

# NTP とうるう秒

2月といえば、4年に1度やってくるうるう年には2月29日があります。といっても、今年はうるう年ではありませんが、よくご存知のように、1800年とか1900年のような100で割り切れる年は、うるう年にしないと決まっています。しかしながら、さらに、400で割り切れる2000年のような年は、うるう年にするようになっていきます。2000年問題が騒がれていますが、2000年は100で割り切れるがうるう年という、例外の中の例外にあたり、2000年の1月になっても、動いてたプログラムが、2000年の2月29日になって誤動作する可能性はあります。一難去ってまた一難というわけではありませんが、注意が必要です。

さて、今回はいつかの予告どおり、2000年問題に引き続き、インターネットと時刻の関係をとりあげます。話題は、うるう「年」ではなくて、うるう「秒」です。英語でいうと、leap secondです。

ときどき新聞等でも話題になったりするので、知っておられる方も多いと思いますが、簡単に説明します。現在、国際原子時 (International Atomic Time: TAI) が世界各地のいくつかの機関の原子時計の時刻から合成されています。日本では、国立天文台などがこの保時業務 (保「持」ではなく、保「時」です。念のため) を行っており、保時室というのがあります。

一方、世界時 (Universal Time: UT) があり、非常に簡単にいうと、地球の自転などの天文的なものから決められる時刻です。UTとTAIは、地球の自転が遅くなったり速くなったりすることにより、一致しなくなります。このため、原子時に基づきつつ、地球の自転に基づく世界時との差が一定範囲内に収まるように管理された人工的な時刻として、協定世界時 (Coordinated Universal Time: UTC) が一般に用いられています。UTCとTAIの差が整数秒になるように、UTCのほうを進めたり遅らせたりします。この進めたり遅らせたりするために用いられるのがうるう秒です。現実には、地球の自転は遅くなる一方なので、うるう秒が間引かれたことはなく、入れられたことしかありません。最近ですと、1997年6月30日23時59分59秒の次の1秒に、6月30日23時59分60秒といううるう秒が挿入され、その後、7月1日0時0分0秒になっています<sup>1)</sup>。

NTPを規定しているRFC1305<sup>2)</sup>の付録E、「The NTP

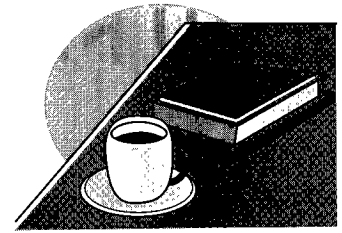
Timescale and its Chronometry」には、このあたりのことも詳しく記述されているので、興味のある方は一読されるとよいと思います。

さて、本題です。普段みなさんがお使いのインターネットに接続したコンピュータの時刻は、どのように管理されていますか？ システム管理者にまかせっぱなしという方もおられるでしょうし、自分のラップトップコンピュータは、買ったときに適当に時刻を入れただけという人も多いかと思えます。

コンピュータ間の時刻同期は、ログのつき合わせ、ネットワーク上でのファイル共有とバージョン管理の関係、その他性能評価など、重要な事項の1つです。もちろん、どのくらいの精度があればいいかは、利用する環境とアプリケーションに依存します。インターネットでは、NTPを用いて時刻同期を行うことが多いでしょう。コンピュータに内蔵されたバッテリバックアップされた時計よりも、NTPによる時刻合わせのほうがほとんどの場合、優れた精度を達成できます。

NTPのシステムでは、原子時計、GPS、その他の1次時刻情報から直接時刻を得ているコンピュータがStratum 1と呼ばれる時刻供給源の元締めになっています。インターネット上には、多くのStratum 1のNTPサーバが時刻同期の基準を提供しており、それらがStratum 2以下の下位の時刻標準の提供サーバに伝搬しています。このような階層構造は、インターネットでは、よく見られる手法です。DNSもそうですが、平坦な構造にしてしまうと、負荷が集中してしまいます。NTPもそうで、1次時刻情報を持っているコンピュータにインターネット中のホストが問合せを行うとトラフィックの集中や負荷の集中で、NTPサーバの応答の遅延が大きくなりすぎて、精度が落ちたりするでしょう。UNIX上のソフトウェアが広くリリースされており、またNTPをサポートしているルータも多くなってきているので、DNS同様、インターネット全体での負荷分散がある程度うまくいっているようです。もっとも、DNSのように、なければインターネットが使えないというほど必須の機能ではないので、必ず使われているということではありません。

それでは、問題のうるう秒が入るとき、みなさんのコンピュータの時刻はどうなっているのでしょうか？ うる



う秒は地球の自転が相手ですので、いつ入るか分かりませんから、うるう年のようにあらかじめソフトウェアに組み込んでおくわけにはいきません。いつうるう秒が入るのかは分からないので、外部から教えてやらないといけないわけですが、NTPに時刻同期していれば、正しく処理されるはずで

す。話は変わりますが、似たように問題になるのが、春分の日と秋分の日の休日表示です。これも、厳密にはその年が近付かないと決まらないのですが、多くのスケジュールソフトウェアでは適当な計算式や表でほぼ正しい表示をしているようです。

さて、NTPに同期していればうるう秒も大丈夫なはずと書きましたが、Stratum 1のNTPサーバのうち、このうるう秒を自動的に入れていないものが少なからずあるというのをご存知でしょうか？

プロトコル仕様上は、うるう秒を予告するビットがデータフォーマットに規定されており、それに従ってコンピュータの時刻を調整するようにNTPを実装しておけばよいことになっています。うるう秒が挿入されるときのNTPサーバの振舞いを観測してみると、どう考えてもしばらくしてから手動で入れているとしか思えない挙動を示すサーバが多いようです。

数年前のうるう秒挿入のときには、プロトコル仕様で規定されているうるう秒を予告するビットを正しく使っているところは少なかったようです。さらにいえば、手作業で1秒ずらしていたStratum 1が結構あり、うるう秒の挿入後、30分くらいはあちこちで1秒ずれていたことが観測されています。

このあたりも、インターネットプロトコル体系のおもしろいところですね。現実に使われるのはUTCなので、NTPでは基本的にUTCをそのまま流すようになっていて、うるう秒が何回入ったかは覚えておかなくてもいいようになっています。

日本国内では、WIDEプロジェクトと国立天文台の研究グループが原子時計を使ったStratum 1 NTPサーバの実験と運用を行っています。このサーバはきれいにうるう秒が挿入されています<sup>3)</sup>。

さて、現実には動いていればいいやという態度が幅をきかせることの多いインターネットの世界ですが、1秒くらいどうでもいいのか、あるいは正確な時刻同期が必要

なのか、また正確な時刻同期機構があれば何が変わるのでしょうか。

TCPの回で述べましたが、現在のインターネットで主流を占めるトランスポートプロトコルであるTCPでは、ラウンドトリップ時間の測定や推測というのが重要な位置を示しています<sup>4)</sup>。システム間での時刻同期が非常に正確であれば、それに基づいて、いろいろな工夫や、推測機構を開発できるかもしれません。

また、GPS (Global Positioning System) との関係も重要です。位置情報の補正や時刻情報の補正はお互いに補間することもできます。

さらに、高速ネットワークの性能評価や、資源予約や課金情報のやりとりなど、高い精度は必要ではないが、時刻情報自体は重要になりそうだという応用もあります。

このように、インターネットにおける正確な時刻情報の提供の仕組みは、さまざまな側面を持っており、興味を持っていただければ幸いです。

さて、昨年4月から続けてきたこのコラムもいよいよ次回、3月号で私の担当は終わりです。インターネットの世界の変化は激しいのですが、この1年はそれが特に顕著だったように思います。3月号では、1年を振り返り、また次の年、2000年にどうなるかといった話をしたいと思います。

ーやっぱり時刻は難しいー

#### 参考文献

- 1) 国立天文台編: 理科年表 (1998).
- 2) Mills, D. L.: RFC1305 Network Time Protocol (Version 3), Specification, Implementation and Analysis (Mar. 1992).
- 3) 松田 浩他: セシウム原子時計を用いたNTPサーバの実験, 日本天文学会春季年会 (1993).
- 4) 楠本博之: コラムインターネット, -TCP-, 情報処理 (Oct. 1998). (平成11年1月11日受付)

