

数値予報データを用いた絶対湿度分布の再現

1230046 川上育海

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

E-mail : 230046e@ugs.kochi-tech.ac.jp

現在の日本では今も尚, 新型コロナウイルス感染症の増減を繰り返している. 感染症には絶対湿度との強い関係があるといわれている. そこで, 絶対湿度の面的なマップを作成することで視覚的に情報を得ることができ, 感染症への警戒度を示す重要な役割を担うと考える. 気象庁では, 絶対湿度のデータは公開していないため, 絶対湿度を利用するには気温と相対湿度から求める必要がある. しかし, 相対湿度の観測地点は少ないので, 絶対湿度と相対湿度の分布を把握することは難しい. そこで本研究では, 四国を対象に 5km メッシュの数値予報データを用いて, 絶対湿度と相対湿度の分布を推定する手法を検討した. 結果として, MSM データによる推定は良い結果を得られなかった. しかし, 入力値にアメダスの観測データを用いた場合, MSM の予報値と同程度の精度で絶対湿度と相対湿度を推定できることがわかった.

Key Words : 気象要素, 絶対湿度, 機械学習

1. 序論

インフルエンザなどの感染症と強い関係があるといわれている絶対湿度は, 新型コロナウイルスとも強い関係があると, 名古屋工業大学の研究グループ¹⁾によって示されている. そこで, 絶対湿度の面的なマップを作成することで, 視覚的に情報を得ることができ, 感染症への警戒度を示す重要な役割を担うと考える. 気象庁では気温と相対湿度を観測し, データを公開しているが, 絶対湿度は公開していない. 従って, 絶対湿度を利用するためには気温と相対湿度から計算する必要がある²⁾. しかし, 気象庁の相対湿度の観測地点は少ないので絶対湿度や相対湿度の詳細な分布を知ることは難しい. そこで本研究では, 5 km メッシュの数値予報データを用いて, 絶対湿度と相対湿度の分布を推定する手法を検討することを目的とする.

2. 手法

2.1 対象地域及び使用データ, 期間

絶対湿度と相対湿度の推定モデルの作成には, 相対湿度の観測が行われている気象官署(徳島, 多度津, 高松, 松山, 宇和島, 高知, 室戸岬, 清水, 宿毛)における 2021 年の気象観測データを用いる. また, アメダスの穴吹, 引田, 内海, 安芸, 窪川では 2021 年 12 月から相対湿度の観測が開始された. そこで, これらの地点における 2021 年 12 月のデータを用いて推定モデルの精度検証を行う. (図-1, 表-1) 使用データ及び期間は, GPS 可降水量データと気象庁の気象観測データ³⁾, MSM データの 2021 年のデータを使用する.

MSM データとは, (財)気象業務支援センターを通して公開されている数値予報データであり, 5 km メッシュで 1 時間ごと(地上)に予報が行われている⁴⁾.

GPS 可降水量データとは, 国土地理院が公開している全国の電子基準点における対流圏遅延量推定値から求められた可降水量データであり, 1 時間ごとに推定されている⁵⁾.

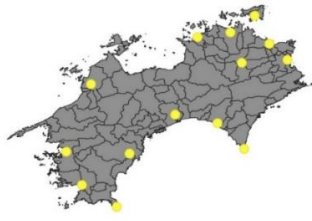


図-1 対象地点

表-1 対象地点名

都道府県	対象地点名
徳島	徳島, 穴吹
香川	多度津, 高松, 引田, 内海
愛媛	松山, 宇和島
高知	高知, 室戸岬, 清水, 宿毛, 安芸市, 窪川

2.2 研究の流れ



図-2 研究フロー

研究の流れを表したものを図-2 に示す。機械学習手法を用いた回帰により絶対湿度と相対湿度の推定モデルを作成する。このとき、説明変数(特微量)にはアメダス観測点で観測されている気温、降水量、風速に加え、気圧と可降水量を用いる。尚、風速はMSM の面データでは X と Y 方向に分かれており、面的に再現するためには2方向に分ける必要があるため、本研究では風速を X と Y 方向に分けた合計6つを説明変数とする。また、可降水量のデータはすべての推定に対して、GPS 可降水量のデータを使用する。

2.2.1 機械学習手法の決定及び降水量・気圧の有無

気象庁の気象観測データ(JMA)を用いて、6つの機械学習手法(CatBoost, GBDT, LightGBM, RF, SVM, XGBoost)の回帰により相対湿度と絶対湿度を推定し、最も精度の良い学習手法に決定する。次に、降水量及び気圧を推定モデルの説明変数に含めたとときと含めなかったときの精度を比較して、説明変数に含めるかを判断する。精度の比較には決定係数と RMSE 値を参考にする。

2.2.2 絶対湿度と相対湿度の推定モデルの作成

2.2.1 の結果より決定した機械学習及び説明変数により絶対湿度と相対湿度の推定モデルを作成する。

作成にあたって、訓練データ8割を利用し、残りの2割をテストデータとして精度検証を行う。精度検証で扱うRMSE値の計算には、気象庁の観測データを真値として用いる。これ以降の推定に対するRMSE値の計算は同様の流れで行う。

2.2.3 気象官署のデータによる推定

2.2.2 で作成できた四国全体の絶対湿度と相対湿度の推定モデルを用いて、気象官署ごとの観測データから絶対湿度と相対湿度を推定し、各気象官署におけるRMSEを計算する。

2.2.4 MSMデータによる推定及びマップ化

面的に推定を行うため、絶対湿度と相対湿度の推定モデルにMSMデータ入力して絶対湿度と相対湿度を推定し、マップ化及び各気象官署においてRMSEを計算する。

2.2.5 アメダスの観測点における推定

モデルの作成に用いていない観測所(穴吹, 引田, 内海, 安芸, 窪川)を対象にアメダス観測データ, MSMデータ, 複合データ(Composite)の3つのデータをそれぞれモデルに入力し, RMSE値を比較する。尚, アメダスの観測点では, 気圧は観測されていないため, 近くの2つの気象官署における観測値の平均を用いた。

複合データとは, 気温, 降水量, X風速, Y風速を気象観測データ, 気圧をMSMデータ, 可降水量をGPS可降水量データとして説明変数に扱うデータを分けたものである。

2.2.6 精度評価の基準

RMSE の計算に用いる気象庁の観測データ(絶対湿度の場合)は, 気温と相対湿度から計算したものを扱う。また, 3.3 と 3.4 で用いる「基準」とは, 気象観測データを真値としたときの, MSM データの気温と相対湿度の予報値から計算した絶対湿度のRMSE 値のことを指す。同様に相対湿度の「基準」とは, 気象観測データを真値としたときの, MSM データの相対湿度の予報値の RMSE 値を指す。基準データの RMSE 値を表-2 に示す。

表-2 基準データの RMSE 値

月	絶対湿度[g/m ³]									
	徳島	香川	愛媛			高知				
	徳島	多度津	高松	松山	宇和島	高知	室戸岬	清水	宿毛	
1月	0.95	1.13	1.05	1.20	1.56	1.47	1.77	1.99	1.65	
2月	0.95	1.52	0.94	1.06	1.31	1.21	1.33	1.57	1.32	
3月	0.97	2.90	0.97	1.10	1.27	1.42	1.24	1.48	1.23	
4月	1.39	2.76	1.42	1.31	1.30	1.46	1.13	1.59	1.24	
5月	1.60	3.02	1.31	1.23	1.36	1.64	1.53	1.34	1.28	
6月	1.45	2.76	1.37	1.29	1.40	1.46	1.40	1.26	1.27	
7月	1.87	1.56	2.01	1.89	1.68	1.86	2.23	2.01	1.69	
8月	1.42	2.42	1.45	1.68	1.52	1.61	1.43	1.70	1.21	
9月	1.63	2.29	1.52	2.00	1.92	2.22	1.64	1.97	1.82	
10月	1.11	5.93	1.22	1.13	1.28	1.41	1.23	1.44	1.02	
11月	0.66	2.15	0.78	0.75	0.91	1.09	1.10	1.27	0.84	
12月	0.69	0.58	0.61	0.62	0.69	0.81	1.20	1.16	0.72	

月	相対湿度[%]									
	徳島	香川	愛媛			高知				
1月	8.80	8.48	7.33	8.29	10.42	10.85	11.46	11.61	11.36	
2月	9.46	9.16	10.67	9.33	10.66	10.77	9.59	11.42	12.39	
3月	8.37	20.10	8.76	8.47	9.43	10.25	13.07	10.47	9.35	
4月	12.21	19.51	16.61	11.56	12.28	12.30	11.82	11.41	10.68	
5月	11.79	11.87	12.90	8.62	10.52	10.37	12.11	9.14	9.92	
6月	10.05	15.03	12.03	8.28	8.57	8.92	12.98	8.84	8.37	
7月	9.25	13.11	12.29	8.84	8.70	9.04	11.25	7.06	6.99	
8月	9.46	16.62	11.30	9.20	7.83	8.73	11.13	8.23	7.57	
9月	7.11	13.69	9.53	7.65	7.61	9.97	11.35	9.19	8.32	
10月	8.88	13.84	12.06	7.67	9.39	10.83	9.65	8.80	9.92	
11月	7.31	14.79	8.01	9.63	10.78	13.17	8.83	9.20	11.72	
12月	7.39	7.73	7.42	7.86	9.44	11.59	9.57	9.39	9.96	

3. 結果・考察

3.1 モデル作成に対する結果

3.1.1 各機械学習による比較結果

各機械学習の精度結果を表-3に示す。精度の高い順にRF, XGBoost, CatBoostとなった。

表-3 各機械学習の推定値と観測データから算出した絶対湿度の関係(高知,1月)

機械学習	決定係数	RMSE
CatBoost	0.90	0.79
GBDT	0.92	0.87
LightGBM	0.89	0.82
RF	0.96	0.50
SVM	0.83	1.05
XGBoost	0.94	0.63

3.1.2 降水量及び気圧の有無による比較結果

降水量を説明変数とした場合の推定値の比較結果を表-4に、気圧を説明変数とした場合の推定値の比較結果を表-5に示す。月や観測地点によって違いが見られた。12カ月分の比較を見ると、両者ともに説明変数として用いることで精度が向上したことがわかる。

表-4 降水量の有無による推定値の比較(絶対湿度)

RF	降水量[mm]	1月 有	1月 無	2月 有	2月 無	3月 有	3月 無
県	市町村	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²
徳島	徳島	0.39	0.95	0.44	0.91	0.47	0.94
	多度津	0.34	0.96	0.34	0.95	0.41	0.94
	高松	0.32	0.97	0.35	0.94	0.47	0.92
香川	高松	0.32	0.97	0.35	0.94	0.47	0.92
	松山	0.37	0.96	0.38	0.94	0.48	0.93
	宇和島	0.43	0.96	0.97	0.96	0.47	0.94
愛媛	宇和島	0.43	0.96	0.97	0.96	0.47	0.94
	高知	0.50	0.96	0.56	0.92	0.68	0.90
	室戸岬	0.38	0.98	0.38	0.97	0.62	0.93
高知	清水	0.44	0.98	0.47	0.97	0.53	0.96
	宿毛	0.42	0.97	0.45	0.96	0.52	0.94
						0.56	0.91

表-5 気圧の有無による推定値の比較(絶対湿度)

RF	気圧[hPa]	1月 有	1月 無	2月 有	2月 無	3月 有	3月 無
県	市町村	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²
徳島	徳島	0.46	0.94	0.55	0.91	0.83	0.81
	多度津	0.35	0.96	0.43	0.94	0.70	0.83
	高松	0.39	0.95	0.47	0.93	0.80	0.78
香川	高松	0.39	0.95	0.47	0.93	0.80	0.78
	松山	0.45	0.94	0.48	0.94	0.93	0.74
	宇和島	0.49	0.95	0.54	0.94	0.74	0.84
愛媛	宇和島	0.49	0.95	0.54	0.94	0.74	0.84
	高知	0.59	0.94	0.70	0.92	1.08	0.75
	室戸岬	0.39	0.98	0.48	0.97	1.24	0.73
高知	清水	0.53	0.97	0.56	0.97	0.91	0.88
	宿毛	0.50	0.96	0.59	0.95	0.78	0.87
						0.73	0.89

3.1.3 モデル作成と精度検証結果

3.1.1と3.1.2の結果から本研究では、RF回帰により絶対湿度と相対湿度の推定モデルを作成することとした。このときの説明変数は気温、降水量、X風速、Y風速、気圧、可降水量である。テストデータによる RMSE値及び各気象官署における RMSE値を表-6に示す。

表-6 テストデータ及び各気象観測所の推定値(JMA)

月	絶対湿度[g/m ³]									
	四国全体	徳島	香川	愛媛	高知					
	全体	徳島	多度津	高松	松山	宇和島	高知	室戸岬	清水	宿毛
1月	0.64	0.46	0.35	0.39	0.45	0.49	0.59	0.39	0.53	0.50
2月	0.76	0.83	0.70	0.80	0.93	0.74	1.08	1.24	0.91	0.78
3月	1.09	0.68	0.65	0.74	0.77	0.64	0.83	0.58	1.00	0.71
4月	1.14	0.77	0.78	0.80	0.93	0.77	0.97	0.84	1.10	0.85
5月	1.47	1.89	1.63	1.80	1.57	1.38	1.46	2.28	1.52	1.29
6月	1.64	0.99	0.83	1.03	1.27	1.00	0.91	0.79	1.29	0.89
7月	1.07	1.17	1.08	1.44	1.68	0.94	0.96	0.62	1.07	0.96
8月	1.10	0.97	0.79	0.83	0.84	0.79	0.90	1.20	0.95	0.82
9月	1.14	1.41	1.33	1.48	1.18	1.15	1.51	1.20	1.32	1.03
10月	1.32	0.65	0.67	0.81	0.85	0.83	1.05	0.62	0.90	1.02
11月	0.78	0.50	0.48	0.50	0.51	0.50	0.59	0.48	0.60	0.55
12月	0.65	0.42	0.40	0.39	0.43	0.44	0.58	0.43	0.53	0.45
月	相対湿度[%]									
	四国全体	徳島	香川	愛媛	高知					
1月	7.96	6.25	4.71	5.40	5.63	5.70	7.33	4.55	5.76	5.85
2月	7.69	8.85	7.55	8.07	9.32	7.79	10.38	12.97	7.55	7.72
3月	8.85	5.74	5.38	6.22	6.35	5.40	6.96	5.19	7.20	5.92
4月	8.25	5.62	5.25	5.77	7.16	5.65	7.06	6.38	7.04	6.13
5月	8.62	11.28	9.87	10.38	8.83	7.88	8.58	14.60	8.22	7.43
6月	5.29	4.61	4.09	4.84	6.71	5.06	4.19	3.84	5.79	4.20
7月	4.25	4.04	3.94	4.46	6.19	3.83	3.24	2.46	3.88	3.65
8月	4.32	3.56	2.93	3.07	2.96	2.83	3.16	4.23	3.42	3.03
9月	4.97	5.76	5.59	6.22	0.51	4.71	5.60	5.06	4.93	4.24
10月	7.41	3.95	3.87	4.42	4.64	4.88	5.98	3.81	4.89	5.82
11月	6.00	3.95	3.45	3.89	3.90	3.57	4.36	3.47	3.97	3.97
12月	7.10	4.76	4.35	4.48	4.86	4.97	6.82	4.27	5.03	5.12

テストデータによる RMSE値は、列名の「四国全体」に対応する。それ以降の列は3.2で扱う。絶対湿度では、夏場にかけて精度が低下している。これは、モデルに与える説明変数の重要度を見てみると、夏場にかけて気温の重要度が増大していて、気温の変化がモデルの推定精度に影響を与えるためと示唆される。相対湿度では、絶対湿度とは逆に冬場に精度が低下している。これは、冬場に気温が低下し飽和水蒸気量が小さくなるため、説明変数の少しの変化がモデルの誤差に結びついたと考えられる。

3.2 各気象官署(JMA)の RMSE 値

表-6の RMSE値と表-2の基準RMSEを比較する

と、各気象官署や月によって基準との差にバラつきが見られたものの、ほとんどの値は各気象官署の観測データを用いた推定値の方が基準を上回っていた。このことから、9つの気象官署におけるモデルの精度は、MSMデータの気温と相対湿度の予報値から計算した絶対湿度の推定精度より良い結果であることがわかった。

3.3 各気象観測所(MSM)データによる RMSE 値

GPS可降水量及びMSMデータの気温、降水量、X風速、Y風速、気圧の予報値を入力データとして絶対湿度と相対湿度を推定した際の RMSE値を表-7に示す。また、推定データをマップ化した例を図-3に示す。

表-7 各気象官署の推定値(MSM)

月	絶対湿度[g/m³]										
	徳島			香川			愛媛		高知		
	徳島	多度津	高松	松山	宇和島	高知	室戸岬	清水	宿毛		
1月	1.54	1.50	1.49	1.66	2.12	2.06	2.37	2.96	2.43		
2月	1.65	1.62	1.50	1.52	1.63	1.66	2.19	2.46	1.93		
3月	2.48	3.00	2.39	2.28	2.25	2.39	2.42	3.13	2.49		
4月	2.00	3.02	2.21	2.10	1.74	1.92	2.18	2.35	1.83		
5月	2.82	3.38	2.39	2.64	2.49	2.68	2.95	3.09	2.69		
6月	2.49	2.46	2.68	2.73	2.34	2.16	2.52	2.59	2.24		
7月	2.37	2.20	2.56	2.42	2.48	2.29	2.53	2.34	2.10		
8月	2.03	2.16	1.82	1.58	1.66	1.78	2.02	2.23	1.67		
9月	2.15	3.36	2.25	2.06	1.85	2.05	2.43	2.42	1.93		
10月	3.29	4.15	3.07	3.13	3.63	3.38	3.94	4.38	3.95		
11月	1.51	2.37	1.49	1.44	1.49	1.46	1.64	1.78	1.53		
12月	1.51	1.47	1.51	1.54	1.41	1.54	1.83	1.73	1.41		
	相対湿度[%]										
1月	17.01	15.76	17.97	15.62	17.80	18.92	14.03	14.23	17.11		
2月	17.01	13.70	17.28	16.42	19.48	19.77	12.86	14.04	16.09		
3月	15.98	19.89	16.81	15.81	14.64	17.66	14.25	14.52	14.69		
4月	16.80	22.37	19.95	20.86	18.62	18.83	15.36	15.37	16.30		
5月	14.10	18.90	17.35	15.56	13.97	14.10	15.63	12.88	12.81		
6月	17.45	15.26	19.90	17.51	14.10	14.22	13.77	13.33	12.69		
7月	12.43	12.73	15.54	12.58	10.97	10.77	13.83	9.17	8.27		
8月	19.80	15.93	19.70	17.69	15.82	19.12	15.48	11.50	15.26		
9月	11.92	15.83	11.91	10.88	10.68	12.09	9.86	8.66	10.15		
10月	15.65	19.54	17.51	16.55	19.16	17.95	12.38	14.00	19.26		
11月	15.38	17.38	18.13	17.40	16.87	18.34	11.89	14.89	16.83		
12月	16.09	15.36	16.84	15.41	17.57	20.43	13.10	12.38	17.47		



図-3 絶対湿度のマップ化(12月1日1時)

表-2の基準RMSEと比較すると、ほとんどの値は基準に比べ精度が下回っていた。つまり、JMAとの精度の差はさらに大きく、推定精度としては不十分な結果となった。

3.4 アメダスの観測データによる RMSE 値

次に、モデルの作成に用いていない観測所において、3つの推定方法から RMSE値を計算した。基準とともに結果を表-8に示す。

表-8 追加気象官署の推定値の比較

月	各種RMSE	絶対湿度[g/m ³]					相対湿度[%]				
		徳島		香川		高知	徳島		香川		高知
		穴吹	引田	内海	安芸	窪川	穴吹	引田	内海	安芸	窪川
12月	基準	0.69	0.64	0.89	0.81	0.78	8.82	8.90	11.85	10.72	16.45
	MSM	1.45	1.52	1.47	1.64	1.54	18.72	16.52	14.81	17.37	25.40
	AMeDAS	1.09	0.90	0.88	1.04	1.06	12.45	8.92	9.14	11.69	16.97
	Composite	1.32	1.63	1.40	1.56	1.55	18.08	15.76	12.69	15.15	22.38

MSM データを用いた推定の RMSE 値は、5つの地点でも基準より悪かった。また、複合データを用いた推定の RMSE 値は、MSM データを用いた場合に次いで悪かった。これらに対して、気象観測データを用いた推定の RMSE 値は、基準と同程度の精度を得ることができた。このことから、アメダスはおよそ 20 km 間隔で観測点があるので、同様の間隔で絶対湿度と相対湿度を推定できる可能性が示唆された。

4. まとめ

本研究で作成した絶対湿度と相対湿度の推定モデルは入力値に MSMデータを用いた場合、良い精度を得られなかった。しかし、入力値にアメダスの観測データを用いた場合は、MSMの予報値と同程度の精度で絶対湿度と相対湿度を推定できることがわかった。MSMデータを用いて5 kmメッシュで絶対湿度と相対湿度を精度良く推定するためには、MSMデータ自体の精度を向上することが必要であり、モデルの作成に用いる説明変数の再検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 名古屋工業大学プレスリリース:新型コロナウイルス、人口密度と気温・絶対湿度が影響 ～新型コロナウイルスの拡大・収束期間、感染者数・死者数の分析結果について～, 2020.
- 2) ミッシェルジャパン株式会社:相対湿度・絶対湿度とは? 空気&湿度の基礎と換算式の解説, 2021.
https://www.michell-japan.co.jp/blog/blog4_calculate_humidity/
- 3) 気象庁:過去の気象データ検索
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 4) 京大生存圏研究所生存圏データベース
<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp>
- 5) 国土地理院:可降水量の長期時空間変動評価
https://terras.gsi.go.jp/pos_main.php