

次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み

The New Framework of Technology and Engineering Education
for Creating a Next Generation Learning

2021 年 11 月

Revised Version 2021

一般社団法人 日本産業技術教育学会
The Japan Society of Technology Education

「21 世紀の技術教育」(改訂版 2021)



次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み

The New Framework of Technology and Engineering Education for Creating a Next Generation Learning

Revised Version 2021

一般社団法人 日本産業技術教育学会
The Japan Society of Technology Education

< 目 次 >

1. 背景及び問題の所在	7. 技術リテラシー教育と汎用的な資質・能力
2. 用語の整理	8. 技術リテラシー教育の構成
3. 技術教育の対象範囲	9. 技術リテラシー教育と STEM/STEAM 教育
4. 技術教育の類型と役割	10. まとめと今後の研究課題
5. 技術リテラシーの概念	注及び文献, 取り組みの経緯
6. 技術リテラシー教育の目標	資料: 内容知・方法知体系表

キーワード: 技術教育, 技術リテラシー, STEM/STEAM 教育, Society5.0, 設計科学

1. 背景及び問題の所在

現在, 我々の生きる社会は, 高度な技術によって支えられているとともに, 技術革新(イノベーション)によって新しい価値が創造され発展し続けてきた。しかし, 我が国の経済は, それまで技術の優位性を保っていた産業分野においても, グローバル化などの環境変化の中で必ずしも世界をリードしているとは言えない状況に陥っている。一方, 原子力エネルギーの問題に代表されるように, 技術と社会との関わりには, 持続可能な社会の構築という点で深刻な課題を数多く抱えている。国連は 2015 年に, 持続可能な社会の構築に向けた国際目標, SDGs (Sustainable Development Goals)を策定した¹⁾。SDGs には, 貧困対策, 教育, 飢餓など, 計 17 の目標が掲げられているが, そのうち, 7.エネルギー, 8.働きがいと経済成長, 9.産業と技術革新の基盤, 11.住み続けられるまちづくり, 12.つくる責任 つかう責任などの目標は, 技術の在り方と直接的に関わっている。また, 3.健康・福祉, 6.安全な水とトイレなども, 技術の在り方との関わりが強い複合的な領域である。

これらの課題の解決に向けては, 全ての国民が, 現在のみならず未来に向けた視点を持って民主的な意思決定

を行い, 技術の進展を主体的に牽引し方向づけていかなければならない。このような資質・能力を育成する教育として, 技術教育 (Technology and Engineering Education)の果たす役割は極めて大きい。

本学会はこれまで, 次世代型技術教育の枠組みとして, 1999 年に「21 世紀の技術教育」(初版)²⁾, 2012 年に同改訂版³⁾, 2014 年に内容例示⁴⁾を刊行し, 技術教育の理念, 目的, 内容知, 方法知の枠組みを示してきた。しかし, 1999 年の初版から既に 20 年近い歳月が経ち, 社会の状況や技術の発展に大きな変化が生じている。特に, 近年は, 第 4 次産業革命, Society5.0, Connected Industries など, AI, IoT, ロボット, ビッグデータ処理等の新しい技術と, これまでの農業, 工業などの産業との高度な融合が叫ばれるようになってきている⁵⁾。また, 日本学術会議においては, これまでの学術体系を見直し, 「あるものの探究」=認識科学, 「あるべきものの探究」=設計科学という文理融合した新しい枠組みを提唱している⁶⁾。この中で, 技術と特に関連の深い設計科学は, 文系と理系の壁を越えて, あらゆるタイプの人工物及びその集合を対象として, 学際的に取り扱う科学と定義されている(人工物システム科学)。一方, 諸外国では, 理工系教育に焦点化した STEM 教育(Science, Technology, Engineering, Mathematics)^{7,8)}が台頭する

とともに、これに Art(幅広い文系・芸術系の教育)を加えた文理融合の STEAM 教育の重要性が指摘されている⁹⁾。その中で、ITEEA (International Technology and Engineering Educators Association)が新しい技術教育スタンダードを刊行するなど、国際的にも技術教育の改革は力強く進められている¹⁰⁾。このような動向は我が国においても無縁ではなく、文部科学省の提唱する「Society5.0 時代の学び」=「学校 Ver3.0」の考え方においても、EduTech による個別最適化学習とともに、STEAM 教育の推進が掲げられている¹¹⁾。また、経済産業省は、教科の学びを実社会の課題解決に活かす文理融合型のプロジェクト基盤学習(Project Based Learning: 以下、PjBL)を「学びの STEAM 化」と呼び、推進を図っている¹²⁾。

このような急速な変化を踏まえると、本学会は、技術教育の不易を分かりやすく社会に提示するとともに、時代の変化に対応し、未来を先取りし得る新しい技術教育の枠組みを提案していくことが求められる。この問題意識のもと、本学会では 2017 年より、これからの 10 年先を見据えた新しい技術教育の枠組みについて議論、検討を進めてきた。本提案は、その成果をまとめたものである。本提案の作成にあたっては、技術教育アイデアソンや学会全国大会におけるシンポジウム等を通して、学会全体での議論を深める形で推進した。本提案の内容は、今後の我が国における体系的な STEM/STEAM 教育の推進に不可欠な要素を含み、技術教育の固有性と同時に、自然科学、数学、芸術、体育・スポーツ科学、言語学、社会科学に関する各教育分野との連携可能性を示すものである。

2. 用語の整理

新しい技術教育の枠組みを提案するためには、重要な用語についての共通理解が不可欠である。しかし、技術やエンジニアリングに関わる概念を一義的に規定することは容易ではない。本提案では、多様な分野で用いられる技術、エンジニアリングなどの重要用語の概念、表現を整理し、以下のように捉えることとした。

○技術(Technology)

人間の願いを実現するために、社会・文化及び自然界の制約のもとで、自然界の法則性、数理的な論理、経験則等を意識的に適用し、様々な条件を制御しながら最適な人為的成果物を創造（生産、開発、発明）する問題解決方略及びその成果。

※生産…既に確立された方法を駆使して人為的成果物をつくりだすこと。

※開発…既存又は新しい方法を援用して新しい人為的成果物を生み出すこと。

※発明…人為的成果物の開発につながる新しい仕組みや原理を生み出すこと。

○エンジニアリング(Engineering)

人間の願いを実現するための最適な人為的成果物を創造（生産、開発、発明）する科学的な問題解決方略及びその問題解決方略の実現に関わる知識体系。

※エンジニアリングサイエンス(Engineering Science)

エンジニアリングにおける知識体系。工学、農学等の技術に関わる科学。

※デザインプロセス(Design process)

デザイン思考を働かせ、人間の欲求やニーズの満足のために、評価基準と制約条件を明確化しながら、対処し得る選択可能な解決アイデア策を複数考案し、その中から最終的な一つのアイデアを選択するための体系的な問題解決方略を適用する過程。

※エンジニアリングデザインプロセス(Engineering Design Process)

エンジニアリングサイエンスを援用して技術の最適化を図るデザインプロセス。

※最適化(Optimization)

ニーズと制約条件とのバランスを勘案し、その条件下で最も合理的に成果を最大にしようとする。その際、生じるトレードオフ(両立できない関係性)は、取りうる選択肢の利点・欠点、優先順位を比較・考慮し、解決すべき問題や状況に応じて適切に意思決定する。

※ものづくり(Making things)

素材や材料に働きかけることで、実用的な価値を持つ製品やシステムを構想・設計、製作・制作・育成、評価、改善・修正する一連の活動及び行為の形態。

○技術教育(Technology and Engineering Education)

技術に関わる資質・能力を育成することを目的に、技術の体系に即した内容知、方法知をスコープに、学習者の発達段階及び、問題発見・解決プロセスを含む学習過程をシークエンスとする教育。

3. 技術教育の対象範囲

技術教育の枠組みについて考えるためには、技術教育

の対象範囲を明確にする必要がある。それは、社会における技術の位置づけに基づくものであり、その関連領域には、数学、科学、芸術、社会などがある。本提案では、技術とこれら関連領域との関係を図1のように捉える。

まず、数学は純粋数学と応用数学に分けられる。前者は数学的な論理を探究する形式科学としての学問分野である。これに対して後者は、数学的な論理を様々な分野に応用するものであり、科学や技術に数学的な方法論を与える。科学は、自然界の現象を対象とした自然科学と人工物を対象とする技術に関わる科学(エンジニアリングサイエンス)に分けられる。前者は、日本学術会議のいう認識科学として、後者は設計科学として位置付けられる。ただし、技術に関わる科学では、人工物の開発という文脈において自然界の現象を対象とした探究(認識科学的側面)も含まれる。

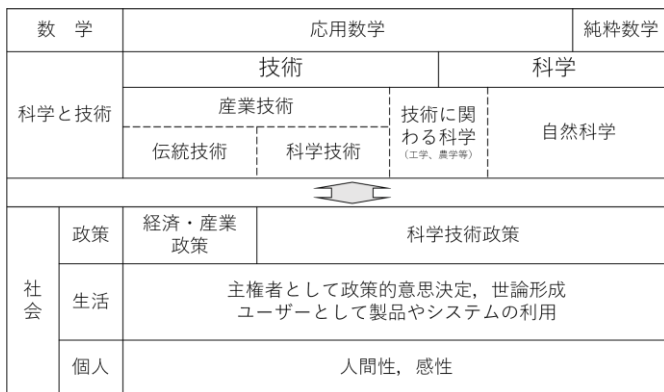


図1 技術と関連領域との関連性

一方、技術は、伝統的に継承されてきた技術(伝統技術)、様々な産業の生産活動に関わる実用的な技術(産業技術)、科学(自然及び技術に関わる科学)の成果を援用(エンジニアリング)して生み出された科学技術(Science Oriented Technology)などがある。これらの多くは、技術に関わる科学(エンジニアリングサイエンス)の成果として確立される。また、技術に関わる生産、開発、発明のプロセスには、エンジニアリングデザインプロセスが適用され、ものづくりという活動によって実用的な価値を持つ人為的成果物が生み出される。その際、人為的成果物に審美的な付加価値を付与するために、芸術との関わりが生じる。

ユーザは、個人の人間性や感性に基づきつつ、社会からの要求や安全性、環境負荷、経済性等(以下、社会、環境、経済等とする)との関わりを考慮して人為的成果

物を評価・選択し、活用する。また、社会的には、一人の主権者として科学や技術の在り方を評価・判断し、市民としての意思決定を行う。そうして形成された世論を踏まえ、国家としての経済・産業政策や科学技術政策などによる科学や技術の在り方に関する社会的な方向づけがなされる。

このように技術は、数学、自然科学、芸術、社会と深く関わり合いながら相互作用的に進展が図られる。言い換えれば、技術には、固有の領域と他分野と共有する広い裾野が存在している。このことを踏まえ本提案における技術教育は、産業技術、伝統技術、科学技術などの技術(テクノロジー)、及び技術に関わる科学(エンジニアリングサイエンス)に関する内容知・方法知と、ものづくりを含むエンジニアリングデザインプロセスなどの問題発見・解決活動の中核とし、関連する他の教科・領域教育と連携しつつ、それらと自然科学、応用数学、市民生活や政策などの社会的側面までを含めた相互の関連性を取り扱うものとする。

4. 技術教育の類型と役割

本提案では、技術教育を、技術リテラシー教育と技術エキスパート教育に大別して捉える(図2)。

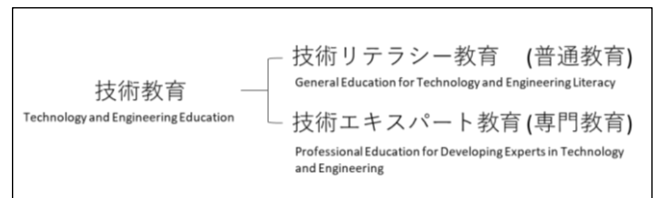


図2 技術教育の類型

技術リテラシー教育は、全ての国民に技術に関わる基礎的な資質・能力(技術リテラシー)を育む教育である。これには、幼稚園、小学校、中学校、高等学校における普通教育、大学等の高等教育における教養教育などが該当する。技術リテラシー教育で児童生徒は、技術に関わる基礎的な事項を学習することによって、よりよい生活を実現し、持続的に発展可能な社会の主體的な形成者たる資質・能力を身に付ける。それは、技術及び技術と関連領域との関わりを理解した上で、技術を使いこなして工夫・創造し、問題を発見・解決する力を身に付けるものであり、社会における技術の在り方を評価し、適切にコントロールできる市民たる力を身に付けるものである。

これに対して、技術エキスパート教育は、専門性を持った技術に関わる職業人や専門家を養成する教育である。具体的には、工業科や農業科などの高等学校の専門教科(学科)、工業高等専門学校(高専)、大学に設置されている工学部、理工学部、農学部、水産学部等の実学系の学部・大学院、職業能力開発大学校や職業訓練校、技術系の専門学校などが該当する。技術エキスパート教育では、これらの教育・訓練機関において、技能者(テクニシャン)、技能技術者(テクノロジスト)、技術者(エンジニア)、研究者(リサーチャー)等を養成する。技術エキスパート教育にとって技術リテラシー教育は、技術に関わる職業や工学、農学等の学問体系に対する児童生徒の興味・関心やキャリア意識を促し、技術エキスパート教育という進路へと誘う重要な働きがある。

このように技術リテラシー教育と技術エキスパート教育はともに、社会における技術の発展を牽引し、ユーザと開発・生産者との協働によって Society5.0 の実現を果たす人間中心社会の形成に必要な教育分野と位置付けられる。

5. 技術リテラシーの概念

技術リテラシー教育の目標は、児童生徒の発達段階に即して、技術リテラシーの育成を図ることである。ここでいう技術リテラシーとは、高度な技術に支えられた現代社会に生きる全ての国民が、自らの人生を豊かにたくましく生きるとともに、未来に向けてよりよい社会の構築を図っていくために必要な基礎的な資質・能力である。技術リテラシーの概念は次の通りである。

○技術リテラシー

(Technology and Engineering Literacy)

技術リテラシーとは、技術に関わる科学（工学、農学等のエンジニアリングサイエンス）、及び技術と社会、環境、経済等との関わりを理解し、主体的に生活や社会の問題を発見し技術によって解決する資質・能力であり、持続的に発展可能な社会の構築に向けた技術イノベーションと技術ガバナンスに参画する資質・能力である。

ここには、技術に関わる倫理観、思考と身体とを協応する巧緻性、粘り強さやきめ細やかさなどの問題解決に向かう姿勢、新しい価値を生み出そうとする創造的な態度なども含まれている。

また、ここでいう技術イノベーションと技術ガバナ

スは次のように捉える。

○技術イノベーション(Technological Innovation)

工学、農学等の技術に関わる科学(エンジニアリングサイエンス)の進展、及びその成果として生み出された人為的成果物によって、社会、環境、経済等に関わる新しい価値を創出、改善、革新すること。

○技術ガバナンス(Technological Governance)

技術のもたらす便益とリスクやダメージを多角的に評価・判断し、民主的な方法によって技術発達の方向性を公正・誠実に舵取りすること。

6. 技術リテラシー教育の目標

児童生徒の発達段階に即して、技術リテラシーの概念を要素化すると、技術リテラシー教育の目標は、次のように設定される。

<技術リテラシー教育の目標>

- ① 技術の科学的な理解
- ② 技術と社会、環境、経済との関わりの理解
- ③ 技術による問題発見・解決の資質・能力の育成
- ④ 技術ガバナンスに参画する資質・能力の育成
- ⑤ 技術イノベーションに参画する資質・能力の育成

これらの目標を児童生徒の発達段階に即して体系化し、教育実践を行うことで、以下のような「姿」の実現を目指す。

- A. 社会を支える技術に関する教養を持った「技術に明るい市民」
- B. 既存の製品やシステムを適切に評価・選択、活用・管理できる「責任あるユーザ」
- C. 生活の中で目的に応じて技術的な問題を発見・解決できる「工夫・創造できる生活者」
- D. 自らの必要に応じて技術に関わる知識や技能を学び続ける「技術の生涯学習者」
- E. 技術に関わる社会的な課題に対する「公正な意思決定者」
- F. 技術イノベーションに関連するキャリアを目指す「エンジニアの卵」
- G. 社会全体で技術イノベーション創出をサポートできる「文化形成者」

(ただし、Fは選択的)

7. 技術リテラシー教育と汎用的な資質・能力

技術リテラシー教育で育成する資質・能力には、前述した技術リテラシーそのものを構成する要素に関わる資質・能力と、技術リテラシーに関連する汎用的な資質・能力とがある。技術リテラシー教育の目標の達成に向けた多様な学習活動を通して、表1に示す汎用的な資質・能力の形成が期待できる。

自己との関わりでは、科学的認識とそれに基づく知的好奇心や探究力、社会的認識とそれに基づく知的好奇心や探究力など、文理融合の総合的な認識力と応用力の育成が期待される。また、技術による問題発見・解決の資質・能力と関わって、ツールを使いこなす力やデザイン思考、論理的思考、批判的思考などの育成が期待される。これには、プログラミング的思考やその下地となっている Computational Thinking を含む情報活用能力の育成が含まれる。その上で、具体的なものづくり等の経験による巧緻性、粘り強さやきめ細やかさなどの態度が育まれる。

さらに、技術ガバナンスに参画する資質・能力に関

わっては、評価・判断力や意思決定力、持続的に発展可能な社会の形成という人類共通の価値観への共感とそれに基づく公正さ、誠実さなどが育まれることが期待される。また、技術イノベーションに参画する資質・能力に関わっては、新しい価値を創造する発想力、提案力、創造的な態度などの創造性の育成が期待される。

他者との関わりでは、論理的なコミュニケーション力や協働・協調力、責任感やメンバーシップ、リーダーシップ、フォロワーシップ、民主的で建設的な対話力、オープンマインドさをもって他者を許容しつつ相互に触発し合い高め合う力などの育成が期待される。さらに、生活や社会との関わりでは、キャリア意識、職業観・勤労観、プロジェクトを遂行する能力、社会安全意識や倫理観、社会的価値創造力などの諸能力の育成が期待される。

このように技術リテラシー教育は、技術リテラシーに関わる固有の資質・能力の育成と、他の教科・領域教育との連携による汎用的な資質・能力の育成に貢献するものである。そして、これらの資質・能力は、個人・社会のウェル・ビーイング(Well-being)を実現するための革

表1 技術リテラシー教育で育成が期待される汎用的な資質・能力

技術リテラシー教育の目標	自己との関わり	他者との関わり	生活や社会との関わり (キャリアと市民性)
技術に関わる科学(工学、農学等)の理解	科学的認識 知的好奇心 探究力 等	論理的コミュニケーション力 (表現、共有、アーギュメント)等	キャリア意識 職業観・勤労観 等 プロジェクト遂行力 (仕事力、生活力) 等
技術と社会、環境、経済等との関わり理解	社会的認識 知的好奇心 探究力 等		
技術による問題解決の資質・能力の育成	ツールを使いこなす技能 デザイン思考 論理的思考、批判的思考 情報活用能力 (含:プログラミング的思考, Computational Thinking) システム思考 アブダクション 巧緻性 粘り強さ きめ細やかさ 等	協働・協調力 責任感 チーム力 メンバーシップ リーダーシップ フォロワーシップ 等	
技術ガバナンスに参画する資質・能力の育成	評価・判断力 意思決定力 公正・誠実さ 等	民主的・建設的な対話力 等	社会状況把握力 社会安全意識 社会的行動力 文化形成力 倫理観 等
技術イノベーションに参画する資質・能力の育成	発想力 提案力 創造的態度 等	オープンマインドさ 相互触発 他者許容 等	社会的価値創造力 等

新を生み出すエージェンシー(Agency, Co-Agency)へとつながるという観点で、OECD のラーニングコンパス (Learning Compass) の考え方¹³⁾と一致している。

8. 技術リテラシー教育の構成

8.1 教育内容の構成(スコープ)

第4次産業革命やSociety5.0時代の技術とこれまでの技術との大きな違いは、AI、IoT、ロボット、ビッグデータ処理等システムを支えるそれぞれの技術の高度化に加えて、技術と技術、技術と他分野を結び付けるシステムの物的に物事を捉えることが重要である。これには、技術の体系全体を俯瞰的に捉えるズームアウトの視点が必要となる。このような観点から技術リテラシー教育の教育内容について考えた時、①俯瞰的な技術の捉え(共通項)、②様々な分野別の技術の理解(各論)、③技術と技術とを結び付ける力(システム化の考え方と方法)、④技術と他分野(生活や社会)を結び付ける力、という4つの枠組みが必要になる。これら4つの枠組みを相互に関連づけた教育内容の構成(スコープ)を図3に示す。

分野別の技術の理解(各論)では、社会を構成する技術の大別した「材料と加工の技術」、「生物育成の技術」、「エネルギー変換の技術」、「情報の技術」から構成することができる。これら各分野の技術には、その技術の

創出に関わる背景学問として、多様な設計科学が関連している。例えば、「エネルギー変換の技術」の背景学問としては、電気電子工学や機械工学などを挙げることができる。また、「情報の技術」には、情報工学やAI・データサイエンス等に関わる数理情報科学などを挙げることができる。これらの背景学問が有する領域固有の知識、プロセス・方法等の概念を整理し、児童生徒の発達段階に適合させて再組織化することで、各分野の教育内容を規定することが可能となる。

しかし、このように細分化された分野別の技術の学習だけでは、技術という概念の俯瞰的な捉えや認識の形成を図ることは容易ではない。逆に言えば、学習に先立って技術の概念を俯瞰的に捉えることができれば、それは先行オーガナイザーとして児童生徒の認知過程に理解の枠組みを提供し得るとなる。そこで、分野別の技術に共通する技術の本質的な特性や基本的概念、生活や社会の進展に果たす役割などを、「技術の概念と役割」という教育内容として構成する。ここでの教育内容には、技術の概念、技術の所産と社会、環境、経済等との関わり(役割、影響、相互作用)、生産・開発・発明などの技術的な問題発見・解決の典型的なプロセス(既存技術の評価と問題の把握、計画・設計、製作・制作・育成、評価・改善・修正など)を位置付けることができる。

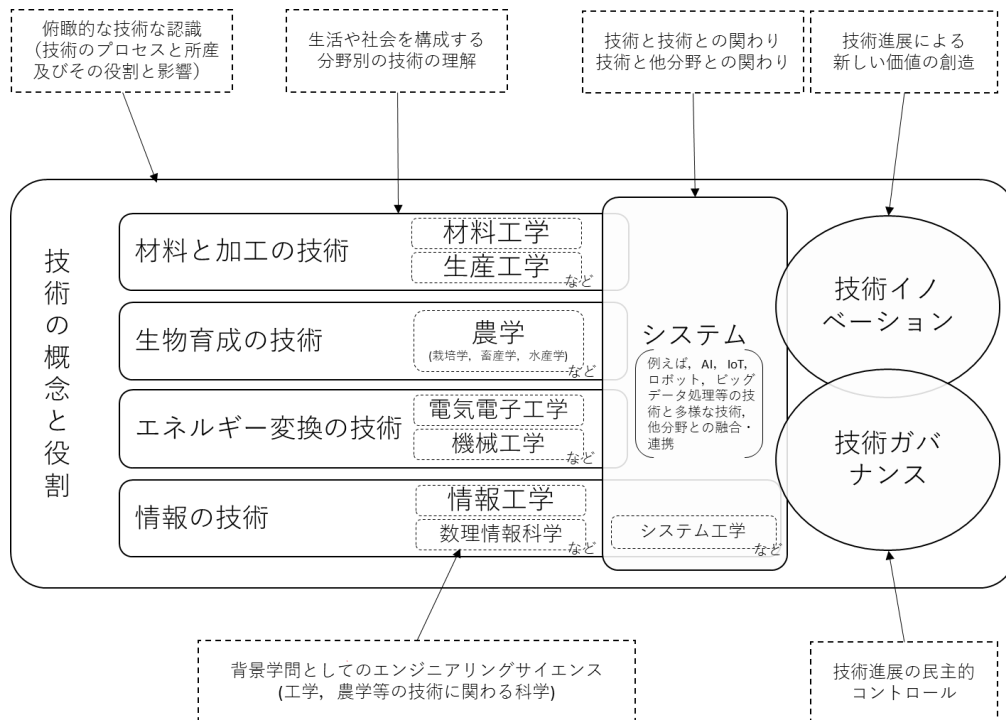


図3 技術リテラシー教育の教育内容の構成(スコープ)

一方、前述したように、Society5.0を支える技術観としては、俯瞰的なズームアウトの視点から、スマート農業のような、異なる分野の技術を組み合わせた新しいシステムやサービス、医工学や福祉工学のような、技術と他分野とを結び付けた新しい学際的な技術の創出が不可欠である。技術リテラシー教育においても、技術と技術、技術と他分野を結び付けることに関する教育内容を取り上げる必要がある。そこで、これらの要素を取り扱う教育内容として、「システム」を設定した。本来、システム概念は広く、例えば機械システムといった表現のように、分野別の技術の中でも取り扱われる。しかし、システム概念は、具体的な文脈において多用されるがゆえに、その本質を児童生徒に理解させることが難しい側面がある。そこでここでは、背景学問としてシステム工学などを位置付け、その考え方や概念を骨格として、技術と技術、技術と他分野との結び付きを取り扱うこととした。この中で、AI、IoT、ロボット、ビッグデータ処理等の技術と多様な技術、他分野との融合・連携を取り扱うことが考えられる。

これまでに述べた各教育内容の積み重なる最上位には、技術イノベーションと技術ガバナンスに関する教育内容を位置付けることができる。技術イノベーションに関する教育内容には、生活や社会における技術進展による新しい価値の創出について、技術イノベーションの概念、先端的な技術開発の好事例、創出プロセスに関わる要素(ユーザ、ニーズ、ウォンツ、制約条件、シーズ、フレーミング、リフレーミング、ブレインストーミング等の発想技法、最適化、トレードオフなど)、及び知的財産の保護と活用などを取り上げることができる。また、技術ガバナンスに関する教育内容には、技術進展に対する民主的なコントロールに関して、技術ガバナンスの概念、コンセンサス会議などの好事例、技術評価のプロセスに関わる要素(事実認識、ステークホルダー、利便性とリスクの評価、フレーミング、社会、環境、経済等との関わりに基づく評価規準設定、トレードオフ、意思決定)、及び技術マネジメントなどを取り上げることができる。

8.2 内容知・方法知の構成

前節で構成した教育内容を学習指導として具体化するためには、各教育内容から具体的な内容知・方法知を抽出する必要がある。一般に、コンピテンシー形成のプロセスには、知識・技能の獲得→内面化・洗練(体制化)→有意義な使用と創造、という包括的な発達レベルを想定することができる。多くの教科・領域教育では、この包

含的な発達レベルに沿って、認知システムにおける知識、概念、原理を内容知(Knowing-that)として、行為システムにおける技能、方略、方法論を方法知(Knowing-how)として位置付けている。

技術は本来、「人間の願いの実現」を目的とした「最適な人為的成果物を創造(生産、開発、発明)する問題解決方略及びその成果」と捉えられ、広い意味での「方法論」に関わる「知」の位置付けが中心となっている。個別的な手続きや技能は、目的に応じて複合化されると方略となる。方略がさらに定式化され体系化されると、それは手法として確立される。個別的な技能は方法知として位置付けられるが、確立された手法には、その原理・法則、仕組みに関する知識としての内容知と、その手法を実行するために必要な手続きという方法知の両者を含むことになる。言い換えれば、あるレベルまでは方法知である「知」が、あるレベルから方法知と内容知の両者を含むようになる。

このように、広い意味での「方法論」を学ぶために内容知と方法知の両者の獲得が必要になるという特徴は、技術教育固有の性質と考えられる。そこで、図3のスコップから具体的な内容知・方法知を抽出する際は、多くの教科・領域教育で理解されている内容知・方法知の考え方を踏襲しつつも、知識・概念に加えて「手法の原理」を内容知に、技能・方略に加えて「手法の実行手続き」を方法知として整理した。整理した内容知・方法知は、巻末資料に示す。なお、巻末資料では、内容知・方法知を幼稚園～小学校2年生、小学校3～6年生、中学校1～3年生、高等学校1～3年の発達段階に即して分類している。ただし、内容知・方法知の具体については、現行の我が国の学校カリキュラムにおける技術リテラシーに関する教科の設置状況や他教科との関連性等、いくつかの制約事項を前提にして作成しているため、今後も継続的な検討、精査が必要である。

8.3 技術的な問題発見・解決プロセスのモデル

児童生徒は、8.1節で述べた教育内容を、具体的な内容知・方法知として身に付け、それらを働かせることによって、生活や社会の中から問題を発見し、課題を設定して解決に挑む価値創造型のPjBLに取り組む。その際、教室内で展開される児童生徒の問題発見・解決プロセスは、社会で展開されている生産・開発・発明などの技術的課題解決のプロセスと同型性を持つことが重要である。したがって、新しい技術リテラシー教育における問題発見・解決プロセスに含めるべき要素は、社会におけるエンジニアリングデザインプロセスに即したものとなる。

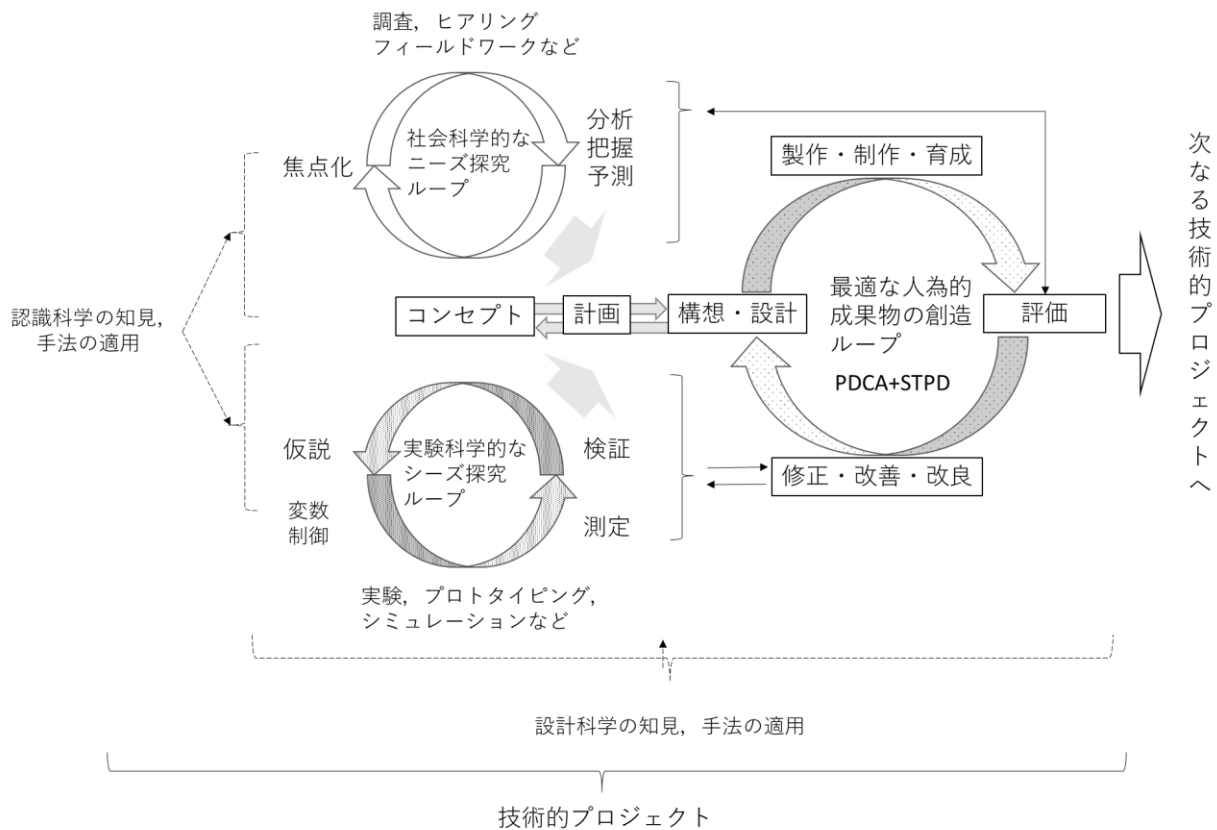


図4 技術的な問題発見・解決プロセスのトリプルループモデル(エンジニアリングデザインプロセス)

このようなエンジニアリングデザインプロセスには、大別して3つの問題発見・探究プロセスのループが包含されている。本提案ではこれをトリプルループモデルと呼ぶことにする(図4)。

第一に、「実現すべき人間の願い」について、問題や目的、要求や社会的な制約条件などを明確化するニーズ探究ループである。ニーズ探究ループには、調査、インタビュー、フィールドワークといった社会科学的な探究プロセスが援用される。第二に、「創造する最適な人為的成果物」のコアとなる技術を研究開発(R&D: Research and Development)するシーズ探究ループである。シーズ(Seeds)とは、製品やシステムなどを開発するためのコアとなる技術的要素を指す。シーズ探究ループは、実験科学的な問題解決方略であり、仮説、変数の制御、実験、シミュレーション、プロトタイピング、検証を通じた、原理・法則や最適なパラメータの発見へと至るプロセスが援用される。これらの2つの探究ループを経たニーズとシーズとのマッチングによって、「創造すべき人為的成果物」の具体像がイメージされ、プロジェクトの課題が設定される。

設定された課題に対しては、構想・設計、製作・制作・育成、評価・改善・修正といった人為的成果物の創

造ループが駆動され、ものづくり等の活動を通して、構想を製品、システム、作物等として具現化する。創造ループには、計画的なプロジェクト・マネジメントに基づくPDCA(Plan-Do-Check-Action)型の問題解決に加え、修正・改良・改善のように、その場の状況に応じた臨機応変な対応や試行錯誤を行うSTPD(See-Think-Plan-Do)型の問題解決が含まれる。また、創造ループでは、ニーズ探究ループとの往還による製品やシステムの評価、シーズ探究ループとの往還による修正・改善・改良が含まれる。このようなフィードバックを踏まえ、新たなコンセプトが生成され、次なるプロジェクトへと問題発見・解決プロセスが螺旋的に展開されていく。

このようにトリプルループモデルは、技術的な問題発見・解決プロセスにおいて認識科学と設計科学とが、その知見と手法の適用という観点で架橋される点に大きな特徴がある。

8.4 問題発見・解決プロセスの発達段階的展開

トリプルループモデルによる問題発見・解決プロセスを技術リテラシー教育のカリキュラムに位置付けるためには、児童生徒の発達段階を考慮する必要がある。そこ

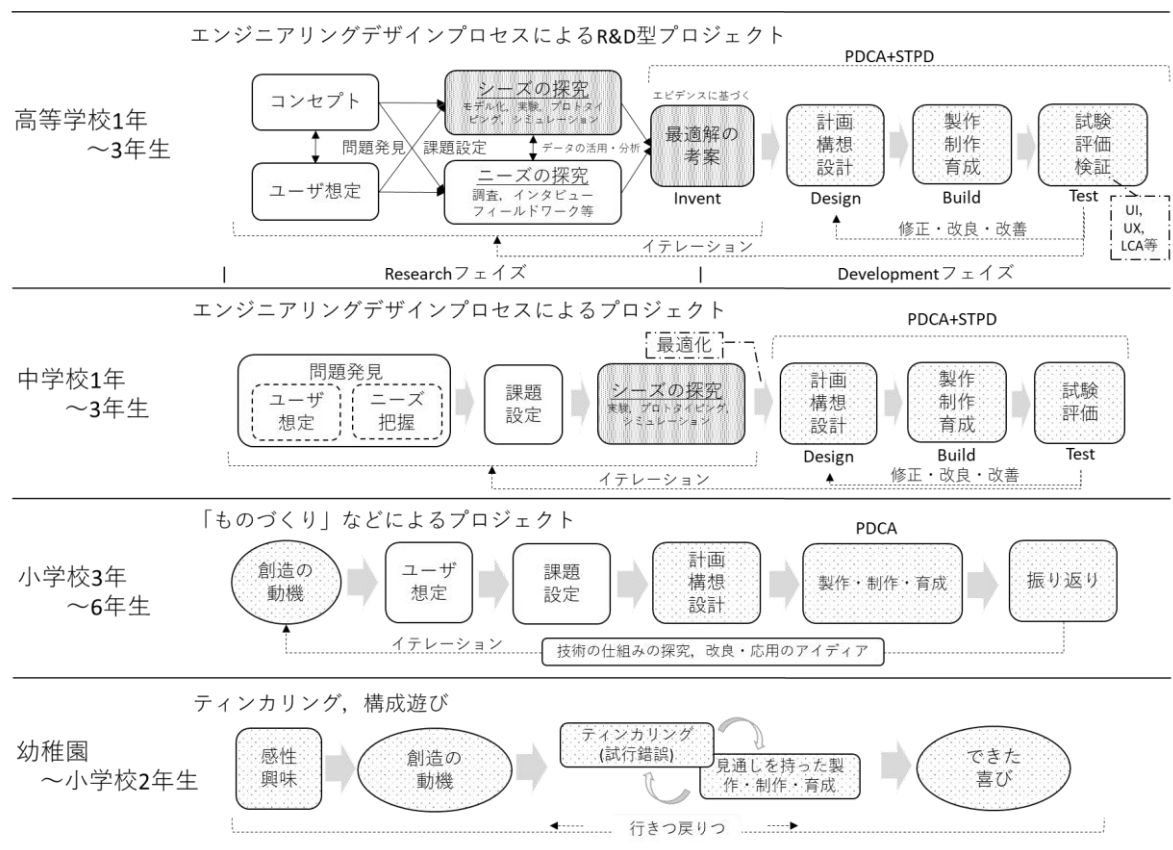


図5 児童生徒の発達段階に即した技術的な問題発見・解決プロセスの展開

で図4のモデルを、内容知・方法知の学年区分に即して典型化したものを図5に示す。

幼稚園～小学校2年生では、感性や興味を起点に創造の動機を高め、構成遊び、ティンカリング(Tinkering: 試行錯誤的に素材や道具をいじくりまわす活動)などに興じることを主眼とする。また、活動の中で「できた喜び」を得ることで、再び、感性や興味、創造の動機を高め、行きつ戻りつしながら、アイデアを形にする経験を蓄積していく。このような経験の蓄積を通して、技術的な問題発見・解決のセンスを涵養していく。

小学校3～6年生では、幼稚園～小学校2年生での学習経験をベースとして、ものづくり等を中心に据えたプロジェクトを展開する。ここでは、創造の動機からユーザを想定し、プロジェクトを進める。その中で、計画・構想・設計、製作・制作・育成などの活動に取り組む。そして、成果に対する振り返りと評価を通して、技術の仕組みをさらに探究したり、改良・応用のアイデアを閃いたりしながら、ものづくりのプロセスを螺旋的に反復(イテレーション)していく。このような経験の蓄積を

通して、ものづくりのプロセスを遂行する基本的な資質・能力を涵養していく。

中学校1～3年生では、小学校3～6年生までの学習経験をベースとして、エンジニアリングデザインプロセスを中心に据えたプロジェクトを展開する。まず、あるテーマのもと、ユーザを想定し、ニーズを把握し、課題を設定する。次に、実験、プロトタイプング、シミュレーションなどを通してシーズを探究する。シーズの探究で得られた知見を組み合わせ、最適な人為的成果物を構想・設計し、その実現に向けた計画を立案する。そして、製作・制作・育成を通してアイデアを具体的な「形」として実現する。その後、単に自らの活動を振り返るだけでなく、定量的・定性的な試験を実施し、社会、環境、経済等の観点から客観的に成果を評価する。このような社会におけるエンジニアリングデザインプロセスと同型性を持った経験の螺旋的な反復(イテレーション)を通して、トリプルループモデルに即した技術的な問題発見・解決能力を涵養していく。

高等学校1～3年生では、中学校1～3年生までの学習経験をベースとして、R&D型のエンジニアリングデザ

インプロセスを中心においたプロジェクトを展開する。**Research** フェーズでは、あるテーマのもと、ユーザを想定し、プロジェクトのコンセプトを設定する。そして、調査、インタビュー、フィールドワーク等の活動を通して具体的なニーズを探究する。また、モデル化、実験、プロトタイピング、シミュレーションなどの活動を通してシーズを探究する。これらの活動では、客観的なデータを適切に活用し、その分析を通して、エビデンスに基づく最適解を考案する。**Development** フェーズでは、考案した最適解を実現するために、計画・構想・設計、製作・制作・育成、試験・評価などの活動を進めていく。最後は、創造した人為的成果物を社会、環境、経済等の観点から評価することに加え、UI(User Interface), UX(User eXperience), LCA(Life Cycle Assessment)など多面的・多角的な観点からプロジェクトの効果を検証する。なお、R&D プロセスのイテレーションの仕方には、そのスパンの大きさの違いからウォーターフォールモデル型開発、アジャイル型開発などの手法が適用される。このような R&D 型の問題発見・解決プロセスの螺旋的な経験の蓄積を通して、生活や社会の課題の解決に果敢に挑戦できる技術イノベーション力と技術ガバナンス力を涵養していく。

9. 技術リテラシー教育と STEM/STEAM 教育

以上のように、本提案では、児童生徒に技術に関する内容知・方法知を獲得させ、それらを働かせた価値創造型の問題発見・解決プロセスを発達段階に即して段階的に展開させることによって、体系的に技術リテラシーの育成を図ることを目指している。このような技術リテラシーの育成は、広領域カリキュラムである STEM/STEAM 教育の中に位置付けられ、必要な役割を果たすことが求められる。いうまでもなく、STEM 教育の T と E は技術教育が担うものである。初等中等教育段階の普通教育では、技術リテラシー教育が自然科学教育(理科)や数学教育(算数・数学)と連携しつつ展開されることが望ましい。このことは、Art(文系・芸術系教科領域)を加えた STEAM 教育においても同様である。

STEM/STEAM 教育における各教科の関わりは図6のように表すことができる。STEM/STEAM 教育における技術リテラシー教育の役割は、エンジニアリングデザインプロセスを中核とした価値創造型の問題発見・解決活動を推進することにある。このプロセスにおいて児童生徒が S, M, A の内容知や方法知、見方・考え方を教科横断的に働かせ、活用できるように教科間の連携を図

ることが重要である。

STEM/STEAM 教育における技術リテラシー教育の役割は表2のように整理できる。このうち、学習活動の出口に技術的な成果物の創出を設定した場合の STEM/STEAM 教育の実践モデルを図7に示す。図7は、技術リテラシー教育での学びを働かせる技術的な問題発見・解決プロセスを中核とする PjBL によって、技術イノベーションや技術ガバナンスへの参画へと至る学際的(Transdisciplinary)な実践モデルを構想したものである。

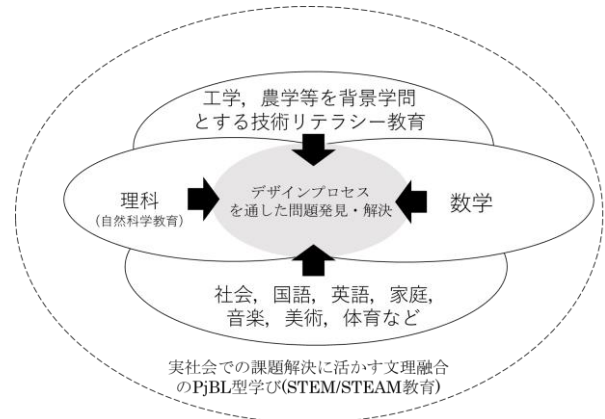


図6 STEM/STEAM 教育における各教科の関係

表2 STEM/STEAM 教育と技術リテラシー教育の関係

- 技術は本質的に、自然科学と社会・文化とをデザインプロセスでつなぐ役割、働きを持っている。したがって、本質的に STEAM 教育において技術リテラシー教育は、S, A, M をつなぐ立ち位置として重要な役割を果たす。
- STEAM 教育の PjBL に基づく学習活動では、①技術的な成果物を創出する学習活動、②他の教科と関連する成果物を創出する学習活動とが考えられる。
- 技術的な成果物を創出する学習活動を設定した STEAM 教育では、技術的な問題発見・解決活動が「創る学び」の中核となる。
- 学習活動に他の教科と関連する成果物の創出を設定した場合、技術リテラシー教育での学びはその成果物の創出に向けたプロセスの中で「創る手段」として活用される。

このモデルでは、実社会の問題を見出し、解決する価値創造型の PjBL 全体を技術的な問題発見・解決プロセスが貫いている。それに加えて、実社会の問題を見出し

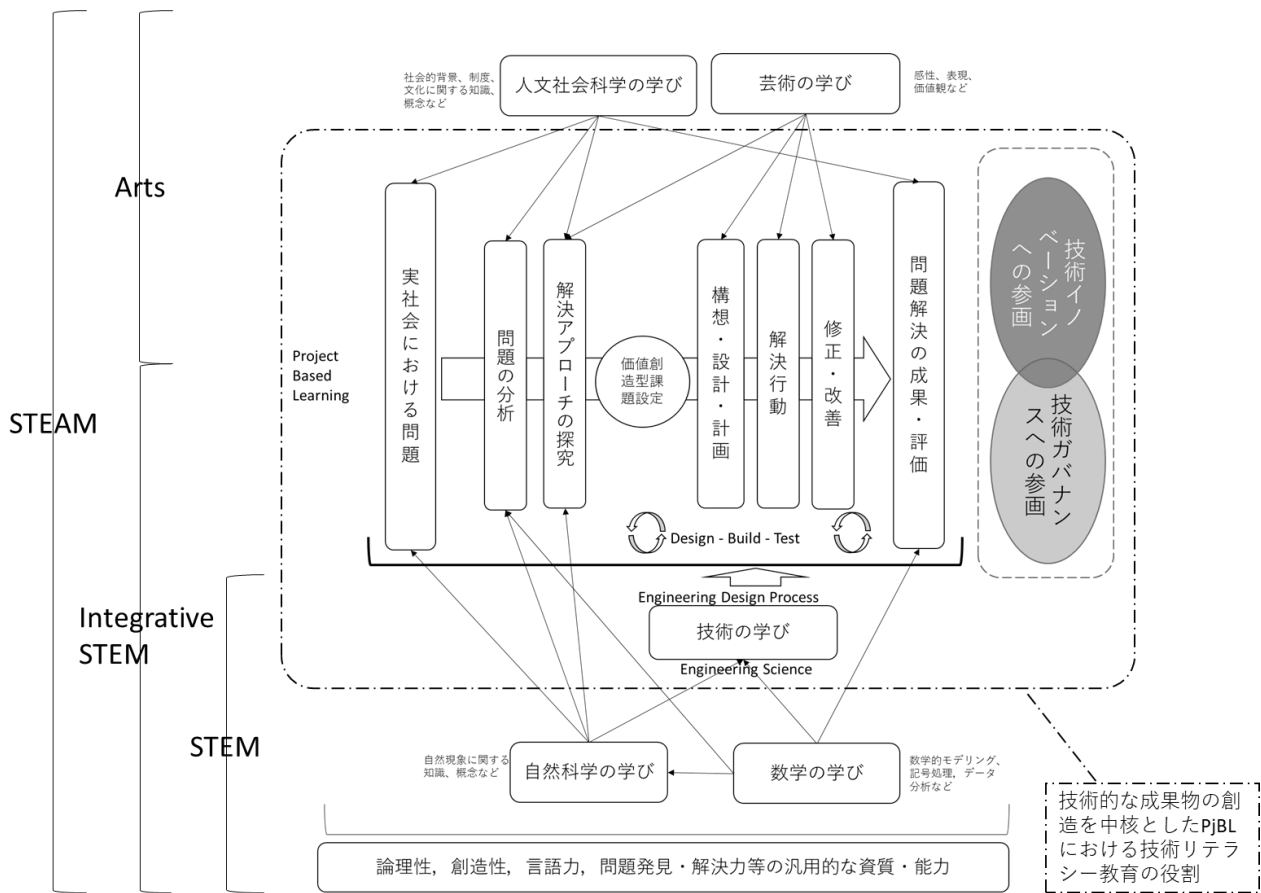


図 7 技術的な問題発見・解決プロセスを中核とした STEM/STEAM 教育の実践モデル

分析する際に人文社会科学や自然科学の学びを働かせたり、問題を数理的に分析する際に数学の学びを働かせたりする。また、問題の解決方法を探究する際は、人文社会科学の学びに加えて、芸術の学び、自然科学の学びなどを働かせる。その上で、エンジニアリングデザインプロセスを援用したニーズやシーズの探究、構想・設計・計画、解決行動、修正・改善などの解決行動に取り組む。ここに芸術の学びを働かせて、プロダクトデザインやコンテンツデザインなどの感性的な付加価値を高めていく。問題解決の後には、その成果を人文社会科学の学びを働かせて意味づけたり、評価したりする。

本モデルに基づく STEM/STEAM 教育の実践を通して、児童生徒が、生涯にわたって社会における技術イノベーションや技術ガバナンスに参画する力を獲得し、持続的に発展可能な社会の構築(SDGs)の一翼を担うとともに、自らの人生をたくましく切り拓いていく力を獲得していくことが期待される。なお、本モデルは、あくまで STEM/STEAM 教育の構成例の一つである。今後、本モデルを含めた多様な STEM/STEAM 教育の実践モ

デルの創出が求められる。

10. まとめと今後の研究課題

以上、本稿では、次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組みとして、技術リテラシー教育の教育内容(スコープ)、技術的な問題発見・解決プロセスのトリプルループモデル、児童生徒の発達段階に即した技術的な問題発見・解決プロセスの展開、STEM/STEAM 教育に果たす技術リテラシー教育の役割について提案した。本提案は、次頁に示す通り、本学会が 2017 年から進めてきた次世代型技術教育の在り方を検討するプロジェクトの成果である。言い換えれば、本提案はあくまで現段階での検討結果をまとめたものであり、修正・改善・発展の余地は多分に含まれている。今後は、本提案内容の検証と改善・修正・改善・発展に向けて、少なくとも次に示す多様なアプローチから検討を進める必要がある。

第一に、現行の学校カリキュラムにおいて、本提案に即した実践研究を推進することによって、本提案内容の

実践可能性とその教育的効果を具体的な児童生徒の「学びの姿」として検証することである(課題 A1, 以下同様)。第二に, 児童生徒の認知, 問題発見・解決プロセス, 情意等に関する学習科学的な検討を通して, 児童生徒の認知システムや行為システムの特性と本提案との整合性を検証することである(課題 A2)。第三に, 第一と第二のアプローチとの融合を通して, 次世代の学校カリキュラムに技術リテラシー教育を適切に位置付け得るカリキュラム・スタンダードを開発することである(課題 A3)。その上で, 第四として, 技術リテラシー教育の実践に必要な教師の専門性(PCK :Pedagogical Contents Knowledge)を探究し, 必要な要素を教員養成や教員研修等に取り入れる方策を検討することである(課題 A4)。これらの4つのアプローチは, 技術リテラシー教育の展開そのものを深化させる垂直軸方向での探究と位置付けることができる。

一方, 本提案内容を相対化し, 水平軸方向からその意義を検証することも重要である。具体的には, 第一に, 技術リテラシー教育を展開する諸外国の動向と本提案内容との関連性を比較教育的な観点から継続的に検証していくことである(課題 B1)。第二に, STEM/STEAM教育の観点から, 国内外の関連諸教科の教科教育研究と本提案内容との整合性を検討する必要がある(課題 B2)。第三に, 技術リテラシー教育の教育内容に関連する専門系学会をはじめとした多様な研究組織との連携を通して, 外部から本提案内容の評価を受け, より了解性を高める改善を施していく必要がある(課題 B3)。

これらの研究課題に対応することによって, 近い将来, 幼稚園～高等学校までの普通教育における固有教科領域としての技術リテラシー教育を体系化し, 広領域カリキュラムとしての STEM/STEAM 教育の展開に寄与できるように, 教育改革を進めていくことが求められよう。

文 献

- 1) 国連広報センター: 持続可能な開発目標(SDGs), https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/ (最終アクセス 2021.6.23)
- 2) 日本産業技術教育学会:21 世紀の技術教育(1997 年 7 月), <https://www.jste.jp/main/data/21te.pdf> (最終アクセス 2021.6.23)
- 3) 日本産業技術教育学会:21 世紀の技術教育(2012 年 12 月改訂版), <https://www.jste.jp/main/data/21te-n.pdf> (最終アクセス 2021.6.23)
- 4) 日本産業技術教育学会:21 世紀の技術教育(改訂)—各発達段階における普通教育としての技術教育内容の例示—, <https://www.jste.jp/main/data/21tenex.pdf> (最終アクセス 2021.6.23)
- 5) 内閣府: 科学技術政策/Society5.0, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/ (最終アクセス 2021.6.23)
- 6) 日本学会会議:新しい学術の体系—社会のための学術と文理の融合—, <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/18pdf/1829.pdf> (最終アクセス 2021.6.23)
- 7) Bybee, R.: “What Is STEM Education?”, Science, vol.329, Issue.5995, p.996 (2010)
- 8) Vasquez,J.,Sneider,C.,& Comer,M.:STEM Lesson essentials,grades3-8:integrating science,technology,engineering,and Mathematics, Heinemann, (2013)
- 9) Yakman, G.:“STEAM Integrated Education: an overview of creating a model of integrative education, Pupils attitudes toward technology, 2006 Annual Proceedings, Netherlands (2006)
- 10) International Technology and Engineering Educators Association: Standards for Technological and Engineering Literacy, <https://www.iteea.org/stel.aspx> (最終アクセス 2021.6.23)
- 11) 文部科学省:Society5.0 に向けた学校 Ver3.0, https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/002/siryo/_icsFiles/afieldfile/2018/06/20/1406021_17.pdf (最終アクセス 2021.6.23)
- 12) 経済産業省:未来の教室, <https://www.learning-innovation.go.jp/about/> (最終アクセス 2021.6.23)
- 13) OECD, Learning Compass, <https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning-compass-2030/> (最終アクセス 2021.6.23)

取り組みの経緯

第 1 回技術教育アイディアソン

2017 年 12 月 17 日 at 静岡大学教育学部

参加者 52 名

第 2 回技術教育アイディアソン

2018 年 12 月 15 日 at TKP 東京駅八重洲カンファレンスセンター

参加者 50 名

技術教育在り方検討委員会, 学会科研合同委員会

2019 年 3 月 31 日 at 兵庫教育大学連合大学院大阪サテライト

2019 年 6 月 17 日 at 埼玉大学教育学部(事前打ち合わせ)

2019 年 6 月 22 日 at 東京工業大学キャンパスイノベーションセンター熊本大学東京オフィス

第 62 回全国大会(静岡), シンポジウム

2019 年 8 月 24 日日 at 静岡大学教育学部
原案の提示, デルファイ法による調査の実施

第 3 回技術教育アイディアソン

2019 年 12 月 15 日 at 神戸市教育会館

参加者 50 名

技術教育在り方検討委員会, 学会科研合同委員会

2020 年 2 月 23 日 at オンライン会議

2020 年 6 月 27 日 at オンライン会議

分科会代表者等説明会

2020 年 8 月 24 日 at オンライン会議

第 63 回全国大会(千葉), シンポジウム

2020 年 9 月 5 日, at オンライン開催
デルファイ法による調査の結果に基づく修正案の
提案, 実践イメージの共有

技術教育在り方委員会(分科会・WG 会議)

2020 年 11 月 1 日 at オンライン会議

拡大技術教育在り方委員会(分科会・WG 会議)

2020 年 11 月 17 日 at オンライン会議

第 4 回技術教育アイディアソン

2020 年 12 月 20 日 at オンライン開催

参加者 72 名

技術教育在り方検討委員会, 学会科研合同委員会

2021 年 1 月 24 日 at オンライン会議

拡大技術教育在り方委員会(分科会・WG 会議)

2021 年 3 月 1 日 at オンライン会議

技術教育在り方検討委員会, 学会科研合同委員会

2021 年 7 月 11 日 at オンライン会議

第 64 回全国大会(北海道)シンポジウム

2021 年 8 月 28 日, at オンライン開催

「次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み」
レビュー版提案

2021 年 9~10 月 最終版案に対するレビュー, 意見の
募集

2021 年 10 月 技術教育在り方検討委員会, 学会科研合
同委員会, メール審議。最終版案の修正・確定

2021 年 10 月 30 日 理事会承認, 最終版刊行

内容知・方法知体系表

「技術の概念と役割」					
ねらい		生活や社会で利用されている技術に関して、技術の各内容の事实的知識や基本的技能の習得を理解する。内容を相互に関連付けながら、社会における様々な場面で活用したり、技術に関わる問題を発見・課題化し、科学的な根拠に基づき創造的に解決したりする際に転移可能な概念と、問題解決方略を理解する。技術の本質についての永続的な理解を深め、社会を支え、産業の発展・継承・創出を牽引するために必要な技術リテラシーを身に付ける			
学 齢		幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高等学校
各発達段階における到達目標		事故やケガをしないように安全に気をつけて、自分の思いや願いを込めた技術の問題を見つけて、解決に向けた構想・計画・設計ができる。製作・育成・制作を通した遊びや学習に親しみが持てる。ものづくりの技術や情報技術は、私たちの身近な生活を支えていることに気付く	安全や衛生に留意して、技術と科学や芸術との関連性や、技術の発明・創造・工夫と、ユーザー視点からの技術の重要性が意識できる。目的を明確にした構想・計画・設計と、製作・育成・制作活動ができる。技術を評価、選択、管理・運用する力と、新たな発想で改良、応用する力の基盤となる基本概念の知識や解決方略などを身に付ける	安全・防災・減災、倫理観を含むSDGsを支えるSociety5.0の実現に必要な技術リテラシーを身に付ける。技術の見方・考え方を働かせながら、生活や社会における問題を技術によって問題解決できる。構想・計画・設計と、製作・育成・制作等の活動ができる。技術ガバナンスと、技術イノベーション力及び、相互の不可分性に関する概念や、技術の社会実装に必要な問題解決方略などを身に付ける	ものづくりの技術と情報通信技術の融合とともに、AI(ロボットを含む)と情報通信ネットワークの融合による自動制御技術の発展について理解できる。Society5.0の実現に必要な技術の高度化・システム化、異種産業の複合化・融合化、新たな産業の創出を牽引する技術リテラシーを身に付ける。社会全体で技術イノベーションを最大限に引き出しつつ、技術の社会実装がもたらすリスクを定量的に評価できる。倫理観、防災・減災・安全に配慮して、技術ガバナンスと技術イノベーションに関する概念や解決方略などを身に付ける
内容知 (知識、概念など)	技術の概念	ものづくり(手や道具でものを作ること)、技術(コンピュータ、車などの製品)、技術を活用した遊びや学習における技能(知って、理解して、操作・動作等ができる技能)、システム(多要素の組み合わせで一体化して役割を果たす)を知ること	ものづくりの技術、情報技術、技術(テクノロジー)ー科学(サイエンス)ー芸術(アーツ)の関連、技術(テクノロジー)ー技法・技量・専門職技巧(テクニク)ー言語(スキル)の日常使用のあいまいさへの気付きと、文脈を意識した言語活用を理解すること。システム技術(多要素が一体となり、役割を果たす技術)を理解すること	ものづくりの技術、情報技術、システム技術(製品は相互に影響し合う多要素から構成)、技術ーエンジニアリングーエンジニア・技術者・技能者の各概念の理解と相互不可分性、デザイン(計画、設計、社会実装)、システム思考とデザインプロセス(創案、トレードオフ、最適化等)、計測・制御、デジタル化、知的財産権を理解すること。デザインプロセス(人間の欲求やニーズの満足のために、評価規準と制約条件を明確化しながら、対処し得る選択可能な解決アイデア策を複数考案し、その中から最終的な一つのアイデアを選択するための体系的な問題解決方略を提供する過程)を理解すること	システム技術(要素の全体構成が機能を果たす)とシステム思考、STEM、STEAM、エンジニアリングデザイン思考と問題解決方略、コンピュータショナルシンキング(モデリング、ヒューリスティック推論、再帰的思考、創造思考)、AI、自動化(IoT、ロボット等)、デジタルファブリケーション、技術・工学の学際化・複合化を理解すること
	技術の役割	自分の思いや願いを満たすために、ものづくりや簡単なプログラミングなどの遊びや活動を通して、ものづくりの技術と情報技術について知ること。技術は私たちの生活や社会を支えていて、技術が不可欠であることを知ること	仲間や家族など他人の願いを考慮したものづくりや、プログラミングなどの情報技術の活用を通して、技術が生活や社会を支えていることを理解すること。技術は利便性とリスクの両面があり、SDGsの視点から技術を評価し、適切な選択と管理・運用力、新たな発想に基づき改良力、応用力と、技術の社会的役割と探求の重要性を理解すること	技術の発展による利便性に関する以下の事項を理解すること【社会や生活環境の向上や基盤整備への貢献。安全性と安定的な供給体制を支えていること。ネットワーク化や自動化の促進などの社会的役割を果たしたこと。利便性と共に、資源・エネルギーの浪費や環境の破壊、モラルの低下などのリスクを伴うこと。技術が社会や環境に与える役割と相互作用や相互影響】	高度化するものづくりと情報技術、システム技術の発展に対して、「主体性」を発揮した責任ある技術活用力の必要性を理解すること。AI、IoTなどの技術の発展が、グローバル社会における環境保全やエネルギーの有効活用への貢献を理解すること。ユニバーサルデザイン、メトロニクス、組込技術、耐震技術、先端バイオテクノロジーなどの技術革新を牽引・管理・運用する際に必要な、技術倫理を理解すること
	技術イノベーションと知的財産の創造・活用	【技術イノベーション】自分の思いや願いを込めたアイデア創案のために、試行錯誤(ティンクリング)、粘り強い集中と決断の重要性を知ること【知的財産の創造・活用】著作物や身の回りのアイデア、友達の商品とアイデアの尊重のたいせつさを知ること	【技術イノベーション】技術の発明による新たな知的・文化的価値の創造の重要性を理解すること。より最適な技術の探求の重要性を理解すること【知的財産の創造・活用】知的財産権の目的と社会的役割を理解すること。知的財産権を意識した創造活動や知的財産権を尊重する重要性を理解すること	【技術イノベーション】技術イノベーションは、「工学(エンジニアリング)や農学といった技術に関わる学術の進展、及びその成果として生み出された人工物システムによって、社会的・経済的・公共的価値を改善、新たに創造すること」という概念を理解すること。技術による課題解決に必要な一連の問題解決方略を理解すること【知的財産の創造・活用】社会実装された技術に込められた工夫や創造性、知的財産のすばらしさ、普及の経緯、保護・活用を理解すること	【技術イノベーション】生産性や効率のみの優先ではなく、取り巻く状況を判断した上で、科学的な根拠に基づき、社会実装で技術が与える影響を踏まえた創造的解決方略を理解すること【知的財産の創造・活用】法令遵守、情報セキュリティ、倫理やモラルなどの技術ガバナンスと一体化した知的財産の創造と活用の重要性を理解すること
	技術ガバナンスと社会安全	事故やケガをしないように安全に気をつけて、自分の思いや願いを込めた技術の問題を見つけて、解決に向けた構想・計画・設計と、製作・育成・制作を通した遊びや学習のたいせつを知ること	技術に関わる利便性とリスクを評価し、事故や傷害を防ぐためのリスク管理の必要性を理解すること。技術を評価、選択し、安全な社会実装と管理・運用について理解すること。行政、企業・研究開発機関、市民など、異なる利害関係を持つ人たちが協働して、技術を評価し、適切な選択と管理・運用の重要性を理解すること	技術ガバナンスとは、「技術イノベーションによる新たな価値の創造を適切に舵取りしていくことであり、技術がもたらす利便性、リスク、損失について理解し、立場の違いや利害関係を有する人たちがお互いに協働して、技術に関わる問題解決のための討議に主体的に参画し、技術倫理を重視しながら、根拠を明確にした自分の意見の表明、意見交換や論議と、技術を適切に評価、選択、管理・運用するために協働すること」であるという概念を理解すること	技術ガバナンスにおいて、行政、研究開発機関、開発企業等から発信される技術の便益とリスク情報を統合・解釈し、熟考・評価するために必要な概念的知識を理解すること。技術倫理とエンジニア・テクノロジスト・テクニシャン等の使命と責任を重視しながら、協働できる市民に求められる技術リテラシーの重要性を理解すること。AIネットワーク化の情報セキュリティ、情報通信ネットワーク、不透明化等に対する技術ガバナンスの必要性を理解すること
方法知 (技能、方法論、方略など)	技術的課題解決のプロセス	【既存技術の評価と問題の把握】自分の思い・願いを込めた欲求を実現する課題を設定すること【計画・設計】手順・工程・見通しの大切さに気付くこと【製作・育成・制作】ものづくりやプログラミングなどの情報技術の活用の楽しさに慣れ親しむこと【活動の振り返りと評価】言葉や絵などを使った表現で、活動を振り返ること	【既存技術の評価と問題の把握】生活や社会からの問題発見と、ユーザー視点の重視性を理解すること【計画・設計】目的、機能と構造、制約条件、簡単なモデルの試作、知財を配慮する重要性を理解すること【製作・育成・制作】安全性や耐久性、試作の工夫、改良を重視、仲間との協働・協力の重要性を理解すること【活動の振り返りと発表】自らの創造・工夫と、社会実装された技術の工夫とをつなげる振り返り記録の作成と発表、自己・相互評価できること	【既存技術の評価と問題の把握】技術の見方・考え方を働かせた問題発見、情報共有、課題を設定できること【計画・設計】左記に加えて、デジタル機器の活用によるモデリング、モデル試作、試験、改良、工夫ができること【製作・育成・制作】社会実装された技術製品等の問題解決の工夫を意識した製作等ができること【活動の振り返りと発表】技術イノベーション、技術ガバナンス、知財の創造、保護、活用等を意識した振り返り記録を作成すること	【既存技術の評価と問題の把握】技術の高度化・システム化・異種産業の複合化に対応して、課題を設定できること【計画・設計】左記に加えて、エンジニアリングデザインや、デジタルファブリケーションを活用した計画・設計ができること【製作・育成・制作】新たな付加価値を伴う創造的な製品、育成物、システム開発ができること【活動の振り返りと発表】イノベーションを牽引するエンジニア・テクノロジスト・テクニシャン等、市民、行政の役割と責任、知財創造活用等を意識した振り返り記録を作成すること
	技術イノベーションのプロセス	【価値の発見】自分の欲求を満たすために、製作・育成・制作に対する自分の思いや願いを持つこと【価値創出の枠組みづくり(フレーミング)】自分の欲求を実現させるために、計画・設計の大切さに気付くこと【価値の実証】言葉や絵などを使った表現と振り返りを通して、自分の欲求を満たしたかを評価し、価値を表現すること	【価値の発見】ユーザー視点や他者視点から生活や社会における問題を発見し、ものづくりや情報技術を活用した制作による新たな価値の創造を目的とした課題を設定すること【価値創出の枠組みづくり(フレーミング)】ブレインストーミング法などの思考計画により、ユーザー視点からのものづくりや情報技術を活用した制作の計画・設計ができること【価値の実証】ポトフォリオなどの制作・発表を通して、ユーザー視点からの価値の創造ができたかを振り返ること	【価値の発見】SDGsを支えるSociety5.0を実現するための新たな価値の創造の視点から、課題を設定すること【価値創出の枠組みづくり(フレーミング)】ブレインストーミング、トレードオフ、デザインプロセスなどの思考法を活用しながら、計画・設計できること【価値の実証】企業・研究開発機関、ユーザー、流通・販売業者、行政などの多様な立場から、新たな価値の創造プロセスを評価すること	【価値の発見】AIやIoTをはじめとした技術と、多様な異分野との複合化・融合化により生まれる、新たな価値の創造を生み出すための課題を設定できること【価値創出の枠組みづくり(フレーミング)】ウォーターフォール法(要件定義・計画・設計・実装・テスト・運用といった各工程を分割進捗させるプロジェクト)やアジャイル開発法(各機能単位で、企画・設計・実装・テスト・運用を絶えず間なく反復させるプロセスを導入したプロジェクト)の各々の特徴を生かしながら、各種デザインプロセス思考法を導入し、新たな価値創造のフレームングをすること【価値の実証】イノベーションを牽引するエンジニア・テクノロジスト・テクニシャン等、市民、行政の役割と責任、知財創造活用等を意識し、価値の発見、価値創出のフレーミング、価値実証の価値創造プロセスでの活動の成果を俯瞰的に振り返ること
	技術ガバナンスのプロセス	【既存技術の理解と課題の設定】技術活動でのケガや事故の危険予知と防止対策ができること【技術評価の枠組みづくり(フレーミング)】危険や事故を防ぐために、様々な工夫された技術を比較検討すること【技術評価の実施と意思決定】事故防止意識と適切な素材や道具等を選択し活用すること【技術マネジメント】危険や迷惑行為の有無の振り返りと、次の活動への安全意識を向上させること	【既存技術の理解と課題の設定】社会実装された既存技術の利便性とリスクについて調査し、ガバナンスの課題を設定すること【技術評価の枠組みづくり(フレーミング)】技術による複数の解決アイデアの利便性とリスクについて、比較検討すること【技術評価の実施と意思決定】複数の技術アイデアから最適解を導くための根拠に基づく意思決定ができること【技術マネジメント】自分が選択した最適解の利点と問題点を説明し、意見交換による、自己アイデアの相互練り上げができること	【既存技術の理解と課題の設定】既存の技術と、社会、環境との相互に影響しあう関係と、技術の利便性とリスクについて調査し、ガバナンスの課題を設定すること【技術評価の枠組みづくり(フレーミング)】社会からの要求、安全性、環境負荷、経済性等の観点を設定し、価値規準に基づき、トレードオフ(比較考量)すること【技術評価の実施と意思決定】技術の見方・考え方を働かせ、社会実装の利便性・リスクと主権者の「主体性」を尊重した、技術の最適解の意思決定ができること【技術マネジメント】技術に対して公正かつ真摯に向き合える技術倫理を身に付けること	【既存技術の理解と課題の設定】技術開発機関・企業・生産者、行政機関、市民、流通業者等の各々の立場と利害関係や、社会的使命・役割・責任と技術倫理を考慮に入れながら、ガバナンスの課題を設定すること【技術評価の枠組みづくり(フレーミング)】SDGsへの対応、社会や産業の発展、社会実装上の利便性とリスクの比較考量ができること【技術評価の実施と意思決定】STEAMの見方・考え方を働かせながら、社会実装上の利便性やリスクについて、SDGsを支えるSociety5.0を牽引する主権者としての「主体性」を尊重した意思決定ができること【技術マネジメント】複数の利害関係者の役割演技と、模擬コンセンサス会議ができること

「材料と加工の技術」						
ねらい		生活や社会で利用される材料と加工の技術に関して、よりよい生活や社会を実現するために社会との関わりから、科学的な側面（原理・法則）を活用して、技術のしくみが作り出されていることを理解し、材料と加工の技術を通して問題を発見・解決できる資質・能力を身に付ける。				
基礎となる学問（エンジニアリングサイエンス）		材料工学、木質科学、建築学（建築構造・材料）、機械材料・材料力学、生産工学・加工学				
学齢		幼稚園～小学校2年		小学校3～6年		中学校
目的と社会的役割（技術の利用）		・感性を働かせ、目的に即した条件を考える ・材料を選び、つくる方法等を考える過程とその結果を作り出す役割をもつ		・身のまわりの生活に目を向け、材料に関する科学的な側面を活用する ・生活や身近な社会との関わりを考え、その効果が最も目的に合うように折り合いを付ける ・材料をつくるしくみや加工するしくみを考え、より良くする過程とその結果を作り出す役割をもつ		・人々の願いを叶えるため、材料の組織や性質、性能、加工性等の科学的な側面（原理・法則）を活用する ・人々の価値観や安全性、資源の有限性、環境に対する負荷、必要となる経済的負担などの社会的との関わりを考える ・それらの効果が最も目的に合うように折り合いを付け、材料製造のしくみや加工のしくみ等を考案、改善する過程とその成果を作り出す役割をもつ
内容知 （知識、概念など）	材料	科学的な側面	性質（のびる、まがる、手触り）、性能（温かい、冷たい）加工性（削りやすい、切りやすい）、種類（紙、粘土、竹、ゴム）	性質（のびる、まがる、手触り）、性能（熱に強い、さびにくい、電気が伝わりやすい、軽い）、加工性（削りやすい、延びやすい）、種類（木材、金属、プラスチック、紙、粘土）	性質（力学（弾性、塑性等）、熱可塑性、熱硬化性）、性能（耐熱、耐食、伝導、軽量）、加工性（被削性、展性、延性、加工硬化）、組織（繊維細胞、金属結晶）、	性質（力学（弾性、塑性等）、粘性、熱可塑性、熱硬化性）、性能（耐熱、耐食、伝導、軽量）、加工性（被削性、展性、延性、加工硬化）、組織（木材細胞、金属・非金属結晶、高分子）
		技術のしくみ	製造（まぜる、形づくるしくみ）	製造（まぜる、形づくるしくみ）	原料（調達、産出のしくみ）、製造（精練、製材、合成、混合、成形のしくみ）	原料（調達、産出のしくみ）、製造（精練、製材、合成、混合、成形のしくみ）
		社会的な側面	環境（リサイクル）、資源（省資源）	価値観、安全性、環境（リサイクル、リユース、リデュース）、資源（省資源）、経済的負担（費用）	価値観、安全性、環境への負荷（リサイクル、リユース、リデュース）、規格（ISO、JIS）、資源の有限性、計測・測定、保守・点検（不良、耐用年数）、経済的負担（費用、価格）	価値観、安全性、環境（リサイクル、リユース、リデュース）、規格（ISO、JIS）、資源の有限性、保守・点検（不良・耐用年数）、経済的負担（費用、価格、製造コスト）、計測・測定、加工システム、制御・管理、コンピュータ利用、倫理（説明責任、メンテナンス責任）
	加工	科学的な側面	性質（のびる、まがる、手触り）、性能（温かい、冷たい）加工性（削りやすい、切りやすい）、組織（木目、透明）	性質（のびる、まがる、手触り）、性能（熱に強い、さびにくい、電気が伝わりやすい、軽い）、加工性（削りやすい、延びやすい）、組織（木目、透明）	性質（材料力学（弾性、塑性等）、構造力学、熱可塑性、熱硬化性）、性能（耐熱、耐食、伝導、軽量）、加工性（被削性、展性、延性、加工硬化）、組織（繊維細胞、金属結晶）、	性質（材料力学（弾性、塑性等）、構造力学、粘性、熱可塑性、熱硬化性）、性能（耐熱、耐食、伝導、軽量）、加工性（被削性、展性、延性、加工硬化）、組織（木材細胞、金属結晶、高分子）
		技術のしくみ	除去（切る、削るしくみ）、塑性（曲げる、折るしくみ）、加圧（たたくしくみ）、接着・接合（貼るしくみ）、表面処理（みがくしくみ）	除去（切る、削るしくみ）、塑性（曲げる、折るしくみ）、加圧（たたくしくみ）、接着・接合（貼る、釘を打つしくみ）、表面処理（塗る、みがくしくみ）	除去（切削、研削のしくみ）、塑性（折り曲げのしくみ）、加熱・加圧（鋳造、熱処理、鍛造のしくみ）、積層（3Dプリンタの成形のしくみ）、接着・接合（接着剤、釘接合、ねじ接合、リベット接合、はんだ接合、組立て、継手のしくみ）、表面処理（塗装、研磨のしくみ）	除去（切削、研削のしくみ）、塑性（折り曲げのしくみ）、加熱・加圧（鋳造、熱処理、鍛造のしくみ）、高エネルギー（レーザー加工のしくみ）、積層（3Dプリンタの成形のしくみ）、電気・化学（電解加工、放電加工、電解めっきのしくみ）、接着・接合（溶着、溶接、圧接、ろう接、融接のしくみ）、表面処理（めっき、塗装、研磨のしくみ）
		社会的な側面	環境（リサイクル）、資源（省資源）	価値観、安全性、環境（リサイクル、リユース、リデュース）、資源（省資源）、経済的負担（費用）	価値観、安全性、使いやすさ、ユニバーサルデザイン、環境への負荷（リサイクル、リユース、リデュース）、資源の有限性、計測・測定、保守・点検（不良、耐用年数）、経済的負担（費用、価格）	価値観、安全性、プロダクトデザイン、意匠性、環境（リサイクル、リユース、リデュース）、資源の有限性、保守・点検（不良・耐用年数）、経済的負担（費用、価格、製造コスト）、計測・測定、加工システム、制御・管理、コンピュータ利用、倫理（説明責任、メンテナンス責任）
方法知 （技能、方法論、方略など）	材料	材料を選ぶ、整理・整頓・清掃		材料を作る準備、材料を作る、道具・工具の不具合の予防、整理・整頓・清掃	材料の製造の準備、材料の製造、工具・機械の保守点検、安全衛生管理	材料の合成・製造の準備、材料の合成・製造、自動制御可能な機械の保守点検、安全衛生管理
	加工	材料に手を加える、整理・整頓・清掃		加工の準備、材料の加工、道具・工具の不具合の予防、整理・整頓・清掃	加工の準備、材料の加工、加工支援（治具）、工具・機械の保守点検、工作物の表現（製図、CAD）、安全衛生管理	加工の準備、材料の加工、加工支援（治具）、工具・機械・自動制御可能な機械の保守点検、工作物の表現（製図、CAD）、安全衛生管理
問題発見・解決の視点	問題発見・課題設定	生活における問題の気づき		生活における問題の気づき、材料に手を加える課題への取り組み	生活や社会の問題の明確化、問題発生過程の具体化、材料製造や材料加工への課題の設定	社会や産業の問題の明確化、情報の収集、情報の整理・分析、材料製造や材料加工への課題の設定
	計画・設計・技術的な検討	・使い道と方法（形、大きさ、もののはたらき、作り方） ・材料選び、使い道、加工の仕方 ・アイデアスケッチ		・使い道と方法（形、丈夫さ、大きさ、丁寧さ、もののはたらき、作り方） ・材料選び、使い道、丈夫な材料・つくり、加工の仕方、アイデアスケッチ、試作、	・仕様（形状、構造、寸法、成分、精度、性能、製造法、検査法） ・材料選択、機能性、丈夫な材料・構造、加工法、効率（コスト）、検査・修正 ・構想図、試作品、製図、工程計画、CAD ・使いやすい形、安全性、ユニバーサルデザイン	・仕様（形状、構造、寸法、成分、精度、性能、製造法、検査法） ・材料選択、機能性、丈夫な材料・構造、加工法、効率（納期、コスト） ・検査・修正・試作品、製図、工程計画、規格化・標準化（ISO、JIS）、CAD、シミュレーション、LCA ・プロダクトデザイン、意匠性
	解決行動（製作）・評価	製作、発表会		製作、テスト、作品評価、発表会、プレゼンテーション	製作、テスト、作品評価、プレゼンテーション	製作、テスト、作品評価、プレゼンテーション

「生物育成の技術」						
ねらい		生活や社会で利用される生物育成の技術に関して、よりよい生活や社会を実現するために科学的な原理・法則を活用して技術の仕組みが作り出されていることを理解し、生物育成の技術を通して問題を発見・解決できる資質・能力を身に付ける。				
基礎となる学問（エンジニアリングサイエンス） （例）作物の栽培		作物学、園芸学、土壌肥科学、植物育種学、植物生理学、植物生態学、植物病理学、植物分類学、植物形態学、農業気象学、農業学、雑草学、土壌微生物学、生物学、環境学など				
学 齢		幼稚園～小学校2年		小学校3～6年	中学校	高等学校
目的と社会的役割(技術の利用)		・生物と触れ合う原体験を通して、感性を働かせる。 ・目的に即した条件を考え、生物を選び、育てる方法を考えようとする態度を養う。		・身のまわりの生活に目を向け、生物に関する自然科学の条件を活用する。 ・生活や身近な社会に即した条件を考え、その効果が最も目的に合うように折り合いを付ける。 ・生物を育てる方法等と考え、より良くする過程とその結果を導く態度を養う。	・人々の願いを叶えるため、生物の育種や構造、生理、成長等の自然科学の条件を活用する。 ・人々の価値観や安全性、資源の有限性、環境に対する負荷、必要となる経済的負担などの社会的な条件を考える。 ・その効果が最も目的に合うように折り合いを付け、生物の育成方法等を考案、改善する過程とその成果を導く態度を養う。	・人々の願いや社会における生産の目的や持続可能な開発をふまえ、生物の育種や構造、生理、成長等の自然科学の条件を活用する。 ・人々の価値観や安全性、生産が社会に与える影響、持続可能な開発の可能性、資源の有限性、環境に対する負荷、必要となる経済的負担などの社会的な条件を考える。 ・それらの効果が最も目的に合うように折り合いを付け、生物の育成等を考案、改善する過程とその成果を導く態度を養う。
内容知 （知識、概念など）	（例）作物の栽培	科学的な側面	分類・育種(花、野菜、草など)、構造・機能(花、葉っぱ、種など)、生理・生態(光、水、土など)、成長(変化、実りなど)	分類・育種(種類、野菜、種子植物など)、構造・機能(花、葉、種子、導管、細胞など)、生理・生態(光合成、呼吸、養分、季節による変化など)、成長(発芽、開花・結実、受粉など)	分類・育種(自然分類、品種、繁殖、交雑など)、構造・機能(器官、細胞、形態など)、生理・生態(光合成、呼吸、環境応答、生物季節など)、成長(発芽、細胞分裂、開花・結実など)	分類・育種(自然分類、品種、繁殖、交雑、遺伝子など)、構造・機能(器官、細胞、形態、分子機能など)、生理・生態(光合成、呼吸、環境応答、生理障害、生物季節など)、成長(発生、細胞分裂、開花・結実、生殖成長など)
		技術のしくみ	気象環境の管理(光)、土壌・水管理(水やり)、外的生物環境の管理(草取り)、手入れ(種まき、植付け)、収穫	気象環境の管理(温度、光など)、土壌・水管理(水やり、追肥など)、外的生物環境の管理(雑草、虫、防除など)、手入れ(種まき、植付け、間引きなど)、収穫	気象環境の管理(温度、光質など)、土壌・水管理(物理性、化学性、生物性)、外的生物環境の管理(病虫害、防除など)、手入れ(育苗、間引きなど)、収穫	気象環境の管理(温度、光質など)、土壌・水管理(物理性、化学性、生物性)、外的生物環境の管理(病虫害、防除など)、手入れ(育苗、間引きなど)、自動管理システム、収穫
		社会との関わり	生命倫理、社会・環境との関わり(食べ物、身のまわりの自然など)	生命倫理、食の安全性、農業関連産業、環境保全	生命倫理、食料自給・食料安全保障、食品安全性、農業関連産業、費用、ポストハーベスト、環境保全、生物多様性、生態系サービス	生命倫理、食料自給・食料安全保障、食品安全性、農業関連産業、農業経営、費用、ポストハーベスト、食品製造・加工、食品貯蔵、環境保全、生物多様性、生態系サービス
方法知 （技能、方法論、方略など）	（例）作物の栽培		植物の世話をする、整理・整頓・清掃	植物を管理する準備、植物の管理を行う、道具・農具の不具合の予防、整理・整頓・清掃	植物の栽培環境を管理する、道具・資材の準備、道具の操作、薬剤の使用、道具の保守点検、安全衛生管理	植物の栽培環境を管理する、道具・資材・機械の準備、道具・資材・機械の操作、薬剤の使用、道具・機械の保守点検、安全衛生管理
問題発見・解決の視点	問題発見・課題設定		生活における問題の気づき	生活における問題の気づき、植物を育てる課題への取り組み	生活や社会の問題の明確化、問題発生過程の具体化、植物栽培への課題の設定	社会や産業の問題の明確化、情報の収集、情報の整理・分析、植物栽培への課題の設定
	解決法考案、計画・設計		・目的と方法(見たり、育て方など) ・植物(作物)選び、手入れの仕方	・目的と方法(形、量、栽培方法など) ・植物(作物)選び、管理の仕方	・目的と方法(品質、収量、生育条件、生産管理、効率(コスト)、栽培技術など) ・農産物規格(品質、収量、成分、生産方法、検査法など) ・植物種・品種の選択 ・育成計画表(栽培暦)	・目的と方法(品質、収量、生育条件、生産管理、効率(コスト)、安定性、栽培技術など) ・農産物規格(品質、収量、成分、生産方法、検査法など) ・植物種・品種の選択 ・育成計画表(栽培暦)
	解決行動(製作・制作・育成)・評価・改善		植物(作物)の育成、観察、発表会	植物(作物)の育成、観察・比較、品質・収量評価、発表会	植物(作物)の育成、観察・比較、品質・収量評価、プレゼンテーション	植物(作物)の育成、観察・比較、検査、品質・収量評価(品評会)、プレゼンテーション

*生物育成には、農林水産に関わる様々な分野がある。ここでは一例として作物の栽培について内容知・方法知を示す。

「エネルギー変換の技術」（電気電子）					
ねらい		生活や社会で利用される電気の技術に関して「基となる科学の原理・法則」と「それを利用して便利な機器やシステムが作り出されていること」を理解する。そして、生活の中の問題を発見し、それを解決する資質・能力を身に付ける。			
基礎となる学問（エンジニアリングサイエンス）		電磁気学 電気回路学 電気機器工学 電力工学 アナログ電子回路 デジタル電子回路 通信工学 制御工学 計測工学 電気電子材料 センサ工学			
学 齢		幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高等学校
技術の役割と目的		・身のまわりの生活の中に電気で作動する機器が多数あることを理解する。 ・生活の中の電気機器を使用することで生活が豊か(便利)になることを意識できる。	・電気を利用するための基本(電気を使う、作る、貯める)を理解する。 ・生活や身近な社会における電気の様々な利用方法を理解し、適切な活用方法を選択できる。	・電気を利用して生活を便利にするしくみを理解する ・電気を利用するときは機器の取り扱いと安全性に配慮する ・経済性、省資源、環境に対する負荷などを考慮し、電気の最適な活用方法を選択できる	・電気を利用して生活を便利にするしくみを理解する ・電気を利用するときは機器の取り扱いと安全性に配慮する ・経済性、省資源、環境に対する負荷などを考慮し、電気の最適な活用方法を選択できる
内容知 (知識、概念など)	科学的側面	電気の基礎(電源と負荷:各種電気機器による電気の利用)	電気回路の基礎(電気の通り道、電源と負荷)、電気を通す物と通さない物(導体と不導体)の分類と利用、エネルギー変換(電気の光・運動・熱への変換、磁石と力、電気と磁気の関係、発電)、電気の活用技術(コンデンサによる蓄電、LEDなど)	電磁気学の基礎(電流と磁界、電磁誘導、フレミングの法則)、電気回路の基礎(直流と交流、実効値、回路記号と回路図、オームの法則、電力、電力量)、電気電子材料(導体、半導体、絶縁体(不導体))	電磁気学の基礎(電流と磁界、電磁誘導、フレミングの法則、電磁波)、電気回路の基礎(直流と交流、交流理論、回路の構成要素、回路記号と回路図、オームの法則、電力、電力量)、電気電子材料(導体、半導体、絶縁体(不導体))
	技術のしくみ	電気利用のしくみ(電源の存在とスイッチによる電気機器の操作)	電気回路のしくみ(電源と負荷)、電気部品の働きとしくみ(エネルギー変換:光・運動・音・熱としての利用)、電池のしくみ(電流の方向性と直列・並列接続)、発電のしくみ(手回し発電、光電池)	発電のしくみ(火力発電、水力発電、原子力発電、風力発電、太陽光発電など)、電池(1次電池と2次電池)、送電(高電圧、変圧器)、配電(分電盤、宅内配線)、電気機器のしくみ(モータ、熱、光、音)、通信のしくみ(電磁波、変調)、センサ(光、音、温度、タッチ、電流)、制御(シーケンス、フィードバック)、電気の最新技術(電気自動車、燃料電池など)	発電のしくみ(火力発電、水力発電、原子力発電、風力発電、太陽光発電など)、電池(1次電池と2次電池)、送電(高電圧、変圧器)、配電(分電盤、宅内配線)、電気機器のしくみ(モータ、熱、光、音)、通信のしくみ(電磁波、変調)、センサ(光、音、温度、湿度、気圧、タッチ、重力、ジャイロ)、制御(シーケンス、フィードバック)、電気の最新技術(電気自動車、燃料電池、新しい電気材料など)、アナログ電子回路の基礎(ダイオード、トランジスタ、オペアンプ)、デジタル回路の基礎(論理素子、マイコン)、フィジカルコンピューティングツール
	社会とのかかわり	電気機器の安全な使い方、環境との関わり(節電)	電気機器の安全な使い方、環境との関わり(節電と省エネルギー)	電気機器の適切な選択と使用方法、電気機器の保守点検、安全管理(感電、電気火災)、電気に関する規格・法律、環境との関わり(発電方式:再生可能エネルギー、リサイクル)	電気機器の適切な選択と使用方法、電気機器の保守点検、安全管理(感電、電気火災)、電気に関する規格・法律、環境との関わり(発電方式:再生可能エネルギー、リサイクル)
	方法知 (技能、方法論、方略など)	電気機器の正しい操作	電気回路の配線、電気部品の選択、安全管理(正しい電気の使い方)	工具・機器の使い方と保守点検、部品の選択、部品接続・配線、計測(テスト)、加工(筐体など)、回路の動作確認、安全管理(ブレーカ、漏電遮断器)	工具・機器(使い方)、部品の選択、部品接続・配線、計測(テスト、オシロスコープ)、加工(筐体など)、回路の動作確認、工具・機器の保守点検、安全管理(ブレーカ、漏電遮断器)
問題発見・解決の視点	問題発見・課題設定	電気機器による課題・目的解決の発想	必要性和目的に応じた電気部品の選択	電気分野における生活や社会の問題の発見	電気分野における生活、社会、産業などに関する問題の発見、情報の収集・整理・分析
	解決法考案、計画・設計	課題解決のための適切な電気機器の選択	電気部品の働きの違いと電流の方向や大きさなどによる動作の変化の理解、目的に応じた回路の設計と改善	仕様(機能、性能、寸法)の検討、回路構成(部品の選択を含む)の考案、安全性の検討	仕様(機能、性能、寸法)の検討、回路構成(部品の選択を含む)の考案、安全性の検討
	解決行動（製作・制作・計画）・評価・改善	電気機器の正しい操作(スイッチ操作)	電気部品を用いた工作のアイデア設計と製作	製作、テストと評価、プレゼンテーション、作品の改善	シミュレーションと製作、テストと評価、プレゼンテーション、作品の改善

「エネルギー変換の技術」（機械）						
ねらい			生活や社会で利用されるエネルギー変換の技術（機械）に関して、よりよい生活や社会を実現するために科学的な原理・法則を活用して技術の仕組みが作り出されていることを理解し、エネルギー変換の技術（機械）を通して問題を発見・解決できる資質・能力を身に付ける。			
基礎となる学問（エンジニアリングサイエンス）			機械力学、材料力学、流体力学、熱力学、機構学、機械要素・トライボロジー、熱工学、計測・制御工学、生産システム工学、計算工学			
学 齢			幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高等学校
目的と社会的役割（技術の利用）			・感性を働かせて目的に即した機械の機能を発現する方法を考える ・機械の機能を発現するために必要な部品を選ぶ ・機械を用いた結果について考える	・身のまわりの生活に目を向け、機械に関する自然科学を活用する ・生活や身近な社会に即した条件を考え、その効果が最も目的に合致するように調整し、機械の機能を発現する方法等を考える ・機械がもたらす成果を改善する方法を考える	・人々の願いを叶えるため、機械の力学等の自然科学の条件を活用する ・人々の価値観や安全性、資源の有限性、環境に対する負荷、必要となる経済的負担などの社会的な条件を考える ・機械を用いる効果が最も目的に合うように折り合いを付け、機能の発現と機械を制御する方法等を考案する ・機械がもたらす成果を改善し、より良い成果をめざす	・人々の願いや社会における生産の目的や持続可能な開発を考えて、機械の力学等の自然科学の条件を活用する ・人々の価値観や安全性、生産が社会に与える影響、持続可能な開発の可能性、資源の有限性、環境に対する負荷、必要となる経済的負担などの社会的な条件を考える ・機械を用いる効果が最も目的に合うように折り合いを付け、機能の発現と機械を制御する方法等を考案する ・機械がもたらす成果を改善し、より良い成果をめざす
内容知 （知識、概念など）	機 械	科学的な側面	力学（強さ、変形、速さなど）	力学（強さ、変形、速さ）	力学（運動の法則、物体の変形）、機構学（運動変換の方法）	力学（運動の法則、物体の変形）、機構学（運動変換の方法）
		技術のしくみ	機能（持ち上げるの動きなど）、機構・構造（てこ、カムなど）	機能（持ち上げるなど）、機構・構造（歯車、ねじなど）、制御（止めるなど）	機能・機構（目的の運動＜直線、回転＞を達成する機構）、構造（運動部分を支える土台）、制御（運動状態＜速度、加速度＞の制御）	機能・機構（目的の運動＜直線、回転＞を達成する機構）、構造（運動部分を支える土台）、制御（運動状態＜速度、加速度＞の制御）
		社会との関わり	利便性（役にたつもの）、効率（早くおわる）	利便性（役にたつもの）、効率（早くおわる）	利便性（役に立つもの）、安全性（安全に使用出来るもの、壊れないもの）、経済性（効率よく目的を達成する）	利便性（役に立つもの）、安全性（安全に使用出来るもの、壊れないもの）、経済性（効率よく目的を達成する）
方法知 （技能、方法論、方略など）			部品の選択、組立、整理・整頓・清掃	構想の表現（スケッチなど）、作業の準備、部品の製作、機械の組立、道具・工具の不具合の予防、整理・整頓・清掃	設計、製図、作業の準備、部品の製作、機械の組立、工具・機械の保守点検、安全衛生管理	設計、製図、作業の準備、部品の製作、機械の組立、工具・機械・自動制御可能な機械の保守点検、安全衛生管理
問題発見・解決の視点	問題発見・課題解決		使い道と方法（目的、機能、機構・構造）	使い道と方法（目的、機能、機構・構造）	仕様（目的、機能、機構、構造、性能）	仕様（目的、機能、機構、構造、性能）
	設計・計画		部品選択、使い道、組立の方法	部品選択、寸法、精度、規格、製造法、検査法、品質管理	部品選択、寸法、精度、規格、製造法、検査法、品質管理	部品選択、寸法、精度、規格、製造法、検査法、品質管理
	解決・評価		アイデアスケッチ、試作品	アイデアスケッチ、試作品	作業計画、効率（納期、コスト）、製図・読図、シミュレーション	作業計画、効率（納期、コスト）、製図・読図、シミュレーション

「情報の技術」					
ねらい		生活や社会で利用される情報の技術に関して、よりよい生活や社会を実現するために科学的な原理・法則を活用して技術の仕組みが作り出されていることを理解し、情報の技術を通して問題を発見・解決できる資質・能力を身に付ける。			
基礎となる学問（エンジニアリングサイエンスおよび関連領域）		数理情報学、統計科学（データサイエンス）、計算機システム、ソフトウェア、データベース、情報ネットワーク、情報セキュリティ、高性能計算、計算科学、電力工学、通信工学、計測・制御およびシステム工学、電気電子材料工学、電子デバイスおよび電子機器、知能情報学、ソフトコンピューティング、ロボット工学、人間情報学、応用情報学、情報法			
学 齢		幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高等学校
目的と社会的役割（技術の利用）		・身のまわりの生活において、情報端末等の使える場面を考える ・身のまわりの問題を解決するために、目的に即した処理を組合せた手順を考える	・情報に関する科学の知識を活用し、身のまわりの生活において、コンピュータを有効かつ安全に使用する ・身のまわりの問題を解決するために、情報処理の手順（順序、分岐、反復）を組み合わせて考え、機器を制御する	・より良い社会の実現を目指し、コンピュータによる情報処理や情報通信の仕組み等の科学的知識を活用する ・情報表現のマナー、著作権やプライバシーの保護などの社会的な条件を考える ・問題を解決するため、アルゴリズムや表現を考え、機器を制御する方法や情報通信の方法等を考案し、改善する	・社会における生産の目的を考えて、コンピュータによる情報処理や、メディアの特性を踏まえた情報通信の仕組み等の科学的知識を活用する ・情報表現のマナー、著作権やプライバシーの保護、必要となる経済的負担などの社会的な条件を考える ・社会における生産の目的のために、アルゴリズムや表現を考え適切なプログラミング言語を選択して機器を制御する方法、情報通信の方法、データを活用する方法等を考案し、改善する
内容知 （知識、概念など）	科学的な側面	情報端末（パソコン、スマートフォン、タブレット等）の役割	情報の単位、コンピュータの機能、ユーザーインタフェース、ハードウェアとソフトウェア	情報のデジタル化、メディアの特性、コンピュータの性能、ハードウェアとソフトウェア、オペレーティングシステム	情報のデジタル化、メディアの特性、コンピュータシステムの性能、ハードウェアとソフトウェア、仮想化技術、暗号技術、量子コンピュータ
	仕組み	情報処理の手順（順次）	情報処理の手順（順次、分岐、反復）、フローチャート、プログラミング（ビジュアル型）	アルゴリズム、フローチャート、プログラミング（ビジュアル型／テキスト型）、デバッグ、システム化、コンテンツ、計測・制御	アルゴリズム、フローチャート、プログラミング（テキスト型）、モデル化とシミュレーション、データベース、ビッグデータ、オープンデータ、統計分析
	社会との関わり	マルチメディア、情報の検索、情報倫理	マルチメディア、インターネットの活用、情報倫理、情報セキュリティ	情報の表現、情報倫理、知的財産権、情報通信ネットワーク、情報セキュリティ、オンラインツール、IoT、AI	情報倫理、知的財産権、情報デザイン、情報通信ネットワーク、情報セキュリティ、オンラインツール、IoT、AI
方法知 （技能、方法論、方略など）		情報端末が使える場面を考える、キーボードやマウスを操作する、タッチパネルやマイクで文字を入力する、インターネットを使ってものごとを調べる	コンピュータの性能や機能を知る、情報の単位の相互変換を行う、キーボードやマウスを操作する、処理手順をフローチャートで表現する、プログラミングを体験する、作品の構想を練る、情報を表現する際のルールとマナーを守る	情報技術の仕組みについて考える、さまざまな情報の表現方法を知る、ハードウェアとソフトウェアそれぞれの分類について調べる、問題解決の工夫について考える、アルゴリズムを設計する、安全・適切なプログラムを制作し動作確認とデバッグを行う、適切な計測機器を選択し計測・制御を行う、情報倫理の必要性について考える、ネットワーク上の危険を回避し安全に使用する、適切なオンラインツールを選択する、IoTやAIの活用方法について考える	文字／音声／画像／動画のデジタル表現について知る、状況に応じた適切なメディアを選択する、コンピュータの性能を比較・評価する、問題を発見し解決策を提案する、適切なプログラミング言語を選択し問題解決を図る、シミュレーション結果からモデルを評価・改善する、情報セキュリティの対策を講じる、ネットワークの設計・運用・保守を行う、適切なオンラインツールを選択し活用する、IoTやAIを活用しデータ分析に役立てる
問題発見・解決の視点	問題発見・課題設定	生活における問題の気づき	問題から課題への落とし込み	身近な社会の問題の明確化、問題発生過程の具体化	産業界を含めた問題の明確化と抽象化、情報の収集、情報の整理・分析、解決案の検討・評価
	解決法考案、計画・設計	具体物から抽象物への変換	プログラミング用材料の収集・制作、体験的なプログラミング	制作の過程や結果の検討、統一モデリング言語／流れ図等の適切な選択、ハードウェアの選定、プログラミング環境の選定、基礎的なコーディング、構想図	アルゴリズムのデザイン、統一モデリング言語／流れ図等による表現、適切なプログラミング言語の選択、モデル化とシミュレーション、応用的なコーディング
	解決行動（製作・制作・育成）・評価・改善	プログラムを利用した問題解決、絵、アイデアスケッチ	アイデアスケッチ、プログラミング作品	試作品、基礎的なソフトウェア、ドキュメント（アクティビティ図、製作図）、計測・制御ロボット、ウェブコンテンツ、およびこれらの制作物の評価	解析結果、応用的なソフトウェア、情報デザインを意識した作品、ウェブコンテンツ、およびこれらの制作物の評価

「システム」					
ねらい		生活や社会で利用されるシステムに関して、さまざまな要素の集まりから構成され、相互に関連し合い、一定の条件のもとで、全体として安定して期待される役割を果たす機能や仕組みがあることを理解し、システム化する方法・手段を用いて、問題を発見・解決できる資質・能力を身につける。			
基礎となる学問（エンジニアリングサイエンス）		システム工学、生産工学、経営工学、管理工学、医療福祉工学、ロボット工学、土木工学、社会システム工学、情報工学、宇宙工学、環境工学、医工学			
学 齢		幼稚園～小学校2年	小学校3～6年	中学校	高等学校
目的と社会的役割（技術の利用）		感性を働かせ、人工物の仕組みに関心を持ち、組立・分解する方法等を考える過程と実際に模倣したり製作したり、分解したりする。	身のまわりの生活に目を向け、材料やエネルギー、自然科学を活用し、使用条件を考える。 目的の役割を果たす製作・制作物をつくる方法（要素を組み合わせる方法）や加工する方法を考える。 役割を果たす機能が最も効果的・効率的になるように製作・制作したり、実験したりして、期待される役割を果たすしくみをつくる。 しくみの信頼性をより高めるようにする過程と目的の役割を果たす製作・制作物をつくる。	人々の願いを叶えるため、材料やエネルギー、自然科学を活用し、人々の価値観や安全性、資源の有限性、環境に対する負荷、必要となる経済的負担などの社会的な条件を考える。 目的の役割を果たす製作・制作・育成物をつくる方法（要素を組み合わせる方法）や加工する方法を考え、役割を果たす機能が最も効果的・効率的になるようにものづくりをしたり、実験したりして、期待される役割を果たすしくみをつくる。 しくみの信頼性をより高めるようにする過程と目的の役割を果たす製作・制作・育成物をつくる。	人々の願いや社会における生産の目的や持続可能な開発を踏まえ、材料やエネルギー、自然科学を活用する。 人々の価値観や安全性、生産が社会に与える影響、持続可能な開発の可能性、資源の有限性、環境に対する負荷、必要となる経済的負担などの社会的な条件を考え、目的の役割を果たす製作・制作・育成物をつくる方法（要素を組み合わせる方法）や加工する方法を考える。 役割を果たす機能が最も効果的・効率的になるようにものづくりをしたり、実験したりして、期待される役割を果たすしくみをつくる。 しくみの信頼性をより高めるようにする過程と目的の役割を果たす製作・制作・育成物をつくる。
内容知 （知識、概念など）	システムの概念 科学的な側面	多くの要素の組み合わせ 個々の要素が一体となった役割	多くの要素の組み合わせ 個々の要素が一体となって役割を果たす 機能・特性と仕組み	多くの要素の組み合わせ 相互に影響を及ぼし合う要素から構成されている製作・制作・育成物の機能・特性 社会のシステム	要素のまとまりや系統性 全体構成が持つ機能・特性 知識集約度と資源集約度 設計科学的な方法や手段、思考 社会のシステム
	モデル化と模倣 技術のしくみ	対象となる自然や社会のシステムで働いている規則性の推察	対象となる自然や社会のシステムで働いている規則性の推測	対象となる機械・電気システムで働いている法則の推定 要素の抽出、組み合わせの模倣とものづくりによる再現 人工物の要素への分解と再構成	対象となる機械・電気・コンピュータシステムで働いている法則を推定 要素の抽出、組み合わせの模倣とものづくりによる再現 人工物の要素への分解と再構成
	システムの分解と合成（生成） 社会との関わり	ものの組立・分解・各要素の関連性	日常にある機械の分解・組立・各要素の関連性	システム設計 システムマネジメント システム設計の過程 システム評価	システム設計 システムマネジメント システム設計の過程 システム評価
	技術同士の組み合わせ 合わせ、他分野との組み合わせ	物質・エネルギーの組み合わせ 遊びを通した個人と個人のつながり	理科の電気の学習と図画工作の学習を組み合わせた模型やプログラムの製作・制作 ものづくりを通した個人と個人のアイディアの交換	材料、エネルギー、生物資源、情報等の中から要素を選択し、組み合わせ、要求を満たすものを製作・制作・育成(医工学、環境工学、福祉工学との関連) 持続可能な社会のための各分野からのアイディアの統合化	材料、エネルギー、生物資源、情報等の中から要素を選択し、組み合わせ、要求を満たすものを製作・制作・育成(医工学、環境工学、福祉工学との関連) 要求を満たすための通信ネットワークを利用したコンテンツの作成 医工学、環境工学、福祉工学、宇宙工学等との関連 持続可能な社会のための各分野からのアイディアの統合化
方法知 （技能、方法、方略など）		経験則や事象、物理現象などを、簡素に論理的かつ客観的な方法(図式)で表現する。 対象となる自然や社会のシステムで働いている規則性をもとに推察し再現する。	経験則や事象、物理現象などを、簡素に論理的かつ客観的な方法(言語・図式)で表現する。 システムのコンセプトを簡素に言語化・図式化する。 対象となる自然や社会のシステムで働いている規則性の推測をもとに製作・制作物として再現する。	現実問題に即した課題発見と解決、現状のシステムで気になるところを見つけ出す。 既存の技術を要素として組み合わせ、新たな機能・特性を持つシステムを構想する。 システムのコンセプトを説明する。 (製作・制作・育成したいシステムの仕様を検討する。現状のシステムの仕様や機能・特性を分析する。) 図等を用いて製作・制作・育成したいシステムを視覚化する。(現状のシステムを図式化し見える化する。) 設計したシステムを製作・制作・育成する手順や方法の検討する。(チームで作業する組織をつくる。) 出来上がったシステムを評価する。 システムの改善点を検討し、次の設計に活かすための検討する。	現実問題に即した課題発見と解決、現状のシステムで気になるところを見つけ出す。 既存の技術を要素として組み合わせ、新たな機能・特性を持つシステムを構想する。 システムのコンセプトを説明する。 (製作・制作・育成したいシステムの仕様を検討する。現状のシステムの仕様や機能・特性を分析する。) 図等を用いて製作・制作・育成したいシステムを視覚化する。(現状のシステムを図式化し見える化する。) 設計したシステムを製作・制作・育成する手順や方法の検討する。(チームで作業する組織をつくる。) 出来上がったシステムを評価する。 システムの改善点を検討し、次の設計に活かすための検討する。
問題発見・解決における 設計・計画の視点 問題発見・解決の視点	システム設計 問題発見・課題設定	インプット・アウトプット インプットからアウトプットへの変換手順 簡素な内容設計	条件・状況の確認 果たすべき機能・特性 インプット・アウトプット インプットからアウトプットへの変換手順 簡素な内容設計 製作・制作物の仕様の策定	条件・状況の確認 果たすべき機能・特性 インプット・アウトプット インプットからアウトプットへの変換手順 内容設計 製作・制作・育成物の仕様の策定 現実問題に即した課題発見と解決方法 現状のシステムでの改善点の発見	条件・状況の確認 果たすべき機能・特性 インプット・アウトプット インプットからアウトプットへの変換手順 内容設計 製作・制作・育成物の仕様の策定 現実問題に即した課題発見と解決方法 現状のシステムでの改善点の発見
	システムマネジメント 計画・設計	知財、品質	人材、知財、品質 分析と総合	プロジェクトマネジメント 予算、人材、納期、知財、品質、リスク・コンプライアンス、分析と総合 要求定義(目的達成の具体的な項目設定) 要素(機能)を分析するスキル 要求に対する最適解を要素の組み合わせによって生み出す思考 システムに対する合理的な必要条件の理解 多様な視点から全体を理解 スケジュールの検討	プロジェクトマネジメント 予算、人材、納期、知財、品質、リスク・コンプライアンス、分析と総合 要求定義(目的達成の具体的な項目設定) 各要素間の相互依存性、相互関連性の発見 全体像と各要素の動きをとらえる思考 システムに対する合理的な必要条件の理解 スケジュールの検討
	システム評価 解決・評価	インタビュー調査	アンケート調査 インタビュー調査 目的を達成しているかの機能・特性の評価	アンケート調査 インタビュー調査 観察法 評価規準作成 目的を達成しているかの機能・特性の評価 構成要素の評価	アンケート調査 インタビュー調査 観察法 評価規準作成 フィールド調査 目的を達成しているかの機能・特性(機能性・動作性・快適性等)の評価 構成要素の評価

研究組織 (2021 年 11 月現在)

一般社団法人 日本産業技術教育学会

○技術教育在り方検討委員会，学会科研合同委員会

2018～2019	2019-2020	2021-2022
菊地 章（学会長，委員長） 山本利一（学会副会長） 村松浩幸（学会副会長） 森山 潤（学会理事，科研・研究代表） 田口浩継（学会理事） 楊 萍（学会理事） 大谷 忠（学会理事） 西 正明（学会理事） 上野耕史（科研分担者）	山本利一（学会副会長，委員長） 森山 潤（学会理事，副委員長 科研・研究代表） 村松浩幸（学会長） 田口浩継（学会副会長） 大谷 忠（学会理事） 宮川洋一（学会理事） 黎 子柳（学会理事） 菊地 章（科研分担者） 楊 萍（科研分担者） 上野耕史（科研分担者）	山本利一（学会副会長，委員長） 森山 潤（学会副会長，副委員長 科研・研究代表） 村松浩幸（学会長） 田口浩継（学会副会長） 大谷 忠（学会理事） 宮川洋一（科研分担者） 黎 子柳（科研分担者） 菊地 章（科研分担者） 楊 萍（科研分担者） 上野耕史（科研分担者）

○内容知・方法知作成ワーキンググループ(2020～2021)（五十音順，○は代表者）

材料加工分科会 WG 大谷 忠（東京学芸大学） 佐藤 修（玉川大学） 鈴木裕之（広島大学） ○東原貴志（上越教育大学）	エネルギー変換(電気)分科会 WG ○藪 哲郎（奈良教育大） 水谷好成（宮城教育大） 入江 隆（岡山大学） 湯地敏史（宮崎大学）	技術教育分科会 「技術の概念と役割」WG 市原靖士（大分大学） 川路智治（茨城大学） 中原久志（大分大学） 山崎恭平（軽井沢風越学園） ○山崎貞登（上越教育大学） 渡津光司（東京学芸大学附属国際中等教育学校）
生物育成分科会 WG 浅野陽樹（鹿児島大学） 荒木祐二（埼玉大学） ○平尾健二（福岡教育大学）	エネルギー変換(機械)分科会 WG ○渡壁 誠（北海道教育大学旭川校） 中西康雅（三重大学）	「システム」WG 菊地 章（鳴門教育大学） ○紅林秀治（静岡大学） 田口浩継（熊本大学） 竹野英敏（広島工業大学）
情報分科会 WG 井手広康（愛知県立小牧高等学校） 角 和博（佐賀大学） ○南雲秀雄（新潟青陵大学） 室伏春樹（静岡大学）		

- 本枠組みの作成は，科学研究費補助金「認識科学と設計科学をシステムの的に架橋する次世代型テクノロジー教育体系の構築(基盤 B 課題番号 18H01014)」(研究代表:森山 潤)の取り組みとして推進した。
- 内容知・方法知体系表の作成の一部は，科学研究費補助金「成長的思考態度の育成を伴う身体技能の指導と技術科教育課程編成に関する内容論的研究(基盤 B 課題番号 17H02692)」(研究代表者:大谷 忠)の研究成果を参考とした。

一般社団法人 日本産業技術教育学会
The Japan Society of Technology Education

〒602-8048 京都市上京区下立売通小川東入西大路町 146
中西印刷株式会社 学会部内

TEL : 075-415-3661 FAX : 075-415-3662 E-mail : jste@nacos.com