

# アンドロイドに声を求める（基礎編）

芝浦工業大学 数理科学研究会

捧 文人

平成 25 年 11 月 2 日

## 1 研究内容

近年の技術革新における一つにアンドロイド（ガイノイド）がある。外見やしぐさがほとんど変わらないものまで出来てきている。私は声が外見や体温などと並んで人らしいとされる重要な要素であり、欠かしてはならないと考える。人型発声装置自体の存在は確認できた。しかし、現在一般に公開されているものには発声機構の内蔵が見られない。公開されている装置の形状を見ると、大きさという点で喉に収まるものでなかったり、駆動音が気になったりと内蔵されない理由はいくつか思い浮かんだ。そこで、力学的見地から発声における喉の動きを再現、製作まで視野に入れたモデリングのために基礎学習を行うことにした。

## 2 声とは

声というのは、呼吸と同じルートをたどって出ている具体的には肺から出た空気が気管を通り咽頭中で閉ざされた声門を通るのが声、開いた声門を通るのが呼吸である。咽頭を抜けて喉を通して声として発せられる。音は波長の・高さ・大きさを一般的要素としており高さは振動数に依存している。物理学的には音圧と速度ポテンシャルで表す。

声の音源は「声帯音源」、 「乱流音源」、 「破裂音源」に分類される。声帯音源は咽頭中で作られる音で、乱流音源は歯の隙間などを通して流れが乱れて発生し、「p」や「s」などに強く見られる音源である。破裂音は基本的に唇や舌の動きで発生し、「t」や「m」などに強く見られる音源のことである。これらの複数の異なる音源が重なっているために、声音にはうねりが観測される。

## 3 喉での音の伝導

インターネットや書籍により、体の構造や母音発声時の定常的状态、音響の変化を考慮し喉での伝導特性を調べるため以下の方法が浮かんだ。

- 声道の断面積変化による一次的音響解析
- 有限要素法による三次元音響解析

前者の方は剛体円筒の連続体として求めると後者に比べ簡単に求められるため、この類の解析によく用いられているが誤差も大きめになっている。両者ともに波動方程式に関連しており前者ではヘルムホルツ方程式を用いている。

以下は音圧のスカラー $\varphi$ に対するヘルムホルツ方程式

$$\nabla\varphi + k^2\varphi = 0 \quad \text{ただし, } k = \frac{\omega}{c}$$

が成り立つ。 $r-\theta-\phi$ 空間でこれを変数分離法で解くと

$$\varphi = \sum_k \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l (a_{lm} j_l(kr) + b_{lm} n_l(kr)) Y_l^m(\theta, \phi)$$

( $Y_l^m(\theta, \phi)$  はベッセル関数) が成立するため、伝導特性の割り出しに利用できる。

## 4 今後の進展・課題

今回取り組んだ内容は三次元モデルを構築するための基礎を主としたため、今後はテストモデルプログラムの作成につなげたいと考える。粘弾性についてはモデリングする際、あくまで人工皮膚を参考にする。また、日本語の発語において母音を作成の上に子音のモーションを織り交ぜることでの再現も考えている。

## 参考文献

- [1] 三木 明德, 井上 貴央, からだの構造と機能, 西村書店, 2002 年.
- [2] 加川幸雄, 有限要素法の基礎と応用シリーズ 9 有限要素法による振動・音響工学/基礎と応用, 培風館, 1989 年.