家庭での天体観察を補足するための ICT の効果的な活用

－プログラミングによる天体シミュレーション作成を通して－

長野市立南部小学校　林　康成

１　はじめに

新型コロナウイルスの影響で休校が長期化した。これにより，未習である課題を子どもが家庭学習という形態で進めることとなった。この経験は大きな価値あることであるが，自分で学べる子ども，教師による対面での支援がないと学べない子どもに分かれる傾向が見られた。また，家庭における取り組み方も大きく異なった。加えて，定着には大きな差が生じ，これから学力格差が生じる可能性もある。

このような休校期間中に生じた問題を解決するために,授業のあり方を再構築していくことが必要である。具体的には，以下の内容を提案したい。

未習である課題を家庭で進めた経験を活かして家庭学習との効果的な連携は維持しつつ，学校で行う価値のある理科授業の創造である。

２　天体学習における問題点

天体学習は，小学校で「月と星」と「月と太陽」，中学校で「天体の動きと地球の自転・公転」と「太陽系と恒星」を学習することとなっている。従来から小中学校における天体に関する学習では，科学概念の理解に課題があることが指摘されている。まず，小学校 4 学年「月と星」において，天動説的な立場に立ち，月と星は時間が経過しても形や並び方は変わらないが位置が変わり動くことを学習する。そして，中学校において，地動説的立場での公転する月，星，太陽との位置関係，地球の自転による月，星の見かけの動きについて学習する。

小学校から中学校にかけて，天動説的立場から地動説的立場での月や星の動きをとらえる学習に移行するために，小学校段階において天動説的立場での月や星の動きの確実な理解が必要である。特に，小学校段階の地上からの天体の見かけの動きを把握することは難しい。平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書によると，東西南北の方位からの位置関係が理解できていない，月や星が東の方から南の空を通って西の方に動くことが理解できていない，観察記録を観察時間の順に時系列でとらえることができていないことが課題として浮かび上がった。加えて，NRT(集団基準準拠検査)でも，同様の課題が浮かび上がっている。そのため，天体の見かけの動きを理解することは，多くの学校での理科学習が抱える課題であることが考えられる。

このような課題を解決するためには，野外観察を行い実体験の中学んでいくことが広く知られている。しかし，小学校で行う天体学習には，次の点に問題が生じる。

実体験の限界である。先述したように実体験としての野外観測が有効であるが，天候，時間，場所等の制約により，授業の中では現実的に困難であることが多い。これについては，1985 年に小学校理科における野外観察の問題点を明らかにするためにアンケート調査が行われており，2012 年に再調査・検討が行われている。その報告では，野外観察の困難さの理由として天候に左右されること，夜間の登校が難しいため，観察は家庭での宿題で行っているが，指導の徹底が欠け，適切な観察ができないことが挙げられている。加えて，野外観察は教師の苦手意識が最も高く，子どもの実施率が最も低いことも挙げられている。これらの 1985 年に示された問題は 2012 年でも解消されておらず，2020 年の現在でも全国で一般的に存在する問題であると考えられる。

そのため，本研究では，実際の野外観察を補足する方策が必要だと考えた。そこで，学校で行う価値のある理科授業を創造し家庭学習と連携するために、ICT 機器を効果的に活用した天体学習における野外観察の補足を行うこととした。具体的には，野外観察を補足する方策として，プログラミングによる天体シミュレーション作成を行うことである。

３　研究の構想

３．１　授業場面

単元名　第 4 学年「月と星」(6 時間)

３．２　野外観察を補足する方策

小中学生の方位の理解の調査では，小学生はもとより中学生でも方位が二次元空間内での理解にとどまり，上下と方位を混同していることが報告されている。このような課題を解決するために，天体シミュレーションを能動的に子どもが操作しながら，天体の動きと方位の理解を補足させる方策を検討した。シミュレーションを能動的に子どもが操作する方法の一つとして，子どもがプログラミングによって天体の動きを天体シミュレーションで表現することが考えられる。具体的には，子どもが天体現象を観察する二次元空間内の座標系を次々と思いのままに変化させ，方位をふまえた星の動きを巨視的な天体の動きを擬似体験しながらとらえることが期待できる。本実践におけるプログラミングによる天体シミュレーション作成は，野外観察を補足する方策として，これまでの天体の理解における課題の解決が期待できることが考えられる。

４　学習環境

専門的なコンピュータ言語を使ったプログラミングを小学校段階で行うことは時間的に難しく，また，その教育的意図とは違ってしまう。このことから，小学生の発達段階に応じた教育用のプログラミングソフトを利用することが必要になる。そこで，学習環境について，アプリケーションソフトは，MIT メディアラボが開発したスクラッチを使用し，ブロック形式でのビジュアルエディターを用いたプログラミングを行うこととした。スクラッチは，デジタルカメラ等で撮影した画像を簡単に取り込めるため，背景に身近な景色を取り入れることができる。さらに，東西南北の方位をテキストとして作成したりして，シミュレーションに取り入れることができる。

子どもが作成した天体シミュレーションを図 1 に，天体シミュレーションのプログラムを図 2 に示す。天体シミュレーションの背景には学校周辺の画像を使用することで，ランドマークが確認できるような天体シミュレーションが作成できる。また，時間の経過による星の動きのシミュレーションを写真等の画像で方位を示して 2 次元上の画面で構成することができる(図 1)。また，方位を示す文字や天体の色を選択し，文字の大きさや色を見やすくなるような天体シミュレーションが作成できる。プログラミングによる天体の移動に関しては，スクラッチは画像移動の際に X 座標と Y 座標が指定できるため，子どもが指定した位置に移動させることができる。また，必要に応じて音声再生機能を搭載しているため，音声での天体シミュレーションを作成することもできる(図 2)。

５　授業実践

先述したように，野外観察の困難さは，天候に左右されることである。これは，教師が指導できる親子野外観察でも起きてしまう。さらに，子ども達にとって，その不十分な観察から，星の動きをイメージすることも記録することもできず，理解は大変困難な状況であった。

そこで，野外観察を補足するために，学校における理科授業で，プログラミングによる天体シミュレーション作成を行うこととした。星の動きを再現するには，星の動きを理解していなければならない。そのため，野外観察での理解が不十分でも作成していく中で理解していくことが期待できた。

そこで，教師が作成した参考プログラムや天体の動

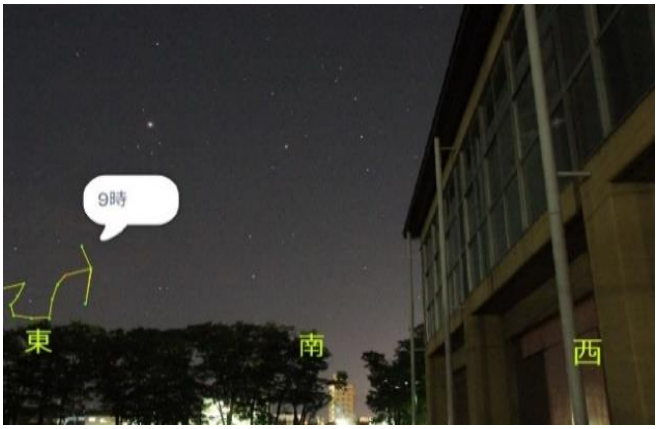


図１　天体シミュレーション

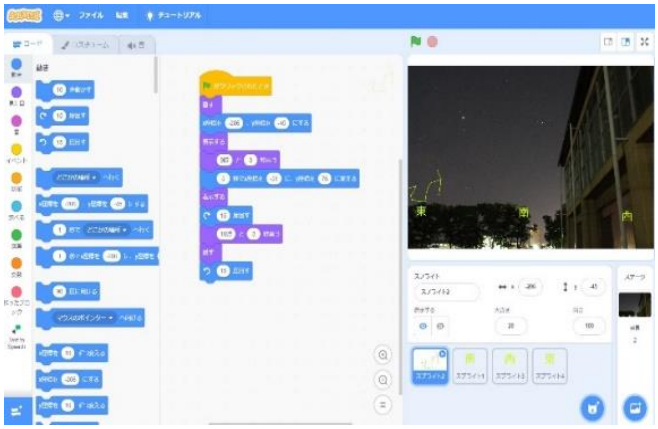


図２　スクラッチのプログラム

きを再現するイメージ図を提示すると，子どもは「つくってみたい。」と大きな声をあげた。そこで，学習の流れ，活動時間，教師の作成した参考プログラムを掲示し，理科におけるプログラミング教育の一環として，星座の動きを再現する天体シミュレーションを製作することとした。

子ども達は，ブロックをいくつか組み合わせるとできる天体シミュレーションは，短時間で製作することが出来た。さらに，星座の大まかな動きをプログラミングすることでとらえることもできた。そして，比較的短時間で完成できたため，それぞれのプログラミングした天体シミュレーションを見合うこととした。しかし，天体シミュレーションを見合う中で「変だな。」「おかしいな。」と感じる問題点にも子ども達は気づき始めた。友だちのプログラミングした天体シミュレーションを互いに見合うことは，自分の天体シミュレーションを検証することにもつながり，問題点がはっきりしてくる。

天体シミュレーションのプログラムを検証すると，子ども達の製作した天体シミュレーションは，星座が並び方を維持したまま動くことが出来るが，回転することが出来なく星座が平行移動してしまう問題点が浮かび上がった。

子ども達は，「これさ～，本当のさそり座はちゃんと回転するのにこれは，回転しないよ。」，「うん。ただ動くだけだね。」と，自分の天体シミュレーションについての問題点を挙げた。

このような場面で，教師は，子ども達の製作した天体シミュレーションの問題点を明確にすることとした。問題点の 1 つ目として，「星座の動きの中に時間が表示されないこと」が挙げられた。次に，問題点の 2 つめとして，「回転させても 1 時間に少しずつ 15 度回転する星座の動きができないこと」が挙げられた。この 2 点の問題を解決するために，「時間毎の星座の位置が分かる 1 時間ごと 15 度回転する天体シミュレーションをつくろう」と課題を設定し，改良計画を立てることとした。子ども達は，「時間を表示させるブロックを探そう。」「ブロックを組み合わせて少しずつ回転させられないかな。」と改良に対しての具体的なイメージを持っていった。

天体シミュレーションを改良する場面では，教師はあえて特別な支援は行わず，「全員が，星座が 1 時間に 15 度回転する天体シミュレーションをつくる」という課題を確認した。また，オープンエンドな問題解決学習となるように，星座が 1 時間に 15 度回転する天体シミュレーションができれば良く，正解のプログラムは 1 つではないことを伝えた。すると，子ども達は，それぞれに自分の考えを基にプログラミングを行って，天体シミュレーションを改良していった。

図 3 のように，星座の位置によっての時間を表示さ



図 3　星座の位置で時間を表示させるプログラム

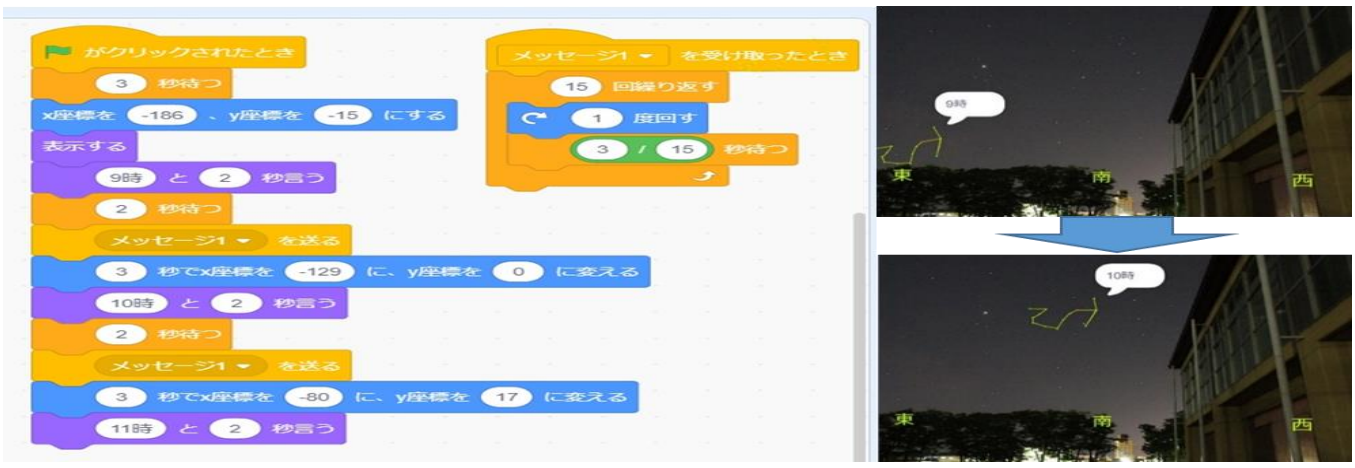


図 4　改良されたプログラムと天体シミュレーション

せるプログラムに改良する子どもが現れた。また，図4のように，1時間ごと15度回転するプログラムに気づき，天体シミュレーションを改良する子どもが現れた。オープンエンドな問題解決学習であるため，目的である1時間ごと15度回転する天体シミュレーションが再現できる多くのプログラムに子ども達は気づくことができた。時間の経過にともなう星の回転は角度でとらえず移動距離でとらえてしまうため，月や星の動きをイメージすることは一般に困難であるが，子ども達は，天体シミュレーションを作ることを通してとらえることができた。そして，子ども達は，試行錯誤を繰り返しながら，時間毎の星座の位置が分かる1時間ごと15度回転する天体シミュレーションをつくっていった。

子どもの授業終了後の感想には，①星座が回転するプログラムを作れたこと，②星の動きを再現できたことについての記述が見られ，星の動きの理解が促進されたことが示唆された。さらに，③自らがよく考えた，という記述も見られた(図5)。

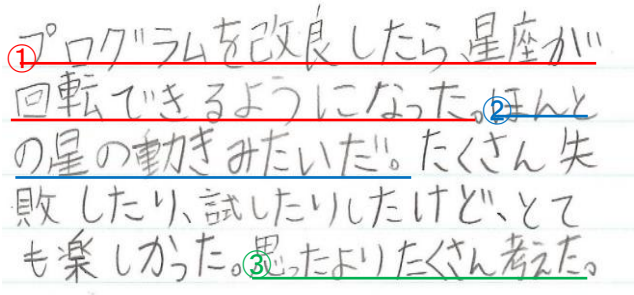


図5　授業終了後の感想

これは，改良することを通して，プログラムの組合せをどのように改良していけば，より意図した活動に近づくのかということを論理的に考えている姿であると考えられる。このことから，プログラミング教育の目的でもあるプログラミング的思考が育成されていることが示唆された。

改良された天体シミュレーションは，より正確に星座の動きを再現している。そのため，時間によって並び方は変わらないが，位置が変わるという星座の動きを理解することにつながったと考えられる。さらに，1時間に15度ずつ回転するという地球の自転による動きの変化を理解することにもつながったと考えられる。このことは，中学校での天動説的な星の動きの理解に役立つものであることが推察される。このように新しい事実をつかみながら，実感を通して理科の学びを深めていった。

6　研究の成果と課題

図5から，本研究におけるプログラミングによる天体シミュレーション作成は，野外観察における課題を補足して，天体の動きの理解を促す上で効果があった。このことから，野外観察を補足する方策として，有効であることが示唆された。また，プログラミング思考を育成する上でも効果があった。これは，新しい学習指導要領を行う上でも有効な手立てになることが考えられる。課題としては，天体の動きを再現するため，プログラムには動きの正確さを求めることとなる。そのため，プログラムが正確な動きに限定されプログラミングを楽しむことに困難が生じる。動きの正確さ以外に星の図鑑等をプログラミングするなどの幅広い内容を検討することも必要である。

7　おわりに

長期の休校で，学習を取り戻すための授業が多い中，プログラミングを行うことに時間が割けない現状がある。しかし，理科の学習と結びつけ，家庭学習で困難な部分を補足することも可能である。制約が多い中であるが，この機会を活かして，工夫した授業の実践は，コロナ後の授業に必ず活きてくると考える。

8　引用・参考文献

国立教育政策研究所：「平成27年度全国学力・学習状況調査報告書小学校・理科」，2015.

文部科学省：「小学校（中学校）学習指導要領 解説総則編」,2018.

文部科学省：「小学校（中学校）学習指導要領」,2017.

田口瑞穂・川村教一・上田晴彦：「小学校理科における天体観察学習指導の問題点」，秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要,34,pp.45-56,2012.