

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 VIII (観測)

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

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

TAMA300検出器

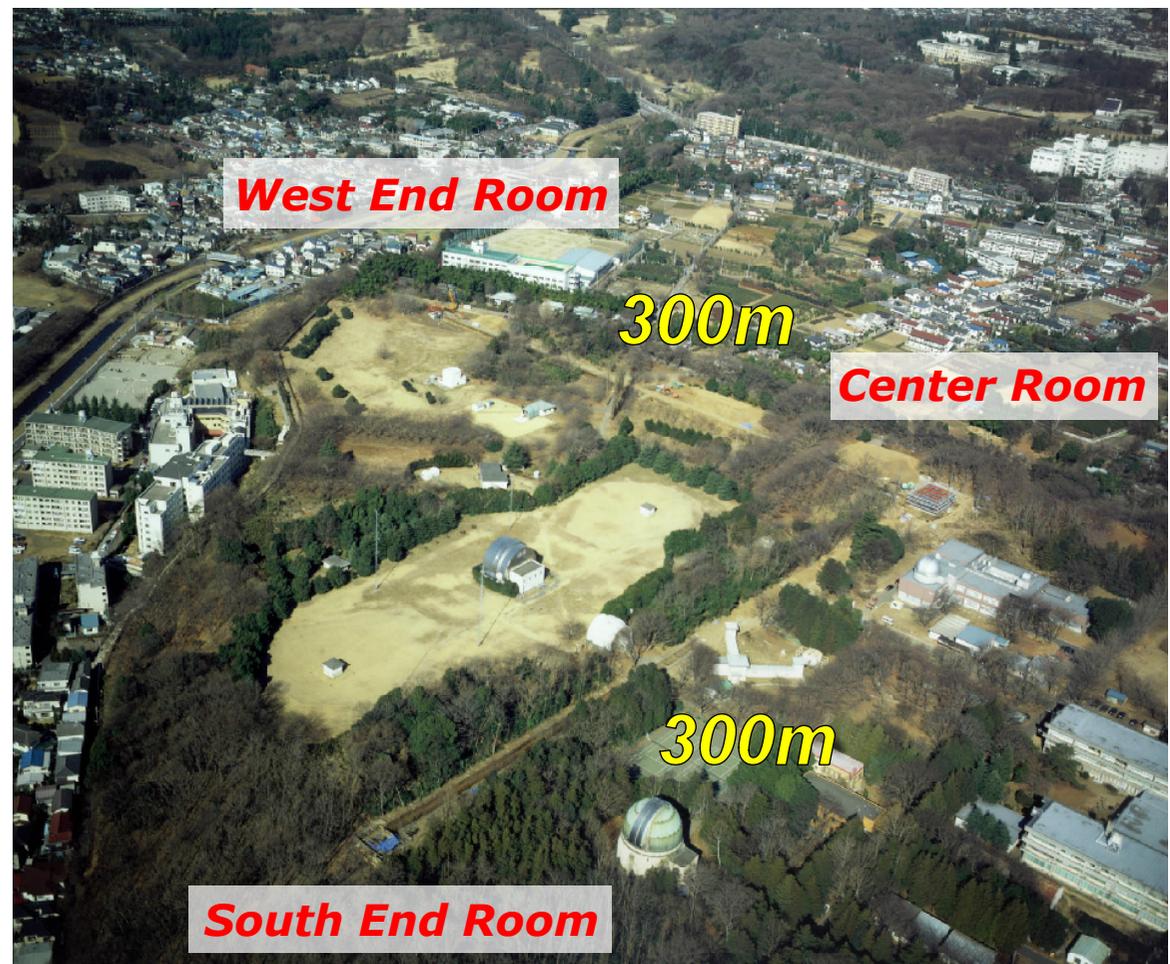
● 300m基線レーザー干渉計型重力波検出器TAMA300

サイト: 国立天文台 三鷹キャンパス (東京都)

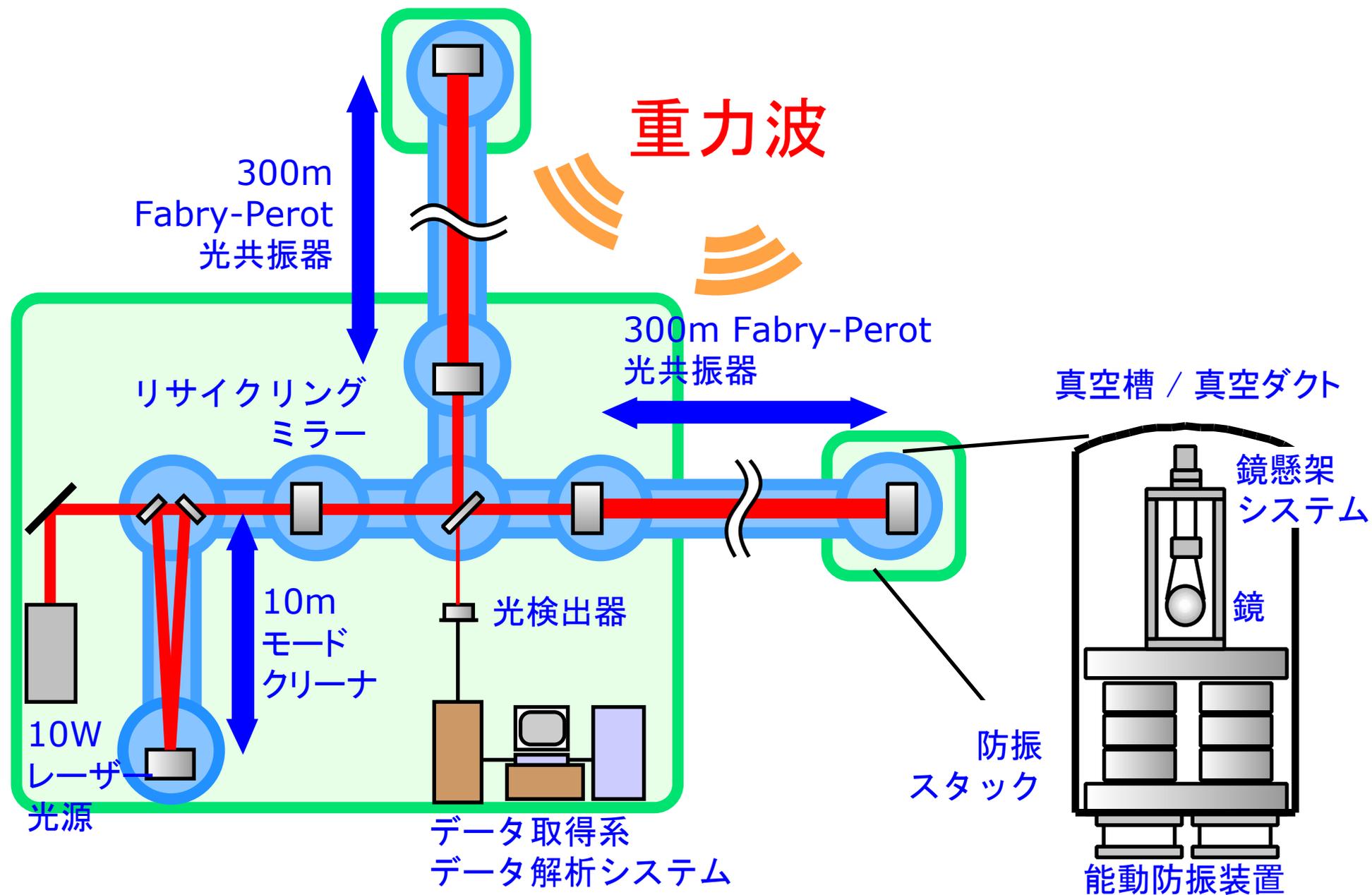
● TAMA300の目的

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なし

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
DT6	2001	Aug. 1~Sep. 20	50日	1038時間

Coincidence

LISM(20m)

●□第7次～第8次観測 パワーリサイクリングなし

DT7	2002	Aug, 31~Sep. 2	1日	25時間
DT8	2003	Feb. 14~Apr. 15	59日	1158時間

LIGO & GEO

LIGO

第8次観測 Data Taking 8 (DT8)

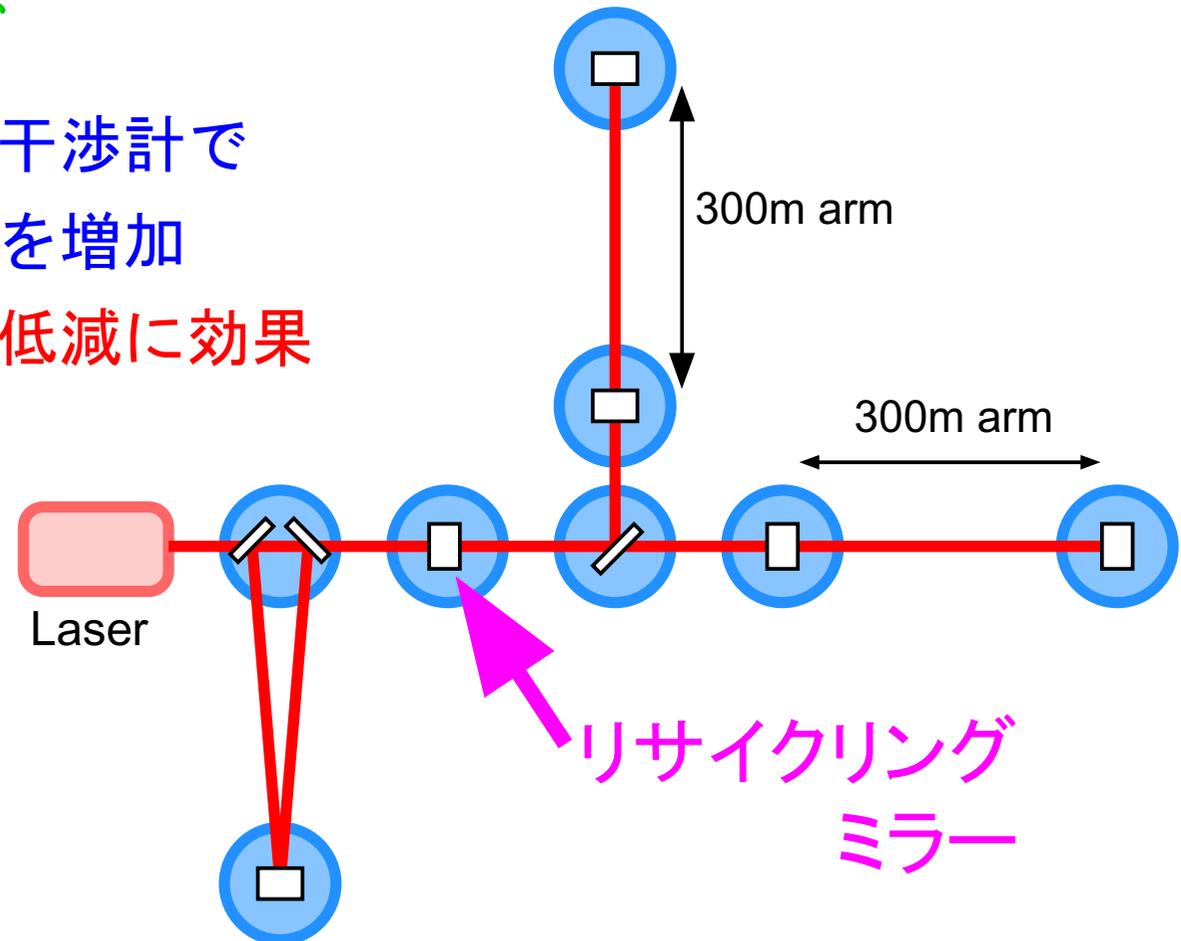
● DT8: 2003/2/14~4/15の2ヶ月間の観測

- 米国LIGO計画の3台の干渉計との初の完全同時観測
- パワーリサイクリング導入(2001/10~)
- してから初めての長期運転

● パワーリサイクリング

- リサイクリングミラーと主干渉計で
 - 光共振器を構成・内部光量を増加
- ⇒ 散射雑音・検出系雑音の低減に効果

- 光学要素が複雑化
 - ⇒ 安定動作のための
 - 要求が厳しくなる



長期観測に要求される検出器の性能

● 検出器の感度

□ リサイクリングによる感度の向上

□ □ パワーリサイクリング・ゲイン: 4.5

□ □ ベスト感度: $2.7 \times 10^{-21} [/\text{Hz}^{1/2}]$ (@1.5kHz)

● 検出器の安定度

□ アライメント制御などの改良による安定度の向上 (DT7比)

□ □ 収集されたデータ総量: 1158時間 (10分以上の連続動作データ)

□ □ 稼働率: 81.3%

□ □ 最長ロック時間: 20.5時間

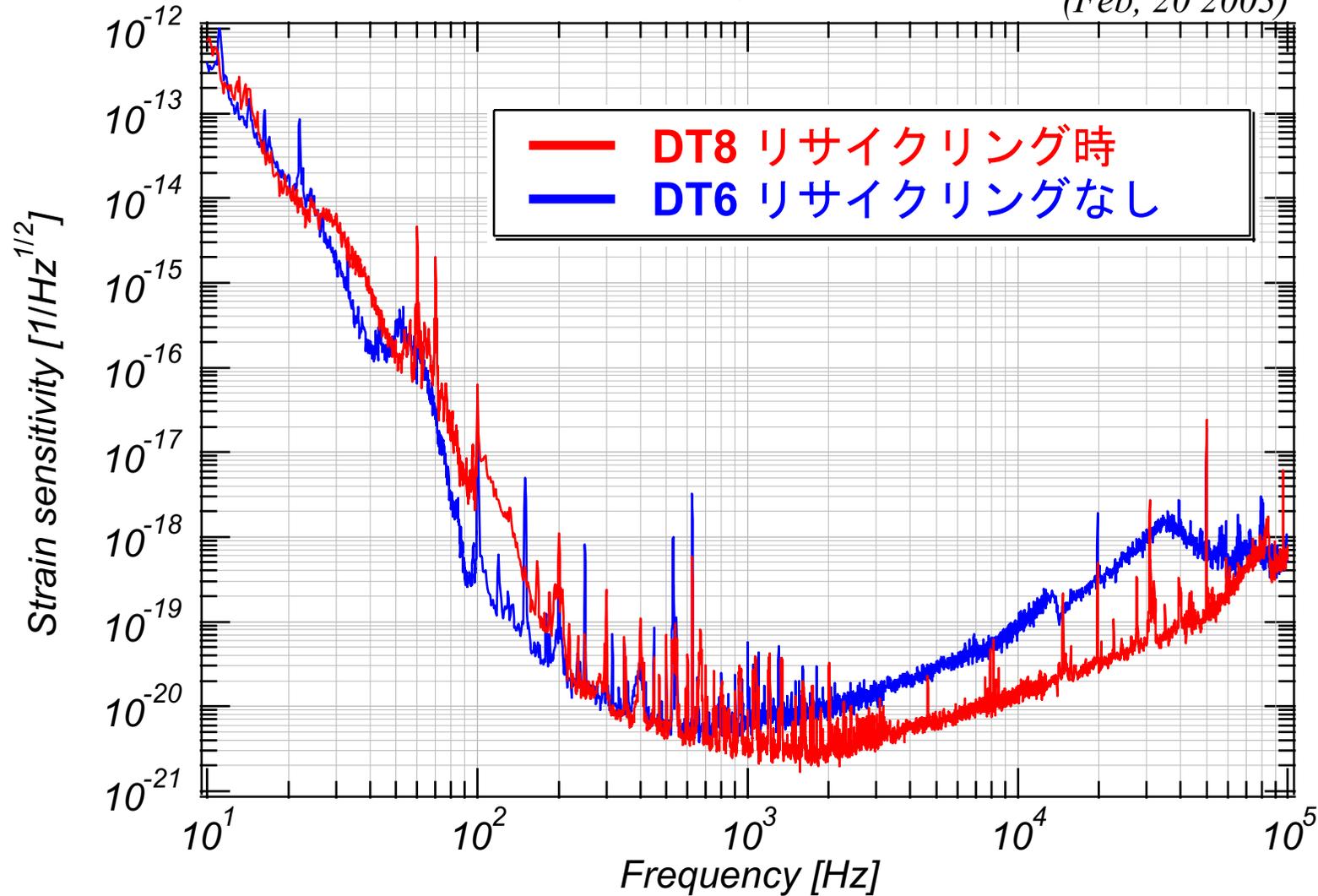
● 検出器の操作性

- 干渉計の自動ロック機構のリサイクリング対応

パワーリサイクリングによる感度の向上

Strain sensitivity of TAMA300

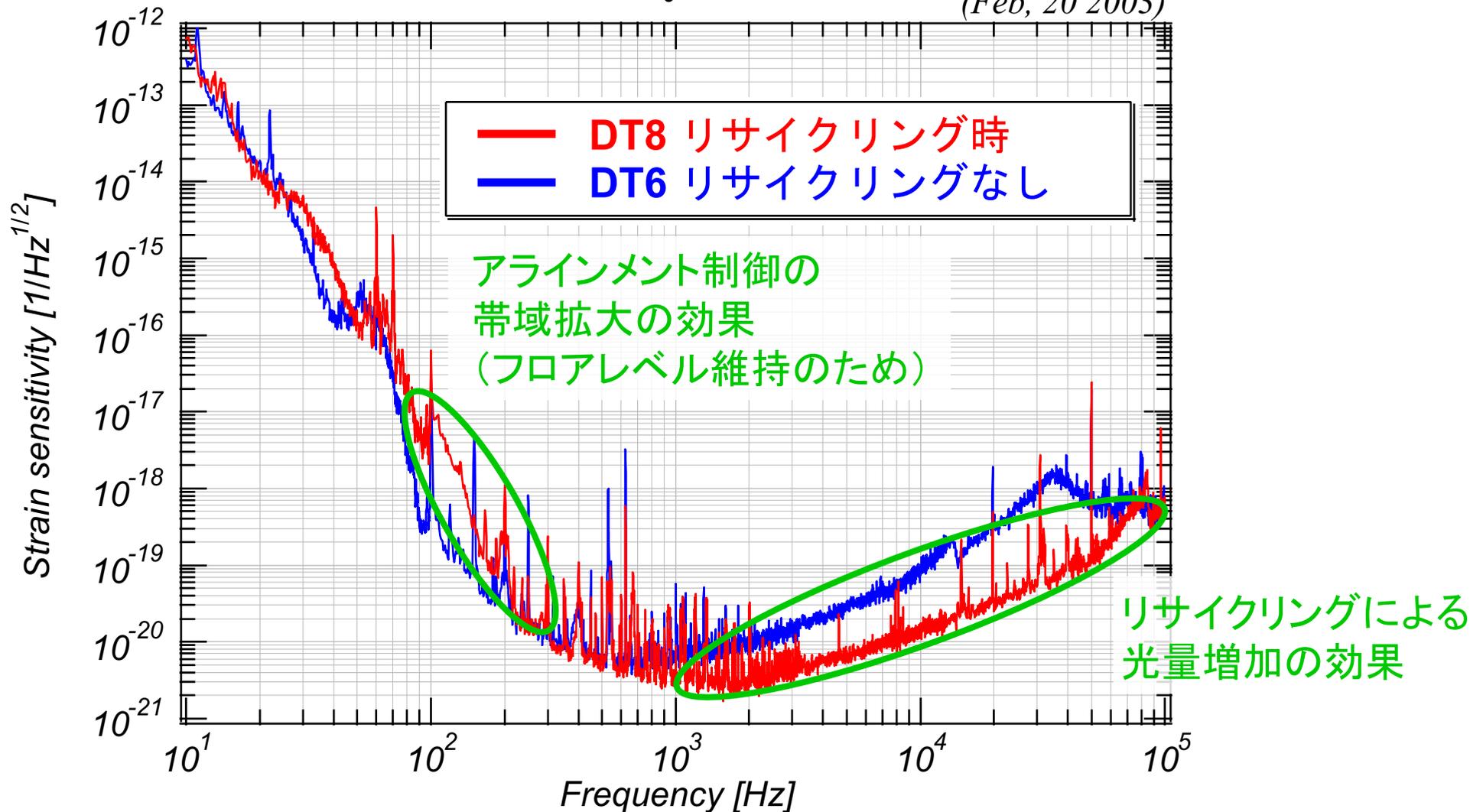
(Feb, 20 2003)



パワーリサイクリングによる感度の向上

Strain sensitivity of TAMA300

(Feb, 20 2003)



600Hz以上の帯域で3~10倍の感度向上

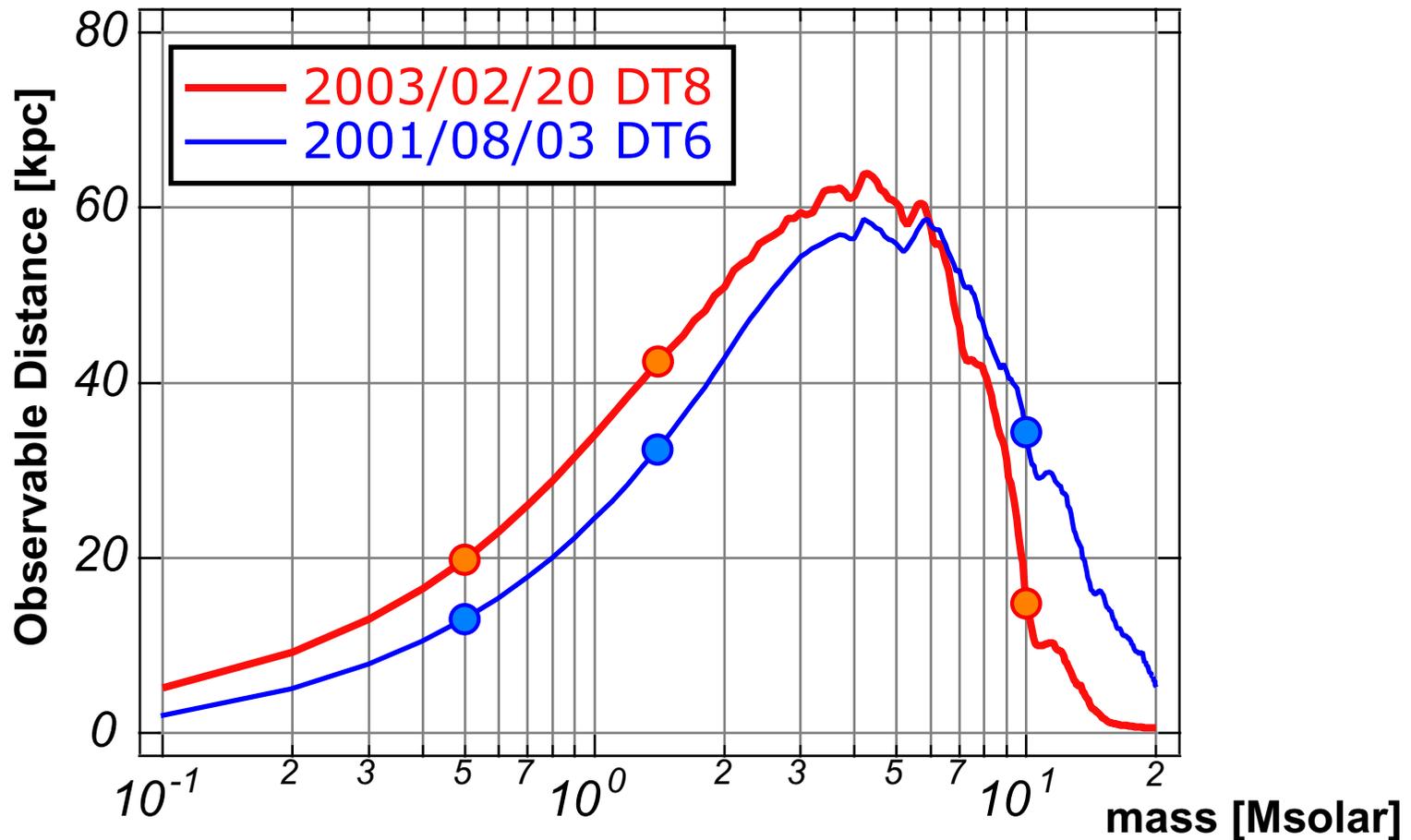
フロアレベルの改善:

$$\square \text{ DT6 } \square 5 \times 10^{-21} / \text{Hz}^{1/2} \Rightarrow \text{ DT8 } \square 2.7 \times 10^{-21} / \text{Hz}^{1/2}$$

感度の評価 "Observable distance"

コンパクト連星合体がSNR=10で検出できる距離
(最適方向からの入射を仮定)

	DT6	DT8
□ $m=0.5$ □ (Macho BH): □ 14 kpc		20 kpc
□ $m=1.4$ □ (NS): □ □ 33 kpc		42 kpc
□ $m=10$ □ (BH): □ □ 34 kpc		15 kpc



干渉計を安定に動作させる

● 地面振動：安定度を損なう最大の要因

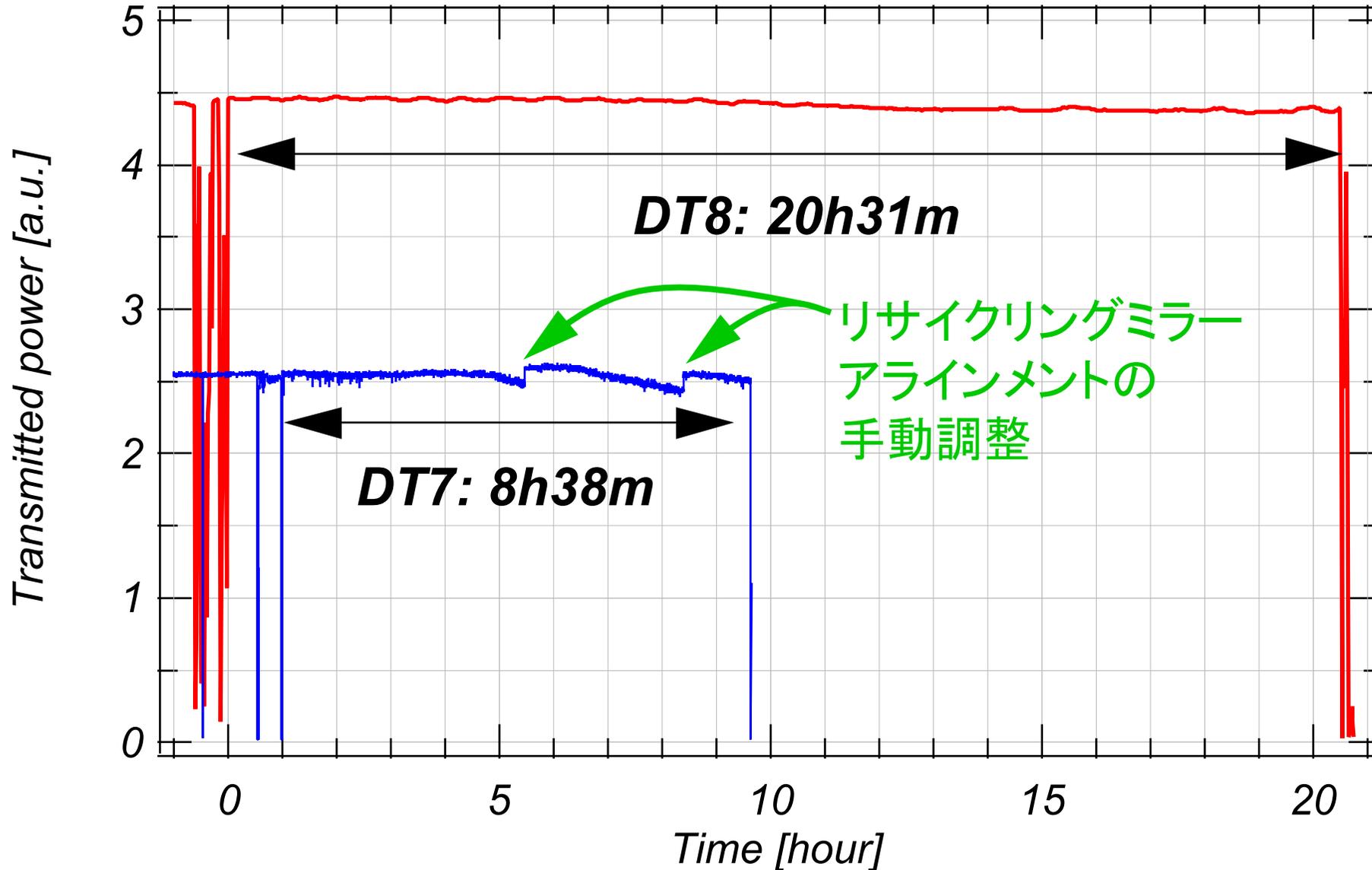
- TAMA300サイト ~ 市街地の只中にある
- 地面振動レベル：他の大型干渉計に比べると、およそ10倍
神岡鉱山内に比べると100~1000倍
- => 腕共振器の鏡のアライメント制御(帯域~10Hz) / 能動防振装置

● 長期ドリフトの補償

- 腕の光路長やミラーアライメントのゆっくりとした「ずれ」
- 温度・気圧などの環境変動や人的要因(地下水汲み上げなど)
- => 光路長ドリフト補償
- □ リサイクリングミラーのアライメント制御(帯域<10Hz)
- □ 300mの光軸の制御

安定度の改善

- DT7, DT8での最長ロック
干渉計内光量の変動

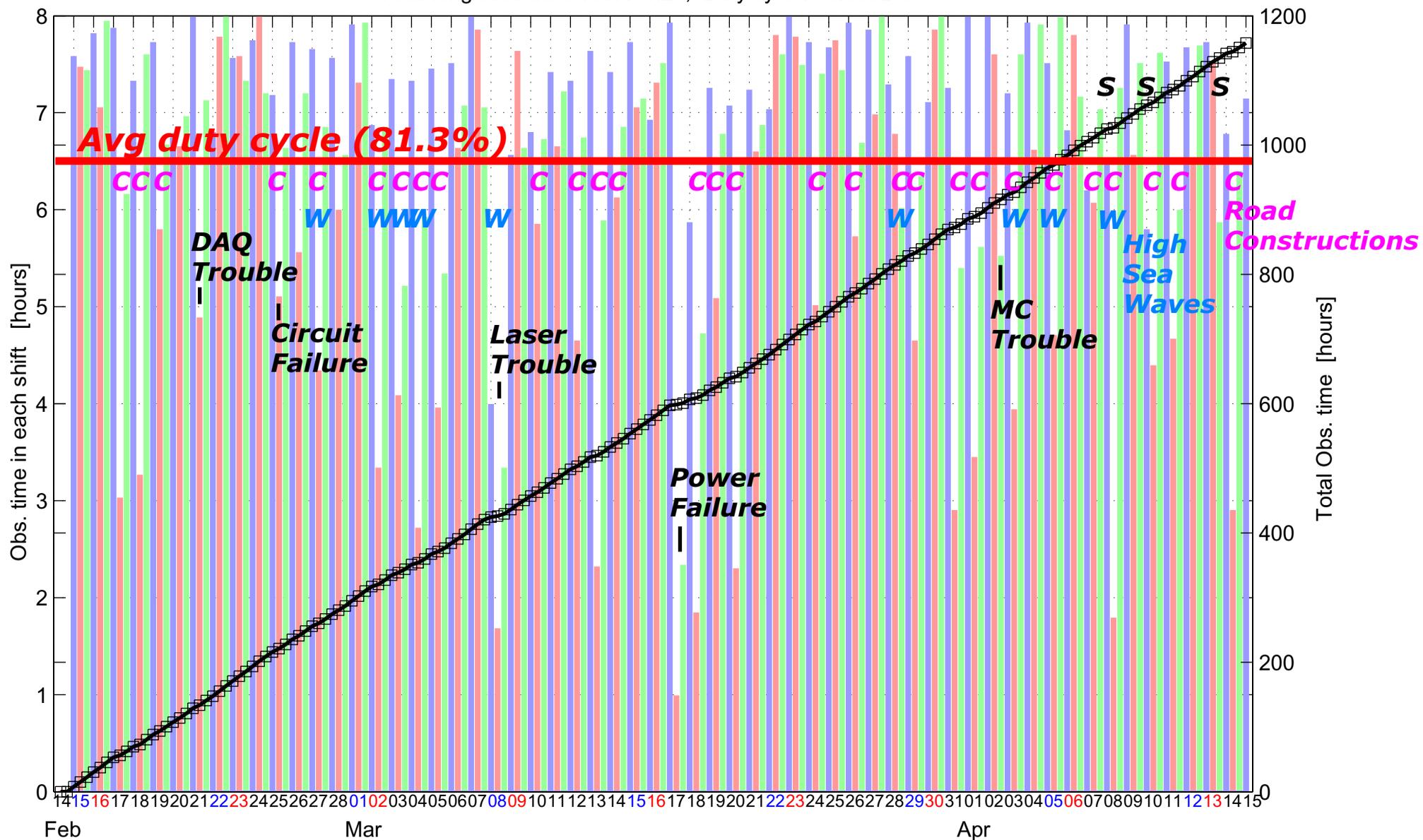


稼働率

● 1157時間51分 (1424時間中 / 稼働率 81.3%)

Start: Feb 14, 2003, Fri, 23:00:00 JST, End: Apr 15, 2003, Tue, 07:00:00 JST (Total run time: 1424:00:01)
Total long obs. time: 1157:51:26, Duty cycle: 81.3102%

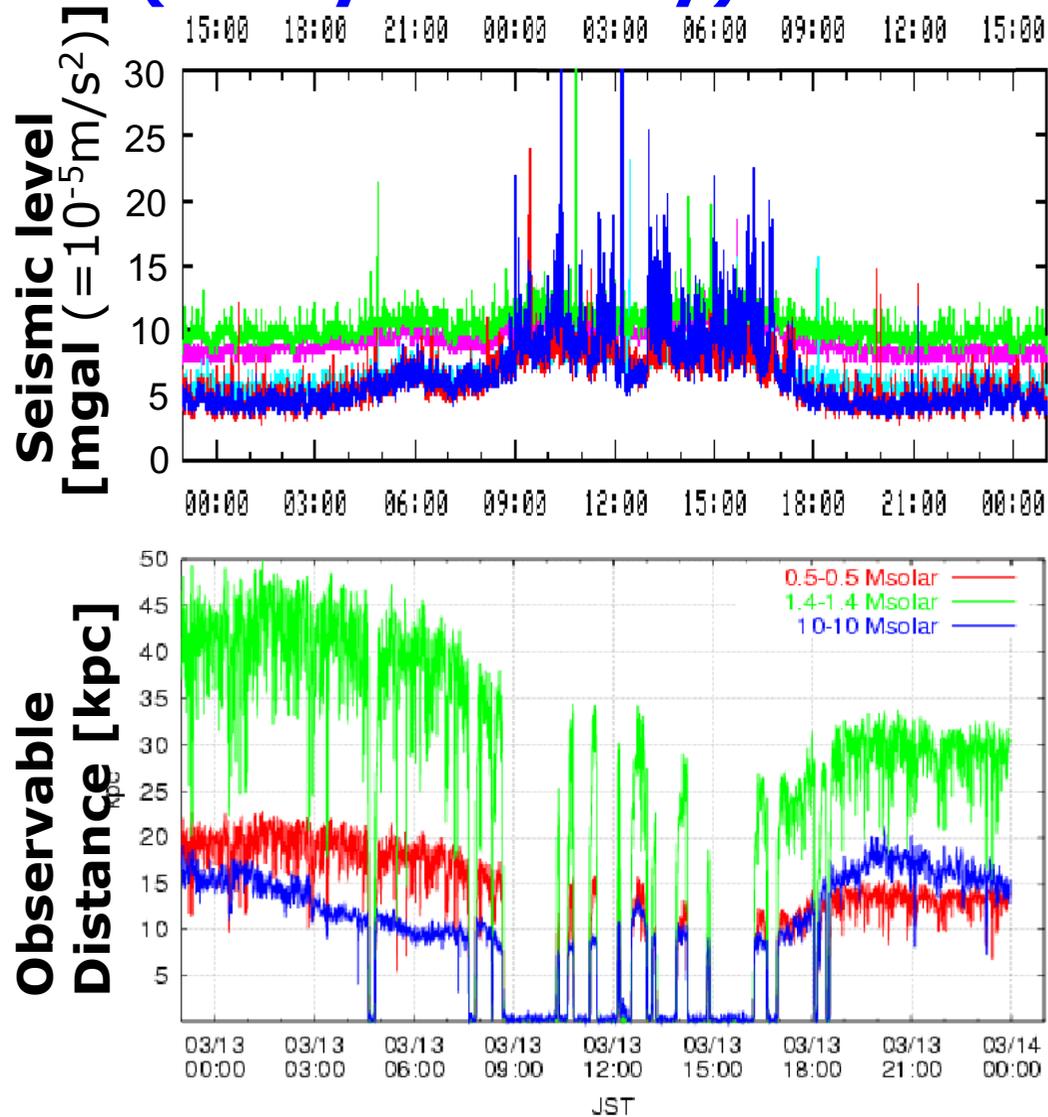
Signal Injection Experiment



DT8中の工事の影響

13rd May, 2003 (Thu)

(Noisy weekday)

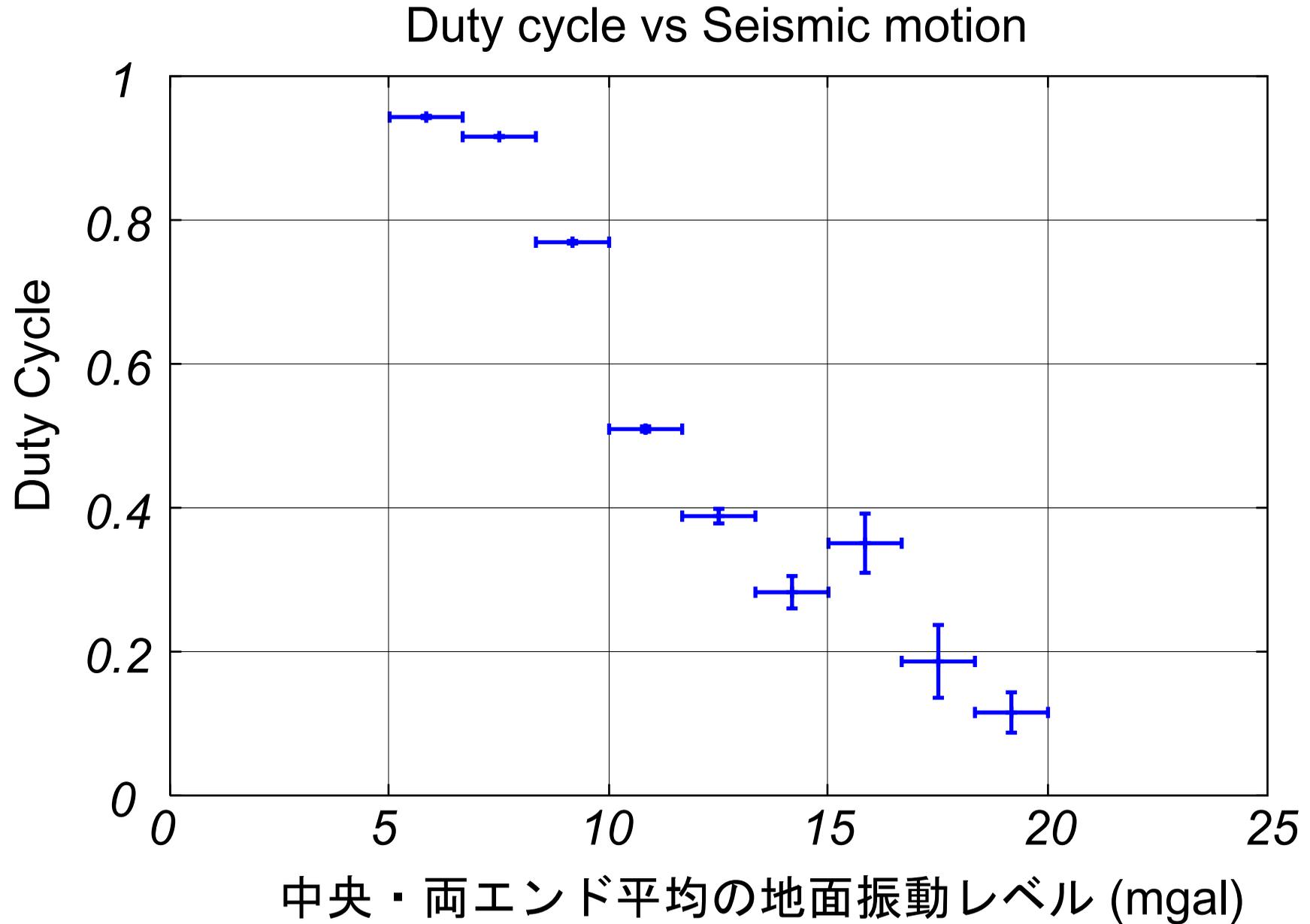


Thu Mar 13 23:59:17 2003



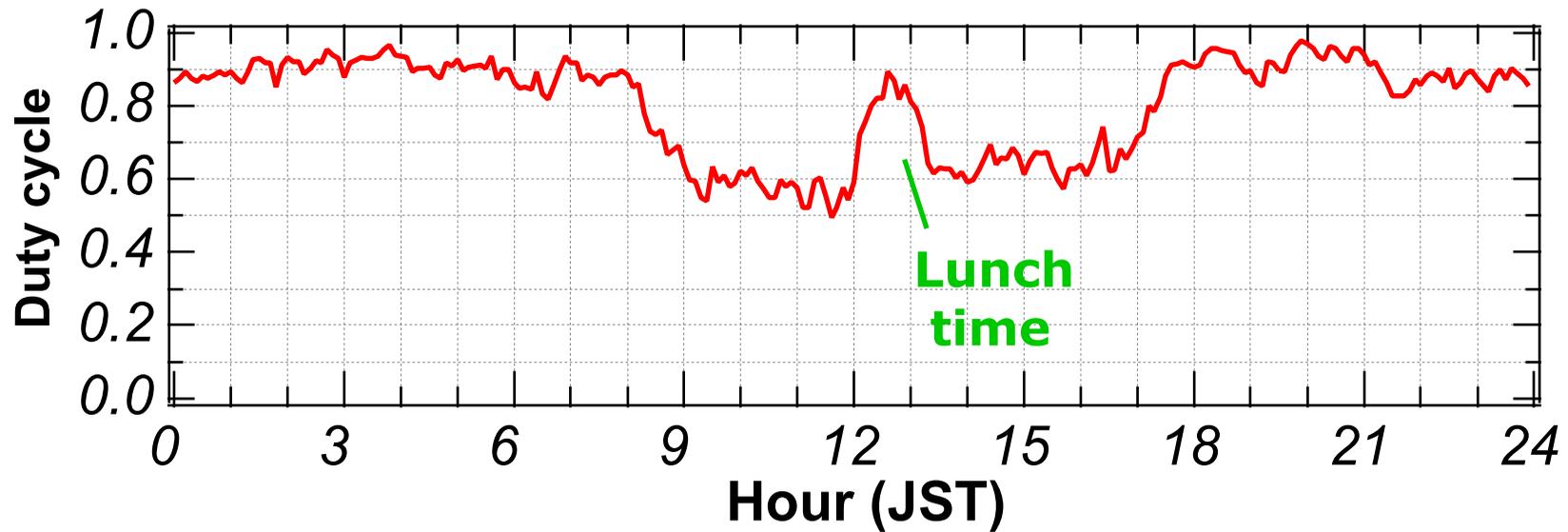
サイトの外周で行われていた
遺跡発掘調査

地面振動レベルと稼働率の相関

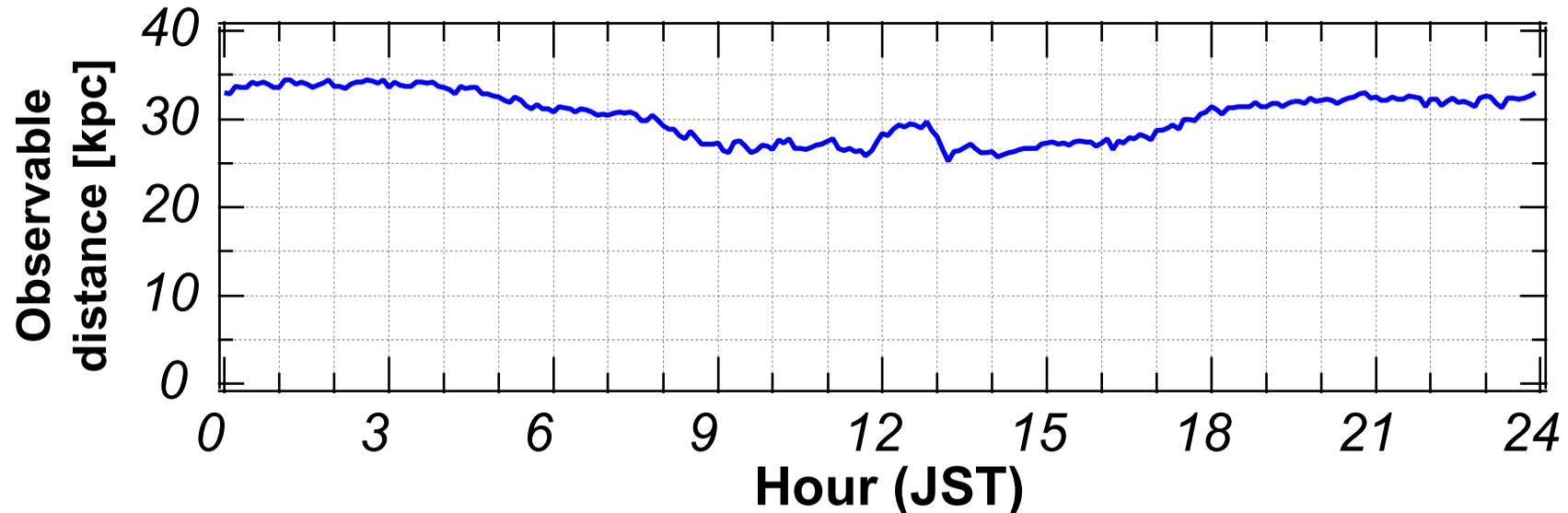


平均地面振動レベルが10mgalを超えると稼働率が顕著に落ちる

稼働率・感度の日周変動



工事があると干渉計動かない => 昼間の稼働率 60%・夜間の稼働率90%



工事がなく、昼間稼働しても => 約20%の感度悪化

今後の計画

- DT8データの解析
- 雑音低減(主に数100Hz帯)
 - ⇒ひきつづく、2講演
- LIGO S3への参加へむけた観測体制の整備
 - 常時観測を可能にするための、更なる自動化
- 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
- 散射雑音の低減
 - 干渉計内パワーの更なる増加
 - ⇒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8次観測 Data Taking 8 (2003/2/14~4/15)

米国LIGOとの初の完全同時観測

リサイクリング技術導入後初の長期観測

リサイクリングによる感度改善

$$h = 2.7 \times 10^{-21} / \sqrt{\text{Hz}} @ 1.5\text{kHz}$$

改善された安定度

1424時間中 1158時間稼動 => 稼働率 81.3%

稼働率は主に地面振動(近隣での工事)で決まっている

- 今後

DT8データの解析・数 100Hz帯雑音低減

LIGO S3への参加へむけた観測体制の整備