

制御・データ取得システムは自前か、コピーか？

制御・データ取得システムは自前か、コピーか？

○ **Answer:**

どちらのシステムを採用するかは誰が担当するか、に依存する

制御・データ取得システムは自前か、コピーか？

○ **Answer:**

どちらのシステムを採用するかは誰が担当するか、に依存する
新井が担当するのであれば、LIGOシステムを使用したい

○ 近年の干渉計型重力波検出器

デジタルフィルタを用いたフィードバック制御の利用

- ・ メリット 柔軟性 / 自動化との親和性
- ・ デメリット 時間遅れ / 処理速度 / ダイナミックレンジ

○ LIGOのデジタル制御システム・データ取得システム

きわめて完成度の高いシステム

LIGOの感度向上のキーポイントであったといえる

○ LCGTでもデジタル制御の使用は不可避である

RSEの複雑さへの対応・自動化・リモート化

○ Question:

LCGTのデジタル制御・データ取得システムに
LIGOのシステムを採用するか（お願いして使わせてもらうか）
独自システムを構築するか

○ Answer:

どちらのシステムを採用しても相応の労力が必要となるため
どちらがよいかは、誰が担当するかに依存する

いずれにせよ担当者はデジタルシステムの開発に
専念することになるので、
プロジェクト上の人員配置を勘案して決定すべし

新井が担当するのであれば、LIGOのシステムを使用したい

○ デジタル制御システムの根幹 ～デジタルフィルタ

ADC電圧値取得 ・ フィルタ処理 ・ DAC 電圧値出力



○ デジタルフィルタの特性 フィルタ係数で全て決定される

○ フィルタ係数 簡単な数学的手続orツールで決定可能

○ 通常、これに加えてユーザーフロントエンドなどが必要となる。

○ 利点と欠点を理解していないと性能を生かせない

○ 利点: 柔軟性 / 自動化との親和性

1) 柔軟性

伝達関数の設計/変更が自由

⇒作業効率向上

作ったものの複製が容易

⇒作業効率向上

信号の演算が容易(規格化・ゲイン調整・マトリクス演算など)

2) 自動化との親和性

多数の制御ループの統括・切り替え

⇒動作成功率/稼働率向上

手動で発見した「良い手順」の自動化・調整/最適化の自動化

⇒省力化・再現性の向上

設定の記録/履歴・信号の自動監視

⇒ヒューマンエラー防止

○ 欠点: 遅延時間 / 処理速度 / 雑音レベル

1) 遅延時間

データを取って出すのに、最低1サンプル分遅延(原理的遅延)

⇒実際はもっと遅れる

サンプリング周波数の1/100で3.6degの位相遅れ

⇒所望制御帯域の約100倍のサンプリング周波数が必要

1サンプルごとに処理するためサンプリング周波数を上げにくい

2) 処理速度

サンプリングごとにフィルタ演算が終了しないとフィルタが破綻

⇒やりたい処理に対して十分なCPU処理速度が必要

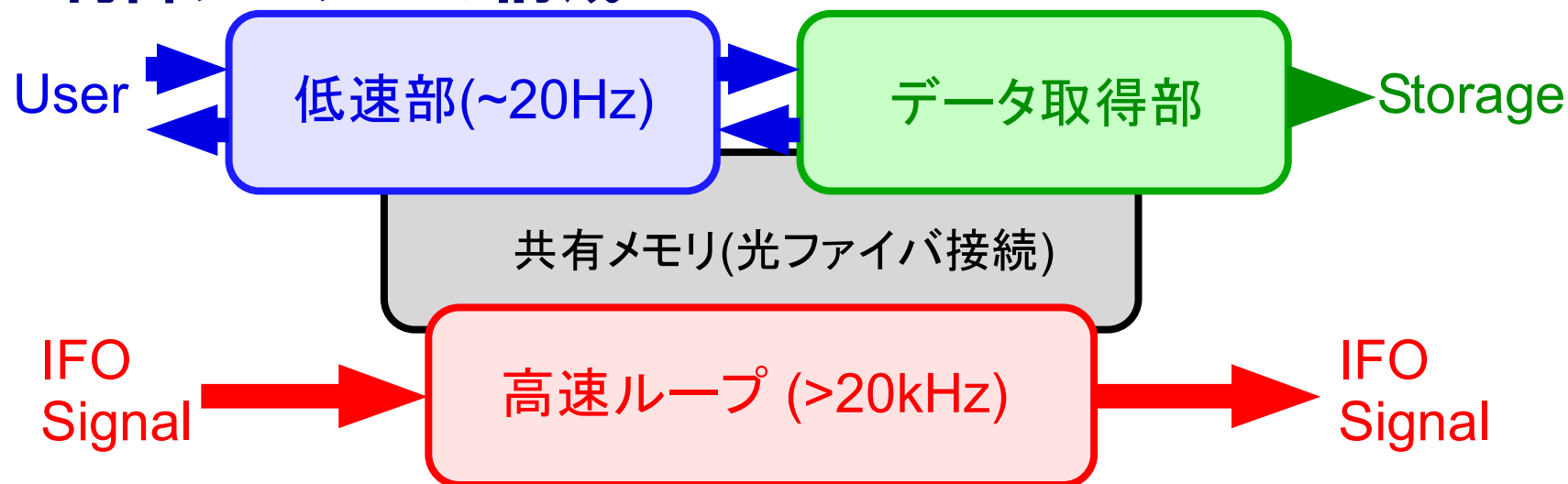
3) 雑音レベル

信号の量子化・ADC/DACによる雑音付加

⇒アナログ回路の100-1000倍程度悪い

⇒優れたアナログフロントエンドが必要

デジタル制御システムの構成



○ 処理の重要性によるプロセッサの切り分け

操作/モニタのために必要だが、処理コスト大

できるだけ高速で回す必要のない処理を切りつめ、

ユーザーインターフェース・自動化処理等は低速部に押し込む

○ 3kmに及ぶ分散処理

⇒ 光ファイバー接続の共有メモリの使用

○ LIGOのデジタル制御システム・データ取得システム

きわめて完成度の高いシステム

LIGOの感度向上のキーポイントであったといえる

○ Question:

LCGTのデジタル制御・データ取得システムに

LIGOのシステムを採用するか（お願いして使わせてもらうか）

独自システムを構築するか

○ Answer:

どちらのシステムを採用するかは誰が担当するか、に依存する

- 労力は同程度必要

動くシステムを輸入しても、こちらでもすぐ動くようにはならない

Remember: SAS, Adelaide Laser, Sony Laser...

- LIGOシステムもコア部分以外は、
LCGT用に作り直さなければならない。

- 時間がたつにつれ、テクノロジーの進歩により、
ハードウェア的には必要要件を満たすシステムは、
どんどん容易になる。

LIGOのシステム以外でも必要要件を満たすことは十分可能

○ Answer:

どちらのシステムを採用するかは誰が担当するか、に依存する
新井が担当するのであれば、LIGOシステムを使用したい

理由:

LIGOでは制御システムのテストとアップデートを継続的に行っており、
最初にフォローする労力を払うことで、次からはその開発の流れに
乗ることができるから

LIGOで開発された雑音解析テクニックを直接的に適用することができるから
逆に日本で開発したテクニックをLIGOに持ち出すことができれば
日本の干渉計屋が国際的なappearanceを持つことができるから

○ Answer:

どちらのシステムを採用するかは誰が担当するか、に依存する
他の人が担当するのであれば、LIGOシステムを使用したくない
かも知れない

考えられる理由:

- 何をするにもLIGOの担当者に聞かなければならない
- データ取得系と制御系が渾然一体となっており、トラブルが発生しやすい
- 同じくらいの労力を払うのに何もオリジナルなものが創出できない

このような状況で開発が進まないのであるならば、
自分で作った方がよい

その場合でもLIGOシステムのリサーチは良くしておいた方がよいだろう **11**

予備

TAMA300におけるデジタル制御(1)

○ 主に2種類のデジタル制御が稼動している

SAS制御: PXI target(x86) + LabView RealTimeベースのもの

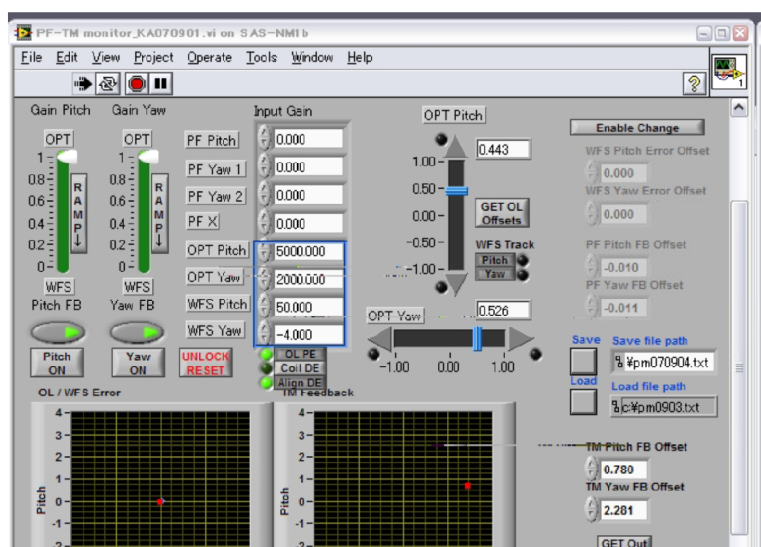
腕ロック: DSP (TI C6713)ベースのもの

○ SAS制御

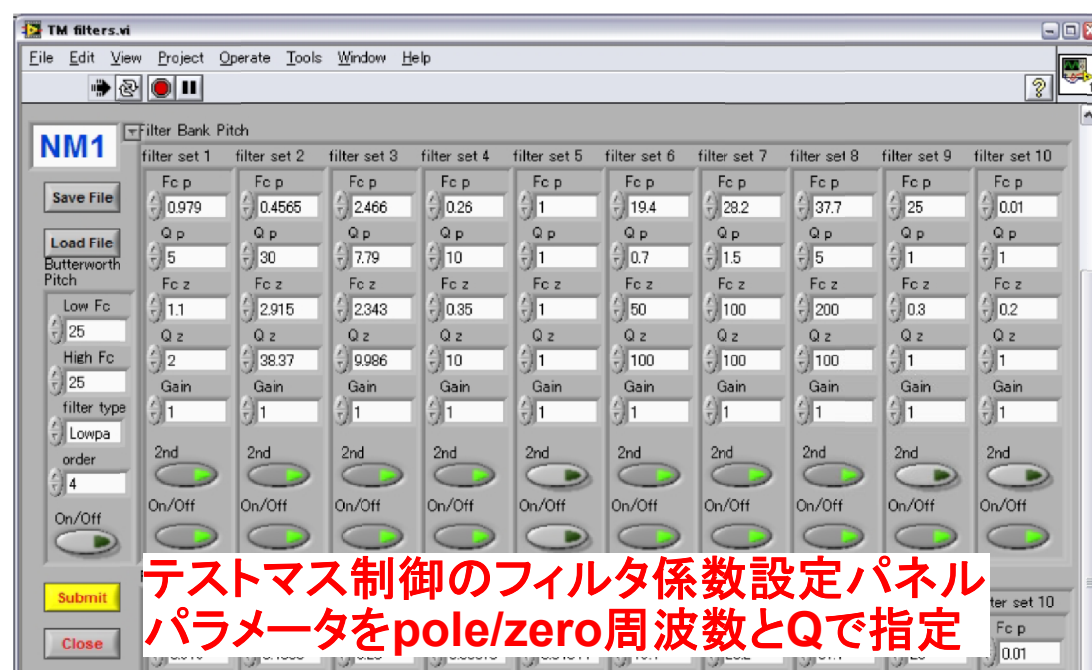
サンプリング周波数 $< 1\text{kHz} \Rightarrow$ 制御帯域 $< 10\text{Hz}$

Hard/SoftともNI社純正

実質上共有メモリ機能は無く、1CPUに高速ループと低速ループが共存



テストマス制御のユーザーI/F(低速ループ)
さまざまな機能が詰め込んである



テストマス制御のフィルタ係数設定パネル
パラメータをpole/zero周波数とQで指定

TAMA300におけるデジタル制御(2)

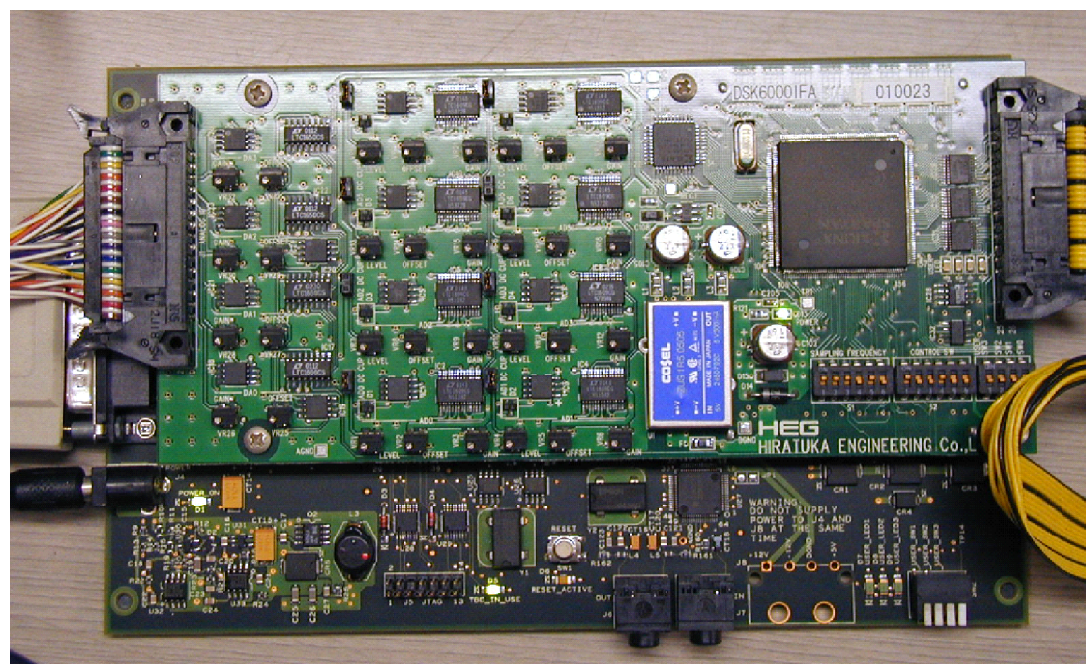
○ 腕ロックアクイジション・システム

サンプリング周波数 200kHz $\Rightarrow$ 制御帯域 $\sim 800\text{Hz}$

DSP: TI社 C6713DSK+AD/DAボード(平塚エンジニアリング)

腕共振器のマス制御

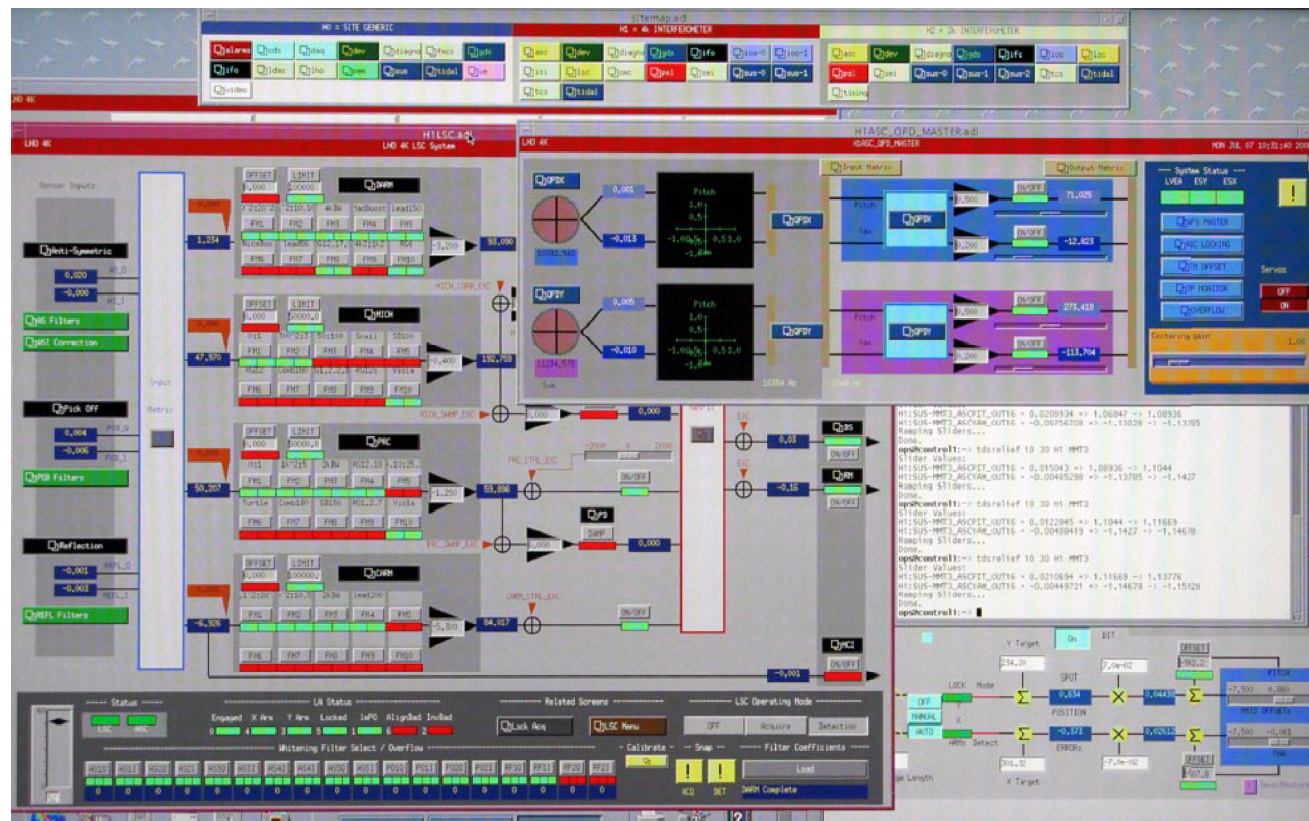
- ・腕透過光による規格化
- ・腕透過光によるトリガー
- ・伝達関数の動的変化



共有メモリ機能無・Ethernet有 (TCP/IPでコマンドを送ることは可能)

LIGOにおけるデジタル制御システム

- 高速部 16kHz
- Reflection Memoryによる共有メモリ
- 低速部 16Hz
(ユーザーインターフェースは表示はさらにゆっくり)



m 基本的にこのシステム上でひと通りの干涉計作業ができるようになっている

スイッチング・スペクトル・伝達関数・時系列・ビデオモニタ切り替え
自動運転、自動調整、etc...

=> 結局、システムの機能そのものよりも、
干涉計固有の部分の作り込み作業に手間がかかっている

