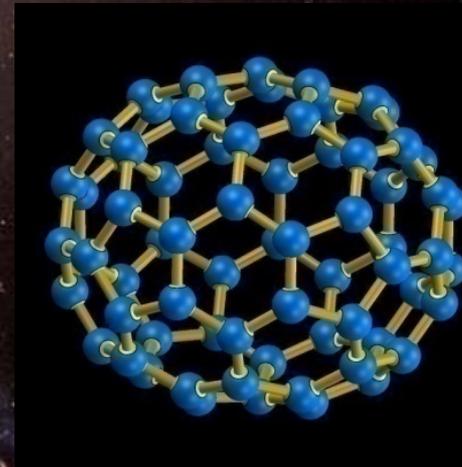
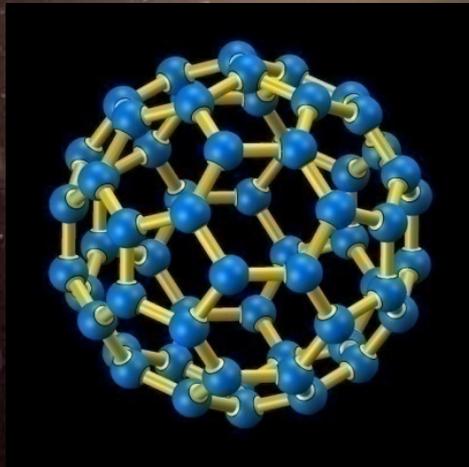


第27回Grain Formation Workshop/
平成21年度銀河のダスト研究会 (2009年10月8-10日)



星間空間における炭素クラスター (フラレン)の探査



三澤 透*、Poshak Gandhi*、飛田 聡+、玉川 徹*、山口智弘+
(理化学研究所)

(*宇宙放射線研究室、+極微デバイス工学研究室)

研究の動機

遠方宇宙のIGMをクエーサー吸収線で研究

- 銀河系内の星間空間ガスによる未同定吸収線の存在; ~300 DIBs (e.g., Merrill 1934)
- 未同定(高分子)物質の存在を示唆
- 実験室で様々な試料の吸収線を測定し比較 (e.g., Pendleton+ 2002)
- わずかな例を除き、いまだに未同定のまま

驚き!

まずは近場の未解決問題から

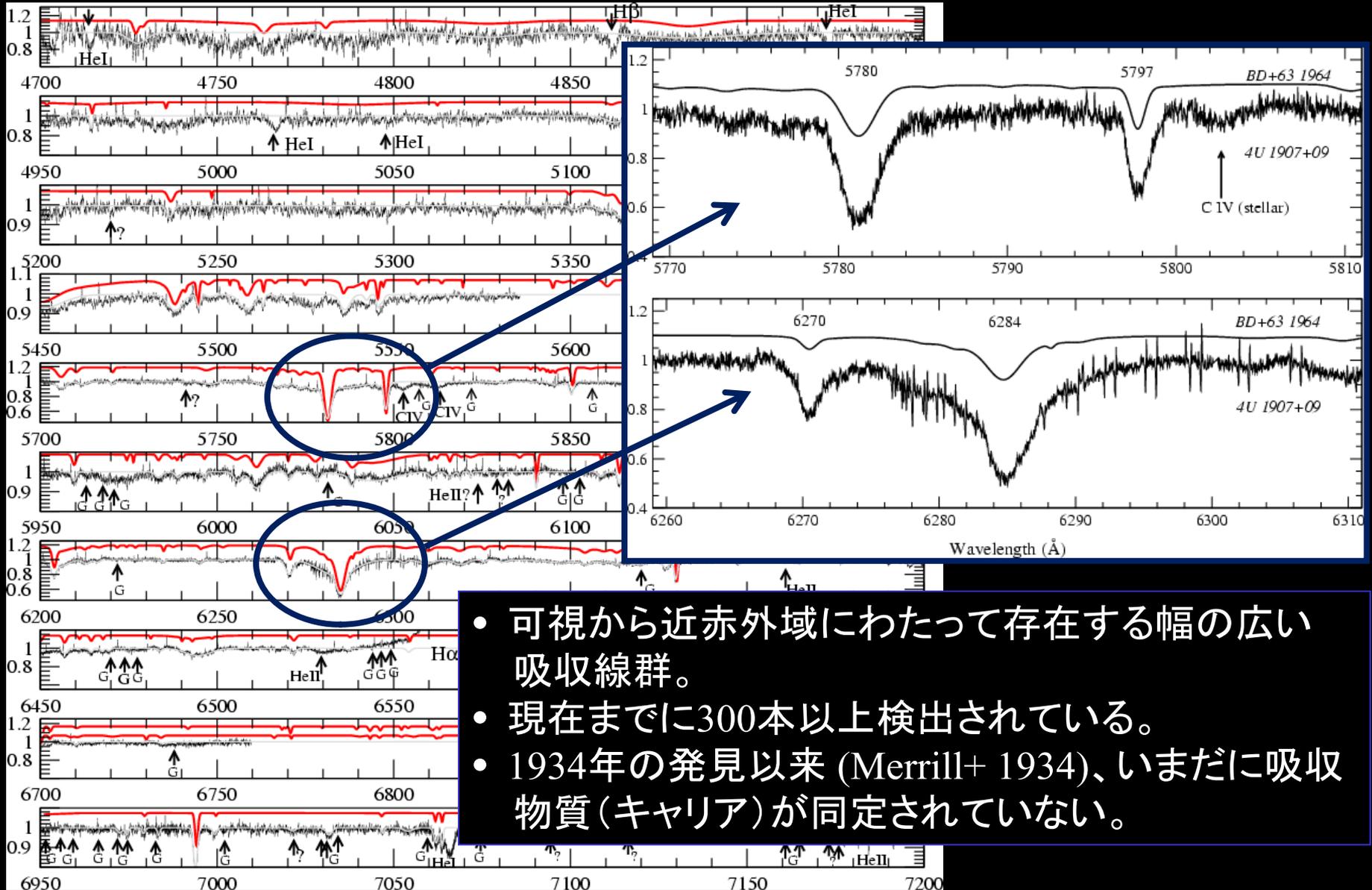


イントロダクション



Diffuse Interstellar Bands (DIBs)

Cox+ (2005)



- 可視から近赤外域にわたって存在する幅の広い吸収線群。
- 現在までに300本以上検出されている。
- 1934年の発見以来 (Merrill+ 1934)、いまだに吸収物質(キャリア)が同定されていない。

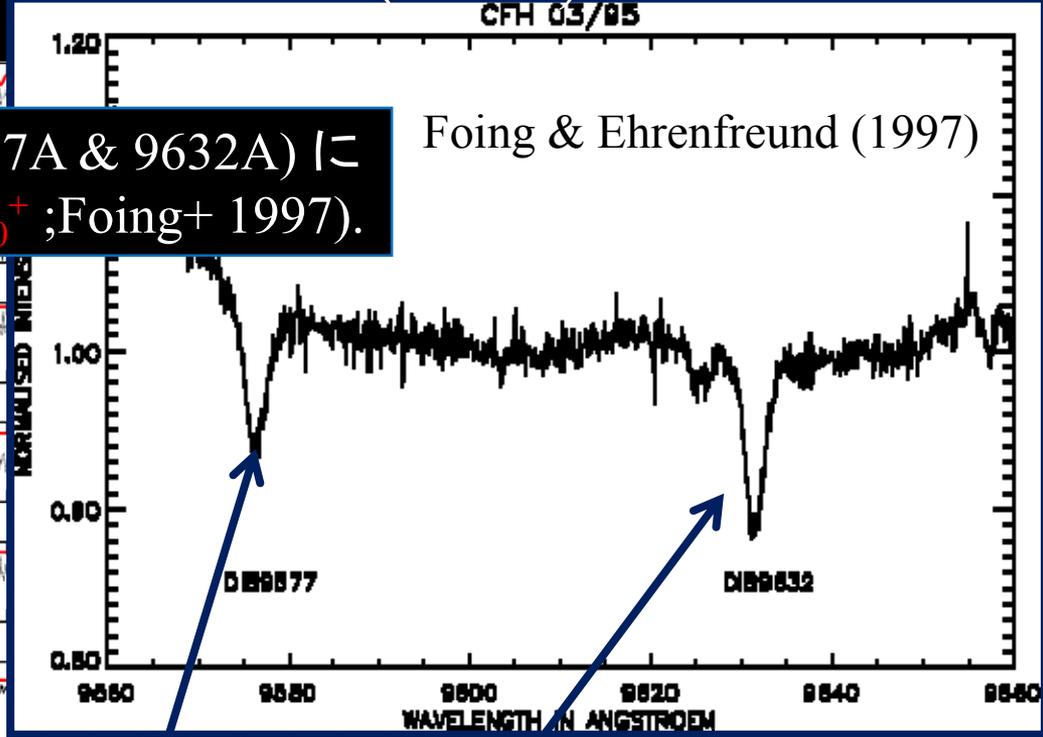
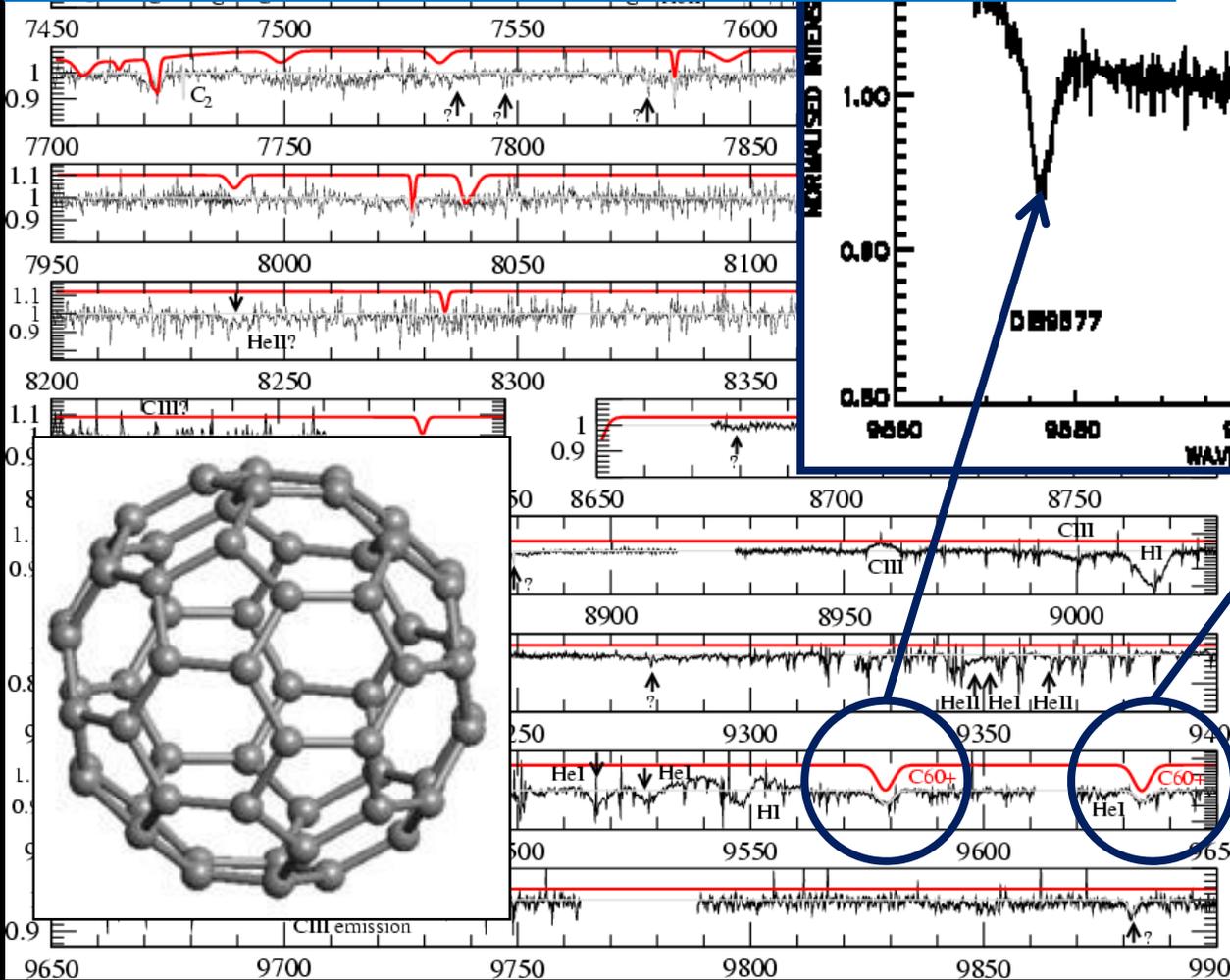
Diffuse Interstellar Bands (DIBs)

Cox+ (2005)

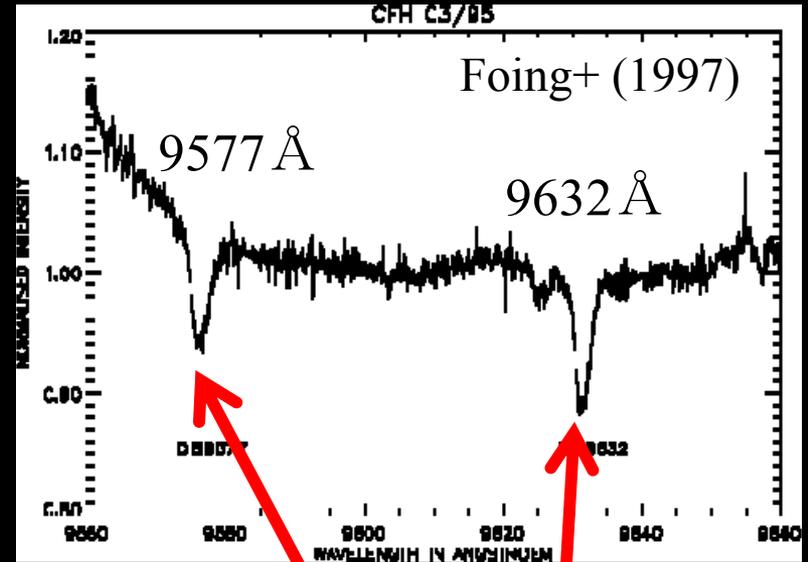
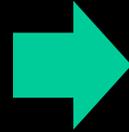
近赤外に存在する2つのDIBs (9577Å & 9632Å) についてのみキャリアの候補あり (C_{60}^+ ; Foing+ 1997).

CFH 03/05

Foing & Ehrenfreund (1997)

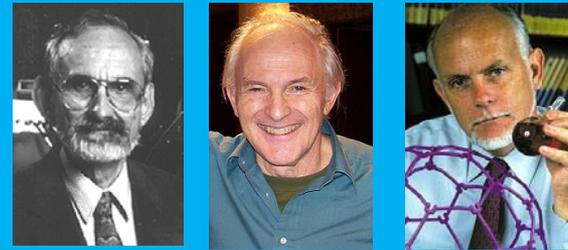
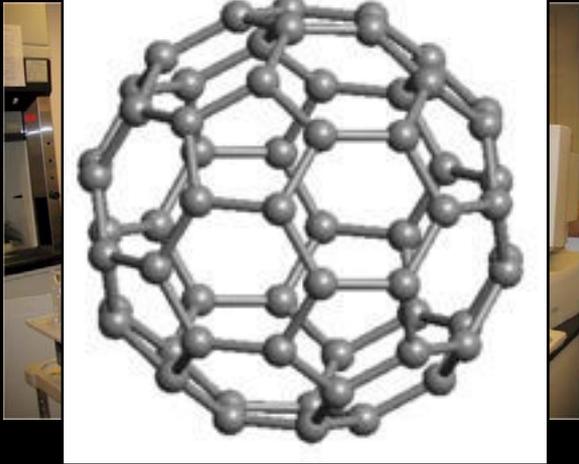


望遠鏡



吸収線波長が一致！

実験室



Robert F. Curl, Jr.

Harold Kroto

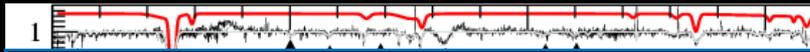
Richard Smalley

ノーベル化学賞



Diffuse Interstellar Bands (DIBs)

Cox+ (2005)



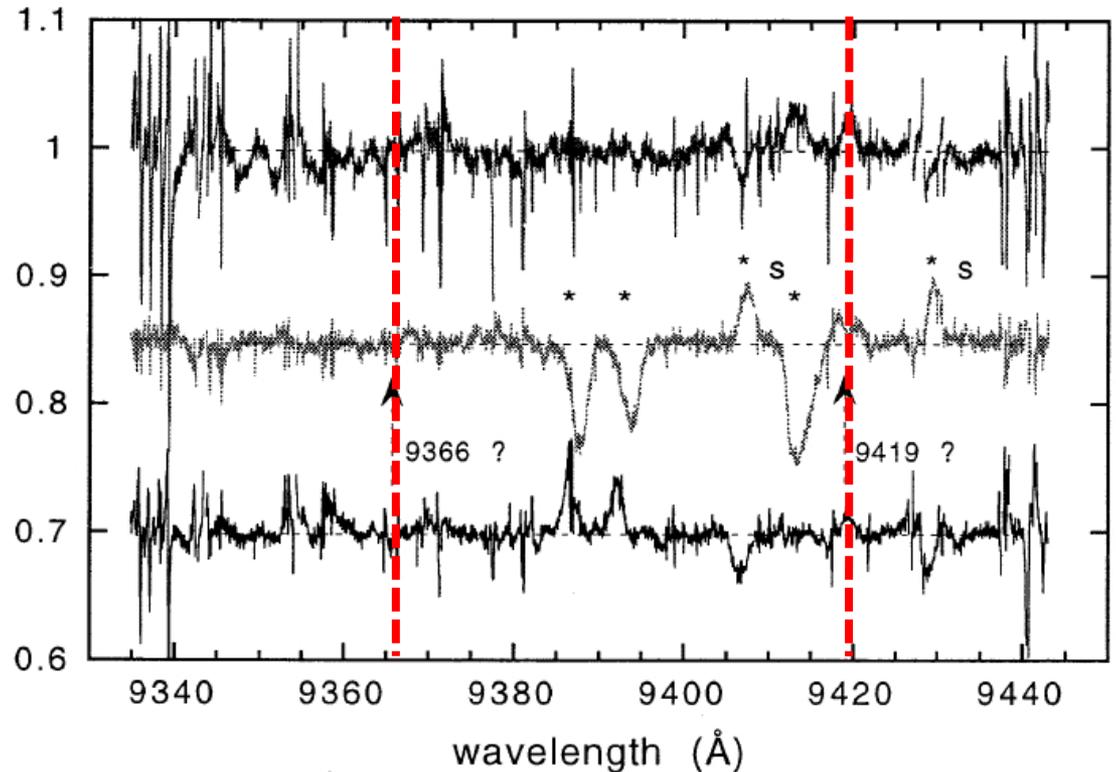
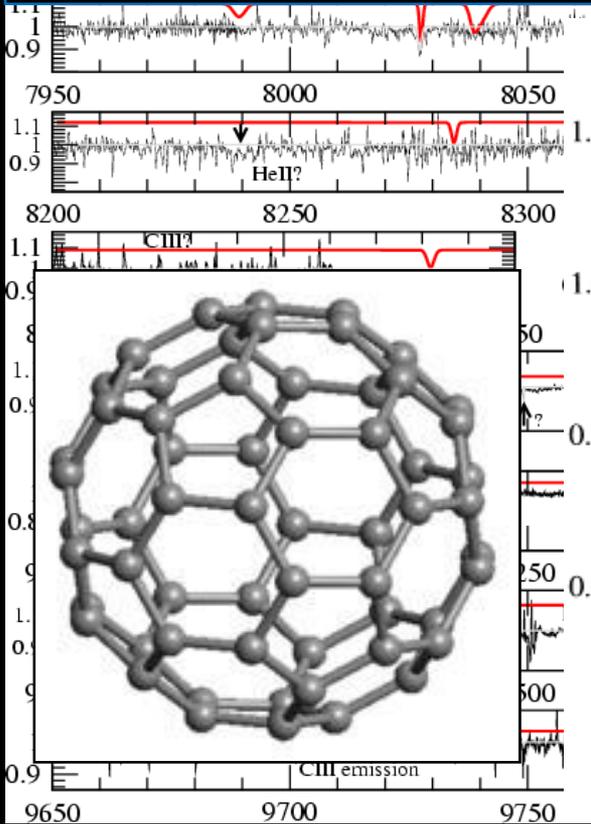
近赤外に存在する2つのDIBs (9577Å & 9632Å) についてのみキャリアの候補あり (C_{60}^+ ; Foing+ 1997).

しかし同時に存在すべき吸収線が検出されていないという問題がある (Jenniskens+ 2000).

CFH 03/05

1.20

Foing & Ehrenfreund (1997)



研究の背景と現状(おさらい)

天文学

1934

DIBの発見 (Merrill,PASP)

1985

1990

アーク放電

1994

1997

カーボンナノチューブの発見がDIBの候補として提出されていない
(Jenniskens+, A&A)

2008

DIBはいまだに未同定

物理学



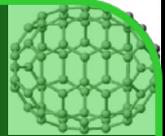
DIBとフラーレンの関係を明らかにしたい!

フラーレンの確立

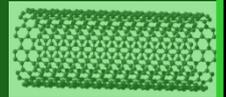
(Kroto et al. Nature)



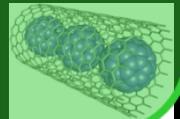
他のフラーレン: C₇₀, C₈₄



カーボンナノチューブ



ナノチューブピーポッド





STEP. 1

天体観測によるアプローチ



高分散分光観測 (Subaru + HDS)

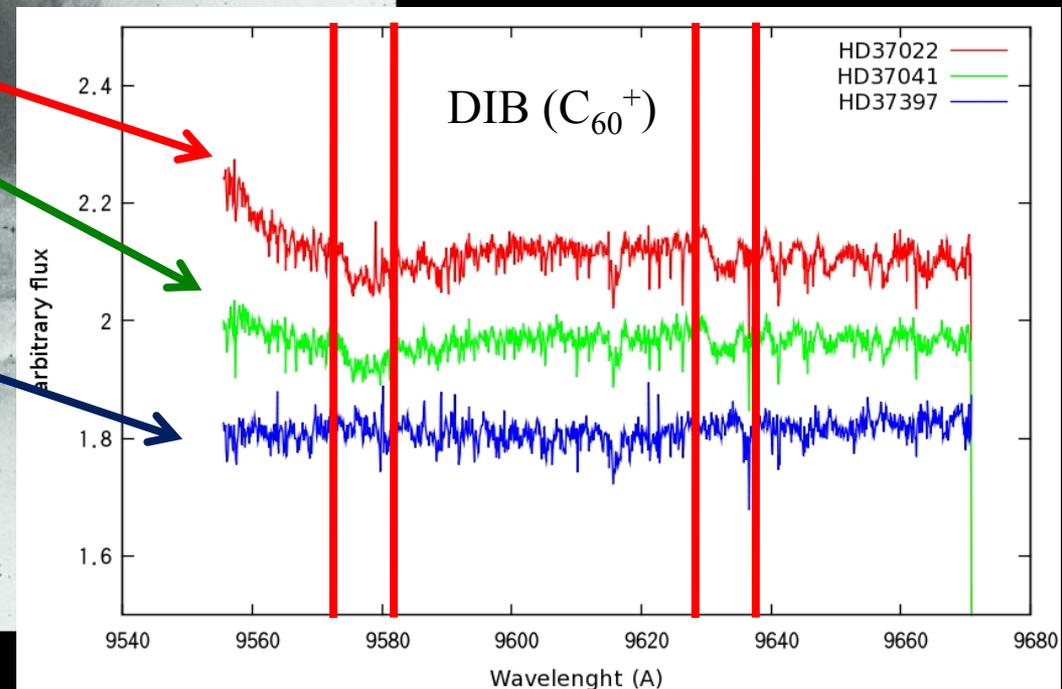
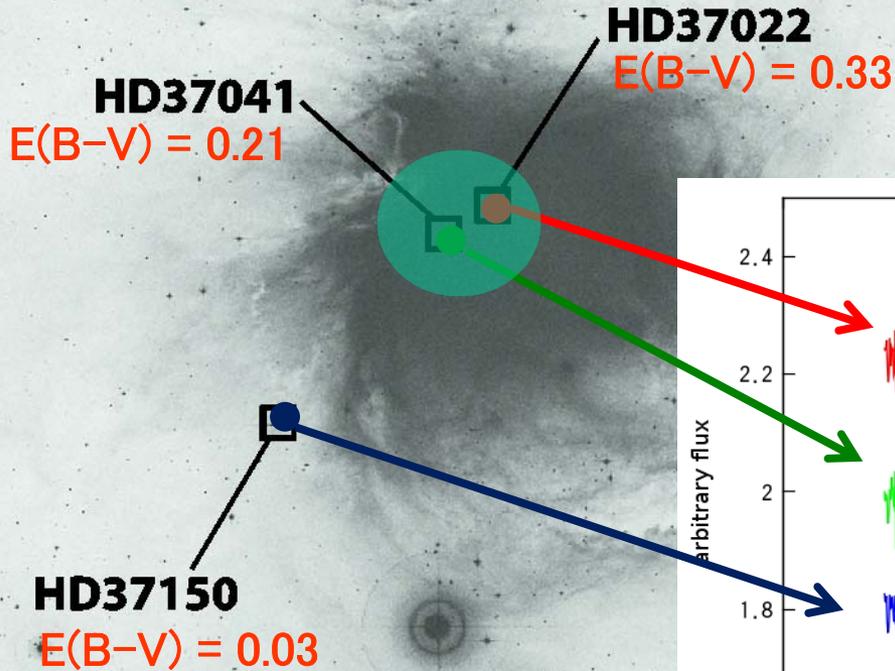
星間減光量が大きい領域
 → 固体微粒子が豊富に存在
紫外線強度にも依存？



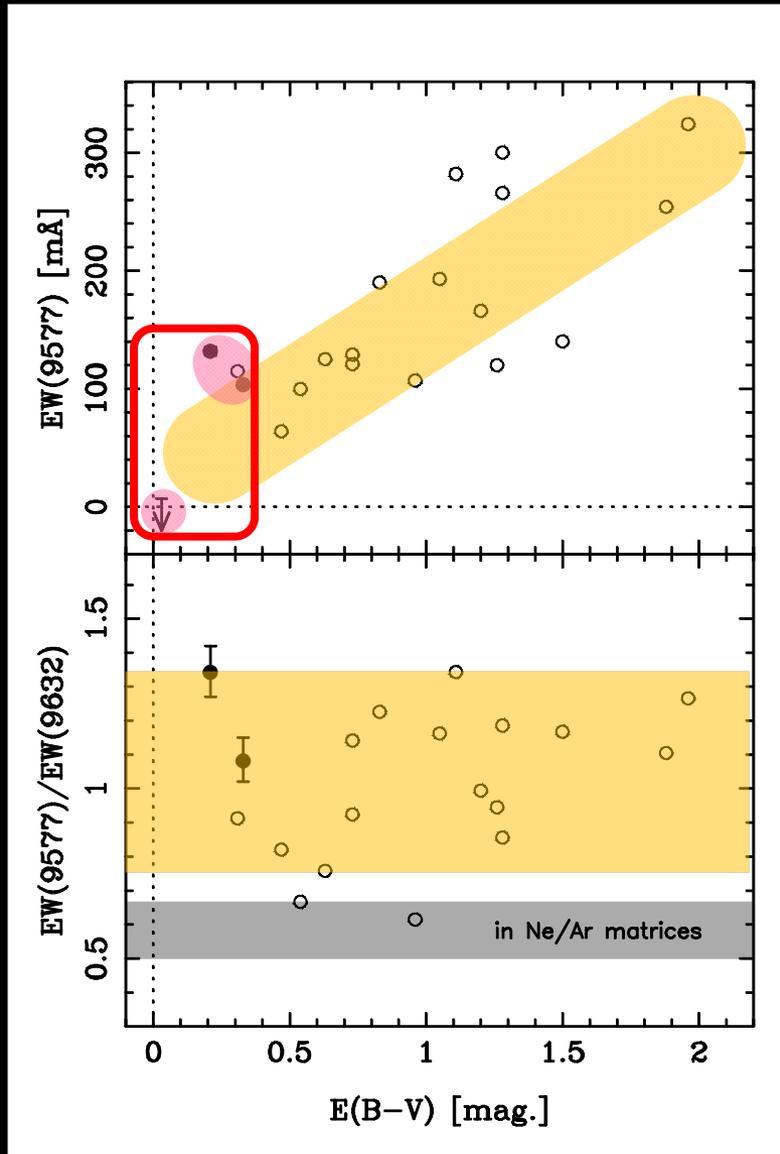
すばる望遠鏡



可視高分散分光器



Reddeningに対するDIB強度の依存性



Reddening ($E(B-V)$) とDIBの等値幅 (EW) の間に相関がある (Galazudinov+ 2000)

単一の星間ガス(Orion Nebula)においても、DIB吸収強度の非一様性がみられる

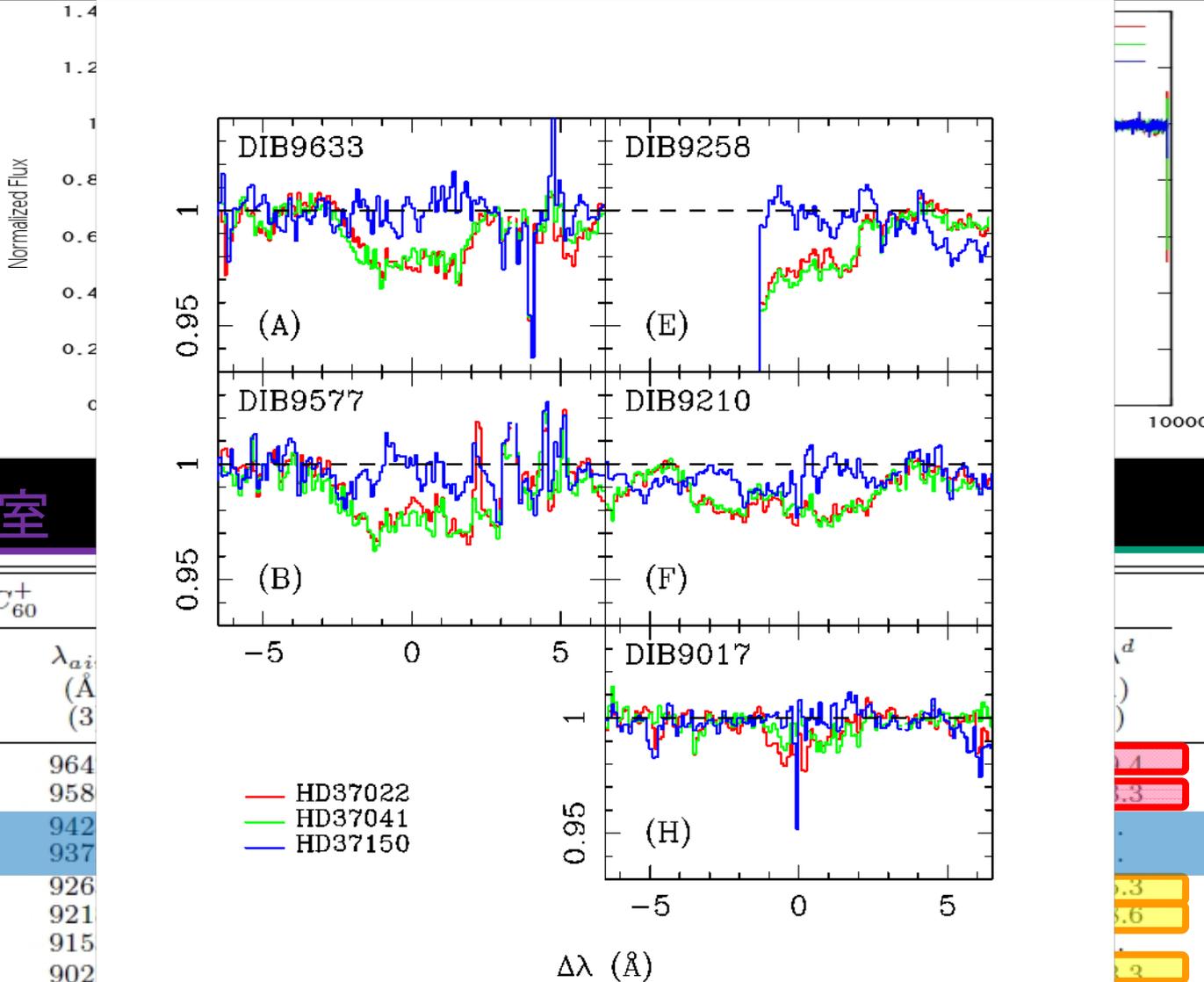
ダスト量だけでなく、紫外光強度とも相関がありそう

$IP(C_{60}) = 7.6 \text{ eV}$, $IP(C_{60}^+) = 11.3 \text{ eV}$
(Foing & Ehrenfreund 1997)

吸収強度比率は ~ 1 でほぼ一定 (Galazudinov+ 2000)

DIBとC₆₀⁺を結びつける新証拠

実験室



Fulare+ (1993)	C ₆₀ ⁺	
ID	k_{vac}^a (cm ⁻¹)	λ_{air}^b (Å)
(1)	(2)	(3)
A	10368	964
B	10435	958
C ^f	10603	942
D ^g	10667	937
E ^h	10792	926
F	10845	921
G	10922	915
H	11082	902
I ^g	11165	895

HD 37150	
EW(DIB) ^c (mÅ)	
(10)	
4	<5.5
3	<7.0
...	...
3	<6.0
6	<6.5
7	<7.0
2	<5.5
...	...

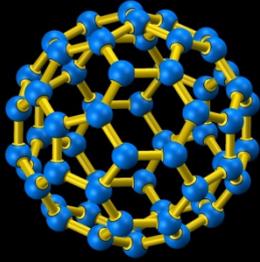


STEP. 2

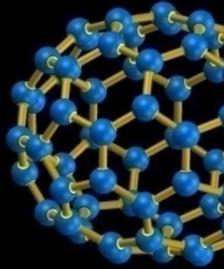
実験室測定によるアプローチ



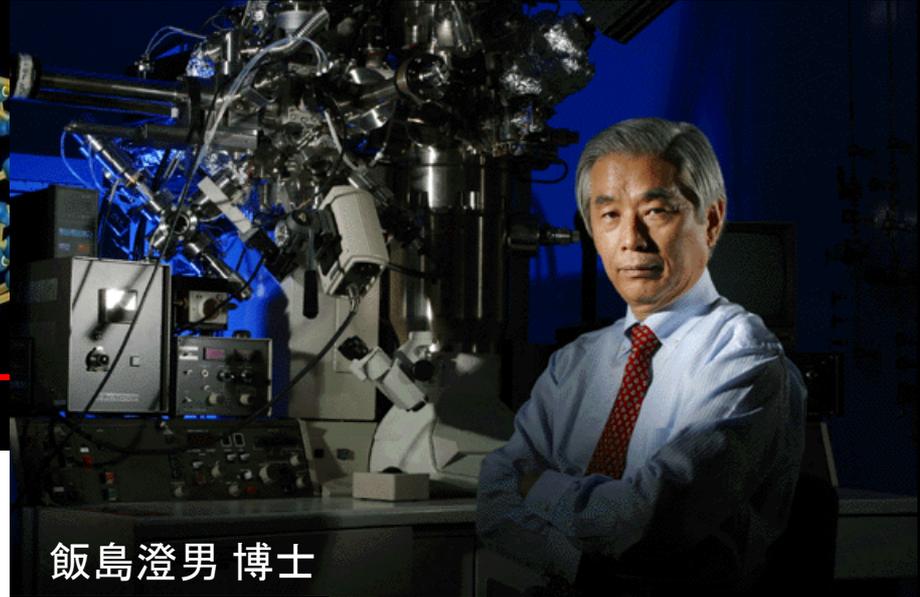
星間空間での炭素クラスター生成再現実験の試み



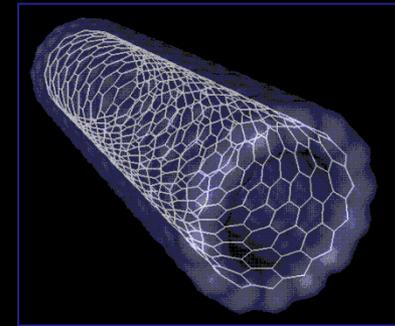
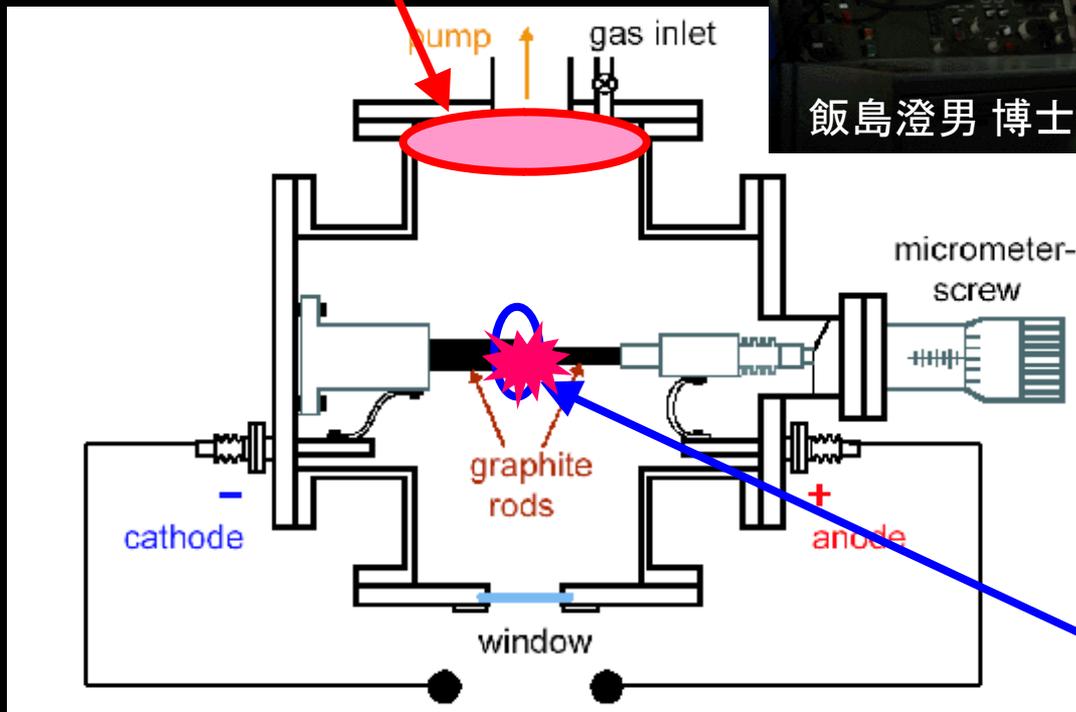
C_{60} フラーレン



C_{70} フラー



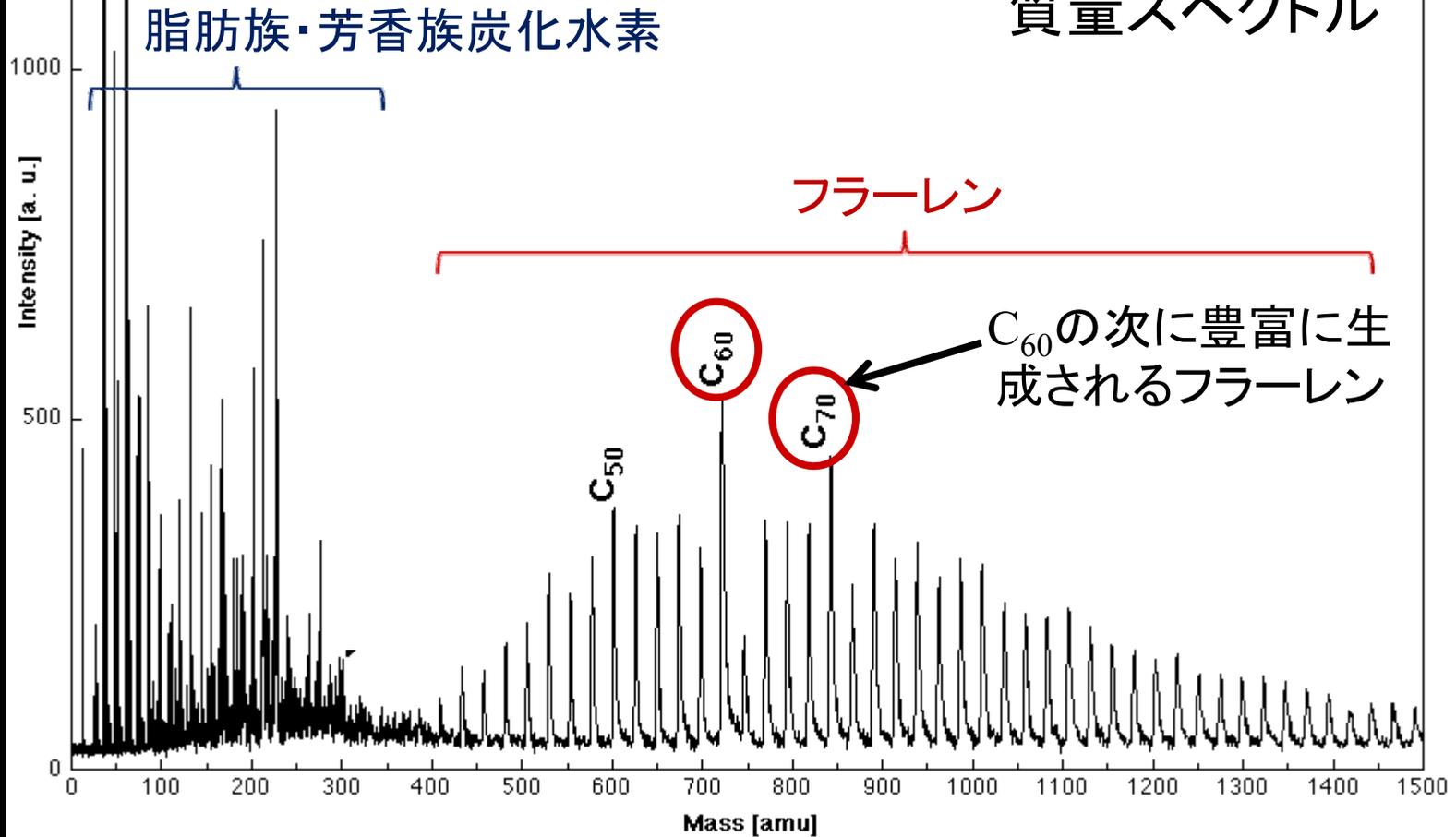
飯島澄男 博士



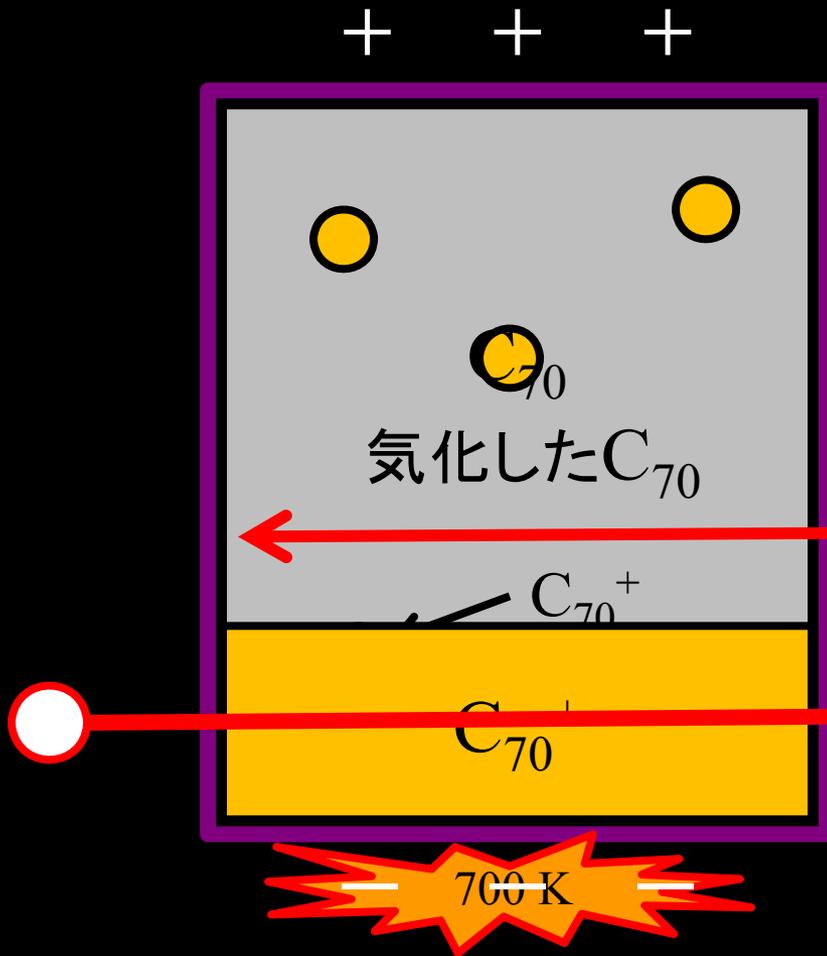
ナノチューブ

C以外のフラーレンは存在しているのでは?

アーク放電による炭素クラスターの 質量スペクトル

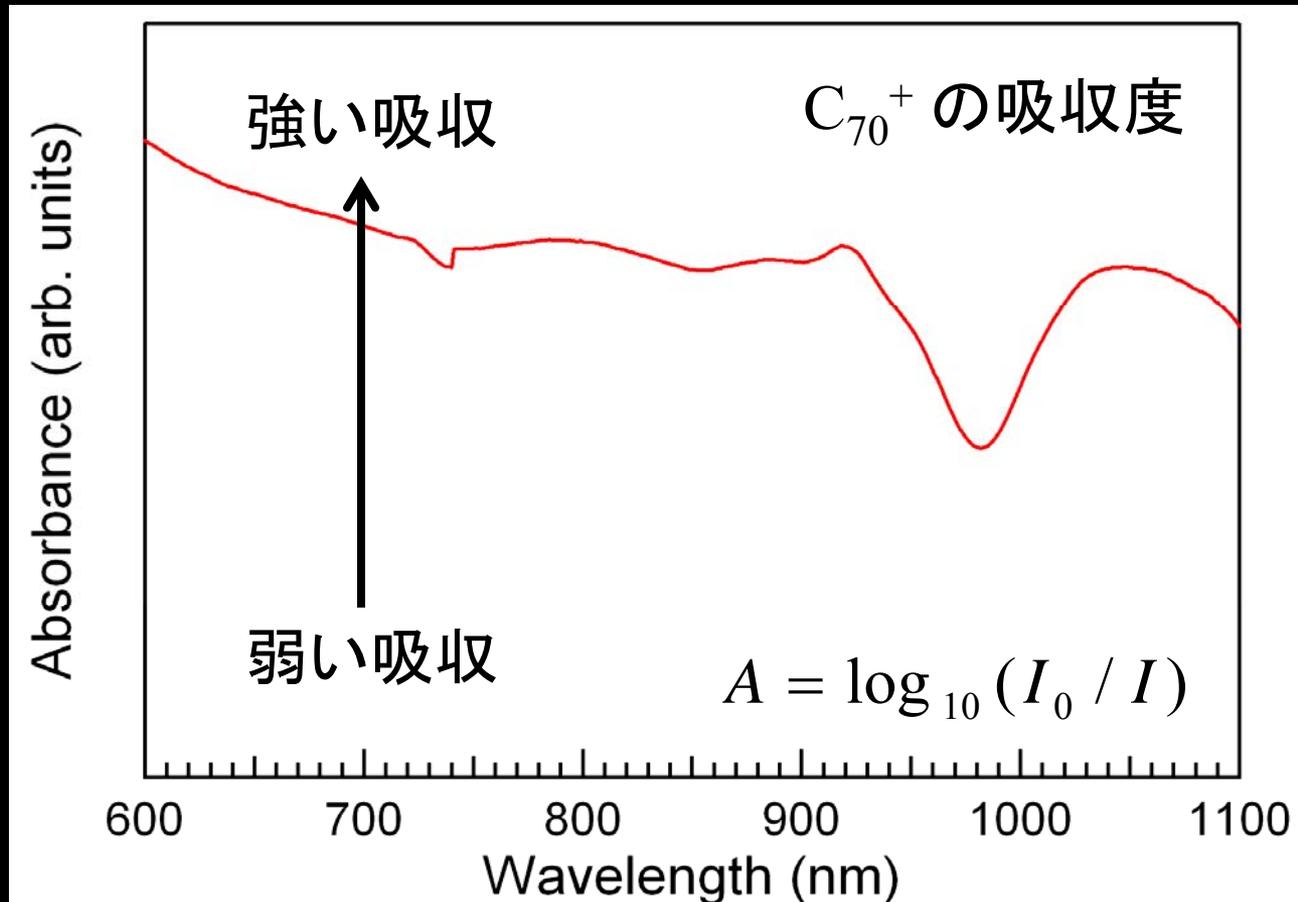


実験室での C_{70}^+ 吸収波長測定



- ① 純度99.5%の C_{70} を購入
- ② 約700 K で加熱・気化する
- ③ ArF による 8eV 紫外光を入射し C_{70} の一部をイオン化
- ④ 電場をかけて、イオン化した $C_{70}(C_{70}^+)$ を局在化させる
- ⑤ 約10 Åセグメントに分けた入射光の減光量を測定する
- ⑥ 吸収スペクトルを再現する

実験室測定の結果



波長セグメントをより狭くした測定が必要 → 今後の課題



今後の展望



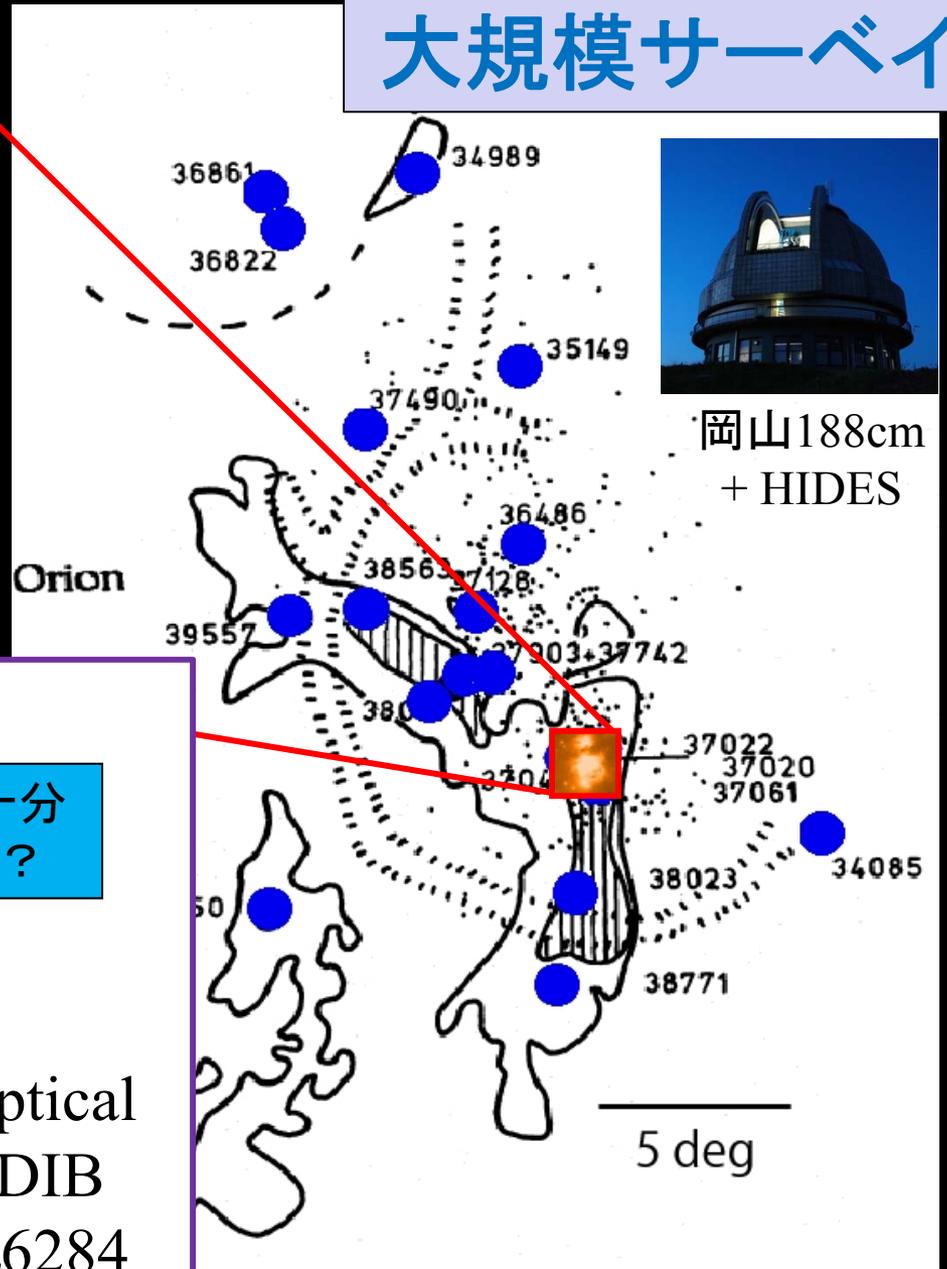
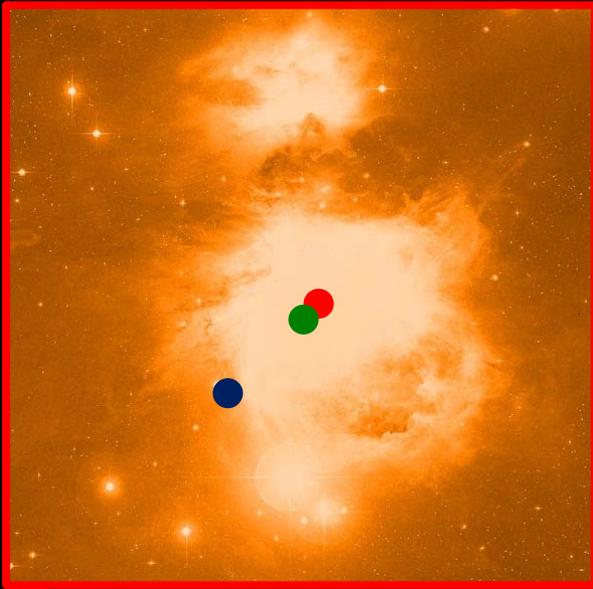
天体観測から:

- Orion Nebula 方向に対してより大規模なDIBサーベイを行う (岡山天体物理観測所/HIDES)
- Telluric Line による影響を受けないSpaceでの分光観測により、近赤外DIBsの検出精度を高める (Hubble Space Telescope/STIS)
- 遠方宇宙でのDIB検出 (Subaru/IRCS)

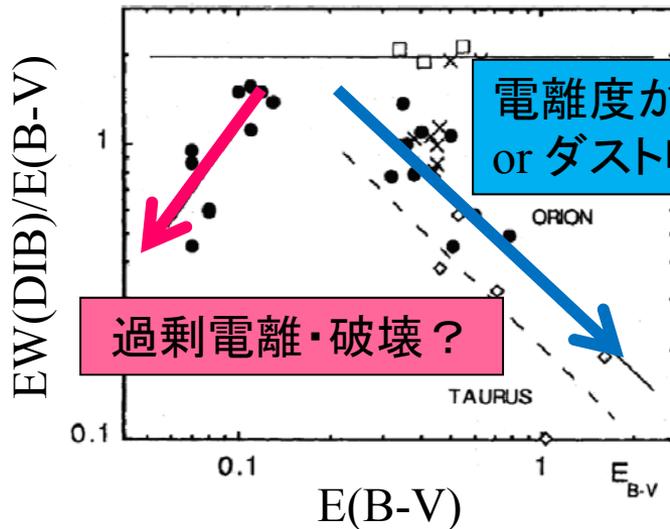
実験室測定から:

- 波長分解能の向上。
- アーク放電法でフラーレンと同時に作製される、カーボンナノチューブについても同様の実験室測定を行う (すでに試料を購入済み)。

大規模サーベイ



岡山188cm
+ HIDES



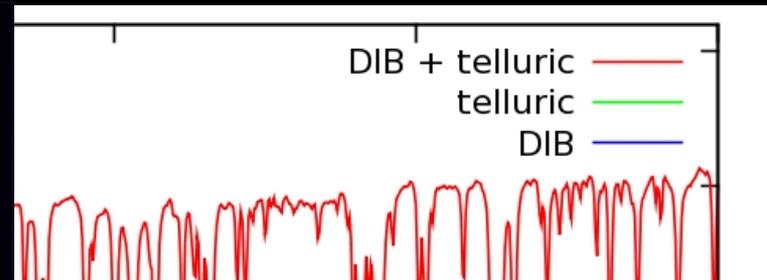
過剰電離・破壊?

電離度が不十分
or ダスト吸着?

Jenniskens+ (1994)

optical
DIB
 $\lambda 6284$

Space での分光観測



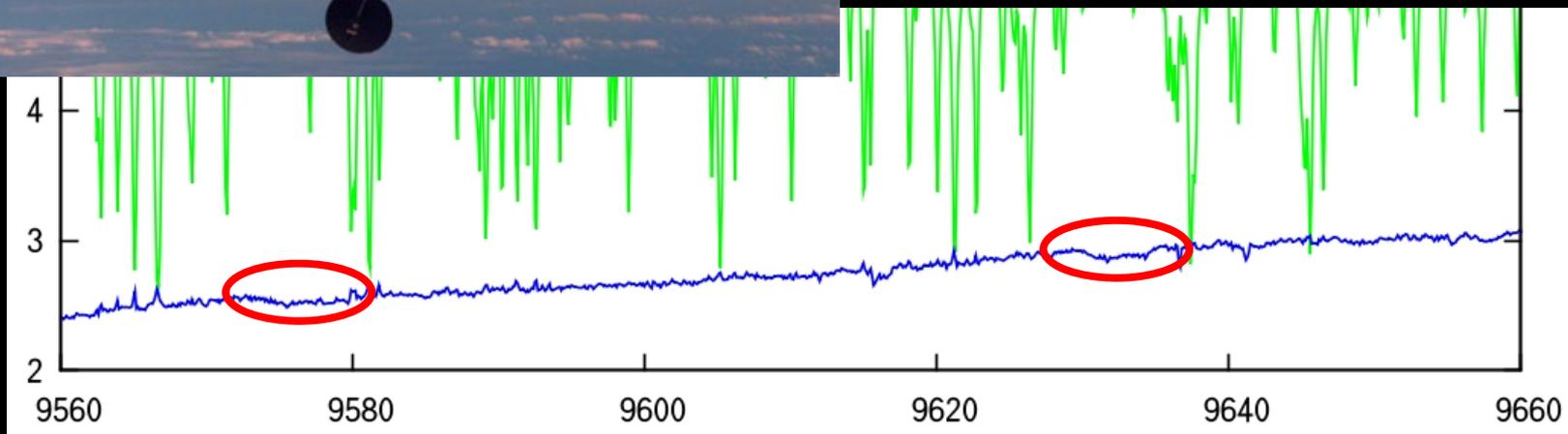
HST+STIS+G750M

(grating 分光)

波長領域: $\lambda = 5450-11150 \text{ \AA}$

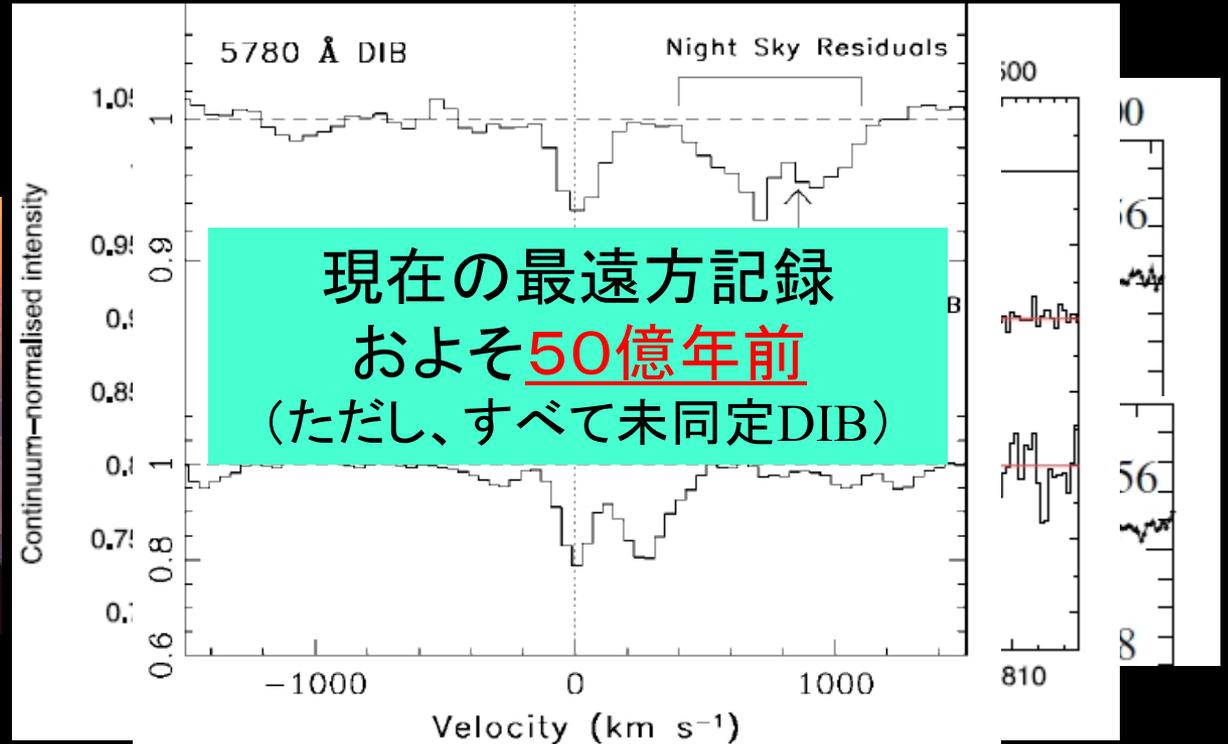
分解能: $R \sim 4870-9950$

分散: 0.56 \AA/pixel



遠方宇宙

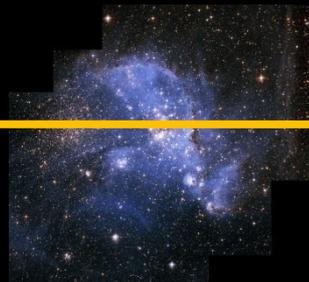
DIBキャリアどこに存在しているのか？



銀河系内部の分子雲



近傍銀河 (Sollerman+ 2005)



マゼラン雲 (Cox+ 2005)

遠方銀河内部の吸収ガス (York+ 2006)



星・クエーサー

QAL研究会へのお誘い

第2回 北海道・長万部

第3回 長崎・雲仙

みなさまのご参加を
お待ちしております！

Japan Quasar Absorption Line group

第1回 箱根・強羅