

# 星空撮影におけるAPEX関係式の正確性 ～天体画像解析ソフト「マカリ」を用いて～



中央大学附属中学校・高等学校: 山元 源、石本 貴昭(高2)【中央大学附属高等学校】、石井 隆雅、米村 恒輝(中1)【中央大学附属中学校】

## はじめに

### APEX関係式:

- デジタルカメラを用いて撮影する際に、**理論的に適正露出を計算できる関係式**
- オート設定に使われている
- A: F値      S<sub>x</sub>: ISO感度
- T: 露出時間[s]    B: 被写体輝度[cd/m<sup>2</sup>]
- EV: 露出値
- VをつけることによりAPEX関係式の単位に換算

$$AV = 2 \log_2 A$$

$$TV = -\log_2 T$$

$$BV = \log_2 \frac{B}{4}$$

$$SV = \log_2(0.32S_x)$$

$$AV + TV = BV + SV = EV$$

APEX関係式(引用元:参考文献1)

## 実験目的

APEX関係式:  
AVとTVの値によりEVが決まる  
→ **星空撮影においてもこの関係式が当てはまるのか?**  
↓  
**星空撮影におけるAPEX関係式の正確性を検証した**

## 機材

- デジタル一眼レフカメラ (Canon EOS 6D) 2台 (図1)
- レンズ (Canon F4L IS USM) 2本 (焦点距離 16-35mm, 24-105mm)
- タイマーリモートコントローラー (TC-80N3) 2台
- 自由雲台 2台
- カメラ用三脚 2脚

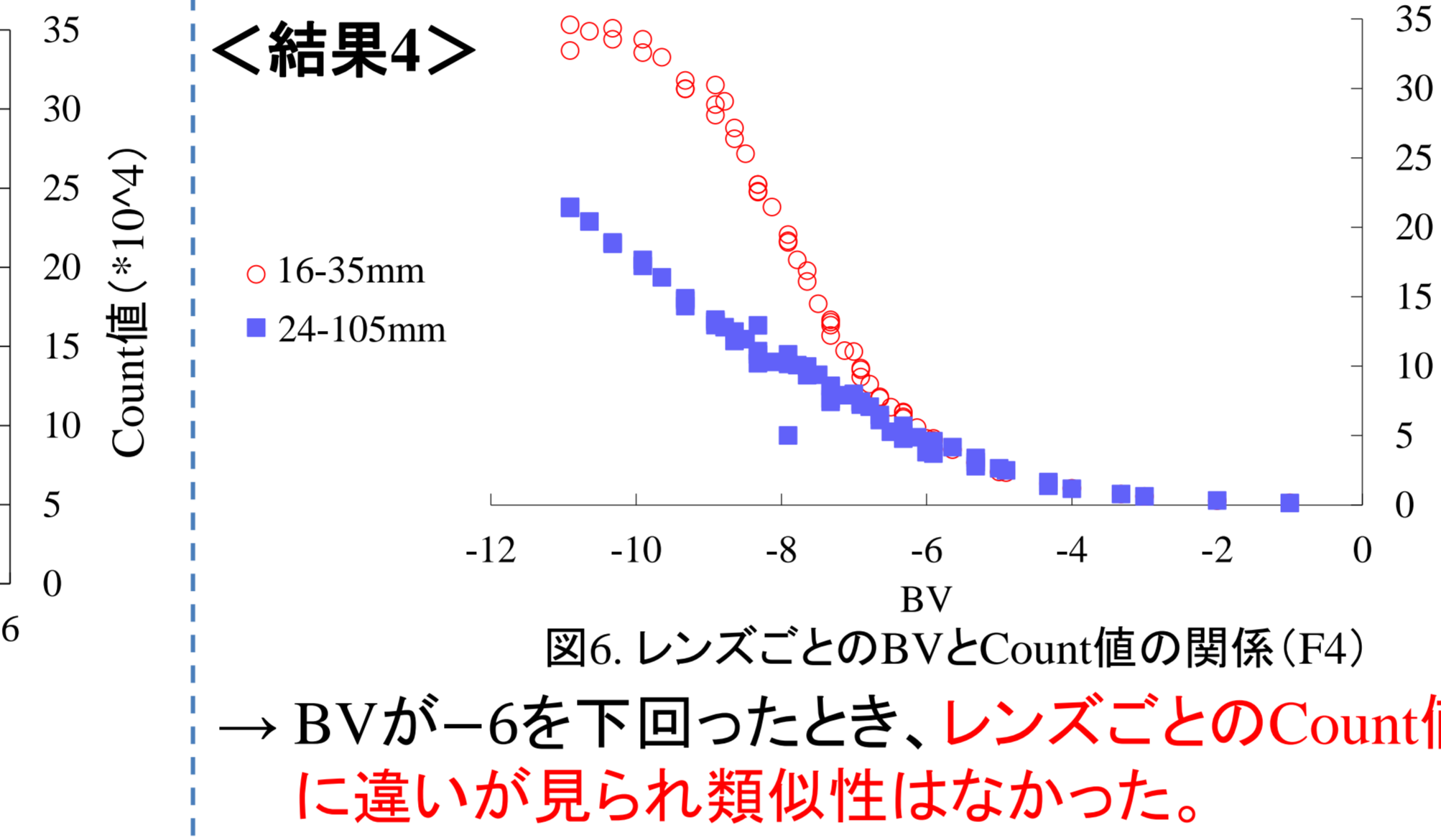
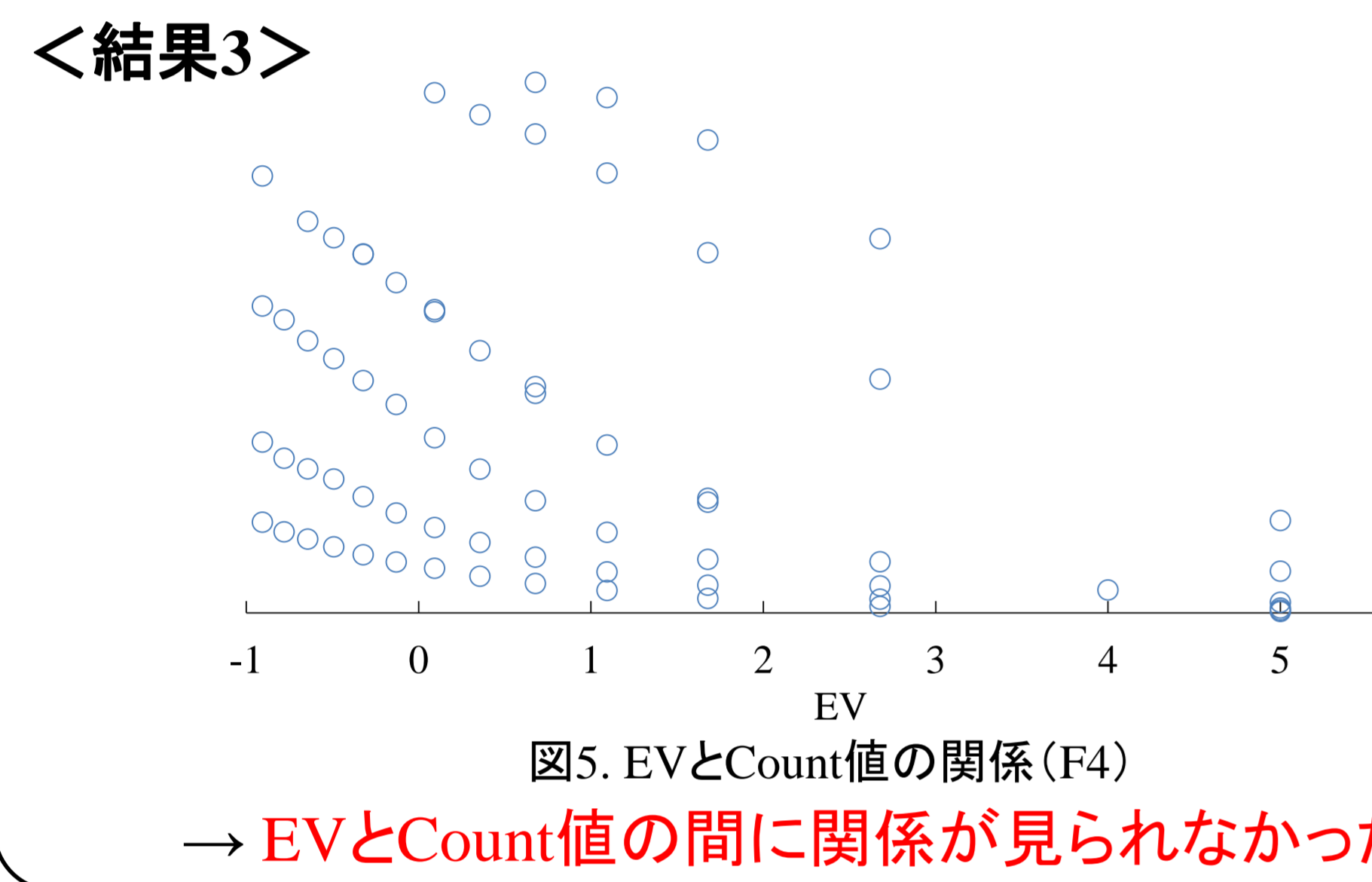
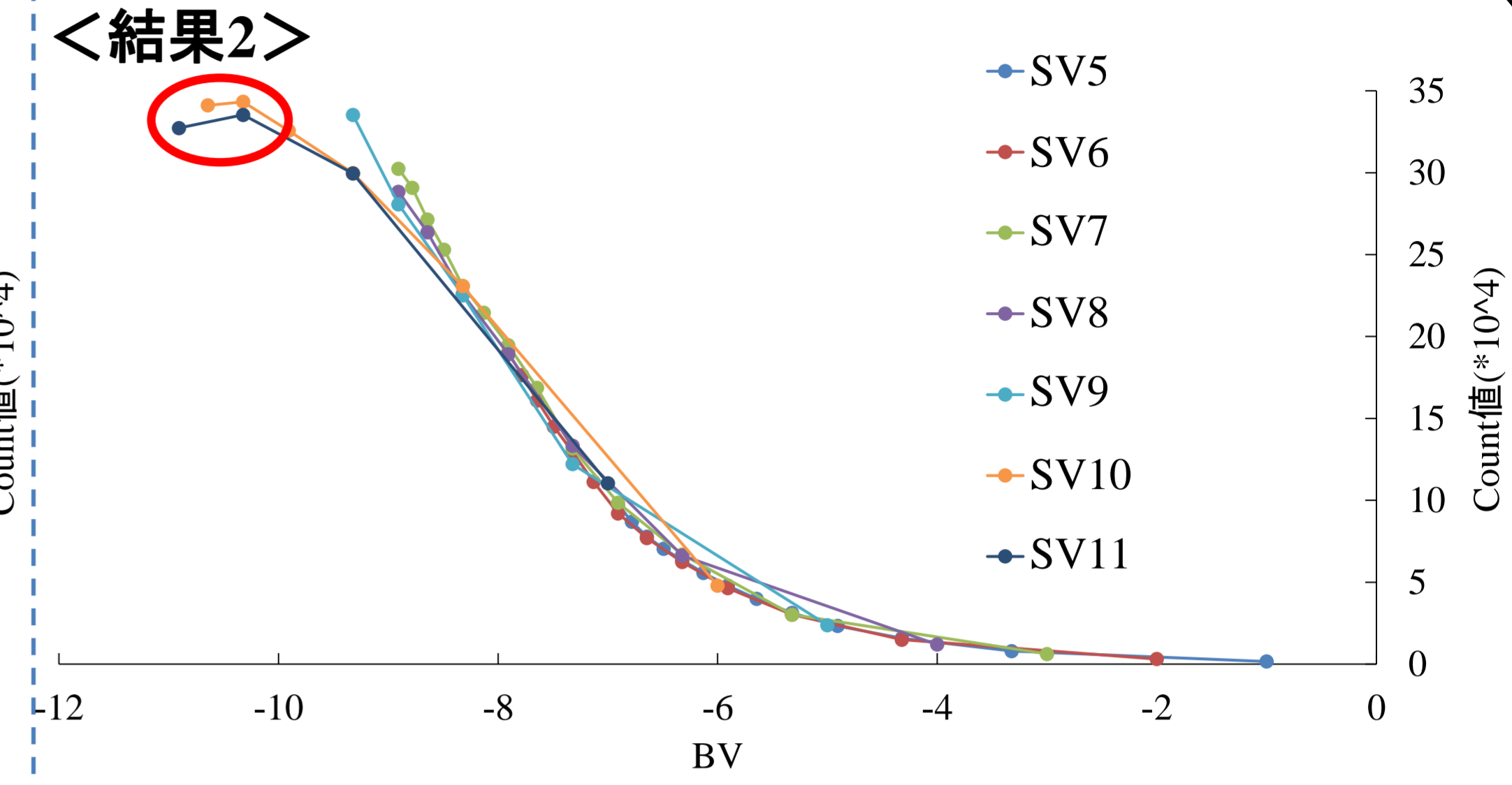
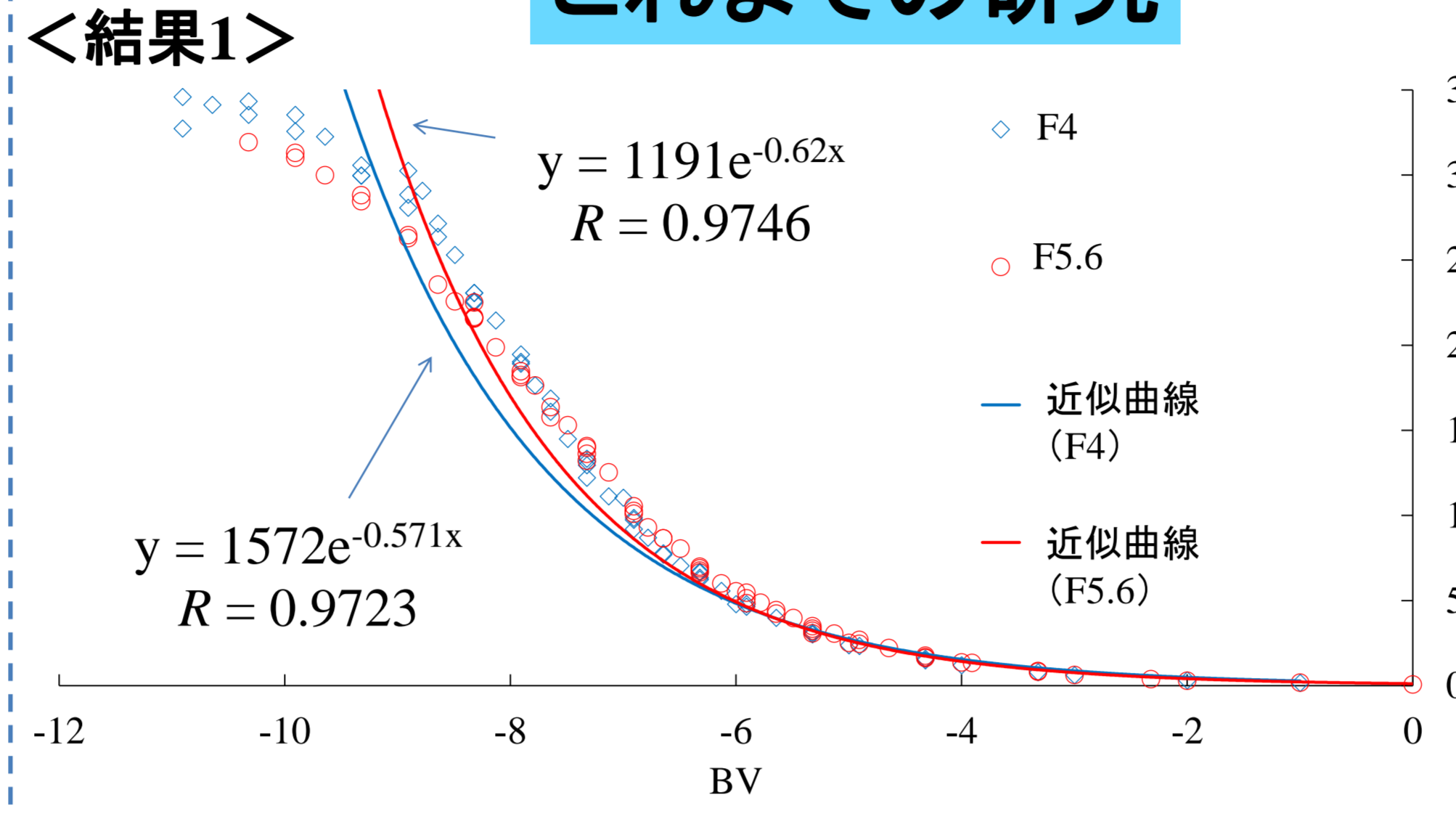
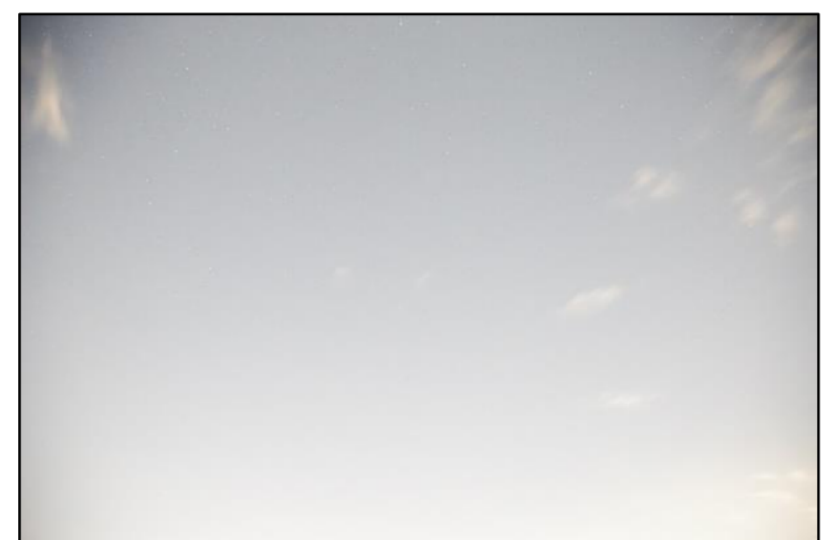


## これまでの研究

**<方法>**  
1. 北極星を被写体として中心におき撮影した。  
2. F値は4, 5.6, 露出時間は1, 5, 10, 15 ... 60 [s], ISO感度は100, 200, 400 ... 6400と変化させた。  
3. 天体画像解析ソフト「マカリ」を用いて北極星の明るさをCount値で求め、**BVとCount値、EVとCount値の関係を調べた。**

**<時間>**  
2019/9/8 0:47~2:10

**<場所>**  
中央大学附属中学校・高等学校 1号館 屋上



**<考察>**

- F値が変化してもBVとCount値の関係は変わらない (図3)。
- BVの値が-10.32を下回るとCount値が減少し続ける (図4)。
- EVとCount値の関係ではAPEX関係式の正確性を調べることができない (図5)。
- レンズの透過性が関係している (図6)。

→ **空の明るさの変化、SV (ISO感度) が高い場合に発生するノイズを考慮する必要がある。**

## 実証実験1

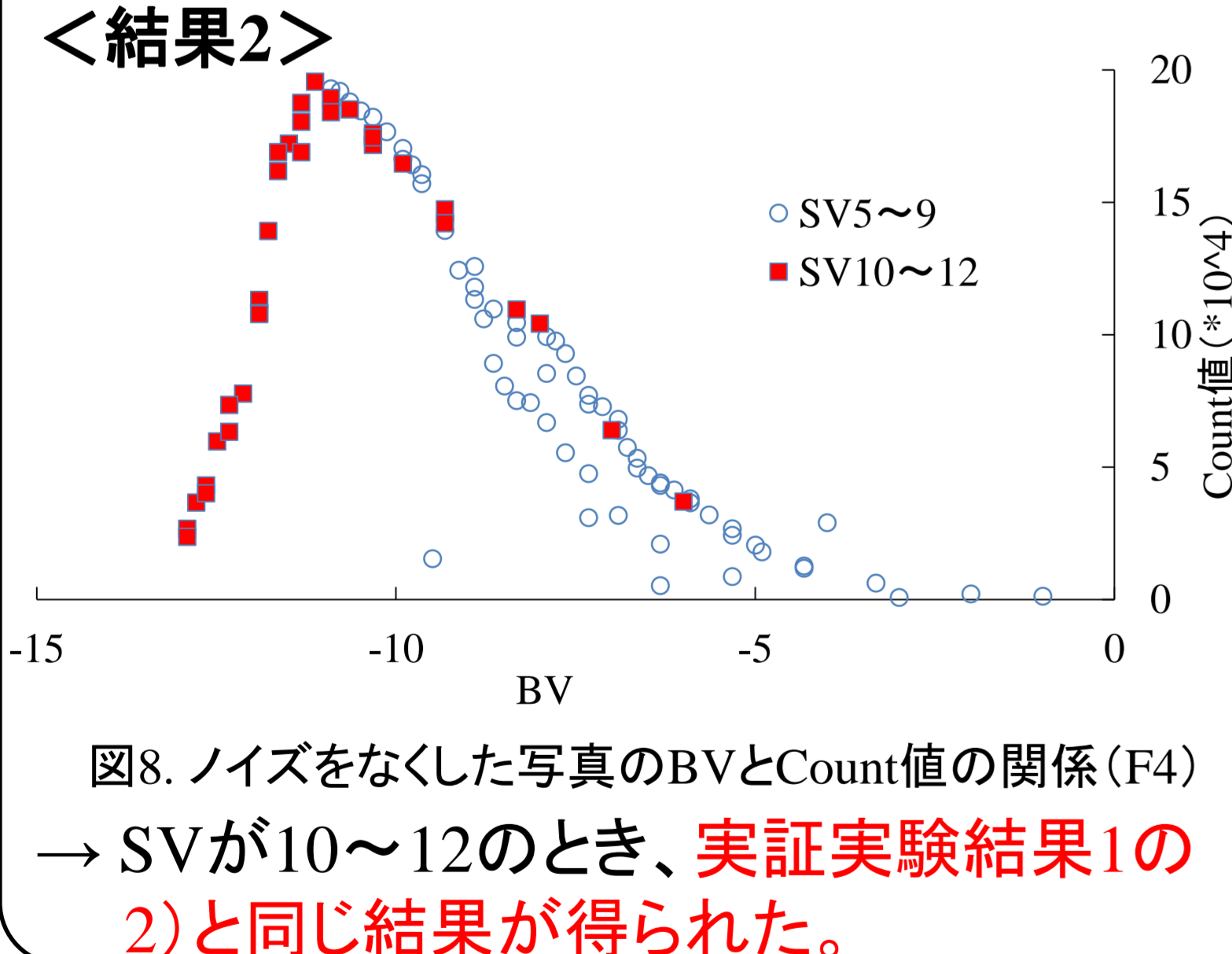
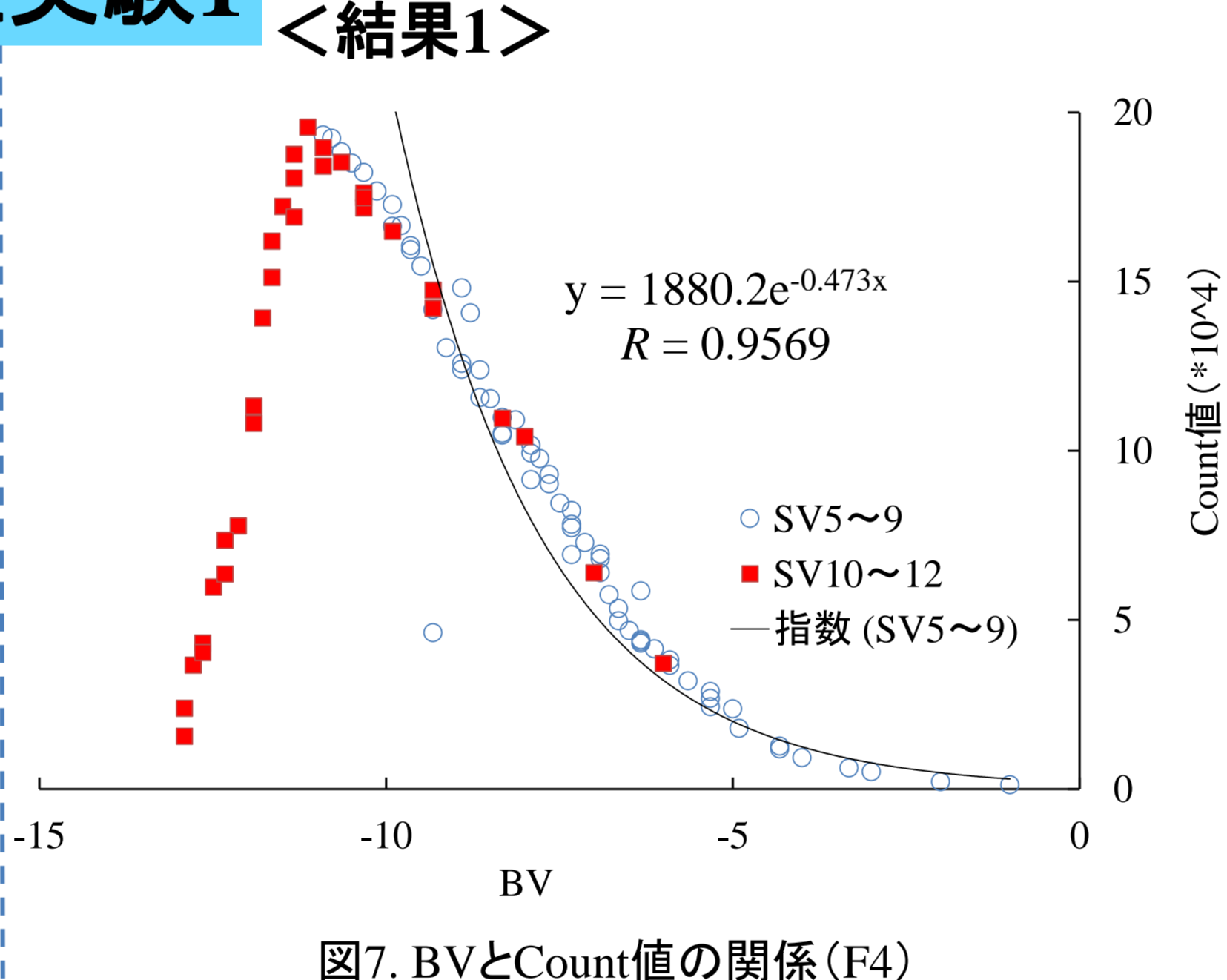
**<目的>**

- SV (ISO感度) が11より大きく、BVが-11を下回った場合どうなるか調べた。
- SV (ISO感度) が高い場合に発生する**ノイズがCount値に影響するのか**調べた。

**<方法>**  
F値は4に固定し、ISO感度は100, 200, 400 ... 12800と変化させ、**BVとCount値の関係を調べた** (その他の手法は「これまでの研究」と同様)。

**<時間>** 2019/9/8 0:23~2:02

**<場所>** 中央大学附属中学校・高等学校 1号館 屋上



→ 1) SVが5~9のとき、**BVとCount値の関係は指数関数により高精度で近似できた。**  
2) SVが10~12のとき、**BVが-11.3を下回るとCount値が急激に小さくなった。**

**<考察>**

- BVが一定であれば同じ明るさ (Count値) の写真が撮影でき、**写真の明るさをBVにより予測できる** (図7)。
- BVがさらに小さくなると、Count値が負の値になる (図7)。
- ノイズは、Count値に影響を与えている要因とはいえない** (図8)。

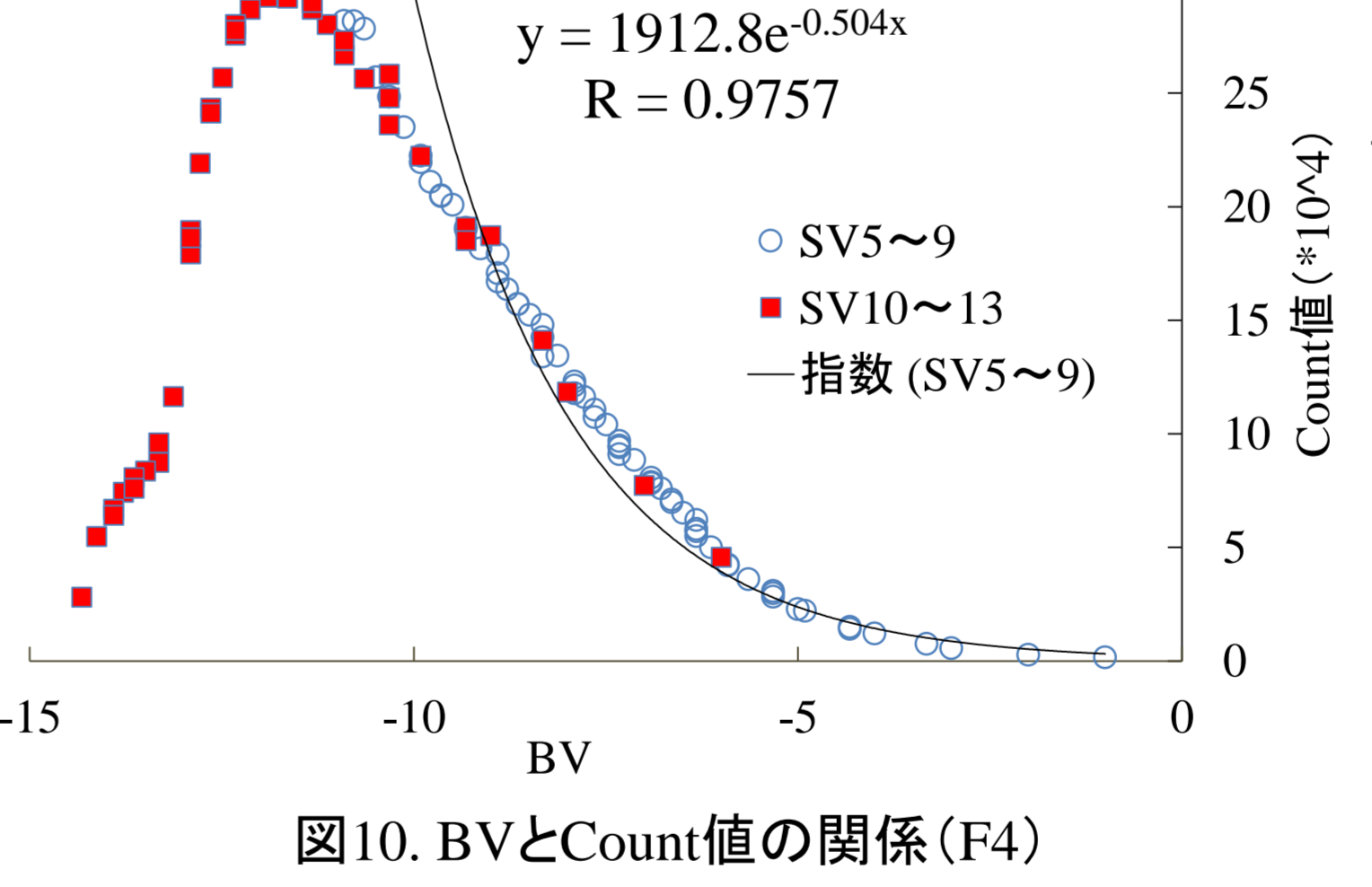
## 実証実験2

**<目的>** 空の明るさの変化がCount値に影響するのか調べた。

**<方法>**  
露出時間は1, 5, 10, 15 ... 60 [s], ISO感度は100, 200, 400 ... 25600と変化させ、**BVとCount値の関係を調べた** (その他の手法は「これまでの研究」と同様)。

**<時間>** 2019/12/12 22:51~12/13 1:24

**<結果>**



→ 1) 実証実験1とは異なる**式の近似曲線**ができた (図10)。  
2) **Count値の最大値**は、実証実験2の方が実証実験1よりも大きかった (表1)。  
3) **照度は実証実験2の値が実証実験1の値より大きい** (表1)。

**<考察>**  
**空の明るさはCount値に影響を与えていると考えられる。**  
↓  
**照度の値が大きくなるとCount値が大きくなると考えられる。**

表1. 実証実験ごとの照度の平均値とCount値の最大値

	照度 (lux)	Count値の最大値
実証実験1	0.05427	195635
実証実験2	0.18115	317265

## 結論

SVが5~9のとき、BVとCount値の関係は指数関数により高精度で近似できる。  
↓  
**近似式を用いれば、必要なカメラの設定の値 (F値、シャッタースピード、ISO感度) を求めることができる。**

→ **星空撮影におけるAPEX関係式の正確性**  
↓  
**SVが5~9のとき... 正確性が高い。**

## 今後の展望

- より精度の高い近似式を導出する。**
- 1) BV (被写体輝度) とCount値のデータ数をさらに増やす。
  - 2) 空の明るさやAV (F値) の変化を考慮する。
  - 3) **ノイズがCount値に影響するのか**詳しく調べる。  
... SVが5~9の場合、実証実験2の結果2 (図8) では、結果1 (図7) に比べ**ばらつき**ができ、原因を突き止められなかった。

## 謝辞

本研究をご指導くださった、中央大学附属中学校・高等学校の平野誠先生 (司書教諭・顧問)、窪田史先生 (英語科・顧問)、伊藤早織先生 (物理科・化学科・委嘱指導者) に深謝の意を表す。また、実験に協力くださった地学研究部員に感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] 鈴木文二・洞口俊博「あなたもできるデジカメ天文学“マカリ”パーフェクト・マニュアル」株式会社恒星社厚生閣.2017年2月5日発行
- [2] 第26回 人の眼と器械(カメラ)の眼(その3) [https://www.ccs-inc.co.jp/guide/column/light\\_color/vol26.html](https://www.ccs-inc.co.jp/guide/column/light_color/vol26.html) (閲覧日2019年7月18日)