

알고리즘에 의한 음악의 작곡

Algorithmic Music Composition

윤중선*

*부산대학교 기계공학부 (Tel: (051)510-2456; Fax: (051)510-3084; E-mail: jsyoons@hyowon.pusan.ac.kr)

Abstracts An exploration for an intelligence paradigm has been delineated. Artificial intelligence and artificial life paradigms seem to fail to show the whole picture of human intelligence. We may understand the human intelligence better by adding the emotional part of human intelligence to the intellectual part of human intelligence. Emotional intelligence is investigated in terms of composing machine as a modern abstract art. Various algorithmic composition and performance concepts are currently being investigated and implemented. Intelligent mapping algorithms restructure the traditional predetermined composition algorithms. Music based on fractals and neural networks is being composed. Also, emotional intelligence and aesthetic aspects of Korean traditional music are investigated in terms of fractal relationship. As a result, this exploration will greatly broaden the potentials of the intelligence research. The exploration of art in the view of intelligence, information and structure will restore the balanced sense of art and science which seeks happiness in life. The investigations of emotional intelligence will establish the foundations of intelligence, information and control technologies.

Keywords Emotional Intelligence, Digital Aesthetic, Algorithmic Composition, Fractal Music

1. 서론

이 논문은 인간의 지능은 어떠한 것인가 하는 궁금증과 과연 그것을 재생할 수 있을 것인가 라는 의문에서 출발한다. 머리의 지능에 치중한 인공지능(AI)과 몸의 지능에 주목한 인공생명(AL)과 같은 지적지능(intellectual intelligence)은 결과의 성패에 따른 지능의 최적화 패러다임임에도 불구하고 만족과 기호에 따른 인간의 복잡 미묘한 부분을 담지 못하는 듯하다. 머리와 몸의 지능에 마음의 감성(emotional intelligence)을 덧붙이면 인간의 지능의 실체에 더욱 가까이 다가갈 것 같은 기대감을 가져본다 [1, 2, 11, 14, 15].

인간의 감성이 가장 잘 드러나는 예술로부터 감성지능에 대한 탐색을 시작할 수 있겠다. 이러한 감성지능의 paradigm을 더듬는 과정으로 Fig. 1의 감성지능 접속 및 재현계(Emotional Intelligence Interface and Performance System: EIPS)를 제안하였다[11].

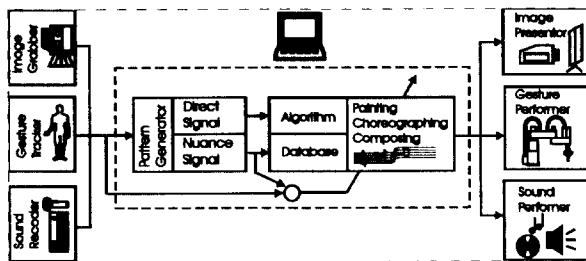


그림 1 감성지능 접속 및 재현계

Fig.1 Emotional Intelligence Interface & Performance System

감성지능계(EIPS)는 사람이 개입하며 센서로 감성을 접하는 부분(emotion interface), 접속된 감성 정보를 다듬는 부분(emotion plan), 접속되고 다듬어진 정보에 따라 감성을 재현하

는 부분(emotion performance)으로 이루어진다[11].

감성지능계(EIPS)의 자동작곡기(composing machine)는 기존 음악의 특징을 뽑아 구성한 알고리즘에 의한 작곡 부와 지능 알고리즘에 의한 직접 작곡, 작곡의 세련화 부 그리고 음악 자료의 데이터베이스로 이루어진다[11].

이 연구에서 마음에 담아두는 특성을 지닌 우리의 전통음악을 새로운 감성지능의 패러다임으로 탐색해 보고 감성의 파동적 특징을 더듬어 본다. 프랙탈 알고리즘에 의한 자동 작곡기의 규명과 구현을 시도하고 장단과 시김새 그리고 산조로 대표되는 전통음악을 프랙탈적 특징으로 재조명하며 장단 프랙탈을 제안한다[13, 19].

2. 마음에 담는 음악

피타고라스는 인간 경험의 하나인 소리라는 성질(quality)을 비(proportions)라는 수(quantity)의 체계로 보았다. 이러한 서양의 음악 철학은 음악을 형식 및 창작 과정상 수학적, 추상적, 체계적, 구조적 특성을 가지는 가장 잘 정리된 예술의 장르로 인식하고 계승 발전시켰다. circle of fifths, serialism, electronic music과 stochastic music, digital music등이 그 대표적 흐름이다[12].

음악이 그 시대를 보여주는 것이라면 19세기까지의 이러한 서양의 음관(音觀)은 뉴턴의 기계적 결정론이라는 합리주의에 따른 것이었다. 아인슈타인의 상대성이론이나 하이젠베르크의 불확정성이론 그리고 전자공학과 컴퓨터로 대표되는 20세기의 음관도 다양하고 정교함에도 불구하고 청각에 맞도록 감동을 전달하지는 못하는 듯하다. 결정론적 세계관의 허무함과 정보처리적 세계관의 허전함은 동양에서 그 대안을 찾도록 한다[13].

최근의 컴퓨터와 인터넷이라는 매체는 과학과 예술의 분리, 시간과 공간의 제약이라는 기존의 틀을 풀어헤치며 새로운 판을 짜나가고 있다. 직관으로 파악하고 마음에 담아 대상과 내가 하나로 어우러지는 우리 전통음악의 존재론적 음관(存在論的 音

觀)과 자연합일 정신(自然合一 精神) 그리고 정중동 사상(靜中動 思想) 등이 새로운 매체의 대안적 음관이 될 듯도 하다[7, 13, 18].

우리 전통음악 가운데 수천년동안 다듬어진 산조의 정신은 대상을 잘라서 따지고 모아서 재현하려는 '논리적 세계관'이 아니라 대상과 전체적이고 열린 마음으로 닿으려는 '직관적 세계관'을 추구하는 듯하다. 윤이상(尹伊桑)은 이미 장단과 시김새로 대표되는 이러한 국악의 음관을 서양음악과 성공적으로 접목(breed)한 바있다[8, 10, 23].

판소리, 산조와 같은 우리의 전통음악은 악보를 보고 가르치거나 배우지 않으며 직접 선생과 제자가 입에서 입으로, 마음에서 마음으로 전달, 즉 구전심수(口傳心授) 되고 있다. 마음에 담은 음악에서 말하는 마음 심(心)자의 어원은 '마음으로 생각함'에서 나온 것이라 한다[18, 21].

동양에서의 지능은 심(心)의 어원에서 볼 때 머리가 아닌 가슴으로 생각하는 능력 즉 감성지능을 뜻하는 말로 보인다. 사(思)자 또한 이러한 뜻을 담고 있다. 마음 속 깊이 와 닿는 음악을 들을 때 '심금(心琴)을 울린다'라고 한다. 또한 아름다움(美)이란 감각(感覺)이라는 센서의 문제가 아니라 아름다움을 받아들이는 마음이 빚어내는 조화 즉 일체유심조(一體唯心條)가 아닌가 한다. 사(思)나 심금(心琴) 그리고 일체유심조(一體唯心條)에서의 심(心) 즉 마음은 감성지능 패러다임을 이루는 요체가 될 듯하다[13]. 이러한 마음(心)은 파동적 특성으로 감지될 수 있다.

우리의 청각이 소리의 파동을 대상으로 하는 것과 같이 우리의 시각은 빛의 파동을 대상으로 한다. Fig. 2와 같이 object(atom)에서 sound(music)와 image(art)를 거쳐 information(digital)에 이르는 예술 정보의 변화 구조를 주파수의 변화에 따른 파동적 특성으로 살펴볼 수도 있겠다[16, 23].

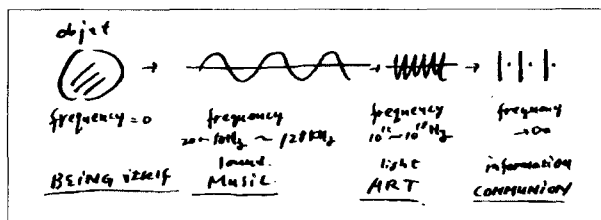


그림 2 예술의 파동성
Fig. 2 Waviness in Art

또한 우리의 회로애락이라는 감정의 본질을 파악하기는 어려운 일이지만 그것이 파동적인 성질을 가지고 있다는 것을 짐작할 수 있다. 몹시 즐거울 때에 웃는 웃음소리의 울동, 슬픔을 참을 수 없어 흐느낄 때 어깨에 오는 진동, 분에 못이겨 떨리는 치(齒), 무서워서 떨리는 사지 등등에서 우리는 감정의 파동성을 볼 수 있다[16].

사람을 접하는 또 하나의 방법으로, 건강 상태를 알아보기 위한 피 검사와 진맥이 있다. 피 검사는 대상을 분석하여 평균적으로 전체를 객관화 하려는 서양의 태도이며 진맥은 개성까지도 포함하여 전체를 주관화 하려는 동양의 태도로 볼 수 있다. 대상에 힘을 내어 분석하지 않고 개성까지도 존중하려는 전체에 대한 통찰 즉 비선형적 사고의 경향은 사람과 같은 복잡계(complex systems)를 이해하는 데에 필수적인 태도로 주목받고 있다.

제안된 감성지능계(EIPS) 중 감성을 접하는 부분의 구현은 매우 어렵다. 복잡계를 이해하려는 오토마타, 확률론, 문법, 패턴 일치 및 탐색, 신경망, 퍼지추론, 유전자 알고리즘, 프랙탈, 혼돈, 인공생명 이론 등이 이러한 감성지능계를 이해하는 대표적 대안으로 보인다[5, 11].

Fig. 1의 감성지능 접속 및 재현계(EIPS)의 자동작곡기를 구

현할 알고리즘의 하나로 프랙탈 알고리즘에 대하여 조사하고자 한다. 프랙탈은 부분 속에 전체를 담자(self-similarity) 작은 정보로 많은 이야기를 할 수 있어서 예술과 과학 분야에서 두루 폭넓은 관심을 끌고 있다. 프랙탈의 의미있는 공간 채움을 조화로운 소리 매음으로 변환하는 과정을 모색한다[6, 19].

3. 부분과 전체

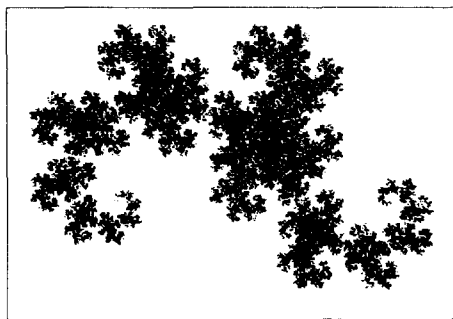
감성지능계(EIPS)의 자동작곡기를 구현할 대표적 프랙탈인 dragon fractal과 미학적 의미를 지니는 1/f noise 알고리즘을 바탕으로 하여 음악을 만드는 과정을 제시하고 만들어진 프랙탈 음악의 형식적, 미학적, 물리적 특성을 예를 들어 설명한다. 또한 장단과 시김새 그리고 산조로 대표되는 전통음악을 프랙탈적 특징으로 재조명하고 장단 프랙탈을 제안한다[6, 13, 19].

3.1 自己相似

「기하학은 직관(直觀)의 세계이다. 왜냐하면 기하학의 속성이 부분을 통해 전체를 간파해야 하기 때문이다. 직관의 세계는 논리나 설명을 뛰어넘는 인간의 또다른 인식체계이다. 끈충의 더듬이가 제한된 정보의 입수만으로 자신이 처한 환경을 종합적으로 판단해야 하는 것과 같다. 자연의 자그만 구조 속에는 그것을 이루는 큰 구조의 모습이 담겨져 있는 자연의 자기상사(自己相似)라는 속성은 그러므로 매우 기하학적인 직관의 세계의 채널에 연결되어 있는 것이다. 그리고 이것은 프랙탈적인 사고방식의 요체이다.」 [23]

대표적 프랙탈 알고리즘에 의한 Harter-Heightway fractal music, pink noise fractal music, musical planetary orbits등을 제시하고 재현한다[6, 19].

dragon curves 중의 하나인 Fig. 3에서 보는 Harter-Heightway dragon 프랙탈 음악은 initiator/generator 기법으로 만들 수 있으며 프랙탈로 만들어진 x와 y값을 그대로 또는 곱하여 1의 자리값으로 음의 높이(pitch)와 길이(duration)를 나타낸다[6, 22].



(b) Musical Fractals

그림 3 Dragon 프랙탈 음악
Fig. 3 Dragon Fractal Music

통계적 time-series의 Fourier 변환의 크기 제곱인 power 스펙트럼 즉 noise는 주파수 f에 따라 줄어드는 $1/f^2$ 특성을 가진다. g가 1이면 주파수에 반비례하는 pink($1/f$) noise라고 한다. 스펙트럼 분석에 형식이 튀어난 협주곡 형태의 세곡을 선정하였다. 서양 음악의 전형적 형식을 지닌 Bach의 Brandenburg Concerto No.1, 우리 전통음악에서 세련미의 극치로 불리는 수제천(壽齊天), 전통음악의 미를 서양음악으로 잘 표현한 윤이상(尹伊桑)의 플루트와 작은 관현악을 위한 협주곡의 스펙트럼을 비교하였다[6, 19].

스펙트럼 분석 결과는 세곡 모두 $1/f$ noise 특성을 보여주고 있다. 스펙트럼 분석은 Hewlett Packard사의 Dynamic signal analyzer 35665A로 하였다. 전곡에 대한 해석 대신 경향의 파악을 위해 세곡에 모두 처음 7.5초 동안 0.25초(4 Hz) 샘플링을 30번 평균하여 살펴보았다[19].

$1/f$ noise는 음악이나 다른 예술에서의 미학적 의미(aesthetic implications)를 지닌다. 이 것은 속귀(內耳) 와우관(Eustachian tube)의 기저막(basilar membrane)의 전체 길이부를 같은 진폭으로 떨게하여 소리를 뇌로 보내는 신경 끝을 같은 밀도로 자극하기 때문일 것이다. 음향심리에서 보면 마치 white noise처럼 작동하는 것이다[6].

$1/f$ noise 음악중 MusiNum의 알고리즘은 자연수를 1부터 하나씩 증가시킬 때 생기는 2진수의 각 bit에 있는 1을 세어 그 합에 온음 8음계의 음(tone)을 부여하여 선율을 만든다. Fig. 4 (a)와 같이 각 음들의 배열은 매 두 번째나 매 네 번째로 이루어진 선율과 통계적 상사(statistical similarity)인 프랙탈 특성을 보여준다[4, 19].

Voss의 $1/f$ 알고리즘은 이전 실행 종료시의 값으로 초기화된 N개의 bit을 하나씩 증가시켜 직전 수와 바뀐 bit 수를 센다. 바뀐 bit 수의 합에 음(tone)을 부여하여 선율을 만든다. Fig. 4 (b)는 4 bit로 발생된 random 수들의 합을 10배 하여 정수형으로 만든다. 임의의 부호(+/-)를 붙여 음 사이의 변화 값을 만든다. 임의의 처음 음(E^b)에 이들 변화 값을 더하거나 빼어 2 octave의 12음으로 매핑한 선율이다[5, 19].



(a) $1/f$ Fractal Music from MusiNum



(b) $1/f$ Fractal Music from Voss

그림 4 $1/f$ 프랙탈 음악
Fig. 4 $1/f$ Fractal Music

행성의 좌표를 특정 방법으로 음으로 바꾸어(map) 작곡할 수 있다. 대화형 프로그램으로 입력 날짜에 해당되는 행성의 적경(right ascension)과 적위(declination)를 찾는다. 이들 각도에서 황경(ecliptic longitude)과 황위(ecliptic latitude)를 셈하고 적절한 음으로 매핑한다. 1997년 일정기간 동안 관측된 수성, 금성, 화성, 목성의 궤적에 따른 다성 음악(polyphonic orbits)은 Fig. 5와 같다[3, 19].

3.2 長短과 시김새

동서양을 막론하고 메김 소리와 받는 소리의 끝없는 되풀이

는 민중의 마음이기에 민요의 전형적 형태가 되었다. '가시리'의 '위덩더등성 다롱다리'나 '채지나칭칭 나네'의 조형(組形)이다. 관악 영산회상(靈山會相)의 상령산(上靈山)에서 피리의 독주(solo)와 연음(連音)이라는 합주 팀의 되풀이하는 메김 소리와 받는 소리의 형식감을 느끼게 한다[9].

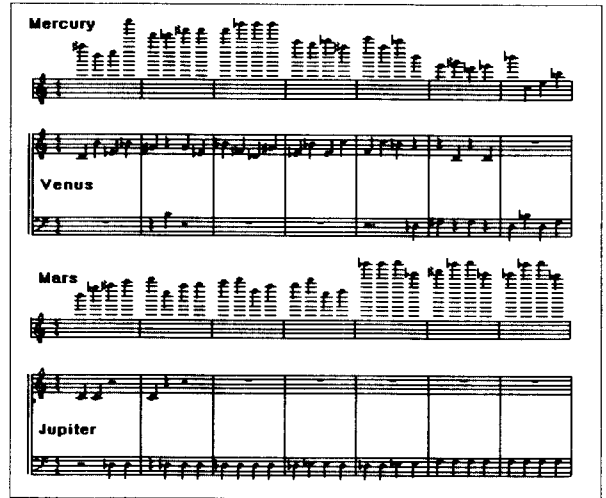


그림 5 태양계의 1997년 궤적 음악
Fig. 5 Polyphonic orbits of the year 1997

박용구는 우리 선조의 뿌리와 음악에 대한 글 '엑소도스와 청동축'에서 '형벌 같은 침묵 속에서 그 단조로운 시련의 되풀이와 고독은 그들에게 신(神)과의 대화를 가능케 하고 때로는 짧고 잠언적인 선율을 환청(幻聽)토록했다'고 썼다. 또 '늘릴 수도 더 줄일 수도 없는 그 선율은 하늘의 소리처럼 계속 되풀이되었다. 그 되풀이로 환각(illusion)의 세계를 체험한 그들은 훗날 되풀이의 패턴에서 형식감(形式感)을 갖는 동이족(東夷族)이 된다.'고 하였다[9].

또한 음악의 민족성 특성이란 결국은 말의 구조와 억양에서 비롯되는 것일텐데 관사가 없고 전치사가 아닌 후치사가 붙는 우리말의 특징 때문에 우리 음악은 강박(強拍)으로 시작한다. 서양음악과는 다른 리듬으로 된 전통음악은 6/4, 12/8, 12/4, 16/4, 10/2박 등을 장단(長短)의 단위로 한다[9].

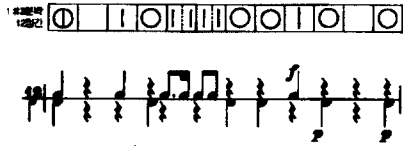
영산회상은 원래 관현합주곡인데 독주, 2중주, 4중주로 연주할 수 있다. 이는 영산회상이 평면적이지만 품이 넉넉한 한복과 같이 프랙탈적 특성을 지니는 융통성이 많은 음악이기 때문이다. 판소리는 하나 하나의 사건을 마음속에 담아서 토막 토막의 노래는 장단이 반복되며 무한정으로 이어진다. 이 때 곡은 추임새로 연주자와 청중이 교감하며 진행된다. 전통음악은 합(雙), 채(鞭), 북(鼓), 떨채(搖) 편이 길고 짧은(不等時價) 결합이라는 스스로 완성된 하나의 패턴 즉 장단으로 이루어진다. 스스로 완성된 패턴인 장단과 이 장단의 반복이야말로 전통음악의 프랙탈적 형식미를 잘 보여주는 듯하다.

산조(散調)는 호트러진 음악 즉 기존의 틀을 풀어헤쳐 새로운 판을 짜는 음악임을 뜻한다. 가장 느린 장단인 진양조에서 시작하여 중모리, 중중모리의 점점 빠른 장단으로 변화를 주다가 아주 급히 몰아가는 장단인 자진모리나 휘모리에서 연주의 끝을 맺는다. 산조의 선율들은 독립된 단락을 이루는 선율들의 조합으로 구성되며 단락끼리의 관련은 중지형 선율이 서로 맺어준다. 또 선율 사이의 관계는 '최고 푸는 맛' 즉 긴장과 이완, 문답, 강조, 음양의 대비를 이루면서 미적인 체함을 유발시켜 나간다. 1890년쯤 김창조(金昌祖)의 가야금 산조 이래로 1993년 신중현의 전기기타 산조에 이르기까지 산조는 100년 남짓한 역사를 지니고 있지만 우리 민족이 몇 천년 동안에 음악에 쏟은 노력과

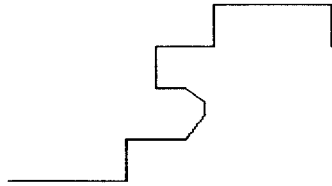
그 축척의 결과로 얻어진 결정체이다[8]. 산조 음악은 프랙탈적 역동성의 완결 판인 듯하다.

산조의 중모리 장단으로 구성된 프랙탈 곡선을 Fig. 6과 같이 제안한다[13, 20]. 이러한 전통음악의 장단 구조에 대한 연구는 장단의 프랙탈적 특성을 복잡계의 이해에 다양하게 적용할 수 있는 기대감을 가지게 한다.

중모리 12박 한장단(일변형)



(a) Joong-mori Beat(Changdan)



(b) Joong-mori Fractal

그림 6 장단 프랙탈
Fig. 6 Changdan Fractal

전통음악의 또다른 특징은 농현(弄絃)과 무화성(無和聲)이다. 화성이 없는 이유는 음이 살아서 움직이기 때문이다. 흔들리는 음의 현상은 농현이라 한다. 이러한 떨림은 예술과 감정이 보여 주는 파동성과 연관하여 여러 가지 모색이 가능할 듯하다. 농현은 줄을 뜯은 후 여운으로 남는 음을 줄에 장력을 가해 낮게, 혹은 높게, 혹은 떠는 방법을 통해 음정과 음색에 변화를 주는 주법이고, 시김새는 본음의 앞뒤에서 꾸며주는 일종의 장식음으로 본음 위, 본음 아래의 음들을 적절히 배합시켜서 장식적인 가락을 만드는 주법이다. 농현에는 떠는 소리 요성(搖聲)과 쥐는 소리 퇴성(退聲)과 밀어 올리는 소리 추성(推聲)이 있다. 시김새는 장식적인 전타음(前打音)과 후타음(後打音)으로 본음을 수식한다[13, 17].

서양음악은 여러 음들이 합해져야만(和音) 어떤 의미가 생기는데 비하여 전통음악은 음 하나만으로도 어떤 의미를 지닌 생명을 가진다고 여겼다. 순간이 악곡의 길이보다 중요하고 앞이나 나중 부분에 대한 관계보다 더 중요한 것이어서 음향과 순간을 감지하는 직관을 중요시하였다. 영롱한 꾸밈음이나 절묘한 시김새에 따라 살아 움직이는 획의 '농담(濃淡)과 여백(餘白)의 멋'에서 프랙탈적 생명력을 본다.

4. 결론

음악을 들을 때 느끼는 마음의 위안과 떠오르는 연관된 기억들은 항상 삶을 따뜻하게 돌아보게 해준다. 분석적인 과학에 몰두하다 듣는 음악은 더욱 그러하다. 과학자나 예술가이기 이전에 사람이기에 느끼는 공통된 지능 즉 감성 때문이 아닌 것이다.

이러한 감성지능의 패러다임을 더듬는 과정으로 감성지능계(EIPS)를 제안하고 우리의 전통음악을 새로운 감성지능의 패러다임으로 탐색해 보았다. 프랙탈 알고리즘에 의한 작곡을 시도하였고 장단과 시김새 그리고 산조로 대표되는 전통음악을 프랙탈

적 특징으로 재조명하였다.

21세기를 맞으며 과학기술은 부분에 침착한 공격적 자세에서 벗어나 본연의 전체에 대한 배려에 따른 공동선과 행복의 추구라는 반성적 태도 즉 공학철학적 자세를 절실히 요구받고 있다.

국악의 프랙탈적 멋과 맛을 새로운 감성지능의 패러다임으로 더듬어 보아 예술과 과학이 하나로 되돌아가는 상상력을 펼쳐보고 싶다. 올해는 문화유산의 해이고 공학철학의 원년이다.

5. 참고문헌

- [1] W. Choi and J. Yoon, "A Motion Capture and Mimic System for Motion Controls", *8th International Conference on Advanced Robotics Proceedings*, pp. 505-510, 1997.
- [2] W. Choi and J. Yoon, "A Human Motion based Motion Control", *Proceedings of the 2nd Asian Control Conference*, vol. II, pp. 831-834, 1997.
- [3] R. Keefe, "Composing by Musical Analog: A Look at Planetary Orbits", *IEEE Computer*, vol. 24, pp. 72-75, 1991.
- [4] L. Kindermann, *MusiNum-The Music in the Numbers*, <http://www.forwiss.uni...~kinderma/musinum.html>, 1996.
- [5] C. Roads, *The Computer Music Tutorial*, MIT Press, Cambridge, 1996.
- [6] M. Schroeder, *Fractals, Chaos, Power Laws*, W. H. Freeman and Company, 1991.
- [7] 김용운, 김용국, *한국수학사*, 열화당, 1982
- [8] 노재명, 음반해설, 김소희·지영희·성금연·김윤덕의 1972년 카네기홀 공연 기념음반, 지구레코드, 1996
- [9] 박용구, *藝術評論: 오늘의肖像*, 일지사, 1989
- [10] 윤이상, 발터-볼프강 슈파러, *윤이상의 음악 미학과 철학: 나의 길, 나의 이상, 나의 음악*, HICE, 1994
- [11] 윤준선, "음악에서의 디지털 미학", 한국자동제어학술회의 논문집, pp. 130-133, 1996
- [12] 윤준선 외, "추상예술로서의 서양 음악", 한국정밀공학회 추계학술대회는논문집, pp. 450-455, 1996
- [13] 윤준선, "국악: 부분과 전체", 한국정밀공학회 춘계학술대회는논문집, pp. 14-19, 1997
- [14] 윤준선, "운동 제어를 위한 운동 포착 및 재현 시스템", 한국정밀공학회지, 제14권 제7호, pp. 59-66, 1997
- [15] 윤준선, "사람의 움직임을 이용한 운동 제어 파라다임", 한국자동제어학술회의 논문집, 1997
- [16] 이성범, "波動과 調和", *詩와 科學의 길목에서*, 범양사 출판부, 1986
- [17] 전인평, *국악작곡입문*, 현대음악출판사, 1988
- [18] 전인평, *국악감상: 한국음악의 멋*, 중앙대학교 출판사, 1994
- [19] 주동욱, 윤준선, "프랙탈 알고리즘에 의한 음악의 작곡", 제어계측 자동화 로봇릭스 연구회 합동 학술발표회 논문집, pp. 209-212, 1997
- [20] 최태현, 구성으로 보는 국악곡, 현대음악출판사, 1993
- [21] 황병기, *깊은 밤 그 가아랴 소리*, 도서출판 풀빛, 1994
- [22] 황성호, "Composition via digital technique", 부산대학교 정밀기계공학과 졸업논문초록집, pp. 243-246, 1996
- [23] 황인, *Exploration of Steel: Below and Beyond Earth*, 프로젝트 아트 전시회, 갤러리 신라, 대구, 1995