

原 著

開鼻声の聴覚判定における嘎声の影響 ——音源フィルタ理論による検討——

今富 摂子^{1,2)} 荒井 隆行³⁾ 加藤 正子⁴⁾

要 約：開鼻声の聴覚判定における嘎声の影響を調べるため、音源フィルタ理論に基づいて健常音声、顕著な開鼻声、軽度粗糙性嘎声、重度粗糙性嘎声から、4種類のフィルタ(顕著な開鼻声、健常音声それぞれの/a/, /i/)と6種類の音源(健常音源、軽度粗糙性音源、重度粗糙性音源それぞれの/a/, /i/)を組み合わせ、24種類の音声刺激を合成し、言語聴覚士を対象に、5段階尺度で開鼻声の聴覚判定実験を行った。健常フィルタ、顕著な開鼻声フィルタの両方で、音源の種類によって開鼻声の判定値が変化した。特に重度粗糙性音源では、顕著な開鼻声フィルタにおいて開鼻声の聴覚判定値が著しく低下した。軽度粗糙性音源では、フィルタの種類や聴取者によって、結果にばらつきが認められた。嘎声が開鼻声の聴覚判定値を変化させる要因として、嘎声の音響特性によるスペクトルの変化が考えられるが、詳細については今後検討が必要であると思われる。

索引用語：開鼻声、嘎声、聴覚判定、音源フィルタ理論

Effects of Hoarseness on Ratings of Hypernasality ——Source-Filter-Theory Approach——

Setsuko Imatomi^{1,2)}, Takayuki Arai³⁾ and Masako Kato⁴⁾

Abstract : The effects of hoarseness on ratings of hypernasality were examined by the perceptual experiment using synthesized stimuli. Twenty-four kinds of stimuli were synthesized by combining 6 sources (normal, moderate roughness, and severe roughness \times 2 (/a/, /i/)), and 4 filters (severe hypernasality and normal \times 2 (/a/, /i/)), based on source-filter theory. Four experienced speech pathologists rated the severity of hypernasality of the stimuli using a 5-point equal-appearing interval scale. Results revealed that severely rough voices were rated lower in hypernasality than normal or moderately rough

上智大学音声学研究室¹⁾：〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町7-1

埼玉県立小児医療センター²⁾：〒339-8551 岩槻市馬込2100

上智大学理工学部電気電子工学科³⁾：〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町7-1

昭和大学医学部形成外科⁴⁾：〒142-0064 東京都品川区旗の台1-5-8

¹⁾Phonetics Laboratory, Sophia University: 7-1 Kioi-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8554

²⁾Department of Children's Development and Human Health, Saitama Children's Medical Center: 2100 Magome, Iwatsuki-shi, Saitama 339-8551

³⁾Department of Electrical and Electronics Engineering, Sophia University: 7-1 Kioi-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8554

⁴⁾Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Showa University: 1-5-8 Hatanodai, Shinagawa-ku, Tokyo 142-0064

2003年5月21日受稿 2003年6月27日受理

voices, especially for severe hypernasal filters. Moderately rough voices were rated differently depending on kinds of filter. Acoustical analysis suggested that some spectral changes to the stimuli caused by roughness result in changes in perceived hypernasality. Clinical issues pertaining to these follow-up investigations are discussed, and future works are suggested.

Key words : hypernasality, hoarseness, rating of hypernasality, source-filter theory

はじめに

言語治療に際し、鼻咽腔閉鎖機能は複数の方法を組み合わせて総合的に判定されるが、臨床経験を積んだ言語聴覚士による開鼻声の聴覚判定は、簡便でかつ信頼性が高い結果が得られるとされている¹⁾。しかしながら、患者の音声に嗄声²⁾が合併していると、判定に困難を感じる事が多く、また客観的な検査結果と一致しないことがある²⁾。音声障害を伴う場合、開鼻声の判定に関して聴取者間の一致が得にくい³⁾、氣息性嗄声は開鼻声をマスクする⁴⁾などの報告はあるが、開鼻声の聴覚判定における嗄声の影響について実験的に調べた研究はほとんどない。

1999年著者らは、小児の開鼻声の音声にピッチ同期波形編集法を用いて人工的な嗄声成分を加え、基本周期のゆらぎや時間波形上の不連続性の存在が開鼻声の聴覚判定値を低下させる傾向があることを示した⁵⁾。今回は同一の声道情報に対する実際の嗄声の影響を検討するために、音源フィルタ理論⁶⁾を用いた。喉頭疾患患者の音声から、基本周期のゆらぎを主要な音響特徴とする粗糙性嗄声⁷⁾の音源を抽出した。これと健常音源を、それぞれ同一の開鼻声と組み合わせることによって、開鼻声の聴覚判定における嗄声の影響を検討し、若干の知見を得たので報告する。

方法

嗄声は喉頭をはじめとする発声器官の問題であり、開鼻声は発声器官の共鳴障害である⁸⁾から、音声の音源フィルタ理論に則れば、嗄声性の情報はその原因が喉頭にあると音源に反映され、開鼻声の鼻音性の情報はフィルタ(声道の形状)に反映されると考えられる。

そこで健常音声、開鼻声、嗄声の音声から、フィルタ(声道情報)が同じで音源の種類(嗄声の有無)が異なる音声を合成し、言語聴覚士を対象に聴取実験を行った。具体的な手順は以下のとおりである。

1. 音声資料

成人女声や子どもの声に比べて音響分析および合成が容易な⁹⁾成人男声を対象とし、「鼻咽腔閉鎖機能検査

法」¹⁰⁾の検査資料のなかから音響的加工がしやすい母音/a/と/i/を選択した。健常音声は「ATR研究用日本語音声データベース」¹⁰⁾のなかから男性アナウンサー1名によるサンプルを任意に選んだ。開鼻声は「口蓋裂の構音障害サンプルテープ」¹¹⁾のなかから「開鼻声顕著にあり 成人男子」のサンプルを使用した。嗄声は「嗄声のサンプルテープ」¹²⁾のなかから、「典型的な粗糙性の性質を持つ」と記述されている「1」と「2」のサンプルを使用した。本稿では、粗糙性の程度が高いと思われる「1」を「重度粗糙性嗄声」、粗糙性の程度がやや軽いと思われる「2」を「軽度粗糙性嗄声」と、便宜上記述する。

2. 刺激の作成

音声資料は標準化周波数16 kHz、量子化精度16 bitで量子化した。それぞれの音声資料の持続時間、基本周波数の平均値を表1に、また音声波形、ケプストラムによるスペクトル包絡を図1に示す。なお音声の分析にはPraat(Ver.4.1)を用いた。Imatomi(2000)¹³⁾に従い、逆フィルタ法を用いて全資料を音源とフィルタに分解した(図2)。音源6種類(健常音声の/a/と/i/、軽度粗糙性嗄声の/a/と/i/、重度粗糙性嗄声の/a/と/i/から抽出したもの)、フィルタ4種類(健常音声の/a/と/i/フィルタ、顕著な開鼻声/a/と/i/のフィルタ)を組み合わせると各24種類の刺激を合成した(表2)。臨床場面では最低でも/a/と/i/の両方の音に対して、開鼻声の判定をすることが多いため、/a/、/i/計24

表1 音声資料の音響特徴

	持続時間(msec)	基本周波数(Hz)
健常音声/a/	244	166
健常音声/i/	228	165
顕著な開鼻声/a/	490	125
顕著な開鼻声/i/	559	126
軽度粗糙性嗄声/a/	1306	171
軽度粗糙性嗄声/i/	1561	175
重度粗糙性嗄声/a/	896	測定不能
重度粗糙性嗄声/i/	1080	115.3

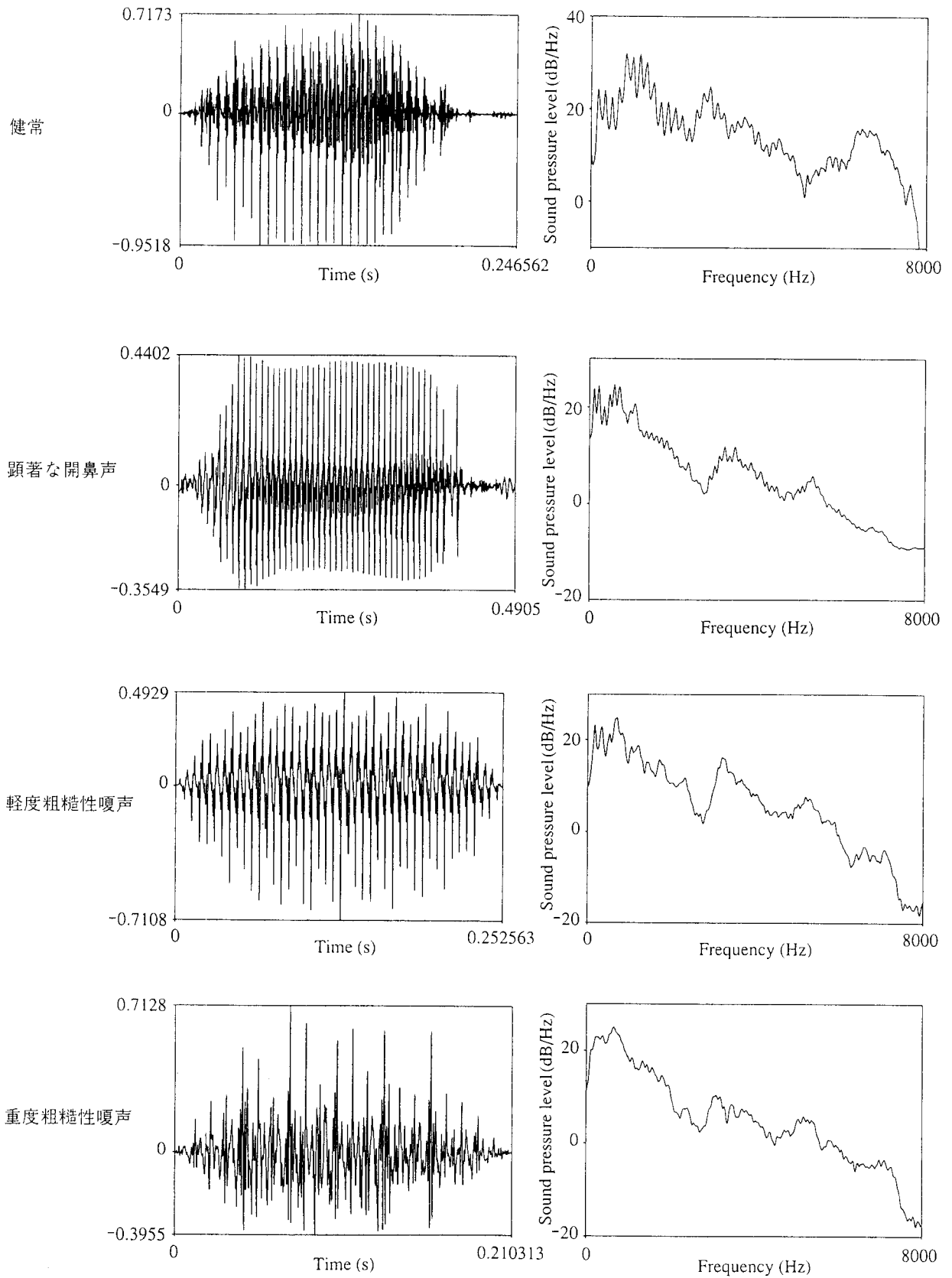


図 1-1 /a/の音声資料の音声波形，スペクトル包絡

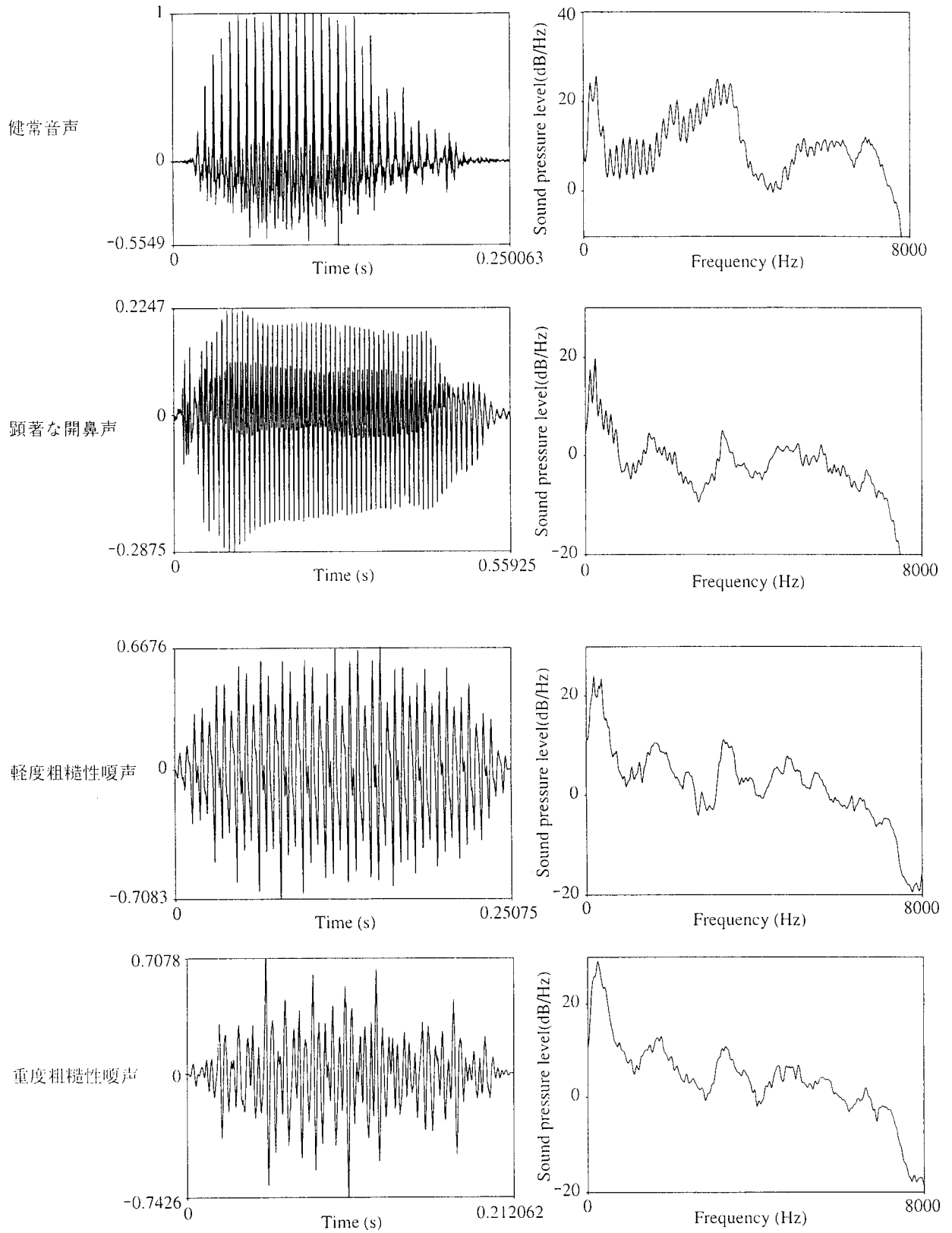


図 1-2 /i/の音声資料の音声波形，スペクトル包絡

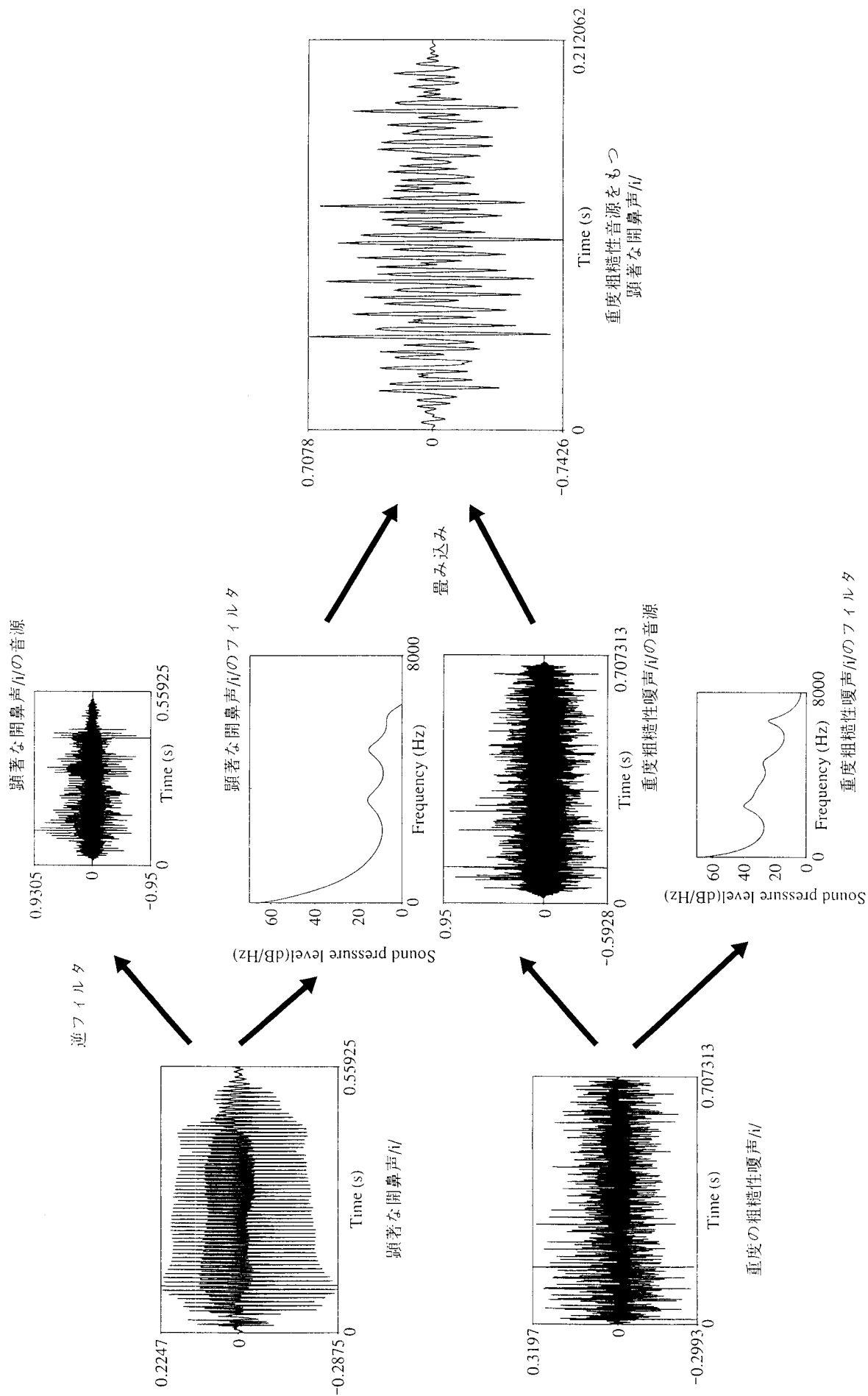


図2 刺激音の合成法 (模式図)

刺激を以下のフレームの下線部に埋め込んで復唱形式にした12の刺激サンプルを作成した。

刺激番号 /a/ /i/ , /a/ /i/
 (/a/, /i/は言語聴覚士の音声)

各サンプルを3試行ずつ繰り返した計36サンプルに、実験の意図を隠すためのダミー音声の18サンプルを合わせた計54サンプルを3秒間の無音区間を挿入したうえ疑似ランダム配置した。この刺激セットの前に、評価の基準サンプルとして成人男性の「開鼻声なし」, 「開鼻声あり」, 「開鼻声顕著にあり」のサンプルを付加し、コンピュータから出力し、DATテープに録

表2 音声刺激

音源	フィルタ	音声刺激
健常音声 /a/		
健常音声 /i/	健常音声 /a/	
軽度粗糙性嘔声 /a/	健常音声 /i/	× = 24 刺激
軽度粗糙性嘔声 /i/	顕著な開鼻声 /a/	
重度粗糙性嘔声 /a/	顕著な開鼻声 /i/	
重度粗糙性嘔声 /i/		

表3 開鼻声の評価尺度

段階0	開鼻声なし
段階1	段階0と段階2の間
段階2	開鼻声あり
段階3	段階2と段階4の間
段階4	開鼻声顕著にあり

音した。

3. 聴取実験

口蓋裂言語の治療に従事している言語聴覚士4名(聴取者1~4)に個別に上記のテープを聞かせ、各セットの/a/と/i/を総合して、聴覚的な開鼻声の程度を5段階尺度(表3)で判定させた。実験は防音室あるいは比較的静かな部屋で、デジタルオーディオレコーダ(SONY TC-D10)、ダイナミックステレオヘッドフォン(SONY MDR-Z400)を使用して行った。実験に先立って、テープに録音された「開鼻声なし」, 「開鼻声あり」, 「開鼻声顕著にあり」の基準サンプルを提示した。刺激音の提示はあらかじめ各聴取者が聞きやすいと判断した音量で行った。

結 果

Darley et al. (1975) に基づき¹⁴⁾、聴取者間一致度と聴取内一致度を産出した。4人の一致度は平均77.3%(55.6%~100%)であった。同一刺激3試行に対する聴覚判定値間の一致度を求めたところ、平均94.4%(83.3%~100%)と高い一致度が得られた。このため、フィルタ別に各聴取者の判定平均値を算出した。

1. 健常フィルタにおける開鼻声の聴覚判定値の変化

図3に健常フィルタにおける聴取者4人の開鼻声の聴覚判定結果を示した。全聴取者において音源による差がわずかながら認められた。重度粗糙性音源は健常音源とほとんど差がなかったが、軽度粗糙性音源は4人中3人で健常音源より開鼻声の聴覚判定値はやや高

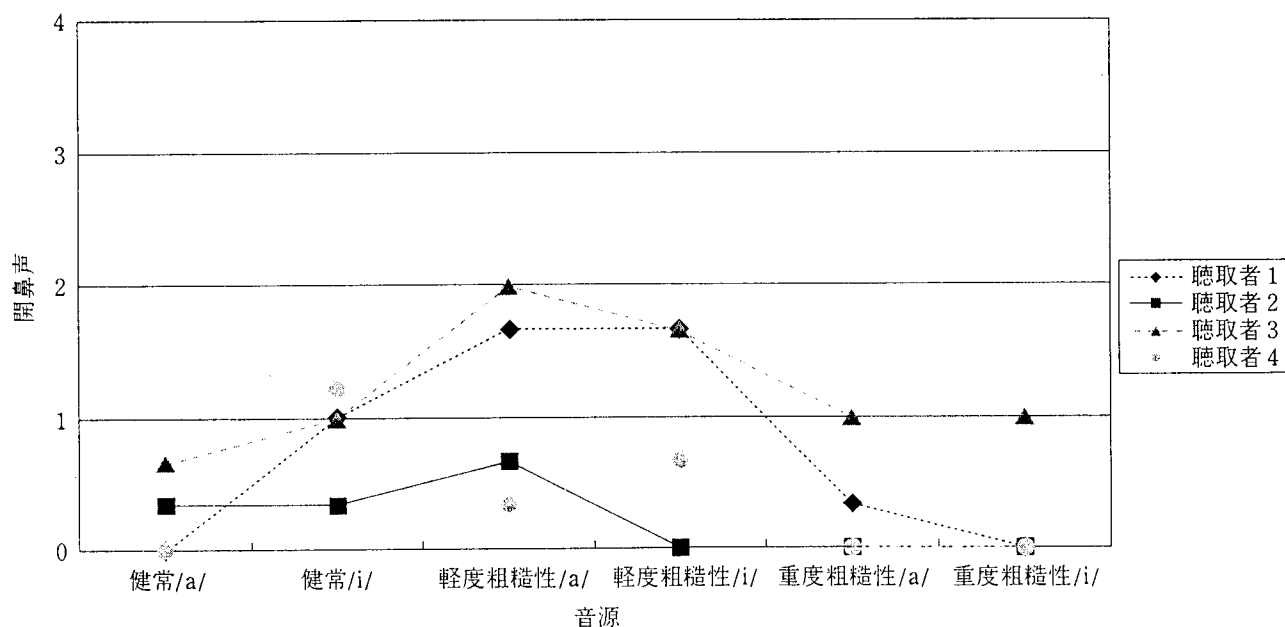


図3 音源による開鼻声の変化—健常フィルタ—

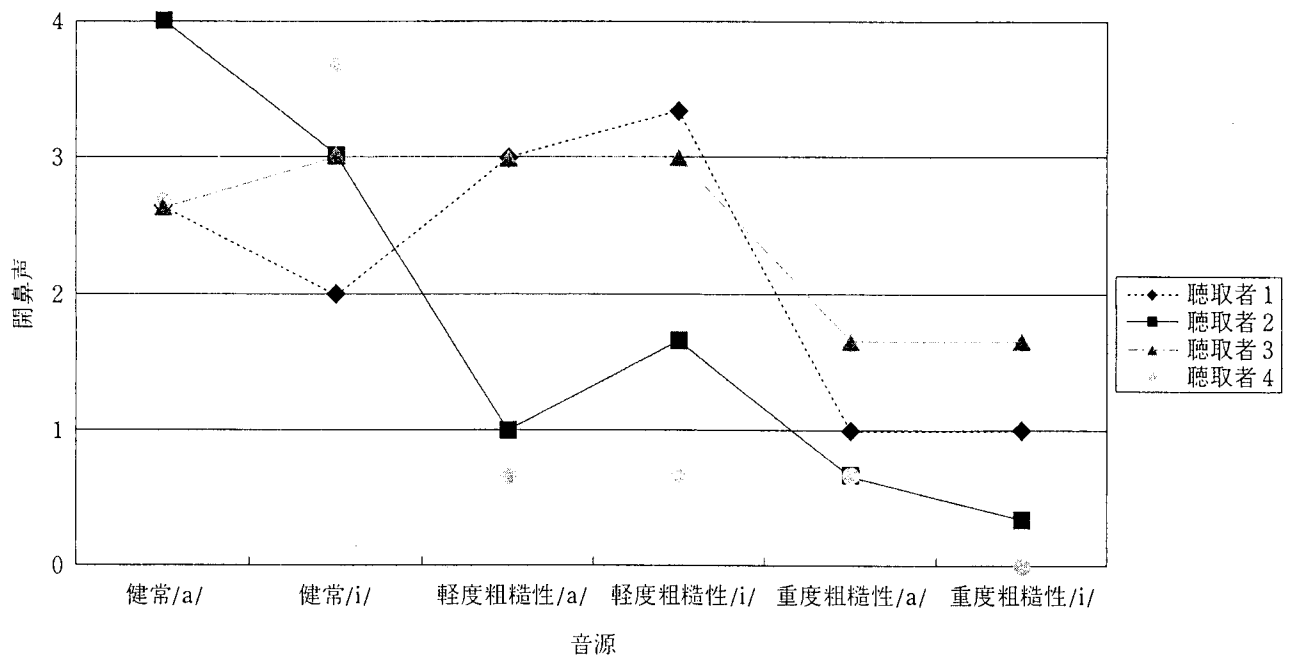


図4 音源による開鼻声の変化—顕著な開鼻声フィルター

かった。差の最大値は1.4(段階)で、聴取者3の健常音源/a/と軽度粗糙性音源/a/の間に見られた。音源/a/と音源/i/の間の差は健常音源と軽度粗糙性音源にわずかに見られたが、重度粗糙性音源ではほとんど認められなかった。

2. 顕著な開鼻声フィルタにおける開鼻声の聴覚判定値の変化

図4に顕著な開鼻声フィルタにおける聴取者4人の開鼻声の聴覚判定結果を示した。全聴取者において、音源による顕著な差が認められた。特に重度粗糙性音源は健常音源に比して開鼻声の聴覚判定値が著しく低く、最大で約3.5段階異なっていた。しかし軽度粗糙性音源の聴覚判定の結果は聴取者によって異なっていた。聴取者2、聴取者4では重度粗糙性音源と同様、開鼻声の聴覚判定値は著しく低かったが、聴取者3では健常音源とほぼ同程度、聴取者1では健常音源より開鼻声の聴覚判定値が高かった。音源/a/と音源/i/間の聴覚判定値の差は健常フィルタの場合と比較してやや大きかったが、重度粗糙性音源においては僅差であった。

以上の結果をまとめると、重度粗糙性音源は開鼻声の聴覚判定値を低下させるが、軽度粗糙性音源の聴覚判定への影響は聴取者、フィルタの種類によって異なっていた。

考 察

1. 開鼻声の聴覚判定に及ぼす嗄声の影響について

本研究によって、嗄声の音源は開鼻声の聴覚判定に影響を及ぼすことが実験的に確かめられた。特に重度粗糙性嗄声は、開鼻声の聴覚判定値を著しく低下させた。これは小児における結果⁵⁾とも一致するものであった。

嗄声によって開鼻声の聴覚判定値が変化する理由は明らかではないが、刺激音の聴覚的な音韻性は保たれたまま、開鼻声の判定値が選択的に影響を受けることを考えると、開鼻声の音響特徴のみを隠すような特性を嗄声有していることが考えられる。開鼻声の音響特性としては、第1フォルマントの高域への移動および帯域幅の拡大¹⁵⁾、第1フォルマントから第2フォルマントにおける相対的な変動¹⁶⁾が指摘されている。本研究の顕著な開鼻声フィルタのスペクトル包絡と嗄声音源を付加した開鼻声フィルタのスペクトル包絡を比較すると、スペクトルの形状は類似しているが、重度粗糙性音源では健常音源より、低周波数域におけるピークが同定しやすくなっている(図5)。これは粗糙性嗄声有する、低い周波数帯域の雑音エネルギー¹⁷⁾が作用したものとも考えられる。しかしながら、軽度粗糙性音源でも同様なスペクトルの変化が観察されているにもかかわらず、開鼻声の聴覚判定の結果は聴取者によって異なっていた。この聴覚判定結果の違いが何に起因するのかについては、検討の余地がある。著

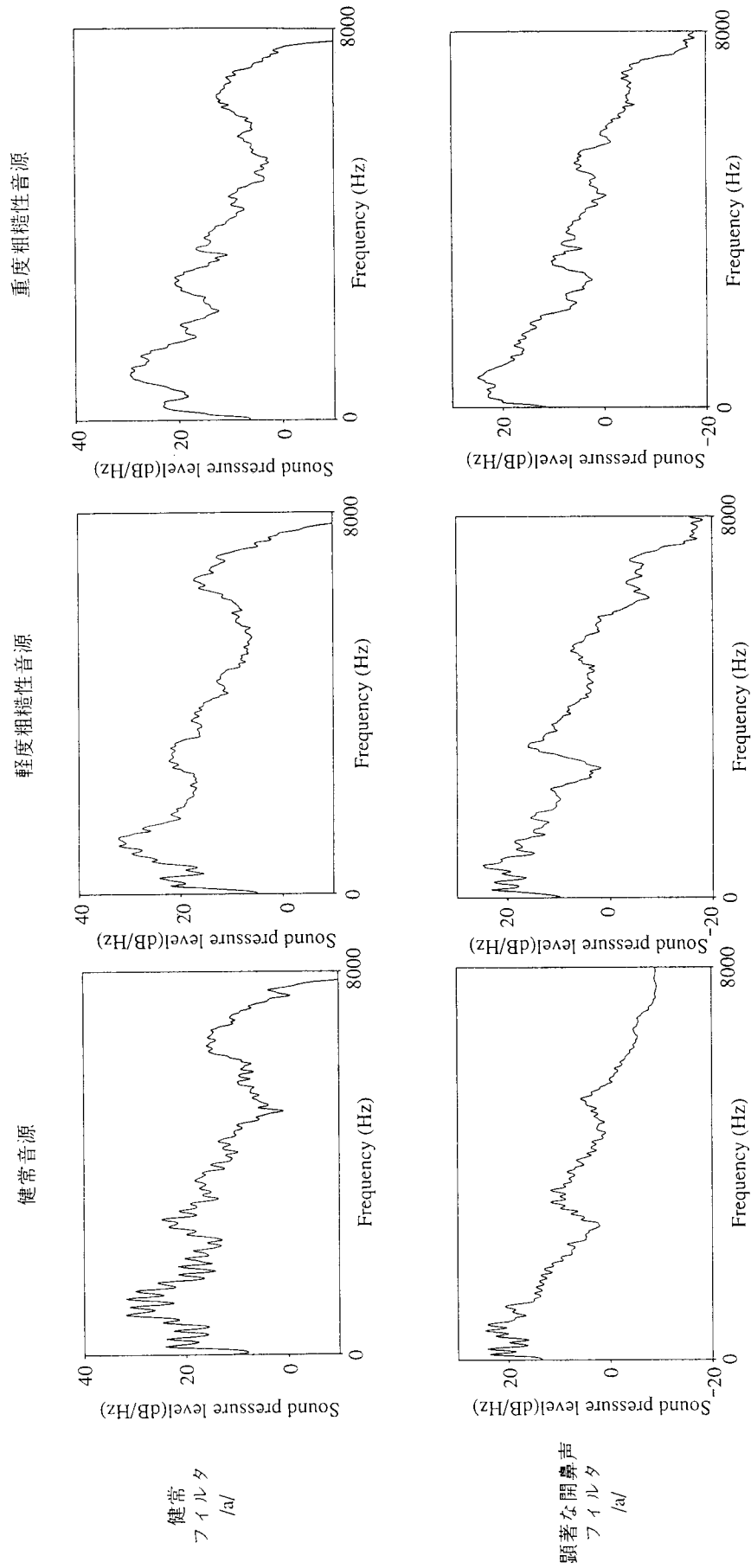


図 5-1 音源によるスペクトルの変化/a/

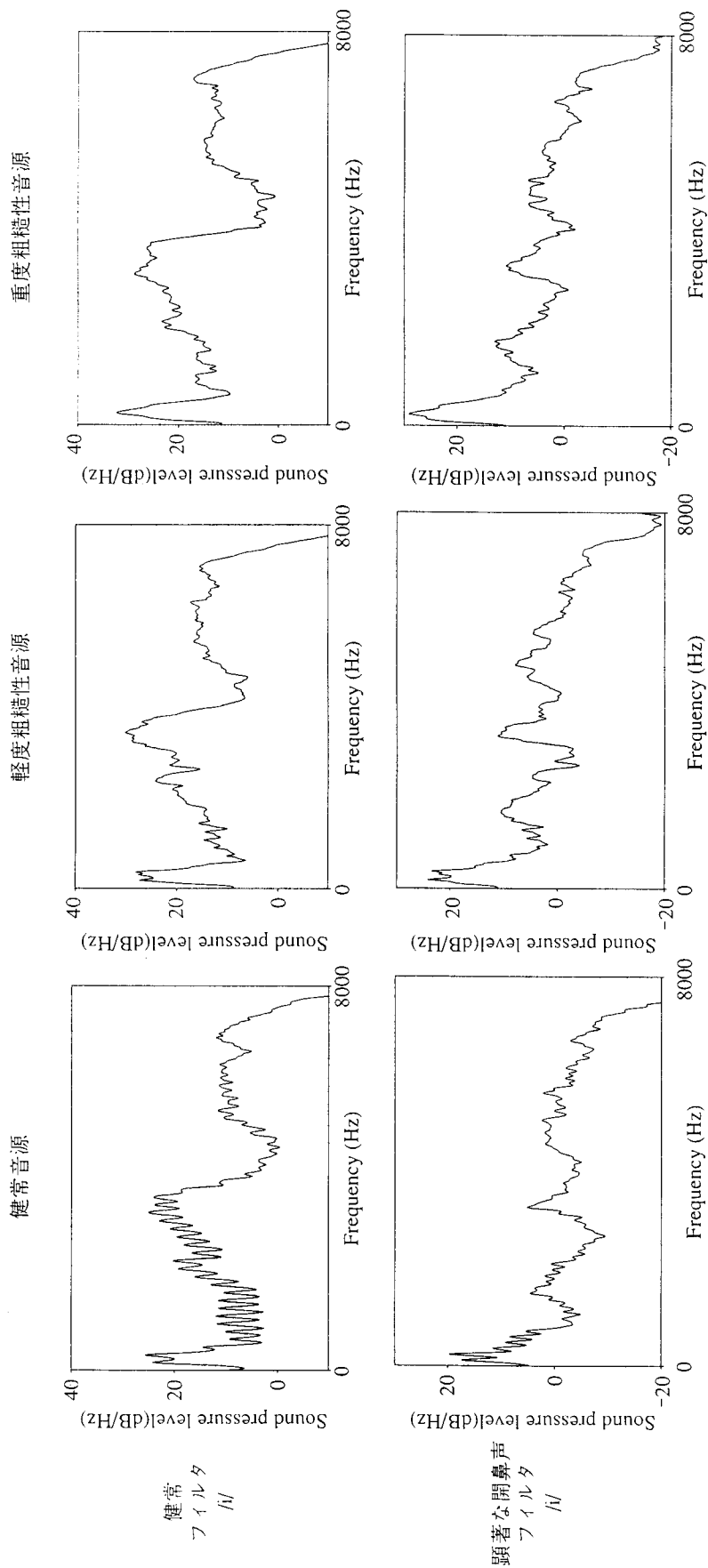


図 5-2 音源によるスペクトルの変化/i/

者らの聴覚判定では、今回用いた2つの嗚声の資料には明らかなピッチの差が認められた。開鼻声の聴覚判定はピッチの影響を受ける¹⁸⁾ことを考慮し、まずピッチを統制したうえで実験を行い、より詳細にスペクトルの変化を調べる必要がある。そのうえで嗚声の程度のみを操作する手法が得られれば、開鼻声の聴覚判定に対する嗚声の影響のメカニズムがより明確になるであろう。

さらに氣息声など粗糙声以外の嗚声について検討することで、開鼻声の聴覚判定への影響についてより包括的な検討が可能になるとと思われる。

2. 本研究の臨床的意義

臨床場面において、嗚声を合併している患者の開鼻声の聴覚判定値は、嗚声のない患者の開鼻声と比較すると低いという印象があったが、本研究によってそれが実験的に確かめられた。実際の臨床場面で、母音における開鼻声の聴覚判定結果のみから患者の鼻咽腔閉鎖機能を判定することはないが、本研究の結果より、特に嗚声を合併している患者については、鼻咽腔ファイバースコープや頭部X線規格写真など他の検査を併用することが望ましいという指針が得られた。

ところで口蓋裂などの鼻咽腔閉鎖不全症例における音声障害の報告は多く¹⁸⁻²¹⁾、その理由としては、鼻咽腔閉鎖不全による呼気の減弱化を補おうとする喉頭の働きにより、声帯を強く閉鎖することが習慣化されたためと考えられ²²⁻²⁴⁾、結果的に声帯に異常所見を認める症例もある²⁰⁾。嗚声と開鼻声を併せ持つ患者に対しては、鼻咽腔閉鎖機能を正確に判定するだけでなく、喉頭に対する検査も行うことが望ましい。

3. 研究方法について

今回、音源フィルタ理論の考え方をを用いることによって、1人の患者において、音声に嗚声を合併している状態と合併していない状態の母音を実現できたという点で評価できる。しかし課題も残されている。今回の結果では、いくつか予想外の結果が観察された。まず、/a/ からとった音源を使用した場合と/i/ からとった音源を使用した場合で開鼻声の聴覚判定結果に若干の差が出た。この理由として、逆フィルタの処理が十分でなく音源に何らかの音韻情報が残存したことが考えられる。これについては、抽出した音源のスペクトル特性を調べるなどして、今後改良を加えたい。またもう1つの予想外の結果として、健常音源と健常フィルタを畳み込みした場合にも、開鼻声が聴取された。これにも逆フィルタ処理の技術的な問題の可能性があるが、その他にアナウンサーの声質の特徴も考えられる。さらに多くの健常者の音声について、検討する必要がある。

あろう。

さらに、この2つの予想外の結果を説明しうる事実として、実際の発声・発語器官では音源を出す喉頭と共鳴器の間に相互作用がある^{25,26)}ことも考えられる。また開鼻声の判定という聴覚領域の問題を、音声産出の理論だけでモデル化することに限界がある可能性もある。この点については、今後生理学的観点などから検討する余地があるものと考えられる。

結 論

音源フィルタ理論を用いて、開鼻声の聴覚判定に及ぼす嗚声の影響について検討したところ、重度の粗糙性嗚声は開鼻声の聴覚判定値を低下させ、軽度の粗糙性嗚声は聴取者によって差はあったものの、多少の影響を及ぼしていることが明らかになった。

謝 辞

聴覚判定にご協力下さいました言語聴覚士の方々、研究全般につきましてご指導下さいました元昭和大学形成外科 岡崎恵子講師、研究資料作成にあたりご協力下さいました上智大学音声学研究室 菅原 勉教授、同研究室のみなさまに深謝申し上げます。なお本研究の一部は、8th Meeting of the International Clinical Phonetics and Linguistics Association (Edinburgh, 2000) で発表した。

文 献

- 1) 大平章子, 岡崎恵子, 相野田紀子, 他: 鼻咽腔閉鎖機能検査法について. 音声言語医学, 34: 298-304, 1993.
- 2) 今富摂子, 加藤正子, 木村智江: 嗚声のある口蓋裂症例の鼻咽腔閉鎖機能. 第25回日本聴能言語学会学術講演会. 聴能言語学研究, 16: 188, 1999.
- 3) Kent, R.D.: Hearing and believing: Some limits to the auditory-perceptual assessment of speech and voice disorders. *Am J Speech-Lang Pathol*, 5: 7-23, 1996.
- 4) Kummer, A.W.: Velopharyngeal dysfunction (VPD) and resonance disorders. *Cleft Palate & Craniofacial Anomalies: Effects of Speech and Resonance* (edited by Kummer, A.W.), Singular, Canada, pp. 145-176, 2001.
- 5) Imatomi, S., Arai, T., Mimura, Y., et al: Effect of hoarseness on hypernasality ratings. *Proceedings of Eurospeech 1999*, 3: 1075-1078, 1999.

- 6) Fant, G.M.: Acoustic Theory of Speech Production, The Hague, Mouton, 1960.
- 7) 日本音声言語医学会編：声の検査法 臨床編 第2版, 医歯薬出版, 東京, 1995.
- 8) Curtis, J.F. and Morris, H.L.: 第6章 音声障害. 入門コミュニケーション障害 (Curtis, J.F. 編, 笹沼澄子他監訳), 171-186頁, 医歯薬出版, 東京, 1984.
- 9) Kent, R.D. and Read, C.: The Acoustic Analysis of Speech, Singular Publishing Group, San Diego, 1992.
- 10) 武田一哉, 匂坂芳典, 片桐 滋, 他: 研究用日本語音声データベースの構築. 日本音響学会誌, 44: 747-754, 1988.
- 11) 日本音声言語医学会編: 口蓋裂の構音障害サンプルテープ基礎編, メディカルリサーチセンター, 東京, 1989.
- 12) 日本音声言語医学会監修編: 耳で診断する音声検査の手引き. 嗄声のサンプルテープ, メディカルリサーチセンター, 東京, 1982.
- 13) Imatomi, S., Arai, T. and Kato, M.: How hoarseness affects ratings of hypernasality: source-filter theory approach, Proceedings of the 8th Meeting of the International Clinical Phonetics and Linguistics Association, 2000.
- 14) Darley, F.L., Aronson, A.E. and Brown, J.R.: Motor Speech Disorders, Philadelphia, W.B. Saunders, 1975.
- 15) 竹内章司, 粕谷英樹, 城戸健一: 鼻音性の音響関連量について. 日本音響学会, 31: 298-309, 1975.
- 16) 平井沢子, 岡崎恵子, 荒井隆行: 小児の開鼻声の定量的評価—スペクトルエンベロープの傾きを用いて—. 音声言語医学, 35: 199-205, 1994.
- 17) 日本音声言語医学会編: 声の検査法 基礎編 第2版, 医歯薬出版, 東京, 1995.
- 18) McWilliams, B.J., Morris, H. and Shelton, R.: Cleft Palate Speech, B.C. Decker Inc., Philadelphia, 1990.
- 19) McWilliams, B.J., Lavarate, A.S. and Bluestone, C.D.: Vocal cord abnormalities in children with velopharyngeal valving problems. Laryngoscope, 83: 1745-1753, 1973.
- 20) D'Antonio, L.L., Muntz, H., Province, M., et al: Laryngeal findings in patients with velopharyngeal dysfunction. Laryngoscope, 98: 432-438, 1998.
- 21) Zajac, D.J. and Linville, R.N.: Voice perturbations of children with perceived nasality and hoarseness. Cleft Palate J, 26: 226-232, 1989.
- 22) Warren, D.W.: Compensatory speech behavior in individual with cleft palate: A regulation/control phenomenon? Cleft Palate J, 23: 251-260, 1986.
- 23) Guyette, T.W., Sanchez, A.J. and Smith, B.E.: Laryngeal airway resistance in cleft palate children with complete and incomplete velopharyngeal closure. Cleft Palate Craniofac J, 37: 61-64, 2000.
- 24) 城本 修, 城本貞子, 森 一功, 他: 鼻咽腔閉鎖機能が発声機能に及ぼす影響—鼻咽腔閉鎖機能不全症例の検討—. 第6回言語障害臨床学術研究会発表論文集, 6: 132-146, 1997.
- 25) Lotto, A.J., Holt, L.L. and Kleuender, K.R.: Effect of voice quality on perceived height of English vowels. Phonetica, 54: 76-93, 1997.
- 26) Flanagan, J.: Some properties of the glottal sound source. J Speech Hear Res, 1: 99-116, 1958.

別刷請求先: 〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町7-1

上智大学音声学研究室

今富 撰子