

飼育下トラにおける環境エンリッチメントの有効性及び来園者による影響の検証

岡 桃子^{1*}・山梨裕美^{1,2}・岡部光太²・松永雅之²・平田 聡¹

¹ 京都大学野生動物研究センター 京都市左京区田中関田町 2-24 関田南研究棟 606-8203

² 京都市動物園 京都市左京区岡崎法勝寺町岡崎公園内 606-8333

*Corresponding author. E-mail address: mo2usacoeur@gmail.com

要 約

飼育下の大型ネコ科動物で問題とされている常同歩行の発現には環境エンリッチメント（以下エンリッチメント）の有無や来園者の影響など複数の要因が絡んでいると考えられるが、複合的な検討は行われていない。そこで本研究ではエンリッチメントの有効性及び来園者数と気温がトラの行動に与える影響について検証した。京都市動物園で飼育されているアムールトラ3頭を対象とし、3分毎の瞬間サンプリングを用いて行動を記録した。放飼場内に設置するエンリッチメントの種類が多いと、トラの常同歩行頻度は有意に減少し（ $P < 0.05$ ）、エンリッチメントの利用頻度が有意に増加した（ $P < 0.01$ ）。複数のエンリッチメントの設置はトラの常同歩行の抑制に効果的であり、探索行動や捕食行動等多様な行動を引き出す上で有用であることが示唆された。また来園者の存在によって、トラの休息頻度が増加、エンリッチメントの利用頻度が低下する可能性があると考えられた。

キーワード：環境エンリッチメント、常同歩行、来園者効果

Animal Behaviour and Management, 55 (3): 107-116, 2019
(2018. 12. 8 受付; 2019. 5. 13 受理)

緒言

トラ (*Panthera tigris*) はネコ科動物の中で最大であり、最もよく知られている大型哺乳類の1種である (Sunquist 2010)。しかしながら1940年代以降3亜種が絶滅し、残る亜種もIUCNのレッドリストにおいて絶滅危惧IA及びIB類に指定されている (IUCN 2018)。野生個体数の減少の理由として、毛皮や骨の商取引及びそれに伴う密猟、生息地の消失、餌となる獲物の減少等が挙げられる (Lynam ら 2007)。現在では飼育下の個体数が野生下での個体数を上回っているとされている (Nyhus ら 2010)。「世界トラ回復プログラム (Global Tiger Recovery Program)」が2010年に計画される等、トラの保全活動は行われているが、生息域内保全と同時に動物園での生息域外保全も重要である (Szokalski ら 2012)。

飼育されている動物は、野生下では見られない異常行動をしばしば発現する (Rees 2016)。異常行動は、要求対象物を得ることができなかつたり、行きたい場所に行くことができなかつたり、障害となるものから逃げるができなかつたりする時に、発現することがある (Rees 2016)。

通常、野生のトラは広い縄張りに単独で生息し、日中は休息して夕暮れ時から夜にかけて縄張り内を歩き回り狩りを行う (Sunquist 2010)。しかし飼育下では野生とは比較にならないほど狭い「縄張り」の中で、探索や狩りを行うこともなく、来園者がいる日中に活動することを求められている (Szokalski ら 2012)。その結果、飼育下のトラは放飼場内を同じ道順で歩き回ったり、柵等の縁に沿って行ったり来たりを繰り返す、常同歩行と呼ばれる異常行動をよく発現すると考えられている。また飼育下の食肉目では、日中のほとんどを休息に費やしており、行動レパートリーが非常に単純であるという報告もある (Morimura と Ueno 1998)。

異常行動や単調な行動レパートリーに対しての方策として、世界各国の動物園で環境エンリッチメント（以下エンリッチメント）が行われている。エンリッチメントとは、行動生物学による知見や生態史をもとに、飼育動物の生活環境を増強するための積極的な工夫である (Barber 2009)。エンリッチメントの目的として、動物の行動の選択肢を増やすことで種が持つ適切な行動を引き出し、その結果として動物福祉を高めることが挙げ

られる (松沢 1999)。また福祉の向上とは別に、適切な繁殖行動や保育行動を引き出す社会や生活環境を提示することで、繁殖成功を向上させる、野生下で生き残るために必要な種特異的な行動の維持を促進する等、保全を進める上でも重要な手段となる (Rees 2016)。

トラに対しても様々なエンリッチメントの取り組みが報告されている。最も報告数が多い採食にまつわるエンリッチメントでは、魚や骨を与える (Bashaw ら 2003)、血液やドリップを凍らせた氷を与える (Van Metter ら 2008)、動物の死骸を与える (Stark 2005) などの報告がある。より積極的に狩猟行動を引き出すために、樽や段ボール箱に餌を隠し木から吊るす (Jenny と Schmid 2002)、小動物を模ったレプリカを設置する (Markowitz と LaForse 1987) といったようなエンリッチメントも行われている。このようなエンリッチメントの多くは種本来の様々な行動を引き出し、トラの常同歩行を減少させることに成功している。しかしネコ科動物は新奇環境への適応が早いことが多いため、エンリッチメントの効果が一時的であることも多く、長期継続的にエンリッチメントの有効性評価を続けていく必要があるといわれている (Szokalski ら 2012)。エンリッチメントの新奇性を保つために、複数のエンリッチメントを組み合わせ、環境に変化を生じさせることが有効であると考えられる。しかしこれまでの研究例では、単独のエンリッチメントの効果の評価しか行われておらず、複数のエンリッチメントの効果については報告がない。

エンリッチメントは行ったとしても必ずしも動物に利用されるとは限らないことが知られている。エンリッチメントをより効果的に行うためには、エンリッチメント利用に及ぼす環境要因についても検討することが重要である。また、動物福祉に影響を与える環境要因として、エンリッチメントの他に来園者や気温、放飼場の広さや構造等が考えられる (Margulis ら 2003; Mallapur と Chellam 2002)。特に来園者の影響は多くの動物種で検討されており、ある場合は動物にとって良い刺激を与える正の効果を与え、ある場合には攻撃性や緊張をもたらす負の効果を与えるとされている (Davey 2007)。しかし、来園者をはじめとする環境要因と動物のエンリッチメント利用の関連についての検討は行われていない。

本研究では複数のエンリッチメントを組み合わせることの有効性を調べるために、複数種のエンリッチメントを設置しトラの行動調査を行った。エンリッチメントの複数設置がトラの行動の発現頻度に与える影響を明らかにすることを目的とした。また気温や来園者、時間帯の各条件とトラの行動や放飼場内の利用場所を比較することで、エンリッチメントの他にトラの行動に影響を及ぼす

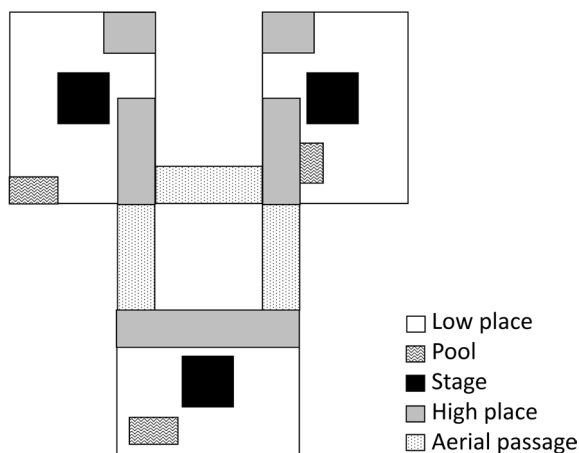


Figure 1. The schematic map of tigers' enclosure

要因を検討することを目的とした。

材料および方法

1. 供試個体

京都市動物園で飼育されているアムールトラ (*P. t. altaica*) (F1: 雌 2004 生、M1、M2: ともに雄 2010 生) 3 頭を対象とした。展示場は屋内外合わせて複数に分かれており、時間帯によって各個体を利用する場所が変更された。10:00 に全ての個体が来園者から見える屋外放飼場に放飼され、15:00 の給餌以降、一部の個体は昼間とは異なる放飼場を翌朝まで利用した。給餌及びエンリッチメントは 10:00 と 15:00 の 2 回行われた。屋外放飼場と来園者通路の間は格子もしくはガラス面で仕切られていた。放飼場にはプール (Pool) とステージ台 (Stage、高さ約 1m) があり、ステージ台からは空中通路 (Aerial passage) へと上がれるようになっていた。本研究ではステージ台より下のスペースを地面 (Low Place)、ステージ台より高い位置にあるスペースを高台 (High Place) とした (Figure 1)。1 個体に与えられた、ステージ台や高台を含むトラが利用できる放飼場内の平均面積は 67.42 m²であった。

2. 行動の観察方法

調査期間を 2017 年 6 月～11 月のうち絶食日及びその翌日を除いた日とした (計 53 日間)。10:00～12:00 と 13:00～15:00 の午前午後それぞれ 2 時間ずつ、3 分毎の瞬間サンプリングを用いて個体の行動を直接観察し記録した。行動の分類を Table 1 に示した。行動を記録すると同時に、個体が放飼場のどこにいるかを地面、高台、空中通路、ステージ台の上、ステージ台の下、プールの 6 カテゴリーのうちから記録した。Figure 1

Table 1. Ethogram of tigers' behaviors.

Behavior category	Behavior observed	Descriptions
Primary behavior	Drink	Consumption of water
	Eat	Consumption of food
	Resting	Steady state with lateral/ventral lying
	Sit	Steady state with sitting
	Stand	Steady state with standing
	Urinate/Defecate	Deposition of urine and/or faeces onto the ground from a squatting position
	Urine spray	Horizontal ejection of jet of urine against vertical surface
Locomotion	Jump	Leaping with all four legs off the substrate from one point to another
	Run	High speed forward locomotion
	Walk	Forward motion
Social/Comfort behavior	Social	Prusten and/or vocalize to other individual
	Grooming	Licking and/or biting the fur or paws of own body
	Sharpen claws	Sharpen own nails with logs
	Stretch	Extended forelegs, depressed body from standing position
Enrichment related behavior	Bite	Bite food with teeth
	Lick	Pull out the tongue from the mouth and lick the target
	Explore	Smelling and/or looking specific objects
	Play	Touch or/and operate the subject with mouth or paws
Stereotypic behavior	Pacing	Walking in a fixed pattern

Table 2. Type of environmental enrichment.

Behavior	Descriptions of enrichment
Bite/Lick	Feed bones, ice
Play	Place tire, branch, cardboard, bamboo, ball in the enclosure
Explore	Hide food in the pool, tire, grass randomly

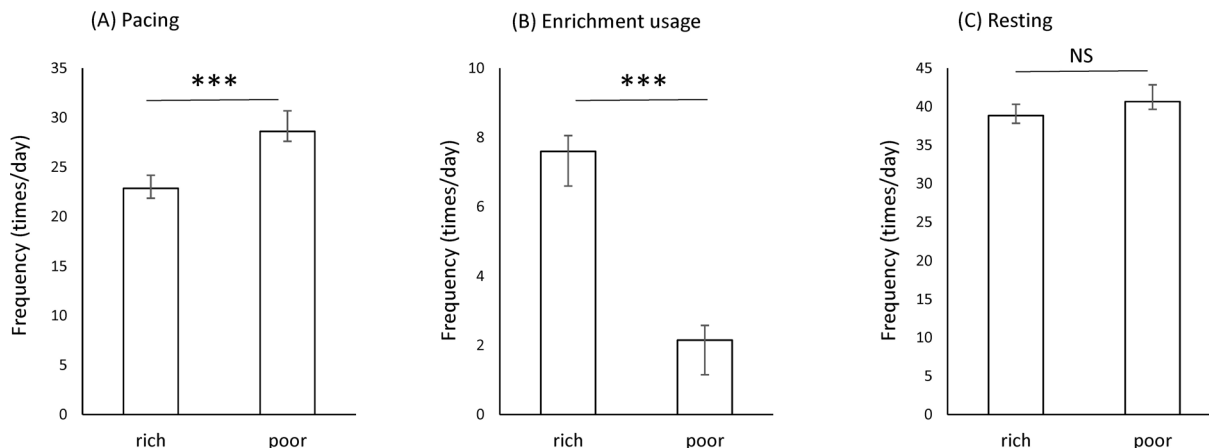
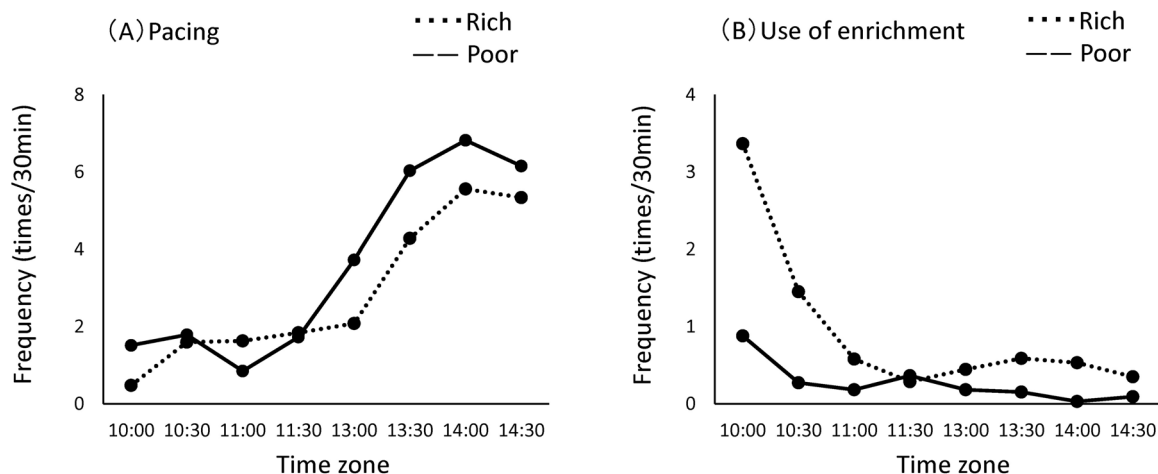
Figure 2. Average frequency of (A)pacing (B)use of enrichment and (C)resting in 3 individuals. *** : $P < 0.001$ NS : $P \geq 0.05$ 

Figure 3. Relationship between change in (A)pacing and (B) use of enrichment by time zone and enrichment level.

に屋外放飼場の概略見取り図を示した。

エンリッチメントは合計 10 種類行い、引き出されるトラの行動から 3 タイプに大別した (Table 2)。エンリッチメントは放飼時間前に飼育担当者によって最大 10 種類設置された。エンリッチメントの種類が最大種数の半分 (5 種類) 以上であった日をエンリッチメントレベル Rich ($n=42$)、5 種類未満の日をエンリッチメントレベル Poor ($n=11$) とした。エンリッチメントはランダムに組み合わせられた。行動型「Enrichment related」に含まれる全ての行動の合計発現頻度をエンリッチメントの利用頻度として数えた。

3. 気温と来園者数の記録

観察日の京都市の最高気温を国土交通省気象庁のホームページから、京都市動物園の 1 日の総来園者数を園の記録から引用し、トラ舎前に滞在する来園者の指標とした。ただし総来園者数とトラ舎の前に滞在する来園者は必ずしも一致しないことも考えられる。そこで本研究終了後の 2018 年 8 月 11 日から 9 月 24 日の間、トラ舎前に人数カウンター ((株) センサーズ・アンド・ワークス、神戸、日本) を設置した。このカウンターは有機強誘電体薄膜の赤外線センサーを利用し、特定の範囲にいる人の数をカウントするものである (堀江と石田、2012)。トラ舎周辺に 4 台のセンサー

Table 3. The relationship between tigers' behavior and temperature/visitor number

Behavior	ID	Highest temperature				Visitor number					
		Estimate	Std.	SD	Statistics	P value	Estimate	Std.	SD	Statistics	P value
Pacing	F1	-3.47E-02	7.19E-03	-4.823	***	***	-1.38E-04	8.78E-05	-1.575	NS	NS
	M1	-3.42E-02	4.76E-03	-7.186	***	***	-7.87E-05	5.82E-05	-1.352	NS	NS
	M2	-2.22E-03	4.98E-03	-0.446	NS	NS	-6.40E-05	6.42E-05	-0.998	NS	NS
Enrichment related	F1	-1.06E-02	1.25E-02	-0.847	NS	NS	1.52E-05	1.45E-04	0.105	NS	NS
	M1	-2.67E-02	7.92E-03	-3.37	***	***	-9.40E-05	9.69E-05	-0.969	NS	NS
	M2	-9.12E-03	9.47E-03	-0.963	NS	NS	-9.97E-05	1.28E-04	-0.776	NS	NS
Resting	F1	2.26E-02	4.37E-03	5.172	***	***	5.35E-05	5.24E-05	1.02	NS	NS
	M1	7.42E-02	7.53E-03	9.849	***	***	3.63E-04	7.64E-05	4.749	***	***
	M2	1.48E-02	5.33E-03	2.77	**	**	8.93E-05	5.99E-05	1.49	NS	NS

***: P<0.001 **: P<0.01 NS: P≥0.05

***: $P < 0.001$ **: $P < 0.01$ NS: $P \geq 0.05$

を設置して、そのセンサーに囲まれた範囲に滞在した人の数をカウントした。その結果、総来園者数とカウンターで得られた実際にトラ舎前にいる人数間に強い正の相関が見られた ($R = 0.964$, $P < 0.001$)。そのため、総来園者数がトラ舎前の滞在者数の代用となると考えられた。

4. 統計分析

時間帯別の行動を記録する際には、観察時間帯を 30 分毎に 10:00 ~ 10:30、10:30 ~ 11:00、11:00 ~ 11:30、11:30 ~ 12:00、13:00 ~ 13:30、13:30 ~ 14:00、14:00 ~ 14:30、14:30 ~ 15:00 の 8 つに区切り、各時間帯における行動の合計を求めた。場所利用と環境要因の関連において、最高気温は低い (30℃未満、 $n=24$) と高い (30℃以上、 $n=29$) の 2 項目、来園者数は休園日 (0 人、 $n=15$)、少ない (2000 人未満、 $n=18$)、多い (2000 人以上、 $n=20$) の 3 項目に分けて解析を行った。各々中央値を基準に分類した。

統計分析は統計ソフトウェア R (Ver.3.4.2) を用いた。常同歩行とエンリッチメント利用の頻度の分析は、個体ごとの 1 日ごとの行動発現頻度を 1 ポイントとした。固定効果にエンリッチメント条件、変量効果に個体 ID を入れて、一般化線形混合モデルを用いて行った。時間帯における行動の変化に関しても、同様に固定効果にエンリッチメント条件及び時間帯を、変量効果に個体 ID を入れて、一般化線形混合モデルを用いて行った。パッケージ lme4 に含まれる glmer 関数を使用した。気温及び来園者の影響に限り、個体間のばらつきが大きく結果が収束しなかったため、個体別で解析した。固定効果に最高気温及び総来園者数を入れて、同様に一般化線形モデルを用い、glm 関数を使用して分析した。全ての誤差構造の分布にはポアソン分布を指定し、リンク関数にはログリンク関数を指定した。場所利用と最高気温及び来園者との関係の分析は、カイ二乗検定を用い、有意差があった場合は項目ごとの差を分析するために残差分析も行った。各個体の放飼場及び各場所のカテゴリーによって面積に差があったため、各個体の利用回数をそれぞれの面積で割ることで補正したものを 3 個体で平均化し、統計解析を行った。

結果

1. エンリッチメントの有効性

F1、M1、M2 の 3 個体における 1 日の平均常同歩行、エンリッチメント利用、休息の各頻度を Figure 2 に示した。3 個体の平均常同歩行頻度は Poor 時の方が有意に多く発現していた (Estimate

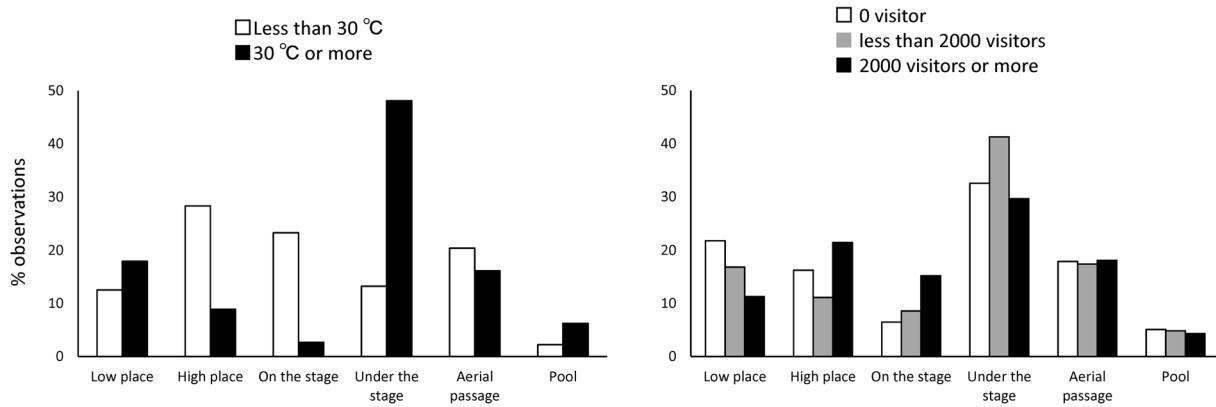


Figure 4. The place tigers used during rest and the maximum temperature (left) and number of visitors (right).

$= -0.2247$, Std. Error = 0.0375, $Z = -5.992$, $P < 0.001$). またエンリッチメントの平均利用頻度は Poor 時に有意に減少した (Estimate = 1.2613, Std. Error = 0.1229, $Z = 10.262$, $P < 0.001$). エンリッチメントレベルが Rich の方が常同歩行の頻度は低く、エンリッチメントの利用頻度は高くなるという結果になった。休息の平均頻度は Rich 時、Poor 時間で有意差は見られなかった。

エンリッチメントレベルによって差が見られた、常同歩行及びエンリッチメント利用の3個体における平均行動発現頻度と時間帯による推移の関係を Figure 3 に示した。常同歩行は午後にかけて有意に増加していき (Estimate = -1.15741 , Std. Error = 0.19148, $Z = -6.045$, $P < 0.001$)、14:00 ~ 14:30 にピークを迎える傾向が見られた。エンリッチメントレベルの2項目間で比較すると、Poor 時の方が30分間あたりの平均常同歩行の頻度が多く、増加率も高かった。エンリッチメントの利用頻度は放飼場開放直後である 10:00 ~ 10:30 に最も多く、その後時間とともに減少する傾向が見られた。エンリッチメントレベルの2項目間で比較すると、Rich 時の方がエンリッチメントの最大利用頻度は高くなった。しかし、11:00 をすぎると Rich 時においても30分あたりの利用頻度は1回未満となった。

利用するエンリッチメントのタイプにおいて個体間で差が見られた。全てのエンリッチメントのうち、F1 は 63.0% を Play エンリッチメント、M1 及び M2 はそれぞれ 55.1%、52.6% を Bite/Lick エンリッチメントに費やしていた。探索行動を引き出す Explore エンリッチメントの利用は、どの個体においても 30% 前後の一定の割合で見られた。

2. 気温及び来園者と各行動の関連

エンリッチメントレベルが Rich 時における、常同歩行、エンリッチメント利用及び休息の頻

度と最高気温、来園者数との関係を Table 3 に示した。常同歩行は F1、M1 の2個体において、気温が高い条件時に有意に減少していた ($P < 0.001$)。M1 では気温が高い時にはエンリッチメントの利用頻度の減少が見られたが、他2個体では有意な傾向は見られなかった。休息頻度は気温が高くなればなるほど増加する傾向が3個体全てにおいて観察された ($P < 0.01$)。来園者数との有意な傾向はほとんど観察されなかったが、M1 において来園者数が多いほど休息頻度が増加していた。

3. 休息時の場所利用について

3個体の休息時における放飼場内の各場所の平均利用割合と最高気温及び来園者数の関係を Figure 4 に示した。最高気温の2項目間で比較すると、全ての場所において割合に有意な差があった ($P < 0.001$)。気温の低い時はステージ台の上や高台、空中通路など、地面より高い所を満遍なく利用する傾向が見られた。気温の高い時はステージ台の下の利用が 48.1% とほぼ半数を占めていた。来園者数の条件間で比較すると、空中通路とプール以外の場所において利用割合に有意な差が見られた ($P < 0.001$)。来園者がいる時と比較して、休園日には地面で休息することもあった。来園者数が多い時は他2条件と比較して、ステージ台の上や高台の利用がそれぞれ 15.2%、21.5% と高い傾向が見られた。また、最も多く利用された場所は、来園者の数に関わらずステージ台の下だった。

考 察

トラを対象とした環境エンリッチメントは近年数多く研究及び報告がされているが (例えば Bashaw ら 2003 ; Van Metter ら 2008)、複数の

エンリッチメントの効果を評価した研究はまだ少ない。本研究の目的の1つである、トラに対する複数のエンリッチメントの有効性は、エンリッチメントレベルの条件間で行動を比較した結果から、次のことが明らかになった。すなわち、放飼場内に設置するエンリッチメントの種類が多いと、トラの常同歩行は減少し、エンリッチメントの利用回数が増加した。また時間帯別の平均常同歩行頻度の推移から、常同歩行は午後から増加する傾向が示された。しかし、エンリッチメントの種類が多い Rich 時において、午後からの増加率が抑制された。これらのことから、複数のエンリッチメントはトラの異常行動の1つである常同歩行を抑制すると考えられた。行動は大きく分けて、動物が目的を達成するためにいろいろと試みる追求行動と、動物が動因を低下させる最終目標達成行動である完了行動に分けられる (Craig 1918)。動物福祉の向上のためには、単に完了行動を満足させるエンリッチメントではなく、完了行動までのプロセスを引き延ばし追求行動の発現を促進させるようなエンリッチメントが求められている (Jones と Pillay 2004)。ネコ科動物の常同歩行の発現は、単に餌を摂取することだけでなく、餌を得るための探索行動などが強く関わっている可能性があることが言われている (須田ら 2006)。餌の形を工夫する、様々な場所に餌を隠す等のエンリッチメントを取り入れた本研究の結果から、探索行動の発現がトラの福祉向上につながると考えられた。またエンリッチメントの種類が増えれば利用回数も増えたため、多様なエンリッチメントを設置することはトラの探索行動や捕食行動を引き出す上で有用であると考えられた。しかし、時間帯別のエンリッチメントの利用頻度の推移から、エンリッチメントの利用は設置後1時間程度に留まることが示唆された。本研究では一つ一つのエンリッチメントの効果や特定の組み合わせ、効果の持続時間に関する検討は行っていない。今後個体間における違いと合わせて、エンリッチメントの種類が各行動に及ぼす影響や、より長期的に利用が可能なエンリッチメントアイテム等に関する、より詳細な検討が求められる。

エンリッチメントの有無の他にも様々な要因が動物の行動発現に関わっていると考えられている (例えば Margulis ら 2003 ; Mallapur と Chellam 2002)。本研究では最高気温と来園者数がトラの常同歩行やエンリッチメントの利用、休息行動の発現頻度に及ぼす影響を検討した。最高気温が高いと、常同歩行及びエンリッチメントの利用の有意な減少、また休息行動の有意な増加が観察された。本研究で観察対象としたアムールトラの主な生息地はロシアのアムール川流域に広がる森林地帯であり (Miquelle ら 1999)、30℃を上回る気温は本来の活動気温とは異なる。そのため、最高

気温が30℃を超えるような日には全体の活動性が低下し、常同歩行を含む移動やエンリッチメントの利用に伴う探索行動、捕食行動も抑制されたのではないかと考えられる。エンリッチメントの目的の中には生息域での行動を引き出すことも含まれる。そのためには給餌の工夫や遊具の導入だけでなく、気温や湿度といった基本的な環境を整える必要性が示唆された。気温が高い時は休息場所として影となるステップ台の下を特に好んで利用していたことから、夏季の休息場所としてより影となる面積を増やす工夫が求められるだろう。本研究では湿度を含めた検討をしていないため、今後気温だけでなく湿度や天気にも着目した検討が必要であると考えられる。

気温の他にトラの行動に影響を与える要因として来園者の存在についても多くの研究が行われている。Rybak (2002) は来園者の近さや行動がネコ科動物の行動に重要な影響を与えていると報告する反面、Margulis ら (2003) はネコ科動物は人の行動に素早く反応することはないとも報告している。Mallapur と Chellam (2002) はインドヒョウにおいて来園者の存在は動物の活動レベルを低下させるが、常同歩行とは関係がなかったと報告している。本研究において、来園者数とトラの行動との有意な相関は M1 における休息行動でのみ観察された。本研究の結果はインドヒョウでの先行研究 (Mallapur と Chellam 2002) と同様であり、エンリッチメントを設置しても来園者の存在はトラの常同歩行には影響を与えないが活動レベルを低下させた。また来園者のいない休園日には休息場所として1階の利用も度々観察されたが、来園者の多い日はステップ台の上や高台等、人の目線より上にいることが多く観察された。来園者通路と放飼場の間は格子もしくはガラス面で仕切られているため、トラと来園者の距離はとても近い。野生のトラはほとんど木に登らないとされているが、それは登る必要がないからだと言われており、人の姿が見えた際に木に登って身を隠すこともある (Sunquist と Sunquist 2002)。多くのネコ科動物同様、トラも休息場所として、また来園者から隠れる場所として、地表から離れた高所を好むことが示唆された。人数カウンターを用いた結果から、総来園者数は実際にトラ舎前に来る人数を反映していると考えられる。しかし、トラの活動レベルを低下させた原因を明らかにするためには、今後より詳細な来園者効果を測る必要がある。本研究を行った京都市動物園の園全体の同時滞在者数は13:00～15:00にピークとなることが報告されている (京都市動物園 2008)。単純な人数を数えるだけでなく、トラ舎周辺にいる来園者の行動や同時滞在者数等にも着目していくことが求められる。

休園日には開園日にはできない作業などを行う

ことがあり、動物園職員の動きが変わることもある。また、休園日には展示場内に整備作業が入ることもあり、展示場の利用が変更になることもある。これらのことから、休園日と開園日の違いは来園者の有無に留まらないと考えられる。しかし、今回のデータ収集日には展示場利用などに影響を与えるような作業はなかった。また京都市動物園のトラの放飼場は通用門に挟まれている構造をとっており、開園日にも飼育担当者や作業車が休園日と同等に頻繁に出入りしている。このことから、本研究を行った京都市動物園では、トラの行動に影響を与える環境要因として、特に来園者の効果は大きいのではないかと考えられる。今後他の動物園で開園日と休園日を比較する際には、動物職員の行動や休園日特有の作業等の影響を考える必要がある。

以上より、複数のエンリッチメントの設置はトラの常同歩行の抑制に効果的であり、探索行動や捕食行動等多様な行動を引き出す上で有用であることが示唆された。さらに本研究では来園者の存在がトラの行動に影響を与えることが示唆されたが、今後より詳細な来園者効果の把握が必要である。また、ただエンリッチメントを設置するだけでなく、最適気温を考慮することで、より効果的にエンリッチメントを行えると考えられた。

謝 辞

本研究を行うにあたって京都市動物園生き物学び研究センターの田中正之センター長、同センターの伊藤英之氏、櫻庭陽子氏、瀬古祥子氏をはじめとする京都市動物園の皆様から多くのご支援を受けました。ここに厚く感謝を申し上げます。また研究に関する助言をいただいた野生動物研究センターの方々から感謝いたします。この研究は、日本学術振興会からの科研費（課題番号：16H06301、JSPS-LGP-U04、16H06283）及び文部科学省博士課程教育リーディングプログラム「京都大学霊長類学・ワイルドライフサイエンス・リーディング大学院」（U04）から支援を受けました。

引用文献

- Barber JCE. 2009. Programmatic Approaches to Assessing and Improving Animal Welfare in Zoos and Aquariums. *Zoo Biology* **28**, 519-530
- Bashaw MJ, Bloomsmith MA, Maple TL. 2003. To hunt or not to hunt? A feeding enrichment experiment with captive large felids. *Zoo*

- Biology* **22**, 189-198.
- Davey G. 2007. Visitors' effects on the welfare of animals in the zoo: a review. *Journal of Applied Animal Welfare Science* **10**, 169-183.
- 堀江聡, 石田謙司. 2012. 有機強誘電体の人感センシングへの応用. 日本セラミックス協会 **47-10**, 797-801.
- IUCN. 2018. <https://www.iucnredlist.org/species/15955/50659951>. (accessed 8 November 2018).
- Jenny S, Schmid H. 2002. Effect of feeding boxes on the behavior of stereotyping Amur tigers (*Panthera tigris altaica*) in the Zurich Zoo, Zurich, Switzerland. *Zoo Biology* **21**, 573-584.
- Jones M, Pillay N. 2004. Foraging in captive hamadryas baboons: implications for enrichment. *Applied Animal Behaviour Science* **88**, 101-110.
- 京都市動物園. 2008. https://www5.city.kyoto.jp/zoo/uploads/image/kousou_enquete.pdf#search=%27%E3%82%A2%E3%83%B3%E3%82%B1%E3%83%BC%E3%83%88+%E5%8B%95%E7%89%A9%E5%9C%92%27 (accessed 1 March 2019).
- Lynam AJ, Laidlaw R, Noordin WSW, Elagupillay S, Bennett EL. 2007. Assessing the conservation status of the tiger *Panthera tigris* at priority sites in Peninsular Malaysia. *Oryx* **41** (4), 454-462.
- Mallapur A, Chellam R. 2002. Environmental Influences on Stereotypy and the Activity Budget of Indian Leopards (*Panthera pardus*) in Four Zoos in Southern India. *Zoo Biology* **21**, 585-595.
- Margulis SW, Hoyos C, Anderson M. 2003. Effect of felid activity on Zoo Visitor Interest. *Zoo Biology* **22**, 587-599.
- 松沢哲郎. 1999. 動物福祉と環境エンリッチメント. どうぶつと動物園 **5**, 74-75.
- Miquelle DG, Smirnov EN, Merrill TW, Myslenkov AE, Quigler HB, Hornocker MG, Schleyer B. 1999. Hierarchical spatial analysis of Amur tiger relationships to habitat and prey. In: Siedensticker, J., Christie, S., Jackson, P. (eds.), *Riding the Tiger: Tiger Conservation in Human-dominated Landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 71-99.
- Morimura N, Ueno Y. 1998. Behavior patterns of 9 mammals in the zoo : The comparison among species, and different environments. *The Japanese Journal of Animal Psychology*, **48**, 1, 33-45.
- Nyhus PJ, Tilson R, Hutchins M. 2010. Thirteen thousand and counting: how growing captive

- tiger populations threaten wild tigers. In: Tilson, R., Nyhus, P.J. (eds.), *Tigers of the world. The Science, Politics, and Conservation of Panthera tigris*, second ed. Elsevier, London, 223-238.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rees PA 著, 武田庄平・鈴木馨・上野吉一・竹村勇司 訳. 2016. 動物園のつくり方: 入門動物園学. 第1版. 農林統計出版株式会社, 東京.
- Rybak JL. 2002. The effects of visitor activity on the behavior of felids in a zoo setting. Master's thesis, James Madison University, Harrisonburg, VA.
- 須田直子, 柳川久, 中田真一, 小川誠一. 2006. 飼育下のヒョウおよびユキヒョウにおける採餌欲求と常同歩行の関連. 日本家畜管理学会 42-1, 84-85.
- Stark B. 2005. The use of carcass feeding to enhance animal welfare. In: Clum N, Silver S, Tomas P. (eds.), *Proceedings of Seventh International Conference on Environmental Enrichment. Wildlife Conservation Society*, New York, 198-204.
- Sunquist M, Sunquist F. 2002. Wild Cats of the World. The University of Chicago Press, Chicago, IL, 343-372.
- Sunquist M. 2010. What is a tiger? Ecology and behaviour. In: Tilson, R., Nyhus, P.J. (eds.), *Tigers of the world. The Science, Politics, and Conservation of Panthera tigris*, second ed. Elsevier, London, 19-33.
- Szokalski MS, Litchfield CA, Foster WE. 2012. Enrichment for captive tigers (*Panthera tigris*): Current knowledge and future directions. *Applied Animal Behaviour Science* **139**, 1-9.
- Van Metter JE, Harriger MD, Bolen RH. 2008. Environmental enrichment utilizing stimulus objects for African lions (*Panthera leo leo*) and Sumatran tigers (*Panthera tigris sumatrae*). *Bioscience* **79**, 7-16.
- Wallace C. 1918. Appetites and aversions as constituents of instincts. *The Biological bulletin* **34**, 91-107.

Verification of the effectiveness of environmental enrichment and the influence by visitors in captive tigers

Momoko OKA^{1*} · Yumi YAMANASHI^{1,2} · Kota OKABE²
Masayuki MATSUNAGA² · Satoshi HIRATA¹

¹Wildlife Research Center of Kyoto University, 2-24 Tanaka-Sekiden-cho, Sakyo, Kyoto, 606-8203, Japan

²Kyoto City Zoo, Kyoto city, Sakyo-ku, Okazakihoshojicho, Okazaki Koen, 606-8333, Japan

*Corresponding author. E-mail address: mo2usacoeur@gmail.com

Summary

Zoo animals are often bred in environments that are significantly different from their natural habitats. As a result, abnormal behaviors, such as pacing and low diversity in the behavior repertoire, are problematic. These aspects are particularly noted in captive large felid species, such as tigers. To alleviate these problems, environmental enrichment is being conducted in many zoos. With pacing behavior, several factors are involved, including the presence or absence of enrichment and the influence of visitors, but such factors have rarely been investigated simultaneously. In the present study, we investigated the effectiveness of enrichment and the factors influencing the behavior of captive Amur tigers (*Panthera tigris altaica*).

We observed the behavior of 3 Amur tigers in the Kyoto city Zoo and examined the effect on behavior of types of enrichment, temperature, and number of visitors. The tigers' behavior was directly observed and recorded using scan sampling every 3 minutes, for 2 hours each, in the morning and afternoon between June and November 2017. In addition to behavior, the maximum temperature, the number of visitors, and the types of enrichment were also recorded. When the greatest variety of enrichments was installed, pacing frequency of the tigers decreased significantly ($P < 0.05$), and the use frequency of the enrichments increased significantly ($P < 0.01$). High maximum temperatures significantly decreased the frequency of pacing and enrichment usage, and a significant increase in resting behavior was observed as temperatures rose. The presence of visitors did not affect pacing behavior but decreased tiger activity levels. Results suggest that installation of multiple enrichment features is effective for suppressing pacing in tigers and is useful for stimulating behaviors, including exploration and predatory behavior. Also environmental factors such as temperature and the presence of zoo visitors were thought to affect tigers' behavior.

Keywords: environmental enrichment, pacing, visitor effect

Animal Behaviour and Management, 55 (3): 107-116, 2019
(Received 8 December 2018; Accepted for publication 13 May 2019)