

氏名(本籍)	片山真希(広島県)
学位の種類	博士(獣医学)
学位記番号	甲第148号
学位授与年月日	平成29年3月15日
学位授与の要件	学位規則第3条第2項該当
学位論文題名	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
論文審査委員	(主査) 菊水健史 (副査) 茂木一孝 折戸謙介

論文内容の要旨

【背景と目的】

共感性の基盤となる情動伝染は、他者の視点取得(相手の置かれている立場に立つこと)や心の理論(自身や他者の心的状態を推し量る能力)といった高次認知機能や心的機能を必要とせず、他者の情動表出を知覚することで自動的に自身の情動状態に変化を起す現象である。この現象はヒトのみならず、社会性を有する動物種において広く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、快情動よりも不快情動の方が成立しやすいことが挙げられる。これらのことから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が、その進化的な起源やメカニズムには未解明な点が多い。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、種の分化に伴い種特異的になった可能性、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。

イヌはヒトと3~4万年に及ぶ共生を経て、ヒトの出す様々な社会的・情動的シグナルに対する高い感受性を獲得したこと、また飼い主との間にヒトの母子間に類似した生物学的絆を形成するようになったことが行動学的、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、ヒトとの間で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。これらのことから、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と考えられる。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、イヌの情動変化の検出方法としての心拍変動解析の有用性について、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行動解析ならびに心拍変動解析を用いて検証した。

【方法】

<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「ベースライン（イヌに対して何の注意も払わない飼い主と同じ実験室内にいる）」、「快刺激（飼い主によるストローク）」、「不快刺激（飼い主との分離）」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、それぞれの刺激呈示時のイヌの行動および心拍変動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・不快刺激がそれぞれイヌの快・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）を解析し比較を行った。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（副交感神経活性の指標）を比較に用いた。

<第2章：心拍変動解析を用いたヒト - イヌ間の不快情動伝染の検討>

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 - 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週間以上の間隔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。ストレス下条件とコントロール条件の順番については、ペアによってカウンターバランスをとった。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。飼い主に対してはそれらに加え、質問用紙による状態・特性不安検査を行いストレス負荷の程度を確認した。また心拍変動解析を用いて、微細な時系列での飼い主とイヌの同調の有無について測定するためにtime-binを15秒として飼い主とイヌのmean RRI、SDNN、RMSSDの相関分析を行った。さらにそこで得た相関係数と実験中のイヌおよび飼い主の行動や、年齢などのイヌの諸因子との間で相関分析を行った。

【結果】

<第1章>

行動解析の結果、ベースライン時と比較して、快刺激呈示時には「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、「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 $p<0.01$)。一方で不快刺激呈示時には「立位」、「ドアから1m以内での滞在」、「ドアへの注視・探索」、「鳴き声 (whine、bark)」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 (barkのみ $p<0.05$ 、それ以外は $p<0.01$)。

心拍変動解析の結果、快刺激呈示時にはベースラインと比較して有意なSDNNの低下 ($p<0.05$) が見られたが、mean RRI および RMSSD には変化が認められなかった。一方、不快刺激呈示時にはベースラインと比較して、mean RRI および SDNN には変化は見られず、RMSSD において有意な低下 ($p<0.05$) が観察された。

<第2章>

質問用紙から、コントロール条件と比較してストレス下条件では状態不安スコアが増加する傾向が観察された ($p=0.061$)。特性不安スコアについては2条件間での差は観察されなかった。行動解析項目のうち、イヌが飼い主を注視する時間のみがストレス条件下で有意に延長した ($p<0.05$)。心拍変動の変化を各条件間で比較したが、飼い主、イヌ共に2条件間での有意な違いは観察されなかった。微細な時系列でのイヌと飼い主の心拍変動の相関解析結果は、正の相関を示すペアがあるものの、負の相関を示すペアも認められ、一貫した傾向は観察されなかった。飼い主 - イヌの心拍変動の相関係数とイヌおよび飼い主の実験中の行動や年齢などの諸因子との間で相関分析を行った場合、ストレス条件下においてSDNN、RMSSDとイヌの年齢や飼育期間との間に有意な正の相関が見られ ($p<0.05$)、コントロール条件においてオスよりもメスの方が飼い主とイヌの心拍変動 (SDNN) の相関係数が高かった。またストレス条件下でSDNNと飼い主を注視する時間、1日あたりに飼い主と過ごす時間との間に正の相関傾向 (それぞれ $p=0.12$ 、 $p=0.14$)、コントロール条件においてRMSSDと飼い主がイヌを注視する時間やイヌが panting をする時間との間に負の相関傾向 (それぞれ $p=0.06$ 、 $p=0.09$)、SDNNと1日あたりに飼い主と過ごす時間との間に負の相関傾向 ($p=0.13$) が示された。また両条件とも、SDNNと座位との間に正の相関傾向が観察された ($p=0.10$)。

【考察】

<第1章>

行動解析の結果から、快刺激、不快刺激として呈示した刺激はイヌにそれぞれ快情動、不快情動を惹起したと言えた。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。快刺激呈示時にはSDNNのみの低下、不快刺激呈示時にはRMSSDのみの低下が観察された。SDNNの低下は、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>

質問用紙の結果からは、ストレス下条件下で飼い主は不安を感じる傾向にあったことが示された。行動解析の結果からは、ストレス条件時に飼い主に生じた何らかの変化はイヌをひきつけるものであったことが示された。de Waal は苦しみや動揺などの情動を表出している他個体を知覚した場合、その個体に対して強い関心を示す、「前関心」と呼ばれる状態が共感や同情に先立ち起こると主張している。ストレス条件下でのイヌの注視時間の延長はイヌでこの「前関心」によるものではないかと考察している。心拍変動解析は、条件間で比較した場合に飼い主・イヌともに違いが認められず、また微細な時系列で解析をしてもペア毎に結果が異なり、一貫した傾向は観察されなかった。しかしながら、ストレス条件下においてイヌ－飼い主の心拍変動の相関係数と年齢や飼育期間との間に有意な正の相関が見られたことから、飼い主が何らかの情動変化を示す場合には情動伝染が成立する可能性が示唆された。また、その成立のためにはイヌの年齢や飼育期間のような諸因子が影響を及ぼしていることが考えられた。今回、実験中にイヌが飼い主を注視する時間といった諸因子との間には統計的に有意な相関を見出すことはできなかったが、傾向はみられたためこれらの諸因子も情動伝染に影響を及ぼしているのかもしれない。また、イヌから飼い主に対しての情報になるであろう whine、bark などの鳴き声との間には相関が見られず、ほかにも呼吸様式の変化、飼い主がイヌを注視する時間との間には負の相関傾向しか見られなかった。このことから、イヌ側が情報源となって両者の心拍変動に相関がみられたというよりも、飼い主側が情報となってイヌの心拍が同調してきたと考察している。以上から飼い主の情動変化があり且つイヌが飼い主の状態に注意を払っている場合には飼い主の情動がイヌに伝染する可能性が示唆された。

ヒトからイヌへの情動伝染の存在が示唆された理由として、情動伝染の進化的起源が「進化の早い段階で起こり、それが保存されてきた」ことに起因すると考えられるが、イヌとヒトは3~4万年に及ぶ共進化をしてきたとの報告もあり、今回の結果はヒトとイヌの共生の特殊性に支えられているのかもしれない。今後、他の動物種を用いた異種間で情動伝染が成立するかを検討することにより、上記の点が明らかになることが期待される。

論文審査の結果の要旨

共感性の基盤となる情動伝染は、他者の視点取得（相手の置かれている立場に立つこと）や心の理論（自身や他者の心的状態を推し量る能力）といった高次認知機能や心的機能を必要とせず、他者の情動表出を知覚することで自動的に自身の情動状態に変化を起こす現象である。この現象はヒトのみならず、社会性を有する動物種において広く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、快情動よりも不快情動の方が成立しやすいことが挙げられる。これらのことから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が、その進化的な起源やメカニズムには未解明な点が多い。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、種の分化によって種特異的になった可能性、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。

イヌはヒトと3~4万年に及ぶ共生を経て、ヒトの出す様々な社会的・情動的シグナルに対する高い感受性を獲得したこと、また飼い主との間にヒトの母子間に類似した生物学的絆を形成するようになったことが行動学的、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、ヒトとの間で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。これらのことから、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と考えられる。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、イヌの情動変化の検出方法としての心拍変動解析の有用性について、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行動解析ならびに心拍変動解析を用いて検証した。

第1章ではイヌの情動変化が心拍変動に与える影響を調べた。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「ベースライン（イヌに対して何の注意も払わない飼い主と同じ実験室内にいる）」、「快刺激（飼い主によるストローク）」、「不快刺激（飼い主との分離）」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、それぞれの刺激呈示時のイヌの行動および心拍変動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・不快刺激がそれぞれイヌの快・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）を解析し比較を行った。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、ベースライン時と比較して、快刺激呈示時には「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、「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 $p<0.01$)。一方で不快刺激呈示時には「立位」、「ドアから 1 m 以内での滞在」、「ドアへの注視・探索」、「鳴き声 (whine、bark)」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 (bark のみ $p<0.05$ 、それ以外は $p<0.01$)。

心拍変動解析の結果、快刺激呈示時にはベースラインと比較して有意な SDNN の低下 ($p<0.05$) が見られたが、mean RRI および RMSSD には変化が認められなかった。一方、不快刺激呈示時にはベースラインと比較して、mean RRI および SDNN に変化は見られず、RMSSD において有意な低下 ($p<0.05$) が観察された。

行動解析の結果から、快刺激、不快刺激として呈示した刺激はイヌにそれぞれ快情動、不快情動を惹起したと言えた。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。快刺激呈示時には SDNN のみの低下、不快刺激呈示時には RMSSD のみの低下が観察された。SDNN の低下は、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。

続く第 2 章では、心拍変動解析を用いたヒト - イヌ間の不快情動伝染の有無を調べた。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 - 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 週間以上の間隔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。ストレス下条件とコントロール条件の順番については、ペアによってカウンターバランスをとった。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。飼い主に対してはそれらに加え、質問用紙による状態・特性不安検査を行いストレス負荷の程度を確認した。また心拍変動解析を用いて、微細な時系列での飼い主とイヌの同調の有無について測定するために time-bin を 15 秒として飼い主とイヌの mean RRI、SDNN、RMSSD の相関分析を行った。さ

らにそこで得た相関係数と実験中のイヌおよび飼い主の行動や、年齢などのイヌの諸因子との間で相関分析を行った。

その結果、質問用紙から、コントロール条件と比較してストレス下条件下では状態不安スコアが増加する傾向が観察された ($p=0.061$)。特性不安スコアについては変化が観察されなかった。行動解析項目のうち、イヌが飼い主を注視する時間のみがストレス条件下で有意に延長した ($p<0.05$)。心拍変動の変化を各条件間で比較したが、飼い主、イヌ共に 2 条件間での有意な違いは観察されなかった。微細な時系列でのイヌと飼い主の心拍変動の相関解析結果は、正の相関を示すペアがあるものの、負の相関を示すペアも認められ、一貫した傾向は観察されなかった。飼い主 - イヌの心拍変動の相関係数とイヌおよび飼い主の行動や年齢などの諸因子との間で相関分析を行った場合、ストレス条件下において SDNN、RMSSD とイヌの年齢や飼育期間との間に有意な正の相関が見られ ($p<0.05$)、コントロール条件下でオスよりもメスの方が飼い主とイヌの心拍変動 (SDNN) の相関係数が高かった。またストレス条件下で SDNN と飼い主を注視する時間、1 日あたりに飼い主と過ごす時間との間に正の相関傾向 (それぞれ $p=0.12$ 、 $p=0.14$)、コントロール条件において RMSSD と飼い主がイヌを注視する時間やイヌが panting をする時間との間に負の相関傾向 (それぞれ $p=0.06$ 、 $p=0.09$)、SDNN と 1 日あたりに飼い主と過ごす時間との間に負の相関傾向 ($p=0.13$) が示された。また両条件とも、SDNN と座位との間に正の相関傾向が観察された ($p=0.10$)。

質問用紙の結果からは、ストレス下条件下で飼い主は不安を感じる傾向にあったことが示された。行動解析の結果からは、ストレス条件時に飼い主に生じた何らかの変化はイヌをひきつけるものであったことが示された。de Waal は苦しみや動揺などの情動を表出している他個体を知覚した場合、その個体に対して強い関心を示す、「前関心」と呼ばれる状態が共感や同情に先立ち起こると主張している。ストレス条件下でのイヌの注視時間の延長はイヌでこの「前関心」によるものではないかと考察している。心拍変動解析は、条件間で比較した場合に飼い主・イヌともに違いが認められず、また微細な時系列で解析をしてもペア毎に結果が異なり、一貫した傾向は観察されなかった。しかしながら、ストレス条件下においてイヌ - 飼い主の心拍変動の相関係数と年齢や飼育期間との間に有意な正の相関が見られたことから、飼い主が何らかの情動変化を示す場合には情動伝染が成立する可能性が示唆された。また、その成立のためにはイヌの年齢や飼育期間のような諸因子が影響を及ぼしていることが考えられた。今回、実験中にイヌが飼い主を注視する時間といった諸因子との間には統計的に有意な相関を見出すことはできなかったが、傾向はみられたためこれらの諸因子も情動伝染に影響を及ぼしているのかもしれない。また、イヌから飼い主に対しての情報になるであろう whine、bark などの鳴き声との間には相関が見られず、ほかにも呼吸様式の変化、飼い主がイヌを注視する時間との間には負の相関傾向しか見られなかった。このことから、イヌ側が情報源となって両者の心拍変動に相関がみられたというよりも、飼い主側が情報となってイヌの心拍が同調してきたと考察している。以上から飼い主の情動変化があり且つイヌが飼い主の状態に注意を払っている場合には飼い主の情動がイヌに伝染する可能性が示唆された。

今回の研究により、1) 心拍変動解析を 15 秒という時間単位で計算した場合でも、イヌの情動の変化を評価することが可能であることが示された、2) この指標を用いて、飼い主からイヌへの情動伝染を調べたところ、年齢が高く飼育期間が長い場合は、両者の心拍変動の指標が高い相関を示し、情動が伝染した可能性が示された。ヒトからイヌへの情動伝染の存在が示唆された理由として、情動伝染の進化的起源が「進化の早い段階で起こり、それが保存されてきた」ことに起因すると考えられるが、イヌとヒトは 3~4 万年に及ぶ共進化をしてきたとの報告もあり、今回の結果はヒトとイヌの共生の特殊性に支えられているのかもしれない。今後、他の動物種を用いた異種間で情動伝染が成立するかを検討することにより、上記の点が明らかになることが期待される。このような条件を統制し、微細時間における自律神経系の情動評価によって、飼い主からイヌへの情動伝染が示されたことは、世界初であり、動物共生科学にも資する重要な知見となった。このことから、本研究は、博士（獣医学）の学位を授与するのにふさわしい業績と判断した。