

《公開！ ウチの研究室(4)》

茨城大学理学部

自然機能科学科 宇宙物質大講座

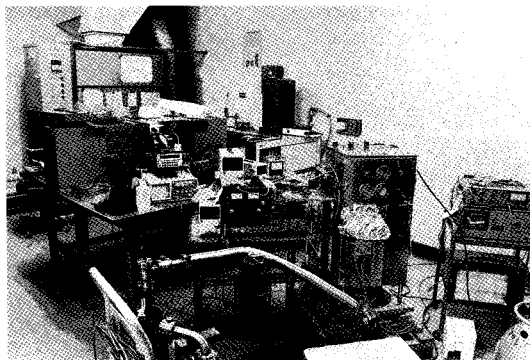
電波天文学研究室

茨城県水戸市にある茨城大学理学部電波天文学研究室では、焦点面機器の開発製作などを中心に天文学の最前線にあるべく活発に活動しています。現在はSZ効果の測定という目的で、40-GHz帯 SIS マルチビーム受信機を製作中です。この他にも銀河中心領域の観測的研究など幅広く活動しています。

皆さんは茨城大学をご存じでしょうか。茨城大は茨城県（当然ですが）の県庁所在地の水戸にあります（工、農学部を除く）。茨城県の国立大学と言うと多くの人が筑波大学を思い浮かべるらしく、また水戸という町は水戸黄門などで名前はよく知られているのですが水戸が何処にあるのか知らなかったりするようでなかなか寂しい限りです。そんな、人口約20万人程の地方小都市である水戸市郊外の閑静な住宅地に建つのが茨城大学です。

こんな大学ではありますが、我が電波天文学研究室は天文学の最前線にあるべく日々努力しています。地方の国立大学ではとてもアンテナを建てるほどの予算はありません。そこで焦点面周辺の機器に重点を置いて開発製作を行っています。一流の焦点面機器を製作して世界と勝負？！しようと言うわけです。

平成7年度から、40-GHz帯 SIS マルチビーム受信機（3×2ビーム）を科研費一般Aで野辺山宇宙電波観測所、法政大学と共同で製作中です。平成8年の冬には、野辺山45m鏡に搭載される予定になっています。この受信機の最大の目的は宇宙背景放射の銀河団によるスニヤエフ・ゼルドビッチ（SZ）効果の測定です。SZ効果というのは、



実験室光景

中央にあるのがデュワー。中にテスト受信機が入っており4Kまで冷やす。

銀河団を満たす高温プラズマにより、2.7 Kの宇宙背景放射の光子が逆コンプトン効果を受けそのスペクトルが短波長側にずれるため、マイクロ波で弱くなり、サブミリ波で明るくなって見える現象です。このSZ効果の大きさは、X線強度と同様その銀河団の電子温度、密度、見通しの深さ（奥行き）などから推定できます。そこで、電波でのSZ効果、X線強度の観測から銀河団の奥行き、すなわち銀河団の実際の大きさを見積もることが出来、これを見かけの銀河団の大きさと比べることで銀河団までの距離が求まるのです。この様に遠方の天体までの距離（ d ）を精度よく決めると言うことは、 $v=H_0d$ で決まるハッブル定数（ H_0 ）を決定することになります（後退速度（ v ）は分光観測から求められます）。実際に宇宙の非常に遠方の天体までの距離を測ることは難しく、一般には様々な距離スケールでの方法を組み合わせた“距離の梯子”を用いる手法が行われていますが、この手法では遠方になると梯子となるひとつひとつの方法の誤差が蓄積される可能性があります。このSZ効果を用いる方法だと、‘直接’非常に遠方の銀河団までの距離が求められるのです。しかし、このSZ効果はサブミリ波では地上で観測することが出来ず、ミリ波でも1 mK以下と非常に弱く時間がかかり、今までの観測ではかなり誤差が大きく難し

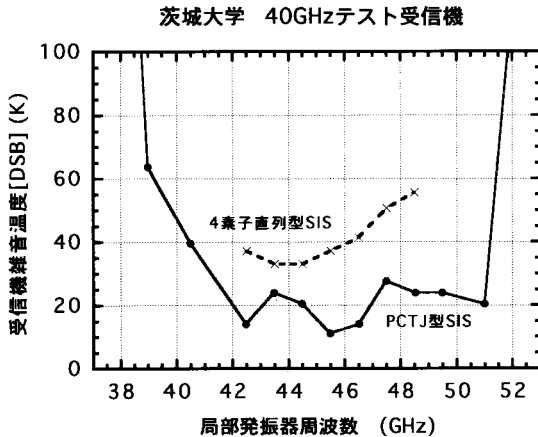


図1 40 GHz テスト受信機の受信機雑音温度

実線は PCTJ 型 SIS 素子を用いたときの受信機雑音温度で、この PCTJ 型 SIS 素子は野辺山宇宙電波観測所で開発された新しいタイプのもの、点線は 4 素子直列型 SIS 素子を用いた時で、この SIS 素子は野辺山 45 m 鏡の現 S 40 受信機などに使われている従来型のもの、いずれも中間周波数は 1.5 GHz 帯。

い観測でした。そこで、40 GHz 帯の低雑音、高安定な SIS マルチビーム受信機を作り効率よく観測しようと言うのです。この受信機は、固定型バックキャビティのみを持つミキサーに野辺山宇宙電波観測所で製作された PCTJ という超伝導素子を用い、4 K の超低温にまで冷やして使います。4 K という低温の実験は、冷却して実験を行い常温まで暖めると言う 1 サイクルで 2、3 日はかかってしまい大変手間がかかるなど、そう容易ではありません。ともかく、中間周波数 1.5 GHz で受信機雑音温度は現在までに 20 K (DSB) を切る性能が出ており(図 1)、最終的に 45 m 鏡に載せられた時予想されるシステム雑音温度は現 S 40 受信機の 2 倍は良くなるでしょう。本稿を執筆中(95.12.)は、安定化のためのスイッチの予備実験や光学系の設計などを行っています。現段階では SZ 効果の測定のためということで連続波観測専用には製作していますが、将来的には局部発振器系やバックエンドに改良を加えることで、ライン観

測でも 6 ビームの威力を発揮できるでしょう。

このような宇宙論的観測を目的とした受信機開発の他、我々は現在野辺山 45 m 鏡に 40 GHz の偏波計を持ち、銀河中心領域や星生成領域の磁場構造の測定を行っています。また、さらに高周波での偏波計の開発も検討しています。これらの機器開発のため 4 K 冷凍機その他、スペアナ、スイーパーなど 100 GHz 帯までの実験が可能な設備を持っています。

また、銀河中心領域などの観測的研究も行っています。先の 40 GHz の偏波観測の他、野辺山 45 m 鏡で行われた銀河中心領域の CS $J=1-0$ (及び、 $J=2-1$) サーベイの約 2 万 4 千点に及ぶデータを持ち、現在解析中です。また、東京大学のグループの野辺山 45 m 鏡による銀河中心領域の CO $J=1-0$ サーベイにも協力しています。この CS、CO のデータを比較することで色々なことが分かってきています。

平成 7 年 12 月現在、助教授の坪井昌人先生をはじめ、M2 が 1 名、M1 が 3 名います(平成 7 年度から博士後期課程ができましたが我々の研究室にはまだいません。)。このうち M2 の 1 名、M1 の 1 名は宇宙研に向向して VSOP 衛星計画に、M1 の 1 名は通総研鹿島に向向して国内 VLBI にも参加するなど活発に活動しています。

こんな茨城大学理学部電波天文学研究室をよろしく!!

(茨城大学理学部電波天文学研究室 M1

宮崎敦史)