

視覚特徴はどのような構造で反応と結合されるか

—刺激反応連合学習課題を用いた検討—

石崎 琢弥

1. はじめに

我々の日常生活は、物体が何であり、何を意味するかを認知し、これに対する適切な行動を選択して行うことの繰り返しである。しかし、日常生活で見かける物体は、丸い・赤い・光沢があるなど、様々な属性の視覚特徴から構成され、ひとつでも視覚特徴が異なると別のものになってしまう。例えば、トマト（丸い・赤い・光沢がある）と勘違いして、唐辛子（細長い・赤い・光沢がある）を食べたら大惨事である。このように、我々がちゃんとした日常生活を送るためには適切に物体を認知し、適切に行動をする必要がある。では、我々がそれら物体の視覚特徴と行動（反応）の対応関係を記憶するとき、複数の視覚特徴はどのように表現されて反応と対応付けされるのだろうか。例えば、赤と三角の視覚特徴は「赤い三角」として反応と対応付けされるのか、それとも赤ならばこの反応、三角ならばこの反応といった対応付けの合算によって表現されているのだろうか（図 1）。本研究では、複数の視覚特徴がひとまとまりとなって反応と結合しているのか、またいくつまでの視覚特徴ならばひとまとりにできるのか（実験 1）、どの属性の視覚特徴ならばひとまとりにできるのか（実験 2 および 3） 検討を行った。

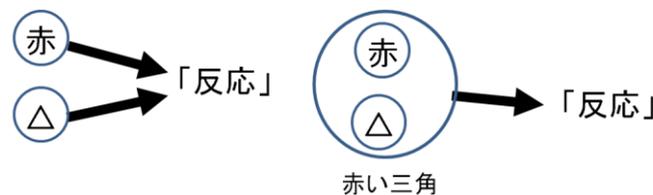


図 1 赤い三角と反応の対応付けはどのように表現されるか

2. 実験 1

視覚特徴と反応の連合がどのように記憶されているかを調べるために 8 個のアイテム（図 2）と 4 個の反応キーの対応関係を試行錯誤により学習する刺激反応連合学習実験を行った（図 3）。いくつまでの視覚特徴をひとまとまりとして反応と結合できるのかを調べるため、アイテムの持つ特徴のうち、反応に関連する特徴数を変化させる。特定の色や運動などと反応が連合する 1 属性条件、形と色など 2 種類の属性の特徴の結合関係によって反応が決定する 2 属性条件、色と形と運動の 3 つの属性の特徴を考慮しなければ反応が一意に決まらない 3 属性条件を設け、学習の難易度を測定した。

結果は 1 属性条件、2 属性条件に比べて 3 属性条件の学習が難しかった（図 4）。これは、

1属性の特徴あるいは2属性の特徴の結合と反応は直接的に連合し、3属性の特徴を組み合わせると反応と連合する場合には付加的段階を経ていると考えられる。ここから、2つの特徴までをひとかたまり（特徴ペア）として扱い、反応と連合していることが示唆された（図5）。

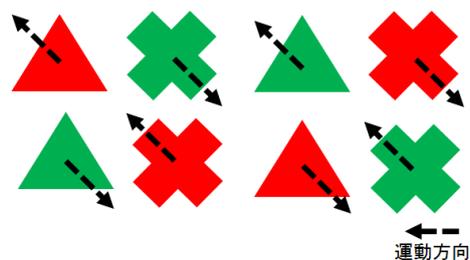


図2 実験1：3属性条件で提示したアイテムの例

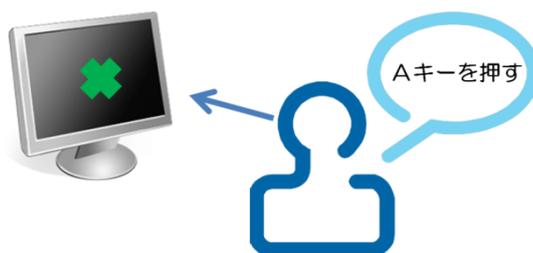


図3 実験の様子

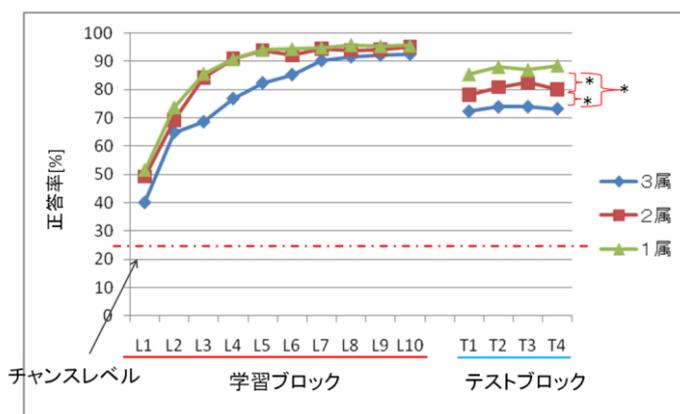


図4 実験1：正答率の推移

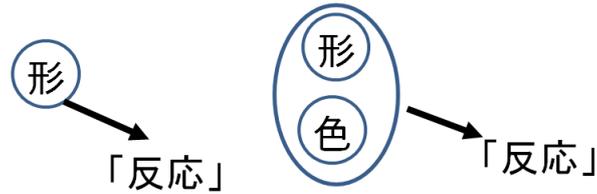


図 5 特徴ペアを用いた結合

3. 実験 2

実験 1 の結果から、2つの特徴をひとかたまりとした特徴ペアが反応と連合していることが示唆された。実験 2 では、色と形のペア、形と運動のペア、色と運動のペアといった全ての属性の組み合わせの特徴ペアが出現するのか、また、3属性と反応の連合にはそれらの特徴ペアからどのように構成されているのか検討を行った。

2属性（色-形）と反応の連合、（形-運動）と反応の連合、（色-運動）と反応の連合と3属性（色-形-運動）と反応の連合を学習する刺激反応連合学習実験を行ったところ、（形-運動）と反応の連合、（色-運動）と反応の連合は（色-形）と反応の連合の学習に比べて学習が難しかった（図 6）。さらに、それらは3属性と反応の連合と同等の成績であった。また（色-運動）と反応の連合、（形-運動）と反応の連合にもかかわらず、色と形が同じの別のアイテムに対応した反応をしてしまう誤答が多く見られた。ここから形と色の特徴ペアが反応と直接連合するのに対して、形と運動の特徴ペアおよび色と運動の特徴ペアは存在せず、（形-運動）と反応の連合、（色-運動）と反応の連合は3属性と反応の連合と同様に特徴ペアを組み合わせることで反応と連合していることが示唆された（図 7）。

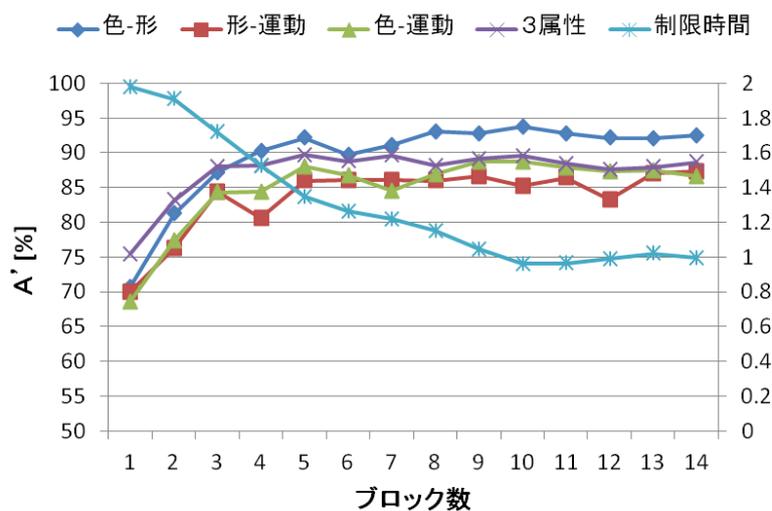


図 6 実験 2 : 補正した正答率の推移

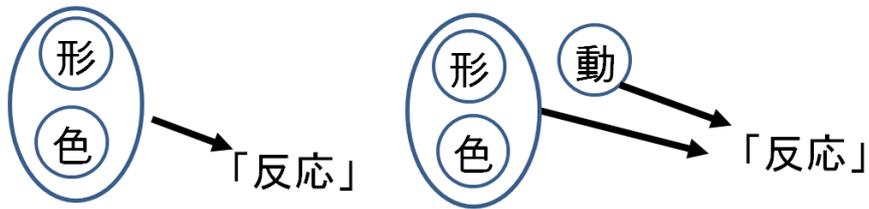


図 7 特徴ペアを組み合わせた対応付けの表現

4. 実験 3

実験 2 の結果は運動属性の特徴が特殊であり、その間に特徴ペアが出現しなかったとも考えられる。我々の脳には、物体の形や色などそれが何であるかに関する情報について処理をする What 経路と、位置や運動などの空間情報を処理する Where 経路があると言われている。もし Where 経路で処理される運動属性の代わりに What 経路で処理される属性を用いれば形または色属性との間に特徴ペアが出来る可能性がある。そこで、運動属性の代わりにテクスチャ属性の特徴を用いて実験 2 と同様の実験を行った (図 8)。

結果はどの連合も同様の成績となった (図 9)。ここから、形とテクスチャの特徴ペア、色とテクスチャの特徴ペアが出現し反応と直接連合していることが示唆された。

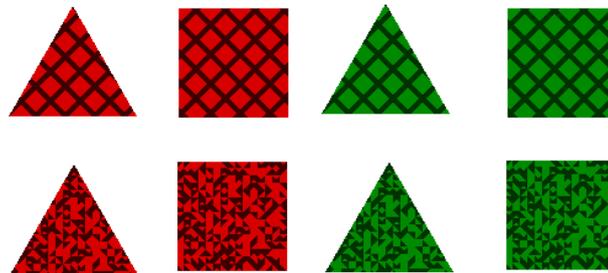


図 8 実験 3 で提示したアイテム

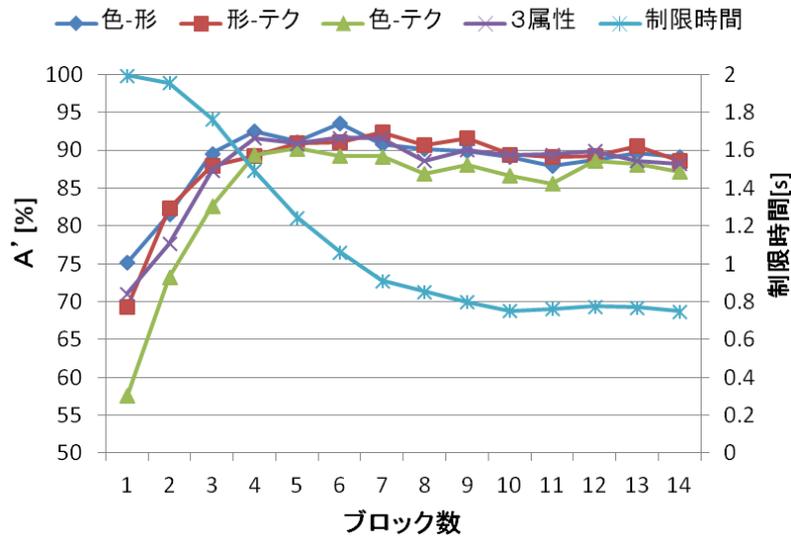


図 9 実験 3 : 補正した正答率の推移

5. 考察

実験 1 から 2 つの視覚特徴をひとまとまり (特徴ペア) として反応と連合していることが示唆された。また、実験 2 および 3 より、この特徴ペアの組み合わせによって 3 属性のオブジェクトと反応の連合を表現していることが示唆された。これらの結果から、提示されたアイテムに対して反応の選択がどのように行われているかについての単純なニューラルネットモデルを提案する (図 10)。特徴ペアおよび単体の視覚特徴のニューロンが各反応と結びついており、提示アイテムに対して活性化した各反応ニューロンの中から、活性の度合いの高さに従って確率的に反応が選ばれる。このモデルからは 3 属性の連合の学習の難しさや、無関係である色と形が同じアイテムに対応付けられた反応をする誤答についても説明できる。赤い三角に反応するニューロンがあるならば赤や三角に反応するニューロンは必要ないように思える。しかし、我々は素早く学習、素早く反応しなければならないことが往々にしてあり、表現として冗長であっても機能として重要な役割を担っているのではないだろうか。

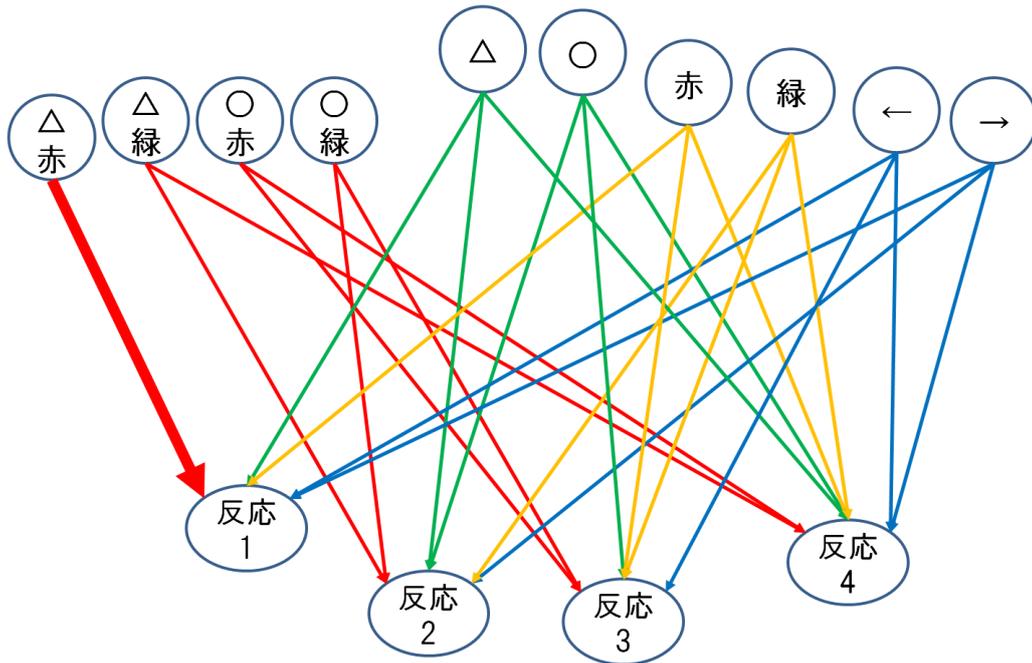


図 10 視覚特徴から反応を選択するモデルの概念図

6. 最後に

本研究では複数の視覚特徴と反応がどのように結合しているか刺激反応連合学習を用いて検討を行った。結果から、複数の視覚特徴を持つ刺激と反応の連合学習が、2属性の結合表現を基本として行われることが明らかになった。また、モデル化を行い、数値シミュレーションを行ったところ、実験結果を裏付ける結果が得られた。

我々は常にオブジェクトが何であるかについて視覚特徴をもとに記憶の引き出しを探ることで知り、生きてきた。それは、将来変わることがないだろうし、むしろコンピュータのアイコンや道路標識などサインによる概念や意味の表示がより進むことだろう。そうした中、マークやアニメーション、つまり視覚特徴がどのように記憶されているかを解明することはデザインの改善につながり、我々の生活を根本から良くすることに繋がるのではないだろうか。