

## 미국인남성이 발음한 영어모음의 포먼트 궤적

### Formant Trajectories of English Vowels Produced by American Males

양 병 곤<sup>1)</sup>

Yang, Byunggon

#### ABSTRACT

Formant values are the most important acoustic correlates of English vowels. Classical studies on English vowels reported the first three formant values measured at a single timepoint on a sustained vowel segment. However, many recent studies revealed that partial onset or offset segments with information of dynamic spectral changes may contribute to the exact identification of English vowels with an accuracy almost comparable to that by the whole vowel segment or word. The purpose of this study was to examine formant trajectories of nine English vowels collected by Hillenbrand et al.(1995). Acoustic analysis was systematically made by a Praat script at six equidistant timepoints over the vowel segment. Results showed that the first formant trajectories played an important role in distinguishing each vowel within the front- or back-vowel groups. The second formant trajectories of the back vowels varied more drastically than those of the front vowels. The third formant value was similar except the high vowel /i/. From the vowel space on F1 by F2 axes, the formant trajectories of each vowel clearly showed a transition toward the locus of the following consonant /d/. Other acoustic data revealed that there were some vowel inherent duration or pitch values. From this study we can conclude that the dynamic spectral changes are very important in specifying acoustic characteristics of the English vowels. Further studies on vowels and diphthongs in different contexts are desirable.

**Keywords:** English vowels, formant trajectories, American males, dynamic spectral changes

#### 1. 서 론

모음의 음향적 특징은 보통 지속시간, 강도, 피치, 포먼트 등으로 측정된다. 이 가운데 모음 발화과정에서 입안의 모양인 성도의 공명 특성을 반영하는 포먼트가 가장 중요하다고 할 수 있다. 미국영어의 모음 포먼트에 대한 대표적인 연구로는 Peterson과 Barney(1952)의 고전적인 연구에 이어, 이와 비슷한 규모의 Hillenbrand, Getty, Clark와 Wheeler(1995), Yang(1996)의 연구가 있다. 이들의 연구에서 포먼트 값은 주로 발화된 모음의 안정된 구간의 한 시간점에서 구한 스펙트럼조각에서 측정되었

다. 하지만, 이러한 안정된 구간은 Peterson과 Barney(1952)의 자료수집과정에 대한 Hillenbrand 등 (1995)의 비판에서도 문제점이 드러난다. 예를 들어, 긴장모음보다는 이완모음에서는 모음의 포먼트값이 처음부터 끝까지 이중모음에 가까울 정도로 변한다. 특히, /hVd/의 환경에서 마찰음 /h/는 성문에서 처음 발음이 시작되기 때문에 여과기인 성도에는 발음의 영향을 주진 않지만, 마지막 자음인 /d/는 경구개치경부위에 혀날 부분을 대고 입을 많이 벌리지 않은 채 발음해야하기 때문에 입 벌림 정도가 차이가 나는 모음이 앞에 오는 경우에는 공동조음의 영향을 피할 수 없게 된다. 예를 들어, /i/ 모음 다음에 /d/를 발음한 경우와 입을 많이 벌리고 혀를 아랫니에 댄 채 /a/모음을 발음한 다음에 /d/발음 위치로 입을 다물고 혀날을 들어 올리며 움직이게 되면 혀의 움직임을 반영하는 F2의 변화가 눈에 띄게 많다(양병곤, 2008a). Yang(1990)은 이러한 변화에서 상대적인 측정 위치를 찾기 위해 전체지속시간을 6등분한 뒤 시작과 끝을 제외하고 4개 지점의 포먼트를 측정했다. 이렇게 균등한 비율에

1) 부산대학교 [bgyang@pusan.ac.kr](mailto:bgyang@pusan.ac.kr)

(이 논문은 2009년도 부산대학교 인문사회연구기금의 지원을 받아 연구되었음)

접수일자: 2009년 7월 23일  
수정일자: 2009년 9월 9일  
게재결정: 2009년 9월 16일

서 구한 남녀간의 포먼트값에 대한 회귀분석을 했을 때 매우 높은 예측값을 가진 관계를 보였고, Yang의 정규화 논의는 이렇게 서로 비교할 수 있는 상대적인 시간점에서 구한 포먼트값의 집단별 관계를 활용하도록 제안했다.

한편 모음의 안정적인 구간보다는 모음의 시작과 끝부분이 중요한 정보를 담고 있으며, 특히, 역동적으로 변하는 포먼트 변화가 중요함을 지적하거나 밝힌 연구들이 있다(Peterson과 Barney, 1952; Nearey와 Assmann, 1986; Jenkins, Strange와 Edman, 1983). Peterson과 Barney(1952:184)는 모음의 안정된 구간에서 포먼트 값을 구했지만, 실제 동일한 논문에서 “모음의 시작과 끝부분의 포먼트 전이부분의 평가가 아주 중요하다”고 지적했다. 이렇게 중간부분을 묵음구간으로 한 채, 시작과 끝부분을 남겨두고 모음의 확인율을 조사한 Jenkins, Strange와 Edman(1983)의 연구는 시사하는 바가 크다. 이들의 연구에서 원래의 모음을 들려주고 오류율을 구한 값은 6.9%가 나왔는데, 모음의 시작과 끝부분만을 들려준 경우에는 이에 필적할 만한 7.6%의 오류율을 보였으며, 시작과 끝부분을 묵음으로 하고 중간만 들려준 경우에는 무려 두 배에 가까운 13.2%의 오류율을 보였다. 결국 모음의 안정된 구간보다는 짧기는 하지만 시작과 끝부분의 역동적인 변화가 어떤 모음인지를 확인하는데 중요한 역할을 한 것으로 보인다. 이러한 역동적인 변화의 중요성을 조사한 Nearey와 Assmann(1986)의 연구에서는 10명의 캐나다인이 발음한 영어모음구간에서 처음의 24%지점 핵 부분과 64% 지점의 전이부의 일부만을 10 ms간격으로 들려주었을 때 피험자들이 모음 전체를 들려줬을 때의 오류율인 12.4%에 가까운 14.4%의 오류율을 보인데 대해 첫 부분만 들려준 경우에는 31%의 오류율을 보였고, 첫 부분과 뒷부분의 순서를 바꾸었을 때는 무려 37.5%의 오류율을 보였음을 보고했다. 이는 모음의 시작과 끝부분이 중요하며 동시에 시작과 끝부분으로의 역동적인 포먼트의 변화가 매우 중요한 지각적인 판단의 기준이 된다는 점을 알 수 있다.

Hillenbrand 등(1995)은 미국영어모음의 음향적 특성을 연구하기 위해 Peterson과 Barney(1952)에서 제기된 다양한 문제점들을 해결하고, 실제 음성자료를 인터넷에 공개하여 많은 연구자들이 이 자료를 통해 새로운 사실을 발견할 수 있는 길을 터놓았다. 하지만, 이들이 분석한 자료는 주로 모음구간에서 안정적인 구간을 찾아 구한 값으로서 많은 부분이 연구자의 주관적인 판단에 의존할 위험성을 가지고 있었으며, 실제 분석된 자료를 그림으로 나타낸 <Fig. 6>에서는 전철모음 /æ/와 /ɛ/의 위치가 뒤집어진 모양으로 나타난다. 일반적으로 /ɛ/는 /æ/보다 턱을 올려서 발음하기 때문에 모음사각도의 F1축에서 높게 나타난다. 덧붙여 녹음과정에서 치밀한 계획에 따라 피험자의 음성을 통제했음에도 20명의 청자들이 듣고 평가한 발음에서는 목표음이 아닌 발음들이 들어가 있었음이 밝혀졌다. 그럼에도 불구하고 대다수의 자료는 미국영어를 대표하는 발음이기 때문에 매우

귀중하다고 판단된다. 이에 저자는 그의 음성자료에서 한 지점의 스펙트럼 정보만을 사용하기 보다는 동적으로 변하는 모음의 포먼트 궤적을 조사하고자 한다. 이러한 연구 결과는 국내의 음성학 연구자나 영어교육자들이 영어모음의 음향적 특징을 연구하거나, 원어민과 한국인이 발음한 영어모음의 음향적 특징을 비교하는 경우와 같이 다양한 시도를 할 수 있는 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 연구 방법

이 논문에 사용된 음성자료는 Hillenbrand 등(1995)의 논문에 사용된 데이터베이스 가운데 men.zip파일을 사용했다(<http://homepages.wmich.edu/~hillenbr/voweldata.html>). 논문 자료를 쉽게 구할 수 없는 독자들의 이해를 돕기 위해 피험자와 녹음 과정에 대해 간략히 기술하고 이 논문에서 사용한 음향분석 방법을 제시하기로 한다.

### 2.1 피험자

Hillenbrand 등(1995)이 수집한 미국인남성은 모두 45명으로 이들의 대다수는 미시간지역의 남동부와 남서부 지역에서 자랐고, 일부는 일리노이, 위스콘신, 미네소타, 북부오하이오와 북부인디애나 지역 출신이다. 그들은 이들의 방언을 통제하기 위해 5~7분 동안 개인별로 면담하여 녹음한 자료와, 128개의 단어로 된 문장을 읽게 한 자료를 음성학자가 듣고, 미국표준발음에서 벗어나거나, 모음 /a/-/ɔ/를 구별하여 발음하지 못하거나, 지각적으로 구별을 할 수 없는 화자들은 제외시켰다고 한다. 음성을 녹음한 일부 화자의 방언이 다르면, 모음체계에 편차를 많이 보이게 되어 집단별로 평균을 구할 때 문제가 된다. 그 외에도 비원어민화자, 음성장애자, 20 dB 크기의 500, 1000, 2000 Hz 순음을 듣지 못하는 경우도 제외시킬 정도로 Peterson과 Barney(1952)의 자료수집과정에서 제기된 여러 가지 문제점들을 해결하려고 노력했다. 그럼에도 불구하고 이들의 발음을 Hillenbrand 등(1995)이 20명의 대학원생들에게 들려준 뒤 다른 목표 모음으로 판정한 비율이 높은 화자가 10명(<http://homepages.wmich.edu/~hillenbr/voweldata/misid.dat>) 이 나타났는데, 본 논문에서는 이들을 제외한 35명의 미국인남성의 발음을 분석하고 이들 가운데 스펙트로그램에서 포먼트 궤적이 뚜렷이 보이지 않거나 인접한 포먼트와 겹쳐져서 사라진 경우와 같은 자료를 보이는 화자 7명(m11, m32, m39, m40, m42, m45, m48)을 추가로 제외하였는데, 최종적으로는 45명가운데 28명을 대상으로 연구한 결과를 보고하기로 한다.

### 2.2 녹음

Hillenbrand 등(1995)이 녹음한 모음 자료는 /hVd/ 환경에 넣어서 읽었다. 이중모음을 제외한 단어목록은 "heed, hid, hayed, head, had, hod, hawed, hoed, hood, who'd, hud, heard"이었고 이

단어들은 화자마다 순서를 뒤섞어 세 번씩 발음했다. 이들은 피험자들의 발음을 듣고 있다가 잘못된 경우에는 다시 녹음하게 했다. 녹음은 다이내믹 마이크로 녹음한 뒤 7.2 kHz 이하로 저주파수 영역통과 필터를 사용하여 12비트의 진폭해상도에 16 kHz의 표본속도로 컴퓨터에 저장했다. 웹페이지에는 세 번 녹음된 음성 가운데 한 개씩 게시되어 있다. 본 논문에서는 사전 분석을 통해 이중모음의 특성을 보이는 hayed, hoed와 /r/ 발음을 한 화자와 안 한 화자의 F3의 변화가 많아서 집단의 평균값을 구할 때 문제를 보이는 heard를 제외하고 남은 9개의 모음을 분석했다.

### 2.3 음향분석

다운로드한 음성파일의 압축을 해제한 다음, 음성분석용 공개프로그램인 프라트(version 5.1.07)에서 다음의 폴더자료 읽기 스크립트로 파일을 한꺼번에 개체창에 불러왔다.

```
Create Strings as file list... fileList E:\men\*.wav
numberlist=Get number of strings
for i from 1 to numberlist
  select Strings fileList
  name$=Get string... i
  Read from file... E:\men\name$
endfor
```

이어서 개체창에 올려진 음성을 다음 스크립트를 이용하여 음향적 분석을 했다. 이 스크립트는 선택된 음성을 재생한 다음, 편집창에 열어서 연구자가 지정한 구간의 모음의 음향적 측정값을 차례로 구하여 결과물을 result.txt로 저장하고, 개체창의 바로 다음의 음성을 선택해 준다.

```
Play
soundID=selected("Sound")
soundID=soundID+1
soundName$=selected$("Sound")
select Sound 'soundName$'
Edit
editor Sound 'soundName$'
Spectrogram settings... 0 5000 0.005 30
Formant settings... 5000 4.5 0.025 30 1
Intensity settings... 50 100 "mean energy" yes
Pitch settings... 75 500 Hertz autocorrelation automatic
pause Select vowel segment to analyze...
Move start of selection to nearest zero crossing
start=Get start of selection
Move end of selection to nearest zero crossing
end=Get end of selection
dur='end'-'start'
durms=round('dur'*1000)
```

```
Select... start+0.01 end-0.01
avdb=Get intensity
avf0=Get pitch
avf1 = Get first formant
avf2 = Get second formant
avf3 = Get third formant
avf4 = Get fourth formant
print 'soundName$'tab$'durms:0'tab$'avdb:0'tab$'avf0:0'tab$'
      'avf1:0'tab$'avf2:0'tab$'avf3:0'tab$'avf4:0'tab$' Time
      'newline$'
onset='start'+0.0225
offset='end'-0.0225
vowsegment='offset'-'onset'
divider=5
ratio='vowsegment'/'divider'
window=0.0125
for p from 1 to 'divider'+1
  timepoint='onset'-'ratio'+p*'ratio'
  Select... timepoint-window timepoint+window
  db=Get intensity
  f0=Get pitch
  f1 = Get first formant
  f2 = Get second formant
  f3 = Get third formant
  f4 = Get fourth formant
  print 'soundName$'tab$p'tab$db:0'tab$f0:0'tab$f1:0'tab$'
        'f2:0'tab$f3:0'tab$f4:0'tab$timepoint:3'newline$'
endfor
print ---'newline$'
fappendinfo result.txt
Close
endeditor
select 'soundID'
```

스크립트에 대해 간단히 설명을 덧붙이자면 먼저, 스펙트로그램의 분석설정은 0.005초의 넓은대역으로 지정했고, 포먼트는 기본적으로는 5000 Hz 안에서 4.5개의 포먼트를 25 ms의 창에서 하나씩 구하도록 했지만, 연구자가 모음구간을 선택할 때까지 편집창이 열려진 상태에서, 편집창에 나타난 스펙트로그램 위의 포먼트 띠의 중심부를 지나지 않는 경우에는 다른 화자에 비해 피치가 높은 경우에는 포먼트 갯수를 4개로 수정하거나 그 반대로 피치가 낮거나 원순모음의 F1, F2구별이 제대로 포착되지 않은 경우에는 5개 또는 6개로 수정하기도 했다(양병근, 2008b). 언제나 스펙트로그램 위의 검은 띠로 된 중심점을 안정적으로 지나가는 포먼트 궤적을 보일 때 해당값을 구했다.

분석구간은 저자가 측정할 모음구간을 <그림 1>과 같이 지정하면 그 선택한 지점 앞뒤의 영교차점을 찾아가게 한 다음, 시작점(start)과 끝점(end) 사이의 지속시간을 구하고, 25 ms의 분석창이 경계선 밖으로 나가게 되어 적절한 측정값을 구하지 못

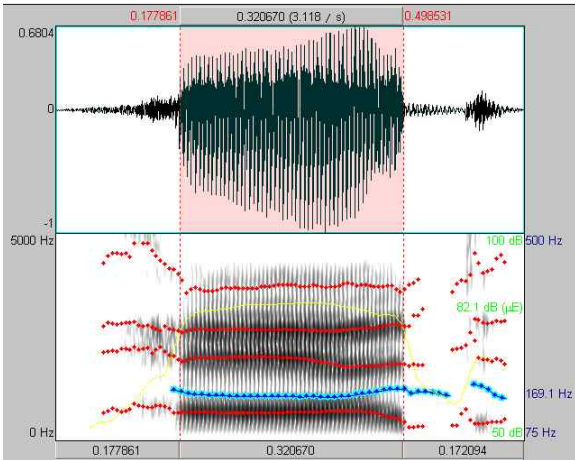


그림 1. m01ae의 모음구간 선택 사례  
Figure 1. Selected vowel segment of m01ae

할 경우도 생기게 되므로, 이 연구에서는 시작점과 끝점 각각 10 ms 안쪽으로 분석시작점(onset)과 분석끝점(offset)을 선택하여 그 구간의 전체평균값을 정보창에 출력했다. 모음구간 선택의 기준점은 모음에서만 볼 수 있는 규칙적인 음성파형의 시작과 끝 부분을 찾고 덧붙여 30 dB로 출력된 스펙트로그램에서 성대가 한번 진동할 때 생기는 진동펄스에 대한 삼각형 모양의 포먼트 피가 밑에서 위로 세 개 이상 또렷이 보이는 지점을 기준으로 삼았다. 이 그림의 모음 지속시간은 321 ms이고, 평균 피치값은 169 Hz, F1은 669 Hz, F2는 1922 Hz, F3는 2674 Hz였다. 이어서 분석 시작점과 분석 끝점의 지속시간을 5등분하여 <그림2>와 같이 첫번째 25 ms의 분석구간을 포함하여 마지막 여섯 번째의 분석구간까지 측정값을 정보창에 출력했다. <그림1>의 선택창의 시작점은 0.1778 초이고 <그림2>의 첫 번째 분석구간의 시작은 0.1876 초이므로 시작점에서 약 10 ms 안쪽부

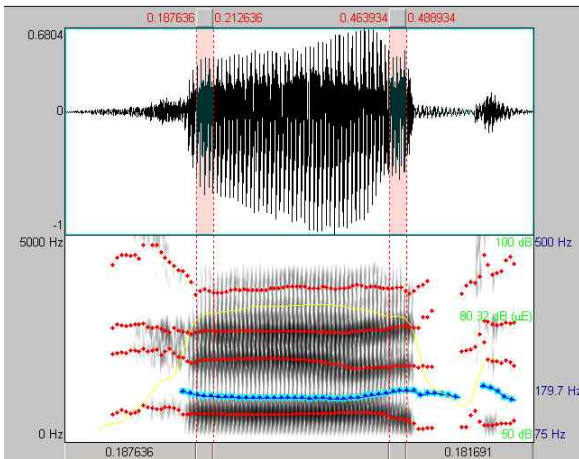


그림 2. m01ae의 모음 첫 번째와 여섯 번째 측정구간  
Figure 2. First and sixth measurement segments of m01ae

터 0.2초 전후의 25 ms가 선택이 되었음을 알 수 있다. 프라트

편집창에서는 25 ms 구간에서 약 4개의 측정위치를 보이고 이를 평균한 값을 출력해주므로 한 지점만 측정했을 때보다 훨씬 안정적인 값을 구할 수 있다. 두 번째 부터 여섯 번째 측정지점의 시간점은 각각 0.255, 0.311, 0.366, 0.421, 0.476 초이었다. 마지막으로 저자가 이렇게 구한 값들을 정보창 맨 윗줄에 출력된 전체평균값을 참고하여 너무 벗어난 경우에는 파일을 다시 연 다음 맨 끝에 인쇄된 시간점값을 편집창에서 찾아 바른 값을 구해 수정했다. 피치측정값은 <그림3>의 m10iy와 같은 경우에는 중간부분이 움푹 내려가 있는데, 실제 이 값들은 성대의 진동이 갑자기 반으로 될 수 없으므로 잘못된 값으로 보고 성대 진동펄스구간을 측정하여 다시 입력하였다. 그 외에도 포먼트 설정에서 갯수를 적절히 조절하여도 <그림4>의 m39ae와 같이 F2나 F3이 뚜렷하게 나타나지 않거나 너무 많은 포먼트를 생성하여 원래의 포먼트값으로는 부적절하다고 판단되는 경우에는 이 화자의 파일 모두를 측정대상에서 제외시켰다. 이렇게 구한 값들은 마이크로소프트 엑셀 2007을 이용해 주변값보다 300 Hz 이상 변화를 보이는 경우에는 제점검을 하고, 각 모음별, 측정 지점별 평균값과 표준편차 등의 통계처리를 했다.

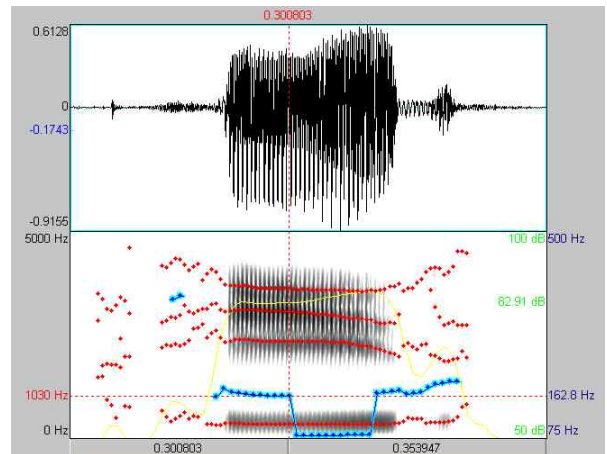


그림 3. m10iy의 피치 측정 사례  
Figure 3. Pitch measurement error of m10iy

### 3. 결과 분석

미국인 남성이 발음한 영어모음의 음향적 특성에 대한 결과 분석은 전설모음과 후설모음으로 나누어서 여섯 개의 측정지점별 28명의 평균 f0값, 포먼트 궤적과 지속시간, 강도값의 순서로 살펴보기로 한다.

#### 3.1 전설모음의 음향적 특성

전설모음에 해당하는 /i, ɪ, ε, æ/ 발음의 측정지점별 평균 f0값과 포먼트값은 <표1>과 같다.

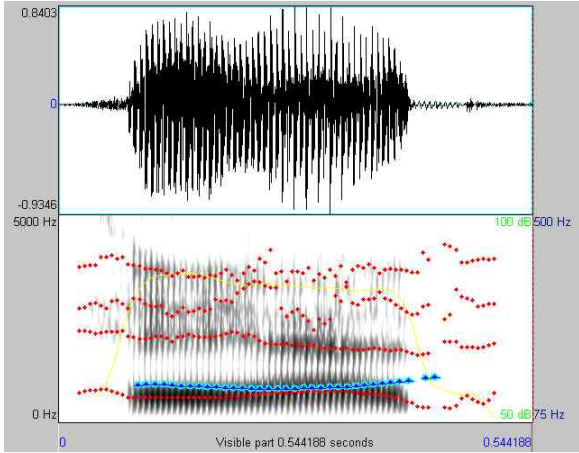


그림 4. m39ae의 뚜렷하지 않은 F2와 F3 포먼트 궤적

Figure 4. Uncertain F2, F3 formant trajectories of m39ae  
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	133	359	2283	2971
	2	133	356	2301	2988
	3	132	354	2309	2985
	4	130	354	2315	2977
	5	130	355	2300	2956
	6	131	357	2220	2868
I	1	131	433	2018	2688
	2	129	439	1988	2671
	3	128	453	1944	2658
	4	128	467	1891	2648
	5	127	470	1839	2657
	6	127	450	1801	2674
ε	1	122	581	1801	2615
	2	120	586	1783	2601
	3	120	590	1762	2604
	4	120	585	1736	2609
	5	122	569	1734	2641
	6	123	516	1735	2678
æ	1	122	604	1888	2633
	2	120	599	1903	2620
	3	119	606	1873	2597
	4	119	631	1785	2591
	5	119	634	1710	2612
	6	122	564	1698	2654

수치로만 된 <표1>의 포먼트 궤적 자료를 독자의 이해를 돕기 위해 그림으로 나타내면 <그림5>와 같다. 이들 표와 그림을 살펴보면 입벌림의 정도를 나타내는 F1의 궤적에서 각 모음들의 차이를 확인할 수 있고, 혀의 움직임에 나타내는 F2의 궤적에서도 전설긴장모음과 이완모음(i, I)의 차이를 보였다(Pickett, 1987). 저모음인 /ε, æ/는 시작부분에서 81 Hz의 차이를 보였지만 후반부에서는 거의 비슷한 높이를 나타낸다.

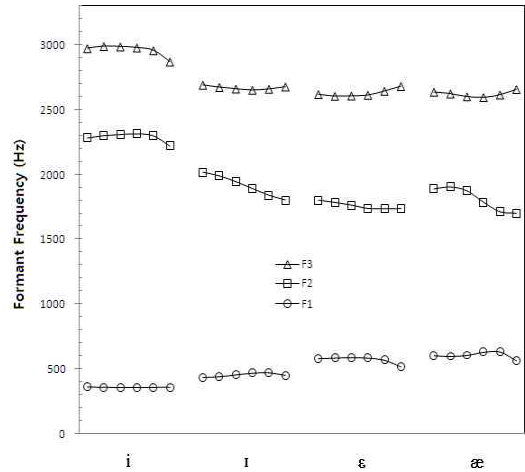


그림 5. 전설모음의 포먼트 궤적

Figure 5. Formant trajectories of front vowels

Hillenbrand 등(1995)의 논문에서 이 저모음 쌍의 위치가 달라진 것은 아마 안정된 구간의 위치가 중간 부분이 되었을 것이고 또한 개인별 목표발음의 음향적 특성이 잘못된 경우가 있었기 때문으로 생각된다. <표1>에서 /ε/의 4번째 지점의 F2는 1736 Hz로 /æ/의 비슷한 지점에서의 1785 Hz에 비해 30 Hz밖에 차이가 나지 않고 5번째 지점은 24 Hz의 차이를 보일 정도로 매우 근접해 있다. F3에서는 전설고모음 /i/가 가장 높고 나머지 세 개의 모음은 거의 비슷한 높이를 보였다. 한편 Peterson과 Barney(1952)와 Yang(1996)에서는 이 두 모음쌍의 구별이 분명한 편이다.

### 3.2 후설모음의 음향적 특성

<표2>는 후설모음에 해당하는 /u, ʊ, ʌ, ɔ, ɑ/ 발음의 측정지점별 평균 f0값과 포먼트값을 보여준다.

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	137	405	1068	2407
	2	135	393	1029	2399
	3	133	386	999	2405
	4	131	378	998	2415

	5	131	372	1029	2406
	6	131	376	1291	2390
ū	1	130	478	1143	2499
	2	127	480	1162	2492
	3	126	487	1208	2477
	4	126	494	1318	2463
	5	126	490	1455	2475
	6	127	461	1616	2557
Λ	1	124	634	1206	2571
	2	122	631	1220	2568
	3	122	625	1257	2566
	4	122	611	1336	2552
	5	122	584	1463	2556
	6	124	517	1600	2634
ɔ	1	121	657	1022	2570
	2	119	662	1026	2565
	3	119	670	1047	2569
	4	118	674	1089	2549
	5	119	653	1224	2511
	6	120	575	1463	2560
ɑ	1	123	753	1317	2535
	2	121	757	1313	2537
	3	120	755	1326	2553
	4	119	742	1347	2530
	5	119	709	1428	2519
	6	121	609	1579	2617

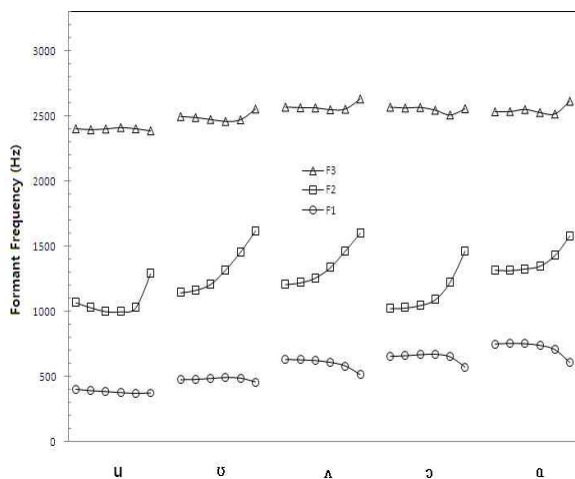


그림 6. 후설모음의 포먼트 궤적  
Figure 6. Formant trajectories of back vowels

<표2>의 자료를 그림으로 나타내면 <그림6>과 같다. 이들 표와 그림에서 보면 후설모음별로 F1의 궤적에서 뚜렷한 차이를 보이고 있어서, 모음의 특징을 잘 나타내고 있다. 또한 전설모음에서 보지 못했던 경향은 F2의 궤적에서 모두 상승하는 모양을 보이고 있다. 이는 혀날 부분을 치경부위에 대려고 움직이는 공동조음 과정에서 발생한 것으로 여겨진다. 이런 모음의 궤적을 통해 따라오는 자음의 영향이 적어도 모음지속기간의 후반부에 뚜렷이 나타나기 시작함을 알 수 있다. 특히, 후설 이완모음 /ʊ/에서는 Hillenbrand 등(1995)이 안정된 구간을 찾는데 어려움이 많았을 것으로 여겨진다. 이러한 모음의 시작부분에서 끝부분까지 계속 변하는 경향은 양병곤(2008c)의 <그림3>에 나타난 후설 긴장모음과 이완모음쌍의 포먼트 궤적 비교에서도 볼 수 있다. F3의 궤적에서는 고설원순모음인 /u/가 약간 내려오고 나머지는 거의 비슷한 높이를 유지하고 있으며, 맨 끝 측정지점에서 살짝 올라간 모양을 보인다.

### 3.3 F1과 F2평면에서 본 모음의 궤적 분석

이번에는 <표1>과 <표2>에 제시된 값들 가운데 F1과 F2의 값의 이동 경로를 <그림8>로 나타내 보았다. 이러한 궤적의 운동은 최근의 연구(Nearey와 Assmann, 1986; Morrison, 2009)에서 지적하고 있는 모음 본래의 스펙트럼 변화(Vowel Inherent Spectral Change)를 구체적으로 파악할 수 있는 장점이 있다.

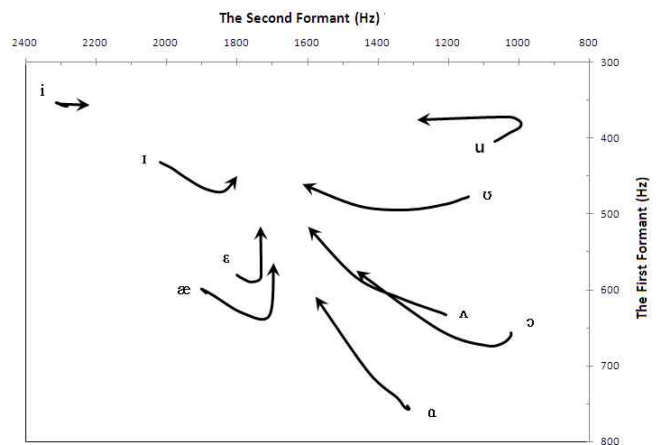


그림 7. F1과 F2평면에서 본 포먼트 궤적  
Figure 7. Formant trajectories on F1-F2 space

<그림7>에서 보면 구강내 전설모음과 후설모음의 위치를 파악할 수 있도록 하기 위해 F2를 x축으로 나타내고, F1은 y축에 두고 축의 출발점을 오른쪽 상단에 두었다. 이 그림에서 보면 모든 전설모음과 후설모음의 궤적은 모두 다른 위치에서 출발하고, 이동방향에서도 균등한 시간지점에서 겹치지 않아 서로 구별되며, 끝부분에서는 F1이 400 Hz 전후와 F2가 1750 Hz 전후의 한 지점을 향해 가고 있음을 알 수 있다. 이것은 바로 따라오는 자음 /d/의 지향점(locus)에 해당하는 것으로 생각된다.

Delattre, Liberman과 Cooper(1955)는 F2값이 1800 Hz 쪽에서 출발하여 따라오는 모음의 F2에 연결되면 /d/ 발음이 됨을 밝힌 바 있다. 이들이 사용한 지향점이란 용어는 단순히 해당주파수에서 벌어지거나, 모이는 변화가 시작되는 점으로 사용되었다. 이들이 연구한 CV음절의 첫 자음이 /d/일 경우 출발점이 되기 때문에 따라오는 모음에서 뒤로 보았을 때 지향하는 모습을 나타내지만, 이 논문에서 사용된 자극음인 /hVd/의 구조에서는 앞서는 모음의 F2가 따라오는 자음 /d/의 F2 쪽으로 이동하게 된다. 전설모음의 위치는 결국 경구개치경음인 /d/에 가깝기 때문에 이동 거리가 그다지 많지 않다. 반면 후설모음들은 많은 거리를 이동하고 있음을 보인다. 비록 출발점은 다르지만 전설 고모음을 제외하고는 거의 비슷한 거리를 나타내고 있다. 덧붙여 앞에서 보았던 전설모음 /ɛ, æ/는 F1의 출발점 위치가 거의 비슷한 높이를 보이고 있으나 동적인 변화과정에서는 일정한 거리를 유지하고 있음을 알 수 있다. 이동거리가 길다고 모음의 지속시간이 반드시 길지는 않았다.

### 3.4 모음별 평균 지속시간, f0와 강도

이 논문에서 다룬 9개의 모음에 대한 시작점과 끝점사이 모음 구간의 지속시간의 평균값과, 평균 f0 및 강도값을 <표3>과 같이 각 항목별로 오름차순으로 정렬해 보았다. 이 값은 모음구간의 양쪽 가장자리를 피하고 6개의 지점에서 구한 평균값과 다소 차이가 있을 수 있다.

표 3. 모음별 평균 지속시간, f0와 강도

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

모음	지속시간	모음	f0	모음	dB
ɪ	198	ɔ	119	ɑ	81
ʌ	201	æ	120	ɔ	82
ʊ	201	ɑ	120	æ	82
ɛ	202	ɛ	121	ʌ	83
u	248	ʌ	123	i	83
i	258	ʊ	127	ɛ	84
ɑ	273	ɪ	128	ɪ	85
æ	282	i	131	ʊ	85
ɔ	289	u	133	u	86

<표3>에서 지속시간은 개방모음 /ɔ, ɑ, æ/의 지속시간이 상대적으로 길고, 입을 다물고 발음하는 나머지 모음들의 지속시간이 짧다. 특히, 긴장이완모음쌍인 /i-ɪ/는 60 ms, /u-ʊ/는 47 ms의 지속시간 차이를 보이며 이완모음이 짧게 발음되었음을 알 수 있다. /æ-ɛ/도 80 ms의 차이를 보여 입동작이 큰 /æ/ 발음을 하는데 근본적으로 시간이 많이 걸렸음을 알 수 있다. 네번째

열의 피치값 평균을 보면 주로 고모음 /i, u, ɪ, ʊ/가 대체로 높은 값을 보였고, 저모음군이 이들보다 10 Hz 전후의 차이를 보이는 낮은 값을 보였다. 이것은 아마 성문 주위의 성대진동을 담당하는 근육이 고모음 발음시 당겨져 팽팽한 상태에서 발음되었기 때문일 것으로 추정할 수 있다. 마지막으로 강도값도 피치값과 비슷하게 고모음이 높은 편이지만, 저모음과의 차이가 4 dB에 불과할 정도로 적다. 이는 Hillenbrand 등(1995)이 각 단어별로 최대값을 기준으로 음의 강도를 조정했기 때문으로 생각된다.

## 4. 요약 및 결론

이 연구의 구체적인 목적은 Hillenbrand 등(1995)이 수집하고 인터넷에 공개한 미국인남성 28명이 발음한 /hVd/환경의 모음 9개의 포먼트와 피치, 강도, 지속시간 등의 음향적 특징을 균등한 시간점에 따라 동적으로 변하는 궤적을 조사하는 것이었다. 그들의 연구를 비롯하여 기존의 많은 연구들은 모음의 안정된 구간의 한 시간점에서 측정된 포먼트값을 제시하였는데, 후설 모음에서 보이는 연속된 포먼트의 움직임에서 얼마나 객관적인 측정지점을 찾을 수 있었는가에 대한 문제점도 있었고, 최근에는 모음의 음향적 특징이 단순히 한 측정지점보다는 동적으로 움직이는 변화가 중요한 지각적 변수임이 지적되기도 했다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이 논문에서는 전체 지속시간을 5등분하여, 시작과 끝 부분을 제외한 상대적인 여섯 개의 측정지점을 찾아 포먼트값을 비롯한 음향적 측정값을 구했다. 연구 결과는 다음과 같다

첫째, 포먼트궤적은 각각의 모음의 음향적 특징을 지정하는데 중요한 음향적 측정값임이 드러났다. 특히, F1은 전설모음과 후설모음 집단에서 각 모음을 구별하는데 1차적으로 중요하며, 이어서 F2는 전설모음 집단에서는 하강하는 모양을 모이나, 후설모음 집단에서는 따라오는 자음 /d/의 발음을 위해 공동조음의 영향이 매우 많음을 알 수 있었다. F3은 모음별로 그다지 큰 차이를 나타내지 않았다.

둘째, F1과 F2로 된 모음공간에서 모음의 궤적은 시작 부분에서 차이를 보였고, 끝 부분에서는 주로 따라오는 자음 /d/의 지향점을 향하고 있었으며, 전설모음보다는 후설모음의 이동거리가 길었다. 이는 경구개치경음인 자음의 공동조음의 영향을 고려해볼 때 모음구간의 안정적인 측정지점을 찾는 데 주관성이 들어갈 틈이 많다는 것을 보여준다.

셋째, 기타 음향적 측정값을 통해 모음마다 특징적인 지속시간과 피치값이 있음이 밝혀졌다. 대체로 개방모음의 지속시간이 상대적으로 길었고, 고모음의 피치값이 높게 나타났으며, 음의 크기를 통제된 강도에서는 큰 차이를 보이지 않았다.

지금까지의 결과를 바탕으로 볼 때, 영어모음의 음향적 특징은 단일 측정 시간점에서 보다는 상대적인 측정 시간점에서 포

먼트를 비롯한 음향적값들의 변화를 살펴볼 수 있는 궤적 분석이 필요하다고 말할 수 있다.

앞으로 이 연구에서 제외한 모음과 이중모음 자료와, 개인별 음향적 특성에 대한 연구 및 여성과 아동들의 자료에 대한 연구가 필요할 것이다. 특히, 이 연구에서 보였던, 따라오는 자음 /d/에 의한 공동조음의 영향이 모음의 어떤 부분까지 미치고 있는지를 확인하려면 다양한 초성과 중성 환경에서의 모음 분석도 필요할 것이다. 이 논문의 연구방법과 결과가 국내 음성학자들의 영어모음 연구에 도움이 되길 바란다.

## 참 고 문 헌

- Yang, B. (2000). "A perceptual experiment of English monophthongs", *Korean Journal of Linguistics*, Vol. 25, No. 4, pp. 609-628.  
(양병곤 (2000). "영어단모음의 지각실험", *언어*, 25권 4호, pp. 609-628.)
- 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. (2008c). "An acoustical comparison of English tense and lax vowels produced by Korean and American males", *Speech Sciences*, Vol. 15, No. 4, pp. 19-27.  
(양병곤 (2008c). "한국인남성과 미국인남성이 발음한 영어 긴장·이완모음의 음향적 비교", *음성과학*, 15권 4호, pp. 19-27.)
- 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.
- Hillenbrand, J., 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.
- Jenkins, J. J., Strange, W. & Edman, T. R. (1983). "Identification of vowels in 'vowelless' syllables", *Percept. Psychophys.*, Vol. 34, pp. 441-450.
- 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.
- 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.
- Stevens, K. (1998). *Acoustic Phonetics*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- 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