한국어 장애음의 강도 특성

박한상(대구한의대)

<차 례>

1. 서론
2. 연구 방법
3. 연구 결과
4. 결론

<Abstract>

Intensity Characteristics of Korean Obstruents

Hansang Park

This study investigates differences in intensity across the three different Korean obstruent types in terms of the RMS amplitude of both the entire section and the first 512 samples of the immediately following vowel in two positions. The results showed that for the utterance initial position the RMS amplitude of both the entire section and the first 512 samples of the vowel was greatest for fortis obstruents, intermediate for aspirated ones, and weakest for lenis ones, with a significant difference between each pair of them. For the intervocalic position, in contrast, the intensity of the entire vowel was greatest for fortis obstruents, intermediate for lenis ones, and weakest for aspirated ones, with no significant difference between the last two groups, whereas the intensity of the first 512 samples of the vowel was greatest for fortis obstruents, intermediate for lenis ones, and weakest for aspirated ones, with a significant difference between each pair of the three groups. This means that the intensity of the earlier part of the vowel functions as a discriminator of Korean obstruents. The positional difference is due to the different behavior of the lenis obstruents in the intervocalic position, such that the intensity build-up is already on its way with voice lead.

* Keywords: Korean, Obstruent, Intensity, Intensity Build-up, RMS amplitude

1. 서 론

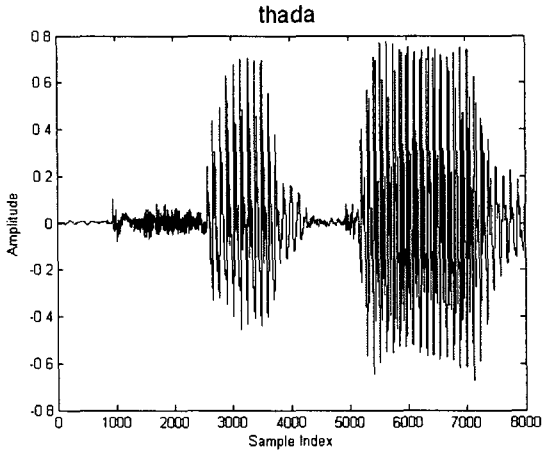
한국어 장애음의 발성유형의 특징을 규명하는 방법 중의 하나로 강도(intensity)가 연구되었다. Han and Weitzman (1970)[1]은 연음에서는 성대 진동의 시작 부분이 분명하고 모음이 점진적으로 형성되며, 경음에서는 성대 진동의 시작 부분이 매우 분명하고 격음은 그 중간이라고 하였다. 또 강도 점증(intensity build-up)에 대해서도 연음과 격음이 경음보다는 더 많은 시간이 소요된다고 관찰하였다. 즉 연음의 경우 40 ms가 걸리고, 경음의 경우 3 ms가 걸리며 격음은 그 중간이라고 하였다.

Han and Weitzman (1970)[1]의 연구는 어두 위치에서 한국어 파열음이 발생하는 CV 연속체에서 성대 진동의 시작 이후 나타나는 강도의 변화 양상을 기술하고 강도가 점차 증가하여 정점에 이르는 시간(the duration of intensity build-up)을 기술하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 Han and Weitzman (1970)[1]의 관찰은 강도 그 자체를 잴 수 있는 직접적인 매개변수를 이용하지 못했고, 어두 위치에서 나타나는 모음의 앞 부분의 모양만을 기술함으로써 모음 전체에 나타나는 강도 특성을 보여주지 못했으며, 어두 위치에서 나타나는 모음만을 대상으로 함으로써 모음간 위치에서의 강도 특성을 보여주지 못했다는 점에서 아쉬움이 남는다.

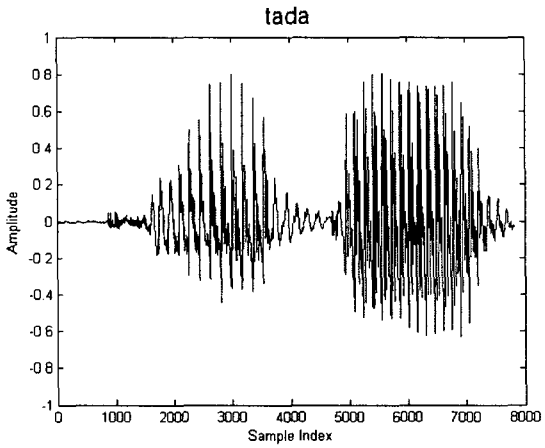
본 논문에서는 한국어 장애음 다음에 이어지는 모음의 강도를 표본제곱평균근 진폭(RMS amplitude)을 이용하여 연구하고자 한다. 먼저 문두와 모음간 위치에서 발생하는 자음에 이어오는 모음에 대하여 먼저 모음 전체에 대한 표본제곱평균근 진폭을 제시하고 다음으로 모음 앞 부분의 512 표본(sample)에 대한 표본제곱평균근 진폭을 제시한다.

2. 연구 방법

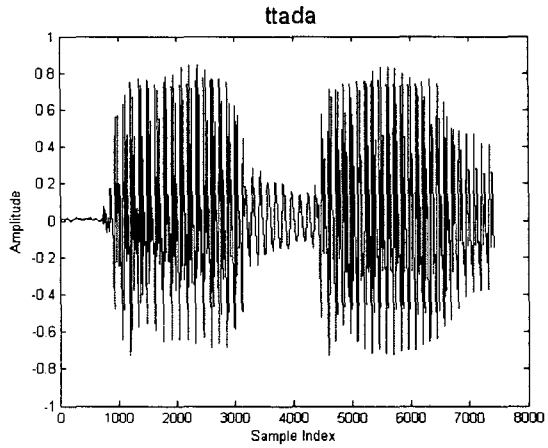
본 연구에서 사용된 음성 자료는 한국어 치조파열음 [t^h, t*, t] 및 마찰음 [s^h, s*] 그리고 경구개 파찰음 [$tʃ^h$, tʃ*, tʃ] 다음에 따라오는 모음 /a/를 포함하는 2음절의 동사원형이다. 각각의 동사원형은 "_____가 아니라 _____다"라는 틀 문장(Frame sentence)에 넣어서 발음하였다. 틀 문장의 두 번째 자리에는 동사원형의 두 음절을 서로 바꾸어 넣었다. 실험 문장의 첫 번째 자리에 들어간 동사원형들 중 [t^hada]의 파형은 <그림 1>에, [tada]의 파형은 <그림 2>에, 그리고 [t*ada]의 파형은 <그림 3>에 제시되어 있다.



<그림 1> [thada]의 파형



<그림 2> [tada]의 파형



<그림 3> [t*ada]의 파형

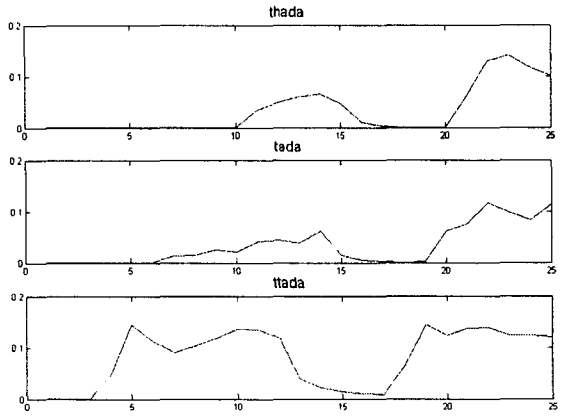
실험 음성 자료인 동사원형을 포함한 실험 문장을 3명의 화자가 10번씩 반복하여 240개의 실험 문장을 녹음하였다. 화자는 모두 서울 출신의 20대 남자들이었다. 녹음은 UT Austin의 언어학과에 있는 음성실험실에서 이루어졌다. Marantz SuperScope를 이용하여 아날로그 테이프에 녹음을 한 뒤 SoundScope를 이용하여 디지털 신호로 옮겼다. 표본추출률(sampling rate)은 22,050 Hz였다.

강도의 측정을 위하여 먼저 모음의 시작과 끝을 정하였다. 모음의 시작점은 F1, F2, F3뿐만 아니라 스펙트로그램에 나타난 가장 높은 포먼트가 동시에 나타나기 시작하는 시점에서 가장 가까운 영교차점(zero crossing point)으로 정하였고 모음의 종료점은 F1, F2, F3뿐만 아니라 스펙트로그램에 나타난 가장 높은 포먼트가 사라진 마지막 시점에서 가장 가까운 영교차점으로 정하였다.

<그림 1>, <그림 2>, <그림 3>에서 보는 바와 같이 그리고 Park (2002)[2]에서 지적한 바와 같이 모음의 길이는 격음, 연음, 격음의 순으로 길다. 모음 전체의 표본제곱평균근 진폭은 동일한 수의 표본을 취해서 잰 것이 아니라 길이의 차이를 보이는 음성 표본을 대상으로 측정한 값이다. 본 연구에서는 모음의 시작점으로부터 동일한 길이의 음성 표본에서 보이는 강도의 차이를 보기 위하여 모음 앞 부분의 512 표본을 대상으로 표본제곱평균근 진폭을 계산하였다. 모음이 시작된 후의 강도 점증에도 관심을 가질 것이나 강도 곡선(intensity curve)은 <그림 1>, <그림 2>, <그림 3>에 제시된 음성 표본에 대해서만 256 표본씩 잘라 표본제곱평균근 진폭을 계산하여 순서대로 연결한 그래프만을 제시한다.

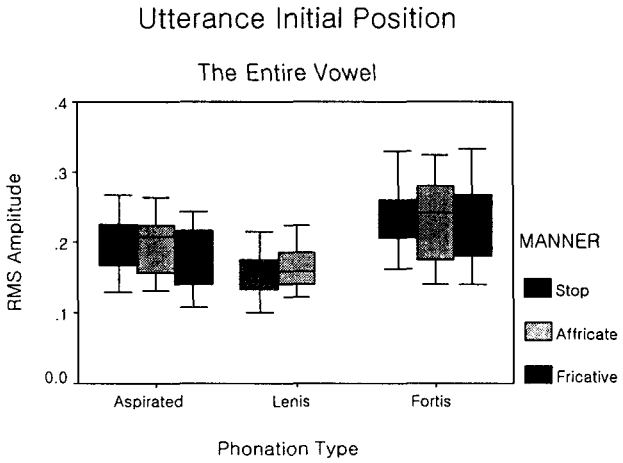
3. 연구 결과

먼저 강도 점증을 보기 위하여 <그림 1>, <그림 2>, <그림 3>에 제시된 음성 표본의 강도 곡선을 <그림 4>에 제시하였다. <그림 4>에서 상단에 있는 것은 [t^{h}ada]이고 가운데는 [tada]이며 하단에 있는 것은 [t*ada]이다. X축은 256개의 표본이 차지하는 시간(표본추출률 22,050 Hz에서 약 11.5초)을 단위로 나타내고 Y축은 표본제곱평균근 진폭을 나타낸다. <그림 4>에 나타난 것처럼 강도 점증이 가장 늦게 이루어지는 것은 [t^{h}ada]이고, 그 다음이 [tada]이며, 가장 일찍 이루어지는 것이 [t*ada]이다. [t^{h}ada]에서는 열 번째 256 표본 집단의 값부터 강도 점증이 시작되고, [t*ada]에서는 일곱 번째 256 표본 집단의 값부터 강도 점증이 시작되며, [t*ada]에서는 세 번째 256 표본 집단의 값부터 강도 점증이 시작된다. 이러한 차이는 개방 후 성대 진동의 상대적 시작점이 다르다는 것을 나타낸다. 정점에 도달하는 시간은 [t*ada]가 가장 짧고 [t^{h}ada]가 그 다음이며 [tada]가 가장 길다. 정점에 이르렀을 때의 표본제곱평균근 진폭은 [t*ada]가 [t^{h}ada]나 [tada]보다 월등히 높다.



<그림 4> 세 음성 표본의 강도 점증

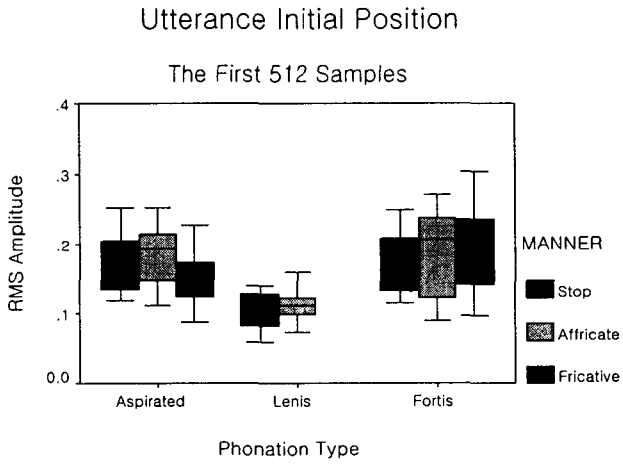
강도 점증과는 달리 자음에 따라 표본제곱평균근 진폭이 어떤 차이를 보이는지 살펴보기 위하여 모음 전구간과 모음 앞 부분 512 표본에 대한 표본제곱평균근 진폭을 살펴보았다. 먼저 모음 전 구간에 대하여 발성유형에 따른 표본제곱평균근 진폭의 차이가 <그림 5>에 나타나 있다. <그림 5>에서 X축은 발성유형을 나타내며 Aspirated, Lenis, Fortis는 각각 격음, 연음, 격음을 나타낸다. Y축은 표본제곱평균근 진폭을 나타낸다. 각각의 클러스터에서 가장 왼쪽(적색)은 파열음, 중간(녹색)은 파찰음, 가장 오른쪽(청색)은 마찰음을 나타낸다. 한국어의 마찰음은 이중대립을 보이는데 /ㅅ/을 Aspirated에 /ㅆ/을 Fortis에 속하게 하여 Lenis(연음)에는 마찰음이 없다.(이하 마찬가지)



<그림 5> 문두에서 모음 전구간의 표본제곱평균근 진폭.

<그림 5>에서 보듯이 중앙값이 경음, 격음, 연음 순으로 높다. 발성유형과 조음위치에 대하여 평균값의 차이가 통계적으로 유의미한지 검증하기 위하여 발성유형과 조음방법을 독립변수로 하고 표본제곱평균근 진폭을 종속변수로 하는 일변량이원분산분석(two-way ANOVA)을 실시하였다. 그 결과 두 독립변수 간에는 유의미한 상호작용 효과가 없었고($F(3,221) = 0.243$, $p > 0.05$), 발성유형에 대해서는 집단 간에 유의미한 차이가 있었으며($F(2,221) = 44.028$, $p < 0.0001$), 조음위치에 대해서는 집단 간에 유의미한 차이가 없었다($F(2,221) = 0.964$, $p > 0.05$). Tukey's HST를 이용한 사후 검증의 결과 경음, 격음, 연음의 순서로 평균값이 컸으며 각 집단 간에 유의미한 차이가 있었다.

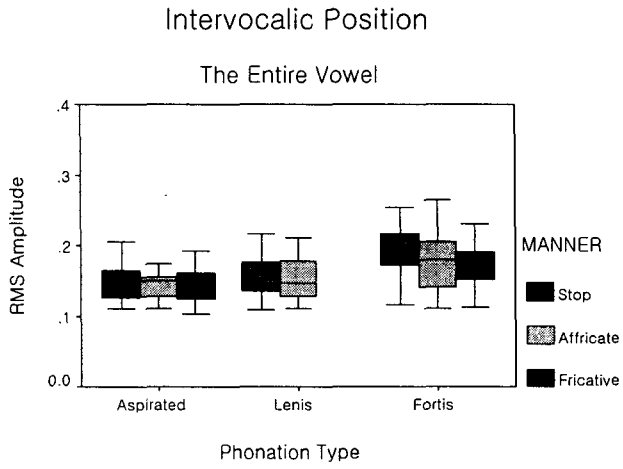
다음으로 모음 앞 부분의 512 표본에 대하여 발성유형에 따른 표본제곱평균근 진폭의 차이가 <그림 6>에 나타나 있다.



<그림 6> 문두에서 모음 앞 부분 512 표본의
표본제곱평균근 진폭

<그림 6>에서 보듯이 표본제곱평균근 진폭이 경음, 격음, 연음 순으로 높다. 발성유형과 조음위치에 대하여 평균값의 차이가 통계적으로 유의미한지 검증하기 위하여 발성유형과 조음방법을 독립변수로 하고, 표본제곱평균근 진폭을 종속변수로 하는 일변량이원분산분석(two-way ANOVA)을 실시하였다. 그 결과 두 독립변수 간에는 유의미한 상호작용 효과가 없었고($F(3,221) = 1.390$, $p > 0.05$), 발성유형에 대해서는 집단 간에 유의미한 차이가 있었으며($F(2,221) = 45.719$, $p < 0.0001$), 조음위치에 대해서는 집단 간에 유의미한 차이가 없었다($F(2,221) = 1.964$, $p > 0.05$). Tukey's HST를 이용한 사후검증의 결과 경음, 격음, 연음의 순서로 평균값이 컸으며 각 집단 간에 유의미한 차이가 있었다.

다음으로 모음간 위치에서 나타나는 장애음 바로 뒤에 나오는 모음 전구간과 모음의 앞 부분 512 표본에 대한 표본제곱평균근 진폭을 살펴보았다. 모음 전 구간에 대하여 발성유형에 따른 표본제곱평균근 진폭의 차이가 <그림 7>에 나타나 있다.

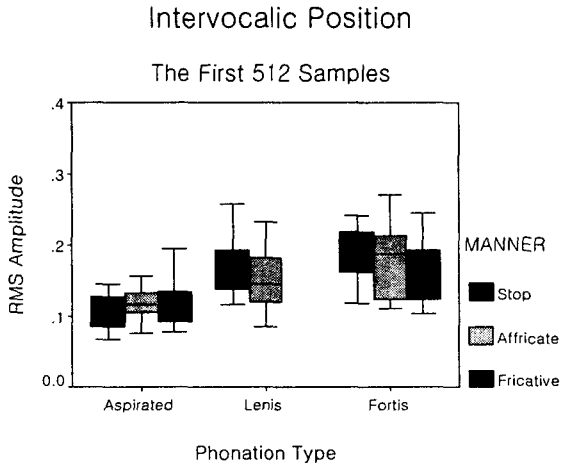


<그림 7> 모음간 위치에서 모음 전구간의
표본제곱평균근 진폭

<그림 7>에서 보듯이 중앙값이 대체로 경음, 연음, 격음 순으로 높다. 발성유형과 조음위치에 대하여 평균값의 차이가 통계적으로 유의미한지 검증하기 위하여 발성유형과 조음방법을 독립변수로 하고 표본제곱평균근 진폭을 종속변수로 하는 일변량이원분산분석(two-way ANOVA)을 실시하였다. 그 결과 두 독립변수 간에는 유의미한 상호작용 효과가 없었고($F(3,218) = 0.551$, $p > 0.05$), 발성유형에 대해서는 집단 간에 유의미한 차이가 있었으며($F(2,218) = 31.005$, $p < 0.0001$), 조음위치에 대해서는 집단 간에 유의미한 차이가 없었다($F(2,218) = 2.474$, $p > 0.05$). Tukey's HST를 이용한 사후검증의 결과 경음이 연음이나 격음보다 평균값이 유의미하게 컸으며 연음이 격음보다 평균값이 컸으나 두 집단 간에 유의미한 차이는 없었다.

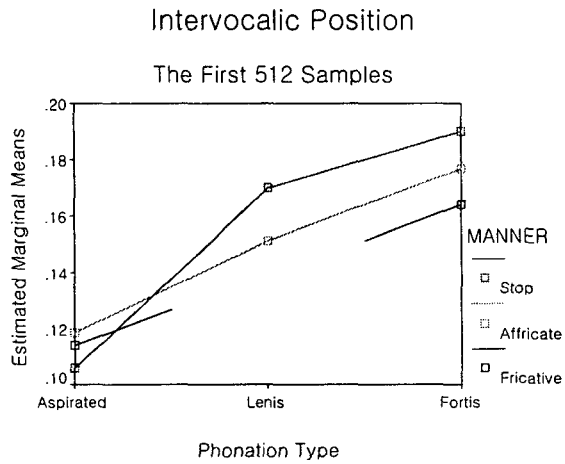
마지막으로 모음 앞 부분의 512 표본에 대하여 발성유형에 따른 표본제곱평균근 진폭에 값의 차이가 <그림 8>에 나타나 있다. <그림 8>에서 보듯이 대체로 경음, 연음, 격음 순으로 높다. 발성유형과 조음위치에 대하여 평균값의 차이가 통계적으로 유의미한지 검증하기 위하여 발성유형과 조음방법을 독립변수로 하고 표본제곱평균근 진폭을 종속변수로 하는 일변량이원분산분석(two-way ANOVA)을 실시하였다. 그 결과 두 독립변수 간에는 유의수준 0.05에서는 유의미한 상호작용

효과가 있었으나 유의수준 0.01에서는 유의미한 상호작용 효과가 없었다(F(3,218) = 3.306, p > 0.01).



<그림 8> 모음간 위치에서 모음 앞 부분 512 표본의
표본제곱평균근 진폭

유의수준 0.05에서 나타난 유의미한 상호작용은 <그림 9>에서 설명이 된다.



<그림 9> 모음간 위치에서 모음 앞 부분 512 표본의
표본제곱평균근 진폭의 추정된 주변평균

<그림 9>에서 X축은 발성유형을 나타내며 Aspirated, Lenis, Fortis는 격음, 연음,

격음을 각각 나타낸다. Y축은 표본제곱평균근 진폭을 나타낸다. 적색 실선은 파열음, 녹색 실선은 파찰음, 청색 실선은 마찰음을 나타낸다. 한국어의 마찰음은 이중 대립을 보이는데 /ㅅ/을 Aspirated에 /ㅆ/을 Fortis에 속하게 하여 Lenis(연음)에 마찰음이 없다. <그림 9>에서 볼 수 있듯이 경음과 연음에서는 파열음일 때의 표본제곱평균근 진폭의 평균값이 파찰음일 때보다 크지만 격음에서는 파열음일 때의 표본제곱평균근 진폭의 평균값이 파찰음일 때보다 작다. 이러한 평균값의 교차가 유의수준 0.01에서 유의미한 상호작용 효과를 초래한 것으로 보인다.

발성유형에 대해서는 집단 간에 유의미한 차이가 있었으며($F(2,218)=75.047$, $p < 0.0001$), 조음위치에 대해서는 집단 간에 유의미한 차이가 없었다($F(2,218) = 1.853$, $p > 0.05$). Tukey's HST를 이용한 사후검증의 결과 경음, 연음, 격음의 순서로 평균값이 컸으며 각 집단 간에 유의미한 차이가 있었다.

4. 결 론

본 연구는 문두와 모음간 환경 두 위치에서 한국어의 장애음(치조파열음 [t^h, t*, t], 경구개 파찰음 [$tʃ^h$, tʃ*, tʃ], 그리고 마찰음 [s^h, s*]) 다음에 이어 나오는 모음 /a/에 대하여 모음 전구간과 모음의 앞 부분 512 표본의 표본제곱평균근 진폭을 조사하였다. 그 결과를 <표 1>과 같이 요약할 수 있다.

<표 1> 두 위치에서 발성유형에 따른 모음 전구간과 모음의 앞 부분 512 표본의 표본제곱평균근 진폭

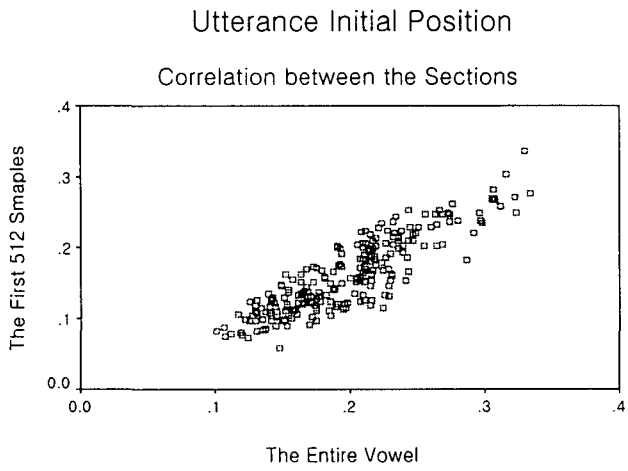
모음 전 구간	512 표본	모음 전 구간	512 표본
F > A > L	F > A > L	F > L = A	F > L > A

<표 1>에서 A는 Aspirated(격음), L은 Lenis(연음), F는 Fortis(경음)을 나타낸다. 혹은 = 왼쪽에 있는 것은 오른쪽에 있는 것보다 값이 큼을 나타낸다. >는 통계적으로 유의미하게 큼을 나타내고 =는 통계적으로 유의미하지 않음을 나타낸다. <표 1>에서 볼 수 있듯이, 모든 위치에서 그리고 모음 전구간이나 모음의 앞 부분 512 표본 모두에 대해서 경음은 격음이나 연음보다 표본제곱평균근 진폭이 크다. 문두에서는 모음 전구간과 모음의 앞 부분 512 표본 모두에 대해서 격음이 연음보다 표본제곱평균근 진폭이 크며, 모음간 위치에서는 연음이 격음보다 표본제곱평균근 진폭이 크다.

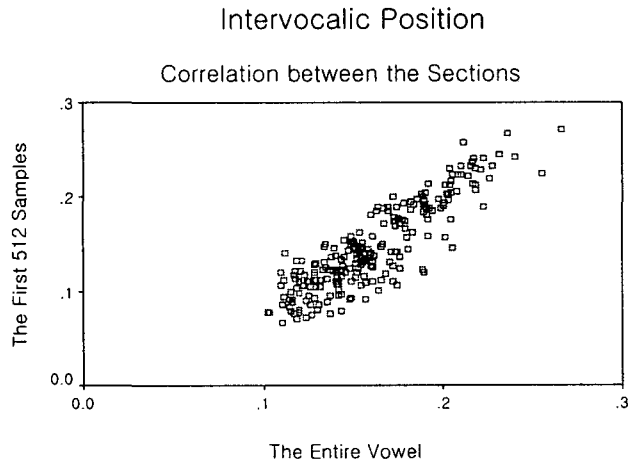
위치에 따라 다른 패턴을 보이는 것은 연음의 유성음화 때문으로 보인다. 문두

위치에서는 격음, 연음, 그리고 경음 모두에 대하여 개방 이후에 성대의 진동이 시작되는 반면, 모음간 위치에서는 연음의 경우 파열음의 개방 전에 이미 성대의 진동이 시작되어 개방 후에는 상당한 강도가 형성되어 있기 때문이다.

각각의 위치에 대하여 모음 전구간과 모음의 앞 부분 512 표본 사이에는 표본제곱평균근 진폭의 패턴에 큰 차이가 없다. 이는 <그림 10>과 <그림 11>에 제시된 산점도에서 보이는 상관관계에서 확인할 수 있다.



<그림 10> 문두에서 모음 전구간과 모음 앞 부분 512 표본의 표본제곱평균근 진폭의 상관관계



<그림 11>모음간 위치에서 모음 앞 부분 512 표본의 표본제곱평균근 진폭의 상관관계.

<그림 10>과 <그림 11>에서 볼 수 있듯이 모음 전구간과 모음 앞 부분 512 표본의 표본제곱평균근 진폭 사이에 매우 강한 상관관계가 있다(문두의 경우 r = 0.882, p < 0.0001, N=229; 모음간 위치의 경우 r = 0.882, p < 0.0001, N=226). 이는 모음 전구간을 앞 부분의 512 표본과 나머지 부분으로 나누었을 때 나머지 부분의 강도 값이 큰 영향을 미치지 않는 것으로 해석할 수 있다. 그 이유는 두 가지로 해석할 수 있을 것이다. 먼저 모음의 앞 부분을 제외한 나머지 부분은 격음, 연음, 경음 구분 없이 일정한 강도를 가지고 있다고 추론할 수 있다. 즉 앞 부분에서는 특징적인 성대 진동을 보이고 있는 반면 그 나머지 부분에서는 최빈성대진동(modal vocal fold vibration)을 보인다고 추측할 수 있다. 다음으로 512 표본을 제외한 나머지 부분의 강도는 연음일 때 가장 작고 격음일 때 중간이며 경음일 때 가장 커서 나머지 부분에서도 발성유형 간에 차이를 보이고 있다고 해석할 수 있다. 두 번째의 추론은 모음의 앞 부분을 제외한 나머지 부분의 표본제곱평균근 진폭을 계산해 보면 그 차이를 알 수 있으나 위에서 지적한 바와 같이 모음의 길이가 경음, 격음, 연음에 따라 다르다는 사실을 고려하면 의미가 작다. 다만 Park (2002)[2]에서 지적한 바와 같이 모음에 나타나는 스펙트럼상의 특성은 모음 이전의 성문의 상태에서 최빈성대진동(modal vocal fold vibration)으로 가는 전이 과정이라는 결론을 감안하면 동일한 길이를 보이지는 않지만 모음의 뒷 부분에도 각 발성유형의 특성이 반영되어 있다고 할 수 있겠다. 본 연구의 결과 한 가지 분명한 사실은 모음의 앞 부분에서 보이는 강도가 한국어의 발성유형의 차이를 보여주는 스펙트럼상의 한 매개변수로 기능하고 있다는 점이다.

참 고 문 헌

[1] M. S. Han, R. S. Weitzman, "Acoustic features of Korean /P, T, K/, /p, t, k/, and /p^h, t^h, k^h/", *Phonetica,* Vol. 22(2), pp.112-128, 1970.

[2] H. Park, "Temporal and Spectral Characteristics of Korean Phonation Types", Ph.D. Dissertation, The University of Texas at Austin, 2002.

접수일자: 2003년 8월 30일
게재결정: 2003년 9월 17일

▶ 박한상(Hansang Park)
주소: 712-715 경상북도 경산시 유곡동 290번지 대구한의대학교
소속: 대구한의대학교 국제어문학부
전화: 053) 819-1364
E-mail: phans@dhu.ac.kr