超高精度周波数基準の配信

Long-distance dissemination of precision frequency references

Objectives

超高精度の周波数基準の長距離精密伝送は、各研究室間での基準周波数の較正・比較のみならず、ポンプ・プローブ計測時のタイミング同期や位相アレイ型望遠鏡間の位相同期や精密測地等に重要な役割を担う重要な技術である。我々は波長 1.5μm のレーザー光を外乱による光路長変動を抑圧した光ファイバ中を伝送させることにより、マリクロ波～THz 波～光の搬送波の超精密長距離伝送を実現した

The transfer of ultra-stable frequency references plays an important role in communication, metrology, fundamental physics, and astronomy, in which radio frequency (rf) or optical frequency waves are distributed through low-loss optical fibers without degrading the original frequency stability. The optical length fluctuations which degrade frequency stability are precisely measured using optical interference, and can be suppressed. The optical carrier frequency is distributed over 100 km with a stability on the order of 10^{-16}, which is much higher than that obtained by GPS or other techniques.

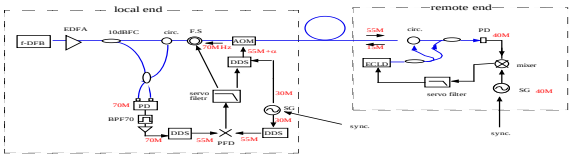

Fig. 1: Schematic diagram of the precision fiber link.

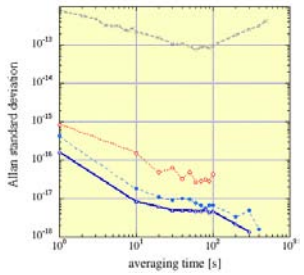

Fig.2 Fractional frequency instability of the 120-km fiber

Achievements

- 長基線電波望遠鏡のヘテロダイン検波用の局部発振器のため、位相同期させた 2 台の半導体レーザーの差周波として 100GHz の信号を 25km ファイバで分配した。アセチレン安定化レーザを長さ基準としてファイバ長を安定化し、伝送信号の位相ゆらぎを 0.1rad 以下に抑圧した。[1] 図 3
- 次世代周波数基準である光格子時計の評価のために、東大(本郷)と産総研(つくば)間で 120km の 安定化光リンクを構築し、10^{-16} 台での周波数比較を可能にした。[2] 図 1、図 2
- X線自由電子レーザーの加速器同期とパルスタイミング同期のため、繰返し周波数 6GHz の光コムを分配し 100fs 以下の精度で時間同期を

- Local oscillators up to 100GHz are distributed using a mm-sub-mm telescope array (ALMA). Light from two phase-locked LDs is transmitted through a phase-noise-compensated 25-km long fiber[1]. (Fig. 3)
- A stable optical link has been established between Tokyo and Tsukuba over 120 km for evaluating optical lattice clocks. The optical carrier frequency is delivered with a precision on the order of 10^{-16} [2]. (Figs. 1, 2)
- The optical frequency comb is delivered through phase-noise-compensated fibers in order to distribute rf and timing signals for X-FEL. The timing jitter of the pulse train is suppressed down to 100 fs [3].

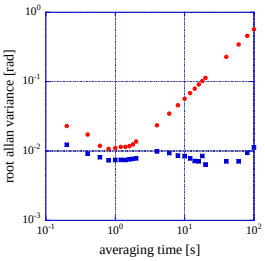

Fig. 3: Phase fluctuation of 10GHz signal through 25-km

References

1) M.Musha, Y.Sato, K.Nakagawa, K.Ueda, A.Ueda, M.Ishiguro,Appl.Phys.B**82** (2006) 555-559
2) M.Musha, F-L.Hong, K.Nakagawa, K.Ueda, Optics Express **16** (2008) 16459-16466
3) Y.Otake,T.Oshima,N.Hosoda,H.Maesaka,T.Fukui,T.Ohata,M.Musha,K.Tamasaku,M.Kitamura,K.Imai.M.Kourogi, Proc. of ICALEPCS 2007 (2007) 1302.