

深層学習による太陽画像からの 太陽黒点数の推定

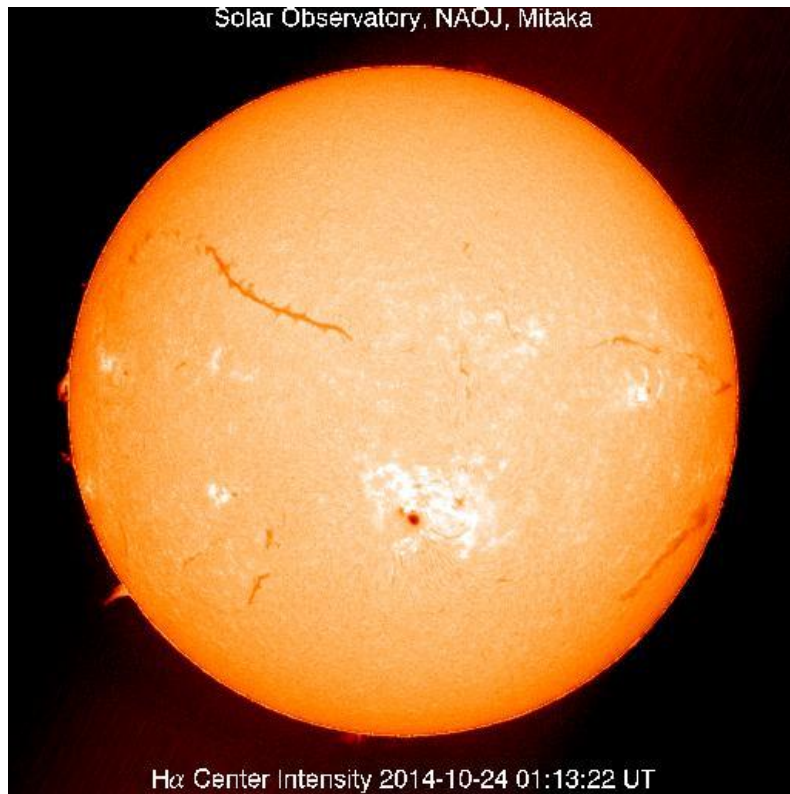
樋口陽光 會下拓実 柳井啓司

電気通信大学 情報理工学域

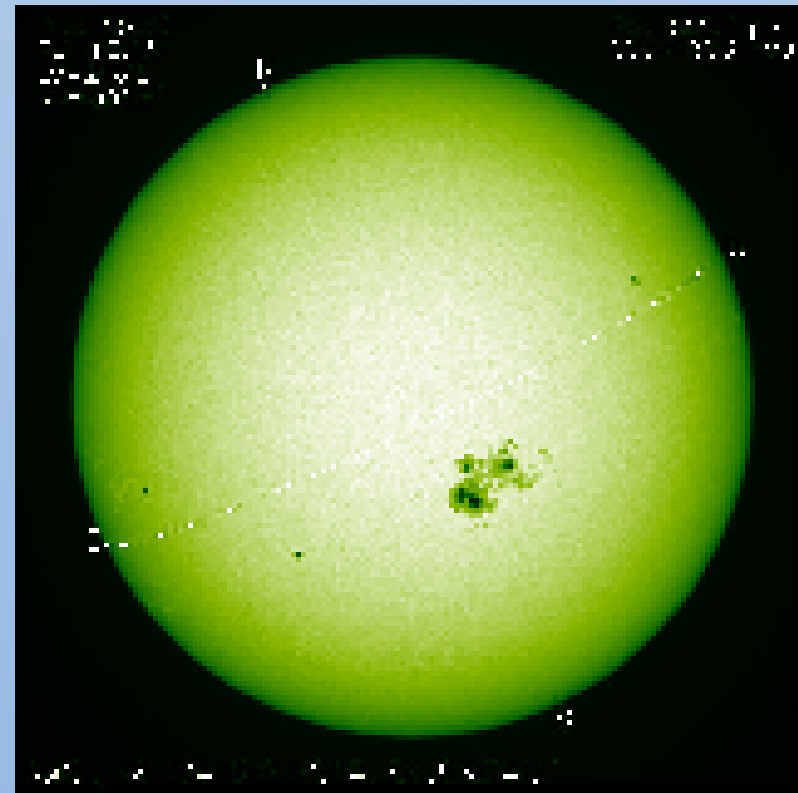
I類 メディア情報学プログラム

背景：太陽画像とは

今回使用



H α 線



白色光

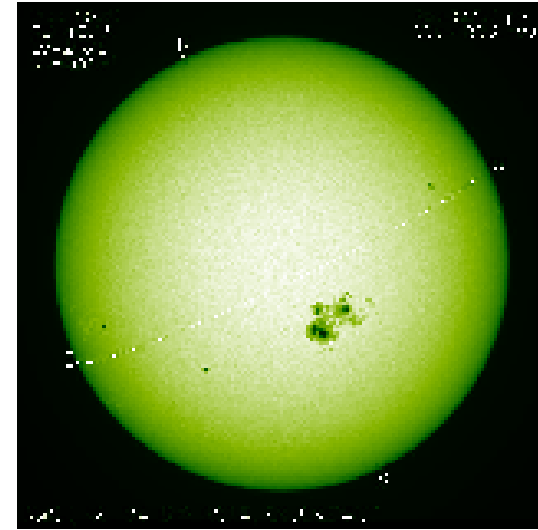
背景：太陽黒点観測について

- 太陽黒点は、太陽の活動の活発さを示す指標の一つ

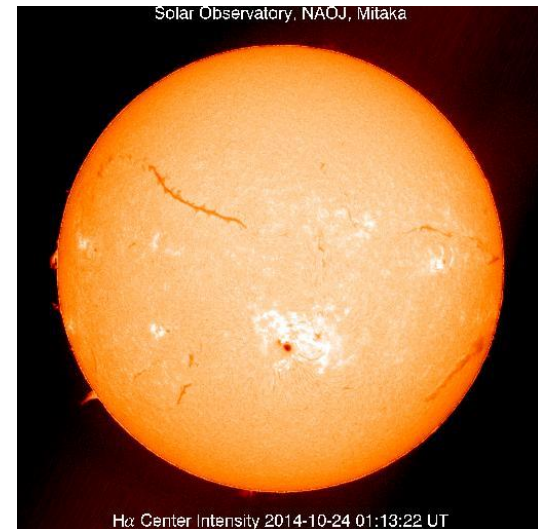
黒点スケッチ観測

- 望遠鏡から得る太陽像を投影板に投影し、それをスケッチする方法（17C～）
- 太陽写真を撮り、写真から自動スケッチする方法（1998年～：国立天文台）

- 黒点数のカウントは自動化されていない。



白色光



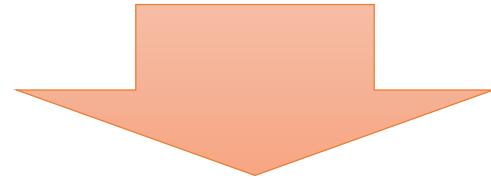
H α 線

背景：太陽黒点観測について

- 黒点のスケッチは観測者の手と目で行うため、
観測者の主観に依存する部分がある。
- →機械学習を使って、誰でも「一人の観測者基準の」
「目」で観測できないか？

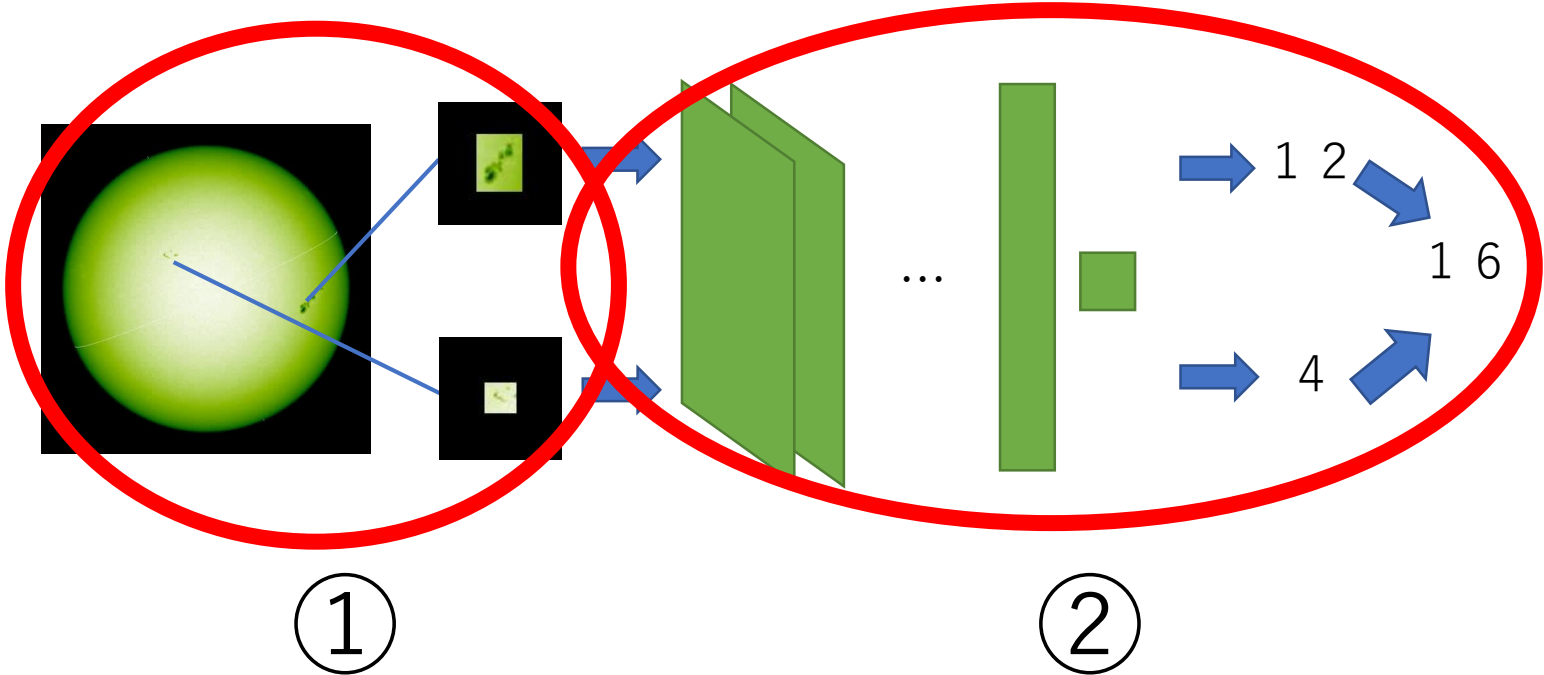
目的

太陽全面画像から、全自動黒点数推定を行うこと



黒点数の客観的かつ簡単な測定を可能とすること

研究概要



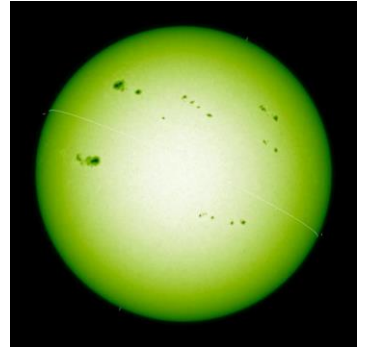
① データセットの構築

② 推定システムの構築

データセットの構築：元画像と切り出し

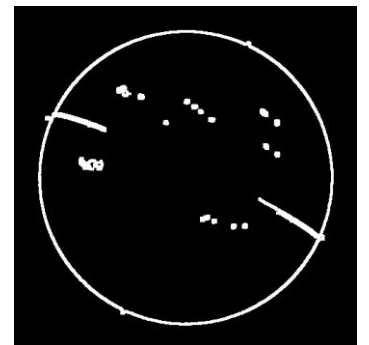
元画像

太陽全面画像3750枚（国立天文台，1997年11月～2014年10月）。



黒点領域の切り出し

Canny法を用いて上記の画像からエッジ、輪郭の順に検出し、輪郭に沿って黒点領域を切り出した。切り出した画像（黒点パッチ画像）は12975枚得られた。

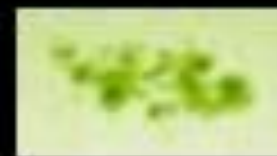
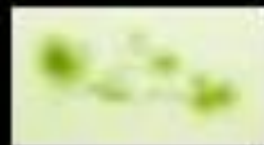


データセットの構築：アノテーション

アノテーション

切り出した黒点パッチ画像のうち1355枚について、黒点数のアノテーションを行った。

黒点パッチ画像と黒点数の例



黒点数

1

2

3

...

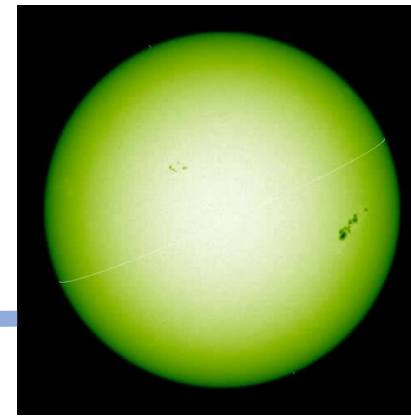
10

...

19

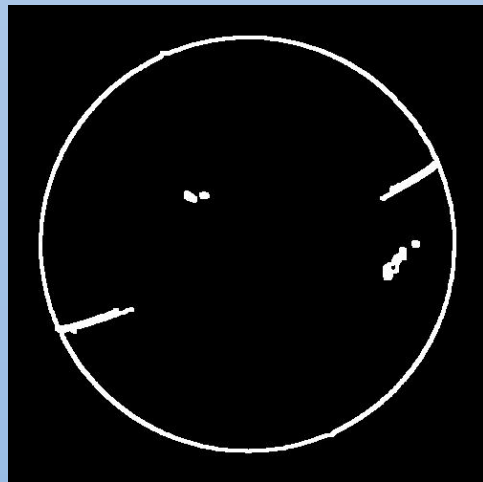
20

推定システムの構築 ：黒点領域の切り出し



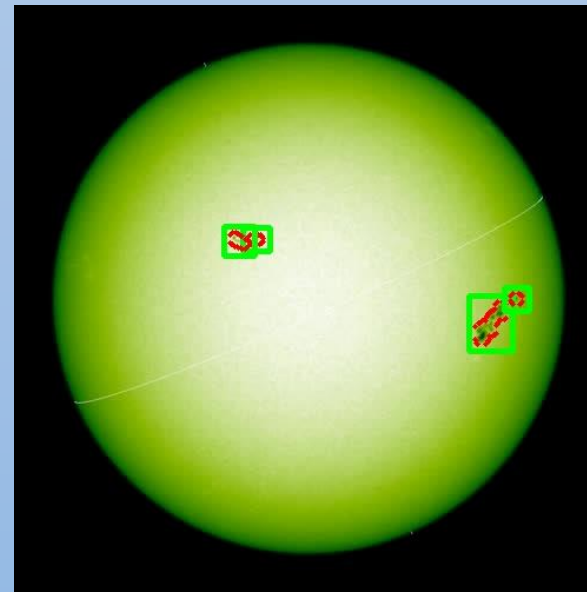
元画像

Canny法による
エッジ検出

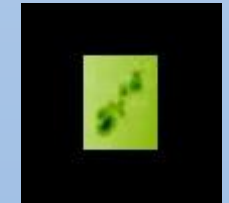


エッジ検出されるのは
黒点と太陽縁のみ

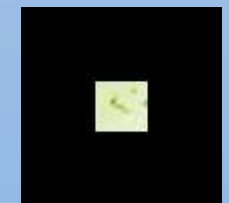
エッジをもとに
黒点の輪郭を検出



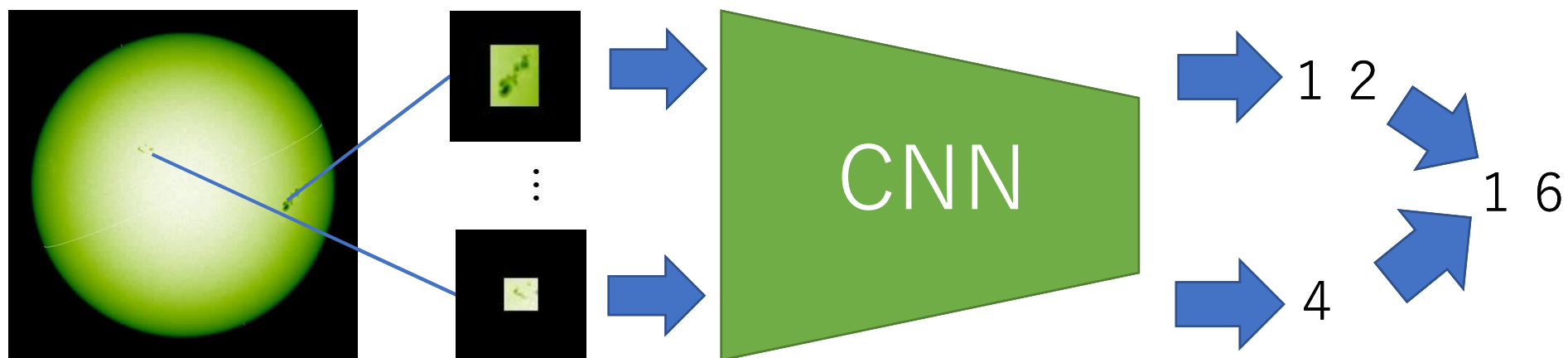
黒点領域（黒点
パッチ画像）を
切り出す



⋮



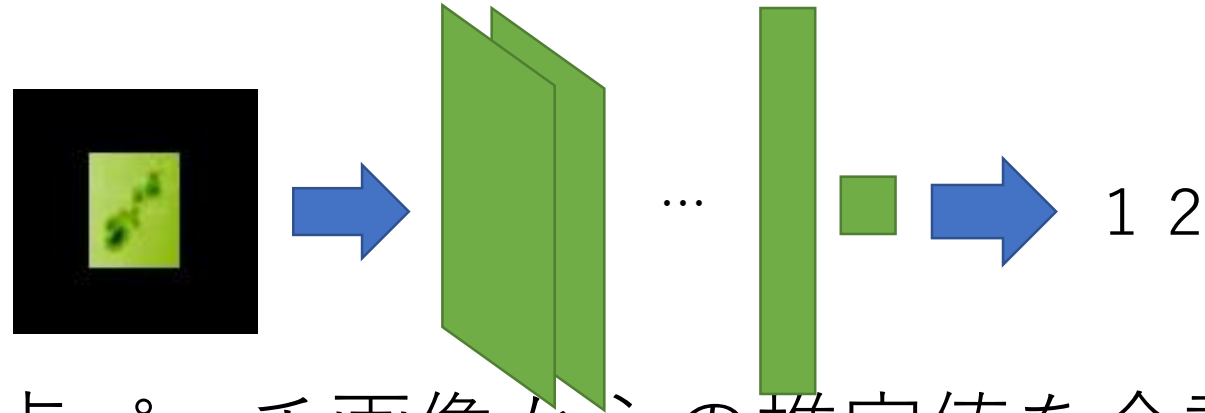
推定システムの構築 (CNN)



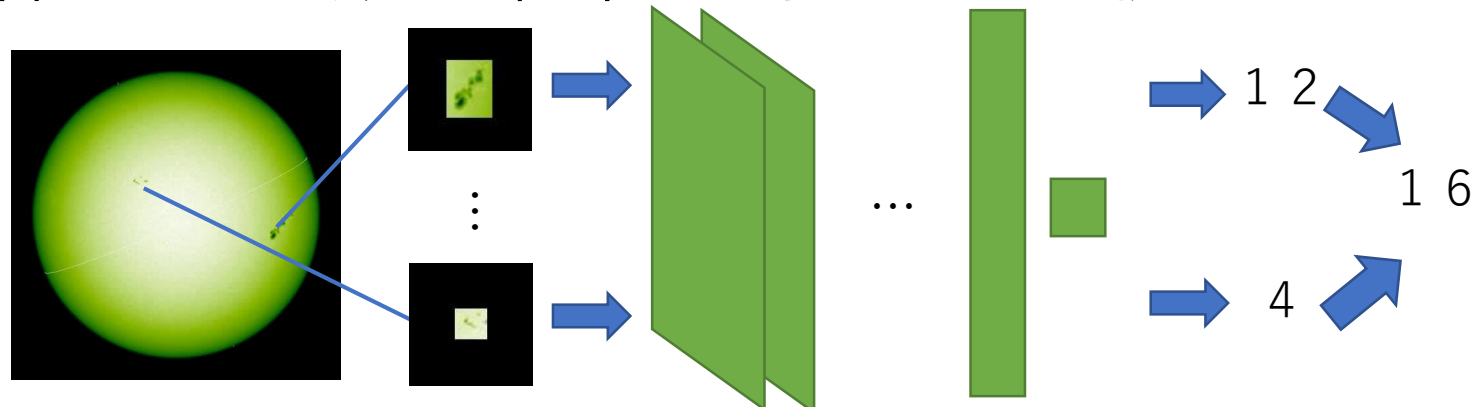
- 黒点画像を入力とし、出力層で黒点数を直接出力する回帰問題として扱う。
- ネットワークとして、vgg16を用いる。

実験：概要

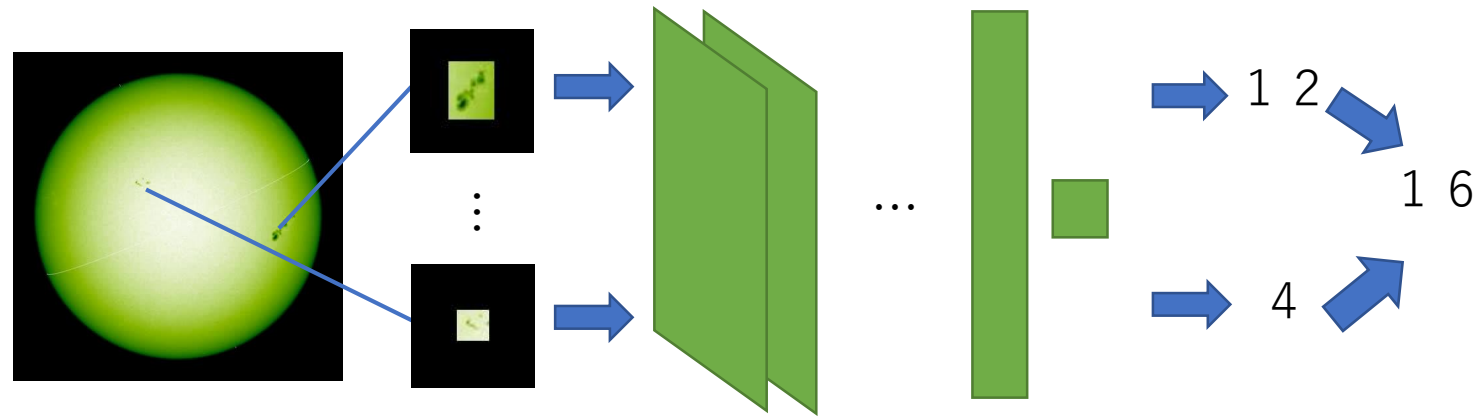
実験 1：個々の黒点パッチ画像から黒点数を推定する実験



実験 2：黒点パッチ画像からの推定値を合計し、太陽面全体の黒点数の総和を求める実験



黒点パッチ画像からの推定：CNN



モデル

vgg16 (ImageNetでの学習済みモデルを使用)

損失関数

L1および**L2**ノルム。

黒点パッチ画像からの推定：評価

- 黒点パッチ画像のうち、自分がアノテーションした
1355枚を、
(訓練用)：(テスト用) = 8：2 (1093枚：262枚) に分割し、前者で学習、後者で評価を行った。
- 評価指標：
 - 黒点数の、正解値と推定値の相関係数
 - 正解値の推定値に対する絶対誤差の平均

黒点パッチ画像からの推定：結果

	vgg16(L1)	vgg16(L2)
正解値と推定値の相関係数	0.946	0.939
絶対誤差の平均[個]	0.537	0.558

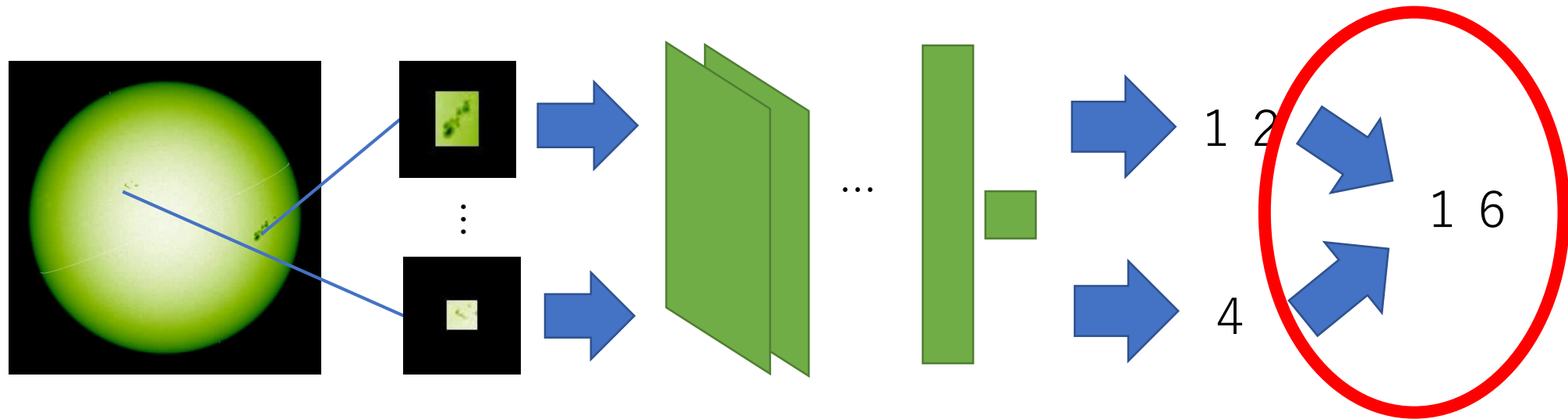
vgg16 (L1ノルム) は相関係数、絶対誤差の平均ともに良い



vgg16 (L1ノルム) の方が結果が良い

総和を求める実験：概要

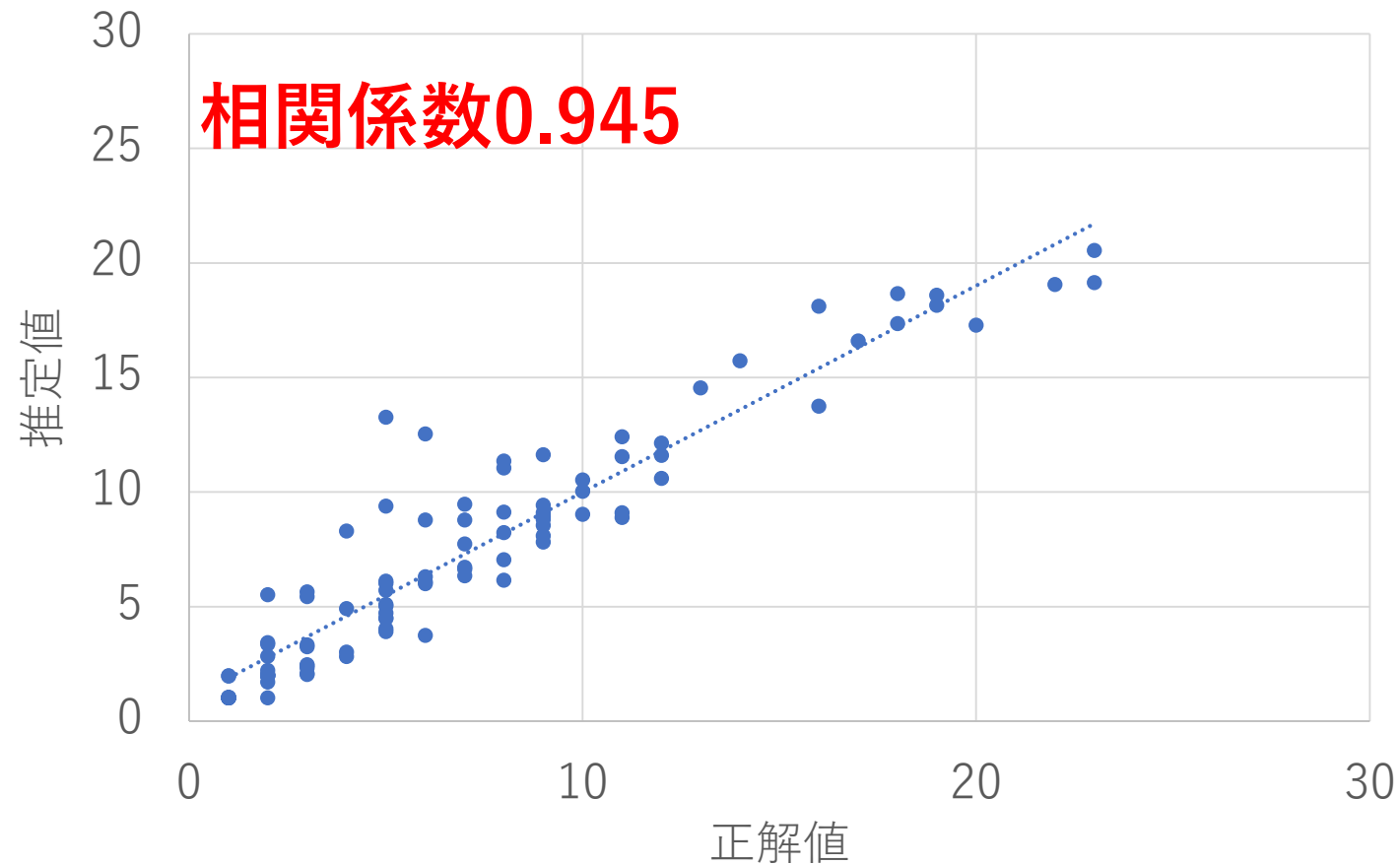
個々の黒点画像から黒点数を推定し、**総和を求める**



- 学習、評価ともに自分がアノテーションしたデータを用いる

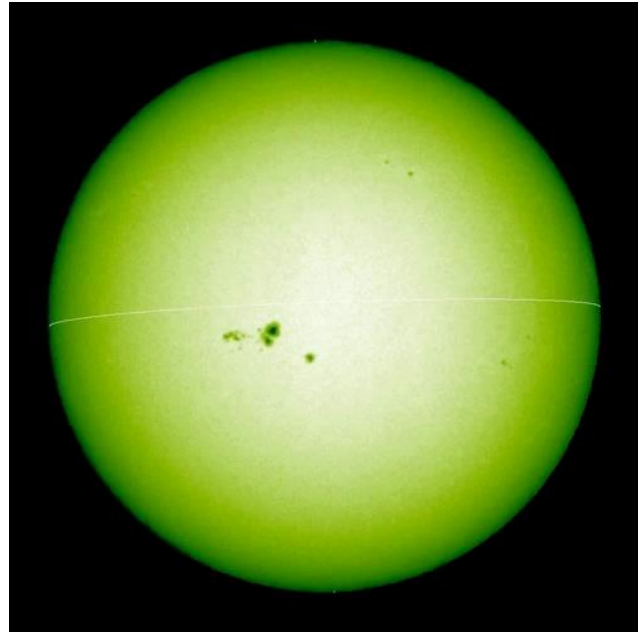
総和を求める実験：結果

正解値と推定値の相関
(個々の黒点数の総和)



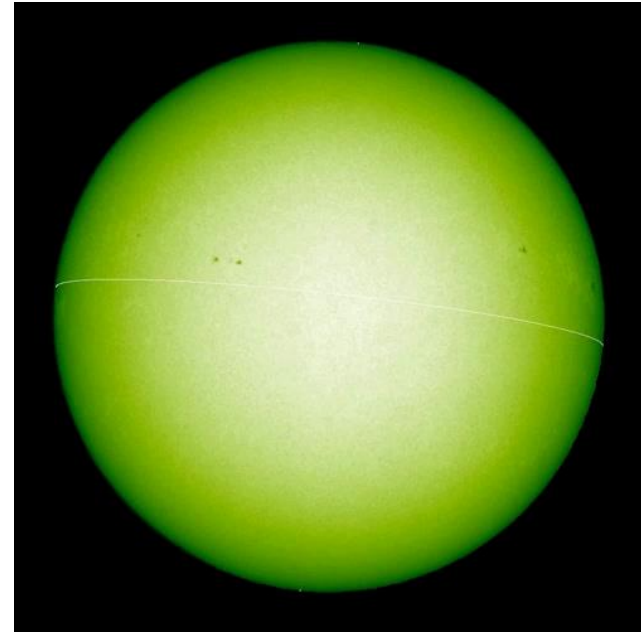
総和を求める実験：結果

推定に成功した例



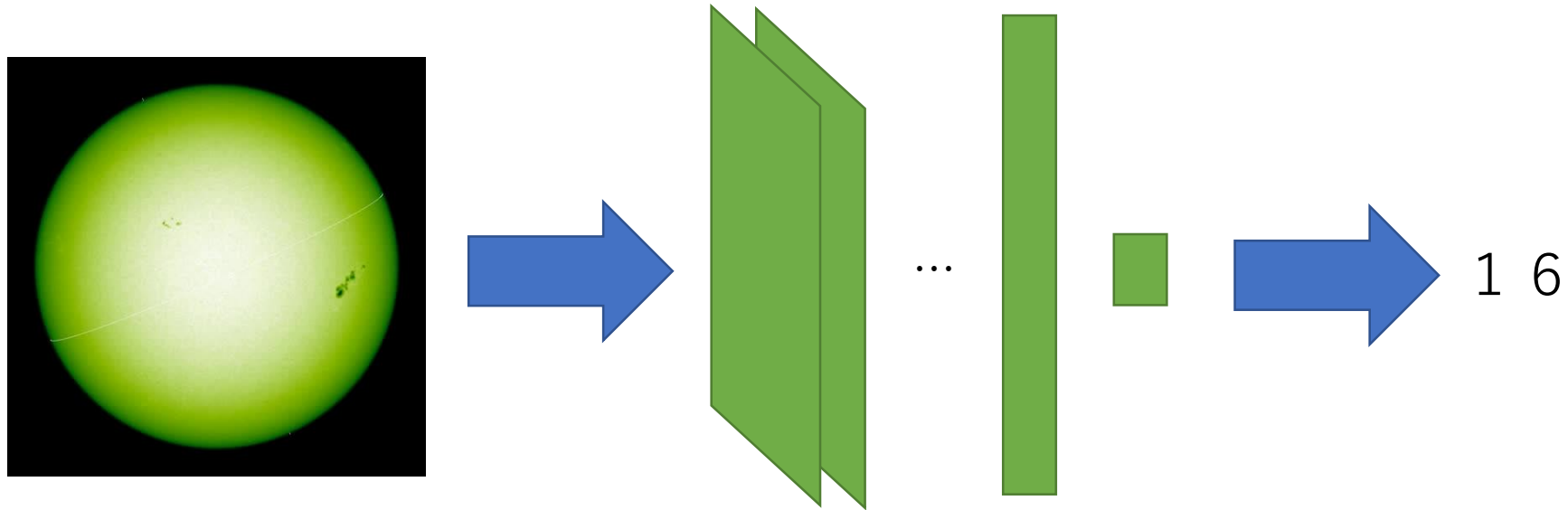
推定値：15.9
正解値：17

推定に失敗した例



推定値：6.9
正解値：18

追加実験：太陽全面画像からの 黒点数の直接推定



太陽全面画像からの直接推定：評価

- 太陽全面画像4742枚を（訓練用）：（テスト用）=8:2（3796枚：946枚）に分割し、前者で学習、後者で評価を行った。

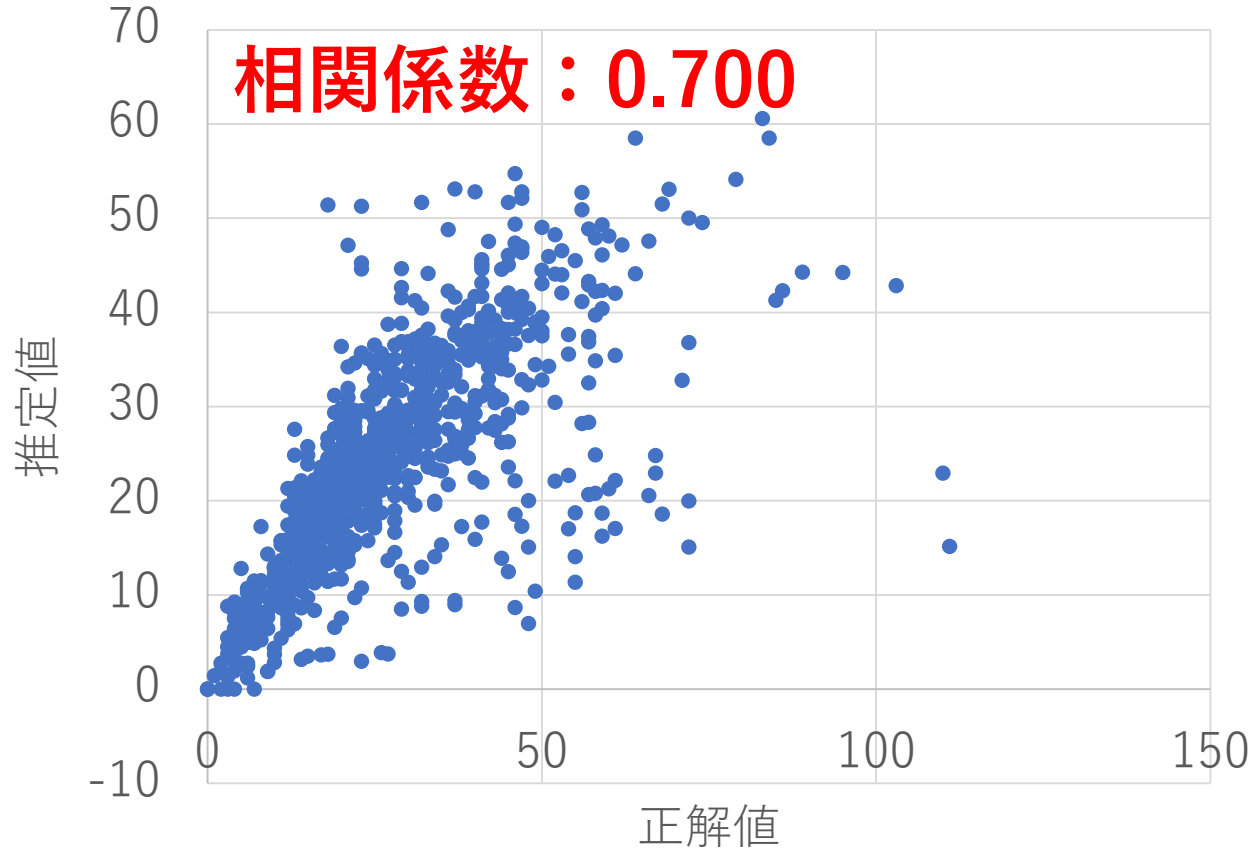
• アノテーション

学習、評価ともに国立天文台のアノテーション

- 評価指標：実験1と同じ

追加実験：結果

正解値と推定値の相関
(太陽全面画像からの直接推定)

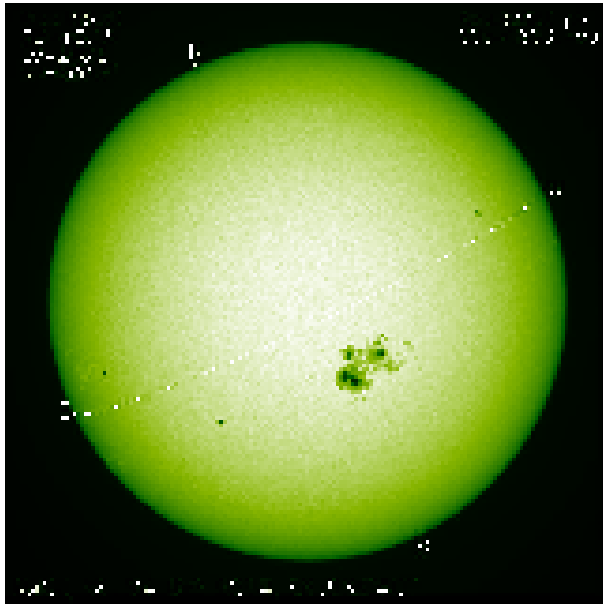


絶対誤差の平均：7.0033

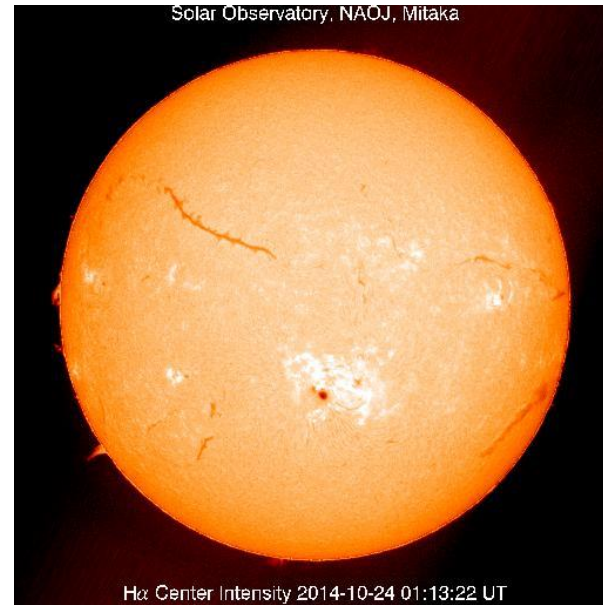
今後、提案手法と
比較したい

今後の展望

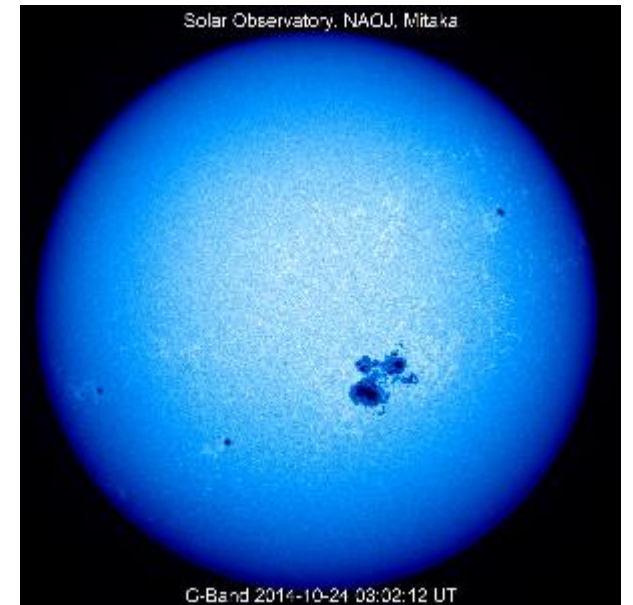
他チャンネルを学習に用いる



白色光



H α 線



CaK線

→太陽フレア等を学習に用いることにより、黒点数推定の精度が上がる可能性？