

자음의 단어내 음운환경별로 본 음가변화

Experimental Phonology of Consonantal Allophones in Korean Words

김 종 미*
(Jong-mi Kim*)

※이 논문은 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

요 약

국어 자음을 단어내 음운환경별로 실험해 본 결과, 국어의 자음변이 규칙이 반영된 일관성있는 음가변화를 발견하였다. 발견된 음가변화는, i) 장애음의 길이는 모음간보다 단어초가 길고, ii) 쉼음의 길이는 단어초와 모음간보다 단어말이 길며, iii) /ㄹ/의 F2와 F3는 모음간이 낮고 단어말은 높다는 것이다. 이들 음향특징의 근거가 되는 국어의 자음변이 규칙은, i) 평음의 유성화 현상, ii) 음절말 불파음화 현상, iii) 단어초 가음화 현상, iv) /ㄹ/ 음소의 [r]과 [l] 교체현상이다. 본 실험결과 제시된 변화값은 음성인식 및 합성에 응용될 때 인식의 정확성과 합성의 자연성을 향상시킬 수 있다.

ABSTRACT

Acoustic cues of some consonantal phonology were tested in Korean words. All Korean consonants were recorded and acoustically analyzed in controlled phonological environments: i) word-initial, ii) inter-vocalic, and iii) word-final positions.

The observed acoustic regulations are: i) The lengths of obstruents are longer word-initially than word-finally, ii) The lengths of sonorants are longer word-finally than in word-initial or inter-vocalic positions, iii) The formants of the lateral sound /l/ are higher word-finally than intervocalically.

The phonological explanations of these acoustic regulations can be found in the rules of i) inter-vocalic voicing of plain stops, ii) syllable-final unreleasing of obstruents, iii) word-initial aspiration of stops, and iv) liquid alternation between [r] and [l].

Numerical data of all these acoustic regulations are reported in order to facilitate their application toward improving naturalness for speech synthesis and accurateness for speech recognition.

*강원대학교 영어영문학과
접수일자: 1994년 6월 10일

1. 서론

본 논문은 국어 자음의 단어내 위치에 따른 변이 현상을 음향 음성학적인 실험을 통하여 검증하고자 한다. 즉, 국어의 모든 자음을 단어초, 모음간, 단어말의 음운환경별로 분류한후, 자음구간의 길이, 진폭 상승곡선의 기울기, 포먼트의 위치등을 측정하여 각 음운환경에 해당하는 소리값의 변화를 제시하고자 한다. 국어음운론의 견지에서 볼 때, 이들 음운환경에서는 평음의 유성화 현상, 음절말 불파음화 현상, /ㄹ/음소의 [r]과 [l] 교체 현상 등이 있는 것으로 알려져 있다(예, Kim-Renaud 1974). 그런데 이와같은 국어 음운론계의 오랜 주장이 과연 음향기계상의 수치로도 입증이 되는가에 대한 답을 추구하려는 것이 본 장의 목표이다.

이와 같은 단어내 자음의 위치에 따른 음운 변이현상의 음향적 단서에 관한 선행 연구는 이전 국어 음성학계에서는 미진하였으므로 이번 연구는 새로운 시범 연구이긴 하나, 지엽적으로 관련이 있는 선행 연구는 다음과 같다. M. S. Han(1963~1968)과 C-W Kim(1970), M. Zhi(1990)는 국어 각 자음의 음향적 특성을 음운 환경이 일정한 음소별로 추출하였고, 이호영 외(1993)는 평음의 모음간 유성화 현상을 음향적으로 설명하였으며, 김명환 외(1984), 이영훈 외(1984), 조철우 외(1988), 장석재 외(1991) 등은 유·무성음과 묵음, 마찰음과 파찰음의 분류를 무작위 음운 환경에서 시도하였다. 본 연구는 이들 선행 연구에 기반을 두고 단어내 음운환경을 조절하여 자음 변이 현상의 음향적 단서를 찾아내고자 한다.

본 연구는 김종미(1993)에서 시범연구(pilot study)로 시도되었던 것을, 그 후 실험 환경을 충실히 하고(잡음 제거 등), 실험횟수를 증가시켜(10회) 이제 그 최종결과를 입증 발표하려는 것이다.

본 연구에서 실시하고자 하는 단어내 음운 환경별 자음의 음가는 첫째, 국어 음성학계에 음향 음성학적인 데이터를 제공한다는 점에서, 둘째, 국어 음운론계의 관계 이론(예 : /ㄹ/음소의 [r]과 [l]교체 현상)을 검증한다는 점에서, 셋째, 음성 인식/합성 기기를 위한 음성 언어자료를 제공한다는 점에서 다각적으

로 소용이 되었으면 한다. 본 연구의 기술 순서는, 먼저 실험 방법을 소개한 후, 음성학적인 데이터를 분석을 제시하고, 각 데이터의 음운론적인 의의를 설명하고자 한다.

II. 실험 방법*

실험은 4명의 남성 화자의 목소리를 총 10회 녹음하여 CSL(Computerized Speech Lab)과 Macintosh Computer의 Signalyze 프로그램을 통해 분석하였다. 녹음 자료는 국어의 모든 자음을 단어초, 모음간, 단어말의 환경으로 배치하고, 인접모음을 [아]로 국한시킨 CVCV(C)형태의 2음절 단어를 취하였다.

표 1. 녹음 자료(자음: 단어초/모음간/단어말 환경)

ㄱ: 가사/나가/가락	ㄴ: 나가/하나/가난	ㄷ: 다기/바다/세앗
ㄹ: 라마/나라/개발	ㅁ: 마사/가마/바람	ㅂ: 바다/사바/탄압
ㅅ: 사바/가사/XX	ㅇ: XX/상아/사랑	ㅅ: 자기/가자/XX
ㅈ: 차다/마차/XX	ㅋ: 카드/모카/XX	ㅌ: 타도/자타/XX
ㅊ: 파도/타파/XX	ㅎ: 하자/마하/XX	ㅍ: 까다/까까/XX
ㅌ: 따라/따따/XX	ㅃ: 빠다/나빠/XX	ㅍ: 싸리/비싸/XX
ㅍ: 자기/가자/XX		

위의 XX표시는 국어의 음운 제약상 해당음소가 단어내 해당환경에 나타날 수 없는 경우이다. 이상 43개 단어를 카드에 쓴 후, 순서를 뒤섞어 편안한 발화 속도, 크기, 높이로 읽게 하였는데, 녹음대상 화자는 표준어를 구사하는 25~35세 남성화자들로만 국한시켰다. 그리고 단어별 발음의 속도를 일정하게 유지하기 위하여, 공명자음(sonorant consonants: 비음, 유음 등)의 경우는 "각각 ... 자"라는 문장에 넣어 "각각 가난자"처럼 발음하였고, 장애음(obstruents: 폐쇄음, 마찰음 등)의 경우는 "이것은 ...입니다"라는 문장에 넣어 "이것은 가락입니다"처럼 발음하였다. 공명자음과 장애음의 경우가 다른 이유는, 공명자음이 단어초에 올 때는 인접음이 장애음이여야 해당 공명자음의 구간 판별이 정확한 반면, 장애음이 단어초에 올때는 인접음이 공명음이여야 해당 장애음 구간을 정확히 식별할 수 있기 때문이다. 단어말 장애음 녹

*이 글의 초고를 읽고 귀한 비평을 해주신 익명 1분과 고도홍, 송민석, 이호영, 정익주, 그리고 세 심사위원님들께 진심으로 감사드리고, 실험의 일부를 도와준 김경렬, 구자임, 김정임, 윤원희, 김영훈 학생들의 노고에 감사한다. 물론 논문의 오류는 모두 필자 자신의 책임이다.

음사 문제점은, 치찰음과 파찰음의 경우 “이것은 씨 [아십]니다” 처럼 단어말 /ㅅ/과 후속모음 /ㅣ/가 연음되는 것인데, 이 때문에 이들은 데이터에서 삭제하였다.

녹음 환경은 각 녹음회수마다 다른데, 최후의 실험은 방음 장치가 된 녹음실에서 녹음한 후, 22KHz로 sampling하여 A/D conversion한 데이터를 분석하였다.

그러면 이들 녹음된 자료를 각종 음향 파라메타에 비추어 측정된 자세한 내용을 살펴보기로 한다.

III. 실험 결과

본 연구에서 실험한 결과 각 음소는 단어내 환경에 따라 일정한 변화를 보여 주었다. 그 구체적인 내용을 수량화하여, i) 길이, ii) 진폭의 순으로 입증해 보여겠다.

3.1. 길 이

자음의 길이를 10회에 걸쳐 측정해 본 결과 자음의 길이는 단어내의 위치에 따라 일정하게 변화됨을 알 수 있었다. 그 측정 방법은 waveform과 스펙트로그램을 같은 시간축에 병렬시킨후, 이들 두 파형의 공통된 변화점을 참고로 하여 waveform선상에서 구간을 설정한 후, 추출된 부분이 해당 음가를 갖는지 청취를 통해 확인하여 정확하다고 인정되는 경우만을 데이터로 취하였다.

그런데, 자음 구간의 측정시, 장애음의 구간과 공명음의 구간은 묵음 부분의 유무로 인하여 측정 방법상의 차이가 있을 뿐만 아니라, 측정 결과 단어내 위치에 따른 음소 길이의 상대적인 장단도 서로 다르므로, 각 자음 길이의 측정 방법과 측정 결과를 아래 i) 장애음과 ii) 공명음을 별도로 하여 순서대로 살펴보기로 한다.

가. 장애음의 길이

장애음의 경우에는 기음구간과 마찰구간을 측정하였는데, 이들 구간의 길이는 단어내의 위치에 따라 상대적인 길고 짧음이 일정하게 변화함을 보여주었다. 우선 장애음 길이의 측정 방법을 설명한 후, 차후에 데이터를 분석하도록 하겠다.

장애음의 구간은 파열음의 경우 묵음 구간이 포함되고 마찰음 /ㅅ/의 경우는 묵음 구간이 없다. 또한 평음의 경우는 모음간에서 유성화될 가능성이 높다.

이에 전통적인 측정 방법은 단어초의 경우 묵음 구간을 뺀 발화개시시점(VOT: Voice Onset Time)을 (예, Han 1963~68), 모음간의 경우 묵음 구간을 포함한 자음 구간을 측정했고(예, K-O Kim 1975), 단어말의 경우 모음형성음(formants)이 사라지기 시작하는 부분부터 묵음이 시작되기 전 Decay Time을 측정하였다(예, Deborak 1977). 본 연구에서는 측정부위의 일관성을 위하여 모든 경우 유성모음과 북유구간을 제외한 무성 파찰 구간만을 측정 비교하였다. 즉, 파열음의 경우는 파열이 있는 후 상대진동이 시작되기 전까지의 VOT 구간을, 마찰음의 경우는 마찰 구간을 측정하였다. 구체적으로 국어 파열음의 VOT란 격음과 평음의 경우에는 기음구간이고, 평음의 경우에는 Voice Bar가 나타난 후 상대진동이 시작되기 전 구간이 된다. 그런데, 단어말 장애음의 Decay Time은 유성모음의 일부라는 점에서 이들 무성자음 구간과 성격이 다르므로 상호 비교 대상에서 제외시켰다.

측정 결과, 격음·평음의 길이는 아래 그림 1에 예시한 것처럼, 단어초가 모음간보다 더 긴 것으로 나타나, 격파열음 ㄱ, ㄷ, ㅌ는 모음간에서 평균 42%가 감소하고, 평파열음 ㄱ, ㄷ, ㅌ는 평균 85% 감소하였으며, 치찰음중 평치찰음 /ㅅ/은 62%, 비평치찰음 /ㅆ, ㅅ/은 33% 감소하였다. 평음은 VOT구간의 길이가 극히 미소하여(경파열음 ㄱ, ㄷ, ㅌ의 동일화사내 단어초 평균 17.1 msec, 모음간평균 15.2 msec), 단어초와 모음간 환경에서의 상대적 길이 비교를 신뢰할 수 없다고 판단되어(측정상은 11%) 데이터에서 제외시켰다. 한편 여기 보고한 감소치는 각 음소의 단어초의 지속시간을 100%로 보았을 때 모음간의 상대적 길이의 감소를 나타낸 것인데, 단어초 VOT의 고유지속시간을 연구한 논문으로는 Han & Weitzman (1970)이 있고, 모음간 자음의 폐쇄·기음구간의 고유지속시간을 연구한 논문은 지민재(1993)이 있다. 본 연구에서는 자체 실험을 통해 단어초의 지속시간을 설정하여 모음간의 상대적 길이 비교를 하였으며, 선행연구의 고유지속시간과 상충되는 바는 없는 것으로 판단된다.

그림 1은 장애음의 기음·마찰음 구간의 길이가 단어초의 환경에서 모음간의 환경보다 긴 것을 보인다. 특히 평음의 경우는 소위 “평음의 유성화”라고 불리는 현상에 의하여 모음간에서 기음 구간의 길이가 현저히 줄게 됨을 알 수 있다.(그림 1은 기음구간의 10

회 측정치의 평균값이며, 개별 측정치에는 0도 많았다. 단어말에서: 국어의 과음음이 분포하므로 기음 구간이 없다(예, 막 [mak⁷]). 이와 같은 단어내 환경별 길이 분포는 본 연구의 새로운 발견으로서 뒤에 4절에서 음성·음운 이론적인 의미를 논할 때 단어초 기음화 현상, 평음의 유성화 현상, 음절말 볼파음화 현상과 연관지어 설명하려 한다.

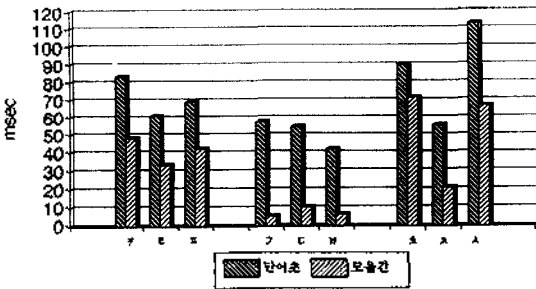


그림 1. 단어초와 모음간 환경에 따른 장애음의 길이변화

또한, 위 그림 1의 데이터에서 찾아볼 수 있는 현상은 단어초 장애음의 길이가 조음방법 별모도 격음 > 평음의 일정한 순서를 보인다는 것이다. 그런데 앞서 언급했듯이 경음의 VOT는 극히 짧으므로 격·평음의 상대적인 길이는 격음 > 평음 > 경음이 된다. 아래 도표에 그 측정치를 제시한다.

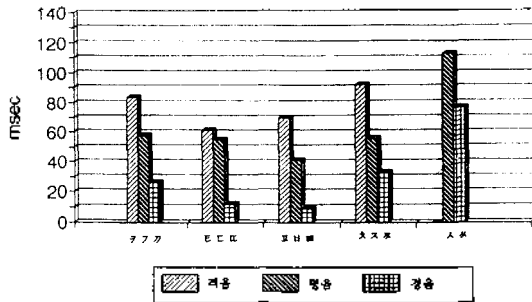


그림 2. 단어초 장애음의 길이

위 그림 2의 도표에서 보는 바와 같이 국어의 장애음의 길이는 단어초에서 격음 > 평음 > 경음의 길이 분포를 나타낸다. 모음간에서는 평음의 유성화 현상으로 인하여 /ㄴ/을 제외한 평음군의 길이가 현저히

줄게되므로, 조음방법별 길이 비교의 의미가 없어진다. 단어초 장애음의 위와 같은 길이 분포는 이미 선행된 연구(Han & Weitzman 1970)의 데이터에서 시사하는 바와도 그 결과가 일치한다. 이 결과는 뒤에 4절에서 음소간의 자연 부류 이론을 뒷받침하는 근거로 활용될 것이다.

이상 장애음의 길이를 분석한 결과 단어내 환경별, 조음 방법별로 일정한 음운 변이가 있음을 확인했다. 즉, 단어내 환경별 변이로서는 단어초 장애음의 길이가 모음간보다 길다는 것을 보였고, 조음 방법별 변이로서는 단어초에서 장애음의 길이가 격음 > 평음 > 경음의 길이 분포를 나타내는 것을 보였다.

나. 공명음의 길이

공명음의 길이를 측정하기 위해서는 “각각 ...자”라는 틀에 넣어 녹음하여 해당 자음의 구간 전체를 측정하였다. 선행 연구들도(예, Han 1965~68) 공명음의 경우에는 해당 자음의 구간 전체를 측정하는 것이 통례다.

측정 결과 공명음의 길이는 아래 그림 3에 예시한 것처럼, 종성 > 초성의 길이 분포를 나타내었다. 구체적으로는, 단어초와 모음간, 즉 초성의 발성에 소요되는 시간에 비하여, 단어말, 즉 종성의 발성에 소요되는 시간은 평균 116% 길어지는 것으로 관측되었다.

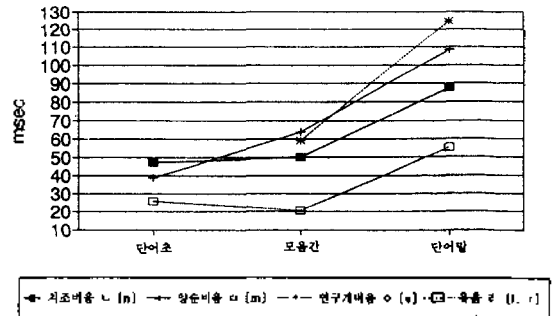


그림 3. 초성과 종성 환경에서의 공명음의 길이변화

여기에서 보듯이 단어초, 모음간의 경우보다 단어말의 경우 공명음이 길어지는 것을 볼 수 있다. 연구개비음 /g/의 경우, 국어의 음운 제약상 어두에는 나타나지 않는다. 그런데, 단어초와 모음간의 환경은 음절의 초성이 되고 단어말의 환경은 음절의 종성이

되므로 국어 공명음의 길이는 종성에서 길어짐을 알 수 있다. 이는 본 연구의 새로운 발견으로서 흔히 알려진 휴지할 장음화(Pre-pausal Lengthening)와는 무관한 현상이다. 본 연구에서는 “각각...자”라는 틀에 넣어 발음했기 때문이다.

여기 보고된 바, 공명음의 종성 > 초성의 길이 분포는 뒤에 4절에서 음성·음운 이론적인 의미를 논할 때 음절말 불파음화 현상과 /r/음소의 [r, l] 교체 현상과 연관지어 설명하려 한다.

지금까지 3.1 절에서는 장애음 및 공명음의 길이를 측정하여 장애음의 길이는 단어로 > 모음간의 길이 분포를, 공명음의 길이는 종성 > 초성의 일관성있는 분포를 보임을 보고하였다. 이와 같은 단어내 음운환경에 따른 음향 특성화적인 변이는 음성의 길이 뿐만이 아닌 다른 음향 파라메타에서도 계속하여 찾아볼 수 있다. 그러면 또 다른 음향 파라메타인 진폭(amplitude)과 포먼트(formants)를 연구해 보기로 한다.

3.2. 진폭곡선의 기울기

진폭곡선의 기울기는 Han(1965~68)에 의해 연구되었는데, 그에 의하면 장애음을 포함하는 음절의 진폭상승 시간(Amplitude Rising Time)이 평음 > 경음의 분포를 나타내는 것으로 보고되었다. 이 때 진폭 상승 시간이란 해당 음절의 진폭 곡선이 상승하기 시작하는 시점부터 상대적 소리의 크기 수치인 10dB에 도달할 때까지 걸리는 시간을 말하는데, 평음이 경음보다 더 많은 시간을 요한다는 것은 평음의 진폭 상승 곡선의 기울기가 경음의 경우보다 완만함을 나타낸다. 그 보고는 본 연구에서도 재확인되는데 아래 RMS(Root Mean Square) Envelope의 진폭의 기울기를 측정한 값을 제시한다. 데이터는 단어로에서만 취하였는데, 모음간에서는 평음의 유성화 현상으로

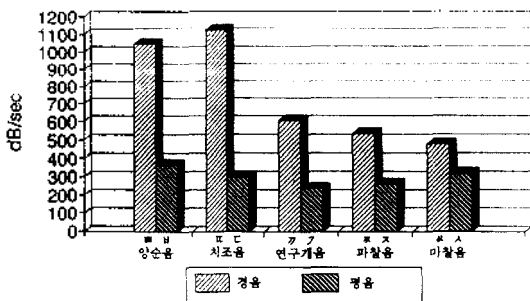


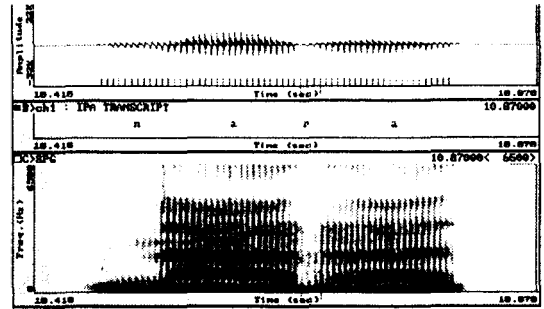
그림 4. 단어로 장애음의 진폭상승곡선 기울기

인해 진폭이 상승하기 시작하는 시점의 기본값이 너무 높아 데이터로서 부적절하다고 판단되었다.

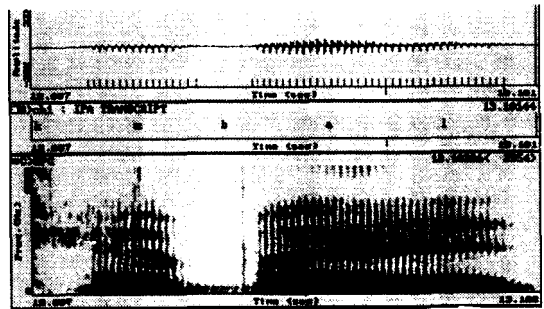
그럼 4.1 진폭이 상승하기 시작한 시점부터 Y축값이 10 dB이 될 때까지의 기울기를 측정했었는데, 그 계산 공식은(최대치 - 최소치) ÷ 진폭 상승 시간이다. 이 때 최대치는 10 dB이며 최소치는 진폭이 상승하기 시작한 시점의 Y축값으로 1-3 dB이다. 측정 결과 진폭 상승 곡선의 기울기가 경음의 경우는 평음의 경우보다 급경사임을 알 수 있다.

3.3. 설측음 /r/의 형성음

국어 /r/은 초성에서는 [r], 종성에서는 [l]처럼 들린다. 이를 국어의 ‘유음변이’ 현상이라 한다. 그런데, Fry(1979:120)의하면, [r]의 제3, 제4 형성음(F₃ & F₄)은 현저히 낮고, [l]의 제3, 제4 형성음은 현저히 높다고 한다. 따라서 본 연구에서는 국어 /r/의 형성음의 모양을 의미있는 것으로 추정하고 단어내 위치에 따른 변이를 관찰하였다. 아래 스펙트로그램을 보기로 하자.



(가) 초성[r]: “각각 나라자”중 /r/



(나) 종성[l]: “각각 개발자”중 /r/

그림 5. /r/의 형성음의 형태

위 그림 5에서 보는 바, 한국어 /ㄹ/의 실제음가는 초성인 (가)의 경우는 형성음이 낮은 위치에 미약하게 있는 [r]이, 종성인 (나)의 경우는 형성음이 비교적 높은 위치에 있는 [l]임을 알 수 있다. 즉, 같은 /ㄹ/이라 할지라도 단어내 위치에 따라 형성음의 형태가 달라진다.

이와같은 [r/l] 교체시 형성음의 형태차는 본 데이터에서 전반적으로 확인되었음에도 불구하고 이를 수치화 할 수는 없었는데, 그 이유는 다음과 같다. [r]의 형성음은 미약하거나 종종 일종의 폐쇄음인 탄설음[r]로 나타나 자신의 형성음을 아예 잃게되므로 굳이 형성음의 위치를 측정하려면 모음 시작점의 값(Onset Value)을 측정해야 하는 한편, 설측음 [l]은 자신의 형성음이 뚜렷이 있으며 후속모음과의 경계가 불분명하므로 자신의 형성음의 위치를 측정해야 한다. 이처럼 동일 측정부위를 찾을 수 없는 이유로 [r/l] 형성음의 측정치를 제시할 수 없는 것이다. 다만, [r/l] 교체현상의 더욱 확실한 측정치로서 유음 /ㄹ/의 상대적 길이의 10회 평균치가 초성 [r]은 23.0 msec 종성 [l]은 55.25 msec임을 밝힌다(그림 3 & 표 2 참조).

위에 논의할 형성음의 형태차는 뒤 4절에서 음성·음운이론적인 의미를 살필 때 /ㄹ/의 교체 현상의 일환으로 설명될 것이다.

현재까지 본 3절에서는 단어내 음운 환경의 변화에 따른 자음 변이 현상을 음향음성학적으로 고찰하여, 각 음향 파라미터로 측정해 본 데이터를 제공하고, 측정값의 일관성을 발견하였다. 그러면 이들 음향 음성학적 데이터가 시사하는 이론적인 의미는 무엇인가를 살펴보기로 한다.

IV. 음성·음운 이론적인 의미

본 절에서는 지금까지 제시한 데이터가 구체적인 자음 변이 현상들을 입증하는지 살펴본 후, 관계 음운 이론들에 시사하는 의미를 논하고자 한다.

4.1. 평음의 유성화 현상

평음의 유성화 현상이란 국어의 /ㄱ, ㄷ, ㅂ, ㅈ/는 모음간에서 유성화 된다는 현상인데(예, Kim-Renaud, P. 9), 앞서 3.1절에서 보는 바와 같이 이 환경에서 기음구간이 나타나기도 하므로 실지 음향학적으로 유성화 현상이 항상 관찰되는 것은 아니다. 다만 모음간의 장애음의 기음구간이 단어초 장애음의 경우

보다 짧아지는 현상인 것이다. 이와 같은 결과는 앞서 그림 1에서도 확인된 바 있다.

그런데, 본 연구에서는 이 때의 기음구간의 길이의 축소 역시 모음간 유성동화작용으로 풀이하고자 하는데, 평음이 인접 모음의 유성 성분에 영향을 받아 무성 성분인 기음구간의 길이가 짧아진 것이다. 이와 같은 유성 동화의 맥락에서 볼 때, 격음의 무성 성분인 기음구간의 길이도 모음간에서 짧아지는 것이 당연하며, 이미 유성 자음인 공명음의 길이는 인접 모음의 유성성분의 영향을 받아 유성 동화를 일으킬 여지가 없으므로 단어초의 길이나 모음간의 길이가 변화가 없는 것이다. 이 중, 격음의 모음간 기음구간의 축소는 앞서 그림 1에서, 공명음의 모음간 길이 불변은 앞서 그림 3에서 의미 확인된 바이다.

4.2. 음절말 불파음화 현상

음절말 불파음화 현상이란 국어의 음절말에 허용되는 자음은 ㄱ, ㄷ, ㅂ, ㅁ, ㄴ, ㅇ, ㄹ뿐이고, 그중에서도, ㄱ, ㄷ, ㅂ은 허파에서 나오는 공기의 흐름이 구강에서 차단된 상태에서 음절을 마치는 현상을 가리킨다(예, Kim-Renaud, P. 103). 조음적으로는, 국어 종성의 발음시 구강내 조음기관의 접촉(contact)이 해지되지 않는다.

이 현상은 본 연구에서 실시한 음향 음성학적 자료에 의해 다음과 같이 나타난다. 첫째, 장애음의 Decay Time이후에는 당분간 파열이 없으며, 둘째, 공명음의 길이는 음절말에서 최대값을 보인다는 것이다.

이 때, 장애음의 불파된 부분은 휴지(pause)와 구별이 불가능하므로 음절말 ㄱ, ㄷ, ㅂ 자음의 길이를 측정할 수 없으나, 공명음의 경우는 자음의 구간 관별이 손쉽다. 구간관별이 손쉬운 공명음의 경우, 단어말 공명음의 구간은 길어지는 것으로 나타나는데(그림 3 참고), 이것이 곧 조음기관의 접촉의 계속적 유지로 인한 장음화이다. 바꿔 표현하면, 외파가 없는 것에 대한 일종의 "상보적 장음화(Compensatory Lengthening)" 현상인 것이다. 본 실험에서는 특히 모든 공명음을 "각각 ...자"라는 틀에 넣어 측정하였으므로, 단어말 공명음 모두 휴지앞 장음화(Pre-pausal lengthening)를 겪을 수는 없다.

4.3. 단어초 기음화 현상

국어의 평음은 단어초에서 기음화되고, 국어의 격음은 단어초에서 그 기음의 세기가 더욱 거세어진다.

이와 같은 단어초 기음화 현상은 기음의 길이에도 반영이 되는데 앞서 그림 1에서 밝힌 바대로 이 위치에서 기음구간의 길이가 가장 길게 나타난다. 이는 벌언어적으로 단어초에서는 사음의 특성이 강해지고, 단어중과 단어말에서는 약해진다는 경향의 일환이나, 국어 음운론계에서는 명시된 바가 없는 현상이다.

이 현상의 음성학적 이유를 고찰해 보자면 이 위치에서는 장애음의 외파 성분이 가장 크기 때문이다. 모음간의 위치는 앞서 4.1절에서 설명한 바처럼 모음의 유성 성분의 동화로 인하여, 기음 성분은 약화된다. 다시 말해, 평음과 격음의 외파 성분은 곧 기음이므로, 기음 약화와 불과유화의 영향을 받지 않는 단어초의 위치에서 기음구간의 길이가 길게 나타나는 것이다.

4.4. /ㄹ/음소의 [r]과 [l] 교체 현상

국어의 /ㄹ/음소는 음절초에서는 [r]로 들리고 음절말에서는 [l]로 들린다고 알려졌다(예, Kim-Renaud, P. 66).

본 연구에서 제시하는 바, 이 두 변이음의 실제 음성파형에 나타나는 음가는 [r]과 [l]이며, 이들의 음의 길이는 [r]은 짧고 [l]은 길다. 단어초의 위치는 두음 법칙의 영향으로 /ㄹ/이 나타나지 않으나, 외래어 '라마'를 대상으로 실험해 화자가 자연스럽게 발음한 것만을 데이터로 취했다. 이상 논의된 [r]과 [l]의 교체에 관한 데이터의 신뢰도를 입증하기 위하여 아래 그 최대치와 최소치도 보고한다.

표 2. /ㄹ/의 길이

	[r] 라마	[r] 나라	[l] 개발
평균치	25.71	20.4	55.25
최대치	34.3	28.8	96.8
최소치	7.7	15.0	27.9

위 표 2에서 보면 10회 발음 중 최대치도, 최소치도 역시 [l]에서 더 길어짐을 알 수 있다. 그런데, 단어초와 모음간은 공히 음절초이고 단어말은 곧 음절말이므로, 국어의 /ㄹ/은 음절초와 음절말에서 그 음가의 변이를 보임을 알 수 있다. 그렇다면, 음절말에서 /ㄹ/이 길어짐은 왜일까? 본 연구에서는 이미 4.2절에서 음절말 불과화 현상 때문으로 풀이한 바 있다. 즉, 음절말에서는 구강내 조음기관이 맞닿아 있는 순

간이 길기 때문에, /ㄹ/의 길이가 길어지는 것이다. 이것 역시 흔히 알려진 휴지알 장음화(Pre-pausal Lengthening)의 현상과는 무관하다. 본 데이터의 '음운이 "각각 ... 사"라는 틀에 넣었기 때문이다.

이상 국어의 여러 음운 변이 현상을 입증하였다. 그러면 전체 음운 이론에 현 음향음성학적 실험연구가 시사하는 의미를 논하여 보기로 하자.

4.5. 음소간의 자연 부류 이론

그간 음운 이론에서는 음운 변이 현상이 자연 음소군(Natural of Phonemes)에 적용되는 경향이 있다고 주장하여 왔다(예, Chomsky & Halle, P. 330-335). 본 고에서는 단어내 환경에 따른 음운 변이 현상을 확인하였으므로, 이 현상 역시 자연 음소군 별로 적용되어야 할 것이다. 실제로 이러한 예측은 앞서 3절의 모든 현상에 적용된다. 즉, 자음의 길이는 장애음과 공명음이 각 군별로 일관성있게 변화했을 뿐 아니라, 격음, 평음, 경음이 각 군별로 일관성있게 변화하였고, 진폭도 평음과 경음이 각 군별로 일관성있게 변화하였다. 이는 음운 변이 현상의 자연 음소군별 적용을 입증하는 근거가 된다.

지금까지 본 음성 실험에서 조사한 음향 데이터의 유성·음운론적 의미를 고찰하여 보았다. 그러면, 이 데이터의 종합적인 특성을 요약함으로써 본 논문을 마감하기로 한다.

V. 결 론

본문에서 논했던 자음의 단어내 음운환경별로 본 음가변화를 요약하면 다음과 같다.

표 3. 사음의 단어내 음운환경별로 본 음가변화

- (가) 장애음의 길이는 단어초 > 모음간의 분포를 보인다.
- (나) 공명음의 길이는 총성 > 초성이다.
- (다) /ㄹ/의 F₂와 F₃는 모음간이 낮고 단어말이 높다.
- (라) 단어초 장애음의 길이는 격음 > 평음 > 경음의 분포를 보인다.
- (마) 과열음 음절의 진폭 상승 폭선의 길어짐은 경음 > 평음이다.

이중 (나)항은 동주제 선행연구가 없이 본 보고서

에서 최초로 연구한 것이며, (다, 라)항은 기존 연구(Fry, P. 120; Han & Weitzman, P. 115)에서 시사한 바를 본 연구에서 구체화 한 것이고, (가), (마)항은 기존 연구의 확인이다(Han III, P. 36; Han & Weitzman, P. 162).

본 연구는 음성 인식/합성을 위하여 자음의 음운 환경별 표준값을 제시한다는 점에서 인식의 정확도를 높이고 합성의 자연성을 구현할 수 있다. 앞서 제시한 데이터를 화자의 음의 고저, 발화 속도, 소리의 크기 등에 맞춰 적용(Normalize)시키면 인식의 정확도와 합성의 자연성을 향상시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 김명환, 김순협(1984). 유·무성음 및 묵음 식별에 관한 연구. 한국음향학회지, 제3권 2호.
2. 김종미(1993). 한국어 자음변이 규칙의 음향적 연구. 제10회 음성통신 및 신호처리 워크샵 논문집, 45-60.
3. 이영준, 이대영(1984). Switched Capacity Filter를 이용한 한국어 자음합성에 관한 연구. 한국음향학회지 제9권 1호, 30-38.
4. 이호영, 지민제, 김영송 (1993). 동사조음에 의한 변이 음들의 음향적 특성. 한글 220, 5-27.
5. 정석재 외 (1991). 한국어 마찰음 및 파찰음의 분석과 인식. 한국음향학회지, 제10권 5호, 27-36.
6. 조철우 외 (1988). 한국어 파열음의 규칙합성을 위한 파라미터 추정에 관하여. 제1회 신호처리 합동 워크샵 논문집, 51-54.
7. 지민제 (1993). 소리의 길이. 새국어생활, 제3권 제1호. 국립국어연구원.
8. Chomsky, N. & M. Halle (1968). *The Sound Pattern of English*. NY: Harper & Row.
9. Deborak, M. (1977). An acoustic correlate of the force of articulation. *Journal of Phonetics* 5, 61-80.
10. Fry, D. B. (1979). *The physics of speech*. Cambridge: Cambridge University Press.
11. Han, Mieko S. (1963-68). *Studies in the Phonetics of Asian Languages*. Vols. 1(Acoustic Phonetics of Korean), 2(Duration of Korean Vowels), 3(Acoustic Characteristics of Korean Stop Consonants), 5(Acoustic Features in the Manner Differentiation of Korean Stop Consonants), 7(Korean Affricates). University of California, Los Angeles.
12. Han, Mieko S. & R. S. Weitzman (1970). Acoustic features of Korean /P, T, K/, /p, t, k/ and /ph, th,

kh/. *Phonetica* 22.

13. Kim, Chin-Wu (1970). A theory of aspiration. *Phonetica* 21.
14. Kim, Kong-On (1975). The nature of temporal relationship between adjacent segments in spoken Korean. *Phonetica* 31, 157-273.
15. Kim-Renaud, Young-Key (1974). *Korean Consonantal Phonology*. Ph. D. dissertation, University of Hawaii: Hanshin.
16. Zhi, Minje (1990). Temporal structure of Korean plosives in /VCV/. *SICONLP '90*. Language Research Institute, Seoul National University, 369-374.

▲ 金 鍾 美 (Jong-mi Kim)

1959년 9월 14일생



1981년 2월: 문학사, 전북대 영어교육과

1983년 12월: M. A., Dept. of Linguistics, Univ. of So. California.

1986년 8월: Ph. D., Dept. of Linguistics, Univ. of So. California.

1987년 3월~현재: 강원대학교 영문과 부교수