

発声訓練における音声の音圧レベル測定・ 録音システムの試作*

◎篠田貴彦, 荒井隆行, 安啓一 (上智大・理工)

△廣實真弓 (国立精神・神経センター病院・リハビリテーション科)

1 はじめに

音声障害の治療のひとつに、誘因と考えられる発声行動の様式を変えることで改善を図る発声訓練が挙げられる [1]。ある発声訓練の現場では、言語聴覚士が訓練の指標の一つである音圧レベルを騒音計で測定し、患者にフィードバックを与えながら、測定値を手書きで記録している。これらの行為は、訓練を行う言語聴覚士にとって大きな負担である。また、訓練中の患者の音声を録音しているが、入力音圧レベルが一定でないため、同一患者での経時的变化の比較や患者間での比較が困難といった問題がある。

音声を録音する前に、正弦波や白色雑音などのキャリブレーション信号を用いて入力音圧レベルを正規化し、録音した音声の比較を可能にした研究がいくつか存在する [2, 3]。本研究では、上記の研究を元に、音声障害者の発声訓練での使用を考慮に入れたシステムを試作した。このシステムは訓練時の音声の音圧レベルを測定し、同時に音声の録音を行うことが可能である。録音された音声は、1 kHz の正弦波を用いて正規化されているため、訓練前後における患者の音声の比較や患者間での音声の比較を行うことが可能である。

2 提案法

2.1 測定・録音システム

本研究で提案する測定・録音システムを Fig. 1 に示す。本システムにおけるスピーカ MSP3 (YAMAHA) は、キャリブレーション信号を提示するために用いた。患者の前 30 cm に騒音計のマイクロホンを設置することを想定し、騒音計 NL-32 (RION) を設置した。騒音計の周波数特性は平坦 (FLAT)、時定数は聴覚の特性

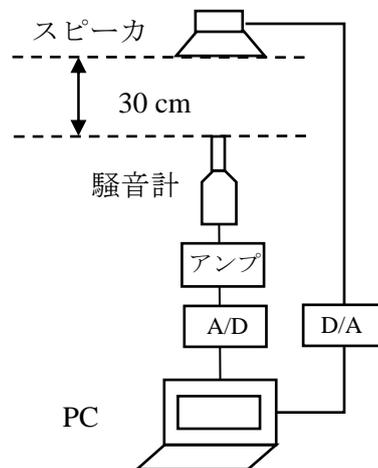


Fig.1 本測定・録音システムの概要

に近い 125 ms (FAST) に設定された。騒音計のマイクロホンの信号は、マイクロホンアンプ MX-1000ES (SONY) で増幅され、A/D 変換器 EDIROL UA-25 (ROLAND) を通して PC (Lenovo Think Pad T60 1954G4J) に入力される。

2.2 測定・録音プログラムの概要

本システムでは、PC 上の処理で測定・録音が行われる。Fig. 2 に示す処理を数値計算ソフト MATLAB で実装した。処理はキャリブレーションモード (cal) と測定・録音モード (rec) に分かれる。どちらのモードもサンプリング周波数 48 kHz で音声を 1 s 間録音し、録音した音声の音圧レベルを計算して画面に表示する。音圧レベルの計算方法は、騒音計の音圧レベル計算の原理的手順 [4] を参考にした。cal では音圧レベル調整の時間を考慮に入れて音圧レベルの表示を 30 回行い、rec では訓練時間を考慮に入れて表示を 15 回行う。rec では、音圧レベル計算のための録音とは独立して訓練記録用の録音を行っている。録音データは、15 回の音圧レベルの表示が終わった際に wav 形式の音声ファイルとして保存され

* A trial system for sound pressure level measurement and speech recording in voice training, SHINODA, Takahiko, ARAI, Takayuki, YASU, Keiichi (Sophia University) and HIROZANE, Mayumi (National Center of Neurology and Psychiatry).

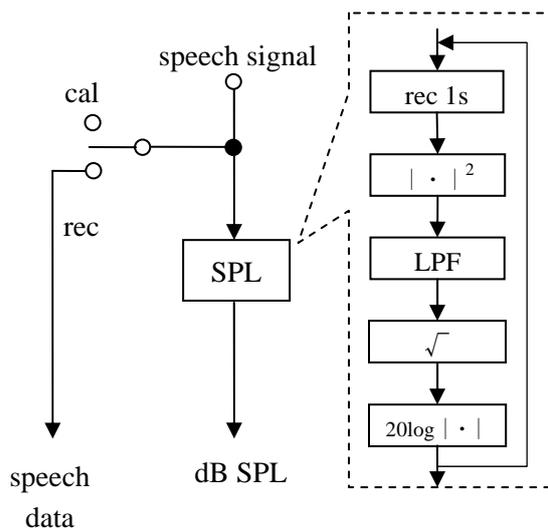


Fig.2 処理の概要

る。また、画面に表示された 15 回の音圧レベルの値もテキストファイルとして保存される。

2.3 キャリブレーション

実際の発声訓練で本システムを使用するには、訓練の基準となる音圧レベルが 30 cm の距離で 80 dB SPL になるようにキャリブレーションを行う。はじめに、騒音計で音圧レベルが 80 dB SPL となるような 1 kHz の正弦波をスピーカから提示する。続いて、PC 上の処理をキャリブレーションモード(cal)にし、現在の音圧レベルを画面に表示する。PC 上の音圧レベルが 80 dB SPL になるように、マイクロホンの入力レベルを調整する。騒音計の音圧レベルと、本システムの音圧レベルが一致した時キャリブレーションが完了となる。

2.4 測定・録音

キャリブレーションが完了したら、スピーカを外し、訓練を受ける患者の前 30 cm に騒音計のマイクロホンを設置する。その後、PC 上の処理を測定・録音用モード(rec)に切り替える。rec では前述の通り測定・録音が自動的に行われるため、言語聴覚士が測定値を手書きで記録する必要がない。そのため、言語聴覚士が音圧レベルを記録する負担が軽減され、患者との訓練に専念することができると考えられる。また保存された音声は、1 kHz の正弦波によって音圧レベルが正規化されているため、訓練前後における患者の音声の比較や患者間での音声の比較を行うことが可能である。

3 システムの評価実験

提案したシステムの性能を評価するための評価実験を行った。今回の実験では、実際の患者の発話を用いるのではなく、キャリブレーションで使用したスピーカを用いて実験を行った。まず、本システムを用いて正しく音圧レベルが測定できるかを検討した。続いて、本システムで用いる騒音計の機種、A/D、D/A 変換器が音圧レベルに与える影響を検討した。なお、全ての実験は、防音室内で行われた。また、各実験を始める前に毎回前述のキャリブレーションを行い、スピーカとマイクロホンの距離が 30 cm に保たれていることを確認した。

3.1 実験 1 正弦波、音声信号を用いた精度測定

実験 1 では、本システムによって測定した音圧レベルが、騒音計の音圧レベルと一致するかを周波数 1 kHz の正弦波及び、音声信号を用いて比較した。

3.1.1 実験方法

まず、スピーカからキャリブレーションに使用した 1 kHz の正弦波を提示した。そして、スピーカ駆動用アンプのボリューム端子を調整して音圧レベルを変化させた時、騒音計と本システムの音圧レベルの表示値を比較した。

次に、スピーカからの提示音として、1 kHz の正弦波 5 s の後に音声信号を接続した提示信号を作成した。音声信号は、筑波大学多言語音声コーパス(サンプリング周波数 16 kHz, 量子化 16 bit)[5]の「北風と太陽」を用いた。ここでは、録音した音声データから計算した音圧レベルの値と、騒音計のメモリ機能で 100 ms ごとに格納された音圧レベルの値を比較した。なお、スピーカから提示した音声信号には無音部も含まれているため、音声部の音圧レベルのみを比較した。

3.1.2 結果及び考察

音圧レベルの測定値を比較した結果を Table 1 に示す。Table 1 より、1 kHz の正弦波の音圧レベルを変化させた時、騒音計と本システムの音圧レベルの表示値がおおよそ同じ値を示すことがわかった。ただし、騒音計での音圧レベルが 91.8 dB SPL 以上になると、音圧レベルに徐々に差が生じ、騒音計の表示が 94.6 dB SPL の時では、音圧レベルの差が

Table 1 1 kHz の正弦波の音圧レベルを
変化させた時の騒音計と本システムの表示値

騒音計の表示値 (dB SPL)	本システムの表示値 (dB SPL)	表示値の差分 (dB SPL)
66.4	66.3	-0.1
70.1	70.1	0
79.9	79.9	0
90.1	90.1	0
91.0	91.0	0
91.8	91.6	-0.2
93.1	92.0	-1.1
94.6	92.5	-2.1

2.1 dB SPL までになった。これは、入力
の音圧レベルが過大入力になったためと
考えられる。実際に、騒音計での音圧レ
ベルが 91.8 dB SPL 以上になると、録
音した音声の時間波形がクリッピングさ
れることが観察できた。つまり、録音レ
ベルの許容範囲を超えてしまったことが
わかった。また、騒音計での値が 66.4
dB SPL 以下では、騒音計の値が一定に
ならず、比較を行うことが出来なかつた。
表 1 の結果から、おおよそ 66~91 dB
SPL 程度の範囲で本システムと騒音計の
音圧レベルがほぼ同じ値(±0.1 dB SPL)
になっていることが確認できた。

続いて、音声信号を提示した時の本シ
ステムと騒音計の音圧レベルを比較した
結果を Fig. 3 に示す。Fig. 3 の結果か
ら本システムの音圧レベルが騒音計の音
圧レベルとおおよそ同じ値になっている
ことが確認できた。本システムの音圧レ
ベルと騒音計の音圧レベルの差は±0.7
dB SPL であった。Fig. 3 の結果から、
音声のような非定常な信号に対しても、
本システムの音圧レベルが、騒音計の音
圧レベルと同様に測定できることが確
認できた。

3.2 実験 2 騒音計の比較

本システムでは、騒音計の AC 出力を PC
の入力としている。そこで実験 2 では、
騒音計の機種により本システムの音圧レ
ベルに影響が出るかを調べた。

3.2.1 実験方法

騒音計は、NL-32 (RION)と LA-5111(小
野測器)の 2 種類を用いた。スピーカか
らの提示音は、実験 1 で使用した北風と
太陽の音声信号を用いた。キャリブレ
ーションはそれぞれの騒音計で 80 dB
SPL になるように行った。

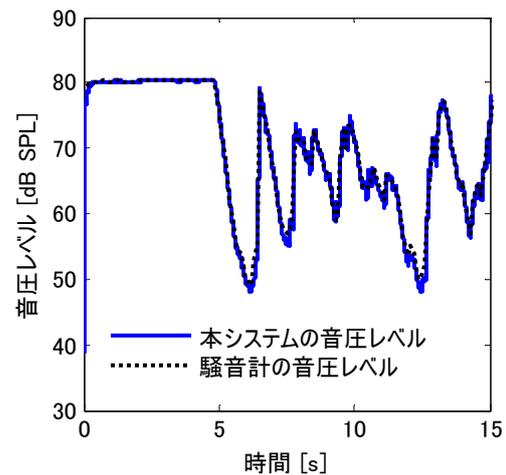


Fig. 3 音声を提示した際の本システムで測定
した音圧レベルと騒音計で測定した音圧レ
ベルの比較

3.2.2 実験結果及び考察

騒音計の機種毎に測定した音圧レベルを
Fig. 4 に示す。NL-32 と LA-5111 の音
圧レベルの差は±0.4 dB SPL とおおよ
そ同じ値になっていることが確認でき
た。Fig. 4 の結果から、今回実験で
用いた騒音計の機種は音圧レベルにほ
ぼ影響を与えないことが確認できた。

3.3 実験 3 A/D, D/A 変換器の比較

次に、本システムの A/D, D/A 変換器
の違いが音圧レベルに影響を与えるか
どうかを確認した。

3.3.1 実験方法

実験に用いた A/D, D/A 変換器は、PC
内蔵の A/D, D/A 変換器、外付けの
A/D, D/A 変換器である SE-U33GX
(ONKYO), 及び EDIROL UA-25
(ROLAND)の 3 種類である。なお、
SE-U33GX は録音と再生を同時に行
うことが出来ないため、SE-U33GX
は録音用、再生用にそれぞれ 1 つづ
つ用いた。

提示音は、実験 1 で使用した北風と
太陽の音声信号を用いた。騒音計は、
NL-32(RION)を使用した。

3.3.2 結果及び考察

A/D, D/A 毎に測定した音圧レベルを
Fig. 5 に示す。PC 本体内蔵の A/D,
D/A 変換器では、音声信号での音圧
レベルが著しくずれていることが確
認できた。また、録音した音声の時
間波形がクリッピングされることが観
察できた。これは、提示音の音圧レ
ベルが内蔵の A/D, D/A 変換器の
既定の上限を超えてしまったためと
考えられる。

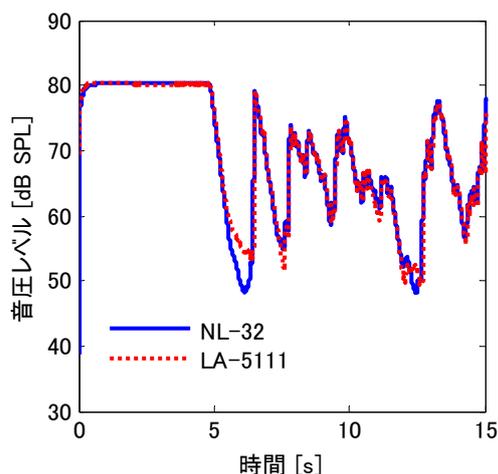


Fig. 4 騒音計の機種毎の音圧レベル

一方、EDIROL UA-25 や SE-U33GX などの外付けの A/D, D/A 変換器では安定した音圧レベルが得られた。EDIROL UA-25 と SE-U33GX の音圧レベルの差は ± 0.8 dB SPL と、おおよそ同じ音圧レベルになることが確認できた。これらの結果から、今回 PC に内蔵されていた A/D, D/A 変換器よりも、外付けの A/D, D/A 変換器を用いた方が安定して音圧レベルを測定できるということが確認できた。

4 まとめ

本研究では、音声障害者の発声訓練での使用を考慮に入れたシステムを試作した。システムで使用したプログラムは、騒音計とほぼ同様の計算処理を実装した。

実験により、本システムの音圧レベルの測定結果は、おおよそ 66~91 dB SPL 程度の範囲で騒音計とほぼ同様の結果(1 kHz の正弦波で ± 0.1 dB SPL, 音声信号で ± 0.7 dB SPL)になった。また、システムに用いる騒音計の機種に関して 2 種類の騒音計を用いて実験を行ったところ、音圧レベルに与える影響はほぼない(± 0.4 dB SPL)ことが確認できた。そして、本システムに用いる A/D, D/A 変換器に関して実験を行った。その結果、外付けの A/D, D/A 変換器を用いた方が、今回 PC に内蔵されていた A/D, D/A 変換器よりも安定して音圧レベルの測定を行えることがわかった。なお、外付けの A/D, D/A 変換器毎の音圧レベルはおおよそ同じ結果(± 0.8 dB SPL)となった。

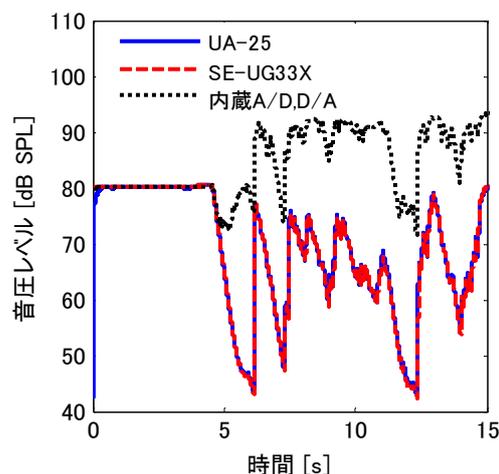


Fig. 5 A/D, D/A 変換器毎の音圧レベル

今後の課題は、実際の発声訓練を想定した評価実験を行うことである。今回の実験は全て防音室内で行った。今後は、実際に訓練を行うことを想定した部屋で実験を行い、机の配置や壁からの距離などが音圧レベルに及ぼす影響を調査する予定である。

謝辞

本研究の一部は文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業上智大学オープン・リサーチ・センター「人間情報科学研究プロジェクト」の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] 苅安誠編著, “音声障害,” 建帛社, 2001, 133-154.
- [2] Asplund, World congress of the International Association of Logopedics and Phoniatrics 2004, 2004.
- [3] Winholtz, and Titze, Journal of Voice, 11, 417-421, 1997.
- [4] 日本工業規格 JIS C1509-1, 2005.
- [5] 筑波大学多言語音声コーパス, 2001 年 http://research.nii.ac.jp/src/list/files/tsukuba_multilingual.pdf