

한글 子音의 周波數 分析的인 研究

(Study on the Korea Consonant by Frequency Analyzing)

申 龍 徹* · 崔 鎮 泰**

(Shin, Yong Chul) · (Choi, Jin Tae)

要 約

한글 子音을 sona-graph로 부터 얻은 音聲 pattern으로 周波數分析的인 方法으로 精密分析한다는 것은 지극히 곤란한 것이며 周波數合成的인 方法으로 研究해야할 問題임을 알았다. 그래서 子音 周波數領域을 分析抽出하였으며, 前子音에 後續하는 |ㅏ|의 formant가 調音方法과 調音位置와 對應해서 變化하는 상태를 주로 觀察하였다.

Abstract

It was found that the rapidly changeable consonant's components of the Korean speech can not be analyzed precisely by the method of frequency analysis, but only by the method of frequency synthesis based on the speech pattern obtained from sona-graph.

The following two methods mer mainly: One was to extract the frequency region of Consonants, and the other was to observe how the mode of the Formant of the Korean Vowel, |ㅏ|, following after some consonants. changes both by the articulation manner and by the articulation position.

1. 序 論

한글 자음 分析

周波數分析的인 技法을 使用해서 筆者가 한글 音聲의 特性을 밝혀오는 過程에서 子音의 차레가 된다.

子音分化에 관한 問題들은 母音分化에 관련되는 여러 問題들과는 달라서 극히 捕捉키 어려운 問題들이 많다. 特히 單獨의 子音을 發生키 가 어려우며 또한 繼續 時間이 극히 짧은 關係로 現象把握에 극히 곤란을 겪게 된다. 또한 廣帶域

에 걸친 子音部位의 音聲 pattern 하나를 作成하 는데도 여러번의 失敗를 거듭케 되는 곤란등이 있다. 문헌을 통해서 보면 여러 전문가들도 子音 에 관한 研究는 아주 주저하고 있는 경향들이 많 이 엿 보이고 있다. 여기서 筆者는 sona-graph에 의해서 子音의 음향학적인 觀察을 주로 하였다.

2. 음향적으로 본 음성 발생

音聲은 人間의 大惱에서의 言語活動이 生理的인 여러 發生器管을 通해서 音波로 變換되어 전 것이라고 볼 수가 있다. 이와 같이 하여 音波의 段階에 까지 오게 되면 이것은 소위 音響學의 범 위에서 取扱할 수 있는 現象으로서 그 發生되는

* , ** 正會員, 電氣通信研究所

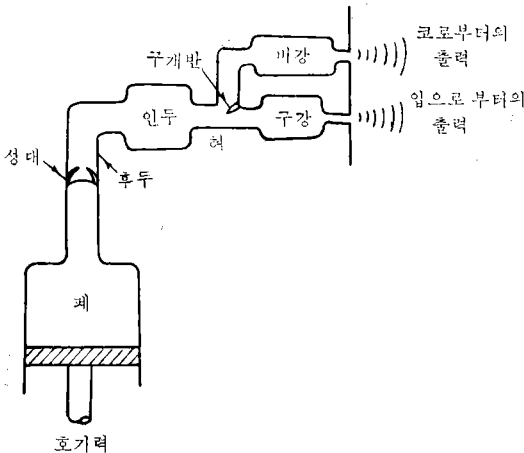
接受日字: 1973. 4. 9.

machanism을 밝혀 볼 필요가 있다고 본다. 音聲發生에 關係되는 여러 器管을 우선 두개로 나누어 生覺해 보기로 한다. 하나는 音源이 되는 部分 예를 들면 聲門이라든가, 혀 기타로 形成되어지는 좁은 聲道部分 또는 閉止등이 있으며 또 다른 하나는 소위 調音에 關聯되는 部分으로서 口腔, 鼻腔등이다. 音源部分이 되는 部分에 關聯되는 動作에 關한 研究는 오늘날까지도 아직 充分히 밝혀지지않고 研究의인 것들이 大部分임이 實情이며, 두번째로 말한 調音에 關한 部分의 音響학적인 研究는 현재로서는 不充分하기는 하나 理論의인 취급에 關한 方法만은 어느정도 實施되어 있다고 본다. 그러나 音源의 性質은 音聲의 自然性, 個人的, 特徵등의 情報가 많이 포함되어 있는 것으로 알려져 있어서 重要한 것으로 되어 있다.

調音에 關해서는 斷面積이 場所에 따라서 變化하는 音響管으로 보고, 또 한편은 不均一한 分布定數回路라고 볼 수가 있어 回路網의 知識을 應用하면 明確하게 理解할 수가 있다.

이 調音作用에 依해서 音聲의 韻質이 定해지고 있다. 여기서 音聲發生系統을 그림 1에 의해서 模式的으로 說明을 가해본다. 一般的으로 알려진 바와같이 모든 音聲 Energy의 源은 肺로부터 내 쫓는 呼氣의 Energy이다.

音源에 關해서 音聲을 分類해 보면 有聲音과 無聲音으로 나누어 진다. 有聲音은 聲帶가 弛張振動해서 呼氣를 斷續하여 三角波의인 音源이 그



제 1도 음성 발생 기관의 모식도

位置에 생기는 것이며, 無聲音은 크게 나누어 두 種類가 되는데, 하나는 聲道가 좁혀진 部分을 空氣가 通過할 때 생길亂流로써 雜音이 나오는 것이고, 다른 하나는 聲道를 一時 막고서 空氣壓이 높아졌을 때 급격히 開放해서 얻어지는 過度的인 音源이다.

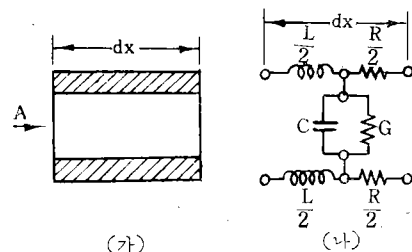
聲道の 型은 혀, 입술, 아래턱, 口蓋帆등의 型과 그 位置가 如何한가에 따라 크게 變化하는 것으로서 이것들로 調音이 行해지는 것이다. 낮설은 術語일지 모르나 口蓋帆이란 軟口蓋보다 더 깊은 部分으로서 이것이 아래 위로 움직임으로써 口腔과 鼻腔과의 結合을 調節할수 있다. 이와 같이 해서 發生된 音聲은 입, 코구멍 또는 이들로 부터 放射되어 우리들의 귀에 到達되는 것이다.

그러면 우선 調音作用에 解析의인 取扱을 다소 試圖해 보기로 한다. 聲帶로부터 입술에 이르는 聲道の 길이는 보통의 成人男子에서는 대략 17cm 정도로 알려져 있으므로 可聽周波數의 범위에서는 波長에 比해서 無視할 수가 없는 크기이다. 그래서 音響학적으로는 集中定數의인 取扱을 하기에는 實情에 맞지 않으며 소위 말하는 分布定數의인 解析이 적당하다.

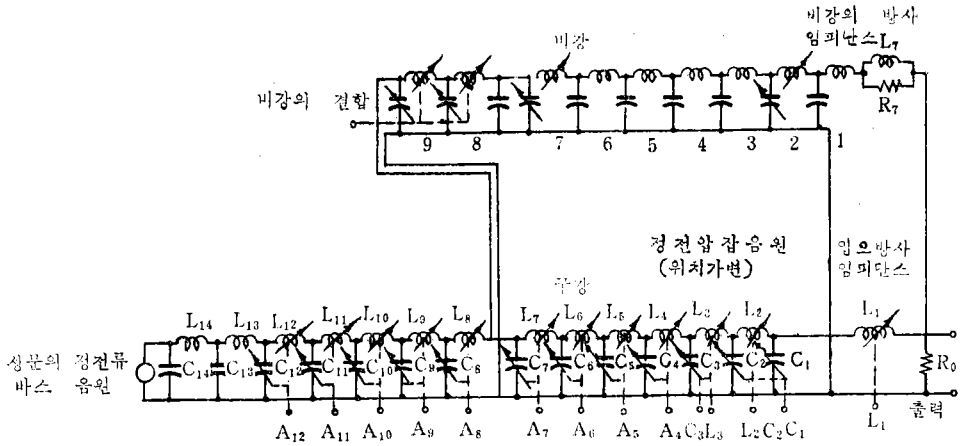
또 한편 便利한 것은 4KHz 以下の 周波數에서는 波長에 比해서 짧으며, 옆 方向의 波動을 生覺할 必要가 전혀 없다. 그래서 聲道는 聲帶로부터 입술에 이르는 各部分의 斷面(그림 2圖 참조) A의 中心點의 軌跡을 x座標로 하는 一元一次의 波動方程式(Webster의 式)

$$\frac{1}{A(x)} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left[A(x) \cdot \frac{\partial P}{\partial x} \right] = \frac{1}{C^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \dots \dots (1)$$

에 關해서 검토를 하면 音響의인 性質이 判明되게 될 것이다. 위의 式에서 P는 音壓, t는 時間이다.



제 2도 음향관과 등가회로



제 3 도 성도의 동가 회로

3. 傳送關係의 一般의인 性質

口腔, 鼻腔 등으로 이루어져 있는 聲道는 아래 그림과 같이 可變의 L, C 사다리型 回路로서 近似된다.

L, C의 값은 그 部分에서 聲道の 斷面積, A 만으로써 定해지는 것이다. (R와 G는 省略해 있다).

聲帶의 Impedance는 그림 왼편에 定電流源으로서 表示되어지고 있다.

子音發生을 爲한 雜音源은 發生位置 L에 直列로 삽입한 定電壓源으로서 나타낼 수가 있다.

分布定數回路는 理論上으로는 可付番 無限個의 固有值를 가지고 있다. 聲道の 경우 4KHz 以下에 있는것은 3, 4個가 된다. 이것을 周波數의 낮것으로 부터 차례로 제1 formant, 제2 formant ... 제 n formant 라고 부르고 있는 것으로 筆者는 한글 母音의 이分野에 關한 여러가지를 이미 記述한 바 있다.

鼻腔이 關與치 않고 聲道가 均一한 斷面을 維持할 경우에는 첫번째로 부터의 formant 周波數들은 大略 500, 1,500, 2,500, 3,500Hz가 된다. 그러나 聲道の 形象이 變化함에 따라서 formant의 값은 上下로 移動해서 形에 따른 固有值分布를 取하게 된다. 따라서 音源位置로부터 出力까지의 傳送關數는 다음과같이 一般의으로 나타낼 수가 있다.

$$T_{(S)} = \frac{\prod_{z=1}^m (S - S_z) (S - S_z^*)}{\prod_{p=1}^n (S - S_p) (S - S_p^*)} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 S_p 는 極, S_z 는 零點, *는 共役을 말한다. 音源이 聲帶이며 또한 鼻音化하지 않은(即 鼻腔이 關여치 않음) 경우에는 L, C의 사다리形 回路의 特性으로서 極 formant 만이 存在하고 있음을 말할 수 있는 것이다. 이것이 母音의 特徵인 것이다.

半母音 |l|, |r| 등의 流音에 關해서도 거의 같음을 알 수가 있다. 여기서 筆者가 다루려는 子音의 경우에는 音源이 聲道の 途中에 存在하게 되며 또한 그點으로부터 聲帶側에 있는 聲道가 反共振하면 出力이 없어지게 되므로 이것이 傳送關數에 零點이 생기게 되는 것이다. 一般의으로 子音이나 鼻腔이 介入하는 鼻子音에 關해서는 반드시 傳送關數에 零點이 생기게 되며, 이것을 母音 formant에 比해서 子音에서는 Anti-formant라고 부르고 있다.

4. 鼻腔의 影響

鼻子音 |ㄹ|, |ㄴ|. (m, n)音등을 發生한다든지 또는 母音을 鼻音化 할때는 鼻腔과 口腔이 口蓋帆을 열게 되므로써 結合이 이루어져서 鼻腔의 影響이 나타나게 마련이다. 鼻子音의 경우에는 口腔은 閉鎖되며 소리는 主로 鼻腔으로부터 發射되고 口腔은 마치 傳送係의 途中에 삽입된 共振

기와 같이 動作하게 된다.

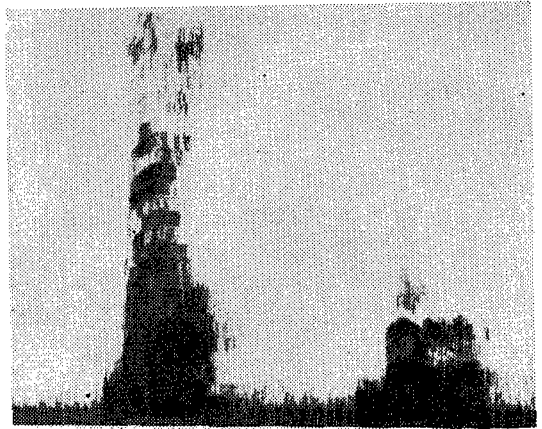
鼻音化된 母音의 경우에 있어서는 鼻孔이 앞에서 말한 바와 같은 共振器의 役割을 하게 되고 Energy의 發射는 주로 입으로부터 行하게 된다.

鼻腔은 口腔과 달라서 形態의 變化를 生覺치 않아도 좋으나 鼻腔內부의 形象의 複雜함에 따른 斷面積에 對한 周邊長이 비교적 크게 되는 등으로 因하여 粘性損失, 熱傳導에 수반하는 損失등이 極히 크게 된다.

鼻腔結合에 依한 影響은 一般的으로 다음과 같이 된다. 즉 口蓋帆이 있는 點으로부터 鼻腔을 본 驅動Impedance가 零이 되는 복소주파수에서는 口腔出力에 零點이 생기게 된다. 全體音響出力은 兩者의 複素和가 된다.

鼻子音의 경우에는 | μ |, | ν |, | σ |의 順으로 周波數가 높아지며 극히 Q가 낮은 제1 Antiformant가 pattern (제4도) 상에서 관찰된다. (1,000Hz 이상).

音響 spectrum上에서는 全體로 보아서 비교적 잘 制動이 되어 특히 高域에서 成分이 이루어지는 特徵으로 보인다. 母音이 鼻音化 될 경우에는 위에서 말한 것 이외에 제1 formant가 弱해지며 다소 높은 쪽으로 周波數가 移動하는 사실이 있음을 筆者는 한글連續音의 分析에서 밝힌 바 있다.



마 므

제 4-2 도

5-1. 子音音源에 對한 傳送

아래에 제시한 그림-5圖는 여러 子音을 分析 抽出하여 解析키 爲해서 作成한 한글 子音音聲 pattern들 중에서 代表的인 것들을 表示한 것이다.

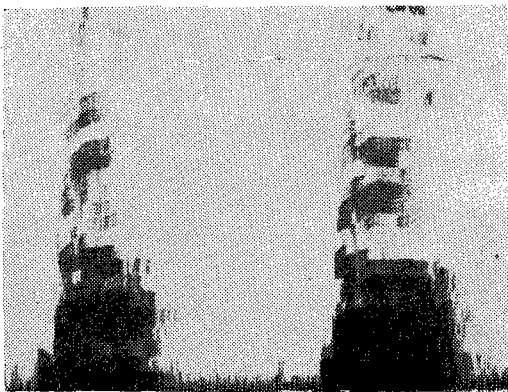
이상 여러 pattern들에서 보는 바와 같이 子音部는 雜音性으로 構成되어 있음이 우선 直觀的으로 觀察된다.

또한 경우에 따라서는 전혀 나타나지 않은 것도 있으며, 비교적 時間的으로 짧은 反面에 母音의 경우와는 달리 極히 급격한 變化를 하고 있음이 보인다. 表-1은 이것들을 分析抽出하여 表로 한 것이다. 또한 제1표와 여러가지 pattern들을 觀察하여 子音帶域을 결정해 낸 것을 圖表로 한 것이 제6도이다.

위의 그림에서 보는 바와 같이 子音 周波數帶域은 대단히 廣帶域에 걸쳐 있음을 볼 수가 있으며, 또한 위에서도 말한 바와 같이 급격하게 變化하며, 母音의 경우와는 달리 지극히 복잡하여 一貫性있는 音韻性 parameter를 抽出해 낸다는 것은 거의 不可能하였음이 觀察되었다.

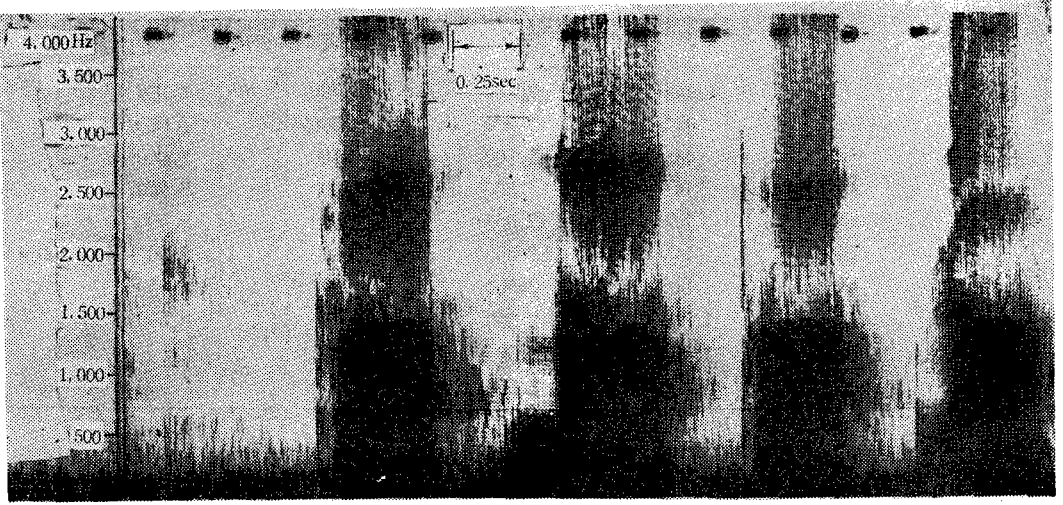
5-2. 子音의 物理的 特徵

子音의 例를 들어 | μ |, | ν |, | κ |, | δ |音들의 音源은 聲道の 狹窄部에서 發生하는 雜音인



나 너

제 4-1 도



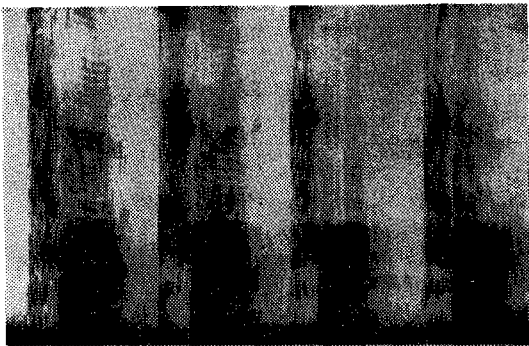
가 나 다 라
제 5-1 도



마 바 사 자
제 5-2 도



브 비 라 샤
제 5-4 도



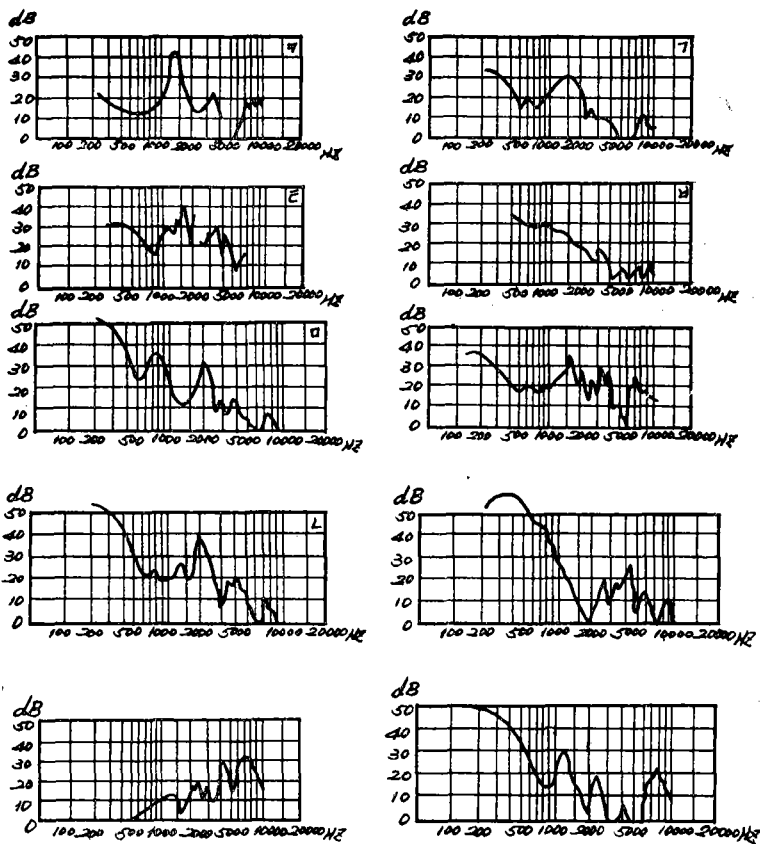
차 카 파 타
제 5-3 도



차 노 모 느
제 5-5 도

제 1 표

자음별	자 음 주 파 수 대 역					
	자 음 대 역 최 저 주 파 수	자음 Anti-formant 주파수(Hz)				
ㄱ	200	650	2,000	3,500	8,000	9,000
ㄴ	250	800	1,500	2,000	5,000	8,000
ㄷ	150	900	1,700	4,500	7,000	
ㄹ	350	3,000	4,500	6,000	8,000	9,000
ㅁ	250	850	2,000	5,000	9,000	
ㅂ	400	900	2,300	3,200	5,500	7,500~9,000
ㅅ	500	1,500	2,500	4,000	8,000	
ㅆ	100	1,500	2,500	4,000	8,500	9,000
ㅋ	200	1,900	4,500	9,000		
ㆁ	200	1,000	2,000	4,000	9,000	



제 6 도 각종자음의 “스펙트럼”

것이다. 이것들은 聲道の 傳送回路의 Inductance 에다 直列로 넣어진 定電壓 電源으로서 表現이 可能한 것이다. 이 경우 系은 極은 母音의 경우와 꼭 같으나 子音音源이 삽입되어지는 位置로부터 聲帶쪽을 본 驅動點은 複素周波數로서 音源으로부터의 energy의 送出은 없게 되므로 傳送函

數는 零點이 된다.

이것이 앞에서 말한 鼻音과 마찬가지로 母音의 경우와 다른 子音의 物理的인 特性인 것이다. Spectrum 상에서는 Anti-formant 라고 불리워지는 것이다.

6. 雜音音源과 聲道の 過度的인 與件

子音의 音源은 表記한 바와 같은 것이나 이것들은 母音의 경우보다도 더욱 定量的인 것이 아직까지도 밝혀지고 있지 않다. 즉, 聲道에서 야기된 亂流에 依해서 發生되는 雜音源의 mechanism은 아직도 音響學에서는 未解決의 分野에 속해 있다. mechanism은 고사하고라도 聲道斷面의 值數, 音源 spectrum, Impedance, 發生場所등을 直接 觀察키가 어려운 점들도 우리들이 子音研究를 하는데 接近키 어려운 理由들이기도 한 것이다.

마찰음 |시|은 혀와 口蓋天井과의 사이에 만들어지는 狹窄部를 通하는 亂流에 依해서 雜音源이 만들어 진다. 또한 破裂音 |ㅍ|, |ㅂ|, |ㅌ|, |ㄷ|, ㅁ들은 文字 그대로 입술, 이, 혀등으로서 聲道를 一時 閉止하였다가 配壓이 높아진 후에 一時로 그것을 開放하였을때 얻어지는 過度音의 音源인 것이다.

이것은 電氣的으로 階段波(step function)에 비슷한 것으로서 代置가 되는 것이다. 이들 音源들은 어느 것이나 空間的으로 分布하고 있으므로 그 位置를 精密하게 規定하기가 아주 곤란하다. 一般的으로 짧은 狹窄部에서는 바로 그 場所에 또한 긴 狹窄部에서는 그 前端에 있다고 生覺되어 진다. 有聲子音에서도 聲帶波로서 變調되어진 것으로서 觀察이 가능하다.

7. 破裂雜音과 鼻子音

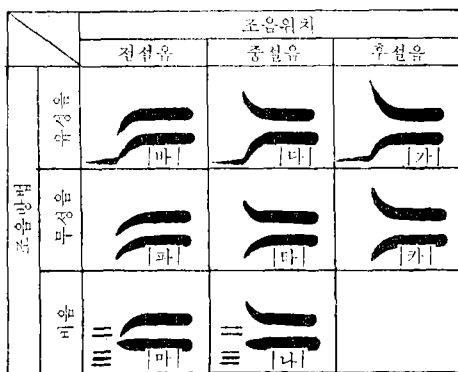
有聲破裂音 |ㅂ, ㄷ, ㄱ|, 無聲破裂音, |ㅍ, ㅌ, ㅋ| 및 鼻子音 |ㅁ, ㅇ, ㄴ|, 이들 9個의 音素는 音聲學的으로 그 調音方法과 調音位置에 依해서 分類해 보면 表 2와 같다.

제 2 표

		調音位置		
		입술	齒莖	口蓋
調音方式	有聲破裂	ㅂ	ㄷ	ㄱ
	無聲破裂	ㅍ	ㅌ	ㅋ
	鼻音	ㅁ	ㄴ	ㅇ

이것에 對應해서 後續母音으로서 |ㅏ|音을 例

로한 音節로 하여 音響的 特徵인 spectrum pattern을 觀察해서 整理한 것을 아래 제 7 도에 表示한다.



제 7 도 표 2에 대응하는 파열음 및 바음의 스펙틀 패턴

여기서 이 2個의 對應關係를 자세히 觀察해 보면 다음과 같이 要約됨을 볼 수가 있다.

ㄱ) 第二 formant의 變化 pattern은 調音位置에만 對應해서 變化를 하고 있는 것이지 調音方法에 對應해서 變化하고 있는 것이 아님을 觀察할 수 있다.

ㄴ) 第一 formant의 變化 pattern 등은 調音方法에 對應하고 있다. 즉 언제나 明確하게 F보다 낮은 位置로부터 始作하는 最底周波數로부터 始作해서 後續하는 母音의 제1 formant에다 급격한 變化를 이끄는 pattern이 有聲 破裂音이 後續母音보다 극히 조금 낮은 周波數로부터 始作하는 것이 無聲破裂音이다. 또한 幅이 넓으며 낮은 周波數 領域의 成分으로부터 後續母音에 不連續的으로 飛躍하는 것이 鼻音에 對應하고 있다. 또한 鼻音에서는 소위 持續部에 다소 높은 周波數로 넓은 領域에 걸쳐 있는 成分이 附加되어지고 있다. 그런데 언제나 극히 낮은 周波數로부터 始作해서 後續母音의 그것에 급격한 變化를 하는 第二 formant의 pattern은 입술음으로 (ㄱ)이 제 2 formant보다 다소 높은 周波數로부터 始作하는 것이 齒音莖으로 극히 높은 周波數로부터 始作하는 것이 口蓋音에 對應하고 있음이 觀察된다.

8. 無聲 摩擦音

有聲子音에서는 聲道の 좁혀짐에 따른 亂流源이 發生한다는 點에서 無聲子音의 경우와 마찬가지로

지이다. 그러나 그 強度가 작으며 또한 聲道の 振動에 依해서 周期的으로 變化를 하고 있다. 即 音源으로서 聲道の 振動에 依한 有聲音源外에 그것에 依해서 振幅變調된 弱한 亂流源이 있는 것이 特徵이다.

10. 結 論

以上과 같은 音聲의 여러 點들을 觀察함으로써 아래의 結論을 얻었다.

- 1) 傳送은 音聲의 韻質을 決定하는 重要한 機能이 있다.
- 2) 聲道斷面積分布의 定量的인 상세한 知識에 關해서는 아직 不充分한 段階이다. 그러나 取扱方法에 關한 理論的인 方法만은 完成되어졌다고 볼 수 있다.
- 3) 音源에 關해서는 聲門振動, 子音의 雜音源 어느것이나 다같이 아직껏 充分히 理論的인 取扱이 되어 있지도 않으며, 금후의 研究를 기대하고 있는 分野이다.
- 4) 子音周波數帶域은 大端히 넓으며 대체로 第1表 및 第6圖와 같다.
- 5) 破裂音 및 鼻子音의 後續되는 | | 音의 第2 formant의 變化 pattern은 調音位置에 對應하며,
- 6) 기타 第一 formant의 變化 pattern 등은 調音方法에 對應한다.
- 7) 子音은 傳送關數에 零點을 發生케하는 anti-formant가 存在함으로서 母音과 다른 物理的인 特徵을 나타내고 있다.

참 고 문 헌

1. Shiro Hatter: Kengo Yamamoto and osamu Fujimula: "Vowels Japanese." Bulletin of the Kobayasi Institute of physical Research, Vol.7.

- No.1 pp67.
2. Osamu Fujimura: "Present status of "speech" The Journal of Institute of physics of Japan, Vol.17 No.3 1962. pp.171.
3. Kazo Nakata, Osama Fujimura: "speech synthesis and speech perception" The Journal of the Institute of Electronics and Communications Engineering of Jappan. Vol.51. No.11 1968. pp.1376-1377.
4. K. Kondo: The prelliminary of the mathematical Foundation of phonetics, "1st edition, The printing. Association of the Tokyo university, Tokyo, Japan 1964. pp.7-17.
5. R. K. Potter. J. C. Steinberg. "Toward the specification of speech "The Journal of the Acoustical Society of America. Vol.22. No.6. 1950. pp.807.
6. G. Fant: "Acoustical Analysis and Synthesis of speech with Application toswedish. "Ericson Tech" Vol.15 No. 1, 1959. pp.74-75.
7. Choi Jin Tea: Proceedings of the "SICEEE" The characteristics of the Korean speech by frequency analyzing" Seoul, Korea, 1970. pp.543.
8. Suzuki, Kido: "Changes in pitch and Three Formant Frequency of Japanese Vowels with age and Sex," The Acoustical Society of Japan. Vol. 24. No.6, 1968. pp.357-358.
9. Shin Yong Chul, Choi Jin Tea: "The Characteristics of the Korean conversational speech by frequency Analyzing" The Journal of Korea Institute of Electronics Engineers. Vol.9 No.1 Feb 1972, pp.7-16.
10. Key Electric Company "4809 Instruction" Pine, Brook. New Jersey, U. S. A. 1969.
11. Hayasaka. Ishii, Yoshiawa: "The preliminary of the acoustic" Tokyo, Japan, 1968.