

レーザー干渉計のデータ処理と波長スイープ制御

Data analysis of laser-interferometer and wavelength sweep control

勝間田 明男 [1]; 山本 剛靖 [2]

Akio Katsumata[1]; Takeyasu Yamamoto[2]

[1] 気象研究所; [2] 気象研

[1] Meteorological Research Institute, JMA; [2] MRI

気象研究所では、長距離の地殻変動観測用レーザー干渉計の開発を行なっている。そこで試みているマイケルソン干渉計のデータ処理と波長スイープ絶対長測定について述べる。

マイケルソン干渉計では、 $\lambda/4$ 波長板を用いて $\lambda/2$ だけ位相をずらした2つの直交した直線偏光の光強度を測定して、変化が伸びであるか縮みであるかを判定して長さ変化を得ている。信号強度がそのまま長さ変化を表すものではないので、長さ変化を得るためにはデータ処理が必要となる。

2つの光強度の変化は (x,y) 平面上にプロットした際には楕円軌道を描く。ここではデータプロットに楕円を直接フィッティングさせる方法をとった。データのプロットの (x,y) 平面において、ある楕円を初期値として与えて、楕円軌道とデータとの距離の差を角度の関数とみなす。1周期の角度 θ の変化に対して、残差の平均、 $(\cos \theta, \sin \theta)$ 成分、 $(\cos 2\theta, \sin 2\theta)$ 成分を取り出す。このときに残差の平均は、初期楕円の大きさ $(a+b)$ のずれに、 $(\cos \theta, \sin \theta)$ 成分は初期楕円の中心位置 (x_0, y_0) のずれに、 $(\cos 2\theta, \sin 2\theta)$ 成分は初期楕円の回転角 ϕ もしくは扁平率 $((a-b)/a)$ のずれに主として関係するものとみなせる。そこで、残差をこの5成分に分解して、その値に基づき楕円のパラメーター (x_0, y_0, a, b, ϕ) を次第に修正することにより、楕円をデータにフィッティングさせることができる。

センサーの電気的不安定性により光強度出力が変化することがあるが、その場合には補間した楕円パラメーターを用いて、位相を取り出すことが可能である。データが楕円の一部にしか分布していない場合には、そのまま楕円をフィッティングさせることは困難であるが、その場合には、十分なデータの分布がある期間をとって処理を行なう。なお、時間を長くするとデータの数が過大となり処理の上で障害となりうる。その場合にはデータの間引きを行なって楕円のフィッティングを行なう。フィッティングした楕円に基づき位相を取り出すときに間引きをおこなわなければ、楕円のフィッティングにおける間引きが元でエイリアシングを起こすことはない。

このようなマイケルソン干渉計の場合に、位相を連続して検出できないような事態となると、地殻変動量を観測できなくなることが懸念される。例えば、地震動により位相が追えない状態となると、ステップ量のGPSなどとの比較すらできないことが想定される。しかし Araya *et al.* (1999) のように絶対長測定可能なファブリペロー光共振器を構成するには、高度な光学・電子回路技術が必要とされる。そのため、ここではレーザーの波長スイープ方式の絶対長測定を考案した (勝間田・他, 2005)。

現在、その波長スイープ方式の絶対長測定法の実用化を進めているところである。用いるレーザーはネオアーク社の安定化レーザーであるが、同レーザーの場合ヨウ素安定化レーザーとオフセットロックレーザーから構成される。オフセットロックレーザーの発振周波数オフセット量は、通常の場合接点スイッチにより設定するものであるが、それを外部からのデジタル入力による方式に改造した。制御用計算機からのデジタル出力をフォトカプラー接続により直接にオフセットロックレーザーの制御装置に入力する。実際の発振周波数のオフセット量は周波数カウンターにより測定し、その周波数と干渉計の位相変化量の関係から絶対的な長さを求める。現在のところ、制御用計算機とレーザー装置との接続試験を行っている。

なお、地殻変動観測用マイケルソン干渉計の構成について、東京大学地震研究所の新谷昌人助教授より指導を受けました。