



## 청탁의 음성학적 의미\*

### Phonetic meaning of clarity and turbidity

박 한 상\*\*

Park, Hansang

#### Abstract

This study investigates the phonetic meaning of clarity and turbidity(淸濁) that has been used in psychoacoustics, musicology, and linguistics in both the East and the West. With a view to clarifying the phonetic meaning of clarity and turbidity, this study conducts three perception tests. First, 34 subjects were asked to take one of Clear and Turbid by forced choice for 5 pure and complex tones, respectively, ranging from A2 to A6 differing by octave. Second, they were asked to select between the two choices for 25 pure and complex tones, respectively, ranging from A2 to A4 differing by semitone. Third, they were asked to opt for one of the two choices for 8 different vowels of different formant and fundamental frequencies. Results showed that there is a certain range of tone which is perceived as clear, that clarity level increases as fundamental frequency increases, and that pure tones have a higher level of clarity than complex ones, fundamental frequency being equal. Results also showed that vocal tract resonance enhances clarity level on the whole, and that lower vowels have a higher level of clarity than higher ones. This study is significant in that it demonstrates that clarity level is proportional to fundamental frequency and the first formant frequency, all else being equal.

**Keywords:** clarity, psychoacoustic, phonetic, tone, vowel, fundamental frequency, formant frequency, octave, semitone

#### 1. 서론

#### B. 청음(淸音) vs. 탁음(濁音)

청탁(淸濁)은 맑음과 흐림을 뜻한다. 청탁과 관련된 표현은 일상생활에서 자주 등장한다.

##### (1) 맑은 vs. 흐린

- A. 맑은 하늘 vs. 흐린 하늘
- B. 맑은 소리 vs. 흐린 소리
- C. 맑은 정신 vs. 흐린 정신

##### (2) 淸 vs. 濁

- A. 淸주(淸酒) vs. 탁주(濁酒)

(1)과 (2)에서 보는 바와 같이 청탁은 감각과 관련이 있다. ‘맑은’이라는 표현은 (1A)에서처럼 ‘하늘’과 같은 시각적인 낱말과 함께 사용되기도 하고, (1B)에서처럼 ‘소리’와 같은 청각적인 낱말과 함께 사용되기도 하며, (1C)에서처럼 ‘정신’과 같은 관념적인 낱말과 함께 사용되기도 한다. 한자어에서도 (2A)에서처럼 ‘맑은’을 나타내는 ‘淸(淸)’과 ‘흐린’을 나타내는 ‘탁(濁)’이 ‘주(酒)’와 같은 시각적인 낱말과 함께 쓰이기도 하고 (2B)에서처럼 ‘음(音)’과 같은 청각적인 낱말과 함께 쓰이기도 한다. 사실 ‘청탁(淸濁)’을 구성하는 한자는 두 글자 모두 부수가 삼수(氵) 변인데

\* 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(지원번호: NRF-2014S1A5B1014368).

\*\* 홍익대학교, phans@hongik.ac.kr

Received 16 November 2017; Revised 20 December 2017; Accepted 21 December 2017

이는 두 글자의 원초적 의미가 ‘물’이라는 시각적 대상과 관계가 있음을 시사한다.

‘맑다’에 해당하는 영어 형용사 *clear*의 어원 또한 청각과 관련이 있다.<sup>1</sup> *clear*의 어원은 13세기 후반으로 거슬러 올라가는데 그 당시 "bright"를 의미했다고 한다. 이 어휘는 고대 불어(Old French) *cler*에서 온 말이라고 한다. 고대 불어 *cler*는 시각과 청각 모두에서 "clear"를 의미했다고 한다. 고대 불어 *cler*는 그 어원이 라틴어 *clarus*이며 청취적 대상인 소리가 "clear" 또는 "loud"를 의미했다고 한다.

청탁은 중국성운학에서도 사용되었다. 중국성운학에서 ‘청음(淸音)’은 무성음을 나타내고 ‘탁음(濁音)’은 유성음을 나타내며 유성음화는 청음탁류(淸音濁流)로 나타낸다(이현복 & 심소희, 1999). 이런 점에서 보면 청탁은 유성성(voicing)에 해당한다고 할 수 있다. 일본어음성학에서도 청탁은 유성성을 나타낸다(Kamei et al., 1989, 1996). 그래서 무성자음을 ‘청음(淸音; せいおん)’이라 하고 유성자음을 ‘탁음(濁音; だくおん)’이라 한다. ‘반탁음(半濁音; はんだくおん)’이 /p/와 같이 무기무성음을 나타내는 것을 제외하면, ‘비탁음(鼻濁音; びだくおん)’이나 ‘연탁(連濁; れんだく)’ 등의 용어에서 사용하는 ‘탁(濁)’은 유성음을 나타낸다. 일반적으로 일본어음성학에서 사용하고 있는 청탁은 중국성운학에서 유래한 것으로 받아들여지고 있다.

훈민정음에서는 중국성운학의 전통에 따라 ‘오음(五音)’과 ‘청탁(淸濁)’으로 자음을 분류하였다. 청탁의 문자 그대로의 의미(sense)는 ‘맑음과 흐림’이지만 그 지시 내용(reference)은 조음 방법과 발성유형 두 가지를 모두 포함하고 있다. 현대음성학적 관점에서 보면 전청(全淸), 차청(次淸), 전탁(全濁)은 장애음(obstruent)의 발성유형(phonation type)을 나타내는 부류이고 불청불탁(不淸不濁)은 공명음(sonorant)을 나타내는 부류이다. 그러나 청탁이라는 것이 청지각적 특성과 밀접한 관계가 있는 것인지 아니면 어떤 범주를 구분하는 데 사용된 임의의 개념인지 불분명하다. 어떤 청지각적 특성에 바탕을 둔 개념이 나중에 범주적 구분에 전용되었을 가능성을 배제할 수는 없으나 중국성운학에서 청탁을 사용하는 이유를 명시적으로 제시하지는 못하고 있다.

중국성운학, 훈민정음, 일본어음성학에서 등장하는 청탁은 모두 자음의 분류에 사용된 것이다. 그러나 자음의 범주적 구분에 사용되는 음성 자질은 반드시 자음 구간에만 있는 것은 아니다. 예를 들면, 한국어의 삼중대립(평음, 경음, 격음) 구분에 사용되는 가장 대표적인 음향음성학적 자질이 VOT와 f0 인데 전자는 자음 구간에 나타나는 특성이고 후자는 성대 진동을 수반하는 모음 구간에 나타나는 특성이다. 이런 점에서 자음의 범주를 구분하는 자질을 규명할 때 모음 구간에 나타나는 특성을 살펴보는 것은 당연한 일이다. 왜냐하면 자음 구간에 나타나는 특성만으로는 음운 대립의 전모를 완전히 드러내지 못하기 때문이다. 따라서 자음을 연구하더라도 모음 구간을 함께 연구할 필

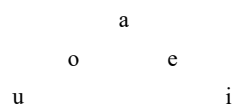
요가 있다. 더 나아가 음절을 구성하는 핵심 구간이 모음이므로 모음 구간 또는 모음에 나타나는 특성을 먼저 규명하는 것이 필요하다.

프라그(Prague) 학파의 음운론 연구를 살펴보면 모음의 변별 자질을 설명할 때 청탁과 유사한 청지각적 개념을 사용하였다(Fischer-Jørgensen, 1975). Trubetzkoy(1939)는 모음의 대립을 위치(localization), 간극도(degree of aperture), 공명(resonance) 등 세 속성을 이용하여 기술하였다. 위치는 청지각적으로 음색(timbre)과 관계가 있다. 위치는 고유음을 의미하는 "Eigenton"을 이용하여 기술하였다. 고유음은 두드러지게 들리는 공명 주파수를 말하며 오늘날 F2에 해당한다. 위치의 구분에는 명도(brightness)를 의미하는 "Helligkeit"라는 청지각적 용어를 사용하였다. 고유음이 높은 모음은 밝고(bright) 낮은 모음은 어둡다(dark)고 기술했다.

간극도는 공명도(sonority) 또는 채도(saturation)와 관계가 있다. 간극도는 각각 공명도와 채도를 의미하는 "Schallfülle" 또는 "Sättigung"으로 기술하였다. 간극도는 오늘날 혀의 높이에 해당한다. 위치와 간극도로 설명되지 않는 모음의 대립은 공명 자질을 이용하여 설명하였다. 공명으로 설명할 수 있는 가장 중요한 속성은 비음화(nasalization) 여부이다. 탁도를 의미하는 "Trübung"도 공명 속성의 범주에 포함되는데 이를 이용하여 아프리카 언어들에서 발견되는 ‘청(clear)’ 모음과 ‘탁(muffled)’ 모음 사이의 대립을 설명하였다. 이는 오늘날의 [Tongue Root] 자질에 해당하는 것으로 보인다.

Trubetzkoy의 이론에 따르면 모음 체계는 명도(brightness)를 수평축에 나타내고 채도(saturation)를 수직축에 나타내는 2차원적 체계다. 채도에 따른 부류가 셋일 때 (3)과 같은 삼각형이 나타난다.

(3) 5 모음 체계 (Trubetzkoy, 1939: 100)



(3)에서 채도와 관련해서는 개모음(open vowel)이 가장 높고 폐모음(closed vowel)으로 갈수록 낮다. 즉, a의 채도가 최대이고 u나 i의 채도는 최소가 된다. 명도와 관련해서는 개모음 a의 경우 명도 구분이 없이 꼭대기에 홀로 나타나 있다. 중모음(mid vowel)과 폐모음은 명도 구분이 있다. 오른쪽에 있는 전설 모음 i와 e는 상대적으로 밝고 왼쪽에 있는 후설 모음 o와 u는 상대적으로 어둡다. 결과적으로 i가 “최대로 밝은(maximally bright)” 모음이고 u가 “최대로 어두운(maximally dark)” 모음이다. (3)의 모음 체계는 모음 삼각도를 180도 회전시켜 놓은 모양과 같다.

Jakobson 또한 음소를 변별 자질의 다발로 보고 그 자질을 정의하였다(Fischer-Jørgensen, 1975). Jakobson은 조음, 음향, 청취

<sup>1</sup> Online Etymology Dictionary: <https://www.etymonline.com/word/clear>, Wiktionary: <https://en.wiktionary.org/wiki/clear>

적 특성을 결합하여 변별 자질을 기술하고자 하였고 그 중에서도 청취 음성학적 측면이 가장 중요하다고 강조하였다<sup>2</sup>. 그는 이질적인 조음도 동일한 결과를 낳을 수 있고 다른 음향 자극도 동일한 청취 인상을 초래할 수 있다는 점을 지적하였다<sup>3</sup>. 그는 우리가 말하는 목적은 남들이 듣도록 하기 위함이고 남들이 듣도록 하는 목적은 남들이 이해하도록 하기 위함이라는 자명한 사실을 감안할 때, 변별 대립의 명세는 조음-인지-이해로 이어지는 말소리의 여러 단계에 걸쳐 이루어지며 선행 단계의 불변적 요소들은 다음 단계와 상관성을 가진다고 주장하였다 (Fischer-Jørgensen, 1975).<sup>4</sup>

Jakobson *et al.*(1951)은 음향 및 조음적 특징을 바탕으로 변별 자질을 정의하였다. 제시된 변별 자질 중에서 주목할 만한 것이 바로 *grave/acute*이다. 음향학적 관점에서 보면 *grave*는 스펙트럼의 낮은 부분이 두드러진 것을 의미하고 *acute*는 스펙트럼의 높은 부분이 두드러진 것을 의미한다. *grave/acute*는 전설모음과 후설모음을 구분하는 기능을 한다. 그러나 자질의 이름 자체는 ‘둔저(鈍低)예고(銳高)’라는 청취적 인상에 바탕을 두고 있다는 점이 흥미롭다. SPE에서는 변별 자질들이 주로 조음적 관점에서 정의되었다(Chomsky & Halle, 1968). 하지만 변별 자질들이 조음, 음향, 그리고 청취적 관점에서 종합적으로 기술될 수 있고, 어떤 자질이 특징의 청취적 인상과 관련이 있다면, 특히 청탁과 관련이 있다면, 그것을 밝히는 것은 의미가 있다.

*clear*라는 단어를 언어적 특징을 기술하는 데 사용한 몇 가지 예가 (4)에 제시되어 있다.

(4) *clear* vs. *unclear*

- A. *clear* [l] vs. *dark* [ɫ]
- B. *clear vowels* vs. *breathy vowels* (Wayland, 2003)
- C. *clear speech* vs. *conversational speech* (Uchanski, 2005)

(4A)에서 보는 바와 같이 청취 인상을 바탕으로 소리를 구분할 때 *clear*가 사용되었다. *dark* [ɫ]은 연구개음화(velarization)의 결과로 나타나는 소리의 특징을 나타내기 위해 사용된 것이다. 이와 같이 2차 조음의 결과에 대한 청취적 인상을 나타내기 위해 *clear-dark*라는 상대적 개념을 사용한 것이 흥미롭다. (4B)에서 볼 수 있듯이 ‘*clear vowel*’이 ‘*breathy vowel*’의 상대적 개념으로 사용되었다(Wayland, 2003). 여기에서는 ‘*clear*’가 ‘기식 섞인 목소리(*breathy voice*)의 특성이 없는’이라는 무표적(*unmarked*) 개념으로 사용된 것으로 보인다. 소리의 청지각적 인상이 맑다는 것을 나타낼 가능성을 배제할 수는 없지만 소리 부류의 이름을 유표적(*marked*) 개념으로 사용한 것으로 보이지는 않는다. 어쨌든 모음에 나타나는 목소리 특징에 *clear*를 사용한 점은 주목할 만하다. (4C)에서는 ‘*clear speech*’가 ‘*conversational speech*’의 상대적 개념으로 사용되었음을 알 수 있다. ‘*clear speech*’는 말하는 환경과 관련하여 “의사소통이 어려운 환경에서 말할 때 화자가 채택하는 스타일”로 정의되었다(Uchanski, 2005: 207-208). 이 용어는 그 성격상 청취 인상보다는 발화 스타일을 기술하는 데 *clear*를 사용했다는 점이 흥미롭다.<sup>5</sup>

청탁은 음악에서도 사용되었다. 동양 음악과 국악에서 소리의 음역을 구별하는 데 청탁(淸濁)을 이용한 것은 매우 흥미롭다(김영옥, 2014). 『樂學軌範』에서는 기준이 되는 중간 음역의 12 율을 ‘중성(中聲)’이라 하고, 그보다 한 옥타브 높은 음역을 ‘청성(淸聲)’ 또는 ‘반성(半聲)’이라 하며, 그보다 한 옥타브 더 높은 음역을 ‘중청성(重淸聲)’이라 한다. 반면 중성보다 한 옥타브 낮은 음역을 ‘탁성(濁聲)’ 또는 ‘배성(倍聲)’이라 하고, 그보다 한 옥타브 더 낮은 음역을 ‘하배성(下倍聲)’ 또는 ‘배탁성(倍濁聲)’이라 하였다.

서양 음악의 연구에서도 음색에 대해 기술한 바가 있다. Helmholtz(1877)는 일련의 실험 결과로부터 단순음과 복합음의 음색(*timbre*)에 대한 일반적 규칙을 도출하였다.<sup>6</sup> Pratt &

2 “It is the characteristic feature of his phonetic analysis that he aims at a combined ARTICULATORY, ACOUSTIC, and AUDITORY DESCRIPTION, and emphasized that THE AUDITORY ASPECT IS MOST IMPORTANT.” Fischer-Jørgensen (1968: 153)

3 “Dissimilar articulations may yield the same acoustic results, and different acoustic stimuli may call forth identical auditory impressions.” Fischer-Jørgensen (1968: 153)

4 “The specification of distinctive oppositions may be made with respect to any stage of the speech event, from articulation to perception and decoding, on the sole condition that the invariants of any antecedent stage be selected and correlated in terms of the subsequent stages, given the evident fact that we speak to be heard and need to be heard in order to be understood” (Jakobson & Halle, 2002: 34)

5 “Clear speech is a speaking style often adopted by talkers when speaking in difficult communication situations, e.g. when speaking in a very noisy or reverberant environment, or when talking to a hearing-impaired person. A clear speaking style may also be elicited by explicit instructions to a talker to produce highly enunciated speech.” (Uchanski, 2007: 207-208).

6 “From the examples adduced to show the dependence of quality of tone from the mode in which a musical tone is compounded, we may deduce the following general rules:

1. *Simple Tones*, like those of tuning-forks applied to resonance chambers and wide stopped organ pipes, have a very soft, pleasant sound, free from all roughness, but wanting in power, and dull at low pitches.

2. *Musical Tones*, which are accompanied by a moderately loud series of the lower partial tones, up to about the sixth partial, are more harmonious and musical. Compared with simple tones they are rich and splendid, while they are at the same time perfectly sweet and soft if the higher upper partials are absent. To these belong the musical tones produced by the pianoforte, open organ pipes, the softer piano tones of the human voice and of the French horn. The last-named tones form the transition to musical tones with high upper partials; while the tones of flutes, and of pipes on the flue-stops of organs with a low pressure of wind, approach to simple tones.

Doak(1976)은 일정하게 지속되는 소리에 대해 ‘dull-brilliant,’ ‘cold-warm,’ ‘pure-rich’ 등과 같은 상대적 척도로 주관적 인상을 평가하도록 한 결과 ‘dull-brilliant’에 대한 반응에서 가장 유의한 차이를 보여주었다. 또한 von Bismarck(1974)는 ‘dull-sharp,’ ‘compact-scattered,’ ‘full-empty,’ ‘colorful-colorless’ 등의 상대적 척도로 주관적 인상을 평가하게 한 결과 ‘dull-sharp’에 대한 반응에서 가장 유의한 차이를 보여주었다. 이와 같은 심리음향학적인 실험들의 결과를 통해 알 수 있듯이 소리의 음색에 대해 주관적 인상을 갖는 것은 자연스럽고 당연한 일이며 명암(明暗), 고저(高低), 예둔(銳鈍) 등의 상대적 개념은 소리의 인상을 기술하는 데 빈번히 사용되는 개념임을 알 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 청탁은 동서고금을 막론하고 소리와 관련하여 폭넓게 사용되는 개념이다. 그러나 왜 하필 청탁이라는 개념을 사용했는지에 대해서는 기술된 바가 없다. 청탁이 필연적으로 사용될 수밖에 없는 청지각적 속성인지 아니면 우연히 채택된 청지각적 분류 기준인지 규명할 필요가 있다.

이 연구에서는 이를 규명하기 위하여 세 가지 인지 실험을 실시한다. 우선 소리의 피치가 청탁에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여, 특히 음역별로 청탁의 차이가 있는지 알아보기 위하여, A2 부터 A6 까지 한 옥타브(octave)씩 차이가 나는 단순음(pure tone)과 복합음(complex tone) 자극을 만들어 청탁에 관한 반응을 살펴본다. 이는 국악에서 나눈 음역의 명칭을 설명하는데 도움이 될 것이다. 다음으로 사람의 보통 말소리 음역에 해당하는 A2 부터 A4 까지의 음역에서 반음(semitone)씩 차이가 나는 25 개의 단순음과 복합음 자극에 대해 청탁에 관한 반응을 살펴본다. 이는 말소리 음역에서 나타나는 말소리 음원의 특징을 현미경적으로 살펴보는 것이다. 마지막으로 말소리의 공명 특성이 청탁의 반응에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여 포먼트 주파수가 서로 다른 8 개의 모음에 대해 청탁에 관한 반응을 살펴본다. 이는 기본주파수(fundamental frequency) 외에도 공명주파수(resonance frequency)가 청탁에 영향을 미치는지를 규명하는데 도움이 될 것이다.

이 연구는 청탁이라는 청지각적 개념의 음성학적 의미를 살펴본다는 점에서 의의가 있다. 청 또는 탁에 기여하는 음성적 속성이 무엇인지 그리고 청탁에 관한 반응이 어떤 패턴으로 나타

나는지 살펴본다는 점에서 의의가 있다. 나아가 청탁이 인간의 보편적인 인지에 기초해서 필연적으로 사용할 수밖에 없는 상대적 개념인지, 아니면 우연히 선택해서 사용하게 된 상대적 개념인지에 대해 살펴본다는 점에서 의의가 있다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 화자

이 연구를 위해 34명의 한국어 원어민 화자들이 실험에 참여하였다. 실험에 참여한 화자들은 서울의 H 대학에 다니는 학생들로서 남학생이 11명 여학생이 23명이었다. 연령 평균은 20.94세였고 표준편차는 1.84세였다. 화자들은 청력과 관련하여 어떤 병력도 없었고, 현재도 언어의 청취와 발화에 아무런 문제가 없었으며, 실험 지시 사항을 읽고 이해하는 데 아무런 지장이 없었다. 실험에 참여한 학생들에게는 소정의 수고비가 지급되었다.

### 2.2. 자극

이 연구를 위해 3종류의 자극 세트를 준비하였다. 첫째 자극 세트는 A2부터 A6까지 주파수가 한 옥타브씩 차이 나는 단순음 5개와 복합음 5개로 이루어져 있다. 이렇게 단순음과 복합음을 준비한 목적은 『樂學軌範』에서 언급한 청성과 탁성이 인지와 관련이 있는지, 옥타브 차이가 있는 소리들에 대해 어떤 청탁 반응을 보이는지, 청탁 반응이 현저한 차이를 보이는 특성의 음역이 있는지, 그리고 단순음과 복합음은 어떤 차이를 보이는지 알아보기 위해서다.

자극 중 단순음은 Praat의 Create Sound from formula...를 이용하여 만들었고, 복합음은 Praat의 Create Sound as tone complex...를 이용하여 만들었다(Boersma & Weenink, 2017). 자극의 길이는 1 초였으며 표본추출률은 44,100Hz이었다. 만들어진 자극은 A2(110Hz), A3(220Hz), A4(440Hz), A5(880Hz), A6(1760Hz) 등 5개의 음이었다. A2(110Hz)는 남성의 말소리 피치 평균에 가까운 주파수를 가진 음이고 A3(220Hz)는 여성의 말소리 피치 평균에 가까운 주파수를 가진 음이다. A4(440Hz)는 남성의 보통 말소리 음역 상한에 가까운 주파수를 가진 음으로 생각되고 A5(880Hz)는 여성의 보통 말소리 음역 상한에 가까운 주파수를 가진 음

3. If only the unevenly numbered partials are present (as in narrow stopped organ pipes, pianoforte strings struck in their middle points, and clarinets), the quality of tone is *hollow*, and, when a large number of such upper partials are present, *nasal*. When the prime tone predominates the quality of tone is *rich*; but when the prime tone is not sufficiently superior in strength to the upper partials, the quality of tone is *poor*. Thus the quality of tone in the wider open organ pipes is richer than that in the narrower; strings struck with pianoforte hammers give tones of a richer quality than when struck by a stick or plucked by the finger; the tones of reed pipes with suitable resonance chambers have a richer quality than those without resonance chambers.

4. When partial tones higher than the sixth or seventh are very distinct, the quality of tone is *cutting* and *rough*. The reason for this will be seen hereafter to lie in the dissonances which they form with one another. The degree of harshness may be very different. When their force is inconsiderable the higher upper partials do not essentially detract from the musical applicability of the compound tones; on the contrary, they are useful in giving character and expression to the music. The most important musical tones of this description are those of bowed instruments and of most reed pipes, oboe (hautbois), bassoon (fagotto), harmonium, and the human voice. The rough, braying tones of brass instruments are extremely penetrating, and hence are better adapted to give the impression of great power than similar tones of a softer quality. They are consequently little suitable for artistic music when used alone, but produce great effect in an orchestra. Why high dissonant upper partials should make a musical tone more penetrating will appear hereafter.

로 생각된다. A6(1760Hz)는 대개의 음악 소리 음역 상한에 가까운 주파수를 가진 음으로 생각된다. A2 아래의 음과 A6 위의 음은 포함시키지 않았다. 이렇게 만들어진 소리는 진폭을 모두 동일하게 0.99로 조정하였다.

실험에 사용된 단순음과 복합음의 오실로그래프와 스펙트럼이 <그림 1>에 제시되어 있다.

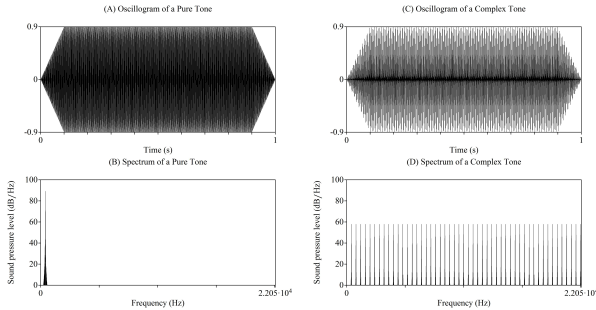


그림 1. 단순음과 복합음의 오실로그래프와 스펙트럼  
Figure 1. Oscillograms and spectra of the pure and complex tones

<그림 1>의 (A)와 (C)에 제시된 오실로그래프에서 보는 바와 같이 자극의 시작과 끝에서 튀는 소리가 들리는 것을 방지하기 위하여 처음 100 ms 구간에 대하여 그 진폭이 단조 증가하도록 하였고 끝 100 ms 구간에 대하여 그 진폭이 단조 감소하도록 하였다. (B)와 (D)에 제시된 스펙트럼은 각각 하나의 주파수 구성요소로 이루어진 단순음과 정수 배의 주파수 차이를 보이는 조화음으로 구성된 복합음을 나타낸다.

둘째 자극 세트는 A2부터 A4까지 주파수가 반음씩 차이 나는 단순음 25개와 복합음 25개로 이루어져 있다. 이 단순음과 복합음을 준비한 목적은 말소리 음역에 속하는 소리들에 대해 주파수 차이가 작은 음들은 어떤 청탁 반응을 보이는지, 그리고 단순음과 복합음은 어떤 차이를 보이는지 알아보기 위해서였다. 남성과 여성의 보통 말소리 음역에 해당하는 A2부터 A4까지 음역에서 기본주파수를 반음씩 달리하여 만들었다. 나머지 설정은 위에서와 같다.

셋째 자극 세트는 8개의 모음으로 이루어져 있다. 이와 같이 모음을 준비한 목적은 기본주파수 외에 포먼트 주파수를 가지는 모음에 대해서는 어떤 청탁 반응을 보이는지 알아보기 위해서이다. 남성과 여성의 보통 말소리 음역에 해당하는 A2부터 A4까지 음역에서 기본주파수가 반음씩 차이 나는 복합음 음원(source)과 포먼트 주파수와 대역폭이 각각 다른 필터(filter)를 만들어 합성하였다. 이 실험에 사용된 합성 모음의 포먼트 주파수와 대역폭은 <표 1>과 같다.

표 1. 자극에 사용된 모음의 포먼트주파수

Table 1. Formant frequency of the vowels used in this study

Number	Vowel	F1(Hz)	B1(Hz)	F2(Hz)	B2(Hz)
1	i	300	50	2250	100
2	e	400	50	2000	100
3	ε	600	50	1750	100
4	a	900	50	1300	100
5	α	850	50	1100	100
6	ɔ	650	50	1000	100
7	o	450	50	900	100
8	u	350	50	800	100

<표 1>에서 제시한 포먼트 주파수와 대역폭을 FormantGrid에 입력하여 필터 특성을 만들었고 음원은 둘째 자극 세트에서 사용한 복합음을 사용하였다. 소리의 길이, 소리의 앞뒤 100 ms 구간의 증감 등 나머지 설정은 위에서와 같다.

이와 같은 방법으로 만든 세 가지 자극 세트의 총 자극 수는 260이었다(옥타브 단순음 5, 옥타브 복합음 5, 반음 단순음 25, 반음 복합음: 25, 모음 200).

### 2.3. 실험 절차

실험은 저자의 연구실에서 실시하였다. <그림 2>에 나타나 있듯이 Praat의 ExperimentMFC 개체를 이용하여 실험을 진행하였다.

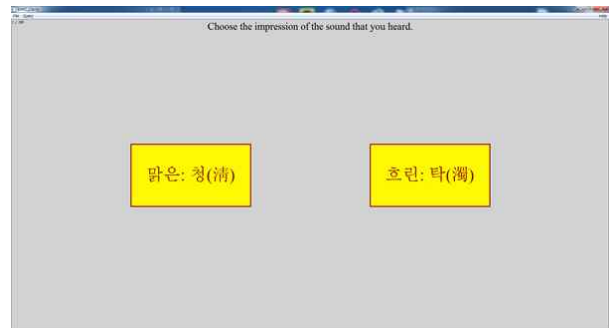


그림 2. 실험에 사용된 EMFC 화면

Figure 2. Screenshot of the ExperimentMFC used in the experiment

화자들로 하여금 노트북(LG 15 Z 960-GA5BK)에 연결된 헤드폰(Sennheiser PC 131 Stereo)을 착용하고 주어진 소리의 인상 대해 ‘맑은:청(淸)’과 ‘흐린:탁(濁)’ 중 하나를 선택하게 하였다. 자극은 무작위로 주어졌고 각 자극은 1회만 제시되었다. 반복 청취와 반응의 취소는 허용되지 않았다.

### 2.4. 통계 처리

실험의 결과 나타난 청도 차이가 어떤 요인에 영향을 받았는지 알아보기 위해 세 가지 자극 세트, 즉 옥타브 자극 세트, 반음 자극 세트, 모음 자극 세트 각각에 대해 통계분석을 실시하였다. 세 가지 자극 세트 모두 공통적으로 청도(clarity level: 청 - 탁)를 종속변수로 하고 반음(semitone)으로 나타난 기본주파수(fundamental frequency)를 독립변수로 하였다. 각 세트마다 또 다

른 독립변수를 설정하여 복합 효과 로지스틱 회귀 분석(mixed effects logistic regression)을 실시하였다. 옥타브 자극 세트와 반음 자극 세트는 추가 독립변수가 자극의 복잡성(complexity: 단순음 - 복합음)이었고 모음 자극 세트는 개별 모음(vowel)이었다. 각 독립변수의 고정 효과 계수(coefficient)는 청도를 결정할 때 청자 그룹 수준의 지각 양상을 나타낸다. 두 독립변수 외에도 청자에 대한 무작위 절편(random intercept)과 기본주파수에 대한 무작위 기울기(random slope)도 분석 모델에 포함시켰다. 실험 결과의 통계 처리는 R을 기반으로 하여 lme4 패키지를 이용하였다(Bates et al., 2015).

### 3. 실험 결과

#### 3.1. 옥타브 음

단순음과 복합음 A2-A6에 대한 청자들의 반응이 <그림 3>에 제시되어 있다.

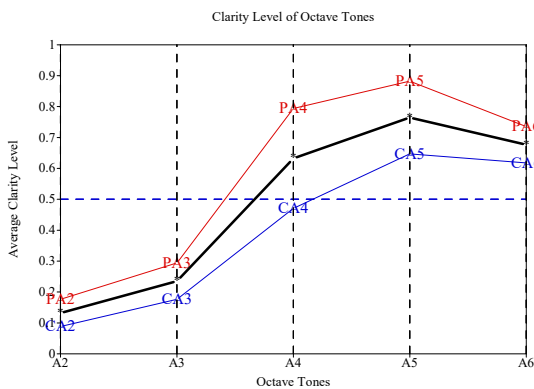


그림 3. 옥타브 음의 청도  
Figure 3. Clarity level of octave tones

<그림 3>에서 가로축은 A2부터 A6까지 다섯 음을 나타낸다. 피치의 인지적 특성을 고려하여 로그 척도상 등간격인 옥타브 음으로 나타내었다. <그림 3>에서 세로축은 청자들의 청탁에 대한 반응의 평균값을 나타낸다. 자극에 대한 청취 인상을 “맑은: 청(淸)”과 “흐린: 탁(濁)” 둘 중 하나로 나타내고 전자는 1로 후자는 0으로 변환하여 그 평균값(이하 청도(淸度)라 함)을 계산한 것이다. 따라서 0은 화자 모두가 “흐린: 탁(濁)”을 선택하고 1은 화자 모두가 “맑은: 청(淸)”으로 응답하였음을 의미하며 0.5는 두 가지로 응답한 수가 같음을 의미한다. <그림 3>에서 PA3처럼 P로 시작하는 레이블은 단순음(pure tone) 자극에 대한 반응을 나타내고 CA4처럼 C로 시작하는 레이블은 복합음(complex tone) 자극에 대한 반응을 나타낸다. 단순음의 반응 추이는 가는 파란색 실선으로 나타내었고 복합음의 반응 추이는 가는 빨간색 실선으로 나타내었다. 단순음과 복합음의 평균값은 별표(\*)로 나타내고 굵은 검은색 실선으로 나타내었다.

<그림 3>에 나타나 있듯이 A2와 A3에서는 단순음과 복합음 모두 0.5보다 낮게 나타났고 A5와 A6에서는 단순음과 복합음

모두 0.5보다 높게 나타났다. A2에서 A3로 가면서 완만한 상승세를 보이다가 A4로 가면서 급격히 상승한다. 단순음은 A4에 이르기 전에 0.5를 넘어서고 복합음은 A4에 가까워지면서 0.5에 근접한다. 단순음과 복합음 모두 A5 이후에는 0.5를 상회하는데 A5에서 A6로 가면서 청도가 오히려 낮아진다. A3와 A4 사이에서 청탁 인지에 급격한 변화가 생긴다. 즉 A4 근처에서 범주적 인지 변화가 일어남을 알 수 있다. 모든 자극에 대해서 단순음이 복합음보다 청도가 높게 나타난다. 단순음(pure tone)과 복합음(complex tone) 사이의 청도 차이는 A2, A3, A6에서는 그렇게 크지 않지만 A4와 A5에서는 상당히 크게 나타난다.

실험의 결과 나타난 청도 차이가 어떤 요인에 영향을 받았는지 알아보기 위해 청도를 종속변수로 하고 기본주파수와 복잡성을 독립변수로 하여 복합 효과 로지스틱 회귀 분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 2>에 제시되어 있다.

표 2. 옥타브 자극 세트에 대한 복합 효과 로지스틱 회귀 분석 결과  
Table 2. Results of the mixed effects logistic regression for the octave stimuli set

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	Sig. code
(Intercept)	-2.45446	0.45355	-5.412	6.24e-08	***
f0insemitone	0.08768	0.02171	4.038	5.39e-05	***
complexity_Pure	0.67511	0.52305	1.291	0.197	
f0insemitone:complexity_Pure	0.02585	0.02035	1.270	0.204	

Sig. code: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

<표 2>에서 f0insemitone은 복합음의 전반적인 청도 수준이 기본주파수에 따라서 얼마나 급격하게 변하는지에 대한 추정치를 나타내는데 분석 결과 유의미한 효과가 있었다. 이는 청도 수준이 기본주파수에 따라서 유의미하게 급격하게 증가한다는 것을 의미한다. f0insemitone:complexity\_Pure는 단순음에 대한 기본주파수의 민감도가 복합음에 대한 기본주파수의 민감도와 어떤 차이가 있는지를 나타내는데 분석 결과 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 이는 두 그룹의 기본주파수에 대한 민감도가 유의미한 차이가 없다는 것을 나타낸다.

두 독립변수 각각의 그룹별 차이와 두 독립변수 간 교호 작용을 검증하기 위해 위의 혼합효과회귀모델에 대한 분산 분석을 실시하였다. 그 결과 두 변수 사이에 교호 작용은 통계적으로 의미가 없었다(F=1.6657; df=1). 기본주파수와 복잡성에 대한 검증 결과 두 독립변수 모두 유의미한 효과가 있었다(f0insemitone에 대해서는 F =25.7243, df =1; complexity에 대해서는 F =17.3191, df =1). 이는 두 독립변수 기본주파수와 복잡성 모두 청도에 유의미한 영향을 미치며, 단순음이 복합음보다 청도가 유의미하게 높고 단순음과 복합음 사이에 기본주파수에 대한 민감도는 통계적으로 유의미한 차이가 없음을 의미한다.



### 3.2. 반응

A2-A4 사이의 반응에 대한 청자들의 반응이 <그림 4>에 제시되어 있다.

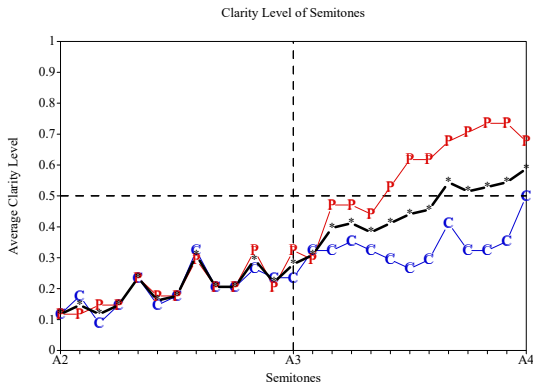


그림 4. 반응의 정도  
Figure 4. Clarity level of semitones

<그림 4>는 A2부터 A4까지 2옥타브에 걸쳐 나타나는 25개의 반응(semitone)에 대한 청자들의 반응을 나타낸 것이다. 가로축은 A2-A4 영역에 걸쳐 나타나는 25개의 반응을 나타낸다. A2, A3, A4는 각각 110, 220, 440Hz를 나타내며 그 사이에 나타나는 음은 Bb, B, Cb, C, Db, D, Eb, E, F, Gb, G, Ab 등 12개의 반응을 나타낸다. 인간의 인지적 특성을 고려하여 로그 척도상 등간적인 반응으로 나타내었다. 위의 그림에서 세로축은 <그림 3>에서와 같이 화자들의 청탁 반응 평균값, 즉 청도를 나타낸다. <그림 4>에서 P는 단순음에 대한 반응을 나타내고 C는 복합음에 대한 반응을 나타낸다. 단순음과 복합음의 평균값은 별표(\*)로 나타내고 반응 추이는 굵은 검은색 실선으로 나타내었다.

<그림 4>에서 굵은 선이 보여주듯이 단순음과 복합음 모두 A2에서는 0.1에 가까운 값을 보이고 A4에서는 0.5에 가까운 값을 보인다. 이런 점에서 이 피치 영역에 속하는 소리들은 전반적으로 맑은 소리라고 할 수 없다. 반응에 따라 약간의 변이는 있지만 주파수가 증가할수록 청도도 증가하는 추세를 보인다. A2와 A3 사이에서는 단순음과 복합음 사이에 청도 차이가 별로 없는 반면 A3와 A4 사이에서는 상당한 차이를 보인다. 단순음은 복합음에 비해 청도가 높다. 단순음은 상대적으로 낮은 음에서 0.5에 도달하고 복합음은 A4에 이르러서야 0.5에 근접한다. A3를 넘어서면서 단순음이 복합음보다 청도가 높게 나타난다. 단순음과 복합음 사이의 청도 차이는 주파수가 높아질수록 커지는 것으로 보인다.

실험의 결과 나타난 청도 차이가 어떤 요인에 영향을 받았는지 알아보기 위해 청도를 종속변수로 하고 기본주파수와 복잡성을 독립변수로 하여 복합 효과 로지스틱 회귀 분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 3>에 제시되어 있다.

표 3. 반응 자극 세트에 대한 복합 효과 로지스틱 회귀 분석 결과

Table 3. Results of the mixed effects logistic regression for the semitone stimuli set

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	Sig. code
(Intercept)	-2.28614	0.333005	-6.927	4.31e-12	***
f0insemitone	0.08020	0.01594	5.032	4.85e-07	***
complexity_Pure	-0.50849	0.26074	-1.950	0.0512	.
f0insemitone:complexity_Pure	0.08914	0.01749	5.098	3.44e-07	***
Sig. code: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

<표 3>에 나타나 있듯이 복합음의 청도 수준이 기본주파수에 따라서 유의미하게 급격하게 증가하며 단순음과 복합음에 대한 기본주파수의 민감도 사이에 유의미한 차이가 있다.

두 독립변수 각각의 그룹별 차이와 두 독립변수 간 교호 작용을 검증하기 위해 위의 모델에 대한 분산 분석을 실시하였다. 그 결과 두 변수 사이에 교호 작용이 있었다(F=26.384; df=1). 기본주파수와 복잡성 모두 유의미한 효과가 있었다(f0insemitone에 대해서는 F=86.702, df=1; complexity에 대해서는 F=33.954, df=1). 이는 기본주파수와 복잡성 모두 청도에 유의미한 영향을 미치며, 단순음이 복합음보다 유의미하게 청도가 높고 단순음과 복합음 사이에 기본주파수에 대한 민감도가 유의미한 차이가 있음을 의미한다.

### 3.3. 모음

모음에 대한 청자들의 반응이 <그림 5>에 제시되어 있다.

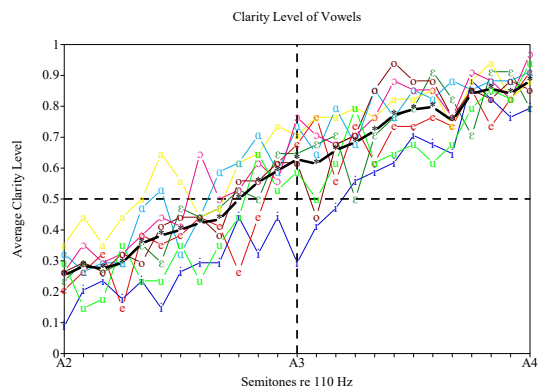


그림 5. 모음의 정도  
Figure 5. Clarity level of vowels

<그림 5>는 8개의 모음 자극에 대한 청자들의 반응을 나타낸 것이다. 가로축과 세로축은 각각 <그림 4>에서와 같이 25개의 반응과 청자들의 반응 평균값을 나타낸다. 각 모음 별로 각 반응에 대한 반응 평균이 색깔을 달리하여 가는 실선으로 연결되어 있다. 모음 전체의 평균은 별표(\*)로 나타나 있고 굵은 검은색 실선으로 연결되어 있다.

<그림 5>에서 굵은 선이 보여주듯이 A2에서는 0.2가 넘는 값을 보이고 주파수가 증가할수록 청도도 증가하여 A4에 이르

면 0.9 에 근접한다. A2 와 A3 사이에서 청도가 0.5 보다 높아진다. 모음 간 청도 차이는 뚜렷하지 않으나 전설모음 또는 고모음이 상대적으로 낮고 후설모음 또는 저모음이 상대적으로 높은 것으로 보인다.

실험의 결과 나타난 청도 차이가 어떤 요인에 영향을 받았는지 알아보기 위해 청도를 종속변수로 하고 기본주파수(frequency)와 개별 모음(vowel)을 독립변수로 하여 복합 효과 로지스틱 회귀 분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 4>에 제시되어 있다.

**표 4.** 모음 자극 세트에 대한 복합 효과 로지스틱 회귀 분석 결과  
**Table 4.** Results of the mixed effects logistic regression for the vowel stimuli set

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	Sig. code
(Intercept)	-0.9259	0.4342	-2.132	0.03297	*
f0insemitone	0.1717	0.03259	5.269	1.37e-07	***
vowelaa	-0.69006	0.25337	-2.723	0.00646	**
vowelee	-1.1999	0.25474	-4.71	2.47e-06	***
voweliee	-0.99396	0.25358	-3.92	8.86e-05	***
vowelii	-2.10129	0.26665	-7.88	3.26e-15	***
voweloo	-1.05022	0.25466	-4.124	3.72e-05	***
vowelou	-0.71823	0.25333	-2.835	0.00458	**
voweluu	-1.46867	0.25728	-5.709	1.14e-08	***
f0insemitone:vowelaa	0.04319	0.02005	2.154	0.03121	*
f0insemitone:vowelee	0.03589	0.01952	1.838	0.066	.
f0insemitone:voweliee	0.03604	0.01963	1.836	0.06632	.
f0insemitone:vowelii	0.05503	0.01975	2.786	0.00534	**
f0insemitone:voweloo	0.05056	0.0199	2.541	0.01105	*
f0insemitone:vowelou	0.04264	0.02	2.132	0.03304	*
f0insemitone:voweluu	0.04201	0.01954	2.15	0.03156	*

Sig. code: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1

<표 4>에 나타나 있듯이 모음 a의 청도 수준이 기본주파수에 따라서 유의미하게 증가한다. 그리고 기준 모음 a와 다른 모음 사이에는 유의미한 차이가 있다. 현재의 분석 모델은 a를 기준 모음으로 설정하여 살펴보았지만 기준 모음을 달리했을 때 나타나는 모음간의 차이를 살펴보기 위해서는 기준 모음을 달리하여 비교할 필요가 있다. 기준 모음 별 기본주파수에 따른 청도 수준 변화의 유의성이 <표 5>에 제시되어 있다.

<표 5>에서 나타나 있는 유의성 코드는 <표 4>의 하단에 나타나 있는 것과 같다. <표 5>에서 회색 음영으로 나타나 있듯이 기준 모음 별 기본주파수에 따른 청도 수준 변화는 모두 유의미한 것으로 나타났다. 기준 모음이 i일 경우 다른 모든 모음과 유의미한 차이가 있었지만 같은 고모음인 u와는 그 정도가 약하다. 기준 모음이 a일 경우는 다른 모든 모음과 유의미한 차이가 있었지만 인접한 모음인 aa 또는 oo와는 그 정도가 약하다. 이런 패턴은 다른 기준 모음에서도 나타나는데 이는 청도의 수준이 모음의 높이와 밀접한 관계가 있음을 시사한다. 즉 모음의 높이

차가 심할수록 그 정도가 강하게 나타났다.

**표 5.** 기준 모음 별 기본주파수에 따른 청도 수준 변화의 유의성  
**Table 5.** Significance of the clarity level affected by fundamental frequency across reference vowels

기준 모음	i	e	ee	a	aa	oo	o	u
i [i]	***	***	***	***	***	***	***	*
e [e]	***	***		***	*	.		
ee [ɛ]	***		***	***				.
a [a]	***	***	***	***	**	**	***	***
aa [ɑ]	***	*		**	***			**
oo [ɔ]	***	.		**		***		**
o [o]	***			***			***	
u [u]	*		.	***	**	**		***

회편 청도를 지각할 때 특정 모음에 따른 기본주파수의 민감도는 <표 4>에 나타나 있듯이 a와 e 그리고 a와 ee 사이에는 유의미한 차이가 없지만 a와 기타 모음 사이에는 유의미한 차이가 있었다. 현재의 분석 모델은 a를 기준 모음으로 설정했지만 각 모음간의 차이를 살펴보기 위해서는 기준 모음을 달리하여 비교할 필요가 있다. 기준 모음 별 기본주파수의 민감도 차이의 유의성이 <표 6>에 제시되어 있다.

**표 6.** 기준 모음 별 기본주파수의 민감도 차이의 유의성  
**Table 6.** Significance of the sensitivity to fundamental frequency across reference vowels

기준 모음	i	e	ee	a	aa	oo	o	u
i [i]				**				
e [e]				.				
ee [ɛ]				.				
a [a]	**	.	.		*	*	*	*
aa [ɑ]				*				
oo [ɔ]				*				
o [o]				*				
u [u]				*				

<표 6>에서 나타나 있는 유의성 코드는 <표 4>의 하단에 나타나 있는 것과 같다. <표 6>에 나타나 있듯이 a는 후설모음 전체와 i에 대해서 유의미한 차이가 있다. 특히 i와 그 차이의 유의미한 차이가 나타나는 유의 수준이 낮다. 즉 그 차이의 정도가 크다. 나머지 모음들 사이에는 유의미한 기본주파수의 민감도 차이가 없는 것으로 나타났다.

두 독립변수 각각의 그룹별 차이와 두 독립변수 간 상호 작용을 검증하기 위해 위의 모델에 대한 분산 분석을 실시하였다. 그 결과 두 변수 사이에 상호 작용이 없었다(F=1.4205; df=7). 기



본주파수( $f_0$ insemitone)와 모음(vowel) 모두 유의미한 효과가 있었다( $f_0$ insemitone에 대해서는  $F=43.4366$ ,  $df=1$ ; vowel에 대해서는  $F=27.0507$ ,  $df=7$ ). 이는 기본주파수와 모음 모두 청도에 유의미한 영향을 미치며, 모음 사이에 기본주파수에 대한 민감도가 유의미한 차이가 있음을 의미한다.

두 번째 실험은 필터 특성이 없는 자극으로 실시되었고 세 번째 실험은 필터 특성이 포함된 모음 자극으로 실시되었다. <그림 4>와 <그림 5>를 비교해 보면 알 수 있듯이 필터 특성이 없는 복합음(<그림 4>)과 필터 특성이 있는 모음(<그림 5>)은 청도 평균값이 현저히 다르다. 전반적으로 후자가 전자보다 두 배 정도 높은 청도를 보이고 있다. 이것은 모음에 나타나는 필터 특성이 청도에 크게 기여한다는 것을 의미한다.

모음 사이의 청도 차이를 보여주는 상자도표가 <그림 6>에 제시되어 있다.

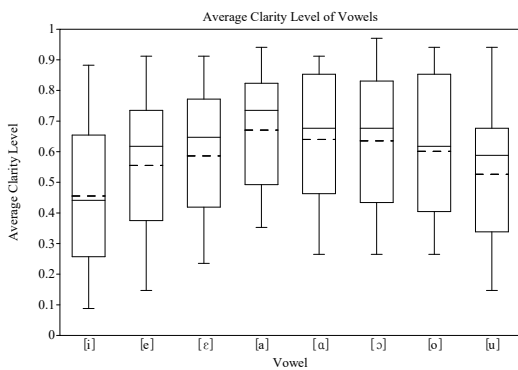


그림 6. 모음 별 청도의 분포  
Figure 6. Clarity level across vowels

<그림 6>에서 가로축은 모음을 나타내고 세로축은 청도를 나타낸다. <그림 6>에 나타나 있듯이 고모음(i 또는 u)은 상대적으로 청도가 낮고 저모음(a 또는 ɑ)은 상대적으로 청도가 높다. 전설모음에서 저모음으로 가면서 청도가 증가하다가 저모음에서 후설모음으로 가면서 청도가 감소하는 패턴이 나타난다. 이것은 마치 모음사각도를 180도 회전시켜 놓은 것과 유사한 모습을 보인다. 저모음으로 갈수록 청도가 증가한다는 것은 F1이 증가하면 청도도 증가하고 감소하면 청도도 감소하는 추세를 보인다는 것을 의미한다. 이를 보다 분명히 알아보기 위하여 성도의 공명 특성을 잘 나타내 주는 F1 과 F2 그리고 F2-F1 에 따른 반응을 살펴보았다. 먼저 F1 에 대한 청자들의 반응이 <그림 7>에 제시되어 있다.

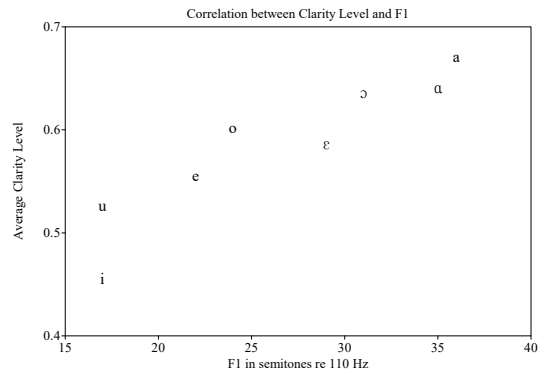


그림 7. F1과 청도의 상관성  
Figure 7. Correlation between F1 and clarity level

<그림 7>에서 가로축은 각 모음의 F1을 110Hz 기준 반음 수치로 나타낸다. 따라서 25는 A4, 즉 440Hz를 나타낸다. 세로축은 청도 평균값을 나타낸다. <그림 7>에 나타나 있듯이 F1이 증가할수록 청도도 증가함을 알 수 있다. F1이 낮은 고모음(i 또는 u)은 상대적으로 청도가 낮고 F1이 높은 저모음(a 또는 ɑ)은 상대적으로 청도가 높다. F1과 청도 사이의 상관성을 확인하기 위하여 상관분석을 실시하였다. 그 결과 둘 사이에는 유의미한 상관관계가 있었다( $r=0.899$ ).

실험의 결과 나타난 청도 차이가 어떤 요인에 영향을 받았는지 알아보기 위해 청도를 종속변수로 하고 기본주파수와 F1을 독립변수로 하여 복합 효과 로지스틱 회귀 분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 7>에 제시되어 있다.

표 7. 모음 자극 세트에 대한 복합 효과 로지스틱 회귀 분석 결과  
Table 7. Results of the mixed effects logistic regression for the vowel stimuli set

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	Sig. code
(Intercept)	-3.8494	0.472274	-8.151	3.62E-16	***
$f_0$ insemitone	0.239424	0.035033	6.834	8.25E-12	***
$f_1$ insemitone	0.072397	0.009295	7.789	6.75E-15	***
$f_0$ insemitone: $f_1$ insemitone	-0.00117	0.000705	-1.661	0.0967	.

Sig. code: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

<표 7>에 나타나 있듯이 청도 수준이 기본주파수에 따라서 유의미하게 증가하지만 F1에 대한 기본주파수의 민감도는 유의미한 차이가 없었다.

두 독립변수 각각의 그룹별 차이와 두 독립변수 간 교호 작용을 검증하기 위해 위의 모델에 대한 분산 분석을 실시하였다. 그 결과 두 변수 사이에 교호 작용이 없었다( $F=2.7457$ ;  $df=1$ ). 기본주파수와 F1 모두 유의미한 효과가 있었다( $f_0$ insemitone에 대해서는  $F=44.5373$ ,  $df=1$ ;  $f_1$ insemitone에 대해서는  $F=163.4307$ ,  $df=1$ ). 이는 기본주파수와 F1 모두 청도에 유의미한 영향을 미치며, F1에 따라 기본주파수에 대한 민감도에 유의미한 차이가 있음을 의미한다.

다음으로 F2에 대한 청자들의 반응이 <그림 8>에 제시되어 있다.

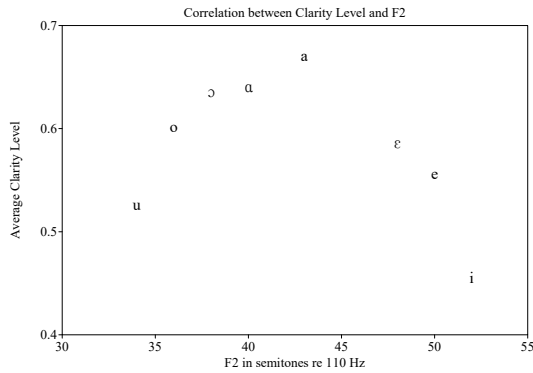


그림 8. F2와 청도의 상관성  
Figure 8. Correlation between F2 and clarity level

<그림 8>에서 가로축과 세로축을 나타내는 방식은 <그림 7>에서와 같다. 가로축에서 36은 A5, 즉 880Hz를 나타낸다. <그림 8>에 나타나 있듯이 후설모음 u에서 저모음 a로 갈수록 F2가 증가하다가 전설모음으로 옮겨가면서는 고모음 i로 갈수록 F2가 감소하는 패턴이 나타난다. 마치 모음사각도를 180도 회전시켜 놓은 것과 유사한 모습을 보인다.

실험의 결과 나타난 청도 차이가 어떤 요인에 영향을 받았는지 알아보기 위해 청도를 종속변수로 하고 기본주파수와 F2를 독립변수로 하여 복합 효과 로지스틱 회귀 분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 8>에 제시되어 있다.

표 8. 모음 자극 세트에 대한 복합 효과 로지스틱 회귀 분석 결과  
Table 8. Results of the mixed effects logistic regression for the vowel stimuli set

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	Sig. code
(Intercept)	-0.80841	0.576217	-1.403	0.1606	
f0insemitone	0.217647	0.043715	4.979	6.40E-07	***
f2insemitone	-0.02543	0.010018	-2.539	0.0111	*
f0insemitone: f2insemitone	-0.00032	0.000765	-0.423	0.6726	

Sig. code: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

<표 8>에 나타나 있듯이 청도 수준이 기본주파수에 따라서 유의미하게 증가하지만 F2에 대한 기본주파수의 민감도는 유의미한 차이가 없었다.

두 독립변수 각각의 그룹별 차이와 두 독립변수 간 교호 작용을 검증하기 위해 위의 모델에 대한 분산 분석을 실시하였다. 그 결과 두 변수 사이에 교호 작용이 없었다(F=0.1778; df=1). 기본주파수와 F2 모두 유의미한 효과가 있었다(f0insemitone에 대해서는 F=48.6235, df=1; f2insemitone에 대해서는 F=34.0131, df=1). 이는 기본주파수와 F2 모두 청도에 유의미한 영향을 미치며, F2에 따라 기본주파수에 대한 민감도에 유의미한 차이가 있음을 의미한다.

마지막으로 F2-F1에 대한 청자들의 반응이 <그림 9>에 제시되어 있다.

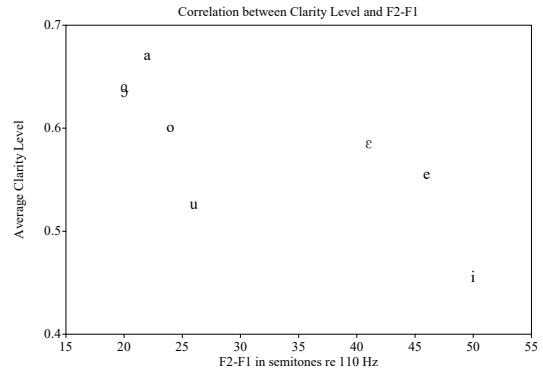


그림 9. F2-F1과 청도의 상관성  
Figure 9. Correlation between F2-F1 and clarity level

<그림 9>에서 가로축과 세로축을 나타내는 방식은 <그림 7>에서와 같다. <그림 9>에 나타나 있듯이 F1의 경우처럼 뚜렷하지는 않지만 F2-F1 값이 증가할수록 청도가 감소하는 패턴이 나타난다. 즉, F1과 F2의 차이가 작을수록 청도가 높고 두 포먼트 주파수의 차이가 클수록 청도가 낮다. F1과 청도 사이의 상관성을 확인하기 위하여 상관분석을 실시하였다. 상관분석 결과 F2-F1과 청도 사이에는 유의미한 상관관계가 있었다(r = -0.709).

실험의 결과 나타난 청도 차이가 어떤 요인에 영향을 받았는지 알아보기 위해 청도를 종속변수로 하고 기본주파수와 F2-F1을 독립변수로 하여 복합 효과 로지스틱 회귀 분석을 실시하였다. 그 결과가 <표 9>에 제시되어 있다.

표 9. 모음 자극 세트에 대한 복합 효과 로지스틱 회귀 분석 결과  
Table 9. Results of the mixed effects logistic regression for the vowel stimuli set

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	Sig. code
(Intercept)	-0.90062	0.429332	-2.098	0.0359	*
f0insemitone	0.19657	0.032176	6.109	1.00E-09	***
difinsemitone	-0.03275	0.005561	-5.889	3.88E-09	***
f0insemitone: difinsemitone	0.000323	0.000418	0.773	0.4394	

Sig. code: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

<표 9>에 나타나 있듯이 청도 수준이 기본주파수에 따라서 유의미하게 증가하지만 F2-F1에 대한 기본주파수의 민감도는 유의미한 차이가 없었다.

두 독립변수 각각의 그룹별 차이와 두 독립변수 간 교호 작용을 검증하기 위해 위의 모델에 대한 분산 분석을 실시하였다. 그 결과 두 변수 사이에 교호 작용이 없었다(F=0.5954; df=1). 기본주파수와 F2 모두 유의미한 효과가 있었다(f0insemitone에 대해서는 F=46.2207, df=1; difinsemitone에 대해서는 F=112.8028, df=1). 이는 기본주파수와 F2-F1 모두 청도에 유의미한 영향을 미치며, F2-F1에 따라 기본주파수에 대한 민감도에 유의미한 차이가 있음을 의미한다.

#### 4. 토론 및 결론

이 연구에서 세 가지 자극 세트를 이용하여 실험을 실시하였다. 중요한 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 맑은 소리로 인식하는 기본주파수 영역이 있다.
- 2) 기본주파수가 높아질수록 청도가 증가한다.
- 3) 단순음이 복합음보다 청도가 높다.
- 4) 성도 공명이 있을 때 청도가 증가한다.
- 5) 저모음일수록 청도가 증가한다.
- 6) F1 과 F2 차이가 작을수록 청도가 증가한다.

먼저 한 옥타브씩 차이 나는 단순음과 복합음 실험에서 밝혀진 중요한 결과는 평균적으로 A4 에서 청도가 0.5 이상 나타나기 시작했다는 점, 실험 대상 주파수 영역 중 A5 에서 청도가 가장 높았다는 점, 그리고 실험 대상 주파수 영역 전체에 걸쳐 단순음이 복합음보다 청도가 상대적으로 높게 나타났다는 점이다. 청도가 0.5 보다 높다는 것은 주어진 자극에 청으로 반응한 화자들의 수가 더 많다는 것을 의미하고 0.5 보다 낮다는 것은 탁으로 반응한 화자들의 수가 더 많다는 것을 의미한다. A4 에 가까운 주파수에서 청도가 0.5 보다 더 높아진다는 것은 청탁 구분의 경계가 되는 임계치가 A3 와 A4 사이에 존재할 가능성이 높다는 것을 보여준다. 그 청탁 경계가 되는 구체적인 주파수 임계치는 추가 실험을 통해 별도로 살펴보아야 하겠지만 결국 기본주파수가 높아야 소리가 맑다는 인상을 준다고 일반화할 수 있다. 그러나 기본주파수가 높기만 하다고 해서 더 맑다고 반응하는 것은 아니라는 점이 흥미롭다. A5 에서 정점에 도달한 후 A6 에 이르러서 맑다는 인상이 감소한다는 것은 청탁에 대한 인상은 기본주파수에 따라 달라지되 일정한 주파수에 도달해야만 다수가 맑다고 반응한다는 것과 소리가 맑다는 인상을 주는 일정한 주파수 영역이 존재할 수 있음을 시사한다.

실험을 통해 청탁 구분의 경계가 되는 기본주파수 임계치가 A4 에 가깝다는 것을 확인했을 뿐 청탁 구분의 경계가 되는 기본주파수 상한선이 존재하는지, 존재한다면 어디인지 현재로서는 단언할 수 없다.

국립국악원(2008)은 국악표준음고인 정악(正樂) 황중(黃鍾)을 Eb으로 확정하고 그 주파수를 311Hz로 공표하였다. 이 음고(音高)를 가진 음은 Eb4 에 해당한다. 이를 기준으로 중성(中聲) 음역을 구성하는 5 음, 즉 황중(黃鍾), 태주(太簇), 중려(仲呂), 임중(林鍾), 무역(無射)의 음이름과 주파수는 각각, 황중(Eb4=311Hz), 태주(F4=349Hz), 중려(Ab4=415Hz), 임중(Bb4=466Hz)이며 이 연구에서 설정한 A4 는 중성 음역의 중(仲)과 임(林) 사이에 있다. 이 음역보다 한 옥타브 높은 청성(淸聲)의 황중음(黃)은 622Hz, 중청성(重淸聲)의 황중음(潢)은 1344Hz이다. 반면 탁성(濁聲)의 황중음(潢)은 156Hz이며 배탁성(倍濁聲)의 황중음(潢)은 78Hz이다.

청성과 탁성의 구분은 이 연구의 청탁 반응 결과와 일치한다. A2 와 A3 는 각각 배탁성과 탁성의 영역에 속하고 A5 와 A6 는

각각 청성과 중청성의 영역에 속한다. A4 근처에서 청도가 0.5 에 근접하고, A2 와 A3 에서는 0.5 보다 청도가 낮았으며, A5 와 A6 에서는 청도가 0.5 를 훌쩍 넘었다. 악기의 음색에 따라 차이가 있겠지만 이 연구의 결과는 청탁은 소리의 높낮이와 밀접한 관계가 있고 중성 음역을 중심으로 청성과 탁성으로 나눈 것은 인간의 보편적 청지각과 무관하지 않다고 볼 수 있다. 즉 음역의 구분에 청탁의 상대적 개념을 이용한 것은 자연스러운 일이며 청지각적으로 의미가 있다고 할 수 있다. 그러나 A2 와 A3 사이에는 음이 낮아질수록 청도가 낮아졌지만 A5 와 A6 사이에는 음이 높아진다고 청도가 무한히 증가하는 것은 아니어서 배탁성이 탁성보다 청도가 낮고 중청성이 청성보다 청도가 높다고 하는 것은 성급해 보인다. 『樂學軌範』에서 언급한 청성과 탁성의 구분은 피치의 높낮이 인지와 밀접한 관계가 있다는 것을 밝혔다는 점에서 이 연구의 결과는 의미가 있다고 하겠다.

둘째, 반응씩 차이를 보이는 단순음과 복합음을 보통 말소리의 기본주파수 영역에 걸쳐 현미경적으로 살펴본 결과 첫 번째 실험 결과에서와 같이 A2-A4 사이의 주파수 영역에서는 맑다는 반응이 전반적으로 0.5 에 미치지 못한다. 그러나 기본주파수가 증가할수록 청도도 증가하는 추세를 보인다는 점과, A3 보다 낮은 주파수에서는 단순음과 복합음 사이에 별 차이가 없지만 A3 를 지나면 기본주파수가 증가할수록 단순음과 복합음 사이의 청도 차이가 두드러지게 나타난다는 점, 그리고 단순음이 복합음에 비해 청도가 상대적으로 높다는 점은 주목할 만하다.

A2 부터 A4 까지의 기본주파수 영역에서 한 옥타브를 12 반음으로 나누어 실시한 두 번째 실험에서도 첫 번째 실험에서와 마찬가지로 기본주파수가 증가할수록 청도가 증가하는 추세가 재확인되었으나 왜 단순음과 복합음 사이의 청도 차이가 A3 까지는 별 차이가 없다가 A3 를 기점으로 증가하는지 그 이유를 설명하기는 어렵다.

셋째, 8 개의 모음을 대상으로 실험한 결과를 살펴보면 기본주파수가 증가할수록 청도가 증가하는 추세는 앞의 두 실험과 같다. 세 번째 실험에서 가장 주목할 만한 결과는 기본주파수가 동일할 경우 필터 특성이 함께 나타나는 모음이 음원 특성만 나타나는 복합음보다 청도가 훨씬 더 높게 나타난다는 점이다. 그 뿐만 아니라 A2 에서는 청도가 0.2 정도로 매우 낮으나 A2 와 A3 사이에서 0.5 보다 높아지며 A4 에 이르러서는 0.9 에 근접하는데 0.5 이상의 청도가 나타나는 기본주파수가 남성과 여성의 말소리 평균 기본주파수 사이에 해당한다. 이것은 특정 주파수를 기준으로 남성의 모음은 청도가 낮고 여성의 모음은 청도가 높다는 것을 의미한다. 이는 남녀의 목소리 차이에 대한 인식, 즉 여성의 목소리가 남자의 목소리보다 맑다는 인상과 관련되어 있을 가능성이 있다. 자연계의 소리라 할 수 있는 단순음이나 복합음과는 달리 인간의 소리인 모음의 경우 청탁 인지의 경계가 되는 청도 0.5 에 도달하는 주파수 값이 남녀 말소리 기본주파수 평균값들 사이에 있다는 점은 청탁 인식에 대한 남녀 성별 차이를 이해하는 데 도움이 된다는 점에서 흥미롭다.

모음의 경우 F1 이 증가할수록 청도도 증가하고 F2 는 후설모음에서 저모음으로 갈수록 청도가 증가하다가 전설모음으로

갈수록 감소하는 모습은 모음사각도를 180도 회전한 것과 유사한데 동시에 (3)에 제시되어 있는 5모음 체계의 모습과 유사하다. 모음의 포먼트 주파수를 살펴본 결과 F1이 증가하면 청도도 증가하고 F1이 감소하면 청도도 감소하는데 F1과 청도 사이에 뚜렷한 상관성이 있었다. 모음의 개구도가 클수록, 즉 모음이 저모음일수록, F1이 높으며 청도가 높은 반면 모음의 개구도가 작을수록, 즉 모음이 고모음일수록, F1이 낮으며 청도가 낮은 것이다. 한편 (3)에 제시된 모음 체계에서는 모음의 개구도가 클수록, 즉 모음이 저모음일수록 채도가 높은 반면 모음의 개구도가 작을수록, 즉 모음이 고모음일수록 채도가 낮은 패턴이 나타났는데 이는 곧 청도와 채도가 같은 패턴을 보이는 것을 말하며 나아가 Trubetzky의 채도가 청도와 동일하다는 것을 말한다.

F2와 관련해서도 (3)에 제시되어 있는 5모음 체계와 동일한 모습이 나타났는데 이것은 F2는 청도와 밀접한 상관은 없으나 F2가 Trubetzky의 명도와 밀접한 관계가 있음을 확인시켜 주는 것이다. 즉 전설모음일수록 명도가 높고 F2가 높으며, 후설모음으로 갈수록 명도가 낮아지며 F2가 낮아지는 패턴과 일치한다. 결론적으로 Trubetzky가 모음 체계를 명도(brightness)와 채도(saturation)로 기술한 것과 오늘날 모음을 F1과 F2로 기술하는 것은 동일한 대상에 대한 다른 관점에서의 기술이고 결국 청도는 채도와 동일하다는 것임을 의미한다.

F1처럼 뚜렷하지는 않았지만 F1과 F2 사이의 주파수 차이(F2-F1)가 증가할수록 청도가 감소하는 패턴은 포먼트 주파수 간 차이가 작을수록 두 공명이 강화되어 나타난 결과로 추정된다. 만약 이러한 추론이 맞다면 두 포먼트 주파수가 일치하거나 근접할 때 청도가 가장 높아야 할 것이다. 만약 이러한 추론이 맞다면 두 포먼트 주파수가 동일하면 공명이 최고로 강화되는 것을 의미한다. 만약 포먼트 간 주파수 차이가 작을수록 공명이 강화된다면 이 연구의 결과가 어느 정도는 설명이 된다.

첫 번째 실험에서 A5, 즉 880Hz에서 청도가 가장 높게 나타났는데 공교롭게도 세 번째 실험에서 가장 높은 F1이 900Hz이었고 그 때 청도가 가장 높았다. 이는 음원 특성도 필터 특성도 특정 주파수 부근에서 청도가 가장 높으며 기본주파수와 포먼트 주파수가 같을 때 청도가 높게 나타날 수 있음을 암시한다. 반면 이 추론에 따르면 모음 i의 경우 포먼트 주파수가 300Hz이므로 기본주파수가 이 값과 동일하거나 근접할 때 청도가 뚜렷이 상승해야 하지만 실제로 그 증거를 찾기는 어렵다. 그러나 기본주파수가 포먼트 주파수보다 현저히 높으면 공명이 반영되지 않아 청도가 상대적으로 낮아질 수도 있다. 이러한 문제는 추후의 연구 과제로 남겨둔다.

셋째 실험을 통해 필터 특성이 더해졌을 때 청도가 증가하고, 저모음으로 갈수록 청도가 증가함을 확인할 수 있었다. 공명이 강하면 소리가 청아하고 여운이 오래 남는 반면 공명이 약하면 청취적으로 소리가 둔탁하고 갑작스럽게 소리가 사라진다. 이러한 청취적 특성은 공명의 대역폭과 관계가 있는데 전자의 경우 대역폭이 작고 후자의 경우 대역폭이 크다. 만약 공명의 대역폭이 청도를 결정하는 중요한 요소라면 추후에 연구가 되어

야 할 것이다.

이 연구는 청탁의 음성학적 의미를 살펴보았다는 점에서 의의가 있었다. 청 또는 탁에 기여하는 음향적 속성은 기본주파수든 공명주파수든 주파수로 보인다. 그리고 청탁에 관한 반응이 어떤 패턴으로 나타나는지와 관련하여 청도가 채도와 동일한 청지각적 개념임을 확인했다는 점에서 의의가 있다. 청탁이 인간의 보편적인 인지에 기초해서 필연적으로 사용할 수밖에 없는 자질인지, 아니면 우연히 선택해서 사용하게 된 자질인지와 관련해서는 다소의 성과가 있는 것으로 보인다. 청탁의 성격에 관해 명확히 말하기 어려운 측면이 있지만 동서고금을 막론하고 청탁과 관련된 용어를 공통적으로 사용하고 있고 청지각적 인상이 음향 및 조음적 상관체를 가지고 있다는 점에서 우연히 선택해서 사용하게 된 상대적 개념은 아닌 것으로 보인다. 그러나 그렇다고 해서 필연적으로 사용해야만 하는 것이라고 단언하기도 어려운 면이 있다. 그러나 소리의 청취적 인상과 관련하여 가장 먼저 떠오르고 사용되는 자질임은 분명한 듯하다.

이 실험에 사용된 복합음 자극은 조화음의 진폭이 동일하다. 그러나 실제 음원 특성은 스펙트럼의 진폭이 12dB/octave로 감소한다. 음원 특성에 6dB/octave로 증가하는 방출 특성을 더하면 스펙트럼의 진폭이 6dB/octave로 감소한다. 이러한 특성은 조화음 진폭이 동일한 복합음에 대해 고주파수진폭하강(deemphasis)을 실시하면 얻을 수 있는 것이다. 추후의 실험에서는 음원 및 방출 특성을 고려한 자극을 사용하여야 할 것이다.

이 실험은 소리에 대한 인지적 특성 중 ‘청탁(淸濁)’에 국한하여 연구를 진행하였다. 그러나 인간의 인지적 특성을 나타내는 상대적 개념은 무수히 많다. 특히 『訓民正音解例本』에서 모음을 조음적 특성과 청취적 인상을 바탕으로 기술하였다. 예를 들면 “·舌縮而聲深”과 같은 표현에서 ‘설축(舌縮)’은 조음적 특성을 ‘성심(聲深)’은 청취적 인상을 기술한 것이다. 다른 모음의 기술에서 ‘성심(聲深)’의 상대 개념인 ‘성천(聲淺)’을 사용했는데, ‘성(聲)’의 ‘심천(深淺)’은 바로 청취음성학적인 그리고 심리음향학적인 기술이다. 이러한 청취적 인상의 기술 또한 같은 방법으로 연구할 수 있을 것으로 보인다.

이 실험은 음원 및 필터 특성이 잘 나타나는 자극을 이용하여 실시하였다. 그러나 중국성운학 문헌과 훈민정음해례본에서 청탁이라는 자질은 자음을 분류하는 데 사용되었다. 자음을 특징짓는 음향적 자질은 후행 모음에 나타나지만 모음 앞에 나타나는 음향적 특성에 대한 연구가 없으면 그 주장에 한계가 있다. 이는 추후의 연구과제로 남겨둔다.

## 감사의 글

이 연구의 수행과 관련하여 두 사람의 도움을 받았다. 실험을 도와준 서울대학교 언어학과 김효주 학생에게 감사의 마음을 표한다. 그리고 통계 처리를 도와준 항공대학교 공은정 교수에게도 감사의 마음을 전한다.

## 참고문헌

- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using *lme4*. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. Retrieved from <https://www.jstatsoft.org/article/view/v067i01> on November 1, 2017.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2017). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.35. Retrieved from <http://www.praat.org/> on 16 October 2017.
- Chomsky, N., & Halle, M. (1968). *The Sound Pattern of English*. New York: Harper & Row Publishers.
- Fischer-Jørgensen, E. (1975). *Trends in Phonological Theory: A Historical Introduction*. Copenhagen: Akademisk Forlag.
- Helmholtz, H. (1954). *On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music* (2<sup>nd</sup> English edition). New York: Dover Publications.
- Jakobson, R., & Halle, M. (2002). *Fundamentals of Language* (2<sup>nd</sup> edition). New York: Walter de Gruyter.
- Jakobson, R., Fant, G., & Halle, M. (1951). *Preliminaries to Speech Analysis: The Distinctive Features and their Correlates*. Cambridge: MIT Press.
- Kamei, T., Kono, R., & Chino, E. (1989). *The Sanseido Encyclopedia of Linguistics, Vol. 2, Languages of the World, Part Two*. Tokyo: Sanseido Co. Ltd. (龜井孝, 河野六郎, 千野榮一 (1989). 言語學大辭典, 第2卷, 世界言語編(中). 東京: 三省堂.)
- Kamei, T., Kono, R., & Chino, E. (1996). *The Sanseido Encyclopedia of Linguistics, Vol. 6, Terms*. Tokyo: Sanseido Co. Ltd. (龜井孝, 河野六郎, 千野榮一 (1996). 言語學大辭典, 第6卷, 術語編. 東京: 三省堂.)
- Kim, Y. (2014). Twelve tones. *Dictionary of Korean Music*. Retrieved from <https://www.gugak.go.kr/site/program/board/basicboard/view?menuid=001003001002&boardtypeid=6&boardid=1210> on October 31, 2017. (김영운 (2014). 12 율. *국악사전*, <https://www.gugak.go.kr/site/program/board/basicboard/view?menuid=001003001002&boardtypeid=6&boardid=1210>).
- Lee, H., & Shim, S. (1999). *Chinese Phonetics*. Seoul: Kyoyukgwahaksa. (이현복·심소희 (1999). *중국어음성학*. 서울: 교육과학사.)
- National Gugak Center (2008). *2007 Report on the Study of Korean Traditional Musical Instruments*. Seoul: National Gugak Center. (국립국악원 (2008). *국악기연구보고서, 2007*. 서울: 국립국악원.)
- Pratt, R., & Doak, P. (1976). A Subjective Rating Scale for Timbre. *Journal of Sound and Vibration*, 45(3), 317-328.
- Trubetzkoy, N. (1939). *Principles of Phonology*. (Translated by Christiane Baltaxe). Berkely: The University of California Press.
- Uchanski, R. (2005). Clear speech. In D. Pisoni, & R. Remez (Eds.), *The Handbook of Speech Perception* (pp. 207-235). Malden: Blackwell Publishing.
- von Bismarck, G. (1974). Timbre of Steady Sounds: A Factorial Investigation of Its Verbal Attributes. *Acustica*, 30, 146-159.
- Wayland, R., & Jongman, A. (1989). Acoustic correlates of breathy and clear vowels: the case of Khmer. *Journal of Phonetics*, 31(2), 181-201.

### • 박한상 (Park, Hansang)

홍익대학교 영어교육과

서울시 마포구 와우산로 94

Tel: 02-320-1867 Fax: 02-333-1185

Email: phans@hongik.ac.kr

관심분야: 음향음성학, 실험음성학, 음운론