

## Google Earthをプラットフォームとした地球科学系 デジタル教材の紹介と教育実践

伊庭 靖弘\*<sup>1</sup>, 乾 睦子\*<sup>2</sup>

### A practice of powerful and user-friendly Earth Sciences teaching tools using KML format data on Google Earth

Yasuhiro Iba\*<sup>1</sup>, Mutsuko Inui\*<sup>2</sup>

**Abstract:** The tools and methods for teaching visual aspects of the Earth Sciences are growing more technologically complex. We are responding to this digital movement by incorporating the best new tools. Google Earth, which offers a powerful, user-friendly geographical technology provides an easy-to-use platform for Earth Scientific datasets by using KML. Recently, Earth Scientific KML are created by, and provided mainly from institutions in United States, such as NASA and USGS. In this study, we give an outline of these Earth Scientific contents and practice these contents in a class of university. As a result of practice, it is proved that these contents are very effective for Earth Sciences teaching.

**Key words:** Google Earth, KML, Earth Science Education, Plate tectonics, ICT, Visualization

#### 1. はじめに

現在、世界的に様々な地球環境問題の顕在化が指摘され、その基礎となる中学・高校・大学での地学・地球科学教育の重要性が再認識されている。世界中の衛星写真が閲覧可能なGoogle Earth（グーグルアース、以下GE）は、マクロ的視点から地球に刻まれた様々な現象の“観察”を可能とさせることから、全球規模の自然現象や環境問題およびそのメカニズムの視覚的理解への効果が期待されている<sup>1), 2)</sup>。さらに、教育現場におけるGEの利用は、近年その重要性が指摘されている地学教育のIT化<sup>3), 4), 5)</sup>および、ICT（Information and Communication Technology: 情報通信技術）化にもあたる。

従来の衛星写真や空中写真と比較して、無料で簡単に入手できることなどのGEの特性から、相場・真砂(2006)<sup>6)</sup>は小学校5年における「流れる水のはたらき」の単元を例にしてGEを用いた具体的な実践とその効果を示した。早川・宮永(2009)<sup>7)</sup>なども教育実践を通してGEの有用性を報告している。近年では、インターネットに公開されている大学のシラバスにおいても教材としてGEが記載されている（例えば、徳島大学：[\[cms.db.tokushima-u.ac.jp/syllabus/2009/html/181001.html\]\(http://cms.db.tokushima-u.ac.jp/syllabus/2009/html/181001.html\)；千葉大学：<http://www.students.chiba-u.ac.jp/syllabus/S2/2009S22212001.htm>）。また、AGU（American Geophysical Union：アメリカ地球物理学連合）など国際学術会議においてもGEなどのバーチャル地球儀ソフトを用いた地球科学教育のセッションが設けられている（例えば、2006年のセッションED23C：The Use of Internet-Based Virtual Globes in the Earth Sciences）。後藤\(2009\)<sup>2\)</sup>は、地球科学的視点からGEを用いて地球表層に残された地形を解説する書籍を出版している。このように、GEが地球科学を学ぶ教材として効果的であることは、十分に知られている。](http://</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

一方で、これらはGEを自由に動かせる衛星写真として用いた事例である。GEは、衛星写真だけではなく、様々な科学的データを表示することができるプラットフォームとして海外で活用されはじめている。インターネット上で公開されている科学的データをGEに表示させることで、プレートの年代や、海洋表層におけるクロロフィルaの存在度など、“直接観察”が困難なものの可視化が可能となる。GEおよびコンテンツは無料で公開されており、コンピューターとプロジェクターさえあれば様々な教育現場で使うことができる。さらに、少人数であれば、コンピューターだけでも実践可能であるし、データをキャッシュさせれば、インターネットに接続しなくても用いることができる（下述）。すでに米国

\*<sup>1</sup>日本学術振興会特別研究員・国立科学博物館 / 国士館大学理工学部

\*<sup>2</sup>国士館大学理工学部

の研究機関や研究者によって、非常に多くの科学的コンテンツが無料で提供されている。本研究は、GEをプラットフォームとした科学的な信頼性の高い地球科学系デジタル教材を紹介し、これを用いた大学での教育実践とその結果認められた教材の有用性について報告する。

## 2. Google Earth と KML

GEは、Google社が無料で公開しているバーチャル地球儀ソフトであり、世界中の衛星写真を網羅している。現在では日本のテレビ番組で地図の代替として使われることも多く、車一台が確認できるほどの精度にまで拡大することができる。宇宙空間を表示できるSky機能を用いれば、1億個の恒星と2億個の銀河を見ることも可能で、火星の衛星写真も観察することができる。このほか、地点間の距離を測る定規機能や、地点を連続して移動するツアー機能など、GEには非常に多くの機能が備わっている。基本的なインターフェースは、マウスのドラッグで移動し、画面下のコンソールパネルで拡大縮小、回転、傾きの調整を行う。ダブルクリックや右ボタンドラッグ、ホイール操作にも動作が割り付けられており、慣れればマウスだけでほぼ全ての操作が可能となる。現在公開されているGoogle Earth 5.0では、海底地形も表示されるようになった(図1)(2009年12月現在)。現行バージョンでは、アルゴフロートやトライトンブイなどの海洋観測ロボットが計測した海水温の鉛直分布を見ることができると、追加コンテンツ(下述)をダウンロードしなくても地球科学系の講義に十分利用することが可能である。現在はWindowsとMacOSの両方に対応し、2006年の9月に公開されたGoogle Earth 4ベータ版から日本語に対応している。GEの使用の仕方の詳細については、<http://www.グーグルアース4.jp/>などインターネット上で多く解説されているのでそれを参照されたい。また、GEに関連した書籍も多数出版されている<sup>8), 9)</sup>。GEのダウンロードは、<http://earth.google.co.jp/>から行うことができる。

ダウンロードされたGE自体にはほとんど地図情報は含まれておらず、表示時にGoogleのデータベースから必要なデータを受ける仕組みになっている。つまり通常はオンライン(ブロードバンド)での使用が想定されている。しかし、ダウンロードしてから時間がたっていないデータはキャッシュという形で、ディスクに残っているため、使用する直前に一度表示したデータは、オフラインでも使用することができる。

GEでは、KML(Keyhole Markup Language: KMLの圧縮形式はKMZ)と呼ばれる専用のデータフォーマットを利用することで、いろいろな情報を表示させることができる。KMLは、GEやGoogleマップに表示するポイント、線、イメージ、ポリゴン、および立体モデルなどの地理的特徴をモデリングして保存するためのXML

文法およびXMLファイル形式である。KMLは、GEやGoogleマップの他のユーザーと地理情報を共有するために広く用いられている。また、Google Earthコミュニティサイトにおいて、さまざまなテーマのKMLファイルを検索することができる。地球科学の教材となりうるコンテンツがこのKMLとして主に米国から多く公開されている。

## 3. Google Earthにおける地球科学系教材

GEの利点を生かした質の高い多数の地球科学に関するコンテンツがKML形式でインターネット上に公開されている。これらのコンテンツは、Google Earth Community(<http://bbs.keyhole.com/ubb/ubbthreads.php/Cat/0>)や日本語対応のGoogle Earthギャラリー(<http://www.google.com/gadgets/directory?synd=earth&hl=ja&preview=on&cat=education>)および、作成者個人や研究機関のHPで公開されている。日本語で作成された地球科学の教材になるようなものはまだほとんどないが、GEにおいては視覚的効果が最も重要であるために、使用の際に英語を理解できなくても支障はないと考えられる。

公開されている数多くのコンテンツの中から、本研究では、以下に固体地球と海洋に関するコンテンツをその概略と共に紹介する。今回紹介するGE地球科学系教材の主な利点として、1)一つのコンテンツに含まれる情報量が非常に多いことと、2)そのデータの科学的信頼性が高いことがあげられる。教科書や資料集では掲載できないほどの膨大な情報量を有するデータベースなども、GEにおいては簡単に三次元表示することが可能となっている。さらに、コンテンツが、複数のオーバーレイから構成されているため、関連する様々な情報を重ねて表示することや、必要な情報だけを選択して表示させることができる。紹介するコンテンツは、NASA(アメリカ航空宇宙局)、USGS(アメリカ地質調査所)、NOAA

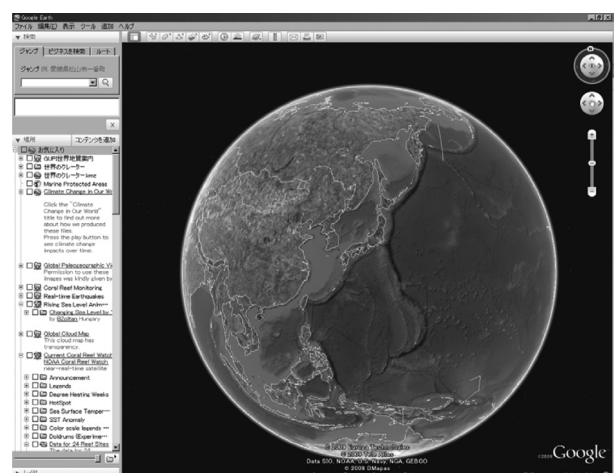


図1 Google Earth 5.0 (<http://earth.google.co.jp/>)

(米国海洋大気庁)などの研究機関や、地球科学系の研究者から公開されているもの、および学術論文に示されたデータを取りまとめたものがあり、これらの科学的な信頼性は極めて高いといえる。

### 3.1 テクトニクスを理解する —Global Tectonics およびEarth's tectonic plates—

[http://bbs.keyhole.com/ubb/ubbthreads.php?ubb=showthreaded&Number=846771&site\\_id=1#import](http://bbs.keyhole.com/ubb/ubbthreads.php?ubb=showthreaded&Number=846771&site_id=1#import) (Global Tectonics)

[http://bbs.keyhole.com/ubb/ubbthreads.php?ubb=showthreaded&Number=161180&site\\_id=1#import](http://bbs.keyhole.com/ubb/ubbthreads.php?ubb=showthreaded&Number=161180&site_id=1#import) (Earth's tectonic plates)

地球科学における最も重要な概念・理論の一つとして、プレートテクトニクスがある。このプレートテクトニクスに関する複数のKMLファイルが公開されている。今回は、そのうちGlobal TectonicsとEarth's tectonic platesを紹介する。Global Tectonicsは、Google Earth Communityで公開されているコンテンツで、①Seafloor Age (海洋底の年代)、②Earthquakes (地震)、③Active Volcanoes (活火山)、④Topography/Bathymetry (地形)の4つのオーバーレイから構成されている(図2)。①はMüller et al. (2007)<sup>10)</sup>、②はUSGS (アメリカ地質調査所)、および③、④はNOAAの公開データを基に作成されている。①Seafloor Ageでは0~180Maまでの海洋底の年代を表示することができる(図2)。海洋底の年代は、10Ma刻みで古くなるに従って暖色から寒色に色付けされている(図2)。GE上で地球をマウスで回転させることによって、全ての海洋底の年代をみる事ができ、プレートの拡大、運動方向などを視覚的に読み取ることができる。②Earthquakesと③Active Volcanoes

を表示させれば、プレート境界付近で地震や火山活動が活発であることがわかる。Global Tectonicsにはプレート境界およびその種類を表示させる機能は備わっていないが、Earth's tectonic platesを併用して使うことによってこの問題を解決することができる。Earth's tectonic plateは、Alan Jones氏がGoogle Earth Communityで公開しているコンテンツで、プレートの境界とその種類を表示できるオーバーレイが含まれている。プレート境界は、色分けされており、赤色が発散型、青色がトランスフォーム型、黄色が収束型境界をそれぞれ示している。これら上述した二つのコンテンツを併用すれば、プレートテクトニクスを説明する際に必要な情報の多くを視覚的に優れた形で示すことができる。

### 3.2 大陸分裂の歴史をみる

#### —Global Paleogeographic view—

<http://www.editgrid.com/user/valery35/Paleoglobe.KML>

大陸の分裂や結合は、大きな時間・空間スケールを扱う地球科学の特徴を最もよく理解できる題材であり、プレートテクトニクスを理解する上でも重要である。さらに、大陸の分裂は陸上生物の生息域を分断することによって進化の原動力となるという点でも重要である<sup>11)</sup>。近年では、大陸の分裂が汎世界的な海洋の循環を再編し、これによって海洋生物区が誕生するなど、海洋生物の進化を考える上でも注目されている<sup>12)、13)</sup>。

これまで古海陸配置を復元できる有用なソフトウェアとして、研究者にも好まれて使われているPlate Tracker<sup>14)</sup>があるが、これは有料なソフトウェアであり、さらに陸は複雑な線画として描かれるため、教育目的には適さない可能性が高い。また、Paleomap Project

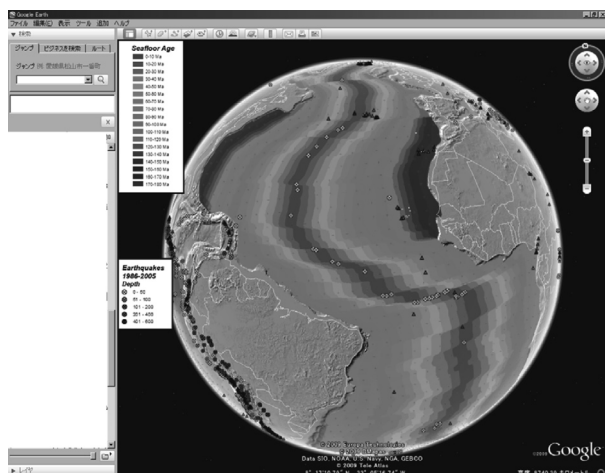


図2 Global Tectonics. Google Earth Communityで公開 ([http://bbs.keyhole.com/ubb/ubbthreads.php?ubb=showthreaded&Number=846771&site\\_id=1#import](http://bbs.keyhole.com/ubb/ubbthreads.php?ubb=showthreaded&Number=846771&site_id=1#import))



図3 Global Paleogeographic view. Northern Arizona大学のRon Blakey博士による作成・公開 (<http://www.editgrid.com/user/valery35/Paleoglobe.KML>)



(<http://www.scotese.com>) が作成した古地理図が無料で公開されているが、これは二次元の画像である。一方、Northern Arizona大学のRon Blakey博士によって作成されたGlobal Paleogeographic viewは、古陸配置を三次元でGE上に表示することができるコンテンツである。このコンテンツでは、600Maから現在までの古海陸分布を約2000万年の間隔で表示可能で、さらにプレイ機能を使えば、大陸移動の様子を連続的にアニメーション表示することができる。現在の大陸は、黄色線で示されているため、過去の大陸配置と現在の大陸配置を比較することが可能である。特にこれは、中生代後期など地球史の中では比較的最近の大陸配置と現在の配置を比較する際に特に有用である。例えば、図3に示したように白亜紀中期に発生したゴンドワナ大陸の分裂（南米大陸とアフリカ大陸の分裂）を現在の大陸配置と比較しながら、分裂の様子をみることができる。

### 3.3 地震発生地帯を理解する

#### —Real-time Earthquakes—

<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/catalogs/>

Real-time Earthquakesは、USGSが作成・公開しているもので、世界中で発生した地震の分布をリアルタイムで地球儀上に表示することができる（図4）。地震は、当日、一日前、一週間前に発生したものごとに3種類の色分けがなされている。このコンテンツでは、1週間という短い時間スケールでの地震が多発していることを実感できる。地震発生地点は円で示され、円の直径がマグニチュードの大きさに対応している（マグニチュード1～8までが表示されている）。各円をクリックすると、地震が発生した日時と深度が簡単な英語の表として示される。さらに表示されている地震発生点のそれぞれが

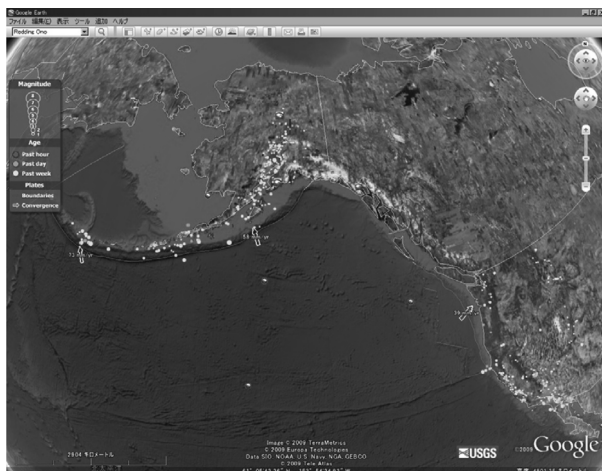


図4 Real-time Earthquakes. USGSによる作成・公開 (<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/catalogs/>)

USGSのホームページにリンクされており、個々の地震の詳細な情報を見ることができる。このコンテンツには、トランスフォーム断層や収束型境界などのプレート境界やプレートの運動方向を表示することのできるオーバーレイが含まれている。このオーバーレイを表示させることによって、プレート境界に地震発生帯が集中していることが一目でわかる。さらに、マグニチュード1～8それぞれを表示・非表示を切り替えることもできる。災害大国日本では、地震を理解することが重要であるが、このコンテンツは、その理解に非常に適していると考えられる。

### 3.4 ホットスポットを理解する —Hotspot Data—

<http://plate-frames.blogspot.com/2007/08/google-earth-data-sets-plates-and.html>

Plate Frames (<http://plate-frames.blogspot.com/>) が世界中のホットスポットの分布とその年代を示したランドマーク集である（図5）。年代をはじめとするデータセットは、Neill (2005)<sup>15)</sup> など信頼できる多数の科学論文から抽出されている。ランドマークをクリックすると、海山の名前が表示される。このコンテンツでは、アフリカ地溝帯へのホットスポットの集中的分布や、ホットスポットとプレートの運動を学習するときの典型例として挙げられるハワイ諸島—天皇海山群を明瞭にみることができる。海山ごとに詳しい年代がMa表記でなされているので、ハワイ諸島—天皇海山群の北端が71Maで、海山群が「く」の字に曲がる、すなわちプレートの運動方向が変化したのが42Maであることが視覚的に容易にわかる（図5）。コンテンツを非表示にする（チェックを外す）ことによって、GEに表示される海底地形（図1）とホットスポット（図5）とを対応させることが

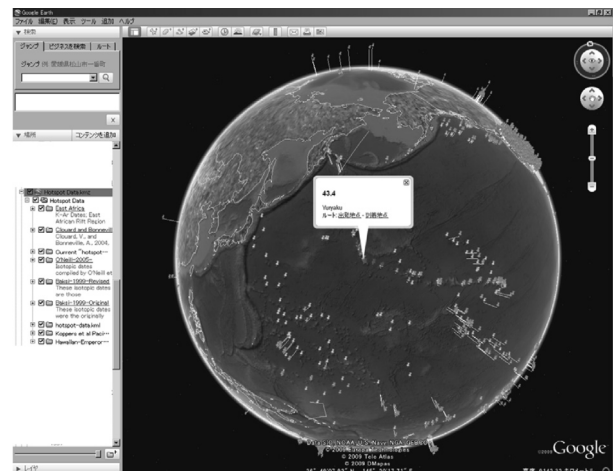


図5 Hotspot Data. Plate Framesによる作成・公開 (<http://plate-frames.blogspot.com/2007/08/google-earth-data-sets-plates-and.html>)

可能である。

### 3.5 断層を観察する

#### —Hayward Fault Map & Tour—

<http://earthquake.usgs.gov/regional/nca/haywardfault/>

断層に関する学習は、防災意識の高まりもあり、近年、地学教育のなかで重要視されてきている。これまでに地形図や立体画像、衛星写真を用いた断層に関する教材が研究されてきたが、GEでも効果的に断層を学習できる可能性があるコンテンツが公開されている。そのひとつがUSGSによって作成・公開されているHayward Fault Map & Tourである(図6)。サンフランシスコ湾岸地域東部を走るHayward断層は、都市の直下に位置し、北米西海岸で最も危険な活断層である。

Hayward Fault Map & Tourは、USGSによって作成公開されているコンテンツで、以下の8つのオーバーレイから構成されている(図6)。①Hayward Fault Virtual Helicopter Tour (Hayward断層のバーチャルヘリコプターツアー)では、GEのツアー機能を再生すると、南北に50kmほど走るHayward断層を上空から北から南へ向けて移動しながら観察することができる。②Hayward Fault (Hayward断層)にチェックを入れると、高解像度の地形図上に赤色の線で示された断層のトレースを表示させることができる。③Creep evidence (クリープの証拠)では、クリープの証拠が得られた箇所が緑色の円で表示される。④Trench labelsおよび⑤Trench locationsでは、断層調査のためにトレンチが行われた箇所を確認することができる。⑥Hayward fault photos (Hayward断層の写真)選択すると、地図上に多数のカメラマークが表示され、それをクリックすると現場の写真が表示される。各写真には、断層の位置およ

び運動方向が表示されている(図6)。この断層は都市部を走っているため、自然地形のみならず、断層による構造物への影響を多数の写真からみてとることができる。⑦Moving landslides (地すべり)では、パークレー北部に分布する地滑り地域を観察することができる。⑧Kilometer grid (グリッド)にチェックを入れると断層に沿って1kmごとのグリッドが表示され、断層のスケールが容易にわかる。このようにこのコンテンツでは、衛星写真だけでは理解できないHayward断層という都市部の巨大断層を多角的に観察することができる。

### 3.6 クレーターを観察する

#### —172 Impact Structures—

<http://www.thinklemon.com/weblog/2005/09/28/google-earth-impact-structures-goodness/>

172 Impact Structuresは、ThinkLemon.com (<http://www.thinklemon.com/>) がカナダのNew Brunswick大学の惑星宇宙科学センター(Planetary and Space Science Centre)の隕石衝突データベース(<http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase/>)を元に作成したクレーターのランドマーク集である(図7)。中生代・新生代境界絶滅の引き金となった隕石衝突痕跡であるユカタン半島のチチュルブクレーター位置をはじめ世界中に存在している172箇所の衝突痕を観察できる。衝突痕の中には、典型的なクレーター状の形をしているものや、湖になっているもの、衛星画像だけでは一見して判別できないものなどが存在している。ランドマークをクリックすると緯度経度、直径、時代などの情報が表示される(図7)。大陸ごとにオーバーレイが作成されている。隕石衝突は、中生代/新生代境界の大量絶滅イベントの引き金であったなど(Alvarez et al., 1980など)<sup>16)</sup>,



図6 Hayward Fault Map & Tour. USGSによる作成・公開 (<http://earthquake.usgs.gov/regional/nca/haywardfault/>)

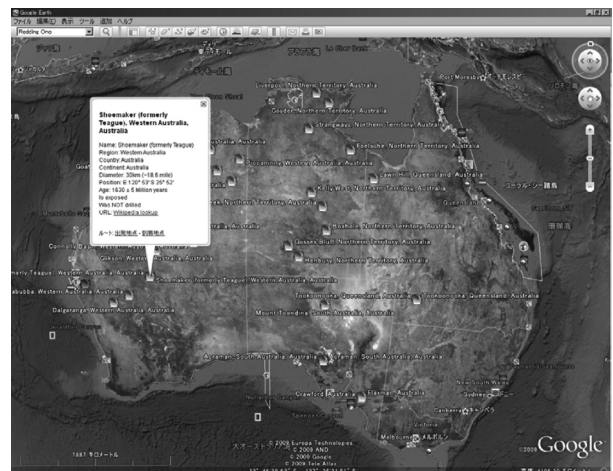


図7 172 Impact Structure. ThinkLemon.comによる作成・公開 (<http://www.thinklemon.com/weblog/2005/09/28/google-earth-impact-structures-goodness/>)



地球生命を支配する地球外的要因として重要である。このコンテンツは、こういった地球および地球生命と宇宙とのつながりを考える上でも効果的な教材となる可能性がある。

### 3.7 一次生産者と栄養塩

#### —Chlorophyll a Concentration—

<http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/Search.html?group=12>

海洋表層に生息する植物プランクトンは、一次生産者として海洋生態系を支える最も重要な地位にある。海洋表層における植物プランクトンの存在量を示しているのがChlorophyll a Concentrationである(図8)。植物プランクトンはクロロフィルaをもっているため、これを人工衛星から計ることによって全球的な表層植物プランクトンの存在量を示すことができる。一次生産が盛んな海域(クロロフィルaの存在量が高い海域)は緑色で示され(1mg/m<sup>3</sup>), 10mg/m<sup>3</sup>以上だと赤色に近づく(図8)。このコンテンツは、NASA Earth Observationが作成・公開している。

海洋表層付近の植物プランクトンには光以外に栄養塩類が必要であるため、海洋の底層から供給される栄養塩類によってその存在量が規制されている。このような栄養塩の供給と植物プランクトンの存在量の間について、このコンテンツを用いて考察することができる。カリフォルニア沿岸やペルー沿岸には植物プランクトンの高濃度領域が存在し(図8)、これは、沿岸湧昇流の発生源と一致する。南大西洋には、アルゼンチンからフォークランドの海域に高濃度領域が存在する。この海域は広い大陸棚があり底層からの栄養塩の供給がその要因であると考えられる。GE 5.0では、海洋地形を読み取ることも可能で(図1)、大陸棚は水色の領域で示されている。Chlorophyll a Concentrationを非選択状態にし、GEで

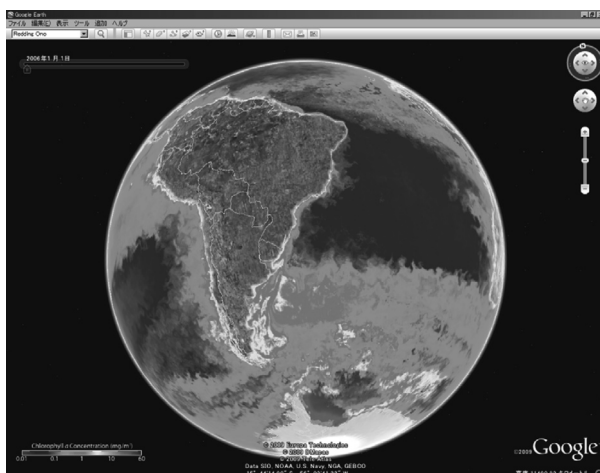


図8 Chlorophyll a Concentration. NASA Earth Observationによる作成・公開 (<http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/Search.html?group=12>)

通常表示される海底地形と比較すると、大陸棚の分布と一次生産者の高濃度領域が対応していることがわかる。太平洋赤道域には植物プランクトンの存在量の高まりが帯状に分布している。これは赤道域に特有な赤道湧昇によるものであると考えられる。陸域からの豊富な栄養塩類が供給される大規模河川が存在する沿岸地域においても、植物プランクトンの高濃度領域が多い(アマゾン川河口域など)。

植物プランクトンの高濃度域には、多くの捕食者が集まり、大きなバイオマスが維持されている。植物プランクトンの高濃度域は、Watson et al. (2004)<sup>17</sup>などで示されている世界の漁獲量の高い地域とよく一致しており、植物プランクトンが豊かな生態系を支えていることが理解できる。さらに、植物プランクトンは、海洋表層の海流によって分散するので、下述するScience On a Sphereで示される表層海流と比較し、植物プランクトン分布の側方変化を理解することもできる。さらにこのプログラムは、2006年1月1日~2008年の12月1日までの日ごとのデータを連続的に表示できる。これによって、植物プランクトン分布の季節変動をモニタリングすることができる。北半球の中緯度地域では、春の急激な植物プランクトン濃度上昇(春季ブルーム)を捉えることができる。

このようにこのコンテンツでは、海洋の生態系、物質循環を考える上で最も重要な植物プランクトンについて、①海底地形や海洋循環との植物プランクトン分布の関係、②海流系にコントロールされる植物プランクトンの生物地理や、③捕食者などのバイオマスを支える植物プランクトンの重要性や、④植物プランクトン存在度の季節変動などを理解することができる。

### 3.8 海流系を知る —Science On a Sphere—

<http://sos.noaa.gov/>

Science On a Sphere は、NOAAが公開している海洋科学系のコンテンツである。このコンテンツには3つのオーバーレイが含まれており、①Ocean currents (地球上の海流の動き)、②Ocean acidification (海洋の酸性化)、および③Age of Sea Floor (海洋底の年代)を表示させることができる。このうち、①と②はアニメーション機能をもっている。3つのオーバーレイのうち①Ocean Currentsを選択し、アニメーションを再生させると海流が動き出す。これにより、黒潮や北太平洋海流、北大西洋海流、南インド洋海流などの主要な海流系をモニタリングすることができる(図9)。このコンテンツでは、表示される海流のうち暖流の動きが得に鮮明になっている。中規模渦も容易に観察することができ、南半球、北半球それぞれで水渦の向きを観察して冷水渦(北半球では左回り)および暖水渦(北半球では右回り)

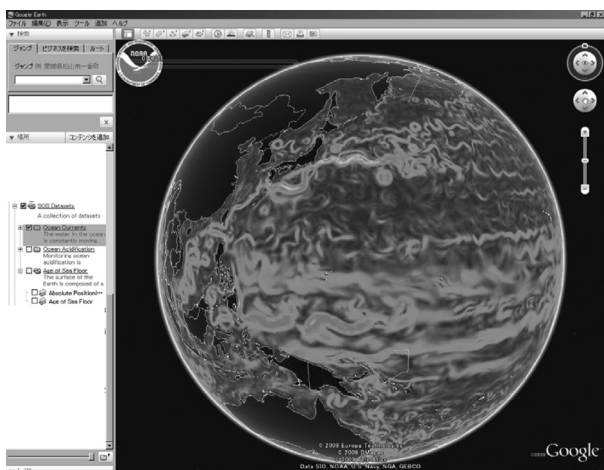


図9 Science On a Sphere. NOAAによる作成・公開  
(<http://sos.noaa.gov/>)

を認定することができる。これらの分布をGE 5.0の通常機能で表示される表層海水温と比較をし、海洋表層の熱輸送が海水温や気候に与える影響について理解することができる。また、上述したChlorophyll a Concentrationと比較することで、表層の植物プランクトンの分布と海流系の比較をすることができる。

二酸化炭素排出の影響に関しては、地球温暖化の原因物質になりうる点に注目が集まっているが、二酸化炭素排出が世界の海洋生命圏にもたらす変化にも次第に関心が注がれるようになってきている。②Ocean acidificationのオーバーレイでは、海洋の酸性化をアニメーション機能でモニタリングすることができ、現在・過去・未来の海洋酸性化を視覚化することができる。このように現在、最も注目されている環境問題についてもGEを用いればモニタリングが可能となる。③Age of Sea Floorオーバーレイは、上述のGlobal TectonicsやReal-time Earthquakesにも同様の機能が含まれているため、ここの説明は省略する。

#### 4. 教育実践と今後の課題

本報告で紹介したいいくつかのコンテンツを実際の講義で使用し、その実用性や効果を検証した。GEコンテンツを用いたのは、2009年4月に国士館大学理工学部で行われた「環境科学A」の講義である(担当:伊庭)。この講義は、2~3学年を対象とした専門科目で、受講者は、23名である(2年生20名, 3年生3名)。全ての受講者は地球科学を専門とする学生ではない。環境科学Aは、地球環境の長期的な変動とそれに対する生態系の応答への理解を目的とした講義で、その前半では、地球環境変動の原動力の一つとして、プレートテクトニクスやプレートテクトニクスを扱っている。実践日には、プレートテクトニクスに関する1時間半の講義の中で、1) Plate Tectonics, 2) Global Paleogeographic view, 3)

Real-time Earthquake, 4) Hotspot Dataのコンテンツを使用した。黒板の隣にスクリーンを置き、黒板と併用してGEコンテンツを示した。講義の前に全てのコンテンツをコンピューターのメモリーにキャッシュさせたため、講義はオフラインの状態で行った。上述した4つのコンテンツを用いて、A) 大陸移動, B) プレート境界の分類とその分布, C) プレートの年代と移動方向, D) プレート境界の位置とリンクした地震や活火山の分布, E) ホットスポットの存在と海山列が示すプレート運動の方向とその変化について説明を行った。

講義におけるGEコンテンツの有効性を探るために、講義終了後に約15分の時間をとり、表1に示したアンケートを行いコメントを記述させた。アンケートの結果、これまでにGEを駆使した講義を大学で受けた経験のないものが70%であることがわかった(図10)。GEの講義を受けたことのあるものは6名であり、GEをはじめICTを駆使した大学での講義が未だに普及率が高くない現状が示された。

今回使用したGEコンテンツが「プレートテクトニクスに対する理解の助けになったか?」(質問D)に対して、「とても理解の助けになった」および「理解の助けになった」の合計が全体の92%を占める結果となった(図10)。また、92%が、GEコンテンツが参考書やプリントの図よりも理解しやすいと答えた(質問E:図10)。「GEコンテンツを講義に用いることによって地球科学を身近に感じたか?」(質問C)との問いに対して、肯定的に答えたのが全体の22%であった一方で、「今後、自宅や研究室でGEコンテンツを自らダウンロードしてみたいか?」(質問F)という問いに対しては約96%がやってみたいとの答えだった。そのほか、GEコンテンツを利用した講義へのコメントとしては「楽しくてわかりやすい」、「理解度が高まるので、他の講義にも使ってほしい」などのGEコンテンツを評価するコメントが大半を占める結果となった。大学における一回の教育実践のみであるが、以上の結果から、今後の地球科学の講義・授業における、GEコンテンツの有効性が強く示された。

講義を行う教員の立場としても、プレートテクトニクスのような動的な概念を説明する際に、黒板や参考書を用いて説明するよりも、多くの情報を選択して3次元表示することができるGEコンテンツの方が格段に説明が行いやすかった(去年は同様の講義をGEコンテンツを使用せずに行った)。さらに、コンテンツに表示されるデータの科学的な信頼度が極めて高いというのも、利用する教員の立場として大きな利点の一つである。今回は、大学の講義での実践であったが、公開されているコンテンツが視覚的に極めて優れているため、今後中学校および高等学校における授業での利用も十分に期待できると考えられる。

表1 教育実践で使用したアンケート

<p><b>Google Earth</b> を利用した地球科学系教材に関するアンケート (No.1: テクトニクスの視覚的理解)</p> <p>質問A: これまでの大学での講義や高校での授業で地学を履修したことがありますか? 1. Yes / 2. No</p> <p>質問B: これまでにGEを用いた講義をうけたことがありますか? 1. Yes / 2. No</p> <p>質問C: GEコンテンツを講義で用いることによって、地球科学を身近に感じましたか? 1. Yes / 2. No</p> <p>質問D: 今回使用したGEコンテンツは、テクトニクスに対するあなたの理解を助けましたか? 1. とても理解の助けになった 2. 理解の助けになった 3. 普通 4. あまり助けにならなかった. 5. 全く助けにならなかった</p> <p>質問E: 今回使用したGEコンテンツは、参考書やプリントの図よりもわかりやすかったですか? 1. とても理解の助けになった 2. 理解の助けになった 3. 普通 4. あまり助けにならなかった 5. 全く助けにならなかった</p> <p>質問F: 今回使ったGEコンテンツは、誰でも自由にダウンロードすることができます。もし機会があれば、自宅や研究室で使ってみたいと思いませんか? 1. Yes / 2. No</p>
--

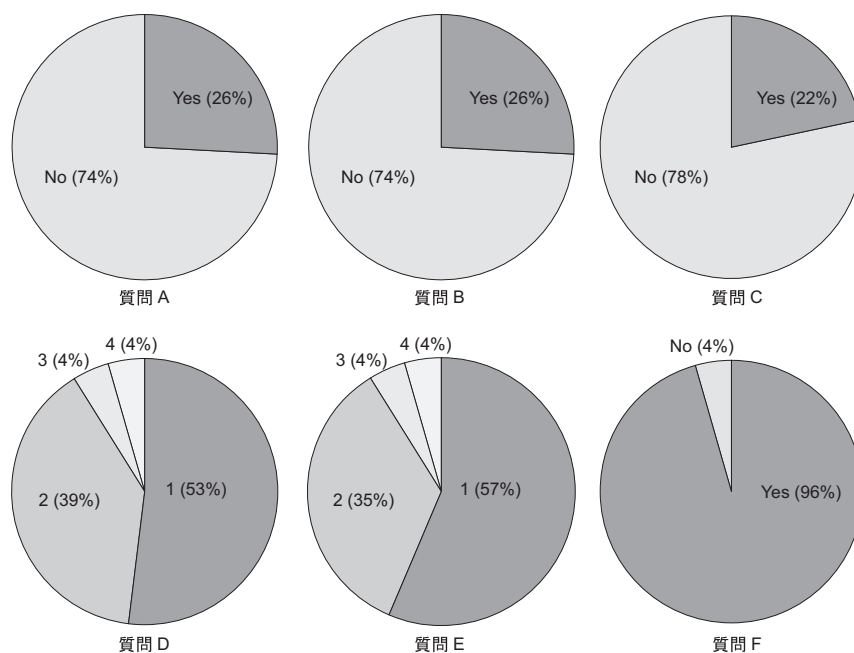


図10 アンケート結果



上述したように、受講者の多くが今後自らダウンロードして試してみたいと答えた。しかしながら、ダウンロードするためには英語のホームページアクセスする必要がある。今後は、日本語でのGEコンテンツの開発や公開、および日本語で概略を示した海外コンテンツのリンク集などが必要と考えられる。GEおよびGEコンテンツは速い速度で技術的進化を遂げており、データがリアルタイムで更新されている。日本でもこれらを用いて、さらなる教育のICT化が進むことが期待される。

### 謝 辞

本研究で扱った良質の地球科学系コンテンツを作成し、それを無償公開してくださっている各研究機関および作成者の方々に深謝いたします。文部科学省の川辺文久博士および福井県立恐竜博物館の佐野晋一博士には、本研究を進めるにあたって多くの議論を賜りました。心より御礼申し上げます。

### 引 用 文 献

- 1) Patterson, T.C.: Google Earth as a (Not Just) geography Education Tool. *Jour. Geogr.*, 106, p.145-152, 2007
- 2) 後藤和久: Google Earthでみる地球の歴史. 岩波科学ライブラリー 149, 岩波書店, 104 p., 2008.
- 3) 三次徳二・平野弘道・高橋昭紀: 野外地質巡検の事前学習へのインターネットの活用. *地学教育*, 53, p.71-75, 2000.
- 4) 萩原文恵・尾久土正巳・富田晃彦・半田利弘・中山雅哉: 金星太陽面通過のインターネット中継とその教材化. *地学教育*, 56, p.201-212, 2006.
- 5) 川村教一: インターネットを用いて行う局地気象の探究活動—備讃瀬戸海域に出現した陸風収束雲— *地学教育*, 60, p.149-159, 2007.
- 6) 相場博明・真砂佳菜子: ゲーグルアース (Google Earth) を利用した地学教育 —小学校— *地学教育*, 59, p.33-43, 2006.
- 7) 早川由紀夫・宮永忠幸: 中学理科で使う火山教育と野外観察の方法. *群馬大学教育学部紀要*, 自然科学編, 56, p.85-95, 2009.
- 8) 阿久津良和・大崎誠・オンサイト: 地球を新体感! Google Earth入門. 翔泳社, 191 p., 2006
- 9) 茜丸・内部高志・森田アンナ: Google Earth コンテンツ & アプリ作成ガイドブック KML2.2対応. 技術評論社, 248 p., 2007.
- 10) Müller, R. D., Roest, W. R., Royer, J.-Y., Gahagan, L. M. and Sclater, J. G.: Digital isochrons of the world's ocean floor. *Jour. Geophys. Res.*, 102, p.3211-3214, 1997.
- 11) Nishihara, H., Maruyama, S. and Okada, N.: Retropson analysis and recent geological data suggest near-simultaneous divergence of the three superorders of mammals. *PNAS*, 106, p.5235-5240, 2009.
- 12) Iba, Y. and Sano, S.: Mid-Cretaceous step-wise demise of the carbonate platform biota in the Northwest Pacific and establishment of the North Pacific biotic province. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 245, p.162-182, 2007.
- 13) Iba, Y. and Sano, S.: Paleobiogeography of the pectinid bivalve *Neithea*, and its pattern of step-wise demise in the Albian Northwest Pacific. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 267, p.138-146., 2008
- 14) Eldridge, J., Walsh, C.B. and Scotese, C.R.: Plate Tracker for Windows. Version 2.0. PALEOMAP Project, Arlington, Texas, 2000.
- 15) O'Neill, C., Müller, D. and Steinberger, B.: On the uncertainties in hot spot reconstructions and the significance of moving hot spot reference frames, geochemistry, geophysics, geosystems, 6, Q04003, 2005.
- 16) Alvarez, L. W., J. Smith, W. Lowrie, F. Asaro and H.V. Michel: Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208, p.1095-1108, 1980.
- 17) Watson, R., Kitchingman, A., Gelchu, A. and Pauly, D.: Mapping global fisheries: sharpening our focus. *Fish and Fisheries*, 5, p.168-177, 2004.