

洞察的問題解決における熟達者の主観的評価と視線移動および瞬目の関係

The relationship between self-evaluation and eye-movement and eye-blink of a high-achiever in insight problem-solving

中野 良樹
Nakano Yoshiki

秋田大学教育文化学部
Faculty of Education and Human Studies, Akita University
nakano@ed.akita-u.ac.jp

概要

タングラムとはパズルゲームの一種で、解決には定型的な思考を脱し発想を転換する洞察問題である。複数のタングラム課題をくり返し、課題間での難易度の違いや、くり返しに伴う主観的自信度の変化と視線移動などの特徴を検討した。50名が実験に参加し、3つの課題に取り組んだ。自信度、眼球運動、ピース操作のデータから、問題解決に優れた作業者は広範囲に問題空間を検索し、主観的な自信度は低下しても、着実に解へと向かっていることが明らかになった。

キーワード：問題解決 洞察 眼球運動

1. はじめに

タングラムとはパズルゲームの一種で、正方形から切り取った7個のピースを組み合わせ、物体や動物などの形を作る(図1)。国内の算数・数学教育では、しきつめ課題や「図形感覚」を育む教材として用いられる。タングラムは洞察問題の一種と考えられ(中野, 2009)、定型的な知識では解決できず、発想の転換や「ひらめき」を要する。発表者らはLion課題(図2上段)を用いて、洞察的問題解決の研究を継続してきた。その成果として、大きな三角形ピースをずらして配置することが問題解決を困難にすることを示した(図2上段灰色部分)。これは、作業者がピースを三角形や四角形などの幾何学図形に組み合わせる強い傾向、制約を有しているからである(渋谷・中野, 2010)。制約とは「多様な情報の中から特定の仮説を選び出す生体の内的傾向性」で(開・鈴木, 1998)、本来は情報処理を効率化するが、洞察問題では解決への阻害要因となりうる。つまり、タングラムでは人間が幾何学的に思考する際の傾向性が制約として働く。

洞察問題の主要な特徴として解が突然にひらめく、すなわち、解決可能性への主観的な評価が洞察の生起と相関しないことが挙げられる(Metcalf, 1986)。しかし、この傾向は単一の問題解決に取り組む過程内で

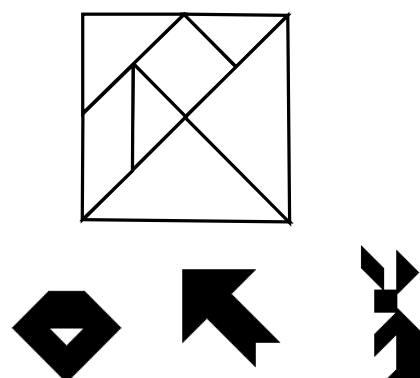


図1 タングラムを構成する7個のピース(上)と課題シルエットの例(下)。

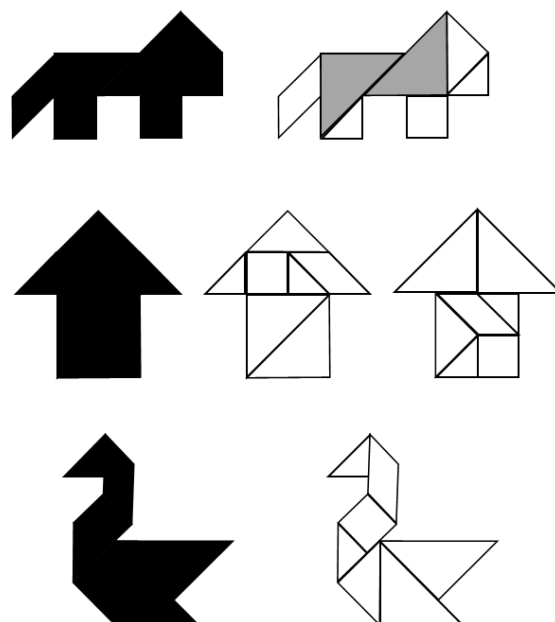


図2 実験に用いたタングラムの課題シルエットと正解配置。上段：Lion課題，中段：Arrow課題，下段：Duck課題。

生じることであり、同種の洞察問題をくり返すなかでも、主観的評価の高さが洞察問題の解決可能性の高さと関連するかは検討されていない。タングラムには百種類以上の課題シルエットがあり、それぞれで正解配置が異なる。本研究では同一の被験者に複数のタングラム課題をくり返し行わせることにより、洞察問題の解決過程における主観的評価の変化と視線移動の特徴を明らかにする。

課題には従来の Lion 課題に、Arrow 課題と Duck 課題を加える (図2)。これらの課題では、Lion 課題とは異なるパターンの配置が正解となる。先述したように、タングラムでは作業者はピースを三角形や四角形など「きれいな形」に配置する傾向がある。Arrow 課題 (図2中段) では、正解配置が2通りあり、しかも三角形や四角形を含んでいる。このことから、きれいな形を作る制約が問題解決を促進すると予測できる。このように、3つの課題では解決への促進要因も阻害要因も異なる。したがって、解決に至るまでの解決可能性への見通しや視線移動の特徴も、それぞれ異なるだろう。特に視線移動と洞察の関係については、Thomas & Lleras (2009)や田村・三輪 (2011) は、洞察問題を思考中の視線を誘導することで解決へと導けることを示した。これらの知見から、タングラムでは主観的な評価からは捉えにくい洞察に至る認知過程が、視線移動の特徴に表れると期待される。

2. 方法

実験参加者 50名の大学生 (年齢20~26歳, 女性17名, 男性3名) が実験に参加した。全員がタングラムの解決に取り組むのは初めてだった。

装置 タングラムは7個のピースによって構成される。これらは縦横11.8cmの正方形の木製板を分割したものである (図1上)。課題シルエットは3種類で、Lion, Arrow, Duckとした (図2)。シルエットは白い紙に黒色で印刷されており、大きさは実物のピースを正解配置にならべた際の大きさのおよそ5分の1だった。作業中、参加者は「見通しメーター」によって、どの程度完成させる自信があるか主観的な解決可能性について評定した (以下、主観的自信度)。見通しメーターはvisual analogue scaleと段階評定の両方を組み合わせた13段階の目盛りが設定され、左端の目盛りには「全くできそうにない」、右端の目盛りには「ほとんどできそう」というラベルを付けた。参加者は矢印を動かして、自分の状態を示した。矢印は目盛りと

目盛りの間に置いてもいいこととした。デジタルビデオカメラ (Panasonic NV-GS100)により、60cm上方からピースの動きと見通しメーターの両方を撮影した。

手続き まず、タングラムのピースと見通しメーターを置いた作業台に向かって参加者を座らせた。次に、課題シルエットを提示し、それと同じ形を7個のピースすべてを使って完成させるように求めた。その後で、課題をどの程度完成させられそうか、見通しメーターによって評定させた。評定の際には参加者はピースを見ても良いが触れてはいけなかった。各実験セッションは240秒間とし、セッション終了後に見通しメーターによる評定を行った。評定後に1分間の休憩を設けた。参加者が正しい配置を完成させたら作業は終了した。作業時間の合計を完成時間とした。制限時間は5セッション合計で20分とした。課題が完成した時点もしくは第5セッションの終了時点で測定を停止した。参加者が制限時間内に課題を完成させられなかった場合は、第5セッションの終了後に見通しメーターの評定は行わなかった。すべての参加者が3日間の実験を行い、1日につき、3種類の課題シルエットのうちいずれかに取り組んだ。課題の順番は被験者間でランダムに設定した。

眼球運動の測定 タングラムのピースを操作している最中の眼球運動を記録し、視線の移動を測定した。測定には竹井機器製のTalk Eye Liteを使用した。眼球運動の記録は右眼から行い、33 Hzでサンプリングした。参加者の頭部をあご台で固定し、測定中は作業台から眼球までの距離をおよそ50cmに維持した。作業台が参加者の正面を向くように、水平面に対して15°上に傾けた。また、ピースを視野の外へ移動させないように、縦30cm, 横50 cmの枠から出さないよう教示した。眼球運動は作業開始の合図の直後から測定を開始した。

3. 結果

50名のうち、3つの課題すべてに取り組んだ参加者は47名だった。各課題シルエットを完成させた参加者は47名のうち、Lion 課題では25名 (53.2%)、Arrow 課題では35名 (74.5%)、Duck 課題では28名 (59.6%) だった。 χ^2 検定の結果5%以下の水準で有意な効果あった。すなわち、Arrow 課題では他の2課題に比べて正答率が高かった。一方、完成までに要した時間の平均値 (完成時間) はLion 課題が541.4 sec (SD = 376.0, Min = 106, Max = 1091)、Arrow 課題が482.3 sec (SD = 328.4, Min = 50, Max = 1113)、Duck

課題が 458.4 sec (SD = 264.5, Min = 98, Max = 1052) だった。完成時間には課題間で有意な差はなかった。この結果から、以後の分析は課題間での指標の比較よりも、課題の完成時と未完成時での各指標の違いに焦点を絞る。

主観的自信度に関しては、3つの課題ごとに完成できた参加者 (Completer) と完成できなかった参加者 (Non-completer) に分けて、セッションごとの平均評定値を求めた。全体的な傾向を捉えるため、図3には3つの課題での平均値を Completer と Non-completer ごとに示した。評定値の変化の傾向としては、作業開始前の第1セッションで最も評定値が高く、セッションが進むにつれて減少している。しかし、課題ごとに完成できた参加者の内わけが異なるため、各参加者が Completer もしくは Non-completer のプロットに含まれる回数は異なる。このため図3の平均値の差をそのまま統計的に比較することはできない。しかし全体の傾向として確認できるのは、Completer でも Non-completer でも第1セッションで最も主観的自信度の評定値が高く、後続のセッションで値は次第に低下した。

この傾向が3回を通してのタングラム課題の成績の高低、すなわちタングラムへの熟達度によって参加者間で違いがあるかどうかを比較するために、3つの課題のうち2課題以上を解決できた参加者を High-achiever (31名)、1課題もしくは全く解決でき

なかった参加者を Low-achiever (16名) として2群に分けた。さらに、実験セッション全体を作業開始前 (Before)、最終セッション (Last)、その中間のセッション (Middle) の3つのセッション段階に分割した。すべての参加者で Before は第1セッションの評定値である。Last は課題を完成した際には完成直前のセッション後の評定値で、完成させられなかった場合は第5セッションの評定値となる。Middle に関しては、上記以外のセッションの評定値とした。Middle に属するセッションが複数の場合は平均評定値を求めた。第1セッションのうちに課題が完成した場合には、評定値は Before に属するとみなした。第2セッションで課題が完成した場合には、第1セッションの評定値を Before、第2セッションの評定値を Last とし、Middle の評定値は無いものとした。以上の手続きで参加者ごとに3つの課題全体にわたっての各セッション段階で平均評定値を求めた。High-achiever と Low-achiever の群ごとに平均値を表1に示した。平均値の差の検定に関しては、1名の High-achiever が全ての課題で第2セッションまで課題を完成したため Middle のセッション段階が欠損値となったため、分析からは除外した。残りの46名の参加者に課題成績 (High vs. Low) × セッション段階 (Before, Middle, Last) の2要因分散分析を実施した結果、High-achiever の方が Low-achiever よりも有意に自信度の評定が高かった ($F(1,44) = 94.6, p < .01$)。またセッション段階の主効果も有意だった ($F(2,44) = 39.2, p < .01$)。下位検定の結果、Before での自信度は Middle および Last の評定値よりも有意に高く、Middle での自信度は Last の評定値よりも有意に高かった (いずれも $p < .05$)。課題成績の主効果と要因間での交互作用は有意ではなかった。すなわち、セッション段階が進むにつれ、両方の群で自信度の評定値は低下した。

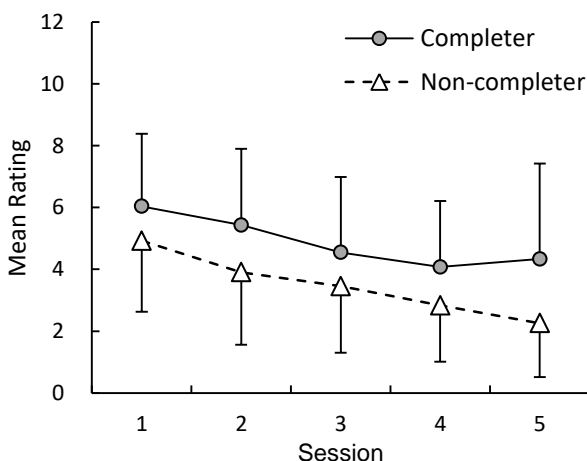


図3 完成者 (Completer) と未完成者 (Non-completer) で3つの課題をまとめて算出した自信度の平均評定値。

表1 課題成績およびセッション段階での主観的自信度の平均評定値

	High-achiever	Low-achiever
Before	6.1 (2.2)	4.8 (1.5)
Middle	5.2 (2.3)	3.5 (1.1)
Last	4.6 (2.7)	2.4 (1.2)

() 内は SD

表2 課題成績および実施日順による
主観的自信度の平均評定値

	High-achiever	Low-achiever
1st day	5.5 (2.2)	3.8 (1.5)
2nd day	5.1 (2.3)	3.6 (1.2)
3rd day	5.6 (2.7)	3.2 (1.6)

() 内はSD

実験では全参加者が3つの課題を1日につき1課題ずつ取り組んだ。このとき、課題の繰り返しによって主観的自信度の評定に違いがあるか検討するため、High-achiever (31名)とLow-achiever (16名)のそれぞれについて、実施日ごとに全セッションをまとめた平均評定値を求めた(表2)。課題成績(High vs. Low)×実施日(1st day, 2nd day, 3rd day)の2要因分散分析を実施した結果、課題成績の主効果が有意だった($F(1,45) = 114.7, p < .01$)。実施日の主効果および2要因間での交互作用は有意ではなかった。

次に、各参加者内で課題を完成できた場合とできなかった場合とで、主観的自信度の評定の違いを比較した。具体的には、参加者47名のうち3つの課題すべて完成できた参加者17名と、すべてで完成できなかった参加者7名を除外し、残りの23名の参加者を分析の対象とした。このうち1名は、完成した2課題とも1セッション以内に終了したため、残りの22名に関して、完成できた課題(Completed task)と完成できなかった課題(Incomplete task)それぞれにおいて、主観的自信度の平均評定値をBefore, Middle, Lastのセッション段階ごとに算出した(表3)。課題完成(Completed vs. Incomplete)×セッション段階(Before, Middle, Last)の2要因分散分析を実施したところ、セッション段階の主効果が有意だった($F(2,42) = 18.00, p < .01$)。下位検定の結果、Beforeでは自信度の評定値がMiddleおよびLastよりも高く、Middleでの評定値はLastよりも有意に高かった。つまり、セッション段階が進むごとに自信度の評定値は低下した。課題完成の主効果は、Completed taskとIncomplete taskとの間に有意な差はなかった($F(2,21) = 1.97, p > .05$)。これら2つの要因間には有意な交互作用がみられた($F(2,42) = 3.46, p < .05$)。単純主効果の検定の結果、BeforeおよびMiddleの段階ではCompleted taskとIncomplete taskの間で主観的自信度の評定値に差はなかったが、Lastの段階になるとCompleted taskの評定値の方がIncomplete

taskの評定値よりも高かった($F(1,63) = 5.25, p < .05$)。すなわち、同一の参加者内では課題を完成できたときの方が完成できなかったときよりも、最終のセッション段階で主観的自信度の評定が高かった。

表3 完成課題と未完成課題での
主観的自信度の評定値

	Completed task	Incomplete task
Before	5.4 (2.0)	5.5 (2.5)
Middle	4.5 (1.9)	3.8 (2.1)
Last	3.9 (2.2)	2.9 (2.1)

() 内はSD

本研究では作業者の眼球運動を測定し、タングラム課題を遂行中のピースの注視時間や視線の移動を解析した。注視時間を分析する対象領域(area of interest; 以下AOI)はピースごとに設定した。各ピースの中心点からピース全体を囲う円の範囲内をAOIとし、その領域内に33msc以上視線が停留したとき当該ピースを注視したとみなした。したがって、視線が高速でピース上を通過した時間は含まれない。この分析法では、複数のピースが隣接して置かれるとAOIは重なることになる。この場合、それらのピースすべてを注視しているとみなして、各ピースへの視線の停留時間を累積した。表4には、各ピースのAOIの累積停留時間を全ピースで総計し、1秒あたりの停留時間に換算した値を、課題ごとに完成者(Completer)と未完成者(Non-completer)に分けて示した。完成者では前半(1st half)は完成時間の前半分、後半(2nd half)は後ろ半分の累積停留時間とした。未完成者では作業開始から第3セッション開始後2分までを前半、それ以降から第5セッション終了時点までを後半とした。3つの課題では完成者と未完成者の内わけが異なるため、課題ごとに群(Completer vs. Non-completer)×時間(1st half vs. 2nd half)の2要因分散分析を実施した。その結果、Lion課題($F(1,39) = 4.78, p < .05$)とDuck課題($F(1,42) = 6.39, p < .05$)では群の主効果が有意で、いずれもCompleterの方がNon-completerよりもピースへの視線の停留時間が短かった。一方、Arrow課題では、群の主効果は有意ではなかった($F(1,41) = 2.78, p > .1$)。また、3つの課題すべてで時間の主効果および群×時間の交互作用は有意ではなかった。

表4 ピース上を注視した1 secあたりの
累積停留時間

	Completer	Non-completer
Lion task		
1 st half	76.3 (57.6)	160.9 (150.2)
	81.7	84.8
2 nd half	98.9 (98.4)	191.4 (199.9)
	65.0	86.2
Arrow task		
1 st half	113.0 (136.4)	196.9 (186.2)
	64.1	153.9
2 nd half	118.3 (139.0)	219.8 (236.6)
	64.2	201.3
Duck task		
1 st half	75.2 (78.5)	153.9 (135.1)
	54.8	123.7
2 nd half	78.3 (80.6)	153.0 (111.1)
	57.7	148.0

注) 各 half の上段は平均値, 下段は中央値を示す.
各数値の単位は msec / sec である. ()内は平均
値の SD を示す.

さらに, 個人の課題成績の高低によって視線の停留
時間に差があるのかを検討するために, 眼球運動が正
常に測定できた High-achiever (30名) と
Low-achiever (15名) のそれぞれについて, 作業時間
全体でピースに視線が停留した1secあたりの時間を算
出した. その結果, High-achiever では 1sec あたり
86.6msec, Low-achiever では 1sec あたり 189.6msec だ
った. 検定の結果, High-achiever の方が
Low-achiever よりも有意に停留時間が短かった
($F(1,43) = 9.18, p < .01$).

次に, 参加者の実際のピース操作の変遷を分析した.
渋谷・中野 (2010) が示したように, Lion 課題におい
ては2つの最も大きい三角形ピースを「ずれた組み合
わせ」に配置できるかが解決への鍵になる. また, そ
れを阻害する要因として, ピースを三角形や四角形の
幾何学的に「きれいな形」に組み合わせる制約がある.
そこで, 2つの三角形ピースを作業者がどのように組
み合わせて配置したかを追跡した. 2つの三角形ピー
スが隣接して置かれたときを画像データから抽出し,
その組み合わせを課題ごとに3つに分類した. Lion 課
題では, 2つの角をいずれもずらした組み合わせ
(Irregular), 一方の角をくっつけてもう一方の角を
ずらした組み合わせ (Transit), 三角形や四角形など

表5 最も大きい三角形ピースの組み合わせ配置

	Completer	Non-completer
Lion task		
1 st half		
Irregular	5.4	6.8
Transit	3.0	6.8
Geometric	14.9	15.1
2 nd half		
Irregular	27.9	6.8
Transit	5.1	10.3
Geometric	5.1	7.8
Arrow task		
1 st half		
Irregular	2.8	3.8
Transit	0.9	1.3
Geometric	35.8	23.2
2 nd half		
Irregular	4.7	2.9
Transit	2.7	1.0
Geometric	35.2	23.5
Duck task		
1 st half		
Correct	31.2	25.0
Geometric	2.4	8.3
Incorrect	15.4	17.8
2 nd half		
Correct	51.5	34.0
Geometric	1.4	4.0
Incorrect	9.7	16.8

注) 数値は各組合せの配置された時間が全体の作業
時間に占める割合. 単位は%.

の幾何学図形 (Geometric) に分類した. 表5には,
それぞれの組み合わせに置かれた時間が全体の作業時
間に占める割合を, 作業時間の前半 (1st half) と後半
(2nd half) とに分けて, 完成者 (Completer: $n = 25$)
と未完成者 (Non-completer: $n = 22$) ごとに示した.
この割合について群 (Completer vs. Non-completer)
×時間 (1st half vs. 2nd half) ×配置 (Irregular vs.
Transit vs. Geometric) の3要因分散分析を実施した.
その結果, 3要因間の交互作用が有意だった ($F(2,90)$
 $= 7.46, p < .01$). 単純・単純主効果の検定を行ったと
ころ, 後半に限って Irregular な配置の割合が
Completer(27.9)の方が Non-completer(6.8)よりもか
なり高かった ($F(1,270) = 26.4, p < .01$). また,

Completer においてのみ Irregular な配置の割合が前半(5.4)よりも後半(27.9)で増大した ($F(1,135) = 42.5, p < .01$). つまり, 正解を含む Irregular な配置は Lion 課題を完成した参加者では後半で有意に増大していたが, 未完成だった参加者ではそうした変化はなかった. 一方, ピースを幾何学的な形に配置した Geometric の割合は, Completer(14.9)と Non-completer(15.1)ともに, 前半では Geometric な配置は Irregular および Transit よりも割合が高かった (いずれも $p < .01$). さらに Geometric な配置の割合は Completer と Non-completer とともに後半では前半よりも有意に減少した (Completer: $F(1,135) = 8.09, p < .01$, Non-completer: $F(1,135) = 4.47, p < .05$). つまり, Geometric な配置は作業が進むにつれて減少した.

Arrow 課題でも Lion 課題と同様の基準で2つの最も大きい三角形ピースの組み合わせ配置を Irregular, Transit, Geometric の3種類に分類した. ただし, Arrow 課題では正解配置が複数あり, 当該の2つのピースを三角形に組み合わせても四角形に組み合わせても正解にたどり着ける (図2中段). したがって, Geometric の分類は正解配置と同じである. 表5の作業時間に占めるそれぞれの配置の割合について, Lion 課題と同様の3要因分散分析(群×時間×配置)を実施したところ, 配置の主効果のみが有意だった ($F(2,90) = 28.7, p < .01$). 多重比較の結果, Geometric な配置の割合は Irregular よりも, また Transit よりも有意に高かった (いずれも $p < .05$).

Duck 課題では, 2つの最も大きい三角形ピースを一方の角を合わせもう一方の角をずらす配置が正解である (図2下段). この配置を Correct として分類した. さらに, 三角形や四角形の幾何学図形の配置を Geometric, これら2つに分類できない配置を Incorrect とし, それぞれの配置の占有時間の割合を算出した (表5). 3要因分散分析(群×時間×配置)の結果, 配置の主効果 ($F(2,86) = 19.1, p < .01$) および時間×配置の交互作用 ($F(2,86) = 10.8, p < .01$) が有意だった. 単純主効果の検定では, Correct の配置については前半 (28.1%) よりも後半 (42.8%) の方が有意に増大していたが, Incorrect と Geometric については有意な差はなかった. さらに多重比較をした結果, Completer と Non-completer を統合した割合は, 前半では Correct(28.1)では Geometric(5.4)よりも有意に高かったが, Incorrect(16.6)とは差がなかった. それが後半になると Correct(42.8)は他の2つの配置

(Geometric = 2.7, Incorrect = 13.2)に比べて割合が有意に高かった (有意水準はいずれも $p < .05$.)

4. 考察

本研究では, 中野 (2009) で洞察問題の性質を有することが示されたタングラムにおいて, 作業者の解決へ見通しと視線移動の変化を検討した. 洞察問題の一般的な傾向として, 解決可能性への見通しは次第に低下し, その後の解決を予測しないか, むしろ解決した作業の方が自信度は低いという知見もある (Metcalf, 1986). 本研究では, 主観的な自信度はセッションが進むにつれて低下した (図1). この結果は発表者が過去に行った研究の結果にも一貫していた (中野, 2003; 渋谷・中野, 2004). この傾向は課題を解決した完成者 (Completer) でも未完成者 (Non-completer) でも違いはなかった. すなわち, Metcalfe (1986) とは異なり, タングラムの解決過程においては作業者本人の自覚的な解決への見通しは, その後の問題解決の成功, 不成功を予測することはなかった. ただし図1では, 完成者の方が未完成者よりも一貫して自信度の評定が高いようにみえる. しかし, このグラフではセッションが進むごとに完成者は作業を終了するために, それぞれのプロットでサンプル数が異なる. したがって, 図1の結果で単純に完成者と未完成者と比較することはできない.

従来の洞察問題に比べて, タングラムでは同一の作業者にくり返し異なるタングラム課題に取り組みせられる利点がある. これまでの洞察研究に用いられた文章問題 (Metcalf, 1986; Patrick et. al, 2014) やパズル問題 (開・鈴木, 1998), 図形問題 (Kaplan & Simon, 1990) のほとんどは, 問題解決者がいったん解決に到達してしまえば, 同種の問題解決をまたくり返すことはできない. これに対してタングラムでは課題シルエットが何種類もあるため, 一つの課題シルエットを解決した後でも, また新しい課題に取り組みさせることができる. この利点により, 従来の洞察研究にはなかった3つの新しい観点からの分析が可能になった. 第一に複数のタングラム課題をくり返すことで, 作業者を熟達度の高い群と低い群に分けて比較できる. 第二に, 個人内で洞察問題をくり返し解決することによる熟達過程を検討することができる. そして第三に, 個人内で課題解決時と未解決時の洞察過程を比較できる.

主観的自信度の評定に関して, この3つの観点からの分析を行った. 第一の観点については, 3つの課題

を全てまたは2つを完成できた **High-achiever** と、1つもしくは1つも完成できなかった **Low-achiever** に参加者を分類した。これらの群間で自信度を比較したところ、いずれの群でもセッションが進むにつれて自信度は低下したものの、**High-achiever** の方が **Low-achiever** よりも一貫して自信度が高かった。つまり、作業者は今の自身の状況がどれくらい解決に近づいているのか正確には予測できないが、タングラムに対する自分自身の全般的な解決能力は、おおむね正確に見積もっていたといえる。

第二の観点からの分析では、実験初日から3日間の主観的自信度の変化を **High-achiever** と **Low-achiever** の間で比較した。この結果、いずれの群においてもタングラムの問題解決の繰り返しにより、主観的自信度が個人内で上昇することはなかった。一方で、両群の間では自信度にはっきりした差があり、**High-achiever** の方が **Low-achiever** よりも評定値が高かった。この群間での差は、実験初日から3日間通して一貫していたことから、自分自身の全般的な解決能力への評価は、実験を通して安定していた。

さらに、第三の観点として課題解決時と未解決時における個人内の比較をおこなった。作業開始前の時点では完成課題と未完成課題の間に主観的自信度の評定に差はなかった。しかし、開始後の中間段階 (**Middle**) では完成課題の方が未完成課題のときよりも主観的自信度の評定は高かった。この結果は、作業者はタングラムの課題自体の難易度を、解決過程の進行に伴ってある程度正確に把握できたことを示す。一方で、完成課題のときでも解決直前のセッション段階 (**Last**) で自信度の評定が上昇しなかった結果から、作業者は今の状態が解決に近いのかどうかは、正確には推定できなかったといえる。同様に熟達者である **High-achiever** でも、完成直前の段階 (**Last**) で主観的自信度は上昇しなかった (表1)。結論として、タングラムの洞察的問題解決では、作業者は課題そのものへの解決可能性の高低については、作業開始後の比較的早い段階で見通すことができたと考えられる。しかし、たとえ熟達者であっても、現状がどれくらい解決に近いかは解決過程が進んでも正確に見通すことはできなかったといえる。

本研究の第二の目的は、タングラムの解決過程における視線移動の特徴を明らかにすることだった。この目的のために、個々のピースを注視した停留時間を累積し1 secあたりの値に換算したうえで、全ピースにわ

たる総和を求めた。この累積停留時間を課題ごと、また完成者と未完成者で比較したところ、**Lion** 課題と **Duck** 課題において完成者の方が未完成者よりも停留時間が有意に短かった (表4)。そこで、タングラム課題への熟達と、ピースへの視線の停留時間が短いことに関連があるのかを検討するために、自信度の評定の分析と同様に、**High-achiever** と **Low-achiever** の2群に分けて累積停留時間を比較した。その結果、**High-achiever** (86.6 msc/sec) の方が **Low-achiever** (189.6 msc/sec) よりもかなり停留時間が短かった。この結果は、解決過程の前半でも後半でも変わらなかった。つまり、タングラム課題を解決できた場合や熟達者においては、ピースを注視して視線が停留している時間が解決過程全体を通して短かったと考えられる。

逆にいえば、個別のピースに視線が停留せずに7個のピース全体を走査するように視線を移動させた方が、問題解決の可能性が高かったと推測できる。この点に関してより直接的な証拠を得るためには、セッション全体で視線の総移動距離を視角に換算して算出する必要がある。1secあたりの移動距離は **High-achiever** の方が **Low-achiever** よりも長いはずである。予備的な分析では、この推測を裏付ける結果も得られている。加えて、**Arrow** 課題では完成者と未完成者の間に停留時間に差がなかったことから、問題空間を広範囲に探索する方略は解決が難しくなった際に意識下で採択される可能性がある。

最後に、タングラムの解決過程におけるピース操作の特徴は、鈴木・開(2003)が提示した制約の動的緩和理論の予測と合致している。鈴木らは、この理論を説明する例として **T** パズルを挙げている。このパズルでは4個のピースを **T** の字型に配置できれば正解で、ルール自体はタングラムと類似しているが、正解配置が一通りしかない点がタングラムとは異なる。**T** パズルにおける制約は3種類ある。第一の対象レベルの制約は、ピースの底辺などを基準線と平行に「安定して」置く傾向である。第二の関係の制約は、複数のピースを幾何学図形など「きれいな形」に組み合わせる傾向である。第三のゴールの制約は、現在の状態とゴールに対するイメージの適合度を反映する。

タングラムの解決過程でも、対象レベルの制約と関係の制約は明瞭に表れた。特に **Lion** 課題では、完成者でも最初は幾何学図形を作る割合が多かったが、その制約を脱した後は正解へとつながるずれた組み合わせに配置する割合が増した。すなわち、きれいな形を作

るという関係の制約を脱することが、解決への条件となっていた。ただし、未完成者の結果でも前半から後半にかけて Geometric な組み合わせの割合は減少した。このことから、関係の制約を脱することだけでは、正解に至るには十分ではなかったと考えられる。未完成者では Irregular の割合が後半であまり上昇しなかったことから、ずれた配置という新しい表象を明確にすることもまた解決への条件だったと考えられる。

これに対して、Arrow 課題では最も大きな2個の三角形ピースを三角形に組み合わせても、四角形に組み合わせても正解に到達できる。したがって、「きれいな形」を作る制約を脱する必要がないため、完成率も高いと予測した。実験の結果は予測の通りで、Lion 課題以外の課題でも関係の制約が解決を左右する要因となることが示された。しかし、Arrow 課題とそれ以外の2つの課題で完成率に差があったのに対して、完成時間には差がなかった。したがって、ピースの組み合わせにかかる関係の制約を適切に処理するだけでは、洞察が生じるのに十分ではなかったと考えられる。実際、Duck 課題では完成者も未完成者も、前半から高い割合で2つの三角形ピースを正解 (Correct) と同じに組み合わせられており、後半では割合はさらに増大した(表5)。しかし、完成率自体は Lion 課題と変わらなかった。この結果から、Duck 課題では関係の制約以外の要素が、正解に至る鍵だったと考えられる。図2の下段を見ると、Duck 課題の正解配置でアヒルの羽の部分を2個の大きな三角形ピースで構成すると、残り5個のピースのうち頭の部分の三角形ピースを除けば、4個のピースをすべて底辺や辺を基準線とは別の向きに置かなくてはならない。つまり、正解に至るにはピースを安定した方向に置くという対象レベルの制約を脱しなくてはならない。今後の分析に関しては、個々のピースにかかる対象レベルの制約がどのように解決を阻害するのか、また解決者はそこから脱し、どのように正解にたどり着くのか明らかにする必要がある。

5. 引用文献

- [1] 開一夫・鈴木 宏昭 (1998) “表象変化の動的緩和理論：洞察メカニズムの解明に向けて”, 認知科学, Vol. 5, No. 2, pp.69-79.
- [2] Kaplan, C. A., & Simon, H. A. (1990) “In search of insight.”, *Cognitive Psychology*, No. 22, pp. 374-419.
- [3] Metcalfe, J. (1986) “Promotions of insight predict impending error.”, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 12, pp. 623-634.
- [4] 中野良樹 (2009) “数理パズル「タングラム」における洞察的問題解決”, 秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学, Vol. 64, pp. 65-72.
- [5] Patrick, J., Ahmed, A., Smy, V., Seeby, H., & Sambrooks, K. (2014) “A cognitive procedure for representation change in verbal insight problems.”, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 41, pp. 746-759.
- [6] 渋谷宗・中野良樹 (2010) “数理パズル「タングラム」の洞察的問題解決における解決可能性への主観的評価と潜在的評価”, 秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学, Vol. 65, pp. 47-56.
- [7] 鈴木宏昭・福田玄明 (2013) “洞察問題解決の無意識的性質：連続フラッシュ抑制による閾下ブライミングを用いた検討”, 認知科学, Vol. 20, 353-367.
- [8] 鈴木宏昭・開一夫 (2003) “洞察問題解決への制約論的アプローチ”, 心理学評論, Vol. 46 (2), 211-232.
- [9] 田村 昌彦・三輪 和久 (2011). “洞察問題解決における類推の手掛かり利用の検討”, 認知科学, Vol. 18, pp. 299-313.
- [10] Thomas, L. E., & Lleras, A. (2009) “Covert shifts of attention function as an implicit aid to insight.”, *Cognition*, Vol. 111, pp.168-174.