

彗星コマ中における C_2 分子発光モデルの構築

東京大学大学院
理学系研究科天文学専攻修士 1 年
福江慧

1 Introduction

彗星は太陽系形成時の氷微惑星の残存物と言われており、原始太陽系星雲の環境を知るための手がかりとなる。彗星が太陽に近づくと「コマ」と呼ばれる光芒が発達する。彗星を構成している物質には水分子や C_2 分子など、様々な分子が含まれている。そのため彗星コマの可視スペクトル中には、特徴的な分子バンドが見られ、その解析から彗星の本体である「核」中に存在する氷の組成比を求めることが出来る。この組成比を求めるために必要な因子の 1 つが「蛍光効率」と呼ばれるものである。これまで、多くの研究では太陽-彗星間距離の逆二乗に比例した値が使われているが、厳密にはそれとは若干異なる依存性を持つと予想される。

本研究では彗星スペクトルに多く見られる C_2 分子の蛍光効率を自ら求め分子発光モデルを構築し、太陽-彗星間距離に対する依存性を検証した。さらにこのモデルを用いて 2007 年 4 月末に兵庫県立西はりま天文台で観測した Lovejoy 彗星の核の組成比を求めた。

2 Observations & Results

今回観測を行った天体は C/2007 E2 Lovejoy 彗星である。Lovejoy 彗星は 2007 年 3 月 15 日にオーストラリアの Terry Lovejoy 氏によって発見された新彗星であり、発見時の光度は 10 等級であった。観測は兵庫県立西はりま天文台の 2m 反射望遠鏡 (なゆた望遠鏡) と可視光分光装置 (MALLS) を使用し行った。観測は 2007 年 4 月 24~27 日にわたり低分散分光観測を行った。観測時の Lovejoy 彗星の実視光度は約 8 等級であった。観測データから得られた画像の処理は画像処理ソフト IRAF を使用して、1 次処理とスペクトルの抽出を行った。 C_2 のバンドスペクトルや O I の禁制線と NH_2 の輝線が確認できた。CN はノイズが大きく特定が困難であった (Fig.1)。

3 ANALYSIS

3.1 Model

C_2 分子の発光モデルを作るにあたり、今回考慮したバンドは 5000 \AA 付近に $\Delta v=0$ のバンドが見られる $d^3\Pi_g$ 状態と $a^3\Pi_u$ 状態のバンドである「Swan band」、 $b^3\Sigma_g$ 状態と $a^3\Pi_u$ 状態のバンドである「Ballik-Ramsay band」、 $e^3\Pi_g$ 状態と $a^3\Pi_u$

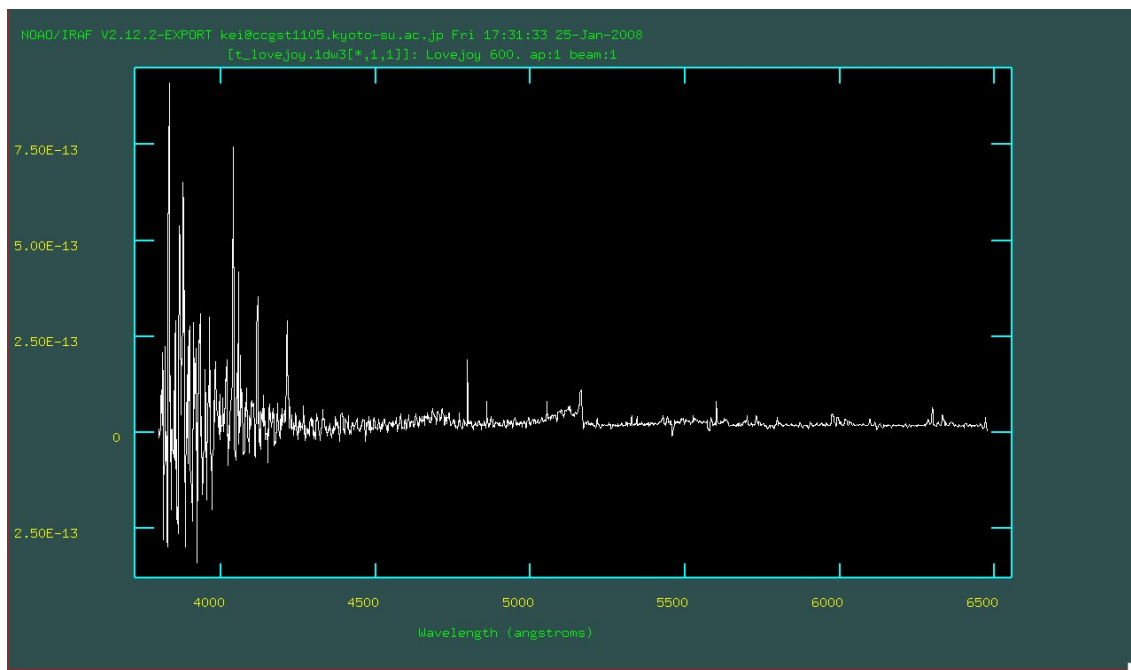


Fig.1: 彗星コマのガスだけのスペクトル。感度補正や波長較正を行い、太陽光も除去している。

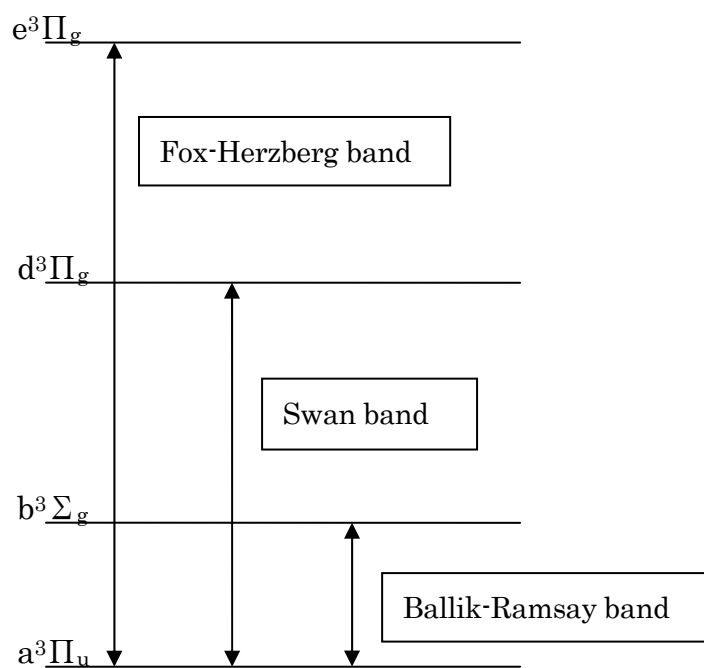


Fig.2: 今回調べた C₂ 分子のエネルギー準位

状態のバンドである「Fox-Herzberg band」の3つのバンドである (Fig.2)。実際にはごくわずかに1重項状態との遷移もあるが、今回は3重項状態での代表的な3つのバンドを選んだ。さらにこの4つの電子状態にそれぞれ10の振動状態を考え

合計で 40 個の準位があるとし、回転状態は無視したモデルとした。

モデルの構築後、従来の 1AU での蛍光効率の値をもとに逆二乗に比例させているモデルと、今回計算したモデルと比較した。その結果、例えば±3%程度の精度が必要な場合では従来のモデルでは問題があることが分かった(Fig.3)。1.5AU 程度までの距離にある彗星には大きな差はなく従来のモデルも適用可能であろうが、3AUや0.5AUなどの距離にある彗星に対しては従来のモデルでは不十分であると考えられる。

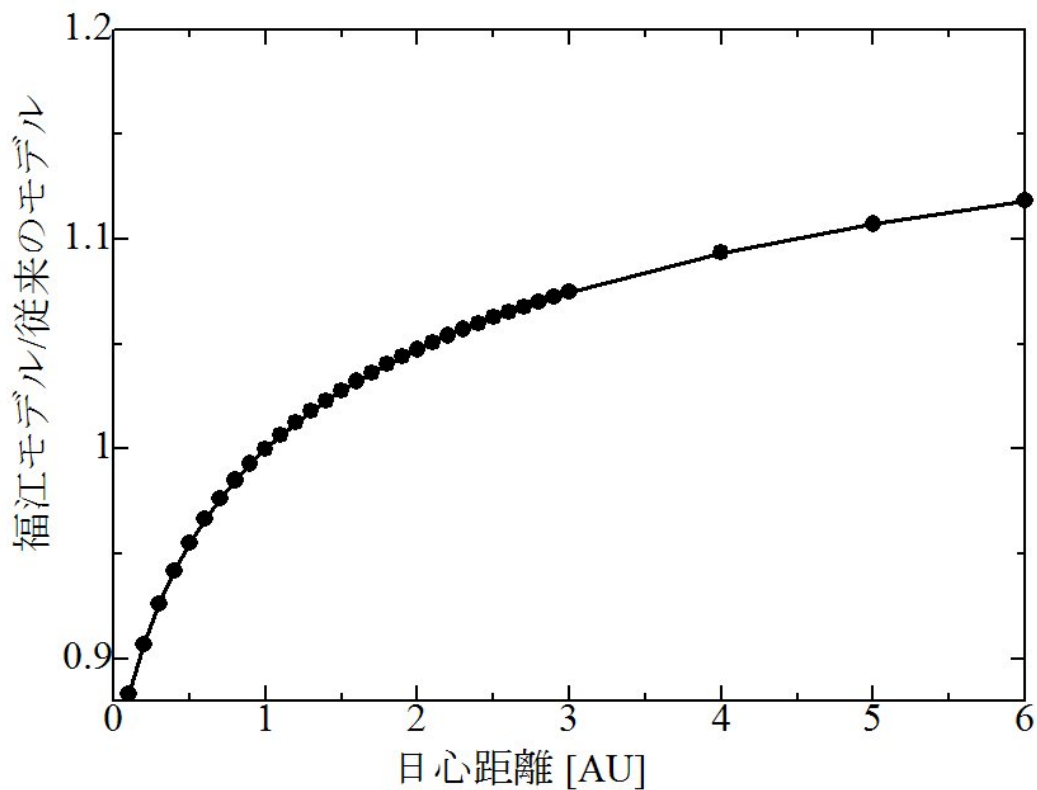


Fig.3: Swan band, Ballik-Ramsay band, Fox-Herzberg band の三つのバンドを考慮した場合のモデルの比

3.2 Gas production rate

前節で求めた蛍光効率を用い Lovejoy 彗星のガスの生成率を求める。

$$L_{\text{coma}} = Q[\text{ガスの生成率}] \times \tau [\text{分子の寿命}] \times g[\text{蛍光効率}]$$

$$L_{\text{coma}} = F_{\text{coma}} \times 4\pi \Delta^2$$

という関係式があり、 L_{coma} はコマ全体の光度、 F_{coma} はコマ全体のフラックスである。コマ全体のフラックスは観測で得られたフラックスをガス分布のモデルに適応させれば求まり、 Δ は地心距離である。ガス分布は Haser Model を使いモデル化を行った。2 で蛍光効率が導出できたため、ガスの生成率が求められる。

ガス分布のモデル化を行なうと式が非常に複雑になり、一般的に解析的に解は出せないなので計算機を用いた。今回用いた計算機は大阪教育大学の勘田氏提供のもの

である。また、今回のプログラムで組成比を出すために観測データからフラックスを得る分子は C_2 、 CN 、 NH_2 の三つである。さらに組成比を氷から求めるため[O I]の 6300\AA の禁制線のフラックスも必要となる。 CN 、 NH_2 に関しては従来値を用いた。以上から求めた Lovejoy 彗星の化学組成を Table.1 と Fig.4 に示す。

組成比[%]	Lovejoy	Typical Comet (Halley Class)
H_2O	100	100
C_2/H_2O	0.24 ± 0.03	0.16~0.39
NH_2/H_2O	0.55 ± 0.07	0.10~1.05
CN/H_2O	≤ 0.18	0.09~0.32

Table 1: Lovejoy 彗星の化学組成
CN に関しては 3σ の上限値としている。

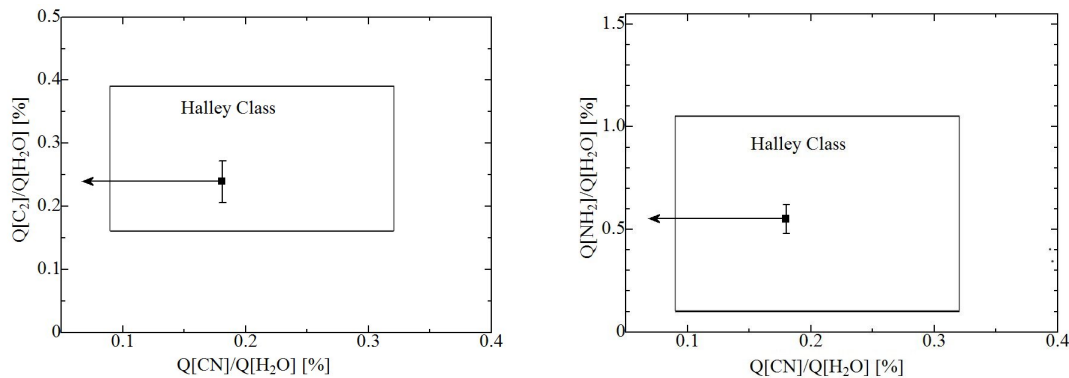


Fig.4 : C_2 vs CN と NH_2 vs CN の error bar (CN は上限値)

これらから Lovejoy 彗星は Halley 型に分類される典型的な彗星であることが分かった。今後の課題は回転遷移を含めた発光モデルの構築、またガス分布のモデル化も Haser Model ではなく現実的なモデルを構築する必要がある。

謝辞

西はりま天文台での観測にあたり、実際に観測指導をしていただいた故森淳氏に心から感謝致します。また指導していただいた京都産業大学の河北秀世先生、助言していただいた小林仁美さん、勘田裕一さん、佐藤智洋さんに感謝致します。