

令和3年9月14日



国立大学法人 岩手大学

## 科学教育用気象シミュレーター「クレス」の開発

-Web CReSS (Cloud Resolving Storm Simulator) for Science Education-

### 概要

気象現象の数値実験は、そのプログラムがスーパーコンピュータの OS である UNIX ベースであるため、中学校理科で活用することは不可能であると考えられてきました。

本研究では、中学生自身が実験設定を容易にできる「教育版入力インターフェース」を岩手大学が独自開発し、環境教育や防災教育をねらいとした気象現象の3次元数値実験を教育現場で利用できるシステムを開発しました。さらに、盛岡市内中学校3校での授業実践から気象数値実験の教育効果を検証した世界初の理科教材です。

### 背景

昨今、地球温暖化（寒冷化）問題をはじめとして、豪雨による災害など大気環境に対する関心が高まりつつあります。しかし、気象の学習は目に見えない大気を取り扱うために、中学生にとって理解しにくい領域の一つです（名越・木村 1994）。一方、情報機器の発達はめざましく、フラッシュメモリーなどの安価化のほか、特にパソコンに使用される CPU（中央演算処理装置）の計算速度の向上が目を引き、10 年前のスパコンに匹敵する性能になりつつあります。

国内外の研究動向を見ても、大学院レベルの研究目的に使用される気象に関する3次元数値実験ソフトは多々あり、その中に国産の気象庁プログラムや名古屋大学 CReSS クレス（坪木研究室開発）も入ります。しかし、「数値実験プログラム」を、義務教育段階の子ども達に活用しようとした例は、国内はもとより米国・ヨーロッパを見渡してもありません。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」で作成される点などが挙げられます。そのため、教育現場で通常使用している 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ました。



## 研究内容

本研究では、UNIXの互換OSであるフリーソフトの「Linux」を用い、Windows OS上で仮想Linuxマシンを駆動、その上に名古屋大学の数値実験ソフトクレスを搭載しました。SDメモリーからOSを起動することで、Windowのバージョンによらず数値計算ができ、その結果をSDに返すことで、PCのハードディスクを書き換えることなく実験が可能になります。その結果、学校のコンピュータ室や自宅にあるPCなどで駆動する数値実験モデルのシステムをSDに収録したパッケージを開発し、これを、「科学教育用気象シミュレーター”クレス”」（図1）と命名しました。使用後は、再起動することで通常のWindows PCとして動作します。これらの工夫から、学校に40台のPCがあれば、GPUの性能により計算に長時間かかる現象もありますが、一斉に40通りの異なった数値実験が可能となり、科学教育における数値実験の新たな展開が期待できます。

「クレス」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ります。これらは、気象研究者にとっても複雑です。そこで、この条件設定を行う「教育版入力インターフェース画面」の開発も行いました。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プルダウンメニューから入力でき、その他の詳細な設定は自動的に設定されます。本ソフトの中の条件範囲の中で、数値実験が止まらないように、条件の範囲や時間差分の自動設定などの工夫を行いました。さらに、このソフトは、本学教育学部附属中学校における教育実践で試し、モデルの使い勝手を調査、改良を約10年にわたって加え、ここ2年では、盛岡市立U中学校・K中学校でも実践してきました。

一方、理科教育の観点から、基礎方程式がブラック・ボックス化することを避けるために、偏微分方程式の解の四則演算への帰着をニュートン法で行い、生徒達が手計算で解が求まる教材開発も並行して行ってきました。それら教育効果も含め統計手法で検証してきた結果、「なぜパソコンは1番でなくてはいけないのか」、「気象庁の存在意義がわかった」、「数値予報の原理が理解できた」などの回答が得られました。

以上述べてきた観点から、本開発システムは世界初の試みと言えます。今後、全国の気象が学べる大学、高等学校・中学校の理科授業、地方气象台（担当：気象庁広報室長）、気象予報士会、気象学会（教育と普及員会）、日本理科教育学会、日本地学教育学会などでの活用を期待します。

尚、8月上旬に長谷川気象庁長官にお会いし、寄贈してまいりました。全国の地方气象台に展開していただけるとのことです。

## 気象シミュレーターの特徴

中学校理科教科書気象領域に掲載されている気象現象（台風、温帯低気圧、寒冷前線、積乱雲、海陸風）を、条件を変えて数値実験可能である。例えば、具体例として「台風」の場合、海水面温度を $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 変化、日本列島の標高を0m（山地を取る）に、日本列島を取る（海に変える）などが可能で、その結果を比較できる（図2、図3）。



【参考文献】

名越利幸・木村龍治：1994、気象の教え方学び方、東京大学出版会、気象の教室 6、213 頁。

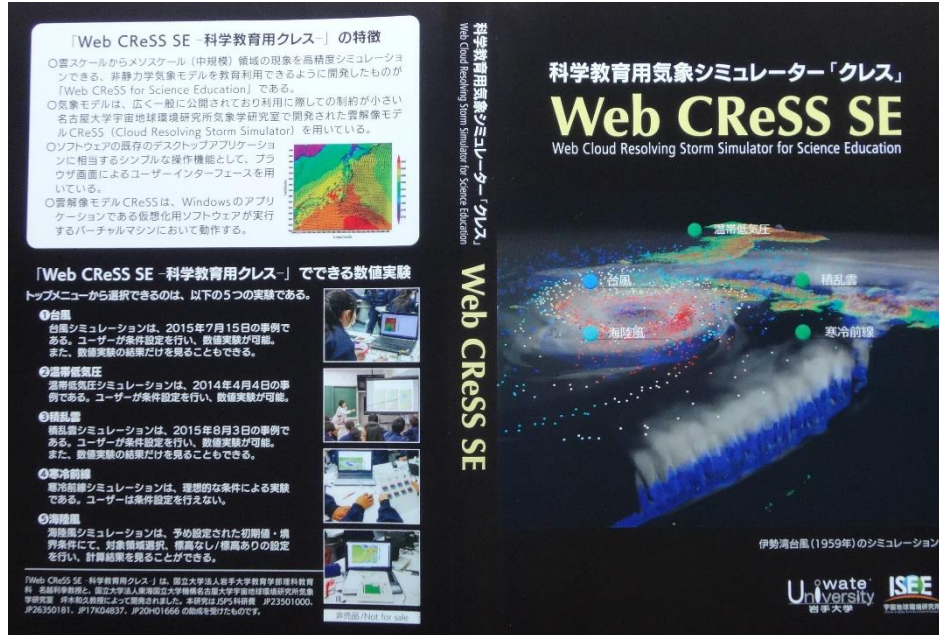
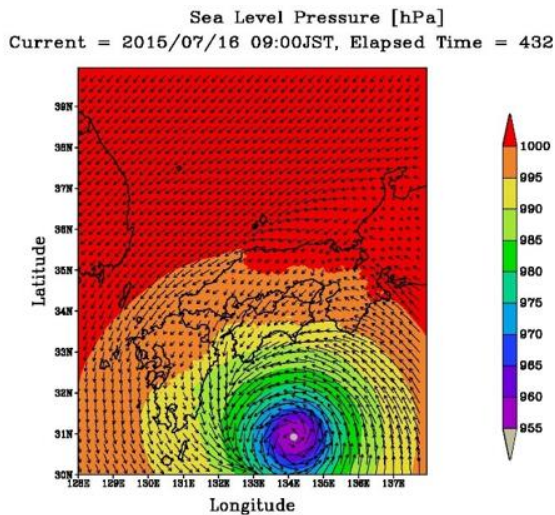
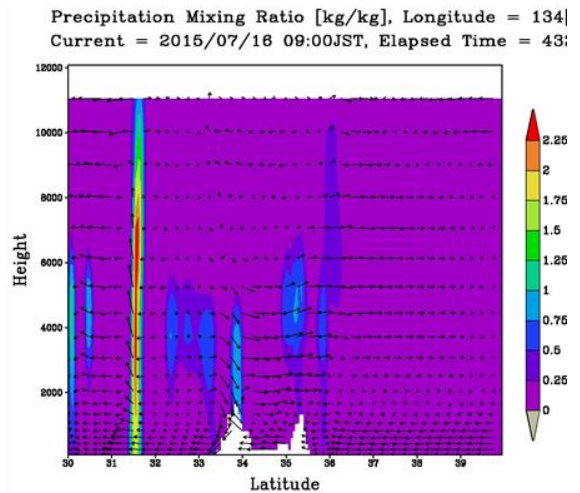


図1 「Web CReSS SE」のページ（表紙：伊勢湾台風1959）



海面更正気圧の水平分布  
(陸地 標高有り 31°C)

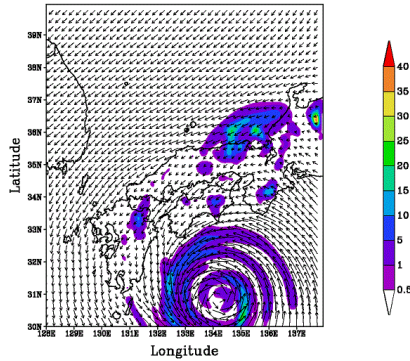


降水の南北断面図  
(陸地 標高有り 31°C)

図2 「台風」シミュレーションの結果例

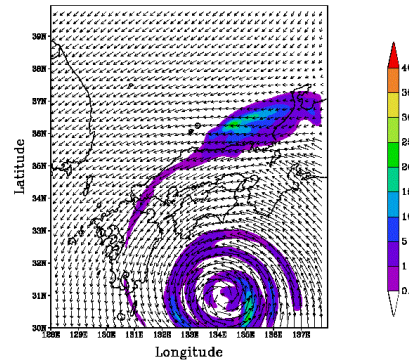


Surface Precipitation Ratio [mm/hr]  
Current = 2015/07/16 09:00JST, Elapsed Time = 43200(sec)



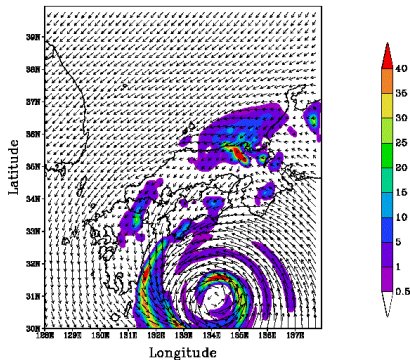
陸地 標高有り 海水面温度21℃

Surface Precipitation Ratio [mm/hr]  
Current = 2015/07/16 09:00JST, Elapsed Time = 43200(sec)



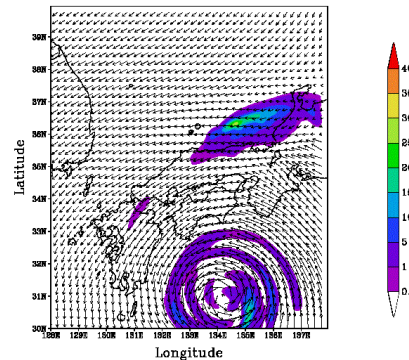
陸地無し 海水面温度21℃

Surface Precipitation Ratio [mm/hr]  
Current = 2015/07/16 09:00JST, Elapsed Time = 43200(sec)



陸地 標高有り 海水面温度31℃

Surface Precipitation Ratio [mm/hr]  
Current = 2015/07/16 09:00JST, Elapsed Time = 43200(sec)



陸地無し 海水面温度11℃

図3 台風の設定（陸地で標高有り・無し、陸地無し）と結果例

なお、「CReSS」は、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学宇宙地球環境研究所気象大気研究部 坪木和久教授が開発したものです。

本研究は、JSPS 科学研究費 JP23501000、JP26350181、JP17K04837、JP20H01666 の助成を受けたものです。

※限定500セットを郵送料無料で寄贈します。

注文サイトは、理科教育のサイト「<https://iwateuniv.wixsite.com/stlab>」内にあります。

