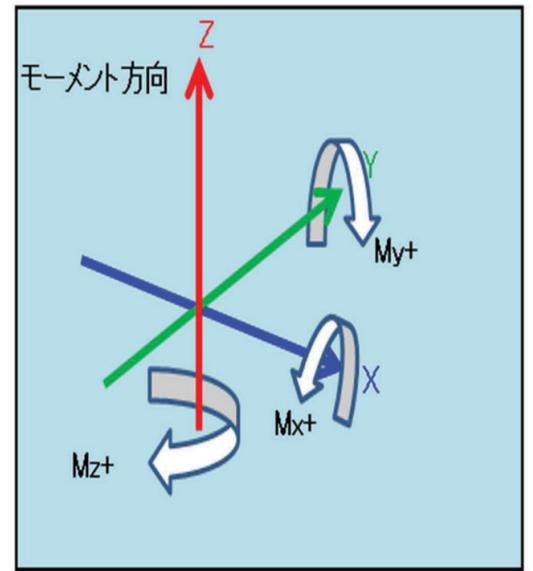
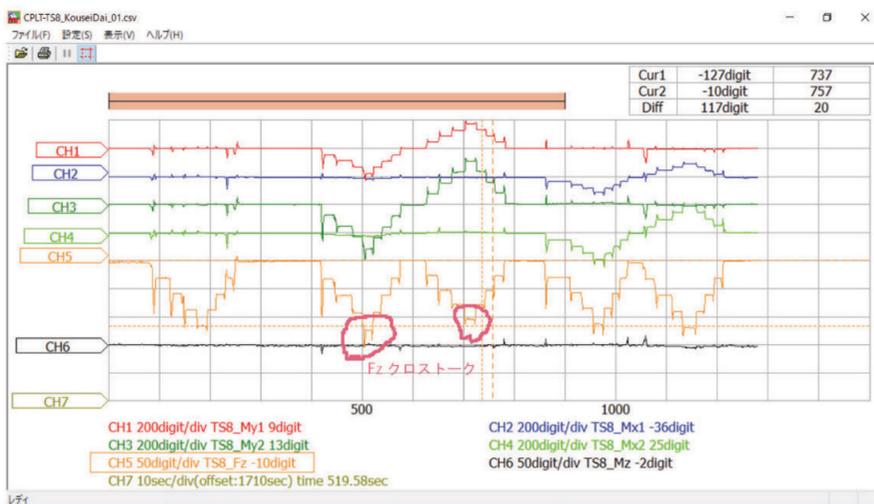


# 3D ForceSensor (6分力計) TS7解説



## 6分力計干渉補正の説明

各分力をひずみゲージブリッジで測定してデータを見ると例えば、等荷重でもモーメントの影響（干渉, クロストーク）でFz値に誤差が発生する場合があります、その誤差を補正するために干渉補正が必要となる



干渉補正は、一般逆行列計算で行います（同志社大学論文参照）  
<https://doors.doshisha.ac.jp/duar/repository/ir/14292/?lang=0>

### 5.4 干渉補正

センサに4分力が作用した場合において、相互干渉により生じる出力値は作用力に対してほぼ線形な関係があるので、相互干渉により生じる出力値を予測することが可能である。よって、式(5-9)の関係が成り立つ。ここで、 $F_x, F_y, F_z, M_z$ は相互干渉補正前の出力値、 $\bar{F}_x, \bar{F}_y, \bar{F}_z, \bar{M}_z$ は相互干渉補正後の出力値であり、 $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{24}, a_{31}, a_{32}, a_{33}, a_{34}, a_{41}, a_{42}, a_{43}, a_{44}$ は各計測値における近似直線の傾きを表す。

$$\begin{aligned} \bar{F}_x &= a_{11}F_x - a_{12}F_y - a_{13}F_z - a_{14}M_z \\ \bar{F}_y &= -a_{21}F_x + a_{22}F_y - a_{23}F_z - a_{24}M_z \\ \bar{F}_z &= -a_{31}F_x - a_{32}F_y + a_{33}F_z - a_{34}M_z \\ \bar{M}_z &= -a_{41}F_x - a_{42}F_y - a_{43}F_z + a_{44}M_z \end{aligned} \quad (5-9)$$

$$\bar{\mathbf{F}} = \begin{pmatrix} \bar{F}_x \\ \bar{F}_y \\ \bar{F}_z \\ \bar{M}_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & -a_{12} & -a_{13} & -a_{14} \\ -a_{21} & a_{22} & -a_{23} & -a_{24} \\ -a_{31} & -a_{32} & a_{33} & -a_{34} \\ -a_{41} & -a_{42} & -a_{43} & a_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{F_x} \\ \varepsilon_{F_y} \\ \varepsilon_{F_z} \\ \varepsilon_{M_z} \end{pmatrix} = \mathbf{A}'\boldsymbol{\varepsilon} \quad (5-14)$$

ただし、 $\bar{\mathbf{F}}$ は補正後の荷重値、 $\mathbf{A}'$ は変換行列、 $\boldsymbol{\varepsilon}$ はひずみ出力である。ここで、 $\boldsymbol{\varepsilon}$ と $\mathbf{F}$ に対して各作用力を変えた実験をN回を行い、式(5-15)に示す相互干渉補正前の計測値行列 $\mathbf{E}$ 、式(5-16)に示す相互干渉補正後の計測値行列 $\mathbf{F}'$ を求める。

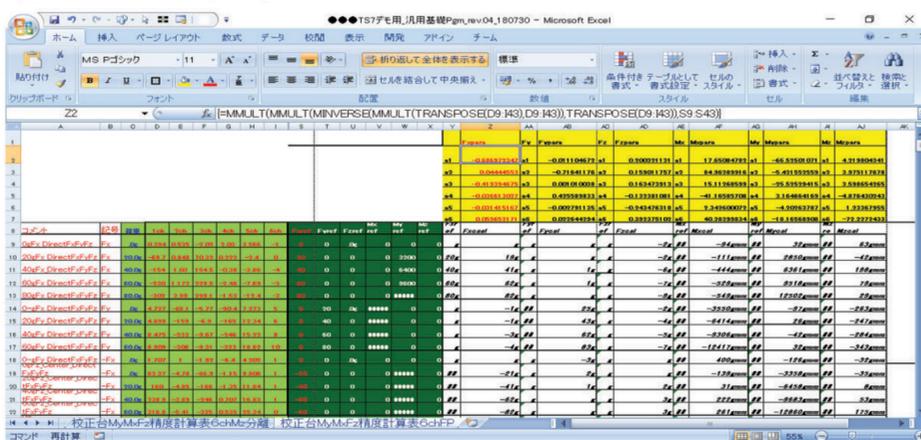
$$\mathbf{E} = (\varepsilon_1 \ \dots \ \varepsilon_N) \quad (5-15)$$

$$\mathbf{F}' = (F'_1 \ \dots \ F'_N) \quad (5-16)$$

ここで、式(5-9)の拡張系を考えると、式(5-15)、(5-16)より式(5-17)が得られる。

$$\mathbf{F}' = \mathbf{A}'\mathbf{E} \quad (5-17)$$

式(5-17)に $\mathbf{E}$ の一般化逆行列 $\mathbf{E}^+$ を右から乗ずるこ



一般逆行列 Excelの関数で簡単に計算できます。

参考URL  
<https://imaging-solution.net/math/pseudoinversematrix/>

### 5.4 干渉補正

センサに4分力が作用した場合において、相互干渉により生じる出力値は作用力に対してほぼ線形な関係があるので、相互干渉により生じる出力値を予測することが可能である。よって、式(5-9)の関係が成り立つ。ここで、 $F_x, F_y, F_z, M_z$ は相互干渉補正前の出力値、 $\bar{F}_x, \bar{F}_y, \bar{F}_z, \bar{M}_z$ は相互干渉補正後の出力値であり、 $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{24}, a_{31}, a_{32}, a_{33}, a_{34}, a_{41}, a_{42}, a_{43}, a_{44}$ は各計測値における近似直線の傾きを表す。

$$\begin{aligned} \bar{F}_x &= a_{11}F_x - a_{12}F_y - a_{13}F_z - a_{14}M_z \\ \bar{F}_y &= -a_{21}F_x + a_{22}F_y - a_{23}F_z - a_{24}M_z \\ \bar{F}_z &= -a_{31}F_x - a_{32}F_y + a_{33}F_z - a_{34}M_z \\ \bar{M}_z &= -a_{41}F_x - a_{42}F_y - a_{43}F_z + a_{44}M_z \end{aligned} \quad (5-9)$$

$$\bar{\mathbf{F}} = \begin{pmatrix} \bar{F}_x \\ \bar{F}_y \\ \bar{F}_z \\ \bar{M}_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & -a_{12} & -a_{13} & -a_{14} \\ -a_{21} & a_{22} & -a_{23} & -a_{24} \\ -a_{31} & -a_{32} & a_{33} & -a_{34} \\ -a_{41} & -a_{42} & -a_{43} & a_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{F_x} \\ \varepsilon_{F_y} \\ \varepsilon_{F_z} \\ \varepsilon_{M_z} \end{pmatrix} = \mathbf{A}'\boldsymbol{\varepsilon} \quad (5-14)$$

ただし、 $\bar{\mathbf{F}}$ は補正後の荷重値、 $\mathbf{A}'$ は変換行列、 $\boldsymbol{\varepsilon}$ はひずみ出力である。ここで、 $\boldsymbol{\varepsilon}$ と $\mathbf{F}$ に対して各作用力を変えた実験をN回を行い、式(5-15)に示す相互干渉補正前の計測値行列 $\mathbf{E}$ 、式(5-16)に示す相互干渉補正後の計測値行列 $\mathbf{F}'$ を求める。

$$\mathbf{E} = (\varepsilon_1 \ \dots \ \varepsilon_N) \quad (5-15)$$

$$\mathbf{F}' = (F'_1 \ \dots \ F'_N) \quad (5-16)$$

ここで、式(5-9)の拡張系を考えると、式(5-15)、(5-16)より式(5-17)が得られる。

$$\mathbf{F}' = \mathbf{A}'\mathbf{E} \quad (5-17)$$

式(5-17)に $\mathbf{E}$ の一般化逆行列 $\mathbf{E}^+$ を右から乗ずるこ