

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K04837

研究課題名(和文) 環境・防災教育のための「気象庁数値予報モデル」を用いた中学理科数値実験教材の開発

研究課題名(英文) Development of a junior high school numerical experiment teaching material using the "Meteorological Agency Numerical Forecast Model" for environmental and disaster prevention education

研究代表者

名越 利幸 (NAGOSHI, TOSHIYUKI)

岩手大学・教育学部・教授

研究者番号：10527138

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)：本格的な気象数値実験ができる「中学生版インターフェース」を開発し、地域の気象環境を調査することで、環境・防災教育に繋げることである。開発にあたり、各種条件設定を検討し、的確な値を設定した。内容は、中学校教科書内の「台風」、「温帯低気圧」、「積乱雲」、「寒冷前線」、「海陸風」現象を対象にした。座学でなく、条件を変え数値実験することで、数値によって可視化された現象を生徒達が捉え、時間変化についても学ぶことができる。公立中理科の授業に於いて実践し、その教育効果を調査し、統計分析を行った。結果は良好で、中学生にも十分可能である。このプログラムを、「科学教育用CReSS」と命名した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果と意義は、学校現場にSDソフトの増設による数値実験手法を開発し、気象の学習における科学実験法の可能性を大きく広げることができた。この数値実験法は、台風の例で海面温度を±10℃変化させ、台風の勢力の変化を数値計算で解明することができる。気象の学習が座学ではなく、本来の実験科学として位置づけられる。また、ソフトによる数値実験手法は、現存する多くの中学校のパソコンで利用可能であるため、全国への展開が可能である。その規則性、3D環境、時間変化の様子などを、数値実験により大気の流れを可視化して観察し、生徒にその現象のイメージ化を容易にするとする教育効果がある。

研究成果の概要(英文)：The aim is to develop a "junior high school version interface" that enables full-scale weather numerical experiments and to study the atmospheric environment in the region, which will lead to environmental and disaster prevention education. During development, we examined various condition settings and set accurate values. The contents covered "typhoon", "cyclone", "cumulonimbus", "cold front", and "sea-land wind" phenomena in junior high school textbooks. Students can grasp phenomena visualized by numerical values and learn about temporal changes by performing numerical experiments with changing conditions instead of classroom lectures. We practiced it in public junior science classes, investigated its educational effects, and performed statistical analysis. The results are good and are possible for junior high school students. This program was named "CReSS for Science Education".

研究分野：理科教育・気象学

キーワード：数値実験 CReSS 大気環境教育 防災・減災教育 台風 温帯低気圧 海陸風 情報教育

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究に関する国内外の研究動向として、気象に関する 3D 数値実験ソフトは多々あり、大学レベルの研究目的に使用され、その中に気象庁プログラムも入る。しかし、気象庁で現業に使用している「数値予報プログラム」を、義務教育段階の子ども達に活用しようとした例はない。その理由として、コンピュータの基本 OS がワークステーションの OS である「UNIX」である点、アプリケーションの数値実験プログラムも数値計算言語である「FORTRAN」で作製される点などがあげられた。そのため、教育現場で通常使用されている Windows 環境では、この数値計算プログラムを駆動させることは困難であると考えられてきた。

本研究では、UNIX の互換 OS であるフリーソフトの「LINUX」を用い、その OS 上に気象庁の数値予報モデルを搭載した SD を作成し、SD から OS が起動することで、Windows OS のバージョンに関係なく数値計算ができる手法を考案した。その結果、学校のコンピュータ室にある PC に SD メモリーの増設のみで、数値予報モデルが駆動するように工夫できる。使用後は、再起動することで通常の Windows PC として動作する。この結果、学校に 40 台の PC が有れば、CPU の性能により計算に長時間かかるものもあるが、一斉に 40 通りの異なった数値実験が可能となり、理科教育における数値実験の新たな展開が期待できる。

次に、数値計算言語「FORTRAN」で作成された気象庁予報モデルを駆動させるには、地域の領域の指定、時間差分の指定、初期条件・境界条件・実験条件の設定等、数値計算上必須の条件設定が多々必要になる。これらは、とても複雑であるので、この条件設定を行う「教育版インターフェイス画面」を作成し、中学生でも簡単に、しかも直感的に各種数値実験の条件などが入力できるように、必要かつ十分な工夫を行うこととした。

さらに、作成した中学生用 SD 版「気象数値実験モデル」を、本学教育学部付属中における教育実践により試行することで、モデルの使い勝手を調査・修正を施し、3D で可視化された大気環境要素を生徒がいかに理解したかを評価した。

2. 研究の目的

気象庁の現業で使用される「数値予報モデル」が義務教育の子ども達への利用を視野に入れた研究への貸与の例はない。そこで、本研究の目的は、簡単に実験の設定ができる「教育版入力インターフェイス」を開発することで、中学生による地域の大気環境調査や豪雨などの防災教育をねらいとした 3 次元数値実験を、教育現場で利用できるシステム開発を行い、その実験結果から、数値シミュレーションの生徒への教育効果を検証することにある。設定のための入力インターフェイスの開発・改良と 3 次元大気環境数値実験システムの教材化を行う。開発した教材による教育実践を中心に、教育システム構築の完成をめざした。

3. 研究の方法

(1) 学校パソコン利用のための教育版入力インターフェイスの開発

平成 22 年度に気象庁数値予報モデルは「中学校理科気象領域におけるメソモデルの利用方策の研究」と言う研究目的で本学から貸与申請を行い、本学理科教育科のノート PC において「MRI/JMA 非静力学モデル」が現在使用可能な状態であった。モデルの環境場の追加観測を実施すると同時に、連携研究者とともに学校教育の現場で使用できるように 32 ビット版リナックス OS に、気象庁数値予報モデルのアプリケーションを搭載した SD メモリーを作成し、一つの SD メモリーから起動するよう開発する。このことで、SD メモリーのコピーと言う簡単な方法で複数台の数値実験に対応が可能となる。また、既存の学校 PC でテストランをする際、データを記録する場所も、SD メモリー（大容量）を利用することで、既存の PC の内蔵ハードディスクを書き換える必要がなくなる。結果、実験後作業前のウィンドウズ使用環境に、容易に復元できるように工夫した。

一方、気象庁の現業で使用している数値モデルであるために、FORTRAN という数値計算言語でプログラムが書かれており、UNIX という OS 上で動作するため、中学生の使用は困難と考えられてきた。そこで、大気の運動を支配している連立偏微分方程式を解くための初期・境界条件を中学生でも設定が容易に行えるようなインターフェイス(プログラム開発)を作ること、直感的な条件設定で動作するように工夫し、作製した。ここで言う直感的とは、日本地図上から領域を指定し、時間ステップや 3 次元格子点間隔などを、ウィンドウズのプルダウンメニューなどで、ワンクリックで指定しようとするものである。インターフェイスの操作性、視覚化など、あくまでも中学生の教育利用を常に意識して開発を試みる。初期条件や境界条件などは、典型的な例を数例用意し、その物理的な意味付けを画面内に表記し、生



図1 プログラムトップページ

徒への理解を促す工夫も加えた。このような意図で「教育版入力インターフェース」を開発した。

(2)中学生用「数値実験教材システム」における数値解法の脱ブラック・ボックス化

この数値実験教材システムが、単なるゲームとして捉えられないために、数値実験の前に、手計算で偏微分方程式を解く教材を開発した。移流方程式（温度場が風によって流される）を、ニュートン法を使い四則演算に帰着させ、初期値と環境場を与え、手計算で数十回計算すると、1分後の気温場が解として求まる。それらをグラフ化することで、単純に、風に流されるのではなく、初期値の温度環境を反映してピーク値が生じたりする。これが天気予報の原理であることや計算の必要性、PC、スパコンの必要性を生徒自らが発見することも分かった。これらをより生徒の実態に合わせることで新たな教材化を行った。

一方、「教育版インターフェース」の教育利用にあたり、中学生の実態を踏まえ、プログラマーと協議の上、より直感的な操作をより安易にでき、ねらい通りの数値実験ができるように工夫をしていく。あくまでも、実践と試行の繰り返しを行い、完成版に近づけることができた。

(3)気象現象を再現できる標準モデルの教材システムの開発

モデルのテストランとして2地域を考えた。申請者による先行研究により、明瞭な局地気象現象が出現する愛媛県大洲市長浜町の「肱川あらし」に関しては、流体力学の相似則を利用した流体実験及びアメダスデータの解析などにより、その大気環境場が明らかになっていた。また、本学周辺の盛岡・雫石盆地に関する大気環境場は、本学の岩手大学地域連携事業「学校気象台」の気象蓄積データなどから、解析が完了し、結果、数値解と現実大気とを比較ができる状況にあった。日本は島国であり海岸線や山岳は、ほぼ全国に分布している。そのような観点から、日変化する海陸風や山谷風なども対象にし易いと考えた。これらをきちんと評価して検討した。パイロット校として、岩手大学附属中学校で実践を行った。数値計算結果の表現手法（気温、気圧、風の場の3D表現）などを試行し、生徒の理解に関して十分検討を加えた結果をもとに、盛岡市内各中学校（学部連携協力校）で、授業実践を積み重ねてきた。

一方、理科教育学から考察すると、生徒達にとって3D数値実験による居住地域の環境調査により、どのような科学リテラシーが身に付いたのかを評価する手法として、事前・事後に小テストを実施し、事後アンケート調査からCS分析など各種統計手法によって身に付いたものが何であるかを検証した。このような一連の取り組みを、義務教育段階の子ども達に実践させた例は皆無である。

4. 研究成果

本格的な気象の数値実験が設定できる中学生版インターフェースを開発し、中学生の生活している地域の大気環境を調査することで、環境教育や防災・減災教育に繋げようとするところである。そこで、インターフェース画面の製作に関しては、(株)中部電力CTIに外注をした。計算結果が発散などして止まることのないように、各種条件設定を検討し、的確な値を設定した。SDカードに収録されたアプリケーションは、「台風」(図2)、「温帯低気圧」、「積乱雲」、「寒冷前線」、「海陸風」の各気象現象を対象に開発した。これら現象は、いずれも中学校理科教科書の中に出てくる気象現象である。座学でなく、数値的に計算することで、3次元的に可視化された現象を生徒達が捉えられ、さらに、その時間変化についても学ぶことができる。

一方、名古屋大学坪木研究室で開発された数値実験モデル「CR e S S」は、そもそも総観スケールの雲を再現することに特化したプログラムであることから、局地気象の現象を的確に再現するかをチェックする必要があった。そこで、愛媛県大洲市において、霧を伴った陸風「肱川あらし」の特定観測を実施し、霧の映像や気象観測を、肱川に沿い3地点で実施した。そのデータとシミュレーション結果のデータと比較したところ、その妥当性が明確になった。さらに、このシステムを公立中学校理科の授業に於いて実践し、その教育効果を調査した。教育実践の前後に、プレ・ポストテスト、事後にアンケートを行い、統計分析を行った結果は良好で、中学生にも十分授業を行うことができた。

この開発したプログラムを、「科学教育用CR e S S (Web-CReSS SE-Ver.3-)」と命名した。この気象デジタル教材が全国に普及すれば世界初の事例となる。

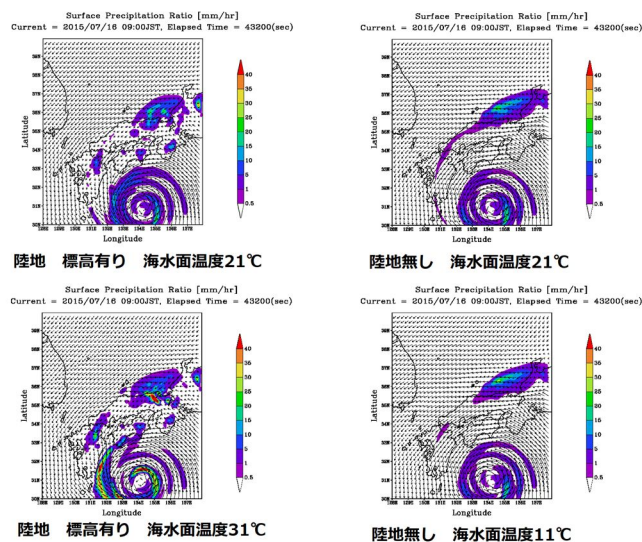


図2 条件ごとの結果の違い(台風)

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 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 久坂哲也, 及川宏輝, 會津響平, 平澤傑, 佐々木聡也, 菊地洋一, 名越利幸	4. 巻 6
2. 論文標題 中学校理科・数学科におけるアクティブ・ラーニングの開発と評価（理科編）	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部「教育実践研究論文集」	6. 最初と最後の頁 掲載予定
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 三浦 悠, 大橋唯太, 名越利幸, 那須川徳博, 黒坂 優, 寺尾 徹	4. 巻 25
2. 論文標題 愛媛県で発生する肱川あらしの強風と谷筋で生じる水平気圧傾度分布の関係	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 風工学シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 25-30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14887/kazekosymp.25.0.25	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 川村拓久・名越利幸	4. 巻 5
2. 論文標題 中学校理科「天気の変化」における「学校气象台」の利用 - 盛岡市立土淵中学校での「低気圧」の授業実践を通して -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部「教育実践研究論文集」	6. 最初と最後の頁 50 - 55
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 JUNSHI ITO, TOSHIYUKI NAGOSHI, HIROSHI NIINO	4. 巻 58
2. 論文標題 A Numerical Study of "Hijikawa-Arashi": A Thermally Driven Gap Wind Visualized by Nocturnal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Meteorology and Climatology	6. 最初と最後の頁 1293-1307
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1175/JAMC-D-18-0189.1	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 該当する

1. 著者名 久坂哲也, 平澤傑, 佐々木聡也, 菊地洋一, 名越利幸	4. 巻 7
2. 論文標題 「主体的に学習に取り組む態度」の評価指標の開発: 中学校理科における具現化と実践を通して	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 岩手大学教育学部「教育実践研究論文集」	6. 最初と最後の頁 7-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15113/00014979	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 -

[学会発表] 計28件(うち招待講演 1件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 名越利幸・黒坂優
2. 発表標題 理科教育用気象数値実験ソフト「Web-CReSS for Education」の開発
3. 学会等名 日本気象学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大町慎・名越利幸
2. 発表標題 中学校理科における気象数値実験ソフト「Web-CReSS for Education」の教材化 ~寒冷前線・海陸風について~
3. 学会等名 日本科学教育学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒坂優・大町慎・名越利幸
2. 発表標題 中学校理科における「気象数値実験モデル (CReSS)」の教材化 Web-CReSS for Education : 積乱雲毛
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒坂優・名越利幸
2. 発表標題 中学校理科における「気象数値実験モデル (CReSS)」の教材化 Web-CReSS for Education : 積乱雲モ
3. 学会等名 日本理科教育学会東北支部会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 名越利幸・黒坂優
2. 発表標題 防災・環境教育としての中学校理科「気象数値実験」教材の開発
3. 学会等名 日本理科教育学会全国
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木恒・名越利幸
2. 発表標題 中学校理科における科学教育用CReSSの実践的研究
3. 学会等名 日本理科教育学会東北支部
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木恒・名越利幸
2. 発表標題 科学教育用数値実験ソフトの開発－中学校理科Web-CReSS
3. 学会等名 日本気象学会東北支部気象研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 名越利幸
2. 発表標題 局地気象研究のすすめ-「肱川あらし」と「北岩手波状雲」の事例を中心に-
3. 学会等名 日本気象学会関西支部第1回例会基調講演，高知大学（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 日下 博幸、藤部 文昭、吉野 正敏、木村 富士男編(分担執筆：名越利幸)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 544 (54-60)
3. 書名 日本気候百科	

1. 著者名 遠藤孝夫編（分担執筆：名越利幸）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 東信堂	5. 総ページ数 280 (152-157)
3. 書名 「主体的・対話的で深い学び」の理論と実践	

〔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
---------	---------------------------	-----------------------	----