

# VERAによる バイナリーブラックホール探査 (中間報告)

PI: 須藤広志 (岐阜大)

Co-PI:

井上允、井口聖、亀野誠二、  
廣田朋也、本間希樹 (NAO)

村田泰宏 (JAXA)、藤下光身 (九東大)

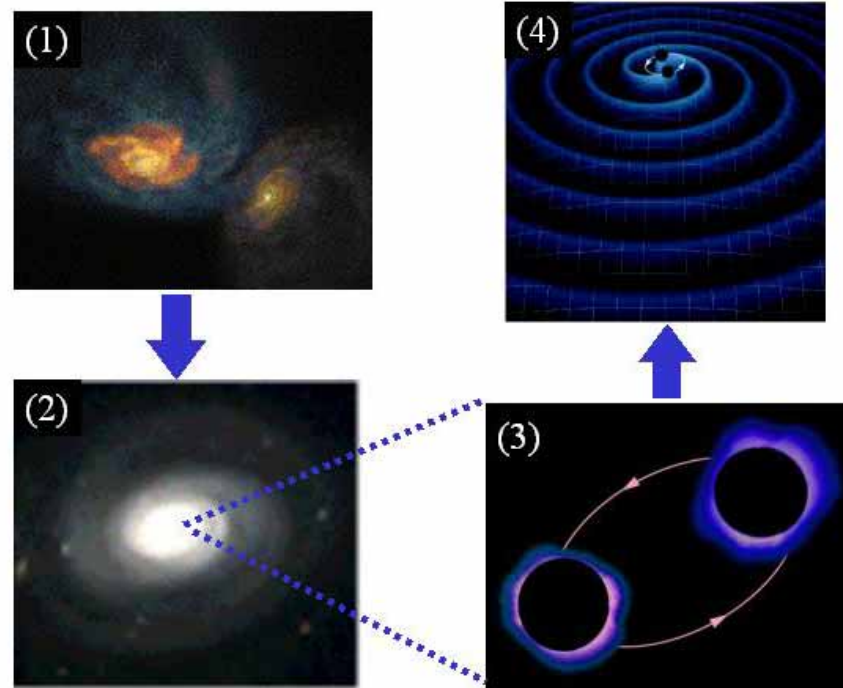
高羽浩、若松謙一 (岐阜大)

# アウトライン

- バイナリーブラックホールについて
- 本プロポーザルの目的
- VERAによる観測
- 解析途中経過
- VERAデータを扱っての感想

# バイナリーブラックホール

- BHを有する銀河同士の合体が起こる
- 合体後の銀河にBHのバイナリー (BBH) が形成される
- 重力波を放射しながら、合体する

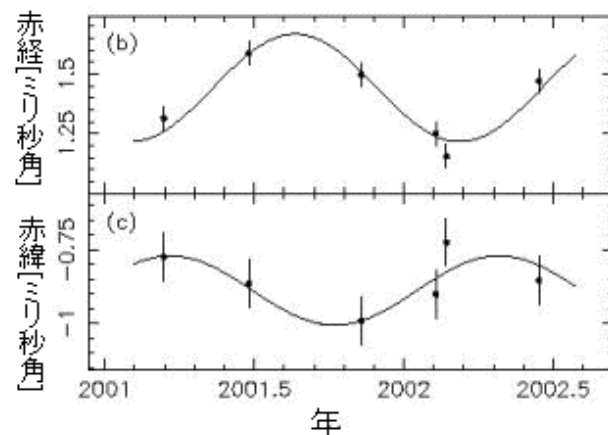
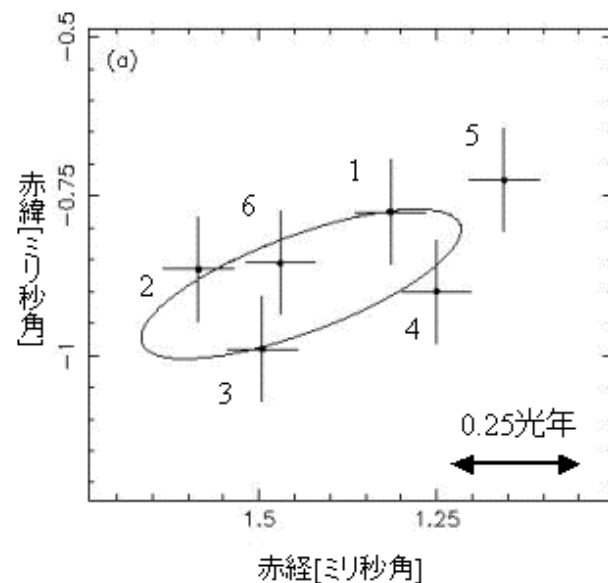


BBHを多数検出し、その性質を詳細に調べることは、  
巨大BHの形成と進化を探る鍵となる **VERAによるサーベイ**

# VLBI Astrometryによる探査

- BBHの典型的軌道距離：  
 $0.1\text{pc}=200\ \mu\text{as}@100\text{Mpc}$
- VLBAによる、離角6分のクエーサーペアの相対VLBIモニター結果 (2/8GHz)

周期1.05y、軌道距離 $<40\ \mu\text{as}$   
( $0.02\text{pc}$ )のBBHの存在が示唆された (Sudou et al. 2003)



# VERA観測

- 平成15年度試験的共同利用に採択
- 10時間 × 3epoch
  - 2004年2月27日、3月2日、3月4日
- 目的
  1. BBH探査のための1点目のデータ点取得
  2. 1週間に3epoch観測し、その間の輝度ピーク位置のずれから、Astrometryの精度・再現性を確認

# 観測天体

| # |          | Total Flux[Jy] | Separation [deg] |
|---|----------|----------------|------------------|
| 1 | 3C84     | 40             | 1.3              |
| 2 | 3C270    | 0.17           | 1.8              |
| 3 | OJ287    | 3              | 1.2              |
| 4 | 1928+738 | 3              | 1.9              |
| 5 | 3C273    | 30             | 1.8              |

- ・スナップショット的に5天体
- ・選定基準
  - 1) 近傍に2つの補正天体  
#1, 2
  - 2) BBHの存在を示唆  
#3, 4, 5
- ・補正天体はVCSより(8GHz)

# 解析の方針

1. まず 3C84のみをニマッピング(位相補償を行なわない)
2. うまくマップができることが確認できたら、位相補償マップ作成にトライする
3. Hybrid self-calによるマップ作成
4. 位置精度や位相補償マップの質の調査
  - 1 - 3のマップ比較等を行なう
5. 3epochの観測で、果たして位相補償マップの輝度ピーク位置は安定に決まるか？

# 補正

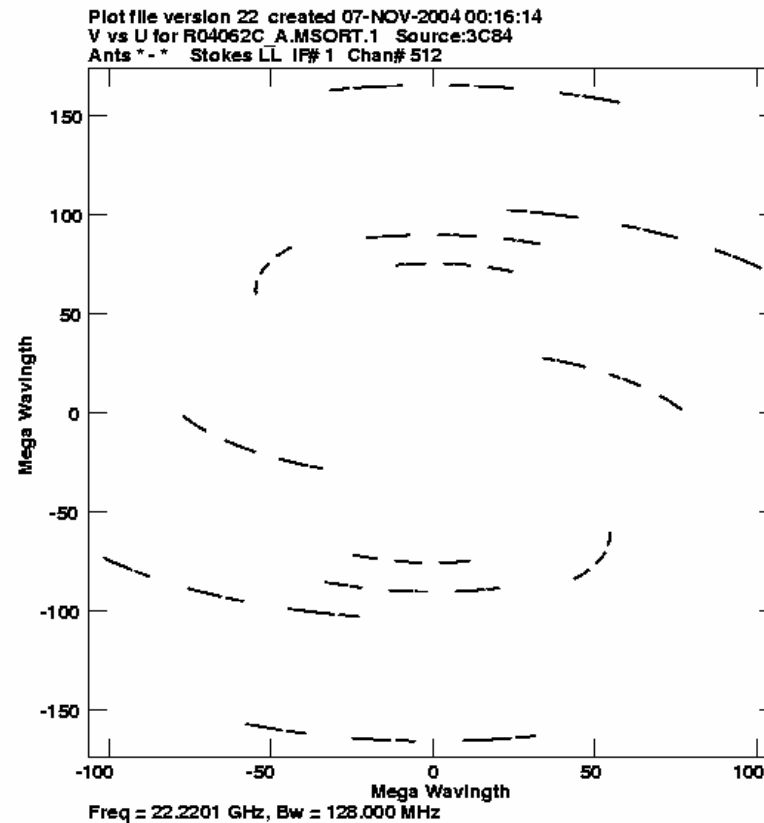
- AIPSを用いたスタンダードなやり方
  - 振幅較正 (ACCOR, APCAL)
  - フリンジフィット (FRING, 積分2分)
  - バンドパス較正 (BPASS, DA193の相互相関)
- 補正值
  - Gain: 50程度
  - Delay: ~ 10ns
  - Rate: ~ 30mHz



# UVカバレッジ

- 3C84

- UVが取れたスパン: 3時間
- 正味観測時間: 1.5時間
- Dec: 41度30分

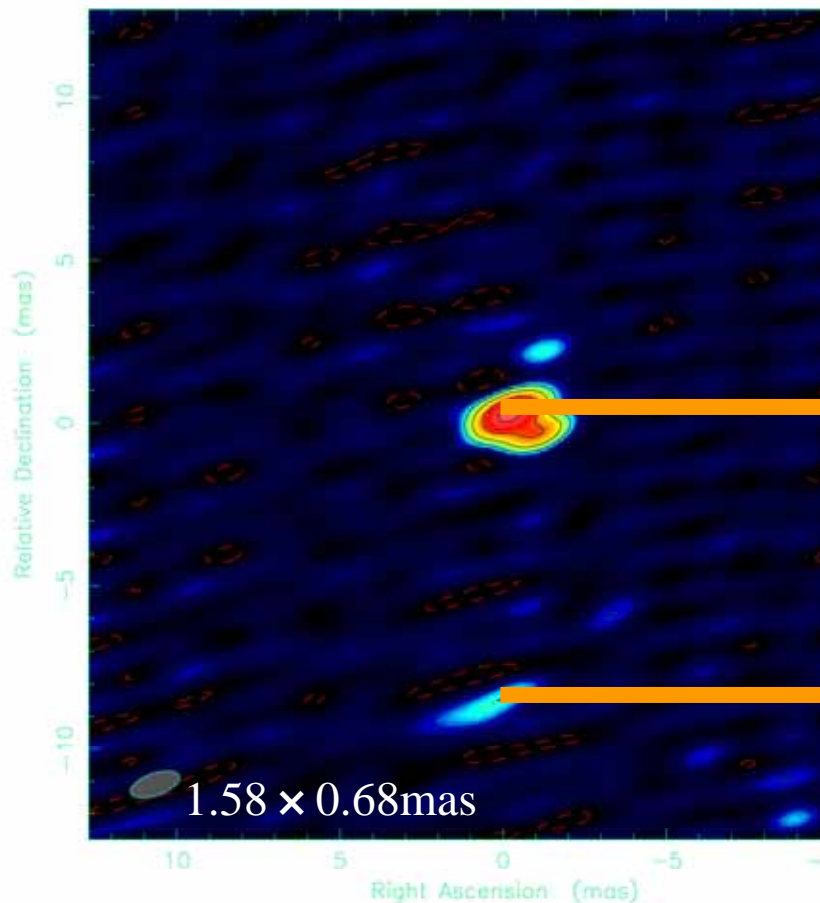


# イメージング

- difmapを使用
  - Clean: gain 0.005、負の成分は捨わない
  - 位相self-cal: 3、2、1、0.5分
  - 位相 + 振幅self-cal: 3、2、1、0.5分
- AIPSだと、位相 + 振幅self-calで解が求まらず
  - why?

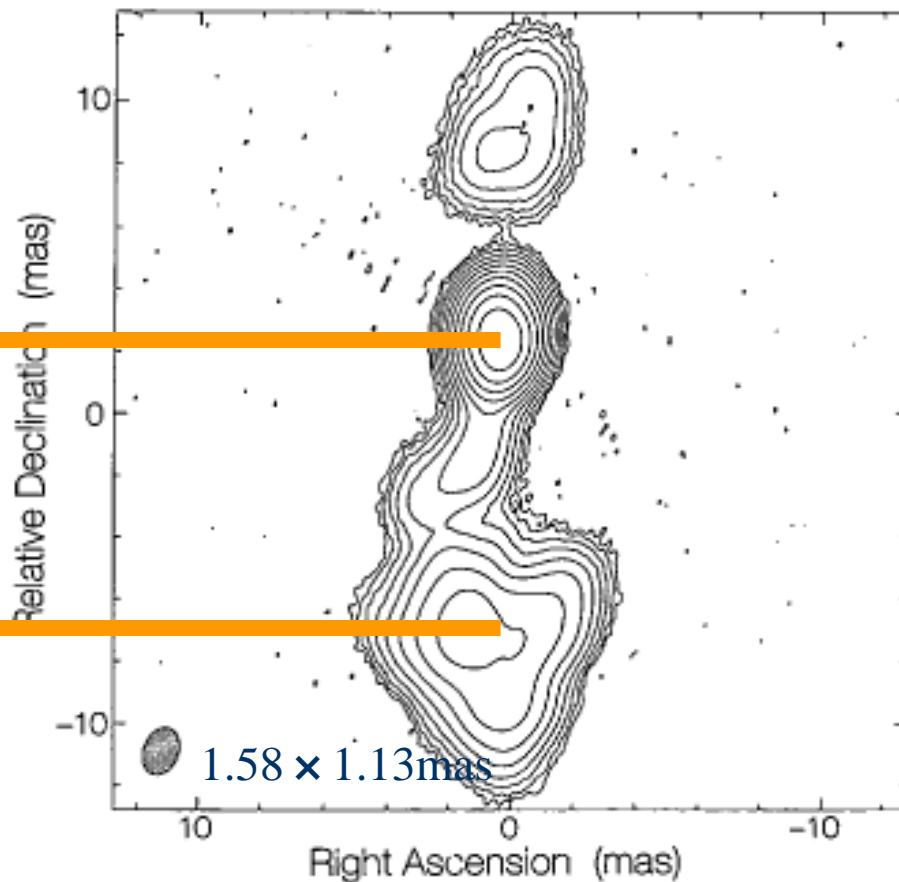
# イメージ(全体像)

Clean LL map. Array: VERA  
3CB4 at 22.222 GHz 2004 Mar 02



Map center: RA: 03 19 48.160, Dec: +41 30 42.103 (0.0)  
Map peak: 1.88 Jy/beam  
Contours %: -2.67 2.67 5.33 10.7 21.3 42.7 85.3  
Beam FWHM: 1.58 × 0.693 (mas) at -70.3°

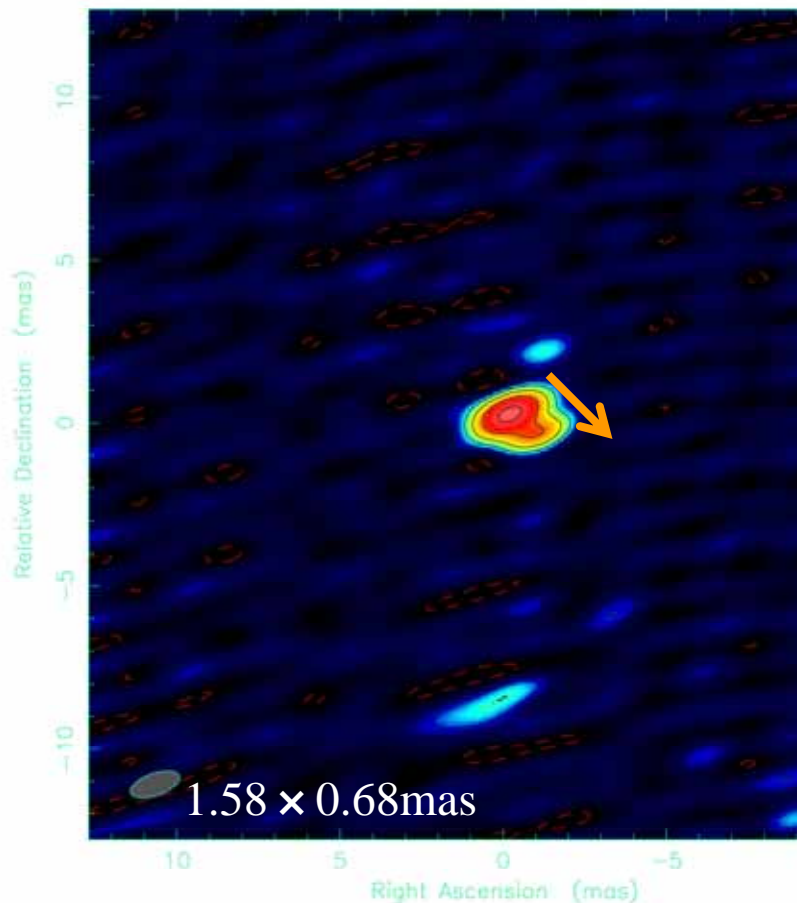
Clean map. Stations NMOECHGNFLVPKO  
3CB4 observed at 22.230 GHz, 1991 Jun 21



Vermeulen et al. 1994(V94)

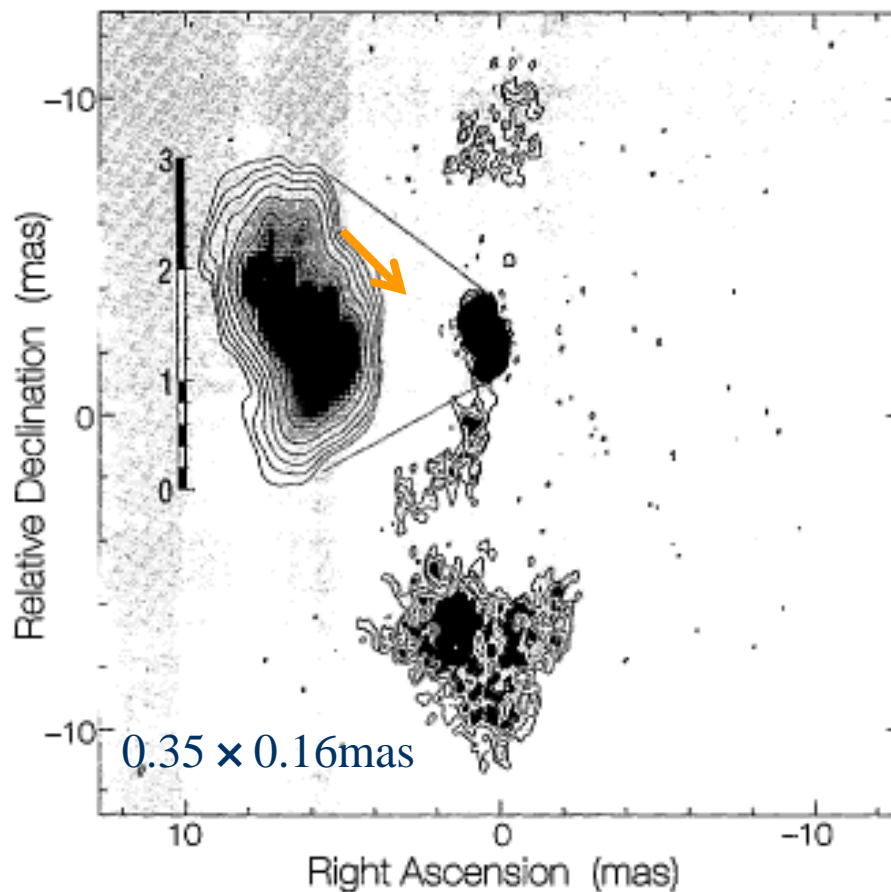
# イメージ(中心部分)

Clean LL map. Array: VERA  
3C84 at 22.222 GHz 2004 Mar 02



Map center: RA: 03 19 48.160, Dec: +41 30 42.103 (0.0)  
Map peak: 1.88 Jy/beam  
Contours %: -2.67 2.67 5.33 10.7 21.3 42.7 85.3  
Beam FWHM:  $1.58 \times 0.693 \text{ (mas)}$  at  $-70.3^\circ$

Clean map. Stations NMOECHGNFLVPKO  
3C84 observed at 22.230 GHz, 1991 Jun 21



V94

# イメージングの結果

- 中心部2mas程度の構造はV94を再現
- ロープは、広がった部分が未検出
  - 感度の問題
- ピーク強度が昔と違う(ほぼ同じ分解能で)
  - 6.65Jy/beam (V94)      1.88Jy/beam
  - 強度が弱まった? バンドパス較正に不安あり?
- ノイズレベルrms=20mJy/beam
  - 理論値では2mJyくらい…まだ補正やcleanが不十分
  - サイドローブがなかなか落ちない…

# 感想

- Tsys補正テーブルが始めからあって良かった
- UVカバレッジが良くなれば、マップはもっと良くなる
  - サイドローブがもっと減れば、実質感度向上のはず
  - 単一ビームアンテナの参加の効果
- 位相補償マップではVERA側とより緊密な連携を