

平成 29 年 2 月 14 日

## 愛犬の「心の状態」を理解する手助けに

### 世界初！犬のストレス状態をリアルタイムに評価する解析手法を開発

公立大学法人大阪府立大学（理事長：辻 洋）生命環境科学域附属 獣医臨床センターの島村 俊介 准教授の研究グループは犬の自律神経の活動状態を心拍変動から評価できる解析手法を開発しました。

#### ■本研究成果のポイント■

- ・心拍変動の時間領域指標による犬の自律神経活動評価に成功
- ・短時間のサンプリングでの評価が可能のため、犬の状態をほぼリアルタイムで把握することが可能
- ・本研究に用いた心電測定用の機器は、シャープ株式会社研究開発事業本部と共同で新規開発したウェアラブルセンサーを使用。今後は、本解析手法を実装したセンサーおよびシステムの開発に引き続き取り組む予定



開発中のウェアラブルセンサーを装着した様子

これまで、人と同様に犬の心拍変動から自律神経機能を評価する試みが行われてきました。しかし、人と比べて安静時呼吸数が小さく呼吸数変動や個体差が大きい犬においては、周波数領域を指標とする心拍変動の解析は困難とされてきました。本研究では、周波数領域指標とは異なる時間領域を指標とした心拍変動解析に着目し、犬におけるプロットの分布変動を解析するシステムを開発しました。その結果、人為的な安静あるいは緊張状態においた犬の心拍情報から、安静あるいは緊張といった「犬の心の状態」を評価することができました。

このような動物の状態を解析するシステムは、犬の心的状態やストレスを人間が理解するためのツールとなり得ます。また、長期にわたって観察することで体調の変化をいち早く察知することができれば、犬の健康管理や疾病の早期発見、治療の評価などの獣医医療分野への応用が期待されます。

本研究に用いた心電測定用の機器は、シャープ株式会社研究開発事業本部と共同で新規に開発したウェアラブルセンサーを用いました。今後は本解析手法を実装したセンサーおよびシステムの開発に取り組めます。なお、本研究成果は、2月18日の獣医内科学アカデミーで発表する予定です。

平成 29 年 2 月 14 日

## 1. 背景

動物の心臓は、一生を通じて休むことなく動き続けますが、必ずしも規則正しく動いているわけではありません。昼起きている時にははやく、夜寝ている時にはゆっくり拍動する大きな周期的変動に加え、その時々環境（ストレス）に応じて、1拍ごとに細かく変動しながら動いています。この1拍ごとのゆらぎ（心拍変動）は自律神経の活動と密接に関係しており、このゆらぎを解析することで自律神経機能を評価することができ、人においてはストレスの指標として多方面で活用されています。この心拍のゆらぎに基づくストレス評価の方法に着想を得て、犬においても自律神経の活動状態が心拍のゆらぎから評価できる解析手法を開発しました。

## 2. 研究成果

従来、心拍変動から自律神経機能を評価する試みは犬でも行われており、その解析手法として周波数領域指標が用いられてきましたが、その有用性は人にはおよばないのが現状でした（解説1）。そこで、カオス時系列の特徴解析手法のひとつであるローレンツプロットを用いた心拍変動解析が、周波数領域指標とは異なる時間領域指標として人で用いられていることに着目しました。ローレンツプロットでは、2次元直交グラフ上において、心電波形から得られる拍動間隔（RRI: R-R Interval）に基づき、ある時刻  $k$  番目の  $RRIk$  を横軸にとり、その1拍後の  $k+1$  番目の  $RRIk+1$  を縦軸にとってプロットすることで得られる各時点の RRI 分布を解析に用います。RRI の変動が大きくなる副交感神経優位の状態においてはそのグラフ上で RRI の分布が拡散し、RRI が一定に近づく交感神経優位の状態においてはそれらが収束します（解説2）。今回、我々は犬におけるプロットの分布変動を解析するシステムを開発しました。人為的な安静あるいは緊張状態においた犬の心拍情報を取得し、当システムで解析をおこなったところ、安静あるいは緊張といった犬の状態を評価できることを明らかにしました（解説3）。

## 3. 今後の展開

このような動物の状態を解析するシステムは、犬の心的状態やストレスを人間が理解するためのツールとなり得ることから、飼い主と犬との関係をより深めることに役立つと考えます。今後、長期にわたって観察することで体調の変化をいち早く察知することができれば、犬の健康管理や疾病の早期発見、治療の評価などの獣医医療分野への応用が期待されます。

本研究に用いた心電測定用の機器は、シャープ株式会社研究開発事業本部と共同で新規に開発したウェアラブルセンサーであり、本解析手法を実装したセンサーおよびシステムの開発に引き続き取り組まします。

なお、本研究成果は、2月18日の獣医内科学アカデミーで発表する予定です。

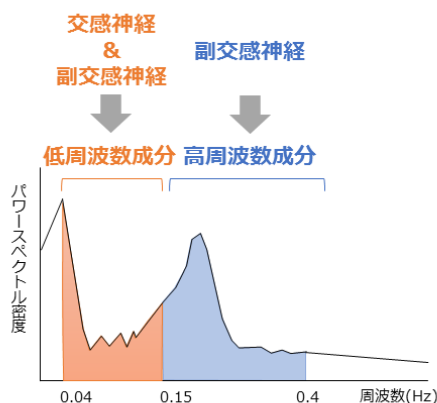
平成 29 年 2 月 14 日

4. 解説

(解説 1) 心拍変動の周波数解析

従来、心拍変動のゆらぎにおいては、高周波数成分(0.15-0.4Hz)には副交感神経系が関与し、低周波数成分(0.04-0.15Hz)には交感神経と副交感神経の両者が関与するとされていることから、各周波数成分を求めることで、交感神経ならびに副交感神経機能の定量的評価が行われてきました。犬においても同様のアプローチがなされてきましたが、その有用性は人にはおよばないのが現状でした。その原因の一つに、犬の呼吸数の変動幅が人と比べてとても広いことが挙げられます。人においては、1分間に9回(0.15Hz)以上呼吸する前提で、高周波数成分には呼吸数に基づく心拍変動のみが見られるとしますが、実際に犬の安静時呼吸数を測定したところ1分間に9回(0.15Hz)を下回る場合が多くあることが明らかになりました。このように人と比較して、安静時呼吸数が小さく、また、呼吸数変動や個体差が大きい犬においては、心拍変動におけるゆらぎの周波数成分による解析は困難であり、犬において本評価法が用いられにくい理由であると考えました。

《人における心拍変動の周波数解析》



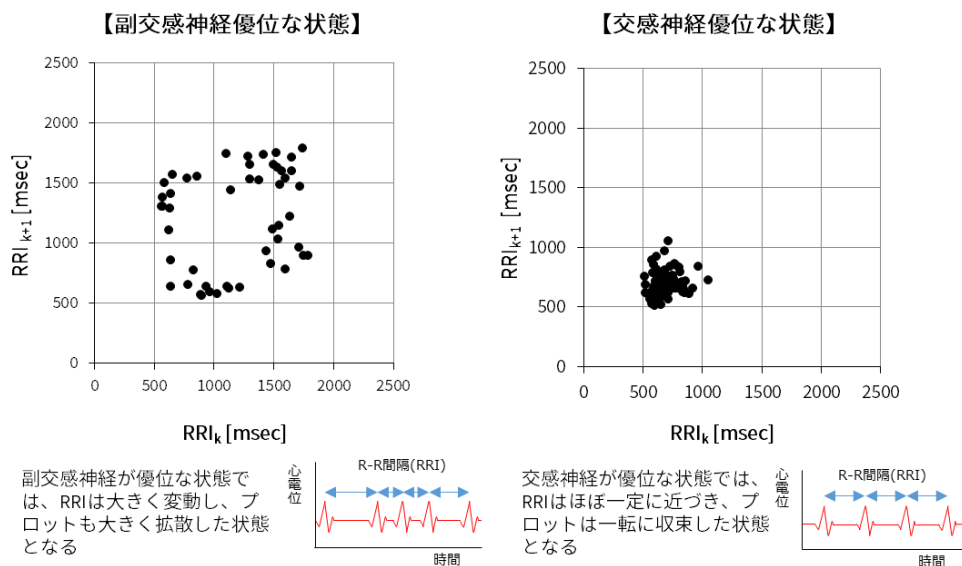
拍動間隔 (RRI) に対して、フーリエ変換を行うことで周波数分布が求められる  
 人においては、0.04-0.15 Hzを低周波、0.15-0.4 Hzを高周波成分として、その比率を求めることで自律神経バランスを評価する

(解説 2) 新規解析手法によるプロット

犬は、健常な状態においても、呼吸周期に基づいて心拍拍動間隔 (RRI) が大きく変動することが知られています。この現象は、特に副交感神経が優位な状態において大きく現れ、下図左のように数百～1000ミリ秒の幅で心拍変動が起こり、その結果ローレンツプロットの分布が分散します。一方、交感神経が優位な状態においては、呼吸周期に基づく心拍変動はほとんど見られなくなり、RRI は一定に近づきます。その結果、下図右のようにプロットの分布は収束していきます。

平成 29 年 2 月 14 日

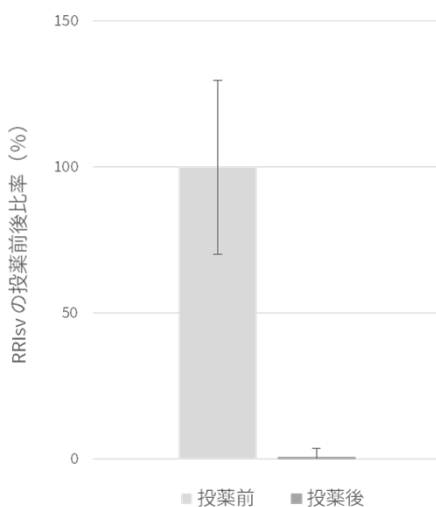
《新規解析手法によるプロット例》



(解説 3) 検証実験

心拍変動から得られたプロットの拡散程度を評価するための指標である  $RRIs_v$  は、安静状態では増大し、緊張状態では低下します。この  $RRIs_v$  の有効性について実験モデルを用いて検証しました。環境に十分馴化させた（慣れさせた）ビーグル犬に副交感神経遮断作用をもつアトロピンを投与し、緊張状態を薬理的に作出したところ、プロットの拡散程度の指標である  $RRIs_v$  に低下がみられたことから、本解析方法が犬の緊張状態を評価できることが示されました。

《薬理的な実験モデルによる検証結果》



アトロピン投与により実験的に作り出した緊張状態において、新規評価指標である  $RRIs_v$  は、投与前に対して約 1% まで大幅に減少することが確認できた (n=5)。