

干渉計制御作業部会の現状報告

LCGT f2f meeting 2010/6/15 @ICRR
東大理 麻生洋一

干渉計制御作業部会の概要

目的

- LCGTの干渉計制御方法を決定する
 - 長さ、アラインメント
 - 堅牢性
 - 迅速なロック
 - 低雑音

略称 **ISC** (Interferometer Control and Sensing)

実際には干渉計の各種パラメータを決定し、他の作業部会に要求値を出す

作業の進め方

- コア干渉計モデル
 - 信号マトリックス
 - 量子雑音
 - フィードバックによるループ雑音
 - 古典雑音の入力



リアリスティックな
干渉計ノイズバジェット

付随する検討事項

- ロック手順
- 干渉計空間モードパラメータの決定
- Parametric Instability
- 変調器
- ローカルセンサー

これまでの成果

- 干渉計長制御の手法は(仮)決定
 - 帯域幅検討の一環として実施
 - RSEの可変帯域制御が、制御雑音も含めてなんとかなりそうなことを示した
 - まだ最適化の余地は残っている

信号取得方式

Dual-Recycled-Fabry-Perot Michelson

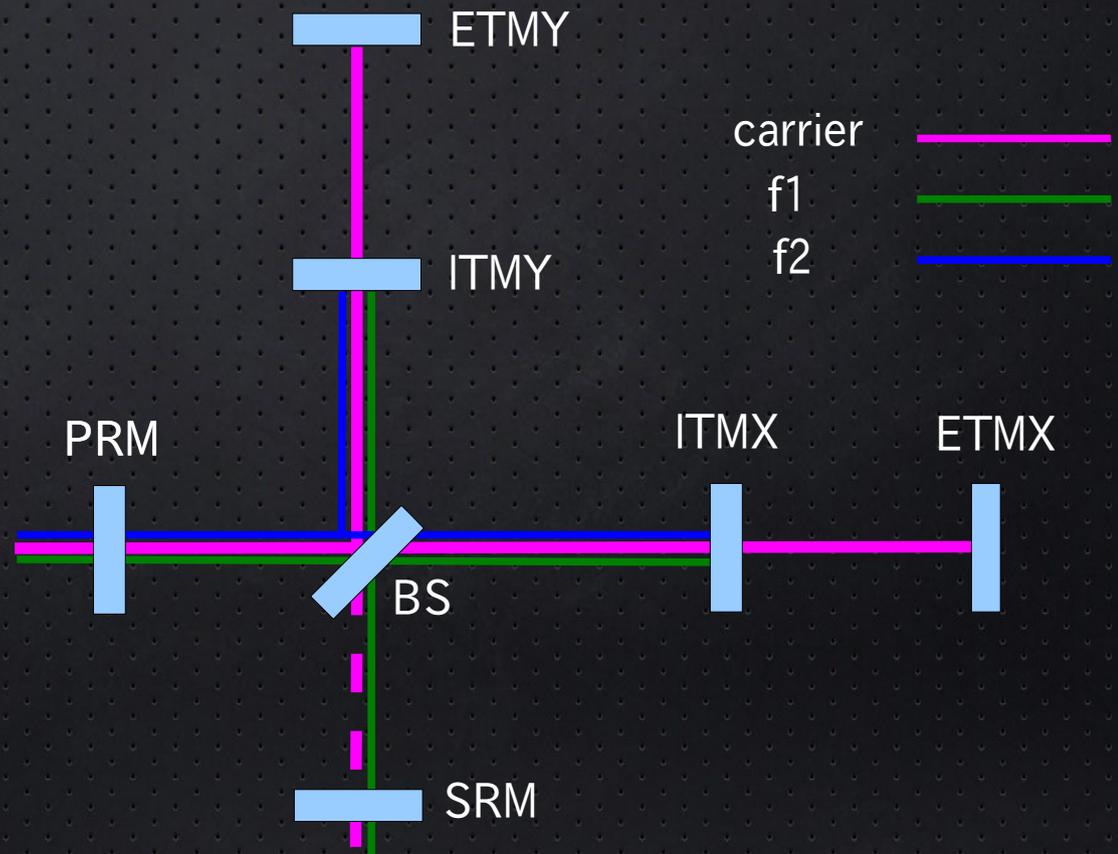
変調方式

f1: 11.25MHz
f2: 45MHz

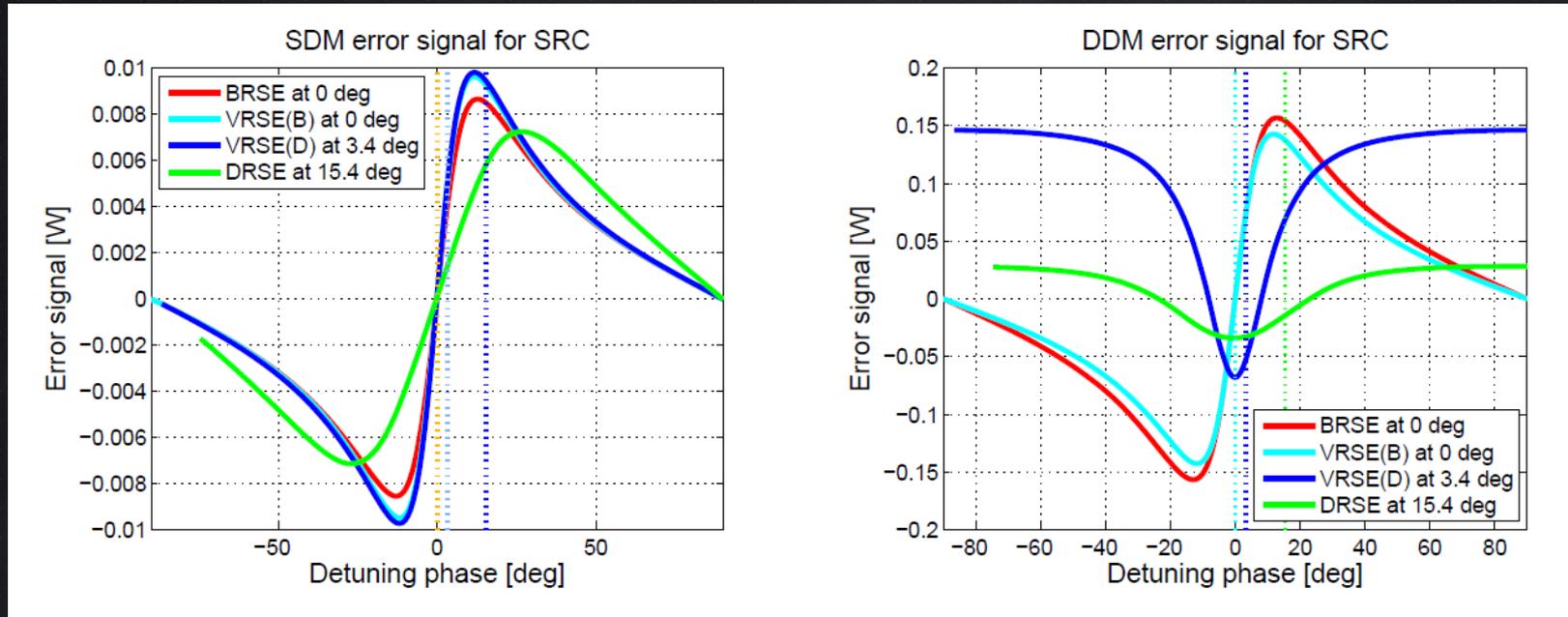
BRSE: f1=PM, f2=AM
DRSE: f1=PM, f2=PM

信号取得ポート

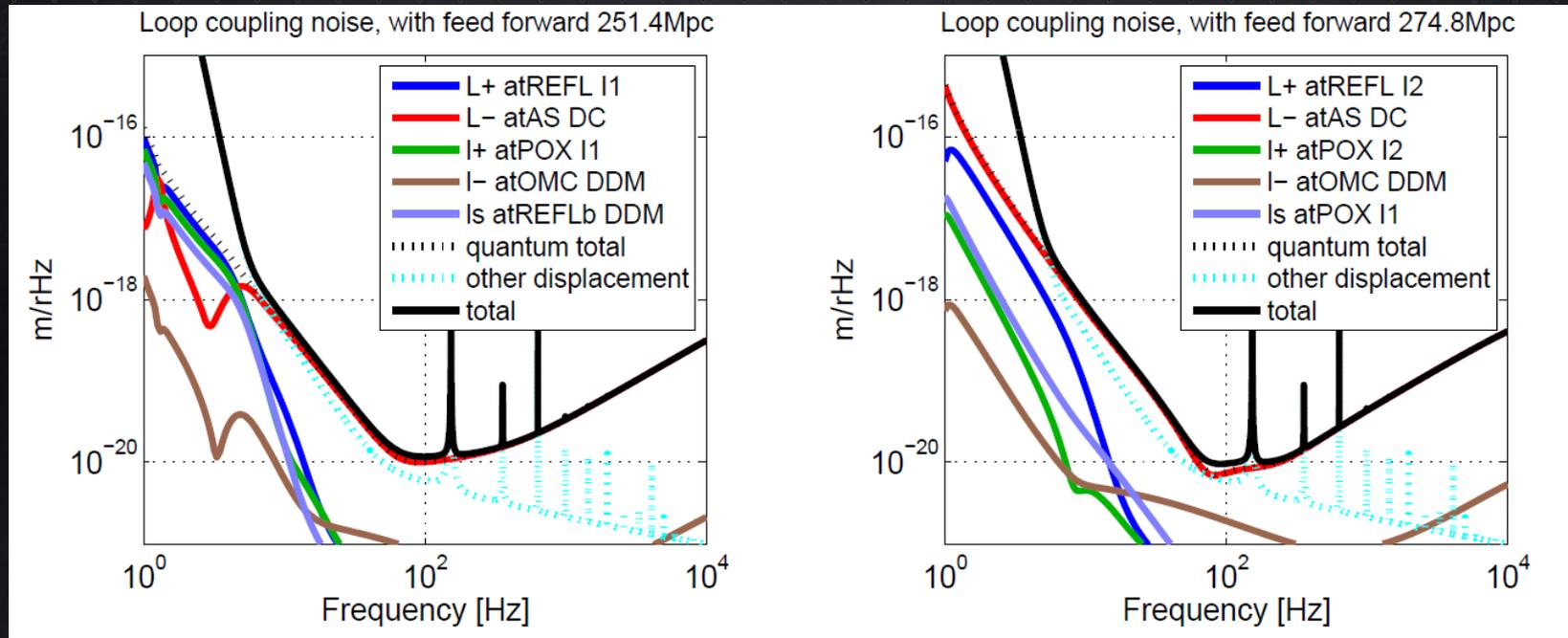
	L-	L+	I+	I-	Is
BRSE	AS DC	REFL f2	POX f1	OMC DDM	REFL DDM
DRSE	AS DC	REFL f2	POX f2	OMC DDM	POX f1



デチューンはSRC信号にオフセットを載せる



ループ雑音



作業分担とツール

宗宮: 量子雑音最適化(ミラー反射率、Detuneパラメータ、ホモダイン位相)
ツール: Mathematica ?

麻生: サイドバンド共振条件(干渉計長さ決定) ツール: Mathematica

宮川: 信号マトリックス計算, ループ雑音, ツール: Optickle(Matlabベース)



コア干渉計モデルの種

現在の作業

アラインメント制御  空間モード設計

- アラインメント信号の大きさはRCの安定度に依存する
 - アラインメント信号はRCが「不安定な方が大きい」
 - 不安定RCは重力波信号を減少させる他、有害な副作用が多い
- LCGTのRCは放っておけばMarginally Stable(ほぼ不安定)
- RCの安定化のためにはFoldingをするかもしれない



LCGTが予算化された場合、すぐトンネルを掘り始めるので、Foldingするかしないかは早急に決めなければならない。

RCの安定性

Cavityの安定度: 横モード間隔がどれだけ狭いか (g-factorが1に近いか)

→ Cavity内を光が進む間にGouy位相がどれだけ進むか

- 一般にアーム共振器は長く、これが安定な共振器となるようにビームパラメータは選ばれる(=レイリーレンジが長い)
- RCはレイリーレンジより大幅に短いため、Gouy位相はほとんど回らない(デフォルトのLCGTでは片道1.1度)

不安定RCのデメリット

- 微小な腕共振器の不完全性でも高次モードがRCに共振
- コントラスト低下
- キャリア-サイドバンドオーバーラップの悪化
- 重力波サイドバンドの損失(SRC)
- 研磨精度、熱レンズに厳しい要求

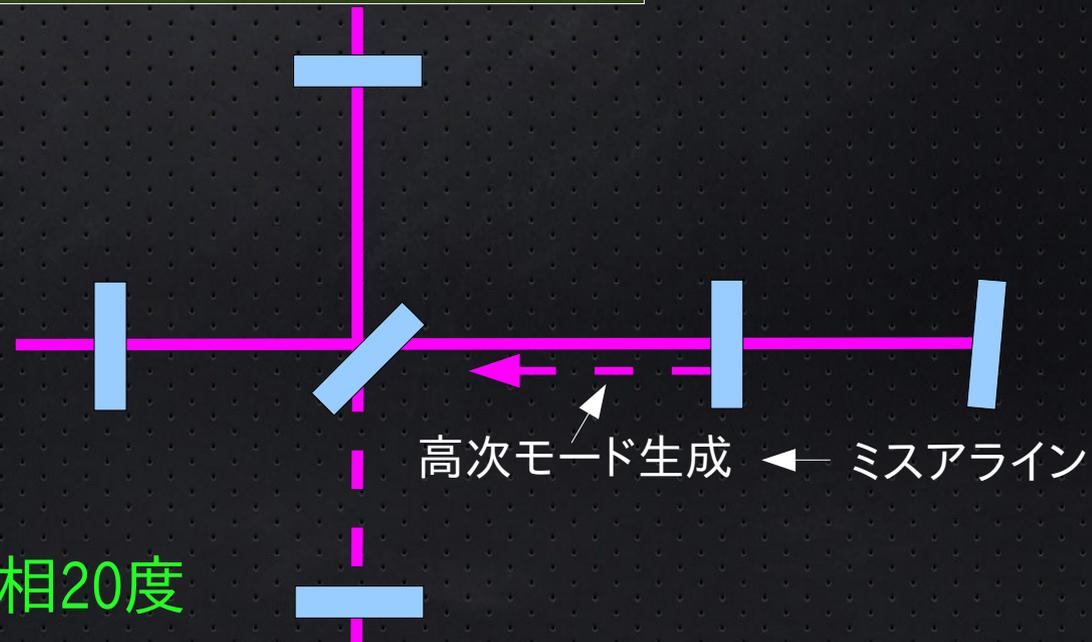
RCは安定化したい



しかし安定すぎるとアラインメント
信号が取れない!

腕で生成した高次モードがRC内で生き残れない

適度に不安定なRC: 片道Gouy位相20度



RCの安定化

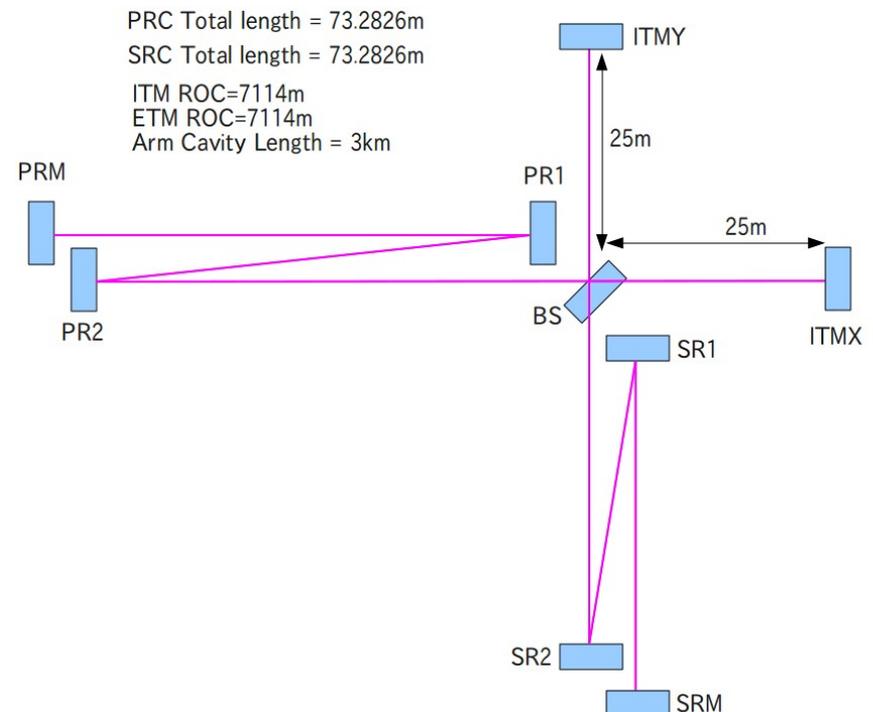
RC内でGouy位相を回す → RC内でビームをフォーカス

ITMレンズ化: ITMのAR面に曲率を付けることでビームをフォーカス

- 構成はシンプル
- 宗宮さんの計算では「理屈上は可能」
- 角度揺れとビーム平行移動のカップリング
- 散乱光
- 短い曲率がサファイアミラーで実現可能か?

フォールディング:
RCを二枚の球面鏡で折り返す

- 干渉計の望遠鏡と同じ構成
- 構成が複雑
- 角度制御すべき自由度が増える(?)
- 非点収差
- 折り返し鏡をどうやって保持するか?

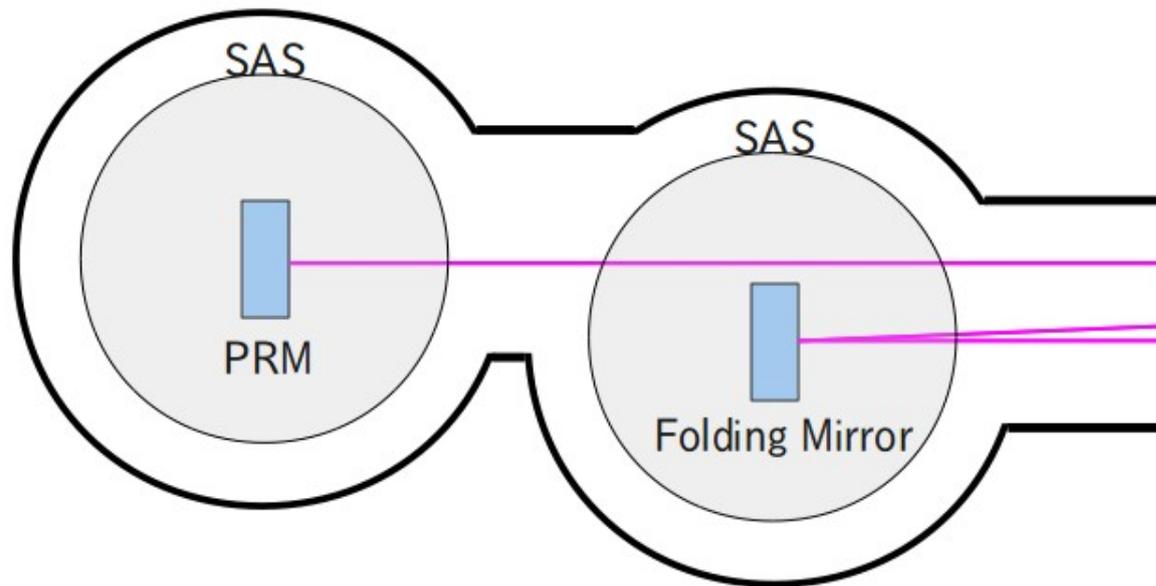


5/14にCLIO-MQM Workshop後、早稲田で相談

麻生、宗宮、宮川、新井、山本、高橋、三代木、我妻、西田

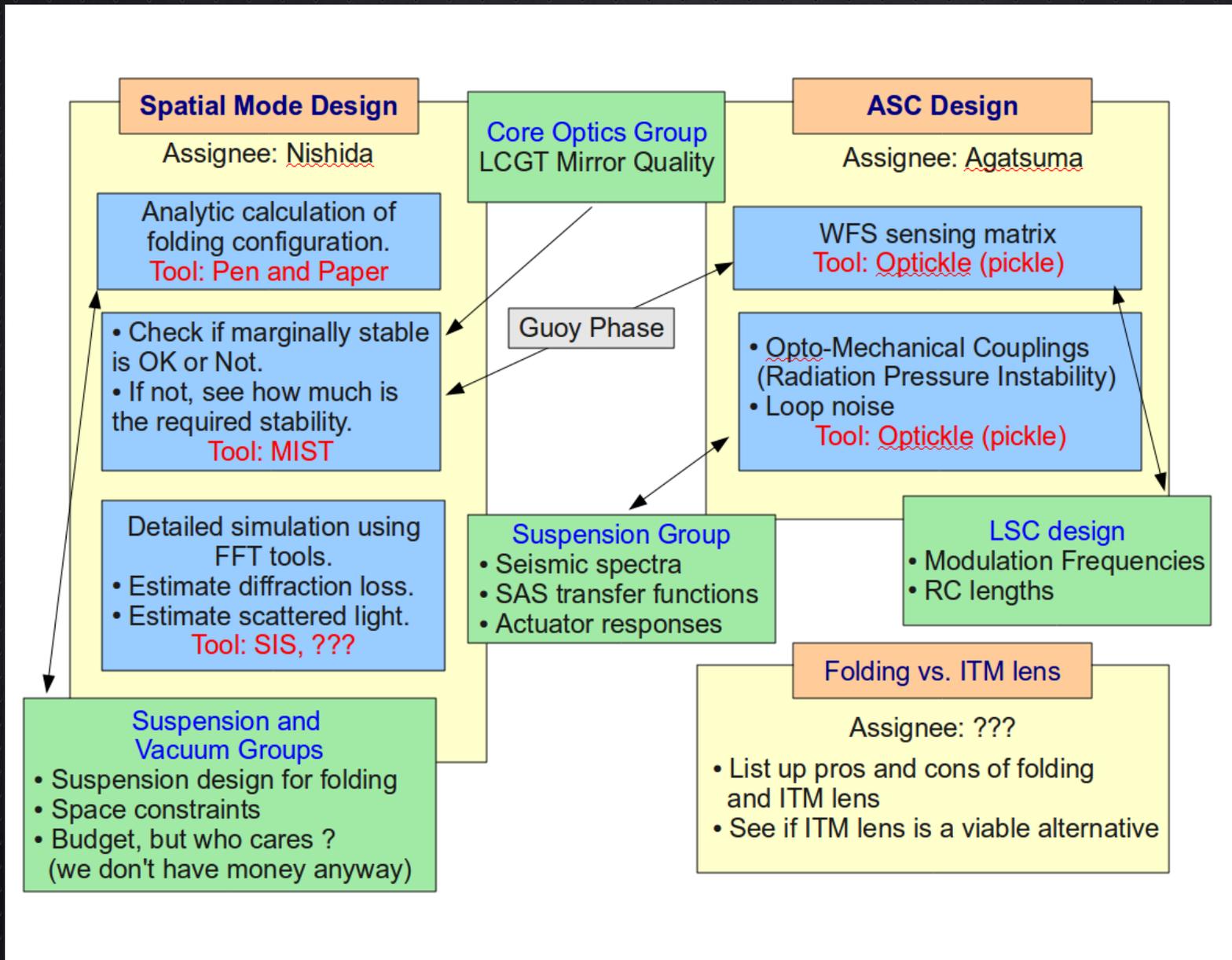
今後の作業方針を協議

- 折り返し鏡の防振はPRM、SRMと同等が必要
- SAS的にフォールディングは無理では無さそう
- とりあえずフォールディングするとどうなるか、Gouy位相20度を目標にパラメータを計算
 - 天文台で辰巳さん指導の下、我妻君、西田さんが計算中
- その後、空間モードに関する詳細なシミュレーションと、アラインメント信号計算を並行して行う



互い違いにSASを配置

作業の流れ



マイルストーン: 折り返しの可否、パラメータは夏ぐらいを目処に決めたい

その他の作業

- Parametric Instability: 山元さんが詳細なレポート
 - サファイア鏡では問題にならない
- 変調器: 大前君が実験(中)
 - 高効率のAMは可能
- ロックアキュジション: 帯域検討の中で考察
 - グリーンロックが必要と思われる
 - 40mの和泉君と新井さんにエールを送る

まとめ

- ISCの目標は、長さ、アラインメントの制御則策定及び、コア干渉計モデルによるリアリスティックな雑音推定
- 長さ制御に関しては、一応の案が求まった
- 現在はアラインメント制御と関連して、空間モード設計を行なっている
- 折り返しのパラメータは夏ごろまでに決めたい