

光コム 2 色干渉計による空気屈折率の経験式精度を超える自己補正

Self-correction of refractive index of air exceeds accuracy of empirical equation

using two-color interferometry with optical frequency comb

○宮野 皓貴^{1,2}, Guanhao Wu³, 牧野 智大¹, 美濃島 薫^{1,2,*}

(1. 電通大、2. JST, ERATO 知的光シンセサイザ、3. 中国 清華大学)

○Kouki Miyano^{1,2}, Guanhao Wu³, Tomohiro Makino¹, Kaoru Minoshima^{1,2,*}

(1. The University of Electro-Communications, 2. JST, ERATO Intelligent Optical Synthesizer (IOS),

3. Tsinghua Univ., China)

*E-mail: k.minoshima@uec.ac.jp

光学的距離測定では、光路中の空気屈折率の高精度補正が必要である。一般には、Ciddor の経験式[1]等によって実測の環境パラメータから屈折率を求めるが、空間分布や時間変動のため高精度補正は難しく、また経験式自体にも精度限界がある。これに対し、2 波長の光学距離 D_1, D_2 の同時測定により直接補正を行う 2 色法が知られているが、環境変動の影響が大きく緩和される一方、分散による僅かな差を用いるため精度が劣化し、光学測定の超高精度化が必要となる。これまでに我々は光コムを用いた 2 色干渉計を開発し 10^{-8} の高精度補正を実現したが[2,3]、評価精度自体が幾何学距離 D の変化で制限されていた。そこで本研究では、低熱膨張ブレードボード上の凹面ミラー対によるマルチパス遅延光路を測定対象とし、より高精度な空気屈折率補正を実証した。

実験配置を図 1 に示す。光源には Er モード同期ファイバレーザーによる光コムの基本波と第 2 高調波(波長 1.5 μm と 780 nm、繰り返し $f_{\text{rep}} = 54 \text{ MHz}$)を用い、光路長差 61 m のパルス間干渉計を構築した。このとき光コムの周波数 f_{rep} を制御し、1 色の干渉位相を一定にして 2 色の光路長差変化を直接検出し超高精度測定を実現した。10 時間にわたる 2 色法による空気屈折率補正の結果、補正された幾何学長は標準偏差 7.7×10^{-9} で一定となり(図 2)、光学測定のみを用いた自己補正によって、経験式による精度限界(10^{-8})を凌駕する高精度補正が実証された。この時、屈折率変化自体は $\Delta n_1 = 0.6 \times 10^{-6}$ であり、環境変化は温度変化 $\Delta T = 0.03 \text{ K}$ 、気圧変化 $\Delta P = 1.5 \text{ hPa}$ 、湿度変化 $\Delta H = 0.3 \%$ であった。本研究は JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザの助成を受けた。

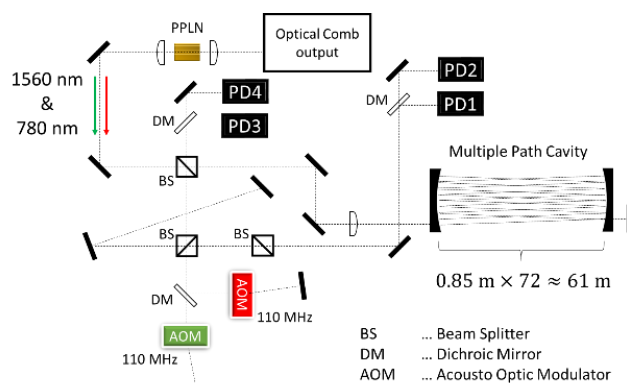


図 1. 光コム 2 色干渉計配置図

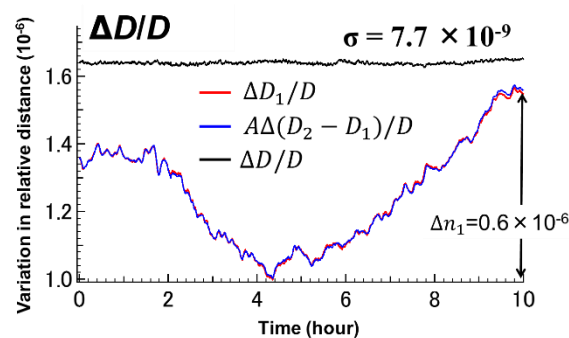


図 2. 2 色法による空気屈折率自己補正

[1] P. E. Ciddor, Appl. Opt. **35**, 1566 (1996).

[2] K. Minoshima, K. Arai, and H. Inaba, Opt. Express. **19**, 26095–26105 (2011).

[3] G. Wu, M. Takahashi, K. Arai, H. Inaba, and K. Minoshima, Sci. Rep. **3**, 1894 (2013).