

赤外線サーモグラフィを用いたトラック輸送中の 牛の体表温度の変動

榊原伸一¹⁾ 新井鐘蔵^{2)†} 福井陽士³⁾ 澤田 浩²⁾

- 1) 北海道十勝家畜保健衛生所 (〒089-1128 帯広市川西町基線59-6)
 2) ㈱農業・食品産業技術総合研究機構動物衛生研究所 (〒305-0856 つくば市観音台3-1-5)
 3) 千葉県中央家畜保健衛生所 (〒285-0072 佐倉市岩富町497)

(2013年2月12日受付・2013年10月22日受理)

要 約

育成牛をトラックで8時間(520km)輸送し、トラック輸送中における牛の体表温度の変動の特徴を赤外線サーモグラフィ(IRT)により評価した。牛の体表温度と血中コルチゾール濃度との間に相関($r = -0.209 \sim 0.007$)は認められなかった。一方、牛の体表温度の変動は車内室温の変動と同様の推移を示し、牛の体表温度と車内室温の間には強い相関($r = 0.880 \sim 0.904$)が認められた。トラック輸送時における牛の体表温度の変動は、輸送ストレスよりもトラックの車内室温の変動に強い影響を受けることが示唆された。——キーワード：牛、赤外線サーモグラフィ、輸送。

----- 日獣会誌 67, 125~128 (2014)

牛をトラック輸送すると、ストレスに伴う免疫抑制や呼吸器病の増加、肉質の悪化等が生じ、生産性の低下を招くと報告されている [1]。牛の輸送ストレスの評価法として血液中のコルチゾール濃度の測定等が行われているが [2]、採血が必要となり分析にも手間とコストがかかる。一方、牛に去勢のストレスを加えると体表温度の一過性の低下や上昇が生じるとの報告 [3] や、トラック輸送後に肉質の悪化を伴う牛の体表温度低下が認められるとの報告もあり [4]、牛のストレス評価における体表温度測定の有用性が指摘されている。赤外線サーモグラフィ(IRT)は物体表面から放射される赤外線量を画像化(サーモグラム)する手法で、迅速かつ非侵襲的に家畜の体表温度を測定することができる [3-5]。畜産領域においてIRTは感染症における発熱状態の把握などに有用であることが報告されている [5] が、トラック輸送中の牛の体表温度の変動を調査した報告はない。そこで、本研究ではIRTを用いてトラック輸送中の牛の体表温度変動の特徴を明らかにし、牛の輸送ストレスに対するIRT測定の有用性について検討した。

材料及び方法

供試牛：健康なホルスタイン種雌牛5頭(育成牛、平

均体重161kg)を用いた。牛には乾草と市販の配合飼料を主体とした1日2回の制限給餌を行った。なお、本研究は㈱農研機構動物衛生研究所動物実験委員会の承認を得て動物実験等実施要領に基づき実施した(承認番号11-085)。

輸送試験：供試牛を2回に分けてトラックで輸送試験を実施した。輸送試験1として、供試牛3頭を3t積トラックの荷台に搬入して、比較的暑かった2012年6月5日(午前9時のトラック内室温31℃)に、岩手県盛岡市(午前10時出発)から茨城県つくば市まで8時間(走行距離520km)かけて輸送した。使用したトラックの荷台は長さ360cm、幅220cm、高さ200cmで、荷台屋根と側面部はナイロン製の布で被覆されている。荷台側部の約20%を開放して輸送試験を行った。

輸送開始前の午前9時(Pre)、輸送開始4時間後(4h)、到着後(8h)の3回について、牛の体表温度・直腸温の測定及び採血とトラック車内室温及び湿度の測定を行った。牛の体表温度測定はIRT測定装置(G100V, NEC Avio 赤外線テクノロジー株, 東京)を用いて実施した。採血は頸静脈よりプレイン採血管, EDTA-2K加採血管(ベノジェクトII真空採血管, テルモ株, 東京)を用いて行い、到着後にただちに血液分析を実施した。トラッ

† 連絡責任者：新井鐘蔵 (㈱農業・食品産業技術総合研究機構動物衛生研究所)

〒305-0856 つくば市観音台3-1-5 ☎・FAX 029-838-7795 E-mail: sarai@affrc.go.jp

トラック輸送中における牛の体表温度の変動

表1 トラック輸送における牛の眼縁部の最高温度, 胸腹部の平均温度, 直腸温, 車内室温及び車内湿度の推移

	輸送試験1 (n=3)			輸送試験2 (n=2)		
	Pre	4h	8h	Pre	4h	8h
車内室温 (°C)	31	30	24	24	20	23
車内湿度 (%)	34	50	74	56	85	86
眼縁部 (°C)	38.8±0.4 ^a	8.9±0.3 ^a	37.9±0.3 ^b	37.0±0.3	36.8±0.4	36.7±0.6
胸腹部 (°C)	35.5±1.4 ^a	35.8±1.0 ^a	30.8±1.3 ^b	31.3±0.3	30.1±0.7	30.6±1.8
直腸温 (°C)	39.3±0.2	39.2±0.2	39.3±0.2	38.9±0.3	39.0±0.0	39.4±0.1

平均値±標準偏差 異符号間に有意差あり (P<0.05)

表2 トラック輸送における牛の血液性状の推移

測定項目	Pre	4h	8h
WBC (×10 ² /μl)	75±17 ^a	117±29 ^b	119±22 ^b
RBC (×10 ⁴ /μl)	701±111	738±73	758±76
PLT (×10 ⁴ /μl)	41±8	43±11	43±13
Hb (g/dl)	7.9±1.0	8.4±0.5	8.6±0.7
Ht (%)	26.6±3.2	28.0±1.6	30.0±4.1
リンパ球 (%)	48.3±3.8 ^a	33.3±2.1 ^b	34.8±5.8 ^b
単球 (%)	3.3±0.9	2.7±1.0	2.6±0.7
好酸球 (%)	1.7±0.3 ^a	0.5±0.6 ^b	0.5±0.5 ^b
好中球 (%)	46.7±4.0 ^a	63.5±3.1 ^b	62.1±5.0 ^b
LDH (IU/l)	970±40	985±23	984±53
AST (IU/l)	86±16	86±16	85±11
CK (IU/l)	314±237	298±160	272±94
T-Cho (mg/dl)	94±23	97±23	102±28
Ca (mg/dl)	10.0±0.3	10.1±0.2	10.1±0.2
コルチゾール (ng/ml)	4.2±3.9	14.7±7.9	11.9±7.1

平均値±標準偏差
異符号間に有意差あり (P<0.05)
n=5

ク車内室温及び湿度は温湿度計 (TT492, (株)タニタ, 東京) をトラックの荷台内部に設置して測定した。また, 輸送中の牛への給水は輸送4時間後に1回行った。

輸送試験2として, 供試牛2頭について比較的涼しかった2012年6月19日 (午前9時のトラック内室温24°C) に, 輸送試験1と同様の手順でトラック輸送試験を実施した。

赤外線サーモグラフィによる牛の体表温度測定及び温度分布図の解析: 供試牛の体表温度の測定手順として, まず牛に頭絡を付けてロープを車内の柱に固定し, 立位にて実施した。測定前にIRT測定装置を三脚に取付けて機器の環境馴致を15分以上行った後, 装置の環境反射補正を行った。サーモグラムの撮影は牛の側面から行い, 頭部については距離1m, 体幹部については距離3m, 高さは1.1mに固定して実施した。撮影ごとにオートフォーカスとキャリブレーションを実施した。

サーモグラムの解析はサーモグラム解析ソフト (InfReC Analyzer NS9500 Standard, NEC Avio 赤外線テクノロジー(株), 東京) を用いた。頭部のサーモグラムについては, 眼球を中心とした領域 (30cm²) 内で常

表3 トラック輸送における牛の眼縁部の最高温度, 胸腹部の平均温度及び直腸温と, 車内室温並びに血清コルチゾール濃度との相関性

	P	r	回帰式
眼縁部—車内室温	<0.001	0.880	y=0.21x+32.36
胸腹部—車内室温	<0.001	0.904	y=0.60x+17.07
直腸温—車内室温	0.402	0.234	y=0.012x+38.85
眼縁部—コルチゾール	0.528	-0.177	y=-0.021x+38.07
胸腹部—コルチゾール	0.455	-0.209	y=-0.069x+33.39
直腸温—コルチゾール	0.979	0.007	y=0.0002x+39.17

n=5

に最高温度を示す眼縁部の温度を自動検知して算出した。体幹部のサーモグラムについては, 胸腹部 (肩甲骨上端, 肘関節, 寛結節, 膝蓋骨に囲まれた領域内: 測定面積1,760cm²) について, 平均体表温度をサーモグラム解析ソフトで算出した。

血液分析: 白血球数 (WBC), 赤血球数 (RBC), 血小板数 (PLT), ヘモグロビン濃度 (Hb), ヘマトクリット値 (Ht) はEDTA-2K加採血管で得た血液を用いて自動血球計数機 (MEK-6450, 日本光電工業(株), 東京) により測定した。白血球百分比は定法により血液塗沫標本から算出した [6]。乳酸脱水素酵素 (LDH), アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (AST), クレアチニンキナーゼ (CK), 総コレステロール (T-Cho), カルシウム (Ca) 濃度については, 血清を用いて生化学自動分析装置 (HITACHI7020, (株)日立ハイテクノロジー, 東京) により測定した。血中コルチゾール濃度は酵素免疫測定法により測定した [7]。

統計解析: Pre, 4h, 8h間の血液性状の比較は一元配置分散分析により実施した。牛の直腸温及び体表温度と, 車内室温及び血液性状の相関性はピアソンの相関係数の検定により実施し, 回帰式は最小二乗法により算出した。それぞれ危険率5%未満を有意な差とした。

成 績

輸送試験1のトラック車内温度はPreと4hでおおの31°C, 30°Cと比較的高温であったが, 8hでは24°Cに低下した。輸送試験2のトラック車内温度は20~

24℃と比較的涼しい室温で推移した。眼縁部及び胸腹部の体表温度は、輸送試験1ではPreと4hで高めに推移し、8hで有意に低下した。一方、輸送試験2では眼縁部及び胸腹部の体表温度は、輸送中に大きな変化を示さなかった。直腸温は、輸送試験1及び2ともに大きな変化を示さなかった(表1)。

輸送時間の経過に伴ってWBCと好中球比の有意な増加及びリンパ球比と好酸球比の有意な減少が認められた。血中コルチゾール濃度は輸送に伴い有意な増加が認められた。その他の検査項目に大きな変化は認められなかった(表2)。

眼縁部及び胸腹部の体表温度はそれぞれ車内室温と強い相関($r = 0.880$, $r = 0.904$)が認められたが、直腸温と車内室温に相関は認められなかった($r = 0.234$)。体表温度及び直腸温と、血中コルチゾール濃度との間に相関($r = -0.209 \sim 0.007$)は認められなかった(表3)。

考 察

今回のトラック輸送試験では、牛の体表温度(眼縁部の最高温度、胸腹部の平均温度)の変動と血中コルチゾール濃度に相関は認められなかった。牛では去勢など痛みを伴う急性のストレスを付与すると、血中アドレナリン及びコルチゾール濃度の上昇を伴う体表温度の一過性の低下と上昇が認められるが、この体表温度の変化は、自律神経系の変動に伴う皮膚血流量の変化に起因する1時間以内の反応であると考えられている[3]。一方、輸送においてはトラック搬入時にストレスを受けて血中コルチゾール濃度が増加することが報告されており[8]、今回の試験においても同様の結果が得られた。しかしながら、コルチゾール濃度と体表温度に相関が認められないことから、輸送ストレスは牛の体表温度の変化に影響を及ぼさないことが推察された。また、トラック輸送後に筋肉損傷を伴った皮膚温低下の報告例もある[4]が、今回の試験では輸送に伴う血中CKやLDHの変動は認められておらず、輸送中に打撲などの筋肉損傷などが生じなければ、体表温度の低下も生じにくくなることが考えられた。

一方、トラックの車内室温と牛の体表温度の変動には強い相関が認められた。環境温度が上昇すると体表面からの放熱を盛んにすることで体温の恒常性の維持を図るが、健康な牛では皮下毛細血管の拡張や収縮が活発で、環境温度が30℃を超えると体幹部や四肢の体表温度が35℃を超えるなど、体温の放熱調整が行われることが報告されている[9, 10]。今回の輸送試験1では、車内室温が31℃から24℃に変化すると、胸腹部の体表温度は35.5℃から30.8℃へと4.7℃の有意な変動を示したが、直腸温にはほとんど変化が認められなかった。トラ

ック輸送時において牛の体表面からの放熱調整が正常に行われていたことが室温と体表温度の相関性の強さに反映されたものと推察された。また、直腸温と車内室温並びに血中コルチゾール濃度との間に相関は認められなかったが、直腸温については前述したように体表からの放熱調整が盛んに行われた結果、恒常性が維持され大きな変動を示さなかったものと考えられた。

以上のことから、トラック輸送における牛の体表温度の変動は、輸送ストレスよりもトラックの車内室温の変動に強い影響を受けることが示唆され、IRT測定は牛の輸送ストレス評価において有用ではないことが明らかとなった。赤外線サーモグラフィは迅速・簡便に体表温度を計測できるが、今後家畜の放熱管理にIRTを活用するためには、さまざまな条件下におけるデータの集積が必要になると思われる。

引用文献

- [1] Swanson JC, Morrow-Tesch J : Cattle transport: Historical, research, and future perspectives, *J Anim Sci*, 79, 102-109 (2001)
- [2] Warriss PD, Brown SN, Knowles TG, Kestin SC, Edwards JE, Dolan SK, Phillips AJ : Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours, *Vet Rec*, 13, 319-323 (1995)
- [3] Stewart M, Verkerk GA, Stafford KJ, Schaefer AL, Webster JR : Noninvasive assessment of autonomic activity for evaluation of pain in calves, using surgical castration as a model, *J Dairy Sci*, 93, 3602-3609 (2010)
- [4] Schaefer AL, Jones SDM, Tong AKW, Vincent BC : The effects of fasting and transportation on beef cattle. 1. Acid-base-electrolyte balance and infrared heat loss of beef cattle, *Livest Prod Sci*, 20, 15-24 (1988)
- [5] Johnson SR, Rao S, Hussey SB, Morley PS, Traub-Dargatzis JL : Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies, *J Equine Vet Sci*, 31, 63-66 (2011)
- [6] 奥村伸生, 中村一彦 : 血液形態検査, 臨床検査法提要, 金井正光編, 279-326, 金原出版(株), 東京 (1993)
- [7] Muneta Y, Minagawa Y, Nakane T, Shibahara T, Yoshikawa T, Omata Y : Interleukin-18 expression in pig salivary glands and salivary content changes during acute immobilization stress, *Stress*, 14, 549-556 (2011)
- [8] Mitchell G, Hattingh J, Ganhao M : Stress in cattle assessed after handling, after transport and after slaughter, *Vet Rec*, 123, 201-205 (1988)
- [9] Kotrba R, Knizkova I, Kunc P, Bartos L : Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography, *J Therm Biol*, 32, 355-359 (2007)
- [10] 山本禎紀 : 環境の作用と生産反応, 新乳牛の科学, 柴田章夫編, 207-237, (社)農山漁村文化協会, 東京 (1987)

Fluctuation of Body Surface Temperature in Calves during Transportation using
Infrared Thermography

Shinichi SAKAKIBARA¹⁾, Shozo ARAI^{2)†}, Yohji HUKUI³⁾ and Hiroshi SAWADA²⁾

1) *Hokkaido Tokachi Livestock Hygiene Service Center, 59-6 Kisen, Kawanishi, Obihiro, 089-1128, Japan*

2) *National Institute of Animal Health, 3-1-5 Kannondai, Tsukuba, 305-0856, Japan*

3) *Chuo Livestock Hygiene Service Office, 497 Iwatomi-cho, Sakura, 285-0072, Japan*

SUMMARY

Five calves were transported for 8 hours, traveling 520 km. We examined fluctuations in the body surface temperature of the calves during transportation using infrared thermography (IRT). The body surface temperature of the calves did not correlate with blood cortisol concentrations ($r = -0.209$ to 0.007). On the other hand, the body surface temperature of the calves did correlate well with the environmental temperature in the livestock truck ($r = 0.880$ to 0.904). Changes in the body surface temperature of the calves were more affected by environmental temperature than by transport stress during transportation.

— Key words : calves, infrared thermography, transport.

† Correspondence to : Shozo ARAI (National Institute of Animal Health)

3-1-5 Kannondai, Tsukuba, 305-0856, Japan

TEL · FAX 029-838-7795 E-mail : sarai@affrc.go.jp

— J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 67, 125 ~ 128 (2014)
