

平成 29 年 5 月 26 日現在

機関番号：55301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26350215

研究課題名（和文）生体の並列処理を模倣した音源方向検出センサの開発と電子回路教育システムの構築

研究課題名（英文）Development of sensor for detecting sound localization based on the biological system and development of education system for electronic circuit

研究代表者

西尾 公裕（Nishio, Kimihiro）

津山工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：10390486

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：動物の聴覚機能に基づき、新しい音源方向検出用電子回路・センサを実現することを試みた。また、学生らが電子回路に興味を持つような教育システムを実現することを試みた。本研究で構築する先進的な音源方向検出センサなどをロボットと組み合わせてシステムを実現した。また、電子回路やロボットを用いて、小学生に対して出前講座や公開講座を実施した。以上を通して、電子回路の興味を学生らに持たせるように教育・研究を行うことができたと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we tried to develop circuits and sensor for detecting the sound localization based on the biological system. We tried to develop the education system of the electronic circuit for students. The novel proposed sensors for detecting the sound localization were applied to the mobile robot. The visiting lecture using the electronic circuit and the mobile robot for elementary school students was performed. We could conduct the novel education and research of the electronic circuit.

研究分野：電子回路

キーワード：電子回路 集積回路 聴覚

1. 研究開始当初の背景

動物の脳は、コンピュータの情報処理とは異なり、個々の神経細胞が並列に処理を行い、画像・音などの情報を柔軟に処理することができる。このような機能を集積回路化(ハードウェア化)できれば、さまざまな分野での応用が期待できる。これまでに動物の聴覚機能に基づく Jeffress の音源定位モデルに学んで、電子回路を考案してきた。このような回路を視覚システムに基づく動き検出回路などと併用して用いることで、より高度なシステムの実現が期待できる。

Jeffress の音源定位モデルは遅延細胞による遅延線および比較器で構成されており、非常にシンプルである。入力を2つの耳として、そこに到達する音の大きさや時間の情報を処理し、出力される比較器の位置から音源の位置を識別することができる。しかし、これだけでは、対象物の左右の方向のみの検出など簡単なことしかできない。実空間では、いろいろな音が混在するため、その中から、対象物の音を見つけ出し、その位置を検出する必要がある。対象物は複数存在することもあるため、これらの位置を瞬時に検出する必要がある。この位置検出に関して、多入力のマイクロフォンアレイを用いることで可能になると考えられているが、規模が大きくなるといった欠点がある。動物の聴覚機能は2つの耳が入力部であるため、その構造と同様な2つのマイクを入力としたセンサの実現が求められている。世界的に見て、2入力コンパクトかつ低消費電力のセンサは実現されていない。

本研究代表者は高専教員である。高専教員は研究者であると同時に教育者でもあるため、その両面を十分に行うことが必要である。上述した研究内容を十分に行うことで、申請者は研究者として成立すると考えられるが、教育も同時に行う必要がある。申請者は特に電子回路を中心に授業を行っている。ここ最近、日本全体でも上述した研究でも取り扱う電子回路に興味を示す学生が少なくなってきたおり、電気学会 電子・情報・システム部門大会では「電子回路を面白くするためには - 次世代の電子回路技術者をいかに育てるか -」などのセッションも行われてきている。

学生らは新しい研究内容に興味を持つことがわかってきている。本研究で構築する聴覚センサやこれまでに申請者が構築してきた視覚センサは先進的な内容であり、これらを授業などでも扱えるようにしていく必要がある。アナログおよびデジタル電子回路技術を用いてセンサを構築し、その研究内容を学生らに伝えることで興味を持つようになると考えられる。

近年、ロボットに興味を持つ学生が多いことがわかっている。このロボットとセンサを融合して新しい教育システムを構築することで電子回路に興味を持たせることができ

ると考えられる。

昨今の理科離れ対策として、申請者は小中学生に出前授業や公開講座を行っている。このような授業を学生らと行うことで、学生らは真剣に取り組むため、授業内容に興味を持つことがわかってきている。電子回路やロボットを用いた出前授業を行うことで、講師となる学生らは電子回路に興味を持つようになると考えられる。また、小中学生も興味を持つことになり、将来的には多くの学生が電子回路に興味を持つことになると考えられる。

2. 研究の目的

動物の聴覚機能に基づき、低消費電力の特長を有し、2つのマイクを入力とする新しい音源方向検出用電子回路・センサを実現することが1つ目の目的である。学生らが電子回路に興味を持つように教育システムを実現することが2つ目の目的である。本研究で構築する先進的な音源方向検出センサなどを学生にとって興味があるロボットを組み合わせることでシステムを実現し、電子回路の教育に役立てる。また、電子回路やロボットを用いて、小・中学生に対して出前講座や公開講座も開催する予定であり、本校の学生とその内容を構築していく。これらを通して、電子回路の理解や興味を学生らに持ってもらうように教育・研究を行う。

3. 研究の方法

平成 26 年度に音源方向を検出する電子回路を考案した。また、テスト回路をブレッドボード・プリント基板上に作製して、良好に動作することを確認した。

平成 27 年度には平成 26 年度に作製したテスト回路をロボットに接続した。音源の位置にあわせて、ロボットが腕をあげるなどの基本的な動作を行うことを確認した。また、複数の音源に対して方向を検出できるシステムを考案した。

平成 28 年度には考案した音源方向検出電子回路の集積回路を設計した。また、設計した集積回路を測定し、動作確認を行った。

考案してきた電子回路はトランジスタのしきい値電圧以下(サブスレシールド領域)で動作する。これにより、低消費電力化することができている。平成 27 年度から、研究で用いてきた電子回路を研究代表者が担当する授業で紹介してきた。また、これらの回路を用いた演習なども行った。また、授業内容の見直しなども行った。

平成 26 年度に、電子回路に関する小学生向け出前授業を行った。平成 27 年度および 28 年度は、さらに内容を検討して、ロボットやセンサ、電子回路を用いて出前授業・公開講座を地元の小学生を対象に実施した。授業内容に関しては本校の学生らと検討し、ロボットとセンサを用いた実習や電子回路工作などの授業を行った。

4. 研究成果

平成 26 年度に音源方向を検出する電子回路を考案した。テスト回路をブレッドボード・プリント基板上に作製して、音源方向を検出することが確認できた。この回路をロボットに接続した。実験の様子を図 1 に示す。音源の位置にあわせて、ロボットが腕をあげるなどの基本的な動作を確認することができた。

次に、複数の音源がある場合でも音源方向を検出するように、回路・システムを考案した。構築したシステムを図 2 に示す。複数の基本回路を用いることで、システムを実現した。音源を拍手で与えて実験を行った。複数の拍手を与えても、良好に動作することが確認できた。

平成 28 年度に設計したレイアウト図および集積回路を図 3 に示す。本集積回路はフェニテックセミコンダクター(株)を通して試作した。設計ルールは $0.6\ \mu\text{m}$ CMOS プロセス、チップサイズは $1.8\ \text{mm}\times 1.8\ \text{mm}$ である。集積回路中には、NOT 回路およびキャパシタで設計した遅延線および比較器で構成した音源方向検出回路を含めた。集積回路を測定した結果、基本回路は良好に動作することが確認できた。

研究で用いてきた電子回路を研究代表者が担当する授業で紹介してきた。また、これらの回路に関する演習問題を作成し、授業中に演習なども行ってきた。平成 27 年度および 28 年度末に授業アンケートを実施した。その結果、"この授業によって、あなたはこの教科に興味や関心を持ちましたか。"および"総合的に見て、あなたはこの授業を高く評価できますか。"の項目で、良好な結果を得ることができた。また、アンケート結果から、授業内容の見直しなども行うことができた。以上より、研究で使っている内容を授業中に取り入れることで、学生らに電子回路に興味を持たせることができた。

平成 26 年度から平成 28 年度までに、研究代表者は 23 回の小学生向け公開講座・出前授業を実施した。出前授業の様子を図 4 および図 5 に示す。また、図 6 に出前授業のアン

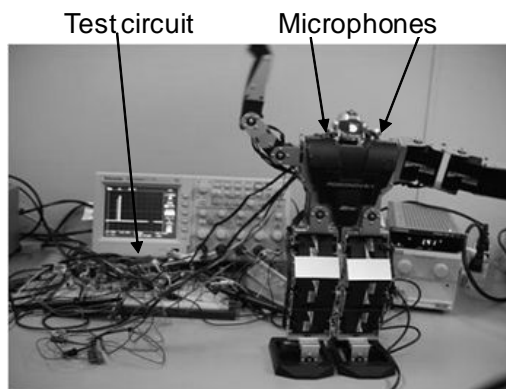
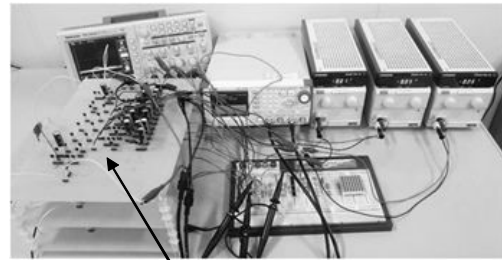
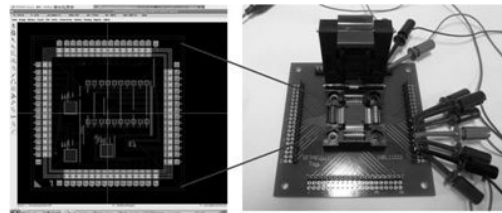


図 1 実験の様子.



Test circuit

図 2 構築したシステム.



Layout

Integrated circuit

図 3 集積回路



図 4 電子回路に関する出前授業の様子.



図 5 ロボットに関する出前授業の様子.

ケート結果(平成 28 年度の 8 月に実施した結果)を示す。多くの小学生がとても楽しかったと回答していることから、電子回路に興味を持たせることができたと考えられる。

以上より、電子回路に興味を学生らに持ってもらうように教育・研究を行うことができたと考えられる。

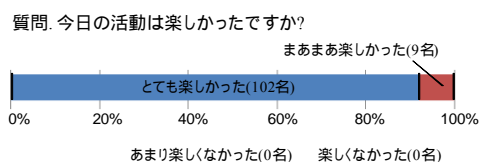


図 6 出前授業のアンケート結果.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 12 件)

- [1] 天辰 一希, 西尾 公裕, “小学生を対象としたロボットを用いた出前授業の実施”, 第 22 回高専シンポジウム 講演要旨集, P-108, 2017.
- [2] 大塚 友美子, 西尾 公裕, “電子回路を応用した出前授業の考案と実施”, 第 22 回高専シンポジウム 講演要旨集, P-109, 2017.
- [3] 小林 祐志, 西尾 公裕, “生体の聴覚機能に基づく音源方向検出回路”, 第 22 回高専シンポジウム 講演要旨集, P-235, 2017.
- [4] 小林 祐志, 中江 将大, 西尾 公裕, “生体の聴覚機能に基づく音源方向検出回路”, 平成 27 年度電気学会中国支部第 8 回高専研究発表会 講演予稿集, pp. 3-4, 2016.
- [5] 西山 綾, 秋元 勇人, 西尾 公裕, “電子回路を用いた小学生向け出前授業の実施”, 第 21 回高専シンポジウム 講演要旨集, Pb-025, 2016.
- [6] 小林 祐志, 中江 将大, 西尾 公裕, “動物の聴覚機能に基づく音源方向検出回路”, 第 21 回高専シンポジウム 講演要旨集, Pb-029, 2016.
- [7] A. Murase and K. Nishio, “Analog Complementary Metal Oxide Semiconductor Circuit for Simple Shape Recognition Based on the Frog Vision System”, *Proceedings of The 21st International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB)*, pp. 780-783, 2016.
- [8] 村瀬 亜雄人, 西尾 公裕, “カエルの視覚機能に基づく電子回路の構築”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 講演論文集 (Proceedings 2015 JSME Conference on Robotics and Mechatronics), 2A1-V03, 2015.
- [9] 中江 将大, 難波 聖也, 西 宥樹, 西尾 公裕, “生体の視聴覚機能に基づく電子回路とロボットへの応用”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 講演論文集 (Proceedings 2015 JSME Conference on Robotics and Mechatronics), 2A1-V04, 2015.
- [10] 中江 将大, 難波 聖也, 西尾 公裕, “生体に基づく音源方向検出回路とロボットへの応用”, 平成 26 年度電気学会中国支部第 7 回高専研究発表会 講演予稿集, pp. 1-2, 2015.

[11] T. Namba, M. Aoyama and K. Nishio, “Simple Sound Localization Circuits Based on the Biological Auditory System and Its Application to Mobile Robot”, *Proceedings of The 20th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB)*, pp. 931-934, 2015.

[12] Y. Nishi, R. Kusano and K. Nishio, “Simple Motion Detection Circuits of Low Power Consumption and Its Application to Mobile Robot”, *Proceedings of The 20th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB)*, pp. 935-938, 2015.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西尾 公裕 (NISHIO, Kimihiro)

津山工業高等専門学校・総合理工学科・教授

研究者番号: 10390486