

## レポート課題について

担当教員：河野孝太郎、廿日出文洋（東大天文センター）

1. 野辺山 45m 電波望遠鏡のような、「単一鏡」を使って観測した際に得られる直接的な観測量は、天体の「アンテナ温度」 $T_a^*$ である。アンテナ温度とは、どのような測定量か。また、それは、どのようにして測定されるか。それぞれ、説明せよ。
2. 今回の実習で観測した天体・領域について、基本的なパラメーター（座標、視線速度、距離）およびその特徴や興味の対象となっている点を簡潔にまとめよ。
3. 今回の実習で行った観測を特徴づける情報をまとめよ。
  - (ア) 観測日時、その時の天候、風の状況
  - (イ) 観測周波数、その周波数での観測のビームサイズ（理論値）
  - (ウ) 観測に使用した受信機と観測中の典型的なシステム雑音温度
  - (エ) 観測に使用した分光計とその台数、周波数帯域幅と、周波数分解能、対応する速度分解能
  - (オ) 観測に用いた「OFF 点」の座標（なぜ OFF 点の観測が必要か、についても、次の設問の中で説明すること。）
4. 観測および解析の手順の概要を述べよ。
5. 得られたアンモニア分子の  $(J,K) = (1,1)$  反転遷移輝線のスペクトルのうち、S/N がよい観測点を一つ選び、スペクトル（横軸周波数、縦軸アンテナ温度）を示せ。ノイズレベルおよび積分時間も明記せよ。観測されているであろう 5 本の輝線それぞれについて、対応する全角運動量  $F$  の遷移 ( $\Delta F = 0, \pm 1$ ) も記入すること。また、観測時のシステム雑音温度や分光計の周波数分解能の情報をもとに、理論的に期待されるノイズレベルを計算して、実際に得られた値と比較せよ。
6. 観測領域を、可視光もしくは中間赤外線（Spitzer 衛星や Wise 衛星等のアーカイブ画像）の画像の中に図示せよ。画像には、座標（もしくは空間スケール）を付すこと。
7. 得られたスペクトルを全て示せ（いわゆる“profile map”を示せばよい）。観測した 3 種類のアンモニア  $(J,K) = (1,1), (2,2), (3,3)$  反転遷移輝線、全てについて示すこと。このとき、可能であれば、縦軸の表示範囲を揃えて profile map を作成し、 $(J,K) = (1,1), (2,2), (3,3)$  のうち、どの遷移が相対的に強くなっているか、を読み取りやすくすることが望ましい。アンモニア以外の輝線が検出された場合は、その輝線についての profile map も示すこと。
8. 得られた下記の観測量の空間分布を示す画像を示せ。アンモニアの 3 つの輝線に加え、他にも輝線が検出された場合は、併せて示すこと。画像には、座標（もしくは空間スケール）を付すこと。
  - (ア) 積分強度分布。

- (イ) 輝線のピーク温度分布。
9. 得られたスペクトルのうち、S/N がよい観測点を一つ選び、データやその fitting の結果を示しながら、以下の物理量を得るまでの導出プロセスを説明せよ。次に、観測されたスペクトルが持つ誤差のうち、ノイズレベルに着目し、これが、求められる物理量にどのように伝搬するかを考察し、以下の物理量の誤差を評価せよ。また、スペクトルのノイズレベル以外に、誤差を決める要因となっているもの（たとえば  $\Delta F = \pm 1$  の輝線に見られる非対称性）があれば、その影響も可能な範囲で考察せよ。なお、 $\Delta F = \pm 1$  の輝線に見られる非対称性は、Hyperfine Intensity Anomaly (HIA)として大質量星生成領域にしばしば見られることが知られているが、その原因はまだ分かっていない (Camarata et al. 2015, *Astrophysical Journal*, 806, 74)。
- (ア) アンモニア分子の(J,K) = (1,1), (2,2), (3,3)反転遷移の  $\Delta F = 0$  の遷移 (“main”のスペクトル線) の視線速度とその半値幅
- (イ) 各輝線の光学的厚み
- (ウ) ガスの温度
- (エ) アンモニア分子の (J,K) = (1,1)および(2,2)準位にある粒子の柱密度
10. 以下の物理量の空間分布を示せ。
- (ア) ガスの温度
- (イ) アンモニア分子の (J,K) = (1,1)および(2,2)準位にある粒子の柱密度
11. 得られた輝線のピーク温度や物理量の空間分布を、他の波長のデータ、特に中間赤外線とのデータと比較せよ。
12. 以上の情報をもとに、観測天体・領域について、どのようなことが推論できるか、考察せよ。
13. アンモニア分子の窒素原子と水素原子の位置関係が入れ替わる「窒素反転」では、一見、分子のエネルギー状態は同じに見えるが、この反転に伴い、反転遷移が現れる（エネルギー差が生じる）のはなぜか、説明せよ。

最後に、今回の実習について、感想を書いて下さい。改善点・要望したいこと、苦情？など、気付いたことがあれば、何でも自由に書いて下さい。

提出期限：2017年8月29日（火）

提出先：天文学教室事務室