

協定世界時と水素メーザー周波数標準器の時間差予測手法の開発

Development of the method for predicting the time difference

between UTC and the hydrogen maser at NMIJ

◦田邊 健彦, 叶 嘉星, 鈴山 智也, 小林 拓実, 安田 正美 (産総研)

◦Takehiko Tanabe, Jiaying Ye, Tomonari Suzuyama, Takumi Kobayashi, and Masami Yasuda

National Metrology Institute of Japan (NMIJ, AIST), E-mail: t.tanabe@aist.go.jp

産総研計量標準総合センター(NMIJ)では、協定世界時 UTC と同期した時間周波数国家標準 UTC(NMIJ)を生成・運用し、これを周波数機器の校正や、現在開発中の光格子時計の性能評価の際の参照信号として使用している。UTC(NMIJ)は、国際度量衡局から毎月発表される UTC との時間差を参考に、周波数源である水素メーザー周波数標準器(hydrogen-maser, 以下 HM)の周波数値を調整することで、UTC との差が約 20 ns 以内に維持されている。我々は近年、UTC(NMIJ)と UTC の時間差を小さくする、つまり UTC(NMIJ)の UTC への同期精度の向上を目的として、深層学習を活用する手法の開発に取り組んでいる^[1]。この目的の達成には、まず UTC と HM の時間差を予測する手法の確立が必須である。これまでに初期的な機能を持つ予測手法を完成させたので、本講演で発表する。

UTC と HM の時間差を予測するために、本研究では「一次元畳み込みニューラルネットワーク^[2]」(以下 1D-CNN)を用いた。過去約 3.5 年間の UTC と HM の時間差データのうち、62 % を 1D-CNN の学習とその最適化に使用し、残り 38 % を 1D-CNN による予測結果と比較した。本研究では、1D-CNN による予測と共に、カルマンフィルタ^[3]による予測も行なった。二つの手法により得られた予測と実際のデータのポイント毎の差をプロットしたのが Fig. 1 である。青が 1D-CNN、緑がカルマンフィルタによる結果である。二つの手法による予測の平均二乗平方根を計算した結果、今回構築した 1D-CNN はカルマンフィルタよりも良い予測精度を示すことを見出した。この原因は、カルマンフィルタによる予測は線形ガウス状態空間モデルに基づく推定であるのに対して、1D-CNN による予測はこのような仮定に制限されず、より広いパラメータ空間を利用した推定であることが考えられる。現在は、長短期記憶(LSTM)などの再帰型ニューラルネットワークを用いた予測に取り組んでいる。

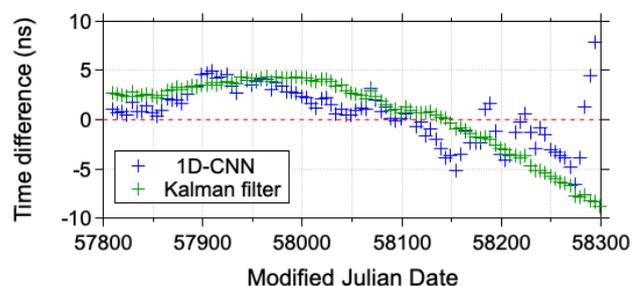


Fig. 1: Point-wise differences between the actual data and the predictions obtained by the 1D-CNN (blue crosses) and the Kalman filter (green crosses).

[1] 2018 年 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 講演番号 18a-231A-7.

[2] M. Längkvist *et. al.*, *Pattern Recognition Letters*, **42**, 11 (2014).

[3] A. C. Harvey, "*Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter*", (Cambridge University Press, Cambridge, 1990).