

2022年度 シンポジウム「長野県は宇宙県」の天文史100年と市民科学 2022年11月18日(金)

「長野県は宇宙県」



22K02956 2022年度 基盤研究(C) 市民科学として読み解く「長野県は宇宙県」の天文文化
 (研究代表) 大西浩次 長野高専・リベラルアーツ教育院・教授
 (研究分担者) 早川尚志 名古屋大学・高等研究院・特任助教
 大西拓一郎 大学共同利用機構法人人間文化研究機構 国立国語研究所・教授
 野澤 聡 独協大学・国際教養学部・准教授

発表者：大西浩次 (国立長野高専)

渡辺真由子 (茅野市総合博物館), 陶山徹 (長野市立博物館), 大西拓一郎 (国立国語研究所), 早川尚志 (名古屋大学), 野澤聡 (獨協大学), 衣笠健三 (国立天文台野辺山) 長野県天文文化研究会, 「長野県は宇宙県」連絡協議会ほか

1

1 長野県の光学・電波の観測サイト

長野県

Institute of Astronomy, School of Science,
The University of Tokyo



松本

諏訪

木曽観測所

長野



臼田宇宙空間観測所
Usuda Deep Space Center(JAXA)
(Usuda 64m and Misasa 54m Antenna)

野辺山宇宙電波観測所
(NRO, NAOJ)

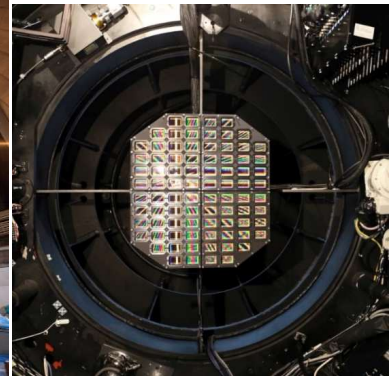
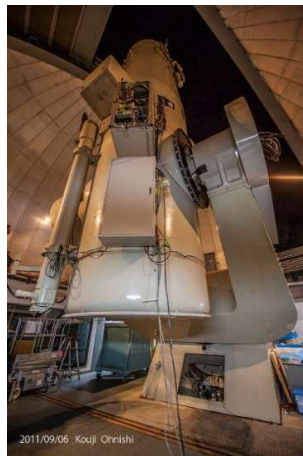


2

1 長野県の光学観測サイト



Kiso Schmidt telescope



Tomo-e Gozen camera

東京大学木曽観測所（1974年開所）
105cmシュミットに、最新のモザイクCMOSカメラ・**トモエゴゼン**とリアルタイムデータ解析・自動観測により、微光速流星、地球近傍小惑星、恒星掩蔽、初期超新星、ブラックホール連星、重力波源やFRBの光学対応、宇宙の未知の閃光などの探査など、**短時間スケールの天文学**の開拓に挑んでいる

3

1 長野県の電波の観測サイト



NAOJ Nobeyama Radio Observatory

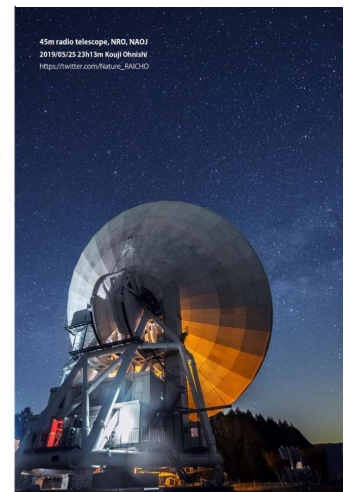
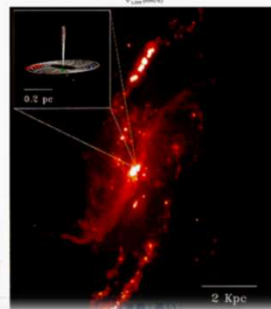
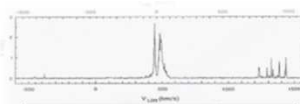
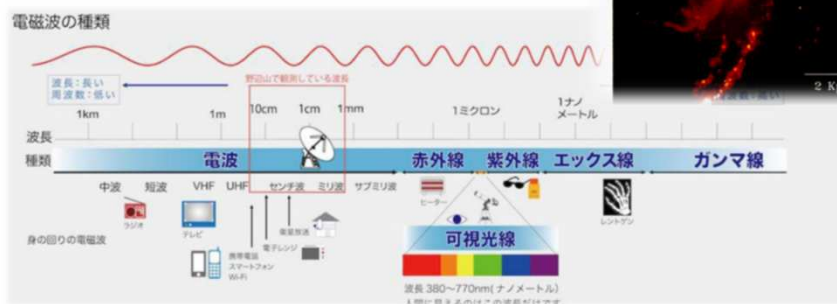
NOBEYAMA

1969 太陽電波観測所

1981 45-m radio telescope

1982 野辺山宇宙電波観測所開所

1994 NGC4258銀河に超大質量ブラックホール発見
(ほか)

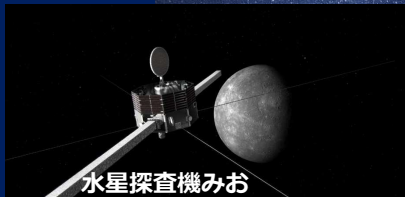


4

1 長野県の電波の観測サイト



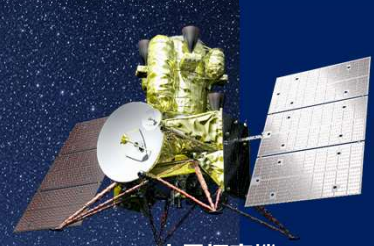
はやぶさ2&拡張ミッション



水星探査機みお

54m-ANTENNA, MISASA DEEP SPACE STATION,
USUDA DEEP SPACE CENTER, JAXA
2022/10/01 22h44m Kouji Ohnishi
<https://twitter.com/koujiohnishi>

JAXA 美笹深宇宙探査用地上局



火星探査機MMX



木星探査機JUICE



5

2 「長野県は宇宙県」とは

「長野県は宇宙県」マップ

☆ 天文研究・観測施設

- 1 国立天文台野辺山宇宙電波観測所
- 2 東京大学本管観測所
- 3 JAXA臼田宇宙空間観測所
- 4 JAXA入笠山光学観測所
- 5 名古屋大学宇宙地球環境研究所本管観測施設
- 6 電気通信大学宙半宇宙電波観測所
- 7 信州大学観測天文学グループ
- 8 国立長野高等専門学校

☆ 科学館・プラネタリウム施設

- 9 中野市立博物館
- 10 長野市立博物館
- 11 大町エネルギー博物館
- 12 上田創造館
- 13 佐久市子ども未来館
- 14 南牧村農村文化情報交流館ベジタボール・ウィズ
- 15 松本市教育文化センター
- 16 ハケ岳自然文化園
- 17 茅野市ハケ岳総合博物館
- 18 伊那市創造館
- 19 長野県伊那文化会館
- 20 飯田市美術館
- 21 志賀高原ロマン美術館



長野県内における、第一回「長野県は宇宙県」ミーティングの参加者、その後主旨に賛同してMLUに加わった方の施設や団体の所在地(自治体、教育委員会、学校などは含まず)

☆ 公開天文台施設など

- 22 小川村星と緑のロマンビア(小川天文台)
- 23 うすだスタードーム
- 24 カフェ風のいろ
- 25 マナスル山荘新館
- 26 高ソメキャンプ場
- 27 おんたけ銀河村キャンプ場
- 28 スタービレッジ阿賀

☆ 天文同好会・星の会※

- 29 しなの星空散歩会きらきら
- 30 大町エネルギー博物館友の会フォー・マル・ハウト
- 31 信州佐久星空案内人の会
- 32 野辺山星の会
- 33 朝日村天文同好会
- 34 塩尻星の会
- 35 木曾星の会
- 36 飯田御月見天文同好会
- 37 信州衛星研究会

※市役所などの自治体中心位置



6

2 「長野県は宇宙県」とは

長野県は宇宙県(2016.11.23 松本宣言)

長野県がもつ「宇宙に近い」というすばらしい資産を多くの人たちと共有し、**その魅力を広く伝えていくことにより、長野県の地域振興、人材育成、観光、天体観測環境維持**に寄与することを目的とする。また、参加する団体・個人は、この目的のために、お互いの特徴を認めつつ、協力をし活動する。



7

2 「長野県は宇宙県」とは

「長野県は宇宙県」マップ

☆ 天文研究・観測施設

- 1 国立天文台野辺山宇宙電波観測所
- 2 東京大学木曾観測所
- 3 JAXA臼田宇宙空間観測所
- 4 JAXA入笠山光学観測所
- 5 名古屋大学宇宙地球環境研究所木曾観測施設
- 6 電気通信大学菅平宇宙電波観測所
- 7 信州大学観測天文学グループ
- 8 国立長野高等専門学校

☆ 科学館・プラネタリウム施設

- 9 中野市立博物館
- 10 長野市立博物館
- 11 太田エネルギー博物館
- 12 上田創造館
- 13 佐久市子ども未来館
- 14 南牧村農村文化情報交流館ベジタボーム
- 15 松本市教育文化センター
- 16 ハナタラ自然文化園
- 17 茅野市八ヶ岳総合博物館
- 18 伊那市創造館
- 19 長野県伊那文化会館
- 20 飯田市美術館
- 21 志賀高原ロマン美術館



長野県内における、第一回「長野県は宇宙県」ミーティングの参加者、その後主旨に賛同し、MLに加わった方の施設や団体のリスト（自治体、教育委員会、学校、天文愛好会等）

美しい星空のもとに、みんなで宇宙（天文）をKey Wordにした**天文文化**を作ろう

- ※ 天文愛好会等
- 34 山屋の会
 - 35 朝日村天文同好会
 - 36 塩尻星の会
 - 37 木曾星の会
 - 38 飯田御月見天文同好会
 - 39 信州衛星研究会

※ 市役所などの自治体中心位置



8

2 「長野県は宇宙県」とは

長野県は宇宙県(2016.11.23 松本宣言)

長野県がもつ「宇宙に近い」というすばらしい資産を多くの人たちと共有し、その魅力を広く伝えていくことにより、**長野県の地域振興**、**人材育成**、**観光**、**天体観測環境維持**に寄与することを目的とする。また、参加する団体・個人は、この目的のために、お互いの特徴を認めつつ、協力して活動する。

WG:長野県天文文化研究会
(2019～)

美しい星空のもとに、みんなで宇宙(天文)文化を作ろう



9

2 「長野県は宇宙県」とは

長野県は宇宙県(2016.11.23 松本宣言)

長野県がもつ「宇宙に近い」というすばらしい資産を多くの人たちと共有し、その魅力を広く伝えていくことにより、**長野県の地域振興**、**人材育成**、**観光**、**天体観測環境維持**に寄与することを目的とする。また、参加する団体・個人は、この目的のために、お互いの特徴を認めつつ、協力して活動する。

「長野県は宇宙県」ガイド養成講座(2019～)

美しい星空のもとに、みんなで宇宙(天文)文化を作ろう



10

2 「長野県は宇宙県」とは

長野県は宇宙県(2016.11.23 松本宣言)

長野県がもつ「宇宙に近い」というすばらしい資産を多くの人たちと共有し、その魅力を広く伝えていくことにより、**長野県の地域振興、人材育成、観光、天体観測環境維持**に寄与することを目的とする。また、参加する団体・個人は、この目的のために、お互いの特徴を認めつつ、協力して活動する。



美しい星空のもとに、みんなで宇宙（天文）
cardにした**天文文化**を作ろう

「長野県は宇宙県」スタンプラリー（2017～）
「宙ツーリズム」長野県観光機構（2022）



11

2 「長野県は宇宙県」とは

長野県は宇宙県(2016.11.23 松本宣言)

長野県がもつ「宇宙に近い」というすばらしい資産を多くの人たちと共有し、その魅力を広く伝えていくことにより、**長野県の地域振興、人材育成、観光、天体観測環境維持**に寄与することを目的とする。また、参加する団体・個人は、この目的のために、お互いの特徴を認めつつ、協力して活動する。

WG:長野県星空継続観察
(2018～)

美しい星空のもとに、みんなで宇宙（天文）
cardにした**天文文化**を作ろう



12

3 「長野県は宇宙県」と「市民科学“Citizen Science”」

長野県といえば
多くの天文施設
国立天文台・野辺山宇宙電波観測所
東京大学木曽観測所
JAXA臼田宇宙空間観測所
電通大菅平宇宙電波観測所 etc.
多くのプラネタリウム・公開天文台



長野県は宇宙県(2016.11.23 松本宣言)

長野県がもつ「宇宙に近い」というすばらしい資産を多くの人たちと共有し、その魅力を広く伝えていくことにより、長野県の地域振興、人材育成、観光、天体観測環境維持に寄与することを目的とする。また、参加する団体・個人は、この目的のために、お互いの特徴を認めつつ、協力をし活動する。

市民天文同好会
(アマチュア天文家)
と天文学者の関連?

KEY : 市民の長年の天文教育普及活動

100年の天文同好会の歴史

13

3 「長野県は宇宙県」と「市民科学“Citizen Science”」

明治時代 1878年 麻布に東京天文台、東京大学星学科
1908年 日本天文学会第2条
大正時代-昭和初期 (東の神田茂、西の山本一清)
山本一清と天文同好会 (1920)



三澤勝衛

1921
1922

諏訪支部 1921年 三沢勝衛
諏訪天文同好会 1922年3月

1920- 変光星、流星、太陽黒点などの研究的観測ほか

1960- 自然保護活動（ビーナスラインほか）、光害防止

東京大学木曽観測所

国立天文台野辺山

14

3 「長野県は宇宙県」と「市民科学“Citizen Science”」

諏訪天文同好会の研究活動・東西の天文学の交流・自然保護運動

1921
1922

諏訪支部 1921年 三沢勝衛

諏訪天文同好会1922年

1920

変光星、流星、太陽黒点などの研究的観測ほか

東大・東京天文台の神田茂、京大・花山天文台の山本一清との交流

1960

自然保護活動（ビーナスラインほか）、光害防止

2021
2022

東京大学木曽観測所

国立天文台野辺山

光害防止条例（長野県）に向けた活動

- ・ 諏訪天文同好会の設立の経緯の調査
- ・ 東大木曽観測所、国立天文台野辺山の設立の経緯の調査
→月に2回程度のオンライン研究会を開催

アマチュア天文家の観測研究を「市民科学」の文脈で再評価したい

15

3 「長野県は宇宙県」と「市民科学“Citizen Science”」

18-19c 19-20c 60-70' 80' 90' 現在

欧米

アマチュア
自然愛好家
Naturalists
ダーウィン

プロ・アマの分離

プロ
(職業科学者)
アマチュア
(市民科学者)

急進的
科学運動

職業科学者の
(市民)科学者
反核・環境・健康
科学/技術批判

コンセンサス
アセスメント

科学政策への
市民参加

市民参加
「市民科学」

アーウインの
「市民科学」
ボニーの
「市民科学」

多様な
参加型研究

1920'

市民の研究力
研究指向(+教育)

60'-70'

市民の行動力

2016'-

諏訪天文同好会
(長野)

環境保護運動

「長野県は宇宙県」

太陽黒点観測(三沢勝衛(1921-1934)、田中静人(1926-2000)、藤森賢一(1953-現在))

日本

「市民科学」の先駆け

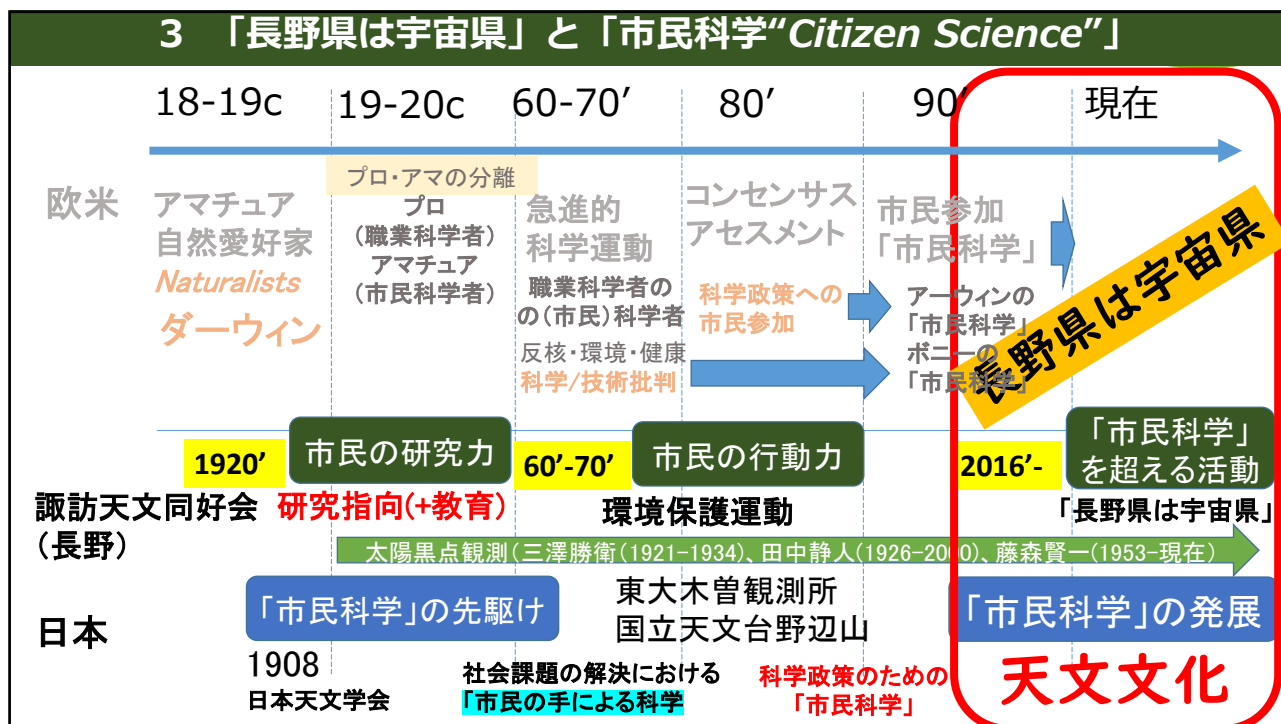
1908
日本天文学会

東大木曽観測所
国立天文台野辺山

社会課題の解決における
「市民の手による科学」

科学政策のための
「市民科学」

16



17



18

補足。 市民科学としての「長野県は宇宙県」



長野県内には、1921年から現在に至る100年間、長期にわたる太陽黒点観測者が多数輩出



三沢(1921-1935)、田中(1926-2000)、藤森(1953-)、沓掛(1932-1944)、諏訪清陵高校(1950-)

過去1万1千年間の太陽活動の復元の結果(Solanki et al. 2004)、実際の太陽活動と異なる結果
原因は、太陽黒点数の時系列を作る過程(解析の手法の変更が度々あり)で問題(Clette et al. 2014)。
そこで、現在、過去400年間の黒点スケッチから整合性のある太陽黒点数の時系列に較正する作業が検討中。

長野の20世紀の観測データに焦点を当てて進める。

三澤勝衛(1921-1935)
田中静人(1926-2000)
藤森賢一(1953-現在)

太陽黒点数の近代100年間のデータの改正は、現在の重要な天文学のテーマである。

- ・ 20年前より、田中静人のデータ(～1990)解析(長野市博物館) + 最新の天文学のテーマ→
- ・ 専門家(早川尚志(名古屋大学))と共に、市民とデータのレスキュー・解析・アーカイブ化の作業中

19

補足。 まとめ



明治時代

1878年 東京天文台、東京大学星学科

大正時代 昭和初期

1908年 日本天文学会 第2条「本会は天文学の進歩及普及を以て目的とす」
東の神田茂、西の山本一清
山本一清と天文同好会(1920/09/01)

信州教育1921年(大正10年)理科の教科書に天文

諏訪支部 1921年 三沢勝衛(1885-1937)

河西慶彦(1903-1961)、古畑正秋(1912-1988)、五味一明(1910-1990)

諏訪天文同好会1922年3月

1920ー 変光星、流星、太陽黒点などの研究的観測ほか

1960ー 自然保護活動(ビーナスラインほか)、光害防止

市民科学の発展と拡張

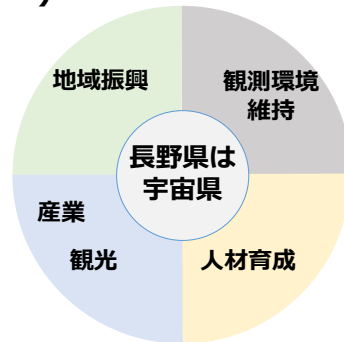
20

補足 「長野県は宇宙県」とは

長野県天文文化研究(2019～)

長野県星空継続観察(2018～)

商品開発プロジェクト
「長野県は宇宙県」ワイン



「長野県は宇宙県」スタンプラリー (2017～)
「宙ツーリズム」長野県観光機構 (2022)

「長野県は宇宙県」ガイド養成講(2019～)

「長野県は宇宙県」と市民科学

大西浩次（「長野県は宇宙県」連絡協議会会長/長野工業高等専門学校）

1. はじめに

「市民科学によって天文文化はいかに誕生し、何を生み出してきたか」という問いを出発点として、「長野県は宇宙県」¹に関わる 100 年間の天文学や天文に関わる文化的な活動（＝天文文化）の解明を目指す「市民科学」プロジェクトを進めている[1,2,3]。ここで云う「市民科学」という言葉は、日本では、1960 年代には、社会課題の解決における「市民の手による科学」のこと[4,5]を指していたが、現在では、1990 年代の欧米で提唱された“Citizen Science”の日本語訳として、市民参加による学問への寄与を含む広範囲な科学的活動を指す言葉として使われている²。ところで、初期の「市民科学」では、eBird³ や Galaxy Zoo⁴ のように、職業科学者によって企画されたプラットフォーム上に、市民がデータ収集などのアウトソーシングとして参加する形態（参加型）が主流であった[6]。しかし、2000 年以降、ICT の発展や「オープンサイエンス」・「オープンデータ」の流れを受けて、従来の「市民科学」の枠を超えた活動も始まろうとしている[7]。

このような状況を受けて、現在、「長野県は宇宙県」に関わる人々にとって身近なテーマ、例えば、自ら所属するグループ（研究施設、社会教育施設、同好会）の設立の由来から今日の活動に至る過程を自ら調査する事で、自分たちのルーツを探し、自らのアイデンティティを確立するという具体的な目的が挙げられる。このような目標に対して、過去 100 年以上の歴史を紐解くために、今までの市民の観測記録や市民運動の実態を文献調査や聞き取り調査で解明してゆくという活動に、それぞれのテーマを研究する専門家が参加していただき、その共同研究・協働作業により、市民の調査を学術的な成果に結び付けるスタイルの「市民科学」の実践を考えている。

さらに、調査対象である 1920 年から 1980 年代の、「市民科学」という用語が存在しなかった時代における市民の科学的運動、ここでは、市民科学者（＝アマチュア天文家）による天体観測から、自然保護運動・光害防止の運動までを、“Citizen Science”・「市民科学」に繋がる活動として捉え直すことによって、「市民科学」の成立の背景を探ると共に、これから将来への「市民科学」のあり方を考える具体的モデルとして提示したい（図 1）。

¹ <https://uchuken.jp/>

² 提言「シチズンサイエンスを推進する社会システムの構築を目指して」日本学術会議（2020 年 9 月）
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t297-2.pdf>

³ <https://ebird.org/home>

⁴ <https://www.zooniverse.org/projects/zookeeper/galaxy-zoo/>

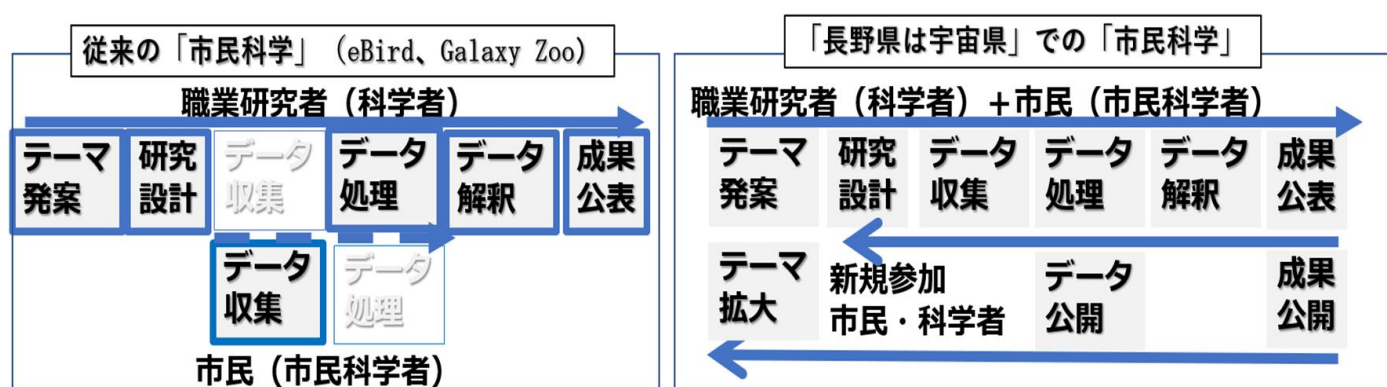


図1 新しい「市民科学」のモデルをつくる（「長野県は宇宙県」での「市民科学」）

そこで、「長野県は宇宙県」では、初めに、設立100年となった諏訪天文同好会が設立した当時の研究活動や、1960年～70年代の自然環境保護活動などについて調査を進めている[1,2,3,9,10]。現時点で、市民天文同好会でありながら、観測的研究などを通じて、職業研究者（天文学者）との多彩な交流関係が明らかになって来ている。今後の調査によっては、日本の天文学の黎明期に於けるプロアマ交流が、日本の天文学の進展と「市民科学」の誕生にどのように寄与したのかを解明できる可能性がある。そこで、初めに、諏訪天文同好会の研究活動を「市民科学」のプロトタイプの活動、あるいは、黎明期の活動として再検討したい。同時に、「長野県は宇宙県」に参加している市民同好会のメンバーと協働で諏訪天文同好会の調査研究を行う「市民科学プロジェクト」を進めることで、この調査活動自体を、新しい時代での「市民科学」のモデルの一つとしたい。本講演では、この活動の基盤となる「長野県は宇宙県」の活動の紹介を中心に、科学研究費、2022年度基盤研究(C)「市民科学として読み解く「長野県は宇宙県」の天文文化」⁵の研究目的と目標を紹介した。

2. 「長野県は宇宙県」の始動

長野県は日本の中でも特に宇宙と関わりが強い県である。長野県は平均標高も高く、美しい星空が各地で存在している。国立天文台野辺山宇宙電波観測所や東京大学木曽観測所、JAXA 臼田宇宙空間観測所など、この美しい（光学的・電波的な）星空の特性を生かした天文研究施設が存在している。また、教育に熱心な県民性もあり、長野県内の各地にプラネタリウムや公開天文台が存在している。さらに、天文同好会も各地で活動が盛んに活躍している。また、長野県は精密機械や電子産業が盛んで、これから宇宙航空産業への躍進も期待されている。さらに、長野県出身の油井宇宙飛行士の活躍もあり、長野県内外の宇宙への関心が高まっている状態である。

一方、以前より、長野県内の星空環境・研究環境の悪化に伴い、光学や電波における天文学的な研究環境の維持・保護について検討が始まっていた。2015年に、木曽と野辺山で

⁵ <https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-22K02956/>

同様の問題を検討していることに気づき、長野県内の研究施設の連携が始まった。そして、この研究環境の維持・保護のために、世界遺産などの事例を参考に、多くの県民と連携し「長野県は宇宙県」を合言葉として、長野県がもつ「宇宙に近い」というすばらしい資産を多くの方々に理解して頂き、この長野県の魅力を広く伝えていく活動を推進することになった。そして、「長野県は宇宙県」を合言葉として、2016年11月、長野県松本市（信州大学理学部）にて120人を超える有志が集まり、『長野県がもつ「宇宙に近い」というすばらしい資産を多くの人たちと共有し、その魅力を広く伝えていくことにより、長野県の地域振興、人材育成、観光、天体観測環境維持に寄与することを目的とする。また、参加する団体・個人は、この目的のために、お互いの特徴を認めつつ、協力をし活動する』とする松本宣言を制定した。この宣言のもとで、「長野県は宇宙県」の活動が始まった。

3. 長野県の星空環境

3.1 長野県の地質

平均標高は1,132mと高い長野県は、日本列島の構造をつくるフォッサマグナ地帯と中央構造線とが交わる地域であり、起伏に富み美しい光景が存在している。フォッサマグナ地帯の西縁には、糸魚川－静岡構造線という大断層が走っている。この西部は、日本アルプスと呼ばれる赤石（南アルプス）、木曾（中央アルプス）、飛騨（北アルプス）の3000m級の山地が南北に並走している。

3.2 長野県の星空環境

長野県は西部の日本アルプスの3,000m級の山々と東部の志賀高原・浅間山・八ヶ岳など2,000m級の山々に囲まれている。このため、星空環境や電波環境が比較的良好に保たれている。ここで、電波環境に注目すると、野辺山や白田などは、たいへん良好な環境であることが分かる。ミリ波などの波長の短い電波では、水蒸気による吸収の影響を避けるために、できるだけ乾燥し、かつ、ノイズになる遠方からの電波が届かない観測環境が必要である。野辺山宇宙電波観測所45mミリ波望遠鏡は、標高1,350mの地点にあり、秋から春にかけて気温が下がる時期にはミリ波の観測条件が良く、また、周囲が山間地に囲まれた盆地状の地形のため関東などの電波を遮断し、電波的に暗い星空環境である。

3.3 長野県内のプラネタリウム

長野県内には12箇所にプラネタリウムがあり、人口比率で最もプラネタリウムの多い県の一つである。1. 長野市立博物館、2. 大町エネルギー博物館、3. 松本市教育文化センター、4. 上田創造館、5. 伊那文化会館、6. 八ヶ岳自然文化園、7. 飯田市美術博物館、8. 中野市博物館（北信濃ふるさとの森文化園）、9. 小川天文台プラネタリウム館、10. 佐久市子ども未来館、11. ベジタボール WITH（南牧村農村文化情報交流館）、12. 茅野市八ヶ岳総合博物館（モバイルプラネタリウム）。

3.4 長野県内の公開天文台

長野県内には、大小多数の公開天文台がある。例えば、1. いいづな歴史ふれあい館（飯綱町牟礼）、2. 長野市博物館（長野市）、3. 天平の森天文台（安曇野市明科）、4. 小川天文台、5. うすだスタードーム（佐久市）、6. マナスル山荘新館（富士見町）、7. 高ソメキャンプ場（松本市奈川）、8. 朝日村天文台（朝日村）、9. おんたけ休暇村天文館（木曽郡王滝村）、10. おんたけ銀河村キャンプ場（木曽郡王滝村）などがある。

3.5 長野県内の天文同好会

長野県内の多くの天文同好会がある。その主なものとして、1. しなの星空散歩会きらきら（長野市）、2. 信州中野天文同好会（中野市）、3. 天平の森天文同好会（安曇野市明科）、4. DNA白馬自然科学研究会（白馬村）、5. 大町エネルギー博物館友の会・フォーマルハウト（大町市）、6. 信州佐久星空案内人の会（佐久市）、7. 朝日村天文同好会（朝日村）、8. 塩尻星の会（塩尻市）、9. 諏訪天文同好会（諏訪地域）、10. 茅野星夜会（茅野市）、11. 木曽星の会（木曽地域）、12. 野辺山星の会（南牧村）、13. 飯田御月見天文同好会（飯田市）などがある。

3.6 長野県内の星空エリア

長野県の地形的な特徴より、多くの市民が住む盆地（平野部）から星空が暗く観察に適した高原や山間地まで、比較的短い時間でアクセスできる。

長野市を中心としたエリア：鍋倉高原（飯山市）、志賀高原（山ノ内町）、戸隠高原（長野市）

上田市・佐久市を中心としたエリア：菅平高原（上田市）、湯の丸高原（上田市）、美ヶ原高原（上田市、長和町、松本市）、野辺山高原（南牧村）

松本市を中心としたエリア：美ヶ原高原（松本市、長和町、上田市）、霧が峰高原（下諏訪町、諏訪市、茅野市）、乗鞍高原（松本市）、ほかにも、白馬エリア（白馬村、小谷村）、北アルプス、

飯田市・伊那市を中心としたエリア：しらびそ高原（飯田市）ほか、中央アルプス、南アルプス

木曽町を中心としたエリア：開田高原（木曽町）

このように、県内には全国でも有数の星空の聖地が存在している。

3.7 国立天文台野辺山宇宙電波観測所⁶

野辺山高原は、標高 1,350m の水蒸気量が少ない場所である。また、まわりを周囲の山に囲まれた平坦な地形であり、寒冷地でありながら雪が少ないことなどから、ミリ波の電波観測の地として最適であり、長年に渡り太陽電波観測・宇宙電波観測を行なってきた。国立天文台野辺山宇宙電波観測所の 45m 電波望遠鏡は、「ミリ波」帯では世界最大の口径の電波望遠鏡である。主に星が誕生する場所である分子雲の観測を始め、分光器による未知の分

⁶ <https://www.nro.nao.ac.jp/>

子の同定や、M106 の中心核の巨大ブラックホールの発見、FOREST 受信機による分子雲の大規模サーベイなど多くの成果を挙げている。

3.8 JAXA 臼田宇宙空間観測所⁷

ハレー彗星探査機（「さきがけ」「すいせい」）などの深宇宙通信用として、電波環境として暗く（ノイズが少ない）、かつ、都心から近い場所として、64m 深宇宙通信アンテナが佐久市臼田に建設された。現在、金星探査機「あかつき」や小惑星探査機「はやぶさ 2」との通信で使用されている。また、電波望遠鏡としてパルサーや FRB の観測などに使われて売る。なお、64m アンテナの老朽化と探査機との高周波数の通信のために、美笹に 54m の深宇宙通信アンテナ⁸が建設され、2021 年より運用が開始した。「はやぶさ 2 拡張ミッション」、水星探査機「みお」、火星探査計画 MMX、木星探索 JUICE などの深宇宙通信に使われる。

3.9 東京大学木曽観測所⁹

1974 年に開所された東京大学木曽観測所は、広視野を撮影できる口径 105cm のシュミット望遠鏡を持つ天体サーベイ観測の国内外の拠点として、木曽郡木曽町三岳にある。現在、105 cmシュミットに、最新のモザイク CMOS カメラ・Tomo-e Gozen（トモエゴゼン）¹⁰とリアルタイムデータ解析・自動観測により、微光速流星、地球近傍小惑星、恒星掩蔽、初期超新星、ブラックホール連星、重力波源や FRB の光学対応、宇宙の未知の閃光などの探査など、短時間スケールの天文学の開拓に挑んでいる。また、木曽観測所では、銀河学校や星の教室など、先進的な教育を実施してきた。今後の教育活動も注目できる。



図 2 「長野県は宇宙県」マップ

⁷ <https://www.jaxa.jp/about/centers/udsc/>
⁸ <https://www.isas.jaxa.jp/home/great/>
⁹ <http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kisohp/>
¹⁰ <https://tomoe.mtk.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/ja/index.html>

4. 「長野県は宇宙県」の活動

「長野県は宇宙県」¹¹の活動では、松本宣言に賛同するグループや人による自発的な活動が中心であるが、長野県や自治体などとの調整のために、研究施設・長野県プラネタリウム連絡協議会、長野県天文愛好者連絡会¹²の代表で「長野県は宇宙県」連絡協議会を作り、定期的な打ち合わせと共に、年に1度の「長野県は宇宙県」ミーティングを行って。 「長野県は宇宙県」での主な活動として、「長野県は宇宙県」連絡協議会を中心とした通常の長野県内の星空の魅力を伝えるための広報普及活動（公開講演会やスタンプラリーなどの企画）と共に、2つのワーキンググループ(WG)による調査研究活動も行っている。その一つが、2018年より始めた長野県星空継続観察WG¹³であり、全県レベルでの夜空の明るさの継続的なモニター観測や星空環境保持のための啓発活動を行っている。特に環境省の星空継続観察（夏・冬）の時期に合わせて、長野県星空継続観察ミーティングを行い、全国各地の星空保護運動の調査や、星空観察のテーマなどを決めている。環境省で行っている星空継続観察（夏・冬）¹⁴では、測定地点で長野県内が全国の約3分の1を占める多くの人々による空の暗さ調査が行われている¹⁵。また、これまでの環境省の公式測定データで長野県内の77全市町村のどこかで天の川が良く見える（20等級より暗い）ことを示すことが出来ている¹⁶。また、2000年の年末に塩尻北インター付近でサーチライトが点灯したことをきっかけに、勉強会やアンケートなどを行い、天文ファンでない市民にもその問題を伝え、長野県に光害防止に係る条例の改正などにつながっている¹⁷。

もう一つのWGが、2019年より始めた長野県天文文化研究会¹⁸であり、学芸員や市民が協働で、主に県内各地域の博物館に所蔵する天文学や天文文化に関わる文献資料の調査を行ってきた。これらの調査によって、「長野県は宇宙県」の活動が100年以上に及ぶ先人達の天文活動から脈々と繋がっている事が分かった[1-3,9,10,13]。この活動が、今回の「市民科学」プロジェクトに発展した。

ところで、「長野県が宇宙県」での活動が、星空や研究環境の維持・保護のみならず、観光まで含めた幅広い活動を行っているのは、例えば、世界遺産の仕組みのように、人々の諸活動（研究・教育・趣味・観光・産業など）をうまく取り入れることによって、持続可能な共存を目指す必要があると考えているからである。

¹¹ <https://uchuukun.jp/>

¹² <https://nagaten.net/>

¹³ <https://uchuukun.jp/keizoku/>

¹⁴ <https://www.env.go.jp/air/life/hoshizorakansatsu/index.html>

¹⁵ <https://www.env.go.jp/press/109696.html>

¹⁶ https://uchuukun.jp/meeting/6th_data/Press_report.pdf

¹⁷ <https://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/taiki/hikarigai.html>

¹⁸ <https://uchuukun.jp/bunka/>

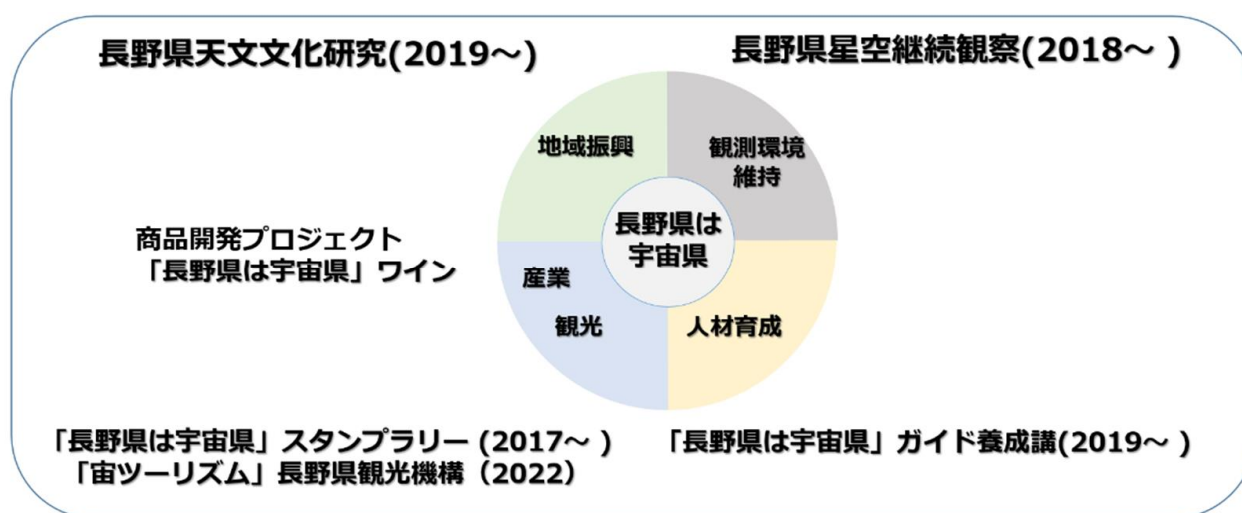


図3 「長野県は宇宙県」の活動

5 「長野県は宇宙県」のルーツ

長野県天文文化研究会の初期調査によって、現在の「長野県は宇宙県」のルーツの1つが、三澤勝衛(1885-1937)と諏訪天文同好会(1922-現在)であることが分かって来た。三澤勝衛は旧制諏訪中学校で教鞭を執り、地理学や天文学の研究を行い独創的な風土論を展開した。彼の教え子から、古畑正秋(天文学)、藤森栄一(考古学)、矢沢大二(地理学)、河角廣(地震学)、諏訪彰(火山学)、新田次郎(作家)をはじめとする研究者や文化人などを多くの人材を輩出している。彼の影響を受けて、1922年に設立された諏訪天文同好会は、日本最初期の市民による天文同好会である。同会には、1936年にとかげ座新星を発見した変光星観測者の五味一明(1911-1990)や、東京天文台台長を務めた古畑正秋(1912-1988)、現在も継続的な太陽黒点の観測を続ける藤森賢一(1930-)、自然保護運動や光害防止活動を行った青木正博(1920-1984)などがある。諏訪天文同好会は日本におけるアマチュア天文の草創期から、天文観測の指導的立場にあった。この活動を通して、当時の関西派(京都大学の花山天文台、山本一清(1889-1959))と関東派(東京大学の東京天文台、神田茂(1894-1974))の両方との交流の接点を果たし、日本の近代天文学の黎明期から発展期に至るまで、両方の懸け橋として強い相互作用を及ぼしたと考えられる[3]。一方、観測者の記録そのものは個人所蔵であり、体系的に整備されていないため、散逸の危機に瀕している。この意味でも、今残っている記録を調査し、アーカイブすることが望まれている。

6. 「市民科学」¹⁹

「市民科学」とは、1990年代より欧米で発展してきた Citizen Science (シチズンサイエンス) の日本語訳として、市民参加型科学的活動を指す言葉として非常に流行している言葉である。ところで、初期の「市民科学」は、市民がPCの処理能力を提供して科学計算を行

¹⁹ Bruno J. Strasser et.al, "Citizen Science"? Rethinking Science and Public Participation", Science & Technology Studies 32(2) pp.52-76. (2019)

うこと (SETI@home) から、野鳥観察家による野鳥に関する観察データを収集すること (eBird)、あるいは、都市住民が大気汚染を地図上に表示すること (City Sense)、大望遠鏡で撮影した銀河画像を自宅で分類すること (Galaxy Zoo) の様に、職業科学者によって企画されたネット・プラットフォーム上に、市民がデータ収集などのアウトソーシングとして参加する形態が主流であった[6]。しかし、2000 年以降、ICT の発展や「オープンサイエンス」・「オープンデータ」の流れを受けて、従来の「市民科学」の枠を超えた活動も始まろうとしている。すなわち、市民参加型研究は、科学と社会の共同生産として、今までのプロ（職業研究者）とアマ（市民研究者）の垣根を超える可能性を持つため、新しい形の「市民科学」のモデルが期待されている[7,8]。

今日の「市民科学」=Citizen Science（シチズンサイエンス）という言葉は、政策アナリストのアラン・アーウィン(1995)と鳥類学者のリチャード・ボニー(1996)が作った言葉だと言われている[11,12]。アーウィンの云う「市民科学」は、科学政策をより民主的に進めるための市民参加による科学、ここでは、"Science for the people"と "Science by the people"を意味している。これは、1980 年代の科学政策への市民参加（コンセンサス・アセスメント）をより進める形で出てきた言葉である[11]。一方、リチャード・ボニーの「市民科学」はアーウィンのものと異なっている。ボニーは 1992 年から米国科学財団（NSF）の助成を受けて、アマチュアの鳥類学の長い伝統を受け継ぎ、「鳥類学への市民参加」の教育的な役割を研究していた。その 4 年後に、ボニーは、「市民科学」とは「アマチュア」が科学者に観察データ（鳥の観察など）を提供し、その見返りとして新たな科学技術を習得する科学プロジェクトであり、「双方向の関係」であると定義した[11]。その後、NSF は、「一般市民を科学研究に参加させる」取り組みの支援を開始し、2004 年には、「市民科学のように参加者が進行中の科学研究に貢献できるようにする」ことにその目的を改め、数多くのそのような取り組みを支援している。この流れが、今日の「市民科学」の流行を生んだのである。現在、「参加型研究」「コミュニティベースの研究」「サイエンス 2.0」「オープンサイエンス」「アマチュア・サイエンス」など、「市民科学」の定義に、さまざまな用語が使われている[6,7,8]。

「市民科学」という概念は、プロフェッショナル（職業研究者）とアマチュア（市民研究者）の区別が明確に出てくる 19 世紀以降の概念である。しかしながら、科学知識の生産という観点から見ると、その源流は 19 世紀に活躍したダーウィンのような「自然哲学者」や「自然主義者」であろう。彼らは、科学者ではない別の職業で報酬を得ており、科学に関してはほとんど無報酬、かつ、自宅で行われていたという意味で、「アマチュア」であった。

それが、19 世紀末から 20 世紀初頭に、科学は大学や研究所などの組織に属したフルタイム研究者（職業研究者）による研究に移っていった。科学の研究主体がプロ（職業研究者）へ移ってゆき、プロ（職業研究者）とアマ（市民研究者）の分離が次第に明確になっていった。特に、実験や観測で高価な装置が必要な科学分野では、アマチュアの参加が困難なものになってゆく。一方、天文学では、博物学的なテーマも多く、物理学などの分野に比べて、比較的、プロとアマの分離が遅かったと思われる。このことが、諏訪天文同好会の設立当時の 1920 年でも、プロとアマとの交流が盛んであった要因の一つになるだろう。

一方、1960～70年代にかけて、プロ（職業研究者）が市民科学運動に参加する（日本で云う）「市民の手による科学」運動が起きる。第2次世界大戦以降、科学技術の戦争利用（例えば、原子爆弾や化学兵器）に関する倫理的批判や、大気汚染・環境ホルモンなど有害物質による環境汚染の問題が出てくる[4,5]。例えば、レイチェル・カーソンの『沈黙の春』（1962年）での農薬 DDT の告発は、すぐに、社会における科学の役割をより広く問うテーマとなり、環境運動を助長した。さらに、1960年代には、ベトナム戦争への抗議という背景から、反核運動、環境運動からの批判が、科学技術に対する幅広い批判となった。1970年代、「民衆のための科学」のようなグループは、主にプロの科学者から構成され、職業研究者をより良い市民、すなわち（「軍事科学者」や「産業科学者」ではなく）「市民のための科学者」にすることを望んだ[8]。一方、行政側の科学政策を進めるために、60年代から70年代の科学批判運動の反省として生まれたのが科学と技術に関する審議への市民の参加を促す政策である。1980年代には、欧米でコンセンサス会議、参加型技術評価、サイエンスショップなど、国の科学政策の策定や地域の選択に於いて市民の声を届けることを目的として行われていた。

このような背景の中で、1990年代、科学政策のための市民参加や市民参加型科学への支援としての Citizen Science = 「市民科学」が誕生したのである[10,11]。一方、市民参加型科学、あるいは、市民との協働による科学は、いまの「市民科学」という言葉が誕生するより遙か前の時代にも存在していた。

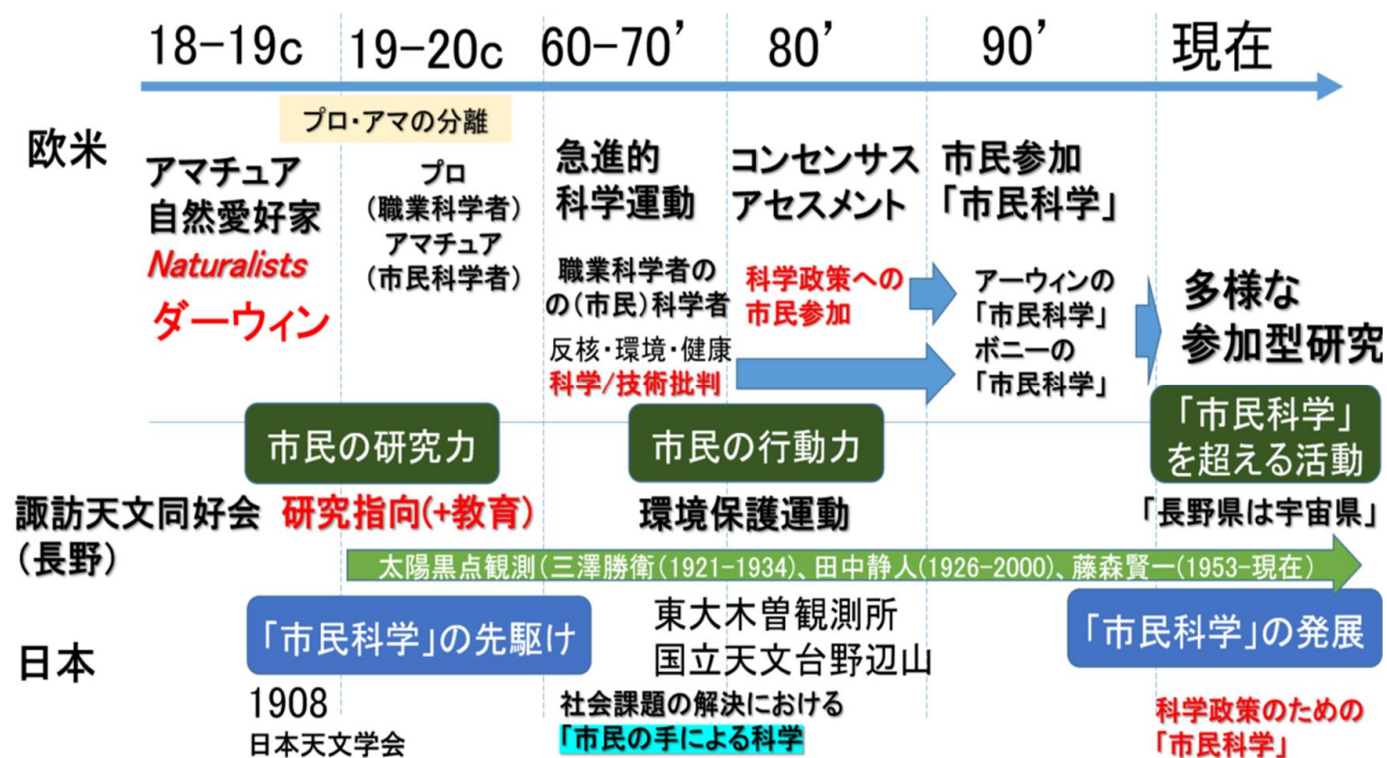


図4 「市民科学」の源流の歴史的変化と諏訪天文同好会の活動

欧米における「市民科学」の源流や発展は Strasser et.al.(2019)の論文[8]による。この「市民科学」の時代変遷と諏訪天文同好会の活動を重ねてみると、プロアマ分離以前の市民の科学研究指向から、自然保護運動・光害防止活動などの「市民科学運動」を経て、現在の「長野県は宇宙県」の活動へと、非常に良い対応を見ることが出来る。

7. 諏訪天文同好会の 100 年の概要

日本の天文学史を紐解く上で、重要な起点の一つが、1908 年の日本天文学会の設立である。この日本天文学会の定款第 2 条には「本会は天文学の進歩及普及を以て目的とす」とあり、学会の設立当時から、天文学の推進だけに留まらず、天文学の普及についても活動方針に入っていたのである²⁰。大正時代に入ると、東京大学付属東京天文台、及び、京都大学付属花山天文台から、普及活動に大きく関わる人物が登場する。一人は、東京天文台の神田茂であり、もう一人は、花山天文台の山本一清である。特に、山本一清が京都帝国大学宇宙物理学教室の学生時代に作った「天文同好会」（設立は 1920 年 9 月 1 日、現在の東亜天文学会）が、設立直後の数年の間に全国各地で支部を作り、市民の天文学の観測的研究や普及に大きな影響を及ぼした。

その天文同好会の諏訪支部が設立されたのが 1921 年である。諏訪支部長は、旧制諏訪中学の三澤勝衛である[3,9,13]。長野県の教育は信州教育としても有名であるが、1921 年より小学校の理科の教科書に全国に先駆けて天文分野を取り入れることになり、その事前学習として、山本一清などの天文学者を招き、県内各地で講演会を行った[10]。この講演会をきっかけとして、三澤勝衛は太陽黒点の継続観測を開始する[3]。

一方、天文同好会諏訪支部の会費が払えない地元の小中学生が集まり、河西慶彦(1903-1961)が会長となり、1922 年 3 月に諏訪天文同好会が設立された。設立時当初のメンバーには、当時小学生であった古畑正秋²¹（1912-1988）や五味一明²²（1910-1990）らがいる。初期の諏訪天文同好会は、変光星、流星、太陽黒点などの観測的研究を行い、「天界」や神田茂が編集する日本天文学会の「天文月報」の観測ページに盛んに記録を載せている[8]。長年会長を務めた五味一明と古畑正秋の師弟関係は、古畑正秋が天文台長なっても続き、これらが、遠縁として、野辺山や木曽に天文台が建設されている要因の一つになっていると思われる（調査中）。一方、五味一明より 10 歳年下の青木正博（1920-1984）らは、1960 年に五味一明、藤森栄一²³(1911-1973)、新田次郎²⁴（藤原寛人）(1912-1980)らと「諏訪自然と文化の会」を作り、青木正博と藤森栄一が代表として、ビーナスライン八島線建設反対（霧の子孫たち²⁵）運動(1968-)などの自然保護運動を行っている。さらに、1972 年に「日本星

²⁰ <https://www.asj.or.jp/jp/about/articles/#teikan> 現在の定款でも「第 4 条 本会は、天文学の振興及び普及を目的とする。」と天文学の普及が入っている。

²¹ 旧制諏訪中学校で三澤勝衛に学ぶ。東京大学東京天文台教授、台長を歴任。

²² 1936 年 6 月の「とかげ座」新星の発見者、日本初の新天体発見者として日本天文学会の「天体発見賞」を受賞。長年、日本における変光星観測者の第 1 人者。理髪師。

²³ 旧制諏訪中学校で考古学に目覚め、三澤勝衛の指導を受けた。在野の考古学者として多数の論文、著書を発表した。

²⁴ 旧制諏訪中学校で三澤勝衛に学ぶ。気象庁職員として富士山気象レーダー建設に携わる傍らで作家活動を行い、「八甲田山死の彷徨」、「栄光の岩壁」、「孤高の人」、「霧の子孫たち」、「劔岳 点の記」など多数の小説を著した。

²⁵ 「霧の子孫たち」新田次郎の長編小説、著者の故郷である霧ヶ峰の自然と文化を守った人たちの活躍を描く。

空を守る会」の会長として、ジャコビニ流星群の流星雨の予報時にサーチライトの点灯停止を求めて環境庁へ陳情²⁶するなどの、星空環境保護運動を行っている[9]。最近では、天文普及活動にも力を入れており、2022年7月には「星空に夢をプロジェクト」として、古い望遠鏡をリストアして子供たちにプレゼントする企画²⁷が行われた。

8. 太陽黒点観測データの救出活動

「長野県は宇宙県」の科学的なルーツとしても、現代の天文学の学術的なテーマとしても重要なのが、長野県内の3人の太陽観測者とその観測データである。現代のようなデジタル社会では、太陽フレアなど宇宙天気予報、太陽ダイナモメカニズムの解明、地球の気候の長期変動予測などのために、定常的な太陽活動のモニターが重要になってきている[14]。

黒点数は直接観測ベースでの太陽活動モニターとしては、1610年以降、都合411年に渡る長期の観測データが連綿と受け継がれている[14,15]。しかし、これらの個別の観測の比較校正は現状紛糾しており、特に地球観測年(1957-1958)以前の復元については少なからず齟齬が見られ、太陽活動と地球環境の連関の正確な議論にあたって大きな障害となっている。このような困難を解決するため、過去400年間の黒点スケッチの原典研究が急務となっている[15,16]。

一方、事前調査から、長野県内には、三澤勝衛や田中静人、藤森賢一²⁸など3人の長期継続観測者が輩出しており、彼らのデータを使う事によって1921年から現在までの良質な時系列の構成が可能である。このため、①日本初の長期継続の観測者である三澤勝衛(観測:1921年～1934年)、②世界最長継続観測の田中静人(観測:1926年～2000年)、③現在も継続されている藤森賢一(観測:1953年～現在)の3人について、太陽黒点観測のデータ、および、観測のメタデータの救出と解析・アーカイブを行う準備を開始している。現計画では、観測状況を含むメタデータやオリジナルのスケッチや野帳などの記録をデジタルアーカイブし、将来における、過去100年間の太陽黒点数を検討する際の基礎データを目指している[16-19]。

現時点で、長野県諏訪清陵高等学校三澤文庫に所蔵されている三澤勝衛の観測記録について予備調査を行い、デジタルアーカイブの準備をしている。また、田中静人の黒点スケッチについては、そのマイクロフィルムが長野市博物館に寄贈²⁹されており、その解析とデジタル化が期待される。藤森賢一は、世界で最も長期安定性の高い観測者として知られているが、未公刊部分の調査とそのデータのデジタルアーカイブで交渉している。彼らのデータにより100年間の黒点数の時系列の復元を行いたい。

²⁶ <http://www.eps4.comlink.ne.jp/~satoruot/aoki.pdf>

²⁷ <https://www.city.chino.lg.jp/site/y-hakubutsukan/suwaten.html>

²⁸ https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/mitaka_solar/other_solarobservers/fujimori/fujimori_j.html

²⁹ <https://www.city.nagano.nagano.jp/museum/pdf/k/k1.pdf>

9. おわりに

「長野県は宇宙県」のワーキンググループの一つである長野県天文文化研究会では、2019年より、「長野県は宇宙県」の活動のルーツを探るための調査を開始した。この結果、諏訪天文同好会が(1)日本最古の市民天文同好会の一つである事、(2)プロの天文学者との交流が盛んであったこと、(3)全国各地の天文同好会と交流していたこと、(4)諏訪という位置が山本一清と神田茂を結びつける地理的にも歴史的にも興味深い場所である事、(5)同好会の会員や関係者から天文学者などが輩出し、現在の国立天文台野辺山や東京大学木曽観測所が設立されるきっかけを作っている可能性が高いなどが分かってきた。

この調査によって、諏訪天文同好会を調査することで、日本の天文学における「市民科学」の源流がある程度解明できると考えた³⁰。そこで、諏訪天文同好会の設立 100 周年に向けて、2020 年より、設立当時の 1920 年代に焦点を当てて調査してきた[3,10,20]。これらを踏まえ、2022 年度から、3 年計画で始める基盤研究(C)「市民科学として読み解く「長野県は宇宙県」の天文文化」(22K02956)と、6 年計画で始める人間文化研究機構 (NIHU) 広領域連携型基幹研究プロジェクト国立国語研究所ユニット「地域における市民科学文化の再発見と現在」³¹を立ち上げた。このプロジェクトのスタートとして、これまでの調査のまとめと、今後の研究の方針を議論するために行われるのが、今回の「諏訪天文同好会設立 100 周年記念シンポジウム」³²である。同時に、「長野県の天文文化の 100 年」と題する巡回展³³が、2022 年 11 月茅野市立八ヶ岳総合博物館（茅野市）をスタートに、2023 年 2 月より長野市立博物館（長野市）、2023 年 8 月より長野県伊那文化会館（伊那市）で開催予定である。

参考文献

- [1] 大西浩次,「長野県は宇宙県」の近代天文学史 100 年, 天文教育,Vol.33, No.2, pp.65-68 (2021)
- [2]大西浩次,「市民科学」による天文学史の解明へ, 天文教育,Vol.33, No.5, pp.19-20 (2021)
- [3]大西浩次, 市民科学としての「長野県は宇宙県」の近代天文学史, 2021 年日本天文教育普及研究会年会集録,pp.109-112 (2021)
- [4] 高木仁三郎,「市民の科学」, 講談社. (2014)
- [5] 宮本憲一 (編), 「沼津住民運動の歩み」, 日本放送出版協会. (1979)
- [6] Bonney, R., et al., "Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy", BioScience, 59,11, pp.977-984 (2009)
- [7] Bonney, R., et al., "Citizen Science. Next Steps for Citizen Science", Science, 343,6178, pp.1436-1437 (2014)
- [8] Bruno J. Strasser et.al., "Citizen Science"? Rethinking Science and Public Participation",

³⁰ 調査対象を全国に広げると関係が複雑化し分かりにくくなるので、諏訪天文同好会を調査することで、当時の日本全体の市民科学的な活動が見えてくるに違いない;"Action locally, Thinking Globally".

³¹ <https://shiminkagaku-pj.org/>

³² <https://shiminkagaku-pj.org/symposium/symposium-10/>

³³ <https://shiminkagaku-pj.org/exhibition/exhibition-134/>

Science & Technology Studies 32(2) pp.52-76. (2019)

[9] 陶山徹,「日本初の市民による天文同好会, 諏訪天文同好会の多様な活動」, 2021 年日本天文教育普及研究会年会集録, pp.101-104 (2021)

[10] 渡辺真由子,「明治後期～昭和初期の教科書における天文教材の変遷」, 2021 年日本天文教育普及研究会年会集録, pp.105-108 (2021)

[11] Irwin A. "Citizen science: A Study of People, Expertise, and Sustainable Development". London and New York (1995)

[12] Bonney R., Citizen science: A Lab Tradition. Living Bird 15: 7–15(1996)

[13] 日本アマチュア天文史編纂会【編】 (1987)『日本アマチュア天文史』, 恒星社厚生閣. pp.8-20., pp.312-353

[14] S. K. Solanki, I. G. Usoskin, B. Kromer, M. Schüssler & J. Beer, “Unusual activity of the Sun during recent decades compared to the previous 11,000 years”, Nature, 431, pp.1084-1087 (2004)

[15] Clette, et al, “Revisiting the Sunspot Number, A 400-Year Perspective on the Solar Cycle”, Space Science Reviews, 186, 35–103 (2014)

[16] Andrés Muñoz-Jaramillo, José M. Vaquero, "Visualization of the challenges and limitations of the long-term sunspot number record”, Nature Astronomy, 3, pp.205–211 (2019)

[17] Hayakawa, H., Iju, T., Murata, K., Besser, Bruno P. , “Daniel. Mögling's Sunspot Observations in 1626-1629: A Manuscript Reference for the Solar Activity before the Maunder Minimum”, The Astrophysical Journal, 909, 194, 7 pp.(2021)

[18] Hayakawa, H., , et al., “Sunspot Observations at the Eimmart Observatory and in Its Neighborhood during the Late Maunder Minimum (1681-1718)”, The Astrophysical Journal, 909, 166, 12 pp.

[19] Hayakawa, H., et al., “Sunspot Observations by Hisako Koyama: 1945 – 1996 ”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 492, 4513-4527. (2020)

[20] 大西浩次ほか「市民科学で読み解く諏訪天文同好会の 100 年」日本天文学会 2022 年秋季年会 Y09a (2022.9) <https://www.asj.or.jp/nenkai/archive/2022b/pdf/Y09a.pdf>