

# 立体形成イメージに関わる空間操作能力の役割

藤木 晶子

(北星学園大学短期大学部)

キーワード：空間操作能力，非剛体変換，剛体変換

## 目的

対象を空間的に操作する心的シミュレーションには、対象の形状を変えずに対象そのものの向きを変える剛体変換 (rigid transformation) と、対象を折ったり曲げたりして形状を変化させる非剛体変換 (non-rigid transformation) がある。これら 2 種類の空間操作能力については、発達プロセスや認知方略、汎化スキルが同様である (e.g., Harris & Hirsh-Pasek, 2013) ことから、機能的類似性が高いことが指摘されてきた。その一方、両者の機能的に類似していない点については、それを指摘する研究はあるものの (e.g., Atit, Shipley & Tikoff, 2013), 具体的に両者にどのような相違があり、それぞれがどのように異なる役割を担っているのかという詳細はいまだ不明な点が多い。

藤木 (2018) は、平面的な紙を折ったり、曲げたりしながら形を変化させて立体作品を作り上げる折り紙行為に注目し、それを心的にシミュレートする際に、非剛体変換のみが関与しているのか、それとも剛体変換も関与しているのかどうかを検討した。具体的には、立体的な折り紙作品を制作する過程をイメージした際の体験内容と 2 種類の空間操作能力との関連を調べた。その結果、折り紙イメージ体験には、剛体変換と非剛体変換の両方が関与していることが分かった。

これまでの研究では、剛体変換と非剛体変換能力は、それぞれ個別に検討されることが多く、両者の機能が連携した認知行為に注目した研究はほとんど行われていない。しかし、藤木(2018)の研究を踏まえると、平面から立体作品を形成する過程には、剛体変換と非剛体変換が共に関与していることが分かる。こうした両者が連携する行為を取り上げ、その行為の中でそれぞれがどのよう

な役割を果たすのかを検討することは、剛体変換と非剛体変換との間にある共通した機能とそれぞれ固有の役割を果たしている機能について、改めて理解する一助となり得る。

そこで、本研究は、立体形成イメージに注目し、剛体変換と非剛体変換がそのイメージ形成に対し、機能的に類似しているのかどうかを検討する。とくに、平面から立体を構成する展開図構成テスト、立体の向きの変化を求めるような剛体変換能力を測定する課題 (心的回転テスト)、平面的な形状変化を求める非剛体変換能力を測定する課題 (ペーパー・フォールディングテスト) の 3 種類の空間操作能力を測定するテストを実施し、それらの関連性を検討する<sup>1</sup>。

## 方法

**調査対象者** 大学生 257 名 (女性 222 名, 男性 35 名, 平均年齢 = 19.2 歳)

**展開図構成テスト (SDT)** Ekstom, French, Harman & Dermen(1976) による Surface Development Test を用い、2次元平面の展開図から3次元の立体を心の中で構成することを求めた。このテストでは、左に2次元平面の展開図、右にそれを組み上げた立体図が配置された。展開図の5カ所の辺に数字が記され、それと一致する立体図の辺のアルファベットを回答することが求められた。1問につき5つの辺に対する回答が求められ、6分の制限時間内に6問を回答することが求められた。テストは2セット行われ、全12問への回答が求められた。

**心的回転テスト (MRT)** Vandenberg & Kuse(1978)による Mental Rotation Test を用いた。左に標準刺激が、右に4つの比較刺激が配置され、標準刺激の向きを変化させたときに同じ図

<sup>1</sup> 藤木(2019)にて実施した調査で行われたイメージテストのうち、本調査にて注目すべき3種類のテスト結果を抽出して分析した。

形になる比較刺激を2つ選択することが求められた。テストは2セット行われ、全12問への回答が求められた。採点は、2つ選択した回答の内、両方正解した場合のみ点数を付与した。

**ペーパー・フォールディングテスト (PFT)**  
Ekstom et. al.(1976) による Paper Folding Test を用い、正方形の紙を折り畳んだり、逆にその折り畳まれた紙を開くことを心の中で行うことを求めた。このテストでは、左に1枚の正方形の紙が折り畳まれる様子が2～4つのステップで呈示され、最終ステップで畳まれた紙のある箇所に紙を貫通するように穴を空けられた。被調査者は、心の中で再度、紙を元の正方形に戻した際に、最終ステップで開けられた穴がどのように空いているのかを右の5種類の選択肢から1つ選択することが求められた。1セット10問を3分の制限時間内に回答することが求められた。テストは2セット行われ、全12問への回答が求められた。

**手続き** 集団で実施された。すべてのテストにおいて、実施する前に練習課題を行った。

## 結果

**相関分析** 各イメージテストの相関を Table1 に示す。立体形成を求める SDT は、剛体変換能力を測定する MRT と非剛体変換能力を測定する PFT と有意な相関が認められた。また、MRT と PFT との間にも有意な相関が認められた。

**偏相関分析** MRT と PFT が同じ機能的役割をもって SDT に関与しているのかどうかを調べるために、MRT と PFT に存在する SDT の影響を除いた両者の関連を調べるために、SDT を制御変数とした偏相関を調べた。SDT の影響を除いた場合、MRT と PFT との間にも有意な相関が認められなかった。その結果を Figure1 のパス図に示す。

Table 1. 各イメージテストの平均・標準偏差・相関

	平均	標準偏差	SDT	MRT	PFT
SDT	41.56	14.59	-	.52*	.64*
MRT	7.54	3.91	-	-	.41*
PFT	13.82	3.74	-	-	-

\*p < .01

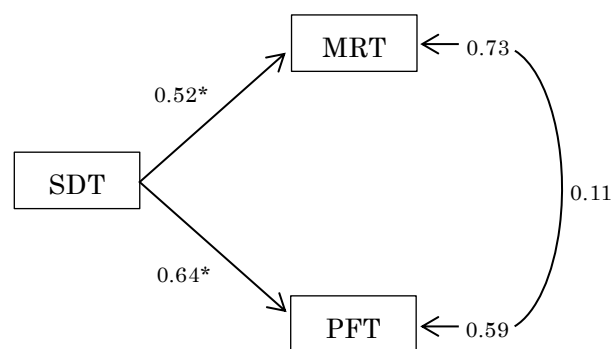


Figure 1. SDT を制御変数とした偏相関のパス図

## 考察

相関分析の結果から、立体形成イメージに対し、剛体変換能力と非剛体変換の両方が関与していることが分かった。また、剛体変換と非剛体変換の間の相関も有意であった。しかし、両者に共通する要因を除いた偏相関分析を行ったところ、その関連性は消失した。これらのことから、立体形成イメージに対し、剛体変換と非剛体変換は共に関与するが、それぞれが異なる機能的役割を果たしていることが明らかとなった。

平面から立体をつくる立体形成イメージでは、意図的に力を加えて対象を動かすという行為がそのイメージ形成に重要な役割を果たしており、剛体変換も非剛体変換もその点に関しては、同じように機能していると思われる。その一方、対象をどのように動かすのかという操作方法に関しては、剛体変換と非剛体変換の間に相違点を見出すことができる。まず、非剛体変換は、紙を平面から立体に起こすという形状変化を達成するために、折り曲げる操作を行っていると考えられる。一方、剛体変換は、立体構造の理解に利用されている可能性が考えられる。つまり、平面図形は1方向からすべての形状を把握できるが、立体の場合には、右から見た形状と左から見た形状は異なる。全体構造を把握するためには、その図形の向きを変えて多方向から様々な形状を把握する必要がある。したがって、剛体変換は、平面から立体を作り上げる際に、対象の向きを変えながらその全体構造を理解する役割を担っている可能性が考えられる。したがって、立体形成イメージは、非剛体変換による折り曲げ操作と剛体変換による全体構造の理解という2種類の操作が連携することで実現されている行為だと考えられる。

(FUJIKI Akiko)