

# 画像認識技術による火星大気シミュレーションデータの解析

流体地球物理学教育研究分野 2083432s 師 智薫

## はじめに

火星の鉛直対流

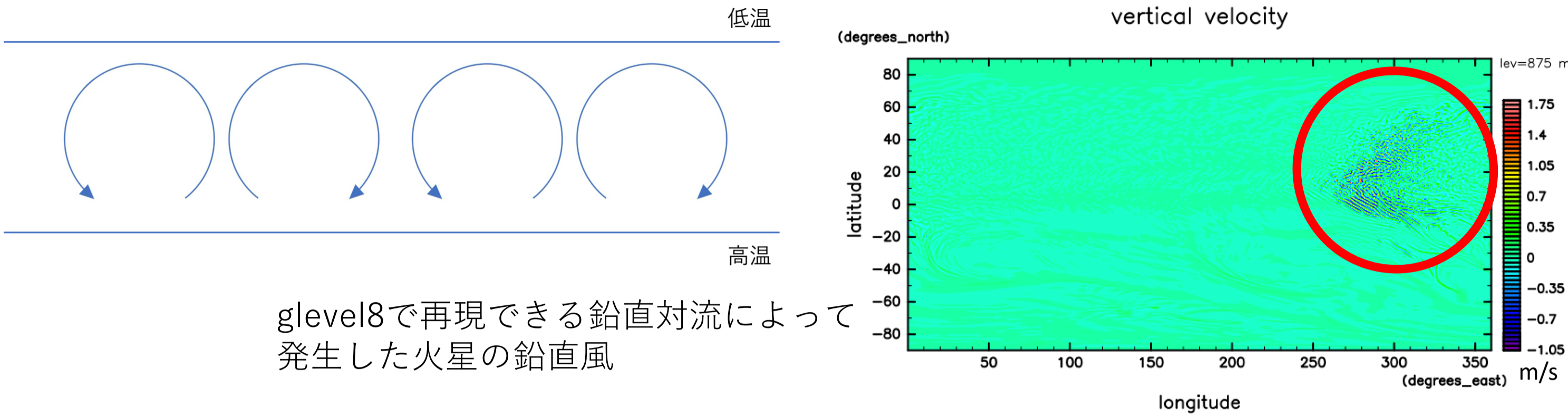
✓温位

ある高さにある空気塊を 1000hPa まで断熱的に移動させた時の絶対温度

✓鉛直対流

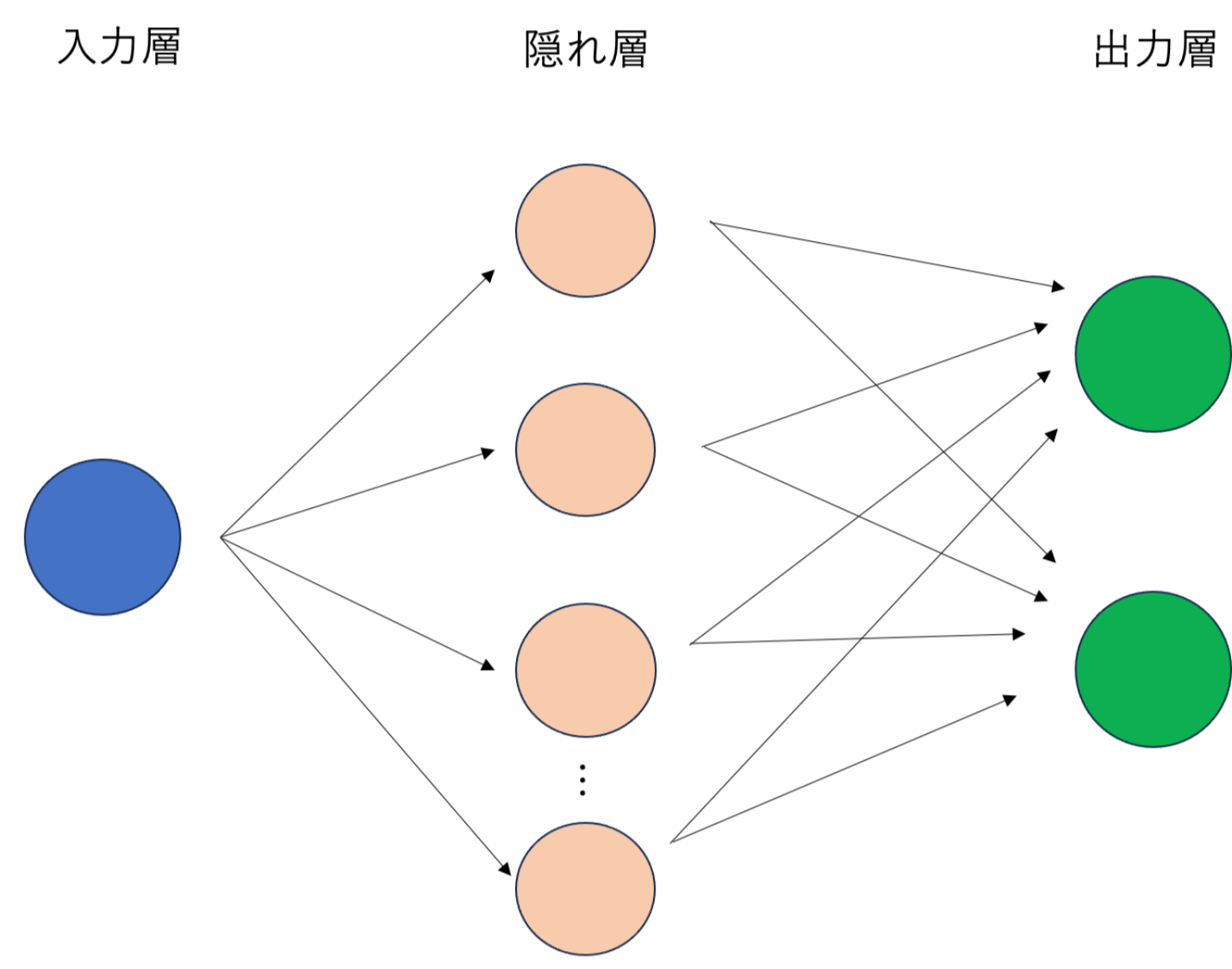
温位の勾配が大気の鉛直方向に負の値の時に発生する

下層の温位が大きい空気が上昇し、上層の温位が小さい空気が下降する

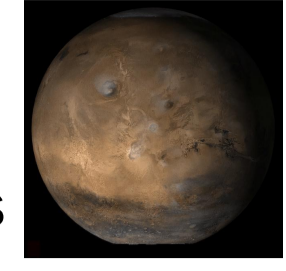


ニューラルネットワーク

- 機械学習の一種である深層学習(ディープラーニング)の基本的な仕組み
- 入力された値にさまざまな組み合わせで「重み(結びつきの強さ)」をかけ、層から層へ伝えていく
- 出力を求めている正解に近づけるために、モデル自身が重みを最適なものに更新していく(学習)



マーズ・グローバル・サーベイヤーによる火星の画像  
NASA/JPL/Malin Space Science Systems



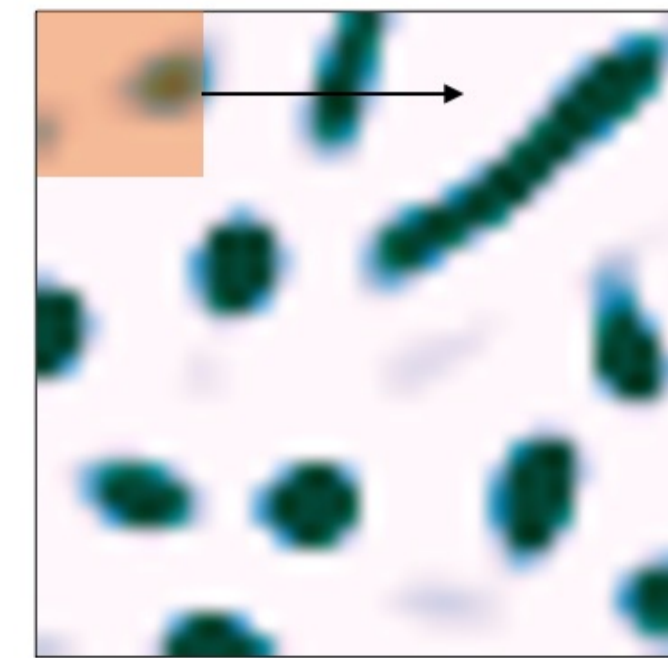
## 解析手法

畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, CNN)

多次元配列に特化したニューラルネットワーク

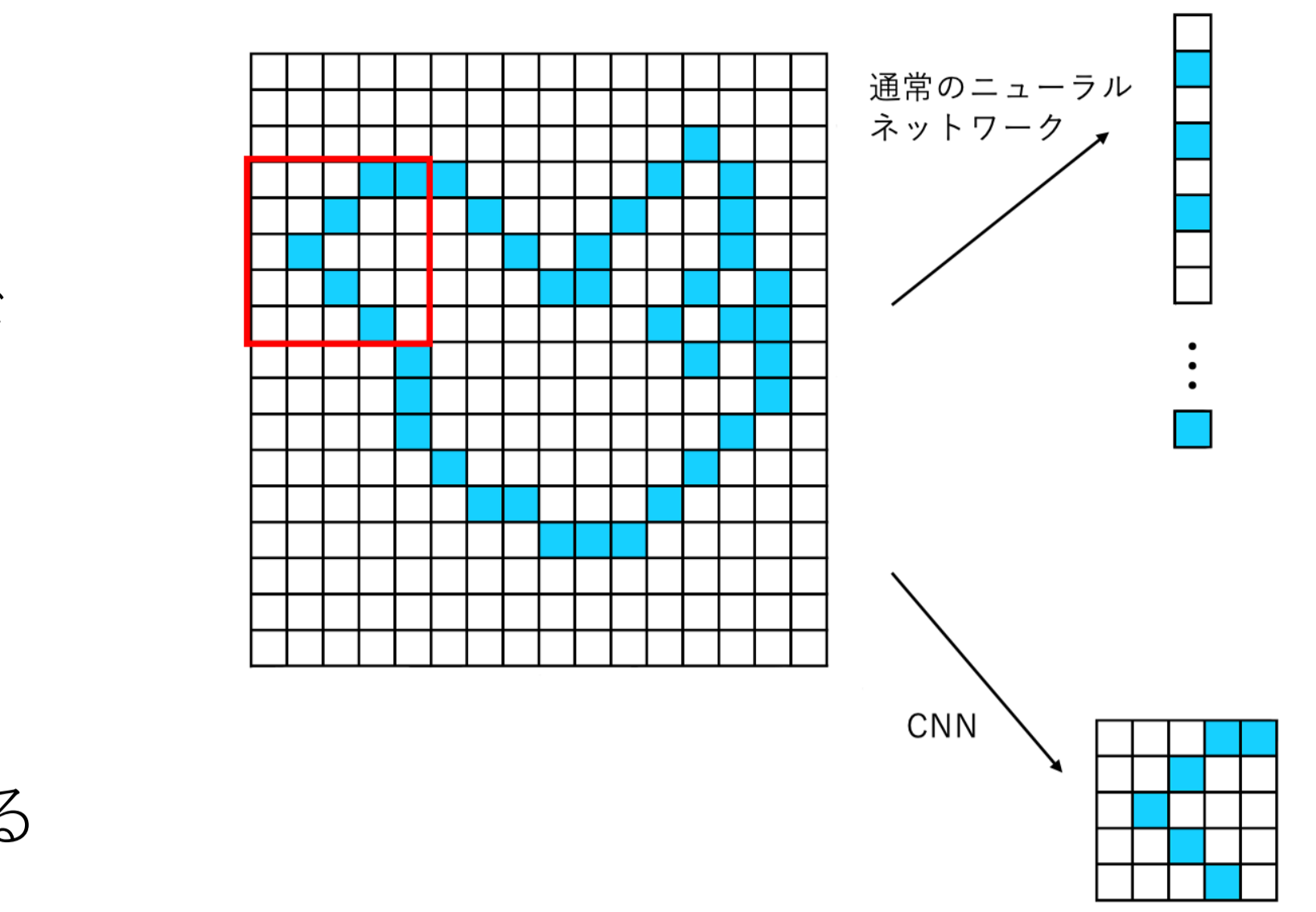
通常のニューラルネットワークと違い、1つのニューロンが画像のピクセル同士の位置関係の情報を保持したまま学習を行える

特徴を検出し強調するフィルタ(畳み込みフィルタ)を用いる



フィルタの模式図  
画像全体にスライドさせ、特徴を検出する

フィルタを適切なものに更新することで画像認識のために最適な特徴を捉えられる



## 研究の背景・目的

- ✓大型計算機の性能の向上によって解像度の高いデータが得られるようになった
- ✓人の手による解析の量的限界が存在する
- ✓機械学習を用いることで、人間と同等の認識能力を有した学習モデルによる、より効率的な解析が実現できる
- ✓機械学習による解析の試みとして火星の鉛直風のシミュレーションデータを用いた鉛直対流の画像認識を行う

## 使用データ

火星 SCALE-GM

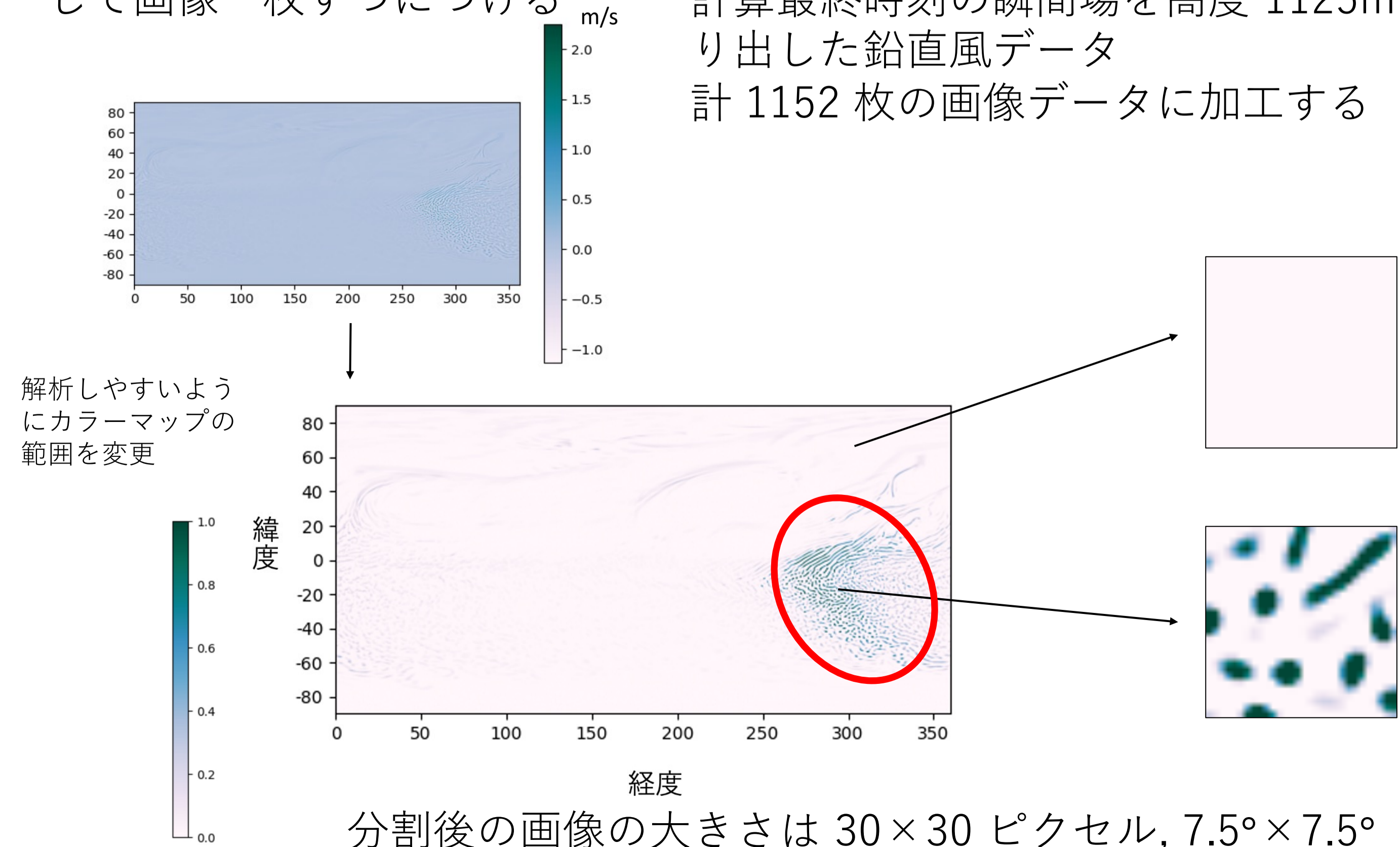
- 火星大気大循環モデル
- 従来の全球モデルは鉛直方向の運動を無視する静力学系の方程式で計算している
- 水平規模が数キロメートルの現象も表現できる高解像度全球大気計算が可能
- 非静力学の方程式系を用いている

計算条件

- 水平解像度は glevel8(水平格子間隔が 26 km)
- 地形無し条件の元で北半球春分から約 60 日計算

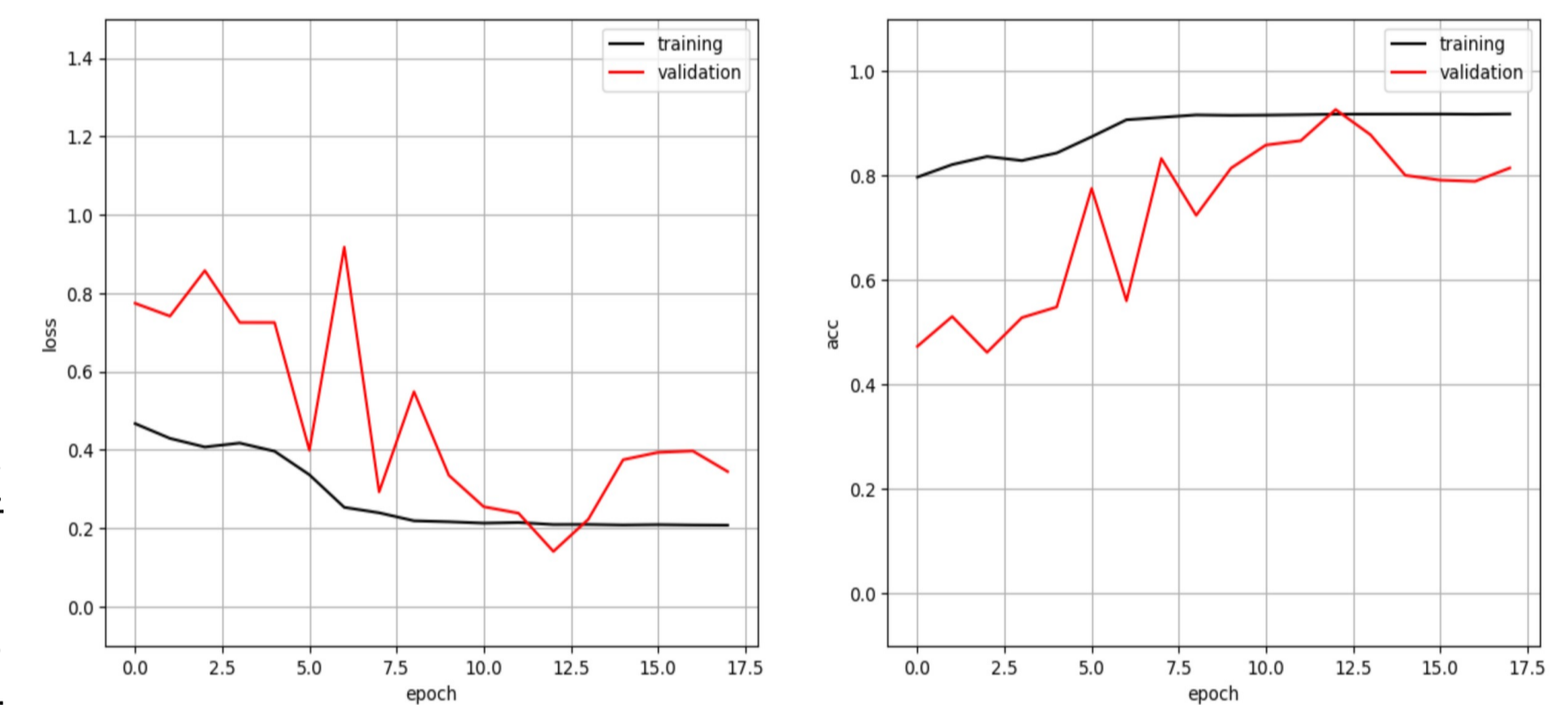
## データの加工

- ✓識別のための最小単位として、小さな領域に全球を分割する
- ✓領域内に鉛直対流と考えられる鉛直風があるかどうかを、学習のために正解の情報(ラベル)として画像一枚ずつにつける
- ✓学習データ  
高度 1km で切り出した計算最終時刻までの 10 火星日間の鉛直風データ  
計 148160 枚の画像データに加工する
- ✓テストデータ(識別用のデータ)  
計算最終時刻の瞬間場を高度 1125m で切り出した鉛直風データ  
計 1152 枚の画像データに加工する



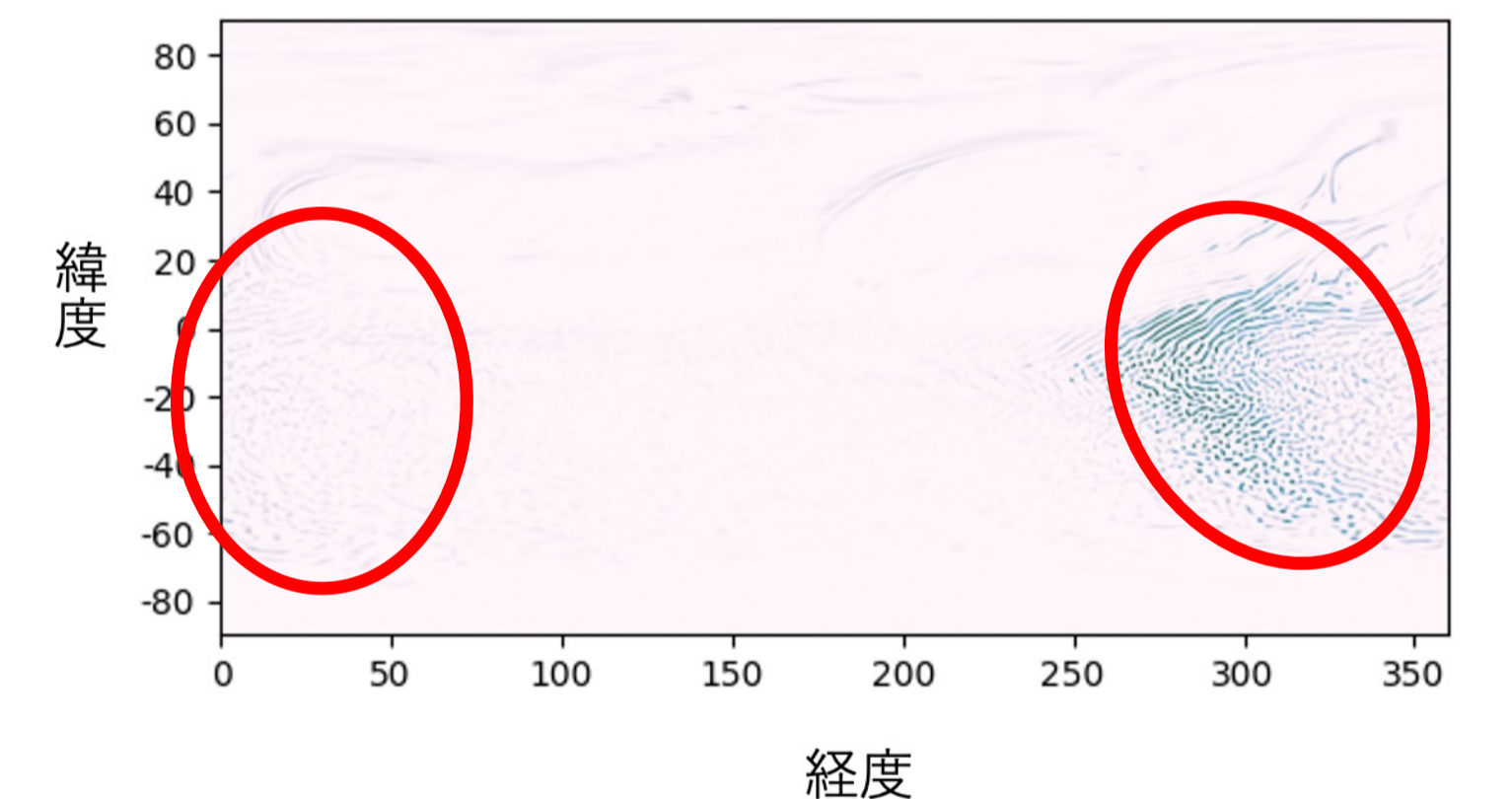
## 結果

グラフは検証データ(赤線)と訓練データ(黒線)それぞれの各学習ごとの正解率と損失(誤差)の推移を表す  
検証データによる最終的な正解率は 81.46%  
テストデータによる最終的な正解率は 95.31%



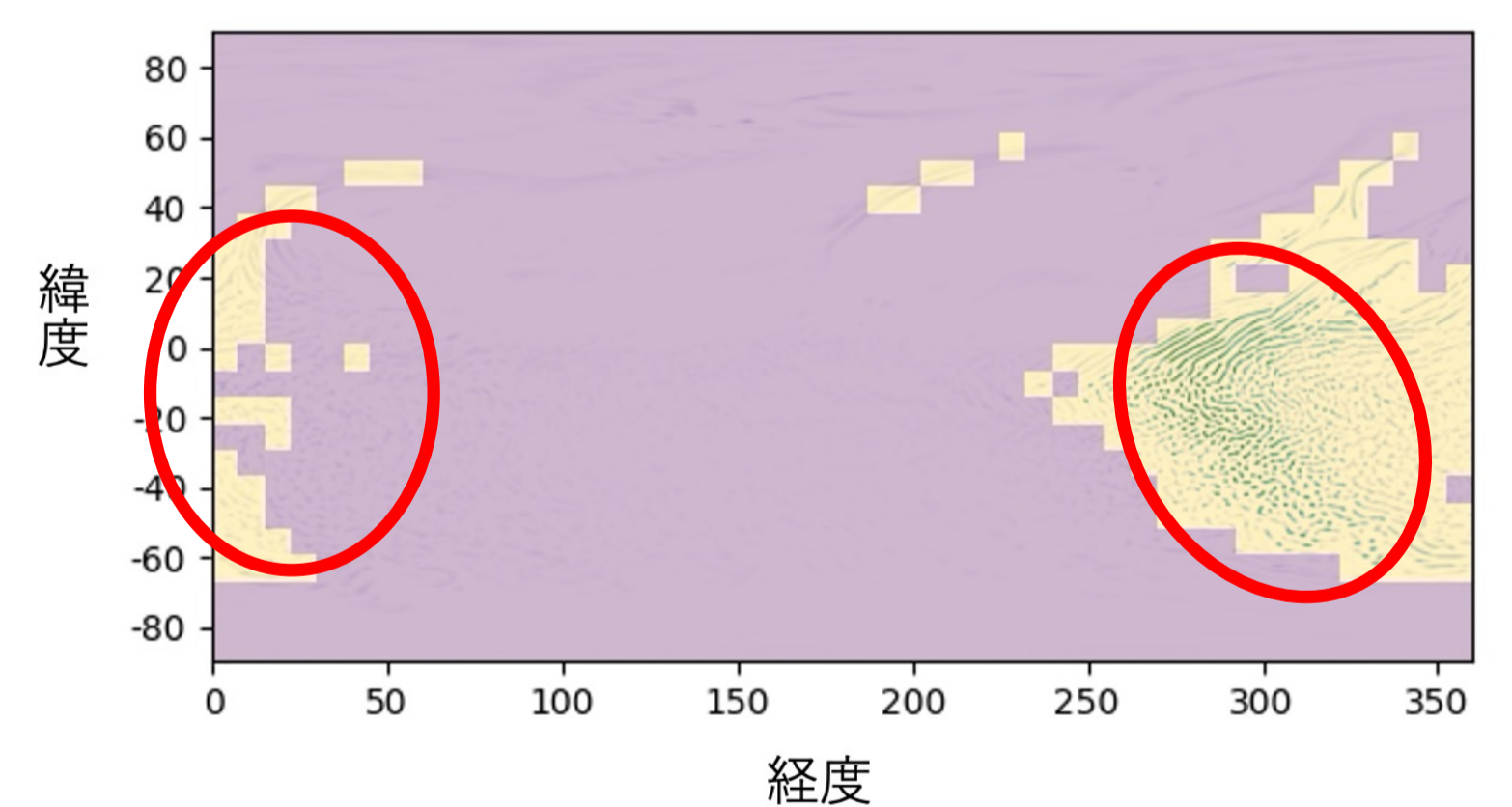
学習では使わなかったシミュレーションデータ(テストデータ)を用いてモデルによる識別を行った

上図：鉛直風を描画した画像  
右端と左端に鉛直対流による鉛直風が確認できる



下図：上図を元に識別を行った結果

モデルが「鉛直対流がある」と認識した部分を黄色で示している  
右端と左端の鉛直対流を「鉛直対流がある」と認識できていることがわかる



## 考察

- 単純な鉛直風の有無での分類だったため、鉛直対流とは関係のない鉛直風も識別してしまう
- 精度の向上のためには、鉛直対流による鉛直風とそうでない鉛直風の識別も可能なマルチクラス分類にする必要がある
- 画像認識技術により、膨大な量のデータの処理が実現できた
- 統計的な特徴を捉えることができる
- 火星以外の惑星や気象現象にも応用ができる

## 参考文献

- 物体・画像認識と時系列データ処理入門(チーム・カルポ)
- 図解即戦力 機械学習&ディープラーニングのしくみと技術がこれ1冊でしっかりわかる教科書(株式会社アイデミー 山口 達輝/松田 洋之)
- 入門 ディープラーニング —NumPyとKerasを使ったAIプログラミング—(藤野 巖)
- 火星SCALE-GM
- NASA/JPL/Malin Space Science Systems