

발화속도와 한국어 분절음의 음향학적 특성

Speech Rate and the Acoustic Features of Korean Segments

이 숙 향*, 고 현 주*
(Sook-hyang Lee*, Hyun-Ju Ko*)

*원광대학교 영중어문학부

(접수일자: 2004년 1월 19 일; 채택일자: 2004년 2월 11일)

본 연구에서는 산출실험을 통해 발화속도와 한국어의 분절음의 지속시간 및 포먼트 특성과의 관계와 모음의 지속시간과 포먼트 간의 상관관계를 살펴보았다. 빠른 발화일수록 음절 및 자음과 모음의 지속시간은 짧게 나타났으며 대부분의 화자에서 폐쇄음의 폐쇄구간 대 기식구간의 비율이나 한 음절 내의 모음 대 자음 지속시간의 비율은 발화속도의 영향을 받지 않는 반면 일부 화자들은 발화속도의 영향을 받는 것으로 나타났다. 발화속도의 영향을 받는 화자들에서 폐쇄음의 경우 폐쇄구간이 기식구간보다 영향을 더 받으며 음절의 경우 모음이 자음보다 더 영향을 받는 것으로 나타났다. 발화속도와 모음의 포먼트값과의 관계 분석 결과 발화속도가 모음약화에 영향을 미치는 정도가 화자간에 차이를 보였으며 이는 화자마다 모음의 포먼트값 구현에 관하여 다른 발화기제를 이용하고 있다는 것을 간접적으로 시사해주는 것이라고 할 수 있다. 즉, 발화속도의 증가에 따라 조음기관의 움직임의 속도를 증가시키는 화자가 있는 반면 발화속도의 변화에 관계없이 일정한 속도를 유지하는 화자가 있다는 것을 의미한다.

핵심용어: 발화속도, 한국어 분절음, 지속시간, 포먼트, 모음약화

투고분야: 말소리 생성 및 인지 분야 (12.1)

This study investigates the following three things through a production experiment and acoustic analysis: 1) relationship between speech rate and the segment duration in Korean, 2) relationship between speech rate and spectral characteristics of vowels, i.e. undershoot, and 3) correlation between the vowel duration and undershoot. The results showed that the faster the speech rate was, the shorter the duration of syllables and segments was. A few speakers were affected by speech rate in the durational ratios between closure and aspiration in a stop and between vowel and consonant in a syllable. Closure duration and vowel duration were more affected compared to aspiration and consonant duration, respectively. Speakers showed some differences in the extent to which speech rate affected vowel undershoot, implying that speakers used different production mechanisms for spectral characteristics of vowels: Some speakers speeded up movement of articulatory organs according to speech rate increase while some kept it constant regardless of speech rate change.

Keywords: Speech rate, Korean segments, Duration, Formant, Vowel undershoot

ASK subject classification: Speech production and perception (12.1)

I. 서론

발화속도와 분절음의 생성과 관련된 많은 연구들은 발화속도가 분절음의 지속시간과 포먼트에 어떠한 영향을 미치는지에 관심을 가져왔다. 대부분의 연구에서, 발화속도가 빨라질수록 모음의 지속시간이 짧아진다는 결과를 보여주고 있다. 그리고 발화속도는 모음 뿐만 아니라

자음의 생성에도 영향을 미치는데 모음 사이의 영어 폐쇄음의 유/무성 대조에 대한 산출실험에서 발화속도가 빨라지면 폐쇄구간과 모음의 지속시간 모두 줄어들지만 모음이 특히 많이 줄어든다는 결과를 보여주었다[1]. 발화속도가 모음의 지속시간에 미치는 영향은 대부분의 연구 결과에서 거의 유사한 경향을 보이나, 발화속도가 포먼트에 어떤 영향을 미치는지에 대해서는 서로 다른 결과를 보여주고 있다. 스웨덴 모음을 대상으로 한 Lindblom[2]의 연구에서는 강세와 발화속도 중 어느 것의 변화에 의한 것아든 간에 음절의 지속시간이 짧아질수록 포먼트

주파수가 목표값에 도달하지 못하는 현상이 증가한다는 것을 발견했다. Gay[3]는 다양한 자음환경에서 세 가지 발화속도에 따른 영어의 다섯 가지 이중모음의 음향적 특성을 살펴보았는데 이 결과에서도 발화속도가 빨라질수록 이중모음의 전체 지속시간은 줄어들었으나 이것은 과도음의 시작점에서의 포먼트값은 발화속도에 관계없이 일정하였으나 끝점에서의 포먼트값은 목표값에 다다르지 못했기 때문이라는 결과를 보여주었다.

그러나 몇몇 다른 연구들에서는 위의 연구들과는 다른 결과를 보여주고 있기도 하다. 영어의 모음을 대상으로 한 Verbrugge & Shankweiler[4]의 연구에서는 발화속도가 빨라질수록 음절의 평균 지속시간은 줄어들었으나 모음의 포먼트 주파수값은 발화속도가 빨라지더라도 큰 영향을 받지 않는다는 결과를 보여주었다. 발화속도와 어휘강세가 CVC와 CVCVC환경에서 영어모음에 미치는 영향에 대해 살펴 본 Gay[5]의 연구는 지속시간적 특성은 위와 동일한 결과를 보여주었으나 모음의 안정구간에서의 F1, F2값은 강세의 유무에 따라서는 변화를 보였으나 발화속도에 따라서는 큰 영향을 받지 않는다는 유사한 결과를 보여주었다. 또한 한국어를 대상으로 한 이숙향 외[6]의 연구에서도 발화속도가 빨라 지더라도 한국어 단모음의 포먼트 특성에는 영향을 미치지 않는다는 결과를 보여주고 있다. Flege[7], Engstrand[8], Van Son and Pols[9,10], Fourakis[11] 등도 발화속도 변화에 의한 지속시간 변화가 포먼트 특성에 큰 영향을 미치지 않는다는 결과를 보여주고 있으며 지속시간과 관계없이 강세를 받지 않는 모음은 약화현상¹⁾을 보인다는 결과도 있다[13]. 발화속도를 달리하는 대신 목표단어의 음절 수를 증가시켜 목표음절 또는 목표모음의 지속시간을 달리하여 명료한 발화(clear speech)²⁾와 인용형 간의 영어의 모음약화 현상을 비교분석한 Moon & Lindblom[14]은 모음약화 현상은 모음의 인접환경과 지속시간에 영향을 받으며 영향을 끼치는 정도는 인용형에 비해 명료한 발화에서 더 제한적이라는 점과 인용형에 비해 명료한 발화에서 모음약화 정도가 적게 나타나는 것은 포먼트 주파수 변화속도의 증가에 의한 것임을 제시하고 있다.

본 논문에서는 위와 같은 선행연구들에 기초하여 산출 실험을 통해 첫째, 발화속도가 한국어의 모음과 인접자음의 지속시간 특성에 어떤 영향을 미치는지 둘째, 발화

속도가 한국어의 단모음의 포먼트 특성에 어떤 영향을 미치는지, 그리고 마지막으로 모음의 지속시간과 포먼트 간에 어떠한 상관관계가 있는지를 살펴보고자 한다.

II. 실험방법

2.1. 피험자 및 시료

녹음에 참가한 피험자는 발음에 별다른 장애가 없는 원광대학교에 재학 중인 남녀 각 3명 총 6명이다. 한국어 단모음 7개³⁾ (아, 이, 우, 애, 오, 어, 으)의 지속시간과 포먼트 특성을 살펴보기 위해 [hV]환경에 “엄마가 ___ 다라고 해요”라는 틀 문장에 넣었다. 자음과 모음의 상대적 지속시간적 특성을 살펴보기 위하여 한국어에서 음절 초에 나올 수 있는 자음 18개 ([비], [해], [피], [디], [디], [티], [기], [기], [키], [지], [찌], [키], [시], [씨], [미], [니], [리], [히])를 각기 [어], [이], [우], [으] 모음 앞에 선행시킨 후 모음과 같이 “엄마가 ___ 다라고 해요”라는 틀 문장에 넣어 읽도록 하였다. 이렇게 만들어진 총 75개 (자음 18개 × 모음 환경 4 + [해], [호], [히])의 시료를 5번 반복한 후 75개를 한 블록으로 무작위화 시켜 최종적으로 375개의 시료를 얻었다.

2.2. 녹음

녹음은 소음이 비교적 적은 공간에서 CSL4300B를 사용하여 이루어졌으며 표본 추출률은 16 kHz로 하였다. 마이크는 Shure SM48을 사용하였다. 녹음 시 각 화자는 375개의 문장을 보통, 빠름, 느림 발화의 순서대로 읽었다. 각 발화속도순서 간 휴식기간은 10분이었으며 동일한 발화속도 내에서는 36개의 문장을 녹음한 후 1분 정도의 휴식시간을 주었다. 또한 마지막 느린 발화를 읽기 전에는 해당 화자가 읽은 보통 발화의 일부를 들려주어 발화속도를 조절할 수 있게 하였다. 그러나 발화속도에 대한 절대적 기준을 제시해 준다는 것이 불가능하였으므로 피험자들의 판단에 따라 읽도록 하였다. 시료문장의 운율 패턴을 일정하게 하기 위해 각 문장을 두 개의 강세구, 즉 ‘엄마가’와 ‘___ 다라고 해요’를 각각 하나의 강세구로 읽도록 하였으며 녹음 전에 충분히 연습할 수 있도록 하였다.

1) 모음약화현상은 화자에 따라 다른 음성학적 기제로 기술하고 있다. 한 가지 견해는 모음의 중앙화 (예, Stenson[12])이고 다른 하나는 인접자음에 대한 모음의 동화 (예, Lindblom[2])이다.

2) 명료한 발화란 가능한 한 화자가 명확하게 (clearly) 발음하는 스타일의 발음유형을 의미함.

3) 본 논문에서는 한국어의 단모음 체계를 신지영[15]에 따라 7모음 체계로 채택하였다.

2.3. 측정 및 분석

발화속도와 지속시간과의 관계를 보기 위하여 6750개 (문장 375 × 발화속도 3 × 화자 수 6)의 문장에 대해 문장의 전체 지속시간과 목표단어의 모음의 지속시간과 자음의 지속시간을 측정하였다. 우선 문장의 지속시간을 측정한 이유는 발화속도에 대한 기준이 피험자 개인의 판단에 의한 것이었으므로 이것을 객관적으로 제시해 줄 수 있는 자료를 얻기 위함이었다. 측정은 WaveSurfer 1.5를 사용하였으며 파형과 스펙트로그램을 같이 참조하여 측정하였다. 모음의 지속시간은 목표단어 모두를 측정하였는데 측정 기준은 스펙트로그램 상에서 모음의 F1, F2가 제대로 보이기 시작하는 부분을 시작점으로 하였으며 목표단어에 바로 후행하는 ‘다’의 폐쇄구간이 시작하는 지점을 끝점으로 하였다. 자음의 측정은 목표단어들 중에서 [해], [호], [허]를 제외한 모든 자음을 대상으로 하였는데 폐쇄음 ([비], [매], [피], [디], [띠], [티], [기], [키])의 경우에는 폐쇄구간과 기식구간을 따로 측정하였고 파찰음의 경우에는 폐쇄구간과 소음구간 그리고 기식구간이 나타날 경우 그 구간을 따로 측정하였다. 마찰음은 소음구간과 기식구간이 나타날 경우 그 구간을 따로 측정하였다. 탄설음으로 실현되는 음절 초 유음의 경우는 폐쇄구간과 파열구간을 구분하여 측정하였고 비음은 해당 구간을 측정하였다. 음절 초 유음이 공명음화 된 경우와 자음 뒤에서 모음이 무성음화 된 경우는 지속시간 분석에서 제외시켰다.

모음의 포먼트 특성과 지속시간과 포먼트 간의 상관관계 분석을 위해서는 [hV]환경의 일음절 단어를 포함하고 있는 630개의 문장 (단어 수 7 × 반복 5 × 발화속도 3 × 화자 수 6)의 목표단어의 모음의 지속시간과 F1, F2를 Praat 4.1.5의 포먼트 자동추출프로그램을 이용하여 측정하였다. 윈도우 크기는 25 ms이었으며 간혹 에너지가 많이 약해서 포먼트 자동추출이 잘 안 되는 경우에는 수동으로 포먼트 대역의 중간지점의 값을 측정하였다. 문장전체의 지속 시간은 문장 첫 모음의 F1, F2가 제대로 보이기 시작하는 곳에서부터 문장의 마지막 모음의 주기적 파형이 보이는 곳까지로 측정하였으며 모음의 지속시간은 모음의 F1, F2가 제대로 보이는 곳을 그 구간으로 측정하였다. 모음의 포먼트는 1) F2의 안정구간이 나타나는 경우 그 안정구간의 가운데 지점의 F1, F2를 측정하였고 2) F1, F2 모두 안정구간이 나타나지 않고 천이구간만 나타나는 경우는 천이 구간의 가운데를 측정하였으며 3) F1은 안정구간이 있으나 F2는 천이구간만 나타나는 경우는 F1 안정구간의 가운데 지점의 F1, F2값을 측정하였다.

그러나 모음이 무성음화 되었거나 포먼트 구조가 제대로 나타나지 않는 경우는 지속시간 분석에서 제외하였다. 측정결과에 대해서는 SPSS 10.0을 이용하여 유의수준 P<.05에서 분산분석과 Tukey 사후 검정 등의 통계분석을 수행하였다.

III. 결과 및 토의

3.1. 발화속도와 지속시간

그림 1은 각 화자 별로 발화속도에 따른 음절의 평균지속시간을 나타낸 것이고 표 1은 발화속도에 따른 화자 별 초당 음절수를 나타낸 것이다. 음절의 평균 지속시간은 각 문장의 전체 지속시간을 문장의 음절수 (9개)로 나눈 것이며 초당 음절수는 이것을 일초 당 읽은 음절수로 계

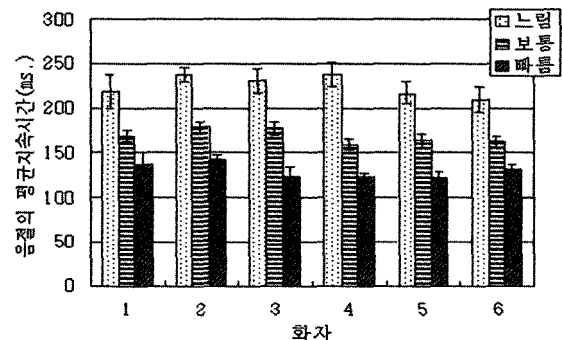


그림 1. 세 발화속도에 따른 화자 별 음절 평균지속시간 (ms.)
 피험자 1, 4, 5번은 남자이며 피험자 2, 3, 6번은 여자임
 Fig. 1. Average syllable duration of each speaker according to three different speech rates (ms.) Speaker 1, 4, 5: male, Speaker 2, 3, 6: female.

표 1. 발화속도에 따른 화자 별 초당 음절 수 (개). 괄호는 표준편차를 나타냄
 Table 1. Number of syllables per second of each speaker according to speech rate. Parenthesis indicates standard deviation.

화자	발화속도		
	느림	보통	빠름
1	4.7463 (3.1263)	5.9396 (.2215)	7.4564 (3.0055)
2	4.2241 (.1479)	5.6042 (.1923)	7.0403 (.2658)
3	4.3474 .2387	5.6538 (.2164)	8.0864 (.4735)
4	4.2186 (.2262)	6.2992 (.2453)	8.1085 (.2955)
5	4.6279 (.2665)	6.1186 (.2919)	8.1401 (.3781)
6	4.8007 (.3652)	6.1695 (.2680)	7.6283 (.3066)

산해 본 것이다. 그림과 표에서 볼 수 있는 것처럼 각 화자 간에 약간의 정도의 차이는 있으나 발화속도가 빨라짐에 따라서 음절의 평균지속 시간은 짧아지며 따라서 초당 음절수는 줄어든다는 것을 알 수 있다. 발화속도에 따른 음절의 평균 지속시간에 대한 일원분산분석 결과 모든 화자의 경우에 통계적으로 유의한 차이를 보여주었으며 (화자1: [F(2,1123)=3369.323 P=.000], 화자2: [F(2,112)=19679.65 P=.000], 화자3: [F(2,112)=10793 P=.000], 화자4: [F(2,1122)=16118.16 P=.000], 화자5: [F(2,1122)=10543.56 P=.000], 화자6: [F(2,1122)=6487.515 P=.000]) 사후검정 결과 모든 화자의 경우에 세 발화속도 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 화자별 초당 음절수는 느린 발화의 경우 4.21~4.80개, 보통 발화의 경우 5.60~6.29개, 빠른 발화의 경우 7.04~8.14개로 나타났다.

그림 2는 발화속도에 따른 자음의 지속시간을 조음방법과 조음장소에 따라 나타낸 것이다. 각 부류간에 상대적 차이는 있지만 전체적으로 발화속도가 빨라지면 자음의 지속시간도 짧아지는 것을 알 수 있다.

표 2는 화자 전체의 자음지속시간, 폐쇄음과 폐찰음의 폐쇄구간 대 기식구간의 비율, 그리고 폐찰음과 마찰음의 소음구간 대 기식구간의 비율을 발화속도에 따라 나타낸 것이다. 자음의 지속시간은 발성유형에 따라 달리 나타났는데 폐쇄음과 폐찰음의 경우 유기음이 가장 길고

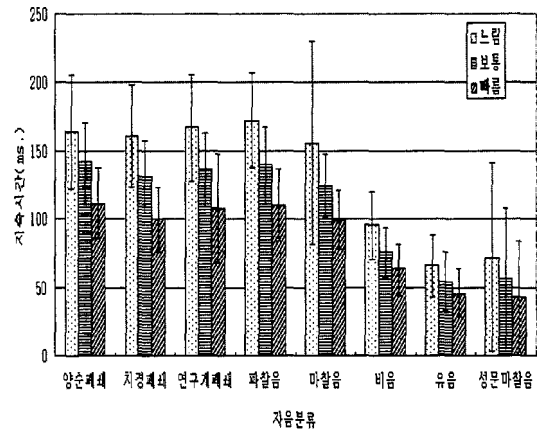


그림 2. 발화속도에 따른 전체화자의 자음 평균지속시간 (ms.)
Fig. 2. Average consonant duration across speakers according to speech rate.

표 2. 발화속도에 따른 화자전체의 자음지속시간, 폐쇄구간내 기식구간, 소음구간내 기식구간 비율

Table 2. Consonant duration, ratio of closure duration to aspiration duration, and ratio of frication noise duration to aspiration duration across speakers according to speech rate.

자음	자음지속시간			폐쇄구간내 기식구간 비율			소음구간내 기식구간 비율		
	느린	보통	빠른	느린	보통	빠른	느린	보통	빠른
ㅁ	102(24.2)	83(19.4)	68(19.5)						
ㄴ	89(23.8)	70(13.7)	59(16.8)						
ㅇ	72(68.6)	56(52.3)	43(40.7)						
ㄹ	156(35.5)	138(25.9)	108(23.3)	1.83	1.74	2.02			
ㅂ	141(30.0)	121(19.3)	96(16.7)	8.11	7.38	7.73			
ㅃ	195(38.1)	164(26.8)	130(25.1)	1.58	1.57	1.69			
ㄷ	153(30.7)	126(23.3)	98(21.8)	1.35	1.31	1.32			
ㄸ	140(31.0)	116(20.4)	84(14.1)	6.00	4.97	4.15			
ㅌ	189(32.4)	152(22.9)	117(21.8)	1.36	1.22	1.06			
ㄱ	162(29.2)	134(19.5)	105(20.5)	0.95	1.06	1.01			
ㄲ	142(38.3)	116(19.5)	92(14.7)	3.16	3.25	2.89			
ㅋ	196(29.4)	159(21.2)	126(19.7)	0.9	0.96	0.91			
ㆁ	65(22.2)	55(20.9)	46(17.8)	2.75	3.43	2.91			
ㅈ	168(30.7)	136(25.1)	109(23.0)	2.24	1.56	1.79	2.52	1.86	2.44
ㅊ	151(29.3)	123(22.0)	95(21.2)	6.97	4.98	4.13	3.53	2.91	2.60
ㅌ	198(27.4)	159(23.9)	128(23.8)	2.3	1.9	1.79	2.56	2.31	1.89
ㅍ	153(34.1)	126(23.7)	100(22.3)				3.35	3.26	2.66
ㅑ	158(99.1)	123(22.3)	99(21.1)				6.48	6.67	6.48

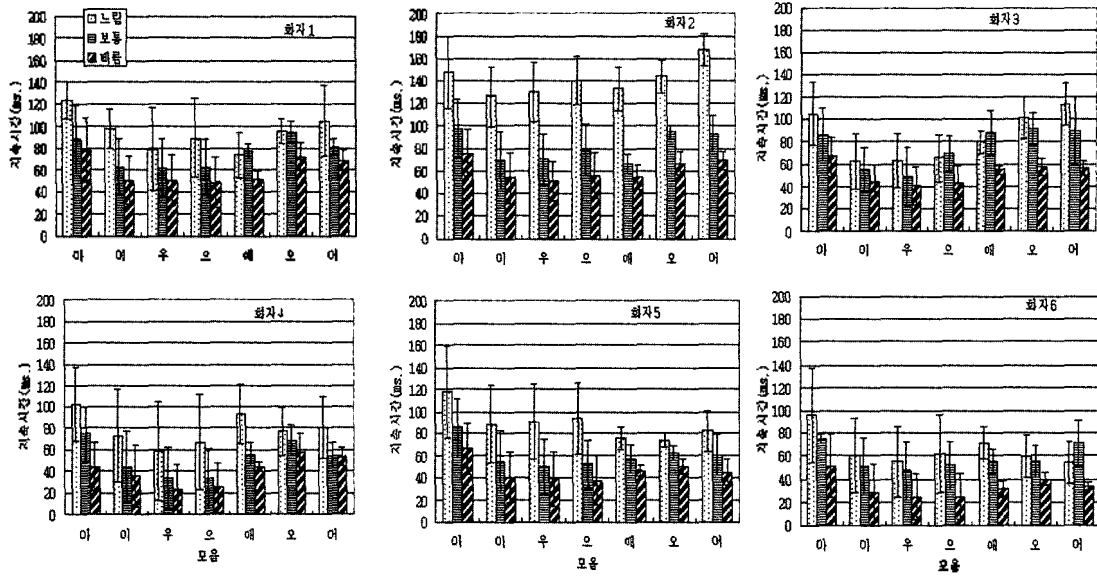


그림 3. 발화속도에 따른 화자 별 모음의 평균지속시간 (ms.)
 Fig. 3. Average vowel duration for each speaker according to speech rate.

경음이 가장 짧게 나타났다. 마찰음에서는 연음과 경음 간의 차이를 보이지 않았다. 자음 전체 지속시간에 대한 일원분산분석 결과 모든 자음이 발화속도에 따라 지속시간에 유의한 차이를 보였으며 사후검정 결과 모든 자음의 경우에 세 발화속도간에 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다.

폐쇄음과 폐찰음의 폐쇄구간 대 기식구간의 비율은 일원분산 분석결과 /ㄸ, ㅌ, ㅆ/를 제외하고는 발화속도간의 차이를 보이지 않았다 ([ㄸ] ($F(2, 356)=24.925 P=.005$), [ㅌ] ($F(2, 356)=9.336 P=.000$), [ㅆ] ($F(2, 199)=10.513 P=.000$)). 즉, 이 세 자음들을 제외하고는 폐쇄구간 대 기식구간의 비율이 발화속도에 영향을 받지 않으며 따라서 발화속도 변화에 따른 한 자음 내의 두 개의 발음동작간의 시간적 재구성성이 없음을 간접적으로 시사하는 것으로 볼 수 있겠다. 유의한 차이를 보이는 위세 자음의 경우에는 보통 발화를 기준으로 삼을 때 느린 발화에서 폐쇄구간이 증가하는 정도가 기식구간이 증가하는 정도보다 크다고 할 수 있으며 빠른 발화에서는 폐쇄구간이 감소하는 정도가 기식구간이 감소하는 정도보다 크다고 볼 수 있겠다. 폐쇄구간 대 기식구간의 비율을 폐쇄음의 발생유형과 조음장소에 따라 살펴보면 각 발화속도 내에서 연음과 유기음이 비슷한 값을 보이고 이들 값은 경음에 비해 훨씬 큰 값을 보여주고 있으며 연구개음에서 가장 작은 값을 보이고 치경음, 양순음 순으로 값이 커지는 것을 볼 수 있다. 마찰음의 경우, 소음구간 대 기식구간 비율은 경음이 연음의 거의 2배에 가까운 값을 보여주고

있음을 알 수 있다.

그림 3은 발화속도에 따른 모음지속시간을 화자 별로 나타낸 것이다⁴⁾. 자음의 지속시간의 결과와 마찬가지로 화자 간 정도 차이는 있으나 모든 화자의 대부분의 모음의 경우에 발화속도가 빨라질수록 모음의 지속시간도 짧아진다는 것을 알 수 있다. 한 가지 흥미로운 현상은 화자에 따라 발화속도 간의 모음의 지속시간 비율이 달라지는 것을 볼 수 있다. 표 3에서 볼 수 있듯이 화자 2와 5에서처럼 보통발화에 비해 느린 발화에서 모음의 지속시간의 증가율이 꽤 큰 화자들이 있는가 하면, 화자 6처럼 보통발화에 비해 빠른 발화에서 모음의 지속시간 감소율이 상당히 큰 화자도 보인다. 화자 6의 경우는 빠른 발화에서 모음의 감소율이 큰 반면 느린 발화에서 모음의 증가율은 꽤 미미한 수준에 있다. 그리고 모음에 따라 증감비율이 달리 나타나는 경향을 보이는 화자 1과 3의 /에/와 화자 6의 /어/는 느린 발화에서 지속시간이 보통 발화에서와 거의 같거나 더 짧게 나타났으며 화자 4의 /어/는 빠른 발화에서 보통 발화에서와 거의 같은 지속시간을 보여주고 있다.

표 4는 발화속도에 따른 모음 대 자음의 비율을 화자별로 나타낸 것으로 일원분산분석결과 화자 1 ($F(2, 1076)=5.648 P=.004$), 화자 2 ($F(2, 1077)=21.996 P=.000$), 화자 5 ($F(2, 1077)=4.935 P=.007$), 화자 6 ($F(2, 1076)=$

4) 모음이 무성음화되어 지속시간을 측정할 수 없는 경우가 더러 있었다. 모음의 무성음화의 횟수와 선행자음에 대한 정보가 부록1에 요약되어 있다.

표 3. 보통발화를 기준으로 한 느린 발화와 빠른 발화에서의 모음의 지속시간의 증감비율. 괄호는 표준편차를 나타냄
 Table 3. Ratio of slow speech to normal speech and fast speech to normal speech in vowel duration. Parenthesis indicates standard deviation.

모음	화자 1		화자 2		화자 3		화자 4		화자 5		화자 6		평균	
	느린/보통	빠른/보통	느린/보통	빠른/보통	느린/보통	빠른/보통	느린/보통	빠른/보통	느린/보통	빠른/보통	느린/보통	빠른/보통	느린/보통	빠른/보통
아	1.5743 (3.0557)	.9109 (.2609)	1.7541 (.3314)	.8012 (.1884)	1.2998 (.4807)	.7621 (.2100)	1.4144 (.4295)	.6115 (.2469)	1.4171 (.3822)	.8004 (.2030)	1.3294 (.4579)	.6860 (.2128)	1.4349 (1.3045)	.7680 (.2362)
이	1.7432 (4.6773)	.8075 (.2921)	2.0065 (.7568)	.8031 (.2929)	1.1709 (.4201)	.8825 (.3351)	1.7611 (1.0800)	.8280 (.6005)	1.7605 (.9378)	.7530 (.4177)	1.1542 (.4668)	.4736 (.3884)	1.5960 (2.0721)	.7576 (.4142)
우	1.2988 (.4955)	.7861 (.2764)	2.0010 (.6162)	.7343 (.1631)	1.4300 (.5898)	.9097 (.4491)	1.4084 (.7097)	.5729 (.4305)	2.0487 (.8532)	.8143 (.3284)	1.1886 (.4478)	.4705 (.3387)	1.5735 (.7162)	.7197 (.3691)
으	1.4841 (.6514)	.7805 (.3022)	1.9255 (.5876)	.7090 (.1647)	1.3103 (.4848)	.8594 (.3513)	1.9731 (1.1017)	.6940 (.5245)	2.0379 (1.0159)	.7163 (.3560)	1.2060 (.5557)	.4353 (.3323)	1.6458 (.8234)	.6983 (.3695)
애	.9633 (.3032)	.6785 (.1204)	2.0576 (.5594)	.8279 (.1685)	.9476 (.2328)	.6450 (.1334)	1.7015 (.5258)	.8266 (.2259)	1.4298 (.5668)	.8697 (.2788)	1.3415 (.4290)	.6015 (.1988)	1.4069 (.5747)	.7399 (.2054)
오	1.0073 (.9723)	.7782 (.2145)	1.5300 (.1681)	.7091 (.1070)	1.1203 (.2262)	.6431 (.1270)	1.1977 (.4997)	.8884 (.3387)	1.1954 (.1505)	.8046 (.1064)	1.1557 (.5303)	.7389 (.1654)	1.2011 (.3400)	.7604 (.1935)
어	1.3159 (.4801)	.8583 (.1587)	1.8465 (.3720)	.7624 (.1618)	1.3486 (.3778)	.6617 (.1345)	1.5196 (.6166)	1.0521 (.4320)	1.4020 (.3848)	.7487 (.1409)	.7845 (.2378)	.4964 (.6359)	1.3695 (.5041)	.7633 (.2636)
평균	1.5079 (2.7613)	.8197 (.2832)	1.8742 (.6105)	.7621 (.2100)	1.2943 (.4970)	.8527 (.3382)	1.6197 (.8726)	.6861 (.4651)	1.7974 (.8602)	.7725 (.3307)	1.2154 (.4857)	.5211 (.3328)		

표 4. 발화속도에 따른 화자 별 모음 대 자음의 비율
 Table 4. Ratio of vowel duration to consonant duration of each speaker according to speech rate.

화자	발화속도		
	느린	보통	빠른
1	0.76(0.87)	0.64(0.53)	0.61(0.48)
2	1.37(1.09)	0.96(0.93)	0.92(0.95)
3	0.65(0.47)	0.69(1.55)	0.70(0.55)
4	0.57(0.54)	0.50(0.58)	0.55(0.72)
5	0.72(0.55)	0.61(0.56)	0.60(0.60)
6	0.61(0.65)	0.62(0.68)	0.38(0.48)

17.332 P=.000]) 이 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 사후검정결과 화자1은 빠른 발화와 느린 발화 간, 화자2는 빠른 발화와 느린 발화 간, 빠른 발화와 보통 발화 간, 화자 5는 느린 발화와 보통 발화 간, 느린 발화와 빠른 발화 간, 화자 6은 빠른 발화와 보통 발화 간, 빠른 발화와 느린 발화 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 표 4를 통해서 발화속도가 자음과 모음에 미치는 영향이 화자 간에 차이가 있는 것을 알 수 있는데 화자 3과 4는 발화속도 변화에 따라 모음과 자음간의 시간적 재구성이 없었으나 화자 1, 2, 5, 6은 모음과 자음간의 시간적 재구성을 보였다. 화자 1, 2, 5는 느린 발화에서 모음증가 정도가 자음증가 정도보다 더 큰 경향을 보였으며 화자 6은 빠른 발화에서 모음감소 정도가 자음감소 정도보다 더 큰 경향을 보여주고 있다. 즉, 느린 발화에서의 지속시간의 증가와 빠른 발화에서의 지속시간의 감소

는 모두 자음보다 모음에서 더 크며 이는 발화속도에 따라 모음과 자음 간의 시간적 재구성을 하는 화자의 경우에는 발화속도가 자음보다 모음에 더 큰 영향을 끼치는 것으로 해석할 수 있겠다.

3.2. 발화속도와 모음의 포먼트 특성

표 5는 화자 별 각 모음의 F1과 F2의 평균과 표준편차를 발화속도 별로 나타낸 것이고 표 6은 일원분산 분석 결과 유의한 차이를 보인 경우와 그 경우의 사후검정 결과를 나타낸 것이다. 표 6에서 볼 수 있듯이 발화속도에 따른 모음의 F1, F2 값의 변화양상은 모음에 따라 그리고 화자에 따라 다른 것을 알 수 있다. 표 6의 결과를 먼저 화자 별로 살펴보면 화자 4의 경우는 모음 /아/, /오/의 F1, /애/의 F2에서만 유의한 차이를 보였으나 화자 2는 /이/, /오/의 F1에서, 그리고 모든 모음의 F2에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 화자 1은 /이/, /오/, /우/의 F1과 /애/, /어/, /우/의 F2에서, 화자 3은 /애/, /어/, /우/의 F1과 /아/, /어/, /오/, /우/의 F2에서 유의한 차이를 나타냈다. 화자 5는 /오/의 F1과 /애/와 /오/를 제외한 나머지 다섯 개 모음의 F2에서 유의한 차이를 보였으며 화자 6은 /이/, /애/, /아/에서 F1, F2 모두 유의한 차이를 보이지 않은 반면 /오/와 /우/의 F1과 /어/, /오/, /우/, /으/에 F2에서 유의한 차이를 보였다.

표 6의 결과를 모음 별로 살펴보면 평순전설고모음인 /이/의 F1, F2는 각각 두 명의 화자에서만 유의한 차이를 보였는데 사후검정결과 F1은 느린 발화에서보다 빠른 발

화에서 높게 나타났으며 F2는 느린 발화에서보다 빠른 발화에서 낮게 나타났다. 평순전설고모음 /에/의 F2의 경우 세 명의 화자에서 유의한 차이를 보였는데 느린 발화에서보다 빠른 발화에서 낮게 나타났으며 F1의 경우는 한 명의 화자에서만 유의한 차이를 보였다. 평순후설저모음 /아/는 세 명의 화자에서 발화속도에 따라 F2 값에 유의한 차이를 보였는데 느린 발화보다 보통 발화나 빠른 발화에서 높게 나타났다. 평순후설중모음 /어/의 F2는 한 명을 제외한 모든 화자에서 유의한 차이를 보였는데 느린 발화와 보통 발화보다는 빠른 발화에서 혹은 느린 발화보다는 보통 발화나 빠른 발화에서 또는 보통 발화에서 보다는 빠른 발화에서 높게 나타났다. 평순후설고모음인 /오/는 F1, F2 각각 두 명의 화자에서 유의한 차이를 보였으나 어떠한 일관성을 찾기에는 어려웠다. 원순후설고모음인 /우/와 /우/의 F1은 각각 세 명의 화자에서 유의한 차이를 보였는데 사후검정결과 느린 발화와 보통 발화 보다는 빠른 발화에서 혹은 느린 발화에서 보다는 보통 발화나 빠른 발화에서 또는 느린 발화에서 보다는 보통 발화에서 높게 나타났다. F2의 경우에는 /오/는 네 명의 화자에서, /우/는 한 명을 제외한 다섯 명의 화자에서 유의한 차이를 나타냈는데 사후검정결과 느린 발화와 보통 발화 보다는 빠른 발화에서, 혹은 느린 발화에서 보다는 보통 발화나 빠른 발화에서, 혹은 느린 발화보다 빠른 발화에서 높게 나타났다.

위의 결과들을 종합해 보면 화자 간, 모음 간 차이가 있기는 했으나 통계적으로 유의한 차이를 보이는 모음과 화자의 경우에 발화속도가 빨라질수록 모음의 고저성에

따라 F1 값의 이탈 정도가 커지는 경향을 보였으며 모음의 전후성에 따라 F2 값의 이탈 정도가 커지는 경향을 보였다. 즉, 발화속도가 빨라질수록 모음의 포먼트 주파수 값이 원래의 목표 포먼트 값에 도달하지 못하는 모음 약화 현상이 일어남을 알 수 있었으며 대체로 F1보다는 F2에서 이 현상이 더 두드러지게 나타났다.

3.3. 모음의 지속시간과 포먼트 상관관계

표 7은 모음의 지속시간이 포먼트의 목표값 이탈 정도를 어느 정도 설명해줄 수 있는가를 보기 위해 모음의 F1, F2와 모음의 지속시간과의 상관계수를 화자 별로 살펴 보았다. 만일 지속시간이 포먼트 목표값 실현에 지대한 영향을 미친다면 둘 간의 상관계수가 높게 나타날 것이며, 고모음의 F1과 후설모음의 F2의 경우에는 음수값을 보여줄 것이며 저모음의 F1과 전설모음의 F2와 경우에는 양수값을 보여줄 것이다. 앞 절 표 6에서 발화속도에 따라 유의한 포먼트 값 차이를 보여준 화자와 모음의 대부분에서 상관계수가 높게 나타났으며 화자 4의 /우/ 모음의 경우를 제외하고는 예측한 바와 같이 고모음의 F1과 후설모음의 F2의 경우에는 음수값을 보여주고 저모음의 F1과 전설모음의 F2와 경우에는 양수값을 보여주고 있다. 특히 모음 /어/, /오/, /우/의 F2는 대부분의 화자에서 대체로 지속시간과 높은 상관관계를 보임으로써 지속시간의 변화가 혀의 고저성보다는 전후성에 더 영향을 미치는 경향을 보여주고 있다.

표 7. 모음의 F1, F2값과 지속시간과의 상관관계 분석결과
Table 7. Result of correlation analysis between F1, F2 values and duration of vowels.

화자		1	2	3	4	5	6
어	F1-모음	r=-.801 p=.001					
	F2-모음		r=.789 p=.000			r=.626 p=.013	
애	F1-모음				r=.574 p=.032		
	F2-모음		r=.739 p=.002		r=.807 p=.000	r=.618 p=.014	
아	F1-모음	r=.747 p=.001	r=.603 p=.017		r=.682 p=.007		
	F2-모음		r=-.615 p=.015	r=-.836 p=.000		r=-.820 p=.000	
어	F1-모음			r=.668 p=.006			r=.596 p=.019
	F2-모음	r=-.650 p=.009	r=-.698 p=.004	r=-.694 p=.004		r=-.630 p=.012	r=-.810 p=.000
오	F1-모음						r=-.550 p=.033
	F2-모음	r=-.725 p=.002	r=-.756 p=.001	r=-.733 p=.002	r=-.527 p=.043	r=-.774 p=.001	r=-.692 p=.004
우	F1-모음	r=-.568 p=.043			r=.738 p=.006		
	F2-모음	r=-.780 p=.002	r=-.918 p=.000	r=-.754 p=.001		r=-.916 p=.000	r=-.953 p=.000
으	F1-모음			r=.575 p=.025			r=.592 p=.020
	F2-모음		r=-.757 p=.001				

IV. 결론

발화속도가 분절음의 지속시간과 포만트에 미치는 영향에 대한 이전의 대부분의 연구에서 발화속도와 분절음의 지속시간과의 관계에 대해서는 거의 유사한 연구결과를 보이고 있으나, 발화속도가 포만트에 미치는 영향에 대해서는 서로 다른 결과를 보여주고 있다. 발화속도의 변화에 의하여 음절의 지속시간이 짧아질수록 포만트 주파수가 목표값에 도달하지 못하는 현상이 증가한다는 연구결과와 이와는 대조적으로 발화속도가 빨라질수록 음절의 평균 지속시간은 줄어들어도 모음의 포만트 주파수 값은 큰 영향을 받지 않는다는 결과들도 있다. 본 연구는 산출실험을 통하여 발화속도와 한국어의 분절음의 지속시간 및 포만트 특성과의 관계와 모음의 지속시간과 포만트 간의 상관관계를 살펴보았다.

음절의 평균지속시간은 발화속도가 빨라질수록 음절의 지속시간은 감소하였으며 6명 화자 모두에 있어서 세 발화속도 간에 유의한 차이를 보였다. 자음의 지속시간 또한 6명 화자 모두에서 세 발화속도 간에 유의한 차이를 보였으나 소수 자음을 제외하고는 폐쇄음의 폐쇄구간 대기식구간의 비율은 발화속도에 영향을 받지 않는 것으로 나타나 발화속도 변화에 따른 한 자음 내의 두 개의 발음 동작 간의 시간적 재구성이 없음을 알 수 있었다. 반면 유의한 차이를 보이는 자음의 경우에는 보통 발화를 기준으로 삼을 때 느린 발화에서와 빠른 발화에서 폐쇄구간이 증가 또는 감소하는 정도가 기식구간이 증가 또는 감소하는 정도보다 크게 나타나서 발화속도의 변화는 기식구간보다는 폐쇄구간의 지속시간에 미치는 영향이 더 크다는 것을 알 수 있었다.

모음의 지속시간도 자음의 지속시간과 마찬가지로 화자 간 정도 차이는 있으나 모든 화자의 대부분의 모음의 경우에 발화속도가 빨라질수록 짧게 나타났으며 화자에 따라 발화속도 간의 모음의 지속시간 비율이 달라지는 것을 볼 수 있었는데 보통발화에 비해 느린 발화에서 모음의 지속시간의 증가율이 꽤 큰 화자들이 있는가 하면, 보통발화에 비해 빠른 발화에서 모음의 지속시간 감소율이 상당히 큰 화자도 보였다.

발화속도에 따른 모음 대 자음의 지속시간의 비율은 6명의 화자 중 2명의 화자에서 발화속도 변화에 따른 변화를 보이지 않아 모음과 자음 간의 시간적 재구성이 없었다고 할 수 있으나 나머지 4명에서는 모음과 자음 간의 시간적 재구성을 보였으며 느린 발화와 빠른 발화에서 각각 모음의 증가 또는 감소가 자음의 증가 또는 감소보

다 그 정도가 크게 나타났다. 즉, 발화속도에 따라 모음과 자음 간의 시간적 재구성을 보이는 화자의 경우에 발화속도가 한 음절 내의 분절음에 미치는 영향은 자음보다 모음에서 더 크게 나타나는 것을 볼 수 있었다.

발화속도에 따른 모음의 F1, F2 값의 변화양상은 화자 간, 모음 간 차이가 있었다. 6명 중 2명의 화자는 7개 모음 대부분에서 발화속도에 따른 포만트 값의 변화를 보였으나 나머지 4명의 화자에서는 일부 모음에서만 변화를 보여줌으로써 화자에 따라 발화속도에 따른 모음약화의 정도가 다름을 볼 수 있었다. 그리고 통계적으로 유의한 차이를 보이는 모음과 화자의 경우에 발화속도가 빨라질수록 모음의 고저성에 따라 F1 값의 이탈 정도가 커지는 경향을 보이고 모음의 전후성에 따라 F2 값의 이탈 정도가 커지는 경향을 보였으며 대체로 F1보다는 F2 값의 이탈 현상이 더 두드러지게 나타났다.

모음의 지속시간과 포만트 값 간의 상관관계 또한 발화속도와 포만트 값 간의 관계에서와 같이 화자와 모음에 따라 다르나, 높은 상관관계를 보이는 화자와 모음의 경우에 고저성과 전후성에 따라 F1과 F2 값이 변화를 보였으며 지속시간의 변화가 혀의 고저성보다는 전후성에 더 영향을 미치고 있음을 볼 수 있었다.

종합적으로, 본 연구의 결과는 발화속도와 지속시간과의 관계에 관한 이전의 연구결과와 일치한 반면 발화속도와 포만트 특성간의 관계에 관한 본 연구의 결과는 발화속도 변화가 모음약화라는 현상의 유무보다는 화자에 따라 모음약화현상의 정도가 아주 미약한 화자에서부터 강한 화자까지 있음을 보여 주었다. 이는 화자마다 발화기재가 다르며 발화속도 변화와 포만트 목표값 구현간의 관계에 관한 발화기재를 화자가 선택 가능한 것으로 볼 수 있겠다. 즉, 화자에 따라 발화속도가 빨라짐에 따라 조음기관의 움직임이 빨리 하여 목표값에 도달하게 하는 화자가 있는 반면 발화속도가 빨라지더라도 조음기관의 움직임에 별다른 차이를 주지 않고 따라서 목표 값에 도달하지 못하는 화자가 있을 수 있다는 것이다. 이는 명료한 발화에서 인용형에 비해 적은 양의 모음약화가 포만트 주파수의 변화속도를 증가시킴으로써 이루어진 것이라는 Moon & Lindblom[14]의 연구결과와 일맥상통하는 점이 있다. Moon & Lindblom[14]의 연구에서는 한 화자 내에서 어떤 발화 스타일이냐에 따라 포만트 주파수 변화속도의 증가를 선택할 수 있다는 것이며 본 연구의 연구 결과는 화자에 따라 조음기관의 움직임의 속도를 증가시킴으로써 포만트 주파수 변화속도 증가를 선택할 수 있는 경우라고 볼 수 있겠다. 이러한 주장은 적은 수의 화자와

사료를 이용한 실험 결과에 의해 관찰한 경향일 뿐 아직 확고한 결론으로는 여러 면에서 불충분하다. 보다 확고한 결론을 유도하기 위해서는 보다 많은 화자와 다양한 시료가 필요할 것이며 산출실험만이 아니라 지각실험 또한 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 책임저자의 2001년도 원광대학교 일반과제 연구비 지원으로 수행되었으며 본 연구의 일부는 2003년 한국음향학회 하계 학술대회와 음성통신 및 신호처리 워크샵에서 발표되었다

참고 문헌

1. Port, R. F. The influence of speaking tempo on the duration of stressed vowel and medial stop in English Trochee words. Unpublished doctoral dissertation, University of Connecticut, 1976.
2. Lindblom, B., Spectrographic study of vowel reduction, *Journal of the Acoustical Society of America*, 35, 1773-1781, 1963.
3. Gay, T., Effects of speaking rate on diphthong formant movements, *Journal of the Acoustical Society of America*, 44, 1570-1573, 1968.
4. Verbrugge, R. R., and Shankweiler, D. Prosodic information for vowel identity, *Journal of the Acoustical Society of America*, 1977, 6.
5. Gay, T., Effects of speaking rate on vowel formant movements, *Journal of the Acoustical Society of America*, 63, 223-230, 1978.
6. 이숙향, 고현주, 한양구, 김종진, 발화속도에 따른 한국어 모음의 음향적 특성, *한국음향학회지*, 22 (1), 14-22, 2003.
7. Flege, J. E. Effects of speaking rate on tongue position and velocity of movement, *Journal of the Acoustical Society of*

- America*, 84, 901-916, 1988.
8. Engstrand, O. Articulatory correlates of stress and speaking rate in Swedish VCV utterances, *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 1863-1875, 1988.
9. Van Son, R. J. J. H. and Pols, L. C. W. Formant frequencies of Dutch vowels in a text, read at normal and fast rate, *Journal of the Acoustical Society of America*, 88, 1683-1693, 1990.
10. Van Son, R. J. J. H. and Pols, L. C. W. Formant movements of Dutch vowels in text, read at normal and fast rate, *Journal of the Acoustical Society of America*, 92, 121-127, 1992.
11. Fourakis, M. Tempo, stress, and vowel reduction in American English, *Journal of the Acoustical Society of America*, 90, 1816-1827, 1991.
12. Stetson, R. H. *Motor Phonetics*, North-Holland, Amsterdam, 1951.
13. Nord L. (1986) Acoustic studies of vowel reduction Swedish, in *STL_QPSR* 4, 1986, 19-36, Dept. of Speech Communication, RIT, Stockholm.
14. Moon, S. & Lindblom B. Interaction between duration, context, and speaking style in English stressed vowels, *Journal of the Acoustical Society of America*, 96, 40-55, 1994.
15. 신자영, 말소리의 이해, 한국문화사, 2000.

저자 약력

● 이 숙 향 (Sook-Hyang Lee)

1976년 3월~1980년 2월: 서울대 사범대학 영어교육과 (학사)
 1980년 3월~1984년 8월: 서울대 대학원 언어학과 (문학석사)
 1986년 9월~1994년 3월: Ohio State University 언어학과 (문학박사)
 1995년 3월~1996년 2월: 원광대학교 사정각교육관 전임강사
 1996년 3월~1997년 2월: 원광대학교 영어영문학과 전임강사
 1997년 3월~2000년 2월: 원광대학교 영어영문학과 조교수
 2000년 2월~현재: 원광대학교 영중어문학부 부교수

● 고 현 주 (Hyun-Ju Ko)

1992년 3월~1996년 2월: 원광대학교 영어교육학과 (학사)
 1996년 3월~1998년 2월: 원광대학교 대학원 영어영문학과 (문학석사)
 2001년 3월~현재: 원광대학교 대학원 영어영문학과 박사과정

부 록

부록 1. 화자 별 모음의 무성음화 횟수와 무성음화 된 모음과 선행자음의 종류

		총 횟수	선행 자음	해당 모음
화자 1	느림	3	ㅔ(1), ㅋ(1), ㅊ(1)	이(3)
	보통	6	ㅋ(2), ㅊ(1), ㅅ(3)	이(2), 우(2), 으(2)
	빠름	11	ㅍ(3), ㅋ(9), ㅊ(3), ㅅ(3), ㅆ(1), ㅇ(2)	이(3), 우(4), 으(4)
화자 3	느림	3	ㅊ(2), ㅅ(1)	이(2), 으(1)
	보통	7	ㅋ(1), ㅈ(1), ㅊ(3), ㅅ(1), ㅁ(1)	우(5), 으(2)
	빠름	5	ㄱ(1), ㅊ(2), ㅅ(2)	이(2), 우(2), 으(1)
화자 4	느림	24	ㅁ(1), ㅍ(1), ㅔ(1), ㄱ(1), ㅋ(1), ㅈ(3), ㅊ(5), ㅅ(11)	이(7), 우(12), 으(5)
	보통	59	ㅁ(3), ㅍ(10), ㅄ(3), ㅔ(11), ㄱ(1), ㅋ(10), ㅈ(7), ㅆ(1), ㅊ(14), ㅅ(13), ㅆ(14), ㄴ(1)	아(1), 아(17), 우(21), 으(20)
	빠름	88	ㅁ(3), ㅍ(6), ㅄ(3), ㅔ(4), ㄱ(2), ㅋ(6), ㅈ(5), ㅊ(12), ㅅ(13), ㅆ(4), ㅇ(1)	아(4), 아(20), 우(34), 으(30)
화자 5	느림	1	ㅊ(1)	이(1)
	보통	3	ㅋ(2), ㅊ(1)	이(3)
	빠름	18	ㅍ(2), ㅋ(1), ㅊ(5), ㅅ(8), ㅆ(2)	이(7), 우(2), 으(9)
화자 6	느림	4	ㅍ(2), ㅋ(1), ㅅ(1)	아(1), 으(3)
	보통	6	ㅍ(2), ㅔ(1), ㅋ(1), ㅅ(2)	이(3), 우(3)
	빠름	85	ㅁ(3), ㅍ(11), ㅄ(4), ㅔ(12), ㄱ(4), ㅋ(13), ㅈ(5), ㅆ(1), ㅊ(13), ㅅ(12), ㅆ(4), ㅇ(3)	아(2), 아(33), 우(24), 으(26)