

一般財団法人WN I 気象文化創造センター

第13回気象文化大賞「対流圏の気温減率は本当に $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ なのか-高等学校における探究的活動の開発-

助成に係る研究・活動成果報告書

宇都宮大学共同教育学部

准教授 瀧本家康

1. 助成テーマ

「対流圏の気温減率は本当に $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ なのか-高等学校における探究的活動の開発-

2. 研究の背景と目的

対流圏は私達が生活する場であり、一般的な大気現象（雲の発生や降水など）が生じることから、その基本的な性質を理解しておくことは専門家以外であっても重要である。特に、対流圏においては、高度が上昇するほど基本的には気温が低下し、それは登山などで標高の高い位置に行くにつれて寒く感じることから、一般の人々にとっても馴染みの深い現象であるといえる。そして、その際の気温低下の割合は、100m 高度が上がるごとに 0.65°C 低下することが知られており、このことは、高等学校地学基礎における気象分野においても学習する。

私たちは、第12回の気象文化大賞にて、市販の放射温度計を活用し、対流圏下層の気温減率を実際に測定するための教材の開発を行っている（瀧本ほか、2024 投稿中、地学教育）。その取り組みの過程の中で、宇都宮や館野、京都で実測した日々の気温減率の値は必ずしも 0.65°C を示さないことを見出した。具体的には、2022 年に実施した測定結果では、気温減率は $0.52 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 程度であった。

その一方で、高等学校地学基礎の教科書全5冊のうち、4冊においてはいずれも「対流圏の気温は高度が100m 高くなるごとに、平均約 0.65°C の割合で低下する（第一学習社の例）」と記載されている。教科書に記載されている数値は「平均」であることから、全球レベルで時間的・空間的に平均した気温減率とは異なり、実際の日々の、あるいは個々の地点における気温減率の値は変動している可能性が示唆される。

気象の学習においては、 $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ のような気候学的な平均値を理解しておくことも重要であるが、実際にはその値がどの程度日々のレベルでは変動し、かつ、季節によって差異があるのかどうかという点についても理解しておくことは、対流圏についての理解を深めるためには重要であると考えられる。

このような背景の中で、近年ではインターネット上でオープンアクセスが可能な高層気象データも存在している。日本では気象庁が無料で気象観測データを公開している。

そこで、本研究では、気象庁の高層気象観測データを用いて、「対流圏の気温減率」をテーマとした高等学校で実施可能な探究的な学習活動を提案、試行実践することを目的とする。

3. 開発教材と授業概要

3.1 使用したデータ

学習者にとって自身の居住地に比較的近い観測点のデータを対象とすることで、分析を行うデータへの興味・関心が喚起されると考えられる。本研究では、授業実践の学習者の居住地や在籍学校の所在地を考慮し、館野（茨城県）の高層気象データを用いて栃木県内で授業実践した。

授業の具体的な構成の検討に先立ち、使用する高層気象データが教材として妥当かどうかを検証した。ここでは、観測最低高度から第一圏界面高度までの気温低下率を気温減率と定義した。なお、気象庁は第一圏界面を「500 hPa 面以上の高さで、ある面とそれより上2 km 以内の面間の平均気温減率がすべて $2.0^{\circ}\text{C}/\text{km}$ を超えない面」（気象庁、2023）と定義しており、観測データには識別符として記されている。この定義に基づき、館野で2022年に観測された高層気象データを用いて1年分の気温減率の分布を確認し、その平均値を算出した。その結果、デ

ータは概ね山型の正規分布に近い分布となり、気温減率の平均値は $0.59\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ であった (図 1)。

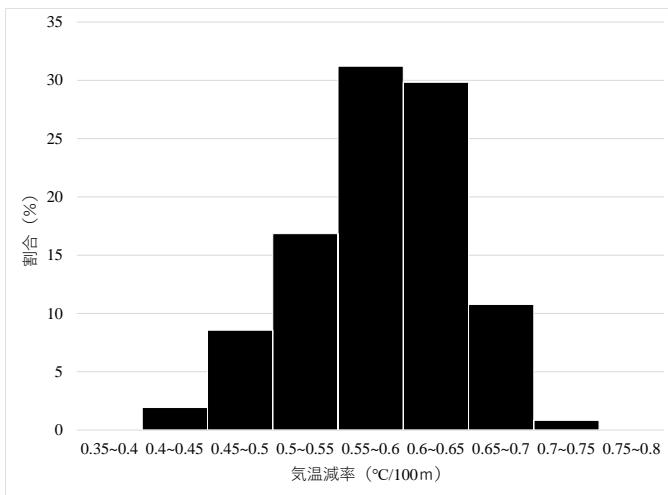


図 1 2022 年館野の気温減率のヒストグラム

3.2 授業概要

開発した教材は、先述の通り、生徒が実際の測定データから算出した気温減率の値が国際標準大気の数値と異なることに対して、その妥当性を検証するとともに、気温減率の日々の変動幅を捉えることを目標としている。そこで、授業のねらいを「気温減率の値を実際のデータで検証しよう – 本場に $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ になるのだろうか? –」と定めた。

このねらいを達成するために、5 つの活動を通して、気温減率について理解し、1 年分の気温減率の算出とその結果の妥当性の判断を生徒に行わせる授業を開発した。特に、1 年分の気温減率のデータから得られた平均値が国際標準大気に基づく気温減率と異なっていることについて、その結果の妥当性についてデータの分布の形状 (図 1) から論拠をもって生徒自身が判断できるかという点を重視した。これは、先述のように一般的に測定値が理論値と離れた場合、生徒は自分の値に納得しないことが多く、失敗だと思い込む可能性があることが指摘されている (山本, 2020) ためである。また、生徒自身がデータの分布に基づき、根拠を持って測定結果の妥当性を判断できることは重要なデータリテラシーであると考えられるためである。

授業の具体的な概要を以下に示す。

(1) 導入

春の富士山の写真を提示し、「麓には桜が咲いているが山の頂上付近には雪が残っているのはなぜか」と問いかける。そして、麓から高度が上がるにつれて気温が下がっていくことを、登山などの経験も元にしながらか確認する。

(2) 展開

はじめに高等学校地学基礎の教科書における気温減率の記載例を共有し、気温減率の定義と国際標準大気の数値が $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ であることを全体で確認する。

活動①

学んだ定義を活用し、栃木県内のアメダス奥日光とアメダス宇都宮のある日時の気温データと観測地点の高度から、気温減率を簡易的に算出させる。この活動は、計算結果が教科書に記載されている $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ とは異なることを体験的に捉えさせることが目的である。

その後、「気温減率の値を実際のデータで検証しよう – 本場に $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}$ になるのだろうか? –」という本時のねらいを提示する。

活動②

館野の 1 年分の気温減率を学習者全員で分担して算出させる。ここでは、個々人の端末で指定された日の観測

最下面と第一圏界面の気温と高度を気象庁のホームページから読み取り、気温減率を算出して表にまとめる。そこで得られた結果を、学習者全員が担当日時の気温減率を表に記入することで、1年分の表が完成する。

活動③

得られたデータの一覧から気温減率の特徴についてわかることを記述させる。記述させた後に、日々の変動やその幅について確認し、気温減率の平均が $0.58^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ となって $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ に一致しないことを確かめる。

活動④

2022年1年間で平均した気温減率は $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ にならないが、この値 (0.58°C) を代表値として扱えるか検討する方法を考えさせる。

活動後には、データの分布を捉えることが平均値の代表性の検討には必要であることを確認し、得られた館野の気温減率についてもデータの分布を捉えるために、ヒストグラムなどを作成する必要があることを確認する。

活動⑤

予め指導者が作成した気温減率のヒストグラムを配付し、そこからわかることを記述させる。そして、気温減率のデータの分布の形状が概ね山型の正規分布に近いことから、得られた平均値は代表性を有していることを確認する。また、実測値による平均値は教科書とは異なる値となったが、データの分布に基づき、算出された気温減率は館野の平均値として代表性があることを全体で確認する。

以上のような活動を通じて、実測値を用いた分析の結果、教科書に示されている国際標準大気の数値と異なる値になったとしても、データの分布からその妥当性を検討できることを体験的に理解できるよう考慮した。

(3)まとめ

これまでの活動で得られた結果に基づき、実測値を用いて算出した気温減率は平均しても必ずしも $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ にはならないこと、気温減率は日々変動しており、その値は概ね $0.4\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ に収まることを全体で確認する。

気温減率が変動する点について、対流圏全体の気象条件や地表面の影響などが日々異なるため、算出した平均値が教科書に記載されている国際標準大気の数値とは必ずしも一致しないことを確認する。また、実測値と国際標準大気の数値の差異がわずかであっても、導入で示した富士山の事例のように山麓と山頂とでは気温差が蓄積されて大きくなること、そして、植生は気温の影響を受けやすいことから、実際に植生地理の研究では気温減率は実測値を用いている（例えば岡田ほか、2019）ことを紹介する。

4. 実践の結果と考察

開発した教材の有効性を検証するために、栃木県立高等学校（全日制課程）の2年生（12名）を対象に実践を行った。なお、実践は2023年12月9日に実施し、通常の高등학교の授業の一環としてではなく、高大連携講座の一部として120分で行った。

授業内の活動における生徒の記述内容や事後に実施したアンケート調査から、本授業がデータの分析・解釈の方法の理解に繋がる可能性が示唆された。具体的には、受講生徒の58%がヒストグラムを用いることで測定値の代表性を判断することができ、授業を通じて受講生徒全員が気象データ分析への興味が向上するとともに、本授業を有意義と感じた。

これらのことから、多くのデータを集めることが容易であるオープンデータを活用し、その分布を可視化することにより、生徒自身が平均値の代表性を検討することが可能となり、データ分析に必要な基礎的素養の育成につながる可能性が示唆された。

5. 今後の課題

本実践では、高等学校の生徒が大量のデータ処理に必ずしも習熟していない可能性に鑑み、気温減率のヒスト

グラムを生徒自身で作成する活動は設けず、指導者が作成した資料から読み取る活動にとどめた。しかし、データの特徴は実際にデータを分析し、可視化していく作業を通して徐々に生徒自身が気づいていくことができる可能性もある。したがって、今後は生徒自身がデータを処理して可視化することの有用性を検討したい。また、本稿では、被験生徒数が少数であったため、教材の有用性のさらなる検証のために、より多くの被験生徒を対象に実践を行う必要がある。

6. 成果の発表について

本研究に係る成果については、その成果を学術論文として日本理科教育学会の「理科教育学研究」に投稿中（11/13 投稿受付）している。投稿原稿を成果報告書の別添資料として添付する。ただし、投稿中原稿につき、取り扱いは関係部署内に限定いただければ幸いである。

以上