

# 宇宙船内中性子測定器検出部の製作

名古屋大学工学部工学研究科技術部 大久保興平

## 1. はじめに

本測定器は、宇宙空間における宇宙船内の中性子を測定し、搭乗員の被曝を評価する目的で開発<sup>[1]</sup>された。本測定器は検出部と計測部から構成されている。検出部は直径300mmの高密度ポリエチレン製球体であり、その内部には、棒状の検出器が挿入されている。計測部は光増幅器・計測機器等から成り立っている。

無垢の球体を旋盤等の工作機械で製作する場合は、専用の治具等に加え、高度な技術を必要とするが、小さな球体であれば、通常の加工能力の自動旋盤等で製作が可能である。しかし、本検出部のような大きな球体の場合は、それに見合った大型の自動工作機械が必要である。

当初、本検出部の製作にあたっては、受注を了承する会社を探したが、予算上の制約もあったため、当方で汎用旋盤を駆使して製作した。製作においては、工作機械の加工能力の限界を補うため、特殊なバイトを考案するなど、多くの技術的な工夫を要した。

## 2. 検出部の構造

図1に検出部の構造を示す。検出部は、四つのブロックに分割されている。これらは4本の高密度ポリエチレン製の組立ボルト・ナットで締結されており、ボルトの頭部には脚が差し込まれ、ブーツを介して架台に固定されている。

各ブロックは組立時の精度を高めるため、はめ合い構造となっている。概念設計の時には検出部をブロックに分割することは想定しなかったが、材料の寸法や工作機械の加工能力上の制約があり、このような構造にせざるを得なかった。

検出器の挿入孔は合計で19本存在する。図の奥行方向の挿入孔は7本存在し、水平方向に対して20度傾いている。検出器には、中性子用と陽子用の二種類の検出器が使用される。陽子用の検出器は中性子検出時の補正用として使用する。

宇宙空間の放射線については参考書[2]、[3]に詳しい。

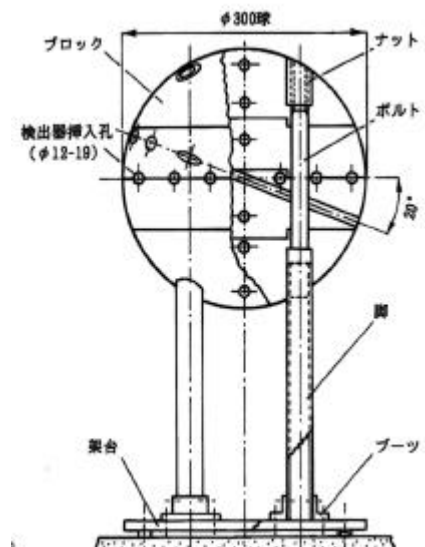


図1 本検出部の構造

## 3. 製作方法の検討

製作にあたっては行程表を作成し、慎重に検討した。製作工程を次に示す。

### [ 部品の試作と治具等の考案・製作 ]

1. 組立ボルト・ナットの試作、
2. バイトの考案と製作、
3. 各種治具の考案と製作

### [ 製作 ]

1. ブロックの粗加工と中加工  
(材料の成形, 外周・はめ合い部・板厚を一定の寸法に加工, 組立ボルト穴・沈め穴の加工)
2. 各種部品の製作 (仮組立ボルト, 組立ボルト・ナット, 脚, ブーツ, 架台)
3. 検出器挿入孔の加工 (外注)      4. ブロックの球面加工
5. 仮組立と仕上げ加工 (組立ナット突出部の球面加工, 球体表面のミガキ加工, 分解・洗浄, 組立)

## 4. 部品の試作と治具等の考案・製作

### 4.1 組立ボルト・ナットの試作

本ボルト・ナットは検出部を構成する個々のブロックを上下方向に締結すると共に、これらのブロックが個々に回転するのを防ぐ役割を果たす。したがって本ボルトは、ボルト穴との隙間を極力少なくした。加工には汎用旋盤を使用した。ナットのねじ山はタップで加工した。

高密度ポリエチレンは、アクリル樹脂等と比べて弾力性があるため、ボルトの外周加工や、ねじ部の精密な加工は困難かと思われたが、完成した試作品の精度は良好であった。

### 4.2 バイトの考案と製作

機械設備の都合により、球面加工は、汎用旋盤（ヤマザキマザック 860 型）で行なわざるを得ない。本旋盤の加工能力は、ベッド上の振り 460mm、往復台上の振り 260mm、刃物台の移動量 110mm である。旋盤の各部の名称については、参考書 [4] に詳しい。

ブロックの直径は往復台上の振りよりも大きく、また高さも横送り台を越えた刃物台の移動量（約 77mm）より大きいため、ブロックの高さ方向を精密に加工することは困難である。

検討の結果、図 2 示すバイトを考案・製作した。本バイトを使用することにより、横送り台を越えた刃物台の移動量は刃物台の移動量と等しくなり、ブロックの精密加工が可能となる。使用方法は、図中の二本の支持棒を刃物台に固定し、バイトを刃物台から 50mm 程度突き出して使用する。

本バイトは、既製の右片刃バイト（シャンク寸法 19mm）を利用して製作した。既製のバイトは支持棒を取り付けるには、シャンクが短いため、シャンクの後方に同寸法の鋼の角材を溶接して継ぎ足した。支持棒にもこの角材を使用した。本バイトは支持棒が堅牢なため、切削時のバイトのたわみが少ない。これは加工精度の向上や切削量の増大につながり、加工時間も短縮される。

### 4.3 各種治具の製作と考案

図 3 に考案・製作した各種治具の外観と名称を示す。これらの製作目的および使用方法については、次節で逐次述べる。

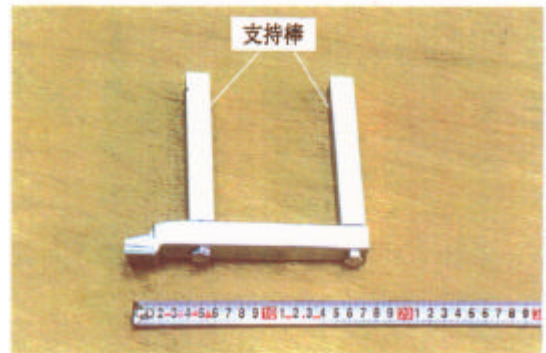


図 2 考案・製作したバイト



図 3 考案・製作した各種治具

## 5. 製作

### 5.1 ブロックの粗加工と中加工

材料には、一辺が 350mm、厚さ 100mm の正方形の板材を使用した。一般に市販されている材料で、これ以上の厚さの材料は入手が困難だった。

旋削加工のため、まずは材料を弓鋸盤（村橋製作所 200EX 型）で 310mm の円が内接する 12 角形に成形した。次に旋盤で直径 310mm の円板に加工し、はめ合い部の加工、そして厚さを一定にした後、直径が 306mm の円板に加工した。はめ合い部の公差は 0.1mm 程度とし、円板の両端面の平行度は  $\pm 0.02\text{mm}/306\text{mm}$  以内とした。外周の切削には考案・製作したバイトを使用した。切削時の切込量は最大で 10mm 程度とした。

これらの加工が終了した材料は、ボール盤（吉田鉄工所 YUD-540 型）で組立ボルト用の穴（21mm）

をあけ、次にフライス盤（遠州製作所VA型）で同ボルト頭部とナットの沈め穴をあけた。ボルト穴の穴あけ作業は、ボール盤のテーブルに割出機を固定し、製作した治具（材料支持・固定金具）で材料を保持して行なった。沈め穴の位置決めには治具（芯出棒）を使用した。

### 5.2 各種部品の製作（仮組立ボルト，組立ボルト・ナット，脚，ブーツ，架台）

仮組立ボルトは、検出部中央の二つのブロックに検出器挿入孔をあける際に使用する。この二つのブロックには15本の検出器挿入孔があり、その内の13本は互いに両ブロックを貫いているため、ブロックを互いに締結し、一体化した後に検出器挿入孔をあける必要がある。

前述した組立ボルトの挿入孔の実測値は20.9mmであった。したがって、本ボルト首下部の直径は20.8mmとした。ねじ部はM16並目ねじ、材質はアルミニウム合金とした。

組立ボルトとナットは、試作と同様の方法で製作した。ねじ部はM20並目ねじ、首下部の直径は20.8mmとした。また本ボルト頭部の形状は、フライス盤で六角形に成形した。

脚、ブーツ、架台については、旋盤およびフライス盤等を用いて製作した。脚の材料はステンレス管、ブーツおよび架台はアルミニウム合金とした。なお、ブーツと架台は本測定器の設計者（山口忍：現電子技術総合研究所研究員）が自ら製作した。

### 5.3 検出器挿入孔の加工

本加工は工作機械の加工能力の関係上、専門の会社（沢下鉄工所：有限会社メイワ扱）に依頼した。加工方法は、プラノミラー<sup>[5]</sup>（ストローク600mm）に特殊な治具を固定し、そこに仮組立ボルトで組み立てられたブロックを固定して行なわれた。特殊治具については、加工を依頼した会社で設計・製作された。刃物にはロングドリル（12mm，刃長300mm）が使用された。

### 5.4 ブロックの球面加工

本加工の様子を図4に示す。球面切削は旋盤の縦送りと横送りハンドルを手動で順番に少しずつ操作して行なった。したがって、球体の表面は滑らかではなく、細かな階段になっている。

加工方法は、旋盤のチャックに治具（ブロック固定板）をつかみ、そこに検出器挿入孔の加工が完了したブロックをボルトで固定し、外周を切削した。

刃物には考案製作したバイトを使用した。ブロック固定板の片端面は、ブロックにはまる構造になっており、その外周にはブロック固定用のねじ穴がある。

一つのブロックの外周は最大250段の階段で構成される。したがって、切削時のミスを防ぐため、縦送り量と横送り量を記した一覧表を作成し、それをチェックしながら作業を行なった。

切削は、荒削り，中削り，仕上げ削りの順に行なった。荒削りは階段1段あたりの高さを10mmとし、球体の直径が306mmとなるように切削した。中削りは同様に、2.5mmと302mmとし、仕上げ削りは同0.5mm（球体の頂部・底部付近は0.25mm）と300mmとした。なお、ブロックの径方向の寸法については、0.1mm以下の数値は四捨五入して切削した。

### 5.5 仮組立と仕上げ加工

球面に加工したブロックは洗浄して仮組立を行ない、旋盤に固定し、ナットの突出部を球面に加工した。次いで球体表面の階段の角部を滑らかにするため、ミガキ加工を行なった。ミガキ加工には、単目ヤスリ，サンドペーパー，サンドシート，スチールウール，アルミナを使用した。球体の固定には治具（球体押さえ柱）を使用した。本治具は球体頂部と底部のわずかな凸

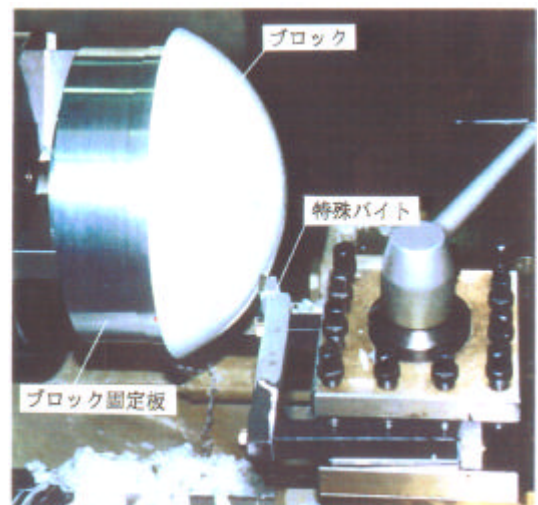


図4 ブロックの球面加工の様子



部にはまる構造になっており、これをチャックと芯押台に取り付けて球体を挟む。

表面を磨き滑らかにした球体は、再び分解し、洗浄を行ない組み立てた。図5にミガキ加工の様子、図6に完成した検出部の外観を示す。

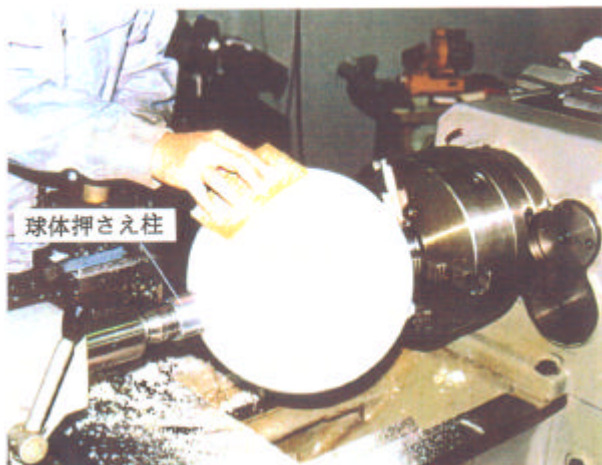


図5 ミガキ加工の様子



図6 完成した検出部の外観

## 6. 製作結果とまとめ

球体の製作は初めての試みであり、工作機械の能力等の制約もあったが、ほぼ設計どおりに完成した。

製作上、特に苦心したところは、バイトと各種治具の考案である。これらは簡単な構造をしているが、考案には多くの時間を要した。これらバイトや治具は、その役割を十分に果たしたと考えている。

完成した検出部には検出器が挿入され、 $^{252}\text{Cf}$  中性子源や加速器を使用して実験が行なわれ、それに関する研究論文も発表された。図7はその実験結果の一部であり、本検出部の一方から中性子を照射した時の中性子の強度分布を示している。横軸は検出部の直径(0が検出部の中心)、縦軸は単位時間あたりの中性子の計数値を表している。

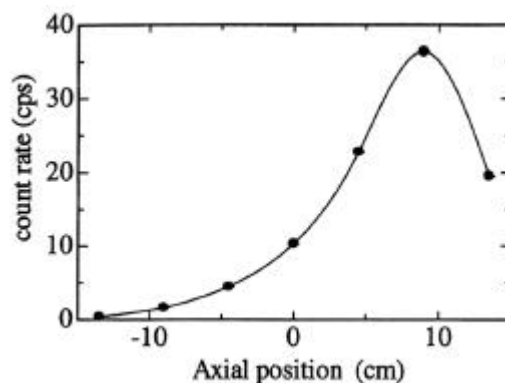


図7 検出部内の中性子の強度分布 出典[6]

## < 参考書 >

- [1] 中性子検出器の開発と協力研究 森千鶴夫(日本原子力学会中部支部第29回研究発表会予稿集 P9-12,1997年)
- [2] 放射線の線源と影響(放射線総合医学研究所監訳 実業広報社)
- [3] 化学と工業「放射線と人間社会」1995年11月(日本化学会)
- [4] 旋盤と旋削加工 小塚基樹(平成9年度名古屋大学技術職員研修技術発表報告集 P9-15,1997年7月)
- [5] 機械工作(下) 徳丸芳男(実業出版,昭和41年)
- [6] S.Yamaguchi,A.Uritani,C.Mori,T.Iguchi,H.Toyokawa,N.Takeda,K.Kudo,Spherical neutron detector for space neutron measurement,Nuclear Instruments and Methods in Physics Research.A422[1-3] (1998).

## < 謝 辞 >

名古屋大学工学部応用物理工作室の湧井義一技官、熊澤克芳技官、鷲見高雄技官、小塚基樹技官には、かつて同工作室で設計・試作した凹面鏡の製作治具や工作機械を見学させていただくと共に、球体製作上の助言もいただいた。これらは本検出部を製作する上で大いに参考となった。ここに心から感謝の意を表す。