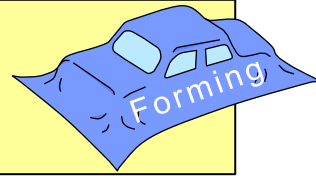
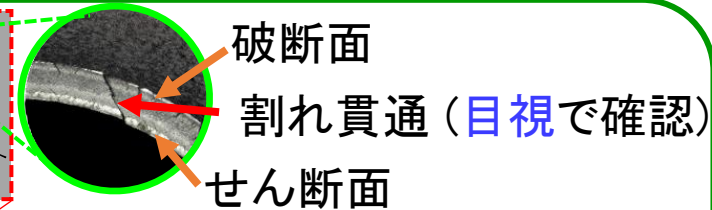
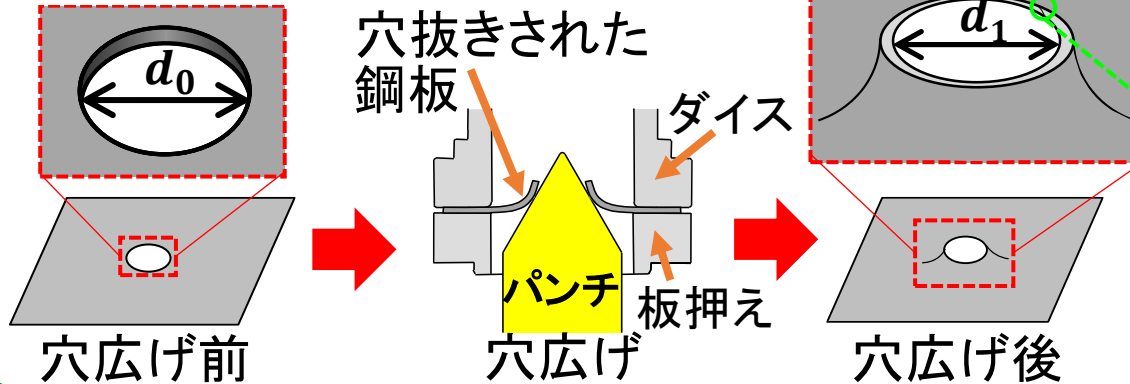


# 超高張力鋼板の穴広げ加工観察装置の 製作と変形挙動の観察



極限成形システム研究室 金井 柁

## 従来の穴広げ試験



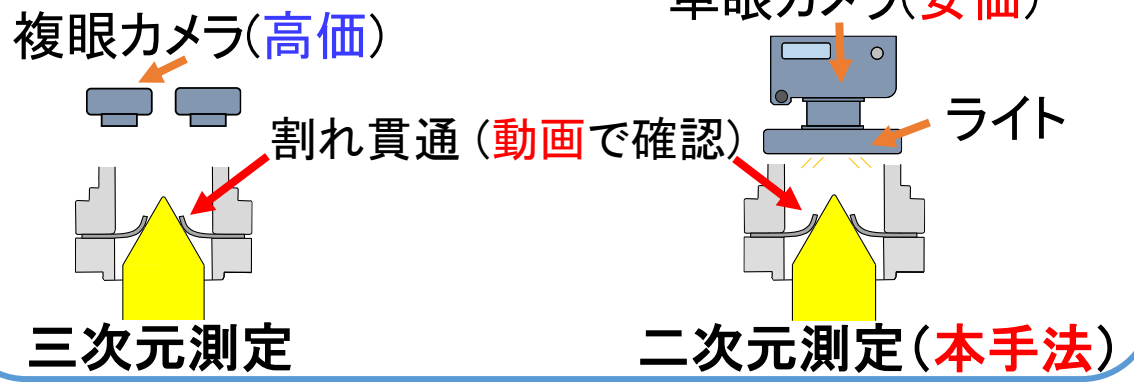
限界穴広げ率

$$\lambda = \frac{d_1 - d_0}{d_0} \times 100 [\%]$$

## 穴広げ試験の現状

- ・微小な割れ貫通の**見落とし**
- ・き裂変形挙動が**不明**

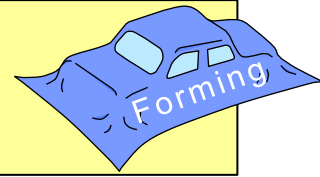
## 解決策



## 目的

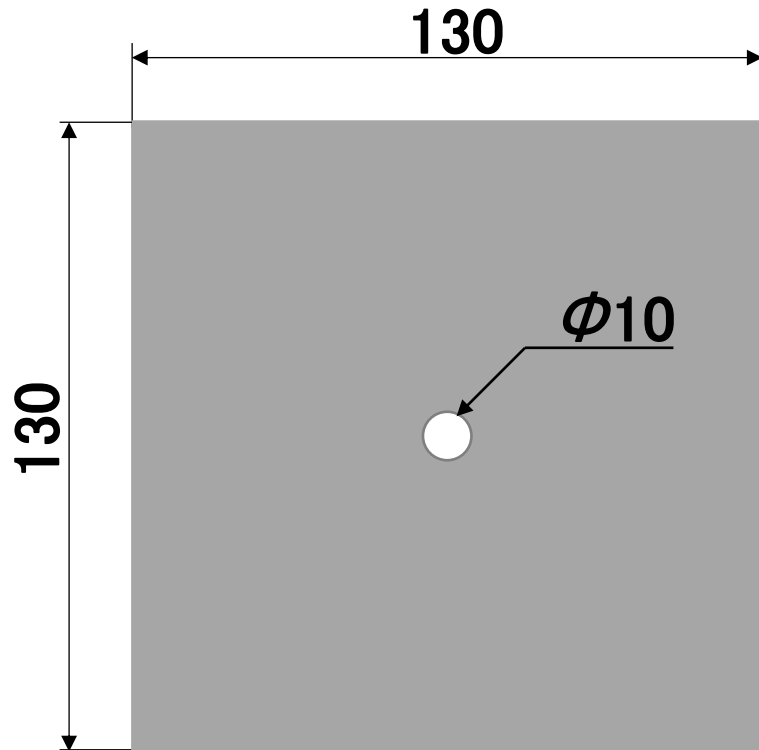
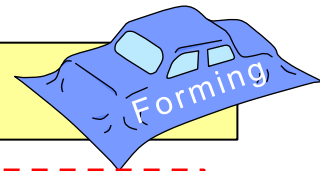
穴広げ加工観察装置の製作と穴広げ加工中における穴広げ率の取得  
超高張力鋼板のき裂進展の追跡および変形挙動の履歴取得

# 超高張力鋼板の穴広げ加工装置の 製作と変形挙動の観察

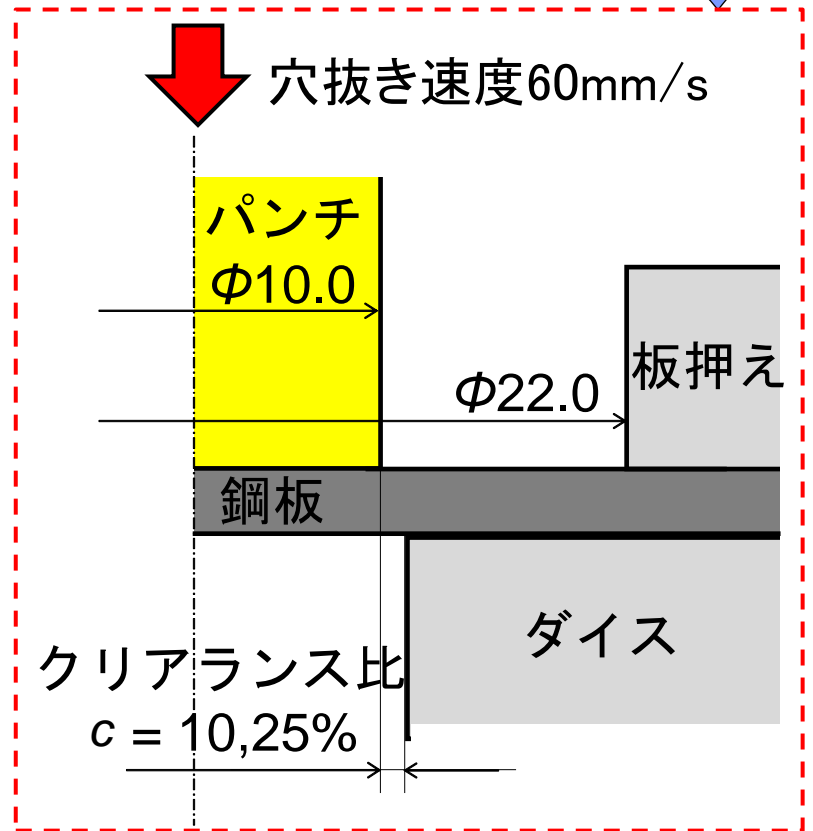


- 穴抜き・穴広げ加工条件と穴広げ加工装置
- 画像処理による穴広げ率の二次元測定
- き裂進展の追跡と挙動観察・穴広げ実験結果

# 穴抜き加工条件と鋼板の機械的特性

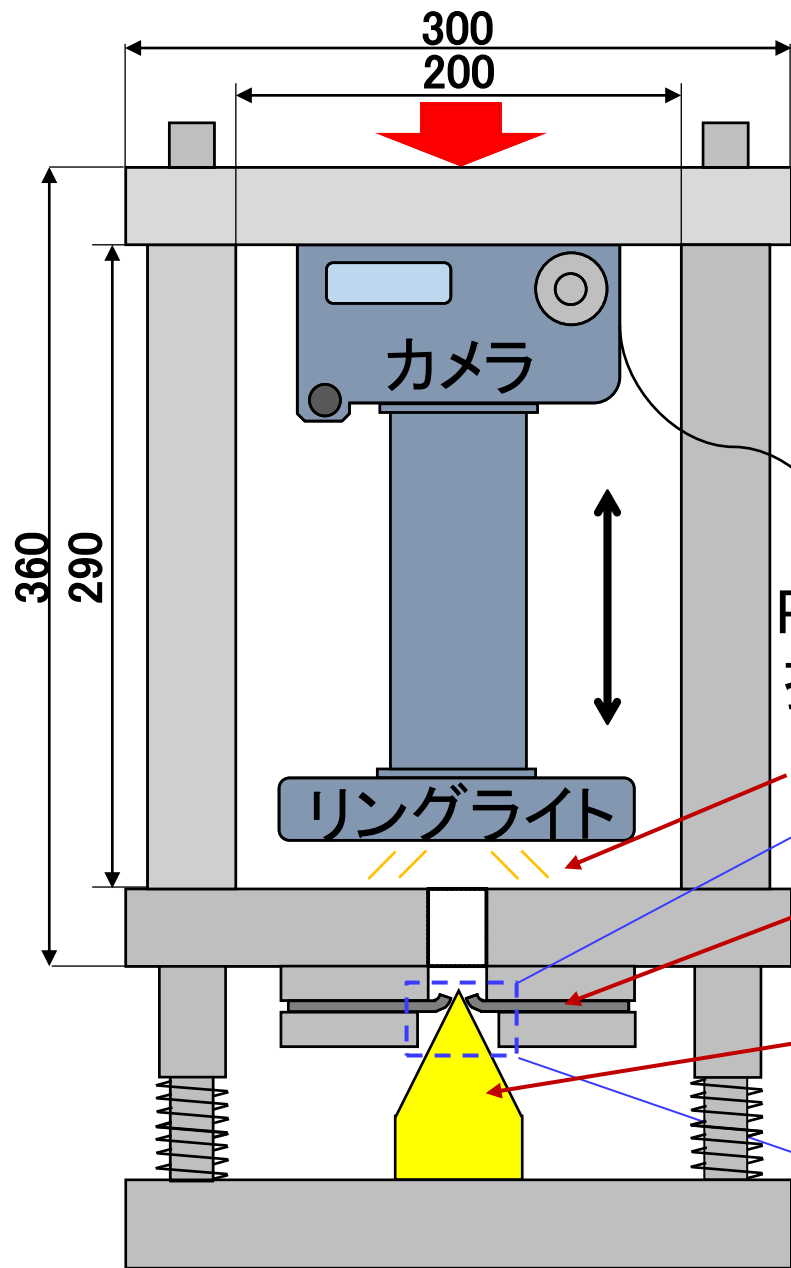
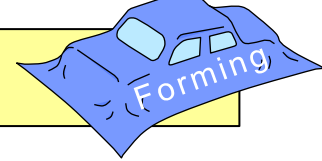


鋼板の寸法

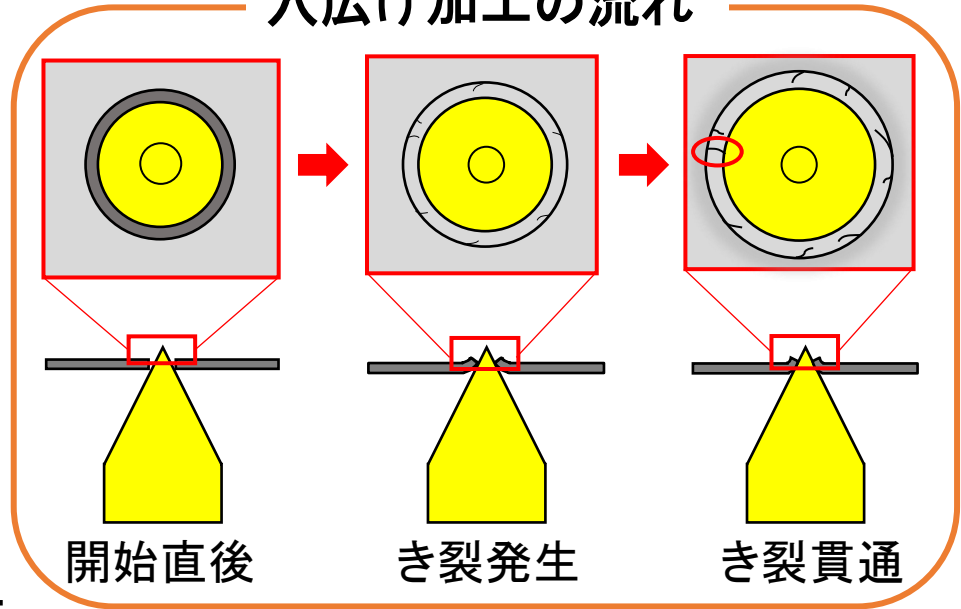


鋼板	板厚 [mm]	引張強さ [MPa]	全伸び [%]	絞り [%]
1470 MPa	1.01	1590	6.1	48
1180 MPa	0.99	1202	9.8	39
980 MPa	1.01	1002	14	62

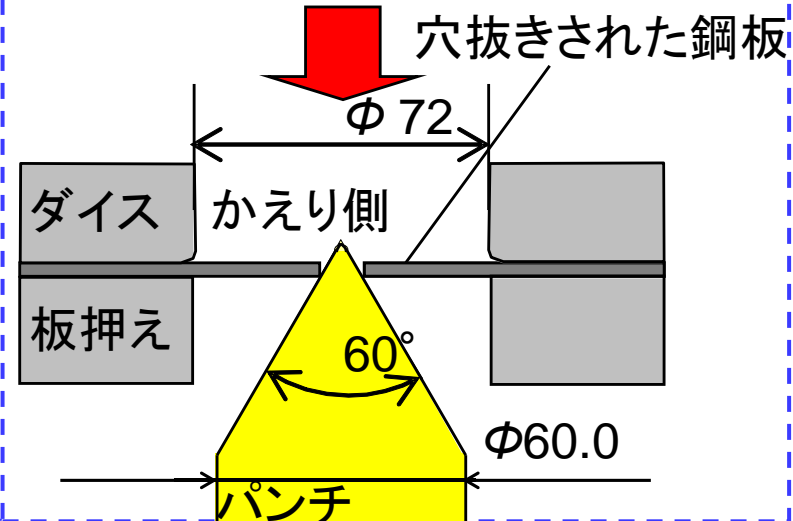
# 穴広げ加工条件と加工装置の概略



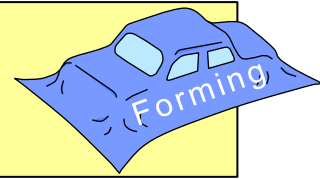
## 穴広げ加工の流れ



試験速度 0.01mm/s

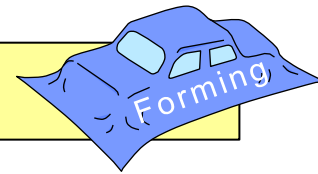


# 超高張力鋼板の穴広げ加工装置の 製作と変形挙動の観察

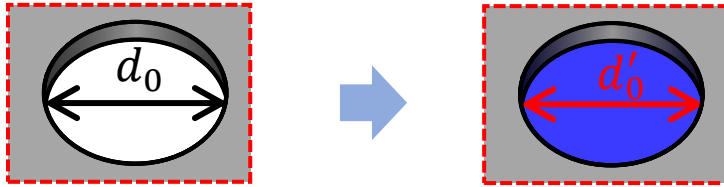


- 穴抜き・穴広げ加工条件と穴広げ加工装置
- 画像処理による穴広げ率の二次元測定
- き裂進展の追跡と挙動観察・穴広げ実験結果

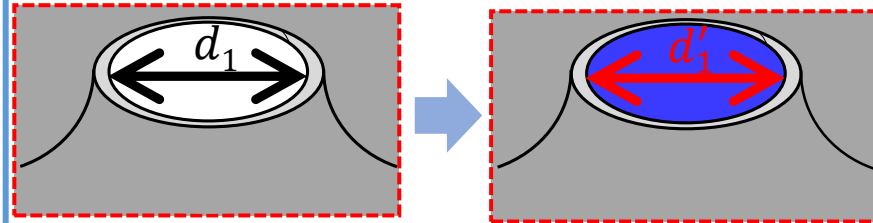
# 二次元測定全体の流れ



## 画像処理



(a)穴広げ前



(b)穴広げ後

$d_0, d_1$  撮影画像

穴径  $d'_0, d'_1$  算出

## 画素から長さへの変換

$$k_1 = \frac{d_0}{d'_0} \left[ \frac{\text{mm}}{\text{画素}} \right]$$

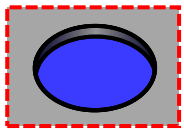
$$k_2 = \frac{d_1}{d'_1} \left[ \frac{\text{mm}}{\text{画素}} \right]$$

1画素あたりの長さ

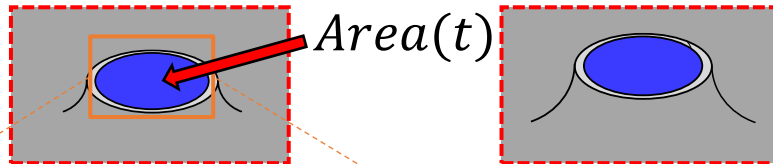
変換係数  $K$

$$K = \frac{k_1 + k_2}{2}$$

## 画像処理動画による穴広げ率の算出



(a)穴広げ前



(b)穴広げ後

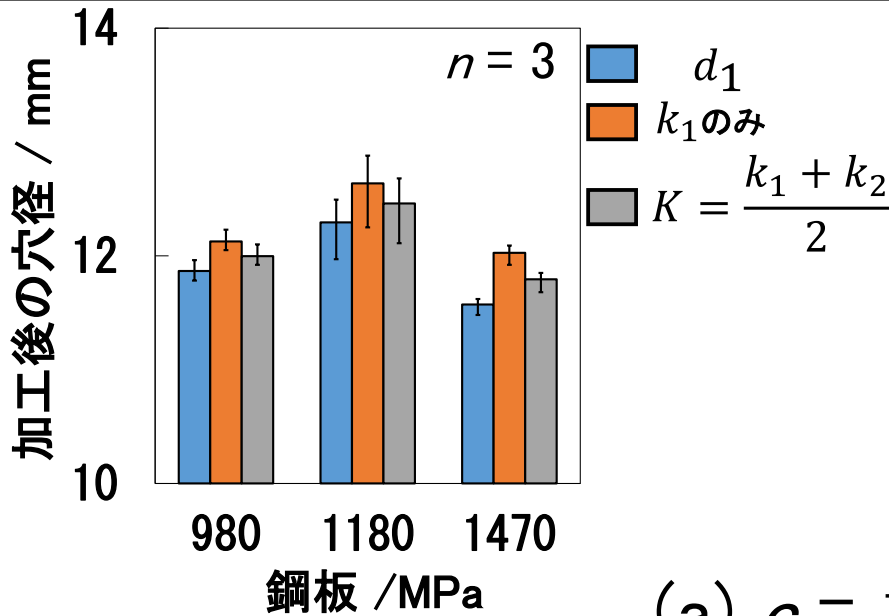
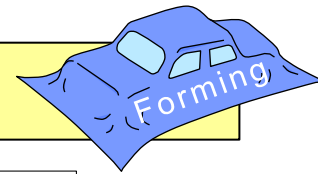
任意時間  $t$  の理論穴径  $d'(t)$

$$d'(t) = \sqrt{\frac{4 \cdot \text{Area}(t)}{\pi}} \cdot K$$

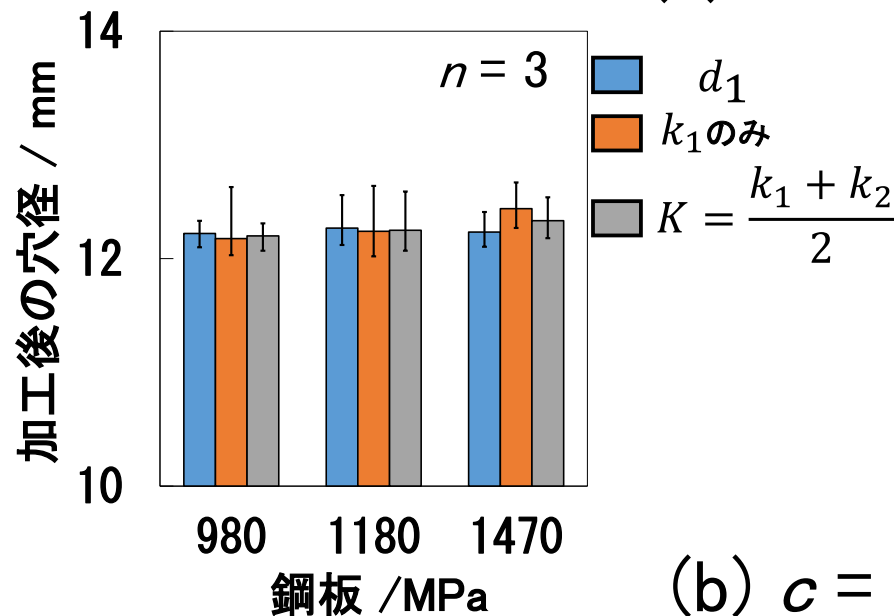
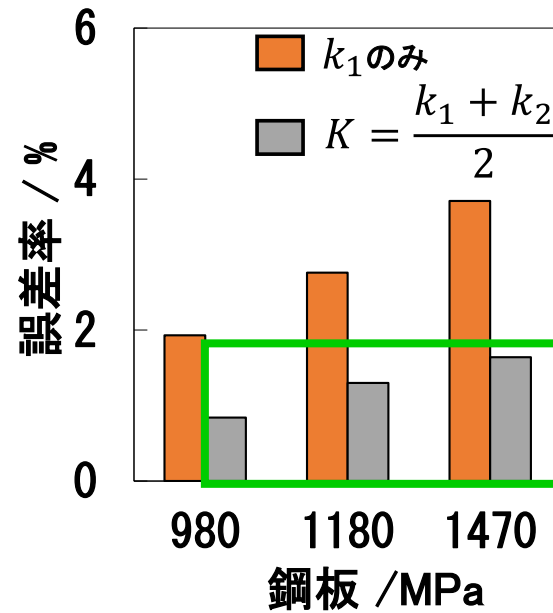
任意時間  $t$  の穴広げ率  $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{d'(t) - d_0}{d_0} \times 100 [\%]$$

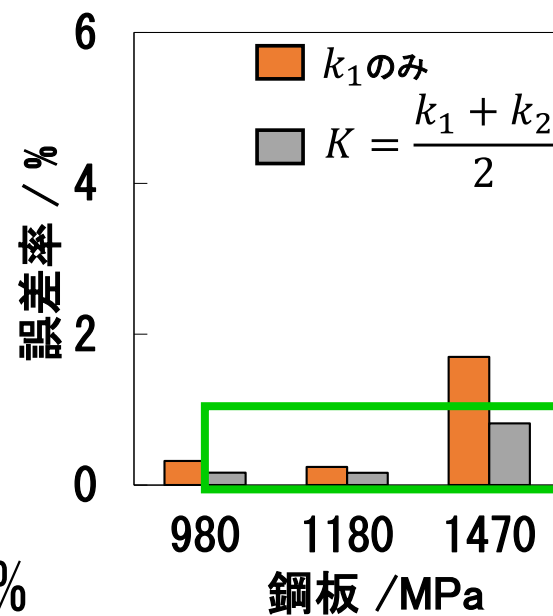
# 変換係数の精度評価



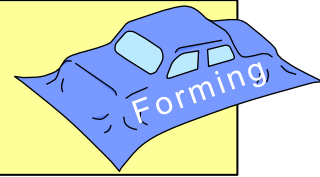
(a)  $c = 10\%$



(b)  $c = 25\%$



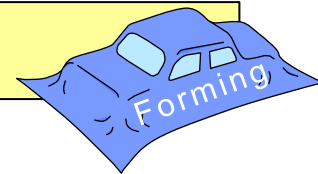
# 超高張力鋼板の穴広げ加工装置の 製作と変形挙動の観察



- 穴抜き・穴広げ加工条件と穴広げ加工装置
- 画像処理による穴広げ率の二次元測定
- き裂進展の挙動観察・穴広げ実験結果



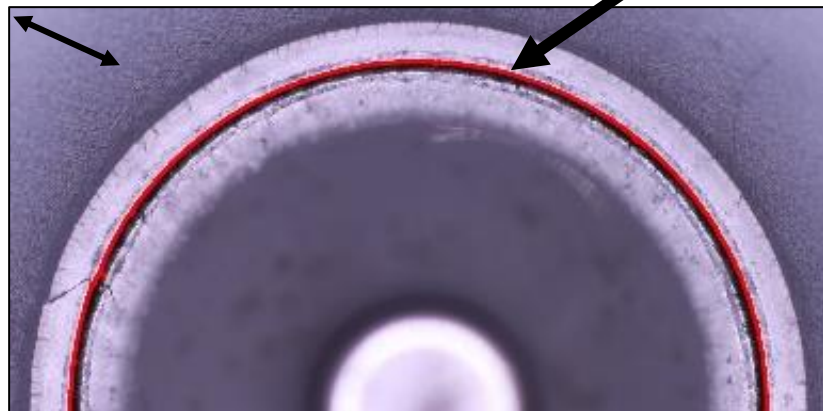
# き裂変形挙動の観察方法と処理動画



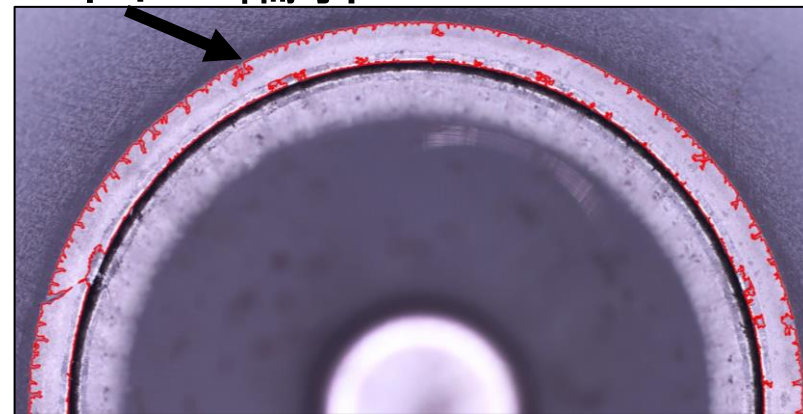
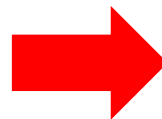
圧延方向

穴径の輪郭

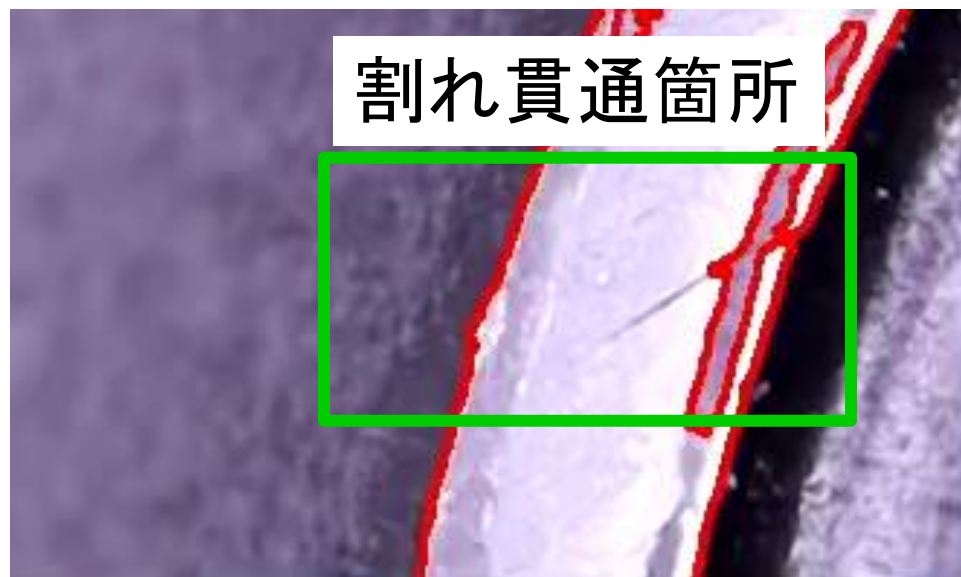
切り口面の輪郭



穴径取得時

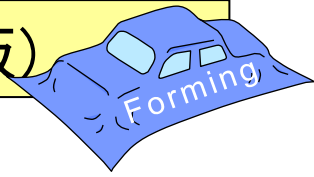


き裂変形挙動観察時



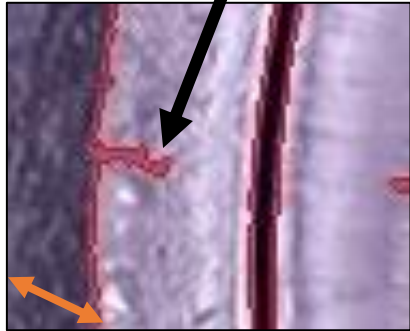
処理動画(1180MPa級鋼板,  $c = 25\%$ )

# 割れ貫通箇所と変形挙動観察例(1180MPa級鋼板)

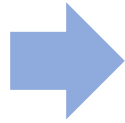


圧延方向

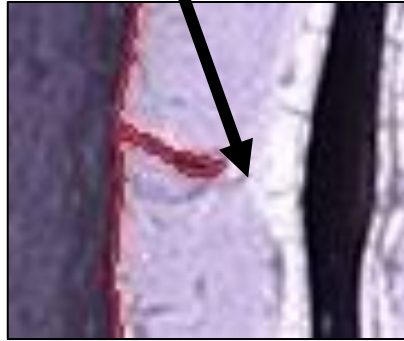
破断面から発生



$\lambda = 14.4\%$

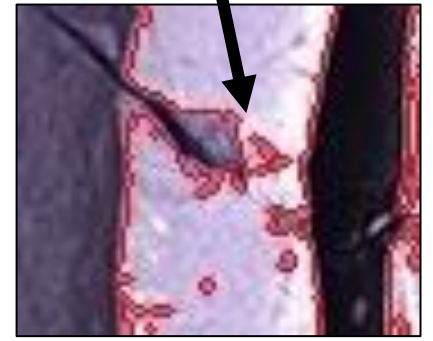


動画で貫通判断



$\lambda = 26.5\%$

目視で貫通判断



$\lambda = 28.6\%$

(a)  $c = 10\%$

せん断面から発生



$\lambda = 17.9\%$



動画で貫通判断



$\lambda = 24.8\%$

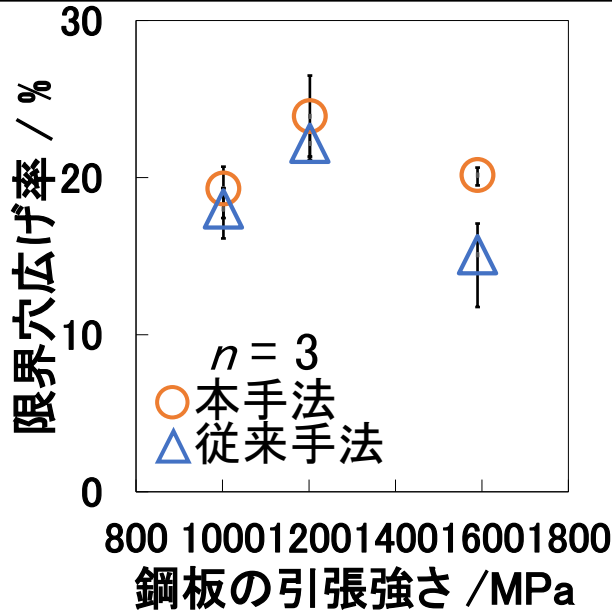
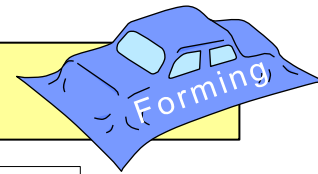
目視で貫通判断



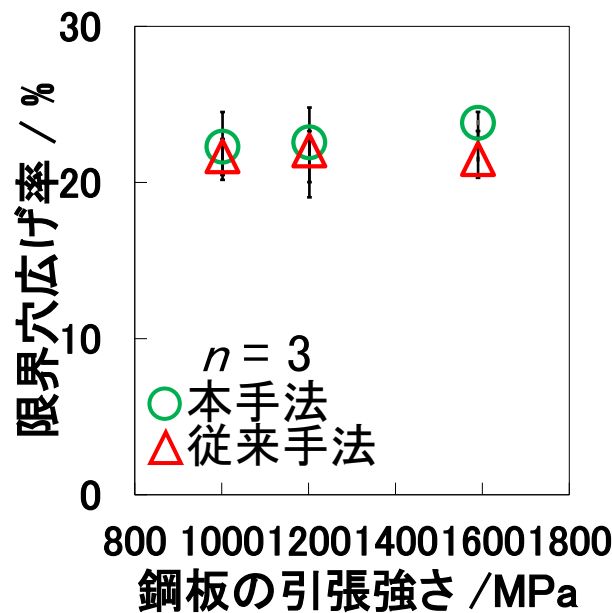
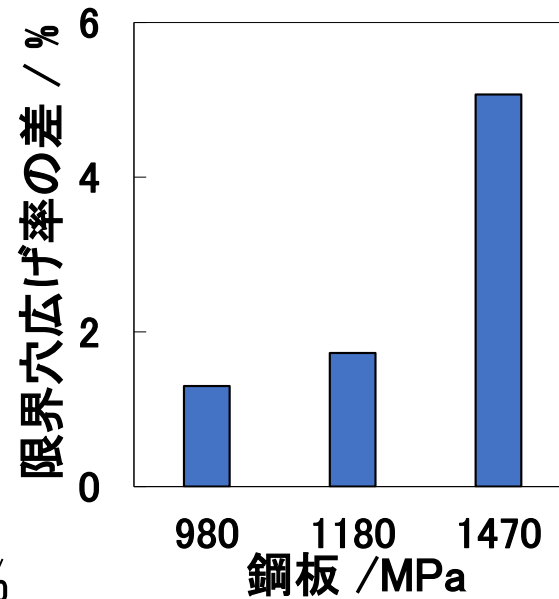
$\lambda = 26.2\%$

(b)  $c = 25\%$

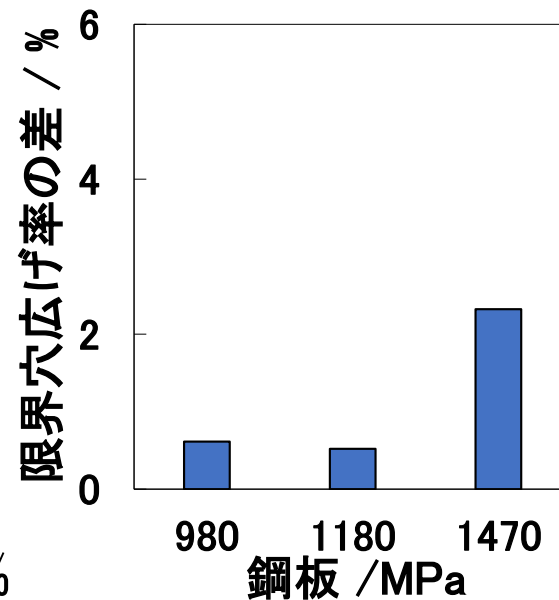
# 本手法と従来手法による限界穴広げ率の比較



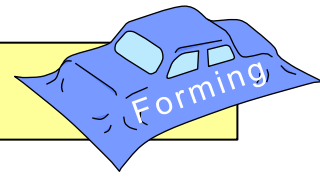
(a)  $c = 10\%$



(b)  $c = 25\%$



## 結言



1. 本手法による単眼カメラを用いた超高張力鋼板の穴径の測定誤差は最大で1.6%であった.
2. 本加工装置と二次元測定システムにより, 穴広げ加工中における穴広げ率の推定及びき裂変形挙動の観察ができた.
3. 本手法による限界穴広げ率の測定は, 従来手法で生じていた作業者による過失誤差を小さくすることができた.