

Amaldi10 帰朝報告

上田慎一郎

7月8日～7月12日にかけてワルシャワにおいて GR20/Amaldi10 に参加し、ポスターセッションで Beam Shutter に関する発表をしてきた。会議では様々な大学の先生がたと有意義な議論をかわして、研究に関する意見を広く聞く事ができた。

以下に興味を引かれた発表について軽くまとめる。

・ Newtonian noise subtraction with seismic arrays(C4)

Mark Beker

第三世代重力波検出器では Newtonian noise が問題点であり、それをどのように軽減するかという話であった。

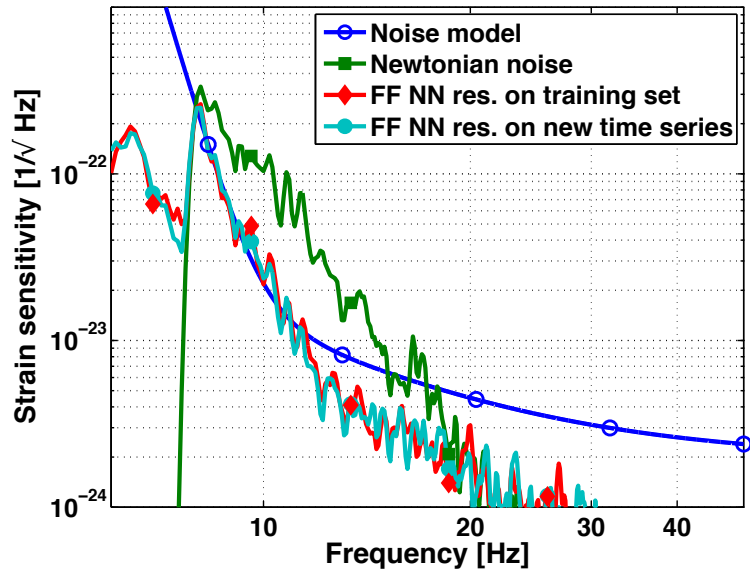
第三世代重力波検出機は地下に作るの、地表表面を伝わる人間の生活による地面振動などはかなり軽減される。また suspension もより性能をいいものを使うので主な地面振動も雑音レベルがかなり低くなると考えられている。なので、低周波での主な雑音は、地殻などの変化による重力場の変動によって誘起される Newtonian noise である。

Newtonian noise は重力場の変化により鏡が触れることが原因なので、振り子などをつかい観測の段階で削減するという事は現在の検出器では不可能である。

Newtonian noise に対する解決策として発表者は Seismic sensor をもちいて Test mass まわりの地面の動きを観測して、そこらから Newtonian noise を見積もり、検出器から得たデータから差し引くという手法について紹介していた。Newtonian noise は Test mass 周りの地面の動きに大きく左右されるため Seismic sensor で見積もれるようだ。地面の変位を ξ として Newtonian noise を見積もる式は以下である。

$$\delta \vec{a}_{\text{NN}}(\vec{r}_0, t) = G \int dV \frac{\rho_0(\vec{r})}{|\vec{r} - \vec{r}_0|^3} \left(\vec{\xi}(\vec{r}, t) - 3(\vec{e}_r \cdot \vec{\xi}(\vec{r}, t))\vec{e}_r \right)$$

この式を使って、データから Newtonian noise を削減した結果は、

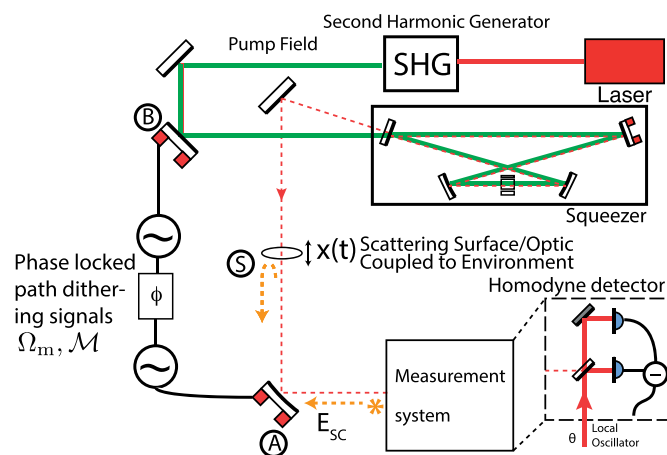


である。緑線が元々の Newtonian noise であり、赤線と水色線が Newtonian noise をキャンセルした結果である。この結果では Seismic sensor を 10 個用いているが、Beker 氏の発表ではセンサーを 100 個用いる事で Newtonian noise を 90%削減する事ができたと発表していた。

私は Newtonian noise は減らす事ができないものだと思っていたので、Seismic sensor で地面の変位から削減するという手法はとても興味深かった。

- **A path length modulation technique for frequency shifting scatter induced noise in squeezing measurements**(C4 poster)

Andrew R. Wade



スクイーズ技術を用いたときに重大な問題となってくる散乱光の影響を減少させる技術に関する実験のポスター発表であった。この実験のポイント

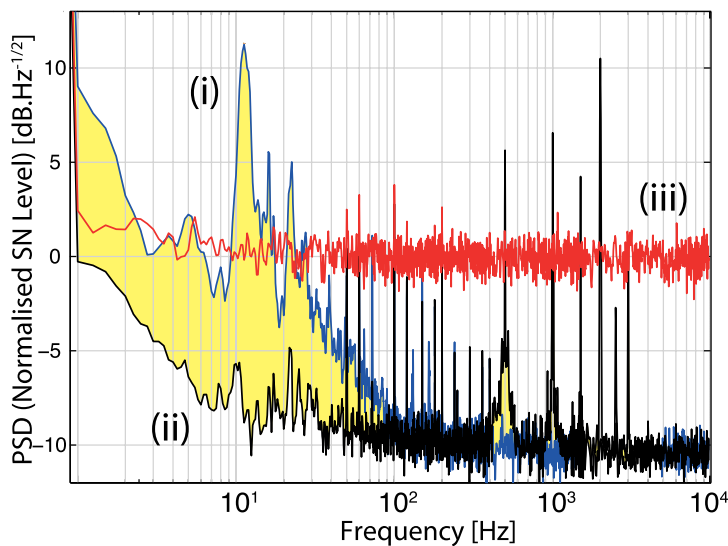
トは、散乱光にだけミラーAで path length modulation をかける事によって DC 成分の散乱光を変調周波数だけアップコンバートさせて除去するという事である。実験のセットアップは上の通りである。

散乱しない光はミラーAで変調をうけ、ミラーBで変調をキャンセルされる。一方、散乱する光はミラーAでしか経験しないので変調を受ける。PDに入る光は以下の式でかける。

$$E_{\text{sig}}(t) = \delta\hat{\alpha}_{\text{sqz}} e^{i\omega_0 t} + \underline{e^{i2M \cos(\Omega_m t)}} \varepsilon(t) e^{i(\omega_0 t + \phi(t))}.$$

$\varepsilon(t)$ は散乱光の振幅、 M は変調指数、 Ω は変調周波数である。赤線の部分をベッセル関数で展開すると散乱光のDC成分の振幅は $J_0(M)$ で書けるが、 $M = 2.405$ とおくと $J_0(M) \approx 0$ とする事ができる。これにより散乱光のスクイズ成分を除去することができた。実験結果は以下の通りである。

- (i) Squeezing with no path length modulation
- (ii) Squeezing with path length modulation
- (iii) Shot noise



変調を入れなかった時より、入れたときの方がSNがよくなっているのが見て取れる。スクイズの散乱光に対しての解決策がとても興味深かった。

参照

- Jennifer C. Driggers, Jan Harms, Rana X Adhikari, "Subtraction of Newtonian Noise Using Optimized Sensor Arrays", Physical Review D 86, 102001 (2012)
- Andrew R. Wade, Sheon S. Y. Chua, Michael S. Stefszky, Daniel A. Shaddock, and David E. McClelland, "Path length modulation technique for scatter noise immunity in squeezing measurements," Opt. Lett. 38, 2265-2267 (2013)