

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22700286

研究課題名(和文) 霊長類の音声交換における時間的規則性の研究

研究課題名(英文) Temporal rules of vocal exchanges in primates

研究代表者

泉 明宏 (Izumi, Akihiro)

京都大学・霊長類研究所・准教授

研究者番号：20346068

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：マーモセットの音声交換における個体の気質と発声タイミングの影響について検討することを目的として、個体の気質評価および実験室において自然な音声交換場面を再現するためのシステムの開発をおこなった。作成した音声録音再生システムを用いて、防音箱に隔離したマーモセットの発声に対して、同種個体同士の一時的な音声交換の時間的パラメタに合わせて「返事」の音声を呈示した。マーモセット個体間でみられるのと類似した発声行動を再現することが可能であり、この方法の有用性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：To examine the effects of individual trait and the vocal temporal properties in marmosets' vocal exchanges, I conducted trait ratings of captive marmosets. A vocal turn-taking system was created which could playback a recorded vocalization in response to a marmoset's vocalization. With the turn-taking system, marmosets showed vocalizations similar to the natural vocal exchanges when the temporal delay of the playback stimuli (i.e. played back as a response vocalizations) was in the typical value of natural vocal exchanges. The system will be useful for further study to investigate vocal exchanges of marmosets.

研究分野：比較認知科学

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：行動学 進化 動物 霊長類

1. 研究開始当初の背景

ヒトのコミュニケーションにおいて、受け手の状況にあわせて行動を調節することは本質的に重要である。一方で、ヒト以外の動物の音声コミュニケーションに関しては、状況に応じた柔軟な発声調節についてはほとんど研究されてきていない。

Hostetter, Cantero, Hopkins (2001)は、チンパンジーがヒトに餌を要求する場面で、ヒトの注意が被験体に向いている場合、すなわち被験体を見ている場合は身振り、注意が向いていない場合には音声によって餌を要求することを示した。我々は以前の研究において、飼育下のニホンザルにおいても同様に、ヒト実験者の注意状態に応じた発声調節が見られることを示してきた (Yamaguchi & Izumi, 2006)。

これらの研究において示された行動は、ヒトとの日常的な接触を通じた訓練の結果として、ヒトから餌をもらうという状況で特異的に示されたものである可能性がある。ヒトにおいて見られるような、受け手の状況に応じたコミュニケーションの柔軟性と比較するためには、同種の個体同士の自然なやり取りの観察が必要である。

我々は、南米に生息する小型霊長類であるコモンマーモセット (*Callithrix jacchus*) を対象とした音声コミュニケーションの研究を継続してきた。マーモセットは、ヒトに近縁なサル類の中では小型で繁殖効率が良いことから、近年ヒトの疾患モデルとしての利用可能性が検討されている (例えば Sasaki et al., 2009)。また、豊かな音声コミュニケーションを示すことから、特に聴覚系の神経機構を調べるための研究が多くおこなわれてきた。また、マカクザル等と異なり、飼育においても雌雄のペアを中心とする社会的まとまりを維持することが容易な上、互いに頻繁に鳴き交わす。これらの特徴から、マーモセットは音声コミュニケーションの研究の被験体として適切である。

我々は、これまでにマーモセットの音声交換における時間的規則性について明らかにしてきた (Yamaguchi, Izumi, Nakamura, 2009)。マーモセットは群れから隔離されると Phee call という特徴的な音声を発声する。ある個体が Phee call を発した後に、ペア個体は4秒以内に同じ Phee call を発することが多かった。ペア個体からのこのような「返事」が無い場合には、最初に発声した個体は4秒以上待った後に Phee call を繰り返す傾向を示した。このような「会話的」な規則性は、乳児を含むヒトにおいて観察されるものと類似しており、マーモセットは発声後の一定時間相手からの返事を待ち、それが無い場合にもう一度発声していると考えられた。

このように、マーモセットの音声交換には「会話的」な規則性が見られるが、発声行動には大きな個体差およびペア間の差がみら

れた。具体的には、余り音声交換をおこなわないペアや、ペア個体間でも発声頻度が大きく異なることが一般的であった。特定の個体の発声頻度を規定する要因として、個体の気質、そしてペア個体の発声様式、特に発声のタイミングが考えられた。

2. 研究の目的

これまでの研究から、マーモセットの音声交換においては、個体により発声頻度が大きく異なることが明らかであった。本研究では、そのような発声の個性が生じる要因として、個体の気質が与える影響を明らかにするとともに、発声タイミングが音声交換に与える影響を明らかにすることを目的として研究を開始した。

3. 研究の方法

最初に、マーモセット各個体の気質を定量的に評価するために、飼育担当者を対象とした質問紙により、気質尺度の作成をおこなった。続いて、被験体であるマーモセットの音声に応じて、録音された「返事」の音声を再生するシステムを作成した。このシステムを用いて、気質評価をおこなったマーモセットの発声行動について実験的に検討をおこなった。

(1) 質問紙による個体の気質評価

ヒト評定者によるマーモセット個体の気質評価をおこない、気質尺度を作成した。

評定の対象としたマーモセットは167頭 (オス73頭、メス94頭)、年齢は6ヶ月から4.4歳 (平均2.2歳) であった。対象とした個体には、ペア形成して繁殖に供されているものと、家族飼育されているもの、個別飼育されているものが含まれていた。

評定者には、以下に示す16個の形容詞を提示した。それぞれの形容詞には、評定者に意味を正確に理解してもらうために短い説明文をつけた。それぞれの個体ごとに、各形容詞があてはまる度合いについて7件法による評価をおこなった。

活発な (運動量が多い、頻繁に動く)
攻撃的な (高頻度の威嚇・攻撃)
大胆な (恐れのない、大胆不敵)
落ち着いた (平静な、大騒ぎしない)
自信に満ちた (自信を持ち積極的)
好奇心旺盛な (新たな状況で探索する)
陰鬱な (陰気な、低活動)
怖がりな (嫌な事・物からすぐに逃げる)
柔軟な (状況に適応的)
穏やかな (丁寧な、許容的な)
神経質な (不安な、過敏な)
遊び好きな (一人遊び・物を使った遊び)
おっとりした (ゆったりした、慌てない)
緊張した (姿勢や動きが硬直した)
臆病な (すぐに怯える)
油断のない (隙のない、警戒を怠らない)

評定は、日常的に個体に接している飼育担当者3名に依頼した。評定者は各自の印象にもとづいて評定をおこなうこと、そして他の評定者と相談しないことを教示した。

(2) 音声録音 - 再生システムの作成

被験体の発声を自動的に検出し、発声に応じてあらかじめ録音されていた別個体の音声を再生するシステム(音声録音 - 再生システムと呼ぶ)を作成した。ハードウェア的な構成としては、防音箱内に設置したマイクおよびスピーカを、オーディオインターフェースを介してパーソナルコンピュータに接続したものである。このシステムによって、マーモセットの音声交換を実験室において再現することを試みた。対象とした音声は Phee call である。Phee call は狭い周波数帯域に強いエネルギーを持つ音声である(図1参照)。録音した音声を Phee call に該当する周波数帯域の帯域通過フィルタに通し、パワースペクトルと音声の持続時間を手がかりとして音声を自動検出した。音声を検出すると、当該音声の終了から設定された時間が経過した後に、別個体の Phee call を再生した。

(3) 音声交換における応答音声の遅延時間の影響

被験体となるマーモセットを防音箱に入れ、被験体の音声を録音しながら、音声録音 - 再生システムによって再生された「返事」の音声が発声行動に与える影響について実験的検討をおこなった。被験体はマーモセット8頭。これらの個体は、オス・メスのペア飼育、または対象ペアに加えてコドモ個体が同居飼育されていた。1セッションは20分間であった。

被験体の発声から録音された音声の再生の間には、2秒または10秒の遅延時間を挿入した。この遅延時間は、セッション中は固定されていた。

先行研究より、ペア間の音声交換においては、Phee call に対してペア個体は4秒以内に返事を発することが多かった(Yamaguchi, Izumi, Nakamura, 2009)。このことから、2秒の遅延条件は発声に対する「返事」として機能することが予想され、被験体のさらなる発声を促進することが予想された。一方で、10秒の遅延時間は、「返事」としては遅いため、適切な音声交換として成立しないことが考えられた。このような、タイミングの悪い返事を与えることは、被験体のさらなる発声を促すことにはつながらないことを予想した。

4. 研究成果

(1) 質問紙による個体の気質評価

評定結果を平均し、最尤法による因子分析をおこなった(Promax 回転)。信頼性が低い、または独自性の高い形容詞は除外した。最終的に2つの要因が抽出された(表1)。これらの要因により、分散の74.3%が説明された。2つの要因を、それぞれ「自信」と「穏和」と名づけた。

表1. マーモセットの気質評定における因子負荷量

	因子1	因子2	独自性
自信に満ちた	0.954		0.099
大胆な	0.934		0.140
好奇心旺盛な	0.800		0.369
柔軟な	0.706		0.434
緊張した	-0.741		0.409
落ち着いた		0.919	0.151
おっとりした		0.882	0.224
穏やかな		0.873	0.249

気質尺度として、各個体内でそれぞれの因子に負荷する形容詞のzスコアを平均してから、全個体のデータを用いてzスコアを算出した。いずれの因子についても信頼性係数(Cronbach's alpha)は0.92であり、内的整合性が十分に高かった。

今回の質問紙による気質評価によって、マーモセットにおける2因子よりなる気質尺度が作成できた。このような方法は簡便である一方で、飼育施設における個体の扱い方、評定者と個体の関わり方による影響を受けると考えられる。今後、他の施設における同様の試みや、質問紙以外の方法における気質評価(個体の行動評価等)との比較を通して、結果の妥当性・信頼性を確認したい。

(2) 音声録音 - 再生システムの作成

作成した音声録音 - 再生システムによる Phee call の自動検出について確認する目的で、当該システムにてあらかじめ録音されたマーモセットの音声ファイルを分析した。10分間の音声ファイルについて、研究者が視覚的(ソナグラム)・聴覚的に検出した全ての Phee call を自動的に検出することが可能であった。ただし、複数の Phee call が連続して発声された場合(例えば図1)、それらの分離は完全ではなかった。すなわち、音声を文節化する時間間隔の閾値設定により、音声の分離の結果が変動した。

さらなる精緻化のためには、パラメタの調整が必要であると考えられる。特に、音声の抽出手続きとして、より選択的な抽出が可能テンプレートマッチングを用いることが有効であろう。ただ、本研究における、被験体の

音声に対する「返事」の音声の再生という目的には、今回作成したもので十分に機能すると考えた。

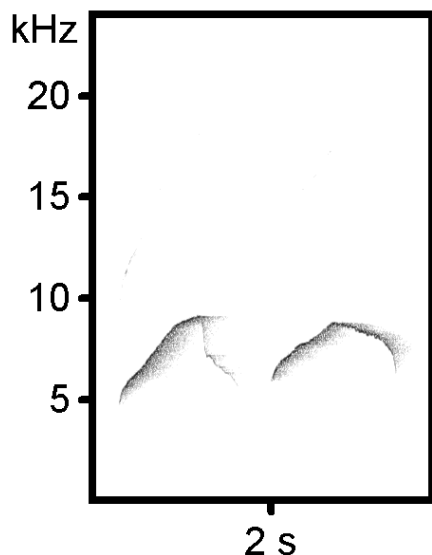


図1．録音された音声のソナグラム例。同一個体が連続して2つのPhee callを発している。

(3) 音声交換における応答音声の遅延時間の影響

被験体数が少ないため、統計的有意には達していないが、「返事」の音声の遅延時間を2秒とした場合には、その後4秒以内に被験体の発声がおこなわれる傾向がみられた。一方で、遅延時間を10秒とした場合には、遅延時間2秒の場合と比べて全体的に発声頻度が低下する傾向がみられた。これらの結果は、本研究において作成した音声録音 - 再生システムによって、マーモセットの発声における時間的規則性が再現されていることを示唆するものであった。

今回作成した音声録音 - 再生システムは、マーモセットの発声タイミング制御の進化的基盤の認知科学・神経科学的解析に向けた方法論的基盤として有用であると考え。今後被験体数を増やすことによって、個体の気質が音声交換に与える影響についても検討したいと考える。

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2件)

A Izumi, J Tsuchida, C Yamaguchi (2012).
Effects of rearing conditions on early visual

development in common marmosets.
Developmental Psychobiology 54: 700-705.
(査読有り)
DOI: 10.1002/dev.20619

A Izumi, J Tsuchida, C Yamaguchi (2013).
Spontaneous alternation behavior in
common marmosets (*Callithrix jacchus*).
Journal of Comparative Psychology 127:
76-81. (査読有り)
DOI: 10.1037/a0026797

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6．研究組織

(1) 研究代表者

泉 明宏 (IZUMI, Akihiro)
京都大学霊長類研究所 特定准教授
研究者番号：20346068