

57P 中性水素21cm線を用いた銀河系の回転曲線の作成

科学研究部 物理数学班 天文班 電波班第2学年:

森悠斗、柴田春音、芹澤総一郎、丸田凌志郎【東京都立科学技術高校】

研究動機・目的

私たちはダークマターについて興味を持っていたが、ダークマターの存在が確認されている観測的な証拠の一つとして銀河の回転速度の測定があると知った。先輩方の電波望遠鏡の研究を引き継ぎ、装置を完成させて天の川銀河の中性水素の21cm線の観測を行えば私たちでもダークマターの存在を確認することができると考え研究を行った。

仮説

銀河を作る物質の質量分布から予想された回転速度は図1のようになる

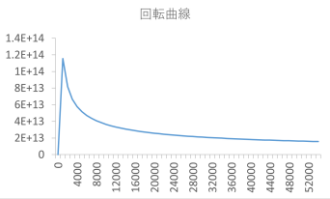


図1 渦巻銀河の回転曲線
一方実際の回転曲線は図1と違いほとんど横ばいになることが知られている。銀河の外縁部では水素の存在量が少ないと予想されるため、私たちの観測システムで観測した中性水素21cm線波のドップラーシフトから求めた天の川銀河の内縁部の回転速度は一定になると予想する。

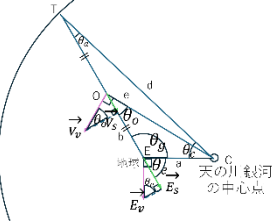
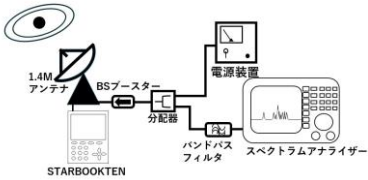


図2中心距離の計算図[1][2][3][4]

- 点
- C…銀河系の中心点。
- E…地球
- O…辺ETの中点。観測している天体はすべてここにあると仮定しても観測されたドップラーシフトと矛盾しないと仮定した。以後仮想観測点と呼ぶ。
- T…観測している方向の銀河の端。銀河系の半径は52850光年としている。
- 辺
- a…定数: 辺CE。地球と天の川銀河の中心点との距離。この研究では264719138753664000000[m]としている。
- B…変数: 辺EO。地球と仮想観測点の距離。銀径によって変化する。後で計算式を述べる。
- E…変数: 辺CO。仮想観測点と銀河系中心との距離。銀径によって変化する。
- d…定数: 辺CT。銀河系の半径。この研究では945425495548800000000[m]としている。
- 変数
- 変数: $\angle ETC$ 。銀径によって変化する。eを求めるために使う。
- 変数: $\angle ECT$ 。銀径によって変化する。eを求めるために使う。
- 変数: $\angle CEO$ または $\angle CET$ 。観測方向を表す(銀経)。
- 変数: 地球の公転方向と仮想観測点のなす角。
- 変数: $\angle COE$ 。仮想観測点の視線速度を求めるために使う。
- 速度ベクトル
- V_g …地球の回転速度。
- V_e …地球の視線速度。
- V_r …仮想観測点の回転速度。
- V_s …仮想観測点の視線速度。つまり地球向きの速度成分。

実験①

”このポスター内で統一していること”
電波望遠鏡の観測システム
観測システムを図3に示す。
バックグラウンドの観測を観測1、観測2を挟んで1分ごと一度のプラットを5回行う



観測1

銀河座標系で座標を表示したときに、銀緯が0度に近く観測時期に観測可能な星座をピックアップした(カシオペア座白鳥座ペルセウス座)

結果

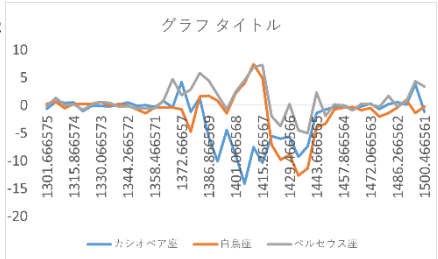


図4 3つの星座の周波数とdBmのグラフ
カシオペア座の1.42GHz帯が極端に値が低くなっており逆にペルセウス座と白鳥座では1.42GHz帯が高く

考察①

- ①カシオペア座の1.42GHz付近が極端に少なくなっている原因は機材の不調やその方向に中性水素の密度が引くなっている等が挙げられた
- ②ペルセウス座、白鳥座は1.42GHzが出ているため中性水素の観測に成功しているのではないか
- ③銀緯0° "付近"であるためズレが生じてしまうのではないか

実験②

Pythonで銀経銀緯の値で赤経赤緯を求めるプログラムを作成した

観測2

銀経0° ~25° までの範囲を5° ずつと80° ~150° までの範囲、210° 250° 350° を10° ずつに1分ごとに一度のプラットを5回行う

結果

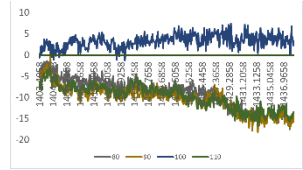


図5 80° ~110° のグラフ

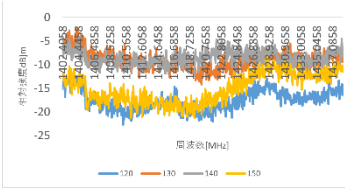


図6 120° ~150° のグラフ

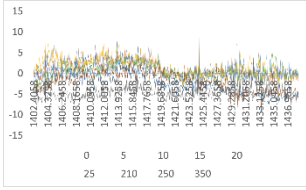


図7 銀経0° ~25° 、210° 250° 350° のグラフ

銀経350° 付近に1.42508258Ghz帯にピークが見られたしかし全体のグラフでは銀経ごとのピークがわからなかった

考察②

図4からは銀経80° ~90° 、110° でグラフの傾向はほとんど変わらなかったが、銀経100° でほとんど全ての値が0dBmを超えたグラフとして観測できた。このことについては、観測した点に人工衛星があったのではないかと考えられる。図5からは銀経120° 、150° にドップラーシフトらしいものは見られなかったが、銀経130° 、140° ではかすかに周波数の近似した形が異なった場所にあるように見られた。図6からは1403.6658KHzから1404.9258KHz帯にピークが見られたためドップラーシフトの影響で1.42GHzから青方偏移が起きたと考えられる。また1425.0858KHz帯に銀経350° ではドップラーシフトが起きていないと考えられる

今後の展望

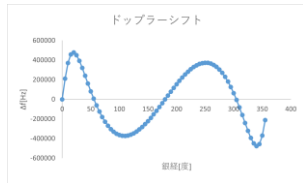


図8 座標ごとのドップラーシフト

今後は観測データのピークをフィッティングなどで抽出し、そこから得たドップラーシフトから回転速度を逆算していきたいと考えている。

参考文献

- [1]NASA座標計算 https://ned.ipac.caltech.edu/coordinate_calculator
- [2]観測したと仮定する点について。天の川銀河と地球の距離について https://www.asi.or.jp/isession/old/2008haru/43_s10_hyogo.pdf
- [3]銀河の半径 <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%8A%80%E6%B2%B3%E7%B3%BB>
- [4]天の川銀河中心と地球の距離について <https://www.kahaku.go.jp/exhibitions/ym/resource/tenmon/space/galaxy/galaxy02.html#%E3%81%9D%E3%81%AE%E5%BE%8C%E3%80%81%E6%9A%97%E9%BB%92%E6%98%9F%E9%9B%B2%E3%81%AE%E3%81%8B%E3%81%AA,%E7%B4%842000%E5%85%89%E5%B9%B4%E3%81%A7%E3%81%99%E3%80%82>