

## 2次元パルス形音源定位モデルの出力特性に対する検討

### A study on the Output Characteristics of a Two-dimensional Pulse-type Sound Source Localization Model

○宮地慶一<sup>1</sup>, 櫻井翼<sup>2</sup>, 関根好文<sup>3</sup>

\*Keiichi Miyachi<sup>1</sup>, Tsubasa sakurai<sup>2</sup>, Yoshifumi Sekine<sup>3</sup>

Abstract: We are studying the sound source localization system used by the barn owls from engineering perspective. Sound source localization by the owls in the horizontal and vertical directions is based on an analysis of the interaural differences in the arrival time and the level of the sound, respectively. In this paper, we propose a two-dimensional sound source localization model using a pulse-type interaural time difference model and a pulse-type interaural level difference model. As a result, we show clearly that the proposal model can be used for two-dimensional mapping process of horizontal and vertical directions.

#### 1. まえがき

生体にとって音源定位は周囲の環境を把握するための聴覚情報処理能力の1つである。特にメンクロウの音源定位能力は非常に優れており、両耳到達時間差(Interaural Time Difference 以下, ITD)を用いて左右方向を、両耳到達音圧差(Interaural Level Difference 以下, ILD)を用いて上下方向の位置を特定し、上下左右方向の2次元音源定位を行っている<sup>(1)</sup>。

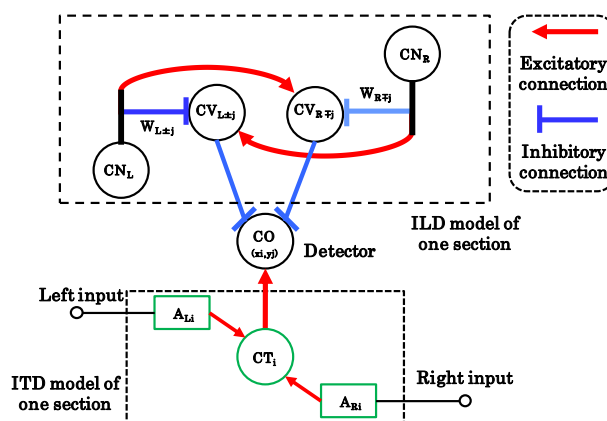
本稿ではメンクロウの優れた音源定位機構に着目し、工学的応用を目的としたパルス形ハードウェアニューロンモデルを用いて、ITDモデル、ILDモデルを統合する2次元パルス形音源定位モデルをネットワーク状に構成し、出力特性について検討を行ったので報告する。

#### 2. 2次元パルス形音源定位モデル

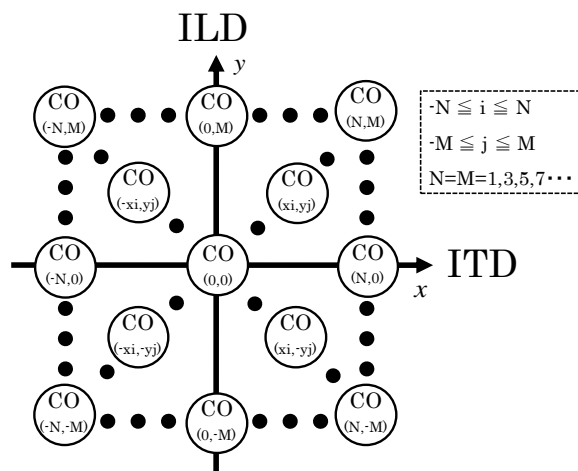
図1に、2次元パルス形音源定位モデルの構成を示す。図中、丸(o)は細胞体モデルを、赤い矢印は興奮性シナプスモデルを、青いT形の記号は抑制性シナプスモデルを示す。同図(a)は2次元音源定位モデルを示しており、ITD、ILDモデルのパルス出力を統合する、検出部の出力細胞体モデル  $CO(x_i, y_j)$  への結合関係を示している。同図(b)は2次元パルス形音源定位モデルの検出部の配置図を示しており、 $CO(x_i, y_j)$  は  $i$  番目のITDモデルと  $j$  番目のILDモデルの出力結果を統合する2次元パルス形音源定位モデルの出力細胞体モデルである。このモデルは座標  $(x, y)$  に対応して  $x$  軸に  $2N$  個、 $y$  軸に  $2M$  個配置しており、パルスが出力した位置で音源の位置を定位する。

図1(a)中、ITDモデルの Left input, Right input は入力端子を示しており、パルス電圧を入力する。四角(□)で示す  $A_{L,R}$  は  $2N$  個に分割した左右の軸索モデルを示

しており、入力したパルス電圧を遅延しながら、末端の軸索モデルに順次伝搬する。興奮性結合は興奮性シナプスモデルで構成し、各軸索モデルを伝搬している



(a) One section of two-dimensional sound source localization.



(b) Schematic layout of output cell body model.

Figure 1. Two-dimensional sound source localization model.

1 : 日大理工・学部・子情 2 : 日大理工・院 (前)・電子 3 : 日大理工・教員・子情

パルス電圧のパルス幅に対し時間的冗長性を与えた。 $i$  番目の ITD モデルの出力細胞体モデル,  $CT_i$  は左右から伝搬してきたパルス電圧が一致した場合にパルスを出力する。このことにより左右方向の音源位置を定位する。また,  $CN_{L,R}$  は音の大きさをパルス頻度に変換する役割をする細胞体モデルを,  $CV_{L,R}$  は ILD モデルを検出する細胞体モデルを示しており, 添え字の L,R は上下の配置を示している。また, 色の濃淡は抑制性結合荷重値  $W$  の強さを表現している。本モデルは,  $CN_{L,R}$  で電圧の大きさに応じたパルス頻度を出力する。そのパルス頻度を興奮性結合, 抑制性結合で接続した  $CV_{L,j}, CV_{R,j}$  に伝える。この時, 抑制性結合荷重値が強くなるにつれ,  $CV_{L,j}$  と  $CV_{R,j}$  はパルス頻度が徐々に低くなっていき, パルスが出力から停止へと変化する。したがって, ILD モデルはパルスが共に停止した  $CV_{L,j}, CV_{R,j}$  で上下方向の音源位置を定位する。

検出部  $CO(x_i, y_j)$  は  $CT_i$  を興奮性シナプスモデルで,  $CV_{L,j}, CV_{R,j}$  を抑制性シナプスモデルで接続した。ITD モデルの  $CT_i$  がパルスを出力, ILD の  $CV_{L,j}, CV_{R,j}$  がパルスを出力しなかった場合にのみパルスを出力する。 $CV_{L,j}, CV_{R,j}$  がパルスを出力した場合は抑制性シナプスモデルにより  $CT_i$  の興奮性シナプスモデルの出力を抑制するため, 検出部  $CO(x_i, y_j)$  はパルスを出力しない。

### 3. 結果

2次元パルス形音源定位モデルの ITD モデル, ILD モデル, それぞれ 3 セクションを用い,  $3 \times 3$  の検出部  $CO(x_i, y_j)$  のネットワークを構成し検討を行った。図 1 (a) の配置から正面の検出部が  $CO(0,0)$ , 正面より左が  $CO(-x,0)$ , 右  $CO(x,0)$ , 上が  $CO(0,y)$ , 下  $CO(0,-y)$ , 左上が  $CO(-x,y)$ , 左下  $CO(-x,-y)$ , 右上が  $CO(x,y)$ , 右下  $CO(x,-y)$  であり, 合計 9 箇所の範囲の音源を定位する。

図 2 に検出部  $CO(x_i, y_j)$  の出力特性の一例を示す。横軸は時間差, 縦軸は音圧差, 高さは検出部  $CO(x_i, y_j)$  の出力電圧を示している。同図のパルス電圧の位置は音源の位置を示しており, 音源が正面の場合, すなわち時間差と音圧差がない場合は中央の縦 1 列( $CO(0,y)$  (0,0) (0,-y)), 横 1 列の( $CO(x,0)$  (0,0) (-x,0))が出力している事を示している。また, 音圧差を固定値として, 横軸の左時間差を増加させると右側 1 列の検出部 ( $CO(x,-y)$  (x,0) (x,y))が, 右時間差を増加させると左側 1 列の検出部( $CO(-x,-y)$  (-x,0) (-x,y))がパルス電圧を出力しており, 時間差を固定値として縦軸の上音圧差を増加させると上側 1 列の検出部( $CO(x,y)$  (0,y) (-x,y))が, 下

音圧差を増加させると下側 1 列の検出部( $CO(x,-y)$  (0,-y) (-x,-y))が出力する。以上の事から時間差, 音圧差を変化させると音源の位置に対応した検出部  $CO(x_i, y_j)$  がパルス電圧を出力することを示している。

次に各検出部  $CO(x_i, y_j)$  の出力特性の形状について述べる。それぞれの検出部の特性は時間差に対して検出範囲が狭く, 音圧差に対しては検出範囲が広い。そのため出力特性が板状の形をしており, 2次元空間における検出範囲を示している。

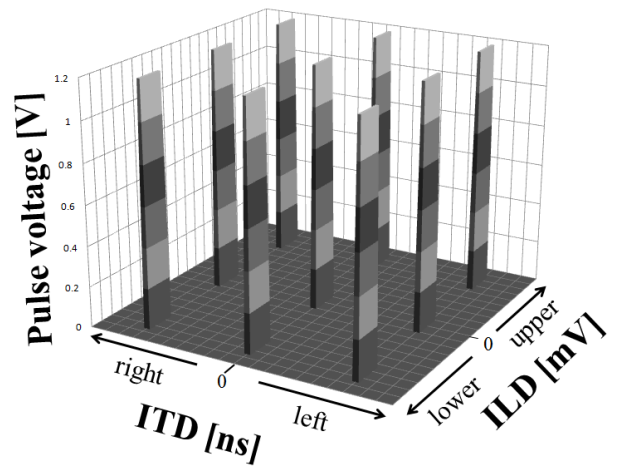


Figure 2. Output characteristics of CO by ITD and ILD.

### 4. まとめ

今回, 2次元パルス形音源定位モデルで ITD モデル 3 セクション, ILD モデル 3 セクションのネットワークを構成し, 出力特性について検討を行った。その結果, ITD モデルと ILD モデルの情報を統合し, 上下左右に配置した出力細胞体モデルがパルスを出力し, 2次元空間上での音源定位を可能とした。

今後はさらにネットワークを拡張した際の, 分解能について検討を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は日本大学学術研究助成金 (総合研究「総 11-002」) の援助を受けて行われた。

### 5. 参考文献

- [1] 小西正一:「メンフクロウの両耳による聴覚情報処理」, 日経サイエンス, Vol.23, No.6 p.90-99, 1993.
- [2] 櫻井翼 渡邊美希 関根好文:「パルス形両耳到達時間差モデルの検出精度に対する検討」, 平成 22 年度電学 C 部門大会, pp.1748-1753, 2011.
- [3] 櫻井翼 渡邊美希 関根好文:「パルス形音圧差検出ハードウェアモデル」, 電学研資, pp.51-56, 2011.