

光時計の周波数計測の不確かさ低減

Study for the improvement of the optical frequency measurement uncertainty

産総研 [○]和田 雅人, 小林 拓実, 赤松 大輔, 安田 正美, 保坂 一元, 稲場 肇

NMIJ, AIST, [○]Masato Wada, Takumi Kobayashi, Daisuke Akamatsu,

Masami Yasuda, Kazumoto Hosaka, Hajime Inaba

E-mail: masato.wada@aist.go.jp

近年、メートル条約関連会議の一つである時間周波数諮問委員会では、国際単位系（SI）における基本単位の一つ「秒」の定義を ^{133}Cs 原子のマイクロ波領域の遷移から、 ^{171}Yb などの原子や ^{199}Hg などのイオンが持つ光領域の遷移（以下、光時計）に改定することが検討されている。改定の一条件として、現行のセシウム周波数を基準とした測定により光時計の周波数を不確かさ 10^{-16} 台前半で決定することが掲げられている。従って、自機関のセシウム一次周波数標準器、または人工衛星による SI 秒へのリンクを用いて、光時計の周波数計測を不確かさ 10^{-16} 台前半で行うことが、新しい定義の数値決定において重要となる。産総研の光時計の不確かさは 10^{-16} 程度にまで低減しており[1]、光コムによる周波数計測の不確かさが測定結果に影響しうる段階になっている。また、将来 SI 秒への衛星リンクの精度が上がっても十分に SI 秒の構築に寄与していくためには、光周波数計測の不確かさを 1×10^{-17} 以下まで低減することが必要と考えている。

産総研における、SI 秒に基づく光時計の周波数計測の概略を Fig. 1 に示す。不確かさ要因の一つに、産総研の時間周波数国家標準 UTC(NMIJ)の基準周波数 10 MHz から光コムのモードの周波数間隔 f_{rep} を合成する際に生じる位相雑音がある。我々は、周波数通倍器の温度変動に由来する位相雑音が不確かさの制限要因になっていることを突き止め、これに温度制御を施すことで周波数不安定度を 1×10^{-17} 以下にまで低減した。そしてその結果、UTC(NMIJ)の伝送媒体である長尺同軸ケーブルの温度変動による電気路長の伸び縮みが新たな不確かさ制限要因となることが明らかとなった (Fig. 2)。現在、長尺ケーブル由来の不確かさを低減するため、光ファイバを用いた周波数伝送システムを構築している。

[1] T. Kobayashi *et al.*, *Metrologia* **57**, 065021 (2020).

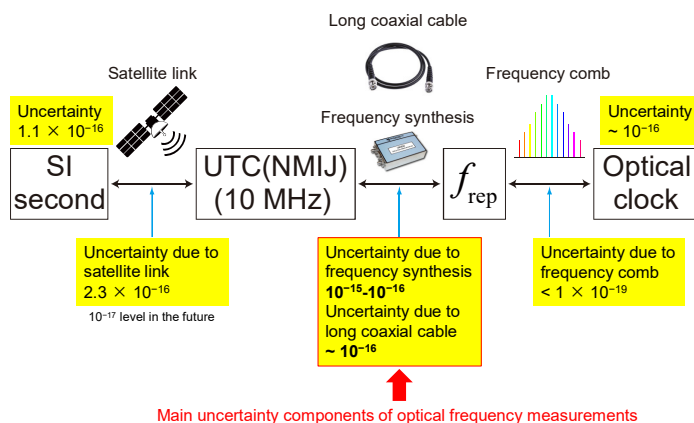


Fig. 1. Uncertainties of frequency measurements of optical clocks at NMIJ.

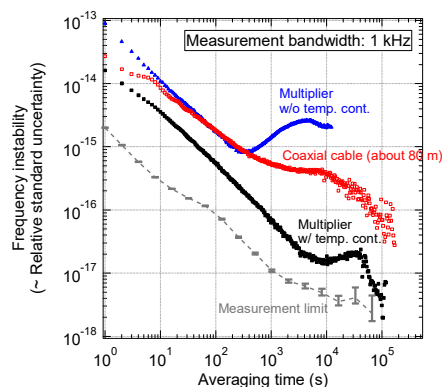


Fig. 2. Frequency instability of the frequency measurements.