

メタ認知による内省効果が図形描画の学習に与える影響について

今川 晶太*・宮腰 直幸**

Study on Influence that an Introspection Effect with the Metacognition Gives for Learning of the Figure Drawing

Shota IMAKAWA* and Naoyuki MIYAKOSHI**

Abstract

An error of the expression to occur by lack of three-dimensional understanding from the figure which the student in the initial stage of the drafting learning drew was seen. I think that I affect the later act by learning in this study from the past. Therefore, I confirmed an effect of the learning by using the metacognition in the cognitive psychology. It is thought that the student tends to draw a figure precisely by performing the metacognition from a result, the change of the process of thinking, a rise of the correct answer rate. Therefore, it is thought that the figure drawing with the metacognition includes an effective suggestion as one of the learning methods.

Keywords: Metacognition, Figure Drawing

1. 研究の背景・目的

建物は立体であり、製図作業において紙面上に1つの図としてこれを正確に再現できないため、建物に対する多くの情報が複数の図に描画されている。そのため、建物を正確に描画するには、建物全体をイメージし、理解する能力が必要である。建築系学科における製図教育では、一般的に既成の図をトレースするなどの作業を行いながら、製図法を習得させることが多い。図と対象となる物体の関係は学生が自ら考え、習得するものと考えられている。しかし、現在の学生の描画する図を見る限り、こうした学習方法が十分な成果を上げていないと思われる。

近年、立体の理解の不足による表現の誤りが、

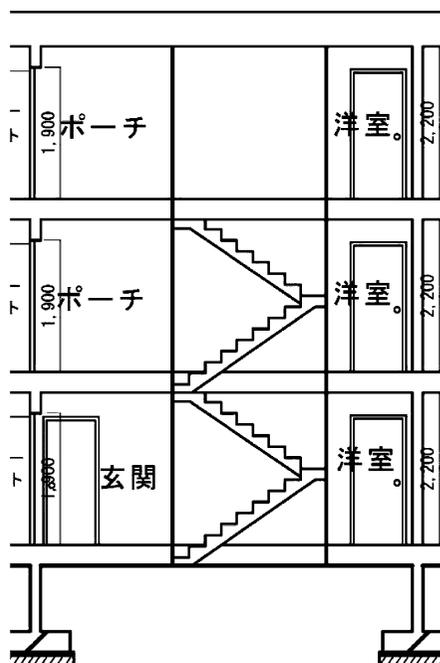


図1 誤った図の例

平成20年12月15日受理

* 大学院工学研究科建築工学専攻博士前期課程・2年

** 建築工学科・講師

製図学習の初期段階にある学生の描画した図には見られる。図1は学生が描く誤った図の例である。階段と床の前後関係が分からないため床が存在しない部分に床が描かれているなど立体として整合のとれないものとなっている。

製図作業において紙面に描き表されるものは図形であるが、それらは柱や梁など建築的な意味を持っている。図形を描画する際に、これらの図形の立体的な形状や意味を想像し、描画することで学習がなされることが想定されるが、単に図形の平面的な形状を認識し、描画するだけでは理解の伴った製図の学習とはいえない。

建物のような立体の形状を認識し理解することは、人間が習得している能力であるが、経験や学習の違いにより、能力の発揮に個人差がある。今井ら¹⁾は、繰り返し学習を重ねることで目的を達成するための知識が獲得され、能力の向上が見られるように、学習以降の行為が変化することを述べている。図を描画する学習の初期段階において立体の形状を正確に認識し、描画する方法を身に付けることはその後の図形描画作業に影響を与えると考える。よって、本研究は学習後の行為に着目し、図形描画の学習に与える影響を探ることが狙いである。

D.A. ノーマン²⁾は認知心理学における学習法の1つとして学習者に内省的認知をさせる方法がスキルの向上に効果的であることを述べている。これによると内省は、比較対照や思考、意思決定など自分自身の心のはたらきや状態を指し、内省を繰り返すことにより目的を達成するための知識が獲得されるとしている。吉野ら³⁾は、中学校の数学授業において、メタ認知による生徒への影響を述べている。事後に行ったテストの分析により、実験群の点数向上からメタ認知がスキルの習得に有用であることを明らかにした。

A. オリヴェリオ⁴⁾によるとメタ認知とは、自分の思考や行動を対象とし客観的に把握し認識することと定義されている。本研究は学習者に

内省をさせる方法として、認知心理学の分野にあるメタ認知の概念を用いる。人間は主に外界から視覚によって情報を探索する。得られた情報に対し知覚をし、認識する過程を認知というが、メタ認知はこの状況を俯瞰した状態のように第3者の視点として捉え、知覚の仕方を知覚することをいう(図2)。また、本研究ではメタ認知できる能力をメタ認知力とする。メタ認知によって頭の中に形成された認識を言葉や文章のように表現することを外化というが、外化の行為はメタ認知力の向上に有効であるとされている⁵⁾。本研究ではメタ認知により、概念の再構築が期待され、新たな知見が獲得されると考えられる。また、メタ認知はスキルの学習者が自分の身体動作や、知覚を言語的に意識することで着眼点を見出す方法と定義しており、学習力の向上を促す方法として成果を上げている⁶⁾。

本研究は、単純な形状を描いた等角投影図を用いて平行投影図を描くテスト(以下:図形描画テスト)において、正確に描画できる学生(以下:正解群)と描画できない学生(以下:不正解群)の認知の仕方の違いを明らかにする。その後、内省的学習をするための手段としてメタ認知を用いる。これまでメタ認知を用いた学習効果の研究は身体の運動や教科教育のプロプラ

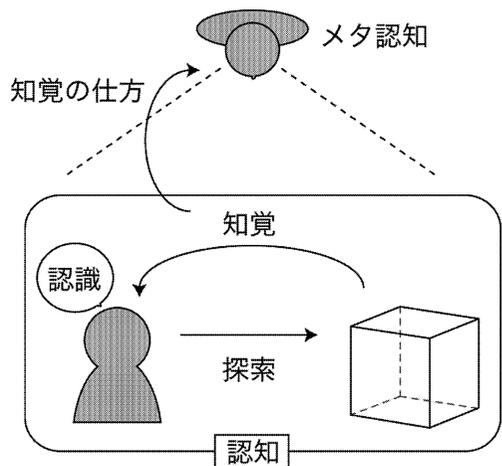


図2 メタ認知のモデル

ムとして用いられてきたが、図形描画の学習に関して研究が行われていない。よって本研究はメタ認知を用いた支援が図形描画の学習に与える影響を探ることを目的とする。

2. 研究の流れ

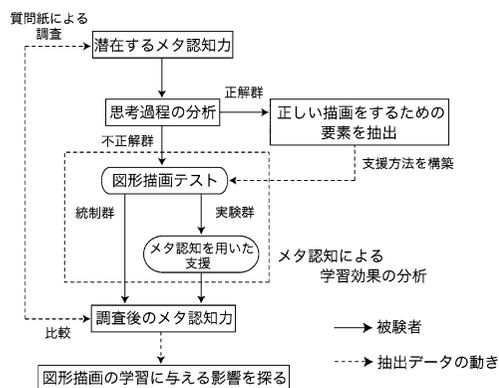


図3 研究のフローチャート

研究の流れを図3に示す。

最初に、被験者のメタ認知力を把握するとともに、本研究の目的であるメタ認知を用いた学習後の影響を確認するため質問紙法によるアンケートを行う。

次に、正確に立体を理解し、描画できる能力の有無を把握するため、被験者に図形描画のテストを行う。結果から立体の理解度、描画の仕方を分析することで、正解群、不正解群それぞれの思考の過程を検討する。

次に、メタ認知によって学習効果が期待できる課題を作成する。このとき、描画できた被験者の思考の過程を基に、課題を行うことでその考え方を見出せるよう内容を検討する。その後、図形描画の調査において不正解群の被験者を、メタ認知による効果を確認するため、メタ認知を用いた支援による図形描画を行う群（以下：実験群）と通常の図形描画を行う群（以下：統制群）に分ける。両群共に図形描画テストを行うが、実験群はメタ認知による内省を促す設問

を解答してもらうことで、統制群との正解率、認知の変化から図形描画の学習に与える影響を分析する。

最後に被験者の学習前後のメタ認知力の変化から学習の効果を分析するため、再度質問紙によるアンケートを行う。

なお、本研究では、最初に行うアンケートの結果に関しては、比較するデータの抽出を行った後、分析をするため、3.4に述べる。

3. 調査・分析

3.1 被験者の属性

調査は、八戸工業大学（以下：本学）の学生を対象とした。本研究では、学習の初期段階にある学生を対象とし、メタ認知を用いた図形描画の学習効果を探ることが目的である。そのため、本学工学部の1学年から選出した。ただし、在学2年目の学生は対象外とした。属性として、選考する学科に関わらず、高校にて製図または設計の授業を受けたことのある計20名の学生を対象とした。調査期間は平成20年7月～8月である。

なお、授業内容の条件として手描き、あるいはPCでの図の描画を経験していることとした。被験者の詳細は表1に示す。

表1 被験者の内訳

学科	人数 ()は女性の数
機械情報技術	6
環境建設工学	7
建築工学	4 (2)
システム情報工学	3 (1)

3.2 図形描画における思考過程の分析

(1) 調査の概要

本調査は、図形描画テストにより正解群と不正解群の描画時における思考の差異を確認する

表2 分析結果

行為の要素	正解群 (10名)	人数	不正解群 (10名)	人数
認知	・認知するための思考が構成されている	8/10	・面の位置関係が理解できない	7/10
	・立体をイメージしてから描画する	6/10	・描画しながら立体をイメージする	5/10
	・図形の手前部分から認知する	10/10	・図形の奥行き部分から認知する	3/10
判断	・認知した立体の部分ごとに描画する	6/10	・輪郭から描画する	9/10
	・スケッチをする	4/10		
評価	・解答の見直しをする	10/10	・非評価	5/10
	・面の評価	7/10		
	・異なる思考方法の選択	7/10	・設問に対する誤った判断	3/10

ことを目的とする。

図形描画テストは、図4に示す図形を用いて行った。矢印の方向からの正面図を、図形の輪郭を実線、見えがかりの部分破線で描画してもらう形式とした。解答の図を図5に示す。図形描画テストに設けた図形は奥行きを認知しにくく描画の際、誤りを誘発する図形の特徴を持つ。また、既往研究⁷⁾より、斜面や貫通部分を持つ図形は認知のしにくさに偏りがあるため、立方体で貫通しない図形を用いた。調査は、時間、定規、フリーハンドのように描画時の制限は設けなかった。調査場所は、被験者が異なる学科であるため、講義中にまとまった人数が得られないことから、各学科の講義室および研究室にて調査を行った。図形描画テストの様子をビデオ撮影した。テスト後、被験者から撮影したビデオ

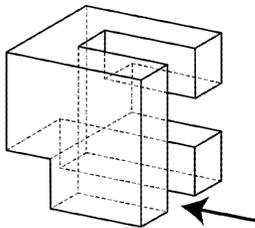


図4 図形描画テスト

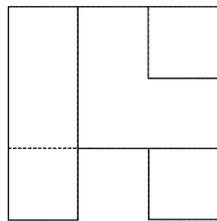


図5 解答

を基に、描画の順番、考え方、確認の有無を口頭で説明するよう指示した。

(2) 分析方法

本研究は、図形描画テスト時における正解群と不正解群の思考過程を比較することで分析する。

分析は、D.A ノーマン⁸⁾の行為の七段階理論に基づいて行った。行為の七段階とは、人間の行為をゴールの形成、意図の形成、行為の詳細化、行為の実行、外界の状況の知覚、外界の状況の解釈、結果の評価の七段階に分類し、個々の行為を組み合わせ、行動をするプロセスという考えである。人間は、七段階の行為の中から、目的を達成するために必要とする行為を選定し、プロセスを組む。そのため、行動に伴うプロセスは、人間によって異なるため、必ずしも同じとはいえない。

このことから、図形を正確に描画できる学生の行為のプロセスを抽出し、不正解者に正解者の行為のプロセスを促す支援をすれば図形描画に影響を与えようと考えられる。本研究では、行為の七段階理論のうち主要である認知、判断、評価の3つに着目し、学生の図形描画における思考過程を分析した。

認知は設問の図形から知覚される部位やゴー

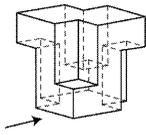
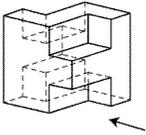
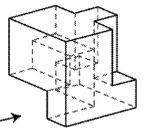
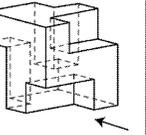
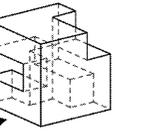
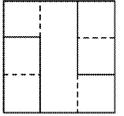
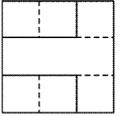
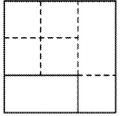
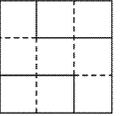
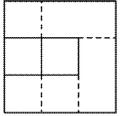
日数	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
設問					
解答					

図6 図形描画テスト

ルの設定、描画のプランなど、想像を意図に変換する部分として分類している。判断は、変換された意図を遂行するため、実際に行うとして外界に効果をおよぼす部分として分類する。また、評価は、判断による結果を受けて意図との比較をする部分で分類する。

(3) 分析結果・考察

結果、20人中10人が誤った解答をしていた。口頭による説明から正解群、不正解群の知覚の差異を認知、判断、評価の3つから分析した(表2)。

認知の段階において正解群は図形を分解する、想像した立体を回転させて考えるなど、独自に考えやすい方法で立体を把握していた。一方、不正解群は描画のプランが組み立てられないため、描画しながらゴールの形成を模索する学生が半数を占めていた。また、不正解群において10人中7人は設問図形の面と線の位置関係が理解できていなかった。見えがかり部分において誤りが生じていたため図のイメージができなかったことによるものと考えられる。

判断の段階では、正解群において10人中6人が図形を認知した部分ごとに描画する傾向が見られた。また、スケッチをする学生が10人中4人抽出された。不正解群にスケッチを描く学生が見られなかったことから、スケッチを描く行為は図形を理解するための手段として効果があると考えられる。

不正解群は、10人中9人が図形の輪郭から描画を行っていたが、半数は輪郭部分からの誤りが抽出された。輪郭から描画する理由として、最初に大まかな枠組みを描画した後、見えがかりの線など図形のイメージが困難な部分を考えるなどの回答が得られた。このことから、輪郭から描画する方法を取ることで描画した線が確立してしまい、評価の際に輪郭部分は確認を行わないため誤りが生じていると考えられる。

評価の段階において、正解群は10人中7人が描画した図形に対し、面と線の間を確認し評価を行っていた。解答した図形の見直しを行った学生は10人中10人であった。また10人中7人は、描画の結果、認知において形成されたゴールと異なった場合、評価の段階において図形を理解するための新たな方法を形成していた。一方、不正解群は、10人中5人が見直しなどの確認の行為を行っていなかった。設問の意味を誤って理解し、描画を誤った学生は、10人中3人抽出された。

結果、正解群は認知の段階において図形を理解するため、独自の考え方をを用いて描画をしている。よって、認知された図形の部分を判断の段階にて遂行していると考えられる。その後、確認の段階にて解答の見直しをすることで正しい図形を描画している。認知の段階で形成された図形のイメージと比較し異なる結果の場合、認知の段階にフィードバックされ、行為のサイク

ルが行われていることが分かった。結果を踏まえ、不正解者に正しい図形を描画するためのめた認知を用いた支援を考える。

3.3 メタ認知による学習効果の分析

(1) 調査の概要

図形描画における思考過程の分析より、正解群から抽出された思考を促す支援をし、メタ認知による内省を図ることで図形描画の学習に与える影響を確認する。調査は不正解群の10人を対象とし統制群と実験群それぞれ5人ずつ無作為に選出し、メタ認知の変化、正解率の変化から分析をする。図形描画の繰り返しによる学習効果の要因も考えられるため、統制群と実験群に分けることは必須であると考えられる。本研究では、被験者のうち実験群にメタ認知を行うため、図形の描画および以下に挙げる項目を質問し、書いてもらうことで支援をした。

- ・正確な図形を描くための考え方
- ・解答した図形の描き方（描き順、考え方）
- ・図形のイメージができにくかった部分

質問項目はそれぞれ認知、判断、評価に対応しており描画を認知し、改善してもらう狙いのもと作成した。

図形描画は、図6に示す図形を用い、前回の図形描画テスト同様の条件下で調査を行った。なお、実験群におけるメタ認知に関する設問の回答時間の制限は設けていない。設問に対して回答が困難であった場合、無記入でも可能とした。この調査を1日ごとに行い計5回実施した。対象の図形は同様の特徴を持つ別な図とし、正解の図を解答後、学生に確認させる。

なお、ビデオ撮影は被験者の許可をもらっての撮影であったため、被験者によって5回の調査全て撮影を行っていない。本研究の狙いは図形描画の学習に与える影響を探ることであり学習後のデータを必要とする。よって、学習の途中段階にある学生の図形描画テストの様子データは欠落しても結果に与える影響は少ないと考える。

また、被験者のうち、都合により筆者を含めた調査ができない学生がいたため、調査の概要を説明の上、自主的に図形描画テストを行うよう指示した。

(2) 分析結果・考察

はじめに、各図形描画テストの正解率から両群を比較する。

統制群の正解率は1回目40.0%、2回目60.0%、3回目60.0%、4回目60.0%、5回目20.0%、平均48.0%となった。また、実験群の正解率は1回目40.0%、2回目80.0%、3回目60.0%、4回目80.0%、5回目20.0%、平均56.0%となった(表3)。テスト回数ごとの正解率、全体の平均から実験群は統制群より同等あるいはそれ以上の正解率となった。

次に、5回目の図形描画テストにおいて図形描画の学習に与える影響を探る。抽出されたデータを表4に示す。分析方法は、前調査にて抽出された正解群の思考過程を基に統制群、実験群の行為の変化を抽出する。また、被験者によって正解群から抽出された要素を持つため本調査の母数は項目によって異なる。変化した人数を伸び率として示した。

結果、認知の段階において実験群はメタ認知の記述、口頭での説明から図形描画時の認識が明確であり描画をする上での考え方が構成されていた。4人中3人に変化が見られ、伸び率は75.0%となった。

一方、統制群は4人中3人が頭の中で立体としてイメージしてから図形描画する行為の変化

表3 図形描画テストの正解率

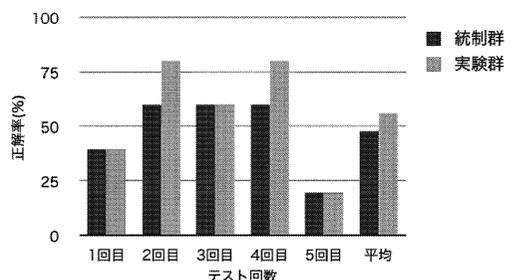


表4 抽出された行為の変化

行為の要素	項目	統制群		実験群	
		人数	伸び率	人数	伸び率
認知	認知するための思考が構成されている	1/4	25.0%	3/4	75.0%
	立体をイメージしてから描画する	3/4	75.0%	1/2	50.0%
	図形の手前部分から認知する	0/2	0.0%	1/1	100%
判断	認知した立体の部分ごとに描画する	2/3	66.7%	1/2	50.0%
	スケッチをする	1/5	20.0%	2/5	40.0%
評価	解答の見直しをする	1/2	50.0%	2/4	50.0%
	面の評価	1/3	33.3%	2/4	50.0%
	異なる思考方法の選択	1/5	20.0%	2/5	40.0%
変化なし		3/5	(60.0%)	1/5	(20.0%)

が見られた。伸び率は75.0%である。しかし、立体を回転させてイメージする、図形を分割して考えるなどの具体的な考え方は抽出されなかった。よってこの伸び率は繰り返し学習を行うことによる行為の変化と考えられる。

判断の段階において、実験群は5人中2人がスケッチを行い、描画している結果となった。伸び率は40%である。図形描画の学習への影響は、解答が困難な場合、異なる考え方を模索し模索していたため、スケッチのように調査前では見られなかった行為が見られたと考えられる。異なる思考方法の選択は、評価と関連しており、実験群で5人中2人抽出され伸び率40%となった。

評価の段階では、解答の見直しをする行為において統制群が5人中2人、実験群が5人中2人抽出された。実験群はメタ認知の記述によって見直しをする意識が促されたため伸び率が高くなった要因と考えられる。

また、メタ認知の回答の変化は、回数を重ねるごとに僅かであるが詳しく思考の過程を記述する結果となった。イメージできにくい部分の記述は、複数の部分イメージできなかったもの

が多くても1カ所に減少した。

3.4 質問紙法によるメタ認知力の調査

(1) 調査の概要

本調査では、学生の潜在するメタ認知力を把握するため、質問紙による方法を用いた。懸田ら⁹⁾は、メタ認知力の尺度を開発するため、被験者に解答してもらうための質問を作成した。結果、作成した質問は、メタ認知力を調査するために有用な手段であることを明らかにしている。本調査では、懸田らが使用した質問項目を基に質問紙を作成した。

調査内容は、普段の生活において、各設問での出来事に対しての自分の考え、および行動について尋ねるものである。解答は、A(いつもある)~E(ほとんどない)の5段階評価とし、当てはまる箇所に丸を付ける形式とした。設けた質問は20項目である。前半の10項目は、認知を予測、感覚など認知状態をモニターする能力(以下:メタ認知的モニタリング)とし、後半の10項目では認知状態を制御する能力(以下:メタ認知的コントロール)に関する質問内容である。なお、質問紙に解答する際の時間の制限は

表5 分析結果（統制群）

被験者	A	B	C	D	E	t 分布
調査前	49	52	81	76	57	0.026
調査後	56	56	83	89	59	
差	+7	+4	+2	+13	+2	
正解率	60.0%	0.0%	20.0%	100%	40.0%	

表6 分析結果（実験群）

被験者	F	G	H	I	J	t 分布
調査前	74	56	63	66	67	0.142
調査後	81	61	65	60	74	
差	+7	+5	+2	-6	+7	
正解率	80.0%	40.0%	100%	20.0%	40.0%	

していない。なお本調査は、統計学的処理にてメタ認知力の変化を考察するものではなく、前述にて抽出された行為の変化に対し裏付けをするために行ったものである。

(2) 分析方法

アンケートによる5段階評価の解答を1～5点に得点化し、尺度ごとの合計点および平均点を算出した。得点から、統制群と実験群の図形描画前後におけるメタ認知力の変化を探る。結果からメタ認知を用いた図形描画が学習に与える影響を考察することを目的とする。本調査では被験者ごとに分析した。

(3) 分析結果

質問項目への無回答や非該当の回答はなかった。分析結果を表5, 6に示す。また、統制群をA～E, 実験群をF～Jに示す。t分布は標本の分布が棄却する域に入る確率を指し、評価の間に有意差があるかを示す数値である。

得点化されたメタ認知力の差と、正解率を両群で比較すると、被験者C, Eの2点増加に対し、被験者Hは同じ増加点だが正解率は100%であった。また、被験者A, F, Jの7点増加を比較すると被験者Aの正解率60.0%に対し、被験者Fは80.0%であった。被験者Jに関して正解率が40.0%と統制群を下回る正解率となった。しかし、被験者Bと比較するとメタ認知力、正解率共に上回っていたため、被験者Aの数値の増加は、繰り返し図形描画を行ったことによる学習の効果の可能性が考えられる。被験者Dはメタ認知力が13点増加し、正解率は100%であった。被験者Dは3.2にて行った調査において図描画をする上での考え方が確

立していたことや見直しを行っていたため、図形描画テストを繰り返し行ったことにより内省され頭の中でイメージする立体がより正確になり正解に結びついたと考えられる。

4. ま と め

本研究では、メタ認知を用いた図形描画が学習に与える影響について調査を行った。3.2にて行った図形描画テストから正解群と不正解群の思考の差異を探った結果、正解群は図形描画の際、図形をイメージしやすくするための思考があらかじめ構成されている学生が多かった。一方、不正解群は、解答の見直し、描画した図形を基に立体をイメージするなどの特徴が見られた。

正解群から抽出されたデータを基にメタ認知を用いた支援による図形描画テストを検討し、実施した。結果、実験群、統制群共にメタ認知力は増加する傾向にあるが、正解率を比較すると実験群の方が全体的に高くなっていた。また、思考過程の伸び率からもメタ認知による内省を行うことで新たな思考が形成され、異なる思考方法での解答や解答を見直すきっかけが生み出されたと考えられる。

このことから、メタ認知による内省は図形描画の学習において図形の理解の向上および正確に描画するための影響を与えていることが分かった。これまで、メタ認知は身体の運動による支援や教科教育の向上に用いられてきたが、図形描画の学習にも効果があるといえる。

今後、被験者を増やし多くのデータを抽出す

ることはもちろん、図形描画テストやメタ認知の活用の仕方など検討し、データの信頼性を高めていく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 今井むつみ, 野島久雄: 人が学ぶということ—認知学習論からの視点— 北樹出版 (2003.4)
- 2) D.A ノーマン著, 野島久雄訳: 人を賢くする道具—ソフト・テクノロジーの心理学— 新曜社 (1996.12)
- 3) 吉野 巖, 川端健裕, 川村麗衣, 長内晋子: 素朴概念の修正におけるフィードバックとメタ認知的支援の効果—中学校数学授業における実践的研究— 北海道教育大学紀要 第55巻第2号 pp. 1-11 (2005.2)
- 4) A・オリヴェリオ著, 川本英明訳: メタ認知的アプローチによる学ぶ技術 創元社 (2005.12)
- 5) 古川康一, 諏訪正樹, 加藤貴昭: 身体スキルの創造支援について 人工知能学会論文誌 22巻5号 pp. 563-573 (2007.2)
- 6) 木下博義: 中学生のメタ認知を育成するための学習指導法に関する実践的研究—観察・実験活動における学習の振り返りの側面から— 広島大学大学院教育研究科紀要 第二部 第55号 pp. 43-52 (2006.10)
- 7) 田名部加織: 模型を用いた学生の立体把握能力に関する調査について 日本建築学会東北支部 研究報告会 計画系 第69号 pp. 257-269 (2006.6)
- 8) D.A. ノーマン著, 佐伯 胖監訳, 岡本 明, 八木大彦, 藤田克彦, 嶋田敦夫訳: 誰のためのデザイン?—認知心理学者のデザイン原論— 新曜社 (1990.2)
- 9) 懸田孝一, 宮崎拓弥, 吉野 巖, 浅村亮彦: メタ認知尺度開発のための予備的研究 北海道教育大学紀要 (教育科学編) 第58巻第1号 pp. 279-293 (2007.8)