

研究概要報告書

資料 — 1 1

(1/5)

研究題名	セキセイインコの鳴声の学習様式	報告書作成者	森 浩一
研究従事者	森 浩一、伊藤 健、室伏 利久		
研究目的	<p>セキセイインコは新しい群れに入ると、互いの鳴声 (contact call) を聞いて新しい鳴声を学習し、その結果、鳴声は各々の群の個体同士で似通ったものになることが知られている。さらに、同じ群の中では鳴声によって個体識別が可能であるとの報告がある。セキセイインコの contact call は、典型的には持続時間が120msないし200msで、2kHzから4kHzにわたる速い周波数変調が特徴的であり、倍音成分をあまり含まない。セキセイインコが鳴声のどのような特徴を認識しているかについては、鳴声の比較的単純な物理特性と心理実験の結果を対応付ける試みはあるものの、いまだ明らかでない。一方、セキセイインコにヒトの音声を聞かせたところ、男声・女声等の話者による違いよりもフォルマント構造の違いに注目しているとする研究がある。これから考えられることは、セキセイインコは鳴声の認識において、単純な音の物理的性質を識別するのみでなく、ヒトが音声認識に採用していると考えられているような、かなり複雑な特徴抽出をしている可能性がある。そこで本研究では、ヒトの音声認識に有効であることが知られているダイナミック・プログラミング・マッチング (DP Matching) 法を鳥の鳴声に応用したシステムを開発し、これがセキセイインコの鳴声の分類に有効であるか否かを、セキセイインコの心理実験によって調べた。ここで開発した方法は、将来、鳴声の学習や弁別の脳内神経機構の研究に役立てようとするものである。なお、本研究の一部は第10回耳鼻咽喉科情報処理研究会で発表した。</p>		

研究内容

【方法】 (1) セキセイインコの鳴声は個別に防音箱内でマイクロフォンF115A (SONY) とマイクロフォンアンプMTR644 (TASCAM) を使用してDATレコーダ57ES (SONY) に録音し、AudioMediaII (digidesign) のデジタル・インターフェースを通して計算機Macintosh Quadra650 (Apple Computer) のハードディスクに転送した。ここからcontact calls を半自動的に取り出すプログラムを作製した。典型的には、1時間の録音で最大1000程度のcontact calls が録音される。鳥の可聴域が10kHz未満であることにより、これらの鳴声に対して、標準化周波数をDATの48kHzから20kHzに変換した後、サウンド・スペクトログラムを作製し、そこから特徴点を抽出してDP Matching用のデータを作成した。スペクトログラムは鳴声の速い時間経過を考慮して、3msのハニング・ウィンドウを2ms毎にスライドさせてかけ、256点FFTによって作製した。DP Matching の距離計算に用いるスペクトルの特徴としては、各時刻でのスペクトルの極大点の周波数を用い、(a) 振幅の大きい方から順に3点採用するもの、(b) 振幅の大きい極大周波数2点を順不同で用いるもの、の2種類を試した。予備実験での鳴声のスペクトログラムの観察によると、同じ鳥の鳴声でも、時に基本波と倍音の強弱が逆転することがあるので、特徴点を2点のみ比べる方法 (b) では、この逆転を許した。マッチングのアルゴリズムは、始端終端自由で経路の傾きを1/2から2に制限したものを採用した。距離の関数は、鳴声のスペクトログラムの観察から、周波数の相違として200Hz未満を完全な一致 (距離0) とし、500Hz未満ないし700Hz未満の相違に各々距離1ないし3を与え、それ以上の相違は距離5とし、これを各極大点につき加算する方法を用いた。なお、鳴声の取り出しからDP Matchingまでは、マッキントッシュ上のアプリケーションであるIgor (WaveMetrics) のマクロおよ

研究概要報告書

(3/5)

研究内容

び外部拡張機能 (XOP) を利用してプログラムを作製した。複数の鳴声から得られたマッチングの距離を三角行列として、クラスタ分析ないし multi-dimensional scaling (MDS) により鳴声を分類し、心理実験の結果と比較検討した。

(2) 心理実験装置は20x15x15cmの大きさで、2コの反応ボタンと照明、電磁ソレノイドによるフィーダー等のあるものを作製し、防音箱中に置いた。音刺激は計算機PC-9801VM (NEC) に内蔵したD/Aコンバータ SoundMaster (Canopus) より、20kHzの標本化周波数で再生し、折れ返し歪防止フィルタFT5 (Tucker-Davis Technologies) とアッテネータPA4 (同) を通し、ヘッドホンバッファHB5 (同) で心理実験装置天井に取り付けたスピーカを駆動した。再生音圧は約80 dB SPL(A)になるように調整し、実験中は音圧による偽の反応を避けるため、音提示毎に0ないし10dBの減衰をランダムに入れた。純音バーストの周波数弁別課題でトレーニングした後、go-nogoにより鳴声の弁別課題を行わせた。バックグラウンドの音と異なるターゲット音が出てからボタンが押されるまでの反応時間を測定し、バックグラウンドとターゲットの音の組合せに対して反応時間の行列を作り、クラスタ分析ないしMDSにより、鳥がどのように音の違いを知覚しているか調べた。

(3) セキセイインコは2群に分けて飼育した。第1群は8羽 (途中で1羽死亡) の長期観察群で、構成員を入れ替えずに半年間をおいて鳴声を録音した。第2群は1羽が第1群とは別の入手先からの成鳥に3羽を加えたもので、3羽の導入前と導入後に成鳥の音声を録音した。心理実験は第2群のセキセイインコにて行った。

研究内容

【結果】 (1) 処理を自動化したため、大量の鳴声を調べることが可能となり、100回に数回程度しか使われないような鳴声も再現性があるかどうか分かり、これによって、群の中で共通に使われる contact call は一種類ではなく、2種類ないしそれ以上あることが判明した。ただし、どういう状況で使い分けが行われているかははっきりしなかった。

(2) 第1群の録音を半年後の鳴声と比較すると、初回の録音時に群の各個体で共通して使われていた鳴声が半年後にも認められた。一方、初回に見られなかった鳴声が、半年後の録音に認められるという変化が見られた。この間、この群は他のセキセイインコとは接触しておらず、新しい鳴声の由来についてはさらに研究を要する。このように、隔離されて飼育されている群の鳴声の変遷することを示したのは、本研究が初めてである。

(3) 第2群の鳥の鳴声から、スペクトログラム上では区別のつかない鳴声を4羽の鳥から各5つずつ採用し (Fig. 1 にそのうちの2羽の鳴声のスペクトログラムを示す)、同じ鳴声について、心理実験の反応時間と DP Matching 法による距離をクラスタ分析を行って比較した。DP Matching 法の距離に MDS ないしクラスタ分析を施行して観察すると、ほとんどの鳴声が個体毎に分かれ、単純な物理的パラメータからでは不可能な鳴声の分類が、この手法では可能であることがわかった。DP Matching 法で混同が見られた2個体の鳴声を使って、セキセイインコに弁別課題をさせると、DP Matching 法と同じ鳴声で混同を示すことがわかった (Fig. 2 の鳴声 A5)。つまり、セキセイインコは鳴声の分類を、DP Matching 法と性質の類似したパラメータないしアルゴリズムを使って行っている可能性が示唆される。なお、DP Matching 法の2種類の距離の取り方 (a), (b) を比較したが、クラスタの細部の構造が異なりはしたものの、本質的な差は認められなかった。どちらがよりセキセイインコの知覚距離に近いかは、今後の課題である。

研究内容

(4) 第2群の成鳥の鳴声のうち、3回分の録音を取り出して心理実験およびDP Matching 法にかけて比較したところ、両者の結果は比較的よく一致した (Fig. 3)。クラスタ分析からは、同時期の鳴声どうしは似ているものの、初回録音の声のうち1つは後期の声に近く、他の鳥の声を学習して鳴声を変える時に、この声を元にして学習したのではないかと推測される。しかしながら、スペクトログラム上では前期の声の一部分 (syllable) がそのまま保存されて後期の声に使われるというのではなく、声の各部分は、経時的に徐々に変化しているように見える。鳴禽類では一般に成熟後はsyllableが固定し、学習はsyllable単位の組み替えによって起こることが多いので、オウム類の一種であるセキセイインコのこのような学習様式とは対照的である。

【要約】 ヒトの音声認識に使われるDP Matching法が、系統発生的にヒトとは全く無関係に音声を獲得した種であるセキセイインコの鳴声の分類にも応用でき、しかも従来の単純な物理的パラメータよりも生物の挙動をよく予測できることが、生物検定をおこなうことにより示された。

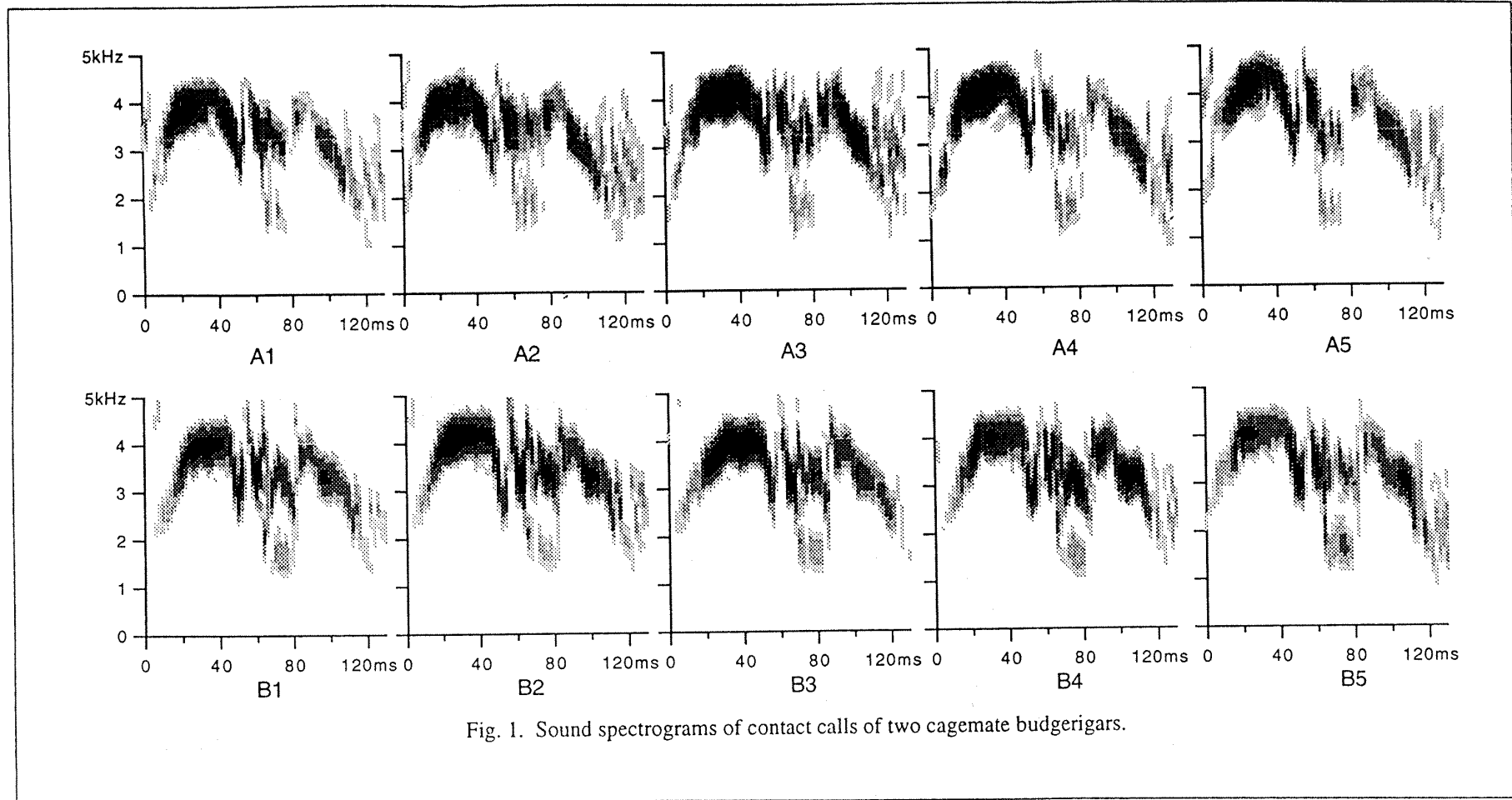


Fig. 1. Sound spectrograms of contact calls of two cagemate budgerigars.

(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御使用下さい)

様式-10

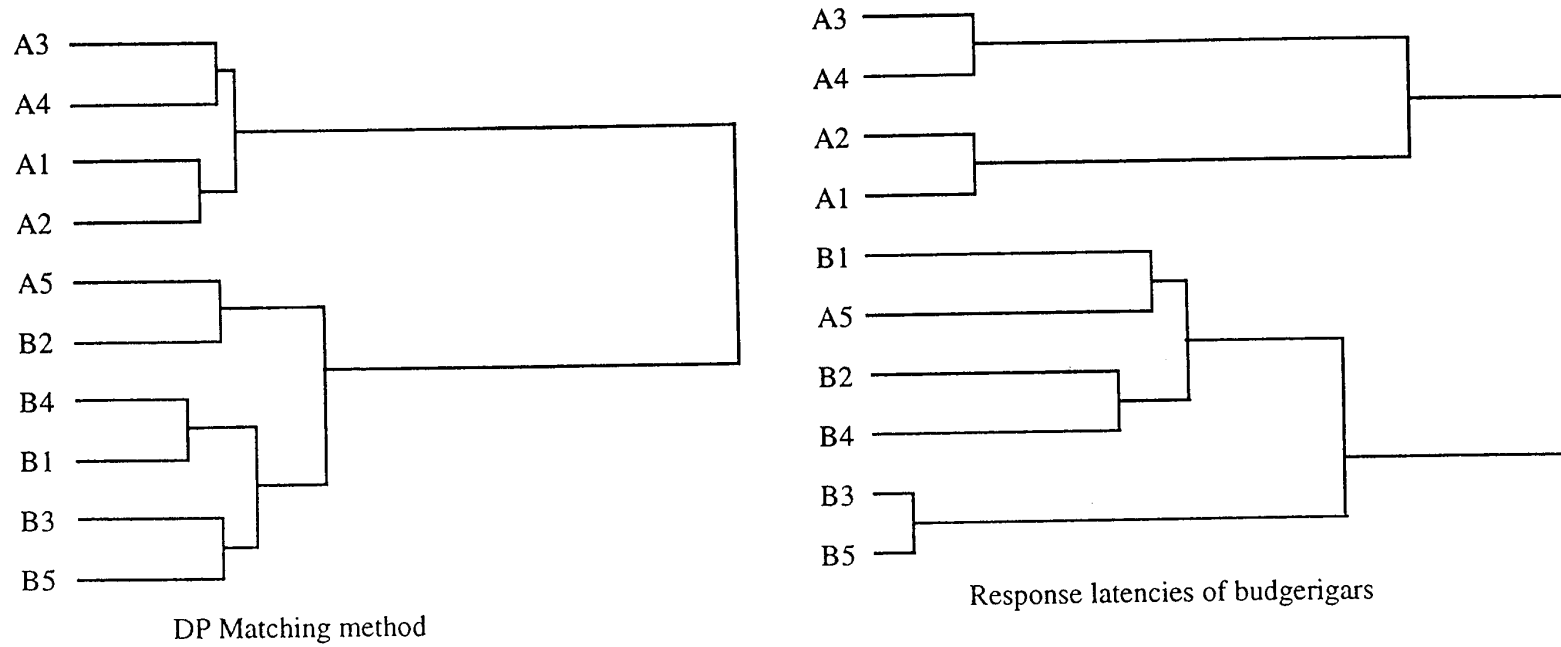


Fig. 2. Tree diagrams of cluster analysis of DP matching distances (left) and of budgerigar response latencies to the calls for which spectrograms are shown in Fig. 1.

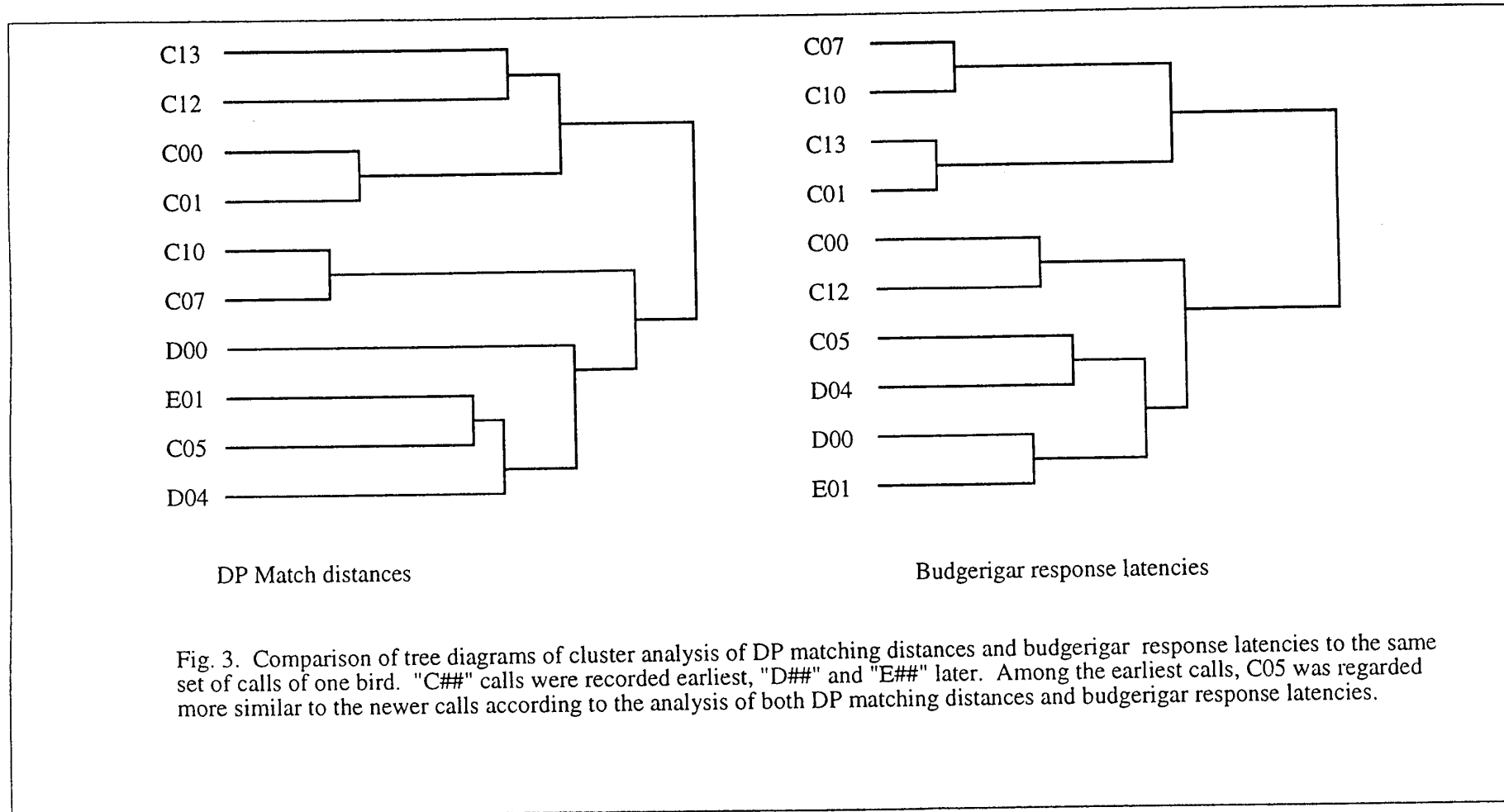


Fig. 3. Comparison of tree diagrams of cluster analysis of DP matching distances and budgerigar response latencies to the same set of calls of one bird. "C##" calls were recorded earliest, "D##" and "E##" later. Among the earliest calls, C05 was regarded more similar to the newer calls according to the analysis of both DP matching distances and budgerigar response latencies.

— 58 —

(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御使用下さい)