研 究

子ヒツジの遊び行動における瞬間サンプリング法の適用の検討¹⁾

茨城大学 小田切敬子・松沢安夫

Application of an Instantaneous Sampling Method to Lambs' Play Behavior

KEIKO ODAGIRI and YASUO MATSUZAWA
Faculty of Agriculture, Ibaraki University

ABSTRACT

In order to study an application of an instantaneous sampling method to lambs' play behavior, we made continuous, 24-hour, videotapes of the movements of four lambs, aged 0-4 weeks, and analyzed them. Play was defined that the behavior lacks any obvious purpose or immediate benefit. And then the play behavior was categorized into 19 unit movements. Using a continuous recording method, those unit movements were compared with the results sampled with an interval of 5-, 10-, 15-, 30-, and 60-second. The results were that only a 5-second interval method was equal to the continuous recording method. It was therefore judged that the instantaneous sampling method with an interval of over 5-second was inaccurate.

Key words: instantaneous sampling, continuous recording, play, lamb

動物の行動研究を行うにあたって、その行動量および発現動作の種類を解析することは重要である。そのためには、個体追跡による連続記録法を実施することが最良であるが、個体追跡法での長時間連続記録は技術的あるいは設備的

に実施が困難であった。それ故に、瞬間サンプリング法 (Martin & Bateson, 1986; Miller & Byers, 1991; Sato & Kuroda, 1993; 山下・田中・谷田・吉本, 1993) かあるいは短時間での連続記録法 (Byers, 1977; Echeverri, Gonyou, & Ghent, 1992; Koyama, Terao, & Sackett, 1991; Sachs & Harris, 1978; Zito, Wilson, & Graves, 1977) が採用されてきた。

子ヒツジの遊び行動の特性は、持続時間が短くかつ動作の形態が多様であるため、個体観察

¹⁾本研究を遂行するにあたり、有益な助言を与えて下さいました国立予防衛生研究所筑波医学実験用霊長類センター・吉川泰弘センター長、繁殖育成室・吉田高志主任研究官に深甚の謝意を表します。

を長時間連続して行い、それらを詳細に記録解析する必要がある。しかし、連続記録法の結果と、瞬間サンプリング法のそれらとの比較を同一個体を用いて同時に行うことは、方法的に困難であるため、これまで十分な検討がなされてこなかった。

近年の長時間ビデオテープレコーダの普及により、動物の行動を画像として長時間連続的に記録することが容易となった。そこで、ビデオ映像をもとに、連続記録法と瞬間サンプリング法による行動解析を実施し、それらの方法の有効性と限界性について検討したのでここに報告する。

方 法

1) 観察対象および飼育条件

4頭の子ヒツジを用いた。それらはコリデール種・雌(A-1)、雑種(コリデール雄×ドーセットホーン雌)雄(A-2)、サフォーク種・雌(N-1)、雑種・雌(N-2)であった。A-1とA-2は出生直後に親から隔離し、単飼・人工哺育した。授乳は0, 1日齢では母乳のみを給与し、それ以降はヒツジ用代用乳(協同飼料株式会社製造A-3)に順次切り替えた。飼育は10日齢まで屋内ペン(2.3 m²)において行い、それ以後は屋外パドック(21.3 m²)にて行った。N-1とN-2については、親を分娩1週間前に群れから隔離し、出生後は屋外パドック(15.3, 28.0 m²)にてそれぞれ自然哺育をさせた。体重測定は定期的に行った。

2) 行動の記録

行動はビデオレコーダ(Panasonic AG-6020, National NV-8450)によって0~4週齢まで各週齢毎に24時間連続(1秒30フレーム)で録画した。録画には120分あるいは160分撮りVHSテープを3倍モード、あるいは標準モードで使用した。夜間撮影のための照明は日没約30分前から日の出約30分後までとした。点灯あるいは消灯はタイマーにより自動で行い、

60~500 w照明を用いた。

3) 行動の分類

遊び行動は、「直接的な利得や明らかな目的に欠ける行動で、それ自身の動機づけシステムを持っていると考えられるもの(Bekoff & Byers, 1981, Fagen, 1974; Hinde, 1970; 小山, 1982; ; Martin & Caro, 1985; 三村, 1988)。」と定義した。この定義に従い、録画映像から遊び行動を抽出した。

遊びの分類は、Hulet ら(1975), Byers (1977), Tanaka ら(1992)に基づき、それらの行動を、さらに区分可能な最小の単位動作に分割した(小田切・野沢・谷田・田中・吉本, 1991)。それらは、①旋回(Arcing), ②頭突き(Butting), ③前進(Going forward), ④頸振り(Head shaking), ⑤額合わせ(Head to head), ⑥後肢蹴り(Heel kicking), ⑦ジャンプ(Jumping), ⑧回転跳び(Leaping), ⑨乗駕(Mounting), ⑩かく(Pawing), ⑪押す(Pushing), ⑫小走り(Quick stepping), ⑬立ち上がり跳び(Rearing up), ⑭こする(Rubbing), ⑮疾走(Running), ⑯スタンプ(Stamping), ⑰立ち上がり(Standing up), ⑱旋回(Turning up), ⑲後ずさり(Withdrawal), の19動作に分類された(Table 1)。これらの19動作を、それぞれについてすべて秒単位で記録した。同一動作の連続は、1単位動作とみなした。しかし、同一動作間に姿勢の定位がみられた場合や、1秒でも休止した場合は、それらの動作は別個のものと考えた。また、異種の動作が連鎖して起こった場合も同様であった。このような方法で連続記録をとり、得られた記録をもとにして5, 10, 15, 30および60秒間隔の瞬間サンプリング法で動作を抽出しなおした。この際には、19動作のうち、いずれかの動作が生起すれば遊びが生じたとした。さらにこれらの値を24時間当たりの値に換算した。

4) 統計学的解析

Table 1 Ethogram of play behavior

Unit movements of play behavior	Characteristics of movements
1) Arcing	The animal moves like drawing circle on the place.
2) Butting	The animal lowers its head and strikes inanimate objects or its mother with its forehead. In case on object of butting is its mother, it is not always directed at her head. Playful is all cases very gentle.
3) Going forward	The animal steps forward. This activity usually occurs after withdrawal. The activity of approach to some objects also contained in that.
4) Head shaking	The animal shakes its head right and left or up and down.
5) Head to head	The animal approaches its mother and directs its forehead to her head.
6) Heel Kicking	The animal simultaneously kicks both hind legs out, up, and to one side in midair.
7) Jumping	The animal leaves the ground and jumps up some horizontal distance at the point or some vertical distance.
8) Leaping	The animal leaves the ground and jumps up some horizontal distance. Leaping is always accompanied by violent rotational movements.
9) Mounting	The animal mounts the side, back or rump of its mother.
10) Pawing	The animal paws the ground, wall or fence with its front legs.
11) Pushing	The animal pushes some objects or the forehead of its mother using its forehead.
12) Quick stepping	The animal runs slowly.
13) Rearing up	The animal rears up extended hind legs and its hind legs leave the ground at that time.
14) Rubbing	The animal rubs its forehead anything such as the feeder and the wall of the shelter in the padock.
15) Running	The animal runs in the midst of a play bout. We call the running during a play bout a play running.
16) Stamping	The animal stamps the ground or the floor with its front, hind, or sometimes four legs.
17) Standing up	The animal stands up using its hind legs and puts its front legs on the pole and the wall.
18) Turning up	The animal turns to the right, left or back on extended hind legs.
19) Withdrawal	The animal takes a few steps backward slowly.

行動量の各群内の分散を群間で比較した。分散に有意差が認められなかったので、週齢にともなう行動量の変化、および記録方法によって検出される行動量のちがいを比較するために、週齢を第1要因、記録方法を第2要因とする分散分析法を実施した。さらに単一要因分散分析法により群間の行動量の差の検定を行った(キャンベル, 1970)。

平均動作種類数に関しては、各週齢において連続記録法と瞬間サンプリング法によって検出された、4頭の遊び動作種類数の平均値を求め、それぞれの間の差の検定を行った。

結 果

1. 体重成長

実験期間中の体重曲線を示した (Fig. 1)。生

後1カ月間における日増体量は、A-1, A-2, N-1, N-2においてそれぞれ240, 326, 507, 257 gであった。出生時の体重の個体差(変動係

数: $C.V. = 100 \times \text{標準偏差} / \text{平均値}$)は17%, 4週齢時のそれは25%であった。

2. 行動量

行動量を、観察方法と週齢との二要因の分散分析を行った結果では、週齢のみ有意 [$F(29, 90) = 1.727, p < .05$] であった。さらに群間の差を検出したところ、連続記録 [$F(1, 90) = 5.439, p < .05$] と5秒間隔 [$F(1, 90) = 4.441, p < .05$] のサンプリングにおいて0週齢と1週齢との間の行動量に有意差が認められたものの、その他のサンプル間隔では0週齢と他の週齢との間に差は認められなかった (Fig. 2)。しかし、いずれのサンプル間隔であっても、検出された行動量の全体的傾向はよく似たものであった。

3. 単位動作の平均検出数

各週齢における、連続記録法と瞬間サンプリング法によって検出できた、4頭平均の遊び動作の種類数を示した (Table 2)。どの週齢にお

Fig. 1 Age-related changes of body weight in four lambs

Fig. 2 Time spent in play behavior during the first 4-week. Data were collected from continuous recording (CR) and instantaneous sampling (IS). Each column represents mean $\pm$ standard error.

* : Significant difference from 0-weeks at $p < 0.05$

Table 2 Variations of play behavior detected by continuous recording (CR) or instantaneous sampling (IS) using five different intervals

Age in weeks	CR	IS				
		5-SEC	10-SEC	15-SEC	30-SEC	60-SEC
0	10.8±1.1 ¹⁾	9.8±1.2	6.8±0.7**	5.0±1.4**	1.3±0.7***	1.0±0.5***
1	13.5±2.1	12.0±2.6	9.8±2.1	8.8±2.4	6.0±1.8*	3.0±1.4**
2	14.3±1.0	12.8±1.0	12.0±0.8*	10.3±0.7*	8.0±1.4*	5.8±1.0***
3	12.8±1.6	9.3±2.5	7.8±1.8*	7.0±2.3*	5.0±1.1**	3.8±1.2***
4	14.0±1.2	9.3±1.1**	7.8±1.2**	7.8±1.4**	5.5±0.7***	3.0±0.9***

1) Mean±Standard Error

Significant differences from the value of CR were indicated by *($p<0.05$), **($p<0.01$) and***($p<0.0001$).

いてもサンプル間隔が長くなるほど検出数は減少した。動作の平均検出数は、連続記録法においては11～14であったが、15秒間隔以上の瞬間サンプリング法では5～10であった。また30秒以上のサンプル間隔で、すべての週齢において連続記録との間に有意な差 [$df=6$, $t>2.447$, $p<.05$] が認められた。さらに10秒、15秒においては0、2、3、4週齢で連続記録との間に有意な差 [$df=6$, $t>2.447$, $p<.05$] が認められた。しかし、5秒間隔では0～3週齢、10、15秒間隔では1週齢において連続記録法との間に差は認められなかった。

考 察

子ヒツジの体重は、生後3カ月齢までは直線的に発育する(三村, 1956; Wallace, 1948)。本実験に使用した4頭の子ヒツジは、生後1カ月齢までほぼ直線的な体重成長を示した。子ヒツジの哺育期における標準日増体量は、200～300 g(寒河江, 1988)とされている。今回使用した4頭の日増体量は平均333 g(240～507 g)であり、いずれも標準あるいはそれ以上であった。従って、本研究は標準的あるいはそれ以上の体重成長を示した4頭の子ヒツジを使用して実施されたものと考えた。また、体重の個体差は出生時、あるいは4週齢時でも20%程度であり、観察期間中、体重成長の顕著な差は認められなかった。

遊び行動の統計学的解析では、二要因分散分析法により、記録方法を要因とした群間において行動量に有意差は認められず、週齢についてのみ有意となった。このことは、子ヒツジの行動量が週齢によって変動することを示している。

ところが0週齢に対して1週齢での行動量の増加を検出することができたのは、連続記録法と5秒間隔の瞬間サンプリング法のみであった。つまり統計学的に真の行動量の変化を再現したのは5秒間隔の瞬間サンプリング法のみであり、それ以上の間隔では精度が低いことを示唆している。また、動作の平均検出数については、連続記録法と比較して10秒間隔以上の瞬間サンプリング法では明らかに低下しており、検出感度が低いものと判断された。しかし、遊びの行動量における0～4週齢までの変化のパターンは、どのサンプリング間隔においても連続記録法と同様な傾向を示している。従って、出生直後から性成熟に至るまで、あるいはそれ以降のおとな期に達するまでの長期にわたる遊びの量的変化を調べる方法としては、60秒間隔であっても瞬間サンプリング法は有効であるかもしれない。

動物の行動を記録する際には、その行動の何について知りたいのかによって、連続記録法とサンプリング法のどちらを実施するかを決定すべきであろう。連続記録法では行動の連続、

持続時間、真の発現頻度および開始と終了時刻などを正確に知る事ができる。一方、瞬間サンプリング法は各サンプル点の瞬間に特定の行動が起こっているか否かだけしか知る事ができない。しかし、ウシの採食、休息、反芻行動のサンプル間隔については、三股ら (1963) や Hull ら (1960) の報告があり、5 分および 10 分の間隔は適当であると述べている。ウシのこれらの行動は 1 回あたりの持続時間が長いため、サンプル間隔が 5~10 分といった単位であっても、その時間や出現頻度のよりよい推定値を求める事ができるからである。また、それらの行動形態は子ヒツジの遊び行動と比べて単純で動作が緩慢であるため、一度に数個体の行動を瞬間的に判別する事も比較的容易である。そのため直接観察による瞬間サンプリング法を実施しても、データの精度を下げるということはないのであろう。また、チンパンジーにおける 19 種類の行動型の持続時間についての Leger (1977) の報告では、15 秒ないし 120 秒の瞬間サンプリングと連続記録との比較では、両者間に相関があることのみ認められている。

瞬間サンプリングでは、サンプル間隔が行動の持続時間に対して十分に短かければ、連続記録に近い値が得られ、推定値は正確になる (Martin & Bateson, 1986; マーティン・ペイトソン, 1990)。子ヒツジの遊び動作の平均持続時間は数秒程度であるために、5 秒のサンプル間隔でも良好な値を得る事が出来たのであろう。

今回の結果から連続記録法とともに、5 秒間隔の瞬間サンプリング法を適用することは、成長に伴う遊びの量的変動と遊び行動の種類を検出するには、有効な解析方法であることが明らかになった。そして、子ヒツジの遊び行動の解析において、統計学的には 5 秒がサンプリング間隔の限界時間であることが示唆された。

Altman (1974) は、サンプリングのテクニックは行動のデータを集めるのに費やされる時間を削減することである、と述べている。しかし、

瞬間サンプリングの利点は情報量の削減による解析時間と労力の軽減にある。そのため、5 秒程度の間隔の瞬間サンプリングを実施したとしても、その間隔の短かさのため実質的に連続記録を行うことと変わりがなくなるであろう。サンプリングに費やされる時間や労力のわりには、それから得られる情報が少ないことを考慮すると、子ヒツジの遊び行動の初期発達における研究は、連続記録法が最適解析方法であると考えられる。

動物の行動を理解するためには、行動の時間や頻度を知るだけでなく、個々の動作の形態や連鎖の解析をする事が重要である。そのため、それを映像等の手法によって長時間連続的に採取・記録することが必須である。しかし、従来のような手作業での映像記録の解析方法では費やされる時間と労力の膨大さのため、解析には限界がある。今後は、行動解析に費やされる時間の短縮と行動の客観的評価をめざして、新たなシステム (土屋・深田, 1990) の開発が必要となるであろう。個体発達を追跡するような長期的な研究においては、すべての情報を採取して連続的に動作の解析をすることが望まれるが、それは不可能であろう。その場合、同一個体を繰り返し観察するような縦断的調査 (吉田, 1992) 方法を行い、数時間毎に 15 分あるいは 20 分間連続で観察するといったようなタイム・サンプリング法、あるいは 60 秒またはそれ以上の間隔での瞬間サンプリング法なども有効であるかも知れない。どのような観察法あるいは解析方法が、いかなる行動または動作に適しているか、といった方法論については今後の検討が必要である。

要 約

遊び行動における瞬間サンプリング法の適用性について検討するために、0~4 週齢の 4 頭の子ヒツジの 24 時間連続の録画映像をもちいて行動解析を行った。遊び行動を、明かな目的あ

るいは直接的な利得のない行動と定義した。そして、遊びを19種類の単位動作に分類し、連続記録法によって得られた値を用いて、5種類(5, 10, 15, 30, 60秒)のサンプル間隔で抽出しなおしたものと比較した。その結果、遊び行動の週齢にともなう行動量の変化と発現動作の種類数を、連続記録法に匹敵する精度で再現したのは5秒間隔法のみであり、それ以上の間隔での瞬間サンプリング法では、遊び行動量における測定の精度および動作数の検出感度に欠けるものと判断された。

REFERENCES

- Altman, J. 1974 Observation study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49, 227-267.
- Bekoff, M., & Byers, A. 1981 A critical reanalysis of the ontogeny and phylogeny of mammalian social and locomotor play: An ethological hornet's nest. In K. Immelman, G. W. Barlow, L. Petrionovich, & M. Main, (Eds.), *Behavioral development*, London and New York, Cambridge Univ. Press, pp. 296-337.
- Byers, J. 1977 Terrain preferences in the play behavior of Siberian Ibex Kids (*Capra ibex siberica*). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 45, 198-209.
- キャンベル, R. C. (石居進訳) 1970 生物系のための統計学入門. 培風館. 東京, pp. 129-143.
- Echeverri, A. C., Gonyou, H. W., & Ghent, A. W. 1992 Preparturient behavior of confined ewes: time budgets, frequencies, spatial distribution and sequential analysis. *Applied Animal Behaviour Science*, 34, 329-344.
- Fagen, R. M. 1974 Selective and evolutionary aspects of animal play. *American Naturalist*, 108, 850-858.
- Hinde, R. A. 1970 *Animal Behaviour* (2nd ed.). New York: MacGraw-Hill, pp. 356-357.
- Hull, J. L., Lufgreen, G. P., & Meyer, J. H. 1960 Continuous intermittent observations in behavior studies with grazing cattle. *Journal of Animal Science*, 19, 1204-1207.
- Hulet, C. V., Alexander, G., & Hafez, E. S. E. 1975 *The Behaviour of Domestic Animals*. (Hafez, E. S. E. ed.) 3rd ed. Baillier Tindall. London, pp. 246-294.
- 小山高正 1982 霊長類の遊び行動について. お茶の水女子大学人文科学紀要, 35, 227-248.
- Koyama, T., Terao, K., & Sackett, G. P. 1991 Depressive behavior and serum cortisol of *Macaca fuscicularis* after separation housing with a "Nurse". *Primate Research*, 7, 1-11.
- Leger, D. W. 1977 An Empirical Evaluation of instantaneous and one-zero sampling of chimpanzee behavior. *Primates*, 18, 387-393.
- Martin, P., & Bateson, P. 1986 *Measuring behavior an introductory guide*. Cambridge university Press, pp. 54-55.
- (マーティン, P.・ベイトソン, P. (訳; 粕谷英一・近雅博・細馬宏通) 1990 行動研究入門, 動物行動の観察から解析まで, 東海大学出版会, pp. 50-58.)
- Martin, P., & Caro, T. M. 1985 On the Functions of Play and its Role in Behavioral Development. In *Advances in the Study of Behavior*. Academic Press, London, pp. 59-98.
- Miller, M. N., & Byers J. A. 1991 Energetic cost of locomotor play in pronghorn fawns. *Animal Behaviour*, 41, 1007-1013.
- 三股正年・高野信雄・山下良弘・宮下昭光 1963 放牧および舎飼い時における家畜の活動 (BEHAVIOUR) 調査法について. 日本草地学会誌, 9, 77-82.
- 三村 耕 1956 子緬羊の発育に関する研究. 広島大学水畜産紀要, 1, 203-266.
- 三村 耕 1988 家畜行動学. 養賢堂, pp. 54-56.
- 小田切敬子・野沢早智子・谷田 創・田中智夫・吉本 正 1991 子羊の「遊び」の解析における行動記録法の検討. 日本家畜管理研究会誌, 27, 6-7.
- Sachs, B. D., & Harris, V. S., 1978 Sex differences

- and developmental changes in selected juvenile activities (play) of domestic lambs. *Animal Behaviour*, 26, 678-684.
- 寒河江洋一郎 1988 新しいめん羊飼育法 (吉本 正監修). 社団法人 日本緬羊協会, pp. 118-122.
- Sato, S., & Kuroda, K. 1993 Behavioral characteristics of artificially reared calves. *Animal Science and Technology* (Japan), 64, 593-598.
- Tanaka, T., Odagiri, K., Shiose, E., Yoshimoto, T., & Mimura, K. 1992 Developmental changes of play behavior in lamb. *World Review of Animal Production*, 27, 28-32.
- 土屋 裕・深田陽司 1990 テレビジョン学会編 画像処理. コロナ社, pp. 64-82.
- 山下恵理子・田中智夫・谷田 創・吉本 正 1993 放牧下におけるサフオーク種去勢羊のリーダーシップ. 日本緬羊研究会誌, 30, 61-68.
- Wallace, L. R. 1948 The growth of lambs before and after birth in relation to the level of nutrition I - III. *Journal of Agricultural Science*, 38, 1-10.
- 吉田高志 1992 比較発達心理学 (岡野恒也編著). ソフィア, pp. 13-18.
- Zito, C. A., Wilson, L. L., & Graves, H. G. 1977 Some effects of social deprivation on behavioral development of lambs. *Applied Animal Ethology*, 3, 367-377.