

ラットの餌運搬行動に及ぼす空腹度と餌の大きさの影響

筑波大学大学院 (博) 心理学研究科 小貫 泰広

筑波大学心理学系 牧野順四郎

The influence of food deprivation and food size on food carrying in rats (*Rattus norvegicus*)

Yasuhiro Onuki and Junshiro Makino (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan*)

Food carrying in rats is presumed to have an advantage in terms of risk avoidance, by shortening the time spent outside the nest, although it prolongs the period of unsatisfied hunger. In this study, food-carrying behavior was measured across four food-size conditions and two hunger conditions, where the rats were at 100 % body weight (satiated) or 70 % (hungry) due to food deprivation. The results showed that food carrying increased as a function of food size. Although food-carrying ratios were lower in the hungry condition than in the satiated one, no significant difference was found between the two conditions. However, latencies to leave the start box and head toward the food site were shorter in the hungry condition than in the satiated one. These findings suggest that the underlying processes in leaving the nest to obtain food are different from those that determine whether food is eaten immediately at the food site or carried back to the nest. While the former processes are motivated by hunger, the latter are based on a conflict between feeding and risk avoidance.

Key words: foraging, food carrying, food deprivation, risk avoidance, rats

ラットが巢外の餌をその場で食べるか、あるいは巣まで運搬するかという行動選択は、餌の大きさや摂食時間の影響を強く受けることが知られている。すなわち、小さな餌は常にその場で摂食するが、餌の大きさに伴い運搬行動が増加し、ある大きさを越えると常に運搬行動を選択することがわかっている (Nakatsuyama & Fujita, 1995; Nakatsuyama & Makino, 1999; Whishaw, 1990; Whishaw & Tomie, 1989)。

その場での摂食は、摂食動機づけやエネルギーを即時的に充足させるだけでなく、食べ終わってから次の餌を見つけるまでの時間の短縮につながる。一方、餌運搬行動は摂食までの遅延を伴うものの、巢外に身を曝す時間を短縮させ、外敵に捕食される危険 (predation risk: Lima, Valone & Caraco, 1985) を低減させると考えられる。特に、摂食に長い時間

を要する大きな餌ほど、その場で食べた場合と運搬した場合とでは、巢外滞在時間の差が大きくなる。このような観点から、その場で食べるか巣に運搬するかという行動の選択は、摂食と危険回避という異なる動機づけの葛藤に基づいて行われると考えられる。

Whishaw, Oddie, McNamara, Harris & Perry (1990) は、採餌場面が明るいときの方が暗いときに比べてラットが餌運搬行動を多くとることを見出した。一般に、ラットは暗くて狭い場所を選好し、覆いのない明るく開けたオープンスペースを回避する傾向があることが知られている (Ader & Belfer, 1962; Eilam & Golani, 1989; 藤田, 1975; Suarez & Gallup, 1981; Welker, 1959)。また、ラットの生態学的地位 (ecological niche) を考慮すれば、明るい場所にいる方が外敵に狙われやすいことは容易に

想像できる。採餌場面が明るいと餌運搬行動が多くなる事実は、ラットの餌運搬行動が危険回避と関わる可能性を示している。

一方、その場での摂食行動が摂食動機づけの即時充足に基づくとすれば、餌をその場で食べるか運搬するかの行動選択は摂食動機づけの強さの影響を受けると推測される。しかしこれについて検討した研究は意外に少ない。

摂食動機づけを左右する要因としては、餌の質や味など誘因の側面と、動物の空腹度という動因の側面とが考えられる。このうち空腹度の操作は、外的環境を一切変化させることなく実験統制できる利点がある。

中津山・富原(1994)は、体重を自由摂食時の80%に制限した強空腹群と、90%に制限した弱空腹群の餌運搬率を比較したが、両群に有意な差は認められなかった。Phelps & Roberts (1989)も、体重が自由摂食時の85%群と95%群を設けて実験したが、餌運搬率に有意な差は認められなかった。しかしながら、上述のどちらの実験においても、空腹度の高い条件と低い条件では別の個体が用いられており、個体差の影響が含まれていた可能性は否定できない。また両実験とも、体重制限の群間差が10%に過ぎず、運搬率に影響を及ぼすのに十分な空腹度の差異がなかった可能性もある。さらにこれらの実験はともに、ほぼ常に餌場で摂食するほどの小さな餌(200mg以下)あるいは逆に常に運搬するような大きな餌(1000mg以上)を用いており、その場で食べるか運搬するかの選択が分かれる大きさの餌については調べられていない。

そこで本研究では、摂食動機づけが餌運搬行動に影響を及ぼすか否か確認するため、同一被験体で、体重が自由摂食時の70%と100%のときの餌運搬行動を、190, 300, 500, 750mgの4種類の大きさの餌を用いて比較した。

方法

被験体

Wistar-Imamichi系のナীবな雄ラット10匹を使用した。実験開始時の週齢は12週齢であった。実験開始前の自由摂食時の体重は、 $342.8 \pm 28.1\text{g}$ (MEAN \pm SD)であった。飼育室は、8時から20時までが明期、20時から翌日8時までを暗期とする12時間の明暗サイクル下に保たれた。実験は明期に行われた。

装置

高さ60cmの高架式直線走路を使用した(Fig. 1)。この走路は、自然界における巣とみなした出発箱と連結されており、ラットは出発箱と走路部の間を自由に行き来できた。出発箱と反対側の走路先端には、餌場として円形の穴(直径3cm, 深さ1cm)が設けられた。照明は、出発箱内で約45lx, 走路部で約120lxであった。

手続き

実験は、装置馴化、採餌訓練、ベースライン測定、採餌テストの4ステージで構成された。ラットの体重は、ベースライン測定までは自由摂食時の85%に制限された。

装置馴化

ラットを出発箱に入れ、20分間装置に放置した。これを連続3日間行った。

採餌訓練

餌場には45mgの餌ペレット(Bio-serv社製)が5個置かれた。出発箱に入れられたラットが餌場に到達し、1個以上の餌に対して、その場で食べるか運搬するかして、出発箱に戻るまでを1試行とした。ラットが餌を運搬した場合は、出発箱内で食べ終えた時点で試行終了とした。これを5分~10分の試行間隔で1日5試行、連続3日間行った。

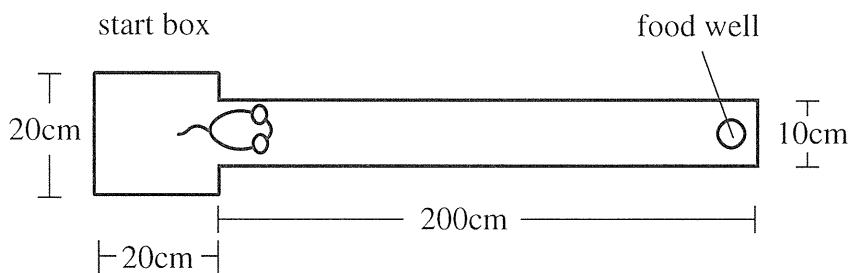


Fig. 1 The elevated straight alley used in the present study.

ベースライン測定

190, 300, 500, 750mgの4種類の餌ペレット (Bio-serv社製)のうち、ランダムに決められた1個が餌場に置かれた。出発箱に入れられたラットが餌場に到達し、餌を食べるか運搬するかして、出発箱に戻るまでを1試行とした。ラットが餌を運搬した場合は、出発箱内で餌を食べ終えた時点で試行終了とした。5分~10分の試行間隔で4種類の餌をランダムな順序で呈示し、1日4試行、連続5日間行った。したがって、それぞれの大きさの餌に対して計5試行が行われた。各試行で、餌をその場で食べたか運搬したか記録した。

採餌テスト

ベースライン測定で行った4種類の大きさの餌それぞれ5試行中における、運搬行動をとった試行の割合を運搬率として算出した。この運搬率がほぼ等しくなるように、体重を自由摂食時の70%にする個体と100%にする個体とにカウンターバランスし、それぞれ体重制限を行った。規定体重に達した時点で、ベースライン測定と同様の手続きで1日4試行、連続5日間の採餌テストを行った。その後、体重70%でテストした個体は100%に、100%でテストした個体は70%に体重制限し、規定体重に達した時点で再度1日4試行、連続5日間の採餌テストを行った。各試行で、出発箱から走路に出るまでの出発潜時、餌をその場で食べたか運搬したか、および餌の摂食に要した時間を記録した。

結果

餌運搬率

採餌テストにおける運搬率を Fig. 2に示した。図をみると、餌の大きさに関わらず体重70%時よりも100%時の方が高い運搬率を示しているが、体重×餌の大きさの二要因分散分析の結果、体重70%時と100%時の運搬率に有意な差は認められなかった ($F=2.09$, $df=1, 9$, $p<.20$)。このことは、空腹度の違いが餌運搬行動選択に強い影響を及ぼすとはいえないことを示している。

他方、餌の大きさによって運搬率が有意に異なることが確認され ($F=5.12$, $df=3, 27$, $p<.01$)、多重比較の結果、190mgの餌に比べ、他の3種類の餌の運搬率が有意に高いことがわかった ($p<.01$)。体重と餌の大きさの交互作用は有意ではなかった。

摂食時間

採餌テストにおいて、摂食場所が餌場であるか出発箱内であるかは区別せずに算出した摂食時間を

Fig. 3に示した。体重×餌の大きさの二要因分散分析の結果、体重70%時と100%時での摂食時間に有意な差は認められず、空腹度の違いが餌の摂食時間には影響しないことがわかった。

出発潜時

採餌テストにおいてラットは餌場に置かれた餌の大きさに関する情報を持っていないので、出発潜時の算出にあたっては餌の大きさを区別しなかった。その結果、体重70%時の出発潜時は 2.3 ± 1.0 秒、体重100%時では 20.1 ± 9.4 秒 ($MEAN \pm SEM$) であ

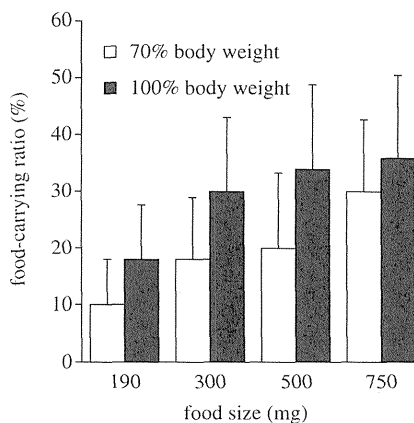


Fig. 2 Food-carrying ratio for four sizes of food pellets in the 70 and 100 % body-weight conditions ($MEAN + SEM$).

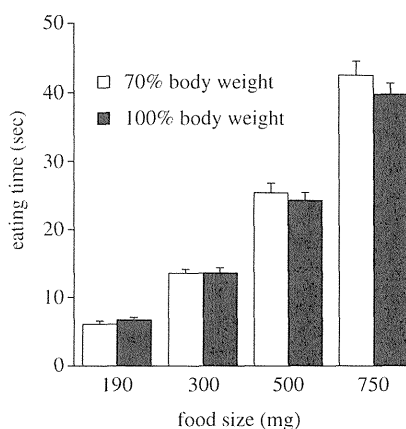


Fig. 3 Eating time for four sizes of food pellets in the 70 and 100 % body-weight conditions ($MEAN + SEM$).

り、空腹度が強いときの方が餌場に向かって出発箱を有意に早く出ることが明らかとなった ($t=6.08$, $df=9$, $p<.001$).

考 察

本実験の結果、空腹度の違いによる餌運搬率の有意な差異は認められず、Phelps & Roberts (1989) や中津山・富原 (1994) の研究と一致する結果となった。しかしながら、本実験では統計上有意な差は検出されなかったものの、餌の大きさに関わらず、空腹度の強い状態の方が運搬率が低い傾向にあることは明らかであった。摂食時には空腹度の違いによる有意な差がみられなかったことからしても、餌をその場で食べることが摂食動機づけの即時充足と関係するという可能性は捨て切れない。

本実験においても、餌の大きさに伴い運搬率が有意に増加するという先行研究の結果 (Nakatsuyama & Fujita, 1995; Nakatsuyama & Makino, 1999; Whishaw, 1990; Whishaw & Tomie, 1989) が再現された。摂食に時間を要する大きな餌ほど、餌運搬行動によって巢外に身を曝す時間が大幅に短縮される。このような観点から、餌運搬行動が危険回避と深く関係するという解釈は妥当だと考えられる。

このように、ラットの餌運搬行動が摂食動機づけと危険回避の双方の影響を受けることは確かであろう。しかし、餌運搬率に対する餌の大きさの効果は有意だったのに対し、空腹度の効果はそれほど大きなものでなかったことは、危険回避の方が摂食動機づけよりも餌運搬行動選択に強く影響することを示唆している。

他方、空腹度の強いときの方が出発潜時は有意に短いことが判明した。これと同様の結果が中津山・富原 (1994) でも得られている。餌を求めて巢外に出ることに関しては、摂食動機づけが強い影響を及ぼすと考えられる。

以上のことから、ラットが餌を求めて巢外に出るまでの過程と、巢外で見つけた餌をその場で食べるか巢まで運搬するかという選択の過程はそれぞれ異なり、前者には摂食動機づけが、後者には摂食と危険回避という異なる動機づけの葛藤がそれぞれ深く関わっている可能性が示された。また、摂食動機づけより危険回避の方が餌運搬行動選択に強く影響することも示唆された。

ラットは捕食者に襲われてしまえば生還する見込みはほとんどないため、潜在的な捕食危険に備えた生得的な防衛機構 (Bolles, 1970) を常に働かせる

必要がある。生存のためには摂食が重要な課題であることは言うまでもないが、自ら外敵の餌食になるのを避ける方が先決と考えれば、餌をその場で食べるか運搬するかの行動選択が、摂食以上に危険回避の動機づけの影響を強く受けるとしても何ら不思議ではないといえよう。

要 約

空腹度の違いがラットの餌運搬行動に影響を及ぼすか否か検討を試みた。同一個体において、餌剥奪によって体重が自由摂食時の70%に低下した状態と100%のときの餌運搬行動を、190, 300, 500, 750mgの4種類の大きさの餌を用いて比較した。その結果、どの餌においても、空腹度が強いときの方が餌運搬率は低く、その場で餌を食べる方が多かった。このことから、摂食動機づけが餌運搬行動に影響を及ぼすことが示唆された。しかし、空腹度の違いによる餌運搬率の差は有意ではなく、餌運搬行動は餌の大きさによってより強く影響されることがわかった。餌が大きいつきほど運搬によって巢外に身を曝す時間が短くなることから、ラットの餌運搬行動は外敵との遭遇を回避する機能を持つと考えられる。このように、ラットの餌運搬行動は、摂食動機づけと危険回避の双方の影響を受けるが、危険回避の影響をより強く受けることが示唆された。一方、空腹度の強いときの方が餌場に向かって走路に出るまでの潜時が有意に短かった。以上の結果から、ラットが餌を求めて巢外に出るまでの過程と、見つけた餌をその場で食べるか巢まで運搬するかという行動選択の過程はそれぞれ異なり、前者には摂食動機づけが、後者には摂食と危険回避の葛藤が関わっている可能性が示された。

引用文献

- Ader, R. & Belfer, M.L. 1962 Prenatal maternal anxiety and offspring emotionality in the rats. *Psychological Reports*, 10, 711-718.
- Bolles, R.C. 1970 Species-specific defensive reactions and avoidance learning. *Psychological Review*, 71, 32-48.
- Eilam, D. & Golani, I. 1989 Home base behavior of rats (*Rattus norvegicus*) exploring a novel environment. *Behavioural Brain Research*, 34, 199-211.
- 藤田 統 1975 Open-field 行動とは何か 東京教育大学教育学部紀要, 21, 45-51.

- Lima, S.L., Valone, T.J. & Caraco, T. 1985 Foraging-efficiency-predation-risk trade-off in the grey squirrel. *Animal Behavior*, **33**, 155-165.
- Nakatsuyama, E. & Fujita, O. 1995 The influence of the food size, distance and food site on food carrying behavior in rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Ethology*, **13**, 95-103.
- Nakatsuyama, E. & Makino, J. 1999 Food carrying determined by eating time of a food in rats (*Rattus norvegicus*). *Psychobiology*, **27**, 133-134.
- 中津山英子・富原一哉 1994 ラットの採餌行動に及ぼす空腹度・餌の大きさ・距離の効果 筑波大学心理学研究, **16**, 25-31.
- Phelps, M.T. & Roberts, W.A. 1989 Central-place foraging by *Rattus norvegicus* on a radial maze. *Journal of Comparative Psychology*, **103**, 326-338.
- Suarez, S.D. & Gallup, G.G.Jr. 1981 An ethological analysis of open-field behavior in rats and mice. *Learning & Motivation*, **12**, 342-363.
- Welker, W.I. 1959 Escape, exploratory, and food-seeking responses of rats in a novel situation. *Journal of Comparative & Physiological Psychology*, **52**, 106-111.
- Whishaw, I.Q. 1990 Time estimates contribute to food handling decisions by rats: implications for neural control of hoarding. *Psychobiology*, **18**, 460-466.
- Whishaw, I.Q., Oddie, S.D., McNamara, R.K., Harris, T.L. & Perry, B.S. 1990 Psychophysical methods for study of sensory-motor behavior using a food-carrying (hoarding) task in rodents. *Journal of Neuroscience Methods*, **32**, 123-133.
- Whishaw, I.Q. & Tomie, J. 1989 Food-pellet size modifies the hoarding behavior of foraging rats. *Psychobiology*, **17**, 93-101.

(受稿 3月20日：受理 5月21日)