宇和島市における空の色の画像解析を用いた気象予測

愛媛県立
宇和島東高等学校

背景

宇和島市の地形や風にあった方法で
より正確な気象予報を実現させる

仮説

大気の密度揺らぎで空の色が変化
(レイリー散乱)
→
空の画像の色を解析することで
予測が可能なのではないか

方法

補正のないカメラで空を観測

気象庁より気象情報を取得[1]

空の色と気象情報を解析し
気象予測に用いる条件の決定

条件1:カメラの仰角 → 結果1

条件2: 気象予測可能な時間 と方位角
→ 結果2

得られた条件でガウス関数で再現
色相と天気の関係をグラフ化
→ 結果3

観測方法

観測器具

カメラ(PENTAX K-5II) ;シャッタースピード 適正、GPS器具
三脚 分度器 クリノメーター 方位磁針 角度測定器[図1]

観測時刻

8:00 13:00 17:00

観測場所

宇和島東高等学校
特別教棟4階ベランダ
(33.22°N, 132.56°E)

観測期間

夏	2018/ 7/31	～	2018/ 8/29
秋	2018/11/ 6	～	2018/11/28
冬	2018/12/13	～	2018/12/21
	2019/ 1/ 8	～	2019/ 1/17
春	2019/ 5/22	～	2019/ 6/21

梅雨入り前[2]

解析方法

雲以外のところの色相を測定

空の色の数値化に用いたソフト
SILKYPIX DEVELOPER STUDIO 6

天気ごとにσと平均値μを算出

σが最も小さくなる条件を選出

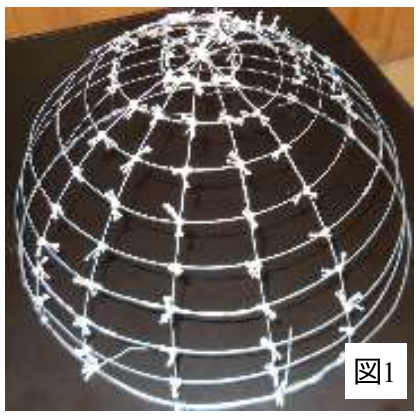


図1

太陽光がレイリー散乱を繰り返し、観測地点までたどり着く
→ 大気の状態によって色相がガウス分布になる

条件1

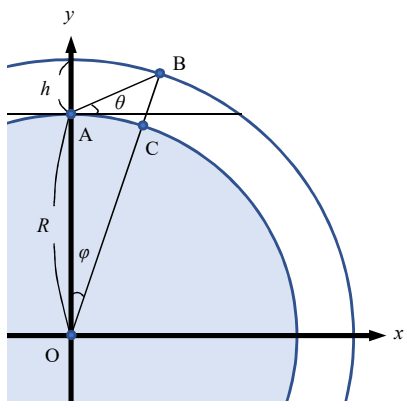


図2 地球と大気の模式図

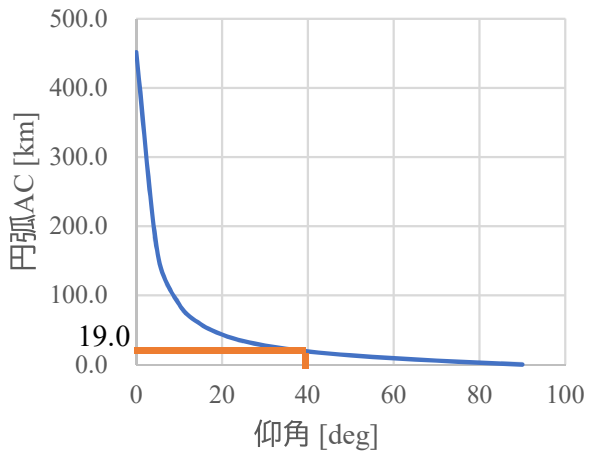


図3 仰角と円弧ACの長さの関係

Bの座標(x_B, y_B)とすると

$$R\varphi \fallingdotseq R\tan\varphi = R\frac{x_B}{y_B} = \frac{-R\sin\theta\cos\theta + \cos\theta\sqrt{R^2\sin^2\theta + h(h+2R)}}{R\cos^2\theta + \sin\theta\sqrt{R^2\sin^2\theta + h(h+2R)}}R$$

NEDO 3次領域平均風速値データ[3]で宇和島東高校の
位置の風速を調べると年間平均風速5.3m/s ≒19 km/h
↓
40°で行うと1時間後の天気と相関があると予想

本研究では40°, 45°, 50°の比較を行い仰角を決定する。
また建物等の影響があるため35°以下の観測は行わない。

結果1

表1 各天気における色相のσの平均値と仰角の関係

仰角	50°	45°	40°
σの平均値	5.5	4.9	5.1

45°が最も分散がなく色と天気の関係性が強い

条件2

日本周辺の風

フェレル循環
・・・南から北へ

偏西風
・・・西から東へ

季節風
・・・[夏]南から
[冬]西から
↓
西～南を調査

結果2

表2 方位角 と 各天気における色相の標準偏差 σ の平均値 の関係

	夏		秋		冬		春	
	1時間後	2時間後	1時間後	2時間後	1時間後	2時間後	1時間後	2時間後
W	4.24	4.39	8.02	8.76	1.86	2.55	9.00	9.30
WSW	7.03	4.62	8.93	9.78	9.59	8.40	4.44	3.46
SW	10.75	9.72	2.88	2.88	3.01	3.31	3.85	3.38
SSW	2.56	2.61	1.03	1.03	3.46	3.92	3.47	2.98
S	4.04	2.53	1.66	2.86	2.44	2.06	7.17	5.76

赤字は各季節の標準偏差が最も小さく関係性が強い

結果3 (色相に対する天気の割合／時刻・季節)

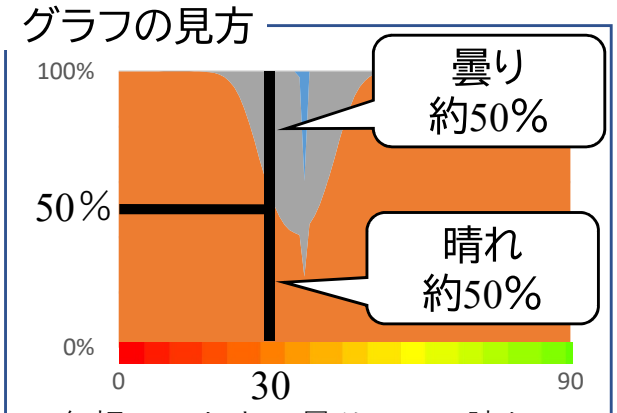
各天気の分布$f(x)$について次式を使用

$$f_{晴れ}(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{晴れ}}\exp\left\{-\frac{(x-\mu_{晴れ})^2}{2\sigma_{晴れ}{}^2}\right\},\ f_{曇り}(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{曇り}}\exp\left\{-\frac{(x-\mu_{曇り})^2}{2\sigma_{曇り}{}^2}\right\},\ f_{雨}(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{雨}}\exp\left\{-\frac{(x-\mu_{雨})^2}{2\sigma_{雨}{}^2}\right\}$$

各天気の確率$P(x)$について次式を使用

$$P_{晴れ}(x)=\frac{f_{晴れ}(x)}{f_{晴れ}(x)+f_{曇り}(x)+f_{雨}(x)}\times 100,\ P_{曇り}(x)=\frac{f_{曇り}(x)}{f_{晴れ}(x)+f_{曇り}(x)+f_{雨}(x)}\times 100,\ P_{雨}(x)=\frac{f_{雨}(x)}{f_{晴れ}(x)+f_{曇り}(x)+f_{雨}(x)}\times 100$$

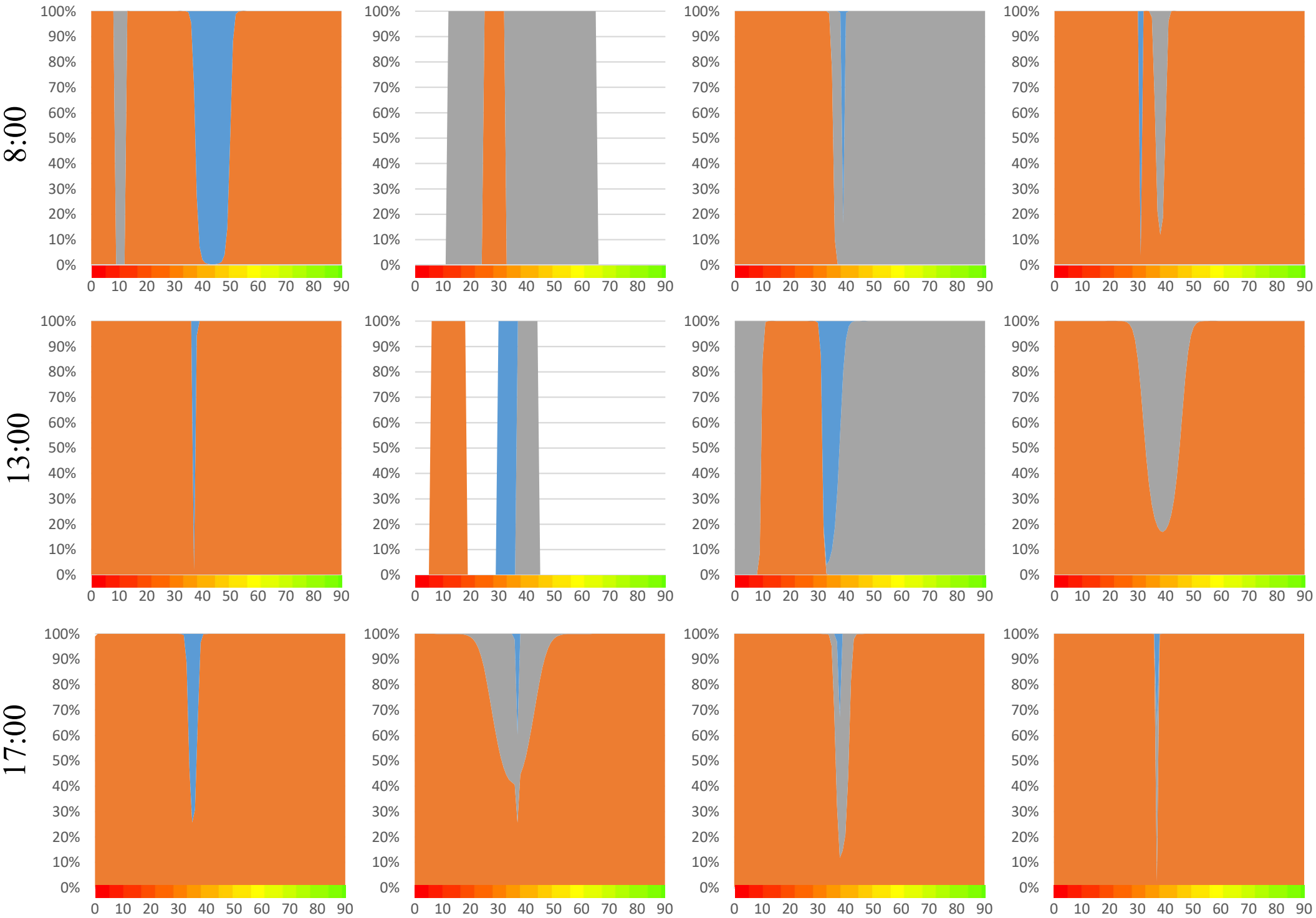
グラフの見方



⇒色相30のとき、曇り50%・晴れ50%

■晴れ ■曇り ■雨　縦軸:確率[%]　横軸:色相

夏2時間後の天気との関係　秋2時間後の天気との関係　冬1時間後の天気との関係　春2時間後の天気との関係



考察

●夏は南と相関が強く、冬は西と相関が強い
↳仮説通り季節風の影響を強く受けたと考えられる

●冬以外は2時間後の天気との相関が強い
↳宇和島市の大気は冬を除いて年間平均風速より遅く運ばれることが考えられる

●春の色相の分散が他の季節より大きい
↳エアゾル量を調べると春が他の季節より1.5倍以上大きい(表3)
↳ エアゾルによる散乱の影響を大きく受けたことが考えられる

●夏と冬は雨になりやすい色相が近い値(35～40付近)
↳雨に天候が変化する場合、1日を通して大気の状態が近いと考えられる

表3　各季節における観測日のエアゾルの平均値[4]

	エアゾル		
	PM1 [μg/m³]	PM2.5 [μg/m³]	PM10 [μg/m³]
夏	5.2	8.7	13.5
秋	6.5	8.7	12.3
冬	10.0	14.5	19.5
春	15.4	21.4	30.3

今後の課題

・より正確な確率分布を考えたい　→　観測日や各天候におけるデータ数を増やす

・曇り等の天候の定量化を行いたい　→　気温・湿度のデータの使用し、天気を連続的な数値で表す

参考文献

[1] 気象庁 過去の気象データ・ダウンロード https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php
[2] 気象庁 昭和26年(1951年)以降の梅雨入りと梅雨明け(確定値):四国 https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/baiu/kako_baiu05.html
[3] NEDO 3次領域平均風速値データ http://app8.infoc.nedo.go.jp/nedo/wind_search
[4] CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring System)Copernicus / European Commission + ECMWF https://earth.nullschool.net/jp