L-47

RLD 直列回路における電圧波形の分岐構造とカオス的振る舞い

Bifurcation phenomena and chaotic behaviors in resister-inductor-diode (RLD) circuits

○浅利慶[1]，鈴木浩平[1]，辻永佑樹[1]，新田伸[1]，胡桃聡[2]，松田健一[2]，鈴木薫[2]
○K. Asari[1], K. Suzuki[1], Y. Tsujiei[1], S. Nitta[1], S. Kurumi[2], K.-i. Matsuda[2], and K. Suzuki[2]

Abstract: We have investigated the bifurcation phenomena in a resistor-inductor-diode (or RLD) series circuit as a function of the amplitude of the sinusoidal input voltage V_{in}. Period doubling phenomena were clearly observed as increasing V_{in}, and eventually the system exhibited chaotic behaviors.

１．研究の背景と目的

近年，様々な電気電子デバイスの非線形性を積極的に利用した回路や，そこで生じる多様な現象に注目が集まっている．特に，ニューラルネットワークのような，生体を模倣した高度な機能をもつ回路の実現は，次世代の機能デバイスとして大きな期待を集めている．

最も基本的な非線形素子であるダイオードを用いた RLD 直列回路（Figure 1 を参照）は，入力電圧に対してカオス現象を示す良く知られた系であるが，カオス現象を示す前の，カオスに至るまでに見られる分岐過程（bifurcation）を詳細に示したものはこれまでほとんど報告が見られない．

本研究では，RLD 直列回路を作製し，その入力電圧振幅に対する出力波形を詳細に検討し，カオスに至る途上の分岐過程を調べることを主たる目的とした．

２．実験方法

Figure1 には，本研究で作製した RLD 直列回路を示す．インダクタには太陽誘電（株）の LHLC08NB-472J　(L = 4.4 mH) を用いた．これは実験の対象となる周波数範囲で，理想状態からのずれ

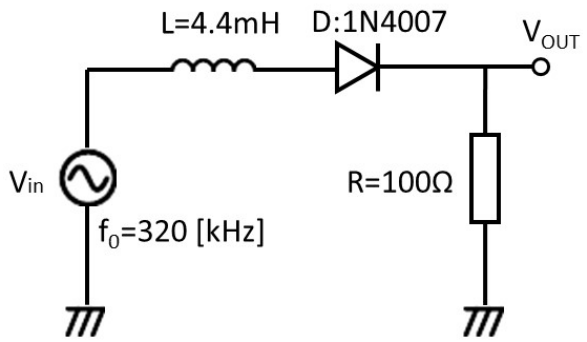

Figure 1: The RLD circuit used in this study. V_{out}'s were observed by oscilloscope as a function of V_{in}.

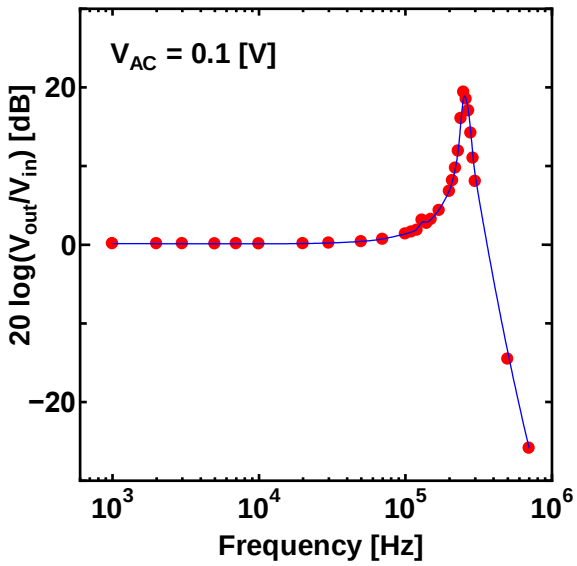

Figure 2: Frequency dependence of V_{out} for the case of small amplitude of V_{in}. The resonant frequency of the circuit is approximately f_r ~ 250 kHz.

となるインピーダンスを比較的に低く保つためである．ダイオードは 1ND4007 を使用した．電流電圧特性の非線形性と，空乏層容量の印加電圧依存性から，従来の同種研究ではしばしば用いられてきた素子であるため，今回も選択した[1,2]．Figure1 の回路に対して，小信号に対する応答特性を広い周波数範囲であらかじめ測定した．その結果を Figure2 に示す．この周波数特性は，ダイオードをキャパシタとみなした場合の，いわゆる LC 直列共振に由来するものである．この回路の共振周波数は 250.0 kHz にあることが分かった．通常，回路の非線形性を利用するには，この共振周波数付近の周波数を選らんで実験を行う．今回の分岐現象観測実験では，回路の共振周波数よりも若干高い周波数 f_0 = 320 kHz を選択したのは，波形観測のしやすさを優先したためであ

１：日大理工・学部・電気　　２：日大理工・教員・電気

る．入力信号は正弦波電圧とし，その電圧振幅 Vin を変化させたときの出力波形を詳細に調べた．

３．実験結果と考察

Figure3(a) ~ (c)には，各入力電圧振幅に対する出力波形（上段の黄色は入力波形，下段の緑色は出力波形）を示す．Figure3(a)では，入力電圧 = 0.60 V に対して，出力波形が歪んではいるが，同一周期であることを示している．Figure3(b)で，さらに電圧を大きく(1.40 V) すると，出力電圧振幅に二値が存在することが見て取れる．これは実際の波形においては，２種類の振幅と位相を有する波形に変化していることを示している．さらに入力電圧振幅を大きく(1.75 V) すると Figure3(c)のように，今度は出力電圧振幅が４値を取ることが観測され，前と同様に今度は４種類の位相を有する波形に変化したことを示している．このような出力電圧振幅の大きさの変化を，入力電圧振幅に対してプロットしたものが Figure4 である．入力電圧振幅を大きくしていくと，ある電圧を境に突然出力波形が分岐していくことがはっきり観測された．これは，カオス現象を示すロジスティック写像のモデルなどで知られている分岐現象に他ならない．実際，入力電圧をさらに増加するとカオス的な波形に移行することが観測される．

４．まとめ

本研究では、RLD 直列回路を作製し、カオス現象を観測することを目的とし、カオス途上の分岐過程のデータを得ることが出来た．ダイオードの非線形性を利用することにより、現在のデバイスとは違った回路を作製することが出来た．今後は作製した回路を一次元的に接続し、さらに多様な出力を返すような回路の作製を目標とする．

５．参考文献

[1] M.P. Hanias, Z. Avgerinos, G.S. Tombras, Chaos, Solitons and Fractals, **40**, 1050 (2009).

[2] P. S. Linsay, Phys. Rev. Lett. **19**, 1349 (1981).

[3] E. Mozdy, T. C. Newell, P. M. Alsing, V. Kovanis, A. Gavrielides, Phys. Rev. E **51**, 5371 (1995).

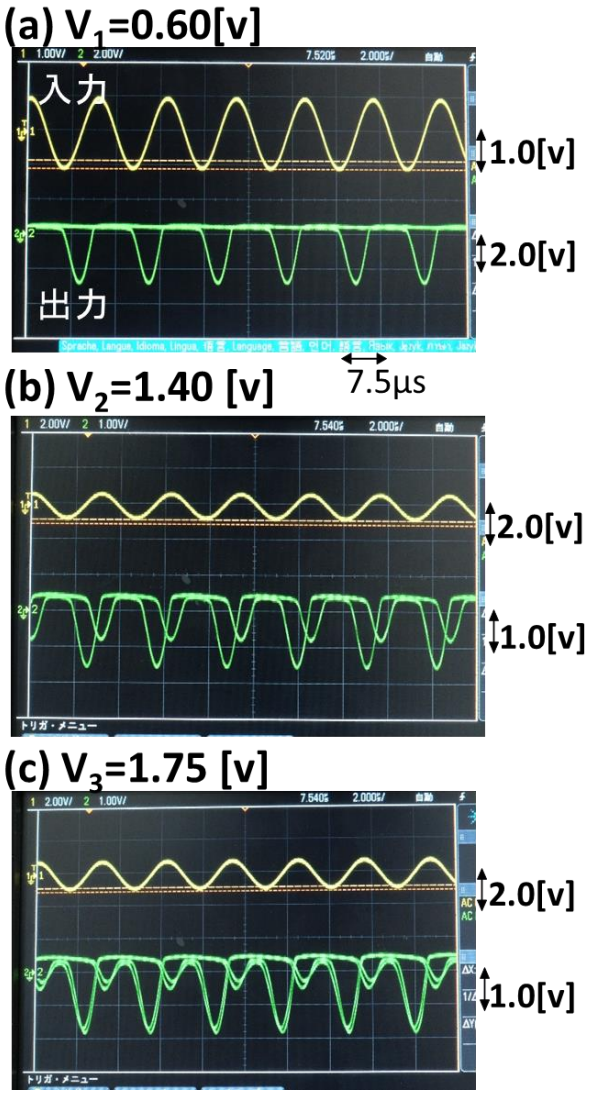

Figure3:(a)Output signals (green lines) for V_{in}=0.60 V. (b) V_{in}=1.40 V. (c) V_{in}=1.75 V.

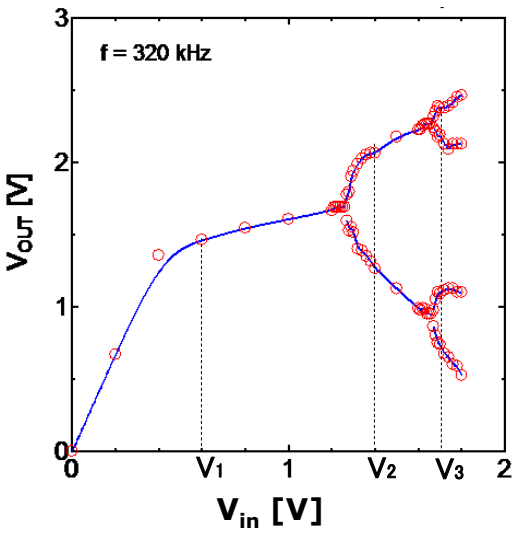

Figure4: Bifurcation diagram of the circuit.