

測地 VLBI 技術による高精度時刻比較

Precise Time Transfer by Means of Geodetic VLBI Technique

小山 泰弘 [1]; 瀧口 博士 [1]; ホビガー トーマス [1]; 市川 隆一 [1]

Yasuhiro Koyama[1]; Hiroshi Takiguchi[1]; Thomas Hobiger[1]; Ryuichi Ichikawa[1]

[1] 情報通信研究機構鹿島

[1] KSRC,NICT

<http://www.nict.go.jp/w/w114/stsi/>

時刻の標準として用いられる協定世界時 (UTC) は、世界中で運用されている多くの原子時計や周波数標準器の重み付き平均を計算することによって維持されている。現在、総計 49 の研究機関において、様々なタイプの原子時計あるいは周波数標準器が運用され、UTC の実現に寄与している。例えば、情報通信研究機構 (NICT) では、18 台のセシウムビーム型原子時計と、1 台の水素メーザー周波数標準器を運用しており、これらを総合的に活用することで日本標準時を運用し、長波標準電波などによって日本標準時を配信する業務を行っている。また、高い確度での時間の標準を実現し、原子時計や周波数標準器の較正を行うため、一次周波数標準器 NICT-01 を開発し、現在定期的に運用を行っている。NICT-01 は、光励起熱ビーム型の一次周波数標準器であり、これまでに 6×10^{-15} の周波数確度が実現されている。さらに、現在では、セシウム原子泉型の一次周波数標準器の開発に取り組んでおり、 1×10^{-15} の周波数確度の実現を目指して研究開発を行っている。以上のようなシステムを用いて維持運用されている時系は、その正確さを検証し、また国際的に UTC の構築に寄与するため、国内外の時刻周波数研究機関との間で定期的に時刻比較を実施する必要がある。現在、コモンビュー方式での二周波 GPS 時刻比較観測と、通信衛星を用いた双方向衛星時刻法とが用いられており、その比較精度は数百ピコ秒のレベルが達成されている。UTC を算出するためには、このような時刻比較が世界各国の時刻周波数研究機関の間で実施される必要があり、そのために階層的な国際時刻比較網が形成されてお互いの時系の差が絶えず計測されている。しかしながら、近い将来には、一次周波数標準器の確度として 1×10^{-15} が達成され、さらに精度の高い UTC の構築が可能となってくることを考えると、現在の時刻比較精度を大きく改善することが必要となってくると考えられている。このような状況の中、測地 VLBI 技術は、国際的な時刻比較精度を画期的に改善することのできる技術として大きく期待されている。現在、国際 VLBI 事業 (IVS) のもとで実施されている国際測地 VLBI 観測では、観測局の時系オフセットが約 20 ピコ秒で推定されており、現在 UTC の構築に使用されている時刻比較法に比べて非常に高い精度が実現されている。また、IVS では、さらに広帯域の観測を行って、位相遅延量を観測量として利用する計画を VLBI2010 システムとして検討中であるが、この計画では個々の遅延時間観測量の精度として 4 ピコ秒を達成することが見込まれている。このような手法を用いて、時刻周波数研究機関間の時刻比較を高精度化すれば、UTC の高度化、さらに高い確度での時間周波数標準の達成が可能になると期待される。ただし、このことを実現するには、測地 VLBI 観測局を原子時計や周波数標準システムの近傍に設置することが必要である。NICT が国土地理院と共同で開発を開始した基線場における距離基準の計測を目的とした観測システムでは、口径 1.5m 程度の超小型 VLBI 観測用アンテナの開発を行う計画であるが、このようなシステムを活用することで国際的な精密時刻比較観測を実証するために非常に有効であると考えられる。そこで、本講演では、高精度な国際時刻比較観測に測地 VLBI 技術を適用することについて、現在のシステムによる観測結果からその可能性について報告し、今後の研究開発計画について述べる。

Precise Time Transfer by Means of Geodetic VLBI Technique

Yasuhiro Koyama[1]; Hiroshi Takiguchi[1]; Thomas Hobiger[1]; Ryuichi Ichikawa[1]

[1] KSRC,NICT

<http://www.nict.go.jp/w/w114/stsi/>

Coordinated Universal Time (UTC) is currently maintained and realized by a weighted average of many atomic clocks being operated around the world. At 49 time and frequency laboratories in the world, various types of atomic clocks or frequency standard systems are operated to maintain standard time and standard frequency precisely and accurately. For example, National Institute of Information and Communications Technology is operating 18 Cesium beam atomic clocks and one Hydrogen maser frequency standard system to maintain and disseminate the Japanese Standard Time. A primary frequency standard system, NICT-01, is also operated to provide accurate realization of a second. NICT-01 is the optically pumped primary frequency standard system and can provide absolute accuracy of a second at the level of 6×10^{-15} . Efforts to achieve better accuracy reaching 1×10^{-15} are on-going by adopting the Cesium atomic fountain primary frequency standard system. The maintained time has to be compared with the other laboratories by means of common view GPS observations and bi-directional satellite time transfer methods to confirm the quality of the time standard and contribute for the realization of UTC. To compare the standard time maintained at each laboratory, a hierarchical time transfer network has been established. Currently, a few hundreds of pico seconds of uncertainty has been achieved for the long distance time transfer by using dual frequency GPS receivers.

In the near future, however, the accuracy of the primary frequency standard will reach a level of 1×10^{-15} and much better time transfer methods will be required to compare the frequency standard between the time and frequency laboratories over a long distance. Geodetic VLBI technique is expected to have a potential to improve the uncertainty of the time transfer at least less than a few tens of pico seconds. In the typical global geodetic VLBI observations coordinated by International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS), the clock offsets between observing sites are estimated with an uncertainty of about 20 pico seconds. In the community of IVS, the future system of global VLBI observations is being discussed under the name of VLBI2010 by using wide frequency band and by using phase delay observables. It is expected to improve the precision of the time delay observables down to 4 pico seconds in the VLBI2010. To use the geodetic VLBI technique for the precise time transfer between time and frequency laboratories, it is necessary to develop a small VLBI observing station to place it near the atomic clocks and frequency standards. Fortunately, the 11-m IVS observing station at Koganei is located very close to the atomic clocks and primary frequency standards, and we have just started to develop extremely small aperture VLBI antenna system to realize standard of distance for global geophysical survey. It is expected that the new developments of the small aperture VLBI antenna system will make it possible to demonstrate the precise time transfer over the long distance. We will discuss the possibilities to use the global geodetic VLBI observations for precise time transfer and introduce the future plans of research and developments for the geodetic VLBI systems.