

## 空間図形の ICT 学習による小学 6 年生の視線特徴の変化

### Changes in Sixth Graders' Gaze Characteristics through ICT Learning of Spatial Figures

近藤 竜生<sup>\*1</sup>, 黒田 恭史<sup>\*2</sup>, 田邊 宏樹<sup>\*1</sup>  
Tatsuki KONDO<sup>\*1</sup>, Yasufumi KURODA<sup>\*2</sup>, Hiroki C. TANABE<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>名古屋大学大学院情報学研究科

<sup>\*1</sup>Graduate School of Informatics, Nagoya University

<sup>\*2</sup>京都教育大学

<sup>\*2</sup>Kyoto University of Education

Email: kondo.tatsuki.r6@s.mail.nagoya-u.ac.jp

あらまし:空間認知能力は,計算能力といった数学の諸能力やSTEM教育と関連することが分かっており,極めて重要な能力の一つである.近年,インタビュー調査等に加えて,視線などの計測を通して空間図形の認識や頭の中での操作を行っている際の思考過程および認知処理過程の分析が行われている.本稿では,小学6年生を対象に,ICT学習による空間図形課題を解く際の視線の使い方の変化を分析する.

キーワード:視線,空間認知能力,ICT学習

#### 1. はじめに

空間認知能力の向上は,計算能力や数学的推論といった数学の諸能力だけでなく,STEM教育分野に関する能力の向上にも寄与する<sup>(1)</sup>.このことから,空間認知能力の向上は,教育において極めて重要な役割を持つといえる.近年ではICT学習が注目を集めており,空間図形の単元においても効果があるとされている.しかし,ICT学習が思考過程に及ぼす影響やICT学習の何が効果を発揮しているのかについては未だ明らかでないことも多い<sup>(2)</sup>.

これまでインタビュー調査等をもとに学習者の思考過程を捉えてきたが,最近ではこれらに加えて,学習者の視線を計測することで,課題の成績や難易度の差による思考過程や認知処理過程の違いを抽出できるようになった<sup>(3)</sup>.ICT学習前後の視線を分析すれば,ICT学習の何が効果を発揮しているのかの一端を明らかにできる.

本稿の目的は,小学6年生を対象に,ICT学習前後における立方体の展開図課題時の視線特徴の変化を明らかにすることである.本実験では視線の計測に加え,脳活動も同時に計測しているが,本稿では視線の結果について報告する.

#### 2. 視線と脳活動の同時計測実験

##### 2.1 実験概要

実験参加者は,京都教育大学附属桃山小学校の小学6年生9名(男性3名,女性6名)であった.視線の計測にはTobii Pro Nano (Tobii AB, Danderyd, Sweden)を,脳活動の計測にはSpectratech OEG-16(スペクトラテック,東京)を用いた.ただし,女性1名は視線データに欠陥が見られたため,視線の分析から除外した.実験では,GeoGebraを用いて立方体の展開図を開閉したり回転させたりして観察するICT学習と,その前後にPsychoPyを用いた展開図と立方

体の異同を答える展開図課題をパソコンで行わせた.展開図課題の制限時間は1問10秒で,課題の難易度はLow, Middle, High Difficulty (LD, MD, HD)の3段階であった.本研究は名古屋大学および京都教育大学の倫理審査委員会において承認を受けた.実験データ取得方法,実験データ活用などについて説明を受け,本人とその保護者が同意書に署名した後,実験が開始された.

##### 2.2 分析方法

視線の分析には,Tobii Pro Lab (Tobii AB, Danderyd, Sweden)を用いた.まず,展開図課題時の課題解決過程において特に重要とされる面を特定するため,各興味関心領域(AOI)の注視割合を分析した.AOIは,Fが書かれた立方体の面のcube\_Fと展開図の面のnet\_F, O, I, Rのいずれかが書かれた立方体の面のcube\_OIRと展開図の面のnet\_OIR, net\_Fとnet\_OIRを面に沿って最短でつないだときに通る面のnet\_between, それ以外の立方体の面のcube\_otherと展開図の面のnet\_other, 展開図および立方体の周辺部のperipheryの8領域とした(図1).各AOIを何秒間注視していたのかを算出し,その課題全体の注視時間で割ることで,課題ごとの各AOIの注視割合を求めた.統計解析にはR-4.1.3を用い,有意水準は5%とした.

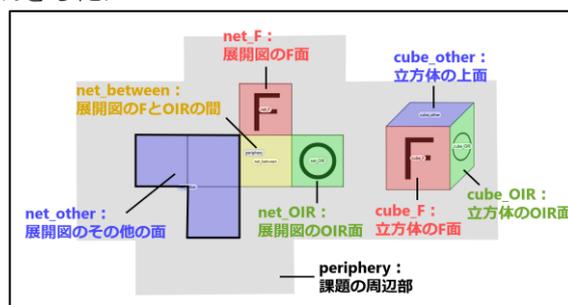


図1 展開図課題における8つのAOI

### 3. 結果

#### 3.1 所要時間と正答率

表1に学習前後の各難易度の所要時間と正答率を示した。すべての難易度において、学習後のほうが所要時間は短く、正答率は高かった。シャピロ・ウィルク検定の結果、所要時間、正答率ともにデータの正規性が認められた。所要時間について二要因分散分析を行った結果、学習前後(学習前, 学習後)の主効果 ( $F(1,8)=16.90, p<.01$ ), 難易度(LD, MD, HD)の主効果 ( $F(1,8)=7.84, p<.01$ ) は認められたが、交互作用はなかった。事後検定の結果、全ての難易度において、学習後の所要時間のほうが有意に短かった。次に正答率について二要因分散分析を行った結果、難易度の主効果のみ有意傾向 ( $F(1,8) = 3.10, p = .07$ ) が見られたが、学習前後の主効果、交互作用は認められなかった。事後検定の結果、MDのみ学習後の正答率のほうが学習前よりも有意に高かった ( $p = .03$ )。

表1 学習前後の各難易度の所要時間と正答率(N=9)

難易度	所要時間(秒)		正答率(%)	
	学習前	学習後	学習前	学習後
LD	6.7	5.3	68.9	80.0
MD	7.1	5.8	57.8	74.4
HD	7.7	6.8	56.7	56.7
All	7.2	6.0	61.1	70.4

#### 3.2 各AOIの平均注視割合

学習前後、各難易度、各AOIの平均注視割合と、課題全体(All)の平均注視割合を図3に示した。すべての難易度で、net\_betweenの注視割合が最も高く、課題全体の38-51%を占めた。また、学習後のnet\_betweenの注視割合のほうが学習前よりも高かった。平均注視割合に対して三要因分散分析を行った結果、二次の交互作用は認められず、学習前後と難易度、難易度とAOIに一次の交互作用が見られた。学習前後とAOIでは見られなかった。事後検定の結果、LDのみ学習後のnet\_betweenの注視割合のほうが有意に高かった ( $p = .01$ )。

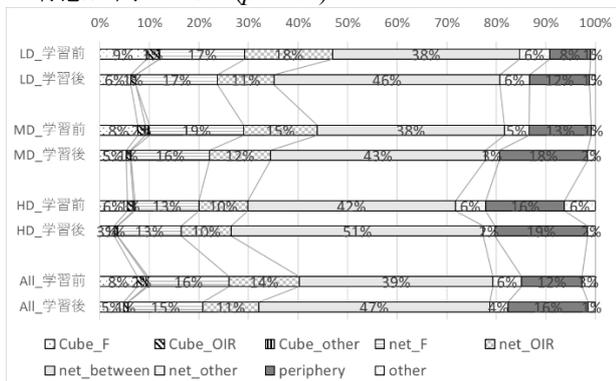


図3 学習前後の各難易度の注視割合(N=8)

### 4. 考察

学習後のほうが、所要時間が短く正答率が向上したことから、ICT学習の効果があったと考えられる。ただし、学習前の正答率を見ると、MDとHDでは

ほとんど変わらないのに対し、学習後にはMDのみ有意に高くなっていった。このことから、今回のICT学習では中難易度(MD)の課題は解けるようになるが、難易度が高すぎる(HD)課題を解けるようになるまでは至らなかったことが伺える。しかし所要時間はすべての難易度で学習後のほうが有意に短くなったことから、ICT学習によって展開図を頭の中で速く組み立てられるようになったことが推察される。

注視割合の結果を見るとnet\_betweenが38-51%を占め、さらに学習前より後のほうが高くなっていったことから、課題を解く上では展開図のFやO、I、Rといった記号が書かれた面ではなく記号と記号の間の面を見ることが重要であることが示唆された。ここで興味深いのは、事後のインタビュー調査の結果と視線の結果の齟齬である。展開図を組み立てる際に「記号の面に注目した」と答えた児童らの方が記号と記号の間の面の注視割合が高く、「記号と記号の間の面に注目した」と答えた児童らの方が記号の書かれた面の注視割合が高かった。加えて、「記号の面を見た」と答えた児童らの方が正答率は高く、所要時間も短かった。このことは、思考過程を分析する上での視線計測の有用性を示すものである。

### 5. 結語

本稿では、ICT学習前後における立方体の展開図課題時の視線の特徴変化について分析した。結果のまとめは以下の通りである。

- ① 学習前後を比較すると、所要時間は短くなり、正答率は向上し、展開図を組み立てる際は、記号と記号の間の面の注視割合が増加した。
- ② インタビュー調査を踏まえると、児童の主観的な思考過程と視線の結果の間に齟齬があった。

ICT学習によって、記号と記号の間の面に注目して展開図を組み立てるようになった結果、展開図を頭の中で速く組み立てられるようになったと考えられる。また、インタビュー調査と視線の結果との間に齟齬が生じていたことから、AOIの注視割合の分析だけでは表れない思考過程の特徴があると推察される。よって今後はAOI間の視線移動の推移過程など、より詳細な分析を行うことにより、空間図形問題を解く際の思考過程を明らかにしていきたい。

#### 参考文献

- (1) Wai, J., Lubinski, D., and Benbow, C.P.: "Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance.", *Journal of Educational Psychology*, 101(4), pp.817-835 (2009).
- (2) Habler, B., Major, L., and Hennessy, S. "Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes", *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol.32, pp.139-156 (2016).
- (3) 近藤竜生, 岡本尚子, 黒田恭史, 田邊宏樹: "メンタルローテーション課題における視線移動と脳活動の探索的検討", *JSiSE Research Report*, Vol. 37, No.1, pp.1-8 (2022).