



RIETI Discussion Paper Series 26-J-009

## 極端な気温が不登校にあたえる影響

内田 真輔  
名古屋市立大学

五由出 龍之介  
一橋大学

中室 牧子  
経済産業研究所

樋口 裕城  
上智大学



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<https://www.rieti.go.jp/jp/>

## 極端な気温が不登校にあたえる影響<sup>1</sup>

内田真輔（名古屋市立大学） 五由出龍之介（一橋大学）  
中室牧子（慶応義塾大学） 樋口裕城（上智大学）

### 要 旨

本研究は、極端な気温が小・中学生の不登校に与える影響を定量的に検証する。埼玉県内の公立小・中学校に在籍する児童・生徒のパネルデータを用いて、気温が主に不登校に与える影響に着目しつつ、学力や非認知能力、いじめ、暴力行為といった行動について包括的に分析した。分析の結果、前年に極端な高温日および低温日が増加することで、学校・学年あたりの不登校者数が増加することが明らかになった。不登校の増加理由は、病気や事故などではなく、「無気力・不安」によるものが統計的に有意な要因となっていた。また、高温および低温による不登校者数の増加は、とりわけ中学生で顕著にみられた。極端な高温がもたらす負の影響は学校に設置された空調（冷房）によって一部が相殺される可能性も示唆された。一方、いじめや暴力行為には気温の影響がみられなかった。また、先行研究で気温の負の影響が報告されている学力や非認知能力についてもはっきりとした効果は観察されなかった。これらの結果は、学力テストや調査に参加しない不登校者の増加によって推定結果が過小評価されている可能性を示唆している。

キーワード：気温、長期的影響、パネルデータ、不登校、無気力・不安

JEL classification: I1, I2, G0

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

---

<sup>1</sup> 本研究は、「機能する EBPM の実現に向けた総合的研究」プロジェクトの一環として行われた。本稿の原案は RIETI のディスカッション・ペーパー検討会で発表を行ったものである。川口大司プログラムディレクター、大竹文雄ファカルティフェローを始め、検討会参加者からの有益なコメントに感謝したい。本研究の実施にあたり、科学技術研究費（基盤 A）の「新型コロナウイルスが子供たちの人的資本の蓄積にもたらした影響」（研究代表者：中室牧子、課題番号 22H00064）からの支援を受けた。

# 1 序論

不登校の児童・生徒数は世界的に増加傾向にあり、教育政策上の重要な課題となっており、日本でも同様に小・中学校における不登校児童・生徒の割合は急速に増加している (Gubbels et al., 2019; Leduc et al., 2022)(Figure 1)。さらに深刻な問題として、不登校児童・生徒の 77.7%が 50 日以上欠席しており、一度不登校になると長期化する傾向がある。この問題は日本固有のものではなく、アメリカでは児童・生徒の約 30%が慢性的欠席 (chronic absenteeism) に該当し、イギリスでも約 20%が恒常的欠席 (persistent absence) の状態にある<sup>2</sup>。

従来、不登校の要因は児童・生徒本人、家庭、学校の 3つの側面から説明されてきた (原英樹, 2013; 小柴孝子, 2017)。このうち、最近特に注意が必要とされているのが、本人の無気力や不安に起因する不登校である。文部科学省 (2025) の調査によれば、不登校の主要因として「無気力・不安」が全体の 55.3%を占めており、年々増加する傾向にあるという。これは行動上の問題や家庭内問題とは異なる、内在化した心理的要因による不登校の増加を示している。この「見えにくい」不登校の増加は、学校現場での早期発見や介入を困難にしている。

本研究は、これまで注目されてこなかった環境要因、特に気候変動に伴う極端な気温事象が不登校に与える影響を初めて体系的に検証する。近年、気温が成人のメンタルヘルスにおよぼす影響や (Obradovich and Fowler, 2017)、児童・生徒の一時的な欠席率 (Pule et al., 2021) および学力テストスコア (Park, 2020) におよぼす影響が明らかになりつつある。本研究では、児童・生徒の不登校データを用いることで、若年層に対する気温の長期的かつ心理的影響メカニズムを明らかにする。

本研究の主要な貢献は以下の 3点である。第一に、埼玉県の公立小・中学校に在籍する全児童・生徒のパネルデータを用いて、極端な気温と不登校の因果関係を初めて実証的に明らかにした。具体的には、前年に 32℃を超える日が 1日増加すると学校・学年あたりの不登校者数が 0.0150人増加し、8℃を下回る日が 1日増加すると 0.0182人増加することを示した。高温および低温による不登校者数の増加は、とりわけ中学生で顕著にみられ、それぞれの増加数は 0.0488人と 0.0658人であった。

第二に、不登校の理由を詳細に分析することで、気温を通じた影響メカニズムを特定した。本研究では、病気や事故による欠席ではなく、「無気力・不安」による不登校が、高温および低温への暴露が増えることで有意に増加することを発見した。極端な気温は、身体的健康よりも心理的・精神的健康に影響を与え、無気力・不安状態を助長することで、不登校を引き起こすと考えられる。

第三に、本研究では不登校のほか、同じサンプルを使って学力、非認知能力、いじめ、暴力行為への影響も検証し、極端な気温の影響は不登校者にのみ現れることを明らかにした。先行研究で報告されているこれらアウトカムへの負の影響が本研究では観察されなかったが、これは学力テストや調査に参加しない不登校者の増加によって、推定結果が過小評価されている可能性を示している。先行研究においても、こうしたサンプルの選択バイアスの影響により、気温が学力や非認知能力などに与える真の影響が過小推定されている可能性がある。

以上の知見は、気候変動が教育格差を拡大させる新たな経路を示すとともに、学

---

<sup>2</sup>日本では 1 年間に 30 日 (年間約 15%) 以上欠席した児童・生徒を不登校と定義し、「何らかの心理的、情緒的、身体的、あるいは社会的要因・拌啓により、児童・生徒が登校しないあるいはしたくともできない状況にある者」(文部科学省)を指す。アメリカとイギリスでは、年間 10%以上の欠席を不登校と定義している。

校施設の環境改善や不登校予防策の必要性について重要な政策的含意を提供する。

## 2 先行研究

本節では、まず気温が児童・生徒の欠席に与える影響に関する既存研究を概観し、本研究が着目する「不登校」という構造的・長期的な行動変化に関する研究の空白を明確にする。次に、気温が心理的・精神的健康に与える影響に関する研究を整理し、本研究が発見した「無気力・不安」による不登校増加のメカニズムとの関連を検討する。最後に、気温が学力や行動面に与える影響に関する知見を整理し、本研究の多面的分析の位置づけを明確にする。

### 2.1 気温と欠席：短期的影響から構造的影響への展開

気温が学校欠席に与える影響については、主に短期的な欠席率の変動を分析した研究が蓄積されている。Pule et al. (2021) は南アフリカの小学校データを用いて、15℃以下の低温と 25℃以上の高温の日に欠席率が上昇することを示した。Conte Keivabu (2024) はイングランド全域の約 2 万 2 千校のパネルデータを用いて、18℃を超える日が年間 1 日増えるごとに欠席率が 0.01 ポイント増加することを明らかにし、「病気による欠席」と「許可された休暇」の増加を報告している。McCormack (2023) は米国の大都市における 8 万人の個票データを用いて、高温が欠席率と懲戒処分を増加させることを示した。特に、低温は懲戒処分に影響しないが欠席率を増加させるという非対称的な影響を発見している。

しかし、これらの研究は日次または短期的な欠席に焦点を当てており、年間 30 日以上欠席として定義される「不登校」という構造的・長期的な行動変化への影響は検証されていない。本研究は、年間を通じた累積的な気温暴露が不登校に与える影響を分析することで、気温が単なる一時的な欠席ではなく、児童・生徒の学校参加からの構造的な離脱を引き起こす可能性を初めて実証的に検証する。

### 2.2 気温と心理的健康：「無気力・不安」経路の理論的基盤

近年の研究は、気温がメンタルヘルスや心理状態に重要な影響を与えることを明らかにしている。Obradovich et al. (2018) は米国の大規模データを用いて、月平均気温が 30℃を超えると精神衛生上の問題の発生確率が 0.5%ポイント増加することを示した。Mullins and White (2019) は、高温日にメンタルヘルス関連の救急搬送が増加し、特に不安障害や気分障害での受診が顕著であることを報告している。

Baylis (2020) は 10 億件以上の Twitter 投稿を分析し、高温日ほどネガティブな感情表現が増加することを明らかにした。また、Obradovich and Fowler (2017) は高温が運動・身体活動を減少させ、人々の活動を抑制することを示している。これらの研究は、極端な気温が心理的ストレスを高め、防衛的・回避的行動を促進することを示唆している。

労働市場における研究も示唆的である。Somanathan et al. (2021) はインドの製造業において高温が欠勤を増加させることを、Graff Zivin and Neidell (2014) は米国において暑さが労働から余暇への時間配分をシフトさせることを示した。これらは、極端な気温が生産的活動からの撤退を促すメカニズムの存在を示唆している。

本研究は、これらの知見を教育分野に拡張し、極端な気温が「無気力・不安」を介して不登校を引き起こすという新たな経路を実証的に明らかにする。これは、気温の影響が身体的健康だけでなく、心理的・精神的健康を通じて教育参加に影響することを示す重要な発見である。

## 2.3 気温の教育成果への多面的影響：学力・行動面への効果

気温が学力に与える影響については、多くの実証研究が蓄積されている。Park (2020) はアメリカの大学入学に向けた競争的試験において、試験日の高温が最大 0.13 標準偏差のパフォーマンス低下をもたらすことを、Park et al. (2020) は同様の試験スコアを用いて、年間気温が華氏 1 度（摂氏 0.56 度）上昇すると 1 年間の学習の 1% が阻害されることを示した。学力に対する気温のマイナス影響は、アメリカの小・中学生 (Graff Zivin et al., 2018; Park et al., 2021; Roach and Whitney, 2022) やインド (Garg et al., 2020)、中国 (Graff Zivin et al., 2020)、ベトナム (Vu, 2022) でも報告されている。

行動面への影響については、気温が攻撃的行動を増加させることが知られている。Jacob et al. (2007) や Ranson (2014) は高温日に暴力犯罪が増加することを、Cohen and Gonzalez (2024) は暑さが飲酒行動の増加や在校時間の減少を介して犯罪を助長することを示した。Almås et al. (2025) の実験研究は、高温環境下で攻撃的行動が増加することを因果的に実証している。

以上の研究は個別のアウトカムに焦点を当てているが、同一サンプルで複数の教育成果を包括的に分析した研究は存在しない。本研究は、不登校、学力、非認知能力、いじめ、暴力行為を同一のデータセットで分析することで、気温が児童・生徒におよぼす諸影響の比較検証を可能とする。特に、いじめや暴力行為には影響が見られない一方で、「無気力・不安」による不登校が増加するという発見は、気温が内的行動に対してより強く影響する可能性を示唆している。

## 3 識別戦略と使用するデータ

### 3.1 識別戦略

本研究は、極端な気温への曝露が児童・生徒の不登校行動に与える因果効果を推定するため、学校開校日における極端な気温日数の年次変動を利用した識別戦略を採用する。この戦略の妥当性は、同一コホートが年によって異なる気温条件に晒されるという準実験的状況に基づいている。推定モデルは以下のコホート固定効果回帰モデルである：

$$\text{Attendance}_{ims\text{g}t} = \alpha \text{Cold}_{m,t-1} + \beta \text{Heat}_{m,t-1} + \gamma X_{ims\text{g},t-1} + \delta_i + \eta_{ms} + \theta_g + \rho_t + \varepsilon_{ims\text{g}t} \quad (1)$$

ここで、被説明変数の Attendance は、市町村  $m$  の学校  $s$  に在籍するコホート  $i$  において、学年  $g$ 、年度  $t$  に観察された不登校者数である。Cold と Heat はそれぞれ、年間の累積低温日数（8℃未満）と累積高温日数（32℃超）を表し、基準温度帯（8-32℃）に対する相対的な限界効果を推定する。X には共変量として各学校・学年の児童・生徒数および年間積算降水量と大気汚染指標（浮遊粒子状物質濃度の年平均値）を加えている。

回帰モデルにコホート固定効果 $\delta$ を入れることで、同一コホート内の生徒が持つ時間不変な潜在的特性（家庭環境、生まれ持った能力や気質など）を制御する。これにより、同じ生徒集団が異なる年に経験する気温変動のみを利用した因果推論が可能となる。市町村×学校固定効果 $\eta$ は、学校環境（立地、建物構造、校風など）や地域特性を制御する。学年固定効果 $\theta$ は、発達段階による違いやカリキュラムの影響を制御する。年度固定効果 $\rho$ は、埼玉県内共通のトレンドやショック（教育政策の変更など）を制御する。最後に $\varepsilon$ は誤差項を示す。標準誤差は市町村レベルでクラスターリングし、処置変数である気温の系列相関に対処する。

### 3.2 データ

本研究では、4つのデータソースを統合した独自のパネルデータセットを構築した。1つめは文部科学省の「児童生徒の問題行動・不登校等生徒指導上の諸課題に関する調査」である。前年度における、いじめ、暴力、出席停止、欠席、自殺などの状況を学校・学年ごとに集計した値が、翌年10月に公表される。この調査の特徴は、生徒の欠席について、理由が明らかなことである。欠席の内訳は、①病気（本人の心身の故障により、入院や通院、自宅療養のため、登校できない）、②経済的理由（家計が苦しく教育費が負担できない、および児童・生徒が働いて家計を助けなければならない）、③不登校（前出の脚注2の定義と同じ）、④その他（保護者の考え方、外国での長期滞在や連絡先不明など）である。このうち、②の経済的理由は、直近の2023年度調査において全国の小・中学校の合計でわずか34件に過ぎない。全国の小・中学校の在籍児童・生徒数の合計が約932万人であることを考えると、極めて小さいため、本研究では分析の対象にはしない。長期欠席者に占める③の不登校は、小学校で59.7%、中学校で78.5%であり、①の病気や④のその他よりもはるかに大きい。繰り返しになるが、過去の研究と比較すると、欠席の内訳が分かる点は、このデータの大きな強みである。

本研究では、分析の対象を埼玉県に絞る。その理由としては、下記の2つのデータが利用可能であることによる。1つ目は、埼玉県教育委員会からデータ貸与を受けた「埼玉県学力・学習状況調査」の個票データである。埼玉県学力・学習状況調査は、埼玉県下の62自治体（さいたま市は含まれない）の約1,060校、30万人の小学4年生から中学3年生を対象にした悉皆調査である。学力テストは、小学生は国語と算数、中学生は1年生のみが国語と数学で、2・3年生は国語、数学、英語で実施されている。学力は項目反応理論（Item Response Theory：IRT）を用いた学力の推定値となっている。加えて約40分程度の質問紙調査も併せて実施されている。質問紙調査には、児童・生徒の基本的な属性に加え、家庭での時間の過ごし方や非認知スキルを計測する尺度が含まれている。加えて、本調査には学校・学年別の就学援助率など、生徒を取り巻く学校や学年の環境に関する情報も含まれている。もう1つは「埼玉県学校便覧」である。これによって、埼玉県内の各学校の住所、各学年の児童・生徒数、学級数などを正確に把握することができる。

最後に、気象データに関しては、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（National Agriculture and Food Research Organization：NARO）より1kmグリッド単位の日別気温データを取得した。これらを市町村レベルのデータに集計したうえで、極端な高温および低温の影響を検証するための気温変数を構築する。

極端な気温への曝露量を測定する主要な指標として、1年間（前年の調査日翌日から今年の調査日前日まで）に生徒が経験した暑い日と寒い日の学校開校日数をカ

ウントする。ここでは先行研究に倣い、極端な高温を 32℃と低温を 8℃と定義する。なお、気温には日最高気温を使用するが、これは当該気温に到達する日中に生徒が学校に滞在しているからである。

本研究では、これらのデータを公立学校に限って、学校・学年レベルで照合し、2016 年から 2019 年までの 4 年間のデータを用いる。埼玉県には 36 校の私立の小・中学校があるが、全体の 2.9%に過ぎない上、「埼玉県学力・学習状況調査」には私立学校の情報が含まれないことからこれらを除外した。また、コロナ禍以降には、不登校が急激に増加している。このため、2020 年度以降のデータを加えると、気温の影響か新型コロナウイルス感染症の流行の影響かを識別することが難しくなるため、それ以前のデータを用いることとした。基本統計量は Table 1 のとおりである。

Table 1 の基本統計量を見てみると、平均では暴力・いじめ・長期欠席のいずれもが、学校・学年あたり 1~2 人と多くはないものの、最大値は極端に大きい学校・学年があることもわかる<sup>3</sup>。学校・学年あたりの長期欠席の平均は 1.92 人であるが、このうち不登校が 1.16 人と 60.4%を占め、更にそのうち 60%程度が 1 年間の欠席日数が 90 日以上 of 長期に亘る不登校である。なお、Appendix A の Table 15 と 16 では、小学校と中学校にわけた記述統計を記載した。これをみると、特に長期欠席は中学校の方が深刻で、学校・学年あたりの平均が 6.23 人に達している。また、過去 1 年間の登校日のうち最高気温が 32℃を上回る日や最低気温が 8℃を下回る日はともに 11 日程度となっている。登校日は平均すると各年 175 日程度のため、極端に暑い日や寒い日がそれぞれ 6%程度あるという計算になる。

32℃を超える日は年によってばらつきがあるものの、本研究が対象にした期間では、猛暑と言われた 2018 年度は、気象庁の埼玉県内の最高気温が 32℃を越えた登校日数が（8 か所の観測所の平均で）38.0 日となっており、前年の 2017 年度の 23.2 日のおよそ 1.6 倍となっている。一方、本研究の対象期間では、最低気温が 8℃を下回るのは 115 日前後で比較的安定しているが、2018 年度のように 98.0 日程度にとどまっている年もある。ここで、空調の使用が交絡要因になっている可能性を指摘しておく必要がある。後に詳述するが、各年の自治体ごとの空調設置件数の影響を制御した推定も行う。

## 4 推定結果

### 4.1 長期欠席、暴力、いじめへの影響

Table 2 は、推定式 (1) を用いて気温が長期欠席者数（不登校+病欠などその他含む）に与える影響を推定した結果である。なお、先行研究に倣い、暴力やいじめの発生件数についても併せて結果を紹介している。極端な高温が就学期児童・生徒の暴力やいじめを増やす可能性があるからだが、同時に、いじめや暴力を要因とした不登校が増える可能性も考えられるからである。Table 2 の列 (1) および (4) をみると、高温の日、低温の日数が増えることが不登校に統計的に有意な影響を与えているこ

<sup>3</sup>ここで注意が必要なのは、いじめの認知件数と暴力行為の発生件数は、個々の事案ごとにカウントされるということである。つまり、ある児童・生徒が同じ相手に繰り返し暴力をふるったという場合、回数や日ごとの発生を基準に複数件として報告する。このため、1 人または少数の児童・生徒による複数の行為を 1 件ずつ積み上げた結果、一見数字が大きく見えることもある。一方、不登校については児童・生徒単位で集計されており、学校に在籍している児童・生徒のうち、年間 30 日以上欠席した者を 1 人につき 1 件としてカウントしている。

とがわかる（ただし、(1) の高温の日の増加は統計的に有意ではない）。共変量を制御した (4) の結果によれば、32℃を上回る日が1日増加すると、学校あたりの不登校児童・生徒数が0.0144人（標準誤差0.0083）増加し、8℃を下回る日が1日増加すると、0.0184人（標準誤差0.0094）増加する。一方、暴力やいじめについては統計的に有意な係数は得られなかった。

ただし、この結果の解釈には注意が必要で、いじめや暴力に関するデータは「認知件数」、つまり教職員がいじめや暴力があったと把握した件数であり、実際に起きた件数とは異なっている。児童・生徒が訴えないようなケースがあると過小に把握される可能性がある。教職員の認知や報告が進んだ結果、児童・生徒間の軽微なトラブルもいじめや暴力として過剰にカウントされる可能性もある。このため、いじめ、暴力の件数には測定誤差がある可能性が否定できない。一方、欠席データは、学校の出席簿上の事実に基づいており、いじめや暴力などの認知件数とは異なり、測定誤差の問題は生じない。

## 4.2 不登校、病気への影響

次に、Table 3 で、Table 2 の長期欠席者数を、不登校、病気に分解して、理由別に影響を比べる。Table 3 以降は、共変量を制御した推定を中心に解釈を進めていく。Table 3 での重要な発見は、極端な気温の影響が欠席理由によって大きく異なることである。(6) 列で1校あたり不登校児童・生徒数に与える影響を見ると、32℃を上回る日が1日増加すると0.0174人、8℃を下回る日が1日増加すると0.0177人増加させる結果となっている。一方、(7) 列からもわかるように、病気による欠席への影響は統計的に有意でない。<sup>4</sup>これはConte Keivabu (2024) が英国で発見した病気による欠席増加とは対照的であり、日本固有の文脈を示唆している。イングランドの行政データを用いたConte Keivabu (2024) の研究では、18℃を超える日は、病気関連の欠席 (Illness-related absences) を0.006%ポイント増加させることを示している。これは気温による欠席増加の主要要因であり、高温に暴露された際に子どもの入院が増加するという疫学分野の先行研究 (Bernstein et al., 2022) とも整合的である。またConte Keivabu (2024) は0℃以下となる気温の低い日の増加は、燃料貧困 (Fuel poverty) を経験している世帯の割合が高い地域でのみ、病気関連の欠席を統計的に有意に上昇させることも示している。

## 4.3 不登校の期間別・学年別の影響

次に、気温が不登校期間の長さに及ぼす影響を検証した (Table 4)。不登校期間は、①欠席日数30-89日の者、②欠席日数90日以上で出席日数11日以上の方、③欠席日数90日以上で出席日数1~10日の者、④欠席日数90日以上で出席日数0日の者の合計である。このうち、②~④を合計したものがTable 4の(2)と(5)である。この内数である③+④が(3)と(6)である。32℃以上の気温が増加の影響を見ると、欠席90日以上も出席10日以下も統計的に有意ではあるが、欠席10日以下は係数が小さい。これは8℃以下の場合も同様の傾向がある（出席10日以下の係数は統計的に有意ではない）。つまり、極端な気温は、短期的な欠席だけでなく、長期にわたる欠

<sup>4</sup>文部科学省の「児童生徒の問題行動・不登校等生徒指導上の諸課題に関する調査」には、これらに加えて「経済的理由」による欠席の項目があるが、埼玉県下では発生件数が0件のため、分析には加えていない。



席にも影響を与えているが、1年間のうちほとんど登校しないような深刻な不登校への影響は小さいことがわかる。

Table 5で気温が不登校期間の長さに及ぼす影響を学年別でみると、学年が上がるほど気温の影響が大きくなることがわかる。Table 5の(1)–(3)は小学校1–3年生、(4)–(6)は小学校4–6年生、(7)–(9)は中学校1–3年生の結果を示している。小学校低学年よりも高学年の方が、小学生よりも中学生の方が、全体的に係数が大きく、32℃以上の影響では、小学校低学年と中学生の不登校の係数に6.3倍以上の違いが見られる。また、8℃以下の影響は小学校ではほとんど統計的に有意ではないが、中学校になると影響が顕著になることがわかる。

#### 4.4 空調（冷房）設置の影響

次にこの結果に学校に設置された空調（冷房）の影響がないかを確認するため、自治体別の空調設置率を制御し、気温と空調設置の有無の交差項を見たのがTable 6とTable 7である<sup>5</sup>。文部科学省が実施している「公立学校施設の空調（冷房）設備設置状況」によると、埼玉県下の公立小・中学校の普通教室の空調（冷房）設置率は2017年に76.0%（2016年度末までの設置）、2018年に89.7%、2019年に96.0%となっており、2020年には100%に達している<sup>6</sup>。ここで注意が必要なのは、この空調は冷房であり、暖房ではないという点である。2020年までの数年間で急速に進んだのは冷房の設置であり、ここでは冷房の影響を見ているということになる<sup>7</sup>。

Table 6の(2)列をみると、32℃以上の気温の増加と空調設置の有無を表す交差項は、負で統計的に有意であり、前年に32℃以上の気温の日が1日増えると不登校児童・生徒数が0.0398人（標準誤差0.0134）が増加する。しかし空調が設置されていると、0.0276人（標準誤差0.0111）減少するため、全部ではないものの70%程度の負の影響を相殺できるということになる。既に述べたように、これは冷房の効果をみているため、8℃以下の気温の増加には影響しない。加えて、Table 6の(7)列をみると、冷房の設置は、極端な気温が病気に与える影響は変化させない。

Table 7の(5)列で、90日以上欠席、10日以下の出席についての影響を見ても、32℃以上の気温の増加と空調設置の有無を表す交差項は統計的に有意である。空調設置は、10日以下の出席という長期にわたる不登校についても、全部ではないものの60%割程度の負の影響を相殺していることがわかる。

過去の研究には、学校における冷暖房施設が児童・生徒の教育アウトカムを改善することを示した研究が多い。Park et al. (2020)は学校にエアコンが普及した

<sup>5</sup>自治体別の空調設置率のデータが2017年度からしか利用可能でないため、2017～2019年度のデータを用いて推定した。

<sup>6</sup>この研究が対象とした期間に、日本全体で公立小・中学校の空調設置は急速に進んだ。この背景には、愛知県豊田市立の公立小学校で2018年7月に小学校1年生の男子児童が熱中症で死亡した事故が背景にある。これを受けて政府は、2018年度補正予算の中で公立小・中学校の空調設置のための臨時特別交付金を2018年度限りで創設し、実質的な自治体の負担を51.7%から26.7%まで引き下げることで自治体における空調設置を進めようとした。この結果、日本全体で2019年9月1日時点の普通教室の空調設置率は92.8%に達した。埼玉県もこの例外ではなく、2020年には公立小・中学校における空調設置率は100%に達している。

<sup>7</sup>仮に空調が設置されていたとしても、学校によって使用頻度が異なる可能性もある。国は2018年4月に「学校環境衛生基準」（平成30年文部科学省告示第60号）を改訂し、児童・生徒の健康やエネルギー消費の面からみて教室の望ましい温度の基準を「17℃以上28℃以下」とした（従前は10℃以上30℃以下）。この基準に従って、多くの学校は気温が28℃以上になった場合に空調を使用するため、学校によって使用状況が異なる可能性は高くない。

ことが、極端に気温が高いことの学習損失の大半を軽減したことを示しているし、Akesaka and Shigeoka (2025) も空調設置が暑さによる学力の低下および学力格差の拡大を大幅に抑えられることを示している。Martinez et al. (2025) は、学校に設置されたエアコンは屋内熱負荷を軽減し、学習・健康への悪影響を緩和することを示している。

欠席については特に、Mendell et al. (2013) は、空調の設置が換気を促すため、病気による欠席を減らすことを確認している。ただし、Sorensen et al. (2024) はニューヨーク州のデータを用いて、学校における暖房・換気・空調（HVAC）システムの状況の改善が欠席や停学の減少に影響するかどうかを分析しているが、システム全体の教室内環境の改善は出席・停学・学力にポジティブな影響があるものの、冷房システム単体では欠席や停学に統計的に有意な効果は検出されていない。

これらの文献が扱うアウトカムはいずれも病気などによる短期的な欠席を含んでおり、本研究で着目している不登校とは異なっており、学校における空調設置が、本研究で着目している不登校のリスクを減らすという研究は見られていない。この意味では、空調設置が不登校のリスクを減らす可能性があるという発見は重要である。後に述べるように、不登校の多くが無気力・不安などの心理的・精神的健康に起因していることが考えられる。空調は換気の改善によって、呼吸器系の感染症や喘息・アレルギー症状などの身体的健康だけでなく、心理的・精神的健康にもよい影響がある可能性がある。

## 4.5 気温が不登校を増加させるメカニズム

気温の影響がとりわけ大きい不登校者数に焦点を当て、Table 8 では、気温が不登校者数を増加させるメカニズムを探る。学校が児童・生徒および保護者に行った聞き取り調査に基づき、不登校の理由を「本人」、「学校」、「家庭」に係る要因として次の通り分類した。本人に係る要因は、あそび・非行の傾向、無気力・不安の傾向の2つに分けられる。「学校」に係る要因は、学業に関するものと、学業以外に関するものに分けている<sup>8</sup>。「家庭」に係る要因は、家庭の生活環境の急激な変化、親子関係をめぐる問題、家庭内の不和等が該当する。

Table 1 の記述統計には要因別の不登校者数が示されている。これを見ると、無気力・不安の傾向が最も多い<sup>9</sup>。また Appendix A の小・中学校別の記述統計を見ると、中学校の方が圧倒的に多くなっている (Table 15 および 16)。本研究のサンプルには埼玉県のみデータしか含まれないが、全国でも同様の傾向がある。文部科学省 (2025) によると、不登校の主たる要因が「無気力・不安」である児童・生徒の割合は 55.3% であり、調査対象の 1,357 名の不登校児童・生徒のうち 750 名が「無気力・不安」を要因とした不登校に分類されており、その割合は年々増加傾向にあるという。

文部科学省 (2025) が文科省が公表している令和 4 年度の「児童生徒の問題行動・

<sup>8</sup>学業に関する要因は、学業の不振、進路に係る不安の合計である。学業以外に関するものは、いじめ、いじめを除く友人関係の問題、クラブ活動等への不適応、学校のきまり等を巡る問題、転編入学・進級時の不適応、教職員との関係の合計である。

<sup>9</sup>文部科学省が令和 6 年（令和 5 年度時点）に公表した調査結果では、「不登校児童生徒について把握した事実」（複数回答可）として、「無気力」および「不安・抑うつ」に関する具体的な相談件数が示されている。これらは不登校児童・生徒全体に占める、その事実が把握された児童・生徒の数である。無気力については「学校生活に対してやる気が出ない等の相談があった」において、不安については「不安・抑うつ等の相談があった」においてである。この割合は前者が 32.2 %、後者が 23.1 % となっている。

不登校等生徒指導上の諸課題に関する調査」を用いて分析した結果によると、「無気力・不安」群は、象徴的なきっかけ（例：いじめや家庭環境の変化など）がないケースが多い一方、「感覚の過敏さ」の割合が有意に高いことも示されている。

このことを踏まえて、Table 8 の (1) および (6) 列を見てみると、32℃以上の気温日の増加が無気力・不安を要因とした不登校の増加に有意な影響を与えていることがわかる<sup>10</sup>。32℃以上の気温日数が約14日間増加すると、学校・学年あたりの不登校生徒が1人増えることになる。無気力・不安を要因とする不登校者数の増加傾向は、中学生になるとさらに大きくなる（Appendix B の Table 17 および 18）。<sup>11</sup>

## 4.6 異質性

Table 9 では、学校・学年ごとの就学援助率のデータを用いて、児童・生徒の社会的地位（Socio-economic status; SES）の異質性を見ている<sup>12</sup>。(1) および (2) 列を見ると、32℃以上の気温の日の増加は、特に就学援助率の高い学校・学年で、長期欠席や不登校に異質な影響を与えていることがわかる。また8℃以下の気温の日の増加も就学援助率の高い学校・学年で長期欠席を増やす異質な影響があることがわかる。

Table 10 と 11 では、就学援助率による、不登校の要因別児童・生徒数への気温影響の違いを推定した<sup>13</sup>。就学援助率が中央値よりも高い低SESのグループにおける異質性を見てみると、32℃以上の高温の日が増加することで無気力・不安や学業を要因とした不登校が増加することについて異質な影響があることがわかった。Table 11 で就学援助率が中央値よりも低い高SESのグループには異質性は見られない。

## 4.7 気温が学力等の人的資本形成に与える影響

Table 12 では、埼玉県学力・学習状況調査の個票データを用いて、気温が、学力や非認知能力に対してどのような影響を与えたかを分析する。埼玉県学力・学習状況調査では、「自制心」「勤勉性」「自己効力感」「GRIT」という4つの非認知能力を、児童・生徒に対する質問紙調査に含まれる心理尺度を用いて、計測している。注意すべきことは、コホートごとに異なる非認知能力についての回答を求めているため、

<sup>10</sup>不登校の要因に関するデータは2019年度以前と以降で項目の分類が変わっていることから、ここでは2016～2018年度のデータを用いて推定した。

<sup>11</sup>注意すべき点として、文部科学省の調査における分類は学校側（担任・学年主任など教員）による申告・判断に基づくものであり、児童・生徒や親が直接申告したものではないということである。文部科学省（2025）では、不登校の児童・生徒に関する教師回答、本人回答、保護者回答の三者間比較を行った結果、これらの回答傾向には明確な違いがあることが示されている。特に「無気力・不安」や「人間関係上の問題」といった心理的・内面的要因は、児童・生徒や保護者の方が強く認識している傾向が報告されている。一方、教員側は「家庭」「学校生活」などの外的要因を重視する傾向がある。

<sup>12</sup>就学援助制度とは生活保護世帯およびそれに準ずる世帯を対象として、自治体が学用品費や給食費などの援助を行うもので、就学援助率とは、就学援助制度の対象となっている児童・生徒の割合を示す。学校・学年ごとの就学援助率のデータは、「埼玉県学力・学習状況調査」に含まれており、このデータを中心化して用いた。なお、「埼玉県学力・学習状況調査」の調査対象学年は小学4年生から6年生及び中学1年生から3年生であるため、本分析において小学校低学年のサンプルは用いていない。

<sup>13</sup>「埼玉県学力・学習状況調査」の調査対象学年に小学校低学年は含まれないため、小学校サンプルについては小学4年生から6年生の就学援助率を学校全体の就学援助率の代理指標として用いた。

アウトカムによってサンプルサイズが異なっている<sup>14</sup>。Table 12 をみると、学力や非認知能力の係数は統計的に有意ではない。ただし、これは気温が学力や非認知能力に与える影響がないということを必ずしも意味しない。

学力調査のデータを元に、Table 13 で翌年のテストを欠席した児童・生徒と欠席しなかった児童・生徒における、今年度の学力の比較をすると、学力調査を欠席した児童・生徒は学力が有意に低いことがわかる。学力調査が実施された日の欠席は必ずしも不登校のみが理由ではない点には注意が必要だが、気温が不登校に影響を与え、そうした児童・生徒は学力調査を受検していない。そのため、受検した児童・生徒のサンプルを用いて推定を行った場合、気温が学力に与える負の影響が過小評価されている可能性がある。

## 4.8 プラセボテスト

最後に、Conte Keivabu (2024) に倣って、1 年前に測定された先行的な気温のリード変数を用いてプラセボテストを実施した。極端な気温の上昇という暴露が発生していないことが分かっている期間に、気温が不登校に与える影響が観察されるかどうかを評価した。もしそのような影響が観察された場合、気温と不登校の間の因果関係は裏付けられず、観察された影響が交絡変数や偶然によるものである可能性を示唆する。Table 14 を見ると、1 年前に測定された気温のリード変数は統計的に有意ではないことがわかった。これにより、ここまで説明してきた主要な結果は交絡変数や偶然によるものとは考えにくく、極端な気温と不登校の間には因果関係が存在することが示唆される。

## 5 結論

本研究は、極端な気温が児童・生徒の不登校に与える因果効果を、埼玉県の公立小・中学校のパネルデータを用いて実証的に明らかにした。主要な発見は以下の通りである。

第一に、極端な高温と低温の両方が不登校を有意に増加させた。32℃を超える日が1日増加すると学校・学年あたりの不登校者数が0.0150人増加し、8℃を下回る日が1日増加すると0.0182人増加する。小学校が約800校、中学校が約300校であるから、前年よりも1日高温の日が増加すると、県全体で100人に近い児童・生徒の不登校増加が生じる計算となる。第二に、この影響は「無気力・不安」を主因とする不登校に集中している。病気による欠席、いじめや暴力行為には有意な影響が観察されなかった。これは、極端な気温が身体的健康よりも心理的・精神的健康に影響し、防衛的・回避的行動として不登校を引き起こすことを示している。欧米の先行研究が示す攻撃的行動の増加とは対照的に、日本の児童・生徒は内在化した反応を示す傾向がある。第三に、学校に設置された空調（冷房）は、特に極端な高温による負の効果を60-70%程度相殺する効果がある。第四に、影響の異質性が顕著である。中学生は小学生の約5倍の影響を受け、就学援助率の高い学校ではさらに

<sup>14</sup> 自制心については2016年度の小学校4年生と中学校1年生にTsukayama et al. (2013)、勤勉性については2016年度の小学校6年生と中学校3年生にBarbaranelli et al. (2003)、自己効力感については2016年度の小学校5年生と中学校2年生にLorenzo et al. (2015)、GRITについては2017年度の小学校4年生にDuckworth and Quinn (2009)を日本語訳したものに対して、児童・生徒が自己評価した回答を用いている。

影響が大きい。思春期の心理的脆弱性と社会経済的困難が気候ストレスへの感受性を高めていることが示唆される。最後に、先行研究で気温の負の影響が報告されている学力や非認知能力について、はっきりとした効果は観察されなかった。不登校者の成績は元々有意に低いことから、学力テストや調査に参加しない不登校者の増加によって推定結果が過小評価されている可能性が示唆される。

本研究の政策的含意は重要である。気候変動により極端な気温の頻度が増加する中、学校施設の環境改善は単なる快適性の問題ではなく、教育の機会均等に関わる問題となっている。特に、空調設備の整備と適切な運用、断熱性能の向上などのハード面の対策に加え、極端な気温時の心理的サポート体制の構築といったソフト面の対策も必要である。さらに、本研究は気候変動が教育格差を拡大させる新たな経路を示唆している。不登校により学力調査を欠席する児童・生徒の存在は、気温の学力への影響が過小評価されている可能性を示している。これは、気候変動の教育への影響を包括的に評価する必要性を示している。

本研究にはいくつかの限界もある。第一に、埼玉県の実データに限定されており、他地域への一般化には注意が必要である。第二に、長期的な影響については追跡調査が必要である。今後の研究課題として、全国規模でのデータ分析、不登校の長期的影響の追跡、効果的な介入策の開発と評価が挙げられる。気候変動が進行する中、環境要因が子どもの発達と教育に与える影響を包括的に理解し、エビデンスに基づく対策を講じることが、持続可能な教育システムの構築に不可欠である。

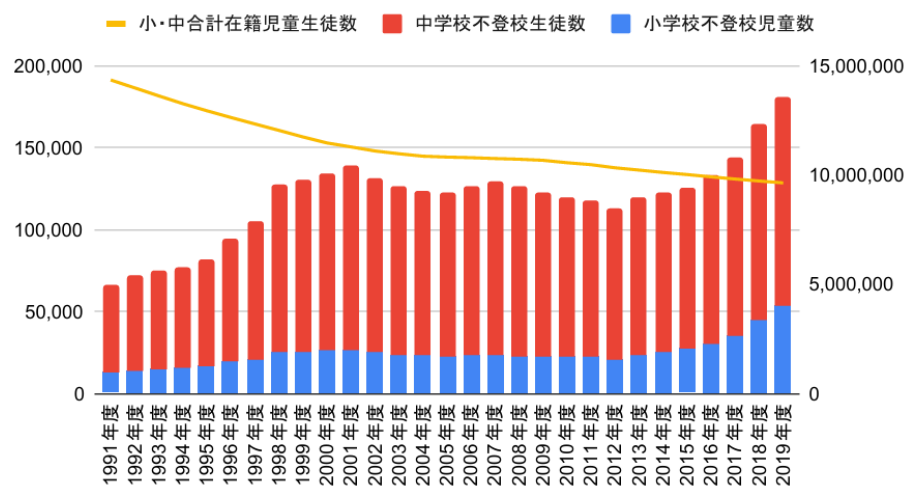
## References

- Akesaka, M. and Shigeoka, H. (2025). Hotter days, wider gap: The distributional impact of heat on student achievement. RIETI Discussion Paper 25-E-024, Research Institute of Economy, Trade and Industry (RIETI).
- Almås, I., Auffhammer, M., Bold, T., Bolliger, I., Dembo, A., Hsiang, S. M., Kitamura, S., Miguel, E., and Pickmans, R. (2025). Destructive Behaviour, Judgement and Economic Decision-making under Thermal Stress. *The Economic Journal*, page ueae116.
- Barbaranelli, C., Caprara, G. V., Rabasca, A., and Pastorelli, C. (2003). A questionnaire for measuring the big five in late childhood. *Personality and individual differences*, 34(4):645–664.
- Baylis, P. (2020). Temperature and temperament: Evidence from Twitter. *Journal of Public Economics*, 184:104161.
- Bernstein, A. S., Sun, S., Weinberger, K. R., Spangler, K. R., Sheffield, P. E., and Wellenius, G. A. (2022). Warm season and emergency department visits to us children’ s hospitals. *Environmental health perspectives*, 130(1):017001.
- Cohen, F. and Gonzalez, F. (2024). Understanding the Link between Temperature and Crime. *American Economic Journal: Economic Policy*, 16(2):480–514.
- Conte Keivabu, R. (2024). Temperature and school absences: evidence from England. *Population and Environment*, 46(1):6.
- Duckworth, A. L. and Quinn, P. D. (2009). Development and validation of the short grit scale (grit-s). *Journal of personality assessment*, 91(2):166–174.
- Garg, T., Jagnani, M., and Taraz, V. (2020). Temperature and Human Capital in India. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 7(6):1113–1150.
- Graff Zivin, J., Hsiang, S. M., and Neidell, M. (2018). Temperature and Human Capital in the Short and Long Run. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 5(1):77–105.
- Graff Zivin, J. and Neidell, M. (2014). Temperature and the Allocation of Time: Implications for Climate Change. *Journal of Labor Economics*, 32(1):1–26.
- Graff Zivin, J., Song, Y., Tang, Q., and Zhang, P. (2020). Temperature and high-stakes cognitive performance: Evidence from the national college entrance examination in China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 104:102365.
- Gubbels, J., van der Put, C. E., and Assink, M. (2019). Risk factors for school absenteeism and dropout: A meta-analytic review. *Journal of Youth and Adolescence*, 48:1637–1667.

- Jacob, B., Lefgren, L., and Moretti, E. (2007). The Dynamics of Criminal Behavior: Evidence from Weather Shocks. *The Journal of Human Resources*, 42(3):489–527.
- Leduc, K., Tougas, A.-M., Robert, V., and Boulanger, C. (2022). School refusal in youth: A systematic review of ecological factors. *Child Psychiatry & Human Development*.
- Lorenzo, Á. G., Ruiz, R. O., Gea, E. V., and Ortiz, O. G. (2015). Validation of two measurements instruments to assess motivational beliefs and performance strategies in the processes of memorization in piano performance: Validación de dos instrumentos de medida para evaluar las creencias motivacionales y las estrategias de práctica en los procesos de memorización en la interpretación pianística. *Revista Electrónica de LEEME*, (36):31–49.
- Martinez, M. P. B., Vyas, P. D., Walsh, K., Main, L., Bolton, L., Yuan, Y., Yajima, M., and Fabian, M. P. (2025). Rethinking heat in school classrooms through continuous monitoring and novel exposure metrics. *Indoor Environments*, page 100105.
- McCormack, K. (2023). Education Under Extremes: Temperature, Student Absenteeism, and Disciplinary Infractions. *mimeo*.
- Mendell, M. J., Eliseeva, E. A., Davies, M. M., Spears, M., Lobscheid, A., Fisk, W. J., and Apte, M. G. (2013). Association of classroom ventilation with reduced illness absence: A prospective study in california elementary schools. *Indoor air*, 23(6):515–528.
- Mullins, J. T. and White, C. (2019). Temperature and mental health: Evidence from the spectrum of mental health outcomes. *Journal of Health Economics*, 68:102240.
- Obradovich, N. and Fowler, J. H. (2017). Climate change may alter human physical activity patterns. *Nature Human Behaviour*, 1(5):0097.
- Obradovich, N., Migliorini, R., Paulus, M. P., and Rahwan, I. (2018). Empirical evidence of mental health risks posed by climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(43):10953–10958.
- Park, R. J. (2020). Hot Temperature and High Stakes Performance. *Journal of Human Resources*.
- Park, R. J., Behrer, A. P., and Goodman, J. (2021). Learning is inhibited by heat exposure, both internationally and within the United States. *Nature Human Behaviour*, 5(1):19–27.
- Park, R. J., Goodman, J., Hurwitz, M., and Smith, J. (2020). Heat and Learning. *American Economic Journal: Economic Policy*, 12(2):306–339.
- Pule, V., Mathee, A., Melariri, P., Kapwata, T., Abdelatif, N., Balakrishna, Y., Kunene, Z., Mogotsi, M., Wernecke, B., and Wright, C. Y. (2021). Classroom

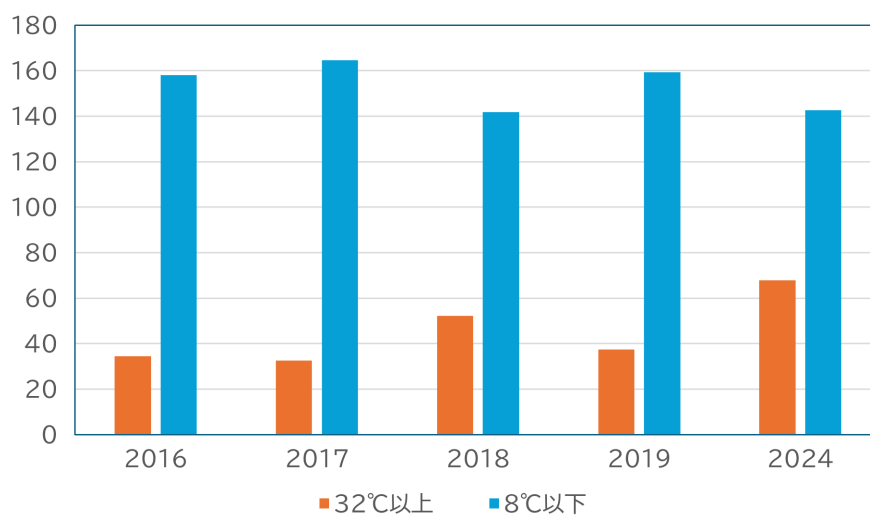
- Temperature and Learner Absenteeism in Public Primary Schools in the Eastern Cape, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20):10700.
- Ranson, M. (2014). Crime, weather, and climate change. *Journal of Environmental Economics and Management*, 67(3):274–302.
- Roach, T. and Whitney, J. (2022). Heat and learning in elementary and middle school. *Education Economics*, 30(1):29–46.
- Somanathan, E., Somanathan, R., Sudarshan, A., and Tewari, M. (2021). The Impact of Temperature on Productivity and Labor Supply: Evidence from Indian Manufacturing. *Journal of Political Economy*, 129(6):1797–1827.
- Sorensen, L., Hwang, M., and Radia, M. A. (2024). The effects of school building hvac system conditions on student academic and behavioral outcomes. In *2024 APPAM Fall Research Conference*. APPAM.
- Tsukayama, E., Duckworth, A. L., and Kim, B. (2013). Domain-specific impulsivity in school-age children. *Developmental Science*, 16(6):879–893.
- Vũ, T. M. (2022). Effects of Heat on Mathematics Test Performance in Vietnam. *Asian Economic Journal*, 36(1):72–94.
- 原英樹 (2013). 不登校の基本的な性質とその対応について. **神奈川大学心理・教育研究論集**, 33:73–78.
- 小柴孝子 (2017). 不登校発生の背景要因に関する研究—不登校経験者による内省的語りの質的分析—. **家族心理学研究**, 31(1):43–55.
- 文部科学省 (2025). 不登校の要因分析に関する調査研究. 調査報告書 (令和6年3月公表), 文部科学省. 令和4年度「児童生徒の問題行動・不登校等生徒指導上の諸課題に関する調査」に基づく分析。





Note. (出所) 文部科学省

Figure 1: 全国の不登校者数の推移



Note. 埼玉県内観測地点 8 か所（さいたま、越谷、熊谷、寄居、秩父、鳩山、所沢、久喜）の平均値。

Figure 2: 埼玉県における高温・低温日の推移

Table 1: 基本統計量

	Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max.
【コホート・レベル変数（学校・学年あたり）】					
暴力	23,949	0.41	1.55	0.00	54.00
いじめ	23,949	2.54	6.61	0.00	190.00
長期欠席	23,949	1.92	3.14	0.00	28.00
不登校	23,949	1.16	2.41	0.00	22.00
欠席 90 日以上	23,947	0.71	1.69	0.00	18.00
出席 10 日未満	23,947	0.15	0.56	0.00	9.00
病気	23,949	0.50	1.06	0.00	15.00
最高気温 32 度↑	23,949	10.91	5.47	0.00	20.00
最高気温 8 度↓	23,949	10.98	7.02	5.00	60.00
児童・生徒数	23,949	90.31	55.45	1.00	376.00
就学援助率	10,938	0.12	0.08	0.00	0.96
AC 設置率	18,138	87.52	31.04	0.00	100.00
【不登校要因（学校あたり）】					
合計	4,752	5.79	7.69	0.00	51.00
無気力・不安	4,750	3.21	5.00	0.00	39.00
あそび・非行	4,751	0.31	1.06	0.00	20.00
学校要因	4,751	2.85	5.55	0.00	64.00
学業	4,751	1.18	3.05	0.00	40.00
学業以外	4,751	1.67	3.40	0.00	40.00
家庭要因	4,751	1.49	2.81	0.00	37.00

*Note:* 暴力及びいじめは加害児童・生徒数を、長期欠席及びそのサブカテゴリ変数は該等する生徒数を表す。最高気温 32 度↑/8 度↓は市町村レベルの気温指標であり、それぞれ過去 1 年間の登校日のうち最高気温が 32 度を上回った/8 度を下回った日数を表す。就学援助率は各学年の就学援助受給者数を児童・生徒数で除算したものであり、AC 設置率は市町村レベルの普通教室エアコン設置率を表す。就学援助率は埼玉県学力・学習状況調査を元にした変数であり、小学 1～3 年生のサンプル及び一部の自治体における 2019 年サンプルが欠損している。AC 設置率は 2016 年度のサンプルが欠損している。「不登校要因別」以下の行は各要因ごとの不登校児童・生徒数を表し、これらは全て学校レベルでの変数である。

Table 2: 気温が長期欠席、暴力、いじめに与える影響

Dependent Variables: Model:	長期欠席 (1)	暴力 (2)	いじめ (3)	長期欠席 (4)	暴力 (5)	いじめ (6)
<i>Variables</i>						
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.0118 (0.0073)	0.0141 (0.0138)	-0.0218 (0.1082)	0.0144* (0.0083)	0.0149 (0.0138)	-0.0014 (0.1125)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0193* (0.0100)	0.0001 (0.0082)	0.0585 (0.0550)	0.0184* (0.0094)	-0.0004 (0.0079)	0.0483 (0.0559)
<i>Fixed-effects</i>						
学校	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
コホート	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
学年	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量				Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	1.92	0.41	2.54	1.92	0.41	2.54
<i>Fit statistics</i>						
Observations	23,949	23,949	23,949	23,949	23,949	23,949
Adj R <sup>2</sup>	0.761	0.292	0.387	0.761	0.292	0.392
Within R <sup>2</sup>	0.075	0.004	0.013	0.075	0.004	0.022

*Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1*

*Note:* 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1),(2),(3) における係数はそれぞれ、年度ごとの長期欠席者数、暴力問題加害児童・生徒数、いじめ問題加害児童・生徒数を気温指標及び学年別児童・生徒数で回帰した結果である。モデル (4),(5),(6) ではその他気候に関する共変量を制御している。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度、学年、コホートそれぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 3: 欠席理由によって生じる影響の違い

Dependent Variables: Model:	長期欠席 (1)	不登校 (2)	病気 (3)	長期欠席 (4)	不登校 (5)	病気 (6)
<i>Variables</i>						
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.0118 (0.0073)	0.0150*** (0.0053)	-0.0041 (0.0048)	0.0144* (0.0083)	0.0174*** (0.0058)	-0.0038 (0.0047)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0193* (0.0100)	0.0182** (0.0075)	0.0003 (0.0053)	0.0184* (0.0094)	0.0177** (0.0070)	-0.0001 (0.0051)
<i>Fixed-effects</i>						
学校	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
コホート	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
学年	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量				Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	1.92	1.16	0.50	1.92	1.16	0.50
<i>Fit statistics</i>						
Observations	23,949	23,949	23,949	23,949	23,949	23,949
Adj R <sup>2</sup>	0.761	0.737	0.397	0.761	0.737	0.397
Within R <sup>2</sup>	0.075	0.076	0.008	0.075	0.076	0.009

Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

Note: 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1),(2),(3) における係数はそれぞれ、年度ごとの長期欠席者数、不登校者数、病気による長期欠席者数を気温指標及び学年別児童・生徒数で回帰した結果である。モデル (4) から (6) ではその他気候に関する共変量を制御している。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度、学年、コホートそれぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 4: 不登校の期間による気温影響の違い

Dependent Variables: Model:	不登校 (1)	欠席 90 日 ↑ (2)	出席 10 日 ↓ (3)
<i>Variables</i>			
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.0174*** (0.0058)	0.0158*** (0.0042)	0.0045*** (0.0015)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0177** (0.0070)	0.0104** (0.0048)	0.0034 (0.0021)
<i>Fixed-effects</i>			
学校	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes
コホート	Yes	Yes	Yes
学年	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	1.16	0.71	0.15
<i>Fit statistics</i>			
Observations	23,949	23,947	23,947
Adj R <sup>2</sup>	0.737	0.687	0.397
Within R <sup>2</sup>	0.076	0.106	0.071

*Signif. Codes:* \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

*Note:* 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。係数はそれぞれ、年度ごとの不登校者数、不登校者のうち欠席が 90 日以上の児童・生徒数、不登校者のうち出席が 10 日未満の児童・生徒数を気温指標及び学年別児童・生徒数で回帰した結果である。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度、学年、コホートそれぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 5: 気温が不登校に与える影響 (学年別)

Sample:	小学校低学年			小学校高学年			中学校		
Dependent Variables:	不登校	欠席 90 ↑	出席 10 ↓	不登校	欠席 90 ↑	出席 10 ↓	不登校	欠席 90 ↑	出席 10 ↓
Model:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<i>Variables</i>									
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.0078** (0.0034)	0.0060** (0.0023)	0.0011* (0.0006)	0.0113* (0.0060)	0.0085** (0.0038)	0.0004 (0.0018)	0.0488** (0.0188)	0.0502*** (0.0167)	0.0196*** (0.0073)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0012 (0.0030)	0.0007 (0.0019)	0.0008* (0.0005)	0.0086 (0.0059)	0.0019 (0.0031)	0.0018 (0.0018)	0.0658** (0.0289)	0.0438** (0.0202)	0.0105 (0.0088)
<i>Fixed-effects</i>									
学校	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
コホート	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
学年	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	0.16	0.06	0.01	0.51	0.27	0.05	4.40	2.89	0.64
<i>Fit statistics</i>									
Observations	9,555	9,555	9,555	9,555	9,555	9,555	4,839	4,837	4,837
Adj R <sup>2</sup>	0.226	0.186	0.121	0.360	0.278	0.176	0.586	0.527	0.315
Within R <sup>2</sup>	0.006	0.005	0.003	0.010	0.006	0.002	0.038	0.033	0.012

*Signif. Codes:* \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

*Note:* 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1),(2),(3) における係数はそれぞれ、小学校 1~3 学年サンプルにおける年度ごとの不登校者数、不登校者のうち欠席が 90 日以上の子、出席が 10 日未満の子、生徒数を気温指標及び学年別児童・生徒数で回帰した結果である。モデル (4) から (9) はそれぞれ (1) から (3) のアウトカムに対応しており、使用サンプルを小学校 4~6 学年、中学校としている。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度、学年、コホートそれぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 6: 空調設置が長期欠席等に与える影響

Dependent Variables: Model:	長期欠席 (1)	不登校 (2)	病気 (3)
<i>Variables</i>			
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	-0.0090 (0.0236)	0.0398*** (0.0134)	-0.0141 (0.0104)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0002 (0.0083)	0.0141** (0.0067)	-0.0048 (0.0061)
最高気温 32 度 ↑ (t-1) × AC 設置率	0.0136 (0.0203)	-0.0276** (0.0111)	0.0055 (0.0094)
最高気温 8 度 ↓ (t-1) × AC 設置率	-0.0056 (0.0075)	-0.0110 (0.0067)	-0.0042 (0.0049)
AC 設置率	-0.1158 (0.3360)	0.3342* (0.1949)	0.0709 (0.1616)
<i>Fixed-effects</i>			
学校	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes
コホート	Yes	Yes	Yes
学年	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	1.99	1.23	0.51
<i>Fit statistics</i>			
Observations	18,141	18,141	18,141
Adj R <sup>2</sup>	0.772	0.755	0.424
Within R <sup>2</sup>	0.065	0.068	0.007

*Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1*

*Note:* 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。係数はそれぞれ、年度ごとの長期欠席者数、不登校者数、病気による長期欠席者数を気温指標、普通教室空調設置率 (0 から 1 の値を取る)、および学年別児童・生徒数で回帰した結果である。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度、学年、コホートそれぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2017 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 7: 空調設置が不登校の期間に与える影響

Dependent Variables: Model:	不登校 (1)	欠席 90 日 ↑ (2)	出席 10 日 ↓ (3)
<i>Variables</i>			
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.0398*** (0.0134)	0.0291*** (0.0103)	0.0105** (0.0044)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0141** (0.0067)	0.0097** (0.0042)	0.0036* (0.0020)
最高気温 32 度 ↑ (t-1) × AC 設置率	-0.0276** (0.0111)	-0.0176* (0.0090)	-0.0065* (0.0033)
最高気温 8 度 ↓ (t-1) × AC 設置率	-0.0110 (0.0067)	-0.0072 (0.0044)	-0.0026 (0.0019)
AC 設置率	0.3342* (0.1949)	0.2884** (0.1341)	0.0780 (0.0491)
<i>Fixed-effects</i>			
学校	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes
コホート	Yes	Yes	Yes
学年	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	1.23	0.76	0.16
<i>Fit statistics</i>			
Observations	18,141	18,141	18,141
Adj R <sup>2</sup>	0.755	0.702	0.424
Within R <sup>2</sup>	0.068	0.089	0.067

Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

Note: 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。係数はそれぞれ、年度ごとの不登校者数、不登校者のうち欠席が 90 日以上の子童・生徒数、不登校者のうち出席が 10 日未満の子童・生徒数を気温指標、普通教室空調設置率 (0 から 1 の値を取る)、および学年別子童・生徒数で回帰した結果である。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度、学年、コホートそれぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2017 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。



Table 8: 気温が不登校を増加させるメカニズム

要因:	本人			学校		家庭		本人		学校		家庭	
	無気力不安 (1)	あそび非行 (2)	学業 (3)	学業以外 (4)	(5)	無気力不安 (6)	あそび非行 (7)	学業 (8)	学業以外 (9)	(10)			
Variables													
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.0712** (0.0330)	-0.0035 (0.0047)	0.0001 (0.0331)	0.0183 (0.0279)	-0.0149 (0.0307)	0.0703* (0.0398)	-0.0062 (0.0049)	0.0037 (0.0332)	0.0297 (0.0282)	0.0008 (0.0265)			
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	-0.0387 (0.0399)	-0.0040 (0.0074)	0.0008 (0.0271)	0.0030 (0.0390)	0.0056 (0.0341)	-0.0363 (0.0400)	-0.0041 (0.0073)	0.0019 (0.0262)	0.0028 (0.0389)	0.0038 (0.0310)			
Fixed-effects													
学校	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes			
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes			
他共変量						Yes	Yes	Yes	Yes	Yes			
Dep. Var. Mean	3.30	0.18	1.37	1.82	1.70	3.30	0.18	1.37	1.82	1.70			
Fit statistics													
Observations	3,551	3,551	3,551	3,551	3,551	3,551	3,551	3,551	3,551	3,551			
Adj R <sup>2</sup>	0.720	0.348	0.453	0.511	0.391	0.720	0.348	0.453	0.511	0.391			
Within R <sup>2</sup>	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.004	0.001	0.001	0.001	0.003			

Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

Note: 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1) から (5) における係数はそれぞれ不登校の要因別児童・生徒数を気温指標及び学校別児童・生徒数で回帰した結果であり、(1) から無気力不安、あそび非行、学校が要因となるもののうち学業が関係するもの、学業関係以外のもの、家庭が要因となるものそれぞれの不登校者を被説明変数としている。(6) から (10) における係数は前半列のモデルに共変量を追加した際のものである。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度それぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2018 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 9: 気温が不登校に与える影響の就学援助率による異質性

Dependent Variables: Model:	長期欠席 (1)	不登校 (2)	欠席 90 ↑ (3)	出席 10 ↓ (4)
<i>Variables</i>				
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.0207 (0.0129)	0.0220*** (0.0077)	0.0235*** (0.0063)	0.0050* (0.0026)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0318** (0.0141)	0.0288*** (0.0101)	0.0181** (0.0072)	0.0094*** (0.0032)
最高気温 32 度 ↑ (t-1) × 就学援助率	0.0807** (0.0384)	0.0663* (0.0361)	0.0175 (0.0280)	0.0174 (0.0135)
最高気温 8 度 ↓ (t-1) × 就学援助率	0.0432* (0.0231)	0.0239 (0.0196)	0.0091 (0.0155)	-0.0008 (0.0046)
就学援助率	-0.5359 (0.5796)	-0.3528 (0.5182)	0.1728 (0.3920)	-0.0262 (0.1523)
<i>Fixed-effects</i>				
学校	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes
コホート	Yes	Yes	Yes	Yes
学年	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	2.42	1.55	0.99	0.23
<i>Fit statistics</i>				
Observations	10,938	10,938	10,937	10,937
Adj R <sup>2</sup>	0.761	0.736	0.686	0.410
Within R <sup>2</sup>	0.032	0.025	0.029	0.009

Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

Note: 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。係数はそれぞれ、年度ごとの長期欠席者数、不登校者数、不登校者のうち欠席が 90 日以上の児童・生徒数、不登校者のうち出席が 10 日未満の児童・生徒数を気温指標、学年別就学援助率 (0 から 1 の値を取る)、および学年別児童・生徒数で回帰した結果である。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。就学援助率は 0 から 1 の値を取る値を、中心化し使用している。全ての回帰分析には学校、年度、学年、コホートそれぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 10: 気温が不登校を増加させるメカニズム (高就学援助率)

要因:	本人		学校		家庭
Dependent Variables:	無気力不安	あそび非行	学業	学業以外	
Model:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Variables</i>					
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.1367*	-0.0123	0.0738*	0.0333	0.0044
	(0.0737)	(0.0190)	(0.0432)	(0.0479)	(0.0523)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0101	0.0222	0.0297	0.0146	0.0409
	(0.0630)	(0.0191)	(0.0329)	(0.0480)	(0.0445)
<i>Fixed-effects</i>					
学校	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	3.10	0.18	1.18	1.69	1.72
<i>Fit statistics</i>					
Observations	1,445	1,445	1,445	1,445	1,445
Adj R <sup>2</sup>	0.728	0.458	0.678	0.660	0.516
Within R <sup>2</sup>	0.018	0.015	0.012	0.001	0.018

*Signif. Codes:* \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

*Note:* 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1) から (5) における係数はそれぞれ不登校の要因別児童・生徒数を気温指標及び学校別児童・生徒数で回帰した結果であり、(1) から無気力不安、あそび非行、学校が要因となるもののうち学業が関係するもの、学業関係以外のもの、家庭が要因となるものそれぞれの不登校者を被説明変数としている。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度それぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2018 年度までの埼玉県内公立小・中学校のうち、就学援助率が上位 50 % である学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 11: 気温が不登校を増加させるメカニズム (低就学援助率)

要因:	本人		学校		家庭
Dependent Variables:	無気力不安	あそび非行	学業	学業以外	
Model:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Variables</i>					
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.0301 (0.0743)	-0.0284 (0.0192)	-0.0448 (0.0529)	-0.0168 (0.0629)	-0.0329 (0.0566)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	-0.1320 (0.0952)	-0.0116 (0.0183)	0.0481 (0.0410)	-0.0185 (0.0865)	-0.0137 (0.0928)
<i>Fixed-effects</i>					
学校	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	3.18	0.19	1.32	1.75	1.62
<i>Fit statistics</i>					
Observations	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499
Adj R <sup>2</sup>	0.689	0.099	0.389	0.508	0.276
Within R <sup>2</sup>	0.009	0.005	0.017	0.027	0.017

*Signif. Codes:* \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

*Note:* 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1) から (5) における係数はそれぞれ不登校の要因別児童・生徒数を気温指標及び学校別児童・生徒数で回帰した結果であり、(1) から無気力不安、あそび非行、学校が要因となるもののうち学業が関係するもの、学業関係以外のもの、家庭が要因となるものそれぞれの不登校者を被説明変数としている。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度それぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2018 年度までの埼玉県内公立小・中学校のうち、就学援助率が下位 50 % である学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 12: 気温が児童・生徒の能力に与える影響

Dependent Variables: Model:	算数学力 (1)	国語学力 (2)	自制心 (3)	勤勉性 (4)	自己効力感 (5)	GRIT (6)
<i>Variables</i>						
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	-0.0011 (0.0016)	0.0003 (0.0019)	-0.0005 (0.0034)	0.0046 (0.0036)	-0.0006 (0.0017)	-0.0016 (0.0029)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0020 (0.0012)	0.0016 (0.0015)	0.0008 (0.0019)	-0.0014 (0.0027)	0.0012 (0.0026)	-0.0036 (0.0028)
<i>Fixed-effects</i>						
生徒 id	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
学年	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
コホート	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	0.12	0.15	-0.0002	-0.0003	-0.0002	-0.0002
<i>Fit statistics</i>						
Observations	1,139,548	1,150,631	382,010	232,775	280,477	144,374
Adj R <sup>2</sup>	0.836	0.809	0.501	0.429	0.614	0.532

*Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1*

*Note:* 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1) から (6) における係数はそれぞれ算数、国語の学力、自制心、勤勉性、自己効力感、GRIT の変数を気温指標で回帰した結果である。非認知能力は児童・生徒に対する質問紙調査から得られた回答を用いて、心理尺度を構成する項目を足し上げたものを標準化した。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度、学年、コホートそれぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 13: 翌年度調査不参加者の属性

科目	学年	翌年参加	人数	学力平均値	標準偏差	平均値の差
国語	4 年生	あり	145,534	-1.131	1.583	0.506***
		なし	3,392	-1.637	1.764	
	5 年生	あり	144,993	-0.502	1.471	0.512***
		なし	2,942	-1.015	1.715	
	6 年生	あり	136,720	-0.019	1.322	-0.883***
		なし	11,087	0.864	1.662	
算数・数学	中学 1 年生	あり	137,553	0.548	1.228	0.554***
		なし	4,321	-0.007	1.355	
	中学 2 年生	あり	139,114	0.889	1.157	0.576***
		なし	3,644	0.313	1.235	
英語	4 年生	あり	145,534	-0.861	1.000	0.426***
		なし	3,392	-1.287	1.229	
	5 年生	あり	144,993	-0.346	0.966	0.414***
		なし	2,942	-0.760	1.181	
	6 年生	あり	136,720	-0.070	0.993	-0.685***
		なし	11,087	0.615	1.267	
算数・数学	中学 1 年生	あり	137,553	0.336	1.048	0.682***
		なし	4,321	-0.346	1.252	
	中学 2 年生	あり	139,114	0.650	1.044	0.705***
		なし	3,644	-0.055	1.119	
英語	中学 2 年生	あり	139,114	0.061	1.023	0.601***
		なし	3,644	-0.540	1.050	

Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1 (Welch's t-test)

Note: 本表は、各学年における学力調査参加者を対象に、翌年度の調査参加の有無でグループ分けを行い、当該年度の学力平均値を算出したものである。サンプルは 2016 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。

Table 14: 不登校の期間による影響の違い (プラセボテスト)

Dependent Variables: Model:	不登校 (1)	欠席 90 (2)	出席 10 (3)	不登校 (4)	欠席 90 (5)	出席 10 (6)
<i>Variables</i>						
最高気温 32 度 ↑ (t+1)	-0.0034 (0.0060)	-0.0101** (0.0043)	-0.0018 (0.0017)	-0.0016 (0.0085)	-0.0051 (0.0055)	-0.0023 (0.0018)
最高気温 8 度 ↓ (t+1)	0.0058 (0.0052)	0.0054 (0.0039)	-0.0004 (0.0016)	0.0012 (0.0057)	0.0030 (0.0039)	0.0000 (0.0018)
最高気温 32 度 ↑ (t-1)				0.0138* (0.0075)	0.0106** (0.0048)	0.0031 (0.0019)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)				0.0187** (0.0077)	0.0122** (0.0052)	0.0038 (0.0023)
<i>Fixed-effects</i>						
学校	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
コホート	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
学年	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	1.16	0.71	0.15	1.16	0.71	0.15
<i>Fit statistics</i>						
Observations	23,949	23,947	23,947	23,949	23,947	23,947
Adj R <sup>2</sup>	0.737	0.687	0.397	0.737	0.687	0.397
Within R <sup>2</sup>	0.075	0.105	0.071	0.076	0.106	0.071

Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

Note: 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1) から (4) における係数はそれぞれ、年度ごとの長期欠席者数、不登校者数、不登校者のうち欠席が 90 日以上の子童・生徒数、不登校者のうち出席が 10 日未満の子童・生徒数を気温指標及び学年別子童・生徒数で回帰した結果である。モデル (5) から (8) は被説明変数がそれぞれ (1) から (4) と対応しており、学年別就学援助率及び気温指標と就学援助率の交差項を追加している。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度、学年、コホートそれぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2019 年度までの埼玉県内公立小・中学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

## Appendix A: 基本統計量: 小・中学校別

Table 15: 基本統計量 (小学校 1～6 年サンプル)

	Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max.
【コホート・レベル変数 (学校・学年あたり)】					
暴力	19,110	0.26	1.31	0.00	54.00
いじめ	19,110	2.56	7.08	0.00	190.00
長期欠席	19,110	0.83	1.19	0.00	12.00
不登校	19,110	0.34	0.73	0.00	8.00
欠席 90 日以上	19,110	0.17	0.47	0.00	5.00
出席 10 日未満	19,110	0.03	0.18	0.00	3.00
病気	19,110	0.30	0.67	0.00	9.00
最高気温 32 度 ↑	19,110	11.90	4.46	0.00	20.00
最高気温 8 度 ↓	19,110	9.62	6.49	4.00	57.00
就学援助率	8,218	0.12	0.09	0.00	0.96
AC 設置率	14,467	87.51	31.11	0.00	100.00
児童・生徒数	19,110	76.39	42.01	1.00	282.00
【不登校要因 (学校あたり)】					
合計	3,151	2.02	2.49	0.00	17.00
無気力・不安	3,150	1.12	1.79	0.00	14.00
あそび・非行	3,151	0.10	0.43	0.00	7.00
学校要因	3,151	0.71	1.57	0.00	26.00
学業	3,151	0.24	0.76	0.00	14.00
学業以外	3,151	0.47	1.17	0.00	19.00
家庭要因	3,151	0.85	1.54	0.00	14.00

*Note:* 暴力及びいじめは加害児童・生徒数を、長期欠席及びそのサブカテゴリ変数は該等する生徒数を表す。最高気温 32 度 ↑/8 度 ↓ は市町村レベルの気温指標であり、それぞれ過去 1 年間の登校日のうち最高気温が 32 度を上回った/8 度を下回った日数を表す。就学援助率は各学年の就学援助受給者数を児童・生徒数で除算したものであり、AC 設置率は市町村レベルの普通教室エアコン設置率を表す。就学援助率は埼玉県学力・学習状況調査を元にした変数であり、小学 1～3 年生のサンプル及び一部の自治体における 2019 年サンプルが欠損している。AC 設置率は 2016 年度のサンプルが欠損している。「不登校要因別」以下の行は各要因ごとの不登校児童・生徒数を表し、これらは全て学校レベルでの変数である。



Table 16: 基本統計量 (中学校 1～3 年サンプル)

	Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max.
【コホート・レベル変数 (学校・学年あたり)】					
暴力	4,839	1.02	2.17	0.00	29.00
いじめ	4,839	2.49	4.28	0.00	97.00
長期欠席	4,839	6.23	4.47	0.00	28.00
不登校	4,839	4.40	3.66	0.00	22.00
欠席 90 日以上	4,837	2.89	2.70	0.00	18.00
出席 10 日未満	4,837	0.64	1.06	0.00	9.00
病気	4,839	1.28	1.74	0.00	15.00
最高気温 32 度↑	4,839	11.86	4.50	0.00	20.00
最高気温 8 度↓	4,839	9.74	6.83	4.00	57.00
就学援助率	2,720	0.14	0.07	0.00	0.96
AC 設置率	3,669	87.58	30.74	0.00	100.00
【不登校要因 (学校あたり)】					
合計	1,601	13.21	8.96	0.00	51.00
無気力・不安	1,600	7.31	6.51	0.00	39.00
あそび・非行	1,600	0.72	1.64	0.00	20.00
学校要因	1,600	7.04	7.75	0.00	64.00
学業	1,600	3.02	4.63	0.00	40.00
学業以外	1,600	4.02	4.82	0.00	40.00
家庭要因	1,600	2.74	4.05	0.00	37.00

Note: 暴力及びいじめは加害児童・生徒生徒数を、長期欠席及びそのサブカテゴリ変数は該等する生徒数を表す。最高気温 32 度↑/8 度↓は市町村レベルの気温指標であり、それぞれ過去 1 年間の登校日のうち最高気温が 32 度を上回った/8 度を下回った日数を表す。就学援助率は各学年の就学援助受給者数を児童・生徒数で除算したものであり、AC 設置率は市町村レベルの普通教室エアコン設置率を表す。就学援助率は埼玉県学力・学習状況調査を元にした変数であり、一部の自治体における 2019 年サンプルが欠損している。AC 設置率は 2016 年度のサンプルが欠損している。「不登校要因別」以下の行は各要因ごとの不登校児童・生徒数を表し、これらは全て学校レベルでの変数である。

## Appendix B: 気温が不登校を増加させるメカニズム:小・中学校別

Table 12 (小学校)の結果を見てみると、小学校では、32℃以上の気温の日の増加が、教職員との関係を要因とした不登校の増加に影響を与えていることがわかる。Table 13 (中学校)の結果を見てみると、32℃以上の気温の日の増加が、無気力・不安を要因とした不登校の増加に大きな影響を与えている。この係数は、32℃以上の気温の日の増加が1日増加すると、学校・学年あたりの不登校者数が0.195人増加することを意味する。仮に32℃以上の気温の日の増加が前年よりも10日間増加すると233人もの不登校の生徒が増加することになる。一方、中学校においては、32℃以上の気温の日の上昇は、教職員との関係を要因とした不登校は減少している。

Table 17: 気温が不登校に与える影響の要因別分析 (小学校)

要因:	本人		学校		家庭
Dependent Variables:	無気力不安	あそび非行	学業	学業以外	
Model:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Variables</i>					
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.0142 (0.0180)	0.0036 (0.0025)	0.0010 (0.0109)	0.0245* (0.0141)	0.0152 (0.0168)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	0.0049 (0.0223)	0.0010 (0.0033)	-0.0043 (0.0102)	-0.0160 (0.0159)	-0.0005 (0.0188)
<i>Fixed-effects</i>					
学校	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	1.12	0.025	0.29	0.50	0.95
<i>Fit statistics</i>					
Observations	2,357	2,357	2,357	2,357	2,357
Adj R <sup>2</sup>	0.418	0.166	0.208	0.323	0.422
Within R <sup>2</sup>	0.008	0.001	0.002	0.004	0.010

Signif. Codes: \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

Note: 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1) から (5) における係数はそれぞれ不登校の要因別児童・生徒数を気温指標及び学校別児童・生徒数で回帰した結果であり、(1) から無気力不安、あそび非行、学校が要因となるもののうち学業が関係するもの、学業関係以外のもの、家庭が要因となるもののそれぞれの不登校者を被説明変数としている。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度それぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2018 年度までの埼玉県内公立小学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。

Table 18: 気温が不登校に与える影響の要因別分析 (中学校)

要因:	本人		学校		家庭
Dependent Variables:	無気力不安	あそび非行	学業	学業以外	
Model:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Variables</i>					
最高気温 32 度 ↑ (t-1)	0.1896*	-0.0267	0.0118	0.0417	-0.0285
	(0.1105)	(0.0162)	(0.0966)	(0.0830)	(0.0637)
最高気温 8 度 ↓ (t-1)	-0.0962	-0.0146	0.0245	0.0382	0.0157
	(0.1040)	(0.0221)	(0.0795)	(0.0998)	(0.0796)
<i>Fixed-effects</i>					
学校	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年度	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
他共変量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dep. Var. Mean	7.60	0.49	3.50	4.41	3.18
<i>Fit statistics</i>					
Observations	1,194	1,194	1,194	1,194	1,194
Adj R <sup>2</sup>	0.586	0.286	0.324	0.339	0.275
Within R <sup>2</sup>	0.013	0.004	0.006	0.002	0.002

*Signif. Codes:* \*\*\*: 0.01, \*\*: 0.05, \*: 0.1

*Note:* 括弧内には市町村レベルでクラスタリングされた標準誤差を示す。モデル (1) から (5) における係数はそれぞれ不登校の要因別児童・生徒数を気温指標及び学校別児童・生徒数で回帰した結果であり、(1) から無気力不安、あそび非行、学校が要因となるもののうち学業が関係するもの、学業関係以外のもの、家庭が要因となるものそれぞれの不登校者を被説明変数としている。気温指標には前年度登校日における、自治体別最高気温 32 度以上/8 度以下記録日数を、共変量には年間積算降水量、大気汚染指標 (浮遊粒子状物質濃度の年平均値) を使用している。全ての回帰分析には学校、年度それぞれの固定効果が含まれる。サンプルは 2016 年度から 2018 年度までの埼玉県内公立小学校により構成される。Dep. Var. Mean には各モデルにおける使用サンプルの、被説明変数平均値を示す。