

観光分野における気象データ利用と社会実装

(雲海AI予報システムの紹介)

大橋 唯太

(岡山理科大学 生物地球学部)



■ 大橋 唯太(おおはし ゆきたか)

所属:岡山理科大学 生物地球学部 生物地球学科

職位:教授

■ 学位:博士(理学) 京都大学で2002年に取得

■ 所属学会:日本気象学会、日本生気象学会、日本疫学会、
American Meteorological Society (アメリカ気象学会)
International Association for Urban Climate (国際都市気候学会) など

■ 専門分野: 局地風や霧など、地表に近い気象 -局地気象学-
熱中症や循環器疾患など、健康と気象の関係 -生気象学-
都市のヒートアイランドや大気汚染など、都市気候学

AIを活用した研究





■ 大橋 唯太(おおはし ゆきたか)

所属:岡山理科大学 生物地球学部 生物地球学科

職位:教授

■ 出身:岐阜県中津川市 (馬籠宿、栗きんとんが有名)



中津川市HP(<https://nakatsugawa.town/>)より引用



苗木城跡
『日本のマチュピチュ』

中津川市HP(<https://nakatsugawa.town/>)より引用





講演概要

講演概要

気象データは、観光分野でも重要な情報として活用されています。

日本全国には雲海スポットがたくさん存在しており、シーズンになると多くの観光客やカメラマンが幻想的な光景を楽しみに集まってきます。

しかし雲海は気象条件に大きく左右されるため、事前に予報情報があると個人の旅行や地域の観光事業でも役に立ちます。

これまで講演者が取り組んできている雲海AI予報システムの開発と、その運用を通しての地域との連携事例を紹介したいと思います。



雲海は景観である

雲海は景観である

- 雲海は気象の用語ではない(上野, 2025) ← 十種雲形に含まれていない。
- 観察者の眼下に雲が広がって見える景観。 **雲海 = 景観用語** として定義される。
- 竹田城、越前大野城、備中松山城などは『天空の城』の景観が有名。



お城

+



山

+



紅葉

+



日の出

+



雲海

- 地域によって組み合わせが様々であり、見晴らしの良い高台に多くの人が集まる。
- 地域にとって、**観光コンテンツのひとつ**になり得る。



展望台からの景観

展望台からの景観

苗木城跡の眺望

(朝日＋恵那山＋木曾川の雲海)



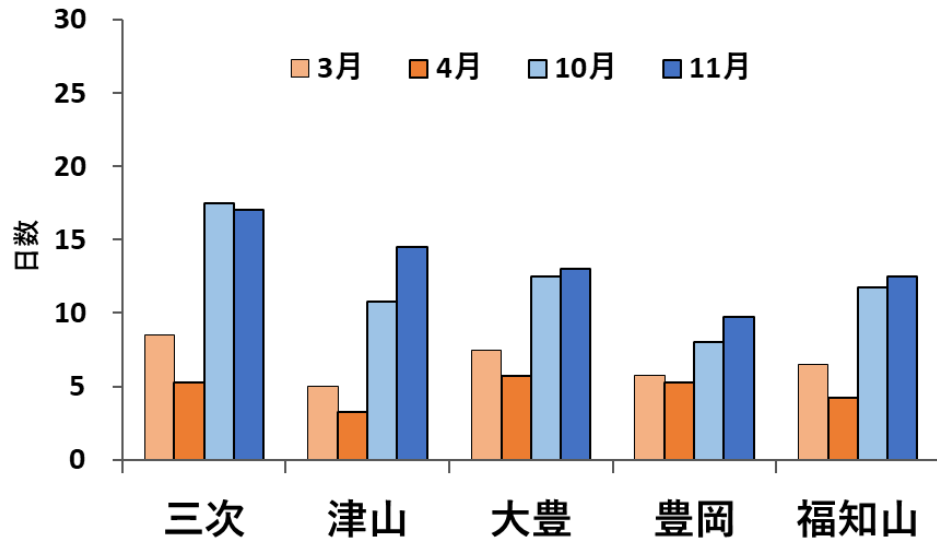
備中松山城展望台の眺望
(山城＋雲海 = 天空の城)



気象衛星から撮影される雲海（中・四国～近畿）

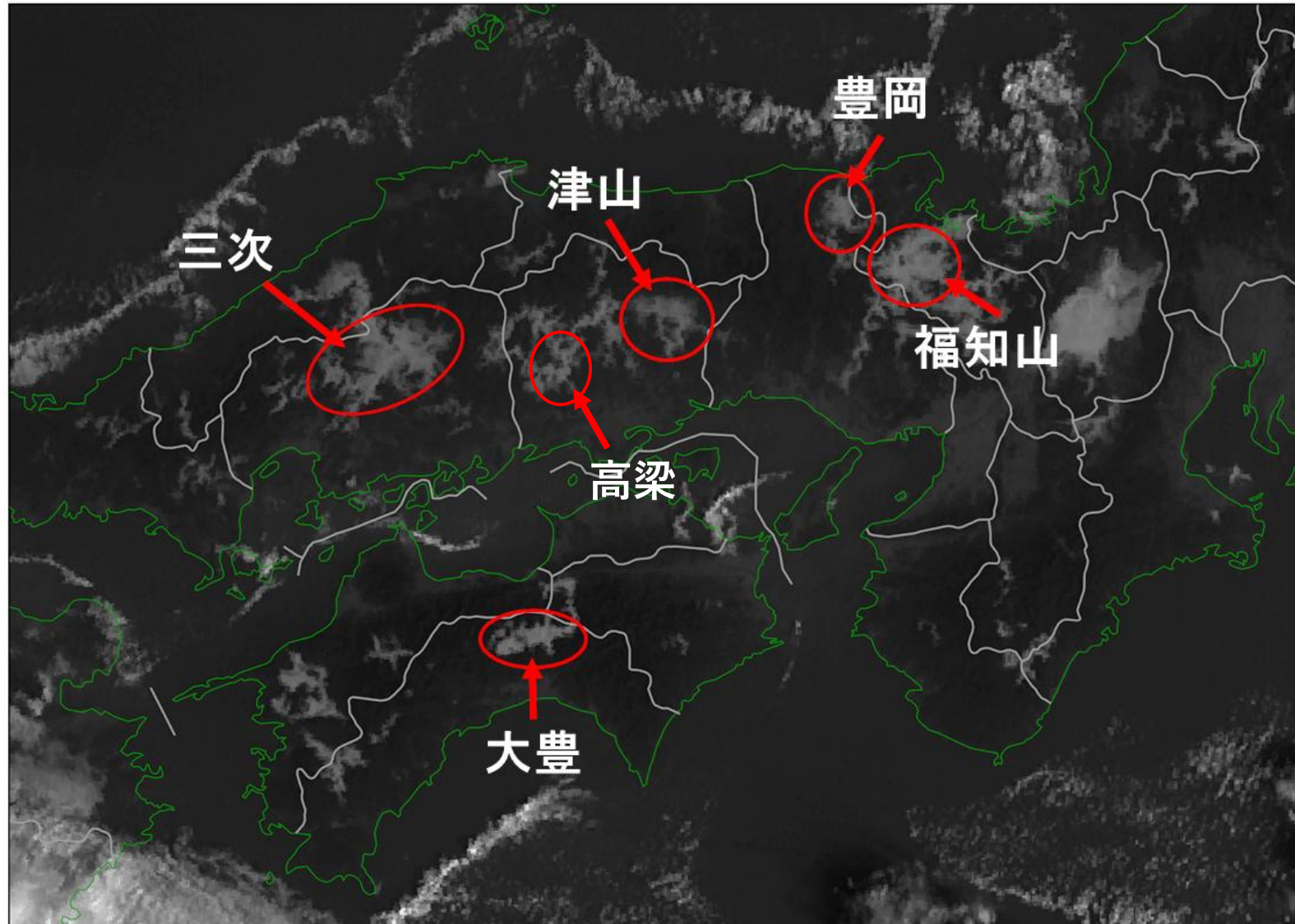
気象衛星から撮影される雲海（中・四国～近畿）

各地域の月平均発生数（2020-2023）



同じ気候でも春よりも秋のほうが雲海を多く見られる。

※ 原・大橋（2026）『天気』より





写真を表示

高谷山霧の海展望台

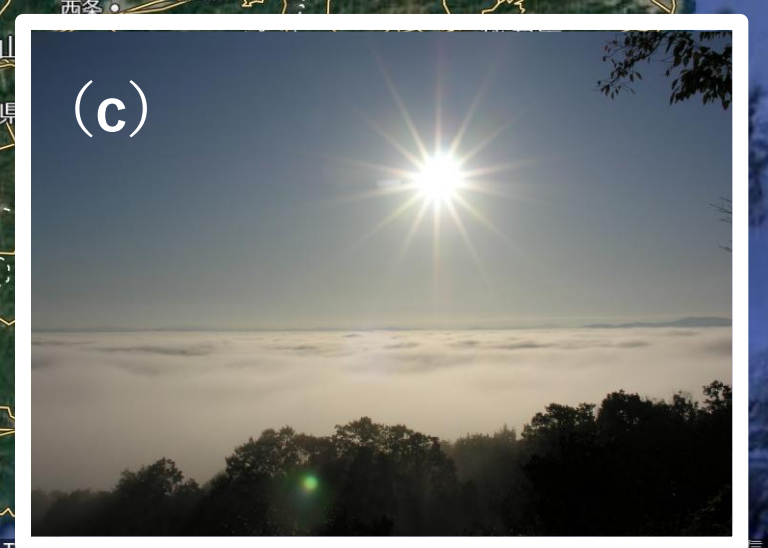
4.4 ★★★★★ (184)
展望台・🗺️

概要 クチコミ 基本情報

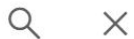
- ルート・乗換
- 保存
- 付近を検索
- モバイルデバイスに送信
- 共有

- 〒728-0025 広島県三次市栗屋町
- QRWF+CQ 三次市、広島県
- マップのアクティビティ
- ラベルを追加

情報の修正を提案



備中松山城展望台



備中松山城展望台

4.1 ★★★★★ (756)

展望台・🚶

概要

クチコミ

基本情報



ルート・乗換



保存



付近を検索



モバイルデバイスに送信



共有

〒716-0051 岡山県高梁市松山

24 時間営業

成人の日は営業時間が異なる場合があります

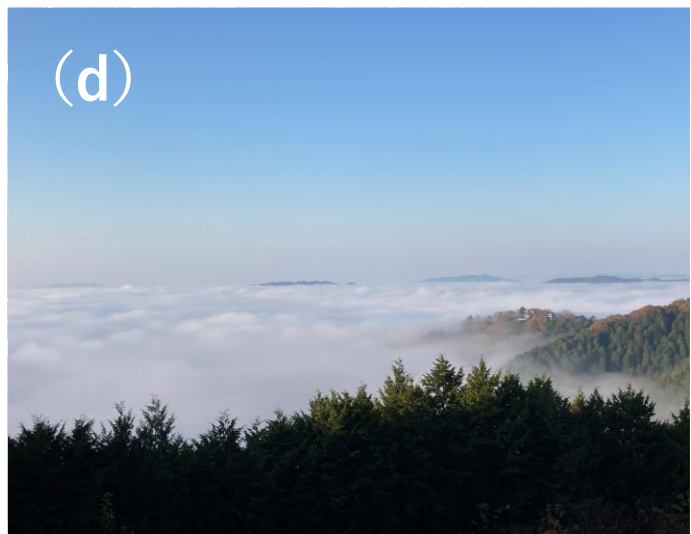
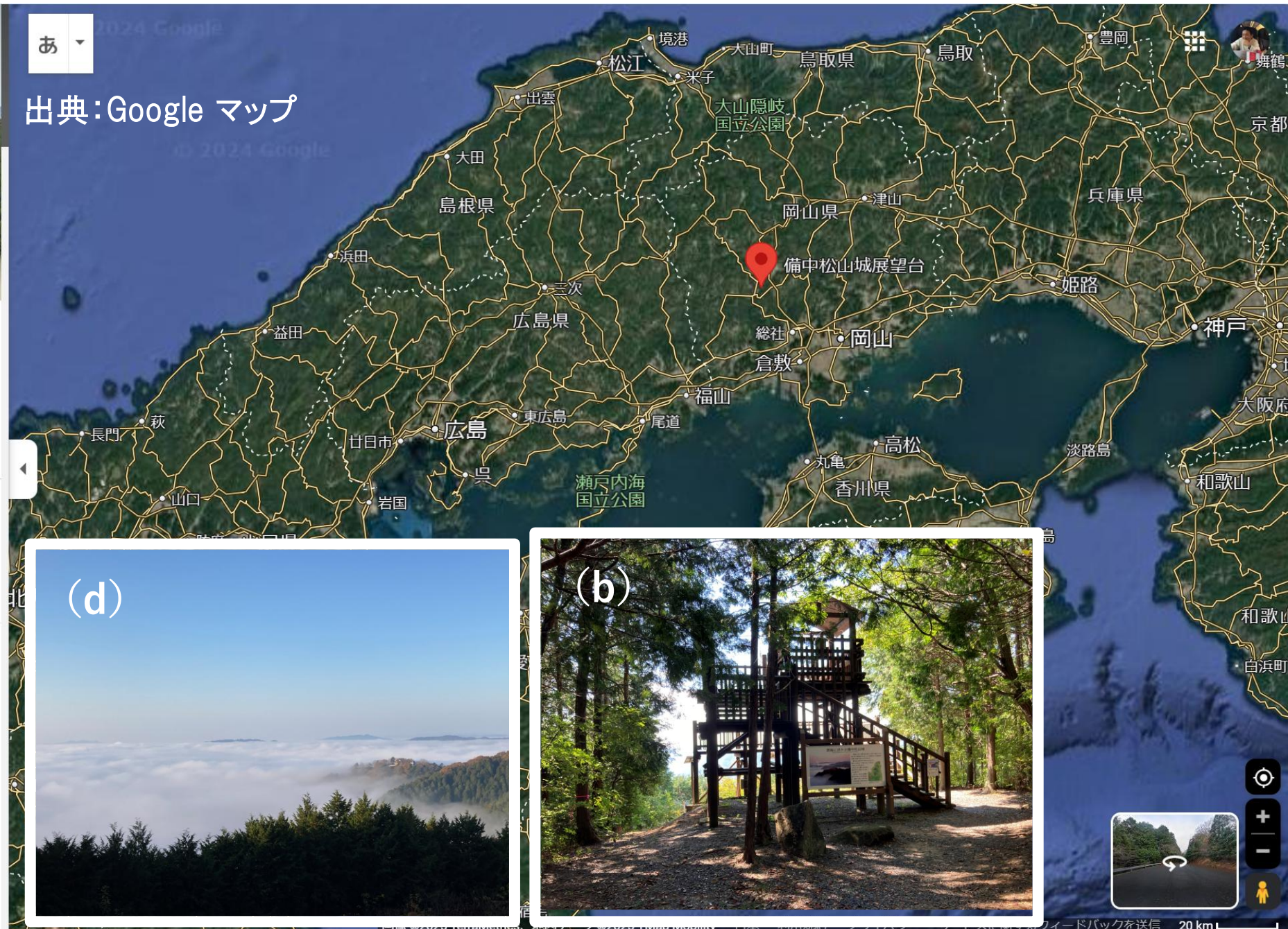
0866-21-0217

RJ7M+C6 高梁市、岡山県

ビジネス オーナーですか？

あ

出典: Google マップ

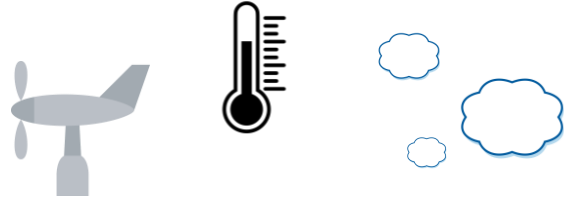


20 km

雲海AI予報の流れ

雲海AI予報の流れ

気象庁が配信する
数値予報データ



オンラインWebデータを
自動収集



Python言語



WebサイトやSNSを
通して自動発信

1日3回の情報更新（15時頃、20時頃、21時頃）

雲海の発生確率

5/1(月)	5/2(火)	5/3(水)	5/4(木)	5/5(金)	5/6(土)	5/7(日)
20%	20%	40%	70%	90%	10%	0%

AI予報に必要な気象要素

- 気温
- 風速
- 日照時間
- 降水量
- 露点温度
- 雲量 など

AIアーキテクチャ

学習モデルのビルディング
↓
パラメータ・チューニング
↓
ベストモデルの探索

予報プロダクト

雲海の週間予報を実行
↓
発生確率(%)を計算



雲海AI予報の例

雲海AI予報の例

インバウンド向けに
英語版画面へ切り替え可能

備中松山城の雲海

▶ 製作者情報
著作権など

備中松山城 三次 その他

JP EN English

雲海	週間	2/28(土)	3/1(日)	3/2(月)	3/3(火)	3/4(水)	3/5(木)	3/6(金)
	確率		70%	70%	45%	25%	25%	25%

最終更新日時
2026/02/27 21:36

雲海AI予報の例

雲海AI予報の例

前日に公開される多分類予報の様子
※ 備中松山城の『天空の城』予報

明日 10月2日(木) 早朝の発生確率

天空の城がみられる確率

75 %

天空の城にならない雲海の確率

17 %



発生確率	週間予報	10/2(木)	10/3(金)	10/4(土)	10/5(日)	10/6(月)	10/7(火)	10/8(水)
	雲海		90 %	35 %	5 %	35 %	40 %	50 %



AIで学習させる過去の景観

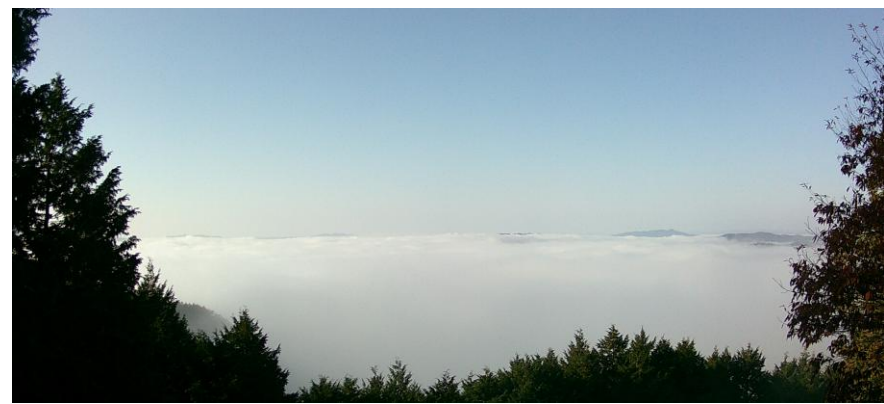
AIで学習させる過去の景観

■ 備中松山城展望台からの景観

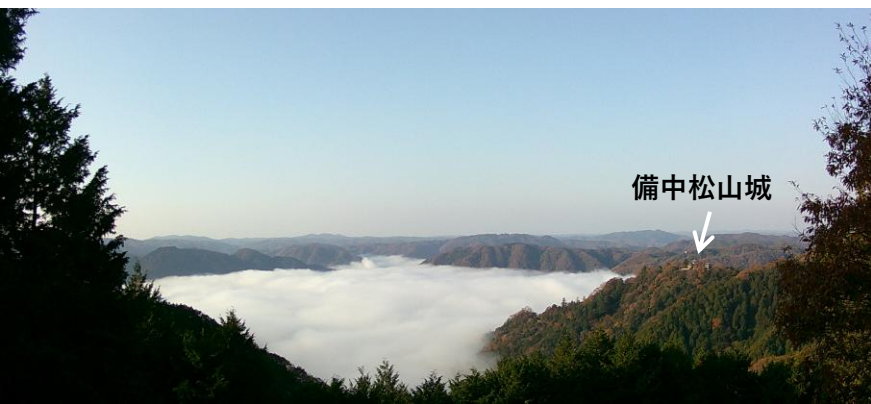
(a) 雲海が発生していない日



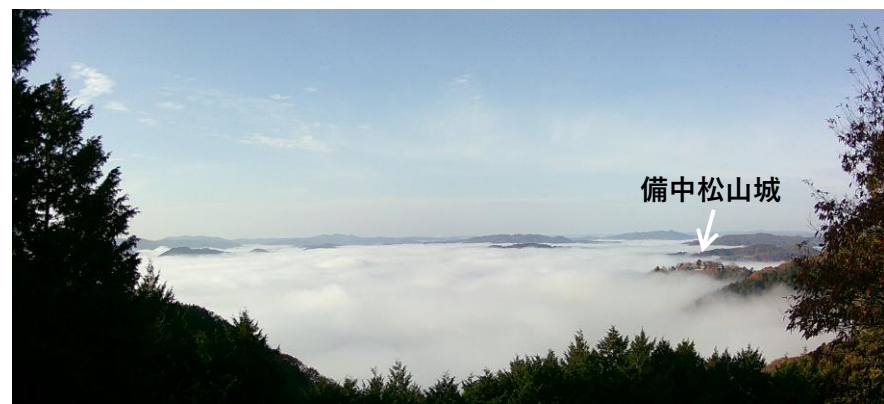
(b) 天空の城にならない雲海 ①



(c) 天空の城にならない雲海 ②



(d) 天空の城になる雲海




※ 展望台にトレイルカメラを設置して、独自に画像を取得。



AI予報の精度(2023年度シーズンの例)

AI予報の精度(2023年度シーズンの例)

※ 2018～2022年度の情報を学習して、2023年度を予報した結果。

 三次の雲海	観測日数	捕捉日数	捕捉率
雲海が発生	42	36	85.7 %
雲海が発生しない	29	20	69.0 %
総日数	71	56 *	78.9 % *

※ 2022年度の情報を学習して、2023年度を予報した結果。



備中松山城の雲海	観測日数	捕捉日数	捕捉率
『天空の城』の出現 (d)	21	12 (5)	57.1 (23.8) %
『天空の城』にならない雲海 (b) + (c)	35	24 (30)	68.6 (85.7) %
雲海が発生しない (a)	34	22 (9)	64.7 (26.5) %
総日数	90	58 (44) *	64.4 (48.9) % *

(括弧内の数値)
 学習データが少ないため、予報精度が良くない。
 そこで、2023年の過去になった日の情報も逐次追加して学習モデルを更新していった結果を示している。



AI予報の精度(2023年度シーズンの例)

AI予報の精度(2023年度シーズンの例)

確率予報の結果

AIは自信をもって当てられている!

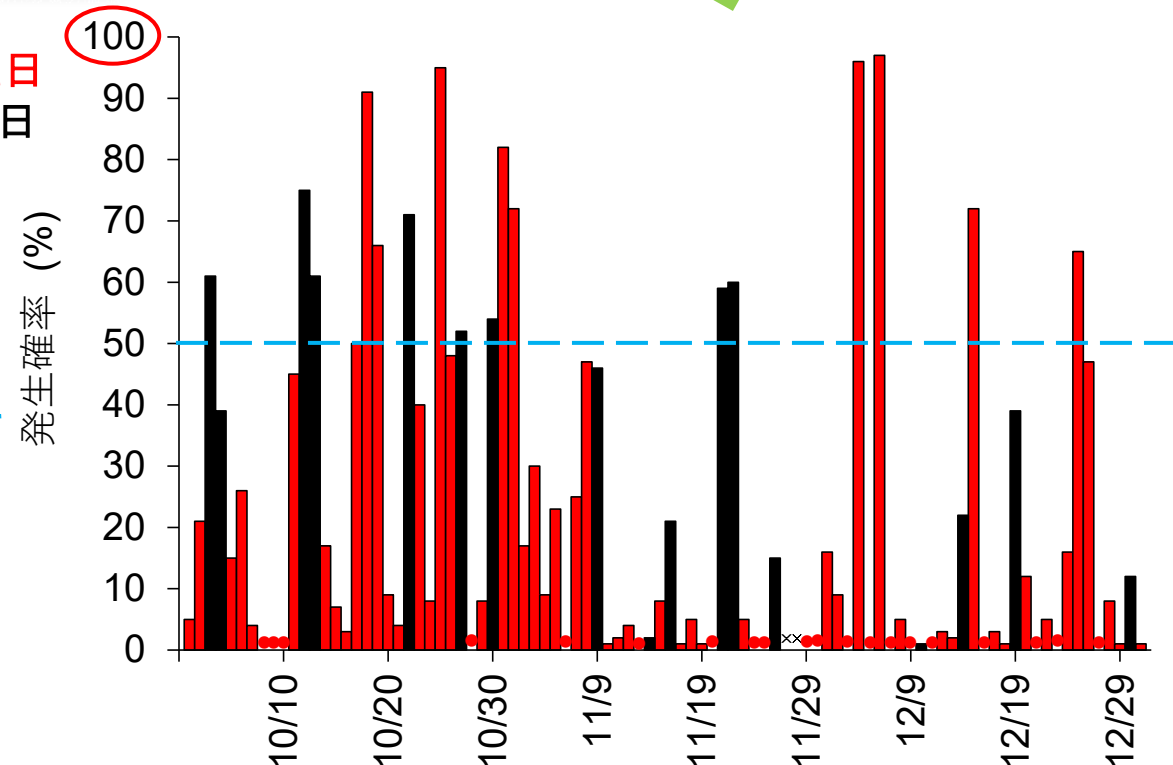
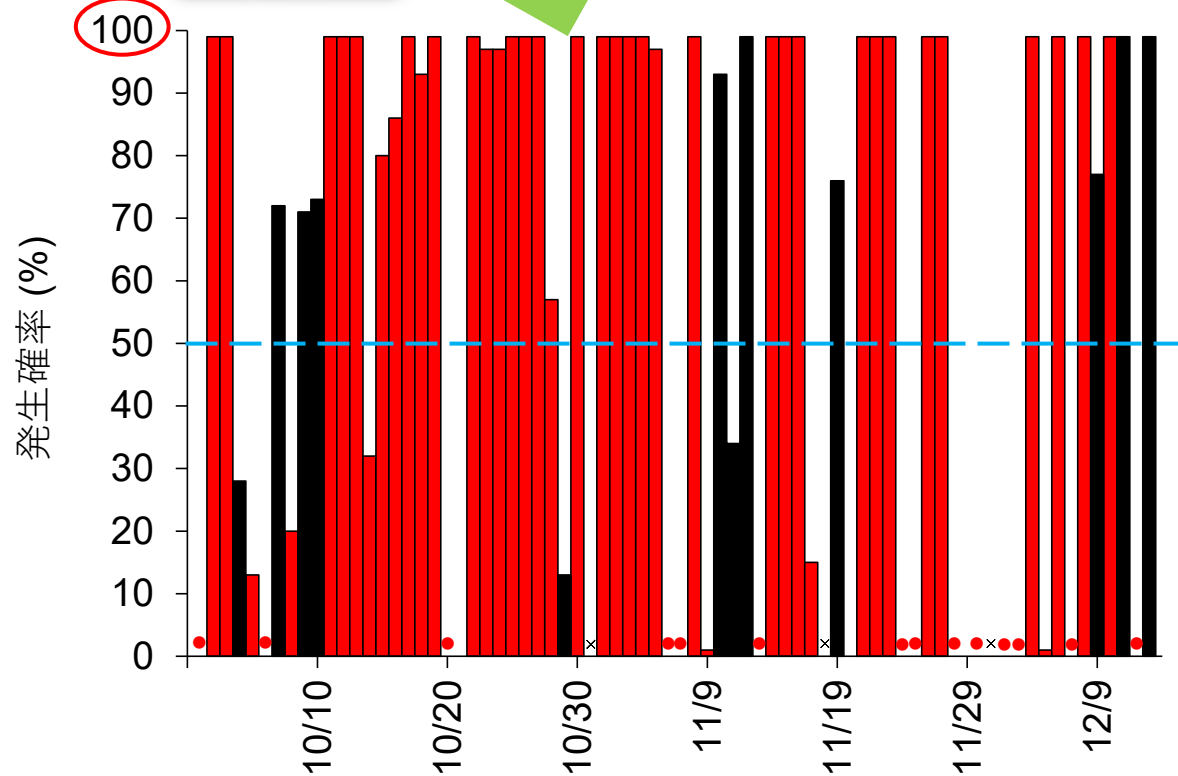
まだAIは自信がないときが多い...



三次の雲海の発生確率



備中松山城の「天空の城」の発生確率





予報と現実を比べて (2025年度シーズン速報;三次)

三次の雲海の発生確率%

予報と現実を比べて (2025年度シーズン速報;三次)

0:雲海なし
1:雲海あり

自信をもって当てた日 当てた日

0:雲海なし
1:雲海あり

1日前 2日前 3日前 4日前 5日前 6日前 7日前

学習7年分 実際	1日先(3回目)	2日先(3回目)	3日先(1回目)	4日先(2回目)	5日先(2回目)	6日先(2回目)	7日先(2回目)
9月20日	0	0	0	4	28		
9月21日	1	45	70	59	82	76	
9月22日	1	90	90	90	78	80	56
9月23日	0	5	5	40	30	75	72
9月24日	0	0	0	5	50	15	41
9月25日	0	0	0	0	15	15	35
9月26日 Oor1		60	65	55	65	50	50
9月27日	1	65	65	85	60	45	85
9月28日	0	50(50未満)	80	95	45	15	30
9月29日	0	0	0	5	20	20	60
9月30日	1	95	100	80	80	85	85
10月1日	1	95	95	95	80	50	25
10月2日	1	95	100	90	85	85	85
10月3日	0	10	70	5	20	25	25
10月4日	0	0	0	0	20	55	15
10月5日	0	5	60	0	20	70	60
10月6日	1	40	95	10	60	70	40
10月7日	1	15	10	90	80	80	70
10月8日	0	10	25	20	55	65	30
10月9日	0	5	10	0	20	35	80
10月10日	1	85	95	100	80	30	15
10月11日	0	45	75	70	80	70	85
10月12日 1(霧中)		85	75	5	80	80	85
10月13日	0	15	10	20	55	20	80
10月14日	1	85	60	80	85	85	65
10月15日	0	25	20	10	55	45	80
10月16日	0	5	0	0	35	40	80
10月17日	0	60	100	100	85	85	40
10月18日	0	15	15	50	20	15	35
10月19日	0	0	25	5	30	45	35
10月20日	0	15	95	95	35	45	35

1日前 2日前 3日前 4日前 5日前 6日前 7日前

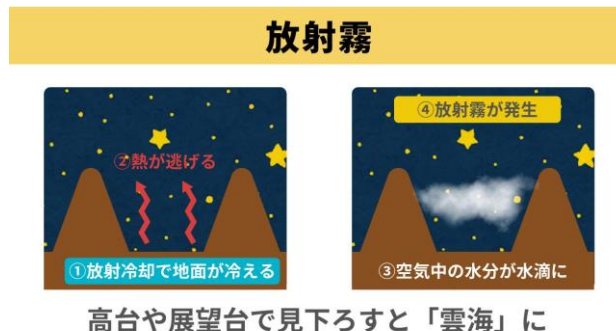
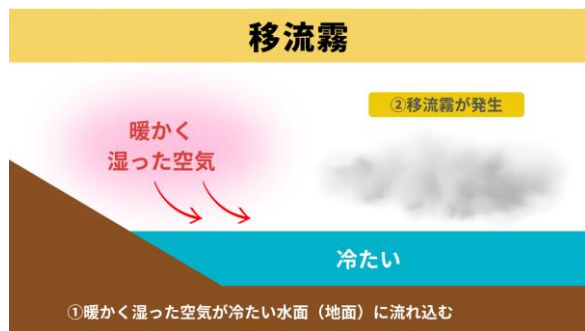
学習7年分 実際	1日先(3回目)	2日先(3回目)	3日先(1回目)	4日先(2回目)	5日先(2回目)	6日先(2回目)	7日先(2回目)
10月21日	0	0	15	70	55	30	55
10月22日	0	30	75	95	20	20	20
10月23日	1	75	95	95	25	25	75
10月24日	1	75	80	90	80	80	75
10月25日	0	60	60	100	80	80	65
10月26日	1	40	80	0	35	30	75
10月27日	1	95	95	45	70	65	75
10月28日	1	90	80	80	55	60	45
10月29日	1	95	100	95	85	85	85
10月30日	1	100	95	95	75	85	85
10月31日	0	5	15	5	20	35	25
11月1日	1	100	90	90	25	65	50
11月2日	1	95	95	95	75	70	85
11月3日	0	0	0	0	25	65	80
11月4日	1	100	100	100	85	85	75
11月5日	1	80	95	75	25	50	25
11月6日	1	100	90	85	30	30	20
11月7日	1	100	100	95	85	85	75
11月8日	1	95	75	90	60	80	80
11月9日	0	京大MSM停止	0	0	35	25	25
11月10日	0	0	京大MSM停止	60	45	30	30
11月11日	1	45	100	京大MSM停止	85	80	80
11月12日	1	100	100	100	京大MSM停止	85	85
11月13日	0	15	10	50	30	京大MSM停止	25
11月14日	1	100	95	95	50	60	京大MSM停止
11月15日	1	100	100	95	85	85	85
11月16日	1	85	90	95	85	80	85
11月17日	1	95	55	95	75	80	15
11月18日	0	0	5	0	25	15	25
11月19日	0	15	30	20	40	60	50
11月20日	1	85	45	95	75	75	80

雲海予報システムの独創性

雲海予報システムの独創性

- その地域で求められる景観を予報できるAIを**ハンドメイド**で構築するため、**雲海の出現メカニズム**を解明したうえでの予報が可能となる。

その地域で出現する雲海のタイプ(放射霧、移流霧、滑昇霧、層積雲...)によって、AIで用いる気象データ種類や地理的範囲などをあらかじめ吟味しておかないと、予報精度がうまく向上しない。



備中松山城の雲海	
その他	
	2023年11月8日 早朝の発生
	天空の城がみられる確率 75 %
	天空の城にならない雲海の確率 17 %
	雲海が発生しない確率 8 %
	この予報結果の更新日時 2023/11/07 22:20

株式会社ライフビジネスウェザー(<https://sorakura.jp/20241025201/>)より引用

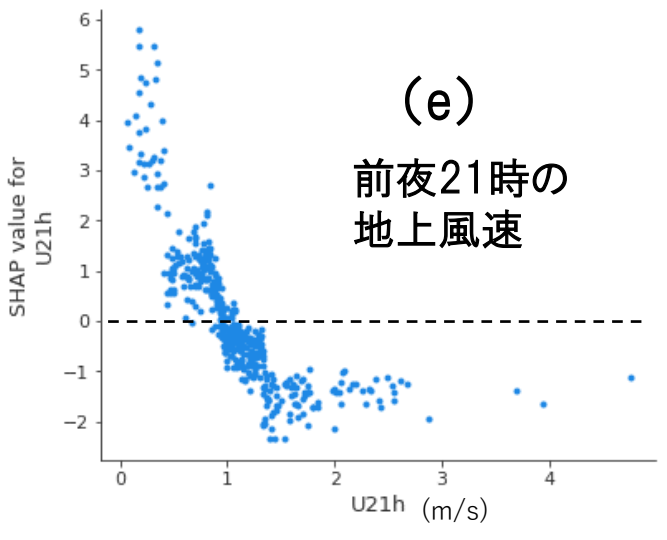
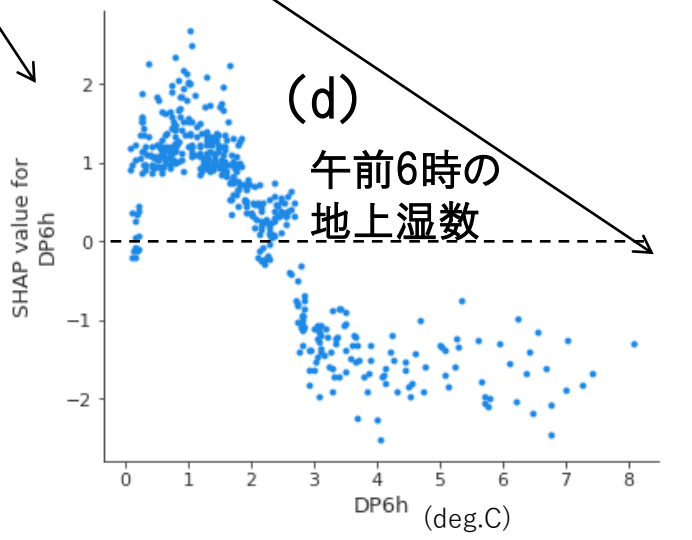
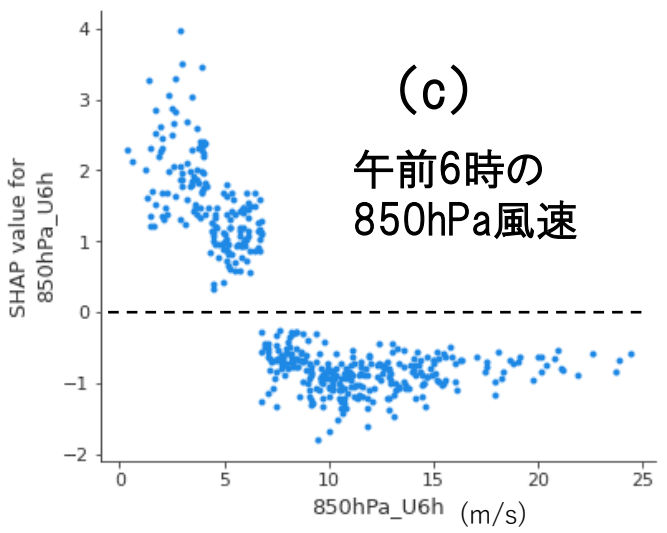
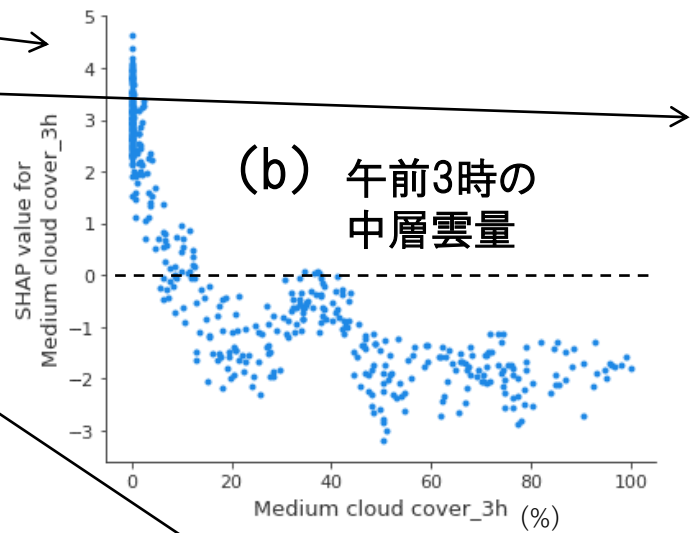
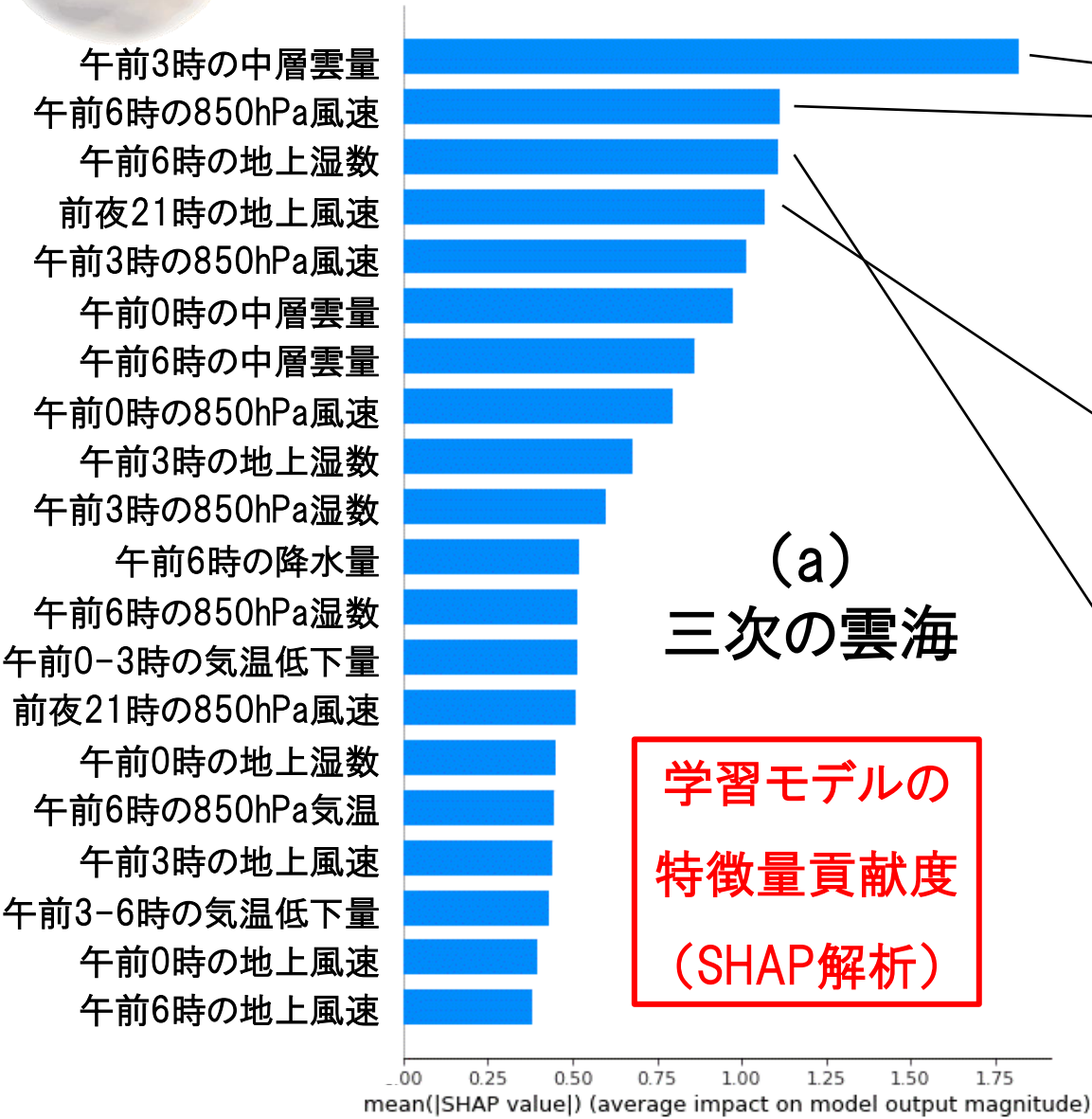
- その地域に適した『**多分類**』の予報の発表が可能となる。



出現メカニズムの解明

出現メカニズムの解明

☐ 雲海が出現するときの気象条件を、AIがどのように学習しているかがわかる！





出現メカニズムの解明

出現メカニズムの解明

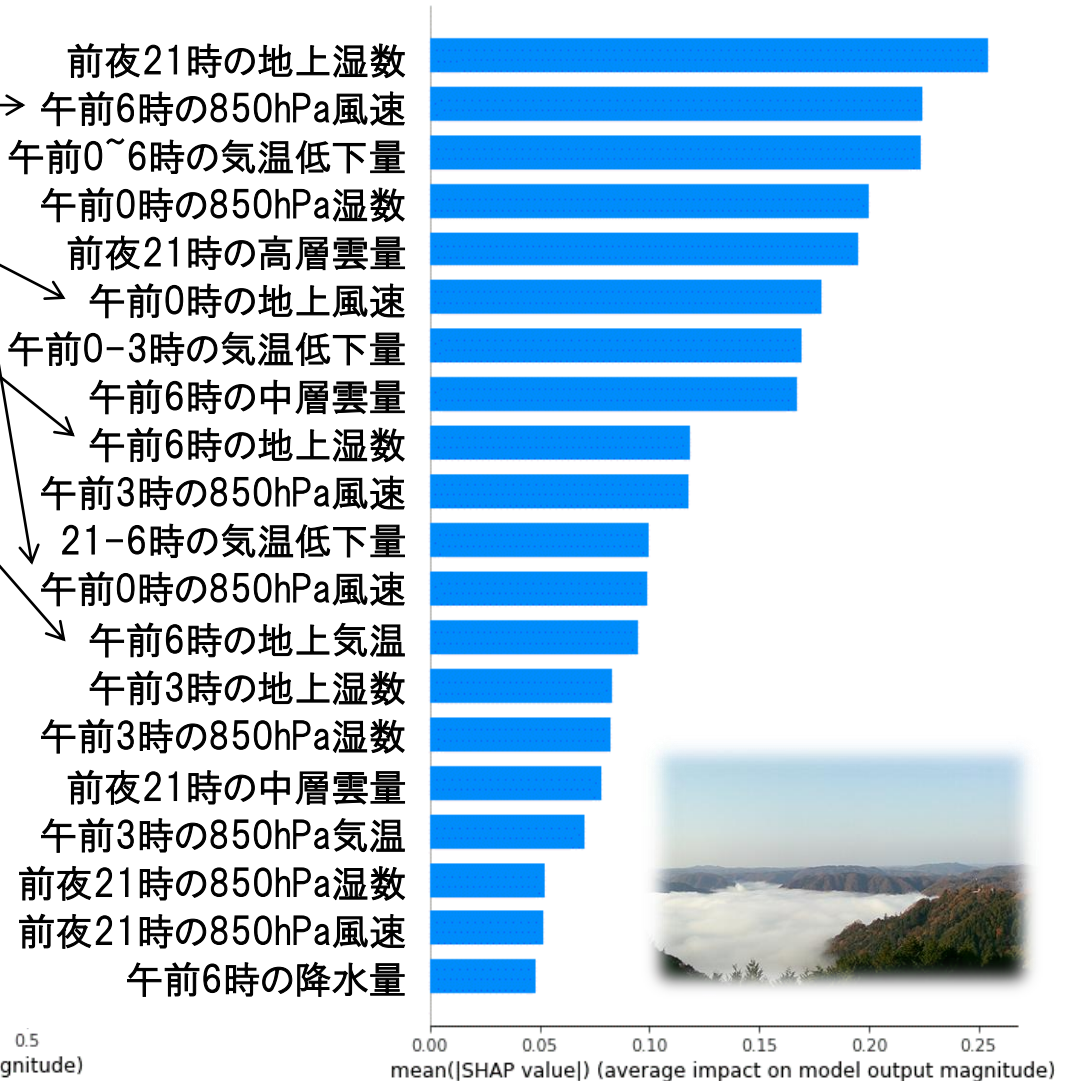
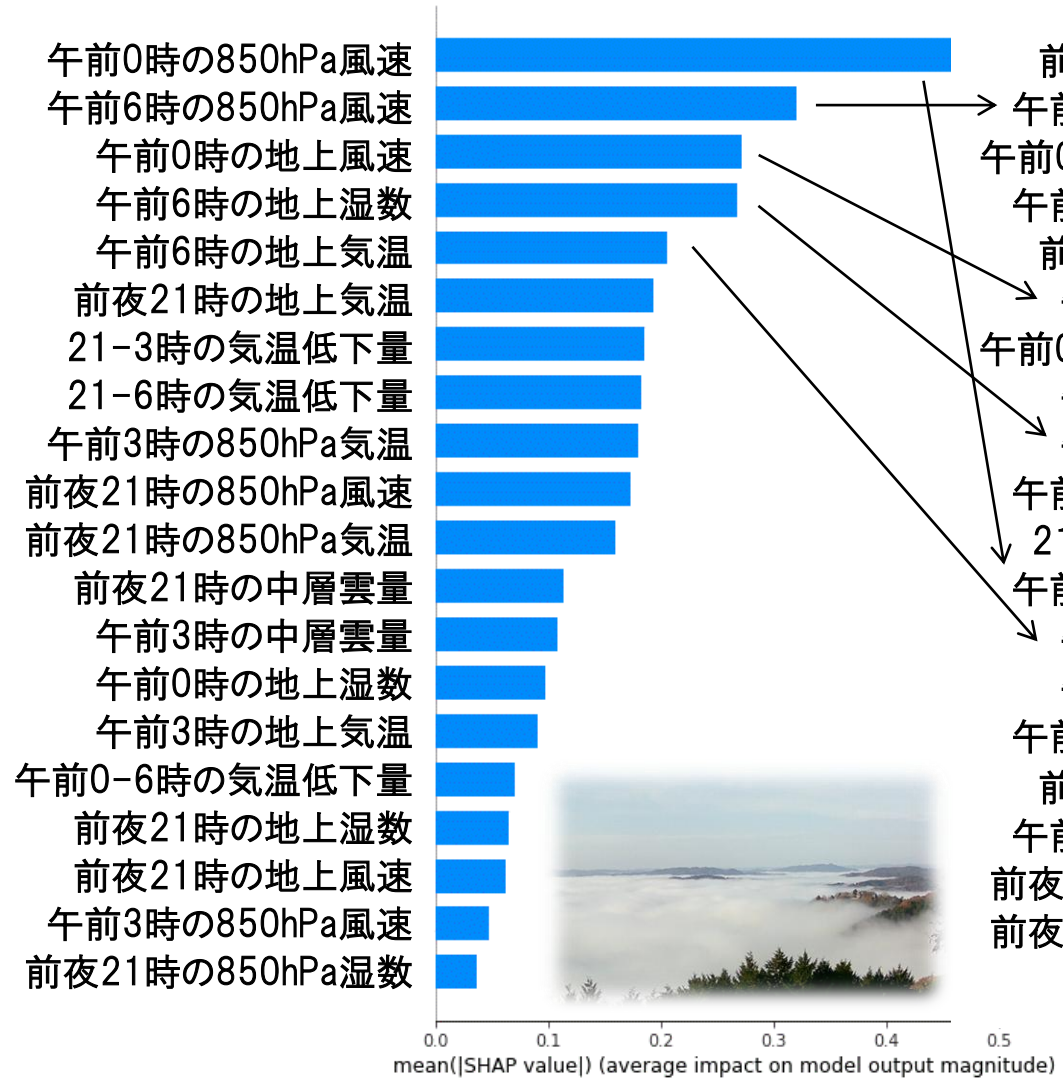
※ 備中松山城

学習モデルの特徴量貢献度

(SHAP解析)

(a) 天空の城

(b) 天空の城にならない雲海





出現メカニズムの解明

出現メカニズムの解明

※ 備中松山城

(a) 午前0時の850hPa風速

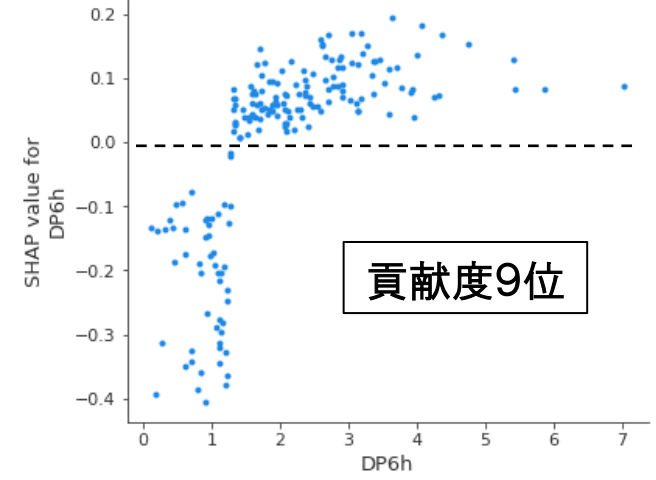
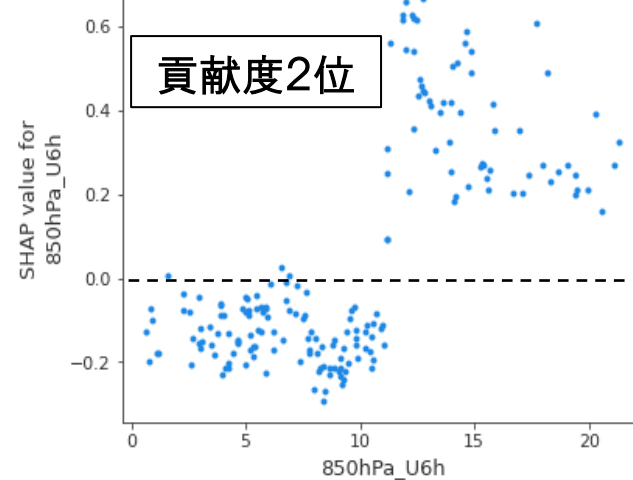
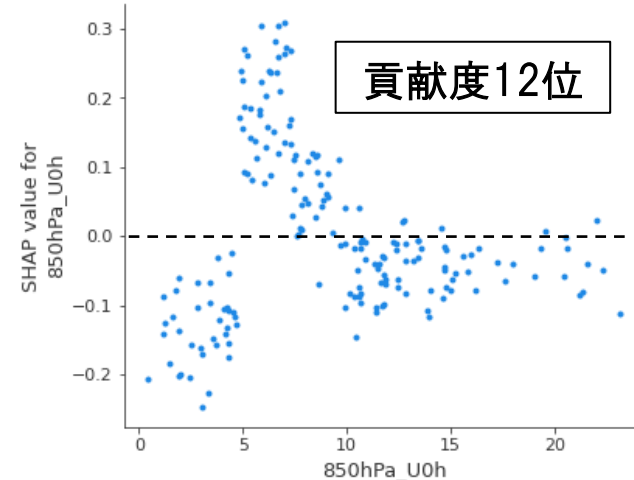
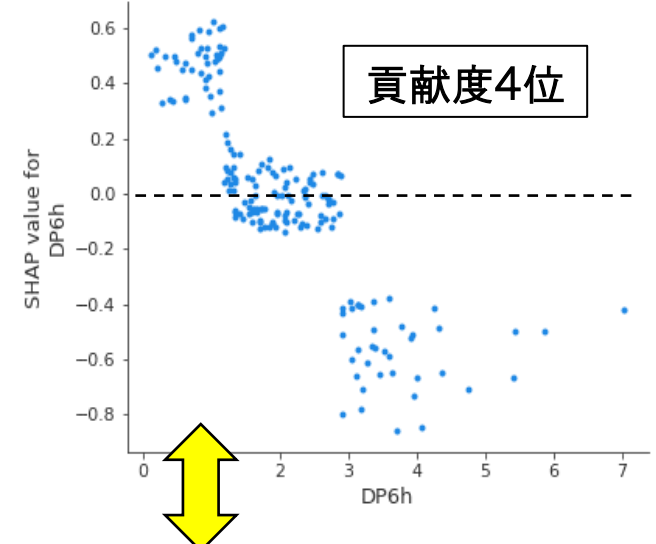
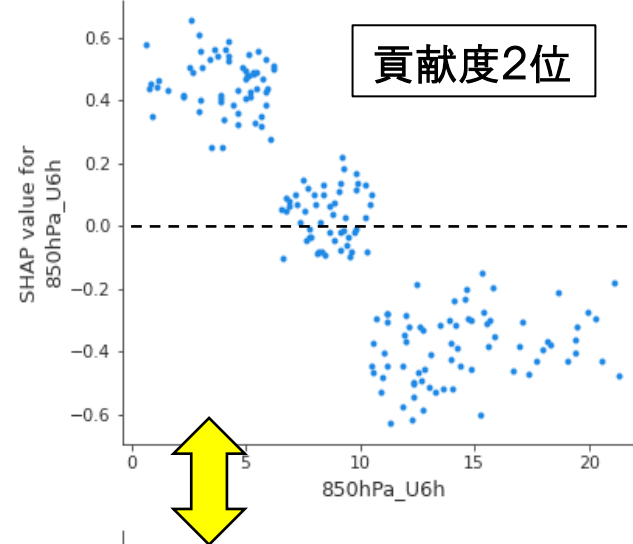
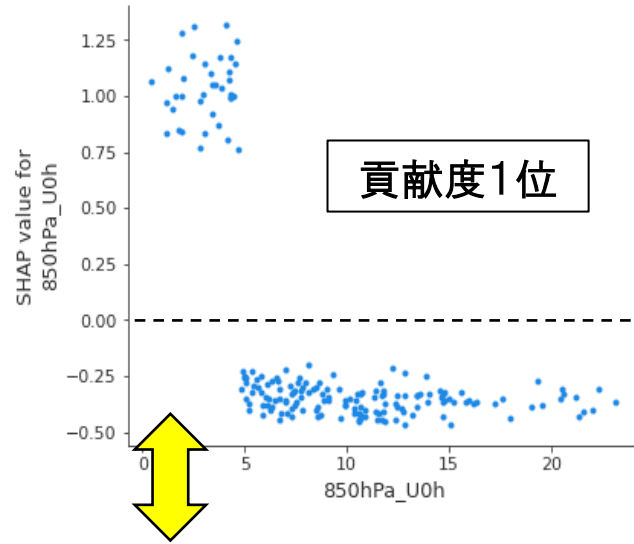
(b) 午前6時の850hPa風速

(c) 午前6時の地上湿数

天空の城



天空の城に
ならない雲海





雲海の形態的な特徴

雲海の形態的な特徴

2026年3月8日 午前7時45分（三次）



上空に雲があると・・・

- ⇒ 雲海の表面からの放射冷却が抑制。
- ⇒ 雲海の表面が滑らか。

2026年3月8日 午前9時20分（三次）



上空に雲がないと・・・

- ⇒ 雲海の表面からの放射冷却が促進。
- ⇒ 雲海の表面が波打つ。

画像：国土交通省 川の防災情報 (<https://www.river.go.jp/index>) より引用

■ **持続する雲海：** 雲海出現後に、上空に層状雲が広がってくると、表面が滑らかな雲海を見られる。

■ **早く消滅する雲海：** 上空に雲がなく青空が広がっていると、表面が波打つ雲海を見られる。

※ 近藤（1994）『水環境の気象学』にも記述あり。



学術論文としての公開

学術論文としての公開

■ 勾配ブースティング機械学習を利用した

雲海予報. 大橋唯太.

環境情報科学学術研究論文集36

(環境情報科学センター),

2022年, No.36, pp.112-117.

■ AI-driven forecasting for morning fog expansion

(sea of clouds). OHASHI Y. and HARA K.

Weather and Forecasting

(American Meteorological Society),

2024年, Vol.39, Issue 10, pp.1387-1398.

AI-Driven Forecasting for Morning Fog Expansion (Sea of Clouds)

YUKITAKA OHASHI^a AND KAZUKI HARA^b

^a Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, Okayama, Japan

^b Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science, Okayama, Japan

(Manuscript received 2 January 2024, in final form 29 May 2024, accepted 15 July 2024)

ABSTRACT: This study attempted to forecast the morning fog expansion (MFE), commonly referred to as the “sea of clouds,” utilizing an artificial intelligence (AI) algorithm. The radiation fog phenomenon that contributes to the sea of clouds is caused by various weather conditions. Hence, the MFE was predicted using datasets from public meteorological observations and a mesoscale numerical model (MSM). In this study, a machine learning technique, the gradient-boosting method, was adopted as the AI algorithm. The Miyoshi basin in Japan, renowned for its MFE, was selected as the experimental region. Training models were developed using datasets from October to December 2018–21. Subsequently, these models were applied to forecast MFE in 2022. The model employing the upper-atmospheric prediction data from the MSM demonstrated the highest robustness and accuracy among the proposed models. For untrained data in the fog season during 2022, the model was confirmed to be sufficiently reliable for forecasting MFE, with a high hit rate of 0.935, a low Brier score of 0.119, and a high area under the curve (AUC) of 0.944. Furthermore, the analysis of the importance of the features elucidated that the meteorological factors, such as synoptic-scale weak wind, temperatures close to the dewpoint temperature, and the absence of middle-level cloud cover at midnight, strongly contribute to the MFE. Therefore, the incorporation of upper-level meteorological elements improves the forecast accuracy for MFE.

SIGNIFICANCE STATEMENT: An AI-driven forecasting model for predicting morning fog expansion (MFE), sea of clouds, which often affects local livelihoods, was constructed. Fog forecasting machine learning techniques were utilized in the Japanese region famous for the morning fog. This study revealed that more accurate forecasting models incorporate numerically predicted weather elements sourced from the public routine system rather than real-time observed weather elements. Notably, the upper-level wind speed reflecting synoptic-scale dynamics, surface dewpoint depression, and middle-level cloud cover play significant roles in governing MFE. Therefore, incorporating upper-level meteorological elements into the features to machine learning is crucial for improving the forecasting accuracy of MFE.

KEYWORDS: Fog; Forecasting; Artificial intelligence; Machine learning

1. Introduction

Fog often influences daily human life, society, and the environment in numerous regions of the world. Previous studies have discussed the positive and negative impacts of fog on agriculture and vegetation (e.g., Baguskas et al. 2018; Qiao et al. 2020) and visibility-induced accidents on highways, at sea, and in aviation (e.g., Singh and Sood 2017; Parde et al. 2022). Several challenges have been identified in fog forecasting using meteorological data. Although numerical weather prediction (NWP) models have been employed to simulate spatiotemporal patterns (e.g., Gultepe and Milbrandt 2007; Román-Cascón et al. 2016; Bari and Bergot 2018; Pahlavan et al. 2021), these methods require user expertise, more time to prepare implementations, and high computational expenses. Furthermore, executing ensemble-based forecasts, which often rely on NWP models (Zhou and Du 2010; Pahlavan et al. 2021; Parde et al. 2022), is hugely time consuming despite being an ideal approach.

Recent advancements in ML (Negishi and Kusaka 2022) have demonstrated the superiority of ML methods over statistical models in predicting radiation fog. Castillo-Botón et al. (2022) also indicated difficulty in forecasting fog by regression models compared with ML techniques as the structure of the fog-event datasets is highly nonlinear. Therefore, ML fog forecasting not only offers a more accurate and practical alternative to statistical models but is also easier and simpler than the NWP models.

Radiation fog, a typical land-based fog phenomenon, frequently occurs during the cold season, which decreases with nighttime temperature. Numerous studies have focused on elucidating radiation fog, and the underlying occurrence mechanism has been identified from the perspective of the meteorological background (e.g., Roach et al. 1976; Ohta and Tanaka 1986; Duynkerke 1991; Zhou and Ferrier 2008; Smith et al. 2018; Price 2019). Researchers have highlighted the intensity of surface radiative cooling and weak wind or calm



産業技術としての知財査定

産業技術としての知財査定

■ 2022年に特許出願(特願2022-080258)

発明名称: 雲海発生予測システム、雲海発生予測方法及び雲海発生予測プログラム

発明者: 大橋唯太

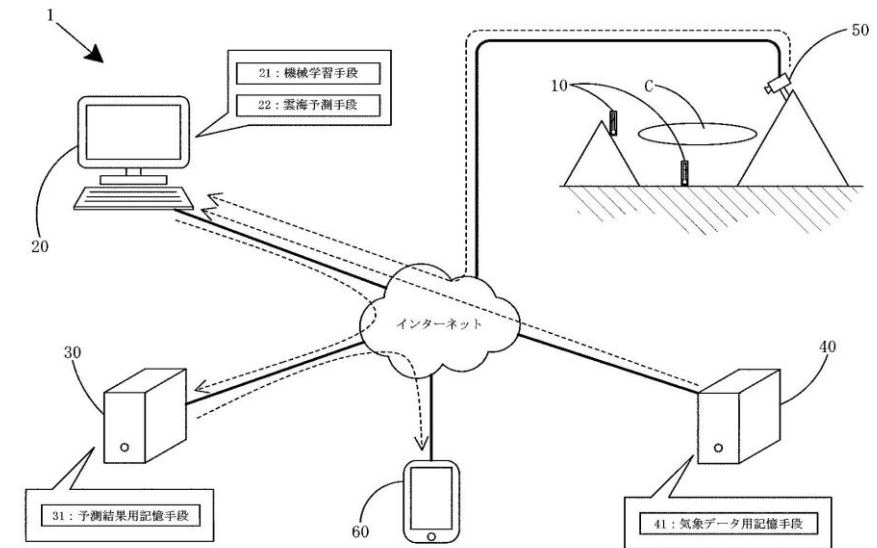
2025年1月に審査請求



2025年11月に拒絶理由通知



2026年2月に手続補正書・理由書





観光事業展開への可能性

観光事業展開への可能性

地域の**観光コンテンツのひとつ**として、雲海予報を展開できる可能性。

雲海予報 ⇒ 雲海スポットの整備、移動型カフェ、特別イベント ⇒ 集客力

toB としてのアプローチ： リゾート企業など

toC としてのアプローチ： 課金制アプリ

toG としてのアプローチ： 地域の課題解決、地域創生 補助金で開発運用

※ インバウンド向けサイトでの公開も視野に。

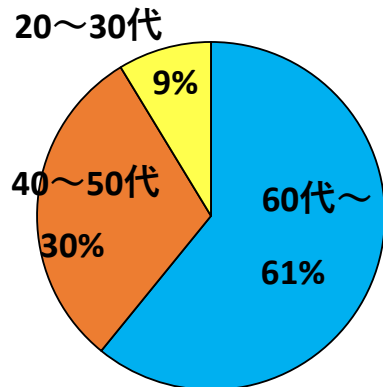
※ 全国の有名雲海スポットを扱った
雲海予報サイト『雲海出現NAVI』
(三菱自動車) は、かなり有名で
多くの人に利用されている。

現地ヒアリングしてみた

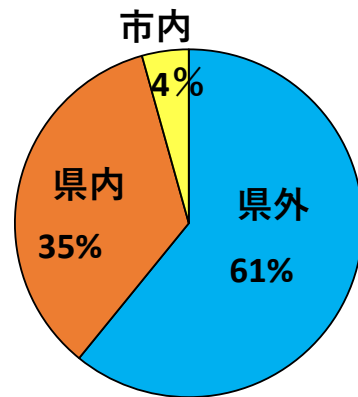
現地ヒアリングしてみた

■ 備中松山城展望台での調査結果

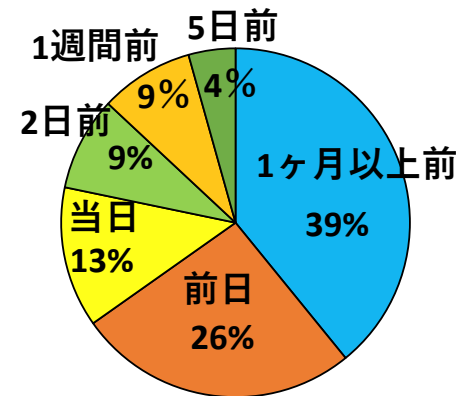
☑ 年齢



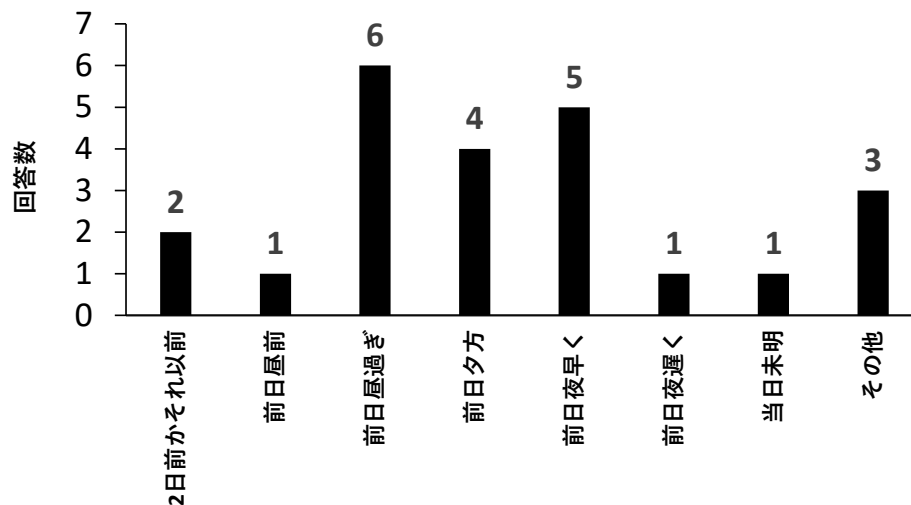
☑ 来訪者の現住所



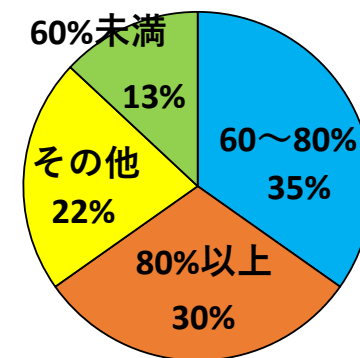
☑ 何日前から予定を立てたか



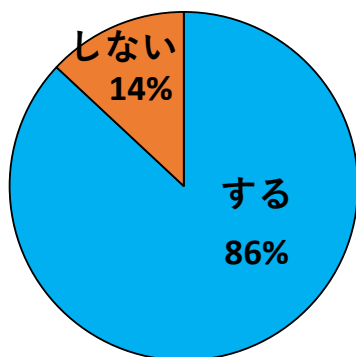
☑ 雲海予報の情報をいつ確認するか



☑ 何%の発生確率で見に来るか



☑ 雲海予報があれば利用するか





高梁市との連携

高梁市との連携

- 備中松山城（現存天守12城の一つで、唯一の山城）



「天空の山城」備中松山城の雲海（写真提供：岡山理科大学）

高梁市HP (<https://www.bitchumatsuyamacastle.jp/gallery/>) より引用

OHK (<https://www.ohk.co.jp/data/26-20251009-00000003/pages/>) より引用

- 雲海 → 『天空の城』

- 展望台にトレイルカメラを設置して景観画像を取得。



- 高梁市産業経済部観光課、高梁市観光協会との連携。

- ✓ 問い合わせ客に周知しやすくなった。
- ✓ 展望台で事業者がスープ販売を開始。



中津川市との連携

中津川市との連携

■ 苗木城は今年で築城500年

苗木城築城500年



もう一度、
行きたい城が
そこにある。

中津川市HP(<https://www.city.nakatsugawa.lg.jp/tcs/kankou/naegi500/index.html>)

■ 雲海 → 『白龍』伝説？

朝日新聞WEB(<https://www.asahi.com/articles/photo/AS20251031001819.html>)より引用

朝日新聞 > 「天空の城」「岐阜のマチュピチュ」苗木城跡の雲海をAIで... > 写真・図版



雲海のAI予報に挑む岡山理科大学の大橋唯太教授(右) = 2025年10月30日、岐阜県中津川市の苗木城跡、寺西哲生撮影

■ 中津川市商工観光部観光課、中津川観光協会との連携によって2028年度開始を目指す。



AI予報の今後の可能性

AI予報の今後の可能性

- 現地でのヒアリング調査を続けて**ニーズを探る**ことが必要。
- **週間雲海予報**の公開。精度が多少悪くても、だいたいの傾向を示すのは有益。
- 雲海が発生する**時間帯の予報**まで公開できるようにする。
- **夏の雲海などレアケース**を予報する方が、AI予報としての価値がある？
- 発生確率が何パーセントであれば、雲海を見に行く決断をするのか？
(ヒアリング調査から明らかにする必要がある)

ご清聴ありがとうございました。

会場の皆さんは、何パーセントであれば『 天空の城 』を見に行きますか？
下のQRコードからアンケートにお答えいただくと、ありがたいです。
(回答された方には『 天空の城 』画像をプレゼント)。

