

日本 赤外線高分散分光器 WINERED

## 近赤外高分散分光器 WINEREDによるDIBサーベイ

濱野 哲史 (東京大学)

小林尚人、松永典之、安井千香子、福江慧、山本遼、三戸洋之 (東京大学)、河北秀世、近藤荘平、池田優二、中西賢之、川西兼史、中岡哲弥、大坪翔悟、小林仁美 (京都産業大学)、木下将臣 (名古屋大学)



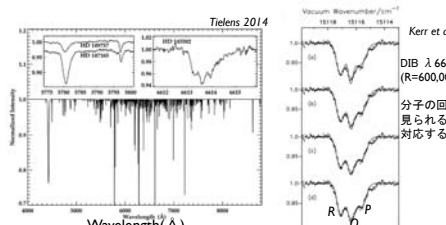


2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会 1

## DIBとは

**Diffuse Interstellar Bands (DIB)**

- 減光された星のスペクトルに見られる幅の太い吸収線。
- 星の視線上の星間ガス中の分子による吸収線。
- 可視光帯を中心にこれまでに500本以上のDIBが確認されている。
- DIBの具体的な対応分子はいまだに1つも同定されていない。



Wavelength (Å)

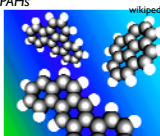

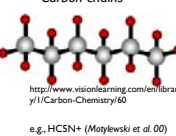
2015/03/07-0 2

## DIBキャリア

**DIBのキャリア同定⇒星間有機分子の理解**

- 有機分子の種類とabundance } Astrochemistry
- 有機分子生成反応過程 } Astrobiology

**キャリア候補 Herbig 95**

PAHs  Fullerenes  Carbon chains 

Ruiterkamp et al. 05, Gredel et al. 11, Salama et al. 11  
Foing et al. 94, 97  
Golazudinov et al. 00

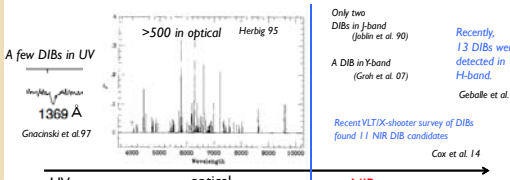
e.g., HCSN+ (Motylewski et al. 00)  
HC4H+ (Krelowski et al. 11)

still controversial ... 3

2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会

## 近赤外DIB

- 近赤外：可視光よりも星間減光に強い
  - 多様な環境におけるDIBの性質⇒DIBキャリア分子への制約
- しかし、DIB研究において近赤外線はまだ未開拓
  - 検出器の性能や多くの大気吸収線の問題
  - 最近になって観測が進んできたがまだ~10本程度しか見つからない



A few DIBs in UV  
1308 Å  
Gnacinski et al. 97

>500 in optical Herbig 95

Only two DIBs in J-band (Joblin et al. 90)  
Recently 13 DIBs were detected in H-band. (Geballe et al. 11)

A DIB in Y-band (Grob et al. 07)

Recent VLT/X-shooter survey of DIBs found 11 NIR DIB candidates (Cox et al. 14)

UV optical NIR wavelength

2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会 4

## 近赤外DIBサーベイ w/ WINERED

**WINERED**

- 東京大学と京都産業大学が参加する“赤外線高分散ラボ”によって開発された高感度赤外線高分散分光器
- 荒木1.3m望遠鏡に搭載 (Kondo et al. 2015)

荒木望遠鏡 (京産大神山天文台)

広波長域	0.91-1.36 μm (z,Y,J)
高波長分解能	R = 28,300
高感度	J = 13.5 mag (8hrs, S/N=30)

小望遠鏡の豊富な観測時間

→ 大規模なDIBサーベイが近赤外で初めて可能に

- 未知のDIBの同定
- 近赤外DIBの統計的性質

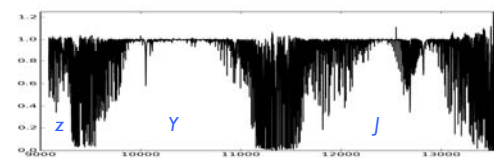
Hamano et al., 2015, ApJ, 800, 137

2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会

## 観測

- 減光を受けた早期型星(O, B, A)を25天体観測
  - 参照星として Rigel (E(B-V)=0.0)も観測
  - (+50天体をすでに観測し、現在解析中)
- 0.07 < E(B-V) < 0.85
  - Except for Cyg OB2 No.12 with E(B-V)=3.4
- S/N per pixel : 300 ~ 700

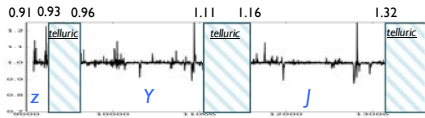
**WINERED spectrum of HD20041 (E(B-V)=0.73)**



2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会 6

## 未知のDIBの同定

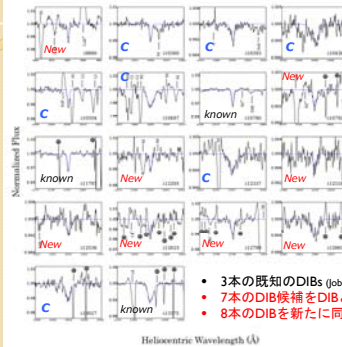
- 対象とする波長域



- 過去に、3本のDIBと、8本のDIB候補が報告されている。  
(Joblin et al. 90, Groh et al. 07, Cox et al. 14)
- DIB候補の選出
  - Rigelとモデルスペクトルに検出されておらず、ターゲットのスペクトルに  $5\sigma$ (EW)で検出されている吸収線を選出
- 本当にDIBか確認
  - DIB候補の速度が視線上のガス雲の速度と consistent
  - DIB候補の強度が星のスペクトルタイプに依存しておらず、E(B-V)と相関

2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会 7

## 18 DIBs in 0.91–1.32 micron



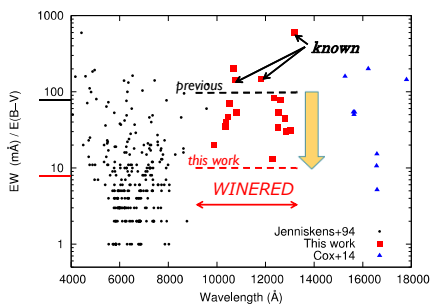
- 3本の既知のDIBs (Joblin et al. 90, Groh et al. 07) (*known*)
- 7本のDIB候補をDIBと確定 (Cox et al. 2014) (*C*)
- 8本のDIBを新たに同定 (*New*)

Hamano et al., 2015, ApJ, 800, 137

2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会 8

## EW distribution

- 微弱なDIBまで多数検出する事に成功

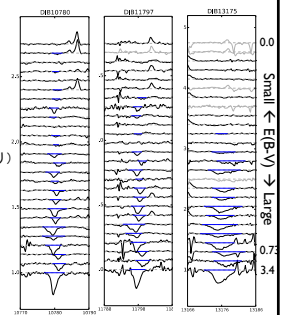


2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会 9

## 近赤外DIBの性質

- 25天体のサンプルからDIBの相関
  - この波長帯では最大のデータセット (先行研究は<10天体)  
Cox et al. 14, Rawlings et al. 14
  - E(B-V) - DIBの相関
  - 近赤外DIB同士の相関
  - 近赤外DIBと可視光DIB 8本との相関 (可視光DIB: Friedman et al. 2011より)

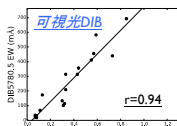
→ DIBキャリアの性質を議論



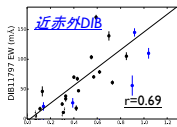
2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会 10

## E(B-V) - DIB correlations

- すべての近赤外DIBがE(B-V)と相関している
- しかし、その相関係数は可視光DIBよりも系統的に低い
  - 可視光DIB:  $r=0.9$  (Friedman et al. 11, Moutou et al. 99)
  - 近赤外DIB:  $r<0.7$



- 近赤外DIBのEWは可視光DIBと比べて、ガスの柱密度だけでなく、他の物理パラメータに依存している



2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会 11

## 近赤外DIB同士の相関

- 強く相関している2つのグループを見いだした。
  - 近赤外DIBの"Family"か?
  - キャリアの物理的 and/or 化学的性質が似通っている可能性

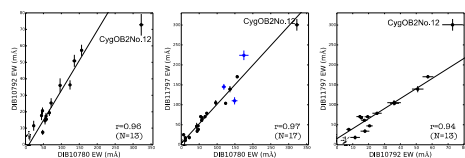
Family  $r>0.9$

10780, 10792, 11797

Family?  $r\sim 0.9$

10504, 12623, 13175

λλ10780, 10792, 11797間の相関 ( $r>0.9$ )



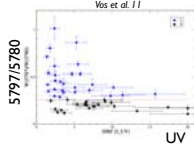
2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会 12

## 赤外線DIBと可視光DIBの相関

- 代表的な可視光DIBである $\lambda$ 5780は、UV輻射場が弱いガス雲中で弱くなる
- 分子の陽イオンによる吸収と考えられている  
Sonnentrucker et al. 97, Cami et al. 97
- 5797/5780の比はUV輻射場の指標



- 近赤外DIB familyはUVの弱いガス中で、5780と同程度弱くなる性質が見られた
- 5797よりも5780との相関係数の方が高い



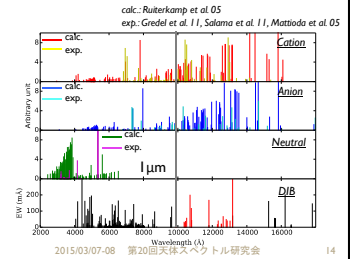
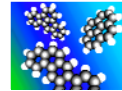
- 近赤外DIBのキャリアは分子の陽イオンか？

Rutterkamp et al. 05, Mattioli et al. 05, Cox et al. 14

13

## 近赤外DIBキャリアの候補

- イオン化したPAH？
  - 多くのPAHイオンが $\lambda > 1\mu\text{m}$ の波長帯に電子遷移を持つことが、理論計算や分子の実験室スペクトルから示されている。 e.g. Salama et al. 96
  - 陽イオンの性質とconsistent



## まとめ

- WINEREDを用いて近赤外DIBの大規模なサーベイを推進中
- 0.91-1.32 $\mu\text{m}$ の波長帯で15本のDIBを新たに同定する事に成功
- 25天体のデータから近赤外DIBの統計的性質を初めて調べた
  - $\lambda$ 5780との類似性から分子の陽イオンである可能性を示唆
  - PAHイオンか？

Hamano et al., 2015, ApJ, 800, 137

### 来年度中に100天体規模を目指して観測を推進中

- DIBのさらなる同定
- 赤外線透過性を活かして、これまで可視光では届かなかったembedded sourceの観測
  - DIBの環境依存性を明らかに
- DIBのプロファイル = キャリア分子の直接的な制約

2015/03/07-08 第20回天体スペクトル研究会

15