

# 스펙트럼 모멘트法을 利用한 韓國語 母音의 포르만트 周波數의 推定에 관한 研究

正會員 許 康 仁\* 正會員 李 大 寧\*\*

## A Study on the Formant Frequency Estimation of Korean Vowels by Spectrum Moment Method

Kang In HUR\*, Dae Young LEE\*\* *Regular Members*

**要 約** 본 연구에서는 포르만트 주파수의 추정에 대한 스펙트럼 모멘트법의 새로운 알고리즘을 제시하였다. 스펙트럼 패턴의 분산과 비대칭성을 반영한 제2차, 제3차 스펙트럼 모멘트로서 주파수 영역을 조정하여 추정정도를 향상시켰다. 결과로서 남성과 여성의 포르만트 분포 F1-F2를 나타내었으며 포르만트 천이로서 모음과 모음, 모음과 자음의 조음방식을 알 수 있었다.

**ABSTRACT** In this paper, The new algorithm of spectrum moment for formant frequency estimation is proposed. The second order and the third order spectrum moment, which reflect variance and skewness of a spectrum pattern, respectively, is utilized to adjust the frequency region for estimation precision of formant frequency. As the results, The F1-F2 diagram reported 8 Korean vowels for man and woman and that we found articulation method of vowel and vowel, vowel and consonant.

### I. 序 論

人間은 일찌기 自身의 意思를 상대방에게 傳達하기 위한 手段의 하나로서 文字를 갖게 되었으

며 이들 文字는 다시 소리(聲)로써 입(口)에서 귀(耳)로 傳達할 수 있는 言語를 開發 使用 하여 왔다.

人間이 發聲하는 言語를 理解하고, 意思를 傳達할 수 있는 입(口)과 귀(耳)를 갖는 컴퓨터의 登場으로 因하여 多様な 言語패턴에 適用하기 위한 많은 研究가 發表되어 一部는 實用化가 되고 있으나 보다 合理的이고 進步的인 技法을

\* 東亞大學校 電子工學科  
Dept. of Elec. Eng. Dong-A University

\*\* 慶熙大學校 電子工學科  
Dept. of Elec. Eng. Kyung Hee University  
論文番號 : 89-66 (接受1989. 9. 20)

찾기 위한 研究들이 現在에도 繼續되고 있다.

音聲波形的 生成 課程을 크게 區分하면 音源의 生成, 聲道에 의한 調音 및 입술(脣)과 코(鼻孔)에 의한 放射의 3課程으로 나눌 수 있다.

音響管 모델의 聲道部分은 調音器官에 의해 音을 形成하는 部分이며 이 聲道에서 聲道 傳達 函數의 極으로 定義되며, 스펙트럼상의 主要 피크(Peak) 값으로 나타나는 것이 特徵파라미터 포르만트(formant)이다.<sup>(1)(2)</sup>

따라서 音聲의 포르만트를 正確하게 抽出하는 것이 自然言語를 나타내는 音聲의 중요한 정보를 찾는 것이다.

이들 포르만트는 平均 길이가 약 17cm인 成人 男性의 聲道인 경우에 5KHz 以內에서 4~5個가 存在하며, 母音의 音韻性은 낮은 周波數에서 3個의 포르만트로 나타내는 것이 一般의이다.<sup>(3)</sup>

이러한 포르만트 周波數의 抽出法은 스펙트럼 包絡线上的 主要 피크(peak)로서 抽出하는 Passive 法과 音聲 生成理論으로 合成시킨 스펙트럼을 入力波形的 스펙트럼과 整合을 取하는 合成을 통한 分析(Analysis-by-Synthesis)으로 포르만트를 抽出하는 Active 法으로 나눌 수 있다.

이들 두가지 方法 中에서 Active法은 比較的 높은 精度를 얻지만 處理가 複雜하며, 반드시 最適值에 收斂 한다는 保障이 없는 것이 缺點이라 할 수 있다.

Passive 法에는 Peak-picking 法<sup>(4)</sup>, 逆 필터를 利用하는 方法<sup>(5)</sup>, 스펙트럼 모멘트法(Spectrum moment method)<sup>(5,6,7,8,9,10)</sup>으로 區分 되어진다.

Peak-picking 法은 스펙트럼 패턴의 局所 피크를 取하는 方法으로서 局所的인 情報만을 利用하므로 計算量은 적지만, 實際의 포르만트에 對應하지 않는 피크를 찾을 可能性이 많으며, 逆 필터를 利用하는 方法은 聲度傳達函數의 逆特性을 갖는 필터를 통해 聲帶音源의 情報를 抽出하는 方法으로서 이 때의 逆 필터의 制御情報를 통해 포르만트 周波數가 抽出되는 것이다.

이 方法의 問題點은 音聲의 過渡區間에서 動的

特性이 잘 나타나지 않는 點이 있어서 주로 正常音의 分析에 使用되어지고 있다.

스펙트럼 모멘트法은 스펙트럼 패턴의 大局的인 形狀에 注目하여 스펙트럼을 몇 個의 帶域으로 分割하여 各 帶域의 第1次 모멘트로서 포르만트 周波數를 推定하는 方法이다.

스펙트럼 모멘트法의 利用에 있어서는 各 帶域에 포르만트가 오직 1개만 하도록 分離 하는 것이 正確한 포르만트를 推定할 수 있다.

따라서 本 研究는 다른 方法에 비해 正確하게 포르만트를 抽出할 수 있는 스펙트럼 모멘트法을 基礎로 하여 韓國語 音聲의 分析을 하며 遂行上의 問題點과 이의 解決을 위한 理論的 基礎를 檢討하였다.

## II. 포르만트(Formant) 周波數의 推定

### II-1. Cepstrum 分析

音聲波形  $s(t)$ 는 時間的이나 에너지面에서 大部分을 차지하는 有聲音으로 表現되며 이 때의 音源을 周期  $T(sec)$ 의 필스列로 近似시키면 다음과 같이 나타낸다.

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} s_0(t) \delta(t-nT) \quad (1)$$

여기서  $S_0(T)$ 는 音聲生成系의 임펄스 응답이고  $\sum_{n=-\infty}^{\infty} s_0(t) \delta(t-nT)$ 는 周期  $T$ 의 필스列이다.

式(1)의 兩邊을 푸리에(Fourier)變換하여 周波數 領域으로 表現하면 다음과 같다.

$$s(w) = s_0(w) \left[ \frac{\sin \left[ (2N+1) \frac{wT}{2} \right]}{\sin \frac{wT}{2}} \right]^2 \quad (2)$$

여기서  $s(W)$ 와  $s_0(W)$ 는 各各  $s(t)$ 와  $s_0(t)$ 의 電力 스펙트럼이다. 또  $[\ ]$ 안은 標本化 函數이며 周期  $T$ 의 逆數  $w=2\pi/T$ 일 때마다 線스펙트럼 構造를 나타낸다.

式(1)에서 音響波形  $s(t)$ 는 音聲生成系의 임펄스 應答  $s_0(t)$ 가 周期  $T$ 마다 加算된 것이고,

式(2)는 音聲生成系の 스펙트럼 包絡  $s_0(w)$ 와 周波數  $w=2\pi/T$ 의 高調波에서 線 스펙트럼 構造를 보인다.

時間 領域에서의 convolution은 周波數 領域에서 積으로 變換되므로 式(2)에서 兩者를 分離하기 위해서는 먼저 對數를 取하여 積을 和로 變換하여야 한다.

$$\log_e s(w) = \log_e s_0(w) + 2 \log_e \left[ \frac{\sin \left| (2N+1) \frac{wT}{2} \right|}{\sin \frac{wT}{2}} \right] \quad (3)$$

式(3)의 右邊 第 1項  $s_0(w)$ 는 音聲 生成系の 電力 스펙트럼이고, 形態는  $w$ 에 對해 比較的 천천히 變化한다.

第 2項의 [ ]는 各 周波數가  $2\pi/T$ 의 整數倍의 線 스펙트럼이며,  $w$ 에 對해 急激한 變化를 한다.

따라서  $w$ 를 時間  $t$ 로 變換하면  $s(w)$ 의 周波數 成分은 低周波 成分이 되고 [ ]의 周波數 成分은

周期  $T$ 인 高調波 成分으로 解析될 수 있다.

여기서 다시 逆 FFT를 取하면 스펙트럼上에서 第 1項은 원래의 音聲波形的 電力 스펙트럼의 包絡으로, 第 2項은 피치 高調波의 線 스펙트럼으로 分離할 수가 있다.

이 原波形的 電力 스펙트럼에 對數를 取하여 이 對數 電力 스펙트럼을 入力波형으로 하여 變換한 結果를 Cepstrum이라 부른다.

이 때 周波數에 對應한 變數를 quefrequency라 하며, Cepstrum 上에서 quefrequency의 大小(高低)에 따라 信號를 分離하는 操作을 lifter라고 한다.

즉, Cepstrum을 quefrequency의 大小(境界는  $T$ )에 의해 liftering한 스펙트럼의 包絡 成分에서 低 quefrequency 成分을 抽出하여 다시 FFT 한 後 對數化하면  $s(w)$ 를 抽出할 수 있다. 또 피치 成分은 Cepstrum 上에서 周期  $T$ 로 나타나므로 이 quefrequency에서 피치 抽出도 구할 수 있다.

그림 1에 스펙트럼 包絡의 抽出課程을 보였으며 그림 2는 韓國語 單母音 /아(a)/에 對해 各 段에서의 出力 狀態를 보였다.

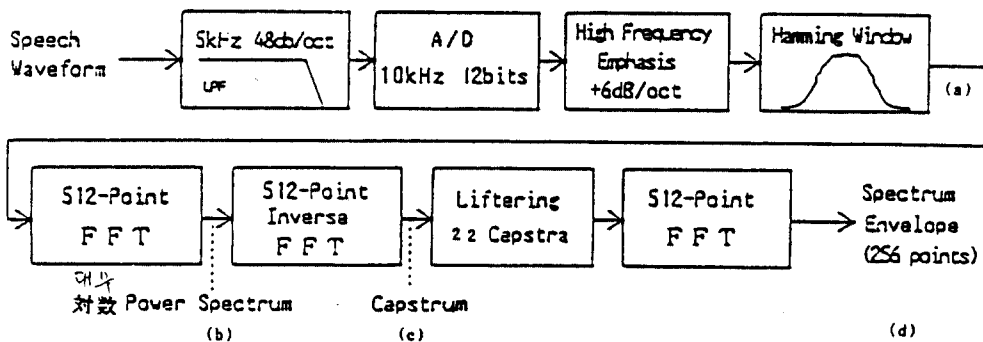


그림 1. Cepstrum 分析에 의한 對數 스펙트럼 包絡의 抽出 手順  
Flow diagram of log spectrum envelope by Cepstrum analysis

그림 2(e)는 LPC 技法으로 구한 스펙트럼이며, 그림 2(f)는(b), (d), (e)를 함께 表現한

것이다.

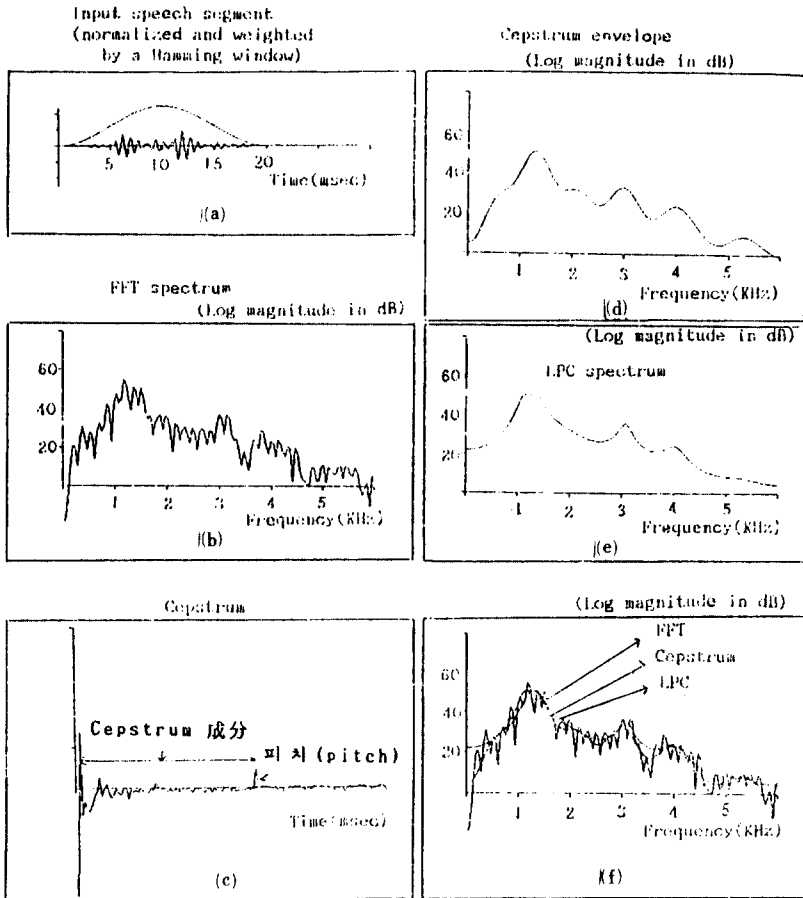


그림 2. 그림 1의 각단에서의 응답. (a), (b), (c), (d) 및 (e), (f)  
The response of Fig 1(a), (b), (c), (d) and (e), (f)

## II-2. 스펙트럼 모멘트

스펙트럼의 振幅을  $A(i)$ ,  $A(i)$ 의 中心周波數를  $f(i)$ , ( $i=1, 2, \dots, N$ )로 할 때  $K$ 次 스펙트럼 모멘트는 다음과 같이 定義된다.

$$M_0 = \sum_{i=1}^N A(i)$$

$$M_1 = \sum_{i=1}^N A(i)f(i) / M_0 \quad (4)$$

$$M_k = \sum_{i=1}^N A(i) (M_1 - f(i))^k / M_0$$

$M_1$ 는 스펙트럼의 重心周波數이고,  $M_2$ 는  $M_1$ 의 周邊에서 스펙트럼의 펼쳐진 程度,  $M_3$ 는  $M_1$

의 周邊에서 스펙트럼의 非對稱性을 反映하는 파라메터이다.

그림 3은 單一 파-크를 갖는 4 種類의 스펙트럼에 대하여  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ 를 計算하여 나타낸 것이다.

여기서  $M_3$ 의 符號는 화살표 方向을 나타내고 있다.

그림 3의 上段의 (a), (b)와 같이 스펙트럼의 左右對稱이며, 피-크가 帶域의 中心에 있을 境遇에는  $M_1$ 은 피-크에 一致하여  $M_3=0$ 이다:

이때  $\sqrt{M_2}$ 는 피-크의 帶域幅을 나타내고 있다.

下段의 (c), (d)는 스펙트럼이 非對稱이며, 피-크가 帶域의 中心에 있지 않는 境遇이다.

이 때  $M_1$ 는 피-크에 一致하지 않으며, (c)와 같이 피-크가  $M_1$  보다 低周波數側에 있는 境遇에는  $M_3 < 0$ , (d)와 같이 高周波側에 있는 境遇에는  $M_3 > 0$ 으로 한다.

그러나 그림 3에서 구한 電力 스펙트럼을 그대로 모멘트로서 구하면 負의 dB 값을 갖는 成分이 實際의 스펙트럼 패턴에 비해 너무 작게 評價되어진다.

게다가 帶域에 따라서  $M_0=0$ 으로될 可能性이 있으며, 計算에서도 좋지 않는 境遇가 많다.

또  $M_0 < 0$ 으로 된 境遇에는  $M_0 > 0$ 일 때와  $M_3$ 의 符號가 바뀔 수도 있다.

그러므로 모멘트 計算을 하기 前에 스펙트럼에 前處理를 하여  $M_0 > 0$ 이 되게 할 必要가 있다.

즉, 스펙트럼의 振幅의 變化幅을  $[0, 1]$ 로 正規化 하는 것이다.

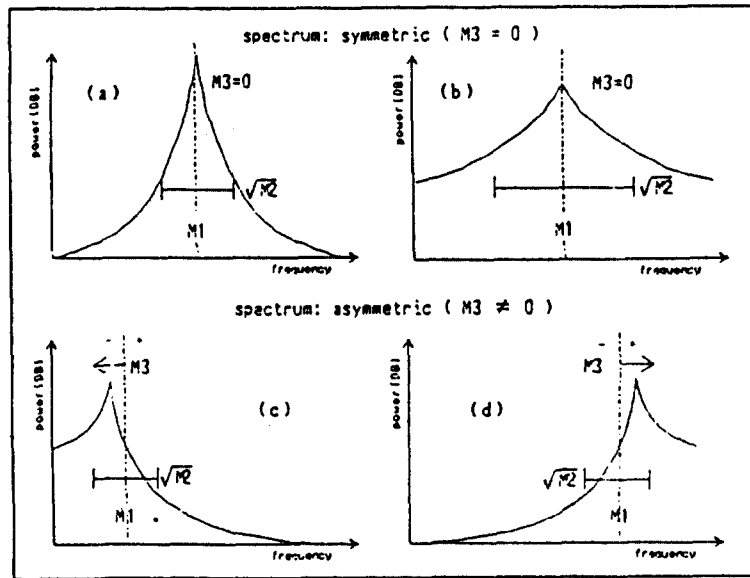


그림 3. 스펙트럼 形狀과 스펙트럼 모멘트  
Spectrum pattern and spectrum moments

### II-3. 帶域 分割

10 KHz 샘플링을 하였을 때 分析되어지는 帶域은 0~5 KHz이다.

스펙트럼 全體의  $M_1$ 을 FC로 하고, FC 보다 낮은 帶域의  $M_1$ 을 FLC, 높은 帶域의  $M_1$ 을 FHC로 한다.

3 帶域(FLC, FC), (FC, FHC), (FHC, 5KHz)의  $M_1$ 을 計算하여 順序의으로 FLCC, FHCC, FHHC로 한다.(그림4)

그림 4에서 高木 等は 最初의 3個의 帶域을 (OKHz, FLCC), (FLCC, FHCC), (FHCC, FHHC)로 定하였다.

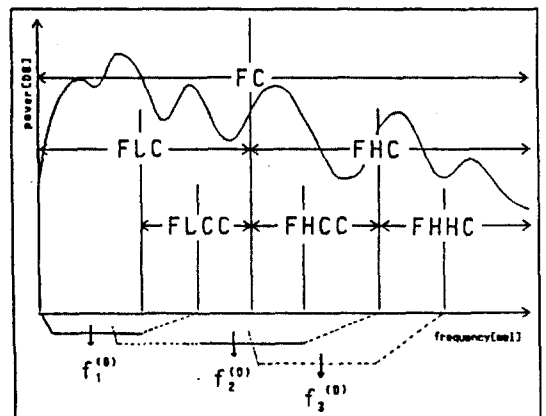


그림 4 帶域 分割  
Devision of the frequency Region

本 研究에서는 첫번째 帶域의 FLCC 값을 FLC와 FLCC의 사이에서 여러 實驗을 通過 設定하였으며, 두번째 帶域의 FLCC 값은 첫번째 帶域에서 구한 第 1 포르만트의 0次 推定值  $f_1^{(0)}$ 의 스펙트럼의 3dB 點의 周波數 값으로 했다. 그리고 두번째 帶域의 FHCC는 FHCC와 FHC의 사이에서 設定하였다.

세번째 帶域의 FHCC 값은 두번째 帶域에서 구한 第 2 포르만트의 0次 推定值  $f_2^{(0)}$ 의 스펙트럼의 3dB 周波數 값으로 했으며, FHC는 FHC와 FHCC의 사이에서 設定되었으며 이 때 구해진 값을 第 3 포르만트의 0次 周波數  $f_3^{(0)}$ 로 하였다.

#### II-4. 分割 帶域의 修正

前節에서 分割된 帶域內의 스펙트럼은 大部分의 境遇가 非對稱이므로  $M_3$  즉 第 0次 推定值는 포르만트 周波數의 推定值로서 良好한 값이라고 할 수 없다.

따라서 帶域을 修正하여 推定值를 피-크에 近似시켜야 한다. 이 境遇 第 3次 모멘트  $M_3$ 의 符號가 스펙트럼 패턴의 非對稱을 나타내는 것을 利用하여  $M_3 < 0$ 일 때 스펙트럼의 피-크는  $M_1$ 의 低域側에 存在하고,  $M_3 > 0$ 일 때  $M_1$ 보다 高域側에 存在하므로  $M_3$ 의 符號에 따라서 現在의 帶域을 스펙트럼의 低域側 혹은 高域側으로 移動 시킨다.

移動量은 帶域幅에 比例하도록  $\sqrt{M_2}$ 의 값으로 決定한다.

$K$ 次 推定值가 計算된 경우 다음 式으로 新帶域을 구한다.

$$\begin{aligned} M_3 < 0 \\ \text{新帶域} &= (f_1^{(k)} - C\sqrt{M_2}, f_1^{(k)} + \sqrt{M_2}) \\ M_3 > 0 \\ \text{新帶域} &= (f_1^{(k)} - \sqrt{M_2}, f_1^{(k)} + C\sqrt{M_2}) \quad (5) \end{aligned}$$

여기서,  $C=1.5$ 實驗值)

구해진 新帶域의  $M_1$ 은 다음의 推定值  $f_1^{(k+1)}$ 로 한다(그림 5).

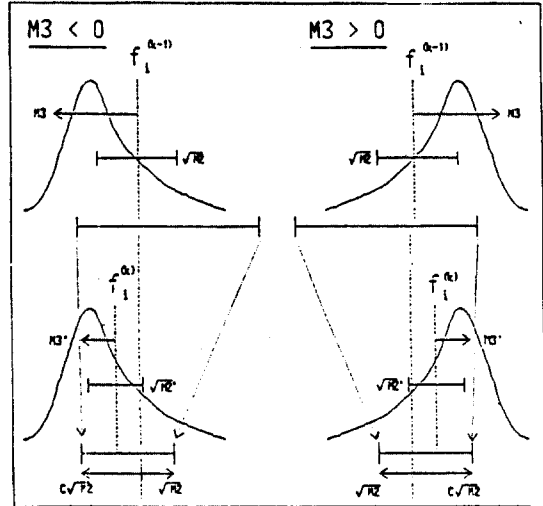


그림 5. 分割 帶域의 修正  
Adjustment of a frequency region

즉 帶域의 上限 下限의 周波數는 離散 스펙트럼의 要素番號로 고쳐서 計算한다.

이 때 最大에서는 스펙트럼의 要素間隔이 1/2의 誤差가 發生하며, 帶域幅의 最小值는 262.5mel(256點의 스펙트럼에서 26點分의 幅, 實驗值)로 했다.

#### II-5. 收斂 判斷

推定值는 帶域 修正의 反復에 의하여 스펙트럼의 피-크에 近似化 되지만 新帶域의 誤差로 인하여 피-크의 周邊에서 振動하는 것을 收斂했다고 判斷한다.

그러므로 正確한 收斂 判斷을 위해 現在의 推定值  $f_1^{(k)}$ 와 하나前의 推定值  $f_1^{(k-1)}$ 의 차를  $D_1^{(k)}$ 로 한다.

$$D_1^{(k)} = f_1^{(k)} - f_1^{(k-1)}, \quad i=1, 2, 3; k=1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

$D_1^{(k)}$ 의 符號가 變할 때에는 推定值의 移動 方向이 變한 것으로 判斷하며, 2回 連續으로  $D_1^{(k)}$ 의 符號가 變할 때 즉,

$$\begin{aligned} \text{sgn}(D_1^{(k-1)}) &\neq \text{sgn}(D_1^{(k-2)}) \\ \text{sgn}(D_1^{(k)}) &\neq \text{sgn}(D_1^{(k-1)}) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{여기서 } \text{sgn}(x) = \begin{cases} 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \\ +1, & x > 0 \end{cases}$$

符號函數

로 된 때에는  $f_i^{(k)}$ 와  $f_i^{(k-1)}$ 의 平均値를 第 i 포르만트 周波數의 推定値로 한다(그림 6).

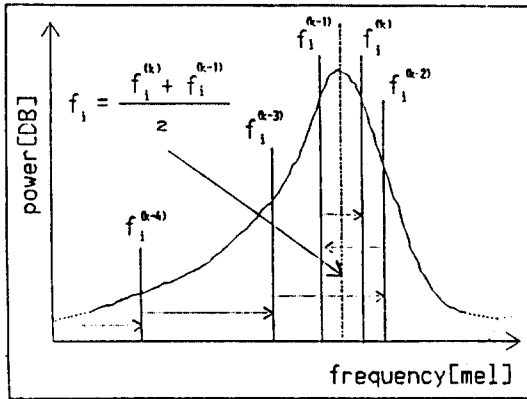


그림 6. 帶域 修正의 收斂判斷  
Convergence Judgement of the region adjustment

$$f_i = (f_i^{(k)} + f_i^{(k-1)}) / 2 \quad (8)$$

그러나 隣接 포르만트의 推定値가 一致하지만 推定値가 隣接 포르만트와 交差하는 경우에는 1段階前의 推定値를 取한다.

## II-6. 스펙트럼의 底 올림

스펙트럼의 變動이나 포르만트 패턴 以外의 凹凸이 모멘트 計算에 미치는 影響을 弱화 하기 위해 正規化된 스펙트럼에 一定한 底 올림을 한다.

底 올림으로 스펙트럼 패턴의 相對的인 比率이 鈍化되어 主 피크만이 計算에 使用되도록 한다.

그러나 底 올림量이 너무 많으면 音韻에 의한 스펙트럼의 잘못으로 모멘트에 影響을 미치므로 適當한 값을 取해야 한다.

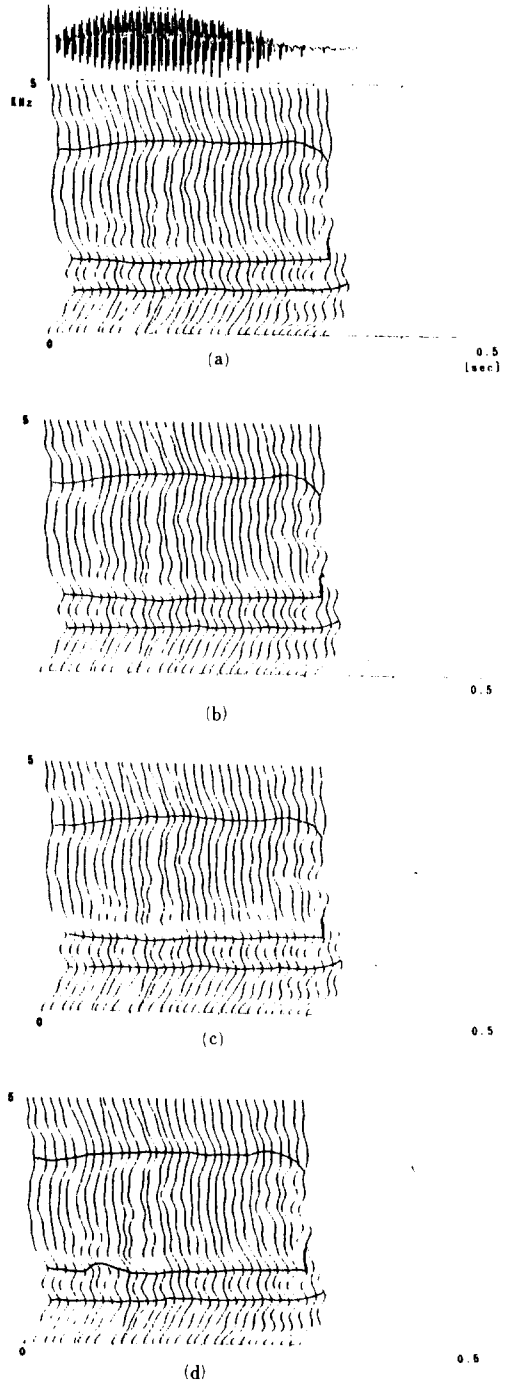


그림 7. 底 올림의 結果 / 오 / (男性)  
(a) 0.0 (b) 0.1 (c) 0.5 (d) 1.0  
Result of spectrum value up/o/(man)  
(a) 0.0 (b) 0.1 (c) 0.5 (d) 1.0

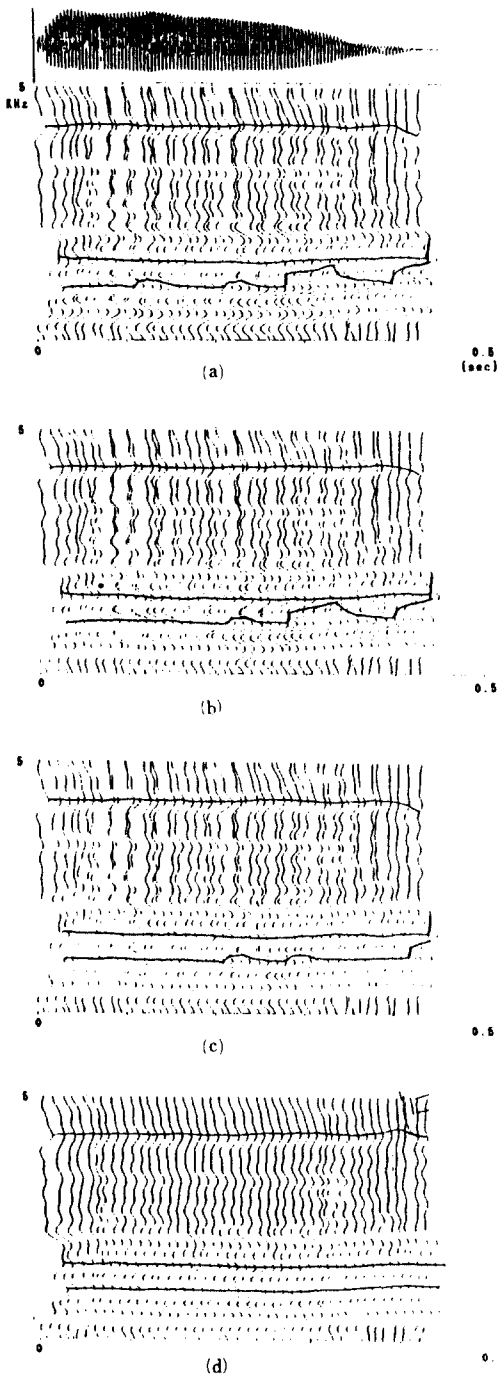


그림 8. 底 올림의 結果 / 오 / (女性)  
 (a) 0.0 (b) 0.1 (c) 0.5 (d) 1.0  
 Result of spectrum value up/o/(woman)  
 (a) 0.0 (b) 0.1 (c) 0.5 (d) 1.0

本 研究에서는 底 올림量의 最適值는 스펙트럼의 動的範圍(最大值와 最小值의 比)를 規準化하여 計算 했으며 男性은 0.1~0.8 程度의 底 올림量에 對해 거의 變動이 없었으며 여기서는 0.1로 設定하였다.

여성은 實驗 結果 底 올림量을 1.0으로 設定하였다.

底 올림量을 0.0, 0.1, 0.5, 1.0으로 한 境遇의 男性과 女性의 /오(o)/音에 對한 結果를 各各 그림 7, 8에 보였다.

II-7. 모멘트法에 의한 포르만트 周波數의 flow chart

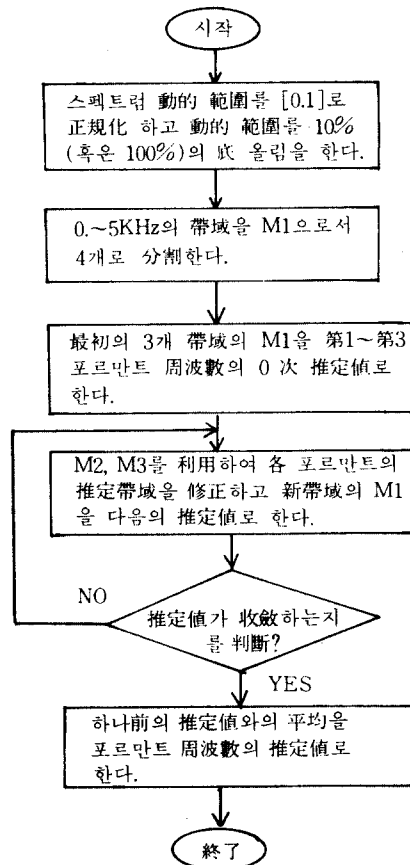


그림 9. 모멘트法에 의한 포르만트 추출 흐름도  
 Flow diagram of formant extraction by moment method



### Ⅲ. 韓國語 單母音과 連續母音 및 文章音聲의 分析

#### Ⅲ-1. 音聲資料와 分析條件

音聲資料는 釜山 MBC 文化 放送局의 男子 아나운서 4名과 女子 아나운서 6名이 發聲한 資料를 利用하였다.

• 音聲資料

單母音	이(i), 으(w), 우(u), 에(e), 어(ə), 오(o), 애(ɛ), 아(a)
連續母音	아이우에오(aiueo)
文章音聲	이것은 책입니다.

• 分析條件

低域필터	5KHz, 48db/oct
A/D變換	10KHz, 12bit
高域強調	1次差分
分析窓	Hamming window
分析窓長	20ms
分析프레임	10ms
포르만트推定	스펙트럼 모멘트法

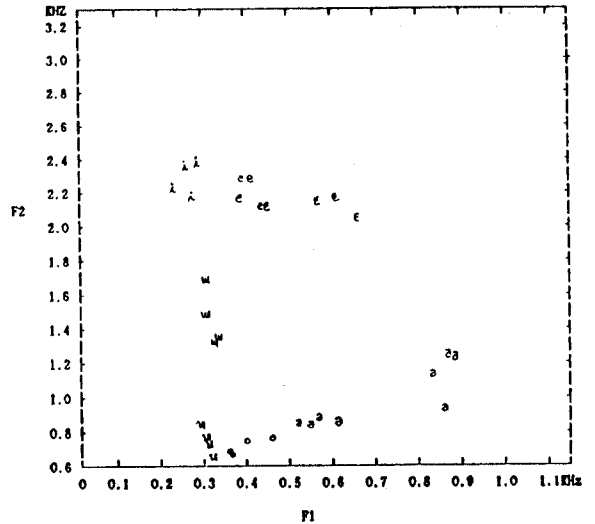
#### Ⅲ-2. 포르만트 周波數 分布의 分析과 考察

母音을 始作으로 하는 音韻의 調音構造는 포르만트에 의해 規定 되어진다.

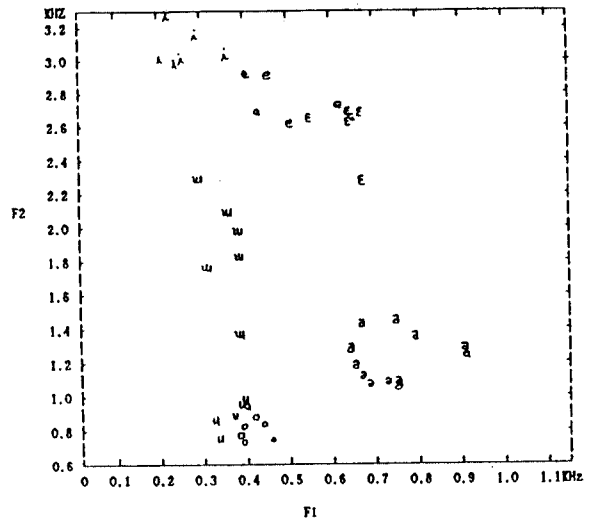
따라서 포르만트는 音韻性을 나타내는 重要한 因子라고 할 수 있다.

個個의 母音은 固有의 F1, F2에 의해 特徵되어지며 F3은 個人性과 音質에 關係가 있다.

韓國語 單母音 相互間의 關係를 調査하기 위해 스펙트럼 모멘트法으로 얻은 男性 4名, 여성 6名에 對한 포르만트 周波數 分布의 結果는 그림 10에 나타낸 바와 같다.



(a)



(b)

그림 10. 韓國語 8 母音의 F1, F2 分布  
(a) 男性 (b) 女性  
F1-F2 diagram of 8 Korean vowels  
( ) men (b) women

表 1은 男性4名과 女性 6名の 포르만트 周波數를 平均하여 나타낸 것이다.

표 1 母音의 포르만트 周波數의 平均과 標準偏差  
(a) 男性 (b) 女性  
The mean and standard deviation of formant frequency of 8 vowels.  
(a) man (b) woman

男性 4 名						
Vowel	F1	F2	F3	sd1	sd2	sd3
a	864	1126	3246	21	125	444
i	264	2297	3412	20	90	157
u	311	738	2809	8	76	287
o	400	713	3042	39	46	129
ε	571	2111	2838	80	57	138
ɔ	567	864	2882	31	21	157
e	411	2210	2961	22	70	81
ʊ	318	1469	2611	15	132	177

(a)

女性 6 名						
Vowel	F1	F2	F3	sd1	sd2	sd3
a	779	1338	3324	103	72	152
i	264	3072	3831	48	102	243
u	370	890	3090	32	62	133
o	416	806	3330	27	60	140
ε	629	2582	3158	41	151	130
ɔ	708	1101	3421	38	44	222
e	514	2744	3220	92	127	159
ʊ	357	1903	3086	38	303	106

(b)

表 1의 單位는 Hz이고, sd1, sd2, sd3은 各母音들의 1次, 2次, 3次포르만트周波數의 표준 편차이다.

그림 11, 12, 13은 스펙트럼 包絡을 分析한 結果의 포르만트 軌跡의 例이다.

上段에는 音聲波形, 下段에는 同一 時間幅의 尺度에서 스펙트럼(파도形狀)과 포르만트(實線)이 그려져 있다.

單母音의 分析(그림11)은 全區間에 걸쳐 安定한 推定이 보여지나 語頭와 語尾에서는 呼吸音 때문에 調音이 不安定하게 보여진 것도 있다.

포르만트 周波數의 計算에서는 不安定한 部分을 除外한 平均値를 그림 10에 보인 것이다.

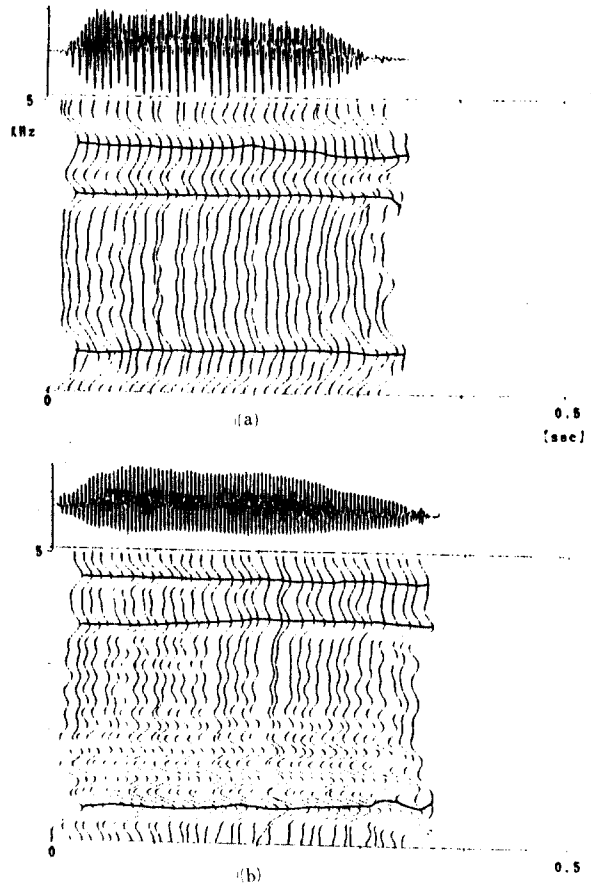


그림 11. 韓國語 單母音의 分析例 /i/  
(a) 男性 (b) 女性  
Analysis example of Korean vowel /i/  
(a) man (b) woman

母音의 포르만트는 母音에 連續되는 母音 혹은 子音의 種類에 따라 移動하며 移動方向은 接續되는 母音과 子音의 調音方法에 依存하므로 過度部의 포르만트 遷移에 따라 母音과 子音이 形을 認識할 수 있다.

連續母音의 分析(그림 12)에서 포르만트는 母音과 母音의 過度部에서 다음의 母音으로 連續的으로 變化하며 推定値도 그것을 따라 移動하고 있으므로 母音사이의 中間的인 포르만트도 推定할 수 있다.

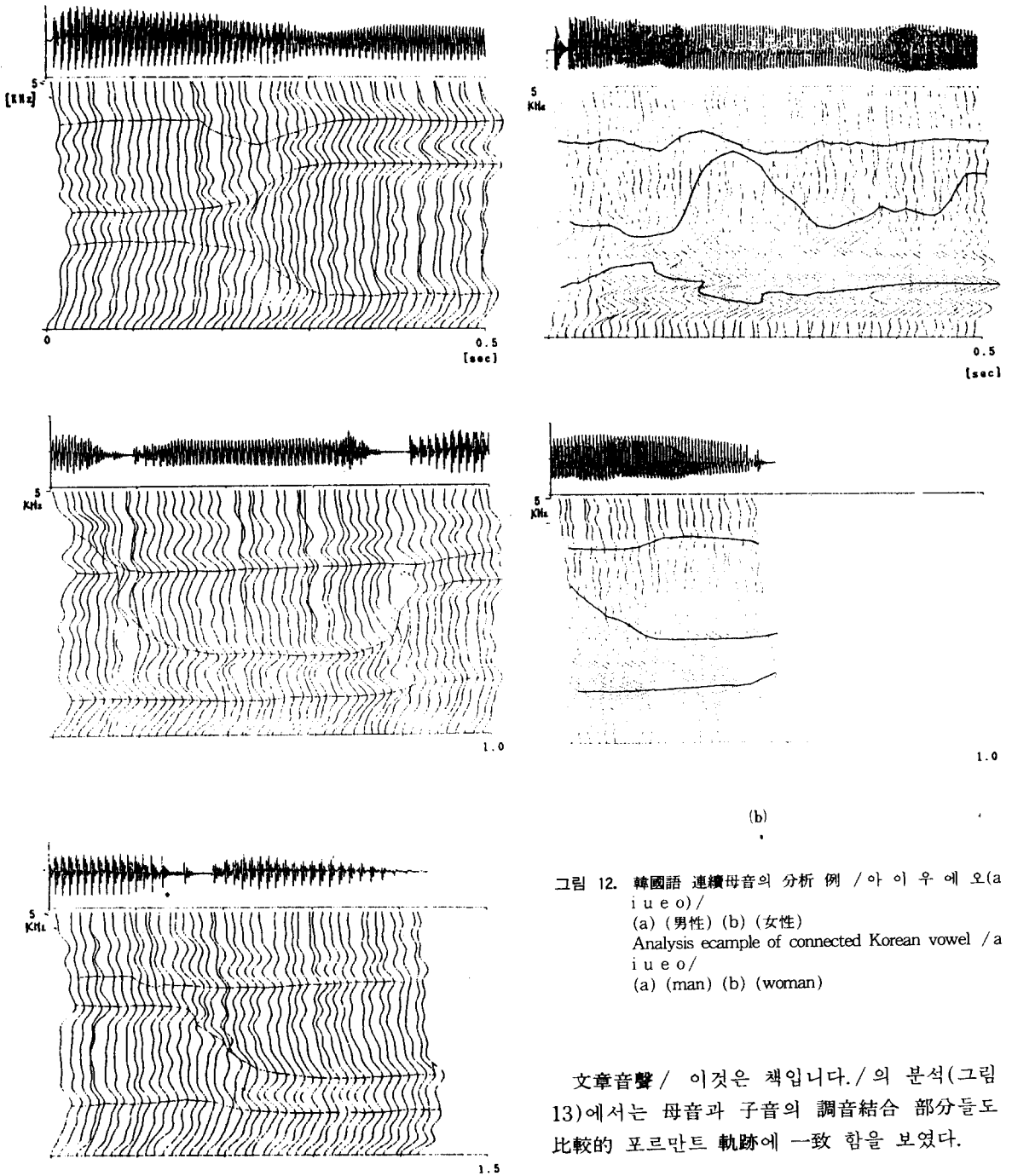


그림 12. 韓國語 連續母音의 分析 例 /아 이 우 에 오(a i u e o) /  
 (a) (男性) (b) (女性)  
 Analysis example of connected Korean vowel /a i u e o /  
 (a) (man) (b) (woman)

文章音聲 / 이것은 책입니다. / 의 분석(그림 13)에서는 母音과 子音의 調音結合 部分들도 比較的 포르만트 軌跡에 一致 함을 보였다.

#### IV. 結 論

本 研究는 스펙트럼 패턴의 情報만을 利用하여

스펙트럼 모멘트法으로 韓國語 音聲에 대한 포르만트 周波數를 抽出하여 單母音, 連續母音, 文章音聲을 分析하였고 結果를 報告하였다.

스펙트럼 모멘트法에서의 스펙트럼은 Cepstrum 包絡을 利用하였고 周波數는 MEL 尺度를 利用하였다.

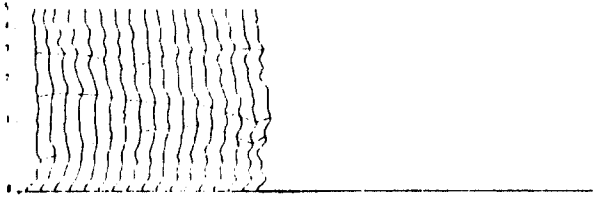
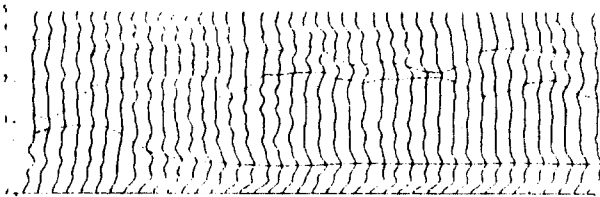
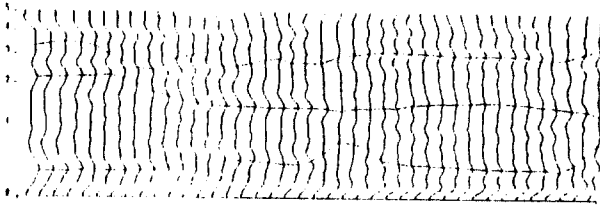


그림 13. 韓國語 文章音聲의 分析 例 / 이것은 책입니다. / (男性)  
Analysis example of interrogative Korean sentence.  
/ There is a book. / (man)

正確한 포르만트 周波數를 구하기 위해서는 推定 精度를 左右하는 帶域 分割의 決定이 重要하였다.

分割한 帶域內의 스펙트럼 패턴은 一般的으로 比對稱 이므로 帶域內에서  $M_1$ 은 포르만트 周波數의 피-크에 一致하지 않으므로  $M_2$ 를 스펙트럼의 帶域幅의 移動量,  $M_3$ 를 移動方向의 符號로서 利用하여 스펙트럼의 피-크가  $M_1$ 보다 低域側에

있는지 ( $M_3 < 0$ ) 혹은 高域側에 있는지 ( $M_3 > 0$ )를 判斷하여 帶域의 修正을 하였다.

모멘트 計算에서 스펙트럼의 動的範圍(最大值와 最小値의 比)를  $[0, 1]$ 로 正規化 하였지만 스펙트럼의 相對的인 比率이 變하지 않으면 모멘트 計算에 影響을 미치지 않으므로 一定의 底올림으로 모멘트 스펙트럼 패턴에 대한 感度를 鈍化시켜 스펙트럼의 變動의 影響을 弱화 시키는데 利用하였다.

韓國語 單母音, 連續母音, 文章音聲을 分析하여 다음의 結果를 얻었다.

- 1) 8 單母音에 대한 男性과 女性의 F1-F2 分布를 얻었다.
- 2) 連續母音을 分析하여 母音사이의 調音形態를 識別할 수 있었다.
- 3) 文章音聲을 分析하여 母音과 子音사이의 調音形態를 識別할 수 있었다.

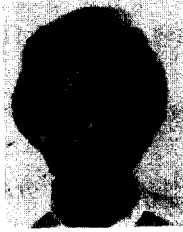
그리고 스펙트럼 모멘트법을 利用하여 音聲合成과 認識도 할 수 있을 것으로 생각한다.

### 參 考 文 獻

1. J.L. Kelly, C. Lochbaum, "Speech Synthesis", Proc. 4th Int. Cong. Acoust., G 42. 1-4, 1962.
2. 中田和男, 音聲, コロナ社, 1977.
3. L.R. Rabiner, R.W. Schafer, Digital Processing of Speech Signals, Prentice-Hall, 1978.
4. J.D. Markel, A.H. Gray, Linear Prediction of Speech, Springer-verlag, 1976.
5. 鈴木誠史, 角川晴夫, 中田和男, "モーメント計算によるホルマント周波數の抽出", 日本音響學會誌, 第19卷, 第3號, pp. 106-114, 1963.
6. 中津井護, 鈴木誠史, "逆フィルタとモーメント計算による周波數抽出と合成音による評價", 日本音響學會誌, 第26卷, 第5號, pp. 211-221, 1970.
7. 白淵徹, 北脇信彦, 粕谷英樹, 城戸健一, "スペクトルモーメントを用いた音聲の特徴抽出", 電子通信學會電氣音響研究會資料, EA70-25, 1971-1.
8. 白淵徹, 粕谷英樹, 城戸健一, "スペクトルモーメントを用いた單語音聲の音素群への區分化", 日本音響

學會講演論文集、pp. 411-412、昭和46年11月。

9. 高木一幸、板橋秀一、“スペクトルモーメントを利用した音聲のホルマント周波数推定法”、電子情報通信學會技術研究報告、SP88-80、1988.



許康仁(Kang In HUR) 正會員  
1955年2月20日生  
1980年2月：東亞大學校 電子工學科 卒業  
1982年2月：東亞大學校 大學院 電子工學科(工學碩士)  
1983年3月～現在：慶熙大學校 大學院 電子工學科(博士課程)  
1984年9月～現在：東亞大學校 電子工學科 助教授  
1988年9月～1989年8月：日本筑波大學 電子情報工學系 客員研究員

10. Kazuyuki Takagi and Shuichi Itahasi, "Formant frequency estimation by moment calculation of the speech spectrum", JASA., S1, VOL.84, J6, p.22, Fall, 1988.



李大寧(Dai Young LEE) 正會員  
1940年3月18日生  
1968年9月～1970年3月：캘리포니아州立大學院(工學碩士)  
1976年9月～1979年9月：延世大學校大學院電子工學科(工學博士)  
1971年9月：慶熙大學校 工科大学電子工學科 助教授  
1977年3月：慶熙大學校 工科大学電子工學科 副教授  
1982年3月～現在：慶熙大學校 工科大学電子工學科 教授  
1988年1月～現在：本學會理事