



ロケットパンチ解析結果

エンジニアリング事業本部
バーチャル実験2課 数値解析班



検討指針・手順

- ・世の中で一般的に使われている鋼材の強度をベースとする
- ・鋼板へのロケットパンチの衝突解析を実施する
- ・ベースの強度から徐々に強度を増していき、ロケットパンチの威力として相応しい結果が得られた時点のものを超合金Zの物性値とする
- ・最後に、機械獣への衝突解析を実施してその威力を確認する

使用する解析ソフトウェア、解法

- ・汎用有限要素解析ソフトウェアLS-DYNA、陽解法

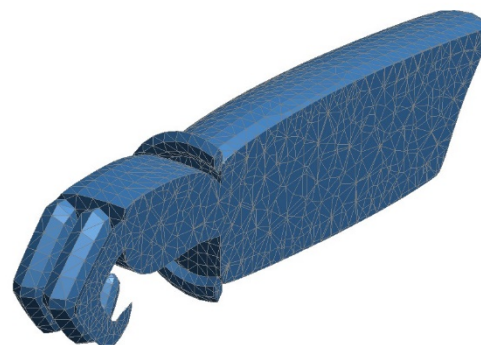
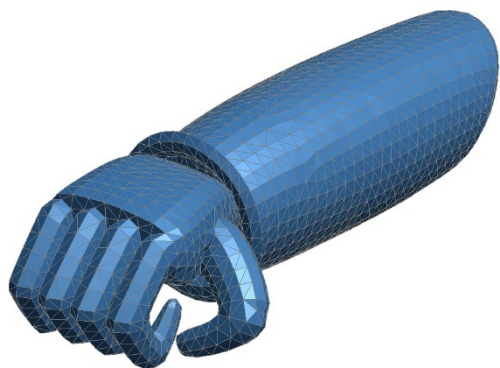


解析モデル構築

解析モデル構築

ロケットパンチ メッシュモデル

- 要素タイプ：テトラ要素
- メッシュピッチ：100[mm]

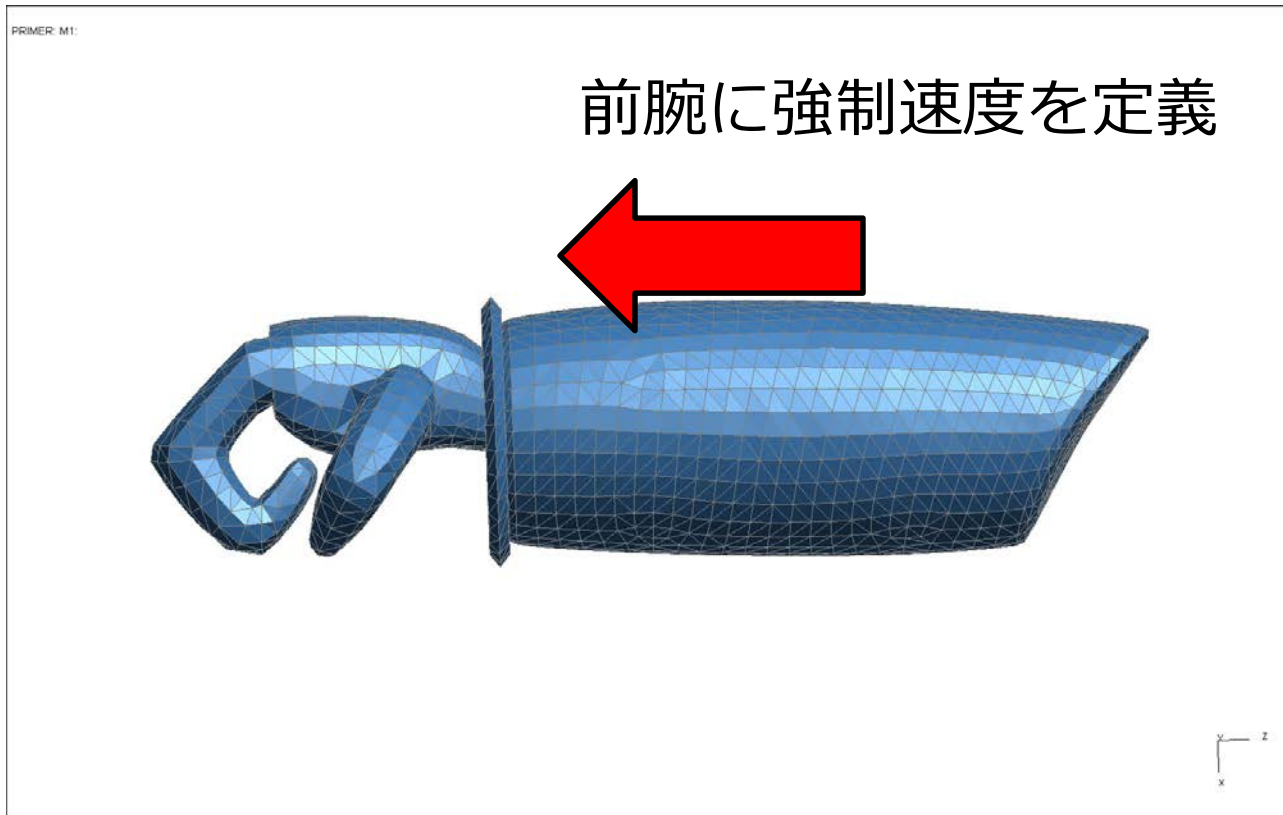


断面図

解析モデル構築

ロケットパンチ 推進力定義

- ロケットパンチの速度：マッハ2
- 常にマッハ2の速度となるように境界条件を定義



解析モデル構築

超合金Z物性値（ベース）

- 超合金の物性値のベースとしてSS400を採用
- ヤング率は鋼材の一般値を適用
- 降伏応力、引張強さ、伸びについてはJIS規格から引用
- このベースの強度を上げていくことにより、超合金Zの物性値を検討する

物性値	
ヤング率	200[GPa]
降伏応力	205[MPa]
引張強さ	400[MPa]
伸び	23[%]

解析モデル構築

超合金Z物性値（ベース）

（SS400についての補足）

「鋼材」を思い浮かべた時に、まず最初に思いつくほどポピュラーな鋼材がSS400です。使用される分野も幅広く、建築、自動車、橋などの土木建築、船舶と、多岐に渡ります。

出典：<https://mitsu-ri.net/articles/ss400-s45c>

鋼板への衝突解析

概要

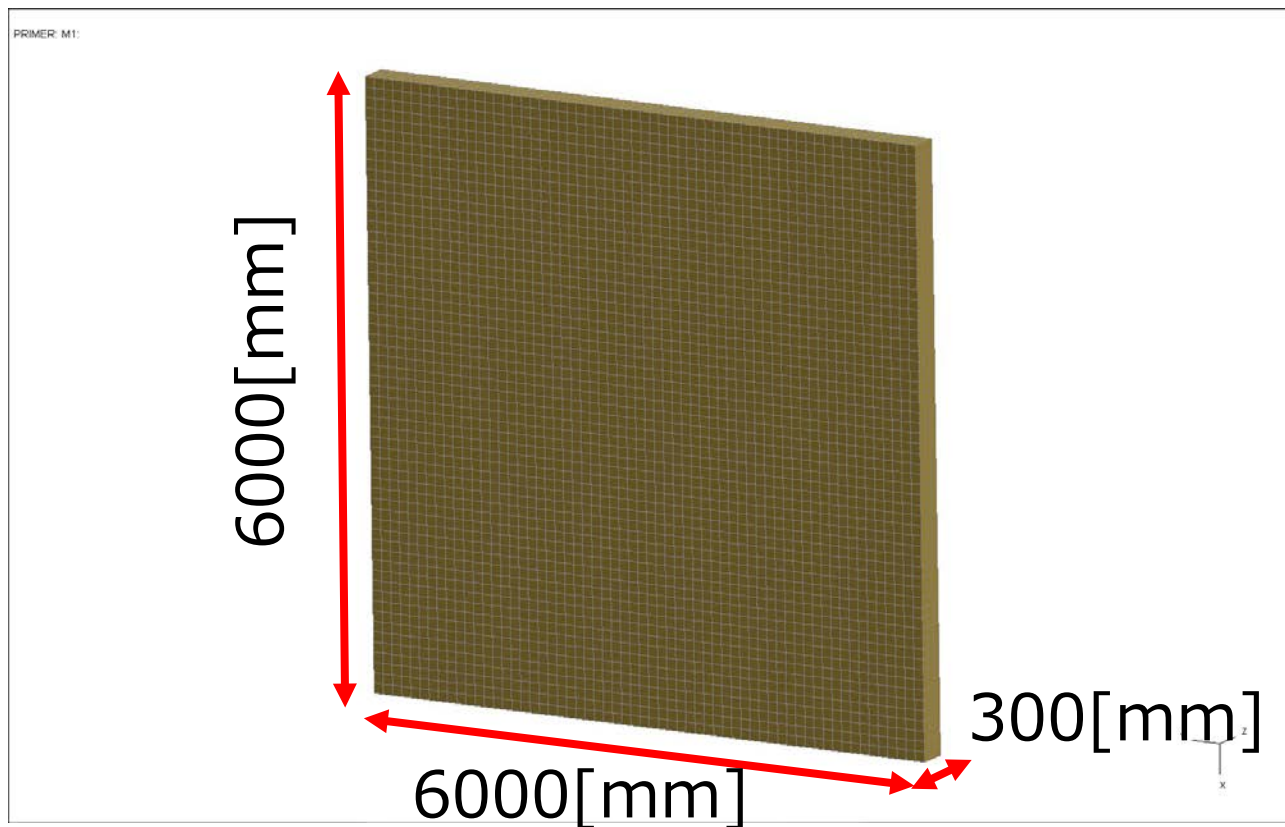
- ・ 厚さ30cmの鋼板に衝突させる解析を通じて、超合金Zの物性値（強度）を推定する

* 30[cm]とした経緯：厚い鋼板を使っている構造物として、戦車や艦船を考えた。艦船で使われているもので、大体30[cm]とか40[cm]。戦艦大和で50[cm]。30[cm]で打ち抜ければOKとした。

鋼板への衝突解析

鋼板モデル

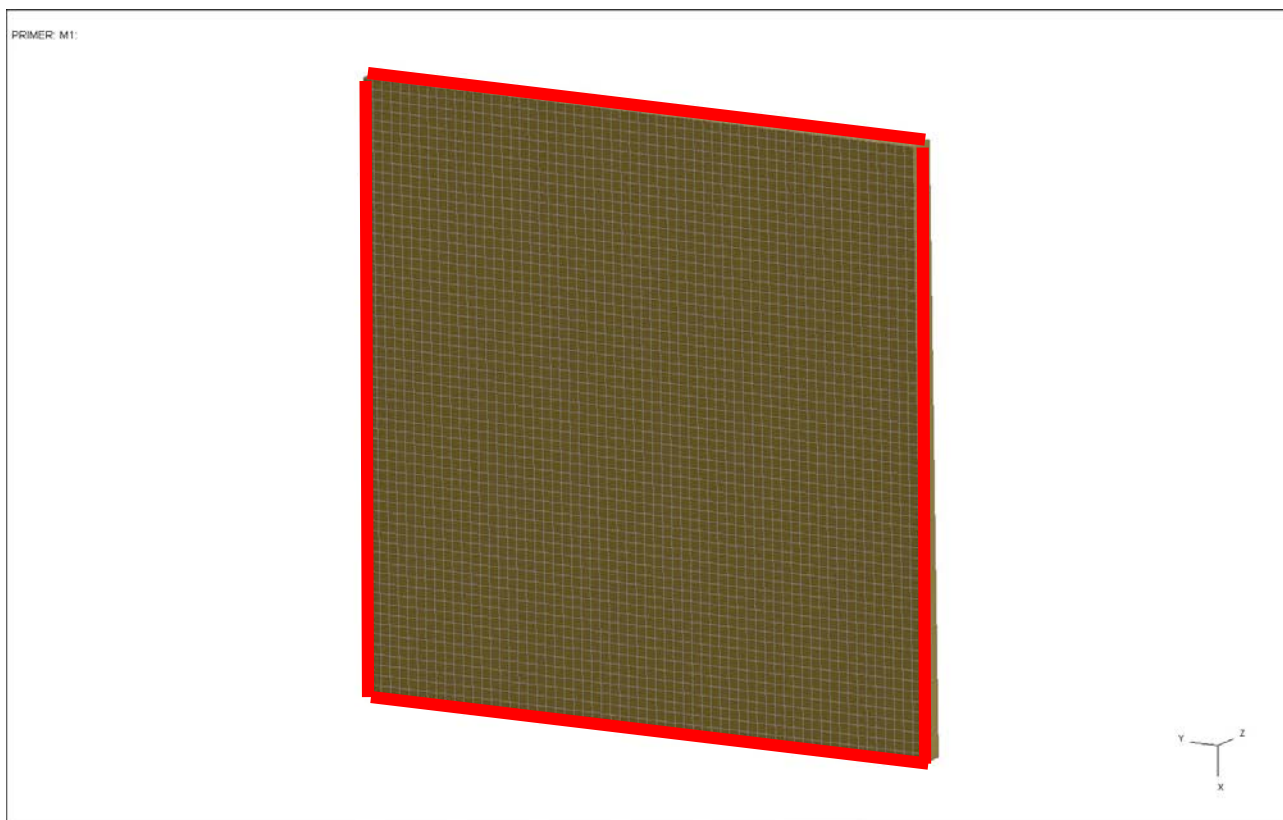
- 鋼板のサイズ：6000[mm]×6000[mm]×300[mm]
- メッシュタイプ：ヘキサ要素
- メッシュピッチ：100[mm]



鋼板への衝突解析

鋼板モデル

- 境界条件：四辺を完全拘束（図中赤線部分）



鋼板への衝突解析

鋼板モデル

- 鋼板の物性値としてSS400を適用
- ヤング率、密度は鋼材の一般値を適用
- 降伏応力、引張強さ、伸びについてはJIS規格から引用

物性値	
ヤング率	200[GPa]
密度	7850[kg/m ³]
降伏応力	205[MPa]
引張強さ	400[MPa]
伸び	23[%]

* 解析では、ロケットパンチの衝突により
伸び(23[%])に達した部分から、鋼板に穴が空いていく

鋼板への衝突解析

検討指針

検討指針(エンジニアリング的観点)

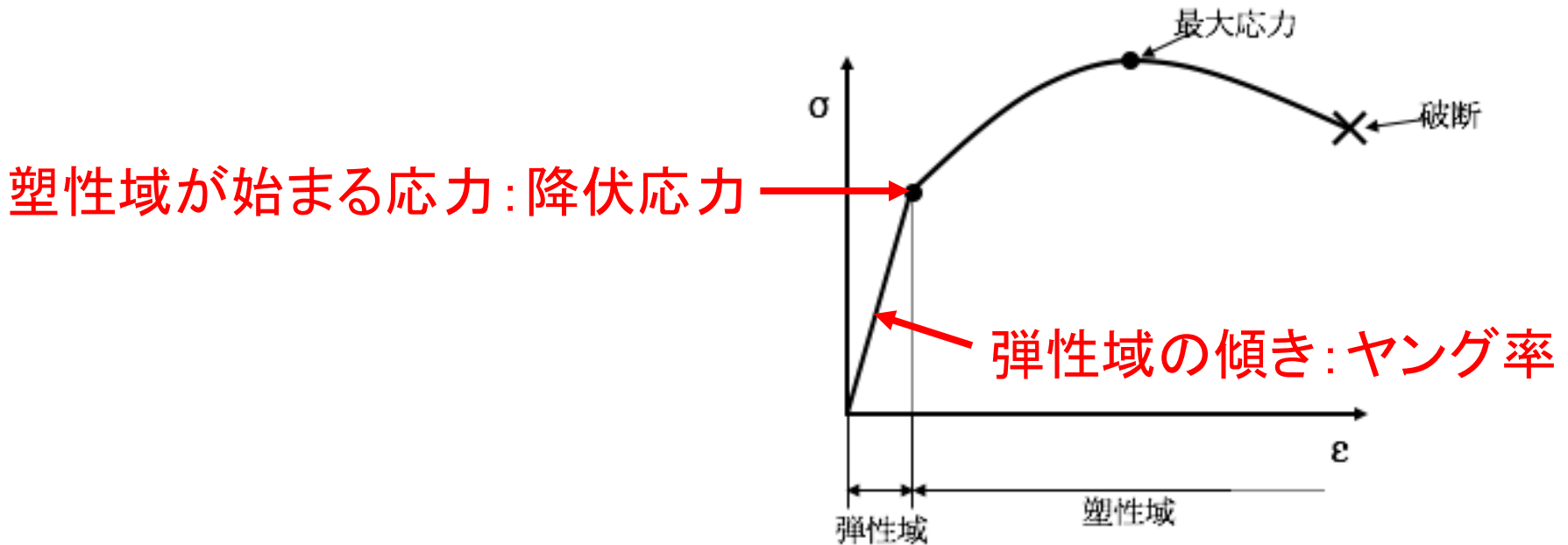
- ・ ロケットパンチは繰り返し使用
- ・ 可能な限り弾性変形の範囲にとどめたい（塑性変形は発生しない）
- ・ 鋼板に衝突した際にロケットパンチはどれぐらい変形するのかを確認する

鋼板への衝突解析

検討方法

- ・材料物性値（強度）の変更方法

ヤング率、降伏応力をスケール倍（10倍、100倍・・・）して強度を上げていく



応力-ひずみ曲線（工学応力・工学ひずみで作成）

出典:

<https://www.cybernet.co.jp/ansys/glossary/ouryokuhizumikyokusen.html>

鋼板への衝突解析

検討①

- ・ ロケットパンチの物性値：SS400と同等
- ・ ヤング率：1倍
- ・ 降伏応力：1倍

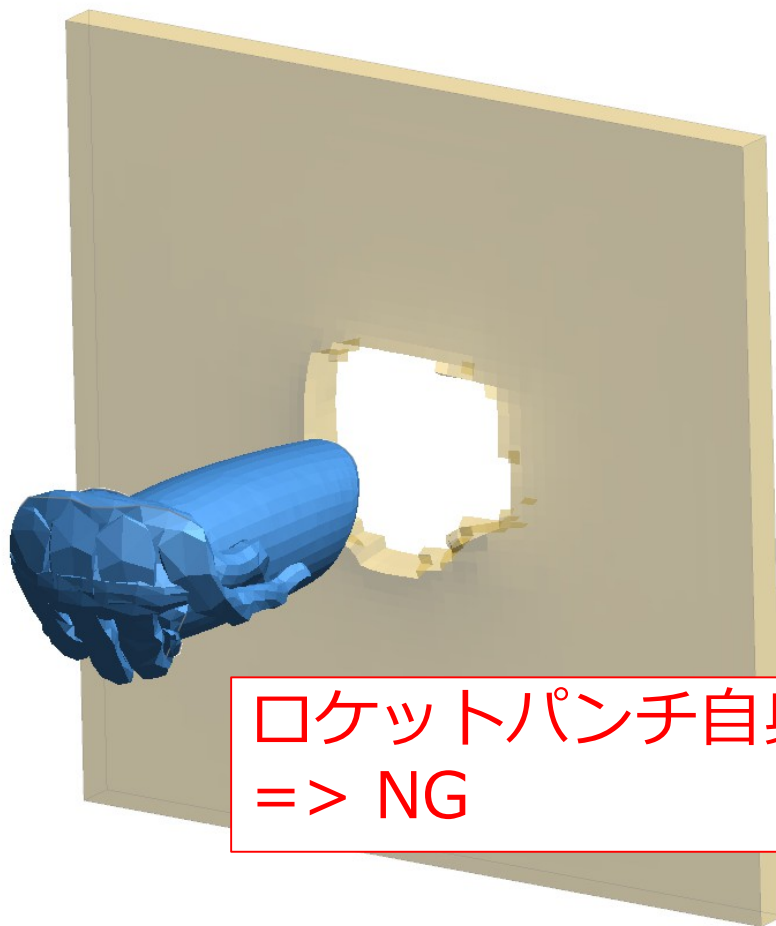
(補足再掲)

SS400は鋼材として最もポピュラー

鋼板への衝突解析

検討①結果 最終変形形状

D3PLOT: M1:



ロケットパンチ自身が変形
=> NG

Y Z
X
0.010000

鋼板への衝突解析

検討②

- ・ ロケットパンチの物性値：SS400の10倍
- ・ ヤング率：10倍
- ・ 降伏応力：10倍

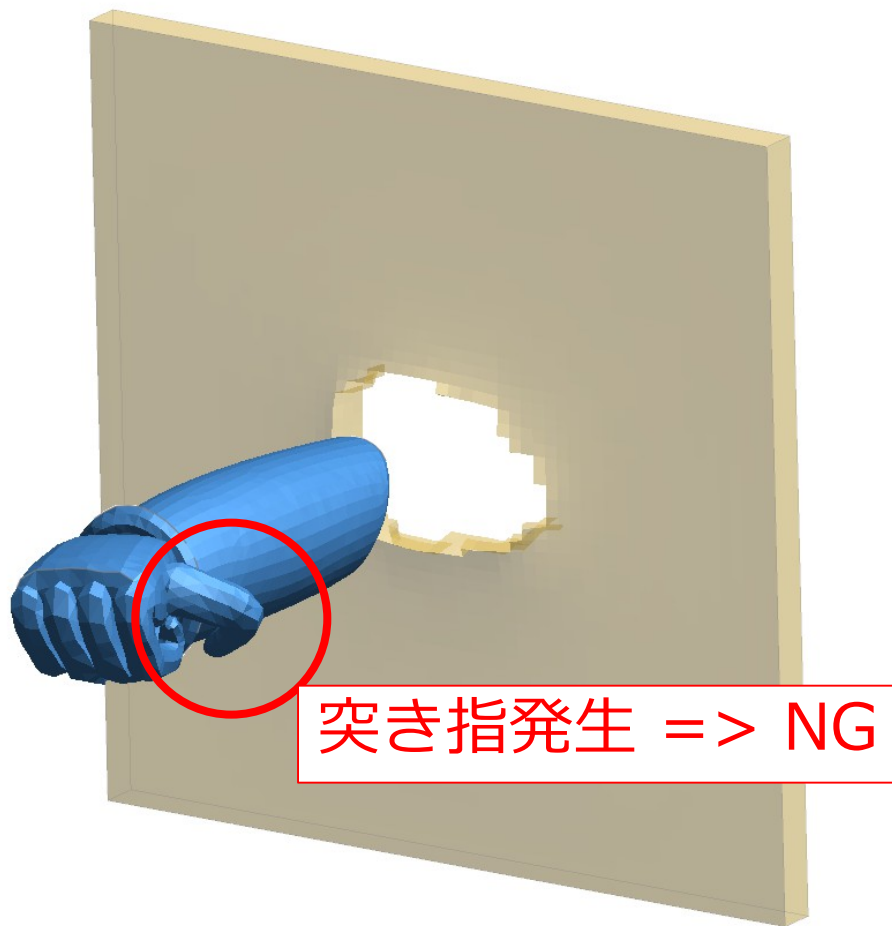
(補足)

SS400の10倍の堅さ。高張力鋼（ハイテン材、自動車
で使われる材料で最も堅い）の2倍程度堅い。

鋼板への衝突解析

検討②結果 最終変形形状

D3PLOT: M2:



Y Z
X
0.010000

鋼板への衝突解析

検討③

- ロケットパンチの物性値：SS400の10000倍
- ヤング率：10000倍
- 降伏応力：10000倍

(補足)

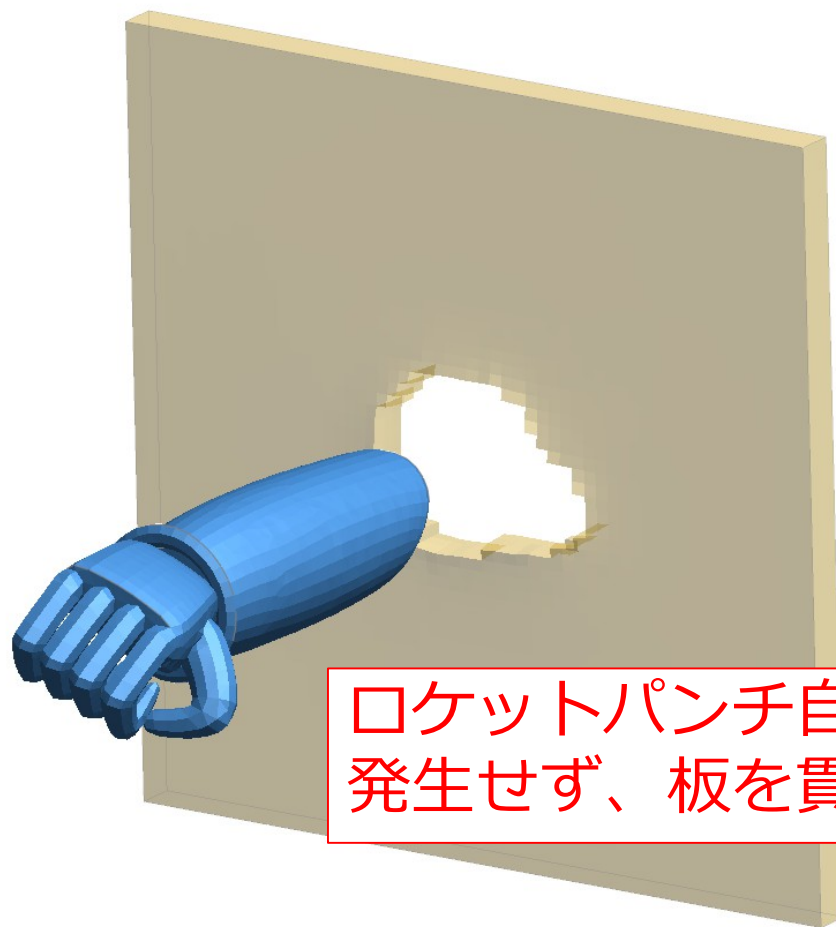
SS400の10000倍の堅さ。高張力鋼（ハイテン材、自動車に使われる材料で最も堅い）の2000倍程度堅い。

。

鋼板への衝突解析

検討③結果 最終変形形状

D3PLOT: M3:



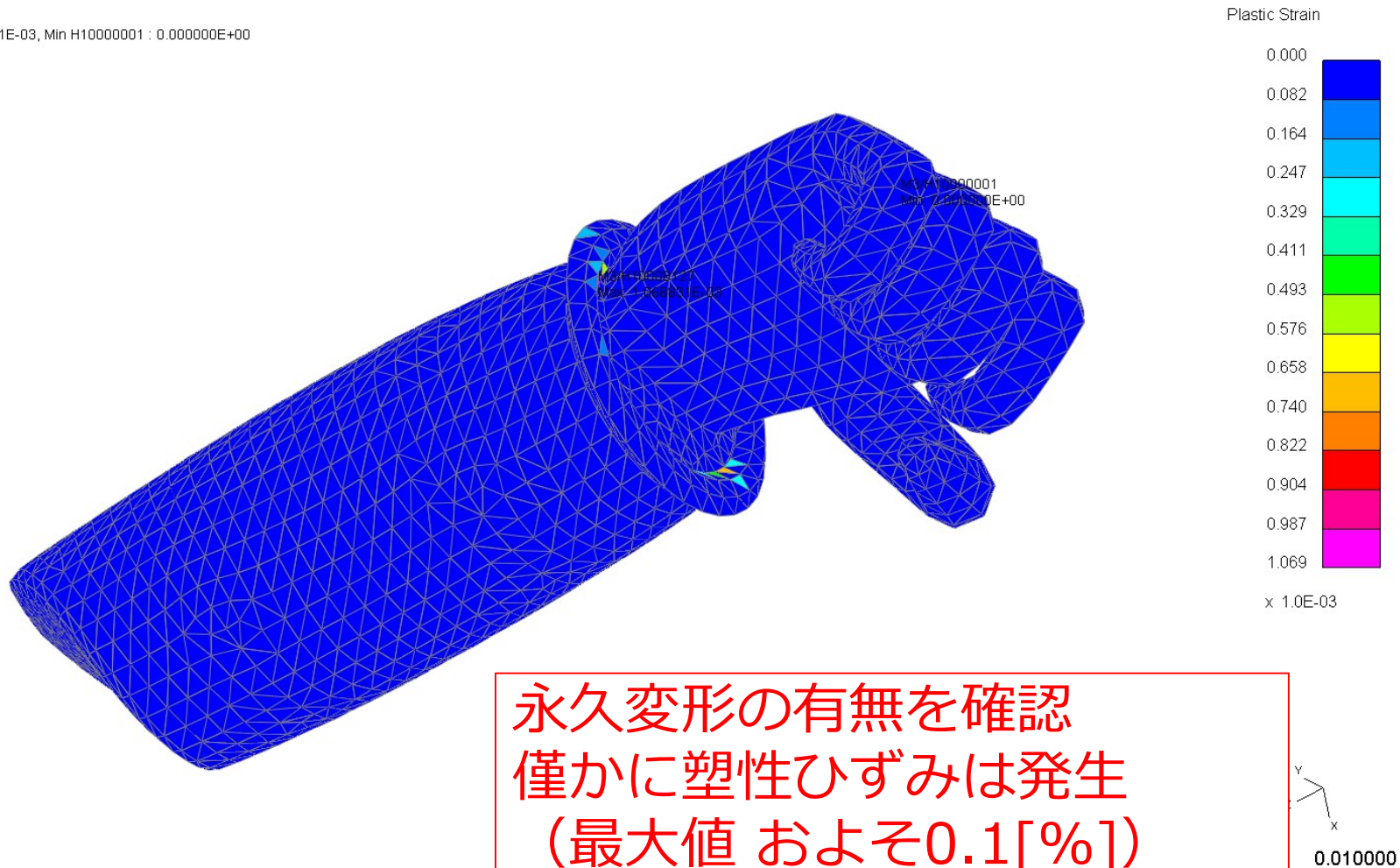
ロケットパンチ自身の変形は発生せず、板を貫通

Y
Z
X
0.010000

鋼板への衝突解析

検討③結果 塑性ひずみコンタ図

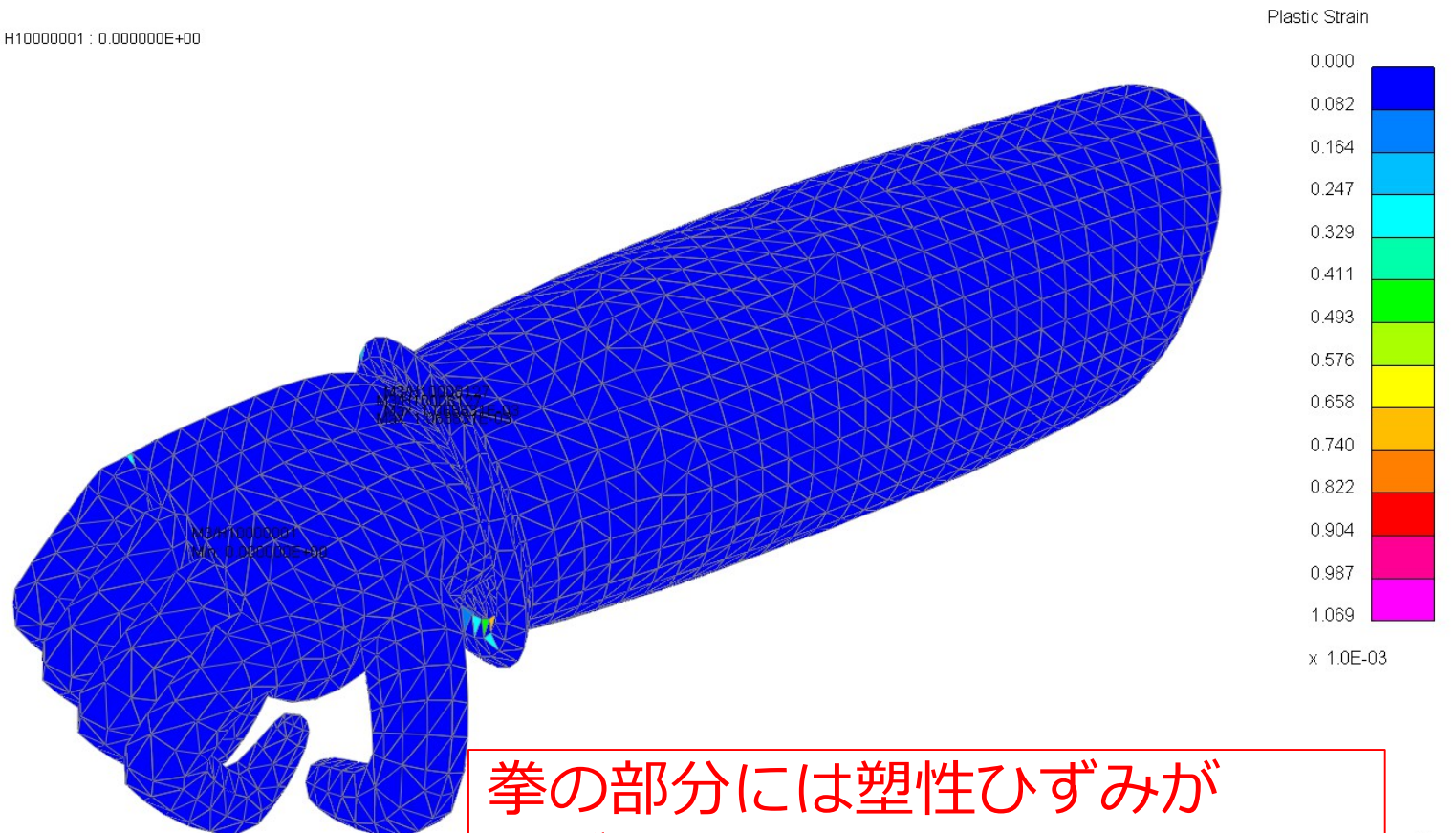
D3PLOT: M3:
(M3) 1: Max H10008127 : 1.068831E-03, Min H10000001 : 0.000000E+00



鋼板への衝突解析

検討③結果 塑性ひずみコンタ図

D3PLOT: M3:
(M3) 1: Max H10008127 : 1.068831E-03, Min H10000001 : 0.000000E+00





まとめ

ロケットパンチの威力を下記のように仮定した場合、
解析結果より以下の結論が導かれた

[仮定]

- ・ 厚さ30 cmの鋼板を軽々と打ち抜く
- ・ 鋼製の機械獣を破壊できる

[結論]

- ・ 超合金Zは鋼材としてポピュラーなSS400の
10000倍の強度を持つ