

機械学習による台風雲パターンと温帯低気圧化の分析

北本 朝展 (KITAMOTO Asanobu)

国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>

@kitamotoasanobu

Collaborators (NII internship students):

Lucas RODES GUIRAO (KTH / UPC)

Alexander GRISHIN (National Taiwan University)

デジタル台風プロジェクト

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>

The screenshot shows the website interface for the Digital Typhoon Project. At the top, there's a navigation bar with 'ホーム', 'Earth', and 'デジタル台風'. Below that, a search bar and a 'サイトマップ' link are visible. The main content area is titled 'デジタル台風 : 台風画像と台風情報'. It features a 'リアルタイム台風情報' section with two typhoon images (201323 and 201324) and their respective data tables. To the right, there's a '台風発生数' section with statistics for 2013 and a '最新台風情報' section with a list of links. At the bottom, there's a '台風データベース' section with search criteria and a '静止気象衛星画像 (地球)' section showing a satellite image of the Earth from October 7, 2013.

- 1999年から続く、台風ビッグデータ解析プロジェクト。
- 年間約2000万PV。多様な目的に利用されている。
- 開始した動機は機械学習データセットを構築すること。

2000年頃の研究構想

「デジタル台風」—人工知能的アプローチに基づく台風解析

北本 朝展
国立情報学研究所 実証研究センター
〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2
03-4212-2578
kitamoto@nii.ac.jp

あらまし、台風は日本に大きな影響を与える顕著な気象現象であり、その確かな解析と迅速な予報には大きな意義がある。これらのテーマは、これまで主に気象学の分野で研究が進められてきたが、特に前者については台風雲パターンの時系列的分析という課題を解決する必要があるため、必ずしも気象学のテクニクだけでは解決できない問題であると考える。そこで本論文は、大量の台風画像を収集した台風画像コレクションを作成し、パターン認識やコンピュータビジョンで開発された方法論を台風解析という問題に適用し、新しい台風解析法を見出すためのテストベッドとして活用する。最後にグラフ構造を活用した台風類似雲パターンの検索について簡単に述べる。

キーワード 台風・画像コレクション・時系列解析・地理情報システム・類似画像検索・気象データ

"Digital Typhoon"

Typhoon Analysis based on Artificial Intelligence Approach

ASANOBU KITAMOTO
RESEARCH CENTER FOR TESTBEDS AND PROTOTYPING
NATIONAL INSTITUTE OF INFORMATICS
2-1-2, Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8430
+81-3-4212-2578

Abstract Typhoon is a severe meteorological phenomenon that heavily affects many regions in Japan. Hence the accurate analysis and prompt prediction of typhoon is an important problem to solve. However, the analysis of typhoon involves the problem of time-series analysis of typhoon cloud patterns, which challenge, the author conjectures, cannot be solved solely using tools developed in the meteorology community. In this paper, therefore, the author builds up the collection of typhoon images, and use it as a testbed for applying various techniques developed in the pattern recognition and computer vision community, and developing a new type of method for typhoon analysis. The author also refers to the result of similarity-based typhoon cloud pattern retrieval using the graph structure.

keywords Typhoon, Image Collection, Time Series Analysis, Geographic Information Systems, Similarity-based Image Retrieval, Meteorological Data

Holistic Analysis を用いた台風雲パターンの解析

北本朝展
国立情報学研究所
〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2
kitamoto@nii.ac.jp

あらまし、本論文の主題は台風の形態学である。すなわち台風の形態解析に基づき、台風の強度を推定するための新しい手法を確立することを目標とする。本研究の研究基盤となるのは北半球 20,000 枚、南半球 9,000 枚規模の台風画像コレクションであり、このテストベッドを対象として、主成分分析などの Holistic Analysis を台風解析という問題に適用した。その結果、台風の固有画像は雲の壁雲やレインバンドなどの台風の雲パターンの特徴をよく表して2D、さらに固有画像の多重解像度解析によって、気象現象のスケールに関与した情報も得られることがわかった。また類似画像検索においても、全体論的解析は良好な結果を示すものの、一方で類似画像検索を利用した台風予測については、大気力学モデルにより困難であることもわかった。

キーワード 台風解析・全体論的解析・固有画像・多重解像度解析・類似画像検索・カオス

Interpretation of Typhoon Cloud Patterns by Holistic Analysis

ASANOBU KITAMOTO
NATIONAL INSTITUTE OF INFORMATICS
2-1-2, Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8430
kitamoto@nii.ac.jp

Abstract The main theme of this paper is the morphological analysis of typhoons. That is, we aim at establishing a new scheme for estimating the intensity of typhoons based on the morphological analysis of typhoons. The infrastructure of this research is our typhoon image collection that consists of about 20,000 typhoon images in the northern hemisphere, and about 9,000 typhoon images in the southern hemisphere. Based on this testbed, we applied several holistic analysis approaches such as principal component analysis for the challenge of typhoon analysis. As a result, the eigenpictures of the typhoons well represent the characteristics of typhoon cloud patterns such as eyewall clouds and rain bands; moreover, the application of multiscale analysis to those eigenpictures yields further information related to the scale of meteorological phenomena. However, although holistic analysis shows good performance in similarity-based image retrieval, typhoon prediction based on similarity-based image retrieval is found to be a difficult task due to the chaotic nature of the atmosphere.

key words typhoon analysis, holistic analysis, eigenpicture, multiscale analysis, similarity-based image retrieval, chaos

北本 朝展, "「デジタル台風」--人工知能的アプローチに基づく台風解析", 情報処理学会技術報告, Vol. CVIM123-8, pp. 59-66, 2000年09月

北本 朝展, "Holistic Analysisを用いた台風雲パターンの解析", 電子情報通信学会技術報告, Vol. PRMU2000-240, pp. 129-136, 2001年03月

データセット構想

1. **台風中心画像**（幅2600km / 赤外 / 毎時）を第1弾として公開。
2. **高頻度観測画像**（幅1300km / 赤外 / 2.5分ごと）を第2弾として公開。
3. 「**ランベルト天頂等積図法**」により、位置に関係なく**雲の面積や歪みは同一**。
4. **共通のデータセット**により、様々なアルゴリズムの性能を比較すべき。

深層学習とEnd-to-End



中心気圧：992 hPa
最大風速：45 kt

入力：生データ

学習モデル

出力：得たい結果

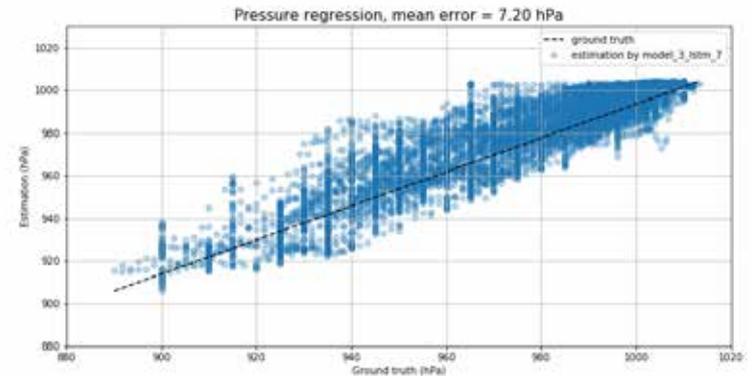
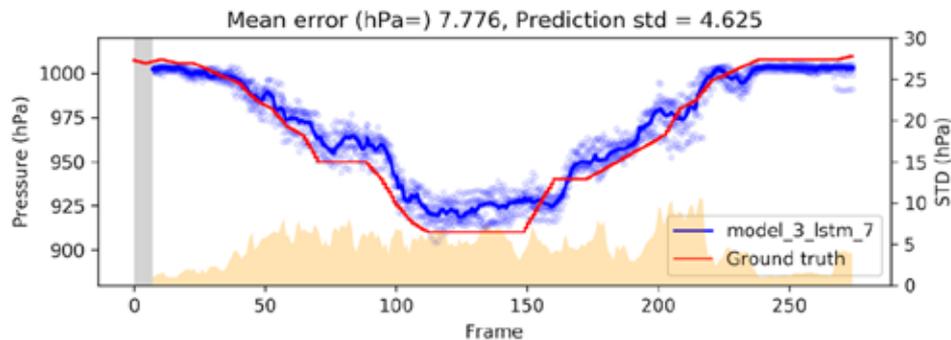
- 従来：生データから、人間が特徴抽出を工夫し、学習モデルに入力した。
- 最近：生データを入力し、内部表現としての特徴抽出を含め、全体を学習する。

機械学習が有効な場合

1. 過去の「前例」を参照すれば解ける場合。例外的な状況が少ないほど好成績。
2. 現象が複雑すぎて理論による近似が困難な場合。正しさより近似精度の競争。
3. 概念へのマッピングが必要な場合。連続空間と離散空間の関係性を学習。
4. 複数メディア（画像→テキスト）を同時に学習する場合。予報文の自動生成。

台風に関するタスクの例

1. 台風階級の分類（ドボラック法自動化）
2. 台風中心気圧の回帰
3. 台風から温帯低気圧への遷移

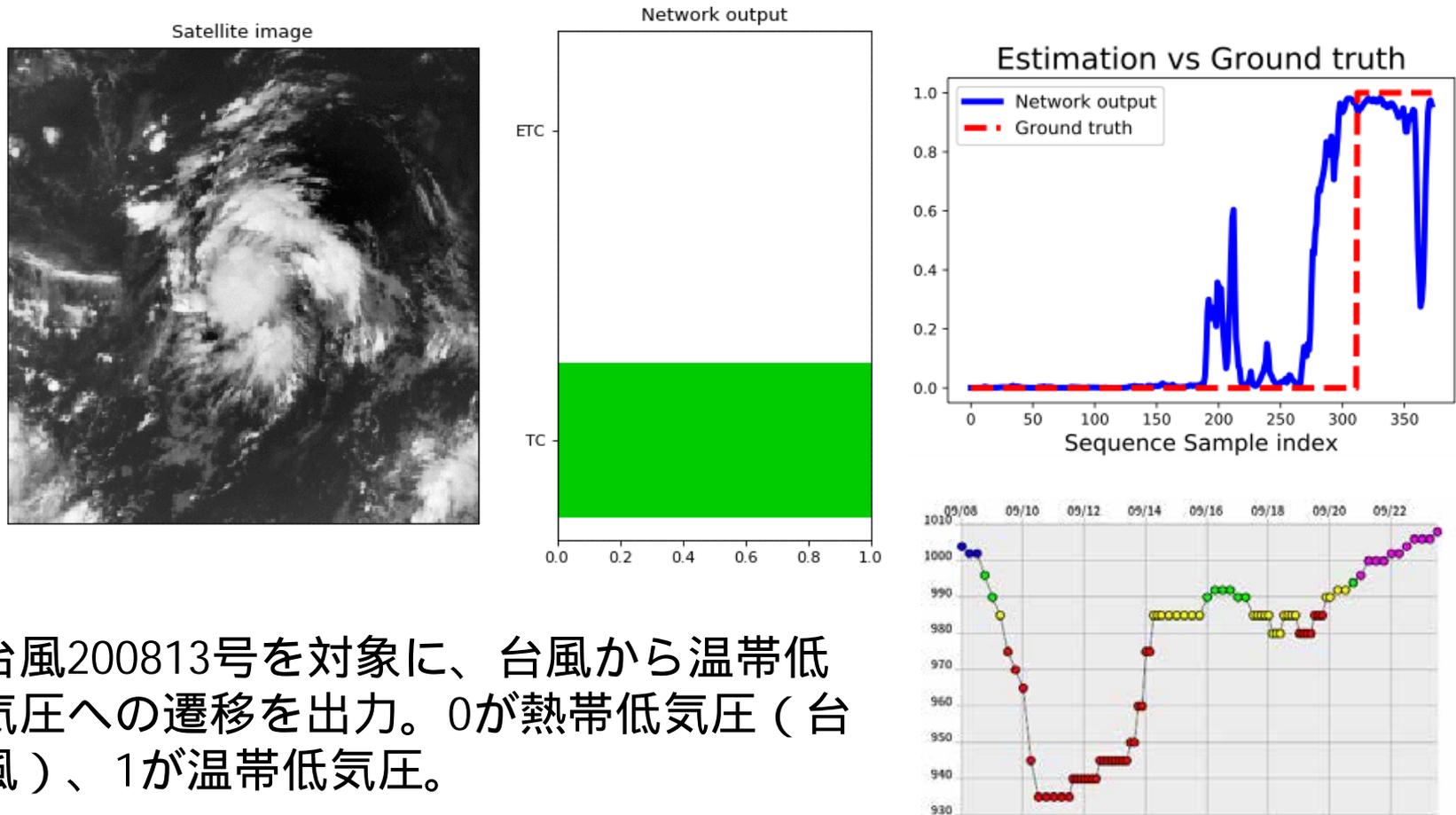


温帯低気圧化の問題

1. 「台風」も「温帯低気圧」も「概念」であり、連続から離散へのマッピング。
2. 温帯低気圧への変化の判断が、実況では意図的に遅くなっている？
3. 機械学習に基づく温低遷移指数のような新しい指数を構成できるか？
4. もし指数が作れば、防災気象情報のメッセージを変化させることも可能。

台風から温帯低気圧への遷移

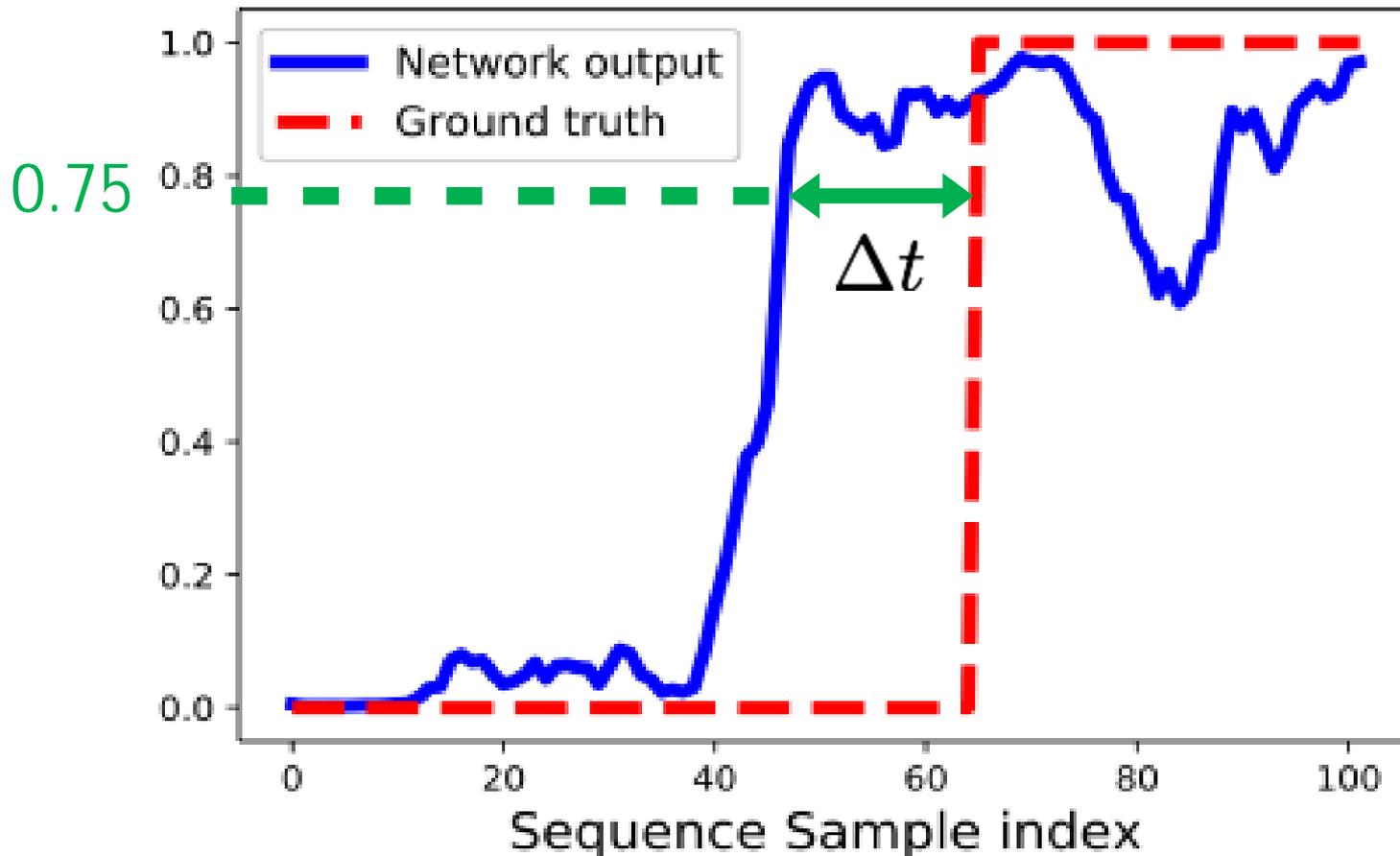
200813_2008090800 | 0



台風200813号を対象に、台風から温帯低気圧への遷移を出力。0が熱帯低気圧（台風）、1が温帯低気圧。

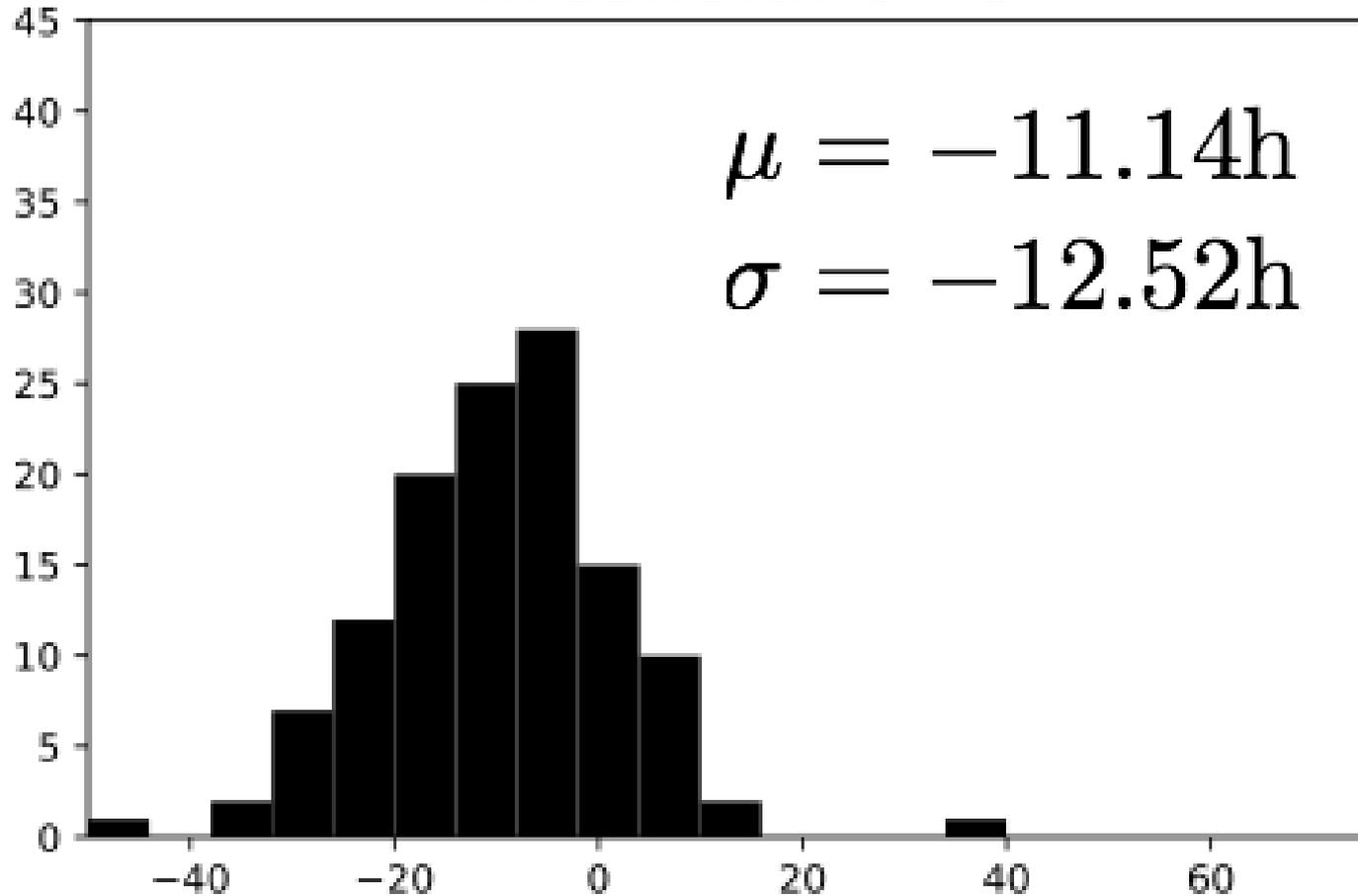
ベストトラックとの時間差

Estimation vs Ground truth

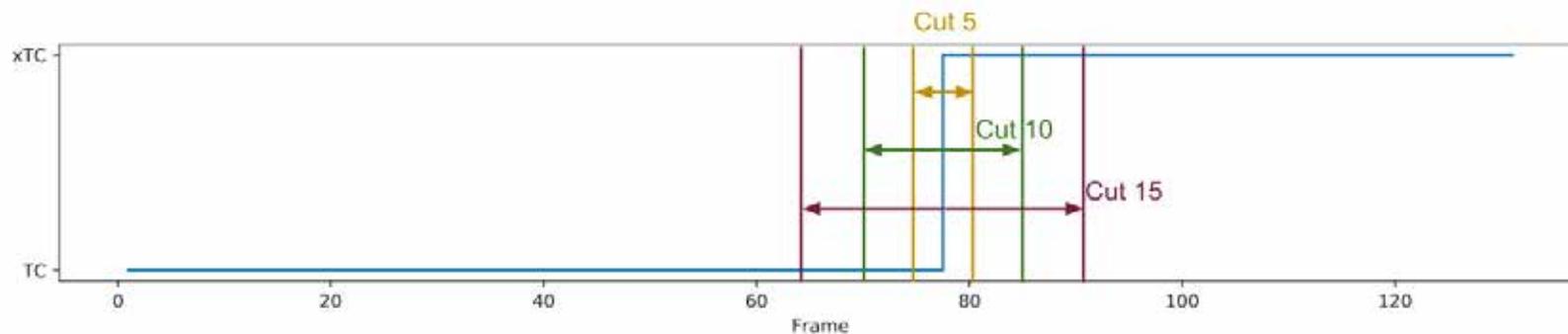


ベストトラックとの時間差

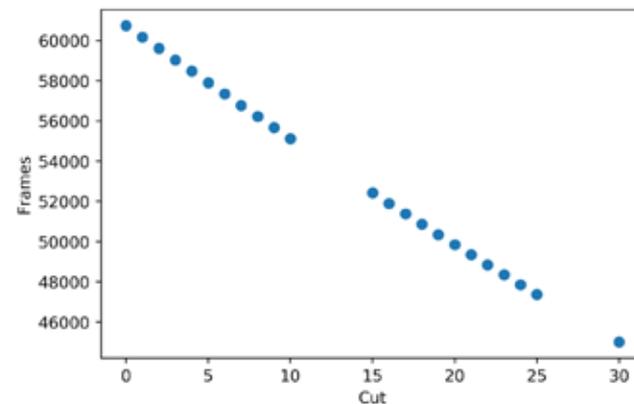
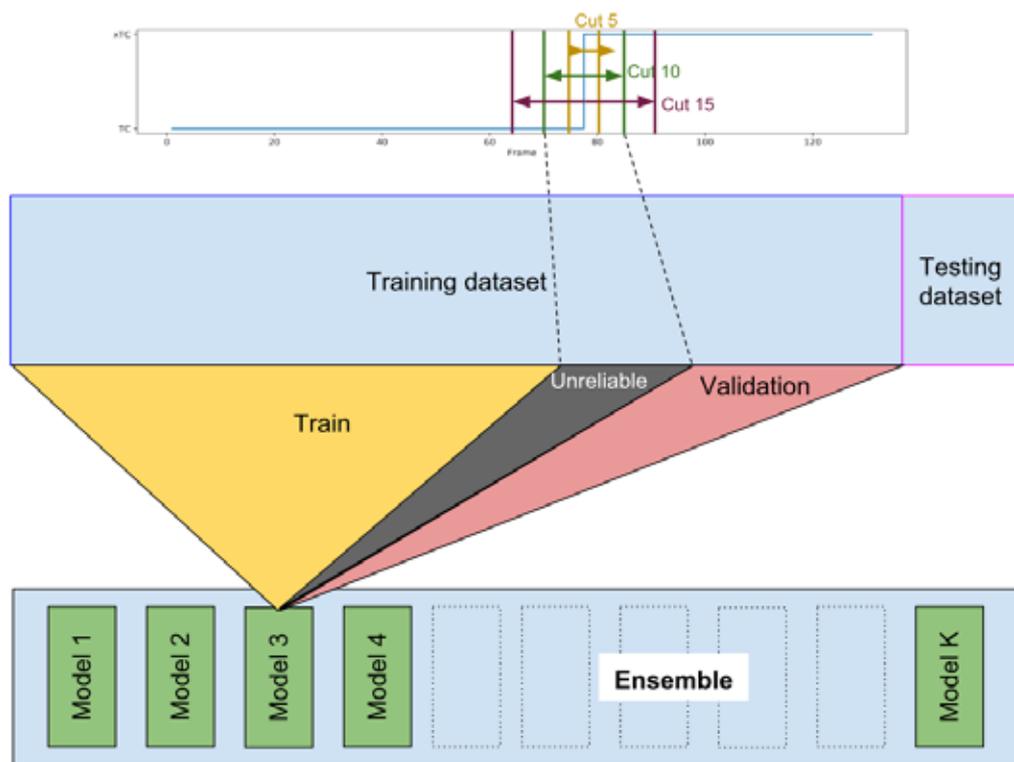
Threshold: 0.75



遷移期間とラベルの正確性



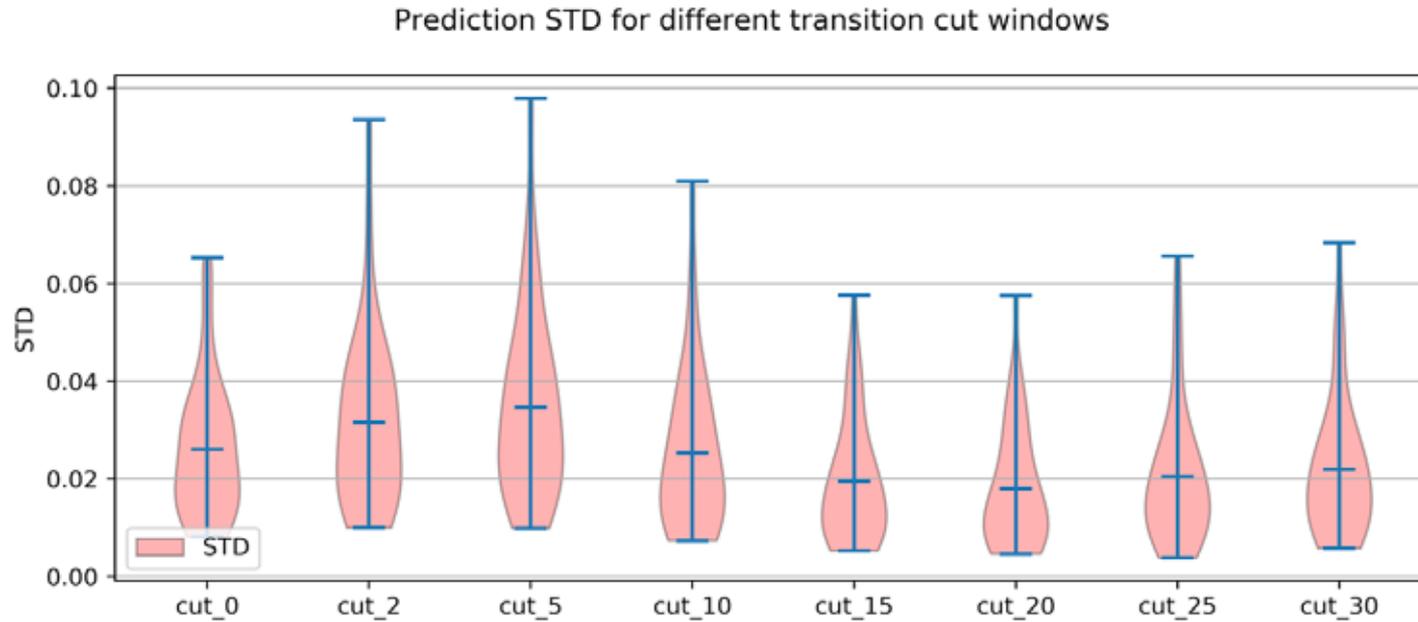
学習データのクリーニング

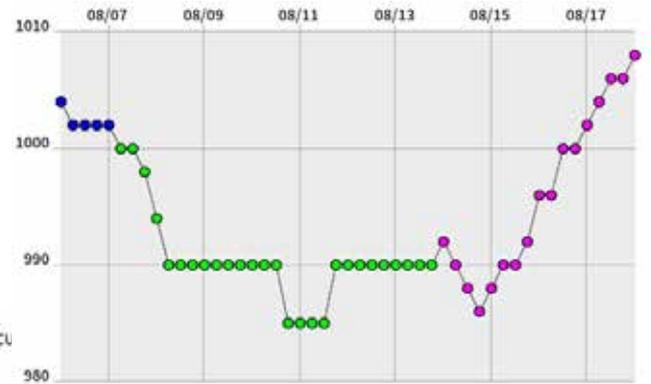


Dependency of the number of frames in training dataset on the width of cut window

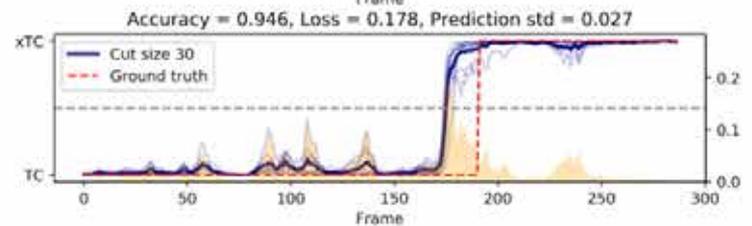
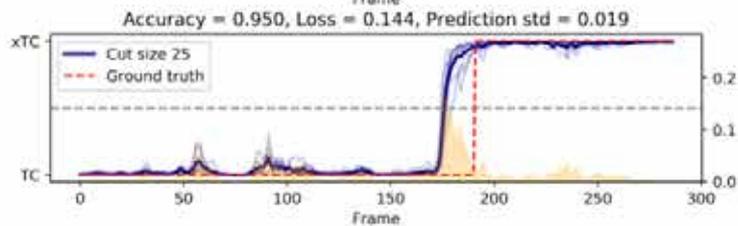
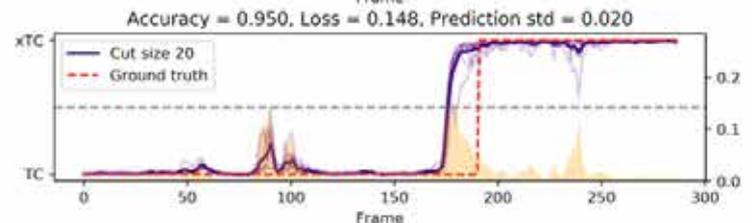
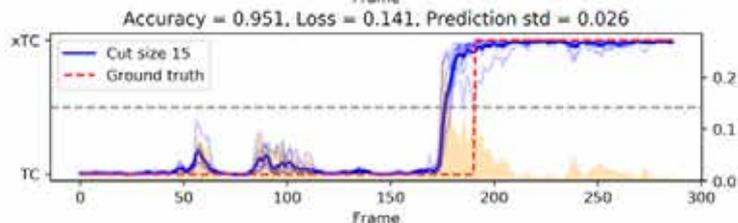
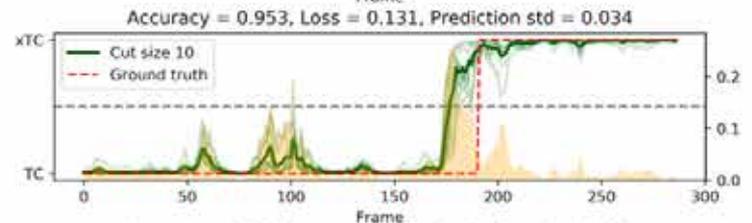
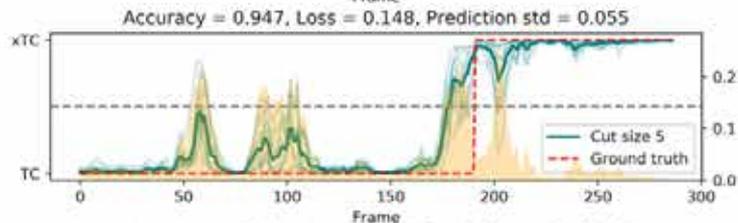
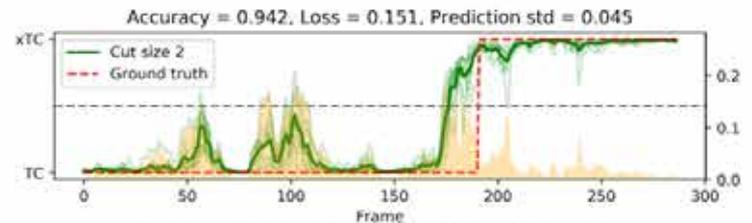
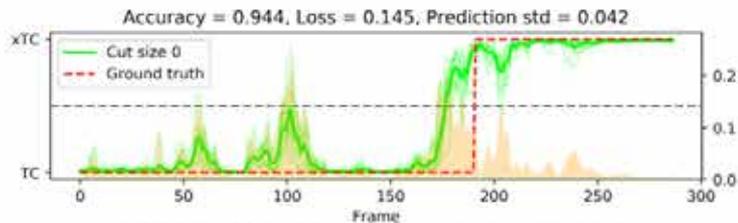
Datasets splits for different cuts in k-fold cross-validation: discarding low quality data from the training dataset

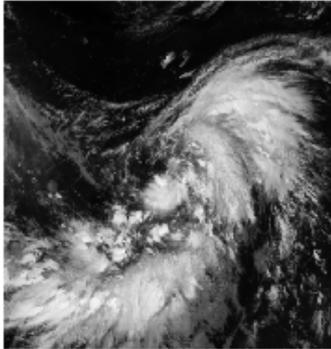
除去期間と分類精度の関係





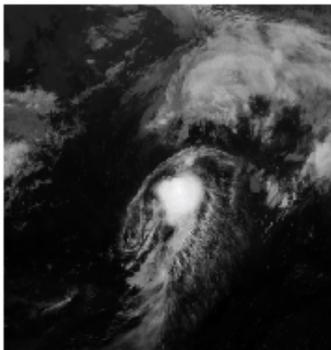
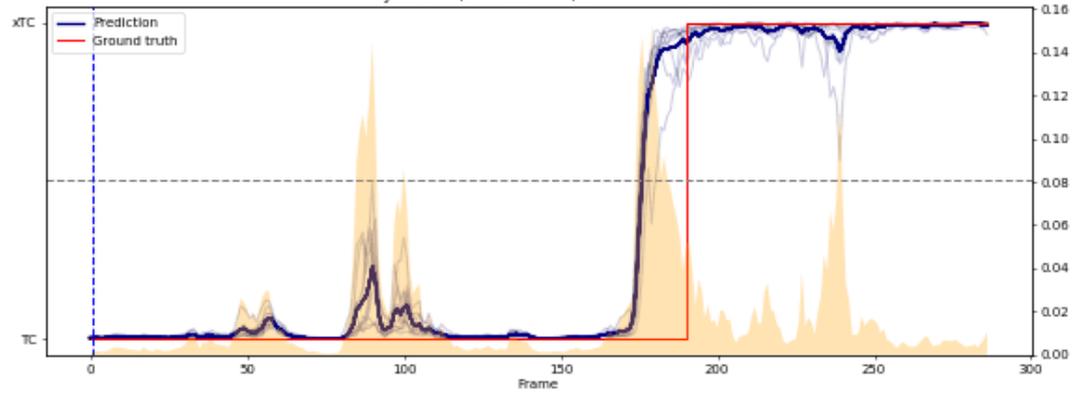
TC/xTC prediction for typhoon 201514 for different transition cu





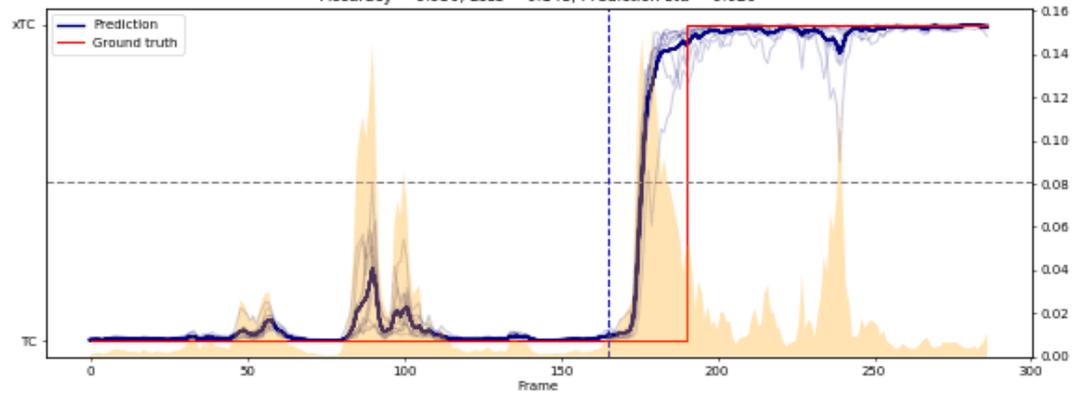
TC/xTC prediction for typhoon 201514, frame: 001

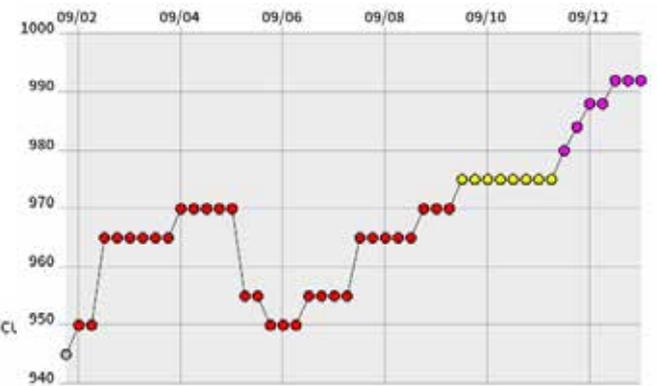
Accuracy = 0.950, Loss = 0.148, Prediction std = 0.020



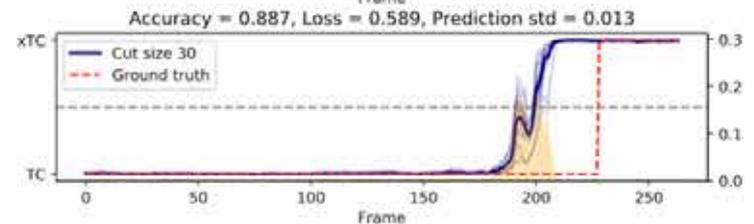
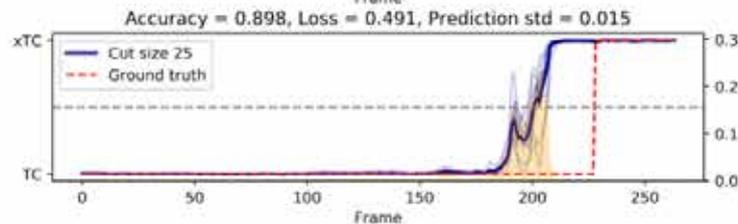
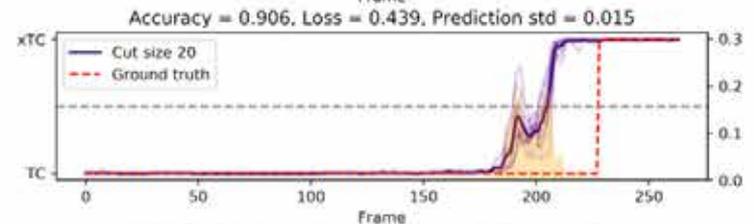
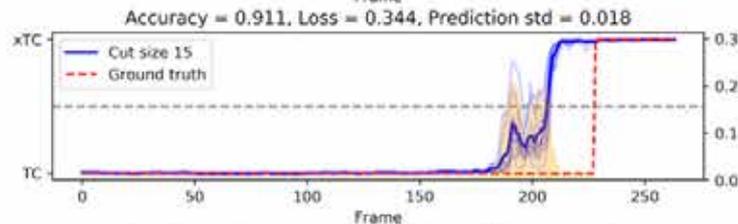
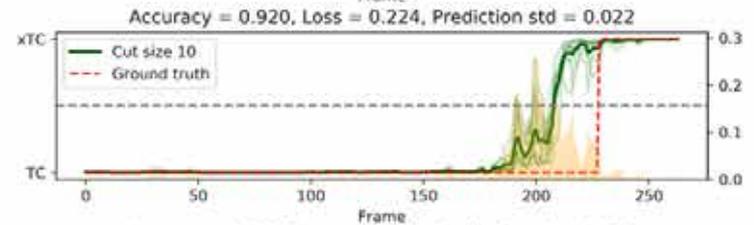
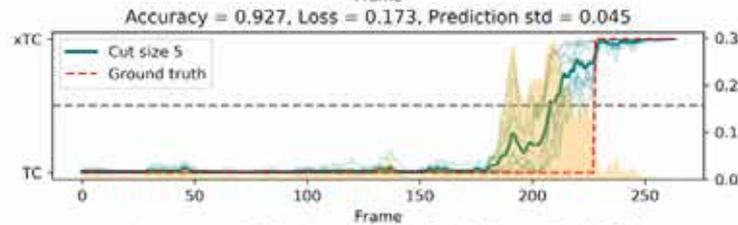
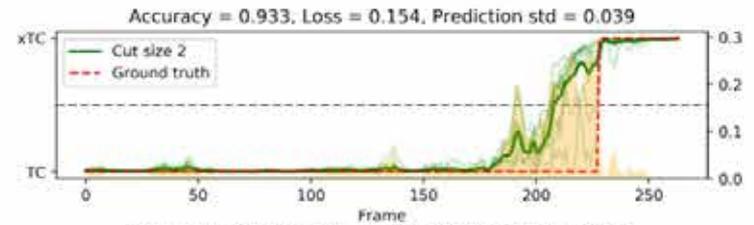
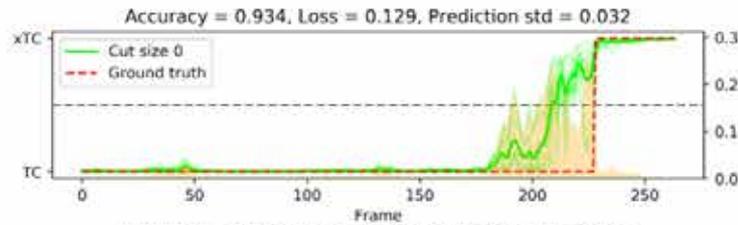
TC/xTC prediction for typhoon 201514, frame: 165

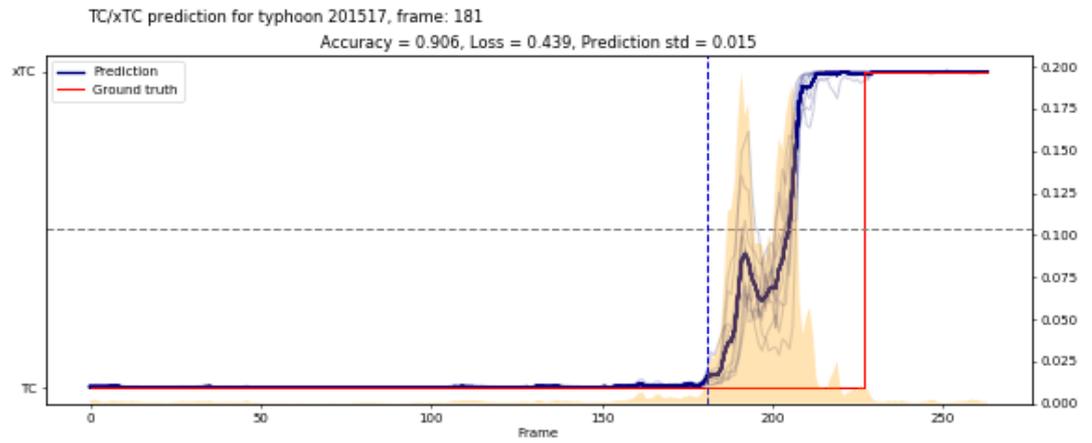
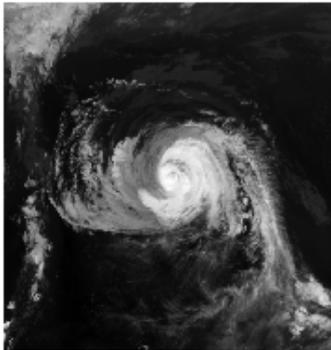
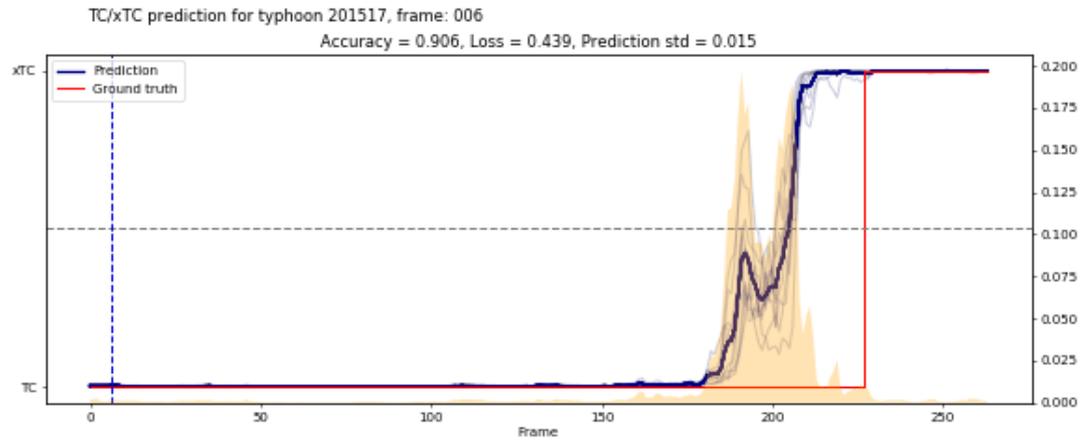
Accuracy = 0.950, Loss = 0.148, Prediction std = 0.020

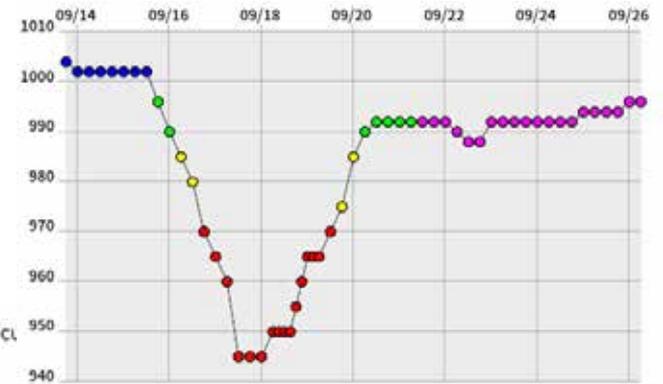




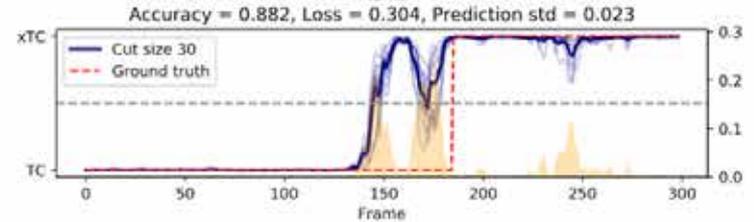
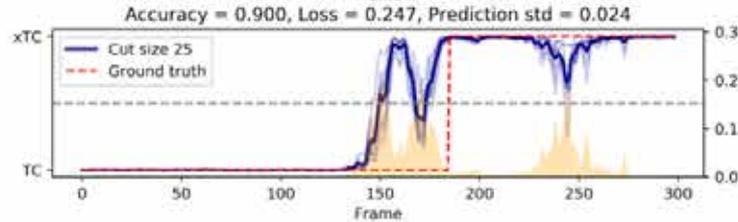
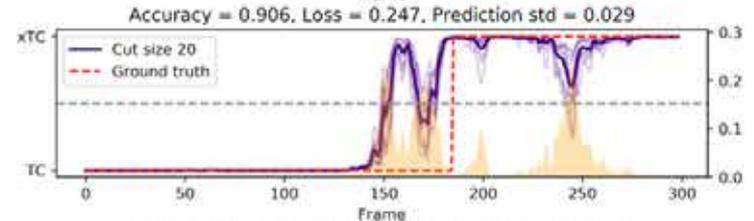
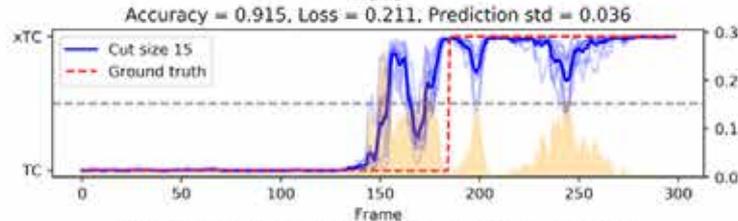
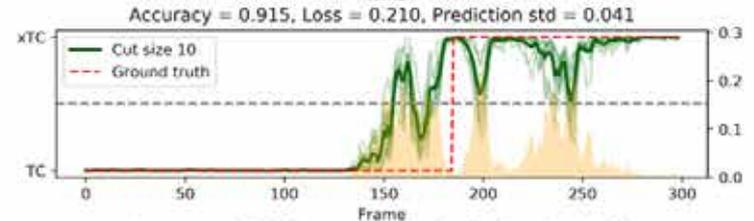
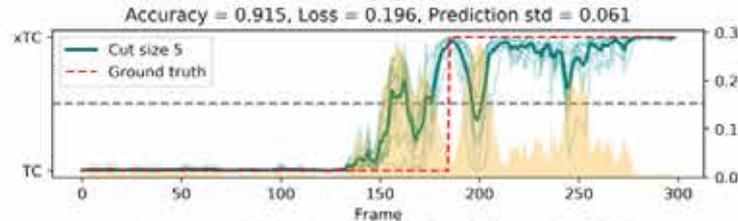
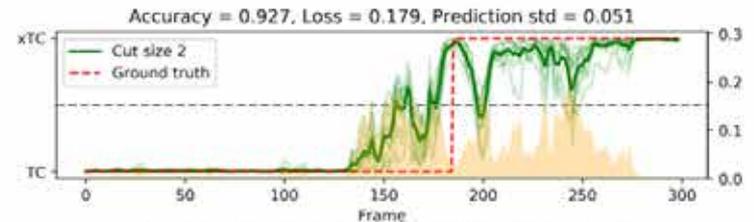
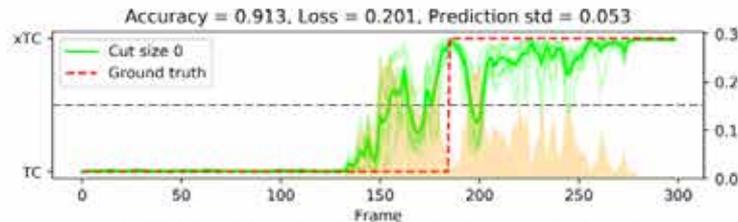
TC/xTC prediction for typhoon 201517 for different transition cut sizes

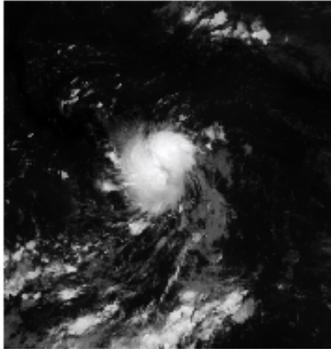






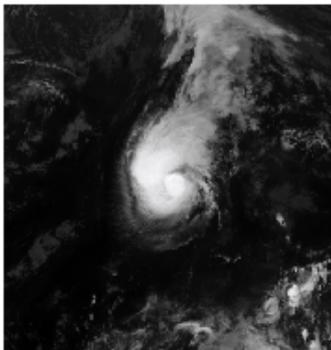
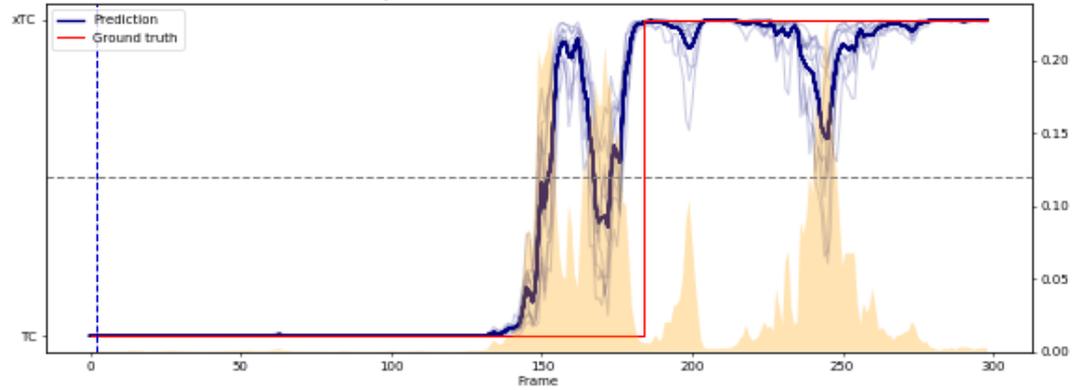
TC/xTC prediction for typhoon 201520 for different transition cut





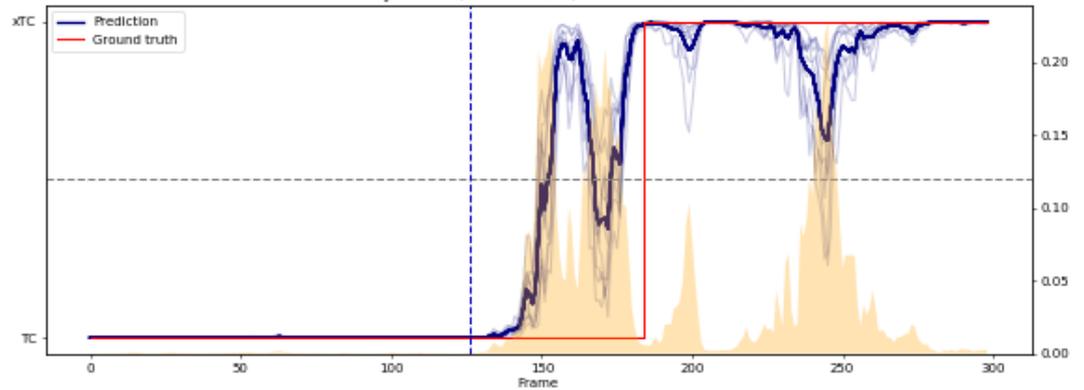
TC/xTC prediction for typhoon 201520, frame: 002

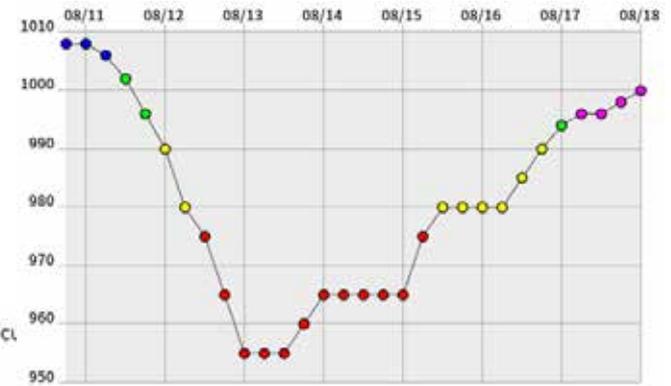
Accuracy = 0.906, Loss = 0.247, Prediction std = 0.029



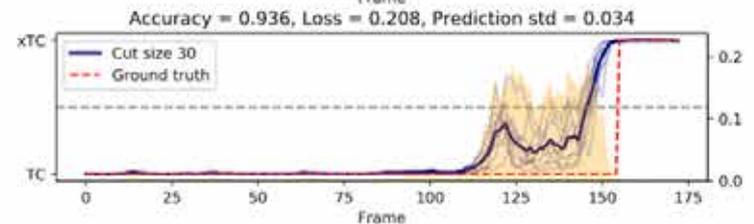
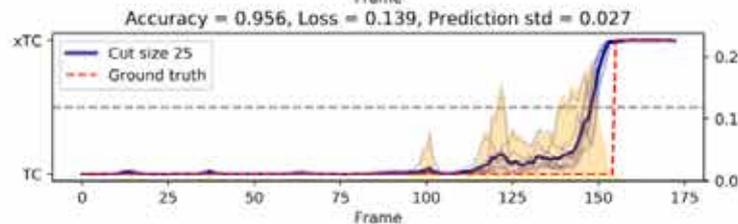
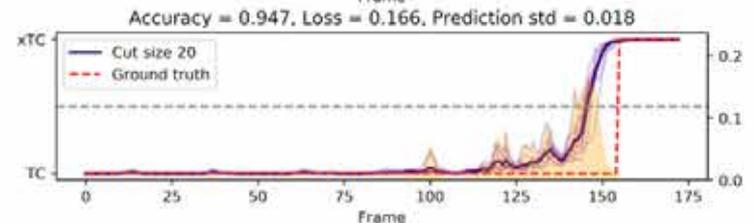
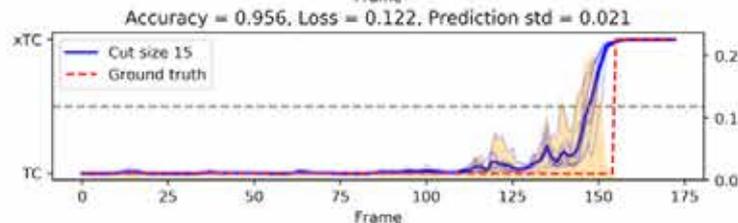
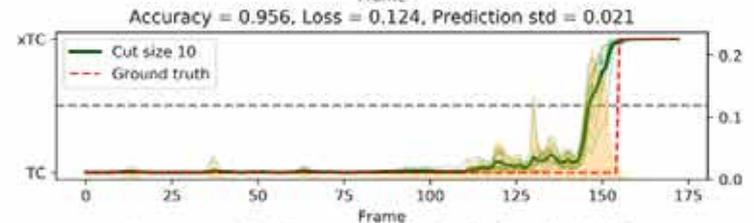
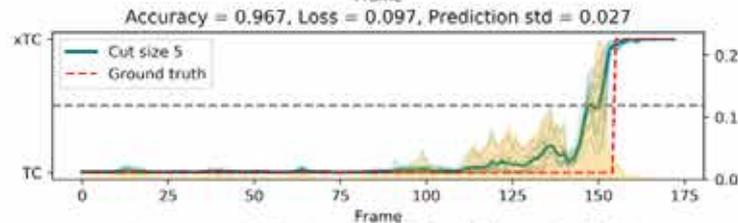
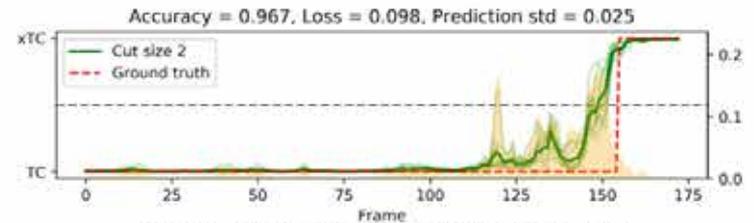
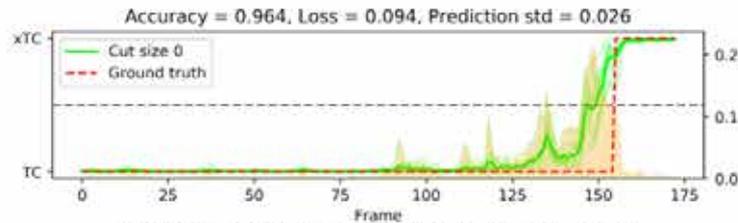
TC/xTC prediction for typhoon 201520, frame: 126

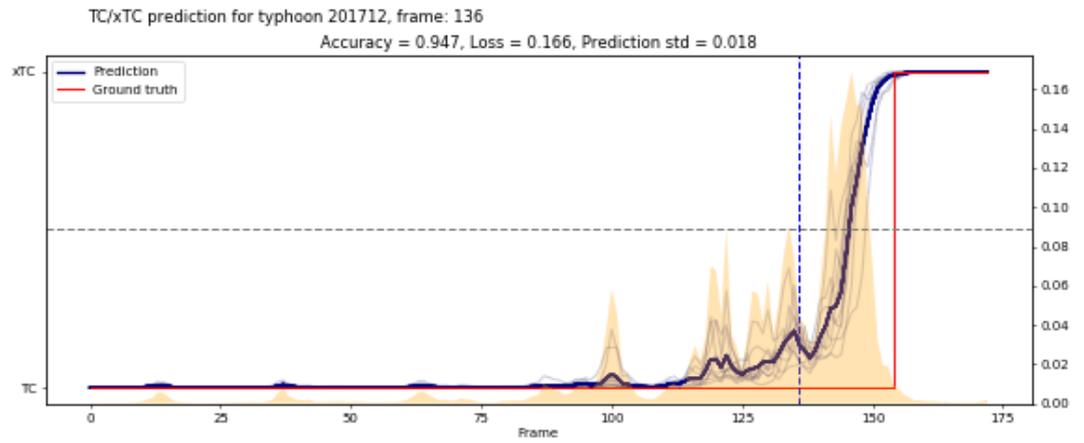
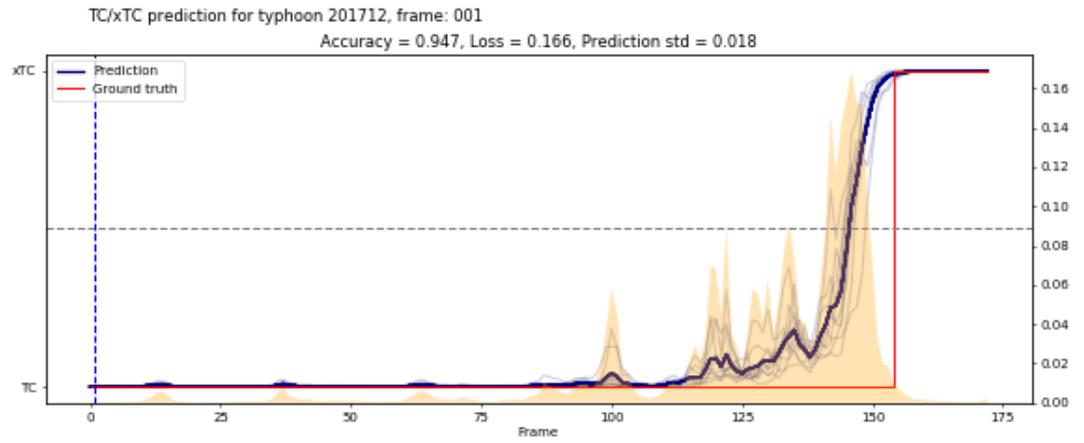
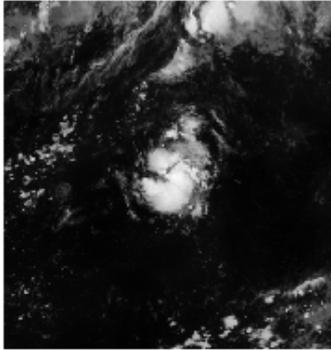
Accuracy = 0.906, Loss = 0.247, Prediction std = 0.029





TC/xTC prediction for typhoon 201712 for different transition cl



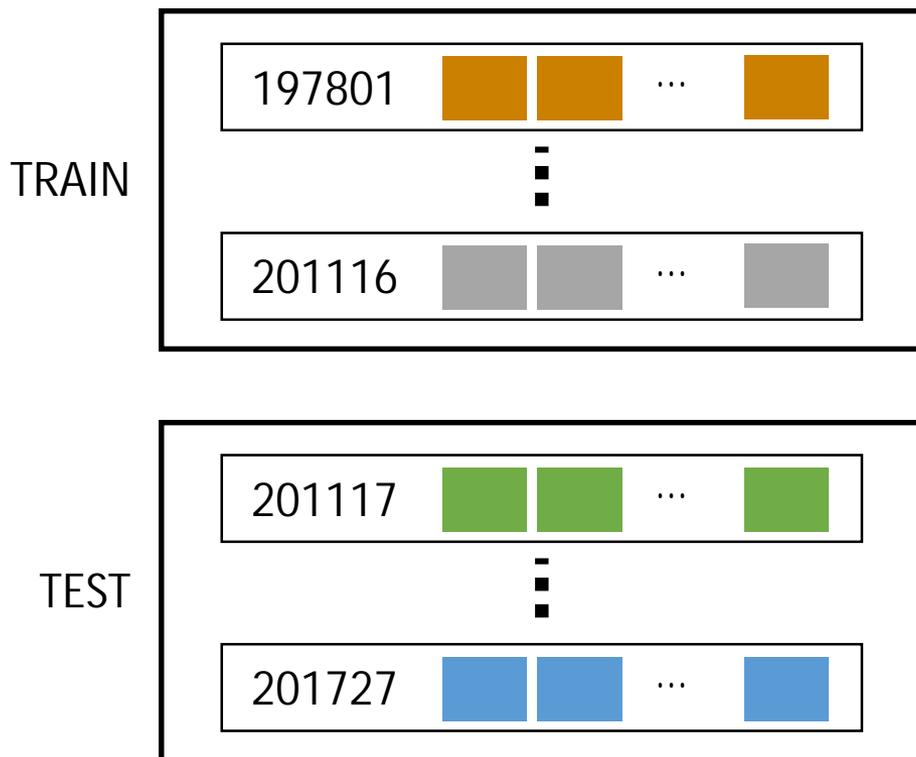


実験結果

	Previous work	Previous work	This work
Tropical vs extratropical cyclone (accuracy)	n/a	94.73%	97.2%
Typhoon intensity class (accuracy)	63.92%	58%	67.50%
Typhoon central pressure (mean error)	10.36 hPa	8.30 hPa	7.42 hPa

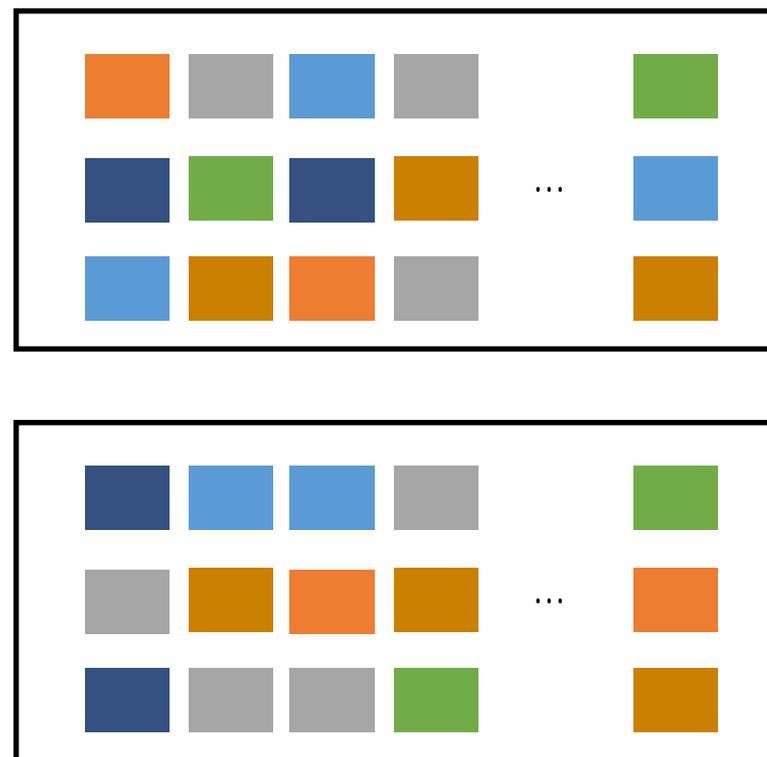
精度の推定と過学習

Sequence split



Accuracy: 57.82%

Random split



Accuracy: 82.82%

これからのチャレンジ

1. **長期再解析**：40年間の台風のベストトラック品質を統一できるか？→人間には面倒なこと（大量）を機械が支援。
2. **リアルタイム勢力推定**：2.5分ごとの勢力変化を推定できるか？→人間にはできないこと（高速）を機械が開拓。
3. **機械学習 + データ同化**：観測データをベクトル化し、データ同化に入力。→データから構築される特徴空間の活用。

おわりに

1. **機械学習（深層学習）を用いて、台風から温帯低気圧への遷移の過程を指数化できる可能性を示した。**
2. 継続課題：「デジタル台風」気象衛星画像データセットを公開したい。
3. **データセットを使った共同研究など、お気軽にコンタクトください。**

デジタル台風：

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>