

한국어 후두자질 공기 제약의 통계적 학습과 적형성 판단*

박나영
(서울대학교)

Park, Nayoung. 2020. Stochastic learning and well-formedness test of Korean laryngeal co-occurrence restriction. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology* 26.1. 51-87. This study explores Korean phonotactic grammars, focusing on laryngeal co-occurrence restrictions. This paper is composed of two main parts. In the first part, using a Maximum Entropy Model of Phonotactic Learning (Hayes and Wilson 2008), I ran a learning simulation for Native and Sino-Korean lexicons. Based on the statistical patterns of each lexicon, phonotactic constraints were created with their own weights, the magnitude of which reflects their gradient strength. Especially, the constraints of laryngeal marked features were learned. The resulting native grammars include laryngeal co-occurrence restrictions. On the other hand, Sino-Korean grammars include constraints with the tense feature. The latter part of this study concerns the psychological validity of laryngeal co-occurrence restrictions. A well-formedness judgment test was conducted with native speakers of Korean. The test results suggest that Korean speakers are aware of most laryngeal co-occurrence restrictions and the constraints with the tense feature which are part of the learned grammars. It is also shown that native and Sino-Korean grammars make independent contributions to explaining speakers' judgments found in the present experiment. In sum, this research shows that Korean phonotactic grammars can be learned from the lexicons of Korean, and that at least some important parts of the learned grammars are psychologically real. **(Seoul National University, PhD)**

Keywords: phonotactics, laryngeal co-occurrence restriction, Maximum Entropy

* 본고는 박사학위논문인 박나영(2020)의 일부를 수정하고 보완한 논문입니다. 본고에 대해 세심하고 의미 있는 의견을 주신 세 분의 심사위원과 지속적으로 지도해주신 전종호 선생님께 감사드립니다. 그럼에도 남은 본고의 오류는 모두 필자의 책임임을 밝힙니다.

1. 서론

본 연구의 목적은 어휘부에서 학습될 수 있는 한국어 음소배열제약의 후보를 제시하고, 이에 대한 한국어 화자의 심리적 실재를 파악하는 것이다. ‘음소배열제약’이란, 화자의 모국어 음소 연쇄에 대한 허용 및 회피에 대한 문법 인식을 말한다. 예를 들어, 한국어 화자는 /j/ 음소와 /i/ 음소의 연속이 가능하지 않다고 판단하는데, 대부분의 음운 이론에서는 이런 문법적 판단에 대해 */ji/와 같은 형태의 제약을 가정하여 포착하고 있다. 음소배열제약은 전통적인 관점에서 ‘문법’과 ‘비문법’ 혹은 ‘적형’과 ‘비적형’이라는 이분법적 관점으로 논의되었으나, 최근 다수의 연구는 비단어의 적형성을 판단하는 실험을 통해, 음소 연쇄의 적형성이 기본적으로 비범주적임을 밝히고 있다. 특히, 이러한 비범주적 문법성은 영어 화자를 대상으로 비단어의 단어성 판단 조사에 대한 다수의 실험 결과에 바탕을 두고 있다(Greenberg and Jenkins 1964, Scholes 1966, Ohala and Ohala 1986, Coleman and Pierrehumbert 1997, Frisch et al. 2000, Bailey and Hahn 2001, Hay et al. 2003, Shademan 2007, Hayes and Wilson 2008, Albright 2009, Daland et al. 2011).

이러한 배경에서 본 연구는 한국어 음소배열제약의 비범주적 성질을 포착하고 그 실재를 파악하는 것을 목표로 삼았다. 음운론 문법의 습득 시뮬레이션에 쓰이는 기계 학습 모델 중 가장 일반적이면서 효과적으로 알려진 ‘최대 엔트로피 음소배열제약 학습 모델(Maximum Entropy Phonotactic Learning Model, Hayes and Wilson 2008)’을 이용하여 한국어 어휘부에 존재하는 음소 연쇄의 회피 경향 및 강도를 파악하고 이를 문법적 제약 형태로 포착할 것이다. 학습 시, 고유어와 한자어의 음소배열제약이 상이하다는 선행 연구(권인한 1997, 강용순 1998, 채서영 1999, 신지영 2009, 안소진 2009, 박선우 외 2013, 남성현·김선희 2018)의 주장을 고려하여 고유어 어휘부와 한자어 어휘부를 나누어 별개로 탐색한다.

학습된 제약을 모두를 제시하고, 이에 대한 실재를 점검하는 것은 현실적으로 가능하지 않은 바, 선행 연구의 검증 및 실험 결과에 대한 해석이 비교적 용이하다고 판단된 ‘후두자질 공기 제한(laryngeal co-occurrence restriction)’을 중심으로 학습 제약을 보고하고, 이에 대한 심리적 실재를 논의한다. ‘후두자질 공기 제한(laryngeal co-occurrence restriction)’이란, 범언어적으로 관찰되는 후두자질상 유표적인 ‘방출음(ejective)’, ‘유기음(aspirate)’, ‘내파음(implosive)’등의 복수 발생 제한을 가리킨다(MacEachern 1999, Gallagher 2010 등). 한국어에 대해서도 [경음]과 [격음]의 공기 제한이 어휘부에 대해서 조사된 바 있으며(Ito 2014, Kang and Oh 2016, S. Kim 2016, H. Kim 2017), 동

적인 음운 과정에서도 후두자질 공기 제한의 관여가 논의되었다(Ito 2014, Kang and Oh 2016·2019).

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 2절에서 한국어를 대상으로 이제까지 논의된 후두자질 공기 제약을 검토하며, 후두자질 공기 제약의 실재 가능성을 제기한다. 3절에서는 후두자질 공기 제약을 학습하기 위한 최대 엔트로피 음소배열제약 모델을 소개하고 학습 시뮬레이션 과정을 다룬다. 4절에서는 각 어휘부에서 학습된 후두자질 공기 제약 및 후두자질 발생 제약을 제시하고, 5절에서는 모국어 화자의 적형성 판단 조사 과정과 결과를 분석한다. 6절에서는 연구 결과에 대한 남은 과제에 대해서 논의하고, 7절에서는 연구 성과를 요약하고 의의를 밝힌다.

2. 선행 연구: 한국어의 후두자질 공기 제약

이 절에서는 선행 연구(김경일 1985, Ito 2014, Kang and Oh 2016)가 한국어 어휘부를 대상으로 관찰한 음절두음 간 [격음]과 [경음]의(이하, ‘후두자음’) 공기 제약을 검토한다.

김경일(1985)은 2음절어인 고유어 어휘부를 대상으로 음절두음의 상대 빈도를 구하였다. 두 번째 음절두음 자질(O_2)을 기준으로 첫 번째 음절두음(O_1)의 비율을 제시하였는데, [자음]₁[경음]₂ 비율이 1이라고 가정했을 때, [경음]₁[경음]₂ 연쇄의 비율이 0.116인 것으로 보고하였다. 이 [경음]₁[경음]₂ 연쇄의 비율이 [경음]₁과 다른 자음 연쇄의 비율([경음]₁[평음]₂: 0.066, [경음]₁[격음]₂: 0.040, [경음]₁[Ø]₂: 0.076)보다 다소 높은 것으로 보고, [경음]₁[경음]₂ 연쇄의 선호를 언급하였다.

한편, Ito (2014)는 고유 단일어 어휘부를 대상으로, Kang and Oh (2016)는 전체 한국어 어휘부를 대상으로 음절두음 간 관찰 빈도/기대 빈도 비율(이하 O/E 비율, Pierrehumbert 1993)³을 제시하였다. 두 연구 모두 [경음]₁[경음]₂ 연쇄가 첫 번째 음절두음과 두 번째 음절두음에 위치하면, O/E 비율이 1보다

² Ø는 ‘음절두음 없음’을 의미한다(예: 가을 [ka.il]).

³ ‘O/E 비율’이란, 연쇄의 관찰 빈도를 기대 빈도로 나눈 값이다. 여기서 기대 빈도는 특정 언어에서 아무런 제약 없이 음소 x 와 y 가 자유롭게 연쇄를 이룬다고 가정할 때에 해당 언어에서 xy 음소 연쇄가 발생할 수 있는 빈도를 뜻한다. 해당 연쇄의 O/E 비율이 1보다 작으면, 해당 연쇄가 어휘부에서 과소 표상(under-represented)된 것으로 보고 회피 연쇄로 판단한다. 그리고 해당 연쇄의 O/E 비율이 1보다 크면 과표상(over-represented)된 것으로 보고 선호 연쇄로 판단한다.

크다는 것을 보인다(Ito 2014 '2.30₁⁴, Kang and Oh 2016 '2.35₁). 반면, [격음]₁[경음]₂ 연쇄는 O/E 비율이 1보다 작다(Ito 2014 '0.80₁⁵, Kang and Oh 2016 '0.33₁). 그 외에도 O/E 비율이 1보다 작은 연쇄는 [격음]₁[격음]₂ (고유어: Ito 2014 '0.44₁), [경음]₁[격음]₂ (전체 한국어: Kang and Oh 2016 '0.81₁)으로 관찰되었다. 이상 선행 연구가 밝힌 후두자질 공기 제약을 다음 <표-1>에서 정리한다.

표 1. 한국어의 후두자질 공기 제약: 선행 연구⁶

선행 연구 공기 유형	고유어		전체 한국어	
	김경일 (1985)	Ito (2014) ⁷	Kang and Oh (2016)	
	O ₁ -O ₂	O ₁ -O ₂	O ₁ -O ₂	O _n -O _{n+1}
[격음][격음]	=	▼	=	=
[격음][경음]	=	▼	▼	=
[경음][격음]	=	=	=	▼
[경음][경음]	▲	▲	▲	▲

<표-1>을 살펴 보면, 후두자질 공기 제약은 연구자마다 달리 기술되어, 제약의 실재를 확정하기 어렵다. 이는 각 연구마다 대상 어휘부 및 제약을 규정하는 기술 통계량이 달랐기 때문으로 보인다.

먼저, 대상 어휘부에 따라 후두자음([격음]과 [경음])의 분포가 다를 가능성을 고려할 수 있다. 다수의 연구(권인한 1997, 강용순 1998, 신지영·차재은 2003, 신지영 2009, 안소진 2009)는 한자어 어휘부에서 [경음] 발생이 매우 제한된다는 점을 지적하였다.⁸ Kang and Oh (2016)도 한자어 어휘부와 고유어 어휘부의 음소배열제약이 다를 가능성을 언급하며, 전체 한국어 어휘부에서

⁴ '1'은 각 선행 연구에서 보고한 O/E 비율을 나타낸다.

⁵ Ito (2014)는 카이제곱 검정(chi-square test) 결과 해당 연쇄의 O/E 비율이 통계적으로 유의미하지 않다고 보고한다.

⁶ '▼'는 발생 저지, '▲'는 발생 촉진을 뜻한다. '='은 발생에 영향을 미치지 않음을 뜻한다.

⁷ Ito (2014)는 삼음절로 구성된 고유 단일어 어휘부에서 후두자질 연쇄가 두 번째 음절두음과 세 번째 음절두음(O₂-O₃)에 위치하는 경우와 첫 번째 음절두음과 세 번째 음절두음(O₁-O₃)에 위치하는 경우도 보고하였다. 그러나 그 절대 빈도가 매우 낮아, O/E 값이 공기 관계를 뒷받침하기에 충분하지 않았다.

⁸ 한국 한자음은 '쌍(雙), 씨(氏), 꺽(喫)'과 같은 예외를 제외하면, 기저부터 경음으로 실현될 수 없다고 본다. 이는 한국 한자음이 자음 체계 내에 평음과 격음만 존재했던 고대 한국어 시기에 수입된 것에 비롯된다. 이러한 점을 알려주신 심사위원께 감사드린다.

한자어가 차지하는 비율이 크기 때문에 전체 한국어 어휘부와 고유어 어휘부 간 후두자질 공기 관계가 상이할 수 있다는 것을 언급하였다. 이에 따라, 학습 어휘부의 차이가 충분히 탐색될 필요가 있다.

다음으로, 선행 연구에서 이용한 기술 통계량이 제약을 정당하기에 충분한지를 검토한다. 선행 연구에서 이용한 상대 빈도(김경일 1985)와 O/E 비율(Ito 2014, Kang and Oh 2016)은 음소배열제약의 존재 여부 및 강도를 판단할 수 있는 기준으로서 적절하지 않을 수 있다. 상대 빈도는 두 분절음 중 어느 한 분절음의 빈도를 기준으로 해당 연쇄의 회피 여부를 파악할 수 있는데, 두 분절음 중 무엇을 기준으로 삼느냐에 따라 제약의 방향성이 정해진다. 일반적으로 연구자들은 순방향과 역방향 중 하나를 임의로 선택한다. 그러나 음운 규칙이 적용되는 방향이 연쇄마다 다르다는 것을 고려하면, 상대 빈도를 계산할 때 방향을 임의의 하나로 고정하면 다양한 음소배열제약을 충분히 포착하지 못할 가능성이 있다. 또한, 상대 빈도의 통계적 유의미성을 검정하는 방식도 충분히 논의되지는 않았다. 한편, O/E 비율도 음소배열제약을 충분히 파악하기 어려운 척도다. 연쇄의 발생 빈도가 5이하인 경우, O/E 비율의 통계적 유의미성을 파악하기 어려우며, Wilson and Obdeyn (2009)에서 지적한 바와 같이 음소별 위치에 따른 발생 제한이 있을 때 그 위치 효과를 배제하지 못한다는 한계가 있다.

이러한 검토를 바탕으로, 실제 한국어 화자들이 인식하는 후두자질 공기 제약을 파악하기 위하여 고유어와 한자어 어휘부에 대한 독립적인 탐색이 필요하며, 통계적으로 정당화된 기계학습 방법 도입이 요구된다. 이에 따라, 본 연구가 시행한 학습 시뮬레이션을 3절에서 소개한다.

3. 학습 시뮬레이션

이 절에서는 최대 엔트로피 음소배열제약 모델을 소개하고, 본 연구의 구체적인 학습 자료 및 학습 조건을 살펴본다.

3.1 최대 엔트로피 음소배열제약 모델

‘최대 엔트로피 음소배열제약 모델(Hayes and Wilson 2008)’은 음운론적 위배 형태에 비적형성 정도를 수치로 부여하는 모델로, 문법을 구성하는 제약 및 가중치는 어휘부로부터 귀납적으로 학습된다.

먼저, 제약 학습부터 다룬다. 이 모델은 학습자에 주어진 자질 목록과 자질 형식을 바탕으로 가능한 유효성 제약(*[자질][자질]) 집합을 생성하고 이

집합에서 크게 두 가지 기준으로 제약을 선택한다. 첫번째 기준은 정확도(accuracy)다. 정확도란, 제약 C_i 가 기대보다 실제 어휘부에서 위배되는 정도, 즉, ‘제약 위배의 관찰 빈도/기대 빈도 비율($O[C_i]/E[C_i]$)’을 뜻한다. 여기서 기대 빈도는 가능한 모든 음운론적 형태 집합에서 해당 연쇄가 위배될 수 있는 빈도로 정의된다.⁹ 제약 위배의 관찰 빈도가 낮고 기대 빈도가 클수록, 정확한 제약을 의미한다. 만약 제약 A 의 정확도가 $1/1000$ 이라면, 제약 A 는 모든 가능한 음운론적 형태 집합에서 1000번 위배될 것으로 기대되나 실제 어휘부에서는 1번만 위배된다. 한편, 제약 B 의 정확도가 $1/10$ 이라면 제약 B 는 모든 가능한 음운론적 형태 집합에서 10번의 위배가 기대되나 실제 어휘부에서 1번의 위배가 관찰된다. 이러한 경우, 제약 A 의 위배는 제약 B 위배보다 드물 것으로 예측되며, 제약 A 가 제약 B 보다 효과적이며 강력한 제약으로 판단된다. 문법 학습 과정에서 정확도 수준이 낮은 제약부터 연구자가 임의로 정한 정확도 수준에 이르는 제약까지 단계적으로 문법에 추가되는데, 보통 최대 정확도는 0.3에서 0.35 사이로 정해진다.

두 번째 기준은 일반성(generality)이다. 제약의 일반성은 결합되는 자질 매트릭스 수가 짧고, 제약을 이루는 자질의 수가 적으며 더 많은 자연 부류(natural class)를 포함하는 것으로 판단된다. 예를 들어, $*[+high][+high]$ 와 $*[+high][+high][+back]$ 의 정확도 수준이 동등하다면, 결합 자질 매트릭스가 짧은 $*[+high][+high]$ 가 제약으로 선택된다. 또한, 제약을 이루는 자질의 수가 많은 $*[+anterior, +coronal][-back, +syllabic]$ 와 제약을 이루는 자질의 수가 적은 $*[+coronal][-back]$ 의 정확도 수준이 동등하다면, 더 많은 자연 부류를 포함할 수 있는 $*[+coronal][-back]$ 이 제약으로 선택된다.

이와 같이 선정된 제약에 가중치가 할당된다. 학습자는 어떠한 연쇄가 금지되는지에 대한 부정적 증거에 접근할 수 없기 때문에, 관찰된 형태의 발생 확률을 최대화함으로써 관찰되지 않는 형태의 발생 확률을 최소화하는 가중치를 찾아야 한다. Hayes and Wilson (2008)은 최적의 가중치 찾기 방법으로 $O[C_i]-E[C_i]$ 가 0이 될 때까지 가중치를 찾는 Hill-Climbing search 방법을 채택한다. 제약의 회피 강도가 셀수록, 제약의 가중치 값은 높게 할당된다.

학습 결과, 가중치가 할당된 문법을 구성할 수 있으며 이 문법을 통해 표면형의 적형성을 구할 수 있다. 표면형의 적형성은 해당 형태가 위배하는 제약의 가중치를 더한 값, 즉, ‘비적형성 점수(score)’로 나타낸다. 아래 (1)에 보인 바와 같이 상수 e 를 밑으로 하고 비적형성 점수를 음의 지수값으로 취

⁹ 현실적으로 가능한 모든 음운론적 형태 집합을 계산하기는 불가능하므로, Hayes and Wilson (2008: 393)은 기대 빈도를 추정하는 계산 방식을 적용하였다.

함으로써 최대 엔트로피 값(maxent value)을 구할 수 있고, 전체 연쇄의 최대 엔트로피 값의 합으로 나누면 연쇄의 발생 확률을 구할 수 있다.

(1) 최대 엔트로피 값과 발생 확률의 계산

- a. 최대 엔트로피 값(e^H) = $e^{-(\text{비적형성 점수})}$
- b. 해당 연쇄의 발생 확률
= (해당 최대 엔트로피 값) / (전체 최대 엔트로피 값의 합)

최대 엔트로피 음소배열제약 모델의 장점은 다음 세 가지로 볼 수 있다. 첫째, 제약 선정이 통계적으로 뒷받침된다는 것이다. 선행 연구가 사용한 상대 빈도 또는 기술적 O/E 비율과 달리, 한 언어의 자질 목록에 따라 예측되는 모든 제약의 집합을 기준으로 제약 위배의 기대 빈도와 관찰 빈도를 계산하여 제약을 선정한다. 그 결과, 특정 위치 및 방향에 영향을 받지 않고 빈도가 낮은 연쇄를 효과적으로 포착할 수 있다.

둘째, 문법을 이루는 제약은 자연 부류를 포착할 수 있는 자질(feature)로 구성된다. 다수의 연구에서 분절음 자체의 빈도를 기술하여 음운론적 일반화가 어려웠으며, 음운론적 자질을 활용하더라도 연구자가 임의적으로 정한 것이었다. 이에 비해, 최대 엔트로피 음소배열제약 모델은 통계적으로 유의미한 자연 부류를 연구자의 개입없이 일반화할 수 있다.

셋째, 다양한 음운론적 이론을 반영하고 평가할 수 있다. 인접한 바이그램 뿐만 아니라 세 분절음, 네 분절음 연쇄, 비인접 제약(예: 모음조화, 음절두 음 공기 제약)을 다룰 수 있다. 이 모델은 다양한 음운론적 구조를 반영할 수 있다는 점에서 영어 어두 자음군(Albright 2009, Daland et al. 2011)뿐만 아니라, 다른 언어에 대해서도 적용되었다(암하라어: Colavin 2013, 케추아어: Gallagher 2013, 아이마라어: Gallagher et al. 2019). 그 과정에서 개별 언어 화자의 비범주적 적형성과 모델의 예측이 유의미한 상관 관계를 보였다.

이러한 세 가지 장점과 기존 연구 성과를 바탕으로 본 연구에서는 최대 엔트로피 음소배열제약 모델이 개별 언어를 종합적으로 파악하고 화자의 비범주적 적형성을 확인하는데 적합하다고 판단한다. 다음 3.2절에서 이 모델이 구현된 ‘UCLA 음소배열제약 학습 프로그램(UCLA Phonotactic Learner)’을 사용하여, 학습 시뮬레이션을 진행하는 방법을 소개한다.

3.2 학습 시뮬레이션 방법

‘UCLA 음소배열제약 학습자’는 어휘부의 연쇄 분포를 모델에 주어진 자질 목록과 학습 조건에 부합하여 제약 및 그 가중치를 습득한다. 아래 UCLA 음소배열제약 프로그램에 입력할 어휘부를 3.2.1절에서 제시하고, 3.2.2절에서 자질 목록 및 학습 조건을 기술한다. 본 연구의 학습 시뮬레이션은 어휘부 별 5회씩 진행되었다.

3.2.1 학습 자료

본 연구는 단일 형태소인 명사 어휘로만 구성하였다. 그 이유는 한국어 화자가 ‘비단어(nonce word)’의 적형성을 판단할 때, 비단어를 단일 형태소인 명사 어휘로 인식하고 관련 음소배열제약을 사용할 가능성이 높다고 보았기 때문이다. 영어 음소배열제약을 다룬 Hayes and White (2013)에서도, 단일 형태소를 학습 대상으로 삼은 바 있다. 이를 통해, 영어 화자가 비단어를 단일 형태소로 인식할 가능성을 고려하는 동시에 복합어의 특수한 음소배열제약을 배제할 수 있었다. 이에 더하여, 본 연구가 품사를 명사로 제한한 이유는 명사가 한국어 전체 어휘의 절대 다수를 차지하며, 차용어/신조어 등 새롭게 수용된 단어의 품사 대부분이 명사이기 때문이다. 본 연구는 한국어 화자의 실제 어휘부에 가까운 학습 자료를 구성하고자, 「한국어 사용 빈도」(강범모·김흥규 2009)의 일반 명사(NNG) 목록에서 사전에 등재되고 사용 빈도(token frequency)가 5이상인 단어를 선별하였다.

기계 학습은 전체 학습 자료를 고유어와 한자어로 구분하여 두 개의 목록을 대상으로 진행하였다. 고유어는 선행 연구(김경일 1985, 한성우 2006, Ito 2007, Hong 2010)에서 한국어 화자의 어휘부를 대표한다고 가정되었으며, 고유어 관련 음소배열제약이 한국어 화자의 문법에 여겨졌다. 한편, 한자어는 한국어 명사 어휘부에서 높은 비율을 차지하고 있기 때문에 한자어 관련 음소배열제약이 한국어 화자의 문법에 실재할 가능성이 있다. 고유 단일어 명사 목록에는 1,749개 단어, 한자 단일어 명사 목록에는 5,590개 단어가 포함되었다. 최대 엔트로피 음소배열제약 모델 학습을 위해서는 최소 3,000개 이상의 단어가 필요하기 때문에, 고유어 어휘 목록은 두 배로 복사하여 사용하였다. 이상의 학습 대상 단어들은 대부분 표준국어대사전에서 제공하는 발음형으로 학습 프로그램의 입력 자료로 투입되었다.

3.2.2 자질 목록 및 학습 조건

본 연구는 한국어 음소에 대한 선행 연구(Hayes and Wilson 2008, Cho 2012)의 자질 명세를 대부분 따랐다. 자음, 활음, 모음 모두에 성절성[syllabic], 자음성[consonantal], 접근성[approximant], 그리고 공명성[sonorant] 자질값이 할당되었다. 자음의 주요 조음위치 자질은 +자질 하나만을 명세하며, 음절두음과 음절말음 정보를 제약에 반영하기 위하여, [+/-rhyme] 자질(Hayes and White 2013)을 사용한다. 본 연구의 중심 대상인 후두 자질 명세를 살펴보면, 평음은 [tense] -, [aspirate] -, 경음은 [tense] +, [aspirate] -, 격음은 [tense] -, [aspirate] +가 명세되었다. 한편, 모음은 전/후설, 고/저, 원순/평순 자질, 그리고 ATR 자질을 부여한다. ATR 자질은 모음조화 관련 제약을 포착하기 위해 명세하였다(강옥미 2011, Hong 2010). 활음은 자음과 마찬가지로 [+/-rhyme] 자질을 명세하는 동시에 ATR 자질을 제외한 모음자질을 명세한다. 전체 자질 목록은 <부록-1>에 실는다.

본 연구의 중심 제약인 후두자질 공기 제약을 확인하기 위해서, 자질 [tense]와 [aspirate]를 투사한 저해음 음절두음 층위를 설정하였다. 기타 선행 연구에서 논의된 조음위치 자질 제약과 모음조화 제약을 확인하기 위하여, 추가적인 모음 층위와 조음위치 자질 층위를 설정하였다. 이를 아래 <표-2>에 정리한다.

표 2. 투사 층위 설정

	투사 층위	투사 자질
음절두음: 후두자질	[-sonorant, -rhyme]	tense, aspirate
자음: 조음위치 자질	[+consonantal]	labial, coronal, dorsal
모음: 모음조화 자질	[+syllabic]	high, ATR

비인접 층위 제약은 선행 연구에서 최대 세 개의 분절음에 걸쳐 기술되었으므로(Hong 2010, Kang and Oh 2016), 비인접 제약 학습 시 자질 매트릭스가 최대 세 개까지 조합될 수 있도록 하였다. 한편, 인접 층위 제약은 최대 결합 자질 매트릭스의 수를 둘로 제한한다. 정확도(O/E)는 0.3 수준으로 맞추고, 최대 학습 제약의 수는 제한하지 않는다. 또한, 학습 시뮬레이션에서 ‘상보적 자연 부류(complement natural classes)’를 허용한다. ‘상보적 자연 부류’란 명세된 자질이 가리키는 자연 부류 외 분절음을 가리키며, 기호 ‘^’로 나타낸다. 예를 들어, [^-aspirate, -tense, +labial]는 ‘[p]를 제외한 분절음’을 의미한다.

다. 이 자연 부류를 사용함으로써, 보다 일반적이고 해석이 용이한 제약을 학습할 수 있다(Hayes and Wilson 2008: 391).

4. 학습 결과

Hayes and Wilson (2008) 모델에서 제약이 통계적으로 선택되기 때문에 각 학습 문법은 다소 제약 구성이 달라 보이지만, 궁극적으로 예측하는 적형성은 유사하다. 본 연구는 각 학습 문법 중 Hayes and Wilson (2008)의 방식을 따라 5절에서 보고할 한국어 화자의 적형성 판단 조사 결과와 가장 낮은 상관 관계를 보이는 문법을 제시한다. 학습 결과 고유어 문법은 118개의 제약으로 이루어졌으며, 한자어 문법은 109개의 제약으로 구성되었다. 그 중 고유어와 한자어 어휘부에서 각각 학습된 후두자질 층위 제약을 제시하고, 후두자질 공기 제약이 학습되었는지를 확인한다. 이에 더하여, 후두자질 층위 제약과 상호 작용할 수 있는 후두자질 발생 제약을 제시한다.¹⁰

4.1 후두자질 층위 제약

고유어 문법과 한자어 문법은 각각 다른 후두자질 층위 제약을 포함한다. 먼저, 고유어 문법에 포함된 후두자질 층위 제약을 아래 <표-3>에 제시한다.

표 3. 후두자질 층위 제약: 고유어

번호	제약	가중치	의미	예외
a	*[[^] asp,-tns][+asp]	1.95	*[격음, 경음][격음]	까치, 해파리
b	*[+asp][+tns]	1.79	*[격음][경음]	토끼, 팔찌
c	*[[^] asp,-tns]	1.53	*[격음, 경음]	그저께, 버들치
d	*[[^] asp,-tns][+asp]	1.36	*[격음, 경음][격음]	-

고유어 문법으로 *[경음][경음]을 제외한 후두자질 공기 제약(표 3a-b)이 학습되었다. 선행 연구(Ito 2014, Kang and Oh 2016)에서 부분적으로 보고한 후두자질 공기 제약이 모두 학습된 것이다. 추가적으로, 저해음인 세 음절

¹⁰ 자질을 나타내는 약어의 의미는 다음과 같다.

syl=syllabic, cons=consonantal, appr=approximant, son=sonorant, cont=continuant, strid=strident, nas=nasal, ant=anterior, asp=aspirate, tns=tense, cor=coronal, lab=labial, dor=dorsal, rhy=rhyme, bk=back, rnd=round, #=[+word_boundary], []=[-word_boundary] (segments)

두음 연쇄에서 [격음, 경음]의 단독 발생이 세 번째 위치에서 제한되고(표 3c), [격음, 경음][격음]이 첫 번째와 두 번째에 위치하는 것이 회피되는 것이(표 3d) 새롭게 포착되었다.

고유어 문법과 달리, 한자어 문법은 후두자질 공기 제약은 포함하지 않고, [경음] 회피 제약을 포함한다. <표-4>에서 요약하였듯이, 한자어 문법은 [경음]이 다른 [저해음]에 앞서거나(표 4a) 어두 위치에 발생하는 것(표 4b)을 제한한다.

표 4. 후두자질 총위 제약: 한자어

번호	제약	가중치	의미	예외
a	*[+tns][]	3.55	*[경음][저해음]	깁연
b	*#[+tns]	1.77	*#[경음]	쌍, 약간

<표-3>과 <표-4>의 결과는 학습 어휘부에 따라 한국어 후두자질 공기 제약이 달리 학습될 수 있다는 것을 예측한다.

4.2 인접 제약: 후두자음 포함 제약

후두자음([격음]과 [경음])의 제한적 분포는 인접 제약으로도 다수 포착되었다. 이 중 주요한 후두자음 회피 경향을 중심으로 제시한다. 고유어 문법과 한자어 문법에서 공통적인 회피 경향부터 살펴본다. 먼저, [격음]은 [저해음] 뒤에 잘 오지 못한다. 아래 <표-5>에서 제시하였듯이, 고유어 및 한자어 어휘부에서 [p, t, k][k^h], [pp^h]가 공통적으로 제한되는 한편, [pt^h] 연쇄의 발생이 고유어 문법에서 추가적으로 저지된다.

표 5. 제약 *[저해음][격음]

번호	어휘부	제약	가중치	의미	예외
a	고유어	*[-son,+lab][+lab]	1.97	*[p][p', p ^h]	-
b		*[-son][-tns,+dor]	1.91	*[p, t, k][k ^h]	-
c		*[-son,+cor][-tns]	1.91	*[t][p ^h , t ^h , c ^h , k ^h , h]	-
d		*[-son,+lab][+ant,-tns]	1.81	*[p][t ^h]	-
e	한자어	*[-son,+cor,+rhy]	3.35	*[t]\$	긱
f		*[-syl][+asp,+dor]	2.41	*[자음][k ^h]	-
g		*[-son,+lab][-tns,+lab]	1.65	*[pp ^h]	집필

이 제약들은 [저해음][격음]의 회피를 기술한 선행 연구(고유어: 김경일 1985, 전체 한국어: 유재원 1997)와도 일치하며, Cho (2012)의 학습 문법에도 포함된 바 있다.

또한, [경음]도 [공명음] 뒤에 잘 오지 못한다. 특히, 선행 연구(고유어: 김경일 1985, 전체 한국어: 유재원 1997)가 관찰한 바와 같이 [모음, 비음]에 후행하여 [경음] 발생이 저지되는 편이다. 다만, 한자어 문법은 [모음, 비음][경음] 일반을 제한하지만, 고유어 문법은 [모음, 비음] 뒤에 경음 [k']의 발생을 비교적 허용하는 것으로 보인다. 이를 <표-6>에 정리하여 제시한다.

표 6. 제약 *[공명음][경음]

번호	어휘부	제약	가중치	의미	예외
a	고유어	*[+nas,+ant][+tns,+cor]	2.51	*[n][t', s', c']	-
b		*[+nas][+tns,+lab]	2.37	*[n, m, ŋ][p']	-
c		*[+son,+lab][-cont,+tns,+cor]	2.32	*[m][t', c']	-
d		*[+cons,+rhy][+tns,+cor]	2.18	*[모음][t', s', c']	버찌
e		*[+cont][+tns,+dor]	1.91	*[lk']	-
f	한자어	*[+nas,+rhy][+tns]	3.94	*[n, m, ŋ, 모음][경음]	만끽
g		*[+cont,+rhy][+tns,+dor]	2.48	*[모음, 유음][k']	태권
h		*[+cont,+rhy][+tns,+lab]	1.84	*[모음, 유음][p']	-
i		*[+nas,+rhy][+tns,+cor]	1.64	*[모음, 비음][t', s', c']	-

[유음][경음]에 대해 살펴보면, 고유어 문법과 한자어 문법은 [lk'] 연쇄 발생을 공통적으로 저지하고(표 6e, g), [lp'] 연쇄 발생은 한자어 문법에서만 제한된다(표 6h). 이러한 회피 경향은 한국어 구문에서 관형사형 어미 ‘-르[-l]’에 후행하여 [p', k']가 생산적으로 경음화되는 현상(예: 할 것[lk']이다)과는 배치된다.

다음으로 고유어 문법과 한자어 문법에서 특징적으로 포함된 제약을 기술한다. 고유어 어휘부에서는 어중 [h] 회피(표 7a), [n][t^h, p^h, k^h] 회피(표 7b-d)가 문법의 일부로 학습되었다.

표 7. 고유어 특정 제약

번호	제약	가중치	의미	예외
a	*[+cont,+asp]	2.89	어중 [h] 금지	나흘
b	*[-appr,+cor][-str,+asp]	1.88	*[t, n][t ^h]	-
c	*[-appr,+cor][+asp,+dor]	1.80	*[t, n][k ^h]	-
d	*[-appr,+cor][+asp,+lab]	1.61	*[t, n][p ^h]	-

한편, 한자어 어휘부에서는 어두 [kʰ] 회피(표 8a), 어두 *[t, c'](표 8b), [lpʰ] 회피(표 8c)가 문법의 일부로 학습되었다.

표 8. 한자어 특정 제약

번호	제약	가중치	의미	예외
a	*#[+asp,+dor]	3.97	*#[kʰ]	깨자
b	*#[-cont,+tns,+cor]	2.65	*#[t', c']	-
c	*[+cont][+asp,+lab]	1.67	*[lpʰ]	살포

지금까지 고유어와 한자어 어휘부를 대상으로 학습된 후두자질 공기 제약과 후두자질 관련 인접 제약을 개괄하였다. 고유어 어휘부에서 인접 제약을 고려하더라도, 후두자질 공기 제약이 학습되었다는 것을 알 수 있었다. 또한, 학습 어휘부에 따라 학습된 격음과 경음 포함 연쇄의 회피 제약 종류가 달랐다. 실제로 한국어 화자의 문법이 어떤 어휘부의 학습 결과를 어느 정도로 반영하는지에 탐색이 요구되며, 이에 대해 5절에서 다룬다.

5. 모국어 화자의 적형성 판단

이 절에서는 모국어 화자가 후두자질 공기 제약에 관한 심리적 판단의 결과와 4절에서 제시한 문법들의 예측과 비교함으로써 기계 습득된 문법의 현실성 및 설명력에 대한 검증을 하고자 한다. 5.1절에서는 적형성 판단의 자극 구성과 과정 및 피실험자 정보를 제공한다. 5.2절에서는 문법 모델의 예측과 적형성 판단의 예측을 비교하고, 5.3절에서는 구체적으로 주요 조건인 후두자음 발생 유형에 따라, 고유어 문법과 한자어 문법이 비단어에 부과한 비적형성 점수와 적형성 판단 점수를 제시하고 후두자질 발생 및 공기 제약의 실재에 대해 점검해 보고자 한다.

5.1 연구 방법

한국어 비단어를 만들어 실험 자극으로 제시하고, 한국어 모국어 화자들을 대상으로 실험 단어의 음운론적 적형성을 리커트(likert) 척도에 따라 판단하도록 하였다. 실험에 사용한 비단어는 2음절어와 3음절어로 구성되어 있으며, 철자 및 음성녹음 두 가지 형태로 피실험자들에게 제시되었다. 모든 피실험자는 한 가지 유형에만 참가하였다.

5.1.1 조사 단어 생성

실험 자극은 포함된 후두자음의 종류(격음, 경음), 개수(0, 1, 2) 및 단어 내 위치(1, 2, 3음절)를 기준으로 다양하게 생성되었다. 각 음절은 음운론적 복잡성을 최소화하기 위해 개음절(CV)로만 구성되었고, 음절두음은 저해음(obstruent) 중에서 조음위치 자질 회피 제약(OCP)의 영향을 받지 않도록 조음위치가 다른 것들로 이루어졌으며, 모음은 [i, i, u, ʌ, o, a] 중에서 선택되었다.

위의 조건을 만족하는 모든 가능한 단어들로 후보군을 일차 작성하였고, 그 중에서 피실험자들의 응답결과에 대한 해석이 용이하도록 후두자질 공기 제약 이외의 제약들을 최소로 위배하는 단어들을 위주로 선별하였다. 구체적으로는 고유어 문법(고유 단일어 명사 어휘부를 입력자료로 삼아 습득된 문법)이 부여한 비적형성 점수가 낮은 것 위주로 2음절어 139개(C₁VC₂V, 예: 차파, 꼬빠), 3음절어 114개(C₁VC₂VC₃V, 예: 파코두, 또빠기)를 선정하였다. 이에 더하여, 기타 제약까지 위배하는 단어를 임의적으로 선별하였다. 이에 해당하는 것은 2음절어 18개(예: 카티, 띠커), 3음절어 38개(예: 크프더, 프디커)다. 덧붙여, 사전에 등재되어 있고 후두자음을 포함하는 12개의 실제 한국어 단어들의 발음 형태를 필러(filler)¹¹로 포함시켰다.

5.1.2 조사 과정

피실험자의 중심 과제는 제시된 실험 단어의 음운론적 적형성을 판단하여 해당하는 점수로 응답하는 것이다. 조사 진행시, 피실험자에게 단어의 발음만을 기준으로 실제 한국어 단어로 들릴 가능성이 높으면 7점, 그럴 가능성이 낮으면 1점에 가깝게 응답하도록 요청했다.

철자 형태의 실험 자극을 사용한 실험의 진행 과정은 다음 (2)와 같다. 전체 소요 시간은 약 30-40분 정도 걸렸다.

(2) 실험 진행 과정: 철자 형태

- a. 1단계: 실제 한국어 단어의 발음형 20개를 임의적인 순서로 제시하여 연구 참여자가 발음에 집중할 수 있도록 하였다.

¹¹ 필러로 사용된 단어의 목록은 다음과 같다. 괄호 안의 표기는 사전에 등재된 철자이다.

뽕개(뽕개), 떡뽕(떡비), 삽까(삽가), 직뿌(직부), 다끼(닭이), 가빠(가빠), 호코(호호), 처푸(첩후), 구과(국화), 이팍(입학), 섬코(섬코), 죽피(죽피)

- b. 2단계: 연습 단계로써, 선행 연구에서 언급된 비적형 연쇄(예: [pi, ci, ti])를 포함하는 비단어 12개를 제시하여 피실험자가 1-7점 사이의 점수 매기기에 익숙하게 하였다.
- c. 3단계: 본 조사 단계로써, 제시된 실험 단어에 대해 1-7점 사이의 점수를 사용하여 적형성을 표시하게 하였다.

음성 녹음 형태의 실험 자극을 사용한 실험의 진행 과정은 다음 (3)과 같다.

(3) 실험 진행 과정: 음성 형태

- a. 1단계: 연습 단계로써, (위 2단계에서 쓰인) 연습 단어들을 듣고 점수로 응답을 하게 하였으며, 그리고 들은 발음을 한글로 직접 쓰도록 하였다.
- b. 2단계: 본 조사 단계로써, 들은 실험 단어에 대해 1-7점 사이의 점수를 이용하여 적형성을 표시하게 하였다.

전체 소요 시간은 약 40-60분 정도이다. 조사에 쓰인 음성 녹음은 서울말 화자인 저자의 발화를 녹음한 것으로 68dB로 정규화하였다.

5.1.3 피실험자

서울대 학생 커뮤니티 사이트(스누라이프) 및 페이스북에 조사 링크를 게시하여 만 19세 이상 한국어 모국어 화자를 모집하였다. 조사 항목에 모두 응답한 참여자는 총 112명이다. 이 중 모든 비단어에 대해서 똑같은 점수로 응답한 두 명을 제외한 110명을 분석대상자로 삼았다. 피실험자의 수 및 실험 유형별 응답 분포를 다음 <표-9>에서 제시한다.

표 9. 피실험자의 수 및 실험 유형별 응답 분포

유형	음절수	형태	피실험자	분석 대상	응답수	분석 응답
1	2	철자	43	42	6,594	6,594
2		음성	17	16	2,512	1,691
3	3	철자	32	32	4,864	4,864
4		음성	20	20	3,040	1,959

자극 형태가 음성인 경우, 피실험자는 비단어를 본 연구에서 의도한 것과 달리 인지하기도 하였다. 이에 따라, 피실험자가 비단어 발음형을 본 연구에

서 의도한 것에 부합하여 기입한 경우만을 분석에 반영하였다. 예를 들어, 피실험자가 ‘파찌’에 대해서 ‘팔지, 팻지, 파치’ 등으로 발음형을 기입한 경우, 이에 대한 적형성 판단 점수는 분석에서 제외된다.

5.3 결과

본 장에서는 실험 자극에 대해 피실험자들이 부여한 적형성 판단 점수의 분석 결과를 제시한다. 구체적인 결과 분석에 앞서, 자극으로 철자와 음성녹음을 사용한 실험의 결과를 비교한다. 철자 과제에 대한 응답 점수 평균은 2.79, 음성 과제에 대한 응답 점수 평균은 3.15로 음성 과제에 대한 응답이 다소 높았다. 두 응답 점수를 로그로 변환하여 상관 관계를 분석한 결과,¹² 두 상관 관계가 상당히 높게 나타났다($r(307) = 0.802, p < 0.001$).¹³ 따라서, 이후 제시하는 결과 분석은 필요한 경우가 아니면 자극의 형태를 구분하지 않기로 한다.

5.3.1 실험 관찰과 문법 예측 비교

4절에서 습득된 문법들이 실험 결과로 관찰된 모국어 화자의 적형성 판단과 일치하는 예측을 하는지 알아보기 위해, 실험 자극별로 피실험자 적형성 판단의 평균 점수와 문법들이 부여한 비적형성 점수를 비교하기로 한다.

먼저, 전체 자극에 대한 적형성 판단 점수와 고유어 및 한자어 문법의 비적형성 점수의 상관 관계를 분석하면, 두 문법 모두 유의미한 음의 상관 관계를 보인다(고유어 문법: $r(307) = -0.557$, 한자어 문법: $r(307) = -0.556$). 이 결과는 어휘부를 바탕으로 습득된 문법들의 예측이 실제 한국어 화자들의 적형성 판단과 어느 정도 일치하며, 고유어 문법과 한자어 문법의 일치도가 유사한 수준이라는 것을 알 수 있다.

¹² 상관 분석시 두 과제의 응답 점수를 자연지수 e 가 밑인 로그로 변환하였다. 두 과제의 응답 점수 간 편차를 줄이고 정규성을 높이고자 하였다. 이후, 학습 점수와 응답 점수 간 상관 분석 및 회귀 분석시에도 동일한 방식으로 학습 점수와 응답 점수를 변환함을 밝힌다.

¹³ 철자와 음성녹음 두 가지 실험 자극을 사용한 선행 연구의 결과와 비교해 볼 때, 본 실험의 상관관계는 높은 편인 것으로 보인다. 예를 들어 Bailey and Hahn (2001: 580)은 0.60의 상관관계를 보고하고 있다.

자극 음절수에 따른 상관 관계를 <표-10>에서 살펴보면, 2음절어와 3음절어 과제 각각에서 한자어 문법이 고유어 문법보다 더 높은 상관 관계를 보였다.

표 10. 적형성 판단 점수와 어휘부 문법별 비적형성 점수의 상관 계수

어휘부 문법	전체	자극 음절수	
		2음절어	3음절어
고유어 문법	-0.557	-0.475	-0.681
한자어 문법	-0.556	-0.799	-0.750

<그림-1>에서 고유어 문법 비적형성 점수와 적형성 판단 점수와의 상관 관계도, <그림-2>에서 한자어 문법 비적형성 점수와 적형성 판단 점수의 상관 관계도를 제시한다.

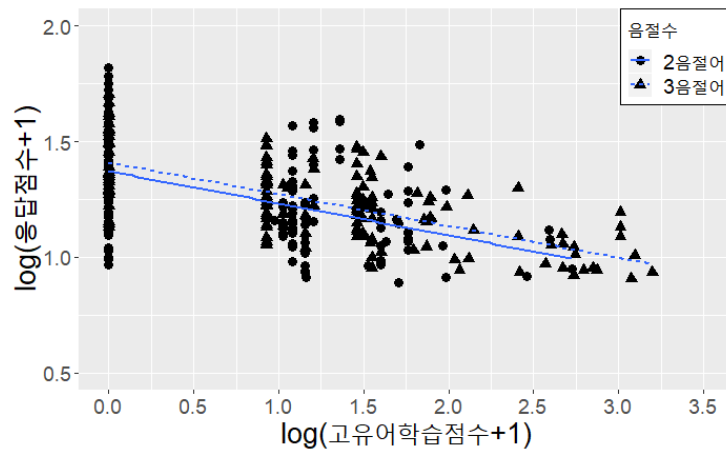


그림 1. 고유어 문법 비적형성 점수(x축)와 적형성 판단 점수(y축)의 상관 관계

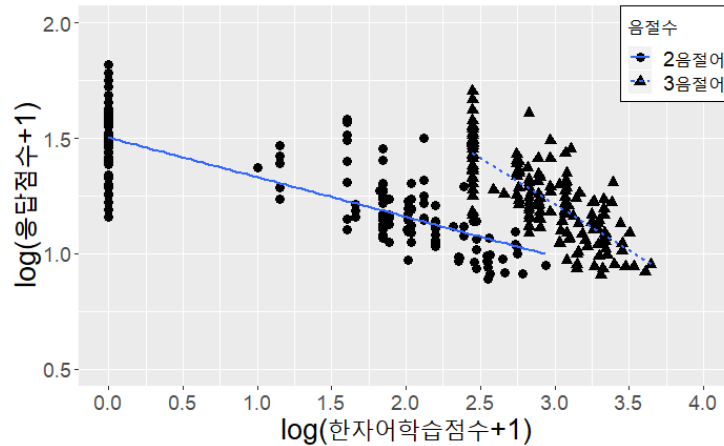


그림 2. 한자어 문법 비적형성 점수(x축)와 적형성 판단 점수(y축)의 상관 관계

문법 예측과 실험 관찰 사이의 일치 여부 및 일치 정도에 대해서 좀 더 엄밀한 통계적 분석을 실시하기 위해, 혼합 효과 선형 회귀 분석 모델을 도입하였다. 통계 분석은 R (R Core Team 2019)로 진행하였으며, lmerTest 패키지 (Kuznetsova et al. 2017)의 lmer 함수를 이용하였다.

피실험자의 ‘적형성 응답 점수’를 종속 변인(log 변환)으로 삼았다. 독립 변인은 고정 요인과 임의 요인 두 가지를 모두 포함하였는데, 고정 요인은 문법이 부여한 비적형성 점수(log 변환)와 실험 자극 음절수, 그리고 실험 자극 유형이고, 임의 요인은 피실험자와 비단어다. 고정 요인 중 각 어휘부의 학습 비적형성 점수는 연속적인 수치인 한편, 실험 자극 유형과 실험 자극 음절수는 범주적인 요인이다.¹⁴

학습 문법 비적형성 점수와 실험 자극 음절수의 상호 작용항을 포함하여 우도비율 검정(likelihood ratio test)을 진행한 결과, 최소 요인 적합 모델은 다음 <표-11>과 같다.

¹⁴ 이 두 범주적 요인에 ‘sum 코딩’을 할당하였다. ‘sum 코딩’은 ‘deviation 코딩’, ‘effect 코딩’으로 불리기도 하는데, 범주적 변인의 주효과(main effect)를 파악하기 위해 쓰인다. 이 코딩 시스템은 특정 레벨(level)별 종속 변인의 평균을 종속 변인의 전체 평균(grand mean)과 비교한다. 이 때, 독립 변인의 레벨 중 하나의 레벨은 전체 평균과의 비교에서 제외된다.

표 11. 혼합효과 선형 회귀 분석 결과(고정 요인)

	계수 (Est.)	표준오차 (SE)	자유도 (df)	t값	유의성 (Pr> t)
절편값(Intercept)	1.88	0.05	415.51	37.64	<0.001***
고유어 비적형성 점수	-0.07	0.01	306.17	-8.57	<0.001***
한자어 비적형성 점수	-0.22	0.02	311.79	-13.59	<0.001***
자극 음절수[3음절어]	0.31	0.05	416.88	6.25	<0.001***
한자어 비적형성 점수: 자극 음절수[3음절어]	-0.07	0.02	312.17	-4.42	<0.001***
자극 유형[철자]	-0.05	0.03	107.44	-2.03	0.045*

고유어와 한자어 문법의 비적형성 점수가 높을수록 모두 적형성 판단 점수는 낮으며, 계수의 절대값을 기준으로 볼 때, 한자어 문법의 비적형성 점수가 고유어 문법의 비적형성 점수보다 적형성 판단 점수에 영향이 더 크다는 것을 알 수 있다.¹⁵ 그럼에도 우도비율 검정 결과, 고유어 문법은 최종 통계 모델에서 제외될 수 없었다($\chi^2(1) = 66.52, p < 0.001$). 이는 한자어 문법 뿐만 아니라 고유어 문법도 실험 결과를 설명하는 것에 독립적인 기여를 하고 있다는 것을 의미한다.

이 외에도 실험 자극의 음절수 및 한자어 문법 비적형성 점수와 실험 자극 음절수의 상호 작용, 그리고 실험 자극 유형도 모델 적합에 기여하였다. 실험 자극의 음절수 요인부터 살펴보면, 자극이 3음절어일 때, 응답 점수가 음절수 전체 응답 점수 평균(2음절어와 3음절어)보다 높은 것으로 추정되었다. 모국어 화자의 적형성 판단 점수의 평균을 구하면, 2음절어 유형에서 2.93, 3음절어 유형에서 2.81로, 3음절어 유형에 대한 점수가 더 낮다. 그러나

¹⁵ 이러한 결과만으로 한국어 적형성 판단에 한자어 문법의 영향력이 고유어 문법의 영향력보다 더 크다고 일반화하기는 어렵다. 앞서 5.1.1절에서 밝힌 바와 같이 본 연구의 비단어는 후두자질 공기 제약을 포함하는 고유어 문법을 기준으로, 후두자음(격음, 경음) 관련 제약만을 최소로 위배한다. 이에 비해, 한자어 문법은 단어 선별에서 특별히 고려되지 않았다. 이에 따라, 본 실험의 비단어 구성에서 한자어 학습 제약의 관여도가 고유어 학습 제약의 관여도보다 컸다. 그 결과, 적형성 판단에 한자어 문법의 영향력이 고유어 문법의 영향력보다 우세하였을 가능성이 있다. 다만, 이러한 가능성을 고려하더라도 본 연구의 주요 대상인 후두자질 공기 제약과 이 제약을 포함한 고유어 문법이 적형성 판단에 독립적으로 기여한다는 점은 변함이 없다. 추후 적형성 일반에 대한 각 어휘부 문법의 영향력을 비교하기 위해서는 한 심사위원께서 말씀해 주신 바와 같이 다양한 유형의 제약을 대상으로 고유어 문법과 함께 한자어 문법 조건이 동등하게 고려되어야 할 것이다.

통계 분석 결과, 다른 요인들을 모두 제외하는 경우 3음절어가 2음절어보다 선호된다고 예측되었다. 또한 한자어 비적형성 점수가 적형성 판단 점수에 미치는 영향이 실험 자극의 음절수에 따라 다른 것으로 분석되었다. 본 연구의 한자어 어휘부는 대부분 2음절어로 구성되어, 한자어 학습 문법은 3음절어 회피 제약을 포함하였다(예: *□□□ ‘단어 내 세 개 모음 금지’, 가중치 8.94). 이에 따라, 한자어 문법은 2음절어에 비해 3음절어에 대한 적형성 판단 점수가 매우 낮을 것으로 예측하지만, 실제 적형성 판단 점수의 평균은 한자어 문법의 예측만큼 낮지 않았다. 반면, 고유어 문법 비적형성 점수와 실험 자극 음절수의 상호 작용은 모델 적합에 기여하지 못하여 최소 요인 적합 모델에서 제외된다($\chi^2(1) = 0.78, p = 0.38$). 마지막으로, 자극 유형을 살펴보면 철자 과제인 경우, 음성 과제보다 전반적인 점수가 낮은 것으로 보였다. 다만, 이 과제 효과는 0.045 수준 정도로만 유의미하다.

이상에서, 한국어 화자의 심리적 적형성 판단을 나타내는 실험 결과와 어휘부를 바탕으로 습득된 문법의 예측을 비교하였다. 그 결과, 어휘부에서 학습된 제약이 한국어 화자의 인식과 유의미한 상관 관계를 보인다는 점을 확인하였으며, 개별 어휘부 문법의 부분적인 기여도를 파악할 수 있었다.

5.3.2 격음/경음 발생 유형별 학습 점수와 응답 점수

이 소절에서는 격음/경음 발생 유형에 대한 한국어 화자의 인식을 알아 보고, 학습 모델의 예측과 비교한다. 5.3.2.1절에서는 실험의 주요 조건인 후두자음 발생 유형에 따라, 고유어 문법과 한자어 문법이 비단어에 부과한 비적형성 점수의 평균을 구한다. 5.3.2.2절에서는 실제 피실험자가 비단어에 응답한 적형성 판단 점수를 제시하고, 이를 5.3.2.1절의 학습 점수와 비교한다.

5.3.2.1 학습 점수

첫째, 고유어 문법과 한자어 문법 모두 후두자음 발생이 두 개인 경우가 한 개인 경우보다 비적형성 점수가 높다. 후두자음 개수가 많을수록 화자의 적형성 판단 점수가 낮을 것으로 예측된다.

표 12. 후두자음 개수에 따른 비적형성 점수

후두자음 개수	고유어 문법	한자어 문법
0	0.99	4.45
1	1.65	8.48
2	4.05	14.46

둘째, 다음 <표-13>과 같이 후두자음의 종류에 따른 비적형성 점수가 어휘부에 따라 달리 예측되었다.

표 13. 후두자음 종류에 따른 비적형성 점수¹⁶

격음	경음	고유어 문법	한자어 문법
Y	N	2.61	6.92
N	Y	2.24	15.18

고유어 문법이 격음을 포함한 자극(격음 Y, 경음 N)에 부과한 비적형성 점수의 평균(2.61)은 경음을 포함한 자극(격음 N, 경음 Y)의 비적형성 점수의 평균(2.24)보다 다소 높다. 반면, 한자어 문법이 경음을 포함한 자극(격음 N, 경음 Y)에 부과한 비적형성 점수의 평균(6.92)이 격음을 포함한 자극(격음 Y, 경음 N)에 부과한 비적형성 점수의 평균(15.18)보다 두 배 이상 높다. 이에 따라, 한자어 문법에서 경음 발생 회피를 강하게 예측하는 것을 확인할 수 있다.

셋째, 각 어휘부 문법은 단어 내 후두자음의 공기 위치에 따라 비단어의 적형성 판단 점수가 다를 것을 예측한다. 고유어 문법에 관해 <표-14>에서 살펴보면, 고유어 문법은 3음절어인 비단어($C_1VC_2VC_3V$)에서 후두자질 공기가 C_2-C_3 위치에서 발생할 때 비적형성 점수를 가장 높게 부과한다.

표 14. 후두자질 공기 위치별 비적형성 점수: 고유어

공기 유형 \ 위치	2음절어	3음절어		
	C_1-C_2	C_1-C_2	C_2-C_3	C_1-C_3
[격음][격음]	3.05	5.11	5.92	4.2
[경음][격음]	3.44	5.52	7.6	4.01
[격음][경음]	3.52	4.55	6.52	3.95
[경음][경음]	1.63	3.19	4.92	4.29

¹⁶ Y = 후두자음 한 개 또는 두 개, N = 후두자음 비발생

인접한 음절에서 발생하는 [경음][경음]을 제외한 후두자질 공기 형태들은 제약 *[^][asp, -tns][+asp](표 3a)와 제약 *⁺[asp][+tns](표 3b)를 위배한다. 3음절어에 나타나는 후두자질 공기 유형은 발생 및 공기 위치별로 제약에 더하여 추가적인 제약을 위배하기도 한다. 3음절어 C₁-C₂에 위치하는 후두자음 연쇄는 제약에 더하여 제약 *[^][asp, -tns][+asp] (표 3d)까지 위배하고, 3음절어 C₂-C₃에 위치하는 후두자음 연쇄는 추가적으로 제약 *[^][asp, -tns] (표 3c)가 위배된다. 한편, [격음][격음] 연쇄가 3음절어 C₂-C₃에 위치할 때에는 제약과 함께 제약 *⁺[asp][+tns] (표 3b), 제약 *[^][asp, -tns] (표 3c)가 위배된다. 한편, 3음절어에서 후두자음이 C₁-C₃에 위치하는 경우 모두 세 번째 후두자음 단수 발생 제약 *[^][asp, -tns] (표 3c)만이 위배된다.

한편, 한자어 문법은 비단어 내 [경음] 발생 위치에 따라, 비단어 간 비적형성 점수의 차이를 예측한다. <표-15>를 보면, 한자어 문법은 후두자질 공기 유형 중 삼음절 비단어에서 경음이 C₂에 위치할 때 비적형성 점수가 높은 편이다.

표 15. 후두자질 공기 위치별 비적형성 점수: 한자어

공기 유형 \ 위치	2음절어	3음절어		
	C ₁ -C ₂	C ₁ -C ₂	C ₂ -C ₃	C ₁ -C ₃
[격음][격음]	2.37	14.71	14.51	15.28
[경음][격음]	7.33	17.71	22.47	20.3
[격음][경음]	7.71	24.48	18.46	19.97
[경음][경음]	12.48	27.88	28.1	24.64

[경음][격음], [경음][경음] 유형이 C₂-C₃ 위치할 때, 비적형성 점수가 높은 이유는 후두자질 층위 제약 *⁺[tns] (표 4a)과 함께 *⁺[모음][경음] 제약(표 6)이 위배되기 때문이다. 또한 [격음][경음] 유형은 C₁-C₂ 위치에서 비적형성 점수가 가장 높은데, 그 이유는 이 유형의 비단어에서도 *⁺[모음][경음] 제약(표 6f-i)을 위배하며, 비단어의 C₂-C₃에 위치한 [경음][평음] 비인접 연쇄가 제약 *⁺[tns] (표 4a)를 위배하기 때문으로 볼 수 있다.

지금까지 고유어 및 한자어 문법이 비단어에 대해 부과한 비적형성 점수를 후두자음의 발생 개수, 종류, 그리고 후두자질 공기 위치에 따라 제시하였다. 고유어 문법과 한자어 문법은 모두 비단어의 후두자음 발생 개수가 많을수록 비적형성 점수를 높게 예측한다는 점에서 공통적이다. 그러나 고유어 문법은 후두자음의 종류에 따른 비적형성 점수의 차이를 크게 예측하지 않지만, 한자어 문법은 경음이 포함된 비단어의 비적형성 점수를 격음이

포함된 비단어의 비적형성 점수보다 높게 예측한다. 또한, 고유어 문법은 3음절어에서 후두자질 층위 제약이 포착한 후두자질 공기 위치에 따른 비적형성 점수의 차이를 예측한다. 반면, 한자어 문법은 3음절어에서 경음의 발생 위치에 따라 비적형성 점수의 차이를 예측한다. 이러한 학습을 바탕으로 각 어휘부 문법에서 포착된 후두자음 발생 및 공기에 대한 제약이 화자의 직관에 실재하는지를 알아보도록 한다.

5.3.2.2 적형성 판단 점수

실제 피실험자의 적형성 판단 점수를 확인하고, 각 문법에서 예측된 학습 점수와 비교한다. 첫째, 피실험자의 적형성 판단 점수는 자극의 후두자음 개수가 0, 1, 2인 순서로 낮아진다(없음: 4.18, 한 개: 3.22, 두 개: 2.45). 이는 고유어와 한자어 문법이 예측하는 바와 일치한다.

표 16. 후두자음 개수에 따른 응답 점수

전체 자극 단어	응답 점수	2음절어	응답 점수	3음절어	응답 점수
0	4.18	0	4.27	0	4.00
1	3.22	1	3.25	1	3.17
2	2.45	2	2.37	2	2.52

둘째, 후두자음 중에서 격음만으로 구성된 실험 자극과 경음만으로 구성된 실험 자극을 대상으로, 적형성 판단 점수를 구한다(격음: 3.32, 경음: 2.52). 그 결과, 경음을 포함한 자극에 대한 피실험자의 적형성 판단 점수는 격음을 포함한 자극보다 낮다. 이러한 결과는 고유어 문법의 예측과는 일치하지 않고 한자어 문법에서 예측된 바와 일치한다.

표 17. 후두자음 종류에 따른 응답 점수¹⁷

격음	경음	적형성 응답
Y	N	3.32
N	Y	2.52

셋째, 후두자질 공기 위치에 따라 적형성 판단 점수의 차이가 다소 있는 것으로 보인다. 다음 <표-18>에서 요약하였듯이, 3음절어인 비단어에서 [격

¹⁷ Y = 후두자음 한 개 또는 두 개, N = 후두자음 비발생

음][격음], [격음][경음], [경음][격음] 유형이 C₂-C₃에 위치하는 경우에 적형성 판단 점수가 가장 낮은 편이며, [경음][경음] 유형은 각각 C₂-C₃, C₁-C₃에 위치하는 경우의 적형성 판단 점수(C₂-C₃: 2.18, C₁-C₃: 2.15)가 C₁-C₂보다 약간 낮다.

표 18. 후두자음 종류에 따른 응답 점수

공기 유형 \ 위치	2음절어	3음절어		
	C ₁ -C ₂	C ₁ -C ₂	C ₂ -C ₃	C ₁ -C ₃
[격음][격음]	2.98	3.06	2.69	2.95
[경음][격음]	2.22	2.41	2.30	2.65
[격음][경음]	2.21	2.47	2.38	2.51
[경음][경음]	1.90	2.29	2.18	2.15

이러한 경향은 후두자질 공기가 C₂-C₃에 위치한 3음절어 비단어에 대해 고유어 문법이 높은 비적형성 점수를 부과한다고 예측하는 것과 어느 정도 일치하는 것으로 보인다. 특히, [격음][격음] 유형이 포함된 비단어에서 격음의 공기 위치에 따라 보이는 적형성 판단 점수 차이는 고유어 문법의 예측에만 부합한다.

후두자음 발생 유형별 학습 점수와 응답 점수를 비교해 본 결과, 어휘부를 중심으로 학습된 문법이 ‘후두자질 발생 및 공기 제한’에 대한 화자의 인식을 어느 정도 예측할 수 있음을 확인하였다. 특히, 경음 발생 저지에 대한 인식은 한자어 문법을 따르는 것으로 보이고 후두자질 공기 위치에 대한 적형성 인식은 고유어 문법을 따르는 것으로 보인다.

6. 논의

이 절에서는 5절의 실험 결과를 바탕으로, 한국어 음소배열제약의 실재를 파악하기 위해 남은 과제를 논의한다.

6.1 단어 부류 판단과 적형성 판단과의 관계

적형성 판단 조사 응답에서 한자어 문법의 영향이 고유어 문법의 영향보다 더 큰 이유에는 여러가지 해석의 여지가 있다. 그 중 한자어 어휘부가 한국어 명사에서 차지하는 비중이 크기 때문에 화자들이 비단어를 한자어로 보고 한자어에서 잘 나타나지 않는 경음에 대한 적형성을 낮게 두었을 가능성

을 중심으로 논의한다. 이를 위해, 적형성 판단 조사와 별도의 조사를 진행하여 실제 한국어 모국어 화자가 실험에 쓰인 단어를 어떠한 부류로 인식하는지를 확인하고자 하였다.

앞서 적형성 판단 조사에 쓰인 비단어 309개를 이용하여, 피실험자는 제시된 단어의 부류를 고유어 또는 한자어로 인식하는지 양자택일하도록 하였다. 실험은 온라인으로 진행되었으며, 한국어 모국어 화자 48명이 참여하였다.

양자 택일 조사 결과, <표-19>에서 보듯이, 격음과 경음이 발생하지 않는 비단어(N)에 대해, 한자어 응답 비율이 고유어 응답 비율보다 높은 반면, 격음과 경음이 발생하는 비단어(Y)에 대해 고유어 응답 비율이 한자어 응답 비율보다 높았다. 또한, 2음절어보다 3음절어에 대한 응답이 높았다.

표 19. 응답 비율 (%)¹⁸

비단어 유형 단어 부류	전체		2음절어		3음절어	
	N	Y	N	Y	N	Y
고유어	37.2	76.1	34.0	72.5	42.5	79.7
한자어	62.8	23.9	66.0	27.5	57.5	20.3
합계	100	100	100	100	100	100

이와 같은 결과는 한국어 화자들이 비단어를 어떻게 인식하는지에 대해 시사점을 준다. 첫째, 격음과 경음이 발생하지 않을 때의 응답으로 미루어 보아 한국어 화자들이 단어 부류를 기본적으로 한자어로 인식할 가능성이 높은 것으로 보인다. 둘째, 격음 및 경음이 발생하는 경우, 고유어로 판단할 가능성이 높은데, 이는 화자들이 후두자질 발생 및 공기를 한자어답지 않은 특성으로 인지한다고 볼 수 있다. 셋째, 2음절어보다 3음절어에 대해 고유어 응답 비율이 약간 높은데, 음절수가 단어 판단에 영향을 줄 수 있다는 것을 나타낸다.

단어 응답 비율과 적형성 판단 점수의 관계를 파악하기 위해, 후두자질 유형별로 고유어와 한자어의 응답 비율을 나누어 <표-20>, <표-21>과 같이 살펴 본다.

¹⁸ Y = 후두자음 한 개 또는 두 개, N = 후두자음 미발생

표 20. 후두자질 유형별 응답 비율: 2음절어 (%)

후두자질 유형 단어 부류	[격음0], [경음0]	[격음1], [경음0]	[격음2], [경음0]	[격음0], [경음1]	[격음1], [경음1]	[격음0], [경음2]
고유어	34.0	44.6	57.3	87.2	87.8	92.3
한자어	66.0	55.4	42.7	12.8	12.2	7.7
합계	100	100	100	100	100	100

표 21. 후두자질 유형별 응답 비율: 3음절어 (%)

후두자질 유형 단어 부류	[격음0], [경음0]	[격음1], [경음0]	[격음2], [경음0]	[격음0], [경음1]	[격음1], [경음1]	[격음0], [경음2]
고유어	42.5	59.2	65.5	87.3	87.5	91.3
한자어	57.5	40.8	34.5	12.7	12.5	8.7
합계	100	100	100	100	100	100

<표-20>과 <표-21>을 보면, 후두자음의 복수 발생이 단수 발생보다 고유어 응답 비율이 높은 편이며, 경음 발생이 격음 발생보다 고유어 응답 비율이 높다. 아래 <표-22>에서 다시 정리한 적형성 판단 점수와 비교해 보면, 고유어 응답 비율이 높은 후두자질 유형일수록 적형성 판단 점수가 대체로 낮은 것으로 보인다.

표 22. 후두자질 유형별 적형성 판단 평균 점수

후두자질 유형 자극 음절수	[격음0], [경음0]	[격음1], [경음0]	[격음2], [경음0]	[격음0], [경음1]	[격음1], [경음1]	[격음0], [경음2]
2음절어	4.27	3.68	2.98	2.73	2.21	1.90
3음절어	4.01	3.40	2.90	2.93	2.46	2.21

이를 통해, 본 연구에서 한국어 모국어 화자는 비단어를 한자어로 보고 적형성 판단에 한자어 어휘부 문법을 크게 활용할 가능성이 있다. 그러나 고유어 응답 비율과 적형성 점수 간의 음의 상관 관계가 성립되지 않는 경우도 있기 때문에, 적형성을 판단하는 문법과 단어 부류를 판단하는 문법 간의 실제 관계에 대해서는 후속 연구가 필요하다. 일례로, 비단어 ‘[격음0], [경음1]’ 유형과 ‘[격음1], [경음1]’ 유형 간 고유어 응답 비율은 87% 정도로

유사하나, 적형성 점수의 평균은 ‘[격음1], [경음1]’ 유형이 ‘[격음0], [경음1]’ 유형보다 낮은 편이다(2음절어: $2.21 < 2.73$, 3음절어: $2.46 < 2.93$). 또한, 모국어 화자는 비단어 ‘[격음2], [경음0]’ 유형에 대해 ‘[격음1], [경음0]’ 유형보다 낮은 적형성 판단 점수를 부과하는데 반해(2음절어: $2.98 < 3.68$, 3음절어: $2.90 < 3.40$), 고유어 부류로 응답한 비율은 더 높았다. ‘[격음2], [경음0]’ 유형에 대한 적형성 판단 점수가 낮은 것을 통해, 한국어 모국어 화자가 [격음][격음] 제약을 인식한다는 것을 알 수 있는 한편, 이와 별개로 ‘[격음2], [경음0]’ 유형을 고유어로 판단할 수 있다는 것은 흥미롭다.

본 연구의 적형성 판단 조사는 피실험자에게 ‘고유어’ 또는 ‘한자어’ 단어 부류 정보를 별도로 제공하지 않고 진행되었다. 이러한 점에서 추가 조사로 파악된 단어 부류 판단 결과는 적형성 판단에 대해 새로운 연구 질문을 제기한다. 추후, 피실험자에게 ‘고유어’ 또는 ‘한자어’라는 단어 부류 정보를 분명하게 제시하여 적형성 판단 조사를 진행하고 본 연구 결과와 비교한다면, 단어 부류 판단과 적형성 판단의 관계를 보다 분명하게 파악할 수 있을 것으로 본다.

6.2. 후두자질 공기 제약과 형태·음운론적 교체 과정

이 소절에서는 본 연구의 학습 및 적형성 판단 조사에 드러난 후두자질 공기 제약과 형태·음운론적 교체 과정에 영향을 미치는 후두자질 공기 제약을 비교한다.

선행 연구(Ito 2014, Kang and Oh 2016, 2019, S. Kim 2016, H. Kim 2017)는 형태·음운론적 교체 과정의 발생 비율에 후두자질 공기 제약이 영향을 미친다는 것을 밝힌 바 있다. 그 중에서도 [경음]이 발생하는 ‘합성어 경음화’ 및 ‘어두 경음화’와 후두자질 공기 제약 간의 관계가 중점적으로 논의되었다.

(4)에서 예를 든 바와 같이, ‘합성어 경음화’란 두 어근이 결합하여 합성어를 이룰 때, 두 번째 어근을 시작하는 평음이 경음이 되는 합성어 경계 표지 현상이며, ‘어두 경음화’는 고유어 어두 평음이 의미 변화를 수반하지 않으면서 경음으로 실현되는 수의적인 음운 현상이다.

(4) 후두자질이 관여된 형태·음운론적인 교체

a. 합성어 경음화(사잇소리 현상)

- 말+숨씨 /mal+soms'i/ → [mals'oms'i] ~ [malsoms'i]
- 물+갈퀴 /mul+kalkhy/ → [mulk'alkhy] ~ [mulkalkhy]

b. 어두 경음화

- 곱빼기 [kopp'ɛki] ~ [k'opp'ɛki]

선행 연구(Ito 2014, S. Kim 2016)가 한국어 화자를 대상으로 두 음운 과정 발생 비율을 조사한 결과, ‘합성어 경음화’는 어근에 [경음] 또는 [격음]이 존재하면(선행/후행 어근: Ito 2014, 후행 어근: S. Kim 2016), [경음] 발생이 저지되었다. 반면, 어두 경음화(Kang and Oh 2016, H. Kim 2017)는 후행하는 음절두음이 [경음]인 경우 더 활발하게 발생한다. 이러한 형태·음운론적 교체 과정에서 드러난 경향은 어휘부에서 관찰된 정적인 음소배열제약과 부분적으로 일치한다(Ito 2014, Kang and Oh 2016, 본고 2절 참조). 특히, 선행 연구(Ito 2014, Kang and Oh 2016)는 정적인 *[격음][격음], *[격음][경음], *[경음][격음] 제약이 동적인 합성어 경음화 경향에 부합된다는 것을 보였으며, 정적인 [경음][경음] 선호도 동적인 어두 경음화 경향에 부합된다는 점을 밝혔다. 반면, 합성어 경음화는 [경음][경음] 회피가 드러나 정적인 음소배열제약과 상충된다는 점이 지적되었다. Kang and Oh (2019)는 이러한 차이를 적형성 판단 조사를 통해 재확인하였으며, 차이가 발생하는 이유를 단일어와 합성어의 지각 및 산출의 차이로 분석하였다.

본 연구에서 어휘부 학습과 모국어 화자 적형성 판단 조사 결과, 후두자질 공기 및 경음 발생 회피를 모두 확인할 수 있었으며, 이는 합성어 경음화 발생 비율에서 포착된 후두자질 회피 경향과 어느 정도 일치한다. 이러한 결과는 선행 연구(Ito 2014, Kang and Oh 2016, 2019)가 합성어 경음화에서 보이는 [경음][경음] 회피가 어휘부의 [경음][경음] 선호 경향과 배치된다고 분석한 것과 차이가 있다. 이는 선행 연구가 음절두음 간의 후두자질 공기 관계에 초점을 둔 반면, 본 연구는 후두자질 공기 제약 및 이와 상호 작용하는 제약을 모두 고려한 결과로 보인다. 물론 관찰된 정적인 음소배열제약이 어두 경음화에서는 관찰되지 않고 합성어 경음화에서 관찰되는 이유 등은 또다른 의문으로 남는다.

7. 결론

본 연구는 한국어 명사의 후두자질 공기 제약을 조사하고, 제약의 심리적 실재를 탐색하였다. 먼저, 2절에서 선행 연구에서 보고된 후두자질 공기 제약을 다루었다. 선행 연구(김경일 1985, Ito 2014, Kang and Oh 2016)는 [경음][경음] 연쇄 선호 외 상이한 후두자질 공기 제약을 보고하였음을 보았다. 선행 연구의 상이한 관찰은 제약 탐색 대상인 고유 단일어와 전체 한국어

어휘부의 차이가 드러난 것으로 볼 수 있다는 점을 다루었으며, 선행 연구가 연쇄 분포를 제약으로 정의하는 계산 방식이 통계적으로 정당화되기 어렵다는 것을 지적하였다.

이러한 배경에서 본 연구는 ‘최대 엔트로피 음소배열제약’ 모델을 이용하여 고유어와 한자어를 대상으로 한국어 음소배열제약을 탐색하였다. 3절에서 ‘최대 엔트로피 음소배열제약’ 모델 및 학습 방법을 소개하였으며, 4절에서는 후두자질 공기 제약 및 후두자질 관련 제약을 중심으로 학습 결과를 보고하였다.

5절에서는 학습된 제약의 실재를 확인하고자 한국어 화자의 적형성 판단 조사를 진행하였다. 응답 점수를 분석한 결과, 적형성 판단에 미치는 고유어 문법과 한자어 문법의 독립적인 영향을 확인할 수 있었다. 격음/경음 발생 유형별로 응답 점수를 살펴보면, 후두자음 개수가 많아짐에 따라 적형성 판단 점수가 낮아지는 것은 고유어 문법과 한자어 문법 모두에서 분석될 수 있고 경음 발생에 대한 강한 회피는 한자어 문법으로 분석될 수 있는 것으로 보였으며, 고유어 문법은 후두자질 공기 위치에 따른 적형성 판단 점수의 차이에 어느 정도 영향을 미칠 수 있다는 것을 알 수 있었다. 6절에서는 적형성 판단 조사와 어휘 부류 판단과의 관계성을 검토하고 형태·음운론적 과정에서 드러난 후두자질 공기 제약과 비교하며 남은 과제를 논의하였다.

본 연구의 의의는 고유어와 한자어 각각에 통계적 학습 방법을 적용하여 선행 연구에서 상이하게 기술된 한국어 후두자질 공기 제약을 일관적인 기준으로 찾았으며, 적형성 판단 조사를 시행하여 학습된 문법의 실재를 확인하였다는 것이다. 본 연구 방법은 기타 한국어 음소배열제약 탐색에 적용될 수 있으며, 이러한 연구 성과가 축적되어 한국어의 음소배열제약을 총체적으로 파악할 수 있기를 기대한다.

부록 1. 자질 목록

a. 자음

	syl	cons	appr	son	cont	str	nas	ant	asp	tns	lab	cor	dor	rhy
p	—	+	—	—	—	0	—	0	—	—	+	0	0	—
p _{coda}	—	+	—	—	—	0	—	0	—	—	+	0	0	+
p ^h	—	+	—	—	—	0	—	0	+	—	+	0	0	—
p ^h _{coda}	—	+	—	—	—	0	—	0	+	—	+	0	0	+
p'	—	+	—	—	—	0	—	0	—	+	+	0	0	—
p' _{coda}	—	+	—	—	—	0	—	0	—	+	+	0	0	+
t	—	+	—	—	—	—	—	+	—	—	0	+	0	—
t _{coda}	—	+	—	—	—	—	—	+	—	—	0	+	0	+
t ^h	—	+	—	—	—	—	—	+	+	—	0	+	0	—
t ^h _{coda}	—	+	—	—	—	—	—	+	+	—	0	+	0	+
t'	—	+	—	—	—	—	—	+	—	+	0	+	0	—
t' _{coda}	—	+	—	—	—	—	—	+	—	+	0	+	0	+
c	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—	0	+	0	—
c _{coda}	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—	0	+	0	+
c ^h	—	+	—	—	—	+	—	—	+	—	0	+	0	—
c ^h _{coda}	—	+	—	—	—	+	—	—	+	—	0	+	0	+
c'	—	+	—	—	—	+	—	—	—	+	0	+	0	—
c' _{coda}	—	+	—	—	—	+	—	—	—	+	0	+	0	+
k	—	+	—	—	—	0	—	0	—	—	0	0	+	—
k _{coda}	—	+	—	—	—	0	—	0	—	—	0	0	+	+
k ^h	—	+	—	—	—	0	—	0	+	—	0	0	+	—
k ^h _{coda}	—	+	—	—	—	0	—	0	+	—	0	0	+	+
k'	—	+	—	—	—	0	—	0	—	+	0	0	+	—
k' _{coda}	—	+	—	—	—	0	—	0	—	+	0	0	+	+
s	—	+	—	—	+	+	—	+	—	—	0	+	0	—
s _{coda}	—	+	—	—	+	+	—	+	—	—	0	+	0	+
s'	—	+	—	—	+	+	—	+	—	+	0	+	0	—
s' _{coda}	—	+	—	—	+	+	—	+	—	+	0	+	0	+
h	—	+	—	—	+	0	—	0	+	—	0	0	0	—

	syl	cons	appr	son	cont	str	nas	ant	asp	tns	lab	cor	dor	rhy
h _{coda}	—	+	—	—	+	0	—	0	+	—	0	0	0	+
m	—	+	—	+	—	0	+	0	0	0	+	0	0	—
m _{coda}	—	+	—	+	—	0	+	0	0	0	+	0	0	+
n	—	+	—	+	—	0	+	+	0	0	0	+	0	—
n _{coda}	—	+	—	+	—	0	+	+	0	0	0	+	0	+
ŋ	—	+	—	+	—	0	+	0	0	0	0	0	+	—
ŋ _{coda}	—	+	—	+	—	0	+	0	0	0	0	0	+	+
l	—	+	+	+	+	0	—	+	0	0	0	+	0	—
l _{coda}	—	+	+	+	+	0	—	+	0	0	0	+	0	+

b. 활음 및 모음

	syl	cons	appr	son	high	low	bk	rnd	ATR	rhy
j	—	—	+	+	+	—	—	—	0	-
j _{coda}	—	—	+	+	+	—	—	—	0	+
w	—	—	+	+	+	—	+	+	0	-
w _{coda}	—	—	+	+	+	—	+	+	0	+
ɰ	—	—	+	+	+	—	+	—	0	-
ɰ _{coda}	—	—	+	+	+	—	+	—	0	+
i	+	—	+	+	+	—	—	—	+	0
e	+	—	+	+	—	—	—	—	+	0
ɛ	+	—	+	+	—	+	—	—	—	0
ɪ	+	—	+	+	+	—	+	—	+	0
ʌ	+	—	+	+	—	—	+	—	+	0
a	+	—	+	+	—	+	+	—	—	0
o	+	—	+	+	—	—	+	+	—	0
u	+	—	+	+	+	—	+	+	+	0
y	+	—	+	+	+	—	—	+	+	0
∅	+	—	+	+	—	—	—	+	—	0

부록 2. 적형성 판단 조사 단어

a. 2음절어

조건	주요 조사 단어
격음2	차히, 차과, 초키, 허치, 하타, 하코, 허푸, 코차, 카하, 코과, 코타, 파차, 파히, 파코, 파타, 토코, 타푸, 타히, 티커, 카티
경음2	짜까, 쯔빠, 까찌, 꼬빠, 까싸, 꾸따, 빠찌, 빠까, 빠싸, 뿌따, 싸까, 쑤뽀, 따까, 또빠, 뽀띠, 뽀찌
격음1, 경음1	치꾸, 초빠, 하찌, 호꾸, 하싸, 후뚜, 호뽀, 카찌, 코빠, 카싸, 쿠뚜, 파찌, 파까, 파싸, 푸뚜, 투까, 토빠, 커빠, 처빠
경음1, 격음1	짜하, 짜코, 짜과, 까차, 까하, 까과, 까타, 빠치, 빠하, 빠키, 빠투, 싸하, 싸과, 싸카, 따하, 또코, 따과, 띠커, 뚜쿠
격음1	처구, 초바, 허고, 허바, 허소, 하두, 허저, 코자, 코수, 코두, 코부, 피주, 푸구, 푸수, 푸두, 투가, 토바, 자히, 주키, 자푸, 가초, 가히, 가푸, 기토, 바차, 바호, 바코, 바타, 사히, 사코, 사푸, 다후, 다코, 다과, 커디, 푸거, 디커, 버치
경음1	찌가, 짜바, 까주, 까부, 까수, 까두, 빠자, 빠구, 빠사, 빠두, 씨기, 싸비, 뚜가, 따부, 주꾸, 조빠, 고빠, 가싸, 구뚜, 기찌, 버찌, 비꾸, 부또, 바싸, 수꺼, 소빠, 도까, 도뽀, 쏘거, 뽀다, 고띠, 기뚜
평음	지거, 주바, 기바, 구다, 바주, 버가, 바사, 부다, 수바, 다가, 다바, 디버, 거버

b. 3음절어

조건	주요 조사 단어
격음2	코파두, 코타부, 파코두, 파타기, 타코부, 타파기, 가파투, 가타피, 보코투, 바타키, 도코푸, 다파키, 코바투, 코다피, 파가투, 파다키, 타가피, 파카투, 파다키, 타가피, 타바키, 크프더, 토크부, 드프커, 보크티, 프디커, 트거포
경음2	꼬빠두, 꾸따부, 빠까두, 뿌따기, 따까부, 또빠기, 고뿌뚜, 구또빠, 바꾸뚜, 부따끼, 다꼬빠, 도빠끼, 까부뚜, 까도빠, 빠구뚜, 빠도꾸, 따고빠, 따바끼, 꼬쁘더, 꼬뽀두, 거뽀떠, 도쁘끼, 뽀고떠, 뿌거떠
격음1, 경음1	코빠두, 쿠따부, 파까두, 푸따기, 타까부, 토빠기, 코부뚜, 코도빠, 파구뚜, 파다끼, 타고빠, 타바끼, 가푸뚜, 가토빠, 바타끼, 보꾸뚜, 다코빠, 다파끼, 크쁘더, 토쁘가, 브커떠, 기파따, 커보떠, 포기떠
경음1, 격음1	까파두, 까타부, 빠타기, 뽀코두, 따코부, 따파기, 고빠투, 구따피, 바까투, 부따키, 다꼬피, 도빠키, 까바투, 까다피, 빠가투, 빠도키, 따가피, 따바키, 꺼트부, 뽀커더, 드쁘커, 그빠투, 뽀디커, 뿌구티
격음1	코바두, 코다부, 푸거두, 파다기, 투거부, 타바기, 가파두, 가타부, 보코두, 바타기, 다코부, 도파구, 가바투, 가다피, 바가투, 보다키, 다가피, 다바키, 크브더, 코비디, 브커더, 다파거, 브디커, 기부티
경음1	까바두, 까다부, 빠가두, 빠다구, 따바구, 따가부, 고빠두, 구따부, 바까두, 부따구, 다까부, 도빠기, 가부뚜, 가도빠, 바구뚜, 보다끼, 다고빠, 다바끼, 뽀도거, 까두버, 그쁘더, 버까다, 브고떠, 부다꺼
평음	가바두, 가다부, 부거두, 보다기, 두거부, 다바기, 그브더, 다그부

참고문헌

- 강범모·김홍규. 2009. *한국어 사용 빈도: 1500 만 어절 세종형태의미분석말뭉치 기반*. 서울: 한국문화사.
- 강옥미. 2011. *한국어 음운론*. 서울: 태학사.
- 강용순. 1998. 한국어 어휘부 구조. *음성·음운·형태론연구* 4, 55-67. 한국음운론학회
- 권인한. 1997. 현대국어 한자어의 음운론적 고찰. *국어학* 29, 243-260. 국어학회.
- 김경일. 1985. *한국어 음절구조에 관한 통계분석*. 서울대학교 언어학과 석사학위논문.
- 남성현·김선희. 2018. 한국어 자음-모음 연쇄의 어휘 계층 간 비교. *언어* 43.3, 485-506. 한국언어학회.
- 박나영. 2020. *한국어 음소배열제약의 통계적 학습과 적형성 판단*. 서울대학교 언어학과 박사학위논문.
- 박선우·홍성훈·변군혁. 2013. 한국어의 어휘 계층과 음운론적 복잡성. *음성·음운·형태론연구* 19.2, 255-274. 한국음운론학회.
- 신지영. 2009. 한국 한자음의 빈도 관련 정보 및 음절 구조 제약. *말소리와 음성과학* 1.2, 129-140. 한국음성학회.
- 신지영·차재은. 2003. *우리말 소리의 체계*. 서울: 한국문화사.
- 안소진. 2009. 한자어 구성 음절의 특징에 대하여. *형태론* 11.1, 43-59.
- 유재원. 1997. 한국어 음소 결합 제약에 대한 계량언어학적 연구, *한글* 238, 67-118. 한글학회.
- 채서영. 1999. 음운변화에 나타난 한국어 어휘의 층위구조. *음성·음운·형태론 연구* 7, 217-236. 한국음운론학회.
- 한성우. 2006. 국어 단어의 음소 분포. *어문학* 91, 163-191. 한국어문학회.
- ALBRIGHT, ADAM. 2009. Feature-based generalisation as a source of gradient acceptability. *Phonology* 26.1, 9-41.
- BAILEY, TODD M. and ULRIKE HAHN. 2001. Determinants of wordlikeness: Phonotactics or lexical neighborhoods. *Journal of Memory and Language* 44, 568-591.
- CHO, HYESUN. 2012. Statistical learning of Korean phonotactics. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology* 18.2, 339-370. The Phonology-Morphology Circle of Korea.

- COLAVIN, REBECCA IRENE VICTORIA. 2013. *Phonotactic Probability in Amharic: a Psycholinguistic and Computational Investigation*. PhD Dissertation. University of California, San Diego.
- COLEMAN, JOHN and JANET PIRREHUMBERT. 1997. Stochastic phonological grammars and acceptability. In John Coleman (ed.). *Third Meeting of the ACL Special Interest Group in Computational Phonology: Proceedings of the Workshop*, 49-56. East Stroudsburg, PA: Association for Computational Linguistics.
- DALAND, ROBERT, BRUCE HAYES, JAMES WHITE, MARC GARELLEK, ANDREA DVAIS and INGRID NORRMANN. 2011. Explaining sonority projection effects. *Phonology* 28, 197-234.
- FRISCH, STEFAN, NATHAN LARGE and DAVID PISONI. 2000. Perception of wordlikeness: Effects of segment probability and length on the processing of nonwords. *Journal of Memory and Language* 42, 481-496.
- GALLAGHER, GILLIAN. 2010. *The Perceptual Basis of Laryngeal Cooccurrence Restrictions*. PhD Dissertation. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA.
- _____. 2013. Speaker awareness of non-local laryngeal phonotactics in Cochabamba Quechua. *Natural Language and Linguistic Theory* 31, 1067-1099.
- GALLAGHER, GILLIAN, MARIA GOUSKOVA and GLADYS CAMACHO RIOS. 2019. Phonotactic restrictions and morphology in Aymara. *Glossa* 4.1, 1-39.
- GREENBERG, JOSEPH and JAMES JENKINS. 1964. Studies in the psychological correlates of the sound system of American English. *Word* 20, 157-177.
- HAY, JENNIFER, JANET PIERREHUMBERT and MARY BECKMAN. 2003. Speech perception, well-formedness, and the statistics of the lexicon. In John Local, Richard Ogden, and Rosalind Temple (eds.). *Laboratory Phonology VI*, 58-74. Cambridge: Cambridge University Press.
- HAYES, BRUCE and JAMES WHITE. 2013. Phonological Naturalness and Phonotactic Learning. *Linguistic Inquiry* 44.1, 45-75.
- HAYES, BRUCE and COLIN WILSON. 2008. A maximum entropy model of phonotactics and phonotactic learning. *Linguistic Inquiry* 39, 379-440.
- HONG, SUNG-HOON. 2010. Gradient vowel cooccurrence restrictions in monomorphemic native Korean roots. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology* 16.2, 279-295. The Phonology-Morphology Circle of Korea.

- ITO, CHIYUKI. 2007. Morpheme structure and co-occurrence restrictions in Korean monosyllabic stems. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology* 13.3, 373-394. The Phonology-Morphology Circle of Korea.
- _____. 2014. Compound tensification and laryngeal co-occurrence restrictions in Yanbian Korean. *Phonology* 31, 349-398.
- KANG, HIJO and MIRA OH. 2016. Dynamic and static aspects of laryngeal co-occurrence restrictions in Korean. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology* 22.1, 3-34. The Phonology-Morphology Circle of Korea.
- _____. 2019. The Asymmetric tense consonant effects in compound and word-initial tensifications in Korean. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology* 25.1, 3-30. The Phonology-Morphology Circle of Korea.
- KIM, HYOJU. 2017. *Phonological Trends in English Loanword Word-initial Tensification in Korean*. MA Thesis. Seoul National University.
- KIM, SEOYOUNG. 2016. *Phonological Trends in Seoul Korean Compound Tensification*. MA Thesis. Seoul National University.
- KUZNETSOVA, ALEXANDRA, PER BRUUN BROCKHOFF and RUNE HAUBO BOJESEN CHRISTENSEN. 2017. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software* 82.13, 1-26.
- MACEachern, MARGARET. 1999. *Laryngeal Cooccurrence Restrictions*. New York: Garland.
- OHALA, JOHN and MANJARI OHALA. 1986. Testing hypotheses regarding the psychological reality of morpheme structure constraints. In John Ohala and Jeri Jaeger (eds.). *Experimental Phonology*, 239-252. San Diego, CA: Academic Press.
- PIERREHUMBERT, JANET. 1993. Dissimilarity in the Arabic verbal roots. *Proceedings of NELS* 23, 367-381.
- R CORE TEAM. 2019. R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>.
- SCHOLES, ROBERT. 1966. *Phonotactic Grammaticality*. The Hague: Mouton.
- SHADEMAN, SHABNAM. 2007. *Grammar and Analogy in Phonotactic Well-formedness Judgments*. PhD Dissertation. UCLA.

WILSON, COLIN and MARIEKE OBDEYN. 2009. Simplifying subsidiary theory: Statistical evidence from Arabic, Muna, Shona, and Wargamay. Ms. Johns Hopkins.

Nayoung Park (PhD)
Department of Linguistics
Seoul National University
1 Gwanak-ro Gwanak-gu,
Seoul 08826, Republic of Korea
e-mail: arimnet@naver.com

Received: March 10, 2020

Revised: April 24, 2020

Accepted: April 27, 2020