

## 【研究論文】

# 短期的な 3 次元 CG モデルの制作による空間認識力育成の効果

瀬戸崎 典夫 (長崎大学 教育学部)

中村 優太郎 (長崎大学 教育学部)

森田 裕介(早稲田大学 人間科学学術院)

## 1. はじめに

3次元空間における物体の状態や関係を正確に把握し、認識する能力である空間認識力は、多様な場面で必要とされる。例えば、幾何学教育や建築表現では、空間的なものの把握が重要視されている(堤 2004, 加藤 2008)。また、物の位置関係や距離、大きさの把握は日常的にも必要とされ、設計図から完成図をイメージした組み立て作業や、地図の読み取りなどでも空間認識力は利用される。

さらに、教科教育で求められる技能の基礎にも空間的な要素が含まれており、理科の天体分野における月の満ち欠けのしくみや(栗原ら 2015)、算数・数学における空間図形においても空間認識は重要な能力と言えよう(板垣 2008)。しかしながら、誰もが迅速かつ正確に空間を認識することは難しく、空間認識を必要とする学習内容は、児童・生徒にとって理解しづらく、教師にとっても教えるににくい学習内容として挙げられる。

一方、近年の急速な情報化にともない、CG (Computer Graphics) を利用した空間認識力育成に向けた研究が報告されている。孫ら(1997)は、立体シミュレータを利用したコースウェアによる空間認識力育成の効果を検証し、図形科学授業での空間認識力が向上したことを報告した。また、建築分野では、リアルタイムCGを用いた建築空間の空間認識力を測定するテストを開発し、操作性能を満たすことを確認した(安福ら 2006)。

ただし、これらの研究では、開発されたCGコンテンツの利用による効果を検証したものであり、CGモデルの制作による効果について言及した研究は希少である。堤(2008)は、空間認識に関する能力向上と3DCG教育の関係に対する報告が少ないことを指摘し、大学生を対象とした3DCGを用いた3次元の形状表現の教育を試みた。その結果、授業前後でのMCT (Mental Cutting Test) の得点が向上したことを示した。しかしながら、大学講義における前期および、後期の長期間による講義前後の学習効果を評価しており、CG制作活動による空間認識力向上を明確に示したとは言い難い。

そこで、本研究は短期間での3次元CGモデルの制作活動による空間認識力育成の効果을明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 2.1 被験者の属性

本研究では、義務教育段階である小・中学生7名(小学5年生:2名, 中学1年生:4名,

中学2年生：1名）および、成人年齢に達している大学生・大学院生 13 名（学部生 8 名，大学院生 5 名）を被験者とした。なお，本実践に参加した小・中学生は，大学が提供する情報技術に関わる公開講座を自ら希望して受講した児童・生徒であった。また，大学生・大学院生は，大学の履修カリキュラムとは関係なく，筆者らが設けた特別講義に参加した学生らであった。

さらに，CG 制作活動による効果を明らかにするために，小・中学生 58 名（小学 6 年生 27 名，中学 3 年生 31 名）および，大学生・大学院生 33 名（学部生 23 名，大学院生 10 名）を対象に統制群を設けた。

## 2.2 CG 制作活動による授業実践

本研究では，空間認識力を測定する指標として，他の尺度との相関が高く，言語テストとの相関が低いとされる，MRT (Mental Rotation Test : Vandenberg, S. G. & Kuse, A. R. 1978) を用いた。また，心的回転を要する活動を重視することによって，CG 制作による空間認識力の変容について評価した。

本実践の概要を図 1 に示す。被験者の空間認識力を測定するために，MRT による事前調査を行なった。また，CG 制作活動の実践後に同様の MRT および，主観評価によるアンケート調査を実施した。

まず，導入として図 2 に示すように，ひとり一台のタブレット端末を用いた制作活動をおよそ 30 分間設けた。本活動は，3 次元空間における制作に慣れてもらうことをねらいとしており，タブレット端末用の CG 制作アプリケーション（マジカルスケッチ 3D/Shade3D 社製）を使用した。本アプリケーションは，手書き感覚の直感的な操作によって，比較的容易に 3 次元 CG モデルを作成することができる。被験者らは，およそ 10 分間の基本操作の説明を受けた後に，任意の 3 次元 CG モデルをおよそ 20 分間で自由に制作した。自由制作では，主に手書きによる輪郭形成から 3 次元 CG モデルを作成し，「選択部分にくぼみをつける」や，「選択部分を押し出す」，「不要な部分を切り取る」等の機能を利用して CG モデルを変形させた。また，ペイントツールによって，

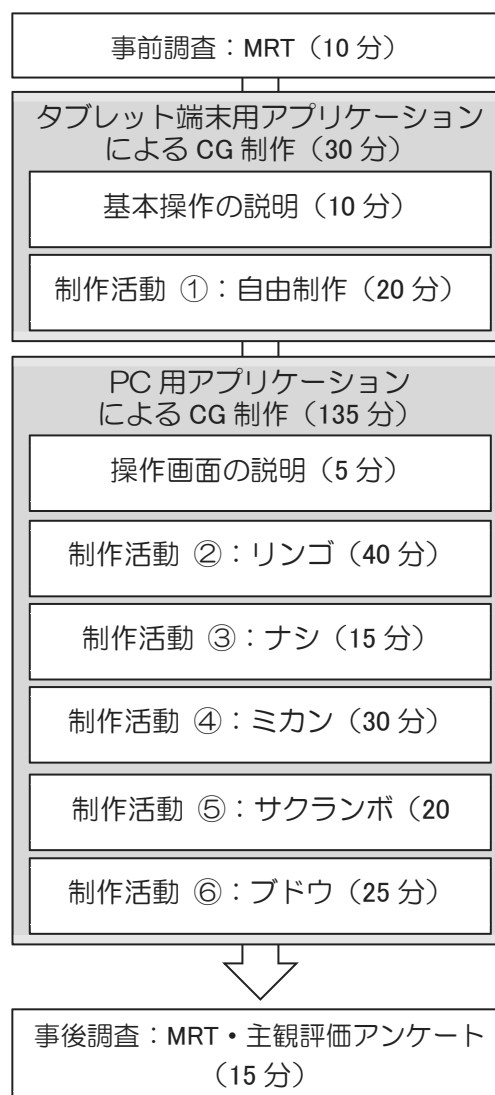


図 1 実践の概要

3次元CGモデルに色塗り感覚で着色する作業を行った。

次に、PC用のCGアプリケーション（Shade3D ver. 17/ Shade3D社製）を用いた制作活動をおよそ135分間設けた（図3）。被験者らは、ひとり一台のノート型PCを用い、2～3名を1グループとして制作活動に取り組んだ。PC用アプリケーションによるCG制作では、操作画面の説明を5分程度行なった後に、制作活動②の「リンゴ」を事例として基本操作について演習した。「リンゴ」のCG制作では、線描きしたリンゴの断面図を回転させ、立体化させたCGモデルに対して、ストロー状の「ヘタ」を取り付け、それぞれにテクスチャを設定することで着色した。次に、制作活動③の「ナシ」の制作では、CGモデルへのテクスチャ設定を確認させ、「リンゴ」のCGモデルと色を変更する作業をさせた。また、制作活動④の「ミカン」の制作では、これまでに学習したCG制作手順について確認をした。さらに、制作活動⑤の「サクランボ」の制作では、「リンゴ」のCGモデルを複製することで制作過程を簡略化し、2つの果実とヘタを3次元空間上に配置する作業を行った。最後に、制作活動⑥として「ブドウ」のCGモデル制作を課した。ブドウの制作では、複数の果実を3次元空間上に配置する必要がある。したがって、上面図や正面図、右面図等を確認しつつ、空間認識を要しながら制作することを意図した課題であった。

なお、本実践は3時間程度のCG制作活動と休憩時間を含めて全体で4時間程度の実施であった。そこで、統制群の小・中学生58名および大学生・大学院生33名に対して、事前テストとしてMRTを実施した。さらに、CG制作活動は行わず、空間認識とは関係ないと思われる活動（授業等）を、およそ4時間程度設けた後に、事後テストとしてのMRTを実施した。



図2 タブレット端末用アプリによるCG制作



図3 PC用アプリによるCG制作

### 2.3 評価方法

MRT（20問 / 40点満点）の事前テストと事後テストの得点の平均値について、二要因混合比較による分散分析を行なった。まず、小・中学生と大学生・大学院生による発達段階における空間認識力の変容および、CG制作活動の効果について検討するために、統制群を含めた「群間比較」を第一要因（被験者間比較）として設けた。さらに、空間認識力の変容について検討すべく、事前テストと事後テストの得点を水準とした「得点変移」を第二要因（被

験者内比較)とした。

また、CG制作活動に対する学習者からの主観的な評価を得るべく、アンケート調査を実施した。特に、学習者の興味・意欲と空間認識力の変容との関係について考察するとともに、それぞれの発達段階において実践可能な範囲の活動であったかを検討することをねらいとした。そこで、「興味・意欲(2問)」、「制作過程でのイメージ(4問)」、「制作活動の容易さ(1問)」のカテゴリに関する全7問の質問項目に対して、4件法による回答を得た。さらに、「とてもそう思う」を4点、「ややそう思う」を3点、「あまりそう思わない」を2点、「まったくそう思わない」を1点として平均値を算出し、小・中学生と大学生・大学院生の評価平均値に対して、被験者間比較の  $t$  検定によって分析した。

### 3. 結果・考察

#### 3.1 MRTの得点変容

図4にMRTの平均値の変容を示す。有効回答である小・中学生CG制作群7名、大学生・大学院生CG制作群13名および、小・中学生統制群58名、大学生・大学院生統制群33名を対象に二要因分散分析を行なった。分析の結果、交互作用が有意ではなかった ( $F(3, 107)=1.51, n.s.$ )。そこで、主効果について分析した結果、「群間比較」の要因に有意な差はなかった ( $F(3, 107)=1.32, n.s.$ )。一方、「得点変異」の要因に有意な差があった ( $F(1, 107)=48.82, p<.01$ )。したがって、CG制作活動の有無に関わらず、小・中学生および大学生・大学院生のCG制作群と統制群のMRTの得点が有意に高くなったことが明らかになった。また、本研究で設定した4群に差があるとは言えないことが示された。

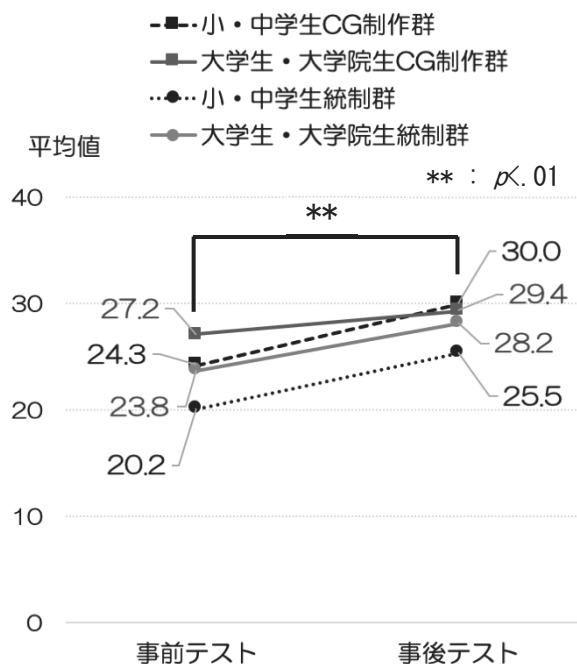


図4 MRTの平均値の変容

#### 3.2 主観評価の結果

図5に主観評価の結果を示す。有効回答した被験者は、小・中学生7名、大学生・大学院生13名であった。被験者間における  $t$  検定の結果、「興味・意欲」のカテゴリにおいて、「3次元空間における制作活動は楽しかった」の質問項目に対する回答の平均の差に有意傾向があった(両側検定:  $t(12)=2.13, .05<p<.01$ )。また、「今後も3次元空間における制作活動をしたい」の質問項目に対する回答の平均値に有意な差があった(両側検定:  $t(18)=2.94, p<.01$ )。したがって、大学生・大学院生と比較して、小・中学生は今後も3次元空間におけ

る制作活動をしたいという意欲が高いことが明らかになった。また、3次元空間における制作活動に対して、小・中学生は大学生・大学院生よりも楽しかったと感じる傾向があった。

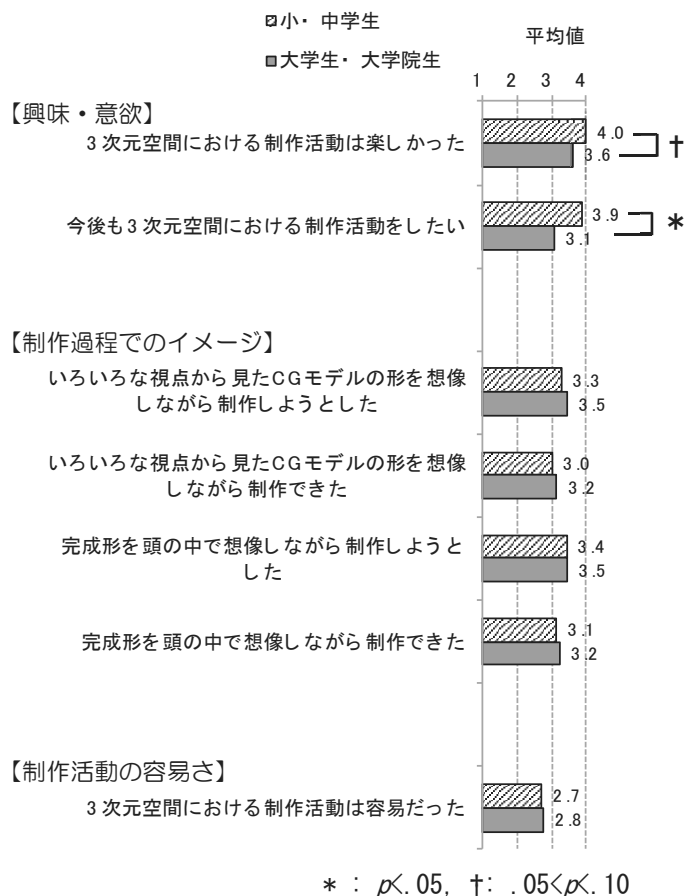


図5 主観評価の結果

#### 4. 考察

MRTの得点変容について分析した結果、小・中学生および大学生・大学院生のCG制作群と統制群の事後テストの得点が事前テストと比較して有意に高くなった。また、CG制作活動群と統制群に差があるとは言えないことが示された。したがって、心的回転を要するCG制作を意図的に含んだ活動によって、空間認識力が向上したとは言えないことが明らかになった。椎名ら(1992)は、図学教育の前後でMRTの得点が上昇したものの、統制群の前後テストも向上したことから、MRTの練習効果による得点上昇であったと報告した。本研究で得られた結果は、椎名ら(1992)の報告と同様の解釈をすることができる。特に、本研究では3時間程度のCG制作活動による効果の検証であった。したがって、短期間のCG制作活動によって空間認識力を向上させることは困難であることが明らかになった。

一方、本研究では小・中学生と大学生・大学院生においてMRTによって測定される空間認識力に差があるとは言えないことが示された。Wilsonら(1975)や堤ら(1996)は、年齢

や発達段階によって空間認識力が異なると述べている。ただし、これらの先行研究は本研究のおよそ 20 年前もしくは、40 年前の報告である。したがって、現代の児童・生徒や大学生等の年齢や発達段階における空間認識力に関して、被験者の属性や標本数を考慮しつつ、調査する意義があるとも言えよう。

主観評価の結果から、小・中学生は「興味・意欲」の項目において、全員が肯定的に回答した。また、大学生・大学院生と比較して「今後も 3 次元空間における制作活動をしたい」の項目では有意に高く評価しており、「3 次元空間における制作活動は楽しかった」の項目では高く評価する傾向があった。さらに、小・中学生を対象とした実践において、休憩の時間を与えたにも関わらず、没頭して制作し続ける様子が観察され、大学生・大学院生と比較して積極的に取り組んでいたことから、興味・意欲の高さが読み取れた。CG 制作を行った小・中学生は、大学が提供する情報技術に関わる公開講座を自ら希望して受講した。したがって、CG 制作にも興味が高く、積極的に活動に取り組んだことが想定される。ただし、CG 制作に積極的に取り組むことによる、空間認識力向上への影響は、本研究から明らかにすることはできなかった。

一方、「制作過程でのイメージ」や、「制作活動の容易さ」において、小・中学生と大学生・大学院生の主観評価に有意な差はなかった。空間的な操作によって完成形をイメージできないことや、機器操作の煩雑さによって、小・中学生における制作活動が困難となることを懸念していたが、主観評価の結果からは特に問題ないことが明らかになった。したがって、本実践のような被験者を対象とした場合、活動の難易度の観点から小・中学生にも実践可能であることが示された。

## 5. まとめ

本研究は短期間での 3 次元 CG モデルの制作活動による空間認識力育成の効果を明らかにすることを目的とした。そこで、空間認識力を測定する指標として MRT を用い、心的回転を要する限定的な活動を重視することによって、CG 制作による空間認識力向上について評価した。

その結果、本実践における短期間の CG 制作活動によって、空間認識力を向上させることは困難であることが明らかになった。また、小・中学生と大学生・大学院生において MRT によって測定される空間認識力に差があるとは言えないことが示された。さらに、主観評価の結果から、小・中学生は CG 制作に対して興味が高く、積極的に活動に取り組んだことが示された。一方、CG 制作に積極的に取り組むことによる、空間認識力向上への影響は、本研究から明らかにすることはできなかった。

今後の課題は、被験者数を増やすことや、個人に注目した分析をするなどして、CG 制作活動による空間認識力の向上と年齢や発達段階との関係について、考察を深めることである。

## 謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究（B）（課題番号 17H02003）の助成を受けた。

## 参考文献

- 板垣元一（2008）：中学校における空間図形指導の改善に関する研究：生徒の空間認識の変容を考察の視点として，*数学教育研究*，11-20.
- 加藤道夫（2008）：建築表現における奥行き概念，*図学研究*，42(Supplement1)，65-70.
- 栗原淳一，濤崎智佳，小林辰至（2015）：中学生の満ち欠けの理解に関わる空間認識能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル，*理科教育学研究*，56(3)，325-336.
- 椎名久美子，斎藤孝明，鈴木賢次郎，神宮敬，堤江美子（1992）：図学教育における前後 MRT の結果（2）—東京大学、明星大学、大妻女子大学での実施結果—，*図学研究*，26(Supplement)，130-135.
- 孫曉東，鈴木賢次郎（1997）：図形科学教育用立体シミュレータの開発（3）：—MCT/MRTによる空間認識力育成効果の評価—，*図学研究*，31(Supplement)，157-162.
- 堤江美子，猪狩直子，芹澤洋子（1996）：メンタルローテーションテストによる空間認識力の学年令変化：—理系志向との関係—，*図学研究*，30(Supplement)，134-139.
- 堤江美子（2004）：オーストリアの図法幾何学教育と空間認識力，*図学研究*，38(1)，21-43.
- 堤江美子（2008）：3D-CG を使用した授業における学生の 3 次元感覚，*図学研究*，42(Supplement)，23-28.
- Vandenberg SG, Kuse AR. (1978) :Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization, *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599-604.
- Wilson JR, De Fries JC, Mc Clearn GE, Vanderberg SG, Johnson RC, Rashad MN. (1975) : Cognitive abilities: use of family data as a control to assess sex and age differences in two ethnic groups, *Int'l J. Aging and Human Development*, 6(3), 261-276.
- 安福健祐，阿部浩和，吉田勝行（2006）：リアルタイム CG を用いた建築空間の空間認識力を測定するテスト CGIMT の開発，*図学研究*，40(2)，9-14.

