

Lagrangeは最初の重力波観測所になるか

科学者のグループは、新しい宇宙重力波観測所の設計、いわゆるLagrange (LAsER GRavitational-wave ANtenna at GEo-lunar Lagrange points)を考案した。そのコストは現在廃棄されているレーザ干渉計宇宙アンテナ(LISA)のコストの半分になるだろう。LagrangeはLISAの設計技術とLISA後に改良されたUVまたは他のLED、光学系、コーティング技術の組み合わせである。

LISA宇宙観測所はNASAと欧州宇宙機関(ESA)によって開発される予定だったが、2011年のNASAの予算削減によって同プロジェクトは終了した。NASAとESAは現在、より安価な選択肢としてESAの次期重力波観測所(NGO)が一番有力であると見ている。しかし、米スタンフォード大学、NASAエイムズ研究センター、サウジアラビアのアブドゥラジズ王科学技術都市、米マイクロストラック・エンジニアリング社、米ロッキード・マーティン・スペース・システムズ社、米SRI国際的な研究チームは、Lagrangeなどの設計代案はすでに機が熟していると考えた。

三角形配置

LagrangeはLISAと同様に、重力波検出用のレーザ干渉計を構成するため三角形の「星座のような配置」に配列された3機の宇宙探査機から成る。LISAは地球を回る地球軌道から20°傾けて配置され、アーム長さは 5×10^9 mとなる予定だった。Lagrangeの配置は地球にかなり近く、L3、L4、およびL5の地球/月ラグランジュ点に配置さ

れ、アーム長さは 6.7×10^8 mになるだろう。3機のLagrange宇宙探査機のすべてが1機のFalcon9ロケットで打ち上げられる予定だ。

Lagrangeは、1mHz~1Hzの範囲の重力波摂動を 3×10^{-20} の歪み感度で測定するように設計されている。それは単一の重力参照センサ、3~10Hzで回転(磁気的に速度を上げて回転)する直径70mmの球形テスト質量(TM)を含み、抗力の影響を受けないようにチェンバ内に収められている。干渉計は、光学ベンチに光ファイバで接続された1台の1Wレーザからなる(LISAの場合は2台のレーザと2台の重力参照センサを装備していた)。レーザ周波数は高フィネス光共振器またはヨウ素分子時計で安定化された。

ハードウェアの複雑さの低減と、より低コストの打ち上げ、より高い通信帯域幅を可能にする地球中心軌道の採用により、LagrangeはLISAに比べ潜在的により低コストであり、より実施しやすく、よりリスクが少ない。

2つの可能な配置

Lagrange干渉計は、同一宇宙探査機内の光学ベンチからTMまでの距離と宇宙探査機間の距離を測定しなければならない。TM-TMを結合させた一方向測定精度は $8\text{pm Hz}^{-1/2}$ だった。外部干渉計は宇宙探査機間の距離を変えることによってドップラーシフトを最高約150MHzまで処理できる。

2つの干渉計配置が考察されている。1つは、主参照表面とビームスプリッタの両役割を果たす両側面の偏光選択

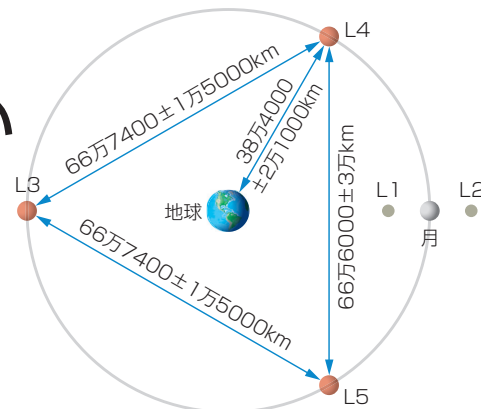


図1 3機のLagrange宇宙探査機はL3、L4、L5の地球/月ラグランジュ点を頂点とする三角形、つまり最も安定な地球中心配置を形成する。

回折格子を基礎にする。これは光学部品を減らし、1つの参照表面だけで長いアームと短いアームの干渉計を分離している。もう1つ(バックアップ配置)は、よりLISAに近く、接着した光学部品を使用し、さらに複雑である。

2段式Lagrange望遠鏡は5°の「動眼視野」を持っている。全システムの光路長は5pmで安定化されていなければならない。各宇宙探査機は2台の望遠鏡を装備している。TMを備えた宇宙探査機内で、スーパーluminescent LEDが $1\text{nm Hz}^{-1/2}$ の感度でTMの位置を監視する。電荷蓄積がTMとの位置問題を起こさないことを保証するために、イオン化用のUV LEDつき小型RF水銀光源が電荷を中和するためのイオンを生成する。

Lagrangeは、銀河内の大質量ブラックホールの合体、小質量星と大質量ブラックホールとの合体、恒星-質量連星系の軌道(ブラックホールまたは中性子星を含む)によって発生する重力波の検出を目的として設計されている。

(John Wallace)

参考文献

- (1) J.W. Conklin et al., arXiv:1111.5264v1 [astro-ph.IM] (Nov. 22, 2011).