

# 技術科問題解決学習における 解決策の最適化を支援するアプリの開発と評価

菊池 天都也  
教科領域コース

## 1. はじめに

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説技術・家庭編では、技術の見方・考え方を働かせることについて「相反する要求の折り合いを付け、最適な解決策を考えることが技術分野ならではの学び」と示されている<sup>1)</sup>。「相反する要求」とは、一方を追求すると他方が犠牲になる関係、つまり、トレードオフのことであり、「折り合いを付け、最適な解決策を考える」とは、最適化のことである。したがって、技術科の「技術による問題の解決」の学習では技術の見方・考え方を働かせることから、解決策を構想する際にはトレードオフ及び最適化を検討する必要がある。その際、複数の要求に着目する必要があることから、思考過程は複雑になると考えられる。

内田ら<sup>2)</sup>は、技術科とシステム思考の親和性を明らかにした。システム思考は、複雑性の理解を担うことや、複雑な問題に取り組む際の思考スキルである。技術科とシステム思考に親和性があることから、トレードオフ及び最適化の検討では思考過程は複雑になるといえ、既存のワークシート等を用いた学習では困難が想定される。

山下ら<sup>3)</sup>は生徒の最適化思考を促しうる多様な学習指導方法の効果を検証することの必要性を述べている。また、中央教育審議会<sup>4)</sup>は ICT の効果的な活用が様々な点に寄与することを示している。そこで、トレードオフ及び最適化を検討する際の複雑さによる困難を解決するために、ICT の活用、特にアプリの使用を念頭に学習法を検討する。

トレードオフ及び最適化の検討について、村松ら<sup>5)</sup>は、ゲーム内で収量・品質の追求と環境負荷の折り合いを考え栽培方法を選択できるようにした。しかし、生徒自身の解決策の構想について考える学習ではなかった。谷田ら<sup>6)</sup>は、価格の低下と環境負荷得点の向上を考え部品を選択できるようにした。坂口<sup>7)</sup>は生徒が、機能、デザイン、環境性、安全性の評価基準に 10 点を振り分ける形で優先度を設定できるようにした。これらの学習法は生徒自身の解決策について考えているものの、トレードオフ及び最適化の検討では、その複雑さを捉えられるものではなかった。

本研究では、技術科問題解決学習においてトレードオフ及び最適化を検討する際の複雑さを捉え、解決策の最適化を実現するアプリの開発を目的とする。

## 2. 機能の決定

アプリは「材料と加工の技術」で用いることとした。具体的には、材料の特性、加工法、問題解決の工夫を学習した後、問題の発見、課題の設定を行った上で、使用することを想定する。

生徒が解決策を捉える視点を「着目点」とし、トレードオフ及び最適化の検討に用いる。着目点は、材料と加工の「技術の見方・考え方」を参考に「安全性、機能性、生産効率、環境配慮、経済

性」の5つに整理した。

機能の検討にあたり、森ら<sup>8)</sup>と楠元ら<sup>9)</sup>の研究を参考にした。

森ら<sup>8)</sup>は、システム思考ツールを段階的に導入し、プラス面・マイナス面の検討等をした後の場面で、トレードオフの関係を対で発見できるようにした。楠元ら<sup>9)</sup>は、長所と短所を絶えず考察させ、複数の視点を対等なレベルで尊重し、材料や加工法を選択させて最適解を見いだせるようにした。これらの学習法は問題解決において生徒自身の構想について考えるものであった。さらに、トレードオフ及び最適化の検討を踏まえて問題と課題に応じた設計・計画をしていることから、その思考過程の複雑さを捉えられる学習法であるといえる。しかし、森ら<sup>8)</sup>は、最適化を検討する場面の記述に課題があるとしている。楠元ら<sup>9)</sup>の学習法は、何かを犠牲にせざるを得ないトレードオフの検討で、複数の視点を対等なレベルで尊重している点に課題があるといえる。

以上のことから機能について、「学習の中で常に短所と長所を意識できる」、「最適解の決定方法は記述だけではなく、トレードオフの関係にある要求のどちらかを選択するだけで解を出せる」、「材料や加工法等の選択により自身の構想を具体化できる」、「各着目点の尊重具合は対等ではなく、生徒の優先度に基づいて変えることができる」といった方針を決定した。これらの方針を満たすように、アプリの機能を4つに整理し、操作順に次の①～④とした(図1)。

#### ①最適を定義する機能

着目点に優先度を付け、ダイヤモンドランキングを作成する。

#### ②問題解決における「要求」を決定する機能

材料や加工法等をどのようにするか、生徒が選択する余地のある事項が表示される。内容は勝本ら<sup>10)</sup>が定義した初期構想力を参考に項目立てして作成した(表1)。なお、ここに表示する事項とその事項を採用したときに向上する着目点は予め結び付けるものとする。

#### ③要求のトレードオフを整理する機能

ある要求を優先する際に、犠牲となる要求はないか探し、ある場合は該当する要求を選択することで何と何がトレードオフの関係にあるか理解する。

#### ④トレードオフを検討し、最適解を導く機能

両立し得ない2つの要求が対になって表示されるため、一方を犠牲にして優先する要求を選ぶか、犠牲を少なくした新たな解を入力する。操作に応じて予め結びつけられている着目点の位置が適宜自動で上下し、ダイヤモンドランキングが作成される。①で作成したダイヤモンドランキングと比較し、形を近づけようとすることで定義した優先度に沿った最適解にすることができる。

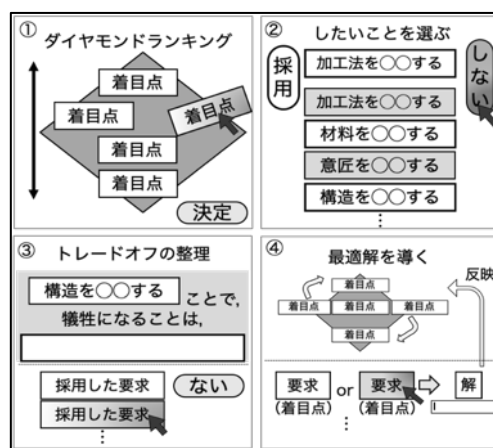


図1 アプリの4つの機能

表1 ②の機能で表示される事項と結び付く着目点(一部)

複雑な形にする【機能】，大きい製作品にする【機能】，多少の寸法のずれは許容する【効率】，強度や品質が安定した材料を主に使う(集材材)【効率】，繊維方向を意識して使用する【安全】，価格が安い材料を使用する【経済】，切り代と削り代は少なくする【効率】，ねじを使用する【環境】，切断かしよは少なくする【効率】，形を変えられるようにする【機能】，三角形の構造を取り入れる【安全】，捨てやすくする【環境】
---

### 3. 開発したアプリ

アプリは Web ブラウザがあれば動作する Web アプリとし、HTML、CSS、JavaScript 等を用いて開発した。データの保存はローカルストレージで行うため安全性が高い設計となっている。

前述の 4 つの機能を 1 画面に 1 つずつ配置する画面構成とした。また、それぞれの機能を配置した画面を 1~4 のステップとし、順に操作することで最適解を考えることができる構成である。

ステップ 1 では問題解決で何を優先するか考え、ダイヤモンドランキングを作成する。ここで決めた優先度どおりの問題解決ができれば最適とする (図 2)。

ステップ 2 では問題解決で選択する余地のある事項が次々に表示されるため、自身の構想に採用するか否かを決めて、「採用」または「しない」ボタンを押す。ここで採用した事項は、問題解決における「要求」となる (図 3)。

ステップ 3 ではステップ 2 で決定した要求のうち、何と何がトレードオフの関係にあるか整理する (図 4)。

ステップ 4 ではステップ 3 で決定したトレードオフの関係にある要求の一覧が対で表示されるため、折り合いを付け、どちらを優先するか選択または記述する (図 5)。

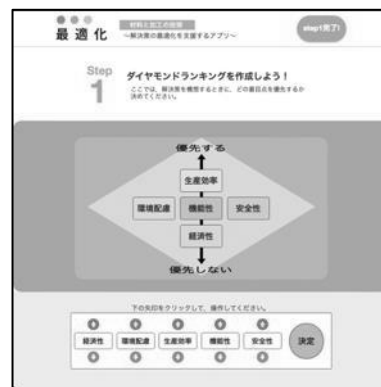


図 2 ステップ 1 の画面



図 3 ステップ 2 の画面

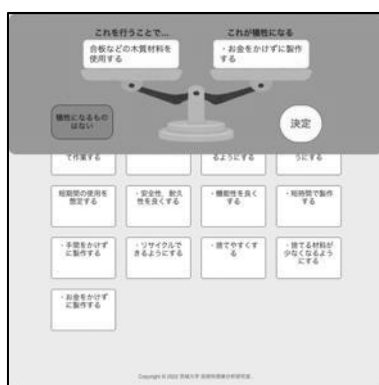


図 4 ステップ 3 の画面

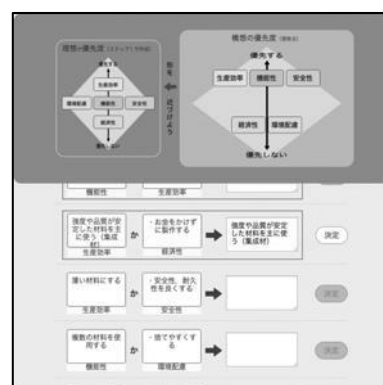


図 5 ステップ 4 の画面

### 4. 評価と考察

開発したアプリを評価するために質問紙調査を実施した。

調査対象者は、技術科教員免許取得者 2 名、同取得予定者 3 名の計 5 名である。アプリの操作を 20 分体験してもらった後に、オンラインフォームを用いて質問への回答を求めた。

調査項目は、「機能の有用性」、「操作の難易度」、「授業で利用することへの意欲」である。回答方法は 4 件法とし、肯定的な回答から順に 4, 3, 2, 1 の値を付与し集計した。

調査の結果を表 2 に示す。全ての質問において平均値が中央値の 2.5 以上であることから、概ね肯定的な評価であることが確認できた。

質問 2 の結果から、ステップ 2 の機能は他の機能に比べて有用性がやや低いことが示された。表示される事項が多く混乱を招くことが示唆されたため、表示内容を減らすといった改善が考えられる。操作の難易度は問題ないことが確認できた。また、授業で利用することへの意欲の調査からは、想定していた場面以外での利用も効果的であることが示唆された。

表 2 質問紙調査の結果

項目	質問	平均値	SD
機能の有用性	1. step1の機能を用いることで、問題解決において優先することとしないことを理解できると思いますか。	3	0
	2. step2の機能を用いることで、問題解決において具体的に何を行いたいと整理できると思いますか。	3	0.89
	3. step3の機能を用いることで、片方を優先するともう片方が犠牲になるという関係（トレードオフ）を理解することができると思いますか。	3.4	0.8
	4. step4の機能を用いることで、相反する要求に折り合いをつけることを理解することができると思いますか。	3.2	0.75
	5. 本アプリの機能を用いることで、解決策の最適化を支援することができると思いますか。	3	0.63
操作の難易度	6. step1は、中学生が操作できる難易度であると思いますか。	4	0
	7. step2は、中学生が操作できる難易度であると思いますか。	3.6	0.49
	8. step3は、中学生が操作できる難易度であると思いますか。	3	0.63
	9. step4は、中学生が操作できる難易度であると思いますか。	3.4	0.49
授業で利用することへの意欲	10. あなたは技術科授業における、「既存の技術の理解」の場面で本アプリを使用したいと思いますか。	3	0.63
	11. あなたは技術科授業における、「設計・計画（課題の解決策を条件を踏まえて構想する）」の場面で本アプリを使用したいと思いますか。	3	0.89
	12. あなたは技術科授業における、「成果の評価（解決結果及び解決過程を評価し、改善・修正する）」の場面で本アプリを使用したいと思いますか。	3.2	0.75

## 5. おわりに

本研究では、技術科問題解決学習において、トレードオフ及び最適化の複雑さを捉えながら、生徒自身が優先度に照らして選択や入力を行い、解決策の最適化を検討できるアプリを開発した。調査の結果から、機能の有用性と操作難易度の適切さが明らかになった。同じく、表示内容を柔軟に変更する機能を追加する必要性や、想定していた学習場面以外で用いることも示唆された。

今後は、アプリを改善し、授業実践を行い学習効果の検証に取り組む所存である。

## 参考文献

- 1) 文部科学省『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 技術・家庭編』(開隆堂, 2018).
- 2) 内田有亮・西本彰文・田口浩継「技術科教育における、思考力・判断力・表現力等の育成のためのシステム思考の導入について」『日本産業技術教育学会九州支部論文集』第21巻, (2013), 15-22.
- 3) 山下義史・森山潤「中学校技術科の「技術による問題の解決」における生徒の最適化思考の構造把握」『日本産業技術教育学会誌』第64巻, 第2号 (2022), 121-130.
- 4) 中央教育審議会『「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びと、協働的な学びの実現～(答申)』(2021), 26.
- 5) 村松浩幸・原山千秋・原山康則「中学生に栽培技術におけるトレードオフの理解を促すシナリオゲーム教材の開発」『日本教育工学会論文誌』第40巻, Suppl号 (2016), 173-176.
- 6) 谷田親彦・向田識弘・田鎖浩太・田中誠也「技術科授業でトレード・オフの思考・判断を導く学習の枠組みと実践的指導方法」『日本産業技術教育学会誌』第58巻, 第2号 (2016), 81-89.
- 7) 坂口竜之介「多目的最適化の視点を取り入れた技術科問題解決学習に関する研究」『令和元年度茨城大学大学院教育学研究科修士論文』(2020).
- 8) 森敬太郎・田口浩継「材料と加工に関する技術」における冰山モデルカードを段階的に導入したカリキュラムの実践」『日本産業技術教育学会九州支部論文集』第25巻 (2017), 139-146.
- 9) 楠元康太・寺床勝也「技術の最適化をめざした「材料と加工の技術」の授業展開」『日本産業技術教育学会九州支部論文集』第26巻 (2018), 87-94.
- 10) 勝本敦洋・森山潤・上之園哲也・中原久志「中学校技術科「材料と加工に関する技術」の設計学習における生徒のレディネスとしての初期構想力の類型化」『日本産業技術教育学会誌』第59巻, 第3号 (2017), 157-166.