

光・赤外線大学間連携運営報告 関口和寛(国立天文台)

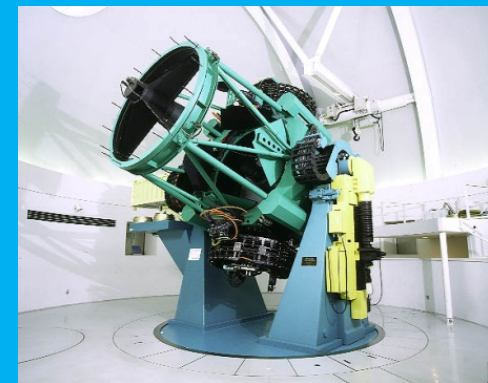
2011年6月22日、事業への協力について、参加8機関の総長、学長および機構長が合意。参加機関は；北海道大学，東京大学，東京工業大学，名古屋大学，京都大学，広島大学，鹿児島大学、および自然科学研究機構 国立天文台の8機関。



なゆた望遠鏡

さらに2012年度から新たに：
 ・**兵庫県立大学**
 日本国内最大の
 口径2メートル「なゆた望遠鏡」

・**埼玉大学**
 口径0.55メートル望遠鏡と、
 ぐんま天文台1.5メートル望遠鏡
 が連携事業に参加。



県立ぐんま天文台1.5m望遠鏡

事業名：大学間連携による光学・赤外線天文学研究教育拠点のネットワーク構築

参加大学・機関：北海道大学，埼玉大学，東京大学，東京工業大学，名古屋大学，京都大学，兵庫県立大学，広島大学，鹿児島大学，自然科学研究機構（国立天文台）

大学での観測天文学教育と研究を促進することを目指し、大望遠鏡では達成困難な研究領域である時間軸に視点を当てた探究領域で、最先端の研究を共同で行う

連携大学・協力機関

望遠鏡、観測機器、等の提供

協議会 (1-2回/年)

各大学・機関の責任者
予算案や大枠の方針を協議

連携観測研究・教育ネットワーク OISTER

観測企画運営委員会

(4-5回/年+随時)
OISTERを円滑に運用

連携大学・協力機関の研究者や学生

観測提案・遂行・解析・成果とりまとめ

本事業のまとめ(天文月報特集号:2016年)

2016 Vol.109 No.2 昭和24年5月18日 第3種郵便物認可 毎月18日20日発行 平成27年 1月20日発行 ISSN 0374-2466

天文月報 2016 2

THE ASTRONOMICAL HERALD

「光・赤外線天文学大学間連携」特集 (1)
ふと、気づけばミュンヘン
中性子星星震学で探る原子核パラメータ



光・赤外線天文学大学間連携事業参加機関で運用されている望遠鏡群

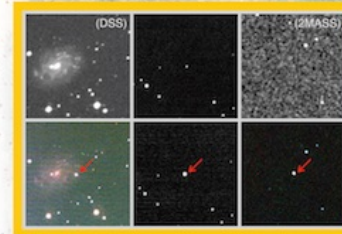


2016 Vol.109 No.3 昭和24年5月18日 第3種郵便物認可 毎月18日20日発行 平成27年 2月20日発行 ISSN 0374-2466

天文月報 2016 3

THE ASTRONOMICAL HERALD

「光・赤外線天文学大学間連携」特集 (2)
極めて継続時間の長いガンマ線バースト



光・赤外線大学間連携による突発天体の観測例



自然科学大学間連携推進機構 NINS Inter-University Cooperative Association :NICA

OISTER

自然科学大学間連携推進機構

- 【目的】 ●機構と大学等との組織的連携強化の方策
●分野別の予算の確保
●人的・物的資源の有効活用
【構成】 関係大学の長または研究担当理事等から構成
【会議】 協議会を年に1、2回程度

大学群

光赤外線
天文学研究

双方向型
共同研究

先端バイオイメージング
支援プラットフォーム

ナショナルバイオリソース
プロジェクト(メダカ・ニホンザル)

大学連携研究
設備ネットワーク

新規モデル生物
の開発拠点形成

バイオバックアップ・
プロジェクト

MRIを用いた
ヒト高次脳機能解明

大学VLBI連合

自然科学研究機構

北海道大、東京大、東京工業大、
名古屋大、京都大、鹿児島大 他

筑波大、鹿児島大、茨城大、
岐阜大、山口大学 他

筑波大、富山大、京都大、
大阪大、九州大

東京大、大阪大、北海道大、京都大、
筑波大、名古屋大、愛媛大 他

CiNet(NICT+大阪大)、
新潟大、京都大、
岩手医大、Tubingen Univ、
Max Plank、NIH、eurospin

北海道大、東北大、東京大、
名古屋大、大阪大、京都大、
九州大

北海道大、東北大、東京大、
東京工業大、富山大、
名古屋大、京都大、
大阪大、九州大、EMBL 他

北海道大、東北大、東京大、
名古屋大、大阪大、京都大、
愛媛大、九州大 他

京都大、新潟大、
宮崎大 他

大学間連携による光学・赤外線天文学研究教育ネットワークの活用 マルチメッセンジャー天文学の拠点創出



1. 事業骨子

大学と国立天文台によるマルチメッセンジャー天文学の教育・研究拠点構築

大型望遠鏡だけでは困難な機動的、継続的な観測による先端研究分野の開拓

突発天体の重点観測による時間領域天文学 (Time Domain Astronomy) 研究の促進

3. OISTERの主な活動

- ・突発天体観測用データアーカイブシステムの共同開発
- ・突発天体即時アラートシステムの整備と運用
- ・観測データ解析システムの共同開発
- ・情報共有環境の整備 (ML, HP, WiKi)
- ・観測環境の整備 (装置ステータス監視システム、等の開発)
- ・プロポーサル制による連携観測計画導入
- ・滞在型観測実習 (大学院生を対象に他大学・機関に滞在)
- ・ワークショップ開催 (1回/年)、進捗報告会 (6回/年)
- ・共同研究・開発環境の維持 (観測装置開発協力、実験スペース、等)

2. 科学目的

大学所有の中小口径望遠鏡ネットワークを活用し、機動性に富む可視光・近赤外線での多モード連続観測を使った研究を推進する

重力波源、ニュートリノ源、ガンマ線バーストや超新星等の突発現象や変光・変動天体を共同で観測し、それらの物理状態を研究する

・令和3年度の新しい活動

第4期中期目標期間に向けて、すばる望遠鏡超広視野カメラ(HSC)による突発天体検出観測データの即時解析に対応するための”HSC+PFS On Site Quality Assurance System”の開発環境を整備する。

突発天体観測用データアーカイブシステム:

CCD画像処理計算機

コード開発+ウェブサーバ

QL作成+オンザフライFITSリプレーサ処理サーバ

生データ・処理済みデータ保持用ファイルサーバ

他

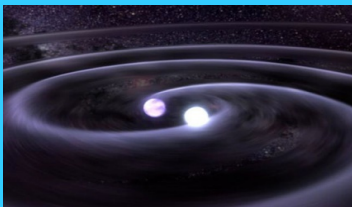
* データ処理計算機は現状もっともCPのよい128コア/1台、512GB RAMのモデルで試算



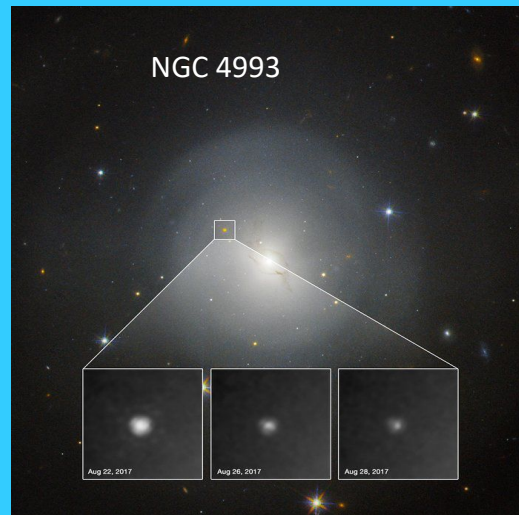
第3期中期目標期間中の本事業の目標:

- 光学・赤外線大学間連携で構築された観測ネットワークを活用し、日本の大学グループが世界初の重力波源の光学同定に挑む。
- さらに、大学での拠点形成による重力波、ニュートリノ、電磁波(光赤外線)の三者を組み合わせたマルチメッセンジャー天文学を推進することで、天文学・物理学に新たな地平を切り拓く。

中性子星連星

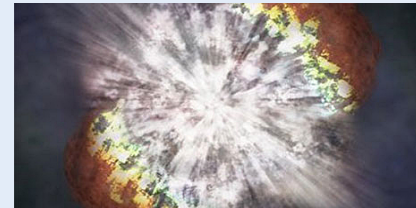


NGC 4993

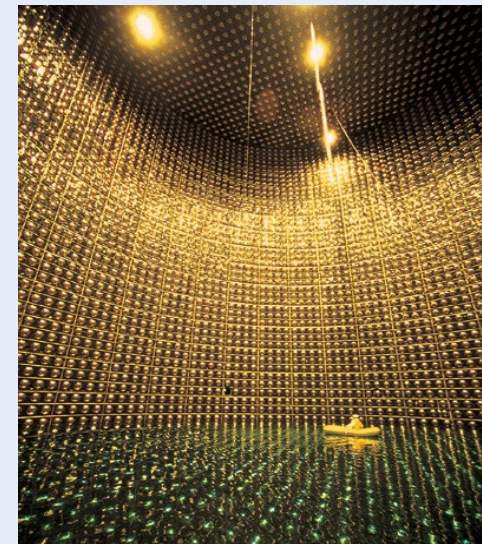


同時観測された重力波源 GW170817 とガンマ線バースト GRB 170817A は中性子星同士の合体であり、さらに今回検出された光赤外線放射は、理論的に予測されていた中性子星合体に伴う電磁波放射現象「キロノバ (kilonova)」によるものと考えられる。

超新星爆発



次には、アイスキューブ・ニュートリノ観測所 (The IceCube Neutrino Observatory) やスーパーカミオカンデによる高い感度の観測により、近傍の超新星爆発では重力波に加えてニュートリノ放出も検出される(例: TXS 0506-065)。



スーパーカミオカンデ

本事業の推進と評価指標との関連:

< 独自指標 >

- ・重力波源等の突発天体を観測するための連携観測実施: **【実施回数】**
- ・マルチメッセンジャー天文学研究拠点構築: **【マルチメッセンジャー天文学推進室設置機関数】**

< 文部科学省提示指標 >

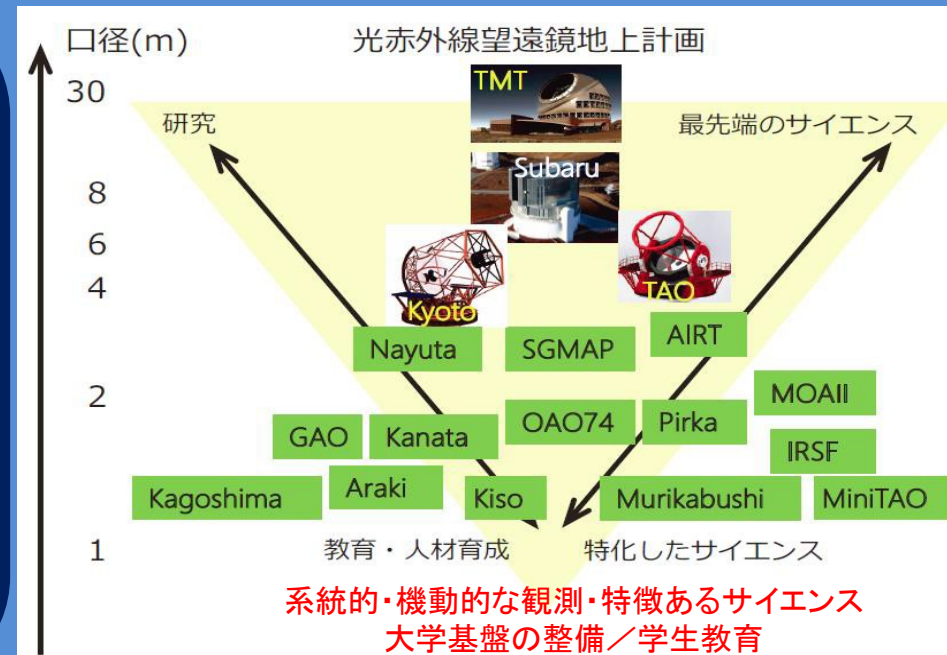
- ・大学の研究力強化及び人材育成への貢献: **【論文数】**、
- ・ネットワーク形成状況: **【連携観測参加教員数】**

連携のメリット

- ・連携事業経費での人員雇用や設備・システムの整備
- ・個々の大学の設備・装置だけでは出来ない観測研究や実地教育が可能
- ・個々の望遠鏡だけでは達成不可能な観測カバー率を実現
- ・学生や若手研究者が最先端天文学の一翼を担う貴重な機会となり、大学の研究力の向上に貢献
- ・多用な観測モード: 撮像、分光、偏光撮像・分光を同時に実現
- ・多バンド観測: 可視～近赤外線が多バンドで同時に
- ・多地点観測: 天候補償
- ・多経度・緯度: 海外の天文台との連携による途切れの無い連続観測、南半球天体の観測も実現

滞在型観測実習

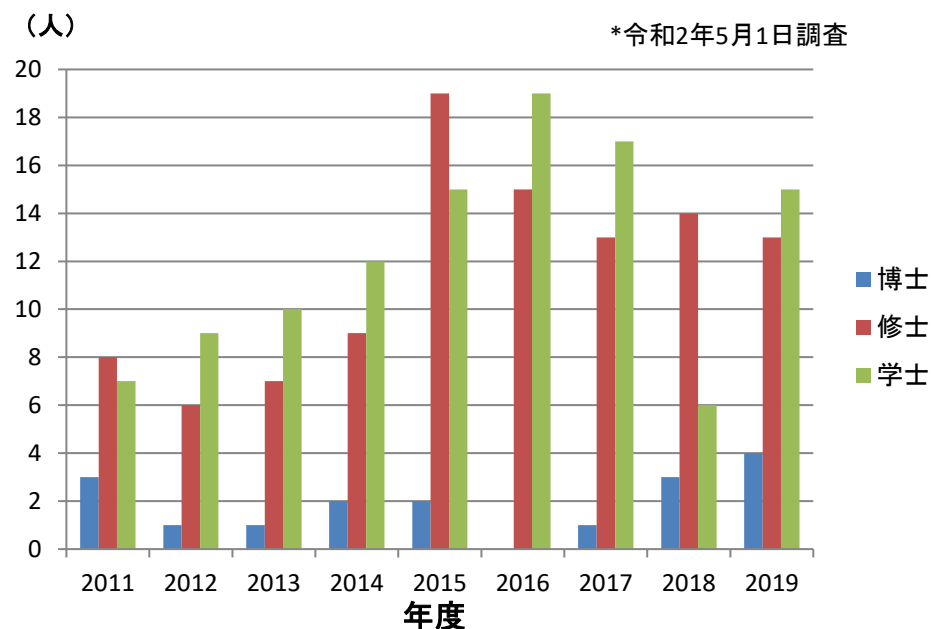
- 各大学の望遠鏡・装置・スタッフの「多様性」を活用
- 希望者(主に大学院生)と実習先をマッチング
- 実習先のスタッフが観測実習・研究指導を実施
 - 若手研究者の観測・データ解析能力の向上
 - 所属大学以外の望遠鏡や観測装置を利用したり、研究分野の合ったスタッフから直接指導を受けられることで、幅広い専門性・視点・思考力を持つ人材を育成



光赤外線天文学大学間連携事業による成果の状況

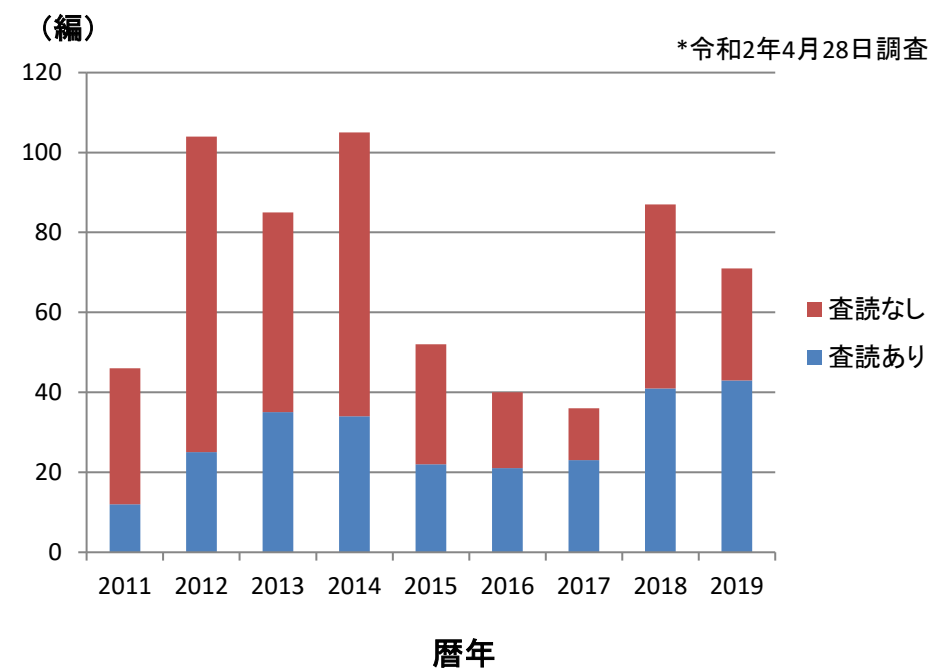


学位取得者数



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	合計
博士	3	1	1	2	2	0	1	3	4	17
修士	8	6	7	9	19	15	13	14	10 (13)	101 (104)
学士	7	9	10	12	15	19	17	6	10 (15)	105 (110)

研究成果論文の出版状況



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
査読あり	12	25	35	34	22	21	23	41	43
査読なし	34	79	50	71	30	19	13	46	28

* 2019年度の()は、連携外の大学の学生が OISTER の観測を使って得た学位、修士3名、学士5名を含む。

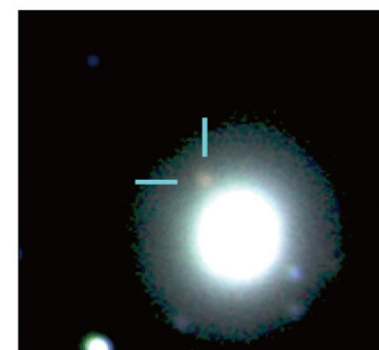
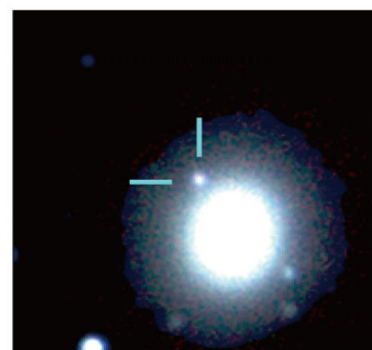
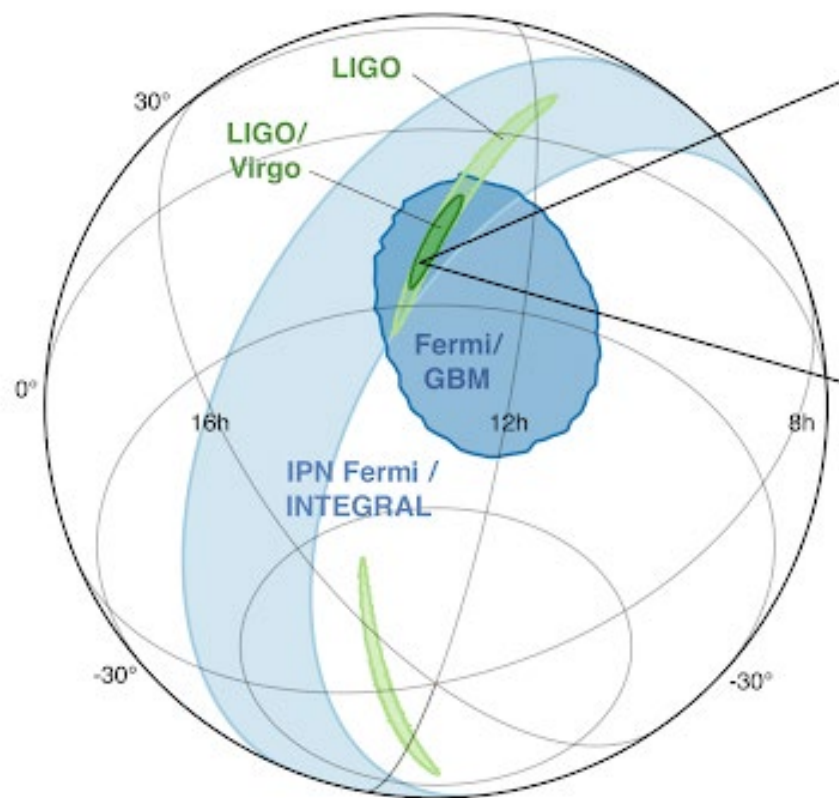
“重力波源の電磁波による観測”

光学・赤外線天文学研究教育ネットワーク事業の最重点目標



2017.08.18-19

2017.08.24-25

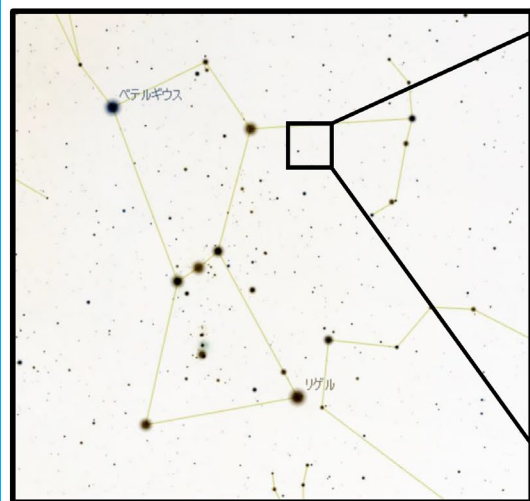


すばる望遠鏡の HSC (z) + IRSF SIRIUS (H & Ks)
 ○ 国立天文台/名古屋大学

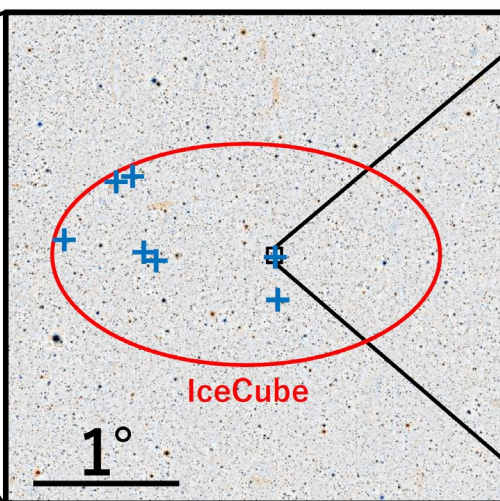
光学・赤外線天文学研究教育ネットワークの
 望遠鏡が撮影した重力波源 GW170817。
 うみへび座の方向にある銀河 NGC 4993 で発見され、
 地球からの距離は約1億 3000 万光年。

ハワイにある国立天文台すばる望遠鏡の HSC による可視光線観測 (z バンド: 波長 0.9 マイクロメートル) と、南アフリカにある
 名古屋大学 IRSF 望遠鏡の SIRIUS による近赤外観測 (H バンド: 波長 1.6 マイクロメートル、Ks バンド: 波長 2.2 マイクロメートル) を3色合成したもの (青: z バンド、緑: H バンド、赤: Ks バンド)。2017年8月24日-25日の観測では、天体が減光するとともに
 赤い色を示している (近赤外線で明るく光る) ことが分かる。

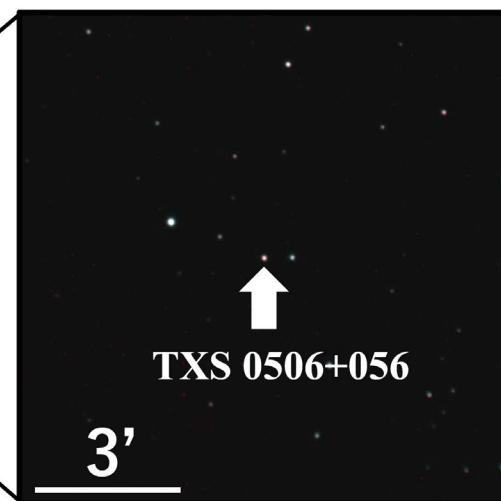
高エネルギー宇宙ニュートリノの起源天体の特定



Stellariumより作成



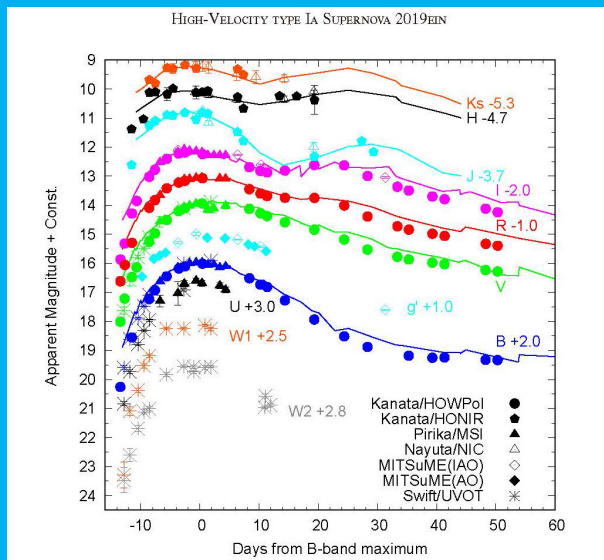
Pan-STARRS DR1 より作成
 赤い楕円はIceCubeニュートリノ到来方向の誤差の大きさ
 青い+印は候補となったブレーザーの位置



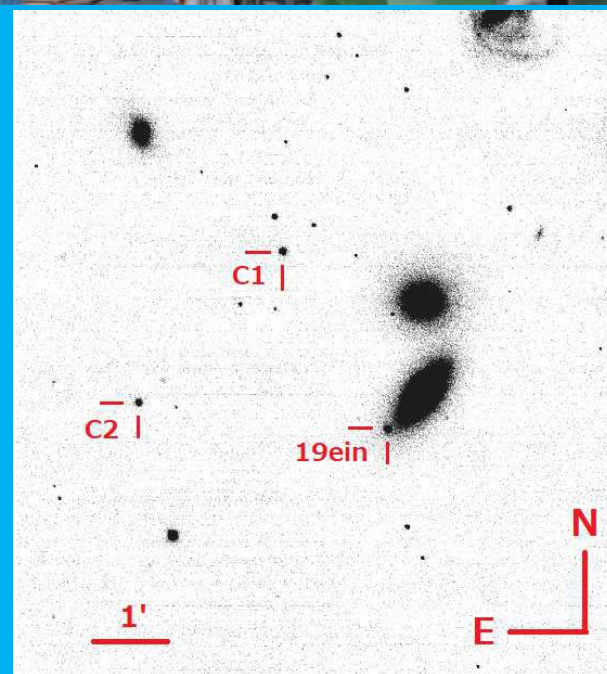
広島大学かなた望遠鏡で取得された画像

南極実験施設 IceCube が検出した高エネルギーニュートリノIceCube-170922Aの到来方向を、広島大学かなた望遠鏡を使って探索観測したところ、TXS 0506+056という天体が明るく活動的であることがわかりました。更に、光赤外線大学間連携を通じた観測によって、偏光情報やスペクトルが調べられ、ブレーザーの特徴を示すことが確認できました。宇宙からやって来たと同定されたニュートリノの放射源としては、太陽、超新星SN 1987Aに次いで3つ目となります。今後のすばる望遠鏡や京都大学3.8mせいめい望遠鏡を含めた光赤外線大学間連携による観測でさらなる発見が期待されます。

Ia 型超新星の標準モデル (Delayed Detonation) の検証



Multi-band light curves of SN 2019ein. The different symbols denote data that were obtained using different instruments (see the figure legends). The light curve of each band is shifted vertically as indicated in the figure. We adopted MJD 58618.24 $\pm$ 0.07 as day zero. For comparison, we show the light curves of SN 2002bo with solid lines (Benetti et al. 2004; Krisciunas et al. 2004).



R-band image of SN 2019ein and the comparison stars taken with the Kanata telescope / HOWPol on MJD 58615.7 (2019 May 12).

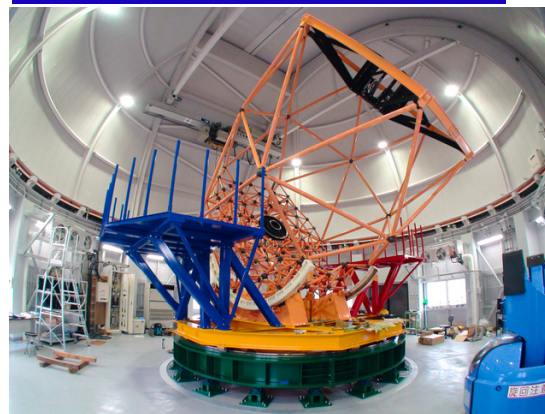
2019 年 8 月 7.4 日 (UT) に発見されたIax 型超新星SN 2019muj を京都大学3.8m せいめい望遠鏡、広島大学かなた望遠鏡を始めとした光赤外線大学間連携での追観測を実施。Iax 型超新星の中でも増光期から長期に亘って測光・分光観測を行った例は数が少なく、暗いIax 型超新星ではSN 2019mujが初となる。初期は減光速度は速く、Iax 型超新星でも暗いSN 2010ae に似た光度変化を示す。中期になると光度変化は緩やかになり、明るめのIax 型超新星に近い光度変化を示す。近赤外では、Iax 型超新星で特徴であるシングルピークの光度変化を示し、顕著な赤外超過は見られなかった。スペクトルで見られる吸収線は細く、極大頃ではSi II 6355 は約5000km/s と速度はやや遅い。これまで例を見ないエジェクタ速度進化を示すIa型であり、標準的な爆発モデルの示すパラメータスペースに一致することが分かった。

“すばる”望遠鏡と“せいめい”望遠鏡がOISTERに参加！

光赤外線大学間連携では、突発天体や変動現象の観測を柔軟な体制を整えて実施してきた豊富な経験があり、重力波源やニュートリノ源の他にも、ペテルギウス等の超新星爆発が起こった際に、新天体発見のアラートに対応して即座に観測を行うことができます。これにより発見された新天体を詳しく調べるために、“すばる望遠鏡”や“せいめい望遠鏡”をネットワークに組み入れることにより、これからは分光フォローアップ観測が可能となります。



京都大学岡山観測所“せいめい”望遠鏡



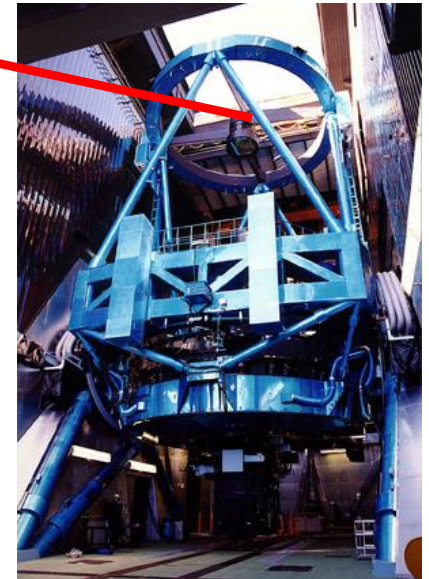
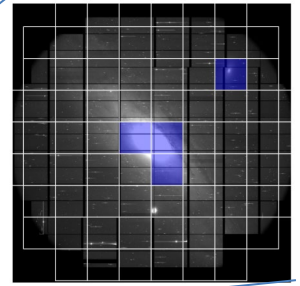
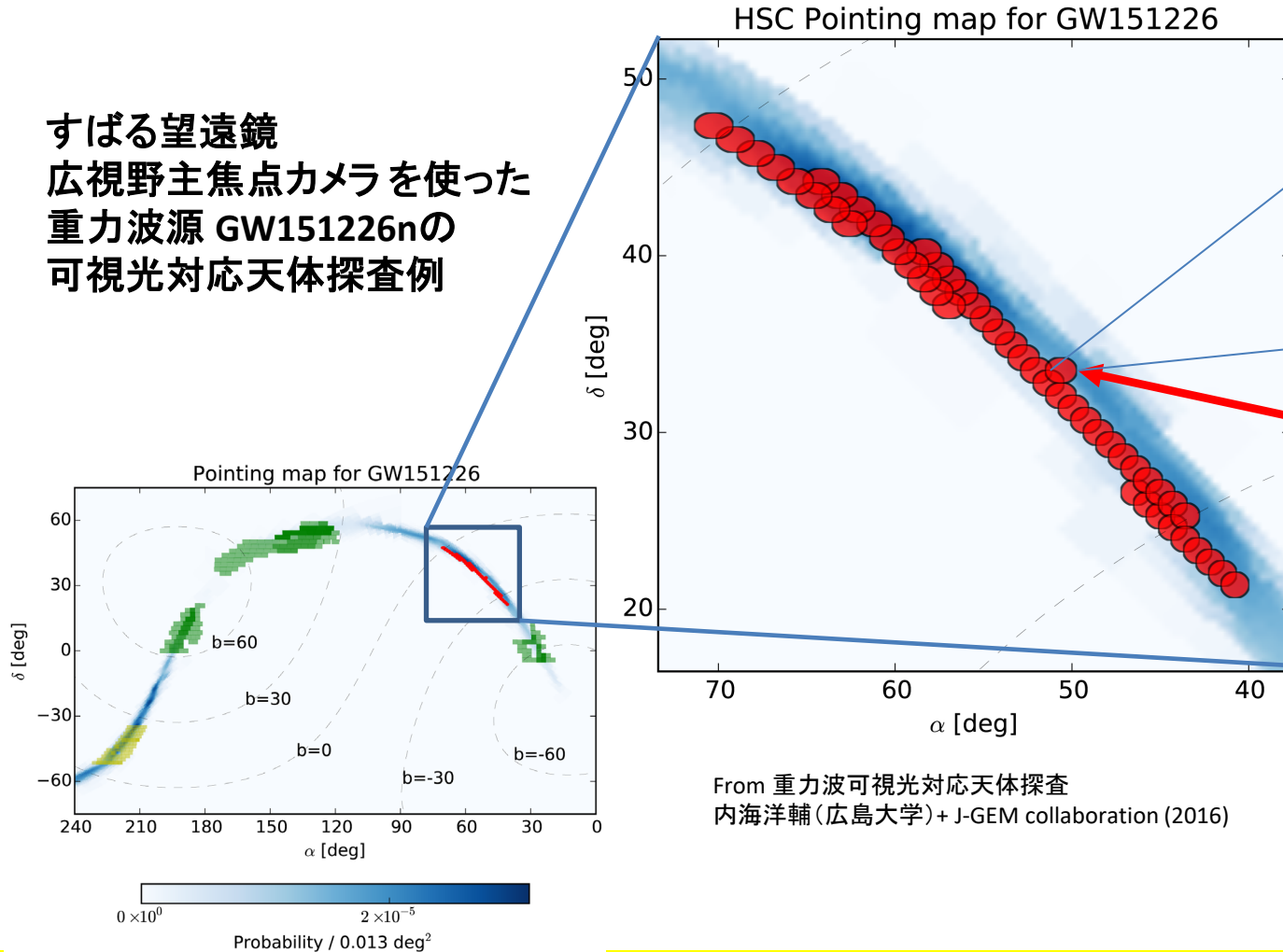
国立天文台ハワイ観測所“すばる望遠鏡”



天体の特徴を調べるための分光観測は、よりたくさんの光を集める必要があるため、これまでの大学間連携の体制では困難でした。今後は、国立天文台ハワイ観測所の“すばる”望遠鏡(口径8.2m)や京都大学岡山観測所の“せいめい”望遠鏡(口径3.8m)で分光観測することで、理論研究によって期待されているようなタイプの超新星であるかどうかや、あるいはブレーザーのタイプや距離を調べる事が可能となり、新しく勃興してきている高エネルギーニュートリノ天文学の発展に大きく寄与し、マルチメッセンジャー天文学の発展に資するものと期待されます。

広視野と大口径を特徴とする“すばる望遠鏡”のネットワークへの参加により、暗い天体を迅速に検出することが可能となる。

すばる望遠鏡
 広視野主焦点カメラを使った
 重力波源 GW151226nの
 可視光対応天体探査例

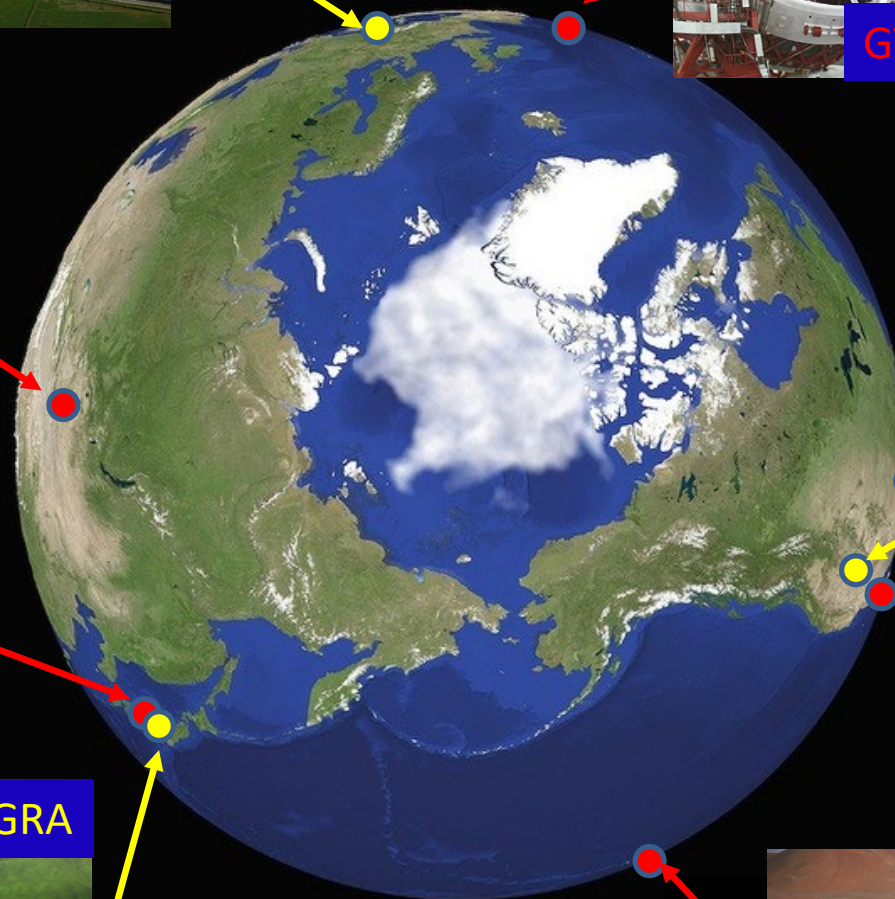
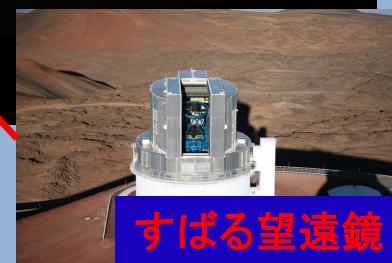


国立天文台、ハワイ観測所の“すばる望遠鏡”広視野主焦点カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) を使えば、効率的に迅速な同定観測を行うことが可能となる。また、これにより発見された新天体を詳しく調べるために、国内の望遠鏡群と連携した多色撮像だけでなく、分光フォローアップ観測を行うことが可能となる。これらの経験と実績を基にした新たな観測環境整備により、次期計画では重力波、ニュートリノ、高エネルギー宇宙線等との連携観測による「マルチメッセンジャー天文学」をさらに幅広く展開する。

重力波望遠鏡と可視光望遠鏡のネットワークによるマルチメッセンジャー天文学

● 重力波望遠鏡

● 可視光望遠鏡





- | | |
|-----------|---|
| ・3月初め | 各大学からの令和2年度予算計画の提出 |
| ・3月末 | 令和2年度予算配分案提示 |
| ・4月～ | 次期中期計画検討会 Continue |
| ・4月中 | 令和2年度取組の進捗状況等に関する調書(前年度評価結果) |
| ・5月(連休明け) | 令和元年分成果報告および研究経費の使用実績報告書〆切 |
| ・5月中 | 国立天文台 Project Plan Approved! |
| ・4月～ 9月末 | 令和3年度概算要求作成 |