

한국어 단모음 8개에 대한 음향분석

- F1/F2 모음공간에서의 음향변수를 중심으로 -

An Acoustic Analysis on the Korean 8 Monophthongs

- With Respect to the Acoustic Variables on the F1/F2 Vowel Space -

성 철 재*

(Cheol-Jae Seong*)

*충남대학교 언어학과

(접수일자: 2004년 7월 5일; 채택일자: 2004년 8월 2일)

본 연구는 표준 한국어 단모음 8개의 음향적 특징을 기술한 것이다. 원순 모음의 후설성 판단에 도움이 될 수 있는 F2와 F1의 거리 ($\Delta[F2-F1]$)값과, 유클리드 거리 개념을 새로운 음향변수로 활용하였다. 모음공간에서, 남성은 [에/애]가 합류되는 경향을, 여성은 [에/애], [우/오]가 합류되는 경향을 보여주고 있으며, 모음의 높낮이 정도에 관여하는 F1의 경우, 여성이 1.36배 정도 더 넓은 범위에 걸쳐 나타났고, 전/후의 조음자리 결정에 관여하는 F2의 경우 여성이 1.29배 정도 더 넓은 범위를 사용하였다. 기본 3모음 간 유클리드 거리는, [이-아] 사이의 경우, 여성이 남성에 비해 약 1.25배 길고, [아-우] 사이의 경우 여성이 남성에 비해 약 1.45배 정도 길며, [이-우] 사이는 여성이 남성에 비해 약 1.35배 정도 더 긴 것으로 나타났다.

핵심용어: 한국어 단모음, F1/F2, 모음공간, $\Delta[F2-F1]$, 유클리드 거리

투고분야: 말소리 생성 및 인지 분야 (12.1)

This paper describes the acoustic characteristics of 8 Korean monophthongs. Two acoustic variables were newly manipulated: the distance between F1 and F2 ($\Delta(F2-F1)$), which might be of help for the judgement of the vowel backness, and Euclidian distance between two vowels. [에] & [애] were observed to be merged in both male vowel space and the female's, respectively. The merger of [우] & [오], on the other hand, was only seen in the female space. In case of F1, which concerns the vowel height, the scope of the females' was 1.36 times longer than that of the males'. Regarding F2, which is related to the vowel backness, the females used a space 1.29 times longer than the males. The observation of Euclidian distance between the basic 3 vowels (이, 아, 우) showed that the females have longer distance than the males: [이-아] 1.25 times, [아-우] 1.45 times, and [이-우] 1.35 times, respectively.

Keywords: Korean monophthongs, F1/F2, Vowel space, $\Delta[F2-F1]$, Euclidian distance

ASK subject classification: Speech production and perception (12.1)

I. 서론

전통적으로, 음성학자들은 청각적 기준에 의해 고안된 모음사각도를 이용하여 모음의 조음위치를 판단해왔다. 그러나 문제점은, 사각도내 특정지점에 표기되는 모음의

위치가 청각적 상대성을 표시해주는 것은 하지만 정확한 조음 위치를 반영하지는 못한다는 것이다. X-선을 활용한 많은 연구들은, 청각 인상과 실제 조음 (혀 위치를 반영하는) 사이에 별다른 상관관계가 없음을 말해주고 있다 (Fant[1], Lindblom and Sundberg[2], Stevens and House[3], 김영송[4]). 오히려, 이러한 기본모음 사각도 상의 모음배치는 음향변수 중 F1, F2 포먼트와 밀접한 관련이 있다는 것이 그간의 연구로 인해 보편적으로 인정되고 있다 (Ladefoged[5]).

책임저자: 성 철 재 (cjseong@cnu.ac.kr)
305-764 대전 유성구 궁동 220
충남대학교 언어학과
(전화: 042-821-6395; 팩스: 042-823-3667)

F1 값은 저모음일수록 그 값이 증가되며 F2 값은 모음의 위치가 후설로 진행할수록 그 값이 감소된다 (그림 1 참고). 그러나, 모음의 후설성 (backness)과 F2 값 사이에서는, F1 값과 모음 높이 (vowel height) 사이의 비례와 같은 밀접한 상관성 (correlation)을 보여주지 못한다. 그 이유는 F2 값을 결정하는 인자에 모음의 후설성 뿐만 아니라, 모음의 원순성 (roundness) 정도도 같이 관여하기 때문이다. 이 경우, F1과 F2 사이의 차이값 ($\Delta[F2-F1]$)이 모음의 후설성 정도를 판가름하는데 주요한 기능을 할 수 있다 (Ladefoged[5]).

F1-F2 음향공간의 특성상, 왼쪽 위로 갈수록 $\Delta[F2-F1]$ 값이 상승되며, 오른쪽 아래로 갈수록 $\Delta[F2-F1]$ 값이 하강하므로 이를 모음의 높이, 전설/후설성과 관련시켜 해석하면 $\Delta[F2-F1]$ 값이 상승할수록 전설고모음에 가까워지고, 값이 하강할수록 후설저모음을 띠게 된다고 말할 수 있다. 물론, 이러한 추론은 두 개의 모음이 [i]와 [u] 등, 원순성이 결합되어 F2 단독의 후설성 판단이 힘든 경우, 보조적으로 활용할 만한 잣대

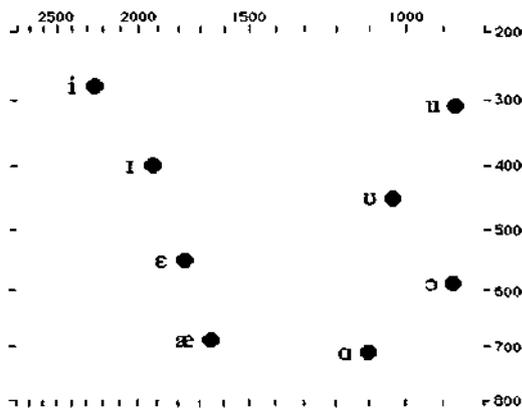


그림 1. F1을 수직축 (y축), F2를 수평축 (x축)에 놓고 미국 영어 8 모음을 표시한 포먼트 차트 (Ladefoged[5]에서 재인용).
 Fig. 1. A Formant Chart showing the frequency of the F1 on the vertical axis plotted against the F2 on the horizontal axis for the 8 American English vowels (after Ladefoged[5]).

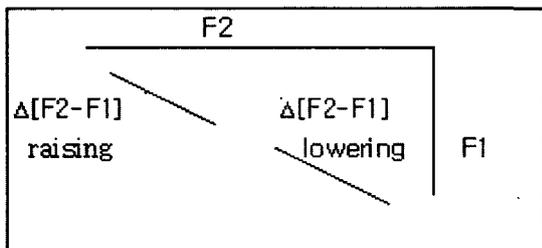


그림 2. F1/F2 음향공간에서의 $\Delta[F2-F1]$ 의 방향성. 왼쪽 상향으로 갈수록 전설고모음, 오른쪽 하향으로 갈수록 후설저모음의 경향을 띤다 (성철재, 김귀룡[6]).
 Fig. 2. The direction of $\Delta[F2-F1]$ in F1-F2 space. The lower F1 and the higher F2 is, the more front and higher a vowel is (C.J. Seong & G.R. Kim[6]).

표 1. 2차원에서의 유클리드 거리에 대한 정의
 Table 1. Definition of Euclidian Distance on 2 dimensions

<p>Euclidian Distance Distance between $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ Definition $\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$</p>
--

라고 할 수 있다(성철재, 김귀룡[6], 그림 2, 참고).
 2차원 혹은 3차원의 두 좌표 사이의 거리는 유클리드 값으로 표현할 수 있다. 2차원에서의 유클리드 거리는 표 1에 표현된 공식으로 구할 수 있다. F1/F2 음향공간에서 두 좌표 사이의 수평, 수직 거리는 두 좌표의 F2값끼리, F1 값끼리의 차이를 구하면 얻어질 수 있으나 두 좌표 사이의 직선 거리 자체는 표 1의 유클리드 공식을 활용하여야 구할 수 있다. 이 값은, 한 언어의 사회적, 지역적 변이 혹은 여러 언어 사이의 차이점을 효율적으로 기술할 수 있게 하는 매력을 지니고 있다. 예를 들어, 범언어적으로 모음의 근간을 이루는 [i-a-u] 모음간의 사이를 측정하여 비교해보면, 삼각형으로 형성되는 모음공간의 크기를 상호 비율값으로 명시해 줄 수 있어 대상 간 일목요연한 비교를 가능케 한다(성철재[7]).

본 논문은 모음 표현 방식 혹은 분류 형식과 관련하여 고전적 기술 방식과 아울러 이러한 변수들을 활용하여 한국어 단모음 8개를 음향음성학적으로 기술한 것이다. 구체적 적용 대상은 10명의 표준 한국어 피험자가 발음한 한국어 단모음 [이, 에, 애, 아, 어, 오, 우, 으]이다. 이들 8개 모음에 대해 시간영역 스펙트로그램과 FFT/LP 분석을 활용하여 F1, F2 포먼트 주파수를 구한 뒤, 이를 활용하여 언급한 변수들을 만들어낸 다음, 모음 음향공간을 구체적으로 기술하는 작업을 진행하였다.

II. 한국어 모음에 관한 선행연구

표준 한국어 모음을 청취적 관점에서 정밀하게 기술한 내용은 Gim[8]을 거쳐 이현복[9]이 대표적이다. 모음 [에]와 [애]는 거의 비슷한 음가를 보이며, [오]와 [우]도 후설 고모음의 위치를 비슷한 데서 공유하고 있고, 중설 저모음 위치에 [아]가 배치되어 있음을 밝혀주고 있다. F1/F2 값을 활용한 최초의 한국어 기술은 아마도 Han[10]일 것이다.

이현복·지민제[11]는 스펙트로그램을 이용한 포먼트 연구에서 한국어 단모음 8개를 음향공간에서 분석하

였다. 결과, 한국어 모음은 길고 세게 날 때, 짧고 세게 날 때, 여러게 날 때의 세 가지 환경에 따라 음가가 달리 나타나는 것으로 조사되었다. 모음 [에, 아, 우, 어]는 모음길이에 따라 2종류의 음가 변동을 보이는데, 강세의 유무에 따른 음가 차이는 없다고 하였다. 또한 모음 [에]와 [애]의 경우, 강세가 없는 경우는 소리값이 거의 같게 나타났다.

F1, F2 값을 여러 각도에서 잘 기술한 것으로 이재강 [12]을 들 수 있다. 연구에 의하면 모음간 F1 포먼트는 [에와 [애] 사이에, [우]와 [오] 사이에 통계적으로 유의한 결과가 나오지 않았으며 마찬가지로, F2 값도 이들 두 쌍의 모음군 사이에 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 파라독스카[13]는 한국어와 폴란드어의 모음을 모음 공간에서 비교하면서, 8개의 한국어 단모음에 대하여 장단 차이에 의해 음가가 달라지는 긴 [어:]를 분석대상으로 하였다. 그 외에도 박종철[14], 강순경[15], 양영곤 [16] 등에서 주목할 만한 연구 성과들을 내어 놓았다.

최근, 이숙향 외[17]와 고현주·이숙향[18]은 발화속도와 관련된 한국어 모음 포먼트의 변화 양상을 다루었는데, 이숙향 외[17]에서는 단모음과 관련하여 발화속도와 포먼트 사이에 별다른 상관관계를 관찰하지 못하였다고 기술한 반면, 같은 연구자가 참여한 고현주·이숙향 [18]은 발화속도가 빨라짐에 따라 모음 포먼트가 목표값에 미치지 못하는 (undershoot 되는) 현상을 발견하였다고 보고하고 있다. 실험자료와 피실험자, 그리고 측정방법이 달라짐으로 인한 차이로 해석하고 있다.

언급한 연구들은 한국어 모음의 음향적 특징 그 자체를 기술한 것도 있고, 발화 속도 등의 통제변수를 활용하여 포먼트 값이 달라지는 양상을 관찰한 것도 있다. 본 연구는 한국어 단모음의 음향적 특징을 고전적인 F1/F2 공간에 배치하는 것 외에, 1장에서 언급한 두 가지 변수들을 더해, 좀 더 구체적으로 음향공간의 특징을 묘사해 보고자 하는 시도이다.

III. 실험

3.1. 녹음 및 디지털화

녹음은 음악 및 영화 전문 스튜디오인 M&F의 방음실에서 이루어졌는데, digidesign 사의 software, controller, convertor와 Apple 컴퓨터를 본체로 한 Protools

system으로 녹음 받은 후 보관을 위하여 Panasonic의 SV-3800 DAT로 옮겼다. 마이크는 Neumann의 컨텐서 마이크인 U87Ai를 사용하였다. 녹음 시 표본화율은 48 kHz로 하였다. 분석을 위한 표본화율 (sampling rate)은 42 kHz로 하였으며, 16 bit로 양자화하였다.

3.2. 녹음 자료 및 측정

표준한국어 단모음 [이, 에, 애, 아, 어, 오, 우, 으]를 각 피험자가 읽은 전체 실험자료에서 골라내었다. 실험을 위하여 마련된 자료는 표준 한국어 자음과 모음 목록을 모두 포함하고 있으며, 단모음에서부터 2, 3, 4 음절어를 포함하여 단문 28 문장, 그리고 낭독을 위한 짤막한 단락 하나로 구성되어 있다. 정상 발화속도로 낭독된 자료들이다. 이 중, 실험에 필요한 8개 단모음 인용형 자료를 골라내었다.

피험자들은 전체적으로 다양한 자료를 녹음하였고, 전체 실험 자료는 이 논문이 목적하는 한국어 단모음의 음향공간을 기술할 목적으로 가공된 것이 아니었으므로, 이 실험에 사용된 한국어 단모음 목록에 별다른 심리적 가중치를 주지 않고 발음하였다. 전체 자료에서 실험에 사용된 단모음은 각 피험자마다 인용형으로 1회 포함되어 있다. 따라서 분석에 이용된 각 모음의 개수는 10개 씩이며 전체 분석 대상은 80개가 된다.

포먼트 측정은 PitchWorks, Praat 4.2.08, 그리고 wave_surfer 1.3.1 모두를 동시에 이용하여 진행하였다.

Praat의 경우, 포먼트 트래킹 기능이 충실히 구현되어 비교적 포먼트 값을 알기 쉬운 장점이 있으나 F1과 F2 값이 상대적으로 가까이 놓여 있는 소리의 경우, 자동 트래킹에 한계가 노정되어, 위의 다른 프로그램들과 면밀히 비교해가며 값을 결정하였다. 이 경우, wave_surfer에서 기본값 (default)으로 지원하는 256 points hamming window 대신 512 points로 바꾸어 좀 더 정밀한 포먼트 주파수를 구한 다음 FFT/LP 분석 스펙트럼 윈도우와 스펙트로그램 윈도우를 동기화시켜, 스펙트로그램 상에서 정교하게 수직으로 움직이면서 모음 안정구간 (모음신호 시작부에서 약 1/3 지점)의 제 1, 2 포먼트를 측정하였고 다른 분석 프로그램의 결과와 비교하여 최종적으로 값을 결정하였다. preemphasis 값은 0.97로 하였다.

3.3. 피험자

5명의 한국인 성인 남성, 5명의 한국인 성인 여성이 참가하였다. 피험자들은 20대 중반에서 30대 중반에 이

표 2. 한국어 단모음 8개에 대한 남성 5인의 F1, F2 평균, 표준편차(Hz), Δ(F2-F1)

Table 2. Mean & standard deviations of F1 & F2 values of 8 Korean short vowels for 5 males.

포먼트	남성 1	남성 2	남성 3	남성 4	남성 5	mean(s.d.)	Δ(F2-F1)
ㅏ	311.83 2233.8	271.47 2479.9	234.11 2084.2	294.97 2218.1	270.63 2437.2	276.60(29.35) 2290.64(164.63)	2014.04
ㅑ	511.84 1836.6	493.85 2038.7	453.21 1877.3	428.86 1901.7	489.72 1950.3	475.50(33.66) 1920.92(77.65)	1445.42
ㅓ	513.29 1841.3	532.11 2093	501.9 1755.6	489.72 1840.8	526.24 1950.3	512.65(17.36) 1896.2(129.91)	1383.55
ㅕ	750.12 1284.4	791.26 1234.3	721.95 1124.1	720.99 1220	818.36 1256.6	760.54(43.15) 1223.88(60.85)	463.34
ㅗ	562.15 1045.8	555.92 924.18	562.76 903.57	526.24 879.22	514.07 964.43	544.23(22.55) 943.44(65.20)	399.21
ㅛ	399.83 758.42	362.12 629	359.07 664	392.75 647.96	355.83 769.68	373.92(20.69) 693.81(65.43)	319.89
ㅜ	337.49 942.66	298.42 757	270.63 696.65	307.15 794.02	270.63 794.02	296.86(27.30) 796.87(90.70)	500.01
ㅠ	386.32 1286.8	357.4 1469.1	355.83 1232.2	343.66 1305.2	392.35 1329.6	367.11(21.08) 1324.58(88.39)	957.47

르는 표준어 구사에 문제가 없는 청장년 층 서울대생 화자들이다.

VI. 결과 및 토의

4.1. 남성의 모음 공간

다음 표 2에 남성 5인의 F1, F2 측정치를 제시한다. 그림 3은 표 2의 포먼트 평균값을 이용하여 F1/F2 음향 공간 상에 한국어 단모음 8개를 배치해본 결과이다. 결과는, 이재강[12]에서 관찰하였듯이, [에]와 [애] 모음은 거의 비슷한 지역에 분포하여 하나로 합류되는 경향을 여실히 보여주고 있으며, [우]와 [오]도 많이 근접해 있음을 알 수 있다. 모음 [아]는 중설의 위치를 점유하고 있다. 원순 후설 모음인 [우]와 [오] 모음의 Δ[F2-F1]은 [오]가 319.89 Hz, [우]가 500.01 Hz로 그림 3에서 보여주는 것과 같은 후설성 정도와 일치하는 것으로 나타났다. 평순 모음은 [이-에-애-오-아-어] 순으로 정렬되며, 원순모음은 [우]>[오]로 정렬됨을 알 수 있다. 1장에서 밝혔듯이, 원순성과 후설성이 가미되어 F2 단독으로 후설성 판단이 힘들 경우 Δ[F2-F1] 변수가 역할을 할 수 있음을 알 수 있다. 평순과 원순 모음 계열을 분리해서 적용해 보았을 때, 깨끗한 구분이 가능하다(그림 4 참고).

일원분산분석과 사후검정 (Tukey HSD)의 결과, F1의

경우 [이,우], [오,오], [에,애], [어,어]가 (통계적으로 유의한 차이가 없는) 동질적 집단으로 구분되었으며, F2의 경우에는 [오,우], [우,어], [아,으], [에,애]가 평균값에서 별 차이가 없는 집단으로 묶여졌다. F1과 F2 모두에서, [에,애]가 통계적 동질 집단으로 분류됨을 알 수 있다. [에]와 [애]는 현대 한국어에서 합류의 과정을 밟고 있으며, 이미 통계적으로는 하나의 집단으로 화했음을 또 한번 확인해 준 결과이다. [오,우]의 경우는 t-검정 결과, F1 값에서 통계적으로 유의한 차이를 확인할 수 있어서(t=4.949, p<0.01) 독자적 지위를 지니고 있다고 판단할 수 있다.

4.2. 여성의 모음 공간

표 3은 여성 3인의 F1, F2 포먼트 주파수를 담고 있다.

이 결과를 바탕으로 F1/F2 음향 공간 속에 모음을 배

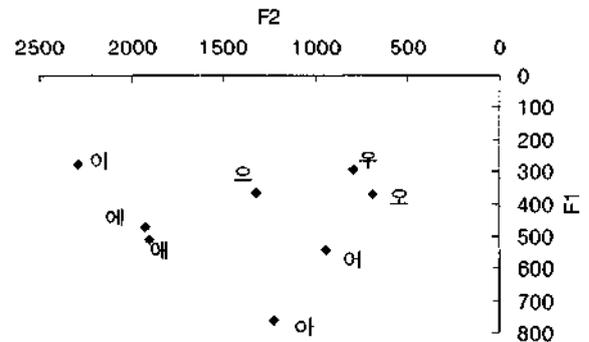


그림 3. F1/F2 모음공간에서의 한국어 단모음 배치. 단위는 Hz(남성 5인의 평균값)

Fig. 3. Korean short vowels in F1/F2 acoustic space(scales are marked in Hz, for male)

표 3. 한국어 단모음 8개에 대한 여성 5인의 F1, F2 평균, 표준편차(Hz), Δ(F2-F1)
 Table 3. Mean & standard deviations of F1 & F2 values of 8 Korean short vowels for 5 females.

	포먼트	여성 1	여성 2	여성 3	여성 4	여성 5	mean(s.d.)	Δ(F2-F1)
[oi]	F1	420.14	345.28	340.57	404.52	392.35	380.57(35.79)	2490.49
	F2	2865.8	2760.8	2965.7	2875.4	2887.6	2871.06(73.20)	
[oe]	F1	512.53	511.78	555.2	660.13	635.79	575.09(69.34)	1945.39
	F2	2420.8	2408.4	2643.2	2522.4	2607.6	2520.48(106.25)	
[eo]	F1	577.47	500.59	569.31	526.24	647.96	564.31(56.36)	1896.23
	F2	2468.5	2401.9	2411.8	2498.1	2522.4	2460.54(52.71)	
[oo]	F1	972.23	970.91	984.25	1159.2	1098.3	1036.98(86.65)	527.16
	F2	1544.1	1516.6	1687	1487.8	1585.2	1564.14(77.50)	
[ou]	F1	754.1	715.08	806.36	757.5	745.3	755.67(32.90)	340.15
	F2	1033	1069.6	1106.8	1159.2	1110.5	1095.82(47.40)	
[oo]	F1	427.74	485.78	554.41	538.41	465.38	494.34(52.20)	316.52
	F2	835.91	776.23	854.12	818.36	769.68	810.86(36.91)	
[uu]	F1	376.14	447.24	503.74	465.38	501.9	458.88(52.17)	395.22
	F2	885.71	749.94	815.55	927.91	891.4	854.10(71.02)	
[oo]	F1	490.07	471.78	540.39	574.93	477.55	510.94(44.85)	1129
	F2	1482.5	1466.9	1860.8	1719.1	1670.4	1639.94(166.36)	

치해 보면 다음과 같다.

여성의 경우도 남성의 결과와 거의 같은 분포형태는 가지고 있으나 좀 더 넓은 범위에 걸쳐서 산포되는 특징을 가지고 있다. [에]와 [애]는 혀의 높낮이에서 약간의 차이를 보여주고 있다. 즉, 남자의 경우와 마찬가지로 상호간 음향공간을 공유하고 있다고 판단할 수 있다. 최대, 최소값에서는 차이가 있지만 전반적인 분포 경향은 남성과 거의 비슷한 모습을 보여준다. [우]와 [오] 모음의 Δ(F2-F1)는 [오]가 316.52 Hz, [우]가 395.22 Hz로 근소한 차이이긴 하나, 그림 4의 후설성 정도와 일치하는 것으로 나타났다. 남성과 마찬가지로 [오] 모음이 더 후설 쪽에서 발음되었음을 알 수 있다. 각 모음 Δ

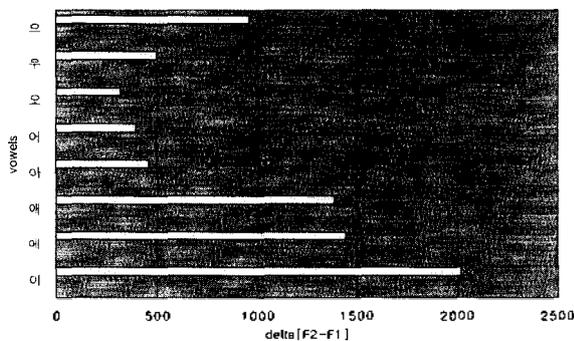


그림 4. 각 모음의 Δ(F2-F1) 값 비교. 평순 모음은 [아-에-애-으-아-어] 순으로 정렬되며, 원순모음은 (우)오로 정렬됨을 알 수 있다(남성 5인의 경우).

Fig. 4. Comparison of each vowel's Δ(F2-F1). While the unrounded vowels are arranged as the order of [아-에-애-으-아-어], the rounded vowels are ordered as (우)(오)(in case of 5 males).

[F2-F1] 값의 경향은, 절대값은 다르지만, 남성의 경우 (그림 4)와 정확하게 일치하였다 (그림 6).

일원분산분석과 사후검정 (Tukey HSD)의 결과, F1의 경우 각 모음들이 같은 지역의 모음공간을 남성에 비해 많이 공유하고 있음을 보여주고 있다. 사후검정의 결과, [이,우,오], [우,오,으,애], 그리고 [오,으,애,에]가 통계적으로 유의한 차이가 없는 집단으로 분류되었으며, F2의 경우에는 [오,우], [아,으], [애,에]가 평균값에서 별 차이가 없는 집단으로 묶여졌다. 결과적으로, 여성의 경우, [에,애]와 [우,오]가 통계적 동질 집단으로 분류됨을 알 수 있다.

여성의 경우는, 이재강[12]의 결과와 동일한 패턴을 보임을 확인할 수 있다. 이재강[12]의 이 부분에 대한 기술은, 그러나, 남녀를 하나로 뭉뚱그려 전체 한국인 그

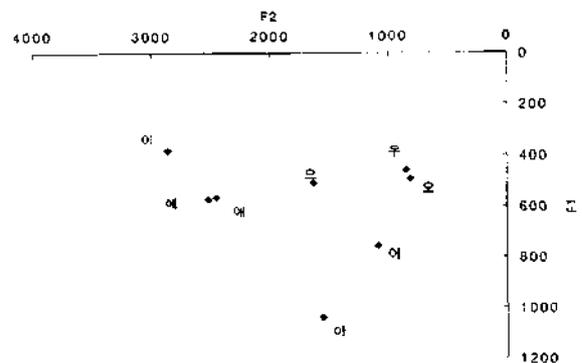


그림 5. F1/F2 모음공간에서의 한국어 단모음 배치, 단위는 Hz(여성 5인의 평균값)

Fig. 5. Korean short vowels in F1/F2 acoustic space(scales are marked in Hz, for female)

표 4. 각 모음별 F1 평균값에 대한 남녀간 독립표본 t-검정 결과, *p<0.05, **p<0.01

Table 4. Results of the independent samples t-test on the F1 means for 8 vowels(male vs. female)

vowel	sex	mean(s.d.)	df	t-value
[이]	f.	380.57(35.79)	8	5.023**
	m.	276.60(29.35)		
[에]	f.	575.09(69.34)	5.786	2.889*
	m.	475.50(33.66)		
[애]	f.	564.31(56.36)	8	1.959
	m.	512.65(17.36)		
[아]	f.	1036.98(86.65)	5.869	6.385**
	m.	760.54(43.15)		
[어]	f.	755.67(32.90)	8	11.858**
	m.	544.23(22.55)		
[오]	f.	494.34(52.20)	8	4.796**
	m.	373.92(20.69)		
[우]	f.	458.88(52.17)	8	6.119**
	m.	296.86(27.30)		
[으]	f.	510.94(44.85)	5.685	6.49**
	m.	367.11(21.08)		

음을 대상으로 통계를 진행한 것이라, 남녀간 F1, F2 값이 통계적으로 차이가 많이 난다는 것을 전제 할때 (표 4, 5. 참고), 바람직한 접근은 아니었다고 생각된다. 남녀간 차이점은 이어지는 4.3 장에서 상세히 기술하겠다.

4.3. 남녀간 비교

구체적인 논의에 앞서, 각 모음으로부터 측정된 F1과 F2 값이 남녀간 통계적으로 차이가 있는지를 검정하는 작업이 선행되어야 할 것이다. 각 모음별 F1과 F2 값에 대한 독립표본 t 검정을 실시하였다. 결과는 다음 표 4와 5에 제시되어 있다. 두 독립집단 남성, 여성의 분산 동

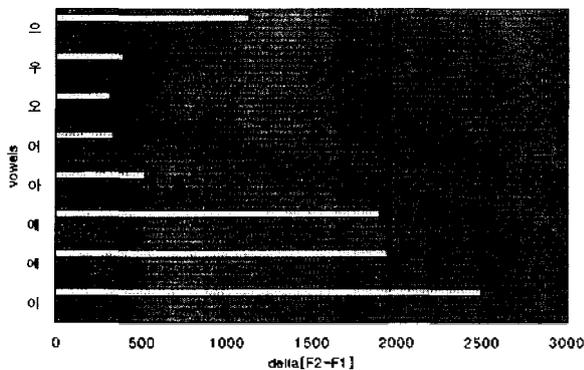


그림 6. 각 모음의 $\Delta[F2-F1]$ 값 비교. 평순 모음은 [아-애-어-아-어] 순으로 정렬되며, 원순모음은 [우]오)로 정렬된다(여성 5인의 경우).

Fig. 6. Comparison of each vowel's $\Delta[F2-F1]$. While the unrounded vowels are arranged as the order of (아-애-어-아-어), the rounded vowels are ordered as (우)오) (in case of 5 females).

표 5. 각 모음별 F2 평균값에 대한 남녀간 독립표본 t-검정 결과, *p<0.05, **p<0.01

Table 5. Results of the independent samples t-test on the F2 means for 8 vowels(male vs. female)

vowel	sex	mean(s.d.)	df	t-value
[이]	f.	2871.06(73.20)	5.522	7.204**
	m.	2290.64(164.63)		
[에]	f.	2520.48(106.24)	8	10.188**
	m.	1920.92(77.65)		
[애]	f.	2460.54(52.71)	8	9.001**
	m.	1896.20(129.91)		
[아]	f.	1564.14(77.50)	8	7.721**
	m.	1223.88(60.85)		
[어]	f.	1095.82(47.40)	8	4.227**
	m.	943.44(65.20)		
[오]	f.	810.86(36.91)	6.312	3.484*
	m.	693.81(65.43)		
[우]	f.	854.10(71.02)	8	1.111
	m.	796.87(90.70)		
[으]	f.	1639.94(166.36)	8	3.743**
	m.	1324.58(88.39)		

일성을 검사하는 Levene의 F 검정 결과, $p \geq 0.05$ 인 경우는 df가 8이며 (equal variances assumed), $p < 0.05$ 인 경우는 df가 그 외의 값으로 귀결된다 (equal variances not assumed).

대부분 통계적으로 유의한 차이를 보여주나, [애]의 F1과 [우]의 F2값에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않는다.

4.3.1. 성도의 길이

Pickett[18]에 의하면, 미국 성인 여성 화자들의 성도 길이가 미국 성인 남성에 비해 약 15% 짧기 때문에, 측정된 여성 포먼트 값에 5/6 (≈ 0.83)를 곱하여 남성 화자의 대략적인 값으로 정규화시킬 수 있다고 한다. 역으로, 남성 포먼트의 값에 5/6의 역수인 6/5에 해당하는 1.20의 값을 곱하면 여성 포먼트의 값을 구할 수 있다. 위 두 자료 (표 2와 3)의 F1과 F2 포먼트 값을 바탕으로 한국 남성과 여성의 포먼트 비율값을 구하면, F1의 경우 평균 1.34 (s.d. 0.13), F2의 경우 1.22 (s.d. 0.08) 정도의 값을 구할 수 있다. 두 값의 중간을 취하면, 한국 여성이 남성 성도 길이의 약 78%에 해당함을 알 수 있다.

4.3.2. 분포대역

모음 공간의 최대, 최소값으로 사각형을 그려보면 분포의 범위를 확정할 수 있다. 남성의 경우 F1의 분포범위는 최소 276.6 Hz ([이])에서 최대 760.54 Hz ([아])

표 6. 남녀별 F1/F2 최저치-최대치 대역폭(Hz). $\Delta(\text{max-min})$ 는 최대값에서 최소값을 뺀 차이값(대역)을 의미한다.

Table 6. The bandwidth between F1/F2 maximum and minimum for male and female, respectively. $\Delta(\text{max-min})$ means the difference(bandwidth) between F1/F2 maximum and minimum.

	gender difference	ratio
F1 $\Delta(\text{max-min})$	남성: 483.94 여성: 656.41	1.36
F2 $\Delta(\text{max-min})$	남성: 1596.83 여성: 2060.2	1.29

에 걸쳐 있으니 대역폭 (F1_ $\Delta[\text{max-min}]$)은 483.94 Hz 인 반면, 여성의 경우는 최소 380.57 Hz ([이])에서 최대 1036.98 Hz ([아])에 걸쳐 있으니 대역폭 (F1_ $\Delta[\text{max-min}]$)은 656.41 Hz 이다. F1은 조음 시 혀 높이 즉 입의 벌림 정도와 비례하는 특성을 가지고 있으니 여성이 좀 더 넓은 범위에 걸쳐 입의 벌림 정도를 조절하는 것으로 파악된다.

남성의 경우 F2의 분포범위는 최소 693.81 Hz ([오])에서 최대 2290.64 Hz ([이])에 걸쳐 있으니 대역폭 (F2_ $\Delta[\text{max-min}]$)은 1596.83 Hz 인 반면, 여성의 경우는 최소 810.86 Hz ([오])에서 최대 2871.06 Hz ([이])에 걸쳐 있으니 대역폭 (F2_ $\Delta[\text{max-min}]$)은 2060.2 Hz 이다. F2는 혀의 수평면에서의 조음점 이동과 관련되어 있으므로, 모음의 전설성/후설성 정도의 판단에 관여한다. 여성이 넓은 대역의 F2 분포를 보이고 있다는 것은 남성에 비해 혀의 전, 후방 조음점을 넓게 쓰고 있다고 볼 수 있으며, 입술의 돌출임 (이에 부수한 내뱀: protrusion)도 더 활발하다는 방증으로 판단할 수 있다. 이상의 내용을 정리하면 표 6과 같다.

표 6에 의하면, F1/F2 음향공간에 배치된 한국어 단모음 8개는 성별에 따라 분포의 범위가 어느 정도 차이는 것으로 결론지을 수 있다. 입 벌림 정도에 관여하는 F1의 경우, 여성이 1.36배 정도 더 넓은 범위에 걸쳐 나타났으며, 전/후의 조음자리 결정에 관여하는 F2의 경우 여성이 1.29 배 정도 넓은 범위를 사용하는 것으로 정리할 수 있다.

4.3.3. 기본 3모음 ([아-아우]) 간 유클리드 거리

표 7은, 평면의 두 좌표 혹은 3차원 상 두 좌표의 거리를 잴 때 사용하는 유클리드 값을 이용하여 남녀간 음향공간의 차이를 비교해 본 결과이다. 범언어적으로 모음의 근간을 이루는 [i-a-u] 모음간의 사이를 측정하여 비교해보면, 개략적인 모음 공간의 크기를 상호간 비율값으로 명시해낼 수 있을 것이다. 결과, [아-우] 사이의 유클리드 거리에서 남, 녀간 상당한 차이를 보이고 있다.

표 7. 남, 녀 각각의 [아-아], [아-우], [우-이] 사이의 유클리드 거리값 Table 7. The Euclidian distance of the [i-a], [a-u], and [u-i] for male and female, respectively.

	male	female	ratio
distance[아-아]	1171.4	1462.5	1.25
distance[아-우]	630.35	915.62	1.45
distance[우-이]	1493.9	2018.48	1.35

명확한 발성을 위하여 입을 더 크게 벌렸다고 생각할 수도 있고, 여성이 남성에 비해 발화의 정확성 (혹은 전달력)이 더 높으므로 이에 기인했다고 생각할 수도 있을 것이다. 위의 분포대역과 관련지어 파악하면 이해가 쉬울 것이다.

F1/F2 2차원 공간에서의 기본 3모음 간 거리는, [아-아] 사이의 경우, 여성이 남성에 비해 약 1.25배 길고, [아-우] 사이의 경우 여성이 남성에 비해 약 1.45배 정도 길며, [이-우] 사이는 여성이 남성에 비해 약 1.35배 정도 긴 것으로 나타났다. 기본 3 모음으로 이루어지는 삼각형의 크기가 여성의 경우 남성에 비해 더 크다는 것을 의미한다. 특히 [아-우] 사이의 거리에서 남녀간 많은 차이를 보이고 있다. 그림 7은 표 7에 나타난 결과를 남, 녀 함께 기본 3모음 삼각형으로 제시한 것이다. 여성이 넓은 공간을 점유하고 있음을 여실히 알 수 있다.

V. 맺음말

지금까지 표준 한국어 단모음 8개의 음향적 특징을 기술하였다. 구체적으로, [이, 에, 애, 야, 어, 오, 우, 의]를 F1/F2 음향공간에 배치하고 남, 녀 각각의 특징, 그리고 서로간의 차이점에 대한 비교 분석을 하였다. 내용

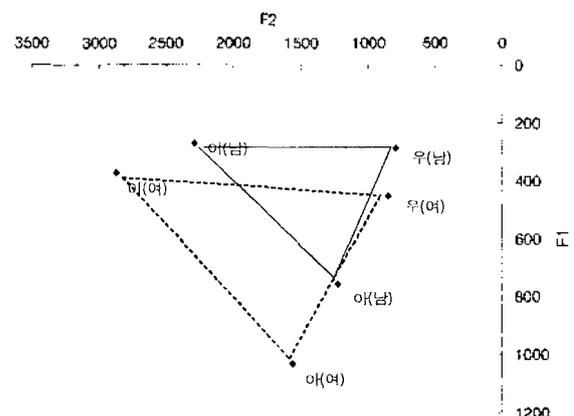


그림 7. 남녀 기본 3모음([아-아우]) 삼각형 Fig. 7. The male & female vowel triangle for 3 cardinal vowels([아-아우])

을 정리하면 다음과 같다.

1) 모음공간에서, 남성은 [에, 애]가 합류되는 경향을, 여성은 [에, ऐ], [우, 오]가 합류되는 경향을 보여주고 있다.

2) 한국 여성의 성도 (vocal tract)는 한국 남성 성도 길이의 약 78 % 정도로 추정된다.

3) [애]의 F1과 [우]의 F2값에서 남녀간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않는다.

4) 평순과 원순 모음 계열을 분리해서 파악할 때, 남녀 공히, 평순 모음은 [이-에-애-으-아-어] 순으로, 원순모음은 [우]>[오] 순으로 후설 쪽에 위치하는 것으로 파악된다 ($\Delta[F2-F1]$ 변수의 방향).

5) 입 벌림 정도에 관여하는 F1의 경우, 여성이 1.36 배 정도 더 넓은 범위에 걸쳐 나타났으며, 전/후의 조음 자리 결정에 관여하는 F2의 경우 여성이 1.29 배 정도 더 넓은 범위를 사용한다.

6) F1/F2 2차원 공간에서의 기본 3모음 간 거리는, [아-어] 사이의 경우, 여성이 남성에 비해 약 1.25배 길고, [아-우] 사이의 경우 여성이 남성에 비해 약 1.45배 정도 길며, [어-우] 사이는 여성이 남성에 비해 약 1.35 배 정도 긴 것으로 나타났다.

후속작업에서는 지금까지의 방법론을 활용하여 한국어 방언과의 비교, 그리고 영어를 포함한 몇 가지 외국어의 경우와 비교 작업을 시도해 볼 예정이다.

감사의 글

본 논문은 2002년도 충남대학교 자체연구비의 지원에 의한 연구결과이다.

참고 문헌

1. G. Fant, Acoustic Theory of Speech Production(The Hague: Mouton, 1960).
2. B. Lindblom and J. Sundberg, "Acoustical Consequences of Lip, Tongue, Jaw and Larynx Movement," Journal of the Acoustical Society of America 50, 1166-1179, 1971.
3. K. N. Stevens and A. S. House, "Development of a Quantitative Description of Vowel Articulation," Journal of the Acoustical Society of America, 27, 484-493. 1955.
4. 김영송, 우리말 소리의 연구(과학사, 서울, 1981).
5. P. Ladefoged, A Course in Phonetics 4th edition(Harcourt, 2001).
6. 성철재, 김귀룡, "A Naturalistic Approach to the Language(!)." 언어학 36, 한국언어학회, 137-167, 2003.

7. 성철재, "4개 국어 기본 5모음 (a,e,i,o,u)에 대한 실험음성학적 대조분석," 제 20회 음성통신 및 신호처리 학술대회 논문집(KSCSP 2003 20(1), 한국음향학회, 227-230, 2003.
8. S. G. Gim, "The Phonetics of Korean," M.A. Thesis, University of London, 1937.
9. 이현목, 한국어의 표준발음(교육과학사, 서울, 1989).
10. M. S. Han, "Acoustic Phonetics of Korean," Office of Naval Research Technical Report 1, University of California, Los Angeles, 1963.
11. 이현목·지민재, "A Spectrographical Study of Korean Vowels," 말소리 6, 대한음성학회, 4-13, 1983.
12. 이재강, 한국어와 일본어의 모음에 관한 실험음성학적 대조 분석, 서울대학교 언어학과 박사학위 논문, 1998.
13. 피라둡스키, "폴란드어 화자의 한국어 모음 발음에 대한 실험음성학적 연구," 말소리 특별호, 대한음성학회, 68-76, 2002.
14. 박종철, Sound Spectrograph에 의한 우리말 단모음 분석에 관한 연구, 연세대학교 대학원 박사학위 논문, 1984.
15. 강순경, 한국어와 영어 단순 모음의 음향학적 분석, 단국대학교 영어영문학과 박사학위 논문, 1990.
16. 양병근, "성도 변형에 따른 모음 포먼트의 변화 고찰," 「음성과학」 3, 83-92, 1998.
17. 이숙향, 고현주, 한양구, 김종진, "발화속도에 따른 한국어 모음의 음향적 특성," 한국음향학회지 22(1), 14-22, 2003.
18. 고현주, 이숙향, "발화속도와 한국어 단모음의 포먼트," 제 20회 음성통신 및 신호처리 학술대회 논문집(KSCSP 2003 20(1), 한국음향학회, 139-144, 2003.
19. J. M. Pickett, The Sounds of Speech Communication (University Park Press, Baltimore, 1985).

저자 약력

• 성 철 재 (Cheol-Jae Seong)

서울대학교 인문대학 언어학과(1988. 2.)
 서울대학교 인문대학 언어학과 대학원(1991. 2)
 서울대학교 인문대학 언어학과 대학원(1995. 2)
 2001.02~2002.02 미국 UCLA 언어학과 visiting scholar
 2002.10~현재 충남대학교 인문대학 언어학과 부교수
 1998.10~2002.9 충남대학교 인문대학 언어학과 조교수
 1996.9~1998.9 충남대학교 인문대학 언어학과 전임강사
 1996.9~1998.12 한국전자통신연구원 초빙연구원
 1995.3~1996.8 한국전자통신연구원 post-doctor