

Toward The First Detection



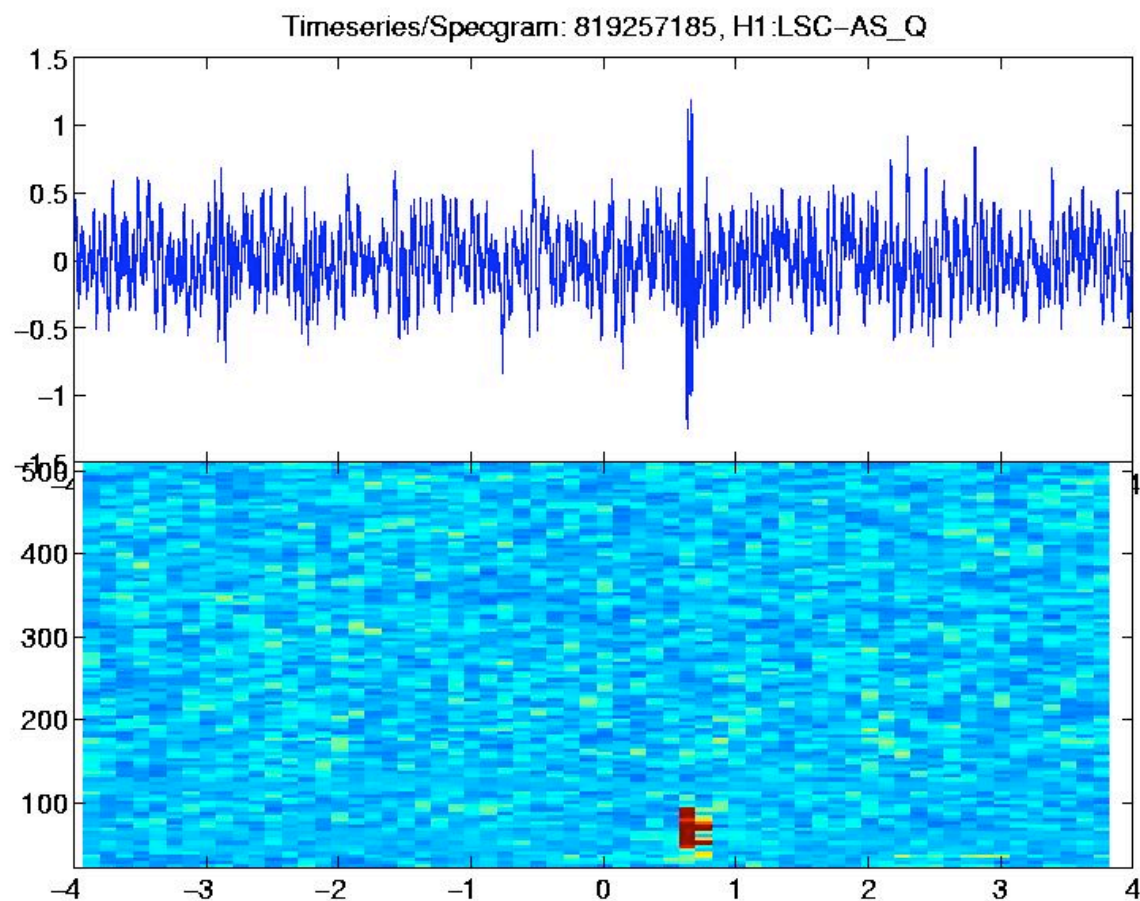
Kazuhiro Hayama



Non stationary noise issue in LIGO

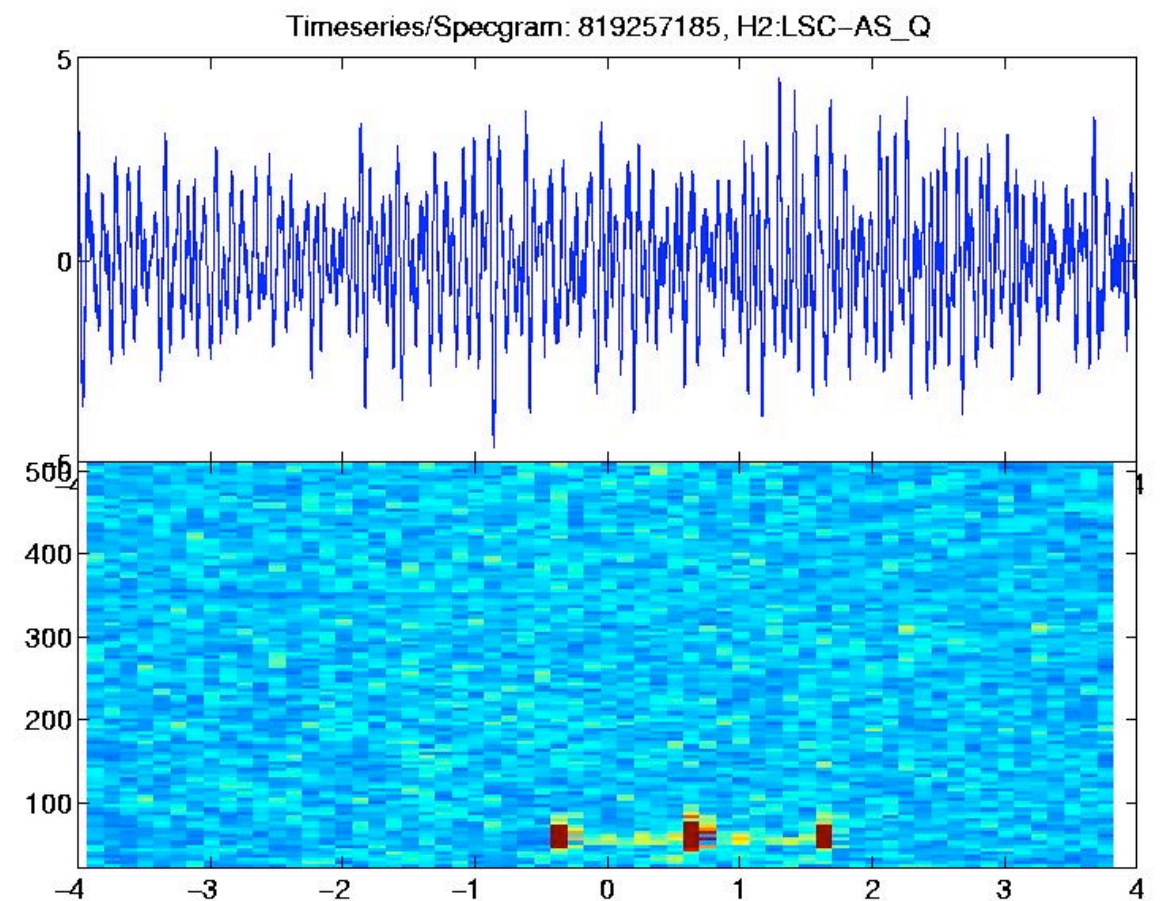
- kmクラス望遠鏡での観測S5, S6で非定常雑音(グリッチetc)はbackgroundを悪化させた。複数の望遠鏡間でも頻繁にaccidental coincidenceがみられた。
- 要求されるf.a.p.を満たすために検出しきい値は高く設定され、結局非定常雑音が重力波のアップーリミットを支配した。
- 検出するべきblind injectionも、最終的にrejectされた。

H1



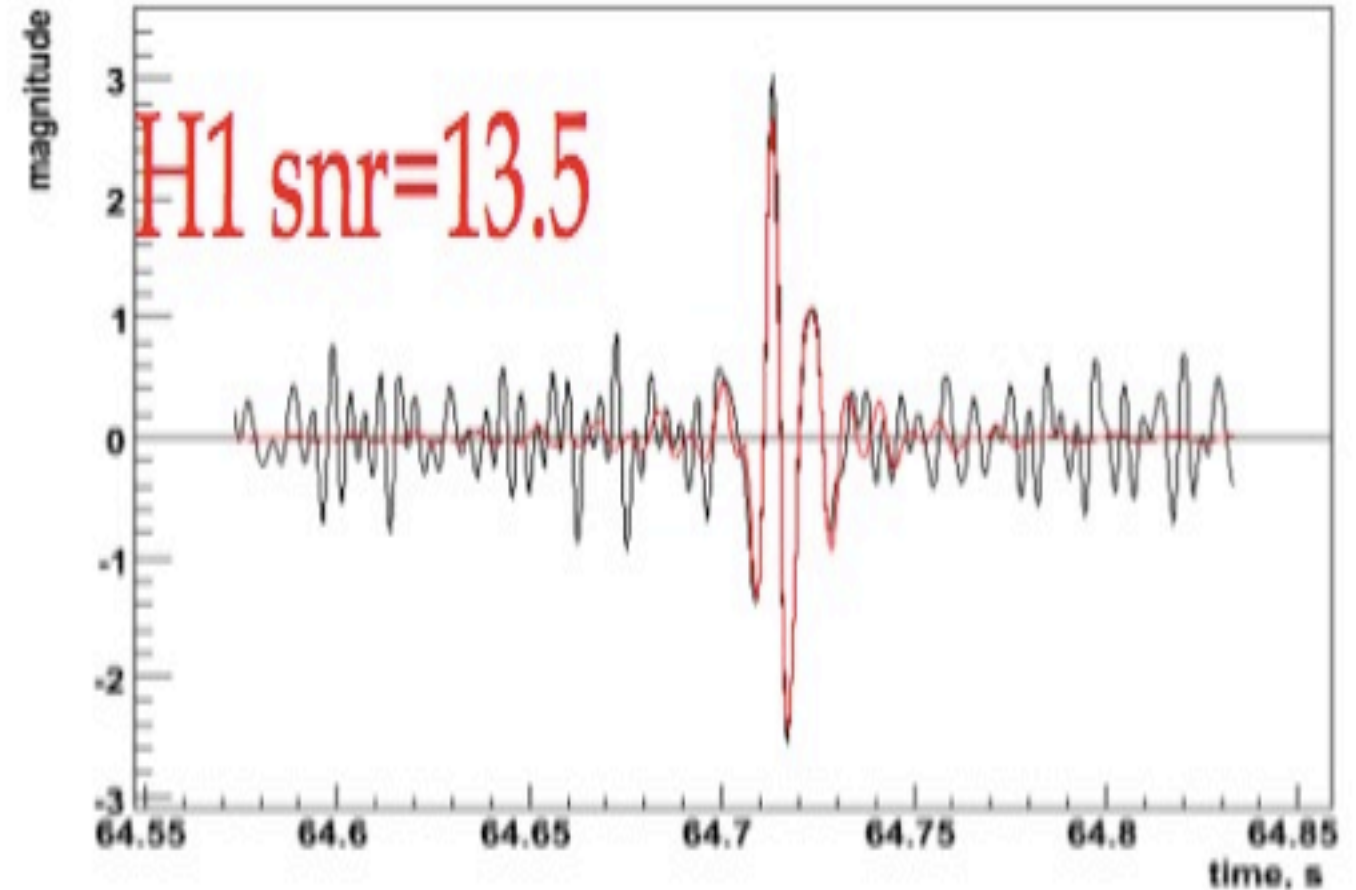
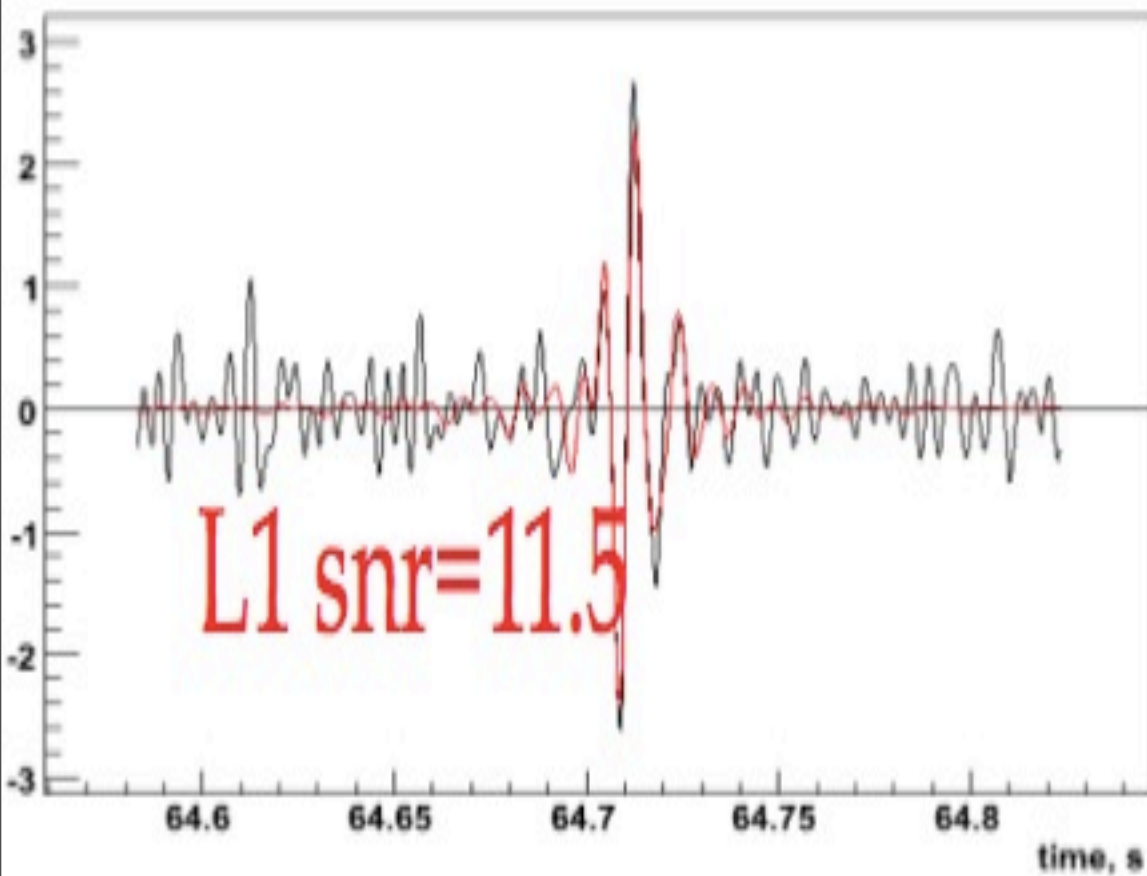
This plot made 16-May-2007 21:35:47

H2



This plot made 16-May-2007 21:38:53

Blind injection



- バーストグループはすぐに検出。(どのパイプラインでも)
- 全観測を通して多くの似た信号が3つのdetectorのデータ内に入っていた。
- Data analysis councilはdetection committee にはもっていかなかった。
注) blind CBC injectionはbackgroundに非定常性が強かったため解析すら行われなかった。

What signals can be accepted conventionally?

データがGauss雑音だと仮定すると

3σ effect $\Rightarrow$ **evidence**

5σ effect $\Rightarrow$ **discovery**

3σ は false alarm probability $\sim 2.7 \times 10^{-3}$

5σ は false alarm probability $\sim \mathbf{6 \times 10^{-7}!}$

つまり

重力波の検出を主張するためには**background**に対して

FAP $\sim 10^{-6}$ のイベントであることが必要

Ways to reach the 5-sigma level

Blind injectionイベント : **P ~ 0.01** (veto後)

もしLIGOS5ネットワークと同じf.a.pであるとするれば、あと 10^4 ほど**P**を下げる必要がある。

下げるための2つの方法：

- Backgroundを下げる。
- Astrophysical counterpartによって、時間的、空間的コインシデンスをとる。

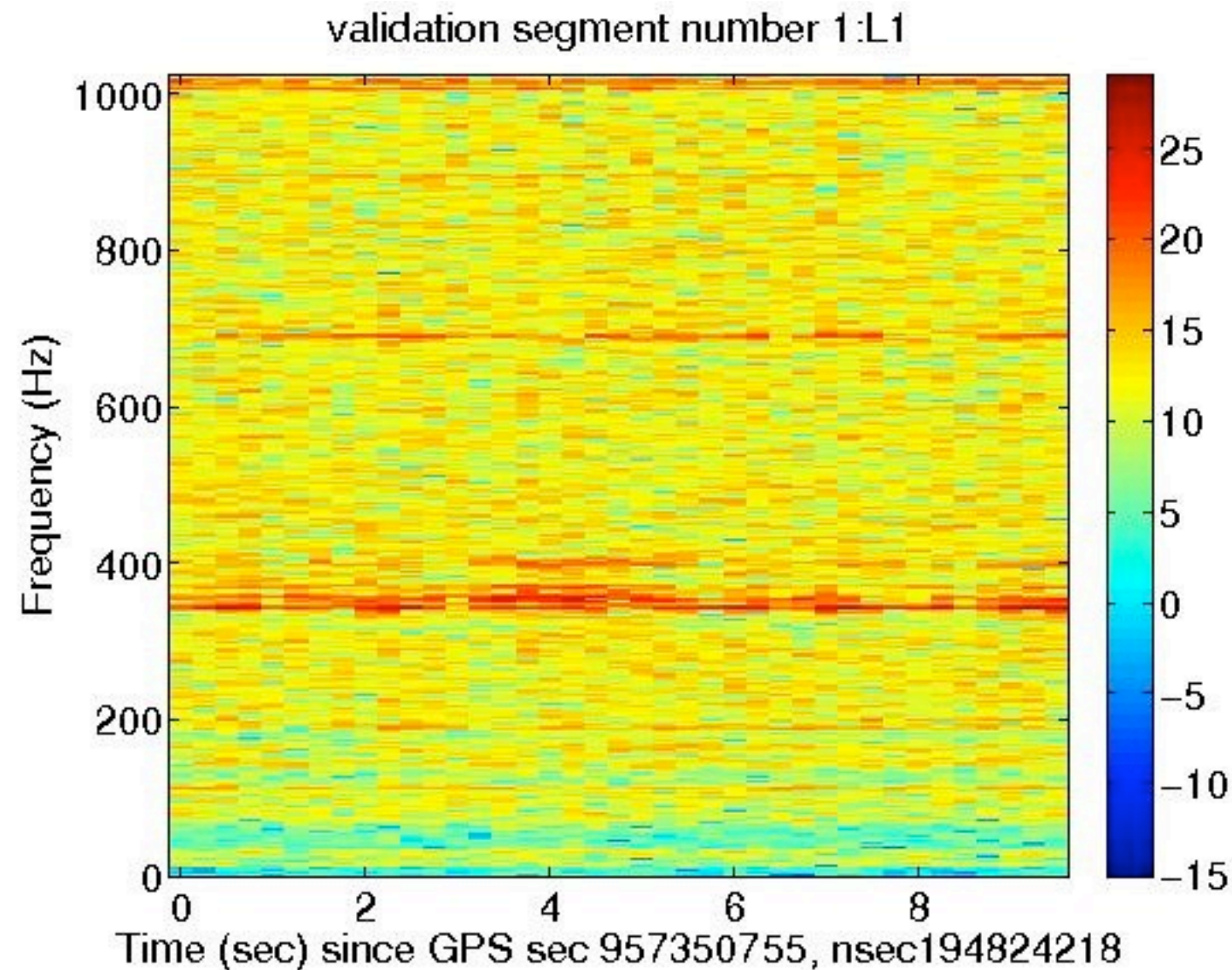
Background

- ありていに言えば、 5σ の信号をGauss分布でいう 5σ で検出できればよい
- LCGT単独でのFirst Detectionには如何に干渉計のデータをGaussianに近づけるかが非常に重要
- 感度も重要だが、非定常成分を押さえ込む干渉計をつくる
- そのために随時データを取り、それをデータ解析グループが解析し、結果をフィードバックしながら干渉計を作るのが重要

Background

データコンディショニングの難しさ

下のスペクトログラムはコンディション後のものであるが、ライン強度の揺らぎがとりきれないため、やっかいな非定常雑音になる。かといってその周波数を全く見ないと detection efficiency が下がってしまう。



Coincidences with astrophysical counterparts

時間的コインシデンス

~~空間的コインシデンス~~

↙ LCGT単体では無理、だが将来的に実現する
adv望遠鏡ネットワークでは可能になる。

時間的空間的コインシデンス

$$\text{Final FAP} \sim P \times (\Delta t \times N/T) \times (A/180)^2$$

1%

1%

1%

↖ 天球位置推定が20°で実現

↖ event rate 1/day, $\Delta t=180[s]$ で実現

0.1%

0.1%

0.01%

1%

↖ 理論家、データ解析家の努力

↖ 実験家、データ解析家の努力

10^{-6} に到達が可能

Astronomical counterpart

- counterpartがGW以外で見えない場合もちろんあるが、多くの天体現象ではGWとともに宇宙線、EM waveを伴う。
- 世界には様々な波をとらえる望遠鏡がある。それらが信号(主にトランジェント)を検出したら、可能な限りリアルタイムでアラートを出してもらい、コインシデンス解析によりf.a.p.のゲインを得る。
- まずは日本にある望遠鏡からのアラートをリアルタイムで受信するシステムを作り、[マルチメッセンジャー観測網](#)を構築する。そして世界の望遠鏡へとネットワークを拡大していく。もちろん今あるGRB, SNEWSなどからの情報も管理。
- マルチメッセンジャー観測網はLCGTが動いてからではもう遅いので、今からやるべき。

Astronomical counterpart

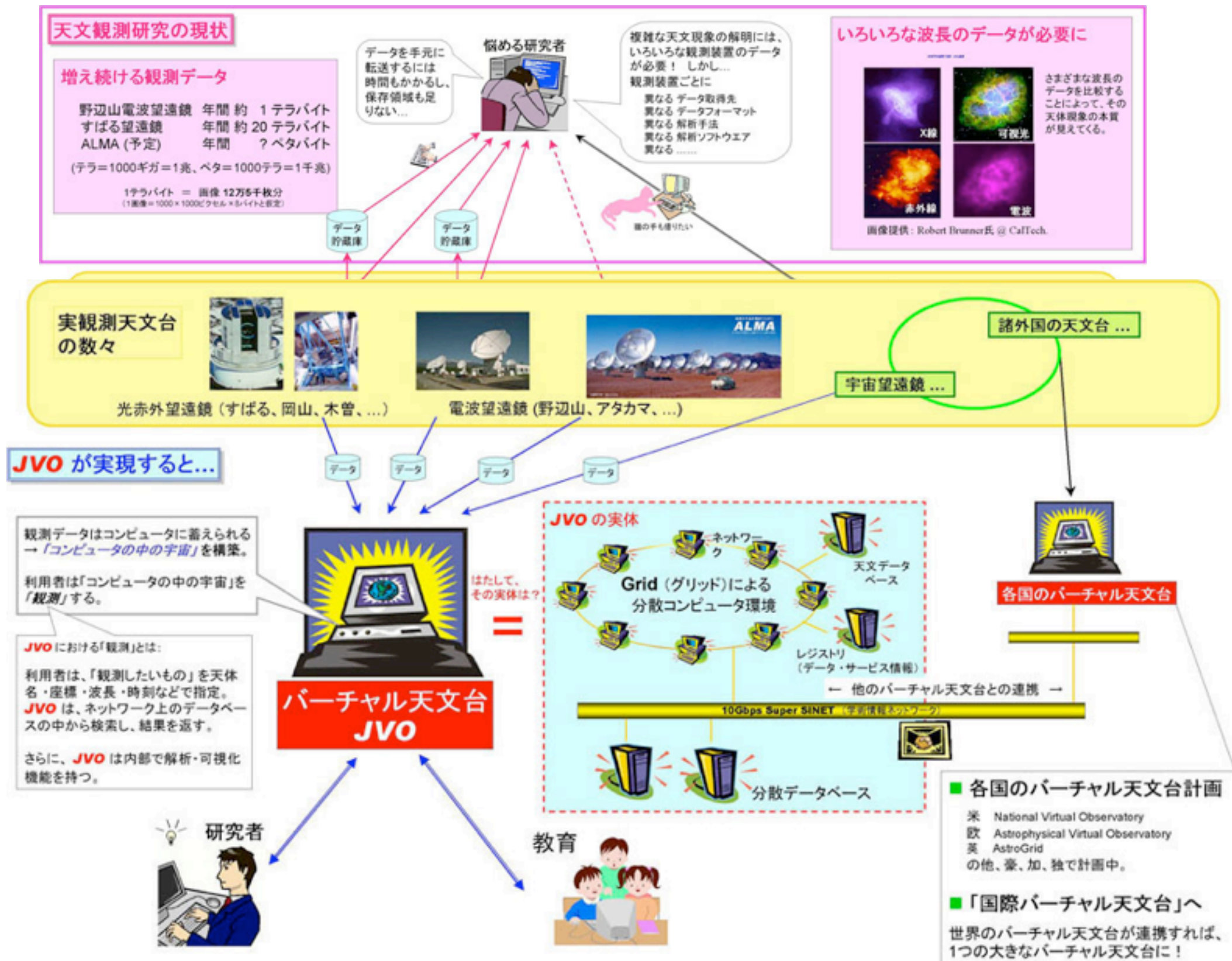
実現に向けてすること

- LIGO-Virgoでも単発的にmultimessenger観測が重視されている。(例：RXTE-LIGOコインシデンス解析)だが、様々な波長を統合して情報を管理していないので、我々が観測網をつくる。
- 情報(主にトランジェントのアラート)を集中的に管理できるシステムを構築する。その際VOを利用できれば有効。
- トランジェントのアラートをリアルタイムに受信
- ✧ 大師堂研の電波望遠鏡とLIGOのコインシデンス解析からの経験：言うのは簡単だが、実際は違う。那須電波望遠鏡は電波トランジェントを検出し、アラートを数時間以内で発信する性能を有しているが、今までそれほどリアルタイム性は重視されていない、マンパワーの問題などで1週間以上かかっている。
- ✧ リアルタイムの重要性：例えば、那須電波望遠鏡ではトランジェントの位置を $0.8^\circ \times 0.8^\circ$ で決定できるが、これをVLAでさらに正確に位置を決め、X等で、フォローアップ。

Theoristへのリクエスト

- 重力波のシミュレーションに多波長の要素を組み入れてカウンターパートの更なる理解
- 重力波と他波長の到達時間差

About JVO



<http://jvo.nao.ac.jp/about-jvo.htm>

Bode, Haas etal arXiv:0912.0087
Palenzuela, Lehner etal arXiv:0911.3889
Mosta, Palenzuela etal arXiv:0912.2330
Farris, Liu, Shapiro, arXiv:0912.2096