

# STEM 教育の考え方を取り入れた総合的単元構成のデザインに関する研究

## Study on Cross-Curriculum Learning Designed as Ideas of STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)

市川 紀史\*・伊藤 啓太\*\*・竹本 石樹\*\*\*

### 1. 研究の背景と教育における課題

第4次産業革命における労働力の創出は、日本の喫緊の課題である。経済産業省は、2030年には、2015年を基準とした労働人口の1割超の735万人の雇用が減ると試算しており、産業構造の変化に対応できる人材育成の必要性を訴えている。このような新たな産業構造の変化に対応するためには、21世紀型の資質と能力を兼ね備えた人材育成が不可欠である。そして、このような人材を育成するためには、科学教育 (Science)、技術教育 (Technology)、工学教育 (Engineering)、数学教育 (Mathematics) を総合的、統合的に学ぶ STEM 教育が有効であることが指摘されている。(例えば、熊野、2016)

日本の学校教育における STEM 教育の現状については、峯村ら (2017) が指摘するように、「学校での正課の時間外の取組が大半」であり、「導人可能性を検証」した実践が見られる程度である。しかし、子供たちが第4次産業革命の時代を生き抜けるようにするためには、学校教育の果たすべき責任が大きいと、一刻も早く、STEM 教育の導人を検討すべきである。

STEM 教育を教育課程内で実施するためには、単独の教科ではなく、教科横断的な視点から、複数の教科を関連させた総合的単元構成をデザインすることが一つの方法であると考えている。そして、以下の考えは、「総合的単元構成のデザイン」の必要性を補完するものとして挙げることができる。

- 従来型の教科等別に進める学びに加えて、各教科等の学びを相互に比較したり関連付けたりする学び、つまり教科等横断的な視点での学びが求められる。(奈須、2017)
- 目指す方向は、教科等を学ぶ本質的な意義を大切にしつつ、それぞれの教科等の学びを教科等の縦割りにとどめるのではなく、教科等間の相互の関連を図ることによって、子供たちが生きて働く知識を習得し、学びを人生や社会に生かそうとしながら、未知の状況にも対応することを可能とする教育課程である。(中教審、2016)

以上を踏まえ、本研究では、STEM 教育を進めていくために、「教科横断的な視点」を重要な考えとする。

---

\*浜松学院大学 (教師教育学)、\*\*浜松市立西都台小学校 (理科教育学)、  
\*\*\*浜松学院大学 (理科教育学、科学教育学)

小学校では、2020年から新学習指導要領が本格実施となり、学校現場は、教科横断的な視点での取組を求めている。例えば、松原・高阪(2017)が指摘するように、「学校現場には、従来の授業研究の枠組みを超え、より包括的なカリキュラム・マネジメントによって、教科横断的な学習を具現化することが期待されている」のである。

しかし、現在の学校は多忙化し、教員が十分な研修時間を確保できていない現状にある。そのため、教科横断的な視点を大切にしたSTEM教育のような新たな挑戦的な試みに対し、有効であると感じつつも負担感を感じる教員も多く存在し、STEM教育の取組が進んでいないのが現状である。

このような状況の中で、STEM教育を推進するためには、総合的単元構成をデザインし、学校へ提示していくことが必要である。

## 2. 研究の目的

STEM教育に関する取組は、学校の教育課程内の取組は少ない。STEM教育を、教科横断的な視点から総合的な単元構成をデザインし、その効果を検証することを目的とする。

## 3. 研究の方法

研究をすすめるにあたり、授業実践者とのカンファレンスを行った(3.1)。

現状と課題から、科学教育 (Science)、技術教育 (Technology)、工学教育 (Engineering)、数学教育 (Mathematics)を活かした学習場面での支援方法を、実践の方向性として確認した (3.2)。

そして、これらカンファレンスの情報を基に実践し、評価することによって、総合的単元構成のデザインの有効性を確認した (4)。

### 3.1 カンファレンスから授業実践の実際

本実践を行う前に、実践、評価の方向性を検討するカンファレンスを行った。実施時期は2018年8月～9月(3回)であり、参加者は、授業実践者1名と研究者2名である。

実践の中心となる単元を小学校第6学年「月と太陽」とし、総合的単元構成のデザインを行った。

授業及び研究調査の対象は、浜松市内公立小学校第6学年児童28人、授業は2018年10月下旬から11月中旬にわたって実施した。

## 3.2 カンファレンスから導いた実践と評価の方向性

### (1) 実践の方向性

カンファレンスにおいて、以下の課題が出てきた。これらは、STEM教育の考えを取り入れた総合的単元構成をデザインすることにより、解決が図られると考えた。

- ア 地球から見たとき、天体間の位置関係がつかみにくい。
- イ 地球から見たとき、天体の大きさ、距離感などスケールがつかみにくい。
- ウ 天体学習は、身近な存在ではなく、頭の中で考えても、実感がわきにくい。

そして、総合的単元構成をデザインするための方向性を以下のように合議した。

学習支援 要素	支援の方向性
①	継続観測が困難な月や太陽の観測の支援として、地球から見える月や太陽の位置を手軽に確認できるソフトウェアを取り入れる。
②	壮大なスケールの宇宙に対して、太陽・地球・月の位置関係を3Dで様々な方向からとらえることができるソフトウェアを取り入れる。
③	比の考え方を使い、太陽・地球・月の大きさや距離を身近なものに確認できるソフトウェアを取り入れる。
④	実感を伴った理解に至るため、シミュレーションだけでは分からない実際のスケール感をつかむ体験活動を行う。

### (2) 評価の方向性

上記の学習支援が有効に働いたか測定するため、子供の記述をテキスト化し分析を行う。また、単元の前後にも評価を行う。

### (3) 実践の方向性についての説明

以下に、①から④のそれぞれについて、詳細を説明する。

学習支援 要素	支援の具体	図
①	時間設定を自由に変えることができるソフトウェア	図1
②	位置関係を3Dでとらえられるソフトウェア	図2
③	太陽・地球・月の大きさや距離を確認できるソフトウェア	図3
④	理論と現実をつなぐ体験活動	図4

(4) 評価の方向性についての説明

テキストデータから有益な情報を取り出すため、テキストマイニングに取組。樋口耕一が開発した、KH Coder (テキスト型データを統計的に分析するためのソフトウェア) を活用し、各支援による語の出現回数や、どんな語がネットワークされるかを分析し、子供たちの知識のつながりを検討していく。

例えば、右図は、テキストマイニングのイメージ図である。言葉のつながりを調べることで、子供の知識の状況を知る。

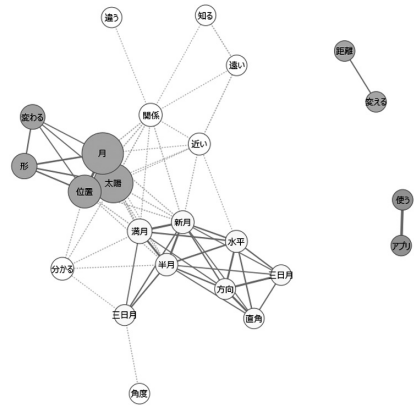


図1 観察の補助：Windows アプリ「Stella Theater Lite (シミュレーター)」

月の形や月と太陽の位置関係等を、簡単な操作で時間を進めたり戻したりして、地球から見える月や太陽の位置を確認できるソフトウェア。※STEMの視点：Technology

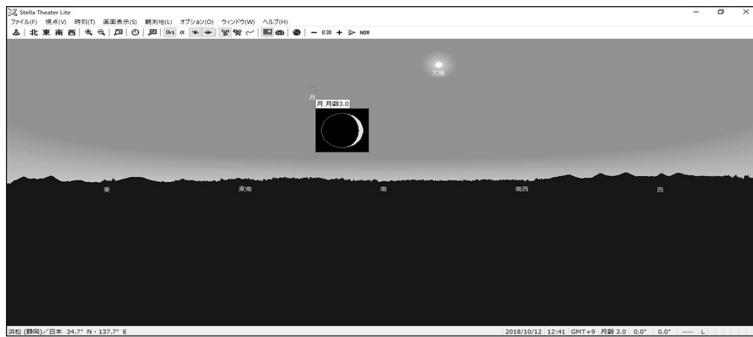


図2 俯瞰の視覚支援：iOS アプリ「Solar Walk Lite プラネタリウム 3 D (シミュレーター)」

太陽・地球・月の位置関係を3Dで様々な方向からとらえることで、月が光っている面を確認したり、地球からどのように見えたりするかを考えることができるソフトウェア。※STEMの視点：Technology

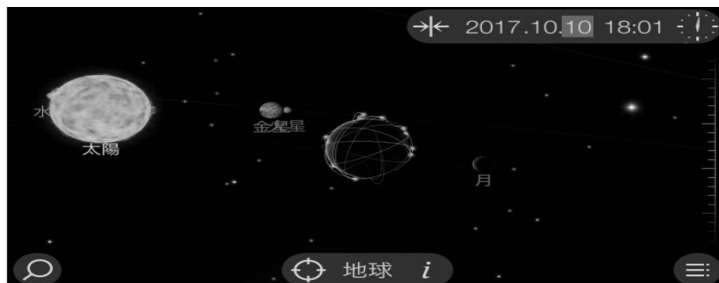


図3 天体の大きさや距離の支援：太陽・地球・月の大きさや距離の比のシミュレーター

太陽・地球・月の大きさや距離を、比の考え方を使い、複雑な計算を省略化した自作ソフトウェア。※STEMの視点：Mathematics 自作ソフトウェア（Microsoft Excelを使用）

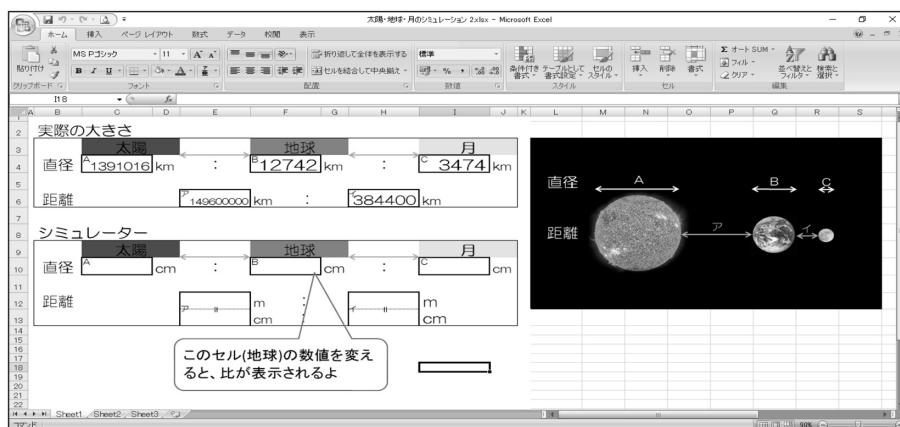
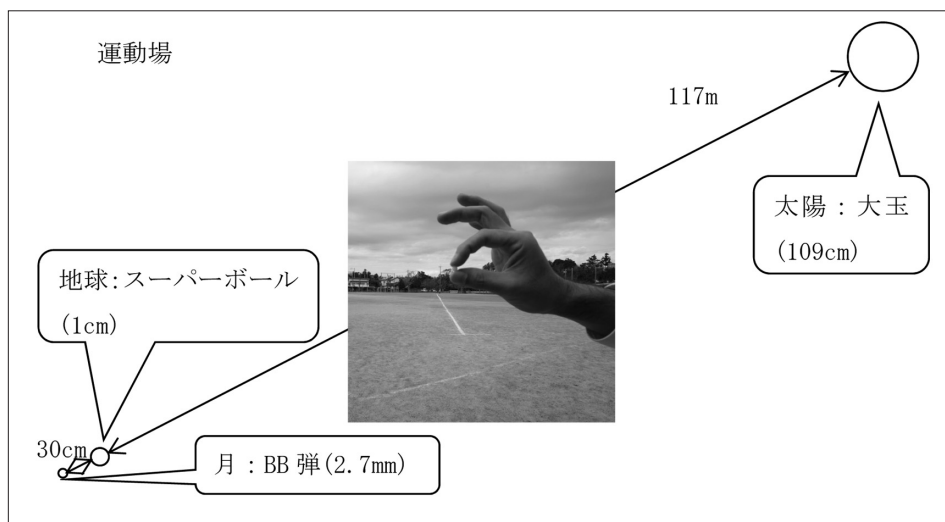


図4 体験活動を通し実感を伴った理解の支援：太陽・地球・月の大きさや距離のスケールモデルの作製

シミュレーションソフトでの理論と実際のスケール感（太陽は地球・月から見て大変遠くにある等）をつなぐ体験活動。※STEMの視点：Engineering

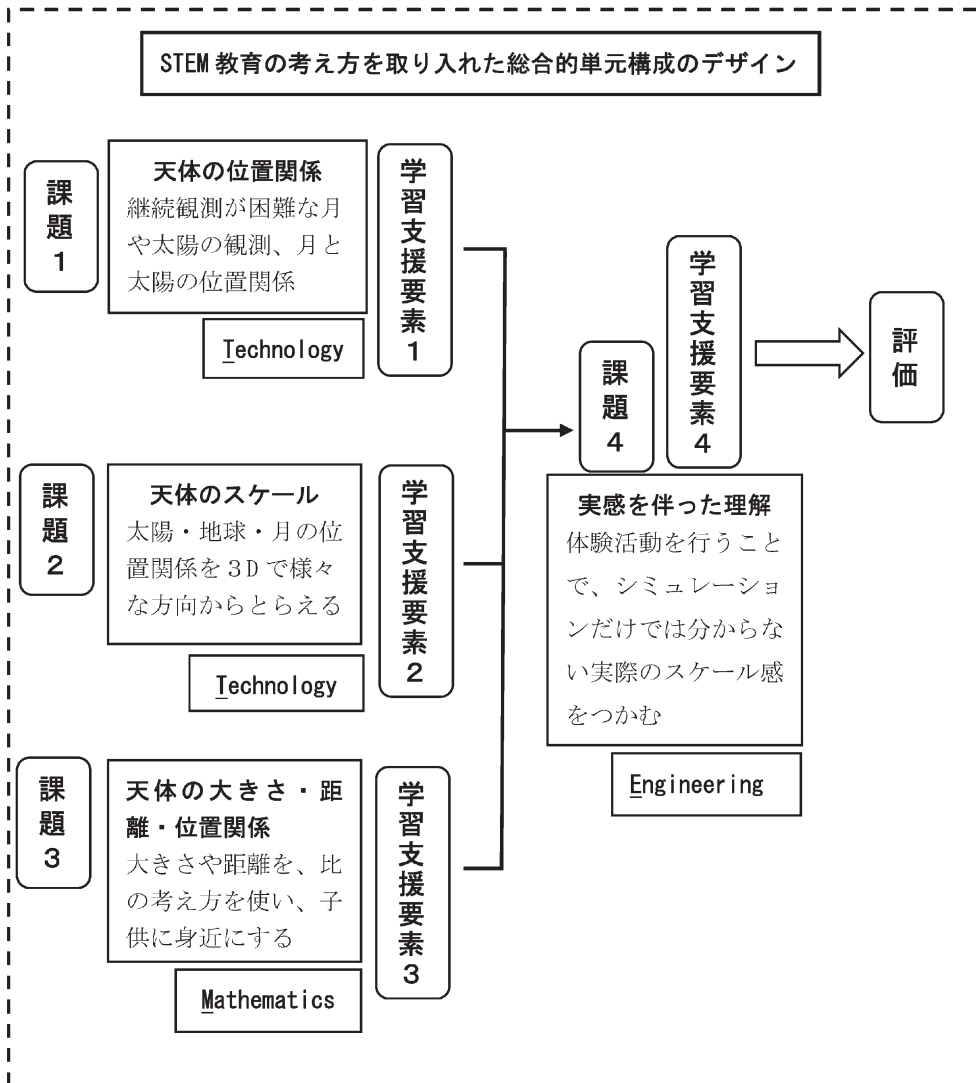


### 3.3 実践と評価の計画

#### 3.3.1 実践計画

カンファレンスで合議した方向性を基に、さらに検討を進め、以下の「学習支援要素1」から「学習支援要素4」を具体化した。そして、それらを組み合わせ、総合的単元構成をデザインした。(図5)

図5 STEM教育の考え方を取り入れた総合的単元構成のデザイン



### 3.3.2 評価の計画

学習支援要素が手立てとして有効に働いたかを測定するため、学習記録（図6）に記された子供の記述をテキスト化し、テキスト分析ソフト KH coder を使用した計量的分析を行った。（なお、本研究における学習記録は、堀（2004）が開発したワンページポートフォリオ（以下 OPP）を参考に行っている。）

図6 学習記録に用いた OPP

単元を貫く問い：		ここは切り取る	
学習前			
① 三日月のとき、太陽と地球と月はどうな位置関係だろうか。図で表そう。  ② 月の形はどのように変わると思いますが、理由を言葉で書こう。	( )月( )日 No.1 タイトルを付けよう 今日の1時間でどのようなことが分かりましたか。 1番大切だと思うことを書きましょう。	( )月( )日 No.6 タイトルを付けよう 今日の1時間でどのようなことが分かりましたか。 1番大切だと思うことを書きましょう。	
	( )月( )日 No.2 タイトルを付けよう 今日の1時間でどのようなことが分かりましたか。 1番大切だと思うことを書きましょう。	( )月( )日 No.5 タイトルを付けよう 今日の1時間でどのようなことが分かりましたか。 1番大切だと思うことを書きましょう。	
	( )月( )日 No.3 タイトルを付けよう 今日の1時間でどのようなことが分かりましたか。 1番大切だと思うことを書きましょう。	( )月( )日 No.4 タイトルを付けよう 今日の1時間でどのようなことが分かりましたか。 1番大切だと思うことを書きましょう。	

## 4 実践の結果

- ア 学習支援要素1（時間設定を自由に変えることができるソフトウェア）について  
 図7は、学習支援要素1を実践する前の OPP の共起ネットワーク（結果）である。  
 図8は、学習支援要素1を実践した後の OPP の共起ネットワーク（結果）である。

図7 学習支援要素1を実践する前のOPPの共起ネットワーク（結果）

まず、図7の結果である。出現数6以上の語で共起ネットワークを示した。語の出現回数は、「月59、太陽50、光る40、光27、反射20、表面20、自ら15、クレーター6」であった。ここでは、「地球」は出現しなかった。

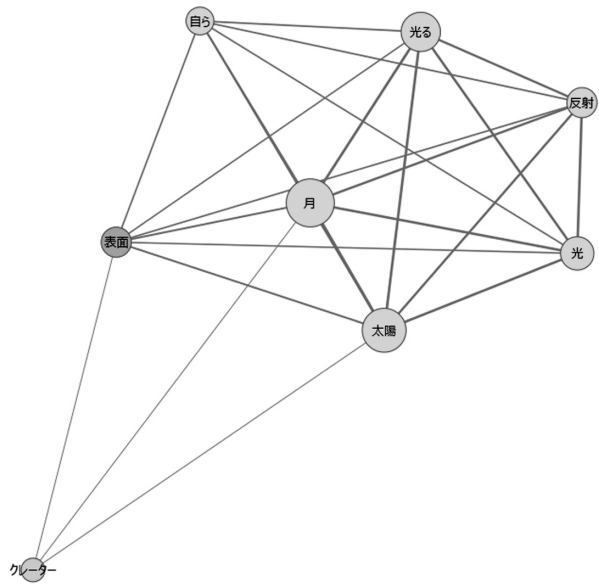
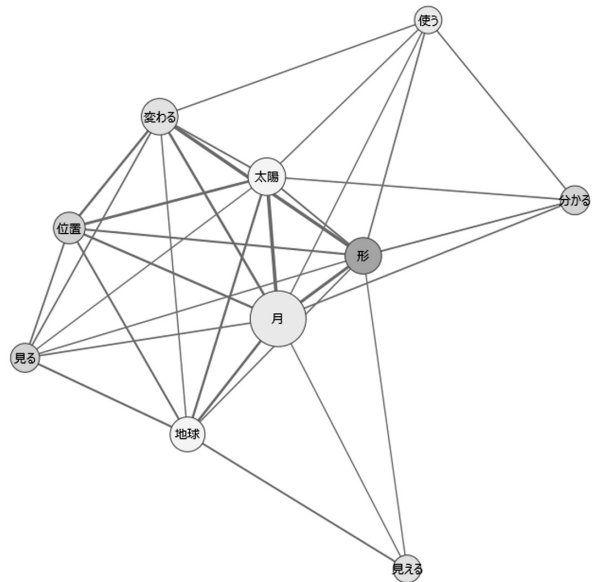


図8 学習支援要素1を実践した後のOPPの共起ネットワーク（結果）

次に図8の結果である。継続観測が困難な月や太陽の観測に替わり、「月の形と太陽、地球、月の位置関係について仮説を立て、シミュレーター等を基に様々な方法で調べ、分かったこと（理論）を構築していく」場面である。語の出現回数は、「月59、太陽25、形23、変わる23、地球20、位置14、見る9、分かる9、見える7、使う6」であった。

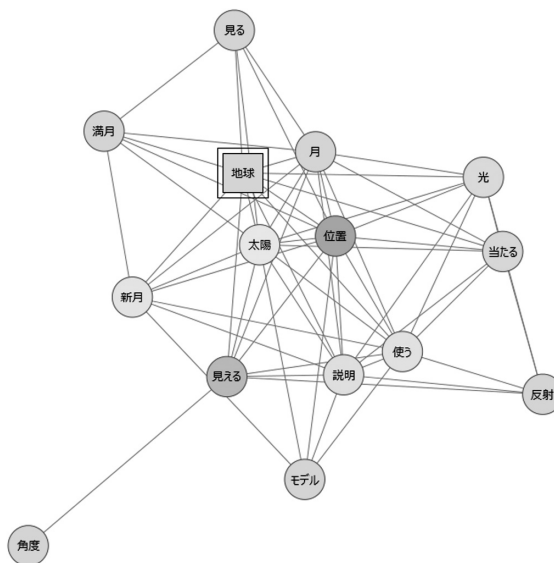




イ 学習支援要素2（位置関係を3Dでとらえられるソフトウェア）について  
 図9 「地球」の関連語のOPPの共起ネットワーク（結果）

図9は、学習支援要素2の実践後のOPPの共起ネットワークから、「地球」の関連語検索結果である。Jaccard係数0.4以上に限定した。

地球を離れ俯瞰して見た時、「太陽、地球、月」の「位置」や「見え方（見える）」を「説明」している。

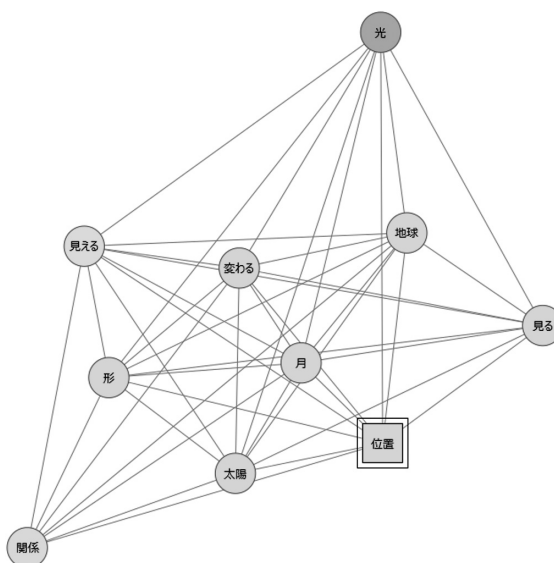


ウ 学習支援要素3（太陽・地球・月の大きさや距離を確認できるソフトウェア）について

図10 「位置」の関連語のOPPの共起ネットワーク（結果）

図10は、学習支援要素3の実践後のOPPの共起ネットワークから、「位置」の関連語検索結果である。Jaccard係数0.4以上に限定した。

太陽・地球・月の大きさや距離を、「比」「拡大図と縮図」の考え方を導入し、天体の大きさ、天体間の距離、位置関係をシミュレーションした。天体の「位置」と太陽の「光」の進み方が結ばれた。



エ 学習支援要素 4（理論と現実をつなぐ体験活動）について

図 11 学習支援要素 4 の実践後の OPP の共起ネットワーク（結果）

図 11 は、学習支援要素 4 の実践後の OPP の共起ネットワーク（結果）である。

出現数 6 以上の語で共起ネットワークを示した。運動場に出て体感を通した理解を深め、太陽、地球、月の大きさや距離の関係を説明していく」場面である。語の出現回数は、「月 36、太陽 28、地球 27、距離 14、大きい 11、影 10、分かる 9、モデル 8、見える 8、半分 8、遠い 7、実際 7、見る 6、光 6」であった。

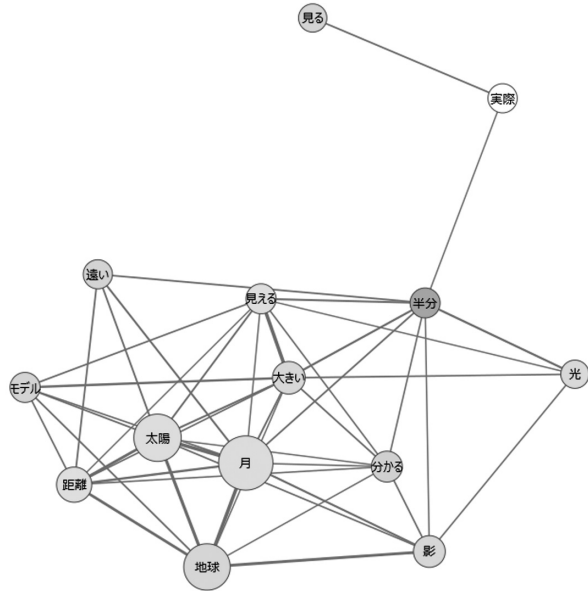
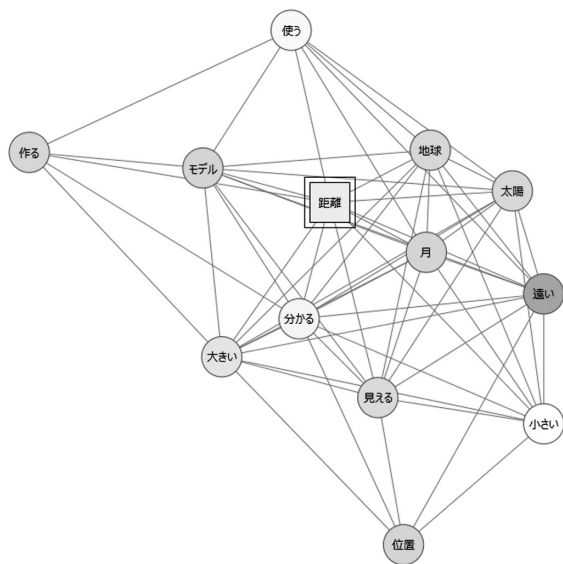


図 12 学習支援要素 4 「距離」の関連語検索結果。Jaccard 係数 0.4 以上に限定した。

図 12 は、学習支援要素 4 の実践後の「距離」の関連語検索結果である。Jaccard 係数 0.4 以上に限定した。

「距離」を中心に、「大きい」「小さい」「遠い」「見える」「分かる」が結ばれた。



## オ 単元全体を通した評価（子供の意識の変容）

授業に関する子供の意識の変容を授業実践の前後で、質問紙法で調査し結果の分析を行った。調査年月日：事前 平成30年10月26日（金）（N=28）、事後 平成30年11月16日（金）（N=28）。

<表1>理科授業に関する児童の意識の事前・事後調査の結果及び分析（N=28）

※回答は1.当てはまる、2.どちらかといえば当てはまる、3.どちらかといえば当てはまらない、4.当てはまらないの4段階

質問項目	調査時期	回答数				平均値	標準偏差	対応サンプルの差(事前-事後)		t	df	有意確率 (両側)
		1	2	3	4			平均値	標準偏差			
① 理科の勉強は好きだ	事前	13	14	1	0	1.57	0.57	0.32	0.72	2.353	27	0.026
	事後	23	3	2	0	1.25	0.59					
② 理科の授業内容はよく分かる	事前	11	16	1	0	1.64	0.56	0.43	0.57	3.959	27	0.000
	事後	22	6	0	0	1.21	0.42					
③ 理科の授業で学習したことを普段の生活の中で活用できないか考える	事前	9	13	6	0	1.89	0.74	0.14	0.71	1.072	27	0.293
	事後	11	13	4	0	1.75	0.70					
④ 理科の授業で、自分の考えをまわりの人に説明したり発表したりしている	事前	4	12	11	1	2.32	0.77	0.61	0.88	3.671	27	0.001
	事後	10	16	2	0	1.71	0.60					
⑤ 観察や実験を行うことが好きだ	事前	21	7	0	0	1.25	0.44	0.11	0.50	1.140	27	0.264
	事後	24	4	0	0	1.14	0.36					
⑥ 理科の授業では自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てている	事前	8	14	6	0	1.93	0.72	0.46	0.58	4.264	27	0.000
	事後	16	11	1	0	1.46	0.58					
⑦ 理科の授業で、観察や実験の結果から、どのようなことが分かったのか考えている	事前	12	14	2	0	1.64	0.62	0.21	0.74	1.536	27	0.136
	事後	17	10	1	0	1.43	0.57					
⑧ 理科の授業で、観察や実験の進め方が、間違っていないかを振り返って考えている	事前	9	13	5	1	1.93	0.81	0.25	0.75	1.760	27	0.090
	事後	11	15	2	0	1.68	0.61					
⑨ 疑問に思ったことについて、理科や算数の考え方を調べて考えることがある	事前	10	13	5	0	1.82	0.72	0.25	0.75	1.760	27	0.090
	事後	13	14	1	0	1.57	0.57					
⑩ 教科の学習を生活に生かしている	事前	14	10	4	0	1.64	0.73	0.18	0.55	1.724	27	0.096
	事後	16	11	1	0	1.46	0.58					
⑪ 理科以外の教科の学習が理科の学習に役に立っている	事前	11	15	1	1	1.71	0.71	0.36	0.49	3.873	27	0.001
	事後	20	6	2	0	1.36	0.62					

項目：①理科の勉強は好きだ ( $t=2.35$ ,  $df=27$ ,  $p<0.05$ )、②理科の授業内容はよく分かる ( $t=3.96$ ,  $df=27$ ,  $p<0.05$ )、④理科の授業で、自分の考えをまわりの人に説明したり発表したりしている ( $t=3.67$ ,  $df=27$ ,  $p<0.05$ )、⑥理科の授業では自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てている ( $t=4.26$ ,  $df=27$ ,  $p<0.05$ )、⑩理科以外の教科の学習が理科の学習に役立っている ( $t=3.87$ ,  $df=27$ ,  $p<0.05$ )で、有意な差が認められた。

項目：③理科の授業で学習したことを普段の生活の中で活用できないか考える、⑤観察や実験を行うことが好きだ、⑦理科の授業で観察や実験の結果から、どのようなことが分かったのか考えている、⑧理科の授業で、観察や実験の進め方が、間違っていないかを振り返って考えている、⑨疑問に思ったことについて、理科や算数の考え方をつかって考えることがある、⑩教科の学習を生活に生かしているでは、有意な差は認められなかったが、学習前後において、高い水準にあることが確認できた。

## 5 研究の考察

日本における STEM 教育に関する取組は、学校の教育課程外に多く見られるようになってきたが、学校の教育課程内の取組は少ない。日本の子供たちに、第 4 次産業革命を生き抜く力を育成するためには、学校の教育課程内の STEM 教育の取組にも着目する必要があると考え、本研究の取組に至った。

カンファレンスの中で、小学校第 6 学年理科「月と太陽」では、「天体の位置関係をつかむ学習」が難しいことがわかり、四つの課題を学習支援要素として検討した。結果として、技術、数学、工学の要素を、科学に結びつけた総合的単元構成をデザインした。そして、教科横断的な支援要素が、どの程度単元全体で貢献するか検証してきた。

これらを基に、以下の考察を導き出した。

### ア 学習支援要素 1 の考察

継続観測が困難な月や太陽の観測に替わり、月の形や月と太陽の位置関係を、簡単な操作で時間を進めたり戻したりして、地球から見える月や太陽の位置を手軽に確認できるソフトウェアを取り入れた。(STEM 教育の技術の要素)

学習前には、「月の形 (満ち欠け)」が、「太陽の光の反射」の関係に着目していたが、学習後には、「月と太陽」の関係から、「月と太陽に、地球を加えた」三者の関係に発展させることができた。また、「月の形」の「変わる」「見える」様子が、ソフトウェアを「使う」ことにより、時間を進めたり戻したりすることができ、「分かる」という子供の試行錯誤する過程を支援できたと推察する。

### イ 学習支援要素 2 の考察

壮大なスケールの宇宙に対して、太陽・地球・月の位置関係を 3D で様々な方

向からとらえることができるソフトウェアを取り入れた。(STEM教育の技術の要素)

単元の始めは「地球」を意識していなかったが、地球を離れ、俯瞰的位置に立った時の太陽、月、地球の「位置」関係、月の「見え方」など俯瞰的に理解してきた「語」が共起ネットワークで結ばれた。STEM教育の技術の要素を組み入れたことにより、試行錯誤しながら問題を解決していく思考や理解を助け、空間認識が広がってきたと推察できる。

#### ウ 学習支援要素3の考察

比の考え方を使い、太陽・地球・月の大きさや距離を身近なものに確認できるソフトウェアを取り入れた。(STEM教育の数学の要素)

比によるシミュレーションを行いながら、太陽、月、地球の「位置」に着目し、太陽と地球や月の距離が遠く、「光」の進み方と「見え方(見える)」関係性に結びついていった様子が推察できる。

#### エ 学習支援要素4の考察

実感を伴った理解に至るため、学校の運動場を使い、シミュレーションだけでは分からない実際のスケール感をつかむ体験活動を行った。(STEM教育の工学の要素)

太陽、月、地球の「天体の大きさや距離とその位置関係」は、本総合的単元構成のデザインの研究に関わる中核となる言葉である。STEM教育の工学、数学、技術の要素を組み入れたことにより、太陽は、地球・月から見て大変遠くにあることを「距離」「わかる」という語から体感的に理解でき、「大きい、小さい」「遠い」「見える」など俯瞰的位置で空間認識している言葉が抽出され、実感を伴った分かり方につながったと推察できる。

#### オ 評価の考察

「理科授業に関する児童の意識の事前・事後調査の結果及び分析」から、「①理科以外の教科の学習が理科の学習に役立っている」に有意差が見られるなど、STEM教育の工学、数学、技術の要素を組み込んだ天体の学習における学習支援策は効果があったと考えられる。

また、様々な学習支援策により、「①理科の勉強は好きだ」「②理科の授業内容はよく分かる」など、子供の興味関心を高めてきたと考えられる。

STEM教育を教育課程内で実施するためには、単独の教科ではなく、教科横断的な視点から、複数の要素を関連させた総合的単元構成をデザインすることが、一つの方法であると考え、カンファレンスから実践と評価の方向性を導き、それを検証してきた。

各学習支援要素は、OPP の記述をテキスト分析したことにより、子供の知識と知識が結ばれ、考え方の広まりや深まりを確認し、働きかけの有効性を確かめることができた。また、総合的単元構成をデザインすることにより、天体の学習に対する子供の興味・関心を高め、学校に一つの事例を提供できると感じる。

また、実際のスケール感をつかむ体験活動を取り入れることは、例えば、「太陽がとてつもなく遠くに離れているので、地球の影が月に映らない」など、「分かった」という納得感や実感を伴った理解の深まりにつながった。科学の楽しさや喜びとともに、21世紀型学力の視点である、「④理科の授業で、自分の考えをまわりの人に説明したり発表したりしている」(コミュニケーション力)「③理科の授業で学習したことを普段の生活の中で活用できないか考える」(汎用的能力)などの力を伸ばす手がかりとなる可能性がある。

## 6 研究の課題

本研究を通したいくつかの課題をあげる。

ア 今回の実践では、科学、工学、数学、技術の各要素を確実に抽出して効果測定することはできていない。働きかけの検証方法に改善の余地が残った。

イ 教科横断的な視点から、STEM 教育を、より大きな総合的単元構成のデザインを構想しできる可能性を秘めている。今後、様々な構想と検証を繰り返したい。

### <引用・参考文献>

- ・ 峯村恒平 野村泰朗(2017)「STEM 教育の考え方を取り入れたものづくり活動の意義と効果の検討」埼玉大学紀要 66(2)、PP295-303
- ・ 熊野善介(2016)「最新のアメリカの STEM 教育の展開」日本科学教育学会研究会研究報告 Vol.30 No.9、PP:57-62
- ・ 野村泰朗、大高徹也(2014)「小学校における STEM 教育の考え方と導入可能性を検証する授業実践」日本科学教育学会年会論文集 Vol.38、PP:493-494
- ・ 堀哲夫(2004)「一枚ポートフォリオ評価 理科」日本標準
- ・ 松原憲治、高阪将人(2017)「資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としての STEM 教育と問い」科学教育研究 Vol.41 No.2、PP150-160
- ・ 後藤顕一、松原憲治(2015)「主体的・協働的な学びを育成する理科授業研究の在り方に関する一考察」理科教育学研究 Vol.56 No.1、PP17-32
- ・ 奈須正裕(2017)「資質・能力と学びのメカニズム」東洋館出版社 P19、P167
- ・ 小学校学習指導要領解説 総則編(2017) 文部科学省
- ・ 小学校学習指導要領解説 理科編(2017) 文部科学省
- ・ 「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめについて(報告)」(2016)中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会