

## 하모노그래프 STEAM 교육용 콘텐츠가 갖는 키네틱 예술 작품으로서의 확장 가능성 탐구<sup>1)</sup>

Exploration of extending harmonograph STEAM educational contents toward kinetic art work

전 영 국

순천대학교 컴퓨터교육과

Jun Youngcook

Sunchon National University

### 요약

로봇 키트 등의 도구와 제어하기 쉬운 코딩 기법 등은 학생들에게 창의적인 융합 프로젝트를 할 수 있는 환경을 제공하는데 기여하고 있다. 이 논문은 진자의 왕복 운동을 물리적으로 다루면서 수학 도형을 생성하는 하모노그래프 장치를 만들고 아두이노 키트를 사용하여 향상시키는 중학생들의 사사과정 프로젝트를 소개한다. 그리고 과학(S), 테크놀로지(T), 공학(E), 수학적 접근(M)과의 관련성을 다루고 키네틱 예술 작품으로 발전할 수 있는 가능성을 탐구한다.

### I. 서론

음악과 수학과의 관계를 파악한 피타고라스 이후의 수학자들은 소리 자체를 기하학적으로 표현하는 데 공을 들였다. 대표적인 인물이 프랑스의 수학자 쥘 리사주이다. 그는 소리를 도형으로 나타내기 위하여 두 소리굽쇠에서 발생하는 진동의 모양을 거울 반사를 이용해 검은 스크린에 나타내는 장치를 고안하였다<sup>1)</sup>.

2차원의 진동계가 각 축에 대하여 단순진동을 하는 경우에 각각의 주기와 진폭에 따라 다른 궤적으로 보여주는 리사주 운동(Lissajous)을 하게 된다. 예를 들어 두 진동의 주기가 작은 숫자의 정수비로 되어 있다면 그 두 수의 공배수를 새로운 주기로 하는 순환운동을 하면서 아름다운 궤적을 남기게 된다. 만약, 두 진동의 주기가 같다면 2차원 평면 위에서도 같은 주기로 타원운동을 하게 된다. 이때 타원의 형태는 두 진동의 상대적인 위상차와 진폭의 비에 의해 정해진다. 위상차가  $\pi/2$ 이면서 진폭이 같다면 원운동이 된다.

더 나아가 수학자들은 두 소리굽쇠의 진동수를 각각  $w$ 와  $w'$ 라 하고 진동수의 주기 차이를  $\delta$ , 시간을  $t$ 라고 하면 리사주 도형을 함수식  $x=asin(wt)$ ,  $y=bsin(w't+\delta)$ 로 표현할 수 있는 것을 발견하였다. 이러한 리사주의 연구를 한 단계 더 발전시킨 사람은 스코틀랜드의 수학자 위그 블랙번이다. 그는 음계를 도형으로 표현하기 위해 '하모노그래프 장치'를 고안했다. 하모노그래프 장치는 소리

의 진동수에 따라 단진자가 움직이는 자취를 도형으로 나타내는 역할을 한다<sup>2)</sup>.

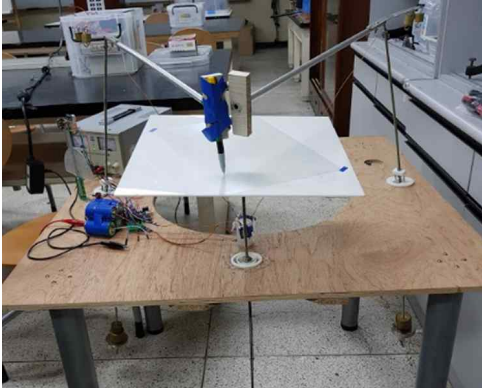
### II. 과학영재반 학생들의 하모노그래프 프로젝트

순천대학교 부설 과학영재교육원의 물리반에서 2년 동안 이수한 학생들 4명은 1년 동안 사사과정에 참여하였다. 그들은 2016년 여름에 미니 프로젝트를 수행한 이후에 2017년 3월부터 본격적으로 사사과정 프로젝트를 진행하였다. 그들이 먼저 제작한 블랙번의 진자는 실과 레이지 포인터를 Y자로 연결하여 리사주 도형을 그리는 장치이다. 그 이유는 펜과 종이와의 마찰과 두 축 간의 간섭이 적어 리사주 도형의 원형에 가까운 데이터를 얻기 위함이었다<sup>3)</sup>.

그에 비해 그들이 시도한 3축 하모노그래프는 두 진자 축과 하나의 회전축으로 구성되어 있다. 이 장치를 통해 리사주 도형을 관찰할 수 있고 마찰력과 두 축 간의 간섭 등 여러 요인에 의해 다양한 그림을 그릴 수 있었다.

물리 사사과정 학생들은 그들이 초기에 제작한 하모노그래프 장치를 테스트한 결과 다음과 같이 수정하여 다시 제작하였다. 기존의 장치는 위상차 조절을 펜이 부착된 팔을 손으로 직접 돌리면서 조절을 했다. 하지만 그럴 시 원하는 위상차를 설정하거나 정확한 개형의 그래프를 얻어내기가 힘들었다. 그래서 그들은 위상차를 보다 정확히 조절하기 위해 아두이노와 초음파 센서를 이용하여 더 나은 성능을 가진 하모노그래프 장치를 제작하였다.

1) 이 논문은 2017년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017K1A3A1A70085301)



▶▶ 그림 1. 물리반 사사과정 학생들이 제작한 하모노그래프 장치

### Ⅲ. STEAM 교육용 콘텐츠와의 연관성

복잡하고 다변화가 되는 지금 주변에서 흔히 발생하는 문제들의 해결을 위해서 수학적 아이디어뿐만 아니라 과학, 공학, 예술, 기술 등의 관련된 지식이 종합적으로 요구된다. 이런 관점에서 하모노그래프 주제를 다룬 사사과정 프로젝트를 고찰하면 STEAM 요소를 다음과 같이 포착할 수 있다. 다시 말하면, 하모노그래프는 물리와 수학을 이으면서 공학 및 기술의 사용과 예술적 접근을 하기에 적합한 주제임을 파악할 수 있다[1][2][3].

표 1. 하모노그래프에서 나타나는 STEAM 요소

	주요 내용	학년
과학 S	물리 단진동	단계
기술 T	기술 목공, 코딩 등	중/고
공학 E	장치 제작 및 테스트 등	중/고
예술 A	음악 및 미술 (도형 등)	중/고
수학 M	삼각함수의 그래프	중/고

### Ⅳ. 키네틱 아트로의 확장 가능성

과학과 예술이 만나는 지점에 키네틱 아트가 자리 잡고 있다. 예를 들어 싱가포르 창이공항에 가면 물방울 모양의 금속이 움직이는 'kinetic rain'처럼 공공 장소에 설치된 작품을 만날 수 있다. 그리고 회전하는 모터에 실을 달고 그 끝에 약 714개의 구를 달아서 위 아래로 움직이며 다양한 형태를 만들어 내는 키네틱 아트 작품(artcom.de)이 있다. 더 나아가 센서를 사용하여 모터를 구동하면서 관람객의 반응에 따라 작동되는 키네틱 아트가 점차 늘고 있다. 다니엘 로진의 스노의 미러 또는 저스틴 구다이어의 adaptive bloom 등이 대표적인 상호작용적 키네틱 아트의 예시에 해당된다[4].

이번 발표에서 저지는 아두이노 로봇 프로젝트, 센서

의 제어 등을 통해 하모노그래프를 제작하고 리시주 도형을 수집한 후에 분석한 사사과정 프로젝트를 STEAM 교육과정의 일환으로 분석하였다. 그 결과 참여 학생들이 고등학교에 진학한 후에도 예술적 관심을 가지고 상호작용적 키네틱아트의 관점에서 하모노그래프 장치를 응용하여 모래 등 환경친화적인 소재와 움직이는 꽃 등을 제작하여 리시주 궤적에 따라 표현되는 문양의 질감과 반응적인 꽃의 패턴 등을 통해 야외설치 작품으로 확장될 가능성이 높다.

### ■ 참고 문헌 ■

- [1] 강명수, "하모노그래프(Harmonograph)를 이용한 STEAM 수업자료 개발: 수학동아리 활동을 중심으로", 전남대학교 교육대학원 석사 학위 논문, 2015.
- [2] 김진하, 박민주, 이동재, 임도영, "소리의 진동수에 따른 하모노그래프의 개형 변화", 한국수학교육학회 국제수학교육학술대회 프로시딩, pp. 403-406, 2014.
- [3] 강건, 김민재, 정현우, 최준하, "파동의 2차원적 합성을 통한 리시주 도형 관찰 & 3축 하모노그래프 제작", 순천대학교 과학영재교육원 물리 사사과정 최종보고서, 2018.
- [4] 오정화, "Kinetic Art의 물리적 움직임 재분류: 미디어아트와 결부된 키네틱아트 중심으로", 전북대학교 석사학위논문, 2011.