

다차원 척도 구성법을 이용한 한국어 음소의 분석

(Analysis of Korean Phonemes Using Multi-Dimensional Scaling Method)

權榮郁*, 鄭鉉烈**

(Young Uok Kwon and Hyun Yeol Chung)

要 約

일상회화 음성에 빈번히 나타나는 단음절에 포함되는 각 음소의 성질을 다차원 척도 구성(MDS)법을 이용하여 2차원 평면상의 거리로 나타내어 각 음소 상호간의 거리관계를 분석하였다. 분석결과 단모음의 경우 /ɾ/와 /ㄱ/, /ㄴ/와 /-/간, /ㄷ/, /ㄹ/간이 상대적으로 거리가 근접해 있어 자동 식별이 어려울 것이라는 것을 알 수 있었다. 자음의 경우는 1) 각 음소군내의 음소상호간, 2) 어두비음군과 어두유음 /ㄹ/간, 3) 어미비음 /ㄴ/, /ㅁ/과 어미유음 /ㄹ/사이가 서로 근접해 있으나 비음, 유음, 파열음에서의 어두와 어미간은 큰 거리를 가지고 분포하므로 분리가능 함을 알 수 있다.

Abstract

Using Multi-Dimensional Scaling(MDS) method, this paper analyzes the differences of acoustic properties of Korean phonemes projected as distances on a plan space. The phonemes were extracted from mono-syllables frequently occurring in daily conversation. From the distances between vowels we found that the distances between vowels /ə/ and /u/, /o/ and /u/, and vowels /ε/ and /e/ were relatively too short separate automatically. From the analysis of consonants, we found short distances between 1) phonemes in each phoneme group, 2) nasals and liquid /r/ of word initial, 3) nasal /n,m/ and liquid /l/ of word finals. But nasals, liquids and plosives of word initials had enough distances to be separated from those of word finals in automatic recognition.

I. 서 론

최근 한국어 음성인식에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1-4] 그러나 한국어 음성을 구성하는 기본요소인 음

소의 성질을 규명하는데 대한 연구는 아직 충분히 행해지고 있지 않다.

음소의 특징을 분석하는데 있어서, 각 음소 상호간의 음향적 성질의 차이, 음소상호간의 관계가 평면상의 위치관계로 표현할 수 있다면 한국어 음성의 분석, 인식, 합성을 연구하는 사람들이 음성을 구성하는 각 음소에 대한 이해를 보다 명확히 할 수 있다. 따라서 이에 관한 연구가 절실하나 아직 미흡하다.

다차원으로 표현되는 특징 상호간의 관계를 공간상에 배치하여 분석하는 방법에는 다차원尺度構成法(Multi-Dimension Scaling: 이하 MDS法)이 있다.^[5] MDS法은 多變量 統計解析을 根據로 해서 데이터중에 潛在하고 있

*正會員, 釜山工業大學 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Pusan Nat'l Univ. of Tech.)

**正會員, 嶺南大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Yeungnam Univ.)

接受日字: 1992年 6月 1日

(※이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.)

는 패턴구조를 조사해 내고 그 구조를 소수 차원의 공간 상에 기하학적으로 표현하는 방법이다. 이를 음소의 분석에 이용하면 다차원으로 표현되는 각 음소의 성질을 평면 상에서의 非類似性(dissimilarity)의 거리로서 설명할 수 있기 때문에 음소간의 상호관계를 시각적으로 명확하게 알 수 있다.^[6-14]

MDS법은 입력 데이터의 尺度水準에 따라 間隔尺度(interval scale) 또는 比例尺度(proportional scale)로 측정되는 計量的 데이터와 名義尺度(namable scale) 또는 順序尺度(ordinal scale)를 意味하는 非計量的 데이터로 분류되고, 입력 데이터의 형태 및 출력정보의 상태에 따라 단원, 2원, 3원관계로 각각 단상, 2상, 3상으로 분류된다.^[6-7]

이것은 1952년 Torgerson에 의해 최초로 정식화 되었고, 그후 입력데이터의 형태를 소수차원의 Euclidean 공간에서의 점간 거리로 정의하는 Young과 Householder의 정리로 발전하여 非類似性 데이터가 수치 데이터로 되는 計量的 MDS법이 완성되었다.^[6-14]

그러나 非類似性 데이터가 間隔尺度로 측정될 경우에 있어서는 가산정수 문제가 발생한다. 이에 대한 處理방법이 1956년에 Messick과 Abelson, 1972년에 Coper, 1978년에 Saito 등에 의해 개선되었다.^[6-7]

본 연구에서는 한국어 음성인식 System 구현의 기초 연구로서 음소상호간의 관계를 정확히 파악할 수 있도록 일상 회화음성에 포함되어 있는 음소를 위에서 기술한 MDS법을 이용하여 2차원 공간에 배치하고 음소 상호간의 유사성, 또는 비유사성의 관계를 분석 검토함으로써 각 음소의 상대적 위치관계를 명확히 하여 음성 연구자들에게 유의한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. MDS의 構成法

1. 3조합법을 이용한 음소간 比率距離(S_{jk})

단상 2원관계의 비유사성 데이터를 거리에 대응시킨 計量的 MDS를 이용한 분석에서는, 먼저 각 음소에 대해 1조의 특징 파라미터를 1점으로 보고 각 음소간의 거리를 구한후 이로부터 3조합법^[6-7,14]을 사용하여 데이터를 組合한다. 즉 각 음소를 A, B, C라고 할때 A를 기준으로 A-B, A-C 2조의 음소간 비유사도를 비교하여 기준 음에 대한 비유사도 행렬을 구한 다음, 그 행렬 각 요소의 중간값으로부터 편차행렬을 만든다.

이 편차행렬의 각 요소로부터 比率距離(comparative distance)^[6]를 얻고 이를 MDS의 입력 데이터로 한다.

2. 데이터의 尺度水準

각 음소를 Euclidean 공간에 표현하기 위해서는 MDS

의 입력 데이터 S_{jk}가 比例尺度上에서 정(+)의 값을 가져야 한다. 따라서 데이터의 尺度水準을 검토해야 하는데, MDS의 입력데이터 S_{jk}는 다음과 같이 주어진다.^[6]

$$S_{jk} = 1/2(jX_k + X_k + kX_j + X_k) \tag{1}$$

여기서 jX_k: 음소 j에 대한 열방향음소에 대한 거리의 평균과 행방향 음소 k와의 거리
이때

$$S_{jk} \geq 0, S_{jj} = 0 \tag{2}$$

를 만족하면 比例尺度로 판정하고(단, S_{jk}=S_{kj}를 반드시 만족할 필요는 없다) 그 외는 間隔尺度로 판정한다. 間隔尺度로 판정될 경우 입력 데이터 S_{jk}가 比例尺度上에서 식 (2)를 만족하도록 S_{jk}를 다음과 같이 가산정수 α를 산정하여 d_{jk}로 하고 이를 입력 데이터로 한다.

$$d_{jk} = S_{jk} + \alpha \quad (j \neq k) \tag{3}$$

3. Saito 방법에 의한 가산정수의 산정

MDS의 입력 데이터 S_{jk}가 식(2)를 만족하지 않는 間隔尺度로 될 경우 가산정수^[6-7,13-14] α를 추정해야 하는데, 이때 S_{jk}의 고유치 λ_i(i=1, ..., n)의 일부가 절대값이 큰 負(-)의 값을 가질 경우까지 고려하여 Saito^[6]는 適合度 P를 α의 함수로서 다음과 같이 나타내고 있다. ...

$$P(\alpha) = \frac{\sum_{i=1}^r \lambda_i^2(\alpha)}{\sum_{i=1}^m \lambda_i^2(\alpha)} \quad (r=1,2, m=1,\dots,n) \tag{4}$$

이때 표시하려고 하는 공간의 차원수 r에 대하여 P(α)를 최대로 하는 α가 適合도가 가장 높은 가산정수이고, 즉

$$\frac{dP(\alpha)}{d\alpha} \Rightarrow \text{Max}(=0) \tag{5}$$

가 되는 α를 구하는 것이다. 이 가산정수 α는 미분법에 의하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{d\lambda_i(\alpha)}{d\alpha} = X_i'(\alpha) \frac{dB(\alpha)}{d\alpha} X_i(\alpha) \tag{6}$$

여기서, λ_i(α)는 S_{jk}의 고유벡터

X_i'(α)는 S_{jk}의 고유벡터의 전치행렬

B(α)는 S_{jk}의 내적행렬

이다. 그러므로 $P(\alpha)$ 의 α 에 관한 미분은 다음과 같다.

$$\frac{dP(\alpha)}{d\alpha} = \frac{2 \left[\sum_{i=1}^r \lambda_i(\alpha) \frac{d\lambda_i(\alpha)}{d\alpha} - P(\alpha) \sum_{i=1}^m \lambda_i(\alpha) \frac{d\lambda_i(\alpha)}{d\alpha} \right]}{\sum_{i=1}^m \lambda_i^2(\alpha)} \quad (7)$$

Saito 방법^[6]을 이용하여 가산정수 α 를 추정하는 과정을 요약하면 다음과 같이 2단계로 나누어진다. 이때 $P(\alpha)$ 를 극대치로 하는 α 를 α^* 라 하고 수렴判定의 기준을 $\delta > 0$ (δ : threshold 값)으로 한다.

[제 1단계] α^* 을 포함하는 구간 I_0 을 찾는다.

- ① 초기치 α_0 , step 폭을 (Δ) 설정한다.
- ② α 를 고정폭 Δ , 또는 가변폭 $i \cdot \Delta$ (i 는 step 횟수)를 변화시켜 나가면서 $P'(\alpha_i) > 0$ 또는 $P'(\alpha_i) < 0$ 로 되는 구간 $I_0 = [\alpha_i, \alpha_{i+1}]$ 를 찾는다.

[제 2단계] 가산정수 α^* 을 찾는다.

- ① loop 횟수가 지정된 횟수에 도달하면 계산완료
- ② 중점 $\alpha_m = (\alpha_i + \alpha_{i+1})/2$ 에 대한 $P'(\alpha_m)$ 를 계산
- ③ $P'(\alpha_m) < \delta$ 이면 $\alpha^* = \alpha_m$ 으로 하고 계산완료
- ④ $P'(\alpha_m) > \delta$ 이면 $\alpha_i = \alpha_m$ 또는 $P'(\alpha_m) < -\delta$ 이면 $\alpha_{i+1} = \alpha_m$ 으로 하고 ①로 되돌아 간다.

4. Torgerson 방법에 의한 공간배치의 도출

입력 데이터 S_{jk} 가 非類似性이고 식(1)과 (2)를 만족하는 比例尺度로 주어졌을 경우, S_{jk} 의 내적행렬 B 는 Young과 Householder 정리^[6-7]에 의해 다음과 같이 정의된다. ...

$$b_{jk} = \frac{1}{2} (s_{jm}^2 + s_{km}^2 - s_{jk}^2) \quad (j, k, m = 1, \dots, n) \quad (8)$$

B 행렬을 MDS의 입력 데이터 S_{jk} 로 표현하면

$$b_{jk} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{m} \sum_j S_{jk}^2 + \frac{1}{m} \sum_k S_{jk}^2 - \frac{1}{m^2} \sum_j \sum_k S_{jk}^2 - S_{jk}^2 \right) \quad (9)$$

으로 된다. 식(9)에서 B 행렬이 半對稱(positive semidefinite) 행렬이고 rank가 r 이면

$$B = \begin{matrix} A & \cdot & A' \\ m \times m & & m \times r & r \times m \end{matrix} \quad (10)$$

로 분해 표현되고, r 차원 Euclidean 공간에서의 좌표행

렬 A 를 결정할 수 있다. 좌표행렬 A 를 r 차원에 표현하기 위해서는 먼저 고유치를 결정한 후 다음의 고유벡터 X_i 를 구한다.

$$BX_i = \lambda_i \cdot X_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

여기서 고유벡터 X_i 는 定規直交化된 상태, 즉

$$X_i' X_i = \delta_{ii} = \begin{cases} 1 & (t = t') \\ 0 & (t \neq t') \end{cases} \quad (12)$$

이다. 내적행렬 B 는 rank가 r 이므로

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_r > 0, \lambda_{r+1} = 0, \dots, \lambda_m = 0 \quad (13)$$

로 된다. 이때 A 행렬($m \times r$)의 각 요소 a_i 는 식(10), (11)로부터

$$a_i = \sqrt{\lambda_i} X_i \quad (i = 1, 2, \dots, r) \quad (14)$$

로 되므로 좌표행렬 A 는 다음과 같이 된다.

$$A_{m \times r} = (a_1, a_2, \dots, a_r) \quad (15)$$

이를 공간배치에 이용한다.

5. 適合度の 검토

이상의 결과에서 도출된 공간배치 행렬 A 의 適合性 與否를 판정해야 하는데, 여기에서는 다음과 같은 2가지 방법이 있다.

1) 지표 F 로 나타내는 방법

공간배치 행렬 A 에서의 음소간 거리를 d_{jk} 라 하면 d_{jk} 는

$$d_{jk}^2 = \sum_{i=1}^r (a_{ji} - a_{ki})^2 = \sum_{i=1}^r \lambda_i (X_{ji} - X_{ki})^2 \quad (16)$$

로 되고 이 d_{jk} 는 S_{jk} 에 대한 근사값으로서 그 근사의 程度(Q)는 最小2乘法에 의하여 다음과 같이 된다.

$$Q = \frac{\sum_j \sum_k (S_{jk} - d_{jk})^2}{\sum_j \sum_k S_{jk}^2} \quad (17)$$

Q 를 표준화 하여 지표 F 로 나타내면 다음과 같다.

$$F = \frac{1}{1 + \frac{\sum_j \sum_k (S_{jk} + d_{jk})^2}{\sum_j \sum_k S_{jk}^2}} \quad (18)$$

이 경우에 F는

$$0 < F \leq 1 \quad (19)$$

이 된다. 이 F는 MDS Model의 適合度를 측정하는 지표의 하나로서, F가 클수록 適合度가 좋다.

2) 지표 P로 나타내는 방법
차원수 r에 대한 내적행렬 B는

$$\hat{B} = (\hat{b}_{jk}) \text{ 여기서 } \hat{b}_{jk} = \sum_{k=1}^r a_{jk} a_{ki} \quad (20)$$

로 되며, 이 근사값의 程度를 지표 P로 나타내면

$$P = \frac{\sum_j \sum_k \hat{b}_{jk}^2}{\sum_j \sum_k b_{jk}^2} \quad (21)$$

$$0 < P \leq 1 \quad (22)$$

로 된다. 이 P는 실제 선택한 차원에 대한 適合度의 의미이므로, F보다도 직접적인 지표라 할 수 있다. P를 고유치로 표현하면

$$\sum_j \sum_k \hat{b}_{jk}^2 = \sum_{i=1}^m \lambda_i^2 \quad (23a)$$

$$\sum_j \sum_k b_{jk}^2 = \sum_{i=1}^m \lambda_i^2 \quad (23b)$$

이므로

$$P = \frac{\sum_{i=1}^r \lambda_i^2}{\sum_{i=1}^m \lambda_i^2} \quad (24)$$

으로 된다.

일반적으로

$$P < F \quad (25)$$

의 경향을 나타낸다.

適合度를 검토할 때는 통계적 지표인 F와 P를 검토比較하고 S_{jk} 와 d_{jk} 또는 b_{jk} 와 \hat{b}_{jk} 間을 Plot하여 視覺的으로 검토하는 것이 중요하다. 즉 그 관계가 선형성이면 適合度가 좋다.^[6-7,14]

Ⅲ. 음성자료

1. MDS 분석을 위한 음성자료

자음 및 모음 데이터를 추출하기 위한 단음절 자료는 한국어역순사전^[15]중의 단어를 음소별로 출현頻度 순으로 나열하여, 累積頻度 90% 以內的 501개 單音節과 음소의 수가 적은 /ㅁ/, /ㅌ/, /ㄱ/에 대해서는 累積頻度 99.9%까지에 포함되는 48개를 추가한 549개의 단음절로 구성한다.^[16-19]

분석에 사용되는 음소 데이터는 549개의 단음절을 방음실에서 한국인 성인 남성 3인이 3회 발성한 것으로 분석대상 음소수는 8단모음을 포함하여 35개의 음소로 한다. 각 음소별 자료수는 MDS의 입력 형태에 따라, 35개 음소중에서가장 적은 갯수의 음소를 포함하는 단음절을 기준으로 각각 135개로 하여 합계 4725개로 한다. 35개의 음소를 포함하는 단음절 음소환경과 각 음소의 표기는 표1.과 같다. 이때 어두의 비음 /ㅁ(n^h)/, /ㄴ(n^h)/, /ㄹ(r)/을 어미 /ㅁ(m^o)/, /ㄴ(n^o)/, /ㄹ(1)/와 구별하고 어미의 /ㅁ,ㅍ/은 /P/로, /ㅅ,ㅈ,ㅊ,ㅊ/은 /T/로, /ㄱ,ㄴㄱ/은 /K/로 나타낸다.



그림 1. 분석의 흐름도
Fig. 1. Flow chart of analysis.

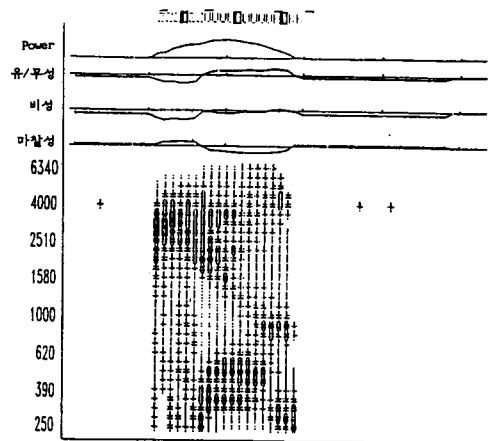


그림 2. 레이블의 예(“죽”인 경우)
Fig. 2. An example of Labeling (in the case of phoneme “zuk”).

6) 고유지 계산 및 선택

내적행렬 B의 계산 결과로부터 2차원 공간배치를 위한 座標행렬을 구하기 위하여 고유치를 풀어 식(12)와 같이 고유 Vector로 正規直交化한다. 이때 각 음소의 고유의 성질을 나타내기 위해서는 선택한 차원수에 대해 고유치가 큰 것으로 선택해야 한다.

7) 座標행렬 計算

식(15)으로 부터 선택한 차원수 2에 대해 座標행렬 A를 계산한 결과는 표3 과 같다. 이것이 1軸과 2軸, 즉 평면공간의 음소간 Scale값이 된다.

8) 거리행렬 計算

座標행렬 A로부터 유클리드 거리를 구하고 그 결과의 일부를 표4 에 나타낸다. 유클리드 거리의 정의식은

$$d_{jk} = \left(\sum_{m=1}^r (a_{jm} - a_{km})^2 \right)^{1/2} \quad (26)$$

여기서, m: 공간의 수(r=2) j,k: 음소수(35음소)와 같이 나타낸다.

9) 適合度 檢討

MDS 모델의 適合성을 판정하기 위해 식(18) 및 식(24)에 의해 適合度 F,P를 구한 결과, F=0.62703 P=0.52250이었다. MDS 모델의 適合성을 F,P의 수치에만

표 3. 좌표행렬(A)
Table 3. Coordinate matrix(A).

	I	II		I	II
1	-.01216	.09267	19	-.01562	.05784
2	.00364	-.02726	20	-.17726	-.08639
3	-.14091	.06506	21	-.13294	-.05869
4	-.17370	.07198	22	-.15212	-.20030
5	-.04210	-.01814	23	-.25490	.04580
6	-.03273	-.24181	24	-.26217	-.29682
7	.03727	-.07687	25	-.53271	-.14419
8	.04824	-.04804	26	-.01125	.32026
9	.01376	-.05553	27	.22891	.06328
10	.14875	-.09516	28	-.02687	.33712
11	.00436	.13313	29	.20632	-.02143
12	.16736	-.02140	30	.22760	.01320
13	.01300	-.05896	31	-.12972	.35127
14	-.03543	.01168	32	.34899	.04084
15	.05005	-.01044	33	.25724	-.44689
16	-.04804	-.03411	34	.24926	.08459
17	-.10355	.09720	35	.37687	-.01718
18	-.09744	.17372			

표 4. 각 음소 상호간의 유클리드 거리 일부
Table 4. A part of Euclidean distance between Phonemes.

	a	ə	o	u	w	i	ε	e	j	w	p	p'	t	t'	t''	k	k'	
a	.00	.12	.13	.16	.11	.34	.18	.15	.15	.25	.04	.21	.15	.08	.12	.13	.09	.12
ə		.00	.17	.20	.05	.22	.06	.05	.03	.16	.16	.16	.03	.06	.05	.05	.16	.22
o			.00	.03	.13	.33	.23	.22	.20	.33	.19	.32	.20	.12	.21	.14	.05	.12
u				.00	.16	.34	.26	.25	.23	.36	.19	.35	.23	.15	.24	.16	.07	.13
w					.00	.22	.10	.10	.07	.21	.16	.21	.07	.03	.09	.02	.13	.20
i						.00	.18	.21	.19	.23	.38	.30	.19	.25	.25	.21	.35	.42
ε							.00	.03	.03	.11	.21	.14	.03	.11	.07	.10	.22	.28
e								.00	.04	.11	.19	.12	.04	.10	.04	.10	.21	.27
j									.00	.14	.16	.16	.00	.08	.06	.07	.19	.25
w										.00	.27	.08	.14	.21	.13	.21	.32	.36
p											.00	.22	.19	.13	.15	.18	.11	.11
p'												.00	.16	.21	.12	.22	.30	.33
t													.00	.09	.06	.07	.19	.26
t'														.00	.09	.05	.11	.17
t''															.00	.10	.19	.24
k																.00	.14	.21
k'																	.00	.08
																		.00

의존하면 위험하다. 따라서 比率거리 즉 加算定數를 포함하지 않은 S_{jk}와 加算定數를 포함한 거리 d_{jk}간의 관계를 나타내어, 그 관계가 선형성을 나타내면 적합하다고 판정한다. {S_{jk}}의 결과와 식(26)에서 구한 {d_{jk}}간의 관계를 그림4 에 나타낸다.

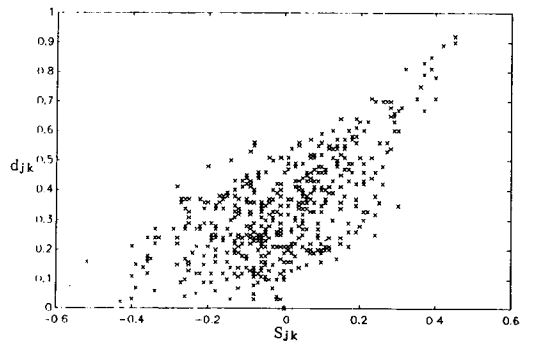


그림 4. S_{jk}와 d_{jk}와의 관계
Fig. 4. Relationship between S_{jk} and d_{jk}.

그림4 에서 S_{jk}와 d_{jk}간의 관계가 다소의 분산이 나타나지만 전체적으로 선형성을 보이므로 본 연구에서의 공간 배치 행렬은 적합하다고 판정한다.

10) 공간배치

座標행렬 A를 2차원 공간상에 배치한 결과는 그림5. 와 같다. 그림5 를 각 음소군별로 나타낸 것을 그림6.에 보인다.

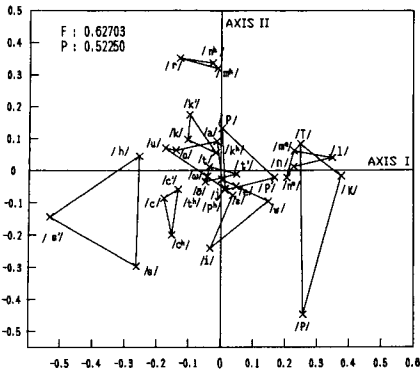


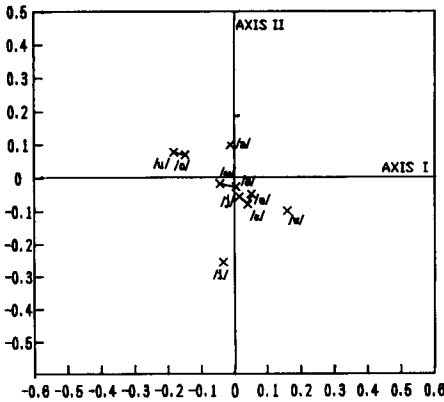
그림 5. 35음소의 2차원 배치
Fig. 5. Two-dimensional representation of 35 phonemes.

2. 음소간의 거리분석

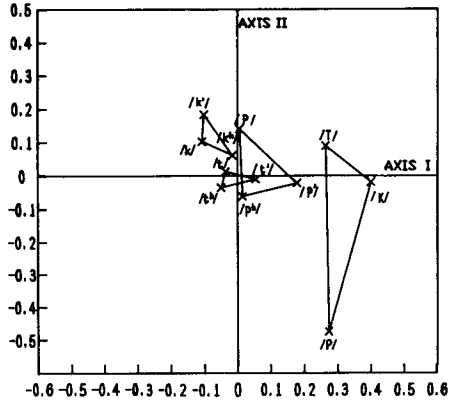
그림5로부터 鼻音, 摩擦音, 어미 破裂音을 제외한 모든 음소가 근접 분포하고 있어 전 음소를 대상으로 한 음소인식에 있어서는 상당한 어려움이 예상된다.

그림6 (a)-(d)는 그림5 를 각 음소군별로 나타낸 것이다. 그림6 (a)는 모음군을 나타낸 것으로 단모음 /ɪ(u) /, /ɔ(o) / 그리고 /ɪ(ə) /, /-w) /간(0.03, 0.05, 0.03)은 상당히 근접 분포하고 있어 식별이 어려울 것으로 생각된다. 특히 /ɛ(ɛ) /, /ɛ(e) /간은 매우 근접해 있으므로 자동인식에 있어서는 동일 모음으로 취급하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

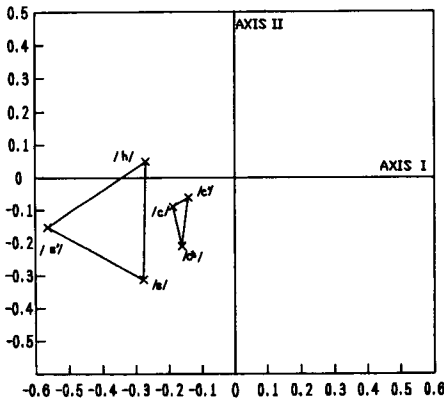
반모음 /j/는 /ɛ(ɛ) /와 /ɛ(e) /에 상당히 근접(0.03, 0.04)해 있어 이들 음소의 식별에 유의해야 하나 단모음 /ɪ(a) /와 /ɪ(i) /, 반모음 /w/는 다른 모음들과



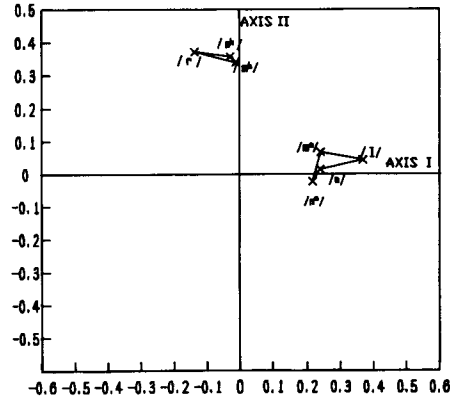
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 6. 각 음소군별 2차원 배치
(a) 모음 및 반모음 (b) 파열음 (c) 마찰음, 파찰음 (d) 비음, 류음

Fig. 6. Two-dimensional representation for each phoneme group.

(a) vowel and semi-vowel, (b) plosives, (c) fricatives and affricates, (d) nasals and liquids.

비교적 큰 거리(0.12-0.34, 0.22-0.34, 0.11-0.36)를 갖고 있으므로 모음식별에서는 분리가 용이하리라 생각된다.

그림6 (b)는 破裂音群의 분포를 나타낸 것으로 음소 /ㅂ(p)/, /ㅃ(p')/, /ㅍ(p^h)/는 다소의 거리값(0.16-0.22)을 가지므로 분리 가능할 것으로 생각되나, 음소 /ㄱ(k')/, /ㅋ(k^h)/, /ㄷ(k)/ 상호간, /ㄷ(t)/, /ㄸ(t')/, /ㅌ(t^h)/간의 거리는 근접해 있으므로 분리가 어려울 것으로 생각된다. 또 음소 /ㄸ(t')/는 /p/군 영역내에 분포하고 있고, /ㄷ(t)/와 /ㅋ(k^h)/, /ㅌ(t^h)/와 /ㅍ(p^h)/도 근접(0.09-0.12)해 있으므로 이들 음소 상호간의 혼동도 예상된다. 破裂音群의 어미를 나타내는 /P/, /T/, /K/ 상호간은 매우 큰 거리값을 가지며, 특히 /P/는 모든 음소들로부터 큰 거리(0.3-0.71)를 가지고 분포하므로 다른 어떠한 음소들과도 쉽게 분리될 것으로 생각된다.

그림6 (c)는 摩擦音과 破擦音群을 함께 나타낸 것으로 破擦音의 /ㅅ(c)/과 /ㅆ(c')/는 서로 근접해 있으나 음소 /ㅈ(c^h)/과(0.12, 0.14)는 떨어져 있으므로 분리가 용이하다. 그리고 摩擦音 /ㅎ(h)/, /ㅅ(s)/, /ㅆ(s')/은 서로 상당한 거리(0.31-0.34)를 가지고 있으므로 이들의 분리도 용이할 것으로 생각된다. 그림6 (d)는 鼻音과 流音群을 함께 나타낸 것으로 어두鼻音 /ㄴ(n^h)/, /ㅁ(m^h)/과 어두流音 /ㄹ(r)/ 상호간(0.10-0.12)은 서로 근접해 분포하고 있고, 또 어미鼻音 /ㄴ'(n^e)/, /ㅁ'(m^e)/과 어미流音 /ㄹ(l)/ 상호간(0.12-0.16)도 서로 근접해 있으므로 어두 및 어미 상호간은 분리가 어려울 것으로 생각되나, 어두鼻音, 流音 분리는 용이하리라 생각된다. 이상의 자음에 대해 調音樣式別로 분류하여 분석해 보면 破裂音의 /ㄸ(t')/, /ㄷ(t)/, /ㅌ(t^h)/群과 /ㅃ(p')/, /ㅂ(p)/, /ㅍ(p^h)/群이 다소 중복하여 분포하고 있으며 /ㄱ(k')/, /ㅋ(k^h)/, /ㄷ(k)/, /ㅋ(k^h)/群과의 중첩은 없으나 근접 분포하여 破裂音群 내부에서의 음소의 식별에 있어서 어려움이 예상된다. 그림6(c)로부터 摩擦音 /ㅆ(s')/, /ㅅ(s)/, /ㅎ(h)/ 및 破擦音 /ㅆ(c')/, /ㅅ(c)/, /ㅈ(c^h)/의 분리는 가능하나 破擦音群 내부의 음소식별이 어려울 것으로 생각된다.

V. 결 론

MDS법을 이용하여 한국어 8단모음 및 35음소를 2차원 공간에 배치하고 그 음소상호간의 관계를 분석한 결과 다음과 같은 사실을 확인하였다.

- 1) 단모음 /ㄷ(u)/와 /ㄱ(o)/ 그리고 /ㅏ(ə)/와 /ㅓ(w)/간의 거리가 다소 近接해 있다.

- 2) 단모음 /ㅏ(ε)/, /ㅓ(e)/간의 거리는 매우 근접해 있으므로 단모음의 自動認識에서는 동일 모음으로 취급하는 것이 좋을 것으로 생각된다.
- 3) 破裂音 /ㄸ(t')/, /ㄷ(t)/, /ㅌ(t^h)/群과 /ㅃ(p')/, /ㅂ(p)/, /ㅍ(p^h)/群은 중복하여 분포하고 있고, /ㄱ(k')/, /ㅋ(k^h)/, /ㄷ(k)/, /ㅋ(k^h)/群과의 중첩은 없으나 근접 분포하므로 破裂音群 내부에서의 음소의 식별에 있어서 어려움이 예상된다.
- 4) 破裂音群의 어미를 나타내는 /P/, /T/, /K/는 어두의 破裂音群과는 매우 큰 거리값을 가지므로 쉽게 분리 가능하리라 생각된다.
- 5) 摩擦音 /ㅆ(s')/, /ㅅ(s)/, /ㅎ(h)/ 및 破擦音 /ㅆ(c')/, /ㅅ(c)/, /ㅈ(c^h)/의 분리는 가능하나 破擦音群 내부의 음소식별은 어려울 것으로 생각된다.
- 6) 어두鼻音 /ㄴ(n^h)/, /ㅁ(m^h)/과 어두流音 /ㄹ(r)/의 거리는 서로 근접해 분포하고, 어미鼻音 /ㄴ(n^e)/, /ㅁ(m^e)/, /ㅇ(ŋ)/과 어미流音 /ㄹ(l)/ 상호간도 서로 근접해 있으나, 어두鼻音, 流音은 어미鼻音, 流音과 큰 거리를 가지고 분포하므로 어두와 어미간의 분리가 가능할 것으로 생각된다.

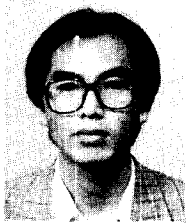
이상과 같은 결과들은 한국어 음성의 분석, 인식, 합성 연구에 유익한 기초자료가 될 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- [1] B.I.Kim and H.Fujisaki, "Analysis and Recognition of Korean Vowels," Annual report of the Engineering Research Institute, University of Tokyo, vol. 32
- [2] Y.H.OH and T.Agui, "A Spoken Korean-Digits Recognition System Based on Linear Prediction Spectra," K.I.E.E., vol. 17, no. 3,(1980).
- [3] K.T.Kim, J.Miwa and K.Kido, "Recognition of Isolated Korean Digits Using Band-pass Filters Based on FFT." *J. Acoust. Soc. Jpn.* (E)4,4, (1983).
- [4] H.Y.Chung, S.Makino and K.Kido, "Analysis and Recognition of Korean isolated Vowels using formant frequency," *J. Acoust. Soc. Jpn.* (E)9,5, pp. 225-235(1988).
- [5] 坂井, 中川, "日本語音聲ヌペワトルの特徴分析および音聲認識 話者認識への考察," *日本音響學會誌*, vol.43, pp. 111-117,(1979).
- [6] 齊藤堯辛, 統計liberary-多次元尺度構成法, (株)朝

- 倉書店, pp. 1-69,(1983).
- [7] 竹内啓, 柳井晴夫, 多變量解析の基礎, 東洋經濟新聞社, pp. 271-298,(1972).
- [8] 芳賀敏郎, 橋本茂丁, 回歸分析と主成分分析, 日科技連, pp. 161-226,(1986).
- [9] 奥野忠一, 吉澤正, 芳賀敏郎, 久米均, 多變量解析法, 日科技連, pp. 1-24, 323-372,(1985).
- [10] 藤沢偉作, 多變量解析法, 現代數學社, pp. 1-30,(1985).
- [11] 岡田泰榮, 多變量の統計, 共立出版, pp. 18-118,(1985).
- [12] 中川聖一, 確率モデルによる音聲認識, 電子情報通信學會, pp. 7-177,(1988).
- [13] 岡田美智男, “語頭子音の統計的分析と認識に関する研究,” 日本東北大學大学院工學研究科情報工學專攻修士學位論文, pp. 1-261,(1984).
- [14] W.S.Torgerson, Theory and Methods of Scaling, JohnWiley, pp. 132-297,(1958).
- [15] J.W.Yoo, 韓國語逆順辭典, 正音社, pp. 857-877,(1983).
- [16] 許態, 國語音韻學, 正音社, pp. 207-226,(1985).
- [17] 梅田博之, 韓國語音聲學的 研究, 螢雪出版社, pp. 35-37,(1983).
- [18] 李茂永, 鄭鉉烈, “會話音聲에 포함되는 音素의 分析 및 自然語 認識을 위한 特徵 抽出,” 韓國科學財團最終報告書,(1991).
- [19] 鄭鉉烈, “韓國語音聲の分析と認識に関する基礎的研究,” 日本東北大學情報工學專攻工學論文, pp. 1-138,(1989).
- [20] Young, F.W. and Null, C.H., “Multidimensional Scaling of Nominal data:The Recovery of Metric Information with ALSCAL,” Psychometrika, vol. 34, pp. 367-379,(1978).

 著 者 紹 介



權 榮 郁(正會員)

1960年 11月 12日生. 1986年 2月 부산공업대학 전자공학과 졸업(공학사). 1991年 8月 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1987年 10月~현재 부산공업대학 전자공학과 조교. 주관심분야는 음

성신호처리 및 그 응용 등임.



鄭 鉉 烈(正會員)

1951年 11月 26日生. 1975年 2月 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1981年 2月 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1985年 5月~1986年 3月 일본 東北대학응용정보학 연구센터 연구

생. 1989年 4月 일본 東北대학대학원 정보공학과(공학박사). 1989年 3月~현재 영남대학교 전자공학과 조교수, 1992年 7月~현재 미국 Carnegie Mellon Uni. Robotics 연구소 Visiting Research Scholar. 주관심분야는 음성신호처리 및 그 응용 등임.