

研究ノート

## 理科の「ものづくり」活動における動機づけと方略の関係の検討（Ⅱ）

－技術・家庭科技術分野との比較を中心として－

An Examination of the Relationship between Motivation and Strategies in “Manufacturing Activities” in Science (II)

-Focusing on a Comparison with Technology Education-

難波 賢太（高知大学教育学部学校教育教員養成課程）<sup>1</sup>

中尾 友紀（高知大学大学院総合人間自然科学研究科）<sup>2</sup>

鈴木 達也（高知大学大学院総合人間自然科学研究科）<sup>2</sup>

道法 浩孝（高知大学教育学部）<sup>3</sup>

草場 実（高知大学教育学部）<sup>3</sup>

NAMBA Kenta<sup>1</sup>, NAKAO Tomoki<sup>2</sup>, SUZUKI Tatsuya<sup>2</sup>, DOHO Hirotaka<sup>3</sup> and KUSABA Minoru<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Teacher Training Division, Faculty of Education, Kochi University*

<sup>2</sup> *Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University*

<sup>3</sup> *Faculty of Education, Kochi University*

### ABSTRACT

The purpose of this study was to explore the “manufacturing activities” conducted in science and technology education. The study created a causal model for such activities to be able to compare the relationships among the variables described below. The model set motivation as the explanatory variable and strategy as the objective variable. Interest value and utility value were placed as the components of motivation, while following instructions strategy and meta-cognitive strategy were regarded as the components of strategy. Then, a causal model was created, and structural equation modeling was carried out for the target group of 262 second- and third-year students at middle school A. The results suggested that in science an increase in interest value and utility value promotes the use of strategy. They also suggested that in technology education, an increase in utility value promotes the use of strategy.

## 問題と目的

### 本研究の背景

近年、理科の学習内容と実生活との関連を意識した指導が重視されており、欧米を中心として、理科、技術、工学等を融合したSTEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）教育が盛んとなっている（例えば、松原・高阪, 2017；郡司, 2015）。これまで、理科においては、例えば、「ものづくり」活動のように、これまでの理科学習で習得してきた科学的知識と実生活を関連づけた活動が行われている。本研究は、中学校理科の「ものづくり」活動において、生徒の動機づけや方略といった心理変数に着目し、学習目標を実現するための学習指導に対する示唆を与えようとするものである。

中学校理科において、「ものづくり」活動はどのような位置づけであろうか。中学校学習指導要領解説理科編によれば、「ものづくり」活動として、「身近な物理現象」において、簡単なカメラ、楽器などが、「電流とその利用」において、簡単なモーターなどが、「化学変化と原子・分子」において、カイロなどが挙げられている。同解説の指導計画の作成と内容の取扱いの「ものづくりの推進」において、「原理や法則の理解を深めるためのものづくりを、各内容の特質に応じて適宜行うようにすること。」と示されている（文部科学省, 2008a）。つまり、「ものづくり」活動は、これまでに学習してきた科学的知識を活用しながら、科学的な原理・法則の理解を深化させるための一つの有効な活動として位置づけられている。

ところで、「ものづくり」活動を基軸とする中学校技術・家庭科技術分野（以下、「技術科」とする）において、「ものづくり」活動はどのような位置づけであろうか。中学校学習指導要領解説技術・家庭編によれば、技術分野の目標は、「ものづくりなどの実践的・体験的な学習活動を通して、材料と加工、エネルギー変換、生物育成及び情報に関する基礎的・基本的な知識及び技術を習得するとともに、技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる。」と示されている（文部科学省, 2008b）。つまり、理科及び技術科ともに、「ものづくり」そのものが目的ではなく、「ものづくり」活動を通して、理科及び技術科の見方や考え方を育成することが、「ものづくり」活動の位置づけとなっている。特に、技術科では、「ものづくり」活動が基軸となっているため、動機づけといった心理変数に着目した研究が多数報告されている。

鬼藤・松浦（2003）は、技術科において、中学生が「一生懸命作業することが役に立つ」といった意識が高いほど、「ものづくり」活動に対する意欲が高いことを示している。原田・安東・小澤（2015）は、技術科における「ものづくり」活動を行うことで、中学生の自己効力が高まることを示している。森山・間宮・鬼藤・松浦・黒岩（2007）は、技術科の

「ものづくり」活動において、生徒が製作した作品に対する愛着の形成要因について検討している。森山ら（2007）は、「ものづくり」活動において、作品に対する愛着形成には性別差があることを示している。これらの技術科の「ものづくり」活動に関する先行研究より、「ものづくり」活動は、生徒の内的変容に影響を与えることが推測される。しかし、筆者らの知る限りでは、理科の「ものづくり」活動において、動機づけや方略といった心理変数に着目した研究はあまり見られないようである。

このような状況のなかで、前報（中尾・難波・鈴木・道法・草場, 2018）は、理科の「ものづくり」活動における心理変数に着目し、動機づけや方略の各構成要素を推定し、それらを測定するための項目を作成した。具体的に、動機づけについては、「興味価値」と「獲得・利用価値」の2つの構成要素を、方略については、「手順遵守方略」と「メタ認知的方略」の2つの構成要素を想定し、それらを測定する項目を作成した。さらに、各構成要素間で、有意な正の相関が見られることが確認された。ところで、平成27年第4回教育課程企画特別部会（文部科学省, 2015）によれば、動機づけからプロセス（方略）に、方略から成果につながることを示されている。また、理科学習における動機づけや方略に関する研究では、例えば、鈴木・足達・岡村・草場（2017）は、中学校理科の観察・実験場面において、動機づけを説明変数、方略を媒介変数、学習成果を目的変数とした因果モデル（動機づけモデル）を構成し、構造方程式モデリングを用いて各変数間の関係について検討している。その結果、動機づけの高まりが、実験方略を媒介し、科学的思考力が育成されることを示している。観察・実験活動と同様に、体験的な活動である「ものづくり」活動においても、科学的な原理・法則の理解の深化といった学習成果に対して、動機づけが方略を媒介しながら影響を与えるのではなかろうか。

本研究では、理科の「ものづくり」活動において、動機づけと方略の関係に着目し、構造方程式モデリングを用いて、各構成要素間の関係について検討することにした。その際、技術科の「ものづくり」活動との比較を通して、理科の特徴的な各変数間の関係について検討することにした。本研究で得られる知見は、「ものづくり」活動を通して、科学的な原理・法則の理解の深化を実現するための学習指導に対する示唆を与えることができると考えた。

### 本研究の目的

本研究の目的は、理科及び技術科において、中学生の動機づけを説明変数、方略を目的変数とする因果モデルを構成し、構造方程式モデリングを用いて、動機づけと方略の関係について明らかにすることである。さらに、その結果から、理科において、科学的な原理・法則の理解の深化を実現するための「ものづくり」活動の学習指導に対して示唆を与えることである。

## 方 法

### 「ものづくり」活動における動機づけを測定する項目

理科の「ものづくり」活動における動機づけを測定する項目には、前報（中尾ら、2018）で作成した項目を準備した。具体的には、「ものづくり」活動そのものやそのプロセスが楽しい、面白いといった「興味価値」、「ものづくり」活動を通して、科学的な知識や技能の獲得、新たな見方や考え方が身に付くといった「獲得・利用価値」の2つの因子で構成されている。本項目では、「興味価値」4項目、「獲得・利用価値」4項目、合計8項目を準備した（表1）。

技術科の「ものづくり」活動における動機づけを測定する項目には、前報（中尾ら、2018）の項目を参考に準備することにした。具体的に、中尾ら（2018）の項目を基に、技術教育学を研究領域とする大学教員1名及び技術科教諭の養成課程に所属する大学生1名、合計2名によって、技術科の文脈に適合するように項目内容の修正を行った。最終的には、技術科の「ものづくり」活動における動機づけは、理科と同様に、「興味価値」4項目、「獲得・利用価値」4項目、合計8項目を準備した（表1）。

なお、回答方法は、先行研究に準拠し、6件法（6：非常によく当てはまる、5：当てはまる、4：少し当てはまる、3：あまり当てはまらない、2：当てはまらない、1：全く当てはまらない）で求め、評定値をそのまま得点とした。

### 「ものづくり」活動における方略を測定する項目

理科の「ものづくり」活動における方略を測定する項目には、前報（中尾ら、2018）で作成した項目を準備した。具体的には、決められた手順に従ってものをつくるといった「手順遵守方略」、これまでの学習と関連付けながらものをつくるといった「メタ認知的方略」の2つの因子で構成されている。本項目では、「手順遵守方略」4項目、「メタ認知的方略」4項目、合計8項目を準備した（表2）。

技術科の「ものづくり」活動における方略を測定する項目には、前報（中尾ら、2018）の項目を参考に準備することにした。具体的に、中尾ら（2018）の項目を基に、技術教育学を研究領域とする大学教員1名及び技術科教諭の養成課程に所属する大学生1名、合計2名によって、技術科の文脈に適合するように項目内容の修正を行った。最終的には、技術科の「ものづくり」活動における方略は、「手順遵守方略」4項目、「メタ認知的方略」4項目、合計8項目を準備した（表2）。

なお、回答方法は、先行研究に準拠し、6件法（6：非常によく当てはまる、5：当てはまる、4：少し当てはまる、3：あまり当てはまらない、2：当てはまらない、1：全く当てはまらない）で求め、評定値をそのまま得点とした。

### 調査協力者及び調査手続き

高知県内にあるA中学校第2・3学年8クラス262名（男子131名、女子131名）の中学生を対象とした。調査は、

表1 動機づけを測定する項目

項目内容
<b>興味価値</b>
（興1） 私は、理科の授業で「ものづくり」をすることが好きである。
（興2） 私は、理科の授業で「ものづくり」をすることが面白いと思う。
（興3） 私は、理科の授業で「ものづくり」をするにに興味がある。
（興4） 私は、理科の授業で「ものづくり」することは楽しいと思う。
<b>獲得・利用価値</b>
（獲1） 私は、理科の授業で「ものづくり」をすることで、新しい発見があると思う。
（獲2） 私は、理科の授業で「ものづくり」をすることで、新しいことを考える力が高まると思う。
（獲3） 私は、理科の授業で「ものづくり」をすることで、これまでの学習の理解が深まると思う。
（獲4） 私は、理科の授業で「ものづくり」をすることで、ものづくりに必要な技能が身に付くと思う。

注）技術科においては、項目内の理科を技術とした

表2 方略を測定する項目

項目内容
<b>手順遵守方略</b>
（手1） 私は、理科の授業で「ものづくり」を行う際は、決められた手順のとおりにつくるようにしている。
（手2） 私は、理科の授業で「ものづくり」を行う際は、ひとつひとつの手順を確認しながらつくるようにしている。
（手3） 私は、理科の授業で「ものづくり」を行う際は、初めに手順をしっかりと確認してつくるようにしている。
（手4） 私は、理科の授業で「ものづくり」を行う際は、先生の指示をしっかりと聞いてつくるようにしている。
<b>メタ認知的方略</b>
（メ1） 私は、理科の授業で「ものづくり」を行う際は、いままで学んだことを思い出しながらつくるようにしている。
（メ2） 私は、理科の授業で「ものづくり」を行う際は、これまでの学習と関連付けながらつくるようにしている。
（メ3） 私は、理科の授業で「ものづくり」を行う際は、大事なところはどこかを確認しながらつくるようにしている。
（メ4） 私は、理科の授業で「ものづくり」を行う際は、どうしたらうまくいくのかを考えながらつくるようにしている。

注）技術科においては、項目内の理科を技術とした

2017年の11月に各クラス集団で理科の授業時間内に実施された。

## 結果と考察

理科と技術科の「ものづくり」活動における動機づけ及び方略の各因子構造の検討を行った。そして、動機づけを説明変数、方略を目的変数とする因果モデルを構成し、構造方程式モデリングによって変数間の関係について検討した。なお、統計解析には、IBM SPSS Statistics 23及びIBM SPSS Amos 23を用いた。

## 分析対象者

欠損値のあるデータを除いた 249 名（男子 121 名，女子 128 名）のデータを分析の対象とした。

### 「ものづくり」活動における動機づけの確認的因子分析

理科と技術科の「ものづくり」活動における動機づけの因子構造を検討するために，確認的因子分析（最尤法）を行った。「興味価値」と「獲得・利用価値」の因子間に相関を仮定した 2 因子斜交モデルを構成し，モデルの適合度を検討した。その結果，代表的な適合度指標は，（理科：GFI=.925，AGFI=.857，CFI=.958，RMSEA=.127；技術科：GFI=.874，AGFI=.761，CFI=.948，RMSEA=.154）であった。代表的な適合度指標は，技術科は理科と比べ低い値を示したが，本モデルは一定妥当性が担保されていると判断した。

理科と技術科の「ものづくり」活動の各構成要素の平均値，標準偏差及び信頼性係数（Cronbach  $\alpha$ ）は，「興味価値」4 項目は（理科： $M=4.54$ ， $SD=1.25$ ， $\alpha=.91$ ；技術科： $M=4.37$ ， $SD=1.46$ ， $\alpha=.93$ ），「獲得・利用価値」4 項目は（理科： $M=4.52$ ， $SD=1.17$ ， $\alpha=.77$ ；技術科： $M=4.52$ ， $SD=1.26$ ， $\alpha=.78$ ）であった。 $\alpha$  係数については，いずれの下位尺度においても良好な値が得られたと判断した。

### 「ものづくり」活動における方略の確認的因子分析

理科と技術科の「ものづくり」活動における方略の因子構造を検討するために，確認的因子分析（最尤法）を行った。「手順遵守方略」と「メタ認知的方略」の因子間に相関を仮定した 2 因子斜交モデルを構成し，モデルの適合度を検討した。その結果，代表的な適合度指標は，（理科：GFI=.908，AGFI=.825，CFI=.923，RMSEA=.137；技術科：GFI=.918，AGFI=.845，CFI=.939，RMSEA=.132）であった。代表的な適合度指標は，技術科は理科と比べ低い値を示したが，本モデルは一定妥当性が担保されていると判断した。

理科と技術科の「ものづくり」活動の各構成要素の平均値，標準偏差及び信頼性係数（Cronbach  $\alpha$ ）は，「手順遵守方略」4 項目は（理科： $M=4.88$ ， $SD=1.03$ ， $\alpha=.73$ ；技術科： $M=4.94$ ， $SD=1.09$ ， $\alpha=.81$ ），「メタ認知的方略」4 項目は（理科： $M=4.53$ ， $SD=1.10$ ， $\alpha=.80$ ；技術科： $M=4.56$ ， $SD=1.17$ ， $\alpha=.86$ ）であった。 $\alpha$  係数については，いずれの下位尺度においても良好な値が得られた。

### 潜在変数間の相関分析

本研究では，前報（中尾ら，2018）と同様に，今後，理科の「ものづくり」活動における動機づけを説明変数，方略を媒介変数，学習成果を目的変数とした因果モデル（動機づけモデル）を構成し，各変数間の関係について検討することを視野に入れるため，動機づけと方略の各構成要素間の相関分析を行った。

まず，理科の「ものづくり」活動における各潜在変数間の相関分析結果を表 3 に示した。その結果，すべての潜在変数間で有意な正の相関が見られた。

次に，理科と同様に，技術科の「ものづくり」活動における各潜在変数間の相関分析結果を表 3 に示した。その結果，すべての潜在変数間で有意な正の相関が見られた。

### 因果モデルの構成

本研究では，前報（中尾ら，2018）と同様に，今後，理科の「ものづくり」活動における動機づけを説明変数，方略を媒介変数，成果物を目的変数とした因果モデル（動機づけモデル）を構成し，各変数間の関係について検討することを視野に入れている。そのため，本研究では，動機づけを説明変数，方略を目的変数とする因果モデルを構成し，構造方程式モデリングによって変数間の関係について検討した。その結果，代表的な適合度指標は良好な値であったため（理科：GFI=.863，AGFI=.810，CFI=.929，RMSEA=.096；技術科：GFI=.865，AGFI=.813，CFI=.944，RMSEA=.093），本モデルは一定妥当性が担保されていると判断した。

### 構成要素（潜在変数）間の関係

まず，理科の「ものづくり」活動において，動機づけを説明変数，方略を目的変数とする因果モデルを構成し，変数間の関係について構造方程式モデリングを用いて検討した。その結果，「手順遵守方略」に対して，「獲得・利用価値」から有意な正のパスが見られた（図 1）。また，「メタ認知的方略」に対しては，「興味価値」と「獲得・利用価値」からそれぞれ有意な正のパスが見られた（図 1）。よって，『ものづくり』活動を通して，科学的な知識や技能の獲得，新たな見方や考え方が身に付く」といった「ものづくり」に対する価値や有用性を実感することで，決められた手順の通りにもものをつくる，これまでの学習と関連づけながらものをつくる，といった方略の使用を促す可能性があることが示唆された。さらに，『ものづくり』活動そのものやそのプロセスが楽しい，面白い」といった，「ものづくり」に対する興味・関心を持つことは，これまでの学習と関連づけながらものをつくる，といったメタ認知的な方略の使用を促す可能性があることが示唆された。

次に，理科と同様に，技術科の「ものづくり」活動において，動機づけを説明変数，方略を目的変数とする因果モデルを構成し，変数間の関係について構造方程式モデリングを用いて検討した。その結果，「手順遵守方略」と「メタ認知的方略」のそれぞれに対して，「獲得・利用価値」から有意な正のパスが見られた（図 1）。よって，『ものづくり』を通して，科学的な知識や技能の獲得，新たな見方や考え方が身に付く」といった「ものづくり」に対する価値や有用性を実感することで，決められた手順の通りにもものをつくる，これまでの学習と関連づけながらものをつくる，といった方略の使用を促す可能性があることが示唆された。

理科と技術科ともに，「獲得・利用価値」を高めること



表3 動機づけと方略の各構成要素間の相関分析結果

	1	2	3	4
1 興味価値	-	.68**	.38**	.58**
2 獲得・利用価値	.74**	-	.59**	.63**
3 手順遵守方略	.50**	.70**	-	.72**
4 メタ認知的方略	.58**	.81**	.78**	-

注) 相関係数の右上段は理科, 左下段は技術科

\*\* $p < .01$ 

によって、「手順遵守方略」と「メタ認知的方略」の使用を促進する可能性があることが示唆された。加えて、理科においては、「興味価値」を高めることによって、「メタ認知的方略」の使用を促進する可能性があることが示唆された。つまり、理科の「ものづくり」活動の特徴として、『「ものづくり」活動そのものやそのプロセスが楽しい、面白い』といった、「ものづくり」に対する興味・関心を高める学習指導が、生徒の認知的処理の深い方略の使用を促進する可能性があることが示唆された。

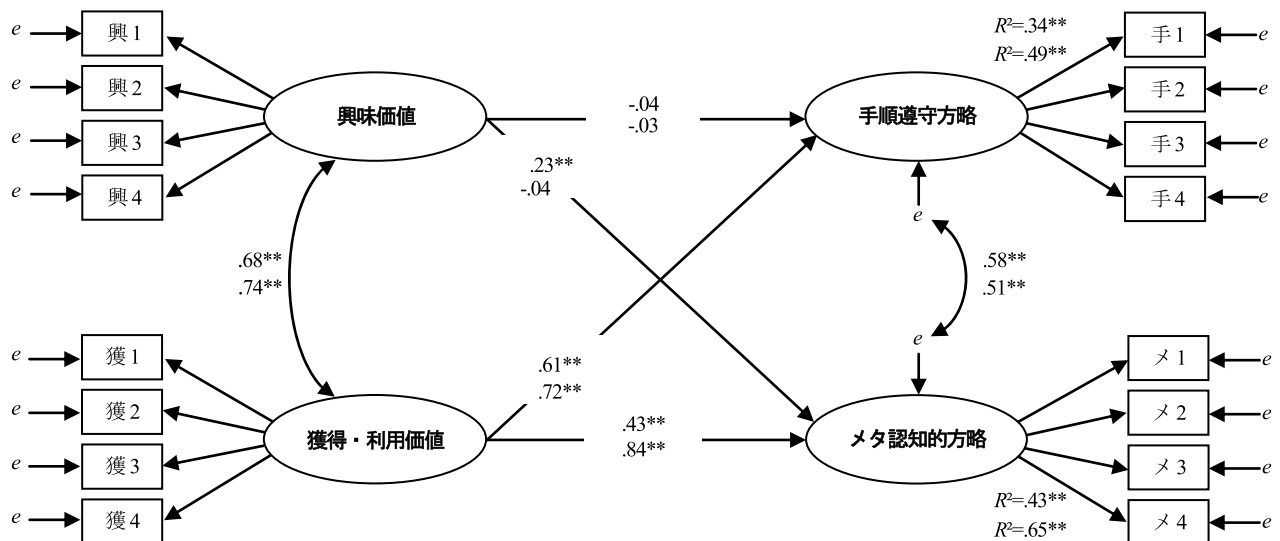
### 今後の課題

本研究では、中学生を対象にして、理科と技術科の「ものづくり」活動において、動機づけと方略の関係に着目し、構造方程式モデリングを用いて、各構成要素間の関係について比較・検討してきた。その結果、理科の「ものづくり」活動の特徴として、「興味価値」を高めることが、科学的な原理・法則の理解の深まりに影響を与えると推測される、メタ認知的な方略の使用を促進する可能性があるという知見を得ることができた。しかし、本研究では、学習成果、つまり、科学的な原理・法則の深化との関係について分析

するに至っていない。前報（中尾ら，2018）で指摘したように、今後は、学習成果として、科学的思考力などを位置づけ、動機づけモデルを構成し、各構成要素間の関係について検討していくことが課題である。

ところで、竹野（2016）は、「ものづくり」活動の意義として、製作技術の習得とともに、成功意識が芽生えるような科学的な「ものづくり」の必要性を指摘している。これを受け、動機づけの因子としては、「興味価値」、「獲得・利用価値」の他に、困難な課題においても成功できる自信（「成功期待」といった動機づけも推定され、方略に影響を与えることが推測できる。また、技術科の「ものづくり」活動における動機づけと方略の各構成要素を測定する項目には、理科の「ものづくり」活動の文脈で作成したものを使用した。よって、理科と技術科の「ものづくり」活動における動機づけや方略の各構成要素については、より細分化することも今後の課題の一つとしたい。

また、本報及び前報（中尾ら，2018）は、質問紙調査から得られた結果であり、実践的な仮説検証に基づくものではない。そのため、今後は、教育介入に基づく検討を行っていく必要がある。

注1) \*\* $p < .01$ 注2)  $R^2$ は重相関係数の平方,  $e$ は誤差変数

注3) □は観測変数, ○は潜在変数

注4) 標準化パス係数, 相関係数, 重相関係数の平方の上段は理科, 下段は技術科

図1 理科及び技術科における「動機づけ - 方略」の因果モデル ( $n=249$ )

### 【謝辞】

- 1) 調査にご協力いただきました A 中学校の生徒の皆様、ならびに理科担当の先生、技術科担当の先生の皆様に深く感謝申し上げます。
- 2) 本研究は、JSPS 科研費 JP15K044480, JP17H0198154 の助成を受けたものです。

### 【付記】

本稿は、難波・中尾・鈴木・道法・草場（2017）の発表内容に基づき、研究を発展させ、加筆・修正を加えたものである。

### 【参考・引用文献】

- 郡司賀透（2015）アメリカの科学教育改革 スタンダードに基づくカリキュラム設計とSTEM教育の振興、化学と教育, Vol.63（10）, pp.480-483.
- 原田信一・安東茂樹・小澤雄生（2015）中学校技術科におけるものづくり学習後の学習意欲と工具使用のスキル意識に関する調査 - 附属京都中学校での実践 -, 京都教育大学教育実践研究紀要, Vol.15, pp.115-124.
- 鬼藤明仁・松浦正史（2003）「ものづくりの体験的な学習」の生活場面での有効性に関する中学生の認識, 日本教育工学会論文誌, Vol.27（2）, pp.175-180.
- 松原憲治・高阪将人（2017）資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としての STEM 教育と問い, 科学教育研究, Vol.41, No.2, pp.150-160.
- 文部科学省（2008a）中学校学習指導要領解説理科編, 文部科学省, p.99.

文部科学省（2008b）中学校学習指導要領解説技術・家庭編, 文部科学省, p.14.

文部科学省（2015）教育目標・内容と学習・指導方法、学習評価の在り方に関する補足資料, 教育課程特別部会（第4回）,  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/siryo/\\_icsFiles/afieldfile/2015/05/25/1357975\\_02.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/siryo/_icsFiles/afieldfile/2015/05/25/1357975_02.pdf), p.36.（2017年11月20日閲覧）

森山潤・間宮和寿・鬼藤明仁・松浦正史・黒岩督（2007）「技術とものづくり」の学習における生徒の作品に対する愛着の形成要因 - 自由記述調査による探索的検討 -, 兵庫教育大学研究紀要, Vol.31, pp.143-150.

中尾友紀・難波賢太・鈴木達也・道法浩孝・草場実（2018）理科の「ものづくり」活動における動機づけと方略の関係の検討（Ⅰ） - 項目作成を中心として -, 高知大学教育学部研究報告, Vol.78, pp.173-180.

難波賢太・中尾友紀・鈴木達也・道法浩孝・草場実（2017）理科学習における「ものづくり」活動の動機づけと方略の関係の検討（Ⅱ） - 技術分野との比較を中心として -, 日本理科教育学会四国支部会報, Vol.35, pp.7-8.

鈴木達也・足達慶暢・岡村華江・草場実（2017）理科の観察・実験場面における動機づけモデルに関する基礎的研究（Ⅰ） - 因果モデルの構成 -, 高知大学教育学部研究報告, Vol.77, pp.87-93.

竹野英敏（2016）ものづくり活動への願い, 理科の教育, Vol.65（11）, pp.5-8.