

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 31 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560417

研究課題名（和文）聴覚障がい者のための音源認識・音源定位装置に関する研究

研究課題名（英文）Sound Recognition and Sound Localization for Hearing Impaired Person

研究代表者

岩田 彰 (IWATA AKIRA)

名古屋工業大学・工学研究科・教授

研究者番号：10093098

研究成果の概要（和文）：聴覚情報処理モデルをFPGA(Field Programmable Gate Array)にインプリメントし、本方式による聴覚情報処理のリアルタイム化を実現した。ピンクノイズ 60 dB 状態でSN比 0 dB 程度でも音認識できることとなった。

研究成果の概要（英文）：A Real-time Sound Recognition System has been implemented using FPGA(Field Programmable Gate Array). This device can recognize sounds even 0dB SN ratio under 60 dB pink noise.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2010年度 | 1,200,000 | 360,000 | 1,560,000 |
| 2011年度 | 1,400,000 | 420,000 | 1,820,000 |
| 2012年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| | | | |
| | | | |
| 総計 | 3,400,000 | 1,020,000 | 4,420,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：信号処理、計測システム、センシング情報処理

1. 研究開始当初の背景

聴覚障がい者は、様々な「音」が聞こえないことで不便で危険な日常生活を送らざるを得ない。聴覚障がい者に身の回りの音を知らせる装置としては、音源の近くに置いたセンサーで音を検知し赤色警報ランプに伝達して「光」で知らせる装置、時計型特定小電力無線通信端末に伝達して「振動」と「文字」で知らせる装置は市販されている。しかし、音センサーをあらかじめ音源近くに設置しておく必要があり、センサー近くの音の発生を検出しているが、音を認識しているわけではない。そのため、音源の数だけセンサーを設置しなくてはならない。また、装置を持ち運ぶことはできず、屋内使用に限られており、

屋外使用することはできないなど、かなり限定的な機能に限られている。

本研究では、身の回りの「音」を二つのマイクロホンにより収集し、「音」の種類と方向をリアルタイムに検出認識し伝達する装置について研究開発する。人間の聴覚神経機構をパルスニューラルネットワークによりFPGA(フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ)上に実装するため、装置を小型軽量化することが可能となる。このため、装置を携帯し持ち歩くことができ、屋内だけでなく、屋外での身の回りの「音」を認識できることから、聴覚障がい者の日常生活における不便と危険を取り払い快適で安全な生活を支える装置となる。

2. 研究の目的

人間は聴覚によって言語理解のみならず、火災報知機の警報音、ドアチャイムなど様々な電子音、車のクラクションや走行音などの生活環境音の認識をリアルタイムに行い、周辺情報把握や全方位方向からの危険予知を行っている。視覚は視野内の周辺情報把握や危険予知に限られている点で、周辺情報把握や危険予知にとって聴覚は視覚よりも重要な役割を担っている。

ところが、聴覚障がい者や聴覚機能が低下した高齢者では聴覚による周辺情報把握や危険予知が出来ず、生活に支障をきたしている。聴覚神経機構をデジタルロジックとして実現したサウンドウォッチャーはリアルタイムに生活環境音を認識することで、聴覚障がい者や高齢者の生活支援することができる。

人間の聴覚神経機構をパルスニューラルネットワークによりFPGA（フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ）上に実装することで実現する。また、認識結果を使用者に素早く伝達するため、聴覚障がい者に広く普及している腕時計型特定小電力無線通信端末との一体化を図り、情報伝達の機動性を確保する。高齢化社会を迎え老人性難聴者の増加が危惧される状況であり、社会的にニーズの高い研究開発である。

3. 研究の方法

図1に耳(Ear)の構造を示す。空気振動である音信号は鼓膜(Tympanic membrane)によって機械振動に変換される。その後、ツチ骨(Malleus)、キヌタ骨(Incus)、アブミ骨(Stapes)を介して伝わった音(機械振動)は前庭窓(vestibular membrane)に到達する。ここで音信号は機械振動から液体振動になり、リンパ液で満たされた蝸牛(Cochlea)の中、鼓室階を伝わる。

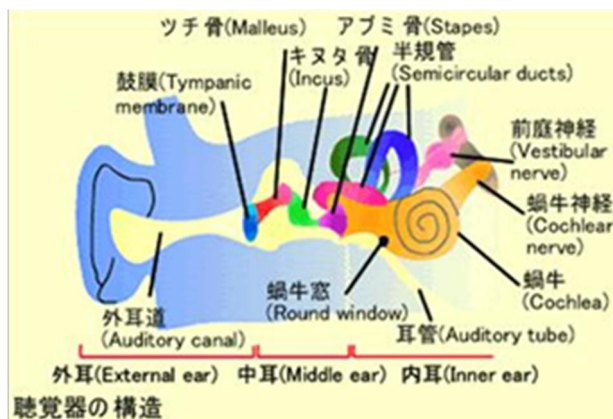


図1. Fig.1. The Structure of Ear
ビジュアル生理学・聴覚
<http://bunsei-ri.hp.infoseek.co.jp/cyokaku.htm>

その際に基底膜(Basilar membrane)を振動させ、この振動は聴覚の受容器である基底膜(Basilar membrane)上の有毛細胞(hair cell)を興奮させる。有毛細胞は外側に3-4列(外有毛細胞)、内側に1列(内有毛細胞)並んでいるが、90-95%の蝸牛神経終末は内有毛細胞と繋がっている。

鼓室階の中、1万個以上並んでいるとされる有毛細胞はリンパ液の振動に応じてゆらゆらと揺れるが、それぞれ共振周波数があり、前庭窓に近い側から高い周波数、奥に行くほど低い周波数の振動成分に共振する。有毛細胞は振動することで、その大きさに応じて電気信号を発生し、有毛細胞に接している蝸牛神経においてその電気信号に大きさに比例した電気パルスを生成する。その結果、1万個以上並んでいるとされる有毛細胞と蝸牛神経によって、音信号は1万個以上の周波数成分の強さに応じた電気パルス列に変換されることになる。人間の聴覚では50Hz程度から20,000Hz程度まで知覚されるが、この蝸牛において50Hz程度から20,000Hz程度まで1万個以上に分解され、それぞれが強度に応じて密度変調された電気パルス列に変換され、そのパルス信号列が聴覚神経束を通過して脳に伝達される。

そして、脳幹部の蝸牛神経核(Cochlear nucleus)と上オリーブ核(Superior olivary nucleus)において初めて両耳からの音信号情報としての電気パルス列は遭遇し、音源方向知覚が行われる。さらに電気パルス列は大脳皮質内の聴覚野(Auditory Cortex)に伝達される。ここで聴覚の高次情報処理が行われる。

このような、人間の聴覚神経機構を参考に、聴覚情報処理のためのデジタルロジックとして聴覚神経機構をモデルした。ここでは、蝸牛モデル(Cochlea model)で音信号の周波数分解を行い、有毛細胞モデル(Hair cell model)で各周波数成分強度を求める。次に、蝸牛神経モデル(Cochlear nerve model)において各周波数成分強度に応じた頻度で電気パルス生成する。人間の聴覚では1万個以上に周波数分解されるが、リソースの制約もあることから、ここでは100個程度のチャンネルに制限する。その後、各チャンネルの電気パルス列は聴覚中枢系モデルにおいて、その周波数的特徴に応じて音源識別が行われる。

その後、音源識別モデルにおいて、チャンネルにおける一定時間内のパルス頻度ベクトルは、その最高値から一定個数まででのチャンネルにおいて1、その他は0とする2値化を行う。こうすることで、FPGAによるデジタルロジック化の際の回路規模を縮減でき、ひいては計算の高速化に繋がる。その後、競合学習モデル Learning Vector Quantization(LVQ)による初段音源識別出力、

さらにポテンシャル制御によるロバスト処理を経て、最終音源識別出力を得る。

4. 研究成果

我々は上記の聴覚情報処理モデルをFPGA(Field Programmable Gate Array)にインプリメントし、本方式による聴覚情報処理のリアルタイム化を実現した(図2)。パソコンではリアルタイム化は不可能であったが、FPGAによるデジタルロジックとすることでリアルタイム化を実現した。さらにFPGAとその他数個の電子デバイスのみで回路を実現しており、コンパクトな装置とすることができた。また、新しい音源に関して学習を行い、即、認識するアルゴリズムも構築した。その結果、装置の設置場所に応じた音源を学習させることができ、装置利用の多様性も確保できた。



図2 音源認識装置

音源認識パルスニューラルネットワークモデルをFPGAに実装するファームウェアについて、ファームウェアの規模最適化を検討し、回路規模を必要最小限とするよう検討した。マイクロホン・増幅器・アンチエイリアスフィルター部分をデジタルIC化することで、SN比を大幅に改善した。ADコンバータ、FPGAをあわせて、ハードウェア基板の詳細設計と製作を行った。そして、FPGAに、音源認識アルゴリズムをファームウェア実装について100%終了し、機能試験を行った。その結果、ピンクノイズ60dB状態でSN比0dB程度でも音認識できることとなった。現在、実用化に向けて準備中である。

パルスニューラルネットワークによる複数音源定位システムを構築し、得られる定位情報を複数音分離認識に適用した。音源に近いマイクの入力の方が先に変化するという考え方を基に、システムが音を認識するタイミングを用いて各音源の方向を検知し、取得した各音源の定位情報を用いて音源の種類を分類する方式について基礎的な検討を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計5件)

①浜田 祐輝, 黒柳 奨, クグレ マウリシオ, 岩田彰, パルスニューラルネットワークによる複数音分離認識における音源定位情報の適用、電子情報通信学会技術研究報告. NC, ニューロコンピューティング 111(483), 2012, pp.359-364

②松葉 亮太, クグレ マウリシオ, 黒柳 奨, 岩田彰, 聴覚補助支援システムの屋外使用モデルの開発、電子情報通信学会技術研究報告. NC, ニューロコンピューティング 111(483), 2012, pp.215-220

③岩田彰, 聴覚神経機構をデジタルロジックとして実現したサウンド・ウォッチャー(音の見張り番)、平成23年度電気関係学会東海支部連合大会シンポジウム S1-9, 2011, p.1-2

④菱田 喬允, クグレ マウリシオ, 黒柳 奨, 岩田彰, 携帯型聴覚障害者支援システムのための音源定位ニューラルネットワーク、電子情報通信学会技術研究報告. NC, ニューロコンピューティング 110(461), 2011, pp.421-426

⑤加賀 洋介, クグレ マウリシオ, 黒柳 奨, 岩田彰, 聴覚障害支援システムにおける複数音源分離認識手法の検討、電子情報通信学会技術研究報告. NC, ニューロコンピューティング 110(461), 2011, pp.415-420

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計5件)

名称: 音源定位・同定装置
発明者: 岩田彰、黒柳奨
権利者: 国立大学法人名古屋工業大学
種類: 特許
番号: 特許第4982743号
取得年月日: 2012年5月11日

国内外の別：国内

名称：音学習装置
発明者：岩田彰、黒柳奨
権利者：国立大学法人名古屋工業大学
種類：特許
番号：特許第 4972739 号
取得年月日：2012 年 4 月 2 日
国内外の別：国内

名称：音源定位装置
発明者：岩田彰、黒柳奨、岩佐要
権利者：国立大学法人名古屋工業大学
種類：特許
番号：特許第 4958172 号
取得年月日：2012 年 3 月 30 日
国内外の別：国内

名称：複数音識別装置
発明者：岩田彰、黒柳奨、岩佐要、山田美穂
権利者：国立大学法人名古屋工業大学
種類：特許
番号：特許第 5190840 号
取得年月日：2013 年 3 月 21 日
国内外の別：国内

名称：音源同定方法及び音源同定装置
発明者：岩田彰、マウリシオ クグレ
権利者：国立大学法人名古屋工業大学
種類：特許
番号：特許第 5078032 号
取得年月日：2012 年 9 月 7 日
国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩田 彰 (IWATA AKIRA)
名古屋工業大学・工学研究科・教授
研究者番号：10093098

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

マウリシオ・クグレ (MAURICIO KUGLER)
名古屋工業大学・工学研究科・助教
研究者番号：70456713