

# 大気蛍光望遠鏡における 複合球面鏡の反射率測定

---

信州大

東大宇宙線研究所

曾根直宙, 富田孝幸, 齊藤保典

藤井俊博

☆名前

曾根直宙(そねなおひろ)

☆生年月日

1996年9月3日(22歳)

☆出身地

静岡県富士宮市上井出

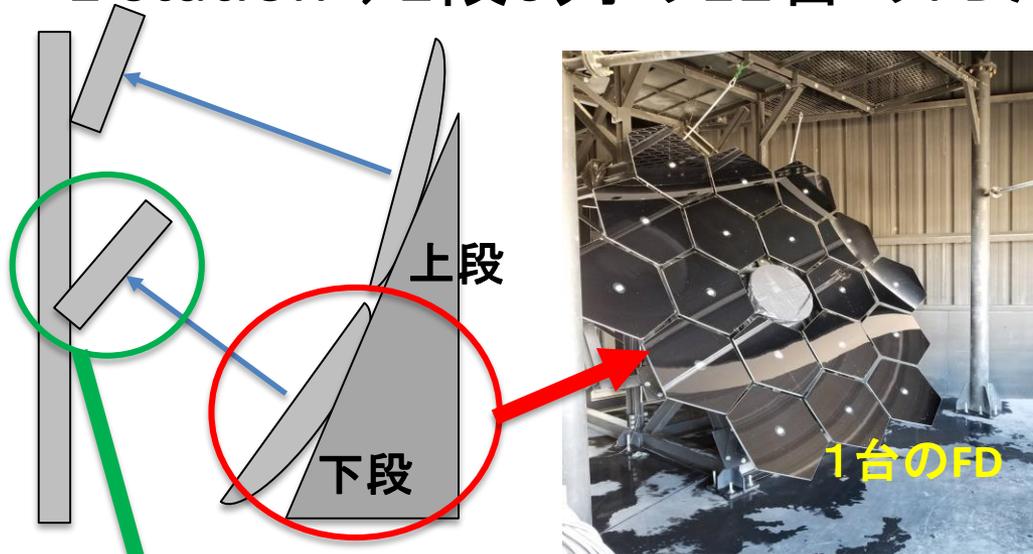
☆好きなブランド

GUCCI(持っていない)

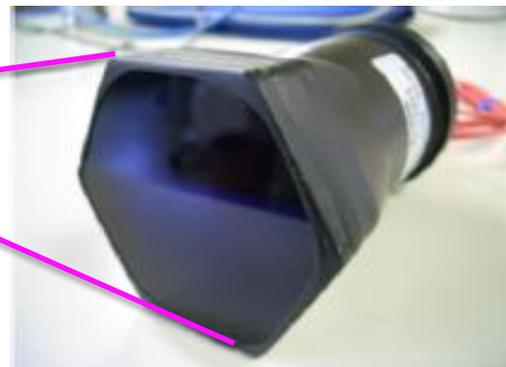
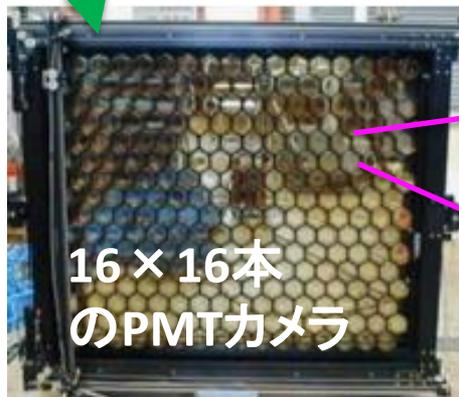


- 大気蛍光望遠鏡
- 反射率測定と鏡洗淨の目的
- 鏡の反射率測定方法
- 反射率評価と解析
  - 洗淨前後
  - 環境比較
  - 鏡の設置高さ
- 鏡の経年変化
- 反射率の低い鏡
- まとめ

- FD→18枚のSegment Mirrorから構成
- 1 station→2段6列の12台のFDから構成



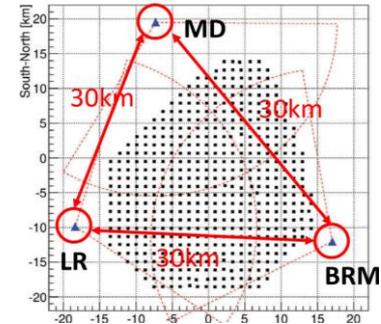
BRMのステーション



UV透過フィルタが  
取り付けられているPMT

- 3つのFD Stationは砂漠の過酷な環境にあるため  
反射率が低下する

→毎年1度鏡を洗淨して汚れを落とす



- 洗淨前に反射率を測定し、宇宙線観測のデータの補正に使う

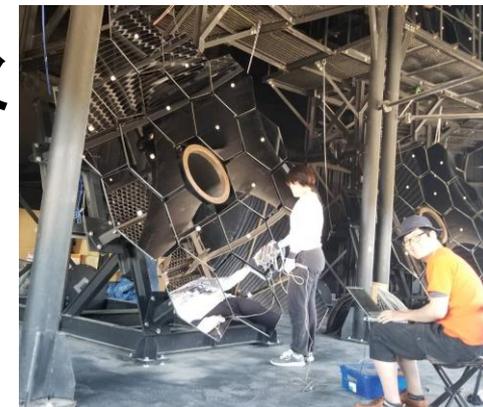
- 洗淨後の反射率を評価することで、  
経年劣化の有無の判断ができる

→高精度な宇宙線観測をするには不可欠

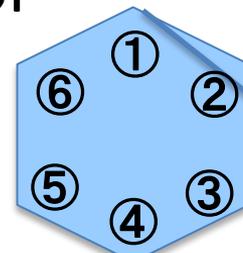


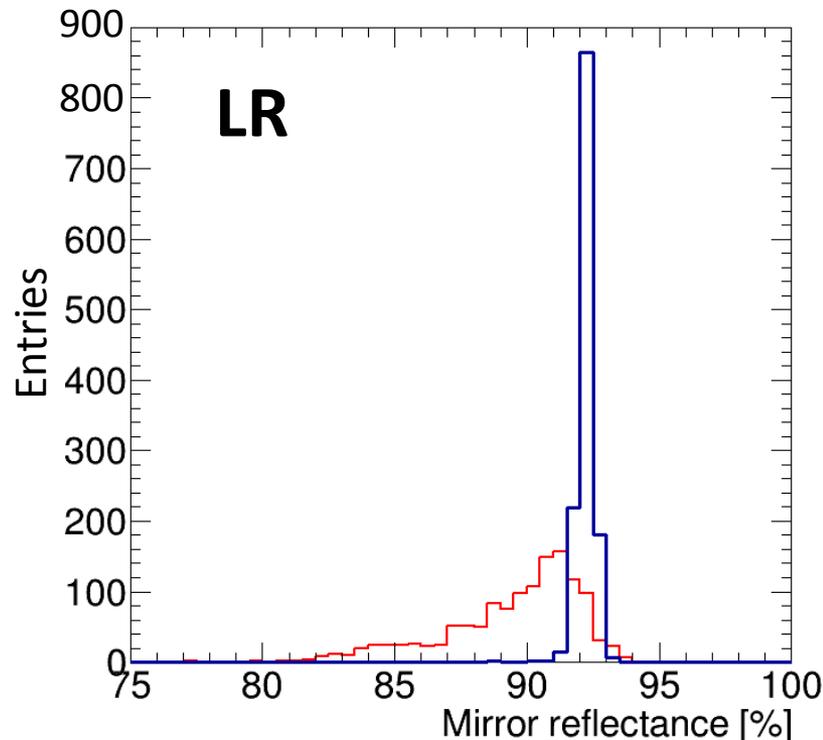
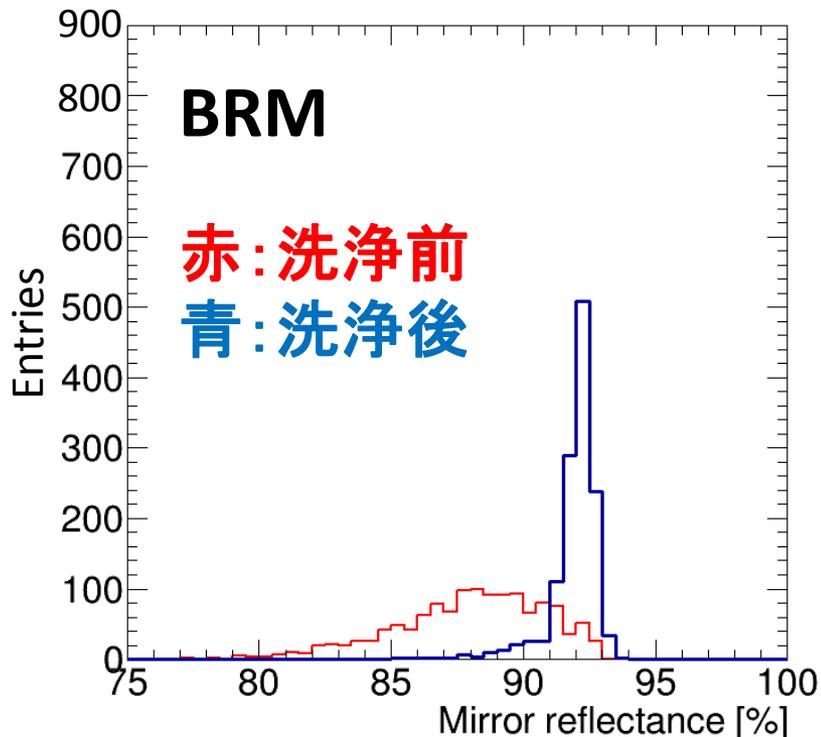
←洗淨の様子

→反射率測定の様子



- 測定器はCM-2500dを使用
- 測定波長範囲 360～740nm(波長間隔10nm)  
※解析には360～400nmを使用
- Segment Mirrorを①から⑥の6カ所で測定  
→ 6回/Segment Mirror
- 1台のFDに18枚のSegment Mirror  
→ (6回 × 18枚) = 108回/FD
- 1つのStationに12台のFD  
→ (108回 × 12台) = 1296回/FD Station

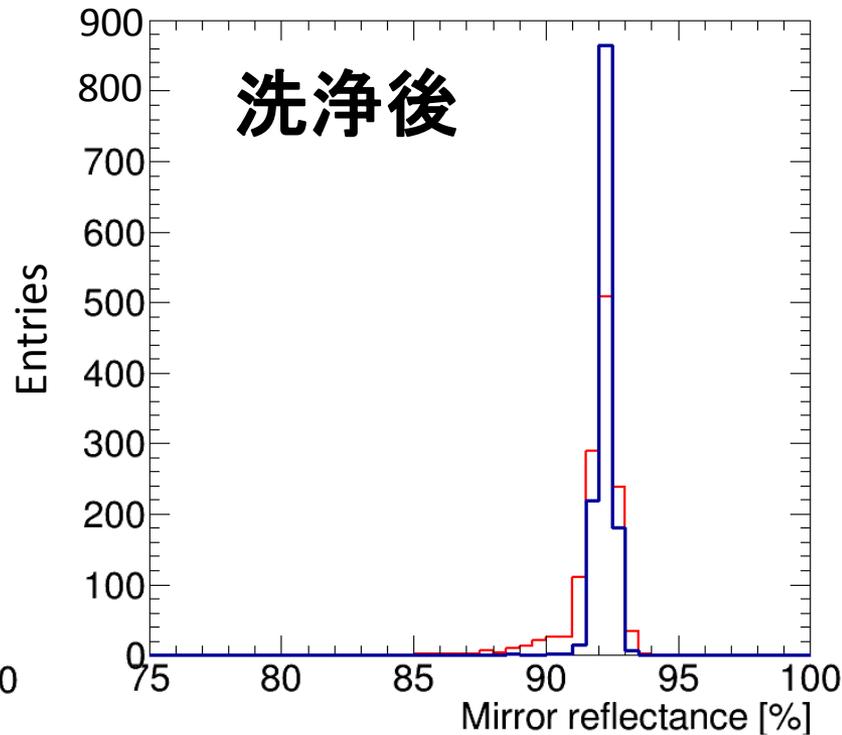
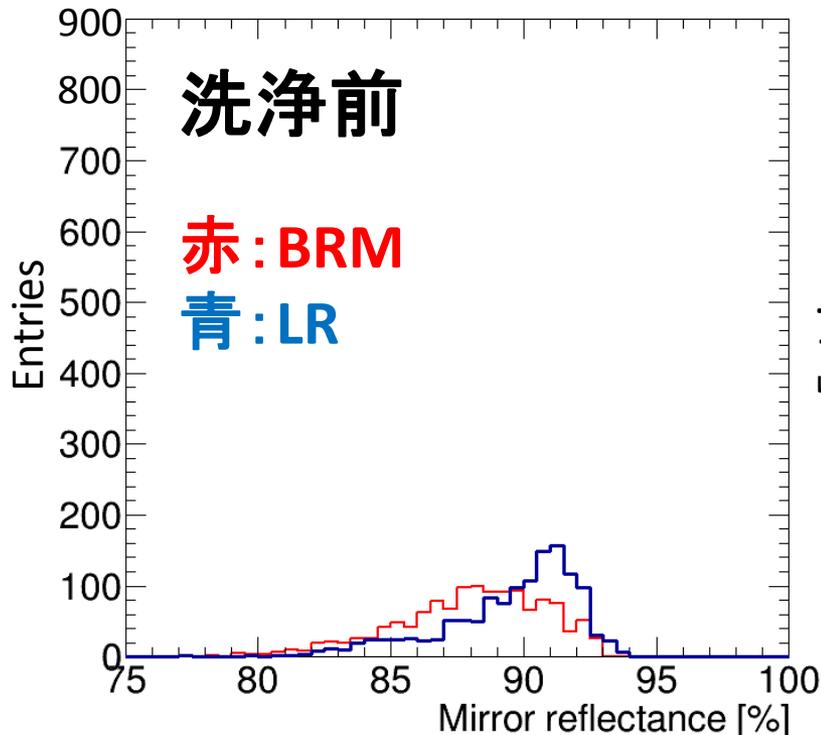




※アルミミラーの反射率  
90%以上

	洗浄前[%]	洗浄後[%]
BRM	88.02(±2.80)	91.94(±0.93)
LR	89.50(±2.55)	92.23(±0.31)

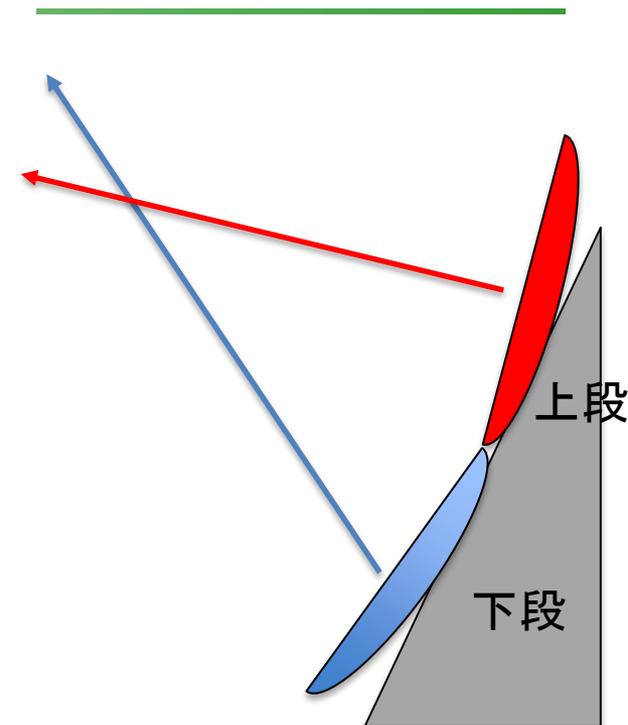
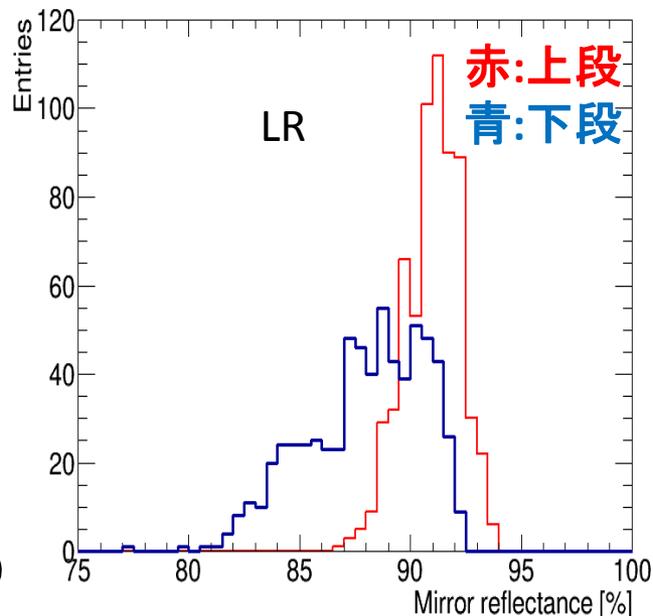
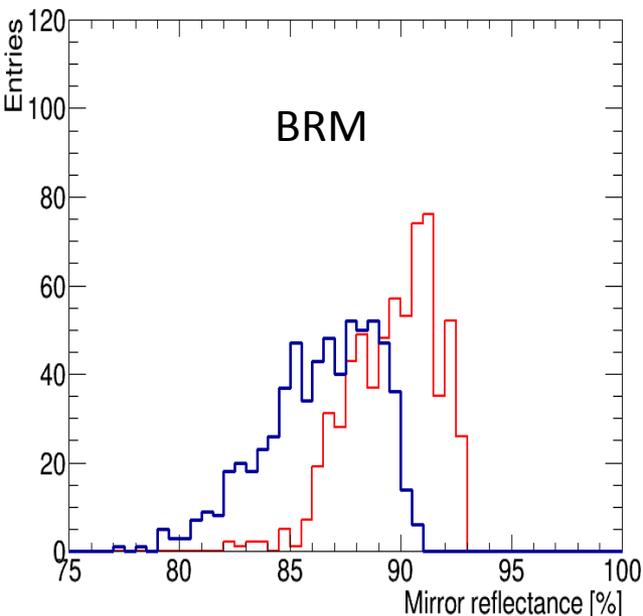
- ・ 洗浄後はBRM.LRともに反射率が高い
- ・ 反射率のバラツキが小さくなった



- ・洗浄前はBRMよりLRの方が反射率も高く汚れ具合のバラツキも小さい
- 環境依存?
- ・洗浄後はどちらも同じように反射率が高くなった

	BRM[%]	LR[%]
洗浄前	88.02(±2.80)	89.50(±2.55)
洗浄後	91.94(±0.94)	92.23(±0.31)

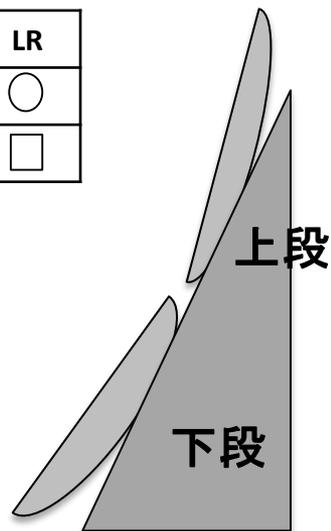
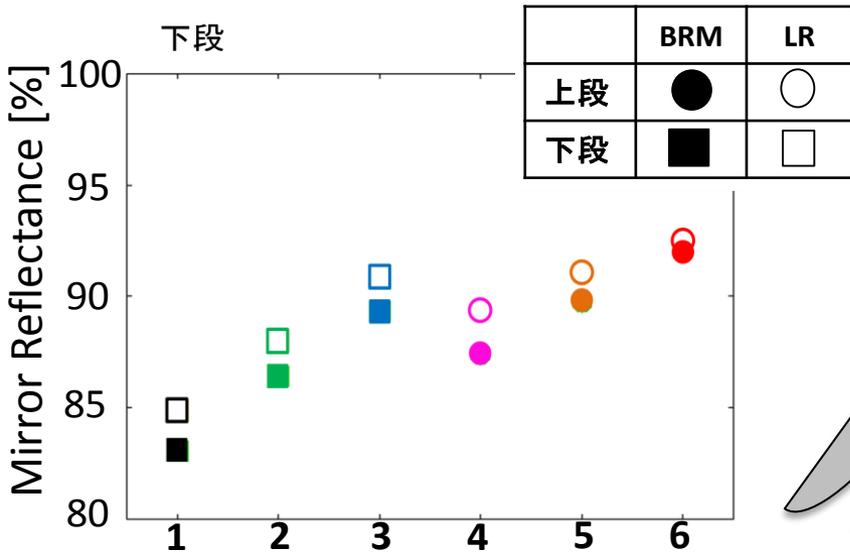
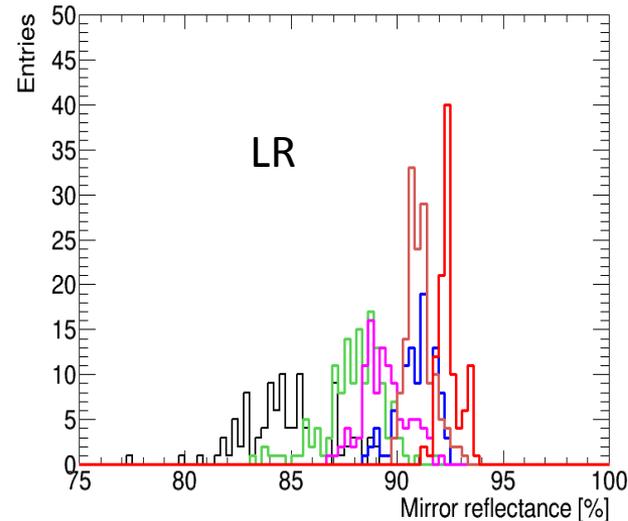
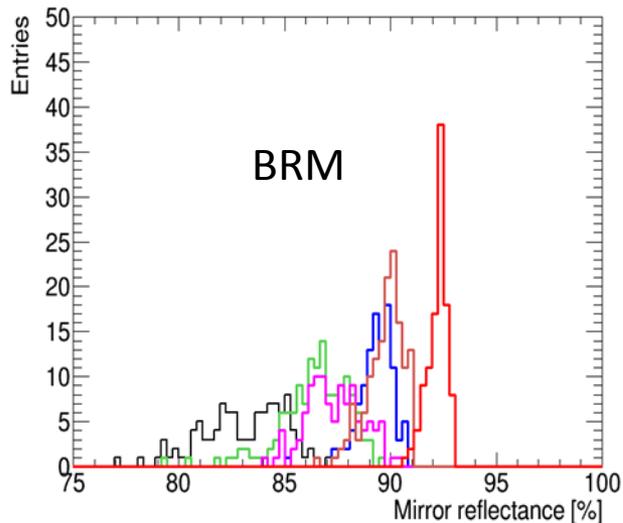
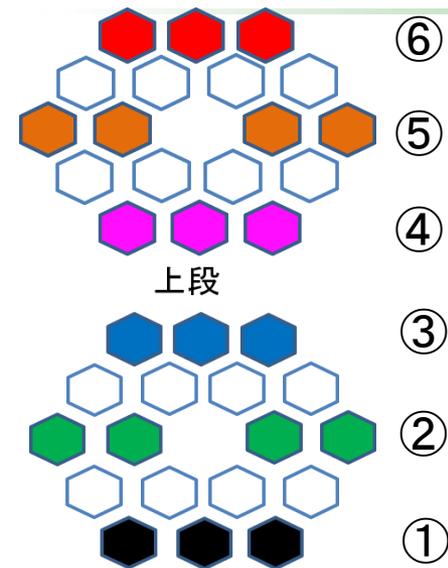
# 2018年 BRM,LR洗浄前の上下比較



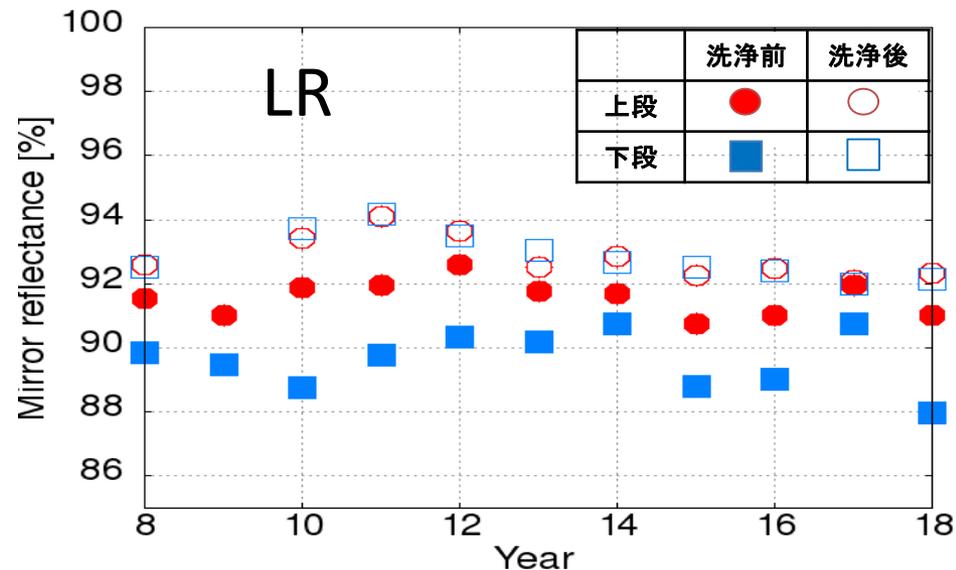
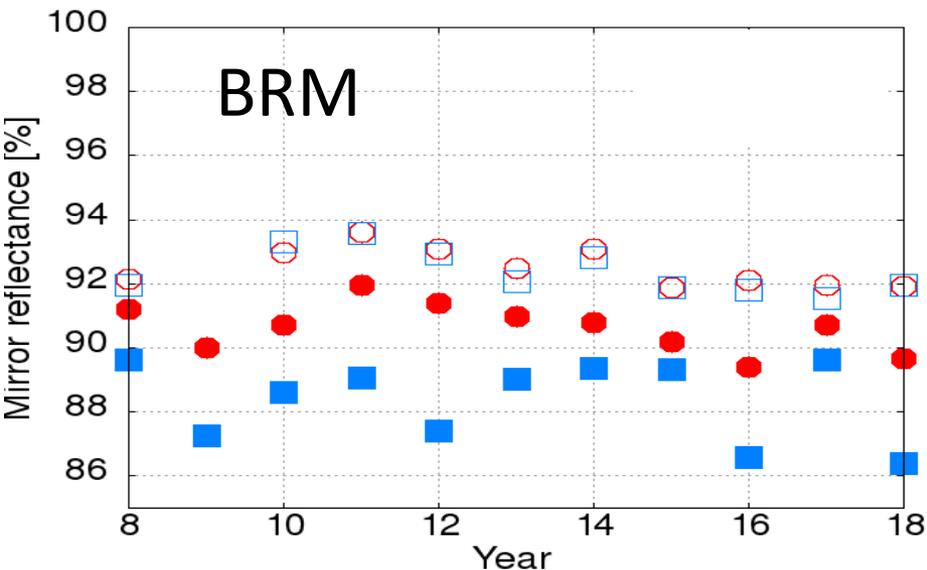
- ・BRM、LRともに上段の方が反射率が高く、汚れのバラツキも小さい
- ・上下段ともにBRMよりもLRの方が反射率が高い

	BRM(%)	LR(%)
上段	89.66(±1.98)	91.01(±1.24)
下段	86.39(±2.54)	87.98(±2.61)

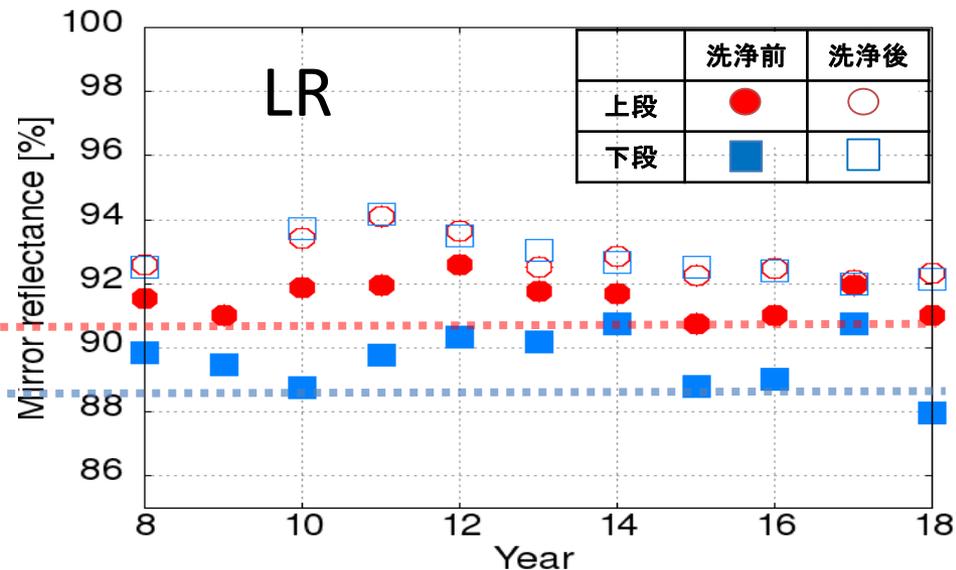
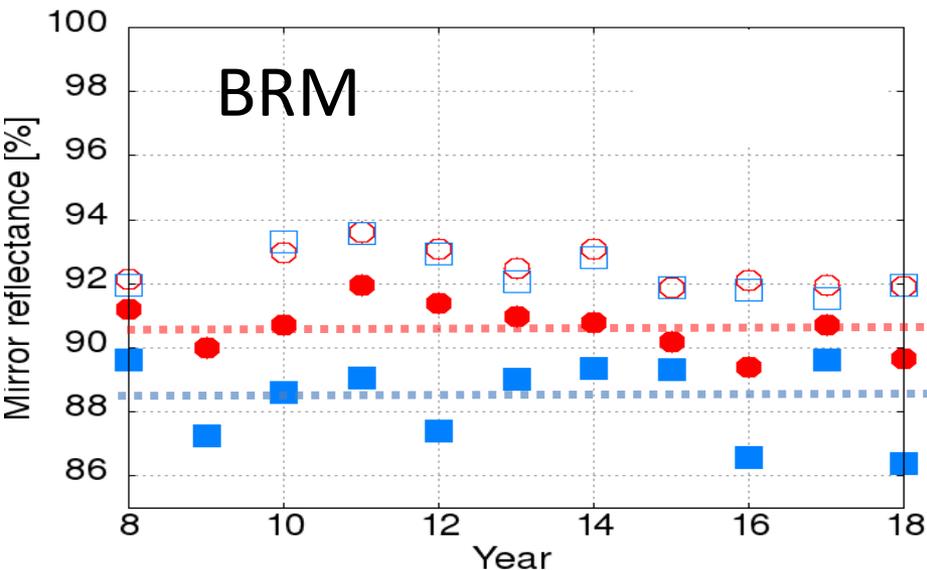
# 高さごとの鏡の反射率比較 (18年5月)



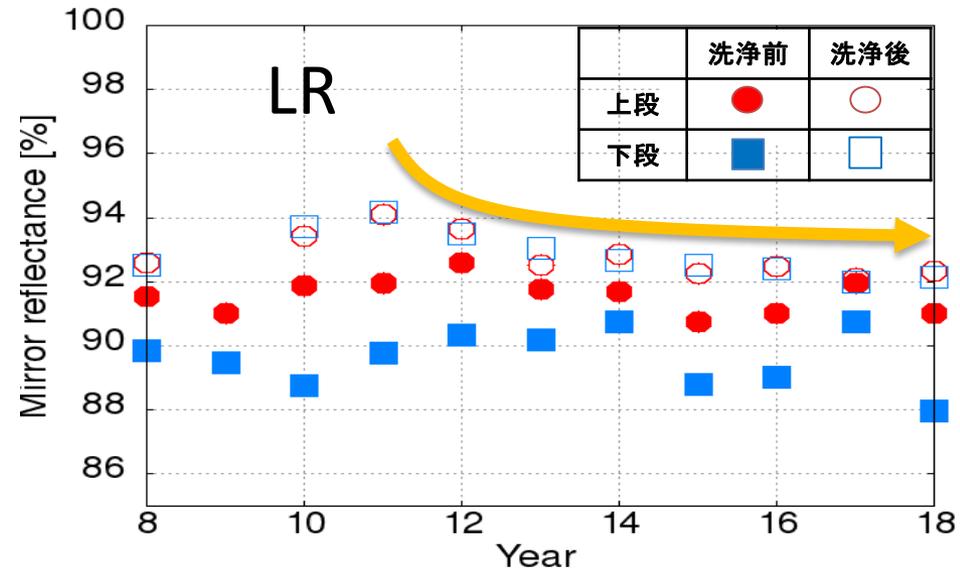
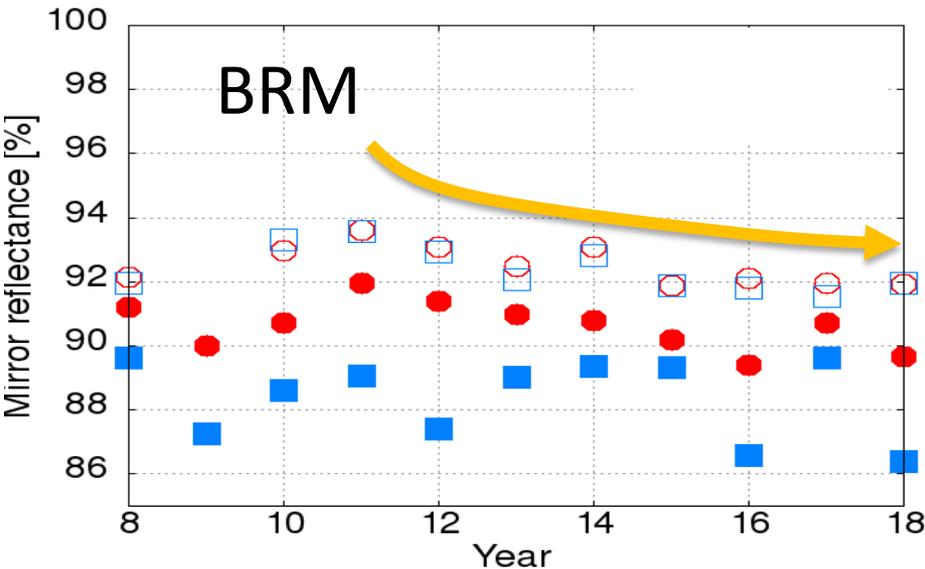
- ・鏡の位置が高くなるほど反射率が高い  
→ 汚れ方は高さ依存
- ・③より④の方が反射率が低い  
→ 設置角度に依存?



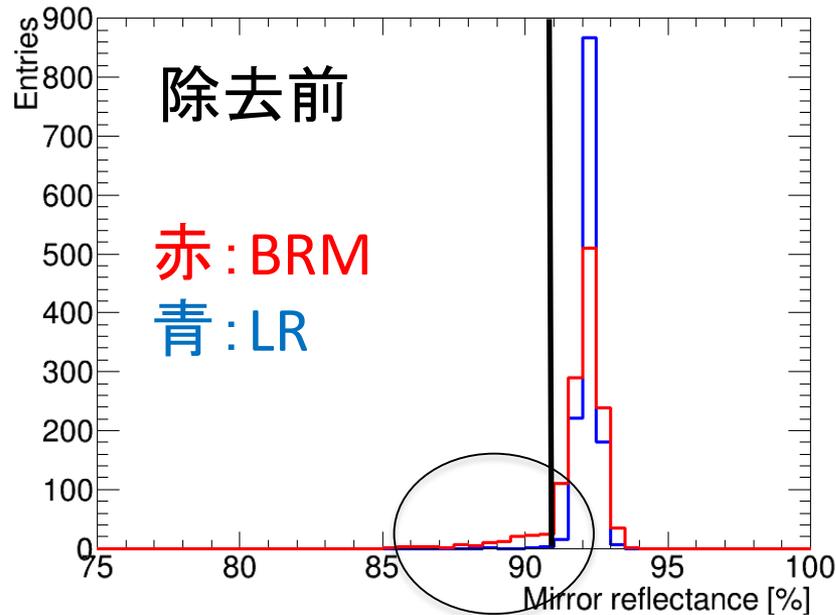
- すべての年で洗浄前の反射率が下段より上段が高い
- 毎年洗浄後の反射率はすべて差異1%以内であり同じような反射率になっている
- 洗浄前の反射率がLRよりもBRMの方が低い
- 洗浄後の反射率が徐々に低下している？  
→経年劣化を示唆？ これから見っていく必要がある



- ・すべての年で洗浄前の反射率が下段より上段が高い
- ・毎年洗浄後の反射率はすべて差異1%以内であり同じような反射率になっている
- ・洗浄前の反射率がLRよりもBRMの方が低い
- ・洗浄後の反射率が徐々に低下している？  
→経年劣化を示唆？ これから見っていく必要がある



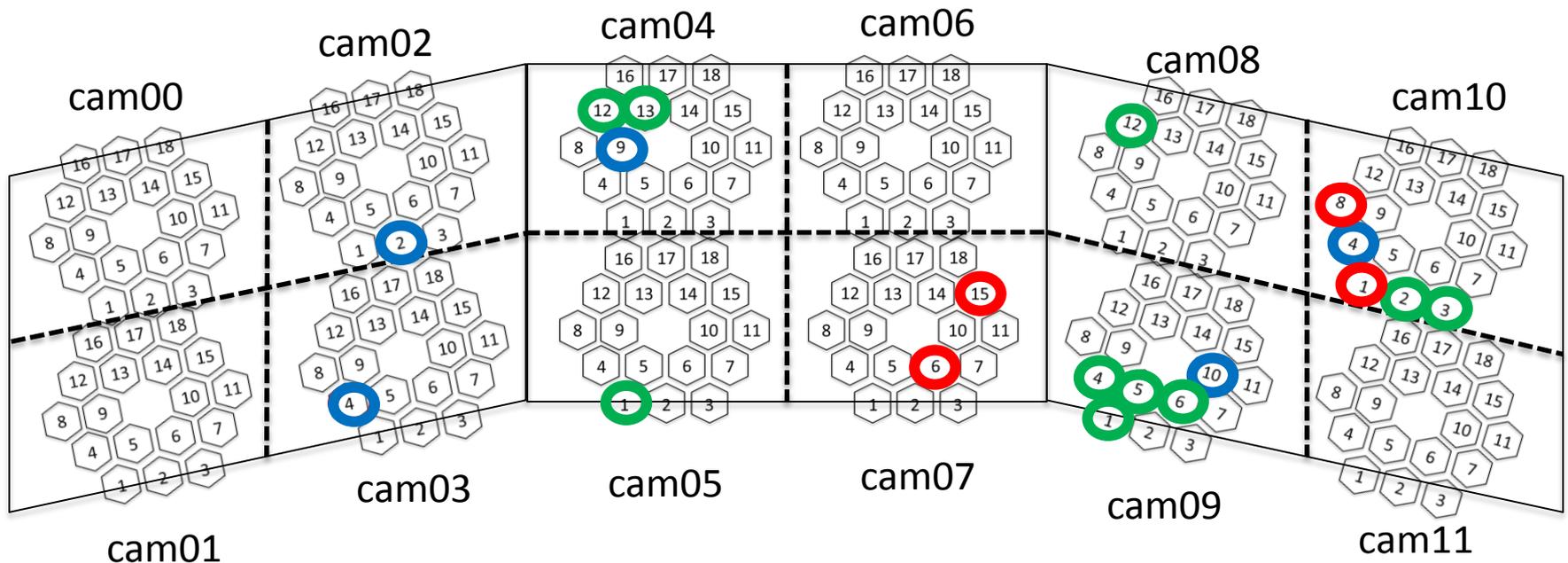
- すべての年で洗浄前の反射率が下段より上段が高い
- 毎年洗浄後の反射率はすべて差異1%以内であり同じような反射率になっている
- 洗浄前の反射率がLRよりもBRMの方が低い
- 洗浄後の反射率が徐々に低下している？  
→経年劣化を示唆？ これから見っていく必要がある

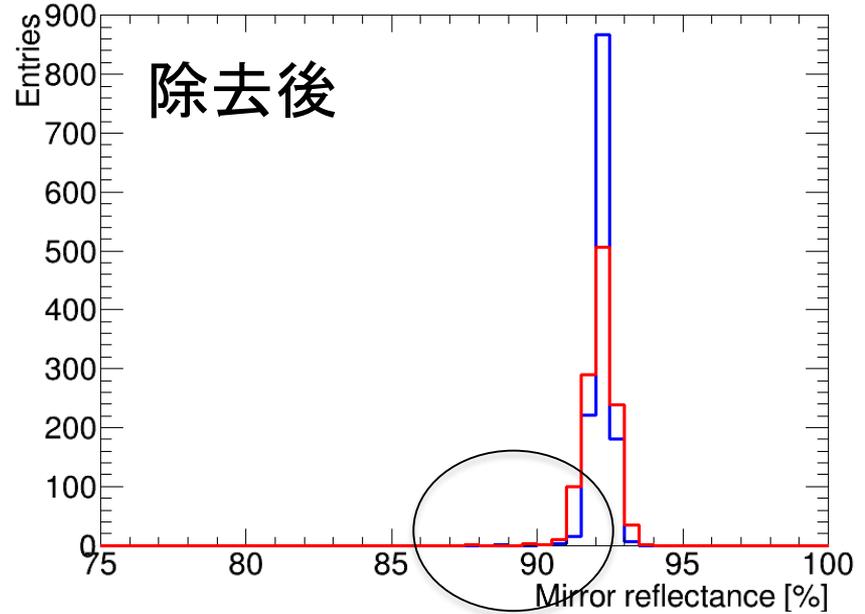
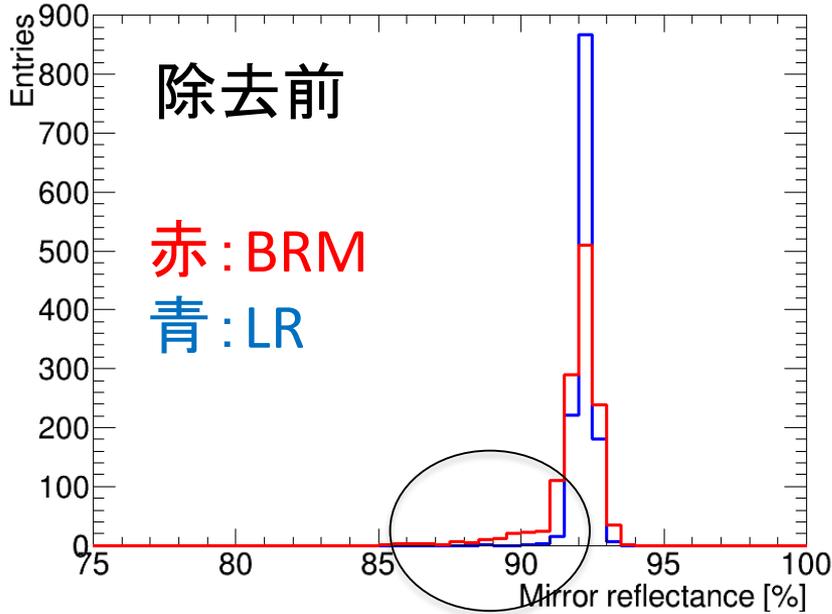


2018年まで毎年反射率の低い鏡がある  
→毎年ランダムに鏡の洗浄ができていない？  
→特定の鏡が毎年低い？

2018年のデータから洗浄後の反射率が低そうな鏡(91%未満)をピックアップ  
→19枚発見

- : 90%~91%
- : 89%~90%
- : ~89%

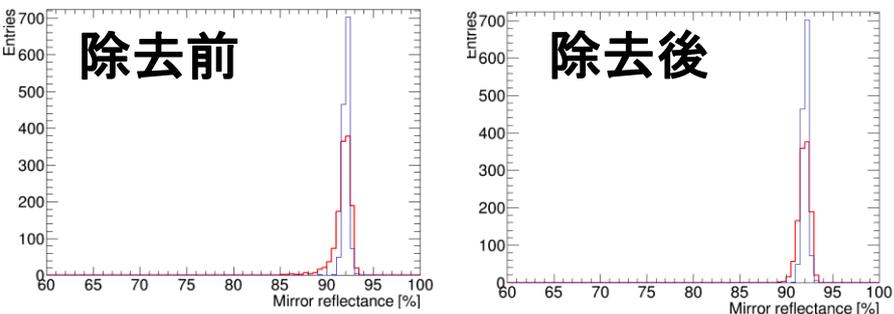




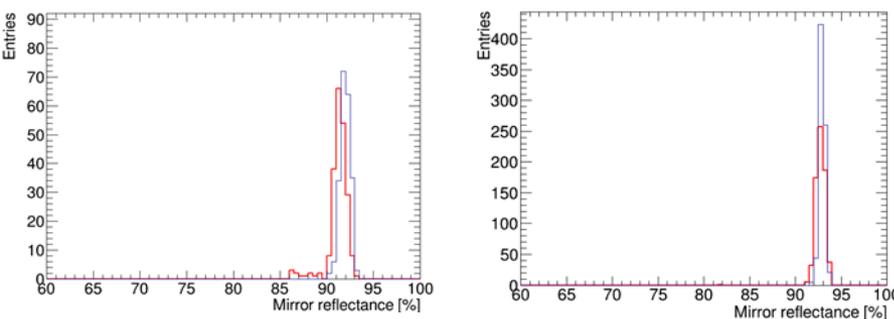
	除去前	除去後	LR
平均値	91.94%	92.15%	92.23%
標準偏差	0.93	0.50	0.31

- ・反射率の低い部分を取り除かれた
- ・反射率の平均値と標準偏差が改善された

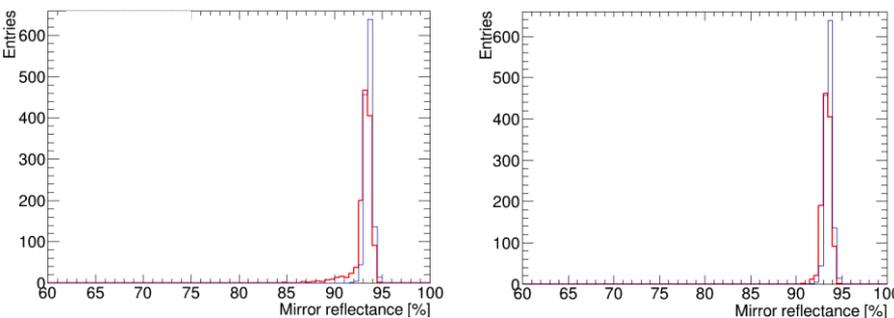
# 2018年と同じ鏡の除去結果



2017



2013



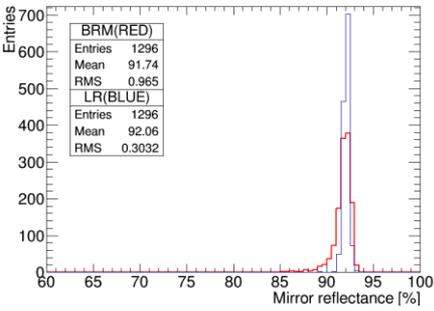
2010

年	除去前	除去後	LR
2017	91.74 0.97	91.95 0.57	92.06 0.30
2016	91.96 0.94	92.17 0.52	92.44 0.36
2015	91.89 0.82	92.09 0.39	92.39 0.34
2014	92.96 0.82	93.15 0.42	92.77 0.33
2013	92.52 1.06	92.74 0.63	92.91 0.31
2012	93.02 0.77	93.18 0.38	93.58 0.33
2011	93.59 0.92	93.80 0.39	94.12 0.29
2010	93.14 1.00	93.38 0.46	93.58 0.35

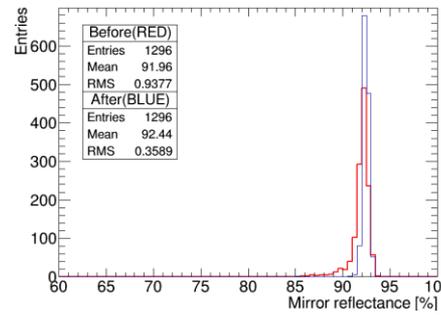
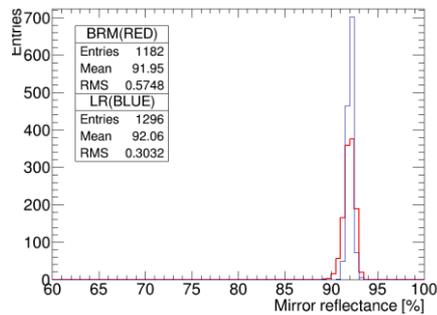
- 鏡の洗浄で鏡の汚染が取り除かれている
- LRよりもBRMの方が汚染度が高い
  - 環境依存が示唆された
- 鏡の位置が高くなるほど反射率が高い
  - 高さ依存性が確認された
    - 鏡の設置角度の依存性が示唆された
- 環境依存と高さ依存はすべての年で確認された
- 洗浄後のBRMの反射率の低い鏡が特定できた

# Back up

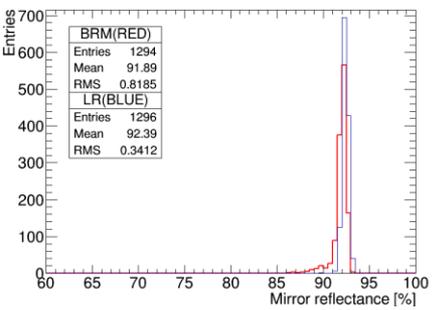
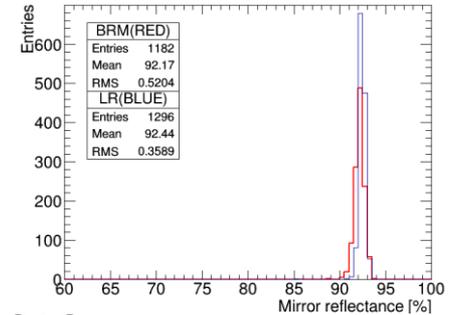
---



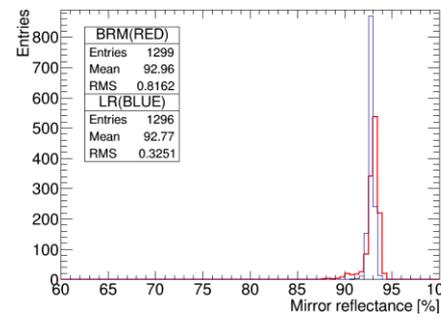
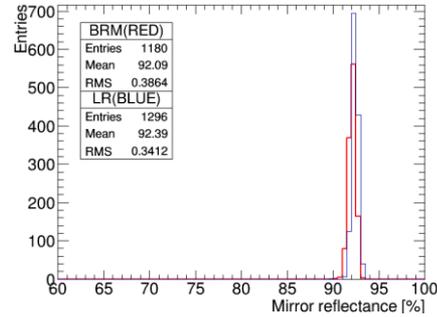
2017



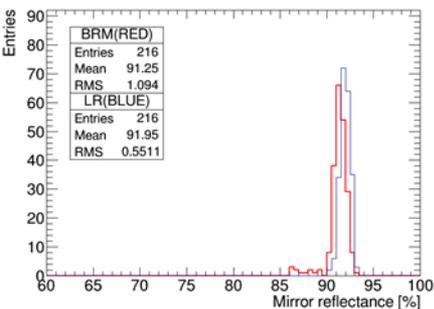
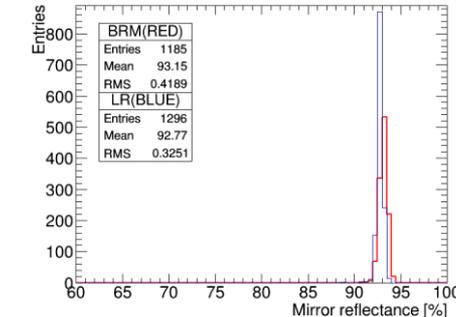
2016



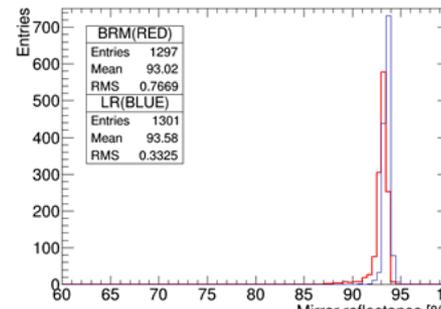
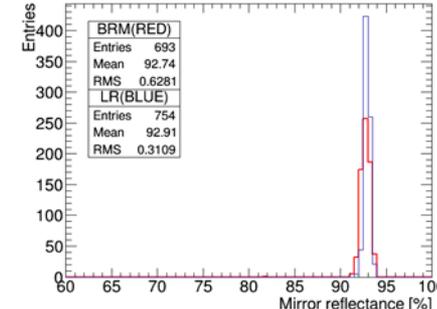
2015



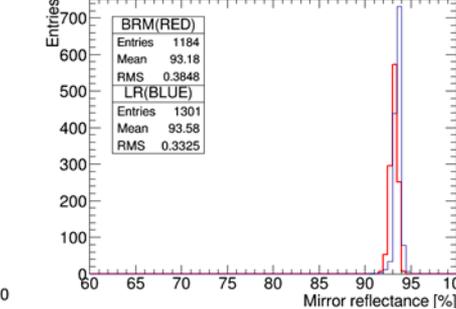
2014

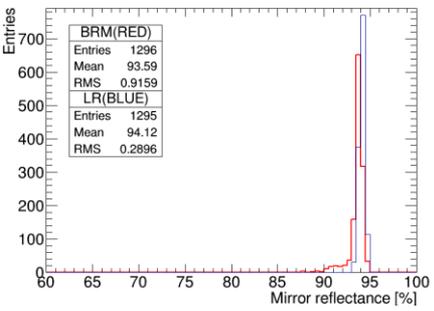


2013

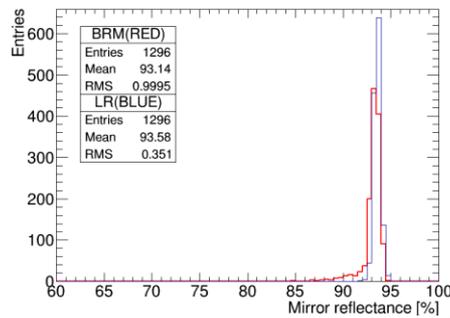
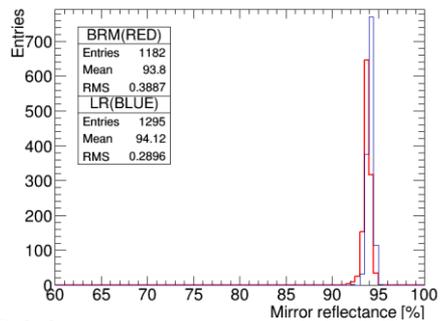


2012

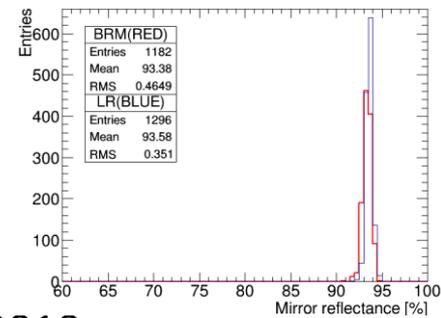




2011



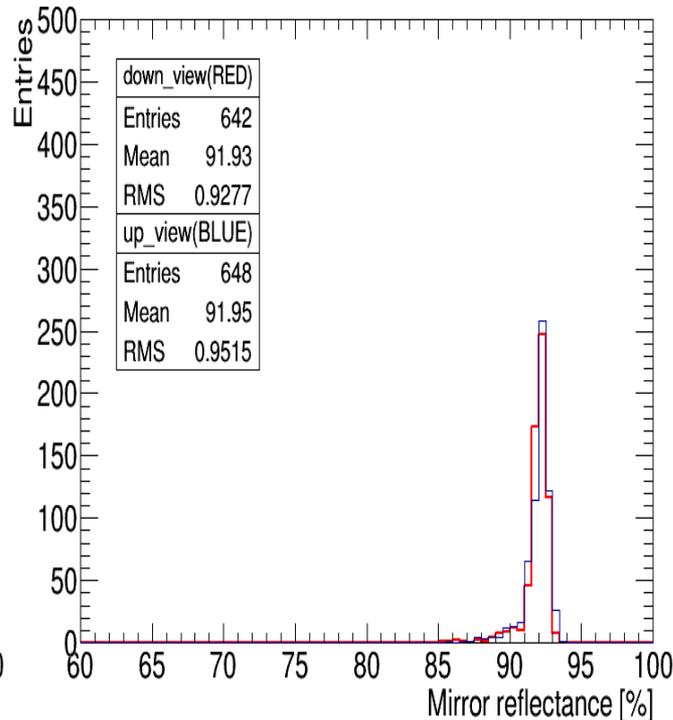
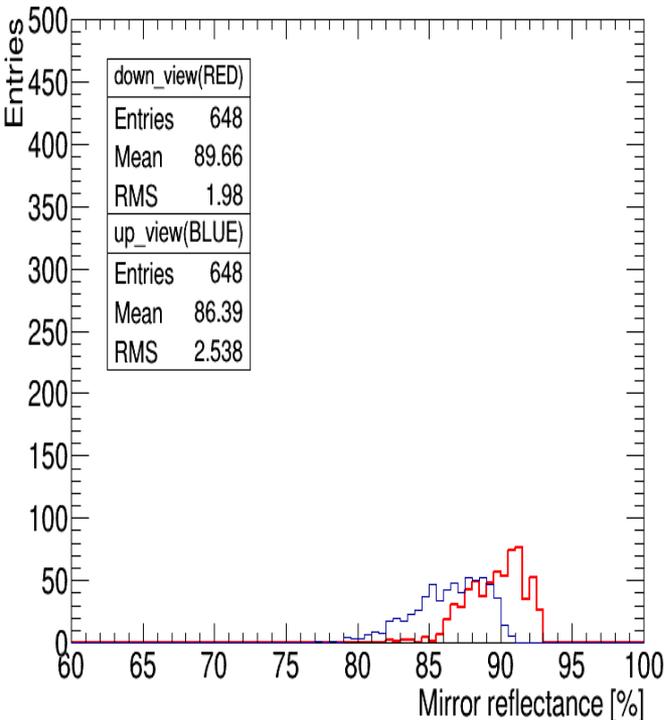
2010



down\_view: 下視野(上段)  
up\_view: 上視野(下段)

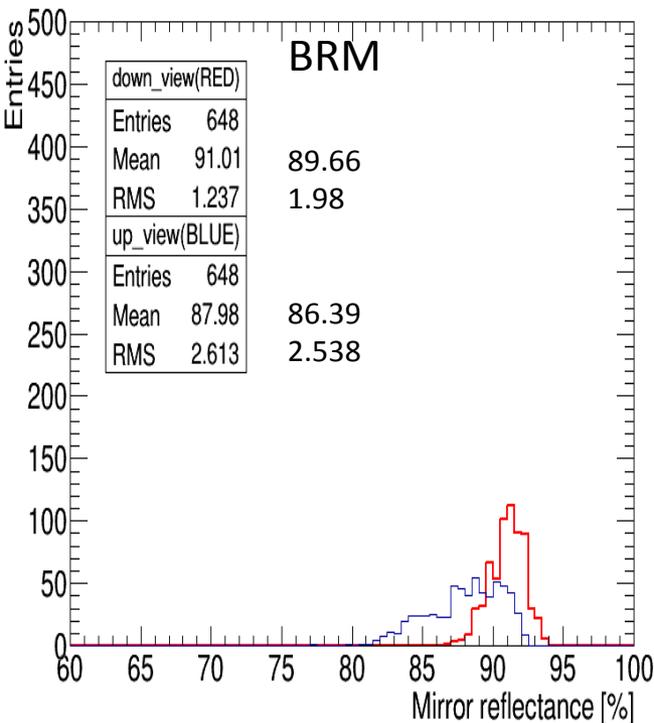
## 洗浄前

## 洗浄後

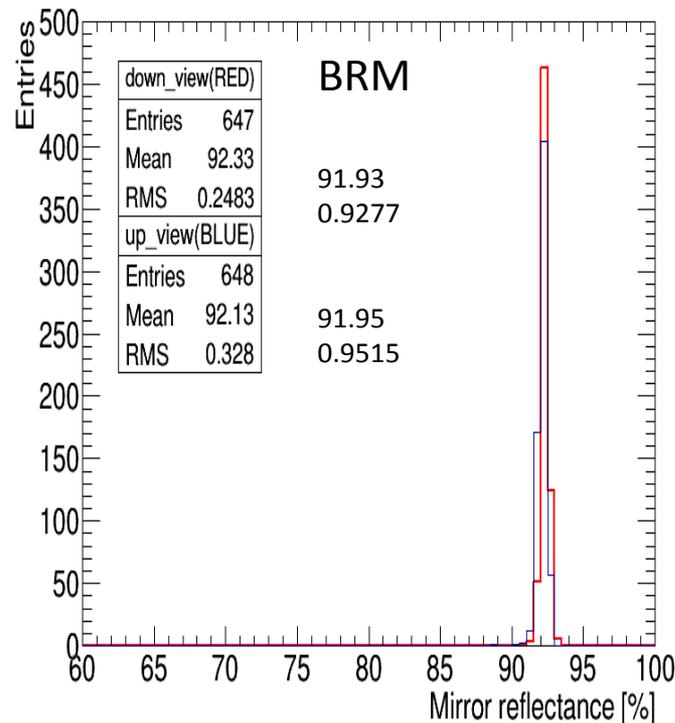


down\_view: 下視野(上段)  
up\_view: 上視野(下段)

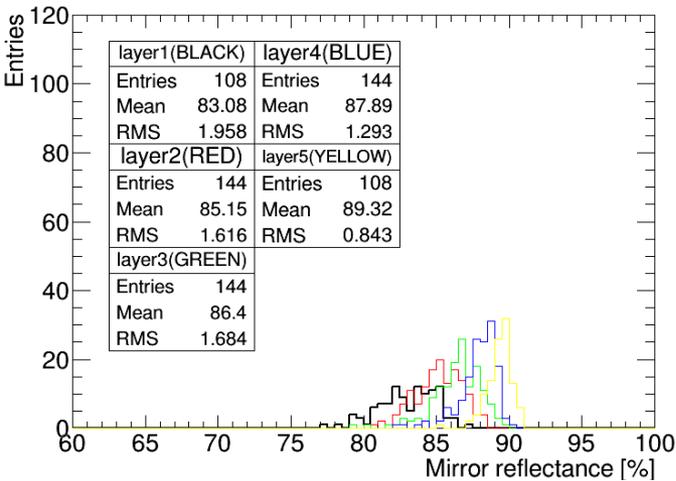
## 洗浄前



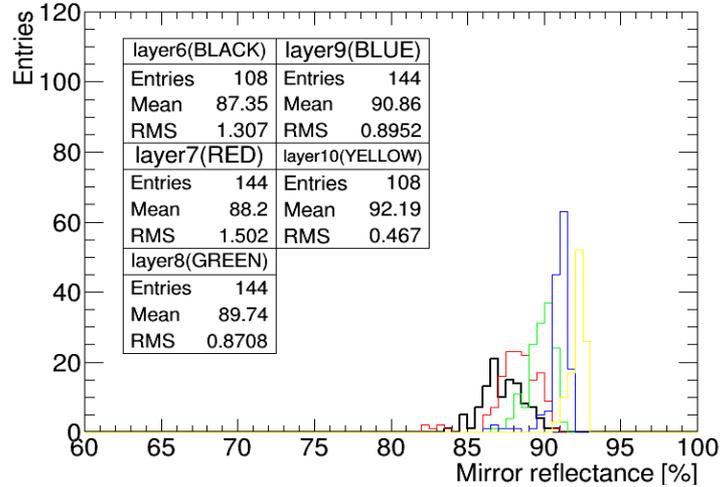
## 洗浄後



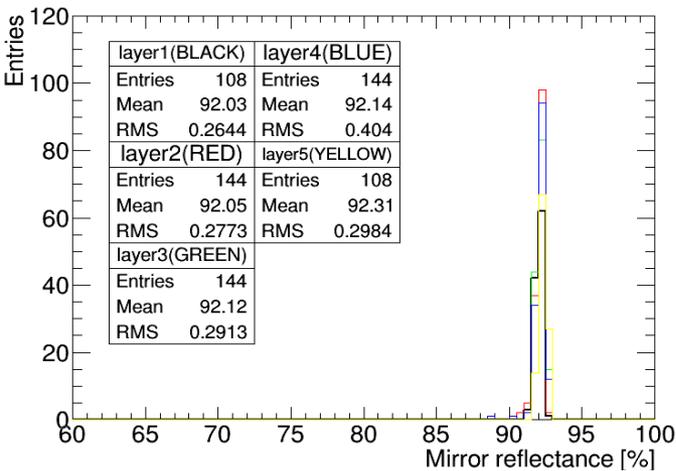
# SHINSHU UNIVERSITY BRMのレイヤーごとの比較



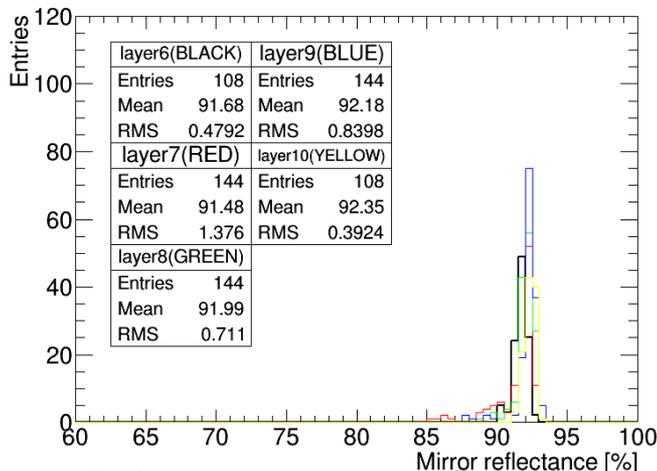
洗浄前BRMLレイヤ①～⑤



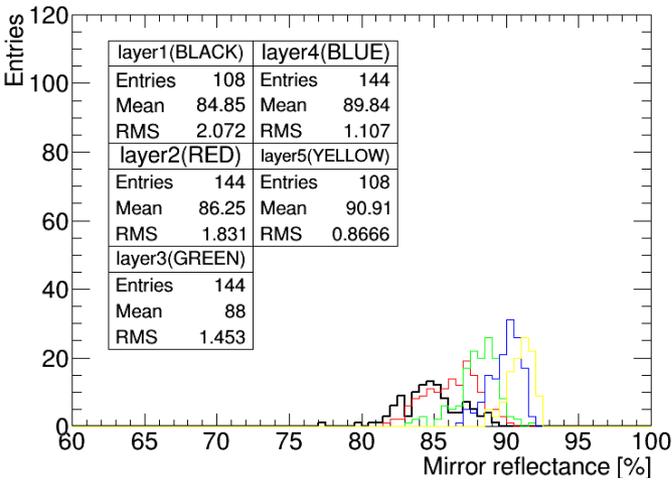
洗浄前BRMLレイヤ⑥～⑩



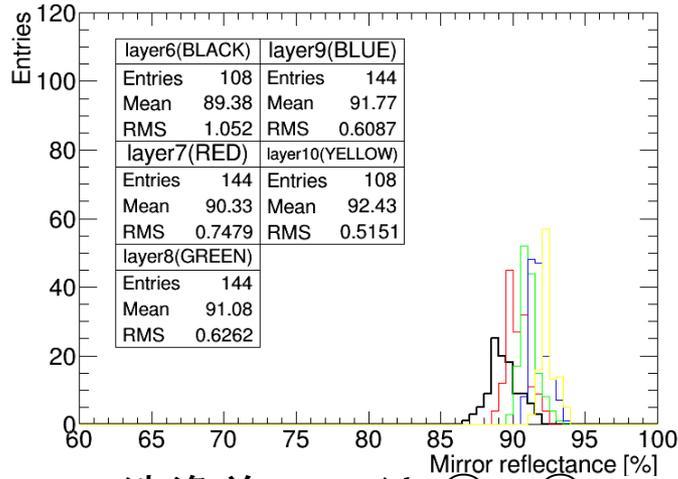
洗浄後BRMLレイヤ①～⑤



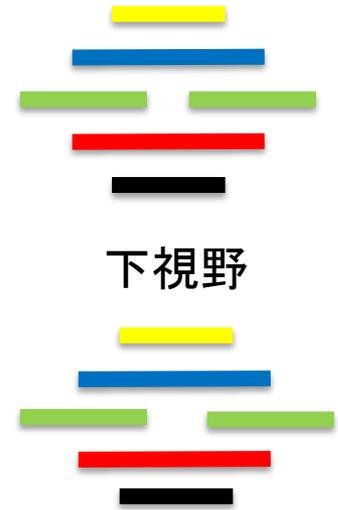
洗浄後BRMLレイヤ⑥～⑩



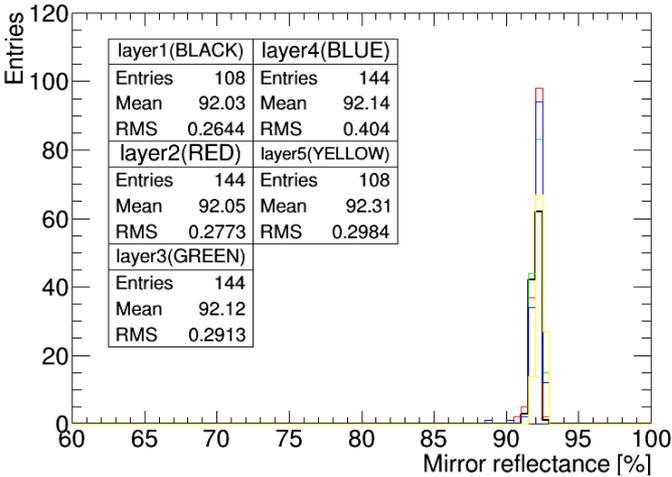
洗浄前LRLレイヤ①～⑤



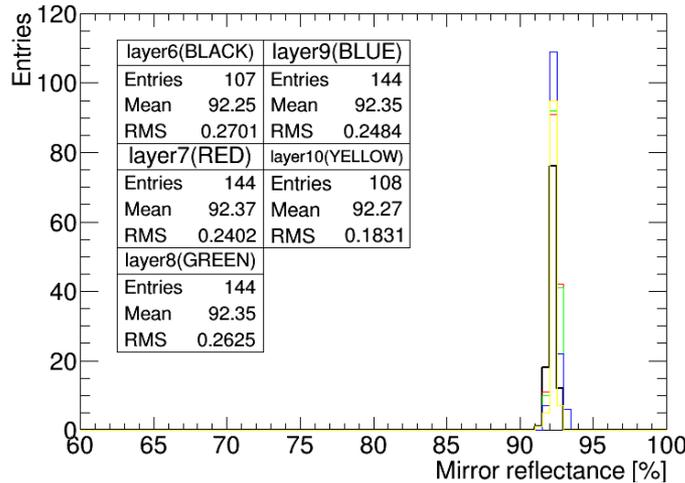
洗浄前LRLレイヤ⑥～⑩



下視野



洗浄後LRLレイヤ①～⑤



洗浄後LRLレイヤ⑥～⑩

上視野