

粘性流体へのクレーター形成実験

2012.9.17 B班（松本、河本、島田）

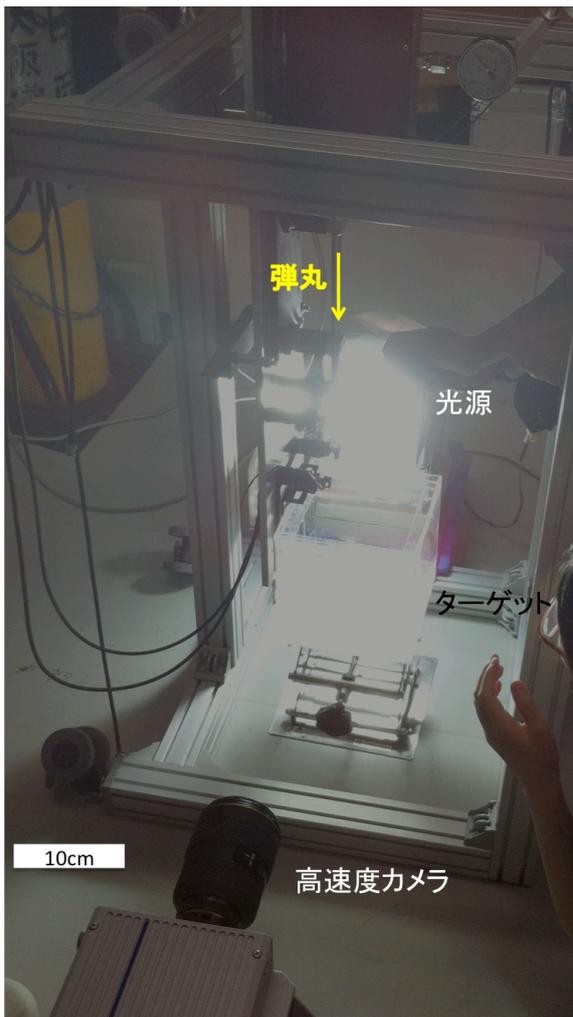
● 目的

天体スケールでは重力が効くため岩石といえども強度を失い流体のように振る舞う。また高速度の衝突では物質は溶融、破壊などにより強度を失った状態が実現される。これらを実験室で模擬するために粘性流体へのクレーター形成実験を行いクレーター形成後の流体の振る舞いを計測する。

● 実験方法

小型ガス銃（神戸大学）を用いて粘性流体へのクレーター形成実験を行い、高速度カメラを用いて衝突およびクレーター形成の様子を撮影した。

銃の外形およびターゲットを配置した様子は以下の写真の通りで、ヘリウムガスを圧縮し、弾丸を加速する仕組みである。



● 実験条件

・ 弾丸

	質量 (g)	直径 (mm)	密度(g/cm ³)
SUS	0.129	3.18	7.66
ガラスビーズ	0.429	3.18	2.55
ナイロン	0.019	3.13	1.18

・ ターゲット

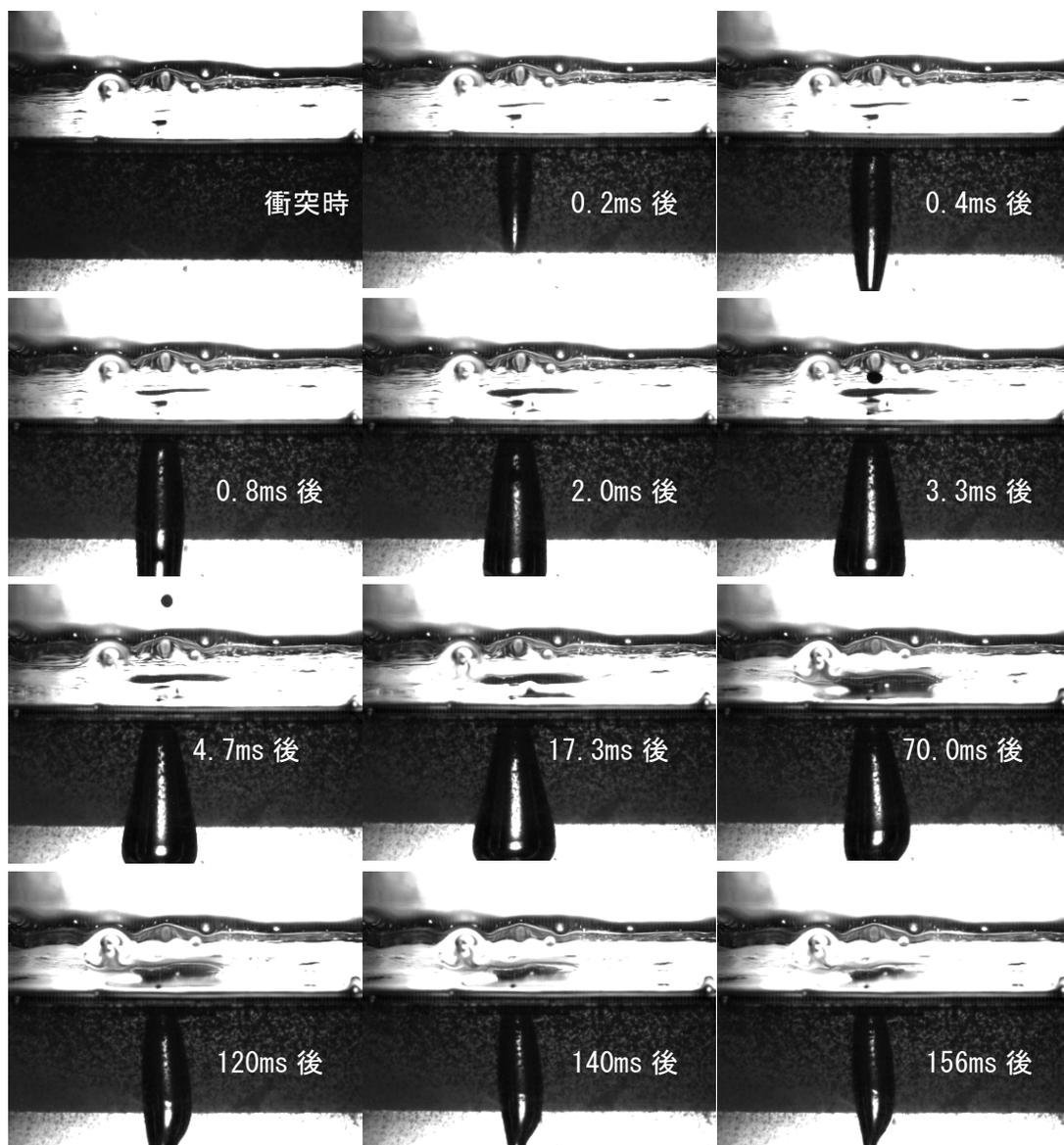
	密度(g/cm ³)
水飴	1.24

Run No.	弾丸	標的
120917-1	ナイロン	水あめ
120917-2	ナイロン	水
120917-3	ナイロン	水
120917-4	ナイロン	水あめ
120917-5	SUS	水あめ
120917-6	ガラス	水あめ
120917-7	ナイロン	水あめ
120917-8	ナイロン	水あめ
120917-9	ナイロン	水あめ

- ※ 発射速度は1つの弾丸につき1回、速度計測用のショットを行い、高速度カメラの映像から、ナイロン約 350m/s、SUS 81.9m/s、ガラス 132.3m/sであった。
- ※ 始め常温の水あめに発射した場合(120917-1)、粘性が高く弾丸が水あめ表面に付着するのみで、思うような結果が得られなかった。
- ※ そのため、標的に水を使用したか、粘性が低すぎて、うまくクレーター形成が見られなかった。
- ※ その後、水あめの温度を約 40℃に上げ、実験を行った。
- ※ 今回は温度を上げた水あめの結果のみを解析した。

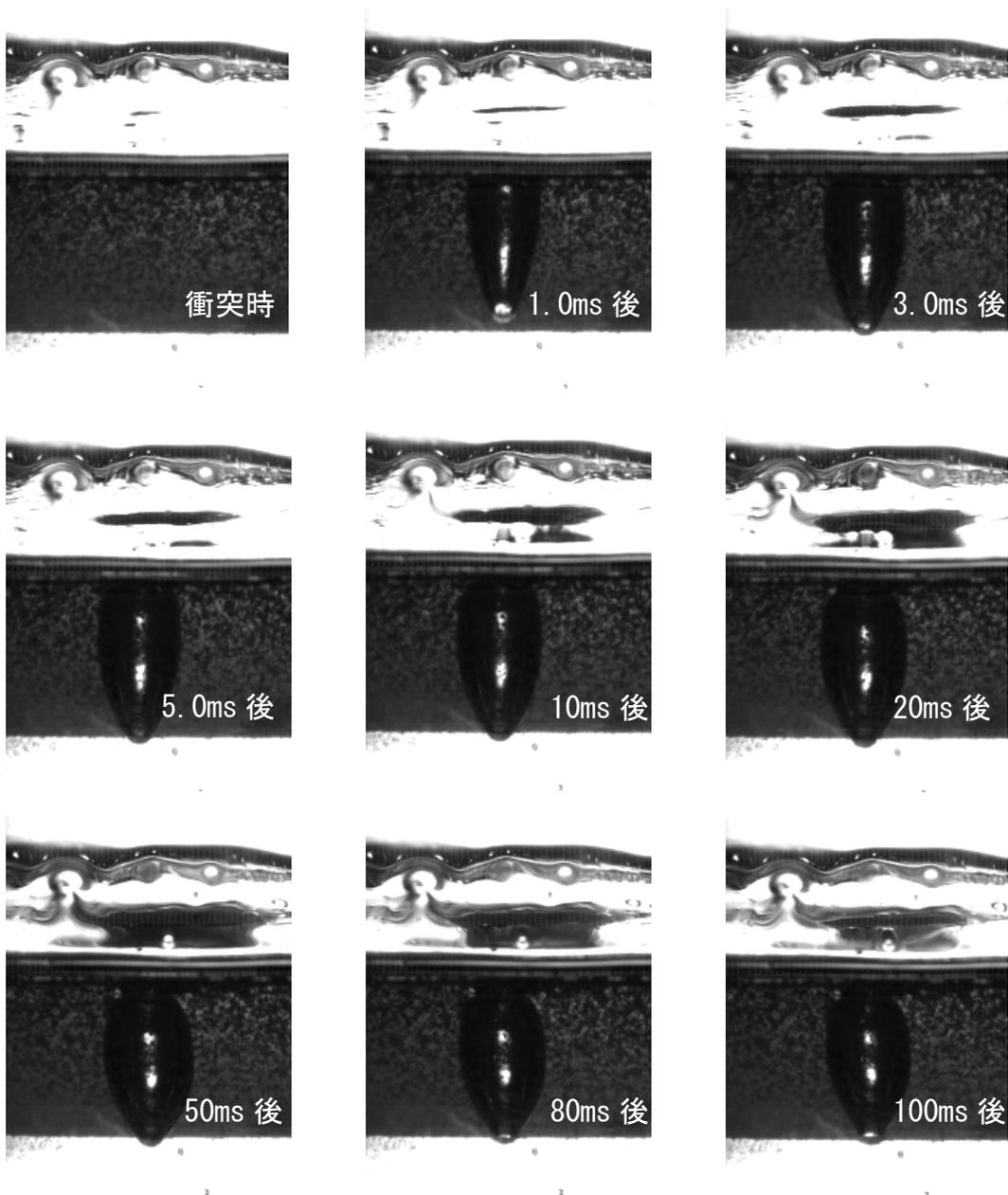
高速度カメラの画像

● SUS



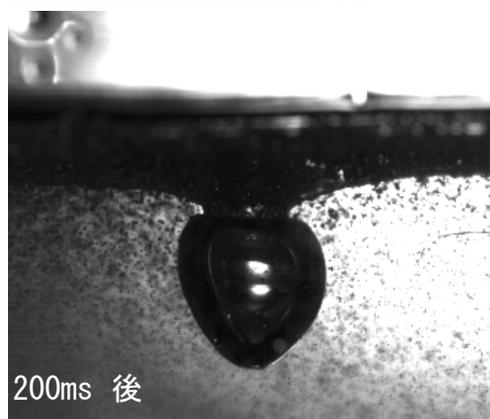
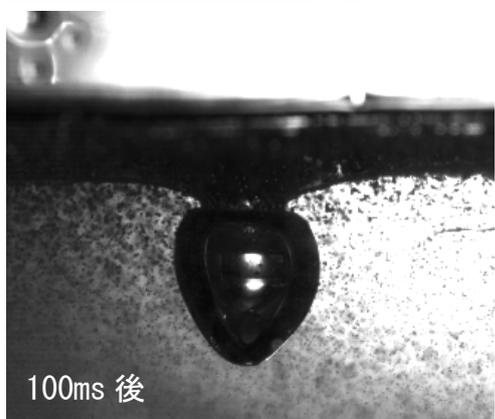
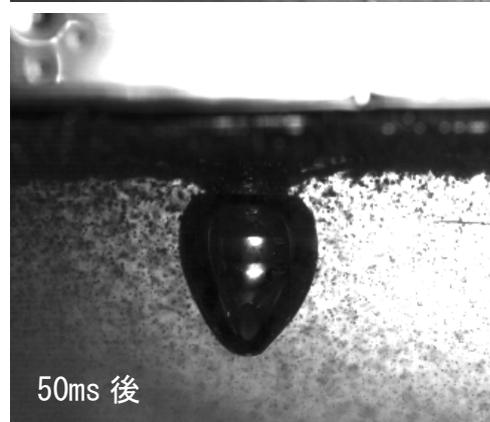
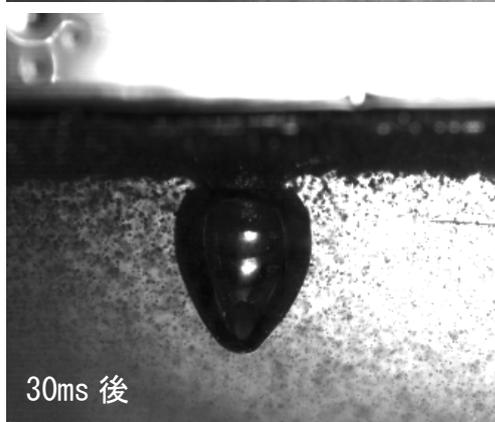
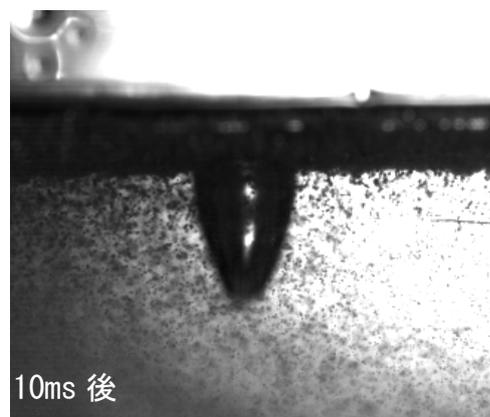
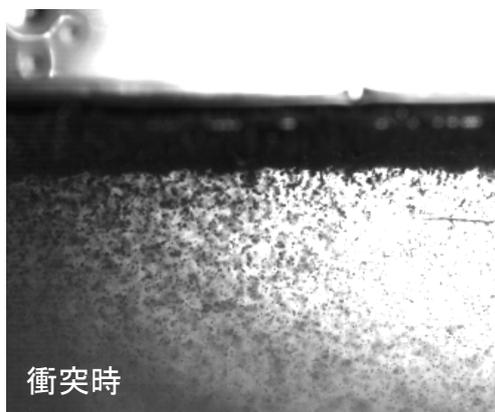
- ◇ 衝突後、弾丸が標的容器底まで到達し、クレーターが緩和する前に跳ね返り容器の外に飛び出した。
- ◇ 始め衝突方向に細長く貫入し、弾丸が容器底に衝突後は底に沿って拡がり、その後は時間とともに狭まる。

● ガラス



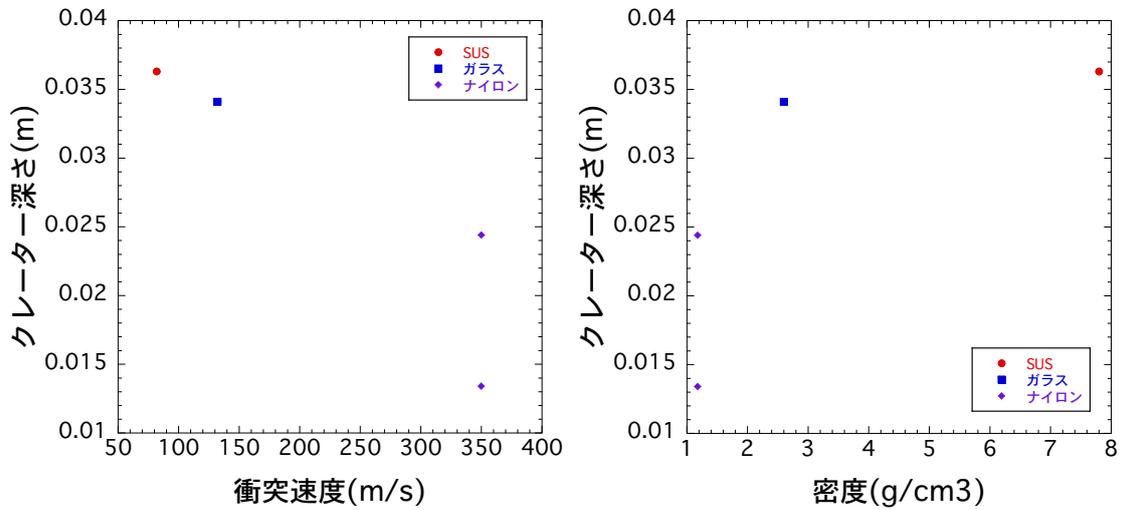
- ◇ クレーターはカブ型に広がった。
- ◇ 表面は閉じてきているが衝突後 50ms でクレーター直径は最大となり、その後ゆっくりと狭まった。
- ◇ 弾丸はクレーターの底にとどまった。

● ナイロン (120917-9)



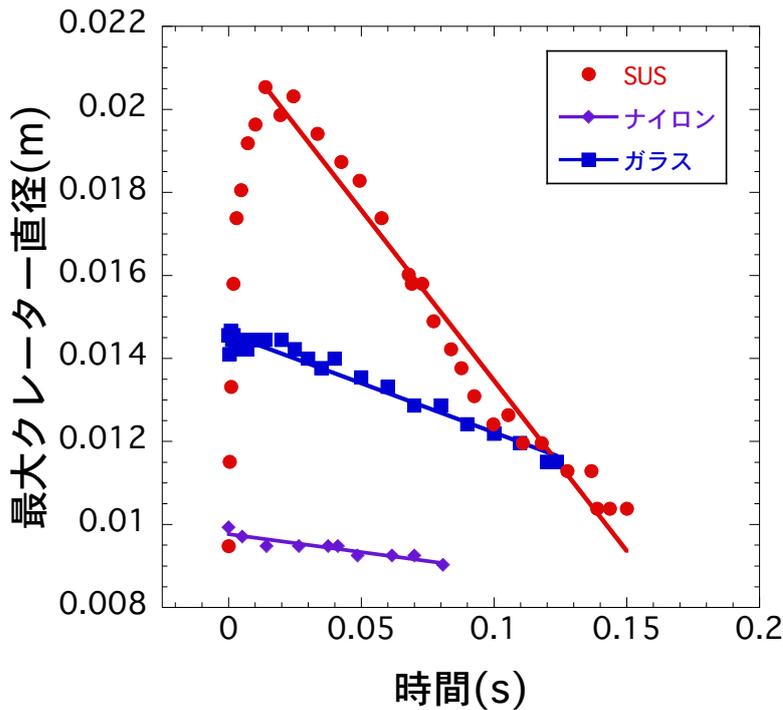
- ◇ クレーターはカブ型に広がった。
- ◇ 深く貫入せず、表面の緩和も速い。

● クレーター深さと衝突速度、密度の関係



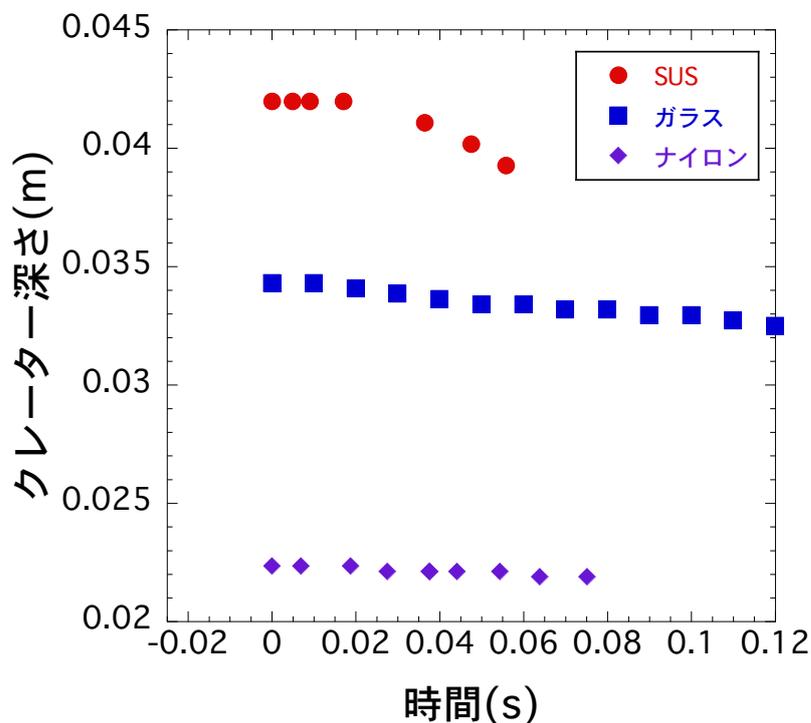
- ◇ SUS は標的容器底で跳ね返ったので、本当なら深さはさらに大きいと思われる。
- ◇ 衝突速度計測は、それぞれの弾丸につき一度ずつしか計測していないので、ナイロンでのばらつきが生じたと思われる。
- ◇ 弾丸密度が大きくなると、衝突速度は減少しても、クレーター深さは増加した。

● 時間とクレーター直径、深さの関係



- ◇ クレーター深さが最大になったときを $t=0$ とした。(SUS は容器底に到達した時)
- ◇ 最大クレーター直径は時間とともに減少した。
- ◇ 弾丸密度が大きいと直径も大きい。
- ◇ 緩和速度はナイロン 8.8mm/s、ガラス 23.7mm/s だった。SUS は容器底に衝突した影響を受けているので今回は考慮に入れない。

● 時間とクレーター深さの関係



- ◇ クレーター深さが最大になったときを $t=0$ とした。(SUS は容器底に到達した時)
- ◇ クレーター深さは時間とともにわずかに減少した。
- ◇ 最大クレーター直径と比べて、緩和が遅い。
- ◇ SUS はクレーター底に弾丸が残っていないため、ガラスやナイロンと比べ傾きが急になった。

● 考察、反省、改善点

- 弾丸密度が大きいと径が弾丸直径程度の細長い形状で貫入し、弾丸密度が小さいと深くならず横に拡がりカブ型となった。

- これは弾丸密度が大きいと衝突方向へ進む力が水あめ中で弱まりにくく、弾丸密度が小さいと力が横に分散されたのではないかと考える。
- クレーター形成後、クレーターは表面付近から閉じていった。
- 画像から、衝突後に表面の水あめが巻き込まれるように見えた。その後、その表面から閉じていったのではないかと推測する。
- 今回の結果から、緩和速度は弾丸密度と最大直径が大きい方が速くなったが、SUS は今回容器底に衝突した影響を受け直径が広がり、衝突がなければ細長い形状になり最大直径は弾丸直径程度になると思われるので、密度が大きいからといって緩和速度が大きくなるかは断定できない。
- 保井実験と比較すると、クレーター深さ、形状、緩和速度から今回の水あめの粘性率は約 100Pas 程度だと思われる。

- 容器表面にへばりついた水あめのせいで、表面境界が見つらなかった。
- 保井実験ではクレーターが完全に閉じるまで観測していたので、緩和の様子をもっと長く観測すべきだった。