

1-7

コルピッツ発振器と共振器を用いたカオス回路の解析

Analysis of a Chaotic Circuit Using a Colpitts Oscillator and a Resonator

小島 一真 細川 康輝 西尾 芳文
 K. Kobata¹, Y. Hosokawa¹, Y. Nishio²
 (¹ 四国大学, ² 徳島大学)

1 はじめに

カオス回路を用いたさまざまな応用が提案されているが、カオス回路を設計することは、カオスと回路の両方の専門家以外には難しい。したがって、カオス回路を容易に設計する方法を確立することは重要である。我々は、カオス回路を設計する方法の1つを提案 [1] しており、本研究で解析する回路もその方法で提案した回路 [2] である。しかしながら、この回路についてはカオス発生の証明となるリアプノフ指数の計算は行われていなかった。

本研究では、コルピッツ発振器と共振器を用いたカオス回路の解析を行い、リアプノフ指数が正であること、すなわち、この回路がカオスを発生することを証明する。

2 コルピッツ発振器と共振器を用いたカオス回路

図1はコルピッツ発振器と共振器をダイオードで結合したカオス回路である。負性抵抗の値を変えることで、図2のように、(a) 周期解、(b) トーラス、(c) カオスを観測することができる。

3 シミュレーション

正規化された回路方程式は以下の通りである。

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \frac{\alpha(-x_1 + x_2 - 1 + |-x_1 + x_2 - 1|)}{2} \\ \dot{x}_2 = \beta \left\{ \begin{array}{l} -\gamma x_2 - x_5 \\ -\alpha \frac{(x_2 - x_1 - 1 + |-x_1 + x_2 - 1|)}{2} \end{array} \right\}, \\ \dot{x}_3 = \beta(-\gamma \delta x_2 - \varepsilon x_3 + x_5), \\ \dot{x}_4 = x_1, \\ \dot{x}_5 = \delta(x_2 - x_3), \end{cases} \quad (1)$$

ダイオードは区分線形関数としてモデル化しているため、各区分毎には線形の微分方程式となる。したがって、それぞれの微分方程式の解を導出することができる。本研究では、解を導出し、その解を用いてポアンカレマップを導いた。そして、ヤコビ行列を導き、それらを用いて最大リアプノフ指数を計算した。その結果、パラメータ $\alpha = 100, \beta = 4.5, \gamma = 1.42, \delta = 34, \varepsilon = 4.7, \zeta = 6.67$ で、最大リアプノフ指数が 0.0492 と正になることを確認した。

4 まとめ

本研究では、コルピッツ発振器と共振器を用いたカオス回路の解析を行い、リアプノフ指数が正であること、すなわち、この回路がカオスを発生することを証明した。

今後の課題として、これまでに同様の手法で設計した回路との差異、この回路を用いた応用の研究などが挙げられる。

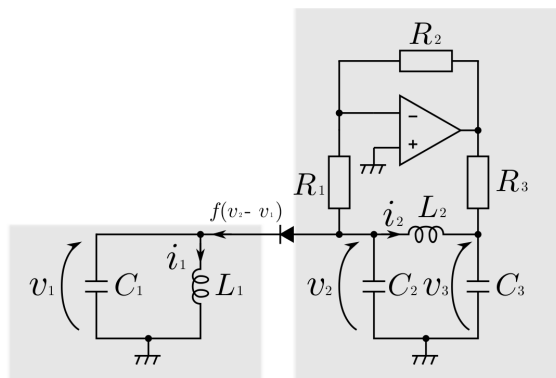


図1: コルピッツ発振器と共振器をダイオードで結合したカオス回路

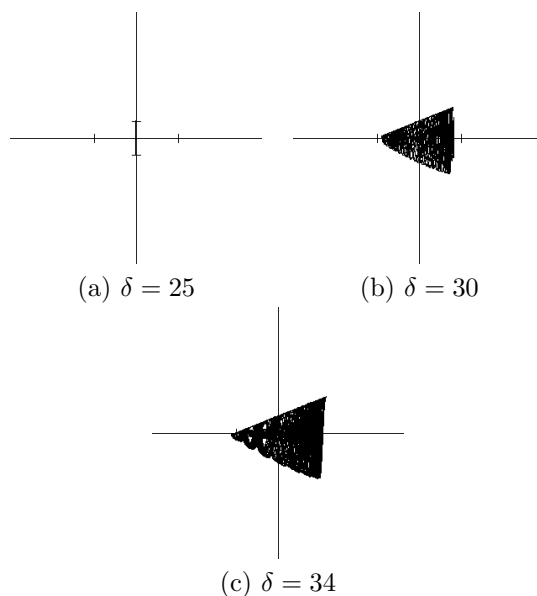


図2: シミュレーション結果. $\alpha = 100, \beta = 4.5, \gamma = 1.42, \varepsilon = 4.7, \zeta = 6.67$. 横軸: x_1 , 縦軸: x_2

参考文献

- [1] Y. Hosokawa, Y. Nishio and A. Ushida, "A Design Method of Chaotic Circuits Using an Oscillator and a Resonator," *Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'01)*, vol. 3, pp. 373-376, 2001.
- [2] H. Amo, Y. Hosokawa and Y. Nishio, "Chaotic Circuit Using a Colpitts Oscillator and a Resonator," *Proceedings of RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'14)*, pp. 177-180, Feb. 2014.