

# 외부 환경을 가진 사랑 모델에서 컬러 잡음을 고려한 카오스 거동 현상

손영우\* · 배영철\*\*

Chaotic Behavior Phenomena in Love Model  
with External Environment considering Colored Noise

Young-Woo Shon\* · Young-Chul Bae\*\*

## 요약

지난 50년에 걸쳐 카오스 이론은 수학, 물리학에서 관심을 가지고 연구하기 시작하여 공학, 사회과학 분야에까지 연구가 확장되어왔다. 최근에는 자연과학과 사회과학을 융합한 융합 연구 형태로 발전하고 있다. 이러한 융합의 연구는 중독문제, 인간의 행복문제, 가족들 사이에서 발생하는 문제, 남녀 간의 사랑 문제를 포함한다. 본 논문에서는 이러한 융합 연구의 하나인 사랑 모델을 기반으로 외부 환경을 고려하고, 이 외부 환경에 컬러 잡음을 반영하였을 때, 사랑 모델에서 카오스 패턴이 어떤 영향을 받는지를 시계열 데이터와 위상공간을 통하여 검증한다.

## ABSTRACT

During 50 years, the chaotic theory has begun to research with concerning in Mathematics and physics, and it has extended the fields to of engineering and social science. Recently, chaotic theory has progressed as a type of fusion research fused with natural science and social science. Such fused research includes problems for addiction, happiness of human, problem happened between family and love affairs between man and woman. In this paper, we consider the external environment based on love model which is one among fusion research, and when we consider colored noise in the external environment, we verify how the chaotic pattern is affected in the love model through time series and phase portrait.

## 키워드

Love model, Romeo, Juliet, Nonlinear behavior, Chaotic phenomena, Phase portrait, Time series, colored noise  
사랑 모델, 로미오, 줄리엣, 비선형 거동, 카오스 현상, 위상 공간, 시계열, 색 잡음

## 1. 서론

지난 50년 동안 카오스를 포함한 복잡계 또는 비선형 거동에 대한 연구가 주로 수학과 물리학 분야에서

집중적으로 연구되어 왔으며 이들 연구를 수학, 물리학의 범위를 벗어나 공학, 사회과학 등에서 이들 연구를 적용하기 위한 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 또한 최근에는 사회과학과 자연과학을 융합하는 연구가

\* 김포대학교 멀티미디어과 (ywson@kimpo.ac.kr)

\*\* 교신저자 : 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부

• 접수일 : 2020. 02. 12

• 수정완료일 : 2020. 03. 14

• 게재확정일 : 2020. 04. 15

• Received : Feb. 12, 2020, Revised : Mar. 14, 2020, Accepted : Apr. 15, 2020

• Corresponding Author : Young-Chul Bae

Division Electrical-Electronic communication and Computer Eng., Chonnam National University.

Email : ycbae@chonnam.ac.kr

카오스 영역에서나 나타나고 있다.

사회과학과 자연과학이 융합된 분야에서의 비선형 거동에 관한 연구로는 주식 예측, 경제 예측, 전염병 예측, 최대 수요 예측 등과 같은 예측 분야와 사람의 삶의 질을 향상시키기 위한 연구로는, 예를 들면 사람의 중독을 어떻게 예방하고 다룰 것인가 하는 다양한 중독문제를 다룬 중독 모델과[1-4], 사람의 행복을 다룬 행복 모델[5-8], 가족관의 갈등 문제를 다룬 가족 모델[9-10], 남녀 사이의 사랑 문제를 다룬 사랑 모델[11-28] 등에 관한 연구가 진행되어 왔다.

수학자와 물리학자들은 남녀 사이의 사랑관계를 단순한 미분방정식으로 표현하고자 노력하였으며, 이러한 노력의 결과로 Sprott[11-12]는 행복 모델과 사랑 모델을 제시한바 있다. 또한 배영철[12-24, 32-37] 등은 Sprott의 논문을 기본으로 외부 환경을 반영한 후 여기에서 카오스 거동이 있음을 증명한 논문[37]과 여기에 백색 잡음을 고려한 논문도 발표하였다.

본 논문에서는 남·녀 간의 사랑 모델인 로미오와 줄리엣의 사랑 모델에서 부모, 친척, 친구 등의 조언을 나타내는 외부 입력을 고려하고 여기에 외부에서 들어오는 다양한 의견을 컬러 잡음으로 표현한 후,, 이러한 컬러 잡음이 있는 경우 남·녀 간의 사랑에 어떠한 영향을 미치는가를 시계열과 위상 공간을 통하여 보이고자 한다.

## II. 사랑 모델

외부 환경을 고려한 사랑 모델은 식 (1)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \frac{dR}{dt} &= aR + bJ(1 - J) + f(t) \\ \frac{dJ}{dt} &= cR(1 - R) + dJ \end{aligned} \quad (1)$$

여기서  $a$ 와  $b$ 는 로미오의 사랑 형태이고,  $c$ 와  $d$ 는 줄리엣의 사랑 형태,  $f(t)$ 은 친구나 부모 등으로부터 받을 수 있는 조언으로 외부 환경을 나타낸다.

식(1)에서 외부 환경은 식 (2)과 같이 표현한다.

$$f(t) = A \sin \omega t \quad (2)$$

식(2)에서 일반적으로 진폭  $A$ 는 외부 환경의 크기를 나타내며  $\omega$ 는 주파수의 함수로서 그 사이클의 크기를 나타낸다. 즉 얼마나 자주 외부 환경의 영향을 줄 수 있는지를 나타낸다.

## III. 컬러 잡음을 가진 사랑 모델에서의 카오스 거동

식 (1)의 외부 환경  $f(t)$ 에 외부로부터의 부정적인 의견을 나타내는 컬러 잡음을 고려하면 식 (3)과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{dR}{dt} &= aR + bJ(1 - J) + f(t) + cn(t) \\ \frac{dJ}{dt} &= cR(1 - R) + dJ \end{aligned} \quad (3)$$

여기서  $cn(t)$ 은 컬러 잡음으로 그림1과 같이 나타낸다.

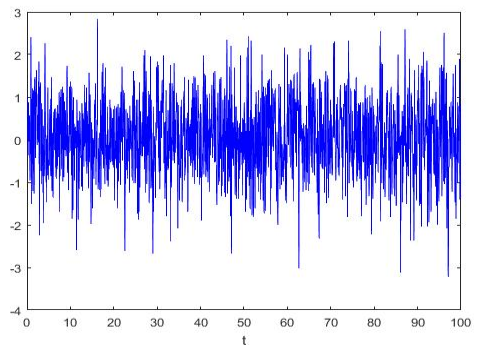


그림 1. 컬러 잡음  
Fig. 1 Colored noised

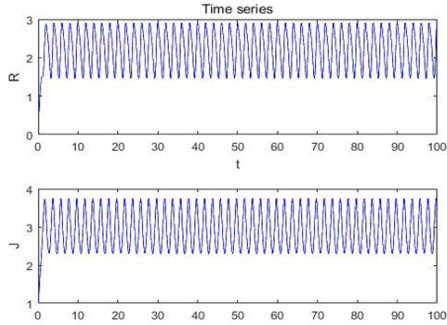
### 3.1 $a = -5.41$ 과 식 (3)인 경우

식(3)에서 파라미터를  $a=-5.41$ ,  $b=-2$ ,  $c=d=1$ ,  $F(t) = 5 \sin \omega t$ 로 정해놓고 잡음이 없는 경우( $cn=0$ )와 컬러 잡음을 고려한 경우의 1주기 운동을 시계열과 위상공간으로 알아본다.

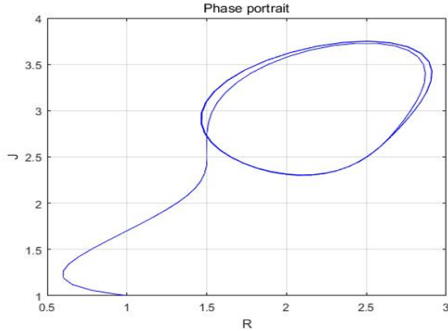
그림 2는 외부 환경에 대한 잡음이 없는 순수한 조언을 반영한 것으로 로미오와 줄리엣의 1주기에 대한 시계열과 위상공간을 나타낸다.

그림 2는 외부 환경에 대한 컬러 잡음이 있는 경우

순수한 조건에 다양한 부정적인 의견들이 반영한 것에 대한 로미오와 줄리엣의 1주기에 대한 시계열과 위상 공간을 나타낸다.

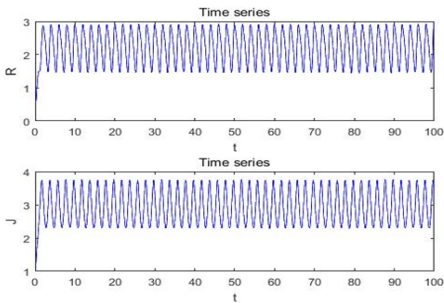


(a) 시계열  
(a) Time series

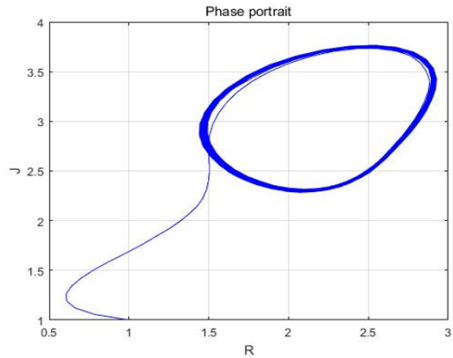


(b) 위상 공간  
(b) Phase portrait

그림 2. 잡음이 없을 때 시계열(a)과 위상 공간(b)  
Fig. 2 Time series(a) and phase portrait(b) when no noise



(a) 시계열  
(a) Time series



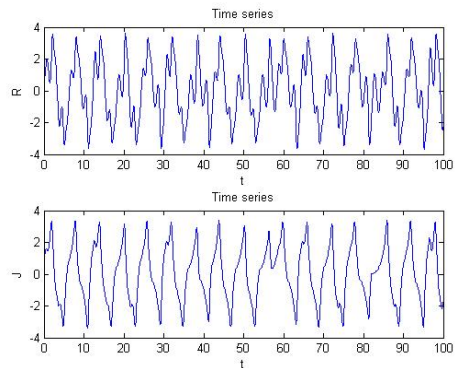
(b) 위상 공간  
(b) Phase portrait

그림 3. 컬러 잡음일 때 시계열(a)과 위상 공간(b)  
Fig. 3 Time series(a) and phase portrait(b) with colored noise

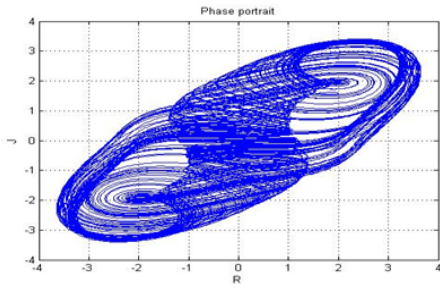
그림 1과 2를 통하여 부정적인 영향을 주는 컬러 잡음이 있는 경우 1주기 현상은 명확하지 않음을 확인할 수 있다. 이는 부정적인 조건이 남녀 사이의 사랑에 영향을 미침을 알 수 있다.

(2)  $a = -2.561$ 과 식 (3)인 경우

$a = -2.561$ 의 파라미터 값을 가지고 외부 입력만을 가지고 시뮬레이션 했을 때와 컬러 잡음을 고려한 경우의 로미오와 줄리엣의 위상공간을 그림 4와 그림 5에 각각 나타내었다.



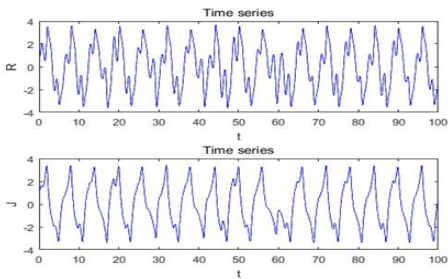
(a) 시계열  
(a) Time series



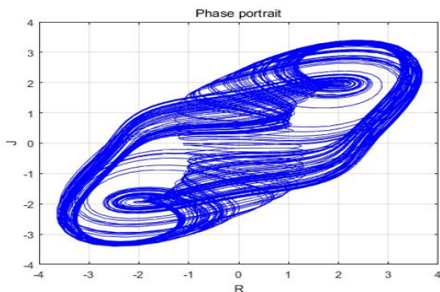
(b) 위상 공간  
(b) Phase portrait

그림 4.  $a = -2.561$ 와 식 (3)의 파라미터 값을 가진 경우의 시계열(a)과 위상 공간(b)

Fig. 4 Time series(a) and phase portrait(b) for  $a = -2.561$  and equation (3) as parameter value



(a) 시계열  
(a) Time series



(b) 위상 공간  
(b) Phase portrait

그림 5.  $a = -2.561$ 와 식 (3)의 파라미터와 컬러 잡 값을 가진 경우의 시계열(a)과 위상 공간(b)

Fig. 5 Time series(a) and phase portrait(b) for  $a = -2.561$  and equation (3) as parameter value and colored noise

그림 4와 그림 5의 시계열과 위상공간을 비교했을 때 컬러 잡음이 있는 경우와 없는 경우 시계열과 위상 공간이 다른 형태를 하고 있음을 알 수 있다. 즉 외부에 많은 다른 잡음요소로, 예를 들면 부정적인 의견이나 정보 등이 두 남녀 사이에 들어오게 되면 이 정보로부터 두 사람의 사랑에 영향을 미치게 됨을 알 수 있다.

#### IV. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 로미오와 줄리엣의 사랑 모델에서 외부의 조언을 반영하는 외부 입력에 이들 이외에 다양한 의견 그 중에서 부정적인 의견을 컬러 잡음으로 가정하고 인가하였을 때 로미오와 줄리엣의 사랑의 변화를 위상 공간을 통하여 알아보았다.

이 부정적인 잡음은 사랑이 아직 싹트기 전인 초기 상태에서는 많은 영향을 미치지만 사랑이 많이 무르익은 상태인 카오스 상태에서는 큰 영향이 없음을 확인할 수 있었다.

이를 통하여 앞으로 잡음을 보다 계량화한 실질적인 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

#### Acknowledgement

이 논문은 한국지능시스템학회 2018년 춘계학술대회에서 발표한 내용을 확장한 논문입니다.

#### References

- [1] Y. Bae, "Chaotic phenomena in addiction model for digital leisure," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 13, no. 4, 2013, pp. 291-297.
- [2] M. Kim and Y. Bae, "Mathematical modeling and chaotic behavior analysis of cyber addiction," *J. of Korean Institute of Intelligent System*, vol. 24, no. 3, 2014, pp. 245-250.
- [3] Y. Bae, "Chaotic dynamics in tobacco's addiction model," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 14, no. 4, 2014, pp. 322-331.
- [4] Y. Bae, "Mathematical modeling and behavior

- analysis of addiction of physical exercise," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 24, no. 6, 2014, pp. 615-621.
- [5] S. Kim, S. Choi, Y. Bae, and Y. Park, "Mathematical modeling of happiness and its nonlinear analysis," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 9, no. 6, 2013, pp. 711-717.
- [6] J. C. Sprott, "Dynamical models of happiness," *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, vol. 9, no. 1, 2005, pp. 23-34.
- [7] L. Huang, Y. Shon, S. Hwang, and Y. Bae, "Behaviors Phenomena in Happiness Model with Fractional-order," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 28, no. 1, 2018, pp. 41-48.
- [8] J. C. Sprott, "Dynamics of love and happiness," *Chaos and Complex Systems Seminar*, Madison WI, U.S.A, Feb. 2001.
- [9] L. Hyang and Y. Bae, "Analysis of nonlinear dynamics in family model," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 25, no. 4, 2015, pp. 313-318.
- [10] L. Hyang and Y. Bae, "Analysis of nonlinear dynamics in family model including parent-in law," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 26, no. 1, 2016, pp. 37-43.
- [11] S. H. Strogatz, "Love affairs and differential equations," *Math. Mag.*, vol. 61, 1988, p. 35.
- [12] S. H. Strogatz, *Nonlinear dynamics and chaos: with application to physics, biology, chemistry and engineering*. New York: CRC Press, 1994.
- [13] S. Kim, Y. Shon, and Y. Bae, "Mathematical modeling of love and its nonlinear analysis," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 11, 2014, pp. 1297-1303.
- [14] Y. Bae, "Behavior analysis of dynamic love model with time delay," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 2, 2015, pp. 253-260.
- [15] Y. Bae, "Modified mathematical modeling of love and its behavior analysis," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 12, 2014, pp. 1441-1446.
- [16] L. Hyang and Y. Bae, "Behavior analysis in love model of Romeo and Juliet with time delay," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 25, no. 2, 2015, pp. 155-160.
- [17] L. Hyang and Y. Bae, "Comparative behavior analysis in love model with same and different time delay," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 25, no. 3, 2015, pp. 210-216.
- [18] Y. Bae, "Nonlinear behavior in love model with discontinuous external force," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 16, no. 1, 2016, pp. 64-71.
- [19] Y. Bae, "Chaotic behavior in dynamic love model with different external force," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 15, no. 4, 2015, pp. 283-288.
- [20] Y. Shon, J. Lee, and Y. Bae, "Behavior Analysis in Love Model with applying Conscious and Nonconscious," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 5, 2016, pp. 523-529.
- [21] L. Huang, S. Hwang, and Y. Bae, "Chaotic Behavior in Model with a Gaussian Function as External Force," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 16, no. 4, 2016, pp. 262-269.
- [22] Y. Bae, "Nonlinear Behavior Analysis in Love Model with closing awareness of Human," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 12, no. 1, 2017, pp. 201-208.
- [23] Y. Bae, "Analysis of Nonlinear Behavior in Love Model as External Force with Gaussian Fuzzy Membership Function," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 27, no. 1, 2017, pp. 29-34.
- [24] Y. Bae, "Nonlinear Analysis in Love Dynamics with Triangular Membership Function as External Force," *J. of Digital Contents Society*, vol. 18, no. 1, Feb. 2017, pp. 217-224.
- [25] S. Rinaldi, "Laura and Patriarch: an intriguing case of cyclical love dynamics," *SIAM. J. Appl. Math.*, vol. 58, 1998, pp. 1205-1221.
- [26] C. Cresswell, *Mathematics and Sex*. Sydney: Griffin Press, 2003.
- [27] J. Wauer, D. Schwarzer, G.Q. Cai, and Y.K. Lin, "Dynamical models of love with time-varying fluctuations," *Applies mathematics and Computation*, vol. 188, 2007, pp. 1535-1548.

- [28] S. Rinaldi, "Love dynamics: The case of linear couples" *Applies mathematics and Computation*, vol. 95, 1998, pp. 181-192.
- [29] X. Liao and J. Ran, "Hopf bifurcation in love dynamical models with nonlinear couples and time delays," *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 31, 2007, pp. 853-865.
- [30] W. M. Ahmad and R. E-Khazali, "Fractional-order dynamical model of love," *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 33, 2007, pp. 1367-1375.
- [31] W. L. Ahmad and K. Chen, "Chaotic behavior in a new fractional order love triangle system with competition," *J. applied analysis and computation*, vol. 5, no.1, Feb. 2015, pp. 103-113.
- [32] L. Huang and Y. Bae, "Periodic Doubling and Chaotic Attractor in the Love Model with a Fourier Series Function as External Force," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 17, no. 1, 2017, pp. 17-25.
- [33] L. Huang, Y. Shon, S. Kim, and Y. Bae, "Nonlinear Phenomena in Love Model using Fourier Series of Sine Wave as External Force," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 27, no. 4, 2017, pp. 321-327.
- [34] L. Y. Huang and Y. Bae, "Nonlinear Behavior in Romeo and Juliet's Love Model Influenced by External Force with Fuzzy Membership Function," *International J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 19, no. 2, 2017, pp. 1670-1682.
- [35] L. Y. Huang and Y. Bae, " Chaotic dynamics of the fractional-love model with external environment," *Entropy*, vol. 20, no. 1, 2018.
- [36] L. Y. Huang and Y. Bae, "Analysis of Chaotic Behaviors in a Novel Extended Love Model Considering Positive and Negative External Environment," *Entropy*, vol. 20, no. 5, 2018.
- [37] Y. Bae, "Analysis of Influence for Noise in Love Model with External Environment," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 29, no. 1, 2019, pp. 56-51.

저자 소개

**손영우(Young-Woo Shon)**



1981년 2월 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1983년 2월 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 2000년 2월 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

1991년-1998년 : KISTI 전자전기실 책임연구원

1998년 - 현재 김포대학교 멀티미디어과 교수

※ 관심분야 : 인공 지능, 카오스 공학, 멀티미디어 응용, 디지털 영상처리 등

**배영철(Young-Chul Bae)**



1984년 광운대학교 전기공학과 (공학사)

1986년 광운대학교대학원 전기공학과 (공학석사)

1997년 광운대학교대학원 전기공학과(공학박사)

1986년~1991년 한국전력공사

1991년~1997년 산업기술정보원 책임연구원

1997년~현재 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부 교수

2002년~2002년 Brigham Young University 방문교수

2011년~2011년 University of Utah 방문교수

※ 관심분야 : Chaos Control and Chaos Robot, Robot control etc.