

Title	聴覚末梢系における機能モデルに関する基礎的研究
Author(s)	牧, 勝弘
Citation	
Issue Date	1997-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1034
Rights	
Description	Supervisor: 赤木 正人, 情報科学研究科, 修士

聴覚末梢系における機能モデル に関する基礎的研究

牧 勝弘

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1997年2月14日

キーワード： 末梢系モデル、神経発火列、聴神経、内有毛細胞.

音声の知覚過程を解明していく上で聴覚中枢神経系の解明は必要不可欠である。またこの系の機能に関する知見が得られれば、障害者治療に役立つだけでなく、強固な音声認識装置の開発なども期待することができる。本研究では、この系のモデル化を行ない計算機シミュレーションによる系の解明を目指している。蝸牛神経核などの聴覚中枢神経系のモデルを構築する場合にその高度に特殊化された機能を解明するには、平均的な情報ではなく時々刻々変化する神経発火列に対する処理が必要である。また、そのような聴覚中枢神経系のモデル化に向けて、入力として神経発火列を出力する聴神経までの聴覚末梢系モデルが必要である。構築する聴覚末梢系モデルとしては、(1)部分的な聴覚モデルではなく外耳、中耳、内耳モデルを含み、(2)神経発火列を出力する、(3)出力が生理学データと定量的に一致するモデルが必要である。従来の末梢系モデルは、これらの条件を部分的に満たしているが、すべての条件を満たすモデルはこれまでに提案されていない。(1)としては Ghitza, 1988; Meddis et al., 1991; Senef, 1988; Deng et al., 1987; Shamma, 1985; Jenison et al., 1991; など、(2)としては Carney, 1993; Payton, 1988; など(3)としては Ross, 1996; Smith et al., 1980;などを参照)。そこで、聴覚中枢神経系のモデル化に向けて、これらの条件をすべて満たすように聴神経までの聴覚末梢系における機能モデルについて検討を行ない聴覚末梢系モデルの構築を行なった。個々の外耳、中耳、基底膜および外有毛細胞のモデルは多数報告されている。Giguère と Woodruff (1994) はこれらのモデルの中で生理学データと整合性の良い外耳、中耳、基底膜および外有毛細胞モデルを選び個々のモデルを統合している。本研究では、Giguère (1994) が統合した分布定数回路で表現されたモデルを、網目解析を用いて定式化を行い、ラプラス変換、双一次変換を用いて離散時間化することにより計算機上に実装した。内有毛細胞モデルとしては、Meddisによって提案されたモデルを改良して使用した。Meddis (1986, 1989) より

提案された内毛細胞モデルの膜透過関数は、ピーク音圧に対するピーク受容器電位の非線形飽和特性を近似している。しかし、この非線形飽和特性は Dallos (1989) らによって内毛細胞自身の非線形飽和特性を表していないということが指摘されている。加えて Meddis のモデルの膜透過関数は受容器電位の音圧に対する直流成分の飽和特性について考慮していない。そこで本研究では、受容器電位の直流成分に直接影響を与える音圧に対して変換を行ないモデルの改善を行なった。この結果、従来のモデルではその出力に基づいた聴神経の（音圧に対する）発火率の飽和特性は生理学データと定量的に一致していなかったが、改良を加えることでこの点を改善することができた。聴神経モデルについては、時々刻々インパルスを出力し、かつ生理学データと定量的に一致しているモデルが少ないことから、新たに内毛細胞と聴神経間のシナプスにおける神経発火の確率的な揺らぎに対してモデル化を行い聴神経モデルを提案した。この聴神経モデルの提案により、従来のモデルの生理学的特性との不一致点を多く改善することができた（牧ら、1996; Maki ら、1997）。本モデルの出力である神経発火列から PST ヒストグラム、スパイク間隔ヒストグラム、周期ヒストグラムなどを作成し、聴覚生理学実験の実験結果と比較を行ないモデルの評価を行なった。聴覚生理学実験の実験パラダイムとしては、聴神経の短期間、急速応答に関する実験、フォーワードマスキングに関する実験、刺激強度変化に対する聴神経の応答に関する実験などについて比較を行なった。その結果、従来のモデルに比べ生理学データとの極めて良い一致を示すことが確認できた。これによって、音声の知覚過程の解明を踏まえた聴覚中枢神経系のモデル化に向けて、入力となる情報を得ることが可能となった。

参考文献

- [1] Carney, L. H. (1993). "A model for the response of low-frequency auditory nerve fibers in cat," *J. Acoust. Soc. Am.* **93**, 401-417.
- [2] Dallos, P. and Gacek, M. A. (1989). "Nonlinearities in cochlear receptor potentials and their origins," *J. Acoust. Soc. Am.* **86**, 1790-1795.
- [3] Eeg, D. and Giesler, C. D. (1987). "A composite auditory model for processing speech sounds," *J. Acoust. Soc. Am.* **82**, 201-212.
- [4] Ghitza, O. (1988). "Temporal and phase information in the auditory nerve firing patterns as a front-end for speech recognition in a noisy environment," *J. Acoust.* **16**, 109-123.
- [5] Ghitza, C. and Woodard, P. C. (1994). "A computational model of the auditory periphery for speech and hearing research: Acoustic path," *J. Acoust. Soc. Am.* **95**(1), 33-32.
- [6] Jensen, R. L., Greenberg, S., Klumpp, K. R. and Roberts, W. S. (1991). "A composite model of the auditory periphery for the processing of speech based on the filter response functions of single auditory nerve fibers," *J. Acoust. Soc. Am.* **90**, 773-786.
- [7] Maki, K. and Akagi, M. (1996). "A Real-Time Functional Model of the Auditory Peripheral System," *Trans. Tech. Com. Sys. in Physio. Acoust.* **H674**.
- [8] Maki, K. and Akagi, M. (1997). "A Functional Model of the Auditory Peripheral System," *Proc. International Symposium on AVA*.
- [9] Mills, R. (1986). "Simulation of Mechanical to Neural Transduction in the Auditory Receptor," *J. Acoust. Soc. Am.* **79**, 702-711.
- [10] Mills, R. (1988). "Simulation of Auditory-Neural Transduction: Further Studies," *J. Acoust. Soc. Am.* **83**, 1506-1513.

- [11] Payton, K. L. (1988). "Vowel processing by a model of the auditory periphery: A comparison to eighth-nerve responses," *J. Acoust. Soc. Am.* **83**, 145-162.
- [12] Ross, S. (1996). "A functional model of the hair cell-primary fiber complex," *J. Acoust. Soc. Am.* **99**(1), 2221-2238.
- [13] Seneff, S. (1988). "A joint synchrony/mean-rate model of auditory speech processing," *J. Phonet.* **16**, 55-76.
- [14] Shamma, S. (1985). "Speech processing in the auditory system II. Lateral inhibition and the processing of speech-evoked activity in the auditory nerve," *J. Acoust. Soc. Am.* **78**, 1612-1621.
- [15] Smith, R. L., and Bradman, M. L. (1980). "Operating range and maximum response of single auditory-nerve fibers," *Brain Res.* **184**, 499-505.