

빅데이터 시대 음운론 연구 방법론의 도전과 기회*

윤 태 진**

[국문초록]

본 논문은 음운 범주와 음운 과정에 대한 전통적인 이론을 개괄적으로 살펴보고, 이러한 음운 범주와 범주적인 음운 과정을 전제로 하는 전통적인 음운 이론에 대한 도전을 제시한다. 전통적인 음운이론에 대한 대안으로 음운 단위와 음운 과정에 대한 범주적인 지위를 가정하는 대신 점진적인 본질을 가정하는 음운 이론으로 다양한 이론들이 있지만, 본 논문에서는 대표적으로 조음음운론과 범레이론을 간략히 제시한다. 범레이론이 전통적인 음운이론에 비해 가지는 설명적 타당성을 몇 가지 사례를 통해 살펴본다. 여전히 공시적인 음운 현상 중 범주적인 특성을 가지는 음운 현상에 대해 범레이론이 가지는 한계점을 제시한 후, 다학제적인 접근법을 취하는 말뭉치 음운론을 새로운 음운론의 연구방법론으로 제시한다. 빅데이터 시대에 제안 되는 음운론 연구의 최근 방법론은 음운론을 음성학뿐만 아니라 인지과학, 사회과학, 그리고 생물학과 상호 작용하는 연구 분야로 인정을 하자는 것이다. 또한 음운론 연구를 위해서는 전통적인 음운 자질에 더 나아가 빈도수, 성별 등과 같은 메타 정보와 색인 정보까지도 활용할 수 있도록 컴퓨터 과학, 음성 기술, 정보 기술 등 여러 분야의 방법론을 필요한 만큼 활용할 수 있도록 역량을 키우는 것이다. 다학제적인 방법론을 활용한 연구방법론으로 웹기반 강제음성정렬구축에 대한 논의를 함으로써 본 논문을 마무리한다.

[핵심주제어] 현대 음운 연구 방법론, 다학제적 접근법, 전통 음운 이론, 범레이론, 말뭉치 음운론

* 이 논문은 2021.11.26.(금)에 있었던 2021학년도 계명대 인문과학연구소 추계 학술 대회에서 발표한 내용을 다듬고 보완한 것이다. 본 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이다(NRF-2021S1A5A2A01061716).

** 성신여자대학교 영어영문학과 부교수

I. 음성학과 음운론의 관계에 대한 가정 일반화

인간이 의사소통에 사용하는 말소리(sounds of speech)는 음성학(phonetics)과 음운론(phonology)이라는 별개의 학문 아래에서 오랜 세월이 걸쳐 연구의 대상이 되어 왔다. 말소리는 물리적이고 연속적인 특성을 지니고 있고 동시에 추상적이고 범주적인 특성도 동시에 가지고 있다는 양면성을 지닌 흥미로운 연구 대상이다. 이런 양면성으로 인해 물리적이고 연속적인 특성은 음성학에서 주로 연구하며, 추상적이고 범주적인 특성은 음운론에서 연구의 대상으로 삼았다(Pierrehumbert, 1990; Roessig, 2021).

페리디난드 드 소쉬르(Ferdinand de Saussure)는 *parole*와 *langue*를 구분하였고(Culler, 1986), 니콜라이 트루베츠크이(Nikolai Trubetzkoy, 1958; 한문희 역)도 음성학과 음운론을 구분하는 기초를 세우는 데 중요한 역할을 하였다. 미국 구조주의의 창시자인 레오나르드 블룸필드(Leonard Bloomfield)도 음소론의 체계를 만들었다. 즉, 언어학의 3대 고전이라고 불리는 페르디난드 드 소쉬르(Ferdinand de Saussure)의 『일반 언어학 강의』, 트루베츠크이의 『음운론의 원리』, 그리고 블룸필드의 『언어』 모두 음성학과 음운론을 구분하여 연구의 대상으로 삼고 있다.

사실상 20세기의 음운론 연구도 소쉬르, 트루베츠크이, 그리고 블룸필드의 전통을 이어받아 음성학과 음운론의 구분을 명시적이든 암묵적이든 받아들여 발전했다고 일반화할 수 있다. 추상적인 음운 표상을 가정하고, 그러한 추상적인 음운 자질에 규칙 혹은 제약을 가함으로써 음운 현상을 설명해 왔다(Gahl & Yu, 2006, p.213). 추상적인 음운 표상을 상정할 때 음성학의 역할에 따라 크게 두 가지의 상반된 입장이 있는 걸로 일반화 할 수 있다.

음성학과 음운론은 독립적(autonomous)이라는 전제를 바탕으로 하는 음운론을 실제에서 자유로운 추상 음운론(Substance-free phonology)이라고 할 수 있으며, 이러한 입장에서는 음운 표상과 음운 연상은 음성학의 영향을 전혀 받지 않는다고 전제하고 있다(Hale & Reiss, 2000). 엄밀한 의미에서는 음운 표상이 아주 추상적이며, 추상적인 음운 자질의 토대 위해 음운 표상을 구성하고, 음운 규칙 혹은 제약을 가함으로써 음운 현상을 설명하려는 시도를 해 왔다(Gahl & Yu, 2006, p.213).

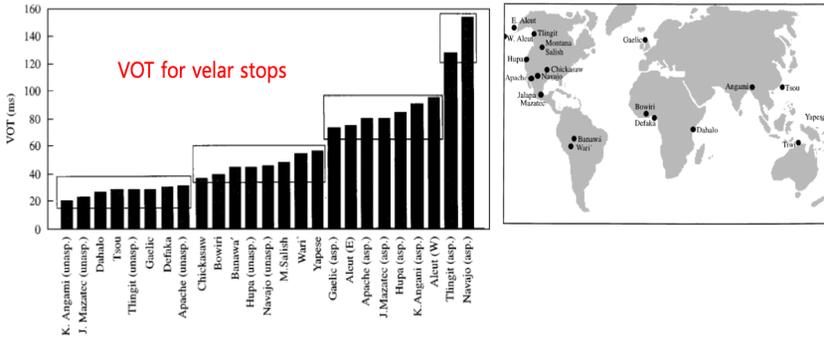
이와 상반된 음운이론으로는 음성학에 기반을 둔 음운 연구를 하려고 하는 부류의 음운론이 있는데, 이를 기반 음운론(Grounded Phonology)이라고 일반화할 수 있다(Archangeli & Pulleyblank, 1994; Hayes, Kirchner & Steriade, 2004). 기반 음운론을 지지하는 많은 음운론 연구자들은 조음 혹은 음향적 지식(articulatory and acoustic knowledge)이 음운 영역에 인코딩(encoding)되어 있다고 가정했으며, 음성학과 음운론을 연결해 주는 장치(interface)가 있다는 암묵적인 가정도 있다(cf. Ohala, 1990).

이상 서론에서 음성학과 음운론의 관계에 대한 다소 지나칠 정도로 일반화된 두 입장을 제시하였다. 아래에서는 본 논문에서는 고전적인 음운이론의 일반화된 발전방향에 대한 논의과정에서 제기된 문제점들을 대표적으로 몇 가지 제시하고, 이에 대한 대응방안으로 제시된 음운이론 중 조음음운론(Articulatory Phonology)과 범레이론(Exemplar Theory)에 대해 기술하고자 한다. 그리고 이러한 전통적인 음운이론에 대한 대응으로 대두된 이론들의 연구 방법론과 관련하여 음운론의 연구 방법론이 빅데이터 시대에 어떻게 구성되어야 하는지를 원론적인 입장에서 언급을 하고자 한다. 그리고 마지막으로 빅데이터 시대 음운론 연구 방법론에 대한 한 가지의 실용화 방안으로 저자가 개발한 웹-기반의 강제음성정렬(web-based forced-alignment)을 예시함으로써 본 논

문을 마무리하고자 한다.

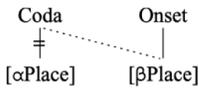
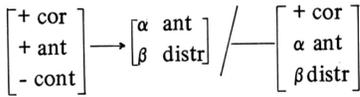
II. 고전적인 음운 현상에 대한 도전

추상적인 음운 단위를 상징함으로써 음운론에서 암묵적으로 가정한 것은 음운에 대한 보편적인 범주들(universal categories)이 있을 것이라는 것이었다. 하지만 보편 범주들의 존재는 지속적으로 논란의 대상이 되기도 했다(Pierrehumbert, 2001; Roessig, 2021). 보편적 음운 범주에 대한 가설이 가진 문제점을 가장 잘 드러낸 논문 중의 하나는 Cho & Ladefoged(1999)의 성대진동시작시간(VOT, voice onset time) 연구이다. VOT는 성도의 개방과 성대의 진동 사이의 시간적인 간격을 지칭하는 용어이며, 유성, 무성, 혹은 기식과 폐쇄음의 발성 유형(phonation type)에 관한 음성학적인 단서로서 널리 사용되고 있는 측정치이다. 만약 보편적인 범주가 존재한다면 VOT는 폐쇄음의 유성음과 무성음 범주를 구분하는 주요 음향 자질이기에 때문에(Lisker, 1986), 연속성이 아니라 범주성을 보여줄 것이다. 하지만, 그림 1에서 볼 수 있듯, 18개의 언어에서 관찰된 VOT 값들은 범주성보다는 연속성을 보여주었다. 그림 1의 오른쪽에 위치한 지도의 점들은 그림 1의 왼쪽에 제시된 연구개음의 VOT 값들이 측정된 언어들이 분포된 지역을 보여준다. Cho & Ladefoged(1999)의 VOT 연구에서 보이는 점진적이고 선형적인 VOT 값들은 보편적이고 언어 독립적인 음운 범주들이 존재한다는 입장에 대해 심각한 문제가 제기한다.



〈그림 1〉 Cho & Ladefoged(1999)의 18개 언어별 연구개 폐쇄음의 VOT 및 언어의 지리적 위치

고전적인 음운론에서는 상정하는 음운표상(phonological representation)은 음운 자질(phonological features)로 구성되어 있으며 음운 규칙에 의해 변화될 수 있다. 가장 전형적인 음운 규칙 중의 하나는 동화규칙(assimilation rule)이다. 예를 들어 late calls /leɪt kɔ:lz/와 같은 경우 위치 동화 규칙이 범주적으로 적용되어 /leɪk kɔ:lz/로 바뀌는 것으로 일반적으로 알려져 있다(Nolan, 1992, p.262). 음운 규칙이 적용되어 위치 동화가 일어났다면, /t/를 조음할 때 관여하는 혀가 치경 쪽으로 이동할 이유가 없을 것이다. 이와 같은 조음 위치 동화는 범주적인 음운 현상으로 간주되어, 고전적인 생성음운론(Chomsky & Halle, 1968), 자질기하학(Clements, 1985), 그리고 최적성 이론(Prince & Smolensky, 2004) 등에서 환경에 따른 음운 자질들의 변화, 확산(spreading)과 연결 해제(delinking), 그리고 위치 자질에 대한 제약(constraints)과 같은 아래의 형식화를 통해 설명되어 왔다.



Input: /kakpa/	CODA-COND	IDENT-IO(Place)
a. ^{ESP} kap.pa		*
b. kak.pa	*!	

〈그림 2〉 고전적 생성음운론(Chomsky & Halle, 1968), 자질 기하학(Feature Geometry), 최적성 이론(Optimality Theory)의 음운 현상에 대한 형식화

하지만 Nolan(1992)은 조음 위치가 범주적인 경우도 있지만, 점진적 (gradient)인 경우도 있다는 것을 EPG(electropalatography) 연구를 통해 관찰하였다. 다시 말해 make calls가 /meɪkks:lz/로 온전한 /k-k/ 연쇄로 되는 경우도 있었고, 연구개(velar) 위치로의 완전한 동화라기보다는 혀가 여전히 잇몸과 접촉하는 예들도 관찰하였다. 이와 함께, 청자들이 음성 지각에 이러한 점진적인 정보를 사용한다는 증거도 제시하였다. Nolan의 조음 동화에 대한 EPG 연구는 Ellis & Hardcastle(2002)을 포함하여 여러 연구에서도 반복 관찰되었다. 조음 동화에 대한 EPG 장치의 사용은 그림 3에서 살펴볼 수 있다. 그림 3의 왼쪽 그림은 EPG 장치를, 오른쪽 그림은 EPG에 부착된 센서들과 구개의 조음 위치의 관계를 보여주고 있다.

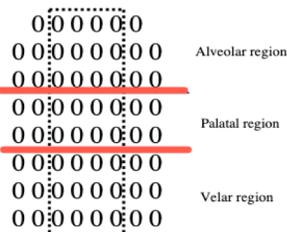
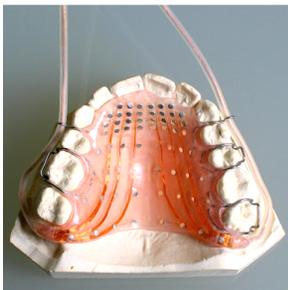
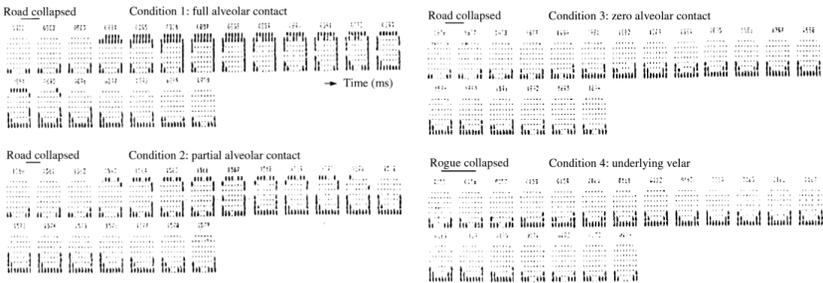


Figure 3. Division of EPG palate into three different articulatory regions (—) mid-sagittal area indicated by ----.

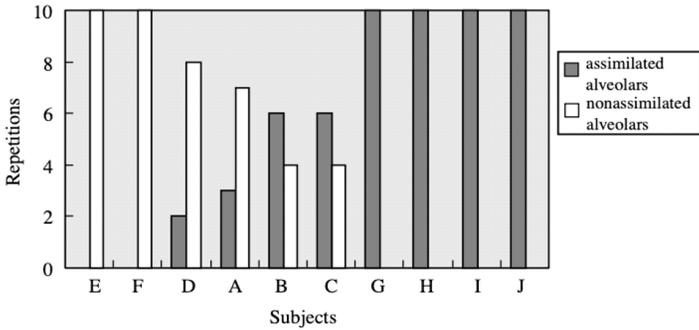
〈그림 3〉 EPG 및 EPG 센서와 조음 위치의 관계(Ellis & Hardcastle, 2002)

그림 4는 동화되지 않은 조건, 동화된 조건, 부분 동화된 조건, 연구개 연쇄 조건 등 4가지 조건에서 관찰된 EPG 장치의 조음 위치에 대한 센서들의 시간의 흐름에 따른 반응을 보여주고 있다. 그림 4의 좌측 하단에 있는 부분 동화 조건에서 관찰할 수 있듯이, 일부 화자들은 조음 동화가 일어나는 환경에서 치경과 연구개 위치에서 조음자들이 접촉을 하였다.



〈그림 4〉 4가지의 음운 조건에 따라 EGP의 센서들에서 관찰된 결과들 (Ellis & Hardcastle, 2002)

Nolan(1992)에 의해 제기된 위치 동화의 범주적 지위에 대한 반론은 그림 5에서와 같이 Ellis & Hardcastle(2002)에서도 반복 증명되었다. 즉, 전형적인 범주규칙으로 알려져 있는 동화 규칙도 조음 과정을 세밀하게 살펴보았더니, 범주적 음운 과정과 점진적 음운과정(gradient process)이 혼합되어 있는, 그래서 일반화하자면, 점진적인 음운과정이라고 받아들여지게 되었다.



〈그림 5〉 화자별 조음 동화 현상(Ellis & Hardcastle, 2002)

전형적인 범주적 음운 변화로 여겨져 온 또 다른 예로는 어말 무성음화(final devoicing)를 들 수 있다. 하지만 이와 같은 고전적인 범주적 음운 변화의 예도 상당히 많은 선행 연구들에서 도전을 받았다. 예를 들어 Rad(‘wheel’)와 Rat(‘advice’) 같은 단어들의 음향 특징들이 다르다고 주장한 선행연구들이 상당히 많다. 이제 대한 구체적인 부연 설명을 지면상 생략하기로 하고, 선행연구를 나열하는 것으로 대신하고자 한다(Dinnsen & Garcia-Zamor, 1971; Port & O’Dell 1985; Charles-Luce, 1985; Ernestus & Baayen, 2006; Roettger et al., 2014).

Ⅲ. 대안적 음운 이론으로서의 조음음운론과 범레이론

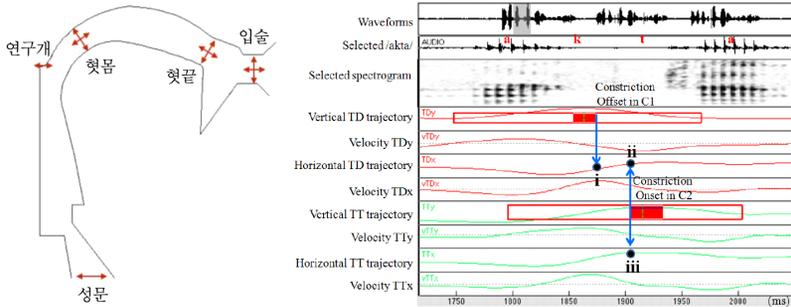
이러한 점진적인 음운 현상까지 포괄적으로 설명하려고 하는 시도는 조음 음운론(Articulatory Phonology; Hall, 2010)과 범레이론(exemplar theory) 등 여러 시도가 있었다. 조음음운론의 연구방법론은 초음파(Ultrasound; 윤관희, 2019), EPG(Nolan, 1992; Byrd, 1994), MRI(Kim, Honda, & Maeda, 2005; Asterios, Byrd, Goldstein, Narayanan, 2019) 등 고가의 장비와 기술이 필요한 경우가 많다. 이러한 이유로 인

해 조음 음운론에 대한 연구가 활발하게 이루어 지고 있지는 않다(남호성, 2021; Hall, 2010).

1. 조음 음운론

Browman & Goldstein(1992)에서 제시된 조음 음운론에 대한 설명을 간단히 하고자 한다. 조음 음운론의 기본 가설은 음성이 일련의 과업('task')들로 분해할 수 있다는 것이다(Hall, 2010). 그래서 조음 음운론을 연구하는 학자들은 말소리의 움직임이 어떻게 계획되고 통제되는 지에 대한 아주 명확하고 구체적인 모델을 만들어 연구를 진행하고 있다. 조음 음운론에서는 말소리에서 관찰되는 지속적이고 복잡한 운동을 이산적(discrete)이고 독립적인 제스처(Gesture)라는 과업으로 분해한다. 성도(vocal track) 상에 존재하는 다섯 개의 서로 다른(discrete) 조음 기관(입술, 혀끝, 혀몸, 연구개, 성문)과 각 기관에서의 과업(task)을 정의하고 있다(남호성, 2021). 조음이라는 과업은 각 조음 기관에서의 성도 협착(vocal tract constriction)을 위한 제스처로 이해할 수 있다. 이러한 제스처는 두 가지로 다시 나뉘는데 어느 정도의 협착을 하는지(constriction degree) 그리고 그 협착이 정확히 어느 위치(constriction location)인지가 그것이다. 물론 성문과 같은 경우는 위치가 고정되어 있으므로 위치에 대한 움직임은 필요치 않다. 이러한 제스처는 말소리의 움직임을 모델링하는 기능도 있지만, 음운 대립(phonological contrast)의 기본 단위의 역할도 한다. 제스처의 존재 여부 혹은 제스처(gesture)와 관련된 타이밍에서 보이는 차이 등으로 인해 다양한 어휘들이 조음된다(Hall, 2010). 조음 음운론은 그림 6(a)에서와 같이 조음 기관의 시간축과 공간축에 따른 변화를 관찰하여 음운현상을 모델링한다. 예를 들어, 그림 6(b)에서는 혀끝(tongue tip, TT)과 혀몸의 뒷부분인 등배(tongue dorsum, TD)의 x-, y-축의 위치

변화와 협착의 정도를 통해 조음 제스처의 중복(overlap) 정도를 보여 줌으로써 위치 동화에 대한 설명을 한다(Son, 2019).



〈그림 6〉 (a) 조음 기관(남호성, 2021)과 (b) ...kt...연쇄에서의 조음 기관들의 협착 위치와 협착 정도(Son, 2019)

2. 범레이론(Exemplar Theory)

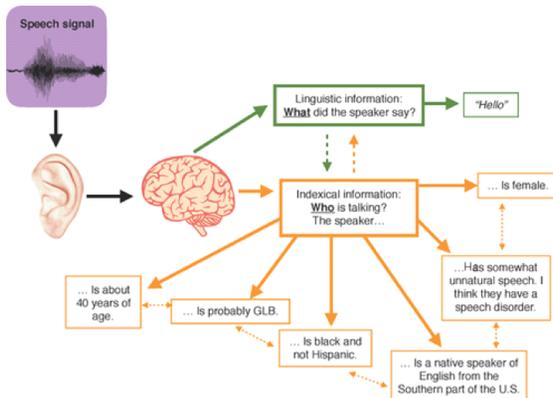
본 연구에서는 음성 및 음운론 연구에서 가장 접근하기가 용이한 음향 자료를 토대로 범레이론(exemplar theory)을 이론적 기반으로 한 연구를 진행하고자 한다. 범례 이론은 원래 심리학에서 다차원 자극(multidimensional stimuli)을 일반적으로 분류할 수 있는 방법론을 위해서 제안된 이론인데(Nosofsky, 1986; Hintzman, 1986), 1990년대 중반 이후 음성학 및 음운론에 적용되어 활발한 연구를 해 오고 있다. 범례 이론은 소리를 생성하고 지각하는 데 있어서 단어들이 가지는 음향적 흔적들(traces)에 대한 상세하고 일화적인 기억(detailed, episodic memory)이 사용된다고 가정한다(Johnson, 1997; Pierrehumbert, 2001, 2016; Bybee, 2001). 따라서 범례 이론은 규칙기반(rule-based) 혹은 제약기반(constraint-based)의 음운이론과는 근본적으로 다르다. 범례 이론은 언어 사용(language use)에 대한 상세한 경험들이 특정

음성 신호에 대한 기억을 통해 말소리에 대한 인지적인 표상을 형성한다고 가정한다.

말소리에 대한 인지적 표상은 기억 속에 저장된 범례들의 덩어리 (clouds of exemplars)에 의해 형성된다고 할 수 있다. 청자가 단어를 듣게 되면, 이 새로운 단어가 또 다른 범례로 구현되어 이미 기억 속에 담겨져 있는 범주 덩어리들을 업데이트하게 된다. 이러한 범례 덩어리들은 말소리를 지각하거나 생성할 때 활성화된다. 음운 표상 혹은 범주화와 관련하여 범례 이론은 입력된 음성 자극을 기억 속에 저장된 범례들 중에서 가장 유사한 범례 혹은 그 무리들과 같은 범주에 속하는 것으로 취급한다. 말소리의 지각과 산출에서 기억 자취(memory traces)들은 시간이 흐름에 따라 퇴색되어지므로, 새로 지각 혹은 산출하는 범례들이 기존의 범례들보다 영향력을 더 크게 발휘하게 된다(Schweitzer, 2012).

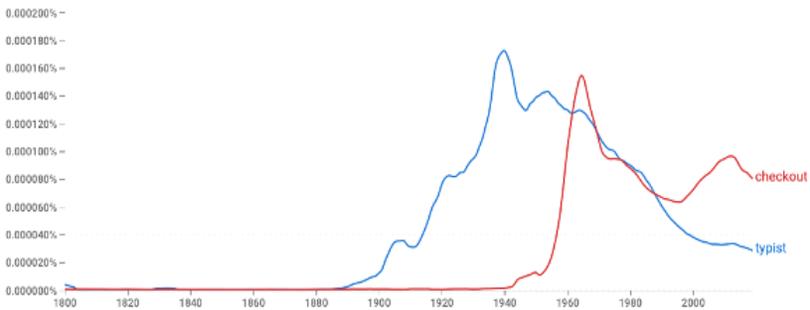
전통적인 음운 이론과 달리 범례 이론(exemplar theory)은 음성 지각과 산출에서 미세한(fine-grained) 음성 단서들의 중요성을 증명하는 실험 결과물들을 설명할 수 있다(Pierrehumbert, 2016). 예를 들어, 빈도수가 높은 단어들이 빈도수가 낮은 단어에 비해 더 빨리 그리고 더 축약되어 발화된다는 것은 잘 알려진 사실이다(Wright, 1979; Jurafsky et al., 2002; Kang, Yoon & Han, 2015; Bang et al., 2018). 음운 현상이 빈도수에 영향을 받는다는 사실과 관련하여 가장 잘 알려진 예는 영어의 어말 치경을 생략 현상인 소위 -td 생략(-td deletion) 현상이 단어 'and'에 적용되는 사례이다(Bybee, 2001). 영어에서 'and'라는 단어는 정관사 the를 이어 두 번째로 가장 빈도수가 높은 단어이며, 어말 치경 폐쇄음 생략이 적용될 수 있는 환경을 가지고 있다. 실제 말뭉치에서 생략 현상을 살펴본 결과 and의 생략 비율이 가장 높은 것으로 관찰되었다(Bybee, 2001; Guy, 2014). 이외에도 여러 음운 현상이

빈도수에 영향을 받는다는 것은 홍성훈(2014)에 잘 정리되어 있다. 빈도수뿐만 아니라 문맥을 통해 예측 가능한 단어들이 그렇지 않은 단어들보다 더 빨리 인식되고 더 많이 축약된다는 것도 잘 알려진 사실이다 (Seyfarth, 2014; Aylett & Turk, 2004; Hall et al., 2018, Bang et al., 2018, Kang et al., 2015; 홍성훈, 2014). 어휘 접근(lexical access) 혹은 단어 인식(word recognition)은 단어의 빈도수(frequency)뿐만 아니라 단어를 발화하는 화자의 성별 및 연령과 같은 색인정보(indexical information)같은 요소들에 의해서도 촉진될 수 있다. 음성 신호에서 음운 정보를 추출하는 방식과 색인정보 등을 추출하는 방식에 관하여 Bent & Holt(2017)는 그림 7과 같은 관계를 제시하고 있다. 아주 세부적인 정보까지 포함하고 있는 음성 신호(Highly detailed episodes of speech signals)에서 음운 구조와 같은 언어학적 정보와 색인 정보가 거의 동시에 해석된다. 음운 구조를 파악하는 것은 상당히 정확도가 높은 반면, 성별 및 화자 정보 등과 같은 색인 정보는 음운 정보의 추출과 별개로 이루어지며, 어떤 색인 정보인가에 따라 정확도가 다양하게 변할 수 있다.



〈그림 7〉 음운 현상과 색인 정보의 관계(Bent & Holt, 2017)

색인 정보를 이용한 음운 지각과 관련한 예로 Walker & Hay(2011)의 실험을 잠시 소개하기로 한다. Walker & Hay(2011)은 어휘 결정(lexical decision) 과업에서 실험에서 사용된 어휘들이 단어의 빈도수뿐만 아니라 실생활에서 발화하는 화자들의 연령에 따라서도 청자들이 어휘를 결정하는 데 영향을 끼치는 것으로 밝혀내었다. 예를 들어, 그림 8과 같이 타자수(typist)와 같이 요즘에는 흔히 쓰이지 않아 젊은 사람들에게 익숙하지 않는 단어의 경우 나이든 사람들이 이 단어를 발화했을 때 피시험자들이 더 빠르고 정확한 어휘 결정(lexical decision)을 하고, checkout과 같이 상대적으로 젊은 사람들이 빈번하게 사용하는 단어의 경우 나이든 화자보다 젊은 화자가 발화를 하였을 때 어휘 결정이 더 정확하고 빠르게 된다는 것을 보여주었다. 이는 화자에 대한 색인 정보도 빈도수와 더불어 어휘 재인에 중요한 역할을 하는 것을 보여주는 증거이다.



〈그림 8〉 ngram viewer에서 관찰한 typist와 checkout의 연도별 빈도수¹⁾

1) <https://books.google.com/ngrams>

이와 같이 범레이론은 말소리에 대한 연구에 있어서 음성적인 세부사항(phonetic details)이 중요하다는 것을 강조하고 있으며, 음성학과 음운론의 관계에 대해 전통적인 견해와는 완전히 다른 관점을 제시하고 있다. 기존의 규칙기반 혹은 제약기반 음운론은 추상적이고 범주적인 음운 구조를 상정한다. 반면 범례 이론은 화자들이 대량의 실질적이고 경험적인 자료(real, experienced “data”)를 저장하고 사용한다고 상정한다. 이와 같이 음운 연구를 위해 범레이론에 대한 검증을 하기 위해서는 다양한 화자와 청자들의 언어 사용에 대한 분석을 기본으로 하고 있다. 이는 다양한 환경과 맥락에서 말소리를 수집 및 분석할 수 있는 능력이 없으면 범례 이론을 중심으로 한 최신의 연구를 하거나 범례 연구에서 해결하지 못하는 난제를 해결하기 위한 대안적인 음운이론을 연구하려고 하는 데 상당한 걸림돌로 작용할 수 있다는 것을 의미한다. 다양한 음운 및 메타 정보와 음성자료들을 수집하고 처리할 수 있는 연구방법론을 익혀야 범레이론을 중심으로 한 다양한 학문적 논의에 참여할 수 있을 것으로 판단된다.

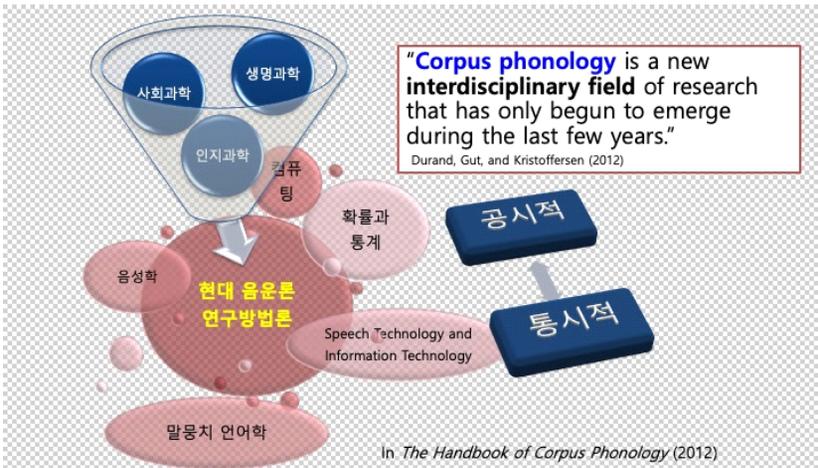
3. 코퍼스음운론(Corpus Phonology)과 음운 연구 방법론

범례 이론과 동일하지는 않지만 다양한 정보를 활용해서 음운에 대한 이해를 돕는다는 의미에서 말뭉치 음운론도 고려할 필요가 있다. 물론 범례 이론이 전통적인 범주를 전제를 한 음운 이론에 비해 점진적인 음운현상을 설명할 수 있다는 점에서 설명적 타당성(explanatory adequacy)이 더 높은 것으로 판단된다. 하지만, 범례 이론으로는 해결하기 쉽지 않은 여러 공시적 혹은 통시적 음운현상들이 여전히 많이 존재한다. 예를 들어, 스페인어의 ⟨y⟩ /j/ 활음은 역사적인 음운 변화를 겪으면서 아르헨티나에서는 [j]로 실현되었다. 따라서 *yo* (너), *yerba* (잡초), *ayer* (어제) 와 같은 ⟨y⟩[j]를 포함한 단어가 아르헨티나에서

는 각각 [ʃo] [ʃerβa], 그리고 [aʃer]와 같이 발음된다. 이러한 음운 변동은 범례 이론으로서는 쉽게 설명되지 않는 난제라고 할 수 있다(Guy, 2014). Guy (2014)가 제시한 범례 이론이 해결해야 할 또 다른 도전으로는 공시적인 음운 변화에서 찾아볼 수 있다. 예를 들어 영어는 약 7세기 전에 유성 연구개 마찰음(voiced velar fricative)을 빈번하게 사용하였는데, 지금은 완전히 소실되어 어떤 어휘 항목에서는 유성 연구개 마찰음을 찾아볼 수 없다. 이전에 유성 연구개 마찰음이 있었다는 사실은 <gh>라는 잔재가 철자에 남아있다는 것으로만 확인할 수 있을 뿐이다. 이러한 규칙적인 음운 변동을 범례이론으로 설명하기에는 쉽지 않은 구석이 있다.

따라서 음운 연구를 위해서는 다양한 음운 자료들을 여러 차원에서 다룰 필요가 있어 보인다. 이러한 음운론의 연구 방법론과 관련하여, Durand, Gut & Kristoffersen(2014)은 그림 9를 통해 도식으로 요약된 것과 같이 말뭉치 음운론(corpus phonology)을 다학제적인 연구 분야(interdisciplinary field of research)로서 지지하고 있다. 말뭉치 음운론은 대용량의 언어 자료를 분석하여 음운이라는 언어의 한 영역에 대한 이해를 높인다는 점에서 말뭉치 언어학과 궤를 같이한다고 할 수 있다(Bang et al., 2018; Kang et al., 2015; Yoon, 2007, 2015, 2017, 2019, 2020). 음운 체계에 대한 이해를 높이기 위해서는 음운 연구에서 음성학이 가지는 역할 뿐만 아니라, 인지과학뿐만 아니라 사회과학과 생명과학과 같은 인접 분야에서도 필요한 지식이나 연구방법을 차용할 필요가 있다. 또한 대용량의 자료를 처리하고 분석하기 위해서는 수작업이 아니라 음성 인식과 음성 합성, 자연언어 처리와 같은 음성 기술과 엔트로피라는 개념 등을 활용한 정보 기술 분야의 음성 처리 기술을 차용할 필요도 있어 보인다. 음운현상이 범주적이지 않고 확률적이고 점진적이라는 기본적인 가정 하에서, 이러한 점진적이고 확률적

인 음운 현상과 과정을 이해하기 위해서는 확률과 통계에 대한 이해도 함께 하고 있어야 한다. 이러한 관점에서 본다면, 말뭉치 음운론이 기본적으로 추구하는 음운론의 방법론은 범례 이론이 추구하는 음운 현상에 대한 이해를 높이기 위해서 사용될 수도 있는 연구방법론이라고 할 수 있다. 물론 다학제적인 연구 방법론이 새로운 시도는 아니다. 예를 들어, 엔트로피라는 정보 이론의 방법론을 이용한 말뭉치 음운론을 한국어의 음운 현상에 적용한 예는 박선우 & 홍성훈(2014)와 Yoon(2016) 등에서 찾아볼 수 있다. 또한 다학제 연구 방법론을 취한다고, 모든 분야에 대한 지식을 가지고 있어야 한다는 것은 아니다. 음운론 연구에 적용시킬 수 있는 것에 대해 일부 주변 학문 분야에서 사용되는 방법론이나 연구에 관심을 가지고 배우려는 마음자세가 중요할 것이라고 판단된다.



〈그림 9〉 현대 음운론의 연구 방법론

IV. 결론

본 논문에서는 음운론을 중심으로 4차 산업 시대 학문의 융합이라는 주제에 대한 고찰을 해보았다. 특히 음운론 연구와 관련하여 융합적이고 다학제적인 접근법의 필요성에 대해 살펴보았다. 다소 지나치게 일반화한 경향을 보이긴 했지만, 최근 왜 음성학 및 음운론 연구에서 활발한 논의가 진행되고 있는 범레이론 혹은 코퍼스 음운론의 다학제적인 접근법이 현대 음운 연구방법론으로 자리를 잡아가고 있는지를 보여주어야 하였다.

본 논문을 마무리하기 전에, 음성학과 음운론 연구자들이 빅데이터 시대 음운론 연구 방법론과 관련하여 관심을 가져야 할 필요가 있다고 생각하는 것을 피력하고자 한다. 일반적으로 음성학과 음운론에 관심을 갖게 된 학부생이나 대학원생들은 여러 경로를 통해서 그러한 관심을 갖게 되었을 것이다. 하지만, 어문계열을 전공한 배경을 가진 학부생 혹은 대학원생은 범례 이론이나 말뭉치 음운론 등의 다학제적인 접근방식에 관심은 갖고 있지만, 음성자료 처리에 익숙하지 않을 수도 있다. 이러한 학문 후속 세대들을 양성하기 위해서는 기성의 학자들이 학문 자체로서의 음운론에 대한 이론적인 내용을 전수하는 것 외에도 인접 학문에서 차용할 수 있는 방법론에 대한 필요성을 일깨워 준다든지 복잡한 연구를 수월하게 할 수 있는 방법론을 연구하여 전수할 필요가 있다.

예를 들어, 본 논문의 필자는 온라인으로 사용할 있는 음성학 및 음운론 도구들을 개발해서 활용하고자 하는 노력을 기울이고 있다. 장기 연구를 통해 음성학 및 음운론 연구에 사용될 수 있는 웹 도구를 개발 공유하고, 개발된 웹 기반의 음성학 혹은 음운론 연구 도구를 적용할 수 있는 노력을 기울이고 있다(Yoon, 2013; 윤태진·강운정, 2014). 구체

적으로 현재는 다량의 음성자료 분석을 용이하게 하는 강제음성정렬 장치를 업그레이드하여 한국어의 음성을 토대로 음성학 혹은 음운론을 연구에 이용할 수 있도록 하고 있다. 그림 10은 필자가 개발한 강제음성정렬(forced alignment)장치를 이용할 수 있는 웹페이지와 강제음성정렬장치에 대한 도식을 보여주고 있다. 강제음성정렬 장치를 간단히 설명하면, 음성 파일과 전사 파일(transcription file)이 주어지면, 그림 10의 오른쪽 하단의 그림에서 관찰 할 수 있듯이 전사파일에서 제공된 발화체를 구성하는 단어 및 그 단어를 구성하는 음소들의 연쇄에 시간 정보를 찾아 정렬하도록 하는 장치이다(Hosom, 2000; 윤태진, 2013; 윤태진 & 강윤정, 2014). 대용량의 말뭉치에서 분절음을 추출하고 분석하는 작업을 수행하기 위해 발화체들을 구성하는 단어와 음소들을 수작업이 아니라 강제음성정렬(forced alignment)시키는 작업을 통해 자동으로 수행할 수 있다. 필자는 2013년에 은닉 마르코프 모형(Hidden Markov Model, HMM) 기반의 자동강제음성정렬장치를 개발하고, 캐나다 토론토 대학의 IT 엔지니어들의 도움을 받아 지금까지 토론토 대학의 서버에 Korean Phonetic Aligner라는 이름으로 탑재하여 운영하고 있다. 이 웹 기반의 강제음성정렬 시스템은 아직까지 한국은 물론이고 미국, 영국, 캐나다, 프랑스 등 연구자들이 유용하게 사용하고 있다는 연락을 종종 받고 있다. 하지만 2020년 연말부터는 종종 다운되었다는 연락을 받아 전면적인 업데이트를 시킬 시기가 되었다. 이에 최근 강제음성정렬장치를 정비하고 사용자들이 좀 더 편리하게 사용할 수 있도록 업그레이드를 하였으며, 관리와 유지를 용이하게 할 계획으로 필자가 직접 개인 연구실에 서버를 구축하여 운영하고 있다.



〈그림 10〉 웹기반 한국어 강제음성정렬 시스템(<https://tyoon.net>)

강제음성정렬장치를 로컬 컴퓨터에 다운받아 사용하게 하는 경우들은 찾아볼 수 있지만(cf. McAuliffe et al. 2017의 Montreal-forced-aligner), 웹 인터페이스를 이용해서 사용자의 편의를 이용한 강제음성정렬장치를 구현한 예는 많지 않다(cf. 윤태진, 2013; Rosenfelder et al., 2014). 로컬 컴퓨터로 다운 받아 사용하는 경우 Shell 프로그램에 대한 기본적인 지식이 있어야 되는 단점이 있다. 웹 인터페이스를 이용한 예가 많지 않은 데에도 단점이 있는데, 그 중 하나는 웹 인터페이스를 통해 파일을 업로드해서 처리할 수 있는 음성 파일과 전사 파일(transcription file)의 수가 하나씩으로 제한되어 있기 때문이다. 기존의 한국어 강제음성정렬 시스템도 그러한 제약에서 자유로울 수 없었다. 하지만 최근 웹 브라우저를 통해 처리할 수 있는 속도와 성능이 괄목할 만하게 좋아졌다. 이에 사용자 편의를 도모해 강제음성정렬 시스템을 업그레이드시켜, 여러 파일들을 처리할 수 있도록 하였다. 여러 음성 파일과 전사파일을 모아 올려서 업로드하여 처리할 수 있는 강제음성정렬 시스템을 구현하여 보다 많은 음성학자 혹은 음운론학자들이 한국어 강제음성 정렬 시스템을 사용할 수 있도록 구현하고자 하였다.

다학제적인 연구의 필요성이 있는 음운론 연구자들은 음운 현상 자체 뿐만 아니라, 그러한 음운 현상을 설명할 수 있는 방법론에 귀를 기울이

고 연구할 수 있는 역량을 기를 수 있으면 음운론 연구가 흥미로운 융합 연구 분야로 자리매김할 수 있을 것이다. 그리고 한발 더 나아가 음운론 연구에 활용할 수 있는 애플리케이션을 만드는 과정을 통해 인문학적 창의성과 실용적 응용력, 그리고 분석적인 사고 역량을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 남호성, 「조음 로봇틱스」, 『말소리와 음성과학』 13.2, 한국음성학회, 2021, 1-7쪽.
- 박선우·홍성훈, 「말뭉치를 이용한 한국어 음운론 연구」, 『한국어학』 63, 한국어학회, 2014, 1-36쪽.
- 윤관희, 「An Overview of Ultrasound Studies and their Applications」, 한국음운론학회 겨울 연구방법론 워크숍 발표자료, 2019.
- 윤태진, 「강제음성정렬장치를 이용한 대용량음성자료연구」, 『언어학연구』 23, 한국중원언어학회, 2013, 207-227쪽.
- 윤태진·강윤정, 「한국어 대용량발화말뭉치의 단모음분석」, 『말소리와 음성과학』 6.3, 한국음성학회, 2014, 139-145쪽.
- 홍성훈, 『음운론의 계량적 방법론』, 한국문화사, 2014.
- Archangeli, D. B., and Pulleyblank, D. G.. *Grounded phonology*. MIT Press, 1994.
- Asterios T., Byrd, D., Goldstein, L., and Narayanan, S. Advances in vocal tract imaging and analysis, In Katz, W. and Assmann, P. (eds.) *The Routledge Handbook of Phonetics*. London and New York: Routledge, 2019, pp.34-50.
- Aylett, M. and Turk, A. E. The smooth signal redundancy hypothesis: A functional explanation for relationships between redundancy,

- prosodic prominence, and duration in spontaneous speech. *Language and Speech* 47. 2004, pp.31-56.
- Bang, H.-Y., Sonderegger, M., Kang, Y., Clayards, M., and Yoon, T.-J. The emergence, progress, and impact of sound change in progress in Seoul Korean: implications for mechanisms of tonogenesis. *Journal of Phonetics* 66. 2018, pp.120-144.
- Bent, T. and Holt, R. F. Representation of speech variability. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science* 8.4. 2017, e1434.
- Browman, C. P. and Goldstein, L. Articulatory phonology: An overview. *Phonetica* 49.3-4. 1992, pp.155-180.
- Bybee, J. *Phonology and Language Use*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- Byrd, D. Palatogram reading as a phonetic skill: A short tutorial. *Journal of the International Phonetic Association* 24.1. 1994, pp.21-34.
- Charles-Luce, J. Word-final devoicing in German: effects of phonetic and sentential contexts. *Journal of Phonetics* 13. 1985, pp.309-324.
- Cho, T. and Ladefoged, P. Variation and universals in VOT: Evidence from 18 languages. *Journal of Phonetics* 27. 1999, pp.207-229.
- Chomsky, N., and Halle, M. *The sound pattern of English*. New York: Harper & Row, 1968.
- Clements, G. N. The geometry of phonological features. *Phonology* 2.1. 1985, pp.225-252.
- Culler, J. *Ferdinand de Saussure*. Ithaca: Cornell University Press, 1986.

- Dinnsen, D. and Garcia-Zamor, M. The three degrees of vowel length in German. *Papers in Linguistics* 4. 1971, pp.111-126.
- Durand, J., Gut, U., and Kristoffersen, G. *The Oxford handbook of corpus phonology*. Oxford: Oxford University Press. 2014.
- Ellis, L. and Hardcastle, W. J. Categorical and gradient properties of assimilation in alveolar to velar sequences: evidence from EPG and EMA data. *Journal of Phonetics* 30.3. 2002, pp.373-396.
- Ernestus, M. and Baayen, H. The functionality of incomplete neutralization in Dutch: The case of past-tense formation. In Goldstein, L., D.H. Whalen & C. T. Best (eds.), *Laboratory Phonology* 8, 2006, pp.27-49. Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- Gahl, S. and Yu, A. 2006. Introduction to the special issue on exemplar-based models in linguistics. *The Linguistic Review* 23.3. 2006, pp.213-216.
- Guy, G. R. Linking usage and grammar: Generative phonology, exemplar theory, and variable rules. *Lingua* 142. 2014, pp.57-65.
- Hale, M., and Reiss, C. 'Substance abuse' and 'dysfunctionalism': Current trends in phonology. *Linguistic Inquiry*, 31. 2000, pp.157-169.
- Hall, N. Articulatory Phonology. *Language and Linguistics Compass* 4.9. 2010, pp.818-830.
- Hall, K. C., Elizabeth, E., Jaeger, T. F., and Wedel, A. The role of predictability in shaping phonological patterns. *Linguistics Vanguard* 4.s2. 2018.
- Hayes, B., Kirchner, R., and Steriade, D. *Phonetically based*

- phonology*. Cambridge University Press, 2004.
- Hinton, G., L. Deng, D. Yu, G. Dahl, A. Mohamed, N. Jaitly, A. Senior, V. Vanhoucke, P. Nguyen, T. Sainath, and B. Kingsbury. Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition. *IEEE Signal Processing Magazine* 29.6. 2012, pp.82-97.
- Hintzman, D. L. Schema abstraction in a multiple-trace memory model. *Psychological Review* 93. 1986, pp.411-428.
- Hosom, J.-P. *Automatic Time Alignment of Phonemes Using Acoustic-Phonetic Information*. Doctoral Dissertation, Oregon Graduate Institute of Science and Technology, 2000.
- Johnson, K. Speech perception without speaker normalization: An exemplar model. In J. Mullennix and Johnson, K. (eds.), *Talker Variability in Speech Processing*, 1997, pp.145-165. San Diego: Academic Press.
- Jurafsky, D., Alan, B., and Girard, C. The role of the lemma in form variation. In Gussenhoven, C. and N. Warner (eds.), *Laboratory Phonology* 7. 2002, pp.3-34. Berlin: De Gruyter.
- Kager, R. *Optimality Theory*. Cambridge: Cambridge University Press. 1999.
- Kang, Y., Yoon, T.-J. and Han, S. Frequency effects on the vowel length merger in Seoul Korean. *Laboratory Phonology*, 6.3-4. 2015, pp.469-503.
- Kim, H., Honda, K., and Maeda, S. Stroboscopic-cine MRI study of the phasing between the tongue and the larynx in the Korean three-way phonation contrast. *Journal of Phonetics* 33.1. 2005, pp.1-26.
- Lisker, L. "Voicing" in English: A catalogue of acoustic features

- signaling /b/ versus /p/ in trochees. *Language and Speech* 29. 1986, pp.3-11.
- McAuliffe, M., Michaela, S., Elias, S.-E., Mihuc, S., Wagner, M., and Sonderegger, M. *Montreal Forced Aligner* [Computer program]. Version 1.0.0, 2017. retrieved from <http://montrealcorpusools.github.io/Montreal-Forced-Aligner/>
- Nolan, F. The descriptive role of segments: Evidence from assimilation. In Gerard J. Docherty & D. Robert Ladd (eds.), *Papers in Laboratory Phonology II: Segment, gesture, prosody*. 1992, pp.261-280. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nosofsky, R. M. Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115.1. 1986, pp.39-57.
- Ohala, J. There is no interface between phonology and phonetics: a personal view. *Journal of Phonetics* 18. 1990, pp.153-171.
- Pierrehumbert, J. Phonological and phonetic representation. *Journal of Phonetics* 18. 1990, pp.375-394.
- _____. Exemplar dynamics: Word frequency, lenition, and contrast. In Bybee, J. & P. Hopper (eds.), *Frequency and the Emergence of Linguistic Structure*. 2001, pp.137-157. Amsterdam: John Benjamins.
- _____. Phonological representation: Beyond abstract versus episodic. *Annual Review of Linguistics* 2. 2016, pp.33-52.
- Port, R. F. and O'Dell, M. Neutralization of syllable-final voicing in German. *Journal of Phonetics* 13.4. 1985, pp.455-471.
- Prince, A. and Smolensky, P. Optimality Theory: Constraint interaction in generative grammar. In John J. McCarthy

- (ed.), *Optimality Theory in phonology: A reader*. 2004, Oxford: Blackwell Publishing.
- Roessig, S. *Categoriality and Continuity in Prosodic Prominence*, Berlin: Language Science Press, 2021.
- Roettger, T. B., Winter, B., Grawunder, S., Kirby, J., and Grice, M. Assessing incomplete neutralization of final devoicing in German. *Journal of Phonetics* 43. 2014, pp.11-25.
- Rosenfelder, I., Fruehwald, J., Evanini, K., Seyfarth, S., Gorman, K., Hilary, P., and Yuan, J. *FAVE (Forced Alignment and Vowel Extraction) Program Suite v1.2.2*. 2014.
- Schweitzer, K. *Frequency effects on pitch accents: Towards an exemplar-theoretic approach to intonation*. Universität Stuttgart, 2012.
- Seyfarth, S. Word informativity influences acoustic duration: Effects of contextual predictability on lexical representation. *Cognition* 133.1. 2014. pp.140-155.
- Son, M. Normalized gestural overlap measures and spatial properties of lingual movements in Korean non-assimilating contexts. *Phonetics and Speech Sciences*, 11.3. 2019, pp.31-38.
- Trubetzkoy, N. S. *Grundzüge der Phonologie*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. 1958. (한문희 역, 음운론의 원리. 2014, 서울대학교 출판문화원)
- Walker, A., and Hay, J. Congruence between ‘word age’ and ‘voice age’ facilitates lexical access. *Laboratory Phonology* 2.1. 2011, pp.219-237.
- Wright, C. E. Duration differences between rare and common words and their implications for the interpretation of word frequency effects. *Memory & Cognition* 7. 1979, pp.411-419.

- Yoon, T.-J. *A Predictive Model of Prosody through Grammatical Interface: A Computational Approach*. Doctoral Dissertation. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2007.
- _____. A Corpus-based study on the Effects of Gender on Voiceless Fricatives in American English. *Phonetics and Speech Sciences* 7.1. 2015, pp.117-124.
- _____. Phonological Optimization through Entropy Minimization. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology*. 22.3. 2016, pp.559-581.
- _____. Growth Curve Modeling of Nucleus F0 on Korean Accentual Phrase. *Phonetics and Speech Sciences* 9.3. 2017, pp.17-23.
- _____. Two-layer neural network-based vowel classification experiments using formant trajectory. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology* 25.1. 2019, pp.95-112.
- _____. Repair Strategies of Complex Onset by Spanish Learners of English in the Speech Accent Archive. *Studies in Phonetics, Phonology and Morphology* 26.2. 2020, pp.279-301.
- Yoon, T.-J, Zhuang, X, Cole, J. & Hasegawa-Johnson, M. Voice Quality Dependent Speech Recognition. In S.-C. Tseng (Ed.), *Linguistic Patterns in Spontaneous Speech*. 2009, pp.77-100. Taipei, Taiwan: Academia Sinica, 2009.
- Young, S., Evermann, G., Gales, M., Hain, T., Kershaw, D., Liu, X., Moore, G., Odell, J., Ollason, D., Povey, D., Valtchev, V., and Woodland. P. *The HTK Book (for version 3.4.1)*. Cambridge University Engineering Department, 2009.

[Abstract]

Challenges and Opportunities of Phonological Research Methods in the Era of Big Data

Tae-Jin Yoon*

This paper reviews approaches to explaining phonological categories and processes, and then presents challenges to the classical phonological approaches that assume phonological categories and categorical processes. The paper then proceeds to briefly introduce alternative approaches to phonological processes that incorporate gradient status of phonological units and phonological processes. Essential assets of Articulatory Phonology and Exemplar Theory are presented as alternative approaches to the phonological structure. After the brief introduction to alternative theories, the paper explains the core concept of Corpus Phonology as an interdisciplinary research methods. Putting the area of phonology in the realm of cognitive science influenced by adjacent disciplines such as sociology and biology makes it necessary to make use of research findings and methods from areas of computer science, speech technology and information technology, as well as statistics and probability. Even if we don't need to understand all of these areas, we need to be open-minded toward methods borrowed

* Associate Professor, Department of English Language and Literature, Sunshin Women's University

from such disciplines in solving phonological problems. The paper ends with the presentation of web-based Korean Forced Alignment system which can help phonetician or phonologists analyzing with speech samples.

[Key words] Modern Phonological Research Methods, Interdisciplinary Approaches, Classical Phonological Theory, Exemplar Theory of Phonology, Corpus Phonology

논문투고일: 2022년 1월 9일

논문심사 및 수정: 2022년 1월 16일 ~ 2월 3일

게재확정일: 2022년 2월 4일

필자전자우편주소: tyoon@sungshin.ac.kr