

한국어 폐쇄음 음향단서의 다차원 표현

윤원희*

* 경남대학교 영어학부

Multi-dimensional Representation of Acoustic Cues for Korean Stops

Weonhee Yun*

* Division of English, Kyungnam Univ.

whyun@kyungnam.ac.kr

Abstract

The purpose of this paper is to represent values of acoustic cues for Korean oral stops in the multi-dimensional space, and to attempt to find possible relationships among acoustic cues through correlation coefficient analyses. The acoustic cues used for differentiation of 3 types of Korean stops are closure duration, voice onset time and fundamental frequency of a vowel after a stop. The values of these cues are plotted in the two and three dimensional space and see what the critical cues are for complete separation of different types of stops. Correlation coefficient analyses show that there are statistically significant relationships among acoustic cues but they are not strong enough to make a conjecture that there is a possible articulatory relationship among the mechanisms employed by the acoustic cues.

I. 서론

한국어 폐쇄음의 음향 단서에 대한 연구는 이미 많은 곳에서 진행되어왔다. 한국어 3중 대립의 폐쇄음을 구분하는 음향 단서로는 폐쇄음의 폐쇄 구간 (closure duration), 성대진동 지연시간(Voice Onset Time VOT), 폐쇄음 뒤에 나타나는 모음의 기본 주파수 (fundamental frequency: F0) 등이 알려져 있다 [1][2][3]. 이러한 음향 단서들은 각각 단독의 음향 단서로서 3중 대립을 구분할 수 있는지에 대한 연구가 통계적 실험을 바탕으로 이루어졌고 그 결과로 각각의 음향 단서가 한국어 폐쇄 연음, 경음, 격음을 구분시켜 주는 단서로 쓰일 수 있음이 밝혀졌다. 그러나 각 폐쇄음의 음향 단서 값이 서로 중복되는 부분은, 그 음향 단서가, 중복되는 2 종류의 폐쇄음을 구분시킬 수 없다. 따라서 단일 음향 단서로는 3중 폐쇄를 구분시켜 주는 단서로서 충분하지 못하다는 것을 나타낸다. [4]에서는 VOT 뿐만 아니라 폐쇄음 뒤에 나오는 모음의 intensity가 중요한 음향단서로 제안 되었고, [5]는 단어 내에서의 폐쇄음의 경우 폐쇄 구간의 길이가 음향 단서로 연구되었다. [6]는 성인과 아동의 폐쇄음 분석을 통해서 VOT와 폐쇄 구간 등이 통계적으로도 독자적인 음향 단서가 될 수 없음을 밝히고 다중 음향 단서를 제안하였다. 여러 가지 음향 단서를 동시에 이용하여 3중 폐쇄의 구분을 시도하는 연구가 [7],[8]에서 이루어졌다. 특히 [8]에서는 단어 초 폐쇄음의 VOT

와 폐쇄음 뒤의 모음의 기본 주파수를 2차원 공간에 표현함으로써 3중 폐쇄음 분리를 시각적으로 표현하였다. 상기 연구에서는 음향단서를 종속적으로 판단하여 다변량 분석에 의한 3중 폐쇄음 구분을 시도하였으나 다변량 분석의 판단 근거를 체계적으로 제시하지 않고 있다.

본 고에서는 첫째, 단어 초에서의 폐쇄음의 음향 단서 분포뿐만 아니라 단어 내에서의 폐쇄음의 음향 단서 분포도 2차원과 3차원 공간에 나타내고자 한다. 또한 상관관계 분석을 통해서 다변량 분석의 적절성을 밝히고 상관 계수를 통하여 음향단서들의 조음적 관계를 살피고자 한다.

II. 연구 방법

단어 초와 단어 내에서의 폐쇄음의 음향 단서들의 값을 제시하고 상관관계 분석을 위하여 서울, 경기 지역 30세 초, 중반의 남성 4명이 녹음에 참여하였다. 녹음은 방음 부스에서 이루어졌으며 146개의 폐쇄음 단어를 각각 5번 반복하여 녹음하였다. 폐쇄음 단어는 모두 2음절 단어로서 1음절의 초성에 폐쇄음이 있거나 혹은 2음절의 초성에 폐쇄음이 나타나는 사전에 수록된 단어들로 선택하였다. 초 분절적 요소의 효과를 줄이기 위하여 단어는 “이것은 _____처럼 보인다”의 carrier sentence에서 밑줄 친 부분에 단어를 넣어 읽게 하였다. 녹음된 음성은 16비트 16kHz로 변환 저장하였다. 단어 초에서의 음향 단서로 VOT와 폐쇄음 뒤 모음의 기본 주파수를 이용하였고, 단어 내에서의 음향단서로는 앞의 두 가지에 폐쇄 구간을 추가하였다. 폐쇄 구간과 VOT는 수동으로 레이블링 하여 구하였으며 폐쇄음 뒤의 모음 기본 주파수는 Entropics의 *get_f0* 프로그램을 이용하여 모음 구간의 기본 주파수를 구한 후 가장 높은 부분을 자동으로 추출하여 음향 단서 값으로 사용하였다.

단어 초에 폐쇄음의 경우 뒤 모음이 무성화 된 경우가 발생하여 폐쇄음 뒤 모음의 기본 주파수를 구할 수 없는 경우가 발생하였으나 데이터를 버리지 않고 그대로 사용하였다.

III. 분석 결과

1. 단어 초에서의 음향 단서 분포

단어 초에서의 음향 단서인 VOT와 폐쇄음 뒤 모음의 기본 주파수를 2차원 공간에 분포시켜서 그림 1을 얻었다. 4 인의 음성에서 추출한 음향 단서의 값은 서로 중복되는 부분을 보여주고 있다. 많은 부분의 격음과 연음에서 중복되는 부분을 보여주고 있다. 그

러나 다른 논문에서 보여주듯이 MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) 테스트는 3중 폐쇄음의 분리가 가능한 것으로 나타난다. MANOVA 테스트와 관련하여 다음 절에서 좀 더 자세히 다루고,

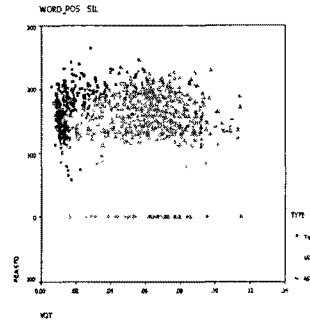


그림 1. 단어 초 폐쇄음의 음향 단서 산점도

그림 2, 3에서는 각 화자마다의 분포도를 좀 더 자세히 살펴보겠다.)

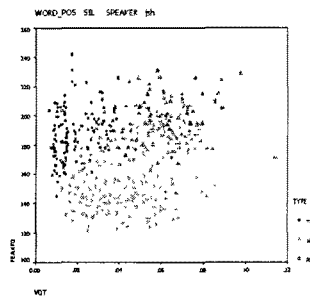


그림 2. 화자 jsh의 단어 초 음성 단서 산점도

[8]에서 각 화자의 발화는 VOT와 F0의 음향 단서들의 산점도가 중복되지 않고 잘 분리 되어 나타난다. 그러나 본 실험에서는 여러 부분에서 연, 경, 격음이 서로 분리되지 않음을 보여주고 있다

특히 그림 3에 나타난 화자 tss의 폐쇄음 뒤의 모음의 기본 주파수의 범위가 상당히 좁은 것을 알 수 있다

그림 4에 나타난 화자 why의 분포도는 다른 나머지 2개의 분포도에 비하여 비교적 세 종류의 폐쇄음이 잘 분리되어 나타나고 있음을 보여주고 있다. 그럼에도 불구하고 여전히 몇몇 부분에서 중복되는 공간이 타나

1) 4명의 녹음 중 1명의 분포도는 공간상의 부족으로 그림에서 제외하였다.

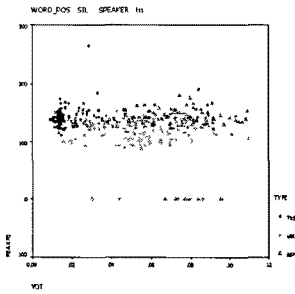


그림 3. 화자 tts의 단어 초 음향 단서 산점도

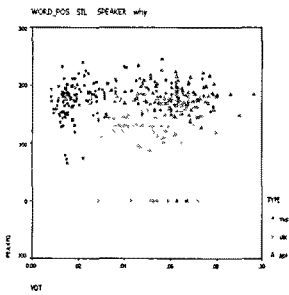


그림 4. 화자 why의 단어 초 음향 단서 산점도

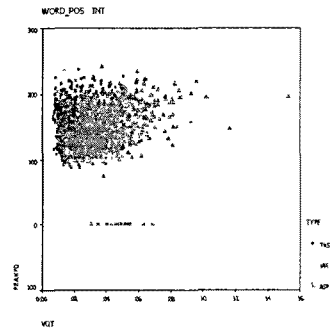


그림 5. 단어 내 2음절 초성 폐쇄음의 음향 단서 산점도

나고 있다.

2. 단어 초에서의 음향 단서 사이의 상관관계

MANOVA 테스트의 적절성을 설명하기 위해서 상관관계 분석을 하였다. 그림 1.에 사용된 데이터를 연음, 경음, 격음으로 분리하여 각각의 그룹마다 VOT와 모음의 기본 주파수와와의 상관관계 분석을 한 결과를 표 1.에 나타내었다.

	연음	경음	격음
	F0	F0	F0
VOT	-0.177	0.116	-0.171
Sig. (2-tailed)	<0.000	<0.008	<0.000

표 1. 단어 초 각 폐쇄음의 음향 단서 사이의 상관관계 (Pearson Correlation)

상관관계 분석에 의한 결과에 의하면 연, 경, 격음 모두에서 음향 단서간의 상관관계가 모두 통계적으로 유의미하게 나타났음을 알 수 있다. 즉 두 음향 변수들 사이의 관계가 독립이 아님을 의미한다. 여기서 음향 변수의 독립이란 VOT, 혹은 폐쇄음 뒤 모음의 기본 주파수라는 각각의 변수가 서로 독립된 두 사건이 아

님을 나타내는 것이다. 이렇게 두 개의 변수를 동시에 고려해야 할 경우 ANOVA (Analysis of Variance) 테스트는 통계 테스트로서 정확성이 떨어뜨리는 것으로 알려져 있다. 이 경우 2개 이상의 변수 간 상관관계를 고려한 MANOVA 테스트를 사용하는 것이 적절한 것으로 알려져 있다.

3. 단어 내에서의 음향 단서 분포

2음절 단어의 두 번째 음절의 초성에서는 연음의 VOT가 상당히 짧게 나타난다.[10] 따라서 연음과 경음의 VOT 값이 서로 중복을 많이 보이게 된다. 그림 5.는 모든 화자의 단어 내에서의 음향 단서를 산점도로 나타낸 것이다.

경음과 격음에서도 VOT의 상당 부분이 중복되어 나타나고 있다. 이것과 비교하여 경음과 연음에서는 경음의 VOT와 연음의 VOT가 대부분 같은 공간을 차지하고 있는 것으로 나타난다. 즉, 연음의 VOT가 음향 단서로서 제 역할을 하지 못하고 있음을 보여주는 것이다. 단어 초에서와는 달리 폐쇄음 뒤의 모음의 기본 주파수도 연음과 격음을 분리시켜주는 음향 단서로 기능을 발휘하지 못하고 있다. 그림 6.에서는 폐쇄 길이와 VOT를 축으로 하여 2차원 공간에 표현하였다.

그림 5.에서는 보이지 않았던 연음의 산점도가 그림 6.에서는 나타나고 있음을 알 수 있다. 그림 7.에서는 세 가지 음향단서를 모두 가지고 3차원에서 표현하였다. 모음의 기본 주파수는 큰 영향력이 없음을 알 수 있다.

4. 단어 내에서의 음향 단서 사이의 상관관계

단어 내에서의 2음절 초성의 폐쇄음의 음향 단서들 사이의 상관관계 분석하고 표 2.를 얻었다.

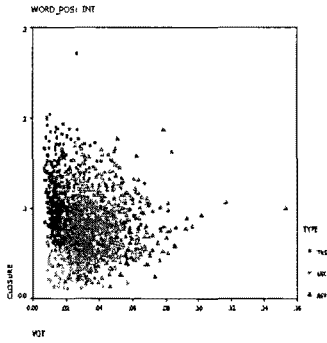


그림 6. 단어 내 폐쇄음의 폐쇄 구간과 VOT의 산점도

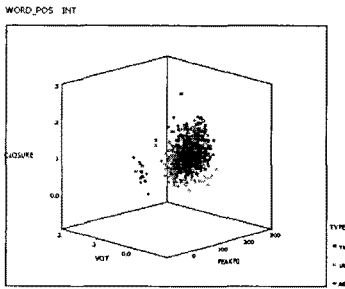


그림 7. 단어 내 2음절 초성 폐쇄음의 음향 단서 3차원 산점도

	연음		경음		격음	
	F0	CD	F0	CD	F0	CD
VOT	0.094	-0.157	0.160	-0.262	0.269	0.074
Sig.	<0.225	<0.043	<0.000	<0.000	<0.000	<0.026
F0		-0.006		0.131		0.209
Sig.		<0.934		<0.000		<0.000

표 2. 단어 내 2음절 초성 폐쇄음의 음향 단서 사이의 상관관계 (Pearson Correlation)

연음에서의 음향 단서들 사이의 상관관계가 다른 종류의 폐쇄음 음향 단서들 사이의 상관관계 보다 현저히 낮음을 알 수 있다. 그러나 경음과 격음에서의 상관관계 테스트는 모두 유의미한 결과를 나타내고 있다. 따라서 MANOVA 테스트가 ANOVA보다 적절한 것으로 보인다.

상관관계 분석을 통해서 변수 사이의 관계가 종속적이라는 사실을 확인하였으나 상관관계 계수의 경우 단어 초나 내에서 대부분 상당히 낮은 수치를 보이고 있다. 상관관계 계수가 절대값 1에 가까울수록 변수 사이의 관계는 더욱 강한 것으로 해석된다. 그러나 분석 자료에서는 현저히 낮은 계수를 보여주고 있다. 즉, 통계적으로 유의미한 상관관계를 가졌다 하더라도 그 강

도는, 음향 단서들의 조음 방법들 사이의 관련성을 추정할 만큼 강한 것으로 보이지 않는다.

IV. 결론

단어 초와 단어 내 2음절 초성에서의 폐쇄음의 음향 단서를 산점도를 통하여 분포특성을 살펴보았다. 폐쇄음의 음향 단서들은 여러 부분에서 중복되는 부분을 가지고 있으며 다중 음향 단서를 고려해도 완전히 사라지지는 않는다. 단어 내에서 2음절 초성에 나타나는 폐쇄음의 경우 3가지 음향 단서를 모두 사용한다 하더라도 3중 폐쇄음의 완벽한 분리는 할 수 없었으나 폐쇄 구간이 폐쇄구간 뒤의 모음의 기본 주파수보다는 중요한 역할을 하고 있음을 산점도는 보여주고 있다. 음향 단서들 사이의 상관관계 분석은 다변량 분석의 정당성을 부여하였으나 상관관계 계수의 강도는 매우 낮은 것으로 밝혀졌다. 따라서 음향 단서들과 관련된 조음 방법 사이의 관련성은 없는 것으로 볼 수 있다.

참고문헌

- [1] Lisker, L. & A.S. Abramson, "Cross-language study of voicing in initial stops. Acoustical measurements", *Word*, 20, 384-422, 1964.
- [2] Han, M.S. & R.S. Weitzman, "Acoustic features of Korean /P,T,K/, /p,t,k/, and /p^h,t^h,k^h/", *Phonetica*, 22, 112-128, 1970
- [3] Silva, D., *The phonetics and phonology of stop lenition in Korean*. Ithaca Cornell University, 1992.
- [4] Kim, C-W., On the autonomy of the tensity feature in stop classification, *Word* 21(3). 339-359, 1965.
- [5] Zhi, M, Y.J. Lee, & H.B. Lee, "Temporal structure of Korean plosives in /VCV/", In *Proceedings of the Seoul International Conference on Natural Language Processing* 90, 369-374, Seoul, Korea, 1990.
- [6] Kim, S-H, "Multiple acoustic cues of three-way phonemic contrast in stop consonants", *음성, 음운, 형태론연구 한국음운론학회* 79-104 1999.
- [7] Yun, W. Multiple acoustic cues for Korean stops and automatic speech recognition, Ph.D dissertation, The University of Edinburgh, 2003.
- [8] Kim, M. "Correlation between VOT and F0 in the perception of Korean stops and affricates", In *Proc. 8th International Conference on Spoken Language Processing*, Jeju Island, Korea, 2004