

バーコードリーダーによる母音スペクトログラムの パターン・プレイバック*

○安啓一 (筑波技術大), 荒井隆行 (上智大)

1 はじめに

スペクトログラムを音声に再合成するパターン・プレイバックの技術は 1940 年代から米国 Haskins Lab. を中心に開発された [1, 2]。初期のシステムは透明フィルムの上に描かれたスペクトログラムを光源からの光が通過したり遮断したりすることによる光の強弱を音に変換している。その後、入出力を Digital 化したバージョンも開発された [3]。上智大学理工学部荒井教授を中心にパターン・プレイバックの Digital 版としてこれまでに、ディジタル信号処理装置 (DSP) を使用するもの、Web カメラから取り込んだ画像を MATLAB で処理するもの、iOS 版のアプリが開発されており国立科学博物館「夏休みサイエンススクエア」の体験コーナーに出展された [4, 5, 6, 7]。これらの手法はスペクトログラムを一度画像として取り込んでから処理するものであった。そこで本報告では、より実時間で取り込んだ信号を音声に変換するために、バーコードリーダーのアナログ出力を使用することを試みた。

2 実験

2.1 バーコードリーダーの原理

バーコードリーダーはバーコードの白黒の帯を読み取り、コードを出力するものである。その構造は光源、ミラー、受光部からなる。まず光源から励起されたレーザー光を振動するミラーに反射させ出力する。出力されたレーザー光は読み取りたい白黒コードに照射され、反射した成分が本体の受光部に入力される。コードの黒い部分は反射率が低く低信号となり、逆に白い部分は反射率が高く高信号となる。照射対象が近くなれば高信号になり、遠くなれば低信号となる。入力された信号をアンプで増幅し、高信号部分を ON、低信号部分を OFF として、ディジタル化する。ON-OFF の長さに合わせて規格化させたコードが復元される。レーザー光を振動させるミラーにはいくつかの種類がある [8]。モータで

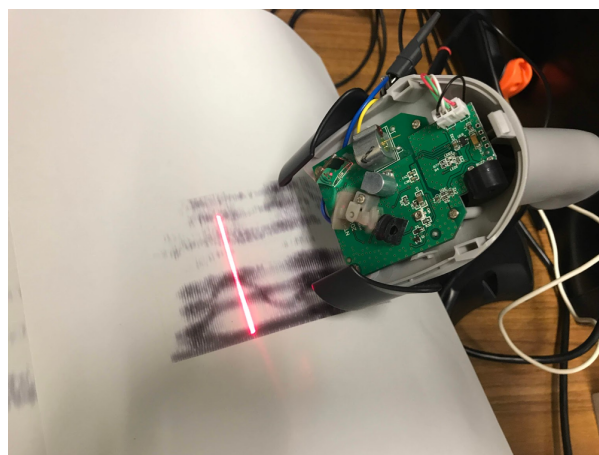


Fig. 1 バーコードリーダーとスペクトログラム

回転させるポリゴンミラー型や、鏡面が往復振動をするガルバノミラー型が一般的である。今回使用したバーコードリーダー (BEVA USB バーコードリーダー) はガルバノミラー型であった。ミラーの往復周波数は約 25 Hz であった。

2.2 バーコードリーダーからのアナログ信号の取り出し

今回はスペクトログラムの濃淡情報を取得することが目的のため、バーコードリーダーのコード化前のアナログ出力を取り出す必要があった。そこでバーコードリーダーを連続読み取りモードに変更し、常にレーザー光を出力するように設定した。バーコードリーダーの USB 端子からはアナログ出力は取り出せないため、本体基板上のオペアンプの出力端子とアース端子にリード線を半田付けし、受光部のアナログ信号を取り出せるようにした。

2.3 スペクトログラムの読み込みと音の合成

まず、Fig. 1 のように母音のスペクトログラムにスキャンレーザの上下が合うように固定する (カメラのシャッタースピードの関係でスペクトログラムの上部に届いていないように見えるが実際は届いている)。スキャンする音声として今回は Fig. 2 の 5 母音のスペクトログラムを用いた。

*Pattern playback of vowels by barcode reader. by YASU, Keiichi (NTUT) and ARAI, Takayuki (Sophia University)

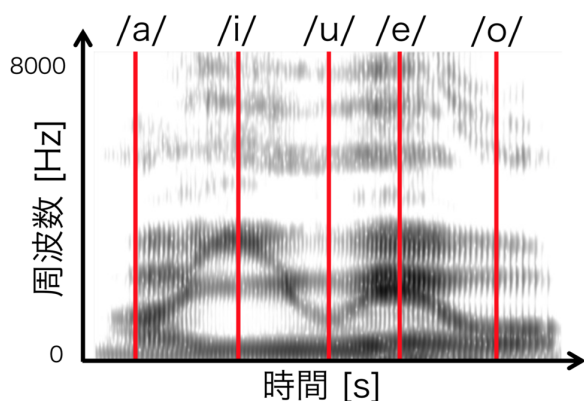


Fig. 2 5 母音のスペクトログラム。横軸は時間、縦軸は周波数である。赤い線の部分のスペクトログラムをバーコードリーダーで読み取った。

図中の赤線のように/a/, /i/, /u/, /e/, /o/の各部分において、バーコードリーダーのアナログ出力をレコーダ (TASCAM DR-680MkII, サンプル周波数 48 kHz, 量子化ビット数 24 bit) で録音した。各母音の信号を MATLAB に取り込み、ミラーの振動 1 周期分を切り出し 80 サンプルに resample した。濃淡情報は 0-1 の実数で保存した。そして、時間方向に 240 回繰り返した 240x80 のスペクトログラムを作成した。なお、録音した信号では、スペクトルの黒い部分が低信号、白い部分が高信号となっているので、MATLAB 上で反転した。次にパターン・プレイバックの処理として、80 サンプルの周波数成分に対する濃淡情報を低周波数成分から 100 Hz 刻み 8000 Hz までの cos 波と掛け合わせ、合成した。これを時間方向に 240 サンプル分繰り返した。再合成された音声をサンプル周波数 16000 Hz の WAV ファイルとして保存した。なお MATLAB 上での処理は Web カメラを用いたデジタル・パターン・プレイバックのものと同様である [4, 5]。

3 結果および考察

/a/, /i/, /u/, /e/, /o/を連結した 5 母音のスペクトログラムを Fig. 3 に示す。著者による主観評価では元の 5 母音として認識が可能であった。元のスペクトログラム (Fig. 2) に比べ、全体的に黒い部分が多く濃淡がはっきりしていない部分が多いことから、実験環境の明るさが足りなかった可能性も考えられる。今回使用したバーコードリーダーは左右振動式ミラーのものだったため、左右対象の折り返しの成分が観測されてしまったが、回転式ミラーの場合は往復ではなく一方通

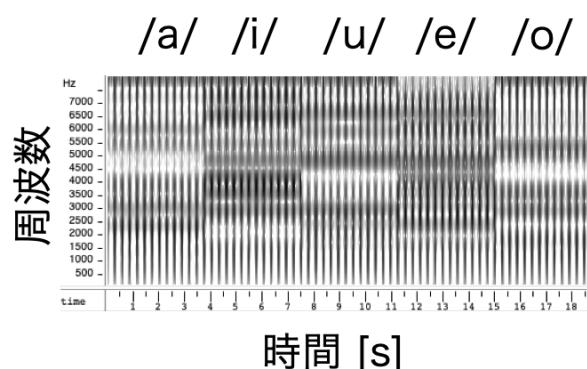


Fig. 3 再合成した 5 母音のスペクトログラム。横軸は時間、縦軸は周波数である。

行でスキャン可能となりリアルタイムでの処理に向いている。自動化するにあたってはジッターの問題があり周期が安定しないが、トリガーをとって処理をすることにより、読み取った声紋を実時間で音に変換することを目指している。

謝辞 本研究のアイディアは、「ELECTRONICOS FANTASTICOS!」によるバーコードリーダーのアナログ出力を再生する「バーコーダー」のパフォーマンス [9] に魅了されたことに端を発している。この場を借りて御礼を申し上げます。

参考文献

- [1] Cooper, *et al.*, PNAS, 37, 318–325, 1951.
- [2] Cooper, *et al.*, J. Acoust. Soc. Am., 24 (6), 597–606, 1952.
- [3] Borst, J. M., J. Audio Eng. Soc., 4, 14–23, 1956.
- [4] 荒井他, 音講論 (秋), 429–430, 2005.
- [5] Arai *et al.*, Acoust. Sci. Tech., 27 (6), 393–395, 2006.
- [6] 網野他, 音響学会誌, 496–498, 2014.
- [7] 荒井他, 音講論 (秋), 2019 (*to appear*).
- [8] KEYENCE, “よくわかるバーコードの基本,” KEYENCE, 2018.
- [9] Ei Wada ELECTRONICOS FANTASTICOS! The Barcoders <https://eiwada.com/barcoder-the-barcoders>