

## 見通し外の対象検知に向けた P-HCNM による音源方向推定回路の実装

## Sound source direction estimation circuit implementation by P-HCNM for detecting objects beyond line of sight

○小池勇翔<sup>1</sup>, 佐々木芳樹<sup>2</sup>\*Yuto Koike<sup>1</sup>, Yoshiki Sasaki<sup>2</sup>

Abstract: Recently, the importance of target detection in environments with poor visibility has increased. We had researched the sound source direction estimation circuit for the purpose of detecting objects in poor visibility environments. Previously, we proposed the spiking neuron model P-HCNM and examined the positioning of the sound source. However, it has not considered parameters such as speed of sound and distance between the two ears. In this paper, we implemented a sound source direction estimation circuit on an IC chip. We calculated the required data retention time when factors such as sound speed and distance were considered under conditions assuming a human head, and examined by simulation whether those requirements could be satisfied. As a result, we found that sound source direction estimation circuit proposed in this paper could not achieve the target.

## 1. まえがき

近年, 出会い頭事故の未然防止や災害現場における生存者の捜索など, 見通しの悪い環境での対象検知の重要性が高まっている. 見通しが悪い場合, 対象検知には光などの指向性が高い方式を用いることが困難であるため, 音波などの指向性の低い方式を用いることが有効である. 音波を用いて対象検知を行う場合, 生体が行っている情報処理機能を工学的応用することが有効であり, それに向けた音源定位に関する研究が行われている<sup>[1][2]</sup>. 先に関根らは, 生体脳の細胞体モデルであるスパイクニューロンモデル P-HCNM (以下, NM) を提案し, メンフクロウの音源定位方法である両耳到達時間差 ITD および両耳到達圧力差 ILD による音源定位について検討を行った<sup>[1][2]</sup>. しかし, 音速や両耳距離などのパラメータを考慮した検討を行っていない.

本稿では, IC チップへの音源方向推定回路の実装を目的に, 音速や距離などの要素を考慮した場合に必要なデータ保持時間 (遅延時間) を人間の頭部を想定した条件で算出し, 作成した音源方向推定回路がその条件を満たすことが可能かシミュレーションにより検討を行ったので報告する.

## 2. 本論

図1に, 今回検討した ITD 検出モデルの構成を示す. 図中, ○で示す N は NM を, □で示す DE はダウンエッジ検出回路を, □で示す SY はシナプスモデルを示す. 右側入力部および左側入力部は, NM の出力を次段の DE および出力部への SY に接続している. また, DE は SY を経由して次段の NM に接続している. DE は NM 出力波形の立ち下がりを検出して新たなパルスを生成するため, NM 出力パルス幅と同等の遅延時間

を生成することが可能である. この構成を縦続接続していくことで, 最大の両耳時間差と同等の遅延時間を生成する. なお, 右側および左側入力部それぞれで使用した NM や DE, SY は 280 個とし, 出力部に使用した NM は 280 個, SY は 560 個とした. なお, NM や DE, SY などの同一シンボルそれぞれは同一のパラメータとした. 本モデルの動作としては, まず外部信号が左右それぞれの入力部に入力されると, 入力した NM が発火する. 発火動作した NM に接続した DE は, 発火波形の立ち下がりを検出して新たなパルスを生成し, DE に接続した SY から電流を出力させる. この電流信号を次段の NM に入力することで, 次段の NM を発火させる. この動作を繰り返すことで, 縦続接続した NM を順番に発火させる事ができる. 右側入力部および左側入力部は, 音源との角度に応じて入力タイミングに時間差が生じるため, 入力時間差に応じた出力段を発火させることが可能である.

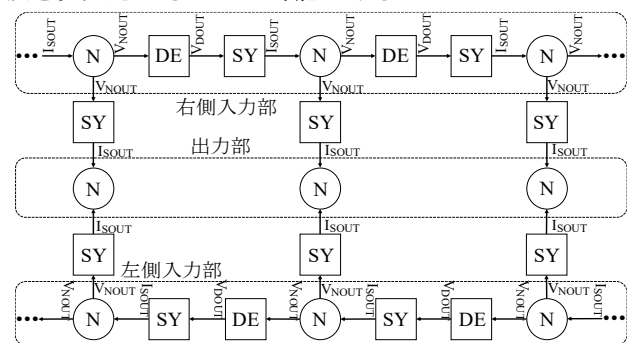


図1 ITD 検出モデルの構成

図2に, 今回のシミュレーションで想定した条件を示す. 今回の検討では, 成人男性の頭部の直径を 0.15m と仮定し, さらに音源と頭部の距離を 10m とした. また, 音源の個数は 1 個とした. なお, 音速は 1 気圧 15°C

の条件で計算した 340m/s を採用した. この条件で想定される両耳間の最大時間差は, 音源が 90° または 270° の位置にある場合に約 693 $\mu$ s になる. そのため, この条件を満たすためには, 図 1 の縦続接続部が 693 $\mu$ s 以上の遅延を生成可能である必要がある.

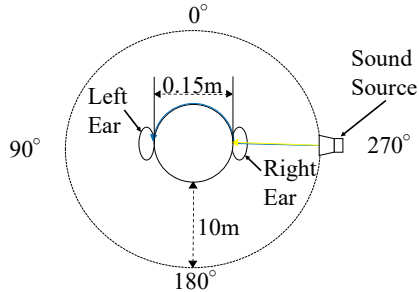


図 2 今回のシミュレーションで想定した条件

図 3 に ITD 検出モデルの左側入力部の動作波形, 図 4 に ITD 検出モデルの右側入力部の動作波形, 図 5 に ITD 検出モデルの出力部の動作波形を示す. 解析条件として, 29s を基準として約 110 $\mu$ s の時間差で, 立ち上がり, 立ち下り時間 1ns, パルス幅 100ns のパルス波を入力した. ここで, 29ms を基準としたのは, 今回想定した条件で音が 10m 進むのにかかる時間が約 29ms となるからである. なお, 出力部と右側入力部および左側入力部に使用している NM は, それぞれ左側入力部は初段の NM から NML1, NML2, ..., NML280 と順番にした. 右側入力部は最終段の NM から NMR1, NMR2, ..., NMR280 と順番にした. 出力部は左側入力部の NML1 および右側入力部の NMR1 に SY を経由して接続している NM を NM1 という名称にした. 図 3, 4 に示すとおり, 入力部は左右どちらもパルス波が入力されてから約 110 $\mu$ s まで NM が発火しており, 図 5 に示すとおり, 出力部はパルス波が入力されてから約 110 $\mu$ s 後に NM1 が発火している. これは, 今回検討した ITD 検出モデルが約 110 $\mu$ s の時間差までを検出可能であることを示している. しかし, 今回想定した条件で生じる時間差の最大値は約 693 $\mu$ s であるため, 想定した条件での音源定位が困難であることが分かる.

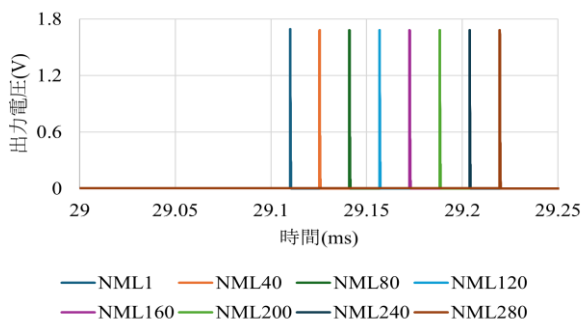


図 3 ITD 検出モデルの左側入力部の動作波形

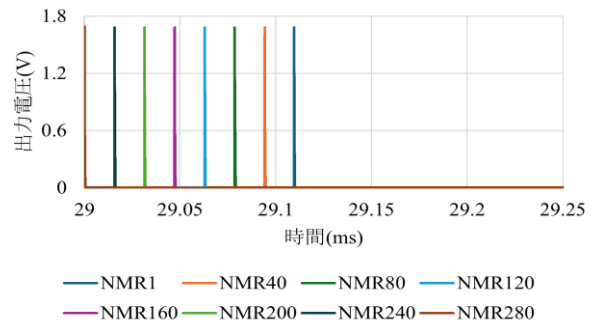


図 4 ITD 検出モデルの右側入力部の動作波形

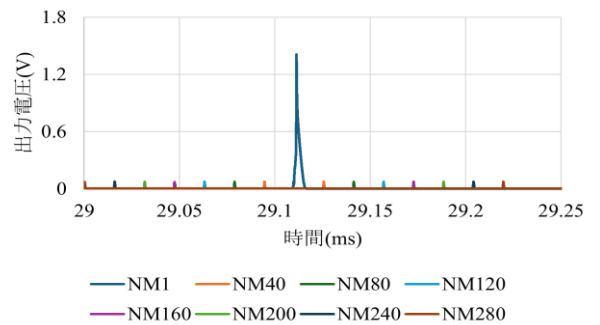


図 5 ITD 検出モデルの出力部の動作波形

### 3. まとめ

今回, IC チップへの音源方向推定回路の実装を目的として, NM とダウンエッジ検出回路によって ITD 検出モデルを制作し, 人間の頭部を想定した条件でシミュレーションを行った. その結果, 約 110 $\mu$ s 以内の時間差の検出は可能であったが, 110 $\mu$ s はターゲットである 693 $\mu$ s を満たさないことを明らかにした.

今後は IC チップに実装可能な面積で, より検出できる時間差を大きくする手法の検討を行う予定である.

### 謝辞

本研究は東京大学大規模集積システム設計教育センターを通し, シノプシス株式会社, 及び日本ケイデンス株式会社の協力で行われたものである.

### 参考文献

- [1] 中江裕太, 佐伯勝敏, 関根好文: 「両耳間到達時間差検出モデルの分解能に対する検討」 第 47 回日本大学理工学部学術講演会, M-18, pp1107-1108, 2014.
- [2] 櫻井翼, 関根好文: 「メンブクロウの音源定位機構に着目したパルス形ハードウェア音圧差検出モデル」, IEEJ Trans. EIS, VoL.132, No.7, pp.1060-1065, 2012