

加工影響を加味した熱処理変形シミュレーション

旭川工業高等専門学校 機械システム工学科 ○杉本剛
奏 虹希
(現 北海道大学)



Agenda



- 背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因
- 加工工程による残留応力
- 実験による加工残留応力の影響把握
- 加工シミュレーション
- 熱処理シミュレーション
- 結論



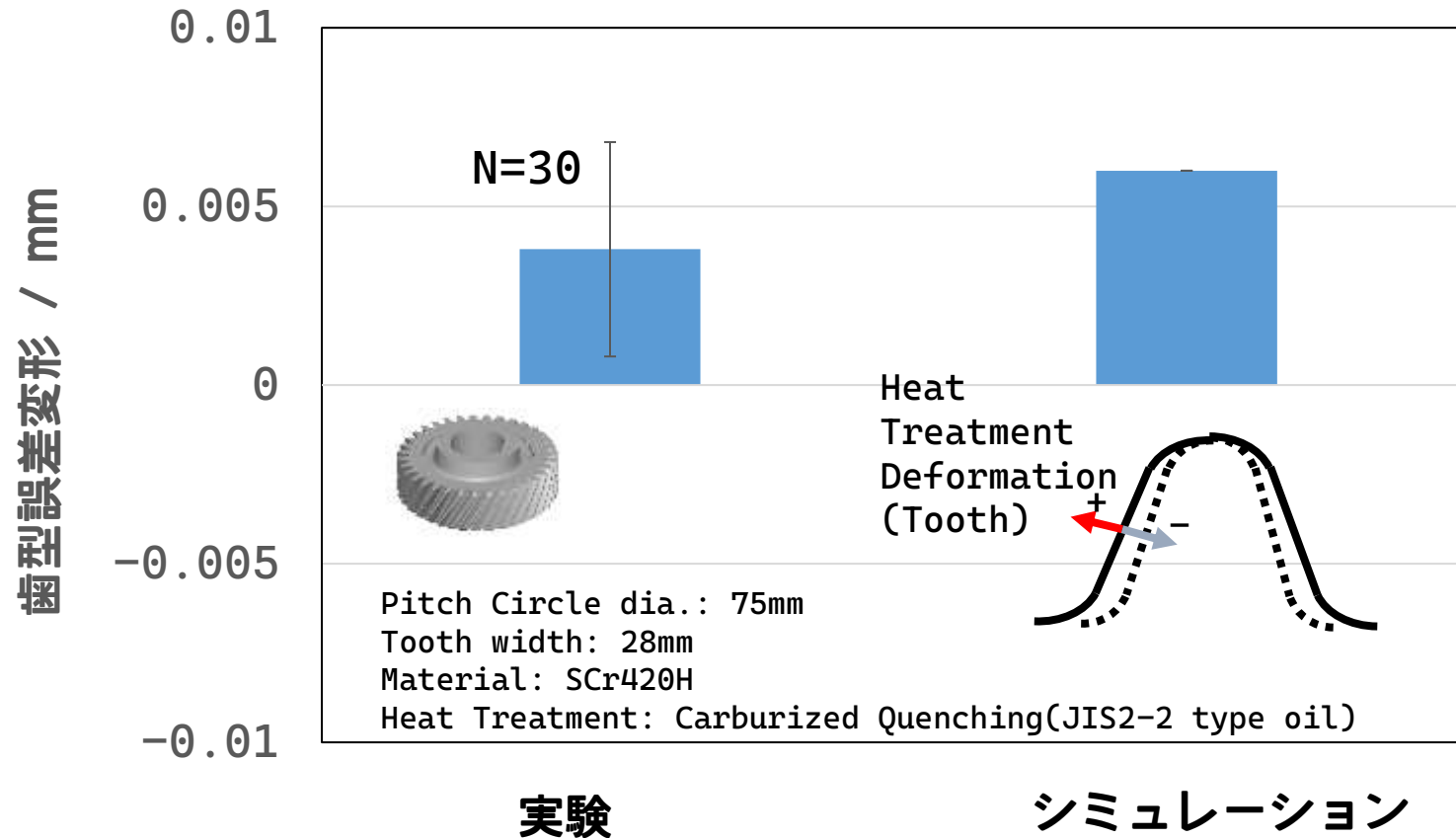
Agenda



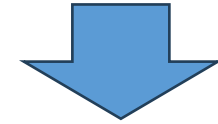
- **背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因**
- 加工工程による残留応力
- 実験による加工残留応力の影響把握
- 加工シミュレーション
- 熱処理シミュレーション
- 結論



背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因



繰返しバラツキが実変形
量に比較し大規模である



変形ばらつきの解析を実現する
ことが熱処理シミュレーション
の拡大適用に繋がる

Variation in Heat Treatment Deformation

背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因

熱処理変形ばらつき



設計

形状

材料

偏析

成分バラツキ

中央成分値

Tatsuya Furukawa, Naoki Takano, Tsuyoshi Sugimoto, Shuya Kijima, Shigeyuki Tamura, Phase transformation and heat conduction interaction analysis and sensitivity analysis to temperature in quenching process of steel considering variability in its chemical composition, Transaction of the JSME, 86, (2020), 887

歯切り

残留応力・組織変動

本研究

表面粗さ

浸炭

浸炭深さ変動

表面炭素濃度変動

焼入れ

油温変動

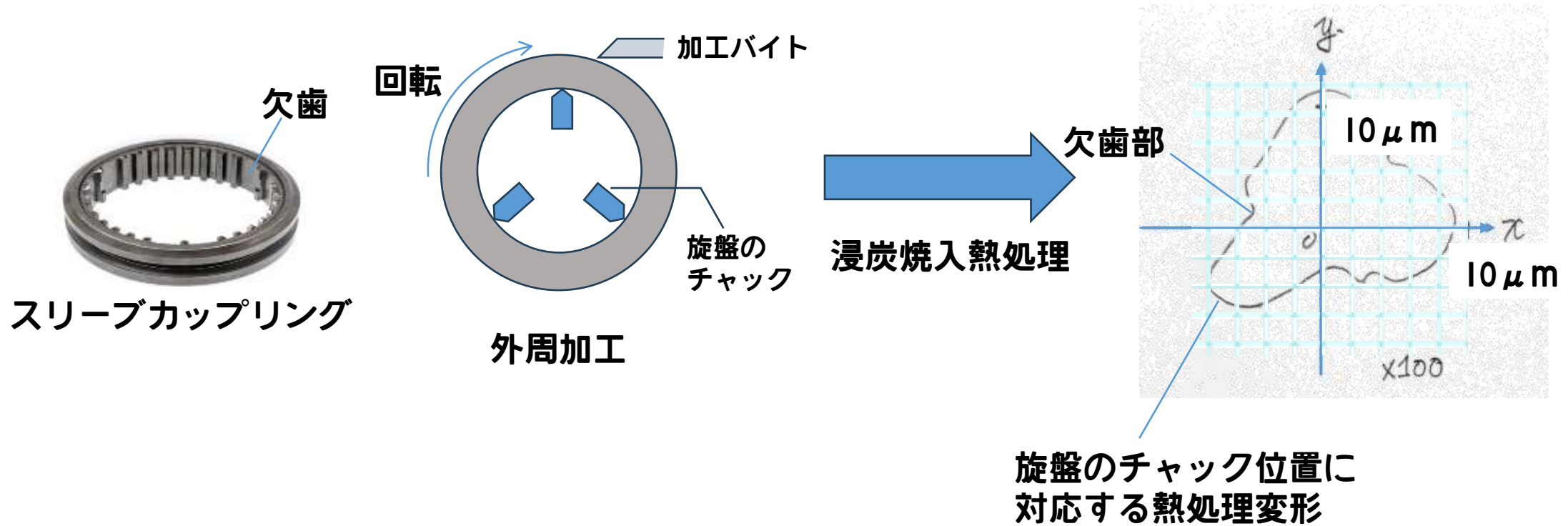
熱処理シミュレーションでの変形予測における 熱伝達率曲線の影響評価, 杉本剛, 嵐棕平, 第91回熱処理技術協会 春季講演大会 2021年6月8日

焼入温度変動

冷却速度バラツキ

Tsuyoshi Sugimoto, Visualization of unstable vapor film collapse and quenching deformation by Cellular Automaton Simulation, NETSU SHORI Special Issue of 28th IFHTSE Congress, 64(64), (2024) 1-5

背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因



加工工程起因での熱処理変形バラツキ！

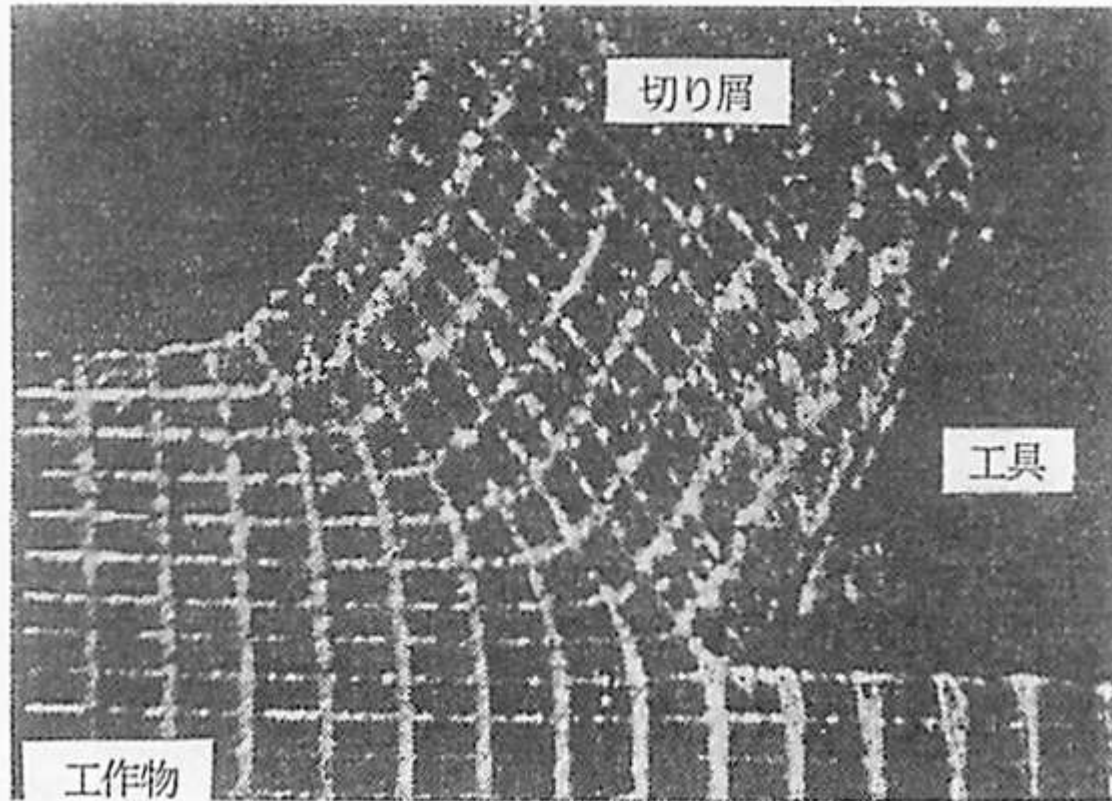
Agenda



- 背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因
- **加工工程による残留応力**
- 実験による加工残留応力の影響把握
- 加工シミュレーション
- 熱処理シミュレーション
- 結論



加工工程による残留応力

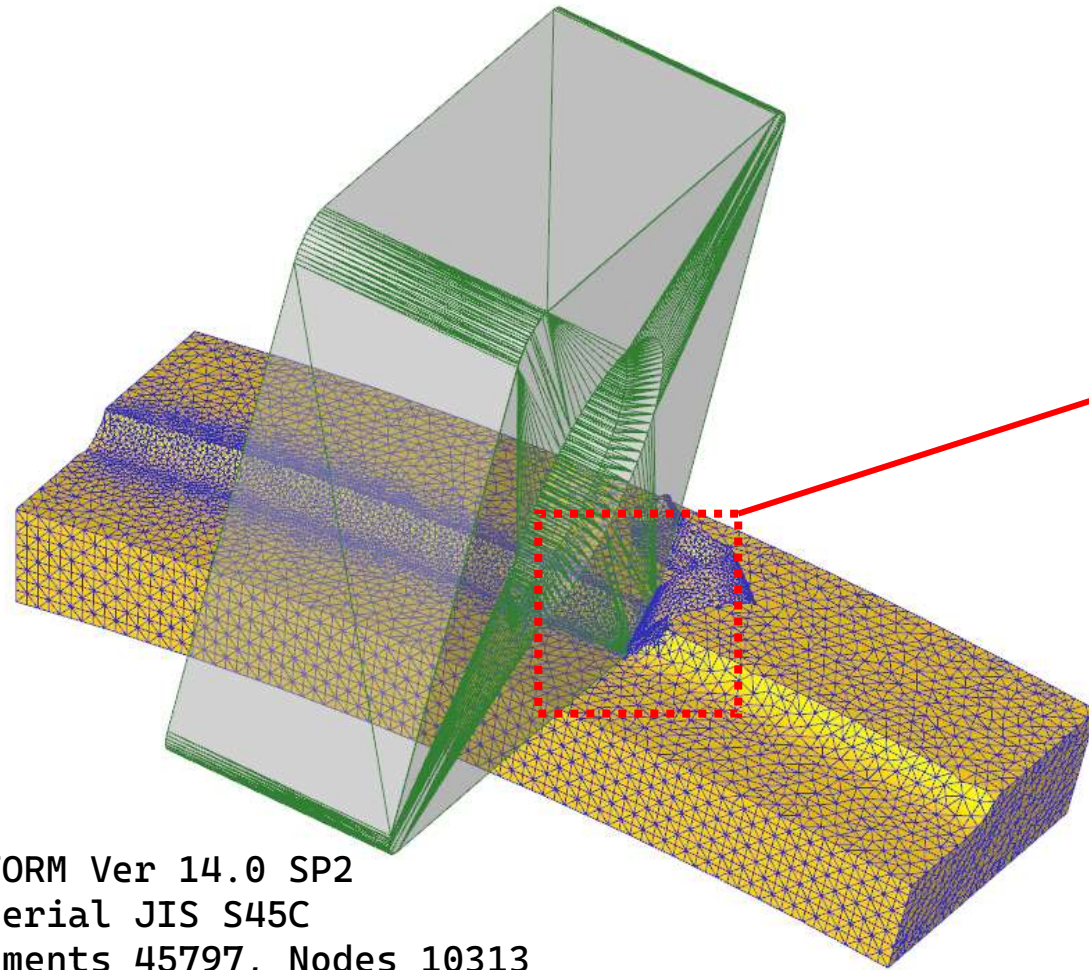


流れ型切削における変形の様子

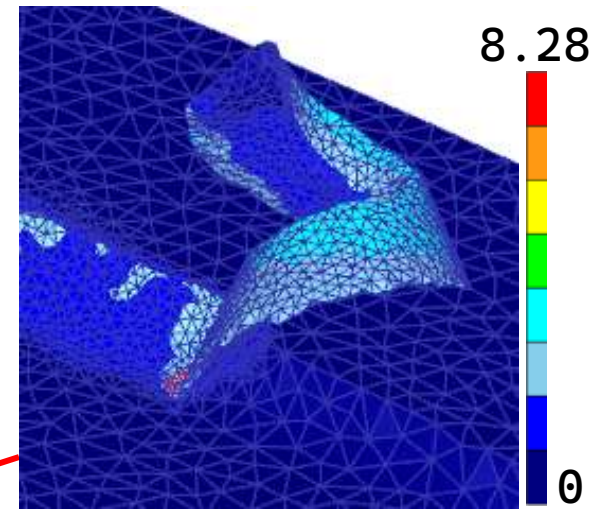
ワークピース側にも
変形が発生している

村田一夫，山口勝己，足立和俊，本田索郎，機械加工による残留応力の発生原因と特徴，大阪府立産業技術総合研究所報告 No. 15, pp. 27-36, 2001

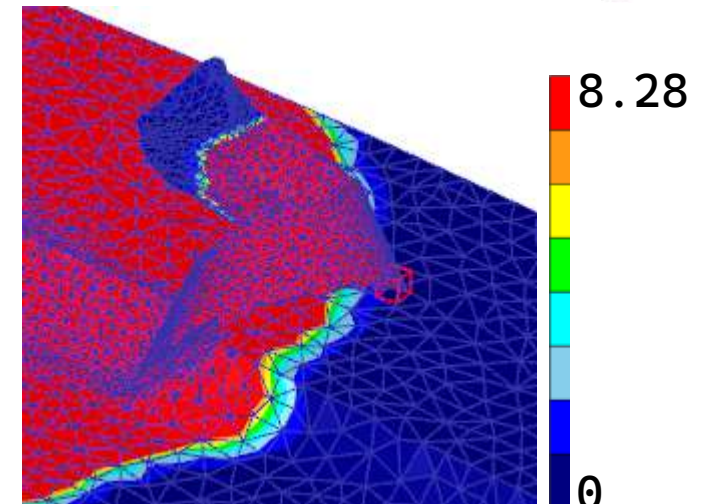
加工工程による残留応力



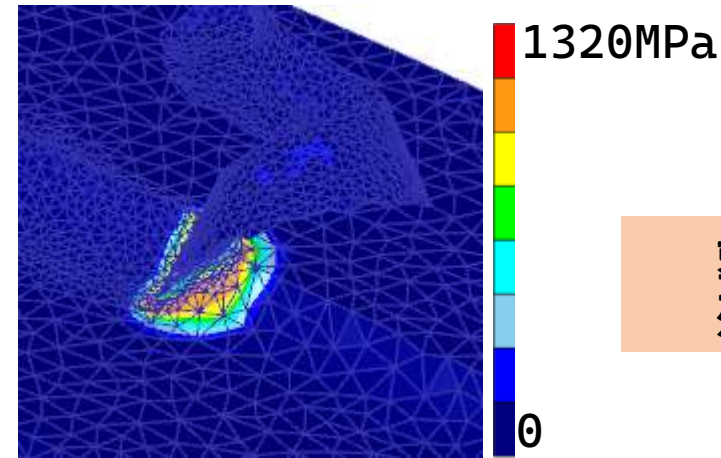
DEFORM Ver 14.0 SP2
Material JIS S45C
Elements 45797, Nodes 10313



Effective Strain



Plastic Strain(Mises)



Residual Stress

塑性変形により
残留応力が発生

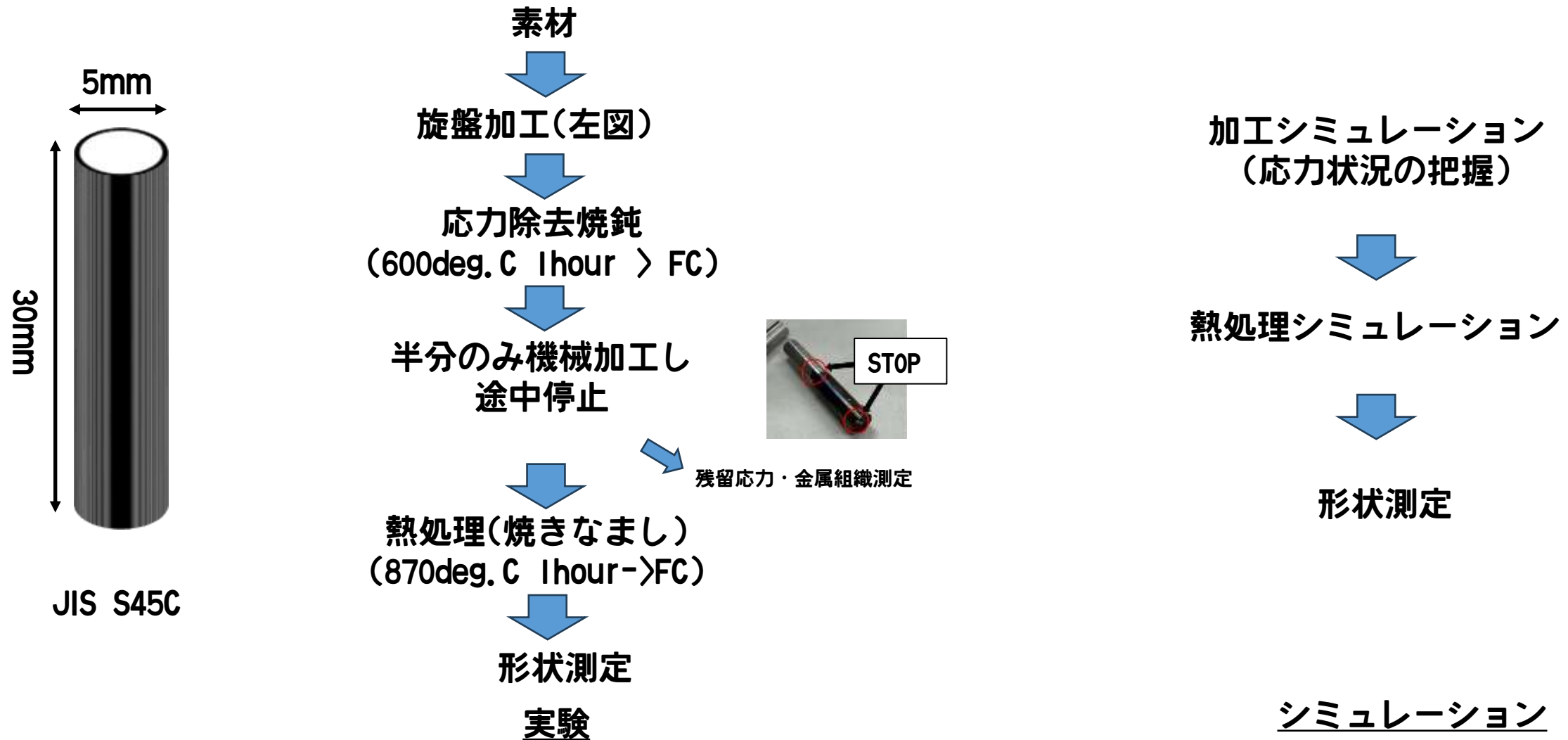
Agenda



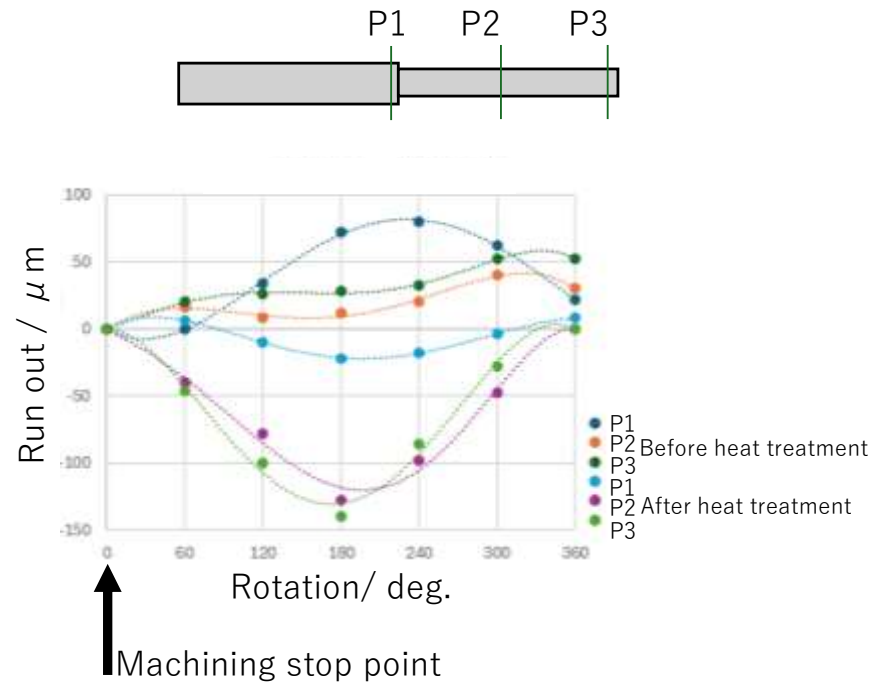
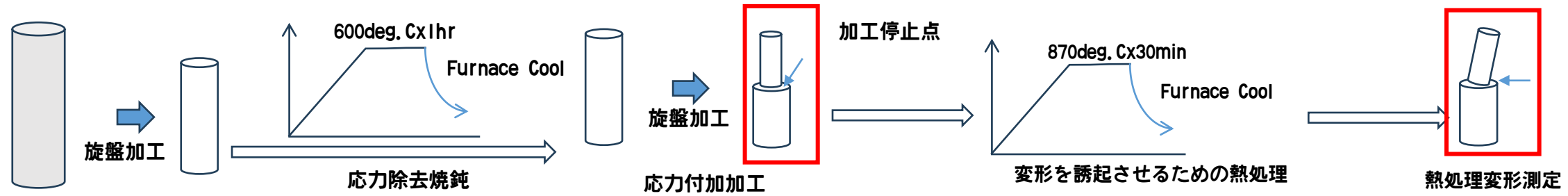
- 背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因
- 加工工程による残留応力
- **実験による加工残留応力の影響把握**
- 加工シミュレーション
- 熱処理シミュレーション
- 結論



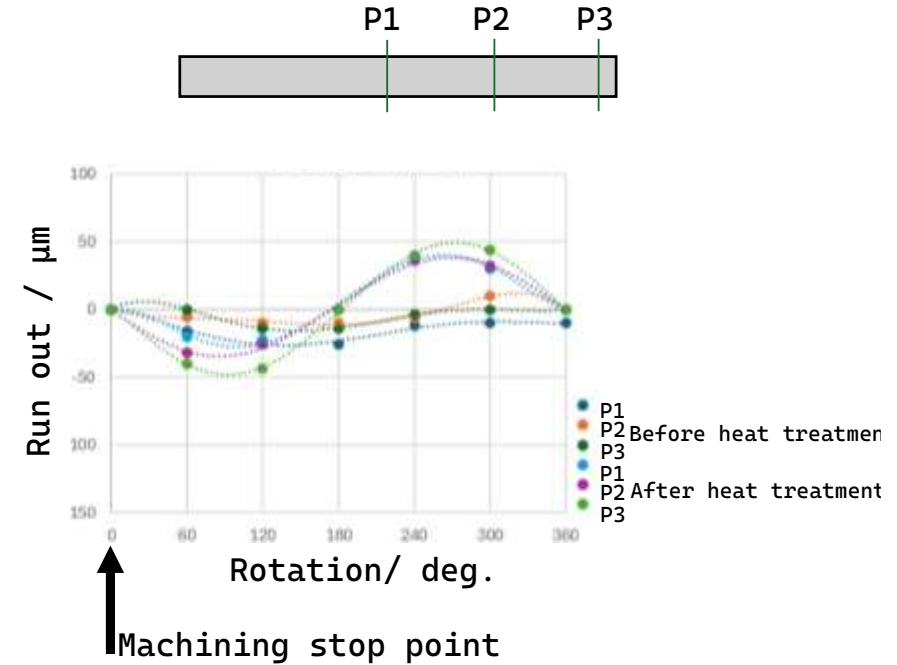
実験による加工残留応力の影響把握



実験による加工残留応力の影響把握

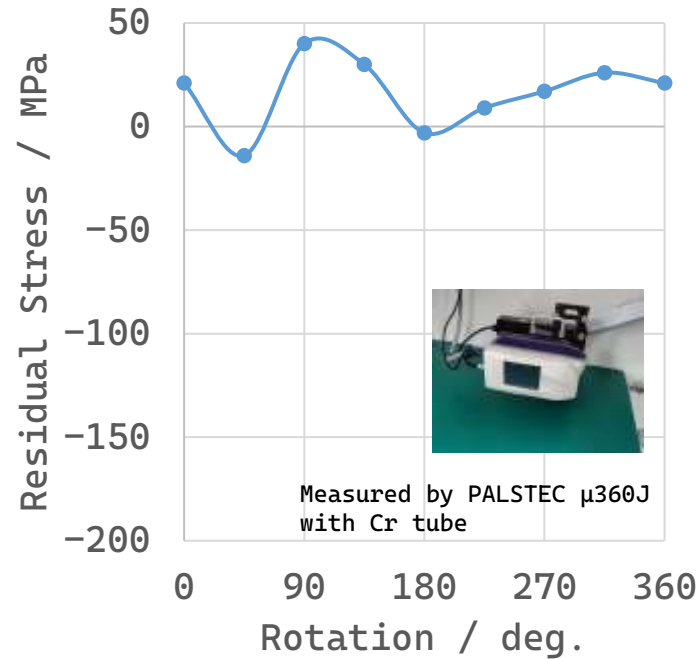
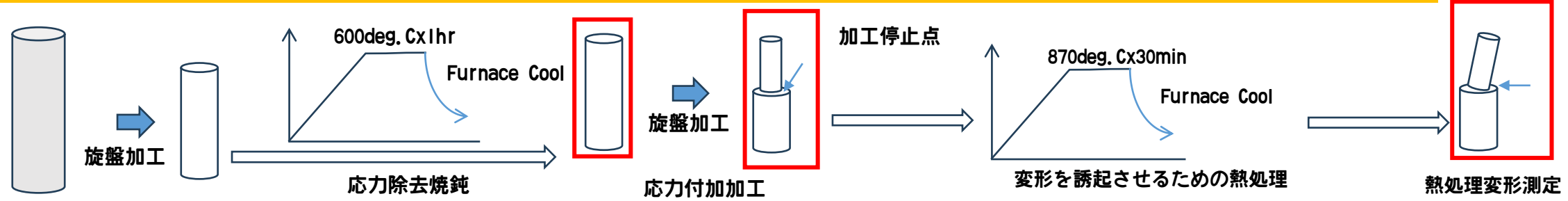


応力付加加工あり

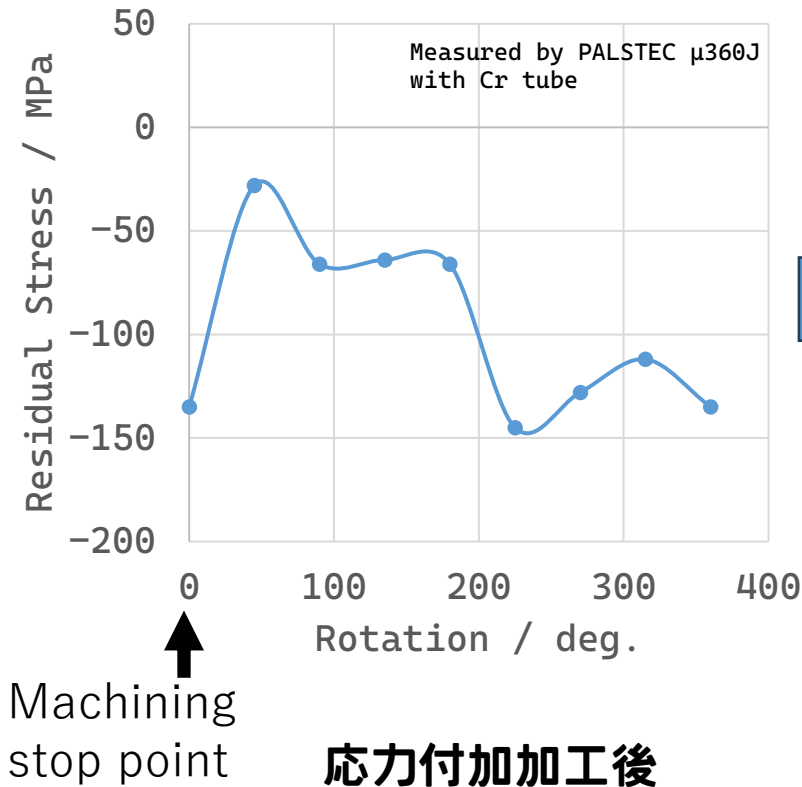


応力付加加工なし

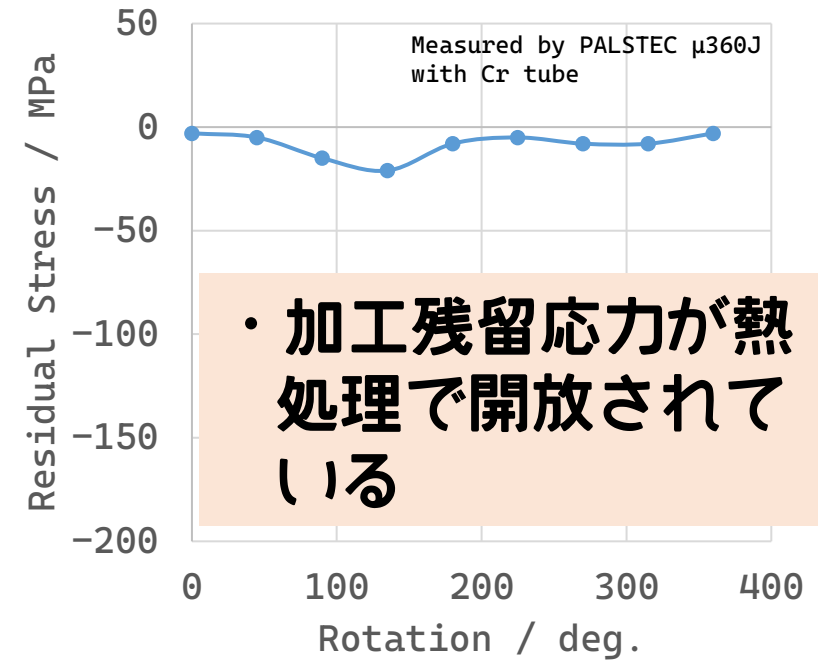
実験による加工残留応力の影響把握



応力除去後



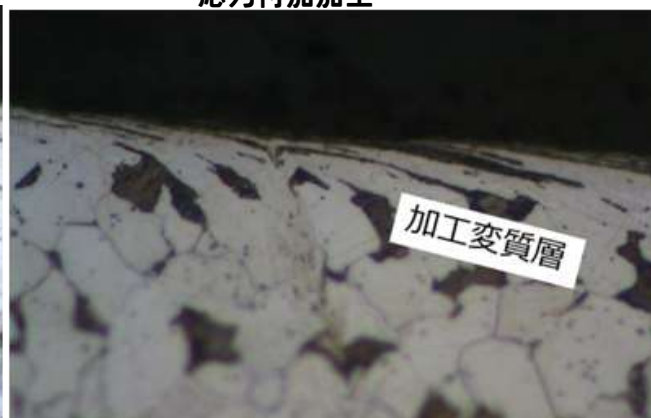
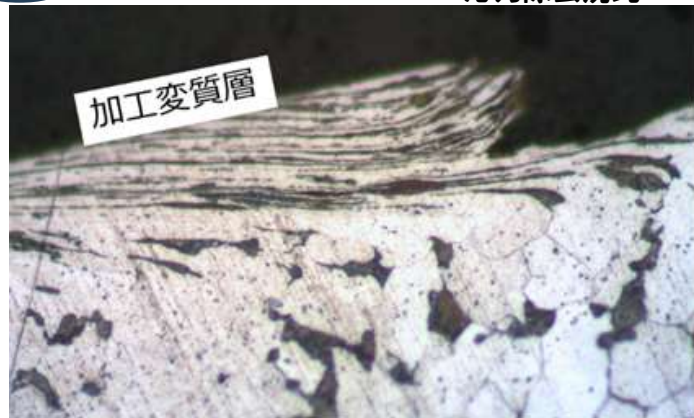
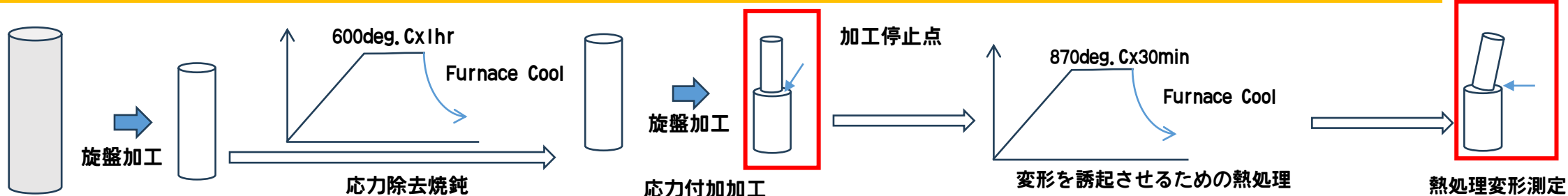
応力付加加工後



変形を誘起させるための熱処理後

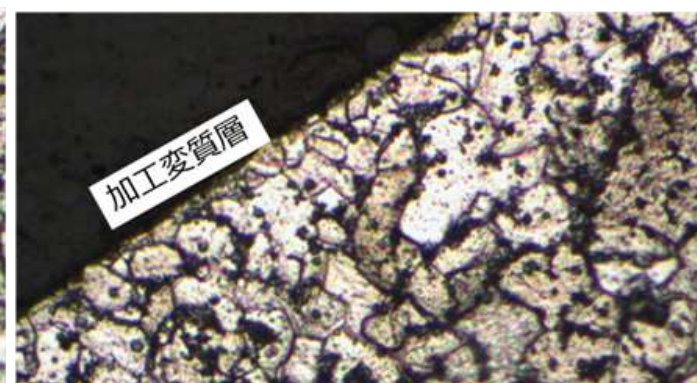
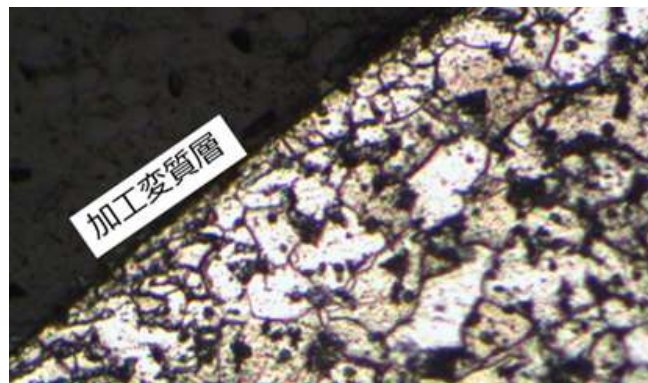
・加工残留応力が熱処理で開放されている

実験による加工残留応力の影響把握



変形を誘起させるための熱処理の前

- ・加工により方向性をもった加工変質層
- ・熱処理後も残る



変形を誘起させるための熱処理の後

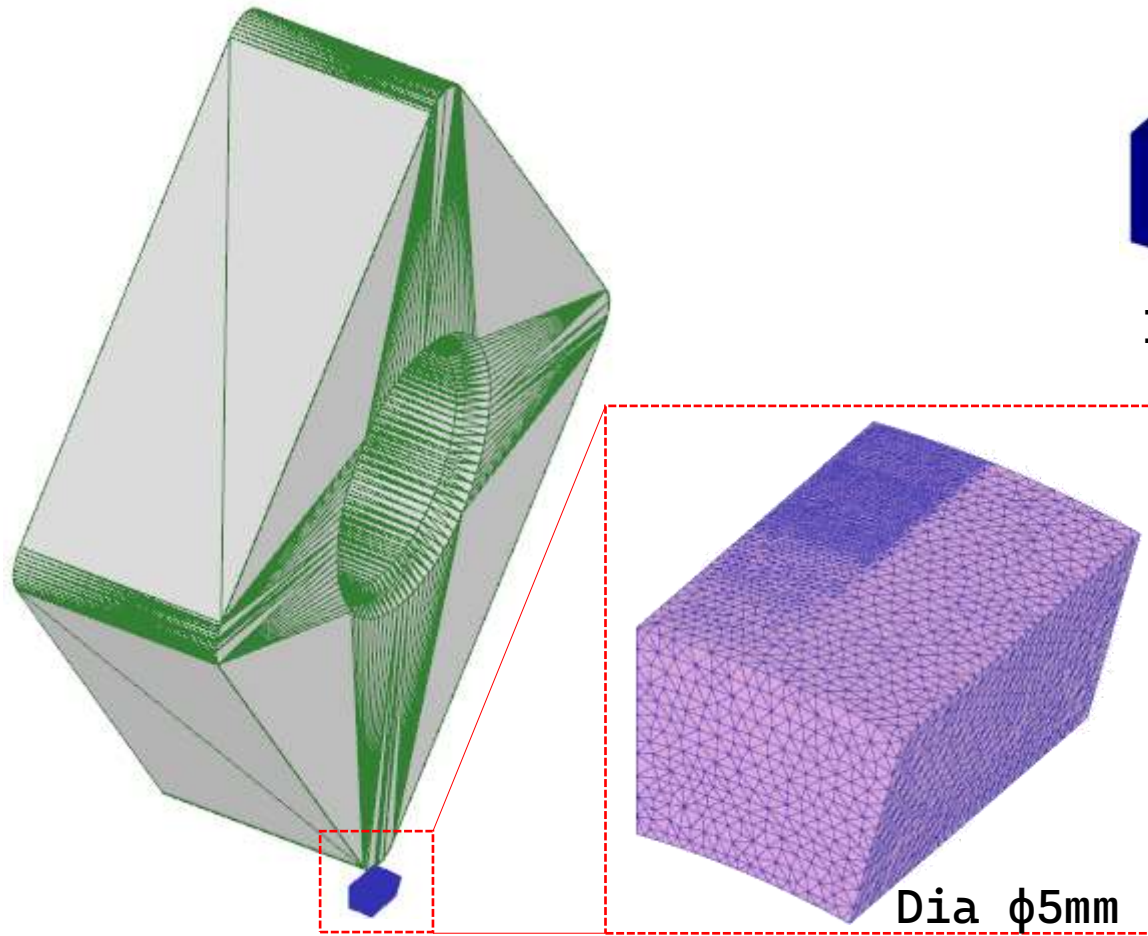
Agenda



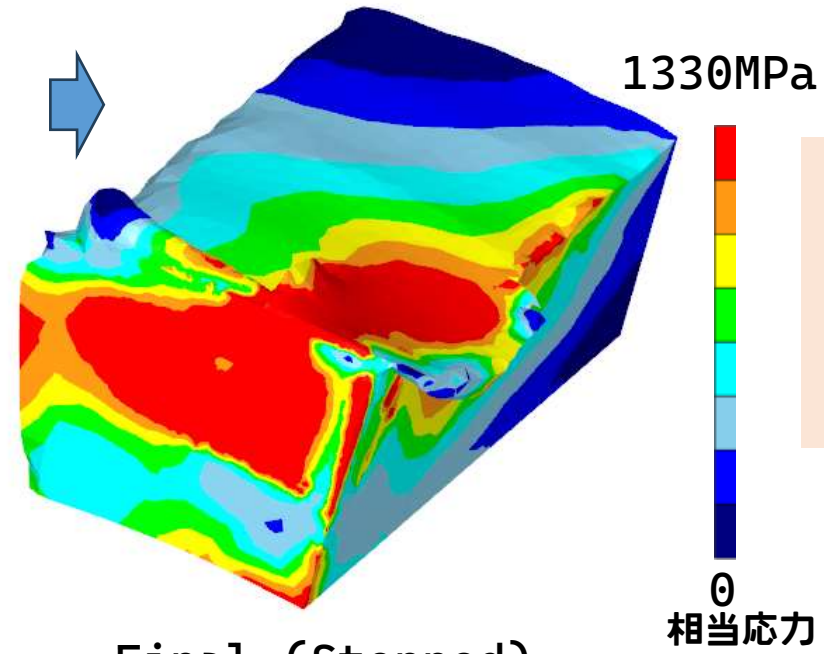
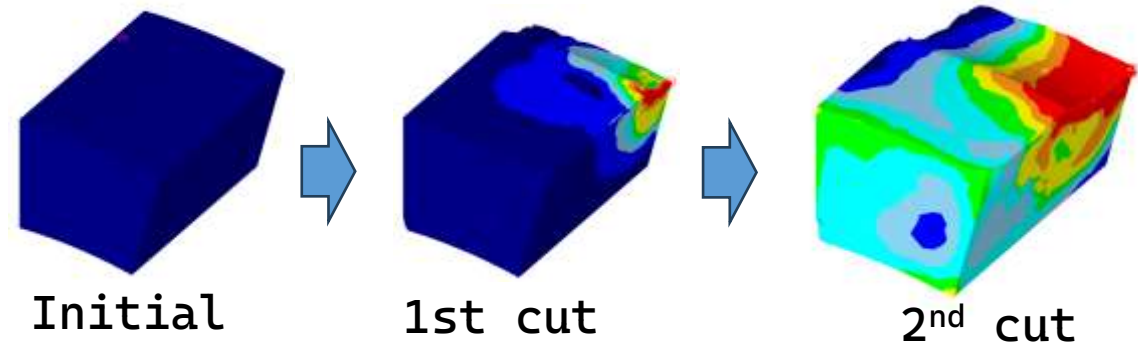
- 背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因
- 加工工程による残留応力
- 実験による加工残留応力の影響把握
- **加工シミュレーション**
- 熱処理シミュレーション
- 結論



加工シミュレーション



DEFORM Ver 14.0 SP2
Material JIS S45C
Elements 55330, Nodes 12228(Adaptive)



Final (Stopped)

- ・ 相当応力 1330MPaが付加された
- ・ 加工終了点には強い応力

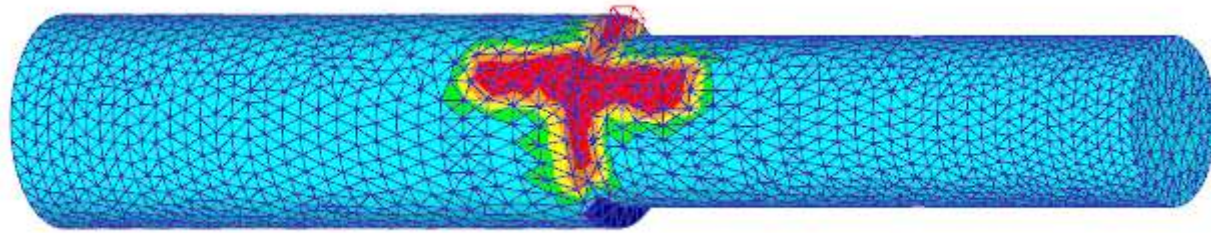
Agenda



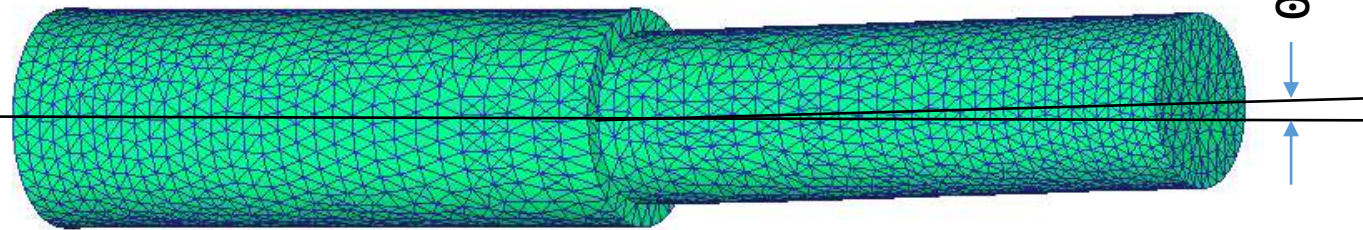
- 背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因
- 加工工程による残留応力
- 実験による加工残留応力の影響把握
- 加工シミュレーション
- **熱処理シミュレーション**
- 結論



熱処理シミュレーション



応力付加加工後



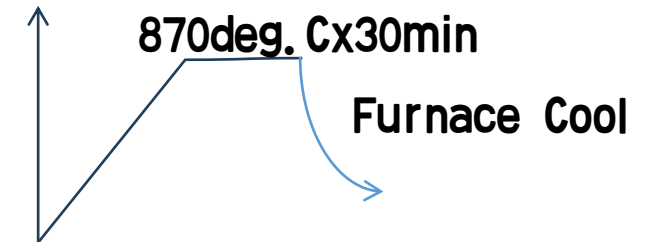
変形を誘起させるための熱処理後

0.008mm

+155MPa

-155MPa

平均応力



変形を誘起させるための熱処理

応力を付加した後熱処理をすると変形をし、
応力は解放した

DEFORM Ver 14.0 SP2
Material JIS S45C



Agenda



- 背景と目的 - 熱処理変形に影響を与える要因
- 加工工程による残留応力
- 実験による加工残留応力の影響把握
- 加工シミュレーション
- 熱処理シミュレーション
- **結論**



Conclusion



- ✓機械加工による残留応力の発生が計算できた。
- ✓但し微小領域である
- ✓加工残留応力を付加した熱処理シミュレーションで加工影響起因の熱処理変形を計算できた
- ✓今後は実体形状に近い加工残留応力の評価や組織の影響の検証を進め、実際の熱処理変形ばらつきへの影響を評価する

本件研究はJSPS科研費25K17526 “ライフサイクルCO2に貢献する加工起因バラツキを考慮した熱処理シミュレーション”の下実施されました

