

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22500946

研究課題名(和文)3DCGにおける造形能力を育成する学習環境の研究

研究課題名(英文)Learning Environment Research for 3DCG Molding Exercises

研究代表者

植野 雅之(UENO, Masayuki)

大阪電気通信大学・総合情報学部・准教授

研究者番号：50300348

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：3DCGにおける造形能力を育成するための空間的・論理的な操作トレーニングとして、ゲーム的なフィードバックを持った空間トレーニングゲームを複数個考案し、実装をおこなった。また、それらの有効性を検証するための実験環境を構築し、それをを用いて実験をおこなった。実験の結果、このようなトレーニングゲームにおいて、熟達者と初心者にはパフォーマンスの差が明らかに見られること、フィードバック方法として、得点の表示・非表示、得点の提示方法によって、一定のパフォーマンスの差が見られること、トレーニング状況につられてパフォーマンスが短期的に向上するなどの現象を確認し、トレーニングシステムの設計に対するヒントを得た。

研究成果の概要(英文)：To develop the creation skills for molding arts on 3DCG, some spatial training games for three-dimensional molding arts has been invented and developed. The environment to do experiments to proof the scientific effectivity of the spatial training games. The result of experiment shows the difference between expert and novice obviously on the spatial training game. Feedback style of game score on spatial training game also make difference of the game performance. Both game score display/no-display and method of score(demerit system or addition system), make some difference of the game performance. And we have confirmed that raising game difficulty stepwise makes increasing performance also on short range. These results suggest the effectivity and design guide for spatial training games.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：学習環境 トレーニングゲーム 3DCG 造形 空間操作

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 3DCG すなわち、コンピュータ上で現実に近い立体的な画像・映像を作り出す技術は、映像表現技法として、利用されている。しかし、このような造形をおこなうクリエイタにどのように空間感覚を身につけさせ、どのように造形のトレーニングをおこなうべきか、通常は、ほとんど考慮されないまま、単にソフトの操作法だけを身につける教育がおこなわれている。

(2) 3次元コンピュータグラフィックスを用いた造形は、日常的な造形体験とはかけはなれた異質なものである。このような環境における造形における発想を学習者に身につけさせるためには、造形機能を操作できる環境を与えて、様々な体験をおこなわせることが必要であると言われている。すなわち、3DCG における発想を試してみることができる「イメージジェネレータ」としての3DCG の利用が欠かせない。しかし、修得に非常に時間のかかる従来の商用もしくは個人向けの3DCG モデリングソフトをこの目的でそのまま利用することは、一般に非常に困難である。3DCG を用いた教育の困難の一つの原因は、様々な表現技術の集積である3DCG システムの複雑さに引きずられてしまう点にあると考えられる。教育目的のためには、3DCG システム自身が論理的に整理されたものである必要がある。我々は、3次元におけるタートルメタファに基づくプログラミング言語システムである O<sup>3</sup>Logo やそれを用いた造形環境 O<sup>3</sup>Art を開発しており、これらのトレーニング開発のための基盤とすることができた。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究の一つの目的は、日常生活では得られない仮想空間内での造形体験を補うトレーニング手法を確立することである。従来は、我々の身のまわりの空間も3次元ではあるので、このようなトレーニングは一見、不要であるように考えられてきた。しかし、我々が生活する空間は重力、光源の位置等、様々な制約を受け、かつ、我々の身体という制約をうけた特殊な3次元空間であって、仮想空間ほどの自由度はない。一方で、立体造形をおこなう仮想空間においては、多くの自由度を駆使することになり、空間感覚に対する有無は非常に重要なものとなることは容易に予想できる。

(2) 空間操作のトレーニングとしても、反復練習的なトレーニングでは学習者は苦痛や退屈から逃れることができない。これを解決するため、ゲームの手法を導入する。これは「トレーニング」そのものを実施しながら、トレーニングの成果の「評価」についても同時におこなうことができるという意味でも興味深い。ゲームが持つ様々な演出的要素のどれがトレーニングにとって有効であるかを調べることが有効なトレーニング手法を

模索する上で必要となる。

## 3. 研究の方法

(1) 空間トレーニングゲームの考案、実装をおこなう。様々な可能性を模索する意味で、まずは様々な空間トレーニングゲームを考案する必要がある。理論的には理的な空間操作のトレーニングについては、理論的には空間認知スキル、3D 操作スキル、視点操作スキルの3種類に大別することができると考えられるが、どれか一つだけを純粹に抽出することは困難であり、どれか一つだけをトレーニングすることも難しいので、多くのゲームの中からこれらのスキルへの対応を導く必要がある。

(2) 空間トレーニングゲームの実験環境の構築をおこなう。本研究が扱う空間的ゲームは自由度が高く、操作系が複雑なものとなる傾向がある。この操作性などの設計によってトレーニングゲームの効果についても左右される可能性がある。また、本研究は人間という複雑系を対象にした実験をおこなう必要がある。すなわち、多くの異なる被験者に対して、性質や意味の異なる多くの実験をおこなう必要がある。実験者と被験者との人間関係や履歴に依存して、実験の説明を省略するなどにより異なる実験状況を自ら作り出してしまふなどの事態を避けるように実験をできるかぎり自動化・効率化する必要がある。

(3) トレーニングゲームのトレーニング効果を科学的・統計的に検証するために多くの被験者を用いた実験をおこなう。トレーニング効果などは一定の仮説の元に比較実験をおこなうなど、科学的・統計的に決着のつく方法で検証する必要がある。また、トレーニングによる学習効果など長期に渡る検証実験が必要なものについては、実験状況が変化しないように長期間のデータをとる必要がある。

## 4. 研究成果

(1) 空間トレーニングゲームの考案と実装当初は図1のゲートをくぐりぬける空間トレーニングゲームのみを想定していたが、これは視点によってはゲートがゴール位置を隠してしまうなど、複雑な要素を含むので、これより認知的に単純なもの( )、造形に直結する構築的な要素を含むもの( )

など、以下のような6種を考案し、の3種類について、実装をおこなった。ゲートくぐり(ゲートをくぐってゴールまで移動する)

巡回(3次元的にばらまかれた物体たちに順番にターゲットをタッチさせる)

収集(3次元的にばらまかれた物体たちを一定時間内に多くタッチさせる)

移動(複数のターゲットを指定された場所まで移動する)

トレース(指定されたラインにできるだけ

沿うように線描する)  
積み木 (指定された形状を構築する)

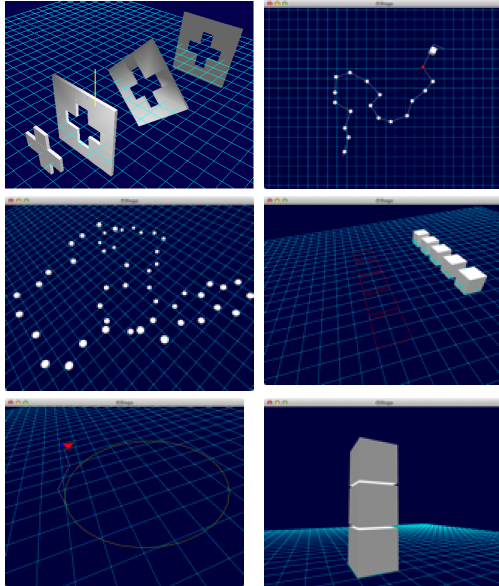


図1. 考案した空間トレーニングゲーム

### (2) 実験環境の構築

本研究が扱う空間トレーニングゲームでは操作の自由度が高いため、操作系が複雑なものとなる傾向がある。当初はマウスで画面上のボタンを用いるインターフェースなどを用いた実験もおこなったが、操作系が必ずしも直感的でなく、利用者による向き不向きなどの問題があるため、マウスやキーボードではなく、キーの位置を変更できる Ergodex DX-1 キーボードを用いて、空間的な操作と直感的にマッピングがおこなえるような操作系としている。また、実験の自動化・効率化のために実験の様々な操作説明等を日本語音声と文章で説明し、一定の操作でフィードバックをおこなないながら、実験を進めることのできる実験スクリプト言語を構築し、実験の自動化・効率化を進めた。



図2. 実験環境

左上：実験画面，右上：Ergodex DX-1  
下：メッセージ画面

### (3) 実験の結果

空間スキルによるパフォーマンスの差異  
空間的スキルの差がこのような空間トレーニングゲームのパフォーマンスとして差があるかを調べるため、空間的プログラミン

グ経験者とそのような経験をもたない者での比較をおこなった。被験者にゲートくぐり(ゲート数=4)をおこなわせて視点移動等の操作は全て被験者がおこなうという条件下で、比較をおこなった。1回の試行系列として、直線配置A, 水平L字配置B1, 垂直L字配置B2, 10度屈曲配置C1, 30度屈曲配置C2, 50度屈曲配置C3, 10度ねじれ配置D1, 30度ねじれ配置D2の順でおこなった場合、平均処理時間は図2のようになった(経験者3名, 未経験者2名)。

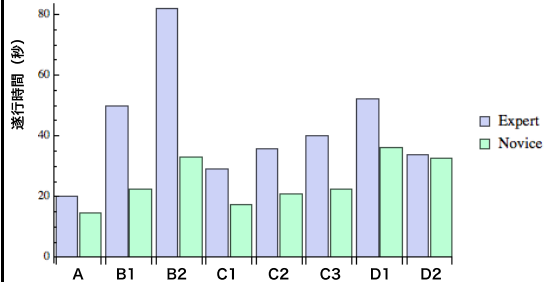


図3. 経験者と初心者のパフォーマンス差

この実験結果では、試行系列を固定したため、一定の学習効果が出ている可能性があり、一概に判断できないが、一定のパフォーマンスの差が見られることが確認できた。垂直L字配置の場合に差が極端に出るのは視点移動等の操作に問題があることが推察できる。

得点評価フィードバックによるトレーニング効果の差

トレーニングゲームにおいては、得点の表示方式や加点減点方式により差が出ることが予想される。ここでは図1において、得点の表示・非表示、得点方法の組み合わせで数十回程度の試行をおこない、その得点などに変化が見られるかを調べた。得点方法では、加点型すなわち一定の課題の遂行時間に応じた「タイムボーナス」がゲーム終了後にもらえる場合と、操作時間によって得点がリアルタイムに減点されていく場合とを比較した。この結果、加点型では平均得点・平均遂行時間については得点表示・非表示では大きな差はない(25試行での平均の典型例)一方、減点型では得点表示を表示した方が高い得点となるが、遂行時間については短くなる(50試行での平均の典型例)。

減点方式と加点方式で得点の計算方法が異なるが、非表示の方が成績が上がる反面、遂行時間が短くなる傾向があるという一般的な傾向は似ている。減点方式の方が遂行時間がより強く出ていると考えられる。

	減点方式 (平均)	加点方式 (平均)
得点非表示	得点: 8226 遂行時間: 14.15	得点: 1945.4 遂行時間: 28.0
得点表示	得点: 7630 遂行時間: 12.09	得点: 1858.2 遂行時間: 27.0

図4. 得点の表示と採点方式による差異

難易度変化に伴うパフォーマンスの短期的な変化

短期的試行をおこなう中で難易度を変化させる場合にその追従性と短期的パフォー

パフォーマンス変化が生じるかを調べるためにゲートくぐり(図1)にて、ゲートの並べ方を並べ方を(a)平面上に並べる、(b)3次元で上下左右での回転を伴うように並べる、(c)3次元で上下左右捻り回転を加えて並べるものを作成する。これを(c)(a)(b)(c)の順にそれぞれ、3試行を2セッションずつ、おこなわせる。初めの(c)と後の(c)で比較することで(a)(b)(c)による短期的な学習効果を見る。この結果は図6のようになった。平均遂行時間、平均接触数ともに減少し、これらから算出されるスコアも当然向上する結果となった。この実験結果はパフォーマンスの向上がトレーニング状況につられて短期的に向上することを示している。この実験結果だけで断定的なことは言えないが、これはトレーニングシステムとしての難易度設計などを考える上で非常に興味深い結果であると言える。

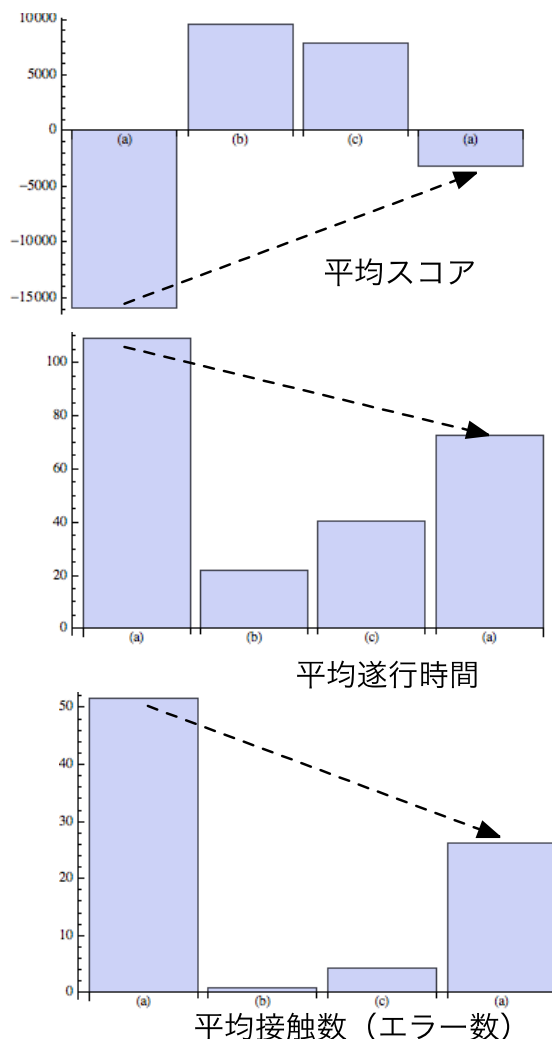


図5. 難易度変化に伴うパフォーマンスの短期的な変化

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

Masayuki Ueno, Shinjiro Wada, Yutaka Kida, Noboru Ashida and Kazuhiro Ueda, Spatial Training Games for Molding Arts, Proc. of The 1st International Workshop on Computer Application Technologies 2013(IWCAT 2013), 査読有, p.243-244, 2013 (URL:

<http://www.e-activity.org/2013iwcat/>)

Masayuki Ueno, Shinjiro Wada, Yutaka Kida, Noboru Ashida and Kazuhiro Ueda, Evaluation and Analysis of Spatial Training Game for molding arts, Proc. of The 2nd 2013 IEEE Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE 2013), 査読有, p.385-386, 2013 (DOI: 10.1109/GCCE.2013.6664865)

Ueno, M., Wada, S., Ashida, N., Kida, Y. & Tsushima, K., Education for 3D Forming with Turtle Metaphor, In T. Amiel & B. Wilson (Eds.), Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2012. Chesapeake, VA: AACE., 査読有, pp.1836-1843, (2012) (URL: <http://www.editlib.org/p/40998/>)

Shiro Hirai, Masayuki Ueno, Keisuke Nanamura, Katsuhide Tsushima, 3DCG Authoring System Using Extended Turtle Metaphor, Proc. of Consumer Electronics (GCCE), 2012 IEEE 1st Global Conference, 査読有, pp.318-322, (2012). (DOI: 10.1109/GCCE.2012.6379614)

Ueno, M., Wada, S., Ashida, N., Kida, Y. & Tsushima, K., Spatial Training Game for 3D forming, Proceedings of Consumer Electronics (GCCE), 2012 IEEE 1st Global Conference, 査読有, pp.101-105, (2012). (DOI: 10.1109/GCCE.2012.6379549)

[学会発表](計19件)

プレイヤーからの生理指標データの収集と分析, 植野雅之, 和田慎二郎, ゲーム学会全国大会, 査読無, 2014年3月2日, 甲南大学

Spatial Training Games for Molding Arts, Masayuki Ueno, Shinjiro Wada, Yutaka Kida, Noboru Ashida and Kazuhiro Ueda, The 1st International Workshop on Computer Application Technologies 2013(IWCAT 2013), 査読有, 2013年11月1日, 大阪国際大学

Evaluation and Analysis of Spatial Training Game for molding arts, Masayuki Ueno, Shinjiro Wada, Yutaka Kida, Noboru Ashida and Kazuhiro Ueda, The 2nd 2013 IEEE Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE 2013), 査読有, 2013年10月1日~10月4日, 幕張メッセ

造形教育のための空間操作トレーニング環境, 植野雅之, 和田慎二郎, 木田豊, 蘆田

昇, 上田 和浩, 教育システム学会第 38 回全国大会, 査読無, 2013 年 9 月 2 日~4 日, 金沢大学

エージェントによる 3DCG 造形とその制御, 植野雅之, 和田慎二郎, 木田 豊, 蘆田 昇, 上田 和浩, ゲーム学会合同研究会, 査読無, 2013 年 7 月 27 日, 京都情報大学院大学

エージェントによる 3DCG 造形機能, 植野雅之, 和田慎二郎, 木田 豊, 蘆田 昇, 金村 仁, 上田 和浩, ゲーム学会全国大会, 査読無, 2013 年 3 月 2 日~3 日, 大阪電気通信大学

3DCG Authoring System Using Extended Turtle Metaphor, Shiro Hirai, Masayuki Ueno, Keisuke Nanamura, Katsuhide Tsushima, IEEE The 1st Global Conference for Consumer Electronics (GCCE 2012), 査読有, 2012 年 10 月 2 日~5 日, 幕張メッセ

Spatial Training Game for 3D forming, Ueno, M., Wada, S., Ashida, N., Kida, Y. & Tsushima, K., IEEE The 1st Global Conference for Consumer Electronics (GCCE 2012), 査読有, 2012 年 10 月 2 日~5 日, 幕張メッセ

3DCG 造形のためのゲーム型空間認知操作トレーニング, 植野雅之, 和田慎二郎, 蘆田 昇, 木田 豊, 教育システム情報学会第 37 回全国大会, 2012 年 8 月 22 日~24 日, 千葉工業大学

O<sup>3</sup>Art における造形エージェント機能, 植野雅之, 和田慎二郎, 木田 豊, 蘆田 昇, 上田 和浩, ゲーム学会合同研究会, 査読無, 2012 年 7 月 21 日, 大阪電気通信大学

Ueno, M., Wada, S., Ashida, N., Kida, Y. & Tsushima, K., Education for 3D Forming with Turtle Metaphor, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2012(ED-MEDIA 2012), 査読有, 2012 年 6 月 25 日~29 日, Denver CO(USA)

植野雅之, 和田慎二郎, 蘆田昇, 木田豊, 3DCG クリエータ育成のための 3 次元造形教育環境, ゲーム学会教育部会, 査読無, 2012 年 3 月 9 日, 香川大学

植野雅之, 和田慎二郎, 蘆田昇, 木田豊, エージェントによる 3DCG 造形環境, ゲーム学会第 10 回全国大会, 査読無, 2011 年 12 月 11 日, 福岡工業大学

植野 雅之, 和田 慎二郎, 蘆田 昇, 木田 豊, 3DCG 造形教育を目的としたゲーム型トレーニング, 教育システム情報学会第 36 回全国大会, 査読無, 2011 年 9 月 2 日, 広島市立大学

植野 雅之, 和田 慎二郎, 蘆田 昇, 木田 豊, 3 次元造形教育のための造形エージェント, ゲーム学会合同研究部会, 査読無, 2011 年 7 月 31 日, 大阪電気通信大学

対馬勝英, 植野雅之, 西木毅, 「拡張されたタートルメタファー」と操作の認知過程, ゲーム学会全国大会, 査読無, 2010 年 11 月

27 日, 香川大学

植野雅之, 和田慎二郎, プレイテスト・ユーザビリティテストのためのユーザー行動モニタリング環境, ゲーム学会全国大会, 査読無, 2010 年 11 月 27 日, 香川大学

植野雅之, 和田慎二郎, 蘆田 昇, 木田豊, 3DCG 造形の教育とその学習環境について, 教育システム情報学会第 35 回全国大会, 査読無, 2010 年 8 月 26 日, 北海道大学

植野雅之, 和田慎二郎, 蘆田昇, 木田豊, 3 次元造形教育を目的とした造形機能, ゲーム学会合同研究会, 査読無, 2010 年 7 月 31 日, 甲南大学

〔その他〕

ホームページ等

<http://mulab.osakac.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

植野 雅之 (UENO Masayuki)

大阪電気通信大学・総合情報学部・准教授  
研究者番号: 50300348

### (2) 研究分担者

和田 慎二郎 (WADA Shinjiro)

プール学院大学短期大学部・秘書科・講師  
研究者番号: 10202615

蘆田 登 (ASHIDA Noboru)

福井工業高等専門学校・電子情報工学科・教授  
研究者番号: 10202615

木田 豊 (KIDA Yutaka)

京都嵯峨芸術大学・芸術学部・教授  
研究者番号: 20514590

上田 和浩 (UEDA Kazuhiro)

大阪電気通信大学・総合情報学部・教授  
研究者番号: 50388394

金村 仁 (KANAMURA Hitoshi)

大阪電気通信大学・総合情報学部・准教授  
研究者番号: 70440956

### (3) 連携研究者

対馬 勝英 (TSUSHIMA Katsuhide)

大阪電気通信大学・総合情報学部・客員教授  
研究者番号: 40076857