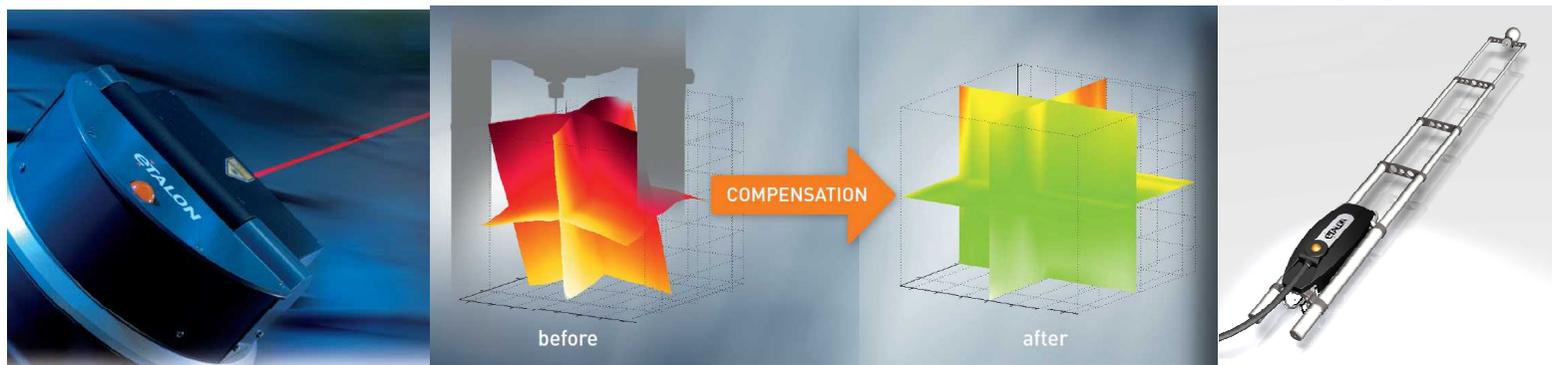


# レーザートレーサを用いた3次元計測 - エタロン社製空間誤差補正システムの動向 -



- ▷ エタロンの空間補正
- ▷ レーザートレーサシリーズ
- ▷ 測定と補正の展開
- ▷ アプリケーション

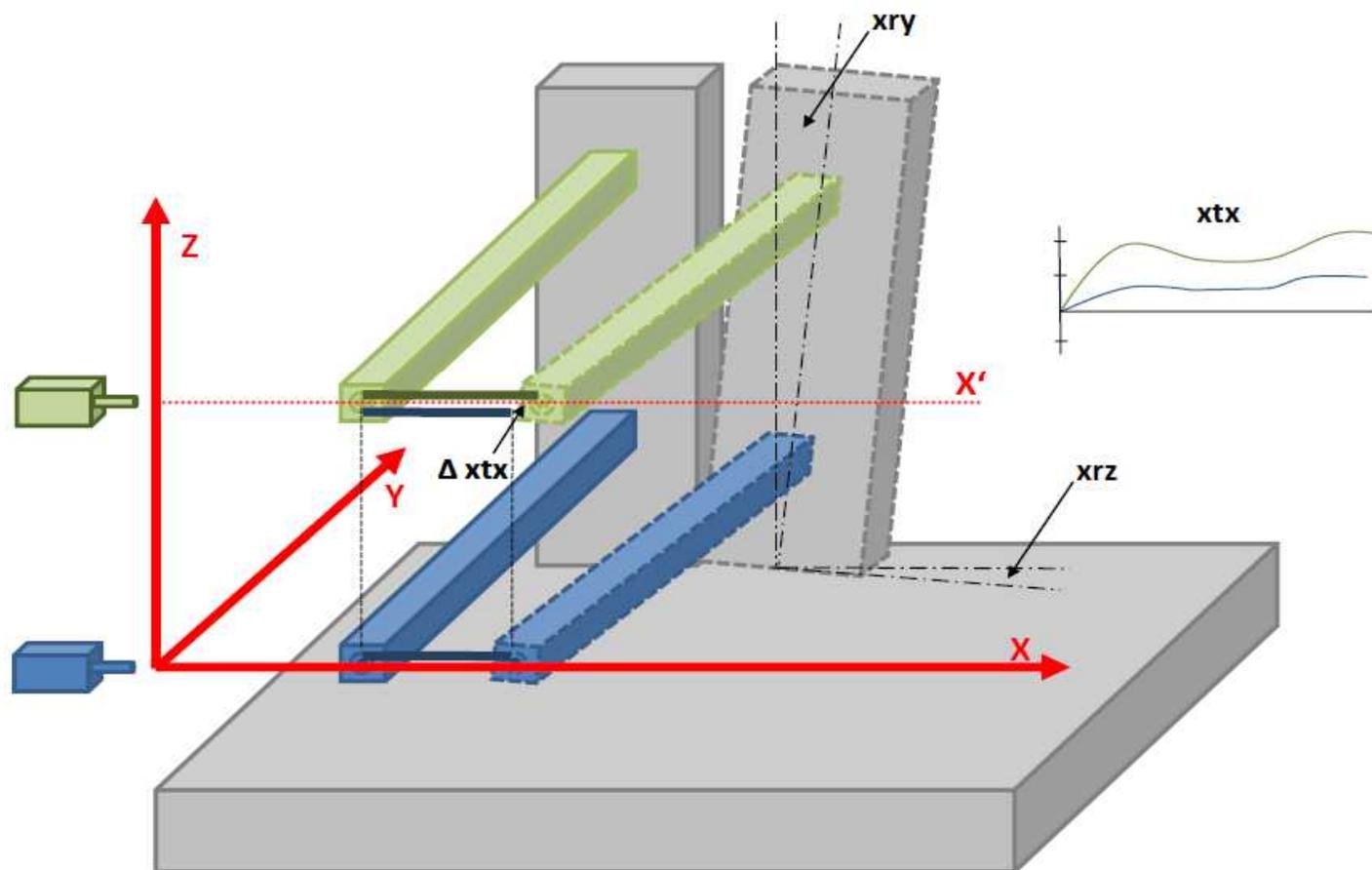
**YKT** 日本総代理店  
**YKT株式会社**

本 社 〒151-8567 東京都渋谷区代々木5-7-7  
Tel(03)3467-1252(代) FAX(03)3485-7990  
大阪支店 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-1-1  
Tel(06)6386-8731(代) FAX(06)6386-8741  
名古屋支店 〒457-0038 名古屋市南区桜本町104  
Tel(052)822-3101(代) FAX(052)822-1138  
仙台営業所 〒980-0021 仙台市青葉区中央2-10-12仙台マルセンビル  
Tel(022)262-2081(代) FAX(022)262-2230

## エタロンの空間補正

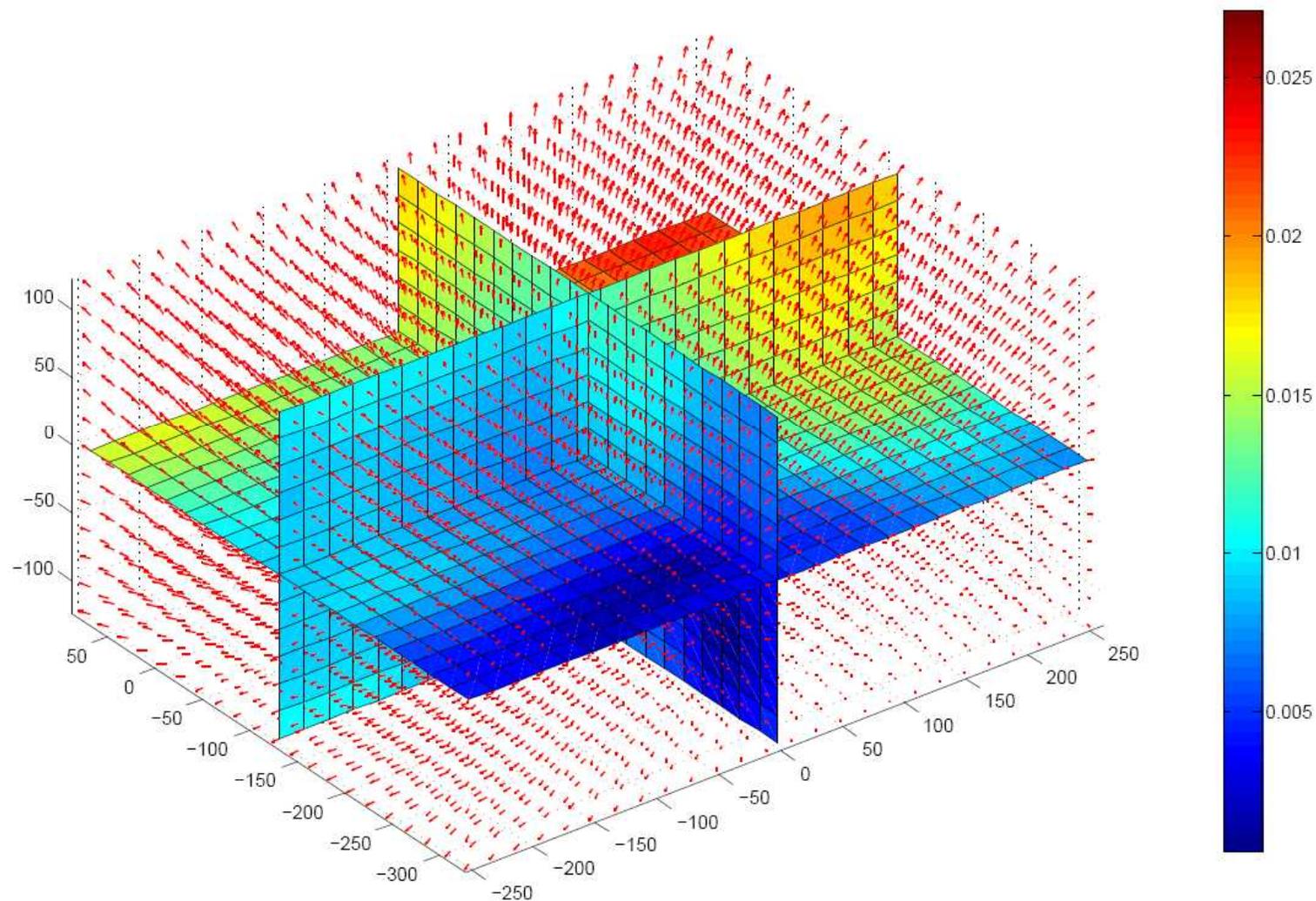
既存の各軸1直線のピッチ補正の課題

- ▷ ピッチ補正は測定した直線の偏差だけを補正



# エタロンの空間補正

## 空間的な誤差の特定



# エタロンの空間補正

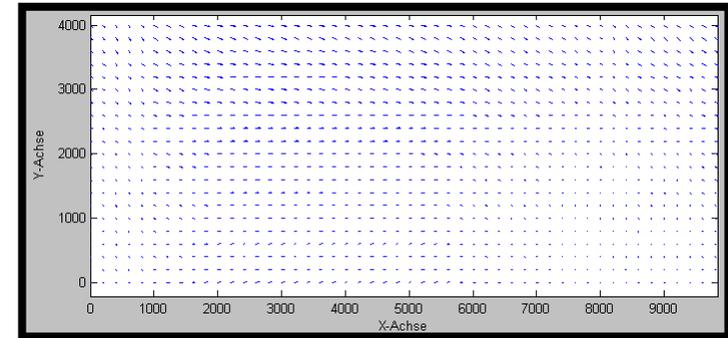
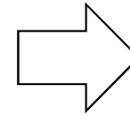
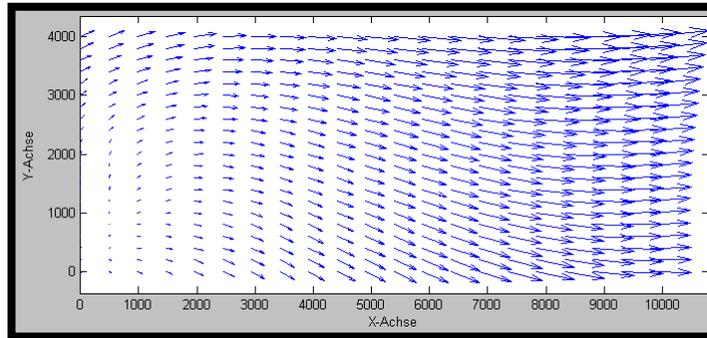


空間補正 例:大型門型マシニングセンタ

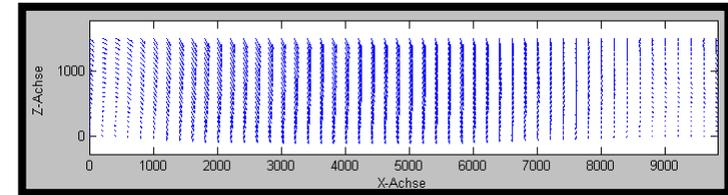
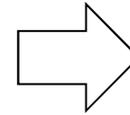
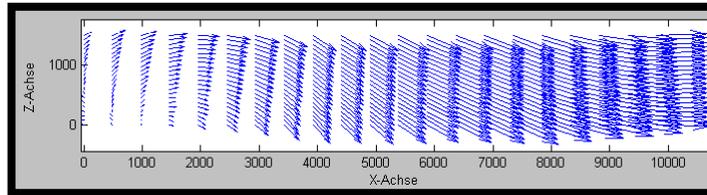
空間誤差

空間補正後

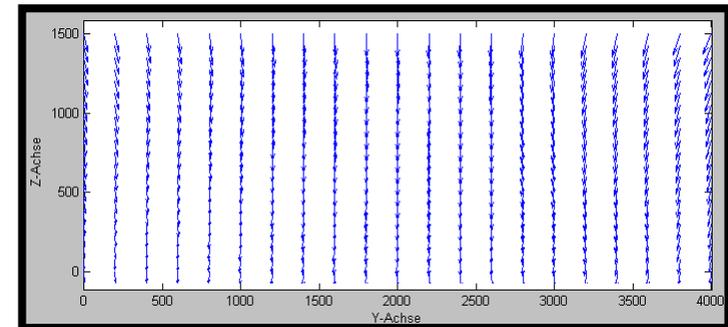
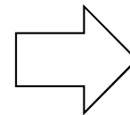
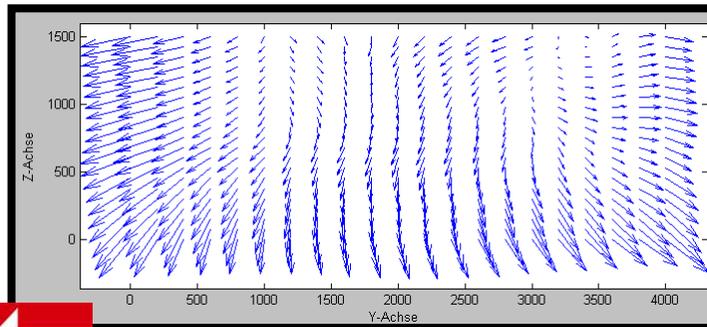
**XY**



**XZ**



**YZ**



# エタロンの空間補正

## 空間補正の動向

- ▶ 約20年前に登場した空間補正により、手間と時間を省きながらも高精度で低価格な三次元測定機が誕生
- ▶ 三次元測定機メーカーで手間をかけた機械製造に固執したメーカーは市場から姿を消し、空間補正の採用がメーカーを淘汰
- ▶ 簡単セットアップ、短時間測定システムのエタロン社製レーザートレーサの誕生により、2007年からマシニングセンタに空間補正の運用が開始
- ▶ 航空機、重電業界の機械ユーザーが空間補正が浸透
- ▶ 2010年より国内工作機械メーカーにエタロン空間補正が導入
- ▶ 2012年国内工作機械ユーザーが導入
- ▶ 2013年5軸制御マシニングセンタに採用



# エタロンの空間補正

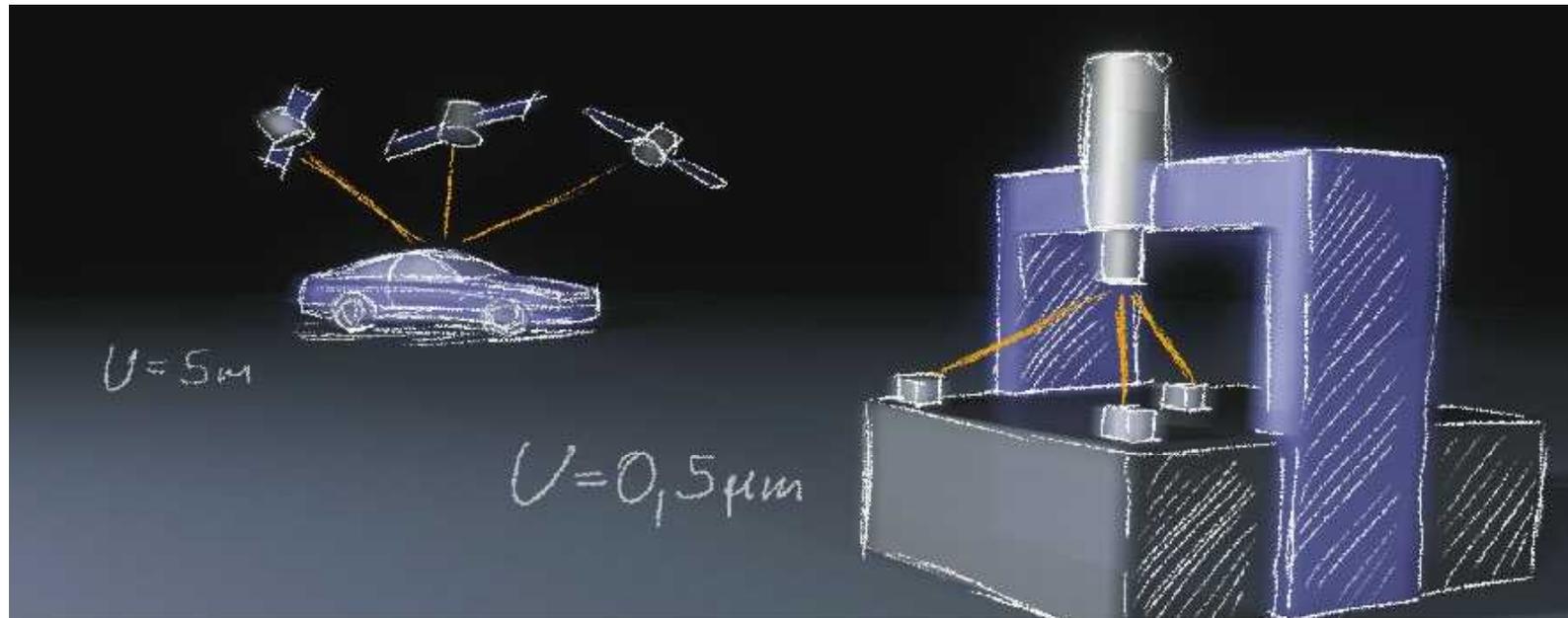
## エタロンによる簡単短時間の空間補正

- ▷ 国内外の主要コントローラに空間補正データの展開が可能
- ▷ 全ての測定データは安定化レーザー波長の長さ情報だけを利用
  - 直動軸: 位置、真直度、ピッチ、ヨー、ロール
  - 回転軸: 位置決め、軸方向運動、径方向運動、軸周りの傾斜運動
- ▷ 空間補正は直動軸全ての要素誤差を補正し、機械の空間的な誤差を平均60～80%改善します。
- ▷ これまで2日以上必要とした空間補正を僅か1～6時間で実現します。



# レーザートレーサシリーズ

測定原理:



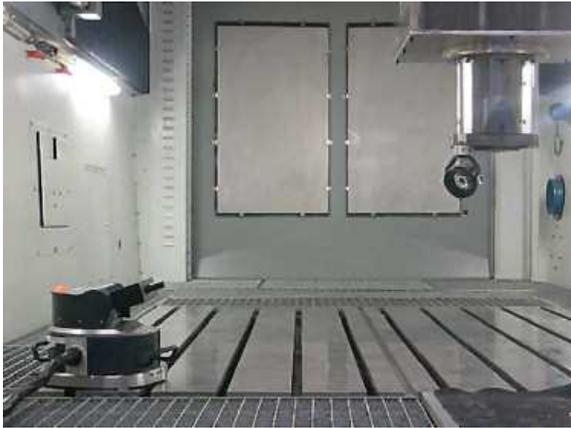
- ▷ 最低3箇所からの干渉長さ測定(調整不要)
- ▷ 高精度なレーザーの相対的な長さ情報の差に基づく誤差特定
- ▷ LaserTRACER の位置、デットパスの高精度測定不要



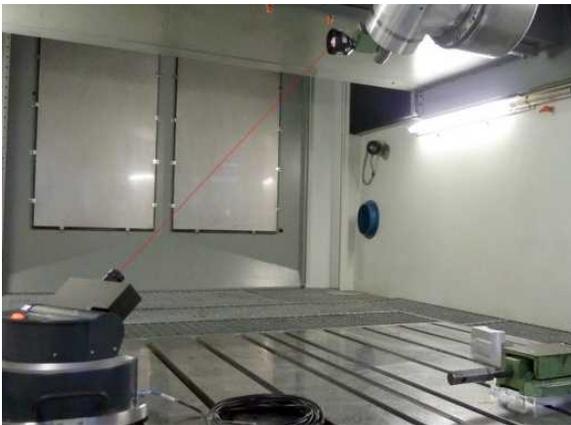
# レーザートレーサシリーズ

## レーザートレーサシリーズによる測定

LaserTRACER



直動軸測定



旋回軸測定

LaserTRACER-MT



直動軸測定



旋回軸測定



# レーザートレーサシリーズ

## アプリケーション例



# レーザートレーサシリーズ

## LaserTRACER



### 重量及び装置サイズ

重量	約12 kg
コントローラ重量	約10 kg
高さ	約200 mm

### 稼動範囲及び測定範囲

縦旋回範囲	約- 18° ~ + 80°
水平旋回範囲	約± 200°
測定範囲	約0.2m ~ 15 m

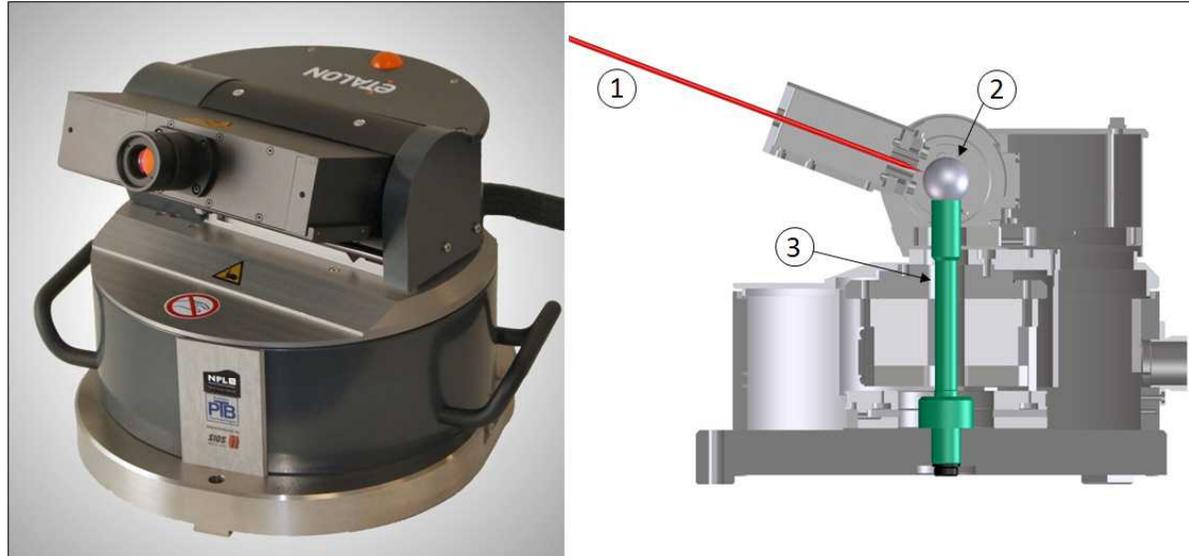
### 精度

安定化ヘリウムネオンレーザ	$2 \cdot 10^{-8}$
基準球精度(パテント取得済み)	$\pm 0.05 \mu\text{m}$
干渉計の分解能	$0.001 \mu\text{m}$
不確かさ (k=2)	$0.2 \mu\text{m} + 0.3 \mu\text{m}/\text{m}$



# レーザートレーサシリーズ

## LaserTRACER 詳細



- ▷ 干渉計分解能 0.001  $\mu\text{m}$  (1)
- ▷ パテント取得済み基準球0.05  $\mu\text{m}$ (2)
- ▷ 機構部品と独立した基準球サポート (3)
- ▷ 長さ測定不確かさ:  $U_{95\%} = 0.2 \mu\text{m} + 0.3 \mu\text{m}/\text{m}$

# レーザートレーサシリーズ

## 反射体詳細



### Reflector 120

角度	120°
距離	0-15 m
サイズ	Ø 75mm



### Reflector 160

角度	160°
距離	0-3 m
サイズ	Ø 35mm

# レーザートレーサシリーズ

## LaserTRACER-MT (MT: Mechanical Tracking 機械的受動追従)



### 重量及び装置サイズ

重量 約2.5 kg

コントローラ重量 約8 kg

高さ 約120 mm

### 稼動範囲及び測定範囲

縦旋回範囲 約- 35° ~ + 80°

水平旋回範囲 約±270度

測定範囲 約275 - 965mm

被測定機械ストローク 約1.5 m

### 精度

安定化ヘリウムネオンレーザー(24h)  $2 \cdot 10^{-8}$

干渉計の分解能 0.001  $\mu\text{m}$

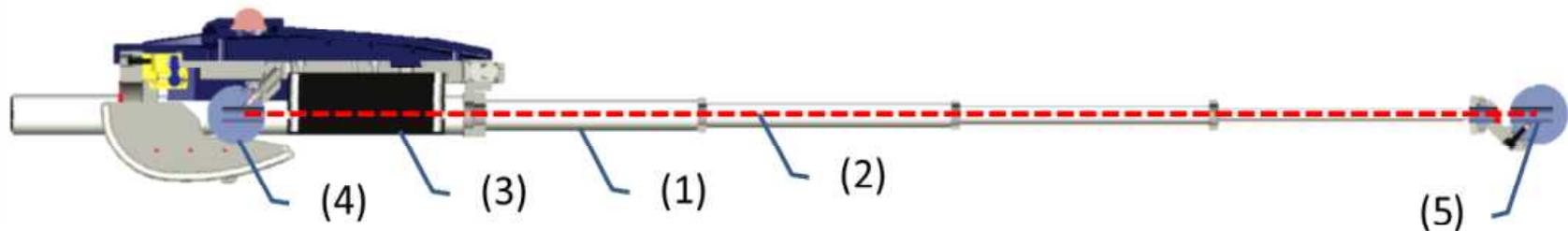
測定精度(全ストローク) 1.6  $\mu\text{m}$



# レーザートレーサシリーズ

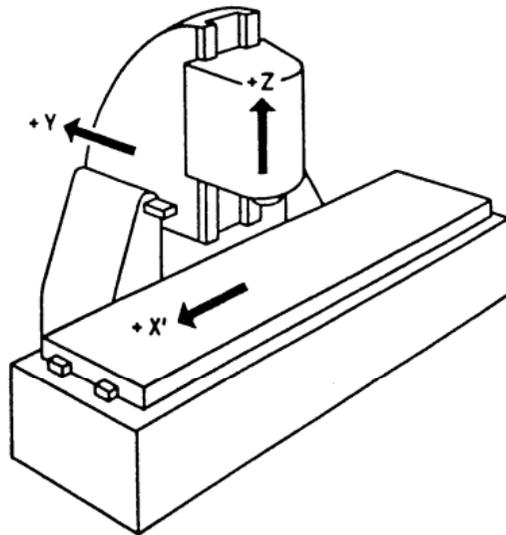
## LaserTRACER-MT 詳細

- ▷ テレスコープ275 - 965 mm (1)
- ▷ ビームステアリング (2)
- ▷ 安定化レーザー干渉計 (3)
- ▷ 高精度基準球付き同心円状反射鏡2式 (4,5)

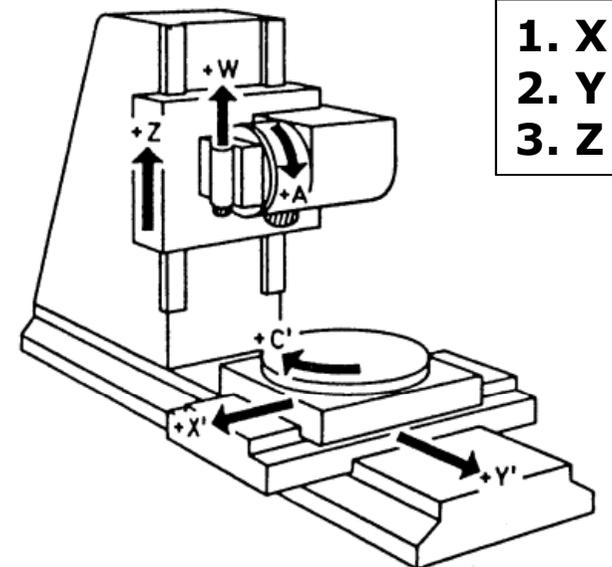


# 測定と補正の展開

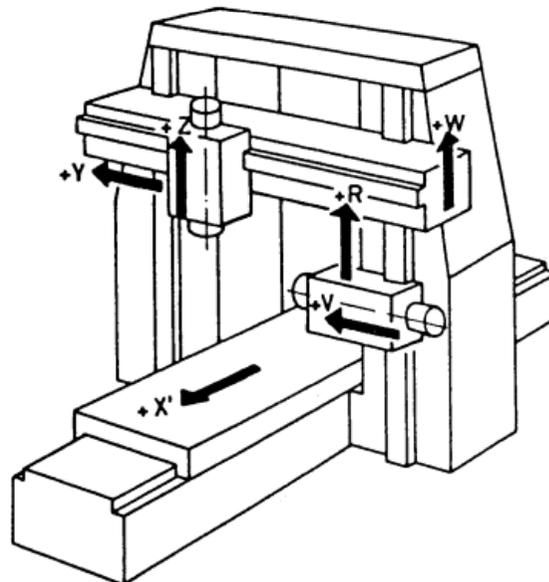
## 軸順序の定義



1. X
2. Y
3. Z



1. X
2. Y
3. Z

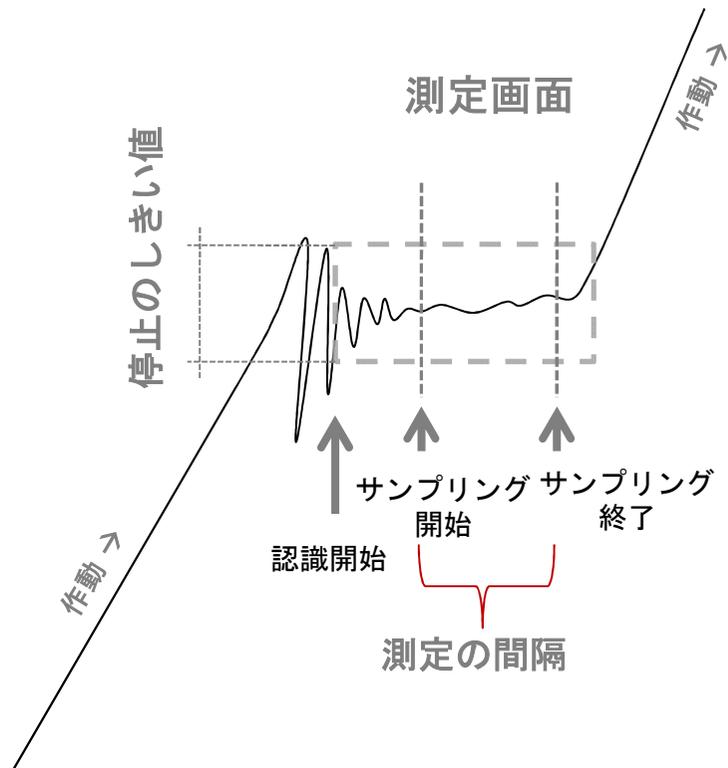


1. X
2. Y
3. Z

# 測定と補正の展開

## 測定の方法

- ▷ オフライン測定、Gコードデータを利用
- ▷ 停止認識による測定



# 測定と補正の展開

## 補正の種類

- ▷ ピッチ補正  
各軸の位置誤差だけを考慮
- ▷ クロスエラー補正  
各軸の位置、真直、そして直角度を含む併進的なベクトル補正
- ▷ 空間的な格子状にベクトル補正  
空間的な各格子点に位置、真直、直角度、回転誤差を併進的なベクトル補正
- ▷ 運動学的な補正  
全ての運動学的な値をコントローラの補正動作に計算

# 測定と補正の展開

## 工作機械向け空間補正対応コントロール

- ▷ Siemens
- ▷ Heidenhain
- ▷ Fanuc
- ▷ Fidia
- ▷ Fagor

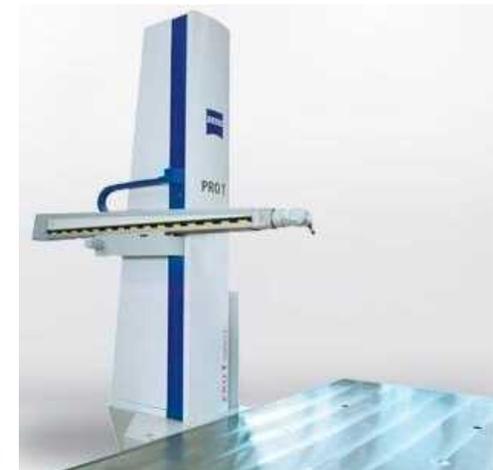
(一部仕様により対応不可)



## CMM向け対応インターフェイス

- ▷ Zeiss CMMOS
- ▷ I++
- ▷ Leitz
- ▷ DEA
- ▷ Brown&Sharp
- ▷ Wenzel
- ▷ OGP

(一部仕様により対応不可)





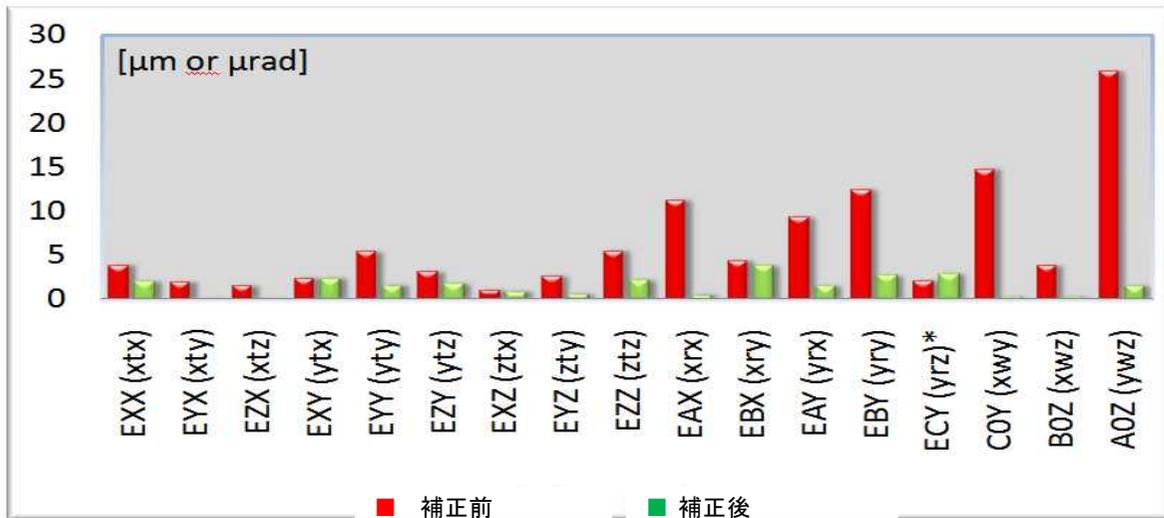
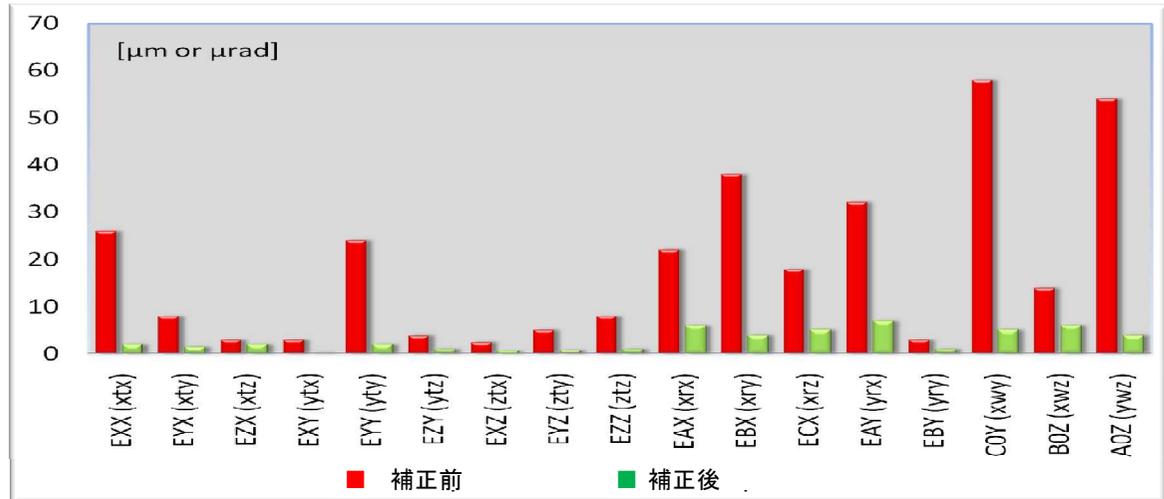
# アプリケーション

## Fanuc 3次元誤差補正 直動3軸補正: 立形マシニングセンタ

汎用立形マシニングセンタ

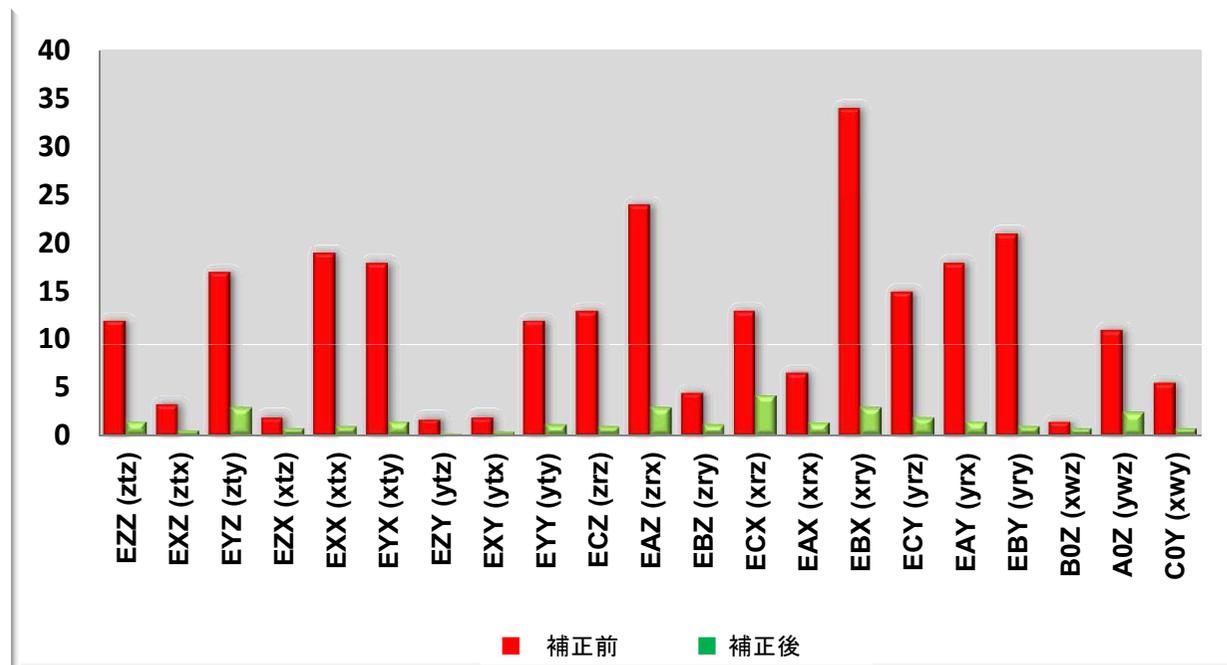


高精度立形マシニングセンタ



# アプリケーション

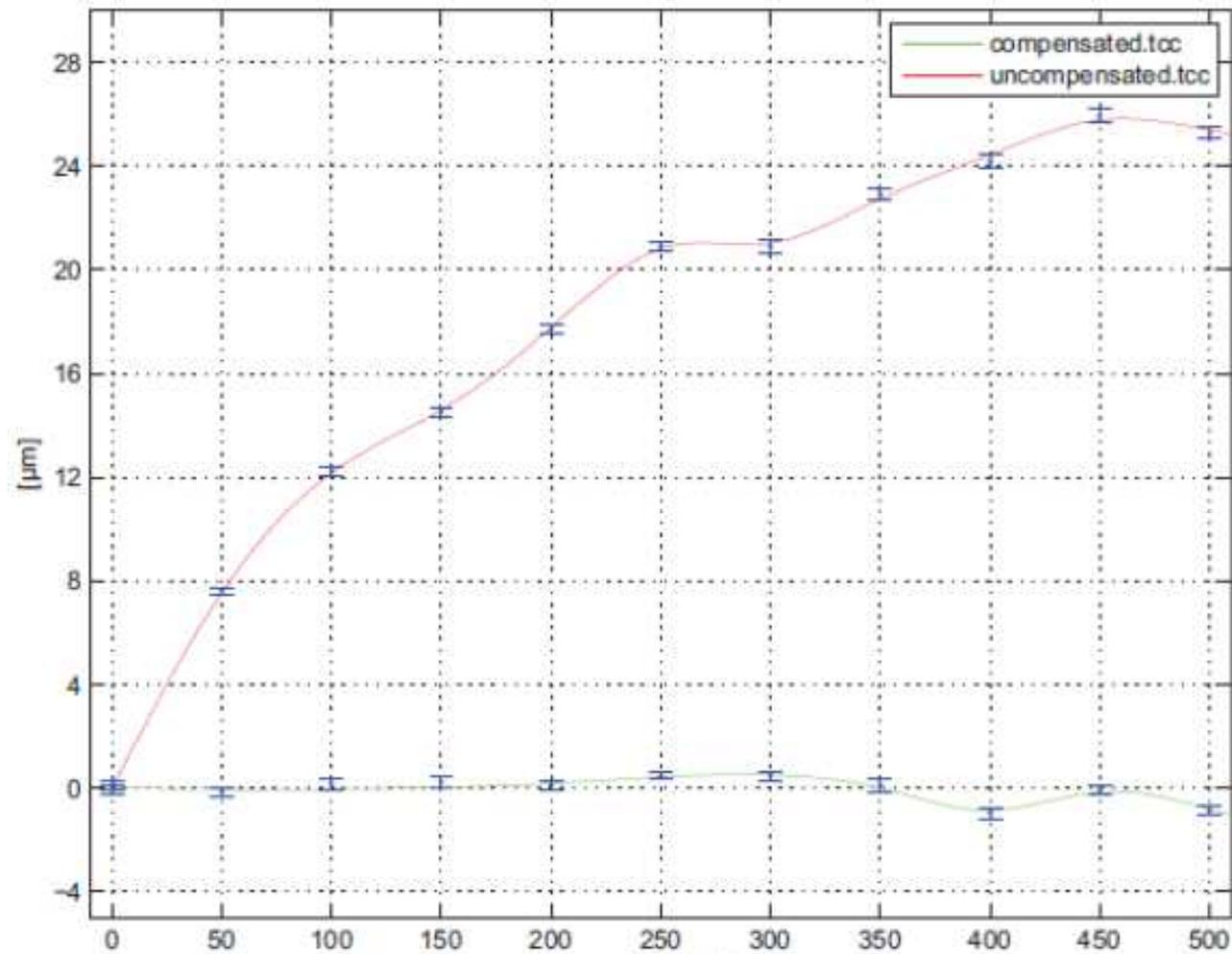
## Siemens VCS直動3軸補正: 高精度横形マシニングセンタ



# アプリケーション

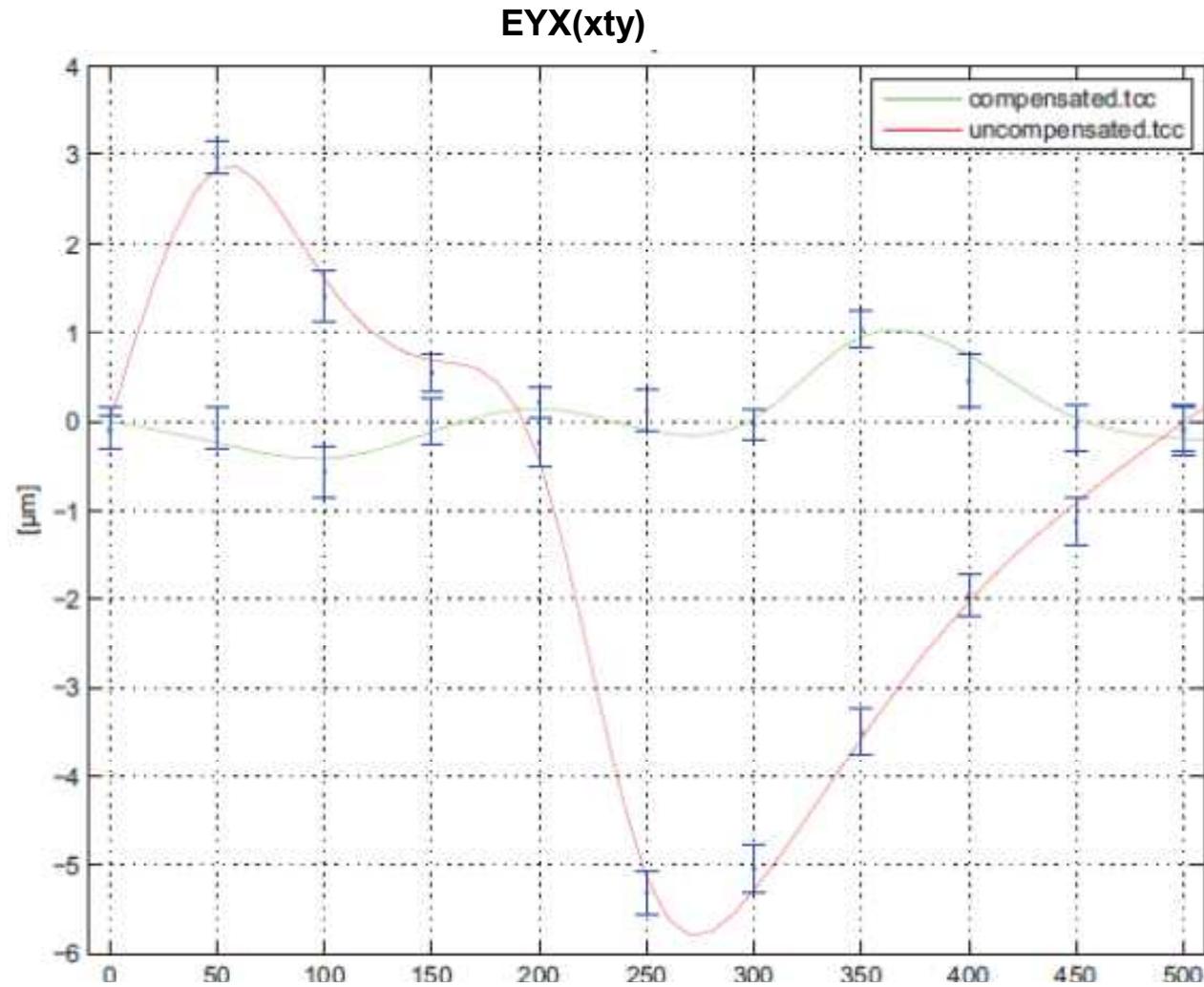
直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)

EXX(xtx)



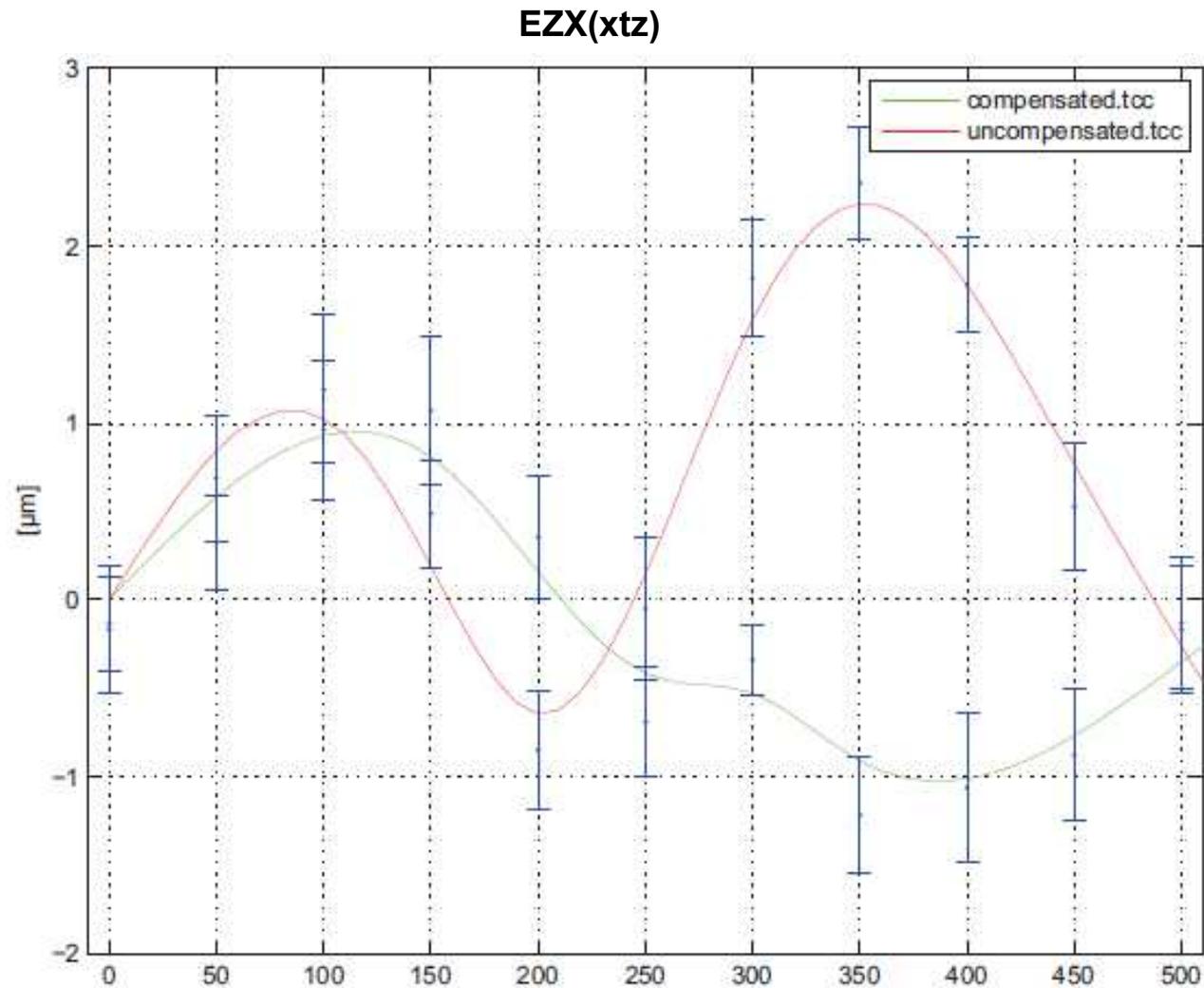
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



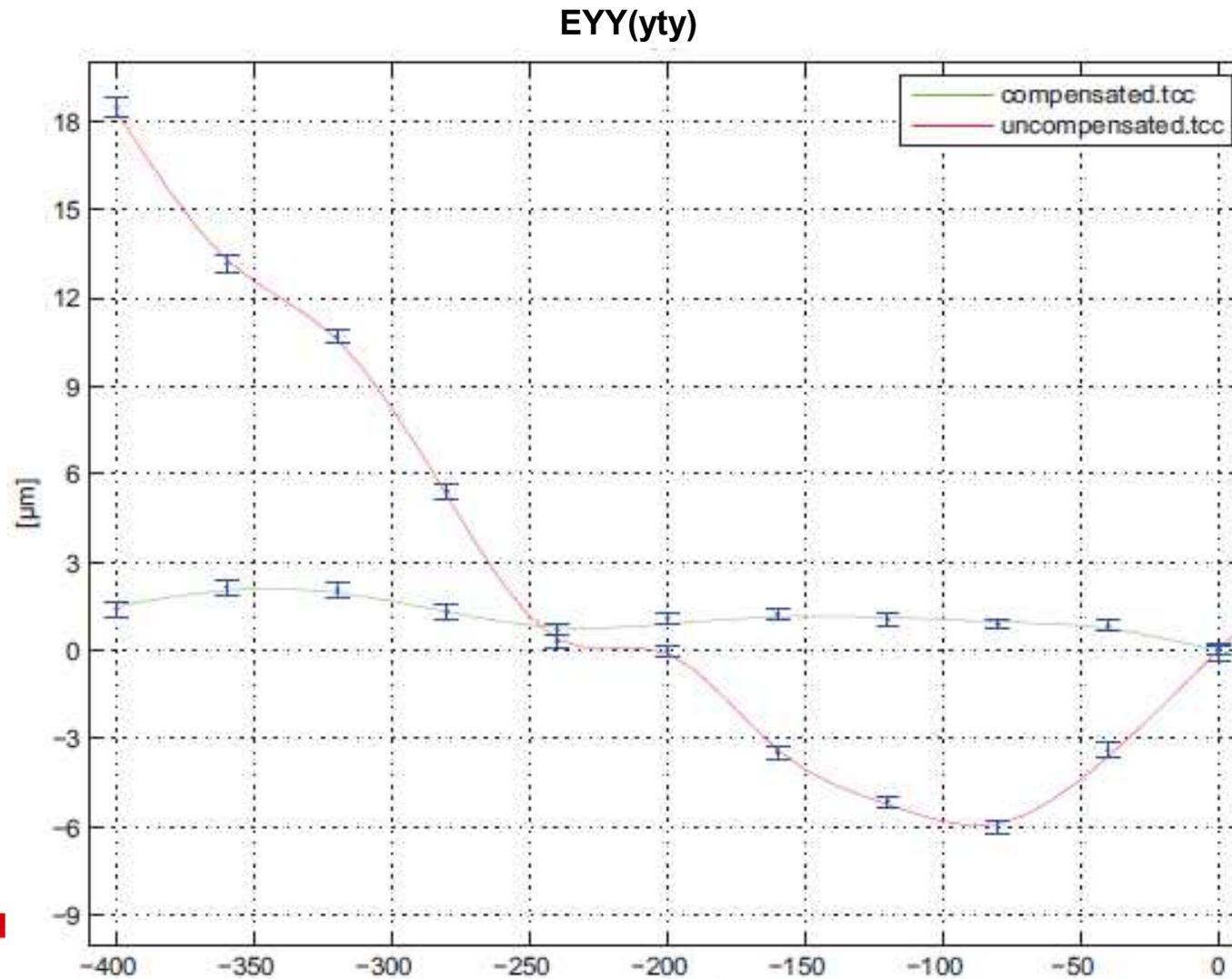
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



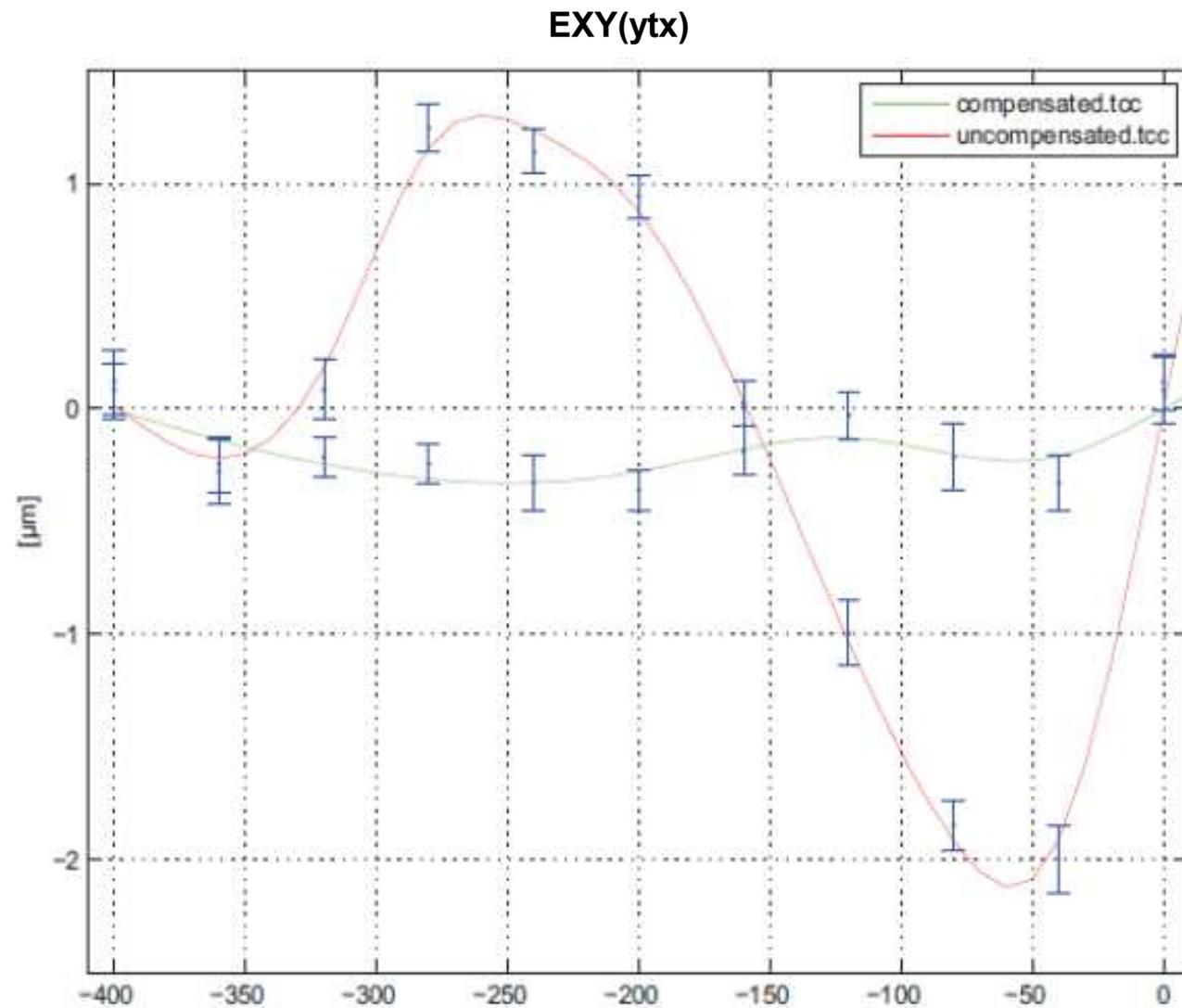
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



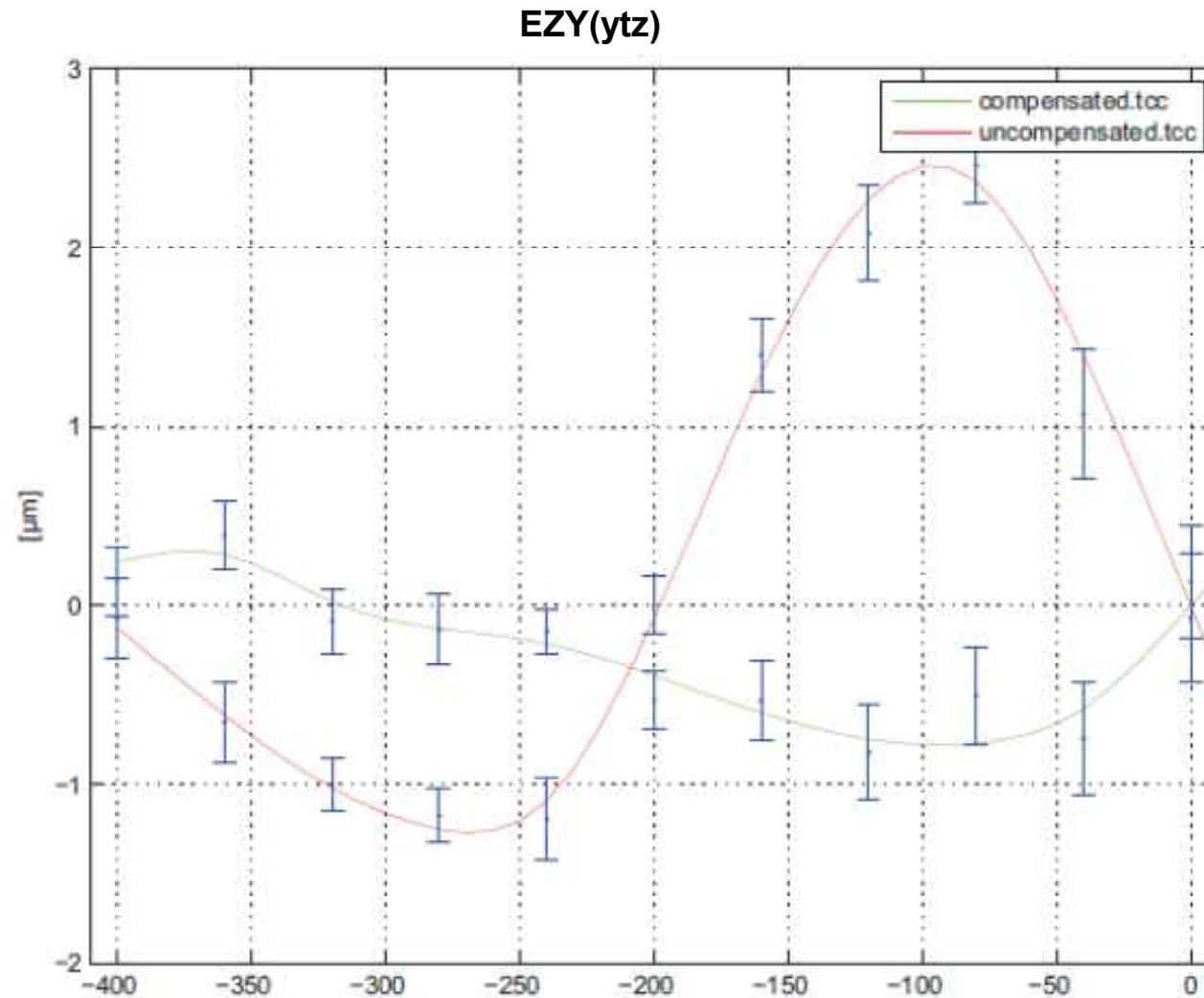
# アプリケーション

直動3軸マシンングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



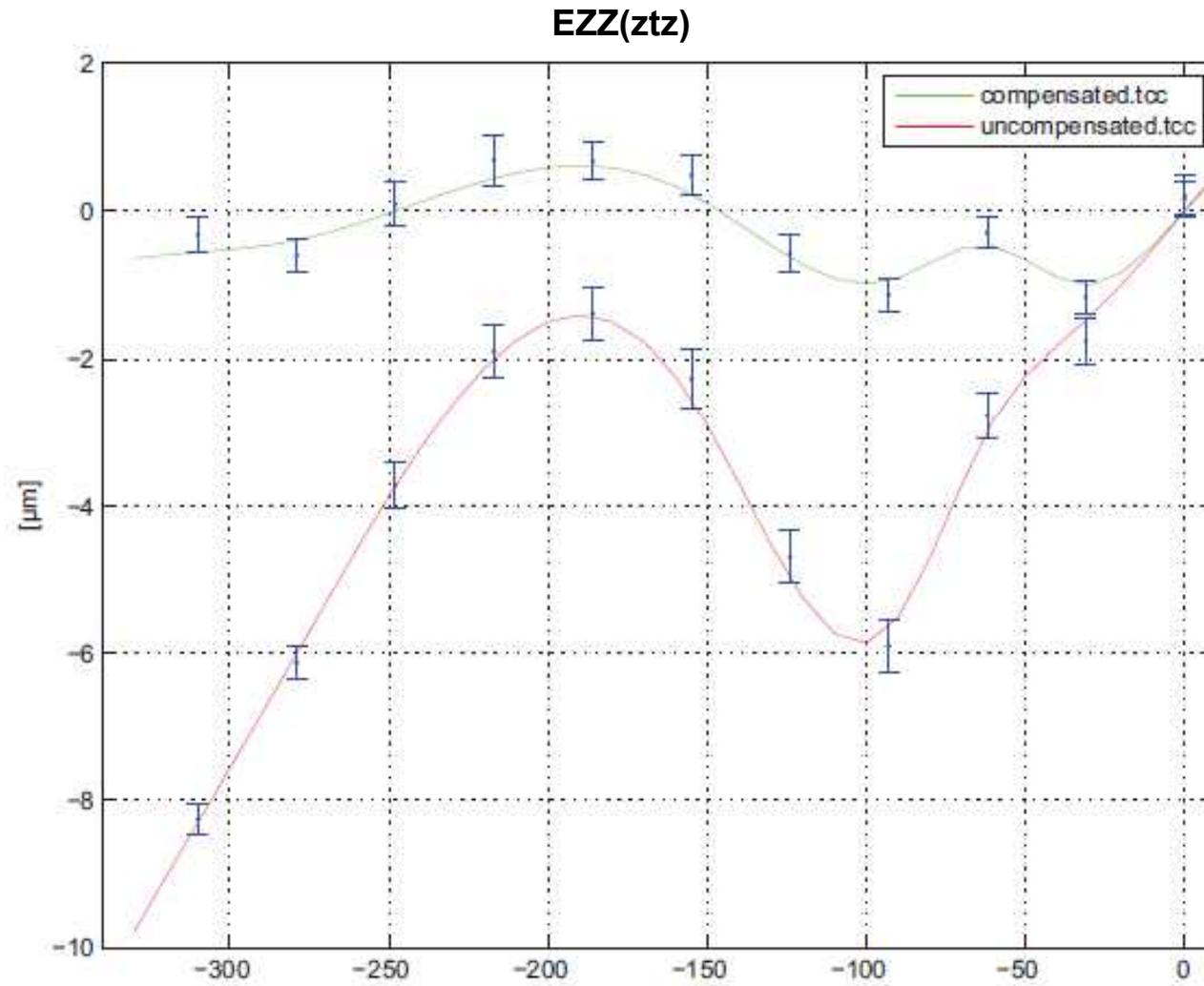
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



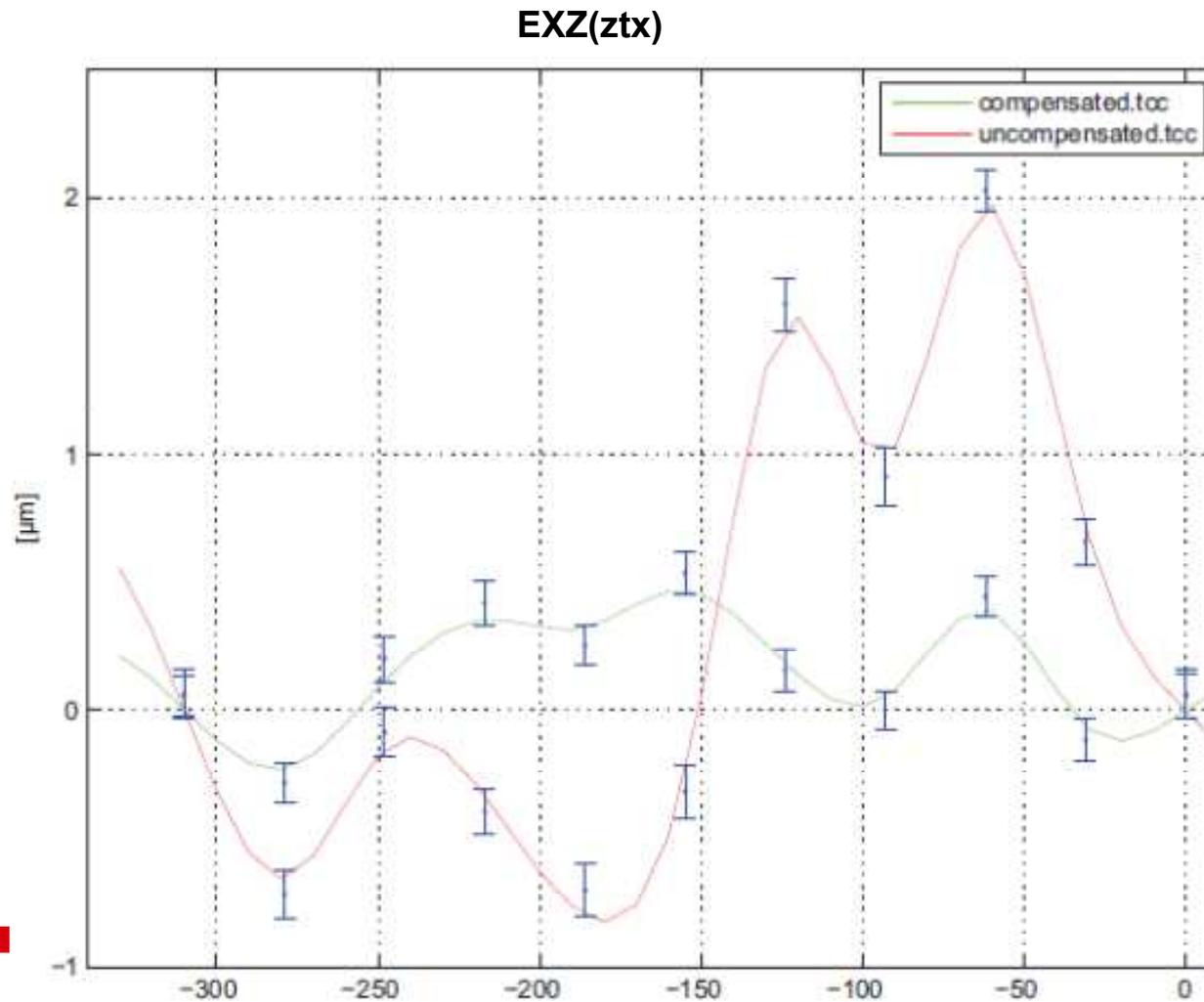
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) — 補正後(緑)



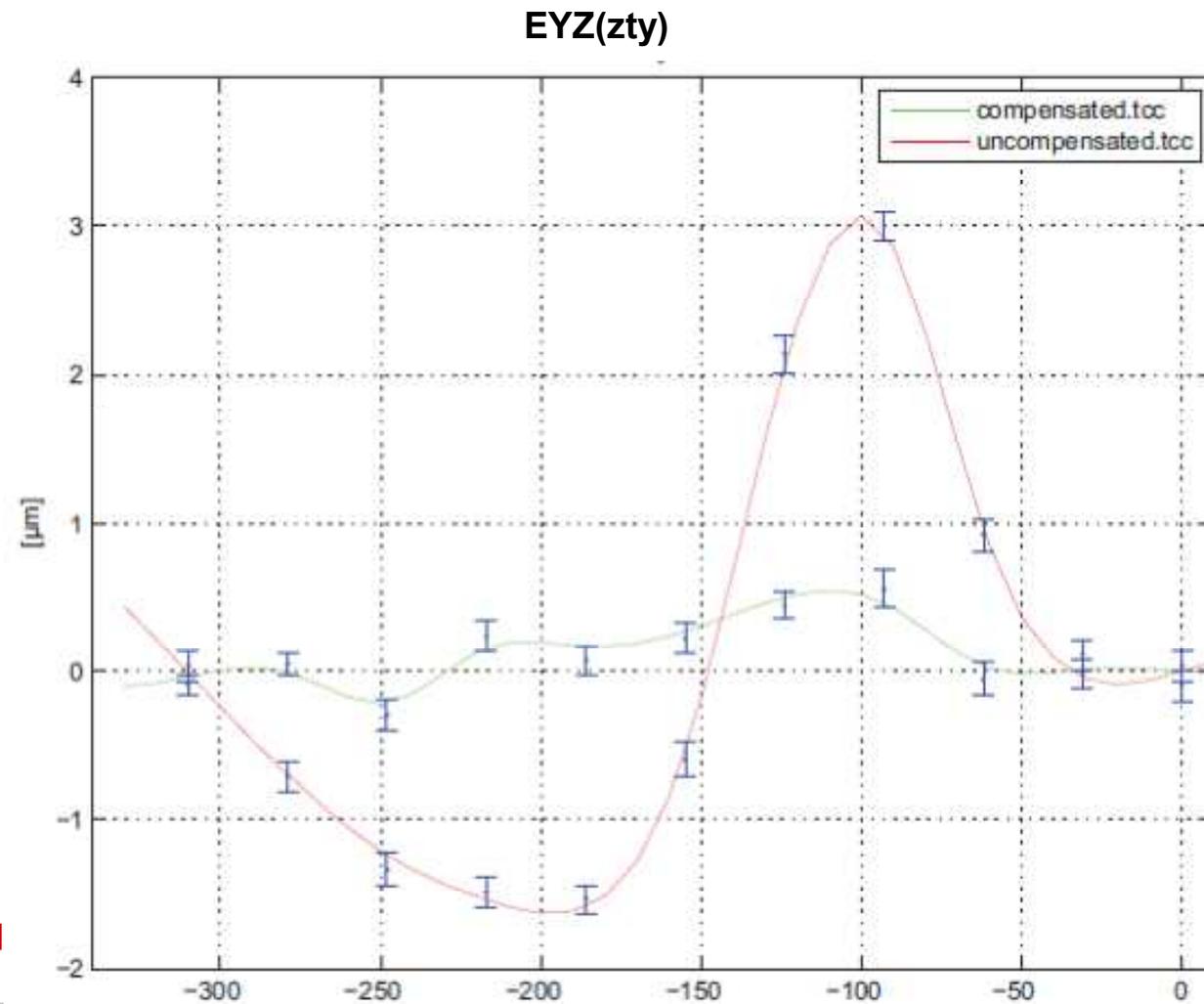
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



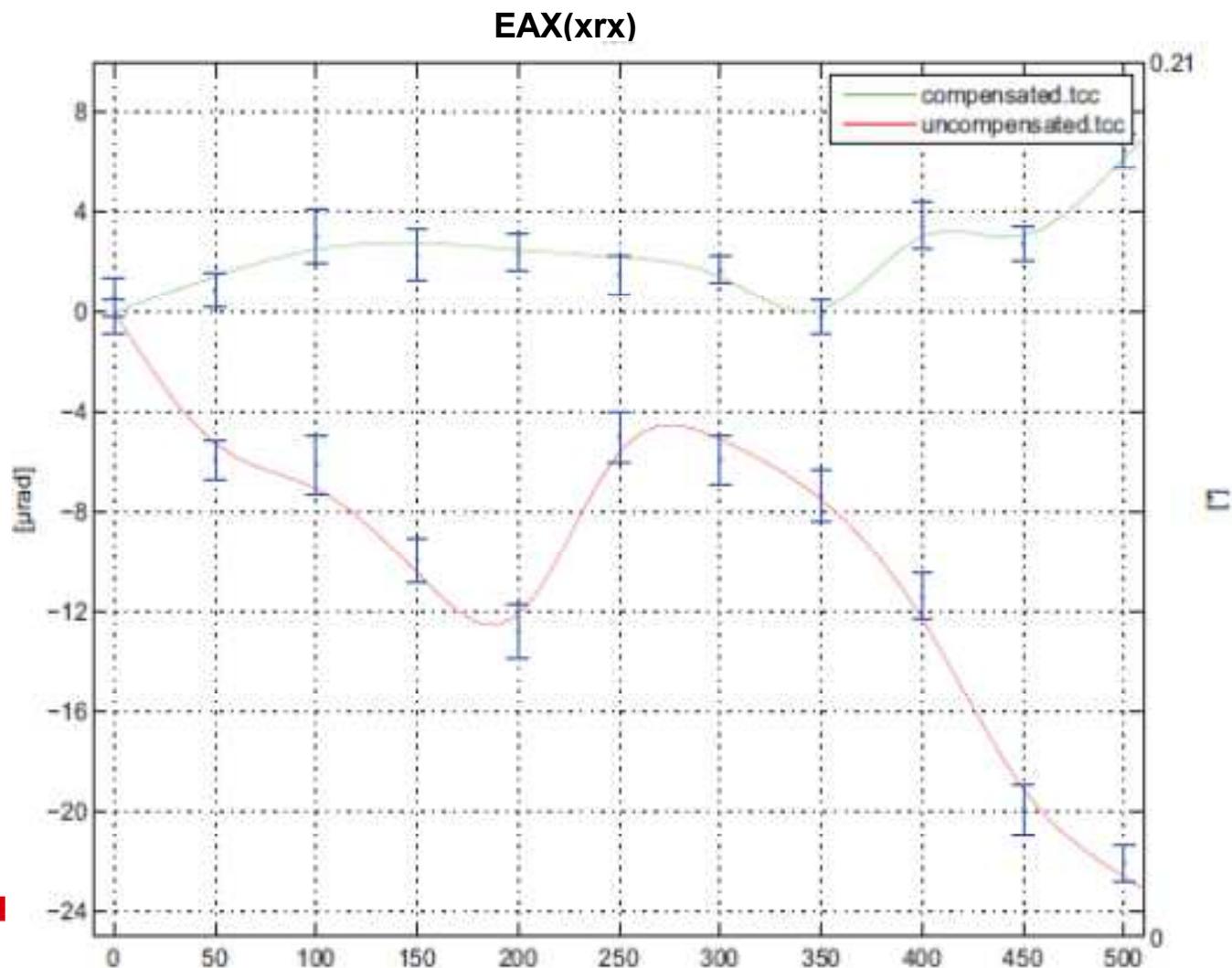
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



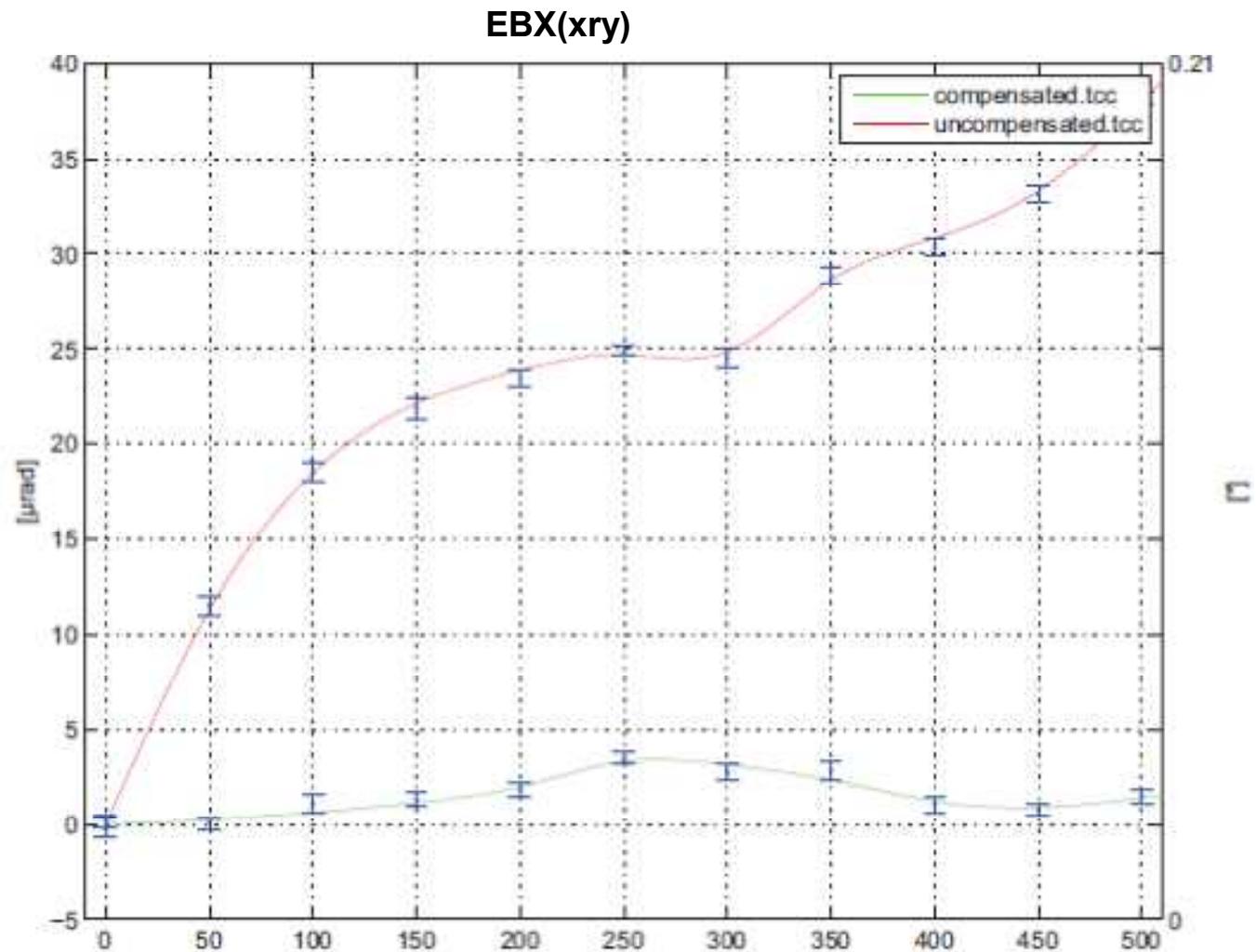
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



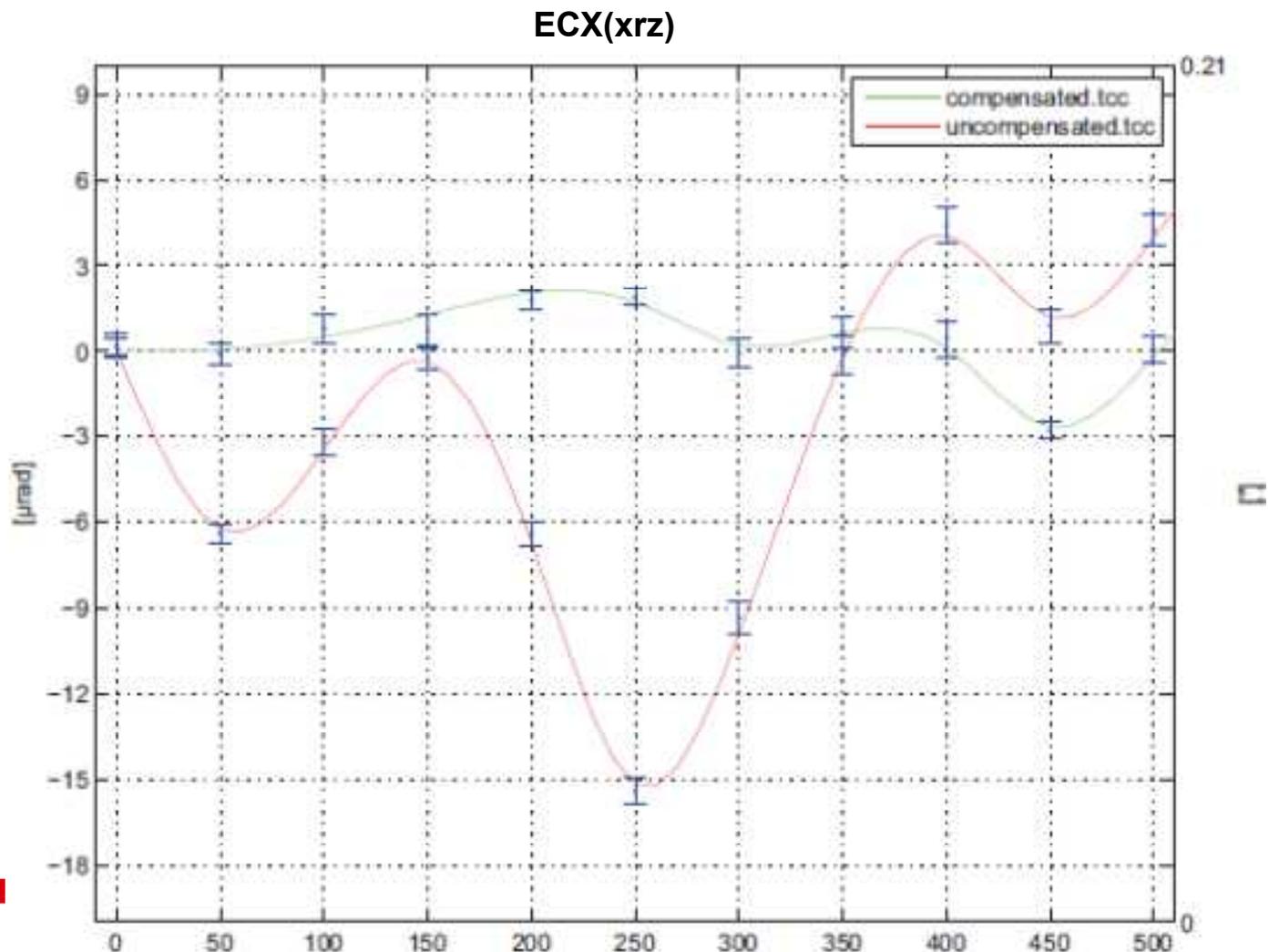
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



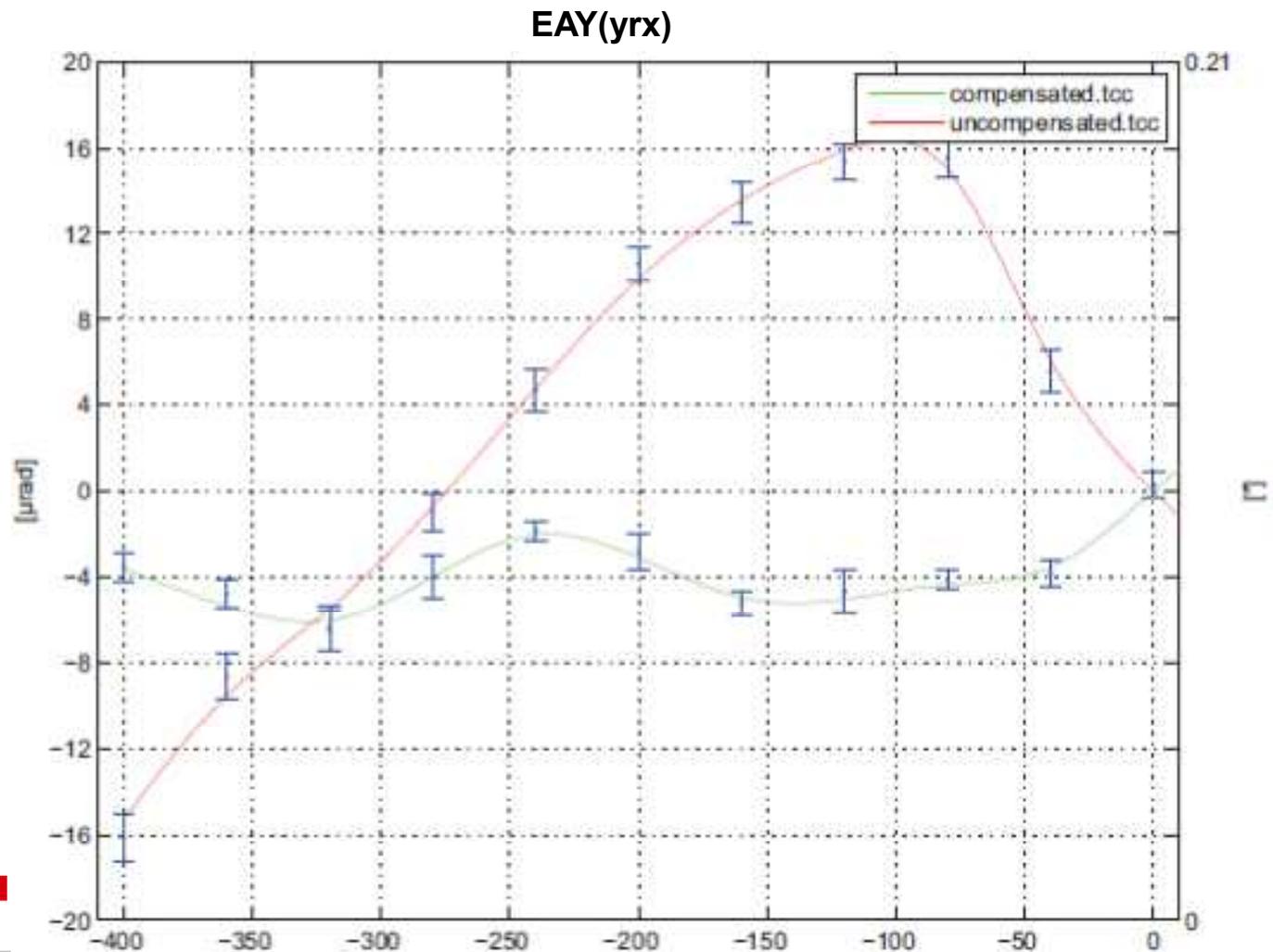
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



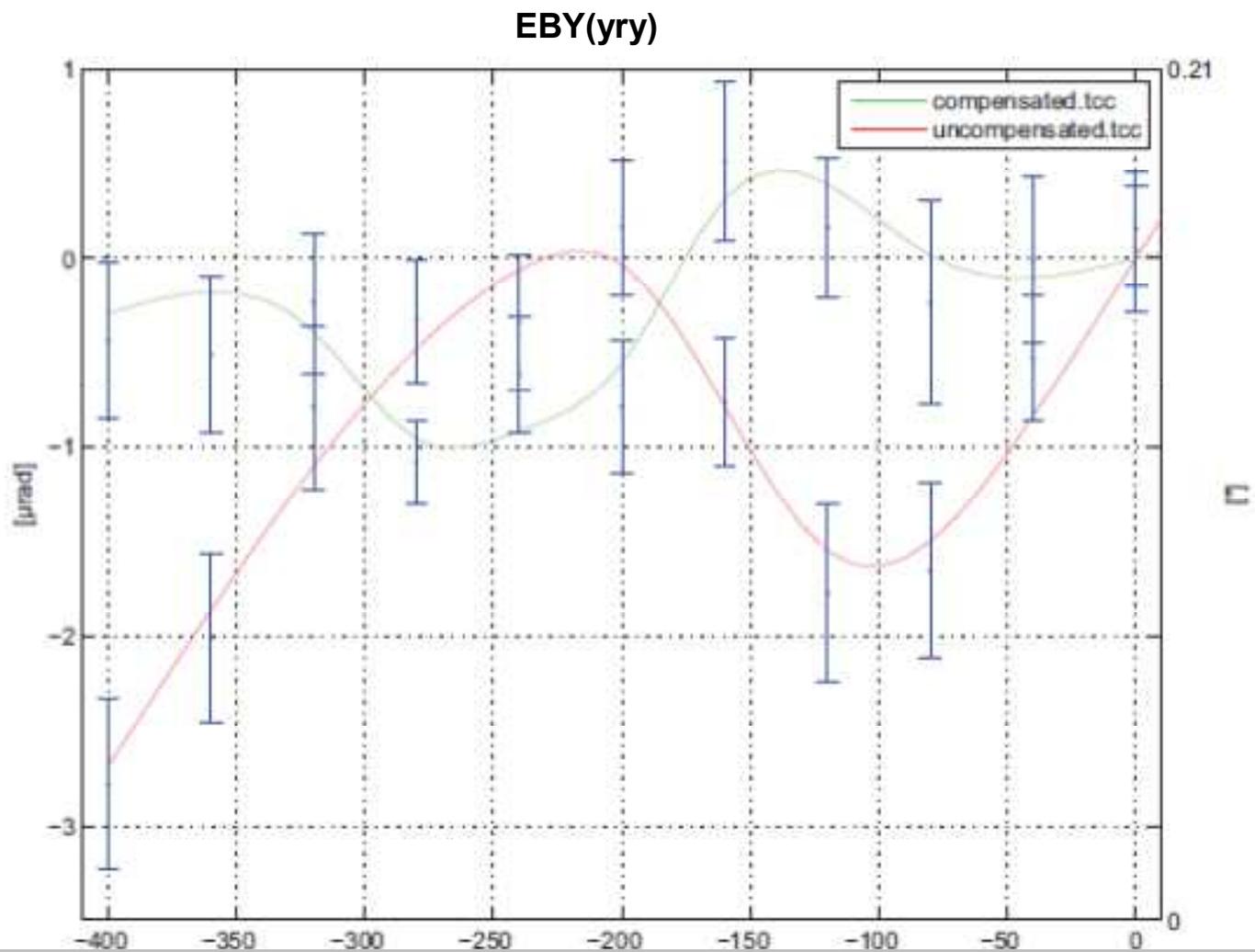
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



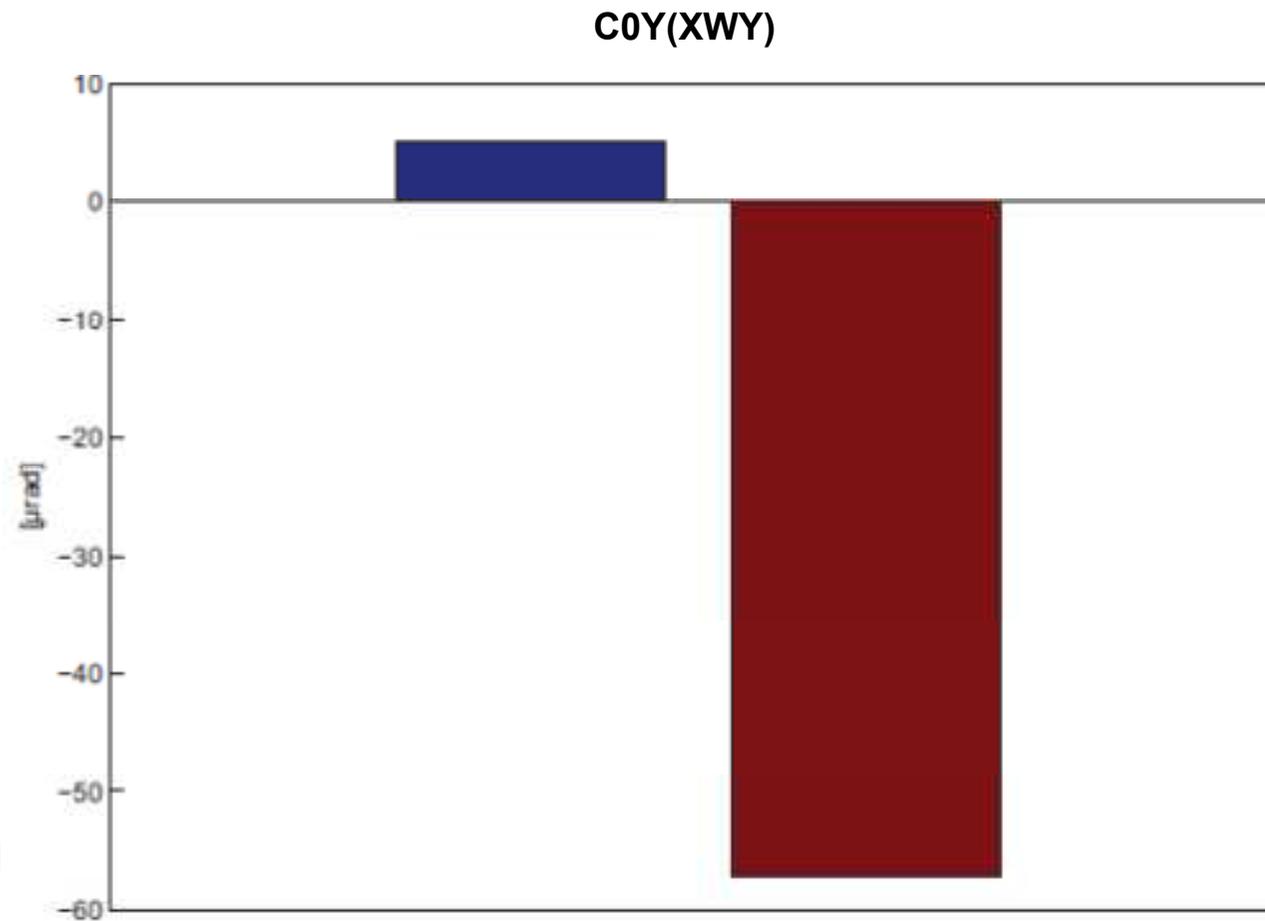
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(緑)



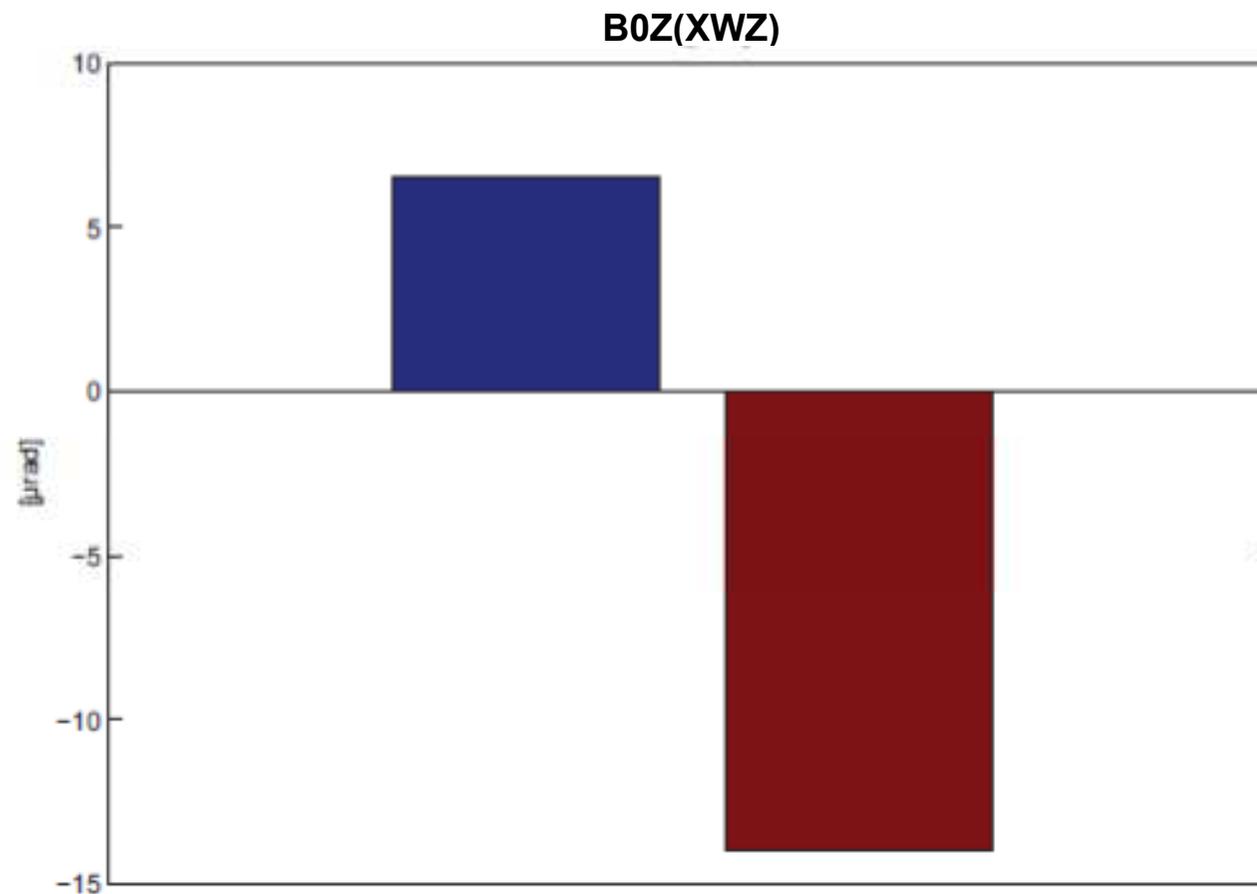
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(青)



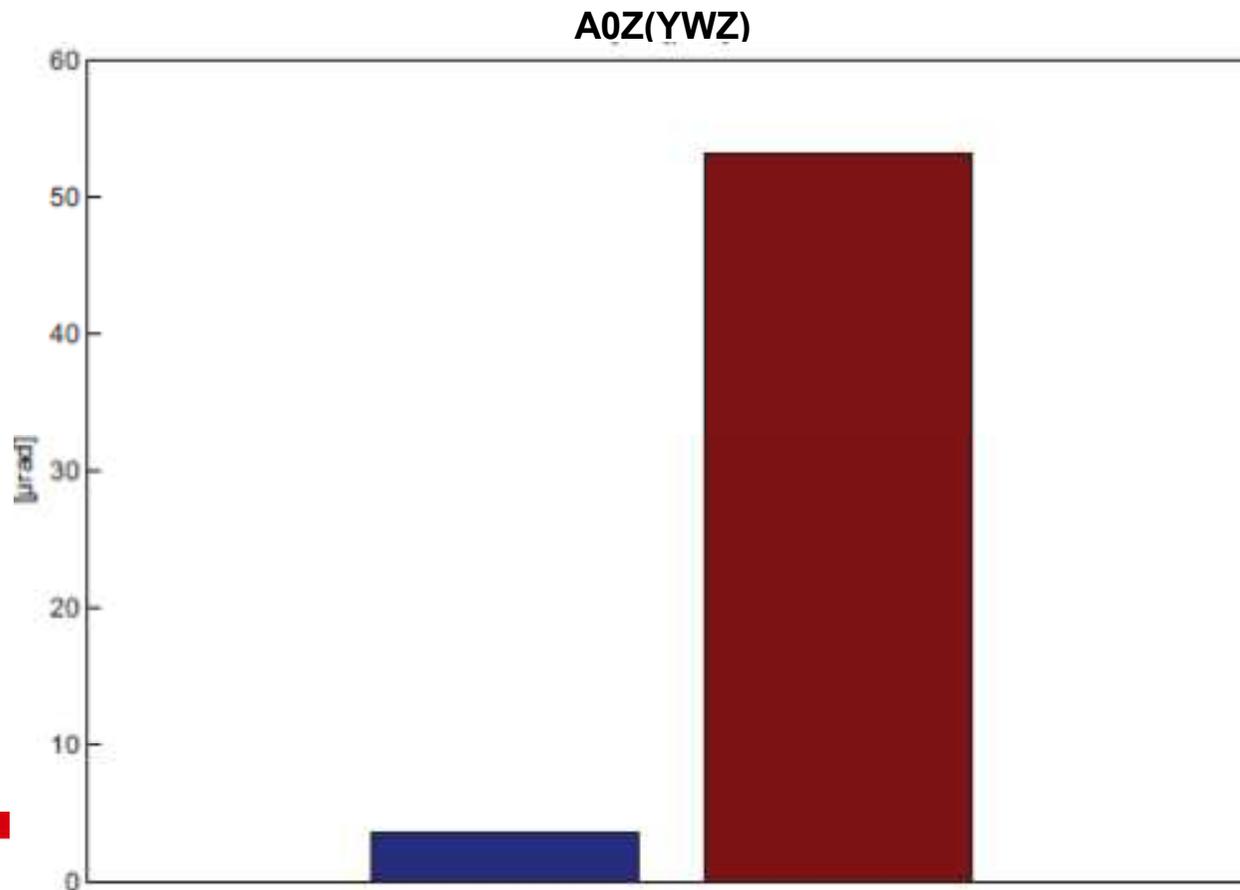
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(青)



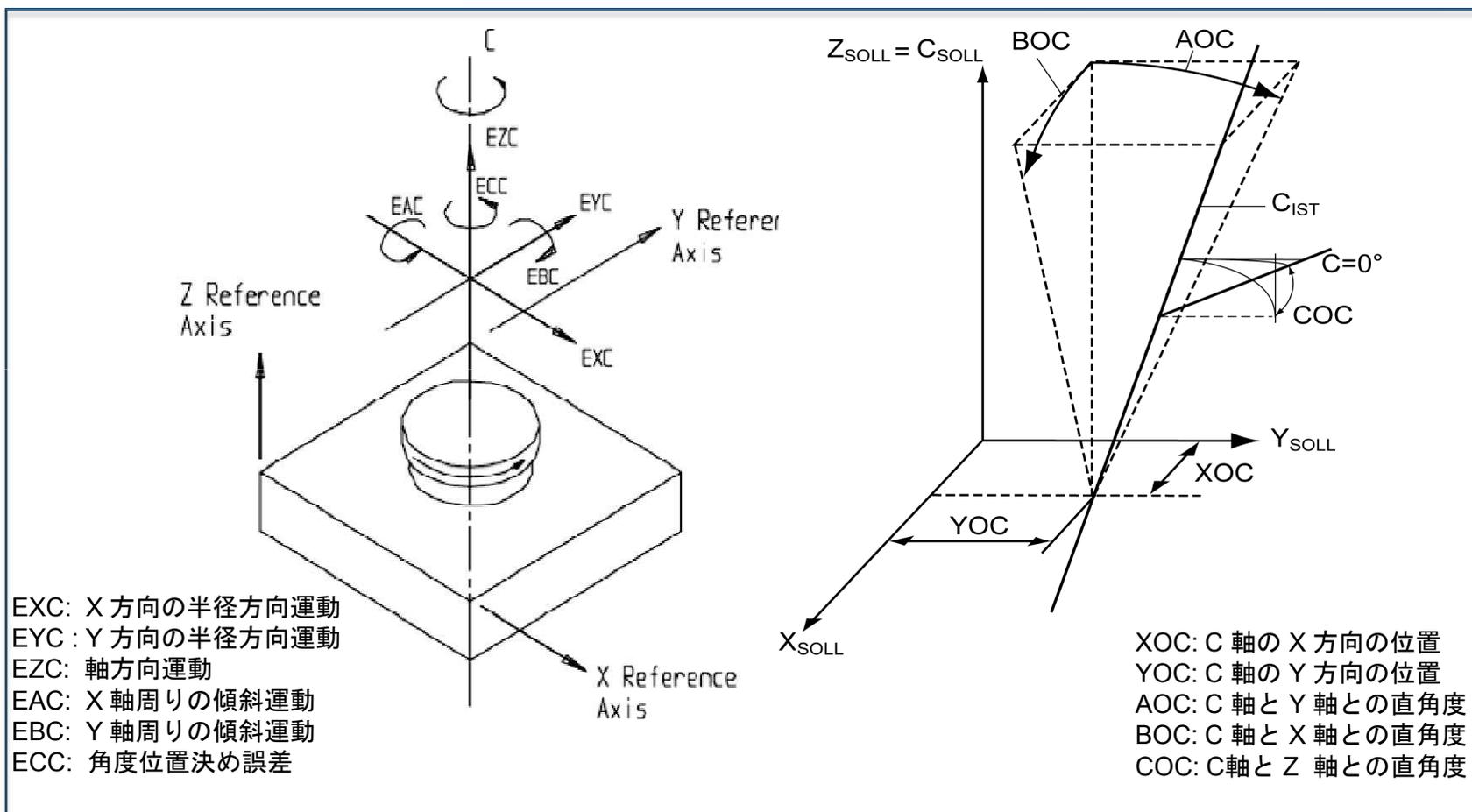
# アプリケーション

直動3軸マシニングセンタ 補正前(赤) - 補正後(青)



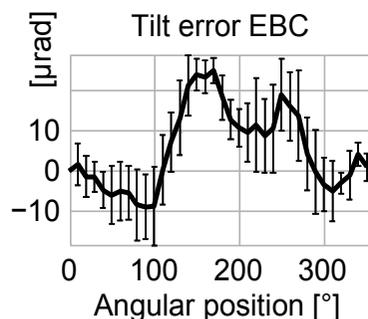
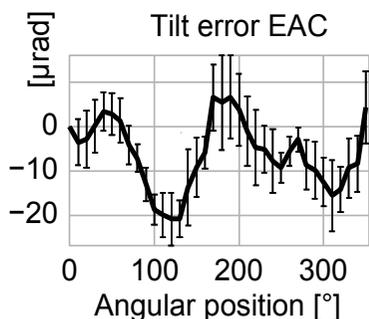
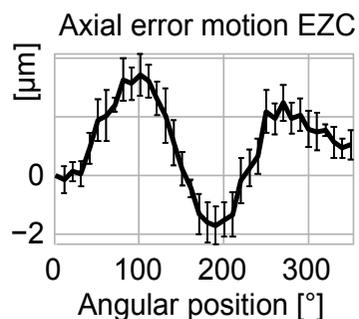
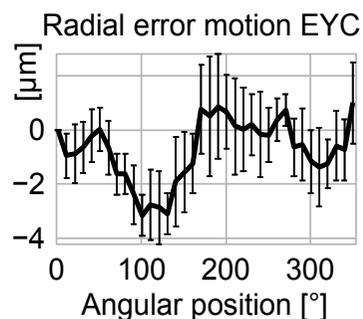
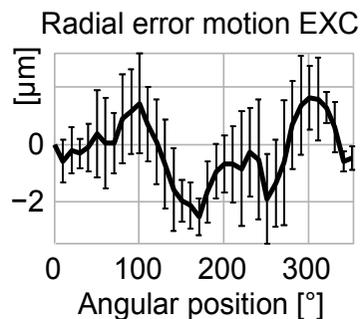
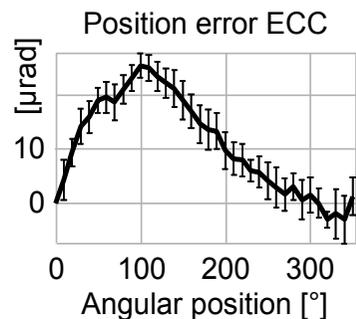
# アプリケーション

## 回転軸: 各軸6要素の誤差運動+5要素の位置誤差 (ISO230-1)



# アプリケーション

## 回転軸の誤差特定



### 誤差特定項目：

- ▷ 角度位置決め
- ▷ 軸方向運動
- ▷ 径方向運動
- ▷ 傾斜運動
- ▷ 位置誤差

### レーザートレーサの干渉測定のみを採用

- ▷ 追加のハードウェア不要
- ▷ 高いアプリケーション
- ▷ 熟練作業不要の簡単操作



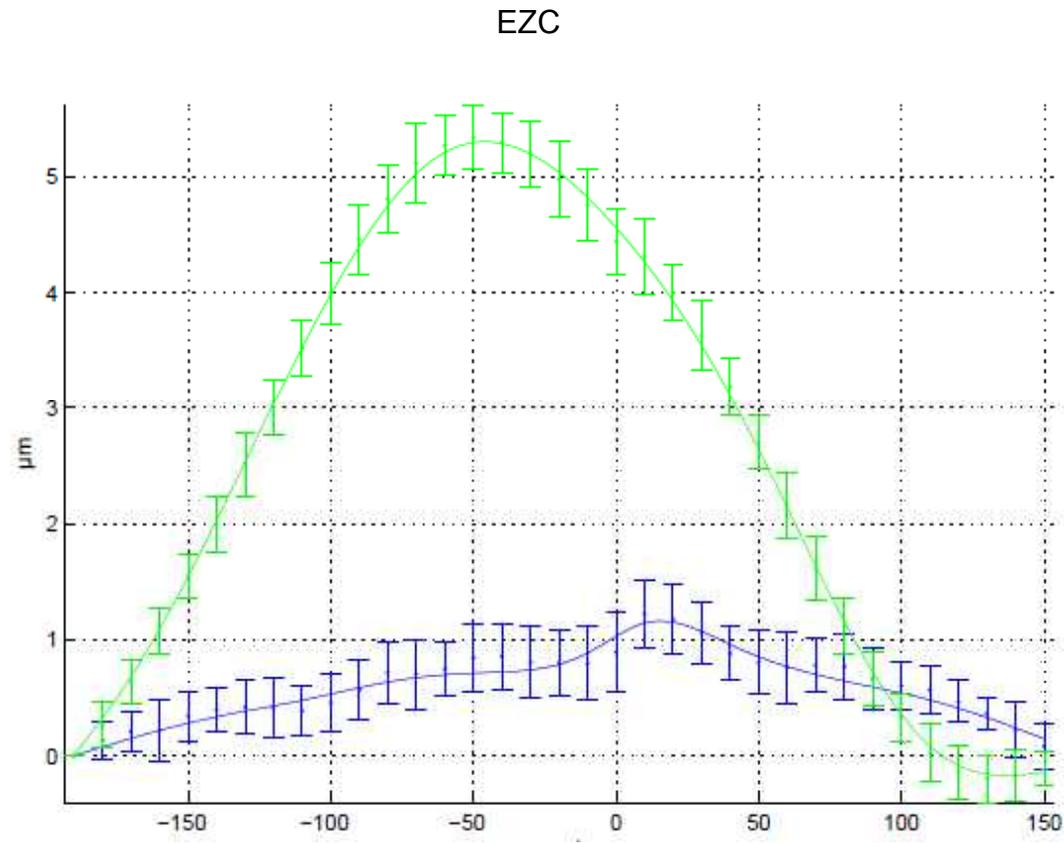
# アプリケーション

## 旋回式工具主轴



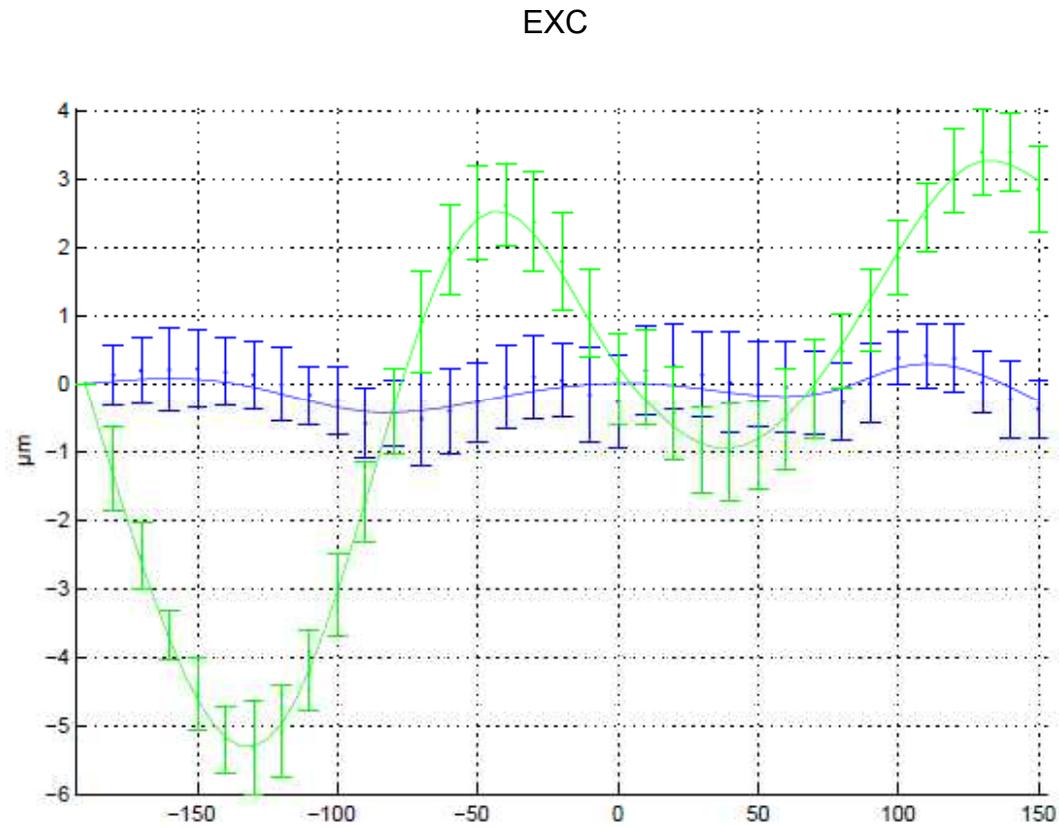
# アプリケーション

旋回式工具主軸 補正前(緑) - 補正後(青)



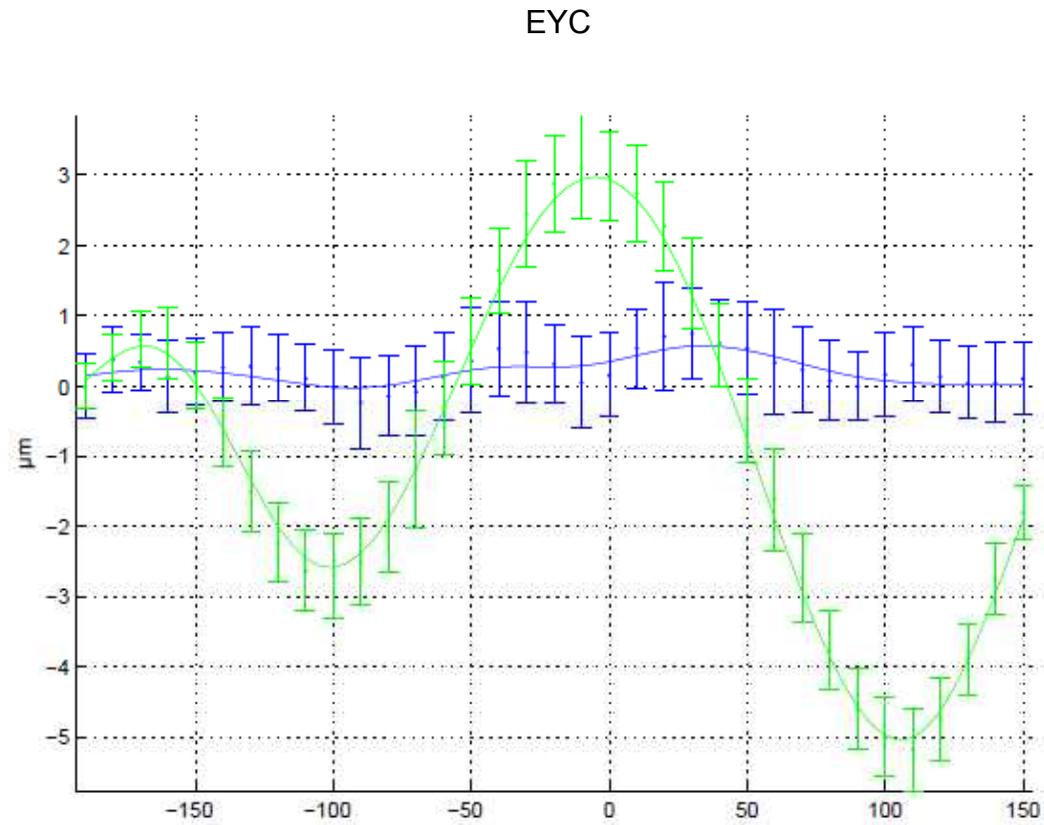
# アプリケーション

旋回式工具主軸 補正前(緑) - 補正後(青)



# アプリケーション

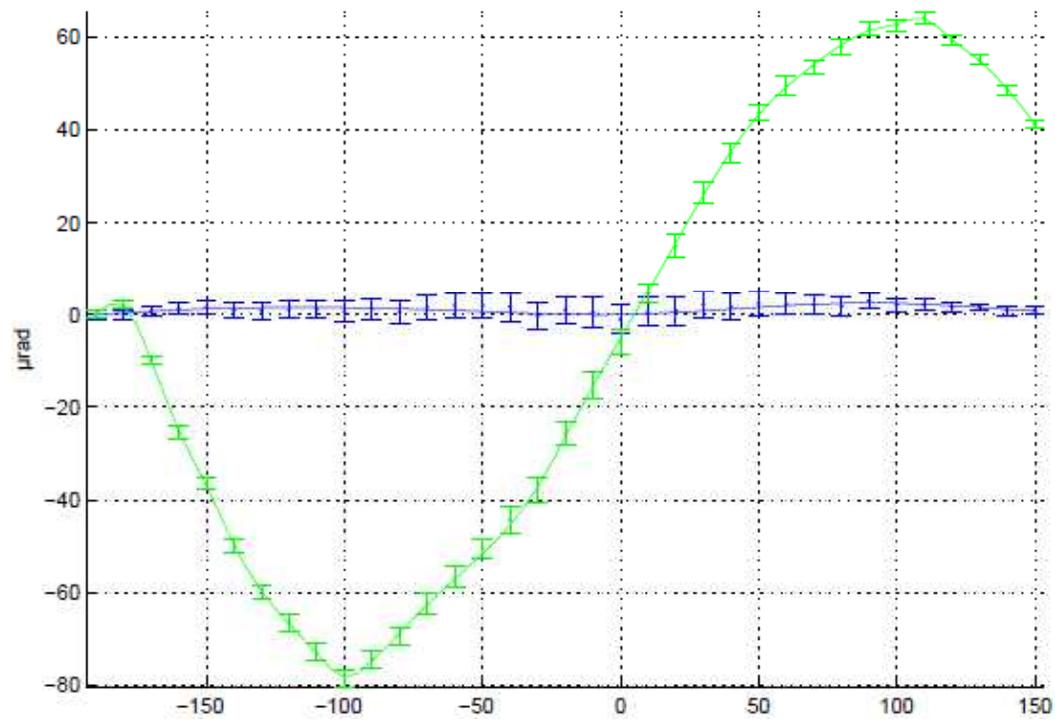
旋回式工具主軸 補正前(緑) - 補正後(青)



# アプリケーション

旋回式工具主軸 補正前(緑) - 補正後(青)

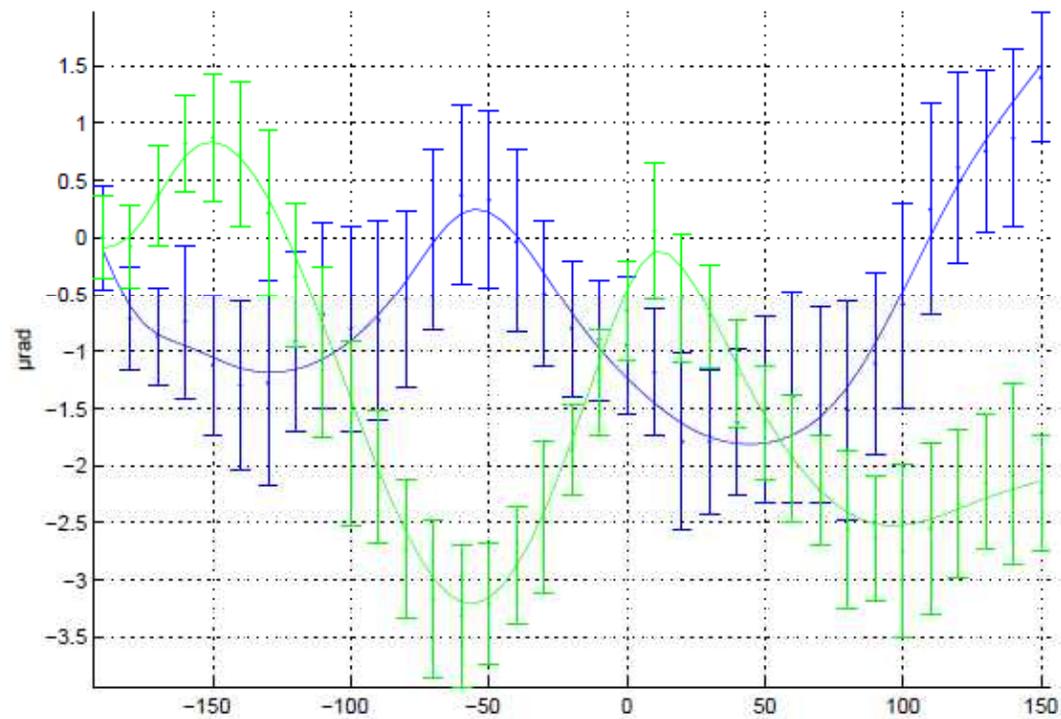
ECC



# アプリケーション

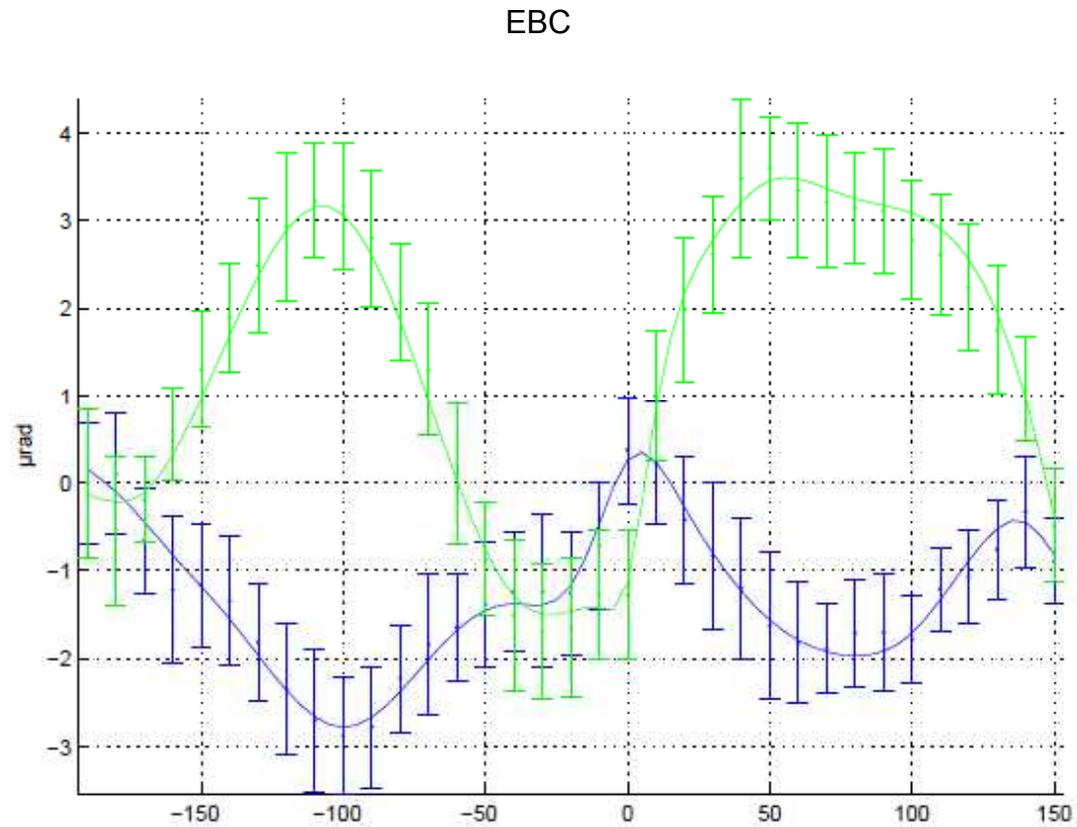
旋回式工具主軸 補正前(緑) - 補正後(青)

EAC



# アプリケーション

旋回式工具主軸 補正前(緑) - 補正後(青)



# アプリケーション

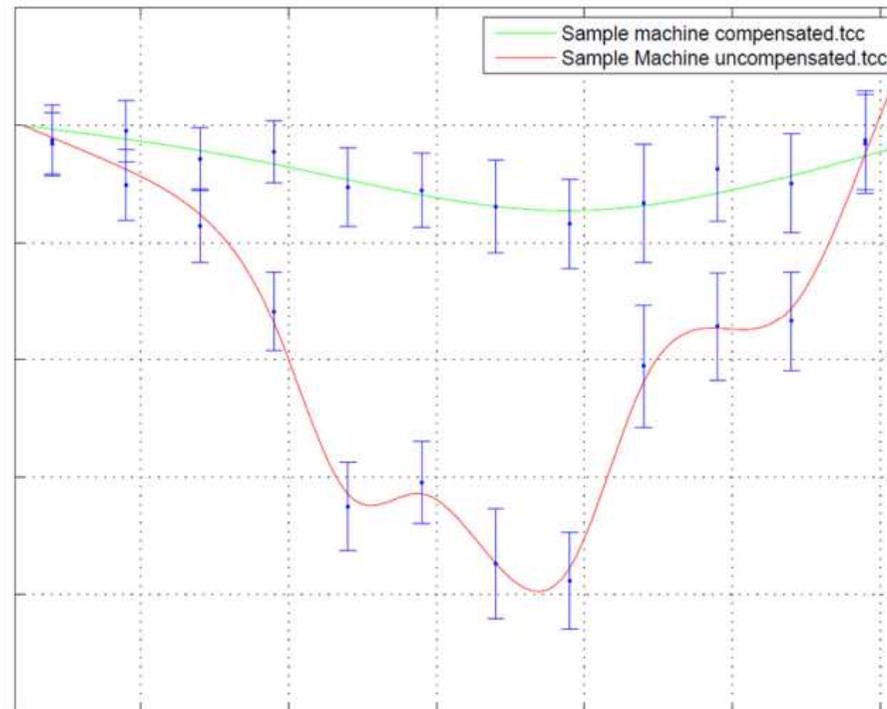
## ワーク傾斜軸



# アプリケーション

ワーク傾斜軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

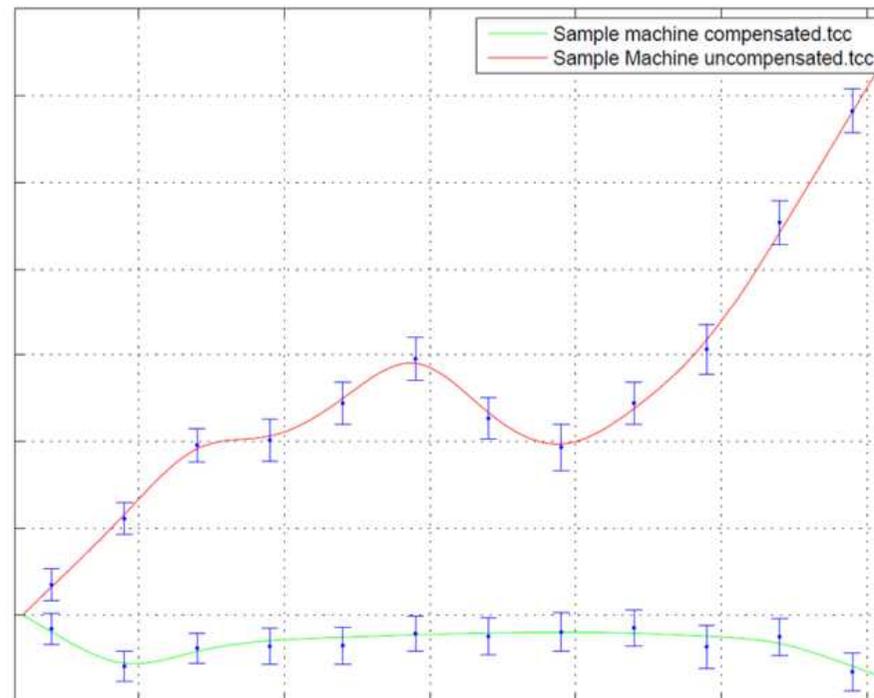
EAA



# アプリケーション

ワーク傾斜軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

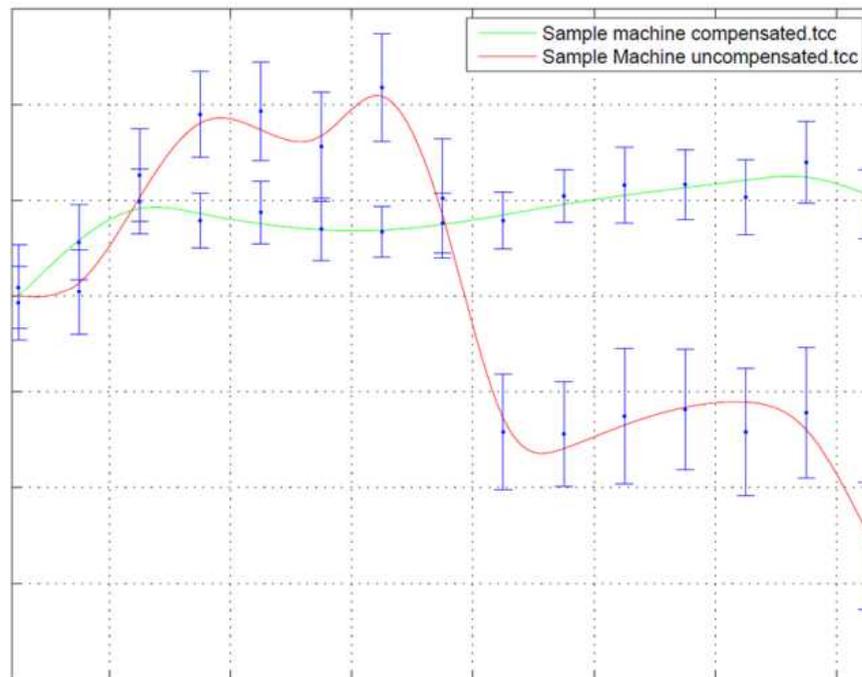
EXA



# アプリケーション

ワーク傾斜軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

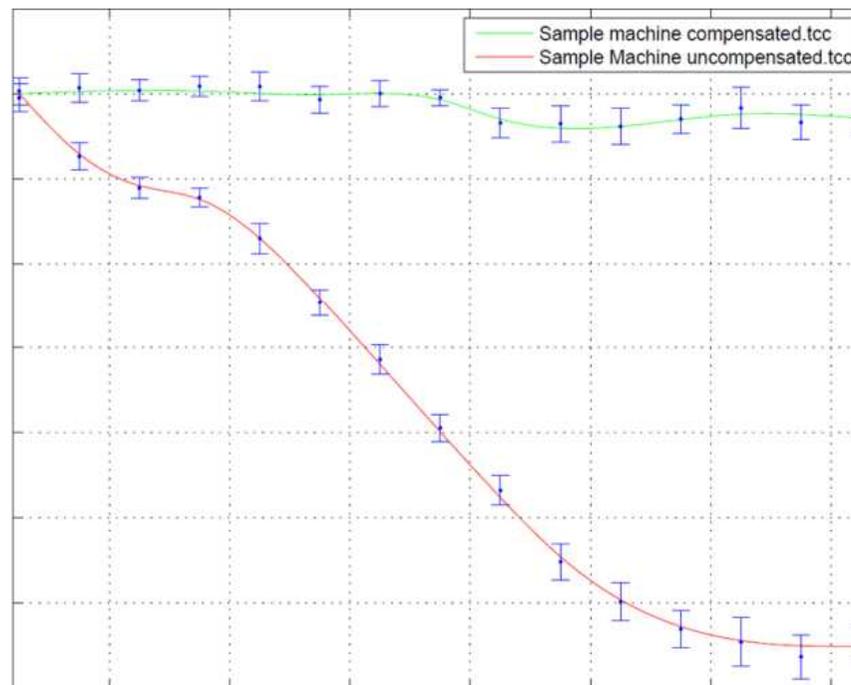
EBA



# アプリケーション

ワーク傾斜軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

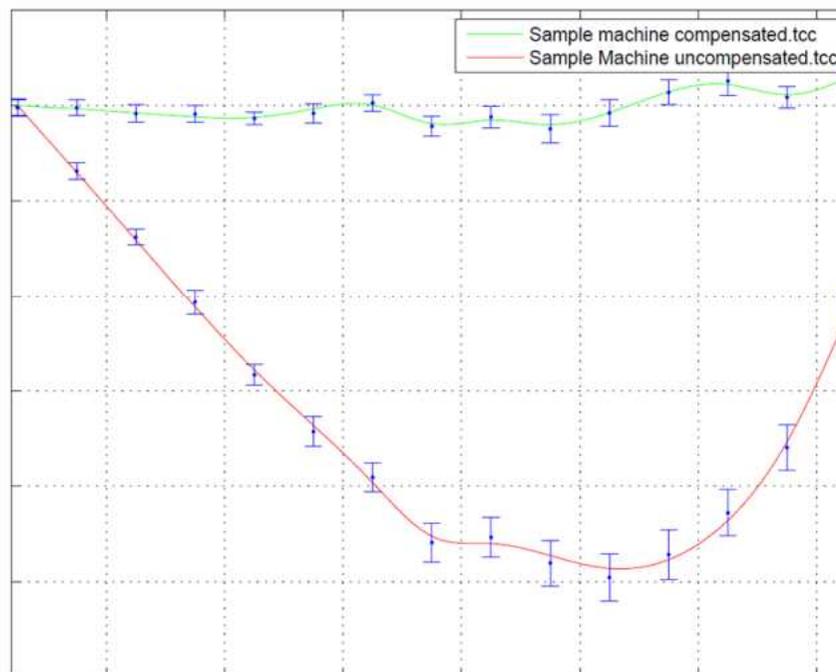
EYA



# アプリケーション

ワーク傾斜軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

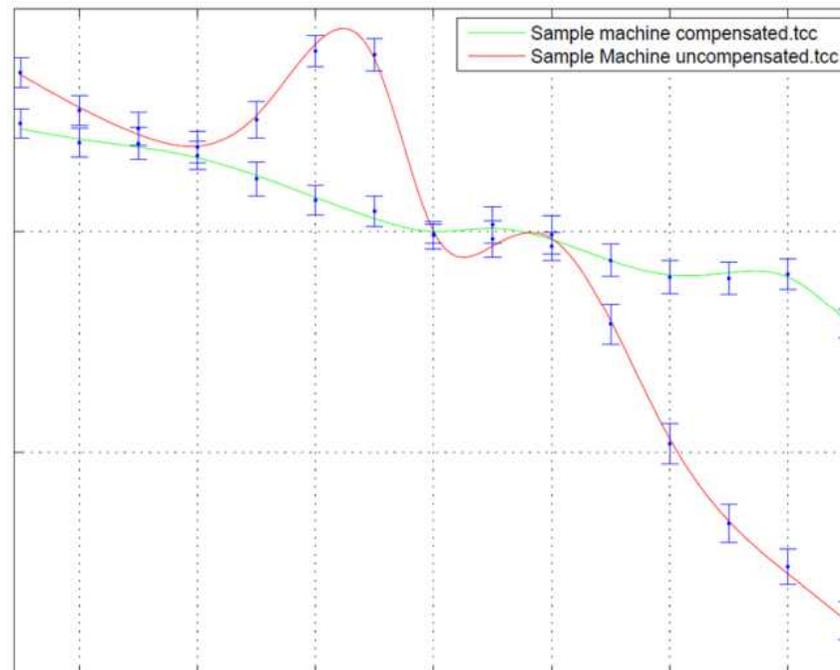
EZA



# アプリケーション

ワーク傾斜軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

ECA



# アプリケーション

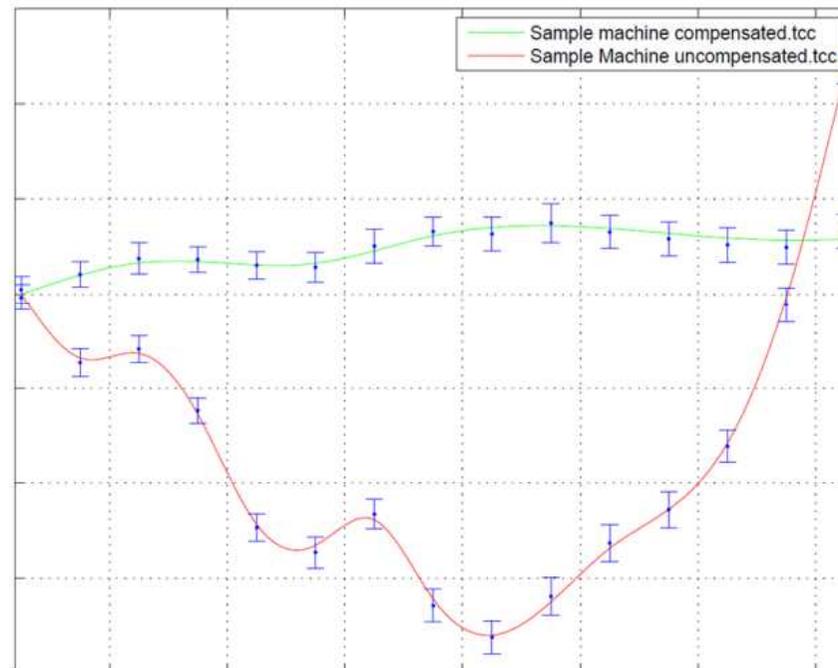
## ワーク回転軸



# アプリケーション

ワーク回転軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

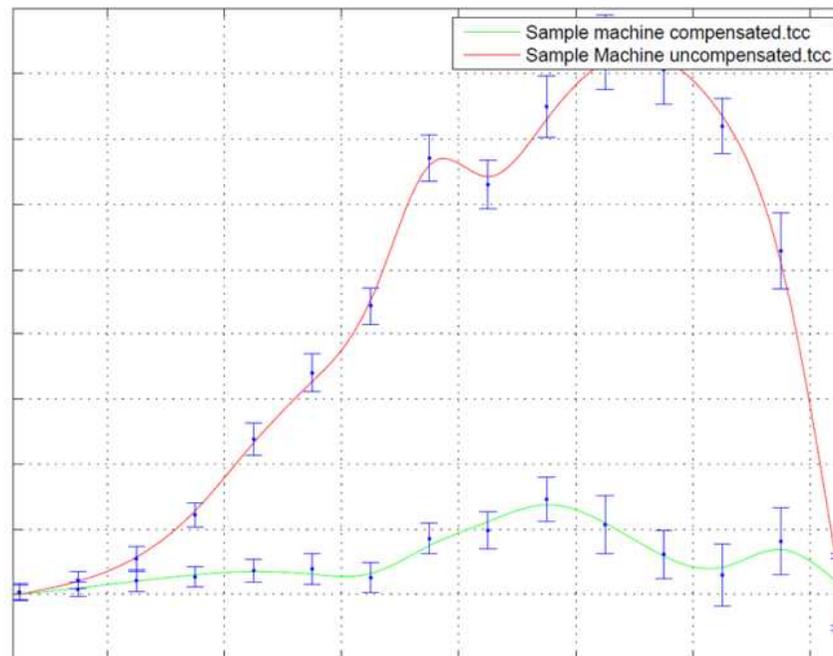
ECC



# アプリケーション

ワーク回転軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

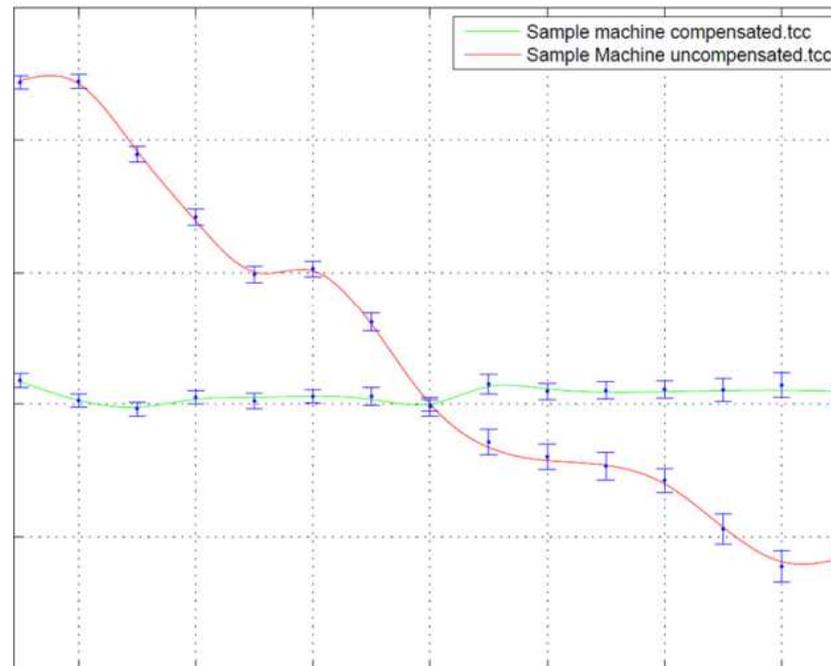
EZC



# アプリケーション

ワーク回転軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

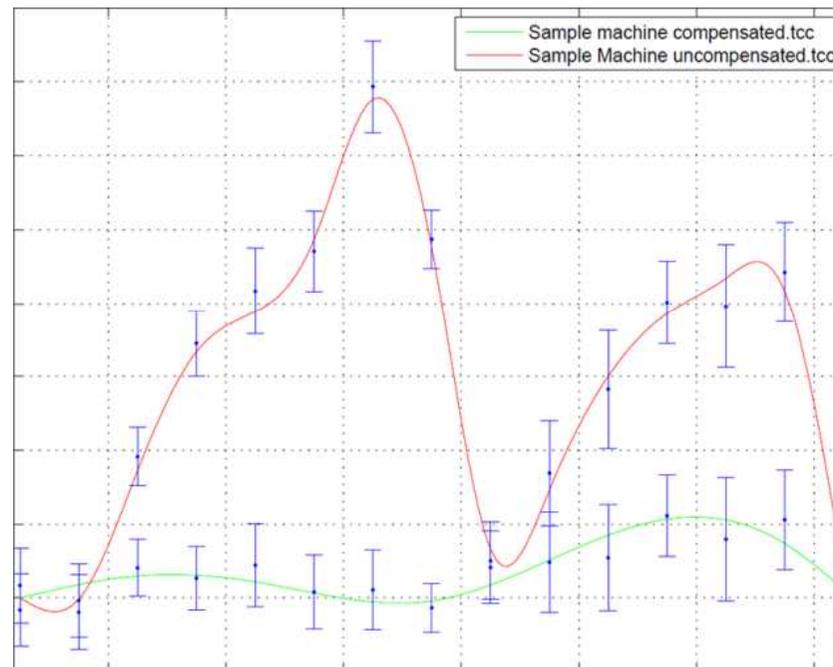
EAC



# アプリケーション

ワーク回転軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

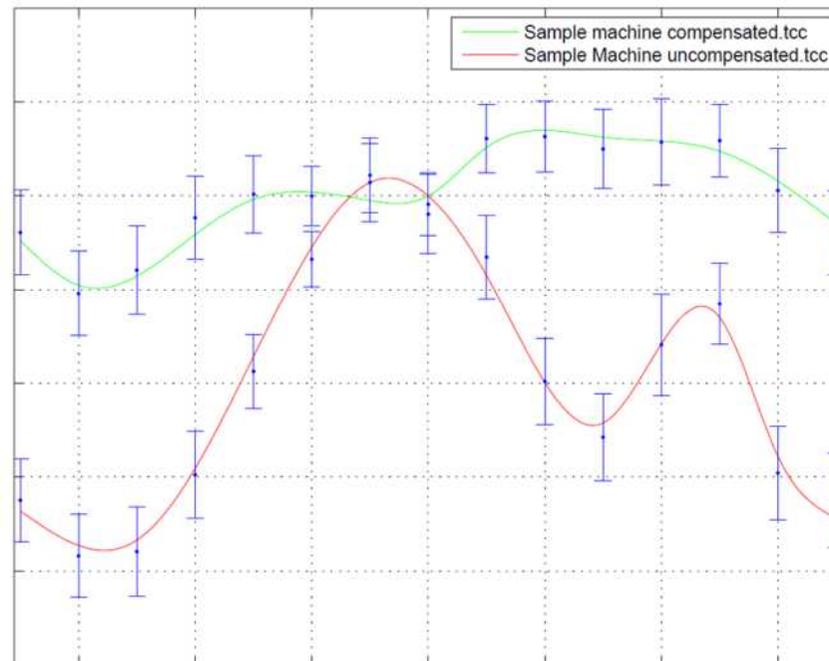
EXC



# アプリケーション

ワーク回転軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

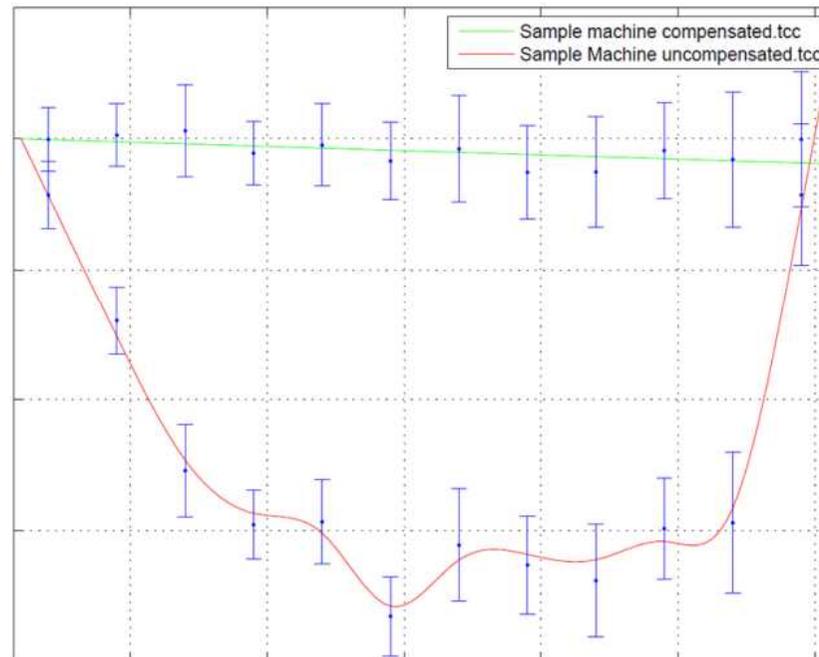
EYC



# アプリケーション

ワーク回転軸 補正前(赤) - 補正後(緑)

EBC





**あなたの機械  
エタロンしてますか？**

重電、航空、自動車の業界で空間補正の採用が広がっています。

— 特徴 —

- 一軸二直線のピッチ補正に比べ、空間補正は二次元的な誤差を60〜80%改善
- 三次元測定機で利用されている空間補正を工作機械に活用
- 加工精度の向上により、追加工の必要性を軽減
- ワーク機上測定精度の改善



[www.etalon-ag.com](http://www.etalon-ag.com)



[www.ykt.co.jp](http://www.ykt.co.jp)