

## 論文の内容の要旨

# 論文題目 対象への働きかけを考慮したアニマシー知覚の 認知メカニズムに関する検討

氏名 福田玄明

### 1. アニマシー知覚の性質と本論文の目的

我々は生物と非生物を見分けることができると考えられている。このような生物性の知覚はアニマシー知覚と呼ばれる。アニマシー知覚は人間の社会的認知の基礎となると言われ (Michotte, 1963), 盛んに研究されている。それら先行研究により, 対象が相互作用を行う能力をもつことがアニマシー知覚を引き起こすことが明らかにされている (Arita et al., 2005; Johnson, Slaughter & Carey, 1998)。このように対象の相互作用を行う能力を知覚することがアニマシー知覚を生じさせることは明らかにされているが, 自分自身で実際に働きかけを行うという対象との関係性がアニマシー知覚を生じさせる可能性については調べられていない。

そこで, 本論文の第 I 部では, 2 つの認知心理学実験 (実験 1 ならびに 2) を通して, 実験参加者の働きかけに対して反応するロボットを対象として用い, 実験参加者自身が実際に働きかけを行う場合と他者の働きかけを観察する場合との間で, 対象に感じられるアニマシーを比較し, 対象との関係性がアニマシー知覚に与える影響を調べた。さらに, 第 II 部では, 3 つの認知神経科学実験 (実験 3~5) を通して, 対象に働きかけを行う際の脳活動を計測することで, アニマシー知覚の脳内機序を検討した。最近の研究では, アニマシー知覚に関する脳部位として, 下部前頭回 (IFG) と側頭上溝 (STS) の二つの候補が挙げられている (Wheatley, Milleville & Martin, 2007)。しかしながら, アニマシー知覚は生物と非生物を見分ける能力であるにも関わらず, 実際の生物を用いて脳活動を調べた研究は著者の知る限り存在しない。そこで, 実験 3 では, 実際の生物と非生物を用いて, それらに働きかける際の脳活動を比較することで, アニマシー知覚に関係する脳内機序を検討した。さらに, IFG は知識や文脈に依存した処理であるトップダウン処理と関連があることが, STS は対象の持つ特徴による刺激依存的な処理であるボトムアップ処理と関連があることが指摘されている (Engel et al., 2008; Stanley, Gowen & Miall, 2010)。このため, アニマシー知覚においても, IFG が知識や文脈に基づいたトップダウン処理により対象にアニマシーを帰属させる過程に, STS が対象の持つ特徴のボトムアップ処理によりアニマシーを知覚する過程に関与している可能性が考えられる。実験 4 と 5 では, 実物の生物と非生物を用い, その運動と見た目を統制することで, アニマシー知覚におけるトップダウン処理とボトムアップ処理に関係する脳活動を検討した。

このように第 I 部, 第 II 部を通して, 対象へ働きかける際のアニマシー知覚を検討することにより, アニマシー知覚の認知メカニズムに関する新しい知見を得ることが本論文の目的である。上述のように, 対象への働きかけを考慮している点, さらに, 第 II 部では実際の生物を用いてアニマシー知覚を計測している点が, 本論文の新規な点である。

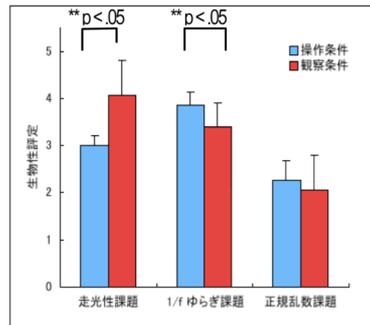


図1. 実験1の結果を示す.

## 2. 実験1 働きかけの有無と感じられるアニメシーの関係

### 目的

対象として小型ロボットを用いた上で、その運動を統制し、対象へ自分自身で働きかける場合と他者の働きかけを観察する場合とで対象から感じられるアニメシーを計測し比較した。

### 方法

16名が実験に参加した。実験参加者は、実際に自分自身で対象に働きかけるか（操作条件）、他者が対象に働きかけているところを観察するか（観察条件）した後、感じられるアニメシーを評定する質問紙に答えた。対象であるロボットの運動として目標追従性の観点から3種類を設定し、その運動にあわせた走光性課題、1/f ゆらぎ課題、正規乱数課題の3課題を実験参加者に行ってもらった。ロボットの運動の目標追従性の大きさは、走光性課題>1/f ゆらぎ課題>正規乱数課題であった。すなわち、走光性課題におけるロボットの運動は完全に予測通りなのに対して、正規乱数課題におけるロボットの運動はまったくの不規則であった。また、1/f ゆらぎ課題におけるロボットの運動は、予測不可能でありながら緩やかな規則性を持っていた。

### 結果

図1に示す通り、観察条件では対象の目標追従性が高い走行性課題ほどアニメシー評定（生物性）が高くなったのに対して、操作条件ではアニメシー尺度は走光性課題よりも目標追従性の低い1/f ゆらぎ課題で高くなった ( $F(2,30)=12.446, p<.01$ )。このことは、自ら働きかける場合と他者の働きかけを観察する場合とでは、アニメシーの評定が変化することを示している。このような結果が得られた理由として以下のような仮説が考えられる。自ら働きかける場合では、実験参加者の働きかけに対してロボットの運動がフィードバックされる。しかし、走光性課題と正規乱数課題では、ロボットの運動は完全に予測可能もしくは予測不可能なため、フィードバックをロボットの次の運動の予測に活かすことはできない。一方、1/f ゆらぎ課題のロボットの運動は予測不可能でありながら規則性を持つため、ロボットの運動を予測するためのトライアルアンドエラーが行われる。それによりロボットがもつ行動の内部モデルを推測しようとするのがアニメシー知覚の大きさを強めた可能性が考えられる。

## 3. 実験2 働きかけの時間変化によるアニメシー知覚への影響の変化

### 目的

実験1の結果から、働きかけに対する反応から行動の内部モデルを推測することがアニメシー知覚に影響したという仮説を提案した。トライアルアンドエラーを繰り返すことで、ロボットの行動モデルを推測するにはある程度の時間枠が必要だと考えられる。したがって、もしこの仮説が正しければ、実験1と同様の実験を、十分に働きかけを繰り返すことができない条件で行えば、実験1で得られたような操作条件と観察条件の間のアニメシー評定の差はなくなると予測される。そこで実験2では、課題遂行時間を1分に縮めて、実験1と同様の実験を行った。

### 方法

12名が実験に参加した。課題遂行時間が1分であること以外、実験手続きは実験1と同様であった。

### 結果

実験1と異なり、操作条件と観察条件の間でアニメシーの評定に違いは現れなかった ( $F(2,22)=.304, p=.74$ )。この結

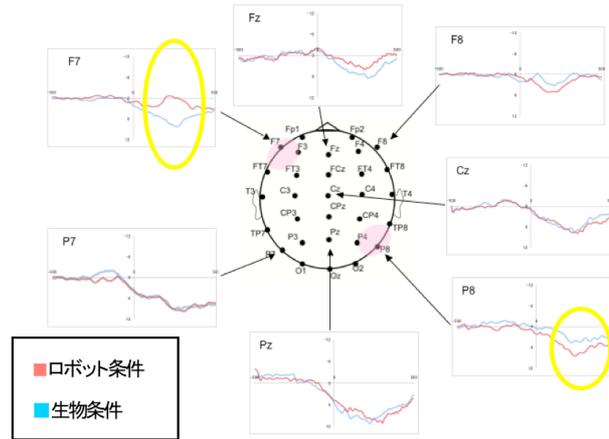


図2. 実験3の結果を示す. 左前頭下部 (F7) と右側頭部 (P8) の事象関連電位に条件間の差が見られた.

果は、感じられるアニメシーが、観察条件と操作条件の間で異なるには、十分な量の働きかけが必要なことを示している。これにより、実験2においても、自分自身で働きかけを行う場合には、対象のもつ反応の規則性、予測不可能性から対象の内部モデルを推測することにより、強いアニメシーが引き起こされるという仮説が支持された。

#### 4. 実験3 生物／非生物へ働きかける際の事象関連電位

##### 目的

実際の生物と非生物とを用いて、それらに実験参加者がリーチングを行う際の事象関連電位を計測し比較した。これにより、対象へ働きかける際のアニメシー知覚に関わる脳活動を明らかにする。

##### 方法

13名が実験に参加した。実験参加者が箱の中で動いているカメラ（生物条件）もしくはロボット（ロボット条件）に対してリーチングを行う際の事象関連電位を計測し、条件間で比較した。ロボットの運動は事前に記録されたカメラの運動を基にプログラムした。これにより、生物に働きかける場合と非生物に働きかける場合の脳活動の違いが事象関連電位に現れることが期待される。

##### 結果

図2に示した通り、働きかける対象が生物である場合とロボットである場合との間で、リーチング行動中に左前頭下部 (F7) および右側頭部 (P8) において、事象関連電位の違いが認められた ( $F7; t(12)=2.57, p<.05, T8; t(12)=2.260, p<.05$ )。このことは、2つの脳内過程がアニメシー知覚に関与している可能性を示唆する。また、先行研究の知見を考慮すると、本実験で得られた2つの生物／非生物の脳波の差異はそれぞれIFGとSTSの活動によると推察される。

#### 5. 実験4 アニメシーの帰属に関する事象関連電位

##### 目的

実験3では、左前頭下部と右側頭部における活動がアニメシー知覚に関与している可能性が示唆された。しかし、対象である生物とロボットの見た目が統制されておらず、運動も厳密には統制されていなかったため、これらの部位がアニメシー知覚に関わるどのような認知処理と関係しているのかは明らかになっていない。そこで、実験4では、アニメシー知覚のトップダウン処理と関係する脳活動を検討するため、ロボットとカメラにケースをかぶせて見た目を統制し、カメラの運動と同じ運動をするロボットを用いて、実験3と同様の実験を行った。ロボットとカメラの運動と見た目が同じになるように統制されているため、対象の持つ特徴（すなわち運動や見た目）のボトムアップ処理によるアニメシー知覚は生じないと考えられることから、トップダウン処理により生じるアニメシー知覚と関係する脳活動のみが計測できると期待される。

##### 方法

12名が実験に参加した。実験参加者は、2秒間だけ、見た目からも運動からも生物なのかロボットなのか判別できない

対象（カメかロボット）を観察した。その後、対象を生物と感ずるか、ロボットと感ずるかを回答した。さらに、その対象へのリーチングに伴う事象関連電位を計測した。

## 結果

対象が実際にはカメであれロボットであれ、実験参加者が対象を生物だと感ずている時とロボットだと感ずている時とでは、リーチングにおける左側頭下部（F7）の事象関連電位における正の電位の振幅が異なり、カメだと感ずた時に大きくなることが明らかになった（ $F(2,11) = 4.67, p < .05$ ）。この結果は、実験3の左前頭下部の結果と一致しており、左側頭下部の活動が対象に主観的にアニメシーを帰属させる処理に関与している可能性を示唆する。

## 6. 実験5 運動の生物らしさに関する事象関連電位

### 目的

実験4において、実験3で示された左前頭下部の活動はトップダウン処理によるアニメシーの帰属と関連している可能性が示唆された。しかし、実験3で示された右側頭部の活動がどのような認知過程と関連しているのかは不明のままである。右側頭部はSTSを含み、右側頭部はアニメシー知覚に関するボトムアップ処理に関与している可能性が考えられる。そこで、運動からアニメシーを引き起こすボトムアップ処理と関連する事象関連電位を特定するために、対象の運動の生物的特徴を変化させつつ、実験4と同様にリーチング時の事象関連電位測定を行なった。これにより、生物的特徴のボトムアップ処理によるアニメシー知覚と関係する脳活動を明らかにした。

### 方法

ロボットの運動は実際の生物の運動から物理的特徴を段階的に差し引いていくことで定義し、生物的特徴の少ない順に、カメの平均速度による直進運動、カメの運動と速度と方向変化の平均ならびに分散の点で等しいランダム運動、カメの運動と時系列特性が同じであり速度と方向変化の平均ならびに分散の点で等しい運動、カメから計測された運動の4種類であった。そこに本物のカメも加え5条件で比較した。その他の手続きはすべて実験4と同様であった。

### 結果

対象の運動の持つ生物的特徴が少ないほど、リーチングにおける右側頭部（P8）の事象関連電位の正の電位の振幅が大きくなるという結果が得られた（ $F(4,11) = 3.547, p < .05$ ）。この結果は、実験3における右側頭部の差と一致しており、右側頭部において、対象の生物的运动特徴の処理が行われる可能性を示唆する。

## 7. 結論

第I部（実験1, 2）では、自分自身で働きかける場合と他者の働きかけを観察する場合とで、強くアニメシーを感ずる運動特徴が変化することを示した。これにより、アニメシーを感ずる対象との関係性、すなわち対象への働きかけによって、異なる認知メカニズムが働く可能性が示唆された。すなわち、対象に自分自身で働きかけを行う場合にのみ、対象の行動の内部モデルの推測が可能となり、その内部モデルを推測すること自体がアニメシー知覚を引き起こす可能性が示唆された。

第II部（実験3, 4, 5）では、実際の生物を用いて、対象への働きかけに伴う事象関連電位を計測することで、アニメシー知覚の脳内機序を調べた。実験3では、左前頭下部と右側頭部における事象関連電位がアニメシー知覚と関係していることが示された。また、これらの事象関連電位の差異はそれぞれIFG, STSの活動と関係していることが推察された。さらに、実験4と5では、実験3で得られた左前頭下部の活動が対象に対するアニメシーの帰属であるトップダウン処理に、右側頭部の活動がアニメシーに関する運動特徴のボトムアップ処理にそれぞれ関係していることを示唆する結果を得た。このことは、アニメシー知覚が、主観的に対象にアニメシーを帰属させる過程と自動的に対象の特徴からアニメシーを知覚する過程の二つの過程から成っていることを示唆する。

このように、本論文は、第I部と第II部を通して、これまでのアニメシー知覚研究では考慮されてこなかった対象への働きかけを考慮して、実際のロボットと生物を用いた実験を行うことで、アニメシー知覚が異なる二つの認知メカニズムから成っていることを示した。