

天体衝突時に物質はどのような挙動を示すのか？

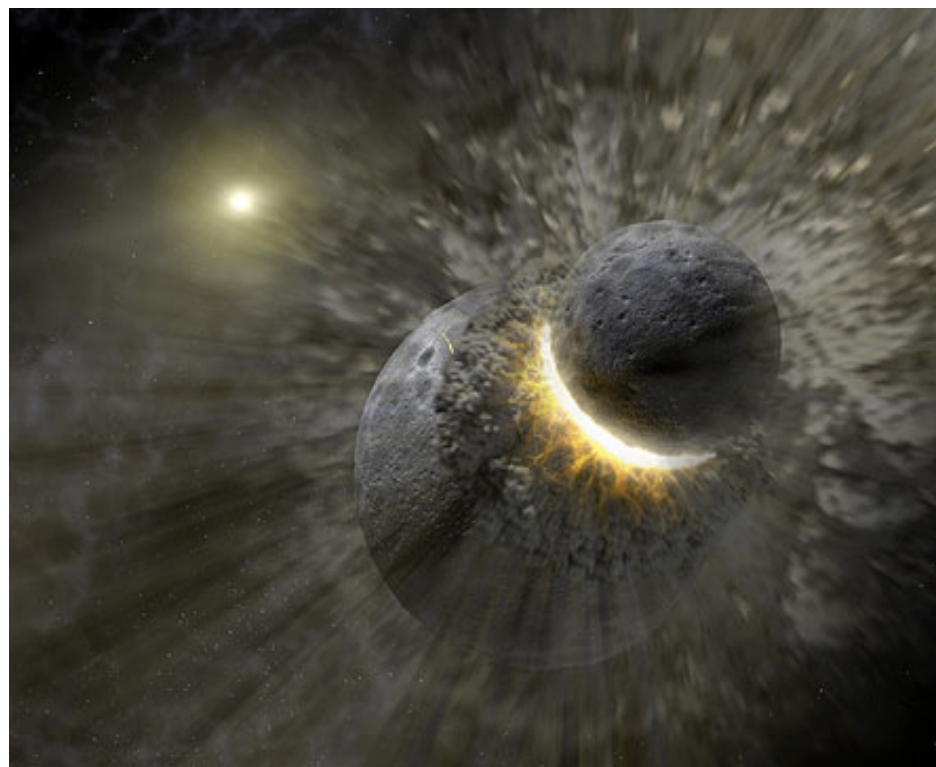
参考論文:

Melosh, 2007, A hydrocode equation of state for SiO_2 , MAPS

古賀すみれ

(東大新領域 修士1年進学予定)

今後よろしくお願ひいたします



天体衝突の研究

- 実験 …… 天体スケールへの拡張がネック
- 数値実験 …… 広い温度・圧力範囲での精密なEOSが必要
(液相・気相の研究は進んでいない)

→Melosh(2007)では、熱力学的特性のよく研究されている SiO_2 に、既存プログラムの改良を適用して数値計算で極限状態での挙動を記述

状態方程式(EOS)とは？

- 物質を記述する熱力学的変数の関係
- たいてい $P(\rho, T)$ の形で与えられる
- すべての物質、その状態は固有のEOSをもつ
- 現実の物質は複雑で、第一法則からEOSを予測できない

→実験に基づいて決定

実験データに反経験的fittingで外挿

ただし、主に理想的で“clear”な物質で発展
地質物質についての理解は遅れている

EOSはなぜ重要か

- EOSは、実験室・より大きなスケールの衝突・爆発の数値計算モデルに使われる
($\rightarrow T, P, v$ の予測)
- 衝突過程の数値シミュレーションに使う理論は2大柱
 - 1 Newtonの運動方程式
 - 2 状態方程式

衝突現象の理解には地質物質のEOSが不可欠
Melosh(2007)では、 SiO_2 のEOSを求める

将来は玄武岩や水氷に利用したい

状態方程式(EOS)数値計算プログラムANEOS

金属を対象に開発された。

- 気相・・・単原子の混合物として扱う
- 原子間力・・・Morseポテンシャルを仮定

SiO₂などの地質物質には不適切。

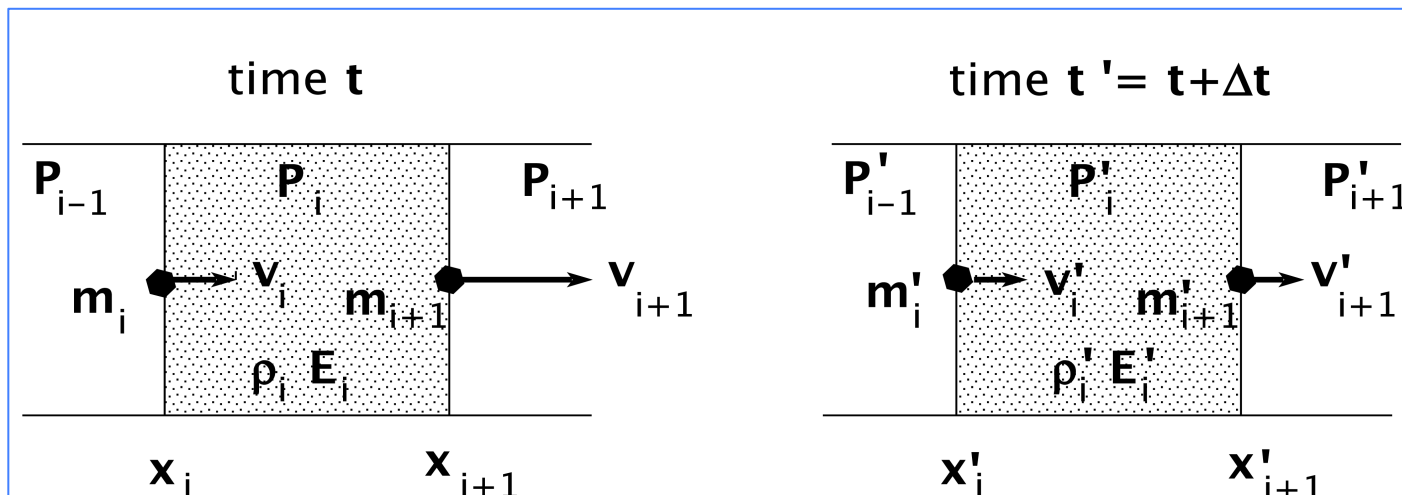
→ 改良

- 気相・・・分子を含むとする
- 原子間力・・・Mieポテンシャル

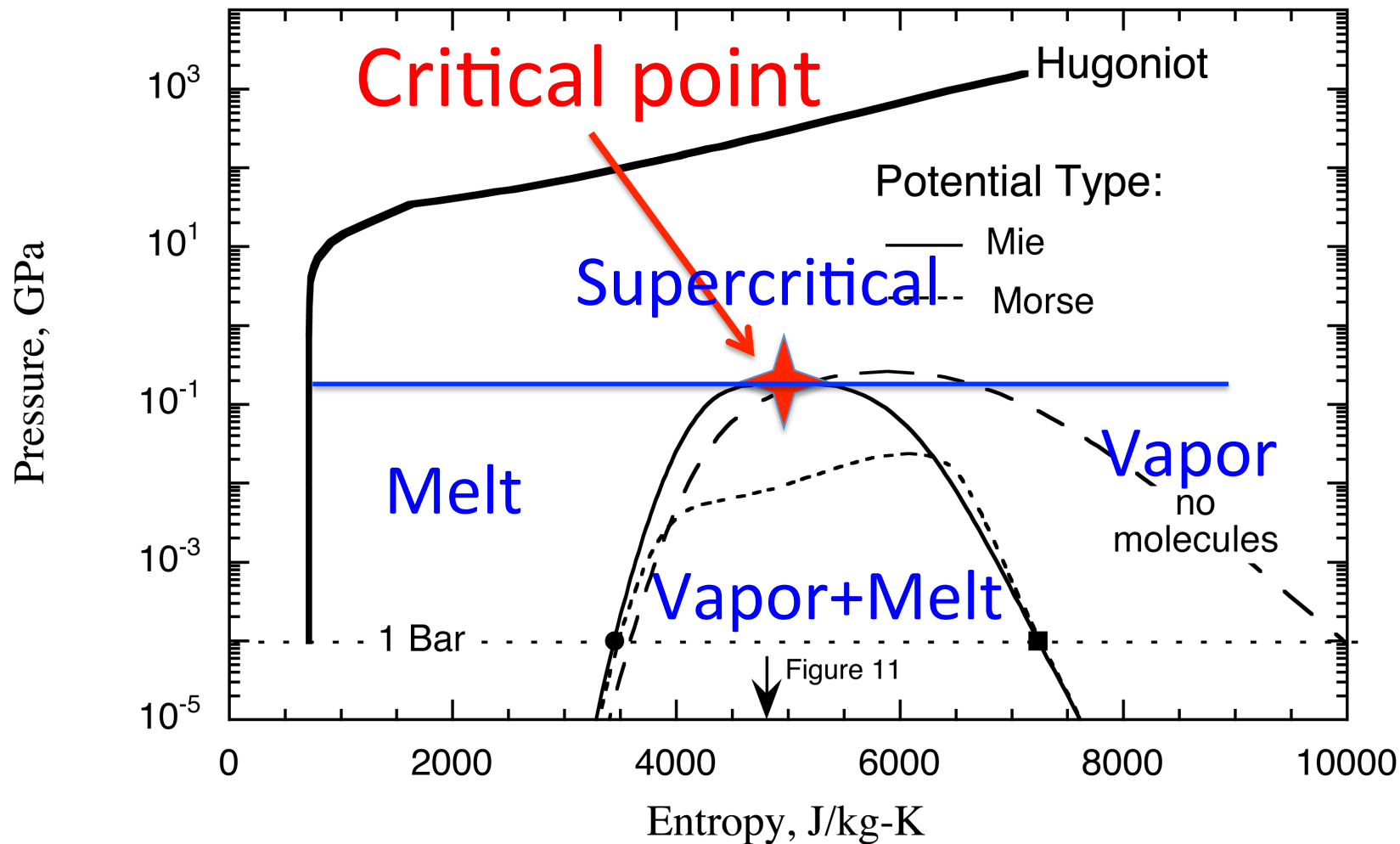
ANEOSの計算手法

- 空間を "vertex" で "cell" に分ける
- 変数 : cellの中心で定義 $\dots P, E, \rho$
vertexで定義 $\dots x(\text{位置}), v, m$
- 初期値 : E, ρ, v, x を与える $\rightarrow P(E, \rho)$ を計算
- VertexについてのEOM ($a=F/m$)
 $\rightarrow v', x' \rightarrow \rho' \rightarrow W=Fx$ から $E' \rightarrow P'$

最終状態まで繰り返し計算

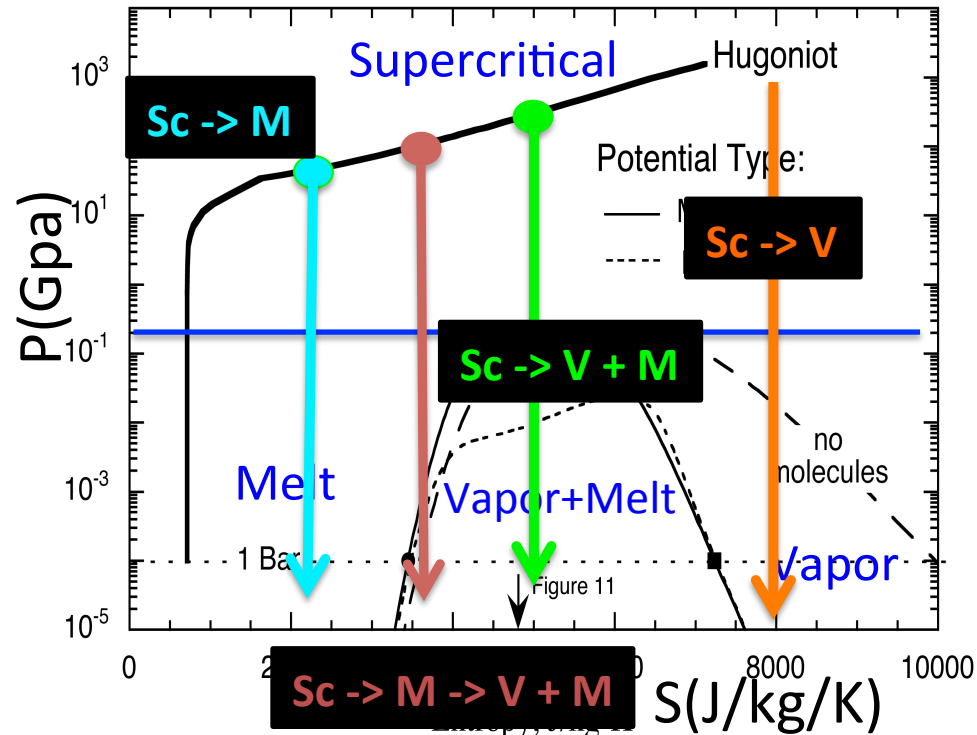
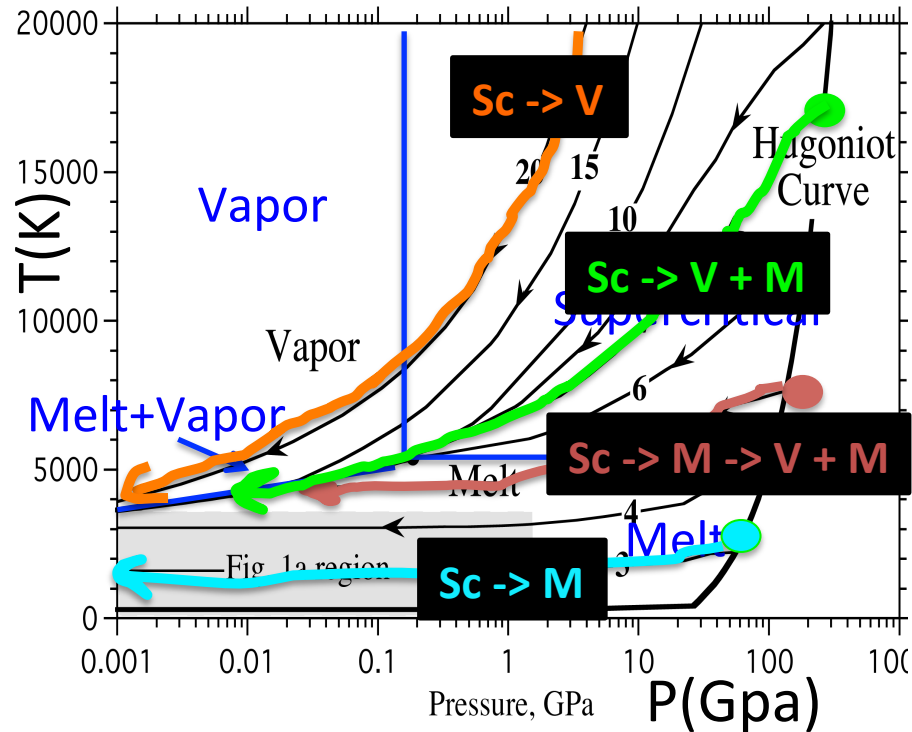


SiO₂の状態図 (S-P plot)



問いに対する答え

Q: 天体衝突時の物質の挙動



衝突圧縮で、Hugoniot曲線上の1点にのる (典型的な衝突では臨界点を超える)



低圧の周辺から希薄化波が伝わり断熱減圧 (S保存): 気相・液相の出現

断熱膨張の経路はEOSによって決まる

→ 最終状態の気相・液相の割合に影響