

声道モデルのためのセルラーオートマトンの応用について

米山 正宏[†] 高 香滋[‡] 大藪 又茂[†]

金沢工業大学大学院工学研究科システム設計工学専攻[†]

金沢工業大学工学基礎教育センター[‡]

1. はじめに

従来方法である音源・フィルタ理論に基づく信号システムによるシミュレーションモデルでは、音声波の出力結果しかわからないため音声の生成過程の様子を知ることはできない。

近年、音声研究において有限要素法（FEM: Finite Element Method）を用いる方法が盛んに検討されている。この方法は解剖学に則した形状データを用いてシミュレーションを行うことが可能であり、音源・フィルタ理論の前提条件である音波は平面であるという原則にとらわれることなく、声道の各部位の伝達特性を推定することができるという利点を持つ。しかし、演算が非常に難解であり、現象を理解するという点で大きな問題がある。また、計算量が膨大なものであるため、シミュレーション時に多大な時間が必要とされる。そのため、音声の変化に伴う声道の各部位における共鳴現象などの時間発展のシミュレーションに用いるには適さないと考えられる。

本研究では、音声の生成過程において声道の各部位での音圧の動的な特性を把握するために、声道を空間的に離散化し、離散化された各要素をセルラーオートマトンのセルとした。音圧をセルの状態量として表現し、各セルの相互作用によって起こる状態の変化を計算することによって、各部位での音圧の時間変化をシミュレートする。

2. 方法

発声時の声道内の音波伝播をモデル化するために、まず声道空間の場の離散化を行った。

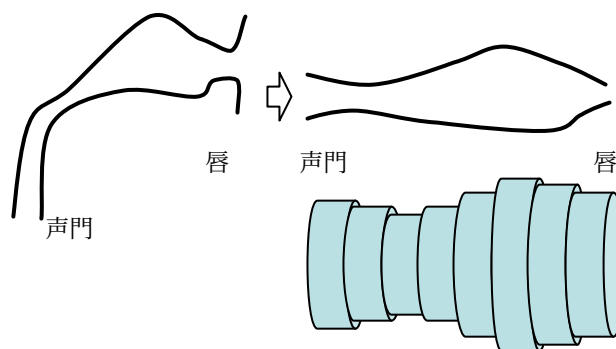


図1. 声道の直線近似化による音響管モデル

まず、声道の曲がりを省略することで直線近似を行った。次に声道を断面積の異なる管が連結されたものとした（図1参照）。これにより音声の生成を音響管における波動現象としてとらえることができるようにする¹⁾³⁾。また、ここでの波動現象は平面波と仮定する。

本報告では、モデルの有効性を検討することを目的とするため、鼻腔空間を考慮しない単純なモデルを用いた。

波動の物理現象を一次元セルラーオートマトン上の問題として扱うために従来の基本則に対して次の3項目に示す拡張を行った²⁾。

- (1)セルの状態量は連続な実数とする。
- (2)各セルは状態量と共にセルの変化量とセルに対する断面積の情報をもつ。
- (3)セルの持つ状態量の相互作用により次の時間におけるセルの状態量が更新される。

[†] 金沢工業大学大学院工学研究科システム設計工学専攻
Department of Systems Design Engineering, Kanazawa
Institute of Technology

[‡] 金沢工業大学工学基礎教育センター
Engineering Foundations Education Center, Kanazawa
Institute of Technology

3. シミュレーション

離散化された各部位とセルとの対応を図2に示す。セルラーオートマトンを応用した計算方法の妥当性を検討するため、単純なモデルとして音響管の断面積が均一で変化しない条件での音響管を想定したシミュレーションを行った(図2参照)。音響管の長さを声道に相当する17cmとし、8等分されたそれぞれの部位を一つのセルとした。

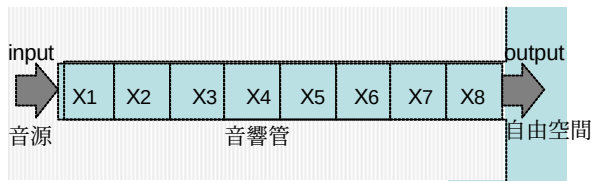


図2. シミュレーションで想定する均一な音響管

管の片側を開放した音響管に対して、一定の周波数(1500Hz)の入力を行った結果が図3である。

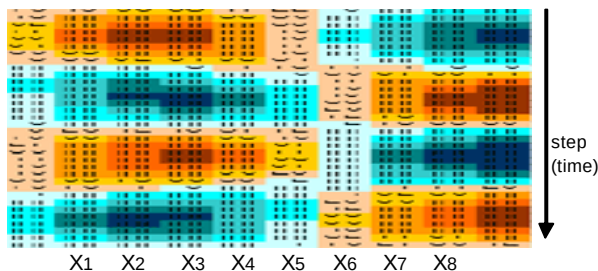


図3. シミュレーションで得られた状態(音圧)変化

図3において横軸 X_n は離散化された音響管の各部位に対応したセルを縦軸は時間変化を表している。図3はシミュレーションの結果であり、色の違いと濃淡によってセルの状態量である音圧を可視化したものである。

図3を見ると、振幅の腹と節がほぼ同じセルに位置していることから図2で示された条件では定在波が発生していることがわかる。

4. まとめ

簡単なモデルにおける動的な特性の中で、定在波の生じている状態を確認することができた。このことから本研究で用いた方法は、声道を音響管モ

デル化した音波伝播のシミュレーションに対して有効であると思われる。今後は実際の発声現象の入力周波数の値や断面積情報を設定し、母音の生成についてシミュレーションを行うことを計画している。

謝辞

本研究テーマに取り組むきっかけを与えてくださると共に、ご指導頂いた故垣田有紀教授に深く感謝します。

参考文献

- [1] Yuki Kakita, "Wave, resonance, and vowel formants: Application of physics software to education of language and speech science." 15th ICPHS, pp 977-980, 2004
- [2] 小松崎俊彦, 佐藤秀紀, 岩田佳雄, 森下 信 "セルラーオートマトンによる波動伝播解析", 日本計算工学会インターネット論文集 1999 年号 (<http://save.k.u-tokyo.ac.jp/jscs/trans/trans1999/trans1999j.html>)
- [3] 千葉勉, 梶山正登, "母音-その性質と構造-", 岩波書店, 2003