

CTA 報告36

大口径望遠鏡用の分割鏡の開発

2012年3月24日

茨城大学大学院理工学研究科

加賀谷 美佳

東大宇宙線研：手嶋政廣 榎本良治

宇宙研：奥村暁

甲南大学：山本常夏

近畿大学：千川道幸 周小溪

茨城大学：片桐秀明 吉田龍生

他CTA-Japanチーム一同

大口径望遠鏡用分割鏡(LST)要求仕様

口径：23m

焦点距離：27.6m

F値：1.2(27.6m/23m)

曲率半径：56m

形状：回転放物面型

分割鏡 1枚あたりのサイズ：1.5m (球面六角形)

分割鏡枚数：1台あたり約200枚(>400m²)(8台設置)

反射率：>90%(400nm)

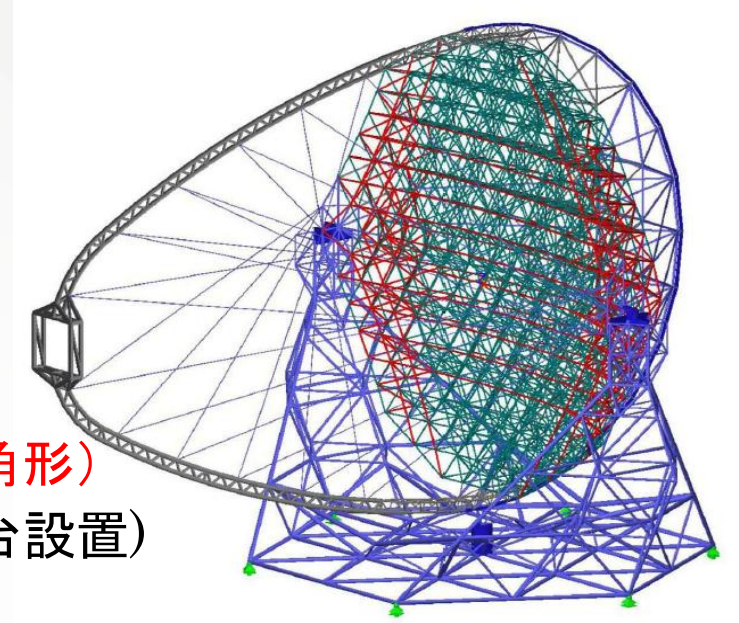
>85%(300-600nm)

スポットサイズ：<2分角

重量：<50kg/枚(20秒で180度回転：GRBをとらえる)

反射率経年変化 <1%/yr (10年の耐久性)

その他 機械的な耐久性も重要



①反射率測定

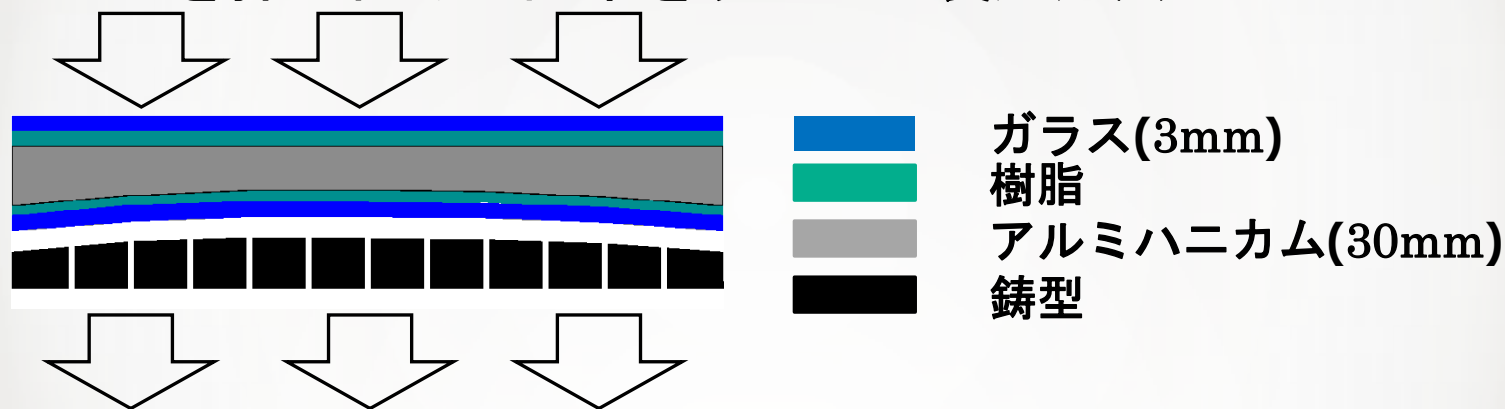
②スポットサイズ測定

③加速試験

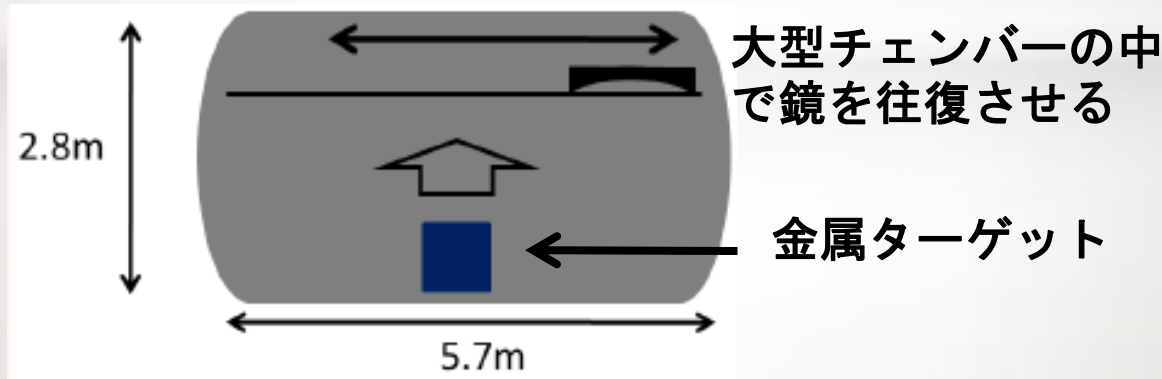
④密着性試験

分割鏡の試作

Cold Slump法：曲率のついた鋳型の鏡の土台となるガラス・アルミハニカムを押し付けて曲率を映しとる製造方法



スパッタリングコーティング：大型真空チェンバーの中に金属ターゲットを設置し、そこに高電圧をかけると、中に充満している不活性ガスの原子がターゲットに衝突し、原子が弾き飛ばされて鏡に製膜される方法



分割鏡の試作



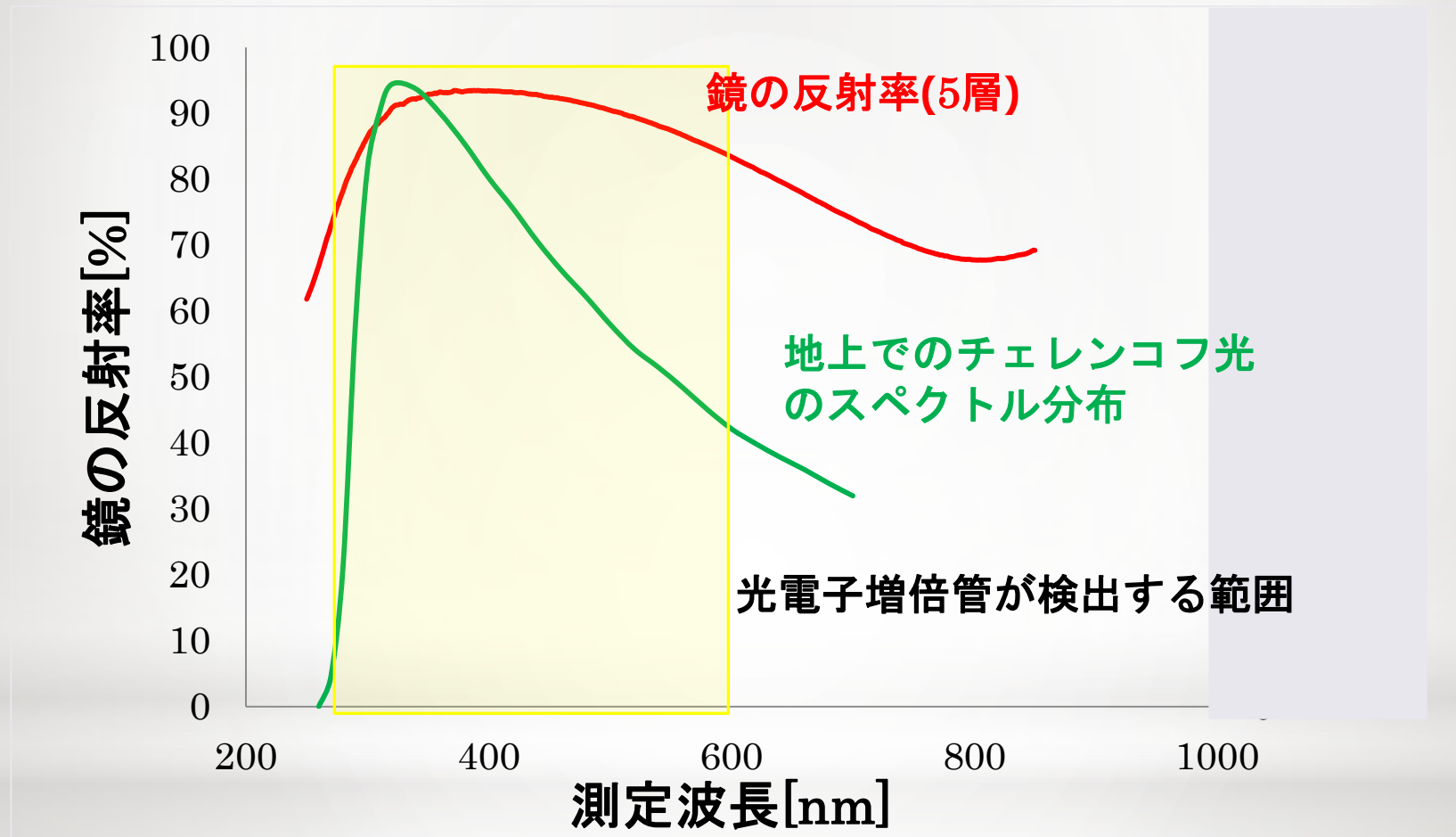
1.5mの試作鏡



ハニカムとガラスの接着面

- ・ Cold Slump法により、大型の鏡を比較的安価に作ることが可能
- ・ スパッタリングコーティングにより、強固な膜による高耐候性、光の干渉効果による紫外線領域の反射率の向上(>93%)を実現
- ・ アルミハニカムを土台とすることで、分割鏡自体の軽量化(43kg) 要求仕様の50kg以下の重量を達成

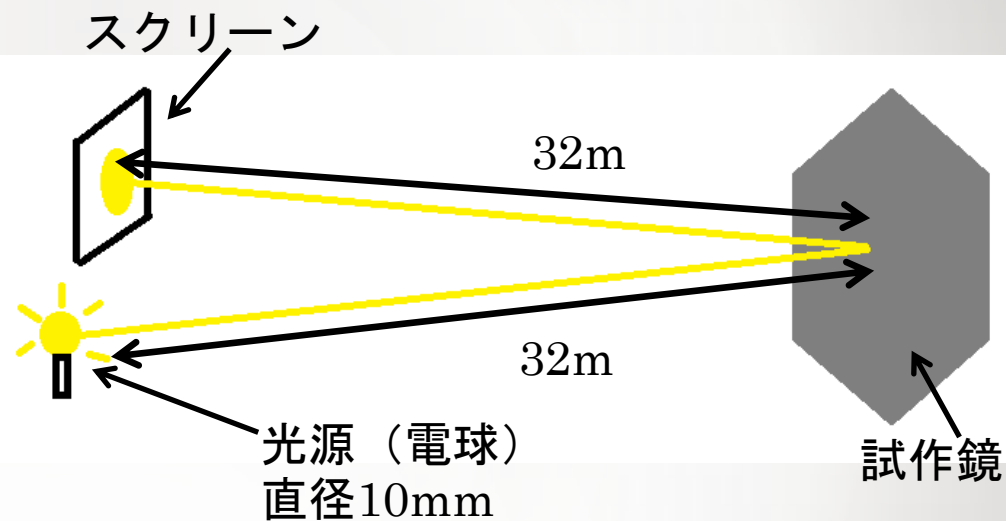
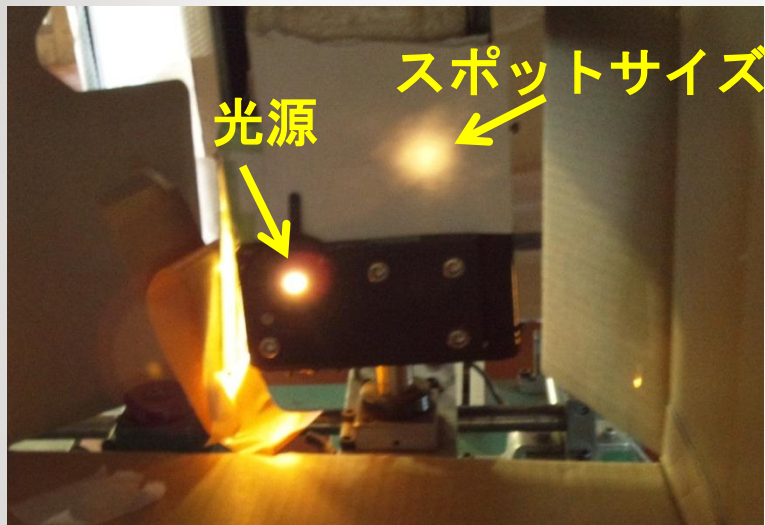
①分割鏡の製造-反射率



5層(Cr,Al,SiO₂,HfO₂,SiO₂)コーティング鏡の反射率

鏡の反射率は、大気散乱を考慮したチェレンコフ光のピークとほぼ一致

②スポットサイズの評価



1.2m(MST)鏡でスポットサイズを測定

MSTの要求仕様

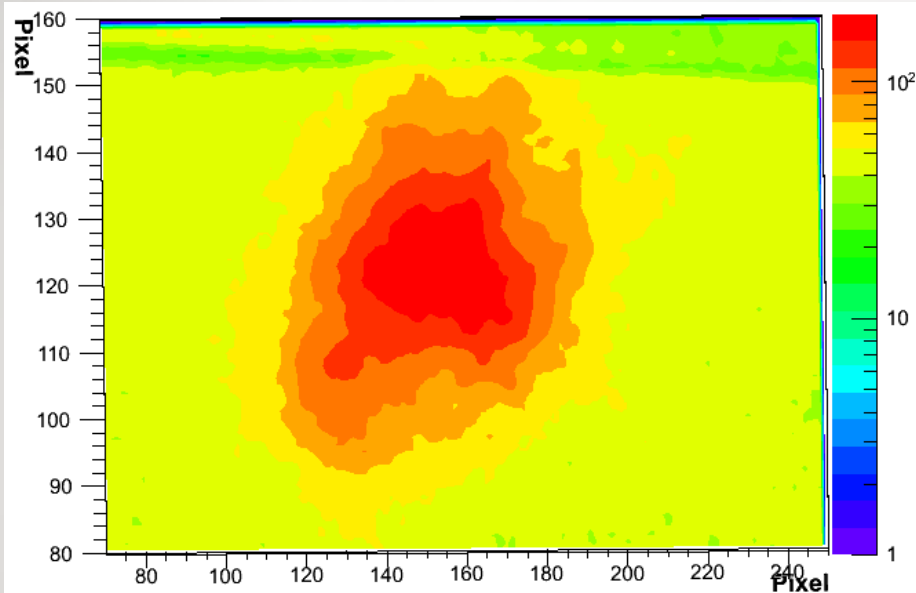
焦点距離：16.07m

曲率半径：32.14m

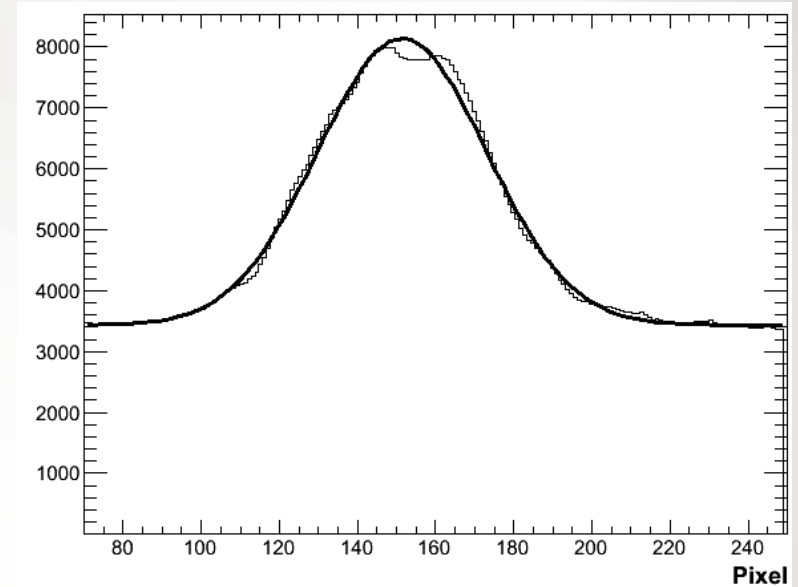
デジタルカメラで撮影

⇒画像解析を行ってスポットサイズの
評価を行った

② スポットサイズの評価



輝度分布の2次元マップ



Y軸方向の輝度成分を積分したプロット

撮像するカメラの仕様：6分角（1ピクセルのサイズ50mm）

1.2m鏡のスポットサイズの要求仕様：3.6分角

1ピクセルのサイズ(50mm)の3分の1(17mm)に光の80%が入る

4つのサンプルのスポットサイズを測定

写真の輝度分布をガウス分布でフィッティングして解析

（茨城大馬場による解析）

写真に写っているスケールと比較⇒直径約25mmのスポットサイズを確認
要求を満たす鏡の製作に成功

③加速試験

概要

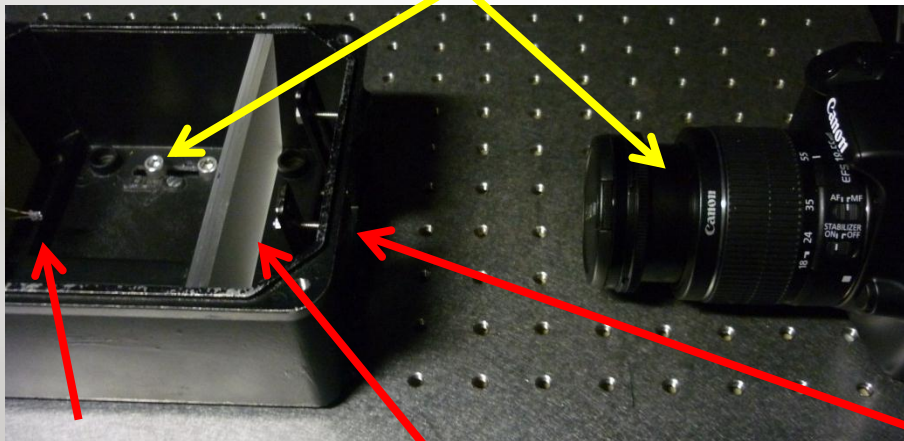
目的：酸性雨に含まれる成分を再現し、鏡面の腐食に対する加速試験を行う

⇒10年後の鏡の状況を見積もる

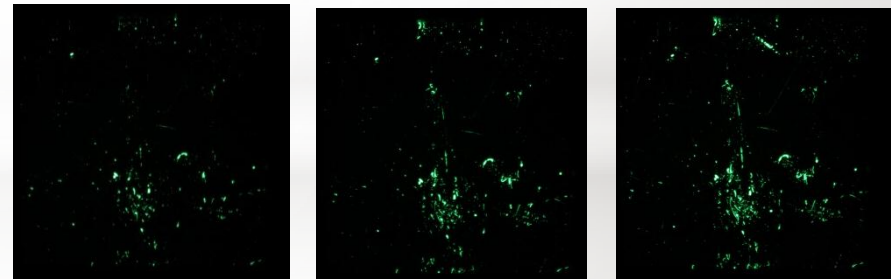
- 実験方法
- ・濃度を変えた塩水や酸にサンプルの鏡を浸し、金属面の腐食を観察。
 - ・鏡の裏に光源を置き、通り抜けてくる光をカメラで撮影。
 - ・画像解析により評価する。

現在 解析中

ジグとカメラはネジで除振台上に固定



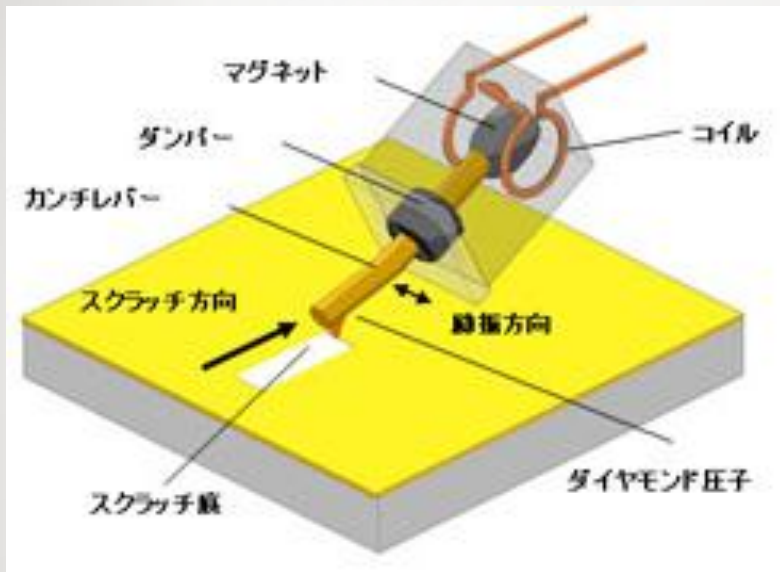
LED ディフューザー（半透明アクリル板）



経時変化を撮影

ミラー

④密着性試験



試験機

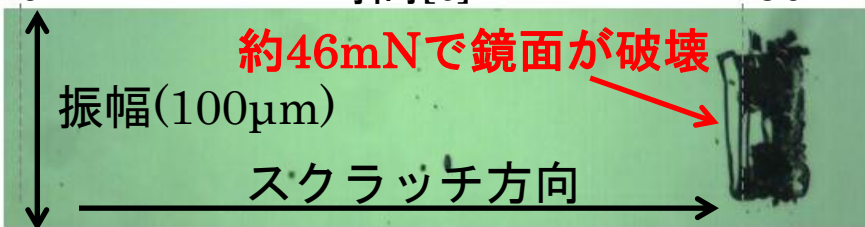
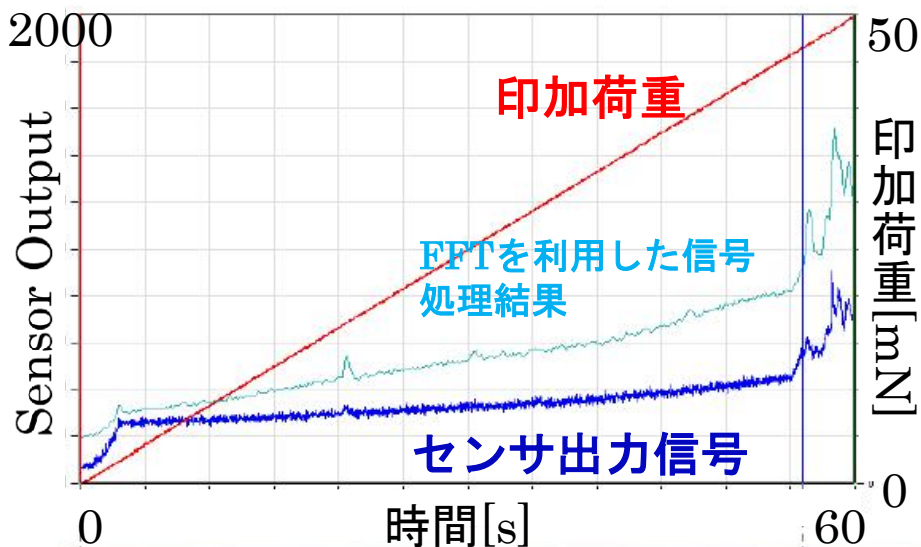
超薄膜スクラッチ試験機
CSR-2000型

測定条件

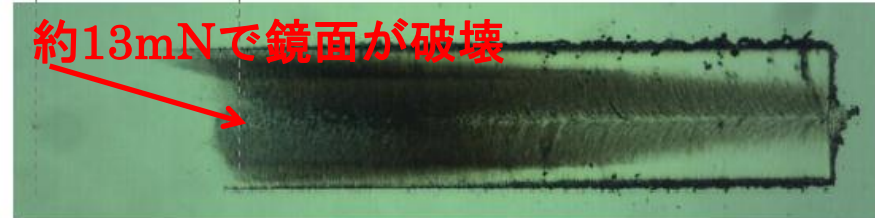
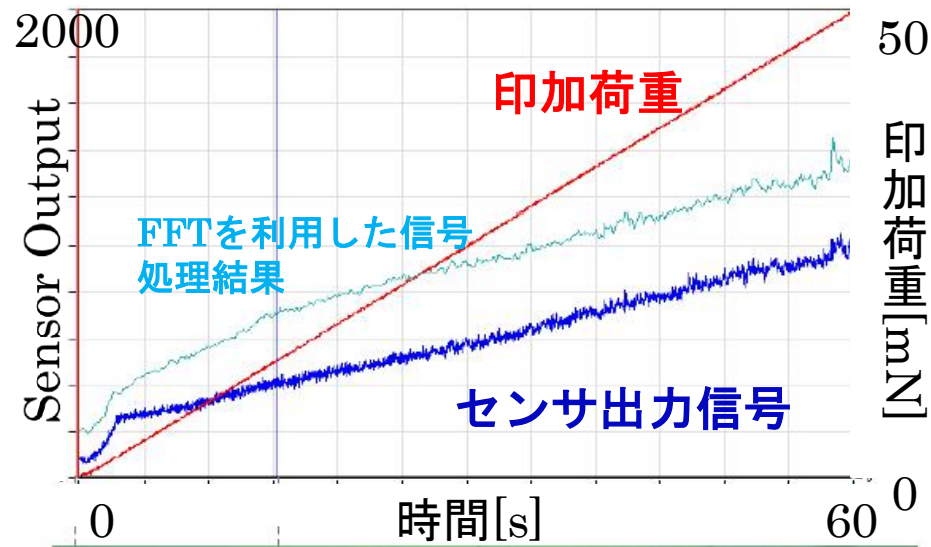
- スクラッチ速度：10um/sec
- 励振振幅：100um
- 荷重印加速度：50mN/60sec
- 試験回数3回

- 鏡面を先端にダイヤモンドがついた機械を往復させ、薄膜が破壊するまで擦る。
- 摩擦力に対してどの程度の強度を持っているかを評価
- 膜の破壊が生じると摩擦力が急激に変化
⇒ センサ出力信号グラフが急激に上昇
(膜の破壊ポイント：臨界荷重値)
- 臨界荷重値が高い膜ほど強度が高い

④密着性試験



スパッタリングコーティングの結果



蒸着コーティングの結果

スパッタリングでのミラーは**45.9mN**,蒸着でのミラーは**12.9mN**の力で鏡が破壊された。

蒸着でコーティングされた鏡より**スパッタリングでコーティングされた鏡の方が強度が強い**ことが確認できた。

総括

- ・ 三光精衡所にて1.5mサイズの試作鏡を製作
- ・ 密着性試験によりコーティングの強度を評価
⇒スパッタリングの強度を確認
- ・ 加速試験により耐久性能を調査
⇒条件を変えながら試験継続中

今後 量産体制の確立

プロトタイプの製作：50枚/年(1台分)

2015年～ 8台分の鏡製作：600枚/年

(3年で1600枚)