

太陽多波長データ解析研究会

NSRO-CDAW13

Group3 長期変動(黒点)

柴崎 大辻 宮腰 田中

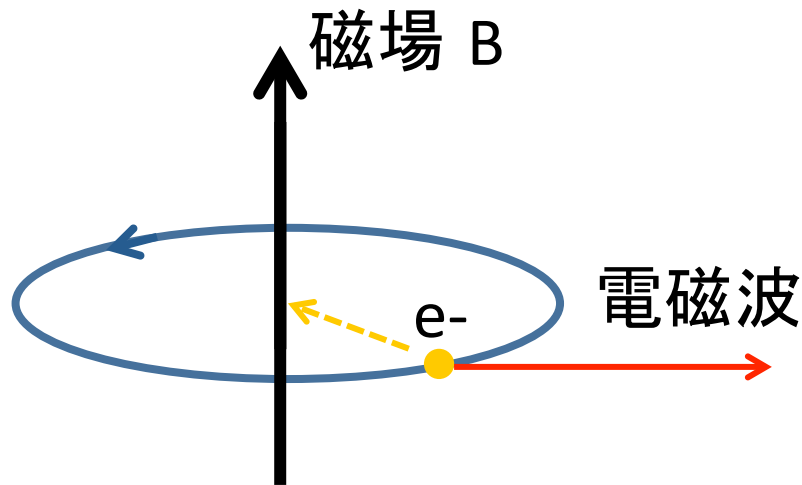
目的

- 野辺山太陽電波ヘリオグラフの観測開始
(1992/07/01~)以降の活動領域(AR)のデータベースの整備
- ジャイロレゾナンス(GR)源の同定やその統計
– AR数に対するGR数の比率の年変化など
- 太陽活動サイクルとの関係性の議論

ジャイロレゾナンス

ジャイロレゾナンス

- ・磁場が強く、熱運動している電子から電磁波が放射される機構
- ・偏波率が高く、コンパクトに明るく光る



ローレンツ力による偏光

ジャイロ運動によって放射される電磁波の周波

$$f_H = 2.8 \text{MHz} * B [\text{Gauss}]$$

ジャイロ周波数が17GHzになるには $B=6000[\text{G}]$ が必要となる

第三高調波の $B=2000[\text{G}]$ の磁場からの放射が観測できる

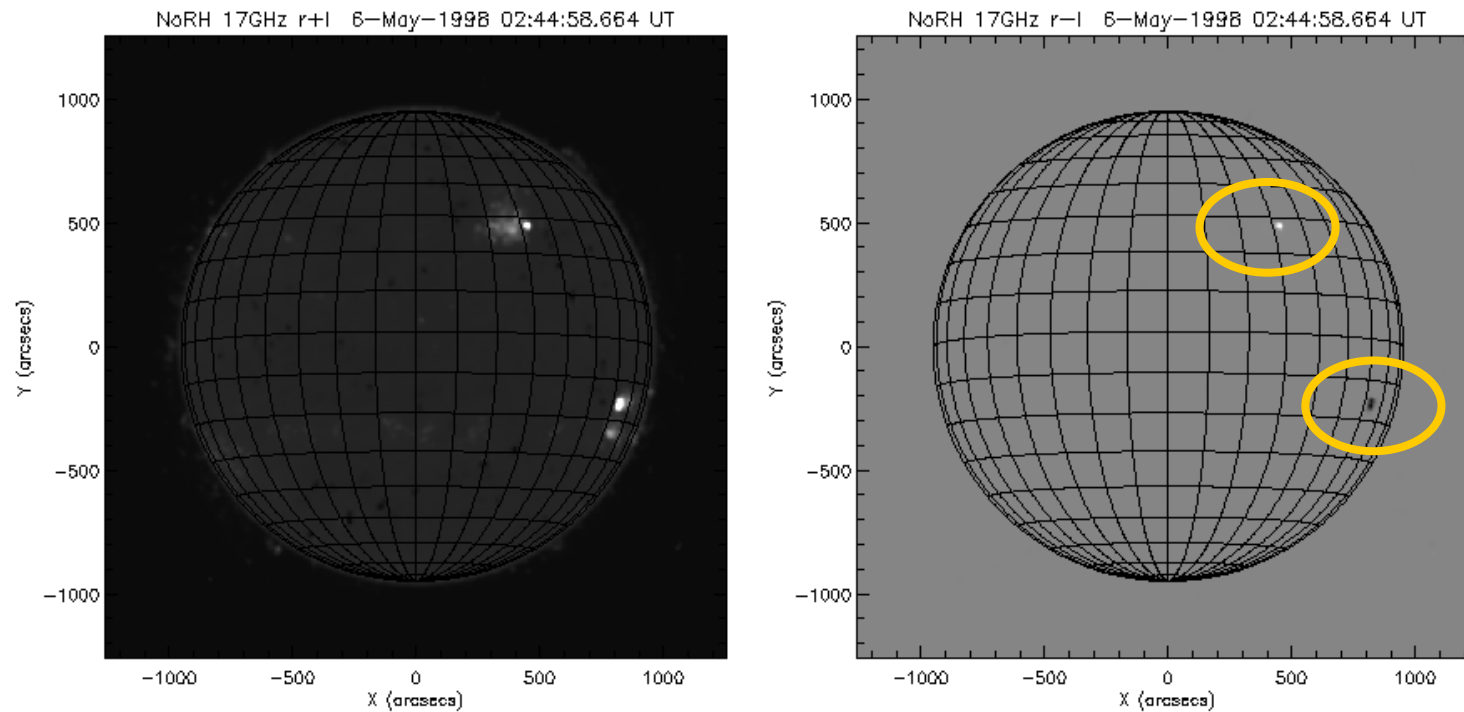
GRが観測 => 2000[G]の磁場が存在

活動領域のデータベース作成

使用データ

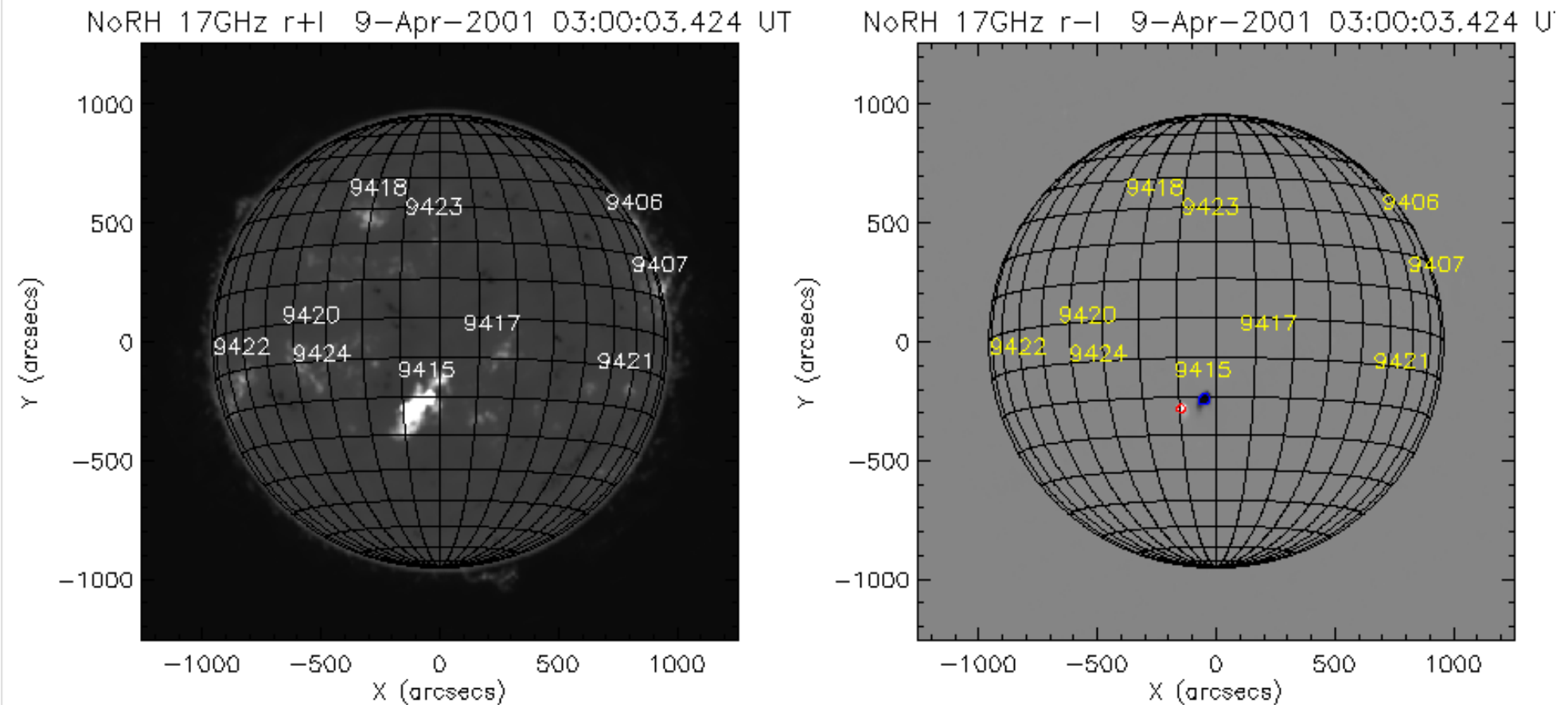
- 野辺山電波ヘリオグラフで観測された偏波画像 (17GHz)

– 期間: 1992/07/01~2013/06/30



画像例 左:強度図 (R+L) 右:偏波図 (R-L)

STEP 1 : GR源の同定



左:強度図 (R+L) 右:偏波図 (R-L)
赤:positive 青:negative

STEP2: 活動領域のデータベース作成

- 偏波画像から、GRを起こしている活動領域のデータ(座標、ピーク値、面積、偏波率、等)を取得し、各活動領域のデータベースを作成する

TIME	X[arcsec]	Y[arcsec]	PEAK(V)	AREA[<i>pixel</i>]	AVERAGE (I)	AVERAGE (V)	POL_DEG
2001-04-04T03:00:04.292	-839.791	-319.219	232658.	26.0000	612229.	158514.	0.258913
2001-04-05T03:00:03.316	-746.481	-294.664	330227.	39.0000	837140.	198951.	0.237656
2001-04-06T03:00:07.340	-613.883	-275.019	329928.	35.0000	743603.	193385.	0.260065
2001-04-07T03:00:06.368	-456.729	-265.197	-272218.	28.0000	558463.	-177953.	-0.318647
2001-04-08T03:00:03.396	-260.286	-245.553	-314856.	34.0000	526000.	-190764.	-0.362670
2001-04-09T03:00:03.424	-152.243	-284.841	351142.	24.0000	267733.	194528.	0.726574
2001-04-09T03:00:03.424	-54.0217	-245.553	-465209.	46.0000	540339.	-231408.	-0.428265
2001-04-10T03:00:07.456	157.154	-245.553	-335837.	29.0000	526873.	-198427.	-0.376612
2001-04-12T03:00:03.540	540.217	-265.197	-1.14275e+06	80.0000	1.08334e+06	-450258.	-0.415620

例: NOAA9415のデータ

STEP3:GRを起こすARのリスト化

```
2000-11-24T02:45:03.708 NOAA09236
2000-11-25T02:45:21.736 NOAA09236/NOAA09240
2000-11-26T02:45:06.768 NOAA09236/NOAA09240
2000-11-27T02:45:04.800 NOAA09236/NOAA09240
2000-11-28T02:45:05.832 NOAA09236/NOAA09240
2000-11-29T02:45:03.864 NOAA09240
2000-11-30T02:45:05.892 NOAA09240
2000-12-01T02:45:03.924 NOAA09240
2000-12-02T02:45:03.952 NOAA09240
2000-12-28T02:45:03.728 NOAA09289
2000-12-29T02:45:03.760 NOAA09289
2001-02-10T03:00:04.908 NOAA09338
2001-02-11T03:00:03.932 NOAA09338
2001-03-06T03:00:03.528 NOAA09368
2001-03-24T03:00:03.016 NOAA09393
2001-03-25T03:00:03.040 NOAA09393
2001-03-26T03:00:07.068 NOAA09393
2001-03-27T03:00:04.092 NOAA09393/NOAA09394
2001-03-28T03:00:05.120 NOAA09393
2001-03-29T03:00:03.144 NOAA09393
2001-03-30T03:00:07.176 NOAA09393
2001-03-31T03:00:04.200 NOAA09397
2001-04-01T03:00:07.224 NOAA09393
2001-04-02T03:00:06.248 NOAA09393
2001-04-03T03:00:04.272 NOAA09393/NOAA09414
2001-04-04T03:00:04.292 NOAA09415
2001-04-05T03:00:03.316 NOAA09415
2001-04-06T03:00:07.340 NOAA09415
2001-04-07T03:00:06.368 NOAA09415
2001-04-08T03:00:03.396 NOAA09415
2001-04-09T03:00:03.424 NOAA09415
2001-04-10T03:00:07.456 NOAA09415
```

- 偏波画像上でGRを起こしている活動領域のリストを作成する
- 複数の活動領域でGRが起きている場合、全てをリスト化する

GRが発生した日時と、NOAA番号

STEP4

- GRを起こした活動領域の数を半年毎にカウントし、その活動領域の数とNOAA番号をリスト化

```
1993-01-01T00:00:00 6 NOAA07417/NOAA07420/NOAA07440/NOAA07448/NOAA07518/NOAA07529
1993-07-01T00:00:00 4 NOAA07529/NOAA07588/NOAA07590/NOAA07613
1994-01-01T00:00:00 3 NOAA07654/NOAA07671/NOAA07722
1994-07-01T00:00:00 0 None
1995-01-01T00:00:00 0 None
1995-07-01T00:00:00 0 None
1996-01-01T00:00:00 0 None
1996-07-01T00:00:00 2 NOAA07978/NOAA07981
1997-01-01T00:00:00 0 None
1997-07-01T00:00:00 1 NOAA08100
1998-01-01T00:00:00 4 NOAA08156/NOAA08210/NOAA08214/NOAA08232
1998-07-01T00:00:00 8 NOAA08280/NOAA08282/NOAA08297/NOAA08299/NOAA08323/NOAA08340/NOAA08375/NOAA08384
1999-01-01T00:00:00 9 NOAA08458/NOAA08545/NOAA08551/NOAA08552/NOAA08558/NOAA08559/NOAA08569/NOAA08575/NOAA08602
```

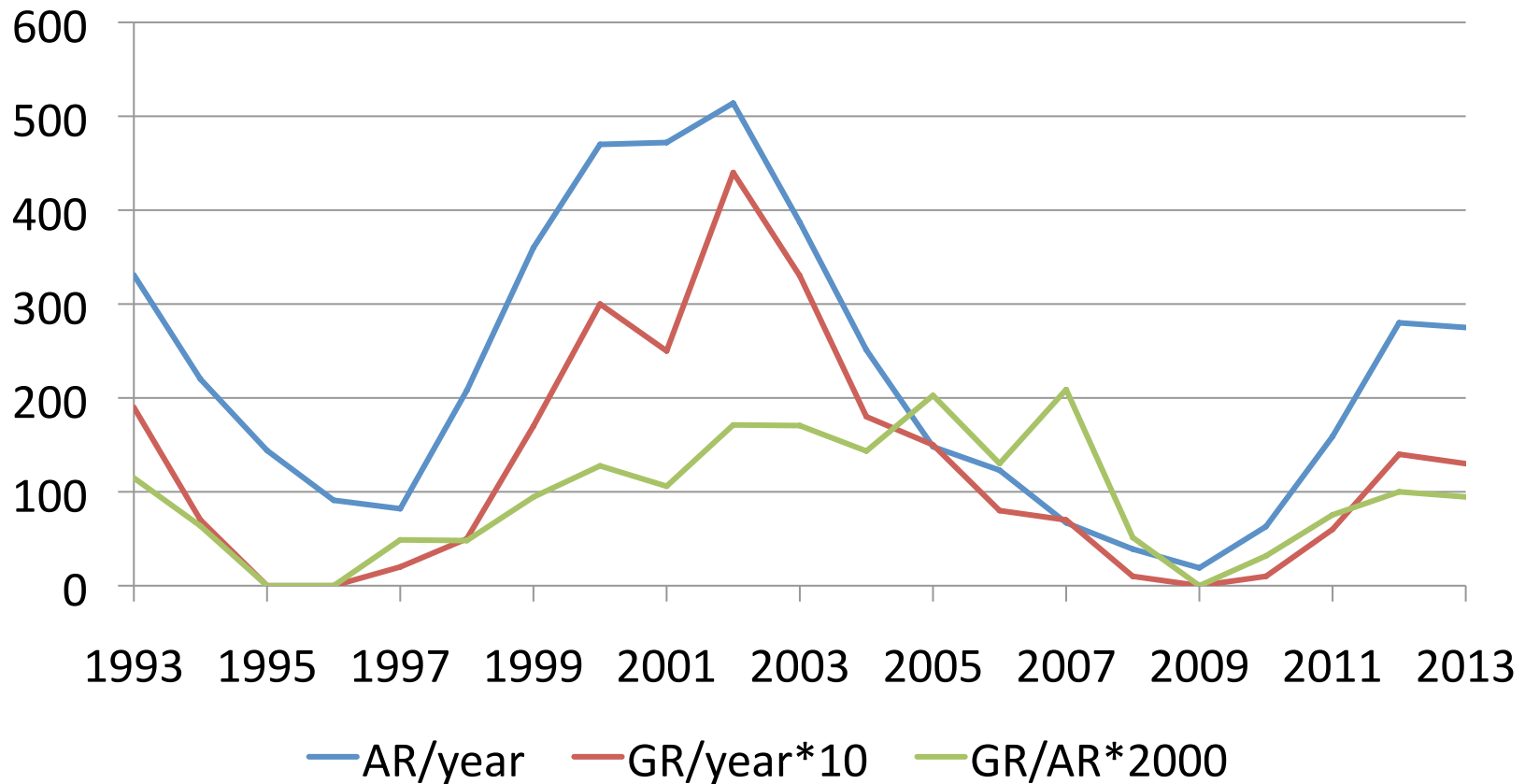
- GRや活動領域の関係について調べる

Result

GR/AR : $V > 5e4$

AR, GR and GR/AR

GR ($V > 5e4$)

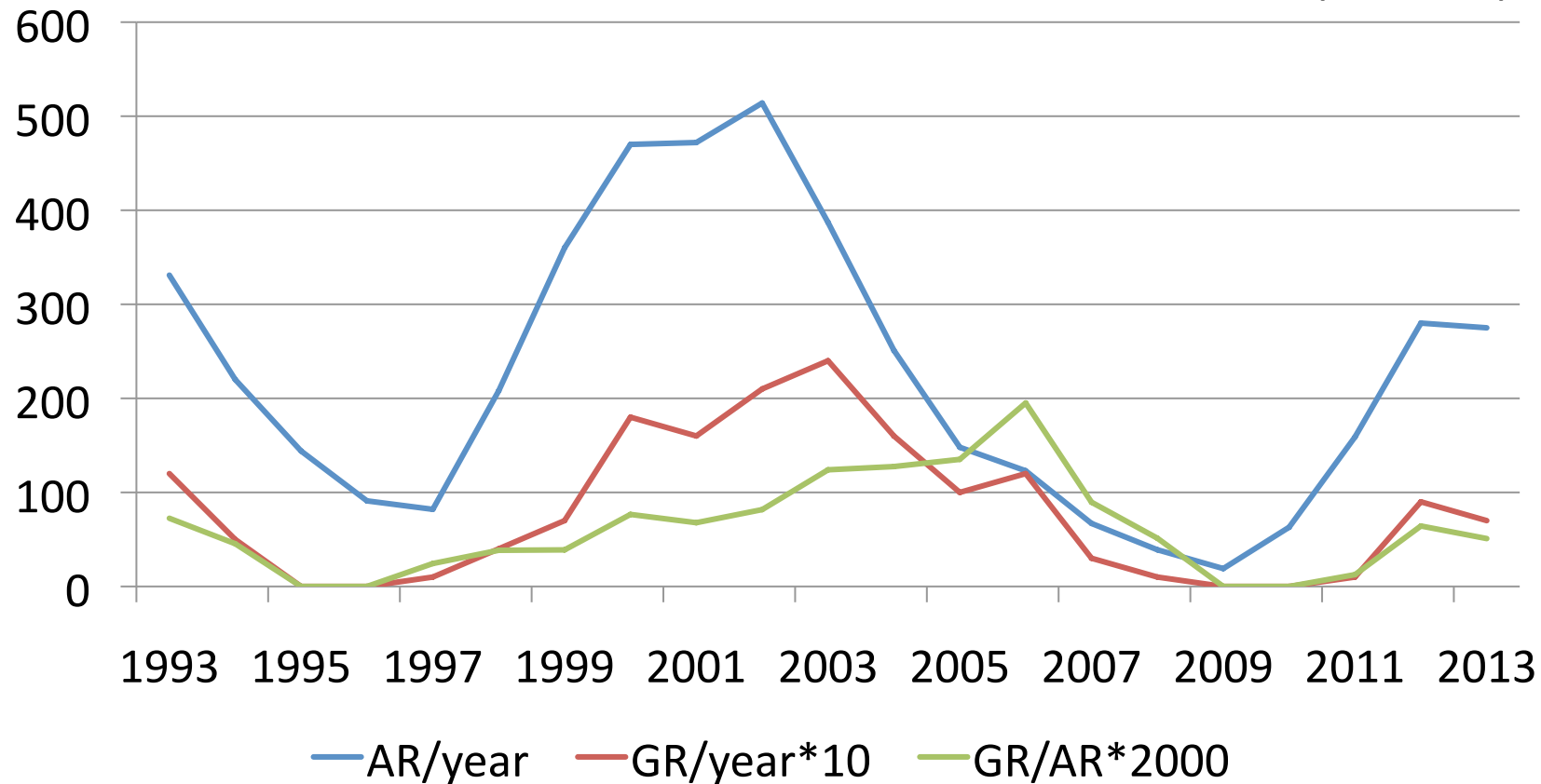


GR/AR はサイクルでの活動に依存
サイクル23の後半にかけてGR/ARが増加

GR/AR : $V > 1e5$

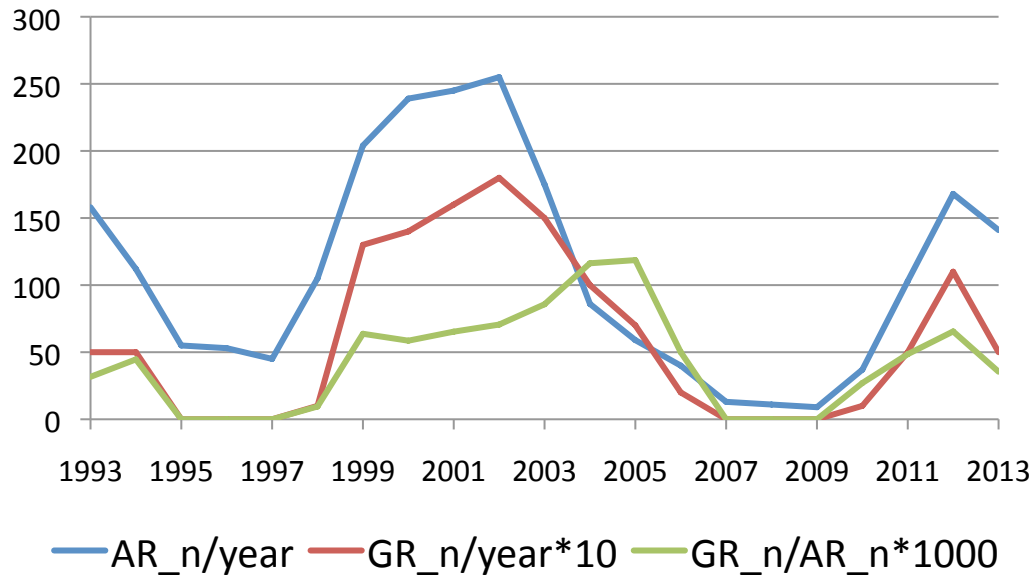
AR, GR and GR/AR

GR ($V > 1e5$)

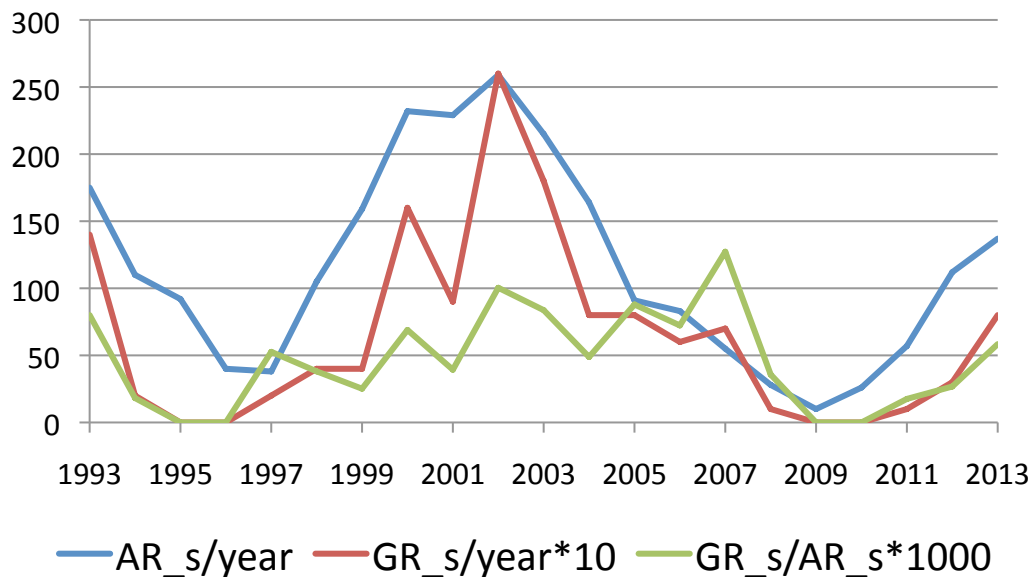


$V > 5e4$ の場合と比較して、大きな変化は見られない

AR, GR and GR/AR for northern



AR, GR and GR/AR for southern



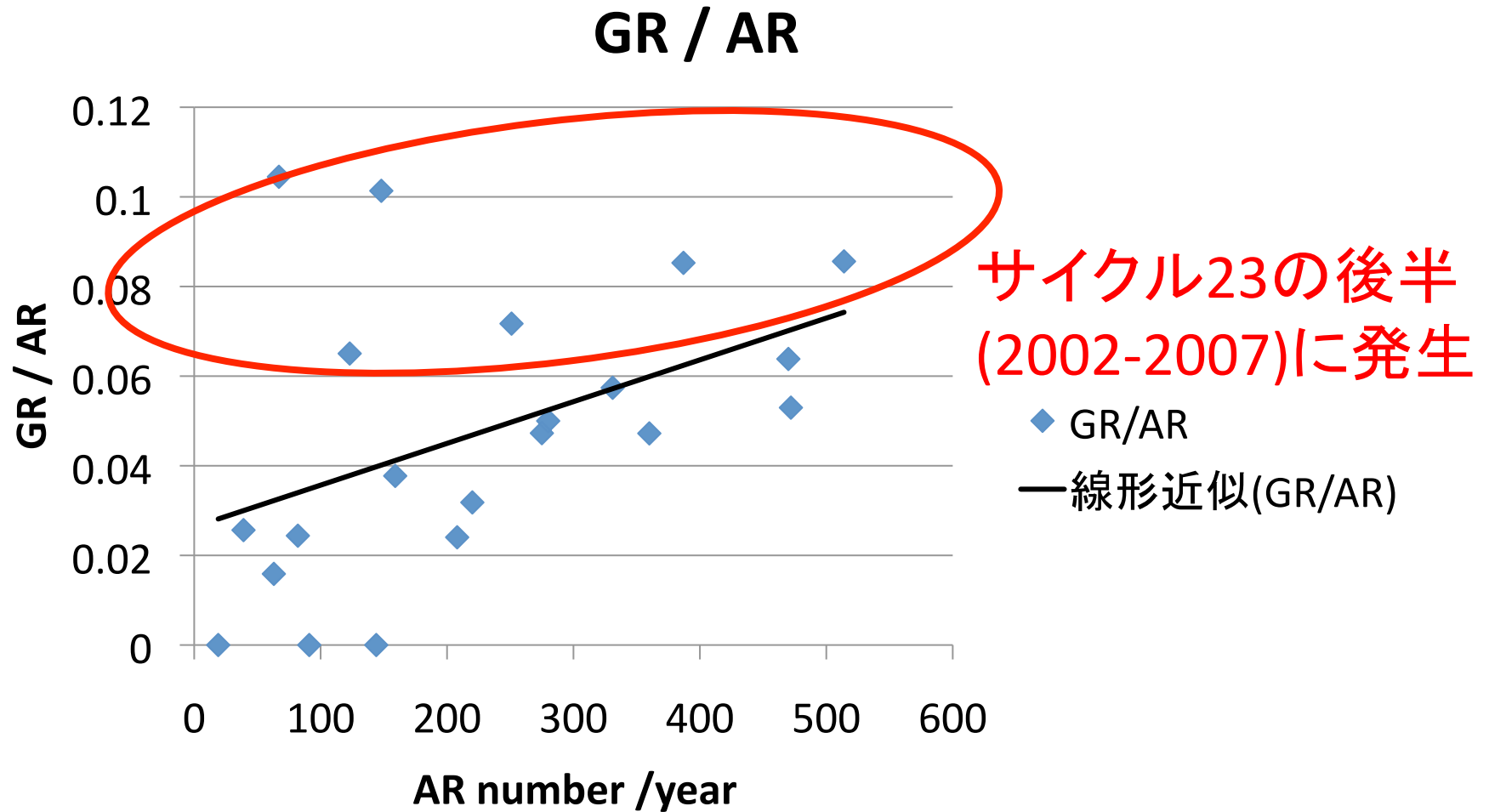
南北の比較

- 半球別のGR/AR比
($V > 5e4$)

- どちらの半球でも、サイクルの後半にかけてGR/AR比が増加している

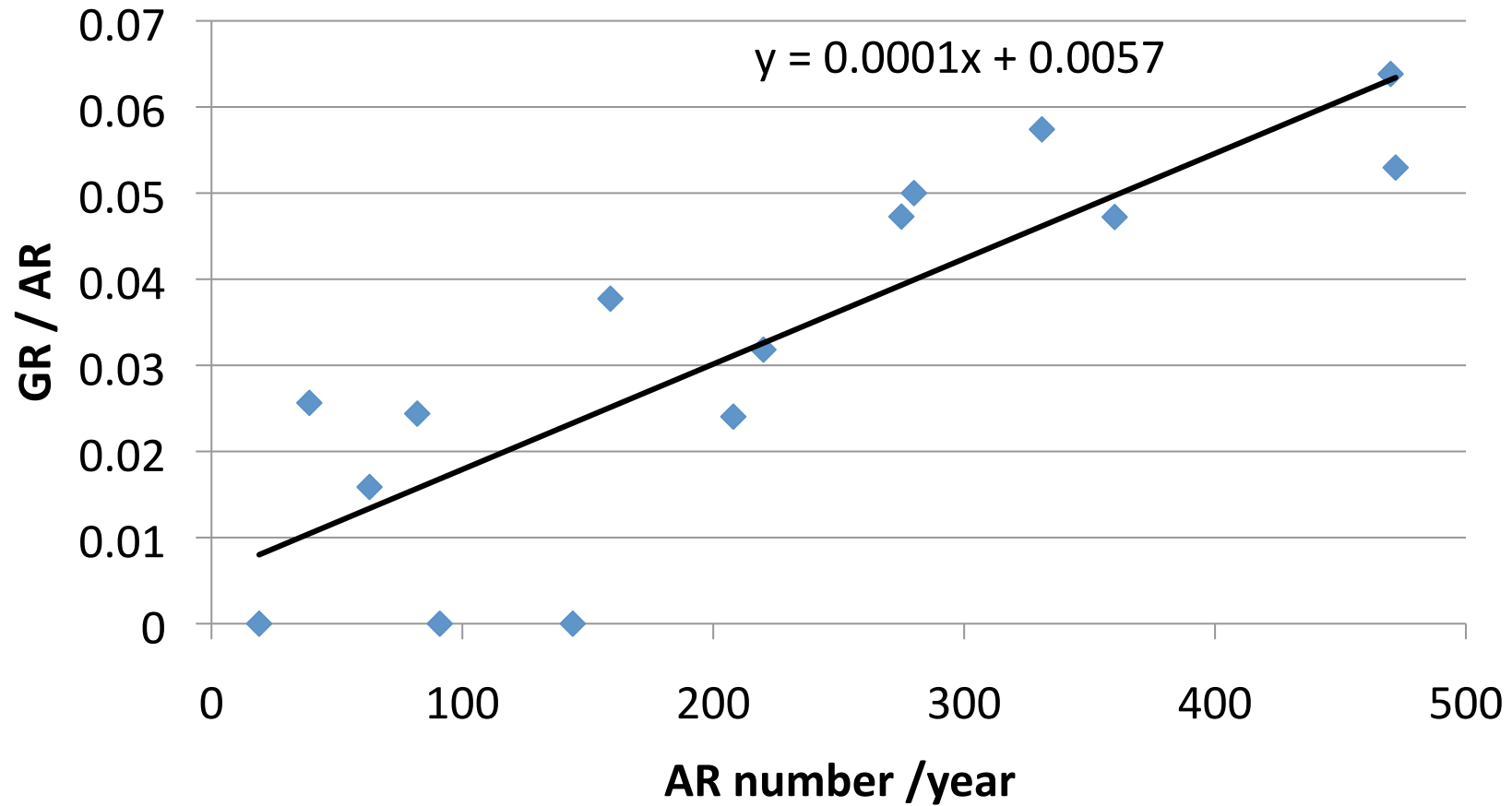
- 南北による大きな違いは見られない

GR/AR and AR distribution



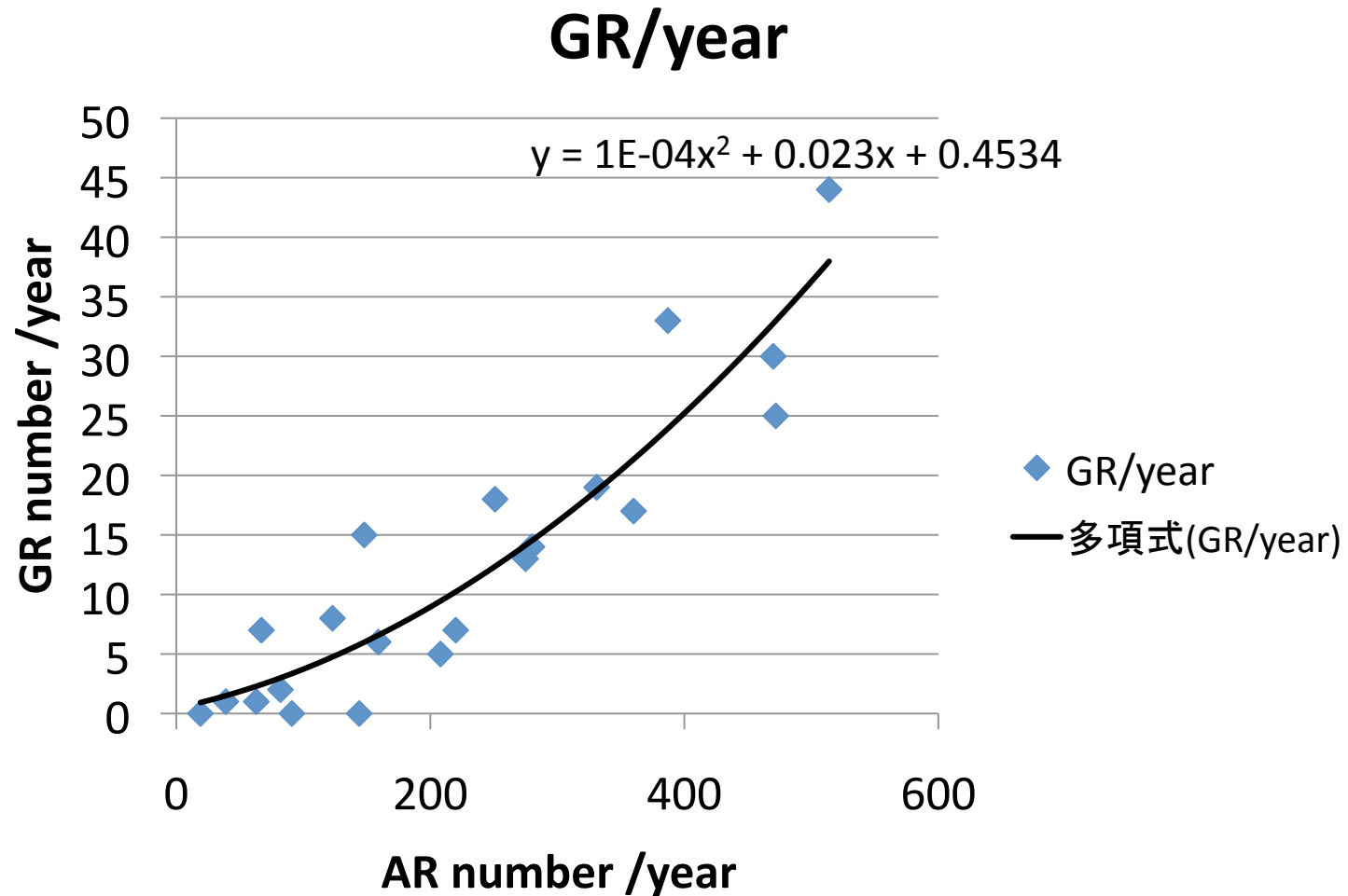
GR/AR and AR distribution

GR/AR (without 2002-2007)



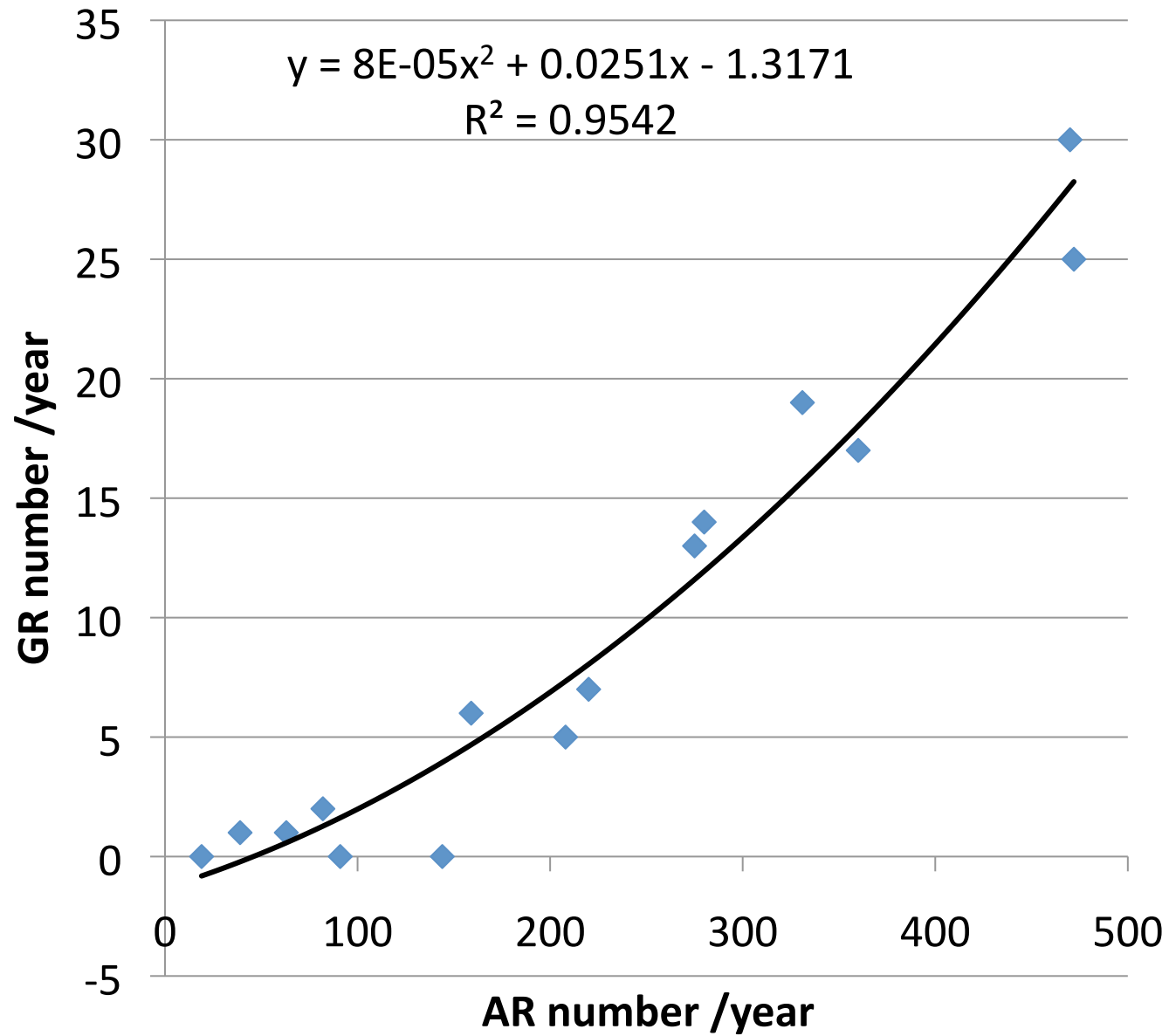
GR/ARはARに比例

GR and AR distribution



GRとARの間に2次の相関が見られる

GR /year (without 2002-2007)



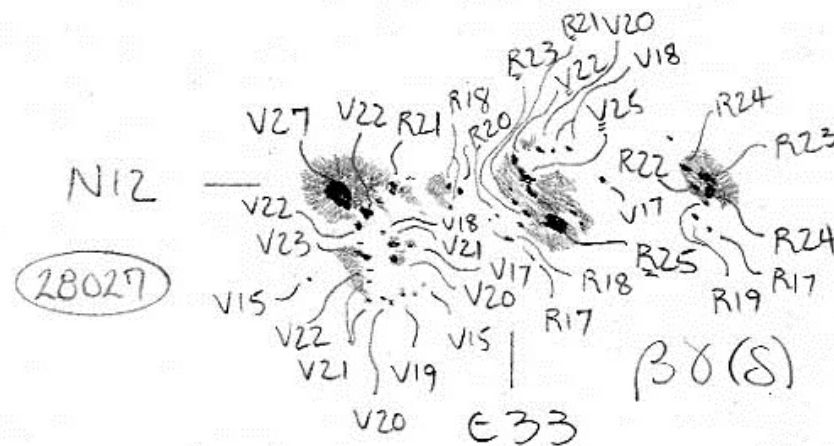
Discussion

- サイクル23では、サイクルの後半(2002-2007)にかけてGRを起こした活動領域の割合が増加
 - サイクル22の後半では見られない
 - サイクル23のみに特有な傾向？
 - データ不足
- GR数とAR数の間には2次の相関が見られた
 - GR/AR はAR数に比例
- 南北による違い
 - どちらの半球でもサイクルの後半にかけて GR/AR 比が増加している

磁場強度のデータベース化

磁場データの入手

- Mt. Wilson Observatory (<ftp://howard.astro.ucla.edu/pub/obs/drawings>)による太陽黒点のスケッチ画像からfitsファイルを作成



画像例

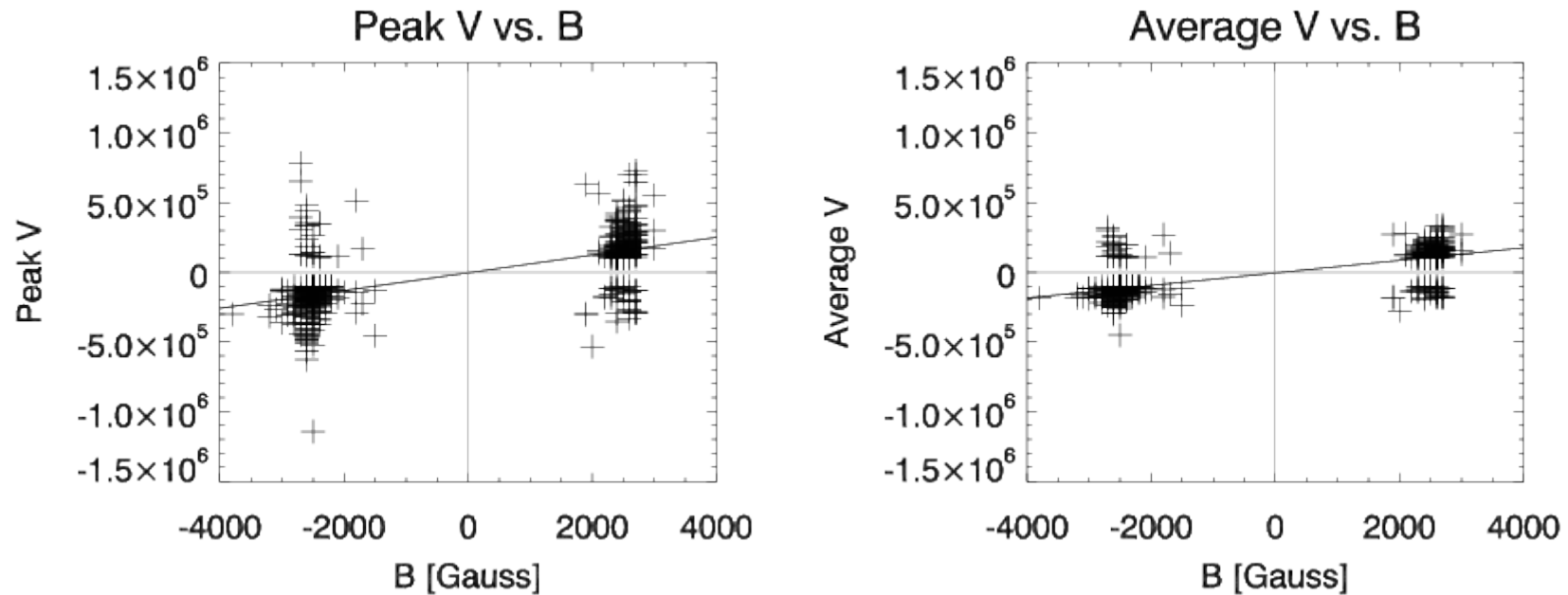
磁場データの作成

得られた画像から磁場強度を読み取り、入力GRを起こした活動領域についての磁場強度、黒点タイプなどリストを作成

TIME	MAGTIME	MAGFIELD	AREA[millionth]	MACINTOSH	NUM_SPOTS	MAG_TYPE
2002-06-20T02:44:35.196	2002-06-20T15:00:00	V25	380	DKO	4	BETAA
2002-06-21T02:44:34.224	2002-06-20T15:00:00	V25	480	DKO	9	BETAA
2002-06-22T02:44:35.252	2002-06-21T14:30:00	V24	530	DKO	18	BETA-GAMMA
2002-06-23T02:44:34.276	2002-06-22T15:30:00	V24	470	DKI	25	BETA-GAMMA
2002-06-24T02:44:33.300	2002-06-23T15:00:00	V24	510	DKI	30	BETA-GAMMA
2002-06-25T02:44:35.328	2002-06-25T14:30:00	V26	530	DKI	14	BETA-GAMMA
2002-06-26T02:44:34.356	2002-06-26T14:30:00	V26	540	DKI	16	BETA-GAMMA
2002-06-27T02:44:34.384	2002-06-27T14:45:00	V25	540	DKO	11	BETA-GAMMA

Result2

B and Peak , Average



GRを起こした活動領域の磁場強度と
ピーク値 (left) : 平均強度 (right)

黒点タイプとGRの発生頻度




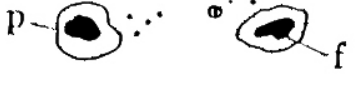
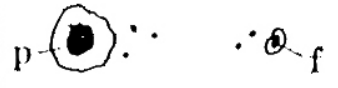
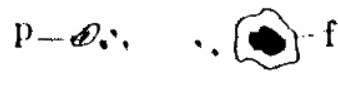
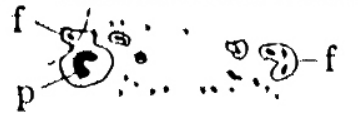
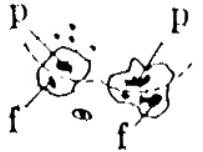
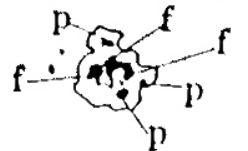
全黒点タイプ

Sunspot Type	Num	Ratio
ALPHA	4751	15.1
BETAA	4665	14.82
BETA	3915	12.44
BETA-GAMMA	3763	11.96
BETAAGAMMA	3481	11.06
BETA-GAMMA-DELTA	3285	10.44
ALPHAGAMMA	2689	8.55
BETAAGAMMA-DELTA	2100	6.67
ALPHAGAMMA-DELTA	1992	6.33
BETA-DELTA	171	0.54
BETADELTA	136	0.43
ALPHADELTA	136	0.43
BETA-DELTA-DELTA	65	0.21
ALPHAGAMMAA	55	0.17

GRを起こした黒点タイプ

Sunspot Type	Num	Ratio
BETA-GAMMA-DELTA	287	45.7
BETA-GAMMA	125	19.9
BETAA	48	7.64
BETAAGAMMA	34	5.41
BETA	32	5.1
BETAAGAMMA-DELTA	26	4.14
BETA-DELTA	22	3.5
ALPHA	18	2.87
ALPHAGAMMA	10	1.59
ALPHAGAMMA-DELTA	9	1.43
BETA-DELTA-DELTA	6	0.96
BETADELTA	5	0.8
BETADELTA-DELTA	4	0.64
BETAAGAMMAA	2	0.32

黒点の分類

α	α	
	αp	
	αf	
β	β	
	βp	
	βf	
	βγ	
	γ	
	δ	

α型: 単極性黒点群。N極かS極どちらかの磁場により構成されている黒点群。周囲には逆極性が分布していることが多い。(pは先行領域(西側)に黒点があり、fは後行領域(東側)に黒点があるもの)

β型: 双極性黒点群。N極とS極の両方の黒点を持つ。2つの極は東西にシンプルな配置になっていて、両極の境が区別できるものを指す。(pは先行領域の黒点が大きく、fは後行領域の黒点大きいもの)

βγ型: 双極型黒点群であるが、一方に逆極性の黒点を含む。

γ型: 複極黒点群。β型とくらべてN極とS極が不規則に分布した複雑な活動領域。

δ型: 密集複極性黒点群。1つの活動領域内で複雑な磁場の形状をしめす。逆極性の磁場が密接している。太陽フレアを起こす可能性がある。

磁場による分類

(ウィルソン山天文台分類、左が太陽の西)

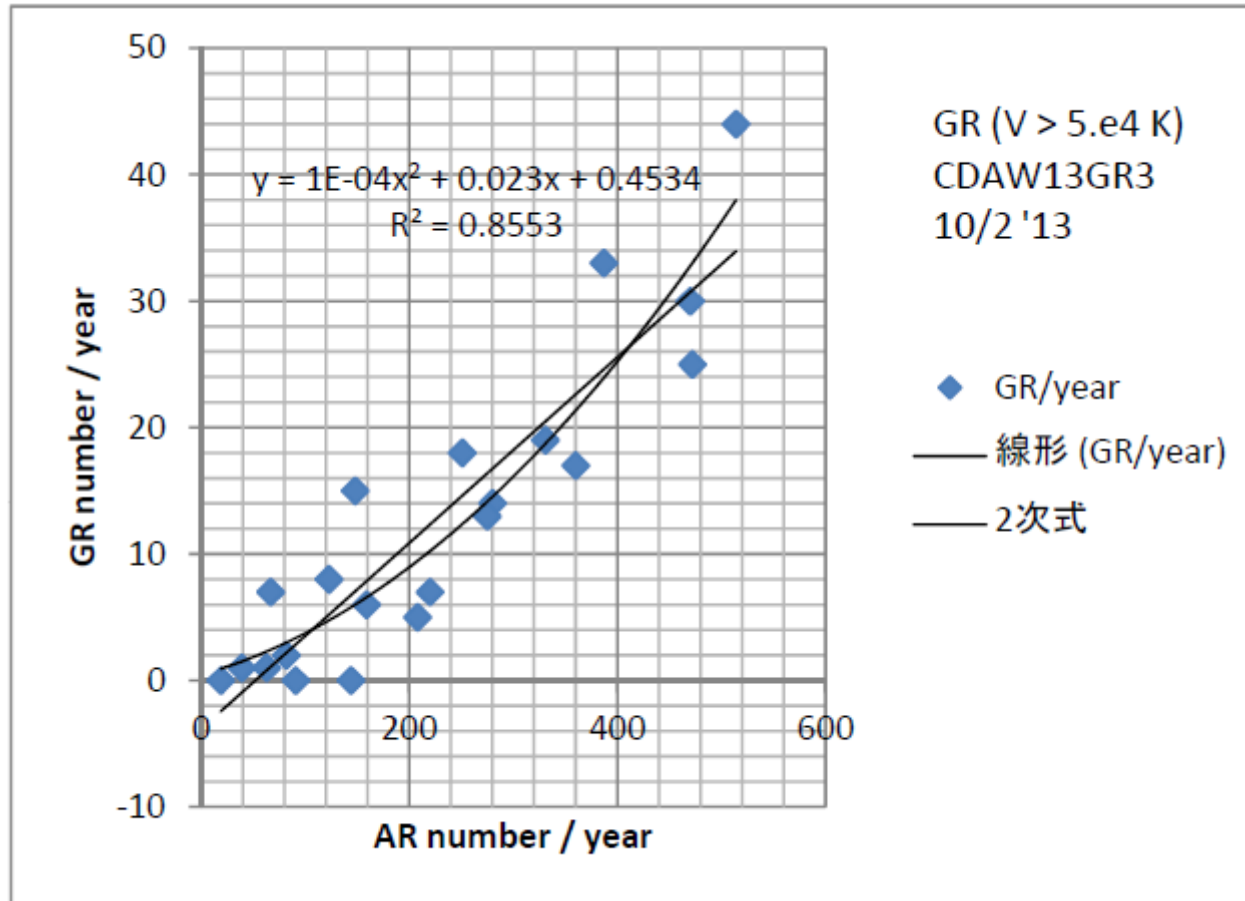
Discussion

- GRを起こした黒点のタイプを調べると、より複雑な黒点 (Beta, Gamma) ほどGRを起こしやすい傾向が見られる
- 磁場強度と偏光強度では、正の相関が見られる

summary

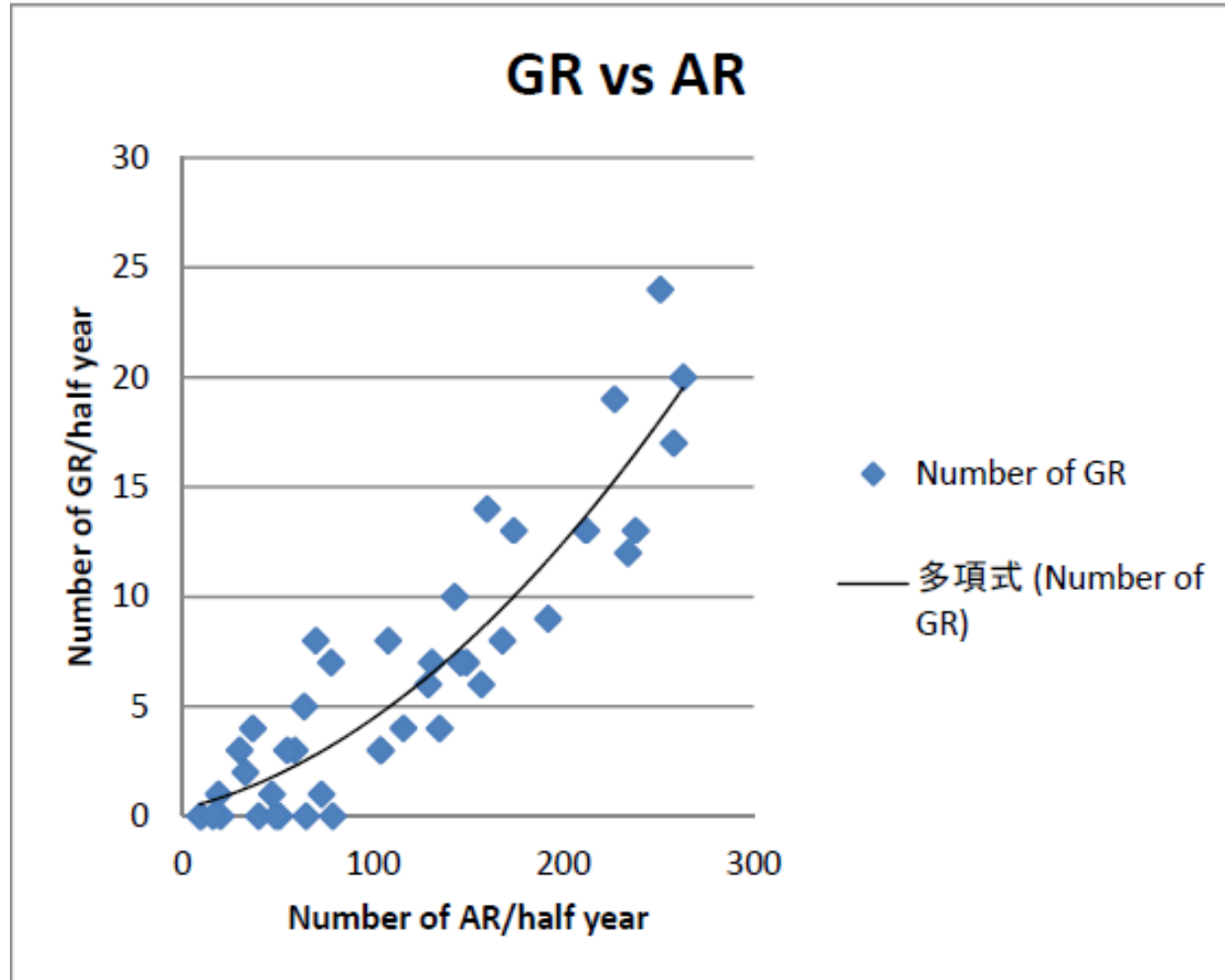
- 野辺山電波ヘリオグラフの偏波画像を元に、GRを起こした活動領域のデータベースを作成
- GRの同定・データの取得
- GR, GR/ARの年変化、GR数とAR数の関連
- GRを起こした活動領域の磁場分布
- GRと黒点タイプの関連

GR, AR /year



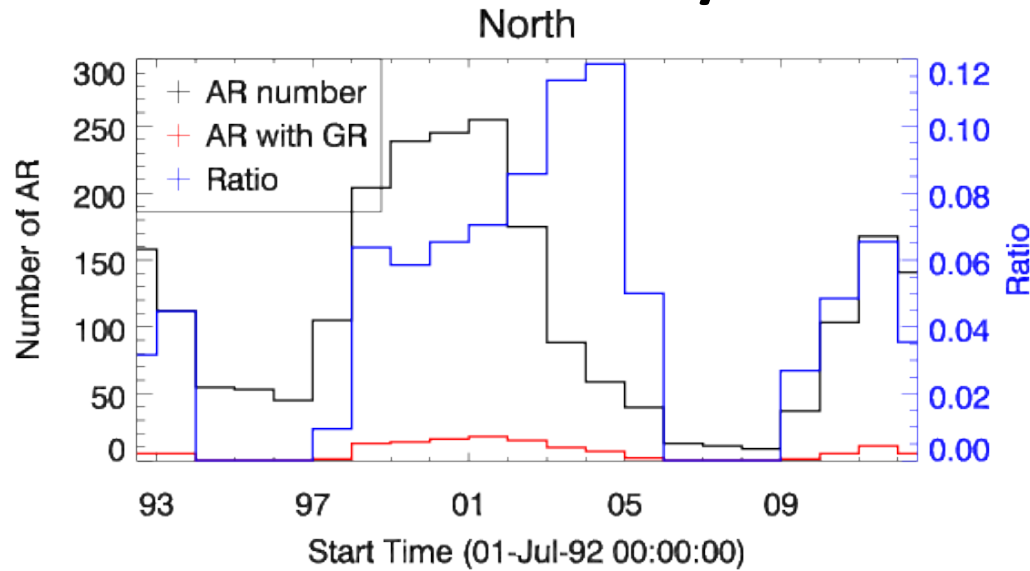
年ごとのAR数とGR数

GR数とAR数

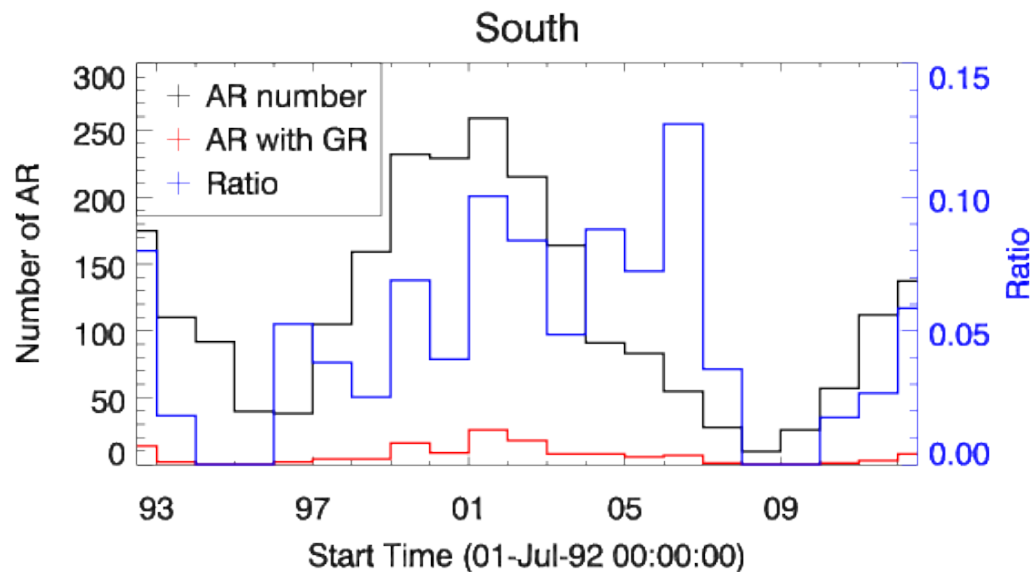


半年ごとの活動領域数とGRを起こした活動領域数
($V > 5e4$)

GR/AR: 半球別

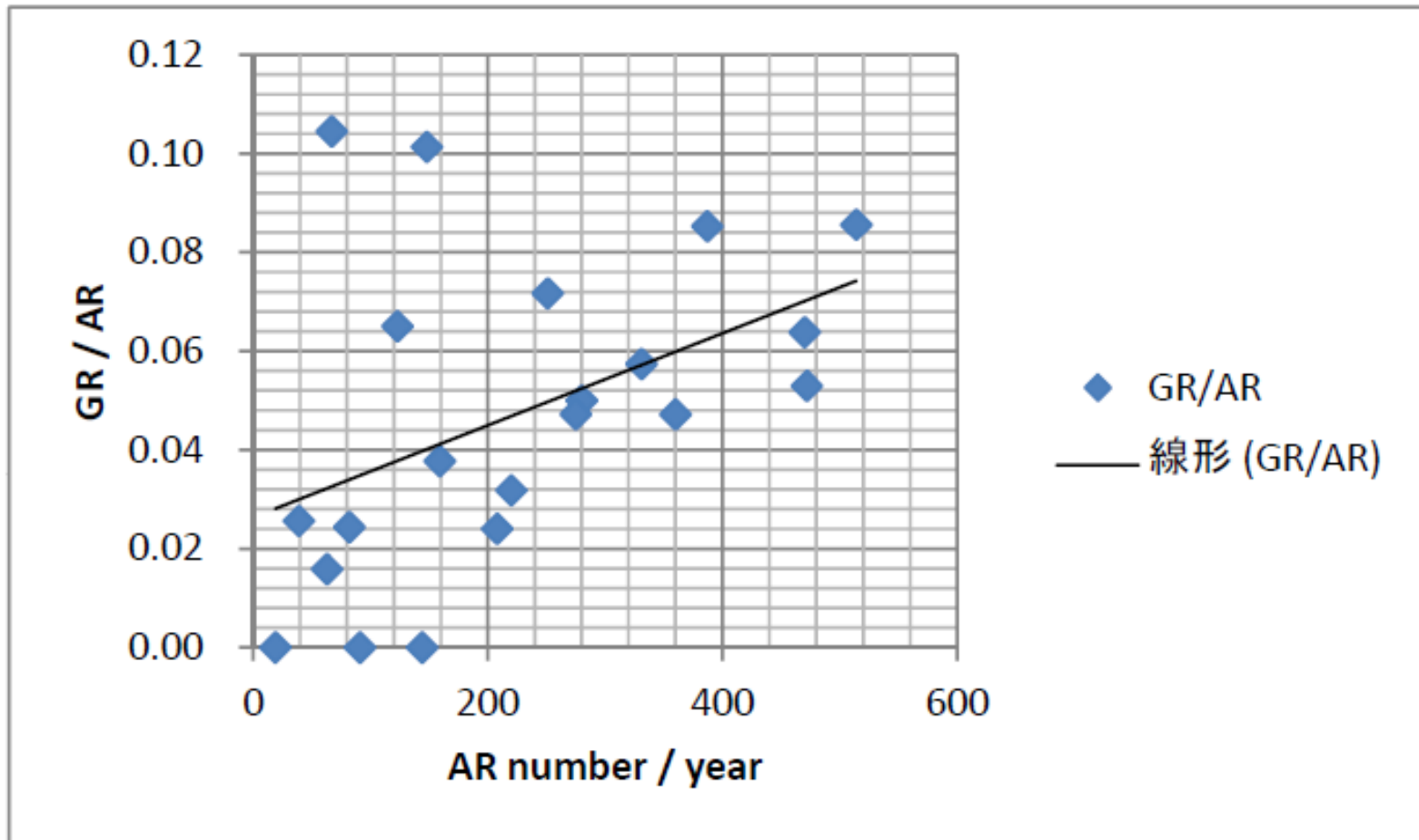


- 半球別のGR/AR比
($V > 5e4$)



- どちらの半球でも、サイクルの後半にかけてGR/AR比が増加している

GR/AR vs. AR数



$V > 1e5$

