

平成 21年 5月 29日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）  
 研究期間： 2007～2008  
 課題番号： 19840044  
 研究課題名（和文） クエーサー吸収線系で探る銀河の起源と進化

研究課題名（英文）

研究代表者

大越 克也 (Okoshi Katsuya)  
 東京理科大学・基礎工学部・講師  
 研究者番号：50453832

研究成果の概要：

我々の住む銀河系の主な構成成分である水素ガスや星の起源と進化に注目することにより、銀河系や銀河の起源や進化過程に関する研究を行った。特にクエーサー吸収線系と呼ばれるガス吸収体に注目した。その結果、星形成が進んでいない矮小銀河がクエーサー吸収線系と観測されるガス雲を構成していることが理論及び観測的結果から示唆された。この成果により、今後の電波観測や補償光学装置などを用いた可視光観測により、「銀河間ガスから銀河への形成・進化過程」が解明されることが期待できる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,350,000	0	1,350,000
2008年度	1,350,000	405,000	1,755,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	405,000	3,105,000

研究分野：数物系化学

科研費の分科・細目：天文学

キーワード：クエーサー吸収線系、銀河、銀河形成、DLA、理論天文学

### 1. 研究開始当初の背景

我々の住む銀河系の起源を探る試みは、天文学の根幹をなす課題である。我々の銀河系は、主に水素ガスやそれから作られる星によって構成されている。この水素ガスがどのように存在し、また重力収縮を経て、星にどの程度なるかによって、銀河の年齢、ひいては銀河がどのように進化するかが左右される。一方、近年の観測能力の飛躍的向上によって、銀河系外の銀河は、我々の銀河系とは異なる星やガスの量を持つものが多くあることが分かっている。さらに、銀河以外にも多くの水素ガスやガス雲が銀河間には存在していることが分かりつつある。しかし、それ

らがどの程度存在し、さらにそれらがどのように銀河へと形作られてきたのかは不明である。このようなガス（雲）は、クエーサースペクトルの吸収線として出現するために、一般にクエーサー吸収線系と呼ばれる。

しかし、原始銀河に含まれるガス、つまりクエーサー吸収線系の起源や進化過程は、理論及び観測的側面から十分な解明がなされていないのが現状である。

### 2. 研究の目的

本課題研究では、クエーサー吸収線系の物理的・化学的進化を考察することによって、銀河の起源や形成過程を解明することを研

究目的とする。特に、Damped Lyman  $\alpha$  Absorption System (DLA) と MgII 系に注目して研究を進める。DLA と MgII 系は、ともに中性水素ガスや金属量が銀河系と同程度多く存在することから、銀河との関連性が最も強い代表的なクエーサー吸収線系として知られている。しかし、これらは、典型的な銀河の 10 倍から 100 倍のサンプルが得られているにもかかわらず、その正体 (母銀河) が何であるかが不明なまま議論され続けている。一方、原始銀河は、形成過程に於いて重要な役割を果たすガスの力学的、化学的特性は詳細に知られていない。この両者を結びつけるために、本研究では、DLA は主に水素ガス、MgII 系は主に金属量の起源と進化を考察するための対象天体と捉え、その空間分布、存在量、銀河との相関を理論的・観測的アプローチにより考察する。これにより、原始銀河とそのハロー内ガス雲 (もしくは周辺領域) の物理的・化学的進化を詳細に検討することによって、「遠宇宙に於ける銀河間ガから銀河への形成・進化過程」の解明を本研究で目指したい。

### 3. 研究の方法

研究目的を達成するために、研究目的に応じた 3 つのテーマに絞り、それぞれの研究計画を立てた。(A) DLA 母銀河の解明、(B) 数値シミュレーションを組み込んだ吸収線系理論モデルの構築。(C) MgII 系の高赤方偏移における進化の解明。

#### (A) DLA の母銀河の解明

DLA の母銀河は、主に低輝度で矮小であることが本研究の仮説である。その点に着目し、金属度が比較的高く星形成が進んでいるため輝度が高いと予想される DLA サンプルを探し、観測計画を立てた。同時に、背景のクエーサー光による Masking effect を回避するためにガンマ線バーストのスペクトルに現れる DLA に注目する。

#### (B) 吸収線系理論モデルの構築

現在、電波観測で検出されている近傍銀河と DLA の関連性に関する準解析的モデルの構築とコード開発を行い考察する。その後、銀河形成に関する数値シミュレーション ( $\nu$ GC) で得られた銀河の空間分布に関する情報を、現在の DLA 形成に関する理論モデルのコードに組み込むことによって、DLA、MgII 系及び銀河の進化過程に関する計算コードを開発する。それらの観測量：空間相関、中性水素量や金属量から、DLA、MgII 系と銀河及びハローの関係性を考察し、DLA、MgII 系の起源や進化過程を解明する。

#### (C) MgII 系の高赤方偏移観測に於ける進化の解明

等価幅の大きな強い MgII 吸収線 (Strong MgII 系) は、DLA ととても強い相関を示すことが知られている。すばる望遠鏡による Strong MgII 系の高赤方偏移に於ける高分散分光観測データから低赤方偏移 ( $z < 2$ ) に於ける SDSS データの結果と比較することにより、その数密度の変化を評価し、DLA との相関を考察する。

### 4. 研究成果

3 つのテーマ：(A) DLA 母銀河の解明、(B) 数値シミュレーションを組み込んだ吸収線系理論モデルの構築。(C) MgII 系の高赤方偏移における進化の解明に関して、以下の研究成果が得られた。

#### (A) DLA 母銀河の探索に関して

2007 年 6 月の 2 回にわたって、ガンマ線バーストのスペクトルに現れた DLA 母銀河の撮像観測をハワイ島すばる望遠鏡にて行った。その結果、吸収線源から 10 万光年離れたところに銀河を発見した。現在、その解析及び分光観測を行い、DLA 母銀河の同定を行う予定。現在、遠方 DLA 母銀河の検出は世界で 10 例にも満たず、その候補天体の検出は学術的に優れた成果である。

一方、2009 年秋季に共同利用が開始される予定の補償光学装置 (AO) を用いた DLA 母銀河観測計画をすばる望遠鏡グループ (美濃和 陽典氏) と共同で立案し、プロポーザルを提出した。採択されれば、2009 年度後半に観測実施できる予定である。

#### (B) 吸収線系理論モデルの構築に関して

DLA に関する準解析的モデルを構築し、低赤方遷移に於ける DLA と電波観測された近傍銀河の関係を考察した。両者の中性水素柱密度、サイズ、星形成率などと比較することにより、質量の大きな銀河が DLA、一方、矮小銀河が Sub-DLA に対応することを示唆した。このことにより、現在進行中の Blind 電波観測計画から得られる銀河の大量サンプルを基に、この結果を踏まえて DLA や Sub-DLA の起源や進化過程が解明できると考えられる。従来、近傍銀河とクエーサー吸収線系の関係性に基づき、銀河形成を理論的考察した研究は皆無であり、ユニークかつ優れた学術成果である。

現在、銀河形成に関する数値シミュレーション ( $\nu$ GC) で得られた銀河の空間分布を組み込んだ DLA および MgII 系の形成及び進化

過程に関する理論モデルコードを開発中である。当該課題研究期間内には、コード開発及び考察は第一段階まで到達できたが、次の段階として、銀河とDLAの空間分布から、その起源や進化を考察することができると期待している。

#### (C) MgII系の進化に関して

強い吸収線(Strong MgII)系に関するすばる望遠鏡による観測済みのデータ解析結果を東京大学グループ(小林尚人氏、近藤 莊平氏ら)と共同で検討を行った。その結果、低赤方偏移( $z < 2$ )と比べると、高赤方偏移( $z > 2$ )では、その数密度が減少していることが判明した。高赤方偏移に関する結果は世界で初めてのものであり、DLAおよび銀河進化に関する新たな知見を提示する優れた成果である。この成果に関して、現在、論文作成中である。さらに現在、CLOUDYコードを用いて、その物理的・化学的狀態を考察し、この系の中性水素量と、同種族の水素吸収線系であるsub-DLAやLyman-limit systemと比較することによって、その起源を解析中である。これにより、高赤方偏移( $z > 2$ )に於けるMgII系と相関の強い原始銀河の解明やその周辺ハローガスや銀河間ガスの化学進化の考察ができると考えている。

以上の研究実績の他に、研究課題を包括的に取り纏める必要性を強く感じ、2007年度から「クエーサー吸収線系研究会」を開催した。これは、観測と理論研究の連携を強化し、発展的なクエーサー吸収線系に関する研究推進を目的とする萌芽のものである。第1回神奈川県箱根、第2回東京理科大学長万部キャンパス(当該研究拠点)で開催し、国内外からのべ40名以上の参加者があり、活発な議論・交流が交わされた。本研究会は本研究課題に関する研究推進を目的とする萌芽のものであり、今後も継続的に開催する予定である。

#### 5. 主な発表論文等(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

##### [雑誌論文](計5件)

- ① 大越 克也、クエーサー吸収線系--DLAを中心に---、第1回クエーサー吸収線研究会紀要、pp. 1-21、2008、査読無
- ② Katsuya Okoshi, Masahiro Nagashima, Naoteru Gouda, HI-selected Galaxies As a Probe of Galactic Disks、Formation and Evolution of Galaxy

Disks, pp. 489-490, 2008, 査読無

- ③ 近藤 莊平、小林尚人、南篤志、大越克也、美濃和陽典、辻本拓司、家正則、表泰秀、赤外線高分散分光による高赤方偏移吸収線の観測、第1回クエーサー吸収線研究会紀要、pp. 125-136、2008、査読無
- ④ Sohei Kondo, Naoto Kobayashi, Atsushi Minami, Katsuya Okoshi, Yousuke Minowa, Takuji Tsujimoto, Chris Churchill, Hiroshi Terada, Tae-Soo Pyo, and Masanori Iye, Study of  $z=3.5$  MgII absorption systems with Subaru IRCS near-infrared high-resolution spectroscopy, Panoramic Views of Galaxy Formation and Evolution, pp. 209-210, 2008, 査読無
- ⑤ 大越 克也、Sub-DLAの起源と進化、第2回クエーサー吸収線研究会紀要、pp. 1-16、2009、査読無

##### [学会発表](計11件)

- ① Katsuya Okoshi, HI-selected Galaxies As a Probe of Galactic Disks, Formation and Evolution of Galaxy Disks, 2007年10月1-5日, Centro Convegni Matteo Ricci, Rome, Italy
- ② 大越 克也、クエーサー吸収線系-DLAを中心に---、第1回クエーサー吸収線研究会、2007年11月10日、箱根
- ③ 美濃和陽典、大越 克也、小林尚人、近傍HI-rich銀河での星形成率の研究、木曾シュミットシンポジウム2007、2007年7月13日、長野県木曾
- ④ 美濃和陽典、大越 克也、小林尚人、近藤 莊平、南篤志、安井千香子、辻本拓司、寺田宏、表泰秀、高見英樹ガンマ線バーストで探る高赤方偏移銀河と吸収線系の関係、日本天文学会2007年秋季年会、2007年9月26日、岐阜大学
- ⑤ 近藤 莊平、小林尚人、南篤志、大越 克也、美濃和陽典、辻本拓司、家正則、寺田宏、表泰秀、すばる望遠鏡IRCS/AOチーム、高赤方偏移クエーサー「APM08329+5255」のJ-band高分散分光観測と $z=3.5$  MgII吸収線系、日本天文学会2007年秋季年会、2007年9月26

日, 岐阜大学

- ⑥ 南 篤志, 小林 尚人、近藤 莊平、Chris Churchill、美濃和 陽典、大越克也、辻本 拓司、家 正則,  $z > 2.5$  における strong Mg II 吸収線の個数密度, 第1回 ケーサー吸収線研究会, 2007年11月11日, 箱根
- ⑦ 近藤 莊平, 小林尚人、南篤志、大越克也、美濃和陽典、辻本拓司、家正則、表泰秀, 赤外線高分散分光による高赤方偏移吸収線の観測, 第1回 ケーサー吸収線研究会, 2007年11月11日, 箱根
- ⑧ Sohei Kondo, Naoto Kobayashi, Atsushi Minami, Katsuya Okoshi, Yousuke Minowa, Takuji Tsujimoto, Chris Churchill, Hiroshi Terada, Tae-Soo Pyo, and Masanori Iye, Study of  $z=3.5$  MgII absorption systems with Subaru IRCS near-infrared high-resolution spectroscopy, Panoramic Views of Galaxy Formation and Evolution, The 1st Subaru International Conference, 2007年12月11日-15日, 総合研究大学院大学
- ⑨ 大越 克也、長島雅裕、Sub-DLAの起源と進化, 日本天文学会2008年春季年会, 2008年3月27日, 国立オリンピック記念青少年総合センター、渋谷
- ⑩ 大越 克也, Sub-DLAの起源と進化, 第2回 ケーサー吸収線研究会, 2008年10月11日, 東京理科大学、長万部
- ⑪ 大越 克也、美濃和 陽典、長島 雅裕、補償光学装置を用いたDLA母銀河検出の可能性、日本天文学会2009年春季年会、2009年3月27日、大阪府立大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計◇件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

大越 克也 (Okoshi Katsuya)  
東京理科大学・基礎工学部・講師  
研究者番号：50453832

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：







(7) ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○  
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○  
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○  
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○  
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○  
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○  
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計10件)

- ① 学振太郎、半蔵門一郎、学振花子、論文名、掲載誌名、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)、査読の有無
- ② 学振太郎、論文名、掲載誌名、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)、査読の有無
- ③ 学振花子、論文名、掲載誌名、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)、査読の有無

[学会発表] (計5件)

- ①
- ②
- ③

[図書] (計2件)

- ①
- ②

〔産業財産権〕

○出願状況（計□件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計◇件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

http://○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

学振 太郎 (GAKUSHIN TARO)  
○○大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：

### (2) 研究分担者

学振 花子 (GAKUSHIN HANAKO)  
○○大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：

学振 次郎 (GAKUSHIN JIRO)  
○○大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：

学振 三郎 (GAKUSHIN SABURO)  
○○大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：

### (3) 連携研究者

学振 四郎 (GAKUSHIN SHIRO)  
○○大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：