

『銀河中心ブラックホール2013』研究会

at 宇宙科学研究所 (相模原キャンパス), 2012年11月7日～9日

本研究会は { ALMA Workshop 「銀河系中心爆発 2013 と ALMA」
宇宙研研究会 「銀河系中心ブラックホール Sgr A* の 2013 年事象の解明」 } の共同企画です。

————— プログラム —————

fixed version (at 2012.11.5)

11月7日(水): 銀河中心領域の現状 & 銀河中心爆発を ALMA でどう攻めるか?

12:20 - 12:30; はじめに (高橋真聡)

12:30 - 13:10; 三好真 『「きゅらばん・サブ」が始まります!』

13:10 - 13:40; 春日隆 『複合鏡方式の検討(仮)』

13:40 - 14:20; 小山勝二 『X線で探る Sgr A* の活動性』

— 休憩 20min. —

14:40 - 15:20; 榎谷玲依 『広域分子雲観測から迫る銀河系中心部 kpc の物理』

15:20 - 16:00; 永井洋 『ALMA の進捗状況と Cycle2 の展望』

16:00 - 16:40; 岡朋治 『中心核超巨大ブラックホールの種はどこにあるのか?』

— 休憩 20min. —

17:00 - 17:40; 西山正吾 『Sgr A* へのガス雲降着イベントと近赤外線モニター計画』

17:40 - 18:00; 関戸衛 『鹿島 小金井 11m (100km) 基線で観測した

S/X 帯での Sgr-A のフリンジ強度モニター』

11月8日(木): 銀河中心爆発は ALMA で見えるか? & 一般相対論効果の検出?

09:30 - 10:10; 斉藤貴之 『地球質量クラウド G2 の近点通過時のフレア現象について』

10:10 - 10:50; 三木洋平 『ガス雲 G2 落下に伴うガスダイナミクスと Sgr A* へのガス降着量』

— 休憩 10min. —

11:00 - 11:40; 牧野淳一郎 『Sgr A* 近くの恒星力学系』

11:40 - 12:20; 松元亮治 『ガス塊落下に伴うブラックホール降着流時間変動の

— お昼休憩 90min. —

大局的 3次元磁気流体シミュレーション』

13:50 - 14:20; 若松謙一 『Sgr A* の乱に期待すること』

14:20 - 14:50; 小林弘 『球対称ブラックホール降着流: 臨界降着率近傍での観測的特徴』

14:50 - 15:20; 斉田浩見 『一般相対論効果の観測によるブラックホール存在証明に使える観測量』

— 休憩 20min. —

15:40 - 16:10; 南部保貞 『Black hole 時空における wave optics と black hole の imaging』

16:10 - 16:40; 孝森洋介 『ブラックホール時空における測地線の摂動論について』

16:40 - 17:00; 高田真聡 『ブラックホールシャドウの周辺部の明るさについて』

17:00 - 17:30; 高橋真聡 『ブラックホール・オーロラは見えるか?: エルゴ領域での衝撃波形成』

18:00~? 懇親会 at 宇宙研の食堂

11月9日(金): BH 影 降着円盤系を見る!? & 将来衛星ミッション

09:30 - 10:30; 嶺重慎 『ブラックホール降着流概論』

10:30 - 11:10; 本間希樹 『EHT および VERA+KVN による銀河中心巨大ブラックホールの観測』

— 休憩 10min. —

11:20 - 12:00; 村上弘志 『X線干渉計』

12:00 - 12:30; 堀内真司 『VLBI monitoring of Sgr A* at 32GHz』

— お昼休憩 90min. —

(裏に続く)

(プログラム続き)

14:00 - 14:40 ; 坪井昌人 『22GHz 短基線 VLBI による Sgr A*2013 年事象の立ち上がりの検出』

14:40 - 15:10 ; 朝木義晴 『LEO 衛星サブミリ波 VLBI による Sgr A*BHS 観測の現状』

15:10 - 15:40 ; 石村康生 『宇宙用高精度大型リフレクタの研究開発の現状』

— 休憩 20min. —

16:00 - 16:30 ; 志賀信泰 『衛星搭載用高安定周波数標準の現状』

16:30 - 17:00 ; 西堀俊幸 『衛星搭載用ミリ波 / サブミリ波観測機器開発の現状』

17:00(10min.); まとめ (三好真)

ポスター発表

高羽浩 『岐阜大学 11m 電波望遠鏡の観測システム』

米倉覚則 『Sgr A*2013 イベントに向けた高萩 32 メートル電波望遠鏡の準備状況』

海老沢研 『Origin of the X-ray Variation and
the Seemingly Broad Iron Emission Line Feature in Seyfert 1 Galaxies』

斉藤秀樹 『質量比が小さいバイナリーブラックホールへの降着流』

森光智千 『臼田 10m アンテナ 22GHz 帯化計画の進捗』

金子紘之 『つくば 32m 電波望遠鏡の現状報告』

お知らせ

◇ 研究会のホームページ (http://133.96.162.8/~takahasi/SgrA2012_ALMA/index.html) に講演ファイルを (可能な範囲で) 載せさせて頂けるでしょうか。公開用にファイルを修正する方もいると思いますので、その場合は研究会の後にメールで送って頂くようお願いいたします。ポスター発表の方も発表ファイルを頂けると助かります。

発表ファイル送付先 (高橋): mtakahas あっと auecc.aichi-edu.ac.jp (あっとは @ に変えて下さい)

◇ 懇親会の費用は、有給者 3000 円、学生 2000 円、の予定です。

[世話人: 朝木義晴, 斉田浩見, 西山正吾, 高橋真聡, 坪井昌人, 牧野淳一郎, 三好真, 若松謙一, 和田桂]

————— アブストラクト —————

11月7日

Title : 「きゅらばん・サブ」が始まります!

Speaker : 三好 真 (国立天文台)

Abstract : 銀河中心ブラックホール, Sgr A* をサブミリ波帯で VLBI 観測すれば, その降着円盤さらにブラックホール・シャドーの形状観測ができる。直接, 強い重力場での相対論の検証ができる。が, 既存の長基線では観測は難しい。新規に 1-2 千キロ基線を作る必要がある。

大型固定鏡 (観測感度を担う) と移動小型局 (基線ベクトルを変え, 天体輝度のフーリエ成分を多様に取得) を用いた 3 局, 2 千 km 程度の広がり VLBI, 「きゅらばん・サブ」を南米アンデスに展開する。単独でも BH 影の存在をフリンジ解析から, ALMA 等とブラックホール地平面撮像に挑むことができる。

今年, 2012 年には大進展があった。

1) 2012 年 6 月にボリビア・チャカルタヤ宇宙線観測所, ペルー・IGP ワンカヨ観測所, その他の地点での赤外線水蒸気メータによるサイトサーベイを行った。

2) へら絞り法によって, 2m 口径, 50 ミクロン鏡の製作が可能である見通しがたった。

3) 移動局ゼロ号機の製作を名大・佐藤研の ULT-1 を架台として使わせて頂き, 開始する。世界初の「230GHz 帯 VLBI を主目的とする」, 世界初の「移動式電波望遠鏡」に製作となる。

Title : 複合鏡方式の検討 (仮)

Speaker : 春日 隆 (法政大学)

Abstract :

Title : X線で探る Sgr A* の活動性

Speaker : 小山 勝二 (京都大学)

Abstract : 我々は Sgr A* の近傍 (~数百光年以内) から中性鉄元素の蛍光 X 線 (6.4keV-X 線) を強く放射する分子雲を多数発見した。それぞれの分子雲の 6.4keV-X 線の強度と等価幅を精度よく観測し、その結果この X 線の起源は Sgr A* の過去の X 線フレア (~1keV) が分子雲によって反射、蛍光したものであると提議した (X 線反射星雲説)。我々はさらに、これら分子雲 X 線が数年スケールで時間変動することを発見し、X 線反射星雲説をほぼ確定した。X 線反射星雲の三次元位置が解れば、Sgr A* の過去の X 線強度曲線を描くことができる。本講演ではその方法論と結果を報告し、今後の展望を述べる。

Title : 広域分子雲観測から迫る銀河系中心部 kpc の物理

Speaker : 榎谷 玲依 (名古屋大学)

Abstract : 河系中心部は銀河系内であらゆる点で最も複雑な領域であるといえる。そのため、空間方向にも周波数方向にも広い視野を持ち、その物理状態を考察する必要がある。近年、衛星観測技術の進歩などのおかげで、高分解能・広域データの多波長比較が可能となってきた。その中でも特に分子雲の広域データはガスのダイナミクスに直接関わる点で非常に有用である。本講演では、NANTEN2 による CO 広域観測から明らかになった CMZ (Central Molecular Zone) の分子ガス分布を通して、CMZ の様々な分子雲の性質、ひいては CMZ そのものの物理状態について考察する。

Title : ALMA の進捗状況と Cycle 2 の展望

Speaker : 永井 洋 (国立天文台)

Abstract : ALMA 建設の現状、Cycle 0 観測・Science verification データをもとにした科学成果についてレビューをする。Cycle 2 の展望についても触れる。

Title : 中心核超巨大ブラックホールの種はどこにあるのか?

Speaker : 岡 朋治 (慶応大学)

Abstract : 銀河系を含む多くの銀河の中心には、数百万太陽質量以上の超巨大ブラックホール (SMBH) がある事が知られている。これら SMBH の起源については、爆発的星形成活動に起因する階層的な形成・成長モデルが提唱されており、その程で現れる中質量ブラックホール (IMBH) 候補天体の発見が系外銀河において幾つか報告されている。私達のグループでは、私達の住む銀河系の中心領域についてミリ波サブミリ波一酸化炭素 (CO) 輝線広域サーベイを行い、輝線強度比の詳細な解析から複数の高励起ガス塊を検出した。これらの高励起ガス塊は全て極めて広い速度幅を有し、その莫大な運動エネルギーの値から超大質量の星団中で起きた多数の超新星爆発で加速された構造と考えられる。このような大質量星団は、SMBH の形成・成長に寄与する IMBH の母胎となる可能性がある。

Title : Sgr A* へのガス雲降着イベントと近赤外線モニター計画

Speaker : 西山 正吾 (国立天文台)

Abstract : 2013 年、私たちは初めて、ブラックホールへガスが降着する様子を観測できるかもしれない。このイベントを見逃さないためにも、Sgr A* の様子を常に監視し、必要な時に必要な観測を行えるようにしなければならない。私たちは南アフリカにある 1.4m 望遠鏡 IRSF と近赤外線カメラ SIRIUS を用いた、Sgr A* のモニター観測を計画している。IRSF は近赤外線カメラが常設されている、世界でも数少ない望遠鏡である。この利点を活かして少なくとも 1 日 1 回、Sgr A* の明るさをモニターする予定である。過去のフレアと比べて明らかに大きな増光が検出されればその情報を公開し、すばる等の 8-10m 級の望遠鏡や他波長の望遠鏡を用いた追観測ができるような体制の構築を目指している。これら計画の準備状況について、またその科学的な意義についてお話しする。

Title : 鹿島 小金井 11m (100km) 基線で観測した S/X 帯での Sgr-A のフリンジ強度モニター

Speaker : 関戸 衛 (情報通信研究機構)

Abstract : NICT は測地 VLBI 観測のために開発された S/X 帯の同時観測が可能な 11m 口径の VLBI アンテナを鹿島と小金井に所有し、国際測地 VLBI などで活用している。銀河中心のブラックホールへの物質の落ち込みが予測されている来年夏まで不定期ではあるが 5 日前後の連続的な観測を行い、S/X 帯の Sgr-A の強度モニターを行う予定である。これまでに行った観測の結果について紹介する。

Title : 地球質量クラウド G2 の近点通過時のフレア現象について

Speaker : 齊藤 貴之 (東京工業大学)

Abstract : 2012 年, Gillessen ら (Gillessen et al. Nature, 481, 2012) によって, Sgr A* に拘束された非常に離心率の大きい軌道を持つ, 三地球質量のガス雲 G2 の存在が報告された。このガス雲は, 現在も Sgr A* に向けて運動中であり, 来年の夏から秋にかけて近点 ($270 \text{ au} = 3100 R_s$) 通過する。我々はこのガス雲の運動とそれによる活動性について三次元数値シミュレーションで調べた。我々のシミュレーションによると, 潮汐力により近点通過時に軌道面方向に伸ばされる効果のほかに軌道面垂直方向に非常に強い圧縮が生じる。この圧縮のエネルギーが放射で解放されることでフレアをおこし, 太陽高度の 100 倍程度まで増光すると予想される。この機構は従来の二次元シミュレーション (Burkert et al. 2012, Schartmann et al. 2012) では無視されていたものである。このほかにガス降着率などについても報告する。

Title : ガス雲 G2 落下に伴うガスダイナミクスと Sgr A* へのガス降着量

Speaker : 三木 洋平 (筑波大学)

Abstract : 近年の近赤外線観測によって, 3 地球質量程度のガス雲 G2 が銀河系中心 Sgr A* の巨大ブラックホールに向かって落下していることが分かっている (Gillessen et al. 2012)。G2 は 2013 年後半に Sgr A* 中心に最接近すると考えられており, ブラックホールへのガス降着量の増加によって Sgr A* の活動が活性化することが期待されている。

G2 落下に伴うブラックホール活動の変化を理論的に予言するためには, ブラックホールへのガス降着量を正確に見積もる必要がある。このため, 数値流体計算を用いて G2 の軌道運動が調べられている (Burkert et al. 2012; Schartmann et al. 2012; Anninos et al. 2012)。こうしたシミュレーションによって G2 のグローバルな運動については調べられてきたが, 落下するガス雲と降着円盤との相互作用については考えられてこなかった。しかしながら, ブラックホールへのガス降着量を正確に評価するためには, ガス雲と降着円盤の相互作用についても評価しておく必要がある。特に, ガス雲の落下によって降着円盤が大きな影響を受けた場合には, ブラックホールへのガス降着量も大きく変動する可能性がある。そこで本講演では, 数値流体計算を用いた G2 落下による Sgr A* の巨大ブラックホールへのガス降着量の見積もりについて, 特に降着円盤が受ける影響に注目して議論する。

Title : Sgr A* 近くの恒星系力学

Speaker : 牧野 淳一郎 (東京工業大学)

Abstract : 90 年代以降の赤外線観測により, Sgr A* の極めて近くまで, 大質量で若い星が存在していることが明らかになってきた。このような星の起源についてはいくつかのシナリオが提案されているが, 決定的なものはない。一方, 標準的な 2 体緩和による進化理論では, 銀河中心ブラックホールの周りには密度が距離の $-7/4$ 乗に比例する密度カスプが存在しているはずと考えられる。講演では, これら観測及び理論の現状を概観し, 恒星系から他, 特に降着円盤等ガスの振舞いにつけられる制限があるかどうか検討する。

Title : ガス塊落下に伴うブラックホール降着流時間変動の大局的 3 次元磁気流体シミュレーション

Speaker : 松元 亮治 (千葉大学)

Abstract : 銀河系中心ブラックホールのまわりに形成される降着円盤にガス塊が落下してきたときの降着流の時間変動を円筒座標 3 次元の磁気流体コードを用いてシミュレートした予備的な計算結果について報告する。

Title : Sgr A* の乱に期待するもの

Speaker : 若松 謙一 (岐阜大学)

Abstract : 今回のガス雲落下の prediction は まさに千載一遇の貴重なチャンスかと思う。この「乱」に際し, どんなことを期待しているか, BH の素人の視点から期待を述べる。

Title : 球対称ブラックホール降着流：臨界降着率近傍での観測的特徴

Speaker : 小林 弘 (大阪教育大学)

Abstract : ブラックホールなどコンパクト星周辺の球対称降着流や球対称風 (新星風, 中性子風, ブラックホール風など) において, 観測される光球はしばしば球面が念頭に置かれているが, 観測者にとって光学的厚さが 1 になる面は一般には球状にはならない。とくに相対論的な流れにおいては, 見かけの光球面は球面から大きくずれることが指摘されている (Abramowicz et al. 1991)。この数年にわたり, とくに輻射圧によって光学的に厚い球対称風が吹いている場合について, 相対論的光学的厚みをきちんと考慮して, 観測的にどのような特徴を示すかを検討し (Sumitomo et al. 2007; Fukue and Sumitomo 2009; Fukue and Iino 2010), 黒体輻射とは大きくずれ, べき乗型スペクトルになることなどを示した。一方, 光学的に厚い球対称降着流では, 質量降着率が臨界降着率より十分に大きければ, 光球面は十分遠方に位置するため, 落下速度も小さくあまり大きな違いはみられないと予想された (Fukue and Sumitomo 2009)。しかし, 質量降着率が臨界降着率近傍になると, 見かけの光球面は小さくなり, 落下速度も大きくなるので, 相対論的効果が強く働いてくると考えられる。本研究では臨界降着率近傍の球対称降着流に絞って, 見かけの光球を計算し, 球対称降着流の観測的特徴を調べた結果を報告する。その結果, 光球の形状および光球面での温度分布とともに, 周縁減光効果が強く効くことがわかった。また, 光球の形状については, 周辺部分では, 観測者から見て中心天体より後方まで伸びるという興味深い結果となった。

Title : 一般相対論効果の観測によるブラックホール存在証明に使える観測量

Speaker : 齊田 浩見 (大同大学)

Abstract : ブラックホール (BH) は, 現代の宇宙物理学, 天文学の主役の一つである。しかし私たちは現在, ニュートン理論で同定される『BH 候補天体』しか知らない。一般相対論の効果の観測 (BH を「直接」見ること) による BH 存在証明は, 宇宙物理学と天文学にまたがる重要課題の一つである。BH 存在の観測的立証のために, 次の条件を備えた観測量を見出すことが重要である:

- (a) BH 周辺環境の詳細に依存せず, BH の性質 (質量と自転角速度) だけに依存する。
- (b) BH の性質への依存性は一般相対論でないと説明できない (ニュートン理論では無理)。

この 2 つの性質を備えた観測量は, BH の性質 (質量と自転角速度) を測れるという意味で BH を直接見ることができる観測量である。このような観測量として次のものを解説する:

- ◇ BH に落下していく光源が出す光を遠方で観測したときの, 観測者が測る波の時間変動のパワースペクトル。これが, BH の性質だけで決まるプランク分布に比例した形になる。(BH 周辺環境の影響は, プランク分布の係数に押し込まれる。)

この観測量を来年の Sgr A* イベント (あるいは他の BH 候補天体) で測定できれば, BH 存在の観測的立証ができる可能性がある。

Title : Black hole 時空における wave optics と black hole の imaging

Speaker : 南部 保貞 (名古屋大学)

Abstract :

Title : ブラックホール時空における測地線の摂動論について

Speaker : 孝森 洋介 (大阪市立大学)

Abstract :

Title : ブラックホールシャドウの周縁部の明るさについて

Speaker : 高田 真聡 (大阪市立大学)

Abstract : ブラックホールは未だ観測されたことが無い天体である。候補天体として、はくちょう座 X-1 やいて座 A スターなどが挙げられている。また我々の銀河中心には巨大ブラックホールが存在するといわれている。単独で存在するブラックホールの観測は困難であるが、宇宙に存在する星は連星を成すのが一般的であるためブラックホール周囲にはガス等の物質が取り巻いていると考えられる。これを調べる事で間接的には観測可能である。今回の発表では

- ・光源は光学的に薄く静的
- ・光源の分布は、一様かつ球対称
- ・発光は等方的

と仮定した場合、ブラックホールの周囲に分布する光源を赤道面上かつ遠方の観測者の手前に設置されたスクリーン上の明るさについて述べる。

Title : ブラックホール・オーロラは見えるか?: エルゴ領域での衝撃波形成

Speaker : 高橋 真聡 (愛知教育大学)

Abstract : 私たちの銀河系中心 (Sgr A*) には巨大ブラックホール存在すると考えられている。周辺環境の観測等により、ブラックホールの質量は $\sim 10^6 M_{\odot}$ 程であり、そこには年間 $\sim 10^{-6} M_{\odot}$ 程のガスが降着していると推定されている。ブラックホールの周りには降着ガスが分布していると期待されるが、その光度は極めて低く (標準降着円盤モデルによる推定値に比べて相当に小さい)、比較的薄いガス降着流 (RIAF model) による活動性として理解されている。現在観測されている Sgr A* ブラックホール周辺での活動性 (降着ガス流からのスペクトルなど) は理論的にも精力的に研究が進められている。しかしながら、予想されている「ブラックホール影」の撮像や、ブラックホールの時空構造を示す直接的観測データが得られるには至っていない。

さて、Gillessen et al. (2012) によると、現在地球質量の3倍程度のガス雲が銀河系中心ブラックホールに向かって接近しつつあり、2013年夏頃に最接近するという。これに際して、多量のガスがブラックホールに落下することになると予測され、ブラックホール周辺環境の活動性が增大すると期待できる。今後の20~30年間は Sgr A* の活動性が高まると思われるが、Sgr A* が最も近傍の AGN として振る舞う可能性もある。

実際にどの程度のガスがブラックホールに接近し降着するのか、現在の降着ガス円盤との相互作用の結果何が起こるのか (フレアやジェットは生じるのか?) の問題については、今後数年間の継続的な他波長観測が答えてくれるだろう。それに先立ち、ブラックホール時空の観測的解明という観点からは、相対論効果が現実的にはどのように観測されうるか予測しておく必要がある。本講演では、一般相対論的取り扱いによるブラックホール降着流および衝撃波形成モデルを適用し、ブラックホールの極く近傍 (特にエルゴ領域内) で期待される相対論的諸過程について議論する。

ブラックホールへの降着流に発生する衝撃波研究には Takahashi et al (2006) や Fukumura et al. (2007) があるが、MHD 衝撃波 (adiabatic shock) が発生するための磁力線の回転角速度としては、降着円盤 ISCO あたりの角速度の数倍程度は必要である。このことは、通常の準定常的な状態の時には衝撃波は生じていないとしても、何らかの外的摂動が加えられた場合には (磁力線の角速度が速くなることで) 衝撃波が発生する可能性を示唆する。今回のガス雲降着で一時的に磁気圏が乱され衝撃波が発生すると、衝撃波で加熱されたホットプラズマは「フレア現象」として観測されるかもしれない。そのようなフレアは、磁力線の回転周期程度 (ISCO のダイナミカルなタイムスケールよりも短い?) の時間変動して観測されるだろう。

Title : ブラックホール降着流概論

Speaker : 嶺重 慎 (京都大学)

Abstract : ブラックホール降着流の理論面 (古典的モデルから最新シミュレーションまで) および多波長観測の現状を概観し、フレアイイベントにおいて期待されることを議論する。主な項目は

1. さまざまな降着スペクトル状態と降着円盤モデル
2. 最新シミュレーション (大局的輻射磁気流体シミュレーション)
3. ブラックホール・スピン効果?
4. バイナリーブラックホールに関する話題
5. フレアイイベントで期待されることなど

Title : EHT および VERA+KVN による銀河中心巨大ブラックホールの観測

Speaker : 本間 希樹 (国立天文台)

Abstract : EHT(Event Horizon Telescope) プロジェクトはブラックホールシャドウやその近傍領域の直接撮像を目指す国際プロジェクトである。本講演ではその概要と近況を紹介するとともに、VERA+KVN など日本および東アジアが有する VLBI 装置を組み合わせることで銀河中心巨大ブラックホールの高分解能観測にどのような展開が期待されるかも紹介する。

Title : X 線干渉計

Speaker : 村上 弘志 (立教大学)

Abstract : X 線は波長が短いため、理論的限界となる角度分解能 (回折限界) は他波長と比べて小さく、例えば 1 keV (およそ 1 nm) の X 線で 1 m の口径の場合回折限界は約 0.2 ミリ秒である。我々は、この X 線の特徴を活かし、ブラックホールの影の直接撮像を目指した X 線干渉計を研究している。従来の計画では、MAXIM という編隊飛行により干渉計を構成する衛星が考案されていたが、ミラー衛星と検出器衛星の間が 500 km という長距離であり、実現が難しい。これに対し、我々はハーフミラーを用いて別経路からの光を重ね合わせることで干渉を起こす新しい形態を考えている。この形態での干渉像の simulation を行い、10 m 程度の基線長でシャドウの判別や形状の検証が可能であることを明らかにした。本講演では、干渉計の構成の説明と simulation の結果について発表する。また、進行中の他の計画である、補償光学を用いた高解像度望遠鏡 Xmas Project の開発状況についても紹介する。

Title : VLBI monitoring of Sgr A* at 32GHz

Speaker : 堀内 真司 (CDSCC/CSIRO) with C.Jacobs (JPL/Caltech), C.Phillips (ATNF/CSIRO), I.Sotuela and C.Garcia-Miro (MDSCC/INSA)

Abstract : The compact radio source Sagittarius A* is associated with the super massive black hole at the centre of the Galaxy and has been studied with VLBI observations at different frequencies such as 8, 22, 43, and 86 GHz, and more recently in the sub-millimeter regime. To understand the origin of Sgr A* 's rapid variability, broad frequency coverage in such observations is crucial. NASA Deep Space Network has established a unique 32 GHz VLBI array to develop a celestial reference frame of radio loud quasars at 32 GHz using VLBI baselines from Canberra in Australia, Goldstone in California USA, and Madrid in Spain. We have detected 482 sources over the Declination range of $90 > \text{Dec.} > -45$ and catalogued them with high positional accuracy. Using LBA stations in Australia that can also observe at 32 GHz (ATCA and Mopra) and using an ESA station in Argentina (Malargue) we are on the verge of exploring the sky coverage also toward the South Pole. Now, several antennas worldwide are planning or considering adding 32 GHz VLBI capability. Thus, there is now an opportunity to create a worldwide 32 GHz network for high resolution imaging and astrometry. This new frequency coverage with VLBI will be able to enhance the global campaign to monitor Sgr A* in mid-2013 around the time when a gas cloud is making its closest approach to the central black hole where AGN activities are expected to be triggered.

Title : 22GHz 短基線 VLBI による Sgr A*2013 年事象の立ち上がりの検出

Speaker : 坪井 昌人 (宇宙科学研究所)

Abstract : 国内で通年を通して観測可能である最高周波数 22GHz であるが、この周波数で観測可能なアンテナを結び短基線 VLBI を形成する。この VLBI により Sgr A* をできるだけ毎日モニターして、2013 年事象の立ち上がりフェーズの検出を目指す。検出後は他の望遠鏡に警報を発生しフォローアップ観測を行う。この発表では計画の詳細と準備状況を発表する。

Title : LEO 衛星サブミリ波 VLBI による Sgr A*BHS 観測の可能性

Speaker : 朝木 義晴 (宇宙科学研究所)

Abstract : 太陽同期の低周回 (Low-Earth-Orbit: LEO) 衛星と地上サブミリ波望遠鏡によるスペース VLBI の概念検討を行った。地上望遠鏡が 2~3 局程度しかなくても高度 800 km の極軌道を周回する LEO 衛星との組み合わせにより、驚くほど密な (U, V) サンプルを得ることが可能になり、サブミリ波を使うことで超高空間分解能かつ高画質なサブミリ波イメージを取得できる。ここでは Sgr A* ブラックホール・シャドウ (BHS) を観測対象とした場合、1 機の LEO サブミリ波望遠鏡衛星で構成するサブミリ波スペース VLBI によるイメージング・シミュレーション結果について報告する。

Title : 宇宙用高精度大型リフレクタの研究開発の現状

Speaker : 石村 康生 (宇宙科学研究所)

Abstract : 5~10m 規模の宇宙用高精度大型リフレクタについて、ASTRO-G での開発実績および現状の研究開発動向について述べる。鏡面精度を支配する要因は、設計精度、製造精度、展開再現性、熱変形、膨潤変形、軌道上材料劣化、解析誤差などがあげられるが、それらの具体的な評価方法と高精度化にむけた取り組みの成果を示す。

Title : 衛星搭載用高安定周波数標準の現状

Speaker : 志賀 信泰 (情報通信研究機構)

Abstract : 原子時計には大きく分けてマイクロ波を源振とする「マイクロ波周波数標準」と可視光レーザーを源振とする「光周波数標準」とに別れる。マイクロ波周波数標準は技術の熟練度及びロバストネスが高く、衛星搭載に向いているが、短期安定度では光周波数標準に及ばない。本講演では両者のメリット・デメリットを比較しながら現在進行中の 3 つの衛星搭載用高安定周波数標準プロジェクトについてレビューを行う。

Title : 衛星搭載用ミリ波/サブミリ波観測機器開発の状況

Speaker : 西堀 俊幸 (宇宙航空研究開発機構)

Abstract : 国際宇宙ステーションに搭載した超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (JEM/SMILES) のサブミリ波アンテナ光学系と受信機の開発結果について述べ、衛星搭載用ミリ波/サブミリ波スペクトロラジオメータの将来計画を紹介する

Title : 岐阜大学 1.1 m 電波望遠鏡観測システム

Speaker : 高羽 浩 (岐阜大学)

Abstract : Sgr A* の VLBI 観測に参加する岐阜大学 1.1 m 電波望遠鏡の観測システムについて紹介する。記録装置は最大 512Mbps 記録の実績がある K5/VSSP32 のほか、SINET4 を使って国立天文台に 2Gbps x 2 ch のデータ伝送を行う光結合 VLBI 観測装置があり、三鷹に同じく 2 Gbps でデータ伝送ができる国土地理院 3.2 m 鏡、NICT 鹿島 3.4 m 鏡との観測実績もあり、Sgr A* のモニター観測に使うことも検討している。

Title : Sgr A*2013 イベントに向けた高萩 32 メートル電波望遠鏡の準備状況

Speaker : 米倉 覚則 (茨城大学)

Abstract :

Title : Origin of the X-ray Variation and
the Seemingly Broad Iron Emission Line Feature in Seyfert 1 Galaxies

Speaker : 海老沢 研 (宇宙科学研究所)

Abstract : We propose a simple spectral model (" Variable Partial Covering [VPC] model ") for Seyfert 1 Galaxies including MCG-6-30-15 that explains most of the 2-40 keV spectral variation by virtually a single parameter (partial covering fraction, a below). Our spectral model is composed of three continuum components;

- (1) a direct power-law component,
- (2) a heavily absorbed power-law component by ionized intervening matter, and
- (3) a cold disk reflection component far from the black hole with moderate solid-angle ($\Omega/2\pi \sim 0.3$).

The transmitted spectral component through the absorbing clouds has a characteristics spectral feature of the ionized iron K-edge, which is considered to be the origin of the seemingly broad iron-line feature commonly observed in Seyfert galaxies.

Title : 質量比が小さいバイナリーブラックホールへの降着流

Speaker : 斉藤 秀樹 (京都大学)

Abstract :

Title : 臼田 10m アンテナ 22GHz 帯化計画の進捗

Speaker : 森光 智千 (東京大学)

Abstract : 来年夏, 銀河系中心 Sgr A* に地球質量の 3 倍のガスが落下しつつあることが発表されている。ガス雲が落下すれば様々な波長で Sgr A* のバーストが起こる可能性があるが, バーストが起き始める正確な時期は予測できないため毎日のモニター観測が重要となってくる。電波の場合, Sgr A* を周囲の広がった成分から分離するためには電波干渉計による観測が重要である。センチ波では基線長で 100km 以上が必要なため, VLBI 観測となる。臼田 10m アンテナはスペース VLBI 衛星 HALCA の Ku バンド (15GHz 帯) リンク局として建設されたが, 22GHz 帯で国内の他のアンテナと結んで VLBI 観測を可能にすることには大きな意義がある。しかし昨年度の性能測定の結果, 現有ホーンを 22GHz 帯で使用した場合 2.3dB の大きな損失があることが判明した。受信機雑音温度として現有テスト常温受信機の 160K を仮定するとシステム雑音は 500K 以上になり, 上記の天体の観測は難しい。そのため今回新たに 22GHz 帯に最適化されたホーンを製作した。また, 偏波観測が重要であると考えセプタム型偏波器を用いた左右両偏波受信機として設計した。現在, 来年夏の Sgr A* イベントに向け, 臼田 10m アンテナを 22GHz 帯で VLBI の一局として利用するために準備中である。今回は 10 月 24~26 日に臼田で行った受信機系設置作業と性能測定の詳細について報告する。

Title : つくば 32m 電波望遠鏡の現状報告

Speaker : 金子 紘之 (筑波大学)

Abstract : 国土地理院つくば 32m 鏡は測地用として用いられているが, 筑波大学では国土地理院との協定の元, 20GHz 帯冷却受信機を搭載し, 単一鏡として運用, 観測を行ってきている。また, VLBI 観測用としても整備を行い, Sgr A* へのガス雲 G2 落下のモニター観測の準備を進行中である。