



Parks, T. E.

視覚システムと言語システム間の干渉

★ストループ効果

色を見てその名前を言うよりも、色名の単語そのものを読む方が速いということが知られている。これについては、色名を連続して言うことによって事前に言ったことが妨害的に働くとも考えられる。また、単語はその単語そのものやひとつの発音にしか結びつけられていないのに対して、色は日常のさまざまなものに結びつけられているためだという説明も成り立つ。本研究では、色と色名を使った刺激材料を工夫して作成することによって、この両者がどのように干渉しあうか、あるいはそうではないかを実験的に検討した。

【材 料】

実験用の刺激用紙を次のようにして作成した。red, blue, green, brown, purple という単語をそれぞれの単語が表す色とは違うインクの色で印刷した。用紙には 1 行 10 単語が 10 行印刷され(合計 100 単語), 1 行には同じインクの色が 2 回ずつ, 1 列にも同じインクの色が 2 回ずつでてくるように(ただし連続しないように), また, 同じ単語は 1 行に 2 回ずつでてくるようにラン

ダムに並べた。インクの色名とその単語が一致する場合はない。これと同様の用紙を黒一色のインクで印刷したものを用意した。また, 単語の順を逆順にしたものを作成し, これを第 2 刺激用紙とした。

【実験 1 : 単語の読み上げ】

被験者は 70 人の大学生。被験者はカラー印刷の刺激と黒インクの刺激用紙それぞれ 2 枚ずつに印刷された単語を, できるだけ速く声を出して読み上げ, まちがえた場合は訂正するように教示され, その時間が測定された。結果は, 100 単語を読み上げる平均時間が, カラー印刷条件では 43.3 秒, 黒インク条件では 41.0 秒であった。カラー印刷条件の方が 2.3 秒 (5.6%) 遅くなっているが, この差は有意ではなかった。

【実験 2 : 色の命名】

実験 2 では実験 1 のカラー印刷の刺激用紙と, 新たにその単語を正方形 (■) に置き換えてカラー印刷された刺激用紙が使用された。大学生 100 人に教示された課題は, 印刷されている単

Stroop, J. R.
Studies of interference in serial verbal reactions.
Journal of Experimental Psychology, 1935, 28, 643-661.

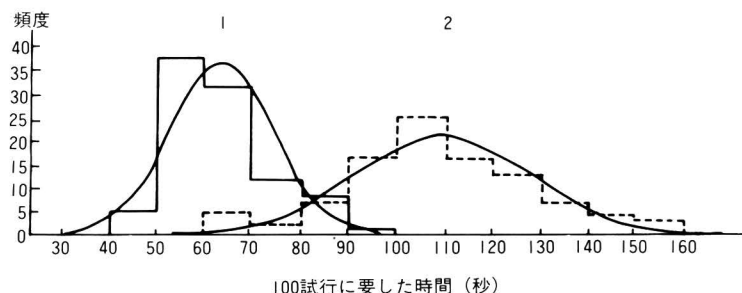


図1 色の命名課題における妨害効果 (1: 妨害なし, 2: 妨害あり)

語にかかわらず、単語が印刷されている色の名前をできるだけ速く命名するというものであった。その結果、平均命名時間は、正方形の条件では63.3秒であったのに対し、単語が印刷された色の命名条件では110.3秒であった。つまり、47.0秒(74.3%)もの増加が見られたのである(図1)。

【実験3：練習の効果】

実験2でみられたような、命名における妨害の効果は練習によってなくなるものなのだろうか。このことを調べるために、さらに32人の被験者を使って、8日間連続で同様の実験を行ってみた。その結果、単語が印刷されている色を命名する条件では、練習による

効果がみられ、図2に示されるように、ちょうど学習曲線によく似た、命名時間の短縮を示した。しかしながら、十分練習したあとでも妨害の効果は0になるわけではないことが示された。

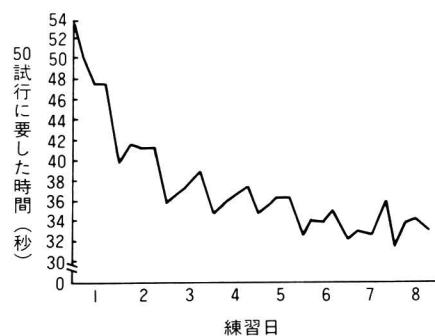


図2 色の命名課題(コンフリクト条件)における練習日による命名時間の変化

【考察】

単語を読む課題での色の干渉効果は、読み時間を5.6%延長させただけのわずかなものであった。それに対して、色を命名する課題での単語の干渉効果は、命名時間を74.3%も増加させたのである。両者の違いは、練習による連合の強さによるものと考えられるだろう。ある単語を見たときの反応はほとんどそれを「読む」ということに限定されるのに対して、ある色を見たときにはその色を命名するということのほかに、きれいだなと思ったり、手を伸ばしたり、避けたりするなどいろいろな反応と結びつけられるからである。

この干渉効果の強さを調べるために8日間連続の実験を行った結果、干渉効果は学習曲線に似たカーブを描いて小さくなった。しかし完全になくなったわけではない。

これらの結果を総合すると、単語を読むということと色を命名するという活動の構造をある程度推察できるだろう。つまり、単語を読むという反応は

速く生成され、色を命名するという反応はそれよりは遅れるということである。そのために、単語によるコンフリクト条件における色の命名課題では、速く生じた単語の反応が、色の命名活動を妨害して、反応全体を遅らせたと考えられるのである。

【解説と展望】

ストループ効果が見出されてから60年がたとうとしているが、これに関連した研究は増え続け、特に近年になって論文引用数が急増している。その理由としてマクレオド(MacLeod, 1992)は、ストループ効果が顕著で安定していることと、まだこの現象を満足に説明できる理論がないという2点を挙げている。マクレオド(MacLeod, 1991)は、ストループ効果に関連した400以上の研究をレビューしてまとめている。そのうえで、処理の相対的な速度と自動的な読みの理論を説明候補としている。

(向後)

[3-5]

課題非関連刺激の抑制

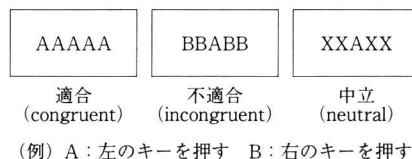


図1 フランカー課題で用いられる刺激

▶課題非関連情報の抑制の必要性

課題を遂行する場合、特にその課題が習熟したもので自動的に行える場合には、課題に関連していない刺激による影響を抑える必要がある。なぜなら、習熟した課題の遂行では刺激とそれに対応する反応が心的に強く結合しており、刺激が知覚されると自動的に反応が引き起こされるためである。以下、非関連刺激の抑制に関連する代表的課題を紹介する。

▶ストループ課題

ストループ課題 (Stroop, 1935) では、色を意味する単語が、その意味と異なる色で書かれており、実験参加者は文字を無視して単語のインク色を命名するように求められるが、この反応は遅くなり、また文字を読んでしまうエラーが生じる。これは課題にとって非関連な言語的情報の処理が自動化しており、色の命名反応をする際にその処理の抑制が難しいためと考えられる。

▶フランカー課題

フランカー課題 (Eriksen & Eriksen, 1974) では図1のような刺激が提示され、実験参加者は中央の文字に対して選択反応が求められる。反応対象である標的刺激に隣接した別の刺激がフランカー (flanker) であるが、フランカーが反応対象刺激と同じ反応に対応づけられる場合 (適合: congruent)、異なる反応に対応づけられる場合 (不適合: incongruent)、反応との対応づけがない場合 (中立: neutral) がある。この時、選択反応時間は不適合条件で顕著に長くなるが、これ

をフランカー適合性効果 (flanker compatibility effect) と呼ぶ。この効果は、標的刺激とフランカーが両方とも知覚的に処理され、双方に対応づけられた反応が活性化されることによって生じると考えられる。このため、適合条件では標的刺激への反応が促進され、不適合条件では活性化された反応間の競争が生じ、反応が遅くなる。

標的刺激とフランカーの距離がこの効果の大きさに影響することから (Miller, 1991)、標的刺激とフランカーの両方が注意スポットライトの範囲内に入ることにより、双方の刺激が処理されると考えられる。

▶サイモン課題

サイモン課題では、2種類の刺激に対して左または右のキーを押して反応する選択課題の遂行が求められるが、刺激は参加者から見て左側もしくは右側に提示される。この時、例えば左側に、右のキーに対応づけられた刺激が提示されると、左のキーに対応づけられた刺激が提示された場合よりその反応が遅くなる。これをサイモン効果という (Simon & Wolf, 1963)。

サイモン効果では刺激の空間位置が課題非関連情報となるが、この情報について空間コード (左・右) が生成され、これが反応のための位置コードと競争を引き起こすことがサイモン効果を引き起こすと考えられている。左・右という空間コードは生得的にもっているものであり、

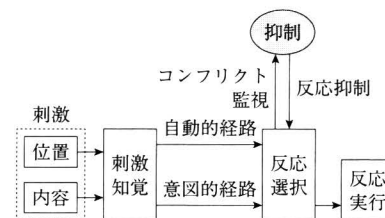


図2 二重経路モデル (サイモン効果)

その生成は自動的・無意識的である。刺激の提示位置に関連する空間コードの生成は、刺激提示位置への注意移動により起こると考える立場 (Nicoletti & Umiltà, 1985) や、相対的な位置の符号化に着目する立場 (Hommel, 1993) がある。

▶二重経路モデル

非関連情報の抑制を含む課題を説明するモデルとして、二重経路モデルがしばしば用いられる (De Jong et al., 1994)。図2ではサイモン効果の生起する過程を説明する。刺激の提示位置と刺激の内容はそれぞれ知覚的に処理されるが、刺激の位置は自動的な経路で高速に処理が行われて短時間の内に反応選択に至る。一方、刺激の種類に対応しての反応選択は意図的な経路で行われ、反応選択に至る速度は遅い。この反応選択段階でのコンフリクトの発生が監視され、反応の抑制が行われる。なお、サイモン課題では刺激提示位置と反応が不一致の場合、注意のトップダウン制御に関係する背外側前頭前皮質 (DLPFC: dorsolateral prefrontal cortex)、コンフリクト監視に関係する前部帯状回 (ACC: anterior cingulate cortex)、反応の計画と選択に関係する補足運動野 (SMA: supplementary motor area) などの活動が高まる (Liu et al., 2004)。

▶応用的意義

非関連情報による行動への影響を抑えることで機器の使いやすさを向上させることができる。特に、高齢者の認知的加

齢の一側面として抑制機能低下が目目されておられ、高齢者の行動支援にとって重要な視点と考えられる (原田・須藤, 2011)。

■文献

- De Jong, R., Liang, C.-C., & Lauber, E. (1994). Conditional and unconditional automaticity: A dual-process model of effects of spatial stimulus-response correspondence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 731-750.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149.
- 原田悦子・須藤智 (2011). 「注意・制御と高齢化」日本認知心理学会監修, 原田悦子・篠原一光編『注意と安全』現代の認知心理学4, 北大路書房, pp. 130-165.
- Hommel, B. (1993). The role of attention for the Simon effect. *Psychological Research*, 55, 208-222.
- Liu, X., Banich, M. T., Jacobson, B. L., & Tanabe, J. D. (2004). Common and distinct neural substrates of attentional control in an integrated Simon and spatial Stroop task as assessed by event-related fMRI. *NeuroImage*, 22, 1097-1106.
- Miller, J. (1991). The flanker compatibility effect as a function of visual angle, attentional focus, visual transients, and perceptual load: A search for boundary conditions. *Perception & Psychophysics*, 49, 270-288.
- Nicoletti, R., & Umiltà, C. (1985). Responding with hand and foot: The right/left prevalence in spatial compatibility is still present. *Perception & Psychophysics*, 38, 211-216.
- Simon, J. R., & Wolf, J. D. (1963). Choice reaction time as a function of angular stimulus-response correspondence and age. *Ergonomics*, 6, 99-105.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.

[篠原一光]

[3-6]

注意と遂行機能

▶遂行機能

心理学では executive function に対して、実行機能という訳語を用いるのが一般的である。しかし、「実行」という語を文脈から切り離して用いると、外部に対する反応形成・反応出力といった認知処理の最終の段階のみを示す意味とも受け止められる。これに対し、executive は実行そのものではなく、それらを管理するという意味が込められている。本来 executive とは上級管理職、即ち実際に「事業を実施していく」際に高いレベルで執行を制御する役割を指す概念である。ただ、このような executive の概念に対応する適当な訳語が見つからないことも事実である。近年、医学分野では遂行機能という語が定着しつつあることも考慮し、ここでは executive function の訳語として、実行機能よりも制御の意味合いを含みうる**遂行機能**としたい。ただし、複合語の中で既に訳が定着しているものについては、そのまま「実行」の語を用いた（中央実行系など）。

上記の「上級管理職」という語義を概念的に整理をすると、課題遂行を可能にするためのいくつかの必要な要素が考えられる。具体的には、①目標の明確化、保持、実現といった**目標**（goal）に関する処理、②課題を実施する状況・文脈から必要な情報を重点的に取り込み、それに基づいて柔軟な判断・問題解決を行う処理、③実施に必要な種々の下位機能に対し、統合的に調整を行う処理の3種が（少なくとも）必要と考えられる。この3

つの要素は、認知過程として互いに深く関係し合っており、独立に切り出すことは難しい。しかし、こうした必要な要素が人の認知機能の中でどのように立ち現れてきているのか、その背後にはどのようなメカニズムが考えられ、それらはどこまで明らかにされているのか、現状をまとめてみたい。

▶神経心理学・臨床認知心理学から

まず、遂行機能の概念は、脳の前頭葉に損傷を得た患者が示す**遂行機能障害症候群**（dysexecutive syndrome）の報告により注目されることとなった。前頭葉は行為のプランニングや抑制、遂行の監視などの機能を担っているとされ、脳梗塞などで前頭葉が損傷を受けると、主要な知的能力には問題がないにもかかわらず、これらの機能に障害を示す（Luria, 1973）。

認知心理学の古典的な課題である**ストループ課題**³⁵も、遂行機能障害の検査として用いられている。典型的には、前頭葉損傷患者は色名とインク色が不一致（incongruent 条件）の場合に反応時間が非常に長く、またインク色の代わりに色名を答える侵入エラーが多くなる。これらは、課題非関連の属性（この場合の色名）の処理を抑制する機能が障害を受けるためと考えられている。

また、ウィスコンシンカード分類課題（WCST）でも、前頭葉損傷患者は困難を示す。この課題では、患者には、検査者が決めた「ある基準に従って」カードを4群に分類することが求められる。一定回数の正解が続くと、検査者が「勝手に」正解となる分類基準を変える。この時、前頭葉損傷患者では、分類の基準が切り替わったにもかかわらず、以前に正解した分類基準を使い続けるエラー（**継続エラー**）が見られる。これは課題に対する構えの切り替えの障害とされている。

前頭葉損傷患者のプランニングの機能を調べる検査としては、**修正6要素課題検査**（modified six elements test）がある。この検査では、3種類の課題について、それぞれ2セットずつ、計6つの課題セットが用意されている。被検査者は、10分間に、全てのセットについて、少しでもよいので手をつけること、ただし同じ課題の2つのセットは「連続して行わないこと」という制約を守ることが求められる。典型的には、前頭葉損傷患者は、1つの課題に大半の時間を費やしてしまい、6セット全てに手をつけることができない等、自己の行動の計画を立てること（プランニング）、及び、それに従った**行動制御**に関する障害が見られる。

▶実行系注意とその実験課題

上記のように、遂行機能は行動のあらゆる側面に関わるが、特にその中で、刺激から得られる外的情報やワーキングメモリ内の内的情報の選択を行う機能、いわば**注意の選択的制御**に着目した概念が**実行系注意**（executive attention）である。

実行系注意を対象とした課題では、実験参加者に、課題非関連情報を無視して、課題関連情報の選択を求めることが多い。例えば、**注意ネットワークテスト**（ANT: attention network test）では、5つの矢印が水平に並んで提示されるが、参加者は、中央の矢印のみに注目し（左右の矢印の情報は無視して）、その方向（左/右）を回答するよう求められる。一致条件では、5つの矢印が全て同じ方向を向いているのに対し、不一致条件では周辺の矢印は中央の矢印とは反対の方向を向いている。そのため、標的である中央の矢印に対する反応と、周辺の（たくさんの）矢印に対する反応の間で反応選択時に**コンフリクト**が発生し、不一致条件の反応時間が遅延する。

このように「無視すべき情報」が、目標に対する反応と相反する場合に対し、**ストループ課題**のようにそれまでの過剰学習によって形成された反応傾向、あるいは生得的な反応傾向に対して抑制を求める課題もある。後者の1例に、**アンチサッカード課題**（anti-saccade task）がある。この課題では、注視点の左右いずれかに光点が表示される。参加者は、光点が表示されたら、光点とは反対の側に「目を動かすように」という眼球運動（サッカード）を求められる。新たに出現した光点に向けてサッカードをするのが優位（prepotent）な反応であるので、それを抑制して、それと拮抗する新しいサッカードのプランニングと実行をする必要がある。

予期、即ち「次に何が起こりうるか」を予測し、それに合わせて入力情報を選択的に処理するという機能も、実行系注意の重要な要素である。実験課題の刺激構造から**AX-CPT**（AX-continuous performance task）と呼ばれる課題では、連続的に提示される2つの画面から1つの試行が成り立っている。具体的には、先行する画面（手がかり）ではAかBのどちらかの文字が提示され、次の画面（標的）ではXかYのどちらかの文字が提示される。この時、手がかりがAでかつ標的がXの場合にのみ人差し指のキーを押し、それ以外は中指のキーを押すことが求められる。つまり、手がかりがBの場合には、標的の文字にかかわらず中指のキーを押せばよい。このような状況では、手がかりに応じて反応に対する構えを切り替える必要があり、この課題での成績は予期に従って刺激と反応のマッピングを選択する機能を反映していると考えられている。

▶遂行機能、実行系注意に関するモデル

遂行機能あるいはその中の実行系注意について、その制御を行うメカニズムはどのように考えられているのであろうか。Posnerは脳活動計測研究において、参加者が教示に従って特定の刺激に能動的に注意を向けている場合には、同じ刺激を受動的に見ている場合に比べて、前頭葉の内側にある前部帯状回が活動することを見出した。そこで、Posnerは前部帯状回及びその周辺の前頭葉領域が、反応のコンフリクトの解消、ワーキングメモリへのアクセス、言語的な情報の意識化などに関わっていると考えた。これらの部位は、頭頂葉並びに後頭葉との情報アクセスによって実行系注意を制御する、いわゆる注意ネットワーク (attentional network) の中枢と考えられている。ストループ課題のように、優位な反応傾向を抑制し、それとは異なる反応をしなくてはならない課題では、この前部帯状回が活動することが知られている。

こうした脳科学に基づくモデルに対し、遂行機能の機能的モデルはバドリーのワーキングメモリモデルの中に位置づけられた中央実行系 (central executive) に遡ることができる。これは、ワーキングメモリ課題を遂行している際の方略の選択、プランニング、検索のチェックなどの機能を担うもので、Norman & Shallice (1986) の SAS (Supervisory Attentional System) の影響を受けている。

SASは、目標となる行動の遂行に対する注意制御のシステム、即ち行為 (action) の選択における注意のモデルとして提案され、行為はスキーマの活性化がもたらす自動的処理と、複数のスキーマの活性化の程度に対して働きかけるSASとの組み合わせによって選択されると考えられている。特にSASによる

意図的な制御過程は①プランニングや意思決定を必要とする場合、②エラー修復やトラブルへの対応を含む場合、③反応の出力部分に関わる練習が不十分である、あるいは行為連鎖として新しい要素を含む場合、④危険性が高い、あるいは技術的に困難な場合、⑤強い慣習の反応あるいは行動誘発性があり、それを乗り越える必要がある場合、に働くと考えられている。なおSASと並行して (しかもより長期の要因として) 動機づけもモデルに組み込まれている点が興味深い。

▶遂行機能を標的とした実験的研究

遂行機能がどのようなものであるかを端的に説明することは難しいが、遂行機能を調べようとする実験課題を概観することでその輪郭をつかむことができる。

バドリーは中央実行系の働きを示す課題例として、ランダム生成課題を考案した。文字の系列をできるだけランダムになるように生成する課題の際に、タイムプレッシャーを与えると生成された文字系列のランダムさが損なわれる。ランダム系列を生成するためには、習慣的な反応 (熟知した文字の組み合わせ) を抑制しながら、既に生成した文字列に関するワーキングメモリにアクセスする必要がある。このような事態に中央実行系が働く。

遂行機能の中でも、プランニングに関する機能を測定する課題に、ハノイの塔課題やその変形版であるロンドン塔課題、トロント塔課題がある。これらは大きさの違う円盤が重ねられた初期状態から、最小限の手順で、かつルールを守りつつ、あらかじめ決められた目標状態に円盤を動かすというパズルのようなものである。この課題達成のためには、最適な手順のプランニングが必要である。

また、課題切替 (task switching) に関する課題によって、課題遂行に関わる目

標に基づく準備に関する機能が明らかにされてきている。例えばストループ課題で色名を答える / 語を読むの2つの間の切替を求める課題である。課題切替のないブロックと課題切替を含むブロックとの成績比較による全体的 (global) な課題切替効果と、1ブロック内の試行での課題切替のある試行とない試行の間の成績比較である局所的 (local) な課題切替効果の分析から、その独立性が明らかになってきている。また、目標維持 (goal maintenance) あるいは目標無視 (goal neglect) など、目標関連処理に関わる遂行機能の研究でも、課題切替の課題が用いられている。

反応の抑制もまた遂行機能検討の重要な要素である。例えばストップシグナル課題と呼ばれる課題では、参加者は、画面に表示される標的に対して、できるだけ早くキー押しをすることが求められた。途中、一部の試行では聴覚トーン刺激が提示される。トーン刺激が提示された試行では、参加者は反応を控えなくてはならない。実際には、標的に対する平均反応時間よりも僅かに短いタイミングでトーン刺激が提示されるため、教示に従って「反応しない」ためには、迅速に抑制機能を働かせると共に、全体としての柔軟な課題遂行が求められる。

▶現実場面に見る遂行機能研究の必要性

個々の課題を対象とする研究に加え、Miyake et al. (2000) は、ワーキングメモリの中央実行系を必要とする多くの課題の個人差を取り上げ、大学生の多様な課題での成績データについて潜在構造分析を行った。その結果、中央実行系の主たる要素として、情報更新 (updating)、不要情報の抑制 (inhibition)、心的構えの変更 (shifting) の3要素を提案している。

現実的な場面での研究からも、遂行機

能の重要性が明らかになると共に、その解明が求められてきている。その1つは、加齢研究である。一般に、課題の認知的負荷が大きくなると加齢の影響が大きく現れるが、その原因として注意配分を必要とする認知的制御の加齢による機能の低下が考えられることから、様々な場面での高齢者の行動の特性と遂行機能との関連が注目されている。

同様に、子どもの認知発達と複雑な課題遂行との関係も重要である。前頭葉の発達が他の脳部位に比べて遅いこともあり、実行系注意は3~7歳に発達するとされるが、機能の発達過程の更なる解明が求められる。

そもそもSASは日常生活で起きるアクションスリップの説明のために提案されてきた。より広い領域でのヒューマンエラーの原因を明らかにし、予防するためにも、遂行機能の解明が重要である。

注意に関わる他の現象と同様、遂行機能も、多くの認知課題に関わるが、その機能を独立に切り出すことはできず、実証研究は容易ではない。多彩な実験課題や指標を用い、年齢・脳の状態などの異なる多様な人を対象に、「人ならではの高次な認知過程」の解明が期待される。

■文献

- Luria, A. R. (1973). *The working brain*. Penguin Books.
- Miyake, A., et al. (2000) The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'frontal lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. Davidson, G. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory* (Vol. 4, pp. 1-14). Plenum Press.

(熊田孝恒・原田悦子)