

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H01666

研究課題名(和文) 防災教育のための「気象庁予報モデル」を用いた中学校理科気象数値実験AI教材の開発

研究課題名(英文) Development of AI teaching materials for numerical experiments on meteorological phenomena in science at junior high schools using the JMA forecast model for disaster prevention education

研究代表者

名越 利幸 (Nagoshi, Toshiyuki)

岩手大学・研究支援・産学連携センター・特任教授

研究者番号：10527138

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：科学教育用気象シミュレーター「AIクレス」SDパッケージには、日々の天気図や各地点のアメダスデータが収録され、数値実験設定時には気象庁の初期値・境界値データをネットで取得後実行可能となる。新たに3つの災害事例選択では気象庁の「災害をもたらした気象事例」を基に数値シミュレーションが可能。AI災害選択ではアメダスの過去データからAIが主成分分析を行い2つの気象要素を抽出後さらにクラスター分析をしてグルーピングを2次元図に返す。外れた日(気象災害示唆)を叩くと天気図が現れ設定後数値実験可能となる。日時選択は気象災害発生日を指定して数値実験と感度実験ができるソフトの開発ができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで気象数値シミュレーションや感度実験は、研究者による利用しか想定しておらず、スパコン利用に限られると考えられてきた。本ソフトは、プルダウンメニュー等による工夫で中学生でも数値実験が可能であることを証明した。最近のCPUの進化はめざましく数年前のスパコンに匹敵するものがある。今回、AIソフトが過去の気象災害を検出し、再現と同時に感度実験ができるという世界初の気象シミュレーターを開発できた。任意の日時で気象庁のMSMデータをダウンロードし、数値実験可能であることも特筆に値する。今後もこのソフトパッケージの頒布・普及に尽力することにより、理科教育における数値実験のブレークスルーを実現したい。

研究成果の概要(英文)：The completed "AI CRESS" SD memory package, a weather simulator for science education, contains daily weather maps and AMeDAS data (JMA) for each location, and initial and boundary value data from the JMA can be obtained and run online when setting up numerical experiments. Three new features: (1) Disaster case selection allows numerical simulations based on JMA's "weather cases that caused disasters." (2) AI disaster selection: AI performs principal component analysis on past AMeDAS data, extracts two weather elements, performs cluster analysis, and returns a grouping on a two-dimensional diagram. When a day that is out of the list (a weather disaster) is tapped, a weather map appears, and numerical experiments can be conducted after setting the date. (3) In the date/time selection, you can specify the date of occurrence of a weather disaster and conduct numerical simulations and sensitivity experiments.

研究分野：理科教育学

キーワード：数値実験 防災教育 環境教育 情報教育 気象シミュレーター 感度実験 気象教育 AIプログラム

1. 研究開始当初の背景

昨今、地球温暖化問題をはじめとして気象現象が極端化したと言われる。平成30年度の西日本豪雨による災害、令和元年台風19号による記録的な豪雨や最大瞬間風速60m毎秒を超える暴風など、災害に直結するような気象現象が多く出現している。今、国民の大気環境に対する関心は高まっている。例えば、台風の右半円では暴風に対する備えを、左半円では豪雨に対する備えをすることを身につけてほしい。現状では気象の教育は義務教育段階の中学校理科で終了する。したがって、中学校の気象教育では、気象現象の知識的な学びとともに、防災教育も包含した教材の開発が喫緊の課題である。

2. 研究の目的

気象学の研究手法においては、理論、観測、流体実験、数値実験が大きな柱である。しかし、教育の現場では気象現象そのものの再現性がないために、理論と観測が中心となり、記述的な学問と考えられがちであった。世界を見渡しても教育の現場で、過去に数値実験で気象現象を再現した例はない。最近のPCは、十数年前のスパコン並みのCPUを搭載しており、気象庁等の数値モデルを駆動させるに十分な性能を持っている。この進化したCPU技術・AI技術を3D数値実験用に活用し、学校教育における科学実験の高度化を図ることが本研究の目的である。一方、理科教育の観点から「教育現場での気象数値実験は困難である」という固定観念を数値計算プログラムソースの改良や教育用AI入力インターフェースの開発により打破し、様々な大気環境や気象災害を中学生が数値実験を行い、調査、解明、理解しようという全く新たな発想による試みを行った。

3. 研究の方法

課題①：高速CPU性能を持つパソコンやスーパーコンピュータを用い、SDメモリー版プログラムソースによる学校PCで利用可能な数値実験手法の開発を行った。結果として新しい「科学教育用入力インターフェース」が完成した。

課題②：初期の気象数値予報実験の歴史「リチャードソンの夢」に立ち返り、偏微分方程式の解を求めるために、ニュートン法により四則演算に帰着する手法を開発・改良、生徒が手計算（電卓使用）で解を求めグラフ化する教材を開発した。自然現象の「シミュレーション教材」の意義をより明確にし、ブラックボックス化から脱却する理科教材システムを考案した。課題①と並行

して取り組んできた。さらに、最終年度には、課題①②で開発した「数値実験教材システム」を、岩手大学教育学部附属中学校において授業実践を行い改良・進化させ、その教育的意義及び改良点を検討した。さらに、その実践結果を受け修正、教材パッケージを完成。

課題③：完成版実験教材システム—科学教育用気象シミュレーター「AIクレス」—(図1)のパッケージ化(印刷・梱包)を実施した。さ

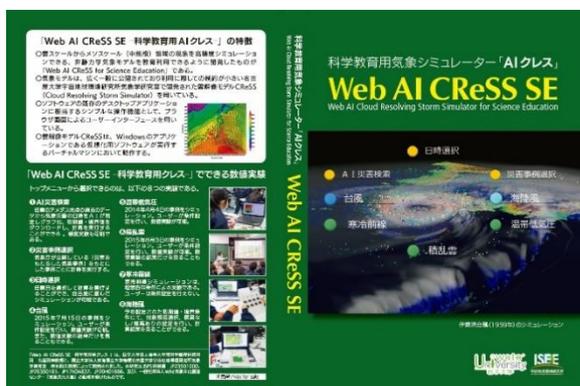


図1. AIクレスパッケージ表紙

らに、HP を通しての広報，及びその希望者への配布を図り，国内への普及を目指したい。

4. 研究成果

本研究課題の成果について，国際的に，数値実験が進んでいるワシントンの米国気象学会気象教育セクション，ドイツベルリンの欧州気象学会への訪問調査で，まだ，このような取り組みがないことを知った．科学教育用気象シミュレーター「AI クレス」と命名した．本研究の成果である数値実験ソフトは，世界初の開発となる．その特徴を以下に述べる．

旧版にあたる「クレス」では，一つの気象事例に関して，リアルシミュレーションや標高を削ったり，陸地を海に変えたりなどして，仮想実験（気象学では感度実験という）が可能であった（図2）．「AI クレス」は，科学教育利用に加え，気象災害対策用に大きくバージョンアップした．大きな改訂点は，地域のアメダスデータを用いた「AI 災害検索」，気象災害の発生した日時を指定しての気象シミュレーションなど気象や防災の専門家仕様にしたことである．

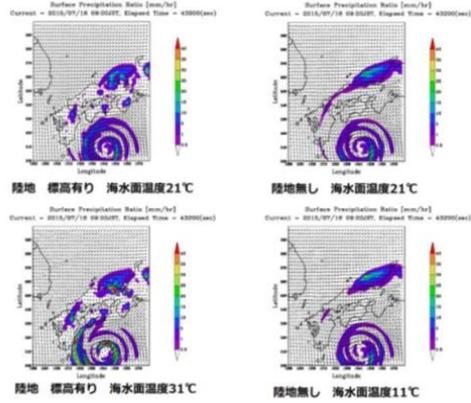


図2. 感度実験の結果（海水温，陸地有無）

今回，3つのボタンを増設した．中学生向け（災害事例選択），気象予報士・同キャスター向け（AI 災害選択），学生・院生と若手研究者向け（日時選択）の各ボタンである．

○災害事例選択では，気象庁のHPの災害をもたらした気象事例，発生したと思われる一連の日の中にちの中から指定日を決め数値シミュレーションと感度実験ができる．

○AI 災害選択では，アメダスの地点データを決めるとAIが主成分分析をし，2つの気象要素を抽出する．さらにクラスター分析をして，日にちのグルーピング（2～7）を返す．気象災害が発生したと思われる大きく外れた点（日）を叩くと，その日の天気図が現れ，数値実験・感度実験などが可能となる（図3）．

WEB CReSS SE
科学教育用CReSS-

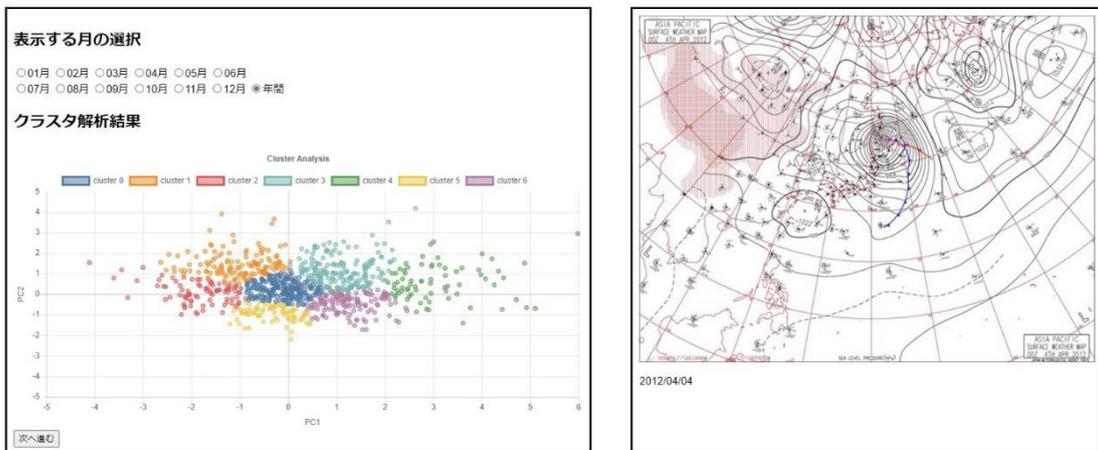


図3. クラスタ解析結果と外れた点（日）の天気図

○日時選択では、気象災害が起きた日にちが特定されている場合、日にちを指定して数値シミュレーションと感度実験ができる。その日の天気図（出典：デジタル台風より）も、ソフト内に収録され閲覧できる。前作より実験設定の自由度が大幅に向上した。

本ソフトには、日々の天気図や各地点のアメダスデータ（気象庁）が収録されている。また、災害事例選択、AI 災害検索、日時選択では、数値実験設定時、MSM の初期値・境界値データをネットで取得、実行可能となる。従って、本ソフトによる数値実験が可能な諸条件を満たす期間は、2006年2月16日～2021年6月30日（約15年間）である。特に、AI 災害検索では、主成分分析で2つの気象要素を抽出、2つの要素でクラスター分析し、平面図に返す。従って、「飛び地のポイント」が甚大な気象災害をもたらした日時を示唆する。

数値計算の初期値・境界値は、気象庁の MSM データを京大サーバーからダウンロードしている。学校や会社などの所属内では、本ソフトのコピーが可能である。一度コピー（初回11分程）すると、次回からの立ち上がりは2分程（初回11分程）で済む。また、GrADS ユーザーの方は、VM ウェア内に、GrADS ファイルとして出力してるので、自分好みに結果を表示することも可能である。さらに、最新のコンパイラーを導入したことで、計算スピードも増加した。このように、前作よりはるかにユーザーフレンドリーになっている。

最後に、岩手大学教育学部附属中学校第二学年気象領域のまとめとして、教育実践を行い、教育効果を検証した。設定としては「東北の豪雪による気象災害」が起きた日を選定、奥羽山脈がもしなかったら、どのような気象状態になるのかを事前に推論及びクラスで討論、その後このような設定で数値実験による感度実験を実施し、予測と正しいかの検証を行いクラスで討論した。また、事後アンケートを実施し、自由記述も行った。実際には、山脈があるために山の手前の秋田県側で豪雪となるが山脈がないと日本海の筋状雲がただ延長されると生徒たちは予測した。しかし、数値実験の結果は、東北中央部のかなり広い範囲でまだらな領域に弱い降水があるという結果を得、その差異について活発に討論できた。

本研究により、以上述べてきたような成果を得た。今後はこのソフトをいかにして多くの理科教育関係者や気象業務、防災に携わる方々に普及していくかが大きな課題である。

今後、ホームページを通して本ソフトを普及させるために、本「ソフト申請申し込みフォーマット」を作成した。これらに記入し、回答することで限定250本であるが、無償で申請者に届ける運びとなっている。一方、これまでの既存のソフト（台風・温帯低気圧・寒冷前線・積乱雲・海陸風）を利用した教育実践事例集（中学校理科での授業実践の折に本研究室卒業生などが作成した参考指導案、指導資料など）は、同ホームページ（名越利幸の気象 Labo : <https://meteo-nagoshi.jimdofree.com>）に掲載した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 名越利幸・佐々木陽翔
2. 発表標題 VR教材の開発による小中理科「星の観察」の実践
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会群馬大学
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 名越利幸・向井陽佑
2. 発表標題 冬季長期気象・映像観測による - 本州一寒い岩手薮川の低温 -
3. 学会等名 日本気象学会秋季大会三重大学
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 名越利幸
2. 発表標題 お天気の話
3. 学会等名 東京都港区立みなと科学館（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 名越利幸
2. 発表標題 気象教育の現状と未来 - 教育現場から社会へ -
3. 学会等名 日本気象学会気象サイエンスカフェ東京 気象予報士会事務所（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 名越利幸
2. 発表標題 防災教育のための「科学教育用気象シミュレーターAIクレス」開発
3. 学会等名 日本気象学会秋季大会 北海道大学
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 名越利幸
2. 発表標題 気象の流体実験あれこれ - 冬の気象衛星画像に見られる気象現象の流体実験 -
3. 学会等名 日本気象学会（先生のための気象教育セミナー） みなと科学館（招待講演）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 名越利幸他（編集名越利幸、平松信昭、藤部文昭）	4. 発行年 2022年
2. 出版社 日本気象学会	5. 総ページ数 126
3. 書名 気象研究ノート第 245 号「気象教育の現状と未来 教育現場から社会へ」	

1. 著者名 名越利幸	4. 発行年 2023年
2. 出版社 自費制作	5. 総ページ数 36
3. 書名 科学教育用気象シミュレーター「AIクレス」	

1. 著者名 名越利幸	4. 発行年 2021年
2. 出版社 自費制作	5. 総ページ数 36
3. 書名 科学教育用気象シミュレーター「クレス」教育用パッケージ	

〔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	伊藤 純至 (ITO JYUNSHI) (00726193)	東北大学・理学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	久坂 哲也 (HISASAKA TETUYA) (00779944)	岩手大学・教育学部・准教授 (11201)	

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
---------	---------