



# NVSS と TGSS survey を用いた Pulsar 候補の選定

熊本大学D1&CSIRO

隈本宗輝

高橋慶太郎・Shi Dai

米丸直之・黒柳幸子・George Hobbs



## ~目次~

(1)Introduction

(2)Radio survey cross-match, NVSS and TGSS

(3)New pulsar candidates

(4)Future works

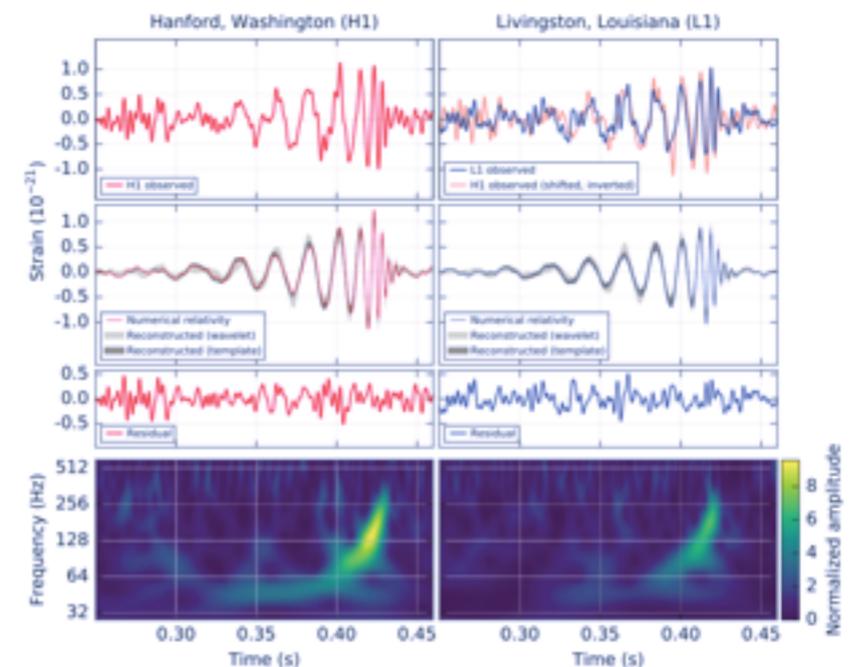
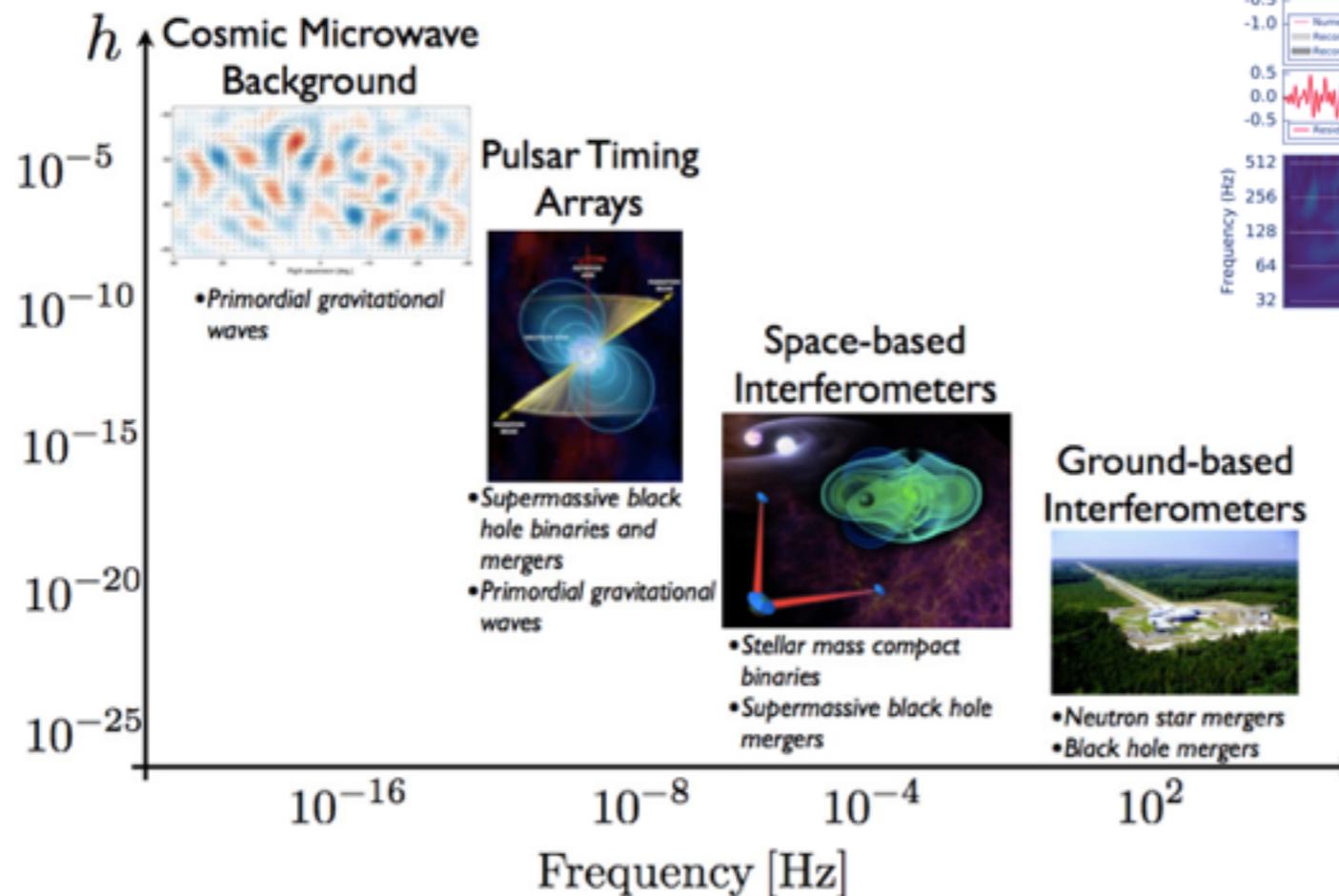
(5)Conclusions

# (1) Introduction

2016年2月LOGOにより重力波の初検出が報告。

→観測手法によって異なる波源・周波数の重力波が観測可能。

電波望遠鏡による重力波の検出も!!



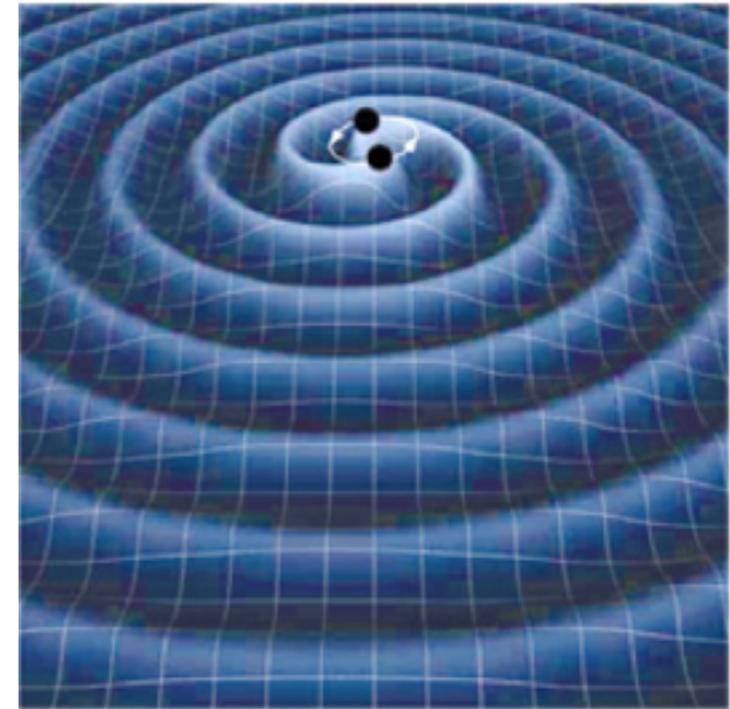
## (1)Introduction

PTAによる重力波の観測可能周波数は $1\text{nHz}\sim 1\mu\text{Hz}$ である。

→観測期間と観測頻度に依存する。

例:(観測期間 $10\text{yr}^{-1}$ )Hz ~ (観測頻度 $2\text{week}^{-1}$ )Hz

→Super Massive Black Hole Binary(SMBHB)が起源。



我々、熊本大学のパルサー研究グループは、

このようなSMBHBsを波源とする重力波が存在する場合に、観測されうる重力波の大きさに制限を与える研究を行ってきた。

→観測するパルサーの数が多ければ多いほど、重力波をよりよく制限できる。

SKAの観測によってパルサーの数は現在の10倍に。(Kramer & Stapper. 2015)

normal pulsar...45000個、MSP...5000個(full SKA)

**重力波検出の可能性を引き上げるためにはより多くのパルサーを発見する必要がある。**

# (1)Introduction

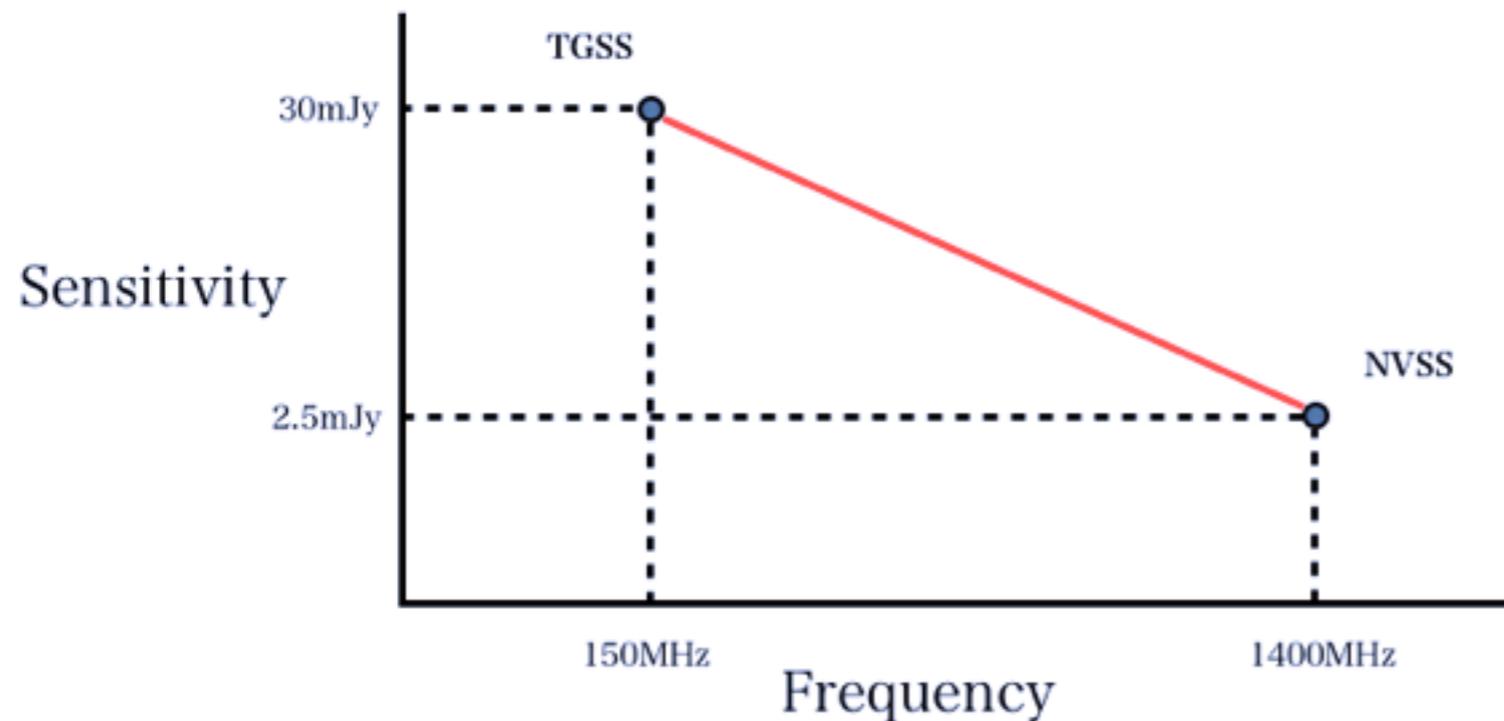
パルサー研究は電波の中でも高周波の観測で行われる。

→低周波電波は、パルサー自体は明るいですが、星間物質による散乱を多く受ける。

一方で、低周波電波はパルサーの候補を見つけやすい部分も。

パルサーのspectral indexはsteepのため、未発見のパルサーが多く存在する可能性がある。

他の電波源...銀河、クエーサー、AGNなどと区別しなければならない。



NVSSのみ ... 比較的flat

NVSSとTGSS... 中間

TGSSのみ... 比較的steep

## (1)Introduction

今回は3つのパラメータに注目して、電波源から新たなパルサーの候補を選びだすことを目的とする。

### パラメータ①Spectral index

2つのsurveyにおいて、両方に含まれる電波源はSpectral Indexを計算。  
片方でのみ観測される電波源はupper or lower limitを計算。  
パルサーの場合、よりsteepなSpectral Indexを持つ。

### パラメータ②Compactness

電波源のTotal fluxとPeak fluxを利用することでその電波源の広がり  
を計算。

$$\frac{Peak\ flux}{Total\ flux}$$

パルサーは点源であり、このcompactnessは非常に高い。

### パラメータ③Circular Polarization

パルサーは非常に高いcircular polarizationを持つ。

それぞれにcriterionを設けて、既知パルサー以外のパルサー候補を探す。

## (2)Radio survey cross-match, NVSS and TGSS

**NVSS** ... NRAO VLA Sky Survey(Condon et al. 1998)

1400MHz, DEC > -40°, 分解能45", 感度2.5mJy, 1.81MSample

**TGSS** ... TIFR GMRT Sky Survey(Intema et al. 2017)

147MHz, DEC > -53°, 分解能25", 感度30mJy, 0.62MSample

NVSS-TGSSのcross-matchを行う。

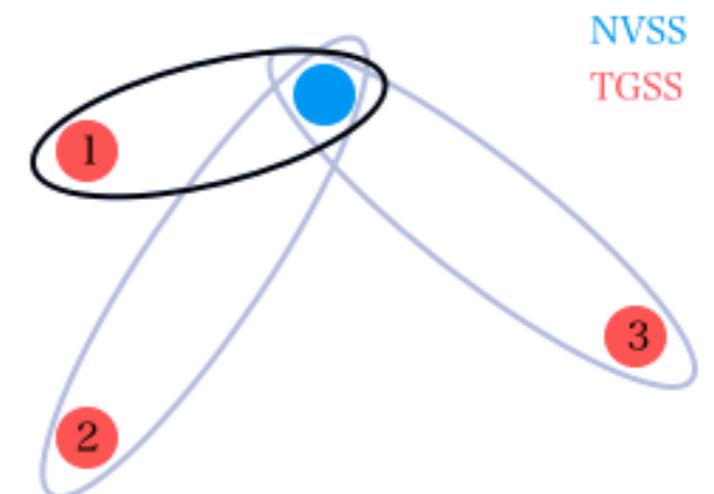
→NVSSとTGSSの位置を比較し、最も近い電波源で45"以内の距離にある電波源をmatchとする。

例:NVSSデータを1つ選ぶ→最も近いTGSSデータとの距離が30"→**match**

NVSSデータを1つ選ぶ→最も近いTGSSデータとの距離が46"→**not match**

分解能の違いにより、

NVSS-TGSSを行うかTGSS-NVSSを行うかでcross-matchの結果が異なる。



## (2)Radio survey cross-match, NVSS and TGSS

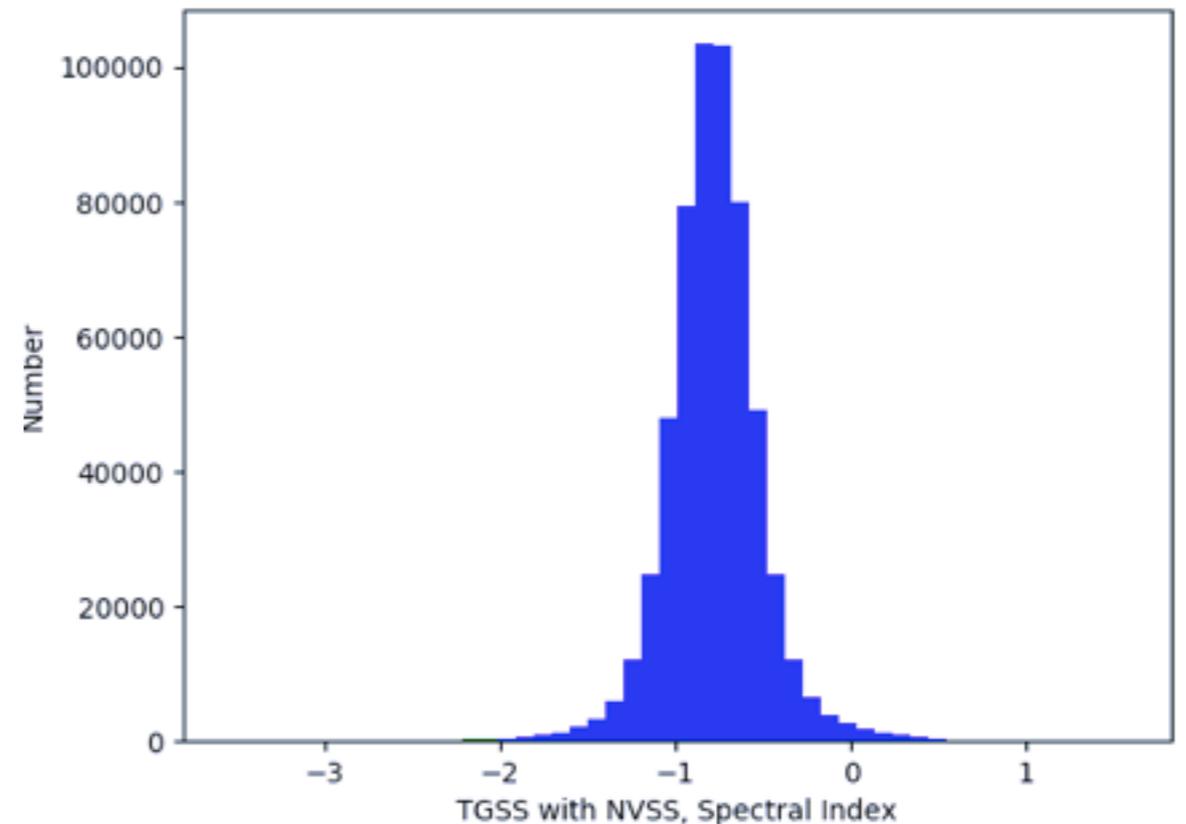
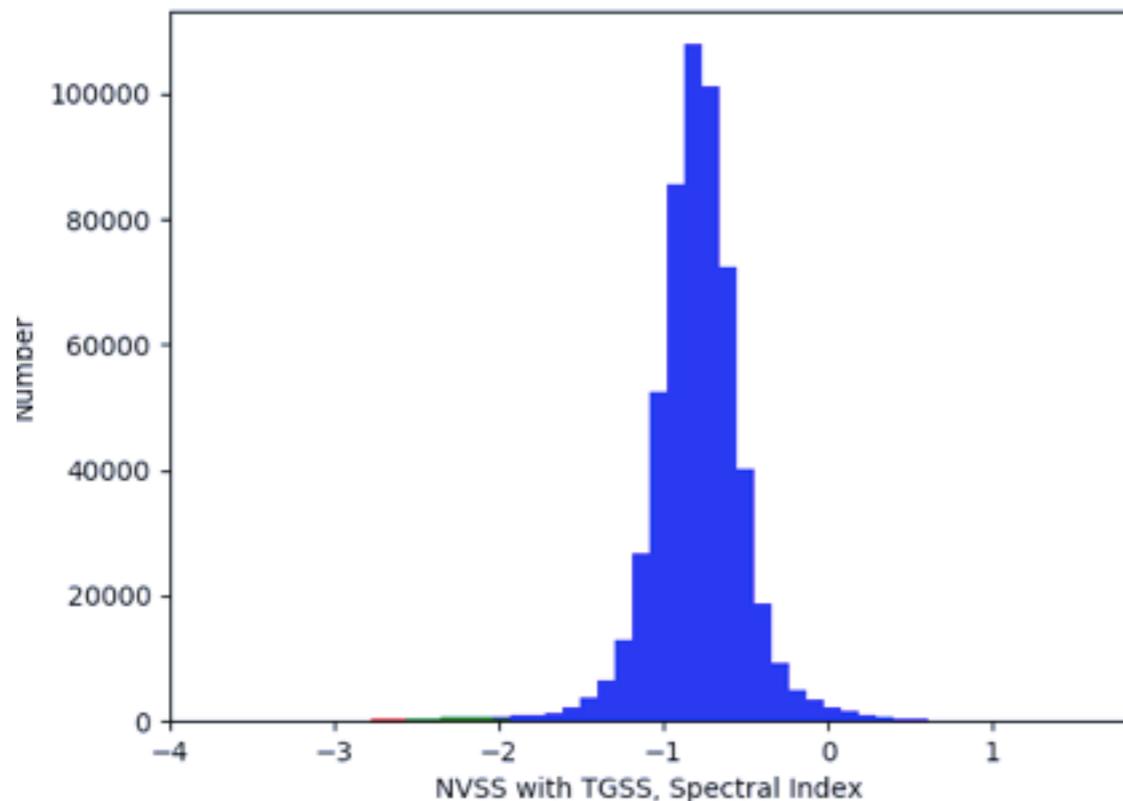
結果：

```
NVSS with TGSS
562064 radio sources are in both of NVSS and TGSS
1248608 radio sources are in only NVSS
61540 radio sources are in only TGSS

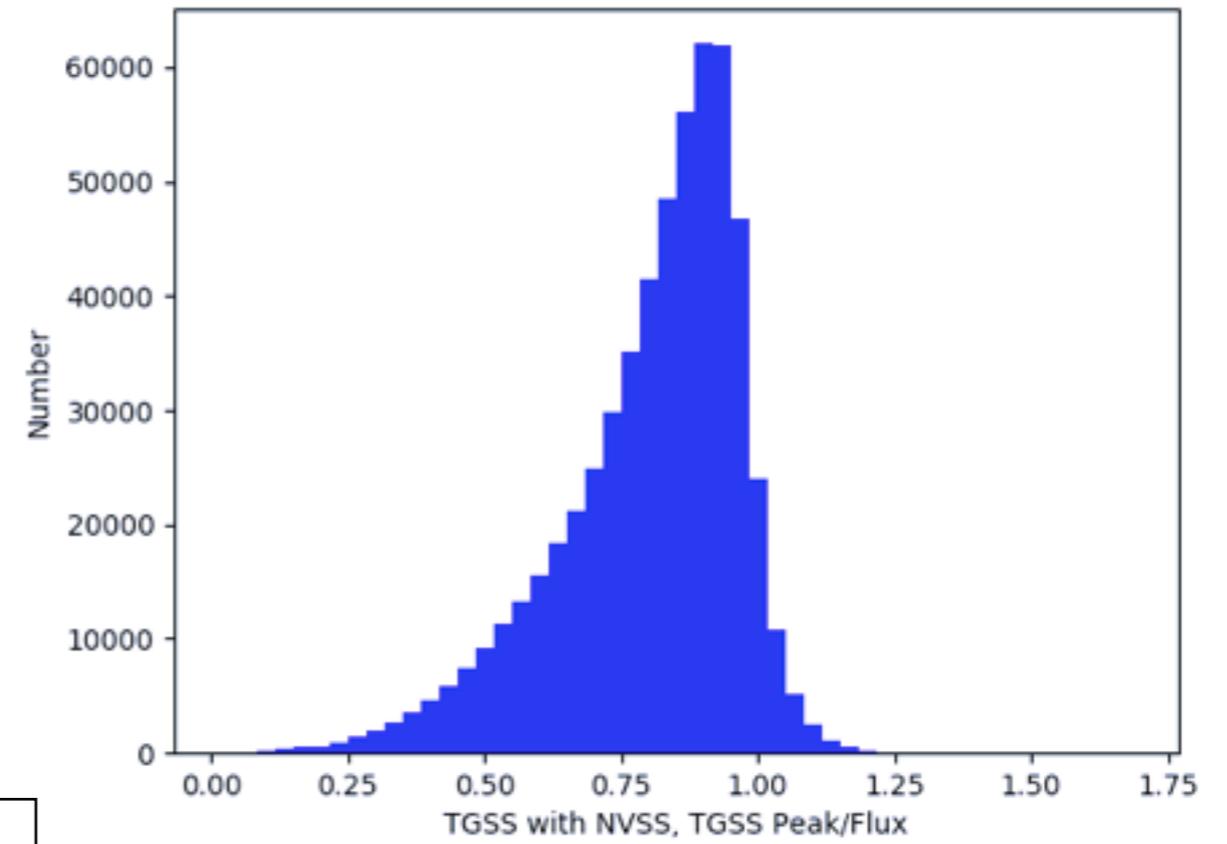
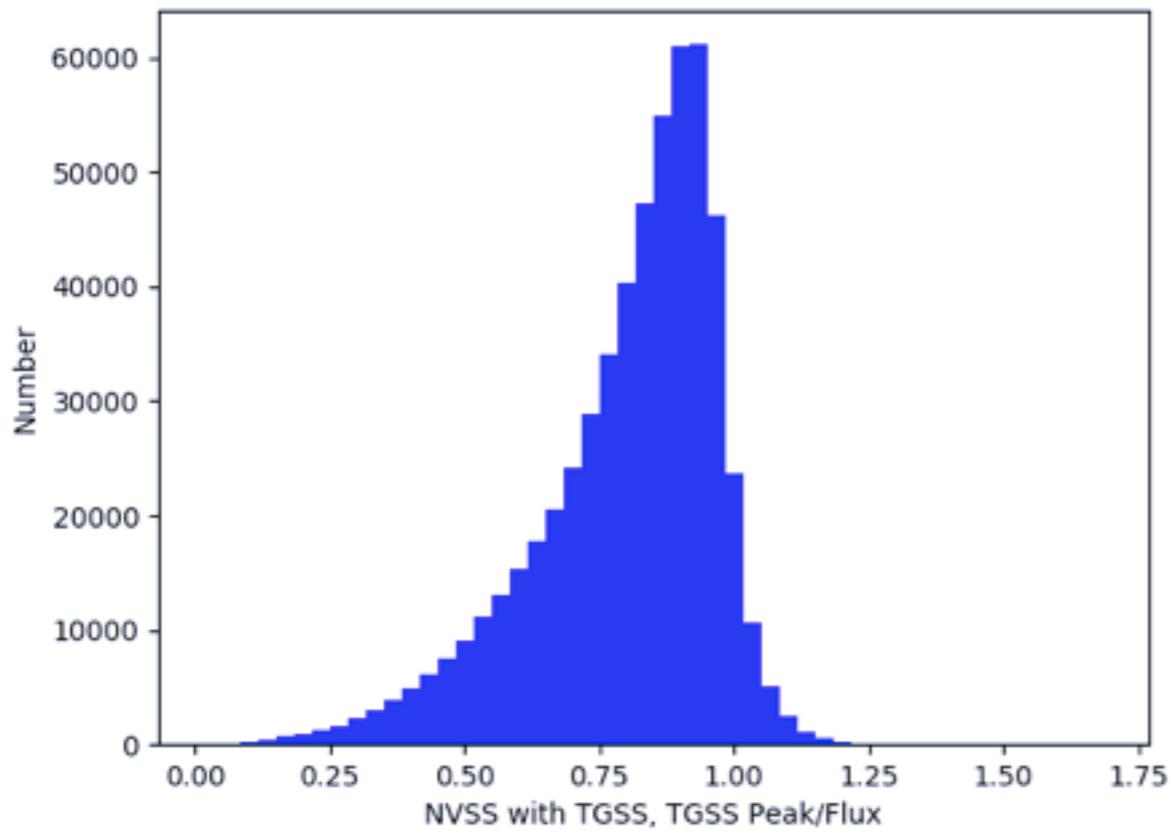
TGSS with NVSS
570417 radio sources are in both of NVSS and TGSS
53187 radio sources are in only TGSS
1240255 radio sources are in only NVSS
```

約30%(550000)が両方で観測。約3.5%(60000)がTGSSでのみ観測。  
この結果は、先行研究(Gasperin et al 2017)などとも一致。

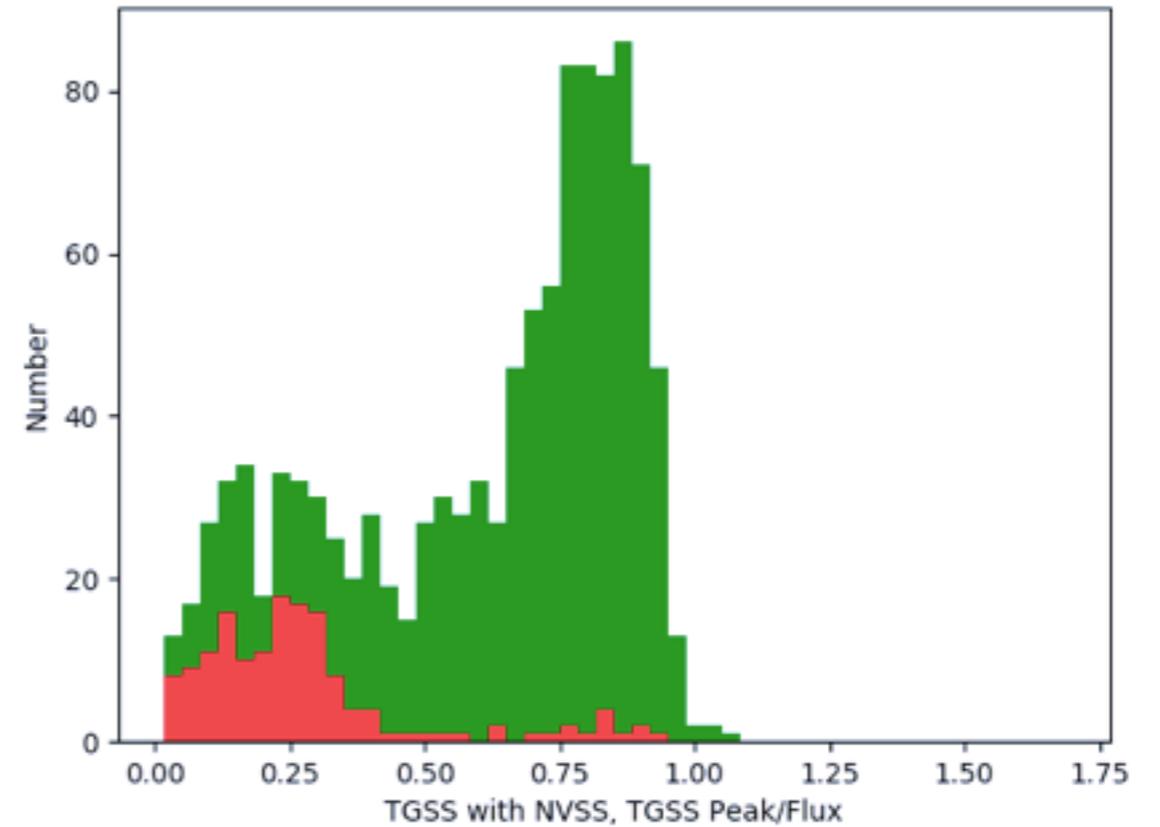
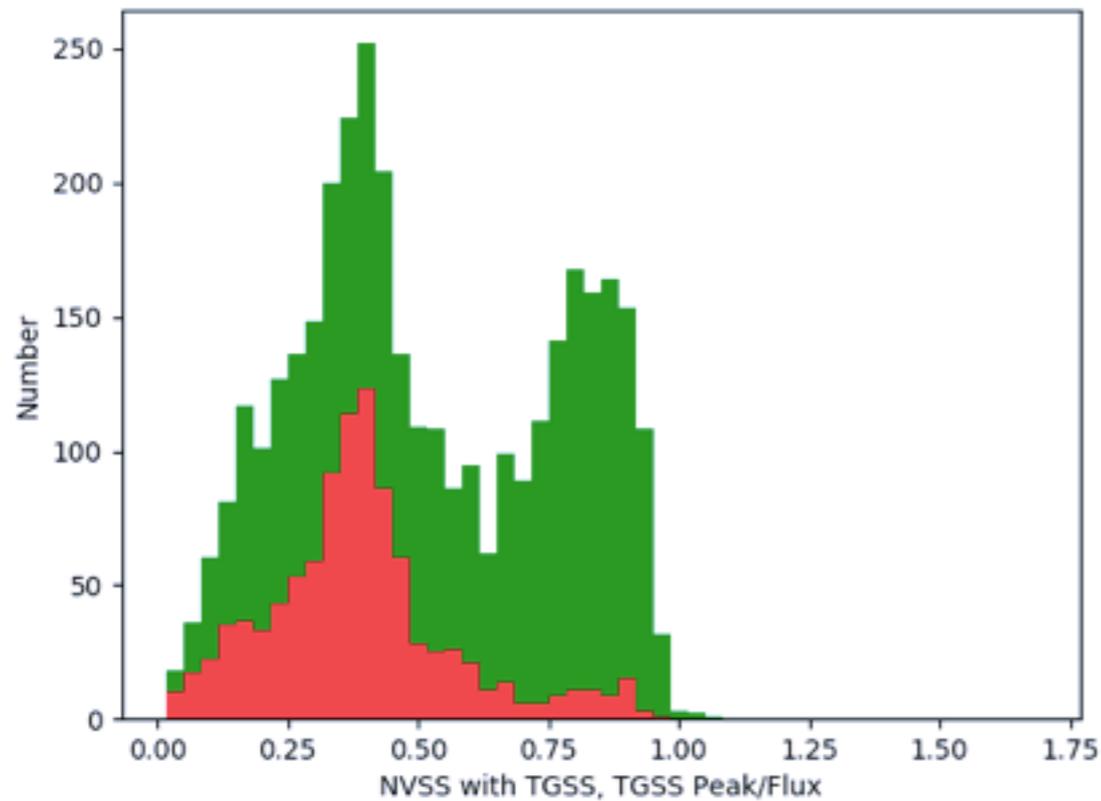
共通した電波源はそれぞれのtotal fluxを利用してSpectral Indexを計算できる。



## (2) Radio survey cross-match, NVSS and TGSS



all  
SI < -2.0  
SI < -2.5

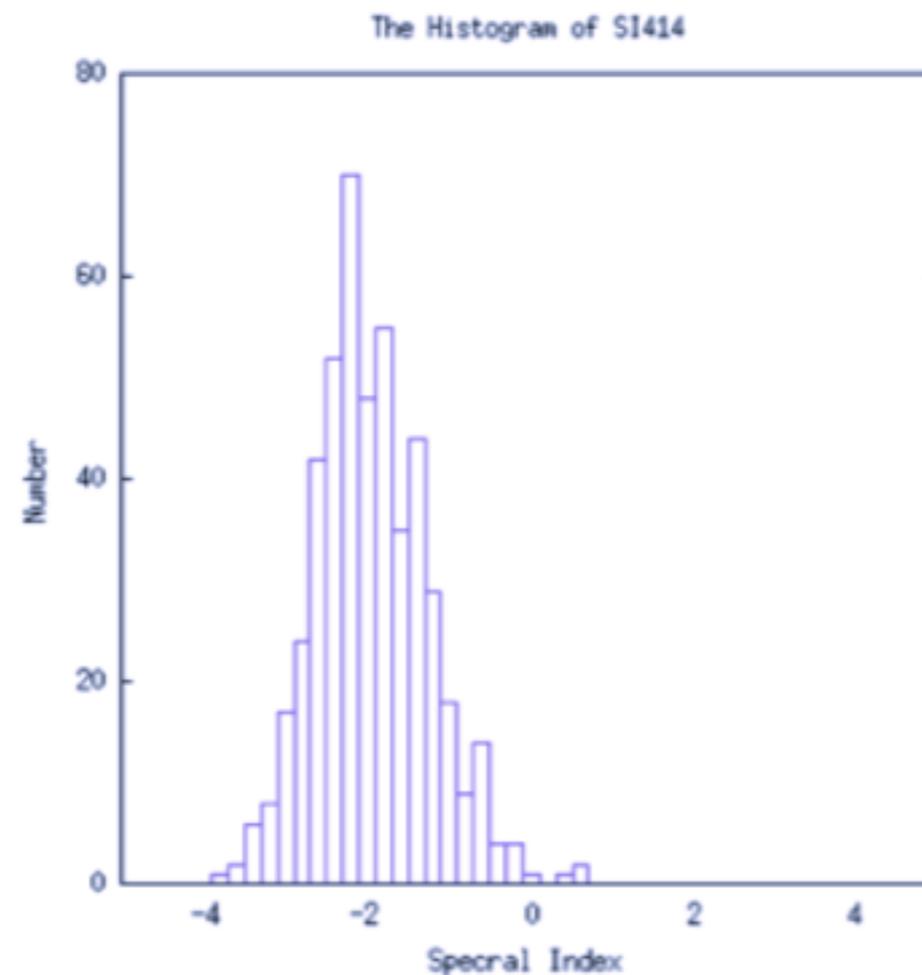


## (2)Radio survey cross-match, NVSS and TGSS

パルサーカタログと比較する。

→ATNFが作成しているカタログをもとに。

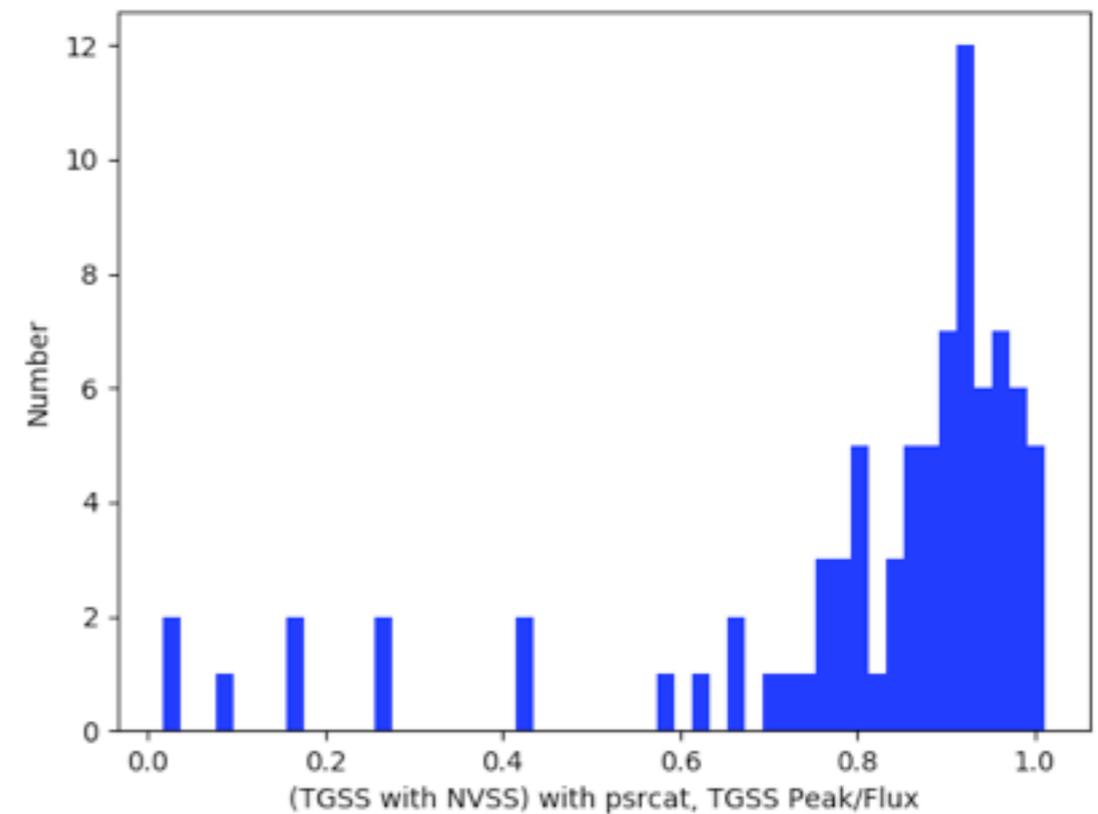
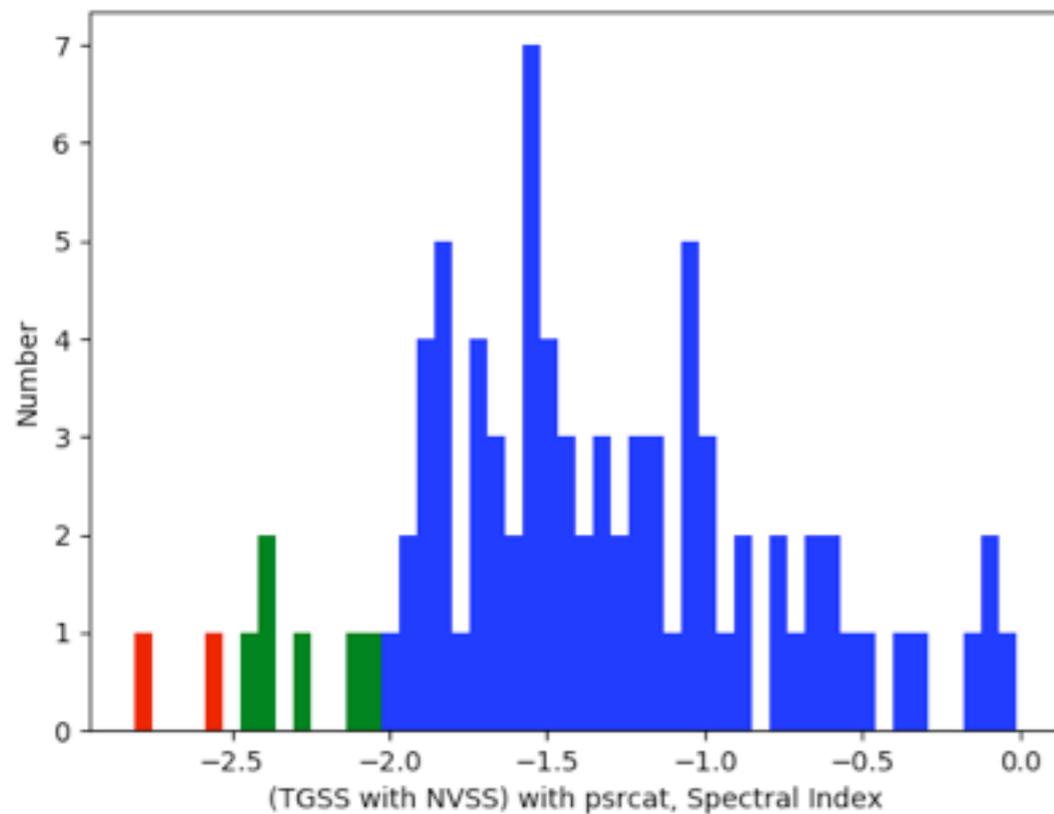
10年弱で1000個近くパルサーの数は増加。2613pulsars



## (2)Radio survey cross-match, NVSS and TGSS

cross-matchした電波源とさらにpulsar catalogの情報をcross-matchさせ、電波源の中に含まれる。パルサーがどのような分布をしているかを調べる。

→どちらのcross-matchも80この程度のパルサーを含んでいた。



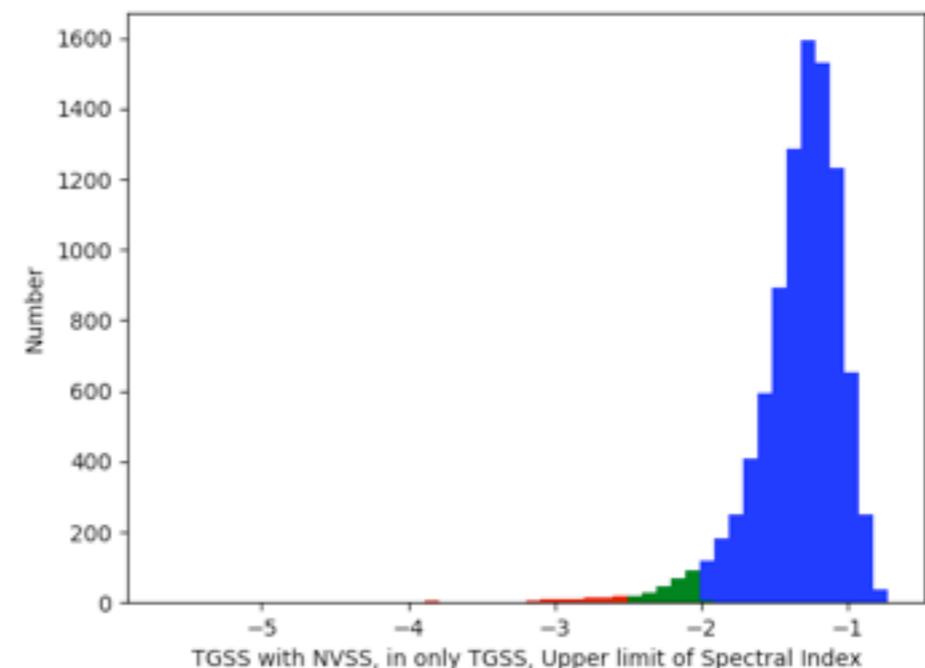
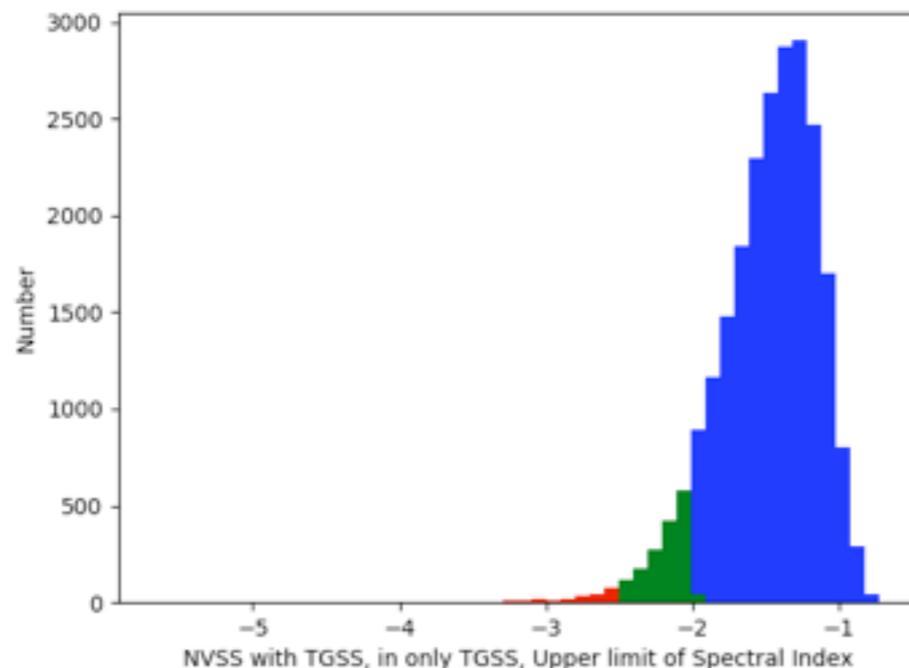
## (2)Radio survey cross-match, NVSS and TGSS

NVSSとTGSSの両方に存在する電波源のみならず、TGSSにのみ観測された電波源についても同様にSpectral indexの上限とCompactnessを見ることがができる。

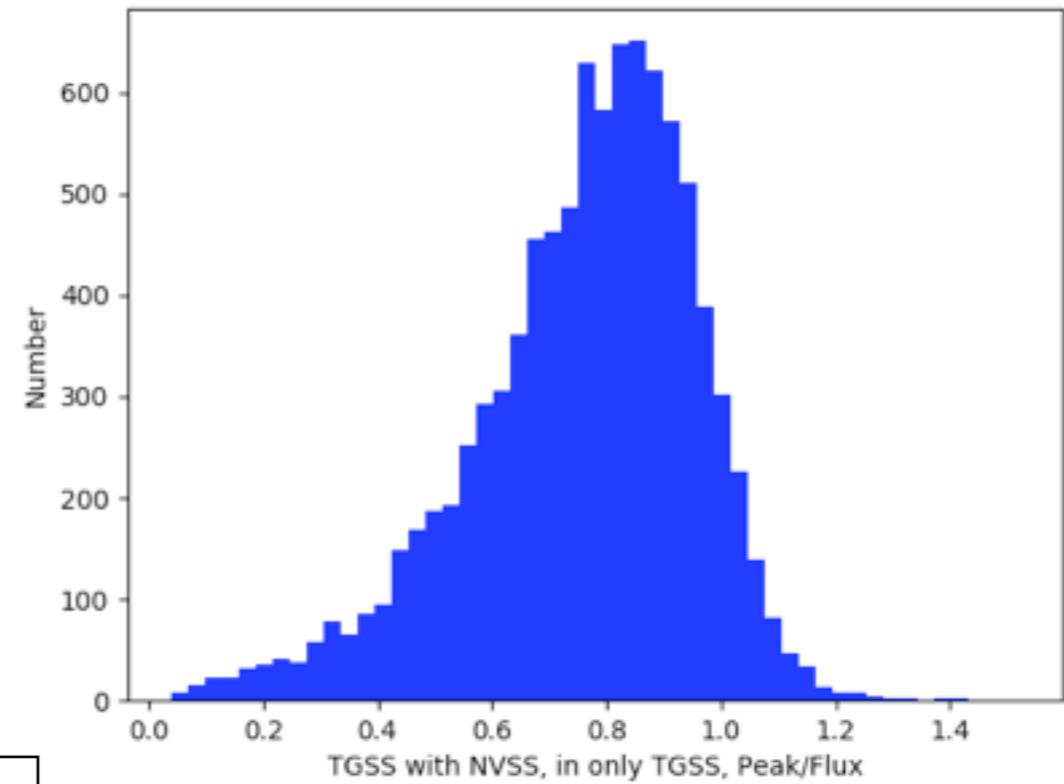
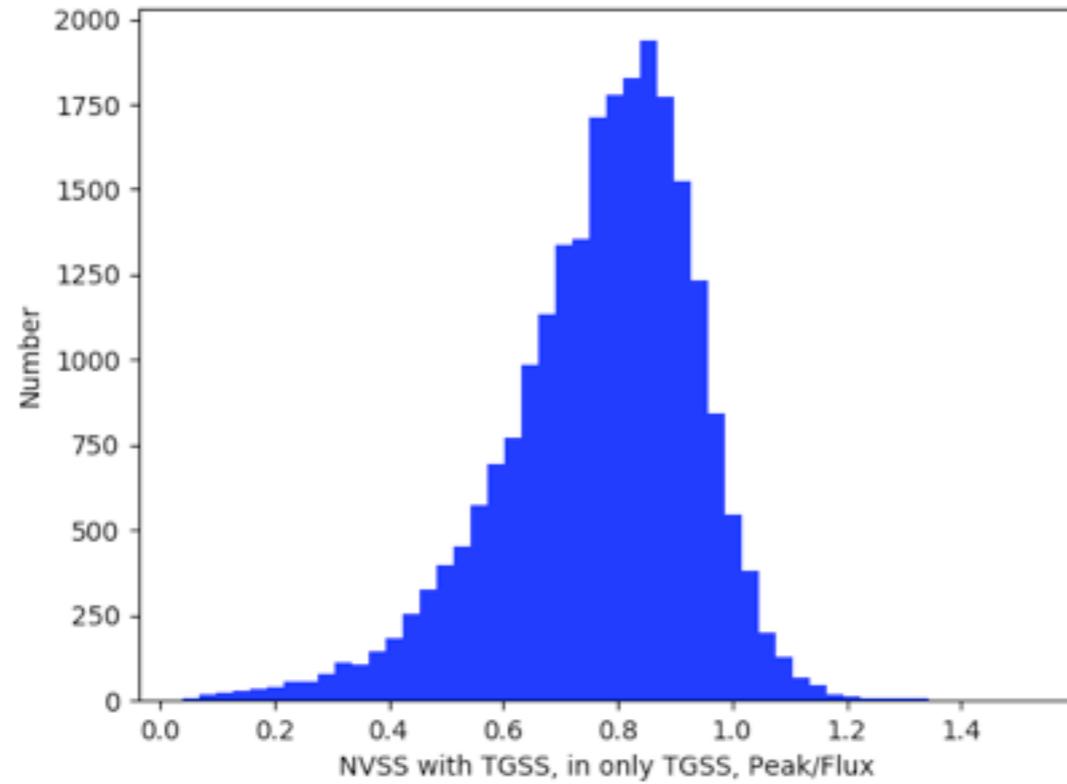
ここでTGSSにのみ観測された電波源はsurvey領域の違いからDEC > -40°となる電波源のみを考える必要がある。

```
TGSSwithNVSS_onlyTGSS.dat has 53187 sources but it is to be 9386 sources by filter.  
NVSSwithTGSS_onlyTGSS.dat has 67026 sources but it is to be 23209 sources by filter.
```

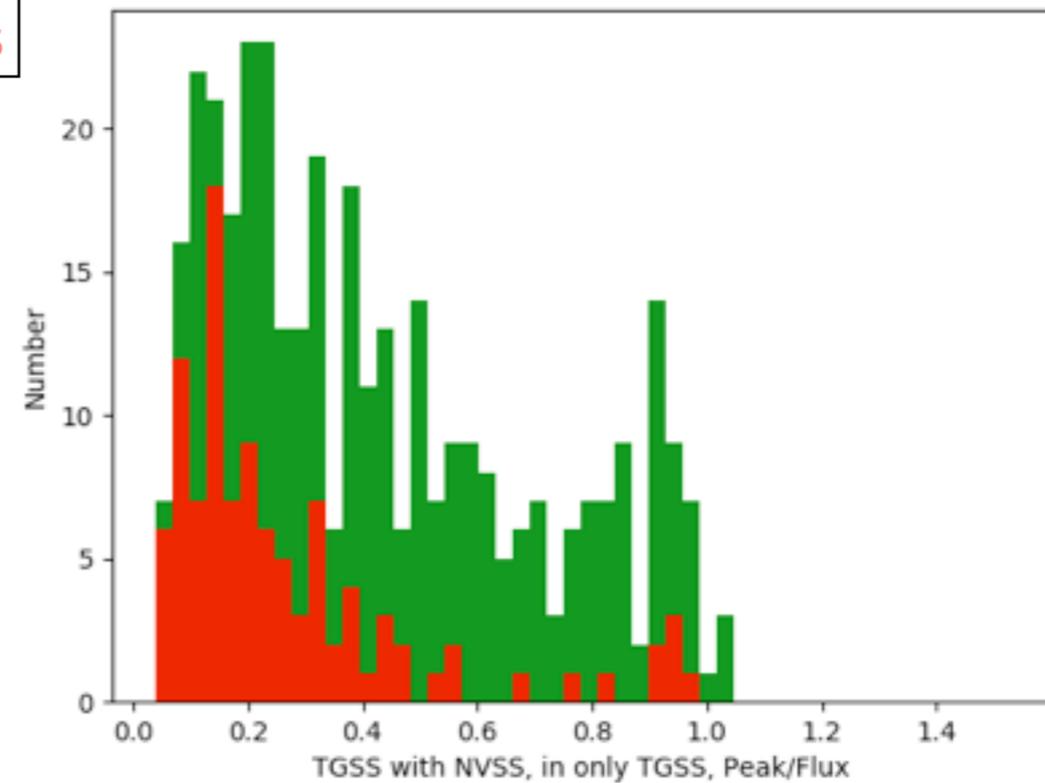
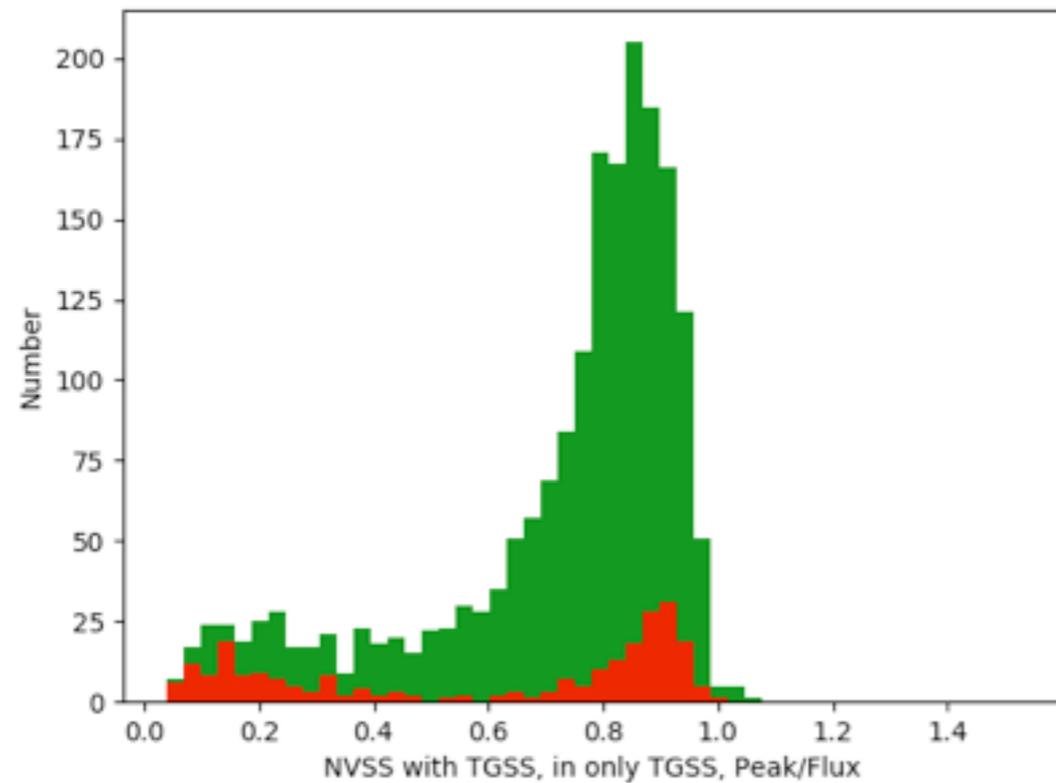
その場合、電波源の数はより少なくなる。



## (2) Radio survey cross-match, NVSS and TGSS



all  
SI < -2.0  
SI < -2.5



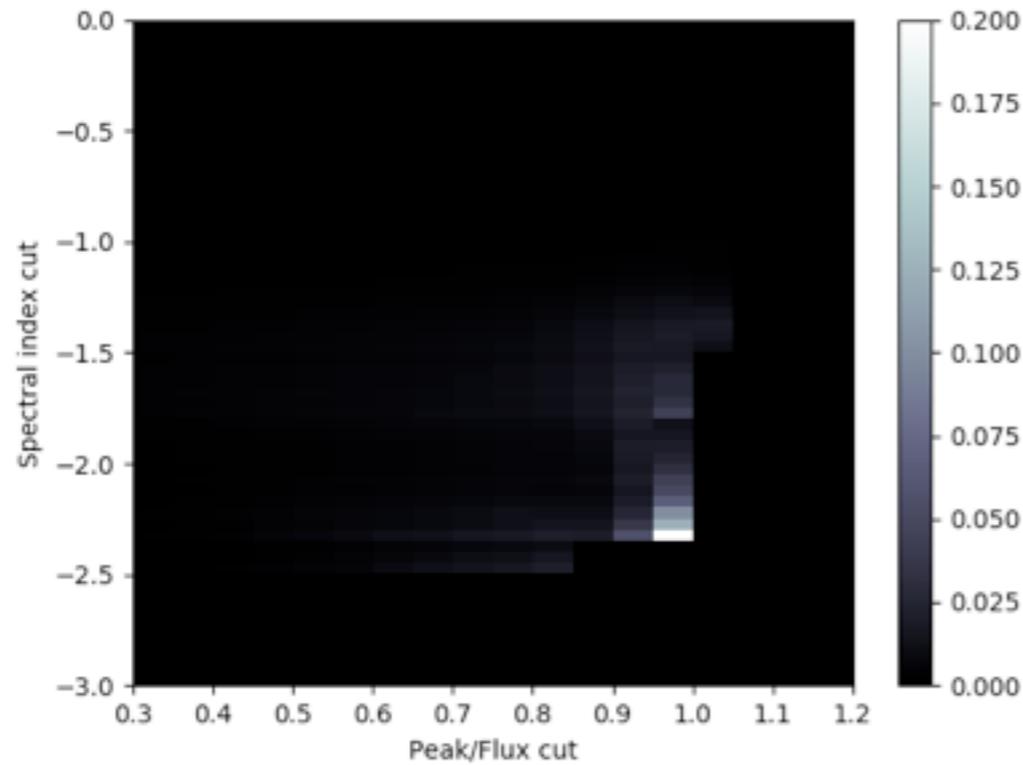
## (2)Radio survey cross-match, NVSS and TGSS

ここまでは、Spectral indexやCompactnessのcutをざっくりつけてどれだけの電波源が存在するかを確認していた。

→cutを細かく変えて、現在のパルサーカタログと比較し、既知パルサー率が最も高くなるcutをcriterionとして、新たなパルサーの候補を選定する。

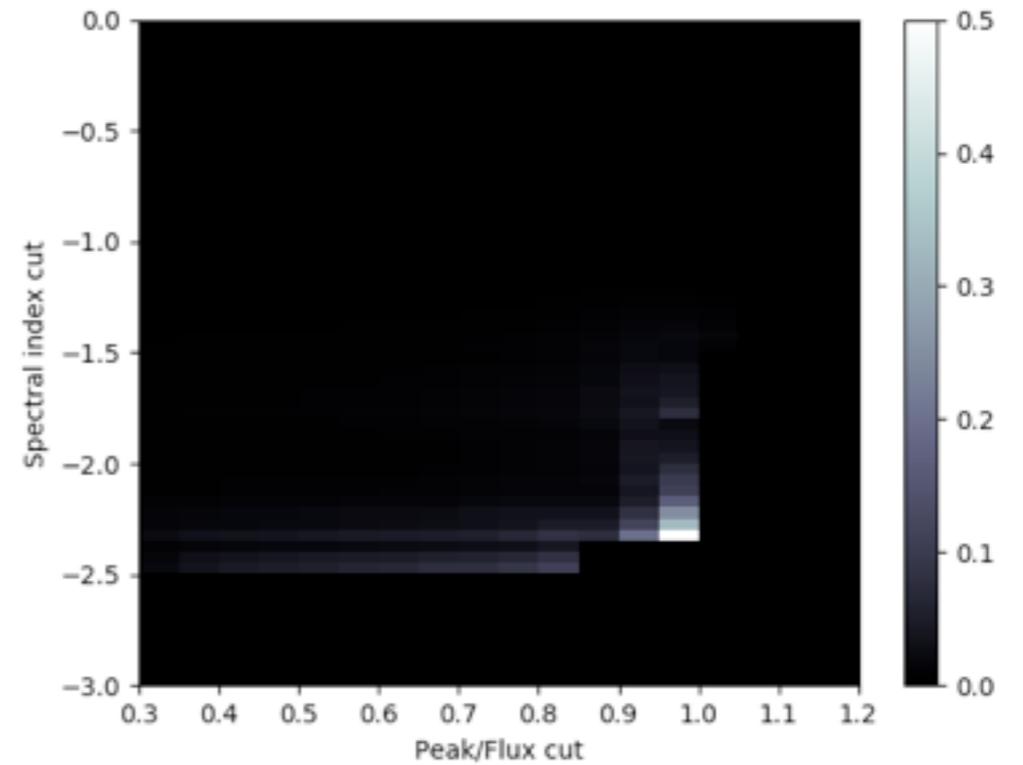
# (3) New pulsar candidates

NVSS with TGSS



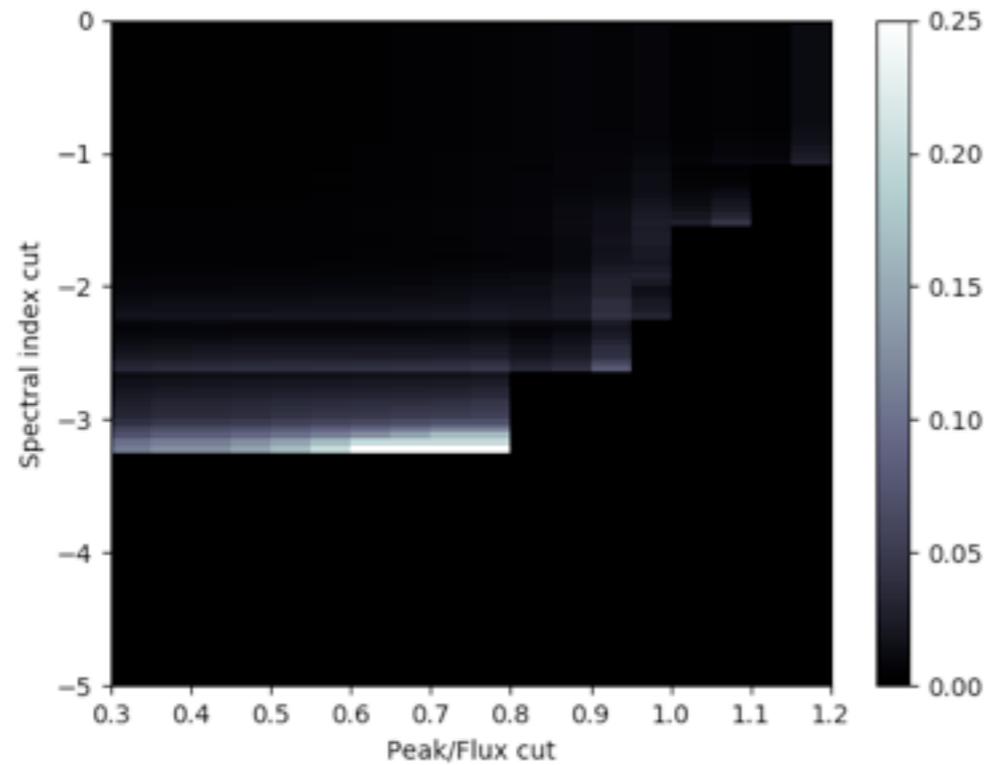
both

TGSS with NVSS

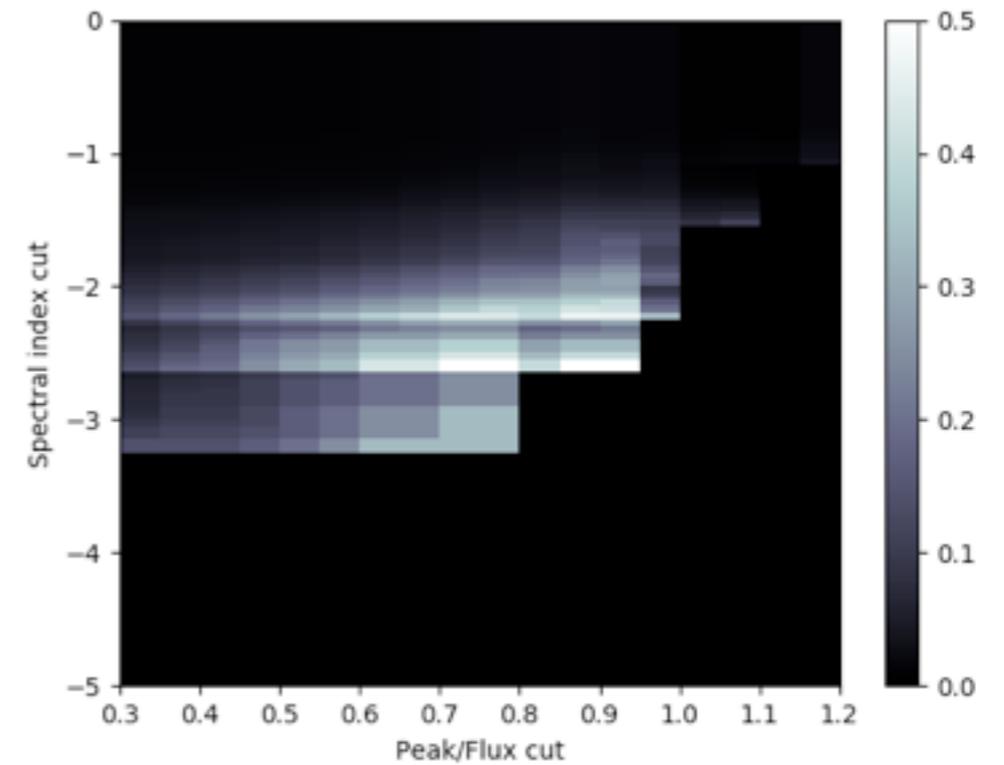


-2.35 0.95 0.2 ( 1 / 5 ) -3.25 0.6 0.25 ( 1 / 4 )

-2.35 0.95 0.5 ( 1 / 2 ) -2.65 0.7 0.5 ( 3 / 6 )



only TGSS



### (3)New pulsar candidates

Spectral indexとCompactnessのパラメータを用いて制限をつけることで、8つの新たなパルサーの候補を選定。

これらの候補が銀河や、クエーサー、AGNでないかどうか。これらのカタログとの比較を行った。

→これらの天体はどのカタログとも一致しない。

(銀河: LVG, クエーサー: MILLIQUAS, AGN: WISE)

## (4)Future works

○circler polarizationに関して、

NVSSのカタログに存在するStokesが間違っていそう。

→Tayler catalogを利用して明らかにわかっている情報を用いてcutをつける。

さらにパルサー候補を正しく選定できるのではないか。

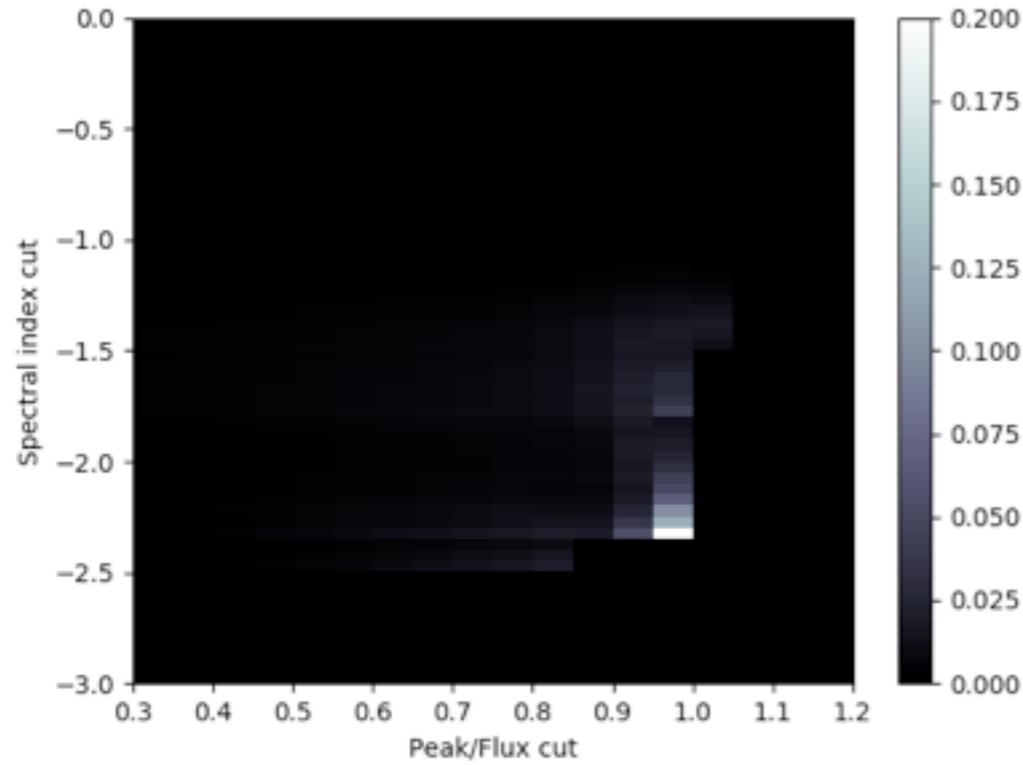
○パルサー候補に関して

実際にParkesや日本の望遠鏡を利用し観測することで本当にパルサーであるかどうか検証する。

→8つの候補では少なすぎるので、criterionを緩めてパルサーの候補をより多く選定する。

# (4)Future works

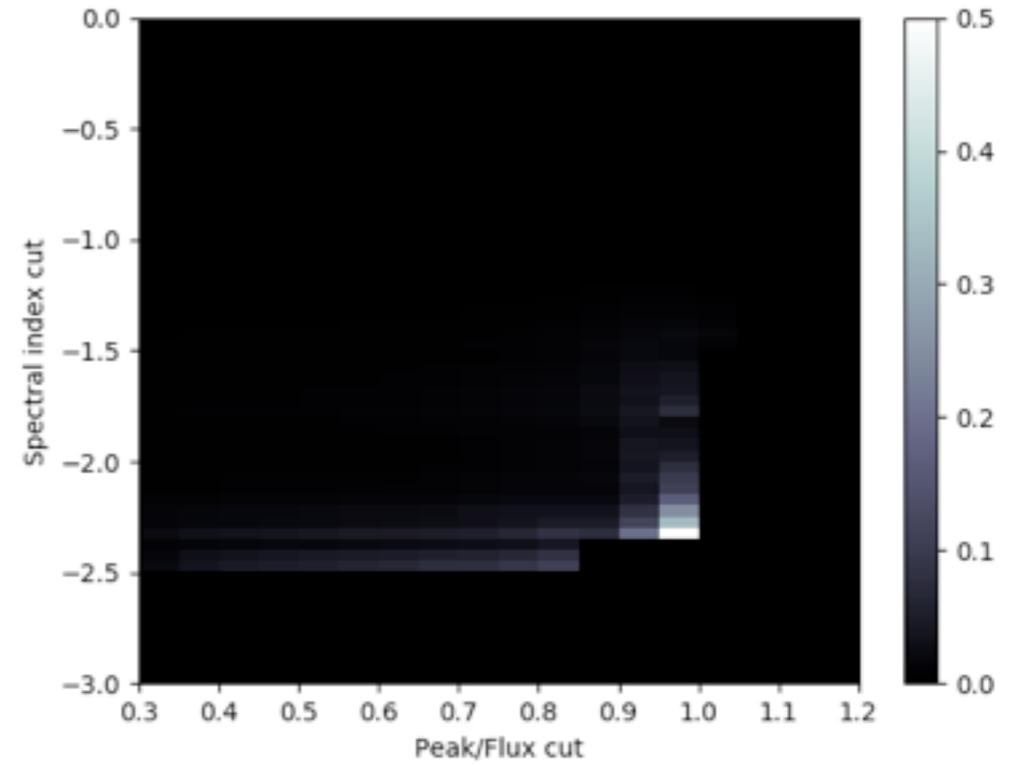
NVSS with TGSS



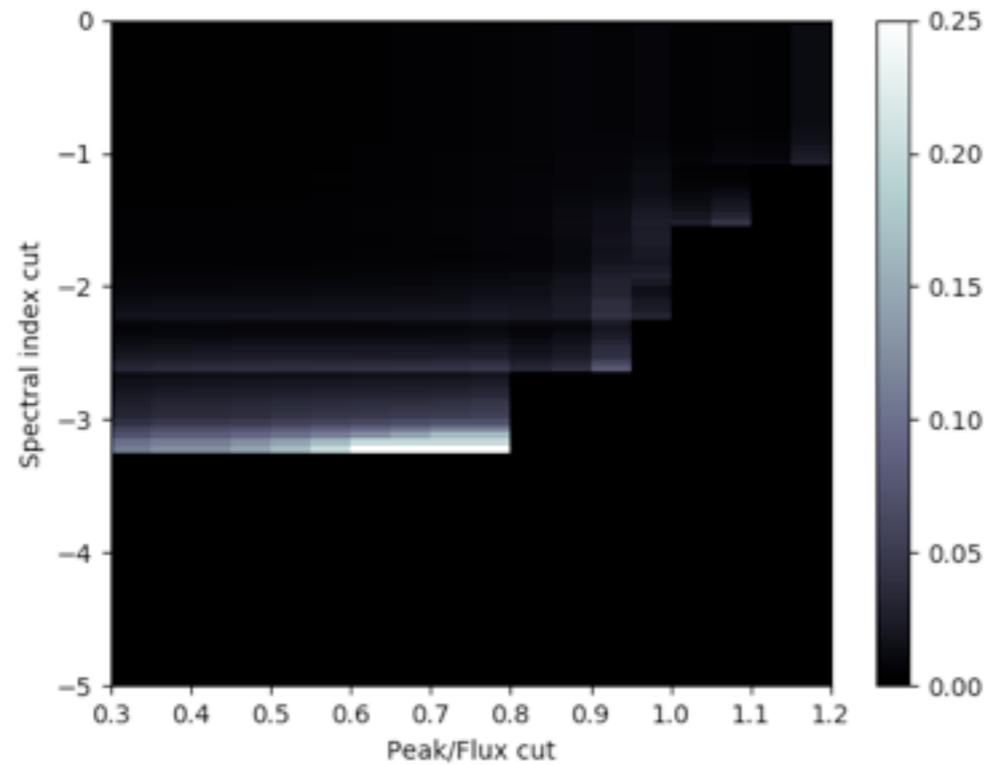
both

-2.3 0.95 0.125 ( 1 / 8 ) -3.25 0.45 0.142857142857 ( 1 / 7 )

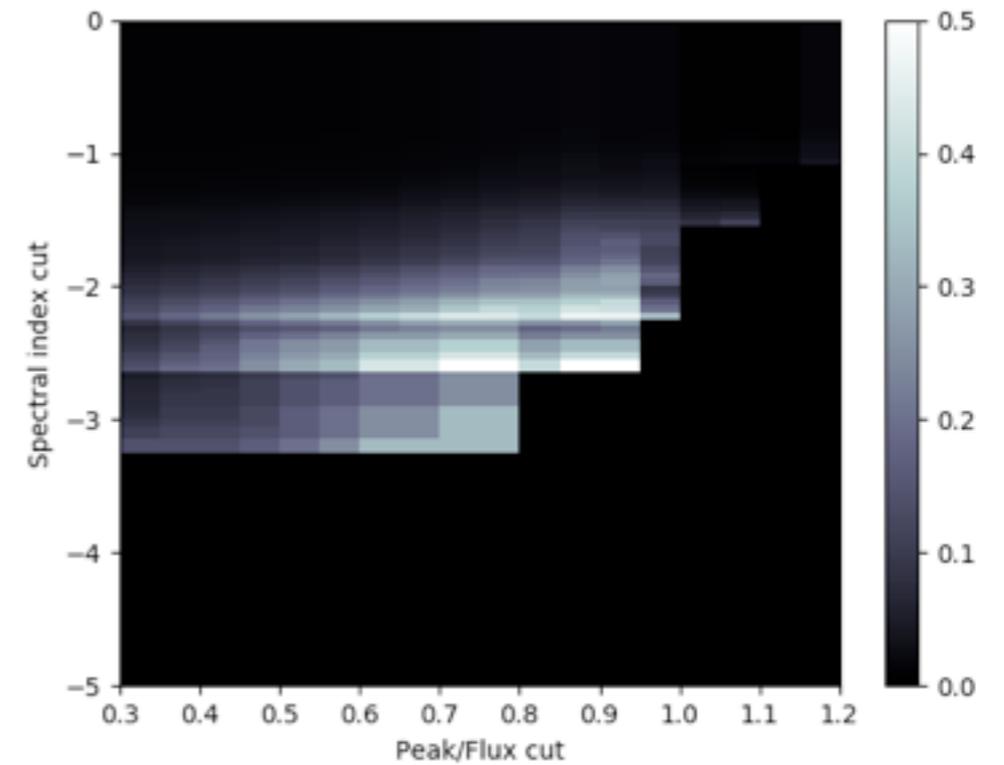
TGSS with NVSS



-2.35 0.9 0.2 ( 2 / 10 ) -2.25 0.85 0.466666666667 ( 7 / 15 )



only TGSS



## (4)Future works

制限を緩めると27個の新たなパルサー候補を選定することができた。

先ほどと同様に銀河、クエーサー、AGNのカatalogと比較を行う。

→1つの電波源はAGNと一致。

AGNがこれほどsteepなspectral indexを持つのか。やはり観測してみる必要があるのでは...?

## (5)Conclusions

NVSSとTGSSのcross-matchを行い、電波源のspectral index(or上限)とCompactnessから新たなパルサーの候補を選定した。

観測すべき27個の電波源を選び出し、これらの観測を行い、本当にパルサーであるかどうか確認してゆく予定である。

→Parkesや鹿島など観測可能な範囲で

SKAの広範囲、広周波、高分解能観測によって多くの電波源がさらに発見される。

→この解析によって、パルサーの発見数がさらに増加するのではないか。

ありがとうございました。