

川口則幸教授 退任記念ワークショップ  
「VLBIとその展望」2014年6月2日～3日  
国立天文台三鷹

# 川口さんとやった仕事

～臼田、光結合、山口～

藤沢健太(山口大学)

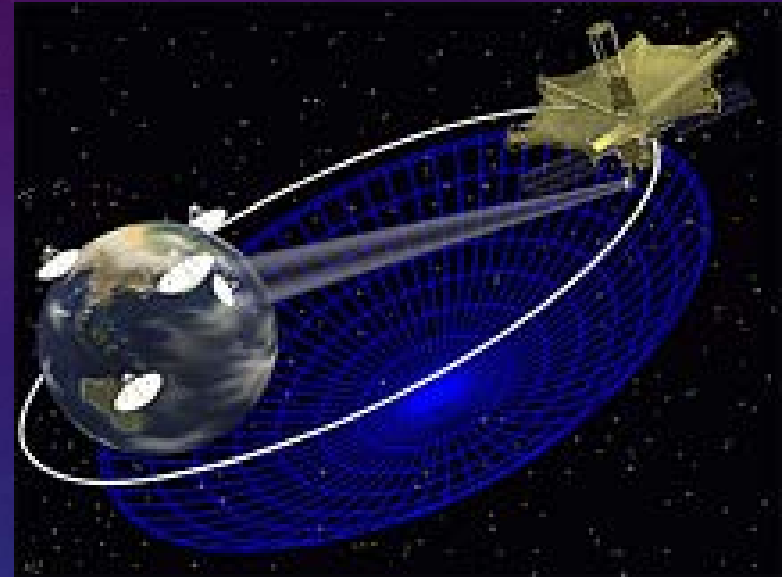


臼田

1995年～2002年

# スペースVLBI計画

「はるか」 1997年2月12日打ち上げ



10mアンテナ  
「はるか」基準信号送信、観測信号の受信を行う。川口さんはこの通信系を作って運用する担当だった。

# 臼田の観測所内



アンテナ管制卓



# 川口さんから学んだこと

- 観測装置に関すること
- 業者との付き合い方
- 装置を作るということ
  - 「新しい研究は、新しい装置から生まれる」



川口さんは技術とエンジニアを大切にする人。逆に、天文学者には軽んじられることがあったようだ。あるとき珍しくちょっと憤った様子で「僕の退官記念の会には、天文学者は呼ばない！お世話になった技術者だけを呼ぼう」と言っていたことを覚えている。

ただ、川口さんは運用することには興味がない



# 光結合VLBI 1996～現在

宇宙科学研究所臼田宇宙空間観測所  
(長野県南佐久郡臼田町)



臼田64mアンテナ

208km

NTT超高速実験ネットワーク

NTT武蔵野研究開発センター  
(東京都武蔵野市)

CRL鹿島宇宙通信研究センター  
(茨城県鹿嶋市)



鹿島34mアンテナ

1Gbps

相関処理装置

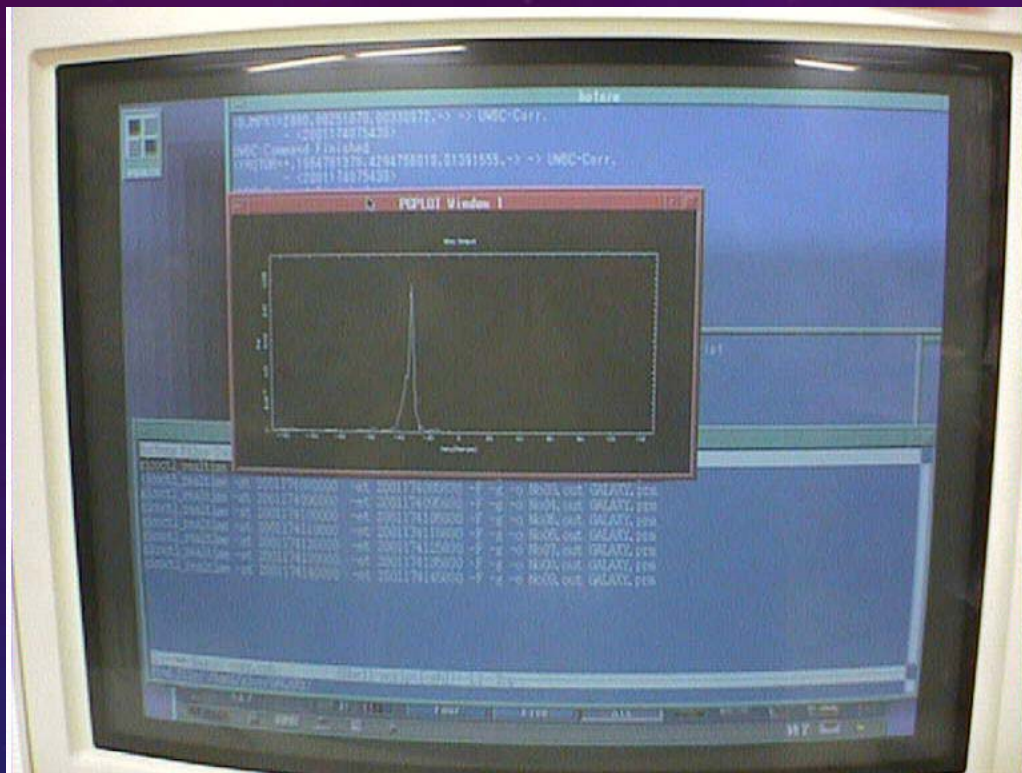


NTT(魚瀬さんほか、みなさん)との協力で、新しい研究を始めた。川口さんの野望と熱意に皆が動かされた。



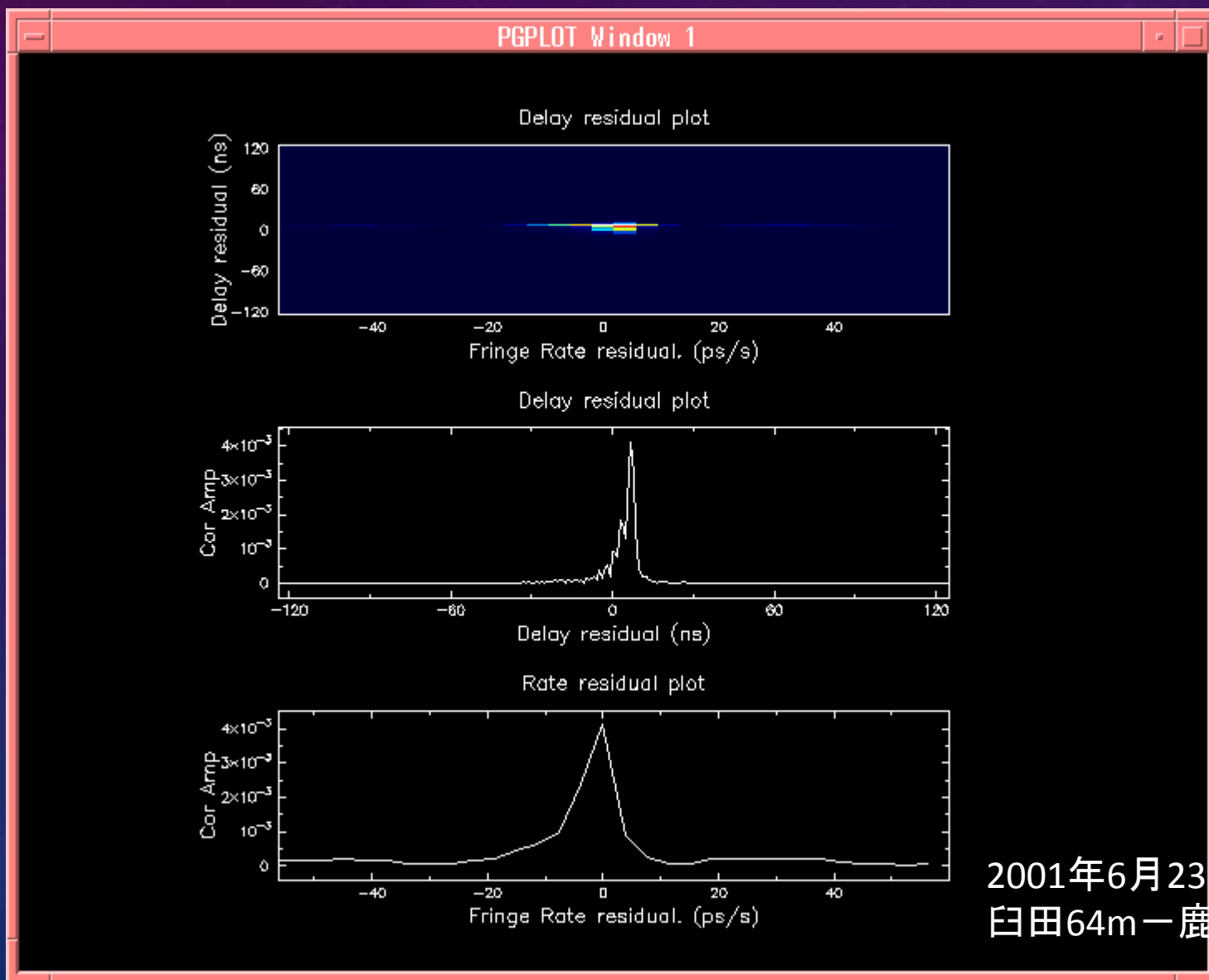


# 川口さんから学んだこと



- 様々な人と協力すること
  - 「会いに行ってきた。宇宙の話をしてきた」
- 新しいこと(海のものとも・・・)に取り組むこと

# 世界初の1GBPS実時間VLBIFRINGジ



2001年6月23日  
臼田64m—鹿島34m

## 報道資料

平成13年7月\*\*日

独立行政法人通信総合研究所

文部科学省国立天文台

文部科学省宇宙科学研究所

日本電信電話株式会社

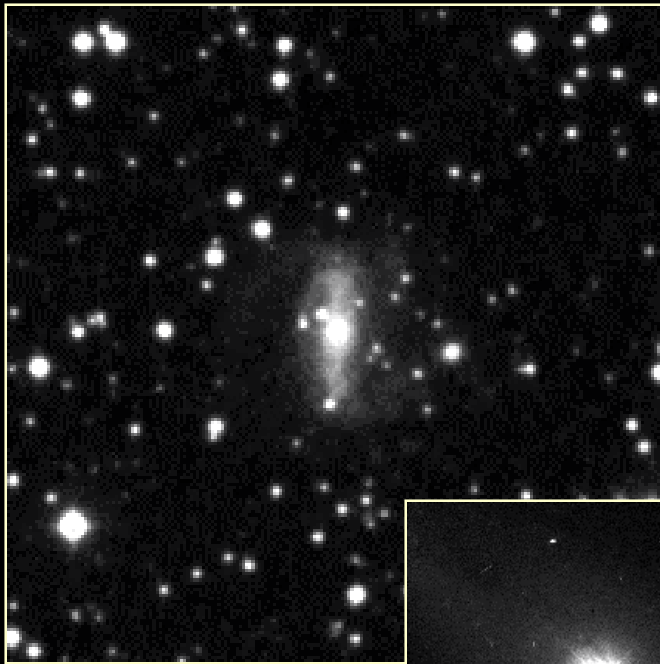
## 世界最高速の実時間VLBI実験に成功

### —実時間VLBI・データ速度1ギガビット毎秒を達成—

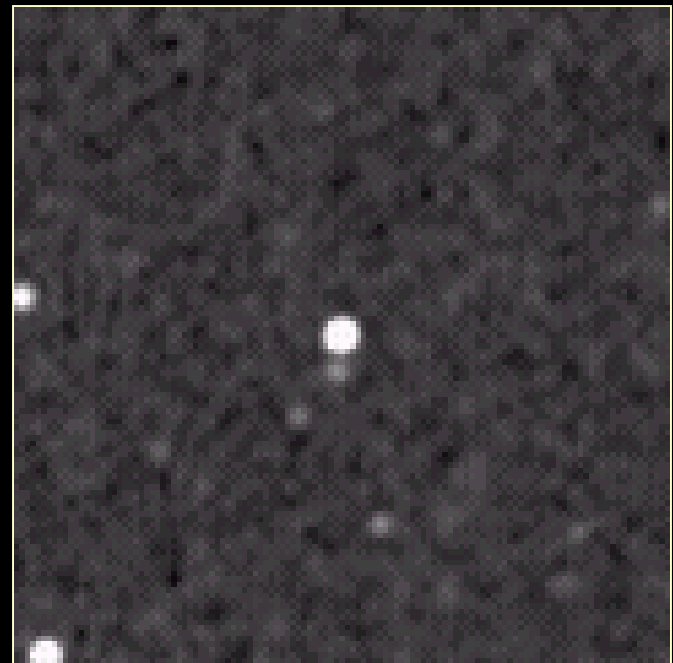
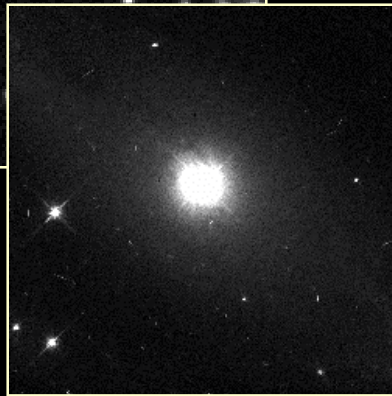
通信総合研究所（以下CRL、理事長：飯田尚志）、国立天文台（台長：海部宣男）、宇宙科学研究所（所長：松尾弘毅）、および日本電信電話株式会社（以下NTT、代表取締役社長：宮津 純一郎）は共同して、世界最高速のデータ速度1ギガビット\*1（1024メガビット）毎秒での実時間VLBI\*2実験に成功しました。実験は2001年6月23日、CRL鹿島34mアンテナと宇宙科学研究所臼田64mアンテナを使って行いました。臼田アンテナで受信した電波星\*3からの信号を高速デジタル信号に変換し、臼田-NTT武蔵野-鹿島間を結ぶ超高速光回線によって実時間で鹿島まで伝送し、鹿島34mアンテナで受信した信号と1ギガビット毎秒の速度により実時間で合成することに成功したものです。実時間合成処理はCRLが開発した世界で唯一の技術によって初めて得られたものです。この成功はNTTによるギガビットクラスで安定したデータ転送が可能な超高速ネットワーク技術の確立を示すと同時に、極微弱天体の観測を可能にするという意味で国立天文台および宇宙科学研究所の研究にとっても大きな飛躍となるものです。極微弱天体の実時間検出は、CRLが進めている「宇宙における時空標準基盤技術の研究」\*4にとっても重要な課題です。今回の成功により、地球姿勢\*5の実時間および高時間分解能決定に関する研究をさらに進めていくことが可能となります。

# MCG+08-11-11 (検出)

電波の活動性のほとんどをブラックホールが支配

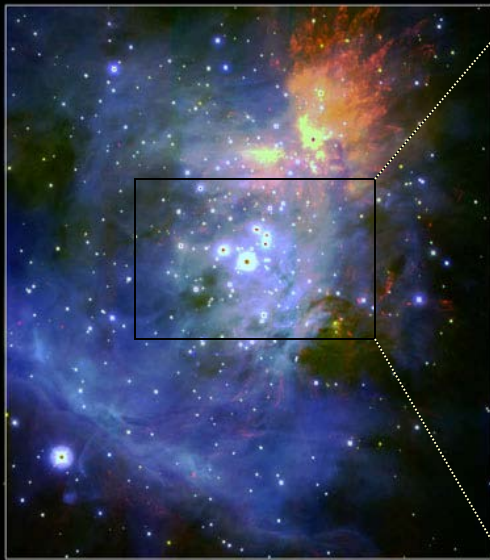


光学像  
上: HST  
下: SDSS



電波像  
(VLA)

# ウルトラコンパクトHII領域



Orion Nebula

Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan

CISCO (J, K' & H $\alpha$  (v=1-0 S(1)))

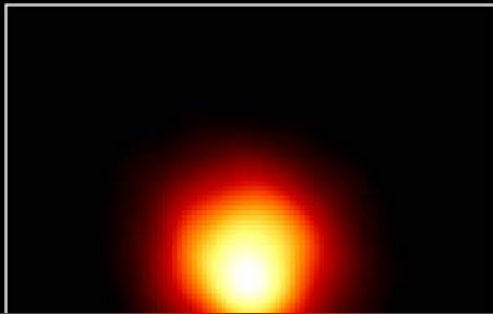
January 26, 1999



(すばる望遠鏡撮影)

オリオン大星雲中には誕生したばかりの高温の星に照らされて輝いているガスのかたまり=ウルトラコンパクトHII領域が存在  
その構造を観測する

# 普通の恒星の電波



- 超巨星

- 検出可能な強度の電波を放射する大気を持つ天体が複数ある

## 川口さんのすごいところ

すべての人に平等。

大会社の社長にも学生にも同じように接する。常人にはまねできない。

もしかすると、台長や社長に遠慮するやりかたを知らなかったのかも。

Size of Jupiter's Orbit

Atmosphere of Betelgeuse

(ハッブル宇宙望遠鏡撮影)

を測定する

# 惑星状星雲

## 川口さんのすごいところ

プレゼンがうまい。ストーリーの組み立て方、データの見せ方、話の仕方など、いろいろ学ぶことがあった。

— 恒星の核燃料の力へ放出

それで多くの人が「その気」になるのを見た。

— 始まった構造が変化する

ただし、プレゼンが素晴らしいのは自分が興味を持って真剣に考えた対象のみ。そうでない場合は…。

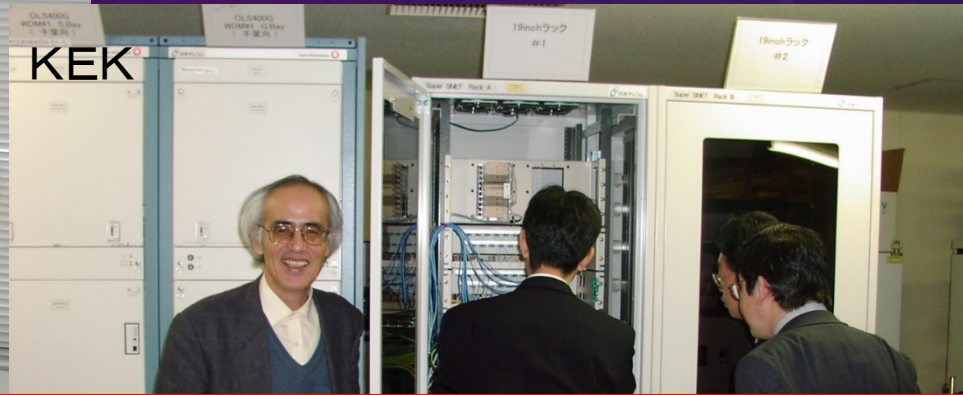
- 恒星の光、周囲ガスの相互作用の観測

(ハッブル宇宙望遠鏡撮影)

# 川口さんから学んだこと

国土地理院

KEK



## 助手の仕事

やり散らかし・やりっぱなしの教授の仕事をフォローし、次々あふれてこぼれおちるアイデアを拾い集め、共同研究者にも気を使い、トラブルがあれば第三者に調停を頼む。

- 臆せず、いろんなところに乗り込んでいく
- いろんな人が興味を持ってくれる、どんどん仲間が増える
- 自分の研究が楽しい、それが周りの人にも伝わる



# 尊敬する川口さん



2004/09/16

# 川口さんから学んだこと



- 仕事も、息
- 人の輪が



NAO  
KDDI

山口

1999年～現在

# KDDI(旧KDD)との共同研究

- 背景

- KDDと天文台

- 超高速光ファイバネットワークの実験的ユーザを捜していたKDDと、光結合VLBIの発展を模索していた天文台(川口氏)が共同研究に向けて調査を開始(1999・07)

- 共同研究への経過

- KDD : ネットワーク、アンテナの提供
    - 天文台: 天文学研究に応用
    - その後、KDD山口32mアンテナを「天文台に譲渡」する方針となる
    - 2000年6, 7月に32mアンテナの基礎的な調査
      - 22GHz観測にも使えることを確認

# KDDI(旧KDD)との共同研究

- 共同研究の形態

- KDD : ネットワークの提供、アンテナの譲渡
- 天文台: 天文学研究に応用(高感度VLBI発展形、VERAへの支援、天体イメージング)

- 天文台側の受け入れ態勢

- 地球回転研究系が受け入れ部門(代表:河野)
- 地域大学との連携
  - 広島市立、山口、九州、九州東海、...

- 天文台内の議論を経て、9月末に協定書に調印

- 共同研究第1期 2001/09-2003/08
- 32mアンテナ譲渡 2001/09/01

将来は地域大学・大学連合が運用することも視野に

# KDD山口衛星通信局全景と32mアンテナ



中国自動車道からよく見える

# 研究内容(2001年に書いた文書)

- 大目標
  - 超高感度、実時間観測を実現する電波望遠鏡
  - 大口径、独自の研究テーマを展開
- 検討中の研究内容
  - 天文学的成果
    - 光結合による超高感度観測→熱的天体、微弱天体観測
    - HR1099、 $\theta$ 1A Oriなどの連星系
    - メタノールメーザ(原始惑星系円盤が見えるか?)
    - AGN、フレア星等の強度変動天体
    - ...
  - 工学的研究
    - $\Delta$ VLBIによる探査機追尾
    - インターネットVLBI
- 最大努力で、できる範囲で遂行する

# 日本列島を電波望遠鏡に

■ 電波望遠鏡はまんべんなく分布することが重要

■ 空白地域に新しい電波望遠鏡を！





# 2001年8月、試験受信の様子

## NHKで放送されました



氏原さん 千代島さん

寿所長

黒田さん

下市さん

山内さん

泉谷さん(NHK)

森野さん

NHKさん

川口さん

下井倉さん

# 川口さんから学んだこと



- 突拍子もないことを考え、言い出す（前例にとらわれない）
- 自分でやる、やろうとする
- 実力を持つ

# 通信用アンテナを 電波望遠鏡に改造すること

- 良く考えること
  - 「同じ人間が考えたことだから、そんなに難しいことはないよ」



誤差電圧入力部調査



現地調査(2001年)



追尾システム調整中  
(2002年)



宮澤さん、イシツカさん(2003年?)



ホーンカバーの空気漏れ実験(2003年夏)



# 川口さんと小林さん

20年前から変わっていない・・・



## 6.7GHzメタノール・メーザのこと



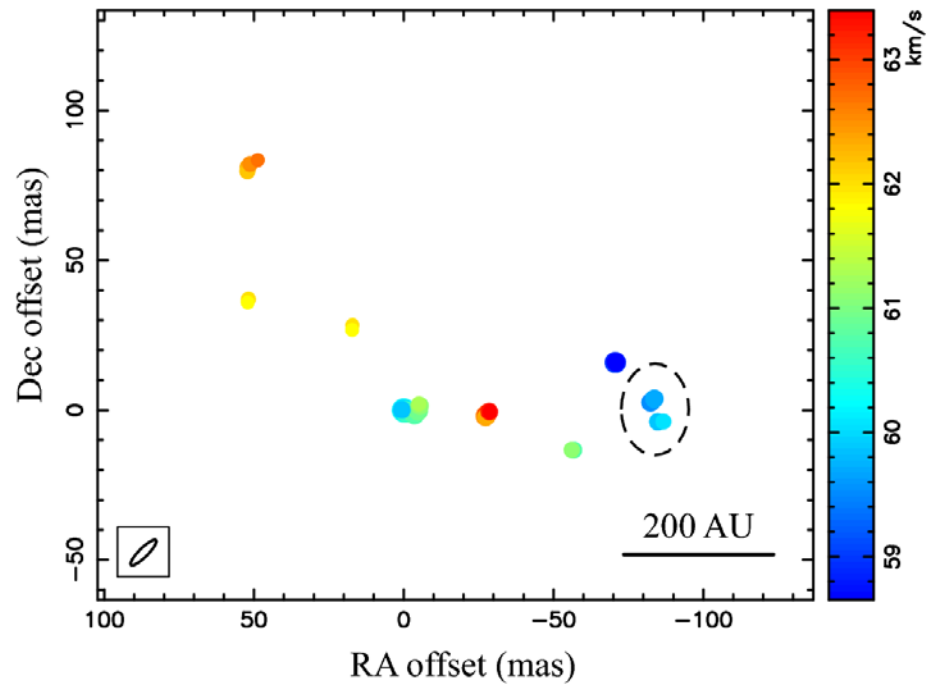
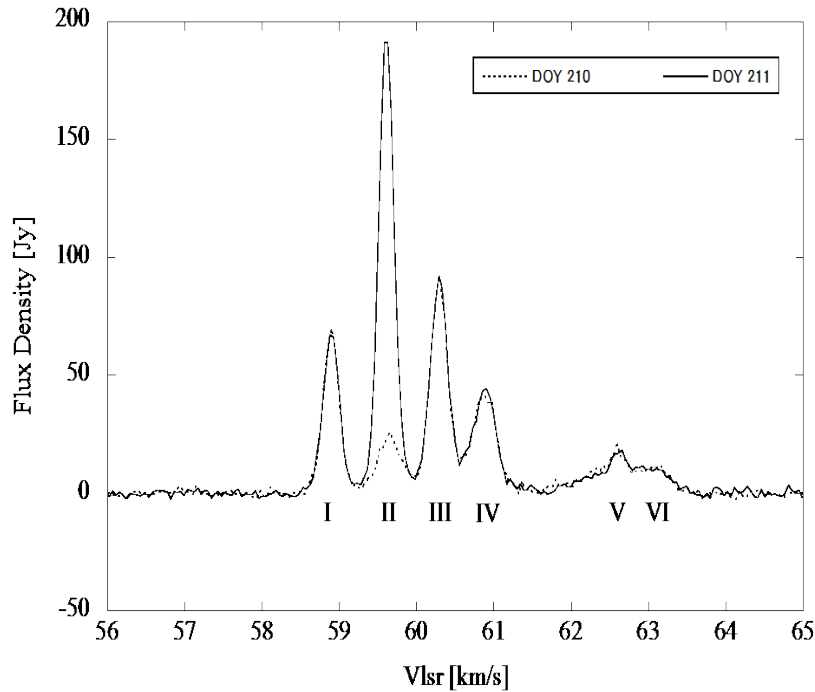
その将来性や意義は、実は川口さんもよくわかっていなかった。しかし、私のやりたいようにやらせてくれた。

6. 7GHz受信機・周波数変換器

# Bursting activity in G33.64-0.21 observed with 6.7GHz methanol

(Fujisawa et al. 2012)

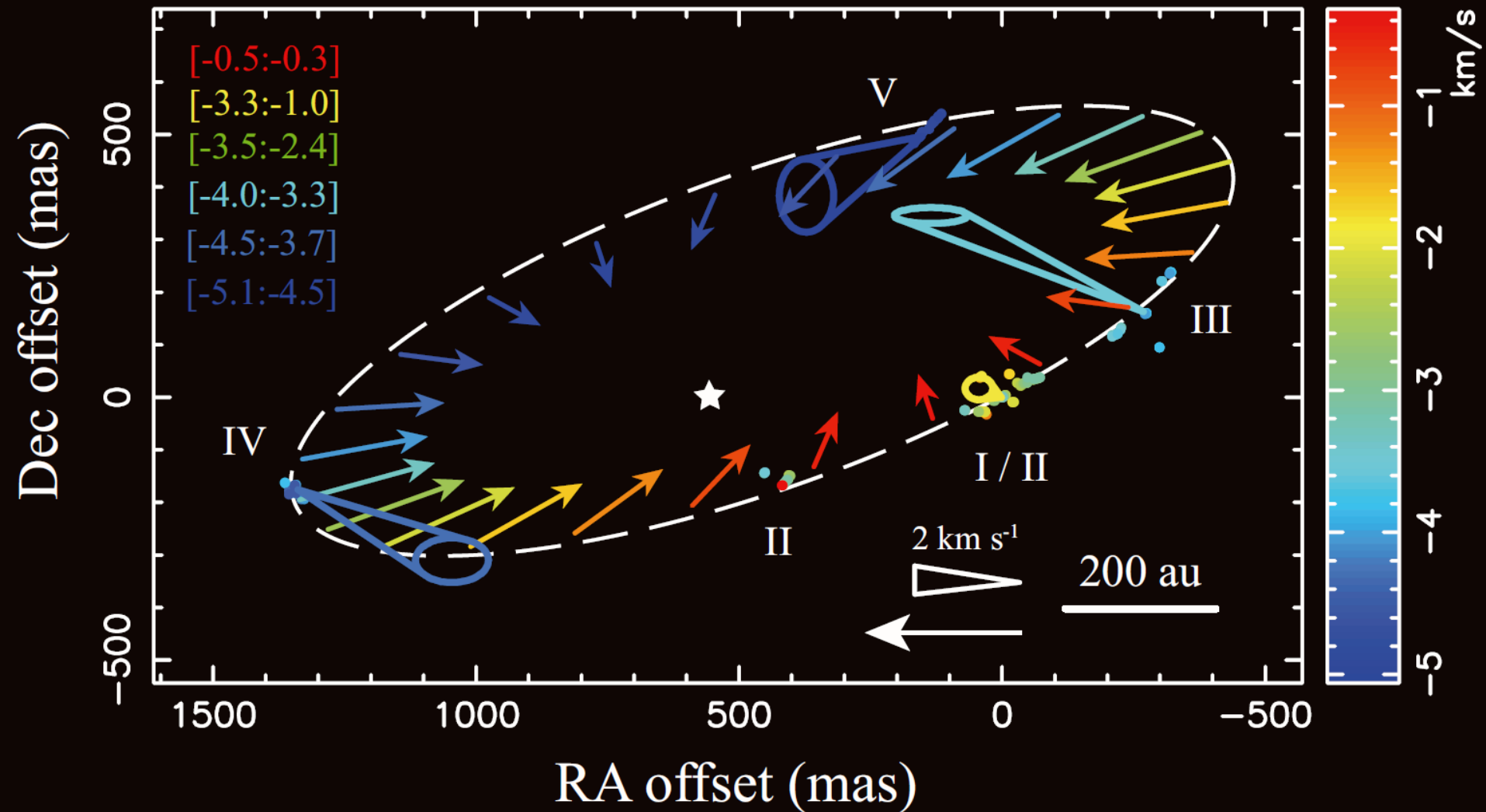
- 大質量星形成領域G33.64-0.21
- 6個のスペクトル成分の1つだけが急激な強度変動



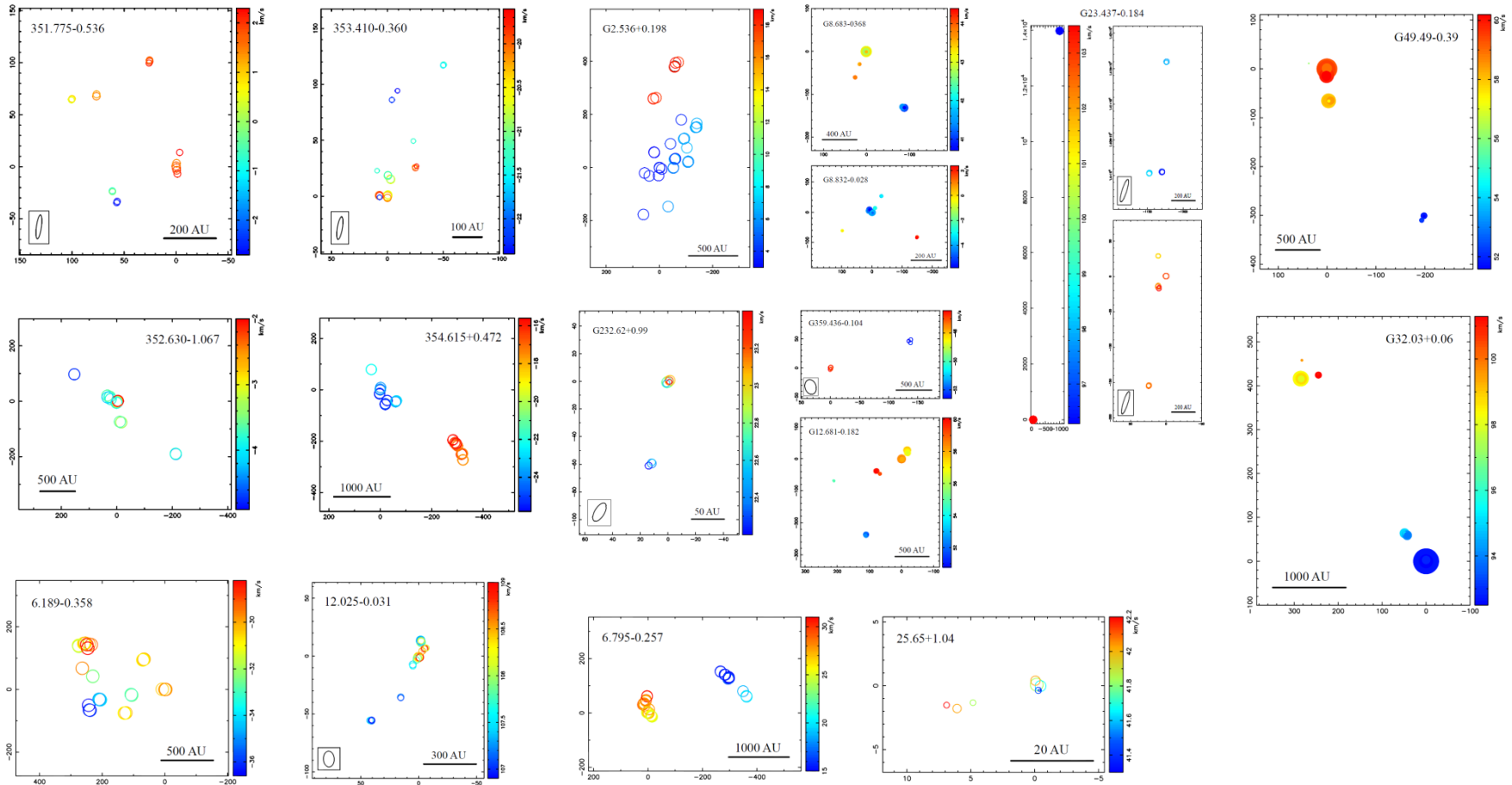


# メタノール・メーザの内部固有運動計測

SUGIYAMA ET AL. (2011, 2014)



# An internal proper motion survey project: EAVN observation of 6.7 GHz methanol masers for 36 high-mass star forming regions Fujisawa et al. (2014)



JVNと上海25mでメタノール・メーザの内部固有運動を系統的に研究  
これが完成すれば、学問の発展に大きく寄与できる

# Telescopes for the survey



Shanghai 25m



Usuda 64m



VERA 20m x 4



Ibaraki 32m (Hitachi)



Yamaguchi 32m

# East Asia VLBI Workshop

20-22 March 2008, Shanghai, China



# 東アジア相関器完成式典 2010/05/14@ソウル



VERA  
Southwest Radio Telescope  
with a Diameter of 200m  
NAOJ  
한국천문연구원  
Korea Astronomy and Space Science Institute

한국천문연구원 (Korean VLBI Network)

VERA0406  
VERA0408  
VERA0410  
VERA0412  
VERA0414  
VERA0416  
VERA0418  
VERA0420

## 山口大学で集中講義(2002年度)

- 川口さんが天文学の講義をするのはどうかな、と思ったのだが、心配無用だった
- 私自身が学ぶことが多かった
- 川口さんに、大人の態度を学んだこともあった(教授学は学ばなかった)。
- なんとなく、腹の中で「妖怪教授」と呼んでいたこともあった



# 来訪者多数



オーストラリア・アメリカから山口に視察に来られた研究者の方々与学生



2003年12月 日韓VLBI共同研究連絡会@山口大学



# An African VLBI network of radio telescopes

M. J. Gaylard<sup>1</sup>, M. F. Bietenholz<sup>1,2</sup>, L. Combrinck<sup>1</sup>, R. S. Booth<sup>3,4</sup>,  
S. J. Buchner<sup>1</sup>, B. L. Fanaroff<sup>3</sup>, G. C. MacLeod<sup>5</sup>, G. D. Nicolson<sup>1</sup>, J.  
F. H. Quick<sup>1</sup>, P. Stronkhorst<sup>1</sup>, T. L. Venkatasubramani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> HartRAO, P. O. Box 443, Krugersdorp 1740, South Africa

<sup>2</sup> Department of Physics and Astronomy, York University, Toronto, Ontario, M3J 1P3, Canada

<sup>3</sup> SKA South Africa, 17 Baker St., Rosebank, Johannesburg, South Africa

<sup>4</sup> Onsala Space Observatory, SE-439 92 Onsala, Sweden

<sup>5</sup> Department of Science and Technology, Private Bag X894, Pretoria 0001, South Africa

E-mail: [mike@hartrao.ac.za](mailto:mike@hartrao.ac.za)

**Abstract.** The advent of international wideband communication by optical fibre has produced a revolution in communications and the use of the internet. Many African countries are now connected to undersea fibre linking them to other African countries and to other continents. Previously international communication was by microwave links through geostationary satellites. These are becoming redundant in some countries as optical fibre takes over, as this provides

## 2.3. Large Satellite Earth Station antennas outside Africa converted for radio astronomy

Operational converted antennas are the 30 m Ceduna antenna in Australia [2] and the 32 m Yamaguchi antenna in Japan [3]. The Warkworth 30 m antenna in New Zealand was handed over for conversion on 19 November 2010 [4]. In Peru the Sicaya 32 m antenna is being converted with assistance from the Yamaguchi team and saw first light in March 2011 [5]. Three antennas at the Goonhilly Downs station in the UK decommissioned in 2008 are proposed for conversion for use with e-Merlin and the EVN [6]. On 10 May 2011 it was announced that the 32 m Elfordstown antenna outside Cork in Ireland is to be converted [7].

# 山口32M電波望遠鏡がもたらしたこと

- 教育・普及に多大な貢献
  - 学士52名、修士15名、論文投稿27編(主著13編)、学会発表多数
- 山口県に天文学研究の拠点を形成
  - メーザ・星形成、AGNの研究を行い論文を書く実力のあるグループ形成
  - 東アジアの研究拠点に発展へ
- 電波天文学に新しい風を吹き込んだ
  - 茨城、ペルー、アフリカにも少し影響したか？

これらは川口さんがいたからこそ達成できた

# 川口さんから学んだこと

- 技術の大切さ
- 人とのつながり
  - 純真さと金取り仕事
- 突破力(馬鹿力)
- 少々周りに迷惑をかけても気にしない
  - 天才だからできること?
  - むしろ迷惑をかけに行く、くらのつもりでないと
- 失敗してもよい
  - 失敗を恐れすぎない
- 後進を大切にする
  - 川口さんが人を叱っているのを見たことがない
- すべての人に平等
- 君子は豹変してもよい
- 瞬間論理
- まだまだほかにも...

この程度では書き尽くせない

将来に向かって:川口さんから学んだことを  
どう活かそうか？

「いや、学んだことを大切にしすぎるようじゃだめだよ！」

天才のまねはできない。そもそも無理なこと、意味もない。

そうではなく、自分でよく考えて、自分のやり方を見出すしかない。