

研究背景

1/27

塑性加工解析の材料モデル

- 降伏関数
- 加工硬化則
- 塑性流動則

関連流動則

$$d\varepsilon_{ij}^p = \frac{\partial \bar{\sigma}}{\partial \sigma_{ij}} d\lambda$$

$\bar{\sigma}$: 塑性ポテンシャル
 $d\lambda$: 塑性乗数

関連流動則では、塑性ひずみ増分は応力状態のみに依存

Shizuoka University

尖り点

2/27

降伏曲面に尖り点が発生

Shizuoka University

塑性ひずみ増分発生方向

3/27

塑性ひずみ増分はすべり系の活動に依存

すべり系の活動は
・応力
・応力速度
・ひずみ速度
に依存

関連流動則の仮定は
適当ではない

Shizuoka University

先行研究

4/27

尖り点による塑性流動への影響を検証した研究

- Naghdi P.M., et al., J. Appl. Mech., 22 (1955), 416-420.
- Kuwabara, T., et al., Acta Mater., 48 (2000), 2071-2079.

➡ 尖り点による塑性流動への影響を認める

- Bertsch, P.K. & Findley, W.N., Proc. 4th US Nat. Cong. Appl. Mech. (1962), 893-907.
- Phillips, A., & Lu, W.Y., J. Eng. Mat. Tech. 106 (1984), 349-354.

➡ 降伏曲面に尖り点ではなく、丸みを帯びた凸面を形成

➡ 尖り点ではなく、加工硬化が塑性流動に影響

Shizuoka University

研究目的

5/27

円管試験片に様々な経路で引張-ねじりを負荷

線形負荷試験

引張とねじりの比率が一定

非線形負荷試験

引張とねじりの比率が変化

- 同一の応力状態における塑性ひずみ速度の発生方向を比較
- 純アルミニウムと純鉄で同様の試験

➡ 尖り点による塑性流動への影響を実験結果から見出す

➡ 結晶構造の違いによる尖り点の影響を考察する

Shizuoka University

実験装置

6/27

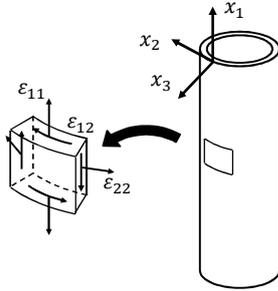
Shizuoka University

ひずみの算出

7/27

公称ひずみ e_{ij} を試験片表面の対数ひずみ ε_{ij} に変換

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \ln(1 + e_{11}) \\ \varepsilon_{22} &= \ln(1 + e_{22}) \\ \varepsilon_{45} &= \ln(1 + e_{45}) \\ \varepsilon_{12} &= -\frac{\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}}{2} + \varepsilon_{45} \end{aligned}$$



応力の算出

8/27

管軸方向の力の釣り合い式

$$\sigma_{11} = \frac{F}{\pi D_M t}$$

σ_{11} : 引張方向応力
 F : 試験力
 D_M : 板厚中央部直径
 t : 板厚

トルクの釣り合い式

$$\sigma_{12} = \frac{2T}{\pi t D_M^2}$$

σ_{12} : せん断方向応力
 T : トルク
 D_M : 板厚中央部直径
 t : 板厚

供試材

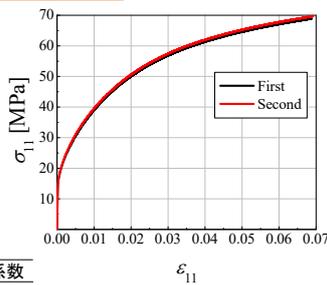
9/27

A1050TD-O(純アルミニウム) fcc構造

	公称値[mm]	偏差[mm]
外径	30.0	0.03
肉厚	1.2	0.03

Swiftの式 ($\sigma = c(\alpha + \varepsilon^n)^n$)

c	α	n
195[MPa]	4.5×10^{-4}	0.35

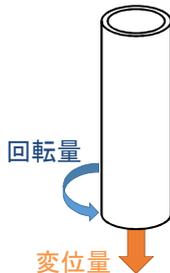
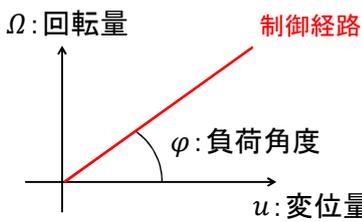


ヤング率	ポアソン比	せん断弾性係数
66.5[GPa]	0.31	27.8[GPa]

線形負荷試験

線形負荷試験

11/27

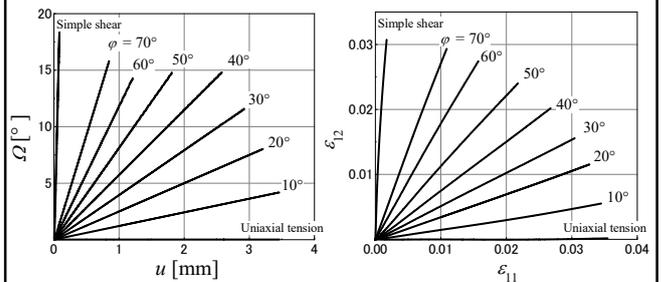


試験条件

$$\varphi = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70[^\circ]$$

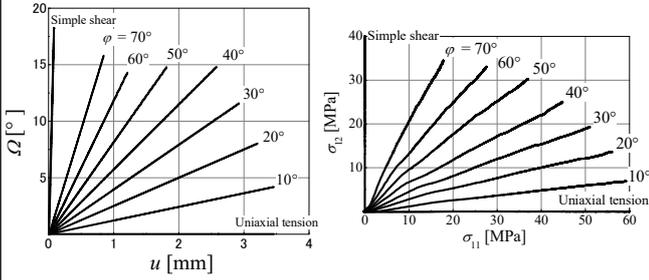
制御経路とひずみ経路

12/27



制御経路と応力経路

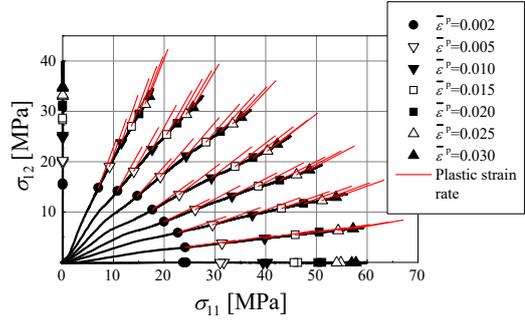
13/27



Shizuoka University

塑性ひずみ速度ベクトル

14/27



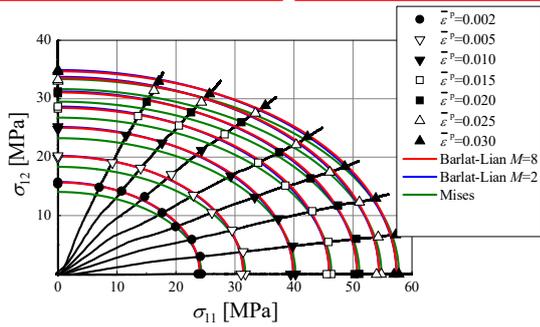
$$\text{Mises則 } d\bar{\epsilon}^p = \sqrt{\frac{2}{3} \{ (d\epsilon_{11}^p)^2 + (d\epsilon_{22}^p)^2 + (d\epsilon_{33}^p)^2 + 2(d\epsilon_{12}^p)^2 \}}, \quad \bar{\epsilon}^p = \int d\bar{\epsilon}^p$$

Shizuoka University

降伏曲面による比較

15/27

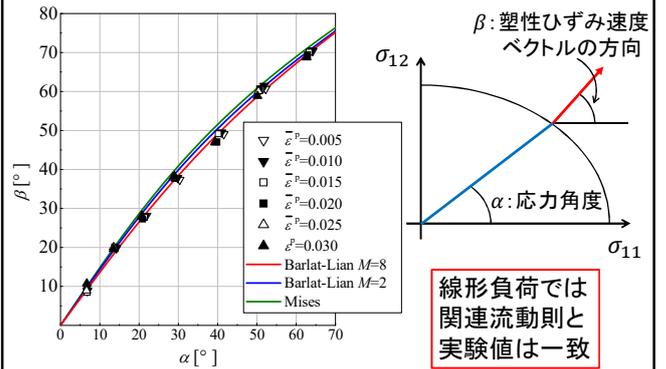
Barlat-Lianの異方性降伏関数 Misesの等方性降伏関数



Shizuoka University

塑性ひずみ速度ベクトルの方向

16/27



線形負荷では
関連流動則と
実験値は一致

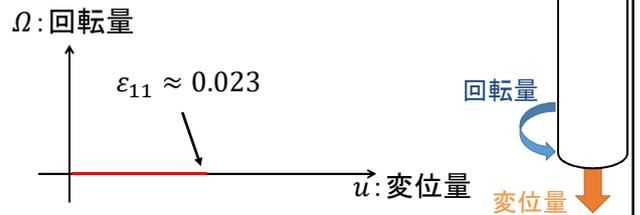
Shizuoka University

非線形負荷試験

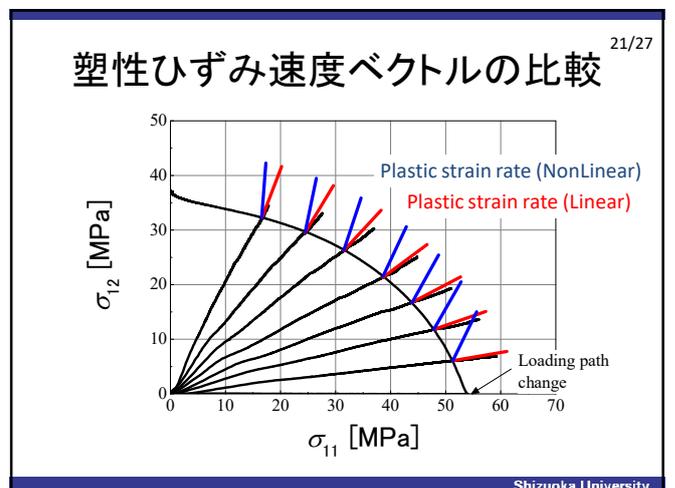
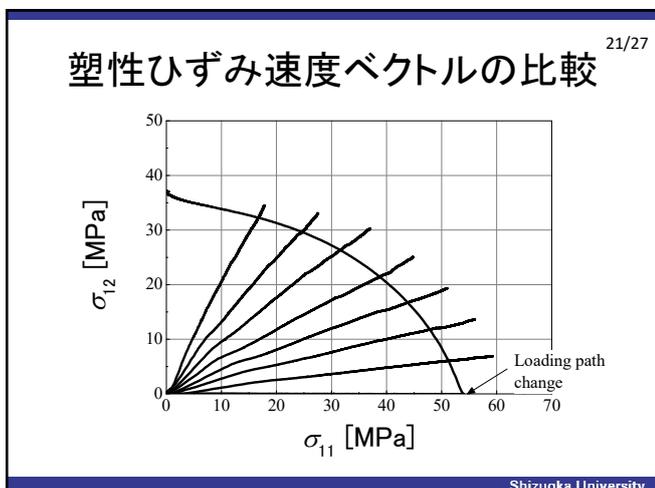
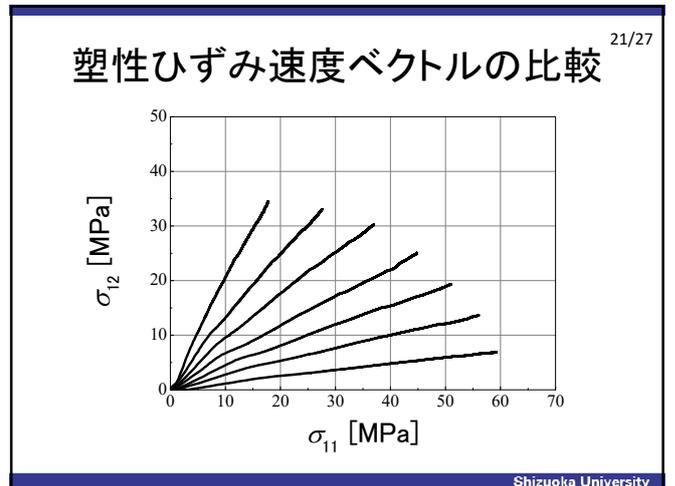
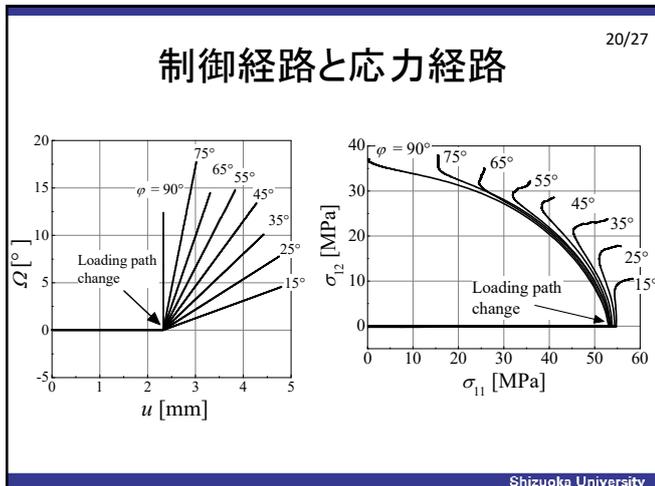
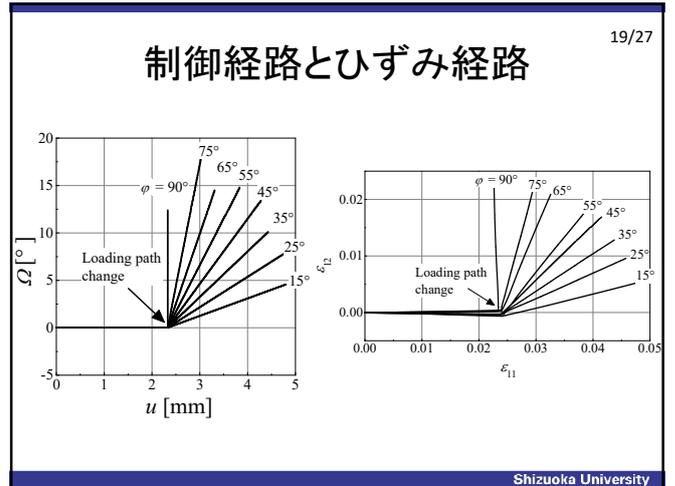
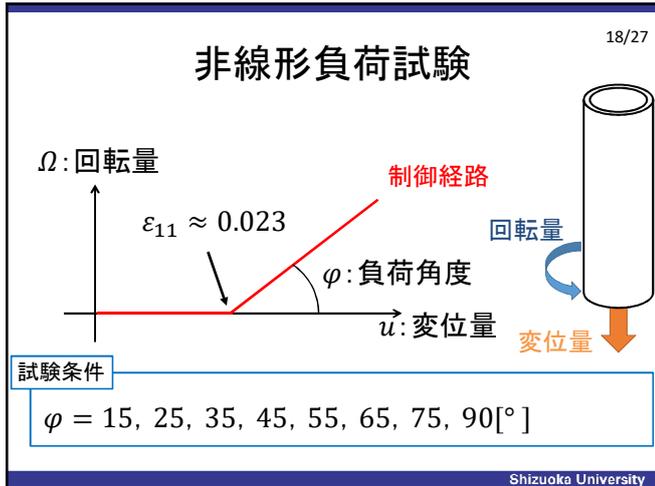
Shizuoka University

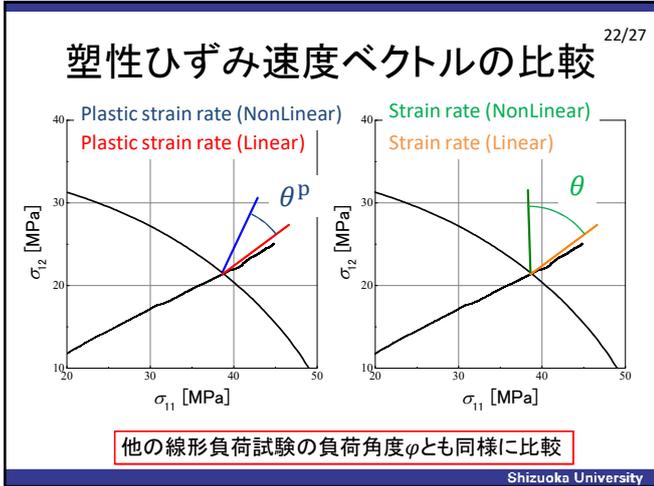
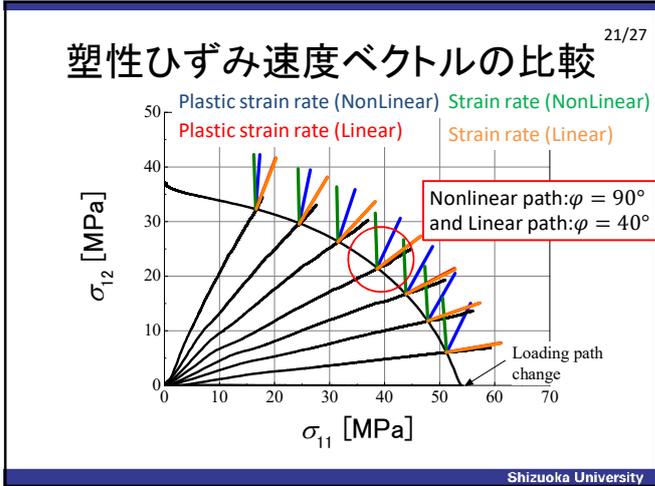
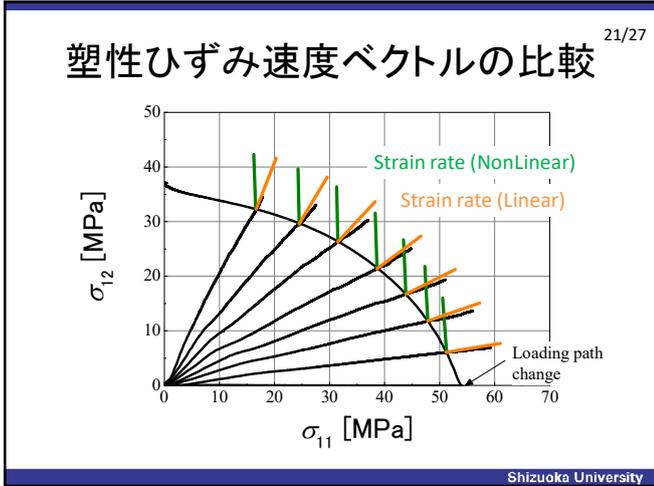
非線形負荷試験

18/27

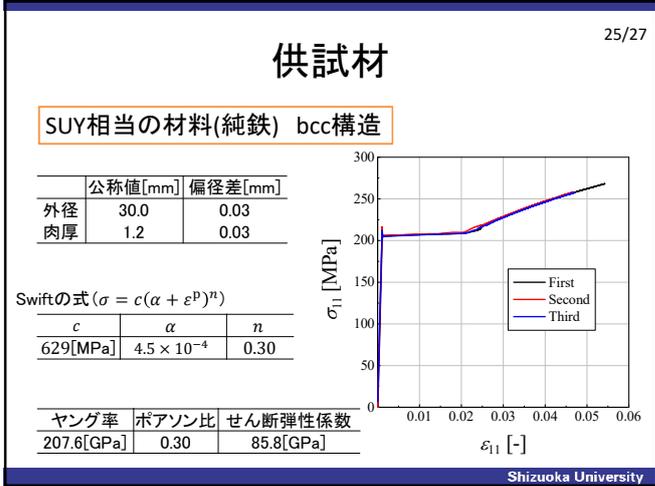
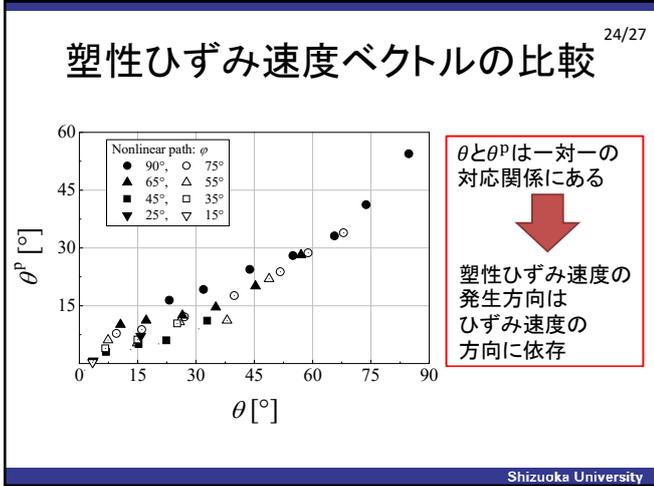
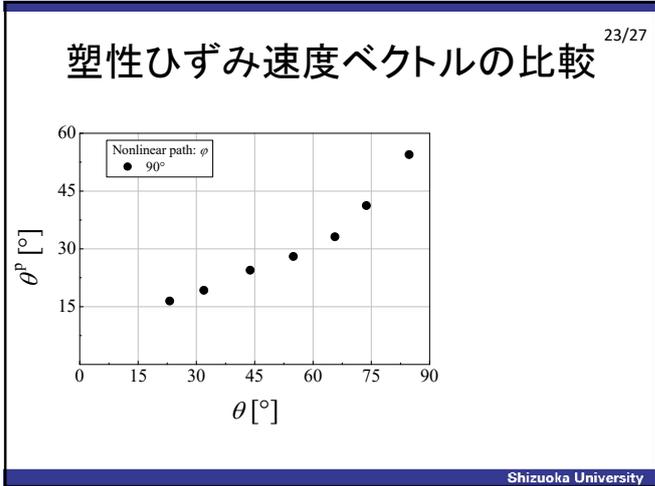


Shizuoka University





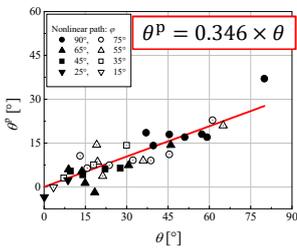
他の線形負荷試験の負荷角度 ϕ とも同様に比較



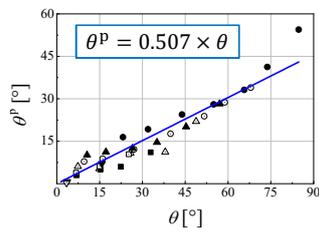
試験結果の比較

26/27

純鉄(bcc構造)



純アルミニウム(fcc構造)



bcc構造の材料のほうが θ に対する θ^P の増分が小さい
すべり系が多いため、尖り点の影響を受けにくい

Shizuoka University

結論

27/27

- 線形負荷試験では、塑性ひずみ速度発生方向は降伏関数と関連流動則より計算した値と一致した
- 非線形負荷試験と線形負荷試験を比較した結果より、同一の応力状態でも塑性ひずみ速度発生方向は異なる
- 同一の応力状態における塑性ひずみ速度とひずみ速度の発生方向を比較すると、負荷状態に依らず θ と θ^P の関係は一対一の対応がある
- bcc構造とfcc構造の材料を比較すると、bcc構造の材料は尖り点の影響を受けにくい

Shizuoka University