

미국인 여성이 발음한 영어모음의 포먼트 궤적 Formant Trajectories of English Vowels Produced by American Females

양 병 곤¹⁾

Yang, Byunggon

ABSTRACT

Acoustically English vowels are defined primarily by formant values. The measurements of the values have been usually made at a few time points of the vowel segment despite the fact that the majority of English vowel formants vary dynamically throughout the segment. This study attempts to collect acoustic data of the nine English vowels published by Hillenbrand et al. (1995) online and to examine the acoustic features of the English vowels for phoneticians and English teachers. The author used Praat to obtain the data systematically at six equidistant timepoints over the vowel segment. Obvious errors were corrected based on the spectrographic display of each vowel. Results show that the first two formant trajectories are important to separate the nine vowels within the front- or back-vowel groups. The third formant trajectories appear comparable except those of the high vowels. Second, the back vowels leave longer traces on the vowel space toward the locus of the following consonant /d/. Third, each vowel has inherent duration, pitch, and intensity patterns. The results match the findings of Yang (2009). From the results, the author concludes that dynamic spectral changes are important in specifying acoustic characteristics of English vowels. Further studies on the application of the vowel trajectories to English pronunciation lessons or on perceptual experiment of synthesized vowels are desirable.

Keywords: English vowels, formant trajectories, American females, dynamic spectral changes

1. 서 론

영어모음의 포먼트는 혀와 턱의 움직임에 따른 성도의 모양 변화를 반영하고, 이는 곧 모음의 발화와 인지의 중요한 단서가 된다. 이 포먼트값은 주로 화자가 발음한 모음구간의 안정적인 지점에서 주로 측정되었다(Peterson & Barney, 1952). 이는 모음의 시작과 끝부분은 화자가 의도하는 목표모음으로 전이가 일어나므로 만약 목표모음이 하나라면 안정된 구간이 바로 조음 동작의 완성 지점으로 가정하기 때문이다. 모음은 그 자체로 발음되기도 하지만 자음과 앞뒤로 결합된 형태에서는 인접한 자음의 영향을 받아 자음으로의 이행시 추이(transition)가 일어난다(Liberman & Mattingly, 1985). 보통 CVC 형태의 음절구조를 가지고 있는 단어의 발음을 할 때는 CV부분에서는 짧은 지속

시간과 빠르고 큰 포먼트 추이를 보이고, 음절핵인 V에서는 다소 길게 발음되며 포먼트 변화가 크지 않은 안정된 구간을 보인다(Kewley-Port & Goodman, 2005). 그래서 대부분의 전통적인 연구에서는 모음의 포먼트 값은 주로 음절핵 부분의 안정된 구간에서 측정해 왔다. 그런데 마지막 VC부분에서는 따라오는 자음의 종류에 따라 추이가 많아질 수도 있고 적을 수도 있게 된다. 문맥이 주어진 대화문인 경우 CV정보만으로도 개별 단어가 거의 결정되기 때문에 각운에 해당하는 VC에는 연구자들이 별로 관심을 기울이지 않고 있다. 실제 고전적인 연구의 자극발음인 /hVd/환경은 초성자음인 /h/가 성문마찰음으로 성도의 모양에는 영향을 미치지 않아서 사용된다. 하지만, 따라오는 /d/는 치경과열음으로서 치경부위에 혀날을 닿게 하는 동작이 인접모음인 전설고모음 /i/의 경우에는 모음에서 따라오는 자음으로 이동거리가 짧지만, 모음사각도에서 전설고모음과 떨어져 있는 /a, æ, u/의 경우에는 모음 음절핵 부분의 후반부에서 상당한 거리를 이동한다(양병곤, 2009, <그림3> 참고). 이러한 이동의 방향은 모음마다 약간의 차이가 있지만, 모두 자음 /d/의 지향점(locus)에 해당하는 1800 Hz 전후의 위치를 가리키고 있다

1) 부산대학교 bgyang@pusan.ac.kr

접수일자: 2009년 10월 30일
수정일자: 2009년 12월 9일
게재결정: 2009년 12월 9일

(Delattre, Liberman & Cooper, 1955). 이 주파수는 남성을 기준으로 한 자료이지만, 일반적으로 남성의 1.14배 이상의 포먼트 값을 보이는 여성에서는 아마 더 높게 나타날 것으로 예상된다 (Yang, 1996).

모음은 목표모음을 실현하기 위해 턱의 벌림 정도와 혀의 위치로 구분되는데, 안정적인 포먼트 값만을 이용해 만든 합성모음으로는 적절한 구별이 어렵다는 결과를 보였기 때문에 Hillenbrand & Gayvert(1993), Harrington & Cassidy(1994), Hillenbrand, Getty, Clark & Wheeler(1995) 등은 여러 개의 측정지점에서 동적으로 변하는 포먼트를 측정하는 것이 구별하기 쉽다는 결과를 제시했다. Harrington & Cassidy(1994)는 이렇게 여러 개의 지점에서 측정해야 할 이유를 이중모음을 예로 들어 설명했다. 그들은 이중모음이 두 개의 목표모음 사이의 궤적으로 이뤄져 있으며 (Bladon, 1985; Holbrook & Fairbanks, 1962) 이중모음의 첫 번째 목표모음이 단모음의 구간과 음질에서 같다는 점을 *abr.* Nearey & Assmann(1986), Andruski & Nearey(1992)의 연구에서 캐나다 영어에서는 단모음이라고 (19 (1실제로 이중모음에 가까운 포먼트의 없 할 보이는 점에 주목을 이중 Harrington & Cassidy(1994)는 일부 단모음에서 나타나는 포먼트의 없 가 포먼트의 모음의 영향이라기보다는 이중모음 /a/에서 따라오는 점을 /i/할 향해 모음 /a/의 F1이 내려가고 F2는 올라가는 궤적과 같이 모음 어에의 고유된 특징으로 보았다. 하지만, 이런 궤적에 대해 연구는 주로 전체음 /a/에서 24%와 64% 지점 (Nearey & Assmann, 1986), 20%와 80% 지점 (Hillenbrand 등, 1995; Hillenbrand & Nearey, 1999), 25%, 50%와 75% 지점 (Nishi, Strange, Akahane-Yamada, Kubo & Trent-Brown, 2008)과 같이 측정상의 어려움이나 모음에 대한 모델을 단순화하기 위한 목적 때문에 제한된 측정지점을 사용하는 경향이 있다. 이러한 측정 방식에서는 결국 모음의 발음동작이 두 개 또는 세 개 지점으로 선형적으로 변해간다고 가정하는데, 실제 양병곤(2009)의 연구에서도 보였듯이, F1-F2 평면에서 조음동작이 비선형적으로 이뤄지고 있으므로 보다 더 정확하게 조음동작을 추적하려면 더 많은 측정지점을 선택해야 함을 알 수 있다.

Jenkins, Strange & Edman(1983)은 목표모음구간보다는 모음의 시작 지점과 끝 지점의 추이 부분에 상당한 정보가 있을 것으로 보고 목표모음구간을 제거하여 묵음으로 만들고 추이부분만을 들려주었을 때 확인율이 모음 전체를 들려주는 것과 거의 차이가 없다는 결과를 보고 했다. 이들은 청자들이 모음을 확인하는데 주로 조음상의 동적인 특징이 반영된 음향신호에 근거를 두었다고 보지만, 짧은 시작과 끝부분의 추이 부분에서 구체적으로 어떤 단서에 근거를 두었는지가 명확치 않기 때문에, Jenkins, Strange & Miranda(1994)는 청자들이 모음을 확인하는데 사용한 음향적 특징은, 단순히 두 서너 개의 정적인 목표모음보다는 여러 개의 목표모음으로 나타낼 수 있다고 했다. Watson & Harrington(1999)은 이것을 더 확대하여 결국 모음 확

인의 단서는 여러 개의 목표모음보다는 전체적인 동적인 포먼트 궤적을 의미한다고 설명했다. 지금까지의 사전 연구들에서 보면 모음의 음향적 특성을 단순히 한 지점에서 측정하기 보다는 여러 개의 지점에서 측정하여 살펴보는 것이 중요함을 알 수 있다.

이 연구에서는 미국인 여성이 발음한 영어모음의 음향적 특징을 규명하기 위해 모음구간 내에서 여러 개의 상대적인 측정 지점에서 구한 포먼트 변화 궤적의 탐색에 중점을 두고자 한다. 이러한 시도는 영어모음 자체에 관한 음향적 특성을 살펴보려는 음성학자나, 영어 발음교육에서 원어민과 한국인 학습자의 영어모음의 음향적 비교를 통한 교정 훈련에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구 방법

이 논문에 사용된 음성자료는 Hillenbrand 등(1995)이 인터넷에 공개해 둔 미국인 여성의 발음을 압축한 *women.zip* 파일을 사용했다(<http://homepages.wmich.edu/~hillenbr/voweldata.html>). 논문 자료에 대한 일반적인 설명과 자료수집 방법은 양병곤(2009)에 이미 서술되어 있기 때문에 이 논문에서는 미국인 여성에 관련된 부분만을 제시하기로 한다.

2.1 피험자

Hillenbrand 등(1995)이 수집한 미국인 여성은 모두 48명이다. 이들의 출신 지역은 주로 미시간지역의 남동부와 남서부 지역과 인근 지역이고, 개별 면담과 특정 모음쌍을 구별하여 발음하거나 들을 수 있는지를 근거로 방언을 통계했다고 한다. 본 논문에서는 그 당시 20명의 대학(원)생들이 다른 목표 모음으로 판정한 화자 8명(w12, w16, w23, w24, w26, w34, w41, w46)을 제외하고, 이어서 스펙트로그램에서 포먼트가 명확하게 나타나지 않거나 서로 겹쳐진 모양을 보이는 화자 3명(w25, w37, w49), 마지막으로 F3 값이 집단의 평균에 비해 너무 높은 w33(/æ/)의 끝부분 F3=3835 Hz)과 반대로 너무 낮은 F3(w44)의 /æ/ 끝부분 F3=2297 Hz)을 보이는 화자들을 제외하고, 모두 35명의 발음자료를 대상으로 분석하고자 한다.

2.2 녹음

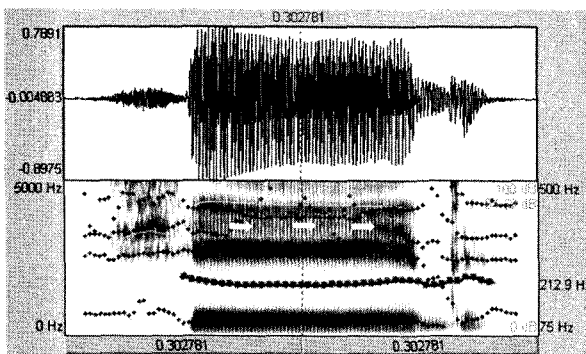
Hillenbrand 등(1995)이 녹음한 발음은 /hVd/ 환경에서 세 번씩 읽은 자료("heed, hid, hayed, head, had, hod, hawed, hoed, hood, who'd, hud, heard") 가운데 한 개씩 게시되어 있다. 녹음은 다이내믹 마이크로 녹음한 뒤 7.2 kHz 이하의 저주파수 영역 통과 필터를 사용하여 12비트의 진폭해상도에 16 kHz의 표본속도로 컴퓨터에 저장했다. 본 논문에서는 이중모음의 강한 특성을 보이는 hayed, hoed와 /r/ 발음의 차이를 보이는 heard를 제외한 9개의 모음을 분석했다.

2.3 음향분석

음향분석은 프라트(version 5.1.07)로 양병곤(2009)에 이용된 분석용 스크립트를 사용하여, 연구자가 선택한 모음의 시작점과 끝점에서 각각 10 ms 안쪽의 분석구간을 찾고 이 구간에 대한 평균 강도와 f0, F1, F2, F3, F4값을 구했고, 이어서 분석구간을 5등분하여 시작점 10 ms 안쪽 지점을 포함해 여섯 개 지점마다 앞뒤 25 ms 분석창의 평균 강도, f0, F1, F2, F3, F4값을 구했다. 마지막으로 각 측정지점에 대한 시간정보를 참고로 하여, 마이크로소프트 엑셀 2007을 이용해 전체 평균값 또는 여섯 개 지점의 주변값보다 300 Hz 이상 변화를 보이는 경우에는 해당 음성파일을 다시 열어 스펙트로그램의 포먼트 띠를 기준으로 잘못된 포먼트 값을 수정하였다(양병곤, 2008a, 2008b). F1과 F2는 대체로 에러가 적은 편이나 일부 궤적이 끊어진 모양을 나타낼 때는 스펙트로그램의 검은 띠를 기준으로 인접한 측정 시간점의 값을 참고로 자연스럽게 이어지는 값으로 수정했다. 이에 비해 F3는 상대적으로 에러가 더 많은 편이었는데, 예를 들어, <그림1>과 같이 잘못된 포먼트값을 흰색 화살표와 같이 시각적으로 추정하거나 F4값을 참고하여 새로 입력하였다.

그림 1. w35iy의 F3을 스펙트로그램에서 흰 화살표와 같이 추정한 사례.

Figure 1. A case of F3 estimation along the white arrows based on the spectrogram of w35iy.



이렇게 구한 최종 자료의 수는 9,765개가 된다(9개 모음지속시간X35명=315)+(9개 모음X35명X6개 지점X6개 음향측정값=9,450). 마지막으로 엑셀의 예약함수를 이용해 각 모음별, 측정지점별 평균값과 표준편차 등의 통계처리를 했다.

3. 결과 분석

미국인 여성이 발음한 영어모음의 음향적 특성에 대한 결과 분석은 전설모음과 후설모음으로 나누어서 여섯 개의 측정지점별 35명의 평균 포먼트 궤적과 f0값, 지속시간, 강도값의 순서로 살펴보기로 한다.

3.1 전설모음의 음향적 특성

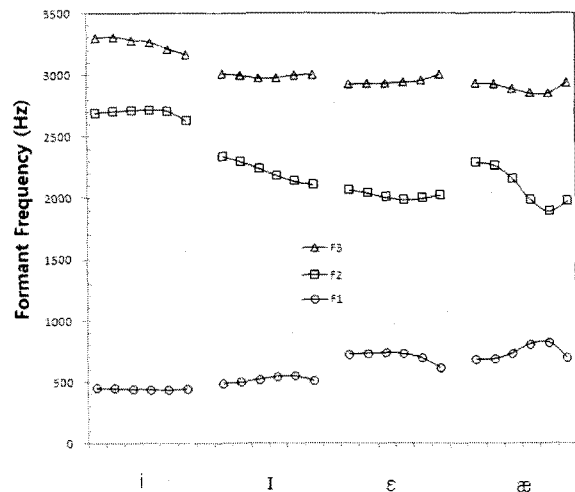
<표1>은 미국인 여성이 발음한 전설모음 /i, I, ε, æ/의 측정지점별 평균 f0값과 포먼트값을 보여준다. 숫자로 된 자료 가운데 측정지점별로 구한 F1, F2, F3값의 궤적을 그림으로 나타내면 <그림2>와 같다.

표 1. 전설모음의 측정지점별 평균 f0값과 포먼트값
Table 1. Average f0 and formant values of front vowels

모음	지점	f0	F1	F2	F3
i	1	237	450	2693	3303
	2	232	450	2705	3309
	3	228	445	2716	3286
	4	226	440	2715	3265
	5	225	437	2710	3213
	6	230	447	2630	3168
I	1	233	489	2337	3010
	2	224	500	2297	2999
	3	222	523	2241	2976
	4	219	547	2184	2979
	5	220	548	2139	3000
	6	222	510	2108	3001
ε	1	223	727	2068	2926
	2	217	734	2045	2932
	3	213	739	2007	2932
	4	211	728	1988	2941
	5	211	696	2000	2957
	6	216	617	2028	3007
æ	1	221	682	2288	2931
	2	214	690	2265	2926
	3	210	736	2160	2888
	4	208	809	1985	2853
	5	208	822	1896	2855
	6	212	698	1977	2937

그림 2. 전설모음의 포먼트 궤적

Figure 2. Formant trajectories of front vowels



먼저 입벌림의 정도를 나타내는 F1과 F2의 궤적을 살펴보면,

각 모음별로 서로 구별되는 독특한 모양을 보이고 있다. F3는 전설고모음 /i/를 제외하고는 거의 비슷한 값들을 보이고 있다. 고모음 /i/의 평균 포먼트값은 3257 Hz이고, 중·저모음의 평균 값은 2947 Hz인데, 이들 간의 차이는 310 Hz로, 양병곤(2000a, 표 4 참고)에 보고된 미국인 여성이 F3의 변형에 동일하게 생각하는 범위인 566 Hz안에 들기 때문에 지각적으로도 비슷하게 들을 것으로 예상된다. 처음의 두 개의 모음인 /i, ɪ/는 세 개의 포먼트에서 모두 차이를 보이고 있다. 1번 측정지점에서 F1은 39 Hz의 차이를 보였고, F2에서는 356 Hz의 많은 차이를 보였다. 미국인 여성은 두 개의 모음을 질적으로 다르게 발음했음을 알 수 있다. 이러한 구별은 양병곤(2009)에 나타난 미국인 남성의 결과와 일치한다. 이에 비해, 중·저모음에 해당하는 /e, æ/의 F1은 시작부분에서 45 Hz의 차이로 /æ/가 더 높게 시작했고, 4번 지점부터 /e/값이 더 크다. 이에 비해 F2에서는 5, 6번 지점을 제외하고는 /æ/가 더 높다. 좀 더 자세한 논의는 다음 절의 모음평면에서 하기로 한다. 덧붙여 /i/를 제외하고는 나머지 3개 모음은 따라오는 자음 /d/를 향해 F1과 F2가 서로 멀어지는 모양을 보인다. F3는 전설고모음 /i/가 가장 높고 나머지 모음들은 비슷한 높이를 보인다. 마지막으로 f0값은 시작점에서 다소 높은 값으로 출발하여 5번 지점까지 내려가다가, 6번 마지막 지점에서 2-5 Hz 상승하는 모양을 보였다.

3.2 후설모음의 음향적 특성

<표2>는 미국인 여성이 발음한 후설모음 /u, ʊ, ʌ, ɔ, ɑ/의 측정지점별 평균 f0값과 포먼트값을 보여준다. 이 자료 가운데 측정지점별로 구한 F1, F2, F3값의 포먼트 궤적을 그림으로 나타내면 <그림3>과 같다.

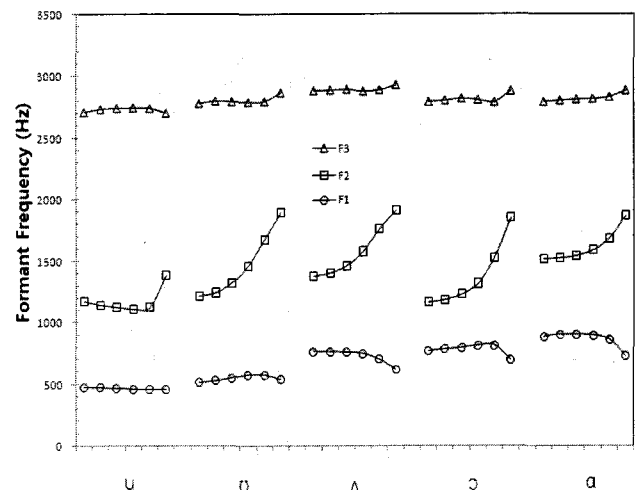
표 2. 후설모음의 측정지점별 평균 f0값과 포먼트값
Table 2. Average f0 and formant values of back vowels

모음	지점	f0	F1	F2	F3
u	1	245	473	1178	2707
	2	239	471	1146	2731
	3	235	467	1128	2740
	4	232	459	1113	2744
	5	232	456	1127	2740
	6	236	458	1389	2699
ʊ	1	236	513	1220	2778
	2	229	527	1247	2798
	3	226	550	1328	2793
	4	226	573	1466	2788
	5	223	575	1677	2795
	6	225	535	1893	2867
ʌ	1	227	764	1381	2884
	2	220	762	1408	2887
	3	216	759	1466	2894
	4	214	748	1581	2880
	5	213	700	1761	2890
	6	215	617	1911	2931

ɔ	1	225	766	1168	2792
	2	217	782	1190	2803
	3	213	793	1232	2819
	4	210	812	1321	2808
	5	210	814	1530	2789
	6	218	692	1852	2882
ɑ	1	222	885	1521	2793
	2	216	901	1528	2804
	3	212	899	1546	2813
	4	209	895	1590	2817
	5	210	859	1684	2832
	6	216	730	1869	2886

이들 표와 그림을 살펴보면 모음마다 F1과 F2의 궤적에서 뚜렷한 차이를 보이고 있으며, F3는 /u/를 제외하고 대체로 F1과 비례하여 높아지다가 6번 지점에서 살짝 올라간 모양을 보였고 모음 사이에 큰 값의 차이를 보이지 않았다. f0은 앞 절의 전설모음과 마찬가지로 6번 지점에서 2-8 Hz 상승했다. 전설모음과 달리 F2는 /u/가 5번에서 6번 지점으로 262 Hz 급상승한 것을 제외하고, 나머지 세 개의 모음에서는 처음부터 마지막 측정지점까지 빠르게 상승하는 모양을 보였다. F1은 이에 비해 /u/를 제외하고 5, 6번 지점에서 급격히 떨어지는 모양을 하고 있다. 이러한 턱벌림과 혀이동은 혀의 뒷부분이 활용되는 후설모음에서 치경부위에서 파열되는 /d/ 발음을 하기위한 공동조음 동작이 급히 일어났기 때문으로 여겨진다. 결국 자극음의 자음이 실제 모음 발음에 후반부에서 많은 영향을 받는다고 할 수 있다.

그림 3. 후설모음의 포먼트 궤적
Figure 3. Formant trajectories of back vowels



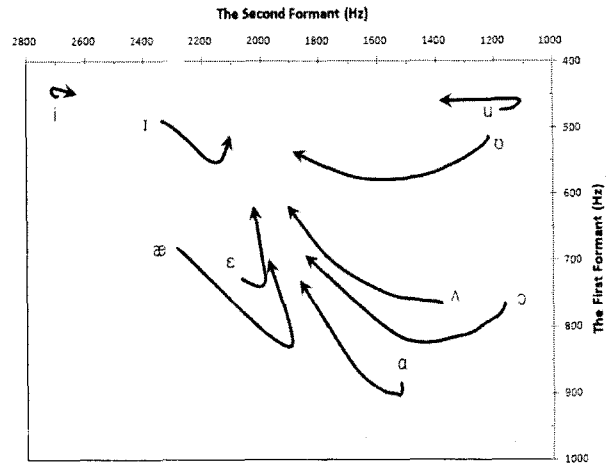
3.3 F1과 F2평면에서 본 모음의 궤적 분석

앞에서 제시한 <표1>과 <표2>의 여섯 개 지점의 자료를 F1(y축)과 F2(x축)의 모음공간에 연속된 그림으로 나타내면 <그림7>과 같다. 이런 모음공간은 F1이 턱의 벌림 정도에 따라 변하고, F2가 혀의 전후 움직임을 나타내며(Pickett, 1987), 각 변

수의 영점 기준을 오른쪽 위로 두게 되면, 전통적인 모음사각도의 조음위치와 대체로 같게 된다(Ladefoged, 2001:177). 입술동금의 효과를 제거하고 좀 더 정밀한 전설과 후설 차원의 차이를 보이려면, F2대신에 F2-F1값을 축으로 하고, 모든 측정값을 청각단위인 Bark로 변환할 것을 Ladefoged(2001)가 제안했지만, 그가 제안한 그림에서는 큰 모양의 변화를 보이지 않았기 때문에 여기서는 간략하게 표현했음을 밝힌다. 이런 그림에서 왼쪽 위는 입술의 끝부분이고, 오른쪽 아래는 인강 부분을 나타내기 때문에, 모음의 조음동작을 추정해 볼 수 있는 장점이 있다. 그림에서 모든 모음의 마지막 지점에 해당하는 화살표 끝은 대체로 2100 Hz를 지향하고 있으며, /i, u/는 F2축에서 300 Hz이내의 짧은 거리를 이동했지만, 나머지 모음들은 모두 1800 Hz에서 2100 Hz 범위에 몰려 있다. 이러한 경향은 미국인 남성에 대한 결과(양병곤, 2009, <그림7> 참고)와 비교해볼 때 미국인 여성에 비해 약간 더 높은 지향점을 가지고 있으며, 전체적으로는 비슷한 이동 유형을 나타낸다. Delattre, Liberman & Cooper(1955)는 /d/의 지향점 F2값이 1800 Hz임을 보였다. 이 그림에서 특기할 점은 미국인 여성의 전설모음 /e/의 F1은 출발점 위치가 미국인 남성과는 달리 /æ/보다 높다. 일반적으로 미국영어 목표모음의 안정적인 구간에서 수집한 포먼트값의 기존 연구에서는 /e/의 F1이 /æ/에 비해 높게 보고되었다(Peterson & Barney, 1952; Yang, 1990, 1996). 이러한 결과는 Hillenbrand 등(1995)이 선택한 미국인 여성의 방언의 특성이라고 볼 수도 있고, 통계적인 특성상 다양한 크기의 성도를 가진 여성들의 발음 평균을 구했기 때문으로 볼 수도 있다. <표1>에 나타난 두 모음의 F1측정값 차이인 45 Hz는 /e/의 1번 측정지점 F1의 35명의 표준편차가 64 Hz이고, /æ/의 표준편차는 55 Hz임을 고려해 보면 1표준편차 범위에 들어간다. 덧붙여, 보다 안정적인 위치인 4번 위치부터는 /e/의 F1이 /æ/보다 낮아져서 끝까지 순서가 바뀌고 기존 연구의 안정된 구간의 측정값과 일치한다(<표1> 참고). 미국인 남성에서는 처음부터 끝까지 F1 값에서 /æ/가 /e/보다 높기 때문에 앞으로 성별상의 차이인지 연구가 필요할 것이다. 오은진(2006)의 미국 영어모음의 방언적 차이에 관한 연구에서는 개별화자 마다 모음공간에 보인 분포에서 /æ/가 /e/보다 조음위치가 아래로 구별되어 있고, 후설모음인 /ɔ, a/가 방언에 따라 모음융합현상으로 서로 구별이 되지 않는 특징을 보였다. 그의 연구에서는 포먼트 측정위치를 모음구간의 중간지점으로 택했는데, 이 논문의 <그림4>의 모음공간에서 보면, 전설중·저모음 중간지점이 명확하게 구별되는 위치로 나타난다.

덧붙여, <그림4>에서 전설모음은 후설모음에 비해 이동하는 모양이 급격히 변하는 모양을 보이고 있는데, 이는 따라오는 자음 /d/의 지향점이 전설모음에 가깝기 때문으로 여겨진다. 전설고모음(/i, u)은 비록 이동하는 거리가 짧긴 하지만, F1값이 다른 모음들에 비해 작아진 다음 F2축을 따라 거의 수평으로 이동한 모습을 보이고 있다. 마지막으로 전설고모음과 /N/를 제외

그림 4. F1과 F2평면에서 본 포먼트 궤적
Figure 4. Formant trajectories on F1-F2 space



한 나머지 모음들은 모두 F1값이 커졌다가 작아지는 모습을 보이고 있다. 조음동작으로는 결국 턱을 약간 벌렸다가 다문 것이 된다. 이러한 동작들까지 한국인학습자들이 영어발음에 적용해 약할지 여부는 앞으로 더 연구해볼 필요가 있다.

3.4 모음별 평균 지속시간, f0와 강도

이 논문에서 다룬 9개의 모음의 시작점과 끝점사이의 평균 지속시간과, 모음구간의 양쪽 가장자리 10 ms를 피하고 6개의 지점에서 구한 f0와 강도의 평균값을 오름차순으로 정리하면 <표3>과 같다.

표 3 모음별 평균 지속시간, f0와 강도

Table 3. Average durations, f0 and intensity values of vowels

모음	지속시간	모음	f0	모음	dB
ʌ	229	æ	212	ɑ	82
ɪ	234	ɑ	214	æ	82
ɔ	242	ε	215	ɔ	83
e	246	ɔ	215	ʌ	84
i	298	ʌ	218	e	84
u	298	ɪ	224	i	85
ɑ	316	ɔ	227	ɪ	85
æ	323	i	230	ɔ	86
ɔ	341	u	237	u	86

시작점과 끝점사이 모음구간에서 구한 평균 강도값은 6개 지점에서 구한 값과 차이가 없었으나, f0값은 일부 화자에게서 나타난 피치반 값 에러(pitch halving error)로 인해 실제 f0값의 반으로 처리된 경우가 포함되어 있어서 아주 약간의 차이가 있었다. 예를 들어, /æ/의 시작점과 끝점사이의 평균값은 210 Hz인데 비해 6개 지점에서 구한 값은 <표3>에서와 같이 212 Hz로 2 Hz가 높아졌고, 여전히 9개의 모음 가운데 가장 낮은 값을 보였다. 대체로 1~2 Hz 정도 6개 지점에서 구한 값이 모음구간 전체에서 구한 값보다 높았으며, 순서상 차이를 보인 것은 /e/와

/ɔ/ 뿐이었는데, 그 차이는 1 Hz에 불과하다. 만약 적은 수의 피험자에 대한 피치값 평균을 구할 때는 피치값의 측정치에 대해 반드시 점검이 필요할 것으로 여겨진다(양병곤, 1998, 2000b).

<표3>에서 보면 모음의 지속시간은 개방모음 /ɔ, æ, a/의 순서로 300 ms 이상의 시간을 보이고, /u, i/가 298 ms로 동일한 시간을 보였고, 이완모음 /ɒ, ɪ/는 각각 242 ms와 234 ms로 상대적으로 짧은 지속시간을 보였다. /ʌ/가 가장 낮은 지속시간인 229 ms를 보였다. 이러한 결과는 조음동작이 큰 모음의 지속시간이 상대적으로 길게 나타나기 때문에 조음동작의 크기와 관련이 있음을 보여준다. 이러한 분포는 양병곤(2009)에서 제시된 미국인 남성의 결과와 비교해볼 때, 인접한 모음인 /ʌ, ɪ/와 /i, u/에서 10 ms이내의 차이로 위치가 달라진 경우를 제외하고는 거의 동일한 순서로 나타나서, 모음마다, 발생시간의 고유한 지속시간의 특성이 반영되어 있음을 알 수 있다.

중간에 제시된 피치값의 평균을 살펴보면 중간 또는 저모음에 해당하는 /æ, a, ɛ, ɔ, ʌ/들이 상대적으로 낮은 f0값을 보였고, 고모음에 해당하는 /i, ɪ, i, u/가 다소 높은 값을 보였다. 고모음군의 평균 f0값은 229 Hz인데 비해, 중·저모음군은 215 Hz로 약 14 Hz의 차이를 보였다. 이러한 분포는 양병곤(2009)에서 제시된 미국인 남성의 결과와 같다. 미국인 남성의 고모음군의 f0평균은 130 Hz이고 중·저모음군은 121 Hz를 보였다. 이러한 결과는 고모음 발음에 성대의 주변 근육이 당겨져 다소 높은 f0값을 보인 것으로 추정된다.

마지막에 제시된 강도값은 /a/의 82 dB에서 부터 /u/의 86 dB까지 4 dB의 차이로 분포되어 있고, 이러한 분포는 양병곤(2009)의 /a/의 81 dB에서 부터 /u/의 86 dB까지 5 dB의 차이와 거의 일치하며, 비록 작은 차이를 보이긴 하지만, f0 값의 분포와 마찬가지로 고모음은 다소 높고, 저모음은 낮은 분포를 보여주고 있다. 이러한 결과는 Hillenbrand 등(1995)이 각 단어별로 최대값을 기준으로 음의 강도를 조정했음에도 불구하고, 고유한 강도값이 존재하기 때문으로 생각된다.

4. 요약 및 결론

이 연구의 구체적인 목적은 Hillenbrand 등(1995)이 수집하고 인터넷에 공개한 미국인 여성 35명이 발음한 /hVd/환경의 모음 9개의 포먼트와 피치, 강도, 지속시간 등의 음향적 특징을 여섯 개의 균등한 시간점에서 측정하여 평균값을 구하고, 이를 F1-F2로 된 모음공간에 나타내어 동적으로 변하는 궤적을 살펴봄으로써 영어모음의 음향적 특성을 규명하는 것이었다. 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 전설모음과 후설모음의 구별에서 F1과 F2의 포먼트 궤적은 해당 모음의 음향적 특징을 나타내는데 중요한 측정값임이 드러났다. F3는 모음별로 그다지 큰 차이를 나타내지 않았다.

둘째, 전설모음에 비해 후설모음이 /d/의 지향점을 향한 이동 거리가 상대적으로 길게 나타났다. 이러한 결과는 /d/가 전설모음에 다소 가까운 반면 후설모음과는 멀리 떨어져 있기 때문으로 여겨진다.

셋째, 기타 음향적 측정값을 통해 모음마다 고유한 지속시간과 피치값이 있음이 밝혀졌다. 대체로 개방모음의 지속시간이 상대적으로 길었고, 고모음의 피치값이 높게 나타났으며, 음의 크기를 통제된 강도에서도 약간의 모음 유형별 차이를 보였다.

이러한 결과는 미국인 남성이 발음한 영어모음의 결과(양병곤, 2009)와 대체로 일치하며, 결론적으로 영어모음의 음향적 특징은 상대적인 여러 측정 시간점에서 포먼트를 비롯한 음향값들의 세부적인 변화를 살펴볼 수 있는 궤적 분석이 필요하다고 말할 수 있다.

앞으로 이 논문의 연구 결과를 한국인의 영어발음교육에 실제 적용하여 원어민의 평가에 어떤 영향을 주는지 조사해 보거나, 동적인 궤적의 기여도를 파악하기위해서 다양하게 변형한 합성음에 대한 인지실험을 해볼 필요가 있다.

참 고 문 헌

- Oh, E. (2006). "The vowel system of American English and its regional variation", *Speech Sciences*, Vol. 13, No. 4, pp. 69-87.
(오은진 (2006). "미국 영어 모음 체계의 몇 가지 지역 방언적 차이", *음성과학*, 13권 4호, pp. 69-87.)
- Yang, B. (1998). "A study of pitch analysis methods by Signalyze", *Donggeunonjip*, 28, 69-79.)
(양병곤 (1998). "Signalyze에 의한 피치 분석방법 고찰", *동의논집*, 28, 69-79.)
- Yang, B. (2000a). "A perceptual experiment of English monophthongs", *Korean Journal of Linguistics*, Vol. 25, No. 4, pp. 609-628.
(양병곤 (2000a). "영어단모음의 지각실험", *언어*, 25권 4호, pp. 609-628.)
- Yang, B. (2000b). "A study of pitch analysis by Praat", *Donggeunonjip*, 32, 29-39.)
(양병곤 (2000b). "Praat에 의한 억양 분석", *동의논집*, 32, 29-39.)
- Yang, B. (2008a). *English pronunciation: A new approach using a computer*. PNU Press.)
(양병곤 (2008a). *영어발음: 컴퓨터를 활용한 새로운 접근*, 부산대학교출판부.)
- Yang, B. (2008b). "Formant measurements of complex waves and vowels produced by students", *Speech Sciences*, Vol. 15, No. 3, pp. 39-52.
(양병곤 (2008b). "복합음과 대학생이 발음한 모음 포먼트 측정", *음성과학*, 15권 3호, pp. 39-52.)
- Yang, B. (2009). "Formant trajectories of English vowels produced by American males", *Phonetics and Speech Sciences*, Vol. 1, No. 3, pp. 65-72.
(양병곤 (2009). "미국인 남성이 발음한 영어모음의 포먼트 궤적", *말소리와 음성과학*, 1권 3호, pp. 65-72.)

- Andruski, J. E. & Nearey, T. M. (1992). "On the sufficiency of compound target specification of isolated vowels in /bVb/ syllables", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 91, 390-410.
- Bladon, R. A. W. (1985). "Diphthongs: a case study of dynamic auditory processing", *Speech Communication*, 4, pp. 145-154.
- Delattre, P. C., Liberman, A. M. & Cooper, F. S. (1955). "Acoustic loci and transitional cues for consonants", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 27, pp. 769-773.
- Harrington, J. M. & Cassidy, S. (1994). "Dynamic and target theories of vowel classification: Evidence from monophthongs and diphthongs in Australian English", *Language and Speech*, 37(4), pp. 357-373.
- Hillenbrand, J. M. & Gayvert, R. T. (1993). "Vowel classification based on fundamental frequency and formant frequencies", *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, pp. 647-700.
- Hillenbrand, J. M. & Nearey, T. M. (1999). "Identification of resynthesized /hVd/ utterances: Effects of formant contour", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 105, pp. 3509-3523.
- Hillenbrand, J. M., Getty, L. A., Clark, M. J. & Wheeler, K. (1995). "Acoustic characteristics of American English vowels", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 97, No. 5, pp. 3099-3111.
- Holbrook, A. & Fairbanks, G. (1962). "Diphthong formants and their movements", *Journal of Speech and Hearing Research*, 5, pp. 38-58.
- Jenkins, J. J., Strange, W. & Edman, T. R. (1983). "Identification of vowels in 'vowelless' syllables", *Percept. Psychophys.*, Vol. 34, pp. 441-450.
- Jenkins, J. J., Strange, W. & Miranda, S. (1994). "Vowel identification in mixed-speaker silent-center syllables", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 95, 1030-1043.
- Kewley-Port, D. & Goodman, S. S. (2005). "Thresholds for second formant transitions in front vowels", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 118, pp. 3252-3260.
- Ladefoged, P. (2001). *A course in phonetics*. Boston: Heinle & Heinle.
- Liberman, A. M. & Mattingly I. G. (1985). "The motor theory of speech perception revised", *Cognition*, 21, pp. 1-36.
- Morrison, G. S. (2009). "Vowel inherent spectral change in forensic voice comparison", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 125, p. 2695.
- Nearey, T. M. & Assmann, P. (1986). "Modeling the role of vowel inherent spectral change in vowel identification", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 80, pp. 1297-1308.
- Nishi, K., Strange, W., Akahane-Yamada, R., Kubo, R. & Trent-Brown, S. A. (2008). "Acoustic and perceptual similarity of Japanese and American English vowels", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 124, pp. 576-588.
- Peterson, G. & Barney, H. (1952). "Control methods used in a study of vowels", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 24, pp. 175-184.
- Pickett, J. (1987). *The sounds of speech communication: A primer of acoustic phonetics and speech perception*. Austin, Texas: pro-ed.
- Watson, C. I. & Harrington, J. (1999). "Acoustic evidence for dynamic formant trajectories in Australian English vowels", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 106, pp. 458-468.
- Yang, B. (1990). *Development of vowel normalization procedures: English and Korean*. Ph. D. Dissertation, The University of Texas at Austin.
- Yang, B. (1996). "A comparative study of English and Korean monophthongs produced by male and female speakers", *Journal of Phonetics*, Vol. 24, pp. 245-261.

• 양병곤 (Yang, Byunggon)
 부산대학교 사범대 영어교육과
 부산시 금정구 장전동 30
 Tel: 051-510-2619 Fax: 051-582-3869
 Email: bgyang@pusan.ac.kr
 Homepage: <http://fonetiks.info/bgyang>
 관심분야: 음성학, 영어발음교육