ハトの食物需要曲線に与える単位価格とセッション時間の効果¹

立命館大学 恒松 伸²

Effects of unit price and session length on demand curves for food in pigeons

SHIN TSUNEMATSU

*Department of Psychology, Graduate School of Letters, Ritsumeikan University,
Kita-ku, Kyoto 603-8577*

Abstract Demand curves for food consumption by 2 pigeons were examined under 4 unit prices (cost-benefit ratios) manipulated by 4 fixed-interval (FI) schedules with reinforcement durations of 3-s or 6-s arranged so that each FI value in the 6-s condition was double that of the 3-s condition. Session lengths were 1.5-, 3.0-, or 4.5 hours. Time cost in each reinforcement condition increased every 6 sessions for each session length. A new session was randomly chosen after the highest price. Demand curves fitted to the 8 data points for each session length (using Equation 4 of Hursh et al., 1988) show the expected positively decelerating function. Although some deviations were found at the highest price in one pigeon, variance accounted for exceeded 95% in all cases indicating that cost and benefit factors are functionally equivalent. Session length did not have a systematic effect on the parameters of these fitted equations. An increase of parameter value indicating elasticity, however, was found in 1.5-hour session for one pigeon.

Key words: unit price, time cost, demand curve, session length, pigeons.

はじめに

行動経済学における需要曲線分析では、価格の関数としての消費量、すなわち需要曲線によって、動物の食物消費行動が記述される。貨幣を持たない動物を対象とした研究において価格は、最初1強化あたりの要求反応数（行動価格）で定義されていた（Hursh, 1980；坂上・山本・実森, 1994）が、80年代後半から、価格の再定義についての新たな提案とそれにもとづい

た実験的検証が Collier, Johnson, Hill, & Kaufman (1986) や Hursh, Raslear, Shurtleff, Bauman, & Simmons (1988) によって始められた。これらの研究で提案された価格が、単位価格 (unit price) である。単位価格とは、労力コストなどのコスト要因と強化量などの便益要因の比率 (cost-benefit ratio) を1つの単位とした価格であり、典型的な場合、コスト要因は固定比率 (fixed ratio; FR) スケジュールにより、一方、便益要因は食物ペレット数やペレットサイズによって設定される (Foltin, 1992)。2要因の比率を1単位とするため、例えば単位価格 [FR 100 / 20 mg の強化子] は [FR 50 / 10 mg の強化子] と等価であり、いずれも5となる。

単位価格を用いた需要曲線の分析（以下単位価格分析と表記）は、単位価格の変化に対する消費量の変化量を表す弾力性 (elasticity) に

¹本研究の一部は、1999年度日本動物心理学会第59回大会において発表された。

²本稿の作成にあたりご指導頂いた京都大学名誉教授の室伏靖子先生、ならびに実験遂行に際しご助言頂いた立命館大学教授の藤健一先生、中鹿直樹氏に厚く御礼申し上げます。また、英文校閲はニューヨーク市立大学の Sheila Chase 先生にお願い致しました。記して感謝致します。

よって行われる。両対数軸上で、需要曲線の傾きが -1 よりも小さな値をとるとき、単位価格の変化に対する消費量の変化量は大きくなり、弾力的 (elastic) と呼ばれる。一方、需要曲線の傾きが -1 よりも大きな値をとるとき、単位価格の変化に対する消費量の変化量は小さくなり、非弾力的 (inelastic) と呼ばれる (Hursh & Winger, 1995)。1 日の食物消費量のすべてが実験箱の中でのみ取得可能な封鎖経済の実験環境 (closed economy; Hursh, 1980) で単位価格を広範囲に用いたこれまでの動物研究により、構成要素は異なるがコスト要因と便益要因の比率が等しい単位価格において消費量が等しくなることが示された (Collier et al., 1986; Hursh et al., 1988)。単位価格の広範囲な変化に対して、コスト要因と便益要因の操作が互いに交換可能であることを示したこれらの結果について、Bickel, DeGrandpre, Higgins, & Hughes (1990) と Bickel, DeGrandpre, Hughes, & Higgins (1991) は、2 つの操作が機能的に等価である (functionally equivalent) と述べた。さらに、単位価格の上昇に対して消費量が非弾力的から弾力的へと変化する、すなわち需要曲線が正に減速する現象が、さまざまな動物種や強化子の種類 (食物や薬物) で確認された (Bickel, DeGrandpre, & Higgins, 1993; DeGrandpre & Bickel, 1996)。

上述のように、単位価格分析を用いた多くの動物研究は、コスト要因に労力コスト (FR 値) を用いて検討されたが、それ以外のコストを用いた実証研究はこれまでほとんどなされていない (Sumpter, Temple, & Foster, 1999; 恒松, 1999)。そこで次のような問題が提案される。すなわち、単位価格のコスト要因に時間コストを用いた場合、コスト要因に労力コストを用いた通常の単位価格研究 (Collier et al., 1986; Hursh et al., 1988) の結果と同様、構成要素は異なるがコスト要因と便益要因の比率が等しい単位価格において消費量が等しくなり、さらに単位価格の広範囲な変化に対して正に減速する

需要曲線が得られるかという問題である。

封鎖経済の実験環境の 3 時間セッションでハトを用いた Peden & Timberlake (1984) の実験 3 では、3 つの強化子提示時間 (3, 9, 15 秒) の食物消費量に及ぼす効果が、変動間隔 (variable interval; VI) スケジュールの 2 値 (VI 30 秒と VI 240 秒) で検討された。DeGrandpre, Bickel, Hughes, Layng, & Badger (1993) はこの実験におけるコスト要因を VI 値、便益要因を強化子提示時間とし、食物消費量を単位価格 (VI 値/強化子提示時間) の関数で再分析した (DeGrandpre et al., 1993, Figure 6)。その結果、コスト要因に時間コストを用いた場合にも労力コストと同様、1 つの需要曲線で記述されることが主張された。しかしながら、彼らの再分析によって得られた単位価格ではコスト要因と便益要因の比率が等しい組み合わせが 1 つもなく、さらに非弾力的から弾力的な消費に変化する十分な価格範囲がとられていなかった (恒松, 1999)。したがって、消費量に対するコスト要因と便益要因の等価性を、コスト要因に時間コストを用いた場面へ拡張するためには、異なる構成要素からなる同じ比率の単位価格を広範囲で設定した実証研究が必要である。

封鎖経済の実験環境で動物の食物消費行動を検討した多くの研究 (Bauman, 1991; Foltin, 1991) において、24 時間周辺の長時間セッションが用いられているのに対し、上述の Peden & Timberlake (1984) では 3 時間という短時間セッションが用いられた。この理由について Timberlake & Peden (1987) は、3 時間セッションが、十分な反応時間を保証し、さらにハトが自由摂食場面で 1 日あたりに食餌に費やす時間が、長くても 3 時間以内であるためと説明した (Lucas, 1981)。さらに、アカゲザルを用いた Hursh (1980) では、時間コストを VI 60 秒で設定した場合において、100 分セッションで十分な食物が取得可能であることが主張された (Hursh, 1978)。このような短時間セッションでも十分な反応と食物取得の時間が保証される

ならば、単位価格の関数として描かれた需要曲線が、本研究で設定される短時間セッションにおいても、長時間セッションの場合と同様に、正に減速することが期待される。

本研究では、コスト要因に時間コストを用いた場合、食物消費量に対してコスト要因と便益要因の等価性が成立し、さらに単位価格の広範囲な変化に対して正に減速する需要曲線が記述できるか、また、3種類の短時間セッションにおいて需要曲線の形状に違いがみられるか否かを明らかにすることを目的とする。時間コストがコスト要因として有効ならば、2種類の強化子提示時間(3秒と6秒)と組み合わせられた比率が等しく、広範囲に変化させた単位価格において、消費量が等しくなることが予想される。さらに3種類のセッション時間(1.5, 3, 4.5時間)における需要曲線を比較し、関数の形状に明確な違いがないことを確かめることにより、封鎖経済的実験環境において、需要曲線を分析するためのセッション時間が、少なくとも1.5時間で十分であるか否かが検討される。

方 法

被験体 2羽のデンショバト(P901, P201)が用いられた。2個体とも単一強化スケジュール下でキイツつき反応を維持する実験歴があった。さらに、P901は本研究と同様の封鎖経済的実験環境における食物消費行動の研究(恒松, 1997)に用いられた。被験体は水と塩土(PPF)が自由に摂取できる個別ケージで飼育され、食物は実験セッション中、オペラント箱でのみ与えられた。

装置 2つの反应用キイ(直径2cm)を設置した同性能のオペラント箱(28.0[W]×33.8[H]×31.4[D]cm)2機が使用された。いずれも前面パネルの床から高さ20.8cmのところに、2つのキイが中央から左右に8.2cm離れて配置され、その背後から色刺激の提示が可能であった。本研究では白色に点灯される右キイのみが使用された。強化子として混合飼料が用

いられ、正面パネルの中央下部にあるフィーダーの開口部(4.5×6cm)から、ランプの点灯とともに提示された。強化子提示時間は実験条件により、3秒または6秒であった。さらに、開口部内側にはマイクロスイッチと連動した透明のプレートが装着され、強化時に被験体の頭が開口部に入り、最初にプレートに触れた時点から提示時間が開始された。後面パネルには、給水箱が設置され、実験セッション中の摂水が可能であった。オペラント箱は換気ファンのついたLafayette Instrument社製のシールドボックス(42.0[W]×44.3[H]×56.4[D]cm)の中に置かれ、実験の制御と記録はすべてパーソナルコンピュータ(EPSON PC 286 VFとNEC PC-9801 VM)で行われた。

手続き まず連続強化スケジュールにより、右キイへのつつき反応を安定させた。その後、本研究の前段階として労力コスト条件が4つのFR値(6, 60, 180, 300)で設定された。各FR値について6セッションが実施されたが、初発反応から要求反応数が満たされ強化が呈示されるまでの時間を、最後の5セッションにおいて集計し、その平均値を本研究における時間コストとして用いた。前段階としての労力コスト条件の導入により、時間コストの設定範囲は、高い要求比率による反応停止(ratio strain)の現象が生じないことが確認されたFR値の価格範囲に対応する値をとった³。

先に述べたPeden & Timberlake (1984)では、時間コストとしてVIスケジュールが用いられたが、反応間隔の分化強化による影響を避け、さらに反応休止の特性が類似しているFRスケジュールとの比較を行うために(Bauman, 1991; 恒松, 1998), 固定間隔(fixed interval; FI)スケジュールが用いられた。6秒の強化子提示時間と組み合わせられた、4つの単位価格(FI値/強化子提示時間)は、6セッション毎に上昇系列で提示された。これらの単位価格によって設定された条件を以後、6秒条件と表記する。1試行は右キイの白色点灯で始まっ

た。FI 値充足後の最初の反応に対して右キイは消灯し、強化ランプの点灯とともに強化子が6秒間提示されて1試行が終わった。被験体の行動に関係なく、セッション時間が経過した時点で実験が終了した。セッション時間は4つの単位価格の上昇系列が完了するごとに変化され、導入順序はP 901で、4.5, 1.5, 3時間、P 201で3, 4.5, 1.5時間であった。セッション時間の長短にかかわらず、実験セッションはおおよそ午前10時に開始された。

全セッション時間について、6秒条件のデータを取得した後、比率を固定したままFI値と強化子提示時間をそれぞれ半分にした単位価格を導入した。これらの単位価格によって設定された条件を以後、3秒条件と表記する。構成要素の大きさを半分にした以外、6秒条件との手続きの違いはなかった。セッション時間の導入順序は6秒条件に対応させた。上述のように、本研究で用いた時間コスト(FI値)は前段階の労力コスト(FR値)に対応し、各セッション時間における4つの単位価格は、2個体間で異なっていたため、実際に使用した単位価格の値をFigure 1に記した。

実験は1日につき1セッションずつ行われた。各単位価格において体重は、セッションの直前と直後に測定されたが、6セッション終了

後の体重が自由摂食時の70%未満になった場合に限り、倫理的な観点から付加給餌を行い、70%体重に戻した後に実験を再開した(Foster, Blackman, & Temple, 1997)。本実験を通じて付加給餌の合計回数は、2個体とも5回であり、いずれも高い単位価格の2値で行われた。食物消費量(グラム)は、セッション前のフィーダーの重さからセッション後のフィーダーの重さとセッション中にこぼれた量を減じた実際の摂取量とし(Peden & Timberlake, 1984)、単位価格分析には、最後の5セッションの平均値を代表させて用いた。

単位価格分析 コスト要因(FI値)と便益要因(強化子提示時間)の組み合わせによる比率の等しい単位価格において、食物消費量に対する等価性が成立するとき、2要因の構成要素の違いにかかわらず、両対数軸上の需要曲線は1つの関数に収束しなければならない(Bickel et al., 1990)。先に引用したDeGrandpre et al. (1993)では、単位価格の広範囲な変化に対して、需要曲線が正に減速することが報告されたが、この需要曲線の関数型が、以下に示すHursh et al. (1988)の等式(1)で、よく記述されることがHursh, Raslear, Bauman, & Black (1989)やHursh & Winger (1995)によって指摘されている。対数を単位としたとき、単位価格(P)に対する食物消費量(Q)は、

$$\ln(Q) = \ln(L) + b[\ln(P)] - a(P). \quad (1)$$

によって記述される。等式(1)では、L, b, aの3つのパラメータが事後的に推定される。ここで、Lは単位価格が1のときの消費量の水準を、bは需要曲線の最初の傾きを、さらにaは単位価格の上昇に対する需要曲線の傾きの変化量を示す。例えば、a=0のとき需要関数は直線となり、弾力性に変化はみられないのに対し、a≠0のとき需要関数は曲線となり、aが大きな値をとる程、より弾力的な変化を示す。Hursh et al. (1988)とHursh & Winger (1995)によると、食物のような必需品を用いた場合、bは負で0

³動物における価格機能を検討した研究を大別すると、(a)価格のコスト要因のみで規定される行動価格について、強化を得るための要求反応数によるコスト(労力コスト)とそれに対応する強化までの遅延時間によるコスト(時間コスト)を直接比較した研究と、(b)コスト要因と便益要因の2要因から構成される単位価格の制御変数としての妥当性を検証した研究の2つの流れがみられる(恒松, 1999)。本研究は、(a)と(b)の問題を統合的に解明するための実験計画の一部を構成するものであり、労力コスト条件は時間コスト条件との比較のために導入された。(a)の観点から両条件を比較した分析結果の一部は恒松(1998)において発表された。それに対し、本研究は(b)の流れに位置づけられる。

に近い値をとるとされる。さらに、単位価格の上昇に対する消費の感受性（傾きの加速度）は a によって、単位価格の変化に左右されない消費量の水準は L によって、それぞれ示される（Hursh, 1991）。本研究の単位価格分析は、各セッション時間において、2種類の構成要素からなる4つの単位価格の関数としてプロットされた平均消費量の8つの値に対し、等式(1)により算出された1つの需要曲線をあてはめて行われた⁴（English, Rowlett, & Woolverton, 1995; Hursh & Winger, 1995）。等式(1)のあてはまりのよさは決定係数で示され、この値により2種類の構成要素からなる食物消費量が1つの需要曲線で記述できるかが確認される（Bickel et al., 1990; Bickel et al., 1993; Hursh et al., 1988）。

Hursh (1980) は封鎖経済的実験環境と開放経

済的実験環境⁵（open economy）を、完全な封鎖から完全な開放までの連続性のある概念としてとらえ、各実験場面における食物消費の制約の程度に応じて、実験環境の開放と封鎖の程度が決定され则认为した（Imam, 1993）。本研究において、食物消費の制約の程度はセッション時間の長さによって操作される。需要曲線の形状の違いは等式(1)の3つのパラメータで表されるが、一般に、封鎖にくらべて開放経済的実験環境では弾力性が大きくなる（Hursh, 1984; Hursh & Bauman, 1987）ことから、封鎖経済的実験環境として1.5時間セッションが十分か否かは、特に a の値によって表される。セッション時間の減少に対して、弾力性を表す a の値が大きくなるならば、開放の程度（openness; Imam, 1993）が大きくなることを示し、1.5時間セッションが封鎖経済的実験環境として十分な条件とは言い難くなることが確認される。

コスト要因に労力コストを用いた場合、高い単位価格において、消費量に対するコスト要因と便益要因の等価性が成立しがたくなる。すなわち、1つの需要曲線からの逸脱傾向がみられることが、Hursh et al. (1988) や Foltin (1994) により指摘されている。そこで、本研究ではコスト要因に時間コストを用いた実験事態においても同様の傾向がみられるかを確かめるため、等式(1)による分析に加えて、3秒条件と6秒条件における個々の単位価格の消費量を、目視によって比較する。

結 果

Figure 1 は、3種類のセッション時間において、単位価格の関数としての食物消費量を、6秒と3秒条件からなる8つの観測値について両対数軸上で示したものである。図中の需要曲線は等式(1)を観測値にあてはめたものを表している⁶。また Table 1 は、等式(1)における3つのパラメータと決定係数を、2個体について各セッション時間ごとに表したものである。2個体ともすべてのセッション時間において、0.95 以上

⁴単位価格の概念的な主張は、コスト要因と便益要因の2つの変数が独立ではなく、相互作用して消費量を規定する点にある（DeGrandpre et al., 1993）。その主張の妥当性を検証する主要な方法として、2つ以上の構成要素の組み合わせからなる単位価格の関数としての消費量のすべての観測値に対して、1つの需要曲線をあてはめて分析することが、これまでの実証研究（Macenski & Meisch, 1998; Sumpter et al., 1999）または再分析研究（Bickel et al., 1993; DeGrandpre & Bickel, 1996）で用いられてきた（Vuchinich, 1997）。本研究では、これらの先行研究との比較を可能にするために、同様の方法を採用した。しかしながら各構成要素における需要曲線の弾力性（傾き）が異なると、1つの需要曲線への収束を検討する上記の方法が統計学上、必要で十分な条件を満たさない場合がある点について、審査者よりご指摘を頂いた。これを受けて、3秒条件と6秒条件の各々4つの観測値に対して個別に等式(1)をあてはめた場合の3つのパラメータ値と決定係数を付録に掲載した。

⁵セッション終了後の体重が一定の食物遮断化の水準より低い場合に、実験箱以外で付加給餌を与える実験環境のこと（Hursh, 1980）。典型的な場合、遮断化の水準は自由摂食時体重の80%とされる。

Figure 1. Mean grams of food consumed by each of two pigeons as a function of unit price (fixed interval / food duration) are separately shown for each session length in log coordinates. Open triangles (3-s condition), and open squares (6-s condition) represent the benefit factor (food duration) of the unit price. Values in parentheses represent the four unit prices used in each session length. The best fitted demand curves obtained by Equation 1, which was proposed by Hursh et al. (1988), are also shown for each session length.

の高い決定係数を取り、8つの観測値に対する等式(1)のあてはまりのよさを示した。これにより2つの構成要素からなる観測値が1つの需要曲線で記述できることが明らかになり、食物消費量に対する時間コストと便益要因の等価性が確認された。さらに Figure 1 より、コスト要因に時間コストを用いた場合にも、労力コストを用いた先行研究 (Collier et al., 1986; Hursh et

Table 1 Parameters of Equation 1 fitted to the 8 data points are shown for the 1.5-, 3.0-, and 4.5- hour sessions by each subject. The values of r^2 represent the variance accounted by the Equation 1.

Subjects	Sessions	L ^{a)}	b ^{b)}	a ^{c)}	r ^{2d)}
P901	1.5 hr	29.73	0.009	0.0527	0.970
	3.0 hr	28.35	-0.106	0.0180	0.964
	4.5 hr	30.01	-0.009	0.0155	0.969
P201	1.5 hr	26.91	-0.090	0.0394	0.952
	3.0 hr	29.17	0.146	0.0464	0.975
	4.5 hr	36.12	-0.008	0.0274	0.974

Note: ^{a)}L=level of consumption at unit price of 1.0. ^{b)}b=beginning slope. ^{c)}a=acceleration in slope with unit price. ^{d)}r²=fitness.

^{a)}観測値に対する等式(1)のあてはめによる分析と需要曲線の描画は、Ngraph for Windows Version 6.01 (Copyright (c) Satoshi ISHIZAKA, 1997-1998) によってなされた。詳細については著者 (isizaka@msa.biglobe.ne.jp) に照会のこと。

al., 1988)と同様, 単位価格の広範囲な変化に対して需要曲線が正に減速することが, すべてのセッション時間で示された。この結果は, セッション時間の違いにもかかわらず, 単位価格の広範囲な変化に対して, 食物消費が非弾力的から弾力的へ変化する共通の傾向を明らかにし, 低い価格における十分な食物消費⁷が, 価格のさらなる上昇に依存して維持できなくなることを意味した。

上述の等式(1)による分析により, 2種類の構成要素間に, 食物消費量に対する等価性が示された。しかしながら, Figure 1において, 3秒条件と6秒条件の食物消費量を目視によって個々に比較すると, 高い単位価格の2値において, 構成要素間の等価性に逸脱の傾向がみられた(例えば, P 901の1.5時間と3時間)。この点については, 考察で論じる。

等式(1)における3つのパラメータの内, a は弾力性の変化率, すなわち単位価格の関数としての消費の感受性を示す。セッション時間の増加に対してP 901では弾力性の変化率が小さくなる傾向にあったが, P 201では体系的な変化がみられなかった。一方, セッション時間の増加に対して, 最初の傾きを表す b には2個体とも体系的な変化がみられなかった。また単位価格の変化に左右されない消費量の水準を表す L は, セッション時間の増加に対して, P 201で上昇傾向を示したが, P 901ではほぼ一定であった。3つのパラメータのすべてにおいて2個体に共通した傾向はみられなかった。

考 察

コスト要因に時間コストを, 便益要因に強化子提示時間を用いた単位価格において, 需要曲線が1つの関数で記述できた結果は, DeGrandpre et al. (1993)によるPeden & Timberlake (1984)の再分析の結果を支持し, コスト要因としての時間コストの有効性を証明した。しかしながら, 高い単位価格の2値が設定されたときに, P 201の1.5時間セッション

を除いた2個体共通の傾向として, 3秒条件よりも6秒条件の食物消費量が低くなった。高い単位価格において, より大きな構成要素の食物消費量が低くなる同様の結果は, コスト要因に労力コスト(FR値)を, 便益要因に3種類の食物ペレットを用いたFoltin (1994)においても報告されている。ヒヒを被験体としたこの研究では, 1ペレット条件と比較して, 5または10ペレットのいずれかの条件で食物消費量が低くなることを示した。Foltin (1994)と本研究の結果から, 高い単位価格では, 分子と分母を同じ比率で増加させるとコスト要因の効果が便益要因の効果を上回ることが推測され, 消費量に対するコスト要因と便益要因の等価性が限定された範囲内でのみ成立することが示唆された(Hursh et al., 1988)。しかしながら, Foltin (1994)では非弾力的な食物消費を示す範囲において, すでに需要曲線に変動性がみられた(Foltin, 1994, Figure 1)のに対し, 本研究では同じ範囲において構成要素による変動はみられなかった。この結果の相違が, コスト要因の違いに起因するかについては, 時間と労力コス

⁷24時間セッションで, 3個体のハトを用いたLucas (1981)の実験1では, 食物消費量に及ぼす強化子提示時間(1.5, 3, 6, 12, 24秒)の効果が, 連続強化スケジュールで検討された。その結果, 各強化子提示時間における平均消費量の最大値は被験体H7401において, 12秒提示された場合の25.6グラムであった(Lucas, 1981, Table 1)。Lucas (1981)における行動価格を単位価格に換算すると, その範囲は0.04から0.67(FR値/強化子提示時間)となる。本研究のコスト要因は時間コスト(FI値)であり, 直接的な比較は困難だが, Lucas (1981)に対応するような低い価格における消費量は, 等式(1)をあてはめた場合の, 単位価格1における消費量の水準を示す L で代表されよう。Table 1で示したように, 最小の L がP201の26.91グラムであった結果は, 24時間セッションのLucas (1981)よりも大きな値をとり, 単位価格が1のとき, 1.5時間セッションで十分な食物消費が可能であることを示した。

トの直接的な比較が必要であろう (Bauman, 1991; 恒松, 1997, 1998)。

等式(1)によるパラメータの結果より、3種類のセッション時間の操作が、食物消費における弾力性と水準の両方に対して、2個体に共通した体系的な効果を及ぼさないことが示された。

さらに、Figure 1 に示されたように、セッション時間の違いにもかかわらず、すべての需要曲線は正に減速した。しかしながら、弾力性を示す a の値に注目すると、セッション時間の減少に対して P 201 では体系的な変化が見られなかったが、P 901 では大きくなった。この結果は、少なくとも P 901 においてセッション時間の減少が実験環境としての開放の程度を大きくし、1.5 時間が封鎖経済の実験環境として十分なセッション時間であるかについては、疑義が生じた。

本研究以外にセッション時間を操作した実験例は、封鎖経済の実験環境と開放経済の実験環境を決定する要因が、セッション時間の長さや体重の水準ではなく、セッション終了後の付加給餌の有無であることを明らかにした先行研究にみられる。行動価格 (1 強化あたりの要求反応数) を用いて、セッション時間の長さ (1.5, 3, 6, 12, 24 時間) がハトの食物消費行動に及ぼす効果を検討した坂上 (1992) では、セッション時間の長短にかかわらず弾力性が体系的に変化しなかった。このことは、同時選択場面でラットを用い、強化量の選択行動に及ぼす絶対量 (ペレット数) の効果を検討した伊藤 (1991, 1992)、小林・伊藤 (1991) においても確認された。

セッション時間の操作は、動物が反応する機会を制約するため、行動経済学では所得 (income) の水準が操作されたと説明される (Hursh & Bauman, 1987)。本研究は個体数が少ないため a の値のセッション時間による変化が2個体で異なった結果について、どちらがより一般的な現象かについては特定できないが、セッション時間について検討した上述の先行研究の結果を考え合わせると、単一の強化子

を用い、所得としてより長いセッション時間 (ここでは3時間以上のセッション時間) が操作された場合、弾力性は体系的に変化しなくなることが予想される。

要 約

本研究では、コスト要因に時間コストを用いた場合、食物消費量に対してコスト要因と便益要因の等価性が成立し、さらに単位価格の広範囲の変化に対して正に減速する需要曲線が記述できるか、また、3種類の短時間セッションにおいて需要曲線の形状に違いがみられるか否かを明らかにすることを目的とした。

時間コストとして、固定間隔 (fixed interval: FI) スケジュールが用いられた。まず4つのFI値が、便益要因となる強化子提示時間の6秒と組み合わせられた条件 (6秒条件) において、単位価格 (FI 値/強化子提示時間) が6セッション毎に上昇系列で提示された。この手続きを3種類の短時間セッション時間 (1.5, 3, 4.5 時間) で繰り返した後に、比率を固定したままFI値と強化子提示時間をそれぞれ半分にした単位価格 (3秒条件) が6秒条件と同じ手続きで導入された。コスト要因と便益要因の等価性は、単位価格の関数としてプロットされた8つの平均消費量に対して、Hursh et al. (1988) によって提案された等式(1)のあてはめによる分析と、各単位価格における3秒条件と6秒条件の平均消費量の目視による分析で検討された。

等式(1)による分析の結果、3秒と6秒条件の構成要素の違いにもかかわらず、1つの需要曲線で記述できることが、すべてのセッション時間で確認された (Figure 1 と Table 1 の決定係数)。この結果より、コスト要因に時間コストを用いた場合も、労力コストを用いた先行研究の結果と同様、コスト要因と便益要因との間に、等価性が成立することが明らかになった。また、目視分析の結果、高い単位価格において、構成要素間の等価性に逸脱の傾向がみられた。これらの結果より、コスト要因に時間コストを用い

た実験場面への単位価格の拡張とコスト要因と便益要因の機能的等価性の限界が示された。

等式(1)によるパラメータの分析により、3種類のセッション時間の操作が、食物消費における弾力性と水準に対して、2個体に共通した体系的な効果を及ぼさないことが示され (Table 1), さらに正に減速する需要曲線が得られた (Figure 1)。しかしながら、弾力性を示す a の値に注目すると、セッション時間の減少に対して、弾力性が大きくなる傾向が1個体でみられ、封鎖経済の実験環境の需要曲線分析において所得水準の設定が1.5時間セッションで十分であるという確証は得られなかった。

引用文献

- Bauman, R. A. 1991 An experimental analysis of the cost of food in a closed economy. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **56**, 33-50.
- Bickel, W. K., DeGrandpre, R. J., & Higgins, S. T. 1993 Behavioral economics: A novel experimental approach to the study of drug dependence. *Drug and Alcohol Dependence*, **33**, 173-192.
- Bickel, W. K., DeGrandpre, R. J., Higgins, S. T., & Hughes, J. R. 1990 Behavioral economics of drug self-administration. I. Functional equivalence of response requirement and drug dose. *Life Science*, **47**, 1501-1510.
- Bickel, W. K., DeGrandpre, R. J., Hughes, J. R., & Higgins, S. T. 1991 Behavioral economics of drug self-administration. II. A unit-price analysis of cigarette smoking. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **55**, 145-154.
- Collier, G. H., Johnson, D. F., Hill, W. L., & Kaufman, L. W. 1986 The economics of the law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **46**, 113-136.
- DeGrandpre, R. J., Bickel, W. K., Hughes, J. R., Layng, M. P., & Badger, G. 1993 Unit price as a useful metric in analyzing effects of reinforcer magnitude. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **60**, 641-666.
- DeGrandpre, R. J., & Bickel, W. K. 1996 Drug dependence as consumer demand. In L. Green & J. H. Kagel (Eds.), *Advances in behavioral economics*. Vol. 3. Norwood, NJ: Ablex. Pp. 1-36.
- English, J. A., Rowlett, J. K., & Woolverton, W. L. 1995 Unit-price analysis of opioid consumption by monkeys responding under a progressive-ratio schedule of drug injection. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **64**, 361-371.
- Foltin, R. W. 1991 An economic analysis of "demand" for food in baboons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **56**, 445-454.
- Foltin, R. W. 1992 Economic analysis of caloric alternatives and reinforcer magnitude on "demand" for food in baboons. *Appetite*, **19**, 255-271.
- Foltin, R. W. 1994 Dose package size matter? A unit price analysis of "demand" for food in baboons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **62**, 293-306.
- Foster, T. M., Blackman, K. A., & Temple, W. 1997 Open versus closed economies: Performance of domestic hens under fixed-ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **67**, 67-89.
- Hursh, S. R. 1978 The economics of daily consumption controlling food- and water-reinforced responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **29**, 475-491.
- Hursh, S. R. 1980 Economic concepts for the analysis of behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **34**, 219-238.
- Hursh, S. R. 1984 Behavioral economics. *Journal*

- of the *Experimental Analysis of Behavior*, **42**, 435-452.
- Hursh, S. R. 1991 Behavioral economics of drug self-administration and drug abuse policy. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **56**, 377-393.
- Hursh, S. R., & Bauman, R. A. 1987 The behavioral analysis of demand. In L. Green & J. H. Kagel (Eds.), *Advances in behavioral economics*. Vol. 1. Norwood, NJ: Ablex. Pp. 117-165.
- Hursh, S. R., Raslear, T. G., Bauman, R., & Black, H. 1989 The quantitative analysis of economic behavior with laboratory animals. In K. G. Grunert & F. Ölander (Eds.), *Understanding economic behaviour theory and decision library*, series A, Vol. 2. Dordrecht, Netherlands: Kluwer. Pp. 393-407.
- Hursh, S. R., Raslear, T. G., Shurtleff, D., Bauman, R., & Simmons, L. 1988 A cost-benefit analysis of demand for food. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **50**, 419-440.
- Hursh, S. R., & Winger, G. 1995 Normalized demand for drugs and other reinforcers. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **64**, 373-384.
- Imam, A. A. 1993 Response-reinforcer independence and the economic continuum: A preliminary analysis. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **59**, 231-243.
- 伊藤正人 1991 ラットにおける強化量の選択行動に及ぼす絶対量の効果：開放経済環境と閉鎖経済環境の比較(2) 基礎心理学研究, **10**, 66 (抄録) .
- 伊藤正人 1992 ラットにおける強化量の選択行動に及ぼす絶対量の効果：開放経済環境と閉鎖経済環境の比較(3) 動物心理学研究, **42**, 58 (抄録) .
- 小林奈津子・伊藤正人 1991 ラットにおける強化量の選択行動に及ぼす絶対量の効果：開放経済環境と閉鎖経済環境の比較(1) 動物心理学研究, **41**, 66 (抄録) .
- Lucas, G. A. 1981 Some effects of reinforcer availability on the pigeon's responding in 24-hour sessions. *Animal Learning & Behavior*, **9**, 411-424.
- Macenski, M. J., & Meisch, R. A. 1998 Ratio size and cocaine concentration effects on oral cocaine-reinforced behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **70**, 185-201.
- Peden, B. F., & Timberlake, W. 1984 Effects of reward magnitude on key pecking and eating by pigeons in a closed economy. *Psychological Record*, **34**, 397-415.
- 坂上貴之 1992 行動経済学からみた摂食行動 第36回プリマーテス研究会記録「食を考える—霊長類を中心に—」 財団法人日本モンキーセンター年報, 100-109.
- 坂上貴之・山本淳一・実森正子 1994 実験的行動分析の展開 —“選択”, “認知”, “言語”をめぐって— 心理学研究, **65**, 395-411.
- Sumpter, C. E., Temple, W., & Foster, T. M. 1999 The effects of differing response types and price manipulations on demand measures. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **71**, 329-354.
- Timberlake, W., & Peden, B. F. 1987 On the distinction between open and closed economies. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **48**, 35-60.
- 恒松伸 1997 ハトのキイツつき行動における需要曲線にコストと滞在時間が及ぼす効果—FR, VI, FI スケジュールの比較— 心理学研究, **68**, 355-363.
- 恒松伸 1998 セッション時間とコストがハトの食物消費量に及ぼす効果—封鎖経済の実験環境下の需要曲線の比較を通じて— 日本心理学会第62回大会発表論文集, 781.

恒松伸 1999 行動経済学における価格研究の展開
動物心理学研究, **49**, 19-39.
Vuchinich, R. E. 1997 Behavioral economics of
drug consumption. In B. A. Johnson & J. D.
Roache (Eds.), *Drug addiction and its treat-*

ment: Nexus of neuroscience and behavior.
Philadelphia: Lippincott-Raben Publishers.
Pp. 73-90.

(1999.3.11 受稿, 1999.10.7 受理)

付 録

Appendix Parameters of Equation 1 fitted to the 4 data points in 6-s and those in 3-s conditions are respectively shown for the 1.5-, 3.0-, and 4.5-hour sessions by each subject. The values of r^2 represent the variance accounted by the Equation 1.

Subjects	Sessions	Conditions	L	b	a	r^2
P901	1.5 hr	6-s	29.44	-0.024	0.0550	0.993
		3-s	30.03	0.040	0.0513	0.974
	3.0 hr	6-s	31.21	-0.115	0.0240	0.999
		3-s	25.31	-0.081	0.0140	0.999
	4.5 hr	6-s	24.57	0.045	0.0156	0.991
		3-s	35.75	-0.055	0.0155	0.993
P201	1.5 hr	6-s	29.73	-0.085	0.0375	0.995
		3-s	24.11	-0.095	0.0423	0.984
	3.0 hr	6-s	25.65	0.183	0.0453	0.993
		3-s	32.72	0.114	0.0477	0.993
	4.5 hr	6-s	35.88	-0.028	0.0257	0.988
		3-s	36.32	0.013	0.0295	0.963