

星空ライブシステムの開発

高田 淑子¹，門脇 駿²，齋藤 弘一郎³

¹宮城教育大学 理科教育講座，²仙台市立吉成中学校，³大崎市立東古川中学校

星座の形や星の日周運動の観察教材に活用する目的で、全天の星空をリアルタイムにホームページで公開できる星空ライブシステムを開発した。星空ライブシステムの撮像部は、天頂に向けて設置した魚眼レンズ付高感度カメラで、全天の領域をほぼ撮像可能である。撮像画像は、ネットワークカメラサーバーを経由してホームページで公開されるとともに、定時間隔で星空データベースとして星空画像を蓄積することにより、星の日周運動の映像作成が可能となる。これらを校内に設置することにより、小中学校の理科の授業で、生徒の生活環境で撮影された実際の星空を昼間に観察したり、あるいは、時差のある海外に設置することで、昼間の授業時間中に星空観察が可能となる等、ICT を有効利用した星空観察教材となりうる。

キーワード：天文教育、星空観察、理科教育、インターネット、ネットワーク

1. はじめに

小中学校理科の学習指導要領[1、2]に掲げられる実験・観察の中でも、実際に実施されないことが多いのが天文分野の観察である[3]。星座の形、星の日周運動、年周運動など、全天の星の動きを捉えることは、小中学校の天文学習における第一歩であるにもかかわらず、夜間や長期の観察が必要で、昼間の授業では実施困難なためである。天文分野における学習指導要領の定める観察授業は、もはや形骸化している。観察の代替として、有償のシミュレーションソフトで星座や星の動きのアニメーションを教材として利用したり、座学に終始する場合など、天文分野は教員が苦勞する単元となっている。

このような状況下、肉眼での星空観察を補助する目的で、星座の形や星の日周運動を授業時間中に映像で観察することが可能な「星空ライブシステム」を開発した[4]。

「星空ライブシステム」は、魚眼レンズ付高感度ビデオカメラを用いてリアルタイムで撮像した

「今の星空」を、自動的に世界中の人がホームページ上で観察できるシステムである。さらに、一晩の撮像画像を合成すれば、星の日周運動が一目でわかる映像が作成でき、授業での活用が可能となる。

ホームページで空のライブ映像を公開するシステムは、日本国内にも多数存在している。天体観測支援用の高価な器材で構築される高解像カラー映像システム（たとえば、スカイモニター（国立天文台岡山天体物理研究所）[5]）や、観察する方角を操作しながら限定した空の領域で星座を観察するシステム（たとえば、i-CAN[6]）等、それぞれ目的に合わせたシステム設計がなされている。

これらと比較し、「星空ライブシステム」は、星の日周運動など全天の星の動きが明確に解る点が特徴である。さらに、軽量小型で民生品を用いた安価なシステムのため、メンテナンスが容易で、長期運用につなげることが可能である。これは、学校教育で一般活用・普及するためには不可欠の条件である。

現在、宮城教育大学屋上（北緯 38 度 15 分 31 秒、東経 140 度 49 分 46 秒）に星空ライブカメラ 1 台を設置し、2010 年 1 月より運用を開始している。

2. 星空ライブシステムの概要

星空ライブシステムは、星空ライブカメラの撮像部（撮像系、光学系）と画像配信システムから構成される。

2.1 星空ライブカメラ

星空ライブカメラの撮像部（図 1）は、撮像系にモノクロ高感度 CCD ビデオカメラ（Watec 社 WAT-120N+）を用いる（表 1）。このビデオカメラは、最低被写体照度、 $2 \times 10^{-5} \text{ lx}$ 、F1.4 で、全天撮像でも星の微弱な光を捉えることが可能である割に安価な CCD カメラである。ただし、モノクロカメラのため星の色は識別できない。

光学系は撮像カメラの CCD サイズ（1/2 型）で全天を撮像可能な魚眼レンズ（FUJINON 社 YV2.2 × 1.4A-SA2、図 1）を使用した（表 2）。

これらで構成する魚眼レンズ付ビデオカメラを天頂に向け、防水防塵用ケース（タカチ社）内に固定した（図 1、2）。ハウジングの上部にレンズ径ほどの穴を開け、レンズを覆うようにフリンジ付アクリル透明半球（φ = 10cm）をネジとシリコンで固定・防水し、全天撮像を可能にしている（図 2）。このハウジングは特にメカニカルな稼働部がないため、メンテナンスの負荷が少ない。さらに、カメラハウジングが強風で飛ばされないように、L 字型ステンレスアングルとステンレス板でハウジングをネジ止めし、ブロックでステンレス板を押さえている。

この屋外設置カメラへの電力供給とカメラからの映像送信のために、市販の監視カメラ用防水電源・映像延長ケーブルを用いた。これにより、カメラの映像を天文台内のネットワークカメラサーバー（図 3 左）に送ると共に、天文台からカメラに電源を供給できる。さらに、ビデオカメラ

の CCD を屋間の太陽光から守るために、プログラムタイマー付電源コンセント（REVEX 社 PT-24、図 3 右）を用いて、薄明終わりから薄明始まりの夜間のみ通電して撮像し、毎日の露出調整、電源制御を不要とした。

2.2 カメラの設置と星空画像調整

カメラを屋外に設置する際は、できる限り暗い星が映るように、月の出ていない夜に、ゲイン、露出時間、絞り、焦点距離等を調整し最適化した。また、水平器を用いて水平に設置するとともに、星空画像上の上下左右が各四方位に合致するように、北極星の画像上の位置を確認してカメラの向きを微調整した。



図 1 星空ライブカメラ

表 1 カメラ

（Watec 社 WAT-120+（EIA）の仕様 [7]）

撮像素子	1/2 インターライン転送 CCD
有効画素数	768 (H) × 494 (V)
セルサイズ	8.4 μm (H) × 9.8 μm (V)
動作温度	-10 - 40°C
動作湿度	95 % 以下
重量	150 g
寸法	43.5 × 44 × 63 mm

表 2 魚眼レンズ

（FUJINON 社 YV2.2 × 1.4A-SA2）の仕様 [8]

焦点距離	1.4 - 3.1 mm
絞り	F1.4 - クローズ
画角	Wide 185° (1/3, 1/4 型)
焦点距離	∞ - 0.2 m
重量	70 g
マウント	CS

星空ライブカメラで撮像した星空の例を図4に示す。これは、宮城教育大学（仙台市）の屋上から2010年1月17日午後9時30分に撮影した星空である。方位は、上が北、下が南、左が東、右が西に対応する。北西と北東の地平付近に階段建物と天文台がそれぞれ見えるが、高度 15° 以上の空は全域視野内に撮像されている。また、この時間の星の高度・方位の位置と画像上の星の位置関係を確認することにより、高度 25° 以上の全天がほぼ等距離射影されていることが確認できた。東側の地平付近の空の白い領域は仙台の市街地の光害によるものである。南中したオリオン座と、冬の三角形が南東の空に見える。

撮影された星の等級調査から、高度 30° 以上であれば、3.4等星より明るい星は認識可能であった。宮城教育大学が位置する仙台市青葉山では、良好な天候の際は、3等星まで肉眼で確認できることから、ほぼ、肉眼の感度と同等の感度で観察できることがわかる。

2.3 ライブ配信システム

カメラで撮像した星空の映像は、アナログビデオ信号で出力し電源映像延長ケーブルを通じて、ネットワークカメラサーバー（Panasonic社BB-HCS301）（図5）に送られる。ネットワークカメラサーバーでは、アナログ映像をJPEGフォーマットにデジタル化し、httpでインターネットからアクセス可能となる（図5）。ただし、すべての画像は、セキュリティの観点から直接学外へは公開せず、画像DB・公開用サーバーに送られ、この公開用サーバー上のホームページ（<http://sky.miyakyo-u.ac.jp/>）で外部に公開している（図5、6）。

画像DB・公開サーバーでは、crontabを起動し、定時間隔でhttpで画像取得するwgetコマンドを実行するperlプログラムを稼働させ、ネットワークカメラサーバーから星空画像を取得している[9]。

目的別に画像の取得時間間隔を決定し（表3）、リソースの有効活用のために、必要最低限の画像

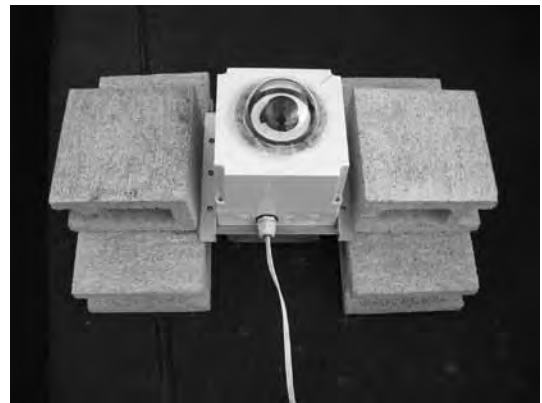


図2 屋外に設置した星空ライブカメラとハウジング

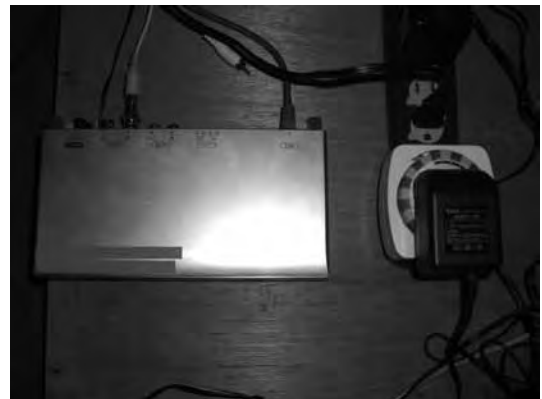


図3 ネットワークカメラサーバー（左、Panasonic社、BB-HCS301）とタイマー付電源コンセント（右、REVEX社PT-24）

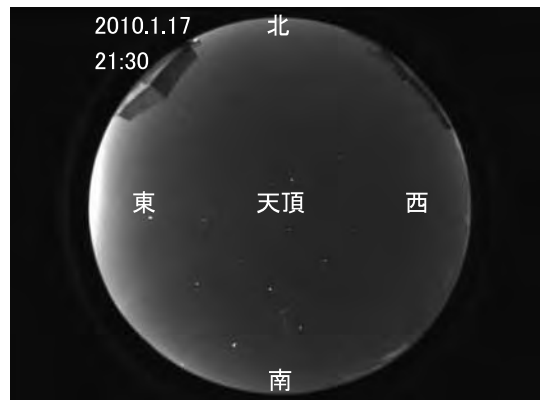


図4 星空ライブカメラの撮像画像例（2010年1月17日午後9時30分撮影）

を蓄積・表示するように設計した。

ホームページ（<http://sky.miyakyo-u.ac.jp/>）では、「今の星空」を、1分毎に更新し、大きく表示する（図6上）とともに、午後6時から翌朝

5時まで、1時間毎に撮像した星空も同じホームページに表示(図6下)し、今日(昨日)の星空の推移、星の日周運動も一目でわかるようにしている。

さらに、午後6時から明朝5時まで10分毎に、DB・公開サーバーに星空画像を蓄積する。これらを用いれば、好天日一晩の星の日周運動の映像が作成でき、教材として利用可能である。

3. 星空観察教材としての活用

星空ライブで取得した2010年1月17日の星の日周運動を、図7に示す。撮像時刻は、19:00(左上)、21:30(右上)、23:30(左下)、25:00(右下)である。画像中の方位は図4に示される通り上が北、下が南、左が東、右が西である。この一連の画像で確認できる星座等を表4に示す。宮城教育大学(仙台市)での撮像のため、3等星までの明るさの撮像が限界であるにもかかわらず、小中学校で学習するほとんどの星座は、確認可能である。

また、これらの星座を観察すると以下のことがわかる。

表3 星空画像の表示と蓄積

観察目的	取得間隔	画像表示・蓄積
今の星空	1分	ホームページ表示
今日の星空	1時間	ホームページ表示
日周運動	10分	蓄積・映像化

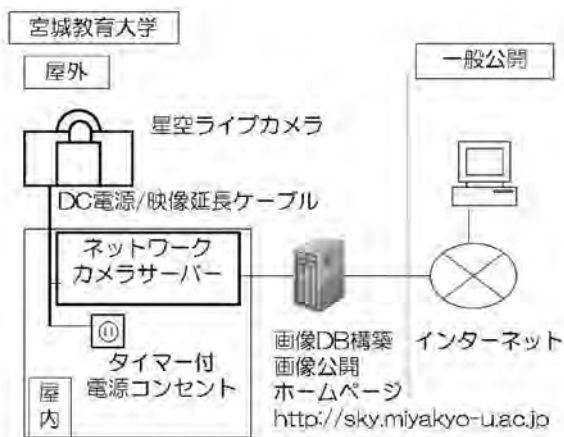


図5 星空ライブシステム

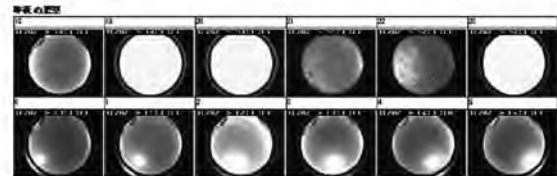
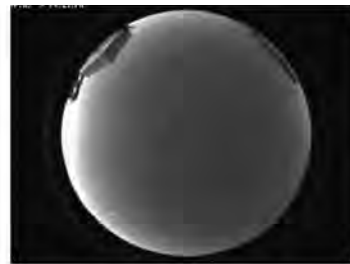


図6 星空ライブのホームページ
<http://sky.miyakyo-u.ac.jp/>

表4 確認できる星座等(宮城教育大学屋上)

南天の星座		北天の星座	
星座名等	図7の印	星座名等	図7の印
オリオン座	白太実線	北極星	白細実線
冬の三角形	白太破線	北斗七星	白細破線
ぎょしゃ座	白太点線	カシオペア座	白細点線
ふたご座	白太鎖線		
しし座	白細鎖線		
おうし座	白2重鎖線		
火星	黒実線		
土星	黒破線		

1. 南天の星:

- (ア) 星座の形や位置関係は変化しない。
- (イ) 星は、東から昇り南を通り西に沈む。

2. 北天の星:

- (ア) 北極星の位置は変わらない。
- (イ) 北斗七星とカシオペア座は北極星をはさんでほぼ対極にあり、北極星を中心に反時計回りに回っている。

小学校4年生理科の学習指導要領[1]には、「月や星を観察し、・・・(略)・・・、空には明るさや色の違う星があること、星の集まりは、1日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わること」と記載され、さらに、中学校理科の学習指導要領[2]には、「天体の日周運動の観察を行い、その観察記録を地球の自転と関連付けてとらえること。星座の年周運動・・・などの観察を行い、その観察記録を地球の公転や地軸の傾

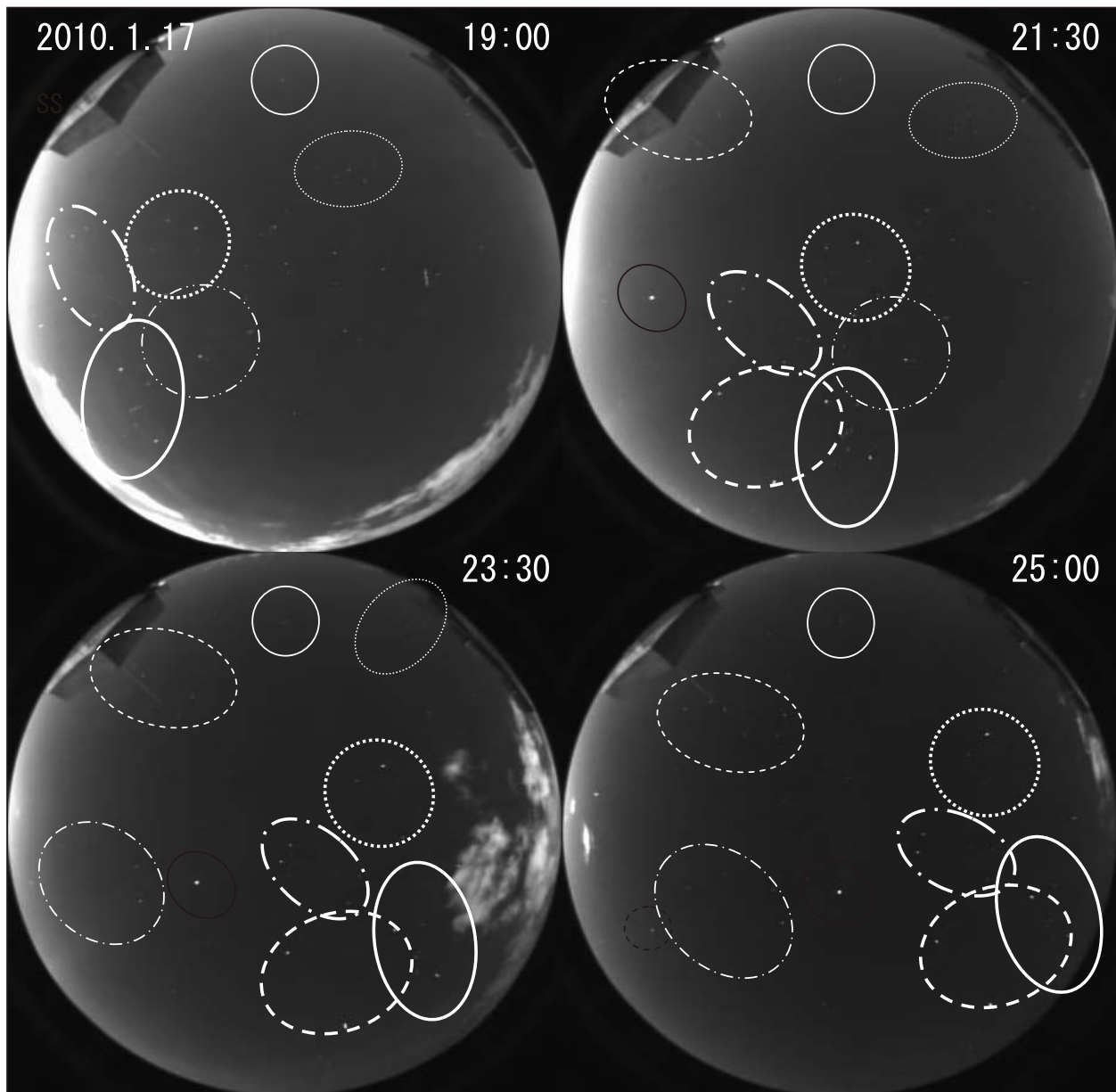


図7 星空ライブカメラで撮像した星空（2010年1月17日撮像）

きと関連付けてとらえること」と記載されている。「星空ライブ」は、まさに星の日周・年周運動について小中学校で学習する内容の映像を提供している。天文の単元において、夜間観察学習を宿題として出すだけではなく、図7に示されるような映像が学校の敷地等で撮像されれば、生徒の生活習慣の中での星の日周運動が身近に体感できる。また、1年を通して、同時刻の星空を連続して映像化することで、星の年周運動の可視化も可能となり、中学校で学習する内容の観察が網羅できる。さらに、このようなカメラを日本と時差のある

地域に設置することで、授業時間中に今日の星空が見られる他、緯度の異なる地域ではどのように星空が変化するのも確認可能である。これにより、北極星の高度の違いから地軸の傾きなどの学習にもつなげることが可能である。

4. まとめ

星座の形や星の日周運動の観察教材に活用する目的で、全天の星空をリアルタイムにホームページで公開する星空ライブシステムを開発した。こ

れらを校内に設置することにより、小中学校の理科の授業で、生徒の生活環境で撮影された実際の星空を昼間に観察したり、時差のある海外に設置することで、昼間の授業時間中に星空観察が可能となる等、ICTを有効利用した星空観察教材となりうる。

現状では、モノクロ高感度カメラを使用しているため、星の色の議論ができない。しかし、学習指導要領に記載されるように「星の色」は一つの観察項目となっているため、星空カメラのカラー化は今後の課題である。また、仙台市以外の光害のない地域、あるいは、時差を利用した海外拠点での設置が可能であれば、星空教育の幅が広がる。

今後、映像のカラー化、設置拠点の増加を図るとともに、授業での活用実践などを通してシステム評価を実施していく必要がある。

5. 参考文献

- [1] 小学校学習指導要領，文部科学省(2008).
- [2] 中学校学習指導要領，文部科学省(2008).
- [3] 齋藤弘一郎：天文・気象分野における定点観測教材の開発と実践，宮城教育大学大学院修士論文，pp.11-18 (2009).
- [4] 門脇駿：星空ライブカメラによるリアルタイム天体観察システムの開発，宮城教育大学卒業論文(2010).
- [5] 国立天文台岡山天体物理研究所スカイモニター，<http://www.oao.nao.ac.jp/weather/skymonitor/>.
- [6] 佐藤毅彦，他：星座カメラ i-CAN プロジェクト，天文月報，99(11)，pp.644-650(2006).
- [7] ワテック(株)：WAT-120N+ 説明書.
- [8] フジノン(株)：YV2.2 × 1.4A-SA2 説明書.
- [9] 齋藤弘一郎，高田淑子，三浦宏明，宮地竹史：授業で使える全天ライブシステム ZenTen～魚眼レンズとネットワークカメラで～，天文教育，95(20)，pp.47-48 (2008).

6. 謝辞

本研究は、日本学術振興会の科学研究費基盤研究(C)(21500820)の助成を受けて実施された。