

チツ、違う、アア:エラーレスラーニングの考えで強化への道のりを明確にするために

Susan G. Friedman, Ph.D.
Professor Emeritus, Department of Psychology
Utah State University
Behavior Works, LLC

(翻訳 石綿美香)

概要:よく知られている言葉「はじめは成功しなくても、何度も挑戦すればいい」。残念ながら試行錯誤というアプローチは一般的に低い強化率という結果になり望ましくない副次的影響を生み出してしまいます。学習者は正しい反応をあまりすることなく間違いをおかし、フラストレーションを感じながら、攻撃的な行動をとったり諦めたりという状況に陥ります。この副次的影響は研究者や専門家に学習が起こるために間違いが本当に必要なのかという問いかけをすることになりました。エラーレスラーニングというのは、教える環境を注意深くアレンジすることで、正しくない反応が起こることを制限した教授法です。このプレゼンテーションでは、間違いを減らした学習環境を作るための基礎的要素を、より効果的、効率的かつ人道的なトレーニングのプランを作るためにお伝えします。

私たちのもっとも効果的なトレーニング戦略のほとんどは、過去には今日ほどにはよく知られていませんでした。ソーンダイクを例にとってみましょう。1898年に犬に大きな囲いの隅に行くことだけを教えるシェイピング手順が必要となりました。ソーンダイクはこう書いています。

棒でドンドン叩いて「隅に行け」と言う。インターバルの後(35 試行で 10 秒、60 試行で 5 秒)、自ら隅に行き(12 フィートほど離れている)、そこで肉のひとかけらを落とす。もちろん犬はついてきてそれを取った。6、7、16、17、18、19 回目の試行では 10 秒になる前に犬はそこへ行った。そして数回は 2 分間のインターバルの間にシグナルを気にすることもなくそこへ行った。そして最終的にはすべての習慣を捨ててしまった。

ソーンダイクのデータへの明らかな熱意は印象深いけれど、彼の犬のトレーニングへの試行錯誤のアプローチが成功への妨げになりました。試行錯誤を Urban Dictionary で調べてみると、これが学術的な情報源とは言えず、また「風刺的なクラウドソーシングのオンラインのスラングの辞書であることは認めるけれど (Urban Dictionary 2016)、まさに的をえていたのです。クラウドである利用者達が試行錯誤学習を以下のように表現していました。

- * なにかにうまくいくまで挑戦すること
- * 推測の次に良いこと
- * 正解に行きつくまでなんどもめちゃくちゃになること

- * ある人が何かに挑戦し、失敗し、間違いから学習し、再び挑戦する、そしてうまくいけばいつかは正解にいきつく
- * 問題への答えを決めるシステム化された方法であり、しばしばたくさんの時間を費やし、また可能性をつぶすこともある
- * 私の人生の物語

伝統

試行錯誤 (T&E) は、よく言われる諺「最初に成功しなければ、何度も何度も挑戦せよ (七転び八起き)」にもあるような標準的な教え方です。オペラントトレーニングと T&E の手順はどちらも結果により行動を選択していくものでありますが、T&E のアプローチは偶然によるものです、万が一の。正解でない反応に対して与えられるフィードバック (言い換えると罰や消去) が徐々に学習者を正しい行動に導くこともあるかもしれませんが、たくさんの「チツ、違う、アア」という結果が、可能性という木にある多くの正しくない選択肢を取り除いてしまいます。そのため T&E プロセスは時間がかかってしまいます。そしてしばしば、それがネガティブな副次的影響を生み出してしまふのです。学習者は間違いをおかし、努力に罰をうけるのです。(Chance, 2009, p.312)。さらに、研究により消去は、フラストレーションや攻撃、諦めなどと言われる望ましくない感情的な反応を起こさせると指摘されています。Pierce と Cheney が下記の副次的影響を報告しています。(カギかっこで囲ったイタリック文字による情報は付け加えたものです)：

S^Δ [S デルタ-消去刺激、ノーレスポンスシグナルともいう] が多様なスケジュールで提示されている間、ハトは翼をばたつかせ他の鳥に襲いかかろうとさえする。もしそのようにつくことが消去刺激を消すなら、嫌悪刺激の意味があるすれば鳥は異なるカギをつつくであろう。連続した弁別手順には、その他の問題もある。感情的な行動がおきるため、弁別反応[正確には弁別刺激 S^o に反応をし、そして正しくは消去刺激 S^Δ には反応しない]が出てくるには長い時間がかかる。加えて、セッションからセッションでの S^Δ 反応の自発的回復が、弁別習得の害になる。最終的に、膨大なトレーニングの後でさえ、鳥やその他動物は消去のシグナルが現れることへの反応により、間違いをおかしつづけてしまう(S^Δ)。(P238)

よく知られている T&E の使い方だと、少なくともある部分において行動がどう機能しているのかがあいまいです。学習をすすめるために高確率での間違いは必要なく、かえって習得に反する働きをしてしまう可能性もあります。あいまいさを減らすために、明確であることが重要です。：プロンプトは情報であり、わいろではありません；環境において行動し強化子を得ようと行動するのは私たちの生物学です。ずるいたくらみではないのです。学習の成功は環境の中にあり、学習者の中ではありません。明確さに欠けていると、行動を変えるための状況を変えるパワーをなくしてしまうかもしれないのです。

オペラントトレーニングと T&E が論じられた素晴らしい記事で、Rosales-Ruiz(2007)が1968年に出版された B.F. Skinner の著書 The Technology of Teaching から彼の見方

を引用しています。

間違いは学習の機能ではなく、また逆に学習者が非難されるものでもない。間違いは行動の質の悪い分析であり、不十分に作られたシェイピングのプログラムであり。ステップからステップをあまりにも早く進んでしまうので、そのプログラムで成功をおさめるために前もって必要となる行動に欠けている。

エラーレスラーニング

エラーレスラーニングとは指導する環境を注意深く整えることによって、正しくない反応を制限する教え方のアプローチを表す用語です。Terrace(1963)がエラーレスラーニングを連続した弁別作業で研究しました。それまでの連続した弁別の手順では(Terrace の手順とは異なっていた)、例えばハトがオペラントチャンバー(キーライトやキーと呼ばれる)に赤が点いたら壁のディスクをつつくことを強化されていたとします。何度も繰り返し、赤のキーが点いている時につつくという行動がしっかりと確立されたら、キーの色を緑に変え、そうしたらもうつつく事は強化しません。その時の標準的なプロトコルで赤いライトは、食べ物の強化のためにつつく合図となる弁別刺激(S^D)で、緑のライトは消去状態の信号となる刺激デルタ(S^Δ)であり、つついても食べ物の強化はうまいということです。要するに赤と緑のライトが対応する強化と消去状態と共に交互に呈示されることとなります。最初にたくさんのまちがいをおかした後で(反応般化により)、キーの色にあった正しい異なる反応が徐々に起きるのです。(Pierce & Cheney, 2013)

代わりに、Terrace はエラーレス弁別トレーニングに、それまで標準的だった方法とは異なる2つの手順を使いました。最初は、まだ赤いライトでつづく状態が十分に確立されてしまう前、ごく初期の段階で S^Δ 状態である緑のキーを取り入れました。次に Terrace は、フェーディング(次第に明るくするフェーディングイン)を用いました。緑のライトをさまざまな値、徐々に明るさ、波長、時間で見せることを何度も繰り返しました。この二つの手順により、弁別をより短時間で学習し、間違いもほとんどないという結果になりました。エラーレスの弁別手順でトレーニングされたハトがした間違いは 25(緑のライトをつついたの意味)、一方以前の手順で教えられたハトたちは 2000 から 5000 もの間違いをしました。T&E で教えられたハトのみが S^Δ に対して感情反応を示したのです。エラーレスアプローチでトレーニングされたハトたちは赤いディスク S^D が現れるまで落ち着いていました。

これらの研究結果がさまざまな種に広く繰り返されていきました。Powers, Cheney & Agostino (1970)が、エラーレスラーニング手順で色の弁別を教えられた就学前の子供たちは、より短時間で学習し間違いが少なく、それまでの標準的な方法で教えられた子供たちより楽しんで学んでいたことを発見しました。Roth もイルカで同じような結果を報告しました(Pierce&Cheney で引用、2013)

プロトコルをこえて： 考え方

S^Δの早期呈示とS^Δの弁別特徴を徐々に明るくしていくという Terrace のエラーレス弁別プロトコルは、私たちが学習結果を向上させるためにできる重要なことのひとつです。しかし、エラーレスの考え方を取り入れることに、もっと大きくとらえると考慮されるべきことがあるのです。Rosales-Ruiz が簡潔に述べています(2007)

私たちは正の強化のみを用いることを可能にするのはプログラムだということも知っています。修正したり反応を長い間待ちすぎていたりする場合には常にプログラムのシェイピングを考え直す時です。(P6)

言い換えると、ラットは決して間違えませんが、プログラムが間違っているのです。エラーレスラーニングの考え方は間違いを減らすことに責任をもつことのひとつです。そしてそれは私たちにできることです。行動はいつでも条件がついています。真空の中では行動はおきません。知識豊富で高いスキルでクリエイティブに状況、つまり先行事象と結果をアレンジすることがエラーを減らし、効果的で、効率的で幸せな学習者を増やすことになります。この後、先行事象、結果、そして4つの注目すべき手順をエラーレスラーニングの考え方で用いる例をあげます。

先行事象の影響

先行事象の影響とは、刺激、状況、そして行動がおきるきっかけとなった出来事のことです。先行事象の影響で重複する項目を下記で簡単に解説します。

出来事の設定 すべての先行事象のアレンジが学習の解決となるわけではありません。トレーニング環境の物理的な特徴を変え正しい行動が容易に出やすくすることによって、学習者を成功に導きます。時に、間違いとなるキューを取り除いてしまい、正しい反応のキューを加えるというくらいシンプルなこともあります。例えば 2015 年に Pella Shades が出来事をセットアップすることの価値をデモンストレーションするメディアキャンペーンを行いました。Pella のウィンドウシェイドを下げるだけで、犬による通り過ぎる人への絶え間ない吠えを減らしました。(Love That Rebecca 2015) 。その他の例は移動を楽にするため基板をアレンジすること、出入り口のドアを広げること、手の中に見えるように食べ物の強化子を持つのではなくポーチに入れるなどがあります。

行動の動機付け 強化子の強さが固定されておらず、条件次第である、つまり強化子の強さが環境により強まったり弱まったりするということです。行動を動機づけるとは、強化子の強さを変える状況を作るものすべてです。毎日の食事がいつでも食べられると、そのために何かをするには動機が薄いので、トレーニングには特別なトリーツを使います;なじみのないトレーナーに行動へのキューを出されると、反応することへの動機が薄くなるので、まず強化の銀行に強化子を預けておくことによる関係づくりが最初になります。Cheyenne Mountain Zoo では、トレーナーは Ms Ginger Beaver の通り道に棒を置くことで、家に帰る価値を高めています。

弁別刺激とプロンプト SD を強い強化子とペアにすると、強く喚起的なキューになります。弱い反応のパターンは、キューが予期させるため弱い強化子という事がしばしば起こります。火災警報の意味はよく分かっているけれど、それが避難訓練であり、外には雷が降っていたら、ビルから出るのが面倒になるでしょう。起こりもしない行動はもちろん強化できないので、最初の段階ではプロンプトを使います。しだいに刺激のコントロールをSDだけにかえるためプロンプトを引き上げていきます。プロンプトには口頭によるもの、視覚的なもの、ジェスチャー、食べ物のルアーやモデリングなどがあります。プロンプトは状況にあわせて下から上まで、そして上から下までのアプローチにも使えます。下から上までのアプローチは、現在のスキルを査定するのに役立ちます。言い換えると、学習者がひとりでもまたは最低のプロンプトで何ができるのかです。あまりにもはやくプロンプトを引き上げたり、(もっともよくある)いつまでも使い続けることで問題になります。(MacDuff, Krantz & McClannahan, 2001)。ターゲットスティックはよく使われるプロンプトですが、望んでいる行動を数回繰り返して強化することによって、すばやく引き上げることができます。強化子の置く場所でも正しい反応を引き出せます。Peta Clark というオーストラリアの才能あるトレーナーが、犬の胸のちょっと下にフードを出すことでバウの姿勢を引き出しました、そして徐々にフードを中立でまっすぐな姿勢で出すことでプロンプトを引き上げました。

結果の影響とクールな手順

強化子を最大限にするために考慮すべき大切な特徴的な事がたくさんあります。効果的な基礎的特性には明確な随伴性が含まれます。つまり行動と結果の属性です。随伴性は一貫した強化により、特に新しいスキルを獲得する段階では、最もはっきり伝わります。もうひとつの重要な効果的な特徴は時間的接近です。接近というのはいかに素早く強化子が出されたかということです。接近はクリッカー、笛、短い発話のような聴覚的または視覚的マーカー(ブリッジ)により大幅に改善されます。そのマーカーがしっかりと確立された強化子と関連付けられた後では、正しい反応が起きた時に正確に「タグ付け」することが可能になります。くわえて、強化子のタイプ、量、目新しさ、多様性なども動機や結果に影響を与えます。

私たちが用いるトレーニング手順とそれを使う専門技術がエラー、フラストレーション、攻撃性を減らす 2 つの重要な要素です。問題行動の置き換えと新しいスキルを教えるためにもっともはっきりとした手順のツールが、シェイピング、分化結果効果、代替行動分化強化、そして行動モメンタムです。

シェイピング シェイピングは望む行動の逐次接近を強化する過程です。シェイピングにより、普通では起こりえないような行動をトレーニングすることができます。Chance (2009) はシェイピング成功のための5つの秘訣をあげています。1 つめは、小さなステップを強化する。うまくいかないトレーナーは一度に多くを求めすぎる場合が多いです。2 つめは、望んでいる行動ができた瞬間にすぐに強化することです。3 つめは、小さな強化子を与えることです。ペースを落とさず十分効果的なくらいです。4 つめは、

事前にがっちりと決めたプランに固執せず、その時最良の行動を強化することです。5 つめは、最終目標に早くいきつくためには、必要に応じて前に上手にできた行動まで戻ることです。(P141) Zoo Knoxville のトレーナーは象に自発的採血に必要な一連の行動の一部を教える時にシェイピングを用いました。犬の行動コンサルタントである Lori Stevens が、犬に体を意識させ強さを作り上げるために、キャバレッティのレールを歩いてトロットさせるのをシェイピングで教えました。Lori は数、高さ、レール間の距離の順番でシェイピングの難度をあげました。

分化結果効果 分化結果効果では行動によって体系的に強化子を変えていきます。例えば、庭に移動することを強化するのに新芽、小屋に戻ることを強化するのにニンジン。異なる結果による効果は、幅広い種、学習目的、強化子で学習速度を上げることができる強い現象です。(馬での例を見てください。Miyashita, Nakajima, & Imada 2000)。Oakland Zoo のシニアキーパーである Amy Phelps とコンサルタントの Lisa Clifton-Bumpass が、キリンにレントゲン台に足を乗せることを教えるのに分化結果効果を調べてみました。合板の実物大模型の端のどこかに足を乗せる事にはレタス、直接真ん中に乗せたらバナナが出てきます。行動の変化は常にひとつの研究結果なので、ある学習者に対しどの結果が実際に強化子として機能したかを見つけ出す時には、個々によることを考慮すべきです。

代替行動分化強化(DRA) 代替行動分化強化は 2 つの手順をあわせたものです。目標行動への強化と望ましくない行動の消去です。代替行動分化強化が疑問に答えます。「動物に正しくない行動や不適切な行動をする代わりに何をしてほしいですか」Columbus Zoo のトレーナーはアジアの小さなコツメカワウソがブロックを持っていることを強化しましたこれは、口を開ける行動のプロンプトとして使っているターゲットをつかんでしまうことへの両立しない代替行動です。San Diego Zoo では雄ライオンが横たわっていることを強化しました。こちらはシフトドアに向かったの攻撃的行動の両立しない代替行動です。

行動モメンタム Nevin の研究で Mace 及びその他(1988)が、行動モメンタムを「環境状態の変化に伴い行動が持続する傾向」と表現しました(P123)。Mace は、してくれる可能性が低いものをリクエストする前に、対象がとてもしてくれやすい(高い確率のリクエスト)ものをいれた連続したキューで構成されている不履行に対応した応用的介入を開発しました。はずみのような効果が見られます。先行事象となる高確率のキューの連続により、してくれることが増え、してくれるまでの待ち時間とタスクの時間が減少します。Shedd Aquarium とタ Karen Pryor Clicker Training のケン・ラミスが行動モメンタムを、アシカ、シロイルカ、カワウソを始めとしたその他動物がしそこねたキューへの対応への主な対応として用いています。ほんの少し強化子を与えない時間を作ったあと、ケン は確率の高い行動へのキューを出し、その後しそこねたキューを出します。この手順を上手に使うためには、動物が落ち着くスキル、その短時間の間(強化子を与えない)トレーナーに集中していること、十分な素晴らしいトレーニングを受けていることなどが事前に必要となります。

現実的になる

この世の中で、新しいスキルを習得する時に、間違いを経験しないことは現実的でも必要でもありません(言い換えれば、すべての反応を正の強化につなげる必要はないということ)。私たちは快活で間違いの後でも立ち直ることができます。またそこから学習したり、経験豊かになったりします。豊富な成功経験に裏づけられた学習の歴史です。結局のところ、Terrace の注意深く調整されたエラーレス弁別技術で教えられたハトでさえ間違いをおかします。しかし T&E グループは 80 から 200 倍の間違いをおかし、フラストレーションと攻撃性が出たのもこのハトたちだけでした。間違いを減らすことは明らかに価値あるゴールです。そこでわいてくる疑問が、どのくらいの間違いが多すぎるということになるのか？です。シンプルな答えさえあれば、もしかしたら質問としてこちらのほうが良くまとまっているのではないのでしょうか。どの個体に対しても、何が多すぎる間違いなのかを私たちはどうやって知るのでしょうか？尺度は？答えは動物のコミュニケーションを読んで気にかけることにあります。動物たちと持つべき会話の中に、大きなまたは小さな尾、目、体毛、羽などの変化が入っています。キューへの反応が遅い、集中が高すぎるまたは少なすぎる、反応の強さなどが、個々の学習者にいくつの間違いが多すぎかという情報を与えてくれます。さらに、繰り返す自傷行為などの深刻な問題行動は回避の機能(負の強化)があるのかもしれませんが、問題行動は嫌悪刺激を取り去ろうとするために行われることもあるのです。たとえば、多数の成功しない、つまり多くのエラーがあるトレーニングセッションを要求したりすることです。

またいくつかの研究が、Terrace のエラーレス弁別手順が、随伴性が変化するよりも固定されている(多くのトレーニングされた行動のケースのように)状況でもっとも役に立つとしているのが興味深いです。正解でない反応を除いていくこと(たとえば災害救助犬)に依存する頻繁に変化する随伴性による問題解決の状況では、従来の T&E 手順が、より柔軟な反応をする結果となり、より良く記憶し思い出すこともします。トレーニング手順と行動の異なるオペラントクラスとの関連を発見するためには、より多くの研究が必要となります。

結論

試行錯誤のトレーニングアプローチは一般的に高い率での間違いと低い率での強化という結果になります。これは不必要な副次的影響への完璧なレシピです。学習者は間違いをおかし、長い目で見ると正しい反応が起こりにくくなり、しばしばフラストレーション、攻撃、あきらめをみせます。動物ののろのろとした学習カーブと正しくない反応が出ることで強化子を頻繁に与えられないため、トレーナーも同じように士気が落ちます。オペラントトレーニングのツールボックスは、試行錯誤学習とは異なり、代案で満ちています。なぜなら、それは学習者を強化に導く方法を提供するからです。これまでの試行錯誤トレーニングへのひとつの代案は Terrace の連続した弁別手順です。それがエラーレスラーニングとして知られるようになってきたものです。しかしエラーレスラーニングには手順の調整以上のものがあります。トレーナーが自分の学習

者の結果に責任を持つことで、より注意深くクリエイティブにアレンジされた環境とトレーニングプランという結果になるという考え方です。エラーレスラーニングという考え方で人間が世話をする動物たちが高いレベルの成功を経験し、それが彼らの福祉向上となるでしょう。

参照

Chance, P. (2009). Learning and Behavior Active Learning Edition. Belmont, CA: Wadsworth, Cengage Learning.

MacDuff, G. S., Krantz, P. J., & McClannahan, L. E. (2001). Prompts and prompt-fading strategies for people with autism. In C. Maurice, G. Green, & R. M. Foxx (Eds.), Making a difference: Behavioral intervention for autism (37- 50). Austin, TX: PRO-ED.

Mace, F. C., Hock, M. L., Lalli, J. S., West, B. J., Belfiore, P., Pinter, E., & Brown, D. K. (1988). Behavioral momentum in the treatment of non-compliance. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 21, 123-141.

Miyashita, Y., Nakajima, S., & Imada, H. (2000). Differential outcome effect in the horse. *Journal of Experimental analysis of Behavior*, 74, 245-253.

LoveThatRebecca. (2015, August 7). Pella Shades, national TV campaign 2015: DENIED DOG [Video File]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=YfFliWRqbOO>

Pierce, W.D. & Cheney C.D. (2013). Behavior Analysis and Learning. New York, NY: Psychology Press.

Powers, R., Cheney, C.D., & Agostino, N.R. (1970). Errorless training of a visual discrimination in preschool children. *The Psychological Record*, 20, 45-50.

Rosales-Ruiz, J. (2007). Teaching dogs the clicker way. Retrieved from <http://stalecheerios.com/blog/wp-content/uploads/2011/07/Teaching-Dogs-the-ClickerWay-JRR.pdf>

Urban Dictionary. (2016, April 8). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Urban_Dictionary

Terrace, H.S. (1963). Discrimination errors with and without “errors.” *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 6, 1-27.

Thorndike, E.L., (1898). Animal Intelligence. *Psychological Review Monographs*, 2(8). Retrieved from https://archive.org/stream/animalintelligen00thoruoft/animalintelligen00thoruoft_djvu.txt

Trial and Error. (2004). In *urbandictionary.com*. Retrieved from <http://www.urbandictionary.com/define.php?term=trial+and+error>