

衝突実験と太陽系小天体探査

小天体探査パネル

荒川 政彦^{1*}, 坂本 尚義², 渡部 潤一³, 伊藤 孝士³

1 名古屋大学大学院環境学研究科, 2 北海道大学理学研究院自然史科学部門, 3 国立天文台

衝突と探査

- 技術の応用 or それ自身が科学目的
- 室内衝突実験から得られた
 1. 科学的・技術的蓄積を応用：工学
 - ペネトレーター、はやぶさ試料回収
 2. 科学的知見を広げる：理学
 - はやぶさ2（？）：天体衝突の科学
- これまでは1がほとんど。サイエンスの興味は様々。

衝突技術の応用

- 多くの探査ですでに実用化・実績あり
 - **Passive 探査とActive 探査**
 - **Passive : ダスト観測**
 - 衝突するのを待つ
 - **Active : 固体天体表面調査**
 - 飛翔体を衝突させる
- 科学目的のために衝突の知識・技術を利用している→ある程度、確立していることが前提

Passive 探査

- 主としてダスト観測に応用
 - その場観測：空間密度、サイズ、組成etc
 - カウンター（のぞみ etc.）、衝突電離型質量分析計（Giotto etc.）
 - 回収：ダスト捕獲、痕跡回収
 - エアロジェル（StarDust）、衛星太陽電池パネル

Active 探査

- 主として表層調査に応用
 - その場観察（衛星・地上から観測）
 - 飛翔体がイジェクタを放出：組成分析
 - 彗星核：Deep Impact
 - 月面：LCROSS
 - 飛翔体の衝突を震源とする：内部構造調査
 - 小惑星：はやぶさ2（?）
 - 表面設置手法として利用
 - 月面：ペネトレーター（内部探査）

Active 探査

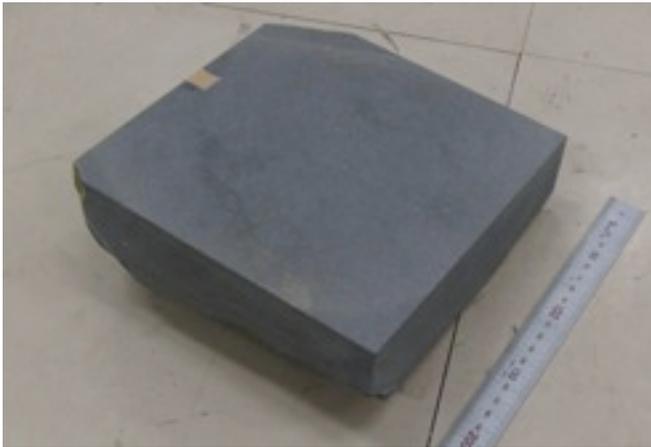
- 回収：サンプルリターン
 - 飛翔体によるイジェクタを放出
 - 小惑星：はやぶさ

- Active 探査では基盤となる衝突の科学が確立していることが前提
 - 我々の理解は充分なのか？
 - e.g. イジェクタの放出量、衝突による振動励起、衝突による潜り込み...

天体衝突の科学

- 室内実験で得た科学的知見を広げる
 - クレーター形成と衝突破壊のスケール則
 - 惑星形成過程、クレーター地形
 - スケールと非均質性、構造と重力
 - 室内実験では難しい...
- 宇宙での衝突実験
 - 室内実験の延長上として位置づけ
 - 衝突の素過程を明らかにする

スケールと非均質性



20cmスケール



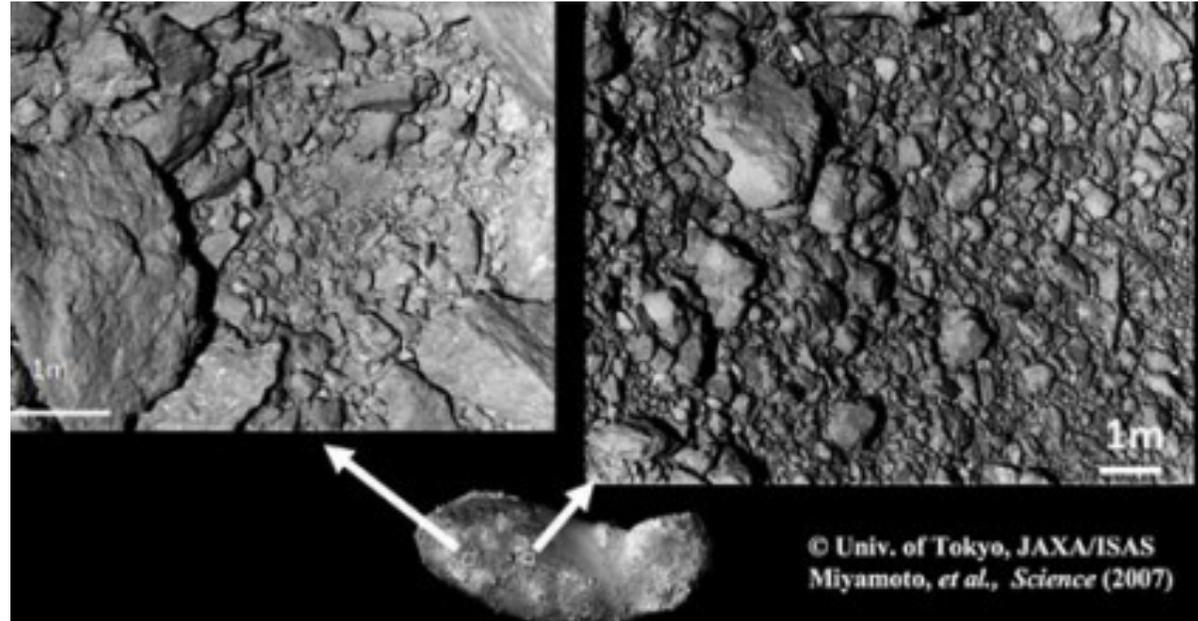
~10mスケール

構造と重力



地球のラブルパイル
採石場

9.8m/s^2 の下で集積



イトカワの表面：ラブルパイル
 $\sim 0.1\text{mm/s}^2$ で集積

衝突破壊のスケール則

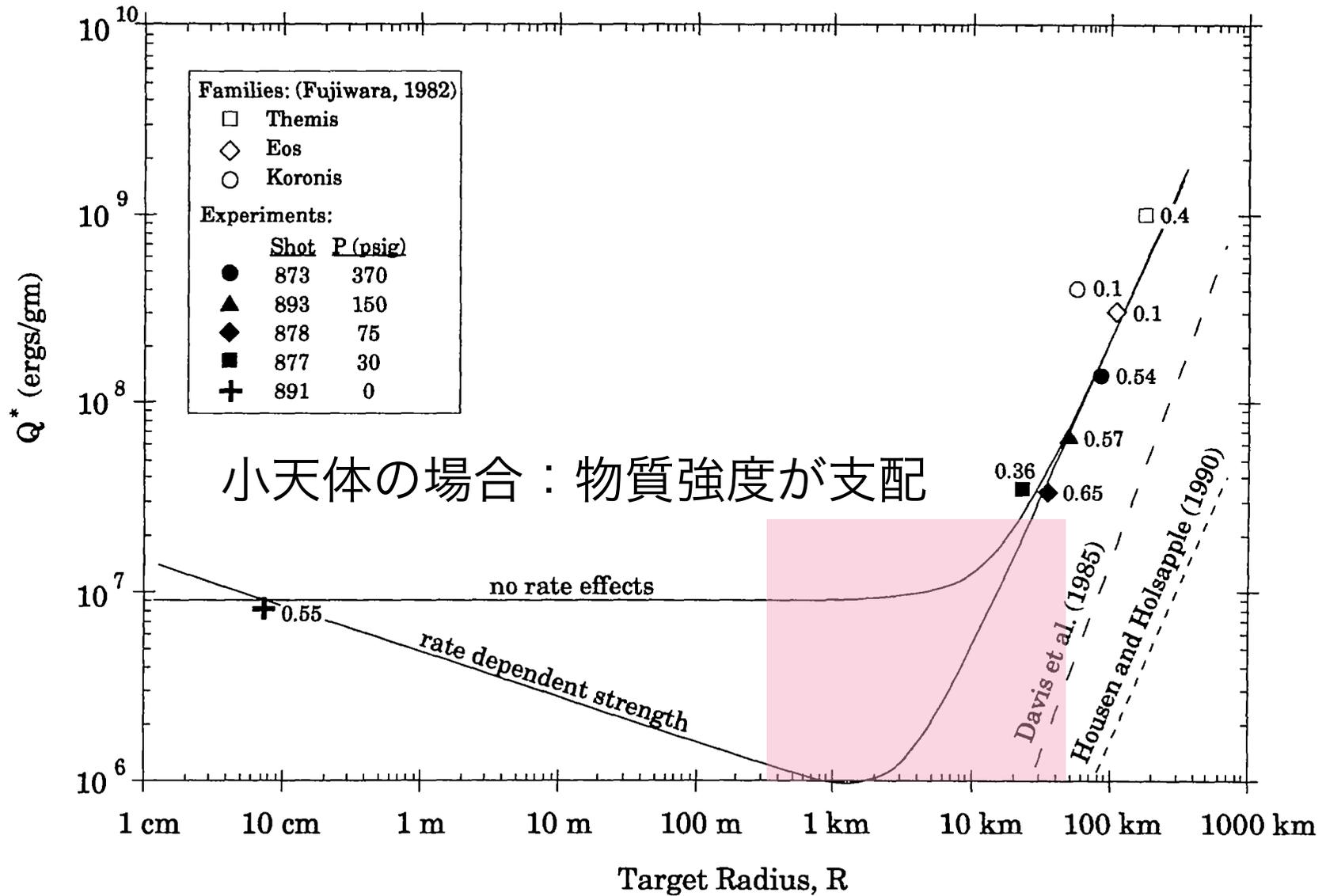


Figure 13 Estimates of the specific energy required to catastrophically break an asteroid. (From Housen et al 1991.)

クレーター形成のスケール則

小天体の場合：物質強度が支配

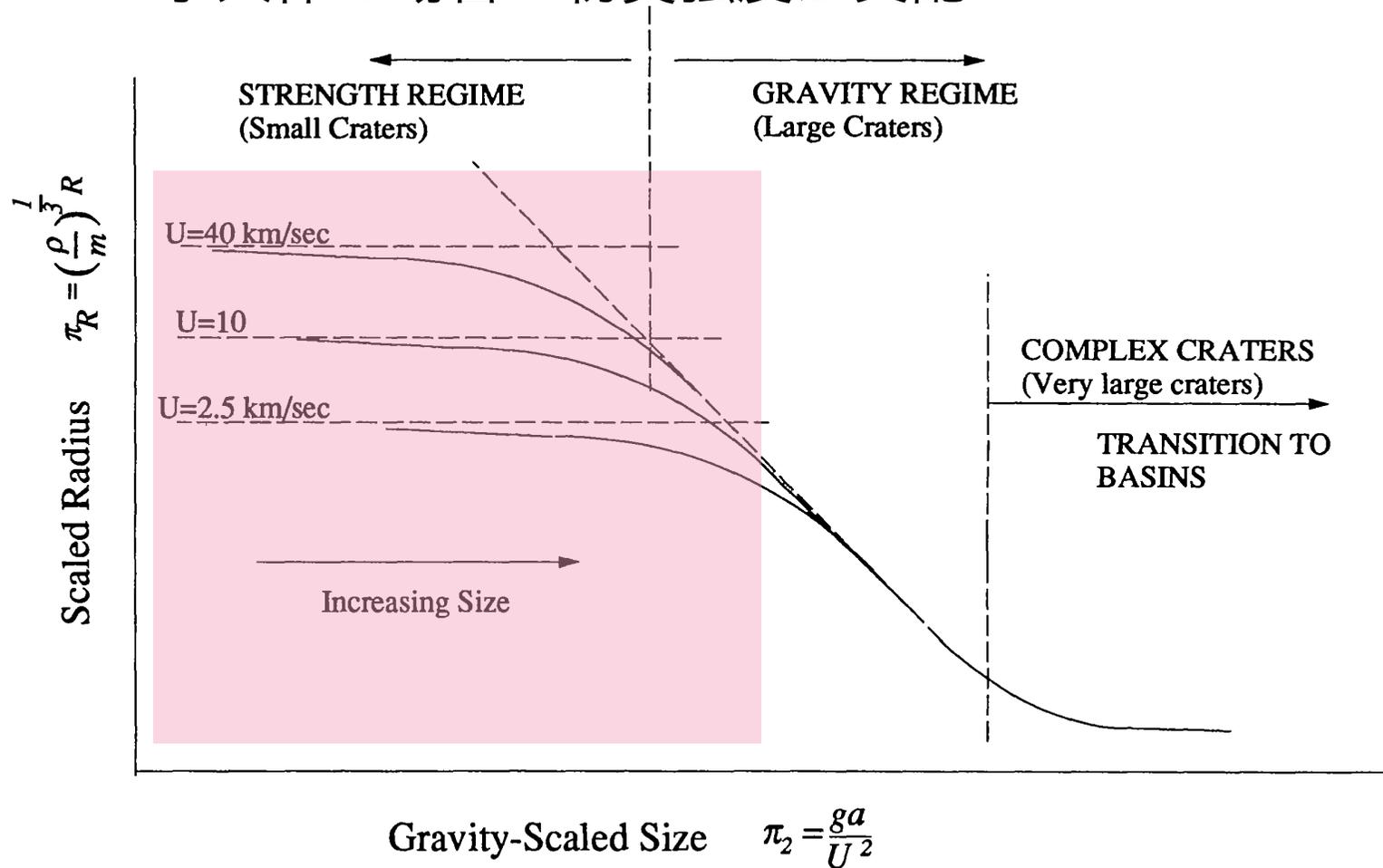
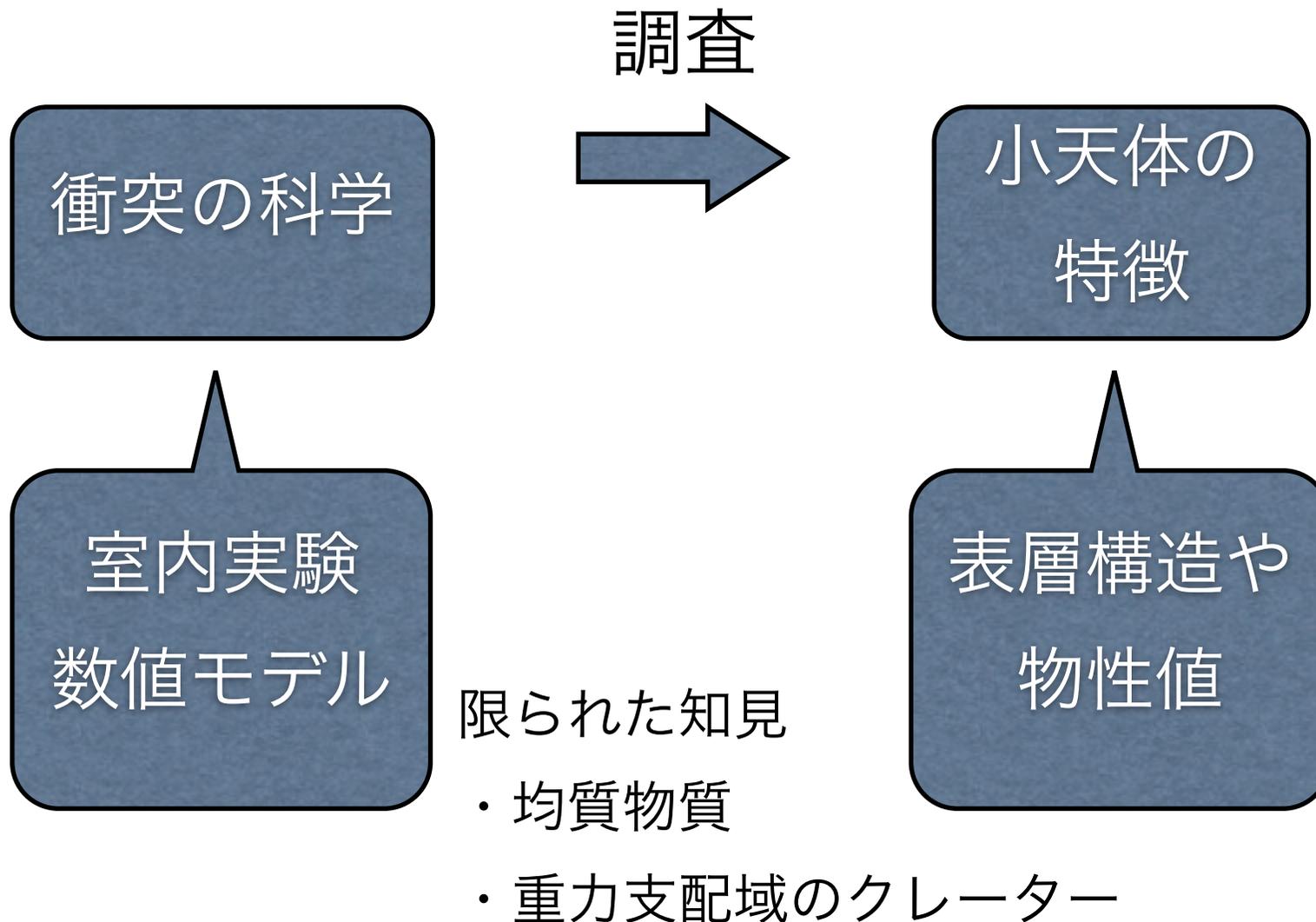


Figure 8 Schematic cratering curves for crater radius, showing an additional “complex crater” regime for very large craters. At Earth’s gravity, the strength regime holds for submeter sized craters, the gravity regime for meter to km sizes, and the transition to complex craters begins at diameters of a few kilometers.

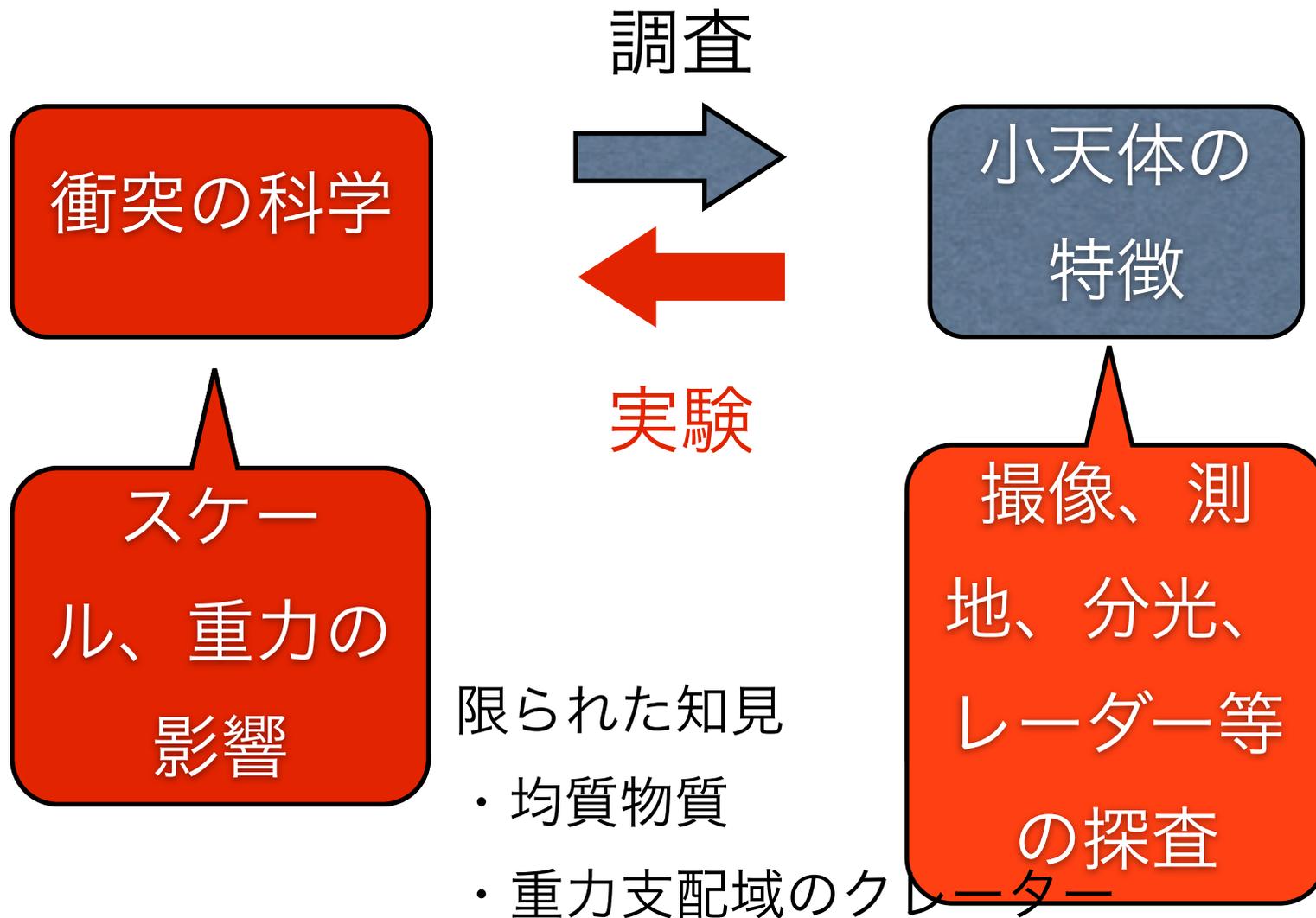
宇宙衝突実験

- 室内実験：衝突条件と標的物質を制御
- 小天体上の衝突実験
 - 標的情報の取得が必須：構成物質、内部構造、地形等の情報
 - 事前に調査済みであること
 - 同じ標的に数度の実験うことが重要
 - 再現性とパラメーター依存性
 - その場観察と事後観察、回収も必要

実験と調査



実験と調査

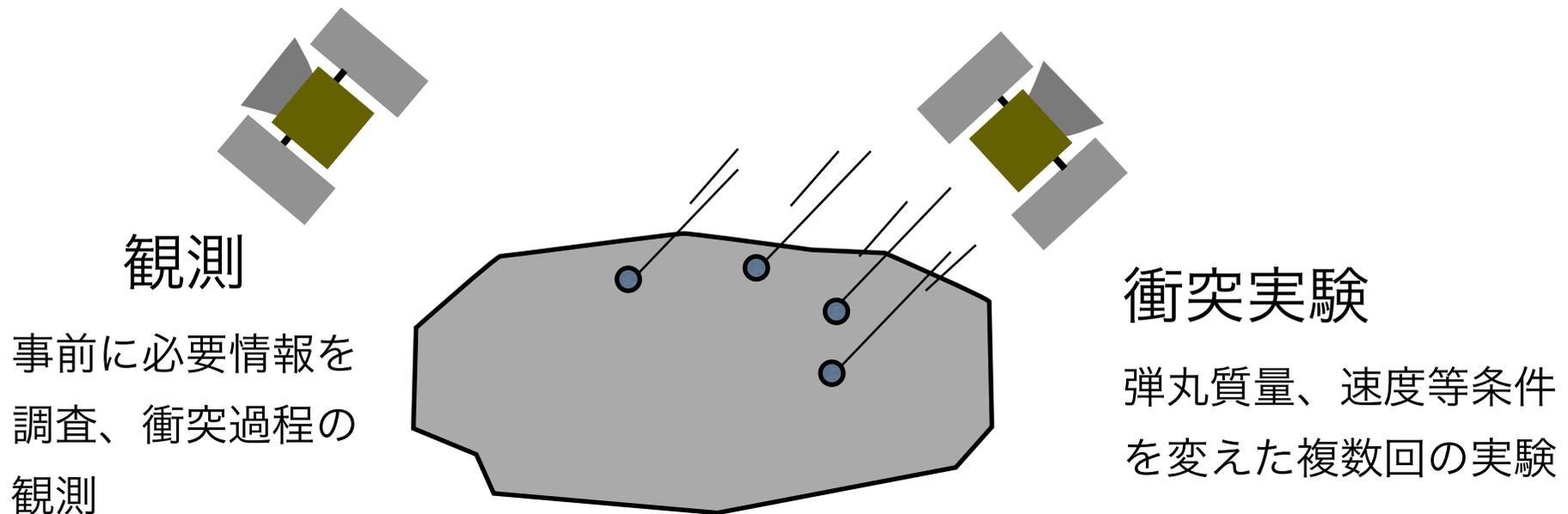


実験対象の考え方

- 惑星形成過程で鍵となる天体のタイプ
- 理論からの研究が必要
- 微惑星（数km）から準惑星（<1000km）へ
 - 衝突破壊再集積が重要
 - 熱進化した天体のラブルパイルが最も一般的？
- 珍しい天体よりも、ありふれた天体の理解が重要

まとめ：宇宙衝突実験

- 目的：小天体の衝突過程を理解する。実験室での知見を実スケールに拡張する。
- 方針：良く調査された天体への衝突実験が望ましい。
 - 構成物質の物性、内部構造、衝突地点の地形の情報が
必須：**すでに探査された小惑星の方が都合が良い**



終了