

立体と線画の対応のために3Dビューが果たす心的回転の補助的役割について

山岸 将大

1.はじめに

1-1.研究背景と目的

3Dモデリングソフトの普及やBIMの利用などにより、従来の平面の画像や図面などによる情報伝達(以下「二次元的な情報伝達」という。)に加えて、360°全ての方向から対象の3Dモデルを見ることのできる3Dビューによる情報伝達(以下「三次元的な情報伝達」という。)の利用が建築分野での様々な場面で試みられている。一方で、3Dビューでの情報伝達を二次元的な情報伝達に比べた際の機能性や有用性について建築分野での利用を踏まえて述べられた論文は少ない。

本論文では、二次元的な情報として提示されたものを比較対象の物体の向きに対応させるために頭の中で行う回転(心的回転)を、3Dビューによる三次元的な情報伝達がいかに補助するかに焦点を当てて、両者を比較することによって、3Dビューの有用性、特徴を明らかにすることを目的とする。

1-2.Mental Rotation Test について

Mental Rotation Test (MRT)は心理学の分野を中心に空間認識力を測る一つの尺度として用いられる実験的手法であり、本論文でも二次元的な情報伝達と3Dビューによる情報伝達を比較分析するにあたり指標としてこのMRTを用いた。

MRTとは、図1に示すような一対の線画が同時的に提示され、その両者が同じものを回転したものか、それとも鏡映像的なものかを被験者に判断してもらい、その反応速度を基に空間認識力を測るものである。一般に、比較する2つの対象物の角度差に比例して反応に時間が長くなることが知られている。また、鎌田ら(1999)によって回転軸をどの方向に傾けても反応時間に関しては同じ結果となり、人間の視覚認知において得手・不得手な合成軸は存在しないこともわかっている。

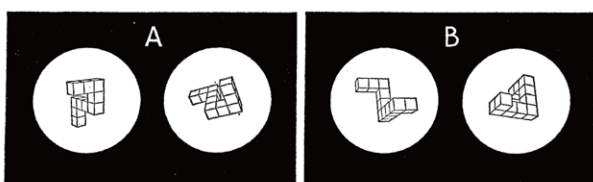


図1 メンタル・ローテーションの刺激図形 [Shepard & Metzler(1971)による]

2.実験

2-1.本実験の目的

実物立体である標準刺激に対して、二次元的な情報である「線画」による比較刺激の提示と三次元的な情報である「3Dビュー」による比較刺激の提示という2条件でMRTを行うことで、実物立体と比較情報の対応に要する時間及び正答数に関して比較刺激の提示方法の違いがもたらす影響を分析し、二次元的な情報伝達と比較した際の3Dビューによる情報伝達の有用性、特徴を明らかにすることを目的とする。

2-2.方法

2-2-1.実験参加者

九州大学工学部建築学科の学生16人(男性13人、女性3人、20歳～24歳)を対象とした。

2-2-2.本実験に用いるMRTプログラムの特徴

本実験で作成したMRTプログラムの特徴は主に2点あり、1) 標準刺激が線画ではなく立体模型であること。2) 比較刺激は線画での表示であるが、操作により任意方向に三次元的な回転が可能であること。(3Dビュー表示の場合)である。1)に関しては、一般に建築の分野において行われる「立体と図面の対応」のための心的回転という状況に近づけるために「線画 - 線画」ではなく「立体 - 線画」の組み合わせを用いている。

2-2-3.実験刺激

まず、三次元物体を2パターン設定し、これらを構成する立方体の一辺を100mmとする立体模型を作成し、これを標準刺激とした。また、立体模型の正面に立ち、標準視線高から見た際の視点位置からの透視図を比較刺激の基準とした。(図2)

比較刺激に関しては、まず上記で設定した基準を正像とした場合にそれを左右反転させた像である鏡像を作成した。

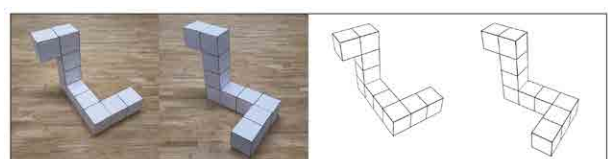


図2 標準刺激として用いた2パターンの立体模型(左写真) 比較刺激の基準として用いた透視図の線画(右図)

回転に関しては、2パターンの三次元物体それぞれの中心を原点とし、図3のように α 軸・ β 軸を設定し、それぞれの軸に対して回転角は 0° から 180° まで 30° 刻みで7段階に変えられた。それに加えて、問題を複雑化するために一方の軸方向に 180° 回転させた上で他方の軸方向に 0° から 180° まで 30° 刻みで7段階に変えられたものも100通りずつ用意した。

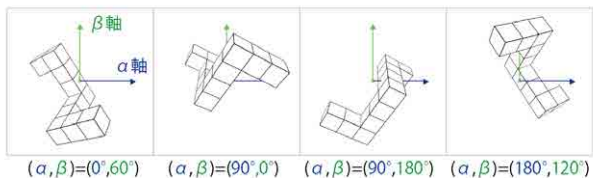


図3 比較刺激の各軸周りの回転の例
(実際の提示では軸は表示されない)

2-2-3.実験条件

標準刺激である図2の模型2パターンをそれぞれ5セットずつ用意した。これらを正面から見た際に比較刺激の透視図と見え方が一致するように机の上に並べて設置した。室内の10個の標準刺激の配置に関してはランダム性を可能な限り担保するために、模型それぞれにエクセル上で乱数を割り振ってその数値の小さいものから順に周回できるように配置した。比較刺激に関しては、提示ディスプレイとしてタブレットを用い、用意した100種類の比較刺激を対応する標準刺激に合わせてランダムに画面上に表示するプログラムを作成した。

2-2-5.実験の流れ

始めに被験者には、実験の大まかな流れとタブレットの使い方を口頭で説明する。画面上に表示された三次元物体と目の前に立体模型を見比べて、それが「同じ」もの(実像)か「異なる」もの(鏡像)かをできるだけ速く正確に判断し、タブレット上に表示されている「同じ」もしくは「異なる」のボタンを押すように指示した。(図4,図5)

ボタンを押すとその選択の正誤と「次の問題へ」のボタンが表示されるプログラムになっている。一問答え終わるごとに、被験者には一つ隣の模型の正面に移動してもらい、「次の問題へ」のボタンを押し、先ほどの選択のタームに戻るといった流れを室内を回りながら繰り返してもらう。

標準刺激条件(2パターン)×回転角度条件(前述25パターン)×2(正像 or 鏡像)のトータル100試行。20試行(室内二周)を1セットとし、ブロックごとに短い休憩を挟み5セットを行ってもらった。

これを、線画による比較刺激提示と3Dビューによ

る比較刺激提示の2パターンで行ってもらった。連続で試行を行うことでの慣れの影響を考慮して、被験者を二グループに分け、一つのグループには線画での提示のセットを先に行ってもらい、もう一方のグループでは3Dビューでの提示のセットを先に行ってもらった。



図4 一致例



図5 不一致例

3. 反応時間

3-1.結果と分析

反応時間に関して正解した問題の反応時間のみを分析対象として、比較刺激を線画で提示した場合と3Dビューで提示した場合それぞれの軸に関する回転角度ごとの反応時間の平均値を算出し、折れ線グラフに示した。また表示方法(線画、3Dビュー)と角度($0^\circ \sim 180^\circ$)に対して平均反応時間を従属変数とする2要因分散分析を行った。それぞれのグラフ、表を図6に示す。

図6の分散分析の結果の通り、本実験ではどの場合に関しても表示方法の主効果に関して反応時間に有意な差は見られず、また、表示方法と回転角度の交互作用に関しても有意な差は見られなかった。しかしながら、回転角度の主効果は有意となっている場合が多く見られ、グラフの傾きからも3Dビューでの判断の場合も線画の判断の場合と同様に回転角度が大きくなるほど平均反応時間が増加していくということが言える。

また、平均反応時間を従属変数としてその他の条件に対して行った分散分析に関して特筆すべき点は、回転方向と表示方法に関してである。回転方向も独立変数に加えて多要因分散分析を行った結果、一軸回転を行った実像に関して表示方法の主効果($F(1,14)=0.050, p=.827$)と回転方向の主効果($F(1,14)=2.670, p=.125$)に有意な差

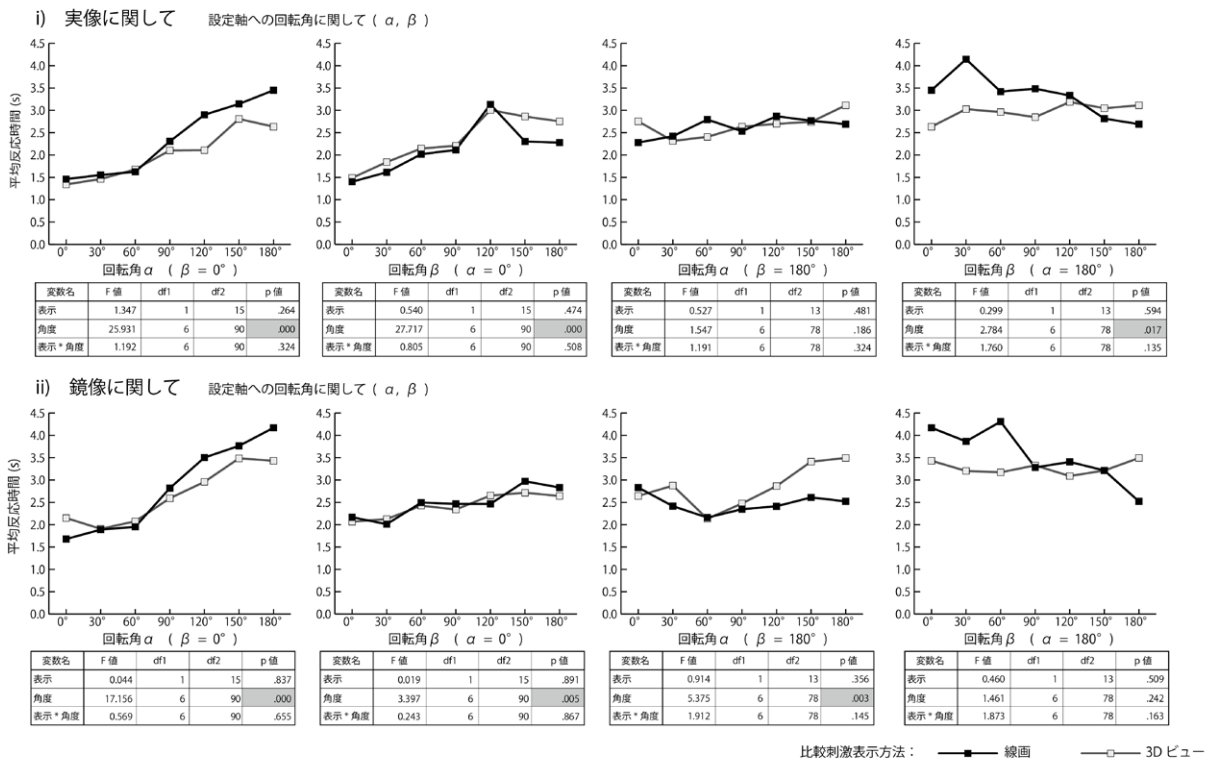


図6 各回転角度における平均反応時間と2要因分散分析の結果

はなかったが、表示方法と回転方向の交互作用 ($F(1,14)=14.896, p=.002$)が有意であった。下位検定の結果、線画による提示における回転方向の単純主効果が有意傾向となり、 α 軸方向の方 ($M=2.290s, SE=0.145$)が β 方向 ($M=2.134s, SE=0.166$)よりも平均反応時間が長かった。一方で3Dビューによる提示における回転方向の単純主効果は有意となり、 α 軸方向の方 ($M=2.024s, SE=0.145$)が β 方向 ($M=2.330s, SE=0.166$)よりも平均反応時間が短かった。

3-2.反応時間に関する考察

反応時間に関しては上記の通り、3Dビューでモデルを回転して一致不一致を判断する場合も頭の中で図形を回転させて判断する場合と同様に比較刺激の回転角に比例して平均反応時間が長くなることがわかった。これは3Dビューでモデルを回転させる際その角度差に比例して操作時間が長くなることにより説明できる。

一方で、回転方向と表示方法の交互作用が見られたことに関しては、3Dビューでの判断に関して得手・不得手な回転軸があることが考えられる。今回に関しては、3Dビューは α 軸への回転が得手で β 軸への回転が不得手だったと考えると、有意差が見られた一軸回転の実像以外の場合でも、一軸回転の鏡像に関しては α 方向の回転に関して角度が大きい場合に3Dビューの方が平均反応時間が短くなっていること、二軸回転に関しても実像、鏡像それぞれ β 軸方向に180°回転した上での α 軸回転の場合は3Dビューが静止画

と平均反応時間が同じくらいもしくは長くなっていることが多く見受けられ、 α 軸方向に180°回転した上での β 軸回転の場合は3Dビューの方が平均反応時間が短くなる場合が多く見受けられ、これらは軸の得手・不得手で説明がつく。

4.正答数

4-1.結果と分析

比較刺激を静止画として提示した場合と3Dビューで提示した場合それぞれの軸に関する回転角度ごとの正答数を算出し、折れ線グラフに示した。また表示方法(静止画、3Dビュー)と角度(0°~180°)に対して正答数を従属変数とする2要因分散分析を行った。それぞれのグラフ、表を図7に示す。

図7の分散分析の結果から、正答数に関しては反応時間と異なり、半数以上の場合において表示方法の主効果に有意差が見られている。

4-2.正答数に関する考察

グラフからも分かる通り、正答数に関しては3Dビューを用いた場合の方が好成績を望めることが分かる。3Dビューは心的回転に対して正確な判断の補助をすることが確かめられた。

また、3.2の軸方向への得手・不得手に関する考察を踏まえて正答数に関するグラフまたは分散分析の結果を見ると、正答数に関しても平均反応時間の際と同様の傾向が見られることが分かる。

α 軸方向の回転に関して回転角度が大きい場合に

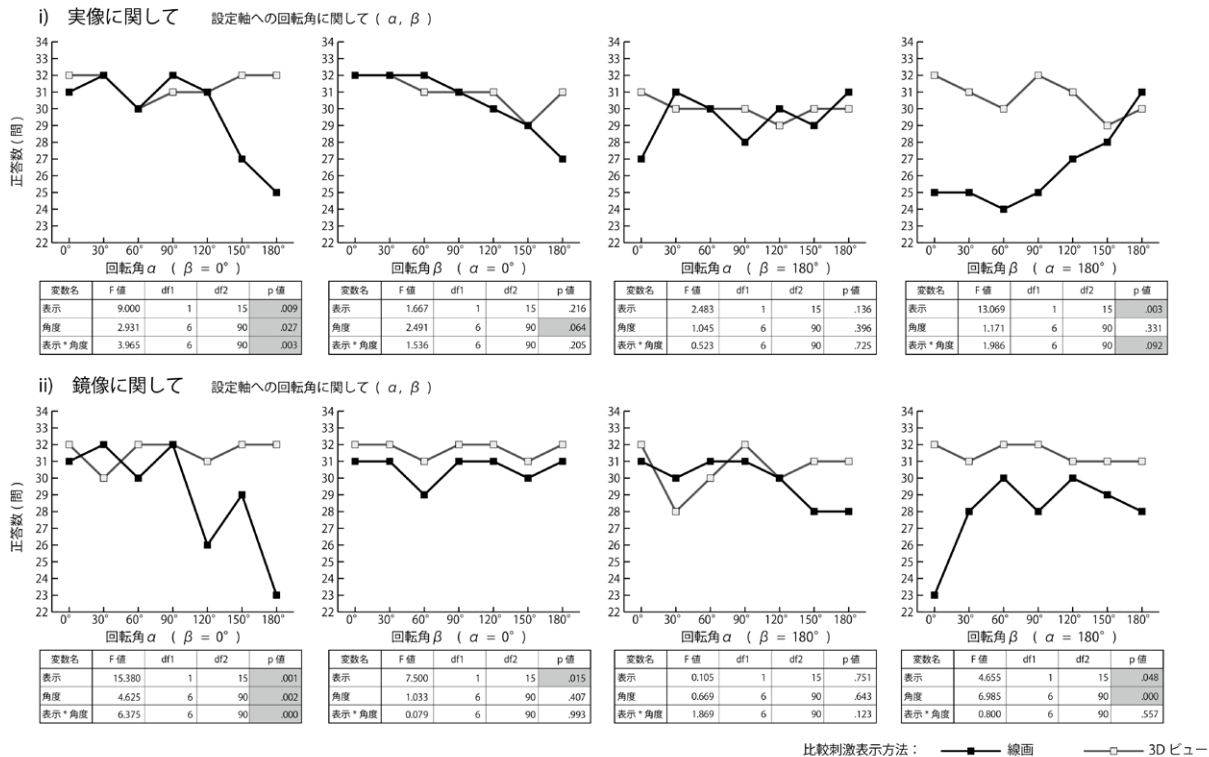


図7 各回転角度における正答数と2要因分散分析の結果

3Dビューにおける正答数が線画の場合と比べるとその差は大きく、3Dビューの方が成績が高い場合がほとんどである。一方で β 軸方向の回転に関しては3Dビューの方が多少優位な場合もあるが、大きな差はなく同様のグラフの動きをしていることが分かる。

よって、正答数の場合は表示方法の主効果において有意な差があり3Dビューの方が正答数が高くなる傾向がある。さらに α 方向の回転に関してその傾向が大きくなると言える。

4. 結び

4-1. 総合考察

本研究で取り扱った実験において、立体と線画の対応に対して比較刺激の提示に3Dビューを用いた場合、線画での提示に比べて、反応時間には有意な差は見られなかったが、3Dビューの方が正答数に関して高い成績を治めることがわかった。3Dビューは立体と線画の対応において正確な判断を補助する役割があると言える。また、一般の心的回転課題では基本的に回転方向に関しては得手・不得手がないとされているが、立体との対応、または3Dビューを用いた場合に比較刺激の回転方向が結果への影響を及ぼすことが考えられる。今回の場合、3Dビューは心的回転に対して α 軸回転を得手とし、 β 軸を不得手とするような傾向が見られた。

よって、立体と線画の対応の判断を行うことが比較的多い建築分野で3Dビューを用いる場合は回、転軸

の考慮した利用を行うことで3Dビューの効果がより有効に得られると考えられる。

4-2. 今後の展望

本実験では、軸による得手不得手の違いの要因を明確に検証できていない。標準刺激が立体であることの影響、被験者が三次元物体の回転に関して比較的慣れている建築学生であることの影響など様々な要因が考えられるので対照実験等で明らかにする必要がある。

また本実験では上記で定義した α 軸と β 軸の方向への回転に関して取り扱ったが、今回設定した軸方向以外の回転軸に関してはどのような特徴が見られるのか調べることも有効であると考えられる。

参考文献

- [1] 下條 信輔 (1981) メンタル・ローテーション実験を巡って -- イメージ研究の方法論の一考察-- 心理学評論/24巻(1981)1号
- [2] 中野 溪 渡邊 伸行 (2014) 拡張現実感による物体提示が心的回転に及ぼす影響の検討 信学技報:IEICE Technical Report 113(462)
- [3] 鎌田 光宣 杉浦 彰彦 (1999) 合成回転軸の変化とメンタルローテーション関数の関係 映像情報メディア学会誌 53巻(1999)9号
- [4] 清水 裕士 (2016) フリーの統計分析ソフトHAD:機能の紹介と統計・学習・教育、研究実践における利用方法の提案 メディア・情報・コミュニケーション研究,1,59-73.
- [5] Cooper, L.A., & Shepard, R.N. (1973) Chronometric studies of the rotation of mental images. In Chase, W.G. (Ed.) Visual information processing. Academic Press, Pp. 75 ~ 176.