

FCE 法による量子化コンダクタンス制御における RNN を用いた実験波形予測

Prediction of Quantized Conductance during Feedback-Controlled Electromigration (FCE) Using Recurrent Neural Network

東京農工大 [○]佐伯大地、櫛谷優希、櫻井拓哉、白樫淳一

Tokyo University of Agriculture & Technology

[○]D. Saeki, Y. Kushitani, T. Sakurai and J. Shirakashi

E-mail: s158757v@st.go.tuat.ac.jp

近年、自然言語処理や時系列データの予測において、Recurrent Neural Network (RNN)を用いた研究が盛んに行われている[1]。RNNは、ある層の出力が遡って入力される構造を持つ再帰型ニューラルネットワークである。この再帰型構造により、情報を一時的に記憶し、時系列を考慮した解析を行うことができる。これまで我々は、手指関節の動作を抵抗値の時系列データとして検出し、RNNなどの深層学習によって手の動作を予測してきた[2-5]。更に、量子スケールでの原子接合の作製手法として知られているフィードバック制御型エレクトロマイグレーション(FCE)法をAuナノワイヤに適用することで、Au原子接合における量子化コンダクタンスの制御についても検討してきた[6]。今回は、より複雑な時系列データ予測として、AuナノワイヤにFCE法を適用した際のAu原子接合形成におけるコンダクタンス実験波形の予測について検討を行った。

はじめに、コンダクタンス実験波形の予測には、Input Layer = 100 Units、First Hidden Layer = 60 Units、Second Hidden Layer = 20 Units、Third Hidden Layer = 10 Units、Fourth Hidden Layer = 10 Units、Output Layer = 1 Unit からなる6層のRNNを構築した。今回は、First Hidden Layerの出力がFirst Hidden Layerの入力となるような再帰をもつElman型RNN[7]を使用した。次に、AuナノワイヤにFCE法を適用した際のコンダクタンスデータを教師データとして用いて、その時系列変化をRNNに学習させた。なお、教師データは1-step(0.025 sec)毎に測定されたコンダクタンスデータである。その後、教師データとは異なるコンダクタンスデータ(Sample A, B, C)を学習済みのRNNへ入力し、コンダクタンス波形の予測を確認した。表1に、RNNを用いて1-step先を予測した3つのサンプルのコンダクタンス波形の予測精度について、Mean Absolute Percentage Error (MAPE)とRoot Mean Squared Error (RMSE)で比較した結果を示す。表1で示すように、異なるサンプルにおけるコンダクタンス波形の場合でも、MAPEは3.41%以下、RMSEは2.14以下と高い精度で予測することができた。以上より、RNNは、より複雑な時系列データであるAu原子接合におけるコンダクタンス実験波形の予測が可能であると示唆された。

Table 1. 1-step-ahead prediction performance of RNN.

Sample	MAPE (%)	RMSE
A	3.41	1.06
B	1.86	1.79
C	1.28	2.14

References

- [1] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, *Nature* 521 (2015) 436.
- [2] T. Kanokoda, Y. Kushitani, M. Shimada, and J. Shirakashi, *Sensors* 19 (2019) 710.
- [3] T. Kanokoda, Y. Kushitani, M. Shimada, and J. Shirakashi, *Key Eng. Mat.* 826 (2019) 111.
- [4] 鹿子田、櫛谷、白樫: 第66回応用物理学会春季学術講演会 11a-W810-5 (2019).
- [5] 櫛谷、鹿子田、白樫: 第66回応用物理学会春季学術講演会 11a-W810-6 (2019).
- [6] 櫻井、平田、白樫: 第80回応用物理学会秋季学術講演会 20p-F211-4 (2019).
- [7] J. L. Elman, *Cognitive Science* 14 (1990) 179.