

氏 名	藤 原 顕 ふじ わら あきら
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 672 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Mechanism of Catastrophic Destruction of Minor Planets by High-velocity Impact (高速度衝突による微惑星の破局的破壊の機構)

論文調査委員 (主 査) 教授 長谷川博一 教授 林忠四郎 教授 柳父琢治 教授 三木晴男

論 文 内 容 の 要 旨

太陽系内の諸天体には、高速度衝突による破壊現象が多く認められる。小惑星、隕石、あるいは小型の衛星は衝突による破片であると考えられている。また月や内惑星には、微小天体の衝突の結果生じたクレーターが多く見られる。さらに、原始太陽系において微惑星から原始惑星への成長の過程においても高速度衝突による破壊と破片の集積とが大きな役割を果たしたであろう。しかし、このような高速度衝突による破壊現象の研究は、クレーターの形成に関するものを除けば、実験的にもほとんど行われておらず、理論的な研究に至っては皆無に等しい。

申請者の研究は、高速度衝突による破壊の現象について、定量的解決を与えたもので、その基礎となる実験結果は申請者の参考論文において詳しく報告されているので、先ずそれについて簡単に述べる必要がある。

この参考論文においては、申請者は二段式軽ガス銃により質量 0.4 g の円筒形プラスチック片を速さ 1 ないし 4 km/s に加速し、種々の大きさの玄武岩塊に衝突させた。その結果生じる岩塊の破壊が、近似的に、岩塊 1 g 当りに与えたエネルギーの値によって 4 つの型に区別されることを見出した。すなわち、(i) 岩塊 1 g 当りのエネルギーが $4.6 \times 10^6 \text{ erg/g}$ 以下では、プラスチック片の衝突した個所を中心としてクレーターを生じるだけである。(ii) このエネルギーが $4.6 \times 10^6 \text{ erg/g}$ を越えると岩塊の側面がはがれると共に岩塊が中央から数個の塊に分裂する。(iii) さらに、 10^7 erg/g を越えると岩塊の芯の部分だけが残し、周縁部分は細片となる。(iv) さらに 10^8 erg/g 以上では岩塊は完全に破砕される。

さて、主論文においては、申請者は以上の実験結果について次のような解釈を与えた。衝突点を中心として広がる圧縮パルスはクレーター形成後岩塊中を弾性パルス波として球面状に伝播する。このパルス波が岩塊の自由表面で反射されると希薄波を生じる。希薄波によって岩塊中に生じた張力が岩石の引張り強度に等しくなる所で破断が起る。立方体の岩塊では、岩塊側面に沿う破断の発生、または 4 つの側面からの希薄波が中央に集中して破断の発生が起る。これが上の実験の(ii)の場合である。岩塊 1 g 当りに与える

エネルギーが高くなると岩塊の後面に沿っても破断が起り、その結果岩塊の芯の部分だけが破砕を免れて残る。これが上の実験の(iii)の場合である。岩塊 1g 当りに与えるエネルギーの大きさがさらに大きくなると、クレーターの深さが増大してクレーターの底面と岩塊後面からの希薄波によって破断の起る場所とが重なり、その結果岩塊は完全に破壊される。これが上の実験の(iv)の場合である。

申請者はクレーターの縁におけるパルスの圧力については、発生する P 波と S 波との応力状態を応力円図で表わし、それが岩石の破壊曲線と接する点を求め、クレーターの縁での P 波の強さは岩石の引張り強度の絶対値に比例し、比例定数は岩石のポアッソン比のみに依存し、代表的な岩石では約 3 程度の値を持つという結果を得ている。また、クレーターの径は、物体の破壊強度がその大きさの平方根に反比例するという経験法則を用いると、衝突エネルギーの 0.4 乗に比例する。この結果から、さきの実験で示された、岩塊 1g 当り与えたエネルギーによって破壊の特徴が定まるという結果が近似的に成立することが示される。より厳密に言えば、破壊の 4 つの型の境界を与えるエネルギーは、岩塊のサイズの平方根に反比例するべきであるという結果を得ている。

さらに申請者は、実験室における破壊実験を実際の天体へ適用する場合の適用限界につき言及し、重力の効果の小さいほぼ 100 km 以下の天体について以上の結果を適用しようと論じている。

論文審査の結果の要旨

太陽系内の諸天体には高速度衝突による破壊現象が多く見られる。月や内惑星のクレーターは微小天体の衝突によって生じたもので、クレーター発生機構については実験的にも理論的にも多くの研究がある。しかし、太陽系内での高速衝突現象の重要性はむしろ、クレーターのような表面現象よりも、例えば小惑星、隕石、あるいは小型の衛星のように高速度衝突によって生じた天体の起源と歴史を明らかにし、あるいは原始太陽系において微小惑星から惑星への成長過程における高速度衝突による破壊現象とそれに引続く破片の集積の機構を通じて惑星の形成を解明する点にあるといえよう。にもかかわらずこの分野の研究は実験的にも理論的にもほとんど行なわれていなかった。申請者はこの分野について、室内実験を行い、さらにその解釈を試みたのであるが、その着想はきわめて独創的なものと言うことができる。

申請者が行った高速度破壊現象の実験の概要は以下のようなものである。2 段式軽ガス銃によって質量約 0.4g のプラスチック片を 1km/s ないし 4km/s に加速し、玄武岩塊に衝突させる。衝突の型は、入射速度にはほとんど無関係に、岩塊 1g 当り与えられたエネルギーにより 4 つの型に区別される。すなわち(i)クレーター生成のみ、(ii)遷移型破壊(岩塊の側面がはがれ、また中央から数個に分裂)、(iii)コア型破壊(岩塊の側面と後面が破砕され、芯の部分が残る)(iv)完全破壊、である。4 つの型の限界のエネルギーは、(i)と(ii)との限界は $4.6 \times 10^6 \text{erg/g}$ 、(ii)と(iii)との限界は 10^7erg/g 、(iii)と(iv)との限界は 10^8erg/g である。

申請論文において展開された、これらの現象の説明ははなはだ簡明である。エネルギーが小さい間はクレーターを生じるだけである。エネルギーが大きくなるとクレーター形成後岩塊中に広がる圧縮波のパルスが岩塊の自由表面で反対して希薄波となり、希薄波によって生じる張力が岩石の引張り強度を越えると破断が起る。立方体岩塊では側面反対の希薄波が側面に沿う破断と、中央に集中して岩塊の分裂とを起す(遷移型破壊)。さらにエネルギーが大きくなると岩塊後面での破断が加わり、その結果岩塊の芯の部分だ

けが残る（コア型破壊）。さらにエネルギーが大きくなるとクレーターの底と岩塊後方での破断領域とが接するに至って岩塊は完全に破砕される（完全破壊）。

申請者はクレーターの縁におけるパルスの圧力については、発生するP波とS波との応力状態を応力円図で表わし、それが岩石の破壊曲線と接する点を求めて、クレーターの縁でのP波の強さは岩石の引張り強さの絶対値に比例し、比例定数は岩石のポアッソン比のみに依存し、代表的な岩石では約3程度であるとの結果を得ている。この結果は、以後の理論の展開の基礎となっている重要な結果であるが、他方ではこのような定式化を行うことによって従来の豊富なクレーター形成の研究結果を十分に活用することを可能にした。この点申請者の展開した方法は巧妙である。

申請者はさらに、破壊現象が岩塊1g当たり与えたエネルギーにのみ依存するというスケーリング則についてもその基礎付けを行い、スケーリングが近似的に成立つこと、より厳密には、前述4つの型の破壊限界のエネルギーが岩塊のサイズの平方根に反比例すべきであるとの結果を得た。申請者はさらに、室内実験の結果巨大な物体に適用する際には、岩石の強度と比べて重力作用が小さい物体について適用可能であり、その限界は100km程度と推定している。これらの議論は、得られた結果を現実の天体に適用する際に重要な注意である。

以上、申請者の論文は、天体における高速度破壊現象というほとんど未開拓の分野に対して、基本的な理論を展開したものであって、太陽系の科学にたいして大きな寄与を与えるものと判断される。また参考論文中3編は、高速度衝突の実験的研究に関するもので、いずれも独創的価値が高く申請者のこの課題に対する十分な知識と実績とを示すものである。

よって、本論文は、理学博士の学位論文としての価値があるものと認められる。