

# GR20/Amaldi10 帰朝レポート

須佐友紀

本レポートでは、2013年7月7日から12日までポーランドのワルシャワ大学で開催されたGR20/Amaldi10の“C4 - Concepts and Research for Future Detectors”セッションで発表された

Non-ideal coherent noise cancellation for quantum optical systems

Denker T, Schutte D, Wimmer M, Heurs M, Danzmann K

の基本的なアイデアについて簡単にレビューを行う<sup>\*1</sup>.

## 1 イントロ

これまで重力波検出器の低周波感度を制限してきたのは主に地面振動であるが、次世代干渉計では光子が運動量を持つことで鏡を揺らす輻射圧雑音が主に感度を制限する要因となると考えられている。輻射圧がある場合、鏡が揺れることで電場の振幅成分と位相成分がカップルすることでスキージング効果(ポンデロモーティブスキージング)を生み、位相測定において雑音となる。そこで発表者らは、この輻射圧雑音を低減する方法として文献[1]で述べられている“Coherent Quantum-Noise Cancellation (CQNC)”に着目し、輻射圧雑音をキャンセルできるか否かを理論的に考察を行った。

## 2 CQNC

まず文献[1]で述べられているCQNCについてレビューする。例えば重力波干渉計において輻射圧雑音をキャンセルする方法として variational-output が挙げられる(文献[2])。これは干渉計からの出力を輻射圧雑音によるポンデロモーティブスキージングをキャンセルするように検波する方法であり、これも一種のQNCであるとみなせる。しかし、ここではより直接的に干渉計の中でポンデロモーティブスキージングをキャンセルする様にする。図1のように主共振器  $a$  の中に補助共振器  $b'$  を設置する。主干渉計にあるバネにつながれた鏡によって生まれる輻射圧雑音を、補助光学系のパラメータ調整するこ

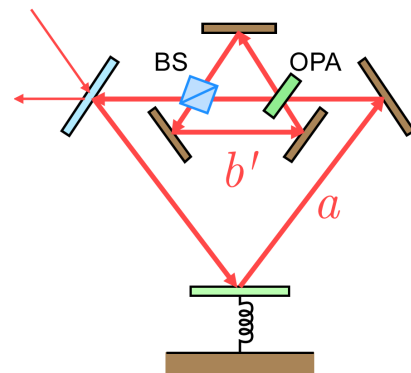


図1 CQNCの理論モデル

<sup>\*1</sup> これに関するドキュメントがLIGO DCC LIGO-G1300703にあげられているようである。

とで全周波数帯でキャンセルすることができる。理論的にはこの補助光学系は実質的に“negative mass oscillator”として振る舞う。ここでは機械的および光学的な損失は仮定していない。

### 3 Non-ideal CQNC model と計算結果

前述の理論提案を受けて発表者らは図2のような実現可能な実験セットアップを提案し、それによって得られる感度を計算した(図3)。理想的なCQNC, すなわちパラメータの調整が上手くできた場合は高周波側では広く量子雑音を低減できていることが分かる。対して非理想的な場合は、最も感度が良くなる周波数域でも理想的な場合ほど改善できないが“SQL”のカーブと比較して高周波では感度を改善することができている。“penalty”はnCQNCで達成できる最高感度の値である。

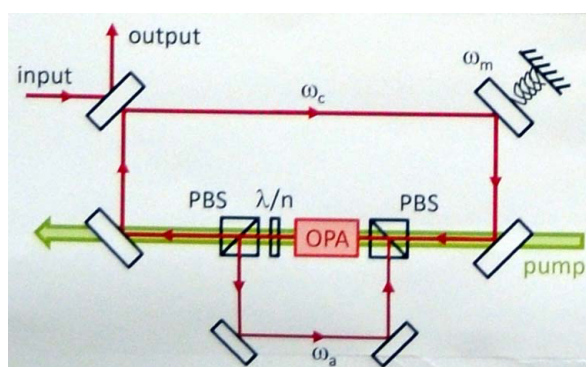


図2 CQNCの現実的な実験モデル

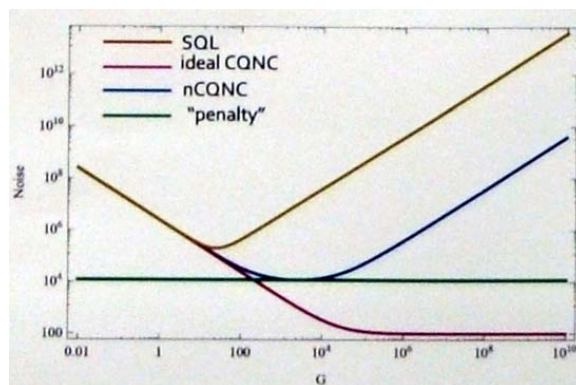


図3 感度の計算結果。横軸は右側が低周波で、左側が高周波である。図中にある“SQL”のカーブは正しくは適当なパラメータを振った時の量子雑音であると思われる。

### 4 結び

今後の目標として輻射圧雑音の消去の達成を掲げているが、全周波数帯での消去は期待できず、実現できたとして特定の周波数帯でのみであろうと予想している。

### 参考文献

- [1] M. Tsang, and C. M. Caves, Phys. Rev. Lett. **105**, 123601(2010).
- [2] H. J. Kimble et al., Phys. Rev. D **65**, 022002 (2001).