

韻律処理技術の医療福祉への応用

Applications of Prosody Processing Technology in Medical and Welfare Areas

宇都宮大学工学部

Faculty of Engineering, Utsunomiya University

粕谷 英樹

Hideki Kasuya

This research group started off on five subprojects with four members: 1) study of physiological mechanism of prosody control, 2) study of acoustic and perceptual evaluation of motor speech disorders and development of a novel therapeutic method for patients with those, 3) development of an electrolarynx with prosody control function, 4) improvement of esophageal speech quality, and 5) development of acoustic evaluation methods of running speech uttered by patients with voice disorders. The outcome of each subproject is described in detail in four final reports separately by four members. Among other things, a novel electrolarynx with fundamental frequency control function by thumb's movement is one successful example. The adjustment mechanisms with two degrees of freedom make it possible to start and stop voicing at an arbitrary fundamental frequency. The electrolarynx is almost ready to be put to practical use.

Keywords: motor speech disorders, physiological mechanism of prosody control, acoustic and perceptual evaluation of motor speech disorders and voice disorders, electrolarynx, esophageal voice

1. 研究の目的

韻律、構音、声質などの音声言語のもつ基本要素の異常によって、音声言語によるコミュニケーションに何らかの障害をもつ患者は、我が国では17万人をはるかに超えると推定されている。これらの3要素の障害は、それぞれ単独に発現することはごくまれで、多くの場合大なり小なりすべての障害を伴うので、韻律に焦点を当てるとしても、構音や声質の障害の問題も含めて、音声言語コミュニケーション障害を総合的に捉えて、その検査・評価、訓練・治療、ならびにコミュニケーション支援手段について研究する必要がある。

音声言語コミュニケーション障害は種類や個人差において極めて多様であるが、本研究では、社会的、学術的ニーズが強いと考えられる、以下の5つの韻律に関連した課題を取り上げた。第1は、韻律調節の生理学的機構の解明である。韻律調節の生理学的機構については、学術的にも不明な点が多いが、

特に障害との関係においてはほとんど知られていない。そこで、このような研究の進展によって、音声言語コミュニケーション障害の評価、治療の面で強力な科学的基盤を構築することが期待される。

第2は音声言語障害の中でも特に患者数の多い運動障害性構音障害の検査・評価、訓練・治療、訓練支援である。運動障害性構音障害は、大脳の中核や末梢の筋に至る運動系の部位の病変によって起こる話しことばの障害で、病変の部位・種類によっていくつかのタイプが存在する。発話に不可欠な要素である呼吸、発声、構音、共鳴、韻律に異常が生じ、重症例では発話の明瞭度が著しく低下する。

検査・評価については、患者にできる限り負担をかけないために、非侵襲的手法としての音響分析的手法によって研究を進めた。疾患の種類によって特徴的な韻律的・分節的特徴を呈することが明らかになった。また、知覚心理的な評価法として臨床場面で広く用いられている、“単調性”の実体や、訓練・治療の支援手段としての韻律情報の visual feedback

の手法についても検討した。

従来は、運動障害性構音障害患者の言語明瞭性向上のための訓練・治療法として、「大声で叫ぶように元気に発声する」という指示を中心とした”Lee Silverman”法が用いられ、発声のみならず構音、韻律の改善も認められたことが報告されている。本研究では、特に日本語の特質を考慮して、「イントネーション強調法」という新しい方法を開発し、その治療効果について、Lee Silverman 法と比較検討した。

第3の課題は韻律制御の可能な電気式人工喉頭（電気喉頭）の開発研究である。喉頭癌などの原因で喉頭を摘出した患者は、食道発声による方法や、発声のための補助器具を使って会話することになるが、術後の比較的早い時期から利用することができ、かつ簡便であり衛生的であること、習得が比較的簡単であること、などの理由により電気喉頭が広く利用されている。しかし、製品化されている電気喉頭は振動板をハンマーで打撃する方式であり、その周期は一定であり、声の高さや大きさを発声時に調整することを目的として作られた製品は少ない。わずかに存在する声の高さの制御可能な製品も、原理的ならびに使用上多くの問題を抱えているために、その機能を利用する喉摘者はほとんどいない。

本研究では“利用者の使いやすさ”と“柔軟な韻律制御方式の採用”という観点から、親指の動きだけで操作できる2自由度韻律制御方式を取り入れた、新しい電気喉頭を開発した。評価実験を行ってその有効性を検証した。

第4の課題は、上で述べた喉摘者が音声言語を回復する手段として広く用いられている、もう一つの方法である“食道発声法”によって生成された音声の声質改善に関する研究である。食道発声法の訓練には困難を伴うものの、いったん習得すれば補助装置なしで発声が可能であり、ある程度の抑揚や感情表現ができるなどの利点がある。しかし、健常者の音声に比べて、基本周波数が不安定である、抑揚が小さい、嚙声の声質を伴う、明瞭性があまり良くない、音量が不足する、呼吸時の気管孔雑音が混じる、などの問題点もある。そこで本研究では、上記問題のなかでも特に重要な基本周波数の不安定性に着目して、声質を改善する方法を検討した。

第5の課題は音声障害の新しい音響的評価法の開発研究である。従来、持続母音の音響的性質、特に基本周波数や振幅のゆらぎ、喉頭雑音の量などを計測して評価していたが、一般社会人にとって、持続母音の発声は不慣れであるため、不自然な発声になりやすいという問題があった。そこで、本研究では自然に発声しやすい連続音声から自動的に基本周期や振幅のゆらぎを計測し評価する方法について検討した。

2. 研究の体制と成果

Table 1 に示すように、本研究班は代表者粕谷英樹と分担者小林範子、菊地義信、森大毅で構成された。研究目的を達成するために、粕谷は全体の総括のほかにも主として食道音声の声質改善と音声障害の新しい音響的評価法の開発の観点から、小林は韻律の生理学的制御機構の解明と運動障害性構音障害という病的音声の発話改善のための効果的な訓練法の開発という観点から、菊地は韻律制御の可能な電気式人工喉頭の開発という観点から、森は運動障害性構音障害の音響的ならびに心理的評価という観点から、それぞれ、Table 2 に示すように、年に2回の班会合を行うほか、電子メールを活用してそれぞれ緊密に連絡を取りながら研究を進めた。

以下に各成果の概要を述べる。

Table 1 Members and their research topics.

Name	Affiliation	Major research topic
Hideki Kasuya	Utsunomiya University	Improvement of esophageal speech quality and evaluation of pathologic voice
Noriko Kobayashi	Kitasato University	Study of physiological mechanism of prosody control and development of new speech therapy for dysarthric patients
Yoshinobu Kikuchi	International University of Health and Welfare	Development of electrolarynx with prosody control function
Hiroki Mori	Utsunomiya University	Acoustic and perceptual evaluation of dysarthric speech

Table 2 Group meetings.

Fiscal Year	Date	Place
2000	October 23	University of Tokyo
	January 13	
2001	July 14	Kitasato University
	January 27	
2002	July 14	Kitasato University
	January 12	
2003	July 6	Kitasato University
	January 24	Utsunomiya University

2.1 食道音声の声質改善と音声障害の新しい音響的評価法の開発 (粕谷) [1]

食道発声者の音声の「ざらざら感(嘎声)」を改善するために、ボコーダ方式の音声分析合成方式を採用し、音源成分の基本周波数の平滑化と、基本周波数が不安定な場合の基本周波数自動的生成方式について有効性を検証した。

ARX音声分析合成法によって連続音声から“声門閉鎖時点”を高精度で推定し、隣接する閉鎖時点間隔として定義した基本周期の時系列からジッタ特性を計測する方法を考案し、音声障害の音響的評価に有効であることを確認した。

2.2 韻律の生理学的制御機構の解明と運動障害性構音障害の発話改善のための効果的な訓練法の開発 (小林) [2]

レーザー・ドップラー振動計による開鼻性の計測、超高速デジタル画像システムによる声帯振動姿態の観測、ローゼンバーク・マスクによる声帯振動の空気力学的特性の計測、を組み合わせることで韻律制御機構の統合的に測定することによる臨床応用の可能性を検討した。

運動障害性構音障害は、大脳の中枢や末梢の筋に至る運動系の部位の病変によって起こる話しことばの障害で、病変の部位・種類によっていくつかのタイプが存在する。発話に不可欠な要素である呼吸、発声、構音、共鳴、韻律に異常が生じ、重症例では発話の明瞭度が著しく低下する。

運動障害性構音障害に対する音声言語訓練の目

標は、発話の全体的な明瞭度を改善することであり、そのために、発声、構音、プロソディの調節を行う。従来、「大声で叫ぶように元気に発声する」という指示を中心とした”Lee Silverman”法という音声訓練の有効性が報告されている。

一方、特に日本人患者に対するプロソディの訓練は、十分な F0 変化を確保することによってアクセントやイントネーションを適切に調節するために有効であると考えられる。しかし、系統的なイントネーションの制御を図った訓練は実施されていない。

本研究では、2種類の音声言語訓練手法 (Silverman 法とイントネーション強調訓練法) の運動障害性構音障害に対する有効性を検討した。その結果、イントネーションの強調を促進させる訓練と声の強さの増加を促進させる訓練には、いずれも発話の F0 変化を増加させること以外にも調音や声質を改善させる効果が認められた。

2.3 韻律制御の可能な電気式人工喉頭の開発 (菊地・粕谷) [3]

喉頭がんなどの原因で喉頭を摘出した患者は、食道発声や発声の補助器具を使って会話することになる。補助器具としては、笛式人工喉頭や電気式人工喉頭(電気喉頭)が開発されている。電気喉頭は、術後の比較的早い時期から利用することができ、かつ簡便であり衛生的であること、習得が比較的簡単であること、などの理由により広く利用されている。しかし、製品化されている電気喉頭は振動板をハンマーで打撃する方式であり、その周期は一定であり、声の高さや大きさ(韻律)を発声時に調整することを目的として作られた製品は少ない。韻律(特に基本周波数)の制御機構をもつ製品も、利用者にとって使いやすいものではないため、ほとんど利用されていない。

本研究では、簡単な操作でピッチを任意に変化させることのできる電気喉頭を開発した。親指一本の操作による2自由度韻律制御方式を考案し、上下方向の動きで有声指令の ON/OFF、左右の動きで基本周波数の制御を行う。この方式によって、任意の高さから発声を開始することや任意の高さで発声を終了することができるようになった。評価実験の結果、

比較的短時間の訓練で、抑揚の制御が行えること、あるいは歌も歌えることを確認した。

2.4 運動障害性構音障害の音響的及び心理的評価 (森・粕谷) [4]

運動障害性構音障害音声を音響分析し、障害の性質を客観的に把握することによって、障害の診断に役立てたり、訓練・治療の方針を決定したり、訓練・治療の過程でその効果を客観的に評価するなど、障害音声の音響的評価の意義は少なくない。

本研究では、偽性球麻痺、パーキンソン病、脊髄小脳変性症、筋萎縮性側索硬化症、といった典型的な運動障害性構音障害症例を取り上げ、各症例の音響的性質を分析的に明らかにするとともに、訓練・治療の臨床場面で症状の程度の主観的評価に用いられている障害音声の「単調性」の実体を明らかにした。

音響分析に用いたパラメータは、1)イントネーション句における基本周波数レンジ(F0 レンジ)、2)同句内の基本周波数の下限(F0 下限)、3)モーラの子音・母音の信号パワー比、4)母音のフォルマント周波数である。これらのパラメータを用いて疾患を評価した結果、パーキンソン病では狭い F0 レンジと高い F0 下限、筋萎縮性側索硬化症では狭い F0 レンジと低い F0 下限をそれぞれもつなど、各疾患は特徴的な音響的性質を呈することが分かった。また、ARX 分析合成法を用いて韻律特徴と分節特徴(フォルマント周波数軌跡)を制御した音声資料を用いて聴取実験を行った結果、「単調性」は韻律特徴に大きく依存することを明らかにした。

3. 今後の展望

本研究では、第1節で述べた5つの研究課題それぞれについて、上で述べたように、多くの成果を得ることができた。いずれの研究課題も、臨床応用をめざした基礎研究であるが、成果のなかには実用化寸前のものから、今後さらに研究を積み重ねる必要があるものまで幅広く分布している。

前者の例は「韻律制御の可能な電気式人工喉頭」である。喉摘者団体のなかでもわが国で最も大きく活発な組織である銀鈴会の EL 教室で約20名の会

員の協力を得て評価してもらったところ、全員がその実用化を強く望んでいたことが印象的であった。今後実用化に向けて前進したいと考えている。

また、運動障害性構音障害の訓練治療のために日本語の特質を考慮した、「イントネーション強調法」の有効性も確認しているため、今後は臨床場面での実験を重ねながら、本方法の特徴と限界を明らかにし、実用化につなげたい。

食道音声の声質改善、連続音声を用いた音声障害の音響的評価法も、実用化可能な技術であり、インターネットを介した「嘔声評価システム」として実現すべく、既に準備を開始している。

一方、韻律制御の生理学的機構の解明は、かなり難しい課題である。本研究で整備し有効性を明らかにした総合的計測システムを用いて、今後も多くの事例に適用しながら一步一步明前進する必要があるものと考えられる。

参考文献

- [1] 秋元博樹, 藤井圭, 森大毅, 粕谷英樹, “食道音声の声質改善の試み,” 電子情報通信学会技術研究報告(福祉情報工学研究会・音声研究会)資料, IT2002-47, SP2002-107, pp.71-76 (2002-10).
- [2] Noriko Kobayashi, Hajime Hirose, Satoshi Horiguchi and Hiroki Mori, “Changes in prosodic characteristics after speech therapy for patients with motor speech disorders,” Proceedings International Conference on Speech Prosody, Nara, pp.757-760 (2004-3).
- [3] Yoshinobu Kikuchi and Hideki Kasuya, “Development and evaluation of pitch adjustable electrolarynx,” Proceedings International Conference on Speech Prosody, Nara, pp.761-764 (2004-3).
- [4] Hiroki Mori, Yasunori Kobayashi, Hideki Kasuya, Hajime Hirose, and Noriko Kobayashi, “Prosodic and segmental evaluation of dysarthric speech,” Proceedings International Conference on Speech Prosody, pp.753-756 (2004-3).