

近赤外高分散分光による QSO/GRB吸収線系の観測

近藤荘平 (東大理 天文センター)

共同研究者

小林尚人、美濃和陽典、安井千香子、本原顕太郎 (東大理 天文センター)
池田優二 (フォトコーディング)、Chis Churchill (New Mexico State Univ)、
辻本拓司、高遠徳尚、家正則、IRCS/AOチーム (国立天文台)

1 高赤方偏移クェーサー吸収線系

銀河系研究とクエーサー吸収線

大きな目標

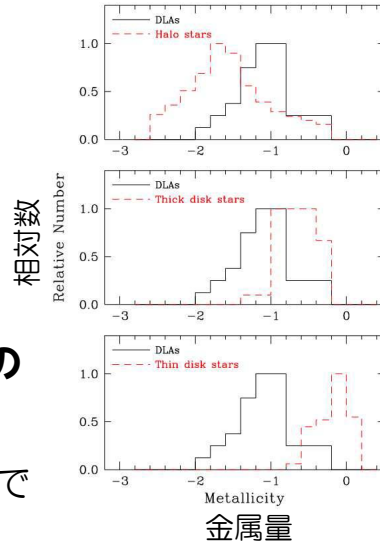
銀河系の形成過程の解明

銀河系の星が星間物質から
どのような過程を
経て形成されたか？

着目点

銀河系の星と過去の星間物質の 金属量・元素組成を比較

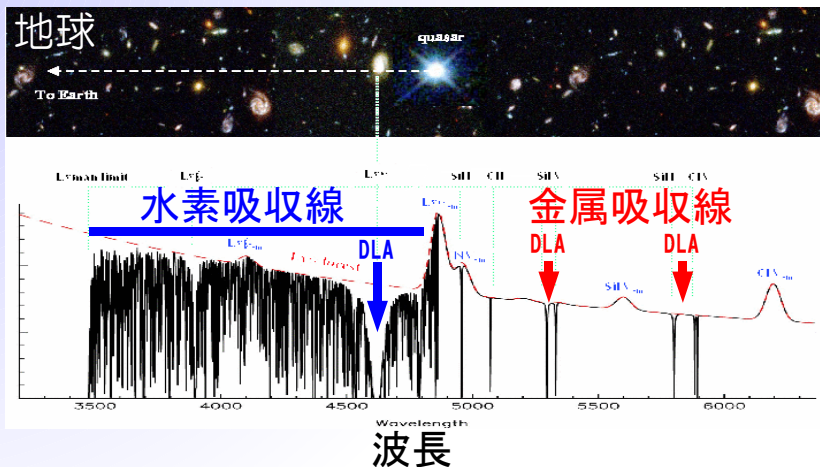
過去の星間物質：クエーサー吸収線で
捕らえる



(Pettini et al. 1997)

クエーサーの吸収線はいろいろな星の対象として使える
星の進化をクエーサー吸収線で直接見る

クエーサー吸収線系



DLA (Damped Lyman- α System) :非常にコラム密度の高いガス雲
($\log N(\text{HI}) [\text{cm}^{-2}] > 20.3$)
→ 強い金属吸収線を示す

DLAは宇宙論的スケールの化学進化を調べる強力なプローブ

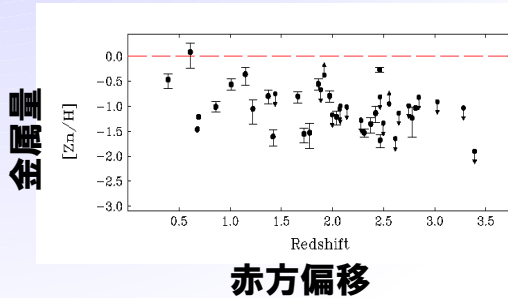
銀河間物質の化学進化

目標

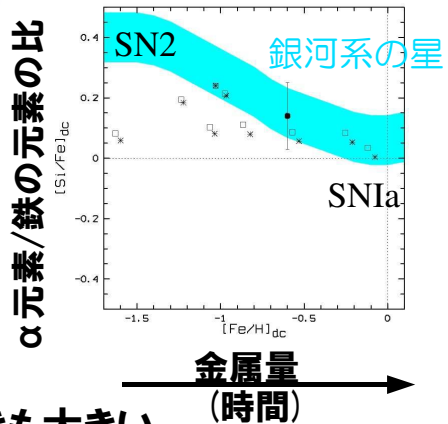
宇宙論的なスケールでの化学進化の解明

現在までの観測状況（可視光高分散観測による）

金属量の進化



元素組成の進化

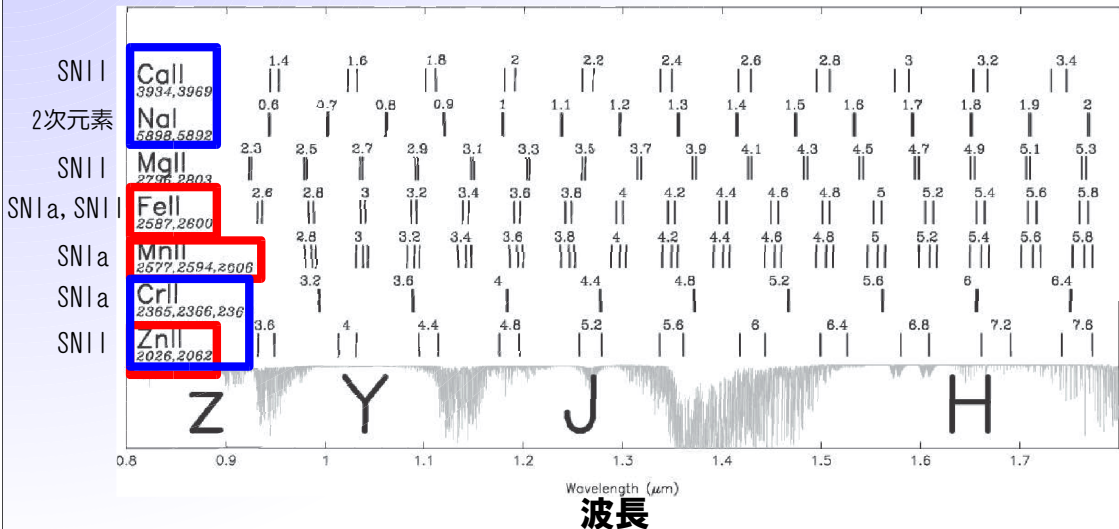


データ点がまだまだ少なく、ばらつきも大きい

→ より高感度な観測でデータ点を増やすことが必要

赤外線観測の重要性

赤：金属量進化の指標
青：ダストへの凝縮度の指標



高赤方偏移DLAの観測には高感度赤外線高分散分光が必要

赤外線高分散観測の現状

8mクラスの望遠鏡の登場で初めて可能となった

現在稼働中の高感度赤外線分光器

Keck	NIRSPEC	(R<30000)
VLT	ISAAC	(R<10000)
Gemini	GNIRS	(R<10000)
Subaru	IRCS	(R<20000)

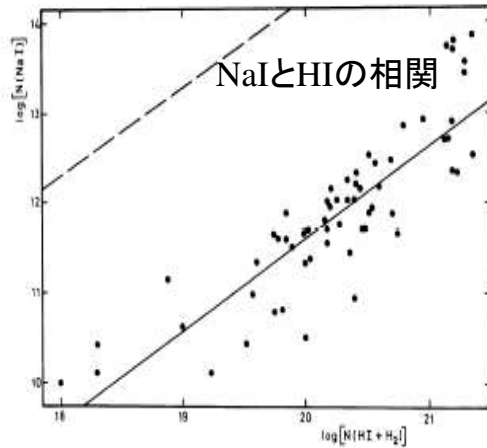
→ **すばる望遠鏡 IRCSによる観測的研究**

今回特に、NaID吸収線に注目した研究を紹介

2. 高赤方偏移NaI吸収線の観測

NaIの特徴 1: 冷たいガスの指標

log N(NaI)



Ferlet et al. 1985

log N(HI)

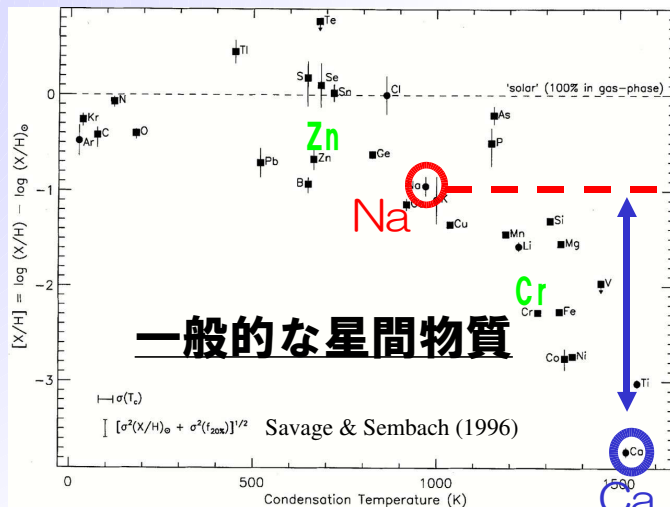
NaIは中性の比較的濃い冷たいガス(数100K)をトレース

冷たいガスの物理状態の良い指標

星生成に直接かかわる

NaIの特徴 2: ダスト凝縮の優れた指標

太陽組成からの欠損



ダストへの凝縮

凝縮温度

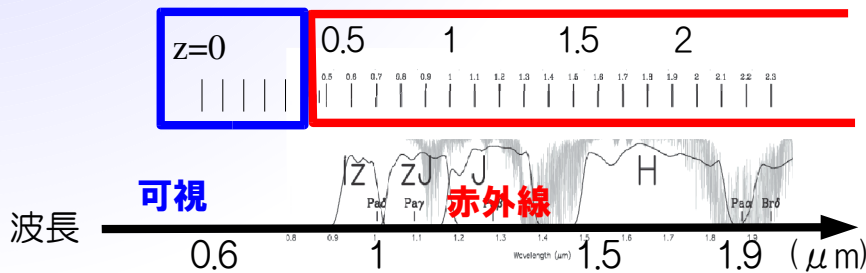
Na/Caの比較で金属のダストへの凝縮度がわかる

金属量を求める上での重要なパラメータ

Na/Caは、Zn/Cr以上に有力な指標

Na I D線 ($\lambda \lambda 5891, 5897$) の観測的特徴

- 静止系紫外のNa I ($\lambda \lambda 3303.3, 3303.9$) 吸収線よりも
静止系可視Na I D吸収線 ($\lambda \lambda 5891, 5897$) のほうが強い (70倍)
→より弱い吸収線系まで検出できる
- Na I D線は他の金属吸収線に比べずっと長波長にある
→他の金属吸収線とオーバーラップする可能性がほとんどない
- 対して、高赤方偏移 ($z > 0.5$) のNa I D線を観測するには
高赤方偏移Na I D線の位置



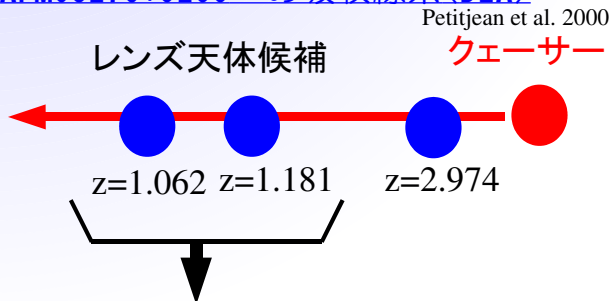
→ 近赤外線高分散分光が必要だが
Na I D線の近赤外の観測が全くされていなかった

観測天体: APM08279+5255

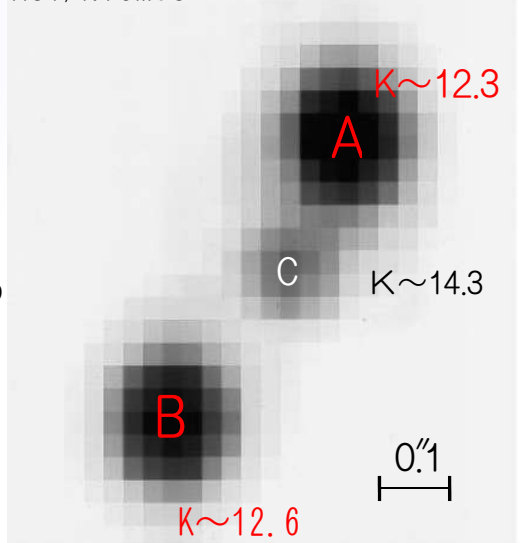
APM08279+5255

- Ultraluminous QSO
($z_{em}=3.991, L \sim 10^{15} L_{\odot}$)
非常に明るい
- 重力レンズQSO

APM08279+5255への吸収線系(DLA)



HST/NICMOS

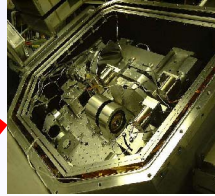


Ibata et al. 1999

Na I D線 ($\lambda \lambda 5891, 5897$) を赤外線高分散分光観測

観測

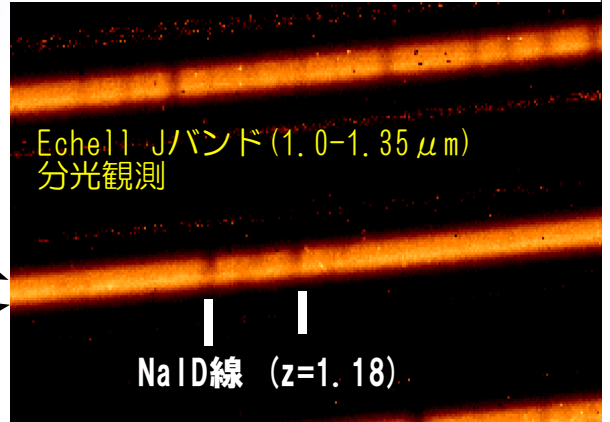
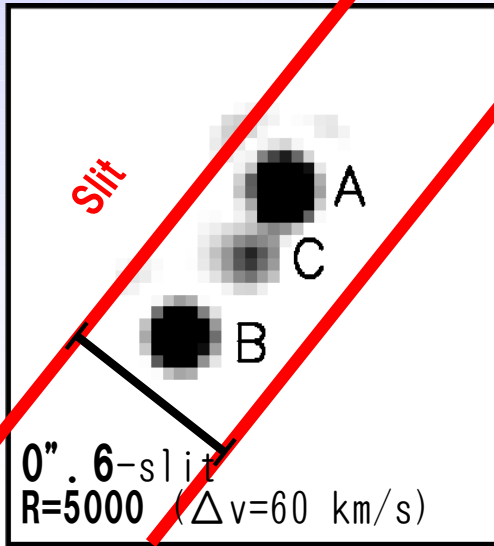
- 装置：すばる望遠鏡 IRCS+A0 (2001年 クリスマス)
- 観測条件：Photometric、シーイング < 0.5秒角
(A0により×1.2のthroughput向上)
- 積分時間：9600秒



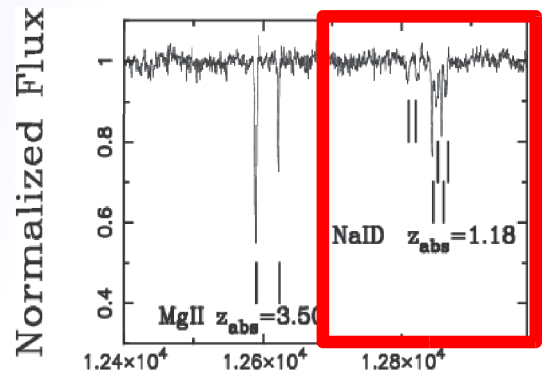
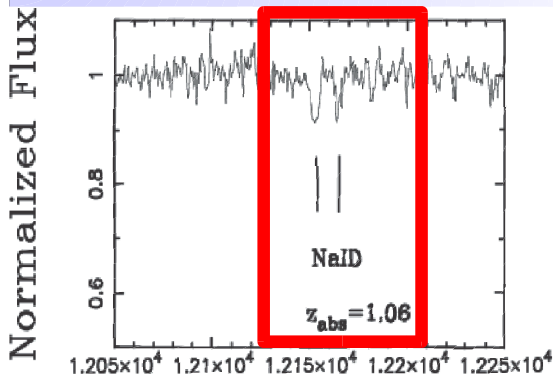
IRCS



A0



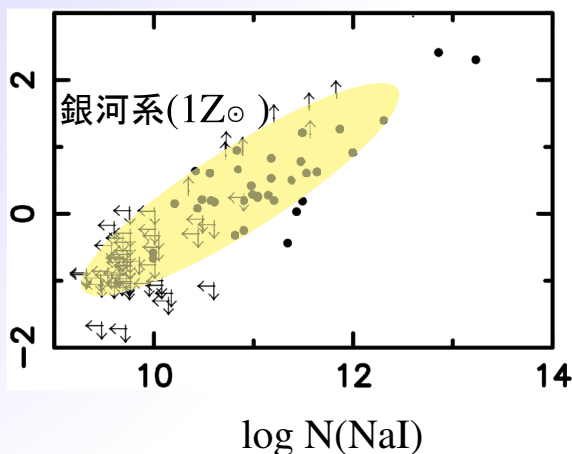
結果：全体のスペクトル



$z_{\text{abs}}=1.06, 1.18$ のNaID吸収線を明確に検出

議論1: $N(\text{NaI}) / N(\text{CaII})$ による ダスト凝縮度

↑
金属のダストへの凝縮度
 $\log N(\text{NaI})/N(\text{CaII})$

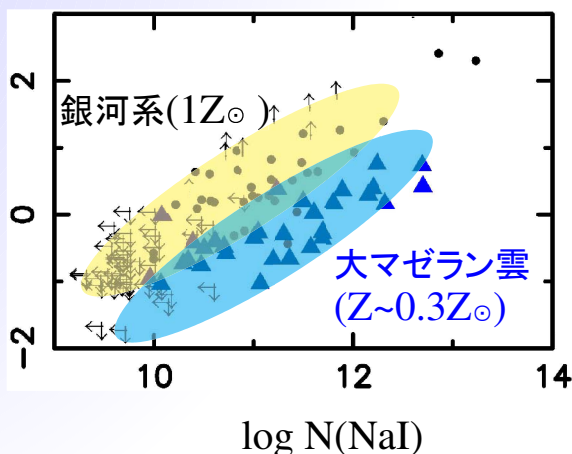


銀河系: Vallergera et al. (1993)

コラム密度が大きいほど金属のダストへの凝縮が大きい

議論1: $N(\text{NaI}) / N(\text{CaII})$ による ダスト凝縮度

↑
金属のダストへの凝縮度
 $\log N(\text{NaI})/N(\text{CaII})$

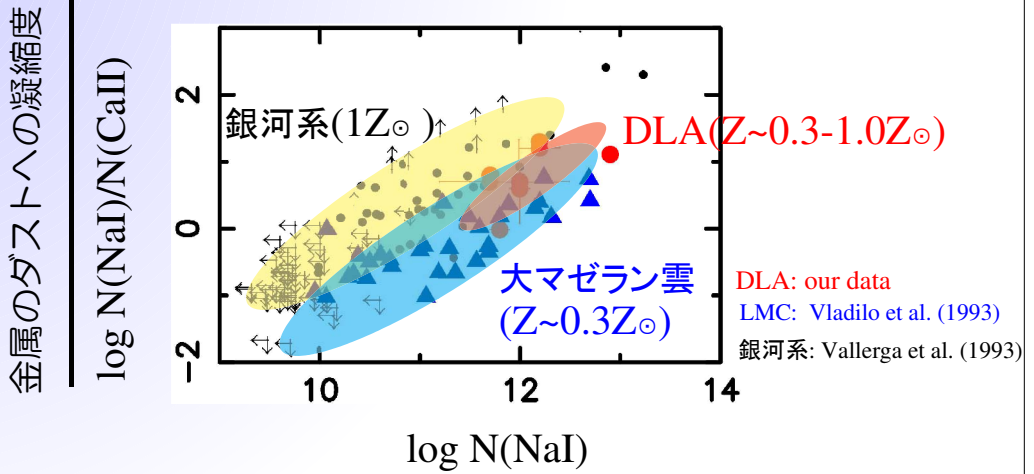


LMC: Vladilo et al. (1993)

銀河系: Vallergera et al. (1993)

金属量が少ないLMCで金属のダストへの凝縮が系統的に減少

議論1: $N(\text{NaI}) / N(\text{CaII})$ による ダスト凝縮度

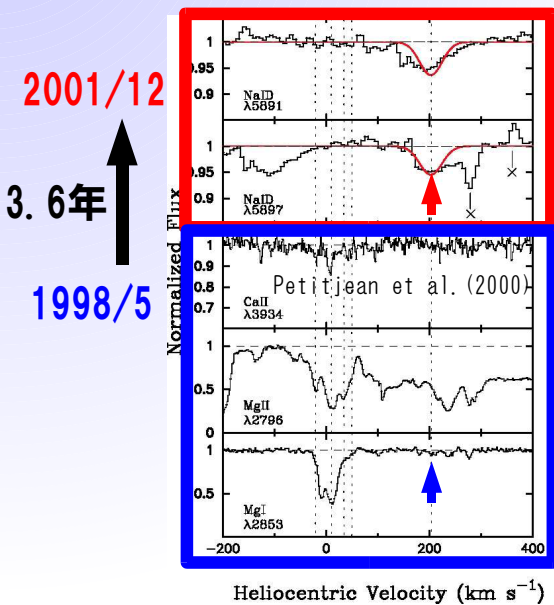


DLAにおいても金属量が少なくなると金属のダストへの凝縮が減少

高赤方偏移において、金属のダストへの凝縮が小さいことを $N(\text{NaI}) / N(\text{CaII})$ で示した

議論2: 固有運動の検出

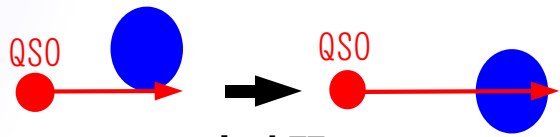
$z_{\text{abs}}=1.173$ MgII system (→ 新DLA)



1998年5月
可視光の観測

2001年12月
赤外線観測

DLA cloud



実時間
1.7年

- 高赤方偏移吸収線系の固有運動の初検出
- 吸収雲のスケールを求めた $\sim 200\text{AU}$

(雲の視線に対する速度: $\sim 400 \text{ km/s}$ を仮定)

「NaID吸収線の観測」のまとめ

- APM08279+5255 ($z=3.991$) の近赤外線高分散分光観測 (Jバンド)
- $N(\text{NaI})/N(\text{CaII})$ によるダスト凝縮

DLAにおいて金属のダストへの凝縮が小さくなることを示した

- 赤方偏移吸収線系の固有運動の初検出

吸収線雲のスケールを推定

Kondo et al. 2006, ApJ accepted

3. 次世代の近赤外高分散分光器「WINERED」の展望

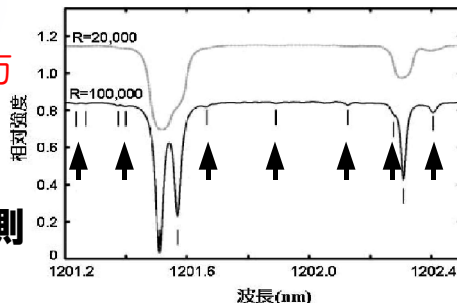
次世代の近赤外高分散分光器への要求

$z > 3$ での化学進化を明らかにする

- 重要な微弱元素(とくに Zn II, Mn II)の検出が必要

→ 1) 高分散化
分解能 R : 2万 → 10万

イメージン型回折格子



- $z > 3$ のクェーサーを定常的に観測

→ 2) 高感度化
従来の約2倍

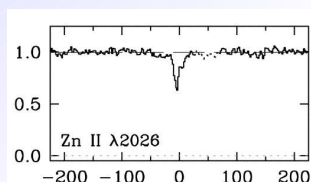
波長範囲を限定 (0.9-1.35 μm) して
光学系を最適化

ARコートやグレーティングの効率が高くなる

我々のグループでは、これらを満たした「WINERED」を開発中

近赤外線でのクェーサー吸収線の観測の現状と展望

	R=20,000	R=100,000	ターゲット
現状(すばるIRCS)	J 16-17		明るいQSOs
2008-「WINERED」	J 18-19	J 16-17	~100 QSOs ($z > 3$)
			S/N=100 w/8-hrs



Zn II $z=1.0$ [Fe/H] ~ -1.2
(Pettini et al. 2000)

[Fe/H] ~ -3 のDLA ($N(\text{HI}) \sim 10^{21} [\text{cm}^{-2}]$)の微弱なZn IIの吸収線の検出が可能に

**WINEREDで、 $z > 3$ の金属量・元素組成の
進化の研究がはじめて可能に**

近赤外線でのGRB吸収線観測の展望

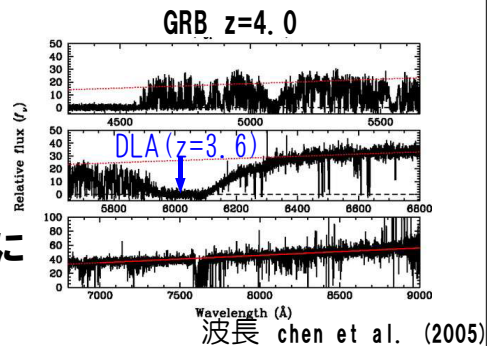
	R=20, 000	R=100, 000	ターゲット
現状	J 16-17		明るいQSOs
2008-「WINERED」	J 18-19	J 16-17	GRBs ($z>6$ 以上)

観測的特徴と現状

- GRBの残光は非常の明るい(最大 $J \sim 15$)
- 可視光での観測が行われている(最高 $z=6.3$ Kawai et al.)

展望

- 宇宙の再電離がいつ起ったかを明らかに
- 化学進化で重要な指標である
Zn, Mnの吸収線の赤外線分光観測



**WINEREDによるGRB吸収線の観測から
化学進化の研究が大いに発展//**