

# 音声コミュニケーションロボットのための発声機構の試作

## Prototype Design of Vocal Cords for Voice Communication Robot

松田 智嗣 荻野 正樹 辻 光宏

Tomotsugu Matsuda, Mitsuhiro Tsuji, and Masaki Ogino

関西大学総合情報学部

Faculty of Informatics, Kansai University

**Abstract:** This paper introduces a prototype design of voice cord for communication robot that generates a voice like human voice production mechanism. The artificial voice cord consists of two silicon sheets that are sandwiched with two plastic parts so that input air does not leak. The experiment shows that the fundamental frequency of generated sound is higher as the force that pulls the silicon sheets goes stronger, although the range is not so as high as human.

### 1 はじめに

人間と同じように、物理的な機構によって発声を行うロボットは、エンターテインメントや、医療的な観点など、様々な分野において求められている。例えば、発声器官に異常が生じた人に、ロボットから得られた成果を応用し、人工的な器官を移植し、リハビリに用いたりなどが考えられる。その他、スピーカーなどを通さない、生成された音声のアナログなものであるということが、新たなエンターテインメントを生み出すとも考えられる。

木谷光来らは、エアーコンプレッサから圧縮空気を送り出し、人工声帯を震わせ、シリコン製の気道の形状をモーターで変化させて音質に変化をつける。薄いシリコン製の舌と鼻腔によって側音、破裂音、鼻音を生成でき、その音を音響分析器へと通し、発話動作の獲得に必要な特徴量をシステムコントローラへフィードバックする自律的音声獲得ロボットを開発した[1]。福井孝太郎らは、リンク機構によって動作する3次元の舌機構と、熱可塑性エラストマー製の3次元声帯機構を用いた3次元人間型発話ロボットを開発した。このロボットは、口唇、顎、舌、鼻腔、軟口蓋を備えている。声帯から口唇までの長さが成人男性の物と同じであり、母音の発音実験においてほぼ人間と同じ場所にフォルマントを配置することに成功している[2]。その他、国府田くみ子は「歌う」ロボットを研究しており、良好な歌声発声の基となる原音の生成、音高を正確に変化できる原音発声機構を開発した[3]。

### 2 研究内容

音声コミュニケーションロボットを開発するには、以下のような人間の発声機構を再現することが必要

となる。

- ① 肺:空気を送り出し音源を震わせるための機構
- ② 声帯:送り出された空気によって震え基本周波数などを発生させる機構
- ③ 声道:音源から発生した音を共鳴させ基本周波数を増幅させる機構
- ④ 口:声道から伝わった音を開口部から空気中に放つ機構

これら4つの器官のうち、本研究では声帯部分をシリコンゴムを使って製作し、その引張り力によって音がどのように変化するかを実験によって調べた。プラスチック製の円筒型の空気挿入部から、人工声帯であるシリコンゴムに空気を送ることでシリコンゴムに振動が発生して音が生成され、シリコンゴムを引っ張ることによって周波数スペクトルに変化が見られた。

### 3 声帯の試作・実験

図1に本研究で試作した人工声帯を示す。人工声帯は3Dプリンタによって凸の字型に射出成形したPLA製のパーツ2つと、厚さ1[mm]・幅30[mm]の軟



図1 試作した人工声帯

質シリコンゴム 2 枚からなり、PLA 製のパーツでシリコンゴムの挟み込んでいる。

実験では、2 枚のシリコンゴムの両端を引っ張り、シリコンゴム中央の隙間から空気を送り込み、音を発生させる。シリコンゴムの引っ張る力を 0.25 [kgf] から 0.25[kgf] ごとに 5 段階に増加させ、それぞれで発生した音をマイクで計測し、音声解析ソフト Praat[4] によって基本周波数を計算し、周波数スペクトルを計算した。

図 2 に引っ張り力と基本周波数の関係を示す。0.5 [kgf] までは、引っ張り力によらず、基本種は数はほぼ 120 [Hz] となっているが、0.5 [kgf] 以上では、引っ張り力の増加に伴って基本周波数がほぼ線形的に増加していることがわかる。

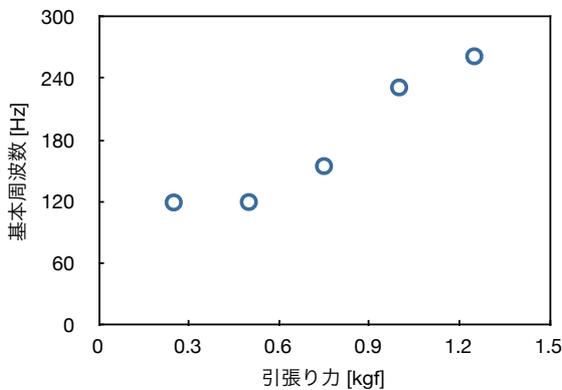


図 2 引っ張りによる基本周波数の変化

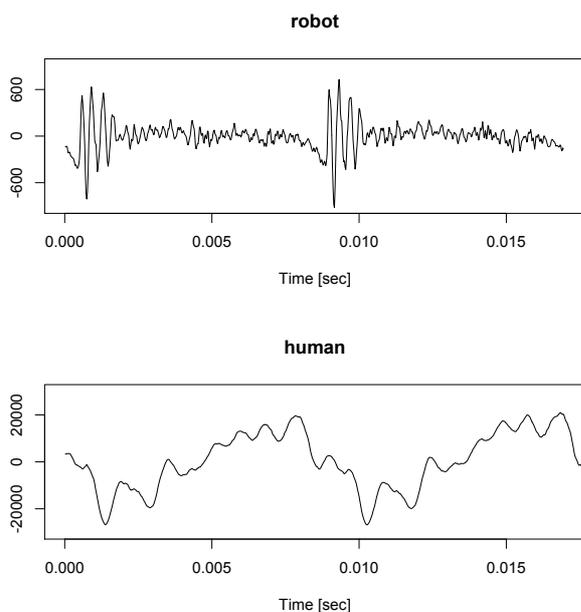


図 3 人工声帯とヒトの音声波形

図 3 は成人男性の音声と人工声帯から発せられた音の波形を比較したものである。人間の音声波形はピークからピークに移行する間に、緩やかな谷状を描き、一定間隔で山と谷が繰り返されているが、人工声帯の音声波形は一瞬ピークを迎えた後、次のピークが発生するまで、一定の周波数が連続して長く続いている。これから、人工声帯に空気を送り込んだ際、シリコンゴム同士が張り付きやすくなっているため、振動を起こすまでに強い力が必要となり、声門が生まれた瞬間は強い音が出るものの、その後振動が弱まっていることが読み取れる。人間らしい声にするためには、必要外の周波数を抑え、一定域の周波数の音が鮮明に出力されるよう声帯に改良を加えていくことが必要となる。

## 4 今後の展望

本研究の最終的な目標は全ての機構の動作を自動化し、口から放出される音を、人間らしい「声」にすることである。現状では、声帯が震えた際に発せられた音そのまま放出されているに過ぎず、人間らしい声とはいえない状態である。この先、どのような器官で以って音を共鳴させるか、鼻濁音などをどのように再現するかが大きな課題である。

## 謝辞

本研究は独立行政法人日本学術振興会の科研費の助成(24000012)を得た。

## 参考文献

- [1] 木谷光来, 原達矢, 澤田秀之, ”Dual-SOM の位相構造学習に基づく発話ロボットの自律的音声獲得”, 日本機械学会論文集, 77 巻, 7 号(2010), pp.1062-1070.
- [2] 福井孝太郎, 石川優馬, 大野圭介, 榎原菜々, 高西淳夫, 誉田政彰, “3 次元人間型発話ロボットにおける共鳴特性の向上を目的とした声道機構の開発”, 電子情報通信学会 信学技報(2008), pp. 19-24.
- [3] 国府田くみ子, 山下景督, “シンガーロボットの開発-原音発声機構-”, 法政大学工学部機械工学科卒業研究発表講演会 講演前刷集(2004)
- [4] Praat : <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>