

3つの変位計を用いたNC工作機械の運動精度測定装置の試作

工学部 機械工学科 精密工学研究室

学生F(B4)

学生G(B4)

(指導教員:井原)

研究目的

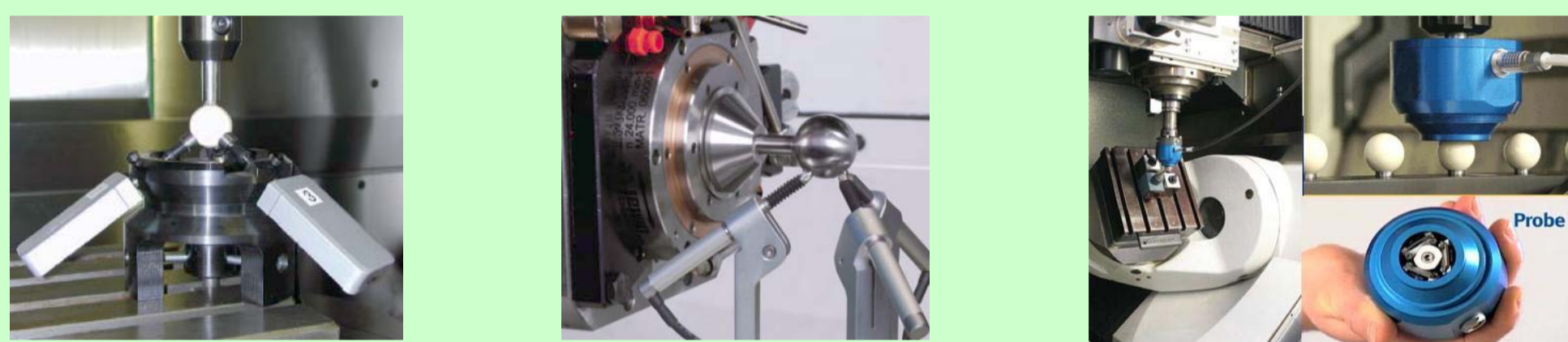
5軸制御マシニングセンタの回転軸の運動精度を測定するために、3つの変位計を組み合わせてマスターボールの中心位置を測定する装置が考案されている。この測定装置を製作することは原理的に難しくないと考えられるが、実際に市場で売られているものは高価である。

本研究ではこの測定装置を設計・製作し、測定精度をよくするためには何が重要かを考えた。

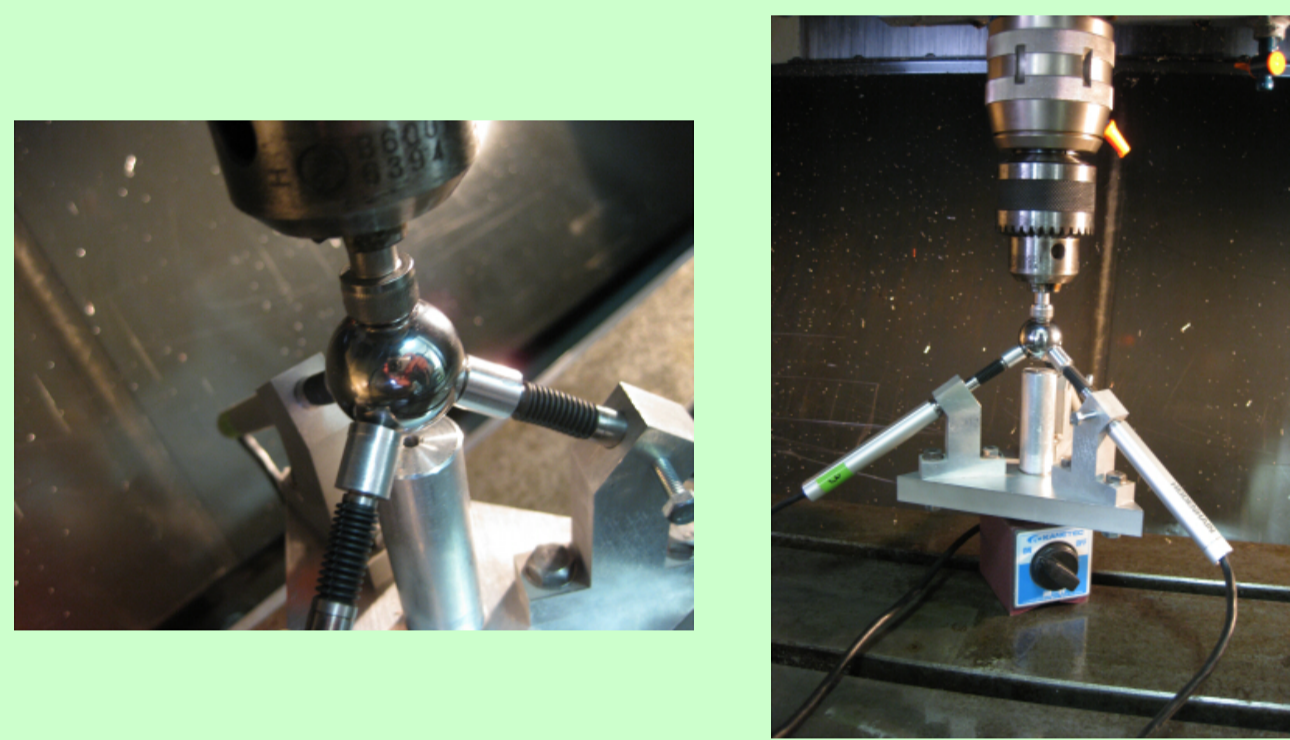
研究内容

R-testとは

- ・スイスのDr.S.Weikertらが考案した、3つの変位計と1個の基準球を用いた精度試験法
- ・変位量を測定し基準球の移動量を算出
- ・ボールバー測定と並んでこれを用いた測定の規格化が議論されている。



試作した測定装置



基準とする工作機械

- ・試作した測定装置の精度を検証するには基準とする工作機械が必要となる。
- ・今回は、最小位置決め設定単位が0.1μmのOKK PCV40 II -GCを測定装置の精度を検証するための基準器とする。

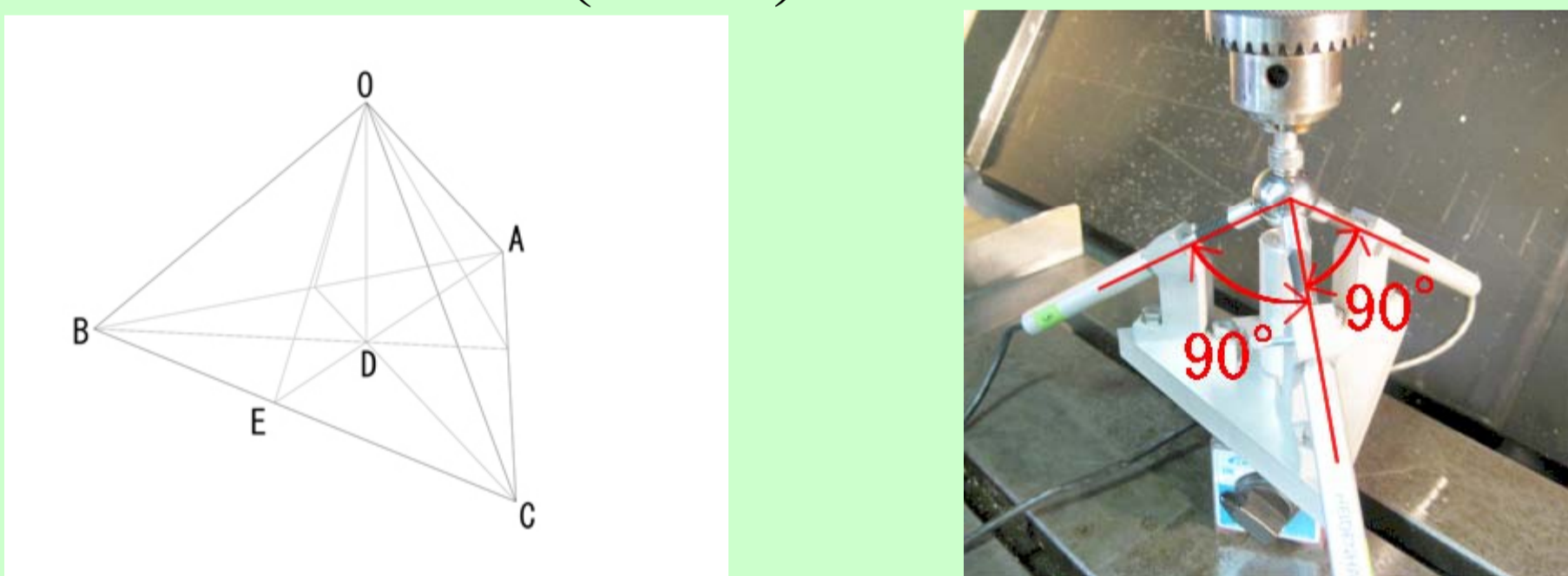


設計方針

- ・基本的に3本の変位計を用い3次元座標に適用することができるが、最初からそれぞれを90°に配置すれば計算の簡略化ができる。
- ・下図より、実験装置の∠AOB=∠BOC=∠COA=90°になる角度∠OAD=∠OBD=∠OCDは

$$\angle OAD = \cos^{-1} AD = \cos^{-1}(AE - DE) = \frac{\sqrt{6}}{2} - \left(\frac{\sqrt{6}}{2} \times \frac{1}{3} \right) = \frac{\sqrt{6}}{3}$$

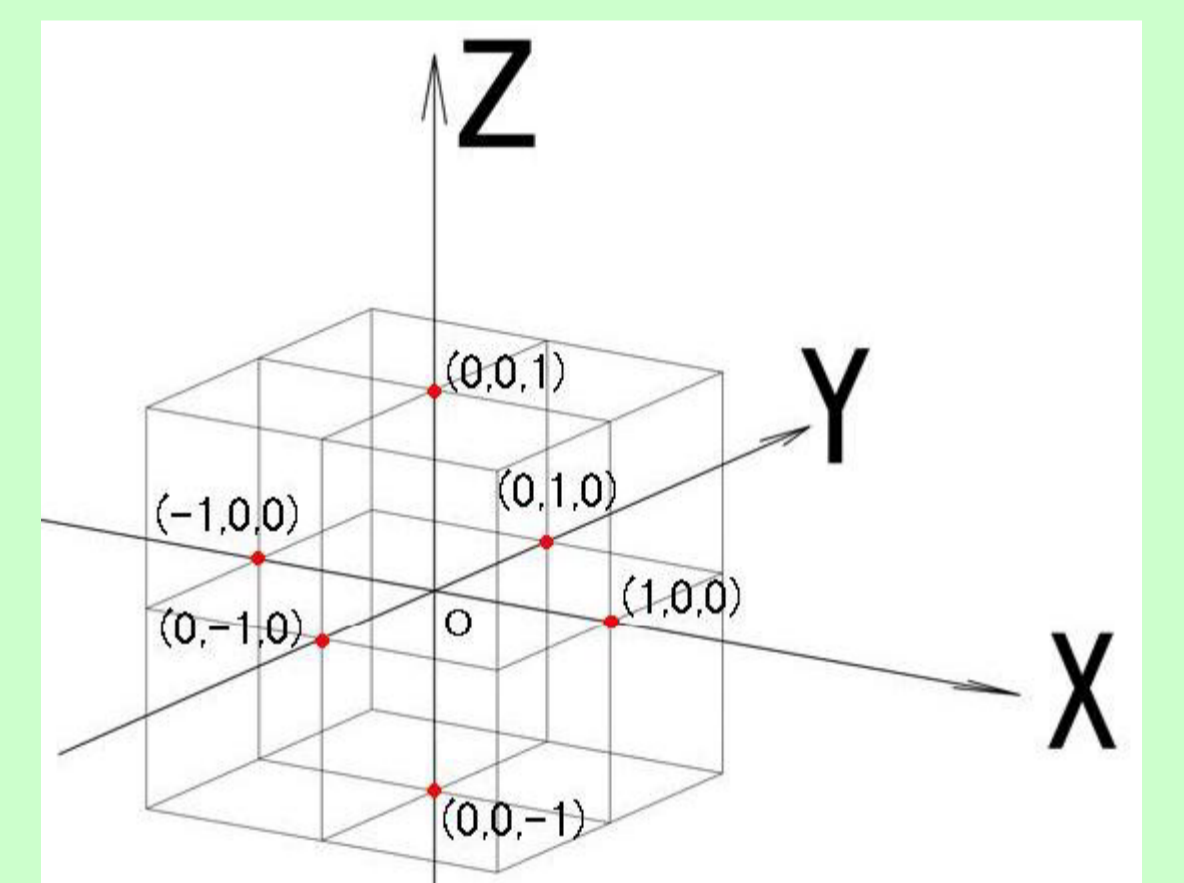
となる。



実験の目的

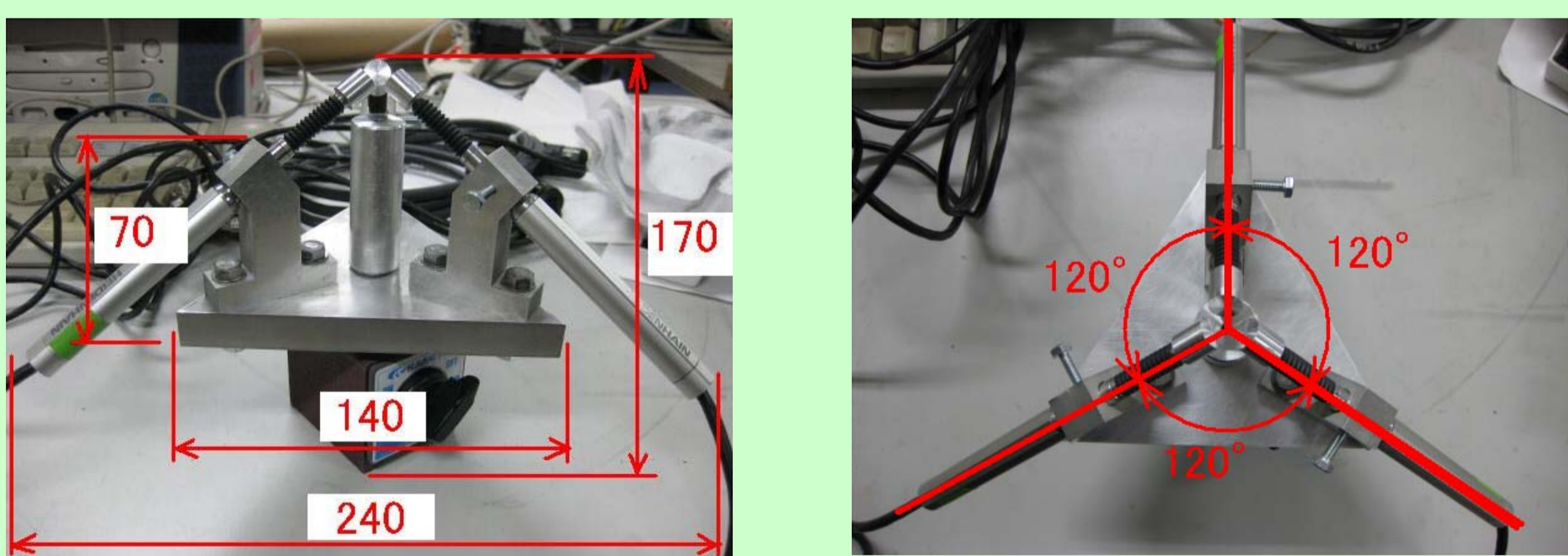
- ・今回実験を行う目的は、測定装置の補正を行うためである。
- ・+x, -x, +y, -y, +z, -z方向に1mm移動させる。測定位置を変えることで、再現性がよければ補正が可能となる。

- ・考えられる誤差の原因
- ・ベースプレートの傾き
- ・先端部品の表面粗さ
- 算術平均粗さ: 1.12μm
- 最大高さ粗さ: 5.79μm
- 十点平均粗さ: 4.04μm
- 設計どおりに製作できていない
- 組み立て誤差



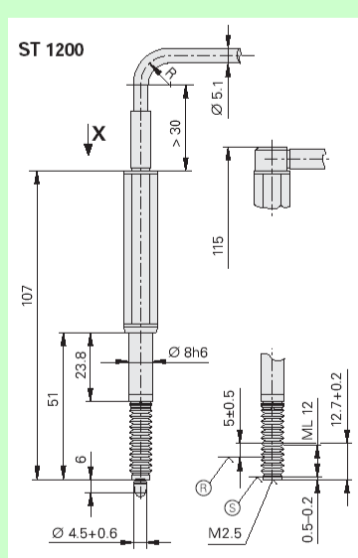
- ・これらの誤差を測定より明らかにし、修正することで高精度な測定装置となる。

ベースプレートと変位計固定部品



使用する変位センサ

- ・HEIDENHAIN製ST1201変位計
- ストローク: 13mm
- 分解能: 0.1μm
- 最大移動速度: 30m/min



基準球

- ・測定用1inch基準球
- 主軸に固定するため棒を接着

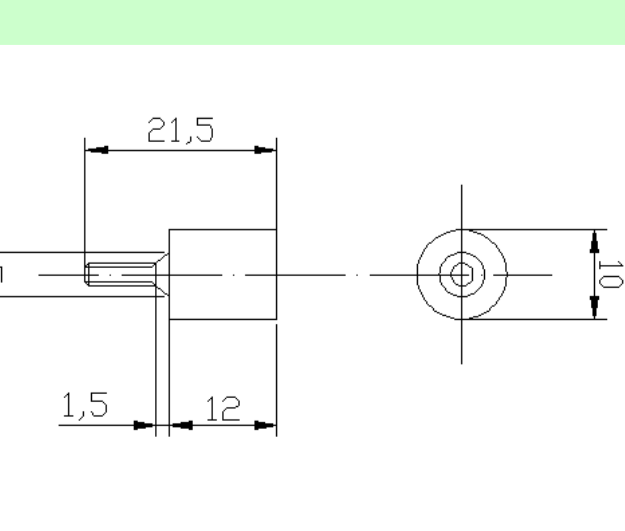
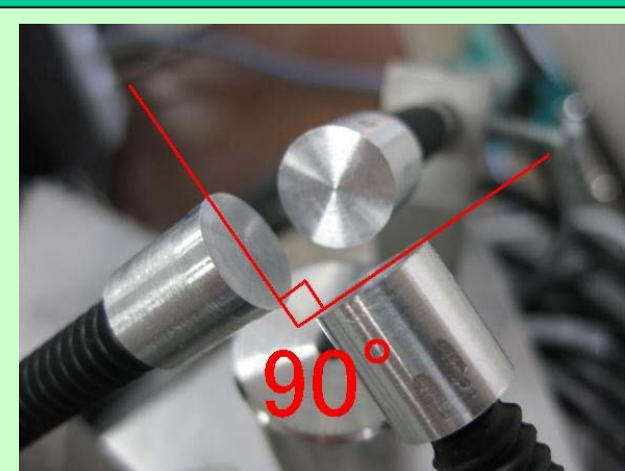


測定装置先端部品

- 基準球と球面の接触
- 基準球と平面の接触

メリット
センサと直角に取り付けられていることを気にする必要がない
平面上を移動するので接触点からくる誤差が発生しない

デメリット
接触点の位置が変化するため検出した変位に誤差が発生する
センサと直角に取り付けられていない場合誤差が発生する

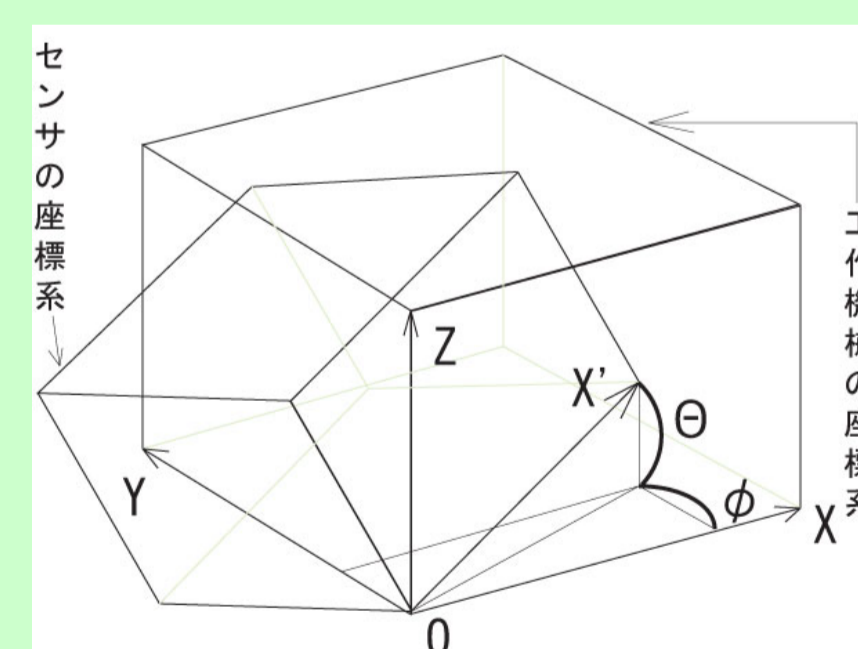


今回試作した測定装置は、基準球を移動させても接触面が変化しない基準球と平面との接触を選択した。

データ処理

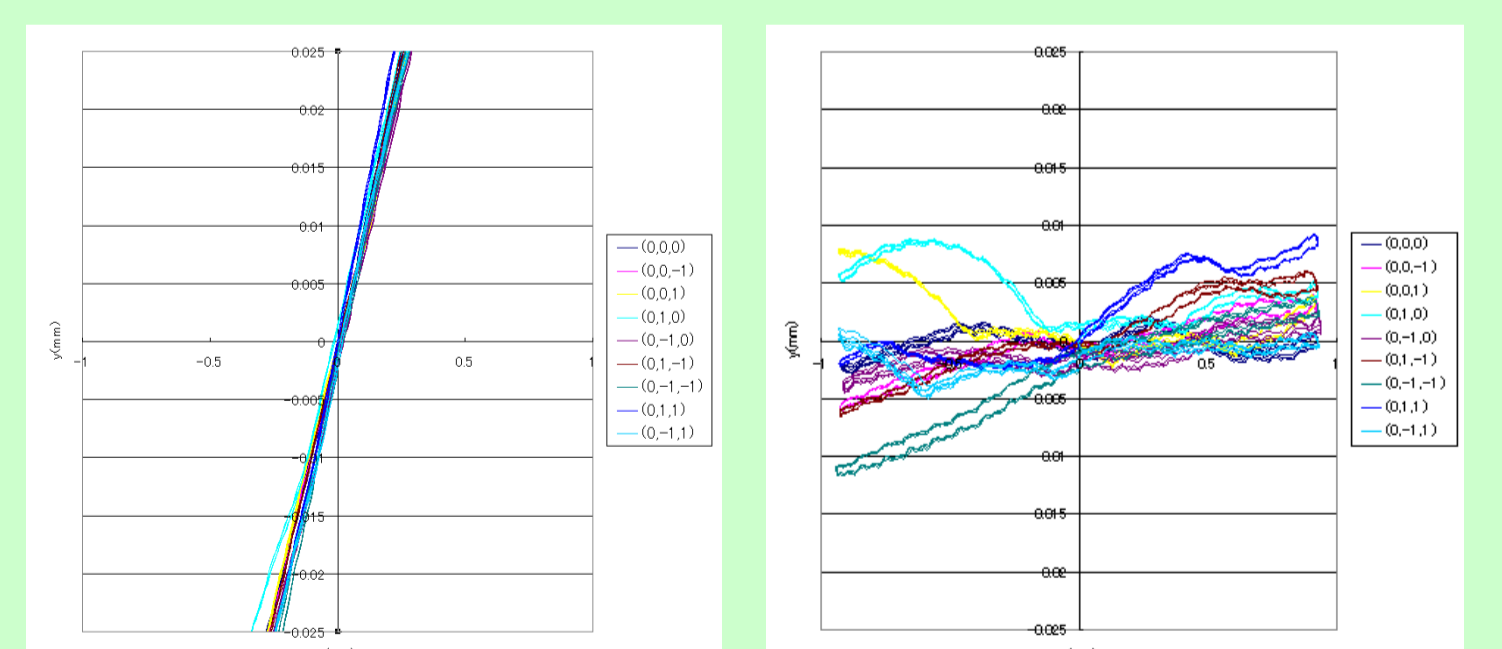
変位計の変位(a,b,c)をz軸周りにλ回転、y軸周りにΦ回転、x軸周りにω回転することで測定器の座標を工作機械のXYZ座標にプログラム上で移動させる。

$$\begin{aligned} x &= a \cos\Phi \cos\lambda - b \cos\Phi \sin\lambda + c \sin\Phi \\ y &= a \sin\lambda \cos\omega + b \cos\lambda \cos\omega + a \sin\omega \sin\Phi \cos\lambda \\ &\quad - b \sin\lambda \sin\Phi \sin\omega + c \sin\omega \cos\Phi \\ z &= a \sin\lambda \sin\omega + b \sin\omega \cos\lambda - a \sin\Phi \cos\lambda \cos\omega \\ &\quad + b \sin\lambda \sin\Phi \cos\omega - c \cos\Phi \cos\omega \end{aligned}$$

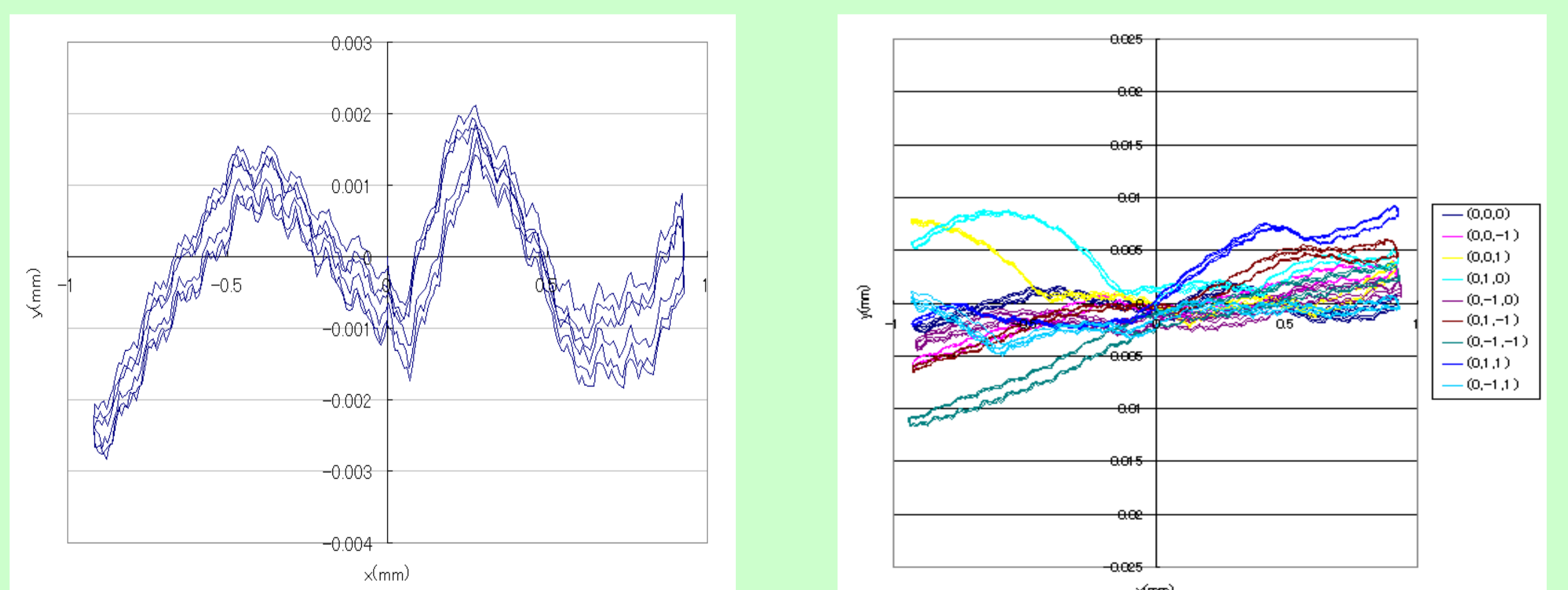


実験結果の補正

- ・今回の実験では調整が間に合わなかったため測定後に結果の補正を行った。
- ・左上から右下に直線状になったのは測定装置の座標系と機械の座標系が一致していないため
- ・そこで微小角回転させて補正する。



実験結果



上図の結果はGCを使用してx軸を-1~1mmの範囲で動かしたときのyの誤差

考察

線が一本にならないのは測定器の誤差が影響しているが、1mmの測定距離で誤差が約15~20μmであるので微小な変位の測定であればそのまま使用できるとも考えられる。