

変形の局所化条件に基づく 代表的な応力速度の特性比較

構造強度学研究室

荒川 淳平

2012/2/21

局所化予測のひとつの現実と本研究の目的

例えば

増分型構成則 : $\dot{\sigma}^{\star} = C^{ep} : d$

$\dot{\sigma}^{\star}$: 客観的な応力速度

C^{ep} : 弾塑性接線係数

d : 変形速度

と書くことができる

多くの研究の $\dot{\sigma}^{\star}$ は Cauchy 応力の **Jaumann** 応力速度

そうすることで形式的に最も単純な構成式の表現になる

しかし, 予測される局所化応力レベルは弾性係数レベルの大きさ

他の客観的な応力速度を用いたらどうなるか?

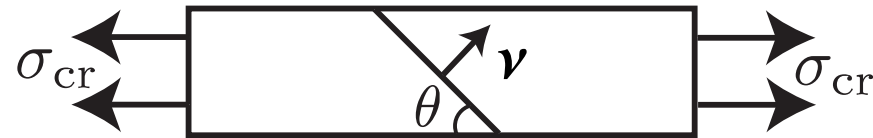
Truesdell 応力速度等に単純に置換して局所化予測の比較と応用

局所化予測の規準

1. 古典的すべり線理論 (微小変形理論) に基づく局所化予測

剛塑性体 (平面ひずみ)

$$\Rightarrow \underline{\theta = 45 \text{ 度}, \sigma_{\text{cr}} = \sigma_Y}$$



σ_{cr} : 局所化応力
 θ : せん断帯角度

2. 有限変形理論に基づいた局所化規準

$$\det |\nu F(\sigma_{\text{cr}}) \nu| = 0, \quad \dot{n} = F(\sigma) : l$$

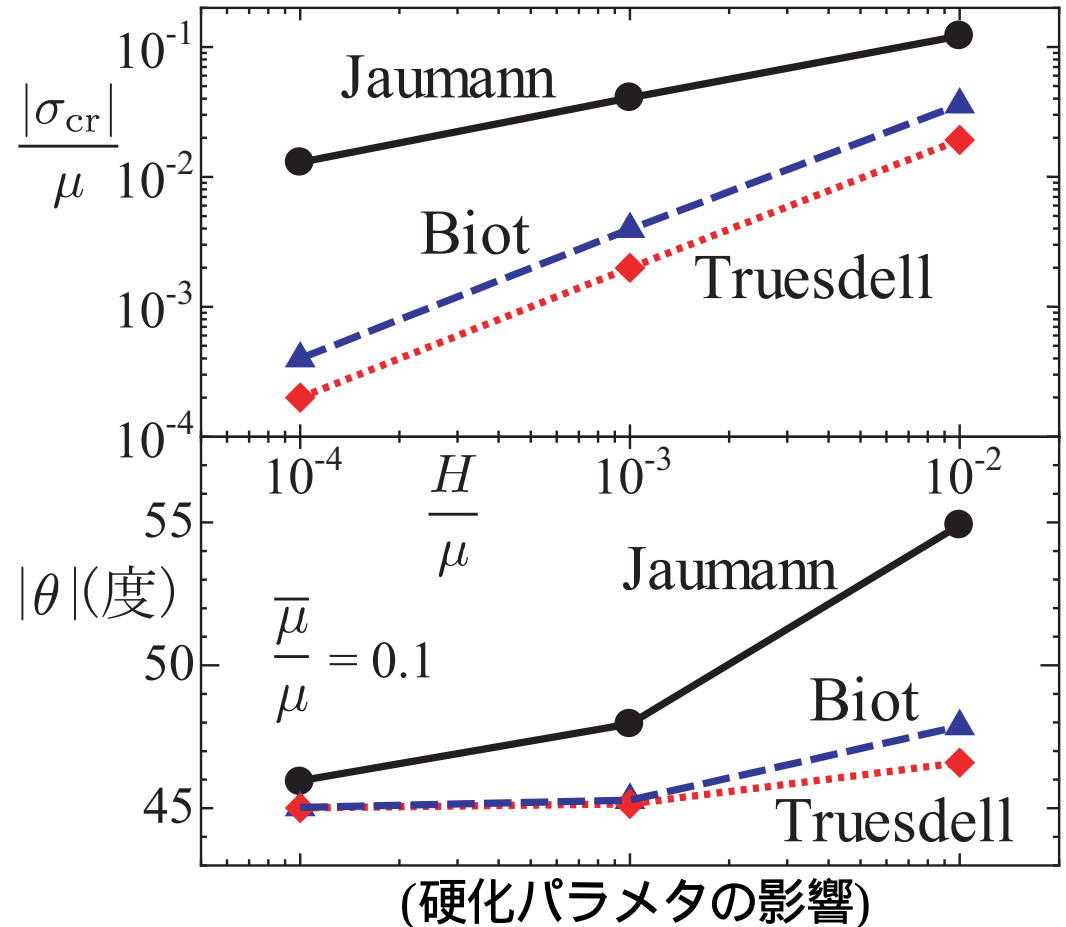
本研究の対象

平面ひずみ

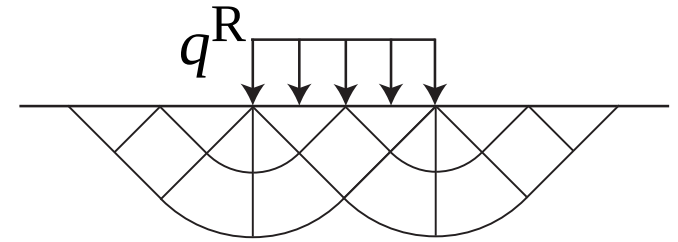
- 一様場における局所化予測
- 近似的な極限解析を用いた境界値問題で局所化予測

一軸状態一様場における局所化予測

- Jaumann 速度は大きい応力レベル
- Truesdell 速度 と Biot 速度は現実的な応力レベル
- 剛塑性体での，せん断帯角度の予測 ⇒ 約 45 度
- 角度予測に応力速度間の違いは小さいので，角度を用いた極限解析への応用



近似的な極限解析(下界) 手法



- すべり線の場所と向きを仮定
- 静力学的許容場としての応力場だけを用い

すべり線で滑動する条件 : $f(mq^R) = 0$

耐荷力 mq^R を求める ; m は荷重倍率

この代わりに ,

- すべり線を仮定しないで
- q^R に対する FEM 弾性解析で応力場 σ^R を求め

局所化規準(滑動条件) : $\det \left| \nu F(m\sigma^R) \nu \right| = 0$

耐荷力 $m\sigma^R = \sigma_{cr}$ とすべり線の向きを求める

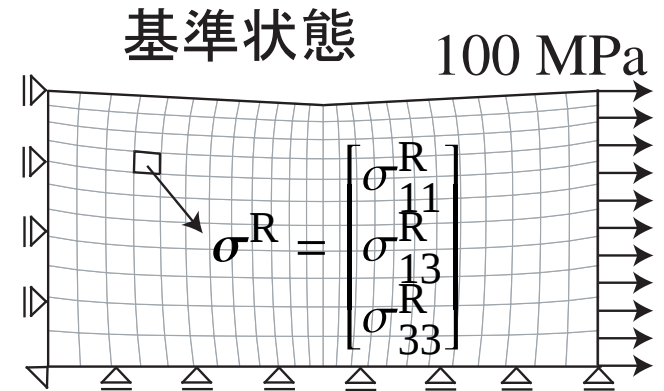
一様場との比較で本手法の確認

要素毎の σ^R (弾性有限要素応力解)

を p 倍する: $\sigma = p\sigma^R$

$\det \left| \nu F(p\sigma^R) \nu \right| = 0$ から p を求める

p : その要素で局所化が生じる倍率



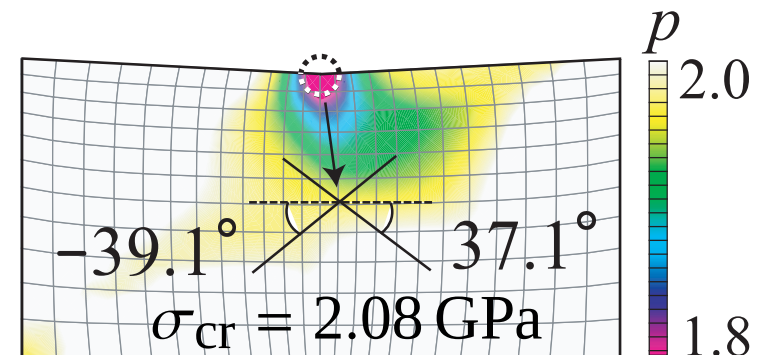
- Jaumann速度を用いた場合

一様場での引張解



$$\underline{\sigma_{cr} = 2.02 \text{ GPa}, \theta = \pm 38.1 \text{ 度}}$$

境界値問題の極限解

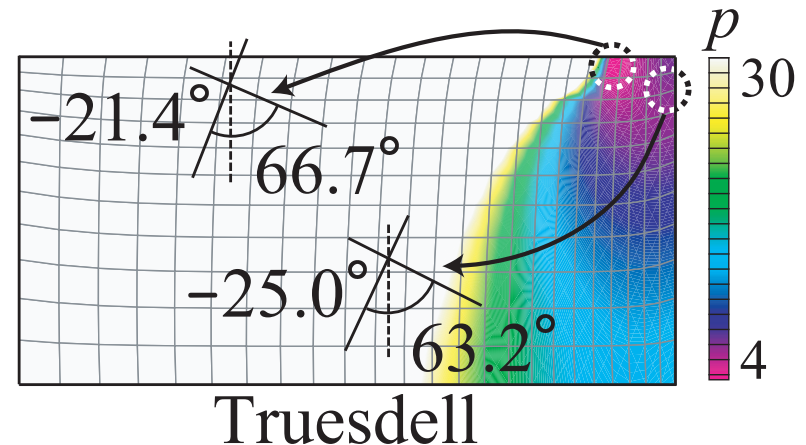
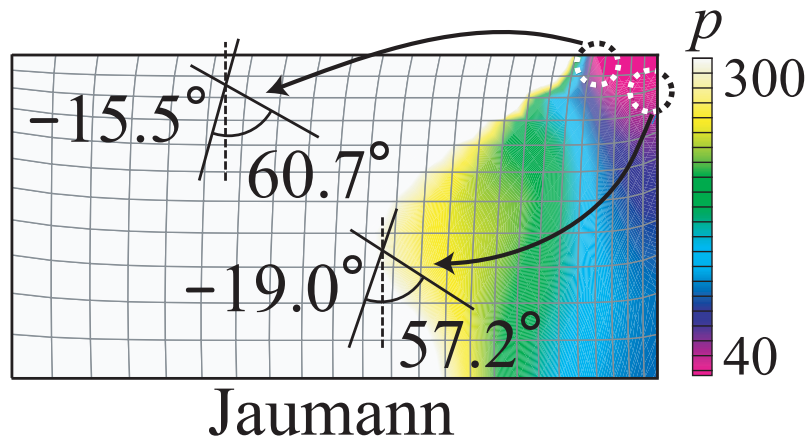
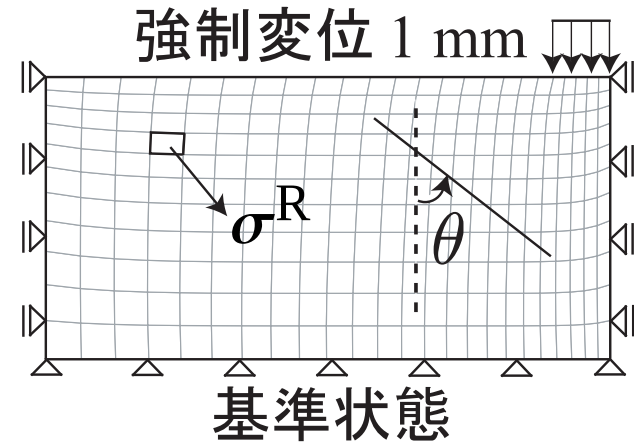


ひとつの応用例 (押し込み問題)

σ^R : 弾性有限要素応力解

$$\det \left| \nu F(p\sigma^R) \nu \right| = 0$$

- 応力倍率 p のコンター図
- すべり線の向き ν が × 印



Jaumann 速度と Truesdell 速度とで向きにも若干の差が現れる

結論

- Jaumann 速度の局所化応力レベルは大きい
- ただし, せん断帯角度は応力速度の選択によらない
- 有限変形の枠組のせん断帯発生角度は, 古典論とほぼ一致する

極限解析 (下界) を応用してすべりの発展を近似予測

- Jaumann 速度と Truesdell 速度とですべり線の向きが若干異なる
- 応力倍率の拡がり方 (すべり線の発展の仕方) は Jaumann 速度と Truesdell 速度で若干異なる