

VLBI将来計画WG：中間まとめ報告会 質疑応答用掲示板

2020年9月23日 10:00 - 16:40

各報告に対する質問とコメントはそれぞれの欄に分けてご記入ください。また、今後の議論やコミュニケーションが円滑に進むよう、記入いただく質問やコメントの最初にカッコ書きでお名前を記入いただけますと幸いです。

質問に対して回答する際も同様をお願いいたします（主に該当するWGの方）。

以下例

【質疑・応答】

Q（新沼1）本日の報告会での議論の内容はコミュニティに共有されますか？

A（新沼2）少なくともWGの報告内容については共有したいと考えています。

はじめに＋全体報告（10：00－10：20）

【質疑・応答】

Q（赤堀）WGメンバーの推薦結果は公表されますか？(最近、こういうメンバー選定に対する透明性というのが重要視されてますので・・・)

A（新沼）隠す類のものでもないとは考えているのですが、票数まで全体（例えばMLで）に開示するのが良いかどうか悩むところではあります。もちろん要求があれば、要求した方には開示する必要はあるとは考えています。

A（赤堀）ありがとうございます。承知しました。

【コメント】

C（赤堀）社会に天文学がどのように寄与するかという視点は大事ということに賛同します。VERAの場合、地域の誇りだとか、歴史、そして観光資源にも深く関わっていて重要と思います。ただし、あくまでサイエンスが第一だとも思います。

C（新沼）赤堀さんありがとうございます。研究者としてサイエンスが「第一」に異論ありません。社会に訴えかけることも重要である、という観点も必要という考えです。

C（輪島）EAVN LPIは2019年下半期までで第1期の観測を終え、2020年上半期以降は公式には実施されていません。EAVN LPを今後どのように運営していくかについては今後（2020年10月以降）のEAVN所長会議で話し合う予定です。

C (新沼) 輪島さん、コメントありがとうございます。正確にはこれまでのLPの活動で築き上げられた研究コミュニティで共有する、ということになるのかなと思います。

極限天体WG現状報告 (10:20-11:00)

【質疑・応答】

Q (紀) 「超新星爆発を介さずに形成されるかもしれないBH」というのは衝撃的な話ですね。具体的にはどのような形成シナリオが提案されているのでしょうか？VLBIでその説の真偽に対して制限がつけられるとすると大変面白いと思います。

A (赤堀) あくまで親超新星残骸のないBHがある、という観測に基づいた仮説だと思います。形成シナリオはどのようなのでしょうか。私も興味があります。

C (元木) 宇宙初期だと星にならずにdirect collapseという話がありますが、その親戚でしょうか？それともmass lossの都合で爆発時の飛散物が少ない？(かなり適当)

C (新沼) 元木さん、ありがとうございます。不勉強でdirect collapseの話はあまり知らないで近いうち議論させてください。Cyg X-1は伴星が大質量星として生きているので、比較的最近BHになったのでは？という予想があるようです(宇宙初期に限る話ではないかどうか？は非常に興味あります) →勘違いしていました、星を介さずBHになったということですね。連星系で誕生する際にも片割れだけdirect collapseするということがありえるものなのでしょうか？非常に興味湧いてきました。

Q (澤田-佐藤) 本研究の「マイテレスコープ」の役割はどこまで担当するとお考えでしょうか？出現を自分たちで検出することを前提にしておられますか？

A (新沼) 澤田さん、ありがとうございます。候補となるBH (XRBS) の探査やモニターはスコープに入ります。これら準備研究を踏まえて、大規模アレイでの高精度観測にシフトしていくことになると思います。(ただし、EAVNについては広義にはマイテレスコープの範疇に入る、と勝手に考えています)

【コメント】

C (今井) 観測の対象となる天体の時間スケール(出現時からのタイムラグ、必要な観測継続期間)のまとめが必要です。この種の天体の観測に、VLBIアレイに参加するそれぞれの観測局がどれくらい優先度を置くのか、またどれだけ正確に事前予測した観測体制を整えるのか、これらを検討する上で重要になるからです。roboticに望遠鏡を運用するかどうか、検討が必要になることでしょう。

C (赤堀) 個人的にはイベントアラートに即応するサイエンスの方向に行くべきではないと思います。お金人も限られるからです。なので、即応性についてはベストエフォートとし、メインのサイエンスターゲットはモニター観測とするのがよいと思っています。たとえばマグネターアウトバーストでは、Atel受信後、数日以内にToOができれば御の字でしょう。

C(今井) ある意味「後追い」で開始するテーマもあるのですが、国際連携の重要性を唱う必要があるかと思います。現在、「世界一になれるかどうか」という観点を優先してプロジェクトを選択する風潮が強く、(横並びになるが)国際連携については軽視されている気がします。

C(新沼) 今井さんありがとうございます。おっしゃる通りだと思います。

C(赤堀) マルチメッセンジャー天文学では、国際連携はまさに重要と私も思います。一方で私個人としては、マルチメッセンジャーもベストエフォート型で、今回の将来計画の中心テーマにするのは厳しいのではないかと思います。

C(小林) これはGlobal Arrayにとっても重要なテーマで、アレイ間の競争というよりはVLBI全体としての将来として位置づけると良いと思います。

C(紀) FRB関連についての位置付けのご説明は納得です。Chimeと比較したとき優位性なく後追いしてもとても戦えませんので。ですが、GW170817 superluminal radio jet (Mooley+ @4.5GHz)のようなfollow-upについてはまだ検出例がかなり少ないので、EAVN-lowで可能性があるのかもしれませんが。(ふわふわなコメントですみません。)

C(新沼) 紀さん、コメントありがとうございます。おっしゃる通りですね。見えてくるジェットの電波残光の時間スケールはシビアではないと思いますので、0.1mJy/bを有意に検出できる感度を引き出せるかどうか、が鍵ですね。

地球WG現状報告(11:00-11:40)

【質疑・応答】

Q(今井) Table 3のパラメータ値比較表に提示された数値の誤差は(特にT_FICN, Q_FICN)?

A(寺家) パラメータ比較表の提示の括弧は、各観測手段や理論で求められた範囲を示しています。誤差の範囲と同じと考えていても良いかと思われます。

Q(今井) もう少し精度が上がれば...という期待がありますね(FICNとなるとハードルがもっと上がるのですが...)。FCNの計測はGlobal VLBI Alliance なりIVSの計測の継続が重要になるはずですが。日本では国土地理院がこの手の観測に参加していて、NICT鹿島も観測性能向上に向けた技術開発を進めている中で、主に電波天文コミュニティーが使用する望遠鏡がこの様な観測に参加することの意義(精度アップへの貢献度、等)が提示できれば良いですね。あるいは、上記の測定法とは独立した手法(相対VLBI法)を提示して、測定値の独立検証を目指すということになるのでしょうか?

A(寺家) 測地にたいして相対VLBI法をなかなか採用されないこと、VGOSでも結局採用されなかった原因は、計測パラメータの相対値を得ることで、パラメータの感度を落としてしまう点がありました。VERAで2度離角を数10マイクロ秒角の精度として、その離角ベクトルの向きを全天に誤差伝搬させると、その誤差の大きさは100倍になります。天球のシステム間の傾きを調べるのであれば、全天観測で感度の高い方法を選択することが要求されます。従って、絶対値を精度よく計る事が重要であると考えました。各国でVLBIの精度を向上させる取り組みはまだまだ続いています。それは、観測だけではなく、相関処理や解析の信頼性も含まれます。我々が取りうる方法や、他のコミュニティーの採用した方法を情報共

有して精度を追及することが、ターゲットの汎用性と波及範囲を考えると必要かと思えます。その意味でトータルパッケージングとしてのVLBIの性能向上の研究を進める意義があると思えます。

【コメント】

C（今井）ともあれ、精度向上に向けた継続的な取り組みがなければ、いつまでも辿り着かない目標ですから、最終目標の手前にも何かゴールを設定して、（予算決定者側への）持続的な取り組みに対する動機付けが必要ですね。

A（寺家）精度もそうですが、何よりも歳差・章動のように数10年のサイクルでの変化を追いかける研究ですので、なによりも継続が必要、我々が出来なくなっても、新たな組織による観測の継続や、新たな観測方法によって測定が続けられないと、明らかにならないです。

C（藤沢）1. 「銀河系内の太陽系運動の確立」は面白い。その研究計画を作って実行すれば大きな貢献ではないか？

A（寺家）GAIA等、光学系の観測装置も含めて、これからの広域位置天文学の分野と思われます。私としては、他の惑星や月、衛星の章動を計測することに興味があります。

C（藤沢）2. 100GHzの「帯域幅」は無理でも、（遅延測定ではなく）位相測定ならある程度実現性があるのでは？

A（寺家）感度的には位相遅延の計測と同等だと思います。要求精度として、位相遅延の計測が出来る範疇では無いかと思えます。複数の位相を使ったアンビギュイティーの解き方など、受信周波数を広範囲することが求められるかもしれません。

C（藤沢）3. 目標達成に対する色々な課題のうち、一つでも確実な解決のめどをつけることができれば研究として意義があるのではないか。

A（寺家）まずは、周波数揺らぎの中で、数分間から数10分間の範囲で不定バイアスを較正することが出来れば、10psを切ると期待しています。大気周波数揺らぎや相関器等の演算誤差も、丁度このあたりになります。

星WG現状報告（13：00—13：40）

【質疑・応答】

Q（赤堀）宇宙論的構造形成の数値シミュレーションでは2000年代に入り超新星爆発やAGB星による熱力学フィードバックや重元素供給がモデル化されており（たとえばTornatore et al. 2007, MNRAS, 382, 1050 etc etc）、つまりAGBによる物質放出は（少なくともモデル化できる程度に）大雑把には理解されていると思うのですが、今後のAGBによる物質放出の観測的研究からそのモデルに対して劇的な変化を求めることは起こりうるのでしょうか？もし銀河や宇宙全体の進化史を大きく変えるかもしれないパラメータがあり、それを探求できれば、非常に意義があると思えました。

A（中川）たしかに大雑把な理解にはたどり着いていると思っています。そういう意味では、現在は更なる精密化の時期を迎えていると考えています。質量放出率の時間的変は星本

体の脈動、それがもたらす変光現象と密接に関係します。変光はやがて収まり非変光の時期を迎えます。重い(3-4Msun) AGB星はそうした時期の詳細な観測に適する天体でもありません。「もし銀河や宇宙全体の進化史を大きく変えるかもしれないパラメータがあり・・・」については検討してみます。

C (元木) 赤堀さんのQに追加でコメントしますが、門外漢からすると新しい寄与/今後の進捗の前に現状の定量的認識もまとめていただけると理解がしやすいです

A (赤堀) 中川さん、コメントありがとうございました。上記の「大雑把なモデル」に関して言えば、星間空間への物質供給が、銀河の場所によりどう異なるか、については十分モデル化されていないのではと思います。そういう観点で、銀中方向とか、場所に依存したAGB星のアウトフローを理解できることは意義があると思いました。

Q (赤堀) 系外銀河(とりあえずは1Mpc先とかで)のメーザーバースト(メタノール・水)の検出は可能でしょうか?メタノールバーストは100kJy@kpcくらい?1Mpc先でも見えそう?

A (元木) 普通のメーザーバースト天体はそこまで強度が無いのでいってもマゼランまでかと思えます

Q (新沼) 南天のメタノールサーベイとかでSMC/LMCは観測されていたりするのですか?

A (澤田-佐藤) されています。Sinclair et al. (1992) MNRAS 256, 33 によれば LMC で検出が報告されています。

【コメント】

銀河WG現状報告(13:40-14:20)

【質疑・応答】

Q (赤堀) 論文統計の「MWL」ってなんですか?-->多波長(Multi-WaveLength)ですね。

A (新沼) その通りです。

Q (赤堀) 天文学全体が共有する根源的問いという観点に賛同します。Sgr A*アストロメトリ --> 銀河定数の究明、SMBH直接探査--> 重力理論の検証&BHからのエネルギー抽出機構&SMBHの多様性で合ってますか?「根源的問い」って難しいですね。

A (秦) まだ全体を1つにまとめた一貫ストーリーまではまとめきれてないですが、上記のようなストーリーをぼんやりとは描いています。「天文学の根源的問い」は、他のWGのサイエンスも踏まえた上でどう定義していくかも今後の検討課題かなと思います。

A (赤堀) 確かに他のWGのサイエンスも踏まえること重要ですね。ありがとうございます。

Q (赤堀) 聞き逃しました。86GHzの大気特性の調査で、 $\tau < 0.2$ (不等号・数値見落とし)の率が示されていましたが、この基準を選ぶ根拠を教えてください。

A (永山) VERA の夏のK-band τ_0 よりは良い条件という目安で $\tau_0 < 0.2$ の率を示しました。天頂の τ_0 と T_{sys}^* を使って観測中(天体仰角で)の T_{sys}^* を計算し、高仰角(~60度)で明るい(~1Jy)M87なら何%、低仰角(~30度)で暗い(~0.1Jy)Sgr A*なら何%のような数値の方が観測実現性がわかりやすいので見積もってみます。

A (赤堀) 永山さん、ありがとうございます。理解しました。

Q (今井) W-bandにおけるVERAの開口能率は、ホログラフィー+パネル調整でどこまで改善できそうでしょうか？

Q (輪島) 低周波VLBIの将来計画の検討に当たり、低周波で観測可能な望遠鏡を多数所持する中国局と日本局との間のVLBIが今後重要だと考えます。日本国内の望遠鏡における低周波観測システムの現況に関して簡単なまとめがもしあれば見てみたいと思いました。

A (秦) おっしゃるとおりですね。

Q (須藤) 86 GHz で、M87やSgr A*以外では、何天体くらい検出の見込みでしょうか？

A (秦) 86GHz検出天体そのものはKVNサーベイで数100天体規模確認されています。そこからサイエンス面で重要な天体に絞っていくのだと思います。

Q (澤田佐藤) SMBHシャドーの時間変化は予言されていますか？シャドーとジェットのコネクションとなるEAVN86GHzイメージが追跡する時間変化と関連づけることは可能でしょうか？

A (紀) 実は「SMBHシャドーは時間変化がある」ことが分かってきました。

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/abac0d/pdf>

ですので、まさに澤田さんのおっしゃる「シャドーとジェットコネクションをEAVN 86GHzで関連付ける」研究は極めておもしろい研究テーマだと私も考えています。

C (澤田佐藤) 紀さん、大変興味深い報告ありがとうございます。こうなると 86GHz だけでなく120GHz VLBI による時間変化追跡も実現したくなりますね。

C (紀) 澤田さん、120GHz w/ KVNは、他のEVN, VLBA, GMVAでカバーしていない & 230GHzになるとVERAの立地ですとオパシティー的に厳しいと思われるので、120GHzの周波数の選択はユニークで筋の良い狙いのように思います。

【コメント】

C (今井) 銀河中心付近の星周レーザー源のアstrometryに関しては、今回科研費基盤研究Aで申請することにしました。VERA+NRO共同観測を想定しています。レーザー源探査は野辺山45m鏡で実施しており(Imai et al. 2002, Deguchi 2004, Fujii et al.)、運動計測対象は絞り込めています。science targetsは、銀河系核円盤及び核バルジ(100--200 pc)になります。

C (赤堀) Sgr A*アストロメトリですが、直近の数年であればVERA 86GHzなどで精度を向上(3%誤差)するというのは素晴らしいと思います。一方で、もし今後10年の計画にするのであれば、大きな飛躍が得られる計画は不可欠と思います。たとえば現状の精度の10倍を目指すようなものでなければならぬと思います。2027年度までを目標とするのは要検討ではないでしょうか(例：できるだけ早めて、2020年代後半はもっと上を目指す)。

A & C (坂井) 永山さんが説明された通り、Gold standardである年周視差計測でR0を決めるというのが、最も重要(新しい)な点です。確かに数値目標だけ(3%)で見るとインパクトが小さいかもしれませんが。年周視差の精度は観測期間のルートで良くなるので($t^{0.5}$)、未来永劫Sgr A*を観測するか、観測数(N)を増やすなどすれば、3%以下の数値を目標とするのも可能かもしれません(大きな改善は $t^{0.5}$ and $N^{0.5}$ なので無さそうですが・・・)。

A (赤堀) 坂井さんありがとうございます。これまでVERAアストロメトリで「推定」されていたR0を、Sgr A*を直接見て「計測」するところは確かに全く新しいと思いました。ただ、得られる結果がもっと迫力があるといいのですけれどね・・・。見せ方の問題かもしれません。どうも私(天文学者一般?)は精度10%切るくらいまで落とし込めると「できた」気になってしまいます。

A&C (秦) SgrAアストロメトリは中期計画(<10年)で目標完了するものなのか、長期的にやるべきものか、はまだ議論が必要かなと思っています。

C (紀) Sgr A annual parallaxが精度良く決まると、EAVN Large Programでこれからkick-offするSgr A* 内部構造に対する core-shift観測においても、annual parallax分が引き算できて、さらに信頼性の高い議論につながりますので、ぜひ誤差3%の精度を目指して丁寧に精度向上を目指していけると良いと思います。

C(小林) EELTなどの光赤外大型望遠鏡の計画が目白押しで、SgrA*の距離計測が精度が上がるのが予想されますが、それでも意味のある研究にするためのサイエンス目標を考えられると良いと思います。

C (小林) ミリ波VLBIの高感度化では、QTTも大きな貢献が考えられます。日本が、BEなどの貢献を行うこともあるのではないかと思います。

C (小山) VERA(EAVN) ≥ 86 GHz + 周波数位相補償 + 高周波イメージングは独自性のあるアレイになると思います。230 GHz以上も出来ると良いですが、鏡面精度から難しそうですね。

開発WG現状報告 (14 : 20 - 14 : 45)

【質疑・応答】

【コメント】

C (赤堀) SKA1は当初はGPGPUも関連器の候補にあった気がしますがFPGAになりました。そのあたりの経緯(理由)を深掘りすると、何か得るものがあるのでしょうか。電力？
A (河野) FPGAも候補です。電力の面で圧倒的優位性があります。国立天文台の場合、ソフトウェア関連器からの発展形としてGPUへの展開がすすんでおります。最終的には運用コストを踏まえてテクノロジーが選択されると思われます。

C (赤堀) 今VLBIに必要なブレイクスルーに「広帯域」もあると思います(感度ではなくてスペクトルスコープの性能)。

A (河野) RFの広帯域性の重要性へのコメントありがとうございます。一部考えて始めておりますが、今後も重要課題の一つとしていきたいと思っております。

スペースVLBIに関するコメント (14:45-15:05)

【質疑・応答】

Q (赤堀) スペースVLBIと気球VLBIと、プロジェクトが衝突したりしますか？平林さん&井上さんのコメントの通り、人は衝突しそうですね・・・。

A (土居) 仮にいずれもプロジェクト化が可能な場合、衛星は上位互換である要素が多いので、両方ともプロジェクト化する必要はないと思います。

【コメント】

C (赤堀) ngVLAを参照されるならSKAはSKA2でも良いかも(2030年代を狙うとして)

A (土居) たしかにそうですね

C (赤堀) 低周波アンテナ(700MHz)はどの周波数がベストか要検討に思いました

A (土居) 同感です。たとえばSKA-Japanグループからご提案があればと期待です

A (赤堀) 了解です。検討テーマとして正式にご提案いただければ、SKAJP SWGで検討いたします。

C (岡田) 土居さん、超小型衛星かつサブミリ波に対する知見を得られる環境にいますので何か協力できることがあればご連絡ください。

というのも現在、西堀さんのところで480GHz帯火星大気観測用超小型衛星に関する開発を行っております。

A (土居) 岡田さんの専門知識心強いです。ぜひいろいろ検討に貢献していただけると幸いです。

全体議論 (15:20-16:30)

【質疑・応答】

A&C (坂井)

>沖野さん

隣の席でMicro QSOを研究している人が居て、坂井自身は門外漢ですがいくつか情報を持っているので、共有させていただきます(結論は藤沢さんコメントと同じ)。

本日のどなたかの講演で紹介されていた、Miller-Jones, James C. A., et al. 2019, Nature, 569, 374にあるように、Micro QSOのVLBI観測例はいくつかあるようです。

あとは、KaVAでもMicro QSOをこれまで観測してきましたし、2020BIにも観測されます(i.e., Cyg-X3)。隣の人(Kimさん)の解析を覗いている感じだと、藤沢さんが言われたように、フレア時期は構造が数時間スケールで変わるようです。静穏期は感度勝負で、広帯域観測が肝だと言っていました。

上記、門外漢なので、変なことを言っていたらスイマセン。Kimさんを紹介することは可能です。必要であれば、お声がけください。

【コメント】

C (赤堀) Key Science Questions

1. 星はどのように生まれ進化するのか?(星形成、星進化、超新星、コンパクト星)
2. 極限環境の物理法則はどうなっているのか?(コンパクト星、SMBH)
3. 我々はどこにいるのか?(測地、銀河、SETI)

C (井上) SETIについて

VERA建設当時にSETIを考えたことがありました。VERAの観測は銀河面なので、相關前に例えば、SETI @Homeのソフトウェアを相關器の前処理として入れて、それぞれのアンテナの信号をチェックする事を考えました。銀河面のVLBIよりは広視野のサーベイです。しかし力及ばず、何も実行せずでした。

C (新沼) 本日は皆様、たくさんコメント、質疑応答ありがとうございました。リモートでの議論はなかなか心配でしたが様々な考えを聞くことができ非常に良い機会になりました。