

IceCubeイベントの可視近赤外追観測における新天体自動検出の一考察

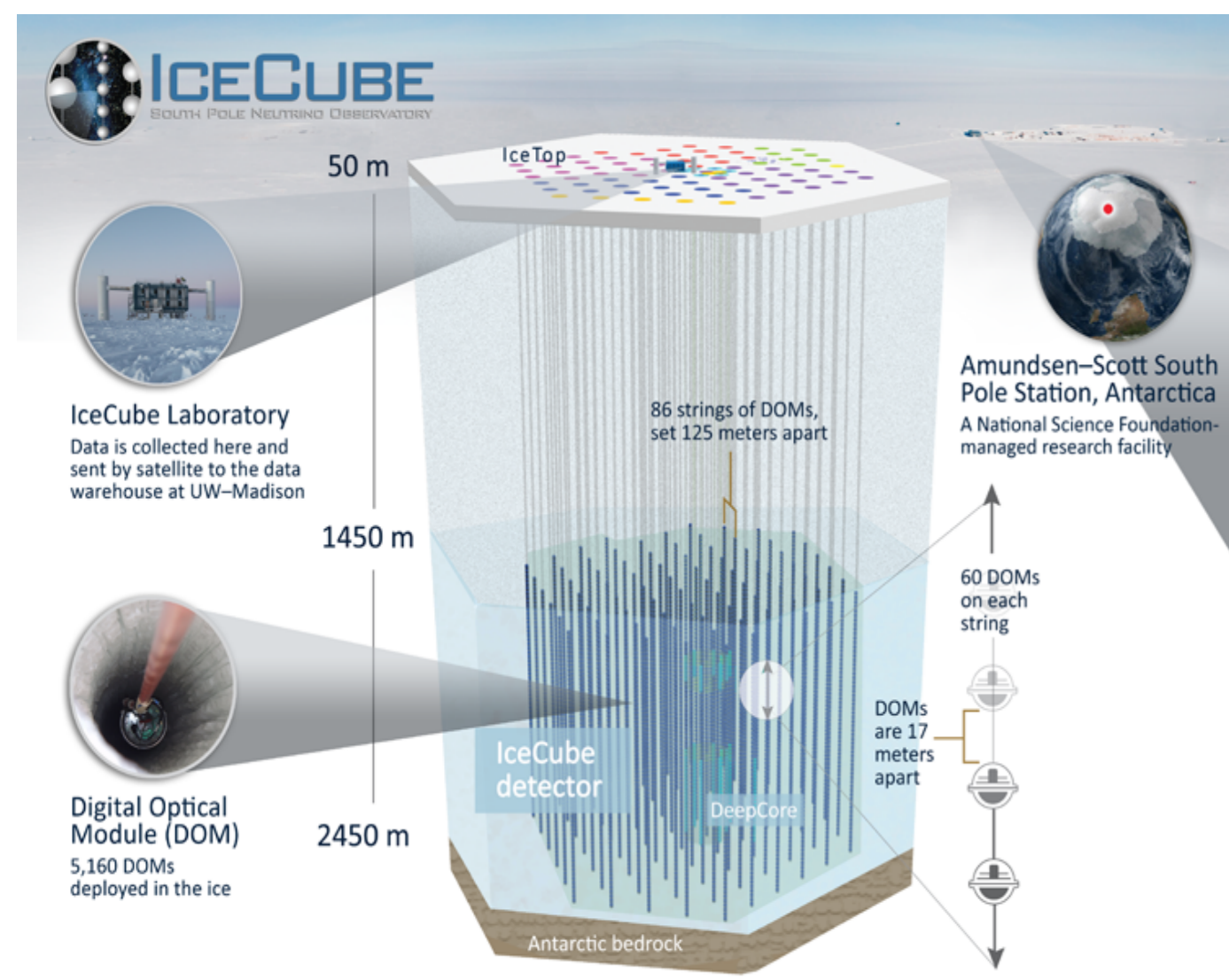
山崎優衣奈、長嶋大樹、森裕樹、川端弘治、中岡竜也(広島大学)

1. IceCubeニュートリノと電磁波追観測

1.1 ニュートリノでの宇宙観測

ニュートリノは物質とほとんど相互作用しないため天体の深部からの情報がほぼ直接得られる

→ 超高エネルギー現象の解明につながると期待される



1.2 IceCubeニュートリノ観測所

世界最大のニュートリノ観測所
南極の氷床中に設置

2011.5-フル稼働

TeV~PeVの超高エネルギー領域
(カミオカンデはGeVまで)

1.3 高エネルギーニュートリノの起源

爆発的現象と考えられる。
候補としてブレーザー、GRB、超新星などが考えられているが、未だ明らかになっていない。

1.4 電磁波追観測

IceCubeニュートリノの位置精度は悪く、容易に母天体の特定ができない。同時期、同方向に電磁波で変動している天体があれば観測されたニュートリノの母天体でもある可能性が高い。

一方で誤差円内には多くの電磁波変動天体が発見されうる。速やかな追観測、解析、自動検出を行わなければ、母天体を特定することができない。

2. かなた望遠鏡での追観測

2.1 かなた望遠鏡とHONIR

かなた望遠鏡

1.5m光学赤外線望遠鏡
駆動速度が速い

HONIR

視野10'×10'

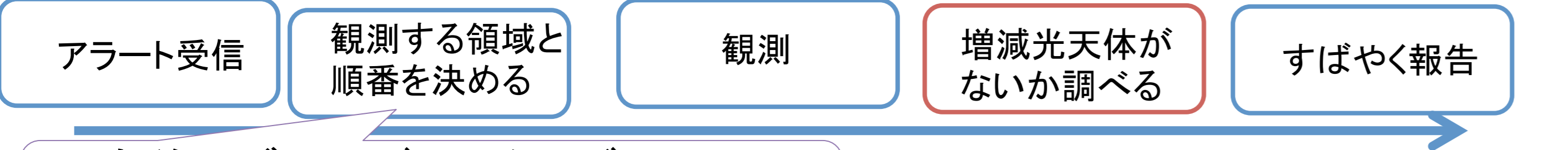
- ・可視光、近赤外線の同時観測可能
- ・一度の観測で波長依存性がわかる

→ 即時性の求められる突発天体観測に有効

可視光・近赤外線で追観測を行っている



2.2 アラート対応観測の流れ



自前のブレーザーカタログから候補天体を絞る

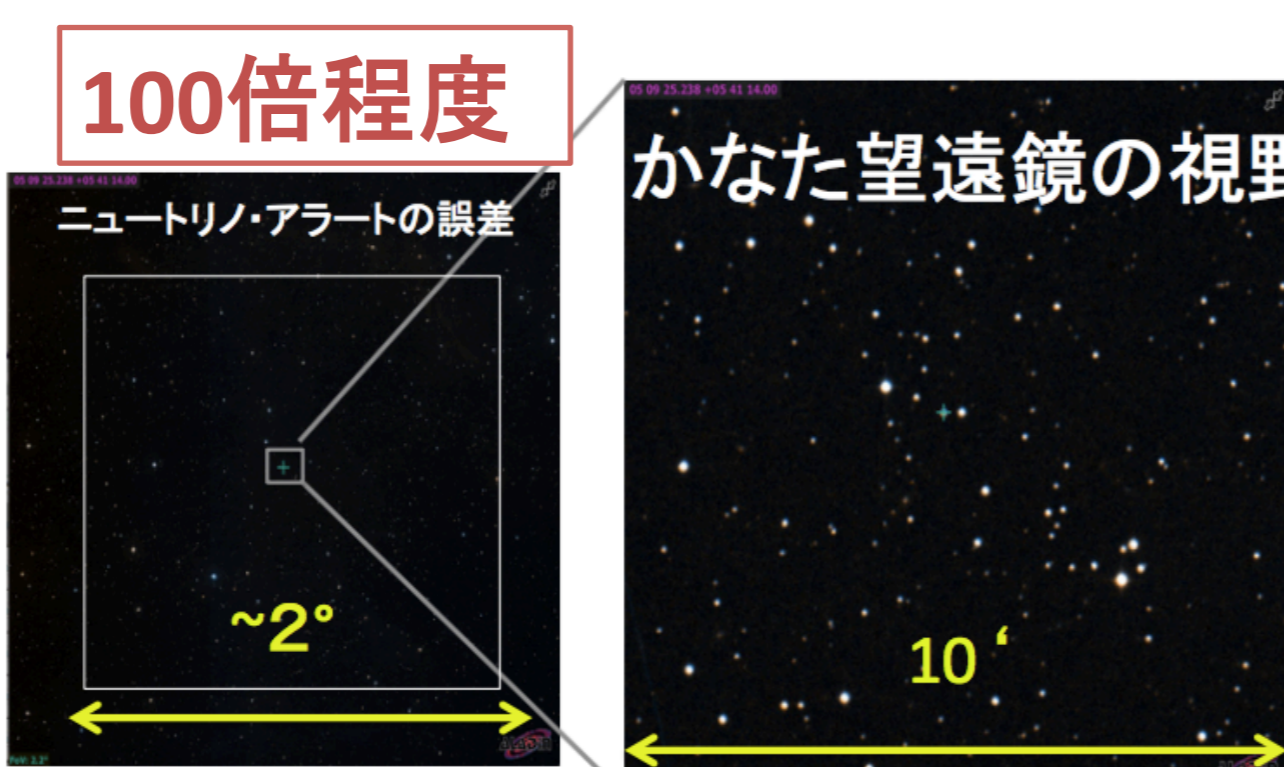
誤差円内には平均して5~10のブレーザー候補が分布しており、それらから対応天体を素早く見つける必要がある

2.3 自動化を目指す

素早く効率よく見落としなく発見するため自動化したい。画像によって観測条件が異なるため検出条件を一意に決められない。

かなた望遠鏡では新しく発見される近傍の明るい重力崩壊型超新星の追観測を行っており多くの新天体サンプルがある。

これらの画像を使って新天体検出の条件を探索する。



4. 検出失敗の原因の考察

24フレーム中、すべての条件を満たして検出されたものはゼロだった。

個別にどの条件で弾かれたのかを調査。

4.1 差分画像の作成に失敗

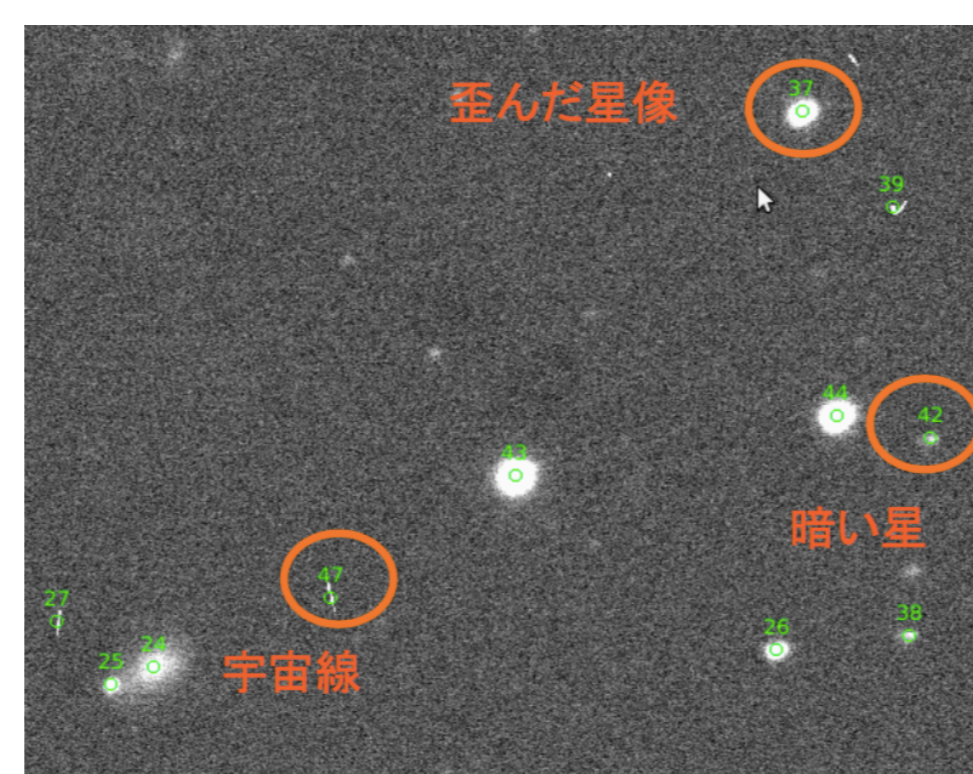
条件0 画像差分に不備があるもの
→ 差分時のパラメータの調整が必要

4.3 条件の導出の周辺星が適切でない

条件4(明るさの変化)では、増光天体の数値は正常ながら、画像全体の星像で求めた条件が緩すぎて、0を跨ぐほどになっていたケースがほとんど(92%)

→ 条件導出に用いる周辺星が暗めの場合が多い
宇宙線も検出している

明るめの星を使うか、3σの条件を厳しくするか



かなた画像で検出された周辺星。宇宙線や暗い星、歪んだ星も含まれる。

3. 自動新天体検出テスト

既知の変動天体(超新星、ブレーザー)24フレームで検出テスト

超新星は総じて明るい銀河に出現

(東広島天文台かなた望遠鏡HONIRjでの可視・近赤外バンド画像)

リファレンス画像には公開されているSDSS, 2MASSサーベイデータを使用

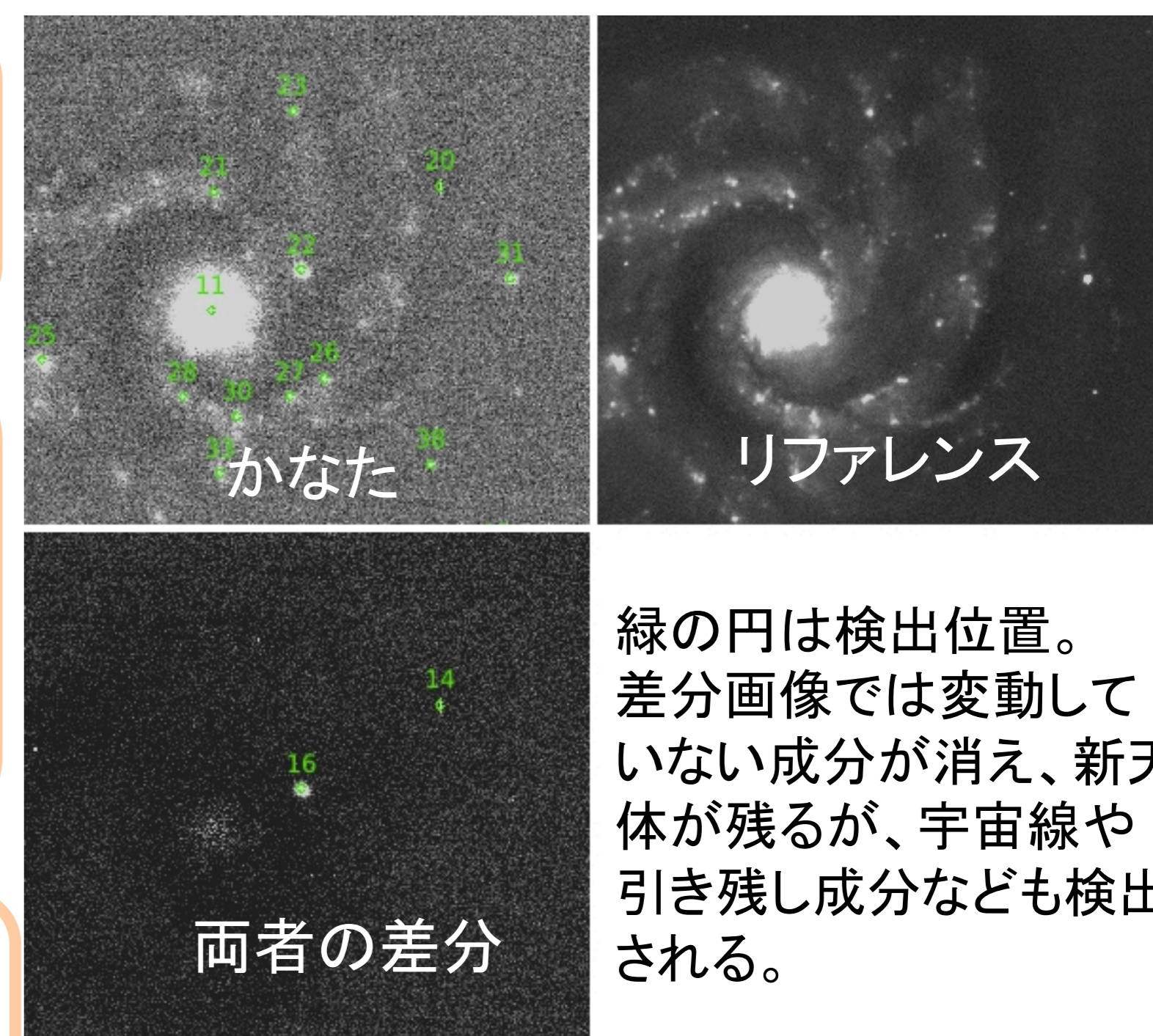
3.1 新天体の自動検出の流れ

かなた画像とリファレンス画像の差し引き画像(差分画像)を作成(Hotpantsを使用)

差分画像で新天体候補を検出(通常、多数の候補が選出)
差分前の2画像に対してもパラメータ測定(SExtractorを使用)

新天体候補に対し、幾つかのパラメータの条件を課し絞り込み

変動天体検出



緑の円は検出位置。差分画像では変動していない成分が消え、新天体が残るが、宇宙線や引き残し成分なども検出される。

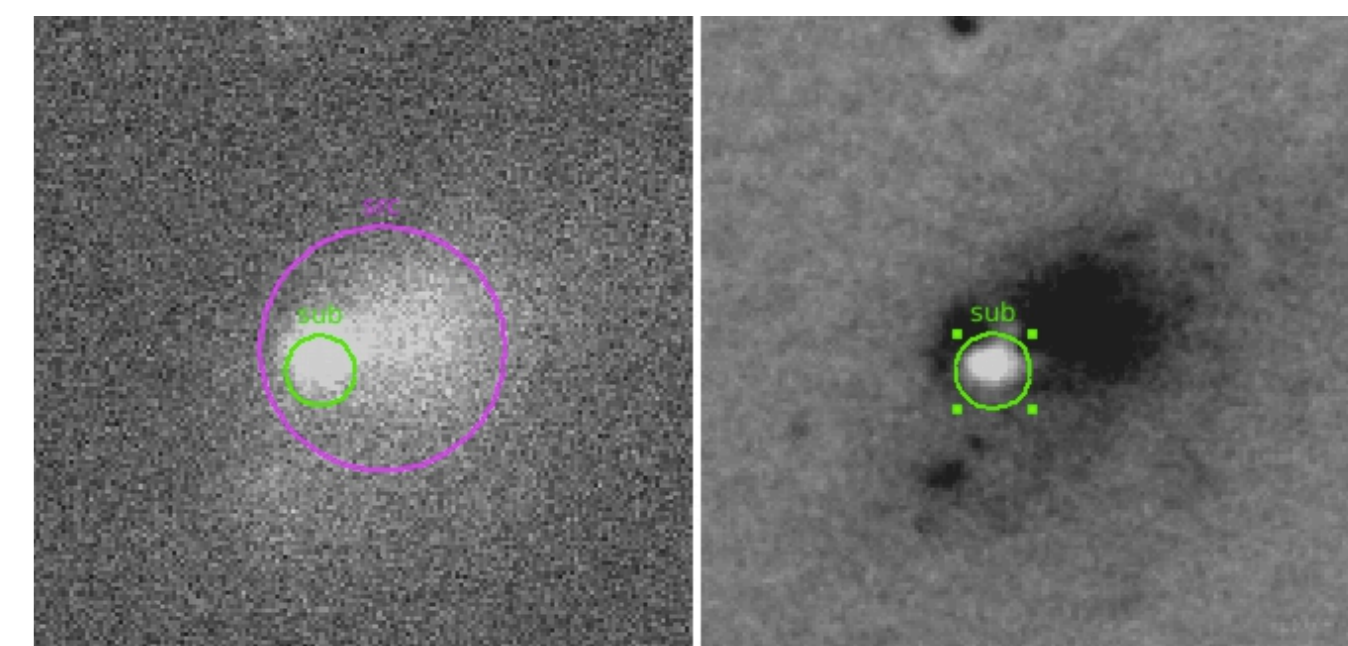
3.3 検出条件と失敗したフレーム数

差分画像、かなた画像、リファレンス画像で測定したパラメータに以下の条件を適用し、増光天体として逃さず検出するかをテストした。条件範囲の妥当性の検証も行う。

(表) 条件と、それぞれの条件を満たさなかったフレーム数

0 画像の差分に成功しているか 差分画像での星像が正常か	3
1 星像重心が同じか(差分とかなた) 両者の重心位置のずれが星像半値幅程度以内か	8
以下は条件0, 1を満たした16フレーム中での結果	
3 星像サイズが他と同等か かなたでの星像半値幅が、かなた天体全体の平均値から±3σ以内にあるか	4
4 明るさの変化しているか リファレンスとかなたの明るさの比が、全体平均の±3σよりも外れているか	12
5 星像の形が差分とかなたで同等か 差分とかなたの星像楕円率比が0.9-1.1か	11
6 周囲に余計なものがないか 画像の端などで不完全な測光となっていないか(検出ツールSExtractorの結果がFLAGS=0か)	0
7 限界等級より充分明るい かなた画像での等級が背景スカイの揺らぎの5σ以上の明るさか	0

4.1 背景銀河の影響で正しく星像を検出できず
条件1で、かなた画像で検出できていないもの
→ かなた画像では背景銀河成分に埋もれて増光天体が検出に掛かっていない(右図)
背景銀河が近くにある場合には、条件1は無視するか、差分画像での星像位置を基にしてかなた画像で「強制」測光をする必要がある



(左)かなた画像で検出された星像の位置と大きさがピンク円、(右)差分画像での検出を緑円で示している。

条件5(星像楕円率)では、明るい背景銀河の影響でかなた画像での検出結果の楕円率が外れたケースが多い。
→ かなた画像での背景銀河の影響は回避しづらいので、背景銀河の近くではこの条件を緩和する。差分画像での星像分布がまともならこの条件は外す。

他、ごく近傍に明るい星があり条件3で弾かれた例が1つ

5. まとめと今後

- ・明るい新天体の自動検出条件を検討、評価(かなた望遠鏡で取得されている既知の明るい超新星を使用)
- ・自動検出失敗の主な原因: 画像の差分の失敗、背景銀河(恒星)の影響、条件値の導出の周辺星の選択
- ・今後 背景銀河の寄与の大きい新天体は差分画像による検出が必要であることがわかった。
- また、ニュートリノ対応天体及び重力波対応天体の探索には、より暗い天体の自動検出が必要不可欠
- 画像差分の精度向上と、暗い天体までの自動検出条件・方法の確立