

不安定動的結合を用いた振動停止現象の奇数制約解消実験

N-1 Circuit experiments for overcoming odd number property of amplitude death by an unstable dynamic coupling

上田 次郎¹
Jiro Ueda

上野 結貴²
Yuki Ueno

杉谷 栄規¹
Yoshiki Sugitani

小西 啓治²
Keiji Konishi

茨城大学大学院 理工学研究科¹
Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University
大阪府立大学大学院 工学研究科²
Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

1 まえがき

結合発振器の不安定平衡点が、拡散的結合に伴い安定化する現象は、振動停止現象と呼ばれ、非線形分野で精力的に研究されている。振動停止現象は、発振器の平衡点におけるヤコビ行列が正の実固有値を奇数個持っている場合、誘発されない。これは奇数制約として知られている [1]。筆者らは、先行研究 [2] で、結合に不安定なダイナミクスを挿入した不安定動的結合により、奇数制約を満たす平衡点に振動停止が誘発できることを発見した。しかし、先行研究 [2] では、解析的および数値的に検証しているだけであり、実際の物理システムにおける有効性は確認されていない。そこで、本稿では、不安定動的結合が奇数制約を解消することを、回路実験で確認する。

2 回路構成

2 個の Lorenz 発振回路 (osc1, 2) を、図 1 に示す不安定動的結合回路で結合する。この結合回路は、負性抵抗 NR と非反転加算回路 NA、およびコンデンサ C から構成されており、抵抗 R , R' を介して各 Lorenz 発振回路と結合している。

各発振回路は、状態変数に対応する 3 つの電圧 v_{xi} , v_{yi} , v_{zi} ($i = 1, 2$) を持ち、そのうち、 v_{yi} を介して他方の発振回路と結合する。ただし、回路の構成上、発振回路からの出力電圧は $-v_{yi}$ とする。

結合回路のダイナミクスおよび Lorenz 発振回路 1, 2 への入力電流は、

$$C \frac{dv_0}{dt} = -h(v_0) - \frac{1}{R'}(v_{y1} + v_{y2} + 2v_0), \quad (1)$$

$$u_i = \frac{1}{R}(v_0 - v_{yi}), \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 v_0 および $h(v_0)$ はそれぞれ負性抵抗 NR にかかる電圧と流れる電流である。

3 実験結果

Lorenz 発振回路のパラメータは、ローレンツアトラクタが発生する値に固定する。このとき、各発振回路は、奇数制約を満たす不安定平衡点 $[v_{xi}^* v_{yi}^* v_{zi}^*]^T = [0 \ 0 \ 0]^T$ を持つ。

結合回路パラメータを $R = R' = 20k\Omega$, $C = 1.0\mu F$ と設定する。電圧 $-v_{y1}$ の時系列データを図 2 に示す。

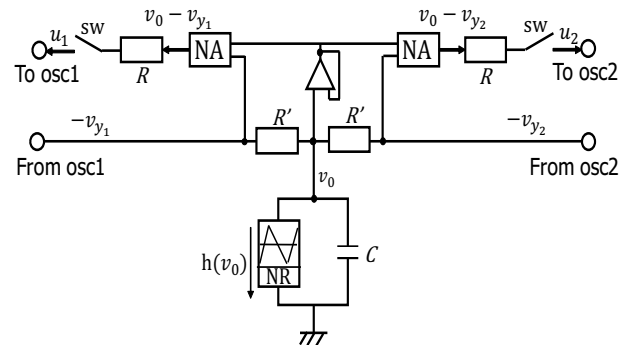


図 1 不安定動的結合の回路構成。

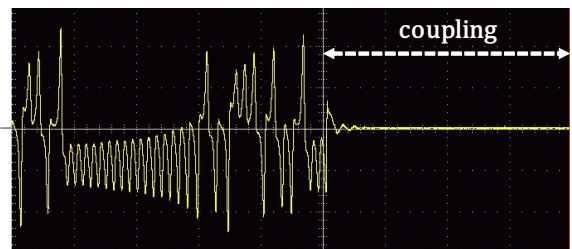


図 2 電圧 $-v_{y1}$ の時系列データ (横軸: 時刻 t (500ms/div), 縦軸: 電圧 $-v_{y1}$ (1V/div)).

図中の「coupling」の期間は、スイッチ SW がオンとなり 2 個の発振回路が結合されている。結合前 (SW オフ) はカオス発振していた電圧 $-v_{y1}$ が、結合開始後 (SW オン) は、奇数制約を満たす不安定平衡点 $v_{y1}^* = 0$ に収束している。

4 まとめ

不安定動的結合を用いることで、奇数制約を満たす不安定平衡点に振動停止現象が誘発できることを、電子回路を用いて実験的に確認した。

参考文献

- [1] K. Konishi, *Phys. Rev. E*, Vol. 68, p. 067202, 2003.
[2] Y. Sugitani *et al.*, Proc. NOLTA, pp. 715-718, 2014.