

微惑星集積による原始惑星の自転の研究 Protoplanet Spin by Planetesimal Accretion

柴田 雄^{1*}; 小久保 英一郎²

SHIBATA, Takashi^{1*}; KOKUBO, Eiichiro²

¹ 東京大学大学院理学系研究科天文学専攻, ² 国立天文台

¹University of Tokyo, ²National Astronomical Observatory of Japan

惑星系形成において微惑星の寡占的成長を経て形成される原始惑星の自転について調べた。現在の標準的な惑星系形成シナリオでは、惑星系は原始惑星系円盤とよばれるガスとダストから構成される星周円盤から形成される。まずダストが集積して数キロメートルほどの微惑星が形成される。微惑星は公転をしながら衝突合体を繰り返し成長していく。成長は初期は暴走的、すなわち大きな微惑星ほど速く成長する。原始惑星(暴走成長微惑星)の質量が臨界値を超えると、暴走的成長は減速し、成長モードは寡占的成長となる。ここでは原始惑星は軌道反発によって一定の軌道間隔を保ちながら、秩序的に成長していく。本研究では、この原始惑星の形成過程において微惑星集積によってもたらされる自転角運動量を多体シミュレーションによって調べた。多体シミュレーションでは微惑星系の軌道進化、集積進化、自転進化を矛盾なく調べることができる。原始惑星の自転は、その合体条件に影響するため、原始惑星の巨大衝突による地球型惑星形成を考える上で重要である。また、原始惑星の自転角運動量は、巨大衝突によって形成される地球型惑星に継承されるため、地球型惑星の自転にも影響する。さらに、現在の火星は原始惑星の生き残りであると考えられているため、原始惑星の自転を調べることは火星の自転の起源を調べることにつながる。計算の結果、原始惑星の自転角速度は、質量の増加とともに小さくなる傾向がみられ、原始惑星の典型的な自転角速度は回転不安定の臨界角速度の1/10ほどの小さい値となった。質量が小さい微惑星が原始惑星にランダムな方向から多数衝突合体すると、微惑星のもたらす角運動量は、ほぼ相殺して正味の角運動量が非常に小さくなり、原始惑星の自転角運動量はあまり変化しない。しかし、微惑星の集積で質量は増加するため、それに伴い自転角速度は減少する。よって質量が大きいものほど自転角速度は小さくなる。原始惑星の自転軸傾斜角は等方的に分布し、天王星のような横倒しの軸をもつものが多いことがわかった。これは微惑星円盤の厚みが微惑星のサイズよりはるかに大きく、さらに微惑星の速度分散が大きいために衝突が等方的に起こることによる。原始惑星の自転の微惑星固体密度、微惑星初期質量に対する依存性も調べた。原始惑星の自転角速度は、固体密度の増加とともに大きくなり、 $\omega \propto \rho^{1/2}$ の関係が得られた。また、微惑星初期質量が大きいほど自転角速度の質量依存性が弱くなることがわかった。しかし、自転軸傾斜角の分布が等方であることは変わらない。今回の計算は、合体条件に完全合体を仮定し、円盤ガスによる抵抗を考慮していないので、得られた自転角速度は原始惑星形成で得られる自転角速度の上限であると考えられる。