

放牧牛の生理・生態に関する研究

II-10 心拍数による放牧和牛のエネルギー消費量推定法(間接法)の検討

春本 直^{*}・加藤正信^{*}・青木晋平^{*}・武田 祥^{*}

Tadashi HARUMOTO, Masanobu KATO, Shimpei AOKI and Shō TAKEDA

Physiological and Ecological Studies on the Grazing Cattle

II-10 On the Indirect Estimation of Energy Expenditure from Heart Rate in the Grazing Cattle

結 言

家畜の発生熱量を正確に測定することは、かなり骨の折れる操作を必要とし、とくに放牧牛の発生熱量の測定には困難な問題が多い。われわれは前報で、和牛の心拍数と発生熱量との間に、直線的な高い相関 $r = +0.92$ ($p < 0.001$) があることを認め、心拍数(X)と体重1kg1時間当りの発生熱量(Y)との関係は、回帰式 $Y = 0.022X - 0.145 \text{ Cal.}$ で示されることから、放牧和牛の心拍数を測定することによって、発生熱量の推定値を得ることができると考えた。

しかしながら、従来の心拍数の測定法は聴診器によるもので、種々の行動形を示す放牧和牛の心拍数を正確に測定することが困難であった。たまたま、Beat-meterを入手し、これを使用して放牧和牛のあらゆる行動形の心拍数を連続的に正確に測定することが可能であることを認めた。

本試験は、Beat-meterで正確に測定した心拍数と発生熱量間の種々の関係を検討し、放牧和牛の心拍数から間接的に発生熱量を求めるための、最も正確度の高い関係式を決定する目的で行なった。

なお、本試験の実施にあたり、種々の便宜を与えられた農林省中国農試畜産部の各位に深甚の謝意を表す。また本試験は文部省科学研究費の一部を用いて行なったものである。

試 験 方 法

1. 供試家畜：供試和牛は、中国農試畜産部で繁殖中の黒毛和種雌牛18頭を供試した。これら供試牛の年齢は2年2カ月～11年2カ月令、平均5年6カ月令であり、体重は372～578kg、平均439kgであった。

2. 試験期間および気象条件：試験は1964年5月16日から5月23日までの間に行ない、試験期間中の最高気温は27.5°C、最低気温は7.0°Cであった。なお試験実施時における平均気温は23.8°Cであった。

3. 発生熱量および心拍数の測定法：発生熱量と心

拍数の測定については、供試牛が種々の速さの心拍数を示す時の発生熱量を測定することが必要であるので、各種の条件のもとで Sampling が行なわれた。すなわち、早朝飼付前または日中の牛舎内における休息時の状態、treadmill 上で種々の速度の歩行 (0.7～1.9 m/sec.) 時および treadmill 停止直後の状態において、休息時は3分間、歩行運動時は1～2分間にわたり全呼気を Douglas bag 法により採取した。採取呼気は労研式小型瓦斯分析器で O₂ および CO₂ の定量を行ない、常法によって発生熱量の計算を行なった。また呼気採取と同時に、Beat-meter により心拍30拍動を数えるのに要する時間を、3～6回繰り返し測定して、その平均値より1分間当りの平均心拍数を算出した。

このようにして18頭の供試牛に対して各種条件のもとに、延べ65例の心拍数と発生熱量とを組にしたデータを得た。

結果および考察

1. 心拍実数と発生熱量の相関

18頭の供試牛から得た65例のデータについての、心拍実数 (beats/min.) と発生熱量 (Cal./kg./hr.) の関係を示すと第1図の通りである。

図中の同記号は、同一個体についての測定値である。測定された心拍数の範囲は48.6～118.8 beats/min. に及び、これに対する発生熱量の範囲は0.65～3.81 Cal./kg./hr. である。われわれがこれまでに放牧和牛について測定した心拍数は、最高が128であったが、それらの心拍数のほとんどは本試験での測定範囲内に含まれる。

休息時あるいは同一条件の歩行運動をさせた場合でも、心拍数にはかなりの個体差が認められ、また、心拍数が高くなるにつれて発生熱量の値のばらつきが大きくなっている。この傾向は個体差に原因するものだけでなく、同一個体についても認められる。

これらのデータから算出した心拍数(X)と発生熱量(Y)の間の相関係数 $r = +0.82$ ($P < 0.01$)、回帰式は $Y = 0.036X - 1.241$ で示され、この回帰式の適合率(計算値/測定値)は $108.6 \pm 10.8\%$ ($P < 0.01$) とな

^{*} 畜産学研究室

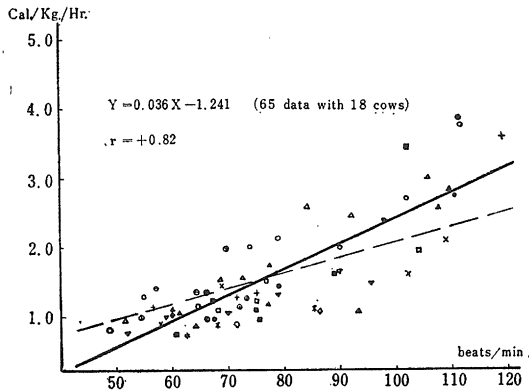


Fig. 1 Relation of heat production (Cal.) to heart rate (beat number) (broken line shows regression from data of stethoscope method)

った。

(1) この回帰式は、前報⁽¹⁾で示された聴診器法による心拍数と発生熱量間の回帰式 $Y = 0.022X - 0.143$ (第1図中に破線で示されている) に比較して、傾斜が急であり、低い心拍数に対しては前報の場合より高い発生熱量の値を表わし、逆に高い心拍数では発生熱量が前報の場合より低く算定される傾向を示している。この原因は、Beat-meter と聴診器との心拍数測定値の差に起因するものと考えられる。すなわち家畜の心拍数が比較的低い状態では、聴診器を用いる場合に、測定者が直接牛体に近づくので、牛の心理的動揺などのため一時的に若干高い心拍数を示すものと思われる。これに対して、心拍数の高い激しい行動中には、聴診器は使えず、やむをえず運動停止直後の急激に心拍数が低下する時期に測定を行っていたため、連続的に Beat-meter で測定された運動中の真の心拍数より若干低い値を得ていたことが、回帰式に差が現われた大きな原因であろう。

2. 心拍率およびエネルギー代謝率 (R.M.R.) の利用

心拍数と発生熱量は個体差や環境条件の相違などに

Table 1. Heart rate and heat production used as the basis of beat percentage and R.M.R.

Cattle No.	Heart rate	Heat production
	beats/min.	Cal./kg./hr.
1	68.2	0.87
2	54.8	1.26
3	48.6	0.79
4	67.4	0.90
6	51.4	0.90
9	58.0	0.84
10	56.4	1.14
11	64.3	0.86
14	64.6	1.13
15	60.3	0.69
16	59.5	0.96
18	52.0	0.74
Average	58.8	0.92

より、かなりの変異があることが知られている。したがって心拍数と発生熱量の関係についても、当然個体差が存在するものと考えられる。これに対して、心拍数の安静時の値に対する百分率やエネルギー代謝率を利用することによって、個体差を除き、心拍数から発生熱量を推定する場合より密接な関係式がえられるのではないかと考えられる。辰巳⁽⁴⁾も馬について心拍数と O_2 消費量との関係を検討し、個体差を少なくする目的で、心拍増加率、増加心拍数およびエネルギー代謝率などを利用することを提唱している。

そこで、心拍数：エネルギー代謝率 (R.M.R.)、心拍率：発生熱量 および 心拍率：R.M.R. のそれぞれ相互間の相関係数を求め、心拍数：発生熱量 の関係よりさらに高い相関が認められるかどうかについて検討を行なった。

心拍率および R. M. R. の決定 全供試牛18頭のうちから、早朝の牛舎内における休息時の発生熱量が測定できた12頭の牛を選び、各牛のこれら牛舎内の発生熱量および心拍数の値を基礎として、心拍率および R.M.R. の算出を行ない、組になった40例のデータを得た。

なお基礎にとった休息時心拍数と発生熱量の値は、第1表に示す通りである。

第1表によると、かなりの個体差が認められるが、心拍数では 51.4~68.2 beats/min., 発生熱量では 0.69~1.26 Cal/kg./hr. の範囲にある。

心拍数または心拍率と発生熱量または R.M.R. の相互の4組合せ間の相関 まず、供試牛12頭より得た40例について心拍数と発生熱量間の関係を示したのが第2図である。

このデータについて計算した結果は、相関係数 $r = +0.79$ ($P < 0.01$)、回帰式は $Y = 0.042X - 1.766$ (適合率 108.7±13.4%) となった。前述の65例のデータについて計算した結果に対し、相関係数はやや低くなったが、やはり高い有意の相関があり、回帰式も若干異なった直線になったが、その差は大きいものではない(第2図に65例の結果が破線で示してある)。

つぎに、心拍数：R. M.R.、心拍率：発生熱量 および 心拍率：R. M.R. のそれぞれの関係が第3、第4および第5図に示してある。

こゝに示した心拍率の最高値は211%、また R. M.R. の最高値は 4.9 であり、和牛にとって、とくに強度の運動ではなかったものと考えられる。

第3~5図に示したいずれの組合せの場合も有意の相関を示したが、心拍数：発生熱量 の相関係数 $r = +0.79$ に比較すると、すべて低い相関係数を示した。また個体によっては発生熱量にかなり大きなばらつきが認められ、心拍率や代謝率を利用することが、必ずしも個体差を除くことの意味を示していない。辰巳⁽⁴⁾もこの点について示唆している。

しかしながら、本試験における心拍増加率および R.

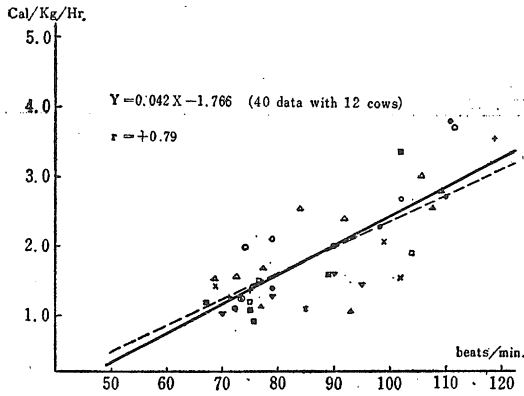


Fig. 2 Relation of heat production (Cal.) to heart rate (beat number)
(broken line shows regression from 65 data with 18 cows)

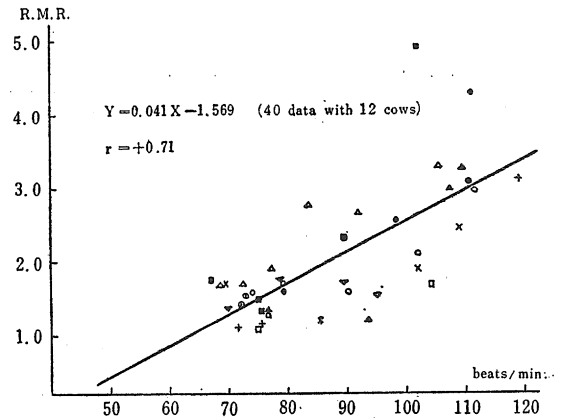


Fig. 3 Relation of heat production (R. M. R.) to heart rate (beat number)

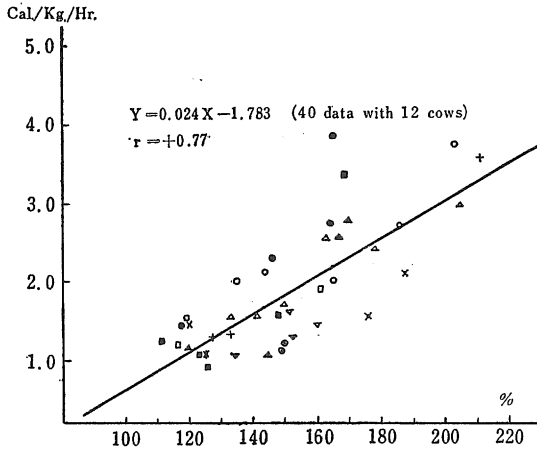


Fig. 4 Relation of heat production (Cal.) to heart rate (%)

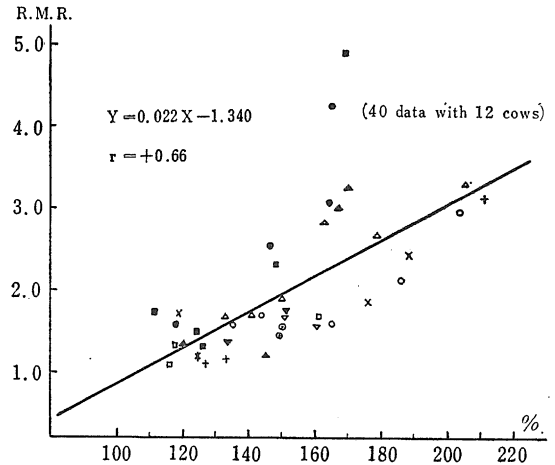


Fig. 5 Relation of heat production (R. M. R.) to heart rate (%)

M. R. の算出基礎に用いた早朝休息時の心拍数と発生熱量の値にかなり大きな変異の個体差が認められたことは、基礎とした休息時代謝の測定条件について問題点があったのではないかと考えられ、さらに検討する余地がある。

3. 実用的な回帰式の決定

第2表に、本試験で算定した Beat-meter 法による心拍実数または心拍率と発生熱量または R. M. R. との相互間の四つの組合せについて、相関係数と回帰式ならびに回帰式の適合率および前報⁽¹⁾で報告した聴診器法の場合の結果を一括して示してある。

第2表によれば、心拍実数と発生熱量間の相関係数が最も高く、和牛のエネルギー発生量の推定には、心拍実数を指標として直接発生熱量を算定する回帰式を利用した場合に、正確度が最も高いことがわかった。安静時代謝のデータを簡単に知ることが困難な放牧和牛の発生熱量推定法としては、心拍率や R. M. R. を指標として利用

するより、心拍数の実数を用いて回帰式より発生熱量実数を求めた方が遙かに有利なことである。

なお、実際の放牧牛について Beat-meter により測定した心拍数から発生熱量を求める場合、第2表に示される心拍実数：発生熱量の二つの回帰式 $Y = 0.036X - 1.241$ および $Y = 0.042X - 1.766$ のいずれを用いるべきかについて考察すると、この両者間には、第2図に示されるように、とくに大きな差はないが、放牧和牛の心拍数は、休息時においても牛舎内での心拍数よりかなり高い値を示すことから考えて、心拍数の低い範囲のデータを除いた40例のデータから算出した後者の回帰式 $Y = 0.042X - 1.766$ を用いた方が、より妥当な推定値が求められると考える。

また、これまでわれわれが使用してきた聴診器法の場合の相関係数が非常に高かったが、この場合は従来報告されて来た数人の研究者たちの測定値を集計したデータについて算定されたもので、測定条件の相違などについて

Table 2. Relations between heart rate (number or percentage) and heat production (Cal. or R.M.R.) in four combinations

Method	Relation	Correlation coefficient (r)	Regression equation	Adaptability (%)
Beat-meter method	Heart rate(No.) : Heat prod. ^a	+0.82**	Y=0.036X-1.241	108.6±10.8**
	Heart rate(No.) : Heat prod. ^b	+0.79**	Y=0.042X-1.766	108.7±13.4**
	Heart rate(No.) : R.M.R.	+0.71**	Y=0.041X-1.569	106.1±12.6**
	Heart rate (%) : Heat prod.	+0.77**	Y=0.024X-1.783	104.0±12.2**
Stethoscope method	Heart rate (%) : R.M.R.	+0.66**	Y=0.022X-1.340	103.9±11.1**
	Heart rate(No.) : Heat prod.	+0.92**	Y=0.022X-0.143	99.4± 2.6**

a. 65 data with 18 cows, b. 40 data with 12 cows, ** P<0.01

て若干問題点があるので、放牧和牛の発生熱量の決定は本研究で Beat-meter を利用して測定した正確な心拍数から決定した回帰式を用いることにより、遙かに正確度の高い推定値を求めることができると考えられる。

摘 要

放牧和牛の心拍数から間接的に発生熱量の推定を行なう目的で、Beat-meter 法で正確に測定した和牛の心拍数と発生熱量間の種々の関係について検討した。

1) 18頭の供試牛を用い、各種の条件のもとで測定した心拍数 (beats/min.) と発生熱量 (Cal./kg./hr.) の65例のデータから算定した心拍実数 (X) と発生熱量 (Y) 間の相関係数 $r=+0.82$ ($P<0.01$) で、回帰式は $Y=0.036X-1.241$ となり、この結果は、従来の聴診器法の場合の回帰式 $Y=0.022X-0.143$ と比べてかなり異なった傾向を示した。

2) 心拍数および発生熱量の実数のかわりに、心拍率およびエネルギー代謝率 (R. M. R.) を利用した場合の各組合せ間の関係を検討するため、12頭の供試牛から得た40例のデータを用いて、心拍実数：発生熱量、心拍実数：R.M.R.、心拍率：発生熱量 および 心拍率：

R.M.R. のそれぞれについて相関係数を算出した結果、心拍実数と発生熱量間の相関が最も高く $r=+0.79$ で、回帰式は $Y=0.042X-1.766$ であった。

3) 放牧和牛について、Beat-meter で測定した心拍数 (X) から発生熱量 (Y) の推定を行なう場合、回帰式 $Y=0.042X-1.766$ を用いるのが最も正確度が高いと考えられた。

謝 辞

本試験の実施にあたって、種々の助力をされた 当畜産学研究室専攻生 小西正之、石山英光両君に深甚の謝意を表す。

引用文献

1. 加藤正信・青木晋平・春本 直・藤光正昭：京大畜産学研究室創設25年記念論文集：39~46, 1961
2. 加藤正信・青木晋平・田畑一良・藤光正昭：島根農大研報 7 (A)：61~68, 1959
3. 加藤正信・青木晋平・田畑一良・藤光正昭：島根農大研報 8 (A)：43~51, 1960
4. 辰巳 博・加藤道弘・千葉 博・岡部利雄：農技研報 G 17：59~66, 1959

Summary

With the aid of a beat-meter, a fundamental investigation was conducted to determine the heat production of grazing Japanese Black Breed of Cattle indirectly by means of the heart-rate counting.

The expired-air collection by the Douglas bag method and the counting of heart rate were carried on simultaneously under different conditions — various levels of resting and of walking on the treadmill.

The relations of heat production to heart rate were examined in four combinations of units for describing values. The correlation coefficients between heart rate and heat production were as follows :

Beat number : Cal.	+0.82	} (from 64 data with 18 cows)
Beat number : Cal.	+0.79	
Beat number : R.M.R.	+0.71	} (from 40 data with 12 cows)
Beat % : Cal.	+0.77	
Beat % : R.M.R.	+0.66	

These correlations were highly significant ($P<0.01$). The regression equations between Beat number/min. (X) and Cal./kg./hr. (Y) were $Y=0.036X-1.241$ (from 64 data), or $Y=0.042X-1.766$ (from 40 data).

It was concluded that the most useful equation to estimate the heat production of grazing cattle was $Y=0.042X-1.766$.