

F1/F2의 변화가 한국어 /오/, /우/ 모음의 지각판별에 미치는 영향

Effects of F1/F2 Manipulation on the Perception of Korean Vowels /o/ and /u/

윤지현¹⁾ · 성철재²⁾

Yun, Jihyeon · Seong, Cheoljae

ABSTRACT

This study examined the perception of two Korean vowels using F1/F2 manipulated synthetic vowels. Previous studies indicated that there is an overlap between the acoustic spaces of Korean /o/ and /u/ in terms of the first two formants. A continuum of eleven synthetic vowels were used as stimuli. The experiment consisted of three tasks: an /o/ identification task (Yes-no), an /u/ identification task (Yes-no), and a forced choice identification task (/o/-/u/). ROC(Receiver Operating Characteristic) analysis and logistic regression were performed to calculate the boundary criterion of the two vowels along the stimulus continuum, and to predict the perceptual judgment on F1 and F2. The result indicated that the location between stimulus no.5 (F1=342Hz, F2=691Hz) and no.6 (F1=336Hz, F2=700Hz) was estimated as a perceptual boundary region between /o/ and /u/, while stimulus no.0 (F1=405Hz, F2=666Hz) and no.10 (F1=321Hz, F2=743Hz) were at opposite ends of the continuum. The influence of F2 was predominant over F1 on the perception of the vowel categories.

Keywords: Korean monophthong, formant manipulation, synthetic vowel, auditory perception, ROC, logistic regression

1. 머리말

모음의 주된 음향 특성은 가장 낮은 세 개의 포먼트에서 드러나며 특히 제 1 포먼트(이하 F1)와 제 2 포먼트(이하 F2)가 산출된 모음을 기술하는 주요 방법으로 널리 사용된다. F1은 모음의 높낮이와 밀접한 연관이 있고, F2 또는 F2-F1값(Ladefoged, 1993; 성철재, 2004)이 모음의 전설/후설성의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 따라서 만약 산출된 두 모음의 F1에 차이가 없다면 모음의 높낮이가 유사하고, F2값에서 동일적이라면 두 모음의 후설성 정도가 비슷할 것으로 예측된다. 또한 /오/, /우/가 후설 원순모음임을 고려하면 모음의 원순성 또는 입술 돌출에 따른 성도 길이 변화와 관련하여 언급

되는 F3값도 중요한 변수로 작용할 것이라 예상할 수 있다. 그러나 원순성과 F3값 사이의 함수관계는 F1값과 모음의 고저 및 F2(또는 F2-F1)값과 모음의 후설성 사이에서 보이는 것처럼 명시적이지 않다. Ladefoged(1993)에서는 입술의 원순성이 위쪽 포먼트의 하강과 관련이 있는데 이러한 효과가 전설모음일 경우 F3에, 후설모음일 경우는 F2에 각각 더 크게 작용한다고 하였다.

실험음성학적 연구가 거듭되면서 한국어 모음 /오/와 /우/가 F1과 F2의 평균값에서 서로 큰 차이를 보이지 않고 하나의 집단으로 분류되는 경향이 지속적으로 보고되고 있다. 현재 한국어 모음 /오/는 후설 원순 중모음 또는 중고모음, /우/는 후설 원순 고모음으로 분류되고, 국제음성기호(International Phonetic Alphabet, IPA)로는 각각 [o]와 [u]로 표기한다. 즉 /오/와 /우/는 후설성 정도가 유사하되 높낮이에 차이가 있는 소리로 규정되어 있다. 그러나 산출된 모음의 음향 특성을 연구한 결과 F1, F2 평균값에서 [o]와 [u]가 유사하거나(강순경, 1990; Yang, 1996; 문승재, 2007), 통계적으로 차이가 없는 집단으로 묶이는 결과가 나타났다(이재강, 1998; 성철재, 2004).

1) 충남대학교, yunjihyeon@gmail.com

2) 충남대학교, cjseong49@gmail.com, 교신저자

이 논문은 제 1 저자의 석사학위 논문의 일부와 2013 한국 음성학회 봄 학술대회 발표논문의 일부를 집고 더한 것이다.

접수일자: 2013년 8월 13일

수정일자: 2013년 9월 23일

게재결정: 2013년 9월 27일

3) 모음 /ㅛ/, /ㅠ/를 시각적 편의상 /오/, /우/로 표기하였다.

또한 두 모음이 F2는 서로 근접하되 F1 평균값에서만 서로 차이가 있거나(성철재, 2004), 반대로 F1 평균값에 큰 차이가 없고(구희산, 2001) F2에서만 통계적으로 차이를 보이기도 하였다(파라둡스카, 2002; 성철재, 2005).

이와 같은 양상에 대해 장혜진·신지영(2006)에서는 대구 지역에서 40대 화자에 비해 20대 화자들의 모음 공간에서 /오/와 /우/가 가까움에 주목하고 젊은 세대에서 서울 방언의 영향을 받아 변화한 것으로 분석하였으며, 조성문(2003)은 20대 여성 화자들의 발음을 비교 분석한 후 /오/와 /우/의 고저 대립이 사라지면서 /오/는 [u] 쪽으로, /우/는 평순모음인 [ɯ]에 가까운 소리로 대치되고 있다고 논하였다.

이미 합류된 것으로 평가받는 /에/-/애/의 경우 F1-F2 모음 공간 상에서 두 모음이 뒤섞여 나타나고, 젊은 세대의 한국어 화자가 두 모음을 구분하여 발음하지 않을 뿐 아니라 지각적으로도 변별하지 못하는 것과 달리(황혜정·문승재, 2005; 장혜진·신지영, 2006), /오/와 /우/는 여전히 의사소통에서 변별적 기능을 수행하고 있다는 차이가 있다.

이러한 배경으로부터 다음과 같은 문제를 제기할 수 있다. 첫째, 다른 요인을 통제하였을 때 F1, F2의 변화가 /오/-/우/의 청지각적 변별에 영향을 미치는가? 둘째, 만약 영향을 미친다면 그 기여도는 어느 정도인가? 셋째, F1과 F2 중 /오/와 /우/에 대한 지각판정에 더 큰 영향을 미치는 변인은 무엇인가?

본 연구에서는 F1, F2 두 개의 포먼트를 변조한 합성시료를 이용하여 두 포먼트의 변화가 /오/와 /우/의 지각에 어떤 변화를 초래하는지 살펴보았다. /오/-/우/는 조음 및 지각적 측면에서 연속적인 소리다. 따라서 합성 자극에 대해 수집된 피험자의 반응으로 모음의 위상을 파악하고자 할 때 단일한 절사값(cut-off value)을 구하는 고전적 역치(threshold) 개념을 적용하는 것은 적절하지 않다. 음성 지각의 경우 동일한 청자가 동일한 자극을 들을지라도 맥락·상황 등에 따라 판정이 달라질 수 있기 때문이다.

이러한 오차를 계산에 반영하여 합성시료의 연속체 선상에서 두 모음의 청지각적 경계를 탐색하기 위하여 ROC(Receiver Operating Characteristic) 분석을 활용하였다. ROC 분석은 미세한 신호(signal)가 서서히 증가하는 구간에서 경계 영역을 추정하는 방법으로, 진단 검사에서 얻을 수 있는 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity)의 모든 조합을 보여준다는 점에서 진단 정확도를 기술하는데 적합하다(Metz, 2006).

또한 합성시료의 포먼트 변화가 판정에 미치는 영향력을 분석하고 청지각적 판단을 예측하고자 하였다. 이를 위하여 로지스틱 회귀분석을 수행하여 회귀방정식과 이에 따른 확률값을 구하고 분류 정확도를 살펴보았다. 나아가 합성시료의 F1과 F2를 로지스틱 다중(multiple) 회귀분석의 공변량으로 투입하여 두 변인이 지각판정에 미치는 영향에 차이가 있는지 알아보았다.

2. 연구방법

2.1 피험자

대전·충남지역에서 18년 이상 거주한 만 19세에서 29세 사이의 대학생 및 대학원생 중에서 정상청력을 가진 남녀 각 16명, 총 32명의 피험자를 모집하였다. 과제 수행 순서가 실험 결과에 영향을 미칠 가능성을 고려하여 이들 전체 피험자를 남성과 여성이 각각 8명씩 포함된 두 개의 실험집단('group0', 'group1')으로 나누고 집단 간 과제 수행 순서를 달리하였다.

2.2 지각실험용 시료

Praat (version 5.3.23) 프로그램을 이용하여 남성 아나운서의 모음 발화 음성을 10000Hz로 다운샘플링하고, LPC(burg) 객체를 생성한 후 인버스 필터링(inverse filtering)으로 성문파를 추출하였다. 포먼트그리드(formantGrid)에서 F1, F2, F3, F4 값을 설정한 후 앞서 얻은 성문파와 합성해 음성을 변조하였다. 두 기준자극의 포먼트 설정에는 조소형(2010)⁴⁾과 성철재 외(2005)⁵⁾의 선행연구에 제시된 20대 성인 남성 포먼트 평균값 및 개별 측정값을 참고하였다. F3과 F4는 모든 시료에서 각각 2500Hz, 3500Hz로 고정되었다.

제작된 결과물은 /오/와 /우/의 원형(prototype)에 가까운 두 개의 기준자극 0번과 10번을 양 끝점으로 하여 하나의 연속체를 이루는 총 11개의 합성시료다. 연속체를 구성하는 인접 자극간의 포먼트 간격은 10Hz 내외이나 균등하지는 않았다. 시료의 길이는 400ms로 통일하였다.

완성된 합성시료의 안정구간 100ms에 가우시안 윈도를 씌워서 추출한 후 포먼트(burg) 객체에서 F1과 F2 평균값을 구하는 방법으로 11개 자극의 포먼트를 측정하였다(표 1). 일련 번호가 0번에서 10번으로 높아질수록 합성시료의 F1값이 하강하고 반대로 F2값은 0번에서 10번으로 갈수록 상승한다.

표 1. 실험자극에서 측정된 제 1, 2 포먼트
Table 1. Measured formant values for F1 and F2 of stimuli

Stimulus No.	F1 (Hz)	F2 (Hz)
00	405	666
01	392	669
02	378	672
03	364	677
04	351	683
05	342	691
06	336	700
07	333	710
08	330	722
09	327	733
10	321	743

4) /오/(F1=373Hz, F2=710Hz), /우/(F1=331Hz, F2=826Hz)
5) /오/(F1=394Hz, F2=741Hz), /우/(F1=333Hz, F2=865Hz)

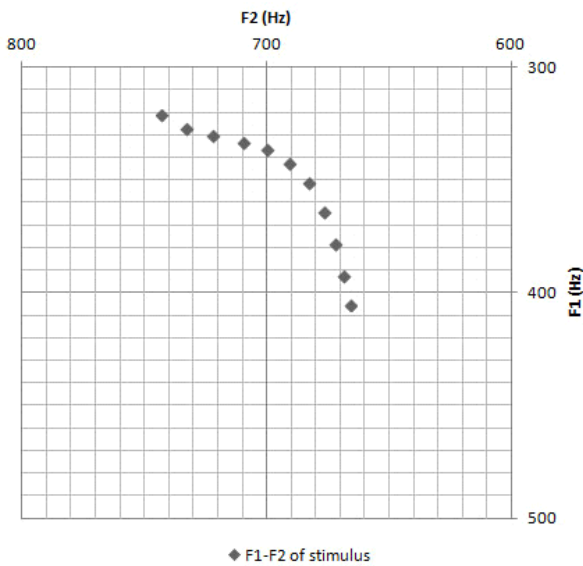


그림 1. 합성시료 연속체의 F1(세로축)과 F2(가로축)
Figure 1. The continuum of stimuli on F1-F2 formant chart

따라서 <그림 1>과 같이 0번에서 10번으로 갈수록 F2와 F1 값의 차가 커지고, 0번자극이 /오/(F1=405Hz, F2=666Hz), 10번 자극이 /우/(F1=321Hz, F2=743Hz) 음소의 원형에 가깝게 들린다.

2.3 실험방법

실험은 충남대학교 인문대학 음성음향실험실의 방음실에서 이루어졌다. Praat에서 제공되는 청지각 실험용 스크립트인 ExperimentMFC를 이용하여 실험용 플랫폼을 구성하였다. 피험자는 노트북 컴퓨터(LG XNOTE LGX14)의 외장 사운드카드(Creative Sound Blaster X-Fi Surround 5.1 Pro)에 연결된 헤드폰(Creative Aurvana Live!)으로 실험자극을 듣고, 무선마우스(Logitech M215)로 화면의 버튼을 클릭하여 응답하였다.

실험은 다음의 세 가지 과제로 구성되었다. 한국어 ‘오’로 들리는지 ‘예/아니오’로 응답하는 /오/ 식별(identification) 실험(task0), 한국어 ‘우’로 들리는지 ‘예/아니오’로 응답하는 /우/ 식별 실험(task1), 자극을 듣고 ‘오’와 ‘우’ 중 하나를 선택하는 /오/-/우/ 강제선택 식별(forced choice identification) 실험(task2)이다. group0은 task0, task1, task2 순서로 과제를 수행했고 group1은 task1, task0, task2 순이었다. 만약 과제의 제시 순서가 /오/, /우/의 지각판정 결과에 영향을 미친다면 두 집단

6) 제시한 포먼트 측정값은 윤지현(2013)과 근소한 차이가 있다. 이는 측정 구간 선택방법을 달리하여 재측정한 결과다. 윤지현(2013)에서는 각 합성시료마다 안정구간 100ms를 수동으로 선택하였다. 본 논문에서는 우선 각 합성시료에서 200ms 전후의 안정구간을 선택하고, 선택된 총 길이의 1/2 지점으로부터 전후 50ms, 도합 100ms 구간을 Praat 스크립트 기능으로 자동 추출하였다. 이하 포먼트 측정 방법은 동일하다.

의 실험 결과 간에 차이가 있을 것이라 예상하였다.

본 실험의 과제는 난이도가 낮고 단순한 작업의 반복이기 때문에 피험자가 과제 수행에 쉽게 흥미를 잃고 피로를 느낄 것이라 예상하여, 33시행이 끝날 때마다 잠시 멈추고 쉴 수 있도록 하나의 과제를 다섯 개의 ‘구획’으로 나누어 편성하였다. 각 구획마다 11개 자극이 3회 반복되었다. 자극은 무선적으로 제시되되, 동일한 실험자극이 연속으로 나오지 않도록 하였다. 한 시행의 응답이 완료되면 0.8초 후에 다음 실험자극이 제시되었다. 한 구획당 과제 수행에 소요되는 시간은 5~7 분가량으로 총 실험시간은 피험자당 30분 이내였다. 구획 사이에는 참가자가 원하는 만큼 휴식할 수 있었다. 반응시간에 제한은 없으나 정확성을 떨어뜨리지 않는 범위에서 가능한 한 빠르게 반응하도록 요구하였다. 실험자극은 한 번만 들을 수 있었다.

피험자는 본 실험 시작에 앞서 연습 시행을 하였다. 연습 시행에서는 각 집단의 첫 번째 과제와 동일한 과제가 주어졌고 전체 실험자극이 무선적으로 1회씩 제시되어 총 11회의 시행이 이루어졌다. 두 번째와 세 번째 과제에는 연습 시행이 없었다.

실험 시작 전 피험자에게 안내 및 유의사항을 문서와 구두로 전달한 후, 절차를 이해하였는지 확인하고 실험 결과 자료 이용에 대한 동의를 받았다. 실험이 끝난 후에는 피험자에게 소정의 사례를 지급하였다. 실험의 표적음소는 사전에 알리지 않고 매 실험 과제의 시작과 동시에 컴퓨터 스크린 상으로 제시하였고, 연습시행이 끝난 후 피험자 본인이 평상시에 듣고 말하는 ‘한국어 발음’을 판단 기준으로 삼도록 지시했다.

2.4 분석방법

MedCalc ver. 12.3.0.0 프로그램에서 실험자극에 대한 피험자의 지각판정(perceptual judgement)을 바탕으로 개인별?, 과제별(‘entire_data’), 남녀별(‘female’, ‘male’), 집단별(‘group0’, ‘group1’) 데이터의 ROC 분석을 수행하였다. 모든 절사값 후보 중에서 민감도와 특이도가 최고치에 이르는 Youden 지수의 최댓값(maximum of the Youden index)에 상응하는 값을 모음 간 경계의 기준값(criterion value)으로 취하였다.

또한 동일한 데이터에 대해 IBM SPSS Statistics ver. 20을 사용하여 자극과 반응간의 함수관계를 추정하기 위한 로지스틱 회귀분석(logistic regression Analysis)을 수행하였다. 먼저 각 합성시료(‘stimulus’)를 공변량으로, 실험참가자의 지각반응(‘response’)을 종속변인으로 입력하여 분석하였다.

다음으로 각 시료의 F1, F2 수치를 공변량으로 투입하여 후진단계법(backward stepwise)으로 분석하고 결과를 비교하였다. 이는 두 모음의 분류에 합성시료의 F1과 F2가 기여하는

7) 개인별 ROC의 결과 보고는 생략하였다.

정도와 그 차이를 알아보기 위함이다. 마지막으로 여기에서 구해진 확률값을 바탕으로 분류정확도를 살펴보았다.

모든 분석 과정에서 각 과제별 총 5개 구획 중 첫 번째와 마지막 구획을 제외하고 제 2, 3, 4의 3개 구획에 해당하는 데이터만을 다뤘다. 분석에 사용된 데이터의 전체 사례수는 각 과제별로 3168개였다.

3. 연구결과

3.1 전체데이터를 대상으로 한 민감도와 특이도

ROC 곡선은 서로 다른 절사값에서 진양성률(true positive rate, 민감도)을 위양성률(false positive rate, 100 - 특이도)의 함수로 나타낸다. ROC 곡선 상의 모든 점들은 곧 특정한 의사결정의 역치에 상응하는 민감도/특이도 짝을 나타낸다. 이 곡선이 ROC 공간의 좌상귀를 지나면 민감도와 특이도가 모두 100%인 완벽한 변별력을 가진 검사임을 뜻한다(Zweig & Campbell, 1993). <그림 2>는 task0 전체데이터에서 실험자극을 지각판단으로 분류하여 그린 ROC 곡선으로, task1 및 task2에서도 유사한 결과를 얻었다.

ROC 분석 결과 추정된 전체데이터(entire_data)의 민감도와 특이도는 task0에서 각각 91.3과 83.6, task1에서 91.5와 87.0, task2에서 86.7과 93.1로 나타났다. 모든 분석 결과를 통틀어 민감도는 88.2에서 94.5 사이, 특이도는 79.8에서 93.1 사이에 분포하였다(표 2).

3.2 곡선하부면적(AUC)에 따른 분류정확도

ROC 분석에서 분류 변인의 ROC 곡선하부면적(area under the ROC curve, 이하 AUC)은 Wilcoxon 부호순위검정과 같은

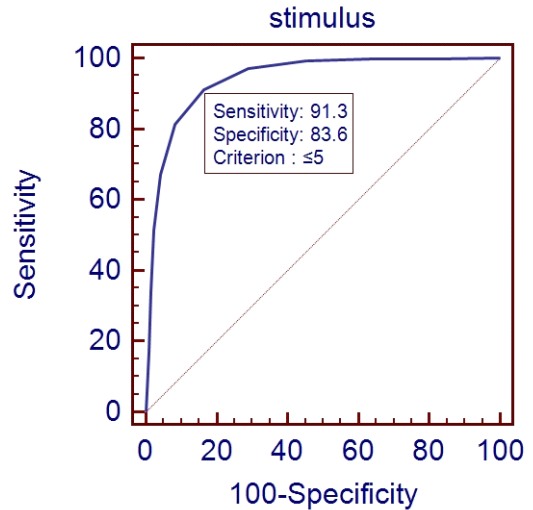


그림 2. task0 전체데이터의 지각판정 ROC 곡선
Figure 2. The ROC curve of task0 data ('stimulus' classified by 'response' variable)

역할을 한다(Hanley & McNeil, 1982; Fawcett, 2006에서 재인용). ROC 공간은 정사각형이고 AUC는 그 정사각형의 부분이므로 1을 최대값으로 취하는데, 절사값 선택의 문제와는 독립적으로 전체 진단 정확도를 보여준다.

어떤 두 집단을 겹침 없이 완벽하고 정확하게 분리해내는 경우, 즉 민감도와 특이도가 모두 100%인 경우 AUC 값은 1이다(Greiner et al., 2000). Swets(1988)에 따르면 AUC를 기준으로 비정보적(AUC < 0.5), 부정확(0.5 < AUC < 0.7), 꽤 정확(0.7 < AUC < 0.9), 매우 정확(0.9 < AUC < 1), 완벽(AUC = 1)한 검사를 판단할 수 있다.

task0은 AUC = 0.942(95% CI: 0.934 - 0.950), $p < .0001$ 로 음

표 2. 합성 자극에 대한 ROC 분석 결과
Table 2. Result of ROC analysis for stimuli

		sensitivity	specificity	AUC	95% CI ^a	J ^b
task0	entire_data	91.3	83.6	0.942	0.934 to 0.950	0.7485
	female	90.5	83.7	0.938	0.924 to 0.949	0.7416
	male	92.1	83.5	0.947	0.935 to 0.958	0.7558
	group0	90.5	87.9	0.962	0.951 to 0.971	0.7844
	group1	92.1	79.8	0.926	0.912 to 0.939	0.7188
task1	entire_data	91.5	87.0	0.959	0.951 to 0.965	0.7850
	female	91.9	88.4	0.965	0.954 to 0.973	0.8034
	male	91.1	85.6	0.953	0.942 to 0.963	0.7669
	group0	91.1	88.3	0.962	0.952 to 0.971	0.7934
	group1	92.0	85.8	0.956	0.912 to 0.939	0.7774
task2	entire_data	86.7	93.1	0.964	0.957 to 0.970	0.7983
	female	90.3	91.9	0.971	0.961 to 0.979	0.8218
	male	93.1	85.8	0.960	0.949 to 0.969	0.7887
	group0	88.2	93.1	0.966	0.955 to 0.974	0.8131
	group1	94.5	84.0	0.962	0.952 to 0.971	0.7847

^a AUC의 95% 신뢰구간(Confidence Interval) 하한값 및 상한값, ^b Youden 지수

표 3. 실험자극 및 F1-F2를 공변량으로 한 로지스틱 회귀분석 결과

Table 3. Result of logistic regression analysis performed with 'stimulus', 'F1'-'F2' as covariate

		B	S.E.	Wald	p	Exp(B)
task0	stimulus	-.964	.033	863.692	.000***	.381
	Constant	4.923	.177	772.296	.000***	137.470
	F2	-.124	.004	850.033	.000***	.883
	Constant	86.313	2.948	857.168	.000***	3.06E+37
task1	stimulus	1.176	.043	749.685	.000***	3.241
	Constant	-7.006	.263	710.253	.000***	.001
	F1	-.055	.013	17.460	.000***	.946
	F2	.091	.009	100.283	.000***	1.096
	Constant	-45.279	10.518	18.530	.000***	.000
task2	stimulus	1.246	.046	730.222	.000***	3.478
	Constant	-6.466	.248	679.453	.000***	.002
	F1	-.030	.010	8.226	.004**	.971
	F2	.124	.011	122.715	.000***	1.132
	Constant	-75.622	10.947	47.721	.000***	.000

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

소 식별 수행에서 매우 높은 정확도를 보였다. task1[AUC = 0.959(95% CI: 0.951 - 0.965), $p < .0001$], task2[AUC = 0.964(95% CI: 0.957 - 0.970), $p < .0001$]의 결과에서도 task0 이상으로 정확도가 높았고, 분할한 데이터집단의 분석 결과에서도 모두 0.9 이상의 높은 수치로 나타났다(표 2). AUC의 95% 신뢰구간의 유의확률은 모든 분석 결과에서 유의하였다($p < .0001$)

3.3 Youden 지수와 모음 간 경계

Youden 지수 J (Youden, 1950)는 민감도와 특이도의 합에서 1을 뺀 값을 모든 절사점(cut-off point)에서 구하고, 그 중에서 가장 큰 값을 취한 것이다. ROC 곡선 상에서는 대각선과 가장 먼 거리에 위치한 점에 해당한다(그림 2). 즉 Youden 지수에 상응하는 기준값(criterion)을 모음의 경계로 설정할 때 민감도와 특이도의 합이 최대가 된다.

Youden 지수에 상응하는 기준값(criterion)은 task0의 모든 분석 결과에서 ≤ 5 , task1의 모든 분석 결과에서는 >5 로 일치했다. 즉 실험자극 0번부터 5번까지는 한국어 /오/로 식별되는 구간이며, 자극 6번부터 10번까지가 한국어 /우/로 식별되는 구간으로 볼 수 있다. task2에서는 남성(male)과 group1 데이터에서 0번에서 4번까지를 /오/, 5번에서 10번까지를 /우/로 나눌 때 민감도와 특이도가 최적값을 가지는 결과를 얻었으나, task2의 나머지 결과인 여성(female), group0, 그리고 전체데이터(entire_data)에서는 0번부터 5번이 /오/, 6번부터 10번까지가 /우/의 구간으로 나타났다. 이는 앞선 두 식별실험 task0, task1 과 합치하는 결과다.

3.4 합성시료의 F1, F2 변수를 이용한 데이터 검증

로지스틱 회귀분석 결과 공변량(covariate)을 실험자극('stimulus')으로 하였을 때 회귀모형은 task0 [$\chi^2(1) = 2467.967$, $p < .0001$], task1 [$\chi^2(1) = 2702.988$, $p < .0001$], task2 [$\chi^2(1) = 2876.192$, $p < .0001$]에서 모두 통계적으로 유의하였고, 로지스틱 회귀계수의 통계적 유의성을 알려주는 Wald 통계량도 세 개의 실험 과제에서 stimulus 변수와 상수 모두 유의하였다(표 3).

구해진 회귀식을 이용하여 확률값을 구하고, 0.5를 기준으로 합성시료를 두 집단으로 분류하여 실제 지각판정 데이터와 비교하였다(표 4). /오/ 식별실험인 task0에서 /오/의 전체 분류 정확도는 87.5%, task1에서 /우/의 분류정확도가 88.9%, task2에서 /오/의 분류정확도가 93.1%, /우/의 분류정확도가 86.7%로 전체 분류정확도는 90%였다. 따라서 이 분석에서 얻은 모

표 4. 분류정확도

Table 4. Classification table

	Observed	Predicted			
		response		Percentage	
		no	yes	Correct (%)	
task0	response	no	1299	255	83.6
		yes	141	1473	91.3
Overall Percentage					87.5
task1	response	no	1617	242	87.0
		yes	111	1198	91.5
Overall Percentage					88.9
		response		Percentage	
		/오/	/우/	Correct (%)	
task2	response	/오/	1525	113	93.1
		/우/	203	1327	86.7
Overall Percentage					90.0

형을 이용하면 두 음소에 대한 실제 지각판별을 비교적 정확히 예측할 수 있다.

F1, F2를 공변량으로 투입한 로지스틱 회귀분석($df=1$)에서 task0의 F1 변수는 Wald 통계량이 0.020($p=.887$)으로 유의하지 않아 제외시키고 F2변수만을 투입한 회귀방정식을 구하였다. 회귀모형은 task0 [$\chi^2(1) = 2511.672, p < .0001$], task1 [$\chi^2(2) = 2704.175, p < .0001$], task2 [$\chi^2(2) = 2882.935, p < .0001$] 모두에서 통계적으로 유의했다. task1, task2에서는 F1, F2변수가 모두 통계적으로 유의하나 그 중 F2변수가 더 유의미하며 /오/와 /우/의 변별에 기여도가 큰 것으로 드러났다.

분석 결과 얻어진 회귀방정식을 task0, task1, task2 순서로 정리하면 식 (1), (2), (3)과 같다. 단, 식 (3)은 /오/-/우/ 강제선택 실험에서 ‘오’를 0, ‘우’를 1로 코딩하고 통계처리하여 얻은 결과이므로 /우/에 대한 로짓(logit)으로 기술하였다.

$$\text{logit}(\text{오}) = 86.313 + (-0.124 \times F2) \tag{1}$$

$$\text{logit}(\text{우}) = -45.279 + (-0.055 \times F1) + (0.091 \times F2) \tag{2}$$

$$\text{logit}(\text{우}) = -75.622 + (-0.030 \times F1) + (0.124 \times F2) \tag{3}$$

위의 회귀식을 이용하여 확률값을 구하고 0.5를 기준으로 합성시료를 분류한 결과는 stimulus 변수를 이용하여 구한 결과값(표 4)과 동일하다.

4. 맺음말

본 연구에서는 지각실험을 통해 /오/와 /우/를 잇는 실험자극 연속체가 F1-F2의 변화에 따라 어떻게 지각되는지 알아보았다. 두 포먼트값을 변조한 합성시료에 대하여 청지각적 판단을 얻고, ROC 분석을 통해 연속체 내에서 시료가 한국어 /오/와 /우/로 지각되는 구간을 각각 추정하였다.

피험자 개인 및 집단에 따라 다소 차이는 있었으나 전체 데이터에서는 세 과제 모두 /오/에 해당하는 0번(F1=405Hz, F2=666Hz)과 /우/에 해당하는 10번자극(F1=321Hz, F2=743Hz) 사이의 경계가 5번(F1=342Hz, F2=691Hz)과 6번자극(F1=336Hz, F2=700Hz) 사이에서 결정된다는 결과를 얻었다.

‘예/아니오’(task0, task1) 또는 ‘오/우’(task2)에 대한 반응 빈도를 살펴보면, 빈도수는 직선적으로 증감하는 것이 아니라 빈도수가 양 끝단 3-4개에 속하는 자극, 즉 0번에서 2번 및 8번에서 10번 자극 사이에서 비교적 편평한 플래토(plateau)를 형성하다가 제 5번 또는 6번 실험자극 부근에서 가파른 기울기로 교차하며 S자 형태를 그렸다(그림 3).

피험자가 실험자극을 /오/ 또는 /우/로 지각하는지 여부는 합성시료의 일련번호 증감과 관계가 있으며 특히 시료의 F2가 지각판단에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. F1의 영향

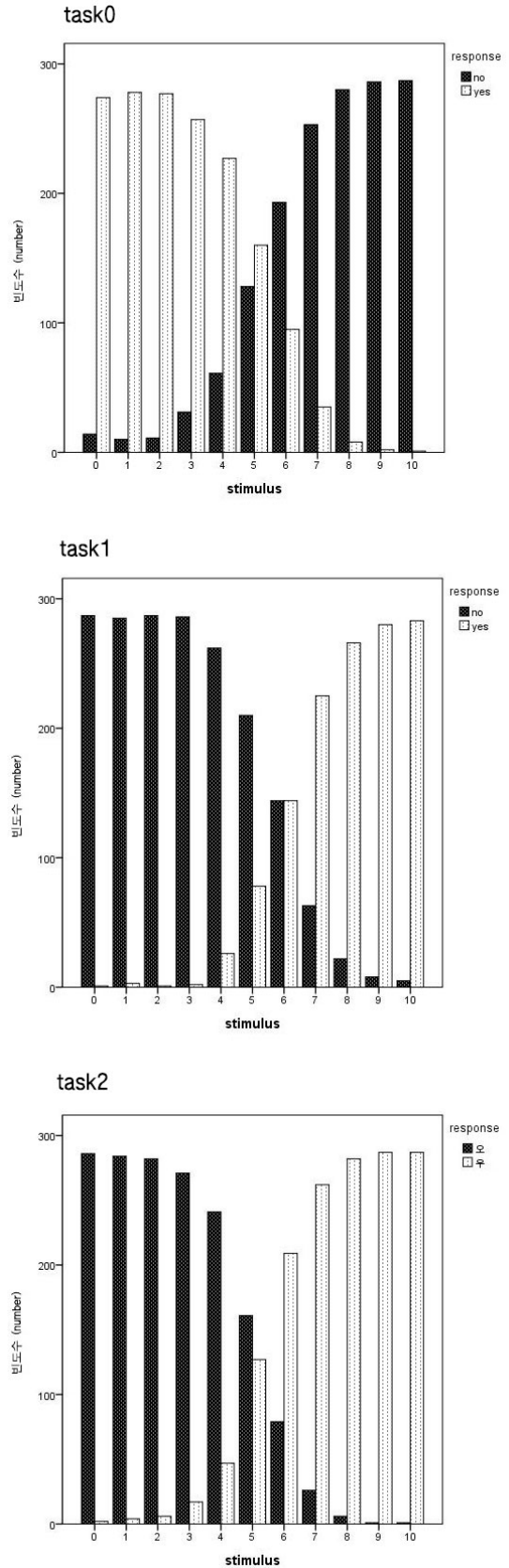


그림 3. task0, task1, task2의 합성 자극(가로축)에 대한 반응 빈도수(세로축)
Figure 3. Number of response for each stimulus in task0, task1, and task2

은 작거나(task1, task2) 통계적으로 유의하지 않았다(task0). 합성시료 연속체에서 변조된 포먼트 수치의 조정 폭은 F1과 F2 모두 100Hz 가량이었다. 이처럼 두 변인의 변화 폭이 같다면 청지각적으로는 F2값의 변화가 F1에 비해 더 작다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 실험 결과에서 F2값의 변화가 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다는 점에서 F2의 영향력을 더 크게 평가할 수 있다.

/오-/우/ 강제선택 실험인 task2에서 남성 데이터와 group1 데이터에서는 차이가 있었음에도 전체데이터 분석 결과는 식별실험인 task0, task1의 기준값과 일치했다. 결과적으로 ‘예/아니오’ 유형(task0, task1)과 ‘오/우’ 강제선택 유형(task2)의 실험 방식 차이가 지각판정에 미치는 영향은 실험 결과에 드러나지 않았다. 피험자 32명의 개인별 기준값에 대해 피셔의 정확검정(Fisher's exact test)을 추가로 수행한 결과, 세 과제 중 task2에서 집단 간 차이가 유의하였던 것을 제외하면($p = .002$) 이외의 어떤 성별 또는 집단 간에서도 모음 경계 기준값의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다(윤지현, 2013).

전체 응답 빈도에서는 task0의 ‘예’(/오/) 응답수가 총 1614개로 전체 응답 중 비율이 50.9%를 차지했다. 반면 task1에서는 ‘예’(/우/) 응답이 1309개로 전체 응답의 41.3%로 나타났다. 앞선 두 과제가 ‘예/아니오’로 응답하는 식별실험이었던 것과 달리, ‘오/우’ 중 하나를 고르는 강제선택 실험 task2에서는 ‘오’라고 응답한 개수의 비율이 전체 응답수의 51.7%, ‘우’라고 응답한 비율이 48.3%였다. 다른 요인이 작용한 것이 아니라면 실험에 사용된 합성시료 연속체 자체가 /우/의 원형에 비해 /오/의 원형을 더 잘 구현하고 있을 가능성이 있다.

본 연구의 실험자극은 0번에서 10번까지 전체가 조소형(2010)에 제시된 20대 충남지역 대학생이 발화한 [오] 모음의 F1/F2 음향 공간 안에 수렴되어 있다. 그러나 피험자가 8, 9, 10번 자극에 대해 /오/라고 응답한 사례는 극히 드물었고 0, 1, 2번 자극이 /우/로 지각되는 경우도 거의 없었다. 음소 식별 또는 변별의 정확도를 보여주는 AUC 수치는 모든 데이터에서 0.9 이상으로 나타나 피험자의 음소 변별 수행에 뚜렷한 일관성이 있음이 확인되었다.

음성 산출의 측면에서는 젊은 세대의 /오-/우/의 대립 약화에 대한 연구가 근래에도 이어지고 있으나(Han & Kang, 2013), 본 연구 결과 청지각적 측면에서는 /오/와 /우/의 대립이 여전히 분명하게 지각되며 변별이 비교적 정확하고 일관적인 기준에 따라 이루어지고 있다는 결론을 얻었다.

본 연구에서는 피험자 간에 지각변별의 동질성을 확보하기 위하여 실험 대상을 대전·충남지역 출신으로 제한하였으므로 실험 집단이 표준어 사용자 집단을 대표하지 못할 가능성이 있다. 변수 통제의 용이성을 위하여 모음 기술에서 가장 핵심인 F1과 F2만을 연구 대상으로 삼았기 때문에 제 3 포먼트 이상이 일괄적으로 고정된 점도 연구의 한계라 하겠다. 또한 말

소리는 같은 소리일지라도 전후에 어떤 소리가 이어지는가에 따라 다르게 지각될 수 있으나 본 연구에서는 음소 제시 환경을 다루지 않았다. 따라서 추후 연구에서는 이러한 변인이 음소 지각에 미치는 영향도 검토해야 할 것이다.

참고문헌

- Boersma, P., & Weenink, D. (2012). Praat: doing phonetics by computer [Computer program], 5.3.23. Retrieved from <http://www.praat.org/> on August 8, 2012.
- Cho, S. M. (2003). An acoustic study of Korean vowel system. *Journal of the International Network for Korean Language and Culture*, 24, 427-441.
- (조성문 (2003). 현대 국어의 모음 체계에 대한 음향음성학적인 연구. *한국언어문화*, 24, 427-441.)
- Cho, S. H. 2010. *Comparison of the vowel properties of adults in the twenties and children at the age of six to seven in Daejeon areas: with respect to the formant Analysis*. M.A. Thesis, Chungnam National University.
- (조소형 (2010). 대전지역 20대 성인과 6~7세 아동의 모음 특성 비교: formant 분석을 통하여, 충남대학교 석사학위 논문.)
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27, 861-874.
- Greiner, M., Pfeiffer, D., & Smith, R. D. (2000). Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests. *Preventive Veterinary Medicine*, 45, 23-41.
- Han, J. I. & Kang, H. (2013). Apparent merger of /o/ and /u/ in Seoul Korean. *Proceedings of the 2013 Spring Conference of the Korean Society of Speech Sciences*, 147-150.
- Hanley, J. A. & McNeil, B. J. (1982). The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143, 29-36.
- Hwang, H., & Moon, S. J. (2005). An acoustic comparative study of Korean /예, 애/ and English /ε, æ/ pronounced by Korean young male speakers. *Malsori*, 56, 29-47.
- (황혜정, 문승재 (2005). 한국인이 발음한 한국어 /예, 애/와 영어 /ε, æ/ 모음. *말소리*, 56, 29-47.)
- Jang, H. & Shin, J. (2006). An acoustic study on the generational difference of the monophthongs in the Daegu dialect. *Malsori*, 57, 15-30.
- (장혜진 · 신지영 (2006). 대구 방언 단모음의 세대 간 차이에 대한 음향 음성학적 연구. *말소리*, 57, 15-30.)
- Kang, S. K. (1990). *Acoustic analysis of Korean and English*

- simple vowels*. Ph.D. Dissertation, Dankook University.
(강순경 (1990). 한국어와 영어 단순모음의 음향학적 분석, 단국대학교 박사학위 논문.)
- Koo, H. S. (2001). An acoustic study of the pronunciation of English vowels uttered by Korean regional dialect speakers. *Speech Sciences*, 8(4), 193-206.
(구희산 (2001). 지역 방언 화자에 따른 영어 모음의 발음 연구. *음성과학*, 8(4), 193-206.)
- Ladefoged, P. (1993). *A course in phonetics*. Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.
- Lee, J. K. 1998. *Experimental phonetic contrastive analysis on Korean and Japanese vowels*. Ph.D. Dissertation, Seoul National University.
(이재강 (1998). 한국어와 일본어의 모음에 관한 실험음성학적 대조 분석, 서울대학교 박사학위 논문.)
- Metz, C. E. (2006). Receiver operating characteristic analysis: a tool for the quantitative evaluation of observer performance and imaging systems. *Journal of the American College of Radiology*, 3, 413-422.
- Moon, S. J. (2007). A fundamental phonetic investigation of Korean monophthongs. *Malsori*, 62, 1-17.
(문승재 (2007). 한국어 단모음의 음성학적 기반연구. *말소리*, 62, 1-17.)
- Paradowska, A. I. (2002). *Production and perception of Korean vowels by Polish learners: an experimental phonetic approach*. Ph.D. Dissertation, Seoul National University.
(안나 이사벨라 파라돕스카 (2002). 폴란드인의 한국어 모음의 발음과 청취에 대한 실험음성학적 연구, 서울대학교 박사학위 논문.)
- Seong, C. J. (2004). An acoustic analysis on the Korean 8 monophthongs: with respect to the acoustic variables on the F1/F2 vowel space. *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, 23(6), 454-461.
(성철재 (2004). 한국어 단모음 8개에 대한 음향분석: F1/F2 모음공간에서의 음향변수를 중심으로. *한국음향학회지*, 23(6), 454-461.)
- Seong, C. J. (2005). A formant analysis of the Korean monophthongs of the college students speaking Chungnam dialect. *Linguistics*, 43, 189-213.
(성철재 (2005). 충남지역 대학생들의 한국어 단모음 포먼트 분석. *언어학*, 43, 189-213.)
- Seong, C. J., Park, J. W. & Kim, G. R. (2005). A vowel discrimination of Korean monophthongs [i, e, a, o, u, w] using vocal tract magnetic resonance image and F1/F2. *Malsori*, 56, 103-125.
(성철재, 박종원 · 김귀룡 (2005). 성도 자기공명 영상과 음향정보(F1/F2)를 이용한 한국어 단모음 [이, 에, 아, 오, 우, 으] 판별. *말소리*, 56, 103-125.)
- Swets, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857), 1285-1293.
- Yang, B. (1996). A comparative study of American English and Korean vowels produced by male and female speakers. *Journal of Phonetics*, 24, 245 - 261.
- Youden, W. J. (1950). An index for rating diagnostic tests. *Cancer*, 3, 32-35.
- Yun, J. (2013). *Perception of Korean vowels /o/ and /u/ in Chungnam dialect speakers*. M.A. Thesis, Chungnam National University.
(윤지현 (2013). 충남방언 화자에 의한 /오/와 /우/의 청지각적 분류, 충남대학교 석사학위 논문.)
- Yun, J. & Seong, C. J. (2013). Auditory perception of Korean vowels /o/ and /u/. *Proceedings of the 2013 Spring Conference of the Korean Society of Speech Sciences*, 213-216.
(윤지현 · 성철재 (2013). 한국어 모음 /오/, /우/ 지각실험과 ROC 분석. 2013 한국음성학회 봄 학술대회 발표 논문집, 213-216.)
- Zweig, M. H. & Campbell, G. (1993). Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clinical Chemistry*, 39, 561-577.

• 윤지현 (Yun, Jihyeon)

충남대학교 인문대학 언어학과
대전광역시 유성구 대학로 99번지
Tel: 042-821-6391

Email: yunjihyeon@gmail.com

관심분야: 음성학

현재 충남대학교 언어학과 대학원 박사과정 재학 중

• 성철재 (Seong, Cheoljae) 교신저자

충남대학교 인문대학 언어학과
대전광역시 유성구 대학로 99번지
Tel: 042-821-6395

Email: cjseong49@gmail.com

관심분야: 분절음 및 운율분석

현재 충남대학교 인문대학 언어학과 교수