

科学教育用気象シミュレーター「クレス」 Web CReSS SE を活用した授業展開

木下 温

高等学校理科，地学基礎の「大気と海水の運動」「日本の自然環境」の学習において，台風を題材として，シミュレーションを活用した学習プログラムを検討したので報告する。

[キーワード] 高等学校理科 地学基礎 台風 シミュレーション クレス ICT活用

はじめに

平成30年3月30日告示の高等学校学習指導要領理科の解説^{*1)}では，内容の取扱いに当たって，「理科の学習においては，自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成するためには，コンピュータや情報通信ネットワークなどの積極的かつ適切な活用は効果的である。」「観測しにくい現象などは，シミュレーションを利用することが有効である。」が配慮事項として取り上げられている。教科書^{*2)}では，台風の進路予報を例示して「天気予報は，アメダスや気象レーダーなどの観測データをもとに，スーパーコンピュータが物理方程式に基づいて計算を行う「数値予報」を用いている。」「実際の大气中で起こっている様々な現象のシミュレーションを行う。そこから未来の大气の状態を予測する」と紹介している。

天気予報は，コンピュータを用いたシミュレーションとして最も身近なものである。しかし，大気分野の現象の数値実験は，そのプログラムがスーパーコンピュータで用いられてきたUNIXベースのFORTRAN言語で記述されているため，学校現場におけるWindows環境で活用することは難しいと考えられてきた。科学教育用気象シミュレーター「クレス」は，上記の課題を克服すべく，システムを収録したSDカードから仮想マシン上でLinuxを起動させることによって気象現象の数値実験を容易に行わせることを可能

とするプログラムパッケージとなっている。「クレス」は，教育版インターフェース画面のプルダウンメニューから，領域・時間差分の指定，初期条件，境界条件等の複雑な設定を直感的に操作できるように工夫されている（図1～図2）^{*3)}。

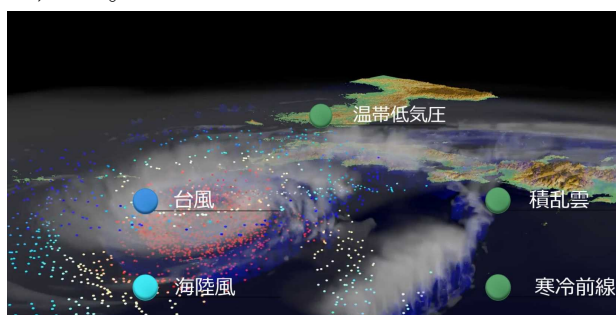


図1 「クレス」のトップ画面。画面の台風をクリックすると，設定用のインターフェース画面が現れる。

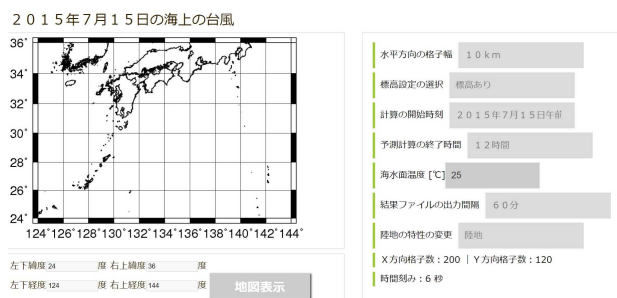


図2 領域・時間差分，海水面温度等を設定するインターフェース画面。

例えば，海水面温度や日本列島の標高を変えたりする条件設定を行った場合の，台風の勢力・降水量の変化を，実際の物理法則に従ってシミュレーションすることができる。

1 科学教育用気象シミュレーター「クレス」

科学教育用気象シミュレーター「クレス」(Web CReSS SE)は、名古屋大学の坪木和久教授らが開発したCReSSを基に岩手大学の名越利幸特任教授らが開発した教育用入力インターフェースを加味した、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である。

科学教育用気象シミュレーター「クレス」(Web Cloud Resolving Storm Simulator for Science Education)の特徴は次の4点である。

1) 公開されている、名古屋大学気象学研究室で開発された雲解像モデルCReSS(Cloud Resolving Storm Simulator)を用いている。

2) メソスケール(中規模)領域の気象現象を高精度にシミュレーションできる研究用の非静力学気象モデルを教育利用できるように開発したもの。

3) Googleブラウザ上で操作できるシンプルなユーザーインターフェースの実現。

4) プログラムは、Windowsの仮想化ソフトの仮想マシン(Linux(Cent OS))上で動作する。

Web CReSS SEの主な動作要件は、次の表1に示すとおりである。なお、CPUの動作要件はかなり厳しく、職場のPC(CPUはIntel Core i3, i5)では正常に作動させることはできなかった。

表1 動作要件

OS	Windows 10 64bit
CPU	Intel Core i7 推奨
メモリ	3GB以上推奨(仮想マシン使用含)
ブラウザ	Google Chrome
仮想ソフト	VMware Player 14.1.1

Web CReSS SEでは、ブラウザ上のメニューから、次の表2に示す5種類の数値実験が可能である。本稿では、台風について紹介する。

表2 Web CReSS SEで実行できる数値実験

①台風	2015年7月15日の事例
②温帯低気圧	2014年4月4日の事例
③積乱雲	2015年8月3日の事例
④寒冷前線	理想的な条件下での実験
⑤海陸風	初期値・境界条件を固定

2 台風のシミュレーション

本シミュレーションで用いたのは、平成27年台風11号(Nangka(ナンカー))の7月15日の事例である。この台風は、7月3日にマーシャル諸島で発生した熱帯低気圧が発達しながら西進し、48時間で中心気圧が925ヘクトパスカルに達して、非常に強い勢力となった。マリアナ諸島を通過した後、進路を北寄りに変えて北上を続けて、7月15日には大型で非常に強い勢力となり、7月16日に高知県室戸付近へ上陸し、四国を縦断した後、瀬戸内海を経て、岡山県倉敷付近に再上陸後、日本海に達した7月17日に、熱帯低気圧となった。

本数値実験において設定した条件(初期値・境界条件等)は、次の表3のとおりであり、表4の動作環境でシミュレーションを行った。

表3 数値実験で設定した条件

①領域	北緯24度~36度, 東経126度~144度
②水平方向格子数	200×120(水平間隔10km)
③標高	標高あり・なしを選択
④計算開始・終了時刻	7月15日9時・15日21時 (7月15日21時・16日9時)
⑤結果の出力間隔	60分毎
⑥陸地の特性	陸地の有無を選択
⑦海水面温度	15℃, 25℃, 35℃

表4 数値実験を行った動作環境

CPU	Intel Core i7 2.6GHz(2012年製)
メモリ	16G
その他	OS, ブラウザ, 仮想ソフトは、それぞれ表1の要件のとおりである。

表3の条件①②④⑤は固定して、陸地・標高ありで海水面温度を15℃, 25℃, 35℃にそれぞれ設定したシミュレーションを12時間行い、7月15日21時の台風の海面気圧・地表面降水量を出力して比較した。図3は海水面温度15℃のとき、図4は海水面温度25℃のとき、図5は海水面温度35℃のときの台風の海面気圧・地表面降水量のシミュレーション結果をそれぞれ示したものである。

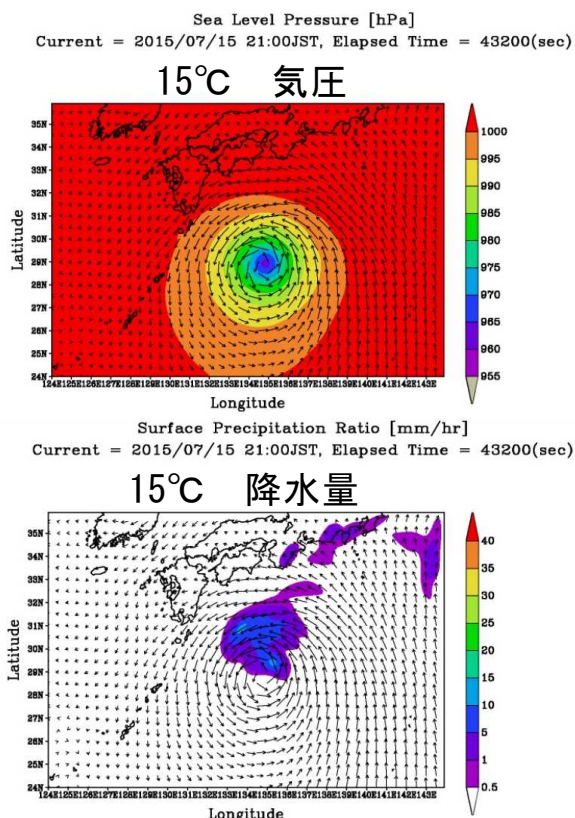


図3 海水面温度15°C, 7月15日21時の海面気圧(上)と地表面降水量(下)。

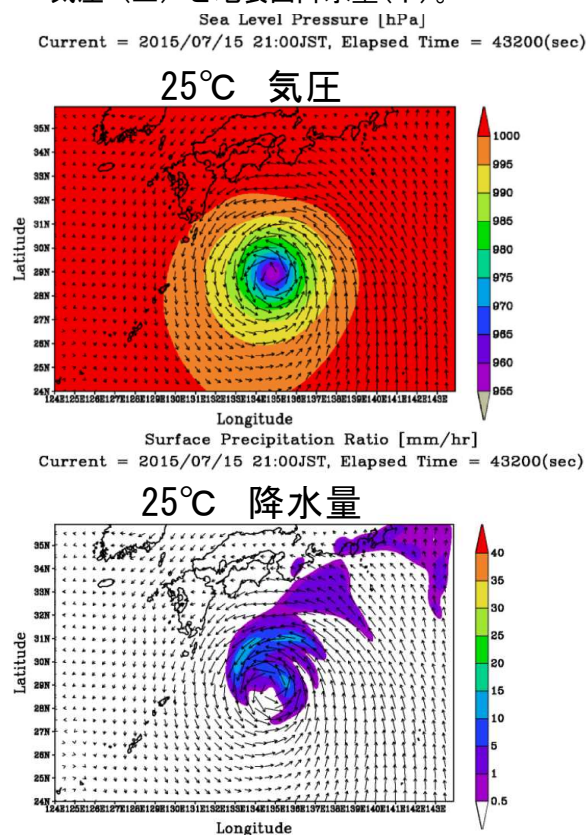


図4 海水面温度25°C, 7月15日21時の海面気圧(上)と地表面降水量(下)。

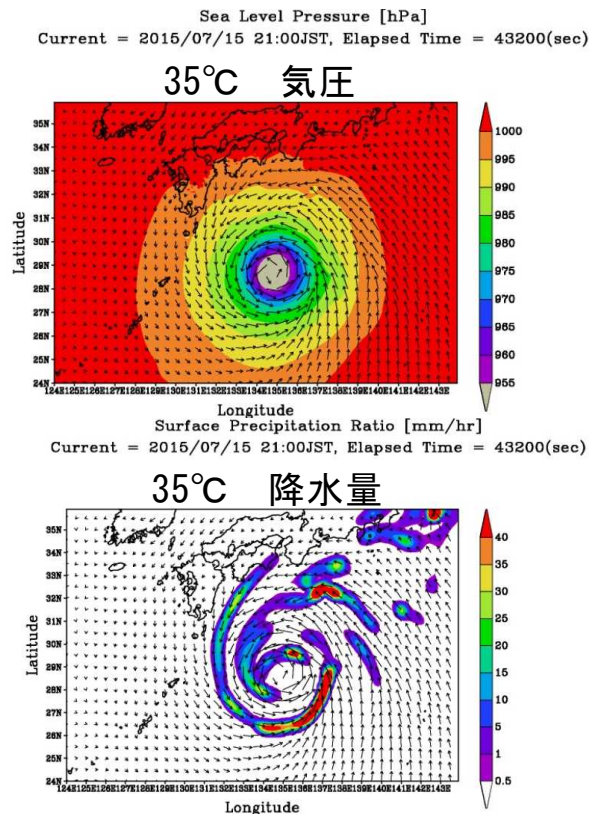


図5 海水面温度35°C, 7月15日21時の海面気圧(上)と地表面降水量(下)。

海水面温度が高くなるにつれて、台風を中心付近の気圧低下が促進される結果となった。また、海上における台風周囲の発達した積乱雲の分布・降水強度については、海水面温度が高くなるにつれて、台風の進行方向前面に分布する発達した積乱雲が、台風の周囲を取り囲むようになり、地表面降水量が増大する結果となった。海水面温度の上昇とともに、水蒸気から供給される台風のエネルギー量の増大のため、台風の中心気圧が低下して勢力が増すとともに、台風周囲に形成された壁雲からの降水が強化されていることが考えられる。

次に、表3の条件①②④⑤は固定して、海水面温度を25°C、陸地ありに設定し、標高のある・なしに分けたシミュレーションを7月16日9時から12時間行い、7月16日15時の台風の地表面降水量の結果を出力して比較した。図6は、シミュレーション結果をそれぞれ示したものである。地形(山地)の影響により、積乱雲の発達が大きく左右されたことが考えられる。

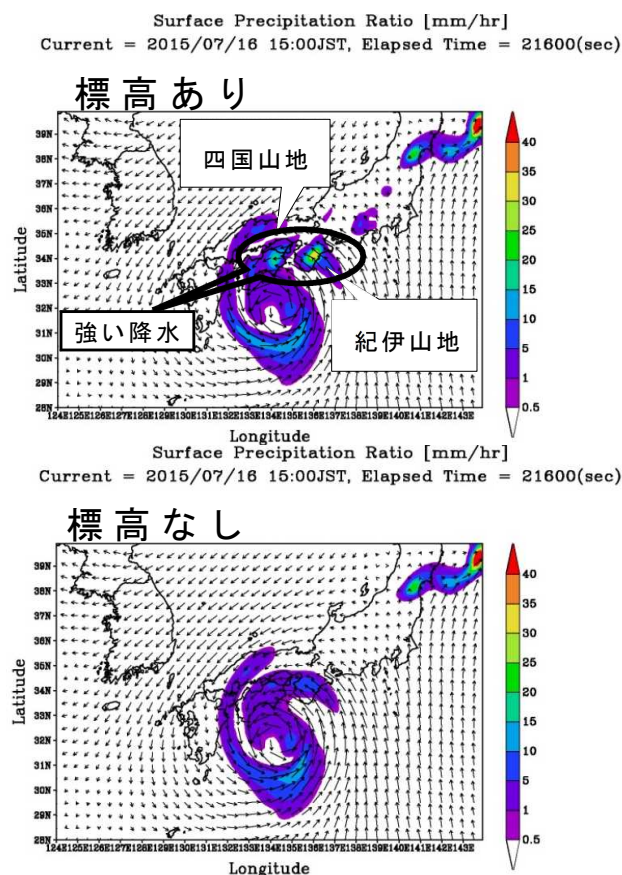
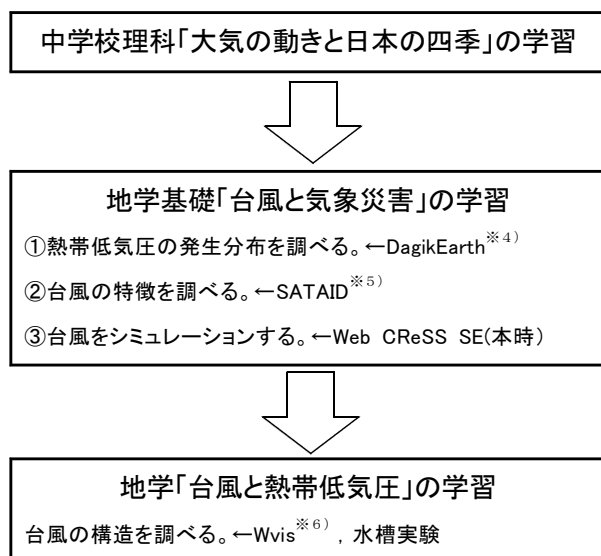


図6 海面温度25°C、7月16日15時の地表面降水量。上は標高あり、下は標高無し。

4 授業展開例

地学基礎の「台風と気象災害」の学習において、「クレス」によるシミュレーションを活用した学習プログラムとして、次のような学習構造が考えられる。



地学基礎において、熱帯低気圧の発生分布をデジタル地球儀Dagik Earthで調べたり、台風の特徴をSATAIDを用いて気象衛星画像や天気図から調べたりする活動が考えられる。台風のシミュレーションについては、台風の発達する条件と気象災害（大雨・高潮等）と関連させて、次のような指導・評価計画（例）が考えられる。

学習場面	学習活動	具体的評価規準	評価方法
（準備） 導入	○中学校及び前時までの既習事項をもとにして立てた仮説を班毎に発表し、仮説の共有化を図る。 課題）気象条件や地形条件などによって、台風の勢力や降水量はどのように変化して、どのような気象災害が発生しやすいのだろうか。		行動観察
展開	○班毎に検証するために必要な条件設定を考えて、シミュレーションを実行するなど、見通しを立てて調べる。 ※台風のシミュレーションは、1単位時間内には完了しない（約8時間程度かかる）ので、前時にシミュレーションを開始して、結果の検証から始めることも考えられる。 ○班毎にシミュレーション結果から考えられる説明を発表して、考えを共有する。	シミュレーション結果から、既習事項と関連付けながら、台風の発達する条件と台風による気象災害の特徴を見いだして表現している。	ワークシート
まとめ	○学習内容を振り返る		

台風等の地学現象は、物理・化学・生物のように、生徒自らが条件制御した実験を行うことが不可能と考えられてきたが、大気分野については、数値実験をとおした学習が可能になった。

おわりに

使用したWeb CReSS SEパッケージは、岩手大学研究支援・産学連携センター名越利幸特任教授から提供いただいた。名越特任教授に感謝申しあげる。今回検討した台風の他に、温帯低気圧、積乱雲の発達、海陸風など様々な気象現象の数値実験を地学的に探究する視点からどう活用すべきか、今後研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) 文部科学省 高等学校学習指導要領解説理科・理数編
- 2) 啓林館高等学校地学基礎 pp.114-115, pp.204-206 令和3年
- 3) <http://iwateuniv.wixsite.com/stlab>
- 4) <https://www.dagik.net>
- 5) https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/info/himawaric_ast_software.html
- 6) <http://www.cybernet.co.jp/avs/download/wvis.html>

（きのした あつし）