

1 高張力鋼板とアルミニウム合金板の曲げ加工におけるスプリングバック特性およびその低減

塑性加工研究室

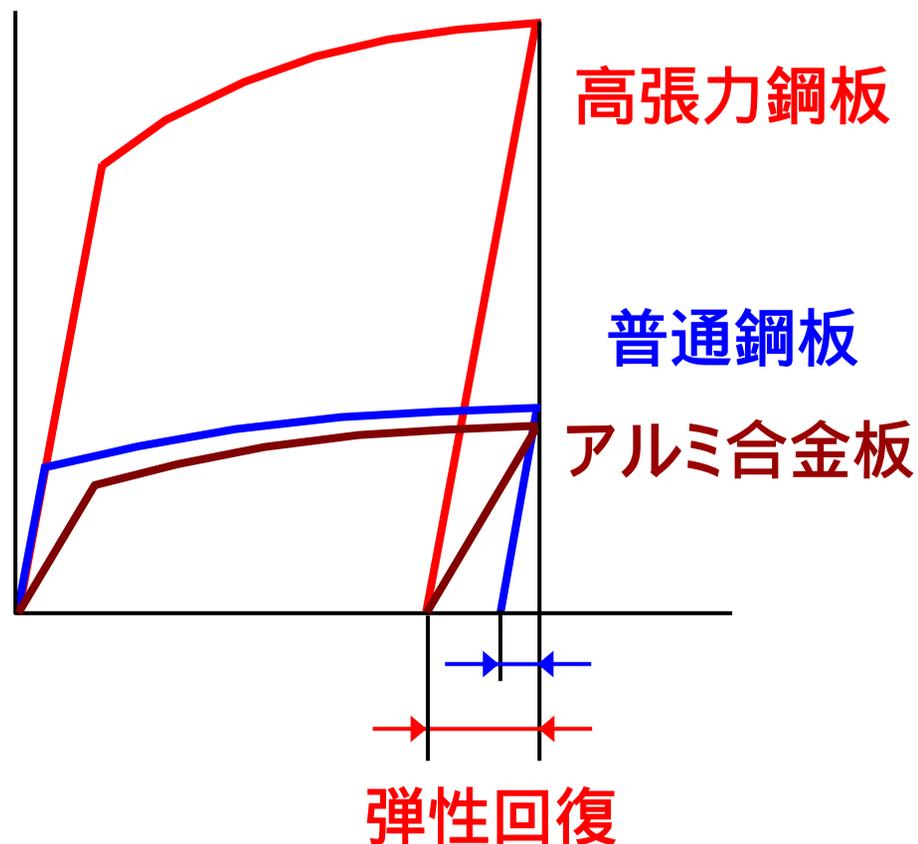
秋田啓太



高張力鋼板の適用例



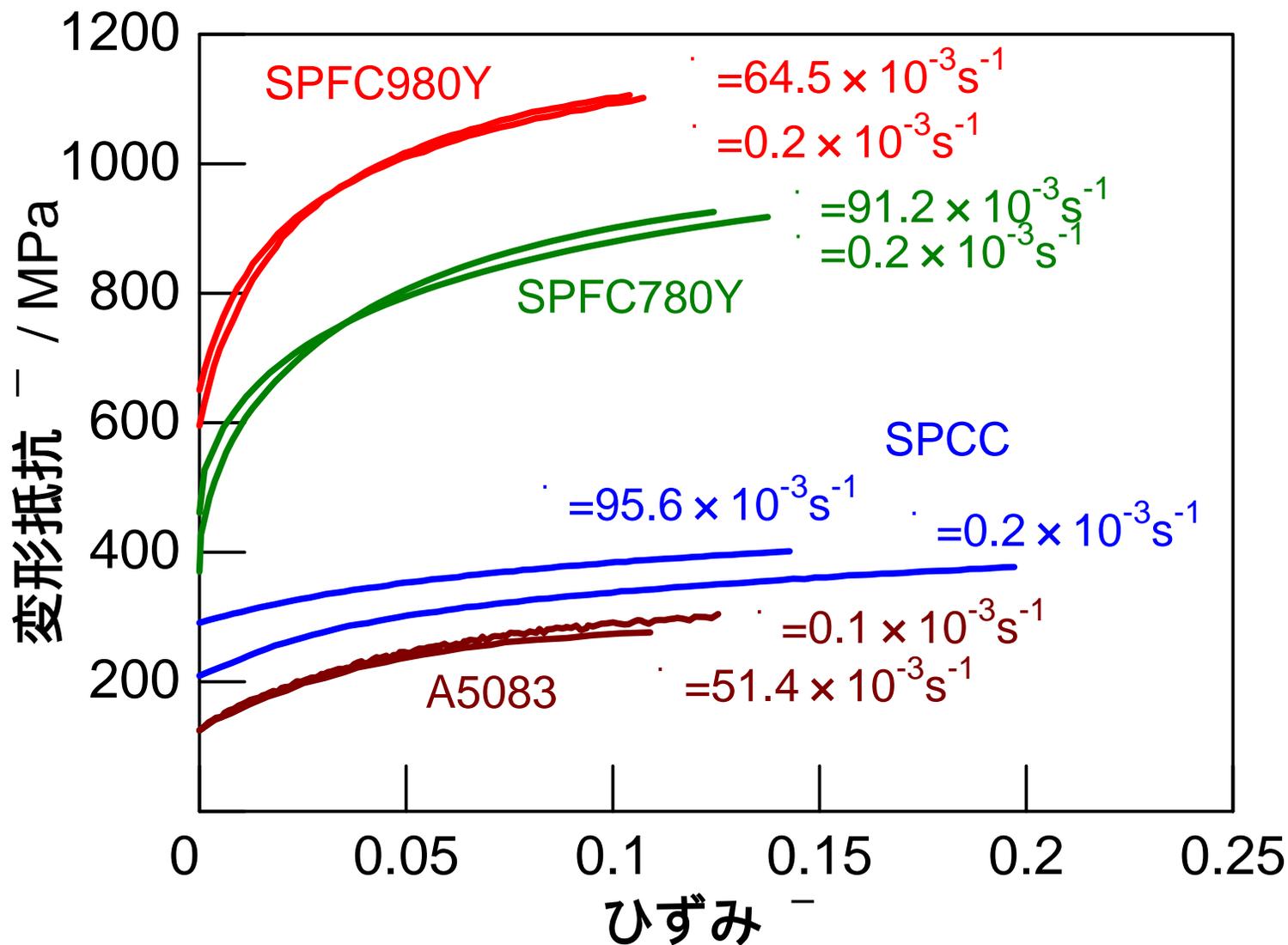
アルミニウム合金板の適用例



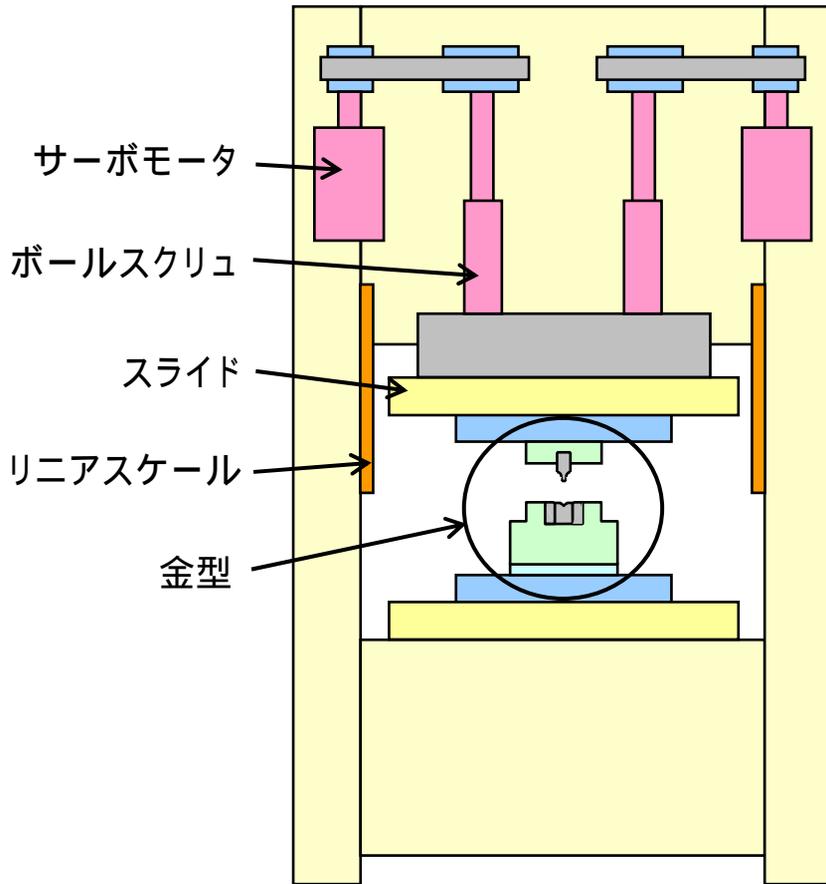
スプリングバック: 大
形状凍結性: 低

V・U曲げ
速度依存性・決押し率・しごき率

実験材料の変形抵抗曲線



サーボプレスの特徴



800kN
サーボプレス

下限位置
1 μ m単位で制御

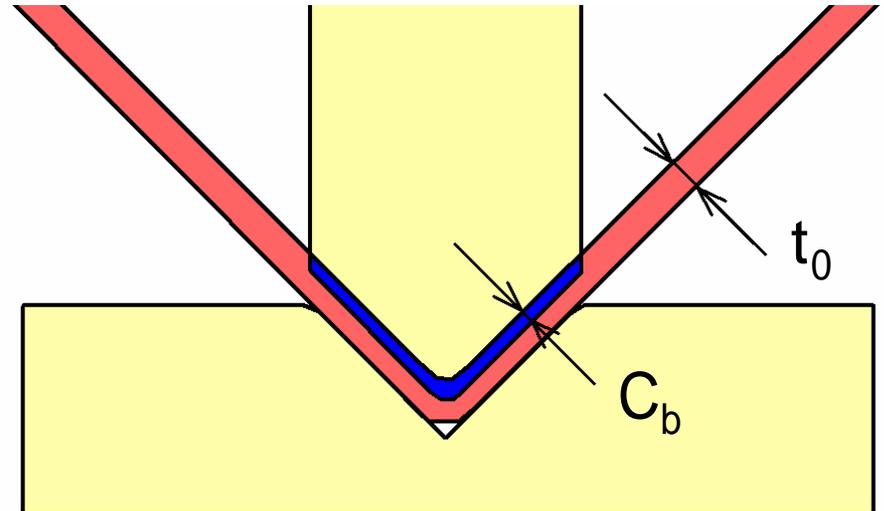
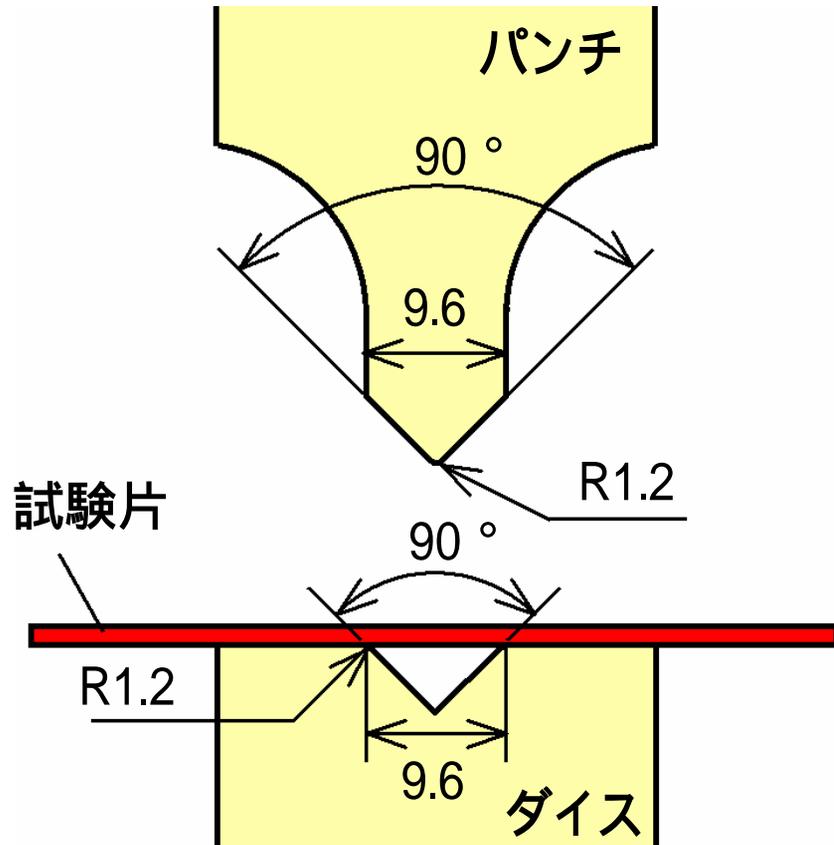
+

加工速度
最大150mm/s



実際の板厚にもとづいた
高精度で均一な加工条件

V曲げの金型形状, 決押し率の定義



$$\text{決押し率 } a = \frac{C_b}{t_0} \times 100$$

試験片形状

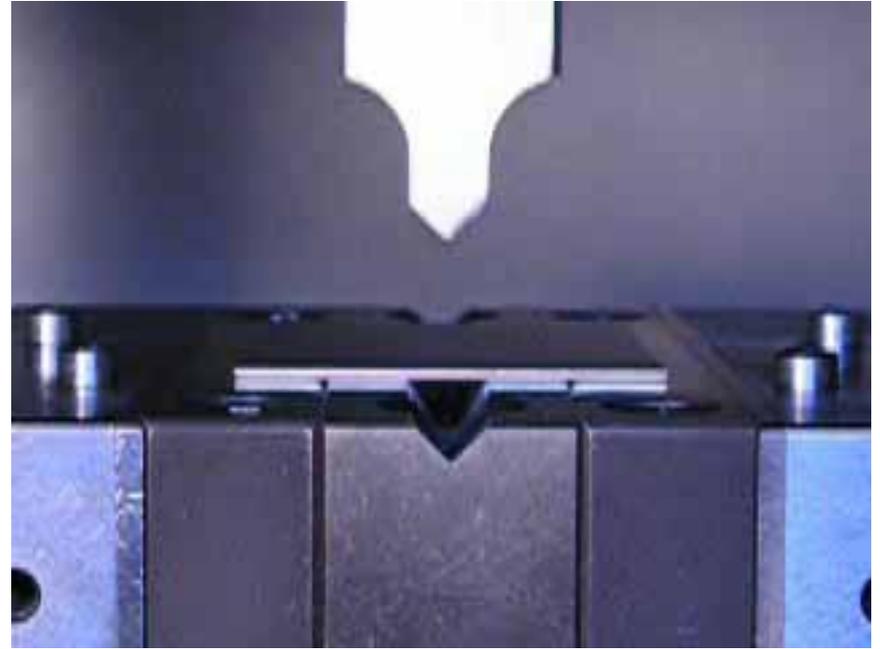
L=60mm × W=55mm

t=1.2mm(Steel), 1.0mm(Al)

V曲げの変形挙動($v=24\text{mm/s}$, $a=0\%$)

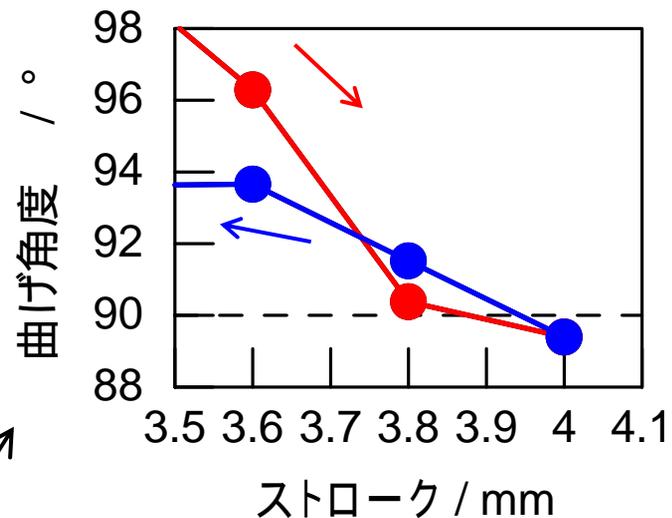
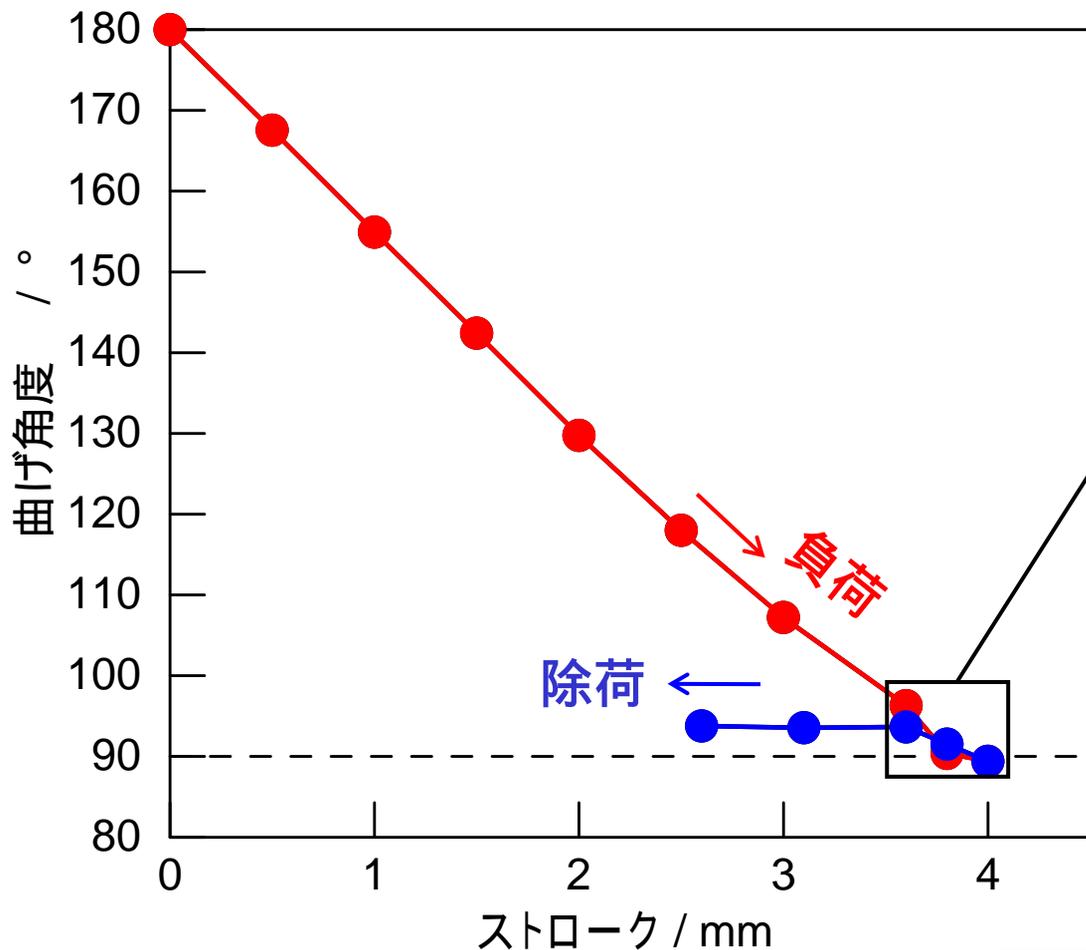


(a) SPCC

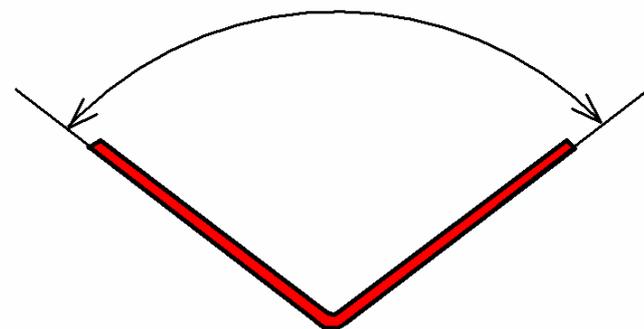


(b) SPFC980Y

曲げ角度の変化

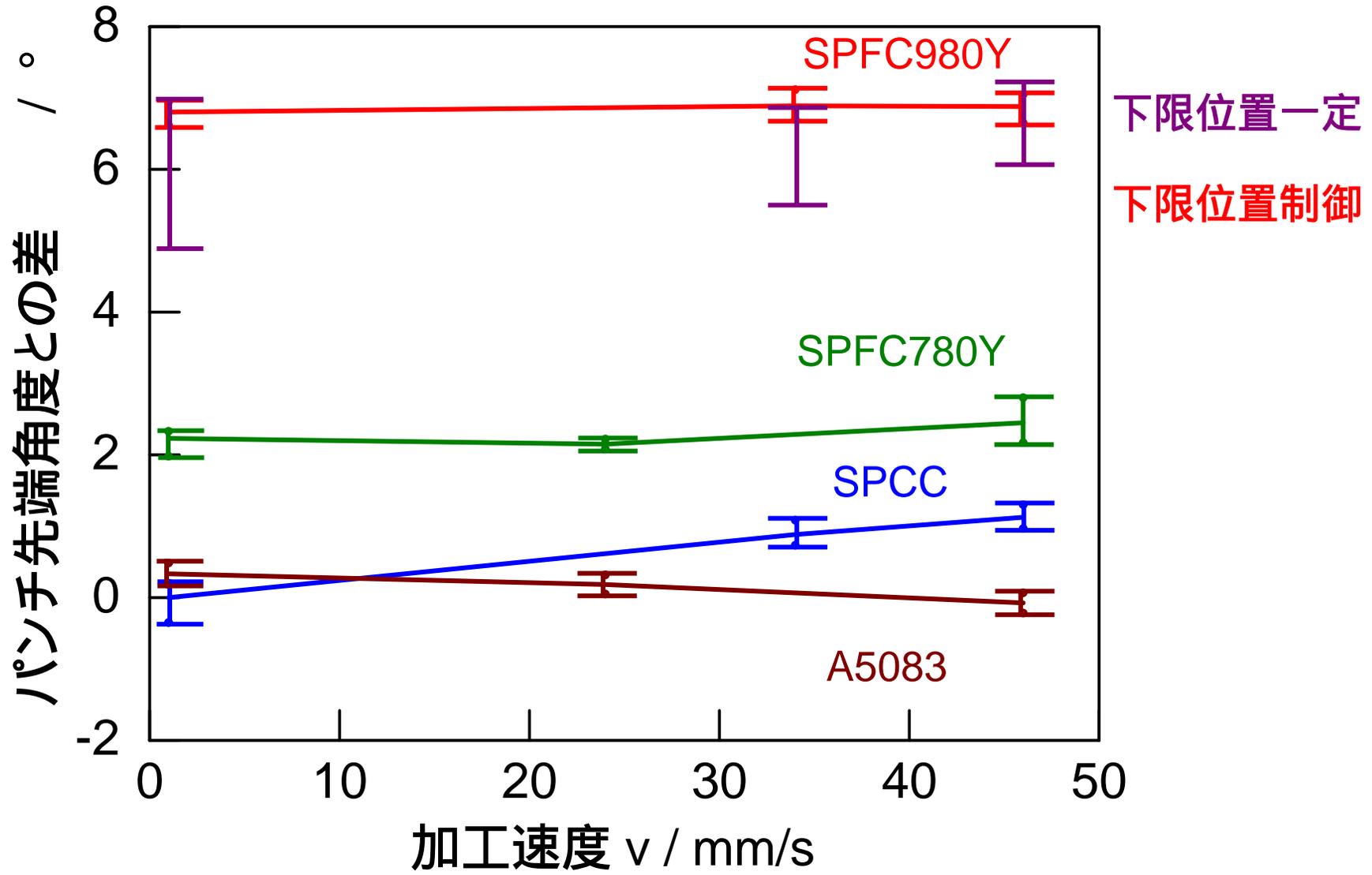


加工後の角度 θ

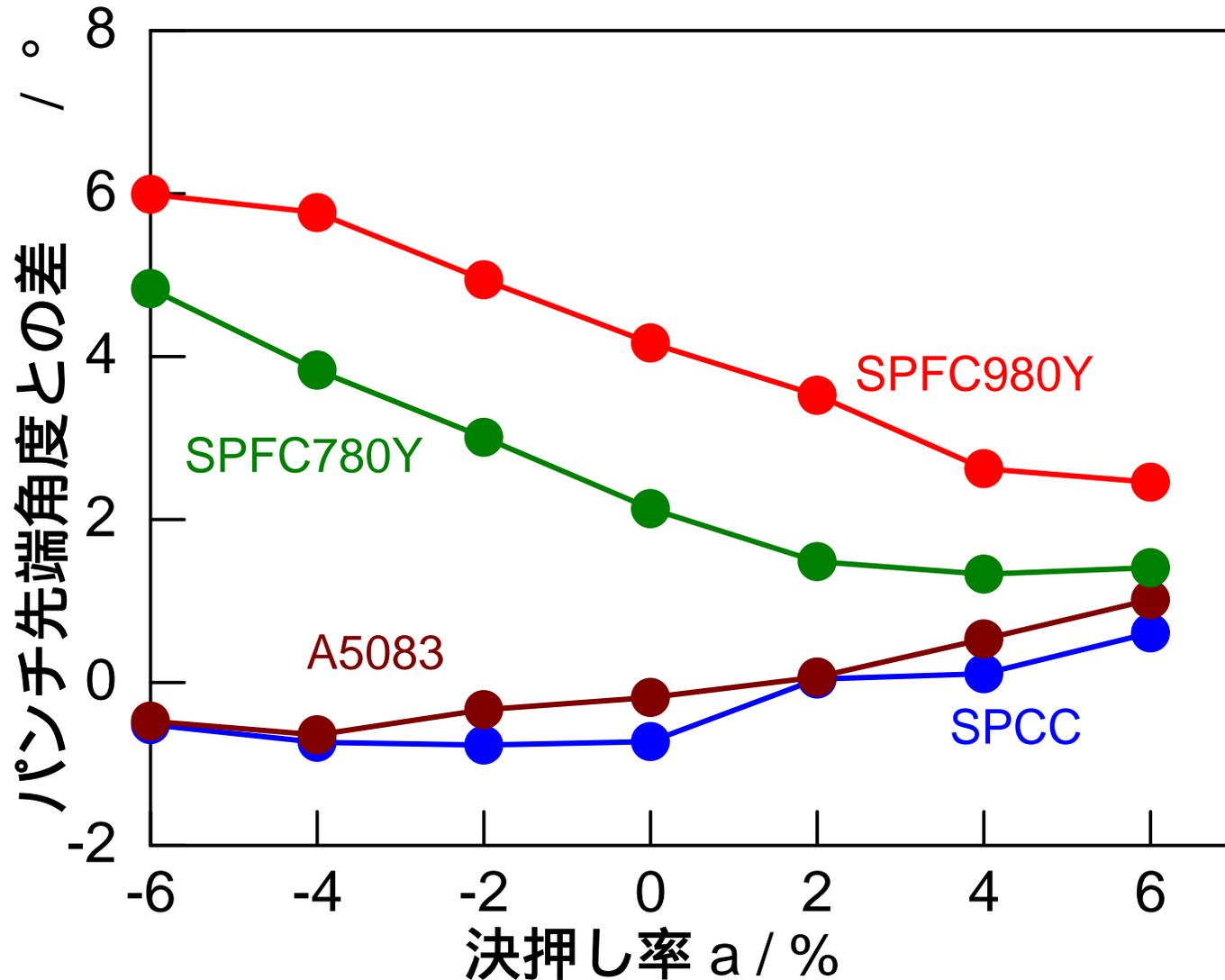


$\theta - 90^\circ = \Delta\theta$ パンチ先端角度との差

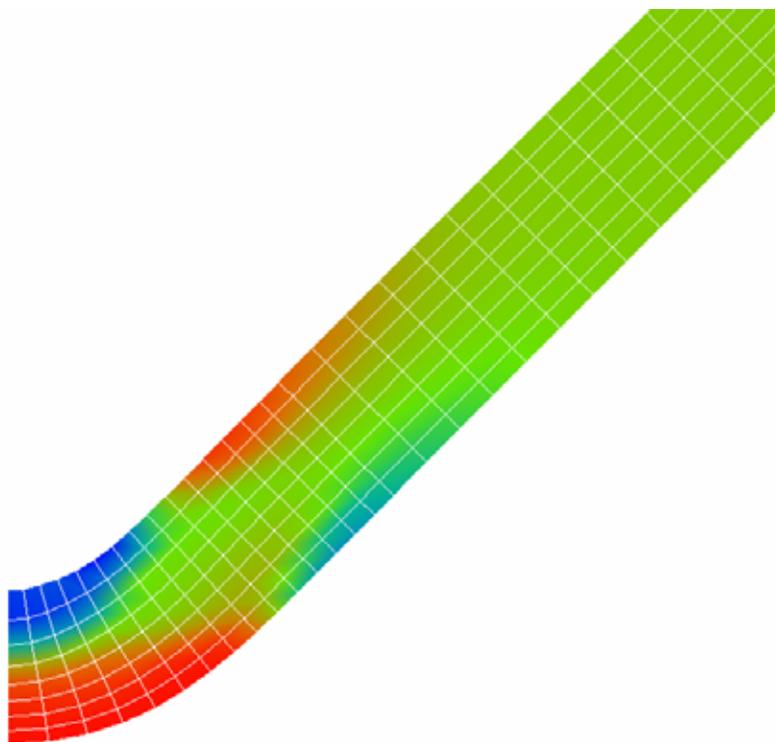
V曲げにおけるパンチ先端角度との差と加工速度の関係(a=0%)



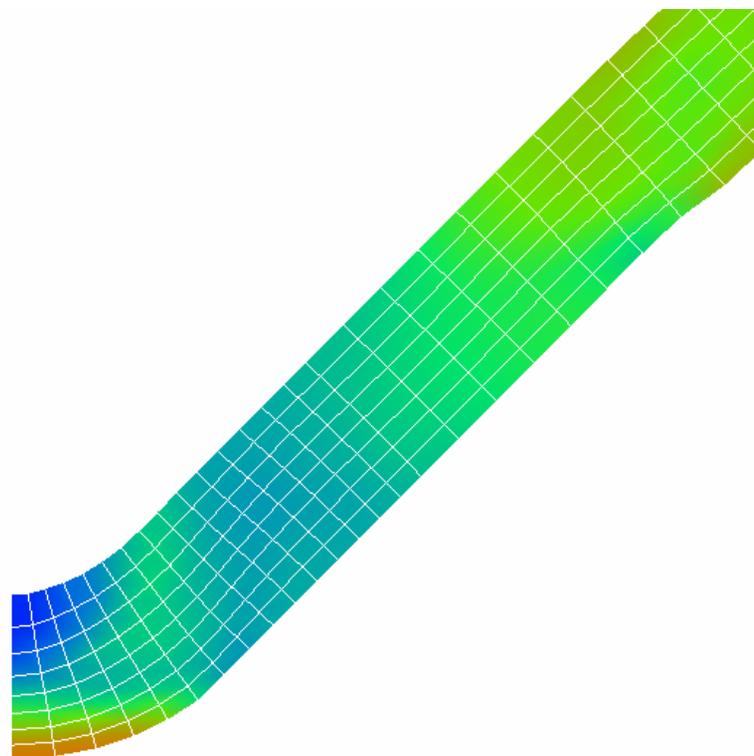
V曲げにおけるパンチ先端角度との差と 決押し率の関係($v=24\text{mm/s}$)



V曲げの決押しによる除荷前の板幅方向 応力分布への影響(SPF980Y)



(a) $a=0\%$



(b) $a=6\%$

σ / GPa

1.5

1.0

0.5

0

-0.5

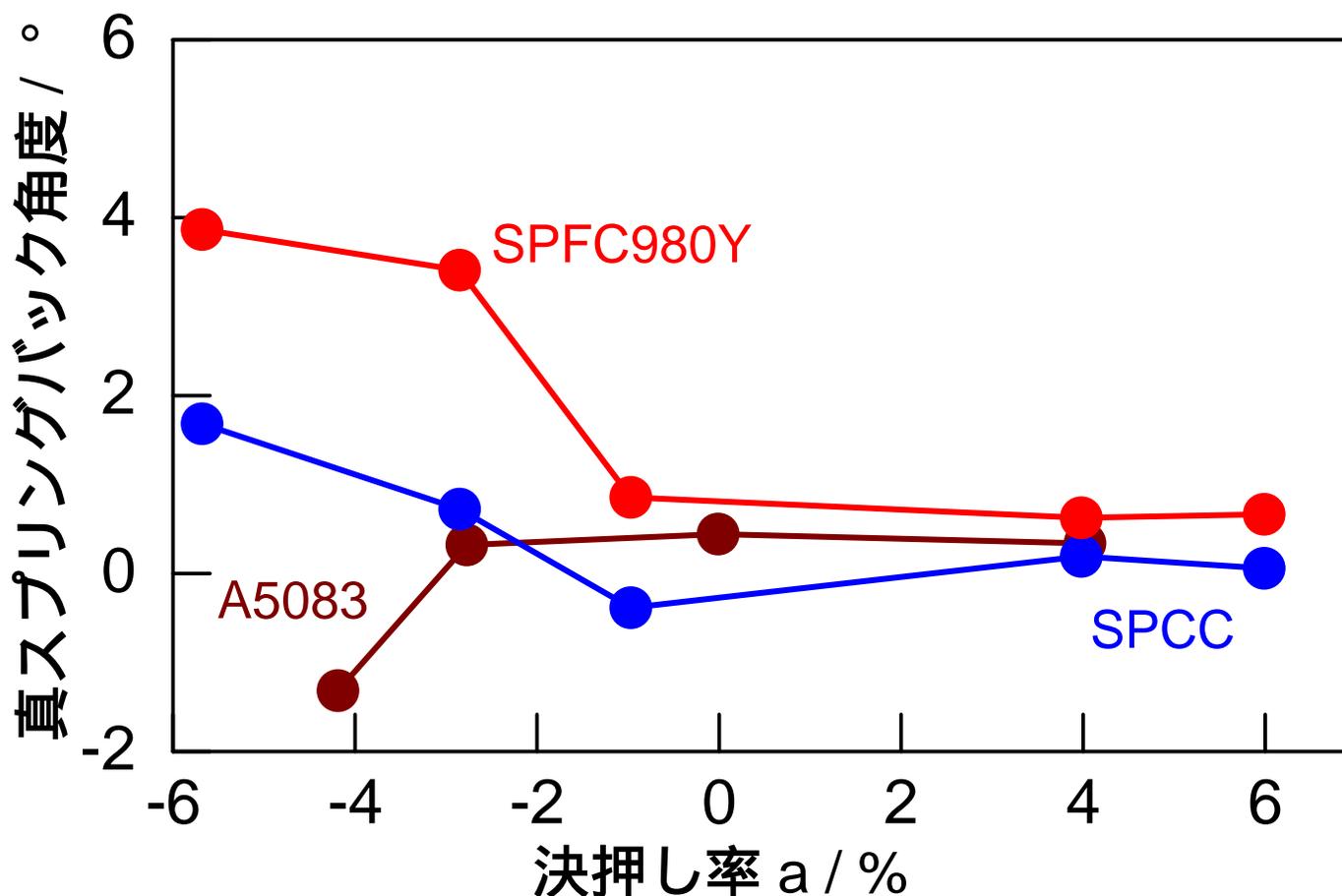
-1.0

-1.5

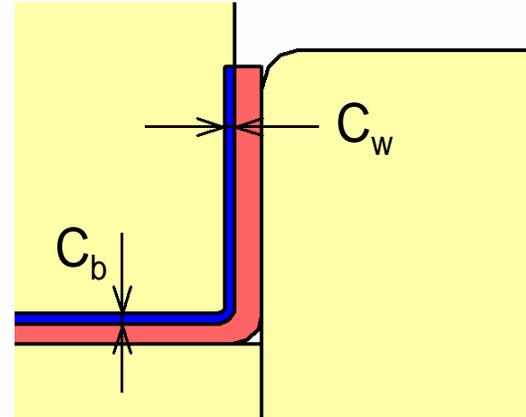
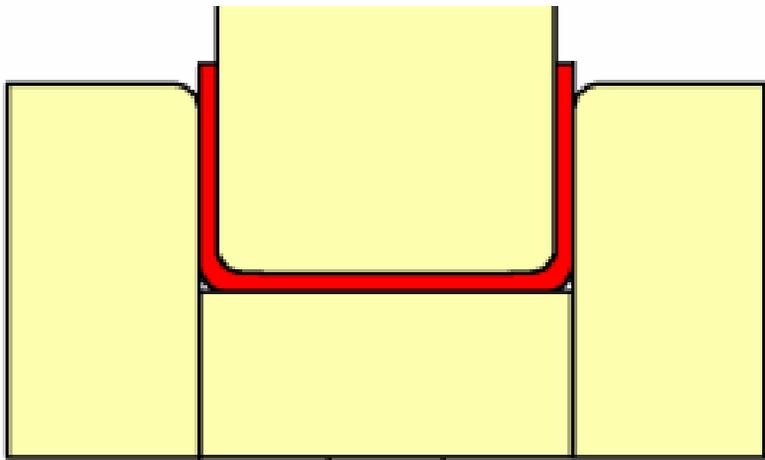
-2.0

有限要素法によるV曲げにおける スプリングバック角度と決押し率の関係

除荷前の角度 - 除荷後の角度 = 真スプリングバック角度



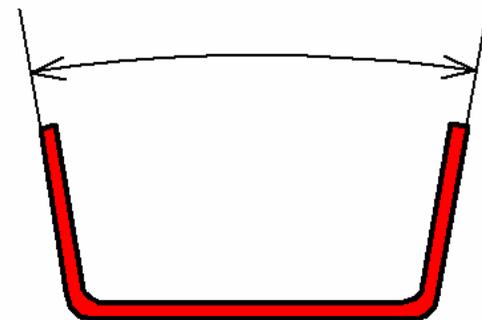
U曲げの金型形状，決押し率・しごき率・角度の定義



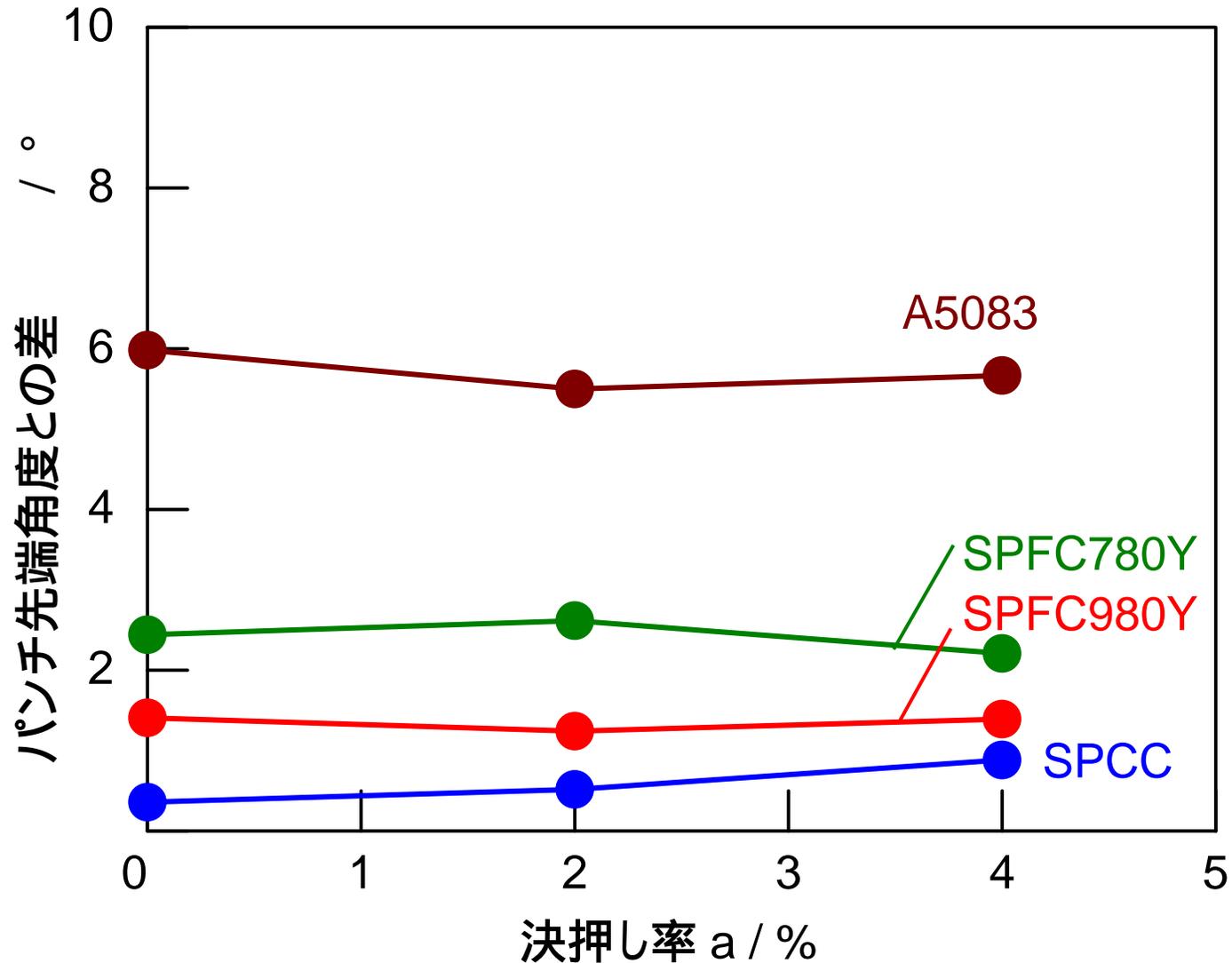
$$\text{決押し率 } a = \frac{C_b}{t_0} \times 100$$

$$\text{しごき率 } b = \frac{C_w}{t} \times 100$$

パンチ先端角度との差 $\Delta\theta$



U曲げにおけるパンチ先端角度との差と 決押し率の関係($v=1\text{mm/s}$, $b=0\%$)



U曲げにおけるパンチ先端角度との差としごき率の関係($v=1\text{mm/s}$, $a=0\%$)

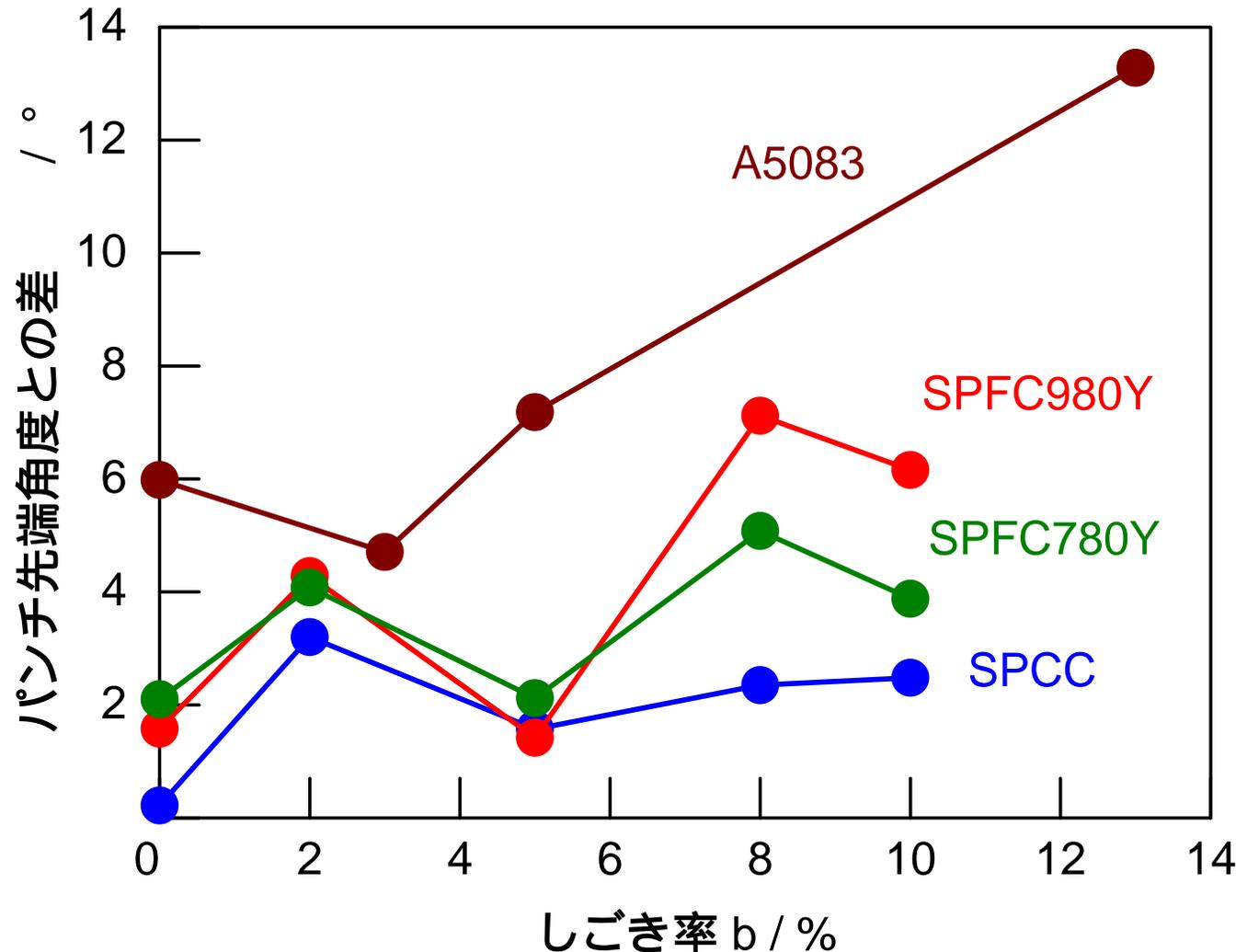
A5083



(a) しごき率 $b=0\%$



(b) $b=13\%$

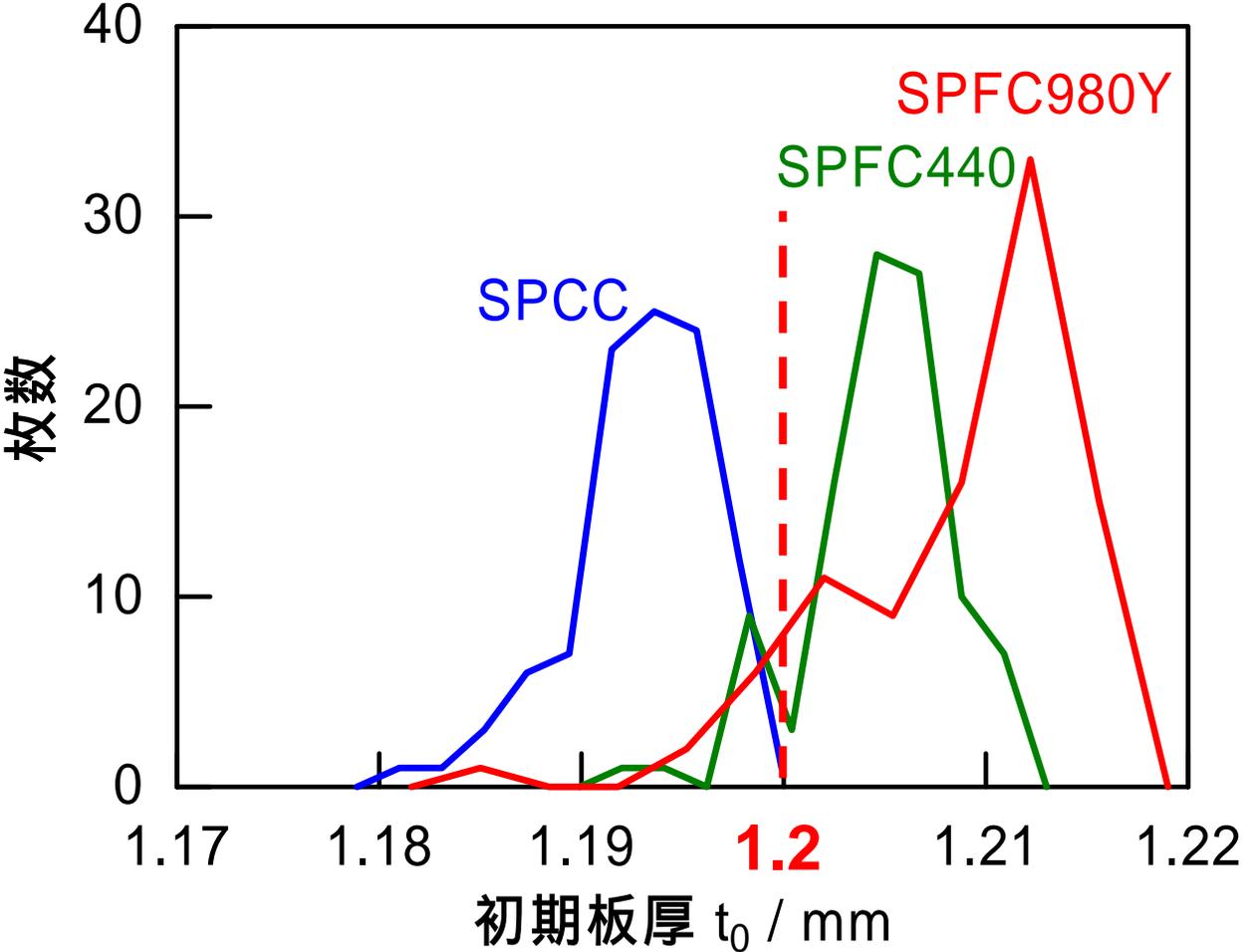


まとめ

- 1) V曲げにおいて、実際の板厚に基づいた下死点の制御により、加工精度のばらつきが抑制できる。
- 2) 高張力鋼板のV曲げは、決押しによって応力分布を均一にさせ、スプリングバックが抑制できる。
- 3) アルミニウム合金板のU曲げは、適した背圧と、少量のしごきによってスプリングバックが抑制できる。

試験片の種類，初期板厚のばらつき

種類	SPFC980Y (二相強化型), SPFC440 (析出強化型), SPCC
試験片形状	W55mm × L60mm
公称板厚	1.2mm



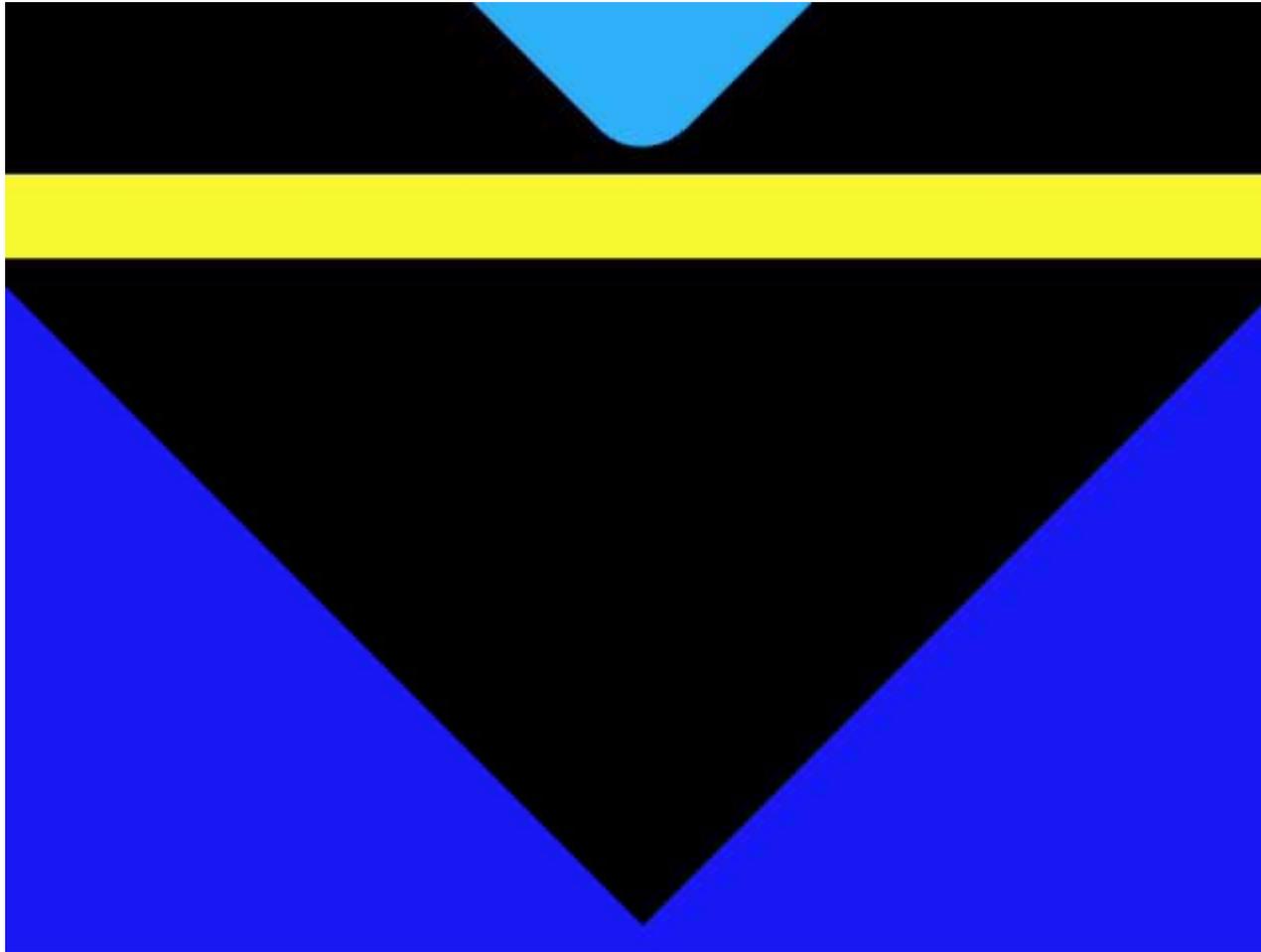
標本数：各100枚

実験材料の機械的特性

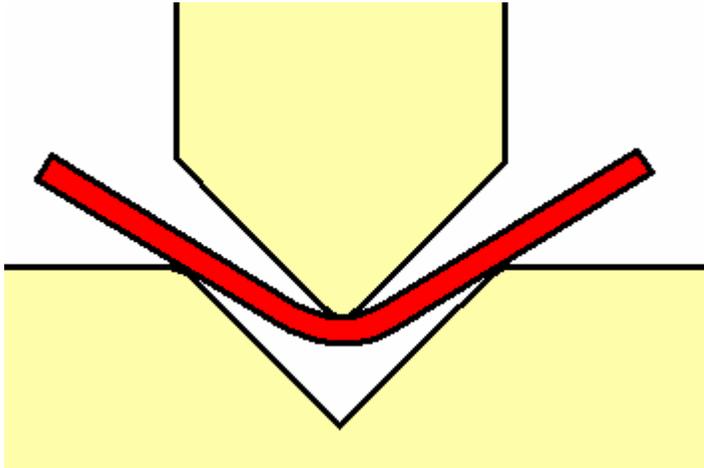
試験片: JIS 5号引張試験片
試験速度: 1 および 500mm/min

材質	ひずみ速度 / s ⁻¹	耐力 / MPa	引張強さ / MPa	全伸び / %	F値 / MPa	n値
SPCC	0.2×10^{-3}	209	317	22.1	496	0.166
	95.6×10^{-3}	207	344	18.5	500	0.116
SPFC440	0.2×10^{-3}	302	449	18.0	719	0.172
	92.9×10^{-3}	350	480	16.3	769	0.165
SPFC980Y	0.1×10^{-3}	733	1040	9.0	1458	0.100
	64.5×10^{-3}	699	1067	8.9	1523	0.106
A5083	0.8×10^{-3}	118	275	27.3	571	0.344
	253.2×10^{-3}	114	257	25.8	558	0.352

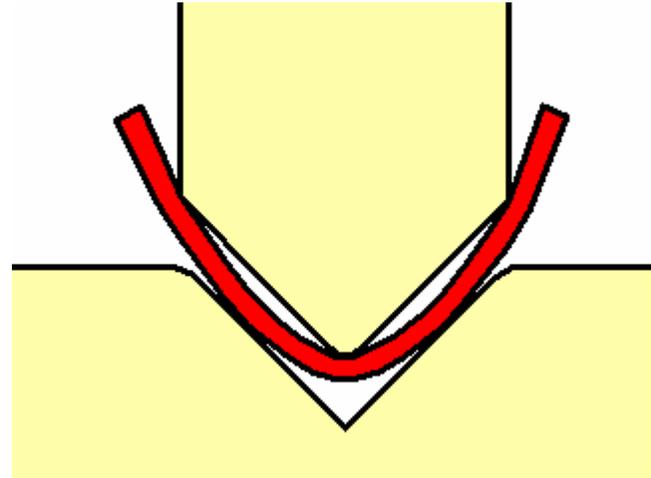
V曲げの変形挙動



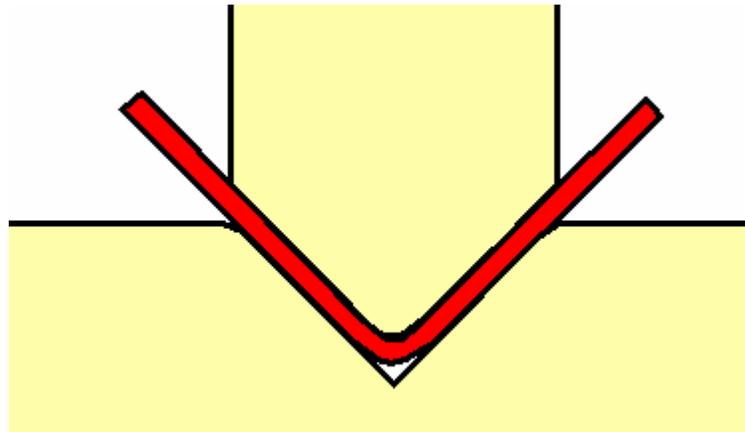
V曲げにおける変形挙動



(a) パンチ先端とダイス肩が接触

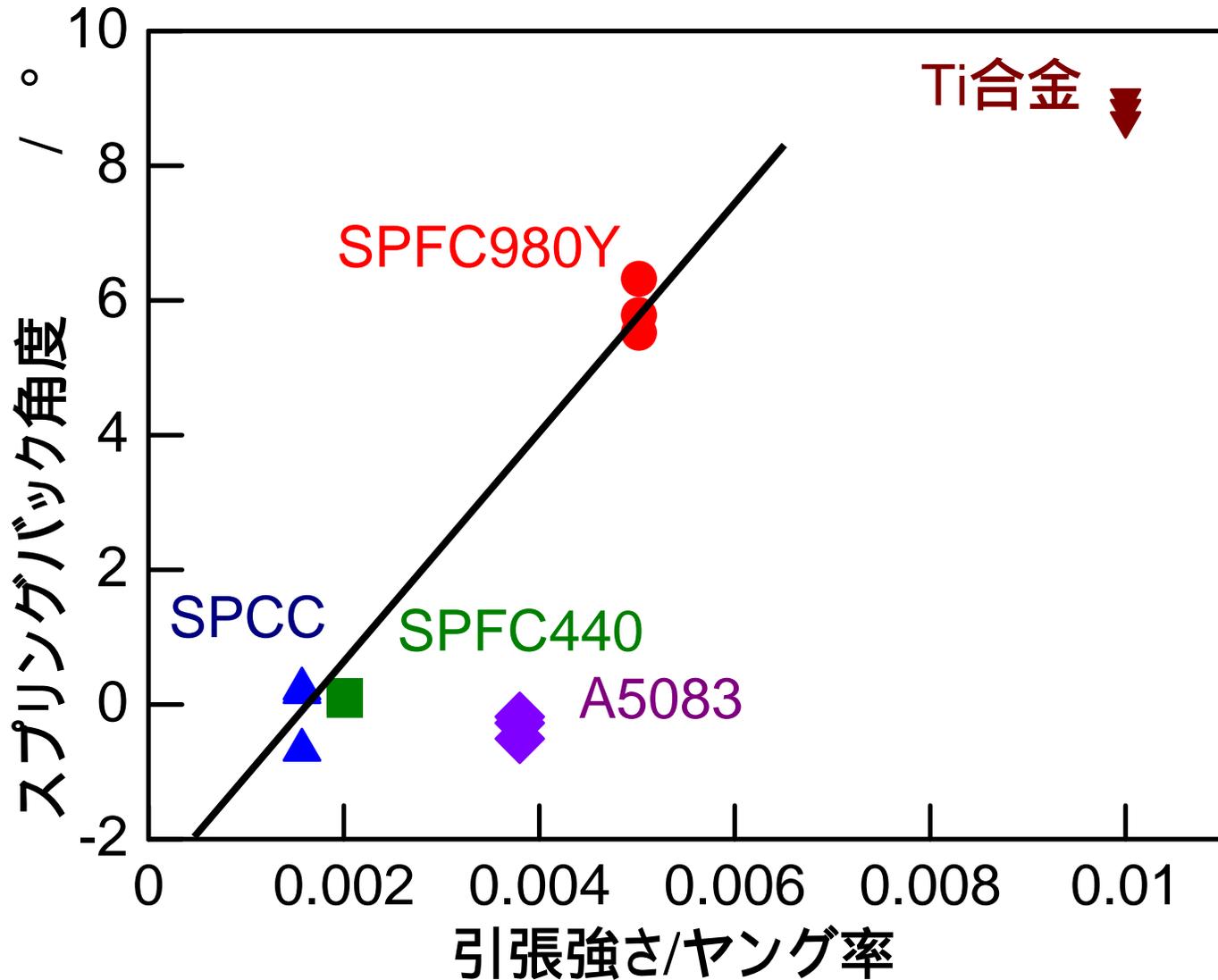


(b) パンチ肩が接触

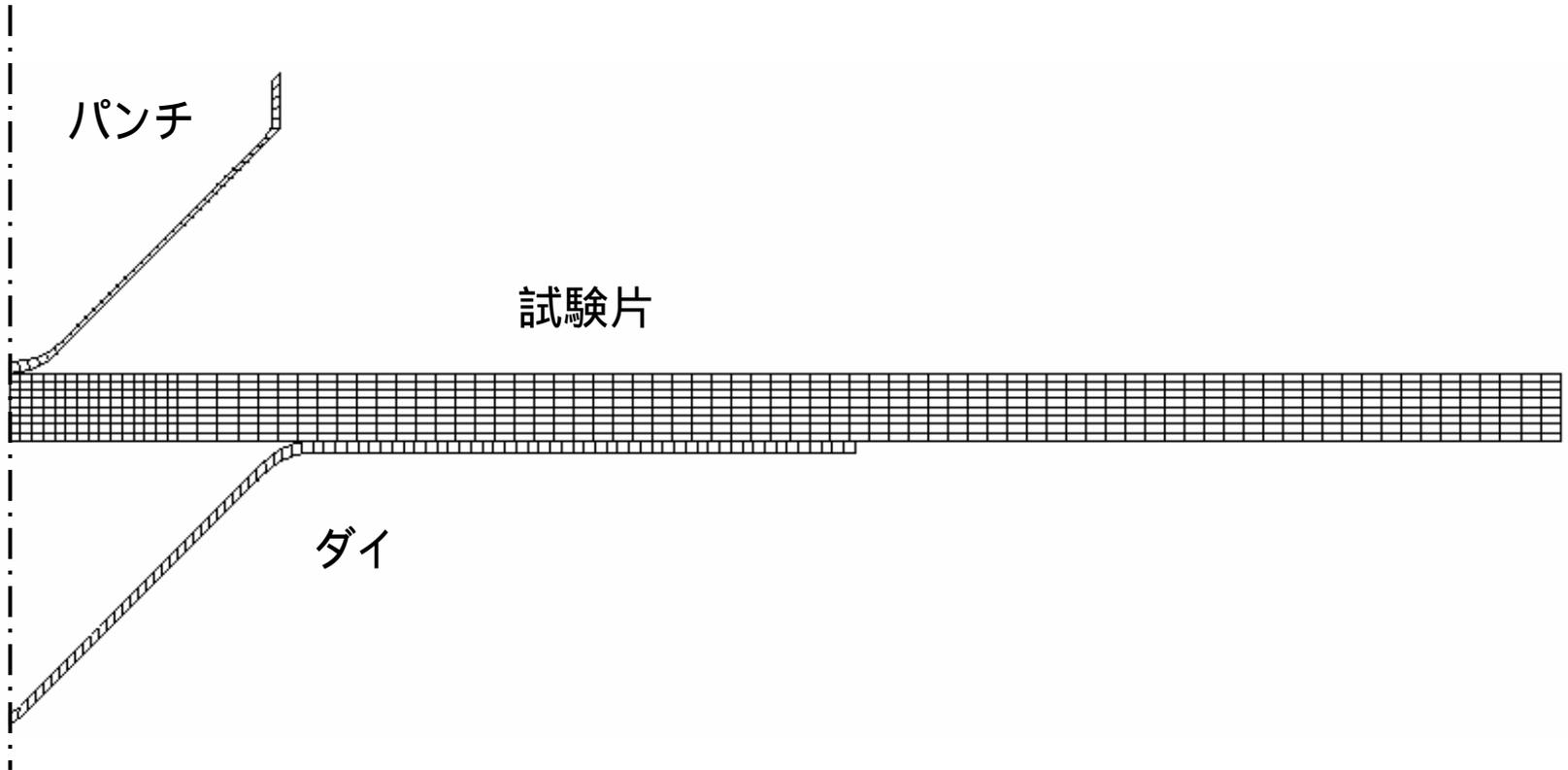


(c) パンチ全面が接触

V曲げにおけるスプリングバック角度と引張強さ/ヤング率の関係



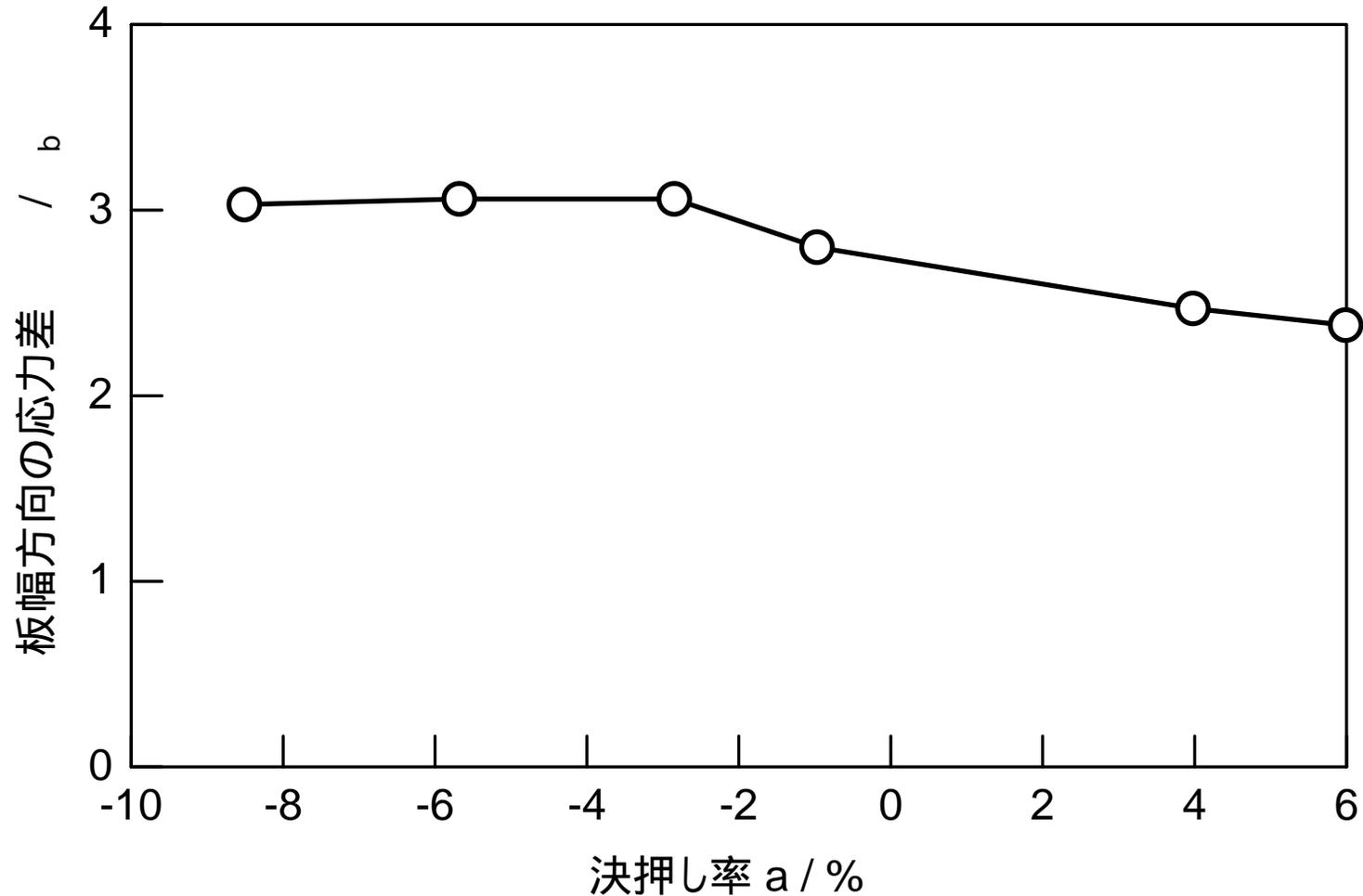
有限要素法の計算モデル



有限要素法の計算条件

計算ソフト	LS-DYNA
解析条件	平面ひずみ
工具	剛体要素
板材	ソリッド要素
板材の板幅方向要素数	85
板材の板厚方向要素数	8
加工速度 / mm/s	100
工具と板材の摩擦係数	0.1

SPFC980Yの下死点の対称軸における 板幅方向の応力差と決押し率の関係

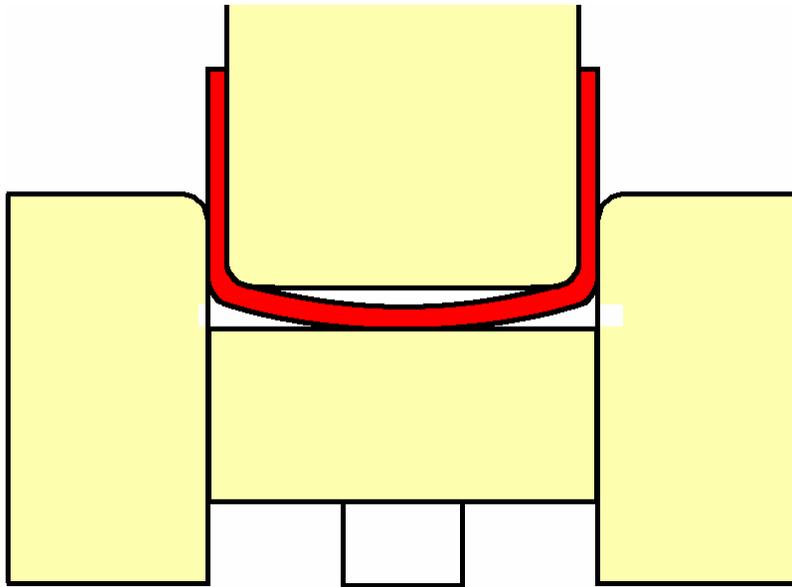


U曲げの金型形状

板厚 / mm	しごき率 / %	W_P / mm	W_D / mm
1.0	0	27.6	29.6
	3		29.54
	13	25.4	27.14
1.2	0	27.6	30.0
	5		29.88
	10		29.76

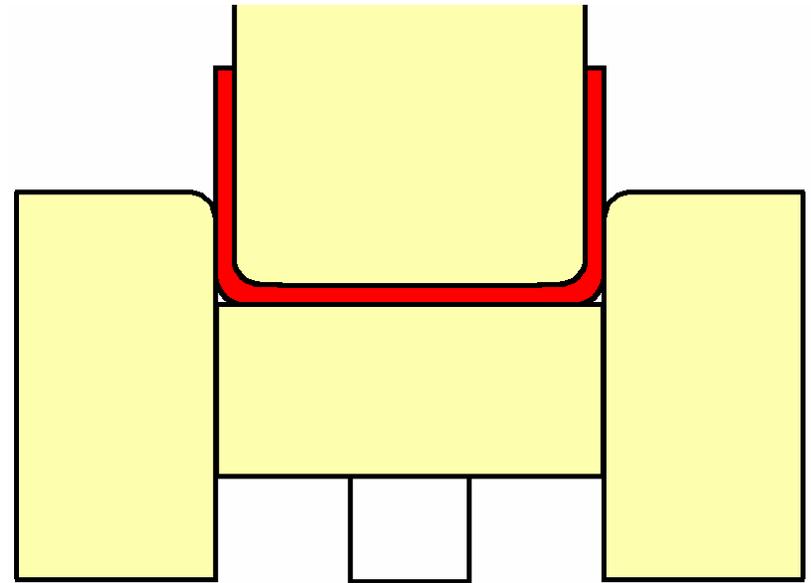
U曲げにおける変形挙動

(a) SPFC980Y



下限位置で内側に引張が発生
スプリングバック低減

(b) A5083



パンチになじんだまま成形
スプリングバック増大

U曲げにおけるパンチ先端角度との差と 決押し率の関係($v=1\text{mm/s}$, $b=0\%$)

