

レーザー干渉計型重力波検出器 TAMA300の パワーリサイクリング XI (観測)

国立天文台, 東大天文^A, 東大理^B, 東大宇宙線研^C, 東大新領域^D,
阪市大^E, 電通大^F, 通総研^G, TAMA Collaboration^H

新井宏二, 佐藤修一, 高橋竜太郎, 阿久津智忠^A, 辰巳大輔, 常定芳基,
福嶋美津広, 山崎利孝, 長野重夫^G, 安東正樹^B, 森脇成典^D, 武者濤^F, 神田展行^E,
三尾典克^D, 川村静児, 藤本真克, 坪野公夫^B, 大橋正健^C, 黒田和明^C,
他TAMA Collaboration^H

TAMA300検出器

● 300m基線レーザー干渉計型重力波検出器TAMA300

サイト: 国立天文台 三鷹キャンパス (東京都)

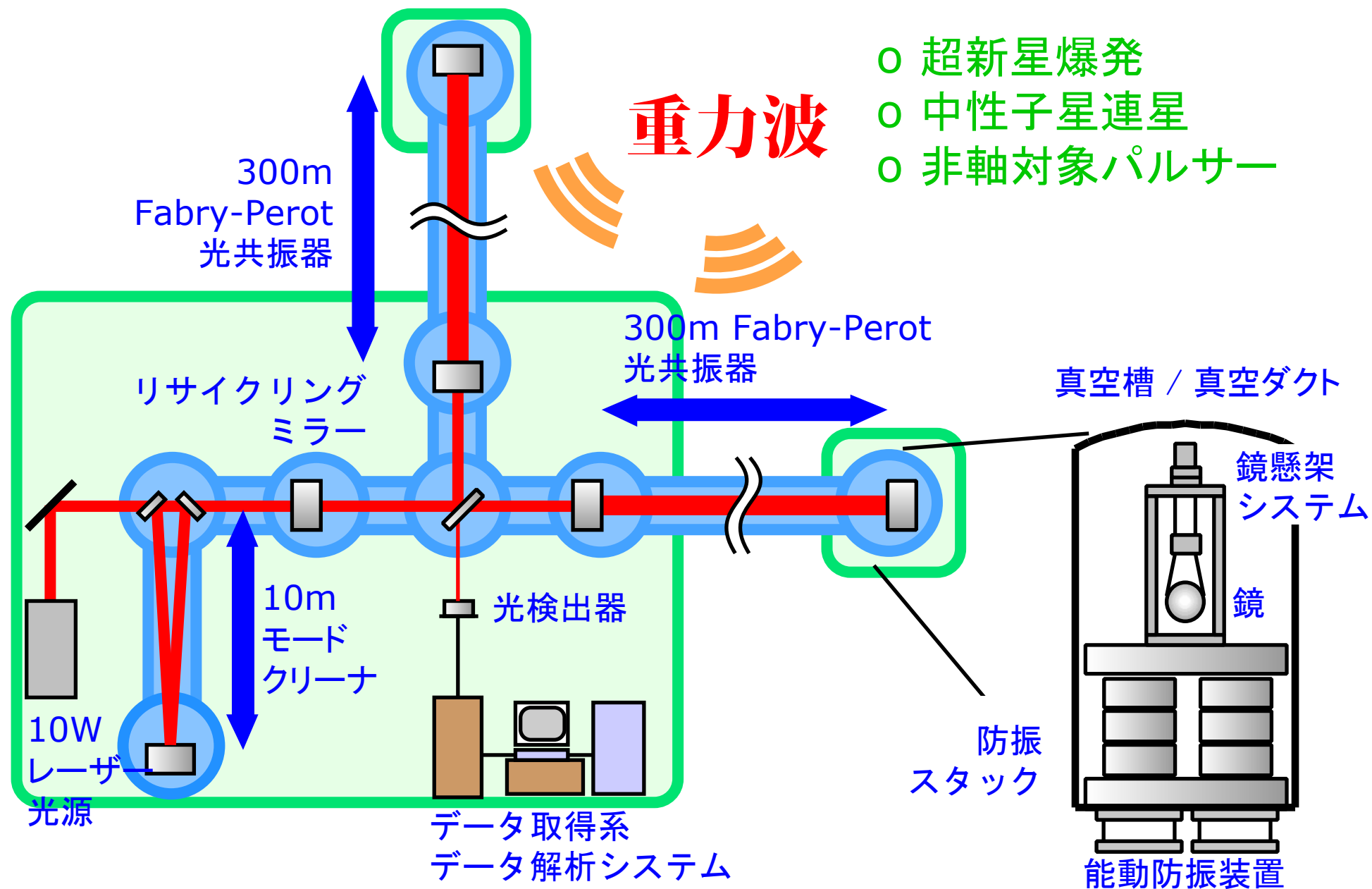
● TAMA300の目的

1. 近傍銀河で発生する
 - 重力波イベントを
 - 検出可能な
 - 実証型検出器の開発
2. 将来のkm級干渉計に
 - 必要な技術の確立

理論感度限界 $\sim h_{\text{RMS}} = 3 \times 10^{-21}$
観測帯域の中心周波数300Hz
(バンド幅300Hz)



TAMA300検出器 ～ 概略



現在までに行われた観測

● □第1次～第6次観測 (パワーリサイクリング導入前)

DT1	1999	Aug. 6~ 7	1夜	11時間	
DT2	1999	Sep. 17~20	3夜	31時間	
DT3	2000	Apr. 20~23	3夜	13時間	
DT4	2000	Aug. 21~Sep. 4	13夜	167時間	
DT5	2001	Mar. 2~ 8	6日	111時間	<i>Coincidence</i>
DT6	2001	Aug. 1~Sep. 20	50日	1038時間	LISM(20m)

● □第7次～第9次観測 (パワーリサイクリング導入済)

DT7	2002	Aug, 31~Sep. 2	1日	25時間	LIGO & GEO
DT8	2003	Feb. 14~Apr. 15	59日	1158時間	LIGO
DT9	2003	Nov. 28~Jan. 10	43日	558時間	LIGO & GEO

第9次観測 Data Taking 9 (DT9)

● DT9: 2003/11/28~2004/1/10

- □ パワーリサイクリング干渉計での観測

□ 主干渉計入射 $P=2$ [W]

□ パワーリサイクリングゲイン $G=4.5$

□ フロア感度: $\sigma_{\text{floor}} = 2 \times 10^{-21}$ [/sqrtHz] (700Hz~1.5kHz)

- □ 常時運転を想定した観測体制作り

□ ⇒ 観測シフト省力化 (1シフト24時間・担当1名)

□ 干渉計自動運転化のさらなる推進

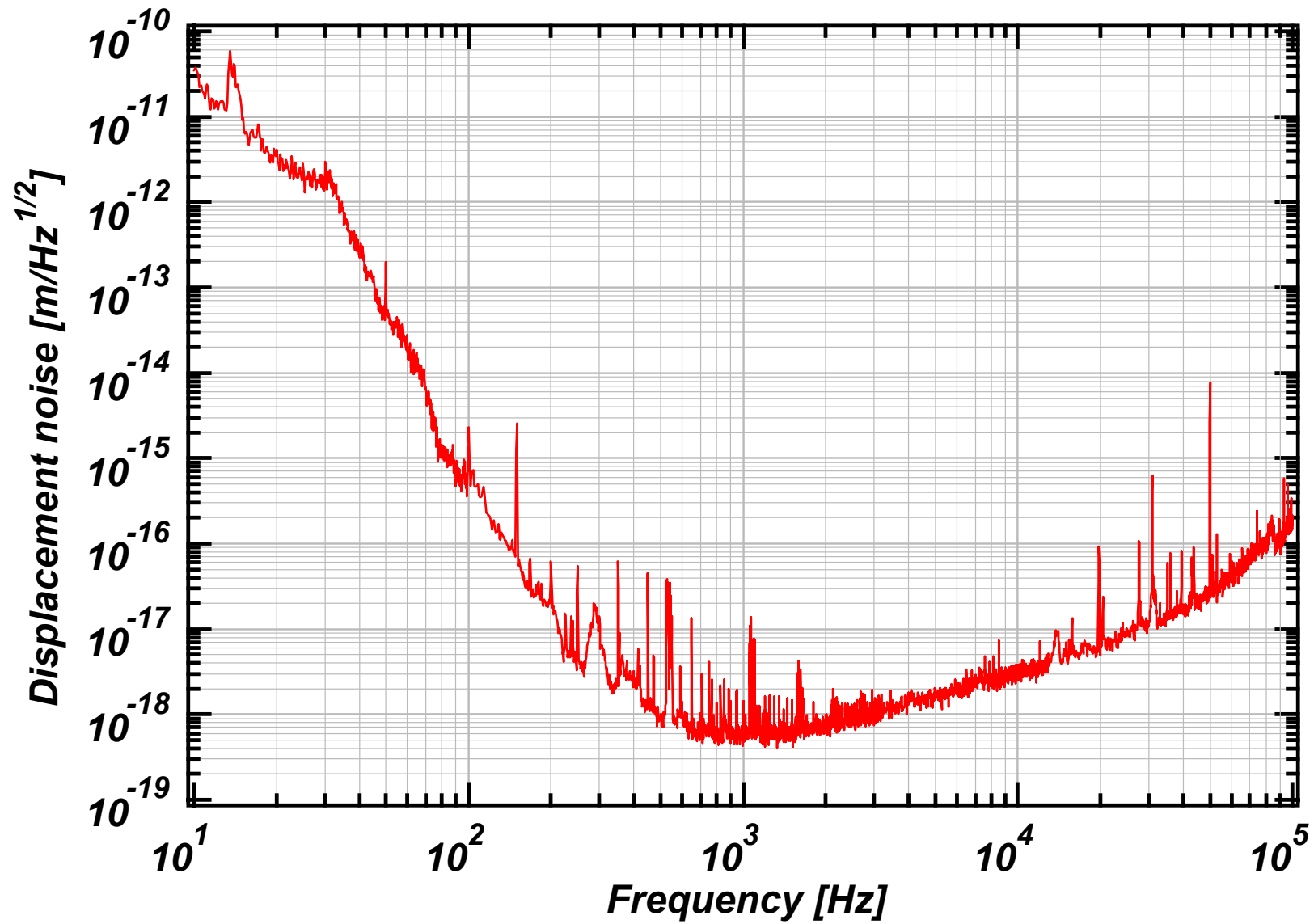
□ 異常警報・リモート制御システム

- □ 国際共同観測

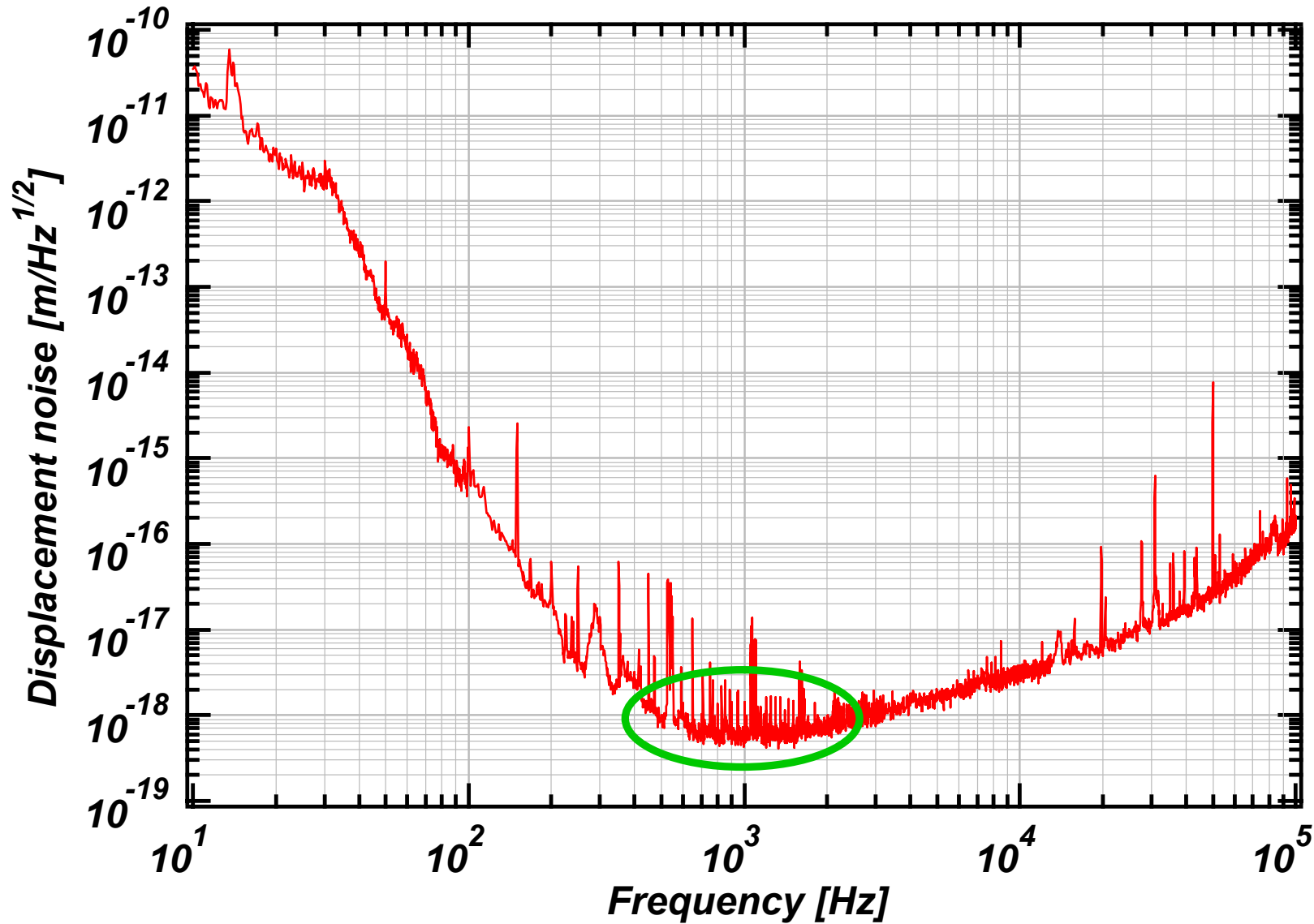
□ 米LIGO計画の干渉計(3台)

□ 独英によるGEO600干渉計

DT9: Sensitivity ~ フロア感度レベル

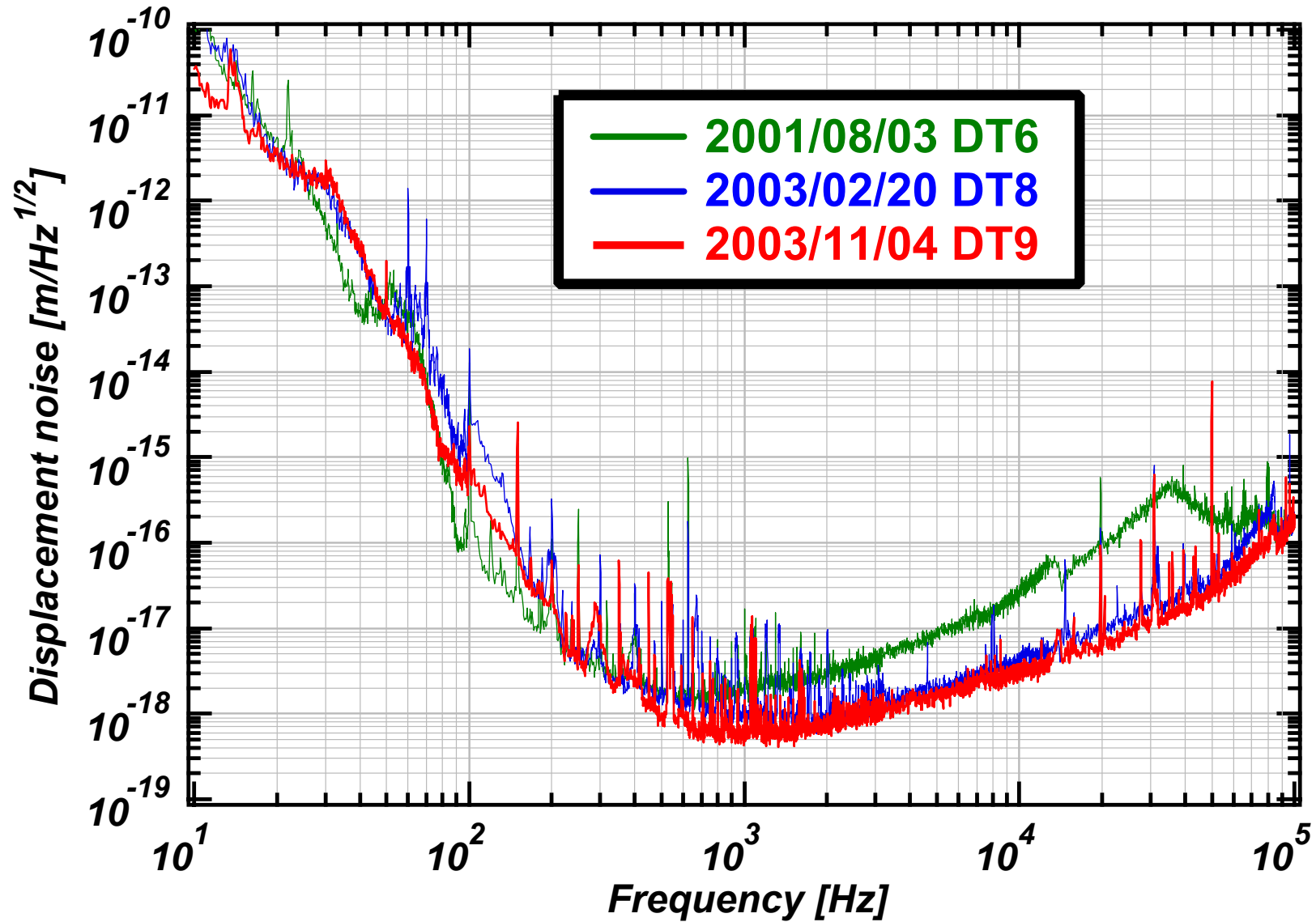


DT9: Sensitivity ~フロア感度レベル



DT9での感度: ■ 変位雑音レベル 6×10^{-19} m/Hz^{1/2}
■ ■ ■ ■ ■ 歪感度 ■ ■ ■ 2×10^{-21} /Hz^{1/2} □ (700Hz~1.5kHz)

DT9: Sensitivity ~ 観測毎の感度の向上



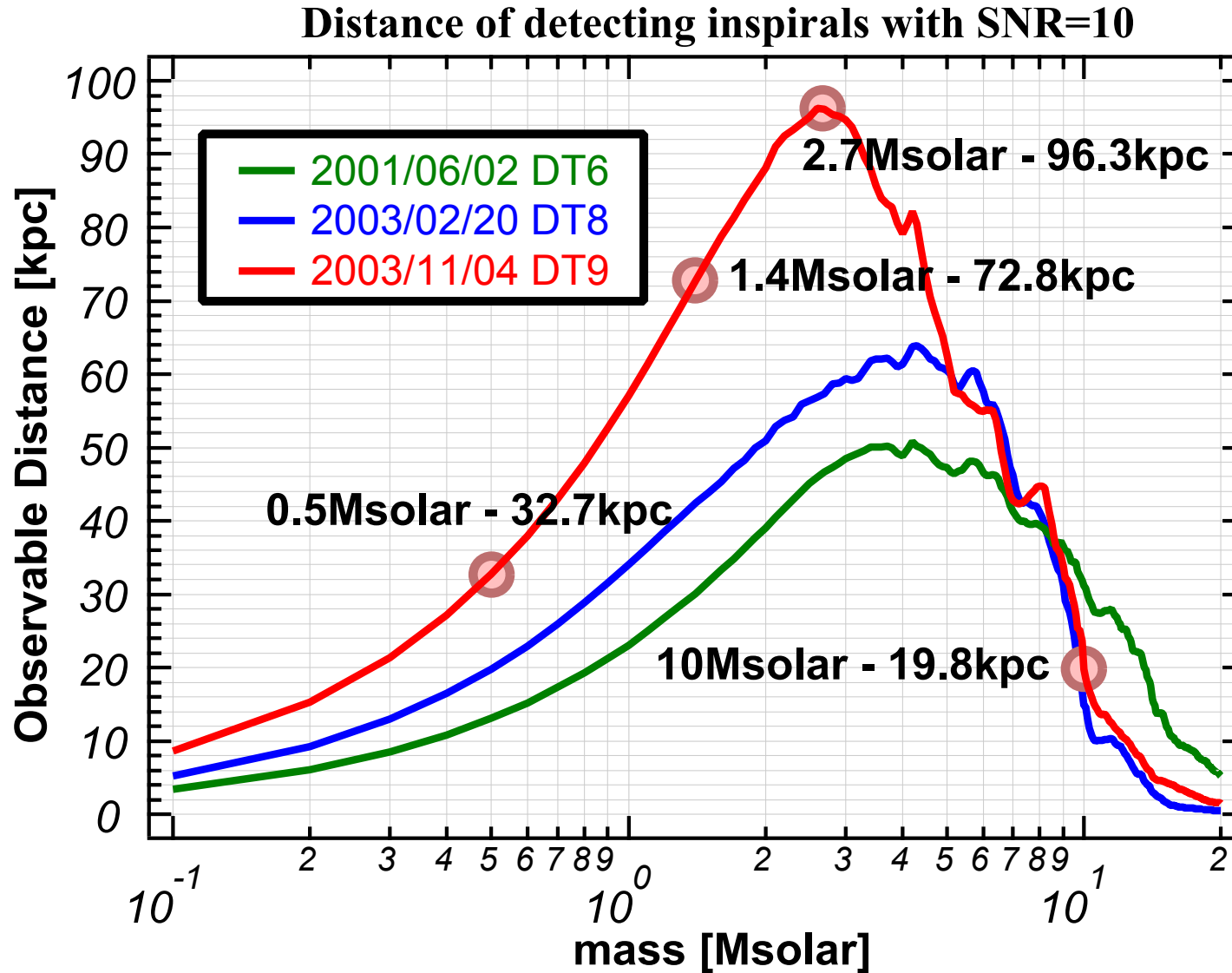
DT6: $15 \times 10^{-19} \text{ m}/\text{Hz}^{1/2} = 5 \times 10^{-21} /\text{Hz}^{1/2}$

DT8: $8 \times 10^{-19} \text{ m}/\text{Hz}^{1/2} = 3 \times 10^{-21} /\text{Hz}^{1/2}$

DT9: $6 \times 10^{-19} \text{ m}/\text{Hz}^{1/2} = 2 \times 10^{-21} /\text{Hz}^{1/2}$

DT9: Observable Distance

● 連星合体をSN=10で捕らえることのできる距離



0.3~10Msolar に対し、 $D_{\text{obs}} > 20\text{kpc}$

干渉計自動化&リモート観測体制の整備

● 干渉計自動ロック・自動調整システム

ロックアクイジション
初期アラインメント調整
アラインメントドリフト調整

手動調整

異常通報

自動調整用
モニタ情報提供

● リモート通報・操作システム

携帯電話による異常通報
干渉計手動調整

検出器状況提供

モニタ情報提供

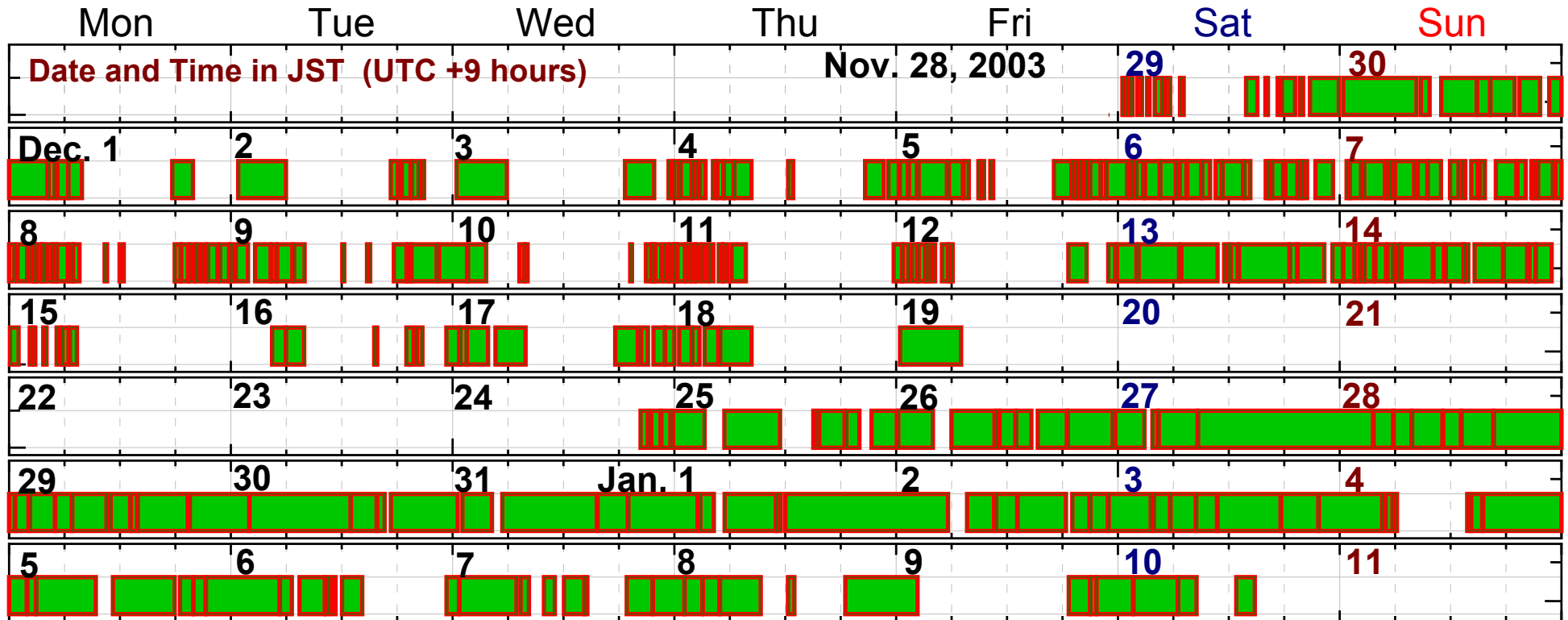
● Webベースの検出器モニタ

干渉計の感度の推移
干渉計の各種状態 (各種光量・制御信号)
サイトの環境 (地面振動・気象条件等)
Web Log

監視

DT9: 干渉計の稼動状況

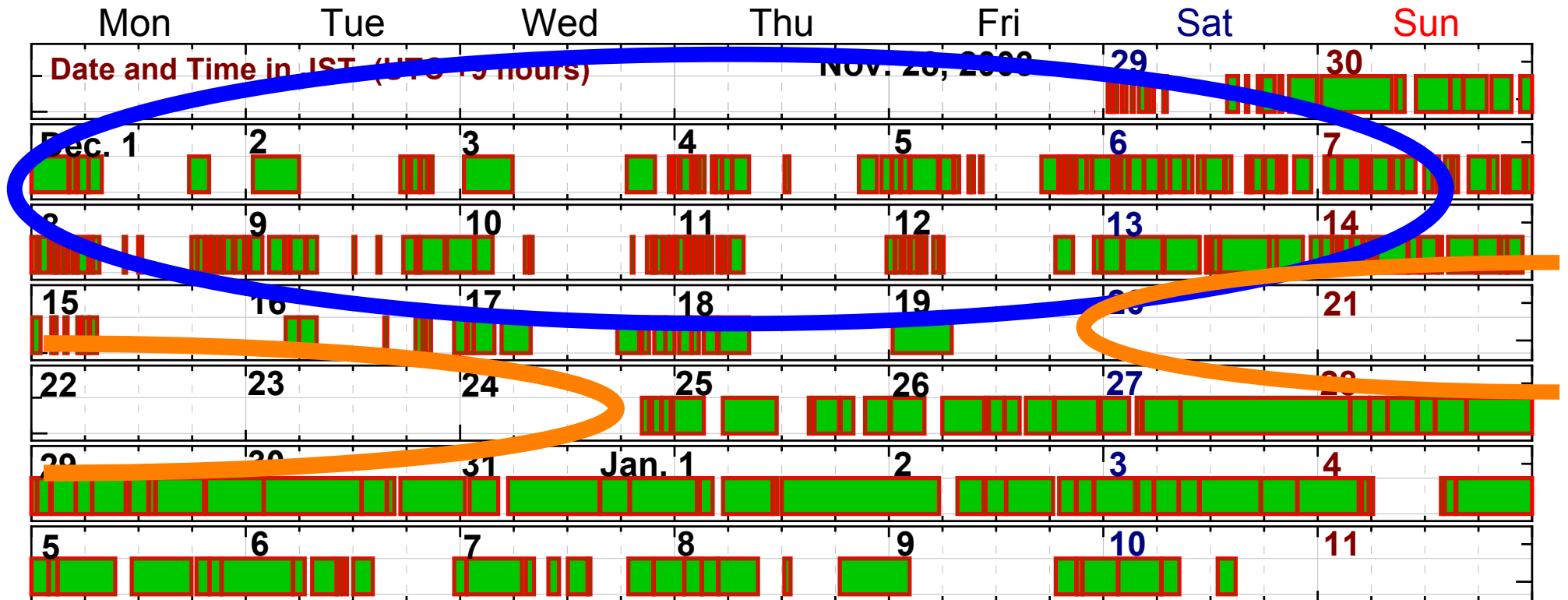
- 10分以上連続動作した時間帯



全観測データ量 558時間

DT9: 干渉計の稼動状況

- 10分以上連続動作した時間帯

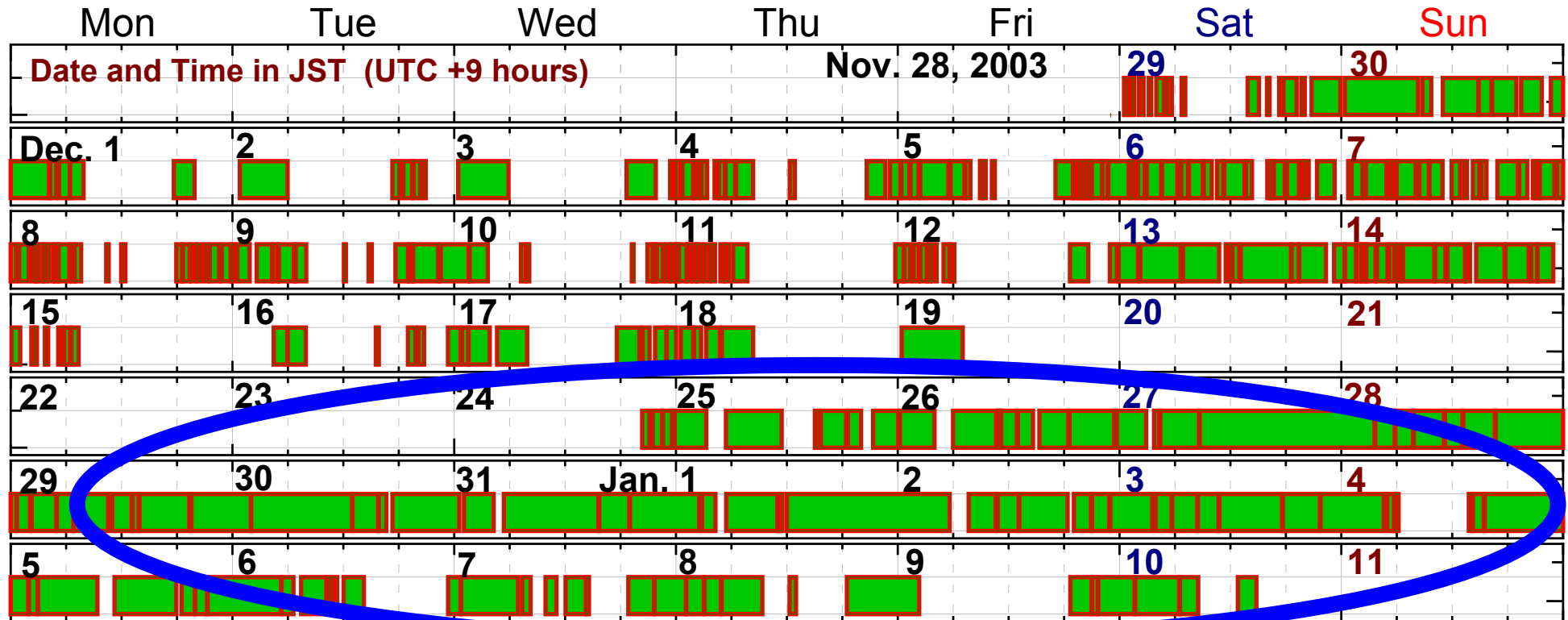


日中の工事・干渉計の調整・自動化システムの改良

TAMA300サイトの予定停電の準備・復旧

DT9: 干渉計の稼働状況

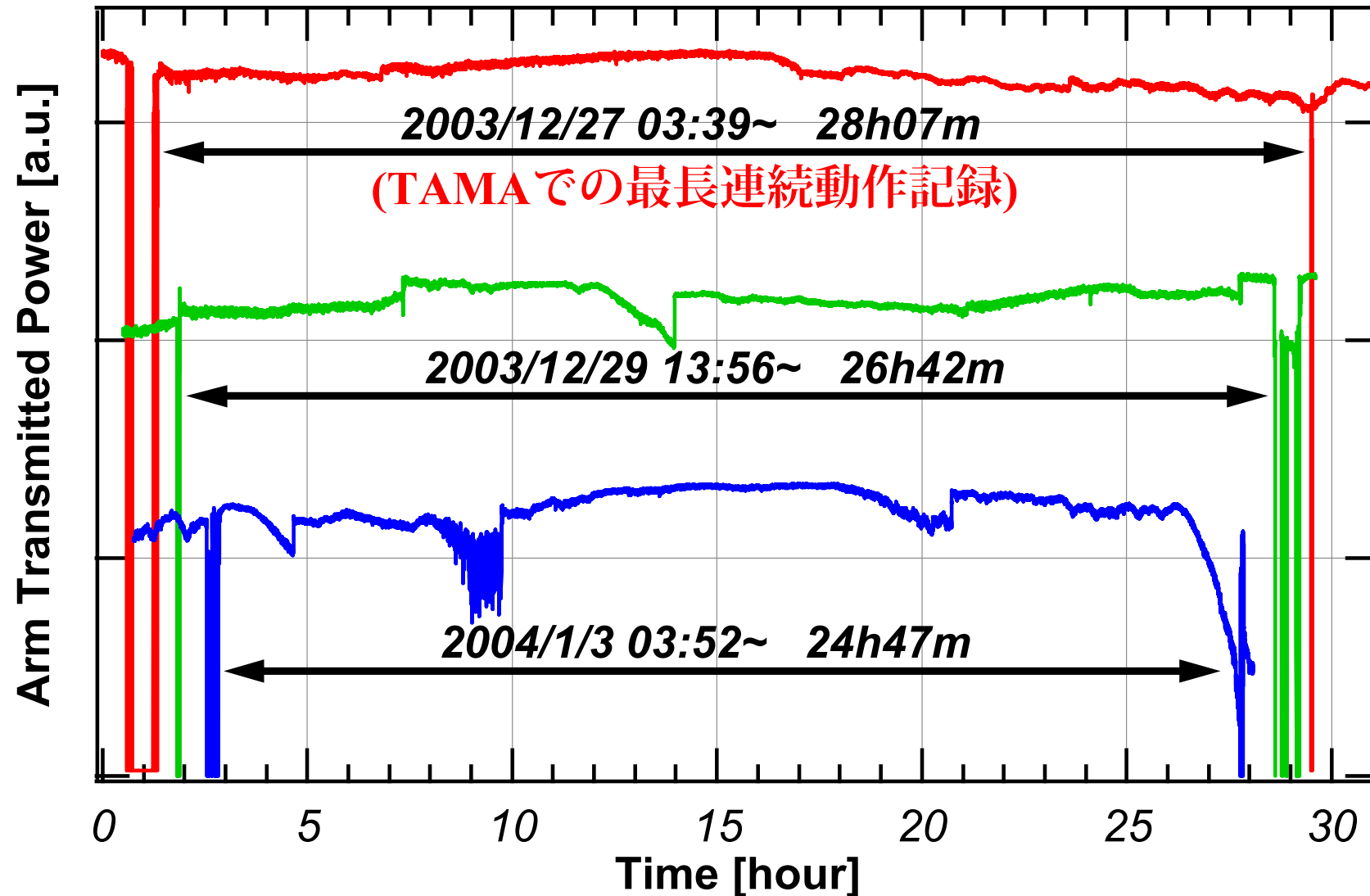
- 10分以上連続動作した時間帯



自動化システム稼働・干渉計安定・静かな地面振動

安定度の改善

- DT9中に24時間以上の連続動作を3回達成
干渉計内光量の変動

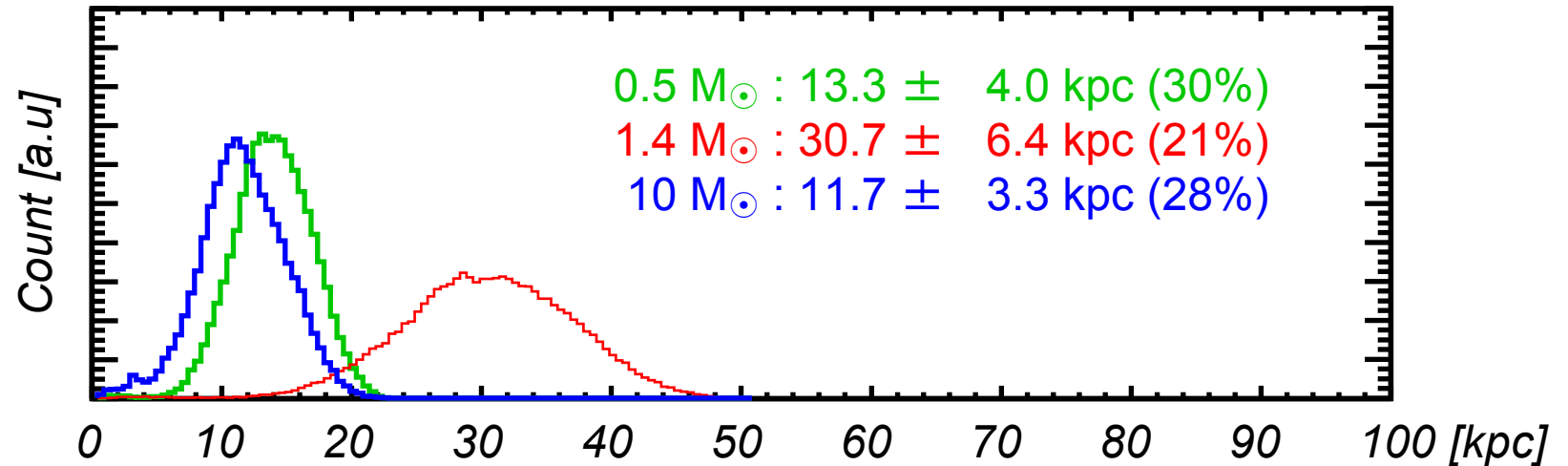


地面振動さえ静かであれば長時間連続に動作できるシステム

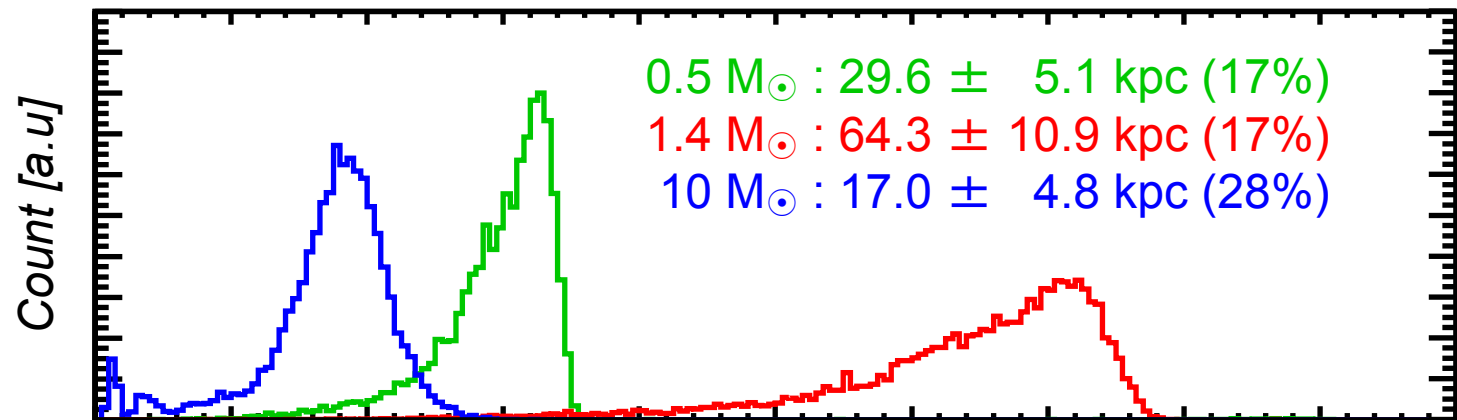
Observable Distanceの安定度

● Observable Distanceのヒストグラム

DT8



DT9
(後半)



DT9(後半)はDT8の約2倍の感度を持っていた
相対的な感度の安定度も改善もしくは同等(10M_☉)

今後の計画

- 雑音低減(主に数100Hz帯)

 - Recycled Michelson実験

 - 散乱光の問題

 - 変調に関連した雑音

- 防振系のアップグレード

 - Seismic Attenuation System (SAS)

 - 低周波($\sim 0.1\text{Hz}$)からの防振

 - Caltech・東大・ピサ大などとの共同 R&D

 - 2005年導入予定

- 散乱雑音の低減

 - 干渉計内パワーの更なる増加

 - \Rightarrow リサイクリングゲインの増加(4.5 \rightarrow 約10)



SAS (東大理)

まとめ

- 干渉計型重力波検出器TAMA300
- 第9次観測 Data Taking 9 (2003/11/28~2004/1/10)

常時運転を想定した観測体制

米LIGO・独英GEO600との国際共同観測

$h = 2 \times 10^{-21} / \sqrt{\text{Hz}}$ (700Hz ~ 1.5kHz)

DT8とくらべるとDT9は実質約2倍の感度

24時間以上の連続動作 (3回)

558時間稼動

- 今後

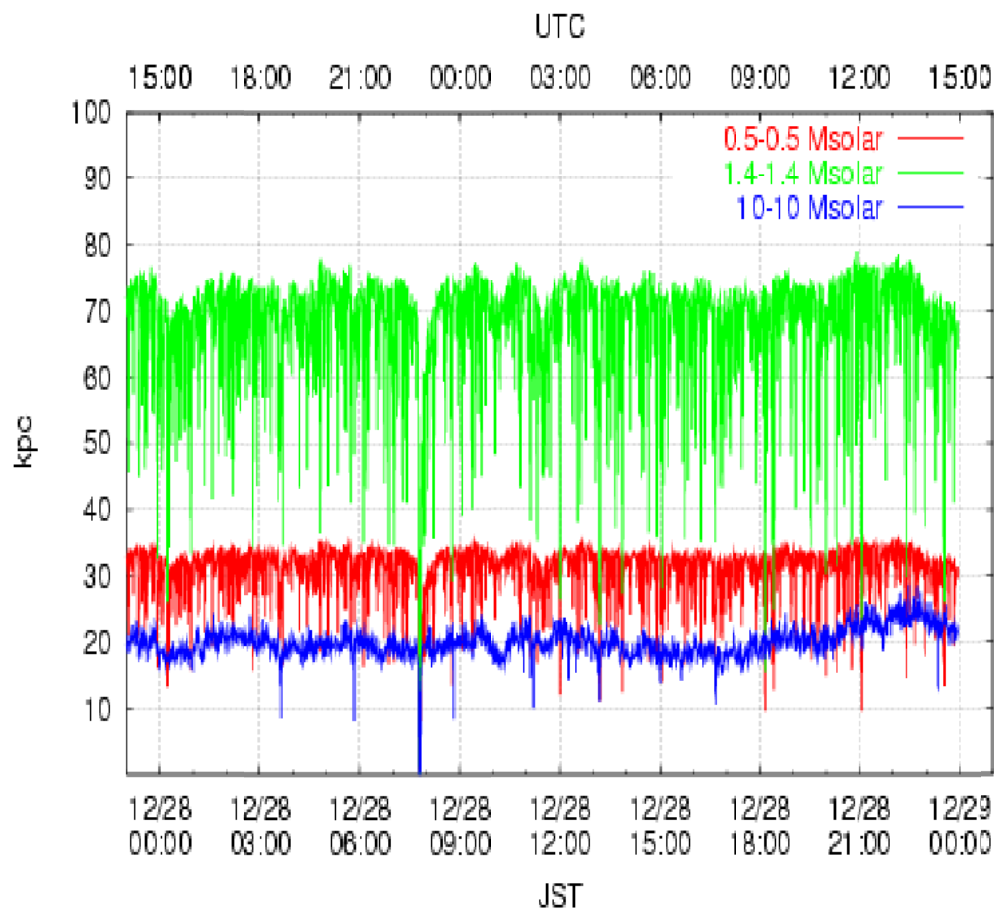
数100Hz帯雑音低減

防振系のアップグレード

Observable Distanceの安定度

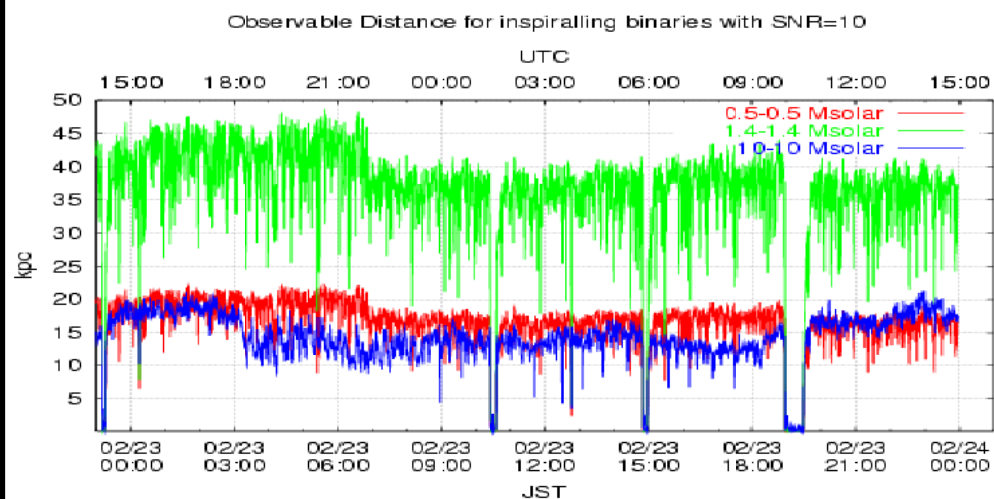
DT9

For inspiralling binaries, SNR=10



Sun Dec 28 23:58:56 2003

DT8



Sun Feb 23 23:59:54 2003

およそDT9はDT8の倍の感度を持っていたと考えてよい