

音声生成における音源-フィルタ相互作用の影響に関する研究

上江洲, 安史

<https://doi.org/10.15017/1807042>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（芸術工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 上江洲 安史

論 文 名 : 音声生成における音源-フィルタ相互作用の影響に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

音声生成の基礎理論である音源-フィルタ理論は、喉頭周辺の音源生成機構と声道のフィルタが独立であるという仮定の下、音源波がフィルタを通過することで音声が生じられるという線形モデルである。これに対し、音源-フィルタ相互作用は、音源生成機構と声道のフィルタは独立ではなく、互いに影響を及ぼし合うという、実際の音声生成メカニズムを考えた非線形モデルである。近年、音声生成における音源-フィルタ相互作用の影響について、音声生成モデルを用いたシミュレーション実験が行われている。

音源-フィルタ相互作用が引き起こすと考えられる発声現象に、声区転換が挙げられる。これは、地声声区から裏声声区もしくはその反対方向へ、声の高さを徐々に変化させながら発声すると、ある音高に達した際に、発声の基本周波数の周波数ジャンプが生じるとともに、声区が急に切り替わる現象である。シミュレーション実験より、声道の第1フォルマント周波数が低い母音/i/などでは、音声の基本周波数が第1フォルマント周波数に近接すると、音源-フィルタ相互作用の影響が強まることで声帯振動や音源波が不安定となり、周波数ジャンプやサブハーモニクスを伴う非線形性の強い声区転換を生じることが示唆された。一方、発声測定実験による音源-フィルタ相互作用が声区転換に及ぼす影響について、これまでほとんど検証されていないことから、実際のヒトの発声について、このことを検証する必要がある。

一方、音源-フィルタ理論において、声道の境界条件は声門の完全閉鎖を仮定している。しかし実際には、声門は声帯振動に伴って開放と閉鎖を交互に生じるため、声道の境界条件は時間的に変化し、声道のフォルマントもその影響を受けると考えられる。更に、声区の違いは声帯振動の様子にも表れることから、声道のフォルマントにも影響を与えると考えられる。このような音源の特性が声道のフィルタに及ぼす音源-フィルタ相互作用の影響について、これまで検討がなされていないことから、発声実測実験と音声生成モデルによるシミュレーション実験の両方から検討する必要がある。

本研究では、音声生成における音源-フィルタ相互作用の影響を明らかにすることを目的として、声区転換時の基本周波数と第1フォルマントの関係性について、発声実測実験による検証を行う。また、発声条件の違いや声門の境界条件が声道のフォルマントに与える影響について、発声実測実験とシミュレーション実験による検証を行う。これらの実験を通して、音源-フィルタ相互作用が音声の生成メカニズムと音響的特徴に対して、どのような影響を及ぼすのかについて調べる。

発声測定実験では、声帯振動を測定する電気喉頭計(EGG)と、声道の音響特性を測定する外部音響励振法を用いて、EGG 信号と声道音響応答信号を同時計測した。基本周波数と声門開放率は EGG 信号に DECOM 法を、声道のフォルマントは音響応答信号にケプストラム法とピークピッキング法を適用して、分析を行った。また音声生成シミュレーションでは、声道・声門・声門下部を連結させた音響管モデルと、声門面積の多項式モデルを組み合わせた音声生成モデルを用いた。

声区転換における発声測定実験より、基本周波数と第1フォルマントの関係性については、母音/a/の多くの場合ではあまり近接していないのに対し、母音/i/の殆どの場合で非常に近接している様子が見られた。後者の場合では、声区転換時により急な周波数ジャンプやサブハーモニクスが見られた。これより、母音/i/の場合では音源-フィルタ相互作用の影響が強まり、非線形性の強い声区転換を生じたと考えられる。発声条件の違いが声道のフォルマントに与える影響について、低次のフォルマントに関しては発声時の声門面積が大きいほど周波数が上昇し、声門開放率が大きいほどピークがなだらかになる傾向がみられた。声門の境界条件がフォルマントに与える影響については、声道断面積関数によって影響の程度が異なること、第1フォルマントは声門の境界条件による影響をより強く受けることが分かった。以上より、音源-フィルタ相互作用による影響は、発声機構の挙動や、ピッチやフォルマントなどの音響的特徴に影響を及ぼすことがわかり、実際の音声生成を明らかにする上で、音源-フィルタ相互作用による影響を考慮することが重要であることがわかった。