

09S

圭表儀の補助観測器具 「景筐」に貼られた 「青紙」のはたらき



科学部天文班：

斎藤 花音（中2）、伊藤 慎之助、百瀬 健太郎、
岡村 結哉、池田 伊吹、清水 瑛貴（中1）

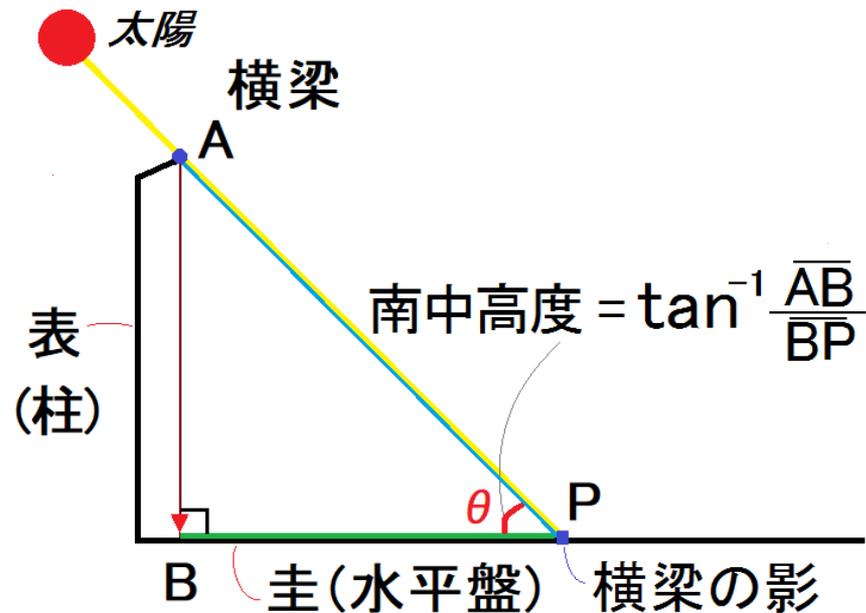
【塩尻市立丘中学校】

江戸時代の観測器具「圭表儀」とは



観測準備（横梁の真下の点を求める）

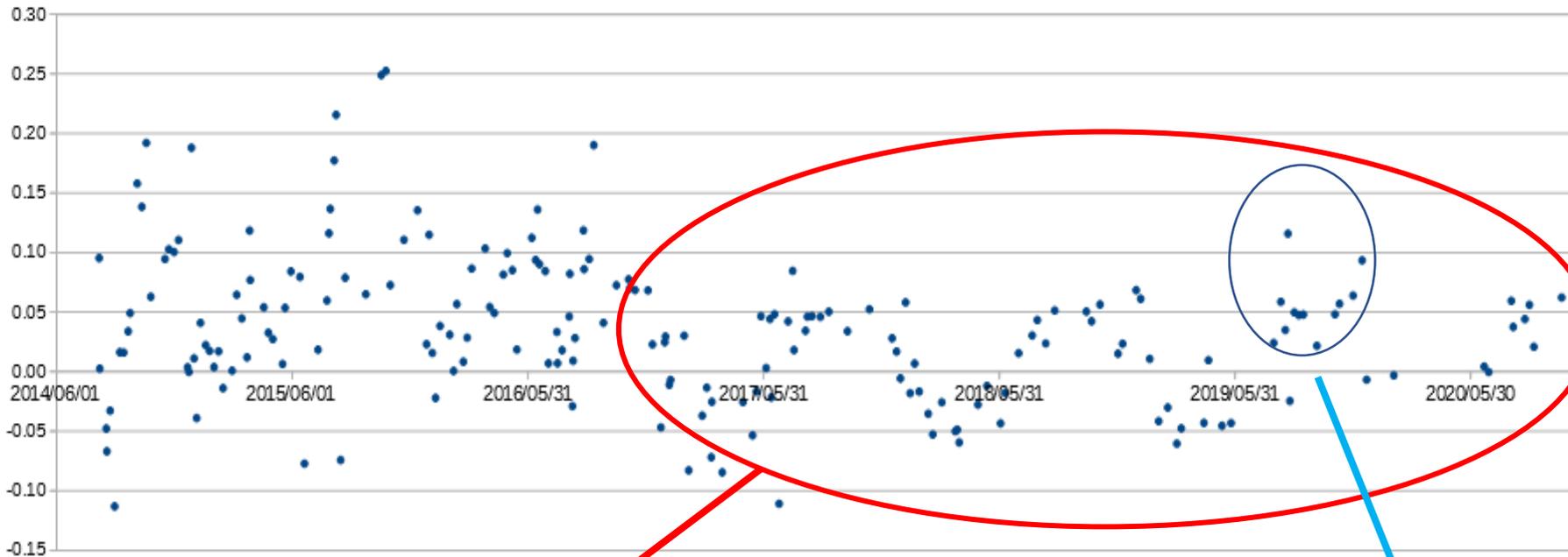
鉛直な棒（表）の影の長さを測り、太陽の南中高度を求めることで、暦づくりのためのデータを得る器具



圭表儀を使い、7年続けてきた 観測の**成果**と**課題**

二尺の圭表儀 (旧型) 二尺の圭表儀 (圭を厚く改良) 八尺の圭表儀
圭の部分の厚さが不足し、変形した

公転速度一定とした計算値との差(度)



観測日

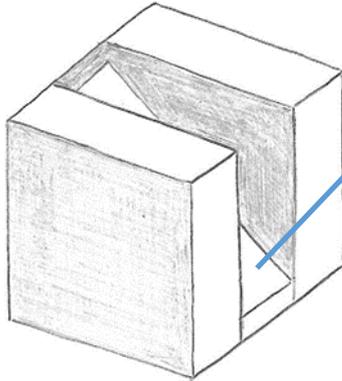
現れてきた公転速度の変化

観測誤差を減らしたい

観測精度を高める補助器具「景筐」

寛政暦書 第二十二卷

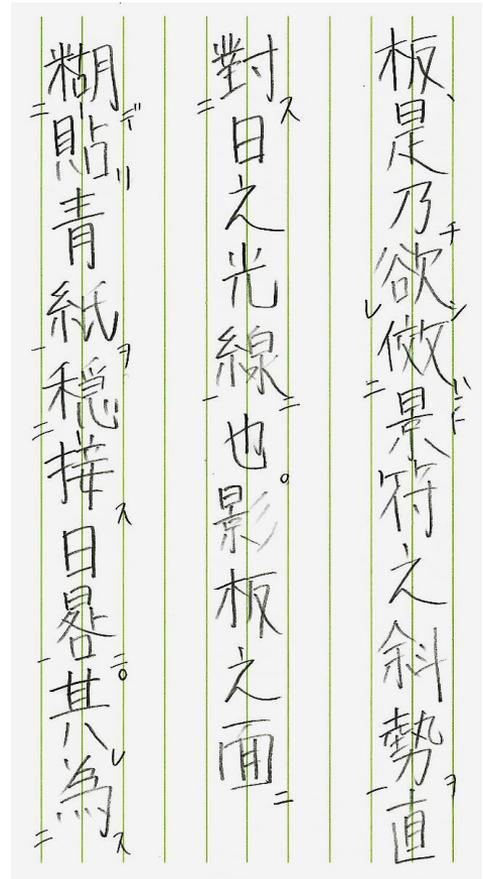
寛政暦書第十九卷に描かれた
景筐
(丘中科学部による模写)



この斜めの「影板」が、
太陽と横梁の像を映す
役割をした。

「景筐」

影板の面に青紙を糊貼す。
其れ日晷（太陽の影）に隠接す。



青紙が太陽と横梁の像を映すスクリーンの
役割をしていた、ということらしい。

寛政暦書（漢文の白文）の圭表儀に関する内容を全文、現代語訳して調べた。

→ 10T（景符・景筐の役割）参照

寛政暦書の景筐の項（書写）
帰りと送り仮名は丘中科学部による。

そもそも 青紙って何？

- ◆ インターネットで検索すると、二つの素材の可能性が...

【可能性 1】 安来鋼



包丁や鎌などの材料となる鋼材

【可能性 2】 青い紙



文字通り、青い紙

- ◆ スリットのつくる太陽と横梁の像を映してみると...



金属では、像があまり鮮明に見えない。



青い紙では、像がはっきり見える

東京都北区の 紙の博物館 に問い合わせてみました

【江戸時代に青紙と呼ばれる紙はありましたか？】

江戸時代に「青紙」と呼ばれる紙はあった。 紺紙ともいい、近世には青土佐（やや薄い紺色に染めた土佐和紙）の別名でもあった。

【どの様な紙で、どんな用途に使われていたのでしょうか。】

- 青色に染めた紙。 江戸時代には、壁面の腰張り用としての需要が多くあった。
- 奈良時代の記録：「青紙は」写経料紙として用いられた。
- 平安時代の記録： 伊勢神宮の宣命に用いられた。
- 平安時代の『蜻蛉日記』『宇津保物語』『枕草子』などには、青き紙、青き色紙、青き薄様などと、しばしば記されて、和歌の料紙となっている。

【江戸時代に使われていた和紙の中でスクリーンに適したものは？】

○ 模様や凹凸をつけていない平滑な紙であれば、基本的にどのような種類でも可能だと思われる。

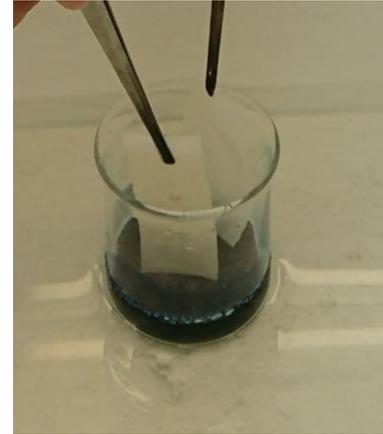
ネット検索からの、追加情報
安来鋼を作った雲伯鉄鋼合資会社
(現 日立金属)の創業は明治時代

結論
寛政改暦の観測に使われた「景筐」に張られていたのは、青く染めた和紙である。

青紙を「復元」する

染色方法

- ①和紙を濡らす。
- ②藍の粉を溶かして染色液を作る。
- ③和紙を藍液に入れ、染色
 - ・漬ける時間（秒数）を変えて、様々な濃さの青紙を作る。
- ④水→お湯を通し、乾かす
- ⑤定着剤に漬ける
- ⑥水洗して、乾かす



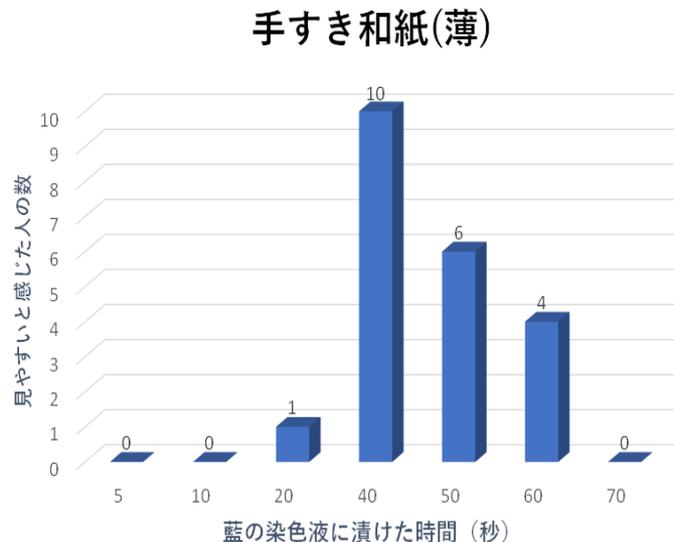
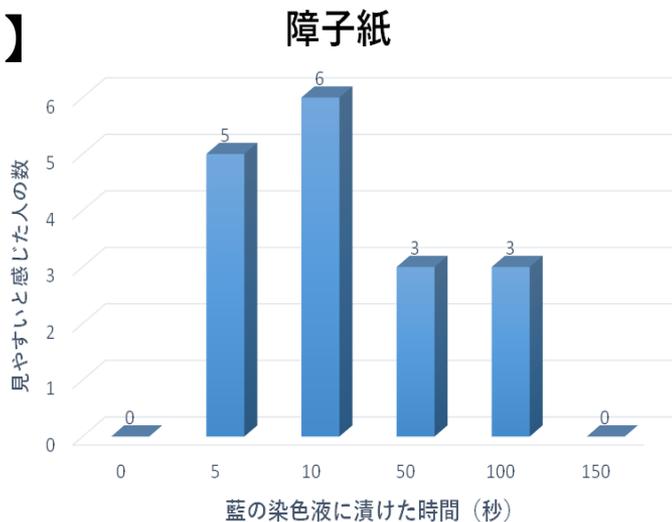
青紙の濃さと像の見やすさの関係を調べる



【方法】

- (1) 染色液に和紙を漬ける時間を、5秒、10秒、その後10秒ごと120秒まで染める秒数を変化させ、濃さの異なる青紙を作る。
- (2) 青紙にスリットによる太陽と横梁の像を映し、科学部員に最も像が見やすい濃さを選んでもらう。

【結果】



紙による差や個人差があるが、多くの人が見やすいと感じる濃さがある。

染色に適した和紙を探す

紙の種類	染色したときの特徴	評価
半紙	色が和紙にしみにくい。	D
書道紙	染色後、破れやすい。	C
懐紙	ムラが多い。	E
障子紙	水を多く吸収し、染色しにくい。	C
手すき和紙 薄い(楮)	ムラはなくけばたたないが、破れやすい。	B
手すき和紙 厚い(楮)	ムラはなくけばたたないが、破れにくい。	A
内山紙	けばだつ。ムラはない。	E
土佐 清光箋(三桎)	紙本来の模様が浮き出る。	E
Nishiouchi shi Thin(楮)	少しけばたつ。ムラはない。	C
ロール障子紙 灰煮(楮)	紙は厚い。染色液の色が入り切っていない	C
灰煮雁皮紙 中肉	つるつるしている。けばたたない。ムラはない	A
石州 雁皮紙 四ツ判	つるつるしている。けばたたない。紙本来の模様が浮き出る。	B
晒し雁皮紙 中肉	つるつるしている。けばたたない。色が入り切っていない。	B
八女 肌裏紙 薄口(楮)	とても薄い。破れやすい。つるつるしている。	D
評価項目	評価： ①～③の項目について A…3つの条件を満たした上、より青紙に適する B…3つの条件を満たす C…2つの条件を満たす D…1つの条件を満たす E…条件を満たさない (青紙に適さない)	
① けばたたない		
② 表面が滑らか		
③ 染色ムラがない		

紙の種類	染め材	スケッチ	特長
灰煮雁皮紙 中肉	A		<ul style="list-style-type: none"> • せんい一本一本が糸田い。 • 複雑性にからみ合っている。 • すき間が少ない。
晒し雁皮紙 中肉	B		<ul style="list-style-type: none"> • せんいがとても細い。 • せんいの量がやや複雑にからみ合っている。 • すき間がとて少ない。
石州雁皮紙 四ツ判	B		<ul style="list-style-type: none"> • せんいが糸田い。 • 複雑にからみ合っている。 • すき間はあまりない。
Nishinouchi-shi Thin(楮)	C		<ul style="list-style-type: none"> • せんいが太い。 • 少し複雑にからみ合っている。 • すき間が広い。
ロール障子紙 灰煮(楮)	C		<ul style="list-style-type: none"> • せんいが太い • 少し複雑にからみ合っている。 • すき間が広い。
八女 肌裏紙 薄口(楮)	D		<ul style="list-style-type: none"> • せんいが太い。 • あまり複雑性でない。 • すき間があまりとて広い。 • せんいの量が少ない。
土佐 清光箋 (三桎)	E		<ul style="list-style-type: none"> • せんいがとても太い • 少し複雑である。 • すき間が広い。

紙を顕微鏡で観察すると
繊維の隙間が少ないほど、スク
リーンとしての染色結果がよい。

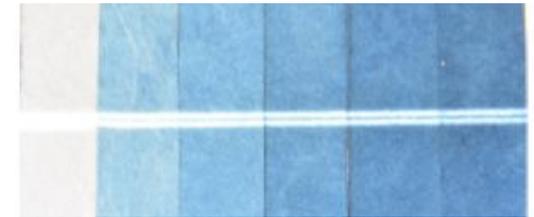
毛羽立ちの少ない灰煮雁皮紙を使うことにした。

白い紙や青く染めた紙に映った太陽像と横梁の像の明るさの分布

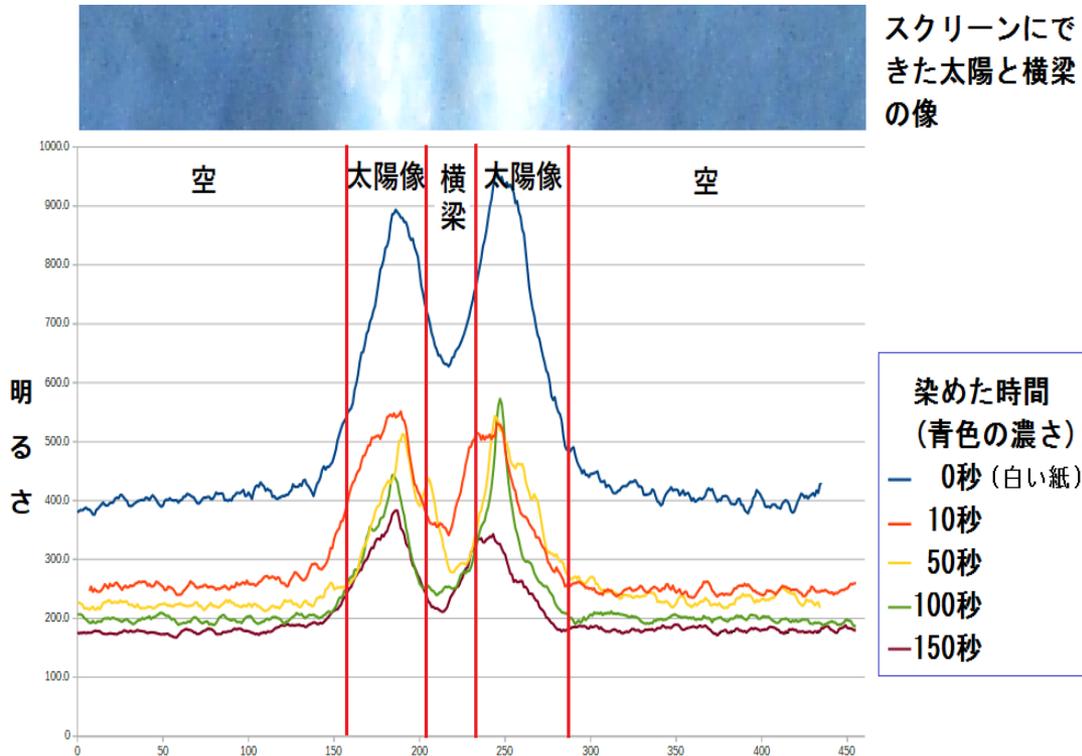
スクリーンにできた太陽と横梁の像

【方法】

- (1) 濃さの異なる青紙を並べて、スリットによる太陽と横梁の像を映し、画像を撮影。



- (2) 像を横断する方向に、Makali i でピクセル値の分布を測定する。。



【結果】

白い紙 : 横梁の影が明るくなり、はっきり見えない。

青紙 : 横梁の影の部分が、そのほかの影の部分とほぼ同じ明るさになっていて、見やすい。

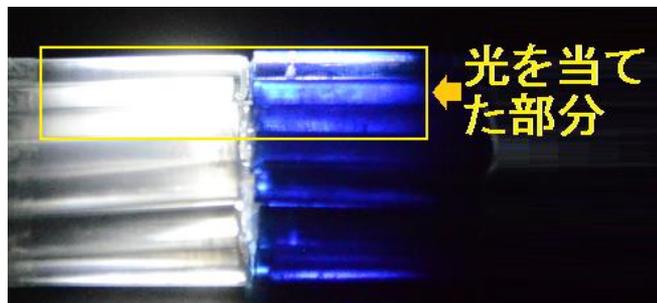
青い紙は、白い紙よりも光を吸収するためではないかと考えられる。

染色の有無での像の見やすさの違いには 繊維での光の反射や吸収が関係しているのか

【実験方法】

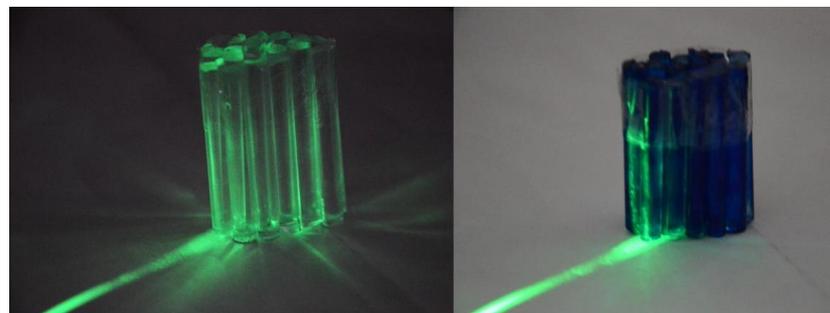
- (1) 紙の繊維に見立てたプラスチック棒を束ねて、和紙の模型を2つ作る。
- (2) 一方は青色に色をつけて青紙と見立て、もう一方はそのままにする。
- (3) そこに細く絞った懐中電灯の光を当て、光の反射の様子を調べる。
また、それらの棒を立てて、さらに細くしたLED光を当てて光の反射の広がりを調べる。

【結果】 懐中電灯の白色光を当てる



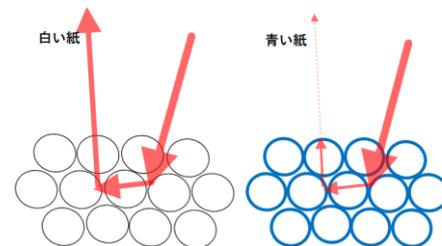
青く染めた方は光が当たったところだけ明るくなった。染めていないものは当てていない所まで光が広がっている。

LED光（緑色）を当てる



青く染めた方は、光の広がりが少ない。染めていないものは中で反射を繰り返して様々な方向に広がっている。

青紙は、光を吸収して反射光を減らすので、
横梁の像の暗い部分が明るくなることがない。
→ コントラストが高く、像が見やすくなる。



まとめと今後の課題

【まとめと結論】

1. 青く染めた和紙をスクリーンとして用いると、スリットやピンホールの作る太陽と横梁の像のコントラストが高くなり、見やすくなる。
2. 青紙で像のコントラストが高くなるのは、光を吸収して、像の明るい部分の光が暗い部分まで広がるのを防ぐためだと考えられる。
3. 寛政暦書の「日晷（につき、太陽の影や像のこと。）に隠接す」の「隠接」は、辞書等には載っていない。このことばは、「光を吸収して、像を見やすくする」ことを意味しているのではないか。
4. 和紙により、藍染めに適したものとそうでないものがある。スクリーンとして適しているのは、平滑でけば立たない和紙であり、灰煮雁皮紙が適している。

【今後の課題】

1. さらに多くの種類の和紙についても調べて、景筐のスクリーンとして適したものを探していきたい。
2. 寛政改暦で使われた景符はピンホール式だが、私たちの使っている景符はスリット式である。スリット式に適した景筐と青紙を製作し、圭表儀による太陽の南中高度の観測の精度が向上するかを調べていきたい。

参考文献 ・ 謝辞

【参考文献】

1. 渋川景佑ほか，寛政暦書 全35巻，1844，国立国会図書館デジタルコレクション
・ 第19巻（観測装置の絵図が記載されている）
<https://dl.ndl.go.jp/info:ndl.jp/pid/2552897?contentNo=1>
・ 第22巻（圭表儀をはじめとする観測装置の構造や用法が記載されている）
<https://dl.ndl.go.jp/info:ndl.jp/pid/2552900?toc0pened=1>
2. 柳澤洋文ほか，古観測機器「圭表」の3DCG復元，2012，天文教育普及研究会誌『天文教育』Vol24 No.1
https://tenkyo.net/kaiho/pdf/2012_01/05yanagi.pdf

【謝辞】

丘中学校学校運営協議会の太田秀保先生には、漢文や古文の読み方について、ご指導いただきました。また、東京都紙の博物館の皆様には、江戸時代の青紙について教えていただき、小津紙店の国保様には、和紙のサンプルをお送りいただき、また、染色に適した和紙について教えていただきました。丘中学校科学部顧問で国立天文台特別客員研究員の宮下和久先生には、寛政暦書などの江戸時代の資料について紹介していただくとともに、研究の進め方について相談に乗っていただきました。皆様に心より感謝申し上げます。