

変動的な系列反応と定型的な系列反応に 及ぼす消去手続きの効果

山 岸 直 基

キーワード

行動変動性, 分化強化, 消去, 人間

分化強化手続きは、特定の反応クラスのみを強化し、それ以外を消去する手続きである（杉山, 島宗, 佐藤, マロット, マロット, 1998）。そして、一般的に分化強化手続きの下では、当初、さまざまな反応が生起していた中から、徐々に特定の反応のみが生起するようになり、反応は定型化してゆく。

その一方で、異反応強化手続きなどの分化強化手続きによって行動変動性を増加させる試みも行なわれている。異反応強化手続きとは、直前に生起した反応とは異なる反応が生起したときに強化子を提示する手続きである。そして、これらの手続きによって人間以外の動物種を対象として、さまざまな反応次元における行動変動性が増加することが報告されている。たとえば、反応間間隔（interresponse time: IRT）（Blough, 1966; 堀, 2003; Schoenfeld, Harris, & Farmer, 1966）、系列反応（Machado, 1989, 1992, 1993; Page & Neuringer, 1985）、セキセイインコの発声（Manabe, Staddon, & Cleaveland, 1997）、イルカの泳ぎ方（Pryor, Haag, & O'Reilly, 1969）等において確認されている。さらに人間を対象としても同様に、系列反応（長谷川, 1997; 山岸, 1998, 2000）、IRT（山岸, 2001）において、その効果が確認されている。

その後、分化強化手続きによって生起した定型的な反応と変動的な反応の間の異同について、さまざまな側面から研究がなされてきた。まず、異反応強化手続きといった分化強化手続きによって生じた変動的な反応が、定型的な反応と同様、オペラントであるのかについて検討が行なわれた（Neuringer, 2002を参照のこと）。Neuringerは、異反応強化手続き等の分化強化手続きによって、行動変動性が制御されること、刺激性制御

によって、行動変動性が制御されること、選択行動がマッチング法則に従うことなどから行動変動性がオペラントであると主張している。しかし、その一方で、異反応強化手続き等の分化強化手続きが、直接強化対象としている反応は、必ずしも行動変動性とはいえない（山岸, 2005）。そして、それらの分化強化手続きが比較的単純な場合には、周期的な反応が生起し、分化強化手続きがより複雑化することで、変動的な反応が生起している（Machado, 1989, 1992, 1993; 山岸, 1998, 2000）。これは、人間およびそれ以外の動物において共通して見られる現象である。そして分化強化手続きの複雑化という二次的な要素が変動的な反応の生起に密接に関わっていることが示唆されるため、定型的な反応と変動的な反応とが同じオペラントであるとはいえないと考えることもできる。類似した議論として、八賀（2008）を参照されたい。この問題については、さらなるデータの蓄積によって統一的な見解が得られるだろう。

また、それ以外にも、定型的な反応と変動的な反応についてさまざまな比較が行なわれている。以下に人間以外の動物を対象とした研究を紹介する。定型的な反応と変動的な反応の選択について研究を行なったAbreu-Rodrigues, Lattal, dos Santos, and Matos (2005) は、要請される変動性の高さが反応コストとして機能すること示唆する結果を報告している。変化抵抗について検討したDoughty and Lattal (2001) は、先行給餌や時間スケジュールという反応減少操作の下では、定型的な反応より、変動的な反応の変化抵抗がより高いことを報告している。強化遅延の影響を検討したOdum, Ward, and Burke (2006) は、定型的な反応は強化遅延によって定型的でなくなるが、変動的な反応は、強化遅延の影響を受けないことを報告している。強化遅延を一種の反応減少操作ととらえると、この結果は、Doughty and Lattal (2001) の変化抵抗についての報告と同様の結果と考えることができるだろう。

消去手続きもまた行動変動性を増加させる手続きである。定型的な反応を強化した後、消去手続きを導入することによって変動性が増加することはこれまで人間やそれ以外の動物を対象として多く報告されている（Antonitis, 1951; Eckerman & Vreeland, 1973; Iversen, 2002; Margulies, 1961; Morgan & Lee, 1996; Notterman, 1959; Stebbins & Lanson, 1961; Stokes, 1995）。

変動的な反応と定型的な反応の消去時の反応傾向を検討したNeuringer, Kornell, and Olufs (2001) は、変動的な反応と定型的な反応は、いずれも消去期に反応率を減少させるが、反応の頻度分布には変化が生じないことを報告している。

これらの研究は、分化強化手続きによって生じた変動的な反応と定型的な反応の異同について新しい知見を提供しているが、現時点では統一的な結論を出すことはできない。さらなる研究が必要である。

一方で人間を対象とした研究は非常に少ない。Maes (2003) が系列反応を利用し、頻度依存強化スケジュール、生成した系列反応の種類とは無関係に強化子を提示する強

化スケジュール、消去手続きの3つの手続きの下での反応を比較検討しているのみである。頻度依存強化スケジュールとは、異反応強化手続きと類似した手続きであり、強化率を変化させずに行動変動性の程度を変化させることができる分化強化手続きである。Maes (2003) は、3つの手続きを経時的に比較し、頻度依存強化スケジュールのみにあって行動変動性が増加すること、消去時の反応頻度分布は、それ以前の頻度依存強化スケジュールのそれと類似していることを報告している。

このように、人間行動において、変動的な行動と定型的な行動が消去手続きによってどのような影響を受けるのかを体系的に検討した研究はまだない。しかし、人間行動の変動性に影響を与える変数を体系的に検討することは、新奇な行動を獲得する方法の探索において重要であるだけでなく(山岸, 2008)、人間の行動が他の動物の行動とどのように異なるのかを、行動レベルで検討するさいに重要な資料となるはずである。

本研究では、変動的な系列反応を分化強化した場合と定型的な系列反応を分化強化した場合において、その後の消去手続きによって系列反応の変動性がどのように変化するかを検討する。これにより、異反応強化手続き、同反応強化手続き、消去手続きが人間行動に与える影響を検討する。

方 法

実験参加者

大学生8名(男性4名, 女性4名)が実験参加者となった。

実験場面と装置

実験の実行およびデータの記録には、1.2m×2.25mの小部屋の中に設置されたパーソナルコンピュータNEC 9801RXを使用した。反应用装置はマウスについた2つのボタンを利用した。コンピュータの画面は、得点カウンター、得点ランプ、反応表示枠によって構成されていた。反応表示枠は後述する条件の変化に伴って赤、青の2種類のいずれかの色で表示された(図1)。マウスのどちらかのボタン(たとえば右)を押すと反応表示枠内のそれに対応する位置(右側)に、反応が入力されたことを示す四角形が表示され、ボタンをはなすと四角形も消えた。

手続き

実験参加者はコンピュータの置かれた小部屋に入り、コンピュータの前に置かれたイスに座って、実験が行われた。実験前の教示は以下の通りである。

実験に参加して頂きありがとうございます。この実験の目的は、できるだけ多く得点

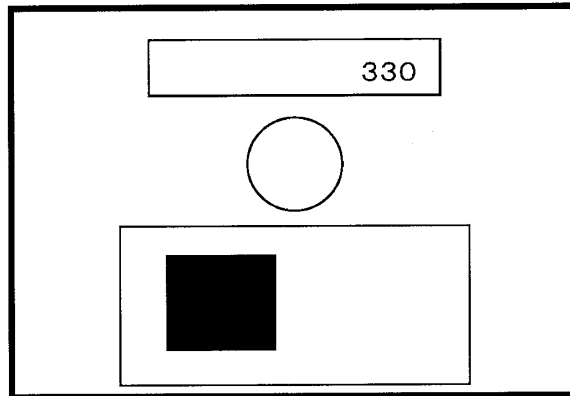


図 1

実験中のコンピューター画面を示す。上部に得点を示すカウンターがあり、中央の丸は、得点を知らせるランプであり、下部が反応表示枠である。図はマウスの左ボタンを押したときの様子である

することです。画面には、得点カウンター、得点ランプ、反応表示枠があります。マウスの左ボタンを押すとその枠内の左側に四角形が表示されます。右ボタンを押すとその枠内の右側に四角形が表示されます。マウスボタンを好きな順序で4回押すと反応表示枠が消えます。その後、あるときはブザー音が鳴って10点獲得し、あるときは得点できません。できるだけ多く得点できるようにがんばってください。

教示の後、実験参加者の質問に対して教示の範囲内で答え、その後実験を開始した。

1セッションは100試行によって構成されている。1試行は2つのマウスボタンを合計4回押すことで終了した。そして、すべての実験参加者は、最初に弁別フェイズ、その次に消去フェイズを経験した。

弁別フェイズ 弁別フェイズでは、各セッションにおいて、以下に述べる2つのコンポーネントを行なった。そして、それぞれのコンポーネントでは、実験を通して、それぞれ異なる色の反応枠が提示された（たとえば、最初のコンポーネントでは、青い反応枠が提示され、2番目のコンポーネントでは赤い反応枠が提示された）。

まず、異反応系列コンポーネントでは、直前の5試行に生じた系列反応と異なる系列反応が生じたときにポイントが与えられた（異反応強化手続き）。同反応系列コンポーネントでは、直前の5試行に生じた系列反応のいずれかと同じ系列反応が生じたときにポイントが与えられた（同反応強化手続き）。各セッションの前半50試行が異反応系列コンポーネントであり、後半50試行が同反応系列コンポーネントだった。次の消去フェイズへの移行条件は、9セッション目までは、最終2セッションにおいて連続して両コンポーネントで90%以上の試行（45試行以上）で得点することであり、10セッション以降では、最終3セッションにおける各コンポーネントの平均得点が80%以上で

あり、かつそのうちの2つのデータポイントにおいて90%以上得点していることとした。

消去フェイズ 消去フェイズでは、すべての試行においていかなる系列反応が生起してもポイントが得られない、消去手続きを導入した。反応枠の色は、弁別フェイズと同様、各セッションの前半50試行と後半50試行で異なる色を提示した。したがって、実験画面自体は、弁別フェイズと同じであり、そこで実施される強化スケジュールのみが消去手続きに変更された。なお、消去フェイズは6セッションから10セッション行った。

データの分析

行動変動性の指標の1つである、系列反応の等確率性を調べるために各セッションの各コンポーネントにおいてU値 (Machado, 1989, 1992; Miller & Frick, 1949; Page & Neuringer, 1985) を測定した。U値の計算式は以下の通りである。

$$U = - \sum [p_i \log_2(p_i)]$$

UはU値を示し、 p_i は特定反応*i*の相対頻度を示す。最大値(すべての系列反応が均等に生起した場合)が4になり、最小値(1つの系列反応のみが生起した場合)が0となる。

また、乱数列との類似度Sを算出した。この計算式は以下の通りである。

$$S = \sum |r_i - n_i|$$

r_i は周期性のない乱数的な反応を仮定したときの、各試行間の距離*i* ($1 \leq i \leq 20$)における同一反応出現数の期待値を示し、 n_i は各距離における実測値を示す。この計算式により、各距離における実測値と乱数的な反応を仮定したときの期待値との差を絶対値という形で算出し、それらを合計することにより、乱数的な反応との類似度を求めた。数値が小さいほど乱数列に類似していることを示し、逆に、数値が大きいときには、乱数とは異なり、周期性等の偏りがあることを示している。これらの指標により、条件間の比較を行った。

結 果

分化強化フェイズを行った結果、実験参加者8名のうち2名は10セッション以上行っても、弁別が形成される兆しがみられなかったため、消去フェイズには移行せずに中止した。そのため図1には、6名の実験参加者の各コンポーネントにおけるU値の推移を

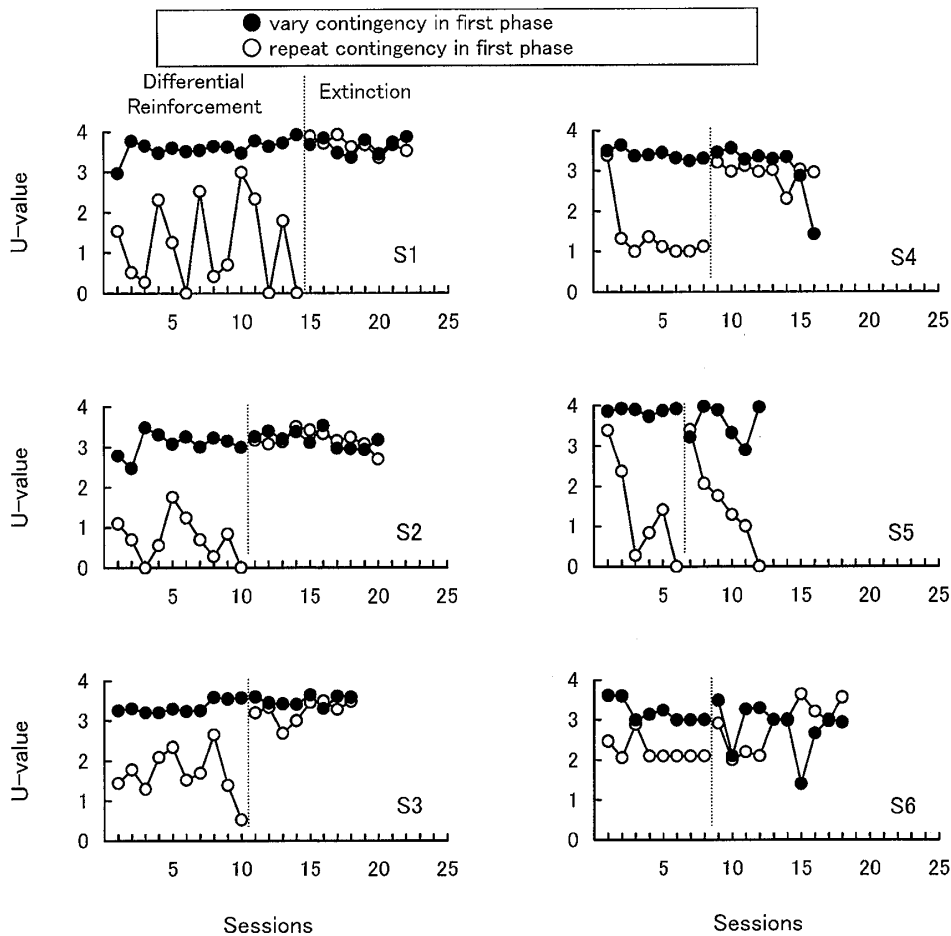


図 2

U値の推移を示す。縦軸がU値であり、横軸がセッション数である。図中の垂直な点線によって、分化強化フェイズから消去フェイズへの移行している。●は異反応系列コンポーネントおよびその後の消去フェイズでの反応であり、○は同反応系列コンポーネントおよびその後の消去フェイズでの反応である。

示した。各実験参加者は弁別フェイズにおいて、各弁別刺激の下でそれぞれの分化強化手続きの制御下に置かれたことを示している。

そして、消去フェイズへ移行すると、異反応系列強化手続きを経験していたコンポーネントでは、変動的な反応が継続した。その一方で同反応系列強化手続きを経験したコンポーネントでは、消去フェイズへの移行に伴い、定型的な反応傾向が急激に変動的な反応に変化した。また、全体として、消去フェイズが進行しても多くの実験参加者において行動変動性は高く維持されていた。ただし、S4とS5のみにおいて消去フェイズの進行に伴うU値の減少が見られた。また、S6は、同反応系列コンポーネントにおけるU値があまり低下しなかったため、全体的に2つのコンポーネント間でU値の差が少なかった。これは他の実験参加者と異なる反応傾向であった。

次に、異反応系列強化手続きから消去への移行に伴う変化をより詳細に分析するために、図2にフェイズ移行の直前・直後の異反応系列コンポーネントにおける周期性を乱

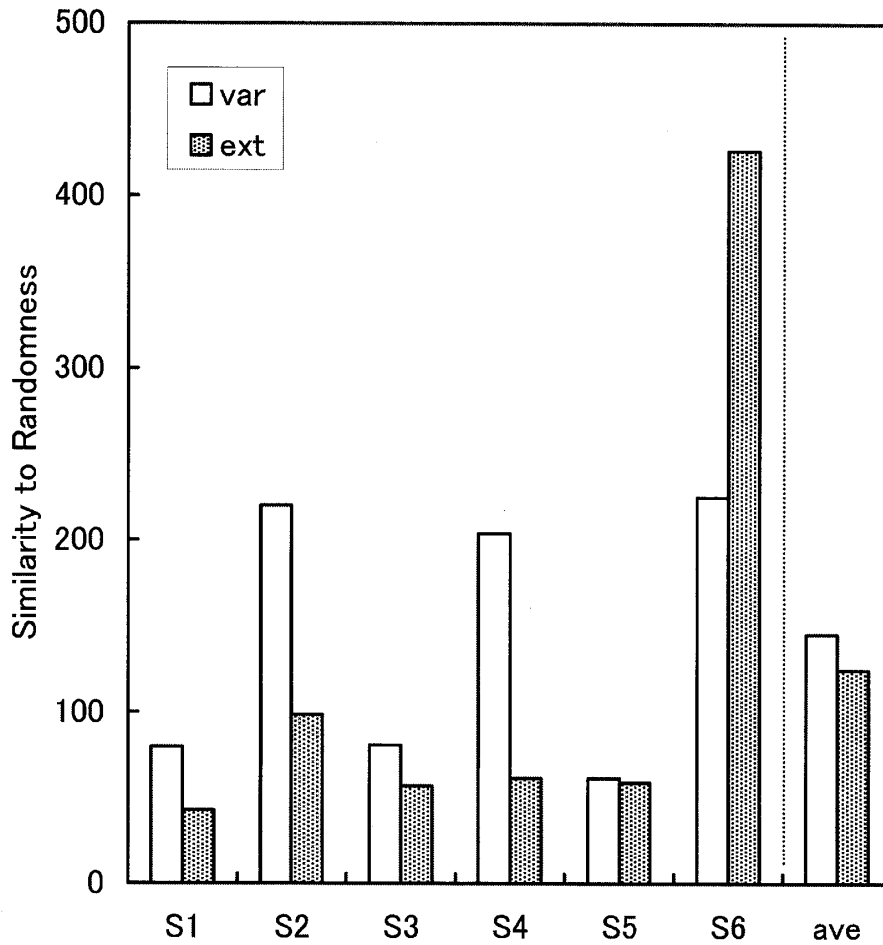


図 3

フェイズ移行の直前・直後の異反応系列コンポーネントにおける周期性と乱数列との類似度を示す。縦軸が類似度であり、横軸が各実験参加者を示す。右端は、平均値である。白い棒グラフはフェイズ移行直前であり、灰色の棒グラフはフェイズ移行直後を示している。

数列と比較した、類似度 S を示した。この結果は 6 名中 5 名において、分化強化フェイズの反応傾向がより乱数的であることが示された。しかし t 検定の結果はフェイズ移行前後の類似度に差がないことを示している ($t(5) = 0.42, p > .05$)。

考 察

本実験の結果、まず、異反応強化手続きが行動変動性を増加させることが確認された。これは、人間およびそれ以外の動物を対象としたこれまでの実験の報告と一致している (たとえば Page & Neuringer, 1985; 山岸, 1998, 2000)。そして同反応強化手続きが定型的な反応の生起を促進することが確認された。さらに、定型的な反応を分化強化した後、消去手続きを導入すると、行動変動性が増加した。この結果もまた、過去の実験結果

を追試するものである（たとえばAntonitis, 1951; Eckerman & Vreeland, 1973）。

異反応強化手続き後の消去においては、反応傾向が変化するという積極的な証拠は見出されなかった。すなわち、異反応強化手続きによって変動的な反応が増加した後の消去手続きでも、変動的な反応が維持された。さらに周期性を乱数列と比較（図2）することによっても2つの手続きの効果に大きな違いがないことが示された。この結果は、ラットを対象としたNeuringer et al. (2001) や人間を対象としたMaes (2003) において分化強化時と消去時の反応頻度分布が類似しているという結果をさらに拡張するものであろう。

今回の実験において、分化強化手続きにより変動的な反応を増加させた後、消去手続きを導入しても、その反応傾向に違いが生じなかったが、この結果のみから単純に差が生じないと結論づけることはできない。図2の t 検定の結果が有意でない理由を特定の実験参加者のデータに求めた場合、S6の消去フェイズにおける類似度がきわめて高い値となり、消去フェイズの類似度の分散がきわめて大きくなったことによるものと考えることができる。すでに述べたように、図1からもS6は他の実験参加者と異なる反応傾向を示していることから、このあいまいな結果は、分化強化条件の反応傾向の制御が不十分であったことに起因している可能性がある。より統制された実験によって、再検討する必要があるだろう。

しかしそれと同時に、行動変動性は分化強化手続きのパラメータである参照数に影響を受けることが明らかになっており（山岸, 1998, 2000）、分化強化手続きと消去手続きの関係を調べるためには、複数の参照数を設定した上で、異反応強化手続きと消去手続きが行動変動性に与える影響を比較する必要がある。さらに消去時の行動変動性が、消去以前の強化スケジュールに影響を受けるという報告もある（D'Amato & Siller, 1962）。消去手続きに移行する前の強化スケジュールについてもパラメトリックに検討する必要があるだろう。これらの要素を系統的に検討することによって、異反応強化手続きと消去手続きが行動変動性に与える影響の違いの全貌が明らかになると考えられる。

また、本研究では、変動的な反応と定型的な反応の違いについて、変化抵抗を測度として検討していない。変化抵抗を検討するためには、それぞれの反応について、強化数を同一にする必要があり、本研究では強化数ではなく、試行数を同一にするという操作をおこなっていたからである。人間を対象とした変化抵抗の研究としては、Podlesnik and Chase (2006) が、ルールと随伴性が変化抵抗に与える影響の比較を行なっている。人間行動の基礎データを得るためには、この領域の研究もさらに進める必要がある。過去の随伴性がその後の行動を持続させる効力について、どのような変数が影響するのかを検討している変化抵抗研究は、強化随伴性に対する感受性と密接に関わりのある行動変動性研究（Grunow & Neuringer, 2000; 山岸, 2008）に、新たな観点をもたらす可能性がある。

最後に、人間およびそれ以外の動物における行動変動性の異同について述べる。本研究の結果の多くは、過去の間人およびそれ以外の動物の実験結果と一致する内容であった。人間とそれ以外の動物は、言語使用の有無という点において大きな違いがあり、言語が行動に多大な影響を与えることも知られている（たとえばHayes, 1989）。その一方で、行動変動性に関する研究においては、人間とそれ以外の動物との間で大きな違いが見られない。行動変動性という行動次元が、人間とそれ以外の動物に共通する、行動の基本的な部分と関連していることが示唆される。

引用文献

- Abreu-Rodrigues, J., Lattal, K. A., dos Santos, C. V., & Matos, R. A. (2005). Variation, repetition, and choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 83, 147-168.
- Antonitis, J. J. (1951). Response variability in the white rat during conditioning, extinction, and reconditioning. *Journal of Experimental Psychology*, 42, 273-281.
- Blough, D. S. (1966). The reinforcement of least-frequent interresponse times. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9, 581-591.
- D'Amato, M. R., & Siller, J. (1962). Partial reinforcement and response variability. *Journal of General Psychology*, 66, 25-31.
- Doughty, A. H., & Lattal, K. A. (2001). Resistance to change of operant variation and repetition. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 76, 195-215.
- Eckerman, D. A., & Vreeland, R. (1973). Response variability for humans receiving continuous, intermittent, or positive experimenter feedback. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 2, 297-299.
- Grunow, A., & Neuringer, A. (2000). Learning to vary and varying to learn. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 250-258.
- 八賀洋介 (2008). 行動変動性の強化可能性に関する概念的検討. 行動分析学研究, 22, 120-140.
- 長谷川芳典 (1997). オペラント条件づけによる可変的な選択行動の形成. 岡山大学文学部研究叢書14. 岡山大学文学部.
- Hayes, S. C. (1989). *Rule-governed behavior: Cognition, contingencies, and instructional control*. New York: Prentice-Hall.
- 堀 耕治 (2003). DRVスケジュール下の行動：反応間隔の変動性は強化できるか？ 立教大学心理学研究, 45, 83-88.
- Iversen, I. H. (2002). Response-initiated imaging of operant behavior using a digital camera. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 77, 283-300.
- Machado, A. (1989). Operant conditioning behavioral variability using percentile reinforcement schedule. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 52, 155-166.

- Machado, A. (1992). Behavioral variability and frequency-dependent selection. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 58, 241-263.
- Machado, A. (1993). Learning variable and stereotypical sequences of responses: Some data and a new model. *Behavioural Processes*, 30, 103-130.
- Maes, J. H. R. (2003). Response stability and variability induced in humans by different feedback contingencies. *Learning & Behavior*, 31, 332-348.
- Manabe, K., Staddon, J. E. R., & Cleaveland, J. M. (1997). Control of vocal repertoire by reward in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Journal of Comparative Psychology*, 111, 50-62.
- Margulies, S. (1961). Response duration in operant level, regular reinforcement, and extinction. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 317-321.
- Miller, G. A., & Frick, F. C. (1949). Statistical behavioristics and sequences of responses. *Psychological Review*, 56, 311-324.
- Morgan, D. L., & Lee, V. L. (1996). Extinction induced response variability in humans. *The Psychological Record*, 46, 145-159.
- Neuringer, A. (2002). Operant variability: evidence, functions, and theory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 672-705.
- Neuringer, A., Kornell, N., & Olufs, M. (2001). Stability and variability in extinction. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 27, 79-94.
- Notterman, J. M. (1959). Force emission during bar pressing. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 341-347.
- Odum, A. L., Ward, R. D., & Burke, K. A. (2006). The effects of delayed reinforcement on variability and repetition of response sequences. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 86, 159-179.
- Page, S., & Neuringer, A. (1985). Variability is an operant. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 11, 429-452.
- Podlesnik, C. A., & Chase, P. N. (2006). Sensitivity and strength: Effects of instructions on resistance to change. *The Psychological Record*, 56, 303-320.
- Pryor, K. W., Haag, R., & O'Reilly, J. (1969). The creative porpoise: Training for novel behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 653-661.
- Schoenfeld, W. N., Harris, A. H., & Farmer, J. (1966). Conditioning of response variability. *Psychological Reports*, 19, 551-557.
- Stebbins, W. C., & Lanson, R. N. (1961). A technique for measuring the latency of a discriminative operant. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 149-155.
- Stokes, P. (1995). Learned variability. *Animal Learning & Behavior*, 23, 164-176.
- 杉山尚子・島宗理・佐藤方哉・マロット R. W. ・マロット M. E. (1998). 行動分析学入門.

産業図書.

山岸直基 (1998). 人間行動の変動性に及ぼす強化随伴性の効果. 行動分析学研究, 12, 2-17.

山岸直基 (2000). ヒトの系列反応の変動性に及ぼす強化随伴性の効果. 行動分析学研究, 15, 52-66.

山岸直基 (2001). 反応間隔の変動性に及ぼす異反応強化手続きの効果. 行動分析学会第19回年次大会発表論文集, P. 90-91.

山岸直基 (2005). 行動変動性とオペラント条件づけ. 基礎心理学研究, 23, 183-200.

山岸直基 (2008). 人間行動における変異と淘汰の再検討: 行動変動性の制御技術がもたらしたものの. 行動分析学研究, 22, 141-153.