

自己評価報告書

平成23年4月14日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2008～2012

課題番号：20244011

研究課題名 (和文) 天の川のアンモニア掃天観測

研究課題名 (英文) Survey of Ammonia along the Milky Way

研究代表者

中井 直正 (NAKAI NAOMASA)

筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授

研究者番号：80192665

研究分野：電波天文学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：天の川、銀河、アンモニア分子、星形成、電波望遠鏡

1. 研究計画の概要

(1) 筑波大学の近くにある国土地理院つくば32m電波望遠鏡の20GHz帯受信観測システムを広周波数帯化・高感度化してアンモニア分子(NH₃)の23.6~25.1GHzにある(J,K) = (1,1)~(6,6)の6本の輝線ならびに超微細構造線を同時観測することができる観測システムを開発整備する。

(2) この観測システムを用いて天の川銀河の銀河面のアンモニア分子の高密度分子ガスの6本の輝線の同時観測を行い、その強度比から励起温度(現在のガス温度)、光学的厚み(従ってガスの面密度)、オルソ・パラ比(従って過去のダストの温度)などの物理量を精密に測定する。これによって、個々の星形成領域だけではなく、銀河系中心部を含む銀河系全体の構造と運動ならびに現在と過去の温度を比較することによって星形成史を明らかにする。

(3) またこのような膨大な観測を実質的に実行可能なのは世界で本望遠鏡だけであるので、取得した大量のスペクトル線観測データのデータベースを構築し世界中に公開して、赤外線・X線等の他波長との比較により星形成や銀河系構造の研究に末永く使用されるようにする。

2. 研究の進捗状況

(1) アンテナシステム

①アンテナの指向性誤差を位置が既知の水メーザ天体を全天で測定し、誤差モデルに従って器差パラメータを決定して、全天において23GHzでのアンテナの主ビーム角(100")の十分の一である10"以下の指向誤差を達成した。

②アンテナの主ビーム角(HPBW=角分解能)、

主ビーム能率、開口能率を精密に測定し、またその仰角依存性も測定した。それによって天体からのアンモニアの強度を正確に校正できるようになった。

③アンテナのビームが通るところの雨除けカバーの整備を行い、鳥避けを設置した。

(2) 受信機システムの広周波数帯化高感度化
①アンテナサイトにおいて20K冷却した偏波分離器と広帯域(19.5~25.2GHz)低雑音HEMT増幅器により左右両偏波を取得・増幅するシステムを開発した。

②その出力を局部発振器と混合器を介して4~8GHzの中間周波数に変換し、さらに増幅して観測局舎に伝送するシステムを開発した。この際に、受信機出力が変動しスペクトルがゆがむ現象が検出された。その原因を追究したところ受信機周囲の温度の変化ときれいに相関していることがわかり、さらにその理由を調べたところ、温度変化に伴って受信機各部のケーブルの伝送率が変動していることがわかった。そこでケーブルに断熱処理を施して温度を安定化させたところ、受信機出力も安定化させることができた。これによって観測効率を大幅に向上させることができた。

③アンモニアのスペクトルを得るために広帯域(1GHz)のデジタル分光計を4台設置し且つ温度の安定化を図って、(J,K) = (1,1)~(6,6)の6本の輝線を左右両偏波同時観測可能なシステムを構築した。またそのデータの取得システムも整備した。

(3) 望遠鏡制御システム

①アンテナ、強度校正システム、受信機システム、デジタル分光計などを同期を取って精密に制御するための制御システムや観測パラメータテーブル入力システムなどを整備

し、正確で効率のよい観測システムを構築した。

(4) 天の川銀河の掃天観測

①現在までに、銀経の $-0.1^\circ \sim +1.3^\circ$ 、銀緯の $-0.1^\circ \sim +0.1^\circ$ の領域におけるアンモニア分子の(J,K) = (1,1)~(6,6)の6本の輝線の同時観測を行った。

②しかし、2010年7月25日に32mアンテナに非常に大きな落雷があり、アンテナの駆動系とビーム切替ミラーのエンコーダなど多くの故障が発生し、交換部品の入手が容易でないなどから2011年3月末までアンテナが動かさない状態が続いた。そのため、天の川のアンモニア観測は十分には実施できなかった。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

特に望遠鏡の開発整備は予定どおりに進展した。但し、落雷の影響でアンテナが駆動できなかった期間が長期にわたったため、天の川銀河のアンモニア観測は予定よりも遅れている。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 落雷により故障したアンテナの復旧を早期にはかる。アンテナの駆動系とビーム切り替えミラーのエンコーダ等の修理は終了したので、2011年4月初めにアンテナとしては駆動できる状態になった。そこで、アンテナの指向性誤差の測定を再度行い、全天において角分解能の十分の一以下の誤差にして観測が再開できる状態にする。

(2) 受信機をさらに安定化させて一層の高感度化を図り、観測の効率を向上させる

(3) 天の川銀河のアンモニアの(J,K) = (1,1)~(6,6)の6本の輝線の同時観測を再開し、銀経の $+1.3^\circ$ より大きいところの領域に拡大する。そして6本の輝線の強度比からアンモニア分子の励起温度(現在のガス温度)、光学的厚み(従ってガスの面密度)、オルソ・パラ比(従って過去のダストの温度)などの物理量を精密に測定する。これによって、個々の星形成領域だけではなく、銀河系中心部を含む銀河系全体の構造と運動ならびに現在と過去の温度を比較することによって星形成史を明らかにする。

(4) 大量のデータを保存し、容易に取り出して解析を行い、物理量を求めるシステムを構築する。またこの大規模なデータベースを容易に利用できるシステムも作り、世界にデータを公開する。

5. 代表的な研究成果

[学会発表] (計 3件)

(1) 石井峻、瀬田益道、中井直正、ほか 32mグループ、「つくば 32m 電波望遠鏡による M17

領域のアンモニア輝線観測」、日本天文学会、2011年3月18日、筑波大学

(2) 永井誠(代表)、荒井均、瀬田益道、中井直正、ほか 32mグループ、「つくば 32m 電波望遠鏡を用いた銀河系中心領域アンモニア輝線観測」、日本天文学会、2009年9月14日、山口大学

(3) 荒井均、瀬田益道、中井直正、萩原健三郎、宮本祐介、永井誠、石井峻、「広帯域デジタル電波分光計 AC240 の水冷機構の開発と性能評価」、日本天文学会、2009年9月14日、山口大学