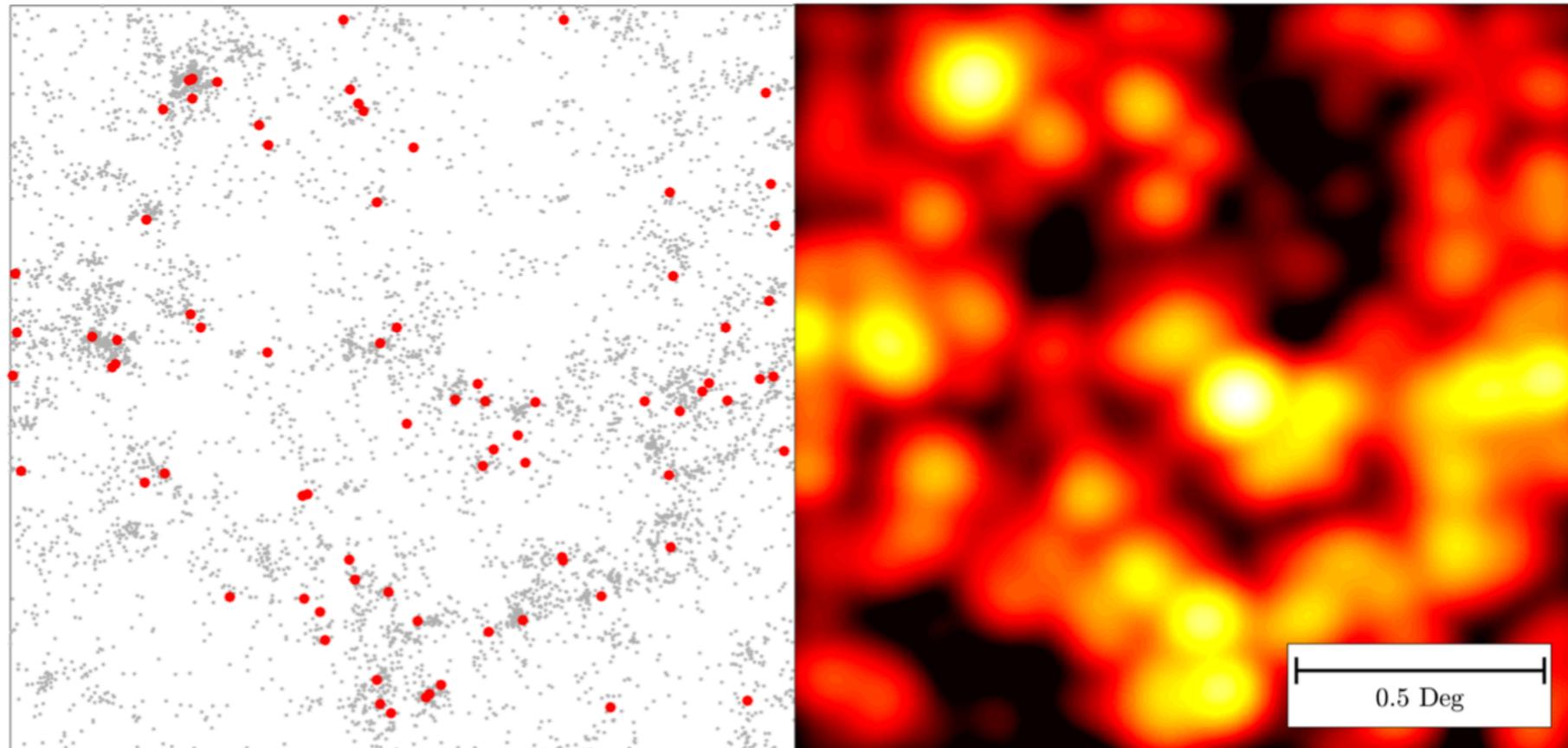


GANを用いた輝線強度マップのシグナル分離

森脇可奈 (東京大学 宇宙理論研究室)



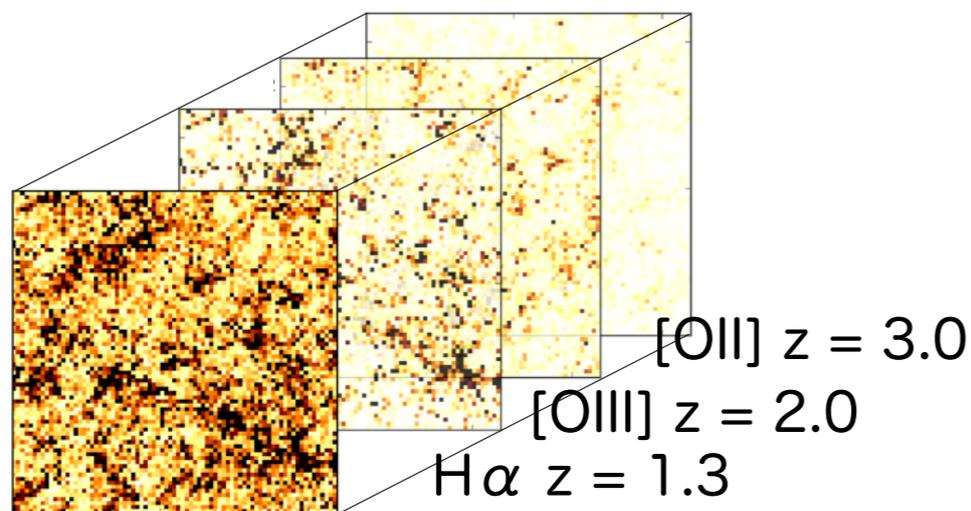
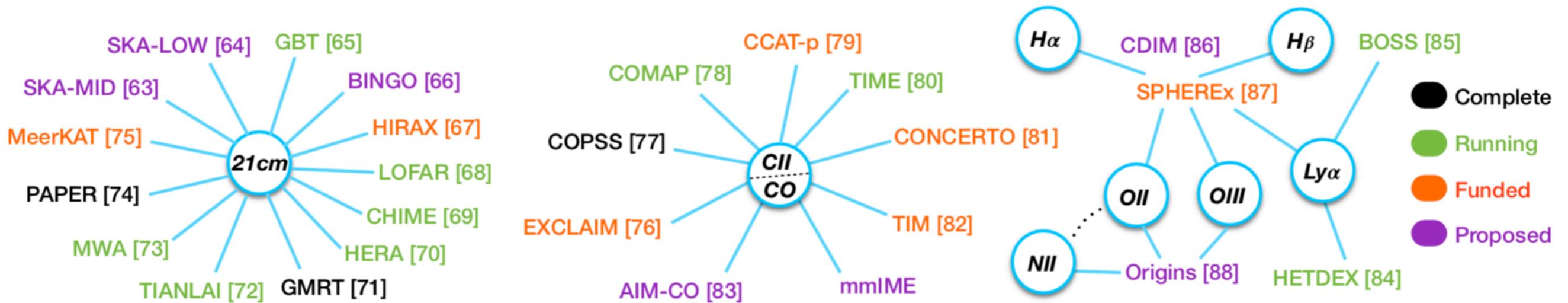
輝線強度マッピング

Breysse et al. (2016)

Line intensity mapping (LIM)

輝線強度マッピング

Kovetz et al. (2019)



observed ($1.5 \mu\text{m}$)

$$\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{line}} (1 + z_{\text{line}})$$

問題点：輝線シグナルの混在

ある観測波長では複数の輝線シグナル

($\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{line}}(1 + z_{\text{line}})$) が混在する

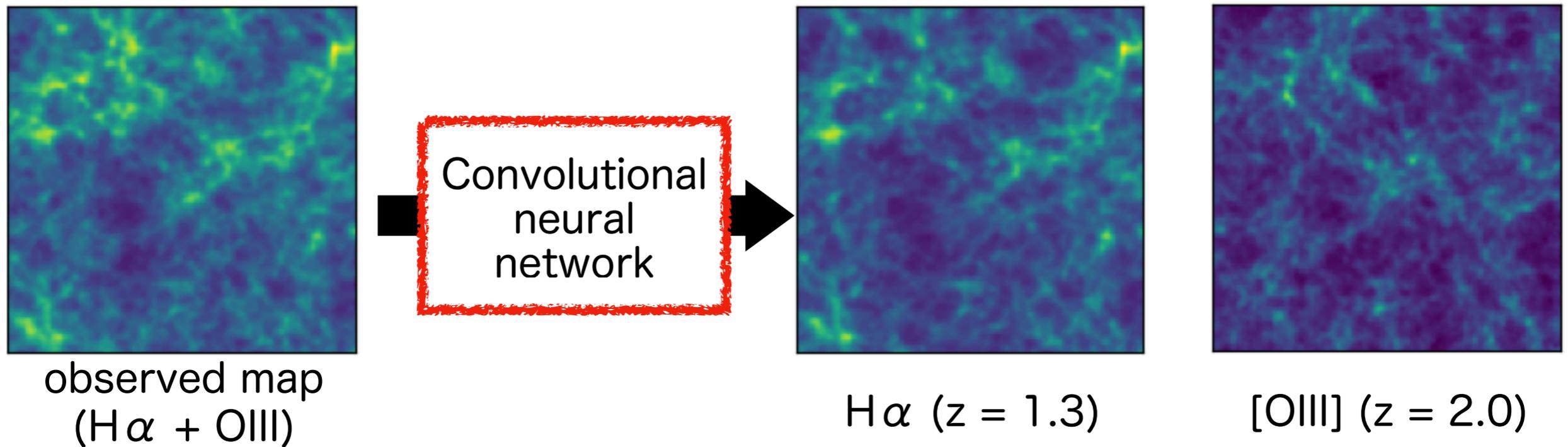
→ 統計量分離手法 (e.g., 相互相関、

パワースペクトルの非等方性を用いる)

は存在するが、マップベースでの分離手

法は考えられていない

深層学習を用いたシグナルの分離

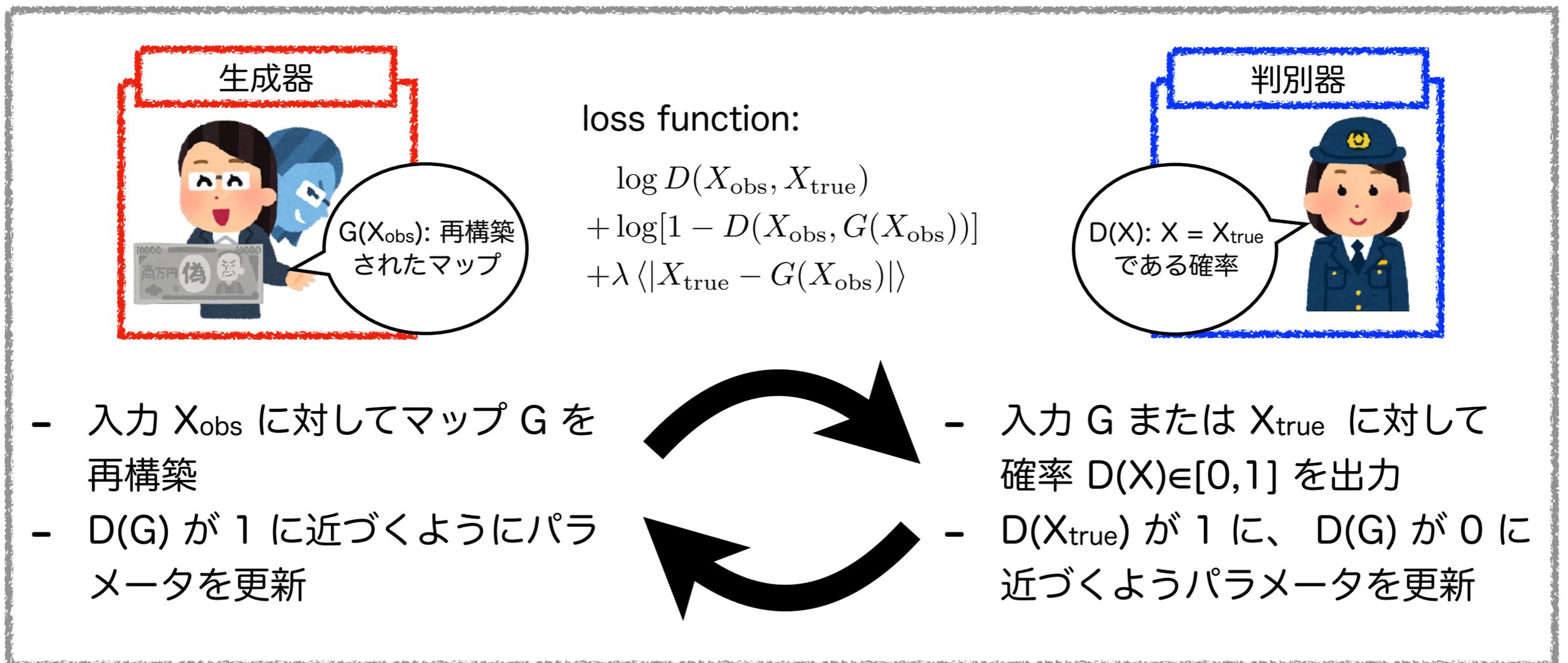


- Moriwaki et al. (2020) では深層学習を用いて複数のシグナルをマップベースで分離する手法を提案した
- 特に畳み込みニューラルネットワークの一つである「条件つき敵対的生成ネットワーク (cGAN)」を用いた

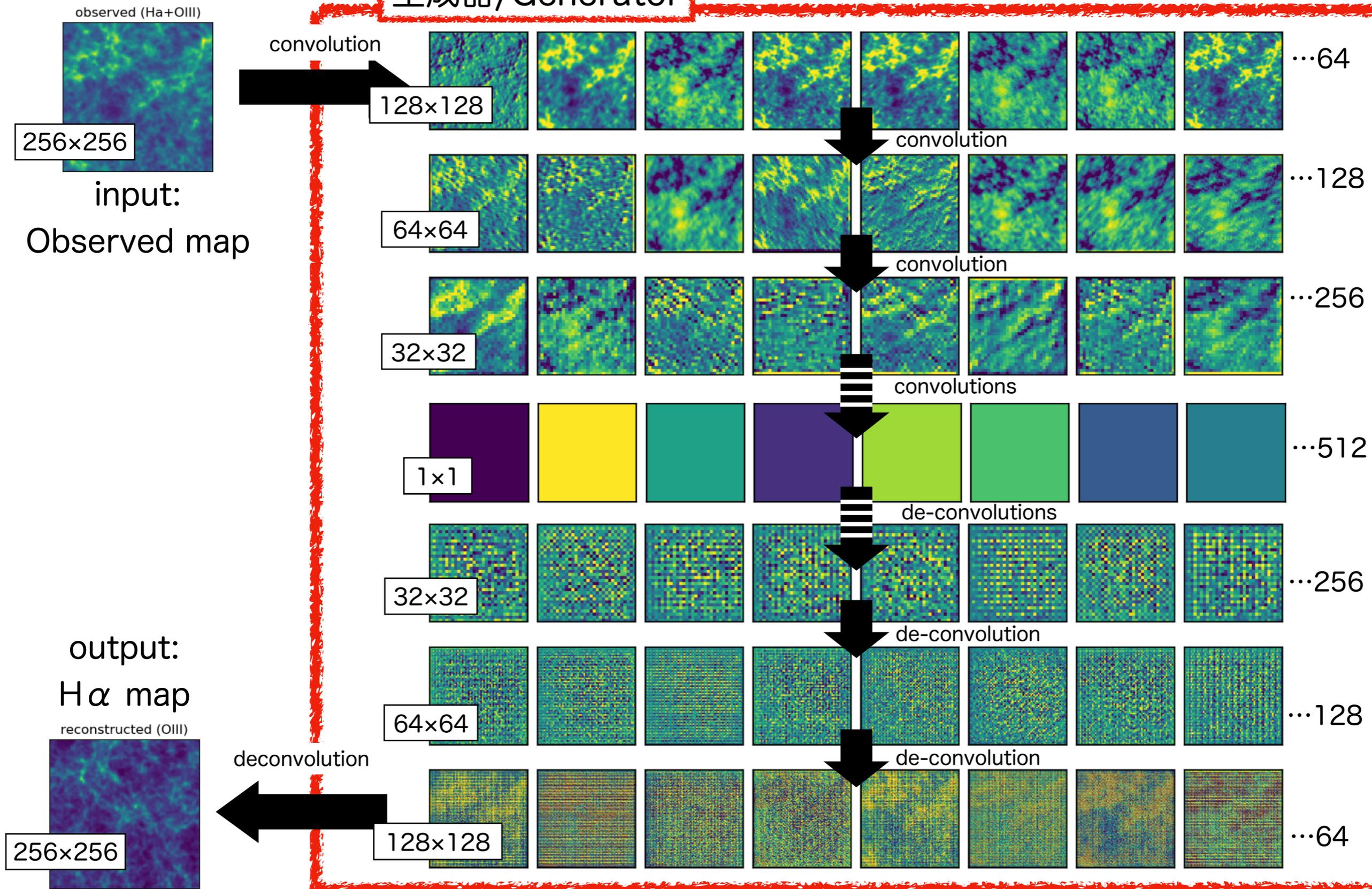
Conditional Generative Adversarial Network (cGAN)

条件つき敵対的生成ネットワーク

- 二つのネットワーク（画像生成器と判別器）が敵対しながら交互に学習する
- 生成器は観測画像からある特定のシグナルを抽出する（“条件つき”）

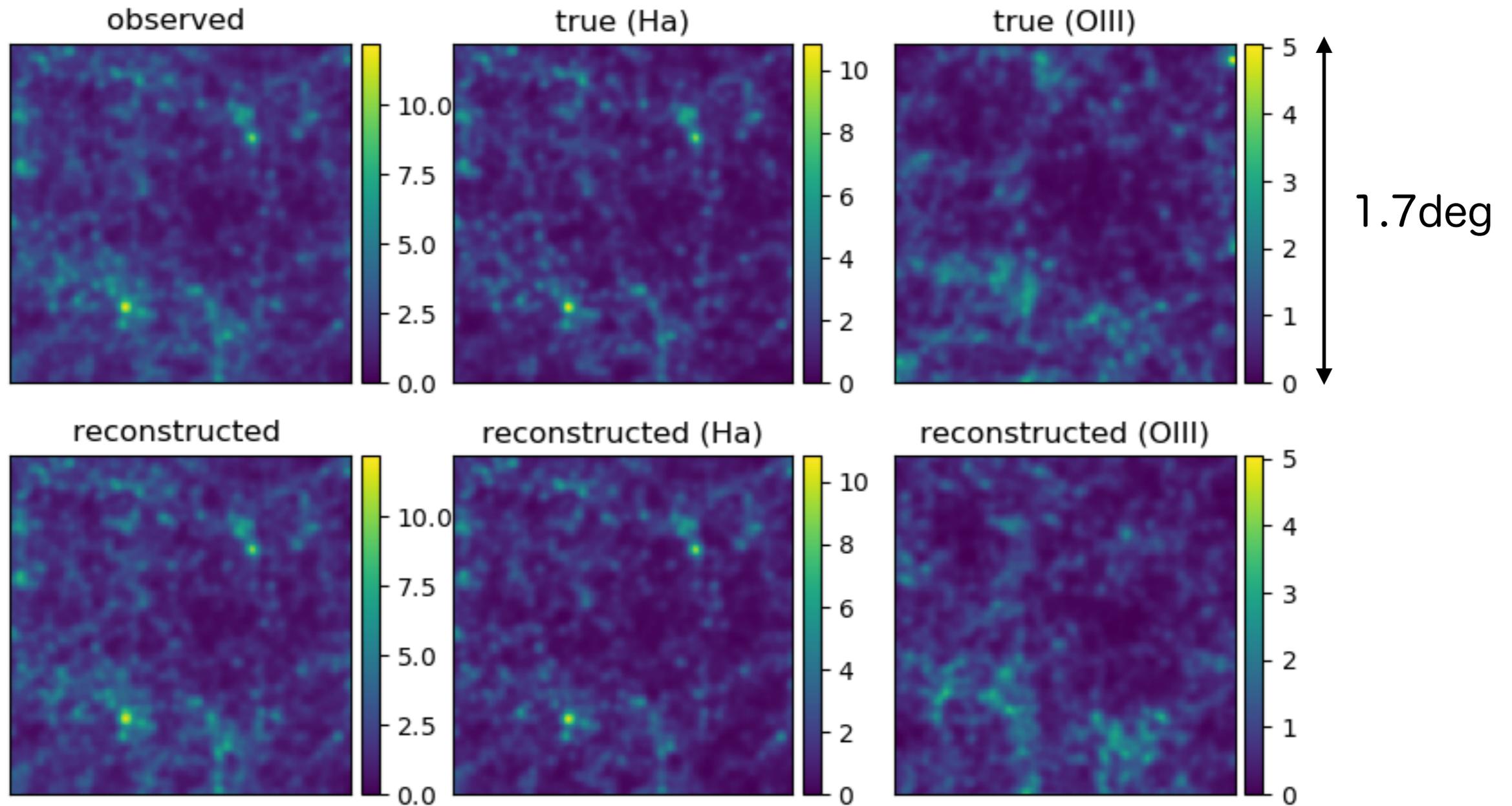


生成器/Generator



これまでの結果 (Moriwaki et al. 2020)

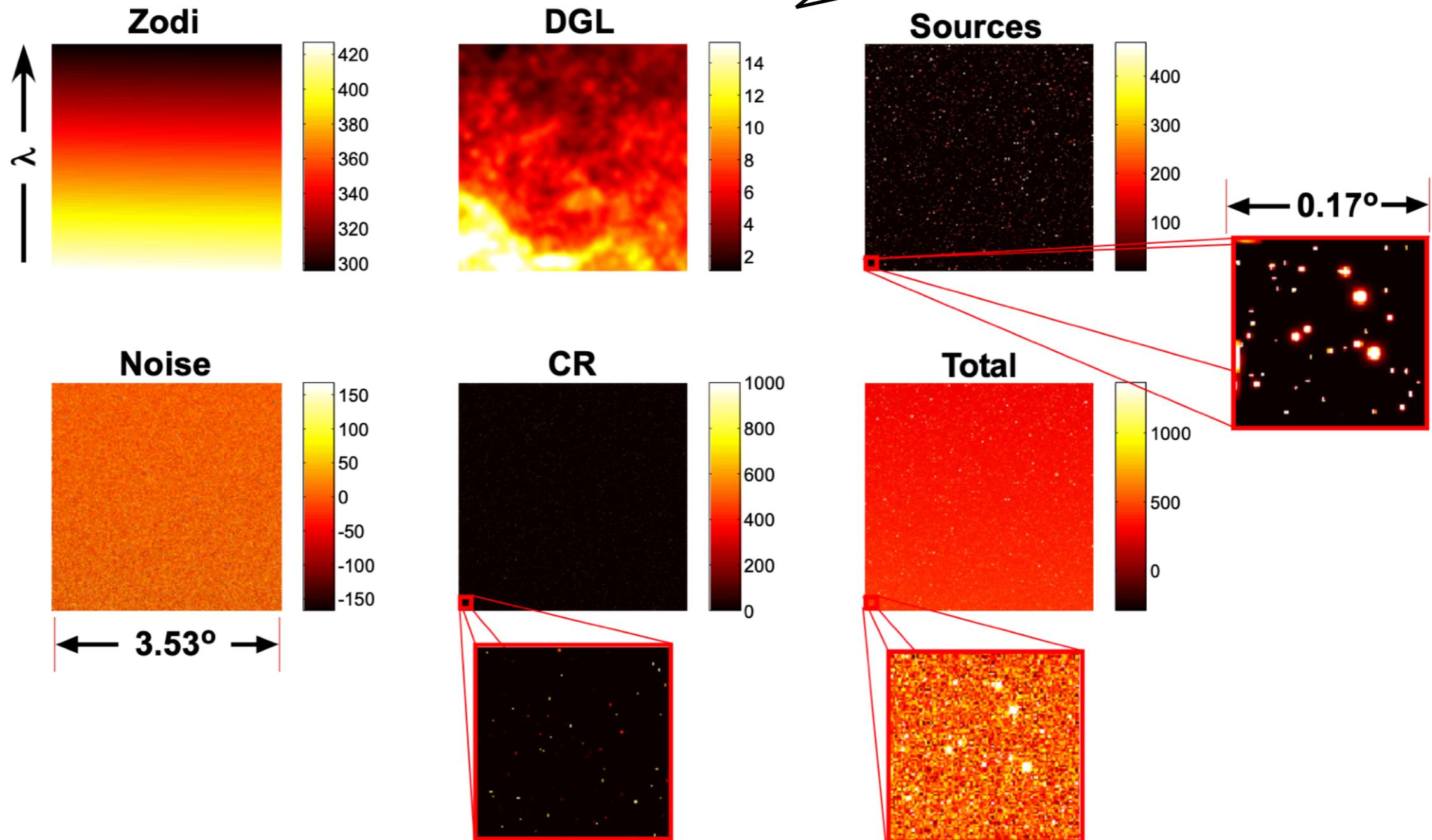
「ノイズなし・2輝線のみ ($H\alpha+OIII$)」の場合に分離がうまくいくことがわかった。



観測ノイズ

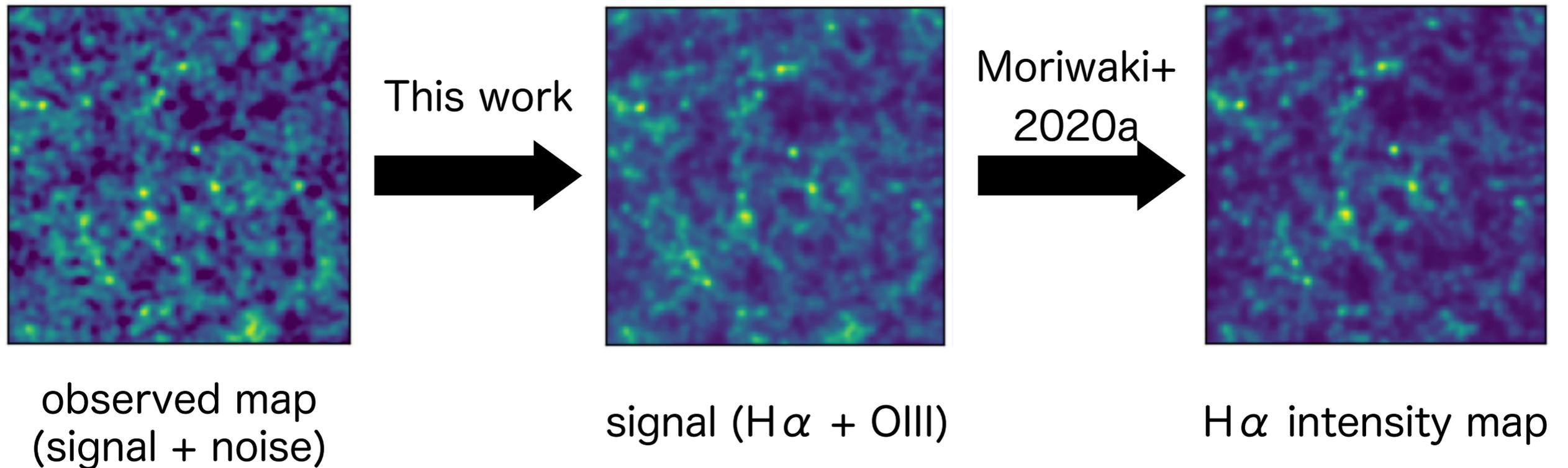
実際の観測ではノイズが無視できない

SPHERExによる観測で想定される様々なノイズ
Dore et al. (2014)



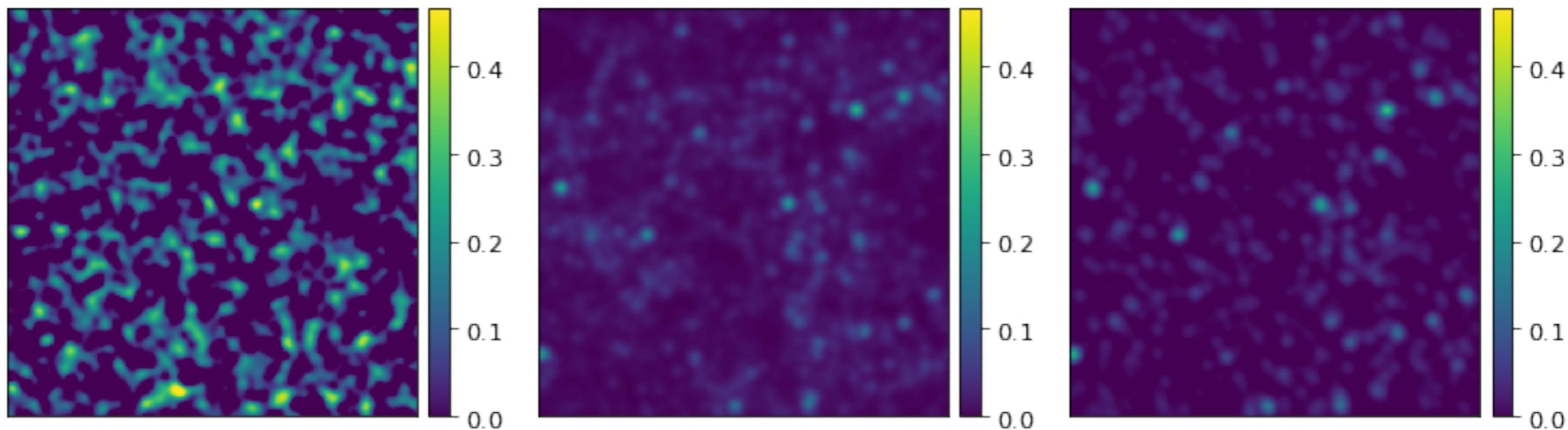
cGANを用いたノイズの除去

本研究では、cGANを用いたノイズ除去を考える



- ハローカタログ生成コード Pinocchio (Monaco et al. 2013) を使用して作成した模擬観測マップを学習・テストデータとして用いる
- 簡単のため、熱雑音 (ガウシアンノイズ) のみを考える。ノイズレベルは SPHEREx で想定されているものを考える。

ノイズの除去：結果

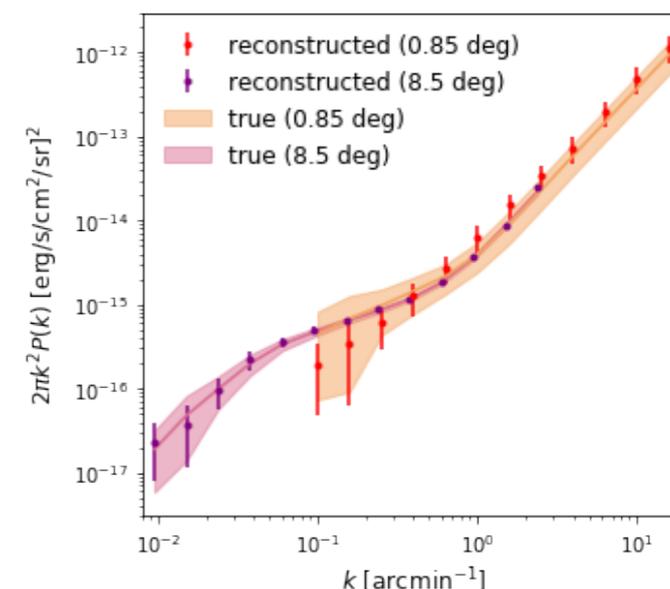
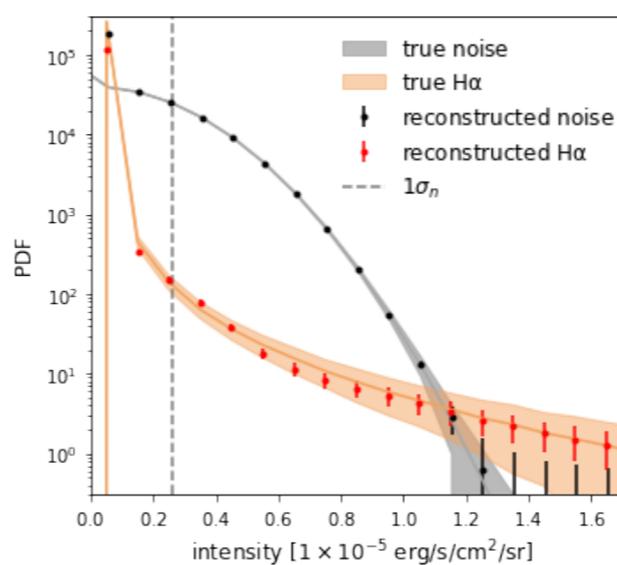


observed
(signal + noise)

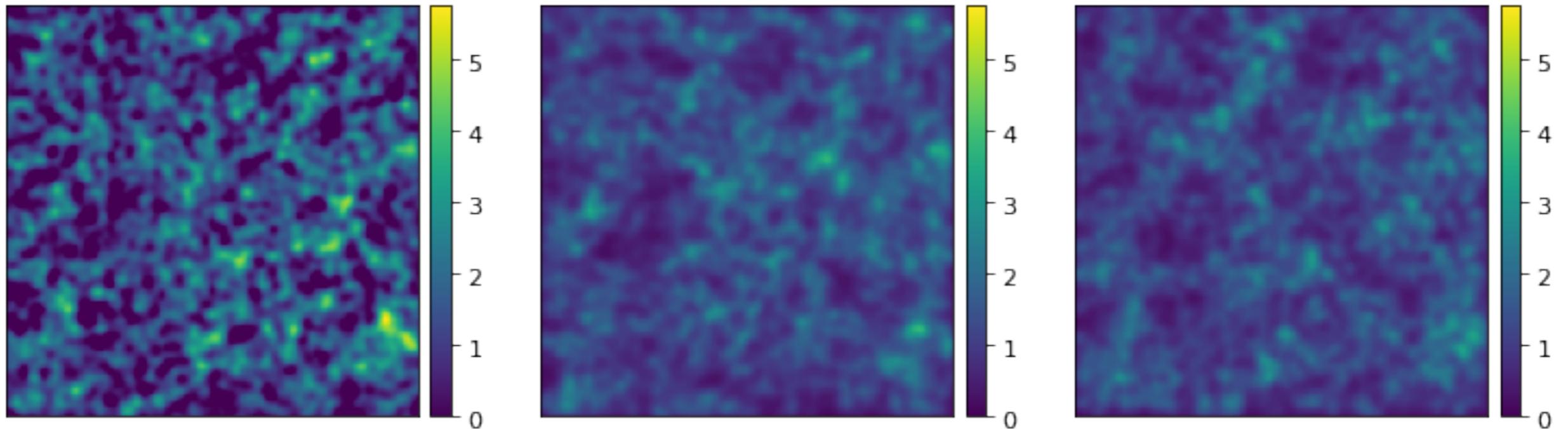
true signal

reconstructed signal

- cGAN はノイズ除去にも使えることがわかった (e.g., 3σ シグナルの検出精度が20%→60%に向上)
- 統計量 (PDF, power) も再現できる



ノイズの除去：結果

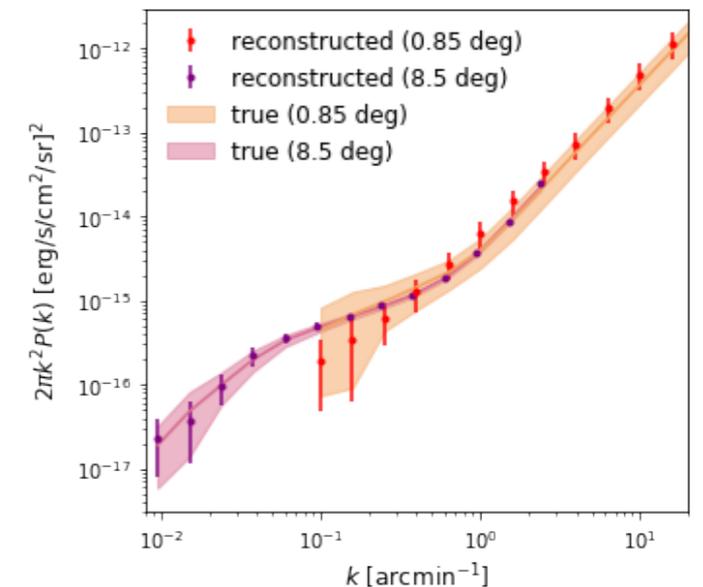
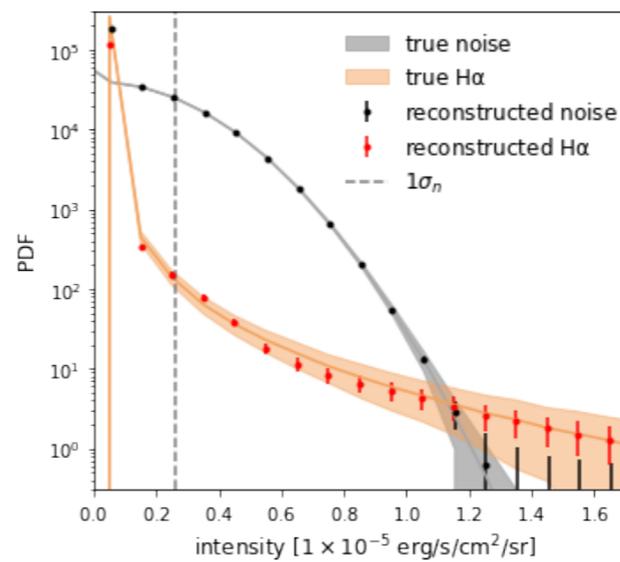


observed
(signal + noise)

true signal

reconstructed signal

- ノイズ除去の精度はピクセルサイズやマップサイズによって変わる
- より大きなピクセル・マップサイズを採用するとピーク検出精度は落ちるがパワースペクトルの再現精度は上がる



まとめ

- 輝線強度マッピング観測では、複数の赤方偏移からのシグナルが混ざるが、マップベースでの分離方法は提案されていなかった
- 本研究ではノイズ除去・シグナル分離を行うための深層学習ネットワークを構築して、模擬観測データを用いて性能をテストした
- この結果、模擬マップのシグナルのピーク位置や統計量が再現された
- 得られたシグナルマップをもとに銀河形成や宇宙論に制限を与えることができる。また、ピーク/ボイド分布は追観測の領域の検討や、銀河形成における環境の影響の議論に使える。
- 今後、ノイズ除去・シグナル分離を連続して行なった場合のテストが必要となる。
- 複数波長のマップを利用することでより精度の高いマップが得られると考えられる

