



可視光応答性を持つ星間分子の
実験室生成とその高分解能分光

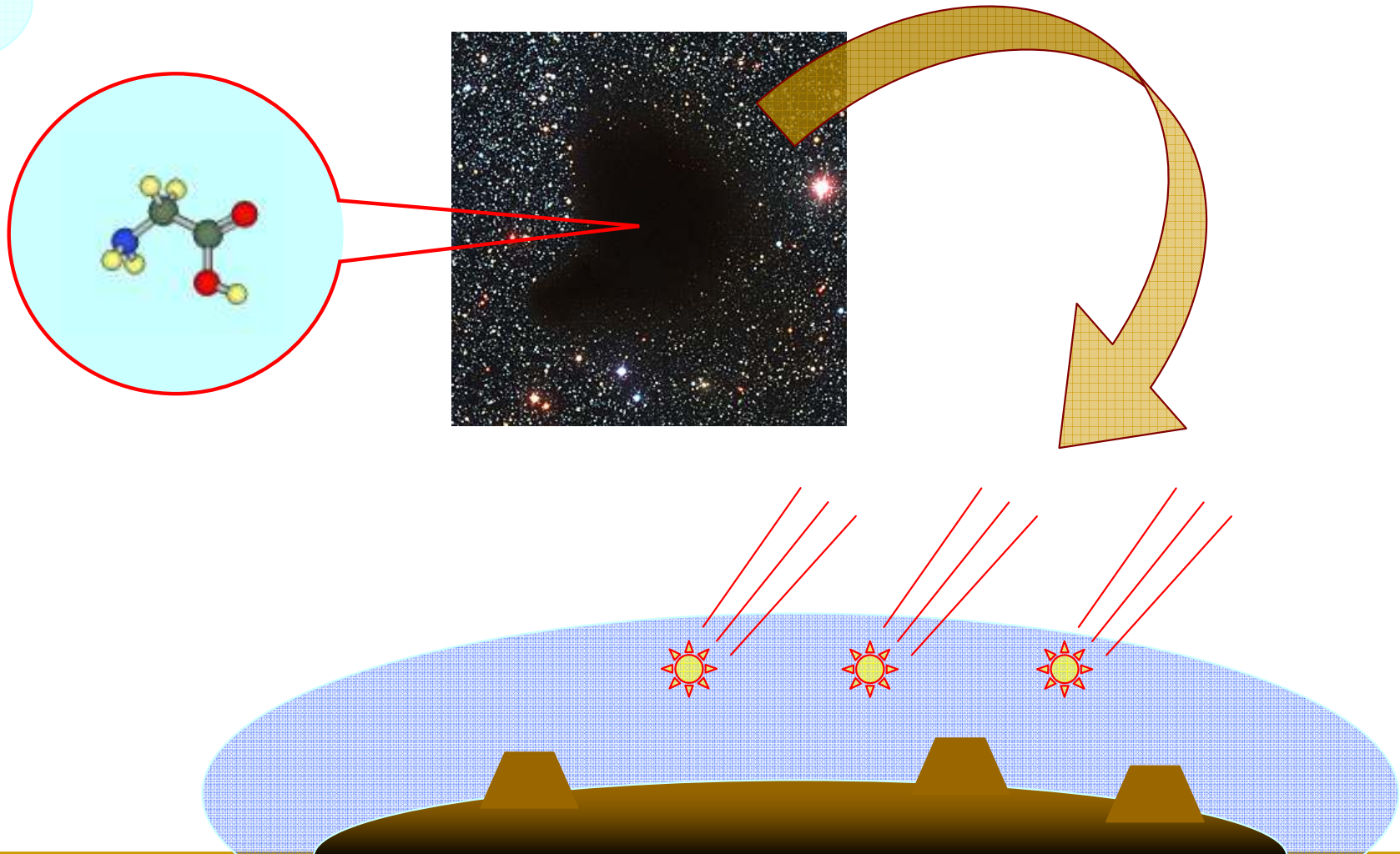
High Resolution Spectroscopy of
Laboratory-Produced Interstellar Molecule
having Response to Visible Light

○荒木光典、輪胡宏学、庭山桂、築山光一
東京理科大学 理学部第一部化学科

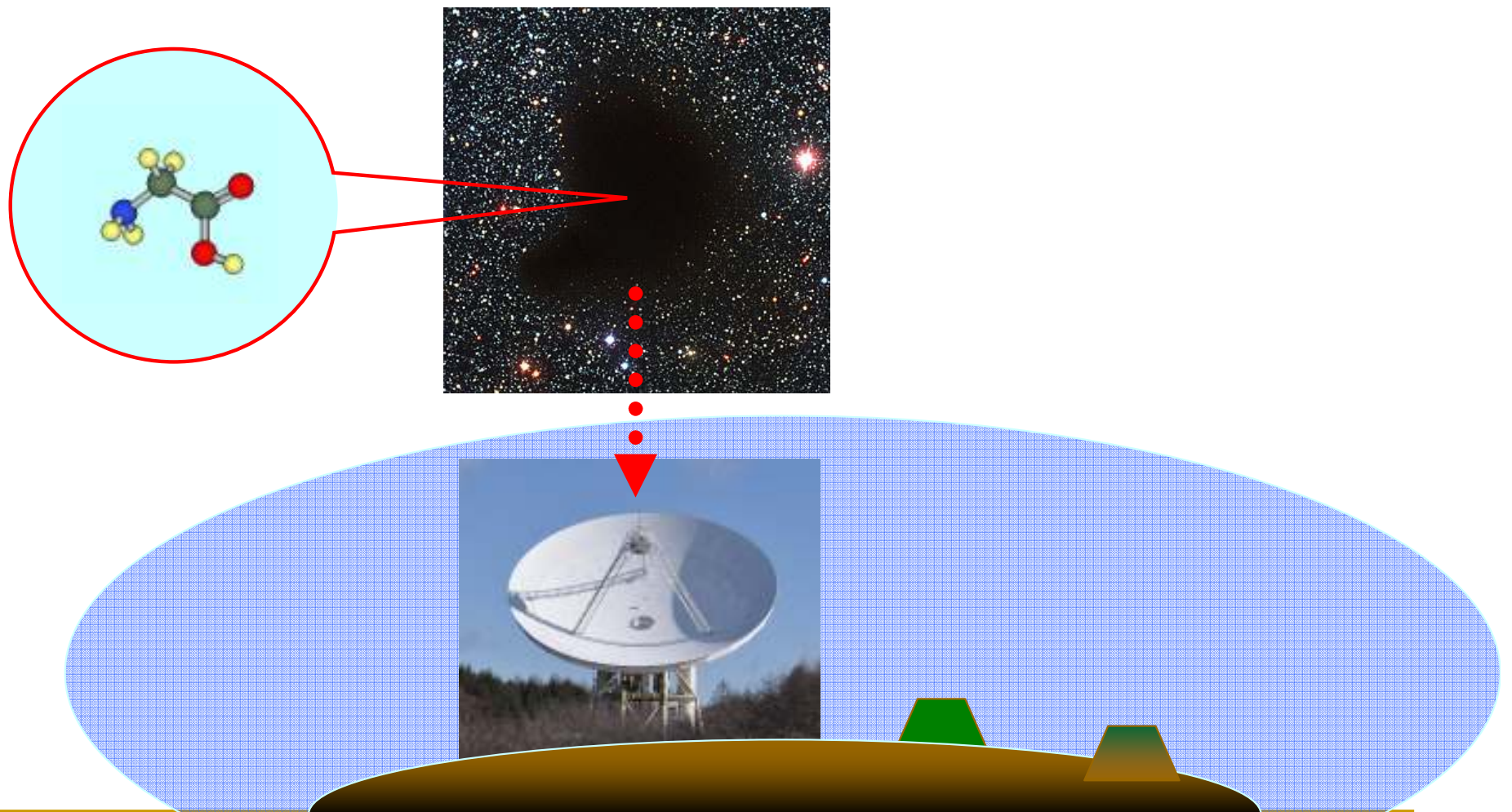
2014年5月1日

生命の素となる物質は宇宙で作られ、それが地球に運ばれることによって地球上で生命が生まれた...

仮説



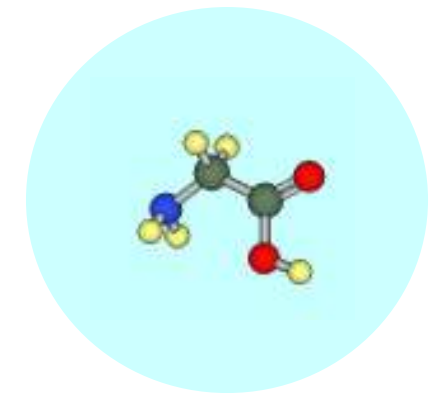
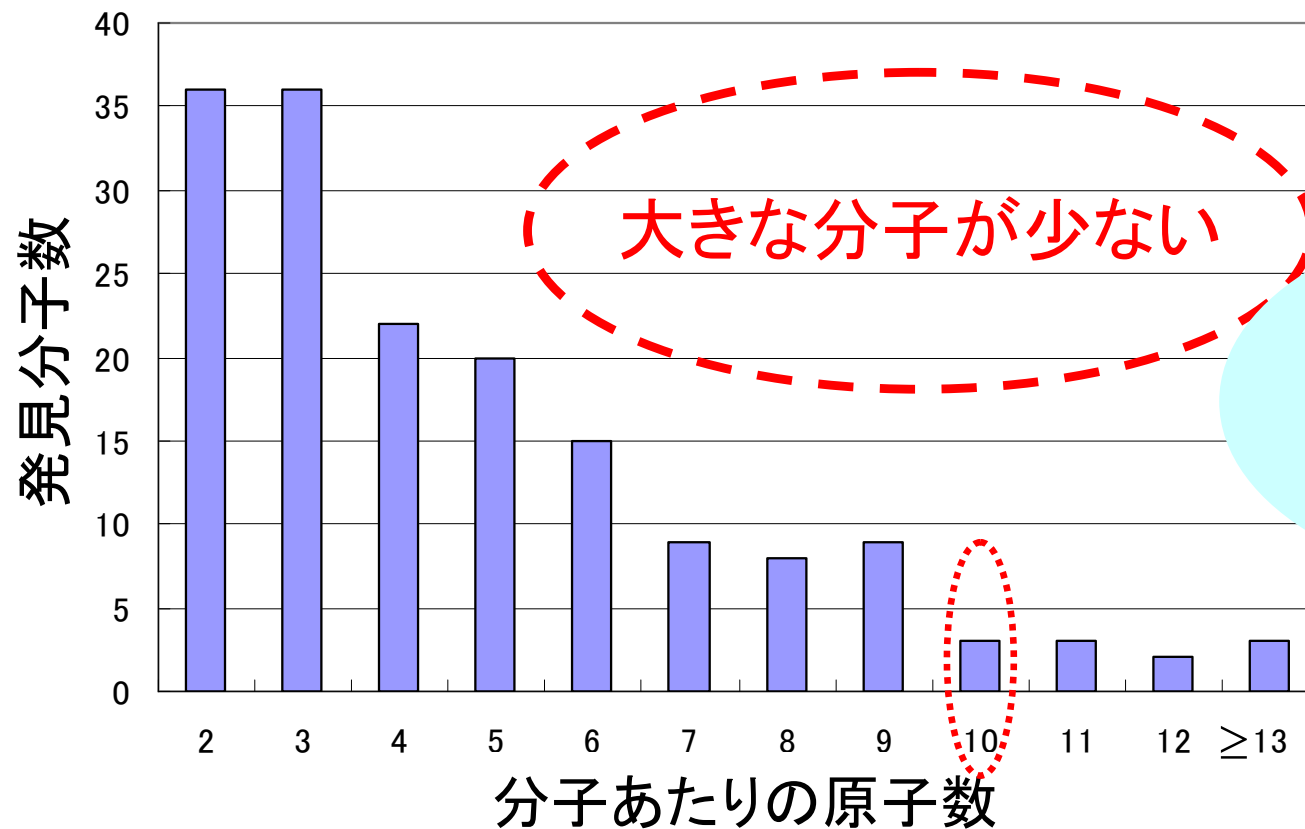
電波で観測できるとよいが



星間分子の発見状況

発見されている星間分子173 個

発見された星間分子の原子数分布



グリシン
未検出

電波では
大きな分子は
暗い

大きな分子はどうしたら見えるか？

■ 分子種が同定できるか？

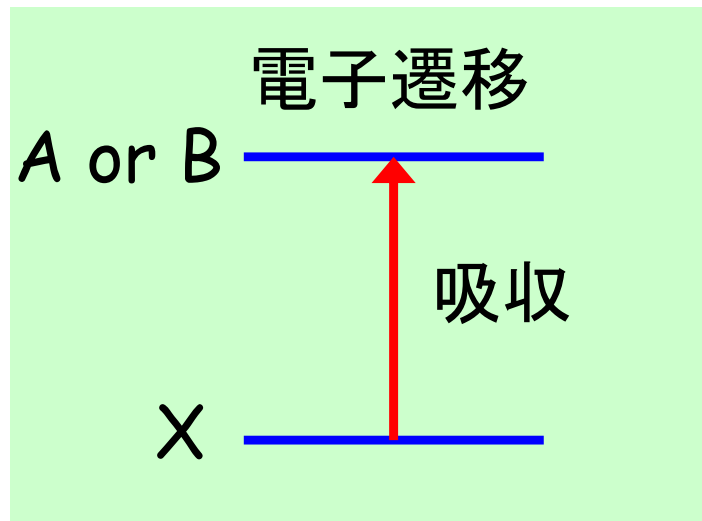
電波 回転遷移 → 分子種同定可 → 検出困難

赤外 振動遷移 → 検出可 → 分子種同定困難

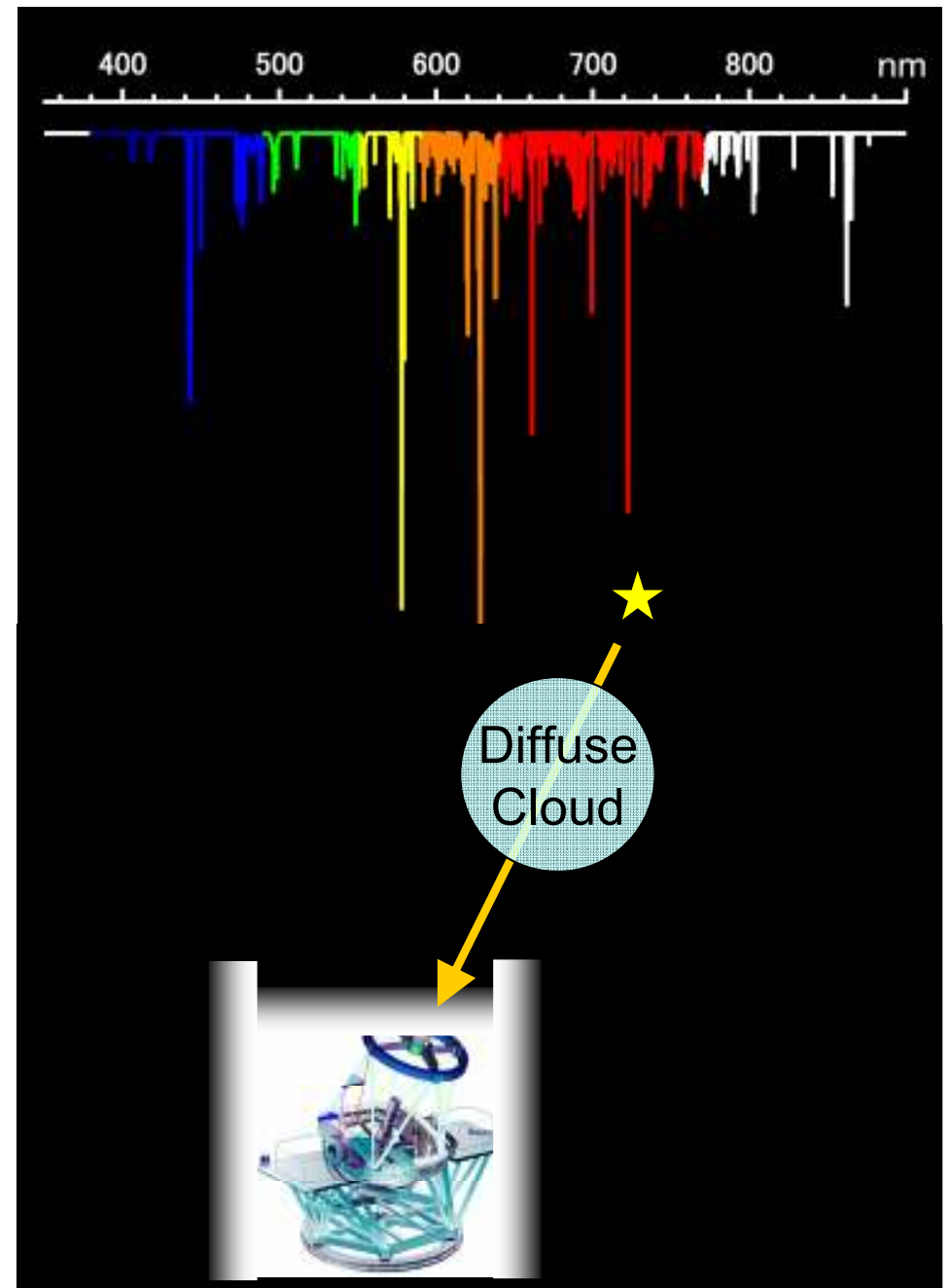
可視 電子遷移 → 検出可 → 分子種同定可

星間分子の可視の電子遷移は見えているのか？

見えています ⇒ DIBs

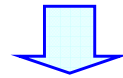


- Diffuse cloud 内の星間分子による可視光吸収線
- Diffuse Interstellar Bands (DIBs)
- 可視から近赤外 (幅:0.5-50Å)
- 現在600本程度
- 最初の報告は1922年



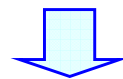
その正体は？

可視領域に遷移(可視応答性)



イオン・ラジカル

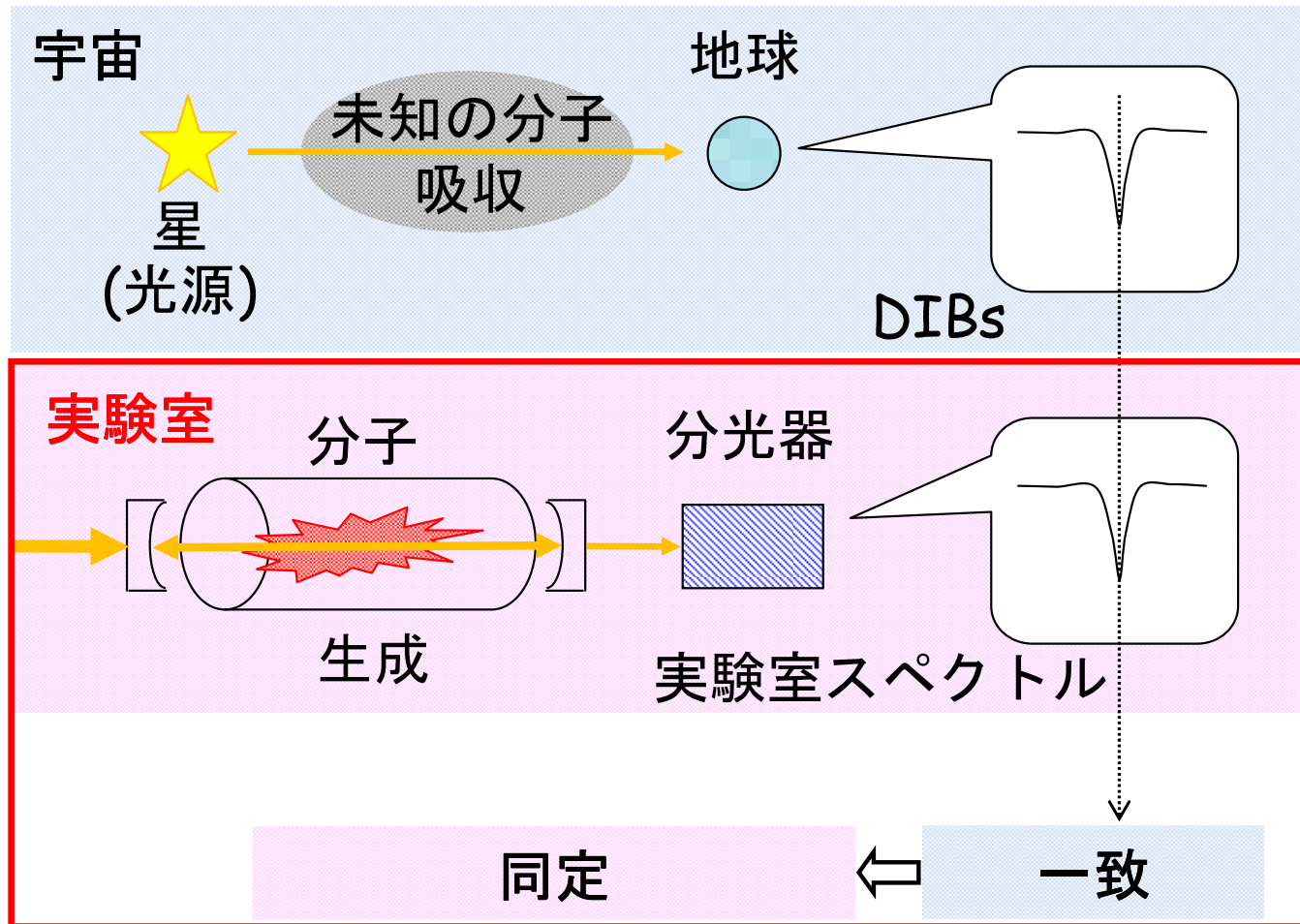
電波で観測しにくい大きな分子



未だ同定されず

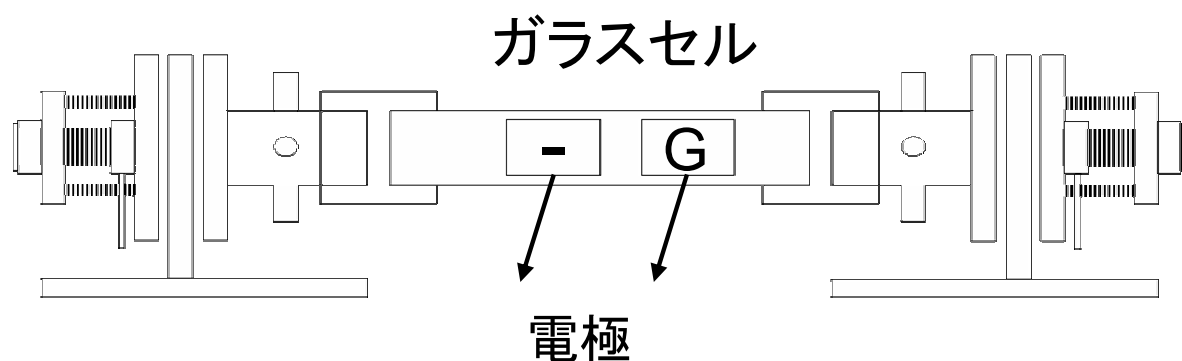
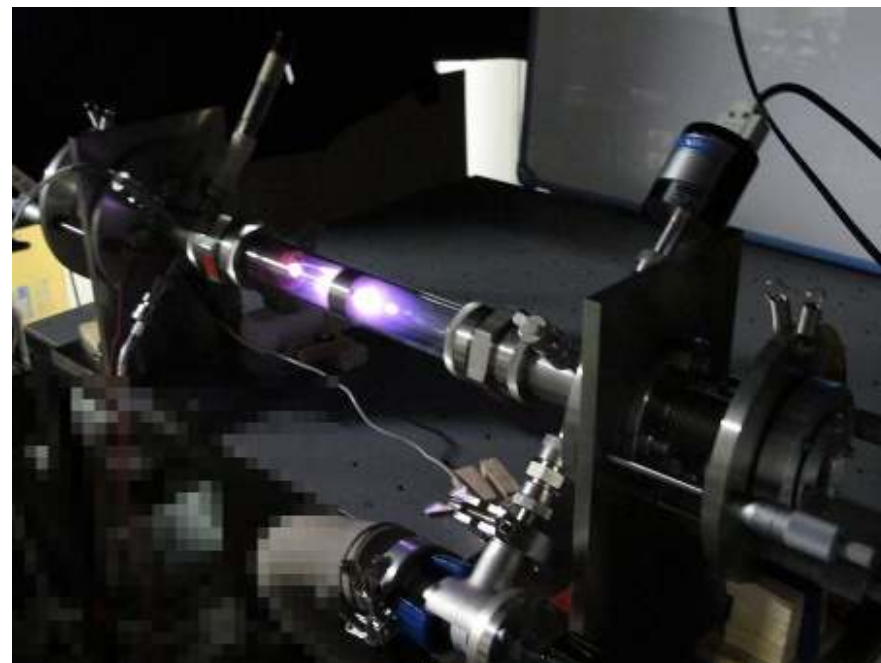
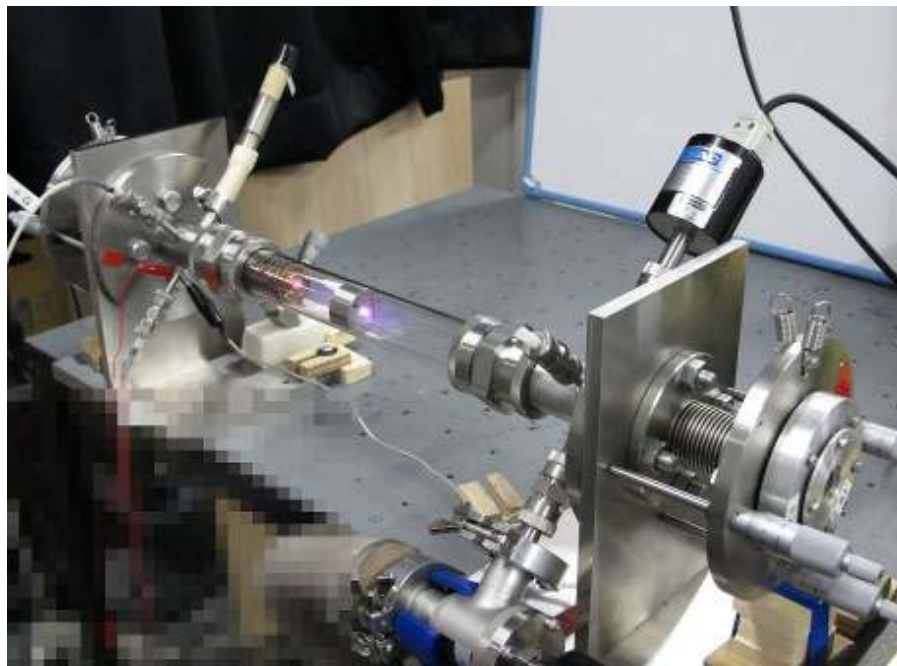
どうやってDIBsを同定するのか？

可視光領域の電子遷移



キャビティリングダウン(CRD)分光法

気相の可視高分解能吸収分光法 + 放電で分子生成



ホロカソード放電

理想的にはグリシンカチオン

→ 気化しにくい

すべての生物が含硫黄分子を持つ

→ 基本的硫黄キャリア

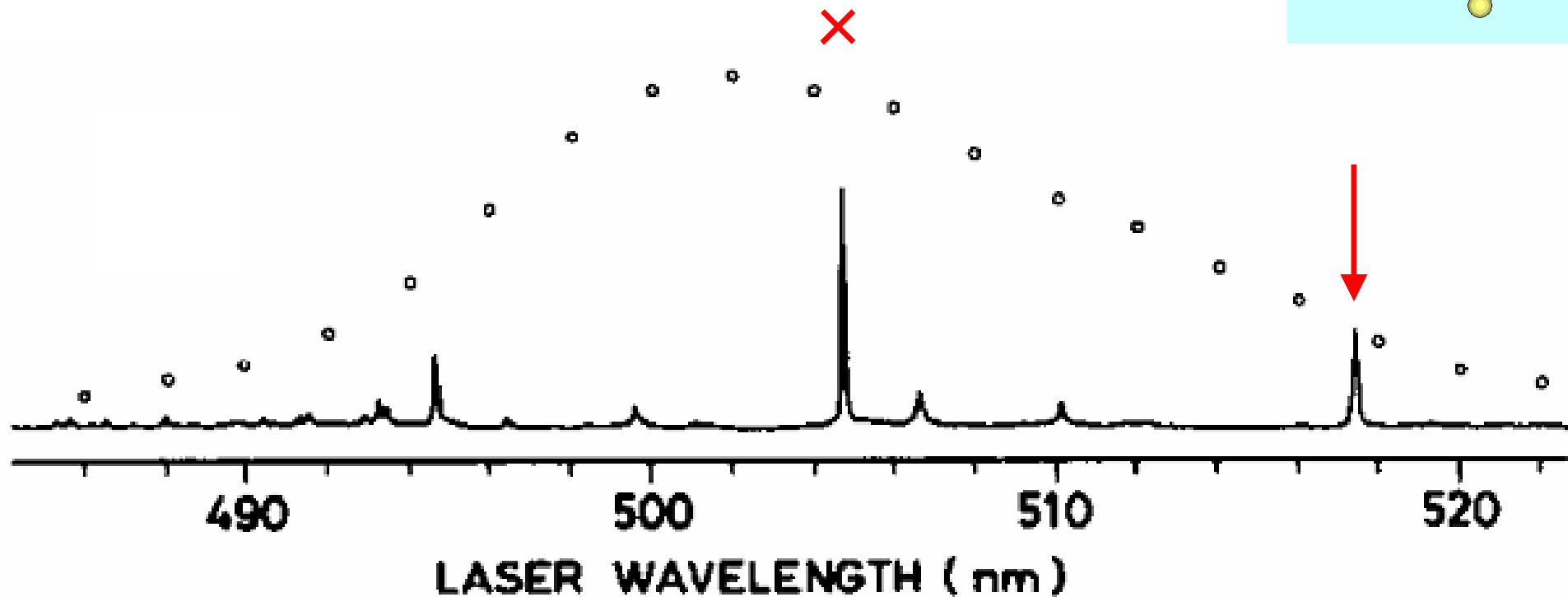
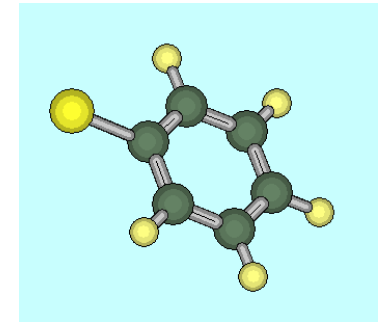
星間空間での異常温度分布

→ モデル分子

これまでに報告された実験室スペクトル

電子遷移

DIBs
妨害あり



K. Shibuya, M. Nemoto, A. Yanagibori, M. Fukushima, K. Obi,
Chemical Physics, **121**, 237-244, 1988

DIBsの見える星HD204827

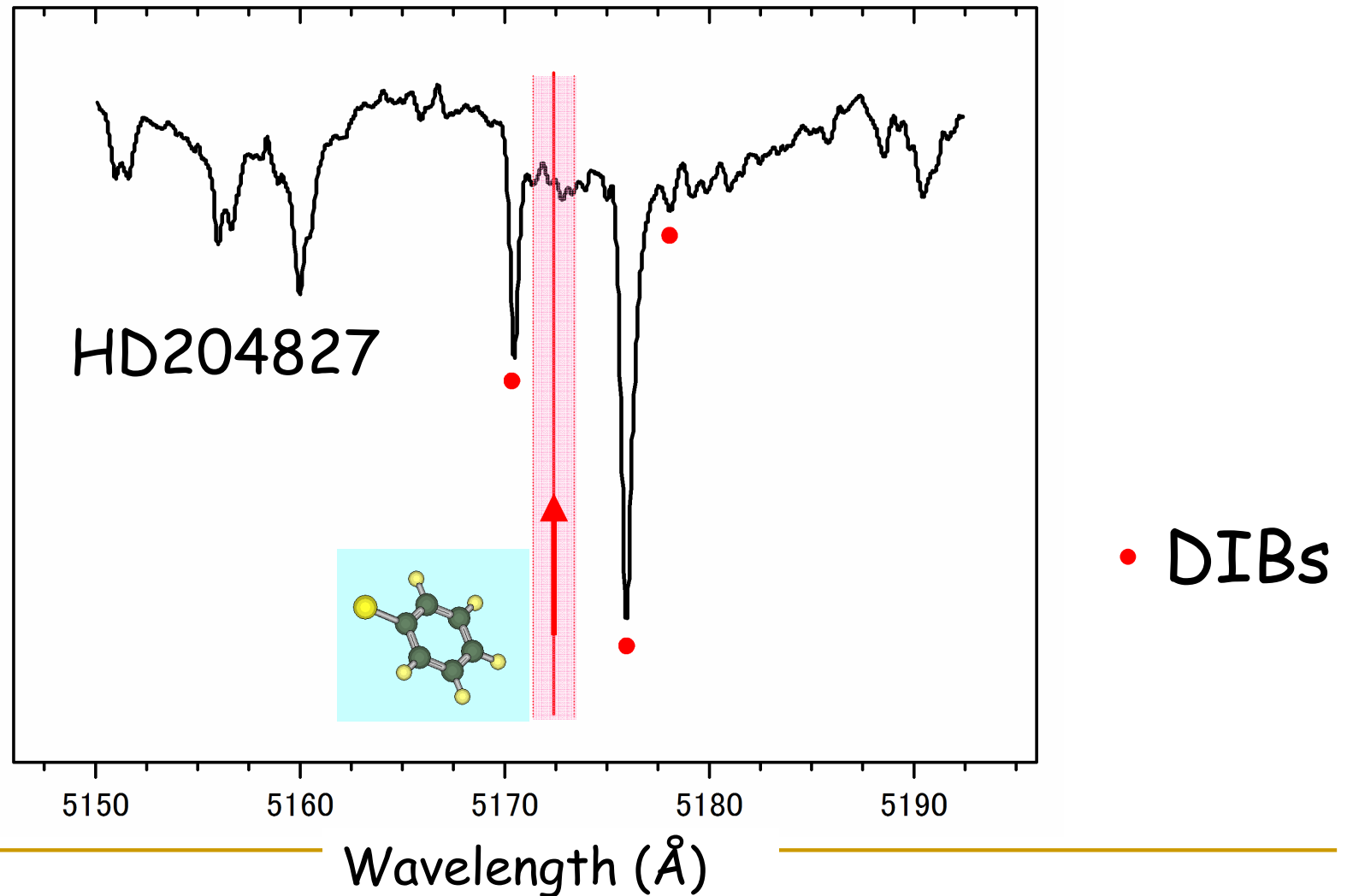
銀河面

天の北極

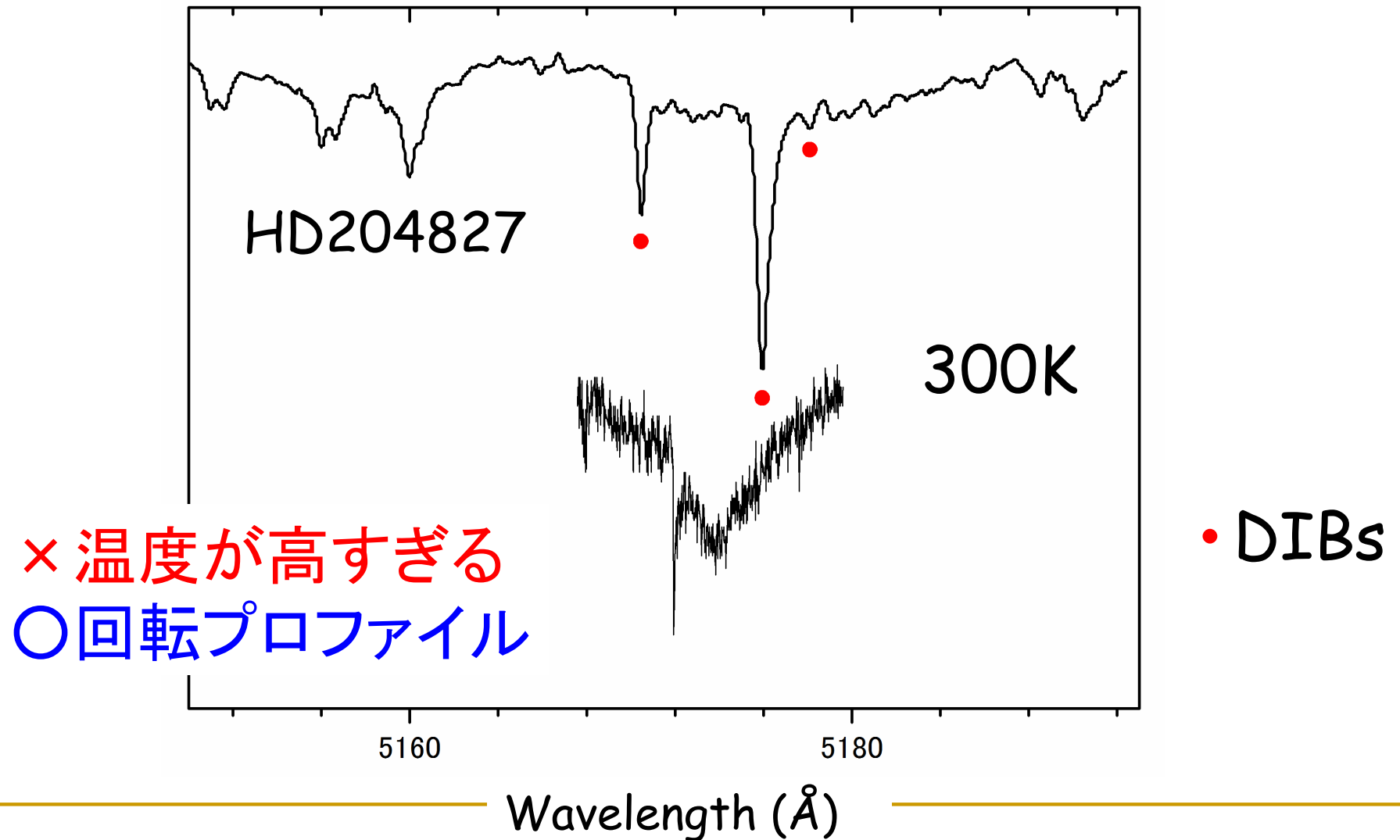
HD204827
8等星



DIBsスペクトルと 報告された実験室スペクトル



DIBsスペクトルと 今回の実験室CRDスペクトル



解析の流れ

回転プロファイル

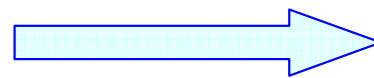
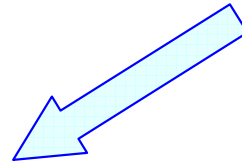


分子定数



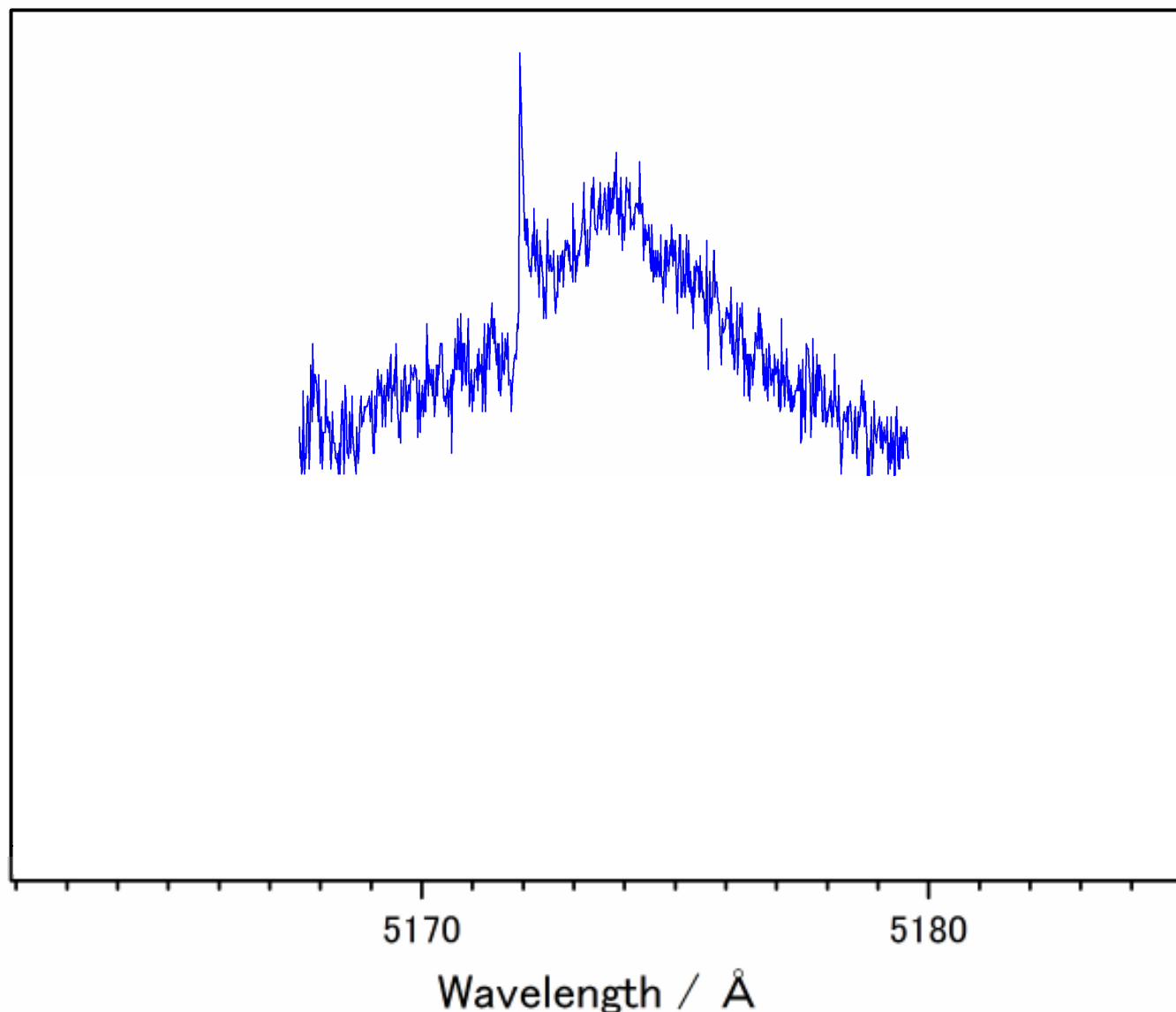
星間空間の
 C_6H_5S
回転プロファイル
シミュレーション

星間空間の
異常温度分布
シミュレーション



DIBsと比較

観測された回転プロファイルから分子定数



回転定数(cm^{-1})

B3LYP/cc-pVTZ

$$A'' = 0.1893$$

$$B'' = 0.0546$$

$$C'' = 0.0424$$

$$\Delta A = 0.0073(5)$$

$$\Delta\left(\frac{B+C}{2}\right) = -0.0017(1)$$

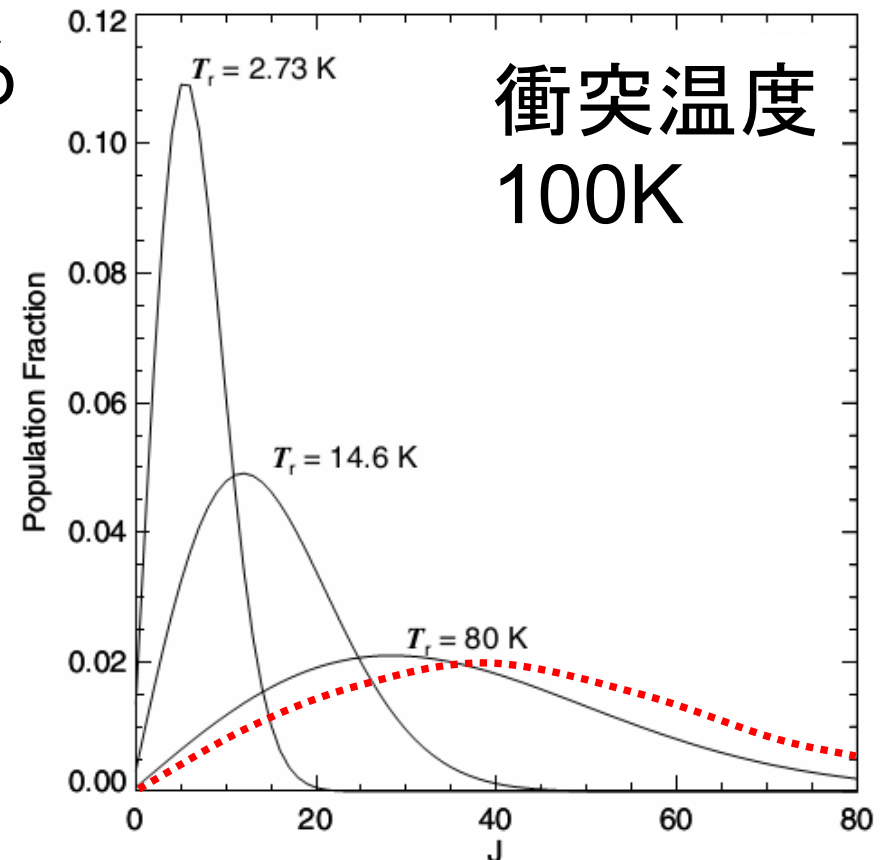
$$T_{00} = 19327.7(3)$$

星間空間の異常温度分布

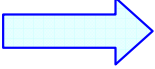
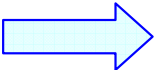
- 濃い分子雲 → 衝突メイン ボルツマン
- 希薄な分子雲 → 放射冷却 異常

直線分子のモデルが提唱される

Oka et al., 2013, ApJ, 773, 420

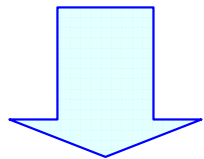


星間空間の異常温度分布

- 濃い分子雲  衝突メイン ボルツマン
- 希薄な分子雲  放射冷却 異常

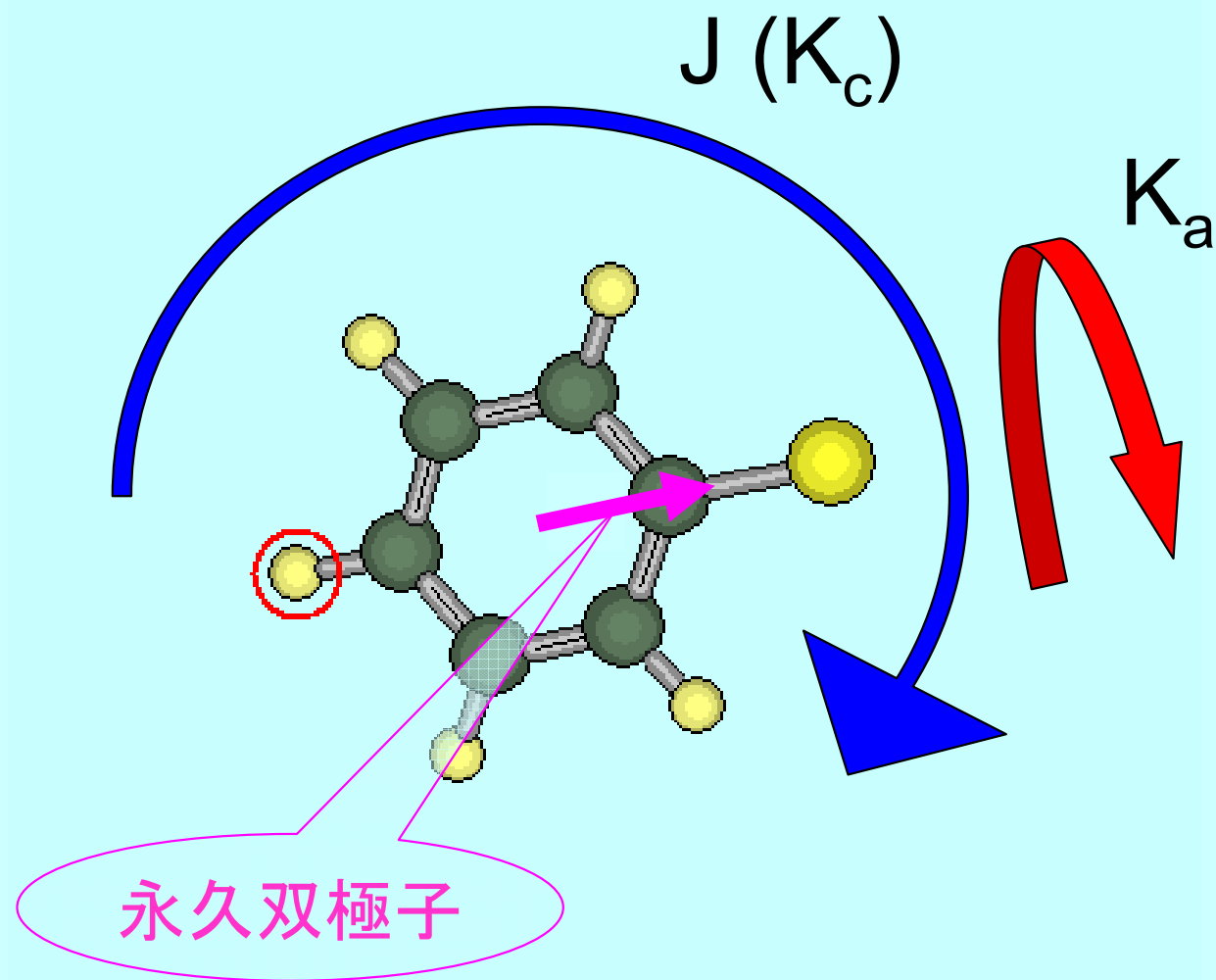
直線分子のモデルが提唱される

Oka et al., 2013, ApJ, 773, 420



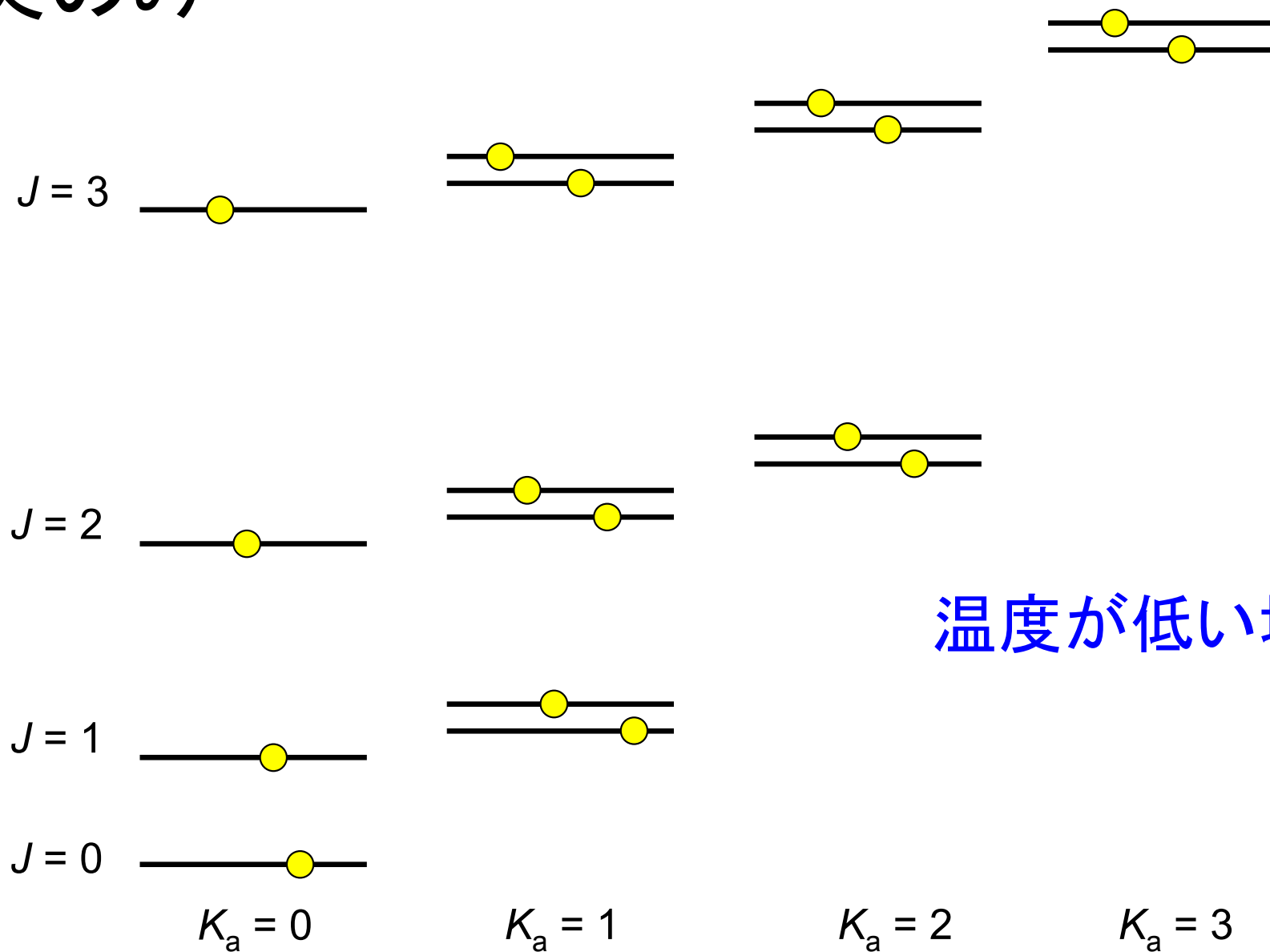
非対称コマ分子 (C_{2v}) に応用

非対称コマ分子の回転



通常ボルツマン分布

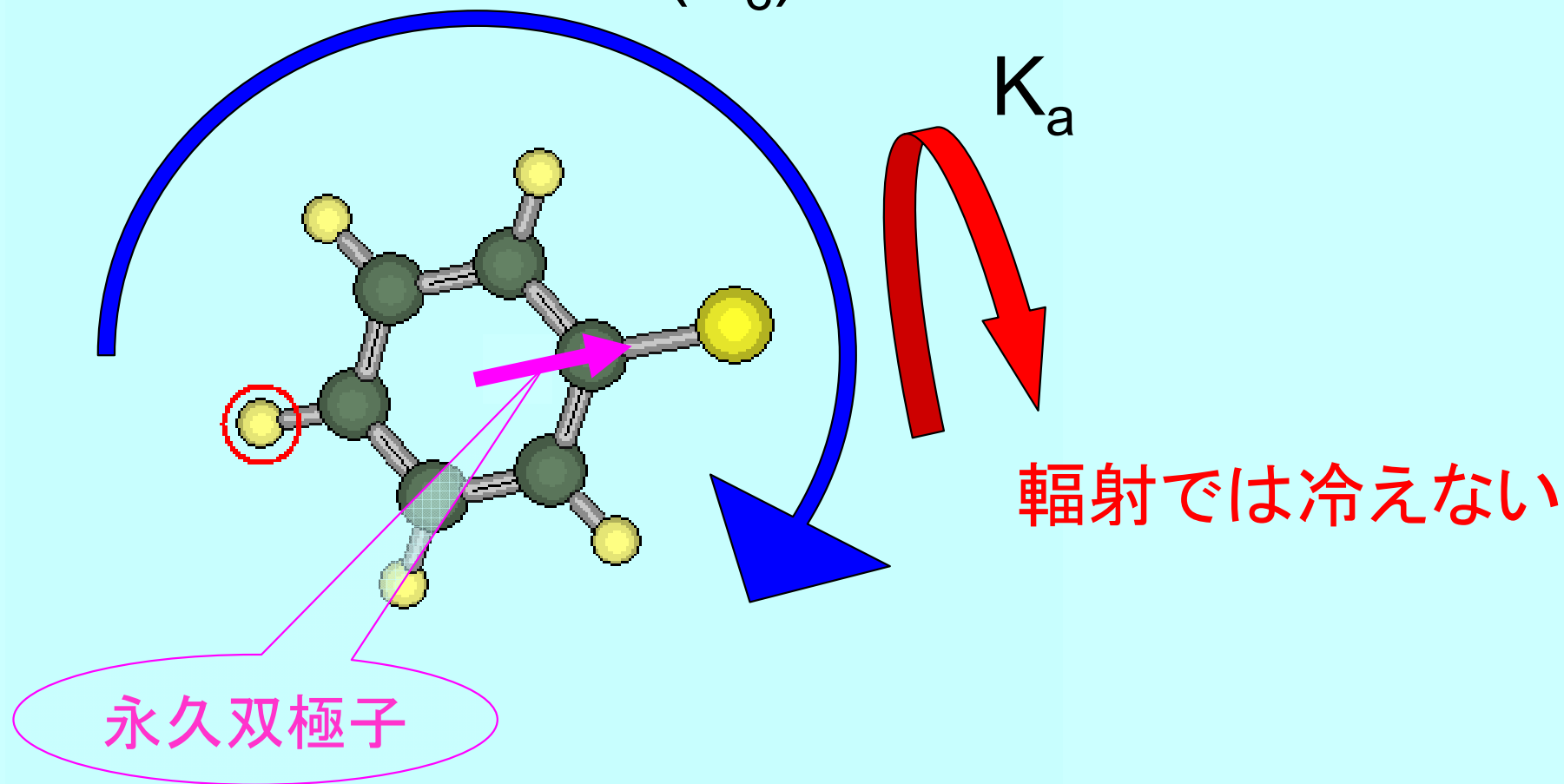
衝突のみ



希薄な分子雲での温度分布

輻射では冷える

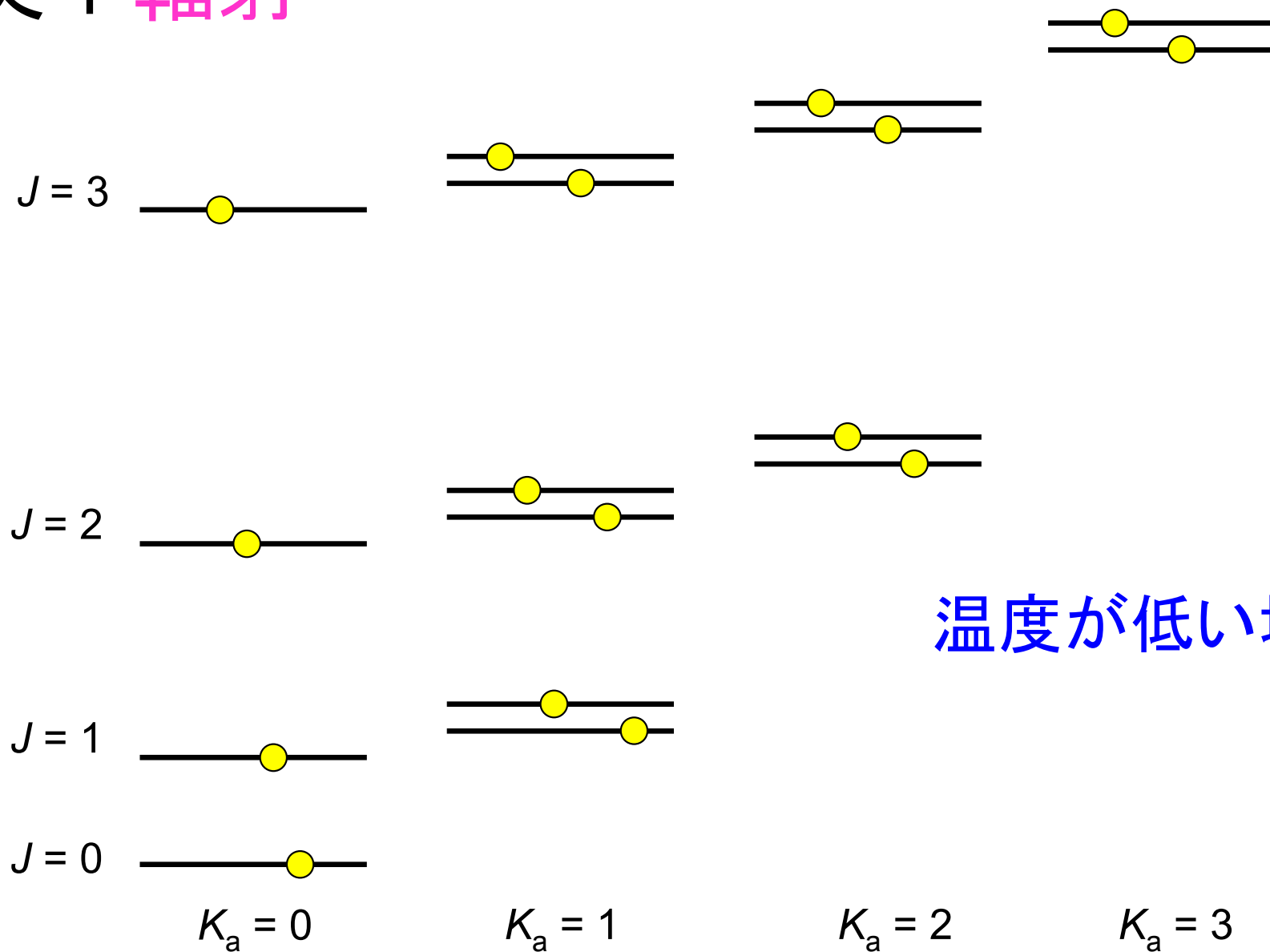
$J(K_c)$



輻射では冷えない

希薄な分子雲での温度分布

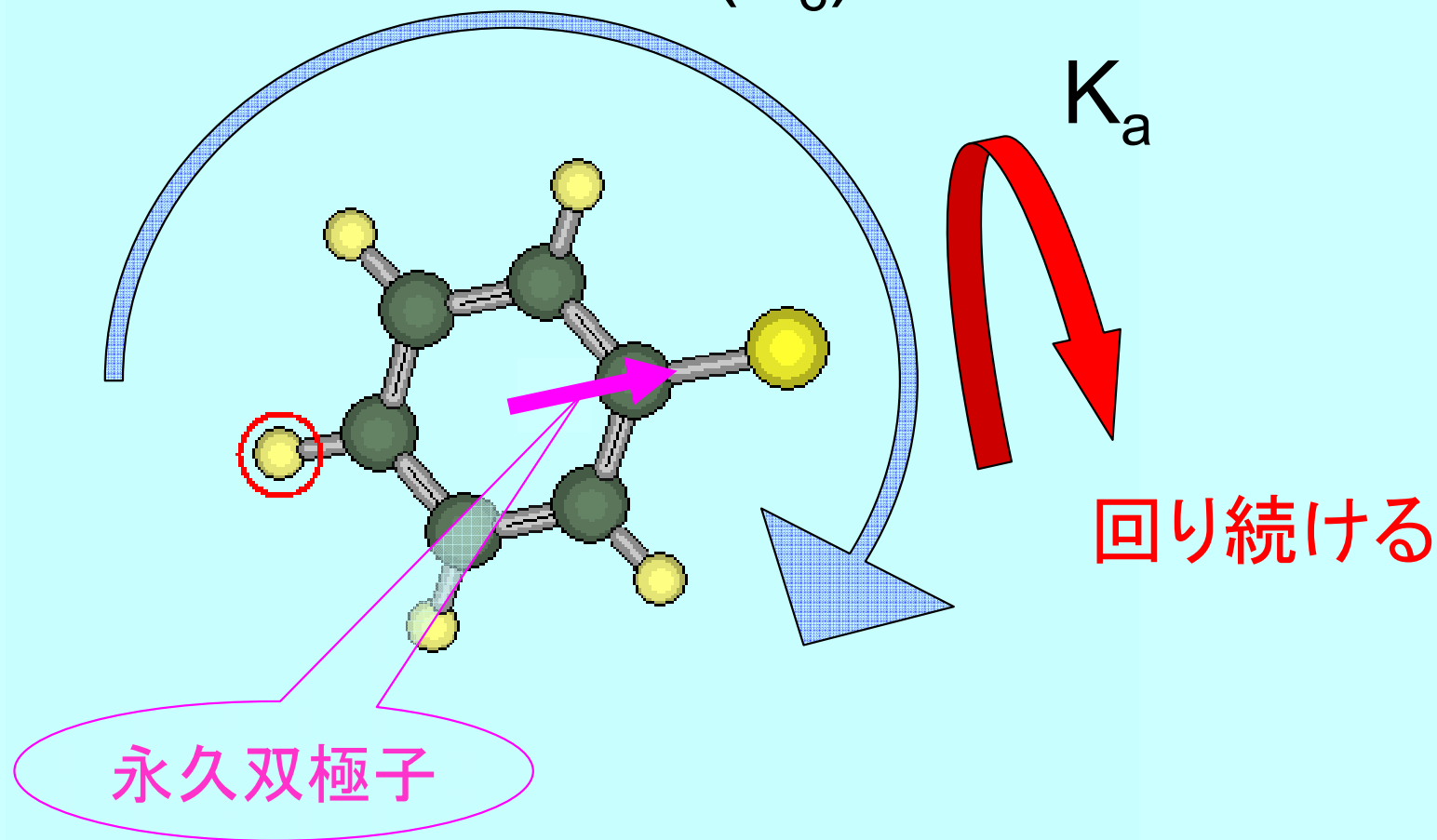
衝突 + 輻射



希薄な分子雲での温度分布

鈍くなる

$J (K_c)$



希薄な分子雲での C_6H_5S の回転プロフィール

異常温度分布の考慮が必須

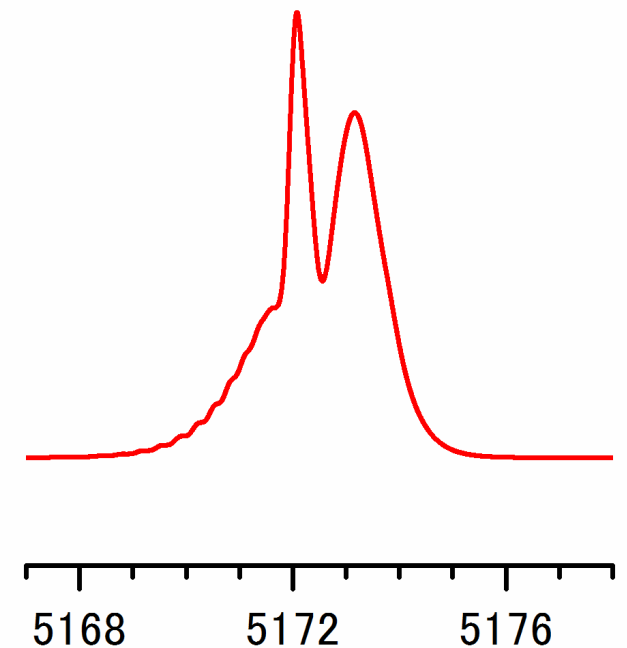
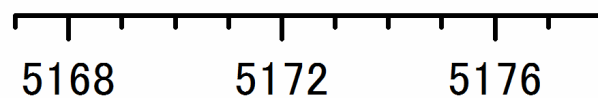
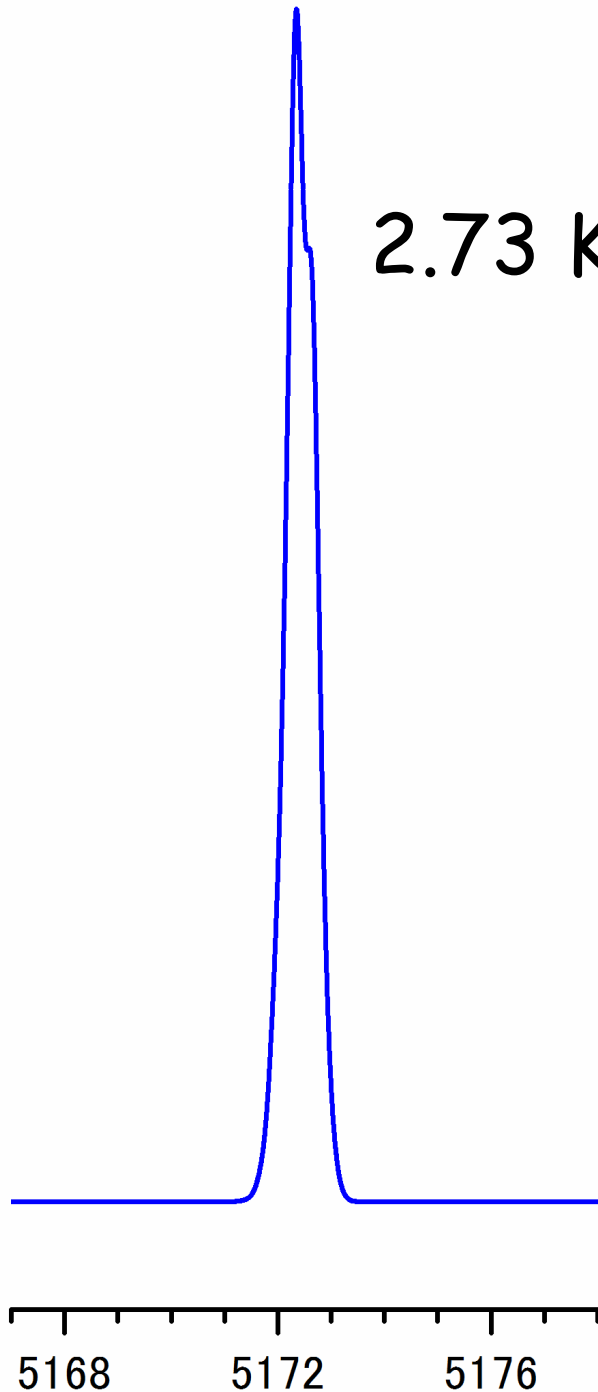
2.73 K

HD204827

衝突 40 K

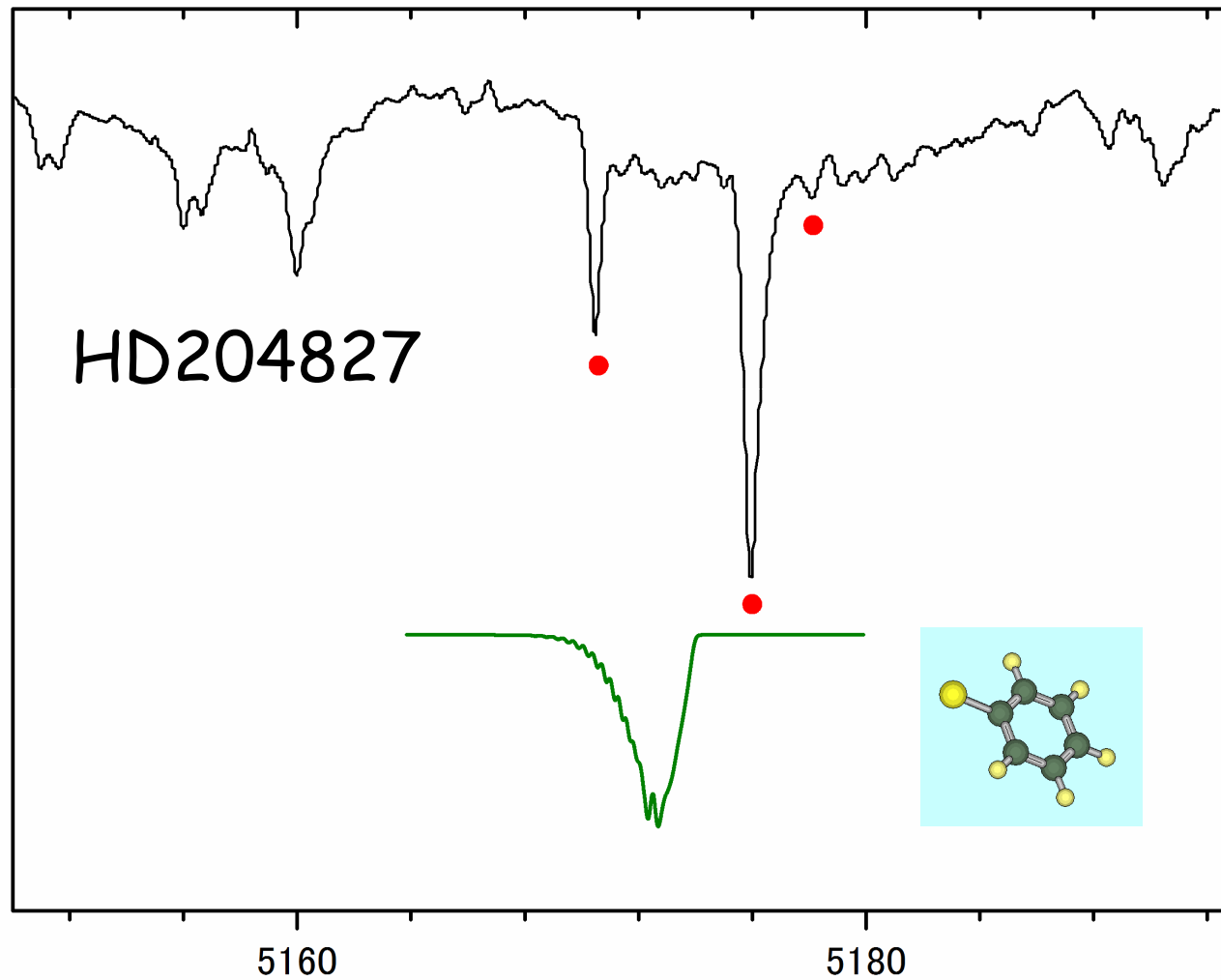
輻射 2.73 K

衝突
40 K



DIBsと比較

一致しない
未検出

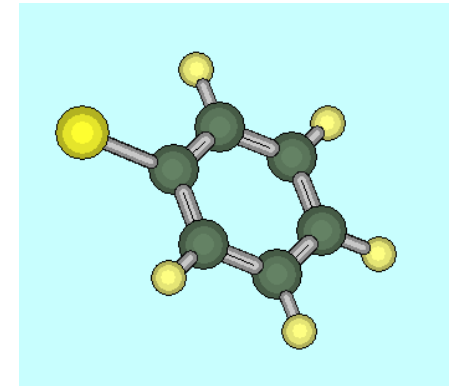


柱密度の上限値

- 回転プロファイルシミュレーション
 C_6H_5S のバンド幅 2 \AA
- 量子化学計算(TD-B3LYP / cc-pVTZ)
振動子強度(電子遷移の強さ) $f = 0.003$
- 【観測データ】 HD204827 Hobbs et al., ApJ, 680, 1256 (2008)
- 望遠鏡: Apache Point Observatory
- 1 sigma S/N = 690 at 5000 \AA
- 検出に必要なDIBのS/N = 5
- 柱密度の上限値 $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$
- $C_6H(1.43 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2})$ に比べると探査が浅い

まとめ

可視光応答性を持つ星間分子の実験室生成とその高分解能分光



- 生命の元となる分子を探す
- DIBsを同定する
- 実験室CRD分光法によりフェニルチオラジカル C_6H_5S の測定
- 分子定数の決定
- 希薄な分子雲での異常温度分布のシミュレーション
 - DIBsとの不一致 上限値の決定
 - プロファイル予測には異常温度分布の考慮が必須