

研究プロジェクト成果報告書(一般研究)

研究課題

「学習の基盤となる資質・能力である「プログラミング的思考」を生かしたカリキュラムと題材開発」

研究期間 平成30年度～平成31年度(令和元年度)

<u>研究代表者</u> 大森 康正	自然・生活教育学系・教授(情報工学・プログラミング教育)	全体の統括, プログラミング教育に関する題材開発および助言
<u>研究分担者</u> 飯田 弘基	長岡市立四郎丸小学校・教諭	プログラミング教育の題材開発および実践
長 滋徳	長岡市立南中学校・教諭(技術)	プログラミング教育の題材開発および実践に関する助言
森 智史	柏崎市立比角小学校・教諭	プログラミング教育の題材開発および実践
細野 美保	柏崎市立第二中学校・教諭(技術)	プログラミング教育の題材開発および実践に関する助言
山崎 孝幸	新潟県立教育センター・副参事(ICT活用推進プロジェクト統括)	プログラミング教育のカリキュラムおよび題材開発に関する助言
山崎 勇	新潟県立教育センター・指導主事(ICT活用推進プロジェクトリーダー)	プログラミング教育のカリキュラムおよび題材開発に関する助言
<u>研究協力者</u> 荒木 彩香音	生活・健康系教育実践コース(技術)・305509P	プログラミング教育のカリキュラムおよび題材開発の補助

1. はじめに

平成 29 年告示の学習指導要領によって、プログラミング教育が小学校で実施することになった。小学校プログラミング教育の手引き（第二版）においては、小学校で行うプログラミング教育の目的を、①プログラミング的思考を育む、②私たちの情報社会がプログラムによって支えられていることに気付く、③プログラミングによって各教科等の学習内容の理解を深める、の 3 つに整理されている。また、先進的な学校および地域による実践事例が公開されることで多くの知見が蓄積され始めている。しかしながら、初等・中等教育で一貫したカリキュラムおよび指導体制は模索状態であり、文部科学省における「Society5.0 に向けた人材育成に係る大臣懇談会」の指摘されている Society5.0 におけるボトルネックのひとつとして、“学生や社会人が情報科学の素養を身に付けるための受皿となる情報科学系教育体制の充実が喫緊の課題であると考えられる”への対応はこれからである。Society5.0 におけるコアとなる情報科学技術は、人工知能 (AI)、ビッグデータ、Internet of Things (IoT)、ロボティクス等が挙げられる。今後、これらを高度に融合させる個々の技術の関係等を初等・中等教育において体系的に学ぶ教材および学習基盤システムの研究開発および支援体制は喫緊の課題であると考えられる。

本研究の目的は、Society5.0 におけるコアとなる情報科学技術教育を構築することを視野に入れて、小学校学習指導要領において学習の基盤となる資質・能力である「プログラミング的思考」を生かしたカリキュラム・推進体制・授業の在り方を探る事と、プログラミング教育に関して小中学校の円滑な接続の実現に向けて、小学校と中学校との有機的に連携したプログラミング教育の在り方を探る事である。本研究によって、情報科学技術教育や、新学習指導要領への対応として小学校において必修化されるプログラミング教育を導入するためのカリキュラムや推進体制の在り方といった現代的な教育課題について、中学校区で一貫してプログラミング的思考を育むためモデル構築が期待できる。

2. 小学校特別活動におけるアンプラグド型プログラミング教育の実践と考察

2.1. はじめに

平成 29 年告示の学習指導要領によって、プログラミング教育が小学校で実施することになった。「小学校プログラミング教育の手引き」においては、小学校で行うプログラミング教育の目的を、①プログラミング的思考を育む、②私たちの情報社会がプログラムによって支えられていることに気付く、③プログラミングによって各教科等の学習内容の理解を深める、の 3 つに整理されている。また、先進的な学校および地域による実践事例が公開されることで多くの知見が蓄積されてきた。その中でも、フローチャートを用いて手順等の可視化を図ることでプログラミング的思考を育成する試みが報告されている。

フローチャートは手順などを決められた規則に基づき図式化する視覚化技法と考えられ、1950 年代以降プログラミングの現場でアルゴリズムを表現する方法の一つとして利用されてきたことから比較的受け入れやすい手法として導入されていると考えられる。しかしながら、フローチャートを用いてプログラミング的思考を学習活動に取り入れた場合の有用性について、従来からの学習活動と比べて優位性があるかどうかの検証は十分でないと思われる。

本章では、従来の学習活動では課題が残る活動に対して、フローチャートを用いたアン

プラグド型プログラミング教育の有用性と課題について、実践に基づく考察を行う。

2.2. 特別活動等におけるプログラミング教育

教科の学習内容を深める活動では、プログラミング的思考を育むことは難しいと考えられる。したがって、プログラミング的思考を体系的に育むためには、総合的な学習の時間、特別活動、あるいは教科等外で学校の裁量で行う活動として行うことが考えられる。しかし、総合的な学習の時間は、すでに内容が成熟して各学校の実態に応じた取組がされている場合が多い。また、教科等外で学校の裁量で行う活動として行う場合は、現行の授業時間に余裕が無く、長期休暇や土曜日などの活用を検討する必要がある、保護者、地域の理解を得て行う必要がある、すぐに行う事は難しいと思われる。それに対して特別活動は、学級活動の内容として(1)学級や学校における生活づくりへの参画 ア学級や学校における生活上の諸問題の解決において「学級や学校における生活をよりよくするための課題を見だし、解決するために話し合い、合意形成を図り、実践すること」が求められていることから、プログラミング的思考との整合性も良く実施が比較的容易であると考えられる。

2.3. アンプラグド型プログラミング教育実践

2.3.1. 構想

本研究では、第四学年の特別活動（学級活動）においてプログラミング教育の実践を行った。実践を行った学級では、従来から学級活動として、1週間に1回の頻度でクラス会議を行っており、この活動を通して、学級の課題について解決策を話し合う経験を児童は積んでいる。クラス会議は共同体感覚を育成する方法としては有効ではあるが、課題によっては、話し合いによって導き出された解決策が学級の問題点に正対しておらず、具体性に欠けることで課題解決に至らないことがある。

課題解決に至らない問題の特徴として、児童が決められた時間内でやるべきことが多く、分業制等により一人一人の方法が異なることで児童の中あるいは児童間で整理が難しい、など効率的な方法を理解しづらいことが要因として考えられる。本実践では、児童が自分のやるべきことを整理し、自分たちの動き（方法）の問題点に気付いたうえで解決策を立てる一連の過程で、順序（シーケンス）・条件分岐・反復・実行といったプログラムの思考の考え方に基づく思考法が有効であるという考え方に基づき、アンプラグド型のプログラミング教育を学級活動の中に取り入れた実践を行い、評価した。

2.3.2. 『めざせ,給食準備マスター!』の概要

以下の「めざせ,給食準備マスター!」は、給食開始時間を4限終了15分後の12:25と定めて、その時間までに給食準備を完了させる効率的な方法を考える活動である。

①条件分岐や順序の考え方をを用いて、フローチャートを作成する（1／3時間）

はじめに、給食準備について話し合うことの意義を確認する。その際、学級の課題を解決しようとする意欲の向上を図ることが重要である。次に、「当番」「準備」「片付け」「配り」「台ふき」の各グループに分かれ、4限終了後から給食を食べ始めるまでの動きを列挙させる。

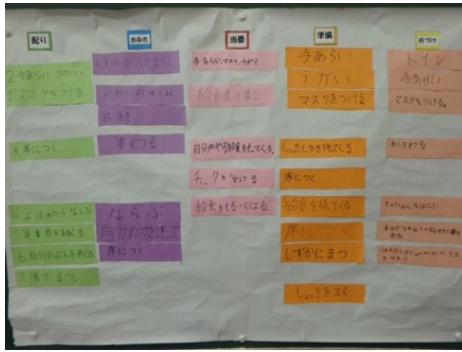


図 2-1 各グループの動きを時系列でまとめたフローチャート

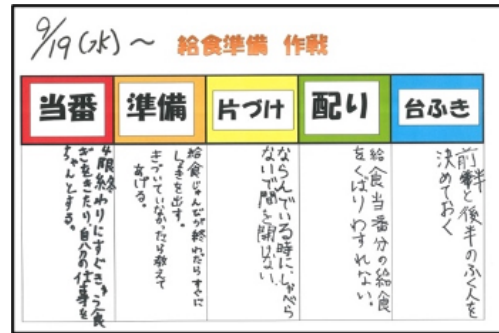


図 2-2 各グループが考えた解決策

その後、各グループの動きを突き合わせる事で学級全体のフローチャートを作成する(図 2-1)。この場合、フローチャートは時系列でまとめられるため、同じ時間帯に各グループがどんな動きをしているか把握することが可能である。これらの活動により、条件分岐と順序の考え方をういて効率的な給食準備の動きを見童が確認することが可能となった。

②フローチャートから問題点を見つけ、解決策を立てる(2/3時間)

「給食準備が遅いということは、みんなの動きがフローチャート通りになっていないのではないか」と見童に投げ掛け、フローチャートを載せたワークシートを各グループに配付し、フローチャートを自分たちの様子と比べさせ、気付いた問題点を書き込ませる。これにより、自分たちの動きのどこに問題点があるか気付かせることが容易になった。その後、それらを踏まえた解決策を各グループで考えさせた。これらの活動結果により、漠然と解決策を考えるのではなく、「自分たちのどこに問題があり、それをどのような手立てを講じることで解決させるか」という視点をもたせることができ、各グループで具体性のある解決策を立てることができた(図 2-2)。

③解決策を実践し、振り返る(3/3時間)

翌日から、4限終了後、各グループの解決策を確認したうえで、給食準備に臨ませる。その結果、目標とする時刻(12:25)に給食を食べ始めることができるようになった。「当番」「準備」「片付け」「配り」「台ふき」の各役割は、1週間経つとローテーションすることになっている点に着目した見童から、主体的な提案があり、①週のはじめに各グループで作戦を立てる、②作戦にしたがって実践する、③1週間の終わりに振り返る、という流れを3週間継続することとした。その結果、見童が作戦を意識した動きを見せるようになり、12:25までに給食を食べ始めることが定着するようになった(表 2-1)。

表 2-1 給食準備の終了時間(目標時間は 12:25)

週	火	水	木	金
第1週		12:23	12:26	12:23
第2週	12:26	12:23	12:23	12:24
第3週	12:24	12:23	12:24	12:23

2.3.3. 『めざせ、給食片付けマスター！』の概要

「めざせ、給食片付けマスター！」は、給食の片付け完了時刻を 12:55 と定めて、その時間までに給食片付けを完了させる効率的な方法を考える活動である。本実践の授業計画をエラー！参照元が見つかりません。に示す。本実践は、プログラミング的思考を活用し、①作業手順を整理する、②問題点を見つける、③解決策を考える、④解決策を実践する、⑤振り返る（③新たな解決策を考える）という段階を踏んで課題解決に向かわせる。

表 2-2 「めざせ、給食片付けマスター！」学習指導計画（全 4 時間）

時	学習活動	留意点
1	作業手順を整理したフローチャートを作成する。	<ul style="list-style-type: none"> 条件分岐や順序の考え方を活用させる。 各チームの作業手順を時系列にまとめる。 各チームの動きを突き合わせ、同じ時間帯に各グループがどんな動きをしているか把握できるようにする。
2	フローチャートから問題点を見つけ、考えられる解決策を列挙する。	<ul style="list-style-type: none"> フローチャートを見せ、自分たちの実際の動きの中から問題点を探させる。 気付いたことを付箋に書き、フローチャートに貼らせることで、問題点を可視化する。 浮き上がった問題点を踏まえたうえで解決策を考えさせる。
3	学級で取り組む解決策を絞り込む。	<ul style="list-style-type: none"> 出された解決策の中から実際に行う解決策を絞る。 解決策を実行することで、どの問題点が解消するか、どんな心配事があるか、一つ一つ十分に吟味させる。 課題が改善されたら解決策を継続し、改善されなかったらまた別の解決策を考え直すこととおさえる。
4	解決策を実践して、どうであったか振り返る。	<ul style="list-style-type: none"> 一週間、全員の片付け完了時刻を記録し、活動中の写真を撮り溜めておく。それらを提示し、自分たちの片付け方を振り返らせる。 各グループの役割の立場から、一週間における気付きを語らせる。 解決策を継続するか、しばらく様子を見るか、別の解決策を考え直すか、話し合っ決めてさせる。

① 作業手順を整理する

まず、給食の片付けを分解した「当番」「準備」「片付け」「配り」「台ふき」の作業毎にチームに分かれ、「ごちそうさま」をしてから昼休みに入るまでの動きを整理させた。その際、条件分岐と順序の考え方をを用いることで、効率的な片付けの動きを児童が整理し、確認することが出来るようにした。つぎに、各グループの動きを突き合わせ、学級全体のフローチャートを作成し、同じ時間帯に各チームがどんな動きをしているか把握（共有）できるようにした。

②問題点を見つける

少人数のグループで、フローチャートと自分たちの様子と比べさせる事で、自分たちの実際の動きの中から問題点を探させる。その際に、気付いたことを書いた付箋をフローチャートに貼ることで、問題点を可視化すると同時に共有化が可能となる（図 2-3）。

③解決策を考える

自分たちの動きのどこに問題点があるか気付かせた後、少人数グループで、それらを踏まえた解決策を考えさせる（図 2-4）。その際、「自分たちのどこに問題があり、それをどのような手立てを講じることで解決させるか」という視点から、フローチャートに基づいて考えさせることによって、学級の実態に即した具体性のある解決策を立てさせる。

④解決策を実践する ⑤振り返る（③新たな解決策を考える）

解決策を絞り、実際に給食の片付けに臨ませる。そのうえで、片付けの仕方が改善された

らそれを継続し、改善されなかったらまた別の解決策を考え直すこととする。

本実践の結果、目標とする時刻である 12:55 に給食の片付けを終わらせることができるようになった。本実践全体を通して、プログラミング教育の基本となる試行錯誤の考え方を踏襲することで、学級の課題を粘り強く解決しようとする自主的・実践的な態度を養うことが可能となったと考えられる。



図 2-3 気付いたことを貼り付けたフローチャート



図 2-4 解決策の案をフローチャートに書き込む

2.4. 考察

本実践は、「プログラミング的思考を活用して教科学習の目標達成を目指す授業」^[7]にあたる。また、本実践で用いられたフローチャートは、手順を可視化することで、教科等の学習内容を理解するために効果があることは他の実践^{[3][4][8]}と同様である。その上で本実践の特徴は 3 つある。

一つ目は、給食の準備あるいは片付けという児童にとって暗黙知として理解してきた行動を、分業制に伴う役割分担という視点から、作業内容を分解し、各作業内容をフローチャートで可視化した点と、作業内容間の関連を考慮させながら全体の作業を改善させている点にある。これは、構造化プログラミングの基本概念のうち段階的詳細化および段階的抽象化に関連した考え方に通じる取組であると言える。

二つ目は、終了時間という明確な数値を与えたことで試行錯誤の目標値を明確にしたことである。試行錯誤の目標値が明示されたことで、思考を発散させずに収束させる効果があったと思われる。

3 つ目として、本実践により、従来からの方法で行うクラス会議では解決策が課題解決に至らない場面において、プログラミング的思考を取り入れることで学級の問題に正対した、具体的な課題解決方法が提案出来ることを示し、その有用性を確認した点である。

本実践の課題としては、学習指導要領に明記されている、「コンピュータを用いたプログラミング体験によってプログラミング的思考を育む」という形になっていないことである。したがって、アンプラグド型プログラミング教育においては、アルゴリズムを考え、それをプログラミング言語のような人工言語（コード）に変換（翻訳）、実行、評価する過程を包含した取組にすべきである。本実践では、フローチャートはアルゴリズムを表現する手法であることから、それに基づき定められた基本動作で書かれた作業指示書を作成

するなど擬似的なプログラミング体験を検討する必要がある。

2.5. おわりに

本章では、従来の学習活動では課題が残る活動に対して、フローチャートを用いたアンプラグド型プログラミング教育の有用性と課題について、実践に基づき考察を行い、有用性と課題を確認した。今後の課題としてプログラミング体験につながる実践の検討などがある。また、この実践では、学校区の中学校で技術を担当している教員が構想段階から支援をして実施している。その有効性と課題が確認できた。

3. 小学校第6学年理科におけるプログラミング教育の実践と考察

3.1. はじめに

平成29年告示の学習指導要領によって、プログラミング教育が小学校で実施することになった。小学校プログラミング教育の手引き（第二版）においては、小学校で行うプログラミング教育の目的を、①プログラミング的思考を育む、②私たちの情報社会がプログラムによって支えられていることに気付く、③プログラミングによって各教科等の学習内容の理解を深める、の3つに整理されている。また、先進的な学校および地域による実践事例が公開されることで多くの知見が蓄積されてきた。その中でも、学習指導要領に第六学年の理科での実施が例示されたことにより多くの実践が報告されている。

理科における実践は、制御を題材として行う事例が多い。その理由の一つとして、小学校プログラミング教育の手引（第二版）や学習指導要領において、制御系題材を想起する記述があることが考えられる。我々は、単に制御系題材を取り入れるだけでは、理科の時数を使ったプログラミングの体験活動になってしまう可能性があり、「プログラミングによって各教科等の学習内容の理解を深める」というプログラミング教育の目標を行うには不十分である。プログラミング的思考を育成し、理科の学習内容の理解を深めるには、プログラミングを計画的に取り入れて、既習内容を活用しながら、「学びや事象を整理」し「筋道立てて考えを構築」して、「結果をもとに追究する」という一連の思考の流れを、単元を通して経験させていくことが重要である。

本章では、上記の考え方にに基づきプログラミング的思考や、理科の見方・考え方を児童の中に育むことを目的とした授業実践とその評価について述べる。また、本実践では授業公開およびその後の協議会に学校区内の中学校で技術を担当している教員が参加して、小中連携について検討をしている。

3.2. 理科の見方・考え方とプログラミングについて

本実践を行う単元は、第6学年理科「電気と私たちの生活」である。本単元は、学習指導要領の理科「第六学年 A 物質・エネルギー領域における(4) 電気の利用」に該当する取組である。その内容は、“発電や蓄電、電気の変換について、電気の量や働きに着目して、それらを多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。”と定められている。この「多面的に調べる活動」が「理科の見方・考え方」を育むために重要な点である。

プログラミング教育との関連においては、「第3 指導計画の作成と内容の取扱い」で

記述されており，“電気の性質や働きを利用した道具があることを捉える学習など，与えた条件に応じて動作していることを考察し，更に条件を変えることにより，動作が変化することについて考える場面で取り扱うものとする．”とされている．その際に注意しなければならないのは，電気の性質や働きについて追究する中で，電気の量と働きとの関係，発電や蓄電，電気の変換について，より妥当な考えを作り出す，表現する活動であることも重要な点であると考えられる．これらの事から，単に理科の時数を使ったプログラミングの体験活動にならないようにしなければならない．

3.3. 「電気と私たちの生活」を対象としたプログラミング教育の実践

3.3.1. 実践した単元の基本的な考え方

私たちの身の回りには電気を利用した様々な機器が溢れており，誰もがその利便性を享受しながら生活をしている．しかし，その構造や仕組みが外見からは捉えにくいために，どのような技術をどのように活用しているかを考えずに，それらの機器を使用していることが多い．よって，3.2 章の考え方を踏まえて，本実践で行う単元の目標を，日々の生活の中で見られる電気の利用について興味・関心をもって追究する活動を通して，①電気の性質や働きについてより妥当な考えを作り出す力を育むとともに，②それらについての理解を図り，電気は作ったり蓄えたり変換したりできるという見方や考え方をもつことができるようにすることとした．

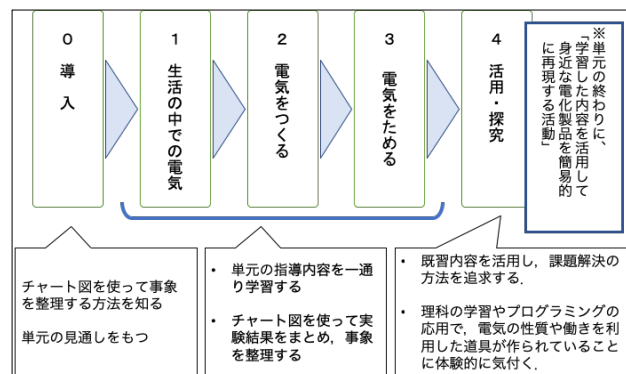


図 3-1 指導計画の概略

3.3.2. 指導計画の概要

本単元では，電気がエネルギーとして，運動，光，熱などに変換される仕組みを，実験結果をもとに考えたり，コンデンサーや手回し発電機などを使った実験を通して，電気は作ったり蓄えたりできることを捉えたりしながら，電気の性質や働きについての理解を深めていく活動を行い．単元の終わりには，学習した内容を活用して身近な電化製品を簡易的に再現する活動を位置付けている（図 3-1）．また，単元を通して，生活の中で使われている電気に興味・関心をもたせ，電気を使うことの便利さやよさを意識するようにしている（表 3-1）．

表 3-1 単元の指導計画【理科時数：全 13 時間】（活動内容について）

次	時間	活動内容
0 導入	(1)	(学級活動として 1 時間) ・ロボットカーを動かすためのプログラミングの基本を知る ・プログラムを作成し、速度を制御してロボットカーを動かす
	1	・チャート図をもとに、ロボットカーの速度を制御する仕組みを予想し、予想を確認するための実験方法を考える ・速度を変えたロボットカーの電流量を、電流計を使ってそれぞれ計測する ・実験結果をもとに学級で話し合い、「電流の大きさを変えるとモーターの回転速度が変化すること」と、「ロボットカーのおおよその最大出力」を捉える ・単元のおおまかな流れを知り、見通しをもつ
1 生活の中での電気	2	・電磁石の磁力を強くする条件が、「電流の大きさ」と「コイルの巻き数」であることを確認する（5年生理科の内容） ・「電磁石と電流の大きさの関係」を例に、実験を通して導き出した“結論”を、チャート図を使って整理する方法を知る ・前時に学習した「モーターと電流の大きさの関係」を、4人グループで話し合いながらチャート図を使って整理する ・生活の中の電化製品を仲間分けする ※ “冷やす”変換については資料を配付して説明
	3 4	・直流電源装置の使い方を確認し、電熱線の実験を通して電熱線に電流を流すと発熱することを確認する ・電流の大きさや電熱線の太さによって発熱量がどのように変化するかを予想し、蜜蝋を使った実験を行う ・実験結果をもとに、「電流の大きさと電熱線の発熱量の関係」と「電熱線の太さと電熱線の発熱量の関係」を、チャート図を使って整理する ・シャープペンの芯を使った電球の再現実験を行う
2 電気をつくる	5 6 7	・LEDをつけたモーターを回転させる実験を通して、モーターの仕組みを応用することで電気がつくられることを知る ・風力、水力、火力、原子力発電も、同じようにモーターの仕組みを応用して電気をつくっていることを知る ・手回し発電機を使った実験を通して、電流の向きや、回す速さ、手ごたえの違いを確認する ・実験結果をもとに、「発電機の回転の向きと電流の向き」、「発電機を回す速さと発電量」の関係を、チャート図を使って整理する
3 電気をためる		・手回し発電機とコンデンサーを使い、電気がためられることを確認する ・豆電球とLED、ロボットカーを使い、コンデンサーにつなぐものによって使える時間が違うことを確認し、理由を考える ・実験結果などから豆電球とLEDの違い（「消費電力」「明るさ」「温度」など）を比較し、別資料をもとにLEDの特徴について理解を深める ・豆電球とLEDの消費電力の違いをもとに、「発電機を回す手ごたえの違い」と「電流の流れにくさ」（抵抗）の関係を確認し、チャート図を使って整理する
4 活用・探究	8	・ドライヤーの不具合の原因を考え、ドライヤーの用途が「熱風を送って髪を乾かすもの」だということを確認する ・ドライヤーの不具合の原因になり得ること洗い出し、再現されたドライヤーの仕組みやプログラムの問題点の改善方法をワークシートに記入する ・プログラミングと既習内容を活用してペア班でドライヤーを再現する ・熱量の不足を補うアイデアを話し合い、4人グループで自作ドライヤーを完成させる
	(2)	(学級活動として 1 時間) ・センサーやLED、使用経験のない部品やプログラムの使い方を知る
	9 10	・提示された課題（・自動車の自動ブレーキ、・信号機、・自動ドア、・自動販売機）の中から1つを選び、実現に向けてペア班で構想を練る ・既習内容とプログラミングを活用し、ペア班で提示された電気製品を再現する
	11 12 13	・既習内容とプログラミングを活用し、再現したい電化製品や、実現したい工夫についてペア班で構想を練り、作業を進める。 ・学級で成果を発表し合う

プログラミング教育に関しては、単元内に計画的に取り入れ、「事象や学びを整理」し「筋道立てて考えを構築」して、「結果をもとに追究する」という一連の思考の流れを、単元を通して経験させ、「プログラミング的思考」と「理科の見方・考え方」を育むように工夫をしている。表 3-2 に教科の学びとプログラミング教育についてまとめたものを示

す。

表 3-2 単元の指導計画【理科時数：全 13 時間】

(教科の学びとプログラミング教育について)

次	時間	教科の学び	プログラミング教育
0 導入	(1)	※プログラミング教材の使い方を覚えるための時間として位置付けて学級活動で実施している	・ロボットカーを走らせるための命令の順序を考えて、プログラムを作成する(思)
	1	・電気がモーターを通して運動に変換できる ・電流の大きさを変えると、モーターの回転速度も変化する	・プログラミングを使って電流の大きさを制御することができることに気付く(知)
1 生活の中での電気	2	・電磁石の磁力を強くする条件は「電流の大きさ」と「コイルの巻数」である ・電気が光、音、運動、熱に変換されて私たちの生活の中に利用されている	・実験を通して得られた結論を、チャート図を使って整理する(思) ・電気製品に利用されている要素(光、音、運動、熱)を考え、分類する(思)
	3 4	・電気が電熱線を通して熱に変換できる ・電流の大きさや電熱線の太さによって発熱量が変わる ・理科で学んでいることは、生活の中に数多く活用されている	・実験を通して得られた結論を、チャート図を使って整理する(思)
2 電気をつくる	5 6	・モーターの仕組みを応用して電気をつくることができる ・発電機の回転の向きを変えると、電流の向きも変わる ・発電機の回転を速くすると、電流の大きくなる	・実験を通して得られた結論を、チャート図を使って整理する(思)
3 電気をためる	7	・コンデンサーを使うことで電気はためられる ・ものによって消費電力が違う ・電球とLEDにはそれぞれの特徴があり、目的や用途に合わせて使用することが望ましい	・実験を通して得られた結論を、チャート図を使って整理する(思)
4 活用・探究	8	・電気の性質や働きを利用した道具は身の回りに数多くあり、理科で学んだことを応用して作られている ・ものにはそれぞれの特徴があり、目的や用途に合わせて使用することが望ましい	・プログラムを読み、ドライバーの不具合の原因を見つける(思) ・ドライバーの不具合を予想し、原因と解決方法を道筋立てて考える。(思)
	(2)	※プログラミング教材の使い方を覚えるための時間として位置付けて学級活動で実施している	・身の回りの電気製品が、理科の学びとプログラミングの応用で作られていることに気付く(知)
	9	・電気の性質や働きを利用した道具は身の回りに数多くあり、理科で学んだことやプログラミングの応用で作られている	・自分の再現したい電気製品を作るために、必要な手順や仕組みを考えてプログラムを作成する(思)
	10		・プログラミングを活用することで、生活を便利することができることに気づき、人生に生かそうという思いをもつ(学)
	11 12 13		

表中の(知)(思)(学)は、小学校プログラミング教育の手引きで示された資質・能力の「三つの柱」を示す

指導計画の4次「活用・探究」の場面が、本単元において「プログラミング的思考」と「理科の見方・考え方」に関連したところである。4次の8時間目において、自作ドライバー(図3-2)で起きている不具合の原因を、既習内容とプログラミングの知識・技能を活用し課題解決の方法を追求する活動となっている。児童が不具合の原因を探る際に使われるのが、チャート図(図3-3)である。不具合の要因を明確にする視点を与えることで児童が考えやすい工夫をしている。また、指導上の工夫として、児童が課題解決に必要な物品を借りにきた際に、理科の学びを活用して解決方法の根拠を説明させている。これによって既習内容を活用して課題解決をおこなっているかを確認している。

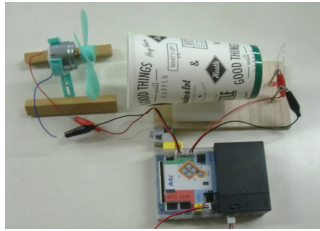


図 3-2 自作ドライヤー

○チャート図をもとに考えよう

①予想される不具合	②解決する方法	③説明
熱が出てこない	電熱線の電流量を上げる	電流量を増やすと電熱線もよくなる
電熱線	電熱線を太くする	電熱線を太くすると電流量が増える

図 3-3 児童が書いたチャート図

3.4. 考察

本実践の主な成果は次の通りである。①感想やワークシート等から授業のねらいが達成できたことを確認した。②既習内容を活用して課題解決に取り組む児童の姿が多く見られた。③解決方法の根拠を説明する場を設定したことで、児童が既習内容を振り返り、意味や目的を理解して実験に取り組むことができた。

課題としては、「学びや事象を整理」し、「筋道立てて考えを構築」して「結果をもとに追究する」という一連の流れを重視していたが、児童の思考を残す手立てが十分ではなくプログラミング的思考の変容を判断出来なかった。また、理科の視点では「根拠のない予想や試行」も価値のあるものとされているが、プログラミング的思考で大切にされる「筋道」や「根拠」にこだわった結果、それらの考えが排除され思考の多様性を失う場面が見られた。大森らの算数での実践や松田の指摘にあるように、教科の中でプログラミング教育を行う場合、教科の見方・考え方などと両立することが困難である場面があることから、教科とプログラミング教育を両立させる視点から、「プログラミングを学ぶ」と「プログラミングで学ぶ」という視点に沿ったプログラミング教育のカリキュラム・マネジメントへの転換を検討する必要があると思われる。

3.5. おわりに

本章では、プログラミング的思考や、理科の見方・考え方を児童の中に育むことを目的とした授業実践とその評価について考察し、成果と課題を明らかにした。今後、教科の学びとプログラミング教育を両立させる難しさを解決するカリキュラム等を検討する予定である。また、小中連携については、中学教員が小学校での実践内容について理解することで中学での活動に繋げる可能性および有用性が確認できた。

4. 地域課題解決を志向した Cyber-Physical System 学習基盤システムの試作と考察

4.1. はじめに

文部科学省「Society5.0 に向けた人材育成に係る大臣懇談会」によると、Society5.0 におけるボトルネックのひとつとして、“学生や社会人が情報科学の素養を身に付けるための受皿となる情報科学系教育体制の充実が喫緊の課題であると考えられる”が挙げられている。Society5.0 におけるコアとなる情報科学技術は、人工知能 (AI)、ビッグデータ、Internet of Things (IoT)、ロボティクス等が挙げられる。これら個々の技術に関しては、中学校および高等学校の教材として多くの研究開発などが行われている。Society 5.0 の概念の中に、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合がある。個々の技術を学ぶことは重要であるが、今後、高度に融合させるために個々の技術の関係等を初等・中等教育にお

いて体系的に学ぶ教材および学習基盤システムの研究開発は喫緊の課題である。

また、Society5.0 において共通して求められる力の一つとして、“機械を理解し使いこなすためのリテラシーや、その基盤となるサイエンスや数学、分析的・クリティカルに思考する力、全体をシステムとしてデザインする力”がこれまで以上に必要な力となることが指摘されている。これらの力を初等・中等教育から体系的に学ぶためには、核となる教科が無いために、既存の教科等間の連携が今以上に必要となる。その際、各教科等で学ぶ内容を体系的に関連付ける鍵が重要な役割をすると考えられる。

本章では、共通して求められる力を教科等間で連携する鍵として地域課題、サイバー空間とフィジカル空間を融合させる Cyber-Physical System (CPS) を学習基盤とする CPS 学習基盤システムと、教育課程内および教育課程外における活用案について検討した結果を述べる。

4.2. Society5.0 における Cyber-Physical System

Society5.0 は、その概念を整理すると以下のような経済社会であるとされている。

- ① サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより、
- ② 地域、年齢、性別、言語等による格差なく、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細かに対応した‘もの’やサービスを提供することで経済的発展と社会的課題の解決を両立し、
- ③ 人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることができる、人間中心の社会。

Society5.0 以前の情報化社会においては、人が情報やデータを入手して分析を行っていたが、Society5.0 においては、IoT からの膨大なビッグデータを AI が解析し、その結果がロボットなどを通して人間にフィードバックされることで、これまででない、新たな価値が産業や社会にもたらせることが特徴である。このようにサイバー空間とフィジカル空間の高度な融合させた状態（技術）を Cyber-Physical System(以下、CPS と呼ぶ)と呼んでいる。CPS は、IoT と似た概念であるが、IoT は主にセンサ等でデータを収集し、そのデータを用いてアクチュエーター・ロボットなどを動かす M2M なシステムが多くフィジカル空間における技術と捉えられる。それに対して、CPS を支える要素技術は、IoT の他に、クラウド、AI、機械学習などサイバー空間における技術が加えられている。したがって、CPS は、これら技術を高度に融合させた問題解決空間として捉えることが可能である。

情報通信技術 (ICT) ・データ利活用は、一般的に、(1)データの収集、(2)データの蓄積、(3)データの分析、(4)分析・データに基づく作動の 4 段階にまとめることができる。情報通信技術 (ICT) ・データ利活用の各段階とサイバー空間とフィジカル空間の関係、および各段階において注目されている技術・サービスを、表 4-1 に示す。

表 4-1 ICT・データ利活用の 4 段階と技術・サービス[5]

ICT・データ利活用の段階	注目されている技術・サービス
(1) データの収集【フィジカル】	IoT 機器[センサー]
(2) データの蓄積【サイバー】	クラウド[仮想化・分散技術]
(3) データの分析【サイバー】	AI(人工知能)・機械学習
(4) 分析・データに基づく作動【フィジカル】	IoT 機器[アクチュエータ・ロボット]

このように CPS は、情報通信技術（ICT）によるデータ利活用の 4 段階を網羅しており情報科学技術を体系的に学習する基盤として適していると考えられる。

4.3. CPS 学習基盤システム

4.3.1. 学習基盤システムの考え方

我々は、すでにプログラミング教育で育む資質・能力および評価規準を提案している。その主な特徴としては、以下の通りである。

- 小学校低学年および中学年は、分解および手順化に重点をおいており、アルゴリズムに基づきプログラム言語で表現するための基礎を習得することを主な目的としている
- 小学校高学年においては、中学校への接続を考慮し、身近な生活圏に関わる課題に対して、プログラムを用いて解決できることに気づくことを目的としている
- 中学校および高等学校は、プログラミングを扱う教科の特徴から実施学年を設けていない

本 CPS 学習基盤システムは、この評価基準に基づき、小学校では主にアルゴリズムに基づきプログラム言語で表現するための基礎を習得することを主な目的として、CPS 全体の動きを把握しアルゴリズムとして表現できるようにしてある。さらに、中学校以降においては、身近な生活圏に関わる課題に対して、プログラムを用いて解決できることに気づくことを目的とすることで、具体的な仕組みについて気づき、さらに作動をプログラムで実現できるようにする必要がある。

プログラミング教育を行うには、これまでの経験により児童生徒のモチベーションの維持が重要であると考えている。モチベーションの維持には、カリキュラムの工夫が重要であるが、児童生徒にとって身近な生活課題を扱うことで、自分たちの活動が地域にとって有意義なものであるという意識（自己肯定感）も重要であると考えている。また、その意識が、近い将来、成人として地域社会の中で活動する際の大きな原動力になると期待される。

著者が勤務している信越・北陸地域は、米など農産物の生産が広く行われている全国でも有数の地域である。農業分野において情報通信技術やデータの利活用を取り入れた AI(Agri-Informatics)農業が注目されている。よって本研究では AI 農業の基礎的なデータである気象データを対象とした CPS 学習基盤システムの構築を行う事とした。

4.3.2. 学習基盤システムの概要

図 4-1 に CPS 学習基盤システムの概要を示す。初等教育（小学校）向け CPS 学習基盤システムは、全体の動きをプログラムで把握できようにする事と、分解および手順化に重点をおいて理解できることが重要である。本システムでは、MESH を用いて構築している。MESH はイベントに対するアクションの連鎖でプログラムを記述できることから児童にとっても順次構造を基本としており、機能（振る舞い）の分解や手順化を思考しやすいと考えられる。

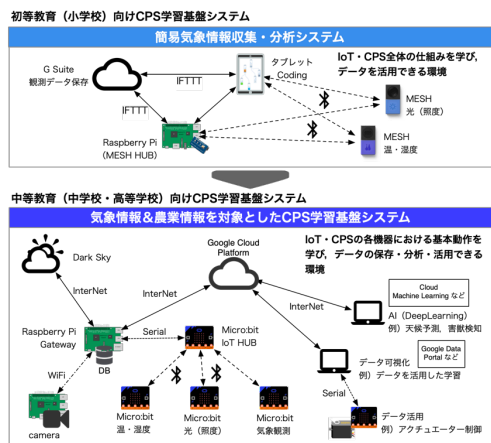


図 4-1 CPS 学習基盤システムの概要

中等教育（中学校・高等学校）向け CPS 学習基盤システムにおいては，初等教育向けの学習基盤システムにおいて学んだ全体の作動に対して，情報通信技術（ICT）によるデータ利活用の 4 段階に沿った技術・サービスを比較的簡単に実現できる仕組みが必要であると考えられる．本システムにおいては，以下の通りである．

「データの収集」においては，気象データ（温度，気圧など）を観測するエッジ・デバイスとそのデータをまとめる IoT HUB デバイスを，micro:bit を用いて構築する．エッジ・デバイスと IoT HUB デバイス間の通信は，BLE 通信を用いて行う．

「データの蓄積」は，HUB デバイスで集めたデータをローカルに一時的に Raspberry Pi Gateway に蓄積し，一定の単位でクラウド（ここでは，Google Cloud Platform を利用）に送信して保存する仕組みを構築する．また，インターネット上の気象情報を WebAPI 経由で取得してクラウドに蓄積している．

「データの分析」は，Google スプレッドシートや Google Data Portal などを用いてデータを可視化したり分析を行ったりする．この段階で AI 技術を活用することも可能である．

「分析・データに基づく作動」は，クラウド上にあるデータや分析結果を用いて，エッジデバイスに接続しているアクチュエーターやロボットなどを動かす．

4.3.3. 応用事例：中等教育向け水田気象観測システム

中等教育（中学校・高等学校）向け CPS 学習基盤システムとして，水田気象観測システムを試作した．本システムのエッジ・デバイスとして図 4-2 の観測装置を用いる．本装置は，市販の気象観測セットを用いた 8 種類のセンサ（風向計，風速計，雨量計，温度センサ，湿度センサ，気圧センサ，土中水分センサ，土中温度センサ），micro:bit，防水ケース，電池ボックス等で構成されている．図 4-3 に，エッジ・デバイスで収集した各種センサの情報・データを，IoT-Hub デバイスからの要求に基づいて送信するプログラム例を示す．この通信は，BLE 通信によって行われる．一般的な IoT のシステムでは，エッジ・デバイス側のタイミングでデータを送信する事が多い．しかし，本システムでは中学校技術・家庭技術分野の双方向性のあるコンテンツのプログラムへの拡張を視野に入れていることから，エッジ・デバイスと IoT-Hub デバイス間の通信のタイミングを学ぶ教材

として試作した。この図 4-3 で示したプログラムを含むエッジ・デバイスと IoT-Hub デバイスの動作アルゴリズムの概要は次の通りである。

- 1) 初めに、エッジ・デバイスを起動した際に、デバイスのシリアル番号を IoT-Hub デバイスに対してブロードキャスト送信する。
- 2) ブロードキャストを受信した IoT-Hub デバイスは、配下のエッジデバイスとして認識する。
- 3) IoT-Hub デバイスは、一定のタイミングで、エッジ・デバイスに対して各種センサ情報を観測するよう指示（ブロードキャスト）する。これにより、IoT-Hub デバイスは、すべてのエッジデバイスの観測のタイミングを管理することが可能となる。
- 4) エッジ・デバイスは、IoT-Hub デバイスからの指示に基づき計測した観測データを IoT-Hub デバイスに送信する。



図 4-2 試作した水田気象観測装置

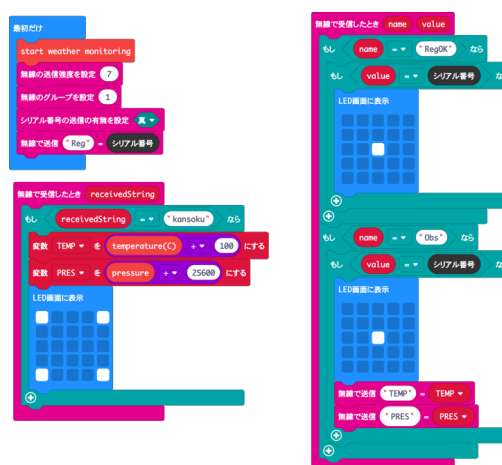


図 4-3 エッジ・デバイスのプログラム例

本装置は設置場所が屋外になることから、電源は単三乾電池から給電する。また雨、風などの気象現象から micro:bit を守るために図 4-4 のような防水ケースに格納する。この防水ケースは、中等教育（中学校・高等学校）で、生徒が構想・設計して制作することを考慮して、CAD を用いて設計し、レーザカッターによって制作している。

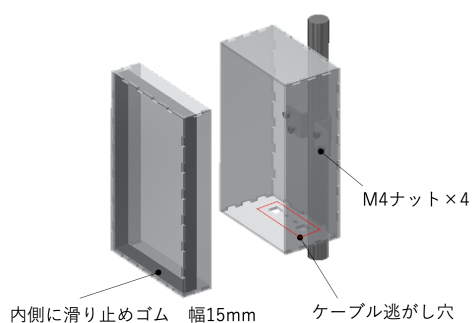


図 4-4 防水ケース（マイコン等収納用）

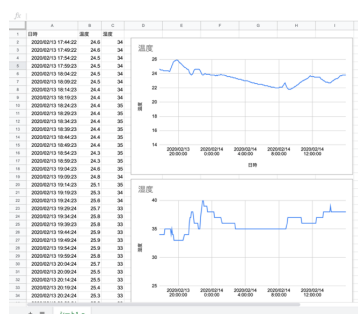


図 4-5 初等教育向け CPS 学習基盤システムの実行例

4.4. 試作システムの機能に関する評価

試作した CPS 学習基盤システムを試行して評価を行った。初等教育（小学校）向け CPS 学習基盤システムは、MESH を用いて部屋の温度と湿度を 5 分間隔で取得して、インターネット経由で Google スプレッドシートに保存する仕組みを試作した。図 4-5 にその試行した結果を示す。

図 4-5 中のグラフは、Google スプレッドシートのグラフ機能を用いてデータを可視化したものである。これによって、データの収集からデータの分析までを行うシステムを構築することができることを確認した。分析・データに基づく作動は、初等教育の場合、小学校高学年の理科・総合的な学習の時間、特別活動などで実践可能であると考えられる。

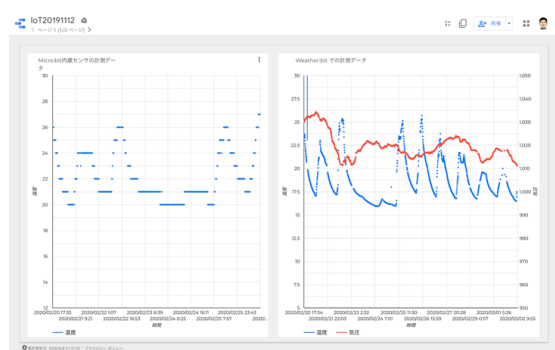


図 4-6 中等教育向け CPS 学習基盤システムの実行例（エッジ・デバイスで収集したデータの分析）

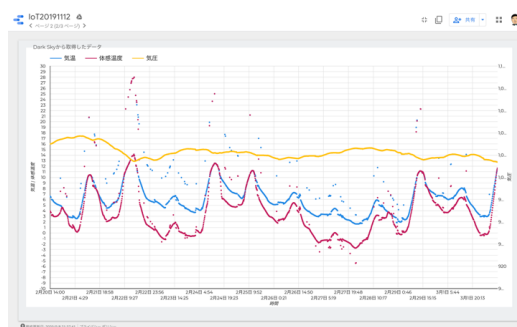


図 4-7 中等教育向け CPS 学習基盤システムの実行例（WebAPI で収集した気象データの分析）

中等教育（中学校・高等学校）向け CPS 学習基盤システムは、中学校技術・家庭科技術分野の計測・制御および双方向性のあるコンテンツのプログラムにおいて利活用できると考えられる機能を実験によって評価した。

図 4-6 には、エッジ・デバイスで収集した 2 種類のデータを Google Data Portal で分析（可視化）した例である。左側のグラフは、micro:bit の温度センサでの計測した結果である。右側のグラフは Weather:Bit に搭載されている温度、気圧センサ（BME280）で計測した結果である。micro:bit の温度センサは 1 度単位で計測されていることがわかる。

図 4-7 は、インターネットで公開されている気象情報サイト（Dark Sky）の WebAPI を利用して上越市の気象情報（気温、体感温度、気圧）を可視化したものである。利用した Dark Sky は海外のサイトであり、レーダー解析等によって観測していることから実際のデータと異なるが、概ね利用範囲内であった。参考情報としてエッジ・デバイスでの観測データの補完機能として導入している。

その他に、クラウド上に蓄積したデータを用いて、micro:bit に接続したサーボモータを動かすアナログ型簡易温度計を試作して確認した。その結果、十分利用できることが確認できた。

4.5. CPS 学習基盤システムの活用について

4.5.1. 教育課程内での活用

将来的には、初等・中等教育においてコアとなる科目を立てで行う教育体制の充実が喫緊の課題であると考えられる。現時点で、児童生徒が情報科学の素養を身に付けるための情報科学系教育を体系的に行う基盤となる教科は高等学校以外では開設されていない。中学校の技術・家庭技術分野の情報は、情報科学的な視点が不十分である。よって、現時点では、体系的に学習することは困難である。

その解決案の一つとして、我々は、既存の教科等において「情報科学技術を学ぶ科目」と「情報科学技術を活用した学びを行う科目」に分けることで、共通地域課題を取り扱い、データの利活用を通じた学びを進めることで情報科学系教育を行える可能性について、現行学習指導要領の内容を分析し検討を行った。その結果が、図 4-8 および最終ページに掲載している表 4-2 である。表 4-2 は気象データに着目した小学校 4 年生から 6 年生の年間指導計画案である。ここでは、「情報科学技術を学ぶ科目」として特別活動を設定している。そこで収集したデータを他教科で活用する案である。また学校種間連携により中学校技術・家庭技術分野で作成したシステムで収集したデータを小学校で活用することも可能であると考えられる。

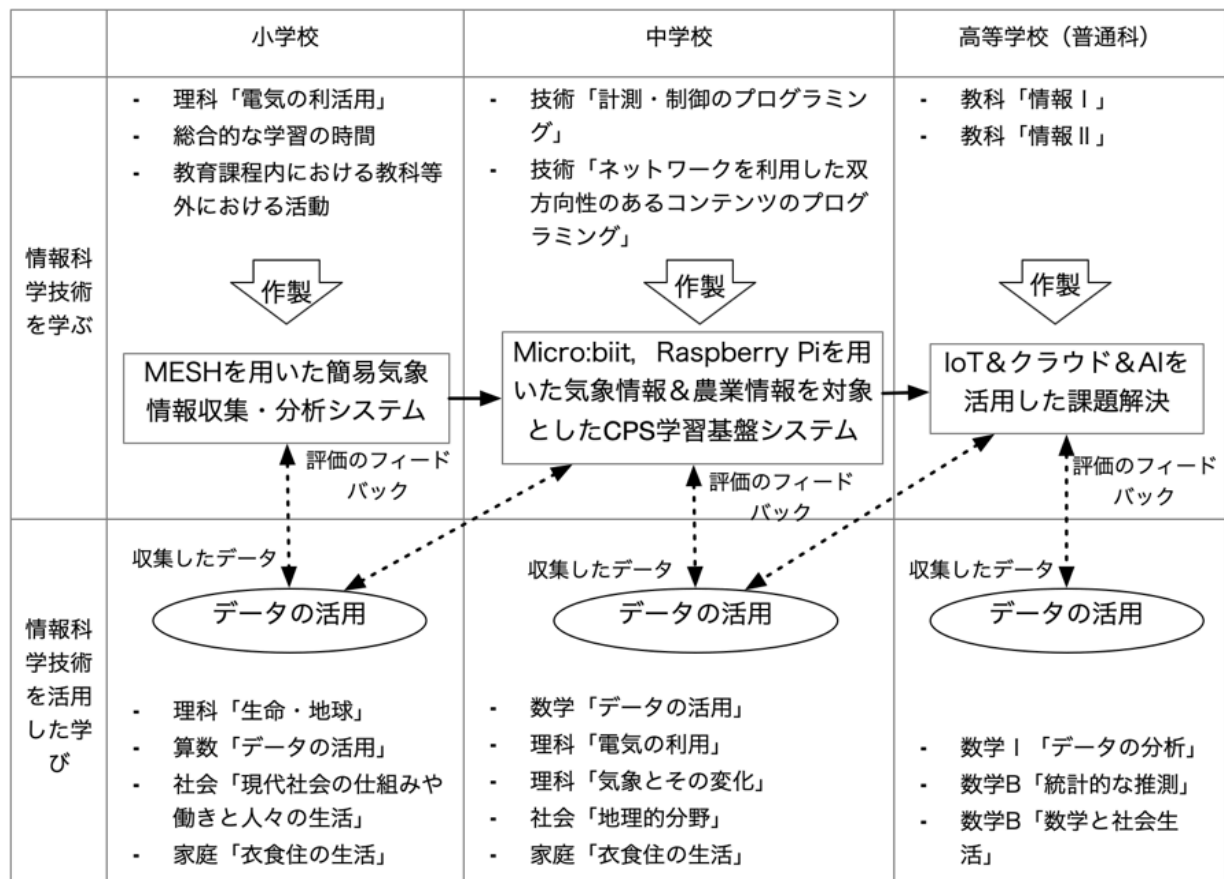


図 4-8 初等・中等教育での体系的な情報科学系教育を行うための教科間・校種間連携案

表 4-2 小学校 4 年生から 6 年生での年間指導計画案

「情報科学技術を学ぶ科目」と「情報科学技術を活用した学びを行う科目」

学年： 4 年生													
実施時期 教科等	1 学期							2 学期				3 学期	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
算数		折れ線 グラフ									資料の 整理		
理科	観(季節と 生物)①	天気と 気温			観(季節と 生物)②			観(季節と 生物)③				観(季節と 生物)④	
特別活動	上級生が作った プログラムを 使ってみよう! (温度記録装置等)		プログラミングに 挑戦しよう			実践 温度記録装置を作ってみよう						まとめ 今までの 記録をHPで 紹介	

学年： 5 年生													
実施時期 教科等	1 学期							2 学期				3 学期	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
算数									正多角形			割合とグラフ	
社会												暮らしを支え る情報	
理科		天気の変化			植物と発芽と 成長								
家庭					夏は涼しくさ わやかに						冬は明るく暖 かに		
総合	稲作がテーマの場合 米と食文化 → 米作りの課題, 食生活の課題 ・米について知る ・田植え体験 ・バケツ稲作に挑戦							・稲刈り体験 ・米を食べてみる ・米の良さを伝えよう ・課題の解決方法を考える					
特別活動			温度記録装置を評価・改善 しよう							プログラミングで課題解決大作戦①			

学年： 6 年生													
実施時期 教科等	1 学期							2 学期				3 学期	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
理科			動物の からだの はたらき	植物の からだの はたらき						電気と 私たちの 暮らし			
家庭					夏は 涼しく さわやかに						冬は 明るく 暖かに		
特別活動	・プログラマーについて知ろう ・プログラミングで課題解決大作戦②									成果発表	プログラミングと今後の社会 (まとめ)		

4.5.2. 小学校における指導案

表 4-2 中の小学校 4 年生で行う活動のうち、初等教育（小学校）向け CPS 学習基盤システムに関する単元「実践 温度記録装置をつくってみよう」（特別活動）に関連する指導案の事例を表 4-3 に示す。ここでの特徴は、小学生でも扱いやすい iPad と MESH を用いていること、アルゴリズムを検討する際に、「じゅんばんパズル」[7]を用いたグループ活動を行うところにある。さらに、本システムを用いて観測したデータ（気象情報として温度、湿度等）は Google スプレッドシートに記録されることから、同学年の理科「季節と生物」で四季に応じた生物・植物と気象情報の関係などを学ぶ活動を行う。それらの結果

は、まとめの活動として、記録などを HP にまとめる。この際に使うシステムとしては Google サイトを想定している。

表 4-3 小学校 4 年生における指導案

時期	単元名	時	内容
2 学期 ・ 3 学期	実践・温度記録装置を作ってみよう	1	MESH で作られた温度記録装置を使って、温度記録装置の仕組みはどうなっているのか考える
		2	温度装置の動作の流れをじゅんばんパズルで作る
		3	じゅんばんパズルをもとに MESH でプログラミングを行い、温度記録装置を作る
		4 ～ 5	温度記録装置にあったらよい機能を考える 温度記録装置のプログラムを改良する
		※理科「季節と生物」で観測データを活用	
3 学期	まとめ・今までの記録を HP で紹介	1 ～ 4	理科で行ってきた観察日記をまとめたホームページを作成する。 ホームページの作り方を学ぶ。 ホームページを作る。
		5	発表会を行う。

4.5.3. 中学校における指導案

表 4-4 に 2021 年度から完全実施される学習指導要領[]に基づき中学校技術・家庭科技術分野の情報技術に関する指導案を示す。この指導案は、今出ら[]による、システムの設計過程を重視した指導案を基に新たに検討を行ったものである。設計過程では UML を用いて問題発見からアルゴリズムの構築まで一貫した活動ができるように配慮している。ここで想定されているプログラミング言語は、MicroPython であるが、MakeCode でも可能である。

4.5.4. 教育課程外での活用

地域 ICT クラブなど高度な ICT 人材育成を目指した活動が、各地域で行われている。高度な ICT 人材育成を地域で行う場合は、メンターの育成が重要であるが、段階的に学べる学習カリキュラムも重要となると思われる。特に、高度な ICT 技術を取り扱う場合、個々の技術要素を担当するメンターに講座内容を任せるとメンターが扱うカリキュラム間での整合性がとれない場合が予想される。その場合、一貫したテーマを題材で扱い、相互間でデータを共有する取組を行うことで解決すると考えられる。本システムは、設計当初から ICT・データの利活用の 4 段階を意識していることから各技術要素をデータで結びつけることが可能となる。また、地域課題を統一テーマとして扱うことで、複数のメンターで行われる講座でも一貫性が高まることが期待できる。

表 4-4 中学校技術・家庭科技術分野における指導案（2年生で行うことを想定した活動案）

時数	活動内容	学習活動
		活動事例案（N県J市N地区を想定）
0	前提	N県J市N地区の小学校では、5年生の理科において地域住民が所有する田んぼにおいて稲作を学び、田植えから収穫までを体験している。小学校で、スクラッチを使って簡単なプログラムを作成する体験をしている。
1	問題発見：地域住民や関係団体から身近な生活の中で困っている事について話を聞いて、問題を見いだす	地域に居住しており、稲作における農業従事者および行政から稲作を中心とした農業従事者の現状について話を聞く。その内容について話し合いを行い問題を明確にする。 問題として、「農業従事者が高齢化及び兼業化しており田んぼの水口の状態を確認に行くことが困難であり、また、定期的に状態を確認することが難しい」ことに気付かせる。
2	課題設定：見いだした問題から、課題を整理する	問題および課題の解決を検討するための模型（水田モデル）を用意する。 グループによる話し合い活動により、問題から制約条件と課題を整理する。その際、状況を計測することで、機器を制御（計測・制御）することで解決できる課題、情報をオンデマンドで利用者が取得（双方向性のあるコンテンツ）することで解決できる課題に整理する。
3	課題解決に使う情報技術の理解として、計測・制御に関するシステム構成について理解する	計測・制御システムが、センサ、コンピュータ、アクチュエータから構成されていること、および全体の振る舞いを理解する センサの種類と機能を理解する アクチュエータの種類と機能を理解する
4	課題解決に使う情報技術の理解として計測・制御に関するコーディング技術について理解する	2時で整理した制約条件と課題から課題解決として使えると思われる教具を用いて、計測・制御のプログラミングを体験し、プログラミング言語について理解をする 水田の水位を計測して、水口の開閉を調整する課題に取り組む
5	課題解決に使う情報技術の理解として双方向性のあるコンテンツに関するシステム構成について理解する	情報通信ネットワークの構成と機器について理解をする 情報通信ネットワークの通信方法について理解をする クライアントサーバの構成について理解する
6	課題解決に使う情報技術の理解として双方向性のあるコンテンツに関するコーディング技術について理解する	2時で整理した制約条件と課題から課題解決として使えると思われる教具を用いて、双方向性のあるコンテンツのプログラミングを体験し、プログラミング言語について理解をする。 教具として簡易Webサーバを用いて、リクエストした条件に応じてHTMLが生成されるプログラミングを体験する。
7	情報の技術を活用した課題解決の目標（シナリオ）を設定する	3から6時に体験した技術を用いて、課題解決の目標（シナリオ）をグループ活動で作成する。 作成したシナリオが、問題、制約条件および課題に対応したものであるかをグループ内で検証を行い、改善する。
8	シナリオについて、問題を解決する方法となっているかをレビューし、その結果を共有する	各グループで作成したシナリオをグループ間でレビューして、問題、制約条件および課題に対応したものであるかを検証を行い、改善する。
9	シナリオからユースケース図とイベントフロー図を用いて要求分析を整理する技術を理解する	ユースケース図とイベントフロー図に書き方について理解する。 シナリオからユースケース図とイベントフロー図を用いて要求分析を整理する技術を理解する。
10	シナリオから計測・制御に関する機能についての要求分析を行い要件を整理する	計測・制御に関する機能（水田の水位、気象条件などを観察して水口の制御や育成状況を記録など）をユースケース図とイベントフロー図で表現して整理する。
11	シナリオから双方向性のあるコンテンツに関する機能についての要求分析を行い要件を整理する	双方向性のあるコンテンツに関する機能（指定した条件（日時とう場所）に一致する画像・気象情報を表示する等）をユースケース図とイベントフロー図で表現して整理する。
12	システムの振る舞い図（アクティビティ図など）を用いて詳細設計する技術を理解する	システムの振る舞い図（アクティビティ図、シーケンス図など）の書き方について理解する。 要求分析によって作成されたユースケース図などから、システムの振る舞い図（アクティビティ図、シーケンス図など）を用いた詳細設計を行う技術を理解する。
13	要求分析で整理して明確化した要件に基づき計測・制御に関する詳細設計を行う	計測・制御に関する箇所について要求分析で整理して要件を明確化したユースケース図、イベントフロー図などから、システムの振る舞いを表現しているアクティビティ図等で表現する。
14	詳細設計に基づき計測・制御に関するコーディングを行う	アクティビティ図等で表現したシステムの振る舞いを、python等を用いてコーディングする。 模型（水田モデル）を用いて動作を検証し、デバックを行う。
15	要求分析で整理して明確化した要件に基づき双方向性のあるコンテンツに関する詳細設計を行う	双方向性のあるコンテンツに関する箇所について要求分析で整理して要件を明確化したユースケース図、イベントフロー図などから、システムの振る舞いを表現しているシーケンス図等で表現する。 例えば、サーバとクライアントの動きなどを、シーケンス図やアクティビティ図などで表現する。
16	詳細設計に基づき双方向性のあるコンテンツに関するコーディングを行う	シーケンス図等で表現したシステムの振る舞いを、pythonを用いてコーディングする。 模型（水田モデル）やPC等を用いて動作を検証し、デバックを行う。
17	制作したプロトタイプのリビューを行い改善点を探る	グループ間で、制作したプロトタイプをプレゼン（レビュー）する。 レビューの結果に基づいて改善点をグループ内でまとめる。
18	改善点に関する要求分析・詳細設計の改訂を行う	改善点に基づき、要求分析、詳細設計で作成した各図の改訂を行う。
19	要求分析・詳細設計の改訂に関する箇所のコーディングを行う	改訂したアクティビティ図、シーケンス図等に基づいて、pythonを用いてコーディングする。 模型（水田モデル）やPC等を用いて動作を検証し、デバックを行う。
20	改善したプロトタイプのリビューを行い、地域・生活に関する問題の解決に対する意義について考える	第1時で現状について話をした農業従事者や行政の担当者を含めて、改善したプロトタイプのリビューを行い、地域・生活に関する問題の解決に対する意義について考える。
21	情報通信技術を使った地域課題の解決に関する現状と未来への課題	AI農業で地域課題を解決している事例を調べて、現状と未来の可能性について考える。 情報通信気象を使って地域課題を解決する場合の課題について考える。
22	情報通信技術を使った地域課題の解決を通して学んだことを振り返る	情報通信技術を使った地域課題の解決を通して学んだことを振り返る。

4.6. おわりに

本報告では、地域課題解決を試行した CPS 学習基盤システムの試作と、活用について教育課程内および課程外での検討結果について述べた。試作した結果、システムは教材化できる可能性が確認できた。今後、教材化を行い、実践を通して確認を行う予定である。

5. 考察・まとめ

本研究では、Society5.0におけるコアとなる情報科学技術教育を構築することを視野に入れて、小学校学習指導要領において学習の基盤となる資質・能力である「プログラミング的思考」を生かしたカリキュラム・推進体制・授業の在り方と、プログラミング教育に関して小中学校の円滑な接続の実現に向けて、小学校と中学校との有機的に連携したプログラミング教育の在り方について研究を行ってきた。研究成果として、小中学校の教員へお聞き取り調査等を通して、小学校と中学校との有機的に連携したプログラミング教育は、中学校の技術科教員が小学校のプログラミング教育に対して支援することの有用性はあるが過度な負担を強いることから、学校区内の小中学校間で学習の基盤となる資質・能力を共有し、4章で示した題材のように小中学校で一貫した題材および地域課題とデータ・情報の活用を各教科および学校間連携を行うことが重要であることが確認できた。

このように、本研究によって、情報科学技術教育や、新学習指導要領への対応として小学校において必修化されるプログラミング教育を導入するためのカリキュラムや推進体制の在り方といった現代的な教育課題について、中学校区で一貫してプログラミング的思考を育むためモデル構築が期待できる考えられる。今後、4章で示した地域課題とデータ・情報を扱う題材について実践を通じた評価等を行う予定である。

6. 研究成果の発表状況

- ・ 大森康正，今出亘彦：初等・中等教育における体系的なプログラミング教育のための評価規準に関する試案，情報処理学会研究報告， Vol.2018-CE-145,No.11,p.1-9，（2018）
- ・ 今出亘彦，大森康正：統合的な問題の解決に向けた学習カリキュラムの試案，日本産業技術教育学会情報分科会，（2019）
- ・ 飯田弘基，大森康正，山崎勇，山崎孝幸：小学校第6学年理科におけるプログラミング教育の実践と考察，日本産業技術教育学会情報分科会，（2019）
- ・ 森智史，大森康正，山崎勇，山崎孝幸：小学校特別活動におけるアンプラグド型プログラミング教育の実践と考察，日本産業技術教育学会情報分科会，（2019）
- ・ 大森康正，今出亘彦，南雲秀雄，武村泰宏：ミニドローンを用いた小・中学校連携プログラミング教育の環境と教材の開発，情報処理学会研究報告， Vol.2020-CE-153 No.12, p.1-8，（2020）
- ・ 大森康正，荒木彩香音，飯田弘基：小学校プログラミング教育のためのアルゴリズム表現の評価，日本産業技術教育学会情報分科会， Vol.35, p.29-32，（2020）
- ・ 大森康正，荒木彩香音，浅岡正教，小林康博：地域課題解決を志向した Cyber-Physical System 学習基盤システムの試作，日本産業技術教育学会情報分科会， Vol.35, p.65-68，（2020）
- ・ 今出亘彦，大森康正：設計プロセスに基づいた課題解決型学習教材の開発と評価．情報処理学会第82回全国大会， 1ZH-01，（2020）