

次世代重力波検出器に向けた 非線型光学結晶を用いた信号増幅システムの開発

24pSR-5

2016/9/24@宮崎大学

氏名：

片岡優、宗宮健太郎、柳沼拓哉

所属：東工大理

目次

- イントロダクション
- 実験理論
- 感度の計算例
- プロトタイプ実験
- まとめと今後に向けて

イントロダクション

■ 重力波検出の意義

昨年、初めて重力波が直接検出された

- ➡ BH連星の初観測に成功
- ➡ 一般相対論の正しさに対するあらたな証拠
- ➡ 天文学への応用

■ 高周波数帯の重力波に対する感度をもてば

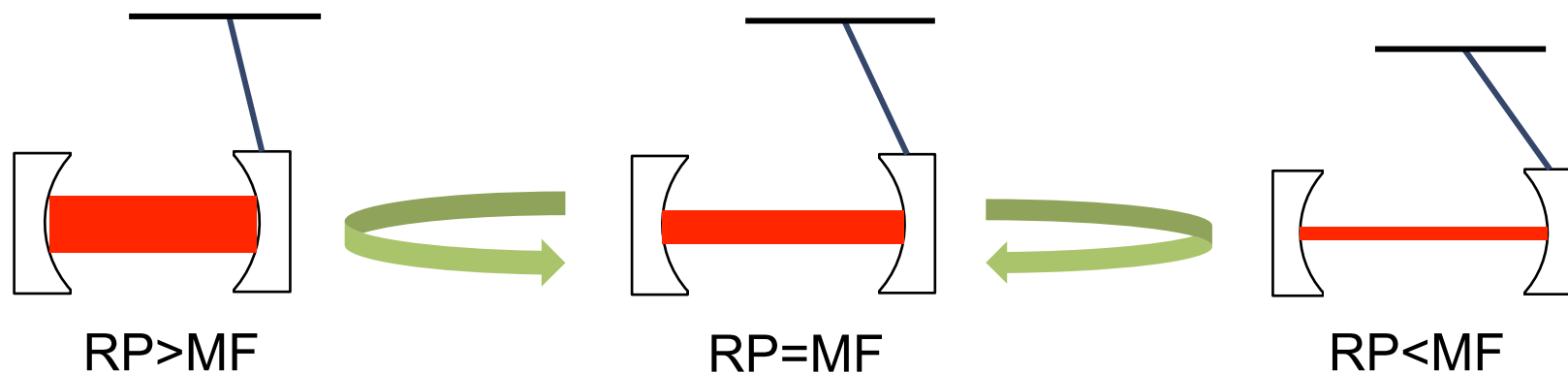
- 超新星爆発
- より軽い星の合体現象
- パルサーグリッチ
- 一般相対論のさらなる検証

実験理論

■ 光バネと非線形光学効果とを組み合わせる

光バネ

- 光の輻射圧を用いたバネ
- 干渉計のダイナミクスを変えられる

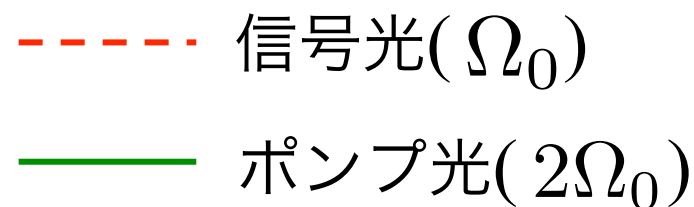
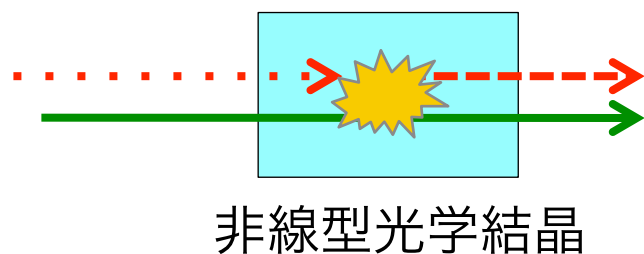


実験理論

- 光バネと非線形光学効果とを組み合わせる

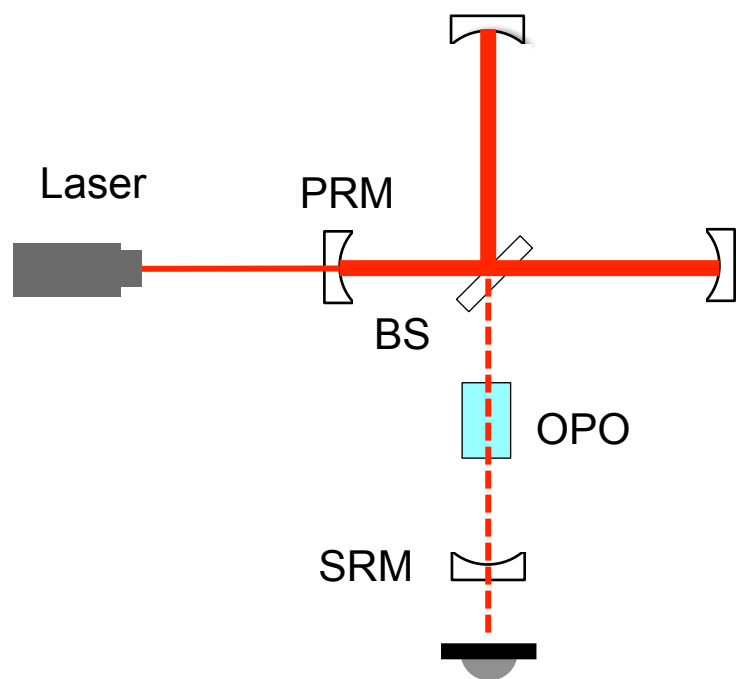
非線形光学効果

スクイーミングに用いられる技術



感度の計算例

■ 干渉計の模式図

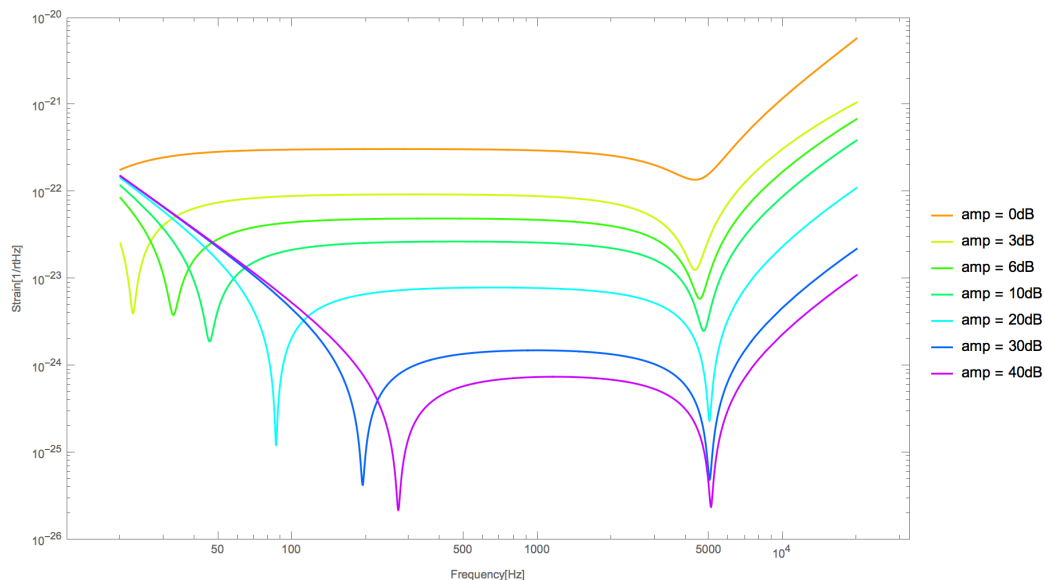


■ SR共振器を離調

➤ 干渉計のダイナミクスを変更

■ SR共振器の内部にOPOを挿入

➤ 信号増幅をおこなう



$L=1200\text{m}$, $I = 10\text{kW}$, $M = 2\text{kg}$, $R = 90\%$

プロトタイプ実験

■ 実験の目標

量子雑音レベルまで雑音を下げるのは困難

↳ 光バネの共振周波数の変化を測定することで信号増幅を確認

■ 実験へ向けた課題

- 安定なSR干渉計の制御
- 強くて安定なポンプ光の生成
- OPOの動作確認
- 干渉計とOPO部分の統合

プロトタイプ実験

■ 実験の目標

量子雑音レベルまで雑音を下げるのは困難

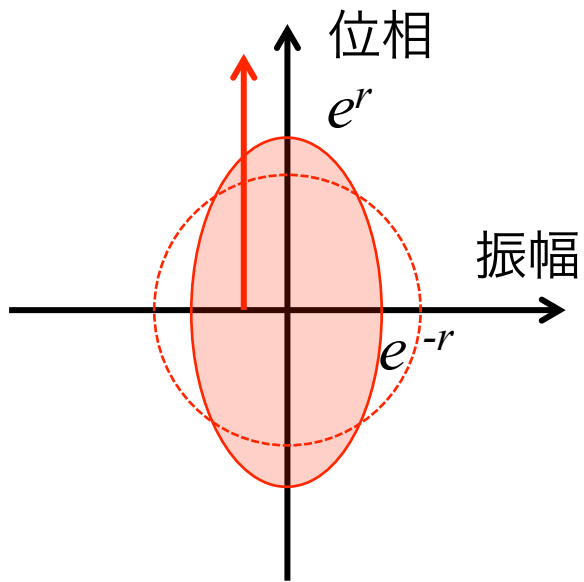
↳ 光バネの共振周波数の変化を測定することで信号増幅を確認

■ 実験へ向けた課題

- 安定なSR干渉計の制御
- 強くて安定なポンプ光の生成
- OPOの動作確認
- 干渉計とOPO部分の統合

プロトタイプ実験

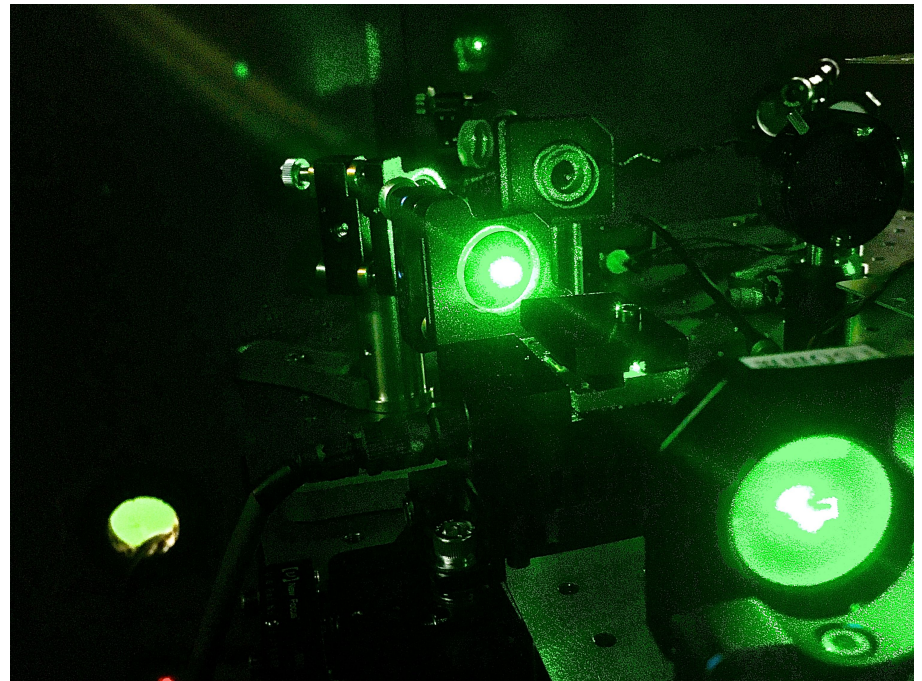
■ プロトタイプ実験に向けたポンプ光の生成



スクイーミングファクタ r は

$$r = \frac{z}{2c} \cdot \frac{\omega}{n} \left| \chi^{(2)} \underbrace{E_{\text{pump}}}_{\text{ポンプ光の複素振幅}} \right|$$

ポンプ光の複素振幅

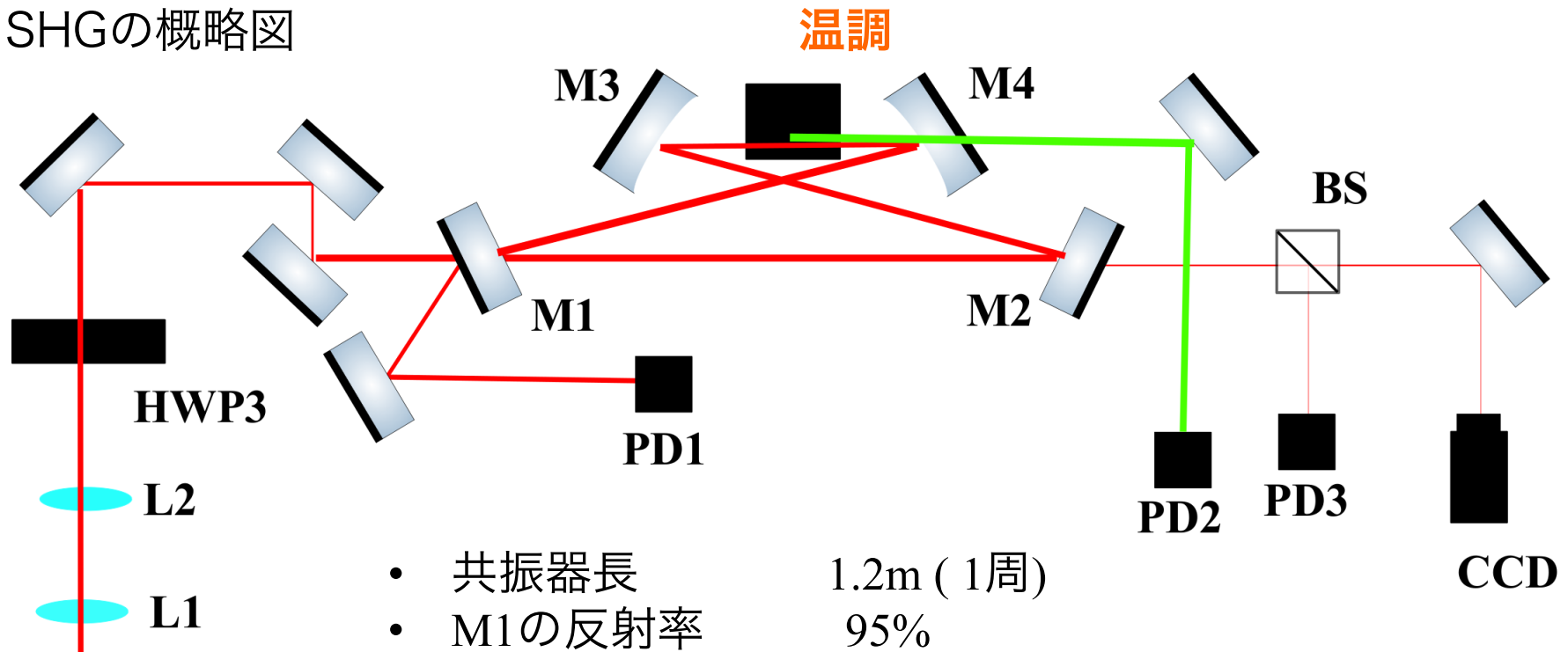


➤ 強く安定なポンプ光の生成が重要

プロトタイプ実験

■ プロトタイプ実験に向けたポンプ光の生成

SHGの概略図

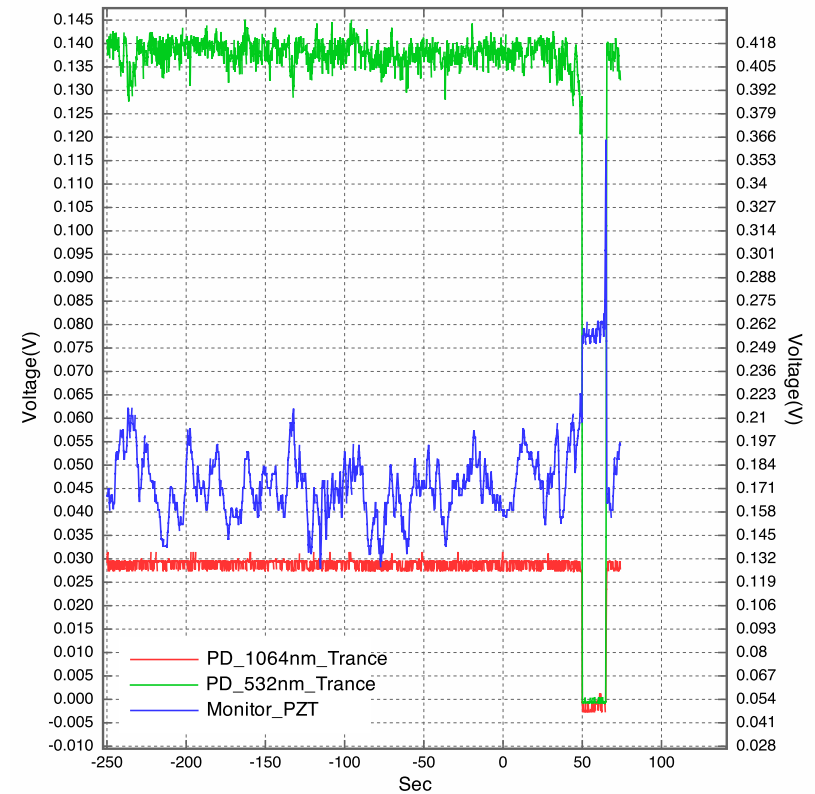
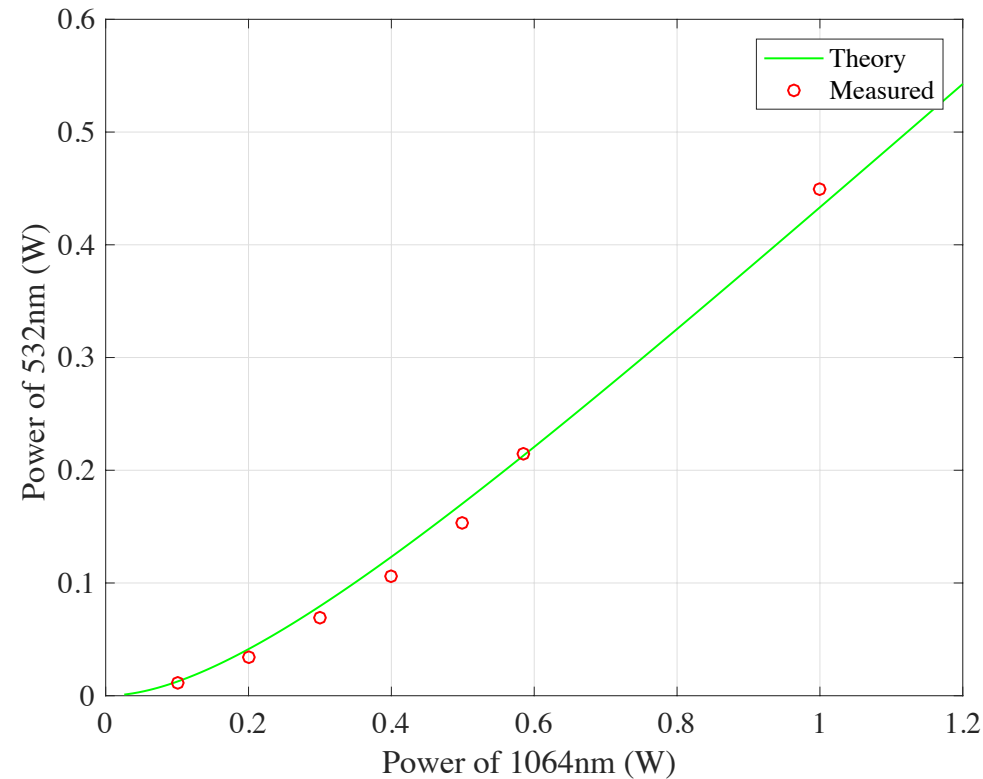


- 共振器長 1.2m (1周)
- M1の反射率 95%
- M3とM4の曲率 15cm
- 温調により結晶温度を約35度に制御
- レーザー周波数をSHGにロック

プロトタイプ実験

■ プロトタイプ実験に向けたポンプ光の生成

作成したSHGの性能



まとめと今後に向けて

- 光バネとOPOを組み合わせることで干渉計の感度向上が可能
- ポンプ光のためのSHG作成まで完了

- OPOの動作確認をおこなう
- レーザーのハイパワー化を完了する
- SR干渉計を組み立てより安定な制御をおこなう
- 本実験の理論の補強をおこなう

予備スライド

プロトタイプ実験

■ SHGのオープンループゲインとノイズスペクトル

