

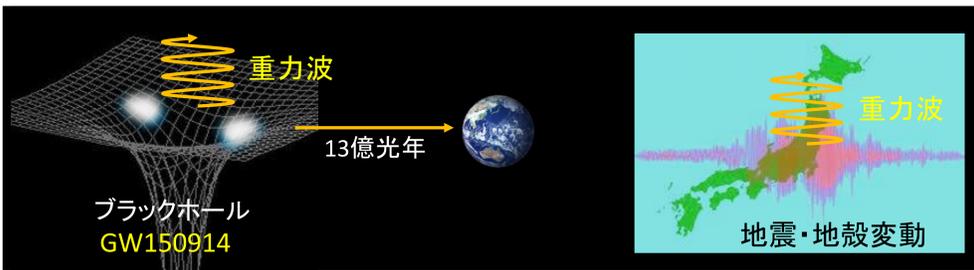


## 要旨 (Abstract)

私たちは昨年度、13億光年先のブラックホールGW150914の重力波観測の成功を機に、地震が発生する重力波を検知できるかの研究を始めた。重力波が伝わる方程式は、超遠距離のブラックホール用の式は完成されているが、地球と月程度の近距離用の式はない。そこでアインシュタイン方程式の土台となったマクスウェル方程式の近距離用の式を重力波に適用し、近似式を生成し、近距離研究文献の数値と照合し合致した。この式を用いて地震による重力波を算出したので報告する。

## 仮説 (Supposition)

13億光年の遠くからの重力波が観測できるのだから、地震が起こす重力波も観測できるはず！！と考えた。



## 研究方法 (Procedure)

超遠方ばかり観測している天文学者は、超遠方用の重力波の計算式しか求めていませんが、重力波のアインシュタイン方程式は、もともと電波のマクスウェル方程式から誕生したものです。マクスウェル方程式には遠方も近距離も計算できる数式が求まっている。そこでマクスウェル方程式の数式の距離が支配する項の部分をアインシュタインの重力波方程式の距離が支配する部分と置き換えを図る。

## 研究 (Study)

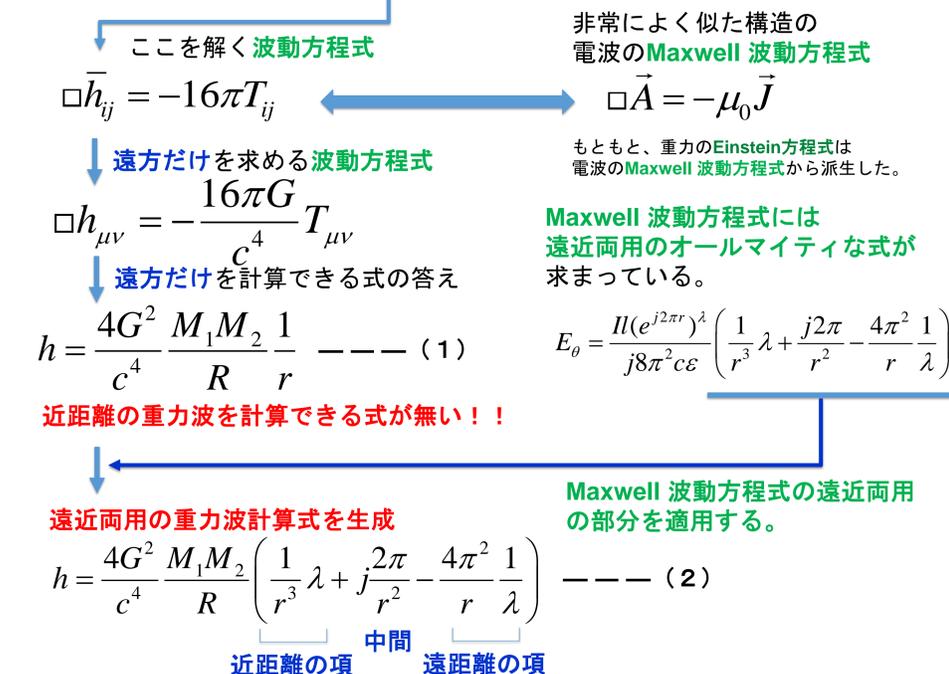
重力波は次のアインシュタイン方程式で求まる。

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = -\frac{\kappa}{2c} T_{\mu\nu}$$

宇宙空間の状態量 <時空の曲率>      宇宙に散らばるエネルギーと質量

$$g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu}$$

宇宙空間をはかる物差 <計量テンソル>      平らな部分      平らでない部分

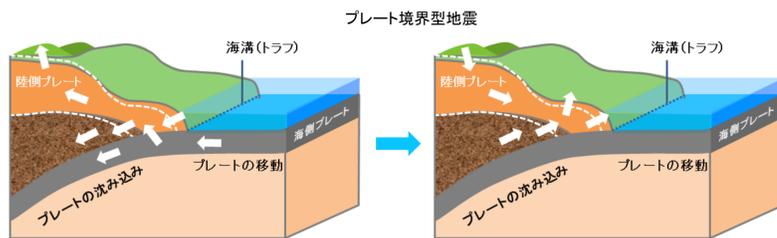


## 計算検証 (Numerial Verification)

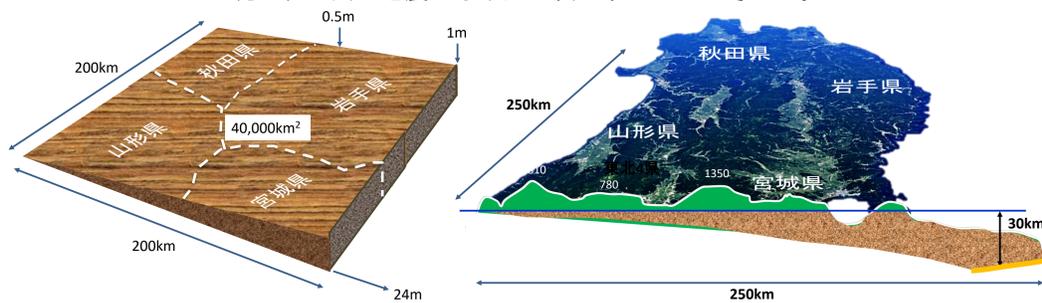
既存の学術資料[\*]に示された近距離での重力波計算例に対して、式(1)と式(2)で計算した結果、式(2)による結果が資料の数値に合致した。この結果、数式(2)が近距離重力波計算に有効と判断した。

[\*] 日本物理学会編, "ニュートリノと重力波," 裳華房, 1997年, pp.209

この式をつかって東日本大震災からの重力波を計算した。必要となる数値は、①地震を引き起こしたプレート境界の土の塊の量、②地震で振動した東北沿岸4県の地殻の重量、③地震を代表する振動数(周波数)である。



東日本大震災はプレート境界型地震で、数十年間の海側プレートが押し続けた陸側プレートの土の塊が、一気に地震となり元に戻ろうとしたと考えた。

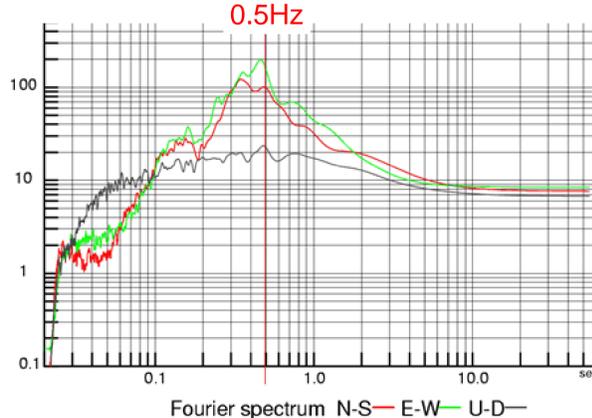


(1) 土塊  $M_1$

$$M_1 = 2.6 \times 2 \times 10^5 \times 2 \times 10^5 \times 0.5 \times 10^3 = 5.2 \times 10^{13} \text{ (kg)}$$

(2) 地殻  $M_2$

$$M_2 = 2.6 \times 2.5 \times 10^5 \times 2.5 \times 10^5 \times 3 \times 10^4 \times 10^3 = 4.875 \times 10^{18} \text{ (kg)}$$



左図の周波数分析の結果、最も顕著な周波数は0.5Hzと判断。これから式(2)の $\lambda$ は $6 \times 10^8$ mとなり、近距離での重力波では $\lambda$ が優勢となり $\gamma$ が大きな値となる。

右図は2030年代に実現する衛星(惑星)型重力波観測装置LISAでの想像図。現在の地上に設置された重力波計の数万倍の感度を持つとされている。



LISA (Laser Interferometer Space Antenna)

## 研究結果 (Result)

以上により、地震による重力波を地表から3万kmに設置したLISAで観測した地震による重力波の大きさは以下のとおりとなり、LISAの持つ測定感度にほぼ等しい値であり、地震重力波を測定できると判断できる。

$$h \sim 7.435 \times 10^{-28} \approx 1 \times 10^{-27}$$

## まとめ(Conclusion)

アインシュタインの重力波方程式の解にマクスウェル方程式の遠近解を合成することで、遠距離、中距離、近距離の天体の重力波を計算できると考え、東日本大震災をモデル化して発生した重力波が宇宙型重力波測定装置(LISA)で観測が可能であると判断した。今後は地震予知の可能性を追求したい。