

| | | | |
|-------|---|--------|------|
| 研究題目 | 神経回路網モデルに基づく鳴きまね機械の試作研究 | 報告書作成者 | 早川美穂 |
| 研究従事者 | 早川美穂 | | |
| 研究目的 | <p>鳥の歌の学習過程は、生物のすぐれた時系列情報処理の一例として興味深く、主として生態学、解剖学、生理学的な見地から研究がおこなわれてきた。主にスズメ目に属する鳥の幼鳥期に、親鳥やコロニー内の歌を聴いて記憶することができるのはある臨界的な期間内に限られ、その時期に脳内のある部位のニューロン数が増加することが明かになるなど、歌の学習についての神経生理学的な知見徐々に増えつつある。</p> <p>一方で、鳥の多くは遺伝的にプログラムされたその種固有の歌しか歌わなかったり、あるいはいわゆる地鳴きしか出来ないなど、必ずしも後天的に歌を学習出来るとは限らないこともまた知られている。つまり、音色やある特徴的な時系列パターンを学習によって獲得し、それを再生する情報処理機械として見た場合に、鳥は最小限の機能を備えた、ある種原型的な生物と考えられる。</p> <p>鳥の歌の学習の理解は従来の信号処理技術では困難であった様々な課題と深く関連する。幼鳥が様々な雑音や他の鳥からの鳴き声の中から記憶すべき特定の音情報を選別するメカニズム、キューを与えなくとも自律的に学習が達成される機構、多様なシラブルの組み合わせからなる複雑な歌の脳内でのコーディング、記憶から音を再構築するための運動系の制御、など音声認識や音声合成において未だ容易でない処理を小さな鳥が易々と実現している。</p> <p>本研究の目的は、鳥等に関する近年の神経生理学的な知見を参考にしながら、神経回路網モデルに基づいた情報処理機構によって</p> <p>A 高いノイズレベルの環境下で繰り返し提示されるシラブルとその組み合わせ(歌)を「教師なし」で学習し、学習後にそれらを判別する機能、</p> <p>B 比較的単純な(物理的)音原を制御し、自ら発声した音を自らが聞きながら、学習した歌を真似る機能、</p> <p>を機械的に実現することである。いわば音節の「擦り込み」が可能な自動機械、すなわち「鳴きまね機械」の開発と試作を目標とする。</p> <p>本研究をさらに発展させることによって、音声認識での対ノイズ性能の向上やBlind Separation/Speech Enhancement, 話者の同定、自動学習による音声合成等において新しい方式を提案できる可能性がある。さらに、脳内の効率的な時系列処理アーキテクチャを予見することによって、生物学や神経科学へのフィードバックも期待できるものである。</p> | | |

| | |
|------|---|
| 研究内容 | <p>本研究では、鳴きまね機械の試作開発のために、研究期間(平成10年度)中に主として以下の3つの課題に取り組んだ</p> <p>1. 非定常な時系列を学習するための、神経回路網モデルの構築とその解析。</p> <p>非定常な時系列を識別・学習し、さらにそれを再合成するための神経回路網モデルは、あまり研究の進んでいない領域と言える。神経回路を使った競合学習アルゴリズムによる音声(単語)の分類等はこれまでに実現されているものの、非定常時系列をそのタイミングまで含めた形で学習するためには、新しい時系列学習アルゴリズムの開発が必須である。</p> <p>そこで、本研究では</p> <p>(a) 連続神経モデルによるベクトル場の学習アルゴリズム (b) パルスニューロンモデルによる同期発火現象を応用したタイミング獲得アルゴリズム</p> <p>の、対象とする時間スケールの異なる二つの時系列学習則を考案し、その解析と、シミュレーションによる検証を行った。</p> <p>2. 歌の記憶と発声制御のためのハードウェアの検討と試作。</p> <p>歌のタイミングの記憶と再生を実時間で行うためには、CPUやDSP等で神経回路網の高速シミュレーションを行うか、あるいは電子回路的に神経回路網を構築する必要がある。</p> <p>そこで、神経の電気活動を記述するための基本的なモデルであるHodgkin-Hexley方程式をシミュレートするためのハードウェアを検討し、試作と動作確認を行った(図2)。このハードウェアはマイクロプロセッサによって生体ニューロンのイオンチャネルレベルの活動をシミュレーションし、その特性は生体ニューロンをほぼ忠実に再現している。試作機では、各ニューロンは8つの(興奮性と抑制性)シナプス結合を有し、それらを自由に組み合わせることができる。</p> <p>こうしたパルスニューロンを多数個相互接続し、1で開発した学習アルゴリズムをその上で動作させることによって、教師無しでの自律的な音情報の学習と再生が可能になるものと考えられる。</p> <p>3. 複雑で大規模な神経回路網を記述し、計算機上でシミュレーションを行うための環境の作成。</p> <p>「鳴きまね機械」神経回路網の記述とシミュレーションの手段として、神経回路の記述言語を定義し、それを解釈し実行する環境を試作・構築した(図3)。プログラミング言語に似た方法で、神経素子の特性やシナプス結合荷重、学習アルゴリズムなどを記述することができ、各種パラメータのチューニング等を効率的に行うことが可能となった。</p> |
|------|---|

研究概要報告書

(/)

| | |
|----------------|---|
| <p>研究のポイント</p> | <p>今日のデジタル信号処理技術をもってしてもなお容易ではない非定常な音情報と認知と記憶、その再生を、神経回路網のパラダイムによって実現を目指す点が本研究の特徴である。</p> <p>その基礎となるべき既存の神経回路網の計算論や各種アルゴリズムは、「鳴きまね機械」にとって必要な非定常信号の処理には不十分である場合がほとんどであって、我々は神経回路網による時系列信号処理にまず焦点を絞って研究を行った。</p> <p>その際、音情報がコーディングされている時間スケール、発声器官を制御する運動ニューロンの動作時間スケール、そして歌全体の時間スケールなど、長さの著しく異なる時間スケールを並列的に取り扱わなければならないことから、生体に則したパルスニューロンを指向したモデルと、平均発火率によって情報を表現する連続モデル(粗視化モデル)について、それぞれ学習アルゴリズムの検討を行った。さらに、生体的なパルスニューロンを電子回路によって再現するために、本研究ではマイクロプロセッサを多数個用いた専用ハードウェアを検討・試作し、上で考案したアルゴリズムを実機上で実時間動作させるための基礎的な研究も合わせて行った。</p> |
| <p>研究結果</p> | <p>神経回路網モデルによる時系列情報の基本的な学習アルゴリズムとして、連続神経モデルによるベクトル場の獲得アルゴリズムと、パルスニューロンによるタイミングの学習・再生アルゴリズムをそれぞれ考案し、その特性の解析とシミュレーションによる検証を行った。</p> <p>ベクトル場の学習アルゴリズムは、連続ニューロンによって比較的長時間的な時系列の推移を記憶するための方式で、従来考案されていた時間方向のバックプロパゲーションアルゴリズム等と比較して、長時間にわたる時系列が記憶・再生可能である。</p> <p>パルスニューロンによるタイミング学習は、より生体に近い方式であって、ヘブ的な学習によって、ニューロン集団が広い周波数領域に渡って同期する現象を応用して、時系列の記憶・再生を行うものである。</p> <p>これらの研究結果は電気情報通信学会などにおいて発表をおこなった。さらに現在、外国雑誌への投稿を準備中である。</p> |
| <p>今後の課題</p> | <p>本研究では、神経回路網による基本的な時系列処理アルゴリズムの開発と、それを実現するためのハードウェアの検討・試作を行い、「鳴きまね機械」全体のシステムを構築するまでには至らなかった。しかしながら、新たに開発したシミュレーション環境(研究内容3)に入出力を付加し、簡単な定常音を反復して呈示することによって、その音色を自ら真似ることのできるシステムを試作するとともに、その基本動作は確認している。</p> <p>今後の課題は</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) 開発した時系列処理アルゴリズムを使って、効率的に非定常信号を記録・再生することのできる神経回路網を開発すること (b) 生体神経シミュレータ(研究内容2)を大規模化し、上記の神経回路網をその上に実装すること (c) これらを総合的に組み合わせて、実環境下・実時間で非定常信号を「鳴きまね」できるシステムとして構築することである。 |

図1 鳥の歌の学習と本試作研究との対応

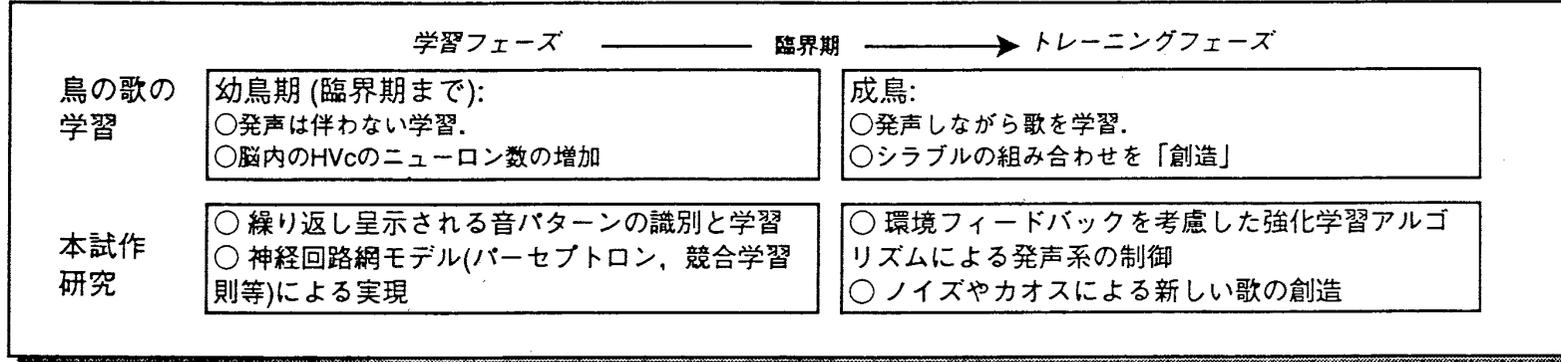


図2 試作したニューロンシミュレータ

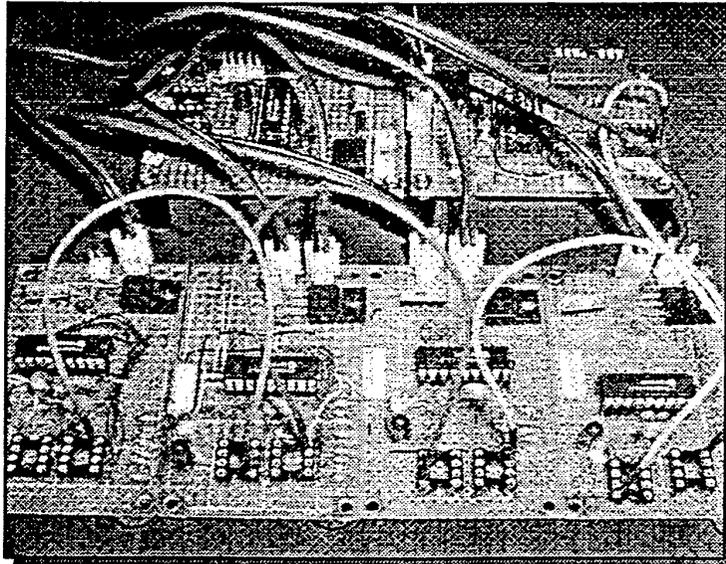
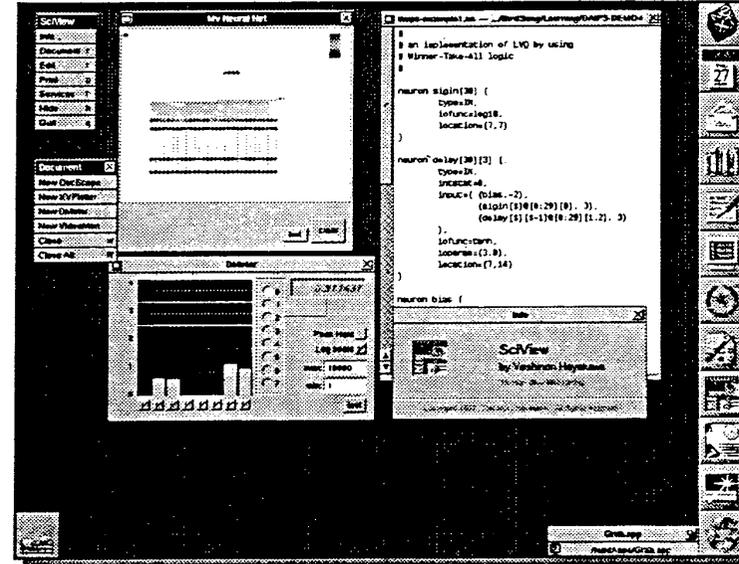


図3 シミュレーション環境



(注:フローチャート図,ブロック図,構成図,写真,データ表,グラフ等 研究内容の補足説明にご使用下さい。)