◆◇◆◇◆◇ シリーズ：2040年代のスペース天文学へ ◇◆◇◆◇◆

◆◇◆◇◆◇

◆◇◆◇◆ シリーズ：2040年代のスペース天文学へ ◆◇◆◇◆◇

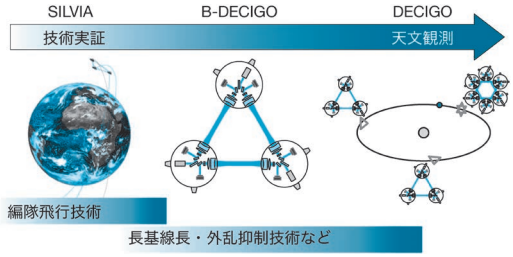

図2　重力波干渉計（B-DECIGO・DECIGO）までの道筋.

い．しかしながら，衛星環境に対応しつつ量子力学から決まる測定精度の限界（量子散射雑音限界）での信号読み出しを行う長基線長レーザー干渉計の実装には，着実な開発の実施と継続が肝要である．

2つ目の開発項目は，慣性系で静止した試験質量（鏡）の更なる低擾乱化である．B-DECIGOでは試験質量に働く外力雑音として1×10^{-16} N/Hz$^{1/2}$を達成することが求められる．LISA Pathfinderを含むこれまでの知見から，原理的に本レベルを達成できることがわかっている．一方，本開発の鍵は，打上げ前にいかにして，どのレベルまで擾乱性を評価できるか，ないしはするかという点である．実際，LISA Pathfinderでは地上にて限定した運動自由度のみについて一定の低擾乱性を確認できたものの，真の性能は軌道上に持っていくまでわからなかった．以上より，本技術項目は打ち上げ前の試験検証が本質的な課題となりえる．

赤外線ナル干渉計

地球型系外惑星は，可視光・近赤外線において反射光で輝き，中間赤外線において熱放射で輝く．HWOは前者を，LIFEは後者を観測するようにそれぞれ望遠鏡が最適化されており，両者は相補的な計画である．LIFEは，中間赤外線で可視光と同程度の「高い空間分解能」と，微弱な惑星光を検出するための「高いコントラスト」を同時に実現するために，ナル干渉計と天体干渉計から構成される．前者のナル干渉計は，2光束の片方の光束の位相を半波長ずらして干渉させることで，干渉計の光軸上にある天体を打ち消すことができる．ナル干渉計を2台用意して，天体干渉計のように干渉させることで，恒星の光を打ち消しつつも，すぐ隣にある惑星の光を観測することができる．その結果，2つの望遠鏡で構成されるナル干渉計を2台用意するため，計4台の望遠鏡が必要となる．

干渉計による高解像度観測の特徴を活かして，太陽系近傍のG型星からM型星周りのハビタブルゾーン（惑星の表層に液体の水が存在できると考えられる範囲：HZ）を空間的に分解することができる．観測天体候補数は，25–45個になる[13]．HZの外にある，地球半径の1.5倍以下の岩石型惑星に対しては160個にもなる．なお，HWOはその口径の制限によって，ハビタブルゾーンを空間分解できる天体は太陽型星に限定され，観測天体数も25個と見積もられている．これらの惑星からの熱放射を観測することで，惑星大気の温度構造や大気の組成を明らかにできることが期待される．特に赤外線の波長帯には，嫌気性生物の代謝によって生成されるメタンや一酸化窒素と，好気性生物の代謝によって間接的に生成されるオゾンの吸収線が形成される．両者の共存は，有力な生命活動の指標とされている[16]．

LIFEの実現において鍵となるのが精密な2光束の光路長計測と制御である．数nmレベルの光路差があると，ナル干渉によって恒星光を打ち消すことができずに，惑星光よりも大きなリークが形成されるからである．LIFEの要求仕様は，10時間以上の観測時間にわたって，数nmレベルで光路長を制御することが求められる[17]．2022年末にCaltechにおいて開催されたKeck Institute for Space Science（KISS）会議において，LIFE実現のための鍵となる技術が特定され，「編隊飛行による天体干渉計の構築」と「軌道上での赤外線ナル干渉計」が最優先の実証項目として挙げられた．

◆◇◆◇◆ シリーズ：2040年代のスペース天文学へ ◆◇◆◇◆◇

◆◇◆◇◆◇