研究

ラットの罰事態における反応頻度と反応持続時間の負の相関性

早稲田大学 吉 野 俊 彦¹⁾

Negative Correlation between the Response Rate and the Response Duration during Punishment Condition in Rats.

TOSHIHIKO YOSHINO

Department of Psychology, Waseda University

In order to investigate whether the response duration covaries with varying of the response rate, we trained four rats to press each of two levers on a variety of concurrent variable-interval schedules of reinforcement and punishment. Reinforcement condition consisted of five schedules of reinforcement using food. When the response rates fell within a given range on each of reinforcement schedule, a punishment schedule using an electric shock was added to that reinforcement schedule. Five different schedules combining reinforcement and punishment comprised the punishment condition. We employed the local response rate which refers to the number of responses per minute on each lever, and the response duration which refers to the mean duration that rat pressed down the lever.

The results indicated that only in the punishment condition, the response duration negatively correlated with the response rate. These results implied that the response rate alone does not entirely describe the response strength in the punishment condition. We further discussed validity of the suppression ratio. We suggest that both temporal behavioral measures and traditional response rates are necessary for precise description of the behavioral suppression.

1) 本論文をまとめるにあたってご指導を賜りました、早稲田大学教育学部教授服部 清先生、ならびに早稲田大学文学部教授木村 裕先生に厚く御礼申し上げます。また、データの処理と解釈にあたって有益なご助言を賜りました、早稲田大学情報科学研究教育センター助手本間大一先生に厚く御礼申し上げます。

オペラントは「環境に同じ変化をもたらすような行動のクラス」(レイノルズ, 1978)と定義される。オペラント強度の一般的な指標は反応頻度である(Collier, Hirsh, & Kanarek, 1977)。これは罰事態における反応の抑制程度が検討されるときも同様である。反応抑制の指標は以下の3つが代表的であるが、いずれも反応頻度から計算するものである。

- (1) $\frac{R_2}{R_1}$ (Stein, Sidman, & Brady, 1958)
- (2) $\frac{R_2 - R_1}{R_1}$ (Hoffman & Flesher, 1961)
- (3) $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ (Annau & Kamin, 1961;
Kamin, 1965; Rescorla, 1968)

(R_1 はベースラインの反応頻度, R_2 は実験処理時の反応頻度を示す)。

反応従事時間も反応強度の指標であり, 時間配分 (time allocation) は選択行動を規定するものとして用いられることがある。(Baum & Rachlin, 1969; Brownstein & Pliskoff, 1968; Mackintosh, 1983)。時間を用いたもう1つの指標に反応持続時間 (response duration) がある。反応持続時間は, 特定以上の持続時間の反応を分化強化する場合のように, オペラントを特定することもあるが (Rider & Kametani, 1987), 反応型 (topography) の指標として用いられるのが一般的である。そして, 反応型は, 主に強化子, 動因, 操作体との関連において論じられる (Davey & Cleland, 1982; Davey, Phillips, & Witty, 1989; Jenkins & Moore, 1973; Schwartz & Gamzu, 1977; 矢島, 1980)。

Blackman (1977) は, 条件性抑制手続き (CER) における反応抑制の指標として抑制率を用いる場合には, ベースラインでの反応頻度が高い場合に抑制率が大きくなりやすいという問題点を指摘した。そして, 条件性抑制にはすべてを満足するような簡潔な指標はないとした上で, ベースラインでの反応頻度と抑制率によって表わされる相対値 (たとえば(1)~(3)式) とを組み合わせることで多くの問題が解決できる可能性があるとした (Blackman, 1977, p.351)。

条件性抑制の事態であれば, 抑制率が同一のオペラントの反応頻度を用いて表現されており, Blackman (1977) の主張する反応頻度と相対値との組み合わせも有効であろう。しかし, 罰事態においては同一のオペラントが計測され

るわけではない。例えば, 変動間隔 (以下 VI) スケジュールで強化されている場合のオペラントと, 強化に重ねてすべての反応に電撃を呈示するような場合のオペラントは, 厳密には同一でない。前者は「平均してある一定の時間が経過した後の反応が強化されるような環境の変化をもたらす」クラスであり, 後者は「それに加えてすべての反応が嫌悪刺激を生じるような環境の変化をもたらす」クラスである。厳密な定義によれば, 罰事態の反応抑制の指標として用いられる抑制率は, 異なるオペラントの反応頻度を相対値として表現したものであることになる。

ここでオペラントの定義と反応強度の指標の関係が問題になる。同一のオペラントについての反応持続時間が変動を含みながらも一定の範囲内に収まっていれば, 反応頻度を反応抑制の指標としても問題はない。しかし, 吉野 (1984) はラットのレバー押し反応が VI スケジュールでの強化に加えて変動比率 (以下 VR) スケジュールで罰せられる事態で, セッションごとの平均反応頻度と平均反応持続時間 (レバーを押し下げている時間: holding time) が高い負の相関を示す可能性を指摘した。つまり, 罰事態において罰の頻度が変動すると, 反応頻度が変動するだけでなく反応持続時間が一定の傾向を持って変動している可能性が示されたのである。このとき反応抑制の程度を正確に表現できないなどの問題が伴うのである。しかし, 吉野 (1984) の指摘は徐々に反応が回復していく過程でのみ検討されており, 強化事態と罰事態が交互に生じるような, 反応の抑制と回復を含む事態での再検討が必要と考えられる。また, 同一の被験体に複数の操作体を設定するなどによって現象の一般性を検討する必要があると考えられる。

以上から, 本実験ではラットのレバー押し反応が並立 (以下 conc.) スケジュールで強化される事態と, 強化に加えて conc. スケジュールで罰手続きを導入した事態とで, 2つのレバーに

における反応頻度が変化した場合に反応持続時間がそれに伴って変化するかどうかを検討する。さらに、反応頻度と反応持続時間との関係から反応抑制の指標についての議論を行なう。

方 法

被験体 実験経験のないオスのウィスター系アルビノラット4匹を自由摂食時の85%の体重(368~380 g)に維持した。全ラットは個別ケージで飼育され、各ケージでは常に摂水可能であった。体重の統制は実験セッション終了30分後に与えるペレットの量を調節することによった。

装置 標準型のラット用スキナー箱(Ralph Garbrands製; 307×248×310 mm: 幅×奥行き×高さ)を用いた。餌箱が正面パネル下方中央、その左右65 mmに反応レバー(約17 gの重さでマイクロスイッチを作動させた)が取り付けられていた。床には直径5 mmのステンレス製のグリッドが、その中心と中心が16 mm間隔で敷かれていた。スキナー箱は自作の木製防音箱(795×520×600 mm)に入れられ、換気と外部音のマスクングのために排気用のファンが取り付けられていた。強化子は45 mgの固形ペレット(室町機械社製)1個であった。電撃呈示装置は室町機械社製SGS 001 SHOCK GENERATOR/SCRAMBLERを用いた。スクランブルされた電撃を床面のグリッドを通して呈示した。電撃呈示の持続時間は100 msecであった。反応の記録のために累積記録器(Ralph Garbrands社製)を用いた。実験の制御とデータの収集にはマイクロコンピュータ(Rockwell社AIM 65)を用いた。

手続き 1)ハンドリング、2)アダプテーション、3)マガジントレーニング、4)漸次接近法によるシェイピング、5)連続強化トレーニングの後、以下の手続きを行なった。

6) 予備訓練

conc. VI30-sec VI30-secでレバー押し反応が安定するように、conc. VI5-sec VI5-sec,

conc. VI10-sec VI10-sec, conc. VI20-sec VI20-secの順に強化スケジュールを変化させた。切り替え反応後強化遅延(changeover delay: 以下COD)は2sec. (Deluty, 1976)とした。

7) 強化ベースライン

以下に示す安定基準1, 2を満たすまで、conc. VI30-sec VI30-secでレバー押し訓練を行なった。1セッションは30分で、1日1セッションを行なった。第12日にレバーのトラブルのために操作体を交換したが、すべてのラットについて反応の変化は見られなかった。

安定基準1: 連続5セッションで相対反応頻度についてその変動が平均値の $\pm 3.5\%$ 内であること。

安定基準2: 連続5セッションで絶対反応頻度、相対反応頻度のいずれも一次的な増加・減少傾向にないこと。

この安定基準を満たすのに34~45(平均37.5)セッションを要した。

操作体を交換した翌日以降のセッションのデータを分析の対象とした。

8) 罰ベースライン

conc. VI30-sec VI30-secの強化スケジュールに加えて、conc. VI60-sec VI60-secで罰手続きを導入した。ここでも1セッションは30分で、1日1セッションを行なった。罰についても2sec.のCODを加え、条件を満たせば同じ反応にペレットと電撃を随伴呈示した。罰セッション中には1000 Hzの純音を呈示した。電撃強度は、2 mAより始めて、左右の合計反応数が強化ベースラインの50%以下になるまで5 mAのステップで、その後は前述の安定基準1, 2と次の安定基準3を満たすまで1 mAステップで調節した。

安定基準3: 連続5セッションで左右の合計反応数について、その変動が平均値の $\pm 5\%$ 内であること。

これらの安定基準を満たすのに

60～104 (平均 94.0) セッションを要した。

絶対反応頻度が、強化ベースラインの10～67%にあるセッションのデータを分析の対象とした。

9) 強化セッション・罰セッション

conc. スケジュールによる強化セッションと、conc. VI60-sec VI60-sec 罰スケジュールを強化に加えた罰セッションを行なった。強化スケジュールは conc. VI90-sec VI30-sec, conc. VI60-sec VI30-sec, conc. VI30-sec VI60-sec, conc. VI30-sec VI90-sec の4種類であった。ここでも1セッションは30分で、1日1セッションを行なった。ここでは安定基準を設けず、強化セッション、罰セッション共に各スケジュールについて原則として連続7セッションを行なった。連続3セッション内で絶対反応頻度・相対反応頻度に一次的な上昇・下降傾向が示されているときは、追加セッションを行なった。各スケジュールの最終2～5セッションのデータを分析の対象とした。

スケジュールのサイズ値は、Flesher & Hoffman (1962) より算出された16個の数値を、ランダムに配列することによって。

反応の指標

1) 平均反応頻度

レバーごとに反応数の合計を切り替え反応間時間の合計で割った値とした。

2) 絶対反応頻度

1セッションあたりの反応数の合計をセッション時間 (30 分) で割った値とした。

3) 相対反応頻度

レバーごとに算出された平均反応頻度の相対値 ((3) 式の R_1 , R_2 を各々のレバーの平均反応頻度とした値) とした。

4) 平均反応持続時間

個々の反応についてレバーが押し下げられている (マイクロスイッチが閉じられている) 時間を計測し、これを平均した値とした。

結 果

Table 1 にセッションあたりの平均反応頻度を平均した値を示した。すべての個体と両方のレバーにおいて、強化事態に比べて罰事態で平均反応頻度は低下した。2つの事態で平均反応頻度に差があるかどうかについて t 検定を行なったところ、この差はすべての個体と両方のレバーについて、0.1%水準で有意であった (Table 2)。左右のレバーの平均反応頻度の差は、強化事態でも罰事態でも差がみられた。Rat 11 では左の反応頻度が高かったが、他の3個体では右の反応頻度の方が高かった。左右のレ

Table 1 Session number, Mean and SD of the local response rate for each subject, each lever and each condition, i. e. reinforcement (RFT) and punishment (PNT).

Rat Number	Session Number		Left lever mean (SD)		Right lever mean (SD)	
	RFT	PNT	RFT	PNT	RFT	PNT
Rat 5	46	78	96.79 (10.60)	46.66 (11.30)	118.80 (19.47)	66.81 (30.22)
Rat 8	75	53	117.82 (13.61)	60.42 (24.67)	130.70 (26.54)	75.04 (28.31)
Rat 9	55	49	92.21 (20.94)	45.54 (11.45)	137.86 (40.69)	55.88 (27.02)
Rat 11	52	50	106.93 (8.67)	65.27 (22.65)	98.42 (23.23)	43.51 (20.31)

Table 2 *t*-value and degrees of freedom by *t*-test for the differences of the mean local response rates between reinforcement (RFT) and punishment (PNT) conditions in each lever (left panel). *t*-value and degrees of freedom by *t*-test for the differences of the mean local response rates between left and right lever in each condition (right panel).

Rat Number	Left lever <i>t</i> value df	Right lever <i>t</i> value df	RFT <i>t</i> value df	PNT <i>t</i> value df
Rat 5	<i>t</i> = 24.21 *** df=122	<i>t</i> ' = 11.54 *** df=120.88	<i>t</i> = 7.05 *** df= 45	<i>t</i> ' = 5.89 *** df= 77
Rat 8	<i>t</i> ' = 15.23 *** df= 74.22	<i>t</i> = 11.28 *** df=126	<i>t</i> ' = 5.16 *** df= 74	<i>t</i> = 4.06 *** df= 52
Rat 9	<i>t</i> ' = 14.17 *** df= 85.54	<i>t</i> ' = 12.11 *** df= 94.65	<i>t</i> ' = 11.09 *** df= 54	<i>t</i> ' = 2.73 ** df= 48
Rat 11	<i>t</i> ' = 12.06 *** df= 62.56	<i>t</i> ' = 12.57 *** df=100	<i>t</i> ' = 2.65 * df= 51	<i>t</i> = 5.48 *** df= 49

Note: the level of significance level by *t*-test. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. *t*' denotes the value by Welch method.

Table 3 Session number, Mean and SD of response duration for each subject, each lever and each condition, i. e. reinforcement (RFT) and punishment (PNT). *t*-value and degrees of freedom by *t*-test for the differences of mean response duration between reinforcement and punishment conditions.

	Session Number		Left lever			Right lever		
	RFT	PNT	mean (SD) RFT	msec. PNT	<i>t</i> value df	mean(SD) RFT	msec. PNT	<i>t</i> value df
Rat 5	46	78	317.76 (25.95)	497.21 (104.39)	<i>t</i> ' = 12.91 df=92.37	226.61 (46.89)	315.30 (80.48)	<i>t</i> ' = 7.69 df=122.00
Rat 8	75	53	214.72 (70.72)	245.81 (74.53)	<i>t</i> ' = 15.23 df=74.22	168.84 (99.59)	183.08 (48.85)	<i>t</i> = 11.28 df=126
Rat 9	55	49	254.89 (26.15)	314.61 (43.01)	<i>t</i> ' = 8.35 df=77.30	145.20 (24.64)	188.94 (31.98)	<i>t</i> = 7.78 df=102
Rat 11	52	50	195.62 (33.58)	285.66 (72.53)	<i>t</i> ' = 7.91 df=68.47	174.31 (42.25)	242.20 (55.43)	<i>t</i> = 6.91 df=100

Notes: All of *t*-test showed all of significance level $p < .001$. *t*' denotes the value by Welch method.

バーの平均反応頻度に差があるかどうかについて対応のある *t* 検定を行なったところ、すべて 5%水準で有意であった (Table 2)。

Table 3 にセッションあたりの平均反応持続時間を平均した値を示した。すべての個体と両方のレバーにおいて、強化事態より罰事態の方

が長かった。2つの事態で平均反応持続時間に差があるかどうかについて *t* 検定を行なったところ、この差はすべての個体と両方のレバーについて、0.1%水準で有意であった。変動は、Rat 8 の右レバーを除いて罰事態の方が大きかった。分散等質性の検定を行なったところ、左レ

Fig. 1 The scatter diagram of the local response rate and mean of response duration for each lever per session in Rat 5.

Fig. 2 The scatter diagram of the local response rate and mean of response duration for each lever per session in Rat 8.

吉野：ラットの罰事態における反応頻度と反応持続時間の負の相関性

Fig. 3 The scatter diagram of the local response rate and mean of response duration for each lever per session in Rat 9.

Fig. 4 The scatter diagram of the local response rate and mean of response duration for each lever per session in Rat 11.

バーではすべての個体について有意であったが、右レバーでは Rat 5 のみが有意であった (Fig. 1~4 の散布図参照)。

Table 4 にラットごとに抑制率を示した。強化ベースラインと罰ベースラインの反応頻度による値 (RATIO A: (1)式に基づく) を左欄に、反応頻度のかわりに反応頻度と平均反応持続時間の積による値 (RATIO B) の右欄に示した。2つの算出法による抑制率を比較すると、4匹中

Table 4 The suppression ratio of responses. RATIO A is calculated using the response rates; and RATIO B is calculated using the product of the mean local response rate and mean response duration.

Rat Number	Suppression ratio	
	RATIO A	RATIO B
Rat 5	.365	.458
Rat 8	.631	.415
Rat 9	.510	.671
Rat 11	.524	.580

3匹で RATIO B の方が値が大きかった。これは、抑制率によって表現される抑制程度が2つの算出法で異なっていることを示している。例えば、Rat 8は、RATIO Aを用いた場合には4匹中で最も抑制程度が小さいのに対して、RATIO Bを用いた場合には最も大きくなっている。

Table 5 にセッションごとの反応頻度と平均反応持続時間との相関 (Pearson の積率相関係数) を示し、Fig. 1~4 に相関図を表した。この相関をレバーごとにみると、強化セッションでは3/8の割合で、罰セッションでは7/8の割合で有意な負の相関が得られた。また、強化・罰セッションの2つの事態をレバーごとにまとめた場合には、7/8の割合で負の相関が得られた。

以上のように、罰手続きの導入によって平均反応頻度が低下するのに伴って反応持続時間は長くなった。また、反応頻度と平均反応持続時間との間に負の相関性が得られた。特に、罰セッションと、強化事態と罰事態をまとめた場合に有意な負の相関が得られる傾向にあった。

Table 5 Pearson's product-moment correlation coefficients for the local response rate and the response duration.

Rat Number	Sessions		Response lever	
	Condition	Number	Left	Right
Rat 5	Reinforcement	46	-.672 ***	-.836 ***
	Punishment	78	-.360 **	-.531 ***
	Pooled	124	-.728 ***	-.722 ***
Rat 8	Reinforcement	75	.022	-.088
	Punishment	53	-.601 ***	-.806 ***
	Pooled	128	-.353 ***	-.162
Rat 9	Reinforcement	55	-.225	.456 ***
	Punishment	49	-.580 ***	-.338 *
	Pooled	104	-.671 ***	-.410 ***
Rat 11	Reinforcement	52	-.190	.029
	Punishment	50	-.606 ***	-.072
	Pooled	102	-.751 ***	-.456 ***

Notes: the level of significance by no correlated *t*-test. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

考 察

単位時間あたりに生体が従事できる反応は有限である。同一の反応強度を持つ反応については、その反応頻度と1反応あたりの反応持続時間とは負の関係にあることが理論的には予測される。特定以上の反応持続時間を分化強化した実験でも、要求持続時間が長くなるのに伴って、強化後の反応休止が長くなることが報告されている。(Rider & Kametani, 1987)。強化後の反応休止が長くなれば、単位時間に生じる反応数つまり反応頻度は減少する。したがって両者の間に負の相関が生じることになる。しかし、Rider & Kametani (1987) の実験での反応休止は、定率強化 (FR) スケジュールにおける強化後の反応休止に対応しており、反応頻度との相関関係は必ずしも明確ではない。また、矢島 (1980) はペレットとミルクを強化子として、conc. スケジュールによる強化事態でのレバー押しとかみ反応の反応持続時間を分析した。そして、反応持続時間は訓練の進行に伴って短くなり、同時にその変動が小さくなることを報告した。これらの実験は、強化事態のみでは反応持続時間が反応頻度と共に変動しないことを示している。つまり、理論的に導かれる反応頻度と反応持続時間との負の相関性は、強化事態だけでは実験事実でないのである。本実験でも、両者の負の相関性が得られたのは、強化事態では3/8の割合であったのに対して、罰事態では7/8であった。しかし、こうした事実は本実験で得られた反応持続時間と反応頻度の負の相関性が、強化と罰の事態を通じた場合に得られることを間接的に支持する。

以上のように、反応頻度と反応持続時間は、強化事態では負の相関を示すといえない。その一方で、罰事態や、強化と罰事態をまとめた場合に有意な負の相関が得られる傾向にあった。これは強化と罰の事態を通じた場合に、反応頻度で反応の強度や抑制率を表現する際に問題が生じることを示唆する。例えば、強化事態と罰

事態とで同じ1回の反応が同一の反応強度を意味しなければ、反応頻度から計算した抑制率が反応の抑制を適切に表現しない可能性がある。Table 3 に示したように、本実験でも強化事態と罰事態では反応持続時間に有意な差が得られている。

今回の結果からは、Fig. 1~4 に示したように、左右のレバーは均質な反応を得るのには問題があると考えられる。しかし、罰事態で得られた負の相関性と、2つの事態をまとめた場合に得られた負の相関性は、以上のような議論を積極的に支持する結果であったと考えられる。反応持続時間のちらばりについても、強化事態に比べて罰事態では反応頻度の変動に対してより大きい傾向が得られていた。これらの結果は、強化事態に比べて罰事態では反応強度の変動を反応頻度だけでは十分に表現できない可能性を示唆する。反応抑制についても、従来の(1)~(3)式のような反応頻度のみに依存した指標で表現することに問題があることを示している。

反応抑制の指標を問題としたときに有効と考えられるのは、前述のように時間の次元を取り入れることである。Catania & Reynolds (1968) や Baum & Rachlin (1969) はそれまで一般的であった反応頻度に加えて、もうひとつの行動の適切な指標として時間を挙げている。Baum & Rachlin (1969) の主張によれば、Skinner (1938) が挙げた反応頻度・反応強度は、反応を瞬時のもの (duration=0) として扱うことが仮定され、2つの反応が全く時間間隔をおかずに存在し得るとして、Herrnstein (1970) と同様に行動の指標とすることに否定的である。彼らは、反応に反応持続時間が存在すれば時間も行動の指標として考えることができるとして、彼らの実験において用いた反応従事時間の相対値、選択行動における時間配分を指標として用いる有効性を示したのである。時間を指標とする考えは選択行動の中からのみ生じたものではない。例えば Premack の原理でもオペラントレヴェルの査定において時間は極めて重

要な役割を示しており、Premack (1965) は反応従事持間が基本的な指標であると示唆している。

Table 4 に示した2つの算出方法による抑制率については、本実験の結果からだけでは、いずれが罰事態の反応抑制をより適切に表現しているのかは結論できない。しかし2つの算出方法によって結果に差が生じたことは、時間の次元を指標に取り入れることによって従来の方法では拾えなかった行動上の変化を取り込むことが可能となり、より有効な行動の指標となる可能性を示唆している。2つの反応のクラスが定義づけ上、同一のオペラントに位置づけられない問題を、時間の次元を導入することで解決できる可能性もある。これらの問題の検討には、対応法則からのモデル式を用いて結果を記述した際のあてはまりを検討するなどの方法が考えられる。

罰の効果などについて次のような問題が残されている。まず、反応抑制の理論に関する議論である。対称的效果の法則と競合反応理論を中心とした反応抑制についての議論は未解決である (Lieberman, 1990; Mackintosh, 1983)。罰事態の選択行動の予測・記述には2つのモデルが有力であるが、これも未解決である (Davison & McCarthy, 1988; Deluty, 1982; de Villiers, 1982)。これらを段階的にとり入れることで説明する考え (吉野・木村, 1991) もあるが、決定的といえない、さらに、吉野 (1990) が指摘した、罰や条件性抑制といった手続きを通じた反応抑制の基礎過程としての学習の問題についても理論的なレベルにとどまっている。反応抑制の指標として時間を考慮することは、オペラントの定義づけの問題を残しているが、以上のような問題点を再検討する上で重要であると考えられる。

REFERENCES

- Annau, Z. & Kamin, L. J. 1961 The conditioned emotional response as a function of intensity of the US. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **54**, 428-432.
- Baum, W. M. & Rachlin, H. 1969 Choice as time allocation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **12**, 861-874.
- Blackman, D. 1977 Conditioned suppression and the effects of classical conditioning and operant behavior. In W. K. Honig & J. E. R. Staddon (Eds.) *Handbook of operant behavior*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 340-363pp.
- Brownstein, A. J. & Pliskoff, S. S. 1968 Some effects of relative reinforcement rate and changeover delay in response-independent concurrent schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **11**, 683-688.
- Catania, A. C. & Reynolds, G. S. 1968 A quantitative analysis of the behavior maintained by interval schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **11**, 327-383.
- Collier, G., Hirsh, E., & Kanarek, R. 1977 The operant revisited. In W. K. Honig & J. E. R. Staddon (Eds.) *Handbook of operant behavior*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 28-52pp.
- Davison, M. & McCarthy, D. 1988 *The matching law*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Davey, G. C. L. & Cleland, G. G. 1982 Topography of signal-centered behavior in the rat: effects of deprivation state and reinforcer type. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **38**, 291-304.
- Davey, G. C. L., Phillips, S., & Witty, S. 1989 Signal-directed behavior in the rat: interactions between the nature of the CS and the nature of the UCS. *Animal Learning and Behavior*, **17**, 447-456.
- Deluty, M. Z. 1976 Choice and the rate of

- punishment in concurrent schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **25**, 75-80.
- Deluty, M. Z. 1982 Maximizing, minimizing, and matching between reinforcing and punishment situations. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein, & H. Rachlin (Eds.) *Quantitative analysis of accounts*, Vol. II (five-volume series). Cambridge, M. A.: Ballinger, 305-325pp.
- de Villiers, P. A. 1982 Toward a quantitative theory of punishment. In M. L. Commons, R. J. Herrnstein & H. Rachlin (Eds.), *Quantitative analysis of accounts*, Vol. II (five-volume series). Cambridge, M. A.: Ballinger. 327-344pp.
- Flesher, M. & Hoffman, H. S. 1962 A progression for generating variable-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **5**, 529-530.
- Herrnstein, R. J. 1970 On the law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **13**, 243-266.
- Hoffman, H. S. & Flesher, M. 1961 Stimulus factors in aversive controls: the generalization of conditioned suppression. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **4**, 371-378.
- Jenkins, H. M. & Moore, B. R. 1973 The form of the auto-shaped response with food or water. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **20**, 163-181.
- Kamin, L. J. 1965 Temporal and intensity characteristics of the conditioned stimulus. In W. F. Prokasy (Ed.) *Classical conditioning*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Lieberman, D. A. 1990 *Learning: behavior and cognition*. Belmont, C. A.: Wadsworth.
- Mackintosh, N. J. 1983 *Conditioning and associative learning*. New York, N. Y.: Oxford University Press.
- Premack, D. 1965 Reinforcement Theory. In D. Levine (Ed.) *Nebraska Symposium on Motivation*. Nebraska: University of Nebraska Press, pp. 123-165.
- レイノルズ, G. S. 浅野俊夫 (訳) 1978 オペラント心理学入門—行動分析への道—サイエンス社 (Reynolds, G. S. 1975 *A primer of operant conditioning*. Glenview, I. L.: Scott, Foreman and Company.)
- Rescorla, R. A. 1968 Probability of shock in the presence and absence of CS in fear conditioning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **66**, 1-5.
- Rider, D. P. & Kametani, N. N. 1987 Intermittent reinforcement of a continuous response. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **47**, 81-95.
- Schwartz, B. & Gamzu, E. 1977 Pavlovian control of operant behavior. In W. K. Honig, & J. E. R. Staddon (Eds.) *Handbook of operant behavior*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 53-97pp.
- Skinner, B. F. 1938 *The behavior of organism*. New York, N. Y.: Appleton-Century-Crofts.
- Stein, L., Sidman, M., & Brady, J. V. 1958 Some effects of two temporal variables on conditioned suppression. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, **1**, 153-162.
- 矢島正晴 1980 ラットにおける反応型と強化子の関係. 早稲田心理学年報, **12**, 15-24.
- 吉野俊彦 1984 ラットの VI パフォーマンスに及ぼす罰の影響に関する基礎的研究. 早稲田大学第一文学部卒業論文 (未公開)
- 吉野俊彦 1990 学習の表現型としての行動. 早稲田大学文学研究科紀要別冊, **16**, 19-27.
- 吉野俊彦・木村 裕 1991 ラットの罰事態における非強化選択肢での反応生起. 心理学研究, **62**, 9-15.