

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：32604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03280

研究課題名(和文) 日本中の4年生が星の観察ができる指導法の開発 - 星座カメラ i-CANを活用して -

研究課題名(英文) Development of teaching method for 4th grade students in Japan to observe stars-Utilizing the constellation camera i-CAN-

研究代表者

石井 雅幸 (Ishii, Masayuki)

大妻女子大学・家政学部・教授

研究者番号：50453494

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：1 星座カメラi-CANで写し出す映像を見た児童は、その夜に複数の児童が同じ星の集まりを記録することができるようになった。また、個々の児童は時刻を変えて再度観察してきた。  
2 天候に左右される天体の観察は、好天が続く観察に適した時期がある。また、その時期に児童が観察しやすい星の集まりがあるのかという課題がある。そこで、惑星を使った観察を行うという方法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、小学校第4学年の児童が理科の学習で扱う星の集まりとしては、以下のものに限られてきた。夏は夏の大三角、冬はオリオン座をはじめとする冬の大三角である。これらはすべて1等星である。ところが、夏と冬に連続して天候に恵まれず、星の観察がでにくい地域もある。その地域では10月や11月に連続した好天が続いている。ところが、この時期は児童が見出しやすい複数の明るい恒星が見出せない。そこで、惑星の木星や土星を活用した観察を行うという方法を開発した。

研究成果の概要(英文)：1 Children who saw the images projected by the constellation camera i-CAN were able to record the same group of stars on that night by multiple children. In addition, each child was observed again at various times.

2. Observation of celestial bodies, which is affected by the weather, has a period suitable for observing continuous fine weather. There is also the issue of whether there are clusters of stars that children can easily observe at that time. Therefore, we developed a method of observing planets.

研究分野：理科教育

キーワード：星座カメラ 惑星 小学校理科 星の集まり 観察

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

月と太陽の観察は昼間に学校で行うことができる。しかし、星については昼間に学校で観察することができない。そこで、プラネタリウムのみ頼ったり、家で子どもが各自観察してきた結果を持ち寄ったりすることを行っている状況である。家での観察は、どの星を観察してきている

**表 1 i-CAN システムサイトの一覧**

No.	i-CAN サイト名	設置場所	緯度	経度	日本との時差
1	Luna	日本・熊本県南阿蘇	東経 130	北緯 32	0
2	Sacra Apachipoint	北米・ニューメキシコ州	西経 106	北緯 33	-16
3	Will	北米・ウィスコン州	西経 88	北緯 42	-15
4	Rose	北米・フロリダ州	西経 82	北緯 33	-14
5	Tenco	スペイン・グラナダ	西経 3	北緯 37	-8

のか、各家庭での観察結果を持ち寄っても、友達の結果と自分の結果は同じ星の集まりを見ているのか定かでない。以上のことから、小学校第 4 学年の星の学習での課題を少しでも解決できる教材や指導法の開発が求められる。

これまでに、研究代表者並びに研究分担者は、「広視野・高感度カメラ」により星空を映し出すツールとして開発した星座カメラ i-CAN を世界の各地(表 1)に設置した。人間の目に近い視野をもった i-CAN は、本当の星空に近い映像を昼間の教室で見ることができるようにした。このシステムは、子どもが教室に居る昼間に同じ星空を見る共通体験を子どもたちに与えた。そこで i-CAN を使って、日中に子どもが星空の観察ができるような手助けを行えるようなシステムの改善やその指導法の検討が求められる。

現在多くの小学校では、学習内容の配列いわゆる年間の指導計画を教科書に頼っている。そこで、小学校第 4 学年の星の学習がいつ頃、どのような星の集まりを対象に扱うようになっているのかを現在小学校の理科を扱っている全 6 社の教科書の星の学習の配列、対象の星の集まりを調べたところ、表 2 のようであった。

**表 2 6 社の教科書が扱う星の学習の時期と星の集まり**

教科書会社	夏の星	秋の星	冬の星	対象の星の集まり
大日本図書	7月上中旬	なし	1月上旬	夏の大三角・オリオン座
東京書籍	7月上中旬	9月	1月上旬	夏の大三角・オリオン座
啓林館	7月上中旬	9月	1月上旬	夏の大三角・オリオン座
学校図書	7月上中旬	9月	1月上旬	夏の大三角・オリオン座
教育出版	7月上中旬	9月	1月上旬	夏の大三角・オリオン座
信濃教育	7月上中旬	なし	1月上旬	夏の大三角・オリオン座

表 2 から、いずれの教科書も星の学習を扱う時期も対象とする星の集まりも同じであることがわかった。このことから、決められた時期の多くの学校が星の学習を行うことが想定できる時間帯に、対象となる星座カメラを対象となる星の集まりの方角に向けておくことで、日本中の子どもが i-CAN 画像を見ることができるようになる。ところが、7 月上中旬と 1 月上旬に天候が安定せず夜空の星の観察が連続的にできない地域が多くある。これらの多くの地域においては、10 月から 11 月の秋の時期に安定した天候が続き、夜空の星の観察を連続的にできる。この時期は夏

や冬の大三角のように明るく目立った恒星を使った三角などの星の集まりが見出せない。そこで、この時期に見られる星を使った子供が比較的捉えやすい星の集まりを見出す必要がある。

## 2．研究の目的

これまでに、研究分担者や研究協力者とともに、i-CAN を使った学習を展開し、星の動きの学習に有効であることがわかってきている。この学習では、i-CAN 映像を使って日中の時間帯に星空を教室の中で観察し、観察対象の星がどの位置にどのように見えるのかを確認し各自記録を行っていく。この教室での活動をもとに、子どもたちは各自、家での夜の星空の観察を行ってくる。子どもは、この観察結果を持ち寄り、持ち寄った結果を基に教室で星の動きを確認していく。この過程を通して、星の集まりの動きの規則性についての結論を導き出していく。最後に、i-CAN の映像を使って星の動きを全員で見ることで、自分たちが導き出した結論を確認していく。こうして、日本中の子どもが星空を実際に観察して、小学校理科の星の学習ができるようにしていくことが大きな目的である。そのために i-CAN システムの改善を行い、だれもがより実際の星空に近い映像を見ることができるようになる。また、教科書に掲載された時期並びに掲載時期以外でも小学校教師が理科の授業で星の学習ができる教材システムを再構築していくことが求められる。さらに、i-CAN システムを活用することによって、子どもたちの星の観察技能を高める指導の効果を検証していくことである。そこで、以下の3点を研究の目的とした。

(1) i-CAN システムの改善を行うことによって、より解像度が高く、高速のネットワーク環境に対応できるようにする。：i-CAN システムの更新

(2) 表1のように教科書で扱っている7月上旬と1月上旬に天候が安定せず、秋に連続的に安定した天候に恵まれた地域での星空観察に適した星の集まりの検討を行う。：小学生が観察記録しやすい秋の星の集まりを見出す。なお、本研究はすでに日本教材学会 教材学研究 34 巻に掲載

(3) i-CAN システムを活用しての小学校第4学年を対象とした星の集まりの観察記録技能を高める指導法を開発する。：小学校第4学年の児童が星の集まりの観察記録技能を向上させる指導法の開発：第76回 2022年日本地学教育学会全国大会島根大会と 2022年国際地学教育学会 (GEOSCIENCE2022) で発表

## 3．研究の方法

前述の研究の目的3点に従って研究の方法を論じていく。

### (1) i-CAN システムの更新

i-CAN システムは、20年近く稼働し続けている。時間経過に伴い、ネットワークシステムやカメラシステムも古くなり、Wi-Fi を通信手段とする We-CAN といったシステムも作られた。We-CAN 同様な、i-CAN システムの更新が求められていた。ところが、コロナ禍の中、海外への渡航が制限され、更新が進まなかったが、2022年度に研究分担者である佐藤毅彦と木村かおるが、カメラの更新やネットワーク環境の再構築をできるところから行っていった。

### (2) 小学生が観察記録しやすい秋の星の集まりを見出す

秋に明るくみられる木星、土星、火星の3つの惑星と1等星の恒星を組み合わせた三角形をつくることのできる星の集まりを確かめることにした。

具体的には、木星と土星の公転周期をもとに、2020年から2050年の30年間を対象とした。また、夏と冬に晴天率が低く、10月から11月に晴天が他の時期に比べて続く仙台を観測地の代表

としてあげた。そこで、仙台市の 10 月と 11 月の小学生が観察を行う時間帯である 19 時から 21 時の星空について、上記 30 年間分天体シミュレーションソフトを使って再現し検討していった。なお、活用した天体シミュレーションソフトは、Stellarium (Febien Chereau「Stellarium AstronomySoftware」 <https://stellarium.org/ja/> (2019 年 11 月 5 日参照)) と国立天文台のサイト (大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台,「今日のほしぞら」今日のほしぞら - 国立天文台暦計算室 (nao.ac.jp)<https://stellarium.org/ja/> (2019 年 11 月 5 日参照)) を用いた。

### (3) 小学校第 4 学年の児童が星の集まりの観察記録技能を向上させる指導法の開発

複数の児童が同じ星の集まりを観察記録してきたのかを、天体シミュレーションソフトの Stellarium のシミュレータ画像と児童の記録を重ね合わせ比較することで見とった。具体的には、複数の児童が同じ星の集まりを観察していること、同じ星の集まりを継続的に観察でき、時間が経過しても並び方は変わらずに位置が変わることを観察記録できているかを検証する。その際に、泉水 (2018:平成 30 年度大妻女子大学家政学部児童学科卒業研究要旨集,pp.180-181) が、観察記録の再現性を見とる 5 つの要素として「(ア) 観察時刻を記載している、(イ) 星の集まりが同じである、(ウ) 同じ星の集まりの時刻による移動を記録している、(エ) 方位が一致している、(オ) 高度が一致している」を提案している。これら 5 つの要素に基づき、複数の児童の観察記録の検討を行った。

## 4. 研究成果

### (1) i-CAN システムの更新

表 1 の中で、日本の小学校の授業が行われる時間帯に、観察ができるサイトは、2 から 5 のサイトである。時差から見てわかる通り、2 番の Sacra は、日本の 11 時頃に現地の前日の 19 時となる。同様に現地の 19 時に対応する日本の時刻をみて、3 番の Will が 10 時、4 番の Rose が 9 時となる。夏の時間であると 19 時はまだ明るいことを考えると、あと 1 時間あとが観察に適した時間といえる。このように、すべてのサイトがうまく稼働していれば日本の午前中あるいは午後 1 番の時間に i-CAN システムを使った授業を行うことにより、今夜子供たちが観察できる星空とほぼ同じ星空を i-CAN システムを使って観察を行うことができる。ところが、2020 年度本研究がスタ



図 1 更新された Luna からの配信画像

ートした時点で授業に活用できるサイトは通信障害、カメラの不具合等の理由で安定した稼働ができない状態にあったものが複数あった。

まず初めに国内にある 1 番 Luna の更新を行い、通信環境、カメラの更新を試行的に行った。その結果、図 1 のようなこれまでと比べても美しい画像を安定的に配信できるようになったことを確認できた。

国外のサイトに関しても以下のように順次更新を進めてきた。

2番 Sacra のシステムは、2022 年度に大きくカメラやネット環境の更新ができ、美しい星空画像を安定的に配信できるようになった。サーバーの入れ替えを行い、3番 Will のシステムが順調に動き続けるようになった。

以上のような更新により、安定した画像を受信できる i-CAN システムになった。

#### (2) 小学生が観察記録しやすい秋の星の集まりを見出す

天体シミュレーションを用いて、惑星の動きを調べた結果、2020 年から 2050 年までの間で、2036 年から 2042 年を除いた年で、惑星と恒星を使った目立った星の集まりの構成ができた。また、見出された星の集まりにおいても恒星による星の集まり同様に、星の動きの観察ができると判断できた。さらに、小学校 4 年生が惑星と 1 等星の恒星からなる三角形の星の集まりを観察記録することができることを確認した。

#### (3) 小学校第 4 学年の児童が星の集まりの観察記録技能を向上させる指導法の開発

およそ半数強の児童が時刻を記録することができていた。観察時刻については、i-CAN の利用時期による観察記録技能に大きな差がないことが示唆された。また、同じ星の集まりを複数の子どもが見ているのかについては、危険率 1 パーセントで最初の場面で i-CAN を見せた学級と最後に i-CAN 画像を見せた学級とでは有意な差が見られた。最初に見せた学級が最後に見せた学級に比べて同じ星の集まりを複数の子どもが記録できたと推測できた。i-CAN の視野の大きさは、人が空を見上げた時に見える視野の大きさと同じ大きさに設定されている。そのため、授業時間内に i-CAN で観察対象を確認することで、夜空に見える星の集まりの視点をとらえることができ、児童が各家庭でも同じ星の集まりを観察記録することができたと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 石井雅幸・木村かおる・山崎誠・篠崎潤一・小森次郎	4. 巻 8号
2. 論文標題 2020年度 野外での自然観察活動の計画の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 こども臨床研究	6. 最初と最後の頁 13-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石井雅幸・木村かおる	4. 巻 34
2. 論文標題 小学校理科における星の集まりの観察方法の開発（秋の星の集まりに着目して）	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 教材学研究	6. 最初と最後の頁 71-80
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 石井雅幸	4. 巻 23
2. 論文標題 直接体験することの価値とは：自然事象を対象にして幼児・児童・生徒・学生の学びから	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 クレスコ	6. 最初と最後の頁 14-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石井雅幸・大林千恵	4. 巻 58
2. 論文標題 理科授業における深い学びとは：児童が見方・考え方を働かせることに着目して	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 大妻女子大学家政系研究紀要	6. 最初と最後の頁 37-52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ishii Masayuki	4. 巻 2022
2. 論文標題 Elementary school students' understanding of the tentativeness of scientific knowledge	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Human Culture Studies	6. 最初と最後の頁 478 ~ 487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9748/hcs.2022.478	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計3件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 K. Kimura <sup>1</sup> ; M. Ishii; M. Sugaya; T. Satoh
2. 発表標題 Astronomy lessons which used Constellation Camera "i-CAN" that encourage the attitude of observing the night sky (Paper: SH_02)
3. 学会等名 GeoSciEd IX (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Satoh; M. Ishii; I. Matsumoto; K. Kaoru; H. Ueda
2. 発表標題 Use of the Remote Observing Tools for Astronomy Subjects under the Pandemic (Paper: SH_04)
3. 学会等名 GeoSciEd IX (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石井雅幸・羽出木菜々子・木村かおる
2. 発表標題 デジタルプラネタリウム時代における星の指導法の開発 - 小学校第4 学年 星の集まりの動きの学習内容について -
3. 学会等名 第76回日本地球教育学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 角屋 重樹、林 四郎、石井 雅幸、稲田 結美、木下 博義、松浦 拓也	4. 発行年 2022年
2. 出版社 教育出版	5. 総ページ数 368
3. 書名 小学校理科 授業実践ハンドブック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐藤 毅彦 (Satou Takehiko)  (10297632)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授  (82645)	
研究分担者	松本 一郎 (Matsumoto Ichirou)  (30335541)	島根大学・学術研究院教育学系・教授  (15201)	
研究分担者	木村 かおる (Kimura Kaoru)  (80879908)	大妻女子大学・家政学部・准教授  (32604)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------