

# 特集

## 電視観望の普及

宮川 治 東京大学宇宙線研究所

2022年3月9日の関東支部の例会において、電視観望について話させていただきましたので、報告します。

### 1. はじめに

最近では「電視観望」という言葉もかなり一般的になり、各地の天体観望会などではこれまでの一般的な眼視観望に加え、新たな手法として注目され始めています。

ここでは、天文普及という観点から電視観望の歴史などにも振り返りつつ、その特徴や機材選び、運用などについて解説したいと思います。

### 2. 電視観望とは

#### 2.1 特徴

電視観望の一番の特徴は、これまで十分暗い空で大口径望遠鏡を使ってしか見えなかった淡い天体が、街中でも色つきで見えることです。ここではもう少し具体的に、現段階での一般的な電視観望の特徴をいくつか挙げておきます。まだ発展途上の技術のため、あまり定義づけて今後の展開を制限してしまうのは本意ではないので、あくまで現段階での状況といったところです。

- ・高感度の天体撮影用 CMOS カメラなどを使い、ノートパソコンのモニターなどに、その場で色がついた星雲や星団、淡い銀河などを映し出すことができる。
- ・ライブスタックと呼ばれる、星の位置を合わせながら多数枚の画像をその場で重ねることで、ノイズを軽減した綺麗な天体を見ることができる。
- ・多人数で同時に同じ天体を共有して観測す

ることができる。

- ・アイピースで覗いてみるのが難しい子供や、目が弱い方でも、簡単に見ることができる。

などです。人間の目は光を溜めることができない、暗いものに関しては色を認識しにくいなどの欠点を高感度カメラで補おうという考えです。

これらの特徴を考えると、特に観望会などの大人数での観測に向いているのかと思われるかもしれません。例えば、これまでの眼視観望のように、ずっと望遠鏡の前に並んで、順番が回ってきてやっと覗いて、すぐに交代するというような状況を緩和することができるなどです。観望会は暗い空のもとで開催されるのが理想ですが、特に大規模観望会などでは安全のためもあり比較的街中寄りの明るい場所で開催されることも多いです。その際にもこれまで楽しむことが到底できなかった星雲、星団、銀河などのディープスカイオブジェクト(DSO)を見ることができるので、観望会のあり方を根底から覆すような可能性を持っています。

#### 2.2 ネット配信との親和性

また、PCなどで画像を扱うため、本質的にネット中継などと親和性が高く、各地でのリアルタイムな天体映像をネットで配信し全国で見ってもらうなどの応用も考えられます。実際に、流星や彗星などの天体イベントや、自分のいる場所からの DSO 天体を定期的に配信している団体、個人なども数多くみられます。筆者も初期の頃にテレビ会議システムを使い、リアルタイム中継を何度か試みたことがあります。特に 2020 年のネオワイズ彗星では全国的に天気が悪い中、日本海側のス

ポツツ的に晴れた場所からの中継で、日本全国各地から「やっと見ることができた」という声も数多く聞きました（図1）。

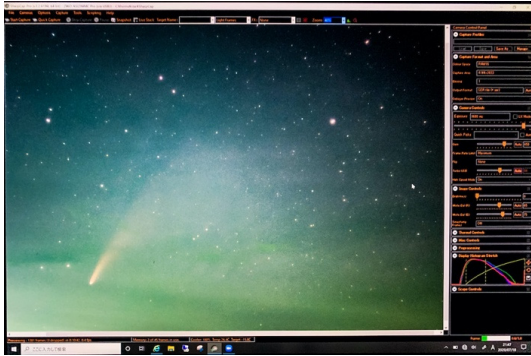


図1 2020年のネオウィズ彗星で現場から電視観望で中継した際の様子  
薄雲が多少かかる中でも十分にその姿をあぶり出し全国に配信した。

アマチュア天文の機材のレベルで、気軽に十分なリアルタイム中継ができ、その配信を見ている視聴者も多数いるという状況は、一般向けの天文普及という観点からも大きな貢献があるのかと思われます。

### 2.3 課題

長所ばかり述べましたが、もちろん短所も存在します。まず、眼視観望に比べるとシャープさでは圧倒的にかないません。また、色に関しては何時間もかけて撮影したような鮮やかな天体写真には、やはりどうしても見劣りしてしまいます。電視観望は眼視のリアルタイム性と天体写真の鮮やかさの中間に位置するような存在でしょうか。うまく棲み分けができるかと思われますので、互いに相補的な技術として今後発展していけばいいのかと思います。

他にも、PCのモニター明るさが眼視の際の暗順応の妨げになるという声を聞くことがあります。観望会は安全のため以外に明るい場所で行われることが多いのですが、暗い空

の場合は少し離れた場所で展開するなど、互いの配慮が必要かと思われます。

### 3. 電視観望の歴史

少し電視観望の歴史を振り返ってみます。と言っても、「電視観望」という言葉が出てきたのが2016年のことなので、長い歴史というわけではありません。

そもそもの電視観望の祖先は、淡い天体をリアルタイムで見るという意味では、1970年代には試されていたという Image Intensifier でしょうか[1]。その後も高感度カメラを使った試みがありますが、多くは天体を動画で記録するというのが主目的だったようです。現在のスタイルに直結する、その場で淡い天体をリアルタイムで大人数で見て楽しむというスタイルは、2016年の星まつりでアマチュア天文家によって披露されています。その際は、Sony製の高感度一眼レフカメラを使った色付き星雲をHDMI出力で15インチ程度のモニターに映し出し、多くの人がそのモニターを囲んで同時観測するというものでした。少なくともその時に「電視観望」という名前が複数人の間で共有されていました。

一方、海外はと言いますと、EAA (Electronically Assisted Astronomy) という言葉が電視観望に相当し、アマチュア掲示板の Cloudy Nights に2014年には登場していたことがわかります[2]。他にも、2016年には Revolution Imager というアナログの高感度 CMOS カメラとコントローラー、モニターなどがセットになった PC 不要の電視観望パッケージが、アメリカロサンゼルス近郊の天体ショップによって発売されています。2016年9月に筆者が現地で購入して日本に持ち帰り[3]、後の国内販売にもつながりました。

調べた限り、日本の電視観望の開始と広ま

り具合は海外とはかなり独立で進んでいて、小口径鏡筒を利用するなど、世界的にみても特徴的に進化したと思われます。これは明るい街中で観望会を開かざるを得ない状況が影響しているのかもしれませんが。電視観望の始まりと普及は、ある程度同時多発的に起こった可能性が高く、海外、国内、いずれも高感度 CMOS カメラが民生に降りてきて、一般に広まり始めた時期と一致します。

#### 4. 電視観望の普及

その後、筆者がたまたま試してみた天体用 CMOS カメラを使うという手法[4]が現在の電視観望のスタイルの主流となり、各種研究会や星まつり、観望会などを通じて広まってきました。その過程で、稚拙ブログ[5]で小口径の鏡筒を用い、光害のある街中でさえも十分に淡い天体を楽しめる手法と、その技術的な背景を紹介してきました。これら手法はさまざまに応用され、光害防止フィルターを利用してコントラストを上げる手法、口径わずか 3cm 鏡筒でのコンパクト電視観望、短焦点の一眼レフカメラレンズを用いた広角電視観望など、大きく発展しています。大口径長焦点を使い系外銀河などを狙った電視観望は大型機材のある公開天文台などでもよく試されているようです。

特筆すべきなのは、電視観望の多くの技術がアマチュア天文家を中心に検討開発されたことでしょう。主に教育の観点から電視観望についての論文が数本書かれています[6][7]が、いずれもアマチュアの技術が中心となっていると書かれています。ブログや SNS など、ネットを主な情報源として、草の根的に技術が広まってきたという経緯が大きいかと思われまます。

このような過程もあり、全国各地で開かれている天体観望会でも、ボランティアで参加するアマチュア天文家のスタッフを通して、

従来の眼視観望に混じってかなりの頻度で電視観望のセットアップが見られるようになってきました。比較的光害の多い街中で行われる観望会も多く、明るい場所でも淡い天体を見ることができる電視観望を導入するというのは、ごく自然な流れなのかもしれません。これまで眼視観望ではなかなか見えなかった天体が簡単に見えてしまうということは一般客にとっても、観望会スタッフにとっても大きな変革になっているのかと思われまます。

普及という観点から言うと「電視観望」という言葉が一般的になってきたのは 2018 年頃からでしょうか。現在ではアマチュア天文家や天文関係者の間ではほぼ一般的な言葉として認識され、辞典にも単語として収録されはじめています[8]。例えば、SNS ツールの一つ、Twitter で「電視観望」もしくは「電子観望」という言葉で検索してみると、表 1 のような結果が得られます。2017 年 2 月に初めて投稿があり、その後、現在まで順調に増えているのがわかります。これらの投稿に返信なども加わるので、実際には数倍程度の関連投稿があると思われまます。

これらネットからの電視観望の情報を見て天文に興味が出たというケースや、眼視ではなく電視観望から天文活動を始めたというケースも数多く報告されていて、一般の天文普及にも貢献し始めていると考えられます。

表 1 Twitter での「電視観望」「電子観望」という単語での検索結果

年	電視観望	電子観望
2017	31	3
2018	126	38
2019	282	136
2020	571	344
2021	1752	850

2016 年以前は検索結果 0 件です。年を追うごとに広まってきていることがわかります。

## 5. 必要な機材

今回の本記事がきっかけとなり、電視観望に興味が出るという方もいるかもしれません。簡単にですが、機材などの説明を書いておきます。特に観望会などの運営に関わる方に実際に試して頂き、さらに天文普及のきっかけにつながればと願います。

### 5.1 カメラ選び

天体用の CMOS カメラは非常に選択肢が多いですが、電視観望向けのものは特徴があります。まず、センサーの1素子のサイズが大きいものが単位時間あたりより多くの光子を受け取ることができ、限られた時間により天体を炙り出すことができるため、有利になります。

もう一つ重要なのは、センサー全体の大きさです。大きければ大きいほどよく、同じ焦点距離だとより広角に見ることができ、天体導入時に楽になります。

逆に、分解能はそれほど重要ではありません。所詮 PC の画面などの限られた分解能で見るので、多くの場合は CMOS カメラの分解能の方が上回ってしまい、むしろカメラの分解能を落としても1素子のサイズを上げて感度を上げた方が有利になります。

1素子のサイズと分解能はトレードオフで、カメラ本体の値段にあまり依存しませんので、選択範囲の中で素子サイズの大きいモデルを選べばいいでしょう。その一方、センサー全体のサイズは値段に比例しますので、予算に応じて大きさを選ぶことになるかと思われます。

### 5.2 鏡筒と架台

鏡筒に関しては自由度が高く、小口径の短焦点のものから大口径の長焦点のものまで、見たい天体に合わせて選ぶことができます。電視観望では比較的大きな天体を見ることが

多いので、焦点距離が数百 mm 程度の短焦点の鏡筒を選ぶといいでしょう。導入の際も比較的広い範囲を見ることができますし、小さな天体もカメラの分解能に余裕がある場合が多いので、画面上で拡大してもあまり破綻しません。

天体を精度よく導入し、その後画面の中に天体を映し続けるためには、自動導入機能、および自動追尾機能がついた架台がお勧めです。最近の赤道儀には、両機能がいずれも搭載されている場合が多いので、心配はないと思われます。また、自動導入と自動追尾がついた経緯台も製品化されています。低価格ですが、電視観望に使うには十分な性能と精度を持っていますので、最初はこちらを選んでもいいかもしれません(図2)。

### 5.3 ソフトウェア

電視観望には何らかのソフトウェアが必須となります。PC上で動く代表的なものとしては SharpCap [9]があります。元々は一般的な天体写真撮影用のソフトなのですが、星の位置を合わせながら撮影した画面をリアルタイムで重ねていくライブスタックという機能が初期の頃から搭載されていて、電視観望用途に古くから使われてきました。もう一つ、ASILive [10]と呼ばれるこれも同じくライブスタック機能をもったソフトがあります。こちらはむしろ初心者向けで操作が簡単なのですが、現在のところ開発元の ZWO 社の CMOS カメラしか使うことができないので注意が必要です。

少しソフトウェアの技術的な側面に迫ってみます。電視観望を定義づけるような4つの技術が実現されています。

1. まずはカメラで連続して画像を取り入れること。これは動画に近いですが、一つ一つの画像を連続して高解像度で取り込むための優れたアルゴリズムが使われています。

2. 取り込んだ画像に対し、リアルタイムで簡易的な画像処理をして、淡い部分をあぶり出すこと。特に輝度ヒストグラムを利用して背景を落とすこと、及び暗部を持ち上げることが重要になります。

3. この際あぶり出しを効果的に適用するために、背景のホワイトバランスをきちんと取ることが重要です。

4. ライブスタックと呼ばれる、取り込んだ画像から複数の星の位置を認識し、その位置を合わせるように画面を重ね合わせる技術です。

これらのことを全てリアルタイムで行うことが電視観望の基幹技術であると考えられます。例えば天体撮影の最中にカメラのモニターを見るというのは、広義では電視観望の一種と言ってもいいのかもしれませんが、現在の技術とは明確な違いがあります。もちろん、電視観望自体がまだ発展し続けている手法なので、今後新しい技術や概念が出てくることも十分に考えられます。

### 5.3 光害防止フィルター

月明かりの下や、街中の観望会などでは、光害防止フィルターを利用するといいでしょう。特に最近では、ワンショットナローバンドフィルターと呼ばれる H $\alpha$  線、OIII 線、SII 線などの輝線波長に合わせたフィルターが各種入手できます。もともとは天体写真撮影用に開発されたものですが、電視観望に使用することで、特に光害下での天体のコントラストを飛躍的に上げることができます。

### 5.3 PC とモニター

画面に映し出して見るためには、何らかのモニターが必要ですが、例えばノート型の PC が手軽で便利でしょう。PC は最新のものである必要はありませんが、SharpCap を動かすため Windows10 が動く程度のもが必要となります。ASILive は Mac や Linux でも

動き汎用性が高いのですが、上述したようにカメラを選ぶので注意が必要です。屋外で PC を使用することになるので、簡易的な机や椅子があると便利です (図 2)。



図 2 電視観望セットアップの一例

自動導入、自動追尾ができる経緯台 AZ-GTi を使っています。PC を使うので机と椅子があると便利です。

一方、PC を使わない方法もあります。初期の頃にパッケージ化された Revolution Imager などは望遠鏡に取り付けるだけで単体を使用することができます [3]。また、ASIAir と呼ばれる、これも ZWO 社の ASI カメラシリーズ専用になりますが、スマートフォンやタブレット端末を無線で接続して使用するタイプの機器もあります。こちらもライブスタック機能がついていて、電視観望に使用することができます。

電視観望専用の鏡筒とカメラが一体となった製品も出始めています。中でも eVscope は大阪市立科学館の渡部氏によって解説されています [11] ので、使用感も含めて参考になるかと思います。特徴は、設置したあとは非常に簡単な初期調整のみですぐに天体観測に入ることができるため、手軽さという点ではかなり優れていることです。今後もこのタイプのものが数多く出てくると思われます。特に、科学館など公共の施設での観望会などでは PC を使わないタイプの電視観望のほうが、

セッティングの煩雑さなどを避けることができるので適しているかもしれません。

## 6. 実際の導入と見えるもの

実際の電視観望は百聞は一見にしかずで、是非ともその眼で見て頂きたいのです。一例として PC の画面をキャプチャしたものを図 3 に示します。オリオン大星雲ですが星雲の中でも大型で輝度が高いため見栄えが良く、その場で簡単にこれくらいは見るができます。眼視と比較し、その違いを見るなどもまた楽しいのかと思います。

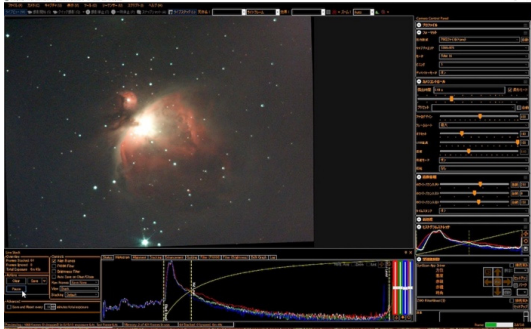


図 3 電視観望で見たオリオン大星雲

また、ライブスタックでどれくらいノイズが落ちていくかを示したものを図 4 に示します。このようにリアルタイムでノイズが落ちていく様子も、観望会では見どころの一つになったりもします。

電視観望の様子は、見るだけなら地域の観望会に顔を出してみると、大抵 1 台くらいはセットされているはず。まずはその場で見られる臨場感に驚かれることかと思えます。できるなら本記事を読まれた方は、是非とも自分の手で試して頂きたいです。もし手持ちの機材があれば簡単に試せますし、大掛かりな撮影などと違い、機材さえそろえてしまえば手軽に試すことができます。その際は、是非とも他の方とも共有して楽しんでもらい、天文普及の一環として広めていただければと思います。

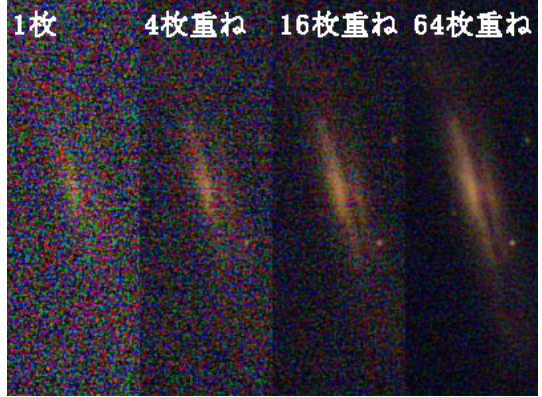


図 4 ライブスタックの一例

撮影画像を重ねるごとにノイズが落ちていきます。その様子がリアルタイムでわかります。写っているのは三つ子銀河の一つ、NGC3628 ハンバーガー銀河。

## 7. 電視観望に向いている天体

最後に、電視観望で見栄えのする天体を挙げておきます。一般的にはメシエ天体などの輝度がある程度高いものです。短時間であぶり出しをするために、向いている天体はある程度限られてきますが、それでも観望会で十分に見せられるくらいの数があります。

観望会が多く開かれる夏は、天の川に沿って多くの見栄えのする天体があります。M57 惑星状星雲、M27 皿鉢状星雲、M8 干潟星雲、M20 三烈星雲、北アメリカ星雲、網状星雲、三日月星雲などでしょうか。秋は M31 アンドロメダ銀河、M33 さんかく座銀河、M45 プレアデス星団など、冬は M42 オリオン大星雲、馬頭星雲、バラ星雲、かもめ星雲などでしょうか。春は色が映える星雲は少ないですが、多くの銀河が見ごろになります。しし座の三つ子銀河、M51 子持ち銀河などが対象です。マルカリアンチェーンも数多くの銀河が並んで見えるので見栄えがいいです。

もちろん、大口径長焦点鏡筒を使い、より小さな系外銀河などを狙うこともできます。その一方長時間撮影でやっと出てくる Sh2

などのあまりに淡い星雲は、電視観望においても長時間露光が必要になってくるので、観望会などの時間が限られた状況で見るには向いていません。

## 8. まとめと今後の広がり

電視観望は確実に広まってきています。観望会ではすでに一手段として確立しつつあり、今後はその割合もさらに増えていくことでしょう。天体ショップでも電視観望製品の扱いが増えていて、機材導入の敷居も下がり、より一般の方に普及していくことと思われます。

技術的にはまだまだ発展途上であり、今後もどんどん新しいアイデアが出てくると期待されます。カメラの性能にも大きく依存するので、例えばアバランシェ型のカメラなど、将来のカメラの劇的な高感度化によっては、電視観望の大幅な性能アップも期待できるかもしれません。

眼視観望、天体撮影に続く、3つ目の主流になると期待される電視観望、まだまだ今後の発展に目が離せません。

## 文 献

- [1] 古川麒一郎, 茂木謙一, 下保茂, "暗視スコープによる星像テスト", 天文月報 67 (9), p274-276 (1974)
- [2] <https://www.cloudynights.com/topic/144516-eaa-image-gallery/page-103>
- [3] 海外天文ショップ訪問記 (その 1): Orange county telescope, <http://hoshizolove.blog.jp/archives/10587427.html>
- [4] ASI224MC によるリアルタイム観望, <http://hoshizolove.blog.jp/archives/10179510.html>
- [5] ほしぞ love ログ: 電視観望, [http://hoshizolove.blog.jp/archives/cat\\_333533.html](http://hoshizolove.blog.jp/archives/cat_333533.html)
- [6] 千代西尾 祐司, 古都 浩朗, 竹内 幹蔵, "天体の電視観望技術を用いた教材開発 — CMOS カメラと Plate Solving 技術を活用した天体観望教材—", 学校教育実践研究 2, p29-39 (2019)
- [7] 千代西尾 祐司, 古都 浩朗, 竹内 幹蔵, "理科教育における, STEAM 教育教材としての電視観望技術の実践的活用 — Plate Solving 技術と CMOS カメラを活用した天体観望の運用—", 学校教育実践研究 4, p17-29 (2021)
- [8] <https://dictionary.goo.ne.jp/word/電視観望/>
- [9] SharpCap, <https://www.sharpcap.co.uk/>
- [10] ASILive, <https://astronomy-imaging-camera.com/software-drivers>
- [11] 渡部義弥, "銀河の渦巻きが都会で見える! 電視観望用望遠鏡による新しい天体観望会", 天文月報 114(9), p583-591 (2021)



宮川 治