

폐쇄음 음향 단서의 다차원 표현과 상관관계 분석* **

윤원희(경남대)

<차 례>

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. 서론 | 3.3. 단어 내 폐쇄음 음향 단서 분포 |
| 2. 연구방법 | 3.3.1. 단어 내 모든 폐쇄음 |
| 3. 연구결과 | 3.3.2. 앞 음절 종성의 분류에 따른 단어 내 폐쇄음 |
| 3.1. 단어 초 폐쇄음 음향 단서 분포 | 3.4. 단어 내 폐쇄음 음향 단서 사이의 상관관계 |
| 3.2. 단어 초 폐쇄음 음향 단서 사이의 상관관계 | 4. 토론 및 결론 |

<Abstract>

Multi-dimensional Representation and Correlation Analyses of Acoustic Cues for Stops

Weonhee Yun

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 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 to see what the critical cues are for separation of different types of stops. Correlation coefficient analyses show that multi-variate approach to statistical analysis is legitimate, and that there are statistically significant relationships among acoustic cues but they are not strong enough to make the conjecture that there is a possible relationship among the articulatory or laryngeal mechanisms employed by the acoustic cues.

* Keywords: Stops, Acoustic cues, Voice onset time, Fundamental frequency, Closure duration.

* 2005학년도 경남대학교 학술논문 게재연구비 지원으로 이루어졌음.

** 2005 대한음성학회 봄 학술대회에서 발표된 논문의 수정, 보완된 것임.

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)등이며 이러한 음향 단서들은 각각 단독의 음향 단서로써 3중 대립을 구분할 수 있는지에 대한 연구가 통계적 실험을 바탕으로 이루어져, 그 결과로 각각의 음향 단서가 한국어 폐쇄 연음, 경음, 격음을 구분시켜주는 단서로 쓰일 수 있음이 밝혀졌다[1][2][3][4][5].

그러나 VOT 값과 같이 중첩이 일어나는 음향 단서 값으로는 폐쇄음의 종류를 구분하여 판단할 수 없다. 따라서 단일 음향 단서로는 3중 폐쇄음을 구분시켜 주는 단서로서 충분하지 못하다. [6]에서는 단일 음향 단서가 아닌 두개의 음향 단서를 제안하였다. [6]은 VOT 뿐만 아니라 폐쇄음 뒤에 나오는 모음의 강도(tensity)도 연음과 격음을 구분하는 음향 단서임을 보여주었다. 강도는 폐쇄음 뒤에 나오는 모음에 나타나는 기본 주파수이며, 연음과 격음뿐만 아니라 연음, 경음, 격음 모두 각 폐쇄음 뒤의 모음 주파수의 크기로 구분 될 수 있다고 보고되었다[7]. [8]은 단어 내에서의 폐쇄음의 경우 폐쇄 구간의 길이가 음향 단서로 연구되었다. [9]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 폐쇄음의 구분을 시도하는 연구가 [10], [11]에서 이루어졌다. 특히 [11]에서는 단어 초 폐쇄음의 VOT와 폐쇄음 뒤의 모음의 기본 주파수를 2차원 공간에 표현함으로써 3중 폐쇄음 분리를 시각적으로 표현하였다. 그러나 폐쇄 구간이 중요한 음향 단서로 쓰이는 단어 내에 위치한 폐쇄음에 대하여 음향 단서가 어떤 식으로 분포하여 3중 대립이 가능한지를 보여주는 연구는 아직 제시되지 않았다.

다른 연구와 달리 [10][11]은 음향 단서를 통계적 종속변수로 판단하여 다변량 분석에 의한 3중 폐쇄음 구분을 시도하였다. 그러나 다변량 분석의 명시적 판단 근거를 제시하지 않고 있다.¹⁾

또한 [11]은 폐쇄음 인지 실험을 통하여 VOT와 폐쇄음 뒤에 나오는 기본 주파수가 연음과 격음을 구분하는 중요한 음향 단서로 쓰이는 반면 경음에서는 모음의 기본 주파수가 인식에 별 영향을 미치지 않음을 보이고, 연음과 격음의 인지 실험에서 VOT와 기본 주파수는 높은 상관계수를 갖는 역의 상관관계가 있음을 밝혔다.

그러나 위 실험은 인지실험을 바탕으로 이루어진 음향 단서들 사이의 상관관

1) [10]은 다변량 분석의 이유를 발화 시 발생기관들의 완전한 독립적 움직임이 가능하지 않기 때문으로 보고 있다.

계 결과로서, 발화된 폐쇄음의 VOT와 모음의 기본 주파수를 분석한 것은 아니다. 다시 말해, 폐쇄음의 조음적 측면에서 이루어진 것은 아니다. 폐쇄음의 인지적 차원에서 VOT와 모음의 기본 주파수가 강한 상관관계를 가진다면 다음과 같은 가정도 가능할 것이다. 즉, VOT가 짧은 격음들이 그 범위가 연음의 그것과 중첩된다면, 격음 뒤에 나오는 모음의 기본 주파수를 상승시킴으로써 모음의 기본 주파수를 폐쇄음 구분에 결정적 단서로 제공하려 할 것이다. 다시 말해서 폐쇄음 인지에서 나타난 VOT와 기본 주파수와의 상관관계가 폐쇄음 조음 시에도 그대로 유지될 수 있을 것이라는 가정이다. 이러한 가정은 발화된 폐쇄음의 VOT와 모음의 기본 주파수 사이의 상관관계를 분석함으로써 유추해 볼 수 있다. 만일 측정 자료로부터 강한 상관관계가 나타난다면, 폐쇄음 조음 시에 그러한 상관성을 가져오는 조음메커니즘이 있을 수 있을 것이다. 다시 말해, VOT를 결정하는 성대 근육, 성대의 움직임, 등의 후두부 활동과, 모음의 기본 주파수를 높이거나 낮추는데 사용되는 조음 기관들과 긴밀한 관계가 있다고 가정할 수 있을 것이다.

이런 가정은 단어 내에서도 적용해 볼 수 있다. 단어 내에 나타난 폐쇄음의 경우 연음의 VOT는 단어 초에서 보다 짧게 나타나고[10] 격음의 VOT 또한 단어 내에서 단어 초보다 짧게 나타난다.[12] 따라서 VOT가 짧아진 연음은 경음과 그 음향 단서에서 많은 중첩을 가져올 수 있고 이런 중첩은 폐쇄 구간에 의해서 보정된다. 그러므로 폐쇄 구간과 VOT 사이의 상관성 또한 가정해 볼 수 있을 것이다.

본 연구에서는 따라서 첫째, 단어 초에서의 폐쇄음의 음향 단서뿐만 아니라 단어 내에서의 폐쇄음의 음향 단서들의 분포특성을 다차원(2차, 3차원) 공간에서 나타내고자 한다. 특히 단어 내에서의 폐쇄음은 앞 음절의 형태를 세 가지로 구분하여 폐쇄음 간 음향 특성의 분포가 서로 상이하게 나타나는지 살펴볼 것이다. 둘째, 음향 단서 간의 상관관계 분석을 통하여 먼저 다변량 분석의 적절성을 밝히고, 각 종류의 폐쇄음이 가진 음향 단서 간 상관관계 분석을 통하여 폐쇄음 조음시 나타나는 후두부 활동, 또는 조음 기관 사이의 상관성을 유추해 보고자 한다.

2. 연구 방법

연구 방법으로는 첫째, 단어 초와 단어 내에서의 폐쇄음의 음향 단서들의 값을 제시하였다. 둘째, 상관관계 분석을 위하여 서울, 경기 지역 30세 초, 중반의 남성 4명(jsh, khk, tss, why)을 녹음에 참여시켰다. 녹음은 방음 부스에서 이루어졌으며 146개의 폐쇄음 단어 목록을 만들고 무작위로 섞어 146개의 단어목록 세트 5개를 가지고 녹음하였다.²⁾

2) 약 1000여개의 토큰 중에 60여 개에서 폐쇄음 뒤 모음의 기본 주파수를 얻지 못하였다. 그러나 전체 토큰에서 1%가 되지 않는 양 이므로 이러한 토큰들을 제외하고 산점도와

폐쇄음 단어는 모두 2음절 단어로써 1음절의 초성에 폐쇄음이 있거나 혹은 2음절의 초성에 폐쇄음이 나타나도록 하였다. 1음절의 형태가 2음절 초성에 오는 폐쇄음 음향 단서들의 분포에 어떤 영향을 미치는지 살펴보기 위하여 앞 음절의 형태에 여러 음을 배치시켰다. 이 연구는 폐쇄음의 음향 단서가 무엇인지를 알아내고자 하는 연구가 아니기 때문에, 사용된 146개의 단어는 모두 사전에 수록된 유의미어로 한정시켰다. 따라서 폐쇄음 뒤, 혹은 앞의 자, 모음을 한 종류, 또는 한 가지 음으로 고정하지 않았다. 이렇게 함으로써 일상적인 발화와 가까운 환경을 만들고 그러한 환경하에서의 음향 단서 분포와 상관성을 살펴보려 했다.

운율적 요소의 효과를 줄이기 위하여 단어는 “이것은 _____ 처럼 보인다”의 틀문장(carrier sentence)에서 밑줄 친 부분에 단어를 넣어 읽게 하였다.³⁾ 녹음된 음성은 16비트 16kHz로 변환 저장하였다. 단어 초에서의 음향 단서로 VOT와 폐쇄음 뒤 모음의 기본 주파수를 이용하였고, 단어 내에서의 음향 단서로는 앞의 두 가지에 폐쇄 구간을 추가하였다. 폐쇄 구간과 VOT는 수동으로 레이블링하여 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.⁴⁾ 구해진 세 가지 음향 단서 값은 정규화나 혹은 후 처리를 통한 변형을 하지 않고 통계에 이용하였다.

3. 분석 결과

분석 결과를 단어 초와 단어 내의 두 경우로 나누고 각 경우에 있어서 음향 단서 분포와 상관관계 분석을 시도하였다. 상관관계 분석을 바탕으로 폐쇄음의 음향 단서를 생산해 내는 조음 기관 간 상관성에 대하여 살펴보았다.

3.1 단어 초 폐쇄음 음향 단서 분포

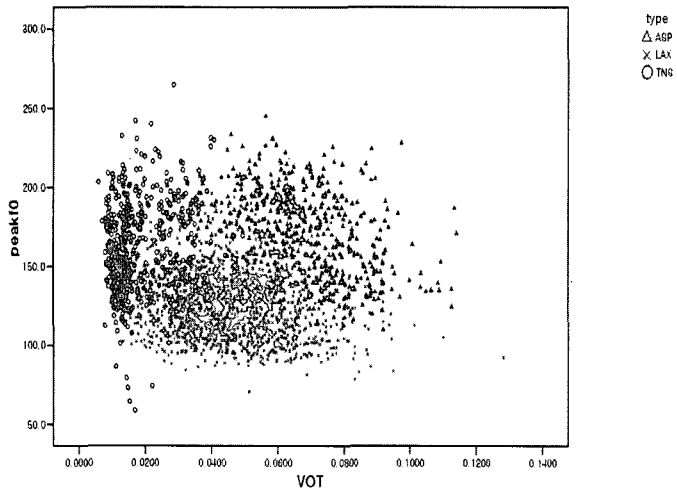
단어 초에서의 음향 단서인 VOT와 폐쇄음 뒤 모음의 기본 주파수를 2차원 공간에 분포시켜서 <그림 1>을 얻었다. 4인의 음성에서 추출한 음향 단서의 값은 서로 중첩되는 부분을 보여주고 있다. 많은 부분의 격음과 연음에서 중첩되는 부분을 보여주고 있다. [10][11]은 단어 초의 폐쇄음 음향 단서에 대하여 MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) 테스트를 실시하고 3중 폐쇄음의 분리가 가능한

상관관계 분석을 시행하였다.

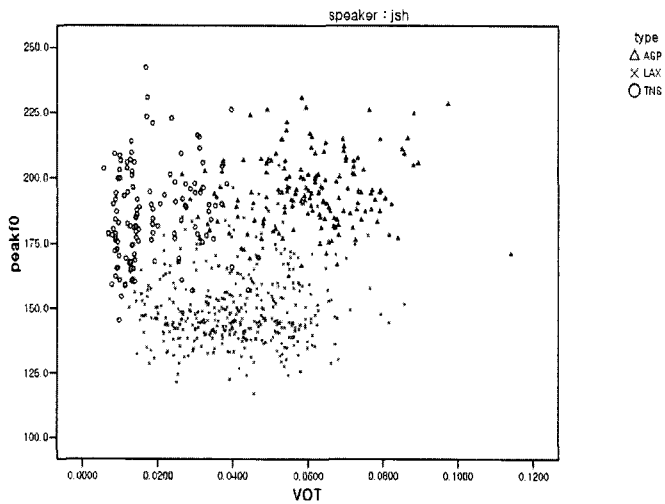
3) 녹음 된 자료에서 폐쇄음이 들어간 단어의 시작은 억양구의 시작이다.

4) 폐쇄음 뒤에 나타나는 모음의 기본 주파수에서 가장 높은 부분을 자동으로 추출하여 사용하였으며 이것을 ‘peak f0’라고 부르기로 한다.

것으로 보고하였다.

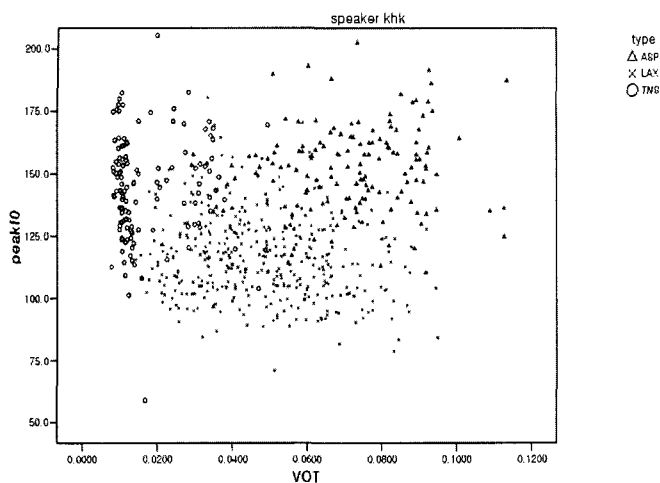


<그림 1> 단어 초 폐쇄음의 음향 단서 산점도

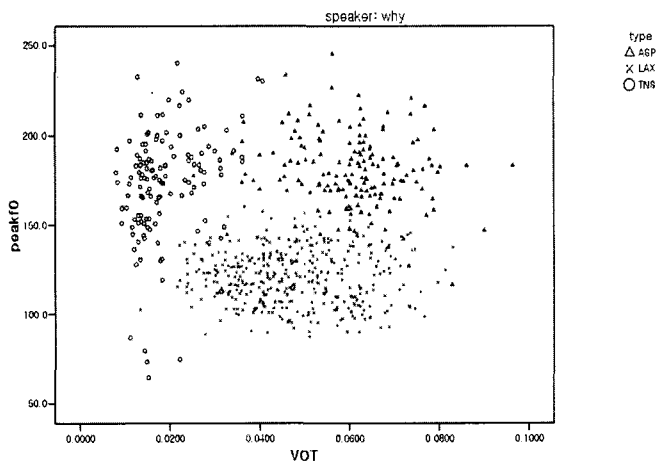


<그림 2> 화자 jsh의 단어 초 음향 단서 산점도

화자 jsh, khk, why의 산점도 <그림 2, 3, 4>에서는 <그림 1>에 나타난 산점도와 비슷한 분포특성을 보여주고 있는 반면 <그림 5>의 화자 tss는 전체적으로 폐쇄음 뒤의 모음에 나타나는 F0 범위가 다른 화자에 비해서 좁혀져 있는 것을 알 수 있다.



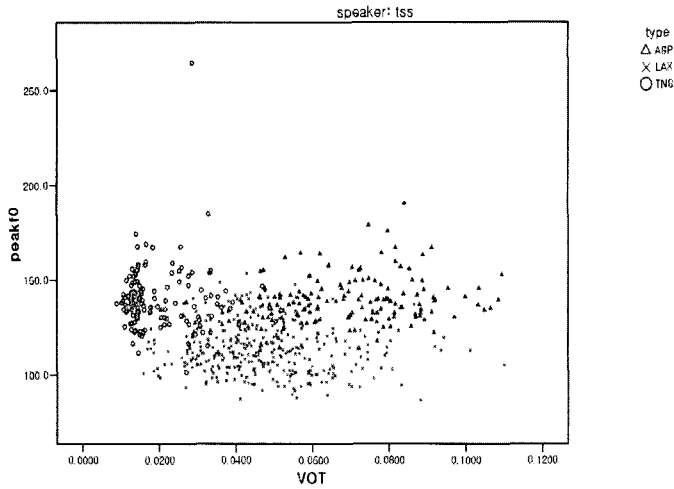
<그림 3> 화자 khk의 단어 초 음향 단서 산점도



<그림 4> 화자 why의 단어 초 음향 단서 산점도

[11]에 나타난 화자별 음향 단서의 산점도는 연, 경, 격음에서 음향 단서의 중첩이 나타나지 않는 반면, 본 연구에서 측정된 음향 단서들은 여러 곳에서 다른 종류의 폐쇄음이 갖는 음향 단서 값과 중첩되는 부분을 보여주고 있다. 이러한 중첩은 결국 중첩되는 부분에서는 폐쇄음의 범주화가 잘 되지 않을 수도 있다는 것을 의미한다.

<그림 4>에 나타난 화자 why의 산점도는 다른 나머지 3개의 분포도에 비하여 비교적 세 종류의 폐쇄음이 잘 분리되어 나타나고 있음을 보여주고 있다. 그럼에도 불구하고 여전히 3중 폐쇄음 사이의 중첩 공간이 나타나고 있음을 알 수 있다.



<그림 5> 화자 tss의 단어 초 음향 단서 산점도

3.2 단어 초 폐쇄음 음향 단서 사이의 상관관계

단어 초 폐쇄음의 음향 단서들 사이의 상관관계 분석을 시행하였다. 그림 1.에 사용된 데이터를 연음, 경음, 격음으로 분리하여 각각의 그룹마다 VOT와 폐쇄음 뒤 모음의 기본 주파수와의 상관관계 분석 결과를 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> 단어 초 폐쇄음의 음향 단서 사이의 상관관계(Pearson's Correlation)
 (**는 신뢰수준 0.01에서 유의미한 것으로 판정)

	연음 F0	경음 F0	격음 F0
VOT	-0.137	0.116	-0.167
Sig. (2-tailed)	<0.001**	<0.008**	<0.001**

연음, 경음, 격음 모두에서 음향 단서간의 상관관계가 모두 통계적으로 유의미하게 나타났음을 알 수 있다.($p < 0.001$ 또는 $p < 0.008$) 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 아님을 나타내는 것이다. 완전히 독립된 두 사건의 경우 두 변수 사이의 상관계수는 0으로 나타나야 한다. 상관관계에 대한 검증 결과가 상관관계가 있는 것으로 판단될 경우 두 변수 사이의 관계는 독립이라고 할 수 없다.

이렇게 두 개의 변수를 동시에 고려해야 할 경우 ANOVA (Analysis of

Variance) 테스트는 MANOVA 테스트에 비해서 1종 오류(type I error rate)를 범할 확률이 증가하는 것으로 알려져 있다.[13] 따라서 2개 이상의 변수 간 공변량을 고려한 MANOVA는 폐쇄음의 음향 단서를 이용한 3중 대립의 검증 테스트로 적절하다.

각 화자별 상관관계 아래 <표 2>에 나타내었다. 화자별 상관관계를 통하여 폐쇄음 조음 시에 일어나는 조음 기관 사이의 관계를 유추할 수 있을 것이다.

<표 3 > 화자별 상관관계 분석(Pearson's Correlation)
(‘***’는 신뢰수준 0.01, ‘**’는 0.05에서 유의미한 것으로 판정)

화자		연음	경음	격음
jsh		F0	F0	F0
	VOT	0.093	0.167	0.104
	Sig. (2-tailed)	<0.066	<0.058	<0.177
khk		F0	F0	F0
	VOT	-0.174	0.075	0.176
	Sig. (2-tailed)	<0.001**	<0.399	<0.03*
why		F0	F0	F0
	VOT	-0.015	0.267	0.16
	Sig. (2-tailed)	<0.761	<0.002**	<0.042*
tss		F0	F0	F0
	VOT	-0.079	0.055	0.247
	Sig. (2-tailed)	<0.136	<0.535	<0.002**

[11]에서 논의 되었듯이 경음 뒤의 모음 기본 주파수는 경음으로의 인지에 별 영향을 주지 못한다. 다시 말해서, 경음의 경우 VOT만 짧다면 모음의 기본 주파수가 낮아도 다른 범주의 폐쇄음으로 인식되지 않는다. 따라서 VOT와 모음 기본 주파수 사이의 낮은 상관관계를 예상할 수 있을 것이다. <표 2>에서 경음의 경우 화자 why만이 상관관계가 있는 것으로 판단된다. 그러나 강한 상관관계가 있다고 주장하기에는 낮은 상관계수를 보이고 있다.

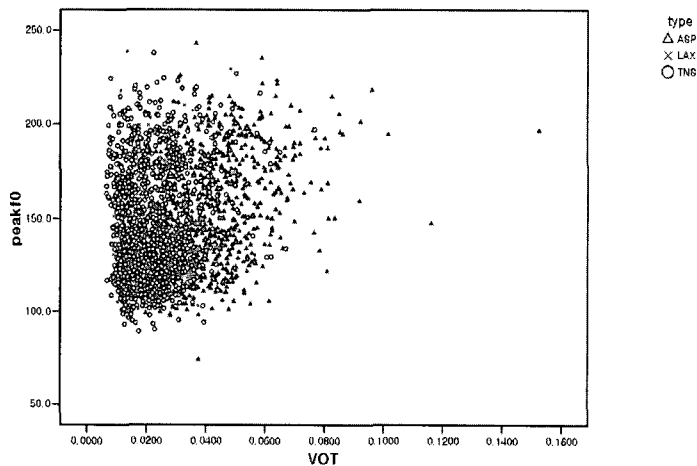
[11]의 인지실험에서는 또한 연음과 격음의 경계부분에서 강한 음의 상관관계를 갖는다고 보고되었다. 그러나 이러한 인지실험에서의 상관관계는 발화 측정 데이터에는 나타나지 않는다. 즉, 격음 혹은 연음 조음 시에 VOT를 보완하도록 모음의 기본주파수를 생산하는 조음 기관 사이의 연관성이 결여된 것으로 짐작된다. 조음 기관 사이의 연관성에 관하여 토론 부분에서 좀 더 논의하도록 하겠다.

3.3 단어 내 폐쇄음 음향 단서 분포

단어 내 폐쇄음 음향 단서로는 단어 초에서 쓰이는 VOT와 모음의 기본 주파수와 더불어 폐쇄 구간이 있다. 서론에서 언급 했듯이, [10][12]는 단어 내 격음의 VOT는 단어 초보다 짧은 것으로 보고되었다. 또한 연음의 경우 단어 내에서는 유성화가 일어나므로 정확한 VOT를 측정하기 어렵다. 이번 절에서는 첫째, 단어 내의 모든 폐쇄음, 즉 앞 음절의 형태에 상관없이 모든 2음절 초성 폐쇄음의 음향 단서에 대하여 산점도를 통하여 분포와 상관관계를 살펴보고 둘째, 앞 음절의 형태를 세 종류로 분류하고 그에 따른 분포와 상관관계를 살펴보고자 한다.

3.3.1 단어 내 모든 폐쇄음

<그림 6>은 단어 초와 마찬가지로 VOT와 모음의 기본 주파수만 가지고 산점도를 나타내었다. 이 경우, 연음의 분포는 다른 종류의 폐쇄음과 중첩되어 잘 나타나지 않는다. 다시 말해서, 이 위치에서 폐쇄음의 VOT는 격음과 경음을 분리시켜주지만 연음과 경음 혹은 연음과 격음을 분리하는 음향 단서로써 제 역할을 하지 못하고 있음을 보여주는 것이다.

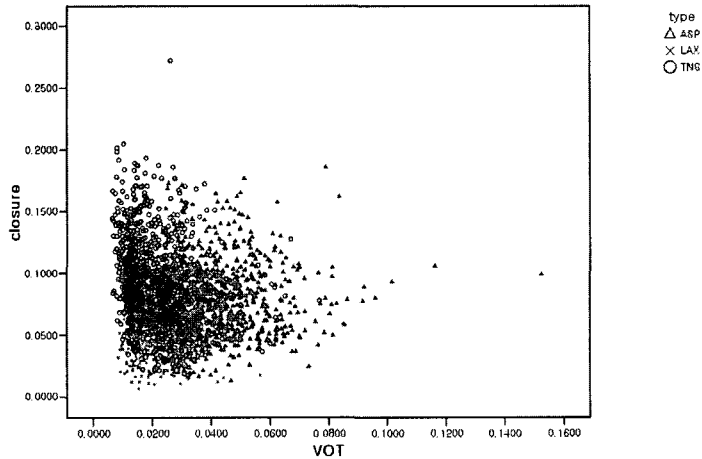


<그림 6> 단어 내 2음절 초성 폐쇄음의 음향 단서 산점도

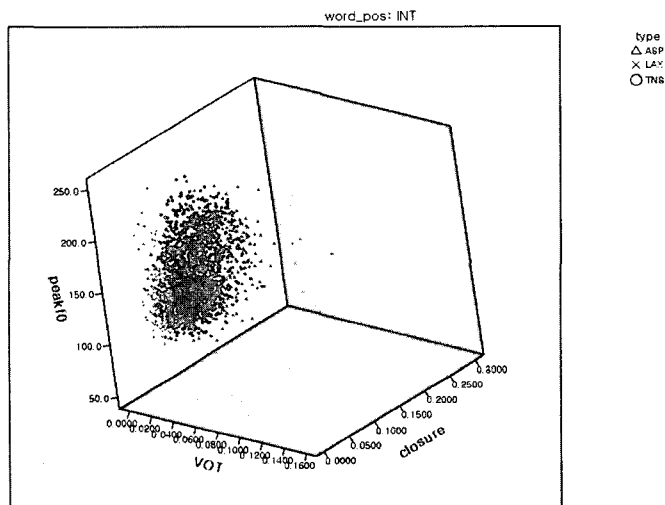
통계적으로 경음과 격음이 VOT에 의하여 분리되더라도 위 산점도는 경음과 격음에서도 역시 상당 부분의 VOT 중첩 현상이 나타난다. 단어 초에서와는 달리 모음의 기본 주파수도 음향 단서로서 기능을 발휘하지 못하고 있다.

<그림 7>에서는 폐쇄 길이와 VOT를 축으로 하여 2차원 공간에 표현하였다.

<그림 6>에서는 보이지 않았던 연음의 산점도가 <그림 7>에서는 나타나고 있음을 알 수 있다. <그림 8>에서는 세 가지 음향 단서를 모두 가지고 3차원에서 표현하였다.



<그림 7> 단어 내 폐쇄음의 폐쇄 구간과 VOT의 산점도

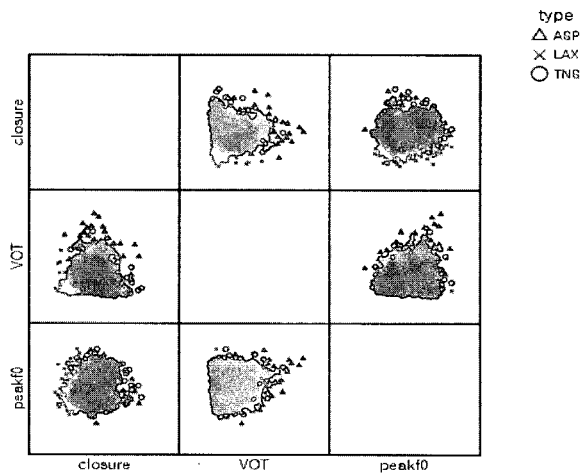


<그림 8> 단어 내 2음절 초성 폐쇄음의 음향 단서 3차원 산점도

· <그림 7, 8>에서 알 수 있듯이 모음의 기본 주파수는 단어 내 폐쇄음을 구분하는 음향 단서로서 영향력이 크지 않음을 알 수 있다. 다음에서는 이러한 결과가 앞 음절의 형태를 통제했을 경우에도 그대로 유지되는지 살펴볼 것이다.

3.3.2 앞 음절 종성의 부류에 따른 단어 내 폐쇄음

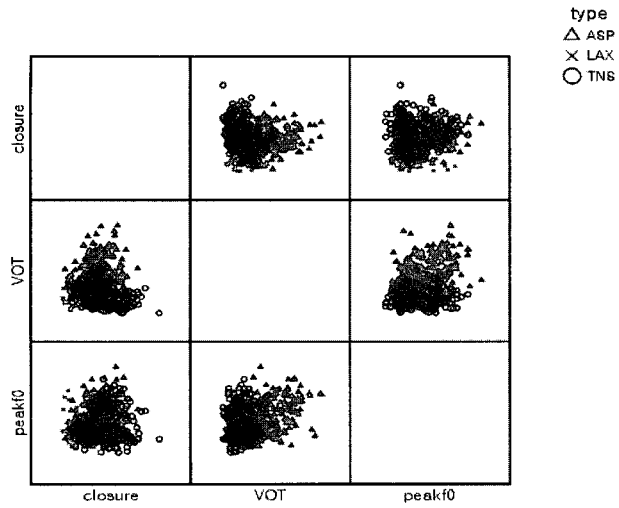
앞 음절 종성의 음(preceding phone)을 크게 세 가지로 분류하여 음향 단서들의 분포를 살펴보았다. 첫째, 종성이 없을 경우, 즉 VCV의 환경, 둘째, 종성이 공명음(sonorant)인 경우, 셋째, 종성이 폐쇄음(unreleased stop)인 경우로 하여 산점도를 나타내었다.⁵⁾



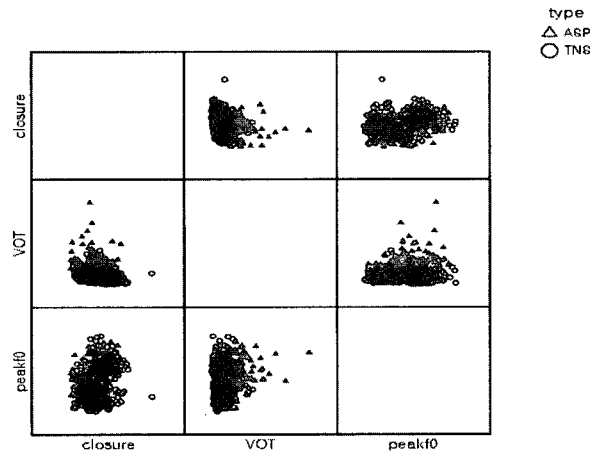
<그림 9> 앞 음절이 모음으로 끝날 때 음향 단서 분포

앞 음절의 형태를 세 가지로 분류하여 나타낸 산점도에서 y축이 폐쇄구간 그리고 x축이 VOT일 경우 <그림 7>과 비슷한 분포를 보여주고 있다.⁶⁾ 즉, 단어 내에 위치한 연음과 다른 두 폐쇄음을 구분하는 음향 단서로는 폐쇄구간이 모음의 기본 주파수보다 연음을 구분하는데 유효한 것으로 보인다. 같은 위치의 경음과 격음의 구분에는 VOT가 유효한 음향 단서로 쓰이는 것을 알 수 있다.

5) 녹음에 사용된 단어가 모두 2음절 단어이므로 VCV란 $C_1VC_2V(C)$ 에서 밑줄친 부분을 말한다. C_1, C_2 는 모두 폐쇄음을 나타낸다.
 6) <그림 11>의 경우 앞 음절 종성이 폐쇄음일 경우 그 다음에 나오는 폐쇄 연음은 경음화 되기 때문에 산점도에 보이지 않는다.



<그림 10> 앞 음절 종성이 공명음일 때 음향 단서 분포



<그림 11> 앞 음절 종성이 폐쇄음일 때 음향 단서 분포

3.4 단어 내 폐쇄음 음향 단서 사이의 상관관계

단어 내 2음절 초성 폐쇄음의 음향 단서들 간 상관관계를 분석하고 <표 3>을 얻었다. 단어 초의 경우와 마찬가지로 음향 단서들 사이의 상관관계가 있는 것으로 검증되었다. 이러한 결과는 통계 검증 테스트로서 다수의 ANOVA 테스트를 반복 시행하는 것 보다 MANOVA 테스트가 더욱 적절한 방식이라는 것을 입증한다.

<표 4> 단어 내 2음절 초성 폐쇄음의 음향 단서 간 상관관계(Pearson's Correlation) (**는 신뢰수준 0.01, *는 0.05에서 유의미한 것으로 판정) CD는 closure duration

	연음		경음		격음	
	F0	CD	F0	CD	F0	CD
VOT	0.094	-0.157	0.17	-0.262	0.38	0.072
Sig.	<0.225	<0.043*	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.033*
F0		-0.006		0.128		0.242
Sig.		<0.934		<0.001**		<0.001**

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 상관계수를 보여주고 있다.

화자에 따라 상관관계 결과 혹은 상관계수가 <표 3>과 차이점을 보이는지 알아보기 위하여 화자 why에 대하여 상관관계 분석을 시행하고 <표 4>에 제시하였다.

<표 5> 화자 why의 단어 내 초성 폐쇄음의 음향 단서 간 상관관계(Pearson's Correlation)

(***는 신뢰수준 0.01, **는 0.05에서 유의미한 것으로 판정) CD는 closure duration

	연음		경음		격음	
	F0	CD	F0	CD	F0	CD
VOT	-0.04	-0.396	0.197	-0.116	0.297	-0.073
Sig.	<0.719	<0.001**	<0.001**	<0.005**	<0.001**	<0.275
F0		0.132		-0.042		0.088
Sig.		<0.235		<0.475		<0.187

상관계수는 여전히 낮은 수치를 보이고 이것은 폐쇄구간, VOT, 모음의 기본 주파수 사이의 강한 상관관계를 찾아볼 수 없음을 의미한다. 화자 why에 대하여 앞 음절의 형태 분류에 따른 상관관계 분석을 시행하였다.⁷⁾

7) <표 5>에서 폐쇄음 뒤의 연음은 경음화하기 때문에 음향 단서를 측정할 수 없다.

<표 6> 앞 음절 중성 분류에 따른 화자 why의 음향 단서 간 상관계(Pearson's Correlation)
(***는 신뢰수준 0.01, **는 0.05에서 유의미한 것으로 판정) CD는 closure duration

		연음		경음		격음	
		F0	CD	F0	CD	F0	CD
모음	VOT	-0.109	-0.439	0.212	-0.128	-0.011	-0.226
	Sig	<0.362	<0.001**	<0.017*	<0.153	<0.910	<0.018*
	F0		0.16		-0.011		0.066
	Sig		<0.18		<0.900		<0.496
공명음	VOT	0.507	0.163	0.211	-0.031	0.120	0.042
	Sig	<0.111	<0.632	<0.080	<0.796	<0.350	<0.720
	F0		-0.041		0.199		0.022
	Sig		<0.905		<0.098		<0.852
폐쇄음	VOT			0.022	0.135	0.392	0.028
	Sig			<0.833	<0.192	<0.007**	<0.856
	F0				-0.011		0.221
	Sig				<0.912		<0.140

<표 5>에서 보듯이 앞 음절의 형태에 따른 상관계 분석은 각 폐쇄음의 음향 단서 간 관계가 긴밀하지 않음을 보여준다. VCV 환경에서 연음의 VOT와 폐쇄 구간은, 비록 강한 상관계가 있다고 주장하기는 어려움이 있으나, 다른 상관계수에 비해서 상당히 높은 수치를 기록하고 있다. 그러나 통계적으로 유의미한 상관관계를 가졌다 하더라도 그 강도는 상관계수로 판단해 볼 때 음향 단서들의 조음 기관들 사이의 관련성을 유추할 만큼 강한 것으로 보이지는 않는다.

4 토론 및 결론

단어 초에서는 폐쇄음 뒤에 나타나는 모음의 기본 주파수가 중요한 음향 단서로써 나타남을 산점도를 통하여 확인하였고, 단어 내에서는 모음의 기본 주파수보다 폐쇄 구간이 음향 단서로 더 유용한 것을 보았다. 또한 상관계 분석을 통하여 다변량 분석의 정당성을 밝혔으나 음향 단서들 사이의 상관계수를 통하여 본 조음 기관 간의 상관성은 현저히 낮은 것으로 생각된다.

단어 초의 경우 연음과 격음의 VOT 중첩에서 야기된 인지의 혼돈을 막기 위해서 격음의 VOT가 짧을 경우 모음의 기본 주파수를 높여야 할 것이다. 조음적 측면, 즉 후두부 활동 양상을 보았을 때, VOT의 길이는 성문 넓이(glottal width)와 강한 양의 상관관계를 가지고 있다.[14][15] 격음의 경우 성문 넓이가 많이 벌어지지 않았다면 인지를 용이하게 하기 위해서 기본 주파수를 올리는 후두부의 노력

이 있을 것이다. 격음 뒤의 모음 주파수가 높게 나오는 것은 [16]에서 주장하는 성대 자질인 [stiff vocal cords] 때문이다. 그러나 인지 실험에서와는 달리 발화에서는 VOT와 모음의 기본 주파수간 역의 상관관계는 나타나지 않았다. 이것은 성문 넓이를 조절하는 후두 근육, 다시 말해서 Lateral Cricoarytenoid(LCA), Posterior Cricoarytenoid(PCA) 등의 움직임이 성대의 긴장을 가져오는 Vocalise와는 별도의 역할을 하기 때문인 것으로 보인다.

[17]에 의하면 LCA의 활동은 연음과 격음에서 큰 차이를 보이고 있지 않은 반면 Vocalise는 격음과 경음에서 활동하는 것으로 나타난다. 다시 말해서 LCA에 의해서 VOT의 크기가 조절되는 반면 그것과 별도로 Vocalise의 긴장이 모음의 기본 주파수를 높인다고 할 수 있을 것이다. 발화에 나타난 VOT와 모음의 기본 주파수와의 상관관계는 인지실험에서와 같은 패턴을 기대할 수 없고 그것은 LCA와 Vocalise의 독립적 활동 때문에 기인한 것으로 보인다.

산점도를 통하여 단어 내에서 연음과 경음이 VOT를 기준으로 구분되지 않는 것을 확인하였다. 또한 모음의 기본 주파수가 변별력을 가져오지 않는 것으로 보인다. 따라서 폐쇄 구간을 이용한 산점도에서 폐쇄 구간이 중요한 음향 단서로 쓰인다는 것을 보았다. 그러나 VOT와 관련 있는 LCA와 폐쇄 구간의 길이와 관련한 supralaryngeal cavity에서의 폐쇄를 지속시키는 조음 기관과의 상관성은 찾기 어려운 것으로 보인다.

지금까지 단어 초와 단어 내 2음절 초성에서 폐쇄음의 음향 단서를 산점도를 통하여 분포특성을 살펴보았다. 폐쇄음의 음향 단서들은 여러 곳에서 중첩되는 부분을 가지고 있으며 다중 음향 단서를 고려해도 완전히 사라지지는 않는다. 단어 내에서 2음절 초성에 나타나는 폐쇄음의 경우 3가지 음향 단서를 모두 사용해도 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 기관 사이의 관련성은 매우 낮은 것으로 볼 수 있다.

참고문헌

- [1] L. Lisker and A. S. Abramson, "Cross-language study of voicing in initial stops: Acoustical measurements", *Word*, Vol. 20, pp.384-422, 1964.
- [2] M. S. Han and R. S. Weitzman, "Acoustic features of Korean /P,T,K/, /p,t,k/, and /ph,th,kh/", *Phonetica*, Vol. 22, pp.112-128, 1970.
- [3] D. Silva, *The phonetics and phonology of stop lenition in Korean*, Ithaca: Cornell University, 1992.

- [4] 이숙향, “한국어 폐쇄음의 조음장소가 폐쇄구간의 음성학적 길이에 미치는 영향에 관하여”, *한국음향학회지*, 17권, 6호, pp.8-13, 1998.
- [5] J-I. Han, *The phonetics and phonology of “Tense” and “Plain” Consonants in Korean*, Cornell University dissertation, 1996.
- [6] C-W. Kim, “On the autonomy of the tensity feature in stop classification”, *Word*, Vol. 21, No. 3, pp.339-359, 1965.
- [7] T-Y. Jang, *Phonetics of Segmental F0 and Machine Recognition of Korean Speech*, University of Edinburgh dissertation, 2000.
- [8] M. Zhi, Y. J. Lee and H. B. Lee, “Temporal structure of Korean plosives in /VCV/”, *In Proceedings of the Seoul International Conference on Natural Language Processing 90*, pp.369-374, Seoul Korea, 1990.
- [9] S-H. Kim, “Multiple acoustic cues of three-way phonemic contrast in stop consonants”, *음성, 음운, 형태론연구*, 한국음운론학회, pp.79-104 1999.
- [10] W. Yun, Multiple acoustic cues for Korean stops and automatic speech recognition, *University of Edinburgh dissertation*, 2003.
- [11] M. Kim, “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.
- [12] S. A. Jun, *The phonetics and phonology of Korean prosody*, The Ohio State university dissertation, 1993.
- [13] J. R. Hare, E. Anderson, R. L. Tatham and W. C. Black, *Multivariate Data Analysis*, 5th. ed., Prentice Hall, New Jersey, 1998.
- [14] C-W. Kim, “A theory of aspiration”, *Phonetica*, No. 21, 1970.
- [15] R. Kagaya, “A fiberoptic and acoustic study of the Korean stops, affricates and fricatives”, *Journal of Phonetics*, Vol. 2, pp.161-180, 1974.
- [16] M. Halle and K. N. Stevens, “A note on laryngeal features”, *In Quarterly Progress Report of the Research Laboratory of Electronics*, Vol. 101, pp.198-213, MIT, 1971.
- [17] H. Hirose, C. Y. Lee and T. Ushijima, “Laryngeal control in Korean stop production”, *Journal of Phonetics* Vol. 2, pp.145-152, 1974.

접수일자: 2005년 8월 18일

게재결정: 2005년 9월 12일

▶ 윤원희(Weonhee Yun)

주소: 631-701 경남 마산시 월영동 449 경남대학교

소속: 경남대학교 문과대학 영어학부

전화: 055) 249-2124

E-mail: whyun@kyungnam.ac.kr