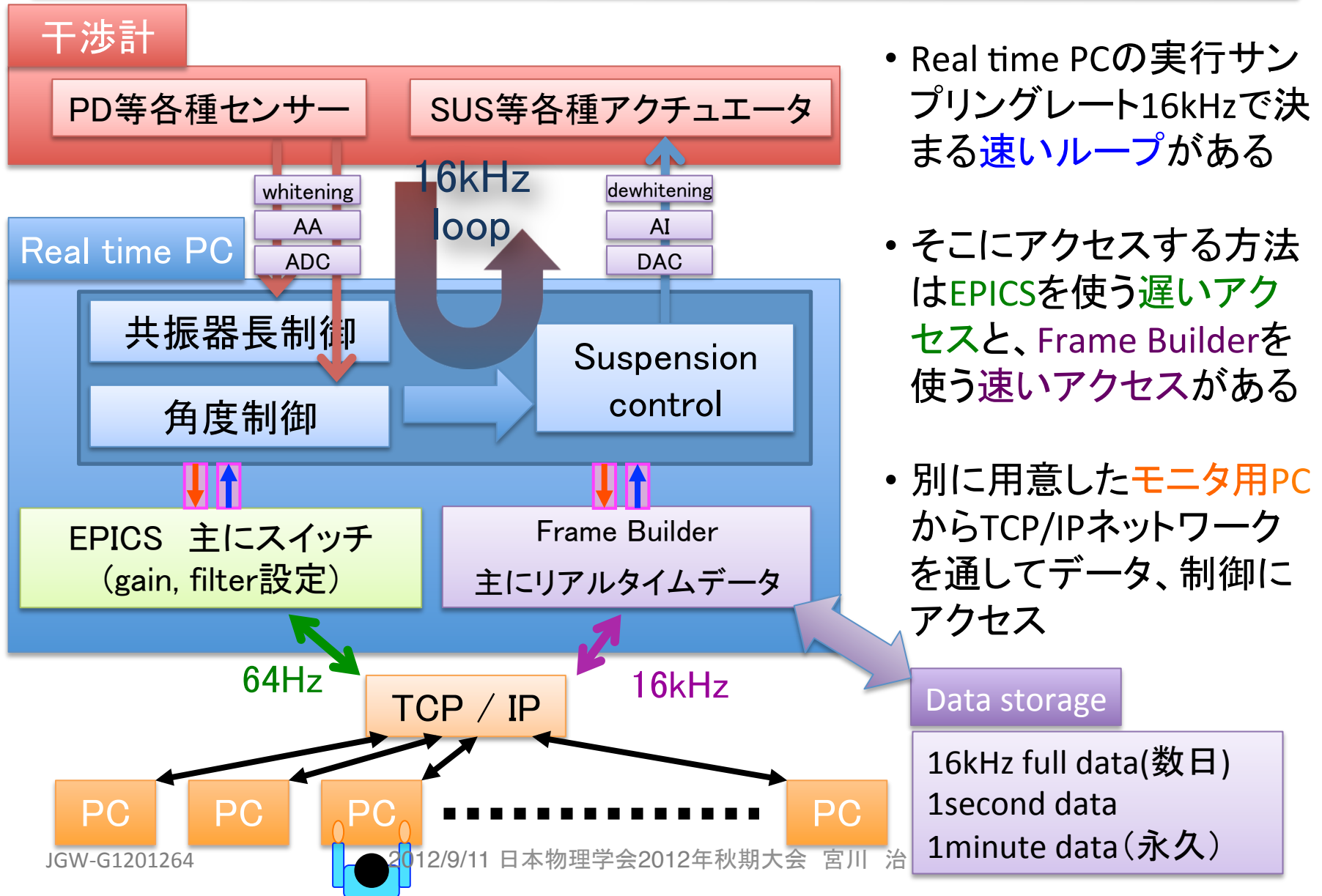


# 計算機を利用したKAGRAの制御(Ⅲ)

2012/9/11(火) 日本物理学会2012年秋期大会  
於 京都産業大学

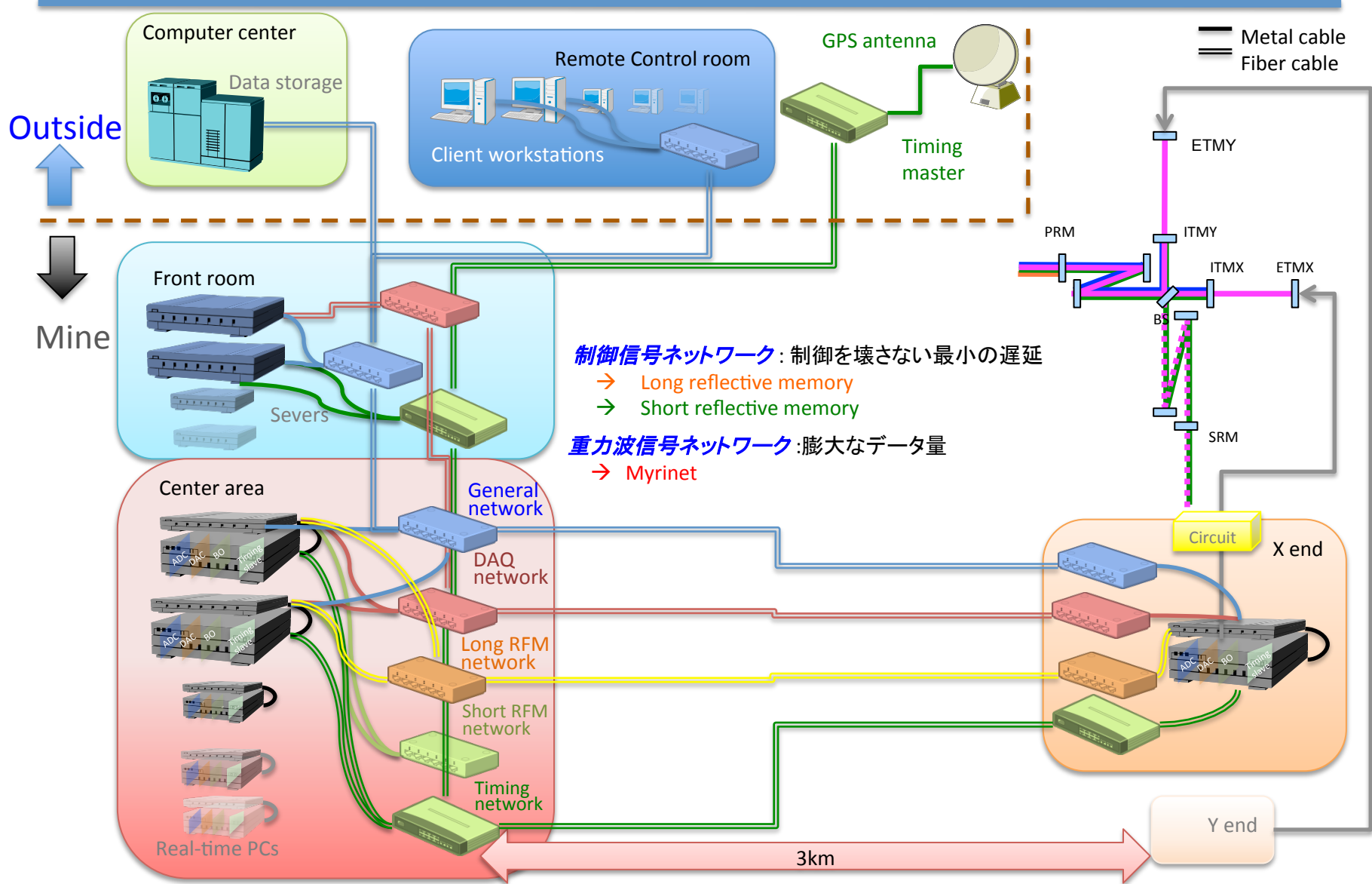
宮川 治、大石奈緒子、上泉眞裕、三代木伸二(東大宇宙線研)  
和泉究(東大天文)  
麻生洋一、道村唯太(東大理)  
端山和大(国立天文台)  
譲原浩貴、山本尚弘、神田展行(大阪市立大)  
and  
KAGRA collaboration

# KAGRAのための計算機による リアルタイム制御の概念図



- Real time PCの実行サンプリングレート16kHzで決まる**速いループ**がある
- そこにアクセスする方法はEPICSを使う**遅いアクセス**と、Frame Builderを使う**速いアクセス**がある
- 別に用意した**モニタ用PC**からTCP/IPネットワークを通してデータ、制御にアクセス

1. **リアルタイム制御**としての役割
  - 複雑な多自由度制御への対応
2. **重力波データ取得システム**としての役割
  - 制御信号＝重力波データ
3. **干渉計調整システム**としての役割
  - 感度向上までの時間短縮
4. **干渉計自動運転**としての役割
  - 安定した観測体制
5. **各種情報収集システム**としての役割
  - 数千に及ぶ多チャンネル環境信号





### 1. Stand Alone system (STDA) test from FY2009~: being continued

- CLIOを使ったリアルタイムシステムの基本的テスト
  - ロックアクイジション、制御、スクリプトによる初期アラインメント、キャリブレーション
  - ADC, DACのノイズパフォーマンス
- サブシステムへの配布

### 2. Small network test in FY2011: done

- 複数台のリアルタイム計算機を繋いだネットワークテスト
  - リアルタイム制御信号、EPICS信号、重力波データ
- 複数計算機の同期

### 3. Large network test in FY2012, FY2013: being continued

- サーバ一群の構築
  - 1 boot/nfs, 1 data concentrator, 2 NDS, 2 frame writers, 2 gateways
- より複雑なネットワーク
- 現実近い台数の計算機
- 冗長性

### 4. Full system in FY2014-

- 実際の坑内へのインストール
  - 3kmの接続
  - サブシステムとの実際の接続
- 干渉計の制御
- 500TB程度のデータストレージ
- セキュリティー

# 各機器の台数

	Stand alone system FY2010-	Small network test FY2011	Large network test FY2012, 2013	Full system FY2014~
Real time PC	1	2	~7	~25
IO chassis	1	0	~7	~25
Servers	0	1	8	8
ADC	1	2	~10	~70
DAC	1	0	~10	~35
Binary Output	1	0	~10	~100
Long Reflective memory switch	0	1	3	3
Short Reflective memory switch	0	1	3	5
DAQ memory switch	0	1	4	4
Timing switch	0	1	3	3
IRIG-B switch	0	0	1	3
Data storage	1TB	2TB	~20TB	~500TB

赤字: 新規導入  
緑字: 台数増加

# KAGRA 現神岡研究棟でのスペース



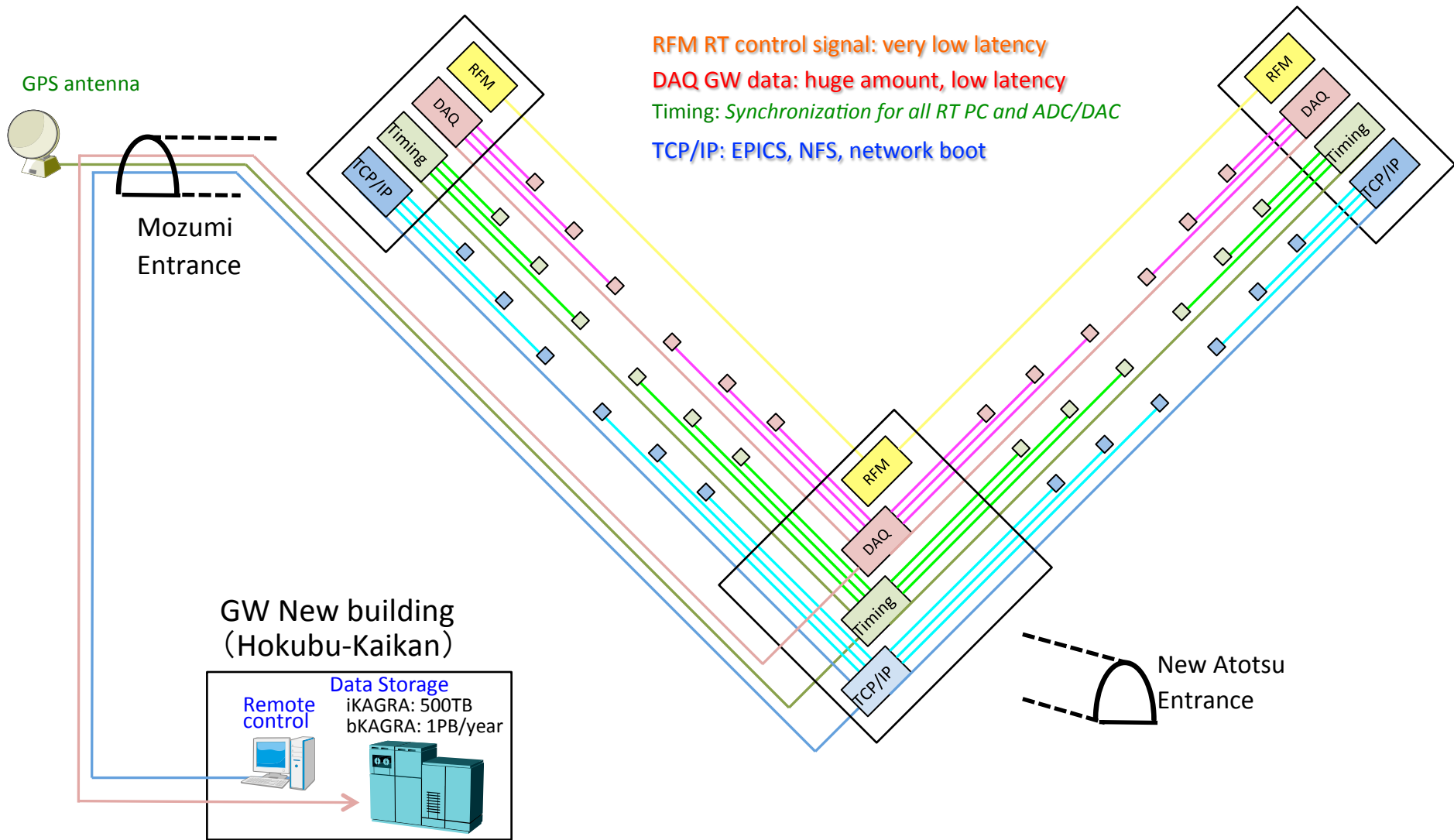




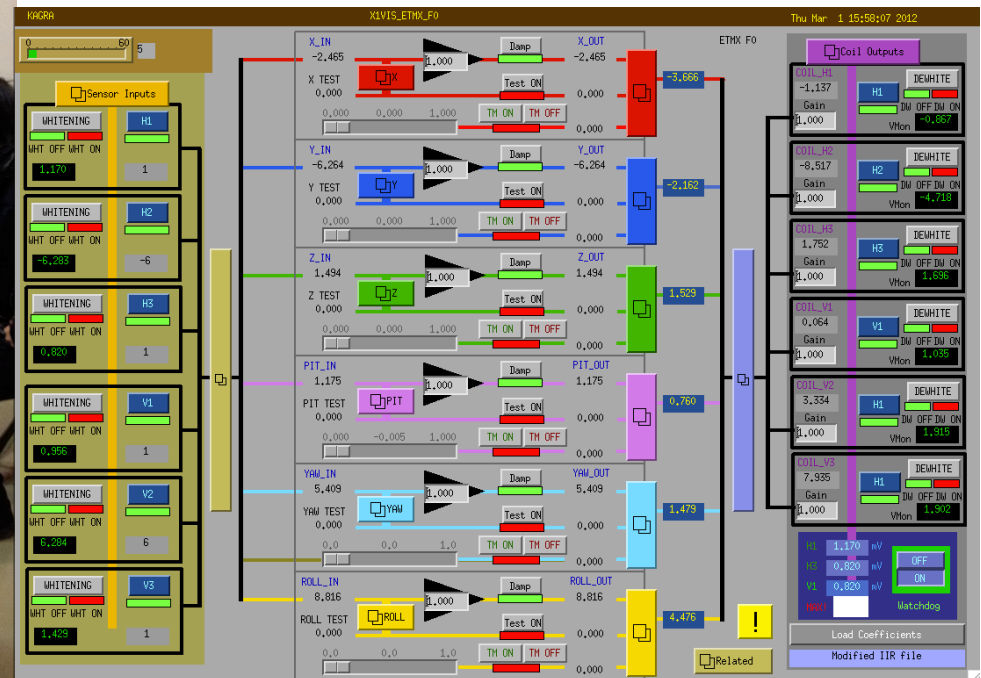
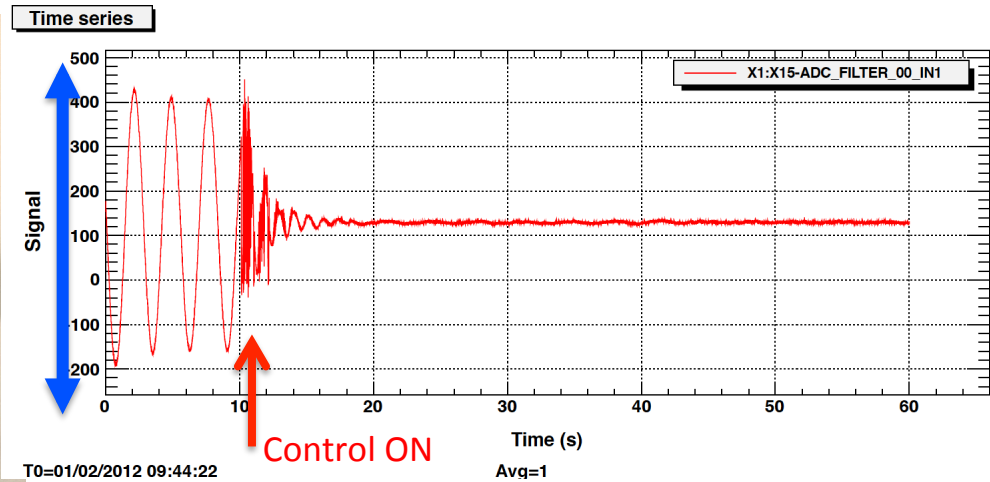
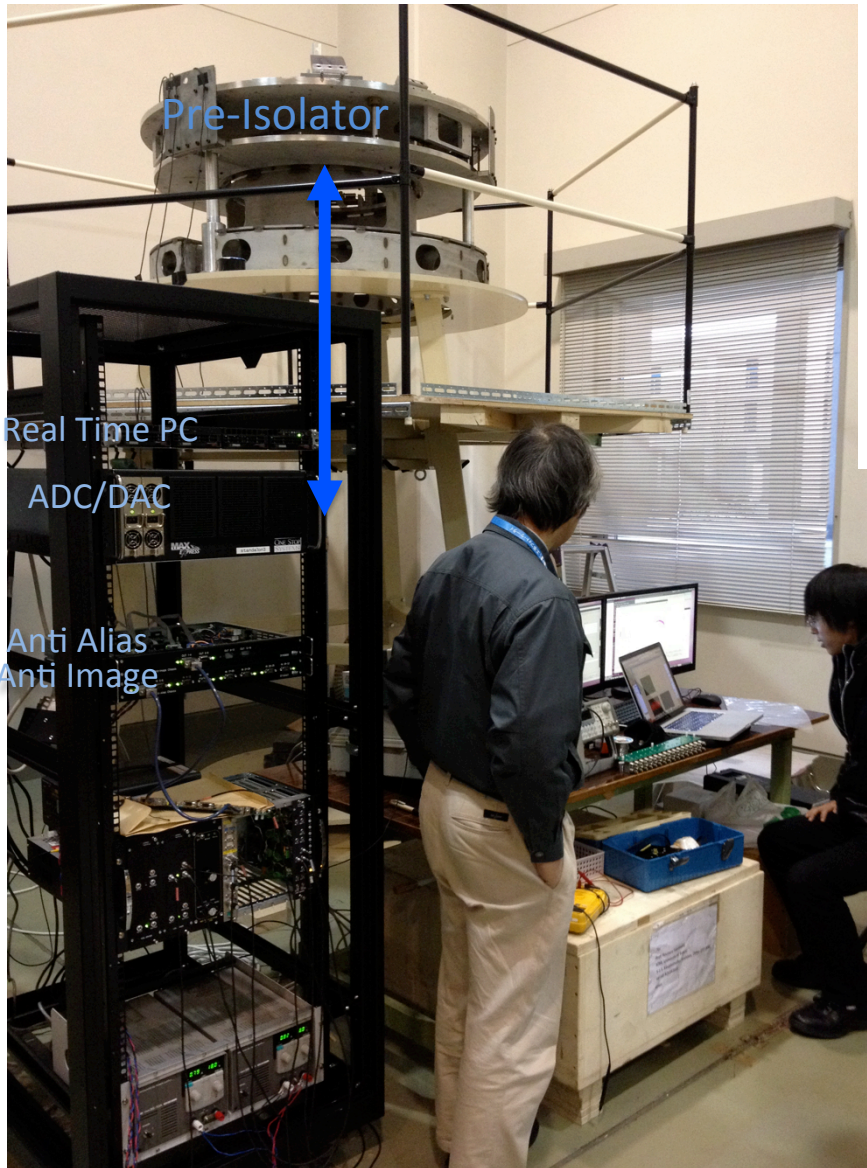
- 昨年5月に初提案、9月に最初の図面案、11月より建築事務所による設計開始
- 今年5月末着工、8月7日引き渡し
- 8月29日お披露目会、40人以上の見学者（地域住民、市議会議員、マスコミなど）
- 9月中は机などの備品とネットワーク整備
- 実際の引っ越しは9月終わり頃



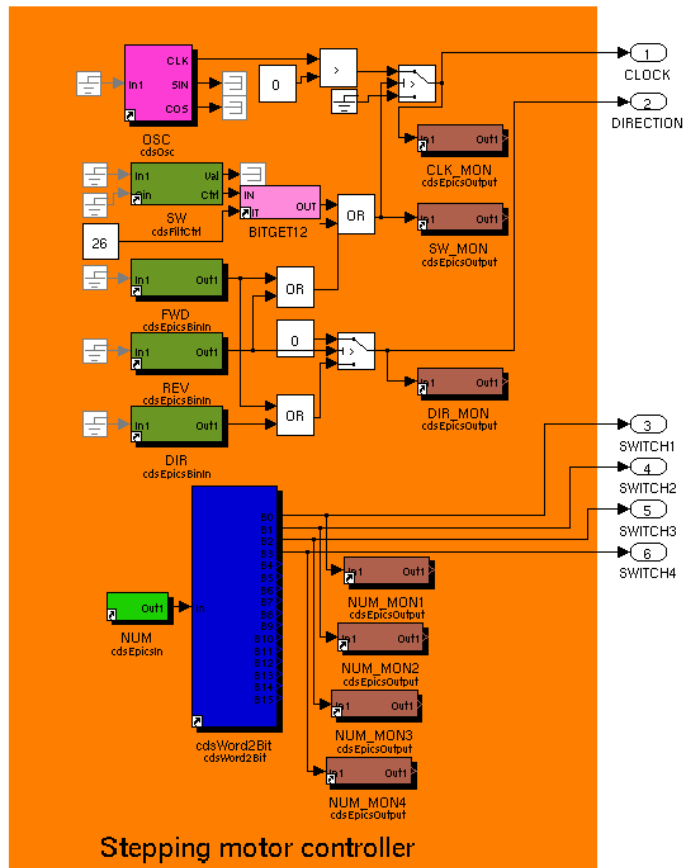




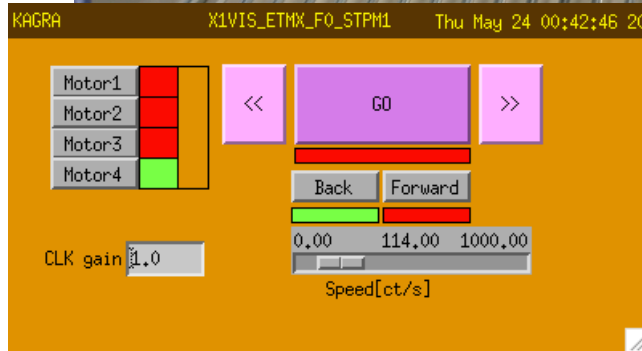
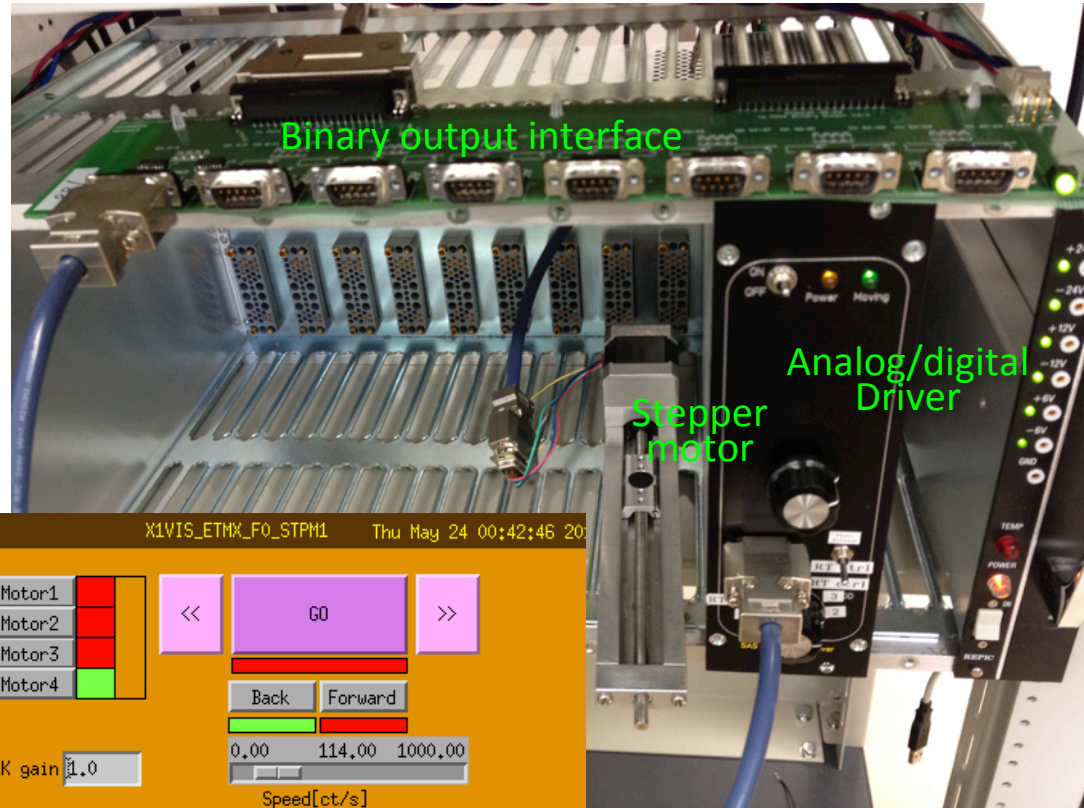




## RT model



Stepping motor controller

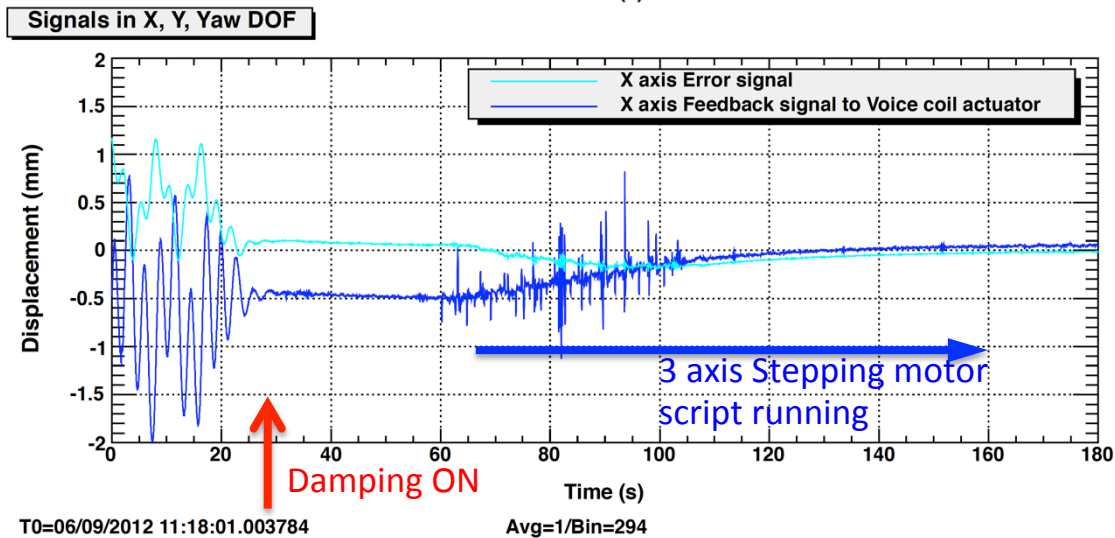
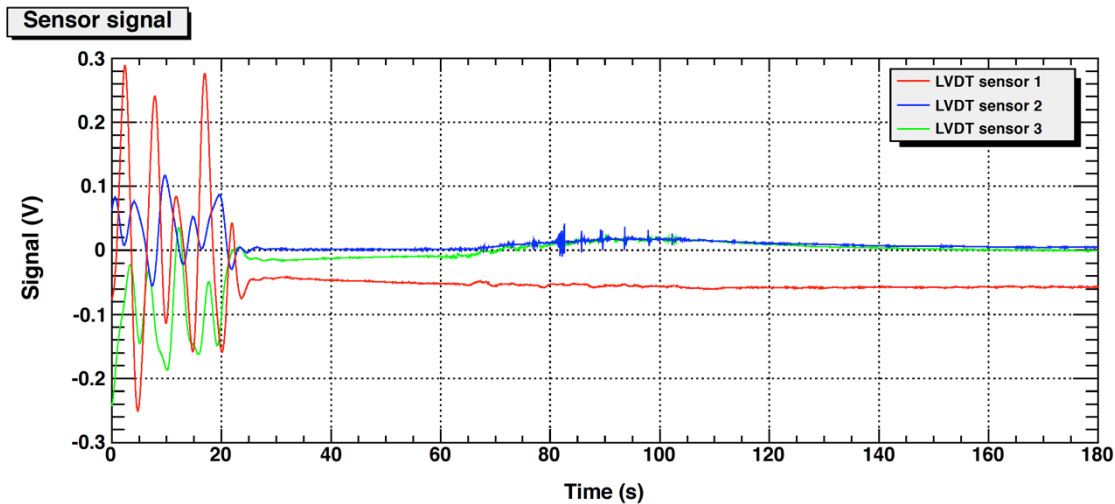


MEDM

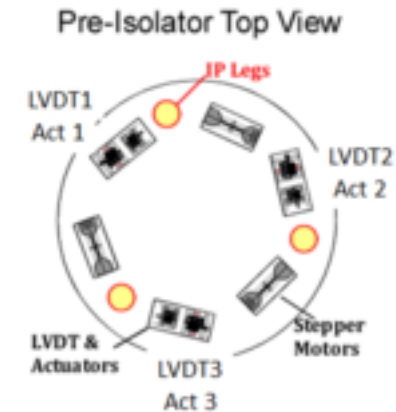
- Controlling up to 4 stepper motors
- 2bits for clock and direction
- 4 bits for switching 4 motors exclusively
- Servo script written in python

Installed into Pre-isolator at Kashiwa in June.





## Multiple sensors and multiple actuators

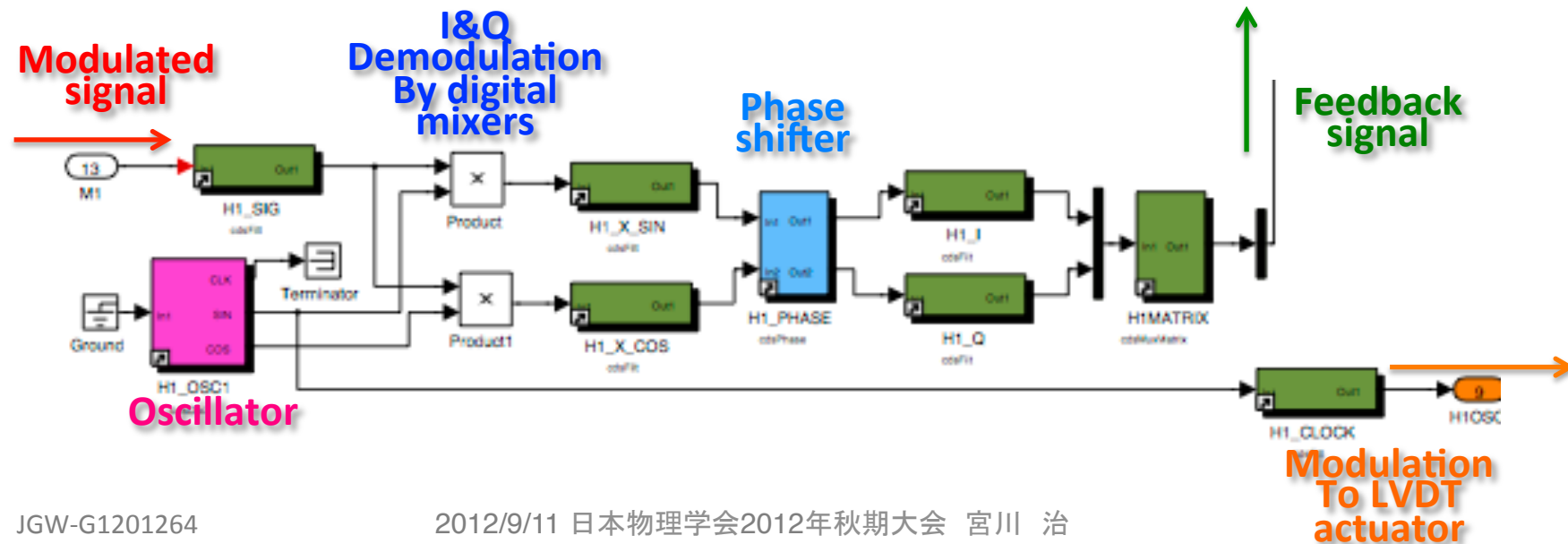


## Reducing DC force on voice coil actuator

- Stepping motor script written in Python, for single motor at the begging
- Modified to 3 axis motors immediately
- Looking X axis feedback signal to destination, here 0
- Feeding back to 3 voice coil actuators with some ratio
- Series step by step motion for each motor due to current limit on the actuator driver

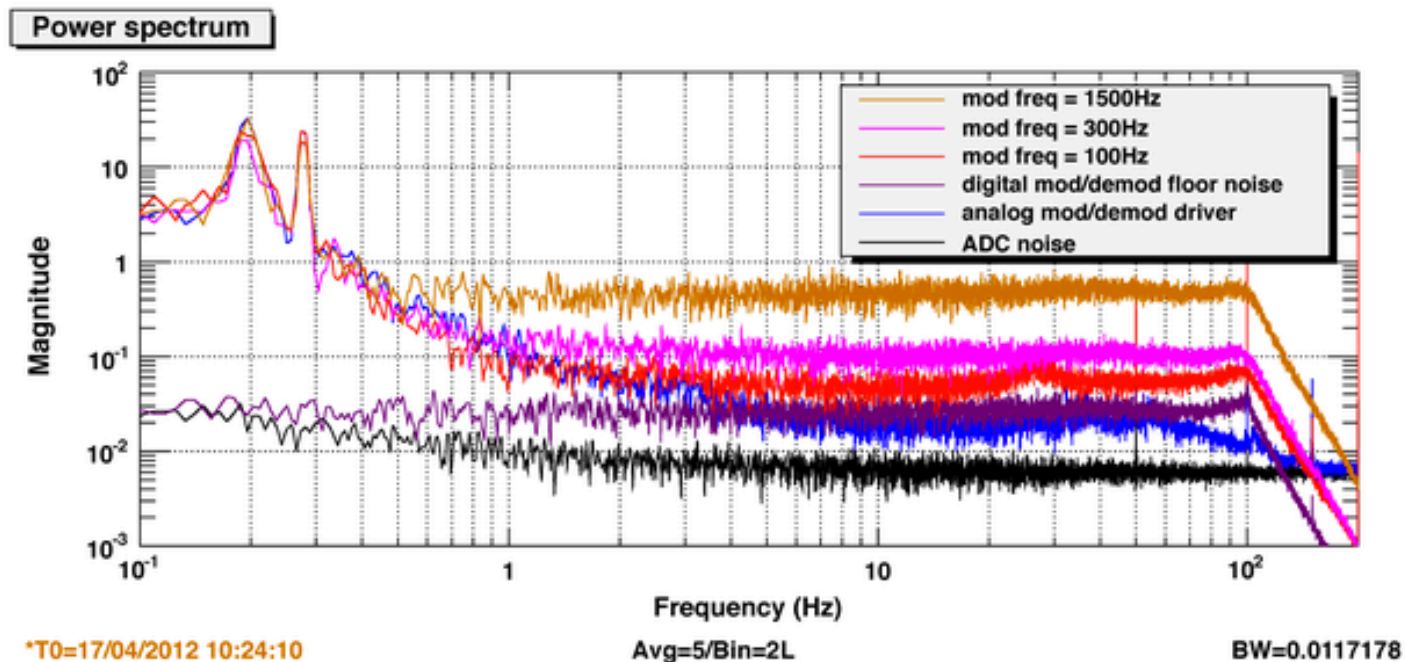
Trial:

Replacing analog modulation-demodulation process to digital modulation-demodulation



## Result:

- Factor  $\times 3 \sim 4$  worse than analog mod.-demod. process
- Lower modulation frequency was better, best:  $\sim 100\text{Hz}$
- Limited effective band-width up to  $\sim$  few Hz (actually being used only below 1Hz)
- Useful as temporary purpose
- Decided to keep ADC/DAC channels assigning for digital LCVDT driver



- STDAシステムの配布とサポート、フィードバックの体制が確立しつつある。
  - 現在は防振装置、解析システム用に配布済み、間もなく低温モニタシステムを構築予定。
  - Wikiを利用したマニュアルの整備。
  - 質問や、トラブル発生時のe-mailや電話によるサポートと、リモートログインによる解決。
- より多くのサブシステムでのテストを必要としている。
  - 雛形のリアルタイムコードはデジタルシステムの開発人員で構築、その後各サブシステムで発展させてもらっていくことを期待。
  - リアルタイムシステムを扱うことができる人を増やす、これはKAGRA本体のスムーズなインストール、動作につながるはずである。

- 複雑で多数の自由度を持つKAGRAでは、計算機を用いた柔軟な制御システムが必須である
- 複数台の計算機を用いてのリアルタイム制御の基本動作確認は完了した
- 現在このシステムを大型化し、KAGRAインストールへつながるためのシステムの構築の準備をしている
- スタンドアロンシステムを配布して、各サブシステムへの計算機制御の導入、サポート体制が確立しつつある
- 特に防振系への導入は多自由度への対応を含めて、計測、制御、対角化などの調整と、デジタルシステムならではのパフォーマンスを示し始めている。
- LVDTの変調復調プロセスをデジタル化することができた。これは簡易ドライバとしては十分使用できることが分かった。
- 今後の予定
  - 安定性及び冗長性の検証
  - 大型システムへの拡張とKAGRAへのインストール