

폐쇄된 계에서 선형 및 비선형 닫힌 운동에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 모델에 관한 연구

(A study on the computer simulation model of the closed moving system about the linear and nonlinear closed motion)

정병태(Byung-Tae Chung)¹⁾

요 약

폐쇄된 계 내에서 발생하는 운동과 계 외에서 작용하는 힘에 의해 발생하는 운동은 뚜렷한 차이가 있다. 계 내에서 발생하는 운동에 의해 외부로 운동이 나타 난 경우 닫힌 운동이고 계 외에서 원인으로 한 방향으로 발생하는 운동은 열린 운동이다. 닫힌 운동 모델은 선형 닫힌 운동계와 비선형 닫힌 운동계가 있다. 선형 닫힌 운동의 원리와 종류 및 실험 장치를 통하여 근사 수식모델을 만들고 여러 가지 비선형 닫힌 운동 모델 종류와 실험 장치를 비교하였다. 또한 비선형 닫힌 운동 모델이 조합되어 선형 닫힌 운동 모델이 될 수 있음을 알 수 있다.

There are some differences between the movements that are produced with closed system and opened system. When an object is moved by the force occurred inside the object, It is called closed movement .on the other hand ,when the object is moved by the external force. the system is called opened movement. The closed movement model is consist of a linear closed movement system and a nonlinear closed movement system. The approximate equations of the approximate model are derived from the principles and experimental devices of the linear closed movement systems. Various nonlinear closed movement modes and experimental devices are also compared. The results show that linear closed movement model can be derived from nonlinear system due to the couple of nonlinear closed movement model.

논문접수 : 2006. 5. 3.

심사완료 : 2006. 5. 29.

1) 정회원 : 인천전문대학 컴퓨터정보과 교수

** 본 연구는 인천전문대학 교내 연구비 지원에 의한 논문임.

1. 서론

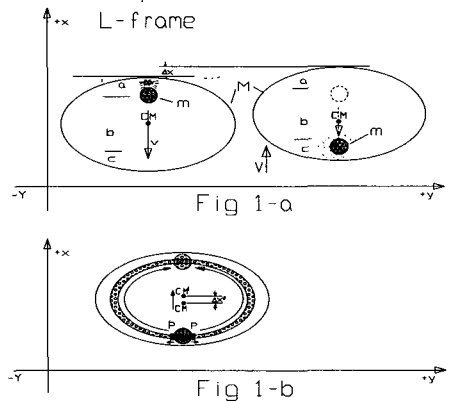
물체는 내부추진 또는 외력 없이는 운동을 할 수가 없다. 물체가 외력에 의해서 힘을 받고 관성에 의해서 계속 이동되는 운동을 열린 운동[1],[14]이라 한다. 무중력 진공에서 물체가 외력을 받거나 분사추진을 할 경우 관성 운동이 발생하여 열린 운동이 있게 된다. 물체가 운동 한다는 것은 물체의 CM이 열린 운동하거나 닫힌 운동 할 때 물체의 실제 이동이 있는 것을 말 할 수 있다. 그 물체를 폐쇄계[2]라 하였을 때, 그 계는 동역학적으로 닫혀 있지만 닫힌 운동[3]을 하게 할 수 있다. 순수히 그 계 내부에서 충격이나 회전에 의해 작용하는 현상으로 이동이 존재 할 경우 비 관성 운동인 닫힌 운동이 있다고 할 수 있다.

닫힌 운동은 질량중심(CM)이 일시적으로 이동하다 정지하는 현상[4]이다. 닫힌 운동역시 계 내에서 에너지 보존 법칙은 보존된다. 에너지 보존법칙을 증명하는 문제는 차후 물리학회지에서 소개하기로 한다. 운동량 보존은 포논[5]이 강체 내에서 이동하는 동안 보존 되지 않고 그 외는 보존 된다. 외력으로 닫힌 운동[6]을 만든다면 물체에 정방향 역방향으로 외력을 시차를 두고 같은 시간동안 가한 결과 발생된 운동과 같은 것을 닫힌 운동이라 할 수 있다. 닫힌 운동은 선형구조와 비선형구조가 있다. 비선형 닫힌 구조는 고전역학에서 가짜 힘이라는 코리올리 힘[7],[14]과 같은 것이 계 내에서 작용하는 것으로 이것은 실험결과[7] 마찰력이 작용 한 것과 유사한 것으로 폐쇄계의 CM을 닫힌 운동시키는 원인이 된다. 선형구조에는 액체와 강체 및 입자를 내부 질량체로 하는 경우의 종류가 있다. 폐쇄된 계의 선형 닫힌 운동 발생 원리를 분석하고 근사 실험 장치를 통하여 나타나는 현상을 원리에 맞게 적용하여 선형 닫힌 운동 수식 모델을 만든다. 또한 연구된 비선형구조의 원리와 종류를 비교하여 닫힌 운동계에 대한 좀 더 일반적인 수식 모델에 접근하는 것이다.

2. 폐쇄된 계의 선형 닫힌 운동장치 모델

2.1 선형 닫힌 운동 액체장치

폐쇄된 계의 선형 닫힌 운동 장치는 액체를 매체로 하는 동작 장치[2]와 강체 구를 매체로 하는 선형 닫힌 운동 장치[2] 및 입자를 매체로 하는 장치로 이론적 구분을 할 수 있다. 먼저 액체를 매체로 하는 장치는 그림1과 같이 생각 할 수 있는데 이론적 생각은 그림1-a 에서는 폐쇄된 계 내에서 액체의 일부분m을 위에서 아래로 닫는 순간까지 그 계의 나머지 질량 M에 대해서 한번 씩 단속적(불연속)으로 이동 시킬 때는 이 계의 CM은 이동하지 않고 겉보기M만 위로 이동하는 것처럼 보인다. 그러나 [그림1-b]는 관내에 처음부터 액체가 존재하여 질량을 아래에서 위로 연속으로 이동 시킬 때 질량은 분명히 아래에서 위로 이동하나 겉보기는 이동하지 않는다. 이는 곧 [그림1-b]는 이 계의 질량 중심CM만 이동이 있고 겉보기는 이동이 없다는 것이다.



[그림1] 선형 닫힌 운동 액체장치의 모형
 [Fig. 1] A liquid device model of linear closed movement system

이것을 좀 더 구체화하여 간단한 장치를 구성하면 [그림 2]와 같이 나타 낼 수 있다. [그림 2]의 관 1은 연속 관 이고 관2는 불연속 관이다. P1은 이 계의 CM을 이동시키는 펌프 이고 P2는 CM은 고정되고 걸보기만 이동시키는 펌프이다. A는 액체의 수위이며 관2를 불연속 관으로 하기위하여 수위를 관 2 이하로 한다. 이계의 관2에 있는 질량을 m 그 외의 질량을 M 이라고 하면 질량 m 이 P2에서 P1까지 도달 할 때 까지 계의 CM은 이동하지 않고 걸보기 만 이동 한다.한편 관 1에 있는 액체는 계의 걸보기는 이동시키지 않고 계의 CM만 이동[8] 시킨다. 만일 P2에 의해 m 이 왼쪽으로 이동 중 이거나 이동 한 후에 P1에 의해 M 의 질량 중 m 만큼 오른쪽으로 이동시킨다면 질량 m 만큼 이 계의 CM 이동 량이 존재하게 된다. 이것은 곧 관의 길이가 X 라면 이 계의 실제 이동 거리 D 는 식(1)과 같이 된다.

$$D = mX / (m + M) \quad (1)$$

이것을 실현하기 위해서 [그림 3]과 같이 액체는 물로 하여 A를 P1,B를 P2에 대응 시키고 연속관은 아래에 고정하고 불연속관은 아크릴 관에 넣어 공간을 확보 한다. B(P2)가 질량 m 을 [그림2]A에 도달 할 때 까지 시간 간격을 주계끔 타이머 T 를 조절 한다. 또 통 A의 수위가 B의 수위와 같게끔 [그림3] A(P1)의 연속 펌프 량을 전압조정기(가변저항 V)로 조절 한다. 동작 부하 시 각 펌프나 타이머의 전압을 일정하게 하기 위해서 건전지를 S1,S2,T로 분리하였다. 12VOLT 펌프 및 장치의 특성 상 m 질량 이동은 약13g/s 이고 관의 길이 X 는 110mm이며 전체 계의 질량 M 은 1320g 이다. 실험결과 물 위에서 한 단계씩 B(P2)를 동작시키면 질량 $M-m$ 의 이동거리는 약1.1mm 가 된다. 이동은 물의 끌림 마찰력(f_{μ})은 B(P2)가 질량 m 을 밀어내는 힘보다 작아야 한다. A(P1)를 연속으로 동작시키면 거죽 질

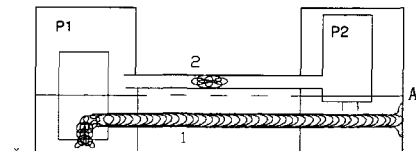
량 $M-m$ 은 이동이 없다. 물의 끌림 마찰 때문에 계의 이동 거리는 이론 치 보다 작다. B(P2)에서 계속해서 질량 m 을 간격 적으로 분사시키면서 A수위를 유지하기 위하여 A(P1)를 연속으로 동작시키면 계는 얼마동안 이동 하다가 더 이상 이동하지 않는다. 이는 물의 끌림 마찰에 의하여 관2 내부에 갇혀진 운동량 때문이다. B(P2)가 질량 m 을 순간 발사 할 때의 힘과 정지하기까지 발생한 마찰력의 총합이 같을 때 계는 정지하며 관2 내부에 질량 m 들로 갇혀진 운동량 있기 때문이다. 그러므로 f 는 B(P2)가 질량 m 을 n 번 순간 발사 할 때 마찰력이 n 번 작용한 것과 같고 방향은 반대이다. 즉, 힘 f 는 식 (2)와 같다.

$$f = - \sum_{i=1}^n f_{\mu} \quad (2)$$

갇힌 운동량 PCN의 크기는 힘 f 가 n 번 작용한 시간 t 동안 적분 한 값과 크기는 같고 방향은 반대로 식 (3) 과 같다. 즉, 갇힌 운동량은 마찰력의 방향과 일치 한다.

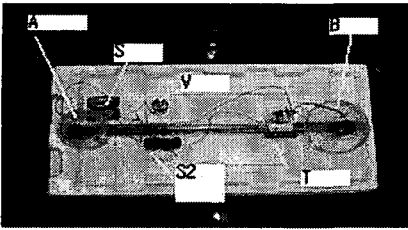
$$P_{CV} = - \int_0^t f dt \quad (3)$$

정밀한 실험은 외부 마찰이 없어야 갇힌 운동이 없으므로 무중력 공간에서 실험하여야 정확성을 보장 할 수 있다. 수식모델을 세우기 위해서 물 위에서 근사 실험을 하였다.



[그림 2] 펌프로 작용하는 선형 닫힌 운동 액체장치

[Fig. 2] A liquid device of linear closed movement activated by pump

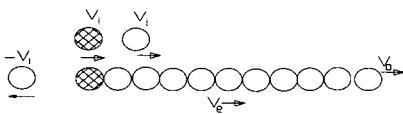


[그림3] 펌프로 작용하는 선형 닫힌 운동 액체 장치의 실험장치

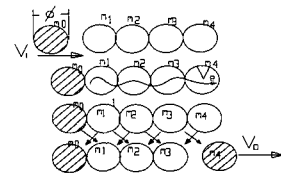
[Fig. 3] The experimental device of a liquid device of linear closed system

2.2 선형 닫힌 운동 강체장치

강체에 한 방향으로 외력을 가 할 때 강체는 열린 운동을 갖게 된다. [그림 4]와 같이 폐쇄계에 포함된 강체 질량 m 이 내부충격에 의하여 v_1 의 속도를 갖고 선형 운동할 때 겉보기 계 M 은 이동처럼 보이나 이 계의 CM은 고정되어 이동이 없다. 그러나 여러 개의 같은 질량들이 아래 [그림4] 처럼 충돌[2] 하면 탄성파의 내부속도가 v_e 로 되어 v_1 과 다르게 되고 최종 v_o 로 되는데 $v_o = v_1$ 과 같다. 이는 탄성파가 이동하는 동안 포논의 균속도가 v_1 보다 크다는 것이다. 즉 포논의 이동기간 동안 이계의 CM이동이 존재 한다는 것이다. 일단 v_o 에서는 CM이동이 없다. 강체의 포논 속도[5]는 약 5Km/sec 이고 v_o 는 내부에서 작용한 충격에 의한다.



[그림 4] 충돌시 포논의 작용도
[Fig. 4] The action of the phonon as an impact



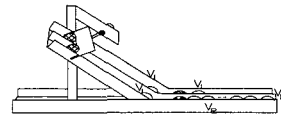
[그림 5] 충돌 후와 자리바꿈
[Fig. 5] After impact and the changed position

[그림5]에서 충돌 후 m_0, m_1, m_2, m_3 가 충돌 전 m_1, m_2, m_3, m_4 의 위치로 자리바꿈 하여도 이계의 CM은 고정 된다. 즉 폐쇄계에서 강체가 자리바꿈[5] 하여도 CM은 이동이 없다. 따라서 [그림4]에서 질량 m 의 직경이 d 이고 개수가 n 개인 질량과 선형 충돌 하면 포논이 nd 의 거리를 이동하는 시간동안 CM의 닫힌 이동이 있게 된다. 충돌 후 m 이 v_o 의 속도로 튀어나온다.

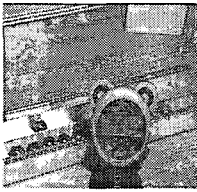
mv_1 의 위치보다 mv_o 의 위치가 앞서는 것은 $v_e > v_1$ 이기 때문이다. 거죽 M 은 포논이 이동하는 동안 반대방향으로 V 의 속도로 이동 하며 CM의 닫힌 이동거리 X [2]는 식 (4)와 같다.

$$X = \frac{-(m + V/5000)nd}{M + (m + 1)n} \tag{4}$$

[그림6]은 [그림 4]의 간접 실험 장치[2]이고 [그림7]은 충돌 후 강구가 v_o 속도로 움직이기 시작점의 포논 이동 시간(약0.03초)을 디지털 카메라로 찍은 것이다.



[그림6] 강체의 닫힌 운동 간접 실험장치
[Fig. 6] An indirect experimental device about closed movement of the rigid body



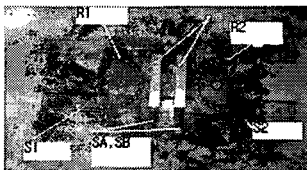
[그림7] 강체의 닫힌 운동 간접 실험장치
작용 실험

[Fig. 7] An effect experiment of an indirect experiment device about closed movement of the rigid body

[그림8]은 선형 닫힌 운동의 직접 실험 장치로 강체구 30개 (1개12g, 직경 14.3mm)를 포함한 총 1100g 이고 질량 m 2개가 이동 할 수 있는 통로길이는 110mm 이다. 바닥에 3.15ϕ (무게 1/7g)의 작은 쇠구슬을 깔아서 마찰을 최대한 줄인다. 이론상 거죽 질량은 $M+30m$ 은 약 1100g이고 포논 이동거리는 그림이 m 이 쌍으로 작용하므로 n 을15로 하여야 하나 m 이 공간에서 이동하는 통로 거리([그림2]의 관 2와 같은 거리)와 nd 를 같게 근사적으로 둔다. 포논 이동시(s_1, s_2 작용) 거죽 속도 $V=0$ 으로 무시 하면 이 계의 CM이동은 식(5)와 같다. 실체는 질량 $2m$ 이 스프링(s_a, s_b)에 의하여 충격을 받아 이동하는 계의 거죽은 바닥의 구슬마찰 로 약 1.4mm 이동한다.

$$X \approx \frac{2mnd}{1100} = 2.4mm \quad (5)$$

2.3 선형 닫힌 운동 입자장치 모형



[그림8] 선형 닫힌 운동의 직접 실험 장치

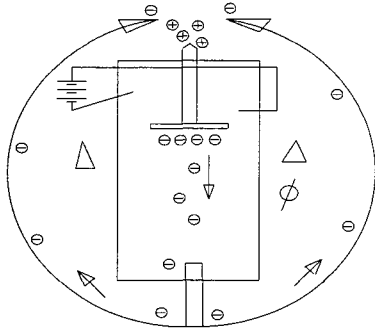
[Fig. 8] A direct experiment device of linear closed movement

여건상 선형 닫힌 운동 입자 실험 장치를 만들 수 없으나 여기서는 가정하여 제안하는 장치의 구성을 [그림9]에서 보인다. 전자 입자를 질량체 m 으로 보고 그 외 장치를 거죽 질량[4]으로 보면 전자 입자를 진공 공간 통로로 단속적(이산적)으로 이동 할 때 마다 미소 하지 만 계가 이동하는 것이 보일 것 이다. 그러나 CM 이동시는 전자들이 도선S를 통하여 연속으로 흐르기 때문에 계는 걸보기 정지한 것처럼 보일 것 이다. 질량 m 을 단속적으로 가속하기 위해서는 B,A 방향으로 회전 자속을 단속적으로 주든가 진공 공간 통로 관 내부에 정전 가속 극을 두면 될 것 이다. 많은 수의 전자의 개수를 만들고 큰 자속과 빠른 스위칭으로 전자를 이동시키면 S에 축적된 전자들이 강체의 포논 이동처럼 역할을 할 것 이다. 단 여기서는 도선을 따라 흐르는 전자는 계를 이동시키지 않고 CM만 이동 시킨 다고 가정 할 경우이다. 이 경우 무중력 진공에서 이 계는 외부로 입자를 배출 하지 않고 닫힌 운동을 할 수 있는 시스템을 만들 수 있을 것이다.

전자 m 이 이산적으로 이동하는 때마다 이계의 이동거리는 전자의 개수를 n , 전자 질량 m , 진공 통로 관 길이를 d 라 하면 전자 가속 주기 마다 계는 이동 거리 X 로 식(6) 과 같이 닫힌 운동 한다. 무중력 진공에서 가속 주파수가 높아지면 닫힌 운동 속도가 올라가고 전자를 배출 하지 않고 이동하는 것이 되어 전자를 배출 하여 열린 운동 하는 이온 로켓보다 단거리 이동에는 더 효율적일 것 이다. 또 특징은 전자가속을 멈추면 계는 비 관성계이므로 즉시 정지한다. 빠른 속도로 이동 하다가도 정지하기 때문에 만일 계의 길이보다 긴 거리를 지그자그로 이동하면서 우리 눈의 잔상 보다 빠른 정지와 이동을 하면, 즉 1/24 초 이하 지그자그 단속 운동은 우리 눈에 투명 하게 보인다.

$$X \approx \frac{mnd}{M} \quad (6)$$

이 모형으로 게임프로그램이나 동역학 시뮬레이션 애니메이션 이동체 등의 내부 추진 원리를 응용 하면 투명 이동하는 비행체 원리를 적용 시킬 수 있다.

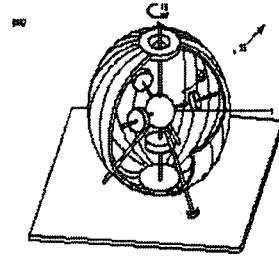


[그림9] 선형 닫힌 운동의 입자장치 모형
[Fig.9] A particle device model of linear closed movement

3. 폐쇄된 계의 비선형 닫힌 운동 장치 모델

3.1. 회전체의 가로 힘에 의한 비선형 닫힌 운동 장치

비선형 닫힌 운동 모델에는 회전체의 가로 힘인 각 가속도에 의한 것과 코리올리스 힘에 의한 것 및 세로 힘인 장동 힘[9]에 의한 것이 있다. 가로 힘과 코리올리스 힘은 2차원적인 닫힌 운동이고 장동 힘은 3차원적인 닫힌 운동이다. 이 힘들은 자이로스코프 운동에서 나타나는 운동으로 주로 진동으로 나타나 계의 CM을 닫힌 운동 시킨다. [그림 10]은 무카지의 폐쇄계[9] 이동 장치이다. 이 장치의 특징은 중력장에서 마찰과 내부에서 질량 m 이 느리게 이동 및 회전하여 CM을 이동함으로써 닫힌 운동 한다. 이와 같은 부류가 1980년대부터 개발되기 시작 하였다.그러나 논문의 해석은 닫힌 운동과 열린 운동을 구분 하지 않고 상태 방정식으로 해석 하였다. 이 계는 무중력 진공에서는 겉보기 진동 만 할뿐 이동이 전혀 없게 된다.



[그림 10] 무카지의 이동장치
[Fig. 10] A movement device of Mukherjee et al.

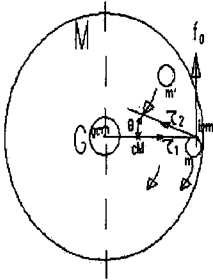
[그림11]에서 계의 모터 G가 질량 m 을 각가속도 a 를 주어 시계방향으로 회전 시키면 계는 CM이 비선형 진동 만 한다. 만일 오른쪽 반을 각가속도 a 를 주고 왼쪽 반을 각가속도 $-a$ 를 주면 계는 진동 하면서 그림의 상 방향으로 비선형 닫힌 운동 한다.

이것의 해석은 모터 G가 연속으로 각가속도 a 를 주어 질량 m 을 회전 시킬 때 질량 m 의 이동 궤적에 순간 중심(icm)이 생겨 가로힘 fa [11]가 발생한다. icm 의 불연속점이 언제 나타나는지 모르기 때문에 이점을 찾기 위하여 가로힘 fa 가 발생 할 때 모터 G가 어떻게 움직이는지 보면 알 수 있다. 모터 G는 시계방향으로 먼저 비선형 이동 하므로 모터 G가 비선형 닫히는 것은 G보다 나중에 m' 가 작용 한다고 생각 해야 된다. 이때 계의 CM이 고정 되지 않고 순간중심을 축으로 하여 시계방향으로 비선형 회전 하는데 그 순간 시간 T 은 모터의 팔 길이 2배를 탄성파의 속도로 나눈다. 이유는 G가 m 에 토크를 전달 할 때 포논 속도로 m 에 갔다 온다고 가정 한다. 그러면 회전 속도에 따라 icm 의 불연속점이 나타난다. 그때 마다 가로 힘 fa 가 발생 한다고 가정 하면 각 가속도의 크기는 반지름 r 이 일정하므로 식 (7)은 $a = r\ddot{\theta} e_{\theta}$ 로 된다.

$$a = (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}) e_{\theta} \quad (7)$$

$fa = ma$ 이고 모터 G나 질량 m 의 토크는

같은 방향이 반대이며 시차가 있으므로 순간 가로 힘 관계는 식 (8)과 같다.



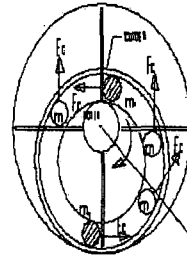
[그림 11] fa 발생 모델
[Fig. 11] A produced fa model

$$fa\delta(t)-fa\delta(t-\tau)=0 \quad (8)$$

이것을 T 시간 동안 적분 하면 icm 이 나타날 때 마다 이 계는 가로 힘에 의한 비선형 닫힌 운동이 나타난다. 구체적인 실험 장치와 실험치는 특허등록 과정이라 차가에 소개한다. [그림11]의 장치를 쌍으로 작용하되 icm 점이 다르게 하고 동시에 서로 반대 방향으로 회전시키면 선형 닫힌 운동장치처럼 동작됨을 유추 할 수 있다.

3.2. 회전체의 코리올리스 힘에 의한 비선형 닫힌 운동 장치

2차원적인 비선형 닫힌 운동 장치 중 코리올리스 장치[7]는 전 세계에 많은 특허가 접수되고 일부는 특허가 등록 되었다. 그러나 대부분 발명자들이 논리적 근거 없이 열린 운동이라고 하여 운동량 보존법칙이 완전히 보존 되지 않는 모순을 발명 명세서에 쓰고 있다. 본 연구에서 코리올리스 힘에 의한 장치는 무중력 장에서는 닫힌 운동이 발생되고 마찰이 있는 중력장에서는 닫힌 운동이 있게 된다. [그림 12]와 같이

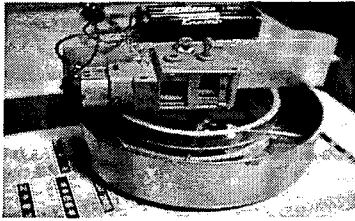


[그림 12] Fc 계의 모델
[Fig.4] The model of the Fc system

가운데 모터 와 질량 m 과의 반지름 팔의 거리가 가변되고 식 (6)에서 $\dot{\theta}$ 는 불변인 경우 이므로 $a = 2r \dot{\theta} e_{\theta}$ 이 된다. $fc = ma$ 가 되어 모터와 질량 m 간에 시차가 있는 fc 발생으로 식 (9)과같이 T 시간 동안 작용된다.

$$fc\delta(t)-fc\delta(t-\tau)=0 \quad (9)$$

icm 이 나타날 때마다 코리올리스 힘이 나타나 T 시간 동안 적분되면 비선형 닫힌 운동이 나타난다. 기존 이론에서는 작용 중 코리올리스 힘은 CM 에 나타나며 m 의 궤적 어디서나 작용 한다고 보고 있고 시차는 없다고 정의되어 식(9)은 항상 0으로 규정 하고 있다. 따라서 코리올리스 힘은 거짓 힘으로 규정되어 계는 전혀 움직이지 않을 것이라 되어 있다. 그러나 실제 많은 장치가 비선형 닫힌 운동을 한다. [그림 13] 은 실제 이동하는 실험장치이다. 이 장치 역시 쌍으로 작용하되 icm 점이 다르게 하고 동시에 서로 반대 방향으로 회전시키면 좌우로 진동 하면서 선형 닫힌 운동장치처럼 이동함을 유추 할 수 있다.



[그림 13] 근사 Fc 실험장치

[Fig.13]The approximate experimental Fc unit

3.3. 회전체의 장동 힘에 의한 비선형 단힌 운동 장치

회전체의 3차원 적인 운동 중 장동운동[13]은 자이로운동[15]의 불필요한 운동이다. 이 운동을 이용하면 회전방향에 수직으로 단힌 운동을 만들 수 있다. 운동 중 장동 힘이 나타날 때 [그림 14]에서 질량m에 순간중심(icm)이 나타난다. 이때 회전방향($\hat{\theta}$)이 오른나사 방향일 때 $-e_\phi$ 방향으로 장동 힘 f_b 가 나타난다. 여기서도 모터와 질량m 간의 작용시차가 있어 모터 M가 먼저 장동 힘으로 작용하고 나중에 질량 체m가 같은 크기의 장동 힘으로 작용한다. 구의 가속도 방정식[12]에서

$$\begin{aligned} \bar{a} = & (\ddot{\rho} - \dot{\rho}^2 - \rho\dot{\theta}^2 \sin^2\phi)\hat{e}_\rho \\ & + (2\dot{\rho}\dot{\phi} + \dot{\rho}\ddot{\phi} - \rho\dot{\theta}^2 \sin\phi \cos\phi)\hat{e}_\phi \\ & + (2\dot{\rho}\dot{\theta} \sin\phi + 2\rho\dot{\phi}\dot{\theta} \cos\phi + \rho\ddot{\theta} \sin\phi)\hat{e}_\theta \end{aligned} \quad (10)$$

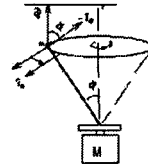
$\phi = const$ 이고 $\omega = const$ 이면 식(10)는 $\bar{a} = -\rho\dot{\theta}^2 \sin\phi \cos\phi \hat{e}_\phi$ 값만 갖는다. \hat{e}_ϕ 성분이 장동운동을 만드는 가속도 성분이다. 장동 힘은 $f_b = m\bar{a}$ 이므로 단힌 운동 진행 방향은 f_b 의 cosine 성분이다. 따라서 icm 이 생기는 순간 식 (11)의 관계를 갖는다.

$$f_b \bar{\delta}(\tau) = f_b^m \cos\phi \delta(t) - f_b^m \cos\phi \delta(t - \tau) = 0 \quad (11)$$

만일 T시간 동안 적분되면 식(11)에 비선형

단힌 운동이 나타난다.

$$\int_0^t f_b \bar{\delta}(\tau) dt = P \bar{U}(t) \neq 0 \quad (12)$$



[그림 14]. 장동 힘 발생 모델

[Fig.14]The model of the nutation force production



[그림 15] 관 내에 있는 실제 f_b 캡슐 장치

[Fig.15] The real movement f_b capsule device in the pipe

실험장치[15]는 내경 40mm ϕ 의 아크릴 관이 기울기 5도 정도이고 $m=2g$, 몸체 $M+m=26g$, 캡슐의 이동거리 L_{TCM} 마찰계수 약0.4에서 캡슐이 7초 동안 20회 평균 $L_{TCM} \approx 0.3m$ 올라간다. 질량 m의 ϕ 는 45도로 하고 실험한 모터의 회전수는 약 10000rpm 이다. 외부 영향을 차단하기 위해서 내부에 무선 수신기를 넣었다. 캡슐이 중력장에서 단힌 운동으로 7초 동안 이동 거리 L_{TCM} 을 시뮬레이션 할 수 있는 수식 모델은 비례상수 n 과 회전팔 ρ 마찰계수h를 고려하면 식(13) 과 같다.

$$L_{TCM} = \frac{m\rho\omega^2 \cos\phi \sin\phi h n}{M + m}$$

이 장치도 쌍으로 만들어 기술적으로 어렵지만 icm을 교차로 작용시키면서 모터의 회전 방향

을 서로 반대로 하면 선형 닫힌 운동 장치가 됨을 알 수 있다.

4. 결 론

결과적으로 닫힌 운동계는 에너지 보존 법칙이 성립 되어야 하고 선형 에서는 내부의 질량이 충돌 시 포논 이동시간에만 운동량이 비보존되며 그것은 에너지가 보존되는 속에서 충돌기간 동안만 역학적 에너지[20]가 커졌다가 충돌 후 원상태로 되기 때문이다. 그 외는 운동량이 보존된다. 비선형 장치에서도 에너지 보존 법칙이 성립 되고 회전 운동 시 순간중심 (icm) 이 작용 시만 운동량 이 비 보존 된다. 비 보존 량이 없다면 물체는 외력 없이 조금도 이동이 없다. 지금까지 동역학 계에서 완전 보존 장에 관한 주로 열린 운동만 다루어 왔다. 앞으로는 닥아오는 우주 시대에 우주 공간에서의 운동 상태를 연구하려면 미세한 운동이지만 닫힌 운동 ,간힌 운동, 선형 ,비선형 운동 등 여러 종류의 운동을 진동과 구분하여 깊이 연구하지 않으면 국가 경쟁력을 잃는다. 폐쇄된 계의 닫힌 운동과 열린 운동의 기본 개념을 소개하였다. 일반인들도 쉽게 이해할 수 있도록 이러한 투명 운동[13]이 가능한 운동을 컴퓨터 시뮬레이션 할 수 있기 위해 근사해석 방법에 의한 수식 모델 설정 및 근사 실험 장치들을 보였다.

참고문헌

[1] B.T. Chung 'A study on the Closed Linear Movement of the Center of Mass in the Rotatory Movement of a Rigid Body', Proceeding of ITC-CSCC 2002, July 16-19, Vol.2.pp 1216-1219, Phuket Arcadia Hotel & Resort Phuket, Thailand
 [2] 정병태 "물체의 충돌시 질량 중심의 위치 이동 효과의 컴퓨터 그래픽 표현" 한국 컴퓨터 산업교육학회 논문집 2001.6.24 pp853-85

[3] 정병태 '우주 공간에서 동역학적으로 완전 폐쇄된 계의 질량 중심의 강제 이동에 대한 새로운 방법' 한국항공우주학회조선대학교 96. 4. 26 PP405-408
 [4] 정병태'로봇의 관성 이동에 관한 연구'대한전기학회 조선대학교경주캠퍼스 94. 7.21-23, p p7055-7057
 [5] 권숙일의 "고체물리학 " 반도출판사. 1993 pp85-92
 [6] 정병태'폐쇄계 내에서 강체의 순간 중심과 장동힘의 관계에서 닫힌운동의 원리' 한국항공우주학회 2003.4.11-12,pp518-521
 [7] 정병태'코리올리스 힘을 이용한 폐쇄된 계의 컴퓨터 시뮬레이션에 관한 연구', 한국 컴퓨터 산업 교육학회 논문집 2004. 6월 VOL.5 NO 6 ,PP 679-684
 [8] Keith R. Symon, third edition 'mechanics ' ADDISON-WESLEY,1971, PP320-330
 [9] 정병태 'The Principle of the Actuator the Using the Nutation Force in the Closed System', Proceedings of ISCIT-2003,September 3-5,2003, Vol.? pp685-687 ,BP Samila Beach Hotel and Resort,Songkhla,Thailand
 [10] Mukherjee et al." Simple Motion Planning Startegies for Spherobot: A Spherical Mobile Robot," , IEEE., Dec.1999. pp. 2132-2137,
 [11] 정병태 "The Analysis of thePulsed Rectilinear Movementby the Angular Acceleration" 2002 SpringConference of the Korea Society Industrial Information Systems 2002.6.15-16 PP353-355
 [12] Mark's "Standard Handbook for mechanical Engineers McGraw-Hill" 1990 ,pp12-136
 [13] 정병태 "폐쇄된 계의 장동 힘에 의한 이동장치의 컴퓨터 시뮬레이션 모델에 관한 연구", 한국 컴퓨터 산업교육학회 논문집, PP331-336 vol 6,no2. june 2005
 [14] 高在杰 "力學 " 請文閣pp200-300,1993
 [15] J,LMERIAM,L.GKRAIGE 'ENGINEERII

NG MECHANICS VOL.2 ,DYNAMICS', John Wiley & Sons ,Inc. PP513-522,1987

정 병 태



'68- '75 : 광운대학교
전자 공학과(공학학사)

'78-'81 : 고려대학교 대
학원 전자공학과 (공학석
사)

'96-'99 :한양대학교 대
학원 전자 통신과 (박사
과정 수료)

'74-'76 : 주식회사 흥전사 개발부 계장 (초고
주파 필터 개발)

'76- '78 : 남미산업 개발과장 (자동 기계 전
자제어 개발)

'78- '79 : 경남기업 기전부 사원 (바레인 군
무)

'82-'85 : 인천전문대학 전자과 전 임

'85- '87 : 인천전문대학 전자계산과 조교수

'87-'88 : 인천전문대학 전자계산 소장

-2006 : 현 인천전문대학 컴퓨터 정보과
교수