

氷球の低速度斜め衝突実験：反発係数と回転に対する衝突角度依存性

*豊田優佳里^{1,2}, 荒川政彦³, 保井みなみ³

(1. アストロバイオロジーセンター, 2. 国立天文台, 3. 神戸大学大学院理学研究科)

背景:本研究は土星 A, B リング内でのリング粒子間の衝突過程に着目する。A, B リングは dense リングとも呼ばれ、幅~40 万 km, 厚さ~数十 m の円盤構造である。dense リングを構成する粒子は数 mm-数十 m サイズの水氷粒子であることが知られているが、Cassini による観測によってリング粒子の内部構造は空隙を含む氷粒子集合体であることが示唆された。dense リングには粒子が密に存在しているため、リング粒子間の平均自由行程は粒子サイズと同程度又は粒子サイズ以下であると予測されている。従って、dense リングの動力学を考える場合には、リング粒子間の衝突過程を調べるのが重要である。このような背景から、リング粒子間の衝突速度（数 cm/s 以下）を再現するような氷を用いた低速度衝突実験が行われてきたが、最新の観測で提案された氷粒子集合体を使用した実験例は少ない。特に、リング間の衝突のほとんどは斜め衝突であることが予測されるが、氷粒子集合体の低速度衝突過程に対する衝突角度依存性は未解明である。以上より、本研究では氷粒子集合体を用いた低速度斜め衝突実験の実施を目標とし、斜め衝突実験装置及び二次元レーザー変位計を用いた解析方法の開発を行った。本発表では前実験として実施している空隙を含まない氷球を用いた低速度斜め衝突実験の結果を報告した。

実験方法・結果:衝突体である氷球は沸騰させた水道水をゴム型に入れ、冷凍庫（-20C°）で凍結させることで準備した。標的板には市販の花崗岩板（表面は鏡面仕上げ）を使用した。氷球は自由落下によって花崗岩板に衝突させ、衝突速度は花崗岩板の設置高さを変化させることでコントロールした ($v_i \sim 16-161$ cm/s)。衝突角度は花崗岩板の設置角度を変化させることで制御した ($\theta_i = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$)。斜め衝突による水平方向・高さ方向の運動及び回転を観測するため、二次元レーザー変位計（測定周波数 1 or 2 kHz）を用いて、衝突前後における氷球の移動（水平方向・高さ方向）・基準面角度の時間変化を測定した。実験はすべて-15 C°の低温室内で実施した。衝突速度と反発係数の関係を確認すると、衝突速度・衝突角度の増加に伴って反発係数が低下することが確認された。法線方向の衝突速度と法線方向の反発係数で表すと、 $\theta_i > 45^\circ$ の場合は衝突角度依存性を整理することができたが、 $\theta_i < 45^\circ$ の場合は衝突角度の増加に伴って法線方向の反発係数が減少するという傾向が残った。これは、衝突応力によるクラックの

発生に起因するエネルギー散逸だけでは反発係数の低下を説明することができず、回転へのエネルギー変換を考える必要があることを示唆している。また、接線方向の反発係数は ~ 1 であり、表面の滑らかな氷球と鏡面研磨した花崗岩板間の衝突の場合は摩擦によるエネルギー散逸がほとんど起こらないことが示唆された。衝突前後の角速度変化は衝突速度の増加に伴って増加することが明らかになったが、衝突角度依存性をはっきりと確認することはできなかった。衝突前後の角速度変化を引き起こす原因としては、球中心と重心位置の微小なズレに起因するトルクの発生が考えられる。今後はトルクの影響を考慮した議論を行うとともに、氷粒子集合体を使用した低速度斜め衝突実験の実施に向けて、引き続き準備を行う。

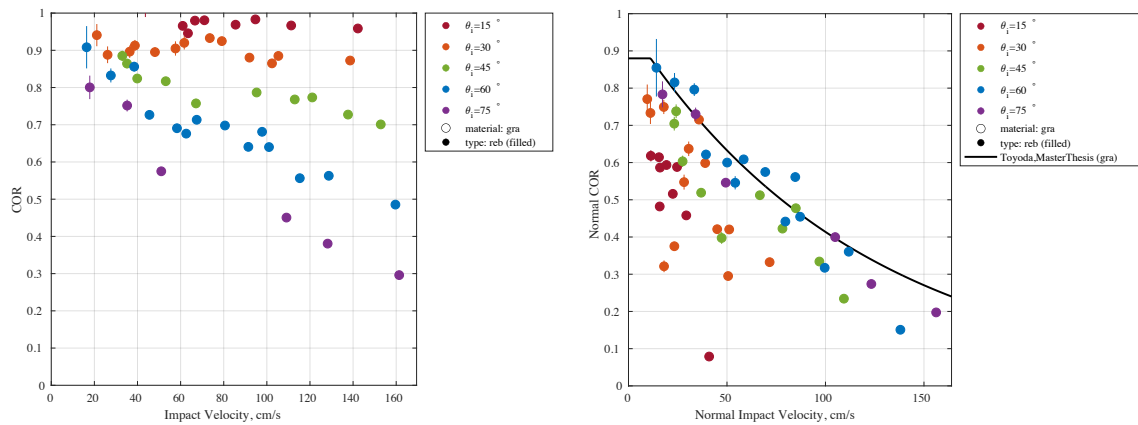


図 1. (左) 衝突速度と反発係数の関係, (右) 法線方向の衝突速度と法線方向の反発係数の関係

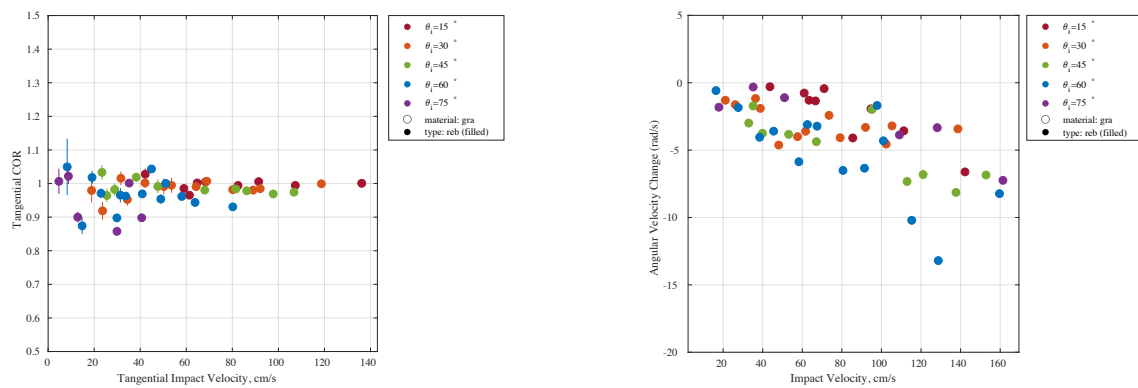


図 2. (左) 接線方向の衝突速度と接線方向の反発係数の関係, (右) 衝突速度と衝突前後の角速度変化の関係