

氏名・（本籍）	党 建 武（中国）
学位の種類	博 士（工 学）
学位記番号	工博甲第 72 号
学位授与の日付	平成 4 年 6 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・ 専攻の名称	電子科学研究科 電子応用工学専攻
学位論文題目	軟口蓋と声道壁の振動を考慮した音声生成機構の音響 モデルに関する研究

論文審査委員	(委員長)
	教授 後 藤 敏 幸
	教授 鈴 木 久 喜      教授 福 田      明
	教授 深 林 太 計 志

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、軟口蓋と声道壁の振動を考慮した音声生成機構の音響モデルに関する研究を論ずるものである。この研究では、発声器官各部位の音響放射特性と声道壁の振動特性の測定結果に基づいて、軟口蓋の動きと声道壁インピーダンスを推定して、軟口蓋と声道壁の振動を考慮した音響モデルを構築した。

最初に、発声器官各部位からの放射音を分離して測定する音響測定システムと、その導入により音響測定に与える影響について述べた。測定装置に関する予備実験の結果より、本研究で用いた測定システムは音声の音響測定に十分有効であることがわかった。

本研究の内容は、大別して、軟口蓋の動きの推定と声道壁インピーダンスの測定の2つの部分となる。まず、軟口蓋の動きの推定とモデル化について述べる。

従来の音響モデルにおいては、軟口蓋がONとOFFの二状態のスイッチで切替えるものとされているが、実際の調音過程は単なる切替えではない。軟口蓋は有限の機械インピーダンスを持つ粘弾性体なので、口腔内圧により振動する。非鼻音化音声においても軟口蓋の振動により鼻腔と口腔とが音響的に結合していると考えられる。鼻音化音声では軟口蓋の開閉により開口面積が連続的に変化する。そのゆえ、本研究では、音声発声時の軟口蓋の動きを非鼻音化母音、非鼻音化子音と鼻音化音声の3つの側面から考察して現実に近い軟口蓋の音響モデルを構築した。

非鼻音化母音の考察では、発声器官各部位からの放射音を口唇放射、鼻孔放射と咽頭壁放射に分離

して測定した。測定結果により、非鼻音化母音においては、口唇開口部以外の鼻孔や咽頭壁などからも音が放射されていることを明らかにした。口唇放射では狭母音が広母音より小さいが、鼻孔放射では狭母音が広母音より大きい。このような音響現象を口腔内音圧につれて軟口蓋の振動による口腔と鼻腔の音響結合であると考えて、粘弾性体からできている軟口蓋をばねとダッシュポットでつながる二枚の振動板としてモデル化した。シミュレーションの結果から、軟口蓋の振動板モデルを用いて非鼻音化母音における音響放射をよく説明できることがわかった。

非鼻音化子音、特に有声破裂子音では、口腔内圧が大幅に変動している。この変動による軟口蓋の状態がどのように変化しているかを、鼻孔放射と口腔内圧の関係を用いて推定した。推定結果では、有声子音区間で軟口蓋の軟らかさが変化しており、この変化には受動的な成分と能動的な成分があることを示した。軟口蓋の受動的な変化を定式化して、上述の振動板モデルに導入した。さらに、従来有声子音バズ区間における咽頭腔容積の測定データに基づいて、咽頭腔容積の能動的な増大を定式化して、有声破裂子音の音響モデルを作成した。有声破裂子音を発声する時鼻腔の音響的な結合の効果について聴取実験を行ったところ、このモデルで合成した音声は実音声とほぼ同じ結果を示した。

鼻音化音声の考察では、口腔内音圧と放射音の関係を用いて、軟口蓋開口面積の等価インピーダンスと軟口蓋振動の等価インピーダンスの関係を考察した。さらに、それらの関係を用いて軟口蓋の等価開口面積率を推定した。

上述の3つの側面での考察結果をまとめて、連続音声における軟口蓋の音響モデルを提案した。このモデルでは、非鼻音化音声の場合は軟口蓋が有限の機械インピーダンスを持つ振動板として働き、鼻音化音声の場合は鼻音化の度合により軟口蓋の開口面積が連続的に変化している。鼻音化の度合が大きい場合は、主に軟口蓋の開口面積による結合が働くが、鼻音化の度合が小さい場合は、軟口蓋の開口面積による結合が軟口蓋の振動による結合と同時に働く。

次に、声道壁インピーダンスの推定について述べる。この推定では、2つの方法を用いた。一つの方法は直接測定方法である。本論文では、音声発声時の声道壁の振動と声道壁からの音響放射は声道内音圧によって引き起こされたものであることに基づいて、従来とは異なる方法を提案した。実測した頬のインピーダンスでは、単位面積あたりの機械抵抗は高周波領域でかなり大きくなり、単位面積あたりの質量とステイフネスは周波数と共に若干変動するがほぼ一定の値である。従来提案した値に比べて、本測定方法で得られた値は十分に信頼できる。

もう一つの方法は合成音のパラメータ整合法である。この方法では、従来は母音を音声資料として使っているが、声道壁の母音に対する効果が必ずしも大きくない。それに対して、有声破裂子音のバズ区間の音響特性はほとんど声道壁の特性に決められる。それゆえ、本論文では、母音の代わりに有声破裂子音のバズ区間の音響特性を用いて、声道壁インピーダンスを推定した。求めた単位面積あたりの質量とステイフネスは上述の測定結果とほぼ一致している。機械抵抗については、推定値と高周波領域での実測値はほぼ一致した。

## 論文審査結果の要旨

音声は人間の言語を表現する信号であると共に、歌唱や叫び声うめき声など、意識的あるいは無意識的に、発声者の声の個人的特徴や心理的身体的状態を表現する信号である。近年の情報化時代においてはマンマシンインターフェイスの一つとして、音声の自動認識、音声合成、話者照合、通話電話、音声変換、反響音除去など広範囲の研究が行われている。これら現代的音声情報処理手法の基礎になっているのは音声生成機構の音響学的モデルである。これは、声帯の振動によって生ずる準周期音または気流の摩擦によって生ずる擾乱音を、声道や鼻腔に対応する線形フィルタを通して、口唇または鼻孔に対応する出力端から外界に放出するという、単純でかつ要を得たモデルである。

しかし現実の音声は、口唇または鼻孔以外に、喉の外壁や顔面は言うまでもなく胸部や頭部からも放射され、これらの音響成分も声の質や雰囲気に影響を及ぼしている。ところが実際にどんな音響波がどの部位からどれだけ放射されているかを示すデータはなく、そのような放射音が音声知覚に及ぼす影響を調べる研究は全くなかった。本研究はこの問題に取り組み、軟口蓋の働きと声道壁インピーダンスを考慮した独創的な音声生成モデルを提案し、その有用性を示している。

論文は全7章からなる。第1章は序論である。

第2章は本研究に用いた測定システムについて述べている。

第3、4、5章はおもに口腔と鼻腔の境界部である軟口蓋を取り扱っている。第3章は非鼻音化母音の軟口蓋の振動による口腔と鼻孔の音響結合、第4章は非鼻音化音である有声破裂音の発声機構、第5章は鼻音化音発声時の軟口蓋の等価開口面積についてである。これら三つの側面からの考察の結果として、連続音声における軟口蓋の音響モデルが提案された。このモデルでは、非鼻音化音声の場合は軟口蓋が有限の機械インピーダンスを持つ振動板として働き、鼻音化音声の場合は鼻音化の度合により軟口蓋の開口面積が連続的に変化する。鼻音化の度合が小さい場合は軟口蓋の開口面積による結合と軟口蓋の振動による結合が並行して働く。非鼻音化音声における口腔と鼻腔の音響結合の影響を調べるため、有声破裂子音の聴取実験を行ったところ、このモデルで合成した音声は実際の音声と同じ特徴を持つ事が立証された。

第6章では声道壁インピーダンスについて述べ、信頼性の高い測定値を得ている。第7章は結論である。

以上要するに、本論文は従来の音声生成モデルでは無視されていた声道開口図（唇と鼻孔）以外からの音声放射の現象に着目し、鼻音ばかりでなく非鼻音化音においても鼻腔の共鳴が声の質に影響する事を確かめ、その根拠となる軟口蓋の作用に関する新しいモデルを提案している。喉頭部付近からの音響放射の測定も行い、他の部位からのものと比較している。さらに、これらの音響放射成分が言語音の知覚に及ぼす影響について、実際の音声と著者らの作った音声生成モデルに基づく合成音声の両面から聴取試験を行い、その影響が有意である事を立証している。これらは本研究によって初めて明らかにされた事実であり、声道壁インピーダンスの新しい測定値の提唱と共に、音声学ならびに音声情報処理工学の進歩に寄与するところ少なくない。よって博士（工学）の学位論文として合格と認める。