

KIAS 초학제연구단 & SNU 동양음악연구소
공동주최 학술대회 자료집

도드리와 도드리 파생곡 연구

:음악적 질문과 수학적 방법론

일시 | 2023년 2월 15일(수) 10:00~16:30

장소 | 고등과학원 1호관 1503호

공동주최



고등과학원 초학제 독립연구단
국악의 과학적 이해와 인공지능 국악
서울대 동양음악연구소



서울대학교 동양음악연구소

도드리와 도드리 파생곡 연구 : 음악적 질문과 수학적 방법론

일시: 2023년 2월 15일(수) 10:00~16:30

장소: 고등과학원 1호관 1503호

시간	내용	참가자(소속)
09:30 ~ 10:00	참가자 등록 및 예비접속	
10:00 ~ 10:10	개회사	박창범(KIAS)
1부		좌장: 정재훈(POSTECH 교수)
10:10 ~ 10:50	[기초 강연] <도드리> 선율구조 분석 연구	발표: 최현(부산대학교)
10:50 ~ 11:00	휴식	
11:00 ~ 11:50	위상수학적 데이터 분석법을 이용한 도드리와 파생곡 연구 -각 Cycle과 실제 음형 간의 연관성을 중심으로-	발표: 임예림(KIAS) 논평: 김유석(동양음악연구소)
11:50 ~ 12:10	[특별 공연] <밀도드리Algorithm 2 Sequence 31>	작곡: 김명옥 피리: 유현수, 아쟁: 김예지나
12:10 ~ 13:30	점심식사	
2부		좌장: 성기련(서울대학교 동양음악연구소장)
13:30 ~ 14:20	골격음 분석 도구를 이용한 선율 구성과 음 집합 연구	발표: 박진형·이재원(동양음악연구소) 논평: 김승은(서울우리소리박물관)
14:20 ~ 15:10	정악보의 부호를 고려한 위상수학적 국악 분석 -계면가락도드리와 밀도드리의 시김새와 장식음을 예시로-	발표: 허은우·최병찬(POSTECH) 논평: 이수경(중앙대학교)
15:10 ~ 15:20	휴식	
15:20 ~ 16:10	계면가락도드리의 위상수학적 분석 연구	발표: 김명옥(KIAS) 논평: 임현택(국립국악원, 동양음악연구소)
3부		좌장: 김명옥(KIAS 위촉연구원)
16:10 ~ 16:30	종합 토론	

목 차

발표 1

- | 기초강연: <도드리> 선율구조 분석 연구 7쪽
최헌(부산대학교)

발표 2

- | 위상수학적 데이터 분석법을 이용한 도드리와 파생곡 연구 11쪽
임예림(KIAS)
- | 논평문 29쪽
김유석(동양음악연구소)

발표 3

- | 골격음 분석 도구를 이용한 선율 구성과 음 집합 연구 33쪽
박진형(동양음악연구소)·이재원(동양음악연구소)
- | 논평문 57쪽
김승은(서울우리소리박물관)

발표 4

- | 정악보의 부호를 고려한 위상수학적 국악 분석 63쪽
허은우(POSTECH)·최병찬(POSTECH)
- | 논평문 79쪽
이수경(중앙대학교)

발표 5

- | 계면가락도드리의 위상수학적 분석 연구 85쪽
김명옥(KIAS)
- | 논평문 107쪽
임현택(국립국악원, 동양음악연구소)

종합 토론

| 발표 1

기조강연: <도드리> 선율구조 분석 연구

(최현, 부산대학교)

| 발표 2

**위상수학적 데이터 분석법을 이용한
도드리와 파생곡 연구**
-각 Cycle과 실제 음형 간의 연관성을 중심으로-

(임예림, KIAS)

위상수학적 데이터 분석법을 이용한 도드리와 파생곡 연구 : 각 Cycle과 실제 음형 간의 연관성을 중심으로

임예림(고등과학원)

목 차

- I. 머리말
- II. 위상수학적 데이터 분석법
- III. 각 Cycle과 실제 음형 간의 연관성
- IV. 맺음말

I. 머리말

〈보허자〉는 고려 당시 유입된 송(宋) 사악(詞樂)의 하나로, 이후 조선 시대 왕과 왕세자의 거동시(舉動時) 연주되었을 뿐만 아니라 여러 무용 반주음악으로도 채택되어 거의 모든 연향에서 연주되었으며 이러한 전통은 조선 시대 후기까지 이어졌다. 현재 전하는 보허자계 악곡 중 하나는 〈황하청〉 또는 〈보허사〉로 알려진 〈현악 보허자〉이고, 다른 하나는 〈장춘불로지곡〉이라는 아명의 〈관악 보허자〉이다. 그 중 〈현악 보허자〉는 향악화 과정을 거치며 그 환입(換入)¹⁾ 선율로부터 〈밀도드리〉, 〈웃도드리〉, 〈양청도드리〉, 〈우조가락도드리〉 등의 파생곡을 낳았다. 이에 보허자와 그 파생곡 연구는 장사훈 박사를 중심으로 그 과정과 특징이 밝혀져 왔으며²⁾ 이후 한국음악학계에서 단일 악기 및 보허자의 현행 파생곡 간의 선율 비교

1) 환입(換入)은 원래 고려시대 유입된 송나라 사악(詞樂)의 음악형식의 한 부분이다. 송나라 사악은 크게 미전사와 미후사의 두 부분으로 구성되어 있고, 미후사는 미전사를 반복하지만 앞부분의 선율을 변주시키고 있다. 이렇게 앞부분의 선율을 변주하는 것을 환두라고 하고, 뒤의 반복하는 것을 환입이라고 한다. 장사훈, 『최신 국악총론』(세광음악출판사, 1985), 127쪽.

2) 장사훈, “보허자 논고”, 『국악논고』(서울대학교 출판부, 1966), 3~48쪽; 이해구, “보허자고”, 『보정한 국음악연구』, (민속원, 1996), 89~106쪽; 장사훈, “보허자와 그 파생곡”, (서울대학교 대학원 박사학위논문, 1972); 장사훈, “보허자 논속고”, 『한국전통음악의 연구』(보진재, 1975), 13~63쪽; 오용록, “보허자 형성고”, (서울대학교 대학원 석사학위논문, 1985); 권오성, 「현행 밀도드리(미환입)의 형식 구조」, 『한국음악연구』 제20권(서울: 한국국악학회, 1991); 신현남, “『한금신보』의 보허자 본환입(속칭 밋도드리) 연구”, (서울대학교 대학원 석사학위논문, 1995); 김화복, “현행 현악 보허자와 미환입의 선율구조 비교”, (한양대학교 대학원 석사학위논문, 2007); 고보석, 「6박 계통이 보허자 파생곡 연구 - <소보허사>·<귀보허사>·<굿보허사>·<도드리>를 중심으로 -」, 『국악원논문집』 제27집, (서울: 국립국악원, 2013), 1~35쪽.

연구가 진행되면서 관련 연구가 상당히 축적되었다.

그렇다면 최근 개발된 위상수학적 데이터 분석법(Topological Data Analysis, 이하 TDA)을 이용한 한국전통음악의 연구가 활발하게 논의되고 있는 현재, 도드리 계열 악곡의 음악 기하학적 구조는 어떠한 연관성을 가지는지 궁금하다.

먼저 TDA는 데이터의 위상(位相)적 구조를 다룸으로써 대상의 모양새와 짜임새를 해석할 수 있도록 도와주는 방법론이다. 기존의 데이터 분석 방법이 대개 통계적인 방법론을 기반으로 있는 데 반해, 대상의 연속성에 대한 기하학적 특징을 다룸으로써 특히 순환하거나 반복하는 형태를 찾아내고 분류하는데 유용한 분석법³⁾이라고 할 수 있다.

이에 초기 연구는 국립국악원 해금 정악보의 <밑도드리>와 <웃도드리>를 TDA로 해석할 수 있는 연구 방법론을 제안하였는데, 이는 음악의 주요한 특징 중 하나가 ‘반복과 순회 그리고 변주’ 라는 특성을 고려할 때 매우 직관적인 분석법이 될 수 있었기 때문이다. 또한 환구조의 싸이클을 이용한 중첩행렬을 통해 각 싸이클들이 전체 음악에서 서로 어떠한 연관성을 가지는지 살펴보았다.⁴⁾

그리고 김명옥 박사는 해금 정악보의 <밑도드리>에는 동일하거나 유사한 선율의 비중이 높다는 주장⁵⁾을 바탕으로 TDA를 이용한 연구 결과가 해당 곡의 특징을 적절히 반영하고 있는지 살펴보았다. 즉, 연구 결과들이 보편적으로 인식하는 음악의 특징(선율의 음악적 흐름)은 TDA에서 사이클이 실제 선율선과 관련이 있음을 밝혔다.⁶⁾

또한 이후 연구들은 시김새 유무에 따른 음악의 다양한 특성을 비교하였다. 3차원 벡터(음의 높낮이, 음의 길이, 시김새의 여부)로 노트를 정의함으로써 TDA를 통해 얻어진 중첩행렬을 이용하여 두 음악의 구조적인 차이점을 설명하거나,⁷⁾ <밑도드리>의 기하학적 구조를 토대로 음악 네트워크에서 발견되는 패턴을 시각화하고 장단을 고려하여 새로운 음악을 생성해 내는 기계작곡 방법론까지 제시⁸⁾하는 등 현재 활발한 국악 연구가 TDA를 통해 이루어

3) Carlsson, Gunnar, "Topology and data", Bulletin of The American Mathematical Society, Vol. 46, USA: American Mathematical Society, 2009, pp. 255~308; Tran, Mai Lan·최병찬·김명옥·정재훈, 「위상수학적 데이터분석을 이용한 국악연구 I -도드리와 수제천의 시김새를 중심으로-」, 『한국음악연구』 제71권(한국국악학회, 2022), 161쪽 재인용.

4) Tran, Mai Lan, Park, Changbom, Jung, Jae-Hun, "Topological Data Analysis of Korean Music in Jeongganbo: A Cycle Structure", *arXiv*, <https://arxiv.org/abs/2103.06620>, 2021; Tran, Mai Lan, Lee, Dongjin, Jung, Jae-Hun, "Machine Composition of Korean Music via Topological Data Analysis and Artificial Neural Network", *arXiv*, <https://arxiv.org/abs/2203.15468>, 2022.

5) 박혜진, 「해금정악의 반복선율에 관한 연구-가진회상, 평조회상, 관악영산회상을 중심으로-」(이화여자대학교 박사학위논문, 2012).

6) 김명옥, 「밑도드리 해금의 TDA Cycle Structure와 선율분석 비교」, 『동양음악』 제51집(서울대학교 동양음악연구소, 2022), 11~40쪽.

7) Tran, Mai Lan·최병찬·김명옥·정재훈, 「위상수학적 데이터분석을 이용한 국악연구 I -도드리와 수제천의 시김새를 중심으로-」, 『한국음악연구』 제71권(한국국악학회, 2022).

8) 이동진·Tran, Mai Lan·정재훈, 「국악의 기하학적 구조와 인공지능 작곡」, 『동양음악(구 민족음악학)』

어지고 있다.

이처럼 선행 연구들에서는 국악곡 선율의 기하학적인 구조나 창작 원리에 대한 유의미한 결과들을 발견하였다. 그러나 초기 연구는 분석 대상인 해금 정간보에 올라로 기보된 <밀도드리>를 중심으로 진행되는 경향이 있었기 때문에 자연스럽게 거문고 악보에 대한 연구 필요성이 제기되었다. 그 이유는 조선 시대 문인 지식인들은 <밀도드리>를 주로 거문고로 연주했기 때문이다.⁹⁾

따라서 본 연구에서는 거문고 도드리 악곡들의 음악 구조가 위상수학적으로 어떠한 연관성을 갖는지 확인하도록 하겠다. ‘사이클(Cycle)’ 을 중심으로 살펴보고자 한다. 먼저 각 악곡의 사이클에서 발견할 수 있는 음형¹⁰⁾을 해당 악보에서 직접 찾아보는 방식을 택했다. 예를 들어서 <밀도드리>에서 도출된 7개의 사이클에서 각각 악보에서 실제 확인할 수 있는 음형 및 선율들을 찾는 것이다. 이렇게 각 악곡마다 사이클들과 실제 음형 및 선율들을 찾아봄으로써 곡 자체의 위상수학적인 구조를 이해하고자 하였다.

그리고 직접적인 파생관계에 있는 악곡들을 비교(<밀도드리>와 <웃도드리>, <웃도드리>와 <양청도드리> 및 <우조가락도드리>)하는데, <밀도드리>의 사이클의 실제 선율을 <웃도드리>에서, <웃도드리>의 사이클의 실제 선율은 <양청도드리>와 <우조가락도드리>에서 탐색해 볼 것이다. 그 이유는 사이클은 악곡에 내재되어 있는 기하학적이고 위상적인 구조를 도출해낸 것이기 때문에, 이 사이클로 파생 관계에 있는 곡을 탐색한다고 하는 것은 ‘어떠한 숨은 구조를 공유하는가?’ 에 대해 파악하는 것이다. 즉, 단순히 양자의 악곡에서 동일한 선율을 찾는 것이 아니라, 각 악곡마다 내재되어 있는 동일한 위상수학적 구조를 살피는 작업이라고 할 수 있다.

이를 바탕으로 II장에서는 먼저 TDA 연구 진행 순서를 개괄적으로 설명하되, 이미 여러 선행연구에 의해서 TDA에 사용된 용어 및 기본 개념들이 소개되었기 때문에 자세한 수학적 설명은 최대한 제외하였다. III장에서는 각 악곡의 사이클들을 바탕으로 실제 선율을 파악하였다. 이에 총 4개 악곡 자체의 위상수학적인 구조를 파악하였다. 이를 바탕으로 직접적인 파생 관계에 있는 곡들 중 상대적으로 원곡에 해당하는 곡의 사이클을 후자에 놓인 곡에서 찾아봄으로써 서로 어떠한 위상수학적인 구조를 공유하고 있는지 실제 선율을 중심으로 확인해보고자 하였다. 마지막으로 IV장에서는 전반적인 연구의 과정 및 결과를 요약적으로

제51집(서울대학교 동양음악연구소, 2022), 63~98쪽.

9) 최선아, 「문인 풍류 음악의 특징과 인공지능을 활용한 창작의 방향」, 김명옥·정재훈·최영준 엮음, 『국악의 과학적 이해와 인공지능 국악 I-정악의 분석과 인공지능 방법론』(고등과학원, 2023).

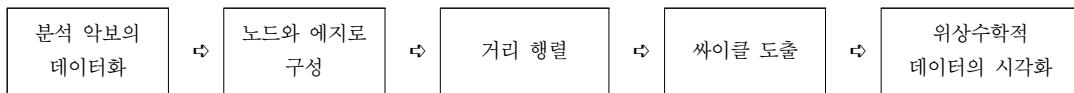
10) “음형은 꾸밈음의 시가를 확대한 것이고, 선율은 음형의 시가를 확대한 것이라 해도 가하다. 즉, 음형은 제 박을 갖고, 장식음은 제 박을 갖지 못하고 본음의 박에 포함된다.” 이해구·임미선, 『한국음악 이론연구』(2005), 162~163쪽.

서술함으로써 연구의 한계점과 의의 그리고 추후 세부적인 연구 방향에 대해 논의하도록 하겠다.

II. 위상수학적 데이터 분석법

본 연구에서 사용된 TDA의 연구는 크게 ①분석 악보의 데이터화 ②노드와 에지로 구성 ③거리 행렬 이용 ④싸이클 도출 ⑤ 시각화 자료를 통한 구조 이해의 순서로 진행되었다.

[그림 1] 본 연구의 진행 순서



분석 악보로는 국립국악원 거문고 정악보의 <밀도드리>, <웃도드리>, <양청도드리>, <우조 가락도드리>¹¹⁾를 선정하였으며, 이 네 곡의 음악적 정보를 ‘Aria Maestosa’ 라는 프로그램을 통해 입력하였다. 이에 컴퓨터가 이해할 수 있는 언어로 치환한 데이터값을 통해 Python으로 프로그래밍이 이루어졌는데, 이후의 과정은 아래와 같다.

1. 노드(node)와 에지(edge)

정간보에 담긴 음악 정보는 노드(node)와 노드 사이를 이어주는 에지(edge)를 정의함으로써 네트워크로 변환할 수 있다. 노드는 음고(音高)와 음의 길이를 각각의 성분으로 갖는 순서쌍으로 정의한다.

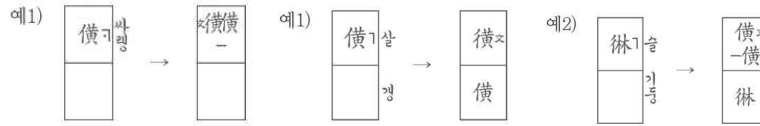
본 연구에서의 노드는 “(음의 높낮이, 음의 길이, 현의 종류)” 와 같이 3차원 벡터로 정의하였다. 선행연구에서 세 번째 성분을 ‘시김새의 여부’ 로 규정하였던 것과 달리 ‘현의 종류’ 로 정한 이유는 도드리 계열 악곡들의 선율 및 싸이클 양상의 연관성을 보기 위함이므로 시김새의 여부는 고려하지 않기로 위해서이다. 그리고 거문고의 악기 특성상 같은 음고이지만 다른 줄에서 내는 경우(①문현(橫)과 橫음, ②중청(擘)과 擘음)는 그것을 구분하여 선율 분석을 하기로 하였다.¹²⁾

거문고 정악보의 거문고 악상기호 설명에 따르면 ‘살갱’ 은 문현을 친 뒤 유현을 치는

11) 국립국악원 편, 『거문고 정악보』(국립국악원, 2015).

12) 순서쌍에 있어서 세 번째 성분을 보면 “-1”은 문현음(싸랭), “1”은 문현음(슬기등), “2”는 중청(擘)에 해당한다.

부호, ‘싸랭’은 문현을 친 뒤 유현을 빠르게 치는 부호 그리고 ‘슬기둥·슬기덩·슬기 등’은 문현을 치고 유현을 빠르게 거쳐 대현을 치는 부호에 해당한다.¹³⁾



[그림 2] 국립국악원 『거문고 정악보』의 악상기호 설명 중 일부

이를 기준으로 ‘싸랭’에서 ‘싸(문현, 橫)’에 해당하는 음은 시가(時價)는 1/4, ‘슬기 등’의 ‘슬(문현, 橫)’과 ‘기(橫)’에 해당하는 음은 각각 3/4, 1/4로 정하였다. 이에 악곡 별로 노드가 어떤 종류로 구성되었는지를 표로 정리하면 아래와 같다.

[표 2] 악곡별 노드 종류 구성표

밑도드리	웃도드리	양청도드리	우조가락도드리
(‘伋’, ’1/1’, 0)	(‘伋’, ’1/1’, 0)	(‘伋’, ’1/1’, 0)	(‘伋’, ’1/1’, 0)
(‘伋’, ’1/3’, 0)	(‘伋’, ’1/3’, 0)	(‘伋’, ’2/1’, 0)	(‘伋’, ’2/1’, 0)
(‘伋’, ’1/6’, 0)	(‘伋’, ’5/3’, 0)	(‘伋’, ’3/1’, 0)	(‘伋’, ’3/1’, 0)
(‘伋’, ’2/3’, 0)	(‘仲’, ’1/1’, 0)	(‘仲’, ’1/1’, 0)	(‘仲’, ’1/1’, 0)
(‘伋’, ’5/3’, 0)	(‘仲’, ’1/3’, 0)	(‘仲’, ’2/1’, 0)	(‘仲’, ’1/4’, 0)
(‘仲’, ’1/1’, 0)	(‘仲’, ’2/1’, 0)	(‘仲’, ’3/1’, 0)	(‘仲’, ’2/1’, 0)
(‘仲’, ’1/3’, 0)	(‘仲’, ’2/3’, 0)	(‘仲’, ’7/4’, 0)	(‘仲’, ’3/1’, 0)
(‘仲’, ’2/1’, 0)	(‘仲’, ’5/3’, 0)	(‘侏’, ’1/1’, 0)	(‘侏’, ’1/1’, 0)
(‘仲’, ’5/3’, 0)	(‘侏’, ’1/1’, 0)	(‘侏’, ’1/4’, 0)	(‘侏’, ’1/4’, 0)
(‘侏’, ’1/1’, 0)	(‘侏’, ’1/3’, 0)	(‘侏’, ’2/1’, 0)	(‘侏’, ’1/4’, 0)
(‘侏’, ’2/1’, 0)	(‘侏’, ’2/1’, 0)	(‘侏’, ’3/1’, 0)	(‘侏’, ’2/1’, 0)
(‘備’, ’1/1’, 0)	(‘侏’, ’2/3’, 0)	(‘侏’, ’7/4’, 0)	(‘侏’, ’3/1’, 0)
(‘伋’, ’1/1’, 0)	(‘侏’, ’5/3’, 0)	(‘備’, ’1/1’, 0)	(‘侏’, ’7/4’, 0)
(‘伋’, ’1/3’, 0)	(‘備’, ’1/1’, 0)	(‘備’, ’1/6’, 0)	(‘備’, ’1/1’, 0)
(‘仲’, ’1/1’, 0)	(‘備’, ’5/3’, 0)	(‘備’, ’2/1’, 0)	(‘備’, ’1/4’, 0)
(‘仲’, ’2/1’, 0)	(‘無’, ’1/3’, 0)	(‘橫’, ’1/1’, -1)	(‘備’, ’1/4’, 0)
(‘仲’, ’2/3’, 0)	(‘無’, ’5/3’, 0)	(‘橫’, ’1/4’, -1)	(‘備’, ’2/1’, 0)
(‘侏’, ’1/1’, 0)	(‘侏’, ’1/1’, 2)	(‘橫’, ’3/4’, 1)	(‘備’, ’3/1’, 0)
(‘侏’, ’1/1’, 2)	(‘侏’, ’2/1’, 2)	(‘仲’, ’1/1’, 0)	(‘無’, ’1/4’, 0)
(‘侏’, ’2/1’, 0)	(‘橫’, ’1/1’, -1)	(‘橫’, ’1/1’, 0)	(‘橫’, ’1/1’, -1)
(‘侏’, ’2/1’, 2)	(‘橫’, ’3/4’, 1)	(‘橫’, ’1/4’, 1)	(‘橫’, ’1/4’, -1)
(‘侏’, ’5/6’, 0)	(‘仲’, ’1/1’, 0)	(‘橫’, ’2/1’, 0)	(‘橫’, ’3/4’, 1)

13) 국립국악원 편, 『거문고 정악보』(국립국악원, 2015).

(徧, '1/1', 0)	(橫, '1/1', 0)	(橫, '3/1', 0)	(橫, '1/1', 0)
(徧, '1/6', 0)	(橫, '1/4', 1)	(太, '1/1', 0)	(橫, '1/4', 1)
(徧, '1/1', 0)	(橫, '2/1', 0)	(黃, '1/1', 0)	(橫, '2/1', 0)
(橫, '1/1', -1)	(太, '1/1', 0)	(黃, '11/6', 0)	(太, '1/1', 0)
(橫, '1/1', 0)	(太, '1/3', 0)		(太, '1/4', 0)
(橫, '1/4', -1)	(太, '2/1', 0)		(太, '11/4', 0)
(橫, '3/4', -1)	(太, '5/3', 0)		(太, '2/1', 0)
(橫, '3/4', 1)	(黃, '1/1', 0)		(太, '7/4', 0)
(橫, '1/1', 0)	(黃, '1/3', 0)		(黃, '1/1', 0)
(橫, '1/3', 0)	(黃, '2/1', 0)		(黃, '1/4', 0)
(橫, '1/4', 1)	(黃, '5/3', 0)		(黃, '11/4', 0)
(橫, '1/6', 0)			(黃, '2/1', 0)
(橫, '2/1', 0)			(黃, '3/1', 0)
(橫, '5/3', 0)			(黃, '7/4', 0)
(橫, '7/4', 0)			
(太, '1/1', 0)			
(黃, '1/1', 0)			

[표 3] 각 악곡의 전체 노드 수와 종류 수

악곡명	악곡의 전체 노드 수	노드 종류수
밑도드리	453	39
웃도드리	436	33
양청도드리	307	26
우조가락도드리	286	36

이러한 기준으로 각 악곡의 전체 노드 및 구성 노드의 종류 수를 정리하면 위와 같은데, 예를 들어서 <밑도드리>와 <양청도드리>의 경우는 각각 ‘39개의 노드가 중복 허락되면서 405개로 늘어놓은 순열’ 과 ‘26개의 노드가 중복 허락되면서 307개로 늘어놓은 순열’ 이라고 볼 수 있다.

그리고 음악 데이터에서 얻은 점과 변으로 이루어진 그래프를 뜻하는 음악 네트워크는 기호로 보통 $G=(V,E)$ 로 나타내는데, 여기서 V 는 노드의 집합이고, E 는 에지의 집합이다. 음악 네트워크에서 노드를 위와 같이 정하였으면, 이제 에지에 대하여 논해보자. 실제 악곡 연주에서 두 노드가 연속적으로 이루어졌을 때, 두 노드 사이에는 에지가 생기게 된다. 예를 들어, 악곡에서 (橫, 1/1, -1), (徧, 1/1, 0) 라는 음이 차례로 연주되었다면, 두 노드 사이에

에지가 생기게 된다. 또한 각 에지에는 가중치(weight)라는 값이 주어져 있는데, 최초로 생긴 에지에는 1이라는 값이 부여된다. 만약, 이미 생긴 에지에 다시 연속된 음이 나오게 된다면, 값이 차례로 $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \dots$ 변하게 된다.

2. 거리 행렬(The distance matrix)

노드에서 음의 높낮이는 네트워크 공간에서의 노드의 좌표를 의미하지 않는다. 한 노드가 다른 노드와 다르다는 것을 판별하는 정보로 사용되기 때문에, 음의 높낮이는 문자나 수로 표현할 수 있다. 서로 다른 두 노드 n_i 와 n_j 에 대해서 이 둘을 연결하는 에지는 하나일 수도 있고(‘직접 연결’ 되어 있는 경우) 여럿일 수도 있다. 두 노드가 M 순열에 서로 연속적으로 함께 등장하지 않으면 두 노드는 다른 노드들을 거쳐서야만 연결될 수 있다. 국악의 특성상 음이 정지되지 않고 연속적으로 진행되는 점을 감안하면 에지로 연결되지 않고 독립적으로 존재하는 노드는 존재하지 않으며 모든 노드들은 서로 ‘직접 연결’ 되어 있거나 아니면 다른 노드들의 에지를 통해서 ‘간접 연결(indirectly connected)’ 되어 있다.¹⁴⁾

이렇듯 노드와 에지로 이루어진 음악 네트워크에서, 에지는 두 노드에 대한 연결을 보여주 기 때문에 자연스럽게 에지로 연결되지 않는 노드들이 존재하게 된다. 그러나 위상수학적 데이터 분석을 적용하기 위해서는 임의의 두 노드 사이의 거리가 필요하다. 에지로 직접 연결이 되어있지 않은 두 노드 사이의 거리는 두 노드 사이의 경로를 모두 탐색하여 그 경로 상의 가중치의 합이 최소가 되는 경로를 탐색한 뒤, 그 경로상의 가중치의 합을 두 노드 사이의 거리로 정하게 된다. 이렇게 임의의 두 노드 사이의 거리를 구한 뒤 두 노드 사이의 거리의 값을 행렬로 표현한 것을 우리는 거리 행렬(The distance matrix)라고 부른다.

3. 사이클 추출¹⁵⁾

이제까지 주어진 음악에 대해서 음악 네트워크 G 를 구축하고 G 상에서의 거리가 정의하여 얻은 거리행렬을 이용하여 G 의 위상적 성질을 관찰해볼 수 있다. G 상에서의 순환하는 사이클 혹은 루프(loop)¹⁶⁾와 같은 구조물을 찾아내는 것은 음악을 분석할 때 매우 중요하다. G 상에서 발견된 사이클은 실제 악보상에 존재하는 사이클일 수도 있고 그렇지 않을 수도

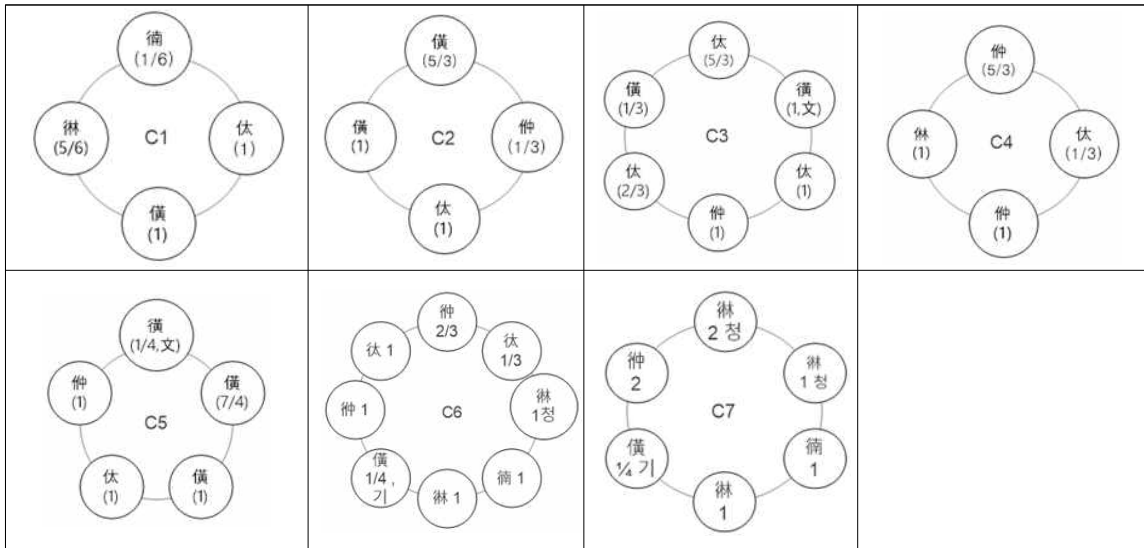
14) Tran, Mai Lan·최병찬·김명옥·정재훈, 「위상수학적 데이터분석을 이용한 국악연구 I -도드리와 수 제천의 시김새를 중심으로-」, 『한국음악연구』 제71권(한국국악학회, 2022), 162쪽.

15) 사이클 추출과 위상수학적 데이터의 시각화 중 기본 개념 및 중첩행렬에 대한 내용은 모두 Tran, Mai Lan·최병찬·김명옥·정재훈, 「위상수학적 데이터분석을 이용한 국악연구 I -도드리와 수 제천의 시 김새를 중심으로-」, 『한국음악연구』 제71권(한국국악학회, 2022); 이동진·Tran, Mai Lan·정재훈, 「국 악의 기하학적 구조와 인공지능 작곡」, 『동양음악(구 민족음악학)』 제51집(서울대학교 동양음악연구 소, 2022), 63~98쪽을 인용하였음을 밝힌다.

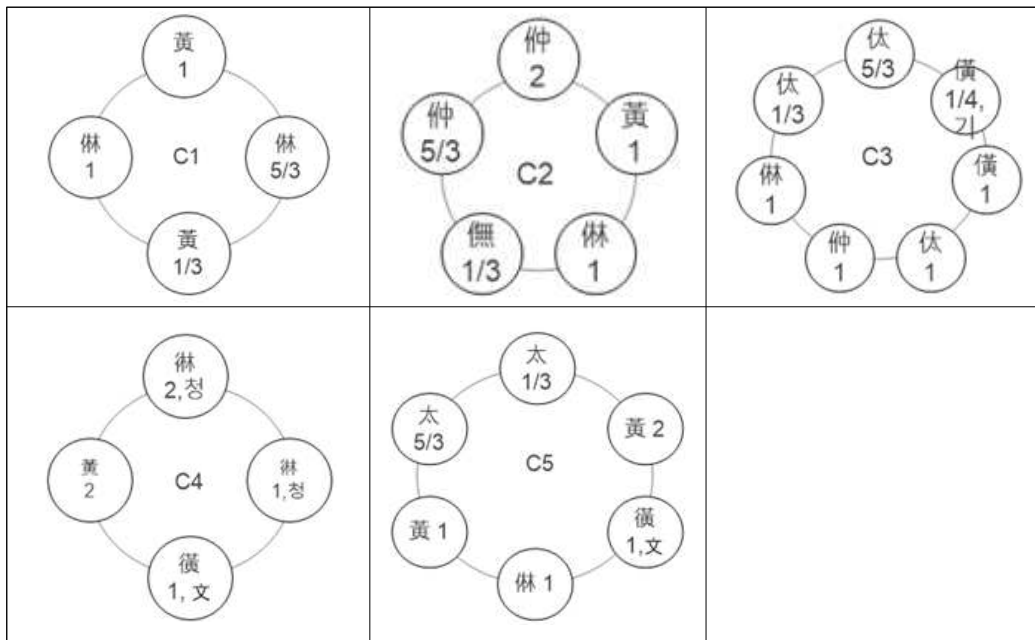
16) 에지로 직접 연결된 노드들로 이루어진 닫힌 환을 일컫는다.

있는데 이러한 싸이클은 G 의 특성을 규정하는데 결정적인 요소가 된다.¹⁷⁾

거리행렬을 이용하여 위상수학적 데이터 분석기법을 적용하는 구체적인 수학적 방법론에 대해서는 생략하고자 한다. 이러한 방식으로 각 악곡에서 추출된 싸이클을 정리하면 아래와 같다.

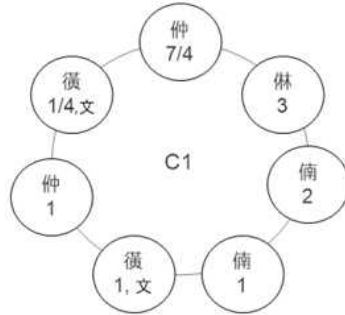


[그림 3] <밀도드리>에서 추출된 총 7개의 싸이클

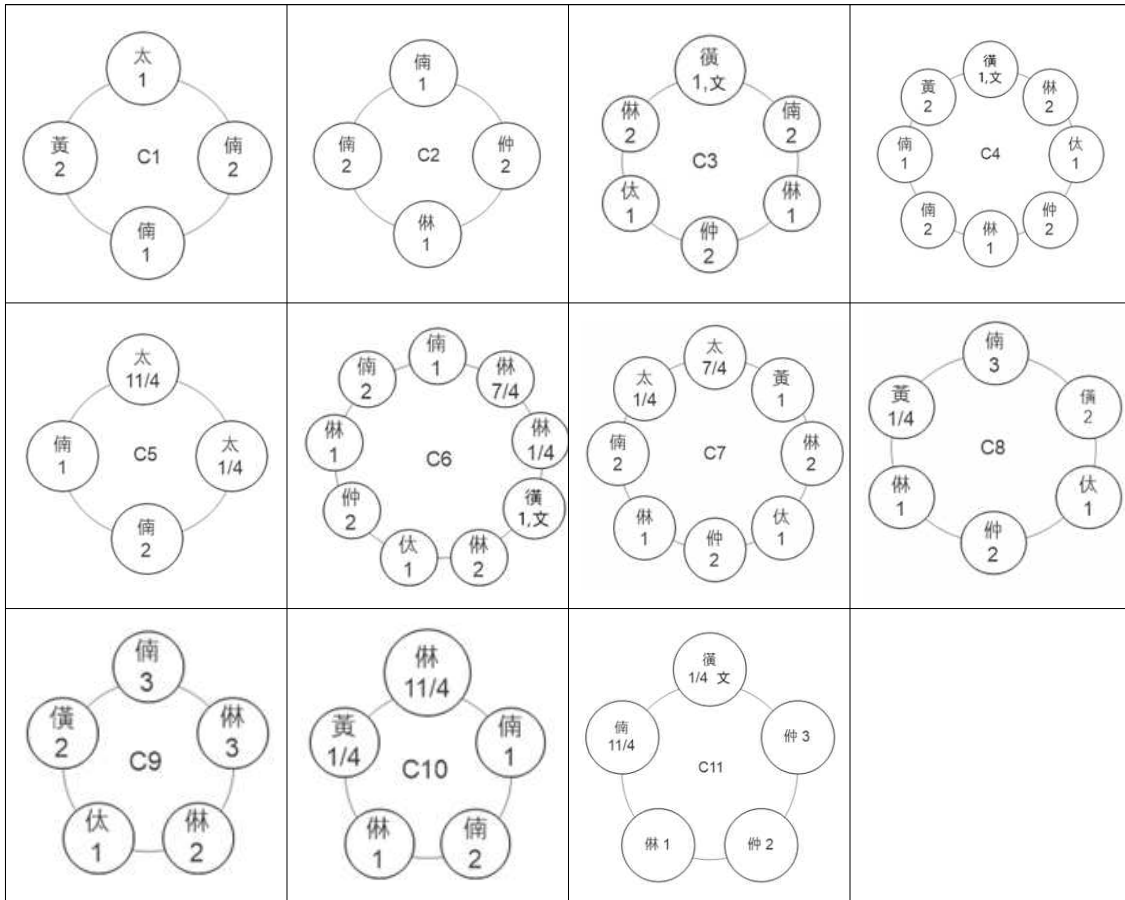


[그림 4] <웃도드리>에서 추출된 총 5개의 싸이클

17) Mattia Bergomi, op. cit.(2015).



[그림 5] <양청도드리>에서 추출된 1개의 싸이클



[그림 6] <우조가락도드리>에서 추출된 총 11개의 싸이클

4. 위상수학적 데이터의 시각화

음악 네트워크 G 는 음악에서 각 음을 노드로, 인접한 음을 에지로 연결하여 정적(靜的) 객체로 바꾼 개념이다. 따라서 호몰로지 이론을 통해 얻어진 싸이클이라는 새로운 개념을 이용하여 음악의 구조를 분석하기 위해서는 이들 싸이클이 음악의 흐름(music flow) 속에서 동적(動的)으로 어떻게 서로 연결되어 있는지를 알아야 한다. 그런 점에서 중첩행렬(重疊行列, Overlap matrix)을 생성하여 나타나는 패턴은 음악 구조적인 관점에서 서로 다른 음악의 ‘차이점’을 계량적으로 확인할 수 있기 때문에 매우 용이하다.¹⁸⁾

2장에서 도출된 총 4곡의 노드와 싸이클의 값을 이용해서 중첩행렬을 구할 수 있다. 중첩행렬은 음악 네트워크 G 에 존재하는 싸이클들이 음악이 진행되면서 서로 어떻게 연결되어 있는지를 보여주기 때문에, 음악의 진행에 따른 분포를 확인할 수 있다.

각 악곡의 중첩행렬은 x 개의 행(行)과 y 개의 열(列)로 구성된 직사각형 모양의 행렬(行列)이다. 세로축인 행은 주어진 음악 네트워크 G 상에서의 싸이클의 개수, 가로축은 음악의 길이를 뜻한다. 즉, 중첩행렬의 행과 열은 각각 ‘발견된 싸이클의 번호’와 ‘음의 진행 방향’에 해당한다. 이에 <밀도드리>, <웃도드리>, <양청도드리>, <우조가락도드리>에서의 중첩행렬은 각 악곡의 싸이클마다 서로 중첩되는 정도를 살펴볼 수 있게 된다.

III. 각 Cycle과 실제 음형 간의 연관성 분석

선행연구에서는 중첩행렬을 사용하여 싸이클의 구조를 직관적으로 살펴봄으로써 여러 유의미한 해석의 결과를 가져왔다. 다만, 발견된 싸이클은 실제 악보상에 존재하는 싸이클일 수도 있고 그렇지 않을 수도 있었다. 자세히 말하자면 기존의 중첩행렬에서 색칠된 영역에서 각 싸이클을 구성하는 전체 노드로 구성된 선율이 나왔거나, 부분 노드가 나왔다가 하더라도 싸이클 속 노드의 순서를 정확하게 지킨 음형이 나타났다고 장담할 수는 없었다.

따라서 실제 나타난 싸이클 음형의 출현 양상은 도출된 각 싸이클 중에서 ① 음의 길이를 고려하지 않고 ② 음고에 따른 음(음명)의 순서 ③ 3개 이상의 노드로 구성된 음형을 추출하여 그 음악적 내용을 세밀하게 확인해보고자 한다.

그리고 <밀도드리>의 각 싸이클에서 확인할 수 있는 실제 음형을 <웃도드리>에서, <웃도드리>의 각 싸이클에서 확인할 수 있는 실제 음형을 <양청도드리>와 <우조가락도드리>에 출현

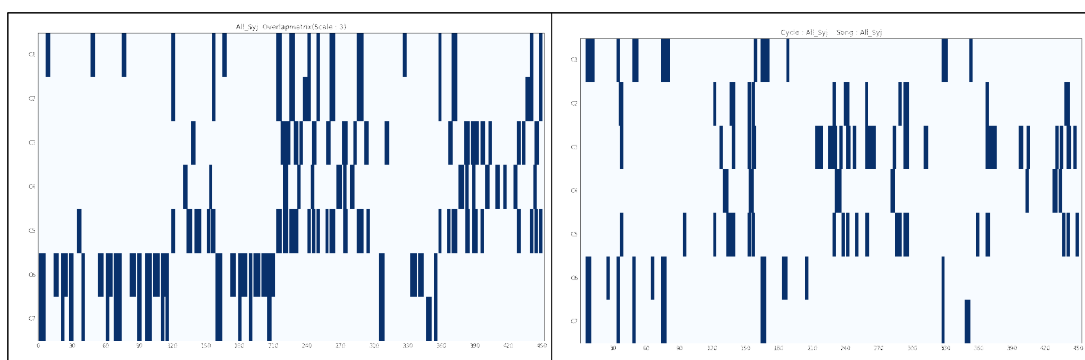
18) Tran, Mai Lan·최병찬·김명옥·정재훈, 「위상수학적 데이터분석을 이용한 국악연구 I -도드리와 수제천의 시김새를 중심으로-」, 『한국음악연구』 제71권(한국국악학회, 2022).

하는지 확인해봄으로써 비교 대상 악곡끼리의 공통 싸이클 음형을 파악하고자 하였다. 이를 통해서 도출된 싸이클들과 실제 선율을 이용하여 도드리 계열의 악곡 간 서로의 연관성을 살펴볼 수 있을 것으로 예상되기 때문이다.

1. 밀도드리와 웃도드리의 위상수학적 분석

1) 각 악곡 내 싸이클의 실제 음형 출현 양상

(1) 밀도드리



[그림 7] <밀도드리>의 ‘중첩행렬’ 과 ‘각 싸이클 내 실제 음형 출현 양상’

[그림 7]은 <밀도드리>에서 도출된 7개의 싸이클에 대한 중첩행렬과 싸이클마다 곡에서 실제로 나타난 음형의 출현 양상을 보여주는 시각자료이다.

C_1 는 ‘ㄸ - ㄹ - ㄷ - ㄹ’의 순환구조로 이루어진 싸이클이다. 이 중 가장 많은 음으로 구성되어 있는 음형은 “(ㄷ)→(ㄹ)→(ㄹ)→(ㄹ)”으로 1장 2장단, 2장 4장단, 3장 2장단, 6장 14장단의 2-3정간에 걸쳐서 나타난다. 그리고 3개의 음으로 구성되어 있는 “ㄹ→(ㄹ)→(ㄹ)”, “(ㄷ)→(ㄹ)→(ㄹ)” 등의 음형은 악곡 전체에서 출현하고 있었다.

ㄷ	다	ㄷ	들
ㄹ	림	ㄷ	다
ㄹ	동	ㄹ	리
ㄷ	당	ㄹ	동

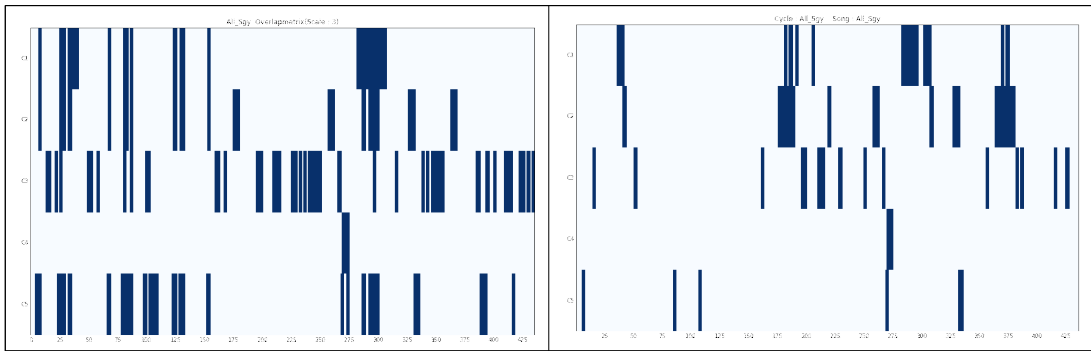
C_2 는 ‘ㄹ - ㄹ - ㄷ - ㄷ’으로 구성되어 있으며 왼쪽 그림의 음형이 반복적으로 등장한다. 또한 “(ㄷ)→(ㄹ)→(ㄹ)”과 같이 3개의 음으로 구성되어 다수 발견된다. 그리고 ‘ㄹ - ㄷ - ㄹ - ㄹ - ㄷ - ㄷ’의 순환구조인 C_3 은 3개 또는 4개 음으로 조합되어 악곡 전체에서 실제 선율이 자주 발견된다. 또한 C_3 은 C_2 과 “ㄹ - ㄹ - ㄷ”의 구성을 공유하고 있기 때문에 3개의 음으로 구성된 실제 음형의 경우 상당 부분 C_2 과 중복되어 출현하고 있다.

4개 음으로 구성된 경우에는 “(ㄷ)→(ㄹ)→(ㄷ)→(ㄹ)”, “(ㄹ)→(ㄷ)→(ㄹ)→(ㄷ)”과 같이 살각 주법을 포함한 음형이 자주 등장한다.

‘ㄷ - ㄱ - ㄷ - ㄴ’ 로 구성된 C_4 는 1~2장, 4장을 제외한 모든 장에서 관련 음형들을 찾아볼 수 있었다. 그리고 C_5 는 곡 전체에서 출현 빈도가 높은 편으로 ‘文 - 橫 - 橫 - ㄱ - ㄷ’ 으로 된 싸이클이다. 자주 출현하는 음형이나 선율이 있지 않고, “ㄱ→ㄷ→文→橫→橫”, “橫→ㄱ→ㄷ→文”, “ㄷ→ㄱ→橫”, “文→橫→橫” 등의 음 구성 및 순서로 출현함을 알 수 있다.

C_6 은 ‘ㄷ - ㄱ - ㄴ - ㄷ - ㄴ - 橫 - ㄷ - ㄱ’ 으로 구성되어 있는 순환구조이다. 가장 많은 음으로 구성된 것은 “ㄱ→ㄷ→ㄱ→清→ㄷ” 으로 4장 마지막과 5장 첫 번째 정간까지의 선율에 해당한다. 그리고 곡 전반에서 “ㄱ→ㄷ→ㄱ” “ㄷ→ㄴ→橫” 의 음형을 찾아볼 수 있다. 마지막으로 ‘清 - 清 - ㄷ - ㄴ - 橫 - ㄷ’ 의 C_7 은 7장 바로 이전에서 과상청과 과하청이 연속적으로 등장하는 선율이 가장 많은 음으로 구성되었으며, 이외 “橫→ㄴ→ㄷ” 의 음형만이 등장한다.

(2) 옷도드리



[그림 8] <옷도드리>의 ‘중첩행렬’ 과 ‘각 싸이클 내 실제 음형 출현 양상’

<옷도드리>는 총 5개의 싸이클이 도출되었다. C_1 에서 음의 길이를 제외하면 ‘黃 - ㄴ - 黃 - ㄴ’의 순환 구조를 가진 실제 음형을 찾을 수 있었다. ‘ㄴ’ 과 ‘黃’ 의 반복으로 이루어져 있다. 특히 2장 3각에 나온 ‘ㄴ - 黃 - ㄴ - 黃’ 의 선율이 6장의 10~13각에서 반복적으로 등장하고 있는데, 이는 <밑도드리>의 실제 선율 및 한 옥타브 위로 올린 선율까지를 고려하였을 때도 찾아볼 수 없었기 때문에 <옷도드리>만의 반복적이고 특징적인 음형이라고 할 수 있다.

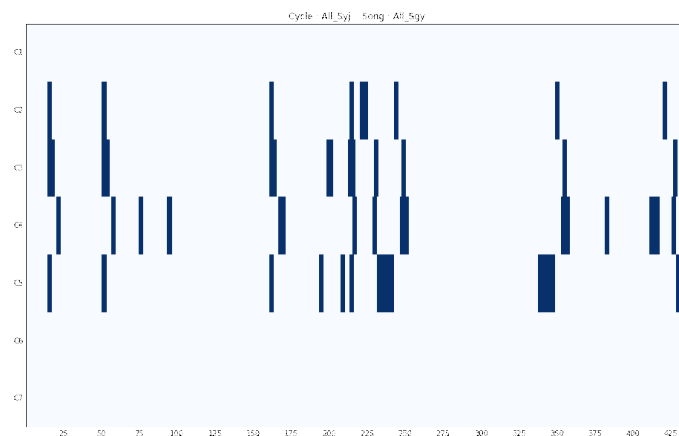
C_2 은 <밑도드리> 싸이클에서는 찾아볼 수 없었던 ‘無’ 음이 등장하는데, ‘ㄷ - 黃 - ㄴ - 無 - ㄷ’ 으로 구성되어 있다. 이에 싸이클의 전체 구성음이 모두 나오는 부분은 173~180 정간과 359~365정간에 걸쳐서 등장한다. 이외 4개 또는 3개 구성의 음형들은 ‘無’ 음을

기준으로 ‘㉮’ 과 ‘㉮’ 이 연결되어 나타나거나, 곡 전체에서 “㉮→黃→㉮→㉮” 이 3회 출현한다.

C_3 은 ‘㉮ - 橫 - 橫 - ㉮ - ㉮ - ㉮ - ㉮’ 으로 구성된다. <웃도드리>에서 가장 빈도수가 높은 싸이클에 해당한다. 특히 3장을 제외한 모든 장에서 ‘㉮’ ‘㉮’ ‘㉮’ 의 구조로 반복 출현하는 경우가 가장 많다.

마지막으로 C_4 는 ‘㉮(괘상청) - ㉮(괘하청) - 橫(문현) - 黃’ 의 구조로 실제 음형은 6장 7장단에 형성되어 있다. C_5 은 ‘太 - 黃 - 文 - ㉮ - 黃 - 太’ 으로 <웃도드리>에서 6장의 마지막 장단에서 “㉮→黃→太→太→黃” 의 선율을 살펴볼 수 있는데, 이외 “㉮→文→黃” 과 “黃→文→㉮” 의 음형이 각각 3회와 1회 출현한다.

2) 각 악곡 내 싸이클의 실제 음형 출현 양상



[그림 9] <밀도드리>에서 <웃도드리> 싸이클의 음형 출현

위 그림은 <밀도드리>의 각 싸이클을 기준으로 <웃도드리> 내에서 실제 출현하는 음형의 출현 나타낸 시각자료이다. <웃도드리>의 실제 선율은 ‘㉮ - ㉮ - 橫’ 이 3회, ‘橫 - ㉮ - ㉮’ 이 1회, ‘㉮ - 橫 - 橫’ 과 ‘橫 - 橫 - ㉮’ 의 음형이 각각 1회, 4회 출현한다.

“㉮ - 文 - ㉮ - ㉮ - ㉮ - 橫” 의 순환구조인 C_3 은 3개 또는 4개 음으로 조합되어 악곡 전체에서 자주 발견되었다. <웃도드리>에서도 살각 주법을 포함한 “㉮→㉮→橫→㉮→文” 의 선율을 3회 찾을 수 있으며, “㉮→㉮→文” “㉮→㉮→㉮” 과 같은 음형으로도 출현한다. 또한 <밀도드리> C_2 는 <웃도드리>의 C_3 의 실제 선율 양상과 유사한 점이 특징이다.

‘㉮ - ㉮ - ㉮ - ㉮’ 로 구성된 C_4 는 오른쪽 예시와 같이 <웃도드리>에서 “㉮→㉮→㉮→㉮” 으로 3회 나타나며, 3개의 음으로 구성된 경우는 “㉮→㉮→㉮” 과 “㉮→㉮→㉮” “㉮

→仲→休” 등과 같이 <웃도드리> 전반에서 다수 찾아볼 수 있다.

C_5 는 곡 전체에서 출현 빈도가 높은 편으로 ‘文 - 横 - 横 - 休 - 仲’ 으로 된 사이클이다. 자주 출현하는 음형이나 선율이 있지 않았던 <밀도드리>에서의 경우와 달리, <웃도드리>에서는 “文→横→横” 이나 “横→横→文”, “仲→文→横” 만이 높은 빈도로 출현하고 있다.

<밀도드리>의 C_1, C_6, C_7 은 <웃도드리>에서 찾아볼 수 없었다. 다만, <웃도드리>는 <밀도드리>의 한 옥타브 위를 올려서 만든 곡이기 때문에, 아래와 같이 <밀도드리>의 C_1, C_6, C_7 를 한 옥타브 올린 사이클 구조를 <웃도드리>에서 찾아보았다.

$$C_1 = ['備', '太', '黃', '侏']$$

$$C_6 = ['仲', '休', '淸', '備', '侏', '黃', '仲', '休']$$

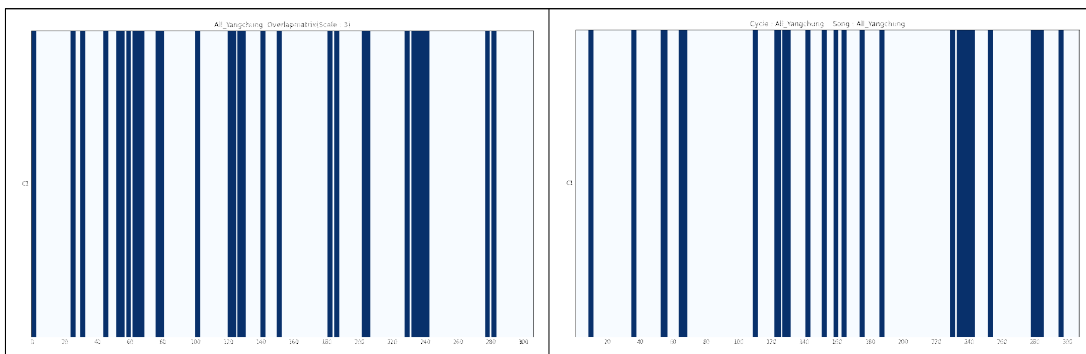
$$C_7 = ['淸', '淸', '備', '侏', '黃', '仲']$$

그 결과 <웃도드리>에서 <밀도드리>의 사이클과 한 옥타브 올린 사이클들의 실제 음형을 찾을 수 있었다. C_1 은 “備→侏→黃” 과 “太→備→侏”, C_6 는 “休→仲→休→仲”, “備→侏→黃→仲”, “黃→侏→備”, “侏→黃→仲” 의 음형이 <웃도드리> 곡 전반에 걸쳐서 나타났다. 마지막으로 C_7 은 “備→侏→黃→仲” 이 제일 긴 음형으로 출현하며, 이 음형의 구성 음들 중 3개씩 조합되어 나타나고 있음을 확인하였다.

2. 웃도드리와 양청도드리 및 우조가락도드리의 위상수학적 분석

1) 각 악곡 내 사이클의 실제 선율 출현 양상

(1) 양청도드리



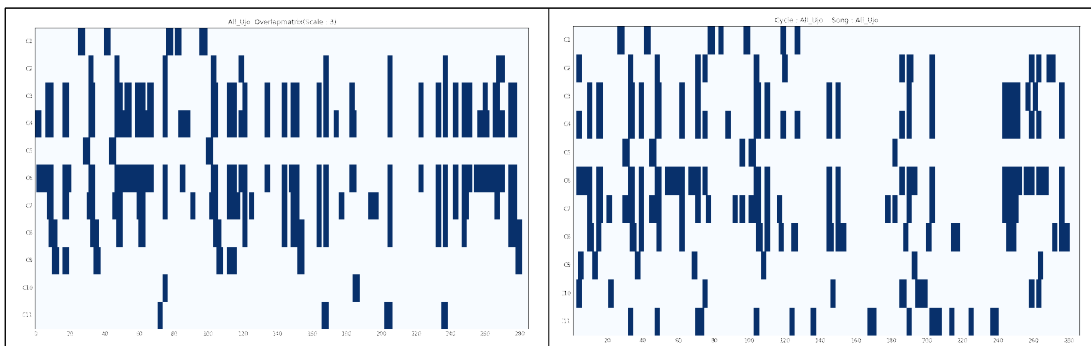
[그림 10] <양청도드리>의 ‘중첩행렬’ 과 ‘각 사이클 내 실제 음형 출현 양상’

<양청도드리>의 사이클은 1개로 ‘仲 - 侏 - 備 - 備 - 文 - 仲 - 文’의 순환구조를 가진다.

특징적으로는 1~6장 내 싸이클 선율의 실제 출현 양상을 보면 ‘備→文→仲’, ‘文→仲→文’, ‘文→仲→文→仲’ 등 ‘文(문현)’ 을 중심으로 형성된 음형이 지배적으로 등장하고 있다. 이는 <양청도드리>가 <웃도드리>의 매 각 중에서 주요한 음을 취하여 타령장단으로 변주시킨 곡에 해당하기 때문에 거문고의 문현음을 먼저 낸 후에 본음을 내는 악곡¹⁹⁾의 특징을 잘 반영한다고 할 수 있다.

그리고 곡의 후반에는 6장 마지막 1각부터 7장 1각 6정간까지 형성된 ‘橫→仲 →橫→仲 - 侏→備→備’ 선율과 ‘橫(문현, 구음으로 흥)→備→備→侏’ 이 나오므로써 앞선 1~6장에서 ‘橫(문현)’ 을 중심으로 형성된 음형과 다른 모습을 보인다. 이렇듯 하나의 싸이클에서 실제 선율의 등장이 1~6장과 7장이 확연하게 구분되는 모습은 <양청도드리>가 1~6장까지 빠른 네 박 장단으로 연주하다가 제7장부터 느려지는 구조를 어느 정도 반영하지 않았을까 생각된다.

(2) 우조가락도드리



[그림 11] <우조가락도드리>의 ‘중첩행렬’ 과 ‘각 싸이클 내 실제 음형 출현 양상’

<우조가락도드리>는 <웃도드리> 두 장단의 선율을 한 장단 길이의 타령장단으로 변주한 곡으로 다른 도드리 계열 악곡들에 비해 도출된 싸이클의 수와 싸이클 선율의 실제 출현 음형이 가장 많은 악곡이다.

$$C_2 = [仲 - 侏 - 備 - 備]$$

$$C_3 = [文 - 備 - 侏 - 仲 - 休 - 侏]$$

$$C_4 = [文 - 侏 - 休 - 仲 - 侏 - 備 - 備 - 黃]$$

19) 장사훈, 『보허자논고』(서울대학교 출판부, 1966).

$C_6 = [\text{㉞} - \text{㉞} - \text{文} - \text{㉞} - \text{㉞} - \text{㉞} - \text{㉞} - \text{備} - \text{備}]$

$C_7 = [\text{太} - \text{黃} - \text{㉞} - \text{㉞} - \text{㉞} - \text{㉞} - \text{備} - \text{太}]$

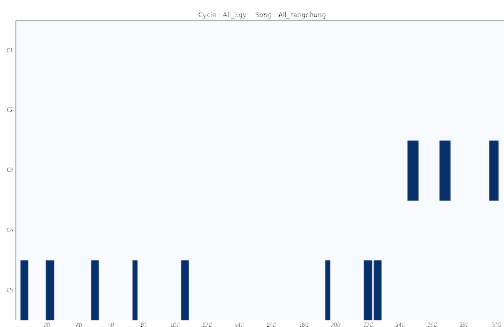
$C_8 = [\text{㉞} - \text{㉞} - \text{㉞} - \text{黃} - \text{備} - \text{橫}]$

$C_{11} = [\text{橫} - \text{㉞} - \text{㉞} - \text{㉞} - \text{備}]$

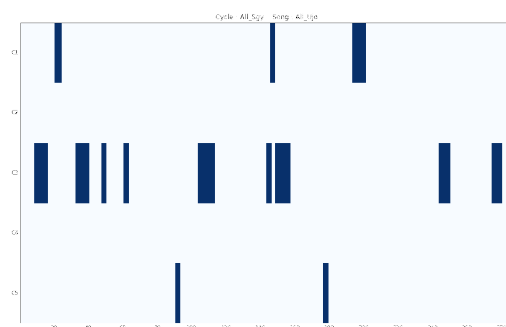
이러한 결과를 보이는 이유는 위와 같이 $C_2, C_3, C_4, C_6, C_7, C_8, C_{11}$ 의 7개 싸이클에서 ‘㉞ - ㉞ - 備’의 음형이 공통적으로 출현하는데, 각각 이 음형을 중심으로 ①橫, 備, 太, 黃 등의 음 삽입 ② 문현(橫) 주법의 사용 ③ ‘㉞’ 음과 ‘㉞’ 음의 연결 등의 방법들이 각각 조합되어 싸이클을 구성하고 있다.

그리고 C_1 과 C_5 는 각각 ‘太 - 備 - 備 - 黃’ 과 ‘太 - 太 - 備 - 備’의 순환구조로 구성되어 있는 싸이클에 해당하는데, 모두 ‘太’ 음이 등장하는 점이 특징적이다. 자세히 살펴보자면 C_1 은 2장 2각, 3장 1각과 5각, 4장 1각에서 ‘備→太→黃→備’의 순서로 등장하는데 ‘備’에서 시작하여 가장 높은 음인 ‘太’과 ‘黃’을 거쳐 다시 ‘備’으로 돌아오고, C_5 는 C_1 이 나온 선율 이후로 ‘備→太→太→備’의 진행을 보인다.

2) 각 악곡 내 싸이클의 실제 음형 출현 양상



[그림 12] <양청도드리>에서 <웃도드리> 싸이클의 음형 출현



[그림 13] <우조가락도드리>에서 <웃도드리> 싸이클의 음형 출현

<웃도드리> C_2, C_4 의 음형은 <양청도드리>와 <우조가락도드리> 모두에서 출현하지 않았다. 다만 <웃도드리>의 C_1 에서 ‘㉞’과 ‘黃’의 반복으로 이루어진 실제 선율을 찾았는데, 오른쪽 예시와 같이 <우조가락도드리>에서 그대로 찾아볼 수 있었다. 이러한 선율은 <웃도드리>에서만 볼 수 있는 선율이었는데, 똑같이 <웃도드리>에서 파생된 두 곡에서 <우조가락도

드리>에서만 찾아볼 수 있어 주목된다.

C_3 은 ‘ $ㄸ - 橫 - 橫 - ㄸ - ㄸ - ㄸ - ㄸ$ ’으로 구성된다. <웃도드리>에서 가장 빈도수가 높은 싸이클에 해당했으며 ‘ $ㄸ$ ’ ‘ $ㄸ$ ’ ‘ $ㄸ$ ’의 구조로 반복 출현하는 경우가 가장 많았다. 이 싸이클은 <양청도드리>와 <우조가락도드리> 모두에서 “ $ㄸ \rightarrow ㄸ \rightarrow ㄸ \rightarrow ㄸ$ ”, “ $ㄸ \rightarrow ㄸ \rightarrow ㄸ$ ”, “ $ㄸ \rightarrow ㄸ \rightarrow 橫$ ”와 같은 선율을 실제로 확인할 수 있었다.

‘ $太 - 黃 - 橫 - ㄸ - 黃 - 太$ ’의 순환 구조로 이루어진 C_5 는 <웃도드리> 내에서도 출현 비중이 큰 싸이클에 해당하였다. 이외 “ $ㄸ \rightarrow 文 \rightarrow 黃$ ”과 “ $黃 \rightarrow 文 \rightarrow ㄸ$ ”의 음형이 각각 3회와 1회 출현하였다. 여기에서 <양청도드리>는 “ $ㄸ \rightarrow 文 \rightarrow 黃$ ”과 “ $黃 \rightarrow 文 \rightarrow ㄸ$ ”의 음형이 다수 발견되었으며 <우조가락도드리>에서는 “ $黃 \rightarrow 太 \rightarrow 太$ ”의 음형만이 2회 출현한다.

IV. 맺음말

최근 선행연구에서는 위상수학적 데이터 분석법을 이용하여 <밑도드리>를 음악 네트워크화하여 그 구조를 살펴보는 연구가 여러 차례 진행되었다. 이러한 방법론을 사용하여 국악곡에서 특히 시김새의 유무에 따라 음악이 구조적으로 다르다거나, TDA에서 도출된 싸이클이 실제 음악에서 반복과 유사한 선율의 형태를 반영한다는 결과들을 밝혀내었다. 그러나 그동안 연구들은 초기 분석 대상이었던 해금 정악보의 <밑도드리>를 중심으로 연구되어 왔기 때문에, 도드리 계열 음악에서 중요한 악기인 거문고 악보에 대한 연구 필요성이 제기되었다.

또한, 고려 때 송나라에서 유래되어 조선 시대까지 향악화 과정을 거치며 여러 파생곡을 만들었던 <보허자>는 그 환입으로부터 <밑도드리>, <웃도드리>, <양청도드리>, <우조가락도드리>가 파생되었기 때문에 이들 악곡 간의 음악 기하학적 구조는 어떠한 연관성을 가지는지 궁금하다.

따라서 본 발표에서는 국립국악원 거문고 정악보의 <밑도드리>, <웃도드리>, <양청도드리>, <우조가락도드리>를 분석 악곡으로 정하였으며, 이들 악곡들에서 추출된 싸이클은 서로 어떠한 연관성이 있는지를 악보에 나타난 실제 음형 또는 선율을 중심으로 검토해보았다.

그 이유는 한 점에서 서로 다른 점들을 지나 자기 자신으로 돌아갈 수 있는 경로를 뜻하는 싸이클은 악곡에 내재되어 있는 기하학적이고 위상적인 구조를 도출해낸 것이기 때문이다.

이 싸이클로 파생 관계에 있는 곡을 탐색한다고 하는 것은 ‘어떠한 숨은 구조를 공유하는가?’에 대해 파악하는 것이다. 즉, 단순히 양자의 악곡에서 동일한 선율을 찾는 것이 아니라, 각 악곡마다 내재되어 있는 동일한 위상수학적 구조를 살피는 1차적인 작업이라고 할 수 있었다. 그래서 각 악곡에서 도출된 싸이클을 통해 음고와 음의 진행 순서에 따라 음형의 최소 단위를 3개 이상의 음으로 규정하여, 밀도드리와 그 파생곡들의 위상수학적인 구조를 파악하고자 하였다.

그 결과, 추출된 싸이클의 구조적 패턴을 바탕으로 각 악곡들의 싸이클에서 실제로 나타난 반복 및 유사한 음형의 출현 양상을 시각적으로 확인해봄으로써 각 악곡들의 싸이클과 실제 음형 간의 긴밀한 연관성이 있음을 확인하였다.

더불어 파생곡 간의 선율·구조·장단 및 속도·음색·주법 등과 같은 요소들이 독립적으로 나타나지 않고 반드시 상호결합하여 발현되며, 어떤 시각으로 보는지 그리고 어느 것이 보존되고 변화되느냐 등에 따라 더 심도 있고 폭넓은 논의가 이루어질 수 있음을 느꼈다. 그리고 본 연구에서는 음형의 최소 단위를 3개 이상의 음으로 규정하여 도드리 계열 악곡 간의 싸이클과 실제 음형의 연관성을 탐색하는 과정만을 다뤘다고 할 수 있으나, 이러한 1차적인 작업은 향후 기존 한국음악학계에서의 선율론을 기반으로 한 여러 음형의 음악적 관계에 대한 유형별 분류와 해석이 함께 이뤄진다면 더욱 유의미한 결과를 찾을 수 있으리라 생각된다.

※참고문헌은 각주로 대체하겠습니다.

<논평문>

임예림, “위상수학적 데이터 분석법을 이용한 도드리와 파생곡 연구: 각 Cycle과 실제 음형 간의 연관성을 중심으로”에 대한 토론문

김유석

(서울대학교 동양음악연구소 객원연구원)

국악학계에서 악곡의 사적(史的)인 변천이나 유사성을 관계 등을 논의하면서 ‘비교’라는 방법을 자주 사용해 왔습니다. 그리고 구성음의 종류와 개수, 그리고 그들 사이에 관계를 이해하기 위해 음계와 개별 음이 갖는 역할 및 규칙을 찾아내고자 했습니다. 음악의 실제와 그 연주양상에 관심이 있다 보니 음의 이동에도 관심이 있었으나, 연구에 따라서는 a음에서 b음으로, b음에서 c음으로 옮겨갔다는 해석 그 이상을 논하기 어려울 때도 있었습니다.

몇 년 전부터 위상수학적 데이터분석 방법을 활용해 국악곡의 분석을 시도한 연구를 접하게 되었습니다. 처음에 위상수학이라는 생소한 개념을 듣고 음악을 수학화한다는 것으로 오해하여 거부감을 갖기도 했습니다. 그러나 몇 건의 연구를 접하고 이 방법이 음 사이의 관계를 도식화 하여 ‘음악을 수치적으로 분석하는 방법’임을 이해하게 되었습니다. 나아가 기존에 생각지 못했던 또 하나의 음악 연구방법 확장이라는 시선으로 연구를 접하게 되었습니다.

그 연장 선상에서 이번 학술대회의 개최와 학제간 연구를 추진해주신 양 기관의 관계자 분들께 감사와 경의를 표합니다. 제가 토론자로 참여하게 된 글은 임예림 선생님의 “위상수학적 데이터 분석법을 이용한 도드리와 파생곡 연구: 각 Cycle과 실제 음형 간의 연관성을 중심으로”입니다. 저 역시 위상수학적 연구 및 방법론 개발에 직접 참여해온 연구자가 아니므로 발표자의 원고에 대한 이해가 부족할 수 있습니다. 다행히 학제간 연구에서는 다소 과감한 질문도 가능하다는 김명옥 연구원님의 말씀에 힘을 얻어 무지를 무릅쓰고 아래와 같이 몇 가지 질문으로 논평을 대신하겠습니다.

1. 먼저 위상수학 데이터 분석법에 대한 본질적인 질문입니다. 선행연구가 외국의 사례에서도 있음을 알고 있습니다. 우리나라에서 위상수학 데이터 분석법을 적용하는 사례로 국악곡을 선정한 이유가 있는지요? 왜냐하면 국악곡은 대체로 5음음계로 구성되어 있기에 상대적으로 단순할 것이라는 견해에서 연구를 출발한 것은 아닌지 궁금합니다. 또, 다른 음악,

예를 들면 서양 클래식이나 대중가요에도 이 분석방법을 적용할 수 있는지도 궁금합니다.

2. 발표자의 글에서는 기존의 연구논문보다 진일보한 개념이 보입니다. ‘사이클 스펙트럼’이라는 개념인데요, 여기서 두 가지 질문이 있습니다. 첫째, 다음의 <표 1>과 같이 발표자의 글에서 또 다른 해석 도구(tool)를 소개한 것이 맞는지요? 둘째, TDA를 적용해 연구할 수 있는 방법은 계속 개발 중에 있는지, 또는 소개된 정도에서 이제는 결과의 활용만이 남아 있는 것인지 궁금합니다.

소개된 해석도구 \ 발표글	도드리, 수제천 등 (선행연구)	밑도드리 (본 발표글)
노드와 에지의 정의	○	○
단체 복합체 생성	○	○
사이클 추출	○	○
중첩행렬 생성	○	○
사이클 스캐너	○	○
사이클 스펙트럼		○

<표 1> 소개된 TDA 해석도구의 종류

3. 본문에서 노드의 행렬을 구성하는 방법, 즉 n_i 와 n_j 를 선언하는 값은 일종의 이름을 지어주는 행위로 볼 수 있으므로 사람이 직접 손으로 해야 하는 작업으로 보입니다. 그 다음 과정인 단체 복합체(simplicial complex)를 만들고 사이클을 추출하는 과정은 기계(컴퓨터)화된 장치를 사용할 수 있는 작업인가요? 아니면 이 역시도 인력(人力)으로 해야 하나요?

4. <우조가락도드리>에서 추출된 총 11개의 사이클을 보면, 처음과 끝이 연결된 형태로 구성되어 있고, 이 때문에 $2n$ 의 순열, 총 10가지로 정리가 가능해졌습니다. 그런데 각 사이클 안에 있는 노드 수는 동일하지 않았습니다. 악곡에 따라 사이클이 구성(혹은 완성)되지 않을 수도 있는지요? 만약 사이클이 만들어지지 않는 곡이 있다면 TDA로 분석이 불가능가요?

5. 군데군데 보이는 서술 문장이 선행논문과 일치하는데, 같은 방법론으로 다른 주제를 다루었기 때문일까요? 과학연구의 특성상 개념 설명은 서술방법이 동일할 수밖에 없는 것인가요?

이상입니다. 새로운 개념을 좀 더 쉽게 이해하는 계기가 마련되도록 소통의 채널을 열어주시고 질문의 기회를 주셔서 감사드립니다.

| 발표 3

골격음 분석 도구를 이용한 선율 구성과 음 집합 연구

(박진형·이재원, 서울대학교 동양음악연구소)

골격음 분석 도구를 이용한 선율 구성과 음 집합 연구

박진형(서울대학교 동양음악연구소)

이재원(서울대학교 동양음악연구소)

<차례>

I. 머리말
II. 골격음 분석 도구
III. 활용 가능성
IV. 맺음말

I. 머리말

본 연구는 위상수학적 데이터를 이용한 한국음악의 효과적인 분석을 목적으로 시작되었다. 위상수학으로 한국음악을 분석하는 데에 있어 악기 간 cycle의 공통점을 밝히기 어려웠는데, 이는 cycle 형성에서 음악의 중요한 요소인 음 길이나 강약이 배제되어 모든 node가 동등하게 인식되었기 때문으로 추측하였다. 이에 음악적 관점에서 각 음이 가지고 있는 중요도를 인식시키는 것이 cycle 결과 도출에 중요한 요소라고 생각한바, 이를 해결하기 위해 데이터 개선을 모색해보았다.

한국음악의 선율 해석에 있어 중요한 이론으로 선율은 시김새, 장식음, 간점, 원점 등의 층위로 구분된다는 이해구의 연구가 있다.²⁰⁾ 연주자들이 모두 이 이론에 동의하고 연주에 필수적으로 수반하고 있다고 단정 짓기는 어렵다. 하지만 연주자 또한 선율의 중요한 음과 덜 중요한 음, 강한 음과 약한 음과 같이 음의 중요도를 구분하고 있을 것이라는 점에서 선율 구성요소에 층위가 존재하는 것은 분명해 보인다. 이러한 층위의 개념을 인용하여 데이터를 작성하면 위상수학적 분석에서 음의 중요도를 구분하여 인식할 수 있다고 판단하였다.

층위의 개념을 인용하는 데에 있어 한국음악에 대한 적절한 분석, 적절한 입력 방식에 대한 논의는 필수적이다. 먼저 한국음악에서는 ‘골격음’이라는 개념을 통해 층위를 구분하여 선율을 분석하는 시도가 이루어져 왔는데, 골격음 선율은 하나의 선율에서 장식음과

20) 이해구·임미선, 『한국음악이론』(민속원, 2005)

시김새 등을 제외하고 줄기에 해당하는 음만을 가려내어 제시한 것을 말한다. 줄기에 해당하는 음을 골격음 또는 골격이라 부르고, 이 음을 연결한 것을 골격선을 또는 선율 골격 등으로 부른다.²¹⁾ 이는 선율에서 뼈와 살을 구분하는 개념으로 선율의 주요 흐름을 구분해 내는 방식이다. 가장 긴 시가를 가진 음을 골격으로 본다는 전제를 바탕으로 하며, 선율 구조 분석에 있어 주관적인 해석이 첨가될 여지가 없으므로 객관적·논리적이라는 특징을 가지고 있다.

골격음을 통한 연구 방법은 한국음악 연구에서 악기의 주요 선율을 밝히거나 관계있는 여러 악곡의 유사성을 밝히는 데에 활발히 사용되었다. 하지만 대부분의 연구에서는 몇 개의 악기에서만 분석이 주를 이루었으며, 대부분 한 박의 짧은 길이로 골격을 뽑아냈기 때문에 이것이 거대한 뼈대라고 보기에는 세밀하다는 한계를 가지고 있었다.

본 연구에서는 골격음 개념을 인용하여 각 음이 가지고 있는 중요도를 분석하는 도구를 제안하고자 한다. 이 도구는 선행 연구를 보완하여 골격음 분석 대상을 모든 악기로 확장하고, 단위 박의 길이를 늘여 더 거시적인 시각으로 접근할 것이다. 악곡 분석을 실제로 진행하고 활용 가능성에 대해서 논의하겠다. 알고리즘의 객관성과 분석 결과가 기존 연구에 부합하거나 음악가의 동의를 얻을 수 있는 것인지 살펴보고, 추후 위상수학적 데이터 작성에 활용하는 주요한 도구가 될 수 있을지를 검토한다.

선율의 층위를 구분하는 수학적 데이터 작성은 음악적 요소를 인공지능이 이해할 수 있는 형태로 변환하는 시도이다. 이는 위상수학과 한국음악의 심도 있는 학제 간 연구를 지향하는 것으로, 수학적 데이터에 음악적 해석을 대입함으로써 더 상호적인 연구를 도모하기 위함이다.

II. 골격음 분석 도구

1. 분석 도구 소개

먼저 골격음 분석 도구는 Python으로 제작되었음을 밝힌다. 골격음 분석 도구를 통한 악곡 분석은 데이터 작성 - 원점 판정 - 정간 대표음 판정 - 선율 구성 및 음 집합 분석의 과정으로 진행된다. 각 과정에 대한 설명은 다음과 같다.

1) 데이터 작성

먼저 정간보를 컴퓨터가 인식할 수 있는 데이터로 작성한다. 정간보는 국립국악원에서

21) 김우진, 『한국음악학연구방법론』(민속원, 2015), 113쪽.

발행한 정간보를 대상으로 하였으며²²⁾, 정간보의 모든 음을 대상으로 하되 기호(부호)로 표기된 것은 생략하였다. 데이터는 ‘음고값’, ‘시작값’, ‘끝값’의 3가지 요소로 구성 되어 있으며 모두 숫자로 표기된다. 각 음의 치환 값은 [표 1]과 같다.

[표 1] 음고 치환값

음명	값	음명	값	음명	값	음명	값	음명	값
横	92	横	80	黄	68	潢	56	潢	44
伏	91	伏	79	大	67	汰	55	汰	43
伏	90	伏	78	太	66	汰	54	汰	42
俠	89	俠	77	夾	65	浹	53	浹	41
傒	88	傒	76	姑	64	澍	52	澍	40
仲	87	仲	75	仲	63	冲	51	冲	39
傜	86	傜	74	蕤	62	漣	50	漣	38
淋	85	淋	73	林	61	淋	49	淋	37
洩	84	洩	72	夷	60	洩	48	洩	36
漚	83	漚	71	南	59	漚	47	漚	35
無	82	無	70	無	58	無	46	無	34
應	81	應	69	應	57	應	45	應	33

다음으로 음의 길이와 관련된 데이터는 시작과 끝, 두 가지 요소로 구분되며, 먼저 길이값이 측정된다. 먼저 한 정간은 11520이라는 수치로 치환하고²³⁾, 이 값과 비례하여 한 정간보다 짧은 1/3박의 경우 11520의 1/3에 해당하는 3840으로, 두 정간에 해당하는 박은 11520의 2배에 해당하는 23040으로 치환하는 형태이다. 이렇게 정해진 길이는 0으로부터 누적되는 형태로 시작값과 끝값이 정해지는데, 예를 들어 첫 박이 11520의 길이값이면 첫 박은 시작이 0, 끝은 길이값 11520이 더해진 11520이고, 다음 박인 두 번째 박이 23040의 길이라면 시작은 첫 번째 박의 끝에 해당하는 11520이며 끝은 길이값 23040이 더해진 34560이다. 송구여지곡 가야금 제3장 제6장단을 데이터화 하는 예시는 [그림 1]과 같다.

22) 국립국악원에서 발행한 『거문고정악보』(국립국악원, 2015), 『가야금정악보』(국립국악원, 2015), 국립국악원, 『대금정악보』(국립국악원, 2016), 『피리정악보』(국립국악원, 2015), 『해금정악보』(국립국악원, 2015)를 사용하였다.

23) Python에 음악을 입력하기 위한 도구로 연구에 사용한 프로그램 Aria Maestosa에 따라 11520의 값을 사용하였다. 연구 과정에서 미세한 정간 분할을 위해 한 정간을 12/4로 치환하여 입력하였는데, ‘Aria Maestosa’ 프로그램에서 12/4의 길이에 해당하는 값은 11520이다.

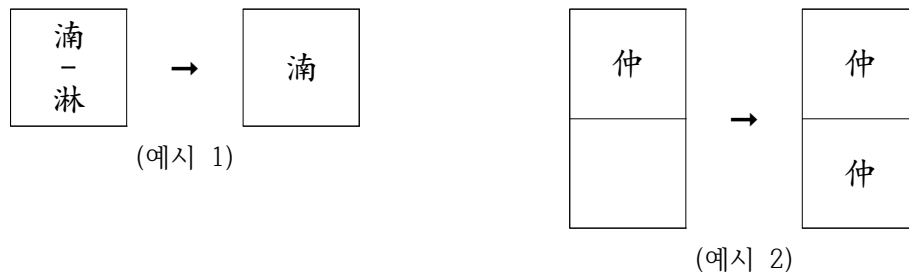
[그림 1] 송구여지곡 가야금 제3장 제6장단 데이터화 예시

黃	note pitch=68, start=1036800, end=1048320
仲	note pitch=75, start=1048320, end=1059840
仲 - 休	note pitch=75, start=1059840, end=1067520 note pitch=78, start=1067520, end=1071360
仲	note pitch=75, start=1071360, end=1082880
備	note pitch=71, start=1082880, end=1094400
休	note pitch=73, start=1094400, end=1105920

2) 한 박 단위의 정간 대표음 판정

위 데이터를 토대로 정간의 대표음을 판정한다. 대표음은 기존 골격음의 연구와 마찬가지로 기준 박 안에서 가장 긴 시가를 차지하고 있는 음으로 선정하였다.²⁴⁾ 대표음의 기준 박은 한 정간이며, 한 정간을 초과하는 박은 분리하여 판정한다.²⁵⁾ 이 과정을 통해 모든 정간은 하나의 대표음을 가지며, 같은 위치 다른 악기의 대표음과 비교할 수 있게 된다.

[그림 2] 정간 대표음 판정의 예시



24) 김우진, 『한국음악학연구방법론』(민속원, 2015), 116쪽.

25) 예를 들어 黃이 두 정간을 지속하는 경우 黃 1박 + 黃 1박으로 분리되었으며, 이 과정을 본 연구에서는 slicing이라고 하였다.

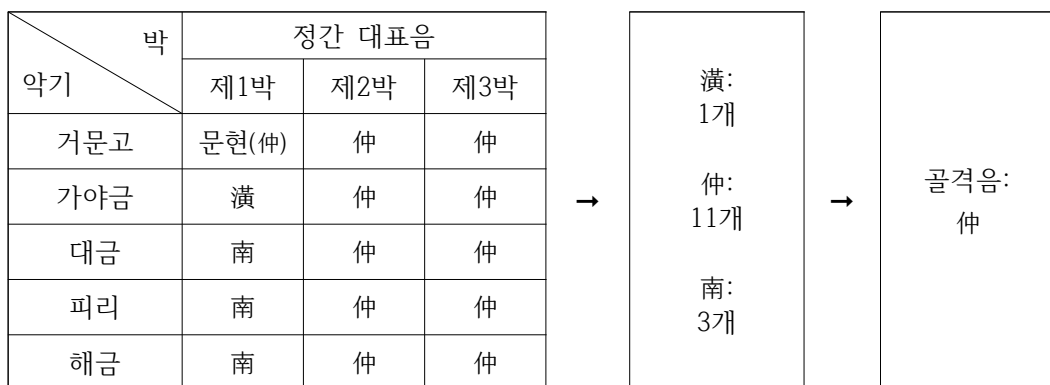
3) 기준 범위 단위 골격음 판정

골격음은 기준 범위를 설정하고 모든 악기의 대표음 중 가장 높은 빈도로 나타나는 음으로 판정하였다. 본 연구에서는 가야금, 거문고, 대금, 피리, 해금 총 다섯 악기를 대상으로 하였다. 골격음을 판정하는 기준 범위²⁶⁾는 임의로 정할 수 있는데, 양청도드리가 송구여지곡의 한 장단에서 중요한 2개 음을 추출하여 만들어졌다는 선행 연구²⁷⁾에 따라 두 곡 모두 한 장단을 2개 구간으로 구분하여 분석하였다. 따라서 기준 박은 송구여지곡을 한 장단의 반인 세 박으로, 양청도드리를 한 장단의 반인 두 박으로 지정하였다. 이렇게 구간별로 다섯 악기 선율에 대하여 골격음 판정이 진행된다. 예를 들어 송구여지곡의 한 각은 제1~3박과 제4~6박으로 나뉘며, 제1~3박의 골격음을 판정하는 대상은 다섯 악기의 세 박씩인 총 15박이다.

판정 과정에서 가야금과 거문고, 대금, 피리와 해금의 음역이 다른바 명확한 결과 도출을 위해 일부 악기의 옥타브를 변경하였다. 옥타브와 관계없이 음명만을 대상으로 골격음을 판정하는 것이 가능하지만, 후술할 main stream matrix와 간음 산출에서 정확한 결과 도출을 위해 옥타브의 구분이 필요하였다. 이에 모든 악기를 같은 음역으로 변환하고 분석한다.

골격음 판정 과정에서 거문고의 문현(文絃)에 대한 논의가 필요하였다. 송구여지곡과 양청도드리를 연주할 때 문현은 黃鍾으로 조현하여 연주하는데, 이로 인해 黃鍾의 비중이 높아지는 경향이 나타났기 때문이다. 이를 보완하고자 골격음 판정 과정에서만 국한하여 문현의 음고를 문현 연주 다음 박의 음으로 인식하도록 하였다.²⁸⁾ 골격음 판정의 예시는 다음과 같다.

[그림 3] 송구여지곡 제3장 제6장단 골격음 판정 예시



26) 본 연구에서는 이러한 길이를 scale이라고 하였다.

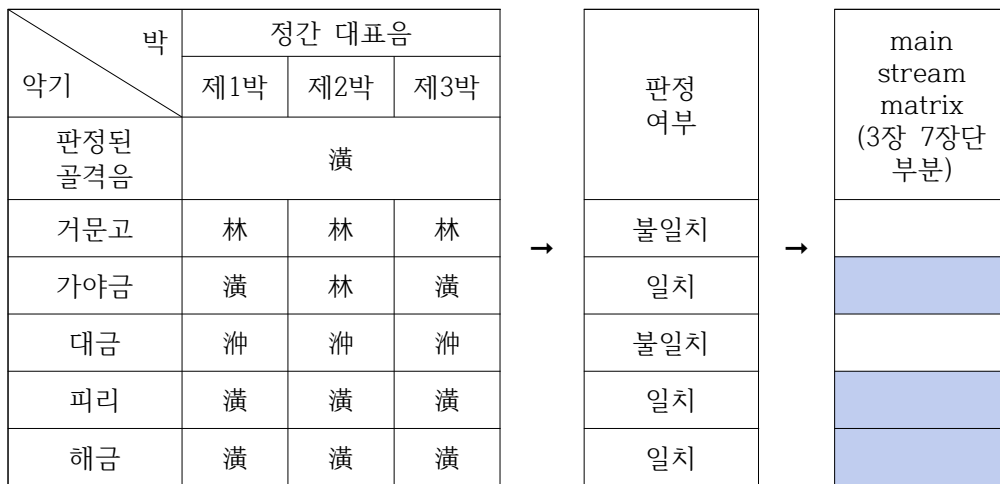
27) “양청환입의 변조 방법은 거문고의 경우 세환입 한 장단 6음 중 가장 중요한 음 2개를 골라 내고, 2개의 음 앞에서 개방현인 문현을 한 번씩 치고…(후략)”, 장사훈, 『최신국악총론』(세광음악출판사, 1984), 165~166쪽.

28) 예를 들어 “문현 - 黃 - 黃” 선율의 경우 골격음 판정 과정에서는 “黃 - 黃 - 黃”으로 인식한다.

4) 결과 1: main stream matrix

main stream matrix는 앞서 판정한 골격음을 main stream으로 두고, 이와 부합하는 선율을 matrix로 표기한 것이다. 3박마다 판정된 골격음과 각 악기 선율에 일치하는 대표음이 있는지 판정한 뒤 일치하는 대표음이 있다면 해당 구간을 색칠하며, 일치하는 대표음이 없으면 색칠하지 않는 방식으로 matrix를 구현하였다.

[그림 4] 송구여지곡 제3장 제7장단 골격음 판정 예시



이렇게 제시된 main stream matrix는 모든 악기가 같은 골격을 연주하고 있는지 또는 특정 악기가 어떤 위치에서 상이 선율이 연주하는지를 표현하며, 이를 통해 악곡의 선율 구성을 확인할 수 있다.

5) 결과 2: 음 집합

골격음과 일치하는 음을 원점이라고 하고, 원점 외의 대표음을 간점으로 하겠다.²⁹⁾ 원점별로 나타나는 간점을 목록화하고 각 음의 빈도를 파악하면 원점과 간점의 관계를 살펴볼 수 있는 음 집합을 확인할 수 있을 것이다. 예를 들어 가야금 임의 구간의 골격음이 仲이라고 가정하고, 원점 외에 나타난 음이 黃, 仲³⁰⁾, 林이라면 가야금 원점 仲의 간점은 黃, 仲, 林가 된다. 이러한 경우가 黃이 50%, 仲이 30%, 林이 20% 나타났다면 원점 仲의 강력한 간점은

29) 이해구는 원점과 간점에 개념에 대하여 “간점과 원점의 관계는 영국의 division과 ground의 관계와 같다 하겠다. ... 원점은 주요음 또는 구조음이고, 간점은 비구조음 또는 비주요음이라고도 볼 수 있겠으나, ... 원점과 간점은 핵음(核音)과 부가음(중간음)과 비슷하나, 원점은 4도 핵구조보다 광범위한 점에서 다르다. 원점은 skeleton melody(골격음, balungan) 또는 Umlinie(원음, 주요음)에 가까울지 모른다.”라고 서술하였다. 이해구·임미선, 『한국음악이론』(민속원, 2005), 183~184쪽.

30) 기준 범위 당 원점은 1개이다. 원점과 같은 음이 반복되는 경우 하나는 원점, 다른 하나는 동음 반복 형태의 간점으로 판단하였다.

黃이 된다.

산출 예시를 살펴보면 다음과 같다.

[표 2] 가야금의 원점별 간점 비율 예시

간점 원점	黃	仲	林
仲	50%	30%	20%

음 집합 분석은 악기별로 나타나는 원점별 간점의 유형이나 동일 원점의 악기별 차이점을 살펴볼 수 있는 도구이다. 이를 통해 악기 특징, 선율형, 헤테로포니³¹⁾의 특징, 선법을 살펴보는 데에 활용하고자 한다.

2. 송구여지곡과 양청도드리의 분석

1) 송구여지곡 분석

송구여지곡 분석은 거문고, 가야금, 피리, 대금, 해금 등 다섯 악기의 선율을 대상으로 하였다. 분석의 편리를 위해 중성으로 옥타브 변경이 필요했으며 거문고·가야금은 한 옥타브 위로, 대금은 한 옥타브 아래로 이조하여 분석하였다.

(1) 골격음 판정

송구여지곡은 총 72장단이며 한 장단이 6박으로 총 432박인데, 이를 반 장단에 해당하는 3박씩 나누어 제1~3박의 골격음과 제4~6박의 골격음 총 144개를 판정하였다. 송구여지곡 골격음 판정 결과는 다음과 같다.

31) ‘동일선율의 동시적 변형’을 들려주는 형태인 헤테로포니에서는 원칙적으로 주어지는 선율이 하나뿐이다. 헤테로포니는 모노포니 음악이 근거가 되어 서로 다른 선율을 산출함으로써 생기는 음악의 짜임새이며, 하나의 선율이 여러 사람의 창자(唱者)나 연주자에 의하여 변형되는 서로 다른 선율의 합침 현상이다. 이강숙, 『음악의 이해』(민음사, 1985).

[표 3] 송구여지곡 골격음 분석 결과

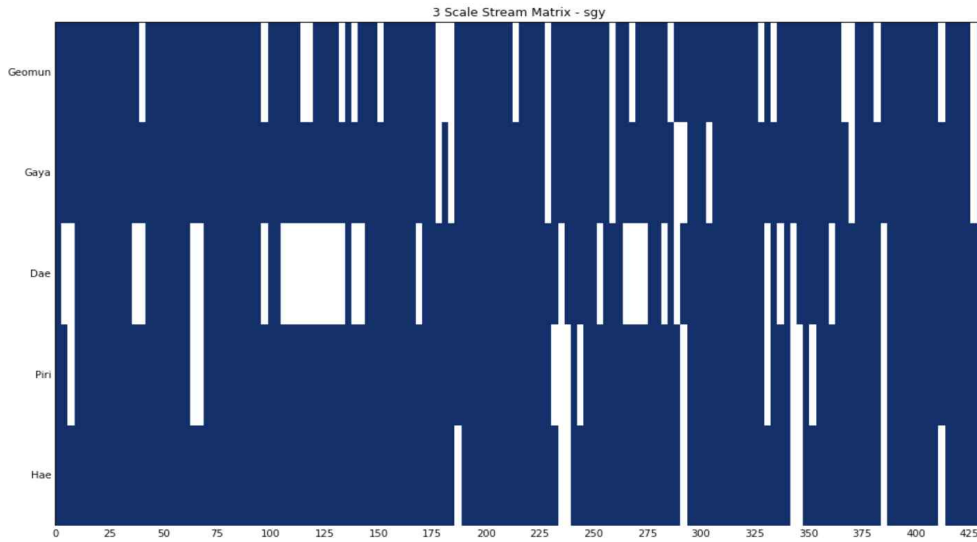
장단	음	장단	음	장단	음	장단	음	장단	음	장단	음	장단	음	장단	음
1	南	10	林	19	南	28	林	37	黄	46	潢	55	仲	64	林
	南		林		南		林		仲		南		太		
2	潢	11	南	20	汰	29	潢	38	黄	47	南	56	汰	65	林
	林		南		汰		南		林						
3	仲	12	潢	21	潢	30	仲	39	仲	48	潢	57	黄	66	林
	黄		林		潢		南		黄		南				
4	林	13	仲	22	潢	31	南	40	黄	49	潢	58	黄	67	林
	林		仲		潢		南		仲		林		南		
5	林	14	林	23	潢	32	仲	41	仲	50	林	59	仲	68	南
	林		林		南		林		太		林		仲		
6	林	15	林	24	汰	33	太	42	南	51	林	60	南	69	太
	林		南		汰		太		南		林		南		仲
7	潢	16	仲	25	南	34	仲	43	仲	52	林	61	仲	70	黄
	潢		仲		南		林		林		林		仲		仲
8	林	17	潢	26	林	35	太	44	仲	53	仲	62	南	71	黄
	南		仲		林		太		林		南		南		林
9	仲	18	林	27	仲	36	仲	45	潢	54	仲	63	仲	72	仲
	黄		潢		黄		林		潢		南		林		黄

음별 출현 빈도를 살펴보면 黄 5회, 太 15회, 仲 18회, 林 31회, 南 16회, 潢 18회, 汰 5회, 泐 2회로 林이 가장 많이 나타났다. 林은 관정된 골격음 黄에서 泐까지의 가운데에 해당하는 음이며, 林을 중심으로 출현 빈도가 대칭을 형성하고 있어 결과가 주목된다.

(2) main stream matrix

송구여지곡의 골격음 분석에 따라 해당 구간의 악기별 선율이 골격음을 포함하는지 살펴 보고 이를 matrix로 표현하였다. 더불어 악기 선율별로 골격음과 일치하는 비율 또한 확인하였다. 먼저 송구여지곡의 main stream matrix는 다음과 같다.

[그림 5] 송구여지곡 3 scale main stream matrix



송구여지곡의 3 scale main stream matrix를 살펴보면 일치 선율이 지배적으로 나타났으며, 모든 악기에서 일치하지 않는 구간을 확인할 수 있다. 골격음과 일치하지 않는 구간은 전체 선율과 구분되는 상이 선율이라 할 수 있는데, 대금의 100~150박 사이 구간³²⁾에서 길게 나타난 점이 특징이다. 거문고는 주기적으로 나타났으며 가야금·피리·해금은 후반부에 주로 나타났다. 각 악기의 골격음 일치율은 다음과 같다.

[표 4] 송구여지곡 골격음 일치율

악기 \ 내용	거문고	가야금	대금	피리	해금	평균
일치율	84.7%	93.8%	77.1%	91.0%	94.4%	88.2%

골격음 일치율은 평균 88.2%로 대부분의 악기가 유사한 선율을 연주하고 있다. 대금은 77.1%로 가장 낮는데 이는 대금이 음역의 제한으로 瀟과 汰를 거의 연주하지 않아 골격음이 瀟과 汰일 때 일치하지 못했기 때문으로 추측된다. 송구여지곡이 거문고 악보를 중심으로 전승되어 거문고 선율이 뼈대의 주축을 이룰 것이라는 연구자의 예상과는 달리 거문고는 84.7%로 비교적 낮은 수치이다.

송구여지곡의 전승 과정에서 나타난 선율의 변주가 특히 거문고에서 주도적으로 이루어진 것인지 검토가 필요하며, 이 과정을 통해 변주의 정도를 확인할 수 있는 지표로서 골격음 일치율의 활용이 논의될 수 있을 것이다.

32) 대금 송구여지곡 제3장 제7장단 제4박 ~ 제4장 제1장단 제6박.

(3) 음 집합

판정된 골격음을 토대로 각 악기의 음 집합을 살펴보겠다. 원점별로 나타나는 간점의 비중을 표로 제시하며 음 집합의 주요한 특징을 서술하겠다. 송구여지곡에서 나타난 원점은 黃, 太, 仲, 林, 南, 潢, 汰이며, 간점으로 나타나는 음은 僮, 侏, 備, 黃, 太, 仲, 林, 南, 潢, 汰, 泐이다.³³⁾

① 거문고

[표 5] 송구여지곡 거문고의 원점별 간점 비율

원점 \ 간점	僮	侏	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰	泐
黃	23.1%			34.6%	30.8%	7.7%			3.8%		
太	14.3%			14.3%	28.6%	28.6%	14.3%				
仲	14.0%			8.0%	6.0%	38.0%	18.0%	6.0%	10.0%		
林	12.2%				4.1%	21.6%	32.4%	4.1%	25.7%		
南	18.8%					4.2%	27.1%	27.1%	14.6%	8.3%	
潢	26.9%					7.7%	34.6%		26.9%	3.8%	
汰	16.7%								16.7%	50.0%	16.7%

송구여지곡에서 僮은 문현으로만 연주하며, 僮의 비율을 보았을 때 문현 주범이 모든 원점에서 골고루 나타났음을 알 수 있다. 거문고는 동음 반복이 높은 확률로 이루어졌고, 南은 동음 반복 외에 간점으로써 선호도가 현저히 낮음을 확인하였다.

② 가야금

[표 6] 송구여지곡 가야금의 원점별 간점 비율

원점 \ 간점	僮	侏	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰	泐
黃	3.8%	19.2%	19.2%	15.4%	19.2%	11.5%	11.5%				
太				25.0%	56.3%	12.5%	6.3%				
仲				7.7%	9.6%	36.5%	17.3%	5.8%	23.1%		
林		4.1%			13.5%	18.9%	14.9%	13.5%	24.3%	9.5%	1.4%
南						5.2%	25.9%	43.1%	12.1%	13.8%	
潢				9.4%		6.3%	18.8%	18.8%	28.1%	15.6%	3.1%
汰						16.7%	8.3%	16.7%	25.0%		33.3%

33) 앞서 설명하였듯 각 악기의 옥타브 변환이 있었으며, 분석 결과에 대한 실음은 거문고·가야금이 한 옥타브 아래, 대금이 한 옥타브 위이다.

송구여지곡에서 가야금은 黃-橫, 林-侏, 潢-黃과 같이 원점과 간점이 옥타브 관계로 연주되었고, 원점 黃과 林은 다양한 음들을 골고루 간점으로 사용하였다. 또한, 모든 원점에서 확인할 수 있는 간점으로는 仲과 林이 있다. 太와 南에서 동음 반복이 50% 전후로 높게 나타나 동음 반복을 통해 음을 유지하는 경향이 나타난다. 송구여지곡에서는 太는 黃으로, 南은 林으로 퇴성하는 것이 주를 이루는데 이와 대비되는 점이 특징적이다.

③ 대금

[표 7] 송구여지곡 대금의 원점별 간점 비율

원점 \ 간점	橫	侏	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰	沖
黃		15.0%	25.0%		10.0%	50.0%					
太					62.5%	18.8%		18.8%			
仲				9.3%	11.1%	38.9%	14.8%	25.9%			
林				1.3%	14.5%	15.8%	34.2%	34.2%			
南						14.3%	30.4%	51.8%	3.6%		
潢											
汰											

대금 음역의 제한으로 潢과 汰의 연주가 어렵다. 이에 원점이 潢 또는 汰로 판정되는 경우 일치하지 못해 간점을 판정하는 것이 불가능하다. 송구여지곡이 潢 이상의 음역이 거의 사용되지 않는 악곡인 점과 대금의 악기 특성상의 이유로 간음이 중성 중심으로 분포되어 있다. 모든 원점에서 골고루 仲이 간점으로 사용되는 점이 가야금과 동일하며, 黃이 원점일 경우 50% 확률로 빈도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 특이점으로 黃에서는 동음 반복이 이루어지지 않았고 太, 仲, 林, 南에서 높은 확률로 동음 반복이 이루어졌다.

④ 피리

[표 8] 송구여지곡 피리의 원점별 간점 비율

원점 \ 간점	橫	侏	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰	沖
黃		10.0%	5.0%	10.0%	15.0%	60.0%					
太					83.3%	16.7%					
仲				9.3%	1.9%	42.6%	11.1%	35.2%			
林				1.4%	13.5%	24.3%	13.5%	20.3%	17.6%	9.5%	
南						11.3%	19.4%	46.8%	11.3%	11.3%	
潢					3.3%	10.0%	13.3%	26.7%	43.3%	3.3%	
汰								20.0%	30.0%	50.0%	

侏과 備은 원점 黃을 위한 간점으로써 사용되었고 仲이 60%의 높은 확률로 간점으로 연주되었음을 확인할 수 있다. 太, 仲, 南, 潢, 汰가 원점일 경우 동음 반복이 많이 이루어졌고 南의 경우 동음 반복 외에도 여러 음을 다양하게 간점으로 사용하였다. 仲은 위의 다른 악기들과 마찬가지로 대부분 원점에서 곧고루 간점으로 사용되었음을 확인할 수 있다.

⑤ 해금

[표 9] 송구여지곡 해금의 원점별 간점 비율

원점 \ 간점	儻	侏	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰	沖
黃		9.1%	4.5%	22.7%	40.9%	18.2%			4.5%		
太				12.5%	62.5%	25.0%					
仲				4.0%	6.0%	40.0%	14.0%	36.0%			
林				2.7%	12.2%	21.6%	13.5%	14.9%	25.7%	9.5%	
南						10.9%	18.8%	48.4%	10.9%	10.9%	
潢						5.9%	20.6%	26.5%	44.1%	2.9%	
汰								16.7%	33.3%	50.0%	

해금은 太, 仲, 南, 潢, 汰에서 동음 반복 많이 이루어졌고, 원점 林은 곧고루 간점을 사용하였다. 그중 潢이 간점으로 25.7% 연주되었는데 이는 가야금과 유사하였다. 다른 악기들과 마찬가지로 仲은 대부분 음에서 간점으로 사용되어 송구여지곡에서 仲이 활발히 사용되고 있음을 확인할 수 있다. 피리와 비교했을 때 원점별 간점 유형이 유사한 점, 黃과 太가 원점일 경우 林과 南을 간점으로 사용하지 않는 점을 미루어 해금과 피리의 밀접한 선율 관계를 확인할 수 있다.

2) 양청도드리 분석

양청도드리 분석은 송구여지곡과 마찬가지로 거문고, 가야금, 피리, 대금, 해금 등 다섯 악기의 선율을 대상으로 하였다. 분석의 편리를 위해 중성으로 옥타브 변경이 필요했으며 거문고·가야금을 한 옥타브 위로 이조 하였다. 양청도드리의 길이는 총 72장단이며 4박이 한 장단인 55장단과 12박이 한 장단인 17장단 두 부분으로 나뉜다. 본 연구에서는 4박이 한 장단인 부분 총 55장단에 대해서만 연구를 진행하였다.

(1) 골격음 판정

양청도드리의 55장단은 한 장단이 4박으로 연구 범위는 총 220박이다. 이를 반 장단에 해당하는 2박씩 나누어 제1~2박의 골격음과 제3~4박의 골격음 총 110개를 판정하였다. 양청

도드리 골격음 판정 결과는 다음과 같다.

[표 10] 양청도드리 골격음 분석 결과

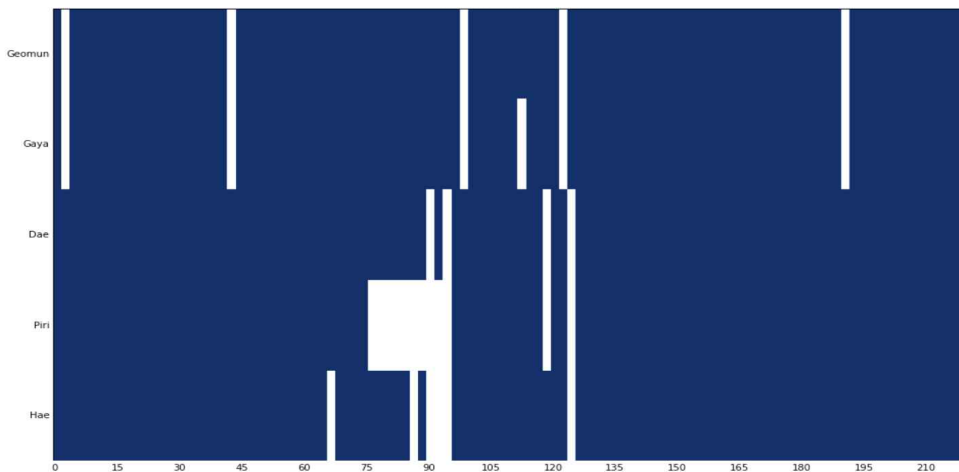
장단	음	장단	음	장단	음	장단	음	장단	음	장단	음	장단	음	장단	음
1	南	8	潢	15	林	22	潢	29	林	36	仲	43	仲	50	林
	南		林		南		潢		南		林		林		潢
2	潢	9	仲	16	仲	23	潢	30	仲	37	黃	44	太	51	林
	林		太		南		汰		林		仲		林		林
3	仲	10	林	17	林	24	泐	31	仲	38	黃	45	潢	52	潢
	太		太		林		泐		南		仲		潢		林
4	林	11	南	18	林	25	南	32	林	39	黃	46	潢	53	仲
	太		南		潢		南		林		黃		汰		林
5	林	12	潢	19	南	26	潢	33	太	40	黃	47	南	54	仲
	潢		林		南		林		太		仲		南		仲
6	林	13	仲	20	汰	27	仲	34	仲	41	太	48	林	55	仲
	潢		南		汰		太		林		太		潢		仲
7	林	14	林	21	潢	28	林	35	太	42	南	49	太	X	
	林		潢		汰		太		太		林		太		

음별 출현 빈도를 살펴보면 黃 5회, 太 15회, 仲 18회, 林 31회, 南 16회, 潢 18회, 汰 5회, 泐 2회로 林이 가장 많이 나타났다. 林은 판정된 골격음 黃에서 泐까지의 가운데에 해당하는 음이며, 林을 중심으로 출현 빈도가 대칭을 형성하고 있어 결과가 주목된다.

(2) main stream matrix

양청도드리의 골격음 분석에 따라 해당 구간의 악기별 선율이 골격음을 포함하는지 살펴 보고 이를 matrix로 표현하였다. 더불어 악기 선율별로 골격음과 일치하는 비율 또한 확인하였다. 먼저 양청도드리의 main stream matrix는 다음과 같다.

[그림 6] 양청도드리 2 scale main stream matrix



양청도드리의 2 scale main stream matrix를 살펴보면 송구여지곡과 마찬가지로 일치 선율이 지배적으로 나타났으며, 일치하지 않는 구간이 모든 악기에서 나타남을 확인할 수 있다. 양청도드리의 경우 상이 선율의 위치는 거문고와 가야금이 유사하고 대금·피리·해금이 유사하여 선율이 현악기와 관악기로 구분되어 있음을 확인할 수 있다. 피리의 경우 75~100박에서 긴 상이 선율이 확인되는데 이는 피리가 한 옥타브 낮춰 연주하여 동일 골격음으로 인식되지 못했기 때문이다. 실제로는 대금·해금과 선율이 유사하여 같은 matrix로 나타날 것이며, 현재 알고리즘의 보완이 필요한 부분이다.

[표 11] 양청도드리 악기별 main stream 일치율

악기 내용	거문고	가야금	대금	피리	해금	평균
일치율	95.5%	94.5%	96.4%	89.1%	94.5%	94.0%

전반적으로 94% 전후로 평균과 유사하게 일치율이 형성되어 있으며 피리만 89.1%로 나타난다. 다만 앞서 main stream matrix에서 서술한 것과 마찬가지로 피리의 75~100박 상이 선율 때문에 일치율이 낮게 나타나는 것이며, 추후 옥타브에 대한 문제를 보완하고 분석하면 피리 또한 평균과 유사한 일치율로 나타남이 예상된다. 모든 악기에서 94% 이상의 일치율이 나타나는 것은 상이 선율, 즉 변주의 비중이 작다고 할 수 있으며, 이러한 현상은 음악의 빠르기와 짧은 장단의 영향을 받았을 것으로 예측해볼 수 있다.

(3) 음 집합

판정된 골격음을 토대로 각 악기의 음 집합을 살펴보겠다. 원점별로 나타나는 간점의 비중을 표로 제시하며 음 집합의 주요한 특징을 서술한다. 양청도드리에서 나타난 원점은 黃, 太, 仲, 林, 南, 潢, 汰, 泐이며, 간점으로 나타나는 음은 儻, 伏林, 仲, 林, 備, 黃, 太, 仲, 林, 南, 潢, 汰이다.³⁴⁾

34) 앞서 설명하였듯 각 악기의 옥타브 변환이 있었으며, 분석 결과에 대한 실음은 거문고·가야금이 한 옥타브 아래이다.

① 거문고

[표 12] 양청도드리 거문고의 원점별 간점 비율

간점 원점	橫	休	仲	侏	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰
黃	100%											
太	100%											
仲	94.4%							5.6%				
林	100%											
南	100%											
潢	100%											
汰	100%											
沖	100%											

양청도드리는 거문고의 경우 송구여지곡한 장단 6음 중 가장 중요한 음 2개를 골라내고, 2개의 음 앞에 개방현인 문현을 한 번씩 치는 곡³⁵⁾이다. 이에 따라 ‘문현 + 선율이 되는 음’의 형태가 반복되며 문현만이 간점으로 판정된다. 예외로 양청도드리 4박 장단 가장 끝 仲 2박 지속 선율은 문현을 연주하지 않아 간점으로 仲이 1회 판정되었다.

② 가야금

[표 13] 양청도드리 가야금의 원점별 간점 비율

간점 원점	橫	休	仲	侏	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰
黃	100%											
太		100%										
仲			94.4%					5.6%				
林				100%								
南				100%								
潢						100%						
汰							100%					
沖								100%				

가야금은 거문고의 문현을 대체하는 연주법으로 한 옥타브 아래 음을 사용한다. 앞서 거문고와 마찬가지로 ‘한 옥타브 아래 음 + 선율이 되는 음’의 형태가 반복되며, 간점으로 한 옥타브 아래 음만이 사용된다. 다만 가야금의 양청도드리 조현은 備이 없어서 빠른 음악의 특성상 備을 연주하는 것이 어렵다. 이에 南의 간점은 한 옥타브 아래 음 備이 아닌 侏을

35) 장사훈, 『최신국악총론』(세광음악출판사, 1984), 165~166쪽.

사용한다.

③ 대금

[표 14] 양청도드리 대금의 원점별 간점 비율

원점 \ 간점	儻	伋	仲	休	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰
黃					20.0%	60.0%	20.0%					
太						46.7%	53.3%					
仲								61.1%	11.1%	27.8%		
林								37.9%	27.6%	34.5%		
南								6.3%	6.3%	68.8%		18.8%
潢										5.6%	94.4%	
汰												100%
泐												100%

대금의 원점 대부분에서 동음 반복의 비중이 높으며, 예외적으로 太와 林만 다르다. 太는 黃과 太 두 음을, 林은 仲, 林, 南 세 음을 고루 쓰는 경향을 확인할 수 있다.

④ 피리

[표 15] 양청도드리 피리의 원점별 간점 비율

원점 \ 간점	儻	伋	仲	休	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰
黃					20.0%	60.0%	20.0%					
太						46.7%	46.7%	6.7%				
仲								61.1%	11.1%	27.8%		
林								34.5%	31.0%	34.5%		
南								6.3%	6.3%	68.8%		18.8%
潢										7.1%	92.9%	
汰												100%
泐												

피리는 원점 대부분에서 동음 반복의 비중이 높으며, 예외적으로 太와 林만 다르다. 太는 黃과 太 두 음을 균등한 수준으로, 林은 仲, 林, 南 세 음을 고루 쓰는 경향이 나타나 대금과 유사하다. 피리는 음역 상 泐을 연주할 수 없으므로 원점 泐에 대한 분석 결과가 수집되지 않는다.

⑤ 해금

[표 16] 양청도드리 해금의 원점별 간점 비율

원점 \ 간점	橫	休	仲	休	備	黃	太	仲	林	南	潢	汰
黃				20.0%		80.0%						
太						60.0%	40.0%					
仲								88.9%	11.1%			
林								13.8%	58.6%	27.6%		
南								6.3%		75.0%		18.8%
潢										5.9%	94.1%	
汰										25.0%		75.0%
沖												

해금 또한 원점 대부분에서 동음 반복의 비중이 높다. 예외적으로 太는 黃과 太 두 음을 고루 쓰는 경향이 나타나 다르다. 대금·피리는 林에서 간점이 고루 나타나는 경향이 있었는데 해금은 林에서 동음 반복이 주를 이루기 때문에 관악기와는 구분된다. 해금은 양청도드리에서 식지를 仲으로 잡고 연주하여 주법상 沖을 연주하지 않으므로 원점 沖에 대한 분석 결과가 수집되지 않는다.

III. 활용 가능성

1. main stream matrix

main stream matrix를 통해 악곡 전반에 걸쳐 동일 골격선율을 연주하는 헤테로포니적 특징이 시각화되었다. 송구여지곡과 양청도드리에서 대부분 악기가 90% 내외로 일치한다는 점을 통해 모두 대부분 같은 선율을 연주하고 있다는 기존의 인식과 재확인되었다. 다만 양청도드리는 송구여지곡보다 훨씬 높은 수준의 일치율을 보였는데, 이것의 원인을 밝혀보는 것이 필요해 보인다. 아주 빠른 악곡 속도, 거문고 문현을 지속·반복하는 양청도드리의 특징이 이러한 일치율에 영향을 주고 있는지 추측해볼 수 있는데, 이것의 증명은 많은 악곡을 대상으로 분석하였을 때 타당해질 것이다. 이러한 필요에 대해서 빠른 분석 속도를 가진 ‘골격음 분석 도구’와 main stream matrix는 적합한 도구이다.

위상수학으로 한국음악을 분석하는 데 있어 main stream matrix는 각 선율의 중요도를 판별할 수 있는 도구가 될 수 있다. 분석 대상이 음악의 주요 흐름과 동떨어져 있을 때

중요도를 낮추는 방식을 적용하면 주요 선율은 반대로 두드러지게 되며 음악이 가진 반복 구조를 파악하는 데에 유리해진다. 위상수학적 분석이 진행되기에 앞서 먼저 main stream과 일치할 통해 노드의 weight에 차등을 주는 방식 등이 사용될 수 있다.

더불어 main stream matrix는 불일치한 선율도 확인할 수 있어 음악적인 측면에서 또한 유용하다. 송구여지곡의 선율 불일치를 살펴보면 그것이 악곡 전반, 모든 악기에 걸쳐 짜임새 있게 나타나고 있음이 드러난다. 상이 선율이 악기 간에 교차하며 유기적으로 형성되어 있다는 점은 모든 악기가 동일 선율을 연주한다는 단순한 인식에서 벗어나게 해주며, 선율이 일치하는 지점, 즉 골격음의 간격을 넓혀 헤테로포니적 특징을 한 단계 심화하고 있다. 이러한 도구를 통해 연주자들이 전통음악의 악곡 구조를 이해한다면 더 수준 높은 연주를 기대할 수 있다. 예를 들어, 상이 선율이 주 흐름을 벗어나기 때문에 더 간결한 연주가 필요하다고 생각하거나, 또는 상이 선율은 음악을 풍부하게 해주기 때문에 적극적인 연주가 필요하다고 생각하는 것과 같이, 구조의 해석은 전통음악의 틀 안에서 연주자들이 개인의 심미성을 표현할 수 있는 수단이 될 수 있다. 또한 상이 선율의 유형을 통해 선율 어법을 일부 살펴볼 수 있을 것이며, 헤테로포니의 교차 및 확장은 창작자에게 있어 전통음악의 특징을 이해하는 데에 도움이 될 것이다.

2. 음 집합을 사용한 선율연구

골격음 분석 도구를 통하여 선율의 원점과 그 주변의 간점을 유추해보았다. 이미 오랜 변화를 거친 음악의 원점이라는 점에서 한계가 있지만, 오늘날 연주하는 선율의 뼈와 살을 구분할 수 있다는 데에서 유의미하다. 원점과 간점을 구분하여 확인한 사실은 다음과 같다.

1) 간점의 범위와 특징

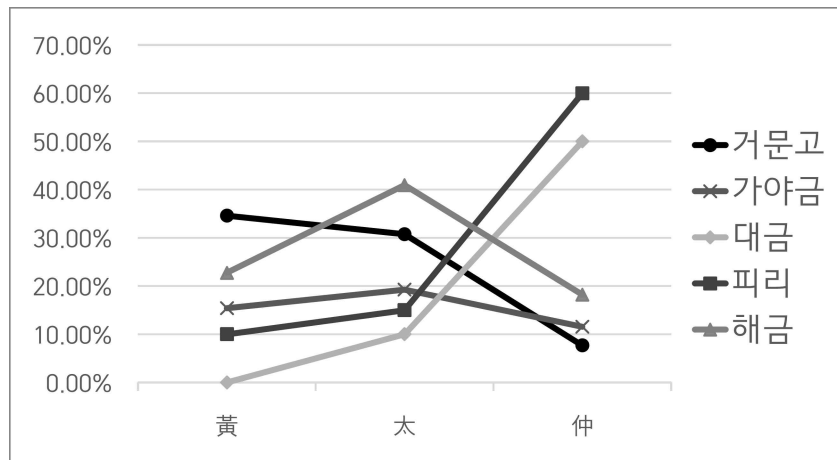
대부분의 간점은 원점으로부터 두 음 아래에서 두 음 위까지 범위에 포함되었다. 거문고의 문현이나 가야금의 한 옥타브 아래 음 정도를 제외하면 대부분의 간점은 원점을 중심으로 두고 형성되어 있음을 알 수 있다. 악곡별로 살펴보면 송구여지곡은 주로 두 음 아래~두 음 위, 양청도드리는 주로 한 음 아래~한 음 위 음이 간점으로 나타나 양청도드리가 간점 범위가 좁았다. 장단의 길이가 짧고 빠르기가 빠른 양청도드리에서 간점 첨가가 제한되었다고 보았을 때 간점은 가까운 음이 우선적으로 형성된다고 유추할 수 있다.

2) 간점의 유형

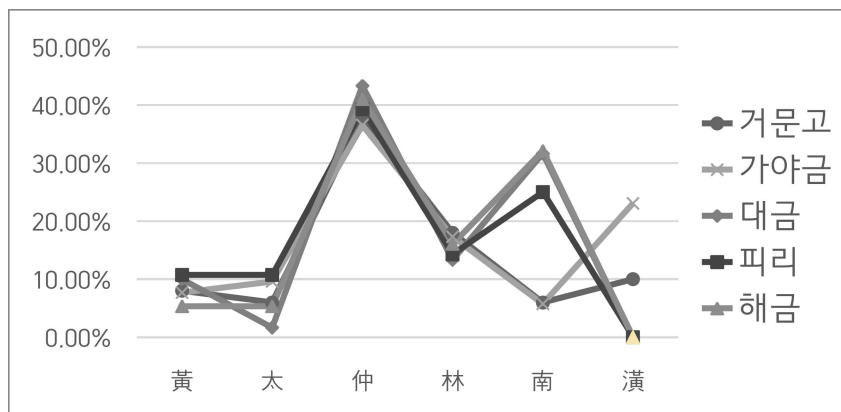
또한 간점의 유형이 악기별로 다른 점을 확인하였다. [그림 7]을 살펴보면 원점이 황인

경우 거문고·해금은 간점 太의 비중이 크지만 가야금·피리·대금은 간점 太의 비중이 작아 다르고, 피리·대금은 간점 仲의 비중이 크지만 거문고·가야금·해금은 간점 仲의 비중이 작아 다른 점을 살펴볼 수 있다. 또한 [그림 8]을 살펴보면 원점이 仲인 경우 橫·林의 간점 비율은 비슷하지만, 간점 南의 경우 대금·피리·해금의 비중이 크지만 거문고·가야금의 비중이 작아 다르고, 간점 漢의 경우 거문고·가야금에서만 비중이 나타나 다른 점을 살펴볼 수 있다. 악기별로 간점이 다르게 나타나며 특히 원점 黃의 경우 현악기·관악기의 일반적인 이분법과 일치하지 않는 점을 미루어 간점의 유형은 연주 방법과 관계없는 악기 고유의 특성이다.

[그림 7] 송구여지곡 원점 黃의 악기별 간점 비교



[그림 8] 송구여지곡 원점 仲의 악기별 간점 비교



위와 같이 같은 골격음에서도 악기별 간점이 다르므로 원점과 간점 구분에 있어 악기별로 다른 기준이 필요함을 알 수 있다. 간점의 차이로 선율의 다름이 발생하여 전통음악의 헤테로 포니의 특징이 형성되는 것을 추측해볼 수 있으며, 이러한 특징은 선율 분석에서 당연히

고려되어야 할 요소이다.

위상수학적 분석에서 노드의 중요도 판단에 이러한 악기 개별 음 집합이 적용되면 선율에 있어 더 중요한 음을 판별할 수 있는 도구로 작용할 수 있을 것이다. 또한 각 악기의 특징에 대해 연주자들이 음역, 연주법, 그 외 악기 특성 등등을 고려하여 원인을 밝혀보고, 추후 다른 곡의 분석 결과가 누적되면 선율의 원점 구분과 중요도 판단에 있어 정확성이 높아질 것이라 기대한다.

3. 간점과 장식음 층위의 비교

음 집합에서 살펴본 간점의 유형과 장식음의 연관성을 살펴볼 수 있어 이에 대해 논의해보고자 하였다.

먼저 대금에 대하여 [표 17]을 살펴보면 송구여지곡에서 원점이 林인 경우 간점 林과 南의 비중이 각각 34.2%, 34.2%로 높게 나타났다. 다른 악기의 경향과는 상이하다는 점에서 대금만의 특징이며, 이것은 대금 林에서 주로 사용하는 장식음 띠이어(t)³⁶⁾와 같은 구성음이라는 점에서 간점과 장식음 간에 연관성을 가진다. 또한 [표 18]을 살펴보면 원점이 南인 경우 간점 林의 비중이 30.4%로 높게 나타났는데, 이 또한 대금 南에서 주로 사용하는 장식음 노네(\$)³⁷⁾와 같은 구성음이라는 점에서 같은 연관성을 가진다.³⁸⁾

[표 17] 송구여지곡 원점 林의 악기별 간점 비율(太~潢)

간점 악기명	太	仲	林	南	潢
거문고	4.1%	21.6%	32.4%	4.1%	25.7%
가야금	13.5%	18.9%	14.9%	13.5%	24.3%
대금	14.5%	15.8%	34.2%	34.2%	
피리	13.5%	24.3%	13.5%	20.3%	17.6%
해금	12.2%	21.6%	13.5%	14.9%	25.7%

36) 泚, 淋 등 소리를 낼 때 특히 강하게 튀기며 굴러내는 표로 노니로 주법(어느 음을 낼 때 본음·한 음 위 음을 짧게 내고 본음을 길게 내는 표)에서 파생된 것이다.

37) 어느 음을 낼 때 본음보다 한 음 아래 음을 짧게 내고 본음을 길게 내는 표

38) 대금 음역에 따라潢이 제한되어 송구여지곡에서만 원점 南의 주요 간음이 林이 되었을 가능성이 있다. 이는 악곡의 특성으로 봐야 할 수 있으나 이러한 점 또한 간점과 장식음의 연관성을 증명하는 것이므로 관계있는 현상이라고 본다.

[표 18] 송구여지곡 원점 南의 악기별 간점 비율(太~潢)

간점 악기명	仲	林	南	潢	汰
거문고	4.2%	27.1%	27.1%	14.6%	8.3%
가야금	5.2%	25.9%	43.1%	12.1%	13.8%
대금	14.3%	30.4%	51.8%	3.6%	
피리	11.3%	19.4%	46.8%	11.3%	11.3%
해금	10.9%	18.8%	48.4%	10.9%	10.9%

송구여지곡에서 黃이 원점인 경우 피리에서 간점 仲의 비중이 60%에 달했다. 피리의 간점이 5종류인데도 반 이상을 차지하는 높은 비중인데 이러한 특징은 피리의 黃에서 자주 사용되는 장식음 나라표(G)와 같은 음이라는 점에서 유의미하다. 이렇듯 음 집합을 통해 간점의 층위와 장식음의 층위를 연결할 수 있다면, 추후 선율 분석에 있어서 장식음을 통해 선율을 이해하는 것이 가능할 수 있다. 다시 말해 음집합을 통해 발견된 악기의 규칙이 골격선율 - 간점 - 장식음 - 시김새의 모든 층위를 관통한다면, 전통음악 선율 분석에 있어 한 층위의 현상을 통해 다른 층위를 해석하는 범층위적 접근이 가능하도록 만들어주는 단초가 될 수 있다.

IV. 맺음말

본 연구에서는 골격음 분석 도구를 제안하기 위해 송구여지곡과 양청도드리를 분석해보았으며, 도구의 활용 가능성에 대해 검토했다.

먼저 분석 도구는 데이터 작성 - 정간 대표음 판정 - 골격음 판정 - 선율 구성 및 음 집합 분석의 과정으로 진행된다. 정간보를 음고와 길이로 치환하여 데이터를 작성하며, 각 정간의 가장 긴 음을 대표음으로 판정하여 분석을 시작, 기준 범위에 따라 가장 많이 출현하는 대표음을 골격음으로 판정하였다. 골격음과 일치하는 음의 유무를 main stream matrix로 구현하였으며, 선율을 원점과 간점으로 구분하고 이를 목록화하여 음 집합으로 정의하였다.

이러한 분석 도구를 송구여지곡과 양청도드리에 실제로 적용해 보았으며, 그 결과는 다음과 같다. 송구여지곡을 살펴보면, 먼저 main stream matrix를 통해 일치 선율이 지배적이지만 모든 악기에서 상이 선율 또한 나타남을 확인하였다. 골격음 일치율은 평균 88.2%로 대부분의 악기가 유사한 선율을 연주하고 있었으며, 거문고가 84.7%, 대금이 77.1%의 낮은 일치율을 보였다. 음 집합은 원점을 중심으로 두 음 아래 ~ 두 음 위의 간점이 주로 형성되었고, 원점 太와 南에서 동음 반복의 비중이 뚜렷하였다. 거문고에서 간점 南이 지극히 절제되는 특징과

원점 林에 대하여 가야금과 해금에서 간점 潢이 높은 빈도로 나타나는 공통점을 확인할 수 있었다. 다음으로 양청도드리를 살펴보면, main stream matrix를 통해 일치 선율이 지배적이지만 모든 악기에서 상이 선율 또한 나타남을 확인하였다. 골격음 일치율은 평균 94%로 송구여지곡보다 높게 나타났으며, 피리가 89.1%로 가장 낮았다. 피리의 경우 옥타브의 차이로 낮게 나타난 것인데, 이는 추후 분석 도구를 보완하면 평균과 같은 일치율이 나타날 것으로 예상된다. 음 집합은 악곡 특성상 거문고의 간점은 모두 문현, 가야금의 간점은 모두 한 옥타브 아래 음으로 나타났으며, 관악기의 경우 원점을 중심으로 한 음 아래~한 음 위의 간점이 주로 형성되어 송구여지곡보다 좁은 범위로 확인되었다.

그리고 분석 결과를 토대로 활용 가능성을 논의하였다. 첫째로 main stream matrix는 위상수학적 음악 분석에 있어 선율의 중요도를 판단하는 도구가 될 수 있는데, 상이 선율의 weight에 차등을 주면 주요 선율이 두드러져 반복 구조를 파악하는 데에 유리하게 작용할 수 있다. 또한 음악적 측면에서 헤테로포니적 특징을 이해하고 악곡 구조를 파악하는 데에도 도움이 된다. 둘째로 음 집합은 위상수학적 음악 분석에 있어 각 음(node)의 중요도를 판단하는 도구가 될 수 있다. 선율에 대하여 원점·간점 유형 데이터를 통해 원점에 weight를 부여하면 음악적으로 중요한 원점으로부터 cycle이 형성될 가능성이 높아질 것으로 예측된다.

그 외에도 음악적인 측면에서 간점과 장식음 층위를 비교해보았다. 특히 대금에서 간점의 유형과 장식음의 유형이 유사함을 통해 간점 층위와 장식음 층위 간의 연결 가능성을 살펴보았다. 한 층위의 유형을 통해 다른 층위의 현상을 해석할 수 있는지를 제안해 본 것으로 골격음 분석 도구가 선율 분석의 도구로서도 활용 가능한지 살펴본 것이다.

본 연구의 골격음 분석 도구는 첫 번째 모델로 여러 개선점을 가지고 있는 것도 사실이다. 정간 대표음 판정 과정에서 짧은 시가로 인해 탈락하는 음들에 대하여 면밀한 논의가 필요하며, 골격음 판정에서 모든 음이 동등하게 인식되는 것은 악기의 중요도나 장단 요소를 배제하는 것이기 때문에 보완이 필요하다. 하지만 모든 악기에 대하여 분석하고 음악적 특징을 밝히는 과정이 도구를 통해 빠르게 진행될 수 있다는 점에서 고무적이다. 수연장지곡, 우조가 락도드리와 같은 송구여지곡의 관계 악곡 분석, 송구여지곡과 조가 다른 계면조 음악 분석을 통해서 본 연구가 타당성을 얻고 꾸준히 이루어지기를 바라며, 이를 통해 학제 간 연구에 있어 음악의 수학적 접근과 수학의 음악적 접근이 서로 활발히 일어나기를 기대한다.

<참고문헌>

- 김우진, 『한국음악학연구방법론』(민속원, 2015)
이강숙, 『음악의 이해』(민음사, 1985)
이혜구·임미선, 『한국음악이론』(민속원, 2005)
장사훈, 『최신국악총론』(세광음악출판사, 1984)
- 국립국악원, 『거문고정악보』(국립국악원, 2015)
국립국악원, 『가야금정악보』(국립국악원, 2015)
국립국악원, 『대금정악보』(국립국악원, 2016)
국립국악원, 『피리정악보』(국립국악원, 2015)
국립국악원, 『해금정악보』(국립국악원, 2015)

<논평문>

<골격음 분석 도구를 통한 선율 구성과 음 집합 연구> 논평문

김승은(서울우리소리박물관)

본 연구는 위상수학적 데이터를 이용하여 한국음악의 효과적인 분석을 목표로 하는 논문입니다. 정간보를 컴퓨터가 인식할 수 있도록 데이터화한 뒤 하나의 정간 내의 대표음을 선정하고, 기준박³⁹⁾에 따라 골격음을 판정하고 이를 토대로 원점과 간점을 목록화하여 악곡의 선율 구성 및 음 집합을 분석한 글입니다.

저는 본 논평을 받게 된 후 ‘위상수학’이라는 개념에 대해 처음 접하였고, 위상수학적 데이터를 한국음악 분석에 활용할 수 있다는 사실을 알게 되었습니다. 매우 부족한 논평문이 될 것이라 미리 양해 말씀드리며 발표문에 대해 의견과 질문을 드리도록 하겠습니다.

첫째, 발표문 속 연구방법에 관련된 내용과 설명이 부족하다고 생각했습니다. 위상수학적 데이터 분석방법을 통하여 국악곡을 분석한 연구는 2021년의 연구⁴⁰⁾가 시작입니다. 그 후 2022년 4월 22일 “국악의 짜임새와 선율적 특징 - 전통적 시각 혹은 과학적 시각”이라는 주제로 고등과학원과 동양음악연구소 공동 워크숍이 진행되었으며 같은 해 몇 개의 논문이 게재되었을 뿐입니다. ‘위상수학’을 통한 국악곡의 ‘분석’은 아직 익숙하지 않은 주제임에도 발표문에서는 연구방법에 대한 많은 부분이 생략되어 있어, 어떠한 경로 혹은 방법을 통해 발표문에 활용한 자료가 산출되었는지 이해하기 어려웠습니다. 연구방법을 조금 더 자세히 보완한다면 발표자께서 수행하신 연구에 대해 이해하기 쉬우리라 생각합니다.

둘째, 본 연구는 <송구여지곡>과 <양청도드리>의 정간보 모든 음을 대상으로 하였지만, ‘음고값’, ‘시작값’, ‘끝값’의 3가지 요소만을 데이터화하였고, 기호(부호)로 표기된 것을 생략한 채 진행되었습니다. 혹시 기호(부호)로 표기된 것은 데이터화하기 어려운가 싶어 다른 논문을 살펴보니, 시김새를 중심으로 위상수학적 데이터 분석을 이용하여 국악을 연구한 논문⁴¹⁾도 이미 존재하였습니다. 물론 기호(부호)로 표기된 음과 시김새가 동일하지는 않지만, 어떠한 연유에서 기호(부호)로 표기된 음들을 제외시켰는지 그 이유가 궁금합니다.

39) <송구여지곡>의 경우 3박, <양청도드리>의 경우 2박

40) Mai Lan Tran, Jae-Hun Jung, Changbom Park, “Topological Data Analysis of Korean Music in Jeongganbo: A Cycle Structure”(under review, <https://arxiv.org/abs/2103.06620>, 2021).(김명옥, 「밀도드리 해금의 TDA Cycle Structure와 선율분석 비교」, 『동양음악』 제51집, 서울대학교 동양음악연구소, 2022. 13쪽에서 재인용)

41) TRAN MAI LAN; 최병찬; 김명옥; JUNG JAE HUN(정재훈), 「위상수학적 데이터분석을 이용한 국악연구 I -도드리와 수제천의 시김새를 중심으로」, 『한국음악연구』 제71집, 한국국악학회, 2022, 157-186쪽.

셋째, 저는 발표문을 읽으며 발표문의 내용이 오용록의 음군 연구⁴²⁾와 비슷한 느낌을 받았습니다. ‘음군’에 대해 오용록은 “단순히 음의 나열만이 아니고 이 안의 움직임도 포함하는 개념이며, 움직임이 포함되기 때문에 ‘동적 음계론’이며, 음을 한덩어리로 보기 때문에 ‘집합적 음계론’이다.”라고 정의하였습니다. 또한 오용록의 ‘음군’의 개념에 대해 강혜진은 “음군은 한국음악의 선율을 객관적으로 분석하기 위한 ‘선율 분석방법론’으로 발전시켜 나갈 수 있는 개념이다.”라고 말하였습니다. 발표자께서 오용록의 음군 연구를 감안하고 본 연구를 진행하였는지 궁금하고, 본 발표의 ‘선율 구성과 음 집합 연구’와 오용록의 ‘음군’의 차이에 대해 설명해주실 수 있는지 여쭙습니다.

넷째, 본 발표문의 연구대상은 <송구여지곡>과 <양청도드리>입니다. <송구여지곡>의 매 장단에서 주요음 2개를 뽑아 그 앞에 개방편인 문현을 넣어 4박의 <양청도드리>를 만들었습니다. 본 논문의 연구방법을 통해 두 곡의 관계성까지 확인할 수 있었다면 본 연구가 더욱 풍부해졌으리라 생각합니다. 혹여 추후 연구하실 계획이 있는지, 어떤 이유에서 여러 도드리 계열의 악곡들 중 파생관계에 있는 두 곡을 선정하였는지 궁금합니다. 또한 본 연구에서 제외되었던 <양청도드리> 7장은 끝까지 4박으로 연주하는 곡과 12박으로 변하는 곡의 2가지 버전이 있습니다. 두가지 버전의 악곡을 비교하는데도 위상수학적 데이터를 활용할 수 있지 않을까 생각합니다. 추후 후속 연구를 기다리겠습니다.

다섯째, 논평을 준비하며 <송구여지곡> 1장의 4장단만을 수기로 직접 골격음을 찾아보았습니다. 그 과정에서 하나의 의문점이 들었습니다. 대금 1장 3장단 5정간은

중	임	-중
---	---	----

으로 중과 임의 시가가 동일하였습니다.⁴³⁾ 이러한 경우에는 어떤 음정이 정간 대표음이 되는지 궁금합니다.

여섯째, II장 2절 1)항 (2)목 main stream matrix 마지막 문단에 “송구여지곡이 거문고 악보를 중심으로 전승되어 거문고 선율이 뼈대의 주축을 이룰 것이라는 연구자의 예상과는 달리 거문고는 84.7%로 비교적 낮은 수치이다. 송구여지곡의 전승 과정에서 나타난 선율의 변주가 특히 거문고에서 주도적으로 이루어진 것인지 검토가 필요하며, 이 과정을 통해 변주의 정도를 확인할 수 있는 지표로서 골격음 일치율의 활용이 논의될 수 있을 것이다.”라고 말씀하셨는데 저는 골격음 판정 과정에서 거문고의 문현(文絃)음을 다음 박의 음으로 인식하였기 때문에 이러한 결과가 나온 것은 아닌지 의문이 들었습니다. 이에 대해 발표자는 어떻게 생각하시는지 궁금합니다.

42) 오용록, 「상여소리를 통해본 노래의 형성」, 『한국음악연구』 제30집, 한국국악학회, 2001, 241~261쪽.

「수제천의 음군」, 『동양음악』 제27집, 서울대학교 동양음악연구소, 2005, 159~173쪽.

「가야금산조의 음群-김죽파류 진양조 1장을 중심으로」, 『한국음악연구』 제39집, 2006, 한국국악학회, 169~187쪽.

43)

沖 淋 - 沖

마지막으로 초학제적 연구를 진행하시느라 고생하셨을 발표자에게 수정하면 좋으리라 생각되는 부분을 간단하게 나열하며 본 논평을 마무리하고자 합니다.

첫째, 발표문 제목에 부제가 있으면 글을 읽고자 하는 사람이 이해하기 편할 것이라 생각합니다. 현재 발표문 제목은 「골격음 분석 도구를 통한 선율 구성과 음 집합 연구」입니다. 여기에 「골격음 분석 도구를 통한 선율 구성과 음 집합 연구 - 송구여지곡과 양청도드리를 중심으로」처럼 부제를 포함한다면 본 발표문의 연구범위가 정확하게 드러나리라 생각합니다.

둘째, 제가 받은 발표문에는 연구대상 악보에 대한 정보가 없었습니다. 본 발표문의 연구대상은 가야금, 거문고, 대금, 피리, 해금의 5개의 악기의 <송구여지곡>과 <양청도드리>입니다. 이 두 곡은 민속악곡이 아닌 정악곡이므로 각기 다른 저자와 출판사의 악보에서 크게 차이를 보이지 않겠지만, 연구대상 악보를 정확하게 적어주신다면 좋겠습니다.

셋째, 발표문에 한글과 영어가 혼용되어 발표문이 작성되어 있습니다. 예를 들어 서론 부분에는 node의 영어단어만 쓰여있는데, 결론 부분에는 음(node)으로 적혀있습니다. 가급적 한글과 영문을 통일하여 적어주시면 좋겠습니다.

넷째, II장 1절에서 악곡분석의 과정은 데이터 작성 - 원점 판정 - 골격음 판정 - 선율 구성 및 음 집합 분석으로 진행된다고 하였는데, II장 1절 1항은 데이터 작성이 맞지만 2항에는 한 박 단위의 정간 대표음 판정입니다. 악곡분석 과정의 순서를 본문의 내용에 맞게 수정하는 것이 맞는듯하여 말씀드립니다.

| 발표 4

정악보의 부호를 고려한 위상수학적 국악 분석
-계면가락도드리와 밑도드리의 시김새와 장식음을 예시로-

(허은우·최병찬, POSTECH)

정악보의 부호를 고려한 위상수학적 국악 분석

-계면가락도드리와 밀도드리의 시김새와 장식음을 예시로-

허은우(POSTECH)

최병찬(POSTECH)

정악보의 기호를 고려한 위상수학적 국악 분석

-계면가락도드리와 밀도드리를 예시로

발표자 : POSTECH 수학과 허은우
공동 연구자 : 최병찬, 김명옥, 정재훈, MaiLan Tran

목차

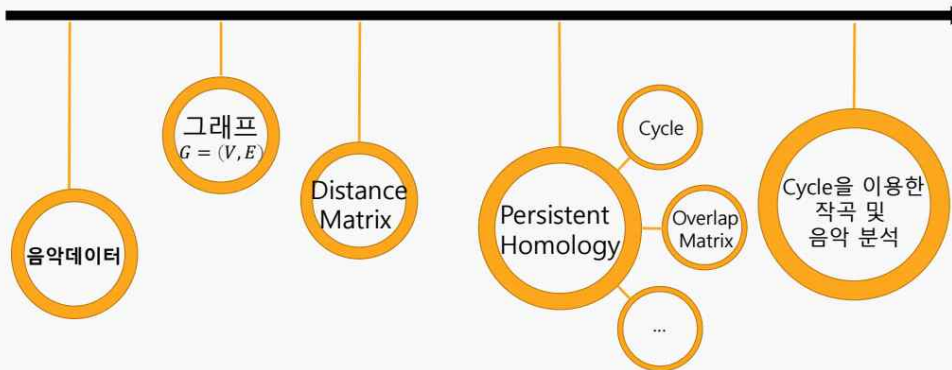
- 1 전체적인 분석 과정 소개
- 음악데이터의 위상수학적 분석
- 2 기호를 고려한 국악 분석
- 유형에 따른 가중치 적용

1

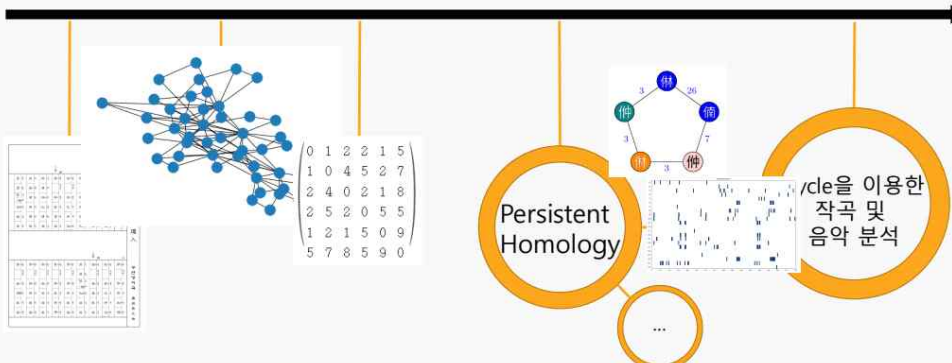
전체적인 분석 과정 소개

- 음악데이터의 위상수학적 분석

위상 수학적 데이터 분석 기법을 이용한 음악 분석의 전체적 그림



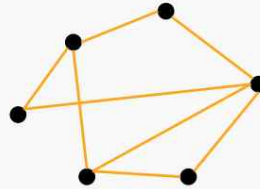
위상 수학적 데이터 분석 기법을 이용한 음악 분석의 전체적 그림



Graph Theory 간단한 용어 3가지!

1. Graph

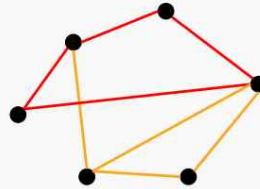
점(Vertex)과 변(Edge)로 이루어진 대상



Graph Theory 간단한 용어 3가지!

2. Cycle

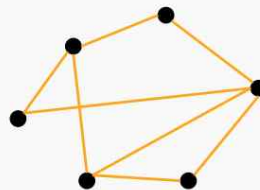
서로 다른 점들을 지나 다시 돌아오는 경로



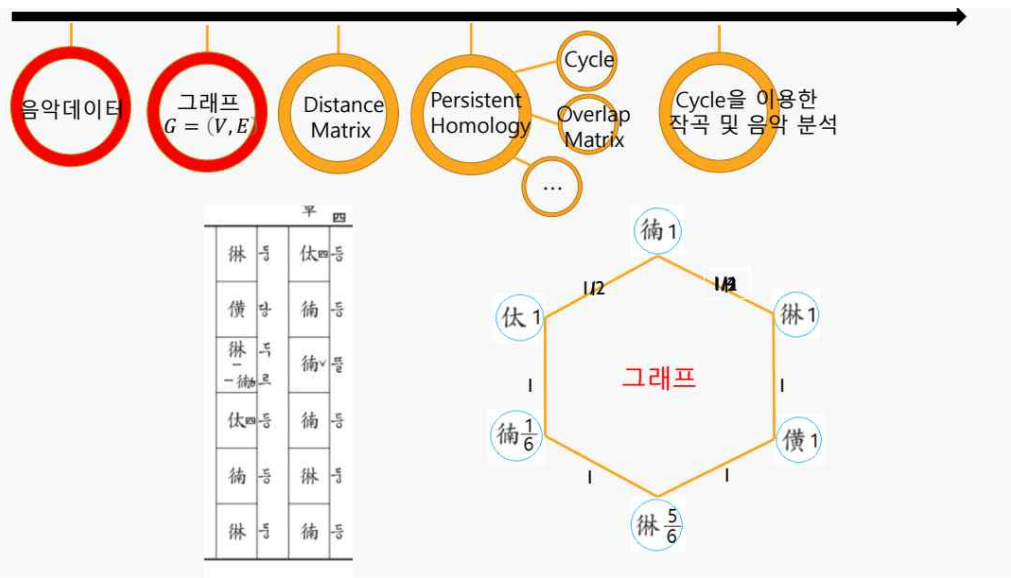
Graph Theory 간단한 용어 3가지!

3. Tree

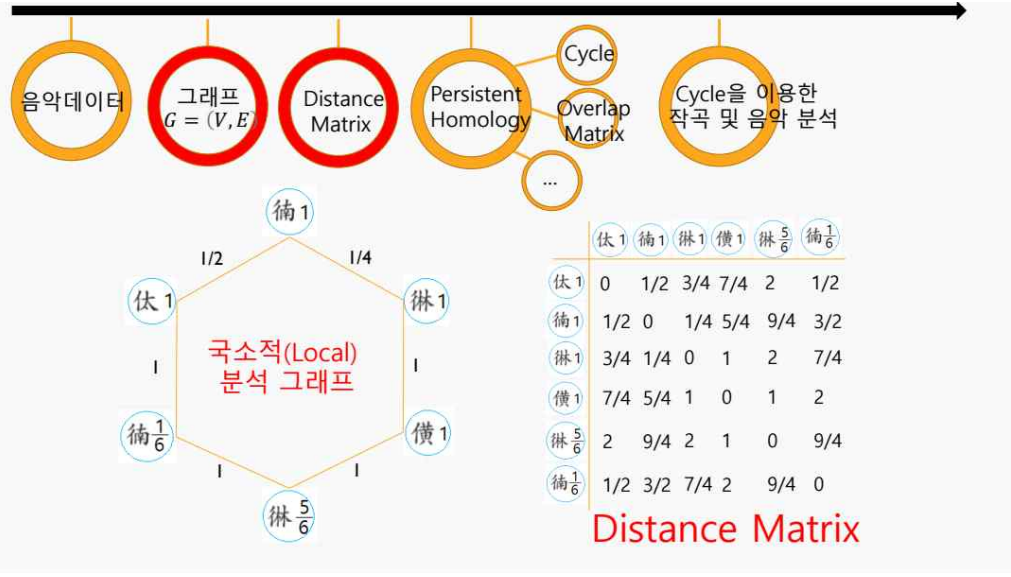
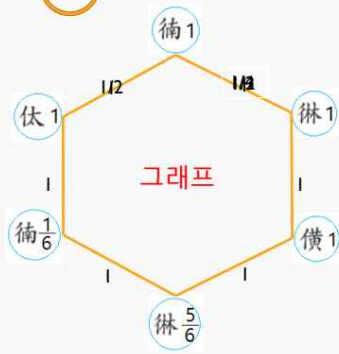
Cycle이 없는 Graph!
마치 나무의 줄기와 같다고 하여 Tree라고 한다.



바로 이 Tree가 Cycle을 어떻게 뽑아 주는지 알려주는 핵심 개념!

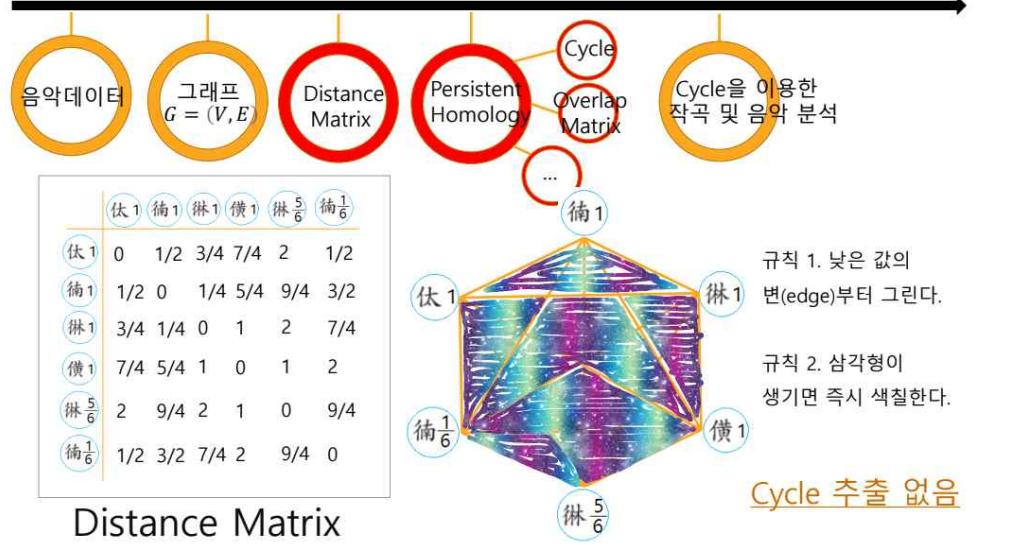


		부		사	
림	1	부	1	사	1
橫	1	부	1	사	1
림	1	부	1	사	1
부	1	부	1	사	1
橫	1	부	1	사	1
림	1	부	1	사	1



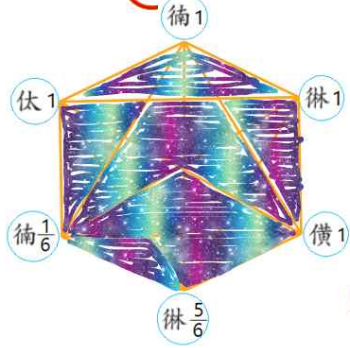
	伏 1	徧 1	淋 1	橫 1	徧 5/6	徧 1/6
伏 1	0	1/2	3/4	7/4	2	1/2
徧 1	1/2	0	1/4	5/4	9/4	3/2
淋 1	3/4	1/4	0	1	2	7/4
橫 1	7/4	5/4	1	0	1	2
徧 5/6	2	9/4	2	1	0	9/4
徧 1/6	1/2	3/2	7/4	2	9/4	0

Distance Matrix



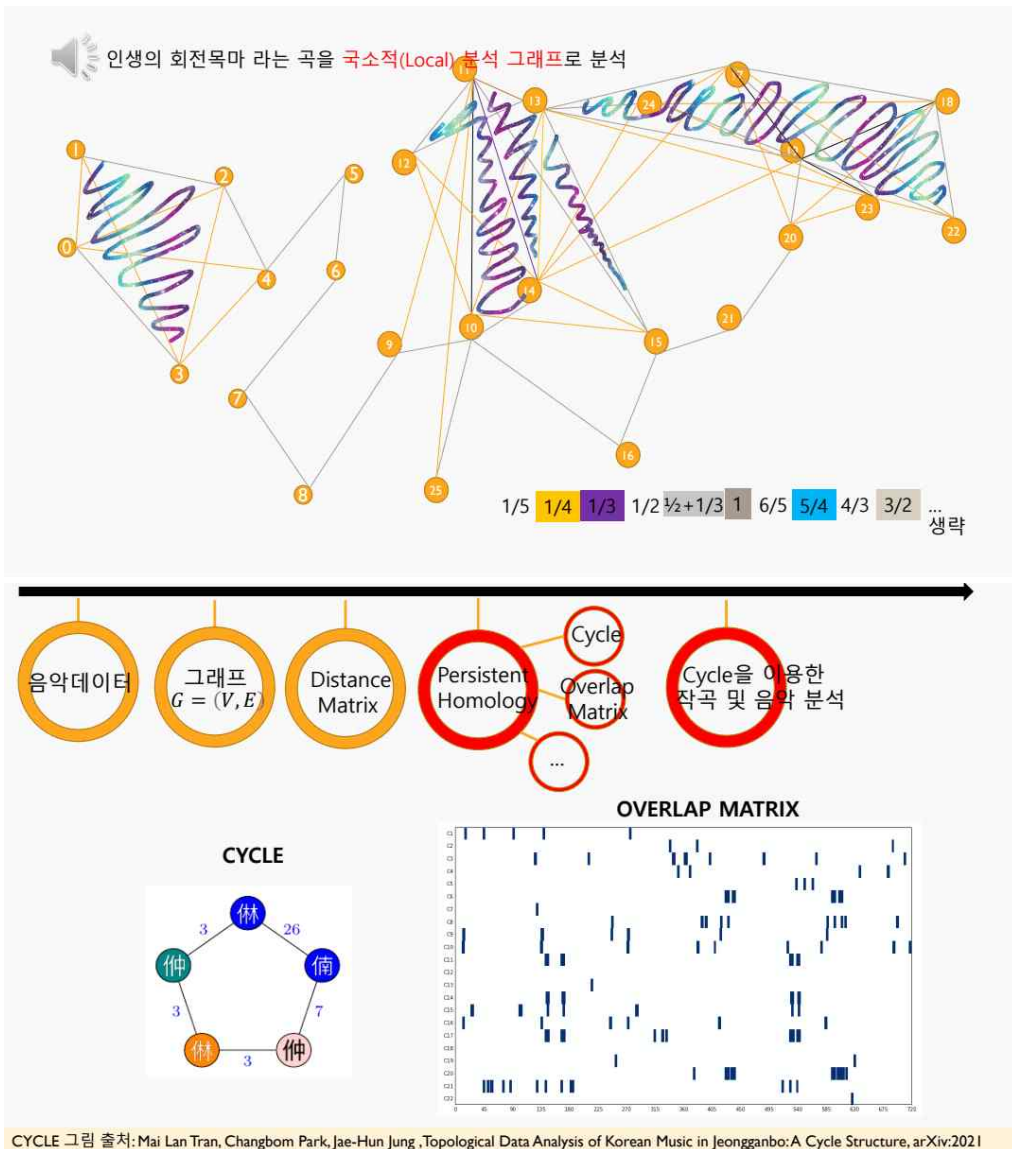
	伏 1	徧 1	淋 1	橫 1	徧 5/6	徧 1/6
伏 1	0	1/2	3/4	7/4	2	1/2
徧 1	1/2	0	1/4	5/4	9/4	3/2
淋 1	3/4	1/4	0	1	2	7/4
橫 1	7/4	5/4	1	0	1	2
徧 5/6	2	9/4	2	1	0	9/4
徧 1/6	1/2	3/2	7/4	2	9/4	0

Distance Matrix



- 규칙 1. 낮은 값의 변(edge)부터 그린다.
- 규칙 2. 삼각형이 생기면 즉시 색칠한다.

Cycle 추출 없음



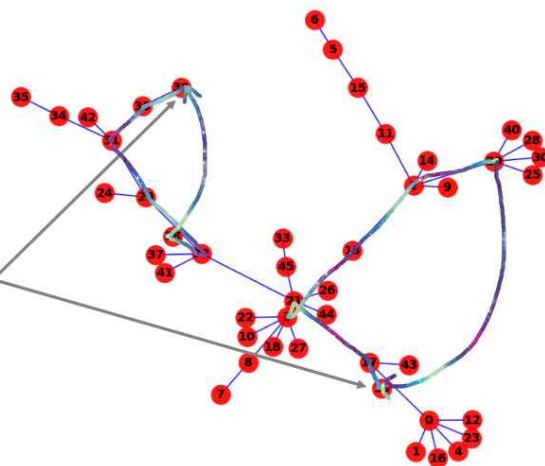
실제 예시

<수연장지곡> 가야금

In [10]: Show_cycles()

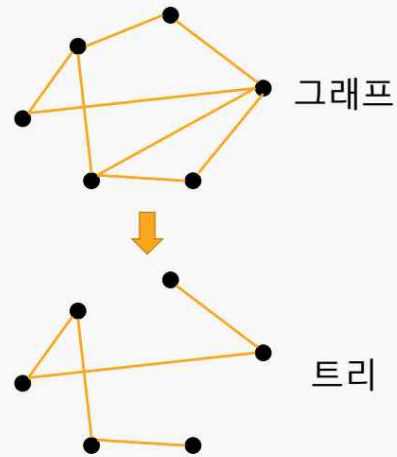
```

C_1 : [19, 20, 2, 13, 3, 21, 17]
C_2 : [30, 20, 2, 13, 3, 21, 17, 0, 29]
C_3 : [26, 21, 3, 13, 2, 20, 25]
C_4 : [28, 20, 2, 13, 3, 27]
C_5 : [32, 21, 3, 13, 2, 20, 30]
C_6 : [44, 21, 3, 13, 2, 20, 30]
C_7 : [34, 31, 29, 32]
C_8 : [36, 31, 29, 32]
C_9 : [35, 36, 31, 34]
C_10 : [39, 36, 31, 29, 32, 38]
C_11 : [41, 42, 31, 29, 32]
C_12 : [22, 3, 21, 17, 0, 12]
C_13 : [18, 3, 13, 2, 14]
C_14 : [18, 33, 45, 21, 3]
C_15 : [6, 9, 2, 11, 15, 5]
    
```



Sequential Tree

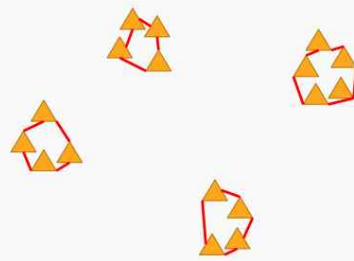
차례로 변을 추가할 때,
Tree를 위반하지 않도록
추가하면서 만든 Tree



국소적(Local)

변(Edge) 위에 부여 된 값을
두 음 사이의 거리라고 생각해 보자.

연속 연주 횟수가 많을수록 가까워지는 관점인
국소적 분석에서는 Cycle을 구성하는 점들을
그림으로 대강 표현 해 보자면, 다음과 같다.



Tree를 구성하는 뼈대가 가까운 점들이므로
아무래도 가까운 점들 끼리 Cycle을 구성할 확률이 높다.

2

기호를 고려한 국악 분석
- 유형에 따른 가중치 적용

타입 분류 (유형1/유형2) 대금-수연장

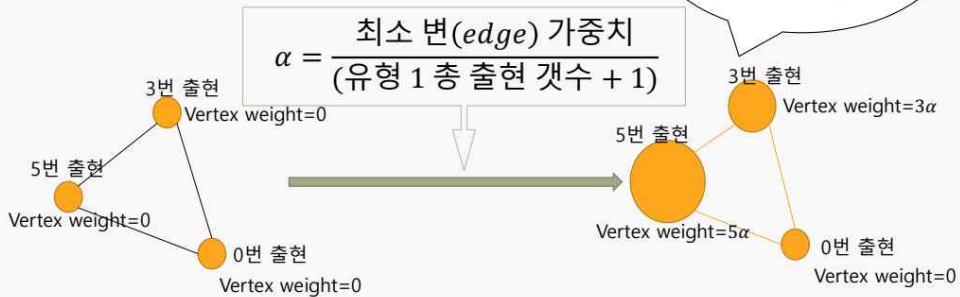
유형 1: 자신 그 자체에 관련 있는 기호
- 점(Vertex) 가중치(Weight)



타입 분류 (유형1/유형2) 대금-수

유형 1: 자신 그 자체에 관련 있는 기호

점(Vertex)의 weight는 점(Vertex)이 가진 몸집. 따라서 값이 커질수록 다른 점과의 거리가 짧아지는 효과를 준다.



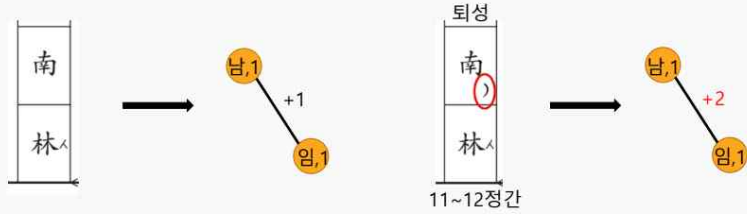
타입 분류 (유형1/유형2) 대금-수연장

Type 2: 연결에 중점이 있는 기호
- 변(Edge) 가중치(Weight)



타입 분류 (Type1/Type2) 대금-수연장

Type2: 연결에 중점이 있는 기호



단,

- 1 Type1, Type2 의 분류는 시김새와 장식음의 분류와는 무관하다.
- 2 Type 1과 Type2를 동시에 만족하는 데이터도 있다.
즉, 둘은 분류 기준이 아니다.
- 3 Type 1과 Type2 의 기준은 언제든지 바뀔 수 있다.
정답을 제시한 것이 아니다.

Type 1 예시 - 계면도드리와 밀도드리

김명옥 박사

type 1	분류명 발견명	전성	나래	나라	나나르	노래	노나르	노나-르	나나나	나나	피리켜	연필리	가문고 살고 (순경음)	잉리성	통통의 '음'	사령
대금		^	ㄱ	ㄷ	ㄹ	ㅁ	ㅂ	ㅅ	ㅇ	ㅈ	ㅊ					
피리		^	ㄱ	ㄷ	ㄹ											
해금		^	ㄱ	ㄷ										ㅍ	ㅑ	
가야금	ㅅ											8		ㅍ	ㅑ	
거문고	ㅅ											ㅍ				ㅑ

Type 2 예시 - 계면도드리와 밀도드리

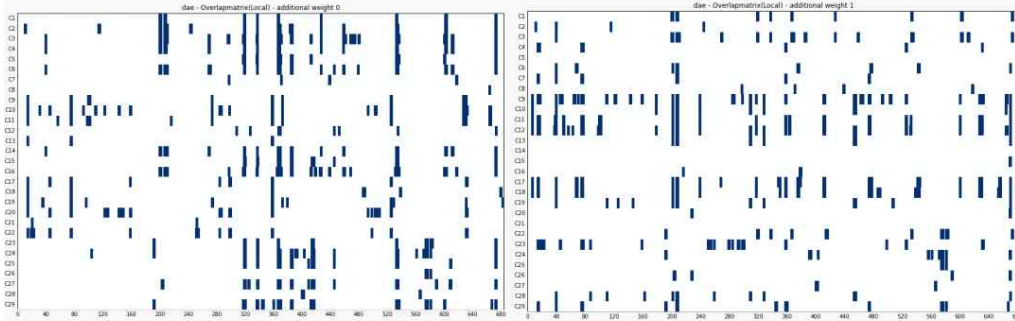
김명옥 박사

type 2		수성	퇴성	겹음표	시주	표면	시내외성	동(동음)	자음
대금				quote					
피리					6	9			
해금			quote			9			
가야금									
거문고									8

실제 분석 예시 (대금 수연장)

적용 전

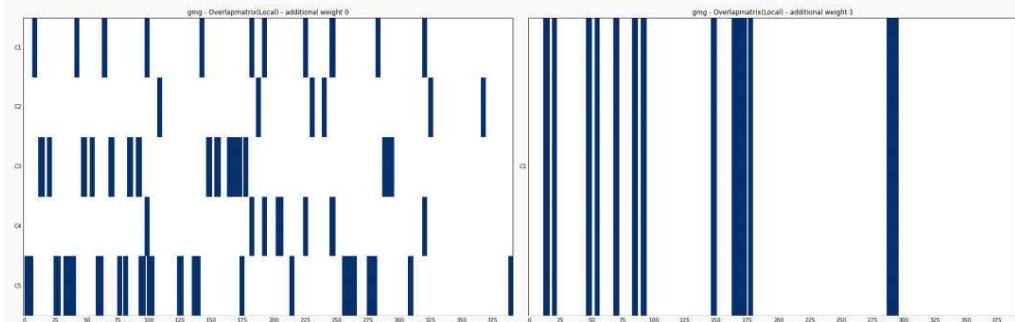
적용 후



실제 분석 예시 (거문고 수연장)

적용 전

적용 후



실제 분석 예시 (거문고 수연장)

적용 전

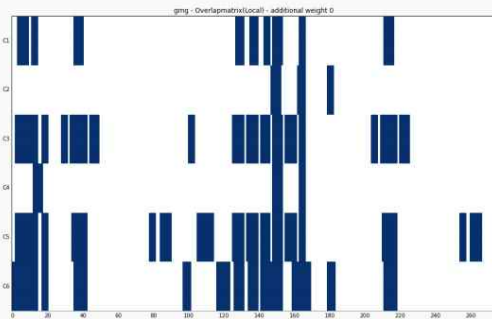
C1 : [('LL_im', '5/6'), ('LL_nam', '1/6'), ('L_tae', '1'), ('L_hwang', '1')]
 C2 : [('L_jung', '1+2/3'), ('L_tae', '1/3'), ('L_jung', '1'), ('L_im', '1')]
 C3 : [('LL_jung', '2/3'), ('LL_tae', '1/3'), ('LL_im', '1'), ('LL_jung', '2'), ('LL_jung', '1'), ('LL_tae', '1')]
 C4 : [('L_hwang', '1+2/3'), ('L_jung', '1/3'), ('L_tae', '1'), ('L_hwang', '1')]
 C5 : [('LL_mu', '2'), ('LL_mu', '1'), ('LL_im', '1'), ('LL_nam', '1'), ('L_hwang', '1')]

적용 후

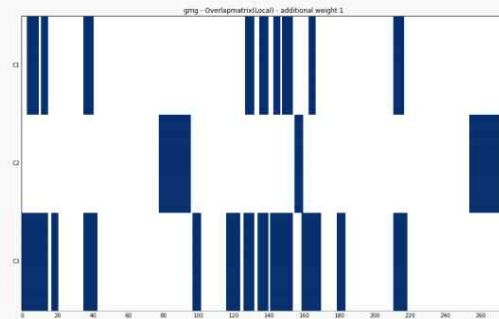
C1 : [('LL_tae', '1'), ('LL_jung', '1'), ('LL_jung', '2'), ('LL_im', '1')]

실제 분석 예시 (계면도드리-거문고)

적용 전

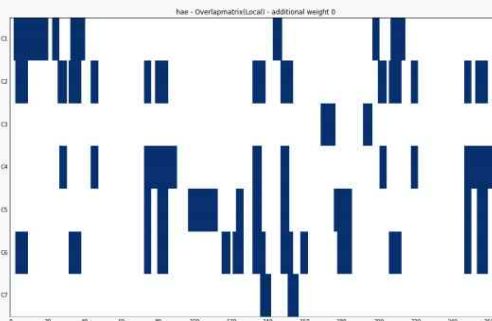


적용 후

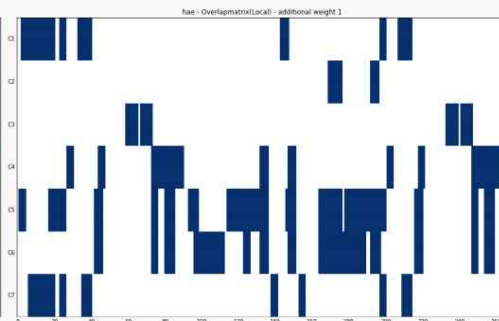


실제 분석 예시 (계면도드리-해금)

적용 전

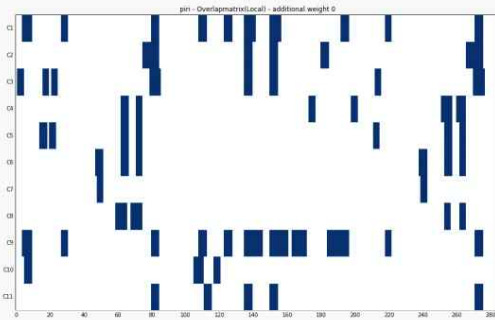


적용 후

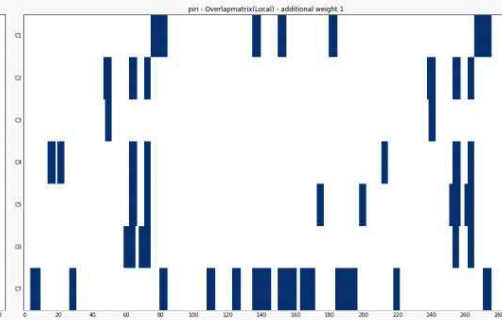


실제 분석 예시 (계면도드리-피리)

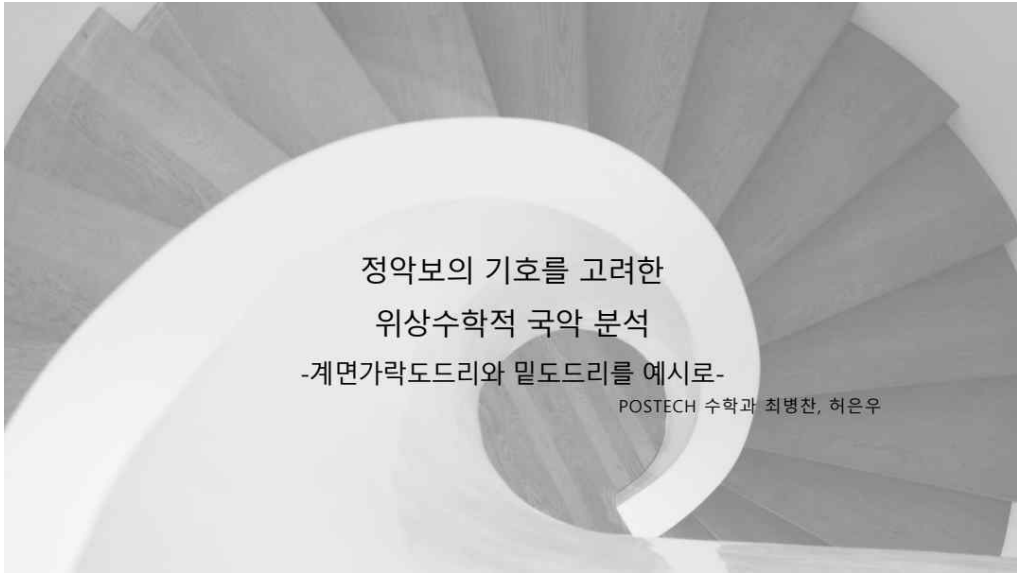
적용 전



적용 후



감사합니다.



정악보의 기호를 고려한
위상수학적 국악 분석
-계면가락도드리와 밀도드리를 예시로-
POSTECH 수학과 최병찬, 허은우

목차

- 1 장식음과 시김새의 등의 적용
- Weighted Graph를 이용한 분석
- 2 음악 데이터 입력 시스템 개선

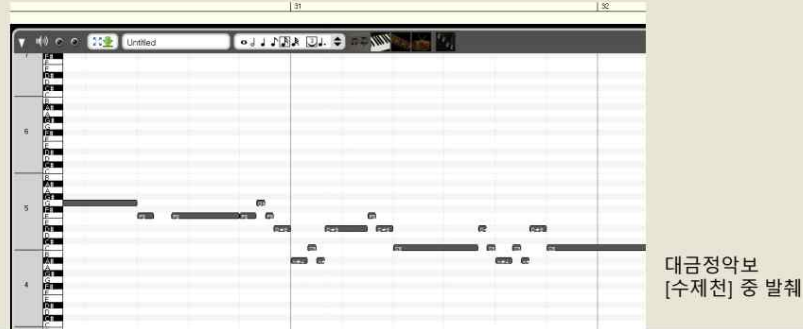


2. 음악 데이터 입력 시스템 개선

사보 과정의 간편화 및 부호의 입력

음악 데이터 입력 시스템 개선

기존 데이터 입력 프로그램: Aria Maestosa



음악 데이터 입력 시스템 개선

사용 이유:

- 입력이 완료된 데이터를 사용하기 쉬움
- Piano roll과 Staff view를 전부 사용할 수 있음

대금정악보
[수제천] 중 발체

```
<note pitch="59" start="0" end="640" volume="80" fret="8" string="0"/>
<note pitch="54" start="640" end="5120" volume="80" fret="13" string="0"/>
<note pitch="52" start="5120" end="5280" volume="80"/>
<note pitch="54" start="5280" end="5440" volume="80"/>
<note pitch="56" start="5440" end="5600" volume="80"/>
<note pitch="54" start="5600" end="5760" volume="80"/>
```

음악 데이터 입력 시스템 개선

한계점:

- 시김새와 장식음 등 정간보에서의 부호를 입력하기 어렵거나 매우 비직관적임
 - ✓ 즉 데이터 분석에서 부호를 고려하기 어려움
- 사보 과정이 직관적이지 않음

음악 데이터 입력 시스템 개선

신규 데이터 입력 프로그램: Sibelius

피리

계면가락도드리

사보 김명옥
Arranged by



仲	나	黄	노
仲	나	仲	나
黄	노		
9	곡	林	노
仲	나	仲	나
黄	노	黄	노
		9	곡

음악 데이터 입력 시스템 개선

GugAk font, GugAk Text font를 이용하여 기호 입력 가능
기호 입력: Lyric, musicXML로 export하여 사용

피리

계면가락도드리

사보 김명옥
Arranged by

음악 데이터 입력 시스템 개선

개선점:

- 시김새와 장식음 등 정간보에서의 부호를 입력하기 쉬움.
 - 즉 데이터 분석에서 부호를 고려할 수 있음
- 익숙한 프로그램을 사용하여 사보 과정이 직관적임
- MusicXML이라는, Aria Maestosa보다는 물론이고 midi 형식보다 많은 정보를 저장하는 형태로 저장하여 다양한 요소를 구체적으로 다룰 수 있음

감사합니다

<논평문>

국악의 수학적 연구에 대한 음악미학적·철학적 접근:
“정악보의 부호를 고려한 위상수학적 국악 분석”에 대한 논평

이수경(중앙대학교)

최악의 과학자는 예술가가 아닌 과학자이다.
최악의 예술가는 과학자가 아닌 예술가이다.

Armand Trousseau

어쩌다보니 과거 고3때 수포자가 국악의 수학적 연구의 논평을 받게 되었습니다. 저의 질문에 수학적으로 말이 안 되는 부분이 있다면 너그럽게 양해해주시기 바랍니다. 동서를 막론하고 본래 음악과 수학은 통합적인 사유체계 속에서 함께 사색되어져 왔습니다. 그러나 점차 서로 다른 전문화의 길을 걷게 된 결과, 지금은 서로의 언어와 사고방식, 연구방법을 이해하기에도 무척 어려울 만큼 떨어진 것 같습니다. 그렇지만 현재 같이 학문의 전문화 성향이 강화되고 지식이 전공분야의 울타리에만 갇힐 때 우리는 인간적으로 더욱 중요한 어떤 문제에 접근하는 통로를 차단당할 수 있습니다. 전문지식의 풍요가 오히려 창조적 사고와 번뜩이는 통찰의 빈곤을 초래할 수 있습니다. 그런 면에서 수학자와 물리학자, 그리고 음악학자가 초학제적으로 연결된 이 특별한 ‘사건’이 주는 의미와 파장을 결코 과소평가하고 싶지 않습니다.

제가 외부 연구자로서 “국악의 수학적 분석”을 수행하는 이 연구단에게 기대하는 바는, 각자의 전문영역에서 전공지식이 더욱 공고화되고 양적으로 팽창되는데 있지 않습니다. 서로 다른 분야에서 다른 방식으로 사고하고 연구해오던 사람들이 처음으로 연결되었습니다. 그러니만큼 기존에 각자 미처 숙고해보지 못했던 제3의 새로운 창조적인 사유가 일어날 수 있기를 기대합니다. 그리고 그것이 파편화된 전공의 울타리 안에 다시 묻혀버리지 않고, 인간의 자기 성찰과 우주자연에 대한 통찰력, 예술에 대한 심미적 해석을 풍요롭게 넓혀 줄 수 있는 창조적 씨앗이 되어주기를 희망합니다. 저의 논평은 이러한 생각을 바탕으로 합니다. 따라서 국악의 위상수학적 연구방식과 연구결과에 대해 음악학의 제한적 관점으로 쉽게 재단하지 않을 것입니다. 또한 제가 수학적 전문적 기법에 대해 논평할 만한 역량이 되지도 못합니다. 질문 드리고 싶은 것은 이 연구를 접하며 제가 받게 된 미학적·철학적 측면의 자극과 영감에 관한 것입니다. 두 가지 질문입니다.

첫 번째 질문은 국소적 분석에서 노드 간 연결 ‘거리’의 음악적 내지 철학적 의미에 대한 것입니다. 일반적으로 음악에서 ‘거리’라고 하면 장2도, 완전4도와 같은 음정 거리 또는 시간을 공간화한 리듬 비율로서 3:2:3과 같은 상대적 거리를 생각하게 됩니다. 그런데 이 연구의 첫 단계에서는 위상공간의 점들을 연결시키는 가중치로서 음과 음의 ‘연속 출현 빈도수’를 선택했고, 거리는 그 역수로 취했습니다. 이러한 사유는 인지언어학에서 말하는 소위 은유적 사고(metaphorical thinking)에 해당합니다. 은유적 사고란 개념적으로 어려운 추상적 대상을 인간이 신체적인 움직임을 통해 쉽게 이해할 수 있는 방식으로 은유하여 사고하는 방식을 말합니다. 이 연구에서 수학자님들은 연속적으로 더 자주 빈번히 연결되면 거리도 더 가깝다는 은유적 사고를 취했습니다. 일상적으로도 더 자주 만나고 더 자주 연락하는 사이는 심리적으로 가깝게 느껴집니다. 그래서 저는 이 연구의 ‘거리’ 정의를 심리적 공간감의 위상학적 배열로 해석해봤습니다. 음악연구자의 입장에서 볼 때, 음악공간의 ‘거리’를 이 같이 정의했다는 점이 미학적으로 굉장히 신선하게 다가왔습니다.

대개 인생에서 고등학교로 수학공부를 마친 보통 사람들에게 수학의 위력은 가까이 하기 어려운 난공불락의 절대적 진리처럼 다가옵니다. 그러나 괴델의 불완전성정리와 칸토어가 말하는 수학적 자유로움을 상기해볼 때, 수학이란 절대적이고 보편적인 진리라기보다 정의된 체계 내에서의 무한한 상상이 허용되는 유한한 진리이지 않나 싶습니다. 그렇다면 결국 중요한 것은 완전무결한 수학적 이론의 발견이 아니라, 수학이 펼쳐내는 인간의 무한한 상상력과 자유로운 사고 그 자체라고 생각됩니다. 그런 점에서 다시 수학과 음악이 아름답고 의미미하게 연결될 수 있다고 봅니다.

음악 역시 인간의 자유로운 예술적 상상의 결과물이고, 또한 음악은 모든 예술 중에서도 가장 추상적이라고 일컬어지는 예술입니다. 음악은 물리적으로 정말 건조하게 말해, 단지 〇〇〇Hz가 〇〇dB로 〇초간 지속하는 파동들일뿐입니다. 음악이 비로소 음악이 되는 즉, 음악적 의미가 탄생하는 공간은 인간의 마음 공간입니다. 우리가 흔히 음악의 객관적 속성이라고 생각하는 음계, 박자, 중심음과 주변음,上行과 하행, 추성과 퇴성 등의 모든 음악용어와 표현들이 실은 인지심리학적으로 볼 때 인간이 음악적 소리에 투사한 심리적 표상들입니다. 음악적 공간은 심리적 공간입니다. 저는 이 연구에서 수학자님들이 탄생시킨 국악 곡의 위상기하학적 구조물 또한 수학적 정신에 의한 마음 공간의 창조물이라 생각합니다.

다시 말해, 수학과 음악은 물적 대상이라는 철저한 현실성에 뿌리두기 보다는 볼 수 없고 만질 수 없고 닿을 수 없는 비현실공간의 추상성을 다룬다는 점에서 공통된다고 여겨집니다. 수학은 단지 무미건조한 논리체계가 아니며, 어떤 대상을 완전히 새로운 관점에서 새롭게 해석할 수 있는 인간정신의 자유로운 통찰과정이라 생각됩니다. 그렇기에 저는 이 연구에서 만들어진 음악의 위상기하학적 구조를 수학자님들의 마음속에서 내적으로 창조된 환상적인

건축물로 해석하고 싶습니다. 그런 관점에서 즉, 추상성의 측면에서 수학은 음악보다 한참 우위에 있습니다. 그래도 음악의 소리 파동은 인간의 피부감각, 신체세포, 심장과 소뇌를 직접적으로 건드리니까요. 그래서 저는 호몰로지 기법에 의해 건축된 위상기하학적 구조물이 겨울왕국의 얼음궁전 같이 차갑고 투명한 건축물일 것 같다는 상상을 해봅니다.

우리가 흔히 천재라고 부르는 사람들은 공감각적, 통합적으로 사고한다고 합니다. 창조적 사고는 전문지식의 장벽을 뛰어넘으며 사고와 직관, 느낌, 상상과 논리 사이를 오갑니다. 추상적인 수학에도 감각적이고 체험적인 직관력이 중요할 것 같습니다. 그래서 저는 수학자님들이 어떤 사고 과정에 의해 위상공간의 에지 가중치를 연속 출현빈도수로 설정한 것인지 궁금합니다. 이와 관련해 연구자분들은 선행연구에서 ‘거리 정의와 음악과의 관계가 무엇인지에 대한 논의는 분명하지 않다’고 밝히며, 후속연구에서 ‘노드 간 거리의 음악적 의미’와 ‘음악적 의미를 반영하는 노드 간 거리’에 대한 정의를 연구하겠다고 했습니다.⁴⁴⁾ 그 후속연구가 어떤 방향으로 진행될지 스포일러를 조금만 던져주실 수 있는지 여쭙고 싶습니다.

두 번째 질문은 도드리의 본질 내지 국악과 무한 개념에 대해 예술을 연구하는 수학자로서 어떻게 생각하는지입니다. 저의 논평은 철학적·미학적 측면에 집중되어 있기에, 도드리가 환입 형식이고 악곡에서 반복과 순환이 어떻게 나타나는지와 같은 음악적 면을 묻는 것이 아닙니다. 14세기 유럽 기악곡 중에 “나의 끝은 나의 시작이다(Ma fin est mon commencement.)” 라는 묘한 제목의 3성부 악곡이 있습니다. 희한하게도 그 곡의 중간성부는 윗성부를 끝에서부터 거꾸로 연주하고, 아랫성부 선율은 악곡의 절반 지점에서 데칼코마니 됩니다. 제가 생각하는 도드리의 본질을 먼저 말씀드리자면, 저는 도드리가 이와는 다른 방식으로 “나의 끝은 나의 시작”을 노래하고 있다고 봅니다. 잘 알다시피, 밀도드리의 마지막 72장단은 6장 첫 장단 및 7장 첫 장단과 완전 동일합니다. 그런데 이 선율은 지향성 측면에서 밀도드리의 시작선율과 같은 메시지를 던지고 있습니다. 그런 점에서 저는 도드리가 마치 자기 꼬리를 물고 영원히 순환하는 신화 속의 우로보로스(Uroboros)처럼 무한 순환하는 구조라고 미학적으로 해석하고 싶습니다. 이러한 순환관은 빅뱅 이후 무한 팽창하다가 싸늘히 식어버리는 빅칠(big chill)의 우주가 아닌, 빅크런치(big crunch)와 빅뱅이 무한 순환하는 무시무종(無始無終)의 불교적인 우주와 상징적으로 닮아 있습니다. 반면, 황병기 명인께서도 판소리와 산조 선율을 ‘무한’의 관점에서 논하신 바가 있는데, 그것은 빅칠의 우주에 가깝습니다. 황병기 명인은 어둠의 침묵으로부터 태동한 산조가 선율적 재현 없이

44) Mai-Lan Tran·이동진·정재훈, “국악의 기하학적 구조와 인공지능 작곡”, 『동양음악』 51, 2022, 73 쪽.

끝없이 변화하는 가운데 무한한 시간의 흐름 속으로 사라져 간다고 표현하셨습니다. 국악의 미학적 의미를 우주론의 무한과 연결지어봤는데, 수학에도 잘은 모르지만 엄청난 무한 개념이 있습니다. 국악을 연구하는 수학자로서 국악에서 ‘무한’의 개념에 상사될 수 있는 어떤 특성을 느끼신 바가 있으신지, 있다면 무엇인지 궁금합니다. 아무리 사소한 연상이라도 그것이 서로 다른 학문 영역에 있는 연구자들 간에 크나큰 지적 영감과 자극이 될 수 있습니다.

어느 물리학자의 우스갯소리입니다. 자기들은 그래도 땅에 발붙이고 다니는데 수학자들은 하늘을 날아다닌다는 것입니다. 그만큼 물리학은 현실적이고 반면 수학은 추상적이고 이데아적입니다. 그 말을 들으며 국악의 위상수학적 연구가 “보허자(步虛子)들에 의한 보허자 파생곡 연구”라는 생각에 미소가 가득해졌습니다.

이상으로 논평을 마칩니다. 감사합니다.

| 발표 5

계면가닥도드리의 위상수학적 분석 연구

(김명옥, KIAS)

계면가락도드리의 위상수학적 분석 연구

김명옥*

<차례>

- I. 머리말
- II. 정간보의 기호를 고려한 위상수학적 분석 방안
- III. 계면가락도드리의 위상수학적 분석
- IV. 맺음말

I. 머리말

1) <천년만세>와 <계면가락도드리>

<계면가락도드리>는 <천년만세>를 구성하는 세 개의 악곡 중 첫 번째 곡이다. 이 곡은 <도드리>와 관련이 있을 것으로 추정되나¹⁾ 두 곡의 관련성에 관해서는 아직까지 그 관계가 명확히 밝혀지지 않았다. 곡명에서 알 수 있듯이 이 곡은 악조가 계면조²⁾이고 타령 장단과 유사한 3소박 4박자의 장단으로 되어 있다.³⁾ 또한 <계면가락도드리>는 <도드리>와 달리 장별 구분이 없으며 총 42장단으로 구성되어 있다.

<천년만세>를 구성하는 세 곡은 일반적으로 함께 연주되기 때문에 연주 편성과 방법이 공통적이다. <천년만세>의 특징은 다음과 같다.

<천년만세>는 <계면가락도드리>, <양청도드리>, <우조가락도드리>의 세 곡으로 구성된 모음 곡이다. 주로 <영산회상>에 이어서 연주되는데, <천년만세>가 함께 연주될 때의 <영산회상>을 통칭하여 <가진회상>이라 부르기도 한다. 한편 <천년만세>를 구성하는 도드리 계통의 악곡들은 모두 고려시대 당악으로 전해진 <보허자>와 관계가 있다.⁴⁾

*고등과학원 초학제연구프로그램 위촉연구원

- 1) 장사훈, 『최신국악총론』, 세광음악출판사, 1985, 294쪽.
- 2) 정악의 계면조 악곡들에는 구성음의 변천을 겪은 악곡과 그렇지 않은 악곡이 모두 존재하여 악곡에 따라 출현음이 다른데, <계면가락도드리>의 경우 ‘黃 - 太 - 仲 - 林 - 無’의 출현음을 나타낸다. 이는 <영산회상>의 ‘상령산~타령’의 출현음과 동일하다.
- 3) 3소박 4박자가 1장단이 되는 장단이다. 정간보에 기보를 할 때는 1소박을 1정간으로 하여 12정간 1장단으로 적는다.
- 4) 국립국악원 편, 『대금정악보』, 2016, 69쪽.

여기에서 <영산회상>은 <현악영산회상>(다른 이름으로 <거문고회상>)을 뜻하며 <영산회상>과 <천년만세>를 함께 연주할 때는 <영산회상>의 중간에 <도드리>⁵⁾를 삽입하여 연주하는 경우가 많다.⁶⁾

<천년만세>의 세 곡 중에서 <양청도드리>와 <우조가락도드리>는 그 선율이 <웃도드리>와 관련되어 있다.⁷⁾ 그리고 <웃도드리>는 <밑도드리>의 파생곡이므로 <계면가락도드리>를 제외한 <천년만세>의 곡들은 모두 <밑도드리> 선율과 관련성이 밝혀져 있다.⁸⁾ 그리고 앞의 설명에서 볼 수 있듯이 <계면가락도드리> 또한 <보허자>, <도드리> 계통의 악곡들과 관련이 있을 것으로 예상되어 그 관련성에 대한 연구가 필요하다. 그런데 <계면가락도드리>는 여러 악기 선율의 관계에 대한 연구도 다른 <도드리> 관련 악곡들에 비해 부족하므로⁹⁾ 본 연구에서는 여러 악기 선율을 함께 분석하여 <계면가락도드리>의 특징을 먼저 살펴보고자 한다.

2) 시김새와 장식음을 고려한 위상수학적 분석

위상수학적 분석은 음악의 기하학적 구조를 파악하고자 하는 분석 방법이다. 정악곡의 위상수학적 분석 연구에 대하여 시김새를 적용한 분석의 필요성은 지속적으로 제기되어 왔다.¹⁰⁾ 한편 시김새의 유, 무만을 적용하여 <수제천>과 <밑도드리>를 분석한 연구에서 시김새 정보의 여부에 따라 악곡의 기하학적 구조가 달라질 수 있음을 알 수 있었다.¹¹⁾ 시김새는 한국음악을 표현하는 중요한 특징이므로 시김새 정보를 포함한 연구가 더욱 진행된다면 음악의 본질적 특징에 보다 다가설 수 있을 것이다. 그러므로 본 연구에서는 시김새 정보를 고려하여 <계면가락도드리>의 분석을 시도하였다.

-
- 5) 여기에서 <도드리>는 <밑도드리>와 <웃도드리>를 모두 칭한다. 두 곡은 동시에 합주가 가능한데 <가진회상>을 연주할 때 악기에 따라 음역에 맞게 <밑도드리> 또는 <웃도드리>를 선택하여 함께 합주한다.
 - 6) 이때 <밑도드리>나 <웃도드리>는 <영산회상>의 네 번째 곡인 <상현도드리> 중간부분에 삽입해 연주하고 <천년만세>는 영산회상의 마지막 곡인 <군악>의 뒤 순서에 연주한다. 이처럼 <영산회상>과 <도드리>, <천년만세>를 함께 연주하는 경우 그 구성은 조금씩 다르게 변화되기도 하는데 이를 통틀어 <별곡>이라고도 부른다.
 - 7) 장사훈, 「보허자논고」 『국악논고』, 1966.
 - 8) 장사훈은 <밑도드리>와 <웃도드리> 그리고 <양청도드리>, <우조가락도드리> 선율의 파생관계를 함께 설명하였다. 장사훈, 위의 책.
 - 9) <계면가락도드리>를 포함한 <천년만세>의 연구는 단일 악기선율 또는 악곡 비교 연구가 대부분이다. 홍은주, 「김윤덕의 界面가락도드리 가야금 선율 연구」, 한국전통음악학 제10집, 한국전통음악학회, 2009; 정예술, 「국립국악원 천년만세와 향제줄풍류의 뒷풍류 비교연구-호남풍류를 중심으로-」, 이화여자대학교 석사학위논문, 2011; 이경은, 「천년만세 선율 연구 -해금 선율을 중심으로 가야금, 거문고 선율 비교-」, 이화여자대학교 대학원, 석사학위논문, 2014; 정은경, 「천년만세 거문고선율을 비교분석 -국립국악원 풍류와 서울풍류를 중심으로-」, 한국예술종합학교 예술전문사학위논문, 2020.
 - 10) 「포항시풍류 간담회 채록문」, 『고등과학원 초학제연구프로그램 총서』, 도서출판예술, 2022, 282~317쪽.
 - 11) Mai Lan Tran 외, 「위상수학적 데이터분석을 이용한 국악연구 I -도드리와 수제천의 시김새를 중심으로」, 『한국음악연구』 제71집, 한국국악학회 2022.

그런데 시김새는 상당히 독특한 정보이다. 이를 위상수학적 분석에 적용하려면 시김새가 특정 율(律)과 결합된 요소인지 분리된 요소인지, 각 시김새의 길이와 움직임에 따라 어떠한 다른 정보로 취급할지 등에 대한 정보의 구분이 필요하다. 그리고 이와 함께 이러한 정보의 위상수학적 분석도구의 개발 또한 필요하다.

또한 정보 분석을 위해서는 시김새의 범주를 설정해야 한다. 시김새와 장식음의 범주 구분에 대해서는 여러 가지 의견이 있으나¹²⁾ 본 연구에서는 시김새와 장식음을 구분하고 시김새를 농음, 추성, 퇴성과 같은 ‘음의 표현기능’에 국한하려고 한다. 그런데 이때 시김새와 장식음은 그 경계가 명확하지 않다.¹³⁾ 이처럼 이 두 가지 요소는 음악에서 면밀한 관계를 형성하고 있고 각각 음악의 특징을 표현하는 중요한 요소이므로 본 연구에서는 시김새 정보와 함께 장식음의 정보를 포함하여 이에 따른 <계면가락도드리>의 기하학적 구조를 분석하고자 한다.

3) 연구범위 및 방법

<계면가락도드리>의 주요 악기인 거문고, 가야금, 해금, 피리, 대금의 선율을 위상수학적으로 분석하였다. 그 대상 악보는 국립국악원에서 편찬한 각 악기의 『정악보』이다.¹⁴⁾

이전의 위상수학적 분석 방법에서는 출현하는 모든 node에 대하여 동일한 기준으로 인접하여 출현하는 횟수에 따른 관계를 분석하였다. 이 경우 음악적으로 좀 더 중요한 의미를 지닌 정보와 그렇지 않은 정보가 연결되어 단순히 출현하는 횟수에 따라 중요도가 판단되었다.

그러므로 출현 횟수와 함께 음악적으로 보다 중요한 정보인 시김새와 장식음의 포함 여부에 가중치를 부여하여 해당 node가 더 중요하게 적용이 되도록 하는 방법을 적용하였다. 이때 시김새와 장식음은 다시 가중치를 부여하는 방법에 따라 type 1과 type 2로 재구분하여 각각 가중치를 부여하는 방법을 적용하였다. 이러한 가중치는 변화되는 값으로, 필요에 따라 다르게 부여할 수 있는데 본 연구에서는 시김새와 장식음이 출현하는 경우 가중치 1을 부여하는 경우를 분석하였다. 그리고 이에 대한 비교군으로 가중치 0과 3의 분석을 비교하여 살펴보았다.

12) 성기련, 『한국음악이론 연구의 쟁점』, 한국학중앙연구원출판부, 2020, 86~89쪽.

13) 국립국악원의 각 악기 『정악보』에서는 시김새와 장식음을 모두 다르게 구분하여 소개하고 있다. 이는 음악 실제에서 시김새와 장식음의 구분이 명확하지 않으며 악기마다 필요에 따라 구분하고 있음을 보여준다.

14) 분석대상 악보는 다음 악보집의 <계면가락도드리>이다. 국립국악원 편, 『거문고정악보』, 2015; 국립국악원 편, 『가야금정악보』, 2015; 국립국악원 편, 『해금정악보』, 2015; 국립국악원 편, 『피리정악보』, 2015; 국립국악원 편, 『대금정악보』, 2016.

본 연구의 <계면가락도드리> 분석은 정간보의 시김새와 장식음 정보를 적용하여 분석할 수 있는 위상수학적 분석 도구의 개발과 함께 진행되었음을 밝혀둔다.¹⁵⁾

II. 정간보의 기호를 고려한 위상수학적 분석 방안

1. 정간보 기호의 데이터 적용

기존의 연구방법 중 첫 번째 단계는 정간보의 율명과 길이 데이터를 ‘율명’ 과 ‘길이’ 정보를 결합하여 하나씩 입력하는 방법이었다. 이 방법은 시간이 오래 걸릴 뿐 아니라 시김새 정보를 적용하기 어려운 단점이 있다. 그러므로 보다 많은 악곡의 정보와 음의 높이, 길이, 시김새 유무, 장식음 유무와 기타 다른 정보를 필요에 따라 적용하거나 배제할 수 있는 방법이 필요하다.

또한 위상수학적 분석을 위해서는 정간보의 내용을 text형식의 정보로 전환하는 것이 필요하다. 정간보에 기보되는 율명, 율명의 길이, 각종 기호들은 각각의 정보로 변환될 수 있는데 이러한 정보의 효율적인 변환을 위하여 사보 프로그램을 사용하였다. 사보 프로그램에서는 정간보를 오선보에 사보한 후 musicXML로 변환하였다.

musicXML로 변환한 정간보의 정보 중에서는 수학적 분석에 고려할 요소들만을 선택할 필요가 있다. 악보를 변환한 musicXML에는 율명과 길이 뿐 아니라 불필요한 정보들과 서로 결합이 필요한 음악 정보들이 혼재한다. 그러므로 이들 정보 중 분석에 필요한 정보만을 추출해야 하는데 이를 위한 코드를 개발하여 적용하였다. 그 결과 분석에 필요한 율명과 길이, 시김새와 장식음 부호만을 추출할 수 있었다.

2. 정간보 기호의 type 분류

<계면가락도드리>의 음악표현의 특성을 반영하기 위하여 시김새와 장식음을 분석의 정보로 포함하였다. 이를 위하여 정간보의 출현 기호를 시김새/장식음/기타 3가지로 구분하고 이 중 시김새와 장식음 기호를 주요 정보로 고려하였다.

시김새와 장식음은 그 관계가 연속선상에 있어 그 경계의 구분이 모호하다. 본 연구에서는 시김새를 ‘음의 표현기능’ 으로 정의하고 장식음을 ‘짧은 시가로 특정 음의 앞이나 뒤에서 장식하는 음’ 으로 정의하여 <계면가락도드리>에 출현하는 관련 기호들을 시김새와 장식

15) 공동연구자는 허은우(POSTECH 연구원), 최병찬(POSTECH 연구원), Mai Lan Tran(POSTECH 박사후연구원), 정재훈(POSTECH 교수)이다.

음으로 구분하고 이 외의 기호는 적용하지 않았다. 한편 『대금정악보』에서는 ‘부호에 관한 기호’를 주법, 장식음과 구별하고 소개하고 있는데 여기에서 ‘부호’는 율명의 축약 기호로 간주하여 기호 정보가 아니라 율명과 길이 정보로 간주하여 악보 사보 시에 선율로 기보하였다.

이와 같은 정간보 기호의 음악적 분류에 더하여 위상수학적 분석을 위한 정보를 구분할 필요가 있다. 수학적 분석에서는 구분에 따라 가중치를 다른 방법으로 부여한다. 그러므로 다음과 같이 <계면가락도드리>의 시김새/장식음 기호를 구분하고 이를 다시 type 1과 type 2로 구분하였다.

1) 시김새와 장식음 기호

<계면가락도드리>에는 다음과 같은 시김새와 장식음이 출현하였다.

<표 1>16)

계면가락도드리_정악보_기호

시김새/ 장식음 기호의 명칭	시김새 (type 2)							장식음 (type 1)									
	추성	퇴성	전성	시루	루러	자출	연성	되레	나라	나니르	노네	노니르	노니-르	잉어질	동동히 들	씨쟁	
대금				quote...							colon	equal					
피리										zero	colon						
해금			quote...							zero							
가야금															asterisk	backsl...	
거문고																backsl...	

시김새는 ‘음의 표현기능’에 관한 기호로 국한하여 구분하였다. 여기에는 해당 음 자체의 움직임이 있어야 하므로 ‘추성’, ‘퇴성’, ‘전성’ 등을 시김새로 구분하였다. 거문고의 ‘자출’은 주법에 관한 기호로 분류할 수도 있으나 <계면가락도드리>에서 특정 음(林鍾)을 특정한 시김새(퇴성)으로 표현하고 있는데 거문고에서는 해당 음에 ‘퇴성’ 표기를 따로 하지 않고 ‘자출’로 표시하고 있다. 여기서 ‘자출’은 음의 강약, 음색의 변화, 퇴성이 포함된 표현이므로 시김새 기호로 분류하였다.

피리의 ‘시루’와 ‘루러’ 또한 시김새로 분류하였고 ‘전성’은 음 자체의 성질을 변화시키고, 시가가 긴 경우에 ‘는 추, 퇴성과 유사한 기능을 하기도 하므로 시김새로 구분하였다. 그리고 분석대상 악보에서는 ‘농음’의 표기가 발견되지 않았다.

16) 인용한 국악폰트는 ‘서울대학교 예술과학센터’ <http://catsnu.com/Main/Main.aspx>에서 공개한 자료이다.

2) type 1과 type 2

type 1과 type 2의 구분은 수학적 필요에 의한 구분이다. 두 가지의 type에 따라 위상수학에서 가중치를 부여하는 방법이 다른데 이를 위하여 음악적 구분과 별개로 type 구분이 필요하다.¹⁷⁾ 요컨대 하나의 음에 강조를 주는 기호는 type 1의 정보로, 음의 연결에 강조를 주는 기호는 type 2의 정보로 구분하였다.

그런데 각 기호를 구분한 결과 대부분의 시김새는 Type 2로 모든 장식음은 Type 1으로 구분되었다. 예외가 하나 있는데 그것은 ‘전성’이다. 전성은 음악적 특징에 따라 시김새로 구분하였는데 특정음을 지향하는 것과 같이 음의 연결에는 관여하지 않기 때문에 시김새 중 유일하게 Type 2로 구분하였다.

<계면가락도드리> 출현 기호의 type 1과 type 2의 구분은 <표 1>에서 색상으로 구분하였다. type 2에는 모든 장식음과 함께 ‘전성’이 포함된다.

Ⅲ. 계면가락도드리의 위상수학적 분석

1. 가중치의 적용

선행의 <밀도드리> 위상수학적 분석 연구에서는 모든 node를 동일한 정보로 간주하여 node 사이의 반복 횟수에 따라 가중치(weight)가 증가되었다. 그렇지만 본 연구에서는 type 1, 2로 구분된 기호가 적용된 node에도 가중치를 부여하였다. 그리고 반복음에도 가중치를 부여했는데 이때 반복음이란 기호 정보까지 포함한 동일한 node가 연달아 출현하는 경우이다.

이처럼 type 1, 2 기호 정보를 가진 node에 가중치를 부여한 이유는 이들 기호가 시김새 또는 장식음에 해당하기 때문이다. 시김새와 장식음은 음악적으로 중요한 의미를 지니기 때문에 이 기호들이 node와 결합하였을 때 가중치를 더 높게 부과함으로써 음악에서 상대적으로 더 중요하게 여겨지는 음들이 기하학적 구조에 생성되도록 하기 위한 것이다. 이러한 가중치의 값의 변화에 따른 양상을 통해 악곡에서 시김새와 장식음에 따른 다양한 기하학적 구조를 발견할 것으로 기대된다.

이때 가중치는 변화될 수 있는 값이다. 본 연구에서는 가중치를 0, 1, 3을 부여하여 계면가

17) 기호 구분에 따라 vertex weight와 edge weight를 각각 적용하기 위해 type을 구분하였다. 여기서 vertex는 node에 해당하는 점, edge는 node가 연결된 선을 의미한다.

락도드리의 주요 악기 선율을 각각 분석하였고 이 중에서 가중치 1을 부여한 결과를 중심으로 <계면가락도드리>를 분석하였다. 그리고 가중치 0과 3의 분석 결과를 비교하여 살펴보겠다.

2. 악기별 분석 결과

<계면가락도드리>의 위상수학적 분석은 처음 이루어지기 때문에 가중치를 1 적용한 분석을 진행하였다. 이 곡은 일반적으로 세악 편성¹⁸⁾으로 연주되는데 여러 편성 악기 중에서 거문고, 가야금, 해금, 피리, 대금 5가지의 주요 악기만을 선택하여 분석하였다. type 1과 type 2에 각각 가중치 0, 1, 3을 적용한 분석에서 각 악기별 모든 node list는 동일하며 각 악기별 cycle의 수는 차이가 나타났다. node list는 【부록1】을 참조하기 바란다.

가중치 1을 적용했을 때의 악기별 분석 결과는 다음과 같다.

1) 거문고의 분석 결과

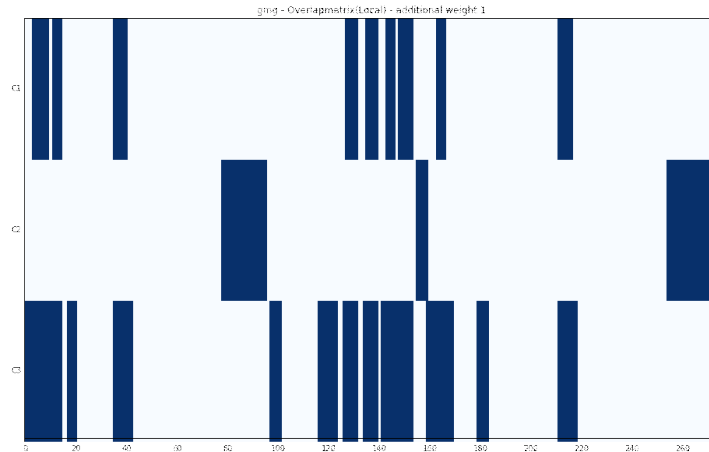
거문고의 분석 결과 가중치 1에서 33개의 node와 3개의 cycle¹⁹⁾이 생성되었다. 거문고의 cycle과 overlapmatrix는 다음과 같다.

<표 2>

거문고의 cycle (가중치 1)
C_1 : [('L_jung', '1/1'), ('L_hwang', '2/1'), ('L_hwang', '1/1'), ('L_jung', '2/1'), ('L_jung', '1/1')]
C_2 : [('L_jung', '1/1'), ('L_im', '7/4'), ('L_im', '1/4'), ('LL_hwang', '1/1'), ('L_im', '2/1'), ('L_jung', '1/1')]
C_3 : [('L_hwang', '3/1'), ('LL_im', '3/1'), ('L_im', '5/1'), ('L_im', '1/1'), ('L_jung', '2/1'), ('L_hwang', '1/1'), ('L_hwang', '2/1'), ('L_jung', '1/1'), ('L_im', '3/1'), ('L_jung', '3/1'), ('L_hwang', '3/1')]

18) 주로 풍류방 등에서 줄풍류 등을 연주할 때 편성된 작은 음량의 편성을 일컫는다.

19) cycle은 cycle 4, cycle 5를 c4, c5와 같이 칭하겠다.



<그림 1> 가중치 1_거문고 overlapmatrix

거문고에서는 node의 수가 풍부한 반면 cycle의 수가 3개로 상당히 적은 cycle이 생성되었다. 그리고 대부분의 경우에 cycle을 구성하는 node의 길이가 3/1, 2/1, 1/1과 같이 정수로 되어 있다. 한편 거문고의 node list를 보면 다양한 시가의 node들을 발견할 수 있는데 cycle을 구성한 node를 통해 정간 길이 단위의 리듬형이 거문고에서 주요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 또한 3정간을 의미하는 3/1과 같이 긴 시가의 node가 cycle에 상당히 포함되는 것은 계면가락도드리에서 거문고가 3정간 길이의 율명을 연주할 때 전성을 자주 사용하는 것과 관련이 있다.

cycle 구성 node 중 가장 짧은 길이인 c2의 ('L_im', '1/4') node는 선율에서 해당 node에 적용된 시김새나 장식음 기호는 없으나 출현 횟수가 많아 cycle을 함께 구성한 것으로 보인다.

c1을 구성하는 node들은 계면가락도드리의 첫 장단 선율을 떠올리게 하며 선율적으로 잘 연결된다. c2를 구성하는 node들 또한 자주 출현하는 선율을 반영하고 있다. 여기에는 (('L_im', '2/1'), ('L_jung', '1/1')) 두 node의 연결이 포함되어 있는데 이는 퇴성하는 '임중(林鍾)' 과 '중려(仲呂)' 의 결합으로, 정악 계면조의 특징을 보여준다.

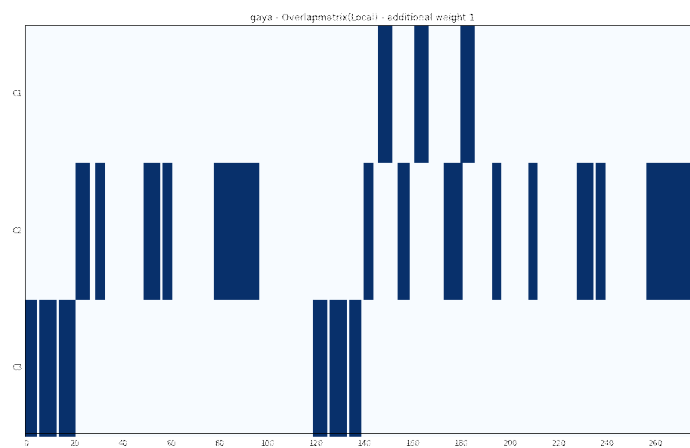
overlapmatrix에서는 특정 선율이 반영된 c2보다는 다양한 node의 결합으로 이루어진 c3이 더 자주, 넓은 영역에서 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

2) 가야금의 분석 결과

가야금에서는 가중치 1에서 25개의 node와 3개의 cycle이 생성되었다. 가야금의 cycle과 overlapmatrix는 다음과 같다.

<표 3>

가야금 cycle (가중치 1)
C_1 : [('L_jung', '3/1'), ('L_im', '3/1'), ('L_jung', '1/1'), ('L_hwang', '2/1'), ('L_jung', '3/1')]
C_2 : [('hwang', '3/1'), ('L_im', '3/1'), ('L_jung', '1/1'), ('L_im', '2/1'), ('hwang', '1/1'), ('hwang', '2/1'), ('hwang', '3/1')]
C_3 : [('L_jung', '5/2'), ('L_mu', '1/2'), ('L_im', '1/1'), ('L_jung', '2/1'), ('L_hwang', '1/1'), ('L_hwang', '2/1'), ('L_jung', '5/2')]



<그림 2> 가중치 1_가야금 overlap matrix

가야금 또한 전체 node의 수가 25개인 것을 고려할 때 cycle의 수가 3개로 상당히 적은 수의 cycle을 생성하였다.

가야금의 cycle을 구성하는 node들 또한 거문고와 유사하게 대부분 3/1, 2/1, 1/1과 같이 1정간이상의 긴 시가를 보이고 있다. c3에서는 (('L_jung', '5/2'), ('L_mu', '1/2'), ('L_im', '1/1'), ('L_jung', '2/1'))의 node의 결합이 곡의 첫 번째 장단의 가야금 선율을 반영하고 있는데 이와 비교하여 이 곡에서 4회 이상 출현하는 1/4 길이의 ‘뜰동’ 이 cycle을 형성하지 않고 소멸한 점이 흥미롭다. c3의 node 중 ('L_im', '1/1')은 위의 결합된 node 중에서 유일하게 ‘퇴성’ 기호를 가지고 있는데 ‘퇴성’ 은 type 2로 분류되었고 가야금 ‘뜰동’ 의 ‘뜰’ 은 type 1으로 분류되었다. 각 type은 가중치를 부여하는 방식이 다른데, 가야금의 위의 예에서 가중치 1을 부여할 때 type 1인 장식음 기호보다는 type 2인 시김새 기호가 더 중요하게 간주되었음을 알 수 있다.

가야금의 overlapmatrix에서는 c2의 영향력이 가장 크고 이 cycle의 각 node는 선율적으로도 잘 연결된다. 특히 c2에는 거문고의 c2와 같이 (('L_jung', '1/1'), ('L_im', '2/1')) 즉, 2정간의

임종과 1정간의 중력의 결합이 포함되어 있는데 이 작은 선을 진행은 <계면가락도드리>의 전반에서 자주 찾아볼 수 있다. 또한 가야금에서는 c2의 영향력이 곡 전반에서 지속적이라는 것을 알 수 있다.

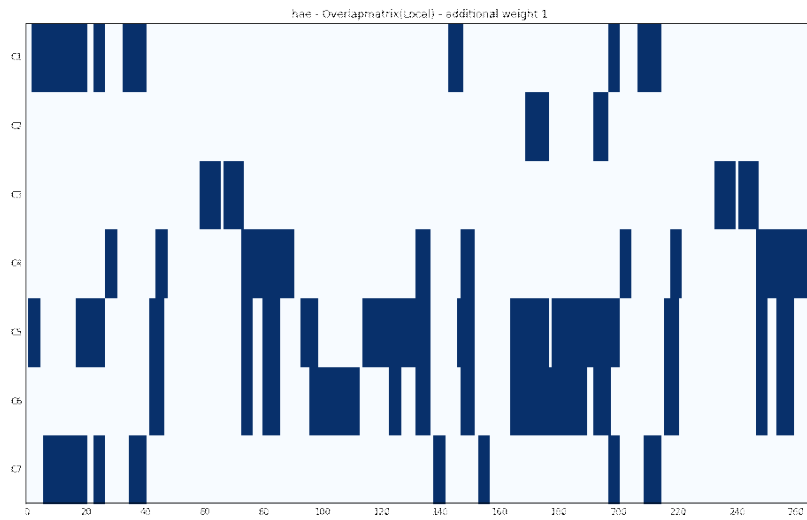
전반적으로 가야금과 거문고에서는 node의 다양성에 비해 cycle의 수가 적으므로 소멸되는 node의 수가 많은 공통점이 있다. 이는 이 두 악기에서 시김새나 장식음과 관련된 node의 수가 전체 node에서 상대적으로 적기 때문인 것으로 보인다.

3) 해금의 분석 결과

해금에서는 가중치 1을 적용한 분석에서 31개의 node와 7개의 cycle이 생성되었다. 해금의 분석 결과는 다음과 같다.

<표 4>

해금 cycle (가중치 1)
C_1 : [('tae', '2/1'), ('hwang', '1/1'), ('jung', '2/1'), ('im', '1/1'), ('mu', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('tae', '2/1')]
C_2 : [('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('H_hwang', '3/1'), ('im', '3/1'), ('jung', '3/1')]
C_3 : [('H_tae', '1/1'), ('im', '2/1'), ('H_hwang', '1/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_tae', '1/1')]
C_4 : [('jung', '1/1'), ('im', '3/2'), ('jung', '1/2'), ('mu', '1/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '1/1')]
C_5 : [('tae', '1/1'), ('jung', '2/1'), ('im', '1/1'), ('mu', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('im', '2/1'), ('H_hwang', '3/1'), ('im', '3/1'), ('jung', '3/1'), ('hwang', '3/1'), ('tae', '1/1')]
C_6 : [('jung', '1/4'), ('tae', '3/1'), ('hwang', '3/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '3/1'), ('H_hwang', '3/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('hwang', '2/1'), ('jung', '5/2'), ('mu', '1/2'), ('im', '3/4'), ('jung', '1/4')]
C_7 : [('jung', '9/2'), ('hwang', '1/2'), ('jung', '1/1'), ('mu', '2/1'), ('im', '1/1'), ('jung', '2/1'), ('hwang', '1/1'), ('jung', '9/2')]



<그림 3> 가중치 1_해금 overlap matrix

해금의 많은 cycle들이 거문고, 가야금과 같이 3/1, 2/1, 1/1 길이의 node들로 구성되어 있다. 한편 c5와 c6에서는 다음의 6개 node의 결합이 공통적이다.

{('jung', '1/1'), ('im', '2/1'), ('H_hwang', '3/1'), ('im', '3/1'), ('jung', '3/1'), ('hwang', '3/1'),}

이 중에서 다음 4개의 node 결합은 c2에서도 역순²⁰⁾으로 출현한다.

{('jung', '3/1'), ('im', '3/1'), ('H_hwang', '3/1'), ('im', '2/1'),}

위에서 c5와 c6에 중복 출현하는 node 중 {'jung', '1/1'}, {'im', '2/1'}는 이대로 혹은 이중 하나 이상의 node가 나머지 모든 cycle에서 출현하는데, 이것이 해금의 각 cycle을 연결해주는 중요한 연결 지점이라고 생각된다. 이 두 node는 거문고와 가야금의 c2에서 출현했던 node의 결합과 성질이 같은 ‘임(林)-중(仲)’의 연결 선율이다.

해금의 overlapmatrix는 7개의 cycle이 반영되어 거문고, 가야금보다 복잡해 보이지만 여기에서 <계면가락도드리>의 악곡 구조상의 특징을 발견할 수 있다. <계면가락도드리>의 해금 선율은 제5장단에서 제14장단까지의 10장단을 제33장단에서 마지막 장단인 제42장단의 10장단에서 동일하게 반복한다. 그러므로 이 곡의 구성은 A-B-C-B와 같이 되어있는데 해금의 overlapmatrix에서 이와 같이 반복되는 부분을 cycle의 배치 속에서 찾을 수 있다. overlapmatrix에서 총 42장단인 악곡의 끝의 10장단과 수평축의 20-100사이 구간의 cycle 양상을 비교해보면 동일함을 발견할 수 있다.

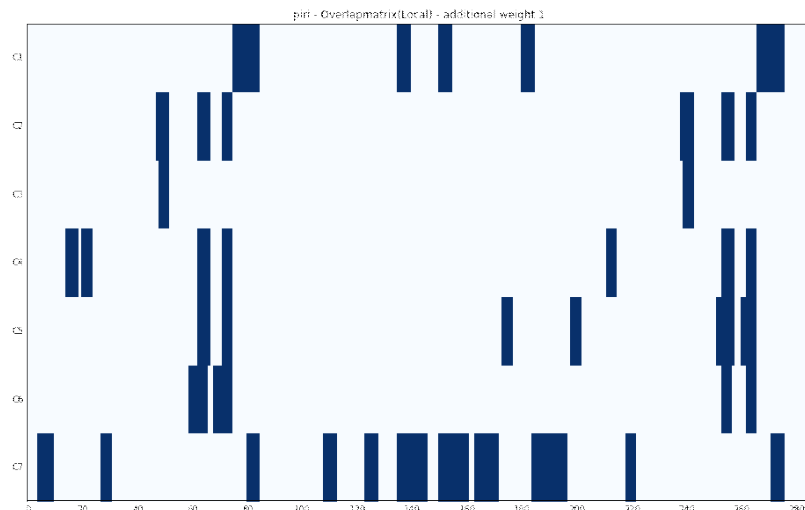
20) cycle은 결합된 node의 순환적 특징을 나타내므로 node의 결합 순서는 고려하지 않는다.

4) 피리의 분석 결과

가중치 1에서 피리의 분석 결과는 다음과 같다. 피리에서는 가중치 1에서 42개의 node와 7개의 cycle이 생성되었다.

<표 5>

피리의 cycle (가중치 1)	
C_1	[('im', '3/1'), ('jung', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '3/1')]
C_2	[('H_hwang', '3/1'), ('im', '1/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('H_hwang', '1/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_tae', '1/1'), ('jung', '1/4'), ('H_hwang', '3/1')]
C_3	[('H_hwang', '3/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_hwang', '1/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '1/1'), ('H_hwang', '3/1')]
C_4	[('mu', '2/1'), ('im', '1/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('H_hwang', '1/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_tae', '1/1'), ('jung', '1/4'), ('mu', '2/1')]
C_5	[('im', '1/1'), ('im', '3/4'), ('jung', '1/4'), ('H_tae', '1/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_hwang', '1/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '1/1')]
C_6	[('im', '7/4'), ('H_hwang', '1/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_tae', '1/1'), ('jung', '1/4'), ('im', '7/4')]
C_7	[('L_jung', '3/2'), ('L_im', '3/4'), ('L_jung', '1/4'), ('hwang', '3/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('hwang', '2/1'), ('tae', '3/4'), ('hwang', '1/4'), ('L_im', '1/2'), ('L_jung', '3/2')]



<그림 4> 가중치 1_피리 overlap matrix

피리의 cycle에는 중복되는 node의 결합이 다수 출현하였다. {('jung', '3/1'), ('im', '2/1'),

(‘H_hwang’, ‘1/1’), (‘H_hwang’, ‘2/1’))의 4개 node의 결합이 c2, c3, c4, c5에 출현하며 c2, c4와 c3, c5에서 각기 다른 node와 결합된 형태로 중복된다. 또한 이 4개 node의 일부인 {(‘jung’, ‘3/1’), (‘im’, ‘2/1’)}이 결합된 형태가 c1과 c7에 출현한다. 그러므로 위 두 node의 결합은 전체 7개의 cycle 중 c6을 제외하고 6개의 cycle에 중복하여 출현한다. 그러므로 피리에서는 특정 node의 결합된 형태가 각 cycle에서 상대적으로 높은 비중으로 반복되고 있음을 알 수 있다.

그리고 피리 역시 3/1, 2/1, 1/1 등 정수 길이의 node가 cycle의 대부분을 구성하고 있으나 c5, c6에서 1/4 길이의 node가 보인다. 이것은 주로 3/4 길이의 node와 결합되어 있는데 이는 피리의 선율적 특징을 반영하고 있다.

피리의 모든 cycle은 각기 길이가 다른 ‘임중(林鍾)’ 과 ‘중려(仲呂)’ node의 결합을 포함하고 있다. 각 악기의 음역에 따른 옥타브를 고려하지 않으면 이 두 음명의 결합과 cycle에서의 높은 출현빈도는 앞서 살펴본 거문고, 가야금, 해금의 특징과 동일하다.

피리의 overlapmatrix는 cycle이 중첩되는 면적이 적다는 점이 특징이다. 특히 <그림 3> 해금의 overlap matrix와 비교해보면 cycle의 수가 동일하지만 cycle의 중첩이 훨씬 적게 나타났다. 이러한 특징은 이러한 세악 편성의 곡에서 ‘해금과 피리의 선율은 거의 유사하다’ 는 음악적 관념과 상당히 다른 결과이다. 실제로 <계면가락도드리>에서는 두 악기의 선율이 유사한 부분이 많지만 선율의 리듬을 짧게 표현할 때는 그 분할하는 길이가 각기 다르고 시김새 또한 피리에서는 해금에서 사용하지 않는 type 2의 ‘시루’ 나 ‘루러’ 가 자주 사용되어 시김새에 따른 차이도 반영되었을 것으로 보인다.

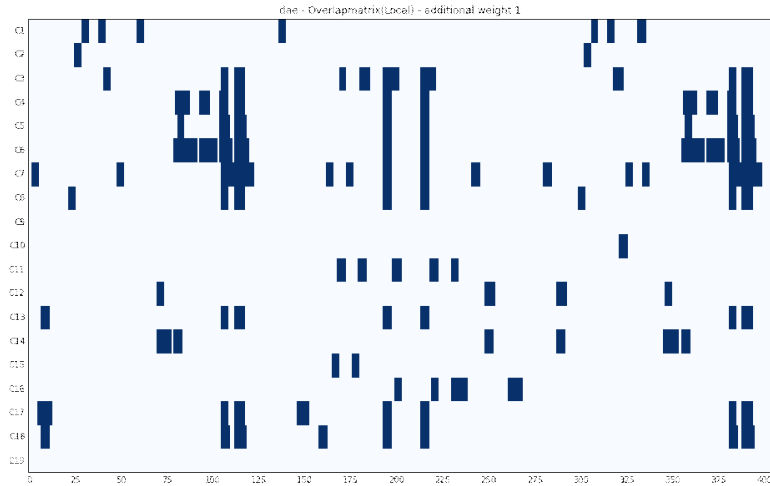
그리고 overlapmatrix에서 곡 전반에 c7의 출현이 다른 6개의 cycle보다 확연히 높다는 점을 발견할 수 있다. c7은 12개의 node로 구성되어 있는데 이를 구성하는 node의 음명은 대부분 ‘중려(仲呂), 임중(林鍾), 황중(黃鍾)’ 이다. 이 세 음은 정악 계면조에서 가장 중요한 역할을 하는데²¹⁾ 피리의 overlapmatrix 상의 c7의 예에서 이들 주요 음들의 역할을 확인할 수 있다. 또한 피리에서도 반복되는 10장단 선율의 패턴을 overlapmatrix에서 확인할 수 있는데 여기에서는 두 패턴이 완전히 동일하지 않고 미세한 차이가 있다. 그 이유는 선율을 반복할 때 해금은 거의 동일하게 반복하는 반면 피리는 선율에 약간의 변화를 주기 때문으로 보인다.

5) 대금의 분석 결과

대금에서는 가중치 1에서 55개의 node와 19개의 cycle이 생성되었다. 대금의

21) <영산회상>이나 <계면가락도드리>와 같이 변질된 계면조의 구성은 ‘임-황- 태’와 ‘황-중-임’의 결합으로 이루어진다. 장사훈, 앞의 책(1985), 101쪽.

overlapmatrix는 다음과 같다. 가중치 1에서의 대금의 cycle은 【부록2】에 수록하였다.



<그림 5> 가중치 1_대금 overlapmatrix

대금은 선율에서 리듬이 다양하게 분할되어 node의 수와 cycle의 수가 다른 악기에 비해 확연히 많이 생성된 것으로 보인다. 그리고 각 node의 결합 또한 다양하기 때문에 cycle의 수가 많을 뿐 아니라 각 cycle에서 다른 악기들과 비교하여 상대적으로 다양한 node의 결합을 발견할 수 있다.

c4는 c14와 관련되었다. {'H_hwang', '3/2'}, ('H_tae', '1/2'), ('H_hwang', '1/1'), ('im', '2/1')}의 4개 node의 결합이 두 cycle에서 중복된다. 그리고 c13은 c17과 관련되는데 {'hwang', '1/2'}, ('tae', '1/2'), ('hwang', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '1/1')}의 6개 node의 결합이 두 cycle에서 중복된다. 이와 같은 cycle 간의 구성 node의 중복은 해금과 피리에서도 나타났다. 그렇지만 대금의 경우 cycle의 수가 확연히 많은 19개인 점을 고려할 때, 각 cycle 간의 중복되는 부분의 비중이 높지 않고 총 19개의 cycle 전반에서는 2~3개 node의 짧은 결합이 중복되는 경향이 있다. 이는 해금, 피리의 cycle 구성과 다른 특징이다.

대금에서는 각기 다른 cycle에서 node의 동일한 짧은 결합이 중복되어 나타나는데 그 예시는 다음과 같다.

<표 6>

node의 결합	출현 cycle
('im', '3/2'), ('jung', '1/1')	c1, c5, c6, c7, c18
('mu', '1/2'), ('im', '1/1')	c2, c7, c8, c9, c14, c15

('im', '2/1'), ('jung', '1/1')	c3, c4, c5, c6, c7, c8, c13, c17, c18
('hwang', '1/1'), ('jung', '3/1')	c9, c10, c11, c16
('hwang', '2/1'), ('jung', '3/1')	c13, c15, c16, c17, c18
('im', '2/1'), ('mu', '1/2')	c7, c8, c9, c10, c14, c15, c19

이 중에서 $\{('im', '2/1'), ('jung', '1/1')\}$ 의 노드의 결합은 출현하는 cycle이 가장 많고 이전의 모든 악기에서 공통적으로 상당히 많은 cycle을 구성하고 있었던 ‘임중(林鍾)’ 과 ‘중려(仲呂)’ node의 결합이다. 이를 통해 대금에서도 역시 ‘임중(林鍾)’ 을 퇴성하여 ‘중려(仲呂)’ 로 향하는 계면조 선율의 특징이 cycle의 형성에 반영되었음을 여기에서 확인할 수 있다.

대금의 cycle에서는 정간보를 3박으로 분할하여 오선보에 셋잇단음표로 기보된 선율형이 반영된 cycle들을 발견할 수 있다. c12에서는 ‘중(沖)-태(汰)-황(潢)’ 의 선율을, c15에서는 ‘무(無)-임(林)-중(仲)’ 의 선율을, c16에서는 ‘중(仲)-태(太)-황(黃)’ 의 선율에 대한 node의 결합을 발견할 수 있다. 이와 같이 1정간을 3박으로 분할하는 리듬형은 <계면가락도드리>의 여러 악기 중 대금에서만 출현하며 대금 선율에서 반복 출현하는데 이와 같은 점을 cycle을 통해서도 찾아볼 수 있다.

대금에서는 다양한 구성의 여러 가지 cycle이 곡의 전반에 영향을 주나, overlap matrix에서 이들 cycle이 차지하는 면적이 다른 악기들에 비해 적은 편이며 이를 통해 상당히 다양한 선율적 요소가 대금의 <계면가락도드리>에서 고르게 적용되고 있음을 알 수 있다.

또한 대금의 overlapmatrix는 상당히 작게 분할된 cycle의 영역을 보여주고 있는데 cycle의 수가 많아 빈 공간이 많이 나타나지만 cycle의 중첩이 활발하고 수평축을 기준으로 보았을 때는 대부분의 구간에서 cycle이 작용하고 있다. 그리고 대금에는 overlapmatrix 상에 나타나지 않는 cycle들이 있는데 c9와 c19이다. cycle이 overlapmatrix에 나타나지 않는 경우는 이 분석에서 대금에서 유일하고 대금에서는 c2와 c10과 같이 영향력이 매우 적은 cycle도 찾아볼 수 있다.

한편 다소 복잡한 대금의 overlapmatrix에서도 <계면가락도드리>에서 반복되는 10장단이 반영된 양상을 확인할 수 있다. 대금 역시 반복할 때 선율에 약간의 변화를 주지만 overlapmatrix에서 반복되는 부분의 양상은 거의 동일하다.

3. 가중치 0, 1, 3의 분석결과의 비교

앞서 살펴본 가중치 1의 분석결과에 대하여 가중치 3과 0의 분석결과를 함께 비교하였다.

가중치별 자세한 분석이 가능하겠으나 여기에서는 가중치의 부여가 악기별 특징을 적절히 반영하고 있는지와 향후 가중치 값의 변화를 다양하게 부여하는 분석이 필요한지 여부를 살펴보기 위해서 앞서 분석된 여러 특성 중 일부를 다른 가중치의 분석 결과와 비교하겠다. 다음은 <계면가락도드리>에서 type1, 2에 가중치 0, 1, 3를 각각 적용한 결과 분석된 cycle과 node의 수이다.

<표 7>

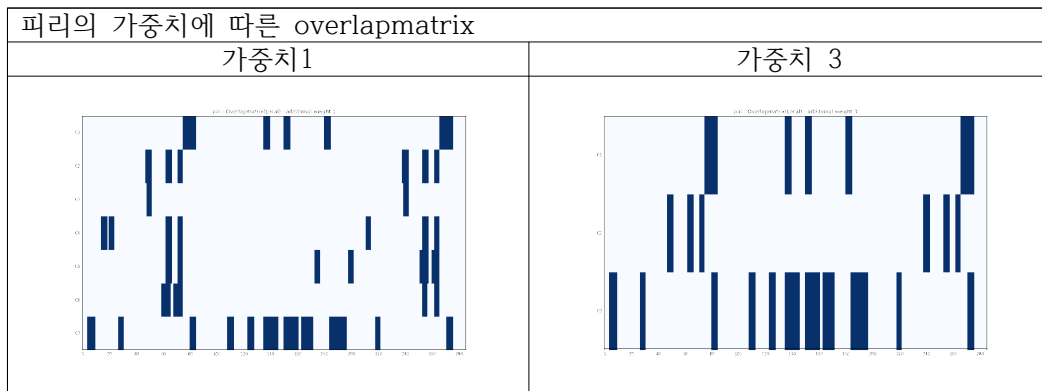
계면가락도드리의 가중치에 따른 cycle과 node의 수						
가중치	구분	대금	피리	해금	가야금	거문고
0	cycle	19	11	7	3	6
1	cycle	19	7	7	3	3
3	cycle	19	3	6	3	3
가중치 0,1,3 공통	node	55	42	31	25	33

가중치 1에 대한 <계면가락도드리>의 분석 결과의 의미를 파악하기 위해서 기호 type의 분류를 동일하게 적용하여 가중치 0과 3을 부여한 분석을 진행했다. 가중치 3은 <계면가락도드리>가 3정간 단위로 선율적 의미를 형성하기 때문에 부여한 가중치 값이다.

가중치 1과 3에서 모든 악기의 출현 node는 동일하였고 악기마다 cycle의 수는 피리와 해금에서 변화를 보였다. 가중치의 변화에도 대금과 가야금, 거문고의 cycle 수는 동일하고 해금에서는 cycle의 수가 7에서 6으로 하나 줄었으며 피리는 7에서 3으로 보다 큰 감소를 보였다.

가중치 1과 비교하여 가중치 3에서 각 악기별 overlapmatrix의 양상을 비교하면 거문고와 가야금은 동일하지 않으나 거의 유사하다. 한편 대금의 overlapmatrix는 가중치 값의 차이에 따른 변화가 없이 동일하며 피리와 해금은 cycle의 수와 overlapmatrix 모두 다른 결과가 나타났다.

<표 8>



〈표 8〉에서 피리의 경우 가중치가 1에서 3으로 증가함에 따라 cycle의 수가 급격히 줄어드는 것을 볼 수 있다. 피리에서는 가중치가 늘어날 때 특정 시김새를 가진 node가 포함된 cycle의 중요도가 선택적으로 상승하는 것으로 보인다.

한편 대금의 경우 가중치 1과 가중치 3에서 overlapmatrix가 동일하게 나타났다. 이점에 착안하여 가중치 0과 1에서 overlap matrix를 비교해본 결과 이들은 동일하지 않지만 상당히 유사하였다. 생성된 cycle의 수는 가중치 0, 1과 3에서 19개로 모두 동일했다. 시김새와 장식음 기호의 적용 유무와 가중치가 다르게 적용되었음에도 불구하고 overlapmatrix의 양상이 거의 유사한 것으로 보아 대금은 다른 악기에 비해 가중치 0, 1, 3의 사이에서 시김새 적용에 따른 차이를 덜 보였다. 특히 가중치가 1에서 3으로 변화되었음에도 불구하고 overlapmatrix가 동일했기 때문에 대금에서 가중치를 1미만 혹은 3초과와 같이 다양하게 부여하여 overlapmatrix가 변화를 멈추는 지점을 찾는 분석이 후속 연구에서 필요해 보인다.

IV. 맺음말

본 연구에서는 아직까지 위상수학적 분석이 적용되지 않았던 〈계면가락도드리〉에 시김새와 장식음 기호를 각각 type별로 분류하여 기호가 적용된 node에 가중치 1을 부여하여 그 악기별 특징을 분석하고 이를 가중치 3과 0의 결과와 비교하였다. 이를 통해 계면도드리의 가중치 1에 따른 악기별 기하학적 특징을 파악할 수 있었고 가중치 변화에 따라 시김새와 장식음에 따른 기하학적 구조가 변화될 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 가중치 1을 적용한 분석에서 정악 계면조의 특징과 〈계면가락도드리〉의 악곡 구조적 특징도 발견할 수 있었는데 그 내용은 다음과 같다.

모든 악기의 cycle에서 ‘임중(林鍾)’ 과 ‘중려(仲呂)’ node의 결합을 포함하고 있고

거문고를 제외한 모든 악기에서 이 결합이 여러 cycle에서 중복된다. 이러한 ‘임(林) - 중(仲)’ 또는 ‘중(仲) - 임(林)’의 node 결합은 각기 길이나 음역이 다를 수 있지만 모든 악기에서 공통적으로 cycle을 구성하는 비중이 높는데 이는 가중치 1을 부여한 분석에서 정악 계면조의 중요한 선율적 특징을 드러내는 결과라고 생각된다.

<계면가락도드리>에서 A-B-C-B의 구조로 반복되는 B부분에 해당하는 제5장단에서 제14장단까지의 10장단과 제33장단부터 제42장단의 10장단까지의 동일하거나 유사한 패턴의 양상을 각 악기의 overlapmatrix에서 확인할 수 있다.

그리고 가중치를 0, 1, 3으로 변화시킬 때 각 악기별로 cycle 수의 증감과 구성이 다르게 나타나지만 시김새와 장식음 기호의 가중치 부여 여부와 값의 차이에 따라 이와 같은 기하학적 구조의 변화가 나타나고 특히 가중치 1과 3에서 동일한 대금의 overlapmatrix를 통해서 시김새와 장식음에 적용하는 가중치 값의 크기가 특정한 구간 혹은 값에서 동일한 결과를 나타낼 수 있음을 알 수 있었다.

향후 가중치를 다양하게 변화시켜 적용하는 분석과 type 1과 type 2를 구분하여 가중치를 적용하는 분석 등 시김새와 장식음을 적용한 보다 다양한 분석이 필요하다.

<참고문헌>

- 국립국악원 편, 『거문고정악보』, 2015.
 _____, 『가야금정악보』, 2015.
 _____, 『해금정악보』, 2015.
 _____, 『피리정악보』, 2015.
 _____, 『대금정악보』, 2016.
- 성기련, 『한국음악이론 연구의 쟁점』, 한국학중앙연구원출판부, 2020.
- 장사훈, 『최신국악총론』, 세광음악출판사, 1985
 _____, 「보허자논고」 『국악논고』, 1966.
- 정예슬, 「국립국악원 천년만세와 향제줄풍류의 뒷풍류 비교연구-호남풍류를 중심으로-」, 이화여자대학교 석사학위논문, 2011.
- 정은경, 「천년만세 거문고선율 비교분석 -국립국악원 풍류와 서울풍류를 중심으로-」, 한국예술종합학교 예술전문사학위논문, 2020.
- 이경은, 「천년만세 선율 연구 -해금 선율을 중심으로 가야금, 거문고 선율 비교-」, 이화여자대학교 대학원, 석사학위논문, 2014.
- 홍은주, 「김윤덕의 界面가락도드리 가야금 선율 연구」, 한국전통음악학 제10집, 한국전통음악학회, 2009.
- Mai Lan Tran 외, 「위상수학적 데이터분석을 이용한 국악연구 I -도드리와 수제천의 시김새를 중심으로」, 『한국음악연구』 제71집, 한국국악학회 2022.

【부록1】

*비고

- (0, '1/1')의 '0': 침표를 뜻함.
- node 예시 ('L_jung', '2/1'): 분모의 1은 1정간 길이를 의미함. 2/1는 2정간에 해당. 'L'은 탁성, 'jung'은 중려를 의미하여 'L_jung'은 '배중려'를 뜻함.

<계면가락도드리>의 nodelist: 가중치 0, 1, 3에서 동일				
대금 55개	피리 42개	해금 31개	가야금 25개	거문고 33개
[('hwang', '2/1'), ('jung', '5/2'), ('mu', '1/2'), ('im', '1/1'), ('jung', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('hwang', '3/1'), ('jung', '3/1'), ('tae', '1/2'), ('hwang', '1/2'), ('hwang', '1/1'), ('jung', '3/2'), ('mu', '1/4'), ('im', '1/4'), ('mu', '2/1'), ('im', '2/1'), ('im', '1/2'), ('im', '3/2'), ('H_hwang', '4/1'), ('H_jung', '1/2'), ('H_tae', '1/2'), ('H_hwang', '1/2'), ('hwang', '3/2'), ('L_im', '1/2'), ('mu', '1/1'), ('H_hwang', '3/2'), ('H_hwang', '3/1'), ('H_tae', '3/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_jung', '1/3'), ('H_tae', '1/3'), ('H_hwang', '1/3'), ('H_jung', '3/1'), ('H_tae', '2/1'), ('H_tae', '1/1'),	[('hwang', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '1/1'), ('jung', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('hwang', '3/1'), ('hwang', '1/1'), ('im', '3/4'), ('jung', '1/4'), ('mu', '2/1'), ('im', '2/1'), ('im', '1/2'), ('H_hwang', '11/2'), ('mu', '1/1'), ('im', '7/4'), ('mu', '1/4'), ('im', '3/2'), ('jung', '1/2'), ('im', '11/4'), ('H_hwang', '3/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_hwang', '1/1'), ('H_hwang', '3/1'), ('H_tae', '3/1'), ('im', '3/1'), ('im', '6/1'), ('tae', '11/4'), ('L_im', '1/4'), ('hwang', '5/2'), (0, '7/2'), ('mu', '1/2'), ('mu', '3/2'), ('tae', '2/1'), ('tae', '3/4'), ('hwang', '1/4'), ('L_im', '1/2'),	[('hwang', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '1/1'), ('jung', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('tae', '2/1'), ('hwang', '1/1'), ('mu', '2/1'), ('im', '2/1'), ('mu', '1/1'), ('H_hwang', '4/1'), ('H_hwang', '3/1'), ('H_tae', '3/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_hwang', '1/1'), ('H_tae', '1/1'), ('im', '3/2'), ('jung', '1/2'), ('im', '6/1'), ('jung', '5/2'), ('mu', '1/2'), ('im', '3/4'), ('jung', '1/4'), ('tae', '3/1'), ('hwang', '3/1'), ('im', '5/1'), ('tae', '1/1'), ('jung', '9/2'), ('hwang', '1/2'), ('L_im', '1/1'), ('im', '3/1')]	[('L_hwang', '2/1'), ('L_jung', '5/2'), ('L_mu', '1/2'), ('L_im', '1/1'), ('L_jung', '2/1'), ('L_jung', '1/1'), ('L_hwang', '1/1'), ('L_hwang', '1/1'), ('hwang', '2/1'), ('L_im', '2/1'), ('hwang', '1/1'), ('L_im', '3/1'), ('hwang', '11/4'), ('L_im', '1/4'), ('LL_jung', '1/1'), ('hwang', '3/1'), ('tae', '3/1'), ('jung', '2/1'), ('tae', '1/1'), ('L_im', '4/1'), ('L_jung', '3/1'), ('L_hwang', '3/1'), ('L_im', '6/1'), ('L_mu', '2/1'), ('LL_im', '1/1'), ('LL_jung', '2/1')]	[('L_hwang', '2/1'), ('L_jung', '3/1'), ('L_im', '1/1'), ('L_jung', '2/1'), ('L_jung', '1/1'), ('L_hwang', '1/1'), ('L_jung', '3/2'), ('L_mu', '1/2'), ('L_mu', '1/1'), ('L_im', '3/1'), ('hwang', '2/1'), ('hwang', '1/1'), ('L_jung', '11/4'), ('L_mu', '1/4'), ('L_im', '2/1'), ('hwang', '15/4'), ('hwang', '11/4'), ('hwang', '3/1'), ('tae', '3/1'), ('jung', '3/1'), ('LL_hwang', '1/1'), ('L_im', '7/4'), ('L_im', '1/4'), ('L_im', '6/1'), ('L_jung', '7/4'), ('L_jung', '1/4'), ('L_jung', '4/1'), ('L_hwang', '3/1'), ('LL_im', '3/1'), ('L_im', '5/1'), ('L_mu', '2/1'), ('LL_mu', '3/1'), ('LL_hwang', '3/1')]

<p>(' H _ h w a n g ' , '1/1'), (' j u n g ' , '1/2'), (' t a e ' , '1/1'), (' i m ' , '9/1'), (0, '1/1'), (' t a e ' , '3/2'), (' L _ m u ' , '3/4'), (' L _ i m ' , '1/4'), (' h w a n g ' , '6/1'), (' m u ' , '1/3'), (' i m ' , '1/3'), (' j u n g ' , '1/3'), (' m u ' , '3/2'), (' t a e ' , '1/3'), (' h w a n g ' , '1/3'), (' L _ i m ' , '2/1'), (' L _ m u ' , '1/2'), (' i m ' , '3/1'), (' j u n g ' , '6/1'), (' m u ' , '33/4')]</p>	<p>(' L _ j u n g ' , '3/2'), (' L _ i m ' , '3/4'), (' L _ j u n g ' , '1/4'), (0, '1/1'), (' m u ' , '4/1')]</p>			
---	--	--	--	--

【부록2】

대금의 cycle (가중치 1)
C_1 : [('im', '3/2'), ('jung', '1/1'), ('im', '1/4'), ('mu', '1/4'), ('im', '3/2)']
C_2 : [('jung', '2/1'), ('im', '1/2'), ('mu', '1/2'), ('im', '1/1'), ('jung', '2/1)']
C_3 : [('jung', '1/1'), ('hwang', '3/2'), ('L_im', '1/2'), ('hwang', '1/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '1/1)']
C_4 : [('H_hwang', '3/2'), ('H_tae', '1/2'), ('H_hwang', '1/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('H_hwang', '3/2)']
C_5 : [('H_hwang', '1/2'), ('im', '3/2'), ('jung', '1/1'), ('im', '2/1'), ('H_hwang', '1/1'), ('H_tae', '1/2'), ('H_hwang', '1/2)']
C_6 : [('H_tae', '1/1'), ('jung', '1/2'), ('im', '3/2'), ('jung', '1/1'), ('im', '2/1'), ('H_hwang', '1/1'), ('H_tae', '1/2'), ('H_hwang', '3/2'), ('H_tae', '1/1)']
C_7 : [('jung', '2/1'), ('mu', '1/1'), ('jung', '1/2'), ('im', '3/2'), ('jung', '1/1'), ('im', '2/1'), ('mu', '1/2'), ('im', '1/1'), ('jung', '2/1)']
C_8 : [('mu', '2/1'), ('im', '1/1'), ('mu', '1/2'), ('im', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('mu', '2/1)']
C_9 : [('hwang', '1/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('mu', '1/2'), ('im', '1/1'), ('jung', '2/1'), ('hwang', '1/1)']
C_10 : [('hwang', '1/1'), ('jung', '3/2'), ('mu', '1/2'), ('im', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('hwang', '1/1)']
C_11 : [('jung', '1/3'), ('hwang', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('hwang', '1/1'), ('L_im', '1/2'), ('hwang', '3/2'), ('jung', '1/3)']
C_12 : [('H_hwang', '1/3'), ('H_tae', '1/3'), ('H_jung', '1/3'), ('H_hwang', '2/1'), ('im', '1/1'), ('jung', '2/1'), ('H_hwang', '1/3)']
C_13 : [('hwang', '1/2'), ('tae', '1/2'), ('hwang', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('hwang', '1/2)']
C_14 : [('H_hwang', '1/3'), ('H_jung', '3/1'), ('H_tae', '2/1'), ('H_tae', '1/1'), ('H_hwang', '3/2'), ('H_tae', '1/2'), ('H_hwang', '1/1'), ('im', '2/1'), ('mu', '1/2'), ('im', '1/1'), ('H_hwang', '2/1'), ('H_jung', '1/3'), ('H_tae', '1/3'), ('H_hwang', '1/3)']
C_15 : [('im', '1/3'), ('jung', '1/3'), ('hwang', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('mu', '1/2'), ('im', '1/1'), ('jung', '2/1'), ('mu', '1/3'), ('im', '1/3)']
C_16 : [('tae', '1/3'), ('hwang', '1/3'), ('L_im', '2/1'), ('L_mu', '1/2'), ('L_im', '1/2'), ('hwang', '1/1'), ('jung', '3/1'), ('hwang', '2/1'), ('jung', '1/3'), ('tae', '1/3)']
C_17 : [('L_im', '1/4'), ('L_mu', '3/4'), ('hwang', '1/2'), ('tae', '1/2'), ('hwang', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '1/1'), ('hwang', '3/1'), ('L_im', '1/4)']
C_18 : [('hwang', '6/1'), ('im', '3/2'), ('jung', '1/1'), ('im', '2/1'), ('jung', '3/1'), ('hwang', '2/1'), ('tae', '1/2'), ('hwang', '1/2'), ('L_mu', '3/4'), ('L_im', '1/4'), ('hwang', '6/1)']
C_19 : [('im', '9/1'), (0, '1/1'), ('im', '2/1'), ('mu', '1/2'), ('im', '9/1)']

<논평문>

무엇을 위한 분석인가? 한국전통음악 분석 연구의 새 지평 열기 “계면가락도드리의 위상수학적 분석 연구”에 대한 논평

임현택(국립국악원, 동양음악연구소)

고등과학원 초학제 국악연구 독립연구단은 한국전통음악의 생성 및 창작 원리와 그 고유의 특징을 수학적으로 분석하여 우리음악이 가진 독특한 구조와 차별성, 그리고 우리음악에 담긴 우주론적 함의를 과학적으로 풀어내는 데 목적을 두고 있다.

청각 현상인 음악적 소리가 물질성을 지닌 시각 현상으로 치환된 악보는 일정한 ‘의미작용을 담은 기호체계’이다. 한국전통음악의 경우 실제 발현된 소리에 담겨진 의미가 그것을 기록한 악보보다 더욱 중요시되고 있다. 우리음악과 더불어 그 음악을 담고 있는 기호체계는 우주 만물의 철학적 요소를 담고 있으며, 융통성이 많은 ‘열린 음악적’ 요소를 내포하고 있지만, 단순히 국악은 아름다운 것이며 말로 형용할 수 없는 신비한 것이라 포장할 수만은 없다. 우주의 신비가 깨진다는 이유만으로 우주의 탐험을 멈출 수 없듯이 비록 음악분석의 한계점이 드러난다고 하더라도 일종의 권위의식과 신비감에 도취된 채 한국전통음악의 열개를 과학적으로 분석하려는 노력을 소홀히 하고 방관할 수만은 없는 것이다.

그런 의미에서 고등과학원 초학제 국악연구 독립연구단과 서울대학교 동양음악연구소가 공동으로 주최하는 이번 학술대회 ‘도드리와 도드리 파생곡 연구: 음악적 질문과 수학적 방법론’의 중요성이 크게 다가온다.

잘 알려져 있듯이 도드리(밀도드리)는 보허자의 환입과 미후사의 일부를 발췌하여 변주된 악곡으로, 1950년대부터 70년대까지 진행된 선행 연구를 통해 보허자 파생 기악곡 간의 변주 관계는 어느 정도 밝혀진 상태이다.²²⁾ 이후 주로 석사학위논문을 통해 보허자 파생 기악곡의 미시적 분석이 지금까지 지속되고 있다. 그러나 그 연구가 주로 석사학위논문에 편중되어 있고, 거문고와 가야금과 같은 특정 현악기에 치중되고 있어 보허자 파생 기악곡에

22) 장사훈, “보허자논고”, 『최현배선생 환갑기념논문집』, 1954; 이해구, 『한국음악연구』, 국민음악연구회, 1957; 장사훈, 『국악논고』, 서울대학교출판부, 1966; 장사훈, 『한국전통음악의 연구』, 보진재, 1975, 13-63쪽; 손태룡, “『삼죽금보』의 소환입과 양청환입의 비교연구”, 『한국음악학논집』 제1권, 한국음악사학회, 1992, 454-512쪽; 장사훈·한만영, 『국악개론』, 서울대학교 출판부, 1975.

관한 전체의 유기적 관계를 들여다보는 데 많은 한계점을 갖고 있다. 이에 보허자에서 파생한 밀도드리, 웃도드리, 양청도드리, 우조가락도드리의 개별 악곡에 대한 작곡 원리를 찾아내고, 악곡 간의 변주 관계를 살펴 보허자 파생 기악곡의 선후관계에 관한 전방위적 형성론을 밝혀내는 일은 중요하다.

이상 서론을 다소 장황하게 언급한 이유는 발표자에 의한 분석 연구의 무게를 강조하기 위함이다. 분석은 음악을 가장 객관적으로 고찰하는 것으로 평가되며, 음악학에서 차지하는 비중 또한 매우 높다.²³⁾ 이번 학술대회의 주제는 ‘도드리와 도드리 파생곡 연구’이며, 발표자는 계면가락도드리를 연구 대상으로 삼아 그 위상수학적 분석을 시도하였다. 국악이론이나 작곡을 수학했던, 또는 수학 중인 사람이라면 한 번쯤 가져보았을 법한 의문, “계면가락도드리는 보허자 또는 도드리와 어떤 관계가 있는가?” 발표자가 원고의 머리말에서 언급하고 있듯이 계면가락도드리와 밀도드리, 또는 계면가락도드리와 보허자의 관계성은 아직까지 명확하게 밝혀진 바가 없다. 그렇다면 본 계면가락도드리의 위상수학적 접근, 나아가 도드리 계통 악곡 전체의 위상수학적 분석을 통해 상호 간의 관계를 규명할 수 있는 단서를 포착할 수는 없는지 발표자에게 묻고 싶다.

다음으로 보다 본원적 질문, 이것은 본 학술대회의 부주제인 ‘음악적 질문’ 과도 관련이 있다. 상투적 얘기로 들리겠지만 음악의 존재 목적은 그 자체의 감상 또는 향유에 있다고 여겨진다. 그래서 우리가 어떤 음악을 분석 또는 해체하는 작업의 이면에는 그 음악의 형식미를 탐색하려는 목적도 있지만, 거시적으로는 음악을 분석함으로써 그것이 갖고 있는 감상대상으로서의 순수한 아름다움을 엿보기 위함일 것이다.²⁴⁾ 발표자가 언급했듯이 “시김새는 한국음악을 표현하는 중요한 특징” 임이 분명하며, “시김새 정보를 포함한 연구가 더욱 진행된다면 (한국)음악의 본질적 특징” 에 한걸음, 아니 그 이상으로 다가설 수 있을 것이다. 그래서 의문이 드는 점은 본 연구에서 큰 비중을 차지하고 있는 시김새와 장식음, 이 둘을 고려한 위상수학적 분석이 과연 기존 연구, 말하자면 시김새와 장식음을 고려하지 않은 채 단지 음높이 및 음길이만을 대상으로 분석한 것과 음악 (구조)적으로 어떤 차이점을 나타내는지에 관한 것이다.

마지막으로 발표자는 본 연구를 통해 계면가락도드리에서 “시김새와 장식음이 출현하는

23) 홍정수·오희숙, 『음악미학』, 음악세계, 1999, 113쪽.

24) 음악의 형식미에 대한 연구는 다음을 참조하기 바란다. 이해식, “壽齊天의 旋律構造”, 『국악학논총』 관제 성경린선생 팔순기념, 국악고등학교동창회, 1992, 327-342쪽; 이해식, “「동동」(動動)의 구조”, 『민족음악학』 제19집, 동양음악연구소, 1997, 49-95쪽.

경우 가중치 1을 부여” 한다고 하였고, 이의 비교군으로 각각 가중치 0과 가중치 3에 대한 분석을 병행하였다. 선행 연구를 통해 노드(node), 엣지(edge), 환(cycle), 가중치(weight) 등 위상수학적(TDA) 분석의 이해를 돕기 위한 개념 정립이 어느 정도 이루어졌음에도 불구하고 여전히 생소한 개념들은 글의 가독성을 어렵게 만든다. 가중치에 관한 간략한 설명이 연구의 후반부에 등장한다. 그런데 “가중치 3은 계면가락도드리가 3정간 단위로 선율적 의미를 형성하기 때문에 부여한 가중치 값”이라는 설명은 ‘가중치 1은 1정간 단위의 시김새와 장식음이 출현하는 경우’이며, ‘가중치 0은 1정간 단위의 시김새와 장식음이 출현하지 않는 경우’ 라고 오해할 소지가 있다. 이에 향후 연구 논문을 보완해 나가는 과정에서 논평자와 같이 수학에 약한 독자를 위해 조금은 더 친절한(?) 설명이 추가되기를 바라면서 본 연구의 비교군으로서 가중치 0, 가중치 1, 가중치 3이 뜻하는 바가 무엇이며, 그 외에 다른 가중치를 부여했을 때 나타나는 결과와는 어떤 상관관계가 있는지 보충 설명을 청한다.

본 연구와 더불어 앞으로 수행하게 될 연구 결과물을 통해 그간 단편적으로만 접했던 보허자 파생 기악곡 간의 변주 관계가 새로운 시각에서 규명되어 마침내 한국전통음악의 수학적, 과학적 작곡 원리를 제시하고, 나아가 축적된 데이터베이스를 기반으로 하는 인공지능 작곡 원리 개발을 통해 한국전통음악 레퍼토리의 확장에 기여할 수 있게 되기를 바란다.