

# 宇宙線望遠鏡用ミラーの高精度化

勝田智宣・吉川満雄・窪田真一郎

Tomonori KATSUTA, Mitsuo YOSHIKAWA, Shinichirou KUBOTA

キーワード 超精密加工/切削/ダイヤモンドバイト/金属製ミラー/超精密旋盤

Key words Ultra-precision Machining/Cutting/Diamond Tool/Mirror Made of Metal  
/Ultra-precision Lathe

## 1. はじめに

東京大学宇宙線研究所では $10^{20}$ eVを超える最高エネルギー宇宙線の観測に向けて「宇宙線望遠鏡計画」が計画されている。その実現に向けて検出器の開発が進んでいるが、それと同時にナノレベルに仕上げた紫外線領域(350-400nm)の高反射率・高精度の大型反射鏡が必要となる。

そこで紫外線の反射率が高いアルミ材を用い、大型金属鏡の高精度化をめざす。

## 2. 方法

### 2.1 装置概略

図1は本研究に用いる装置の模式図である。主鏡であるアルミ製金属鏡に対して3枚の亚克力製補正板がある。入射してきた宇宙線は補正板で光学的に補正され、金属鏡で反射し、CCDカメラで集光、計測を行う。その主鏡であるアルミ製金属鏡の大きさは $\phi 440$ mmであり、それに対してR306mmが付いた大口徑凹面鏡である。またミラー上面から下面までは83mmの深さがある。

### 2.2 加工工程

まず始めに加工機の主軸に取り付けられた粗加工されたミラーに対して焼結ダイヤモンドバイトを用いて、中仕上げ加工を行う。加工条件は主軸回転数 $S=500$ (1/min)、工具送り速度 $F=10$ (mm/min)、切込み量 $t=20\sim 50$  $\mu$ mである。

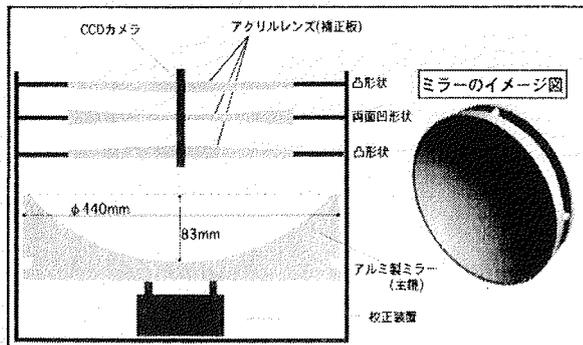


図1 装置の模式図

これによって粗加工による加工溝を除去することができる。次に単結晶ダイヤモンドにより最終仕上げ加工を行う。加工条件は主軸回転数 $S=500$ (1/min)、工具送り速度 $F=2$ (mm/min)、切込み量 $t=2$  $\mu$ mである。これにより良好な鏡面を得ることができる。

## 3. 実験結果

本加工では6mm角のシャンク形状のバイトを用いて切削を行った。切削後のミラー表面には工具振動が起因していると思われるビビリがミラーの外周部に生じていた。そこで工具振動を抑えるために工具台のバイト保持部を55mmから75mmに伸ばすことによって、バイトの突き出し量を短くした。さらにシャンク形状を6mm角から15mm角に太くすることでバイトの剛性を高めた。

ここで加工を行う前に、バイト形状の違いによるシャンク長さや単位力当たりの加速度の関係を振動計を用いて計測した。その結果を図2に示す。グラフよりシャンク長さが長くなるにつれて、単位力当たりの加速度は大きくなった。またシャンク形状を6mmから15mmに太くすることによって単位力当たりの加速度を大幅に減少させることができた。単位力当たりの加速度が小さくなったということは工具の剛性が大きくなったということを示しており、剛性が大きくなることにより工具振動に対して工具は強くなったといえる。このことから工具台、バイト形状を改良することにより工具振動に対して工具を強くすることができたと言える。

次に加工面粗さに対して検討を行った。6mm角のシャンク形状のバイトを用いて、切削を行ったときの加工面粗さは、中心から40mmのところでは $Ry 52.9$ nmであった。宇宙線の波長は紫外線領域(350-400nm)であり、加工面粗さはその $\lambda/8$ 程度であることから、反射鏡として用いることが可能である。しかしながら中心より180mmのとこ

ろでの加工面粗さはRy549.9nmであり、非常に悪化した。その加工面粗さの曲線を図3に示す。また、これより大きい外周のところでも同様に加工面粗さが悪化していた。これは上述のように工具振動によるビビリのためであると考えられる。

しかし一方では15mm角のシャンク形状のバイトを用いて再切削を行った後では、工具送りの速い条件 $F=10(\text{mm}/\text{min})$ において、ビビリがあったところの加工面粗さは図3に示すとおりRy207.1nmであり、加工面粗さの向上が見られた。

一般に工具送り速度が大きくなるにしたがって、理論粗さは大きくなる。このことから15mm角のシャンク形状のバイトを用い、さらに工具送り速度を小さくすることによって、さらなる加工面粗さの向上が期待できる。

また $\phi 30\text{mm}$ 程度のアルミ材を用い、同様の加工面粗さを作製し、その反射率を測定した。宇宙線の波長である紫外線領域(350-400nm)において、90%を越える反射率を有しており、良好な鏡面が得られている。

最後に最終仕上げ面の表面性状について検討した。表面性状の評価には一般的に触針式粗さ計を用いられているが、触針による加工面への測定傷が生じることから、測定することができない。そこで「超精密旋盤による鏡面加工」というカードを用いて、その映り込みを比較した結果を図4に示す。6mm角のシャンク形状のバイトを用いて切削したミラーの外周部では「精密旋盤」の文字部分がビビリによるにじみが生じている。一方、15mm角のシャンク形状のバイトで切削したミラーの外周部にはビビリがなくなり、文字のにじみがなくなっている。このことからバイトのシャンク形状の改善により良好な加工面が得られたと言える。

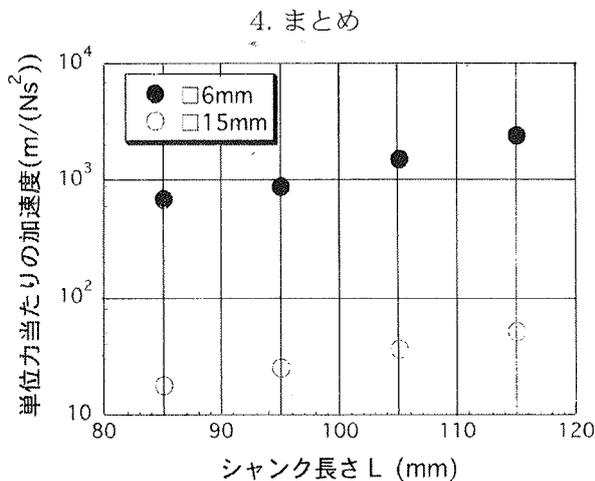


図2 バイト形状の違いによるシャンク長さとの単位力当たりの加速度の関係

バイトのシャンク形状の改善により良好な加工面が得られた。しかしながらミラーの加工表面には周期的に加工痕が残るところがあった。ミスト等の調節により加工痕の抑制を試みたが、抑制することができなかった。その原因としては、加工屑の付着、機械的な特性等の可能性が考えられ、現在検討中である。

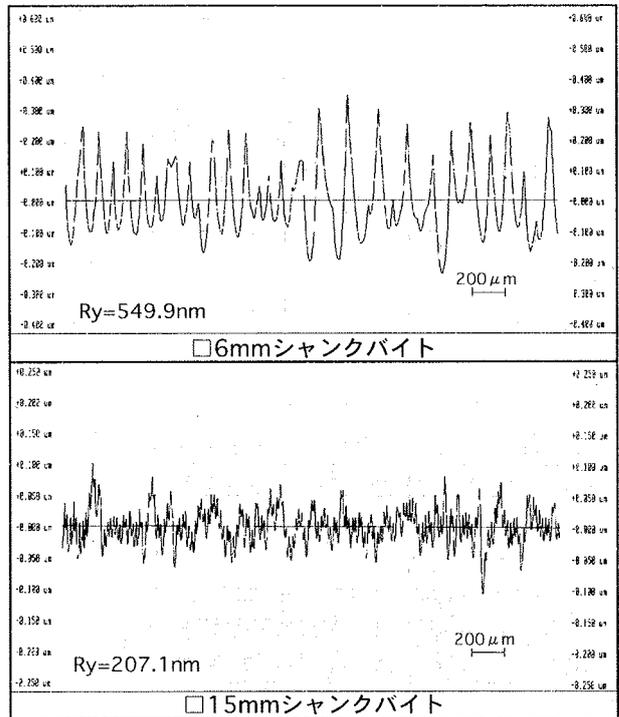


図3 中心から180mmにおけるシャンク形状の違いによる加工面粗さ

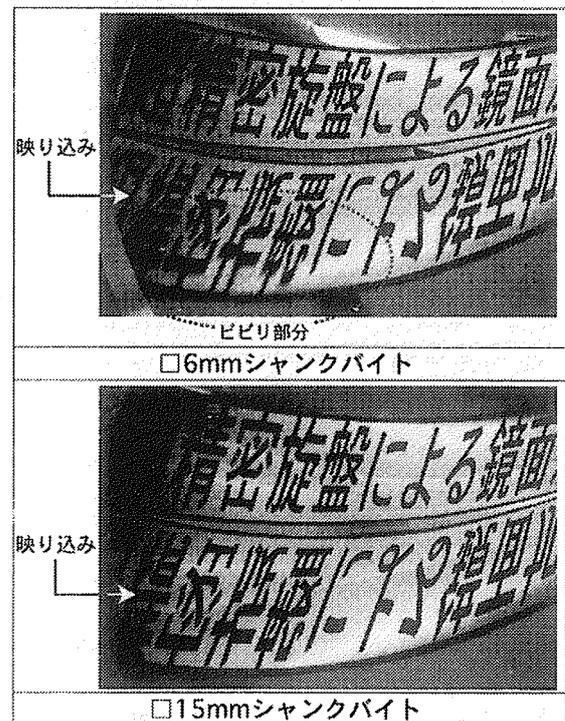


図4 シャンク形状の違いによる加工表面の映り込みの違い