

# 電子部材用銅合金板材の曲げ加工性評価のためのマルチスケール有限要素解析手法の開発

同志社大学大学院 生命医学研究科 医工学・医情報学専攻 本田 武志 指導教員 仲町 英治 教授

## 研究背景

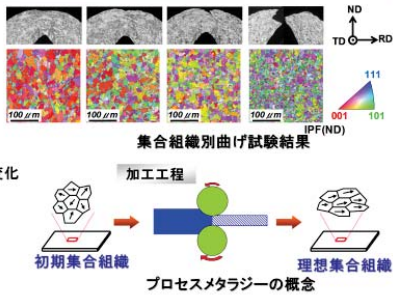
### 高曲げ加工性銅合金開発

背景: コネクタ小型化に伴う極限曲げ加工の多用  
コネクタ端子に用いられる銅合金(コルソン系合金・リン青銅)の曲げ加工性向上

曲げ加工性と結晶集合組織には密接な関係

### プロセスメタラジ

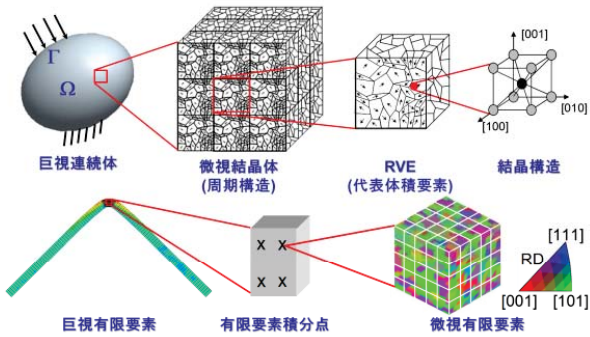
- 圧延(変形)・熱処理(温度)などにより結晶方位変化
  - 加工工程の制御により集合組織設計可能
  - 有限要素法による設計の効率化
- 微視・巨視の相互作用を考慮可能な結晶均質化マルチスケール有限要素法の導入



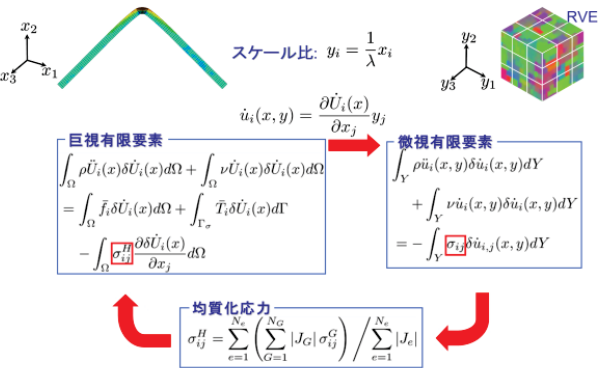
**研究目的**  
結晶均質化マルチスケール有限要素解析による曲げ加工性における最適集合組織探索に実用可能な予測ツールの開発

## 解析手法

### マルチスケール有限要素法概要



### 均質化法概要

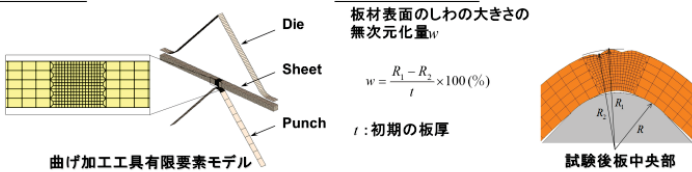


### 結晶塑性構成式

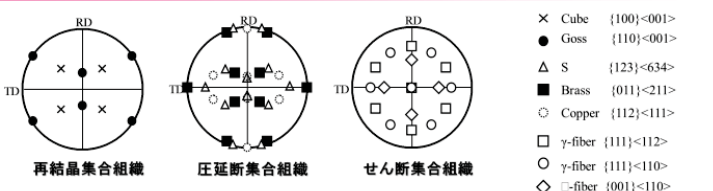
- せん断ひずみ依存型結晶塑性構成式
  - 硬化発展方程式
  - n乗則
- $\dot{\gamma}^{(\alpha)} = \dot{\alpha} \left[ \frac{\tau^{(\alpha)}}{g^{(\alpha)}} \right]^{m+1} \left[ \frac{\tau^{(\alpha)}}{g^{(\alpha)}} \right]^{1/m}$   
 $\dot{\alpha} = \dot{\alpha}_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) \exp\left(-\frac{m}{n} \ln \frac{\tau^{(\alpha)}}{g^{(\alpha)}}\right)$   
 $g^{(\alpha)} = \dot{\alpha}^{-1/n} \left[ \sum_{i=1}^N h_{\alpha i} |\dot{\gamma}^{(i)}| \right]^{1/n}$   
 $h_{\alpha i} = h_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) \exp\left(-\frac{m}{n} \ln \frac{\tau^{(i)}}{g^{(i)}}\right)$   
 $h_0 = \dot{\alpha}_0^{-1/n} \left[ \sum_{i=1}^N h_{\alpha i} |\dot{\gamma}^{(i)}| \right]^{1/n}$   
 $h_{\alpha i} = h_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) \exp\left(-\frac{m}{n} \ln \frac{\tau^{(i)}}{g^{(i)}}\right)$

## 有限要素モデルおよび評価指標

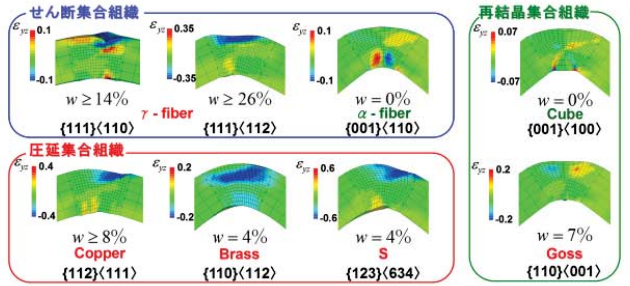
### マクロ有限要素モデル



### 銅合金優先方位

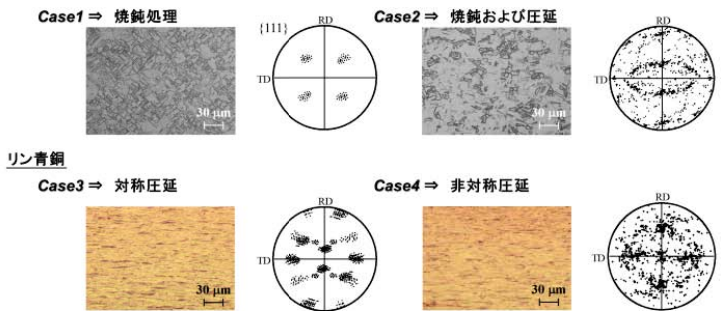


## 単結晶材料による曲げ加工性評価

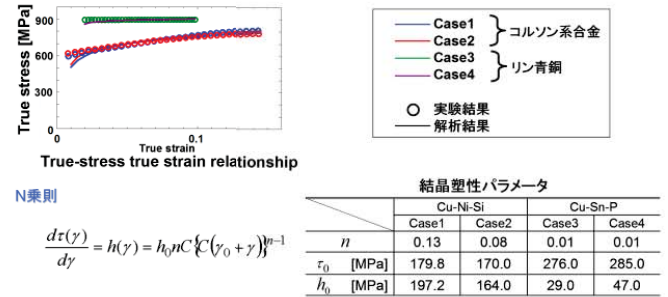


## 多結晶材料集合組織設計

### コルソン系合金



## 結晶塑性パラメータ同定

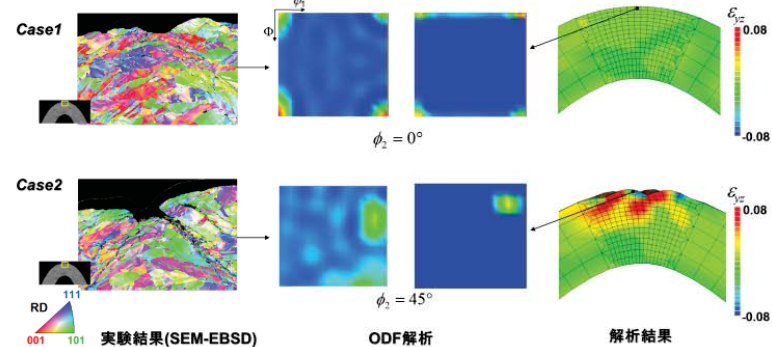


## 多結晶材料による曲げ加工性評価

### 方位割合

結晶方位	コルソン系合金			リン青銅
	Case1	Case2	Case3	Case4
{001}<110>	0.00	0.00	0.00	6.79
{111}<110>	0.00	0.00	0.00	1.10
{111}<112>	0.00	0.00	0.00	2.76
Cube	64.23	0.00	0.00	0.02
Copper	0.00	1.95	1.17	0.00
S	0.00	6.85	0.08	0.00
Brass	0.00	0.00	5.11	0.00

### コルソン系合金における実験検証



## まとめ

- $\alpha$ -fiberである{001}<110>方位およびCube方位の曲げ加工性が良好である
- 多結晶材料の曲げ加工性は優先方位の集積率に依存する

### 今後の予定

- スプリングバック特性予測手法の確立
- 曲げ加工性およびスプリングバック特性における最適集合組織設計