

心拍変動解析を用いたイヌ-ヒト間の不快情動伝染に  
関する研究

(Negative emotional contagion between dogs and humans  
using heart rate variability analysis.)

2017年 3月

麻布大学大学院 獣医学研究科

獣医学専攻 博士課程

伴侶動物学

DV1303 片山 真希

目次	
要旨	1
英文要旨	5
総合緒言	9
第1章 イヌの情動変化が心拍変動に与える影響	13
第1節 緒言	13
第2節 材料と方法	15
1 対象動物	15
2 実験場所	15
3 実験装置	15
4 実験前準備	16
5 実験方法	16
第3節 データ解析	18
1 心電図データの補完と抽出	18
2 R波の検出とRR間隔の計算	18
3 飼い主およびイヌの行動解析	19
4 ベースラインと快刺激、不快刺激時の心拍変動の比較	20
5 心拍変動の変化と体重との相関	20
6 統計解析	20
第4節 結果	21
1 行動解析	21
2 心拍変動解析	21
3 心拍変動の変化と体重の相関	22
第5節 考察	22
図表	25
第2章 心拍変動解析を用いたイヌーヒト間の不快情動伝染	35
第1節 緒言	35
第2節 材料と方法（後日公開）	38
1 対象	
2 実験装置	
3 実験場所・装置の位置	
4 実験前準備	
5 実験方法	
第3節 データ解析（後日公開）	38
1 心電図データの補完と抽出	

	2	R波の検出とRR間隔の計算	
	3	状態・特性不安検査日本語版のスコア化	
	4	イヌと飼い主の行動解析	
	5	心拍変動解析	
	6	唾液中コルチゾール濃度	
第4節		統計解析（後日公開）	39
	1	状態・特性不安検査	
	2	イヌと飼い主の行動解析	
	3	心拍変動解析	
	4	飼い主 - イヌ間の心拍変動相関係数と諸因子との相関	
	5	唾液中コルチゾール測定	
第5節		結果（後日公開）	40
	1	状態・特性不安検査	
	2	イヌと飼い主の行動解析	
	3	心拍変動解析結果	
	4	イヌの行動と飼い主 - イヌ間の心拍変動相関係数との相関	
	5	唾液中コルチゾール測定	
第6節		考察	40
		図表（後日公開）	
総合考察			41
謝辞			44
参考文献			45

## 要旨

共感性の基盤となる情動伝染とは、“ある個体の情動が別の個体に伝染すること”と定義される。笑顔の人を見るとつられて笑ってしまうような、情動を表出している個体と同方向の情動が引き起こされる場合もあれば、情動表出個体とは逆の情動が引き起こされる場合もある。いずれの場合も、視点取得や心の理論のような高次認知機能を必要とせず、自動的・無意識的に起こる現象である。情動伝染の内、情動表出個体と同方向の情動が引き起こされる現象においては、ヒト以外の様々な社会性を有する動物においても存在することが報告されている。情動伝染は親和性の高い個体間で成立しやすいこと、また不快情動の方が快情動よりも伝染しやすいことから、その意義は群れの集団行動を円滑にすること、特に外敵などの群れの存続を脅かすような要因に対して早く情報を共有し対応することで群れ全体の生存価を上昇させることにあると考えられているが、現在までにその進化的・適応的意義については不明な点が多い。情動伝染の進化的起源には 3 つの可能性が考えられる。1 つ目は進化の早い段階で発生し、そのまま保存されてきた可能性、2 つ目は進化の早い段階で発生したものの、種の分化に併せて分化していき、近縁種でのみ成立するようになった可能性、そして 3 つ目は社会性のある種でそれぞれ独立して発生した可能性である。この点を検討するためには、異種間で情動伝染が成立するかを研究することが有用だろう。

異種間での情動伝染の有無を検討する場合、ヒト（飼い主）とイヌは適切な対象である。イヌはヒトの出す様々な社会的・情動的シグナルに対し高い感受性を有していることが報告されており、また飼い主とイヌとの間にはヒトの母子間に類似した生物学的絆を形成することが行動学的、内分泌学的観点から報告されている。これらのイヌの特性は、情動伝染成立に必要な「他者の情動表出の知覚」と「高い親和性」を満たす。さらにイヌはペットとして飼育されている個体数が多いため、比較的被験対象を得やすいといった特徴もある。そこで本研究では、異種間での情動伝染成立の有無を検証することを目的として飼い

主とイヌに着目し、2つの実験を行った。第1章では、イヌの情動変化が心拍変動に与える影響を、第2章では飼い主に不快情動を惹起させ、その情動がイヌに伝染するかを生理学的指標および行動解析を用いて検証した。

### 第1章：イヌの情動変化が心拍変動に与える影響

一般家庭で飼育されている健康なイヌを対象とした。イヌの情動状態を変化させる刺激として快刺激（飼い主によるストローク）と不快刺激（飼い主からの分離）、そして比較のためのベースライン（飼い主は室内にいるものの、イヌに対して何の刺激も呈示しない）をベースライン - 快刺激（または不快刺激） - ベースライン - 不快刺激（または快刺激） - ベースラインの順で呈示し、そのときのイヌの行動および心電図をビデオカメラとイヌに装着した心電計を用いて記録した。呈示した快・不快刺激がイヌの快・不快情動を惹起させたかを確認するために、快刺激、不快刺激とその直前のベースライン時のイヌの行動（姿勢の種類、ドアから1m以内での滞在、注視と探索、呼吸様式、鳴き声、尾振り）を解析し比較した。行動解析によるイヌの情動状態の確認後、イヌの快・不快情動が心拍変動に与える影響を観察するために、快刺激、不快刺激とその直前のベースライン時のイヌの心拍変動をそれぞれ比較した。心拍変動は姿勢の影響を除外するために各刺激呈示時に15秒同じ姿勢を維持している箇所を記録したデータの中から抜き出して解析した。解析は時間領域解析を行い、mean RRI（平均RR間隔）、SDNN（自律神経系全体の指標）およびRMSSD（副交感神経系の活性の指標）を比較に用いた。

行動解析の結果、刺激呈示時にとっている姿勢の種類はベースラインと有意に異なった（ $p < 0.01$ ）。また快刺激呈示時に、イヌは有意に飼い主を注視した（ $p < 0.01$ ）。不快刺激時においても、とっている姿勢の種類はベースラインと有意に異なった（ $p < 0.01$ ）。さらにイヌの分離不安時に見られる行動（ドアへの注視や探索（ $p < 0.01$ ）、ドアから1m以内への滞在（ $p < 0.01$ ）、whine（ $p < 0.01$ ）、bark（ $p < 0.05$ ））が有意に上昇した。心拍変動解析を行っ

たところ、快刺激呈示時にはベースラインと比較し SDNN ( $p < 0.05$ ) が、不快刺激呈示時には RMSSD ( $p < 0.05$ ) が有意に低下した。行動解析の結果から、快・不快ともに刺激呈示によりイヌの活性が上昇したことがいえた。愛着対象に向ける視線はイヌの親和的な行動と考えられているため、快刺激として呈示した「飼い主によるstroking」はイヌの快情動を惹起させたと考えられた。そして不快刺激呈示で上昇した項目は、イヌの分離不安時に見られる項目であるため、「飼い主との分離」はイヌの不快情動を惹起させたと考えられ、実験中に呈示した刺激はそれぞれイヌの快・不快情動を惹起させたと言えた。心拍変動解析の結果も快刺激時と不快刺激時で異なった。快刺激で見られた SDNN の低下は、多くの先行研究では心拍の上昇や RMSSD の低下を伴う場合にはストレスと関連して起こることが報告されている一方で、快刺激呈示時に RMSSD の上昇を伴う SDNN の低下が観察されたことを報告する先行研究も存在する。今回の結果から、RMSSD の上昇まではいかなくても、心拍数の低下や RMSSD の低下を伴わない SDNN の低下はstrokingのような低覚醒度の快情動の指標になるのではないかと考えられる。不快刺激呈示時に観察された RMSSD の低下、つまり副交感神経活性の低下は、他の動物種で報告されている先行研究と一致する結果となった。以上から、呈示した刺激は限局的ではあるものの、イヌの情動変化が心拍変動に反映されること、情動の種類によって反応が異なることが明らかとなった。

## 第2章：心拍変動解析を用いたイヌーヒト間の不快情動伝染に関する研究

一般家庭で飼育されている健康なイヌおよびその飼い主を対象に行った。イヌー飼い主ペアにはそれぞれストレス下条件、コントロール条件の2回、それぞれの条件間に1週間以上の間を空けて参加してもらった。ストレス下条件では、実験室でヒトにストレスを負荷する方法として提唱されている Trier Social Stress Test (Kirschbaum et al., 1993) を一部改変したものをを用いて飼い主に社会的ストレスを負荷した。コントロール条件では飼い主に社会的ストレスを与えなかった。それぞれの条件下での飼い主およびイヌのストレ

スの程度を評価するために、心拍変動解析、ビデオによる行動解析を行った。方法や結果の詳細については論文投稿準備中のため後日公開するが、飼い主の情動がイヌに伝染する可能性、そして情動伝染が成立するためには飼い主の情動変化を含む諸因子による修飾がなされている可能性が示唆された。

第 2 章の結果から、情動伝染の進化的起源は「進化の早い段階で起こり、それが保存されてきた」可能性が考えられるが、イヌとヒトは 3 万年以上前から共進化をしてきたとの報告もあり、今回の結果はその特殊性に支えられているのかもしれない。そのため他の異種間で情動伝染が成立するかを検討することが今後の課題である。

## Abstract

Emotional contagion, which is a primitive form of empathy, is defined that one's emotional state transmits another's ones. One that is expressing their emotions may trigger another's similar emotions, for example, when a person sees another person who is smiling, the person smiles along unconsciously, or on the other hand may trigger an opposite emotions well. In both cases, emotional contagion is the phenomenon that occurs automatically and unconsciously, and higher-order cognition function like perspective-taking and theory of mind is unnecessary. There are many reports that emotional contagion which is expressing their emotions may trigger another's similar emotions appears to be widespread among various social animals. In addition, emotional contagion occurs easily between familiar ones and negative emotional states are more contagious than positive emotional states, therefore the adaptive meaning of emotional contagion is suggested that this makes group's behavior smoother, especially raise up the survival value in a individuals/group by sharing information about something that threaten life of group members like predators and responding quickly. However, the mechanisms and the origin of evolution are mostly unknown up to today. Three possibilities are thought as the origin of emotional contagion. The first possibility is that emotional contagion occurred at early stage of the evolution, the second is that emotional contagion occurred at early stage of the evolution and came to exist in a close species with the branching of species, and third is that emotional contagion occurred independently in each social animal. To investigate those points, it is useful to research whether emotional contagion among interspecies exists or not.

Humans and dogs are appropriate subjects when the presence of emotional contagion between different species. Dogs are reported to be highly sensitive to humans' social and emotional signals like gestures and expressions, and to bond with their owners similar to mother–infant bonding in



humans in previous studies from behavioral and endocrinological viewpoints. These characteristics of dogs fulfill the conditions, “perception of other’s emotional expression” and “high familiarity” that are required for emotional contagion. Furthermore, many dogs are kept as pets so it is rather easy to gather subjects for the experiment. Therefore in study, two experiments were performed to investigate whether emotional contagion exists in interspecies or not by focusing on dogs and their owners. We investigated the influence of the emotional states on heart rate variability (HRV) in dogs in chapter 1, and investigated whether emotional state of owners elicited similar ones of dogs using physiological and behavioral analysis in chapter 2.

#### Chapter 1: The influence of emotional states on heart rate variability in dogs.

Healthy dogs that lived with their owner family were studied. To change the dog's emotional state, we used a positive stimulus (stroking by the owner) and a negative stimulus (separation from the owner) and we set a baseline (staying in the room with the owner but with no interaction) to compare with these emotional states. The stimulus and baseline were presented in a order of baseline-positive or negative stimulus-baseline-the opposite as the first stimulus-baseline and we recorded the changes of the electrocardiogram with a cardiography equipment and recorded the behavior with a video camera. To confirm whether the positive and negative stimuli that we exhibited elicited positive and negative emotions in dogs, the relative percentage of time that dogs spent in various behaviors (posture, standing by the door within 1m and orienting the door, attention and exploration, respiration, vocalization, tail wagging) in each situation were analyzed and compared those in positive and negative situation with those at just before baseline. After confirming dogs’ emotional state by behavioral analysis, The HRV parameters in each situation were compared with those at baseline. To exclude the influence of the change of posture on the HRV parameters, we selected 15 seconds RR intervals (RRI) period when dogs remained in the same posture at baseline and in each

situation and calculated the HRV parameters; mean RRI (the average of RRI), SDNN (standard deviation of normal to normal RR intervals, that is a parameter of autonomic nerve system), and RMSSD (the root mean square of successive heartbeat interval differences, that is a parameter of parasympathetic nerve system).

As a result of behavioral analysis, in positive situation, dogs took significant different postures compared with baseline ( $p < 0.01$ ). In addition, dogs gazed at their owner significantly longer time ( $p < 0.01$ ). In negative situation, dogs took significant different postures compared with baseline ( $p < 0.01$ ). Furthermore dogs took the behaviors related to separation anxiety (attention and exploration to the doo ( $p < 0.01$ ), standing by the door within 1m and orienting the door ( $p < 0.01$ ), whine ( $p < 0.01$ ), bark ( $p < 0.05$ )) increased significantly. As the result of HRV parameters analysis, SDNN significantly decreased in positive situation compared with baseline ( $p < 0.05$ ). In negative situation, only RMSSD ( $p < 0.05$ ) decreased significantly. From behavioral analysis, dogs became active in both positive and negative situations. Gaze at attachment figure of dogs are thought as attachment behavior, therefore positive emotional state in dogs were elicited by “stroking by their owners” as positive stimulus. The behaviors that increased in negative situation related to separation anxiety in dogs, therefore negative emotional state in dogs were elicited by “separation from their owner” as negative stimulus. Each stimulus exhibited in the experiment was appropriate for eliciting each emotion in dogs. The result of HRV parameters were also different between in positive and in negative situation. SDNN decreased in positive situation. Some studies report that a decrease of SDNN is associated with stress in parallel with elevated heart rate (HR) or decreased RMSSD, on the other hand, there are a report that a decrease of SDNN in parallel with increased RMSSD in positive situation. We suggest that the decrease of SDNN not in parallel with a decreased HR or RMSSD is the indicator of low arousal positive emotional state like stroking. A decrease of RMSSD in negative situation is a same result that reported in previous studies in other animals. Therefore in

dogs the decrease of RMSSD is a indicator of negative emotional state. Although the stimuli that elicited dogs' emotion in chapter 1 were limited, it is obvious that emotional states reflects the HRV parameters in dogs and the response changed according to the emotional states.

#### Chapter 2: The study of stress contagion between dogs and their owners using HRV.

Healthy dogs that lived as pets and their owners participated. The dog-owner pair participated in the two different condition, in the control condition and stress condition, with an interval of more than one week. In stress condition, the owners got social stress using modified Trier Social Stress Test (Kirschbaum et al., 1993), which applies social stress for humans in the experimental situation. In control condition, the owners did not get social stress. To evaluate the owners' and dogs' anxiety levels in each condition, we analyzed their HRV parameters and behavior. The detail results will be presented later because we are now preparing to contribute these results.

From the results of Chapter 2, we suggest that emotional contagion occurred at early stage of the evolution and saved. However, there is a report that dogs and humans coevolved for more than 30,000 years, therefore the results in this study may support by that special relations. To clarify this point, it is necessary to investigate whether emotional contagion exists in other interspecies in the future.

## 総合緒言

共感性とは、他者の情動状態を知覚し、それを自身に反映させることで他者と情動状態を共有する心的機能である。ヒト社会において共感性は、グループ内で起こる協力行動をはじめとした様々な集団行動が円滑に進むための基盤となると考えられている<sup>1</sup>。共感性は原初的な情動伝染に始まり、高次認知機能や心的機能を必要とする情動的共感・認知的共感、同情へと発展していく<sup>1</sup>。

共感性の基盤となる情動伝染は、より高次の共感性とは異なり他者の視点取得（相手の立場に立つこと）や心の理論（自身や他者の心的状態を推し量る能力）のような高次認知機能や心的機能を必要とせず、自動的・無意識的に起こる現象である<sup>2,3</sup>。そのためヒトのみならず社会性を有する様々な動物種においても存在することが明らかとなっている。情動伝染の特徴として、親和性の高い個体間でより成立しやすいこと<sup>4-6</sup>、喜びや楽しさといった快情動よりも苦痛やストレスといった不快情動の方が成立しやすいことが挙げられる。これらの特徴から群れの中で情動伝染が存在する意義は、危険を感知した個体の表出する情報を共有することで、危険そのものを察知した個体のみならず群れの他個体や群れそのものとしての生存価を上昇させるためにあることが示唆されている<sup>6</sup>が、進化的・適応的意義やその起源は現在までのところ未解明な点が多く、また親和性がありグループを形成しさえすれば異種間でも成立するのかについては不明である。

イヌはヒトに対し、卓越した特性を有している。第一に、イヌは飼い主との間にヒトの母子間に類似した非常に密接な絆を構築することが行動学的・内分泌学的観点から報告されている<sup>7-9</sup>。行動学的観点からは、ストレンジシチュエーションテストを用いた報告がある。ストレンジシチュエーションテストとは新奇環境下で被験個体がどのようにふるまうかを観察することで、被験個体が養育者に対してどのような愛着を形成しているかを調べるテストである。イヌにおいてはヒトの幼児同様、養育者に対して愛着に類似した強い嗜好性を形成していることが報告されている<sup>7,8</sup>。内分泌学的観点では、永澤らがイヌと飼い主の

間にはヒトの母子間と同様に、視線とオキシトシン神経系を介したポジティブループが存在し、それによって両者の間に生物学的絆が形成されることを報告している<sup>9</sup>。これら飼い主に対する絆形成は、祖先種であるオオカミでは見られず、イヌ特異的なものである。第二に、イヌはヒトの出す様々な社会的・情動的シグナルに対して高い感受性を有し、ヒトから得た情報を基に自身の行動を適切に調整する能力を有することである。たとえば、2つの容器のどちらかにイヌにわからないように報酬を入れ、ヒトが指さしなどのジェスチャーをした後いずれかを選択させる「物体選択課題」を用いた研究がある。物体選択課題を行うと、イヌは指さしや視線といった社会的ジェスチャーを手掛かりに報酬の入っている容器を選択する<sup>10</sup>。ヒトの社会的ジェスチャーに対する理解能力はチンパンジーや祖先種のオオカミと比較しても高く、生後9週齢～12週齢の段階で既に発達していることが報告されている<sup>11</sup>。またイヌはヒトの情動を伴う表情や音声シグナルを容易に弁別出来ること<sup>12-14</sup>や、ヒト、特に飼い主の出すそれらの情動表出を参照して自身の行動選択を調整することも報告されている<sup>15,16</sup>。上記にあげた2つの特性は、情動伝染が成立する要件のうち「高い親和性」と「他者の情動知覚」を満たすことになる。

そのため近年では異種間での共感性の有無を検討するために、イヌ-ヒト間を対象とした研究が行動学的・内分泌学的指標を用いて行われている。例えば、「伝染性あくび」を用いた報告がある。伝染性あくびとは、あくびをしている他者を見たときにつられてあくびをする身体性同調の1つであり、共感性に関与すると考えられている<sup>3</sup>。現在までにイヌはヒトのあくびに反応して伝染性あくびを起こし<sup>17</sup>、それが生後7か月齢以降で見られること<sup>18</sup>が報告されている。伝染性あくびの起こりやすさは親和性と関連が無かったとの報告<sup>18</sup>もあれば、親和性と関連しているとの報告もある<sup>19,20</sup>。ヒト-イヌ間の共感性の検討については上記以外にも、記憶課題を用い、飼い主の情動状態がイヌの課題記憶に影響を及ぼしたことを明らかにした研究<sup>21</sup>や、ゲームに負けた場合の飼い主のテストステロン値の変動がイヌのコルチゾール値の有意な予測変数になることを報告した研究<sup>22</sup>、乳児の泣き声を呈示

した場合に喃語を呈示した場合よりもイヌのコルチゾール値が上昇し行動に変化がみられたことを報告した研究<sup>23</sup>がある。これらの報告は、ヒト - イヌ間で情動伝染が成立する可能性を示唆するものである。

マウスやヒトの共感性や同調に関する先行研究では、行動の発現率や体表温度、心拍数といった生理指標を用いて微細な時間単位での解析を行っているものもあり<sup>24-26</sup>、更にはそれら指標がどのタイミングでどのように生じているのか、同調するのかを詳細に検討している報告もある<sup>24</sup>。一方で、ヒト - イヌ間での情動伝染を微細な時間単位で行った研究は限り存在しない。これはおそらく、異種であるため統一した指標となる行動を見つけることが難しいこと、イヌでは微細な時間単位で行う情動の生理指標として検討されているものがヒトや他の動物と比較して少ないこと、そしてイヌの情動状態の指標としてよく用いられているホルモン動態の測定を数分単位で行おうとすると、侵襲的な操作を要するか頻回の拘束をイヌに負荷せざるを得ないことが問題点としてあるからだろう。しかし情動伝染の存在を明らかにするためには、①情動を表出する側の個体(刺激呈示個体)と、それを知覚し受容する個体(刺激受容個体)の情動について客観的な評価を行うこと、②刺激受容個体の受け取る情報は刺激呈示個体由来のものとなるように実験統制を行うこと、③刺激呈示個体と刺激受容個体の短期的な情動変化を解析し、どちらの情動変化が先行しているかを確認する必要がある。とくに③を満たすためには、イヌ - ヒト間での情動伝染についてより詳細な時間単位で解析を行う必要があり、そのためにはイヌへの負荷を最小限にした状態で、微細な時間単位で情動評価する方法を確立する必要がある。

心拍の間隔には拍ごとに長さの違い(ゆらぎ)が存在する。このゆらぎは心拍変動と定義され、主に自律神経系による制御を受けている。そのため心拍変動を解析することで非侵襲的・継時的に微細な自律神経機能の変化を評価することが可能である。情動の変化は自律神経系活性にも反映されるため、ヒト<sup>27</sup>や産業動物<sup>28</sup>では心拍変動解析を用いた情動評価が数多くなされているがイヌではその有用性について検討した報告は少ない。イヌにお

いても心拍変動を用いた情動測定が可能であれば、心拍変動を指標としてヒト-イヌ間での情動伝染の有無を経時的に測定することが可能となるだろう。

そこで本研究では第 1 章でイヌの情動変化と心拍変動との関連を、第 2 章においては生理学的指標および行動解析を用いたイヌ-飼い主間の不快情動伝染の有無について検討を行った。

## 第1章 イヌの情動変化が心拍変動に与える影響

### 第1節 緒言

行動生物学辞典によると、情動とは「外部からの刺激に対して比較的急速に生起し適応的な反応を引き起こす脳機能の1つであり、自律神経系活性や内分泌、筋の緊張など生理学的・身体的変化や行動の変容を引き起こすため、客観的な評価をすることが可能」<sup>6</sup>な事象として定義される。情動は、快不快といった方向性（情動価）や情動の強さ（覚醒度）によって喜び、楽しさ、不安、怒りなど細かく分類されうるが、それぞれの情動状態によって異なった自律神経活性の変化が引き起こされる可能性が示唆されており、ヒトでは現在までに皮膚電気抵抗、指尖容積脈波、瞳孔の大きさ、体表温度や心拍変動などの解析を用いて、情動の種類と自律神経系活性変化の関連について詳細に議論されている<sup>27</sup>。

近年、動物福祉の観点から、特に産業動物においてその情動状態を適切に把握し、生活の質を向上させるよう努めることが求められている。そのため、動物の情動状態を把握するための生理・行動指標の探索やそれら指標を用いた既存の飼育環境の評価が様々な方法で研究されており、心拍変動解析や体表温度測定などの自律神経活性を指標として用いた研究も行われている<sup>28</sup>。例えばウシでは搾乳システムにおけるストレス<sup>29</sup>、粗悪な環境下や消化器症状によるストレス<sup>30</sup>と心拍変動との関連について、除角時の局所麻酔の効果と心拍変動・体表温度との関連<sup>31</sup>について調べられている。ウマでは運動時のストレスと心拍変動との関連<sup>32</sup>が、ヒツジでは群れからの分離ストレス<sup>33</sup>やグルーミング<sup>33,34</sup>、給餌内容（おいしい餌とそうではない餌）と心拍変動との関連<sup>35</sup>について調べられている。

イヌにおいても情動が心拍や心拍変動に与える影響について研究されている<sup>36-42</sup>。しかしながら多くの先行研究では、快情動と不快情動の比較など、情動価によって心拍変動の変化に違いがあるのかを直接比較しておらず、さらには情動以外にも心拍や心拍変動に影響を与える可能性のある体動や呼吸などの因子が除外できていない。イヌの姿勢の違いが心拍数や心拍変動に及ぼす影響についてはMarosらが報告している。Marosらは静的姿勢（臥位、



座位、立位)、動的姿勢(歩行時)のイヌの心拍数および心拍変動を比較したところ、心拍数において歩行時と臥位との間に有意差が見られたが歩行時と座位・立位との間や静的姿勢間には違いがなかったこと、心拍変動にはいずれの群でも有意な違いが無かったことを報告している<sup>42</sup>。しかしながら、ヒトにおいては静的姿勢でも体位によって心拍変動が異なることから<sup>43</sup>、イヌにおいてもその可能性を完全に除外するべきではないだろう。ヒトでは被験者に呼吸や姿勢の制御を行わせながら情動喚起を行い心拍変動との関連を調べる実験方法がとられているが、一般の家庭犬で同様の方法をとることは非常に困難である。イヌでは情動を惹起させ、その行動および心拍を記録したものを解析の際に姿勢や呼吸様式が同一になるように調整するほうが現実的かもしれない。

心拍変動の解析方法は、RR 間隔の時系列での変化を周波数とみなし、その周波数に含まれる周波数成分を評価する周波数解析、解析の単位時間に含まれる RR 間隔をそのまま計算する時間領域解析、n 番目の RR 間隔と (n+1) 番目の RR 間隔をそれぞれ x、y 軸データとしてプロットするローレンツプロットやヒストグラムの形状を評価する幾何学的解析など複数存在するが、上記のように、イヌの行動が同一となる箇所を抜き出す方法をとるのであれば、解析に使用する時間は短い方が望ましい。周波数解析は交感神経活性、副交感神経活性の評価が可能であるが解析の特性上、分単位以上の RR 間隔のデータを必要とする。一方で時間領域解析は現在までの所、交感神経活性の評価についてはまだ不明確な点があるが、10 数秒単位での自律神経活性や副交感神経活性を評価できる利点がある。そのため、動物の情動評価において短時間の時間領域解析の有用性を主張する研究もある<sup>33,44</sup>。

そこで第 1 章では、イヌに対して何の刺激も与えないベースライン、快刺激、不快刺激をそれぞれ呈示しその時のイヌの行動および心拍変動を記録し、情動の種類と心拍変動との関連について時間領域解析を用いて調査を行った。

## 第2節 材料と方法

### 1) 対象動物

動物病院、公園、大学等でリクルートした一般家庭で飼育されている生後10か月以上の小型犬から大型犬39頭（メス：17頭、オス：22頭、中性化手術済み31頭、年齢平均 $\pm$ SD=4.56 $\pm$ 3.48歳）を対象に実験を行った。イヌの健康状態については飼い主に聴取し、基礎疾患が無いことを確認した。（39頭中1頭で若齢時より心雑音があるとのことだったが、動物病院での精査により異常なしとのことだったので対象に加えた。）

### 2) 実験場所

麻布大学7号館306（4 $\times$ 7m）にて行った。室内には飼い主が座るための椅子を一脚と、イヌ用のマットを設置した（図1-1）。

### 3) 実験装置

#### ①イヌの心電図記録用

自着性包帯（3M ヴェトラップバンデージングテープ、3M）およびディスプレイサブル電極（モニタリング電極2228、3M）を図1-2のように組み合わせ、剃毛なしでイヌの体表に電極を設置できるように準備した（以後この組み合わせを「電極+バンテージ」と記載）。

イヌの心電図を記録するデバイスとして、ATR - Promotionsより提供された小型無線多機能センサ（TSND 121）および筋電アンプ（TS-EMG01）を用いた。筋電アンプは、イヌの心電図を記録するために増幅率を250倍、フィルタを0.5~150Hzに調整した。小型多機能センサおよび筋電アンプによって記録された心電図データは、小型多機能センサ自身への保存と同時にBluetoothでパソコンにデータを飛ばし、同社製品の多機能センサ用動画・センサデータ記録・再生ソフトウェアMac用（SDRecorderT）を用いてウェブカメラで記録したビデオデータと同期させた状態で記録した。

## ②行動記録用ビデオカメラ

実験中のイヌおよび飼い主様の行動を記録するために、ウェブカメラ 1~2 台 (LOGICCOOL HD ウェブカム) およびビデオカメラ (JVC) 2 台を用いて死角がないように設定した。

## 4) 実験前準備

実験内容について飼い主に説明し同意を得た後、イヌに心電図記録用の電極+バンデージおよびデバイスを装着した。はじめに胸骨柄部、剣状突起部、およびその中間点部をエコーゼリー (アクアソニッククリアー、パーカー) を用いてイヌの毛を皮膚が露出するようにかき分け、イヌの体表に心電図記録用の電極+バンデージを M-X 誘導 (-極: 胸骨柄部、+極: 剣状突起部、アース: 中間点部) となるように装着した。その後、電極部とコードの動揺を防止する目的で上から紙粘着テープ (紙バン、ニチバン) にて固定し、さらにその上から自着性包帯 (ヴェトラップ) を巻き付けた。小型無線多機能センサおよび筋電アンプはイヌの背側両肩甲骨部に来るように設置した (図 1-3)。イヌの準備が終了した後、飼い主には無線機を渡しイヤホンを耳に装着してもらった。

## 5) 実験方法

イヌおよび飼い主の装着が終わったのち、イヌが機器の装着を気にしないか確認するために、飼い主にイヌに向かってコマンドを出してもらい、動きを確認した。その後イヌを実験室内で自由に探索させ、飼い主には椅子に座ってもらった。イヌの探索中、実験者はビデオカメラと SDRRecorderT の記録を開始させた後、実験場所から退室して外の廊下に待機し実験場所の隙間からイヌの様子を観察した。イヌが探索を終了し、実験室内で自発的に臥位になった時点でイヌが室内および機器に十分順化したとみなして飼い主に無線を通じて実験開始を合図し、以下の行動 (エピソード 1~5) を無線からの指示に従ってとってもらうようお願いした。もしイヌが 1 時間以内に探索を止めない、もしくは機器装着に対し

て強い不快情動を示した場合にはその時点で実験を中断した。実験参加の 39 頭の内、3 頭は 1 時間以内に落ち着かなかったためにこの時点で実験を中止した。以下には実験中のエピソードについて記載した。エピソード 2, 4 で呈示した快刺激・不快刺激についてはそれぞれ先行研究により社会的報酬になることが報告されている「ストローク」<sup>45,46</sup>、社会的なストレスとなることが報告されている「愛着対象からの分離」<sup>8,47,48</sup> を用いた。各エピソードは 5 分以上ずつ呈示し、エピソードごとの合図は実験場所の外にいる実験者から、無線を通じて飼い主に指示した (図 1 - 4)。

#### エピソード 1 : ベースライン (1 回目)

飼い主には椅子に座って本を黙読してもらい、イヌには注意を払わないようにしてもらった。もしイヌが鳴く、すり寄る、前肢を掛ける等、飼い主との接触を強く求める行動をとった場合には、イヌを落ち着かせるために 2, 3 回優しく飼い主に撫でてもらった。

#### エピソード 2 : 快刺激 (飼い主によるストローク)

飼い主にはイヌの名前を呼び、優しく撫でてもらった。撫でる場所は飼い主の自由とした。もしこのエピソードの際にイヌが撫でられるのを嫌がるようであれば、飼い主の判断で撫でるのを中断してもらった。撫でるのを中断した飼い主には、椅子に座ってイヌに刺激を与えないように指示した。

#### エピソード 3 : ベースライン (2 回目)

飼い主にはイヌを撫でるのを中断し、椅子に座って本を黙読してもらった。そのほかはエピソード 1 と同様とした。

#### エピソード 4 : 不快刺激 (飼い主との分離)

飼い主にはイヌに向かって「バイバイ」と言ってから (コマンドとして「バイバイ」を教えていた 1 頭に関しては飼い主がイヌに「待ってて」と言ってから) 実験場所を出てもらった。

エピソード5：ベースライン（3回目）

飼い主は静かに入室し、その後はエピソード1、3同様に過ごしてもらった。

呈示順による心拍変動への影響を除外するため、エピソード2、3と4、5の呈示順は、イヌによってカウンターバランスをとった。

実験後、飼い主には普段のイヌの様子、特に撫でられることに対する反応や一頭で残される場面での反応についてのイヌの情報を記載してもらった。また実験中のイヌの様子、特に撫でられているときのイヌの反応についても記載してもらった。

実験まで行った36頭の内、さらに3頭は機器の不調によりデータの記録がなされていなかったため、これ以降の解析は行わなかった。そのため、解析まで用いたのは33頭（表1-1）であった。

### 第3節 データ解析

#### 1) 心電図データの補完と抽出

実験後、DataConverter (ATR-Promotions) を用い、小型無線多機能センサに保存されていた心電図データを抜き出して Bluetooth で記録していた心電図データと照合した。Bluetooth で記録したデータに欠損がある場合には小型無線多機能センサ内のデータを用いてデータの補完を行った。その後、ラベリングソフトウェア Mac 用 (SDLabeler) を用いてウェブカメラで記録したビデオデータから実験時間を確認し、心電図データから実験時間のみを抽出した。

#### 2) R波の検出とRR間隔の計算

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科数理情報学研究室の久保孝富先生よりご提供いただいた MATLAB ([www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)) コードを用いて抽出した実験時間の心電図波形を目視下で確認しながら R 波を検出し、RR 間隔 (RRI) を計算した。途中、心電図波形にノイ

ズなどが生じ R 波の抽出が困難となった部分については欠損値 (Not-a-Number) となるように処置をした。

### 3) 飼い主およびイヌの行動解析

記録したビデオデータから以下の 2 つの方法で行動解析を行った。

#### ① 継時的な行動のコーディング

記録したビデオから、実験中にイヌがどのような行動様式 (姿勢や体動、呼吸様式 (あくびやパンティング、ため息など)、鳴き声の有無、尾の位置など) を示したかを秒単位で詳細に記録した。飼い主の行動についても同様に、実験中適切な行動をとっているかを評価するために解析した。記録は、以後の解析でベースラインと各刺激の心拍変動を比較する箇所を決定するために使用した。この解析は 33 頭すべてに対して行った。

#### ② エピソードごとのイヌの行動解析

今回イヌに呈示した 2 つの刺激 (快刺激、不快刺激) がイヌにそれぞれ快情動、不快情動を引き起こしたかを評価するために、それぞれのエピソード中にイヌが探索や注視時間 (ドア、実験場所、飼い主)、ドアの方を向いてドアから 1m 以内にいる時間、姿勢 (頭を床につけて臥位、頭を上げて臥位、座位、立位、歩行と走行)、呼吸様式 (パンティング、ため息とあくび)、鳴き声 (whine、bark、growl)、尾振りに費やした時間の割合を算出した (図 1-5)。快刺激呈示時のエピソードの最中に転位行動の見られた、または実験後に飼い主から「いつもと様子が異なり撫でられるのを喜ばなかった」ことが聴取された計 3 頭については、ベースラインと快刺激の比較データから除外したため、計 30 頭で比較を行った。

#### 4) ベースラインと快刺激、不快刺激時の心拍変動の比較

快刺激、不快刺激とその直前のベースライン時の心拍変動についてそれぞれ比較を行った。イヌの姿勢や呼吸、鳴き声の有無などによる心拍変動への影響を除外するために、継時的な行動のラベリングを基に、比較を行うエピソード間で同じ姿勢を 15 秒以上維持している箇所を選択した。もしエピソードの中に該当する箇所が複数存在する場合には、よりエピソードの終了に近くかつ RR 間隔の欠損のない場所を選抜した。さらに選択した箇所の中央時間に相当する 15 秒間に含まれる RR 間隔を先行研究<sup>38</sup>に準じ抜き出した(図 1-6)。抜き出した RR 間隔から、「RR 間隔の平均(mean RRI)」、自律神経系全体の活性の指標となる「RR 間隔の標準偏差(SDNN)」、副交感神経活性の指標となる「隣接する RR 間隔の差の二乗の平均平方根(RMSSD)」をそれぞれ算出した。

快刺激呈示時のエピソードの最中に転位行動の見られた、または実験後に飼い主から「いつもと様子が異なり撫でられるのを喜ばなかった」ことが聴取された計 3 頭については、ベースラインと快刺激の比較データから除外した。そのため、ベースラインと快刺激間の心拍変動の比較ができた個体は 15 頭、ベースラインと不快刺激間の心拍変動の比較ができた個体は 19 頭であった。

#### 5) 心拍変動の変化と体重との相関

4) で得た、ベースラインと各刺激間の心拍変動解析結果の変化率(各刺激呈示時の心拍変動解析結果/ベースライン時の心拍変動解析結果)と体重との間で関連が見られるかを解析した。

#### 6) 統計解析

エピソードごとに得られた 15 項目の行動割合について、各刺激とその直前のベースラインを比較した。解析には統計解析ソフト(SPSS21.0、日本 IBM)を用いてウィルコクソンの符

号付き順位検定を行った。有意水準は 5%とした。

各刺激とその直前のベースラインで上記条件を満たした RR 間隔から計算した mean RRI、SDNN、RMSSD について統計解析ソフト (SPSS21.0、日本 IBM) を用いてウィルコクソンの符号付き順位検定を行った。有意水準は 5%とした。

心拍変動の変化と体重との相関については、mean RRI、SDNN、RMSSD と体重との間で MATLAB を用いて spearman の相関分析を行った。有意水準は 5%とした。

## 第 4 節 結果

### 1) 行動解析

ベースラインと各刺激の行動解析結果を表 1-2 に示した。

ベースラインと快刺激間を比較した場合、飼い主を注視・探索する時間、座位、立位の姿勢をとっている時間が快刺激時に有意に増加し (すべて  $p < 0.01$ )、頭を床につけて臥位、ドアから 1m 以内での滞在、実験場所内の注視・探索する時間が有意に減少した (すべて  $p < 0.01$ ) (図 1-7)。

ベースラインと不快刺激間を比較した場合には、立位 ( $p < 0.01$ )、ドアから 1m 以内での滞在 ( $p < 0.01$ )、ドアへの注視・探索 ( $p < 0.01$ )、whine ( $p < 0.01$ )、bark ( $p < 0.05$ ) が有意に増加し頭を床につけて臥位の姿勢をとる時間が有意に減少した ( $p < 0.01$ ) (図 1-8)。

### 2) 心拍変動解析

ベースラインと快刺激呈示時においては、mean RRI ( $z = -1.079$ ,  $p = 0.281$ ) および RMSSD ( $z = -0.795$ ,  $p = 0.427$ ) で差は認められず、SDNN ( $z = -2.272$ ,  $p = 0.023$ ) においてのみ有意な差が認められた。ベースラインと不快刺激を比較した場合には、mean RRI ( $z = -1.610$ ,  $p = 0.107$ ) および SDNN ( $z = -0.966$ ,  $p = 0.334$ ) で差は認められなかったが、RMSSD ( $z = -2.294$ ,  $p = 0.022$ ) において有意な差が認められた (図 1-9)。



### 3) 心拍変動の変化と体重との相関

ベースラインと快刺激時の心拍変動（SDNN, RMSSD）の変化率と体重との間に有意な正の相関が観察された（それぞれ  $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ ）。ベースラインと快刺激時の心拍変動の変化率と体重との間には相関が認められなかった（図 1-10）。

## 第5節 考察

今回イヌに快刺激、不快刺激として呈示した刺激が適切であったかを評価するためにそれぞれの刺激呈示時およびその直前のベースライン時のエピソード中の行動割合を算出し比較した。ベースラインと快刺激呈示時を比較した場合、頭を床につけて臥位の時間が減少した一方で、座位や立位の時間が有意に増加した。これは刺激によってイヌの活性が上昇したことを示している。またドアから 1m 以内での滞在や実験室内の探索が有意に減少した一方で飼い主を注視・探索する時間は有意に増加した。イヌにおいてはヒトと同様に、愛着対象に対する視線は親和的行動であると考えられる<sup>9</sup>ことから、実験中に撫でられることはイヌに対して快情動を引き起こしたと考えられる。

ベースラインと不快刺激呈示時のイヌの行動を比較した場合、快刺激呈示時同様に頭を床につけて臥位の時間が有意に減少し、立位の時間が有意に上昇した。これは刺激によってイヌの活性が上昇したことを示している。一方でドアへの注視や探索、ドアから 1m 以内への滞在は快刺激呈示時とは異なり有意に増加し、さらに whine、bark が上昇した。これらはイヌの分離不安時に見られる行動であり<sup>7,47,49</sup>、不快刺激として適切であったと考えられる。またベースラインと比較して快刺激、不快刺激で異なった行動が見られたことは、それぞれの刺激によってイヌに異なった情動が惹起されたことを示している。

ベースラインからの心拍変動の推移は、快刺激時と不快刺激時で異なった。快刺激時にはベースラインと比較して RMSSD で差がなかったものの SDNN で有意な低下が観察された。この結果には 2 つの可能性が考えられる。1 つ目の可能性はイヌの姿勢による影響である。

今回、姿勢や呼吸様式による心拍変動への影響を最小限にするために、比較を行うベースラインと快刺激間の RR 間隔のイヌの姿勢は同じである箇所を 15 秒間選択した。しかし、副交感神経系活性による心拍への変化は通常 5 秒以内である一方で、交感神経活性による心拍への影響はもっと遅く、5 秒以上（影響が最大になるのは 20~30 秒）程度かかることがわかっている<sup>28</sup>。つまり、同じ姿勢を選択したとはいっても前の姿勢の影響が完全には除外できていないかもしれない。2 つ目の可能性はイヌの心拍変動は、撫でられるなどの快刺激の際には SDNN の低下が起こるといえるものである。先行研究では、心拍の上昇や RMSSD の低下を伴う SDNN の低下はストレスと関連して起こるといえることを報告している<sup>30,38</sup>。一方で、子ヒツジに撫でるといった快刺激を与えた場合には RMSSD の上昇を伴う SDNN の低下が観察されたことを報告する知見もある<sup>34</sup>。もし 1 つ目の可能性が強く残るのであれば、不快刺激時にも SDNN の低下が観察される可能性が高いが、不快刺激呈示時にはそのような結果にはならなかった。そのため、2 つ目の可能性が高いのではないかと考えられる。つまり、RMSSD の上昇まではいかななくても、心拍数の低下や RMSSD の低下を伴わない SDNN の低下はストロークのような低覚醒度の快情動の指標になるのではないかと考察している。

一方で、不快刺激呈示時にはベースラインと比較して RMSSD が有意に低下した。先行研究において、不快な状況下では副交感神経系活性が低下することが報告されている<sup>50,51</sup>。イヌにおいては、RMSSD とすくみ行動やなだめ行動、転位行動との間に負の相関があることが報告されている<sup>40</sup>。先行研究の結果と今回の結果を併せて考えると、イヌにおいても RMSSD の低下は不快情動の良い指標になるといえるだろう。

しかしながら、心拍変動は情動以外にも年齢、環境因子、犬種（特に短頭種では上部気道閉塞傾向にあるため、副交感神経系が優位になりやすい）などの影響を受ける。今回、ベースラインと各刺激呈示時の心拍変動と体重との相関分析を行ったところ、ベースラインと快刺激呈示時の心拍変動の変化率と体重との間には有意な正の相関が見られた。加えて今回使用した刺激は非常に限局的である。イヌが生活の中で直面する快刺激（餌や遊びな

ど) や不快刺激 (見知らぬ個体の侵入や動物病院での注射など) は様々あり、ヒトと同様にそれぞれの刺激に対して引き起こされる心拍変動の動きが異なる可能性がある。これらの点による心拍変動への影響や変化については今後より詳細に検討すべきであるものの、イヌの情動が心拍変動に影響を与え、また心拍変動解析を行うことでイヌの情動を評価できることが明らかとなった。

図 1 - 1 実験場所の設定

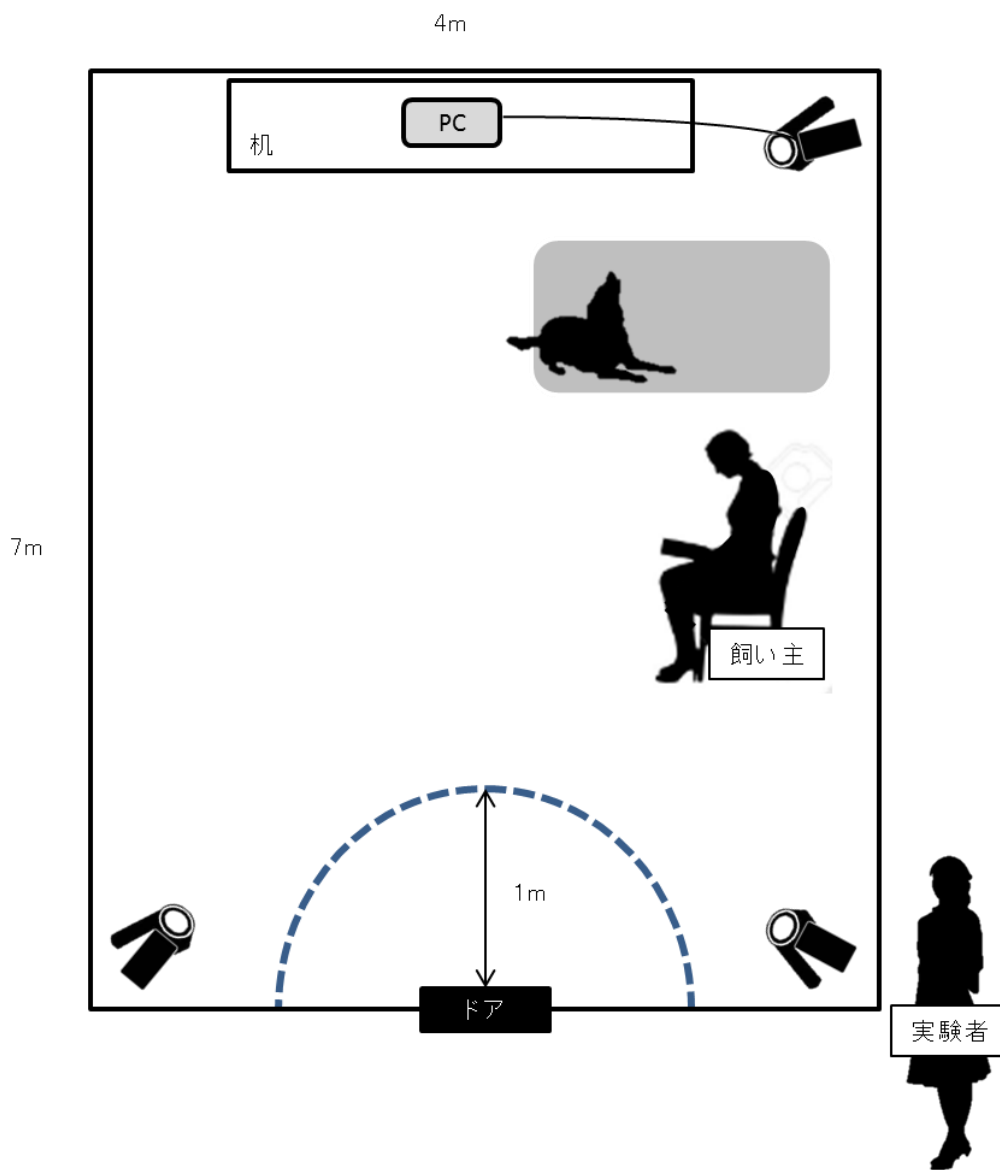


図 1 - 2 イヌの心電図記録用に作成した「電極+バンデージ」

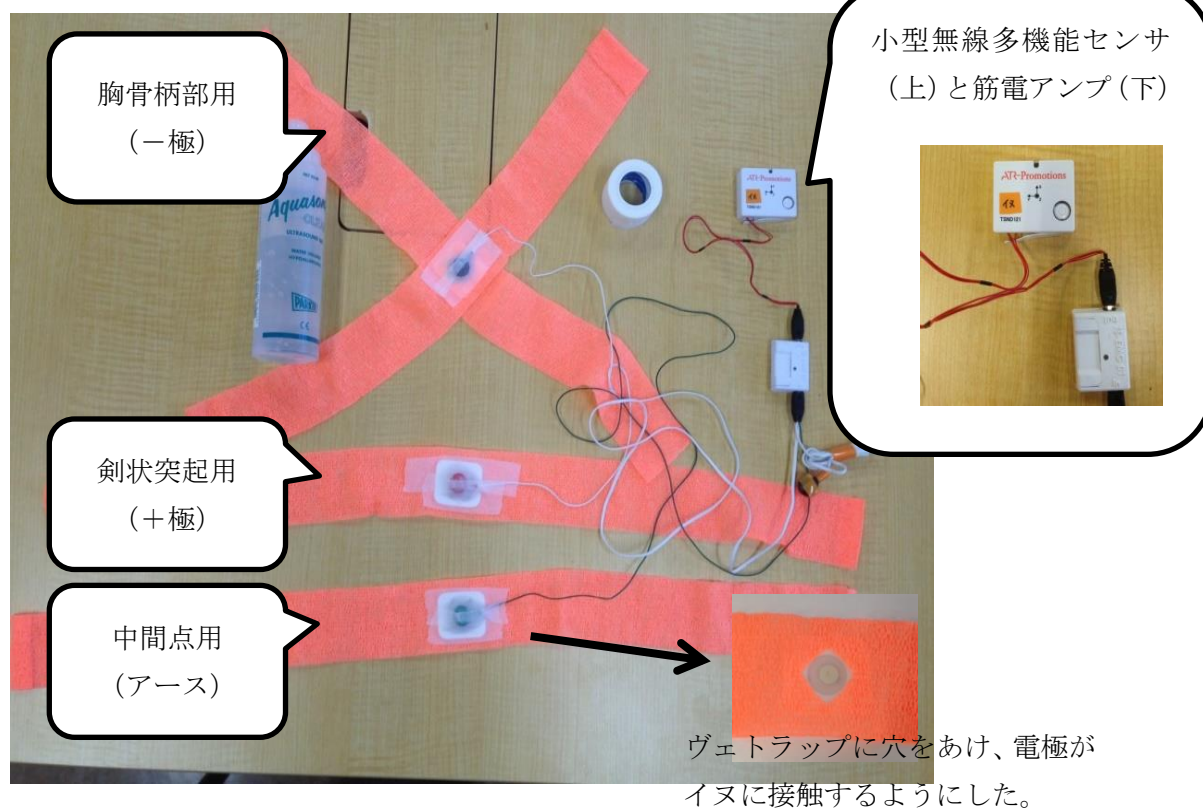
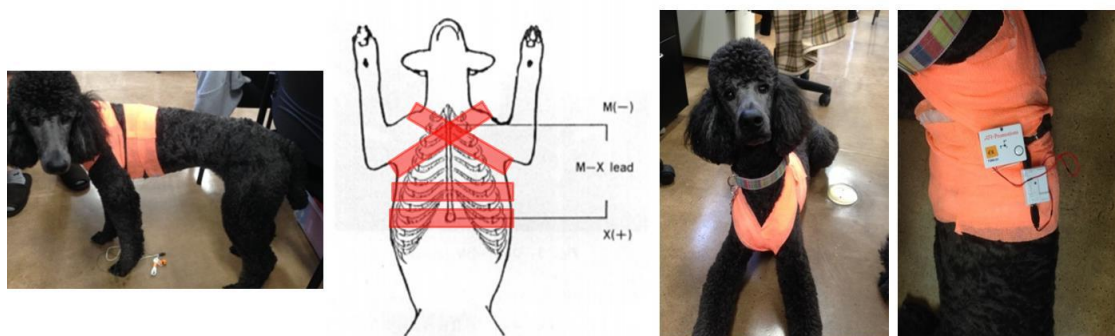


図 1 - 3 電極の装着



エコゼリーで体毛をかき分けた後、図 1-2 の「電極+バンデージ」をイヌに装着し、紙バンで電極がずれないように補強した。装着部位は M-X 誘導になるようにした (左図、中央左図 (先行研究<sup>68</sup> 図 2 より抜粋。一部改変))。その後さらに自着性包帯で固定した (中央右図)。小型無線多機能センサおよび筋電アンプはイヌの背側に図のような向きで設置した (右図)。

図 1-4 実験手順と呈示刺激のようす

実験手順



刺激呈示

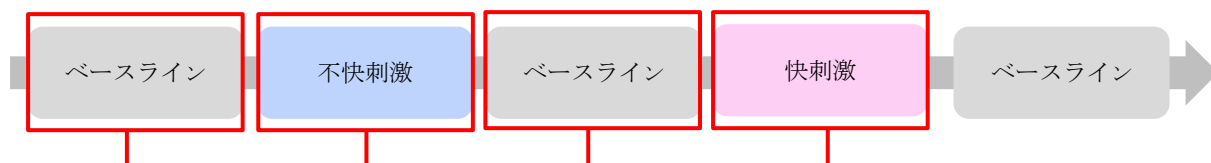
	<u>ベースライン</u>
	イヌに対して何の注意も払わない飼い主と一緒に部屋に居る
	<u>不快刺激</u>
	飼い主との分離
	<u>快刺激</u>
	飼い主によるstroーク

不快刺激、快刺激はイヌによって呈示順を入れ替えた。

表 1-1 参加個体 39 頭のうち、最終的に解析まで行った個体の情報

個体No.	犬種	性別	避妊去勢の有無	実験時の年齢	体重(kg)	呈示刺激順
dog1	ラブラドルレトリバー	♂	済	11	27	快→不快
dog2	ビーグル	♀	済	7	8.8	快→不快
dog3	キャバリア・キングチャールズスパニエル	♀	済	8	6.3	不快→快
dog4	フレンチブルドッグ	♀	未	1	6.5	不快→快
dog5	スタンダードプードル	♀	未	5	22	不快→快
dog6	雑種(チワワ×T・プードル)	♂	済	4	3.5	快→不快
dog7	雑種	♂	済	5	14	快→不快
dog8	チワワ	♂	済	2	3	不快→快
dog9	ダックスフンド	♂	済	11	6.7	不快→快
dog10	雑種(チワワ×ボメラニアン)	♀	未	0(10か月)	2.7	不快→快
dog11	チワワ	♀	未	1	2.7	不快→快
dog12	ジャックラッセルテリア	♂	済	1	5	快→不快
dog13	ヨークシャテリア	♂	済	0(10か月)	3.6	快→不快
dog14	シーズー	♂	済	5	5	快→不快
dog15	雑種(ダックス×T・プードル)	♀	未	2	2	不快→快
dog16	雑種(ダックス×T・プードル)	♀	済	9	3.4	不快→快
dog17	イタリアングレーハウンド	♀	済	6	4.9	不快→快
dog18	雑種(甲斐犬系)	♀	済	2	12	不快→快
dog19	ボストンテリア	♂	済	1	7.1	快→不快
dog20	スタンダードプードル	♂	済	9	22	快→不快
dog21	スタンダードプードル	♀	済	7	18	快→不快
dog22	ヨークシャテリア	♀	済	4	2.8	快→不快
dog23	雑種	♀	済	11	11	快→不快
dog24	スタンダードプードル	♂	済	4	19	不快→快
dog25	ラブラドルレトリバー	♂	済	11	26	快→不快
dog26	シェパード・シープ・ドッグ	♂	済	10	12	快→不快
dog27	ヨークシャテリア	♀	済	2	2.6	不快→快
dog28	トイプードル	♂	済	2	5	快→不快
dog29	ミニチュアダックスフンド	♀	済	5	4.5	不快→快
dog30	ウエルシュ・コーギー・ペンブローク	♂	未	2	13	不快→快
dog31	柴	♀	未	9	10	快→不快
dog32	トイプードル	♂	済	3	3.2	快→不快
dog33	トイプードル	♂	済	3	4.5	不快→快

図 1-5 エピソードごとのイヌの行動解析



赤線で繋いだエピソードの行動を比較した。

図 1-6 ベースラインと快刺激、不快刺激時の心拍変動の比較

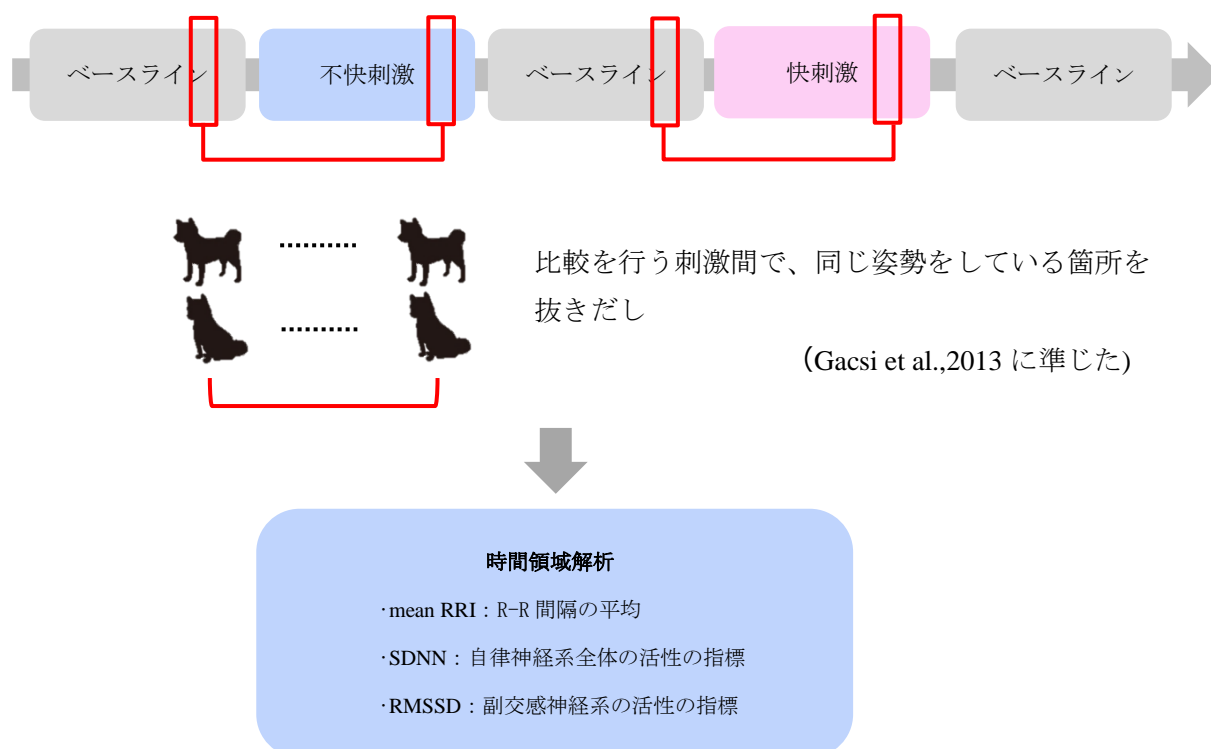




表 1-2 行動解析結果

ベースラインと快刺激呈示時の比較

解析項目		ベースライン(平均±SD)	快刺激呈示時(平均±SD)	Z	漸近有意確率(両側)
注視と探索	ドア	12.021±15.349	9.672±14.051	-0.902	0.367
	飼い主	8.084±9.127	34.343±28.324	-3.989	0.000
	実験場所	5.297±7.115	0.679±1.447	-3.041	0.002
ドアの方を向いてドアから1m以内への滞在		3.799±10.169	0.454±1.134	-3.146	0.008
姿勢	頭を床につけて臥位	57.837±32.838	28.493±38.114	-3.146	0.002
	頭を上げて臥位	15.712±21.411	13.869±27.780	-1.049	0.294
	座位	7.95±13.152	20.946±28.992	-2.374	0.018
	立位	9.508±14.122	24.887±31.383	-2.832	0.005
	歩行・走行	7.407±8.696	6.027±7.598	-0.698	0.485
呼吸様式	パンティング	0.105±0.577	0.754±2.571	-1.095	0.273
	ため息・あくび	0.127±0.293	0.278±0.448	-1.293	0.196
鳴き声	whine	0.95±2.434	0.481±1.670	-1.079	0.281
	bark	0.115±0.450	0.077±0.422	-0.447	0.665
	growl	0.028±0.153	0.013±0.072	-1.000	0.317
尾	尾振り	5.52±6.904	7.748±10.537	-0.730	0.465

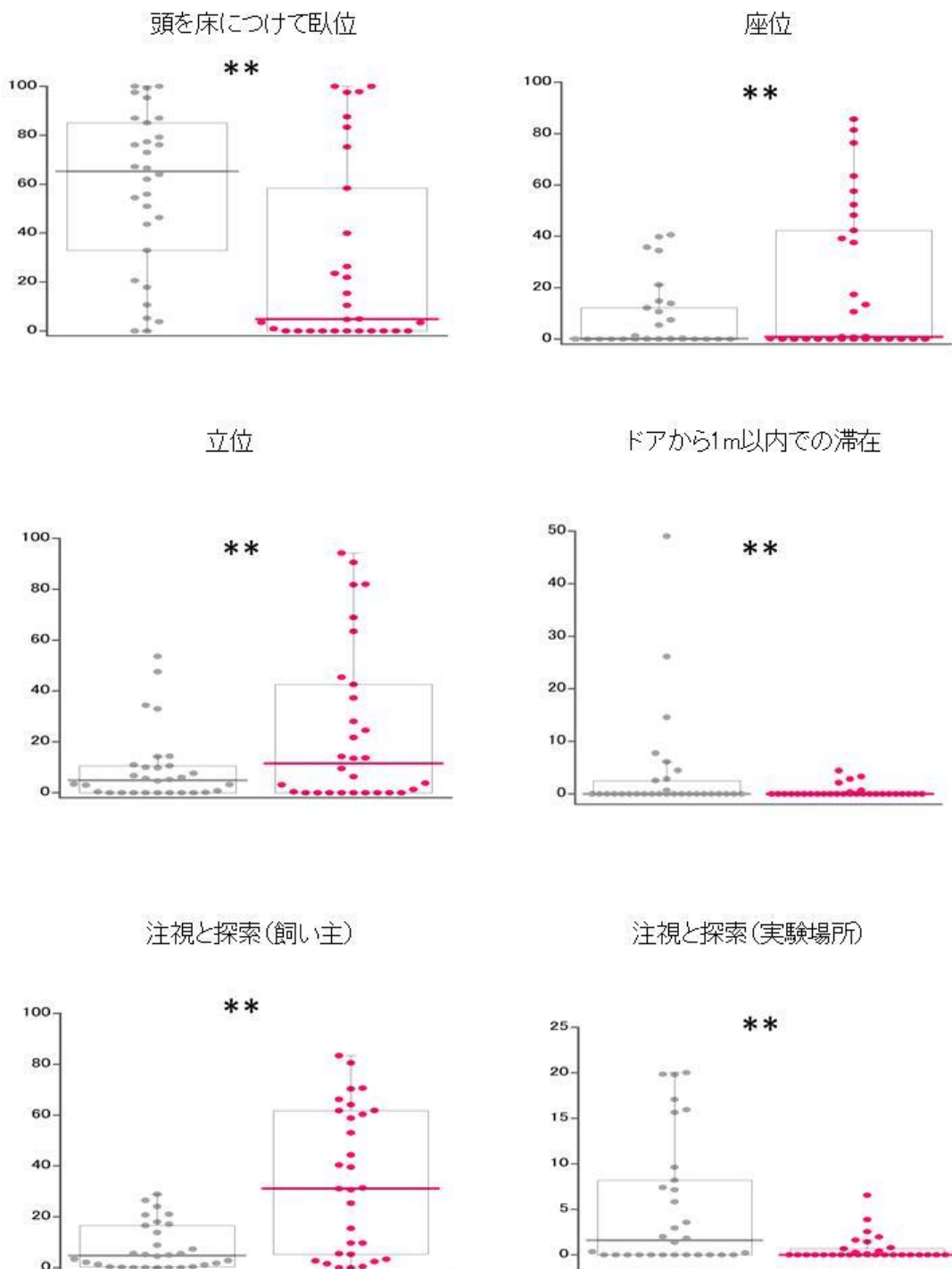
ベースラインと不快刺激呈示時の比較

解析項目		ベースライン(平均±SD)	不快刺激呈示時(平均±SD)	Z	漸近有意確率(両側)
注視と探索	ドア	10.032±15.740	55.618±30.099	-4.554	0.000
	飼い主	5.365±10.717	***	***	***
	実験場所	9.218±16.823	5.135±7.975	-0.686	0.493
ドアの方を向いてドアから1m以内への滞在		4.552±12.744	34.368±33.374	-4.103	0.000
姿勢	頭を床につけて臥位	61.563±37.812	19.17±30.109	-4.076	0.000
	頭を上げて臥位	13.811±23.903	10.803±21.506	-0.745	0.456
	座位	2.486±5.159	13.699±18.651	-3.003	0.003
	立位	11.884±18.680	41.897±29.960	-4.349	0.000
	歩行・走行	9.525±15.387	11.711±8.942	-1.548	0.122
呼吸様式	パンティング	0.000±0.000	0.163±0.777	-1.826	0.068
	ため息・あくび	0.137±0.258	0.048±0.176	-1.836	0.066
鳴き声	whine	0.613±2.601	11.759±18.198	-3.920	0.000
	bark	0.11±0.448	3.026±9.422	-2.073	0.038
	growl	0.057±0.212	0.076±0.257	-0.524	0.600
尾	尾振り	5.745±11.645	13.384±20.352	-1.834	0.067

不快刺激呈示時の「注視と探索（飼い主）」は、実験条件上飼い主が存在しないため\*\*\*と表記。統計解析を行わなかった。

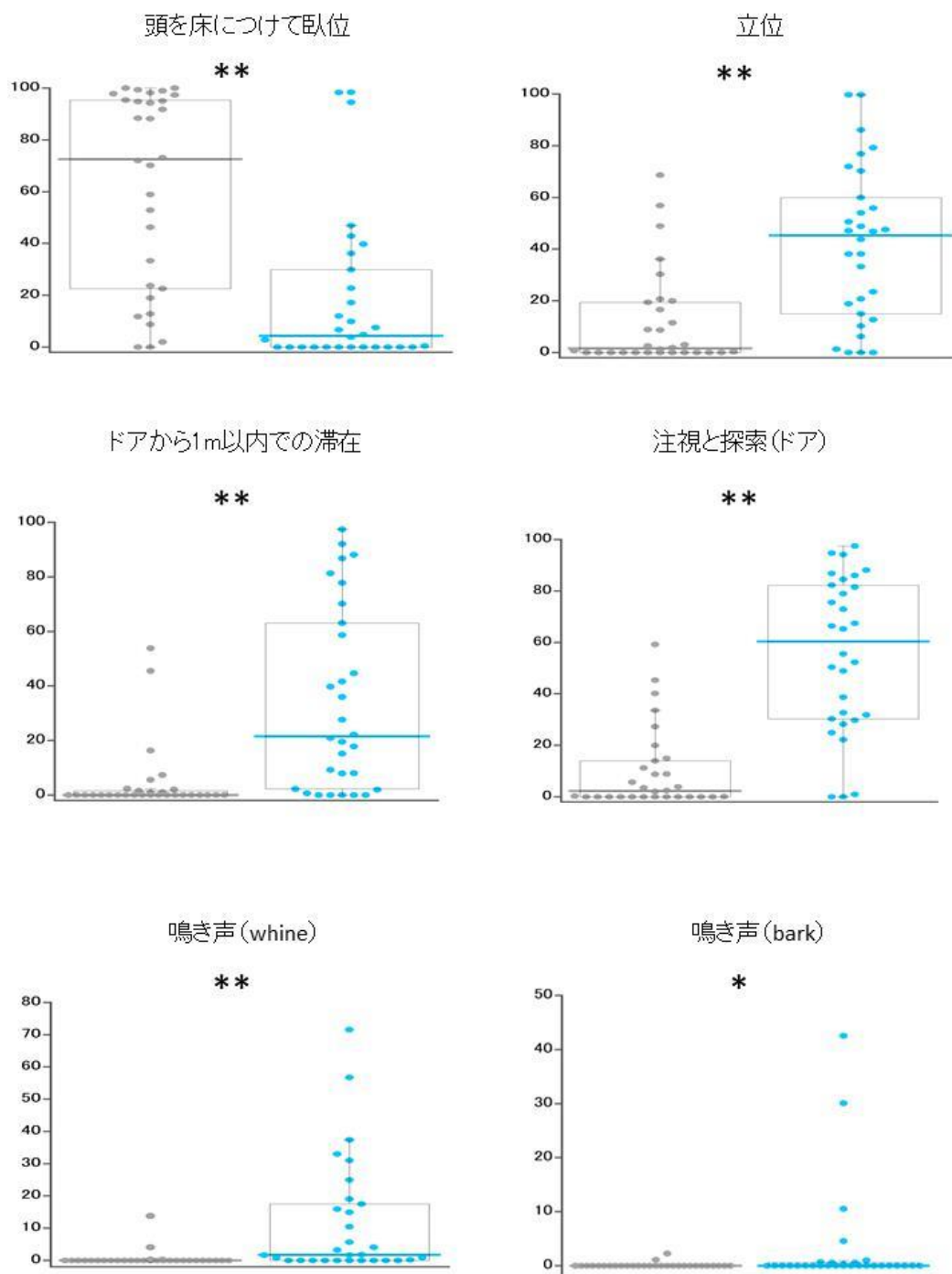
イヌの行動解析項目の内、ベースラインと刺激間で有意差の出たもののみをグラフ化。

図 1 - 7 ベースラインと快刺激の比較



● : ベースライン    ● : 快刺激下  
 \*\* ;  $p < 0.01$  Wilcoxon の符号付き順位検定

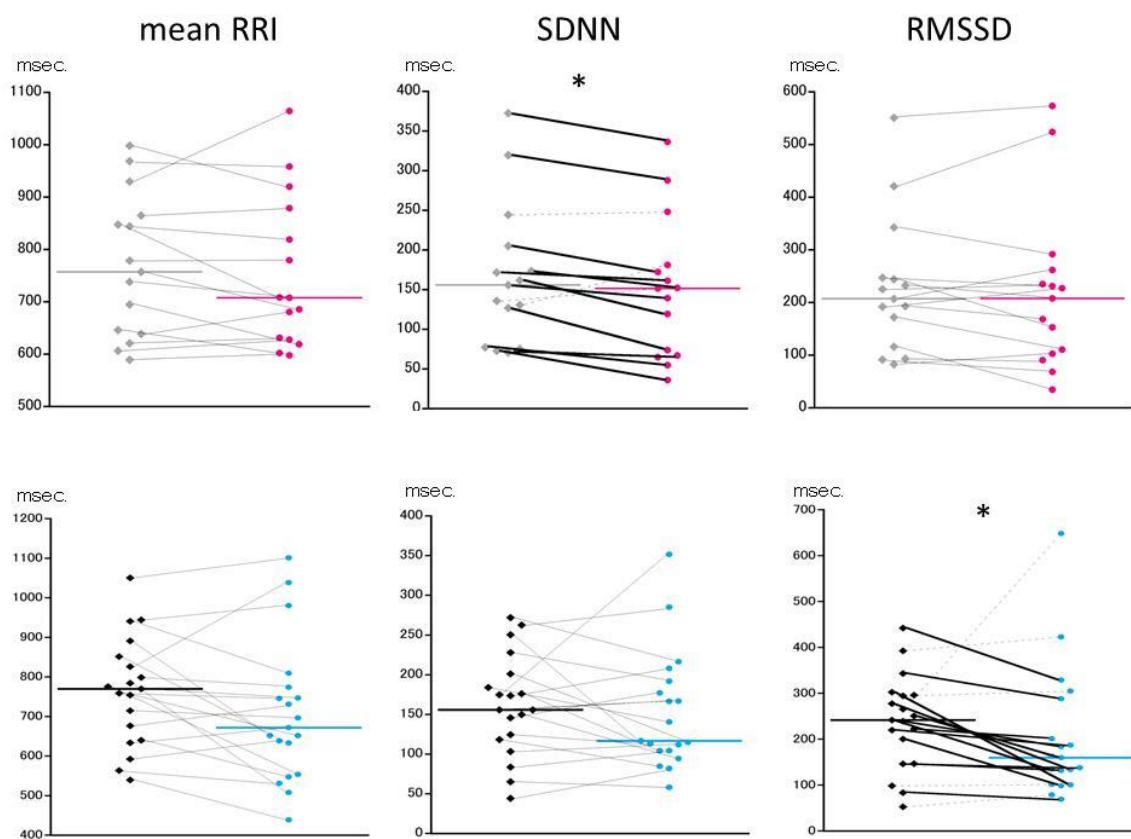
図 1-8 ベースラインと不快刺激の比較



● : ベースライン ● : 不快刺激下

\*\* ;  $p < 0.01$  \* ;  $p < 0.05$  Wilcoxon の符号付き順位検定

図 1 - 9 ベースラインと各刺激間の心拍変動解析結果

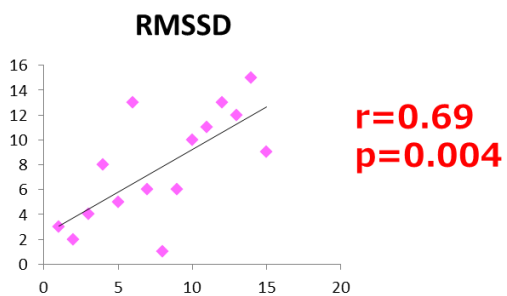
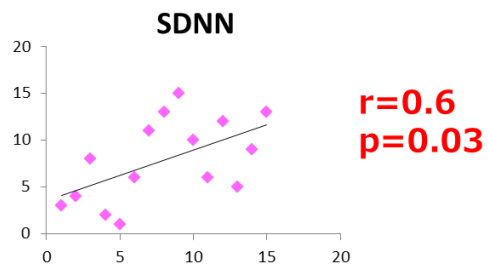
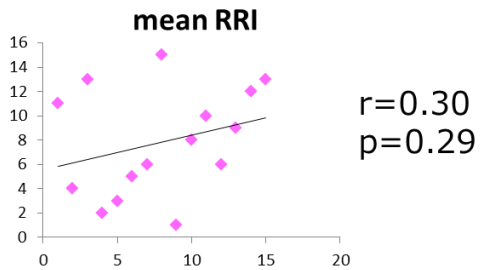


● : ベースライン    ● : 快刺激下  
 ● : ベースライン    ● : 不快刺激下  
 グラフ中のラインはそれぞれの中央値を示した。

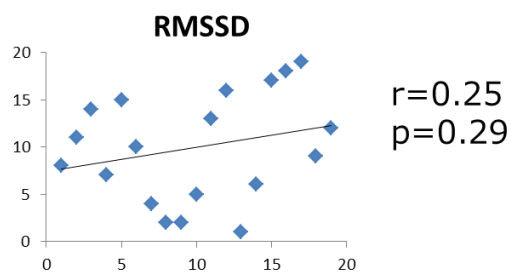
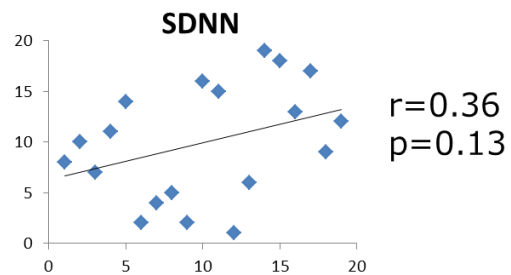
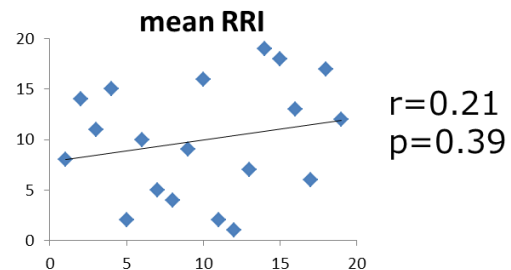
\* ; p<0.05    Wilcoxon の符号付き順位検定

図 1-10 心拍変動の変化と体重との相関

【快刺激呈示時/ベースライン】



【不快刺激呈示時/ベースライン】



Spearman の順位相関により相関係数 (r 値)、有意確率 (p 値) を得た。

x 軸：心拍変動解析結果 (それぞれ mean RRI、SDNN、RMSSD) の順位

y 軸：体重の順位

◆：快刺激呈示時の心拍変動/ベースラインの心拍変動と体重との相関結果

◆：不快刺激呈示時の心拍変動/ベースラインの心拍変動と体重との相関結果

## 第2章 心拍変動解析を用いたイヌーヒト間の不快情動伝染

### 第1節 緒言

情動伝染は、高次認知機能や心の理論などの心的機能を必要としない、共感性の基盤となる心的機能である。行動生物学辞典によると、情動伝染は更に「他個体の不快や危険など負の情動により自身にも負の情動が惹起されることを負の情動伝染、楽しさや喜びなどの快の情動により自身にも快の情動が惹起されることを正の情動伝染、他個体の快情動が自身の不快情動を惹起することを逆共感、他者の不快情動が自身の快情動を惹起する場合（いわゆる「人の不幸は蜜の味」に近い）をシャードンフロイデ」と細分化される<sup>6</sup>。この内、正・負の情動伝染はヒト以外の様々な動物種においても存在することが明らかとなっている。例えば、産卵経験のある雌鶏では同じ鶏舎内の雌鶏や雛が中等度のストレス（風の吹き付け）を受けている際に心拍数の上昇、眼表面温度の低下、警戒行動の低下や羽繕いの低下を示した事<sup>52</sup>、マウスでは痛み行動を示す他個体の存在下で、より痛み行動を示すようになった事<sup>4</sup>、子ブタでは拘束ストレスを与えられている他個体の存在下で、心拍数や心拍変動の変化は見られなかったものの、すくみ行動や他個体へ頭を向けている時間が上昇や動きの低下など行動面での変化が起こった事<sup>53</sup>などが挙げられる。

情動伝染は高次認知機能を必要とせず、表情や姿勢、動きなどの自動的・即時的な同調により引き起こされる現象<sup>3</sup>であり、親和性の高さや他個体の表出する情動価の違いによってその成立のしやすさは異なる。そのため同種の群れにおける情動伝染の存在意義は、群れの社会機能を円滑に進め、その生存価を高めることにあるだろう。情動伝染が「グループの維持」のために機能するのであれば、グループを形成する個体間であれば種を超えて成立するものであろうか。

「自動的・即時的な同調」には、表情や行動の模倣など他者から知覚される外的な同調と、心拍や脳活性の変化などの、他者から知覚されるのが非常に困難あるいは不可能な内

的な同調の 2 つのパターンがあると考えられる。もし同調が外的なもののみの場合、異種間での情動伝染の成立は同種間よりも難しいだろう。なぜなら情動表出の方法は種によって異なるものが多々存在するため、例え情動の変化を知覚・弁別できてもその表出をそのままコピーできるとは限らないからだ。一方で他者の情動を知覚した後、他者の情動表出に最も類似した外的な反応が惹起され結果として内的な同調が間接的に成立するか、もしくは情動状態を知覚することより直接内的な変化が起こるならば、異種間でも情動伝染が存在する可能性がある。異種間での情動伝染の存在が明らかとなれば、情動伝染成立のメカニズム解明へ寄与することが期待される。また、異種間での情動伝染の存在を検討することは、情動伝染の起源がどの段階にあるのかを検証するために非常に有用である。

異種間での情動伝染を調べるにあたり、被験対象や対象とする情動、そして評価に用いる指標について考える必要がある。被験対象は異種間で「親和的な関係性を構築」し「他種の情動表出が弁別できること」が明らかとなっている動物種を用いるのが望ましい。総合緒言で述べたように、イヌはヒト（飼い主）との間に母子間に類似した親和的な関係性を構築し、ヒトの出す様々な社会的・情動的シグナルに対して鋭敏な動物である。またペットとして非常に多くの頭数が存在するため、被験対象数を得やすい。そのため異種間での情動伝染を研究する場合、イヌとその飼い主は非常に適した対象である。実験対象とする情動は、より伝染しやすい不快情動を用いるのが成立しやすいだろう。解析方法は行動指標、生理指標（コルチゾールなどの内分泌指標、体表温度や心拍などの自律神経系指標）が挙げられるが、中でも心拍を用いた解析は非侵襲的で一度装着するとそのままデータを得ることが可能なため動物への負担が少なく、微細な時系列のデータを得られるという利点がある。

心拍数や心拍変動を用いて情動伝染の有無を評価した先行研究はいくつか存在する。興味深いことに、心拍数や心拍変動を用いた解析で情動伝染の存在を明らかにできた研究と、他の指標であれば変化が出たのにも関わらずこれら指標からは情動伝染を示唆する結果が

得られなかったと報告する研究がある。例えば、前述した雌鶏やヒヨコのストレスを刺激として用いた実験では心拍数の増加が見られているし<sup>52</sup>、ヒトの母子間の研究では、インタラクションをとっている母子間で心拍数の同調<sup>24</sup>が報告されている。一方で、前述の子ブタの実験では、行動面の変化が起こったにも関わらず心拍数や心拍変動の変化はみられなかったことを報告している<sup>53</sup>。ヒトにおいても、冷水に浸している他者の手の映像を見た時に体表温度の変化は見られたが心拍数の変化は見られなかったことを報告している<sup>54</sup>。このような違いが起こった理由として、3つの可能性が考えられる。1つ目はGoumonらが指摘するように、心拍数や心拍変動解析は共感を測定する実験の指標としては不向きである可能性である<sup>53</sup>。2つ目は実験設定上の理由、つまり情動表出側の個体が出す情報の多寡やそれを知覚する側の個体の状態、実験環境により、心拍数や心拍変動へまで変化が及んだ研究とそうでない研究が存在する可能性である。3つ目は解析上の理由である。情動表出側の個体が出す情報量によっては、それを知覚する側の個体の情動に変化が起こったとしても一過性である可能性がある。そのため実験時間全体や一部分の心拍のみを抜き出して解析を行うよりも、Feldmanらが母子間での交流の際の心拍を解析した方法を参考に、情動表出側の個体とそれを受容する個体の心拍数や心拍変動の連続的な変化を解析し、同調が見られるかを解析した方が情動伝染の有無を検出しやすいかもしれない<sup>24</sup>。また、自律神経系活性が心拍変動に影響を与えるには数秒程度の時間的なずれが存在する<sup>28</sup>。解析方法によってはその「時間のずれ」が結果に影響する可能性も考慮すべきかもしれない。この点については心拍数および心拍変動解析を情動伝染の実験に用いる際に一緒に検討すべき課題だろう。

第2章では、飼い主に社会的ストレスを負荷するストレス条件、ストレスを負荷しないコントロール条件の2条件下で飼い主およびイヌの行動や生理指標がどのように変化するか、また飼い主とイヌとの間でこれらの指標に同調が見られるかを測定することで両者間での情動伝染の有無について検討した。



## 第2節 材料と方法

### 1) 対象

後日公開

### 2) 実験装置

後日公開

### 3) 実験場所・装置の位置

後日公開

### 4) 実験前準備

後日公開

### 5) 実験方法

後日公開

## 第3節 データ解析

### 1) 心電図データの補完と抽出

後日公開

### 2) R波の検出とRR間隔の計算

後日公開

### 3) 状態・特性不安検査日本語版のスコア化

後日公開

4) イヌと飼い主の行動解析

後日公開

5) 心拍変動解析

後日公開

6) 唾液中コルチゾール濃度

後日公開

#### 第4節 統計解析

1) 状態・特性不安検査

後日公開

2) イヌと飼い主の行動解析

後日公開

3) 心拍変動解析

後日公開

4) 飼い主 - イヌ間の心拍変動相関係数と諸因子との相関

後日公開

6) 唾液中コルチゾール測定

後日公開

第5節 結果

1) 状態・特性不安検査

後日公開

2) イヌと飼い主の行動解析

後日公開

3) 心拍変動解析結果

後日公開

4) 飼い主 - イヌ間の心拍変動相関係数と諸因子との相関

後日公開

5) 唾液中コルチゾール測定

後日公開

第6節 考察

詳細については後日公開するが、飼い主の軽微な不快情動がイヌに伝染する可能性と、情動伝染成立には諸因子が影響していることが示唆された。

## 総合考察

本研究では、飼い主とイヌを対象として、異種間でも情動伝染が成立するか、成立するのであればどのタイミングでどのように成立するのかを行動、生理指標を用いて調査した。より微細な時間単位での解析が可能となるように、生理指標の1つとして心拍変動解析を用いることにしたが、イヌにおいては心拍変動解析が情動評価に適するかについてあまり検討されていなかった。そこではじめに、第1章では心拍変動解析がイヌの情動変化を評価するに値するかを調査した。

第1章の結果から、イヌにおいても情動価によって心拍変動の変化が異なることが明らかとなり、情動変化が心拍変動に影響を及ぼすことが明らかとなった。しかしイヌの情動喚起用に用いた刺激は快刺激として「ストローク」、不快刺激として「飼い主との分離」という極めて限局した場面であった。ヒトにおいては、快不快といった二極的な情動価以外にも覚醒度を含めた細分化した情動（例えば、不快情動であれば恐怖、怒り、抑うつなどで、快情動であれば喜び、楽しさ、幸せなど）について心拍変動や体表温度、指尖容積脈波など様々な自律神経活性の指標を用いて評価されており、反応が異なることが示されている<sup>27</sup>。イヌにおいても様々な状況下、たとえば快情動を引き起こす状況として遊びや餌の呈示に対して心拍変動がどのように変化するかを評価することで、イヌの情動測定のための指標としての心拍変動解析の有用性が高まると期待している。

第2章では飼い主とイヌの間で情動伝染が成立するかを検討した。詳細については後日公開するが、第2章の実験結果から飼い主の情動がイヌに伝染した可能性、そして情動伝染成立には諸因子による修飾を受ける可能性が示唆された。今回の研究とヒト-イヌ間での情動伝染の存在を示唆する先行研究から、情動伝染の基盤は種間でも成立する、つまり進化的起源は進化の早い段階で起こっており、それが保存されているのかもしれない。しかし今回の実験で対象としたヒト（飼い主）とイヌとの関係性は、総合緒言で述べたように

非常に特殊である。そのため今回の結果は「種間で情動伝染が成立する可能性を示唆」以外に『ヒトとイヌ』でのみ情動伝染が成立する可能性を示唆している可能性も考慮しなくてはならない。この点を検討するためには、「ヒトとイヌ」以外の異種同士で情動伝染が成立するかを評価する必要があるだろう。知る限り、ヒトとイヌ以外の異種間を対象に情動伝染の存在を検討した論文は現在のところ存在しないが、共感性に関与すると考えられている伝染性あくびでは、ヒトに育てられたチンパンジーを用いて実験がなされている。Campbell らはチンパンジーに同種で同じ群れのあくび、同種であるが見知らぬ個体のあくび、知っているヒトのあくび、見知らぬヒトのあくび、そしてバブーンのみを呈示した場合、同種で同じ群れのあくびとヒトのあくびの映像を見たときのみ、あくびの誘起が有意に上昇したことを報告している<sup>61</sup>。Madsen らは、チンパンジーで起こる伝染性あくびがイヌにヒトのあくびを呈示した場合と同様に、ある一定の年齢に達してから起こることを報告している<sup>62</sup>。これら報告を加味すると、情動伝染の基盤は種間レベルから存在するようにも考えられるが、しかしいずれの先行研究でも、イヌとは異なり、ヒトとの親和性とあくびの誘起率にチンパンジーでは関連が無かったことを報告している。この違いが生じた理由として、Madsen らは①実験に用いた個体の年齢の問題、②チンパンジーのあくび伝染には親和性が関与しない、③チンパンジーのあくび伝染は、同種であれば親和性と関連するが、異種間のあくびに対しては親和性と関連しないという 3 つの可能性を挙げている<sup>62</sup>。もし③の理由によるものであれば、イヌーヒト間の情動伝染の存在を示唆する先行研究や今回の結果は、ヒトに対するイヌの卓越した特性に支えられている部分があると考えられる方が良いかもしれない。つまり、情動伝染自体は異種間でも存在するが、イヌはヒトに対して様々な特性を有するためにより起こりやすいと考えることもできるだろう。ヒトに対するイヌの特性は、進化の過程でヒトに対する恐怖や攻撃性の減弱した個体が生まれ、それらの個体がヒトとニッチを共有することでヒトとイヌとの間で収斂進化が起こったこと、さらにヒトが選択圧をかける（家畜化）ことで生まれたと考えられている<sup>10</sup>。ヒトーイヌ間

での情動伝染の存在に、このプロセス、特に家畜化による影響が大きく関与するのであれば、チンパンジーのような家畜化されていない種ではなく、ウマやウシ、ネコなどの家畜化された動物ではイヌと同様にヒトの情動が伝染するかもしれない。実際、イヌの特性として挙げたもののうちいくつかは他の家畜化された種でも存在する。ヒトの出す社会的シグナルに対する反応性は、チンパンジーでは低い<sup>10</sup>と報告されているが、家畜ではヤギ、ウマやネコで良いことが報告されている<sup>63,64</sup>。またネコやウマはヒトの情動表出の種類によって行動や心拍が変化することが報告されており<sup>65-67</sup>、情動伝染に必要な要件である「他者（ヒト）の情動知覚」を満たす可能性が示唆されている。イヌ以外の家畜とヒトの間での情動伝染や伝染性あくびなど共感性に関与する行動を検討した先行研究は今のところないが、情動伝染の基盤がどこにあるのか、何に影響を受けるのかをより詳細に知るためには今後必要となる知見である。もしそれら研究を重ねた上で、イヌーヒト間の情動伝染が他の家畜よりも成立しやすければ、それはヒトとイヌの関係の特殊性に裏打ちされていると考えられる。他の家畜化動物では報告されていない、ヒトに対するイヌの特性は「ヒトの母子間に類似した関係性を構築することが行動学的・内分泌学的観点から報告されている」である。特に内分泌学的観点からの先行研究は、イヌと飼い主両者のオキシトシン分泌やアタッチメント行動が視線を介して相互に促進し合うことを報告しており<sup>9</sup>、これはイヌとヒトとの間でお互いに影響しあう共進化を経てきたと考えることもできる。つまり、異種であってもイヌはヒトとの間に、親和性を超えた絆を形成する。その絆の存在が異種間での情動伝染には必要条件であったり、より成立しやすくする一因になるかもしれない。以上すべてを明らかにするには今後かなりの研究が必要だが、今後の展開に期待したい。

今回の研究ではヒト・イヌ間の情動伝染の存在については示唆的な報告にとどまったが、上記述べたような実験方法や解析方法の改善によって、まずイヌーヒト間での情動伝染の存在を明らかにできることを期待したい。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、非常に多くの皆様方からご指導、ご協力を賜りました。

本学伴侶動物学研究室の菊水健史教授、茂木一孝准教授、野元謙作先生、自治医科大学の永澤美保先生、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科の池田和司教授、久保孝富特任准教授には研究全般にわたりご指導いただくとともに、解析手法など細部に渡るまでご教授いただきました。また熊本大学工学部情報電気電子工学科の山川俊貴助教、京都大学大学院情報学研究科の藤原幸一助教には解析方法について沢山のご指導を賜りました。

また本研究の内容に関しまして、本学外科第一研究室の藤井洋子教授、生理学第一研究室の折戸謙介教授に多大なるご指導を賜りました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

また参加者募集にご協力いただきました動物病院様、公園管理者様、ドッグカフェ様、研究を行う上でご助力いただきました本学伴侶動物学研究室の皆様、本学非常勤講師の立石佳奈子さん、そして貴重なお時間を割いて本研究にご参加いただきました飼い主様とご愛犬の皆様に深く感謝いたします。

最後に、学生生活を支えてくれた家族に心から感謝いたします。

2017年 3月

片山 真希

本実験は、麻布大学実験動物倫理委員会の承認（承認番号：160311-12）のもと、行いました。

## 参考文献

1. 文部科学省科学研究費補助金「新学術領域研究（領域提案型）」平成25年度～平成29年度  
共感性の進化・神経基盤 <http://www.empatheticsystems.jp/>
2. Hatfield, E., Cacioppo, J. T., Rapson, R. L., Emotional contagion. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* **2**, 96-100 (1993)
3. 梅田聡、板倉昭二、平田聡、遠藤由美、千住淳、加藤元一郎、中村真 編 岩波講座  
コミュニケーションの認知科学第2巻 共感（岩波書店、2014）pp.61-63
4. Langford, D. J., Crager, S. E., Shehzad, Z., Smith S. B., Sotocinal, S. G., Levenstadt J. S.,  
Chanda, M. L., Levitin D. J. & Mogil, J. S. Social modulation of pain as evidence for empathy  
in mice. *Science*. **312**, 1967–1970 (2006).
5. Xu, X., Zuo, X., Wang, X. & Han, S. Do You Feel My Pain? Racial Group Membership  
Modulates Empathic Neural Responses. *J. Neurosci.* **29**, 8525–8529 (2009).
6. 上田恵介、岡ノ谷一夫、菊水健史、坂上貴之、辻和希、友永雅己、中島定彦、長谷川寿  
一、松島俊也 編 行動生物学辞典（東京化学同人、2013）pp.253-255
7. Topál, J., Miklósi, A, Csányi, V. & Dóka, A. Attachment behavior in dogs (*Canis familiaris*): A  
new application of Ainsworth's (1969) Strange Situation Test. *J. Comp. Psychol.* **112**, 219–229  
(1998).
8. Topál, J. Gasci. M., Miklosi, A., Viranyi, Z., Kubinyi, E. & Csanyi, V. Attachment to humans: A  
comparative study on hand-reared wolves and differently socialized dog puppies. *Anim. Behav.* **70**,  
1367–1375 (2005).



9. Nagasawa, M., Mitsui, S., En, S., Ohtani, N., Ohta, M., Sakuma, Y., Onaka, T., Mogi, K. & Kikusui, T. Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human - dog bonds. *Science*. **348**, 333–336 (2015).
10. Hare, B. & Tomasello, M. Human-like social skills in dogs? *Trends Cogn. Sci.* **9**, 439–444 (2005).
11. Hare, B., Brown, M., Williamson, C. & Tomasello, M. The Domestication of Social Cognition in Dogs. *Science*. **298**, 1634–1636 (2002).
12. Nagasawa, M., Murai, K., Mogi, K. & Kikusui, T. Dogs can discriminate human smiling faces from blank expressions. *Anim. Cogn.* **14**, 525–533 (2011).
13. Ruffman, T. & Morris-Trainor, Z. Do dogs understand human facial expressions? *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* **6**, 78–79 (2011).
14. Muller, C. A., Schmitt, Kira., Barber, A. L. A. & Huber, Ludwing. Dogs Can Discriminate Emotional Expression of Human Faces. *Curr. Biol.* **25**, 601-605 (2015).
15. Merola, I., Prato-Previde, E. & Marshall-Pescini, S. Social referencing in dog-owner dyads? *Anim. Cogn.* **15**, 175–185 (2012).
16. Merola, I., Prato-Previde, E. & Marshall-Pescini, S. Dogs' Social Referencing towards Owners and Strangers. *PLoS One* **7**, e47653 (2012).
17. Joly-Mascheroni, R. M., Senju, A. & Shepherd, A. J. Dogs catch human yawns. *Biol. Lett* **4**, 446–448 (2008).
18. Madsen, E. A. & Persson, T. Contagious yawning in domestic dog puppies (*Canis lupus familiaris*): The effect of ontogeny and emotional closeness on low-level imitation in dogs. *Anim. Cogn.* **16**, 233–240 (2013).

19. Silva, K., Bessa, J. & de Sousa, L. Auditory contagious yawning in domestic dogs (*Canis familiaris*): First evidence for social modulation. *Anim. Cogn.* **15**, 721–724 (2012).
20. Romero, T., Konno, A. & Hasegawa, T. Familiarity Bias and Physiological Responses in Contagious Yawning by Dogs Support Link to Empathy. *PLoS One* **8**, e71365 (2013).
21. Sümeği, Z., Oláh, K. & Topál, J. Emotional contagion in dogs as measured by change in cognitive task performance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **160**, 106–115 (2014).
22. Jones, A. C. & Josephs, R. A. Interspecies hormonal interactions between man and the domestic dog (*Canis familiaris*). *Horm. Behav.* **50**, 393–400 (2006).
23. Yong, M. H. & Ruffman, T. Emotional contagion: Dogs and humans show a similar physiological response to human infant crying. *Behav. Processes* **108**, 155–165 (2014).
24. Feldman, R., Magori-Cohen, R., Galili, G., Singer, M. & Louzoun, Y. Mother and infant coordinate heart rhythms through episodes of interaction synchrony. *Infant Behav. Dev.* **34**, 569–577 (2011).
25. Ebisch, S. J. Aureli, T., Bafunno, D., Cardone, D., Romani, G. L. & Merola, A.. Mother and child in synchrony: Thermal facial imprints of autonomic contagion. *Biol. Psychol.* **89**, 123–129 (2012).
26. Chen, Q. L., Panksepp, J. B. & Lahvis, G. P. Empathy is moderated by genetic background in mice. *PLoS One* **4**, e4387 (2009).
27. Kreibig, S. D. Autonomic nervous system activity in emotion : A review. *Biol. Psychol.* **84**, 394-421 (2010).
28. Borell, E. Von., langbein, J., Despres, G., Hansen, S., Leterrier, C., Marchant-Forde, J., Marchant-Forde, R., Minero, M., Mohr, E., Prunier, A., Valance, D. & Veissier, I. Heart rate

- variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals — A review. *Physiol. Behav.* **92**, 293–316 (2007).
29. Hagen, K., Langbein, J., Schmied, C., Lexer, D. & Waiblinger, S. Heart rate variability in dairy cows — influences of breed and milking system. *Physiol. Behav.* **85**, 195–204 (2005).
30. Mohr, E., Langbein, J. & Numberg, G. Heart rate variability A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. *Physiol. Behav.* **75**, 251–259 (2002).
31. Stewart, M., Stafford, K. J., Dowling, S. K., Schaefer, A. L. & Webster, J. R. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiol. Behav.* **93**, 789–797 (2008).
32. Rietmann, T. R. Stuart, A. E. A., Bernasconi, P., Stauffacher, M., Auer, J. A. & Weishaupt, M. A. Assessment of mental stress in warmblood horses : heart rate variability in comparison to heart rate and selected behavioural parameters. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **88**, 121–136 (2004).
33. Reefmann, N., Wechsler, B. & Gyax, L. Behavioural and physiological assessment of positive and negative emotion in sheep. *Anim. Behav.* **78**, 651–659 (2009).
34. Coulon, M. Nowak, R., Peyrat, J., Chandeze, Herve, Boissy, A. & Boivin, X. Do Lambs Perceive Regular Human Stroking as Pleasant? Behavior and Heart Rate Variability Analyses. *PLoS One* **10**, e0118617 (2015).
35. Reefmann, N., Bütikofer, F., Wechsler, B. & Gyax, L. Physiology & Behavior Physiological expression of emotional reactions in sheep. *Physiol. Behav.* **98**, 235–241 (2009).
36. Beerda, B., Schilder, M. B. H., Hooff, J. A. R. A. M. Van, Vries, H. W. De & Mol, J. A. Behavioural , saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **58**, 365-381 (1998).

37. Bergamasco, L. Osella, M. C., Savarino, P., Larosa, G, Ozella, L., Manassero, M., Badino, P., Odore, R., Barbero, R. & Re, R. Heart rate variability and saliva cortisol assessment in shelter dog : Human – animal interaction effects. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **125**, 56–68 (2010).
38. Gasci, M., Maros, K., Sernkvist, S., Farago, T. & Miklosi, A. Human Analogue Safe Haven Effect of the Owner : Behavioural and Heart Rate Response to Stressful Social Stimuli in Dogs. *Plos One.* **8**, e58475 (2013).
39. Kuhne, F., Höbner, J. C. & Struwe, R. Emotions in dogs being petted by a familiar or unfamiliar person : Validating behavioural indicators of emotional states using heart rate variability. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **161**, 113–120 (2014).
40. Kuhne, F., Höbner, J. C. & Struwe, R. Behavioral and cardiac responses by dogs to physical human - dog contact. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* **9**, 93–97 (2014).
41. Palestini, C., Prato, E., Spiezio, C. & Verga, M. Heart rate and behavioural responses of dogs in the Ainsworth ' s Strange Situation : A pilot study. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **94**, 75–88 (2005).
42. Maros, K. Doka, A. & Miklosi, A. Behavioural correlation of heart rate changes in family dogs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **109**, 329–341 (2008).
43. 山地啓司 こころとからだを知る心拍数 (杏林書院 2013) pp.223-241
44. Greiveldinger, L., Veissier, I. & Boissy, A. Emotional experience in sheep : Predictability of a sudden event lowers subsequent emotional responses. *Physiol. Behav.* **92**, 675–683 (2007).
45. Mitsui, S. Yamamoto, M., Nagasawa, M., Mogi, K., Kikusui, T., Ohtani, N. & Ohta, M. Urinary oxytocin as a noninvasive biomarker of positive emotion in dogs. *Horm. Behav.* **60**, 239-243 (2011).

46. Odendaal, J. S. J., Meintjes, R. A. Neurophysiological Correlates of Affiliative Behaviour between Humans and Dogs. *Vet. J.* **165**, 296–301 (2003).
47. Fallani, G., Prato Previde, E. & Valsecchi, P. Behavioral and physiological responses of guide dogs to a situation of emotional distress. *Physiol. Behav.* **90**, 648–655 (2007).
48. Nagasawa, M. Shibata, Y., Yonezawa, A., Morita, T., Kanai, M., Mogi, K. & Kikusui, T. The behavioral and endocrinological development of stress response in dogs. *Dev. Psychobiol.* **56**, 726–733 (2014).
49. Beaver, B. V., 2009. Canine Behavior: Insights and Answers, second edition. Missouri: Saunders elsevier. pp.108–112, pp.176–180.
50. Abbott, J. A.. Heart rate and heart rate variability of healthy cats in home and hospital environments. *J.Feline Med. and Surg.* **7**, 195–202 (2005).
51. Michels, N., Sioen, I., Clays, E., Buyzere, M., Ahrens, W., Huybrechts, I., Vanaelst, B. & Henauw, S. De. Children's heart rate variability as stress indicator: Association with reported stress and cortisol. *Biol. Psychol.* **94**, 433-440 (2013).
52. Edgar, J. L., Lowe, J. C., Paul, E. S. & Nicol, C. J. Avian maternal response to chick distress. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* **278**, 3129–3134 (2011).
53. Goumon, S. & Špinková, M. Emotional contagion of distress in young pigs is potentiated by previous exposure to the same stressor. *Anim. Cogn.* **19**, 501–511 (2016).
54. Cooper, E. A. Garlck, J., Featherstone, E., Voon, V., Singer, T., Critchley, H.D. & Harrison, N. A. You turn me cold: Evidence for temperature contagion. *PLoS One* **9**, e116126 (2014).

55. Kirschbaum, C., Pirke, K. M. & Hellhammer, D. H. The 'Trier Social Stress Test'--a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology* **28**, 76–81 (1993).
56. Kobelt, A. J., Hemsworth, P. H., Barnett, J. L. & Butler, K. L. Sources of sampling variation in saliva cortisol in dogs. *Res. Vet. Sci.* **75**, 157–161 (2003).
57. 堀 洋道監修、松井豊編 心理測定尺度集Ⅲ～心の健康をはかる<適応・臨床>～ (サイエンス社 2001) pp.183-187
58. Beetz, A. Kotrschal, K., Turner, D. C., Hediger, K., Uvnas-Moberg, K. & Julius, H. The effect of a real dog, toy dog and friendly person on insecurely Attached Children during a stressful task: An exploratory study. *Anthrozoos* **24**, 349–368 (2011).
59. Polheber, J. P. & Matchock, R. L. The presence of a dog attenuates cortisol and heart rate in the Trier Social Stress Test compared to human friends. *J. Behav. Med.* 1–8 (2013).
60. Frans de Waal 著 柴田裕之翻訳 共感の時代へー動物行動学が教えてくれること (紀伊国屋書店 2010) pp.135-140
61. Campbell, M. W. & de Waal, F. B. M. Chimpanzees empathize with group mates and humans, but not with baboons or unfamiliar chimpanzees. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* **281**, 20140013 (2014).
62. Madsen, E. A., Persson, T., Sayehli, S., Lenninger, S. & Sonesson, G. Chimpanzees Show a Developmental Increase in Susceptibility to Contagious Yawning: A Test of the Effect of Ontogeny and Emotional Closeness on Yawn Contagion. *PLoS One* **8**, e76266 (2013).
63. McKinley, J. & Sambrook, T. D. Use of human-given cues by domestic dogs and horses. *Anim. Cogn.* **3**, 13–22 (2000).

64. Kaminski, J., Riedel, J., Call, J. & Tomasello, M. Domestic goats, *Capra hircus*, follow gaze direction and use social cues in an object choice task. *Anim. Behav.* **69**, 11–18 (2005).
65. Merola, I., Lazzaroni, M., Marshall-Pescini, S. & Prato-Previde, E. Social referencing and cat human communication. *Anim. Cogn.* **18**, 639–648 (2015).
66. Galvan, M. & Vonk, J. Man’s other best friend: domestic cats (*F. silvestris catus*) and their discrimination of human emotion cues. *Anim. Cogn.* **19**, 193–205 (2016).
67. Smith, A. V., Proops, L., Grounds, K., Wathan, J. & McComb, K. Functionally relevant responses to human facial expressions of emotion in the domestic horse (*Equus caballus*). *Biol. Lett.* **12**, 20150907 (2016).
68. 日下部憲道、神園健、福田久夫、清水憲次、舟橋紀夫、仲澤政雄、鹿野りえ、内野富弥  
1990、犬の長時間心電図に関する研究 I. 長時間心電図の誘導法及び装着法の検討  
動物の循環器 (23) 29–37

本論文の一部は、以下に公表した。

1. Maki Katayama, Takatomi Kubo, Kazutaka Mogi, Kazushi Ikeda, Miho Nagasawa, Takefumi Kikusui : Heart rate variability predicts the emotional state in dogs. *Behavioral Processes* 128, 108-112, 2016  
[doi.org/10.1016/j.beproc.2016.04.015](https://doi.org/10.1016/j.beproc.2016.04.015)