大学VLBI連携及び日韓VLBI観測網の偏波観測モードの現状について

新沼浩太郎（山口大学）

イントロ

- AGNの偏波・偏光観測
  - 特にBlazars
- 国内VLBI観測網の偏波観測の現状
- 日韓VLBI観測網について
- まとめ

Highlight

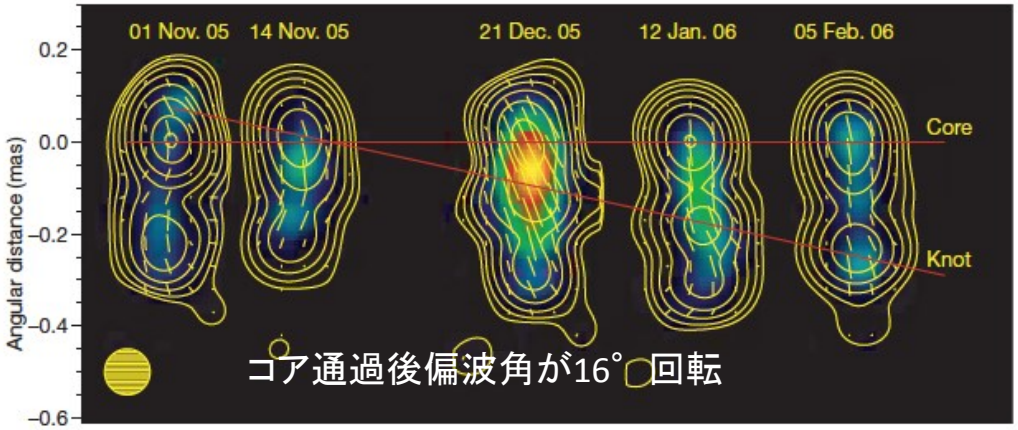
AGNの偏光観測（VLBI, 可視）

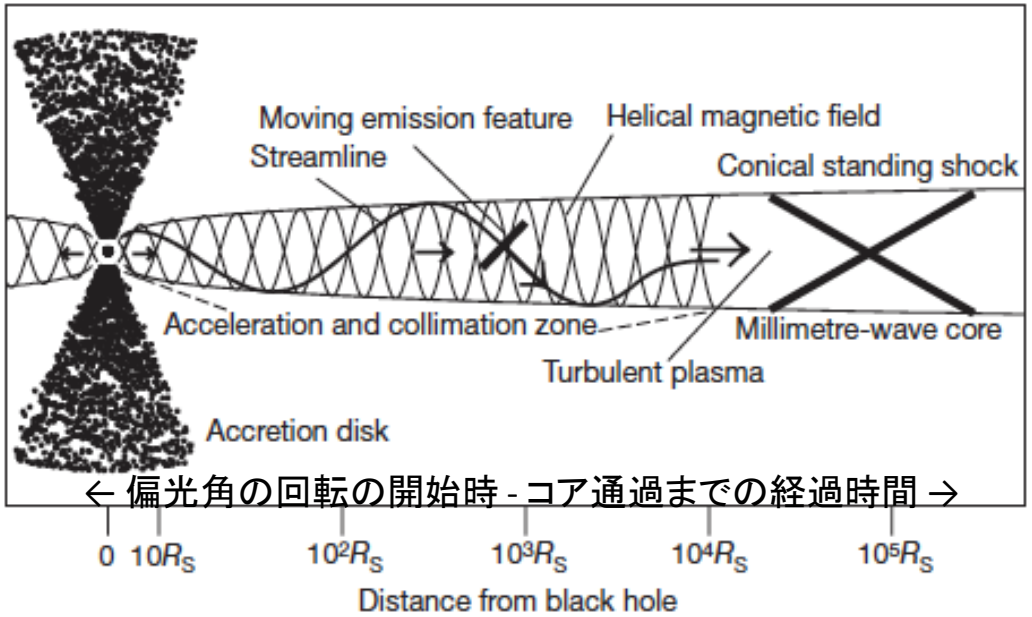
VLBIを用いた偏波観測

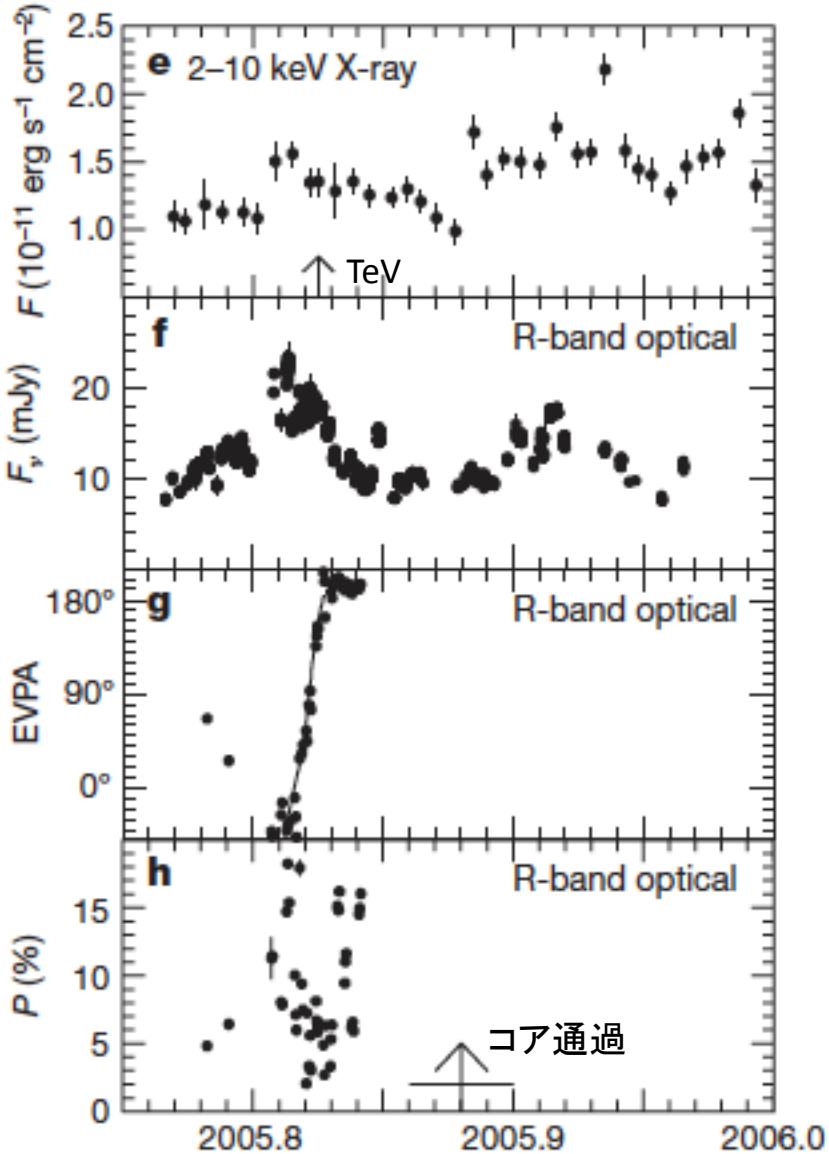
- 偏光している成分の同定が可能（直接撮像）
  - VLBI最大の強み（圧倒的な解像度 <1ミリ秒角）
- VLBIであっても時間分解能を意識した観測
  - 空間分解能＋時間分解能
    - 1ヶ月以内のモニター観測が当たり前

例：ボストン大 Blazarグループ（PI: A. Marscher）

Marscher+08, BL Lacertae

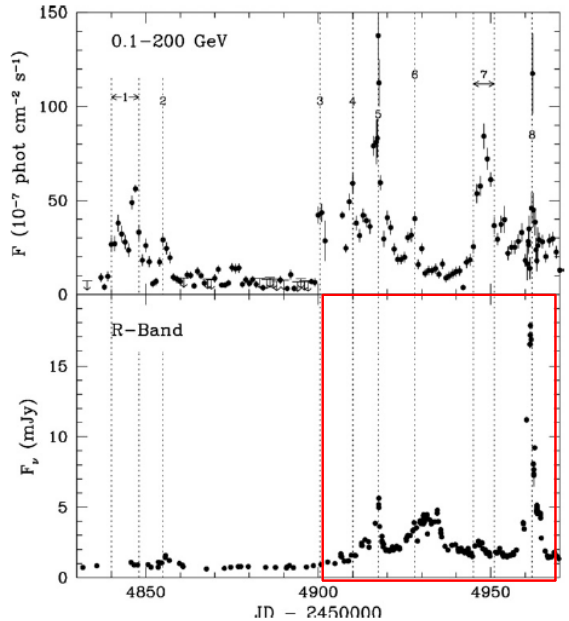


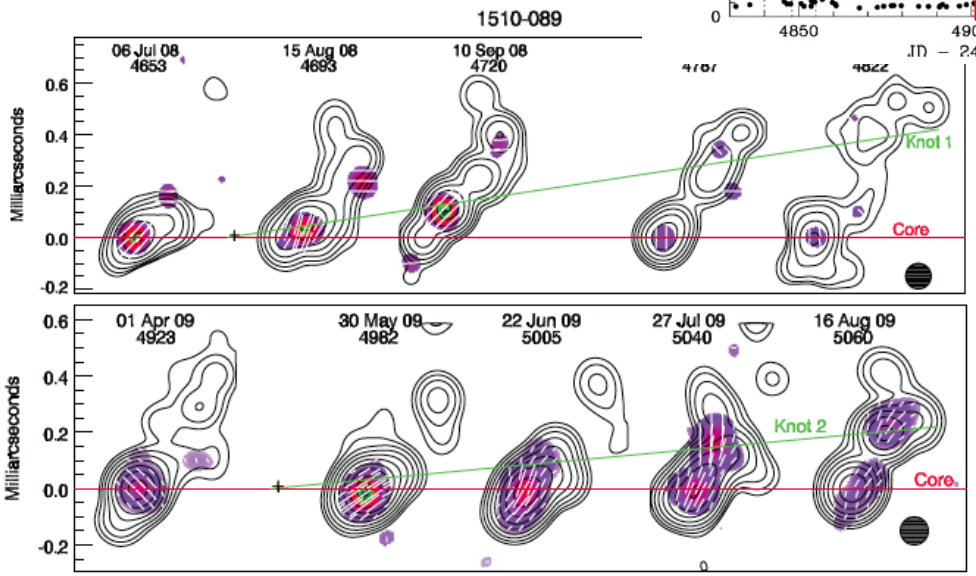


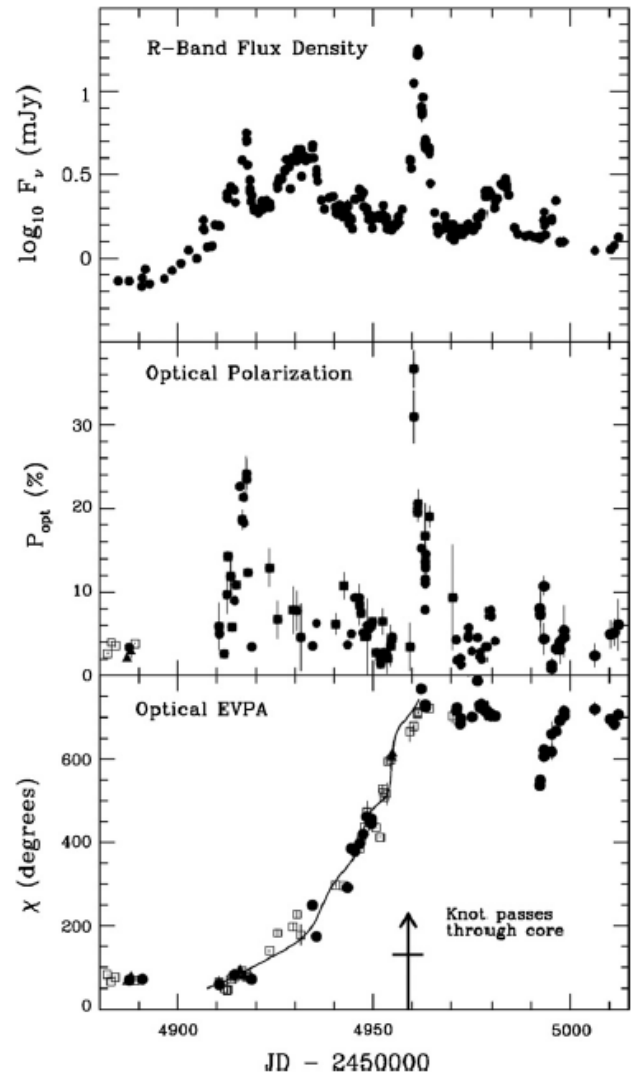


Marscher+10, PKS 1510-089

BL Lacと同様の描像

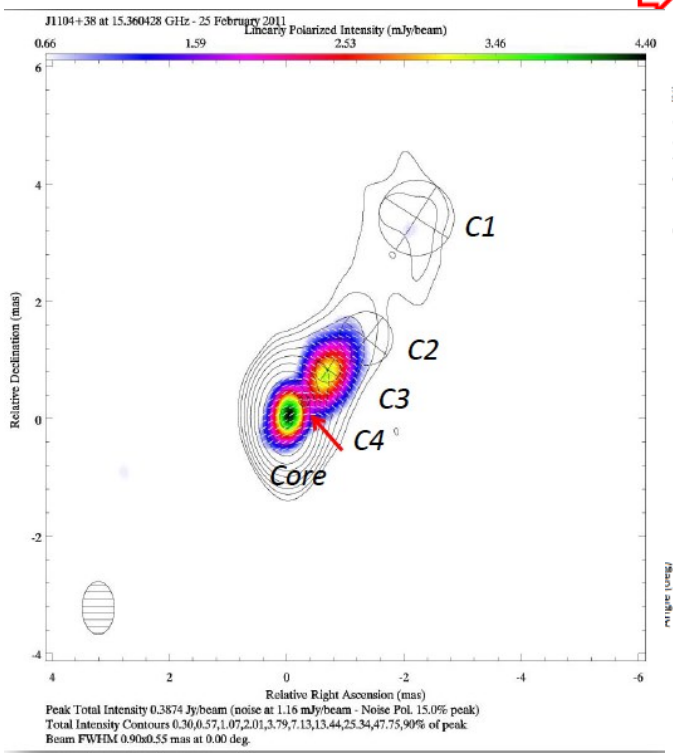


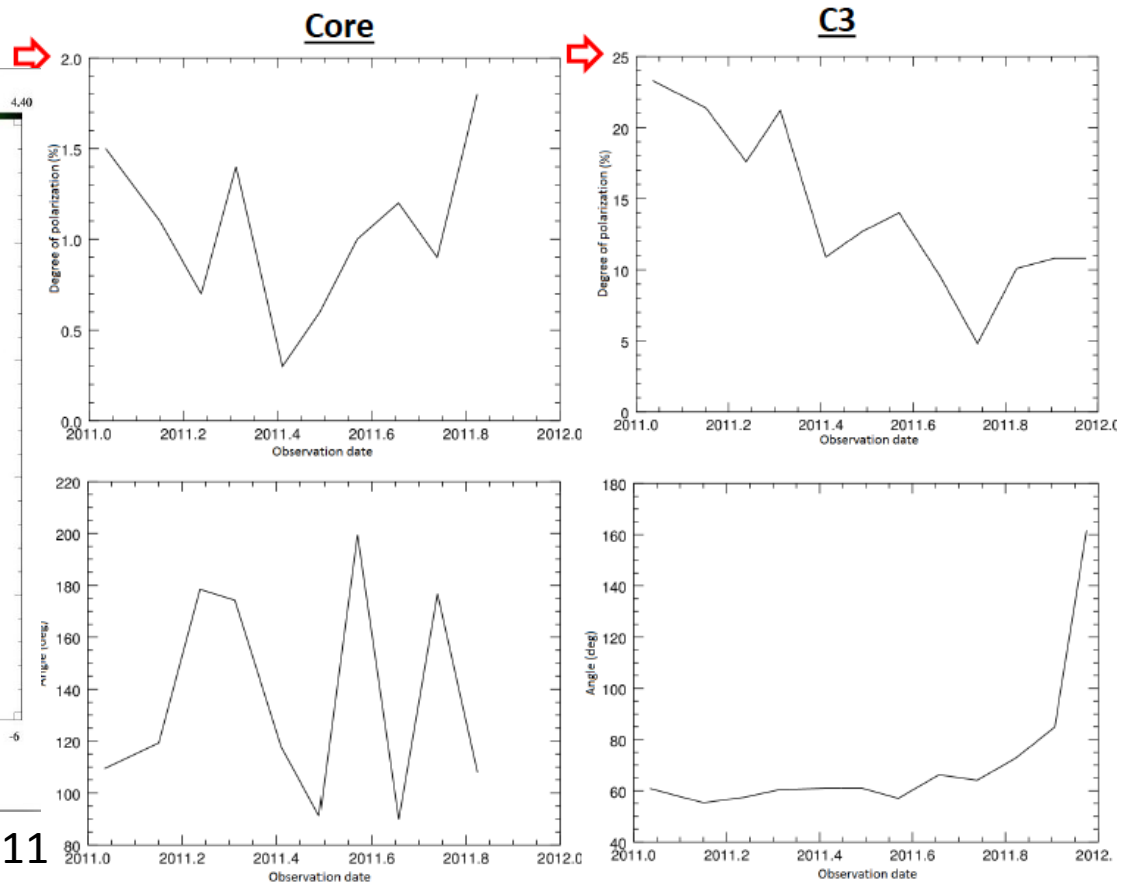




Lico+ in prep. Markarian 421

Relativistic Jet meeting, Granada, June 2013





VLBA 15GHz, monthly monitor in 2011

コア領域は短期間で、ジェット成分（C3）は急激に
偏光角が変化している様子を捉えている

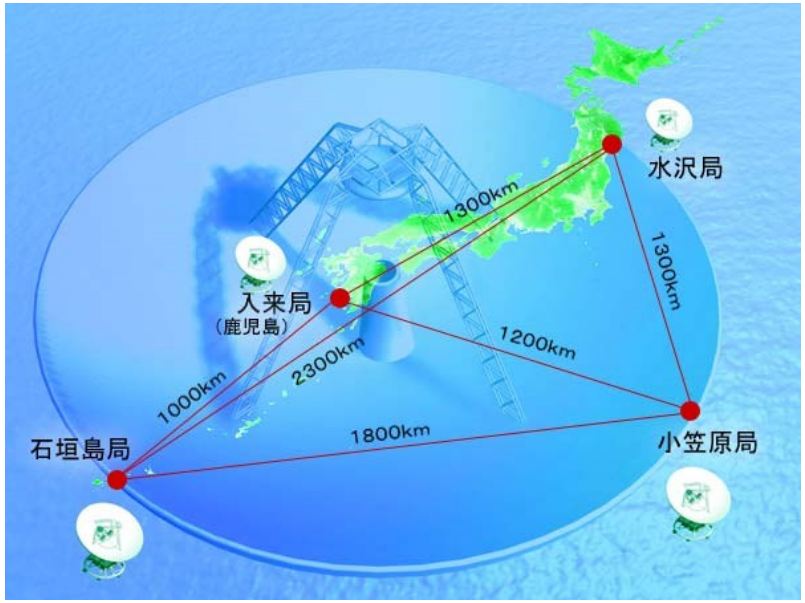
GENJI

Gamma-ray Emitting Notable-AGN Monitoring by Japanese VLBI

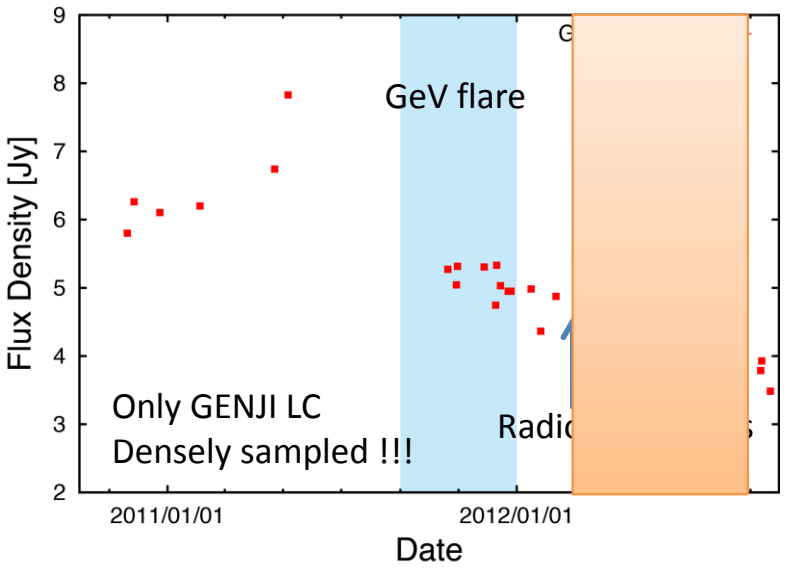
- VERAを用いた、高頻度の活動銀河核ジェットモニター観測
- ガンマ線ブレーザーのVLBIフラックスモニターによりガンマ放射メカニズムを探る

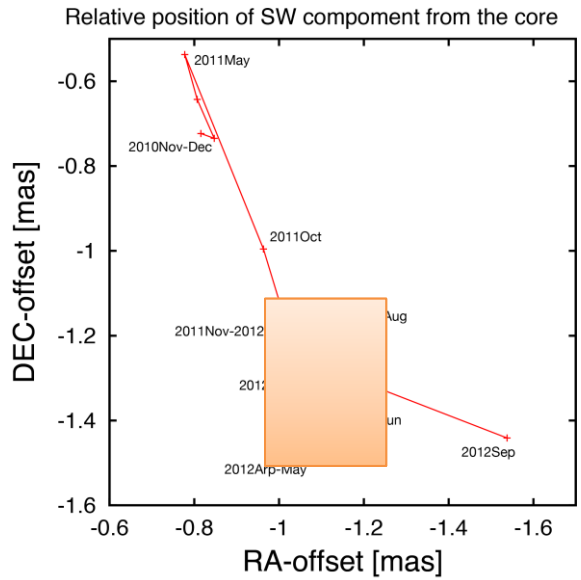
– 観測周波数：22GHz（典型的分解能~1ミリ秒角）
– 8天体
– 1天体あたり、約1~2週間に1回の頻度で観測

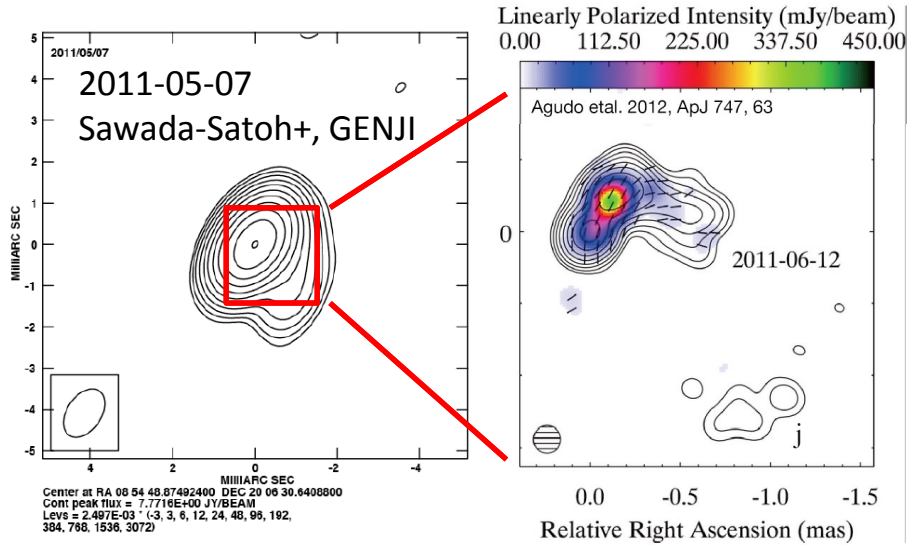
※偏波観測なし（現時点）



The case of OJ287
(Sawada-Satoh in prep.)

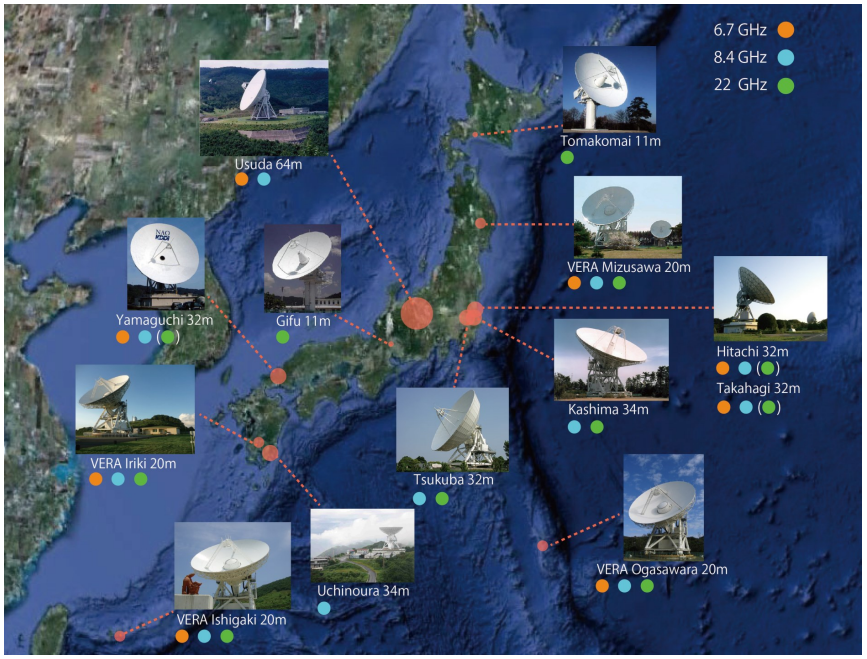


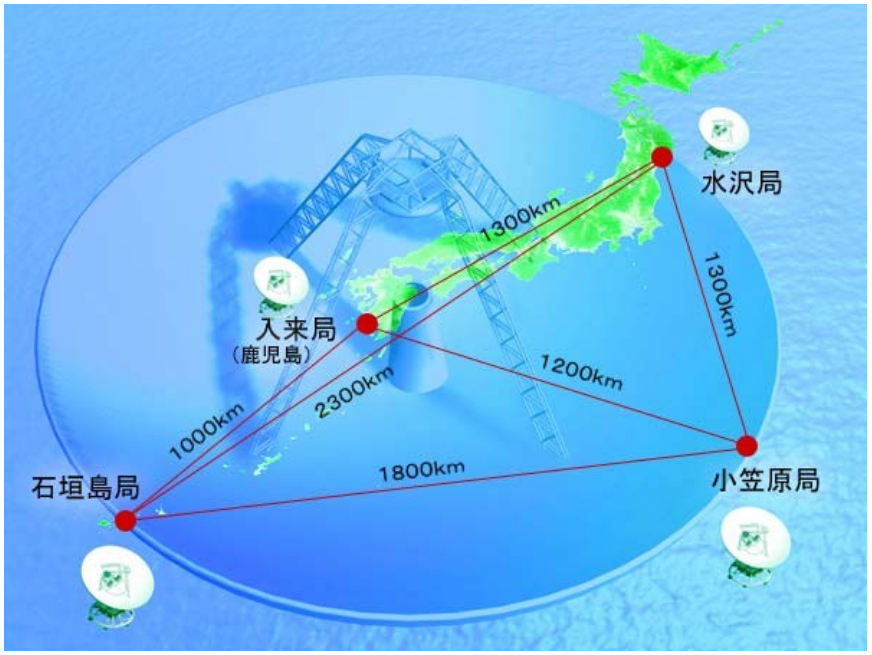




In which band the flare starts first?
What happens in VLBI scale?

Only densely monitor with VLBI will make us possible to understand !!! (maybe)



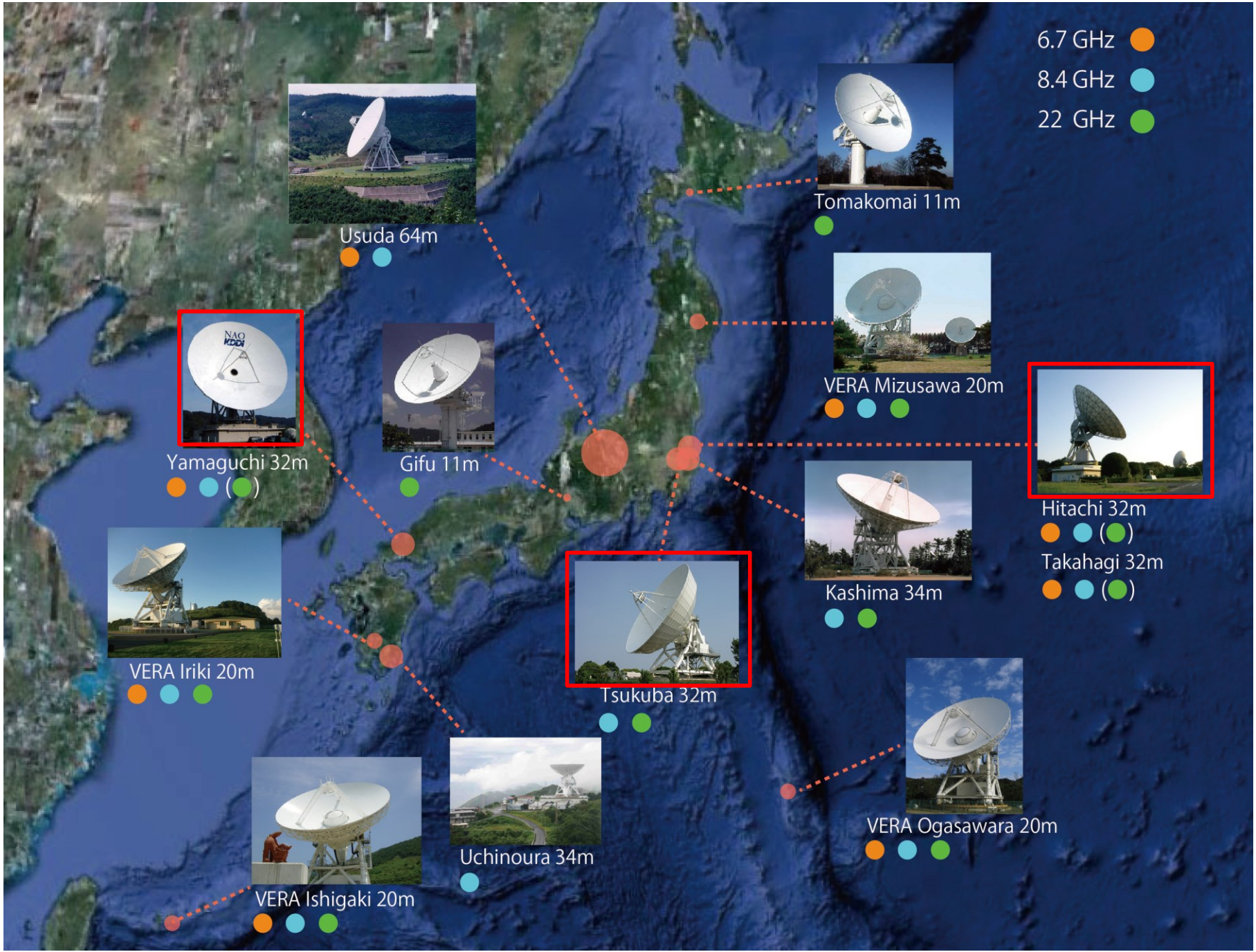


国内VLBI観測網における両偏波観測可能局整備状況

これまでの状況

- 大学VLBI連携局
  - 両円偏波観測可能局（偏波観測が可能な局）
    - 山口局（6, 8, 22 GHz）, 茨城局（6, 8, 22 GHz）, つくば局（22 GHz）

- VERA局
  - 両偏波観測可能局なし
    - 6.7GHz, 22GHz, 43GHz帯: 左旋円偏波（位置天文観測他）
    - 2GHz, 8GHz帯：右旋円偏波（測地観測他）

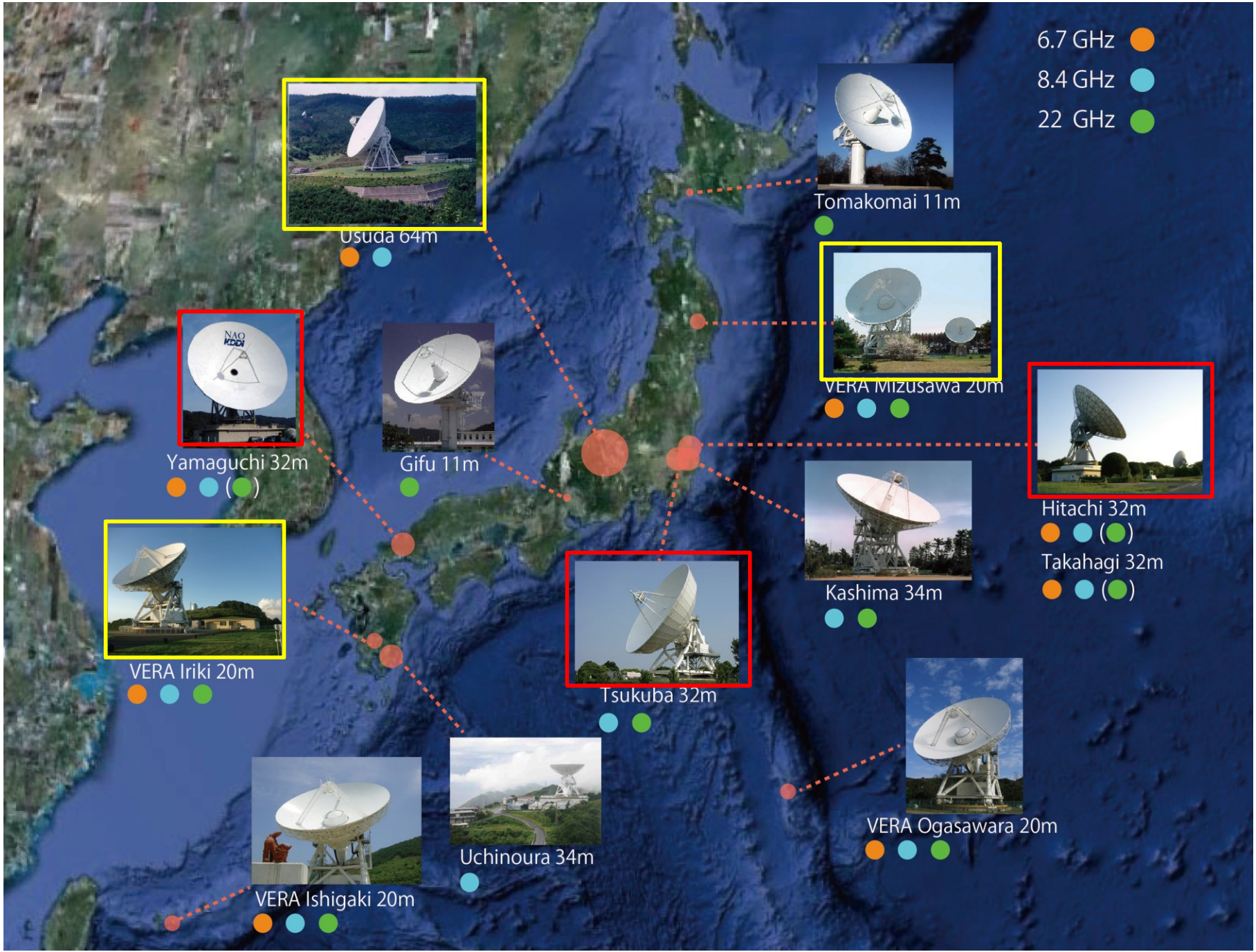

6.7 GHz
8.4 GHz
22 GHz
Usuda 64m
Tomakomai 11m
VERA Mizusawa 20m
Yamaguchi 32m
(
)
Gifu 11m
Hitachi 32m
(
)
Takahagi 32m
(
)
Kashima 34m
VERA Iriki 20m
Tsukuba 32m
VERA Ogasawara 20m
Uchinoura 34m
VERA Ishigaki 20m

これまでの状況

- 大学VLBI連携観測の際には、基本VERAの偏波に併せた観測
  - 例：6.7GHz, 22 GHz帯：左旋円偏波観測、8 GHz：右旋円偏波観測

現状

- VERAが両円偏波観測用受信機をインストール開始！
  - 韓国VLBI観測網（KVN）との共同偏波観測を目指したもの
  - まずは水沢, 入来の2局で22GHz帯（予算の関係）
    - VERA本来の目的に関連づけることが難しい
    - 43 GHzも初段アンプのみは上記2局にインストール済み
- 大学VLBI連携局では臼田（64m）局が6-8 GHz帯両偏波観測受信機を搭載（予定？）


6.7 GHz
8.4 GHz
22 GHz
Usuda 64m
Tomakomai 11m
VERA Mizusawa 20m
Yamaguchi 32m
(　)
Gifu 11m
Hitachi 32m
(　)
Takahagi 32m
(　)
Kashima 34m
VERA Iriki 20m
Tsukuba 32m
VERA Ogasawara 20m
Uchinoura 34m
VERA Ishigaki 20m

現状

- 大学VLBI連携 – VERA間での偏波観測を試験的に開始（3月にフリンジ検出を目指した試験実施）
  - 水沢, 入来, 茨城, 山口が参加（22 GHz帯）
  - RR, LLのみは全局でフリンジ検出に成功

ストークスパラメータ

$$I = <\varepsilon_x(t)^2> + <\varepsilon_y(t)^2>$$

$$Q = <\varepsilon_x(t)^2> - <\varepsilon_y(t)^2>$$

$$U = 2<\varepsilon_x(t)\varepsilon_y(t)\cos(\delta_x(t)-\delta_y(t))>$$

$$V = 2<\varepsilon_x(t)\varepsilon_y(t)\sin(\delta_x(t)-\delta_y(t))>$$

$$E_x(t) = \epsilon_x(t)e^{j[2\pi\nu t+\delta_x(t)]}$$

$$E_y(t) = \epsilon_y(t)e^{j[2\pi\nu t+\delta_y(t)]}$$

両円偏波フィードの理想的な干渉計出力
(理想的になるようにパラメータも設定)

$$LL = I + V$$

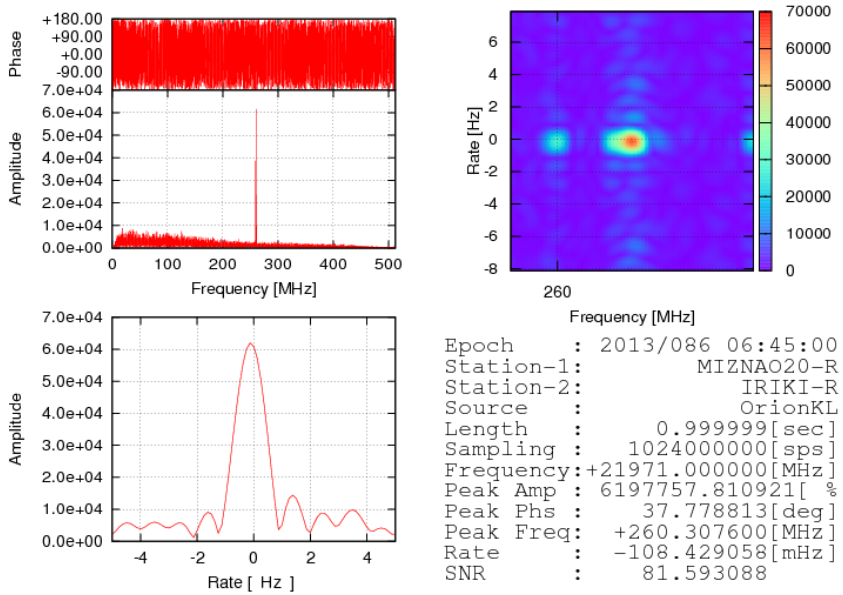
$$RR = I - V$$

$$LR = -jQe^{-j2\psi_m} + Ue^{-j2\psi_m}$$

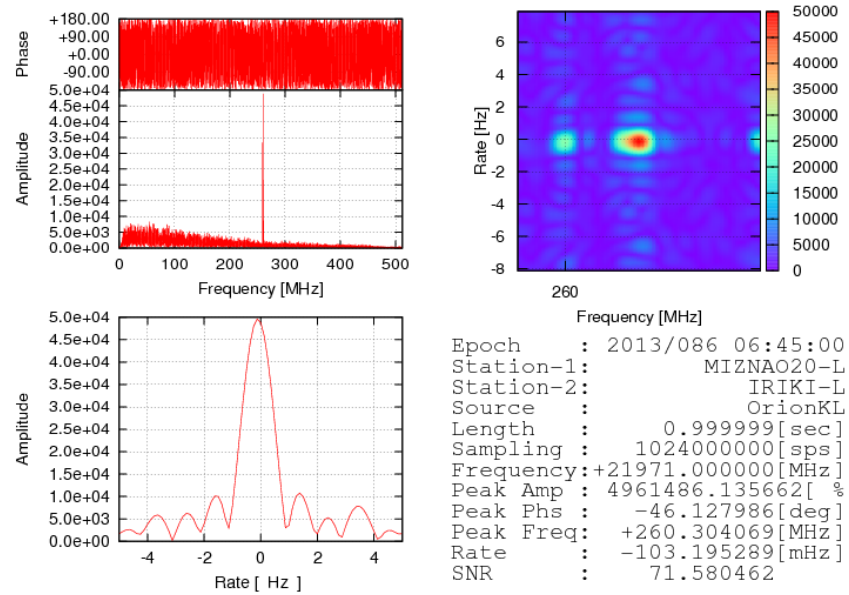
$$RL = -jQe^{j2\psi_m} + Ue^{j2\psi_m}$$

ψ_m: アンテナmのparallactic angle

22 GHz Fringes

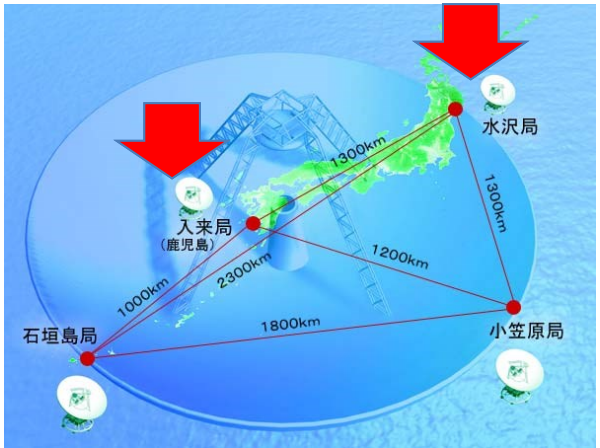


LHCP



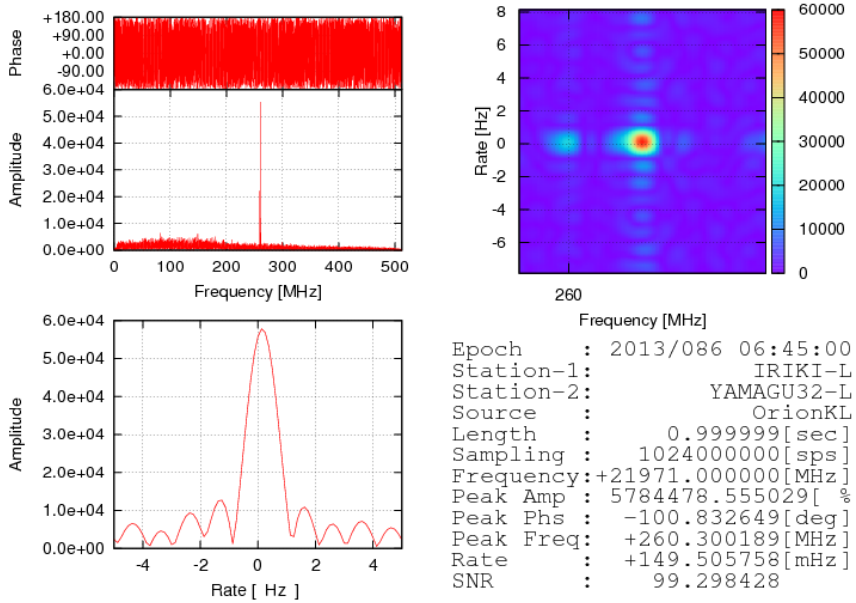
RHCP

Iriki-Mizusawa fringe detection (ORION-KL)



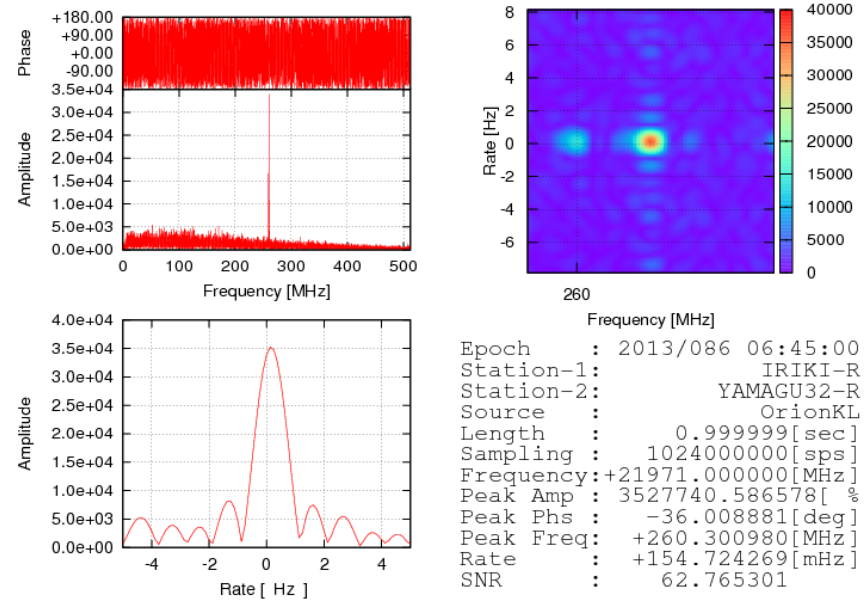
萩原さん資料（KVN+VERAサイエンスWSより）

22 GHz Fringes (2)




```
Epoch      : 2013/086 06:45:00
Station-1:            IRIKI-L
Station-2:         YAMAGU32-L
Source     :            OrionKL
Length     :      0.999999[sec]
Sampling   :    1024000000[sps]
Frequency:+21971.000000[MHz]
Peak Amp   : 5784478.555029[  %
Peak Phs   :  -100.832649[deg]
Peak Freq:  +260.300189[MHz]
Rate       :  +149.505758[mHz]
SNR        :     99.298428
```

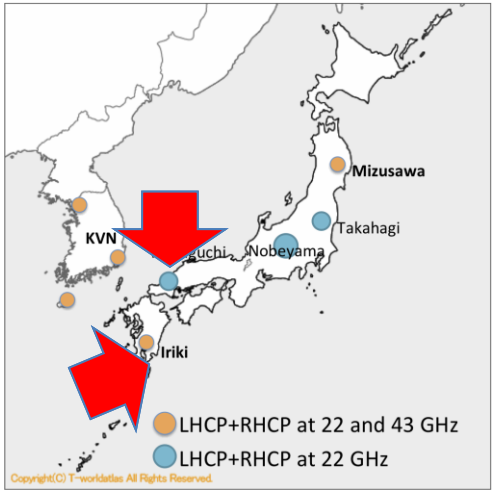
LHCP




```
Epoch      : 2013/086 06:45:00
Station-1:            IRIKI-R
Station-2:         YAMAGU32-R
Source     :            OrionKL
Length     :      0.999999[sec]
Sampling   :    1024000000[sps]
Frequency:+21971.000000[MHz]
Peak Amp   : 3527740.586578[  %
Peak Phs   :   -36.008881[deg]
Peak Freq:  +260.300980[MHz]
Rate       :  +154.724269[mHz]
SNR        :     62.765301
```

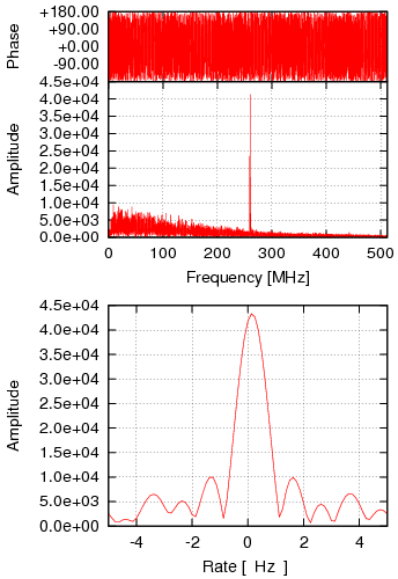
RHCP

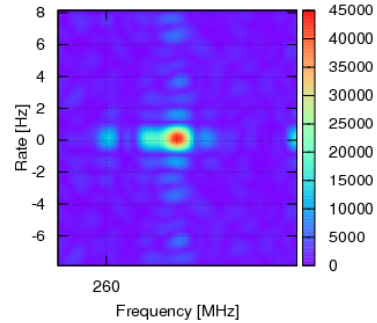
Iriki-Yamaguchi 32m fringe detection (ORION-KL)



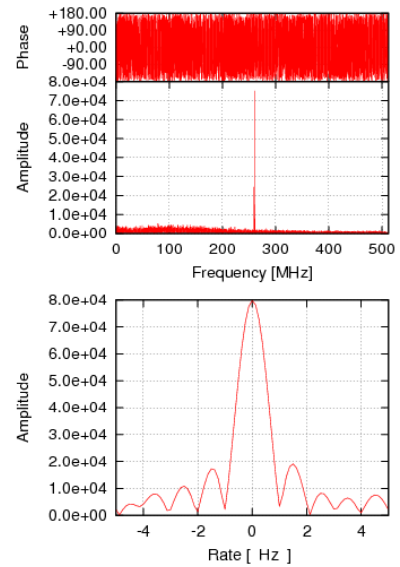
萩原さん資料（KVN+VERAサイエンスWSより）

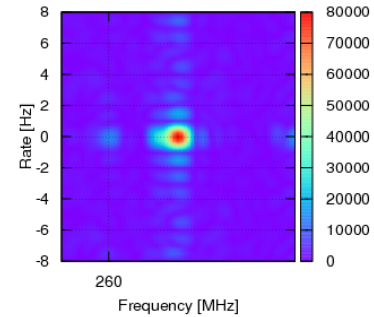
22 GHz Fringes (3)






```
Epoch     : 2013/086 06:45:00
Station-1:          IRIKI-L
Station-2:       TAKAHAGI-L
Source    :          OrionKL
Length    :     0.999999[sec]
Sampling  :   1024000000[sps]
Frequency:+21971.000000[MHz]
Peak Amp  : 4335224.299853[ %
Peak Phs  :    75.313342[deg]
Peak Freq:  +260.298737[MHz]
Rate      :  +149.902487[mHz]
SNR       :    58.140884
```

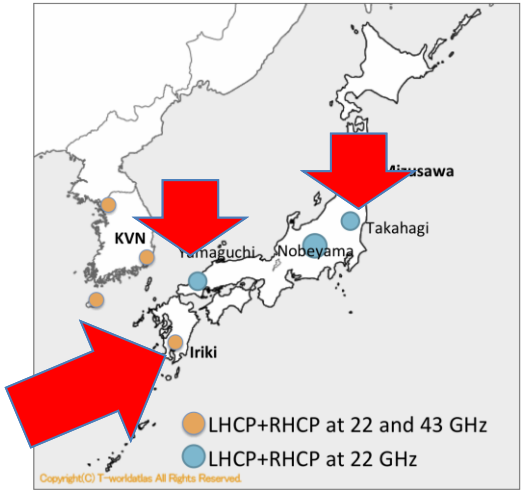





```
Epoch     : 2013/086 06:45:00
Station-1:        YAMAGU32-L
Station-2:       TAKAHAGI-L
Source    :          OrionKL
Length    :     0.999999[sec]
Sampling  :   1024000000[sps]
Frequency:+21971.000000[MHz]
Peak Amp  : 7980566.789807[ %
Peak Phs  :  -166.181029[deg]
Peak Freq:  +260.298348[MHz]
Rate      :    +7.904060[mHz]
SNR       :   145.995102
```

LHCP only

Iriki- Takahagi (left)
Yamaguchi-Takahagi (right) fringe detection
(ORION-KL)



萩原さん資料（KVN+VERAサイエンスWSより）

Time line and Future Plan

- 2013 : 22 GHz imaging test and D-term
  calibration test (Iriki-Miz-Yamaguchi-Takahagi)
  Soft-Correlation test of dual-polarization data

- Early-Mid 2014: 22 GHz Fringe test (Iriki-Miz-KVN)

- Future plans:
  - To complete the 43 GHz receiver system
  - To upgrade all VERA stations for dual-polarization
  - As a first step, we plan to install 22 GHz RHCP receivers to Ishigaki and Ogasawara

=> Funding strategy would be necessary to realize these plans.

萩原さん資料（KVN+VERAサイエンスWSより）

KASI HPより

KOREAN VLBI NETWORK（KVN）

KVN System

全3局

Seoul, Tamna (Jeju), Ulsan

基線長

300 – 500 km

4-band両偏波受信機

22, 43, 86, 129 GHz

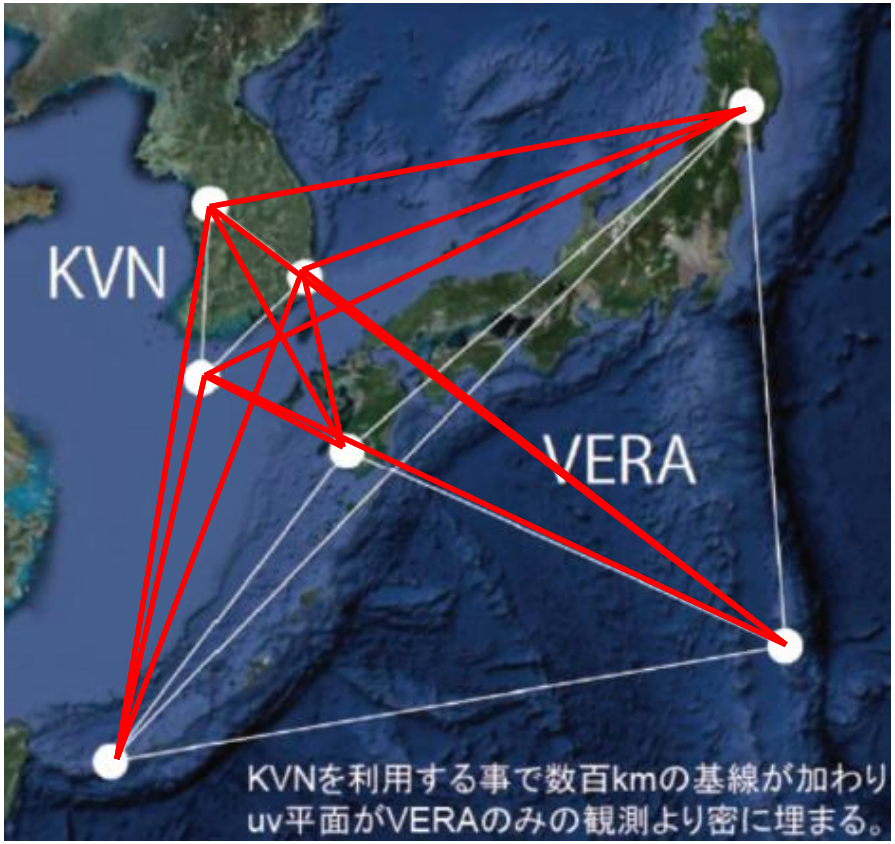
2周波同時受信システム

KVN観測プロジェクト（AGN）

- Gamma-ray loud AGN monitor (single dish)
  - 10 ~ 20 blazars
  - A few times / week / source
  - Flux & Poralization @ 22GHz - 86GHz (not all)
- Gamma-ray loud AGN monitor (VLBI with KVN)
- Test VLBI obs. (with EVN, VERA)

密なミリ波帯の偏波モニターはほとんど行なわれていない（Single Dishであっても）

高エネルギーでのモニター観測や、可視の偏光モニターに、比較できうる時間分解能



KVN 3 baselines, VERA 6 baselines

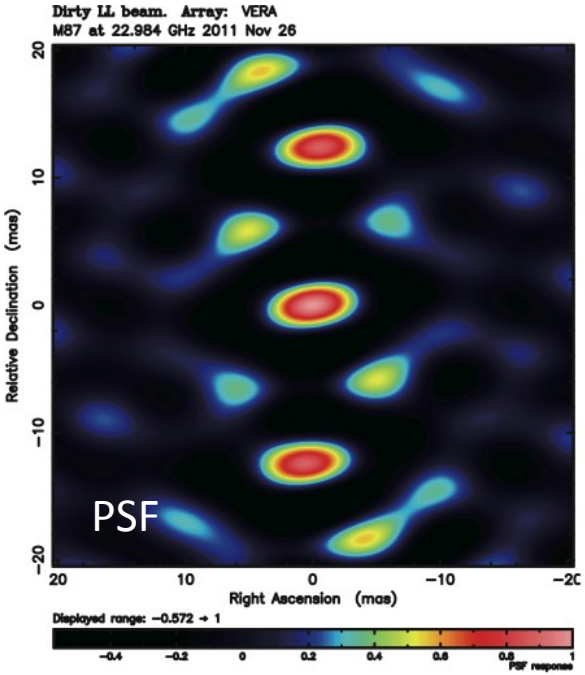
KVN+VERA 21 baselines!!!

日韓VLBI観測網（KVN+VERA）

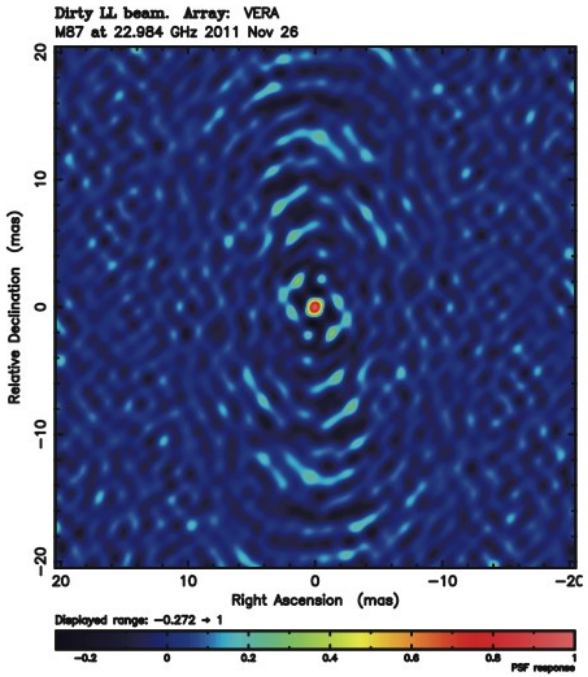
基線が増えると何が嬉しい？

- 干渉計観測は様々な基線毎の空間周波数（フーリエ成分）を掃き集めて足し合わせる

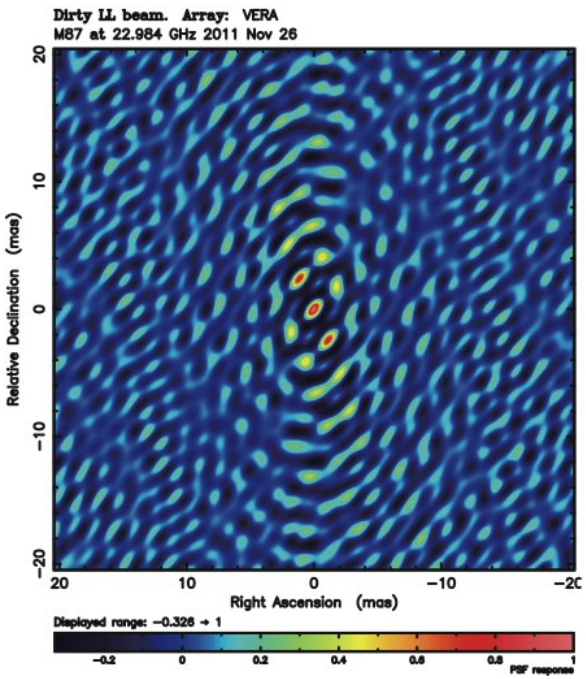
より多くのフーリエ成分 → イメージ品質が向上



KVN

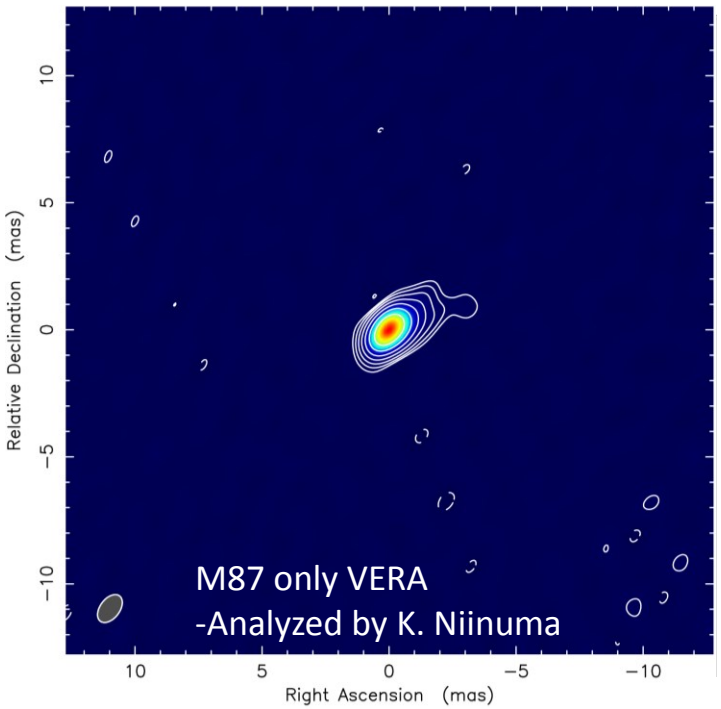


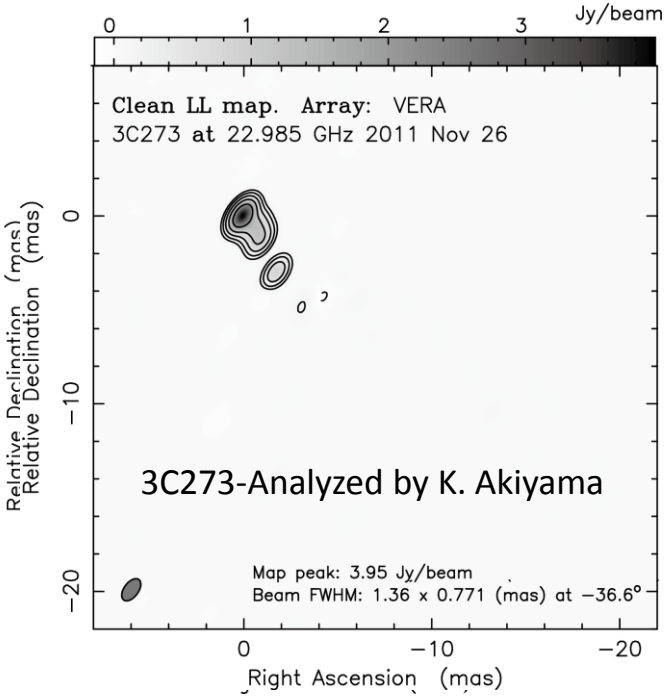
KVN+VERA (7 stations)



VERA

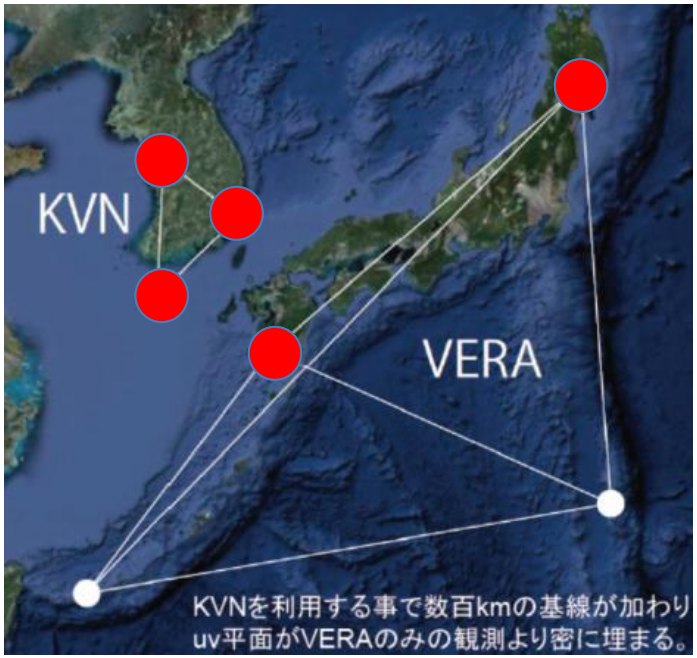
イメージ品質の向上


Relative Declination (mas)
Right Ascension (mas)
M87 only VERA
-Analyzed by K. Niinuma


Jy/beam
Clean LL map. Array: VERA
3C273 at 22.985 GHz 2011 Nov 26
Relative Declination (mas)
Right Ascension (mas)
3C273-Analyzed by K. Akiyama
Map peak: 3.95 Jy/beam
Beam FWHM: 1.36 x 0.771 (mas) at −36.6°

KVN+VERAでの偏波観測

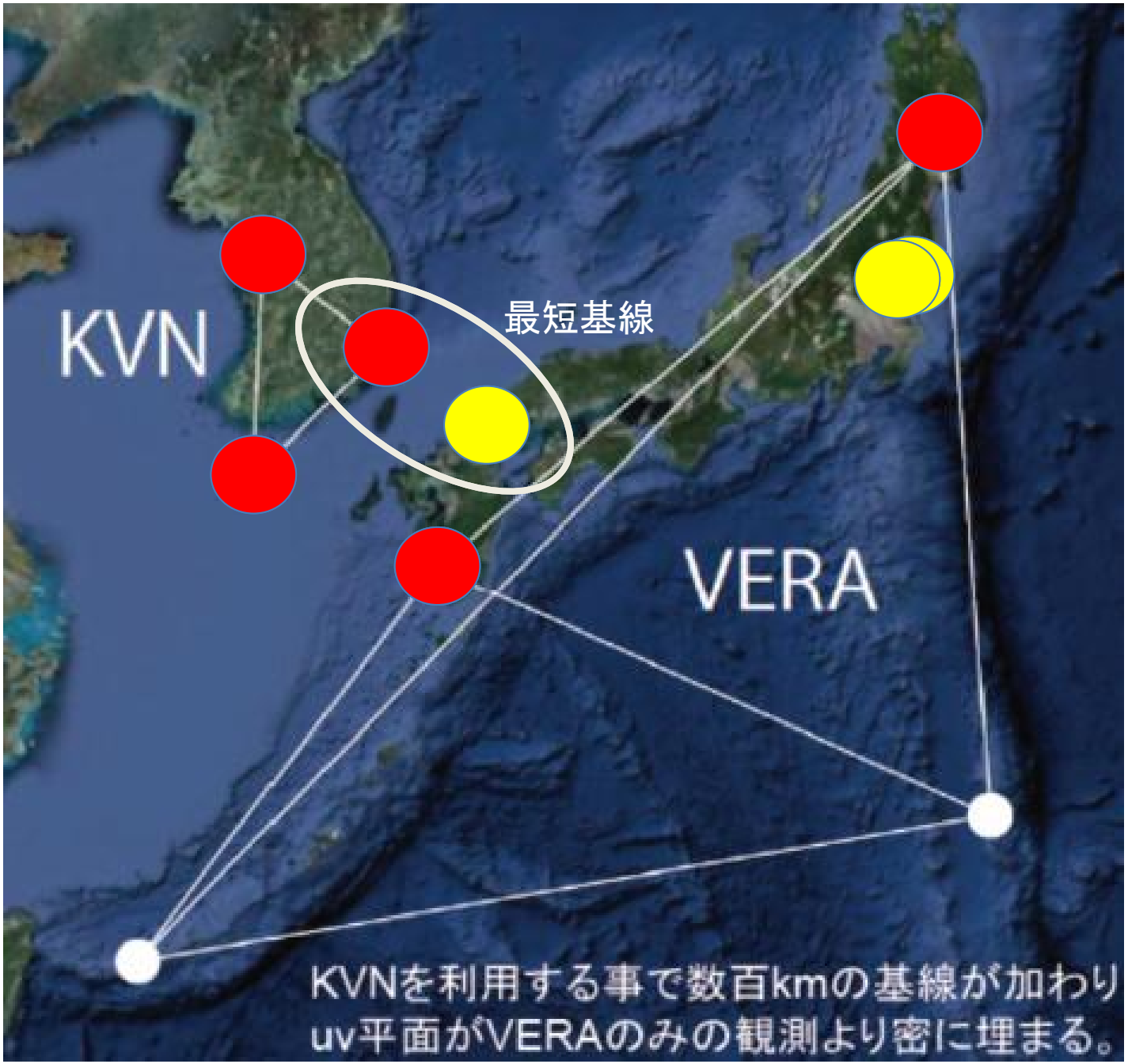
- 試験観測はまだ
  - 国内での試験観測でVERA両偏波モードのfeasibilityが確認されればKVN+VERA (5 stations)での22 GHz試験観測が行なわれる予定（2014年初-中旬）



●はKVN+VERAにおける両偏波観測可能局（22 GHz）

まとめ

- 国内VLBIによる偏波観測は試験を開始
  - 3月の試験でRR, LLともにフリンジ検出は成功
    - 参加局：水沢、入来、高萩、山口
  - 今年度中に偏波イメージ試験を実施予定（PI: 萩原）
    - 併せて相関器（ソフトウェア）の偏波データ処理モードのテスト
- KVN+VERAによる偏波試験観測時期は2014年初-中旬
  - 現時点で物理的には5局での観測が可能
  - 小笠原、石垣島局への22 GHz両偏波受信機インストールを目指す（予算次第）
- KVN+VERA+JVN局での偏波観測可能性検討
  - 物理的には22 GHz帯で計8局での参加が可能
  - 片偏波での観測は実施（3月、5月に行なわれたKVN+VERAの試験観測に高萩、山口が参加）


KVN
最短基線
VERA
KVNを利用する事で数百kmの基線が加わり
uv平面がVERAのみの観測より密に埋まる。