

音を用いたエゾシカの交通事故対策の検討（中間報告）

鹿野たか嶺¹・野呂美紗子²・柳川 久¹・神馬 強志³

¹帯広畜産大学
野生動物管理学研究室
〒080-8555
帯広市稲田町西2線11
TEL:0155-49-5500
FAX:0155-49-5504
E-mail : t-shikano@momo-mail.com

²(社)北海道開発技術センター
〒060-0051
札幌市中央区南1条東2丁目11
TEL:011-271-3028
FAX:011-271-5366
E-mail : noro@decnet.or.jp

³帯広開発建設部足寄道路事務所
〒089-3718
足寄郡足寄町栄町1丁目43
TEL:0156-25-2601
FAX:0156-25-5998

1. はじめに

シカ類の交通事故対策の一つとして、音を用いた手法がある[1]。アメリカ、カナダおよびヨーロッパ諸国では、自動車に装着して鳴らしながら走行する Deer whistle（以下、ホイッスルとする）を用いることでシカと自動車の交通事故防止を図っている[2]。ホイッスルには風によって超音波を発するものと電子音のものがあり、風によって超音波を発するものには効果がないことが報告されている[3, 4, 5]。また、筆者らがエゾシカ *Cervus nippon yesoensis* に対して行なった過去の研究では、電子音のものの中でも継続的（ピー）な音よりも断続的（ピッ、ピッ）な音のほうがより有効だった[5]。これは、断続的な音がエゾシカの警戒声と類似しているためである可能性が高い。

ハイロカンガルー *Macropus giganteus* の被害防止対策としては、人工的な音よりも、個体が警戒音として発する踏み鳴らし音に対してより強く反応を示すことが報告されている[6]。このことから、エゾシカにおいても、人工音よりも実際のエゾシカの警戒声に対してより強く反応を示すことが予想される。

そこで今回は、飼育下のエゾシカを対象として警戒声とホイッスルに対する反応実験を行なうとともに、それらの音を解析した。

また、従来のスピーカー（点音源）と平面波スピーカー（面音源）の2種類のスピーカーを用いて音の聞こえ方の違いを調査した。

2. 実験施設および実験方法

北海道紋別郡西興部村の鹿牧場公園において、2006年12月12～17日に実験を行なった。

本牧場の飼育個体数は約40個体であり、実験時には最大36個体を確認した。牧場の面積はおよそ8haであり、放牧区である牧草地および丘陵状の林がある。

給餌は出入口の両側の柵に沿って約15mずつ行なわれているが、実験中は片側のみで行ない、ここを給餌エリアとした。さらに、給餌エリアを杭（杭間の距離約2.5m）によって6区画に区切り、スピーカーの正面を0区画として-2区画から+3区画を設定した（図1、写真1）。スピーカーは柵から11.5m離れた場所に設置した。実験の様子は3台のデジタルビデオカメラを用いて撮影した。

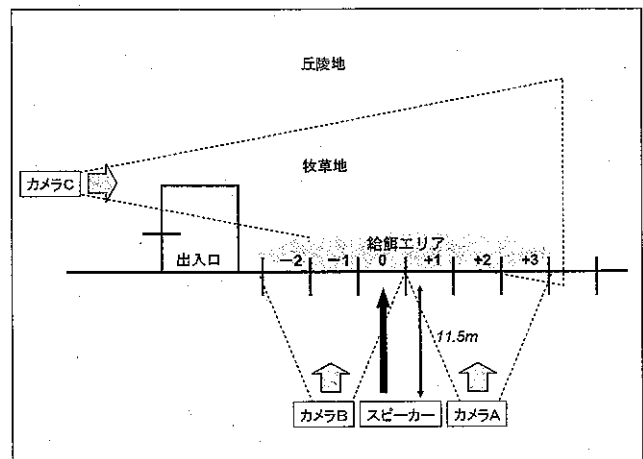


図1. 実験エリア概要図



写真1. 給餌エリア (番号: 区画)

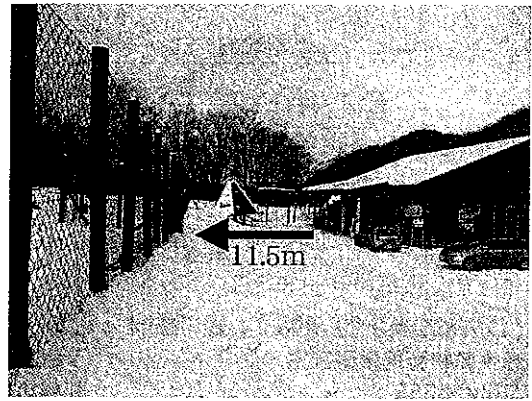


写真2. 実験エリア (←: 音の向き)

実験は、警戒声×平面波スピーカー、ホイッスル×平面波スピーカー、警戒声×従来スピーカーの3パターンを4回ずつ行なった。給餌エリアで一日4回の給餌を行ない、餌に誘引された個体を対象とした。1回の実験で、採食中の個体に向けてホイッスルまたは警戒声の音を30秒間流した(写真2)。音の大きさはスピーカー前で約100dBに設定した。

エゾシカの警戒声は、2005年に野生の個体から録音したもので、一つのコール音と連続した(5回)コール音の2種類を用いた。1~3回目では一つのコール音を繰り返して流し、4回目のみ連続したコール音を繰り返して流した。

実験と実験の間には1時間以上の間隔をあけた。一日につき1パターンとし、最後の1回を除いて、実験日と実験日の間に給餌のみを行なう日を入れた。実験を行わない日も一日4回給餌を行なった(表1)。

表1. 実験日程

日時	内容(回数)
12月12日	警戒声×平面波スピーカー(1・2・3)
12月13日	給餌のみ
12月14日	ホイッスル×平面波スピーカー(1・2・3・4)
12月15日	給餌のみ
12月16日	警戒声×従来スピーカー(1・2・3・4)
12月17日	警戒声×平面波スピーカー(4)

ビデオカメラの映像から、対象個体の行動を表2に示すよう9つの行動カテゴリに分類した。それらの行動を警戒行動(静止・注目・警戒声・歩行移動・逃走)と通常行動(採食・毛繕い・休息・その他)に区別し、1秒間以上の警戒行動が見られた場合を“警戒行動あり”とした。なお、歩行による移動は警戒行動以外にも見られる行動であるが、流した音に反応して歩行によって遠ざかる移動行動を“歩行移動”とした。

音を流している30秒間における各個体の行動を持続時間(秒)とともに計測した。

表2. 記録した行動カテゴリ

行動	定義
静止	頭の方向は音源に向かずあたりを注視する
注目	音源の方に頭を向けて注視する
警戒声	警戒声を発する
歩行移動	食物探索を行わずに歩いて移動する
逃走	走って移動する
採食	歩きながら口で林床を探索、食物を摂食する 立ち止まって食物を摂食する
毛繕い	自分や他個体の体を口ですく、足で体や頭を掻く
休息	地面に座って落ち着いている
その他	上記以外の行動

また、今回用いた警戒声およびホイッスルについて音声解析ソフト(Avisoft-SASLab Pro version 3.9)を用いてスペクトログラムを作成した。

給餌エリアにおける音量を測定し、2種類のスピーカー間で音量に差が生じるのかを調べた。計測はエゾシカが採食しているときの耳の高さを考慮し、高さ40cmで行なった。

3. 結果および考察

3-1. エゾシカの反応

実験対象となった個体は、一回平均19個体でのべ個体数227個体であった。給餌エリアに誘引された個体はさらに多かったが、撮影したビデオテープの映像から30秒間の行動が記録可能な個体のみ対象個体とした(表3)。

表3. 各パターンにおける対象個体数

回数	警×平S	ホ×平S	警×従S
1	22	20	26
2	17	24	19
3	18	15	16
4	22	13	15



写真3. 採食中のエゾシカ

各回に対象個体が示した行動の全持続時間の平均を表4に示した。行動時間の割合は、警戒声×平面波スピーカーの1回目では逃走が最も多く77.0% (平均±SD: 23.09±5.23) を占め、2回目では静止が最も多く48.8% (14.65±6.97) を占めた。それ以外では、全て採食が最も多く、52.4~91.1%を占めている。

また、どのパターンにおいても、採食行動を30秒間通して行なう個体が観察された(表5)。警戒声×平面波スピーカーおよび警戒声×従来スピーカーでは0個体の回があった。他の行動は30秒間通して行なわれることはなかった。

逃走は、警戒声×平面波スピーカーの1回目以外でも観察されたが、音に対してではなく他個体の干渉が原因と考えられる場合もあった。給餌エリアでは、多くの個体が集まり過密状態になったため(写真3)、4尖以上の角を持つオスが他個体を給餌エリア内から追い払うような行動が観察された。この行動に対して逃走、歩行移動、静止等の行動をとった個体があったため、音に対する反応かどうか判断できない場合があった。明らかに他個体の干渉によると考えられるものと区別すると、逃走を示した個体数は警戒声×平面波スピーカーの1、2回目と警戒声×従来スピーカーの4回目に集中している(図2)。特に、警戒声×平面波スピーカーの1回目では、対象個体22個体中21個体が逃走した。

表4. 音を流した30秒間における平均行動時間

	平均行動時間[秒](割合[%])								
	静止	注目	警戒声	歩行	逃走	採食	毛繕い	休息	その他
警×平S1	0.82(2.7)	5.00(16.7)	0(0)	0.14(0.5)	23.09(77.0)	0.95(3.2)	0(0)	0(0)	0(0)
警×平S2	14.65(48.8)	4.76(15.9)	0(0)	1.65(5.5)	2.94(9.8)	6.00(20.0)	0(0)	0(0)	0(0)
警×平S3	0.78(2.6)	2.56(8.5)	0(0)	2.00(6.7)	0(0)	24.67(82.2)	0(0)	0(0)	0(0)
警×平S4	3.05(10.2)	2.00(6.7)	0(0)	0.73(2.4)	0.09(0.3)	24.14(80.5)	0(0)	0(0)	0(0)
ホ×平S1	2.40(8.0)	3.55(11.8)	0(0)	0.50(1.7)	0.20(0.7)	23.35(77.8)	0(0)	0(0)	0(0)
ホ×平S2	2.92(9.7)	0.54(1.8)	0(0)	3.92(13.1)	1.13(3.8)	21.42(71.4)	0(0)	0(0)	0.08
ホ×平S3	2.33(7.8)	0.40(1.3)	0(0)	7.67(25.6)	1.93(6.4)	17.67(58.9)	0(0)	0(0)	0(0)
ホ×平S4	3.08(10.3)	1.46(4.9)	0(0)	2.08(6.9)	2.23(7.4)	20.77(69.2)	0.15(0.5)	0(0)	0.23(0.8)
警×従S1	0.62(2.1)	0.38(1.3)	0(0)	0.77(2.6)	0.42(1.4)	27.58(91.9)	0.23(0.8)	0(0)	0(0)
警×従S2	1.68(5.6)	0.79(2.6)	0(0)	2.26(7.5)	1.16(3.9)	24.11(80.4)	0(0)	0(0)	0(0)
警×従S3	3.00(10.0)	1.13(3.8)	0(0)	2.75(9.2)	1.38(4.6)	21.31(71.0)	0(0)	0(0)	0.44(1.5)
警×従S4	6.00(20.0)	2.53(8.4)	0(0)	3.07(10.2)	2.67(8.9)	15.73(52.4)	0(0)	0(0)	0(0)

表5. 30秒間採食行動を行なった個体数

回数	警×平S				ホ×平S				警×従S			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
個体数	0	0	4	6	10	2	1	2	13	4	4	0

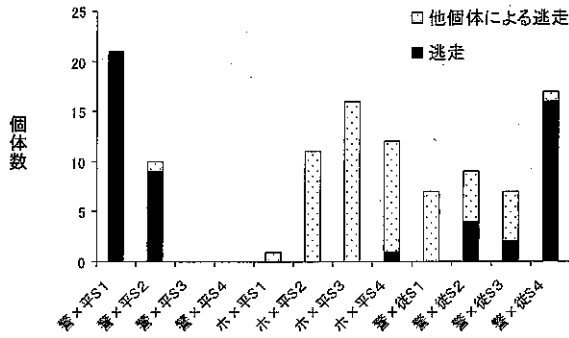
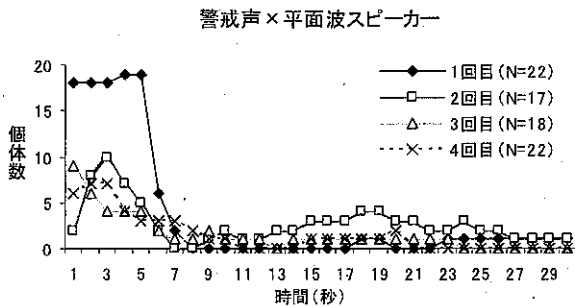
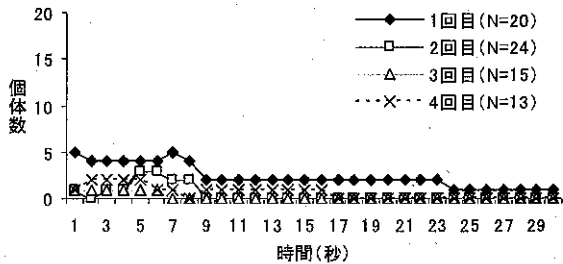


図2. 逃走した個体数



ホイッスル×平面波スピーカー



警戒声×従来スピーカー

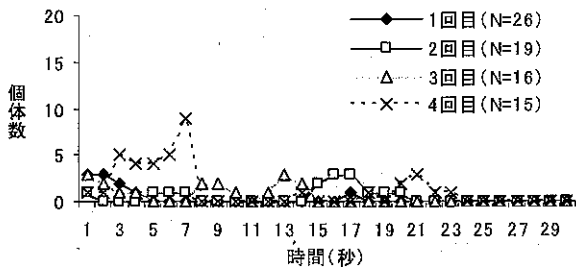


図3. 注目行動を示した個体数

今回の実験では、逃走以外の警戒行動のうち、静止や歩行移動が他個体に対して行なわれている場合と音に対して行なわれている場合との区別が難しかったため、注目行動に着目した。30秒間の中で注目行動を行なった個体数の時間推移をそれぞれのパターンごとに示した(図3)。個体数はパターンによって異なったが、どのパターンにおいても音が鳴り始めてから10秒以内に注目する個体が多かった。

警戒声×平面波スピーカーの最大値は1回目で19個体(86.3%)が注目を示した。その後逃走した個体が21個体であるため、グラフの注目個体は残った1個体のみである。ホイッスル×平面波スピーカーの最大値は1回目の5個体(25.0%)、警戒声×従来スピーカーの最大値は4回目の9個体(60.0%)であった。警戒声×従来スピーカーにおいて4回目に注目個体数が最も多くなったのは警戒声の音(コール数)が変わったためと考えられる。

3-2. ホイッスルと警戒声の音の違い

実験で使用したホイッスルと警戒声のスペクトログラムを図4、5、6に示す。警戒声による実験での1~3回目に用いた音はNa.2、4回目の音はNa.3~7(図6)である。ホイッスルは1回のコールの中で後半になるにしたがって周波数が高くなっており、倍音は1つである(図4)。これに対し警戒声は、山形であり、倍音は2つである(図6)。基本周波数の平均は、警戒声では2.16kHzだが、ホイッスルでは3.80kHzであり、ホイッスルのほうがやや高かった(表6)。持続時間は警戒声の平均0.15秒に対し、ホイッスルでは0.22秒でホイッスルがより長かった(図4、5、表6)。

表6. 警戒声およびホイッスルの音

	コールNo.	平均周波数(kHz)	持続時間(秒)
警戒声	1	1.81	0.16
	2	2.50	0.16
	3	2.32	0.12
	4	1.98	0.14
	5	1.98	0.17
	6	2.35	0.16
	7	2.16	0.12
平均		2.16	0.15
ホイッスル		3.80	0.22

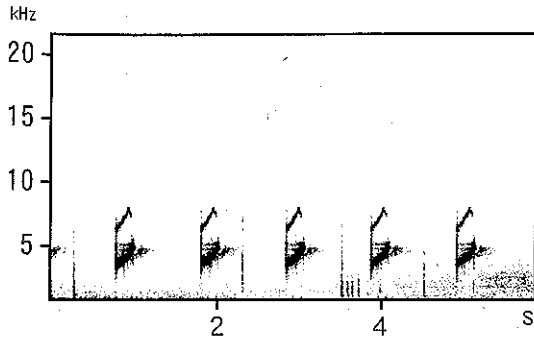


図4. ホイッスルのスペクトログラム

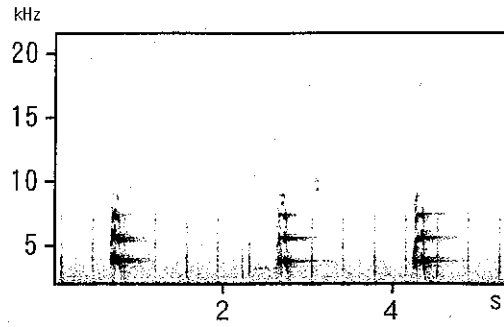


図5. 警戒声のスペクトログラム (No.3~5)

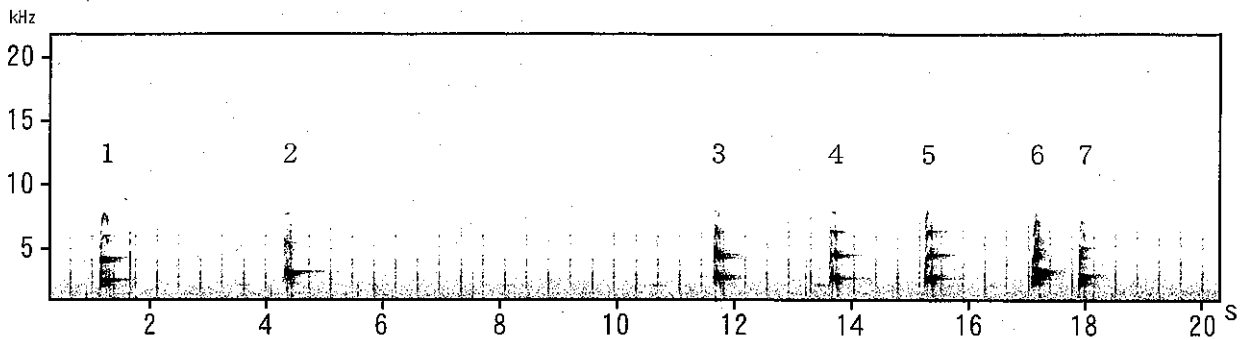


図6. 警戒声のスペクトログラム (全体)

給餌エリアにおける音量は、警戒声のほうがホイッスルよりも大きい値であった (図7)。これは警戒声のほうがより遠くまで伝わりやすい性質を持った音であることを示している。警戒声は周囲の仲間に危険を知らせるための音であることから、エゾシカは、遠くまで届くようにこのような音を発しているものと考えられる。警戒声とホイッスルではスペクトログラム上からみた違いの他に、音の届く距離にも違いがあることがわかった。

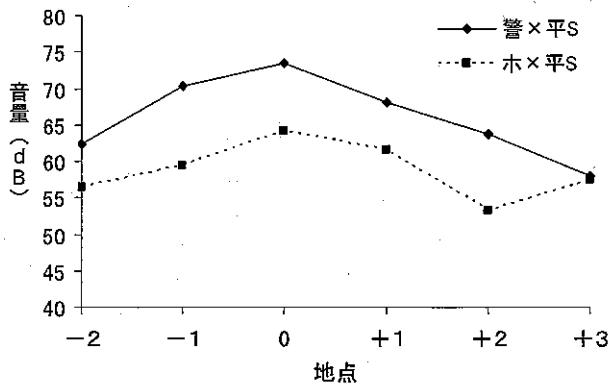


図7. 警戒声とホイッスルの音量の違い

3-3. スピーカー

平面波と従来のスピーカー間では、給餌エリアにおける音量の違いはわずかであった (図8)。平面波スピーカーは従来のスピーカーに比べて距離による音の広がりが少なく、距離による音圧の減衰も少ないとされているが[7]、今回は音量にほとんど差が生じなかった。今回の測定は野外で行なったため他の音による影響も懸念されるが、さらに距離が遠くなれば、より明確な差が生じるのかもしれない。

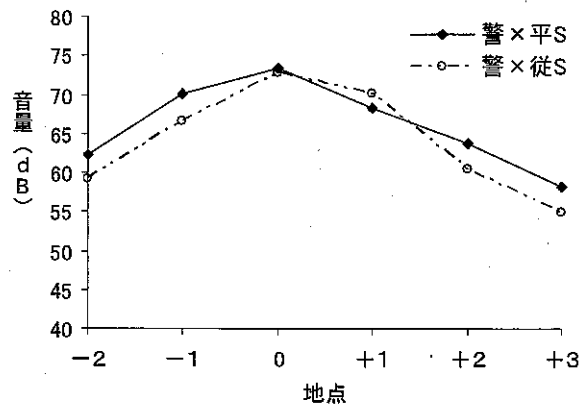


図8. スピーカー間の音量の違い

4. おわりに

警戒声とホイッスルに対するエゾシカの反応は異なるものであり、二つの音の特徴も類似していなかった。過去の文献では、ニホンジカ *Cervus nippon* の警戒声の特徴について、高い基本周波数で一つか二つの倍音があり、スペクトログラムの形は山型や山型の一部のどちらかまたは水平的な線になるとされている[8]。ホイッスルのスペクトログラムの形状は、警戒声の特徴と異なっており、高いとされる警戒声の周波数よりもさらに高かった。さらに、警戒行動の割合も、警戒声においてより大きかった。これは、エゾシカが2種類の音を異なる音として捉えていたためと考えられる。このことから、はじめに述べたハイイロカンガルーと同様に、本能的に危険を察知するための警戒声により近い音、あるいは警戒声を対策に用いていくことにより高い効果がえられると思われる。

今回用いたホイッスルは、音による対策において用いられている他の音に比べ、断続的であり繰り返されるといった点が警戒声に近かったため、筆者らの過去の研究においてより強い反応を示したのかもしれない。

しかし、警戒声×平面波スピーカーでも回数を重ねると警戒行動の割合が低下していった。このことは、非常に短時間のうちに慣れが生じたことを示している。飼育下の個体を対象としているため、野生の個体よりも人馴れしていることも原因の一つと考えられるが、そのことを考慮しても慣れの速度が速かった。野生の個体でも、爆音機を使った被害対策の場合、使用当初は効果的であるが使い続けているうちにエゾシカが音に慣れ、爆音機が作動していても平気で侵入してくるようになるという報告がある[2]。したがって、同じ音の繰り返しでは、いくら大きな音であっても慣れが生じるといえる。

これに対し、警戒声×従来スピーカーの4回目では音が単調ではなくなったことにより、音への反応を示す個体が増加している。このことは、単調に同じ音を繰り返すよりも異なる音を入れたほうが慣れを遅らせることができる可能性を示している。今後は、慣れが生じにくい音のパターンを考えていくことが重要であると思われる。

また、どのパターンにおいても最初の10秒以内に注目を行なった個体が多かったことから、音を鳴らす時間は10秒間で十分なのかもしれない。長く音を流すことで反対に慣れを早めてしまう可能性がある。

今回の実験で、エゾシカが最も警戒行動を示したのは警戒声×平面波スピーカーであった。今後、さらに野外の個体を対象とした実験を検討しており、この場合は、この組み合わせが最も妥当であると考えられる。

5. 謝辞

今回の実験を行なうにあたり、西興部村養鹿研究会会長中原慎一氏、西興部村猟区管理協会会長大澤安廣氏には鹿牧場公園を実験場所として提供していただき、また西興部に滞在中は大変お世話になりました。心より感謝申し上げます。

6. 引用文献

1. 大泰司紀之・伊部真理子・増田泰. 1998. 野生動物の交通事故対策【エコロード事始め】. 北海道大学図書刊行会, 札幌, 191pp.
2. 社団法人 エゾシカ協会・社団法人 北海道開発技術センター. 2003. エゾシカの被害と対策～エゾシカとの共存をめざして～. 社団法人 北海道開発技術センター, 札幌, 221pp.
3. Romm, L. A. and L. B. Dalton. 1992. Lack of response by mule deer to wildlife warning whistles. *Wildlife Society Bulletin*, 20 : 382-384.
4. Scheifele, P. M., D. G. Browning and L. A. Collins-Scheifele. 2003. Analysis and effectiveness of deer whistles for motor vehicles: frequencies, levels, and animal threshold responses. *Acoustics Research Letters Online*, Volume 4, Number 3 : 71-76.
5. 鹿野たか嶺・柳川 久・野呂美紗子・原文宏・神馬強志. 2006. 道路沿いに出現するエゾシカに対する鹿笛の有効性. 第5回「野生生物と交通」研究発表会講演論文集 : 25-30.
6. Bender, H. 2005. Effectiveness of the eastern grey kangaroo foot thump for deterring conspecifics. *Wildlife Research*, 32 : 649-655.
7. <http://www.just-tech.co.jp/livesound/Exp1.htm>
8. Minami, M. and T. Kawamichi. 1992. Vocal repertoires and classification of the Sika deer *Cervus nippon*. *Journal of the Mammalogical Society of Japan*, 17(2) : 71-94.