



金属クレーターの形成における 衝突体形状の効果

防衛大学校 田村英樹

本報告は、平成22年度衝撃波シンポジウムにて報告した「アルミニウム合金上のクレーター形成における超高速衝突体の形状効果」の紹介である。



既往の研究

球形飛翔体の衝突実験

飛翔体の浸徹力

球形飛翔体実験から得られた経験式により、形成されるクレーターの深さを予測

バンパーの防護性

球形飛翔体実験に基づいて防護バンパー等の評価を実施

しかし、スペースデブリを含めた様々な衝突体形状が可能

非球形飛翔体を用いた実験

- ・円柱形高密度ポリエチレンやアルミニウム楕円体を用いた超高速衝突実験
- ・成形爆薬による金属ジェットを用いた超高速衝突実験

クレーター形状に及ぼす飛翔体形状の影響

研究の目的

クレーター形状に及ぼす飛翔体形状の効果を定量的に評価

実施事項

形状を変数とした非球形飛翔体による超高速衝突実験



実験装置

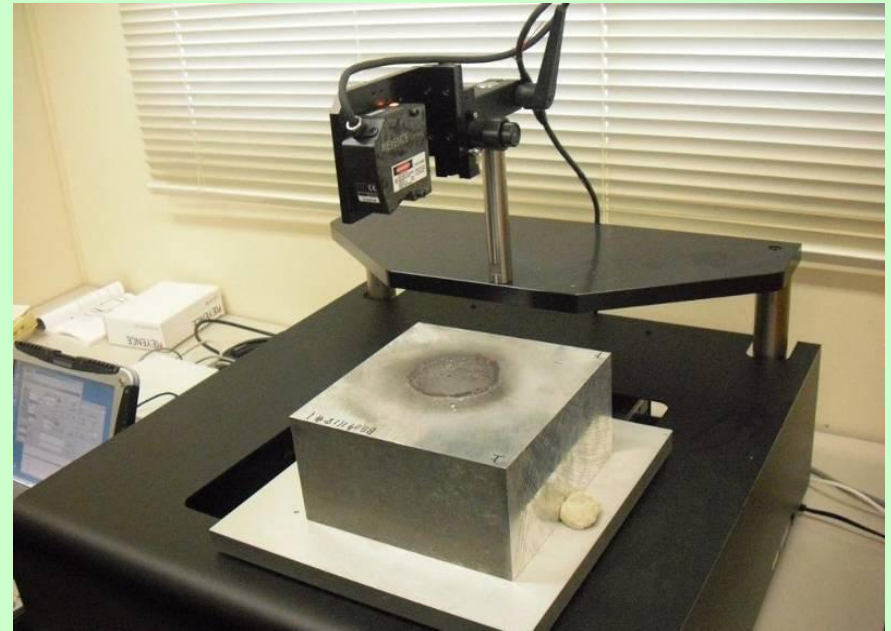
・飛翔体加速器：大型2段式軽ガス加速装置



大型2段式軽ガス加速装置

- ・装置全長：18.45m
- ・発射管形状：全長 5.4m，内径 20mm
- ・圧縮管形状：全長 5.7m，内径 70mm

・レーザ変位計：Keyence LKG-150



レーザ変位計(Keyence LKG-150)

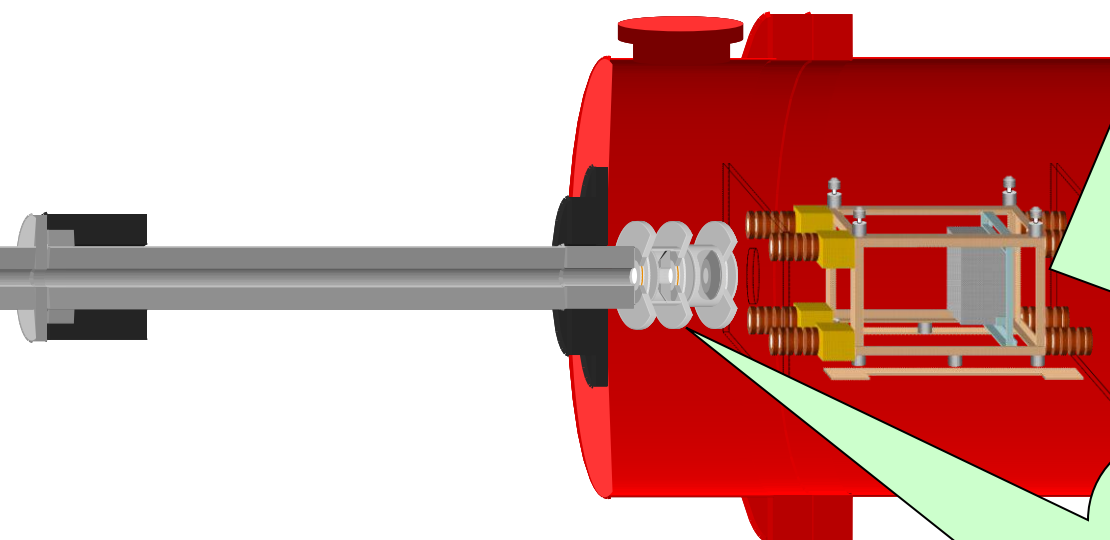
- ・光源：赤色半導体レーザ(波長650nm)
- ・計測範囲：±40mm

超高速飛翔體衝突實驗～實驗裝置～

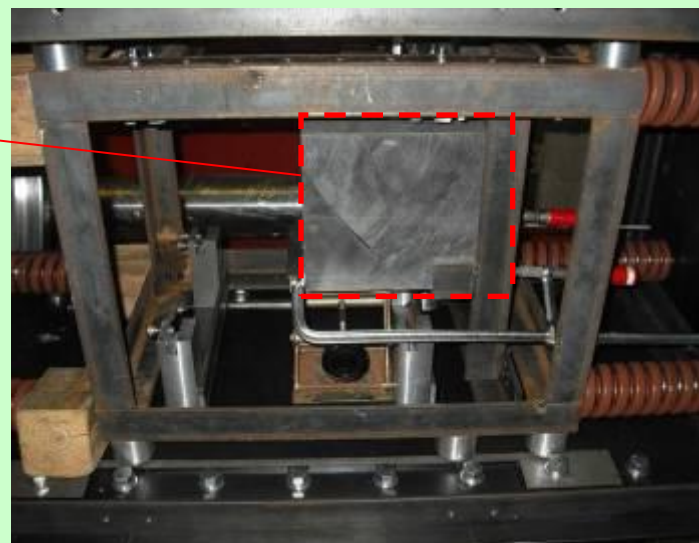


標的設置模式図

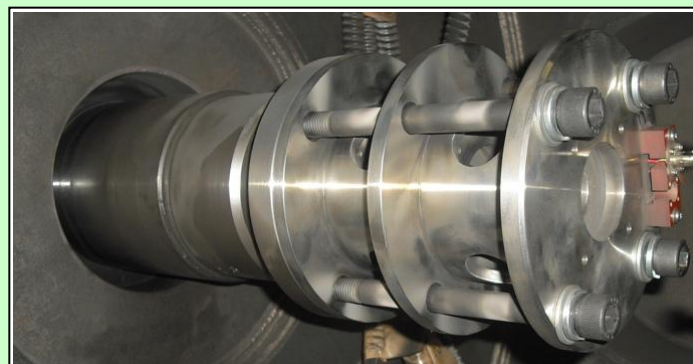
標的: AL5052 (200 × 200 × 160mm)



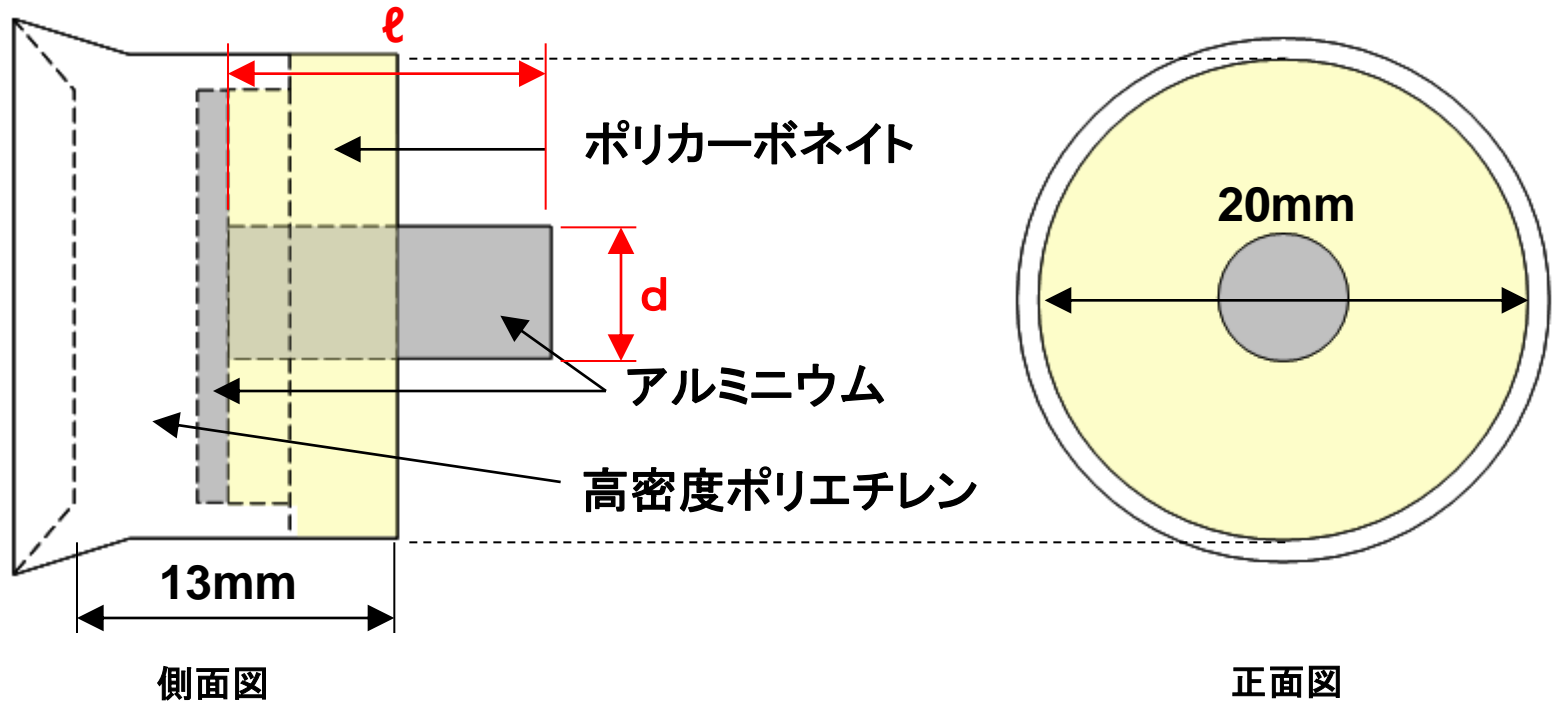
衝突容器内部



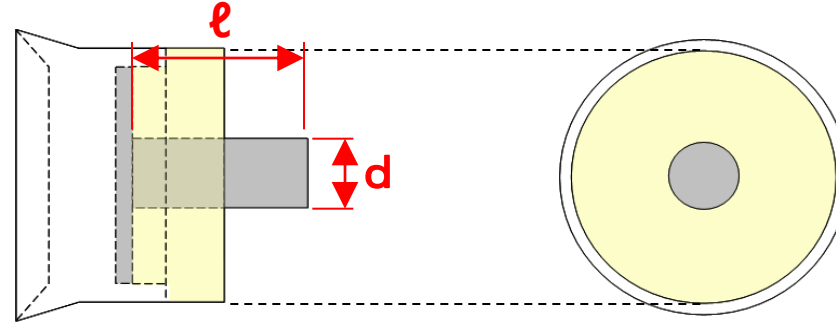
標的固定冶具



速度計測器(飛翔時間計測法)



飛翔体模式図



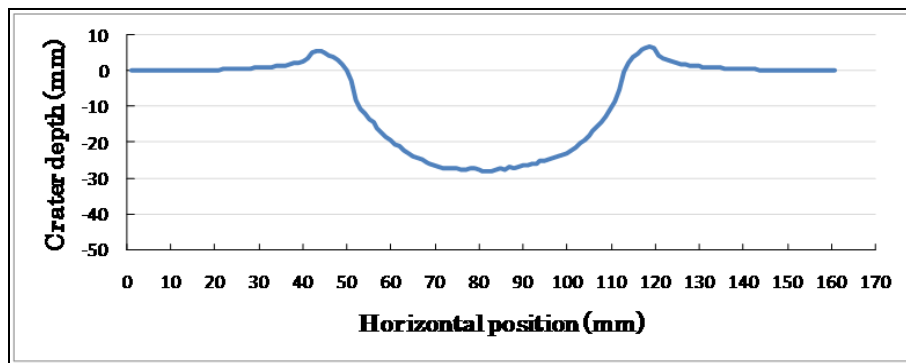
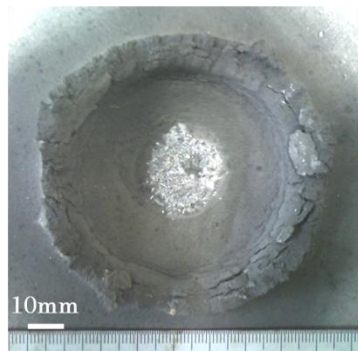
飛翔体諸元

No	アルミニウム 円柱長さ $l(\text{mm})$	アルミニウム 円柱直径 $d(\text{mm})$	アルミニウム 円柱形状比 l/d	アルミニウム 円柱質量 (g)	総質量(g)	体積(cm^3)	飛翔体速度(km/s)
BG100901#1	1.00	16.00	0.06	0.530	5.166	4.28	5.81 ± 0.03
BG100723#1	6.35	6.35	1.00	0.575	5.278	4.28	5.76 ± 0.01
BG100630#1	10.24	5.00	2.05	0.575	5.318	4.35	5.88 ± 0.02
BG100908#1	13.22	4.40	3.00	0.595	5.367	4.38	5.82 ± 0.03
BG100804#1	13.70	4.35	3.15	0.593	5.428	4.38	5.74 ± 0.01
BG100729#1	14.55	4.26	3.42	0.595	5.441	4.39	5.65 ± 0.01
BG100616#1	16.00	4.00	4.00	0.551	5.479	4.39	5.83 ± 0.02
BG100810#1	18.37	3.70	4.96	0.584	5.452	4.40	5.73 ± 0.01

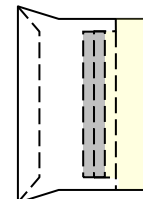
平均質量: 5.366g

平均速度: 5.78km/s

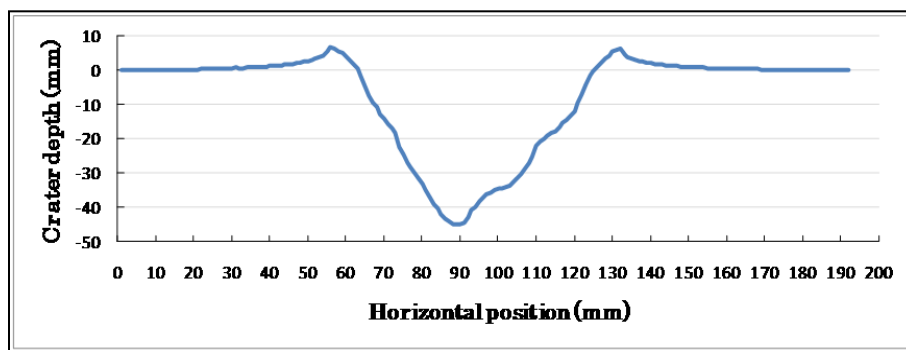
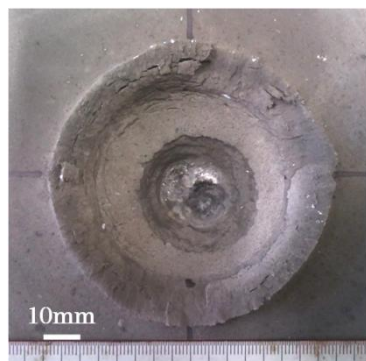
飛翔体形状効果～クレーター形状測定結果～



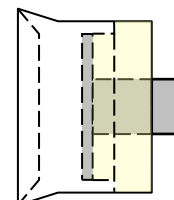
$l/d=0.06$



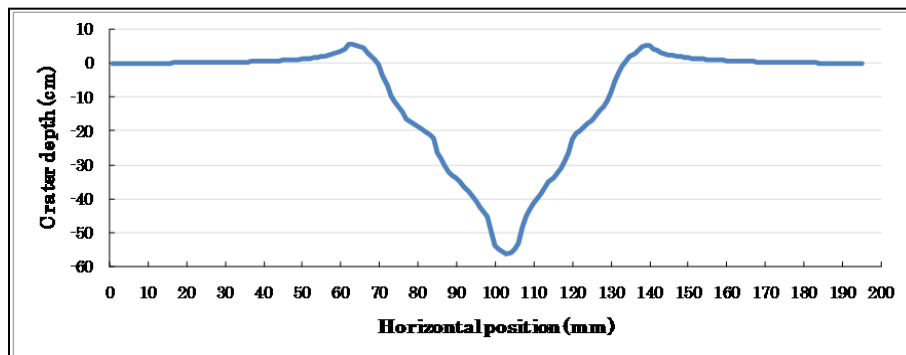
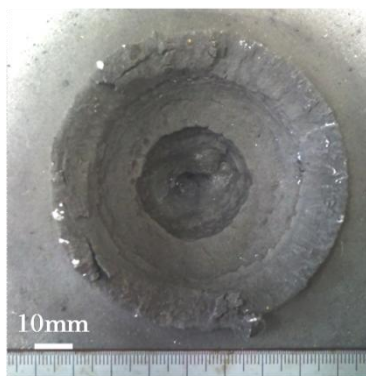
衝突速度: 5.81 km/s



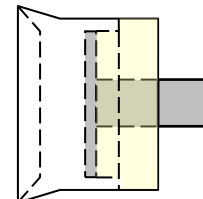
$l/d=3.15$



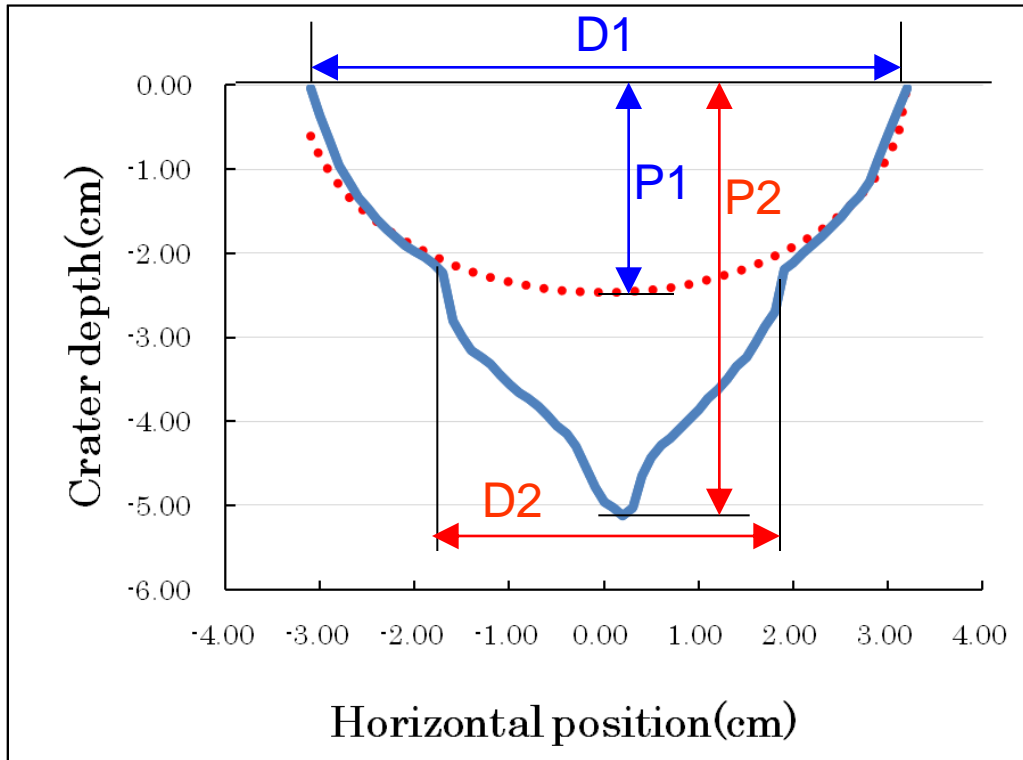
衝突速度: 5.74 km/s



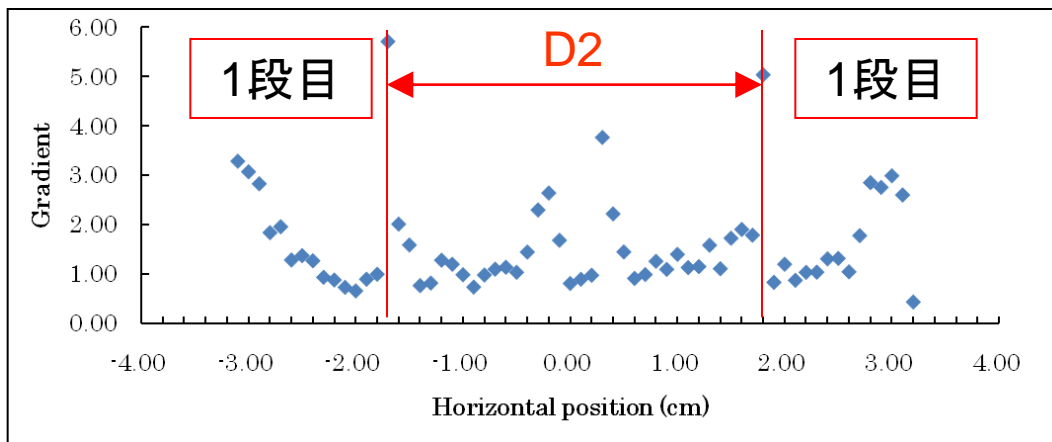
$l/d=4.00$



衝突速度: 5.83 km/s

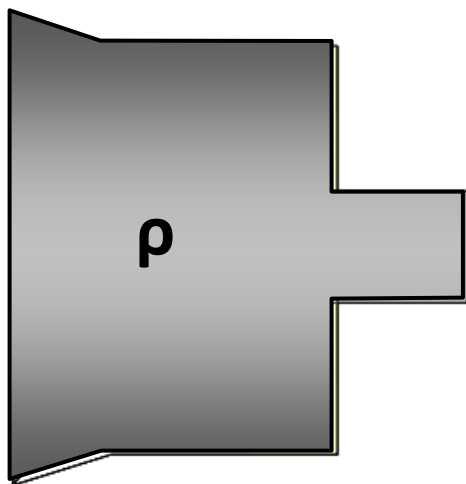


- D1:1段目クレーター直径
- D2:2段目クレーター直径
- P1:1段目クレーター深さ
- P2:2段目クレーター深さ

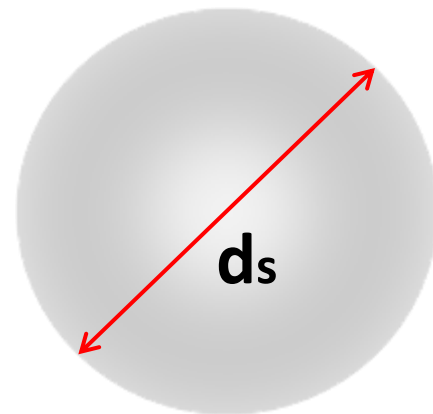
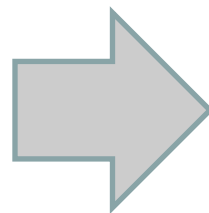




飛翔体形状効果～球形飛翔体による経験式モデルとの比較～



体積V 質量m



体積V 質量m 密度ρ

JSC equation

$$P_J = 5.24 d_s^{1.056} BH^{-0.25} \rho^{0.5} \rho_T^{-0.167} E^{-0.33} V^{0.67}$$

- BH = 68
- $\rho_T = 2.68 \text{ (g/cm}^3\text{)}$
- E = 70.6 (GPa)



研究の目的

クレーター形状に及ぼす飛翔体形状の効果を定量的に評価

同一質量、同一速度で、形状を変数とした非球形飛翔体による超高速衝突実験

結果

2段構造のクレーター

解析

クレーター直径：
形状比が増加するとともに減少
クレーター深さ：
形状比が増加するとともに増大

形状効果を考慮した、クレーター深さを予測するモデルを提案

数値シミュレーション

アルミニウム円柱先端の圧力が高く維持されるとともに、サボが、アルミニウム円柱の飛散を抑えているため、2段構造のクレーターが形成される。

比較

既存モデル

楕円体飛翔体を基にしたモデル

クレーターの最大深さについては、飛翔体の一構成品の形状変化であっても、回転楕円体飛翔体の形状変化と同等の効果を有する。