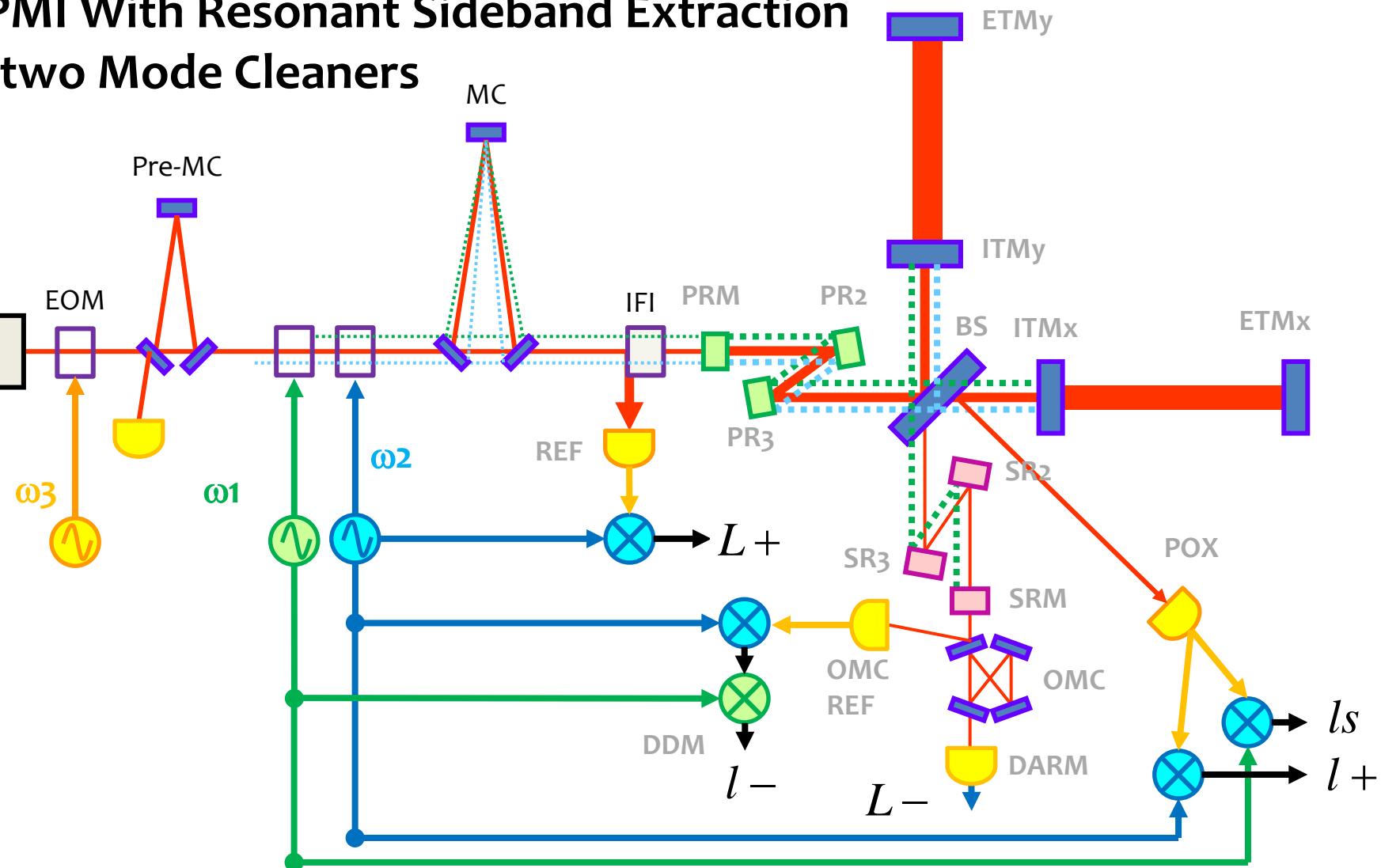


計算機を使った 干渉計“デジタル”リアルタイム制御

2012年12月7日
東大宇宙線研共同利用発表会

宮川 治
(代理:三代木伸二)

■ RFPMI With Resonant Sideband Extraction with two Mode Cleaners



Control of 2nd Generation Laser Interferometer such as KAGRA and LIGO VIRGO

- FP Cavity Length Control : $(L_+, L_-, l_+, l_-, l_s) \rightarrow (L_x, L_y, l_x, l_y, l_{sx}, l_{sy})$
- Five degrees of freedom.

$$L_+ = \frac{L_x + L_y}{2}, \quad \text{FP cavity common motion} \\ (\rightarrow \text{Use as F-stabilization reference})$$

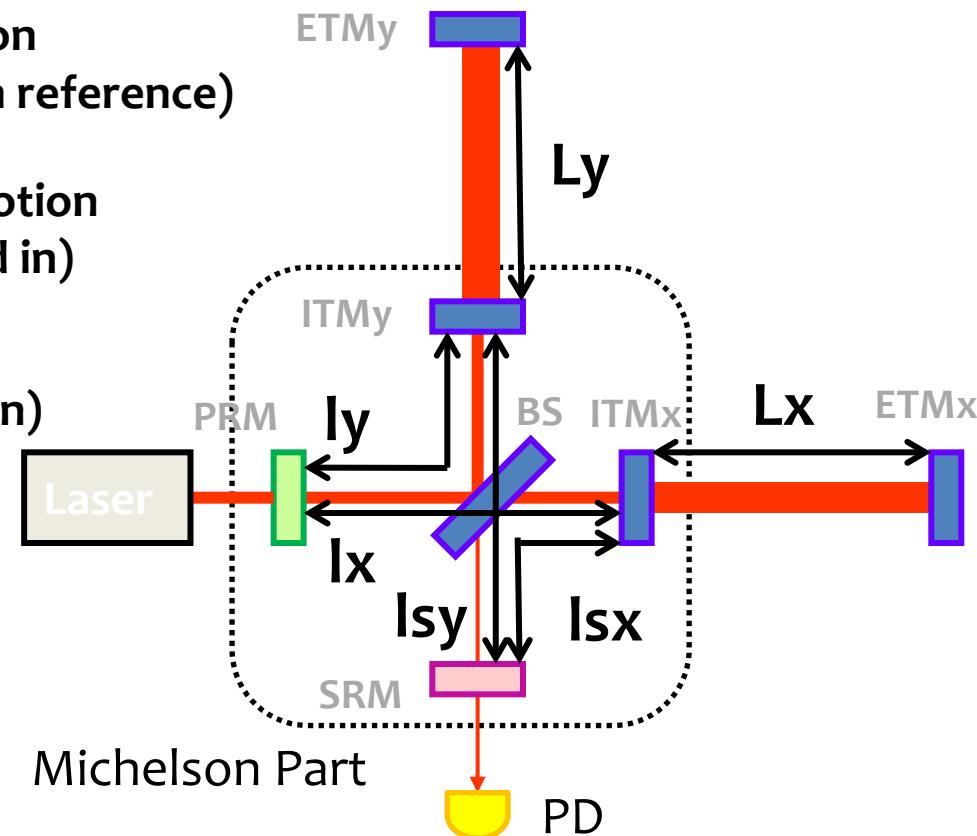
$$L_- = \frac{L_x - L_y}{2}, \quad \text{FP cavity differential motion} \\ (\text{GW signals are included in})$$

$$l_+ = \frac{l_x + l_y}{2}, \quad \text{PRC length motion} \\ (\text{Michelson Part Common})$$

$$l_- = \frac{l_x - l_y}{2}, \quad \text{Michelson Part} \\ \text{Differential motion}$$

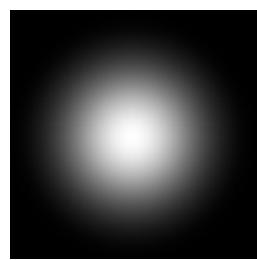
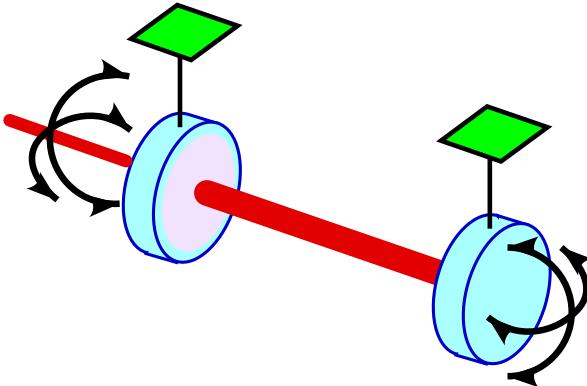
$$l_s = \frac{l_{sx} + l_{sy}}{2} \quad \text{SRC length motion}$$

Common : Same motion from BS
 Differential : Opposite motion from BS

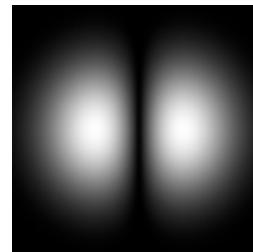


Control of 2nd Generation Laser Interferometer such as KAGRA and LIGO VIRGO

■ Mirror Alignment Control (Pitch and Yaw motion) for all mirrors are required, otherwise, higher TEM modes are induced and it deteriorate GWD sensitivity.



TEM_{00}



TEM_{10}
 TEM_{01}

2012/12/7 東大宇宙線研共同利用研究発表会

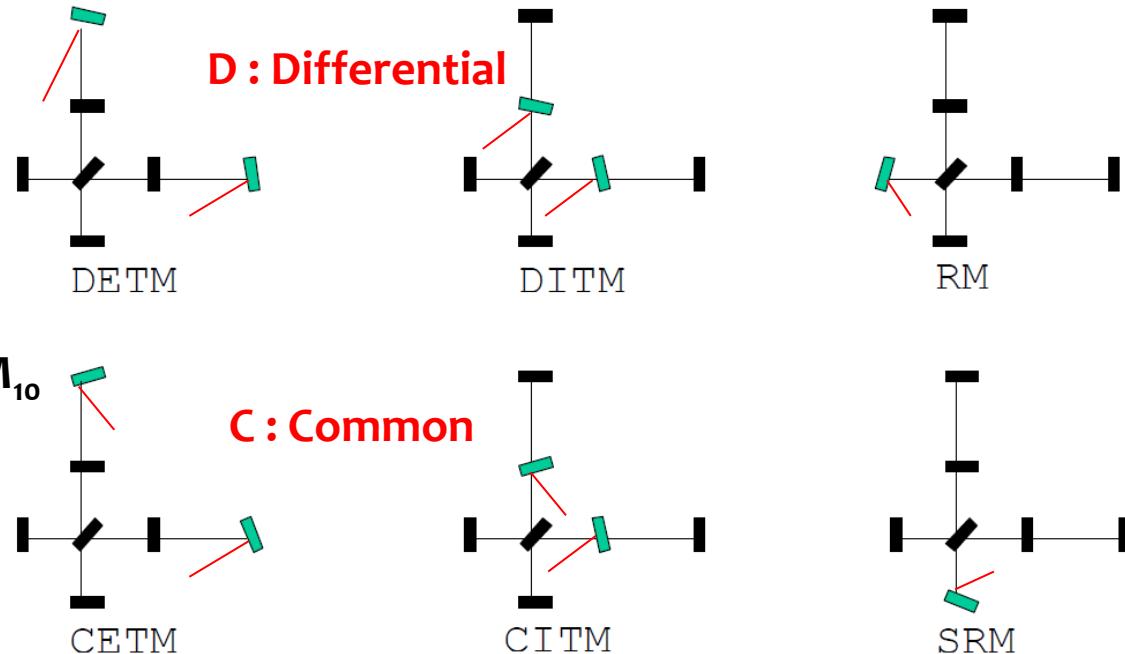
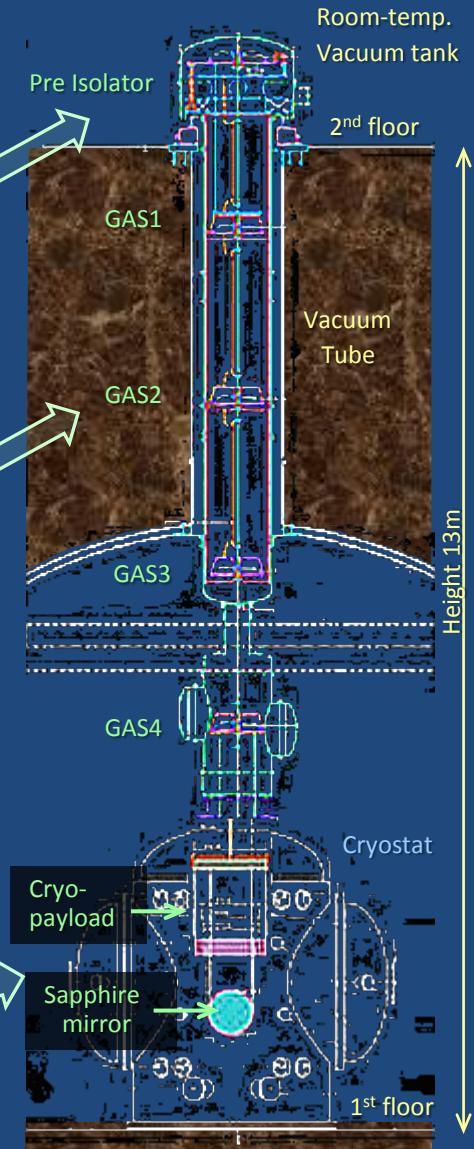
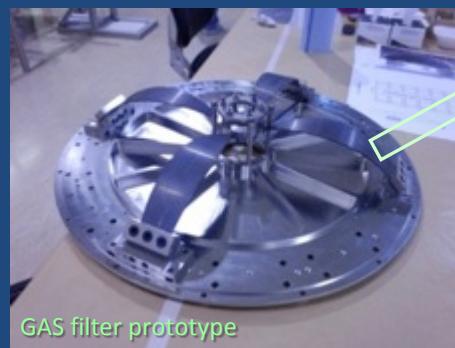


Fig 4. Degrees of Freedom

Seismic Noise Isolation using Multi-Pendulum

- ・多段振り子の共振による大きな揺れを制御しつつ、鏡の位置を制御する必要がある。

鏡駆動系の電気雑音が、感度を犯さないように、階層的な駆動が必要。

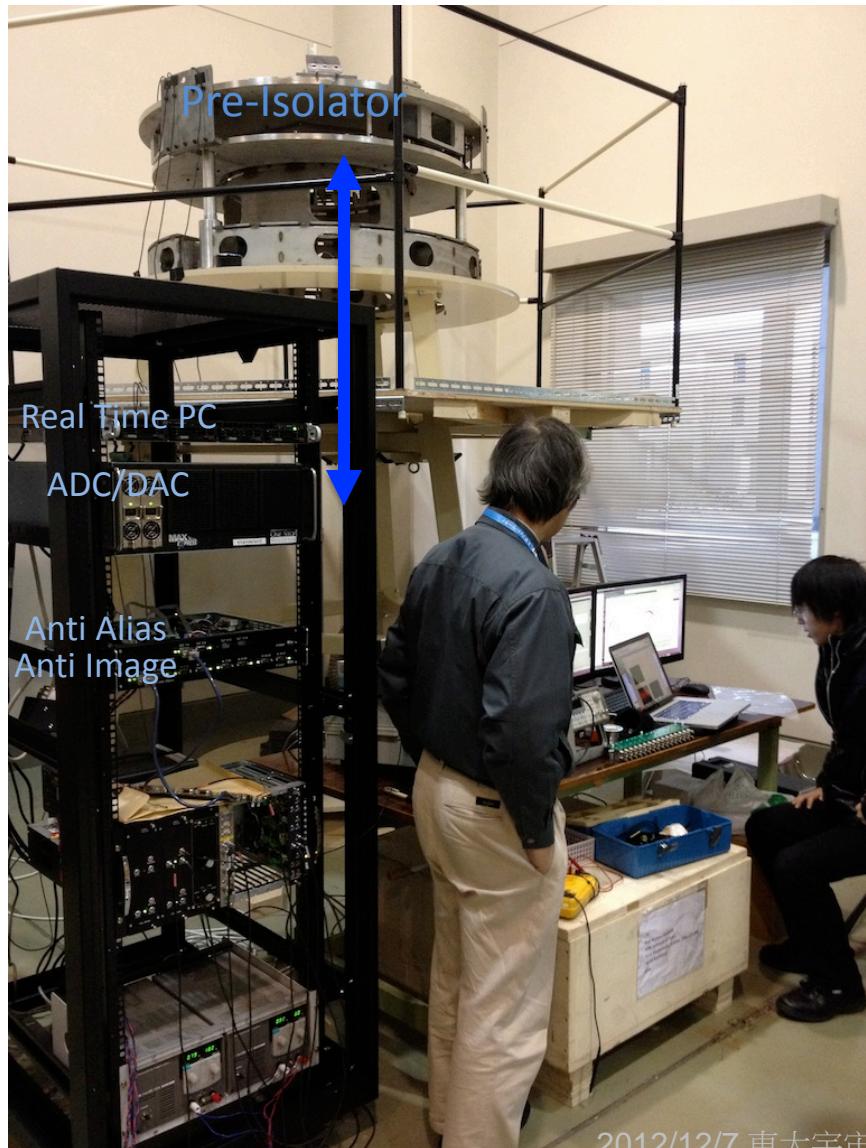


- アナログ制御からデジタル制御への転換が必須
(但し、制御のUGF < 1kHz程度までだが、KAGRAの制御のほとんどが含まれる)
- LIGOとMOUを結んで、デジタルシステム開発中
- 重力波データ・環境データ取得系との親和性確保

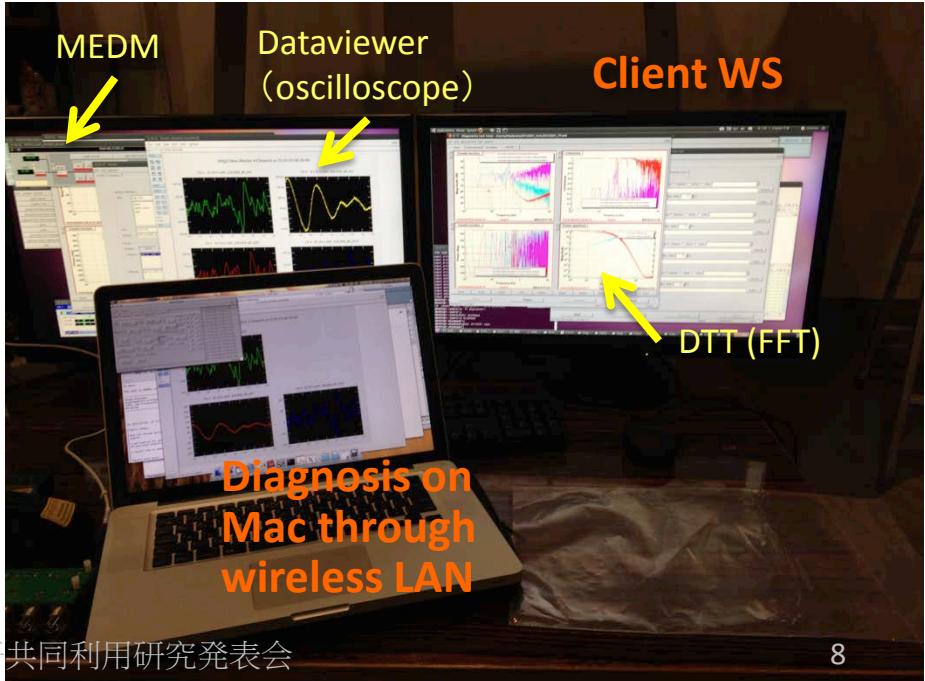
FY	2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016		
Quarter	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	
Main Phase	Design						Tunnel						Vacuum			FPMI		RSE			
Prototype test	CLIO operation	■	■	■																	
	Data analysys test						■	■	■	■	■	■									
Standalone system for subsystems	Hard/software setup				■	■	■	■	■	■	■	■									
	Circuit						■	■	■	■	■	■									
	Delivery						■	■	■	■	■	■									
Article test	Small network					■	■	■	■	■	■	■									
	Large network sytem						■	■	■	■	■	■									
	Circuit						■	■	■	■	■	■									
	Inspection							■	■	■	■	■									
Full system	Installation												■	■	■	■	■	■	■	■	
	Tuning															■					
Upgrade	RSE																■	■	■	■	
	Cryo																				

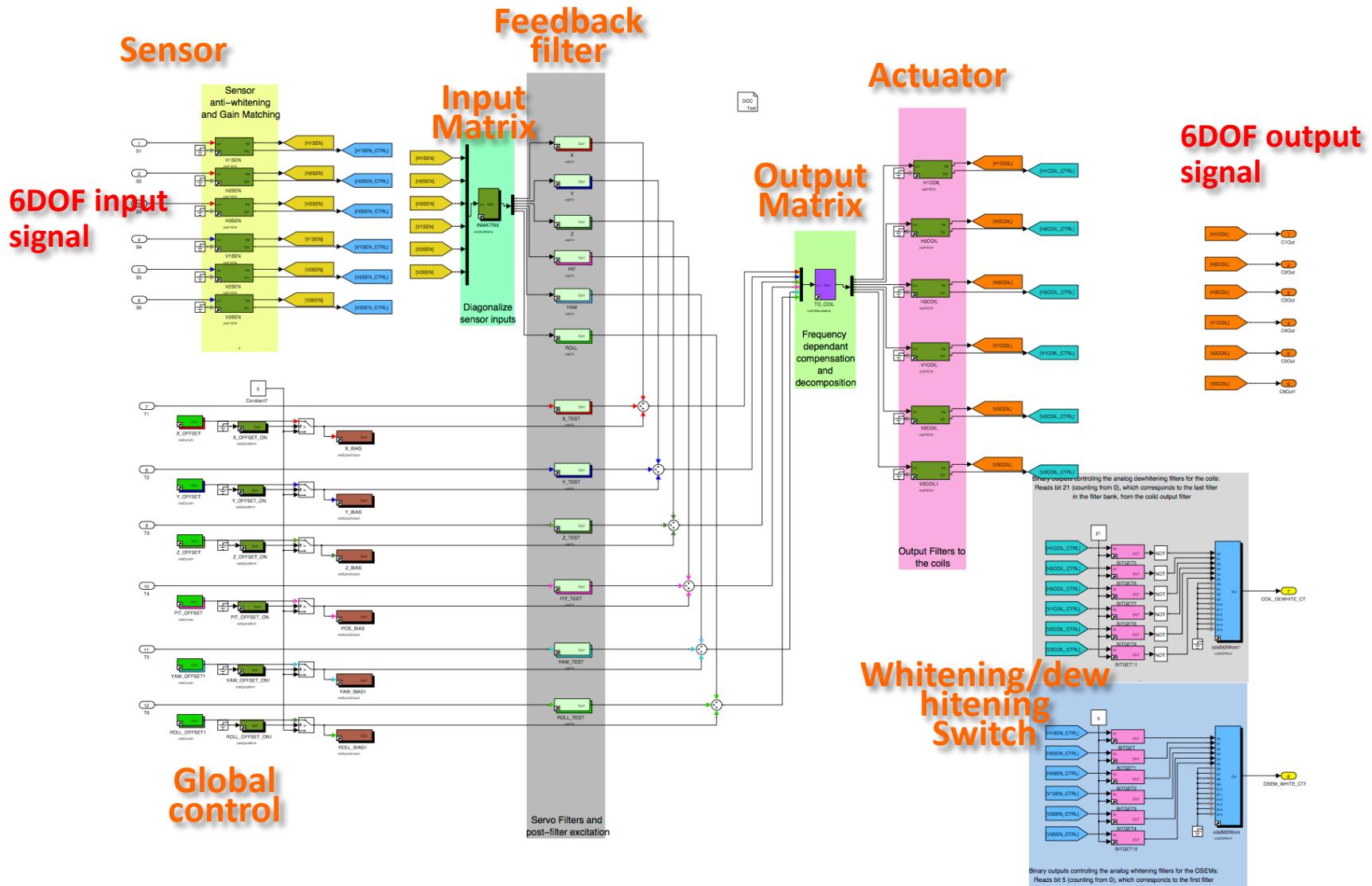
- A. 2009-2010 prototype test @ CLIO (done)
 - Basic IFO operation and noise performance
 - B. 2011~ standalone system for subsystem (system: done, 2/5 delivered)
 - Data analysis, VIS, (IOO, CRY...)
 - C. 2011 Small network test with 1 master and 2 RT PCs (done)
 - GE RFM, Dolphin RFM, DAQ, timing network
 - D. 2012-2013 Full test@ Kamioka new building
 - Constructing many RT rack modules
- 
- Installation into KAGRA mine

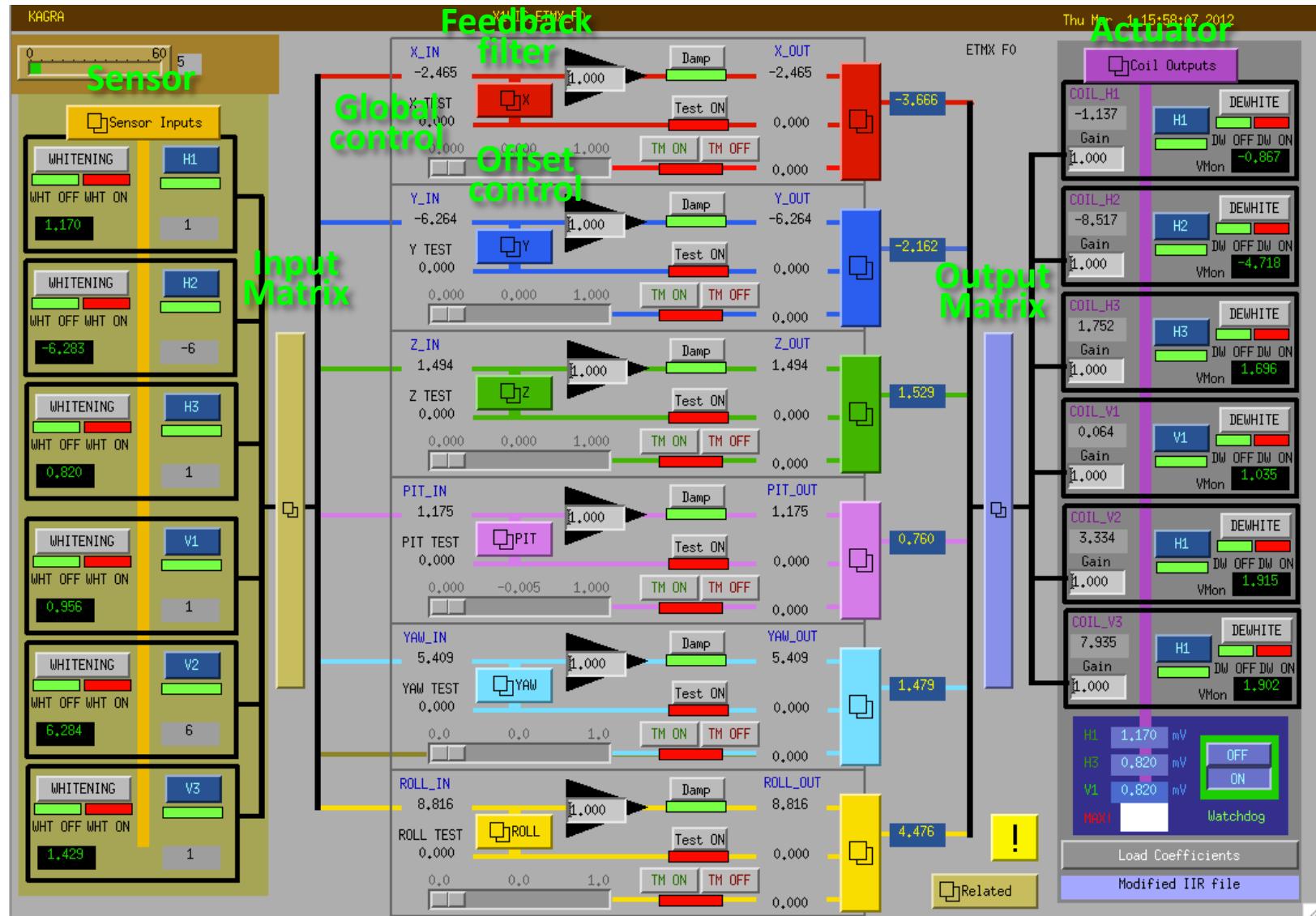
Delivering standalone digital system to VIS group at ICRR, Kashiwa

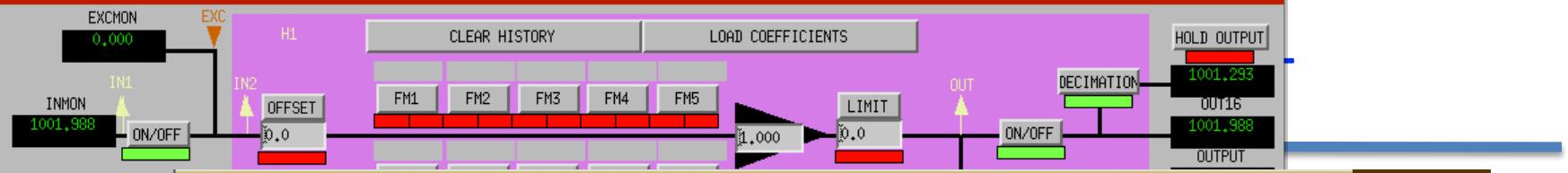


- Simple standalone system (RT PC + ADC/DAC, AA/AI, Client WS, router) has been delivered to VIS group at Kashiwa on 1/30/2012.
- 3days work for installation, lecture, training and measurement/control







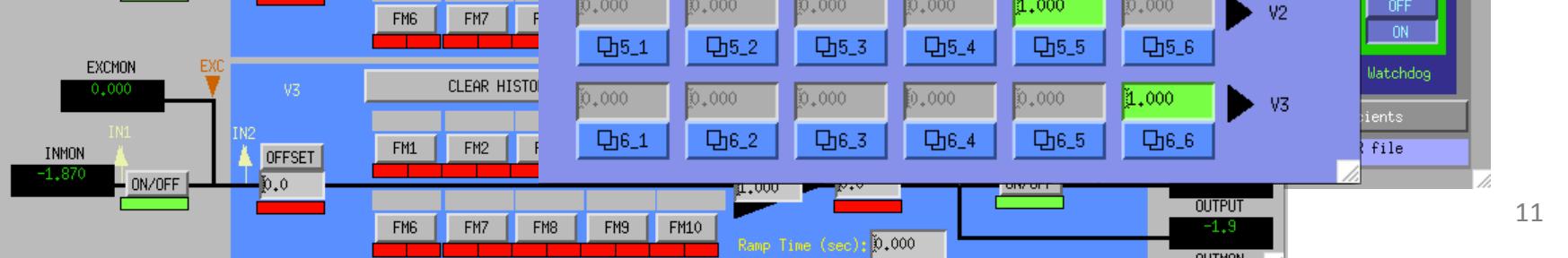
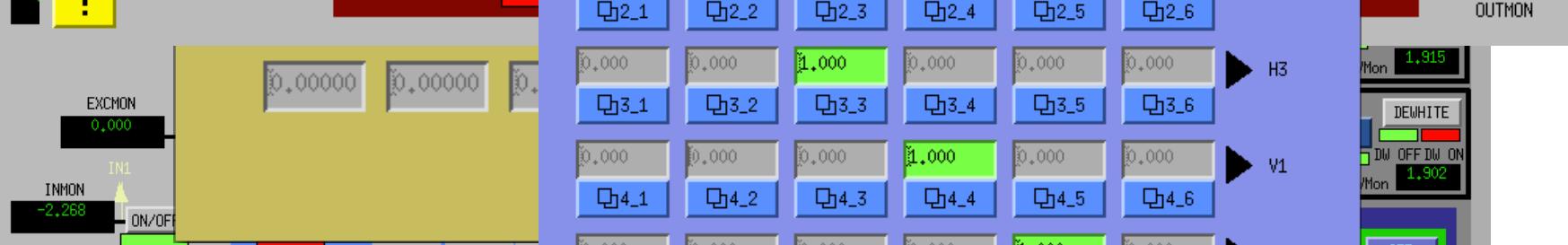
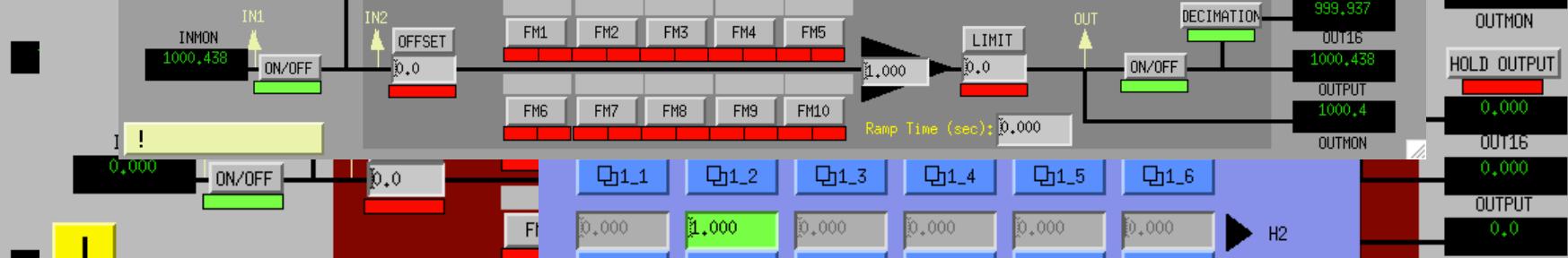


X1VIS_ETMX_F0_X



X1VIS_F0_TO_COIL_1_1

Thu Mar 22 15:31:07

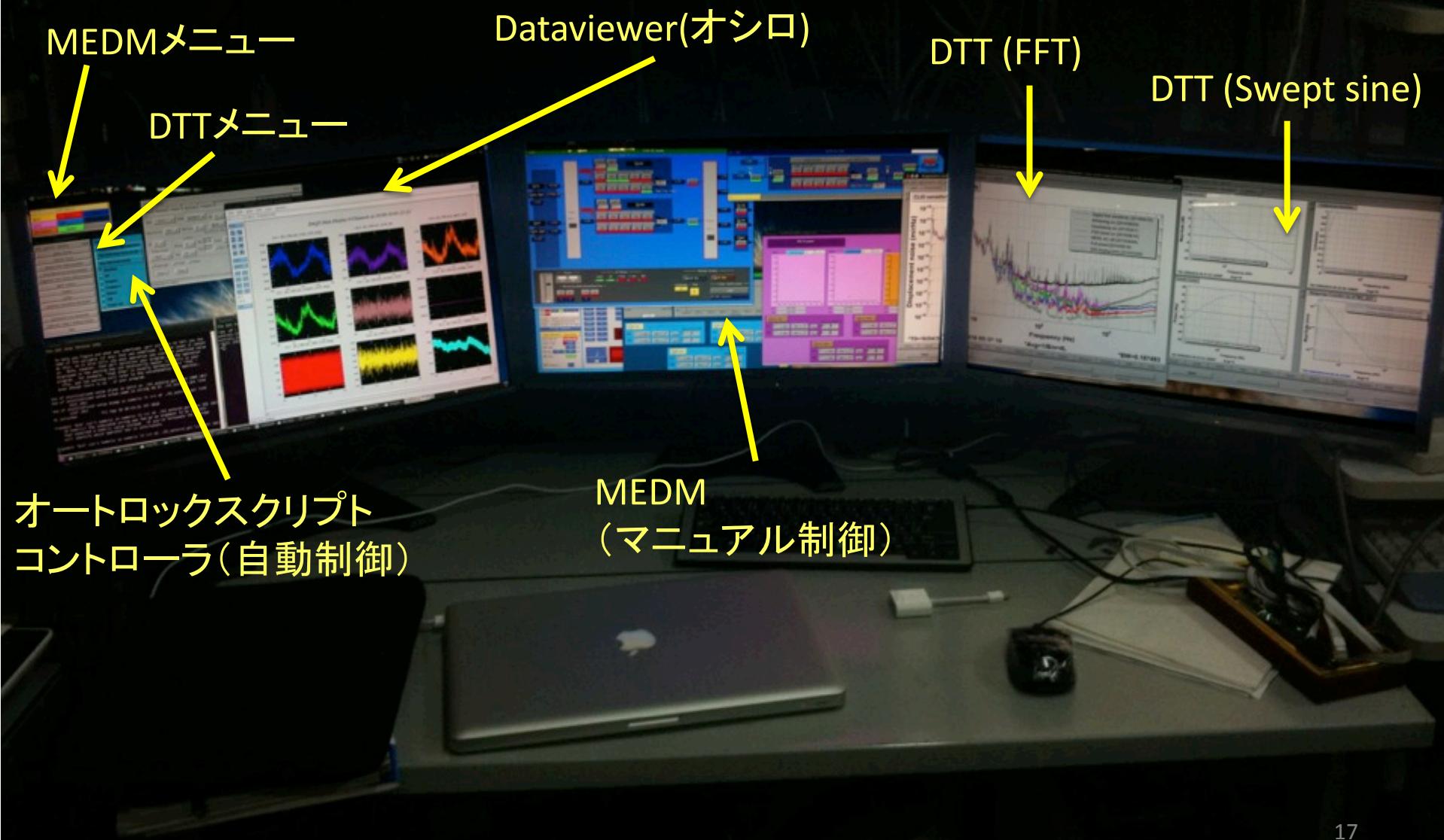


Detector Characterizationシステムの開発・試運転

- 内山、田中、端山、宮川、三代木、山本、譲原の6人で入坑
- 2012年10月15日~19日の5日間（前半3日で準備、3日目途中から実際のデータ取得）

1. KAGRAで使用するリアルタイム制御用DAQシステムから生成されるフレームデータの検証
2. 観測からサイエンスを引き出すため、リアルタイムに観測データの質や状態を把握するシステムの開発
 - CLIOの各装置モニター、周辺環境モニターを設置し、多面的にCLIOの観測状態の把握
 - 雑音解析の結果をリアルタイムに表示
 - 観測から期待できるサイエンスのモニター
3. キャリブレーションによって干渉計の位相の変化を時空の歪みに変換

Client system



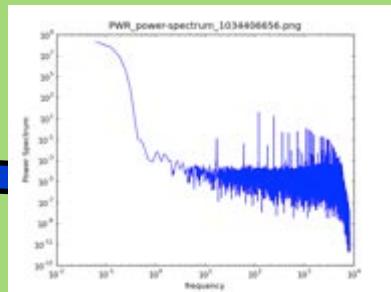
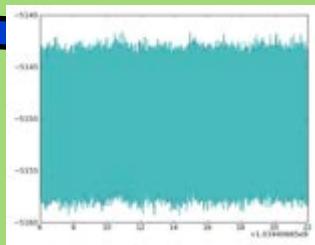
Detector Characterizationシステム

各装置モニター

16秒毎



photo detector



RT計算機

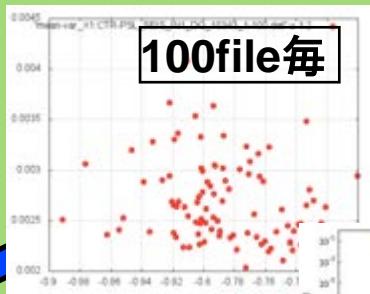


16秒毎に
リアルタイム
で更新

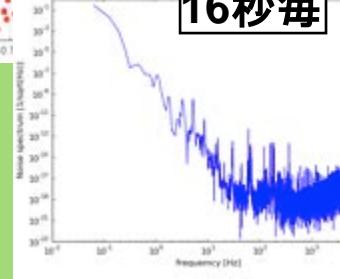
刃環境モニター



加速度計



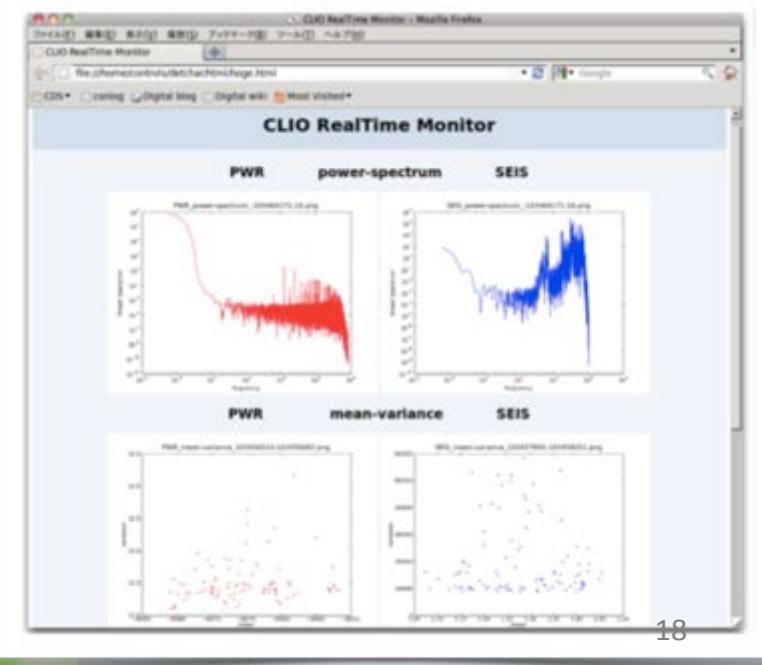
16秒毎

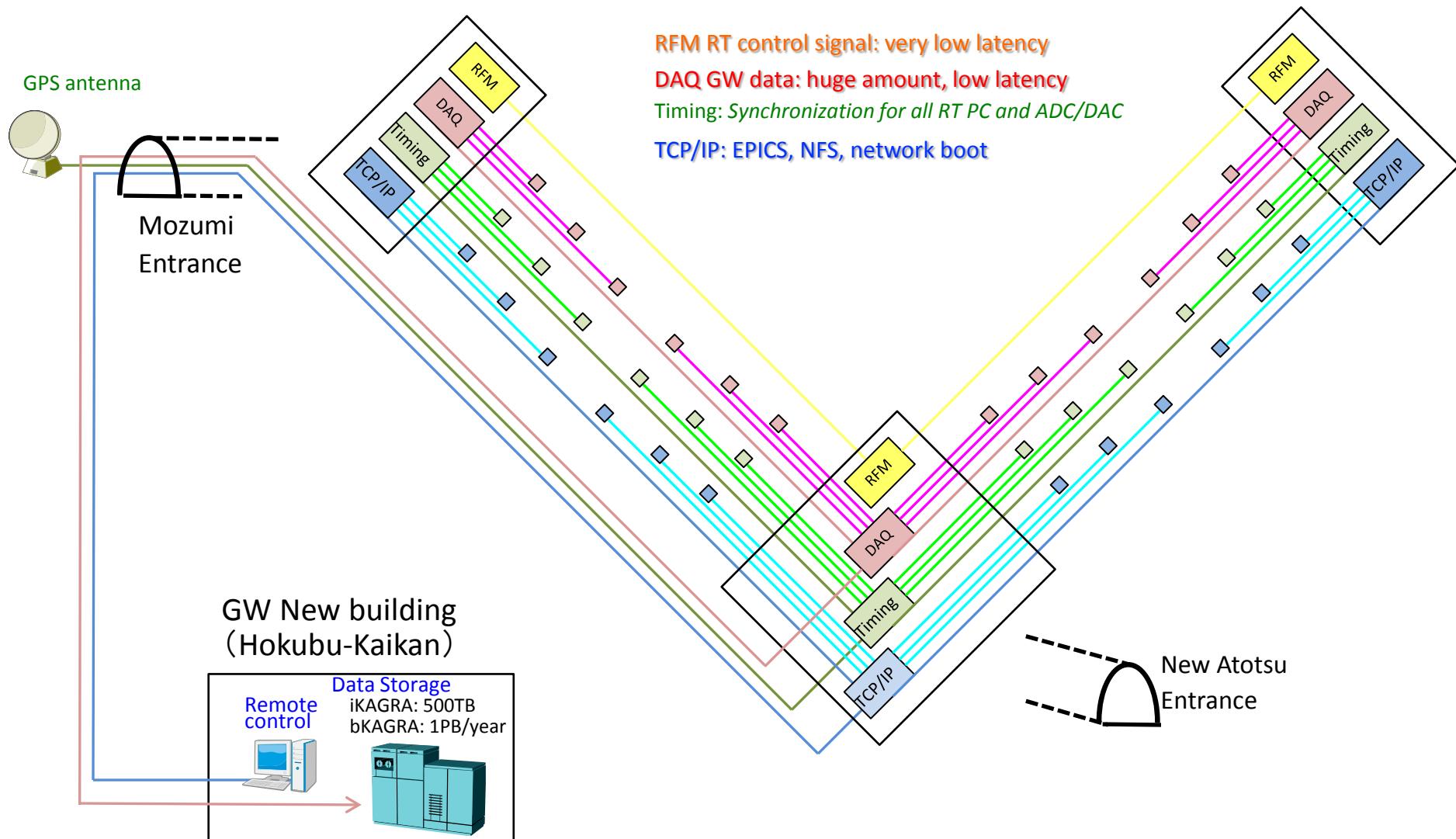


感度モニター



CLIO







写真提供:鹿島建設