Caltech 40m Labに 行ってきました --2010秋----

道村唯太

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 坪野研究室 修士課程1年 California Institute of Technology

概要

- 渡航先: Caltech 40m Lab
- 期間: 2010年9月23日-11月22日
- 目的:

干渉計更新作業の手伝いを通じ、 LCGTへ向けて経験を積むこと 特に、aLIGOの新しいCDSについて学ぶこと

• 費用負担先:

東京大学物理学専攻

平成22年度 組織的な若手研究者海外派遣プログラム

LIGO Visitors Program

目次

- 質疑応答、休憩
- 第二部 Life
 40mの人々、一週間 elog、Wiki、SVN お金の話、書類の話 宿泊場所 周辺情報



40m Labとは

- prototyping aLIGO interferometer
- testing of small improvements
- physicist education/training

http://www.ligo.caltech.edu/~ajw/40m cdr/40m cdr.pdf

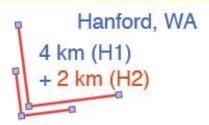
control room



40m Lab所在地

Pasadena, California

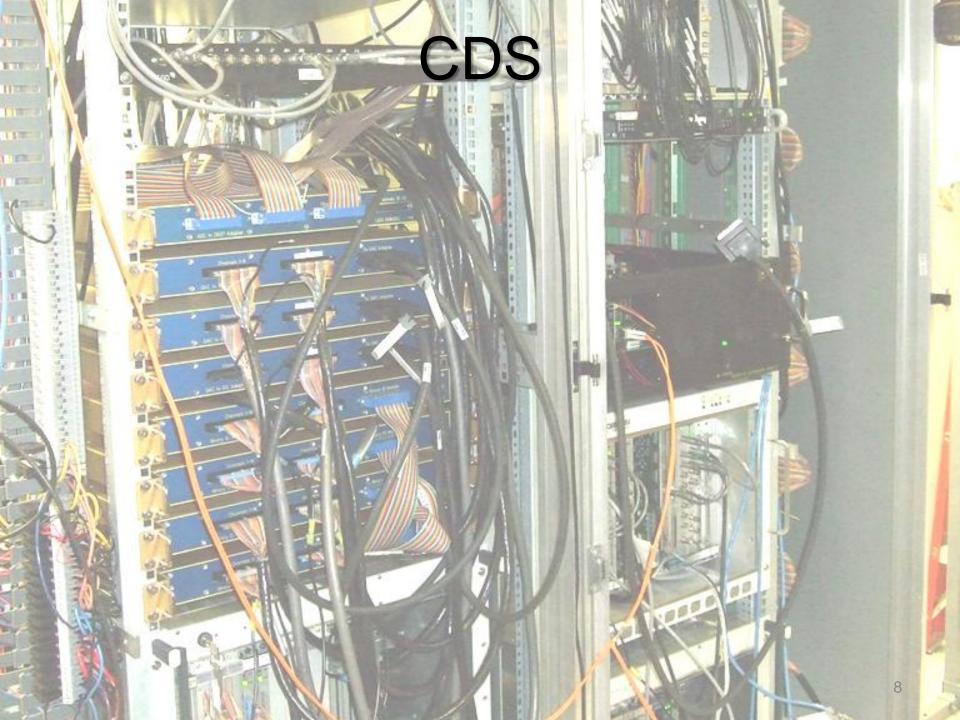
LIGO: Laser Interferometer Caltechキャンパス内 Gravitational-wave Observatory

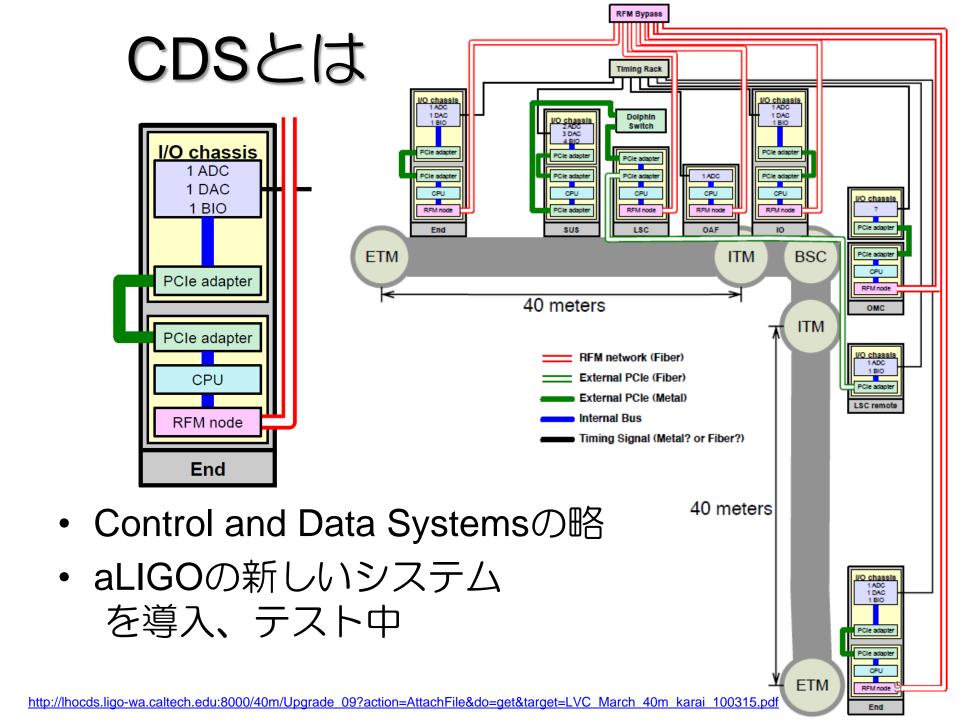


Livingston, LA

40m IFO upgradeの現状

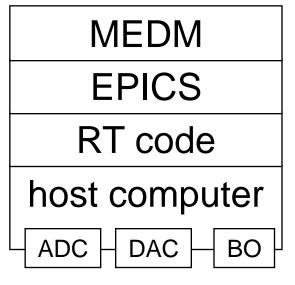
- 到着直後にvent開始、in-vac work始まる新しいTMs(finesse: 1250→450、dichroic) green用opticsの導入新しいPRM, SRMの導入 (modulation freqを低く→RC長を長く)
- MC lock, align(A2L)
- green locking
 beatnote見え、laser周波数に返してlockもした
- 新しいCDS導入中 C1SUS, C1IOO, C1ISCEX, AWGがまだうまく動いてない RFMの遅延問題(~7usec/1read)



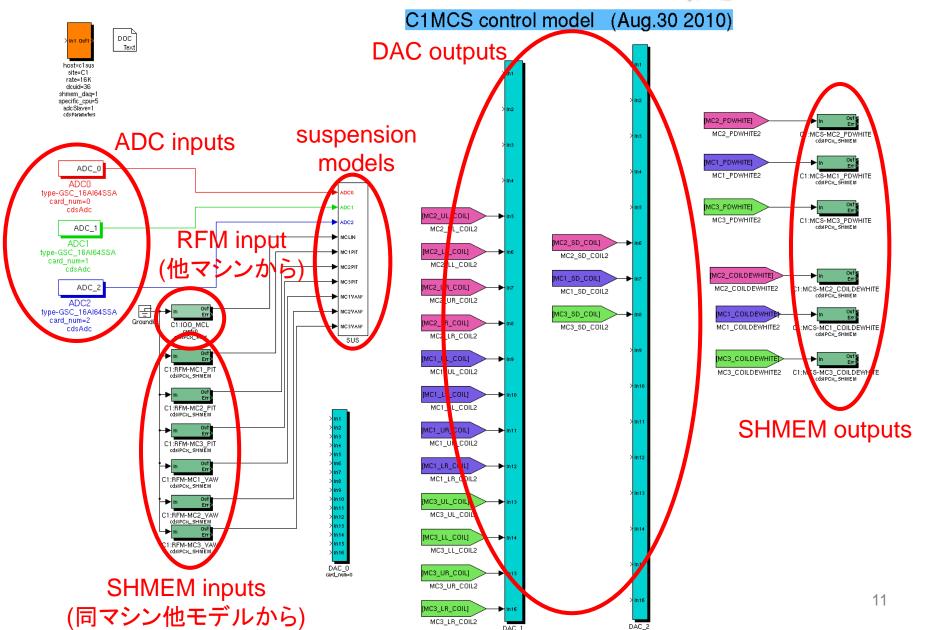


CDSの仕組み

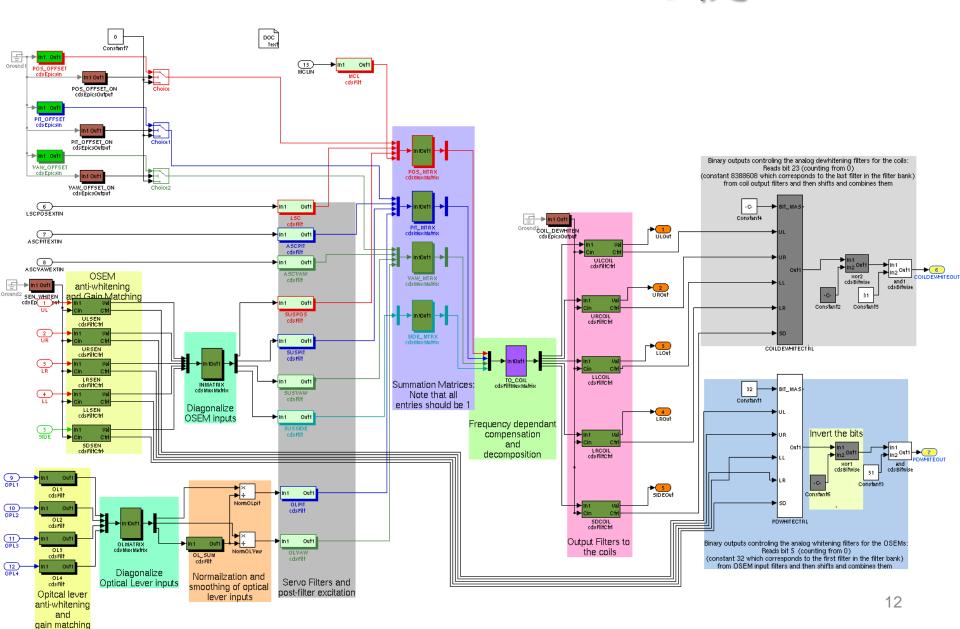
- realtime code
 Matlab Simulinkを用いてモデルを作成 RCGが自動的にrealtime codeを生成
- EPICS
 Experimental Physics and Industrial Control System
- MEDM screens
 Motif Editor and Display Manager
 EPICSにアクセスするためのGUI
- frame builder
- NDS network data server



Real time modelの例

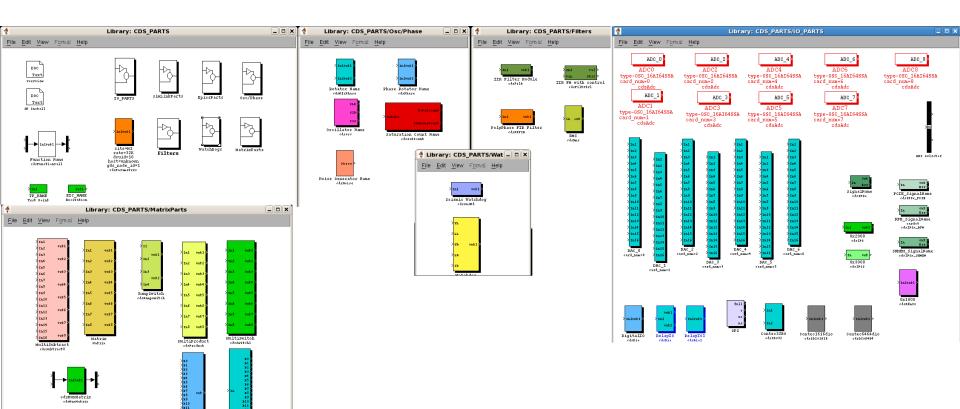


Real time modelの例

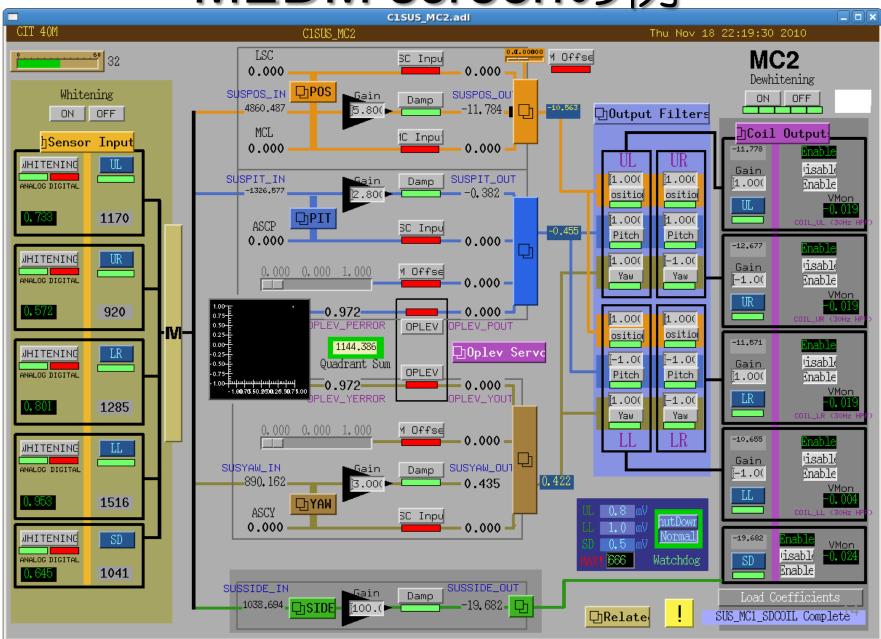


Real time model

- Simulinkをアルゴリズム作成のGUIとして利用しているだけだということに注意
- CDS groupが用意したパーツをつないでいるだけ

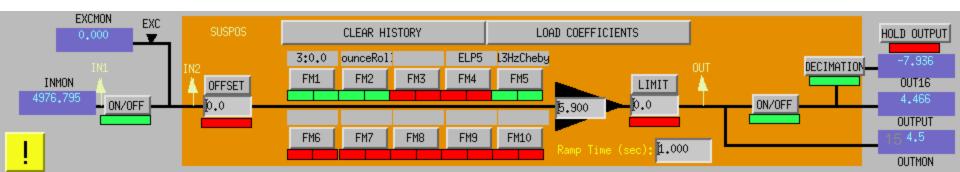


MEDM screenの例



CDS software

- AWG: Arbitary Waveform Generator
- DTT: Diagnostic Test Tool
- dataviewer
- foton
- burt
- ezca: Easy Channel Access
 ezcaread, ezcawrite, ezcaswitch, ezcaservo,
- TDS: Tools for Detector Scripting tdssine, tdsdmd,



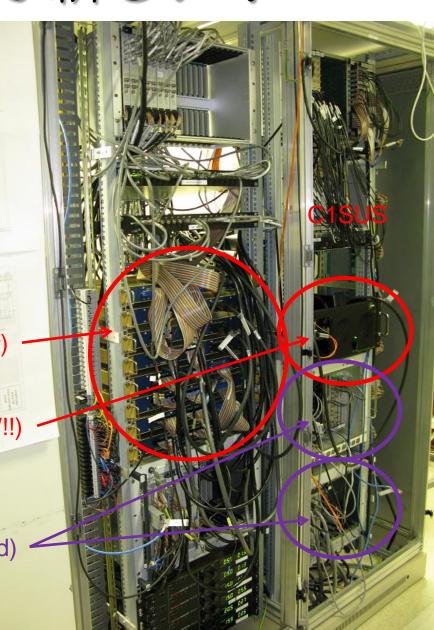
新CDSのどこが新しい?

- 昔を知らないので よくわからない……
- よりmodernなマシン、 ADC/DAC/BO board
- IOPが加わった

ADC/DAC/BO boards (NEW!!)

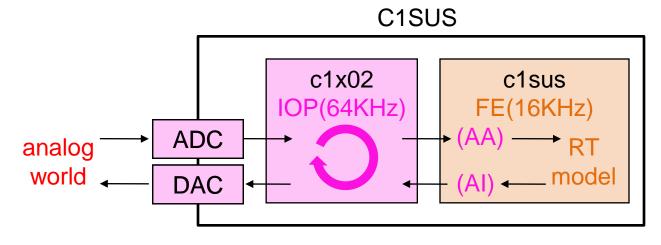
IO expansion chassis (NEW!!)

VME, Pentek (old)



IOPとは

- input output processor
- 64KHzでサンプリングし、timestampを付加
- 各FEはtimestampのn毎にデータを読む
- サンプリング周波数の違うFE間でずれが発生しないようにする仕組み
- KHz=2¹⁰Hz=1024Hz



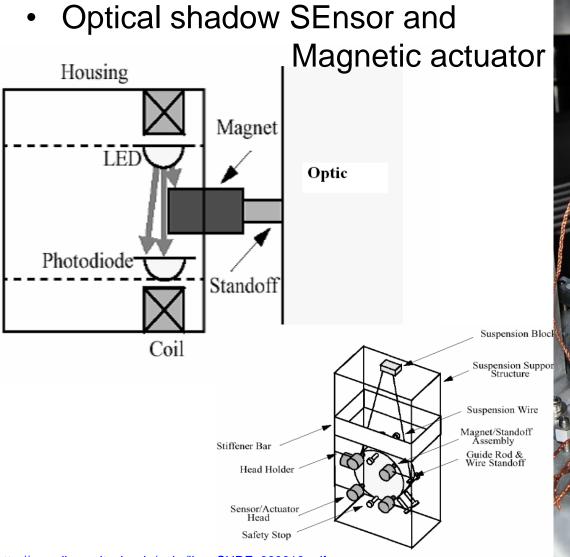
CDS work

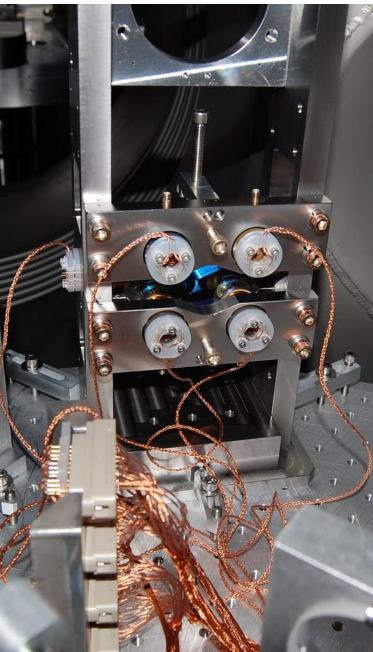
- suspension local dampingのチェック servo gainの調整 input matrixの対角化
- input/output filter switchingのチェック
- ソフトウェア的なロックインアンプの作成
- RFMについて
- その他もろもろ デジタルフィルタの整備 サンプリング周波数が変わった matrixが変わった(SIDEが加わった) MEDM screenの整備 チャンネル名が変わったり

Suspension local damping

- OSEMの仕組み
- Q値を5くらいに調整するpythonスクリプト
- input matrixの対角化 あるsensorから他のsensorへの伝達関数を測る
- coil gainの調整
 できずじまい
 高い周波数(>~5Hz)で鏡を振って、
 sensorで見ることにより調整してはいけない理由

OSEM

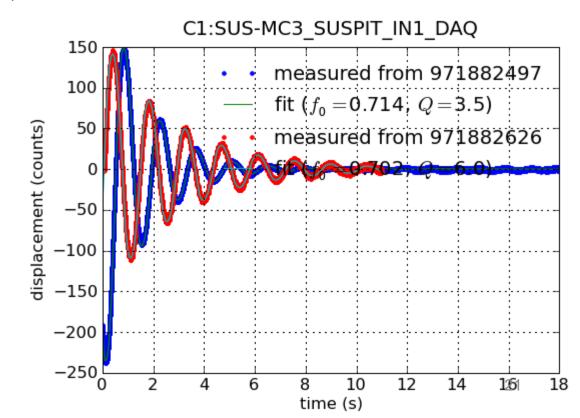




http://www.ligo.caltech.edu/~ajw/ligo SURF 060616.pdf

Q値の調整

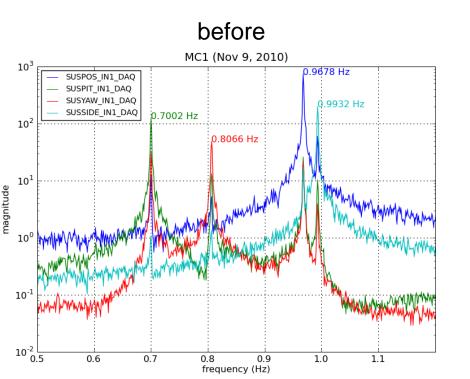
- Q値が低すぎると逆にノイズを導入してしまう
- Q値~5程度になるよう制御ゲインを調整
- kick→ringdownを取得→フィッティングでQ値を得る→ 新たにゲインをセット
- pythonスクリプト による自動化
- pyNDS NDSからデータを 取得できるpython モジュール

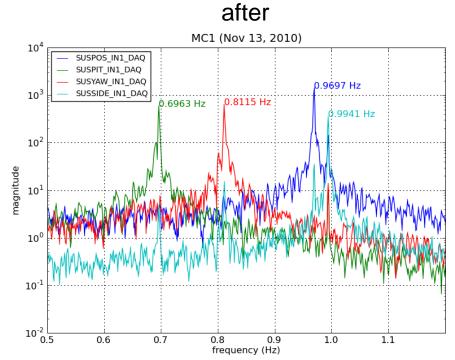


INMATRIXの対角化

• ULSENからURSEN/LRSEN/LLSENの伝達関数を測定

•
$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ H_{\mathrm{UR}}(f_{\mathrm{pos}}) & H_{\mathrm{UR}}(f_{\mathrm{pit}}) & H_{\mathrm{UR}}(f_{\mathrm{yaw}}) \\ H_{\mathrm{LR}}(f_{\mathrm{pos}}) & H_{\mathrm{LR}}(f_{\mathrm{pit}}) & H_{\mathrm{LR}}(f_{\mathrm{yaw}}) \\ H_{\mathrm{LL}}(f_{\mathrm{pos}}) & H_{\mathrm{LL}}(f_{\mathrm{pit}}) & H_{\mathrm{LL}}(f_{\mathrm{yaw}}) \end{pmatrix}$$
 の左逆行列で対角化

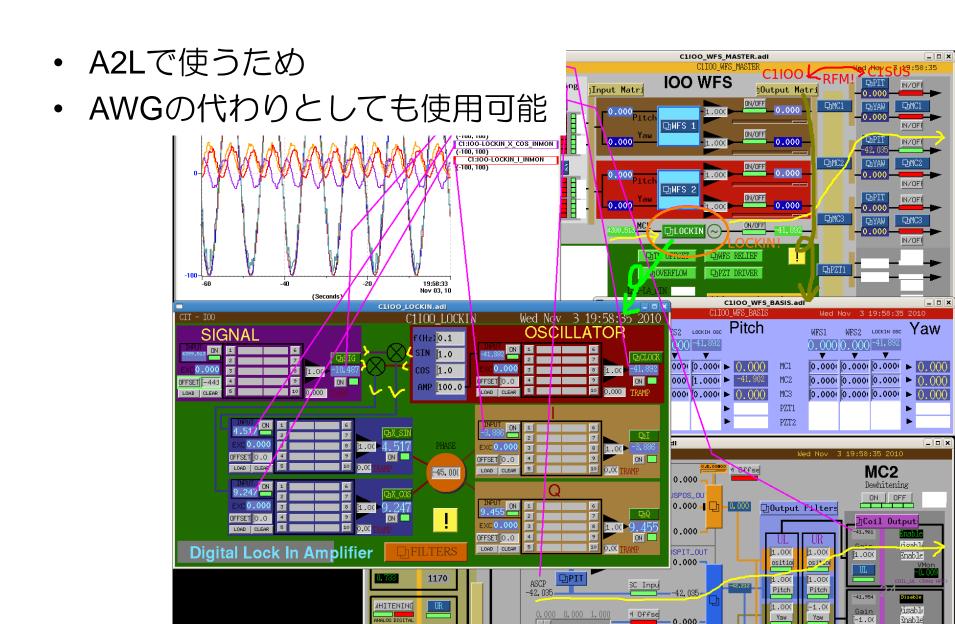




Input/output filter switching

- whitening, dewhitening
 同じ伝達関数のアナログフィルタ、デジタルフィルタを用意し、どちらか一方を使う
- デジタルフィルタのon/offをbinary outputで出力、アナログフィルタをバイパスするかMAX333Aでswitching
- AWGがないとチェックするのが難しい
- input filterについては60Hzラインノイズを用いて簡易的 にチェックするpythonスクリプトを作った
- output filterは難しい
 帰国直前にLOCKINを作ったので利用可能

LOCKIN

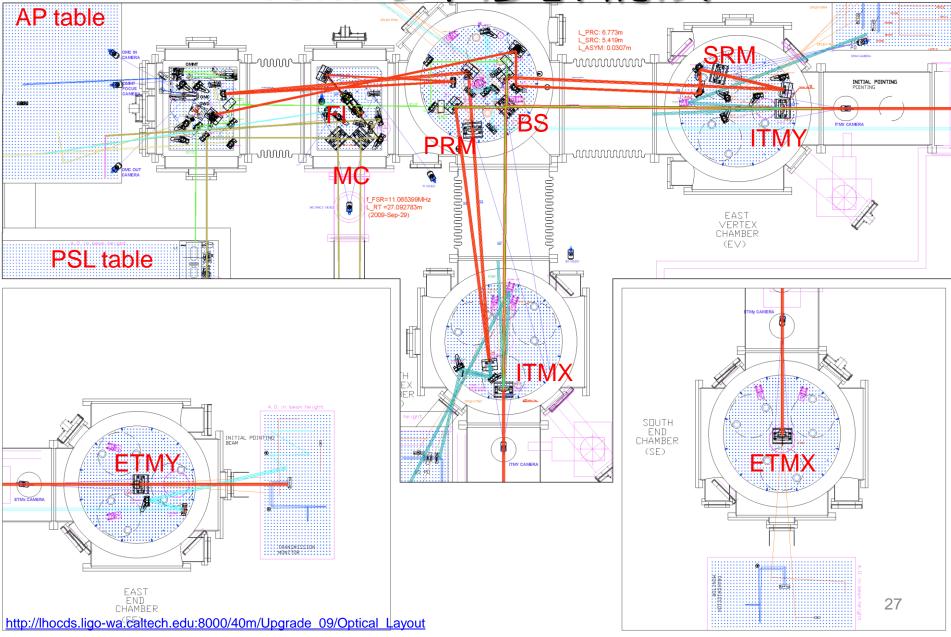


RFMについて

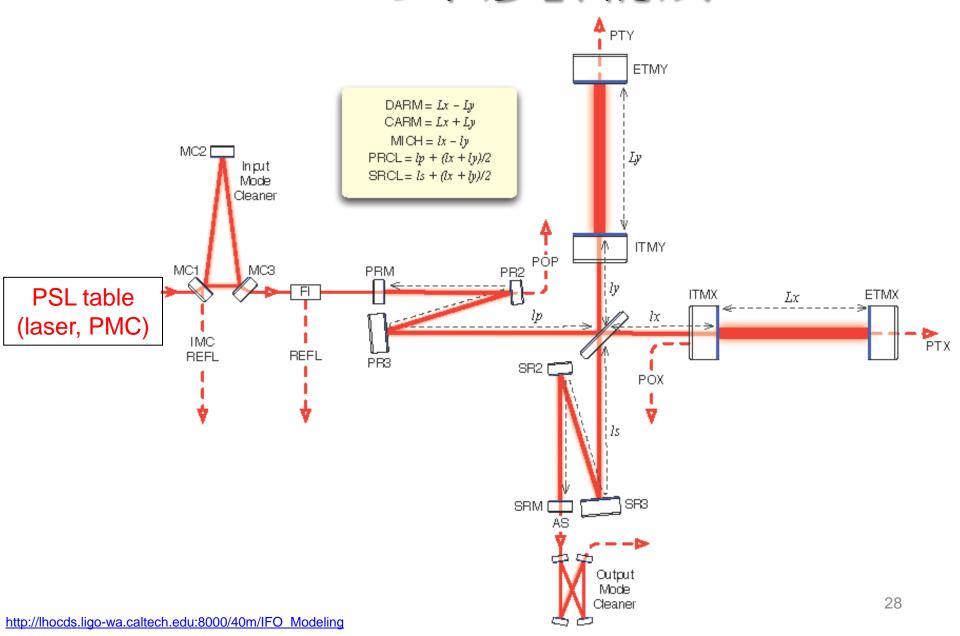
- reflective memory
 複数のマシン間でデータを共有
 e.g. C1IOOが取得したMCLをC1SUSが読む
- 現状、約7usec/read遅れる
 CDS groupの想定は2-3usec
- 61usec以上遅れるとADC timeout
- read専用のc1rfmというモデルを作って一時的に解決



40mの干渉計構成

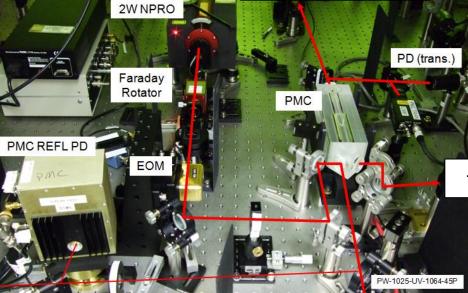


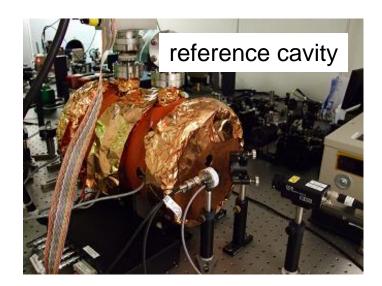
40mの干渉計構成





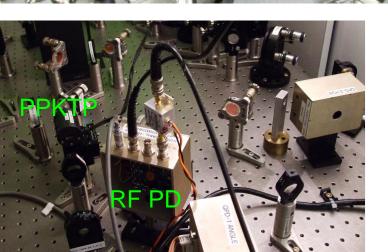
PSL table reference cavity

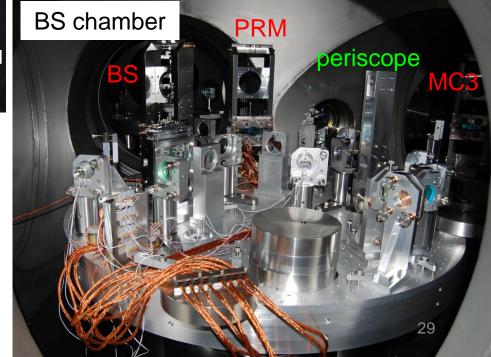




triple resonant EOM

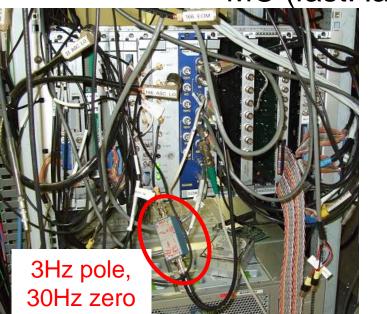
vacuum

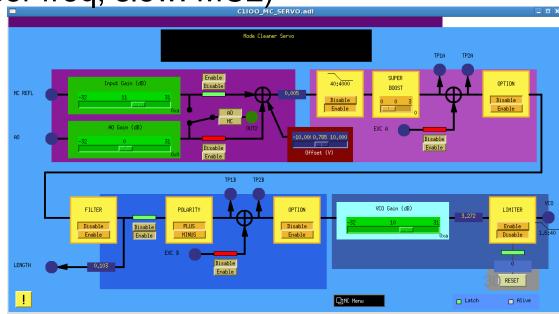




MC locking

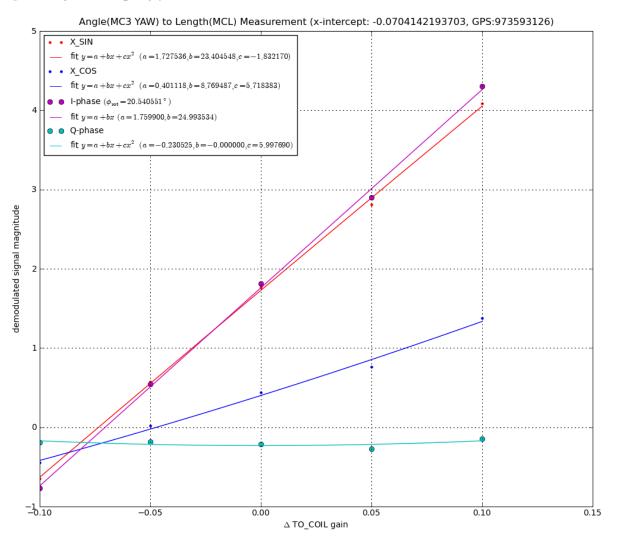
- 他のopticsをalignするためにMCをとりあえずlockする必要がある
- MCL signalをNPRO pztに返す (当時はまだRFMが動いていなかった) 本来は PMC (PMC pztに返す) reference cavity (laserのFSS) MC (fast: laser freq, slow: MC2)





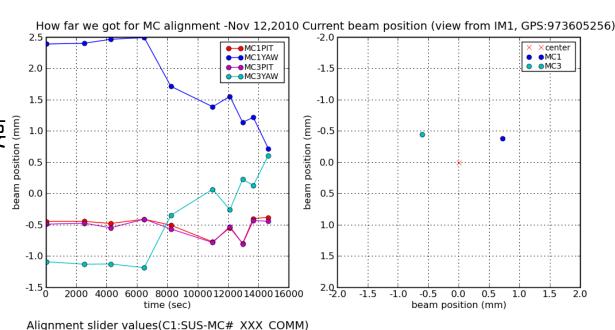
A2Lによるbeam centering

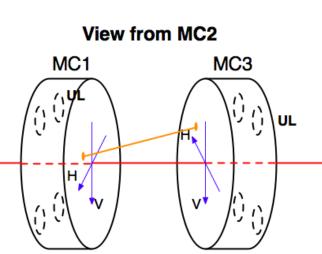
• A2Lの方法、必要性

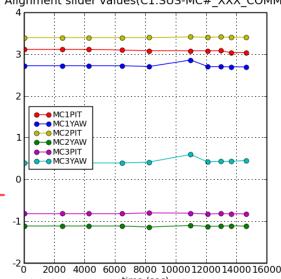


A2Lによるbeam centering

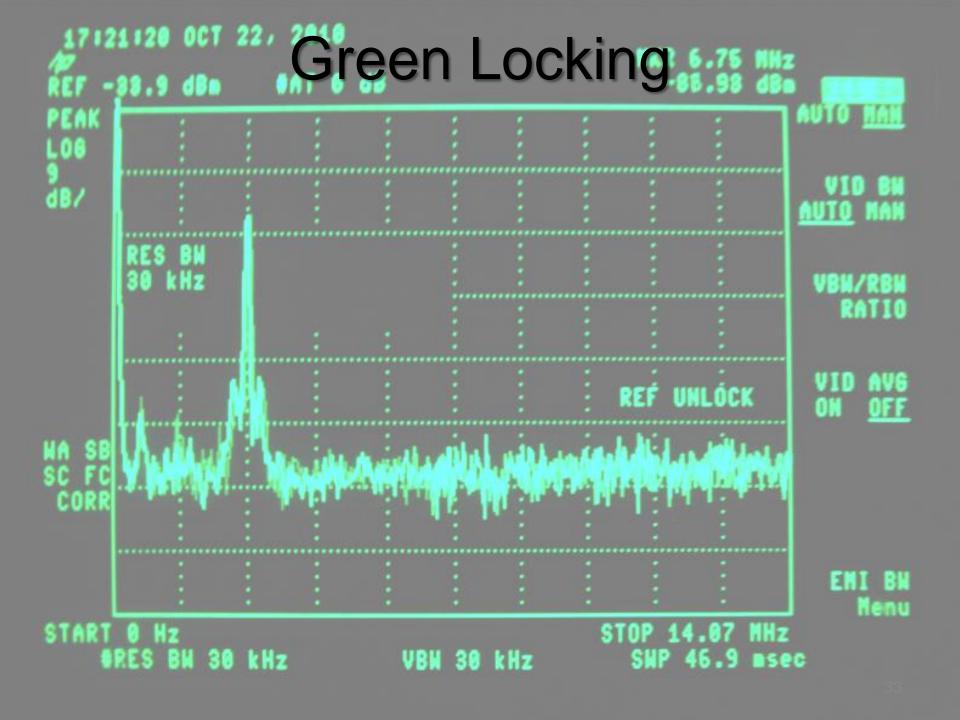
- 結果
- より正確には
 coil balancing必要





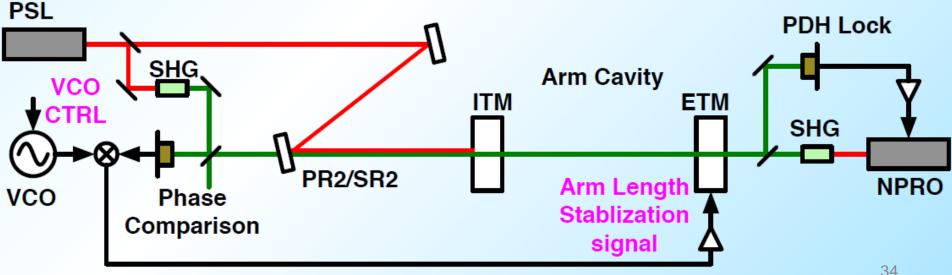


calibration factor 0.16mm/%



Green Lockingとは

- 通常はrecycling cavityをlockしてからarm cavityをlockするが、これではうまくいかないらしい
- end側からgreen beamを入射して予めarm長を制御して おく



Green Lockingの進展状況

- 09/28 vent終了
- 10/04-05 optics導入
- 10/05 X-endから入射したgreenがPSLに届く
- 10/13 RF PDなどセットアップ
- beat note見えない
- 10/21 X-end laserをPSLに持ってきて、beatする温度を 1064nmで調べる
- 10/22 狙った温度でgreen beat note見えた!
- 11/03 ETMまだなのでとりあえずX-end laserの温度に返してcoarse lock frequency counter SR620
- 11/15 PLL of 80MHz VCO



in-vac works

- 09/28 vent終了
- 10/04 RC用tip-tilt mirrorsの導入
- 10/05 green用periscope, steering mirrorの導入
- 10/23 MC damped
- 10/28 stable MC locking
- 11/01 PRM ready
- 11/11 eyeballによるMC align
- 11/12 A2LによるMC aligning終了
- 11/16 Faraday ∅ align
- 11/17 新しいPRM導入
- 11/18 PRM align、reflがAP tableに

phase map measurement

• 測定原理、較正方法(mm/pixel)、結果

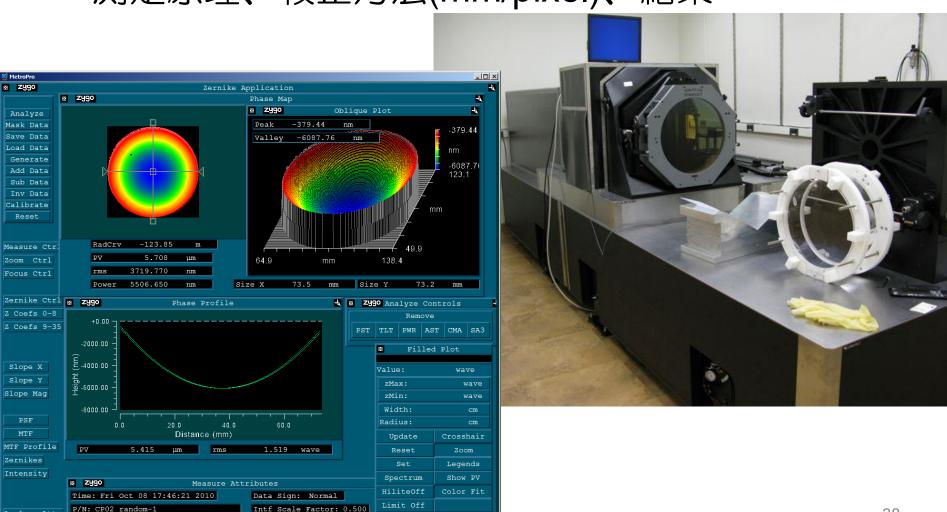
Intf Scale Factor: 0.500

Camera Res: 0.1920 mm

Analyze Attr

Units

s/N:

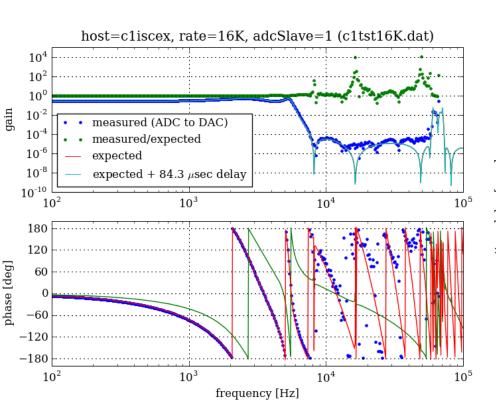


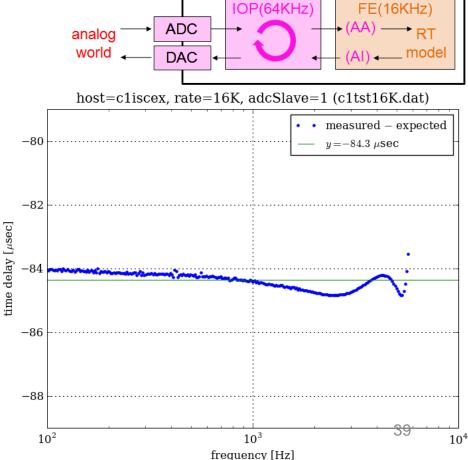
CDS delay measurement

• ADCからDACでどのくらい遅延するか

• IOPありなしを比べたかった

よくわからないripple





C1SUS

c1sus

c1x02

まとめ

- まとめられないくらいいろいろやらせてもらいました
- やり残したこと



40mで主にお世話になった人々



40mの一週間

- Monday
 12:00- LIGO experimental group meeting
- Tuesday
- Wednesday
 13:00- 40m Weekly meeting
- Thursday
- Friday
 16:00- Journal Club
- Saturday
- Sunday

三種の神器

- elog
- Wiki
- SVN

大切なお金の話

- 出所
 - 物理学専攻 組織的な若手研究者海外派遣プログラム http://www.phys.s.u-tokyo.ac.jp/whatnew/kyo/wakatehaken_000.htm http://www.phys.s.u-tokyo.ac.jp/whatnew/kyo/wakatehaken_000.htm http://www.phys.s.u-tokyo.ac.jp/whatnew/kyo/wakatehaken_000.htm http://www.phys.s.u-tokyo.ac.jp/whatnew/kyo/wakatehaken_000.htm http://www.phys.s.u-tokyo.ac.jp/whatnew/kyo/wakatehaken_000.htm http://www.phys.s.u-tokyo.ac.jp/whatnew/kyo/wakatehaken_000.htm http://www.phys.s.u-tokyo.ac.jp/whatnew/kyo/wakatehaken_000.htm
 - LIGO Visitors Program
 https://nebula.ligo.caltech.edu/visitor/
- 支給額: 航空券代 =11.9万円 (UT) 実費
 宿泊費 =\$1440 (UT) 実費
 日当 =2000円/day (UT) + \$40/day (LIGO)
 ※Pasadena: \$65/day
 +成田空港までの往復電車賃(UT)
- 実際の出費 食費、交通費、観光など含めて\$ /day程度だった

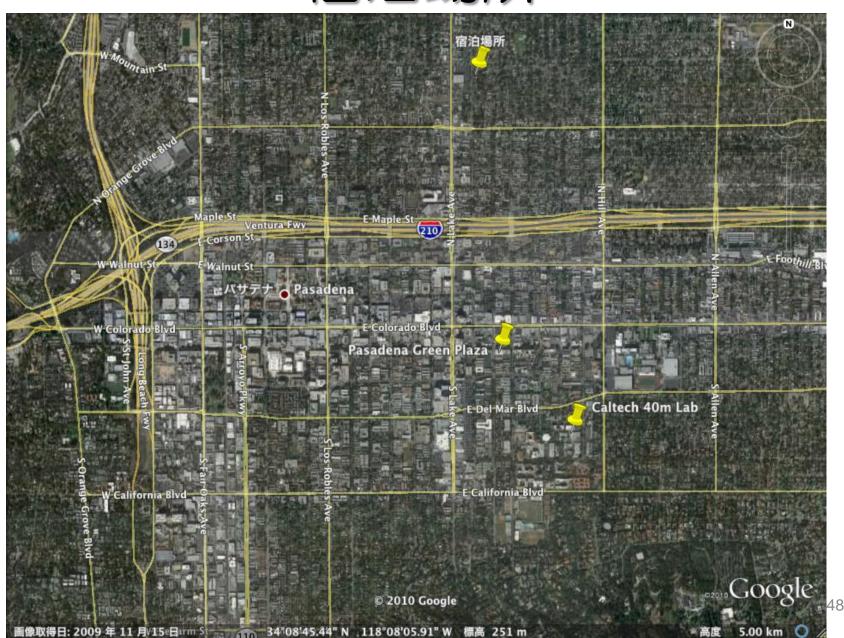
書類の話

- 物理学専攻 各種見積書、渡航先の受け入れ証明など 学術調査等のための海外渡航申請書/届 ※9/23-11/22は2ヶ月以上扱い 指導教員の意見書が必要
- LIGO Visitors Program
 CV, Work Plan, FNIF
 現地についてから
 各責任者のサイン集め(Cindy Akutagawa等)
 40m specific basic safety training(Steve)
 Basic Laser Safety Training(Peter King)

宿泊場所

- 予定はPasadena Green Plazaだった
 - →出発3週間前に急に予約取り消し(消防の監査)
 - → places4students.comで検索、 14ヶ所にメール(うち7ヶ所から返信)
 - →個人宅に宿泊 ※宿泊費申請し直し
- 自転車で15分くらい

宿泊場所



Pasadena周辺観光情報

- Norton Simon Museum (10/10)
- Pacific Asia Museum (10/24)
- Pasadena Museum of California Art (10/24)
- The Huntington Library (11/14, San Marino)
- Pasadena City Hall (10/3)
- Colorado Street Bridge (10/10)
- Gamble House (10/10)
- Rose Bowl
- Old Pasadena (10/3)
- South Lake Avenue (11/20)
- Staples Center (10/31, LA downtown)