

動力伝達の学習の導入における Tech 未来を活用した問題解決的な学習の効果

中尾 尊洋

鳥取大学附属中学校 技術・家庭科

E-mail: nakaot@tottori-u.ac.jp

NAKAO Takahiro (Tottori University Junior High School) : **Effects of problem-solving learning using “Tech-MIRAI”, a block assembling tool, in the introductory part of the learning of “power transmission”.**

要旨 — 本研究の目的は、動力伝達の学習の導入における問題解決的な学習が、生徒の学習意欲や思考に及ぼす効果を明らかにすることである。授業実践において、Tech 未来（動力伝達の部品を組み合わせるブロック教材）を用いて動力を伝達させる問題解決学習を行った。その結果、生徒が試行錯誤を通して多様に発想しつづき、より良い解決方法を導き出そうとする姿が見られた。また、授業後の感想記述により、学習の困難さを感じつつも、楽しいといった肯定的感情が多く得られることが示唆された。

キーワード — Tech 未来, 問題解決, 動力伝達の学習, 思考力, 肯定的感情

Abstract — The purpose of this study is to clarify the effect of problem-solving learning at the introductory part of learning of “power transmission”. Students learned how to transmit power using Tech’ MIRAI’ (Block teaching material that enables various combinations of parts of power-transmission) as a problem-solving learning. As a result, students showed attitude to try to find better solutions through various trials and errors. In addition, it was suggested by the class questionnaires conducted after the class, that the students had not only felt difficulties but also showed a lot of positive emotions such as “fun”.

Key words — Tech’ MIRAI’, Problem-solving, Learning of Power train, Thinking ability, Positive emotion

1. はじめに

本研究の目的は、動力伝達の学習の導入時に Tech 未来¹⁾（動力伝達の部品を組み合わせるブロック教材）を用いたギヤやプーリーの組み合わせによって問題解決する学習が、生徒の思考や学習意欲に及ぼす効果を明らかにすることである。

動力伝達の製品は、金属やプラスチック等の加工が必要であり、生徒の発想を形作するための製作が困難である。したがって、学習において製作実習を伴わせて体験的に工夫させる学習になりにくく、教科書の内容を確認させたり、模型等を用いた観察によって理解させたりする方法が中心になりがちと考えられる。この問題に対して、中尾はダンボール製のギヤを用いた走行教材を開発し、動力を効率的に伝達させる製品を工夫して製作する体験的な学習を実践した²⁾。しかし、生徒の生活経験にダンボール製のギヤを製作する際の道具（カッターナイフ等）を

使用する場面は少なく、精度の高い工作は求めにくい。このため製作においては、多くの時間を確保し、生徒がゆとりを持って作業できる環境を整えることが必要となる。また、製作されたギヤ等の精度にあまり期待がもてないため、速度伝達比の基礎的な学習場面において伝達ロス等の様々な要因が発生すると推察され、このことが理解を阻害してしまう要因になることが考えられる。

この点に関して Tech 未来はプラスチック製のブロックで組み立てる教材であり、組み立ては中学生にとって容易である。ギヤやプーリー等の選択できるパーツの組み合わせも多く、生徒が自由に発想し、それを形作ることができる。したがって、短時間で生徒が発想したことを製作できることに加え、組み立てた作品の精度もダンボール製のものよりも高くなることが期待できる。このような特徴を踏まえると、動力伝達に関する学習の導入にお

いて Tech 未来を活用することは、基礎的な動力伝達比の学習に効果的であると考えられる。

中学生の動力伝達の学習に関する先行研究は、教材開発や学習計画についての研究が散見される。森らは、ロボットを複合教材として用い、問題解決能力の育成に効果を持たせるために、ロボットハンドの駆動部分が動力伝達の学習に利用できる可能性を示唆している³⁾。

Tech 未来を用いた先行研究では、渡津らによって、動力伝達の設計に関する学習計画とその効果が検討されており、社会的、環境的、経済的側面からの妥当性を検討した電気自動車の設計を通して、生徒の意欲、理解に関して効果や、創造させる際にスピードか力か、といったように具体的な視点を持たせる際の理解のしやすさについて検討されている⁴⁾。

これらの先行研究は、動力伝達の教材のあり方や、動力伝達の学習計画全体を対象としての効果が検証されている。つまり基礎的・基本的な学習から問題を解決する創造的な活動までの全般を対象としており、動力伝達の学習の導入部分に着目して生徒の意識、思考について検討することは、まだ十分になされていない。そこで本研究では、生徒の知識が不十分と考えられる動力伝達の学習の導入部分において、製作が容易である Tech 未来を用いた授業を実践し、思考の多様性や生徒の情意に及ぼす効果を検証した。

2. 研究方法

2.1. 対象および時期

対象は、本校の2年生(中学校2年生)のうち、動力伝達について未習の82名である。授業実践は2019年6月に実施した。

2.2. 分析の手続き

動力伝達の学習の導入部分として、4時間分のTech未来を用いた授業を設計、実践した。4時間目の実践で問題解決的な学習を行い、生徒の思考の内容や学習意欲について分析した。

生徒の思考の内容を確認するため、最終的な完成物のうち特徴的なものに関して、その構造を採用した理由について考察した。また、生徒には授業の活動中に思考した内容を記述させるようにし、そ

の記述の内容をもとに活動の意図を分類した。

学習意欲への影響についての分析では、対象生徒全員に授業実践後の感想を自由に記述させ、テキストマイニングによって形態素解析し、頻出語を抽出して共起ネットワークを作成、解釈を加えることで、実践における生徒の意識を確認した。

3. 実践内容

3.1. 教材の生徒への提示

Tech 未来は、ブロックを組み立ててモーターとギヤやプーリーを接続する教材である。組み立て、取り外しが容易で中学生が取り扱うのに特別な講習等の必要はないと考えられる。したがって、授業実践の導入時に特別な使い方等の説明は行わず、生徒が実践的な活動の中で取り扱い方を学ぶことを期待した。また、Tech 未来を扱うのは2人組でチームを編成することとした。授業において、個人で思考し製作を行うのではなく、他の人との思考のやりとりをしつつ学習内容に迫らせるためである。

3.2. 授業の設計

授業は動力伝達の学習の導入部分であるため、学習の目的、内容についてのガイダンスとして1時間、ギヤやプーリー等の基礎的な学習について2時間、問題解決的な学習を1時間行った(表1)。

表1 授業計画

時間	学習の内容	学習の目的
1	動力伝達の学習へのガイダンス	動力伝達の技術についての概要を知る。
2	動力伝達の方法	ギヤやプーリーの利用による回転方向、回転速度の違いを理解する。
3	速度伝達比	速度伝達比による回転速度とトルクの関係を理解する。
4	ギヤやプーリーの活用	動力伝達の技術を活用して、問題を解決する。

1時間目のガイダンスでは、てこの原理など基本的な物理現象を活用して人類が多くの製品を生み出したことに触れ、動力伝達の学習の意義について話すとともに、身近な製品を例に挙げて動力伝達の技術が活用されている場面について解説した。

2時間目からTech未来を用いて体験的に学習した。2時間目は、ギヤやプーリーを用いることで、回転方向や回転速度が変化させられることについて扱った。回転方向については、複数組み合わせたギヤやプーリーを実際に回転させ、観察させ

ることで考えさせるようにした。回転速度については、ギヤの山数やプーリーの直径が違うものを接続し、回転数に着目させて速度伝達比による回転速度の変化について考えさせるようにした。

3 時間目は、手動で回転させる動力源に対して、できる限り回転速度を上げさせるようにギヤを多重に組み合わせた構造を作成させ、回転速度を上げることで動力源のトルクが必要になることを体験させた。

4 時間目の問題解決的な学習では、重りを牽引する問題に取り組ませ、回転速度やトルクのトレードオフによって速度伝達比を調整すること、効率的な動力伝達は速度伝達比だけではなく摩擦等による伝達ロスを検討する必要があること等を考えさせた。

3.3. 問題解決的な学習について

4 時間目に実施した問題解決的な学習では、ある程度組み立てられた基本構造にギヤ等を追加して、重量物を牽引するというテーマを提示した(図 1)。



図 1 牽引する重量物

なお、重量物は 100 ミリ程度に切断した 2 × 4 材に滑り止めシートを貼り付け、牽引紐を取り付けさせるためにフックを付けた(図 2)。牽引させるときには滑り止めシートの面を下にするというルールにした。

基本構造を提示した目的は、フレームとモーターの位置が固定された制約条件の中で試行錯誤させるためである。また、重量物を牽引する紐を巻きつける軸の取り付け範囲も指定し、ギヤやプーリーの組み合わせに思考を集中させるようにした(図 3)。



図 2 提示した基本構造

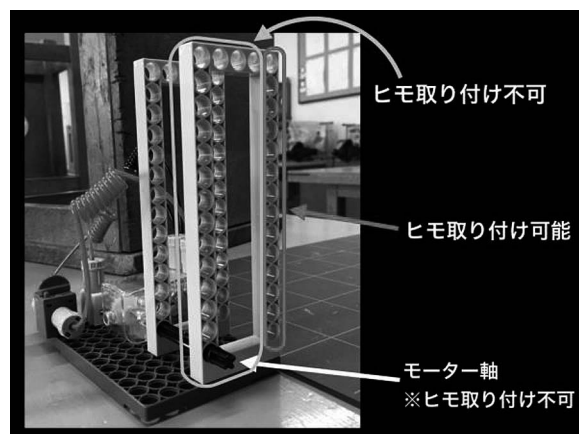


図 3 牽引場所の指定についての説明

目指す目標として「規定の距離(200 ミリ)をより速く引っ張ろう」と設定し、トルクを強くすることのみに意識させるのではなく、回転速度とトルクの折り合いをつけさせるようにした。

4. 結果および考察

4.1. 問題解決的な学習の全体の様子

4 時間目の授業の冒頭に、問題解決のテーマを提示し、試行錯誤して解決するように促した。全体的な授業の雰囲気は意欲的に感じられ、授業の序盤から、チームの中で相談しつつテーマを解決しようとする様子が見られた(図 4)。



図 4 製作の様子

授業の終盤に差し掛かるにつれて、ギヤの組み合わせや牽引の構造が最適化され、牽引の速度は速くないにしろ、規定の距離を牽引できるチームが増えてきた。早い段階で牽引ができていたチームほど、より速く牽引するための方法を考案する時間的な余裕があり、牽引速度を上げることができていたように感じられた。

最終的に、牽引することができずに終わったチームや、速く牽引することができたチームがあり、チームによって大きな差ができた。しかし、そのことで効率的に牽引できなかったものとできたものの比較が可能となった。したがって、まとめにおいて、効率的に牽引するために必要な条件が顕在化され、速度伝達比や摩擦による伝達ロスなどの動力伝達を効率化させるポイントについて気づきやすい環境ができた。授業のまとめではこの点に留意し、生徒の中から動力伝達を効率的に行うポイントを引き出し、動力伝達において工夫する方法についての理解を全員に促した。

4.2. 製作物から確認できた生徒の思考

最終的に生徒が完成させた製作物から興味深いものを選出し、生徒の思考について検討した。

図5は最小限のギヤを組み合わせたものである。3種類あるギヤをひとつずつ用い、もっとも山数の少ないギヤをモータの軸に取り付け、もっとも山数の多いギヤを牽引紐の巻き取り軸に取り付けることで、最小限の構成でトルクを高めて牽引を実現している。

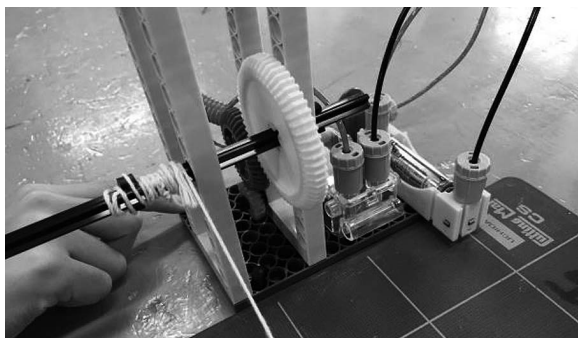


図5 ギヤの構成を最小限にした例

この構成は、多段歯車を用いない最小限の構成でトルクを高めようとするものであり、もっとも摩擦による伝達ロスが少ないと考えられる。このような発想は、トルクと回転速度のバランスについて速

度伝達比だけを考慮したものではなく、ブロック同士の接点を減らすことで伝達ロスを減少させる意図が必要である。「速く牽引する」というテーマを達成するために、速度伝達比や摩擦による伝達ロスが意識されていることから、様々な問題を自ら探って解決する思考ができていたことが確認できた。

図6は、高いところから牽引することで、滑り止めシートの摩擦を減らそうとした意図が見られるものである。

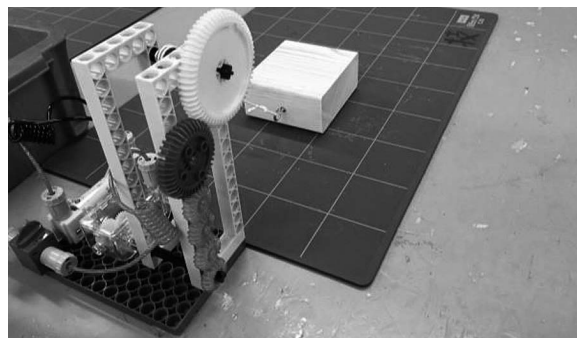


図6 高所から牽引させた例

牽引する力を増やすのではなく、牽引する重量物の抵抗を無効化させることが発想されたものと考えられる。高所で引き上げるために山数の小さいギヤ4つを用いて伝達させていることから、モータの回転軸から離れた軸を動作させるために、複数のギヤを活用できていることが確認できた。このような発想は、事前学習で学んだ内容を超えて問題の認識が得られており、問題解決の方法を拡散的に探ろうとした形跡が示されたものと考えられる。

図7はギヤを最小限の構成にした上で、さらに高所から引き上げようとしたものである。

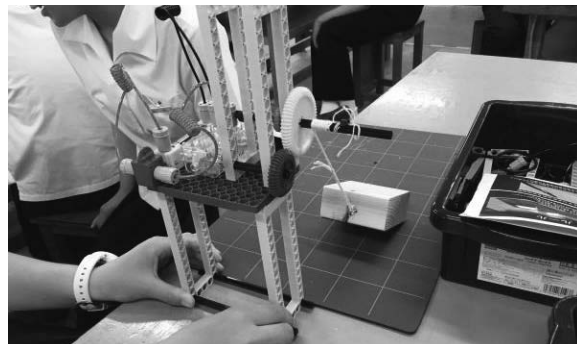


図7 複合的に工夫した例

牽引することを阻害する要因を探った上で様々な手段を検討し、効果的な解決方法を複合的に考案したものと考えられる。

これらのことから、動力伝達の導入というまだ十分に動力伝達の技術についての知識が得られていない段階であっても、Tech 未来を活用することで、自分の発想を引き出し、その場ですぐ製作する活動が可能であることが示された。Tech 未来は、ブロック教材であるがゆえに容易に製作が可能であり、発想を形づくり、動作させて確認し、さらに修正を加える、といった試行錯誤が生徒の自主的な活動で行われる。このことは、動力伝達の導入において、教科書の内容を解説するのみで動力伝達の基礎的・基本的な知識を獲得させる学習の方法ではなく、体験的に学習する方法が検討されるべきであることが示唆されたものと考えられる。

4.3. 活動中の記述

活動中に思考した内容についての生徒の記述から、製作の意図を読み取って分類することで、問題解決に向かう思考の多様性を確認した。表 2 にその分類した内容を示した。

表 2 製作の意図の分類

作成の意図	人数 (人)	比率 (%)
摩擦に関する意図	34	45
回転速度とトルクのバランスに関する意図	26	34
構造に関する意図	11	14
回転方向に関する意図	3	4
モーター軸と巻取り軸の距離 (誤概念)	2	3

「摩擦に関する意図」は、軸の接点における摩擦を考慮する必要性に気づいた内容や、ギヤが増えることによる摩擦を考慮する必要性に気づいた内容であった。例えば「軸が多いと摩擦によって十分に力が発揮できない」のような記述である。

「回転速度とトルクのバランスに関する意図」は、速度伝達比を考慮してギヤを組み合わせたりプーリーを用いたりすることに気づいた内容の記述であった。例えば、「スピードを上げるため、小さいギヤも組み合わせた」のような記述である。

「構造に関する意図」は、ギヤやプーリーの取り付け位置やギヤの噛み合わせを考慮する必要性に気づいた内容であった。例えば、「ギヤを取り付ける高さを変えた」のような記述である。

「回転方向に関する意図」は、ギヤの個数による回転方向の違いを考慮する必要性を述べたものである。これに関しては、「回転の向き」とだけ記

述してあった。実際には、回転方向の違いによって牽引する力に影響を与えることはほぼ無視してよい程度であり、考慮する必要は無いと考えられるが、生徒自身が必要性を見出して記述したものである。

「モーター軸と巻取り軸の距離」は、モーターの回転軸と巻取り軸の距離が遠いと伝達する力が失われると感じている記述である。例えば、「1 番モーターに近いギヤが回り始めてから、1 番遠いギヤが回るまでに時間がかかる」のような記述である。実際には、軸間の距離が遠いことが問題ではなく、ギヤの個数が増加するのに応じて軸の摩擦が増加することにより伝達ロスが生じることが問題である。この点で、記述は誤概念であると考えられる。

これらの記述のように、生徒の思考は速度伝達比のみではなく、様々な視点で問題を捉えることが可能であることが示唆された。

1 時間目から 3 時間目の授業において、ギヤの山数やプーリーの直径による回転速度やトルクの違いを学習していたことから、「回転速度とトルクのバランスに関する意図」が最も多く意図されたと考えていたが、予想に反して「摩擦に関する意図」が最も多く意図されていた。この理由として、速度伝達比に関連した工夫が必要なことがある程度生徒に予想されていたことに対して、摩擦に関する工夫に関しては実際に体験してみて感じられた内容であり、生徒のイメージに強く残ったのではないかと推察される。

多くの意図が確認できたのは、上記の「摩擦に関する意図」、「回転速度とトルクのバランスに関する意図」であったが、その他にも「構造に関する意図」や「回転方向に関する意図」や「モーター軸と巻取り軸の距離」に関しての意図が散見されたことで、生徒が実際に体験しつつ問題を捉え、解決する活動が行われていたことが確認された。

4.4. 学習意欲の分析

4.4.1. 「感想」の共起ネットワーク

感想記述をテキストマイニングするツールは KHCorder Ver3 を使い、ChaSen による形態素解析を行った。その結果、880 語が抽出された。この内、感想記述の傾向を確認するため、頻出回数 4 回以上の抽出語を対象にして共起ネットワークを作成したところ、6 つの共起関係が出現した (図 8)。

4.4.5. 共起関係 4

共起関係 4 は、「木」「動く」「組み合わせ」「ギヤ」「楽しい」「考える」という抽出語が関連づけられた(図 12)。

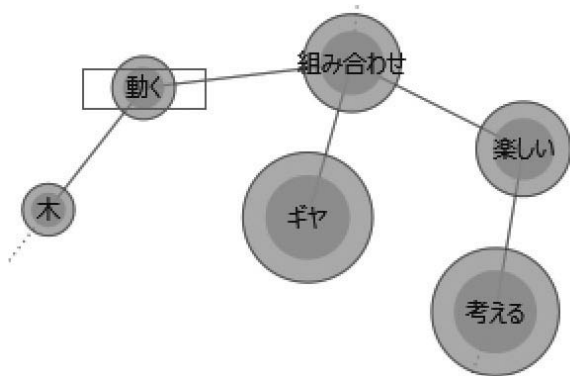


図 12 共起関係 4

この共起関係は「木」「動く」「組み合わせ」「ギヤ」という牽引する重量物を動かすギヤの組み合わせを考え出す意識と「楽しい」「考える」という思考する楽しさに関する意識が接続されている。コメントの例としては「ギヤの組み合わせをどうするか、考えてたくさん試すことができ、楽しかった」等であった。このことから、この共起関係は「問題解決する思考の楽しさ」が意識されていると考えられる。

4.4.6. 共起関係 5

共起関係 5 は、「分かる」「スピード」「力」「思う」「たくさん」「ギヤ」という抽出語が関連づけられた(図 13)。

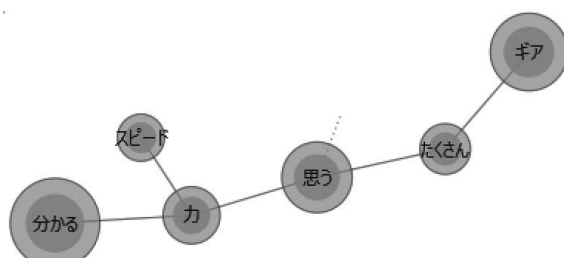


図 13 共起関係 5

この共起関係は「スピード」「力」「思う」「たくさん」「ギヤ」という回転速度とトルクの関係およびギヤの数との関係性について考慮する意識と「分かる」という理解の自覚が接続されている。コメントの例としては「複雑にすると、スピードや力があるというメリットがあると思っていただけ、摩擦が多くなるというデメリットもあるんだと分かりました」等であ

った。このことから、この共起関係は、「速度伝達比や摩擦などを複合的に考える必要性の理解」が意識されていると考えられる。

4.4.7. 共起関係 6

共起関係 6 は、「青」「黄」「赤」という抽出語が関連づけられた(図 14)。

「青」「黄」「赤」とは Tech 未来のギヤのサイズごとに色付けられているものであり、これらが組み合わせられることが意識されている。コメントの



図 14 共起関係 6

例としては、「黄色を使ったから、回転速度を速くしようとして赤を 4 個くらいつけたら逆に遅くなったり、青 1 つと赤 1 つと黄 2 つの組み合わせを変えて遅くなったり、考えるのが楽しかったです。」等であった。このことから、この共起関係は「ギヤの組み合わせに関する試行錯誤」が意識されていると考えられる。

4.4.8. 学習意欲に関する考察

これらの共起関係から、Tech 未来を動力伝達の導入で扱った授業によって、生徒の意識に①「適切な構造を探る困難な学習に対して多様に工夫を発想する主体的な授業の楽しさ」、②「他者との協力的活動において動力伝達に関して理解していく自覚」、③「動力伝達の体験」、④「問題解決する思考の楽しさ」、⑤「速度伝達比や摩擦などを複合的に考える必要性の理解」、⑥「ギヤの組み合わせに関する試行錯誤」の意識が得られることが確認された。このことで、動力伝達の学習において、困難を克服することの楽しさや協同的に問題解決する楽しさといった肯定的感情、速度伝達比に加えて回転速度やトルクを決定づける摩擦等の問題に目を向け、主体的に問題を捉える意識が生まれていることが示唆された。このような学習意欲の成果が得られたのは、動力伝達の問題を解決する構造を工夫する活動に関して、Tech 未来を用いることで試行錯誤を可能としたことが要因と推察する。つまり、問題を解決する際に本来必要となる製作技能に関して配慮しなくても、自ら動力伝達させる構造を作成できるという特

徴が、生徒に対して動力伝達の構造を工夫することに思考を集中させることができたものと考えられる。また、指導の際には、方法を指示するのではなく、チームで議論させたり、思考するべき時間をできる限り確保したりしたことが、様々な工夫を考案することにつながり、思考の多様性を導き出したと推察する。以上の点から、動力伝達の学習の導入において Tech 未来を用いた実践によって、生徒の動力伝達への興味、関心を高め、かつ問題解決の活動を体験する機会を作る効果が得られることが示唆された。

5. まとめと今後の課題

本研究では、動力伝達の学習の導入において、Tech 未来を用いた授業を実践し、生徒の思考の多様性や情意に及ぼす影響を検証した。Tech 未来を用いることによって、製作技能に関する困難さを感じさせることなく、問題解決するための思考に集中させられることが生徒の活動から確認できた。また、学習後の記述から、生徒が学習に取り組んだ際に、難しい問題に取り組むことを楽しんだり、対話的な活動から学んだり、問題解決の過程で新たな問題に気づいたりといった、主体的で対話的な学習が確認できた。

しかし、この実践で見られたような、動力伝達比や摩擦による伝達ロス等の複合的な問題を捉えて解決することが、後の動力伝達の学習や様々な

機構に関する学習等にどのような影響を与えるのかは確認できていない。また、生徒が様々な工夫を考え出し、意欲的に試行錯誤を行う活動を引き出すための教材や授業のポイントが、この研究ではまだ明確とは言えない。これらに関しては、今後の課題とする。

参考文献

- 1) 東京学芸大学こども未来研究所：Tech 未来，<http://techmirai.jp>，最終アクセス 2019 年 12 月 12 日
- 2) 中尾尊洋：思考の多様性を引き出す動力変換教材の開発，鳥取大学附属中学校研究紀要，第 50 巻，pp.125-131 (2019)
- 3) 森慎之助，山本透，森岡弘，白濱弘幸：中学校技術・家庭科（技術分野）におけるロボット技術を用いた動力伝達および機構学習，日本産業技術教育学会誌，第 48 巻，第 3 号，pp.193-200 (2006)
- 4) 渡津光司，磯部征尊，柏原寛，大谷忠：Tech 未来教材を用いた最適解を導く設計学習の提案（2016 年度の「電気自動車を作ろう」実践を通して），愛知教育大学技術教育研究，Vol4，pp.1-7 (2017)

本研究は、公益財団法人博報堂教育財団の研究助成を受け、実践、分析を行ったものである。