

【研究紹介】

牛の狂犬病における典型的な嗶声の音響学的特徴

Acoustic characteristics of voiceless bellowing typical of bovine rabies

Am. J. Med. Hyg., 86(3), 528-530 (2012).

Doi : 10. 4269/ajtmh. 2012. 11-0645.

田 健一郎¹⁾ 佐藤 輝夫¹⁾ Markus Schneebeli²⁾ 森田 幸雄³⁾

1) 八紘学園北海道農業専門学校 (〒062-0052 北海道札幌市豊平区月寒東2条14丁目1-34)

2) Tierärztpaxis (Wehntalerstrasse 308, CH-8046 Zürich, Schweiz)

3) 東京家政大学家政学部栄養学科 (173-8602 東京都板橋区加賀1-18-1)

要 約

狂犬病の発病牛は、呼吸周期の吸気および呼気の間にかわめて短い無声音をとめない、はっきりした声を2回生成するので、音響学的データの可視化技術を利用することにより発情の啼き声から嗶声を区別するのに役立つ。診断的手段としての聴覚の視覚化技術は、狂犬病の早期診断目的のためにインターネットを利用するプログラムの基礎づけとして役立つ可能性がある。

嗶声は狂犬病を非狂犬病から鑑別するための信頼性のある臨床症状であり、有用な症状として診断に使われる^[1,2]。今までほとんどの研究は聴解にもとづいた啼き声を分析することにより狂犬病を鑑別することに焦点が当てられてきた。本論文の目的は、発情の声から嗶声を区別するための聴覚データの可視化技術の実例を報告することである。

-----北獣会誌 56, 219~222 (2012)

症 例

ザンビアにおいて1987年4月9日に、1.5歳のヘレフォード牛が啼き始め、欠伸をするようになってから数日が経過したが発情らしい。この牛は頻繁にふらふらと歩きまわり、絶え間なく涎を垂れ、呼気時には頭を上げて腹部をしぼり、呼吸時に水を飲むことが難しくなり、第7病日に狂犬病の疑いで法令殺を実行した。病理検査により脳にネグリ小体を確認し、狂犬病と確定した。この牛の撮影にはビデオ・カメラ (Fujix-8、Fuji film、東京) を使い2~10mの距離から撮影した。

対 照

八紘学園北海道農業専門学校の札幌牛舎に飼育される約40頭のホルスタイン種の搾乳時に3頭の発情牛からステレオ・デジタル・ボイスレコーダー (ICR-PS185RM、

SANYO、録音モード; PCM、サンプリング周波数; 44.1/48kHz (WMA)) を使い牛からはほ2m離れたところから啼き声を採録した。

雑音の除去および音響信号の分析

オーディオ・クリエーター (ローランド株式会社、浜松) を使い雑音の除去と分析のための音声の切り取りを行い、無料で公開されている PRAAT^[3] を使い音声のグラフ化を行った。

対照の声および狂犬病牛の信号を比較した(表1)。吸気時の狂犬病牛の吸気時間および声の高さは対照のそれより有意に大きかった ($P<0.05$)。特に注目すべきことは狂犬病牛では吸気から呼気への移行時に平均約41msの長さの無声音がみられたが、対照にはみられなかった。

狂犬病牛は吸気時にも比較的高い声で啼いたが、これ

表1 吸気相および呼気相それぞれの音声信号の比較

供試牛	声	吸 気 相				移行時間 (ms)	呼 気 相			
		吸気時間 (ms)	声の強さ (dB)	声の高さ (Hz)	声の高さの 持続時間 (ms)		呼気時間 (ms)	声の強さ (dB)	声の高さ (Hz)	声の高さの 持続時間 (ms)
狂犬病牛 (N=1)	21	527 (445-610; N=21)	53 (51-55; N=20)	362 (276-447); N=6)	309 (26-55; N=6)	41 (26-55; N=6)	1,069 (930-1,209; N=21)	62 (60-64; N=21)	172 (168-177; N=21)	815 (466-1,164; N=21)
<i>P</i> 値		<i>P</i> <0.05	ns	<i>P</i> <0.05	ns		ns	ns	ns	ns
対照 (N=3)	14	334 (230-438; N=14)	54 (51-57; N=12)	144 (35-252; N=2)	86 (3.7-169; N=2)	NA	1,360 (944-1,176; N=14)	60 (57-63; N=14)	173 (145-201; N=14)	529 (297-761; N=14)

声；聞きとった声の数。移行時間；吸気から呼気への移行時間で無声音を示す。1 ms は千分の1秒。母平均は信頼率95%で与えられた。それぞれのセルの数字は平均、95%信頼区間および標本の大きさを示す。NA=該当値なし。ns=有意差なし。

は通常の啼き声では起こりえないことである。つまり、吸気時に鼻腔から肺へ空気が流入し狂犬病牛の声帯が不規則に振動したと思われる。この過程の吸気相および呼気相の折り返し点で無声音を生成する結果となった。このように無声音を挟んだ吸気および呼気に分離する啼き方の聴解印象が嗶声とみなされたのであろう。21回の吸気うちの6回嗶声が聴かれたとはいえ、これは典型的な症状といえよう。この嗶声が典型的であると広く受け入れられるためには狂犬病牛の症例を増やして確かめる必要がある(図1)。

狂犬病ウイルスは前胃の機能を担う迷走神経麻痺^[4]を起すので飲水ができなくなり、前胃の収縮を障害し第一胃拡張を引き起こす^[5]。この拡張が原因となり呼吸が強制的に阻害されるので、呼気のために十分な空気を取り込む必要があり、狂犬病牛はできるだけたくさんの空気をできるだけ短時間で取り込まなければならないから、吸気時に声帯が振動し啼き声を生成することになると解される。

結 論

対照に比べ狂犬病牛は呼気時に高い声で啼き、吸気と呼気間にきわめて短い無声音がみられるのが特徴である。このように音声を使う診断法は、iPhone®(iフォン)のような携帯型機器により早期診断のためのプログラムを提供する基礎づけとすることは容易であろう。

注：補足の音声ファイルは www.ajtmh.org にある。

文 献

1. Rosenberger G, 1970. *Die Kkrankheiten des Rindes*. Berlin, Germany: Verlag Paul Parey, 792-804.
2. Jha VC, Dhakal M, Pun MB, Jha VK, Aryal T,

Dhakal PR, Manahndar S, Sato T, Ide S, Morita Y, Kozawa K, Kimura H, 2004. Buffalo rabies in Nepal. *Vet Rec* 54: 540.

3. Boersma P, Weenink D, 2008. *Praat: Doing Phonetics by Computer*. Available at: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>. Accessed March 7, 2010.
4. Zachary JF, 2007. Rabies encephalitis. McGavin MD, Zachary JF, eds. *Pathologic Basis of Veterinary Disease*, 4th ed. St. Louis, MO: Mosby Elsevier, 887-890.
5. Howard BR, 1970. The dorsal nucleus of the vagus as a center controlling gastric motility in sheep. *J Physiol* 206: 167-180.

あ と が き

この研究の流れの中で経験した問題点などを参考まで書き記します。

新しくわかったこと：健康であれば声がでない吸気時に呼気時と同じ強さの音が聴こえるということが、狂犬病の声をグラフ化することで確認できたということです。

注：なおこの狂犬病の牛の映像は YouTube に投稿し収載されています。YouTube に検索語“rabid cows bel-lowing”と入力し、アップロード元が buffdrsato1934であることを確認してください。

1987年に使用したビデオ・カメラの記録媒体がテープでありこれを CD/DVD に焼き付ける会社「道都映画社、札幌市」を見つけるのに半年ほどかかりました。

テレビでみていた犯人の声紋を思い出し東京の音響研究所に狂犬病の声の分析を打診したところ、3頭の牛の声の分析費用はすくなくとも17万円とのことでびっくりし断念しました。わたくしには未経験の音響技術なので指導者をさがし当てないと先に進まないのは明白で

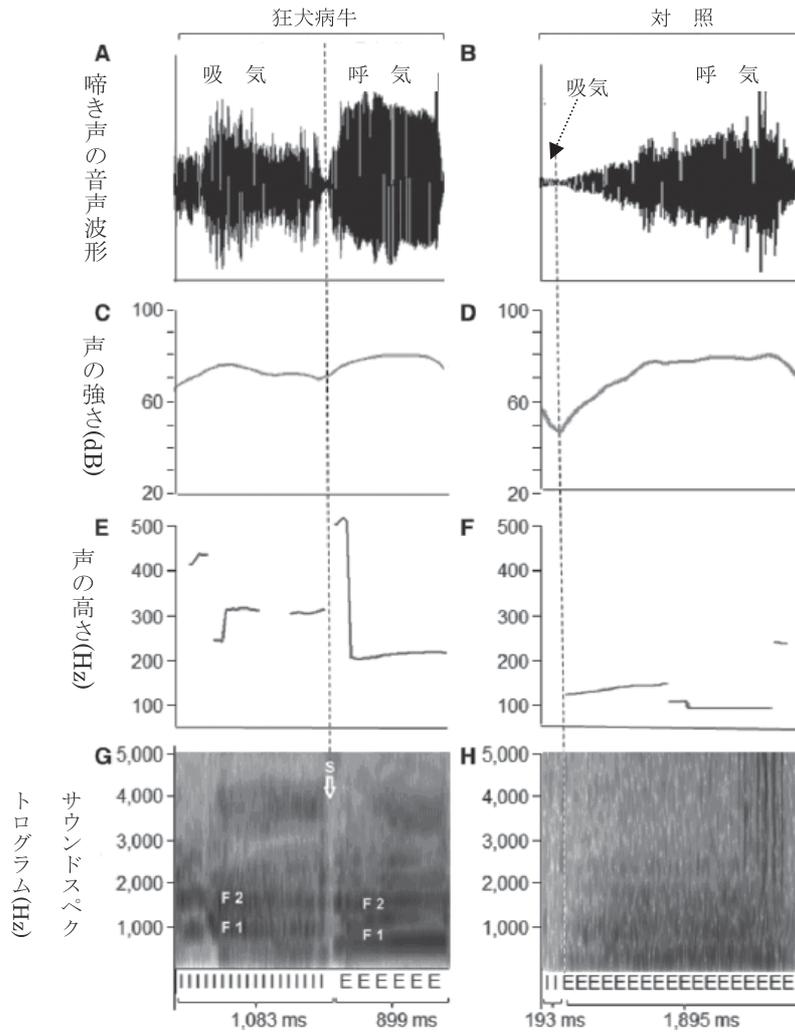


図1 狂犬病の牛および対照から採録された啼き声の代表的な音響学的データの比較 (A-F)

それぞれの図の縦の点線は1呼吸周期の吸気相および呼気相の境界を示す。IおよびEは吸気時間および呼気時間を示す。GのF1およびF2はフォルマントを表わす。さらに矢印は吸気相から呼気相へ移行する白い部分を指し、F1およびF2の周波数帯において無声音(S=silence)が約19ms続いたことを意味する。Hにみられる対照のサウンドスペクトログラムは不定形で、雑音であることを意味する。

[著者注：フォルマント (Formant=Fと省略) は声の質を表わすから、例えば別人の声と区別をする根拠になる。図1のF1とF2の二筋の黒い帯は、ピアノに例えると二つの鍵盤を同時に叩いて和音をつくることと同じ。たまたまテレビに歌手由紀さおりの声のサウンドスペクトログラムが映し出され、F1からF6まで六筋のきれいな黒帯が並び、これは声帯を含め体の6か所から同時に音がでて和音をつくりだしていることになり、おどろいた。つまりピアノの六つの鍵盤を同時に叩き和音をつくりだすことと同じことをしているわけですから]

した。インターネットを活用して動物の声を研究しているような機関をしらみつぶしにあたりつけました。例えば、魚群探知の研究室です。いずれからもなんらの返事ありませんでした。「そのような仕事は放送局の仕事ではないか」と親友から助言があり、まず近隣のSTV社長に照会しましたらすぐに担当の職員から電話があり、それを扱う技術者はいないとわかり、それならNHK会長に照会状を送付しました。すると10日ほどでNHK放送技術研究所の技術者から音声分析についての論文と某大学工学部の准教授名が届きました。

工学部准教授とのやりとりと意見の齟齬。採録した音

から雑音を除去すること、それをコンピューターに読み込みいろいろな性質をグラフに描くことを覚え順調に進むかと思いましたが、「牛の声に興味がない。研究費が得られない研究指導には時間を割けない」と言いだし、特に「一例ではなにもわからず、一例報告を書くことは論外である」との意見に賛同できず、声の検査法の教科書を紹介してもらい「このあとは自力で分析を続けます」からと指導をお断りしました。それ以降、めちゃめちゃにコンピューター・ソフトのPRAATをいじりまわりましたが、インターネットから初心者向けの講座をさがしだし、なんとかグラフの意味付けを習得しつづけて

きました。

酪農家の指摘。たまたま来宅された某酪農家の方に狂犬病牛の声を聴いていただいたところ、発情牛の声と同じですといわれました。ザンビアでこの最初の狂犬病牛の音がわたくしに刻まれた聴覚により、ザンビアとネパールの水牛・ジャージー牛、計約10頭の診断をすることができ自信満々でしたが、この一言でその自信が吹き飛びました。つまり狂犬病の声をなにがなんでも可視化して特徴を明らかにしないと、だれにも伝えられないのです。それが工学的技術をつかった狂犬病の声の分析に手を染めることになったきっかけでした。

発情牛の声の採録。狂犬病牛の声の判別には発情牛の声が必要ですから、八紘学園北海道農業専門学校の学生に協力してもらい発情牛など63頭の採録をおこない、このうち3頭の声を分析につかうことができました。この論文が収載になった直後に、まず、これらの卒業生11名に礼状と別刷をとどけました。

英語論文を書くことにこだわったのは、狂犬病発生国の獣医師などに協力をもとめないと2例目以降の狂犬病の声の採録は絶望的で、さらに、狂犬病で命を落とす危険にさらされているひとびとが住む国の医師・獣医師に読んでもらいたいといねがっていたからです。音声で感染症の診断ができるということは、携帯電話を使い牛、犬、あるいはヒトなどの声を所定の機関に送信し、すぐに診断することができることになり、被害者の早期治療にむすびつくことを意味します。

どの英文誌を選択するかと思案し、まずはNatureに投稿し「内容はとても興味深い但当誌の編集方針に合わないので、Natureの姉妹誌に原稿を転送したらどうか」と提案され下調べをしましたら読者層がちがうと感じ、断りました。Veterinary Record, J. of American Veterinary Medicine, Clinical Microbiologyの編集部からもおなじ返事でした。5誌目のAmerican Journal of Tropical Medicine and Hygiene [熱帯医学]に投稿しましたら「工学的技術を診断に使うという独創性」が評価され、審査員と二度のやりとりで採用になりました。

音響分析を活用するためには、録音だけでは声がないかを意味しているかを理解する手がかりがないので、ビデオ・カメラをつかい映像と音の信号を記録保存してください。また、対象動物の年齢、種類、症状などなんでも録音してください。さて、これから狂犬病の声の採録依頼を世界各地の機関、獣医師などに郵送し、2例目以降のデータを収集する計画です。

犬・猫・鳥などの診察にも応用できると期待しています。

基礎学科の重要性。余談ですが、発声にかかわる口腔から横隔膜までの解剖と機能、それを制御する神経機構は獣医学の分野にもふくまれますが、音は空気の微細な圧力変化ですから毎秒当たり3,000、5,000回の振動数は対数でとりあつかえます。高校で学んだ数学と物理がデータ分析にやくだちました。1948年版と2010年版の高校の教科書をいつも参照しています。