

PLA-91-7

91/07/09

# 1 GeV リニアック検討資料 1 GEV LINAC DESIGN NOTE

題目(TITLE) DTL用ステム矯正実験結果の解析 (2)

著者(AUTHOR) 内藤富士雄

## 概要(ABSTRACT)

ドリフトチューブの姿勢制御方法として現在ステムを塑性変形させるやり方を試験している。'91/5/16にKEKの3次元測定器を使用して行った試験の結果を追試するため、6/27-28に再度試験を行った。

その結果、ほぼ前回の結論を確認できた。しかし引き伸ばし時に生じるステムの回転が場合によっては無視できない可能性があることが判明した。

KEY WORDS: Ion Source, RFQ, DTL, Magnet, Monitor, Beam Dynamics, Transport, Vacuum, Cooling, Klystron, Low Level RF, High Power RF, Modulator, Control, Operation, Radiation, Others

高エネルギー物理学研究所 KEK

## ステム矯正 (D T姿勢制御) 試験(91/6/27-28)結果報告

1991/07/08

K E K 内藤富士雄

6月27、28日にK E Kの3次元測定器を利用した2度目のステム矯正試験を行った。結果をまとめたので報告する。

前回と異なる事項は、ステム上部の測定端子を伸ばし3次元測定器で測り易くなった事、上部テーパ部に加える予圧を高めた(約1 tonの圧力)点である。

データから算出したのは(1)ステムの伸びの塑性変形量、(2)ステムの回転(ねじり)、(3)ステムの曲がり、である。

### \*結果

#### (1) ステムの伸びの塑性変形量

塑性変形の割合は、塑性変形量が100 $\mu$ m以下のときは20~30%で200 $\mu$ m近傍で約40%であった。試験した領域では、2次関数的に塑性変形の割合は増加しているように見える。過去のデータとはバラツキの範囲内で一致している。

作業は引っ張り、そしてゆるめる事の繰り返しであるにもかかわらず、途中で塑性変形量が減る(ステムが縮む)事があった。テーパ固定部内に力が蓄積されている場合とない場合でテーパ部の長さが変化するのかもしれない。現時点では原因は不明である。いつもテーパ部内に力が蓄積していない状態で塑性変形量を測る様にしたほうが使用時の状況に近いはずである。

#### (2) ステムの回転(ねじり)

作業の途中で最大0.08度位までねじりが生じたが、後半逆方向に回転が始まったため結局最後には約0.01度のねじりのみ残った。この残りのねじりは無視できる。

しかしねじり方向が逆転しなかった場合は0.2°以上ひねった可能性がある。この場合は補正が必要である。最初の設置状況でステムの向きと力の向きの一致が良くないと簡単にねじりは生じる。

#### (3) ステムの曲がり

##### a. ビーム軸を含む平面(Y-Z plane)内での曲がり

前回の測定ではこの面内でのステムの曲がりは30 $\mu$ m程度であった。しかし今回は500 $\mu$ m位ずれた。最初のセッティング時にステムの方向と引っ張り治具の方向が傾いていたために生じたいらしい。特に今回は予圧を高めたのでその時方向がずれた可能性が高い。予圧を加えないほうが方向は一致する。

##### b. ビーム軸に垂直な平面(X-Y plane)内での曲がり

150 $\mu$ m程度曲がった。Y-Z面内の曲がりより小さいが補正が必要である。

\* 結論

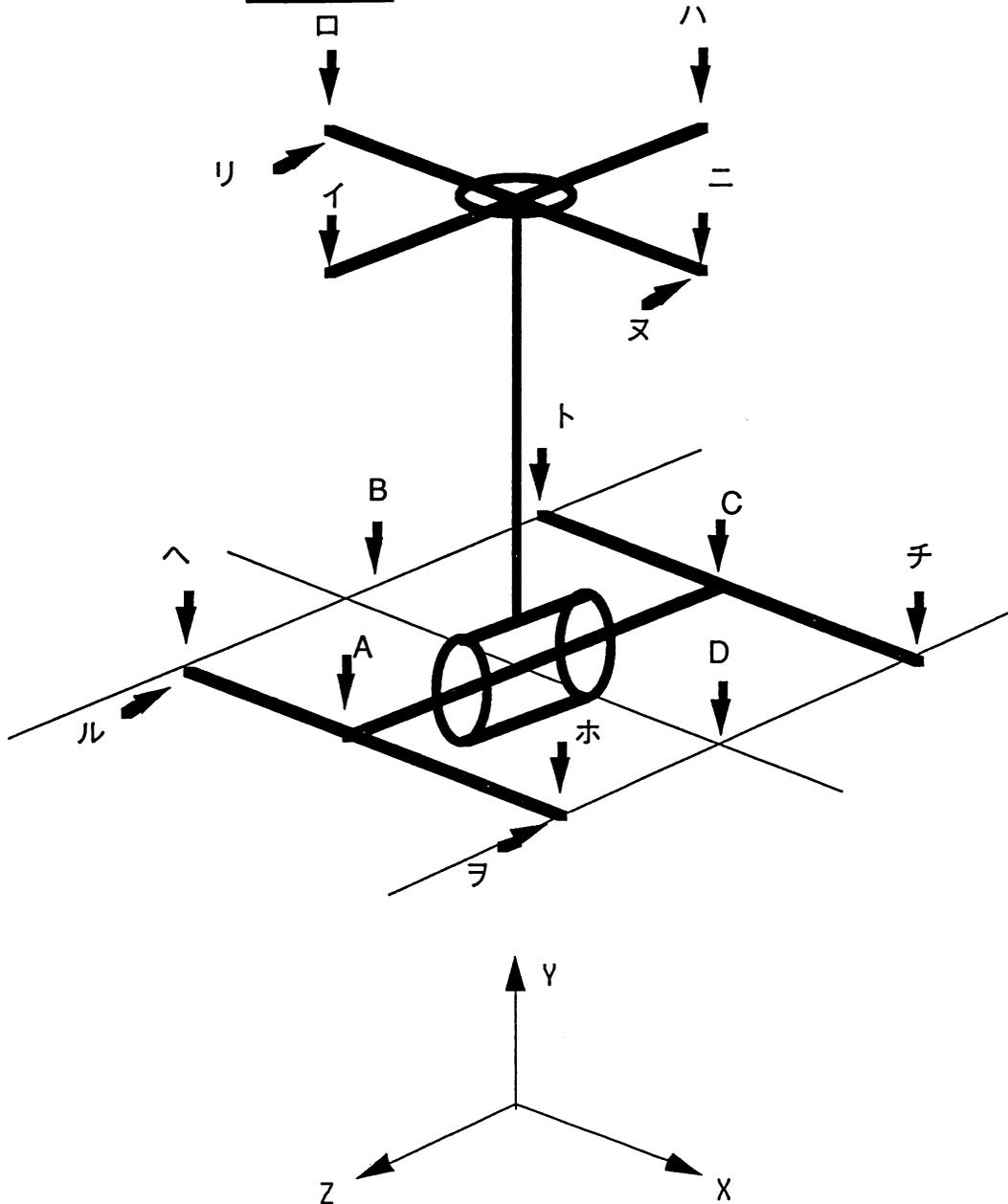
今回の結果から前回の結果を全て確認でき、ステムを伸ばす事に関しての基礎データは最低限取れた。但し引き伸ばし量が50 $\mu$ m毎が良いかは検討が必要。

塑性変形量のばらつきはタンクに再装着した際にテーパ部の締め方で吸収できる量であるが、これはタンクテーパ部のR&Dの進展待ちである。

これから確立すべき事項は以下の通り。

- (イ) 一回にステムを伸ばす量。
- (ロ) 変形量測定時の条件設定（滑りを無視するか?）。
- (ハ) ステムのねじりの補正方法
- (ニ) ステム曲げ補正の試験
- (ホ) テーパー固定部のはずし方
- (ヘ) ドリフトチューブにステムを溶接する際、補正可能領域に長さが納まる事の確認

図. 1. 測定箇所とその名称



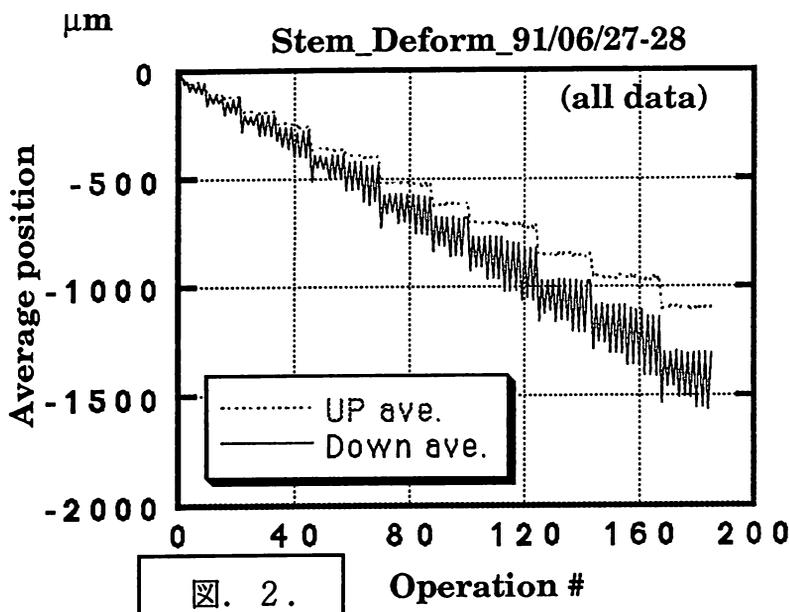


図. 2.

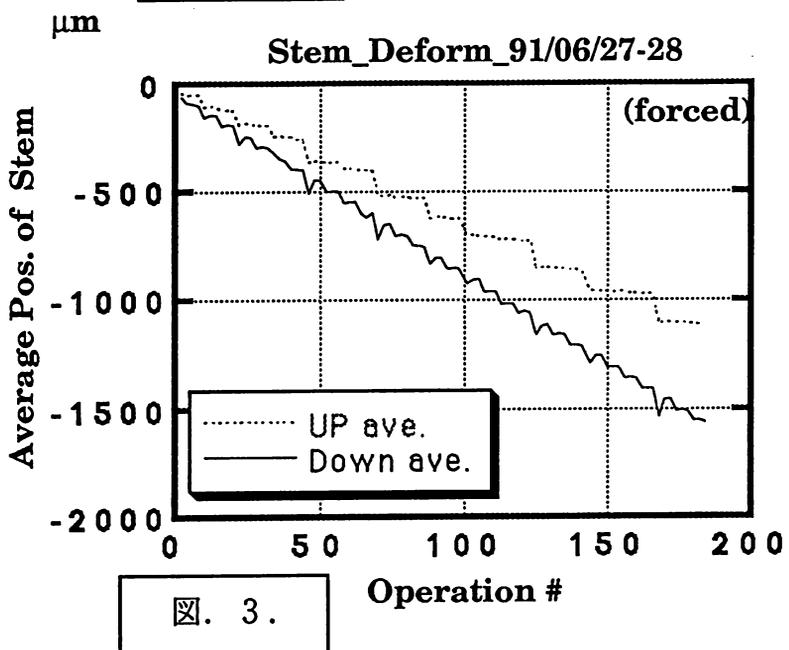


図. 3.

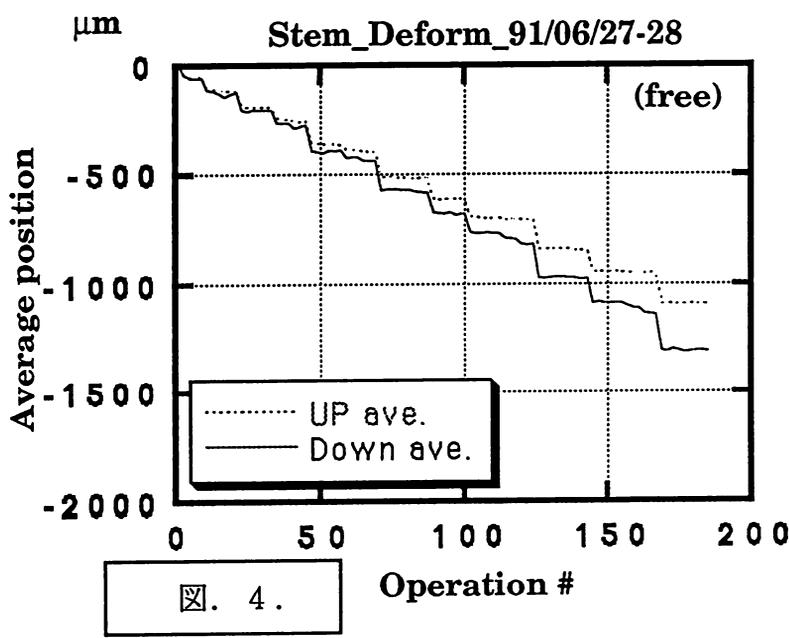


図. 4.

(1) ステムの伸び

図2はステムの伸びに関する全データをプロットしたものである。

$$UP\_ave = (イ+ロ+ハ+ニ)/4$$

$$Down\_ave = (ホ+ヘ+ト+チ)/4$$

最初の位置を基準にしている。

図3は力を加えている状態での値、図4は力を加えていない自由な状態でのステム上下の位置である。

今回、予圧を高めたがやはりステム上部は階段状に移動している。

図3のステム下側の位置を示す実線が細かい階段状になっているが、これは同一の伸ばし量を3回ずつ繰り返しているためである。一回の増加量は50μmである。伸び量が200μm程度増加する毎にテーパ部の滑りが生じている。

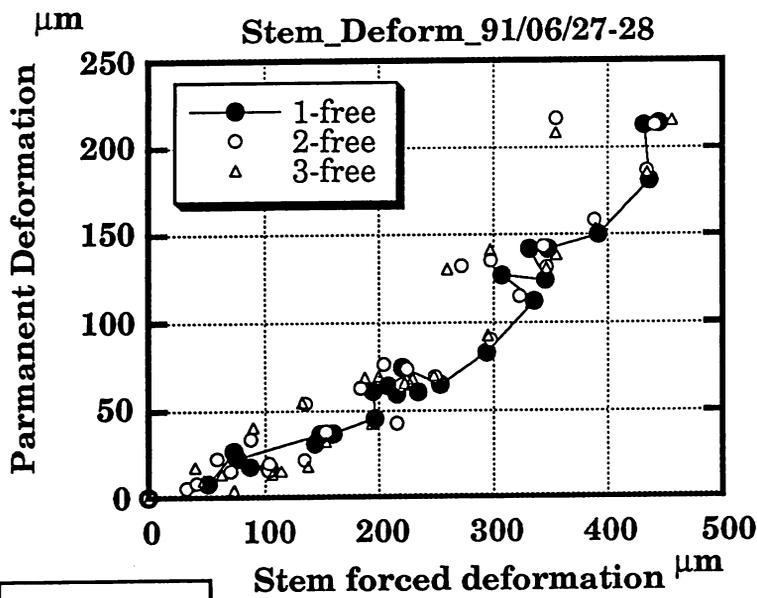


図. 5.

ステムの伸ばし量と塑性変形量の関係を図示したのが図5である。●が最初に伸ばした時の結果である。突然ずれているのはテーパ部が滑った場合である。

(引き伸ばし試験中にはドリフトチューブ下部をダイヤルゲージでモニターしながら作業を続けた。このモニターの値が常に増加している場合のみを図示している。

テーパ部が滑った直後の作業でステムが予定より伸びすぎた場合、前回伸ばした量以下の引き伸ばし量の時があった。これは塑性変形をさせている事を考えると無意味であるので省いた。)

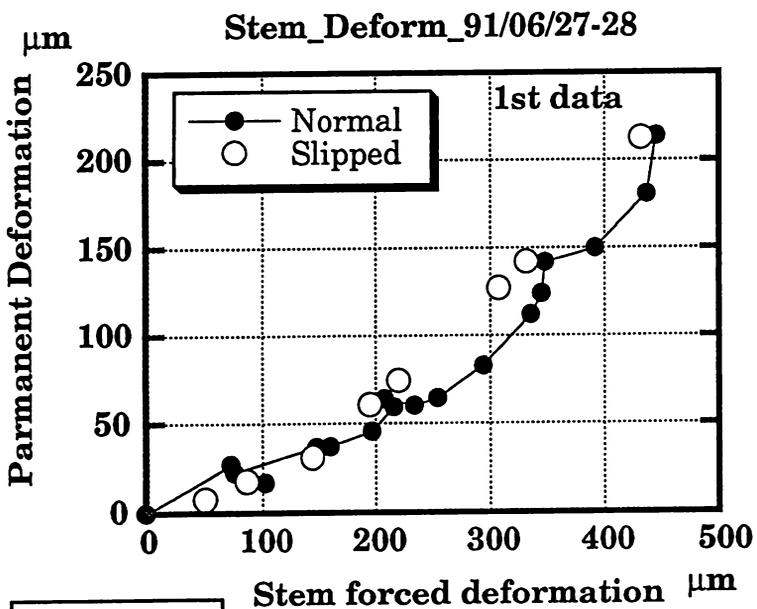
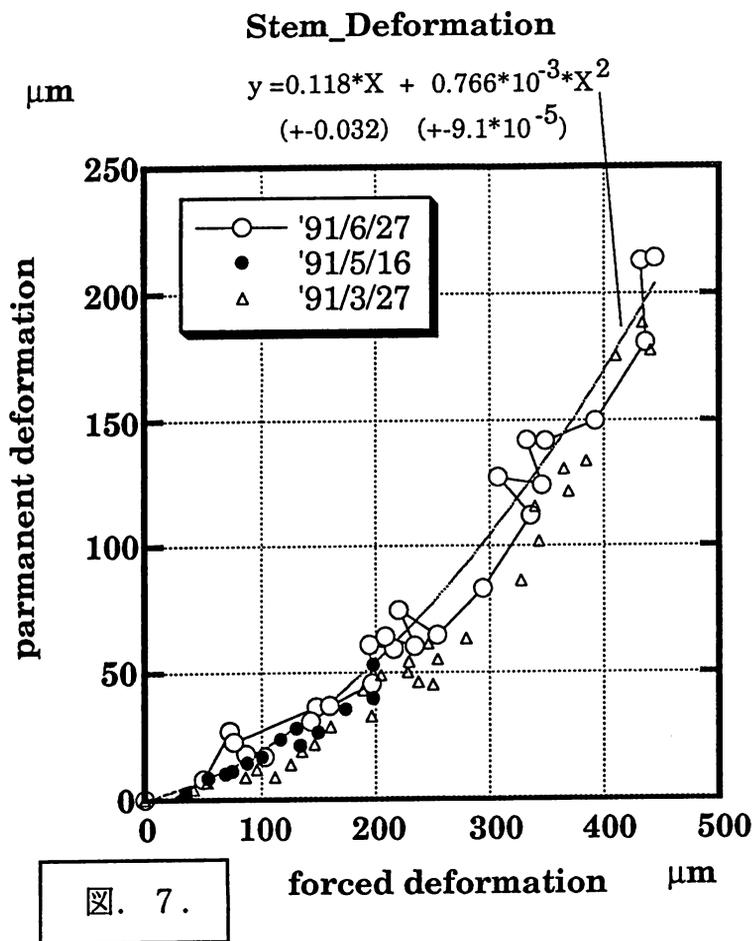


図. 6.

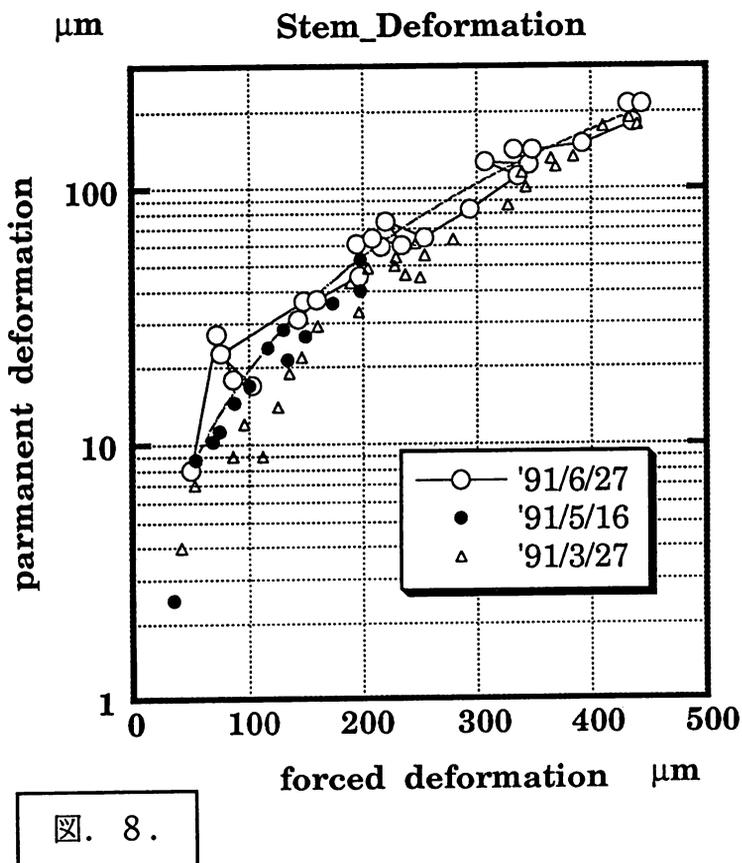
図6にテーパ部が滑った場合(○)と一定位置を保った場合(●)に分けて塑性変形量を示した。但し最初の引き伸ばしデータのみ図示してある。滑らなければ比較的安定に塑性変形量は増加していく。



前2回と今回の結果（滑ったデータも込み）で図示したのが図7である。但し全て最初の引き伸ばしデータのみである。全データは±20μm位のばらつきで一致している。

曲線は6/27のデータに合わせた2次曲線である。

図8は縦軸を対数表示したものである。横軸の200μm近傍で傾きが変化しているようにも思える。



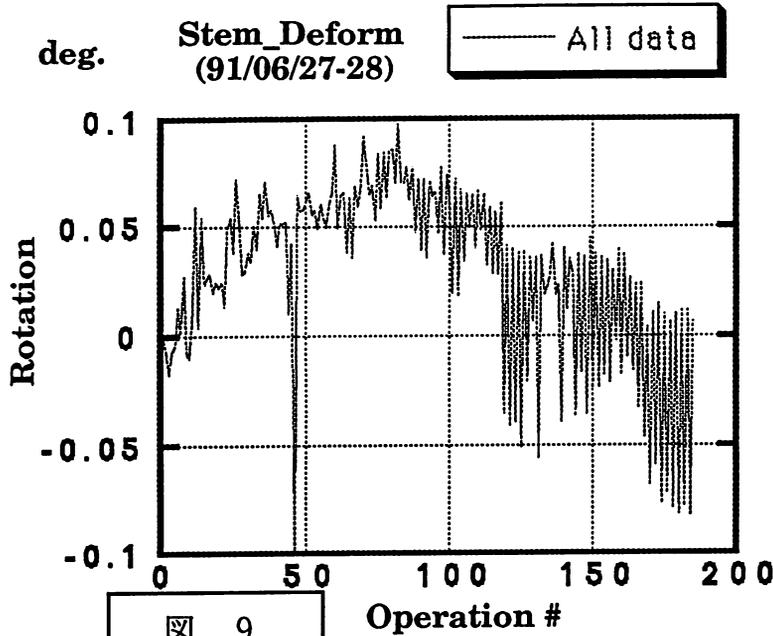


図. 9.

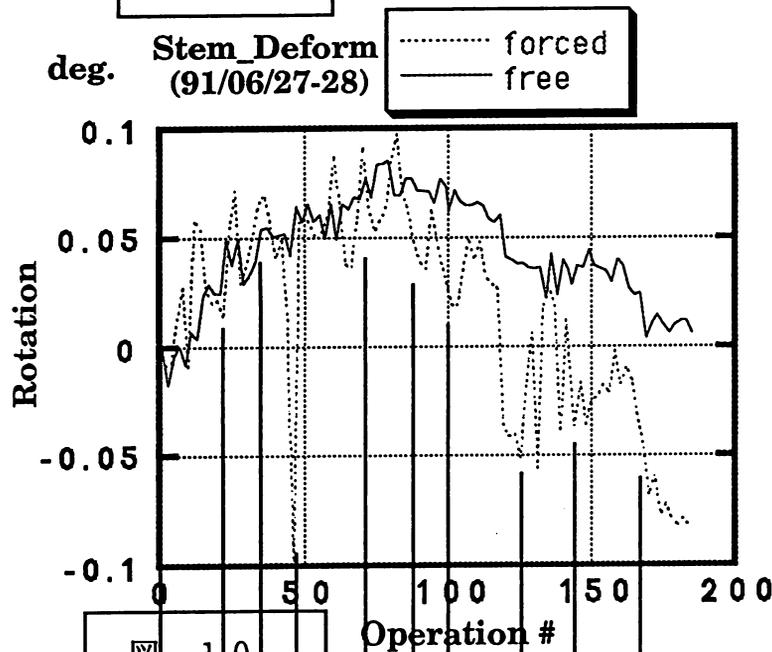
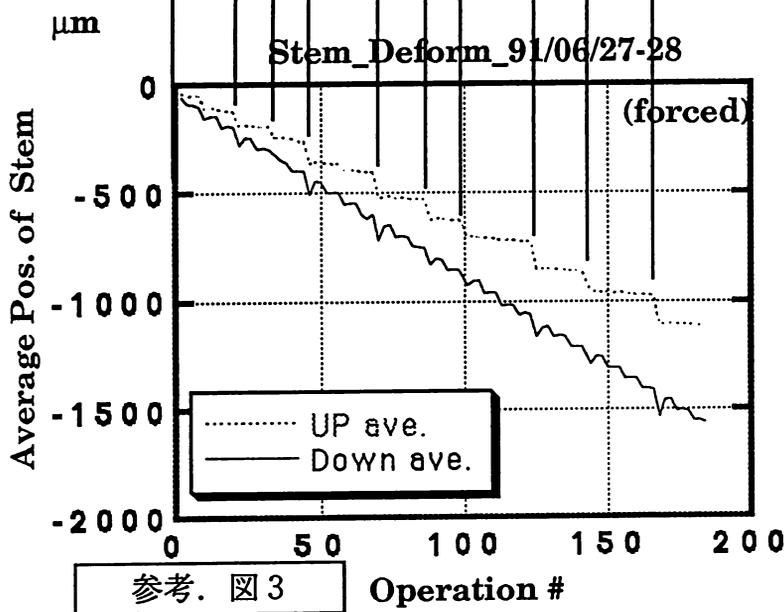


図. 10.



参考. 図 3

(2) ステムの回転 (ねじれ)

図9と10の縦軸はステムのX-Z平面内での回転 (ステムのねじれ) の度合いを示す。

計算は以下の通り。

$$R = (ル - ラ) - (リ - り)$$

$$\theta = \tan^{-1} (R/185\text{mm})$$

図9は全データを示す。工程40近くで大きくずれている点があるが、データの記録ミスと推測される。

工程80あたりから回転方向が逆になっているが、特に作業中に変わったことがあったとは記録されていない。

図10では力を加えた場合と自由状態を分けて示している。最初は強いてねじった量がそのまま永久変形量として残っている。回転方向が逆になってからは塑性変形量の割合は半分位に減っている。参考につけた図3と比較するとテーパ部の滑りとねじりの永久変形量が強い相関を持っているようには見えない。

今回の回転量は最大0.08°位、そして最終的には0.01°程度である。しかし、途中で方向が変化しなければ0.2°以上ねじれた可能性がある。この場合は確実にねじりに関する補正が必要である。

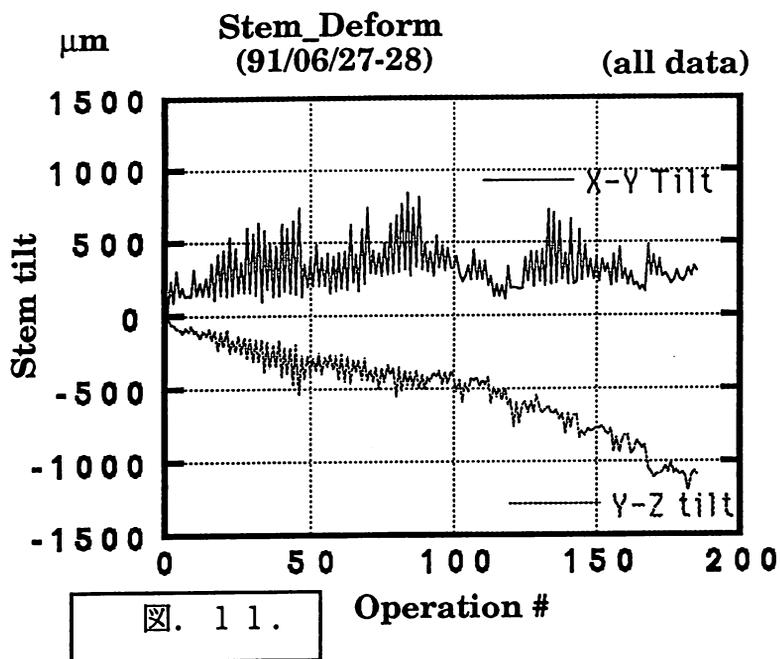


図. 11.

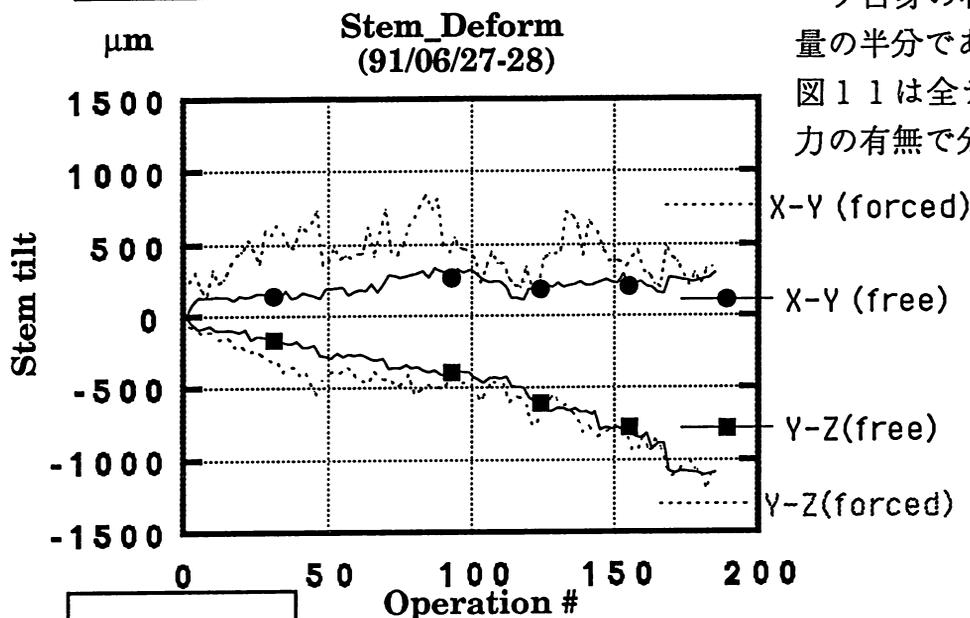


図. 12.

(3) ステムの曲がり  
計算したのは以下の量である。

$$\begin{aligned}
 A &= (\text{ホ} + \text{へ}) / 2 & A - \text{イ} &= E \\
 B &= (\text{へ} + \text{ト}) / 2 & B - \text{ロ} &= F \\
 C &= (\text{ト} + \text{チ}) / 2 & C - \text{ハ} &= G \\
 D &= (\text{チ} + \text{リ}) / 2 & D - \text{ニ} &= H
 \end{aligned}$$

X-Y平面内での曲がり：H-F

Y-Z平面内での曲がり：E-G

もし曲がりが上部テーパ固定部で発生していれば、測定点の位置から換算してドリフトチューブ自身の移動量は上記曲がり量の半分である。

図11は全データを、図12は力の有無で分けて示した。

STEMの曲がりは今回はY-Z面内で大きい（前回はX-Y面内の方が大きかった）。しかも最初から最後まで曲がり続けている。変形量は最後で1mmを越えている。従って、もしSTEMの曲がりが上部テーパ固定部で起こっているのならば、チューブの位置は0.5mm Z方向に移動した勘定になる。

X-Y方向は前回程度の変形を示している。

Y-Zの永久変形量（—■—）には、STEMの滑りと一致する20~30工程毎の階段構造が存在している。この時に大きくずれている。テーパ部が滑るとSTEMの伸びよりも曲がりに大きな影響がでている。これは最初にSTEMを治具にセットし予圧を加える際に、STEMの方向と引き伸ばす方向がわずかにずれたために生じていると思われる。

両者の方向を一致させるには、予圧は加えず滑りは許容する、という最初の頃の考え方が良いと思われる。但し今のままでも補正は可能。