

時系列解析による日乳量変動に対する暑熱環境の影響評価

上野 孝志・田鎖 直澄・大谷 文博

農林水産省北海道農業試験場, 札幌市 062-8555

Time series analysis on effect of thermal environment upon fluctuation of daily milk yield in cows

Takashi UENO, Naozumi TAKUSARI and Fumihiko OHTANI

Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Sapporo 062-8555

キーワード: 乳牛, 乳量, 暑熱環境, 温湿度指数 (THI), 時系列解析

Key words: dairy cow, milk yield, hot environment, THI, time series analysis

要 約

北海道農業試験場において通常管理下で飼養されているホルスタイン種泌乳牛群について, 日乳量変動に対する暑熱環境の影響を時系列解析により明らかにした。その結果, THI (温湿度指数) と日乳量の相互相関係数は, 2~3日の遅れで負の最大値となった。このことから暑熱環境の変動は, その2~3日後の乳量に大きく影響することが明らかとなった。また, 乳量変動に対する THI の相対寄与率は, 最低気温 THI の方が最高気温 THI より大きく, 飼養管理上, 日最低気温の確保の重要性が示唆された。

緒 言

亜寒帯気候の南限に位置する北海道においては, 夏季も比較的冷涼であるが, 小笠原気団の急速な発達の影響を受けて, 乳牛が暑さに対して十分に適応するに至らない段階で, 急な暑熱環境に曝されるという特徴がある(早坂ら, 1994)。また, 気温の日内較差が比較的大きく, 夏季の日中は高温となっても夜間には気温が下がることで暑熱の影響は緩和される。従って, 暑熱問題が顕在化している本州地域と比べれば, 暑熱対策への取り組みはさほど深刻ではないが, 1994年の夏にみられたように過去数年おきに猛暑が繰り返し, 死廃頭数の増加や乳生産の低下などを引き起こしている現実もある(上野ら, 1995)。四十万谷(1985)は, 1984年夏の猛暑によって, 北海道農業試験場牛群の乳量, 乳成分が大きく影響を受けたことを報告している。その中で, 北海道での暑熱対策としては施設面での対応よりも飼料給与など飼養管理面での対応が得策であると指摘している。本研究では, 夏季の暑熱対策に資す

るため, 通常の飼養管理下における泌乳牛の日乳量変動に及ぼす温熱環境の影響を時系列解析により明らかにした。

材料と方法

北海道農業試験場において飼養しているホルスタイン種泌乳牛 32 頭を調査対象とした。解析に用いたデータは全国的に猛暑が記録された 1994 年 7 月~8 月の 2 ヶ月の泌乳成績である。乳牛は試験牛舎 (フリーストール) で飼養され, 全群平均の日乳量は約 30 kg で, 産次は 2~5 産である。飼料給与は, オーチャードグラス・サイレージ, 乾草, 配合飼料を当場の慣行により一日 2 回の分離給与で行われている。搾乳は朝・夕の定時に牛舎に付設された搾乳パーラで行い, 夕乳量と翌日の朝乳量の合計を日乳量とした。温熱環境要因としては, 温度, 湿度, 熱放射, 風等があるが, ここでは現場でのデータ採取が容易で実効温度指標として有効な THI (温湿度指数) を用いた。なお, 温度および湿度のデータは, 場内の気象観測点で得られる羊ヶ丘気象月報によった。本報告では, Johnson *et al.* (1962) によって提示された式 $[THI = 0.8 Tdb + 0.01 RH(Tdb - 14.3) + 46.3]$; Tdb は乾球温度 $^{\circ}C$, RH は相対湿度%] により THI を算出した。THI (日最高気温 THI および日最低気温 THI, 以下それぞれ MAX-THI と MIN-THI と略す) および日乳量は, それぞれの原データより 7 点移動平均値を差し引くことによって, 傾向変動を除去した各定常時系列を求めた。次いで, THI と乳量変動の定常時系列間の相互相関係数 (クロスコログラム) を式・1 により算出した (鳴崎, 1982)。時系列処理は, 牛群を日乳量水準によって 20 kg, 30 kg, 40 kg に分けたものと, 全群を対象として行った。

$$(式・1) \quad r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (X_i - m_1)(y_{i+k} - m_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-k} (X_i - m_1)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-k} (y_i - m_2)^2}}$$

ここで、

r_k = 相互相関係数

X_i = i 日の値 (THI)

y_i = i 日の値 (乳量)

m_1 = X_1 から X_{N-1} までの平均

m_2 = y_{i+1} から y_N までの平均

結果と考察

1994年6～8月の北海道農業試験場内における日最高気温の月平均値は、21.2℃(6月)、26.1℃(7月)、28.4℃(8月)で、日最高気温は35.1℃、THIは79.2(いずれも8月7日に観測)であった。因みに、8月7日の札幌市(気象台)での最高気温は36.2℃となり、気象統計が開始された1876年以来の記録となった。

THIが71を越えると乳量に影響が現れ始め、75以上ではその影響はかなり深刻なものとなると言われている(Johnsonら, 1962)。平年並みの気温とされる1992年ではTHI 71以上が11日であったが、75以上は観測されなかった。また冷夏と言われた1993年では、71以上が3日で75以上は観測されなかった。一方、1994年ではTHI 71以上が40日もあり、しかも75以上が12日も観測された(図1)。北海道といえども1994年が乳牛にとって厳しい年であったことがこれらのデータから明らかである。

一頭当たりの平均日乳量の変化(原データ)を図2に示した。THIが75以上となった7月末より8月中

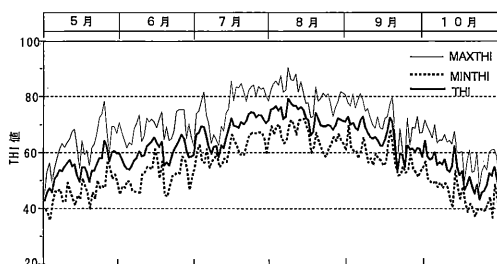


図1 1994年5月から10月までのTHIの推移

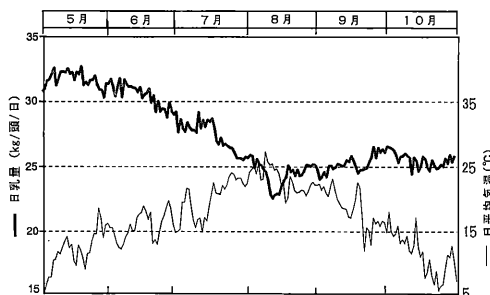


図2 日平均気温と平均日乳量の推移

旬までの乳量は大きく低下したが、とくに最高気温が観測された8月7日(THI 79.2)の影響を受けて、その3日後には乳量が大きく低下した。

MAXTHIとMINTHIおよび乳量の定常時系列変動をそれぞれ図3および4に示した。また、それぞれMAXTHI、MINTHIと乳量変動との相互相関係数を求めクロスコログラムに示した(図5)。ここでは、乳量水準による差は認められなかったため、牛群全体の成績をプールして以下の結果を得た。THIと乳量の相互相関係数は2～3日の遅れで負の最大値となり、その値は、MINTHIがMAXTHIより大きな値であった。このことは、温熱環境の変動は2～3日後の乳量に大きく影響し、温度が高く変化すれば乳量は減少することを示している。Maust *et al.* (1972)によれば、乳量と当日のTHIとの間には相関は認められないが、3日前のTHIとの間には相関係数-0.12～-0.31の範囲の相関が得られたと報告している。我々の得た乳量と3日前のTHIとの相関値は、-0.29(MAXTHI)と-0.43(MINTHI)で、Maust *et al.* (1972)と比べて幾分高い値であるが、この原因は彼らが生データを用いて解析したのに対し、我々は原データから傾向変動を除いて定常時系列を求め、それを対象として相関係数を算出したため精度良く値が得られたと思われる。すなわち、外乱となる変動要因の排除にとって時系列処理が効果的であったと考えられる。また、短報として報告されているため研究内容の詳細は明らかではないが、Lee *et al.* (1954)によって

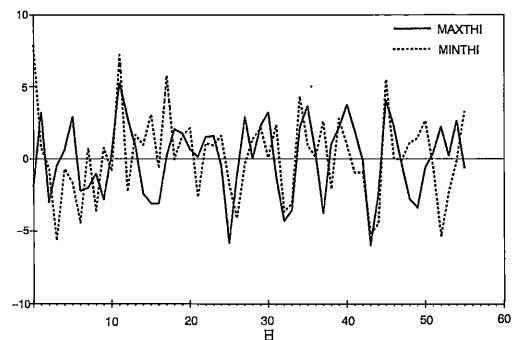


図3 MAXTHI及びMINTHIの定常時系列変動

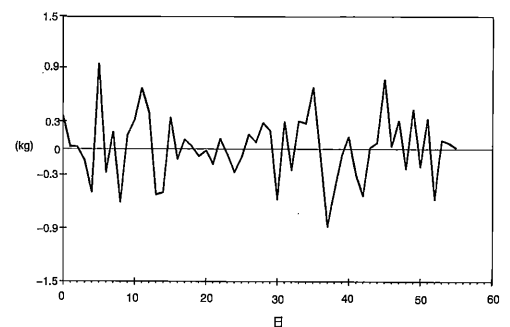


図4 平均日乳量の定常時系列変動

乳量は4～5日前の乾球および湿球との相関が高いと報告されている。Maust *et al.* (1972) によれば、暑熱環境に対する乳牛の反応として、先ず体温の変化があり、次いで採食量の変化を経て乳量に変化するという過程を経ると考えている。また、彼らは乳質についても調べているが、乳脂肪率は暑熱感作に対して乳量のような時系列的変化をしないと報告している。

MINTHIがMAXTHIに比べて大きな相関係数値であったので、重回帰分析法により日乳量変動に対するそれぞれMAXTHIとMINTHIの関与の程度(相対寄与率)を調べた。なお、重回帰分析に用いたデータは、MAXTHI(説明変数:X1)およびMINTHI(説明変数:X2)とそれらに対し3日遅れの日乳量(目的変数:Y)を一組としたものである。その結果、THIによって引き起こされる乳量変動の全体の約80%が日最低気温をもとに算出したMINTHIの変動に従属していることが明らかとなった(図6)。また、乳量変動に対する相対湿度の相対寄与率は、表1に示すように気温の95%と比較して約5%と低いので、便宜的には、温度管理に関しては日最低気温について留意すれば良いと考えられる。例えば、夏季の暑熱対策として日中の暑熱に対する対処は当然重要ではあるが、外気温の下がる夜間に畜体周辺の気温を下げる努力をすることが、乳生産からみた乳牛の暑熱対策としては効率的と考えられる。Holter *et al.* (1996)もJerseyを用いた最近の報告で、MINTHIはMAXTHIと比べて乾物摂取量(DMI)や4%乳脂補正乳量(FCM)との相関が高いことから、乳牛の生産性に及ぼす暑熱ストレスの影響を評価するための尺度としては、MINTHIの方がMAXTHIより有効であると述べている。

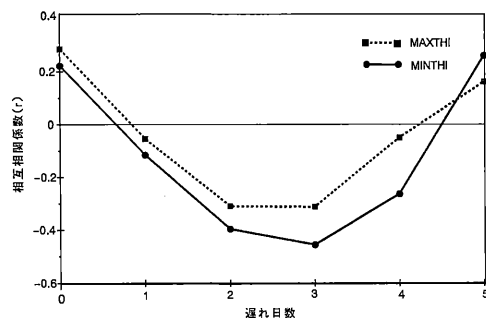


図5 日乳量の変動とMAXTHIおよびMINTHIとのクロスコレログラム

表1 日乳量変化に対する気温と湿度の相対寄与率(%)

	気温	相対湿度
MAXTHI	95.5	4.5
MINTHI	95.3	4.7

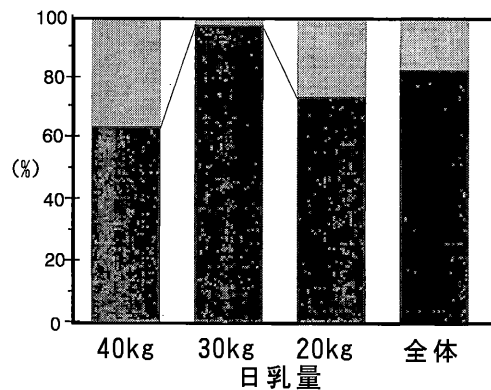


図6 日乳量の変動に対するMAXTHIとMINTHIの相対寄与率(遅れ3日目)

このMINTHIとMAXTHIの乳量変動に対する寄与率の割合において、MINTHIの寄与の大きいことは気温の日較差が大きい北海道においては認められても、日較差の比較的小さい西南暖地においては北海道ほどの高い寄与率が得られない可能性がある。我々が先に実施したアンケート調査の結果(上野ら, 1995)でも、地域によって状況は異なるものの、夏季の防暑対策の一つとして積極的に夜間放牧を取り入れていることが明らかにされている。これなどは夜間の体感温度低下が期待できる効果的な方法である。

謝 辞

本成績は、平成6～8年の3年間にわたって実施した農林水産省農林水産技術会議事務局の特別研究「環境ストレス低減化による高品質乳生産技術の開発」で得られた成果の一部である。乳量データの利用に当たってご協力頂いた畜産部家畜育種研究室佐々木修技官および分析対象とした乳牛の日常管理等を担当された業務3科職員の方々に謝意を表します。

文 献

- 早坂貴代史・山岸規昭・田鎖直澄・宮谷内留行(1994) 北海道の乳牛に対する暑熱の問題—なぜ北海道で暑熱が問題になるのか—。畜産の研究, 48(4): 9-12.
- Holter, J. B., J. W. West, M. L. McGilliard and A. N. Pell (1996) Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Jersey cows. J. Dairy Sci., 79: 912-921.
- Johnson, H. D., A. C. Ragsdale, I. L. Berry and M. D. Shanklin (1962) Environmental physiology and shelter engineering. LXII. Effect of various temperaturehumidity combinations on milk production of Holstein cattle. Mo. Agr. Exp. St. Bull. No. 791.
- Lee D. H. K., H. W. McMullan, R. E. McDowell and

- M. H. Fohrman (1954) Temperature conditions critical to milk production in Holstein cattle in Bertsville. J. Anim. sci., **13**: 1024.
- Maust L. E., R. E. McDowell and N. W. Hooven (1972) Effect of summer weather on performance of Holstein cows in three stages of lactation. J. Dairy Sci., **55**(8): 1133-1139.
- 四十万谷吉郎 (1985) 1984 年夏の異常高温が札幌(羊ヶ丘)における乳量と乳成分に及ぼした影響. 北農, **52**(3), 26-30.
- 嶋崎昭典 (1982) 5.1 時系列解析の手法. 応用統計ハンドブック (応用統計ハンドブック編集委員会編). 432-456. 養賢堂. 東京.
- 上野孝志・早坂貴代史・田鎖直澄 (1995) 1994 年夏期の猛暑が牛乳生産に及ぼした影響. 北農試研究資料, **54**: 5-22.