



第1回海中海底工学フォーラム・ZERO
2019年4月12日@東京大学生産技術研究所

AIを用いた台風発生の予兆検出と AIコンペティション開催による 予測精度の限界への挑戦

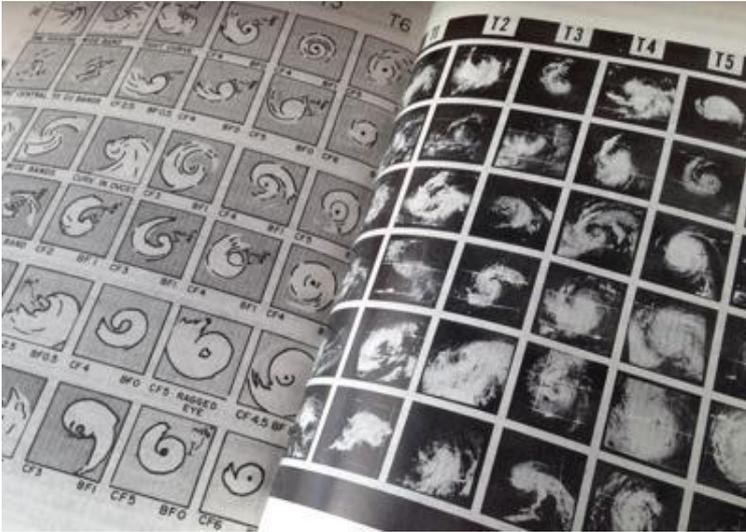
海洋研究開発機構 (JAMSTEC)

松岡 大祐

台風発生予測

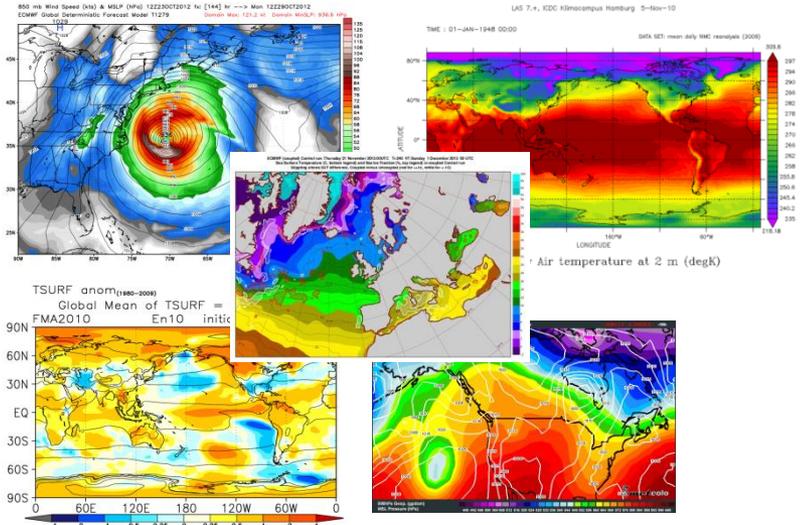
ここをAIに置き換える

Early Stage Dvorak Method (EDM)



- 専門家が、台風になりそうな領域を雲の空間パターンから“目視で”推定 (T数=0, 0.5, 1.0が台風のタマゴ)

Data assimilation + Ensemble Model



- $T \leq 1.0$ 以下の領域において、複数モデルを用いた将来予測

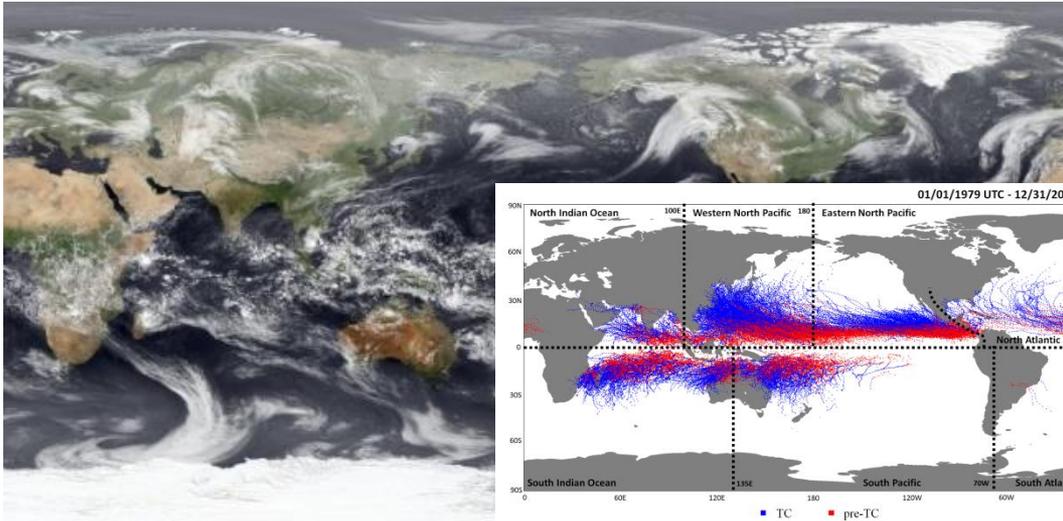
Yamaguchi and Koide, 2017

気象モデルは非線形性が強く、初期値依存による影響が大きく現れる

データ同化 + 数値シミュレーション (model-driven approach) による極端現象の長期予測は不確実性が大きい

使用データ

気象モデルによるシミュレーション(NICAM)

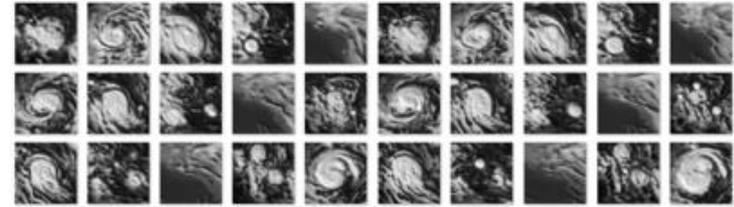


Model: NICAM (AMIP-type)
Horizontal resolution: 14km
Period: 1979-2008
Variable: OLR, Sea Level Pressure,
Wind velocity, Temperature

TC
tracking

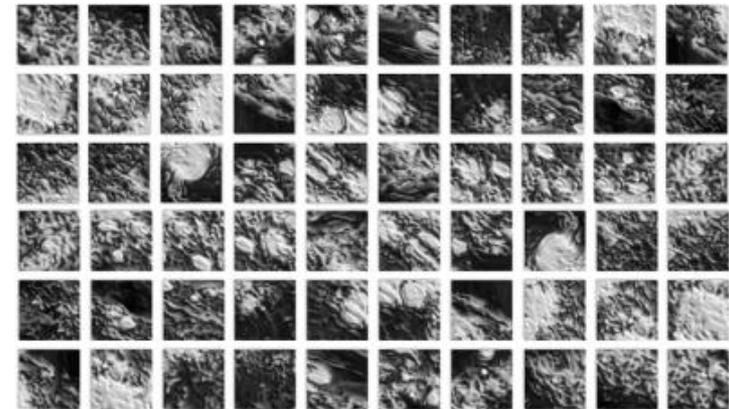
学習データ(2クラス)

(a) TCs and pre-TCs (x50,000)



⋮

(b) non-TCs (x1,000,000)



⋮

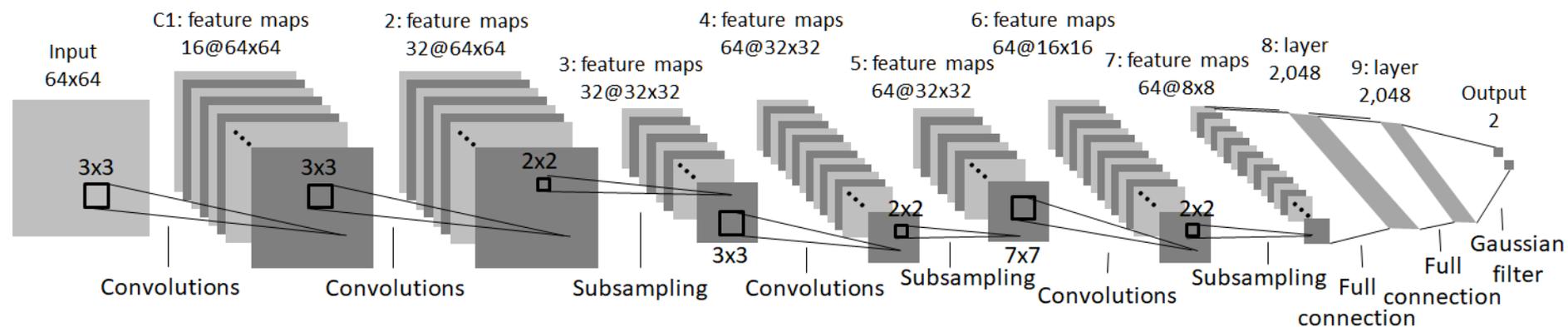
ポイント

- ・information-richなシミュレーションデータで特徴量を学習(観測データに適用)
- ・台風ベストトラック(雲画像を使用。平均60時間前から)ではなく、TCトラッキングアルゴリズム(気圧、風、温度、渦度を使用。平均107時間前から)による正確なラベリング

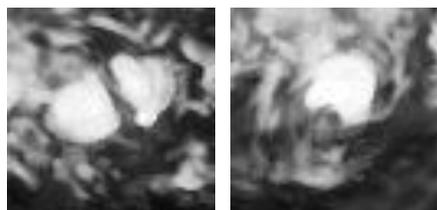
畳み込みニューラルネットワーク による学習(2クラス分類)

Training data: 100,000 (Positive: 50,000, Negative: 50,000), Test data: 5,000

Batch size: 100, Input: OLR



Implemented by Keras (TensorFlow)



Positive

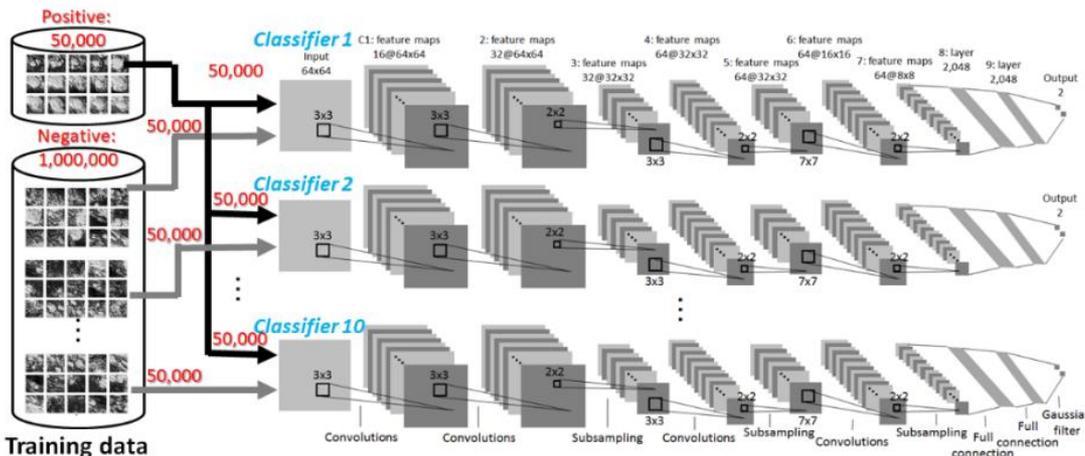
Negative

- ハイパーパラメータ(畳み込みフィルタのサイズ・数、畳み込み層の数、DropOut率)は100数十通りの組み合わせを用いた感度実験により最適化(ただし、畳み込み層は5層まで)
- AdamOptimizerを使用
- 30 Epoch程度でAccuracy: 90%程度

手法

畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いたアンサンブル学習・予測

1. Training phase (using 1979-1998)



Training data: 50,000 (positive),
50,000 (negative)

Validation data: 5,000

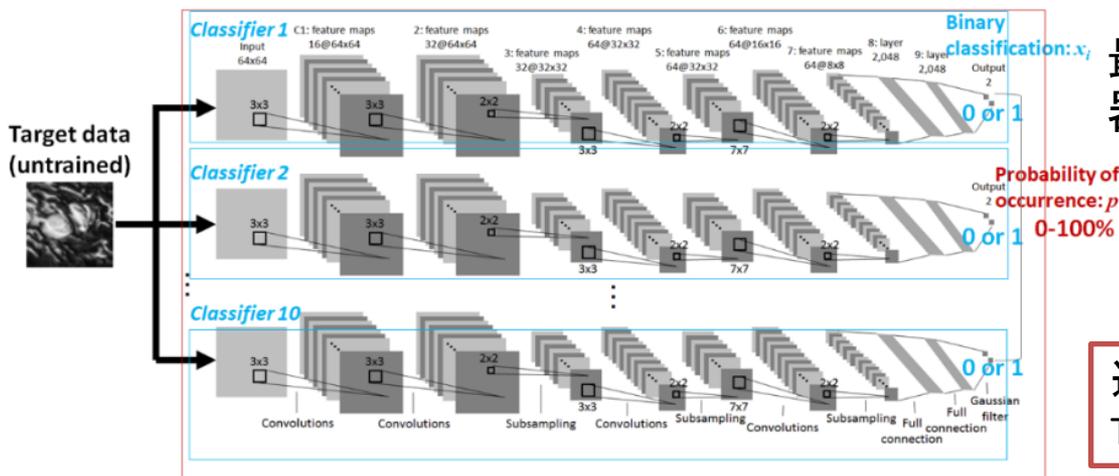
Batch size: 100

Input: OLR

質の良い識別器の
重みを大きくする

Model number	Accuracy (weight: w_i)
Classifier 1	0.9099
Classifier 2	0.9050
Classifier 3	0.9013
Classifier 4	0.9014
Classifier 5	0.8958
Classifier 6	0.9085
Classifier 7	0.8987
Classifier 8	0.9065
Classifier 9	0.9025
Classifier 10	0.9007

2. Test phase (using 1999-2008)



最終的な存在確率は、複数の識別器の重み付き平均として定義

$$p = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \frac{x_i}{w_i x_i}$$

適当な閾値 p_{th} を与え、 $p \geq p_{th}$ となる
Target data を positive と予測

評価指標

空振り率

$$FAR = \frac{FP}{TP + FP} = \frac{1}{3 + 1} = 25.0\%$$

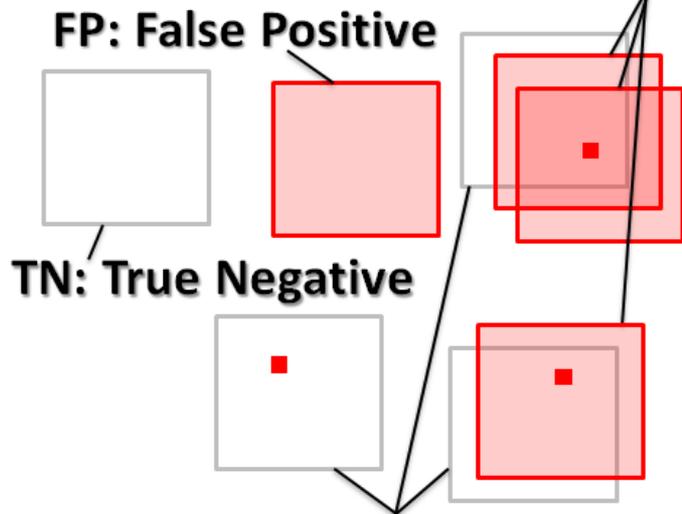
(False Alarm Ratio)

補足率

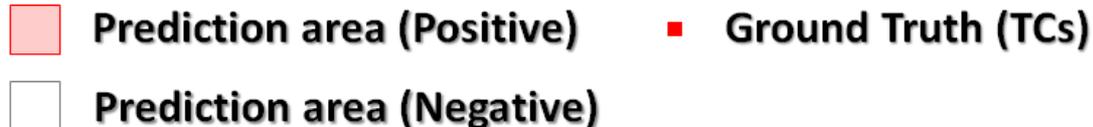
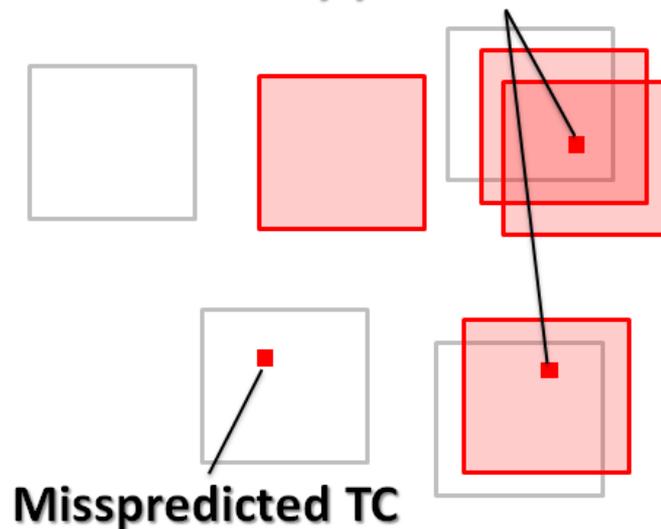
$$POD = \frac{\text{Correctly predicted TCs}}{\text{All TCs}} = \frac{2}{3} = 66.7\%$$

(Probability of Detection)

(a) TP: True Positive



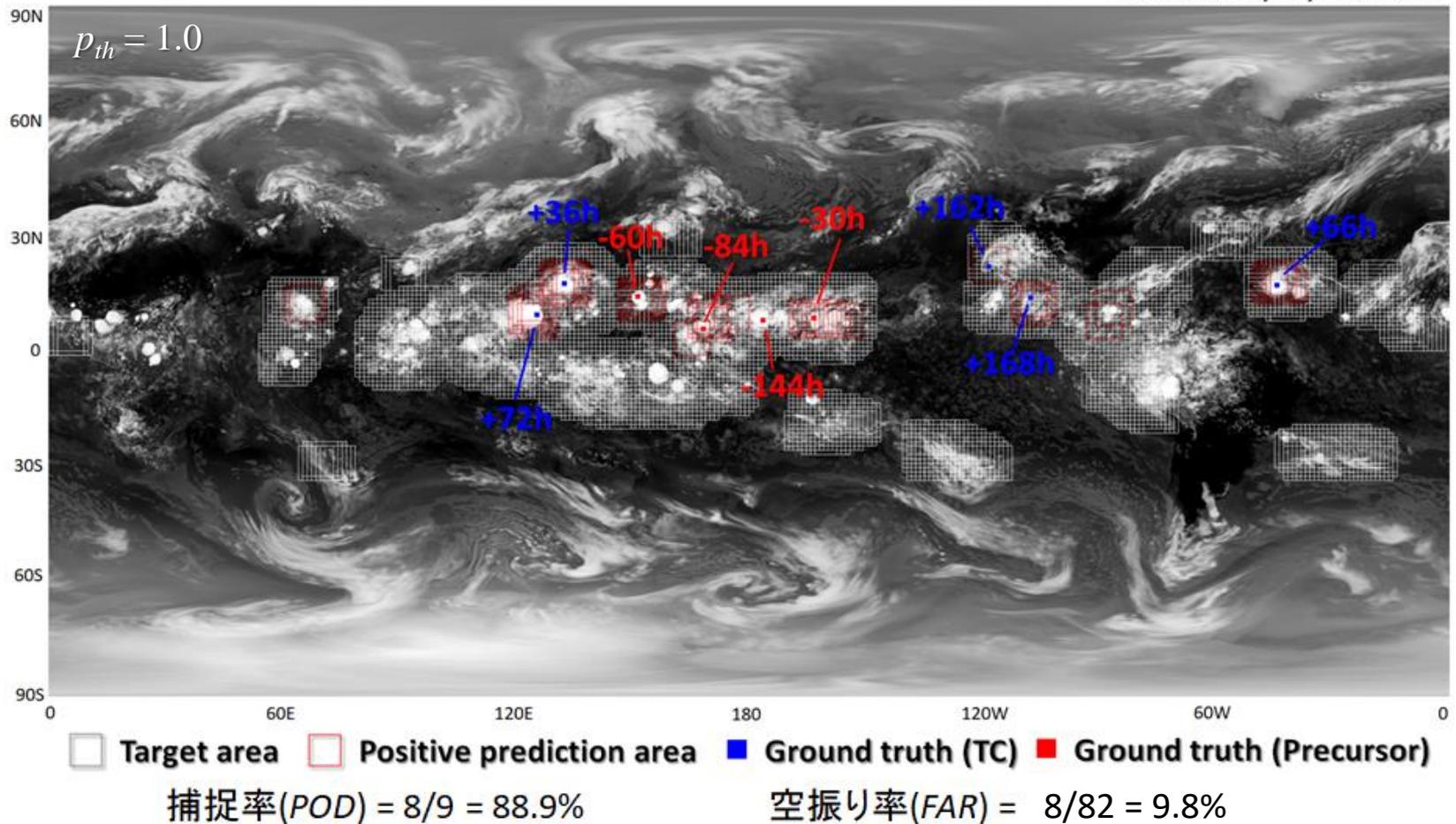
(b) Correctly predicted TCs



結果

未学習データへの適用結果 (Best case)

18:00:00 10/21/2003 UTC



- 平均すると捕捉率(POD: Recallと同等)は70-90%、空振り率(FAR: 1-Precisionと同等)は60-90%程度
- 発生2日前、5日前、7日前のタマゴのうち91.2%、77.8%、74.8を検出



トップページ

JAMSTECについて

プレスリリース

広報活動

ミュージアム

データベース

キッズ

2018/12/19
人工知能を用いて気候実験データから熱帯低気圧のタマゴを高精度に検出する新手法を開発～台風発生予測の高精度化に期待～

プレス
リリース

レイアウト選択

一般の方

研究者・学生の方

メディアの方

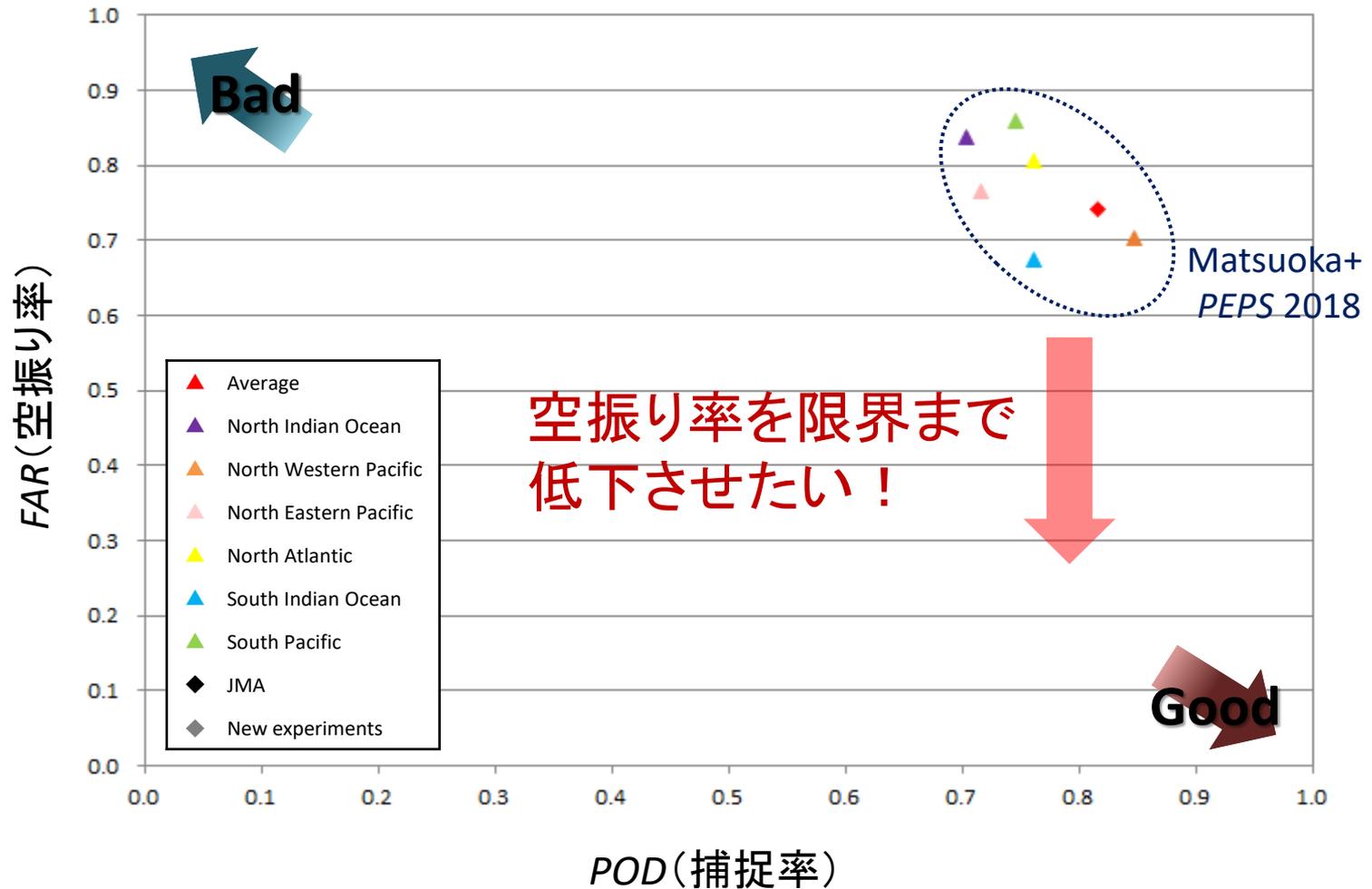
企業の方

サイト内検索

JAMSTEC研究者総覧



新たな挑戦



不均衡データのクラス分類

Class imbalance/Imbalanced classification

不均衡データ(例)

Training data: 50,000 (positive) and 50,000 (negative) ※1,000,000 negativeが使用可能

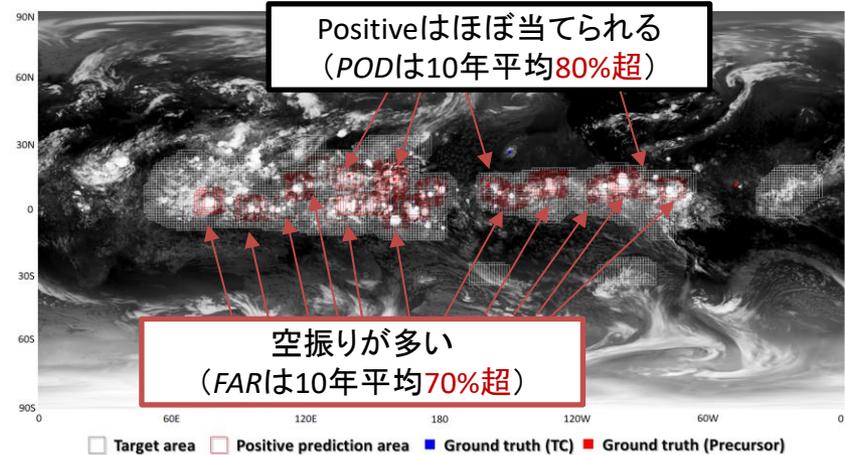
Test data: 5 (positive) and 132 (negative)

	Actual Positive	Actual Negative	
Predicted Positive	4 (TP)	18 (FP)	22
Predicted Negative	1 (FN)	114 (TN)	115
	5	132	

空振りが多い

ほとんどがeasy negative example

imbalanced



分類精度の(一般的な)評価指標

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} = 86.1\%$$

$$POD(= Recall) = \frac{TP}{TP + FN} = 80.0\%$$

捕捉率(再現率)

$$FAR(= 1 - Precision) = \frac{FP}{TP + FP} = 81.8\%$$

空振り率(=1-適合率)

(Precision = 18.2%)

性能向上の戦略 目的: FP(空振り)を減らす

- コスト考慮型学習
 - …少数派クラスの識別を重視して学習
- 学習データ量の調整
 - ✓ Undersampling
 - …多数派クラスの学習データを減らす
 - ✓ Oversampling
 - …少数派クラスの学習データを増やす
- アンサンブル学習
 - ✓ Bootstrap aggregating (Bagging)

Competitions

Documentation

InClass

General

InClass

Sort by Grouped

All Categories

Search competitions



15 Active Competitions



TWO SIGMA

Two Sigma: Using News to Predict Stock Movements

Use news analytics to predict stock price performance

Featured · a month to go · news agencies, time series, finance, money

\$100,000
1,887 teams



Elo Merchant Category Recommendation

Help understand customer loyalty

Featured · 3 months to go · tabular data, regression

\$50,000
6 teams

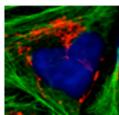


Google Analytics Customer Revenue Prediction

Predict how much GStore customers will spend

Featured · 4 days to go · regression, tabular data

\$45,000
877 teams



Human Protein Atlas Image Classification

Classify subcellular protein patterns in human cells

Featured · a month to go · image data, classification

\$37,000
1,223 teams



Quora Insincere Questions Classification

Detect toxic content to improve online conversations

Featured · 2 months to go · text data, binary classification

\$25,000
1,418 teams



Traveling Santa 2018 - Prime Paths

Put your code to the test: find the most efficient route of all!

\$25,000
674 teams

すべて 練習問題

並び替え

新着順

最大表示件数

30件

コンペへの参加方法

開催中

SIGNATE

NEW! Algorithmic Trading Challenge (1st stage)

非公開

締切：2019年2月20日（残り86日） 総投稿：34件 / 13人 総参加：99人 総額¥2,000,000

開催中

経済産業省
Ministry of Economy, Trade and Industry**NEW! AIエッジコンテスト**

経済産業省

締切：2019年1月27日（残り62日） 総投稿：48件 / 18人 総参加：223人

経済産業省商務情報政策局長賞の他、上位入賞者への賞金総額¥2,000,000

開催中

経済産業省
Ministry of Economy, Trade and Industry**国立公園の観光宿泊者数予測**

経済産業省

締切：2018年12月17日（残り21日） 投稿：1094件 / 89人 参加：398人

好きな国立公園へご招待等

開催中

Tellus

The 1st Tellus Satellite Challenge

Tellus Open&Free Platform / 経済産業省

締切：2018年12月7日（残り11日） 投稿：2284件 / 136人 参加：503人 総額¥2,000,000

開催中

経済産業省
Ministry of Economy, Trade and Industry
IoT Acceleration
Lab**The 4th Big Data Analysis Contest**

IoT推進ラボ、経済産業省、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

締切：2019年1月10日（残り45日） 投稿：381件 / 73人 参加：540人 総額¥2,400,000+副賞

(例) 衛星画像分析コンテスト

- 産総研は衛星画像データとタスクを提供
- 参加者は「衛星画像からゴルフ場を見つける」というタスクに挑戦

The screenshot shows the SIGNATE website interface. The top navigation bar includes 'SIGNATE', 'Competitions', 'Learning', 'Career', and 'Others', along with 'ログイン' (Login) and '会員登録' (Member Registration) buttons. Below the navigation bar, there are tabs for '説明' (Description), 'ランキング' (Ranking), 'チュートリアル' (Tutorial), and '入賞モデル' (Award Model). The main content area displays the results of a competition, with the top performer being '①予測部門 1位.Yk' and the second performer being '①予測部門 2位.Kenmatsu4'. A slide titled 'Deep Convolution Neural Network' is shown, featuring a diagram of a Residual Unit with 'original' and 'pre-activation' inputs. The slide also mentions 'DCNN: PreResNet-110 pretrained on CIFAR-100'. The bottom of the slide shows the 'Accenture Applied Intelligence' logo.

「数多くのAIコンペ開催実績」と「9000人のAI技術者リスト」をもつ(株)SIGNATEが、データ加工、システム管理、評価までを一括して行う



JAMSTEC
国立研究開発法人
海洋研究開発機構
Japan Agency for Marine Earth Science and Technology

海洋研究開発機構 熱帯低気圧（台風等）検出アルゴリズム作成

■ 国立研究開発法人 海洋研究開発機構

◎ 締切：2018年11月01日（残り71日） 📌 応募：0件 / 0人 💎 総額¥1,000,000相当の賞品



投稿

☰
説明

📄 概要

📌 評価方法

❤️ ルール

📅 スケジュール

📄 企業情報

📄 参加規約

> お問い合わせ

背景

台風やハリケーンなどの大型の熱帯低気圧は人間生活、農業、林業、漁業、インフラに対して甚大な被害をもたらします。熱帯低気圧の発生をできる限り早く予測することは非常に重要な課題です。ところが、発生前の熱帯低気圧（熱帯低気圧のタマゴ）は専門家ですらも正しく識別するのは難しく、熱帯低気圧の発生予測を精度よく行うのは難しいのが現状です。

今回は海洋研究開発機構が提供する雲解像気象モデルNICAM [1], [2], [3]によって生成された1984年から2000年の合計17年分の大気シミュレーションデータ（画像化されたデータ）を用いて熱帯低気圧とそのタマゴを検出するアルゴリズムの作成に挑戦していただきます。

※NICAMは海洋研究開発機構、東京大学、理化学研究所によって共同開発されました。

タスク説明

主催：JAMSTEC データ提供：JAMSTEC、理研、東大
スポンサー企業（賞品提供）：NVIDIA、GDEP、アーク情報システム、Cray

背景

台風やハリケーンなどの大型の熱帯低気圧
す。熱帯低気圧の発生をできる限り早く予
低気圧のタマゴ)は専門家によるモニ

主催：

国立研究開発法人 海洋研究開発機構

協賛：

懸賞

- 1位 NVIDIA賞：NVIDIA TITAN V ※1
- 2位 GDEP賞：GeForce RTX 2080 Ti ※2
- 3位 アーク情報システム賞：ELSA GeForce GTX 1080 Ti 11GB ST ※3
- 4位 CRAY賞：GoPro HERO6 ※4

※1 エヌビディア合同会社より提供

※2 GDEPソリューションズ株式会社、株式会社GDEPアドバンスより提供

※3 (株)アーク情報システムより提供

※4 クレイ・ジャパン・インクより提供



説明

ランキング

データ

JAMSTEC × AI

概要

評価方法

ルール

スケジュール

企業情報

参加規約

お問い合わせ

評価関数

精度評価には、評価関数「条件付きPrecision」を使用します（下式参照）。この関数はモデルの予測精度の“良さ”を表すため、大きい値であるほど優れています。

$$\text{条件付きPrecision} = \begin{cases} \text{Precision} & (\text{Recall} \geq 0.79) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$

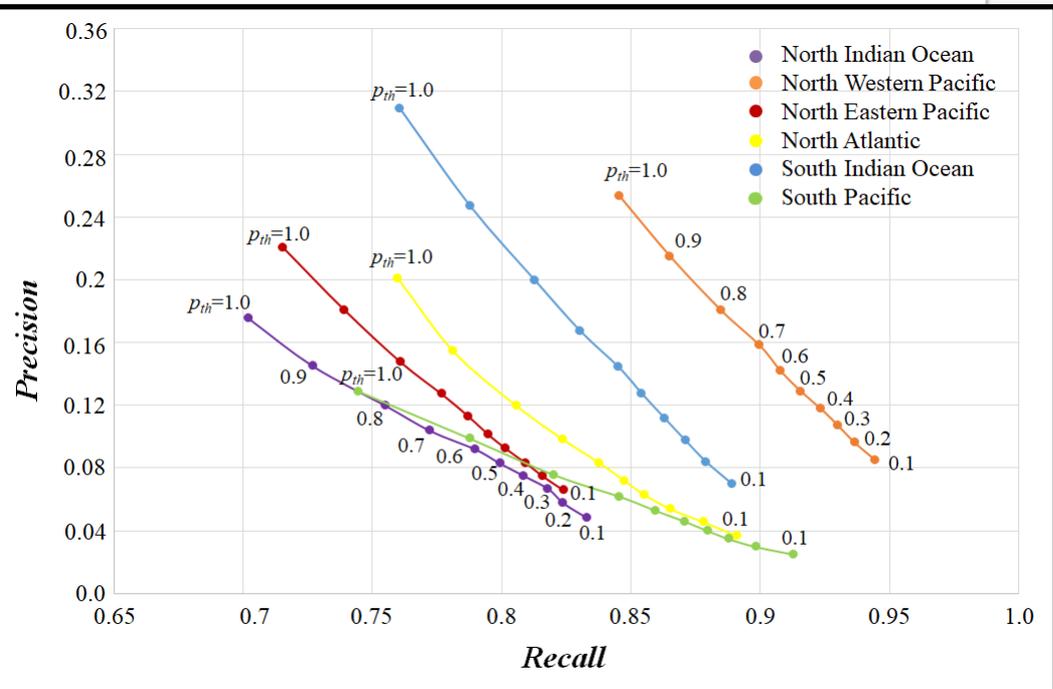
$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

TP: true positive
FP: false positive
FN: false negative

- RecallとPrecisionはトレードオフの関係にある
- パラメータを与えて調整することができる(台風が多めに出るようにすれば、Recallは上がる)

最終順位の決定

- コンペ最終日までの評価（価用データセットの残りの部分を元に最終順位を決定します）
- 評価指標が、タイ（同値）
- 順位確定の際に下記の情報
 - 予測モデルのソースコード
 - 学習済みモデル
 - 予測結果の再現の為の手順
 - 実行環境（OSのバージョン、ライブラリバージョン）
 - 乱数シード（Random Seed）
 - 各説明変数の予測モデル
 - データの解釈、工夫点、
- 再現性検証期間中、入賞候



JAMSTEC × AI 台風コンペティション

SIGNATE

🏆 Competitions

🎓 Learning

📄 Career

☰ Others

👉 ログイン

+ 会員登録

☰
説明

📊
ランキング

🏆
入賞モデル

☰ スコアボード

📈 スコア推移

📊 投稿人数推移

☰ 使用ソフトウェア

🕒 分析手法

順位	ユーザ名	暫定評価	最終評価	投稿件数	投稿日時
1	kenken	0.68316		54	2018-10-24 17:45:02
2	mktozk	0.64779		75	2018-10-26 23:23:02
3	hirune924	0.63855		111	2018-10-25 23:09:03
4	oct_path	0.62574		56	2018-10-24 23:28:02
5	ZABURO	0.60450	?	5	2018-10-26 21:02:02
6	Kumon	0.59664		9	2018-10-15 00:15:02
7	sitiya	0.59144		111	2018-10-26 22:34:02
8	owruby	0.57029		34	2018-09-02 13:48:02

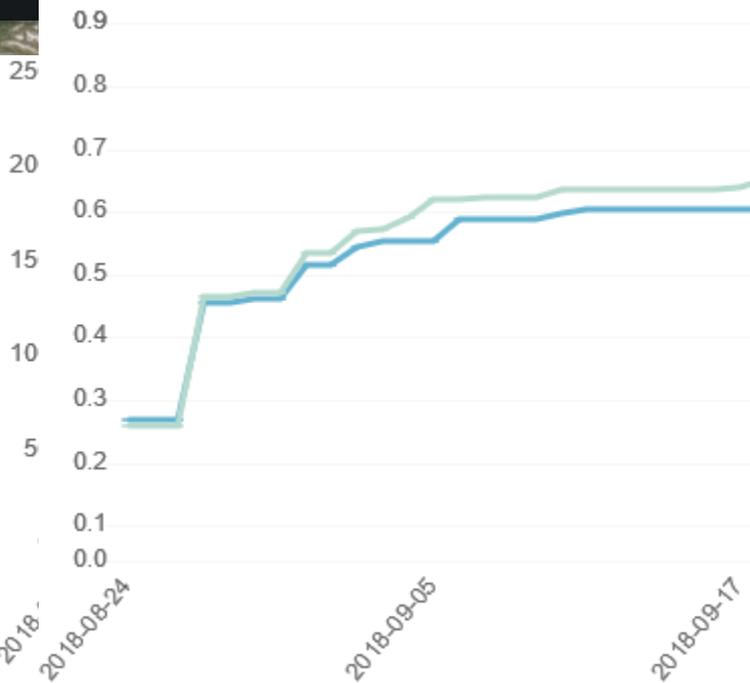
- 評価用データの一部を用いた暫定順位がリアルタイムに更新
- 最終順位は、評価用データの別の一部から決まる

JAMSTEC × AI 台風コンペティション

SI

録

Top暫定推移 Top最終推移



Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

🕒 締切：2018年10月26日

確定順位	ユーザ名	最終評価
👑 1st	 kenken	0.66241
👑 2nd	 mktozk	0.62357
👑 3rd	 hirune924	0.61771
4th	 oct_path	0.59711



説明



ランキング



データ

JAMSTEC × AI 台風コンペティション

SIGNATE

🏆 Competitions

🎓 Learning

📄 Career

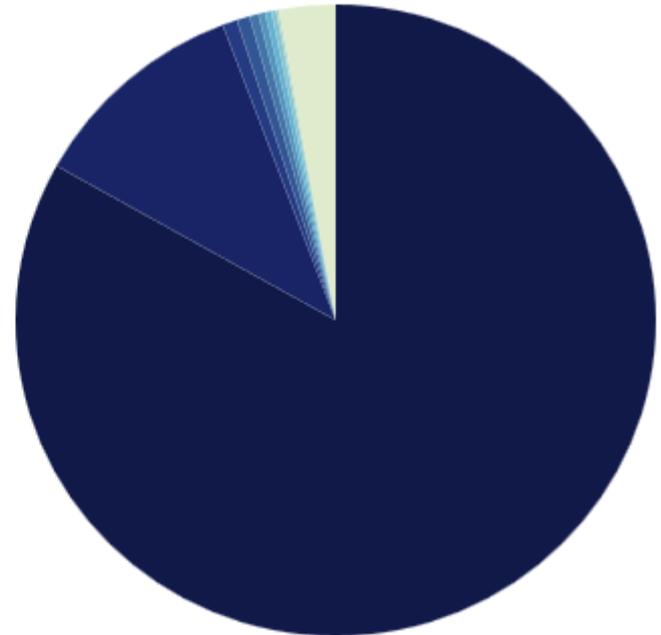
☰ Others

👤 ログイン

+ 会員登録

Python
Excel
Julia
Matlab
R
Java
Octave
Ruby
S-PLUS
Other
0

- Deep Learning
- PyTorch
- Support Vector Machine
- Random Forest
- Xgboost
- Logistic Regression
- K-Nearest Neighbor
- Decision Tree
- Linear Regression
- Other



JAMSTEC 国立研究開発法人
海洋研究開発機構
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

☰
説明

ランキング

データ

SNS上での反応

佐々木竹充/SASAKI TAKERUさんと他3人さんがいいねしました
nmygle @nmygle · 11月4日
台風コンペ反省会が終わった。十分検証したつもりでも気づけないことが多いことに気がつける有意義な議論ができてよかった。同時に私の手の内を明かすすぎたので負けないようにもっと成長しなければ。スライドはちょっと修正して近日中に公開します。

八代 尚さんと他9人さんがいいねしました
Daisuke Matsuoka @matsuokadaisuke · 11月4日
自ら主催した台風コンペの(非公式な)反省会終了。優秀で熱意あるデータサイエンティストが国内にも大勢いて、彼らを地球科学の世界に巻き込んでいく仕組みを作らなければならないと痛感(それにはお金でも社会貢献でもなく、データとしての魅力しかない)。

儀さんと他3人さんがいいねしました
カレーちゃん@専門kagglerになりました @currypurin · 11月4日
台風コンペ反省会終わりました!!
発表いただいたかたを始め、参加者の方に、とても教えてもらった。更に、主催の方にもなぜ来てもらえて、ドメイン知識を含めてコンペのデータについて教えてもらうことができた。
この2ヶ月間、ずっと台風コンペやってきて良かったです。

かえるる @kaeru_nantoka · 11月4日
カレーちゃんさんの台風コンペ反省会、知見の固まりすぎて終始口が半開きでした👍

かえるるさんがいいねしました
nmygle @nmygle · 11月4日
台風コンペの反省会に行きます。せっかく発表スライドも用意したので、強くなるための情報がほしい。

かえるる @kaeru_nantoka · 11月4日
台風コンペ、概要見るけど使用ソフトウェアExcelの人がいて驚いた

m.Takahashiさんと他2人さんがいいねしました
ざぶろう @musharna000 · 11月1日
SIGNATEの台風コンペの取り組み、さくっと書いた
SIGNATE 134 台風コンペのメモ
CNNを使ってやりたいことがあったのでその練習に加。10月13日に始めて2週間くらいちょこちょこやった。5位/210チーム、Publicが13位だったので実質 zaburo-ch.github.io

wakame@kaggleやるマン @wakame1367 · 11月1日
聞いている / 7. 台風コンペ追い込み regonn-curry-fm.github.io/episode/7 #regonn_curry_fm
7. 台風コンペ追い込み | regonn&curry.fm
れごととカレーちゃんがデータサイエンス(主にKaggle)について話していきます。今回はSignateの台風コンペ追い込み、最近気になっているWebサービス、Julia regonn-curry-fm.github.io

うめこ @Umeco_co · 11月1日
台風コンペの優勝手法聞いたけど、超オソドックスで草

txfw @tmfw · 10月30日
台風コンペのデータ拡張で一つ気になっていることがあって。コリオリの座標だと90度回転した画像というのは実際にはありえない姿にならないかあ...

那須音トウ @imenurok · 10月30日
台風コンペ、precisionに関わらずrecallが0.79切ると0になるのでrecall減ぎたんやろね...

カレーちゃん@専門kagglerになりましたさんと他1人さんがいいねしました

kikurin_R @kikurin_R · 10月28日
返信先: @currypurinさん
突然失礼します。はじめまして、私も台風コンペに参加していました。あまり時間を割けずいたので、スコアもあまり良くなくて悔しかったのですが、ぜひ反省会のもと読みたいです!というか私も反省会に参加したいです(笑)

kikurin_Rさんと他1人さんがいいねしました
カレーちゃん@専門kagglerになりました @currypurin · 10月28日
Signateの台風コンペに参加してやったことを箇条書きでまとめた。 scrapbox.io/typhoon-curry...

しっかりブログとかに書きたいけど、時間がかかりすぎそうだしムリかもしれない。
反省会が終わったら、反省会の内容をまとめたい。
台風コンペ@currypurinのやったこと - typhoon@c...
初めは、チームみんなで使うコードの整備 test.pyをvalid セットでの自分が指定したリコールでサブミットできるようにする トレーニング終了時に、欲しいplotや学習... scrapbox.io

Daiki Tanaka @ikiYosky · 10月28日
台風コンペ、結局あんまり良い精度出せなかった。グレースケール画像をCNNに入力するのって入力を1チャンネルにすればいいのかな?

佐々木竹充/SASAKI TAKERUさんがいいねしました
regonn&curry.fm@ポッドキャストやっています @regonn... · 10月27日
#regonn_curry_fm #7 タイトル「台風コンペ追い込み」公開しました! regonn-curry-fm.github.io/episode/7
#PyDataTokyo、台風コンペ、マルチ・ポテンシャルライト 好きなことを次々と仕事にして、一生食っていく方法、Juliaの動き、Kaggle's Survey! などについて話しました!

SNS上での反応



txfjw @tmfjw · 9月18日

台風コンペ、ギリギリを狙うと0点に転落する恐ろしい評価関数と理解した

1



2



niwatori @tomatobokujo · 10月7日

台風コンペはテストデータの正例の数もわからんしギャンブル性高すぎんよなあ
なんで AUC とかにせんかったんやろ



5



♡ 儀さんがいいねしました

あきやま @ak_iyama · 10月27日

「台風コンペ、まさにチキンレースだったみたいでウケる」というツイートを
しようとしたら「被害者がいるんやで！」という心の声が聞こえてきた



1

5



のりたま @hirune924 · 10月24日

台風コンペ、いよいよチキンレースの様相を呈してきた



1

2



tatsuya.takahashi@Databricks @tty_tkhs_ml · 10月21日

ようやく台風コンペのチキンレースの意味を理解した。(締切間近)



のりたま @hirune924 · 10月7日

台風コンペの評価関数が正にチキンレース



1



♡ 望月紅葉さんと幸せな家庭を築きたいさんがいいねしました

うどん @udooooom · 8月30日

台風コンペ、GPUがある人が勝てそうなコンペなのに景品GPUやしもうわけわ
からん

2



9



♡ 儀さんと他3人さんがいいねしました

カレーちゃん@専門kagglerになりました @currypurin · 11月4日

台風コンペ反省会終わりました！！

発表いただいたかたを始め、参加者の方に、とても教えてもらった。
更に、主催の方にもなぜか来てもらえて、ドメイン知識を含めてコンペのデータ
について教えてもらうことができました。

この2ヶ月間、ずっと台風コンペやってきて良かったです。



2

23

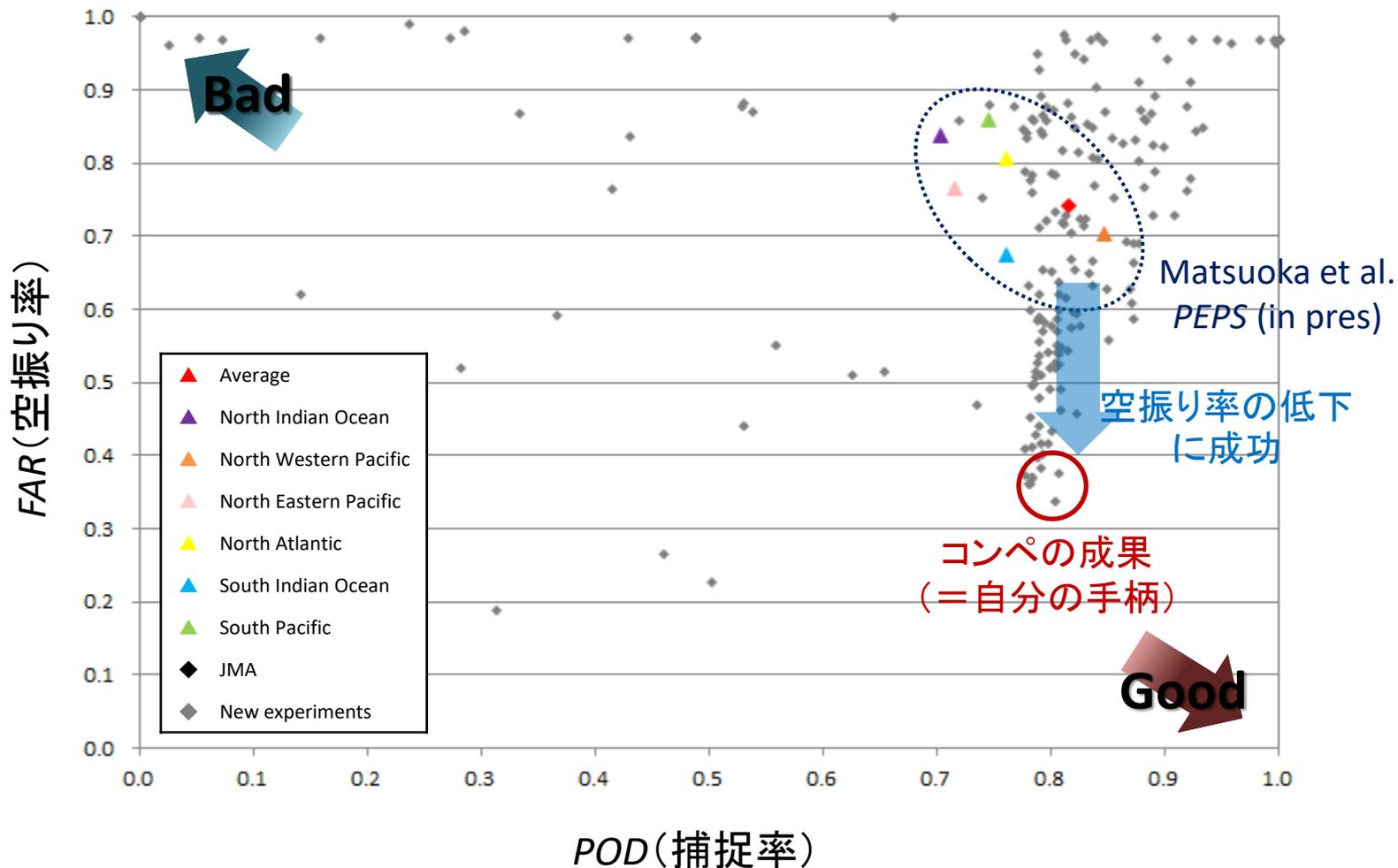


上位入賞モデル

	学習モデル	前処理 (学習時)	前処理 (予測時)	その他	POD	FAR
1	Deep Pyramidal Residual Networks (Ensemble)	<ul style="list-style-type: none"> Random crop, cut out, too bool, standardizationによる水増し処理 Negative undersampling 	<ul style="list-style-type: none"> Random crop, random horizontal flip, random vertical flipによる水増し処理 	<ul style="list-style-type: none"> Soft voting時の重みをベイズ最適化より探索 	0.80336	0.33759
2	Wide ResNet + SE block	<ul style="list-style-type: none"> Random crop, random rotation, random erasingによる水増し処理 	<ul style="list-style-type: none"> 5 crop × 回転4パターンによる水増し処理 	<ul style="list-style-type: none"> ミニバッチを正:負=1:3となるように選択 損失関数としてfocal lossを採用 	0.80620	0.37643
3	Shake-shake ResNet	<ul style="list-style-type: none"> Random vertical flip, random cropによる水増し処理 	<ul style="list-style-type: none"> 5 crop × 左右回転による水増し処理 	<ul style="list-style-type: none"> Randomized Leaky Reluを学習時に導入 	0.79027	0.38229
4	MobileNetV2 (Ensemble)	<ul style="list-style-type: none"> Mixup, pixelShufflerによる水増し処理 	—	<ul style="list-style-type: none"> 最良のアンサンブルの組み合わせを探索 	0.79245	0.40229
	Deep CNN (Ensemble) (Matsuoka et al., 2018)	<ul style="list-style-type: none"> Negative undersampling 	—	<ul style="list-style-type: none"> Bagging (重複なし、Pasting)、Soft votingによるアンサンブル学習 Binary crossentropy 	0.815491	0.74205

詳細は会場で！

性能向上の結果



おわりに

- 気象予測におけるAI(特にディープラーニング)の有効性を示した
 - 特に人為的に行ってきた処理の自動化
- 日々大きく進歩するAI技術の全てをフォローすることは重要であるが難しい
 - 数十本の関連論文が毎日のようにarXiv上で公開
- 優秀なAIエンジニア・研究者をいかに巻き込むか
 - オンラインコンペティションの開催は、異分野の知見を仕入れつつ、信頼できる協力者を見つけるのに有効