

# 周期入力に対する Izhikevich ニューロンモデルの応答 —カオスニューロンの場合—

Responses of the Izhikevich Neuron Model to Periodic Inputs  
—In Case of Chaotic Neurons—

塚本陽太<sup>1</sup>  
Yota Tsukamoto

對馬帆南<sup>1</sup>  
Honami Tsushima

池口徹<sup>1,2</sup>  
Tohru Ikeguchi

東京理科大学 大学院工学研究科<sup>1</sup>  
Graduate School of Engineering, Tokyo University of Science

東京理科大学 工学部<sup>2</sup>  
Faculty of Engineering, Tokyo University of Science

## 1 はじめに

我々は既に、Izhikevich ニューロンモデル [1] が regular spiking, fast spiking, intrinsically bursting および chattering 応答を呈する際の正弦波入力に対する応答を調査している [2–7]. 本稿では、Izhikevich ニューロンモデルがカオス応答を呈する際の正弦波入力に対する応答を調査したので報告する.

多様性指数 [8,9], 変動係数, 局所変動係数 [10,11] を用いる. 多様性指数  $D$  は, 異なる値をとる ISI の個数を ISI の総数で除した値であり, 周期応答ならば  $D \approx 0$ , 非周期応答ならば  $D \approx 1$  となる. 変動係数  $C_v$  と局所変動係数  $L_v$  はいずれも ISI のばらつきを定量化した指標である.  $C_v$  は ISI の分布のみを反映するのに対し,  $L_v$  は ISI の順序にも依存する. ニューロンの応答が局所的には周期的に近いが大域的には変調されていた場合,  $C_v$  は高い値となるのに対し,  $L_v$  は低い値を保つ.

直流成分を  $I = -99$  とし, 周期  $T$ [ms] と振幅  $A$  を変化させ, 応答の ISI から各指標を算出した結果を図 1 に示す. 図 1(a) より,  $D \approx 0$  の周期応答と  $D \approx 1$  の非周期応答の領域が存在することが分かる. また, 図 1(b) より, 非周期応答であっても ISI のばらつきが極めて小さい領域 ( $A < 5$ ) とばらつきが大きい領域 ( $A > 5$ ) の 2 つが存在する. しかし, 図 1(c) に示すようにいずれの領域でも  $L_v$  は低い. よって, 振幅  $A$  に応じて ISI のばらつきは大きく変化するものの, 外部入力である正弦波による変調の影響は  $A$  によらず大きいということが示唆された.

## 3 まとめ

本稿では, Izhikevich ニューロンモデルがカオス応答を呈する際のパラメータを用いて, 正弦波入力に対する応答を調査した. ISI に着目した解析により, 正弦波入力の周期および振幅によって, 周期応答と非周期応答の両者が観測されること, 非周期応答にも ISI のばらつきが大きい応答と小さい応答が存在することが分かった.

本研究の一部は, JSPS 科研費 JP22J12396, JP20H00596, JP21H03514, JP22K18419 の助成を受けた.

## 参考文献

- [1] Izhikevich, *IEEE TNN*, 14(6), 1569–1572, 2003.
- [2] Tsukamoto et al., *NOLTA, IEICE*, 13(2), 367–372, 2022.
- [3] Tsukamoto et al., *Proc. of NLSW2021*, NLSW-54, 2021.
- [4] 塚本 他, 電子情報通信学会総合大会, N-1-16, 2022.
- [5] 塚本 他, 電子情報通信学会 NOLTA ソ大, A-9, 2022.
- [6] Tsukamoto et al., submitted to *NOLTA, IEICE*, 2022.
- [7] Tsukamoto et al., *Proc. of NOLTA2022*, B2L-E-03, 2022.
- [8] 杉浦 他, 信学技報, 113(116), 43–48, 2013.
- [9] 内木 他, 信学論 A, J100-A(5), 195–204, 2017.
- [10] Shinomoto et al., *Neural Computation*, 15(12), 2823–2842, 2003.
- [11] Shinomoto et al., *Journal of Neurophysiology*, 94(1), 567–575, 2005.
- [12] Izhikevich, *IEEE Transactions on Neural Networks*, 15(5), 1063–1070, 2004.

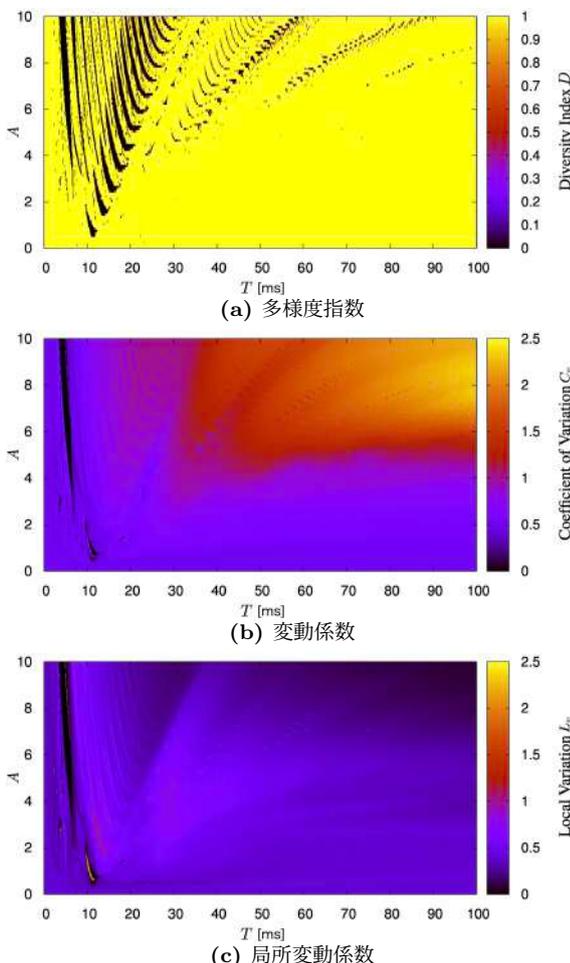


図 1: カオス応答を呈する Izhikevich ニューロンモデルに周期入力を印加した際の応答と周期入力の周期, 振幅の関係

## 2 数値実験

Izhikevich ニューロンモデル [1] のカオス応答のパラメータは  $a = 0.2, b = 2.0, c = -56, d = -16, I = -99$  を用いた [12]. 正弦波入力を  $I(t) = I + A \sin \frac{2\pi}{T}t$  とする. 本稿では, 発火時間間隔 (ISI) の定量化指標である,