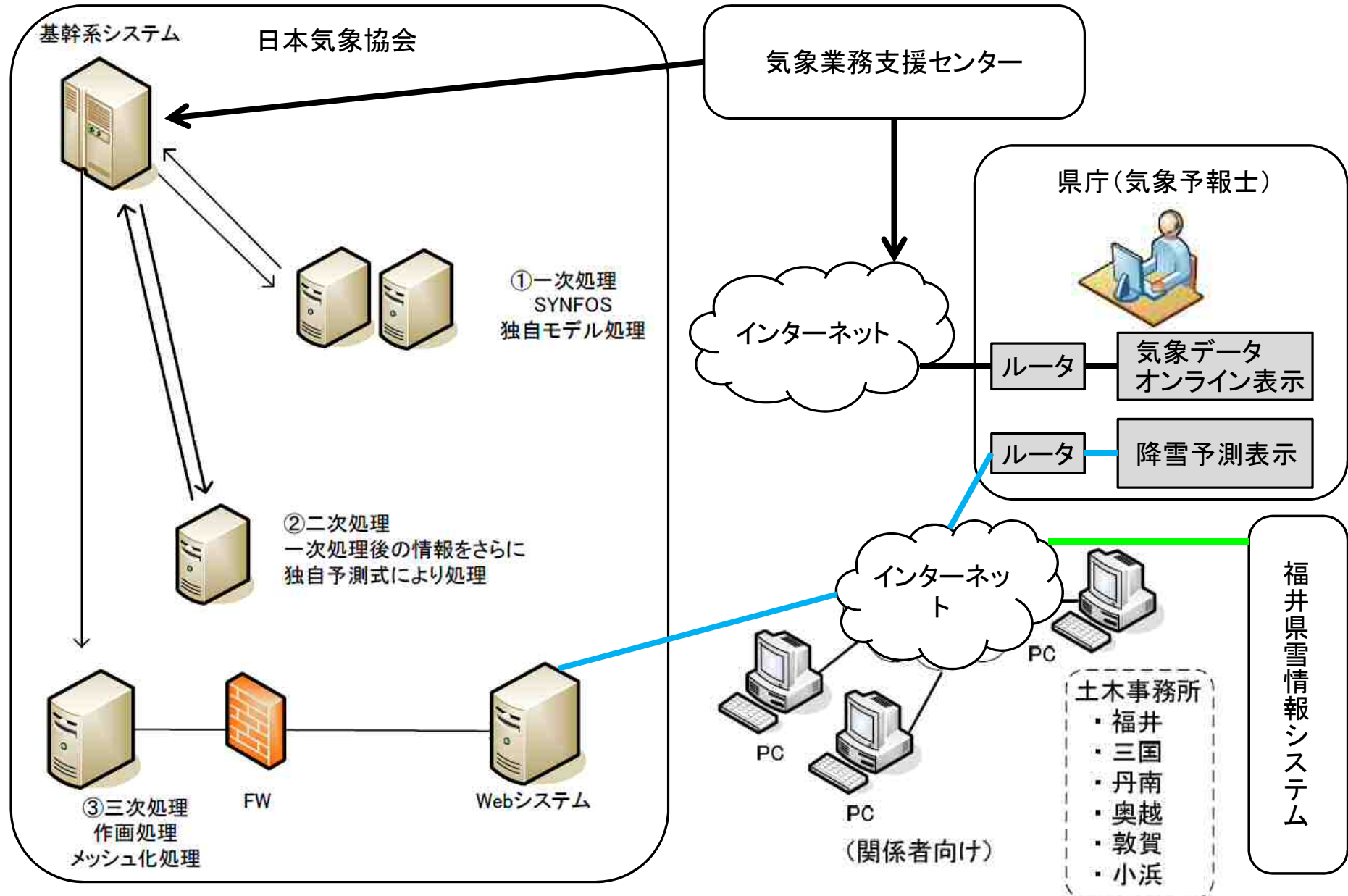
地点	降雪量(cm)				要素	25日																		
	25日 10-16	25日 16-9	26日 9-16	26日 16-9		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
砂子坂	天気																							
	降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	累積降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	気温(°C)	11	13	15	15	16	15	14	12	11	11	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	
	風向	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	
	風速(m/s)	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	4	5	5
山王	天気																							
	降雪量(cm)	-	-	-	-	2	0	0	1	1	3	4	4	1	3	5	5	5	6	6	6	6		
	累積降雪量(cm)	-	-	-	-	2	2	2	1	2	5	9	13	14	17	22	27	32	38	44	44	44	44	
	気温(°C)	2	3	3	4	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
	風向	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	
	風速(m/s)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
皿谷	天気																							
	降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	累積降雪量(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	気温(°C)	9	11	13	13	14	13	12	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	5	
	風向	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	
	風速(m/s)	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	
福井	天気																							
	降雪量(cm)	1	-	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	
	累積降雪量(cm)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	3	5	7	10	14	18	21	24	27	27	27	27	
	気温(°C)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
	風向	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	北	
	風速(m/s)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

天気 ☀️ ☁️ 晴 ☁️ 曇 ☁️ 雨 ☁️ 雪 ☁️ みぞれ ☁️ あられ

風向 ↓ 北風 ↑ 南風 → 西風 ← 東風

予測は雪氷期間中の毎日10:00、15:30と臨時予報提供時に更新します。

システム構成案(再掲)



(3) 現状の課題と今後の方針

現状の課題	今後の方針
予測精度向上の必要性	①高層観測データによる予測補正 ②観測と予測の時間差短縮
安全側に予測する必要性	③降雪予測の面的評価による安全側予測補正

①高層観測データによる予測補正

概要

- ・ 西高東低の冬型気圧配置において、福井県の風上側にある島根県松江上空の風向風速、寒気の南下元の輪島上空の気温、この2つのデータは福井県内の降雪量と密接であり、降雪予測補正式への適用が期待できる。
- ・ 輪島上空(500hPa)気温および松江上空(850hPa)風向・風速と県内各観測地での実測降雪量等との相関を調べ、予測補正式を作成する。

○予測式作成イメージ

$$\begin{aligned} (\text{予測降雪量補正值}) &= a_1 \times (\text{SYNFOS予測降雪量}) + a_2 \times (\text{松江850hPa風向風速}) \\ &+ a_3 \times (\text{輪島500hPa気温}) \end{aligned}$$

高層観測の現状



自動放球装置のある観測点の飛揚風景



高層気象観測はラジオゾンデにより行われる。ラジオゾンデはゴム気球に吊るされて飛揚し、地上から高度約30kmまでの大気の状態（気圧、気温、湿度、風向・風速等）を観測、観測後はパラシュートによって降下する。

高層気象観測は、世界各地で毎日決まった時刻（日本標準時9時・21時）に行われる。気象庁では、全国16か所の気象官署や昭和基地（南極）で実施している。

②観測と予測の時間差短縮

イ. 予測短時間更新

- ・ 予測の3時間毎更新により（現状は16時半および10時の1日2回更新）、時間差短縮を図る。

ロ. 短時間予測の併用

- ・ 6時間先までの短時間予測に特化したSYNFOS-ナウキャスト（毎時更新）を短期間予測のSYNFOS-5と併用することで、時間差短縮を図る。

以上イ、ロについて、過去3年間の予測データについて比較し、予測精度のよい方法を選択する。

きめ細かい降雪予測手法の開発

I. 研究の背景

II. 研究計画

III. 予測手法、モデルの選択

IV. 降雪予測システムの開発

(1) 予測補正式の検討

(2) システム開発と試験運用

(3) 現状の課題と今後の方針

降雪予測に関するタイムスケジュール

数値予測モデル	SYNFOS-5			SYNFOS-ナウキャスト	
	発表時刻	計算終了	初期時刻	MSM初期時刻	計算終了
15時	13時25分	9時	9時	14時35分	14時
16時	13時25分	9時	9時	15時35分	15時
17時	16時15分	12時	12時	16時35分	16時
18時	16時15分	12時	12時	17時35分	17時
19時	16時15分	12時	12時	18時35分	18時
20時	18時55分	15時	15時	19時35分	19時
21時	18時55分	15時	15時	20時35分	20時
22時	18時55分	15時	15時	21時35分	21時
23時	22時15分	18時	18時	22時35分	22時
24時	22時15分	18時	18時	23時35分	23時

・SYNFOSはその初期時刻にドップラーレーダの風向風速とGPS可降水量を取り込んでいる。

③降雪予測の面的評価による安全側予測補正

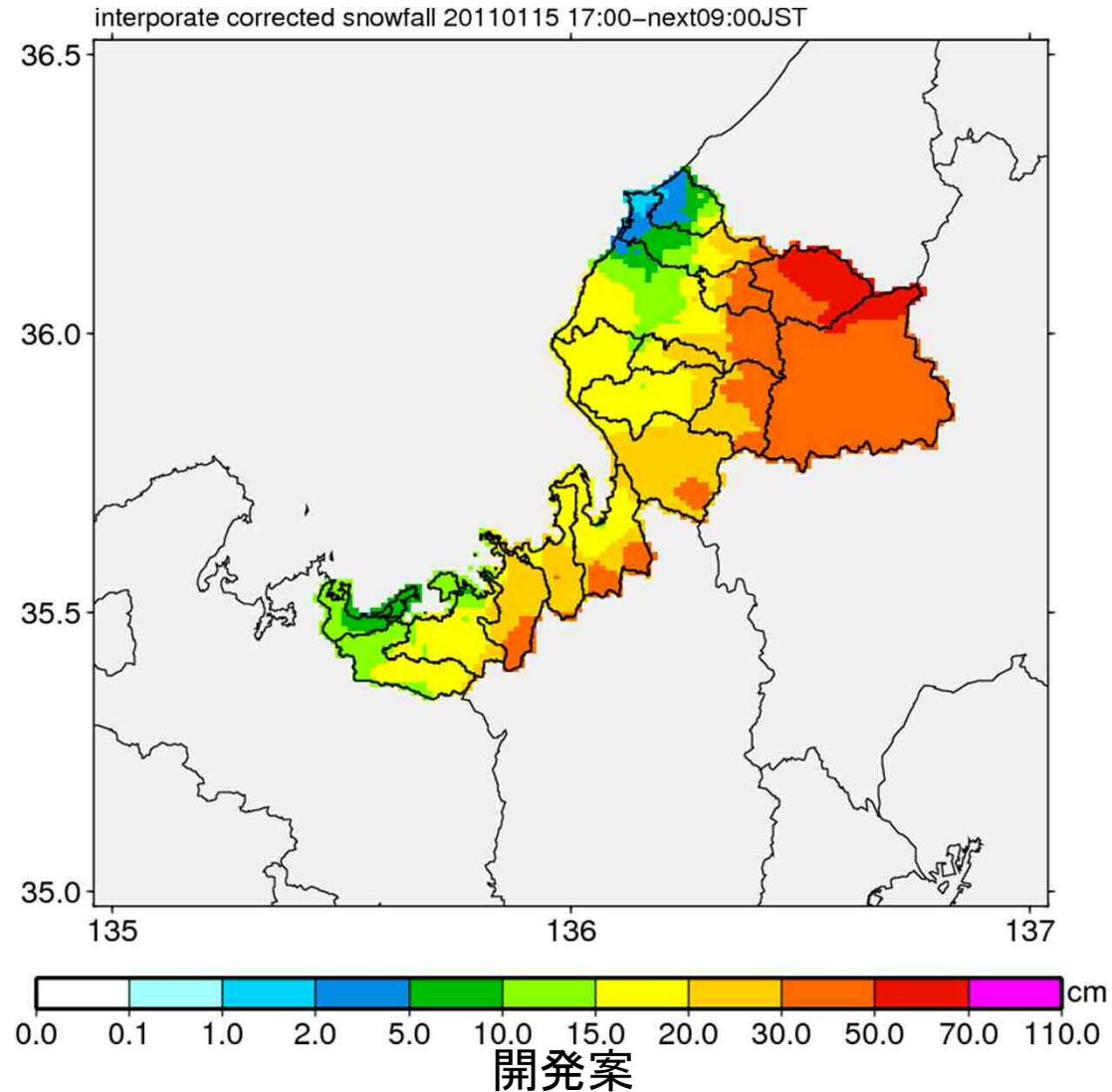
観測ポイントでの予測の外れは風の予測が不完全であることに起因する場合が多い。このような場合は「降雪域の位置ズレ」として、他の場所で雪が降っていることが多くみられる。

そこで、局所的な大雪が予想される場合は、降雪域がズレて別の場所での大雪となっても対応できるように、予測された場所からある程度の範囲に対し予測降雪量の加算（＝嵩上げ処理）を行い、安全サイドの予測をできるようにする。

このような予測補正の方法を、過去の予測結果との照合等により定式化するものである。

メッシュ予測画面(再掲)

①～③の方針をメッシュ予測画面に反映させる。



研究中間報告のまとめ

①降雪予測の手法として、数値予測に統計的手法を組み合わせた予測補正式を求めた。

（検討1）距離重みによる内挿処理

（検討2）気温の高度補正と雨雪判別

（検討3）気温補正式と雪水比補正

以上3つの方法を検討、主に（検討3）、一部（検討1）に効果が認められた。

②①による予測精度改良は63地点平均においてわずかであった（41.9% → 43.4%）。

よって、予測精度を一層改良する必要があり、また改良にも限界があるので安全側の予測を検討する必要がある。

そのため、研究期間を1年延長する。

(3) 今後の方針

③-2. 面的情報提供のためのメッシュ予測画面開発

1 kmメッシュサイズでの降雪予想を地図上に表示するメッシュ予測画面は、以下の理由により開発が必要であり、③-1の検証結果も踏まえながら開発を進めていく。

- ・ 観測ポイントでの予測の外れは風の予測が不完全であることに起因するケースが多い。このような場合は「降雪域の位置ズレ」として、降雪の現象がメッシュ予測画面上に現れる、と考えられる。
- ・ メッシュレベルでの表示により、予測データが地域平均化を免れ、局所的に起きる大雪を表現できるようになる。
⇒ 警告的な情報としての有効性が損なわれていない！
- ・ どう判断するかはユーザに委ねられるが、「天気図」と同様の必要な情報提供措置である。

(3) 現状の課題と今後の方針

以下の5つの研究開発を行う。うち①～④に関しては、現状で予測精度が十分と言えないことから実施するものである。

課題	概要	見通し等
①高層観測データによる予測補正	石川県輪島上空気温および島根県松江上空風向風速による予測補正	・ 実況値による予測補正 ・ 風の影響を反映できる
②降雪予測の面的評価による安全側予測補正	大雪が予測される地点の近傍エリアに対し降雪量を加算して予測するようにする。	・ 安全サイドの予測であり、大雪時の見逃し防止に有効
③予測短時間更新および	予測を3時間更新とすること。	・ 更新が頻繁なほど、より新しい観測を反映した予測となる。
④短時間予測取込み	6時間先までは毎時発表の数値予測（SYNFOS-ナウキャスト）を取込み表示する。	・ 発表1時間前の観測値（ドップラーレーダ等）を反映できる。
⑤メッシュ予測画面の開発	1kmメッシュ化した予測データを地図上に表示する。	・ 予測データが地域平均化を免れ、局所的に起きる大雪を表現できるようになる、他。

(3) 現状の課題と今後の方針

以下の5つの研究開発を行う。うち①～④に関しては、現状で予測精度が十分と言えないことから実施するものである。

課題	概要	見通し等
①高層観測データによる予測補正	石川県輪島上空気温および島根県松江上空風向風速による予測補正	・ 実況値による予測補正 ・ 風の影響を反映できる
②降雪予測の面的評価による安全側予測補正	大雪が予測される地点の近傍エリアに対し降雪量を加算して予測するようにする。	・ 安全サイドの予測であり、大雪時の見逃し防止に有効
③予測短時間更新および	予測を3時間更新とすること。	・ 更新が頻繁なほど、より新しい観測を反映した予測となる。
④短時間予測取込み	6時間先までは毎時発表の数値予測（SYNFOS-ナウキャスト）を取込み表示する。	・ 発表1時間前の観測値（ドップラーレーダ等）を反映できる。
⑤メッシュ予測画面の開発	1kmメッシュ化した予測データを地図上に表示する。	・ 予測データが地域平均化を免れ、局所的に起きる大雪を表現できるようになる、他。

(3) 今後の方針

①高層観測データによる予測補正

概要

- ・ 石川県輪島上空(500hPa)気温および島根県松江上空(850hPa)風向・風速と県内各観測地での実測降雪量等との相関を調べ、予測補正式を作成する。
予測精度がよければシステムに実装する。
- ・ 検証するデータは過去6年分(平成21年度～26年度冬季)

○予測式作成イメージ

$$\begin{aligned} (\text{予測降雪量補正值}) &= a_1 \times (\text{SYNFOS予測降雪量}) + a_2 \times (\text{松江850hPa風向風速}) \\ &\quad + a_3 \times (\text{輪島500hPa気温}) \end{aligned}$$

(3) 今後の方針

② 予測短時間更新および短時間予測取込み

- 予測の3時間毎更新により（現状は16時半および10時の1日2回更新）、予測精度の改良を図る。
- 6時間先までの短時間予測に特化したSYNFOS-ナウキャスト（毎時更新）を短期間予測のSYNFOS-5と併用することで、予測精度の改良を図る。

以上を過去3年分の冬季データで検証し、効果が検証されればシステムに実装する。

(3) 今後の方針

③-1. 降雪予測の面的評価による精度改良

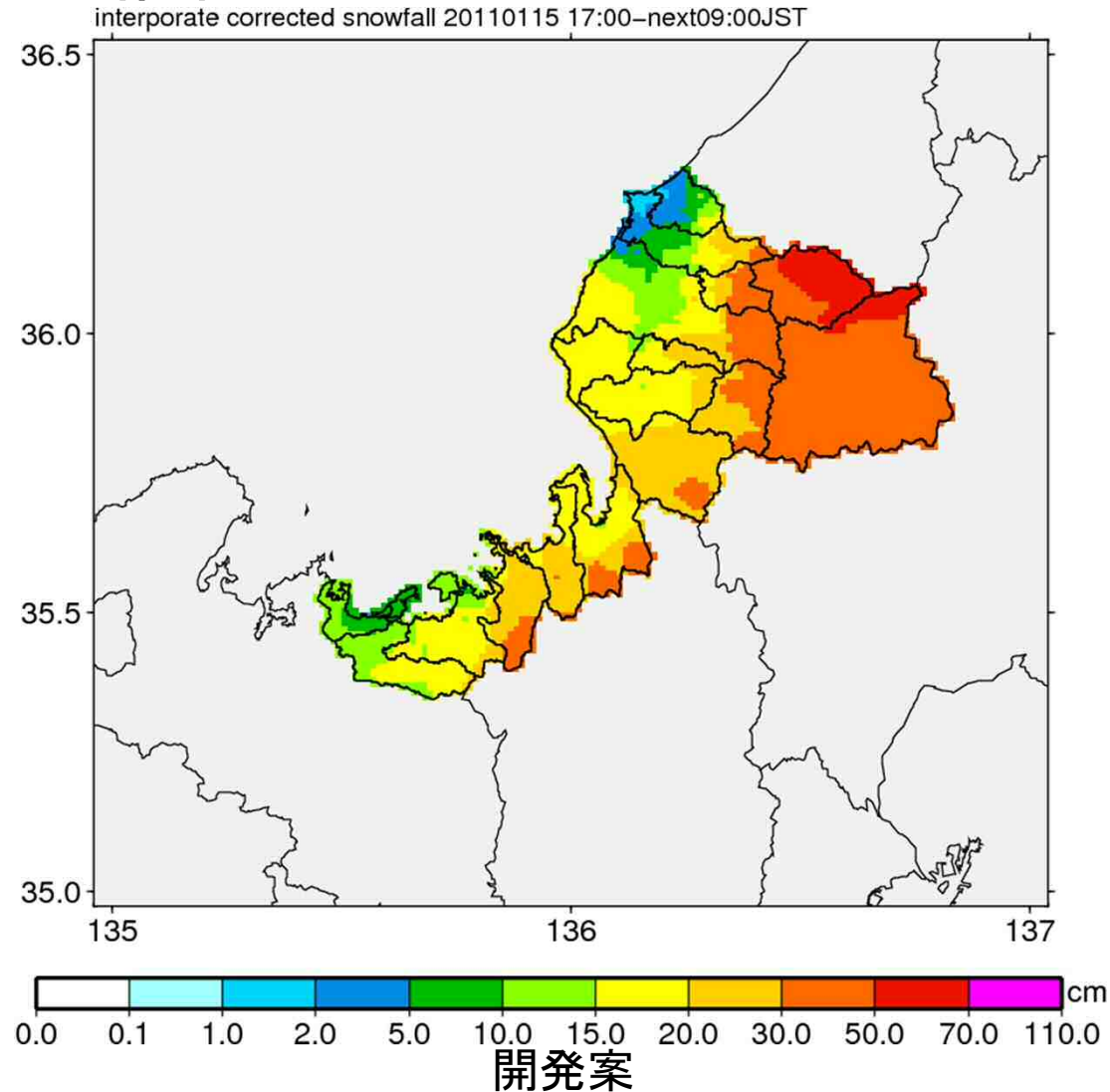
これまでは降雪の観測ポイントで評価を行ったが、降雪域の位置ズレを考慮した以下に示すような評価方法を検討し、降雪予測式への反映を図る。

- ・ エリアや地域別に最大値や平均値を評価する。
- ・ 周辺20kmで最も相関の良いメッシュを探す。
- ・ 周辺20kmの最大値、上位半分の平均値とする。

等

(3) 今後の方針

③-2. 面的情報提供のためのメッシュ予測画面開発



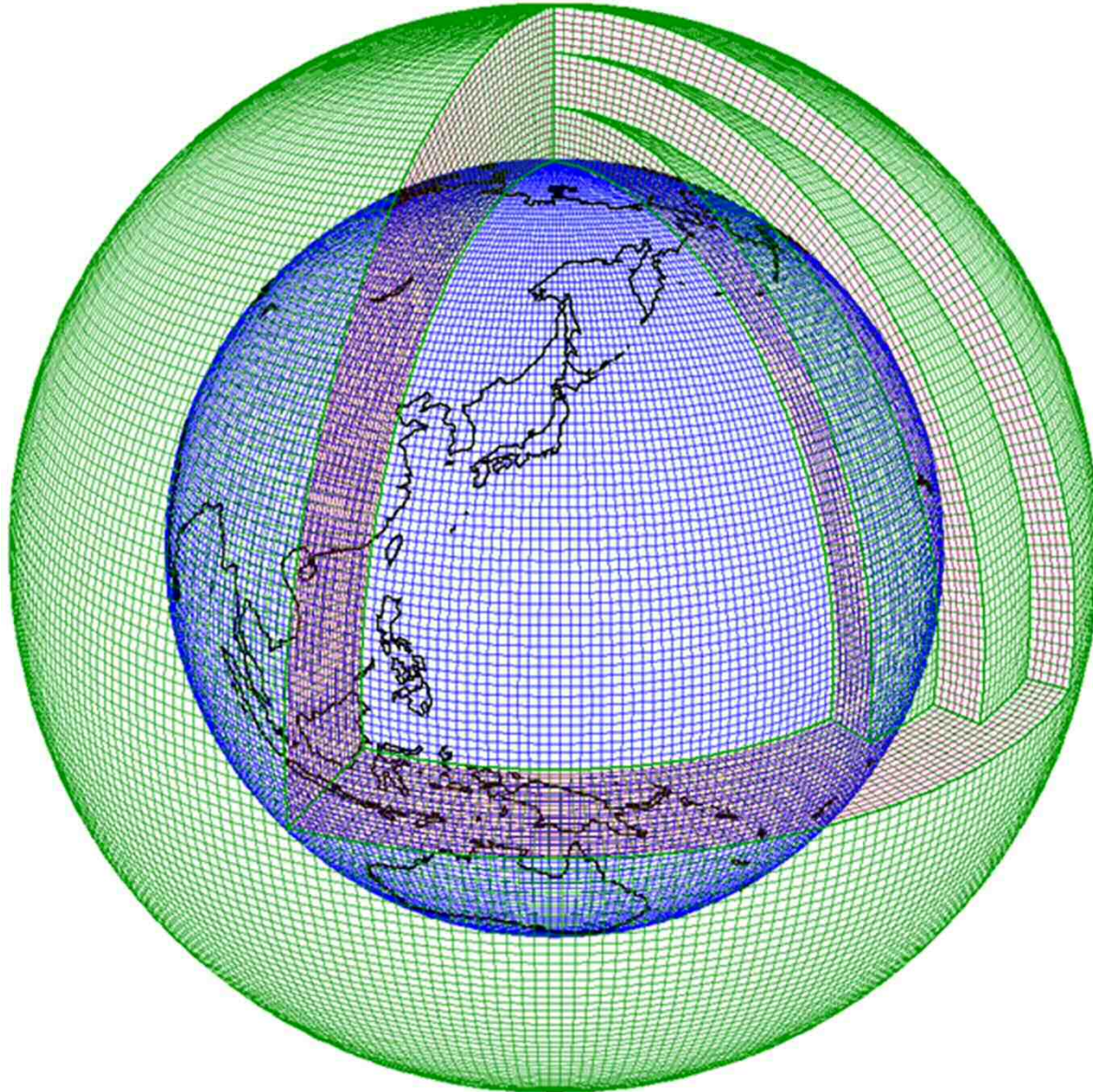
(3) 今後の方針

③-2. 面的情報提供のためのメッシュ予測画面開発

1 kmメッシュサイズでの降雪予想を地図上に表示するメッシュ予測画面は、以下の理由により開発が必要であり、③-1の検証結果も踏まえながら開発を進めていく。

- ・ 観測ポイントでの予測の外れは風の予測が不完全であることに起因するケースが多い。このような場合は「降雪域の位置ズレ」として、降雪の現象がメッシュ予測画面上に現れる、と考えられる。
- ・ メッシュレベルでの表示により、予測データが地域平均化を免れ、局所的に起きる大雪を表現できるようになる。
⇒ 警告的な情報としての有効性が損なわれていない！
- ・ どう判断するかはユーザに委ねられるが、「天気図」と同様の必要な情報提供措置である。

①気象庁GSM(全球モデル)



- 水平格子間隔 約20km
- 鉛直60層
- 1日4回実行
 - 00,06,18時(UTC)初期値から84時間予報
 - 12時(UTC)初期値から216時間予報
- 用途
 - 天気予報支援(今日、明日～週間予報)
 - 台風予報支援(進路、強度)
 - メソモデルの側面境界
 - 海洋のモデルの大気境界など。

・図表:
気象庁ホームページより引用

GSM-TL959L60 2014.01.23.12UTC FT=000
(Valid Time: 01.23.12UTC)



- 水平格子間隔 約20km
- 鉛直60層
- 1日4回実行
 - 00,06,18時(UTC)初期値から84時間予報
 - 12時(UTC)初期値から216時間予報
- 用途
 - 天気予報支援(今日、明日～週間予報)
 - 台風予報支援(進路、強度)
 - メソモデルの側面境界
 - 海洋のモデルの大気境界
 - など。

・図表:
気象庁ホームページより引用

②気象庁MSM(メソモデル)

- メソモデル(MSM: Meso-Scale Model)

- 水平格子間隔 5km

- 鉛直50層

- 1日8回実行

- 00,06,12,18時(UTC)初期値から15時間予報

- 03,09,15,21時(UTC)初期値から33時間予報

- 用途

- 防災気象情報支援

- 降水短時間予報への利用

- 航空予報支援

- など

- 初期値には各種観測データの外、3時間前のMSM自身の予測値を使う(第一推定値)
 - 境界値はGSMの予測に基づく。



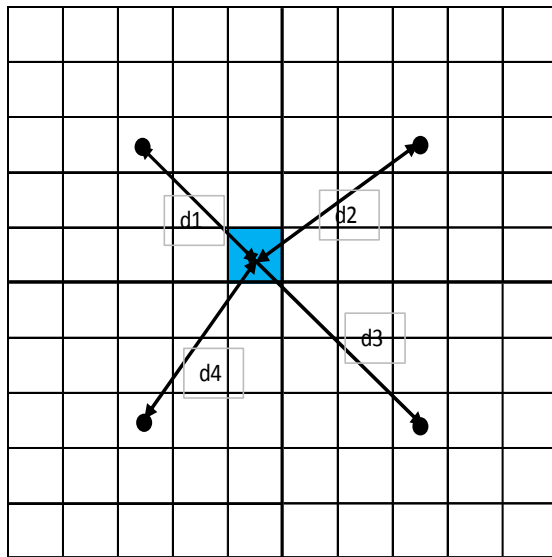
MSMの直接利用について

- ・降雪量のデータ出力がない（ただし、内部的には水物質を6相個別に計算している）。
- ・気象庁のモデルなので、カスタマイズ（計算方法やデータ形式等、システム仕様の自在な変更）は不可能。
- ・MSMのモデル更新毎に降雪予測システムの変更対応を要する。モデル更新は国の判断で行われるため、計画的対応は困難。

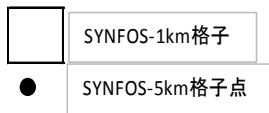
⇒MSMの直接利用は難しい。

内挿処理による1kmメッシュ化

- 距離重みの手法により、5kmメッシュ予測値から1kmメッシュ予測値を算出する。
ただし気温に関しては、①5kmメッシュ予測気温を標高0mの予測気温に一旦揃える、
②標高0m値に補正した①の気温を内挿処理により1kmメッシュ化、③②の気温をその1kmメッシュ本来の高度に改めて補正し最終的な1kmメッシュ予測気温とする、の方法による。
気温の高度補正は、0.6[°C/100m]の気温減率による。



$$SI(1km) = \frac{\sum(S_i / d_i^2)}{\sum(1 / d_i^2)}$$



予測精度の比較検証(アメダス5地点)

アメダス地点夜間(16時~翌日9時)降雪量の精度比較

指標	モデル名	福井	大野	今庄	敦賀	小浜
相関係数	SYNFOS-5 km	0.68	0.62	0.58	0.57	0.41
	単純内挿1km	0.70	0.62	0.59	0.59	0.45
	雪水比補正(検討2)	0.72	0.65	0.64	0.60	0.41
回帰係数	SYNFOS-5 km	1.11	0.95	1.11	1.05	1.33
	単純内挿1km	1.09	0.97	1.07	1.20	1.30
	雪水比補正(検討2)	1.12	1.15	0.99	1.07	1.46

注) 最も精度の良い予測手法を赤字

相関係数、回帰係数をみると小浜地点以外は精度向上がみられ、予測式を用いる検討2が最も良い結果となった。

これは気温による補正は有効であることを示す結果といえる。

小浜地点については気温と雪水比の相関性がやや低いことと、大雪事例が少なく極端な空振り事例が影響していることが考えられる。

(検討2)の結果

(アメダス7地点での検証)

◇降雪量（夜間累計値、16時～翌日9時）

	予測モデル	福井	武生	大野	九頭竜	今庄	敦賀	小浜
相関係数	SYNFOS-5	0.68	0.69	0.62	0.66	0.58	0.57	0.41
	予測補正式	0.66	0.66	0.57	0.60	0.57	0.58	0.32
回帰係数	SYNFOS-5	1.11	0.95	0.95	0.93	1.11	1.05	1.33
	予測補正式	0.67	0.64	1.07	0.71	0.93	0.72	0.89

注) 精度の良い方に赤字

結果に対する考察

- ・ SYNFOS-5kの方が相関係数は高い。回帰係数もSYNFOS-5kの方が1に近い。
- ・ 大野地点を除くと回帰係数が小さくなる地点が多くなることから、雨雪判別の影響で、降雪を降雪なしと判定したケースが多くなったとみられる。この降雪予測式では相関係数の低下と危険サイドの予測となることになる。
 - ⇒ 今回使用した雨雪判別ロジックについては、福井県においては有効でなく、SYNFOS-5の出力結果をそのまま利用の方が良いとみられる。

参考:「降雪なし」含む場合の的中率

SYNFOS-5 (降雪なし含む)

	5cm基準 (%)			20cm基準 (%)			適合率 (±20%±2cm)			適合率 (±20%±5cm)		
	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し
アメダス7地点平均	89.1	4.5	6.4	97.3	1.3	1.4	79.7	8.5	11.8	91.0	3.7	5.3
降雪テレメータ36箇所平均	80.6	3.8	15.6	96.3	1.8	1.9	64.1	8.0	27.9	84.2	4.0	11.8
農林水産部20箇所	91.6	5.4	3.0	99.3	0.3	0.3	86.4	9.0	4.5	94.5	3.1	2.3
63箇所平均	85.0	4.4	10.6	97.4	1.3	1.3	72.9	8.4	18.7	88.3	3.7	8.0

雪水比補正後 (降雪なし含む)



	5cm基準 (%)			20cm基準 (%)			適合率 (±20%±2cm)			適合率 (±20%±5cm)		
	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し	的中	空振り	見逃し
アメダス7地点平均	89.7	4.6	5.8	97.2	1.7	1.1	80.4	9.3	10.3	91.4	4.4	4.2
降雪テレメータ36箇所平均	81.3	4.3	14.4	96.1	2.4	1.5	64.5	9.4	26.1	84.9	4.9	10.2
農林水産部20箇所	91.1	5.9	3.1	99.3	0.4	0.3	86.4	9.7	3.9	94.1	4.1	1.8
63箇所平均	85.3	4.8	9.9	97.3	1.7	1.1	73.2	9.5	17.3	88.6	4.6	6.9

実測値0cmとなった日のデータを集計対象とした場合は、適合率 (±20%±2cm) でも的中率は70%を越えている。