

# 重力波で探る磁場の起源

東京大学理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター  
修士一年 松本 平蔵

August 31, 2012

## 1 概要

現在、多くの観測により銀河や銀河団に付随する磁場の存在が示唆されているが、それらの明確な起源はわかっていない。また、近年の高エネルギー宇宙線観測は銀河間に存在する大スケールの磁場の存在を示唆している。そのような磁場の起源を初期宇宙に生成し説明する機構として、インフレーションや電弱相転移がある。本研究ではそのような初期宇宙の磁場が非等方圧を通して重力波を生成する点に注目し、初期磁場に対する制限を与えた。重力は電磁気力と比べて相互作用が弱いので初期磁場の情報を色濃く残している。将来の重力波実験で強い制限を得ることができ、種磁場の生成機構についても議論が可能になる。

## 2 はじめに

銀河には  $10^{-6}G$  ほどの磁場が観測されており、銀河スケールに限らず様々なスケールの磁場が観測されている。銀河磁場の起源は、ダイナモ機構や断熱収縮が挙げられているが明確な起源はわかっていない。また、これらは磁場の生成機構ではなく増幅及び維持機構であるため、それぞれ  $10^{-20}G$ ,  $10^{-9}G$  程度の種磁場を必要とする。そこで、インフレーションにより種磁場が生成されたとして、種磁場から発生する重力波について議論する。将来稼動する重力波検出器の感度曲線を用いることで制限を得る。

## 3 手法

磁場への制限は、ビッグバン元素合成の理論と観測及び重力波検出器によりもたらされる。ビッグバン元素合成の理論と観測はとてもよい精度で一致しており、宇宙初期に、ここで考えるような付加的なエネルギー密度が存在すると、この理論と観測の一致を壊す可能性がある。そのため付加されるエネルギー密度は上限値を持つ。具体的には、磁場のパワースペクトルは波数の単純な冪に近似できるとして、磁場のスペクトルインデックス  $n$  に制限をかける。磁場は、インフレーションを仮定することで、磁場は超地平線スケールに及ぶ。地平線スケールより小さなスケールでの磁場はプラズマとの相互作用により減衰するので、磁場を源とする重力波生成は地平線スケールで起こる。種磁場は三次以上の相関関数を持たないラ

ンダムガウス場とする。また、磁場の規格化は巨大楕円銀河のスケールで行う。

#### 4 制限

周波数毎の重力波のエネルギー密度と感度曲線を照らし合わせる。

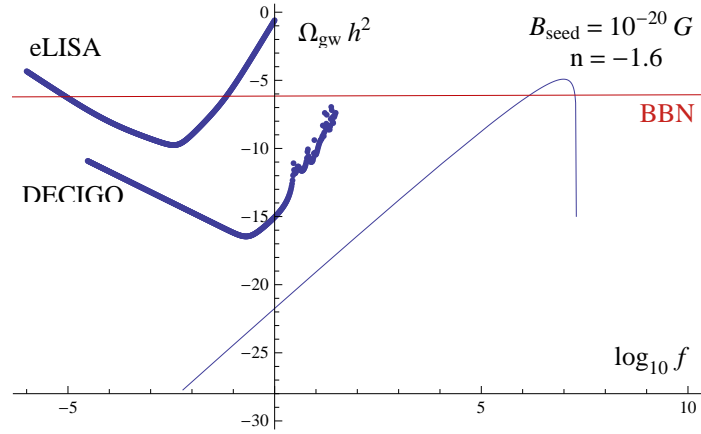


Figure 1:

上の図は、種磁場として  $10^{-20} G$  を仮定した場合に発生する重力波の周波数毎のエネルギー密度を”eLISA”,”DECIGO”の感度曲線と照らし合わせた図である。縦軸は周波数毎のエネルギー密度。横軸は周波数。赤線はビッグバン元素合成による上限値であり、この線を超えるエネルギー密度は許されない。磁場のスペクトルインデックスは” $n = -1.6$ ”であり、これ以上の値は、BBN の上限値を超える。またこの図からは、検出器による制限はかからない。

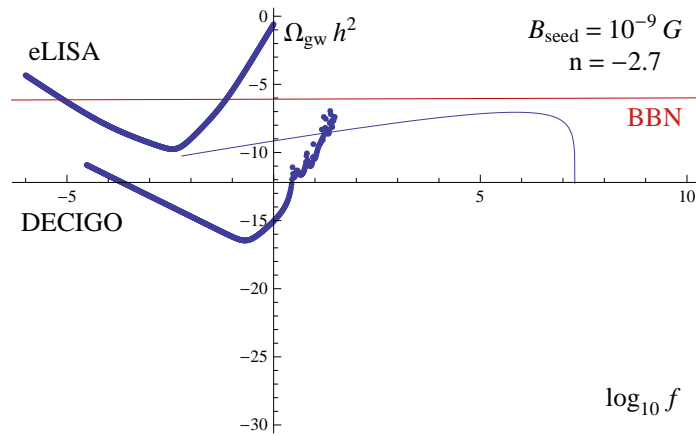


Figure 2:

上の図は、種磁場として  $10^{-9}G$  を仮定した場合に発生する重力波の周波数毎のエネルギー密度を”eLISA”, ”DECIGO”の感度曲線と照らし合わせた図である。赤線はビッグバン元素合成による上限値。磁場のスペクトルインデックスは” $n = -2.7$ ”であり、この値より大きい場合、BBNの上限値を超えているので許されない。また”DECIGO”で検出可能。もし検出出来ない場合には、さらなる制限が得られることになる。(下の図)

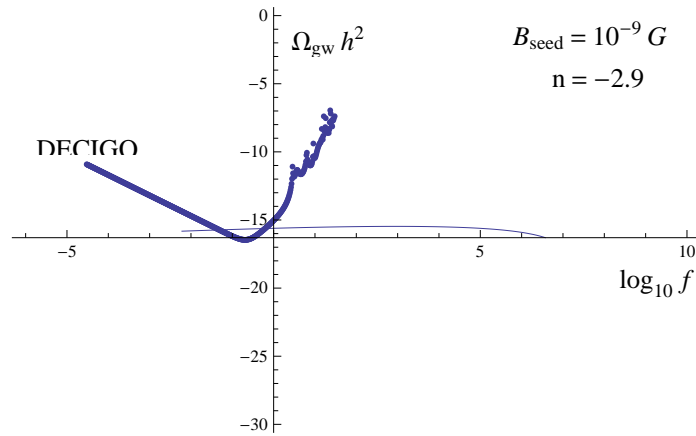


Figure 3:

## 5 結論

- $B_{seed}$  for  $10^{-20}G$  (ダイナモ)  
 $n < -1.6$
- $B_{seed}$  for  $10^{-9}G$  (断熱収縮)  
 $n < -2.7$  または  $n < -2.9$  DECIGO で検出出来なかった場合。

### [参考文献]

Chiara Caprini and Ruth Durrer, PhysRevD.65.023517