

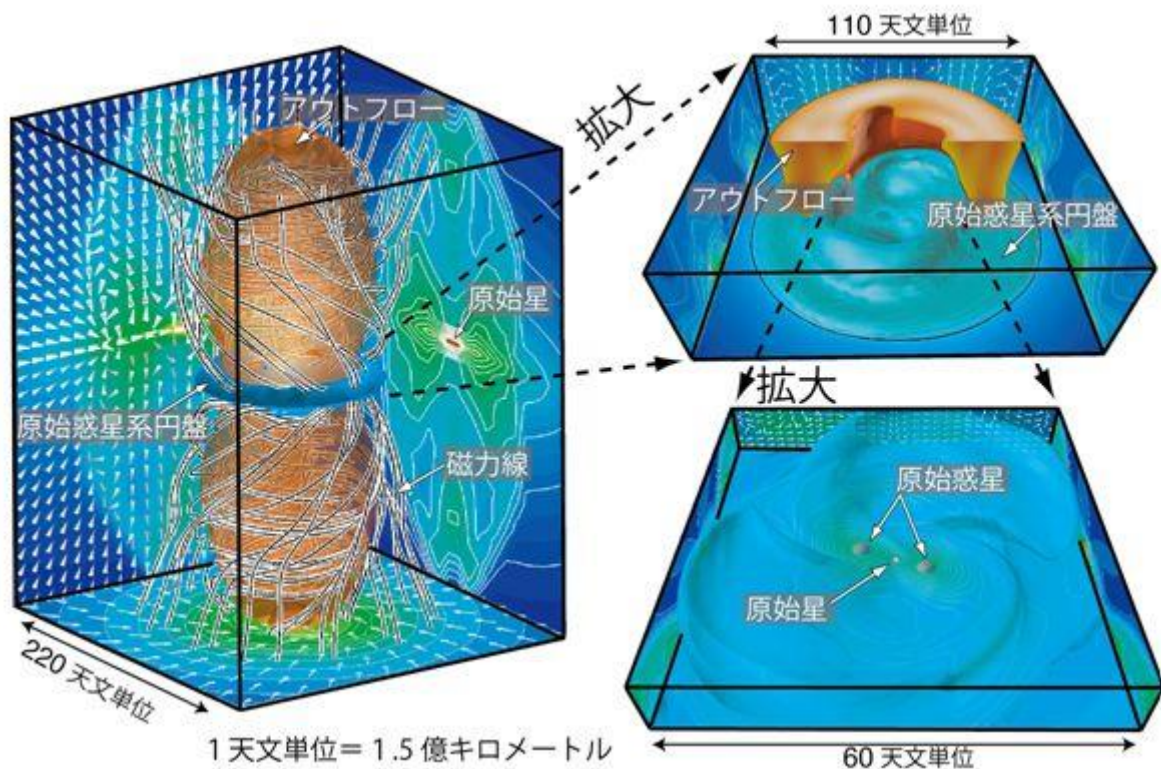
スタッフ 教授 関谷 実* (理論系)
 准教授 町田 正博 (理論系)
 助教 岡崎 隆司 (実験系)

*2020年3月末日 定年退職予定

太陽系は、太陽という中心星のまわりを公転する惑星、準惑星、小惑星、太陽系外縁天体などや、惑星のまわりを公転する衛星などから成るシステムです。最近の天文観測の発展により、太陽系以外にも中心星のまわりを惑星が公転する惑星系が多数あることが分かってきました。当研究分野では、惑星系の形成・進化過程を解明することを目指して、以下のような研究を行っています。

(1) 分子雲の中で星や惑星が誕生する過程の数値シミュレーションによる研究

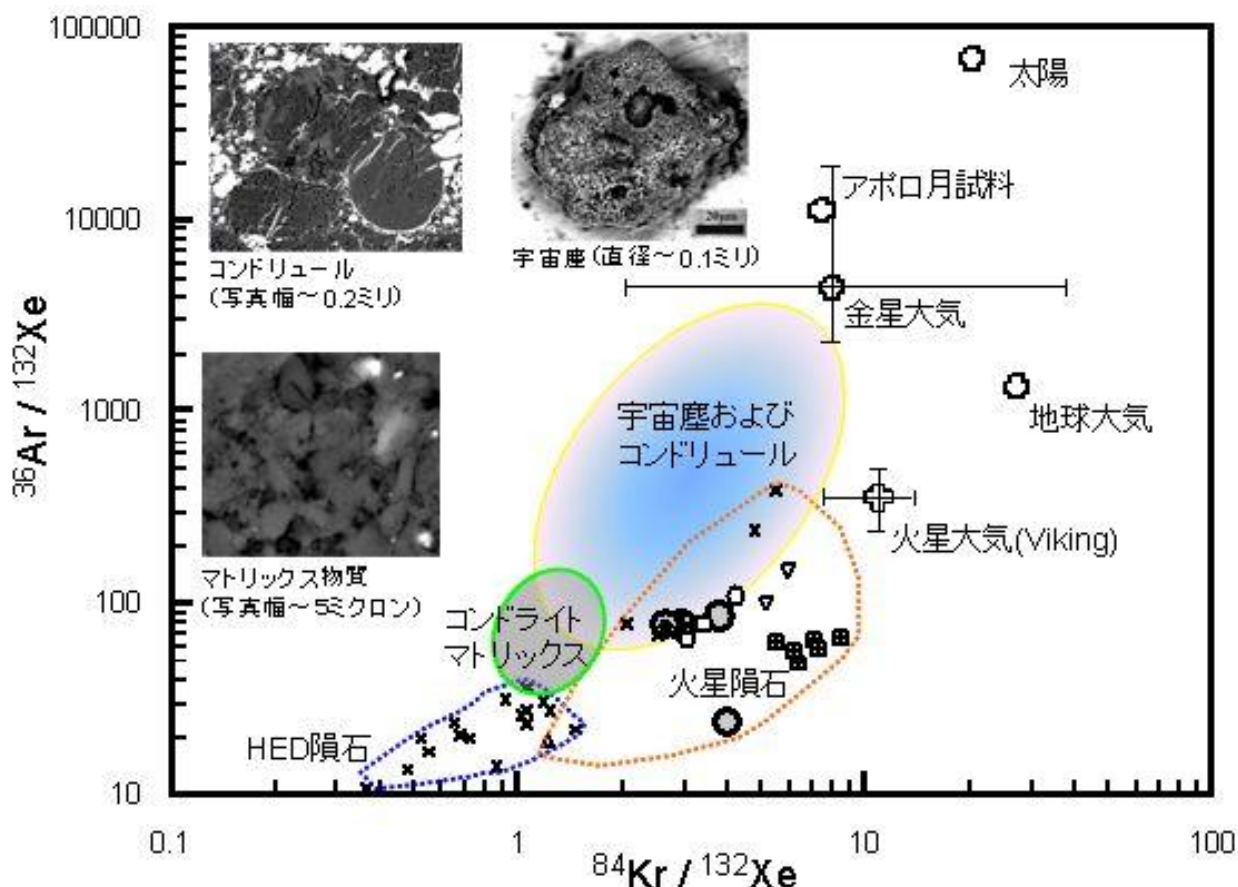
星や惑星系は、分子雲が自分自身の重力によって収縮することにより、形成されます。下の図は、その過程をスーパーコンピュータで数値シミュレーションした結果を示しています。左側の図で、白と黒の線は磁力線を、オレンジ色の部分は原始星アウトフローを示しています。星は誕生する瞬間に、磁場の力(ローレンツ力)によってガスを放出します。このガスの速度は、時速10万キロメートル以上です。図のオレンジ色の部分が放出されたガスに対応します。また、右下の図から円盤の中で木星のようなガス惑星が2つ誕生しているのが分かります。



このように分子雲コアの中で星が誕生し、星の周りに原始惑星系円盤が形成し、さらにその円盤中で惑星が生まれるまでを計算し、様々な惑星系がどのように出来るのかを解明しています。また、南米チリのALMA望遠鏡の観測データとシミュレーションのデータを比較することによって星や惑星の形成・進化を解明する研究も行っています。

(2) 地球外物質の元素・同位体分析による実験的研究

地球外物質の化学組成や同位体組成は多様性に富み、これらは物質の起源や進化過程を知る手がかりとなります。本研究室では微量（原子数で5000個あれば検出可能）の希ガス同位体分析が可能な世界でも珍しい研究室です。これまでも探査機「はやぶさ」の回収した微粒子分析や、日本に落下した貴重な隕石の鑑定などを行ったりしています。2020年帰還予定の「はやぶさ2」探査機回収試料の分析も予定しています。



希ガス同位体は地球外物質の様々な重要な情報を我々に与えてくれます。その一例として希ガスの元素組成を示します。上図において太陽の組成は右上に位置します。太陽より左下に月の表土、宇宙塵、コンドライト隕石中のコンドリュールがあり、これらの物質には元素分別した太陽風起源の希ガスが含まれており、太陽風に晒されたことを示しています。また、玄武岩質の火星隕石には火星大気に似たガスが含まれていますが、これは火星表面で衝撃の際に大気が岩石中に混入したためです。一方、コンドリュールの隙間を埋める微粒子の集合体（マトリックス）は太陽組成に比べて重い元素に富む組成を持ち、これは太陽系星雲起源と思われるガスを含んでいるためです。マトリックス

には太陽系物質以外にも、太陽系ができる前から存在した他の恒星起源（赤色巨星や超新星）の微粒子（プレソーラーグレイン）もわずかながら存在しています。プレソーラーグレインは化学組成などでは太陽系物質と見分けることができませんが、同位体組成が太陽系物質とは全く異なるため、同位体分析によって始めて太陽系外であることが証明できます。ネオンやキセノンといった希ガス同位体はプレソーラーグレインの発見に役立てられてきました。

上記の地球外物質の起源や進化過程を解明するには、天体形成した年代や加熱を受けた時期など、「いつ」という年代情報が重要です。希ガス同位体には「時計」として用いることのできる様々な同位体が存在します。例えば、天体が形成した時期を反映するXeを使った消滅核種による年代（I-Xe年代、Pu-Xe年代）や天体同士の衝突時期を示すガス損失年代（K-Ar年代）、隕石が小惑星などの元々の天体から放出されて地球に落下するまでに宇宙空間を浮遊していた期間を表す宇宙線照射年代（²¹Ne年代、Kr-Kr年代）などがあります。

このように、希ガスや他の元素の同位体組成および元素組成を手がかりにして、物質の起源、進化過程、年代情報をすべて組み合わせて、地球外物質の進化過程解明を目指しています。例えば、太陽系の材料物質がどのような恒星からいつごろ放出されたものなのか、小惑星や微惑星形成の順番や形成領域、惑星大気進化過程など、宇宙や太陽系の進化に関する多様な情報を読み取ろうとしています。