

## 운동 중독의 수학적 모델링과 거동 해석

# Mathematical Modelling and Behavior Analysis of Addiction of Physical Exercise

배영철<sup>†</sup>

Young-Chul Bae<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부

<sup>†</sup> Division of Electrical·Electronic Communication and Computer Engineering,  
Chonnam National University

### 요 약

중독 문제가 사회문제가 되고 있으며 이를 해결하고자하는 사회적 노력이 계속되고 있다. 이러한 노력 중의 하나로 중독에 대한 수학적 모델링과 이 모델링을 이용하여 거동해석을 수행하며 이 결과를 가지고 중독이전과 중독이후의 상태를 판정하는 연구를 중독 이전의 상태에서 중독 상태로 진행하는 단계의 관찰을 통한 연구를 진행하는 것이 필요하다. 이러한 필요성에 따라 본 연구에서는 운동에 대한 중독 방정식을 전개하기 위하여 Spring-Damper-Mass 시스템과 등가적으로 구성할 수 있는 새로운 2차계로 구성된 운동에 대한 운동 중독 방정식 모델을 제안하고 이 중독 방정식에서의 거동을 분석한다.

**키워드** : 운동 중독, 카오스, 주기 운동, 준주기 운동, 시계열 데이터, 위상 공간

### Abstract

The Addiction problems have been became a social problem; the social efforts continue to solve these problems. One of those efforts, we need to establish a mathematical modeling for an addictive model to perform analysis of behavior by using this modeling. We need to process the research that can be judged before and after addictive status with result of the behavior analysis. We have to process an observation of transition from before to after addictive status. According to those necessary, this paper proposed the physical exercise model that is composed by novel second order system, which consisted of Spring-Damper-Mass system with equivalence in order to evolve an addictive equation for physical exercise. This paper also is analyzed by the behaviors for those the addictive equation of physical exercise.

**Key Words** : Physical Exercise Addiction, Chaos, Periodic Motion, Quasi-Periodic Motion, Time-series, Phase Portrait

## 1. 서 론

우리는 비선형 시스템에서 살고 있다. 바람의 흐름, 심장박동, 뇌의 동작 등은 선형시스템 영역이 아닌 비선형 시스템의 영역이다. 일반적으로 선형 시스템에 비해 비선형 시스템은 해석이 어려운 것으로 알려져 있다. 비선형 시스템의 영역은 퍼지, 신경망, 카오스 및 복잡계가 해당된다. 최근 비선형 시스템 중에서 카오스 현상에 대한 해석과 이를 응용하는 연구가 공학, 생물학, 심리학, 사회학 등에서 활발하게 진행되어왔다[1-7].

생물학과 심리학에서는 중독 문제에 대하여 많은 관심을 가져왔다. 중독에는 약물중독, 알코올 중독, 쇼핑 중독, 운동 중독, 게임 중독, 디지털 여가 중독 등이 있다. 중독의 원인과 증상은 중독 종류에 따라 다르게 나타나고 있으며 명확하게 정의된 일이 없다.

중독 문제가 사회문제가 되고 있으며 이를 해결하고자하는 사회적 노력이 계속되고 있다. 이러한 노력 중의 하나로 중독에 대한 수학적 모델링과 이 모델링을 이용하여 거동해석을 수행하며 이 결과를 가지고 중독 이전과 중독이후의 상태를 판정하는 연구를 중독 이전의 상태에서 중독 상태로 진행하는 단계의 관찰을 통한 연구를 진행하는 것이 필요하다.

이러한 중독에 대한 수학적 모델링과 해석 위해서는 먼저 각각의 종류에 대한 중독 모델에 대한 수학적 모델링이 정립되어야 한다. 이에 대한 연구로는 배영철 [8]은 담배 니코틴 중독 모델[9]를 이용하여 수정된 디지털 레저에 대한 중독 모델을 만들고 이 모델에서 비선형 현상인 카오스 현상이 존재함을 증명하였으나 니코틴과 디지털 중독 모델은 그 특성이 달라 새로운 모델이 요구된다.

접수일자: 2014년 9월 14일

심사(수정)일자: 2014년 9월 28일

게재확정일자: 2014년 12월 1일

<sup>†</sup> Corresponding author

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

또한 배영철은 사이버 중독에서의 2차원 모델을 제시 [10]하였으며, 행복 모델에서의 동기화 현상에 대한 연구 [11], 행복 모델에서의 비선형거동[12], 사랑 모델에서의 거동 해석[13]도 있었다. 이들 연구들은 모두 뉴턴의 운동 방정식에 기반을 두고 새로 정의하여 수식을 전개하였으나 운동에 기반을 둔 중독 모델 정의는 없었다.

이러한 필요성에 따라 본 연구에서는 운동에 대한 중독 방정식을 전개하기 위하여 Spring-Damper-Mass 시스템과 등가적으로 구성할 수 있는 새로운 2차계로 구성된 운동에 대한 중독 방정식 모델을 제안하고 이 중독 방정식에서의 거동을 분석한다.

## 2. 운동 중독 모델

본 연구에서는 운동 중독을 기계 시스템의 Spring-Damper-Mass로 가정한 후 이를 등가적으로 구성할 수 있는 운동 중독 방정식 모델을 제안한다.

### 2.1 Spring-Damper-Mass

Spring-Damper-Mass은 기계 시스템에서 가장 기본적인 시스템이다. 이를 그림 1 과 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

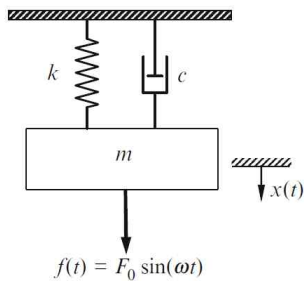


그림 1. Spring-Damper-Mass 회로  
Fig. 1. Spring-Damper-Mass circuit

$$\begin{aligned}
 F &= cx \\
 F &= m \frac{dx}{dt} \\
 F &= k \int x dt
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서  $m$ 은 질량,  $c$ 는 제동 계수,  $k$ 는 스프링 상수이다. 그림 1과 식(1)을 통하여 Spring-Damper-Mass 힘과 속도와의 관계식으로 구성됨을 알 수 있다.

### 2.2 운동 중독 모델 유도

운동 중독에서 대한 일반식을 유도하기 위하여 식(2)과 같은 뉴턴의 운동방정식에서 속도, 가속도, 힘에 대한 정의가 필요하다.

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{dx}{dt} \\
 a &= \frac{d^2x}{dt^2} \\
 F &= ma
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

여기서  $x, v, a, F, m$ 은 각각 변위, 속도, 가속도, 힘, 질량을 나타낸다.

식(2)과 뉴턴의 운동방정식으로부터 운동 중독에 대한 관련식을 등가적으로 식(3)과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{dR}{dt} \\
 e &= \frac{d^2R}{dt^2} \\
 F &= ce
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

여기서  $R$ 는 감각,  $H$ 는 운동 중독이다. 따라서 운동 중독은 시간의 변화량에 대한 감각의 변화량으로 정의한다.

식(2)과 식(3)의 속도, 가속도, 힘에 대응하는 것을 운동 중독 모델에서는 중독, 감성적인 거동( $e$ ), 물리적 행동( $F$ )로 놓고 식(3)과 같이 중독 모델을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 F_c(t) &= cR(t) \\
 F_d(t) &= d \frac{dR(t)}{dt} \\
 F_s(t) &= s \int R(t) dt
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

여기서  $c, d, s$ 는 각각 통제계수(control), 소망계수(desire), 감수성계수(sensitivity)를 나타낸다.

통제 계수는 행위자가 어떤 행동을 하지 않을 스스로 자제할 수 있는 지수를 의미한다. 이 값이 크면 운동하는 사람이 스스로 통제하여 적절한 범위 내에서 운동을 하여 운동 중독에 빠지지 않을 가능성이 크다. 소망 계수는 원하는 것을 하고자 하는 소망을 나타낸다. 감수성 계수는 운동 중독을 일으키는 민감성의 척도로서 개인의 감수성 및 감성에 의해 큰 편차를 가진다.

식(4)을 정리하면 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 F_c(t) + F_d(t) + F_s(t) &= F(t) \\
 &= cR(t) + d \frac{dR(t)}{dt} + s \int R(t) dt
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

식(5)에서 적분 항을 제거하기 위하여 미분을 수행하면 식(6)과 같이 정리된다.

$$d \frac{dR^2(t)}{dt^2} + c \frac{dR(t)}{dt} + sR(t) = F(t)
 \tag{6}$$

여기서  $F(t)$ 는 외부에서 인가하는 힘이다. 식(6)을 운동에 대한 중독 방정식으로 정의할 수 있다.

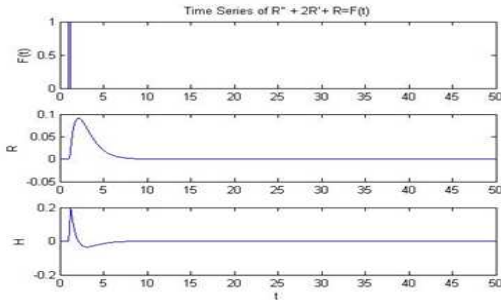
## 3. 운동중독 모델에서의 거동 해석

식(6)의 운동 중독 모델에서 감수성 계수를 변형하여 수정된 운동 중독 모델을 식(7)와 같이 나타낸다.

$$d \frac{dR^2(t)}{dt^2} + c \frac{dR(t)}{dt} + s^2 R(t) = F(t)
 \tag{7}$$

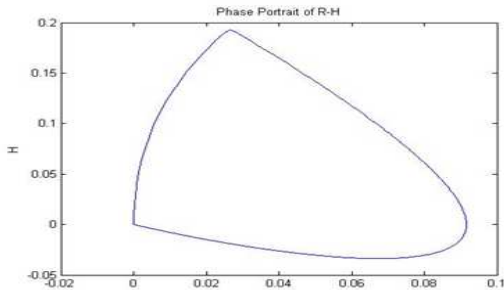
3.1 1회 운동

식(7)에서  $d=1, c=2, s=1$ 로 가정하고, 외부 자극을 순간적으로 1초의 임펄스의 값을 주고 중독을 시간의 변화량에 대한 운동의 변화량으로 식(3)과 같이 정의하면 그림 2와 같은 운동 상태와 중독 상태를 시계열 데이터와 위상 공간으로 나타낼 수 있다.



(a) 1회 운동을 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터

(a) Time series of external input( $F(t)$ ), physical exercise and physical exercise's addiction when we have once exercise



(b) 운동 상태(H)와 중독 상태(R)의 위상 공간  
(b) Phase portrait of physical exercise(H) and physical exercise's addiction(R)

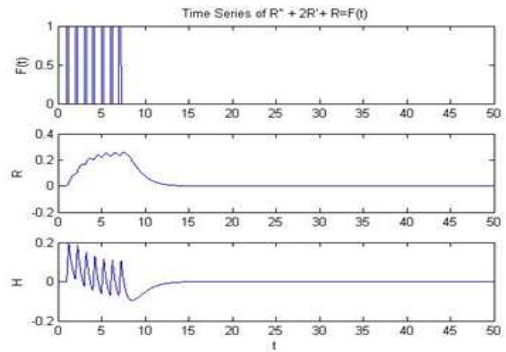
그림 2. 1회 운동을 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터와 위상 공간

Fig. 2. Time series and phase portrait of external input, physical exercise and physical exercise's addiction when we have once exercise

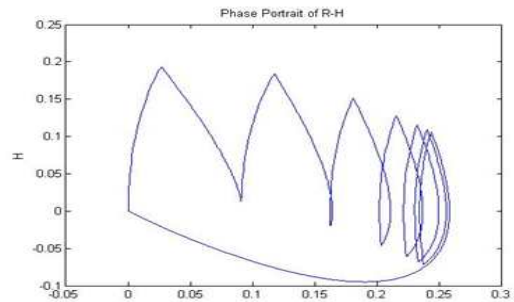
그림 2(a)에서  $F(t)$ 는 외부 입력,  $R$ 은 운동 상태,  $H$ 는 중독 상태에 대한 시계열을 보여준다. 외부 입력인 외부 자극이 순간적으로 한번 주어지면 중독 상태에 들어가지 않고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 2(b)의 운동 상태의 시계열을 x축에, 중독 상태의 시계열을 y축에 놓은 위상 공간을 그림 2에 나타내었다. 중독 이전의 상태는 주기운동을 하고 있음을 알 수 있다.

3.2 주기적 운동

식(7)에서  $d=1, c=2, s=1$ 로 가정하고, 외부 자극을 순간적으로 1초의 임펄스의 값을 여러 번 주었을 때 즉 주기적인 운동 상태일 때 운동량의 변화량과 중독 산태를 그림 3과 같이 시계열 데이터와 위상 공간으로 나타낼 수 있다.



(a) 여러 번 운동을 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터  
(a) Time series of external input( $F(t)$ ), physical exercise and physical exercise's addiction when we have several time exercise



(b) 운동 상태(H)와 중독 상태(R)의 위상 공간  
(b) Phase portrait of physical exercise(H) and physical exercise's addiction(R)

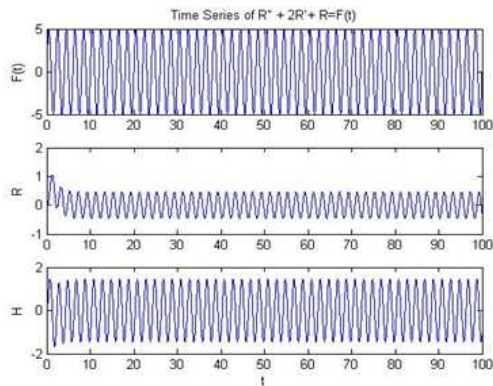
그림 3. 여러 번 운동을 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터와 위상 공간

Fig. 3. Time series and phase portrait of external input, physical exercise and physical exercise's addiction when we have several time exercise

그림 3에서 주기적인 운동 상태에서는 운동의 지속상태도 오래 지속되고 중독 상태도 1회 운동 상태보다는 보다 빈번한 섭동이 있음을 시계열과 위상공간으로 확인할 수 있다.

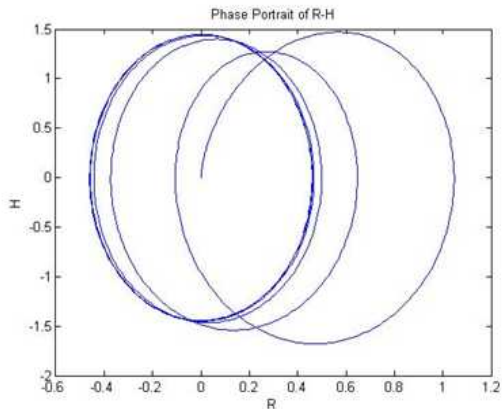
3.3 정현파 외부 자극이 있는 운동

외부자극으로서 친구의 권유나 시험과 같은 외부적인 동기로 가정된 상태에서 운동에 대한 중독 상태를 확인한다. 그림 4는 외부 자극  $F(t)$ 을 정현파인  $5 \sin 177t$ 로 놓았을 때의 운동 상태에 대한 시계열과 위상공간을 보여주고 있다. 그림 4(a)는 외부 자극으로 정현파를 주었을 때 감각과 중독 상태의 시계열데이터를 보여준다. 분석 결과 운동에 의한 중독 여부 주기적인 모습으로 중독전의 상태를 보여주고 있음을 알 수 있다. 그림 4(b)는 그림 4(a)의 감각과 중독을 각각 x, y축으로 놓았을 때의 위상 공간을 나타낸 것으로 1주기의 운동을 보여 외부 자극이 주기적인 경우 중독에 크게 이르지 않고 있음을 알 수 있다.



(a) 정현파 외부자극을 가지고 운동 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터

(a) Time series of external input( $F(t)$ ), physical exercise and physical exercise's addiction when we have sine wave as an external force



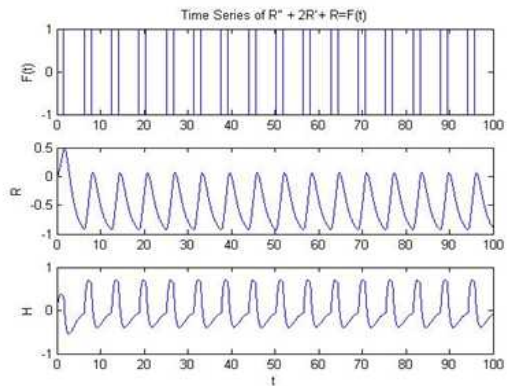
(b) 운동 상태(H)와 중독 상태(R)의 위상 공간  
(b) Phase portrait of physical exercise(H) and physical exercise's addiction(R)

그림 4. 정현파 외부자극을 가지고 운동 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터와 위상 공간

Fig. 4. Time series and phase portrait of external input, physical exercise and physical exercise's addiction when we have sine wave as an external force

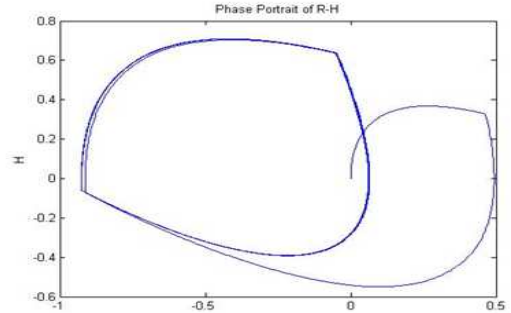
### 3.4 주기적인 구형파의 외부 자극이 있는 운동

외부자극으로서 구형파로 주었을 때 중독 상태를 확인한다. 그림 5는 외부 자극  $F(t)$ 을 지속 시간 1초를 가진 지속적인 구형파로 놓았을 때의 운동 상태에 대한 시계열과 위상공간을 보여주고 있다. 그림 5(a)는 구형파를 주었을 때 감각과 중독 상태의 시계열데이터를 보여준다. 분석 결과 운동에 의한 중독 상태는 주기적인 모습을 보여주고 있어 중독 이전의 상태임을 알 수 있다. 그림 5(b)는 그림 5(a)의 감각과 중독을 각각 x, y축으로 놓았을 때의 위상 공간을 나타낸 것으로 주기 운동을 나타내어 중독 이전의 상태임을 알 수 있다.



(a) 주기적인 구형파 외부자극을 가지고 운동 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터

(a) Time series of external input( $F(t)$ ), physical exercise and physical exercise's addiction when we have rectangular wave as an external force



(b) 운동 상태(H)와 중독 상태(R)의 위상 공간  
(b) Phase portrait of physical exercise(H) and physical exercise's addiction(R)

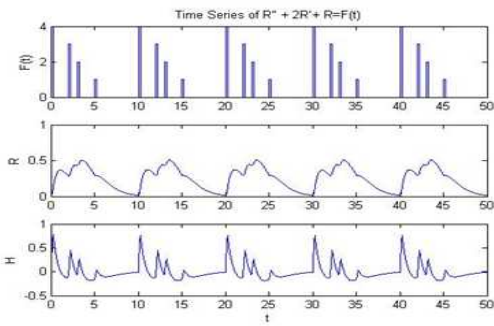
그림 5. 주기적인 구형파 외부자극을 가지고 운동 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터와 위상 공간

Fig. 5. Time series and phase portrait of external input, physical exercise and physical exercise's addiction when we have rectangular wave as external force

### 3.5 크기가 다른 주기적인 구형파의 외부 자극이 있는 운동

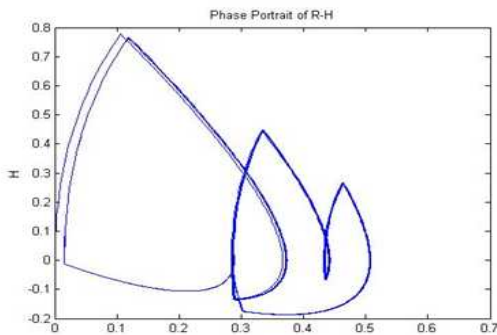
외부자극으로서 강도가 다른 구형파를 여러 번 반복하였을 때의 중독 상태를 확인한다. 그림 6는 외부 자극  $F(t)$ 을 지속 시간 1초를 가지고 강도가 서로 다르면서 반복적인 구형파로 놓았을 때의 운동 상태에 대한 시계열과 위상공간을 보여주고 있다. 그림 6(a)는 구형파를 주었을 때 감각과 중독 상태의 시계열데이터를 보여준다. 분석 결과 운동에 의한 중독 상태는 준주기적인 모습을 보여주고 있어 중독 이전의 상태임을 알 수 있다. 그림 6(b)는 그림 6(a)의 감각과 중독을 각각 x, y축으로 놓았을 때의 위상 공간을 나타낸 것으로 준주기 운동을 나타내어 중독 이전의 상태임을 알 수 있다.





(a) 크기가 다른 주기적인 구형파 외부자극을 가지고 운동 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터

(a) Time series of external input( $F(t)$ ), physical exercise and physical exercise's addiction when we have rectangular wave as external force with different magnitude



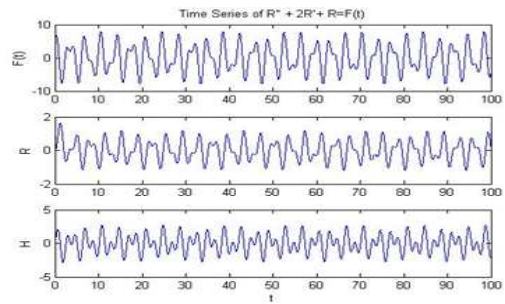
(b) 운동 상태(H)와 중독 상태(R)의 위상 공간  
(b) Phase portrait of physical exercise(H) and physical exercise's addiction(R)

그림 6. 크기가 다른 주기적인 구형파 외부자극을 가지고 운동 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터와 위상 공간

Fig. 6. Time series and phase portrait of external input, physical exercise and physical exercise's addiction when we have rectangular wave as external force with different magnitude

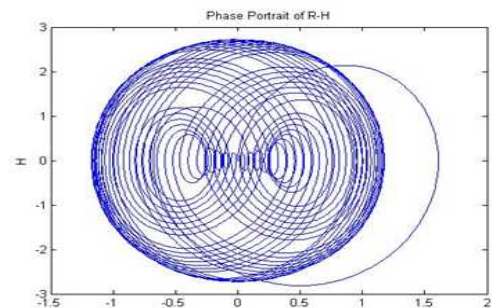
### 3.6 sin + cos 함수의 외부 자극이 있는 운동

외부자극으로서  $\sin + \cos$  함수를 주었을 때 중독 상태를 확인한다. 그림 7는 외부 자극  $F(t)$ 을  $5\sin 1.788t + 3\cos 1.788t$ 로 주었을 때 운동 상태에 대한 시계열과 위상공간을 보여주고 있다. 그림 7(a)는 혼합 신호에 대한 감각과 중독 상태의 시계열데이터를 보여준다. 분석 결과 운동에 의한 중독 상태는 준주기적인 모습을 나타내며 다른 랜덤한 특성이 강한 상태를 보여주고 있어 중독에 가까운 상태임을 알 수 있다. 그림 7(b)는 그림 7(a)의 감각과 중독을 각각 x, y축으로 놓았을 때의 위상 공간을 나타낸 것으로 준주기 운동을 넘어선 운동 상태를 나타내어 중독에 가까운 상태임을 알 수 있다.



(a)  $\sin + \cos$ 의 외부자극을 가지고 운동 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터

(a) Time series of external input( $F(t)$ ), physical exercise and physical exercise's addiction when we have sine and cosine wave as external force



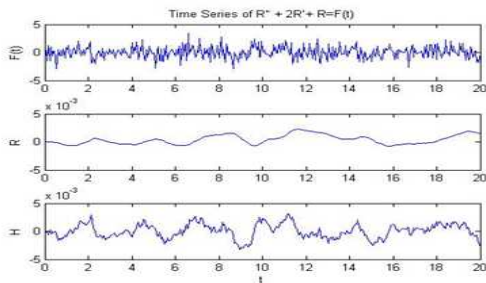
(b) 운동 상태(H)와 중독 상태(R)의 위상 공간  
(b) Phase portrait of physical exercise(H) and physical exercise's addiction(R)

그림 7.  $\sin + \cos$ 의 외부자극을 가지고 운동 할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터와 위상 공간

Fig. 7. Time series and phase portrait of external input, physical exercise and physical exercise's addiction when we have sine and cosine wave as external force

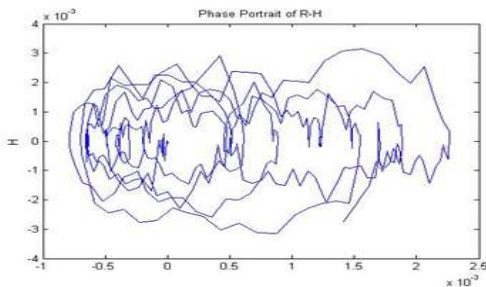
### 3.7 백색 가우시안 잡음의 외부 자극이 있는 운동

외부자극으로서 백색 가우시안 잡음을 가정한 경우 운동에 대한 중독 상태를 확인한다. 그림 8는 외부 자극  $F(t)$ 을 가우시안 백색 잡음으로 놓았을 때의 운동 상태에 대한 시계열과 위상공간을 보여주고 있다. 그림 8(a)는 외부 자극으로 백색 가우시안을 주었을 때 감각과 중독 상태의 시계열데이터를 보여준다. 분석 결과 운동에 의한 중독 상태는 카오스적인 모습을 보여주고 있음을 알 수 있다. 그림 8(b)는 그림 8(a)의 감각과 중독을 각각 x, y축으로 놓았을 때의 위상 공간을 나타낸 것으로 주기 운동이 아닌 복잡한 운동을 보여 중독 상태에 도달한 것으로 추정할 수 있다. 그림 5의 위상 공간을 통하여 중독된 상태에서의 위상 공간은 중독 이전의 위상 공간과 다를 수 있다. 그림 5에서 보는 것과 같이 중독된 상태는 명백하게 카오스적인 거동인 어트랙터를 형성한다고 할 수 없지만 파라미터 변화를 잘 조정하면 카오스적인 거동을 가질 것으로 보인다.



(a) 백색 가우시안 잡음의 외부자극을 가지고 운동할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터

(a) Time series of external input( $F(t)$ ), physical exercise and physical exercise's addiction when we have white Gaussian noise



(b) 운동 상태(H)와 중독 상태(R)의 위상 공간

(b) Phase portrait of physical exercise(H) and physical exercise's addiction(R)

그림 8. 백색 가우시안 잡음의 외부자극을 가지고 운동할 때 운동 중독 모델에서 외부 입력, 운동 상태, 중독 상태의 시계열 데이터와 위상 공간

Fig. 8. Time series and phase portrait of external input, physical exercise and physical exercise's addiction when we have white Gaussian noise

#### 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 2차원 시스템으로 구성하는 기본적인 운동에 대한 중독 모델에서 파라미터를 고정시켜 놓고 외부 입력인 운동의 단속 상태와 지속 상태만을 변화시켰을 때의 시계열과 위상 공간의 변화를 통하여 중독 이전과 중독 이후의 변화가 다름을 확인하였다. 중독이 발생했을 때 카오스적인 거동과 비슷한 존재가 있음을 위상 공간으로 확인하였다. 앞으로 이 운동 중독 모델을 기반으로 앞으로 비선형적인 거동이나 중독에서 일상적인 생활로의 이등 하는 방법 등에 대한 체계적인 연구가 필요하다고 본다.

#### References

[1] S. Yu, C. Hyun, M. Park, " Backstepping Control

and Synchronization for 4-D Lorenz-Stenflo Chaotic System with Single Input," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 11, no. 3, pp. 135-216, September 2011.

[2] S. Yu, C. Hyun, M. Park, "Control and Synchronization of New Hyperchaotic System using Active Backstepping Design," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 11, no. 2, pp. 77-83, June 2011.

[3] Y. Bae, "Diagnosis of power supply by analysis of chaotic nonlinear dynamics," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. 113-119, 2013.

[4] Y. Bae, "Chaotic Phenomena in MEMS with Duffing Equation," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 6, pp. 709-716, 2011,

[5] Y. Bae, J. Park "A Study on Obstacle Avoid Method and Synchronization of multi chaotic robot for Robot Formation Control based on Chaotic Theory," *J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 5, pp. 534-540, 2010.

[6] Y. C. Bae, " A study on chaotic phenomenon in rolling mill bearing," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 11, no. 4, pp. 315-319, Aug. 2001.

[7] Y. C. Bae, J. W. Kim, Y. G. Kim, and Y. W. Shon, "Secure communication using embedding drive synchronization," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 13, no. 3, pp. 310-315, June 2003. <http://dx.doi.org/10.5391/JKIIS.2003.13.3.310>

[8] Y. Bae, "Chaotic Phenomena in Addiction Model for Digital Leisure," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems* vol. 13, no. 4, December 2013, pp. 291-297 <http://dx.doi.org/10.5391/IJFIS.2013.13.4.291>

[9] S. Metin and N. S. Sengor, "Dynamical system approach in modeling addiction," *in International Conference of Brain Inspired Cognitive Systems*, Madrid, Spain, July 14-16, 2010.

[10] M. Kim, Y. Bae, "Mathematical Modelling and Chaotic Behavior Analysis of Cyber Addiction," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 245-250, Jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.5391/JKIIS.2014.24.3.245>

[11] Y. Bae, " Synchronization of Dynamical Happiness Model," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 13, no. 4, pp. 291-297, 2013.

[12] S. Kim, S. Choi, Y. Bae, and Y. Park, "Mathematical Modelling of Happiness and its Nonlinear Analysis," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 9, no. 6, pp. 711-717, 2014.

[13] Y. Bae, "Mathematical Modelling of Love and its

Nonlinear', *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 9, no. 11, pp. 1297-1303, 2014.

---

저 자 소 개



**배영철(Young-Chul Bae)**

1984년 광운대학교 전기공학과 (공학사)  
1986년 광운대학교대학원 전기공학과 (공학석사)  
1997년 광운대학교대학원 전기공학과(공학박사)  
1986년~1991년 한국전력공사

1991년~1997년 산업기술정보원 책임연구원  
1997년~2006년 여수대학교 전자통신전기공학부 부교수  
2002년~2002년 Brigham Young University 방문교수  
2011년~2011년 University of Utah 방문교수  
2006년~현재 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터 공학부 교수

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

Phone : +82-61-659-7315

E-mail : ycbae@chonnam.ac.kr