

近交系マウスのオープンフィールド行動と その位置に関する分析

筑波大学心理学系 牧野順四郎

三共活性物質研究所 加藤 克紀

The analysis of open field behavior and its location in inbred strains of mice

Junshiro Makino (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Tsukuba 305, Japan*) and Katsunori Kato (*Sankyo New Lead Research Laboratories, Tokyo 140, Japan*)

Summary

The open field behavior of inbred strains of mice was observed by multi-event time sampling method with nine behavioral items for 10 min. The open field and behaving mouse in it was video recorded. The analysis here was to find a possible relationship between a behavioral item and a location of the field in which an animal was behaving with it. Nine divisions were specified by three vertical and horizontal lines on a video monitor. The location 'A' where the animal was introduced seemed to be a specific site in which the animal stayed longer and exhibited much more stretching than any other site. Other items were most frequently observed also in location 'A'. However, locomotion, leaning, rearing or stretching were not found in a specific location of the field. On the other hand, grooming and sniffing with no other behavior was observed much more frequently in corners. All strains except C57BL seemed to have the least tendency to enter into the center of the field of 'I'. Those results seem to indicate that the open field was configured as to provide animals with psychologically different meanings.

オープンフィールドが情動性の測定装置として出発したことはよく知られているが(Hall, 1934), 動物のオープンフィールドでの排泄が情動性測定として妥当であるかどうかに関しては, これまで相反する論議が繰り返されてきた(Archer, 1973; Walsh & Cummins, 1976; Denenberg 1969). その後, この情動性概念をめぐる論議が充分になされないまま, 現象記述的な用語として“オープンフィールド行動”が多用されるようになったという歴史的経緯がある。

しかし, これまで現象記述的といっても, 極端に言えば, オープンフィールド行動は何種類かの定量的測定による測定数値の羅列, または多変量解析による測定項目の構造化に限られてきた(Whimbey & Denenberg, 1967; Royce & Poley, 1975; 牧野, 1976).

ほとんどの場合, 測定は, 移動活動量, 排泄数, 出発潜時, 中心部区画通過数など, 実際の運動活動の定量的測定が可能な側面について行なわれた。

心理学で行動の測定といえば, このような定量的測定をさすことが多いが, 行動の測定には別の方法がある。それは直接観察法による行動の測定である。この方法は, 主観的であるという理由で心理学では捨てられたが, エソロジーはそれを重要な方法としていっそう洗練させ, 発展させてきた。現在ではエソジカルメソッドと呼ばれている(Hutt & Hutt, 1970; Lehner, 1979)。

観察法は確かに主観的ではある。しかし, 行動の意味内容を考えると多少の判断のずれが判定者間に起こっても, それだけでは捨てられない方法である。行動というと, 生体の身体運動と捉えられがちであ

るが、身体運動そのものは心理的な意味を持たない。行動という言葉は、単独で使用されることはなく、多くの場合、摂食行動、情動的行動、宥和行動、攻撃行動など、必ず何かの心理的意味を含む形容詞が付けられる。このことは、行動が身体運動を基礎とするには違いないが、そのものではないことを意味している。

行動とは連続する物理的な身体運動から心理的意味の観点から切りとられた部分とでもいうべき認識産物であって、初めから客観的な実体を持たない(加藤・牧野, 1988)。しかも、われわれは生体の連続的な身体運動のどこからどこまでを切りとったのか、個人間でも個人内でも、厳密には一定ではない。したがって、行動研究は研究対象の基礎となる客観的な身体運動上で、常にあいまいな部分を残さざるを得ない。観察法はわれわれの認識力を直接使用する方法であるがゆえに、主観性の問題が特に表面化しやすいが、行動の研究には、実は最初から主観性(認識力の個人差)の問題が内在する。言い換えれば、行動は物体のように純客観的な客体とはなり得ないのである。

しかし、それが研究に大きな支障をきたさないこともまた事実である。もしそうならば、それはわれわれの認識装置と情報処理過程が人によって全くまちまちであることを意味するが、現実には、われわれは驚くほど共通の処理を行なっているといえる。観察法が主観性の問題を越えて有効性を発揮できることは、エソロジーの発展をみればよくわかる。

オープンフィールド行動を直接観察法でとらえた研究は、これまで殆どない(Streng, 1971; Gray, 1965)。Hall(1934)ですら、ラットはオープンフィールド内で不安の徴候を示すと述べているだけで、ラットが実際にどんな形態の行動を示したのかは記述されていない。驚いたことに、過去の何百というオープンフィールド行動研究でも、それについての記述はない。研究者は、不安の徴候とみなした実際のラットの行動形態を知らずに(全員が見てきたのに)、排泄量や移動活動量だけを測定してきたのである。

Makino, Kato & Maes(1991)は、直接観察法を用いて4系統のマウスのオープンフィールド行動を測定し、推移分析と主成分分析により、9つの行動項目の時間的な構造を検討した。その結果、新奇なオープンフィールドにおかれたマウスは、初め、後肢を残したまま前半身を前進させては後退するというstretchingを頻発させること、時間経過とともにそれが減少し、まもなく移動活動や立ち上がりが増大すると同時に、フィールドの中央にも侵入するよう

になることが分かった。stretchingは、従来から電撃回避や社会行動において、接近回避葛藤の表出とされてきた(van der Pool & Davis, 1962; Grant & Mackintosh, 1963)ことを考慮すると、この行動形態がオープンフィールドにおけるネガティブな動機づけ過程の表出とみてよい。筆者達は、このstretchingがHall(1934)のいう不安の徴候を示す行動の形であろうとした。そして、これらの行動型はそれぞれ、オープンフィールド内の特定の位置でより多く生起することが予想された。

ところで、筆者らの実験では行動の観察と同時に、マウスがオープンフィールドのどこにいたかをビデオに録画した。Makino et al.(1991)の報告には、行動とオープンフィールド内の位置の関係についての分析はなされていなかった。ここでは、マウスの行動形態とそれがどこで行なわれたかの分析結果を報告する。

方法

被験体：筑波大学心理学系動物実験棟で、12時間明/12時間暗の照明条件下で維持されている4系統(BALB, C3H, C57BL, DBA)の雄の近交系マウス、各系統10匹、計40匹。餌水は常時与えられている。実験開始時9-11週齢であった。

装置：75cm平方の灰色塩化ビニール製オープンフィールド。中央床上1mに白熱電灯をおいて照明した。床上の照度は約500ルクスであった。上方からビデオカメラでマウスを含む全フィールドを10分間撮影した。

手続き：マウスを1匹づつ装置に入れ10分間放置した。観察は、5秒単位の多重事象時間見本法を用いて行なわれた。用意された行動項目は、sniffing, locomotion, stretching, leaning, rearing, pausing, grooming, freezing, gnawingの9項目であった。

結果と考察

分析1：行動観察データの分析

分析結果は別に示した通りである(Makino et al., 1991)。略述すると、どの系統でも装置に入れられた直後はstretchingを示すが、それは時間経過とともに減少し、代わって移動活動が増加する。stretchingの量と減少の仕方は系統によって大きく異なり、BALBは5分経過の後もそれは消えないが、C57BLでは最初から殆ど出現しない。これらを両極端にして、その中間にC3HとDBAが位置する。それをもっと単純化して示したものがFig. 1であ

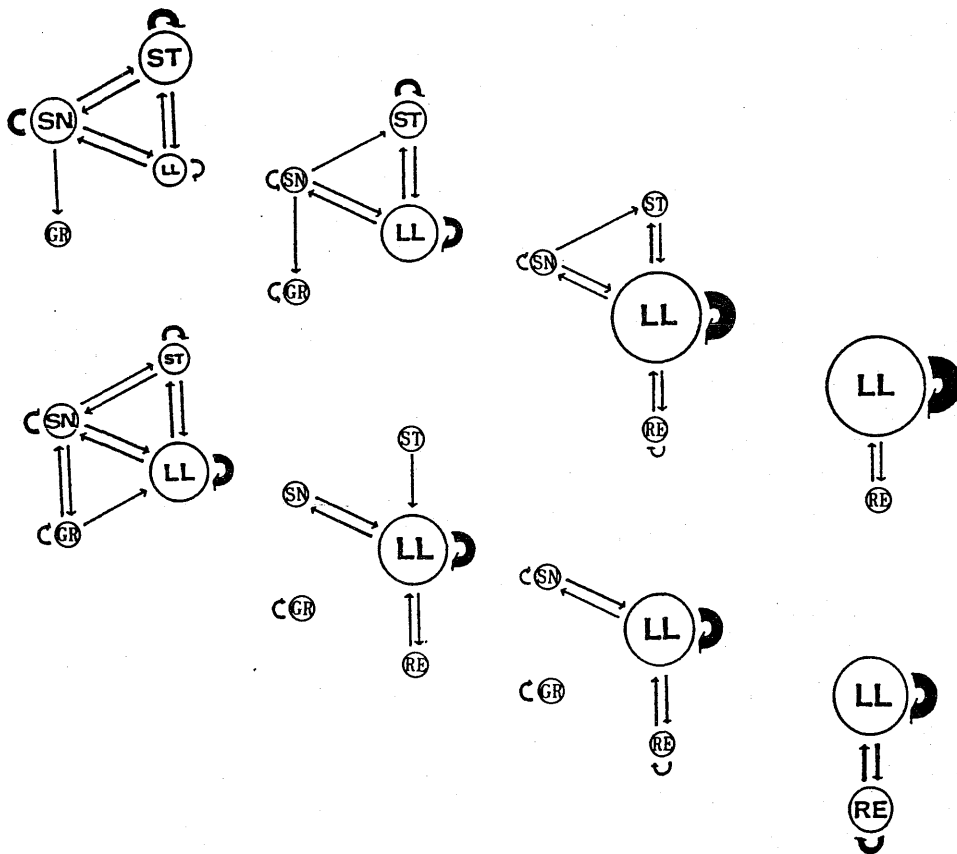


Fig. 1 Temporal change in sequential structures of open field behavior in inbred mouse strains. From left, BALB, C3H, DBA and C57BL are indicated. Upper and lower panels indicate ones in the first and the last 5 min. The size of a circle and an arrow indicates the amount of frequency of behavioral items and transition between them. Items are as follows: SN: sniffing; ST: stretching; LL: locomotion; GR: grooming; RE: rearing. (from makino, 1989)

る。

このように表現すると、各系統の特徴とその共通性がよく分かるであろう。オープンフィールド行動は、正負の相反する過程の交互作用の時間的な表出として現われるとみてよい。そして、それらの過程がどのように交互作用するかには、遺伝的基盤が大きく作用する。BALBとC57BLとでは、2過程のあり方が生得的に全く異なっているといわざるを得ない。これら両極端の系統は、一方の過程が他方より圧倒的に強く、時間的に安定して優勢な過程を表出し続ける。要するに、BALBはいつまでもびくびく(stretchingが持続する)し情動性が高く、C57BLやDBAは低いのである。しかし、C3Hではこれらの過程の相互作用は短時間で交替するので、一概に情動性の高低を結論できない。

Fig. 1はまた、これまでのオープンフィールド研

究が、情動性、探索および活動性の3つの文脈で行なわれてきた理由を推察させる。負の過程を重視すれば、それは情動性や新奇性恐怖(ネオフォービア)の研究に、フィールド内移動や立ち上がりの意味を重視すれば、それは探索の研究につながる。また、移動活動の定量的側面を重視すれば、特性として活動性を想定できなくもない。

ところで、正負過程の典型的な交互作用的表出とみなされるstretchingという行動型は、先に述べたように接近回避葛藤の表出とみなされてきた(Grant and Mackintosh, 1953)が、それは社会行動の文脈で解釈されたものである。オープンフィールドでの単独行動においてstretchingがどう解釈されるかは新たな問題としても、下半身を残したまま上半身を前に伸ばして前進しかけては上半身を引っ込めるという行動型が見せられれば、誰もがあ種の躊躇ない

し接近回避型の葛藤を、あるいは、後退ないしは前進しかけてやめることから、不安や恐怖の昂進をそこに見るに違いない。単独で起こっても、社会的文脈で起こっても、われわれはこの行動型をそう解釈する傾向が強い。

オープンフィールドのような特別な局所的刺激がない場面では、動物が何に対してそれを起こしているのかが特定できないので、漠然とした対象に対するこのような心的状態を表す用語として‘不安’を使用することは、ひとまず最も自然な態度だといえよう。オープンフィールドのstretchingを不安昂進の表出と確定する作業が、先に述べた解釈の新たな問題の内容である。

分析2：行動と位置の分析

特にstretchingの解釈手がかりの一つは動物のフィールド内の位置である。時間的な分析から、stretchingが新奇な場面に直面した直後に頻発することが分かっているが、それがフィールドの投入された位置で起きていることは容易に想像できる。しかし、それは実際に記述されたことはない。このような、記述するまでもない(と考えられた、したがって)冗長ともいえる記述が無視された背景は、心理学研究が内的心理過程の定量的測定を急いだ背景と同根である。

実際に動物の位置移動を分析する際に、オープンフィールドをビデオモニター上で、AからIまで9区画に区分した(Fig. 2)。各個体のビデオ記録を見ながら、1秒単位でその位置をチェックした。1分

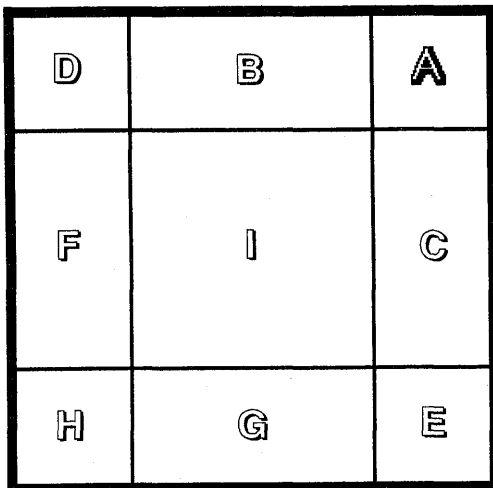


Fig. 2 Nine sections of the open field. A mouse was introduced into section 'A'.

ごとに各区画で加算し、その相対頻度を系統別に示したものがFig. 3と4である。そこでは、AとHを結ぶ対角線を折り畳んで、BとC、DとE、およびFとGをまとめてある。

全体として、投入位置であるA区画滞留頻度が初期には高いことが分かる。それは時間経過とともに減少し、他区画での滞留頻度が増加する。要するに、これはマウスが投入された位置から他の位置に次々に移動してゆくことを示す。このとき、DやEというAに隣接したAと同じ隅の区画の相対的滞留頻度が大きいことも分かった。中心部のIの頻度はどの系統でも少ないが、よくいわれるように、マウスは広場の真ん中には容易に出ていかないことを意味する。これらはごく当然の結果であるが、その様相は系統で大きく異なる。

BALBをみると(Fig. 3 a)、投入位置であるA区画の滞留時間が、他系統よりも非常に長い。確かにBALBでも、時間経過に従ってA区画滞留頻度が減少してゆくが、他系統に比べて減少率は際だって少ないことが分かる。また、D、EやHの隅区画の滞留頻度が大きいこと、中心部Iへの侵入が最も少ないこともBALBの特徴である。

C3H(Fig. 3 b)のA区画滞留頻度は最初の1-2分で最も大きい。その後それは比較的急速に減少するので、この系統では移動活動を抑制する負の過程の消失が比較的早いことを物語っている。

DBAとC57BL(Fig. 4 a, b)では、BALBとC3Hとは逆に、初期に生じる負の過程がごく短時間で終わる。特にC57BLは投入直後ただちにA区画を離れることが分かる。DBAを含む他の全系統では、投入直後の1-2分間にA区画滞留頻度が大きいという傾向が示されたが、C57BLはそれすらみられない。

位置の分析は、分析1の結果と直線的に対応づけられるものであるが、各区画で動物がどのような行動型をとっているかがここでの問題である。それを調べた結果がTable 1である。

動物の示した行動型は1秒ごとには対応していないので、ここではAからIまでの9区画における行動型を5つに分けて動物のフィールド内位置との対応をみた。

どの系統も、投入された位置Aにおけるstretchingが非常に多いことがわかる。またA区画では、場所移動がないままsniffingだけを示すことがどの系統でも非常に多かった。ただし、C57BLだけは例外で、立ち上がり(LE, RE)と移動活動(LO)がどの区画でも非常に多いことが分かる。

Table 1をみると、オープンフィールドの特定の

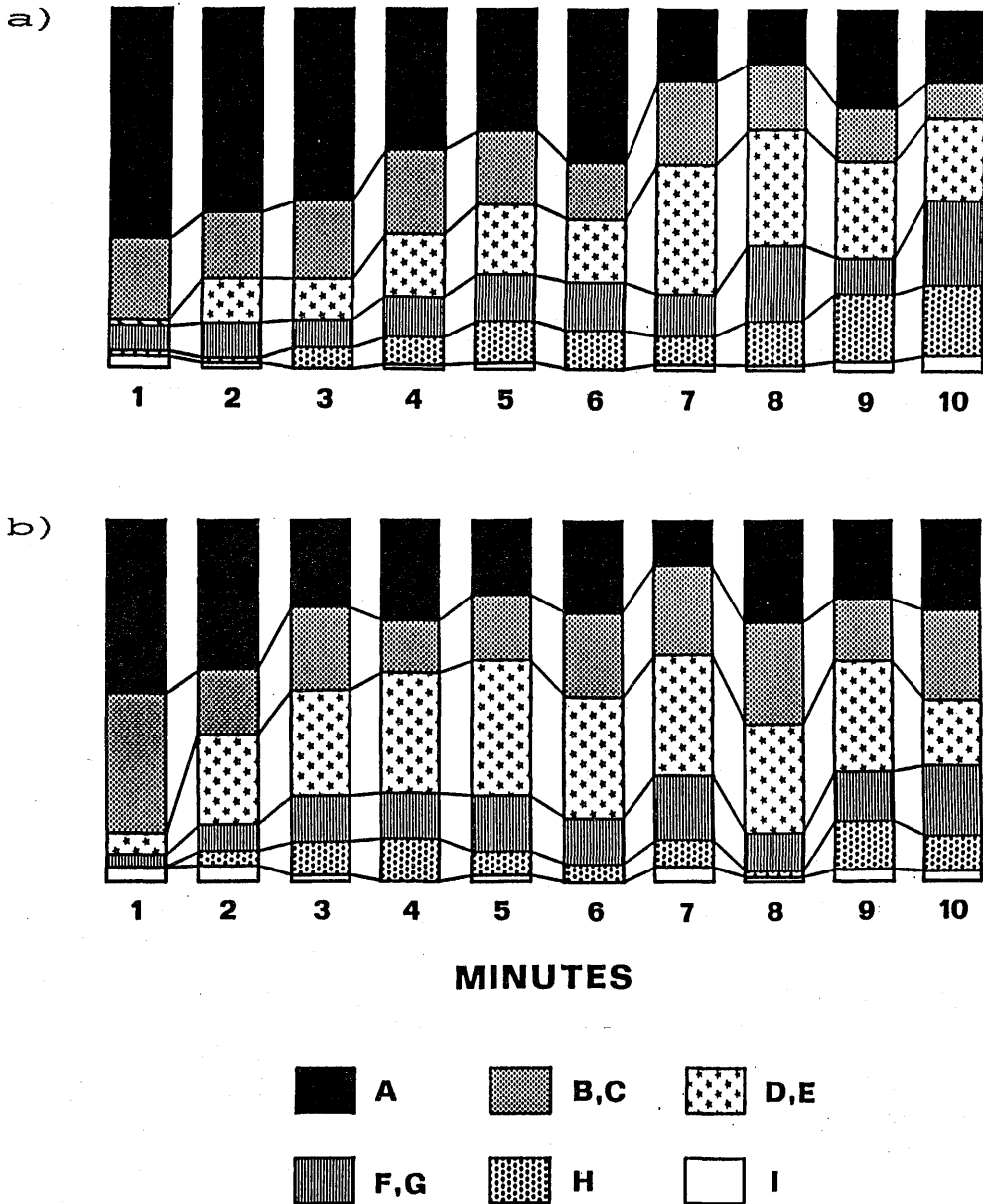


Fig. 3 Relative frequencies of six sections of the open field visited by BALB(a) and C3H(b) mice during ten minutes of testing period.

位置で特定の行動が対応するという点からいえば、groomingと移動を伴わないsniffingがそれであった。これらの行動は、明らかにフィールドの中心部(I)と4辺(B,C,F,G)ではなくて、4隅(D,E,H,特にA)で多発することが分かる。これらの行動型の出現位置の偏りは、四角のオープンフィールドが

心理的に分節した空間であること意味する。このことは、四角のフィールドにおける動物の行動は、Hall(1934)が用いた円形のそれとは異なるものとなることを示唆する。

ところで、groomingはそれに専念しているときには、実験者に手で触れられて初めて気がつくこと

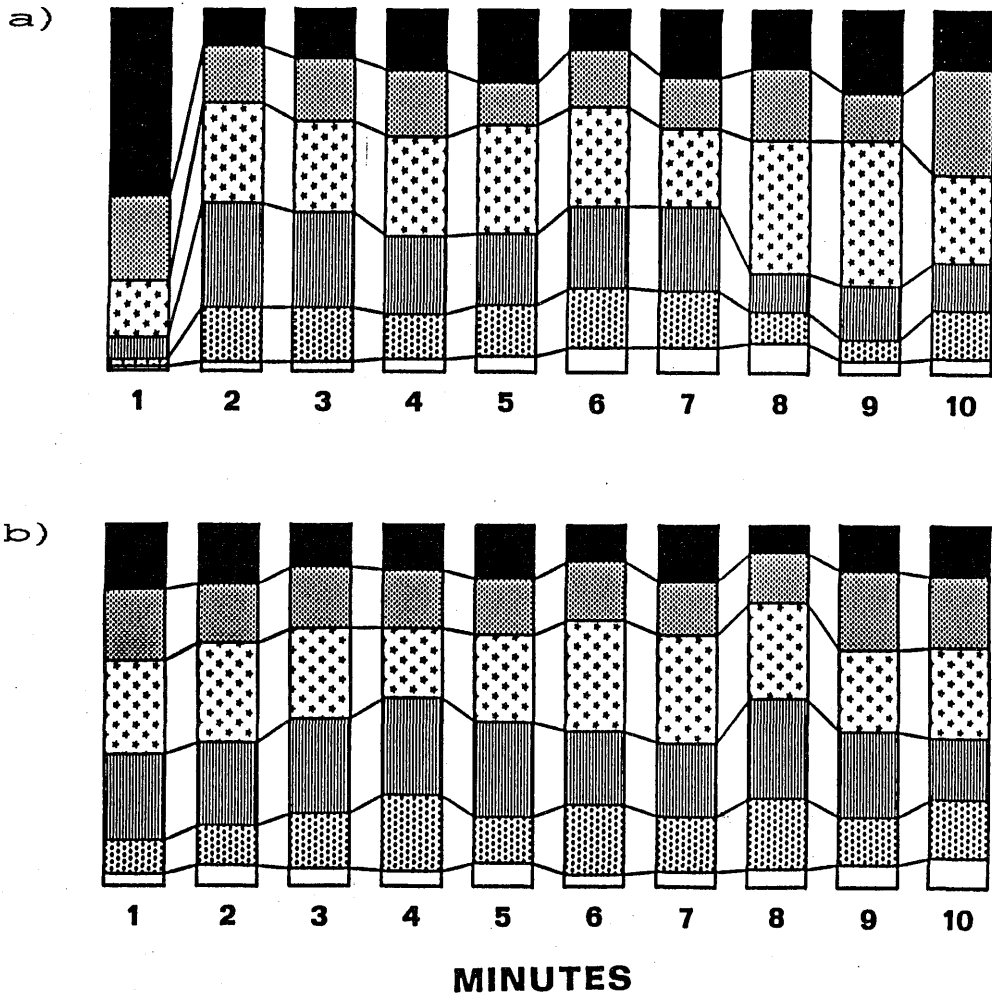


Fig. 4 Relative frequencies of six sections of the open field visited by DBA(a) and C57BL(b) mice.

が多いほど、いわば没我的な行動である。また、動物が新奇な場面で非常に警戒的(alarm)な状態のときには、この行動はまず生じないことなどを考え合わせると、動物がフィールドに慣れ、その中で最も落ち着くことができる場所として隅を選ぶと考えることは自然である。

先の予想に反して、stretchingや移動活動型の行動(LO, LE, RE)が、A区画を除いて特定の位置で特に多く出現するという傾向はみられなかった。しかし、実際にstretchingは前進移動と常に密接に関係しており、これを接近-回避葛藤と考えれば、stretchingは新奇な場所への前進(侵入)に際して、フィールドのどこの位置でも生じてもおかしくない。

また、立ち上がり(LEとRE)も、これが局所的な探索活動(van Abeelen, 1974)と考えれば、この行動が動物が次々に前進侵入した新たな新奇場所で局所的に頻発することは当然かもしれない。行動の系列分析を行なった結果(Makino et. al, 1991)でも、ST, LO, LE, REは一つの推移の塊を作るので、これらは、たとえば局所的な探索活動といった、ひとかたまりの機能を表出するものと考えられる。したがって、ST-LO-LE-REの推移に限って詳しい分析を行なえば、これらの行動型から構成される定型的な推移のパターンが、フィールドのある位置から次の位置で繰り返し起きることが発見できるかもしれない。

Table 1 Total frequencies of five classes of behavioral items in nine locations of the open field in four strains.

items/locations		A	B	C	D	E	F	G	H	I
BALB	LO, LE, RE	94	48	62	78	72	57	46	71	5
	ST, LO	11	50	69	38	29	32	50	29	26
	GR	26	1	7	2	3	2	9	24	0
	PA	59	6	10	1	7	1	3	3	0
	SN only	169	11	20	19	27	5	9	13	0
C3H	LO, LE, RE	180	91	129	91	149	61	72	65	21
	ST, LO	56	42	41	37	17	22	20	23	19
	GR	45	2	16	3	31	6	8	6	1
	PA	15	9	9	3	15	2	3	4	0
	SN only	64	12	9	16	23	2	6	3	0
DBA	LO, LE, RE	224	195	191	217	203	252	195	230	129
	ST, LO	7	1	4	0	2	0	1	0	1
	GR	5	3	3	6	14	8	9	24	0
	PA	2	4	0	6	2	7	4	7	4
	SN only	8	0	1	0	0	3	0	1	1
C57BL	LO, LE, RE	207	154	177	170	178	180	163	179	102
	ST, LO	24	5	17	5	10	4	3	4	1
	GR	39	2	3	17	33	1	15	13	1
	PA	4	2	6	5	8	3	5	4	1
	SN only	30	4	6	12	15	13	4	14	0

要 約

近交系マウスのオープンフィールド行動を、9行動項目による直接観察法を用いて分析した。行動に関する結果はすでに報告された(Makino et al., 1991)が、実験の際に動物のフィールド内位置がビデオに記録されていたので、ここではそれを分析し、動物の行動との関連を分析した。

動物の投入位置であるAは特異な位置で、動物はそこに最も長く滞留し、さまざまな行動をとった。C57BLを除いて、動物は特にstretchingをそこで最も多く出現させた。その典型はBALBであり、逆の典型がC57BLであった。移動・立ち上がり型もAで最も多く出現したが、フィールド内位置との関連は薄かった。sniffingを伴う不動とgroomingは、やはりAで最も多く起こるものの、フィールド内の辺よりも隅の位置で頻発することが分かった。中心部Iへの侵入は最も少なかった。

以上の結果は、新奇なオープンフィールドがマウスにとって、投入位置・辺・隅・中心部といった、幾つかの心的意味の異なる場所に分節していることを示すと解釈される。移動・立ち上がり型行動およ

びstretchingと、grooming・不動(sniffingのみ)を2つの行動形態とみなして、より細かな分析が必要なが示唆された。

引 用 文 献

- Archer, J. 1973 Tests for emotionality in rats and mice: A review. *Animal Behaviour*, 21, 205-235.
- Denenberg, V.H. 1969 Open-field behavior in rat: What does it mean? *Annals of the New York Academy of Science*, 159, 852-859.
- Gray, J.A. 1965 A time-sample study of the component of general activity in selected strains of rats. *Canadian Journal of Psychology*, 19, 74-82.
- Grant, E.C., & Mackintosh, J.H. 1963 A comparison of the social postures of some common laboratory rodents. *Behaviour*, 21, 246-259.
- Hall, C.S. 1934 Emotional behavior in the rat I. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 18, 385-403.
- Hutt, S.J., & Hutt, C. 1970 *Direct observation and*

- measurement of behavior*. Springfield: Charles C. Thomas.
- 加藤克紀・牧野順四郎 1988 行動の系列分析法に関する諸手法の展開 筑波大学心理学研究, **10**, 91-102.
- Lehner, P.N. 1979 *Handbook of ethological methods*. New York: Garland STPM.
- 牧野順四郎 1976 オープンフィールド行動に関する遺伝分析 心理学研究, **47**, 19-29.
- 牧野順四郎 1989 心理学における近交系使用の意義 特集:心理学における動物実験 アニテックス, vol.1 22-26.
- Makino, J., Kato, K., & Maes, F.W. 1991 Temporal structure of open field behavior in inbred strains of mice. *Japanese Psychological Research* **33**, 145-152.
- Royce, J.R., & Poley, W. 1975 Invariance of factors of mouse emotionality with changed experimental conditions. *Multivariate Behavioral Research*, **10**, 479-487.
- Streng, Y. 1971 Open-field behavior in four mouse strains. *Canadian Journal of Psychology*, **25**, 62-68.
- Van Abeelen, J.F.H. 1974 Genotype and the cholinergic control of exploratory behaviour in mice. In J.H.F. van Abeelen, ed. *The genetics of behaviour*. North-Holland Publishing Co., Amsterdam. pp. 347-374.
- Van der Pool, D.L., & Davis, R.T. 1962 Differences in spontaneous behavior among inbred strains of mice. *Psychological Report*, **10**, 123-130.
- walsh, R.N., & Cummins, R.A. 1976 The open-field test: A critical review. *Psychological Bulletin*, **83**, 482-504.
- Whimbey, A.H., & Denenberg, V.H. 1967 Two independent behavioral dimensions in open field performance. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **63**, 500-504.