

数値シミュレーションで学ぶ津波の物理の基礎 -高校における海洋物理教育のカリキュラムの提案-
Learning Tsunami Physics by Numerical Simulation: A Curriculum of Physical Oceanography Education in High School

丹羽 淑博^{1*}; 佐藤 俊一²; 鈴木 悠太¹
NIWA, Yoshihiro^{1*}; SATO, Shunichi²; SUZUKI, Yuta¹

¹ 東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター, ² 東京都立日比谷高等学校

¹Center for Marine Education, Ocean Alliance, The University of Tokyo, ²Tokyo Metropolitan Hibiya High School

本研究は、数値シミュレーションで学ぶ津波の物理の基礎を主題とし、高校における海洋物理教育のカリキュラムを開発することを目的としている。津波は高校において主に地学の領域で取り扱われてきたが、光や音と同じ方程式に従う最も単純な波動現象の一つであることから、物理の波動の学習素材として取り上げるのに適している。また高校理科の学習指導要領では観測しにくい現象はシミュレーションを利用することが有効であると指摘されているが、津波は数値シミュレーションの基礎とその有用性を学ぶ題材としても適している。そこで本研究では、公立高校2年生の「物理基礎」の波動の単元において2時限（1時限＝45分）続きのカリキュラム計画を立て授業実践を行った。1時限目に波動現象としての津波の物理的特徴、津波を支配する物理法則、数値シミュレーションモデルの基礎について解説する講義を行い、2時限目に生徒二人に一台ずつノートパソコンを与え、生徒各自が実際にパソコンを操作して津波の数値シミュレーションを実行する実習を行った。

キーワード: 津波, 数値シミュレーション, 海洋物理教育, 海洋教育

Keywords: Tsunami Wave, Numerical Simulation, Physical Oceanography Education, Marine Education

大学による高校課題研究支援からみる高校地学：分野横断と統計学 Geoscience curriculum on High School research program

久利 美和^{1*}; 村上 祐子²
KURI, Miwa^{1*}; MURAKAMI, Yuko²

¹ 東北大学災害科学国際研究所, ² 東北大学大学院文学研究科

¹International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, ²Graduate School/Faculty of Arts and Letters, Tohoku University

【高校課題研究】高等学校では、平成25年度より新学習指導要領の本格実施が始まった（数学及び理科は平成24年度入学生から）。すでに、理数科、SSH・SPPプログラムを通じた課題研究が多くの学校で実施されている。これらの実施には、大学や研究機関との連携が推奨されており、多くの大学関係者が出前授業等に加えて、実習の提案等も行なっている。多くの場合、大学研究者はそれぞれの専門に応じて支援を行なうが、その過程でいくつかの課題が生じてきた。また、JSTの未来の科学者養成講座、次世代科学者養成講座等、大学を拠点に高校生または小中学生の課題研究を支援する事業も展開されている。

【科学と社会・分野横断】

SSHの採択校の増加とともに、テーマの多様性のひとつとして、「科学と社会」の関連をテーマとする事例が増えてきた。特定の専門分野に依存しない分野横断型の課題が増える中で、科学広報や国際交流の視点から著書らも高校課題研究のいくつかに関わることとなった。

【共通基礎能力】

最初に取り組んだのは、図書館と連携した情報検索演習である（平成21年度）。より、信頼度の高い情報へのアクセス習慣を目的としたものである。次が、情報の吟味と議論の練習としてのクリティカル・シンキングの導入である。実際には、同じ母集団からの統計リスクと相対リスクの算出とその場合の数値の一人歩きの事例等、統計学に基づく内容の解説を中心とした。

【科学の不確実性への理解の事例としての地学】

2011年の東日本大震災以降、科学と社会の関係の見直し、科学的な不確実性の理解の増進などが「科学技術白書」に盛り込まれ、東北地方では地域に根ざした科学的な課題として関連テーマが各種あつかわれた。とくに、起因となった地震の発生確率等、確率算出の根拠や予測への展開、さらに2次的な災害としての津波の発生確率と人工物の強度設計との比較等、課題解決のみならず、課題発見段階で確率の知識が必要となる場面が増えた。地震に限らず、自然災害については、確率の知識とスキルはすでに必須となった。一意の回答を得にくい地学分野は高校理科の範疇においてあつかいにくいとされる要因となっているが、科学の不確実性や分野横断型の思考を行なう上で優位な分野である。分野横断型の人材育成の視点から、地学と統計学を基礎とした新科目の開発が、有効である。

キーワード: 高校地学, 確率統計, 情報検索, 情報吟味

Keywords: geoscience, statistics, reference

高大連携スプライト多地点観測プログラム～10年間の活動から～ Multi-site observation program of sprites in collaboration with high schools and universities: from 10-year activities

山本 真行^{1*}
YAMAMOTO, Masa-yuki^{1*}

¹ 高知工科大学
¹ Kochi University of Technology

高大連携の実践的教育プログラムとして、高高度放電発光現象 (TLE) であるスプライト、エルプス等、高層大気中における特異な発光現象を、全国の高校生チームによって同時観測し立体構造を解明するプロジェクトを立ち上げ、高知工科大学が中心となって呼びかけることで、約10年間の高大連携活動を続けてきた。立ち上げ当初は、高校生天体観測ネットワーク (Astro-HS) の研究テーマの1つとして採用頂き、高感度 CCD カメラ (Wat-100N) と動体検出ソフトウェア (UFOCaptureV2) の組合せによるスプライト観測マニュアルを執筆するなどして広報普及を図った。2006年度にはスーパーサイエンスハイスクール (SSH) に指定された高校を中心に SSH コンソーシアムに発展し、日本上空をほぼカバーする世界最大規模のスプライト観測網が高校理科教員と高校生の努力により構築された。その後も JST の支援を受けつつ全国30校以上の参加規模まで拡大した。SSH コンソーシアム事業の終了後にも、本プロジェクトに集まった全国の高校は独自に会合を開き、ほぼ高校主体の活動として定着した。

科学的成果も徐々に蓄積され、JpGUの高校生によるポスター発表セッションにおいても年間数件の発表が継続されてきており、国際会議 AOGS, COSPAR の教育・アウトリーチ関連セッションにも、高校生から活動報告がなされてきた。研究成果の一部として、世界初のエルプスの同時観測の成功と三次元構造の解明、世界で10例程度しかない巨大ジェットの数例の同時観測に成功、3000件以上の TLE 観測の蓄積などがある。本プロジェクトにより全国の高校理科教員間のコラボレーションが確立し、サイエンスデータを生む環境が高校生のネットワークで確立しており、TLE 研究者コミュニティでは、日本の高校生の取り組みは世界的に注目される程度まで発展した。2012年のNHK番組「宇宙の渚」でも番組内で高校生の活動の一部が紹介されている。現在は、国際宇宙ステーション「きぼう」暴露部に搭載されている JEM-GLIMS による上空からの発光観測と、高校生チームによる地上観測との同時観測の成功が期待される状況にある。本発表では、高大連携スプライト多地点観測プログラムの10年間の歩みを報告する。

参考文献: Shirahata et al., Striped structure observed in the elves: Relation to turbulences in the upper atmosphere, submitted to AS28 session, AOGS 2014, Sapporo, 2014.

キーワード: 高校生, 高大連携, 高校生天体観測ネットワーク, スーパーサイエンスハイスクール, 多地点観測, スプライト
Keywords: high school student, collaboration with high school and university, Astro-HS, Super Science High school (SSH), multi-site observation, sprite

高校へのスプライトの親雷雲観測用教材の展開 Deployment of a teaching material for observing electric field by sprite parent storm at high school

鈴木 智幸^{1*}; 鈴木 裕子¹; 鴨川 仁¹; 宮下 敦²
SUZUKI, Tomoyuki^{1*}; SUZUKI, Yuko¹; KAMOGAWA, Masashi¹; MIYASHITA, Atsushi²

¹ 東京学芸大学物理学科, ² 成蹊高校

¹Dpt. of Phys., Tokyo Gakugei Univ., ²Seikei senior high school

スプライトは、高高度瞬間放電発光現象の一つで、強い正極性落雷を伴う雷雲上空で発生するとされている。この現象は、世界中で観測されており、雷雲から大きな正電荷が中和されることにより発生すると考えられている。日本において、スプライトは、多くの高校生によって、主に高感度 CCD カメラを用いて観測され、スプライトの光学特性（形状や空間的な位置など）などが明らかにされてきている。しかしながら、この性質は、雷雲の電気現象の一側面を示しているに過ぎない。そして、スプライトが雷雲からの電荷の中和が原因で発生するにもかかわらず、スプライトの原因となる電気的な現象を観測対象とするところまで至っていない。そこで、現象のもつ多面性について気づいてもらうための一つの手段として、スプライトの原因となる雷雲とその電気的な特性を観測するための手法を提供するために低コストの地上電界計を開発し、都内の高校を含め展開を試みたので、その結果を報告する。

キーワード: スプライト, 地上電界観測, 教材

Keywords: sprite, electric field observation, teaching material

ひので衛星といっしょに太陽を観測しよう！－中高生との共同観測キャンペーン－ Let's Observe the Sun with Hinode! - Coordinated Observation Campaign with High School Students -

矢治 健太郎^{1*}
YAJI, Kentaro^{1*}

¹ 国立天文台太陽観測所
¹ National Astronomical Observatory of Japan

ひのでは2006年に打ち上げられた太陽観測衛星である。打ち上げ以来、ひのではめざましい観測成果をあげてきた。同時にその観測データは教育目的に活用することも奨励されている。そこで、ひのでのEPO活動の一つとして、2010年以来、高校や科学館・公開天文台との共同観測キャンペーン「ひので衛星といっしょに太陽を観測しよう」を提案し、実施してきた。これは日頃、太陽観測を行っている中高生や天文教育関係者が、ひので衛星の観測データに関心を持ち、自身の観測データと比較することを目指している。高校のクラブでは府県の学生科学賞・文化展・研究発表会での研究発表へと発展しているところも多い。その後の追跡調査から「ひのでとの共同観測を継続したい」「自分の観測のモチベーションがあがった」との声も出ている。この共同観測は海外の太陽研究者からの関心も高く、ひので衛星のミッション延長にも貢献している。

本講演では、これまでの共同観測の実施結果とその効果について報告する。

キーワード: ひので, 太陽, 天文教育, アウトリーチ, 共同観測, 高校

Keywords: Hinode, sun, astronomical education, outreach, coordinated observation, high school

「地学を学べる全国の高等学校」リスト作り Making "high schools list of the whole country which can study Earth Science"

小尾 靖^{1*}; 宮嶋 敏²; 牧野 泰彦³
OBI, Yasushi^{1*}; MIYAJIMA, Satoshi²; MAKINO, Yasuhiko³

¹ 神奈川県立相模原青陵高等学校, ² 埼玉県立深谷第一高等学校, ³ 茨城大学

¹Kanagawa Prefectural Sagami-hara Seiryō High School, ²Saitama Prefectural Fukaya dai-ichi High School, ³Ibaraki University

日本地学教育学会では、2013年度より「地学を学べる全国の高等学校」リスト作りに取り組んでおり、学会ホームページに掲載している。このリストの結果から、今日の高校地学教育の現状を考察する。

キーワード: 高等学校, 地学

Keywords: high schools, Earth Science

高校地学基礎についての高校教員の認識：秋田県および香川県におけるアンケート調査から
Finding Instructional Difficulties on Basic Earth Science for High School Students

川村 教一^{1*}
KAWAMURA, Norihito^{1*}

¹ 秋田大学教育文化学部
¹ Faculty of Education and Human Studies, Akita University

筆者は、平成21年告示高等学校学習指導要領における地学基礎において予想される指導上の困難点を高校理科教員がどのように認識していたかについて、この教育課程実施前の2011年2月に秋田県および香川県においてアンケート調査を行った。教育課程が実施されて約2年が経過した2014年2月に、地学基礎の実施上の問題点について両県を対象に、先の調査と同様のアンケート調査を実施した。本発表では、現行学習指導要領導入前後で高校理科教員により指摘された、地学基礎に関する指導上の問題点について検討する。

キーワード: 理科教員, 高等学校, 地学基礎, アンケート調査
Keywords: science teacher, senior high school, Basic Earth Science, questionnaire research

高校地学教育は盤石か？ Is the Earth Science Education of High School at the Stable Standing ?

中島 健^{1*}
NAKAJIMA, Takeshi^{1*}

¹ 滋賀県立大津清陵高等学校・通信部

¹ Shiga Pref. Ohtsu-seiryō High School

高校の学習指導要領改訂の結果、「地学基礎」の履修者数は、前課程「地学Ⅰ」の履修者数の約3倍に増加した。しかしそのことを以て高校地学教育の重要性が教育界に再認識されたといえるかどうか、教科書需要数と教員採用数の観点から考察する。また教科書の内容が以前と比べどのように変わったかについても議論する。

(1) 教科書需要数の推移

前課程の期間中、移行期を除いた2005～2011年度、ほぼ全員が履修すると考えられる「数学Ⅰ」「英語Ⅰ」「保健」が約136万～128万であったのに対し、「地学Ⅰ」は約11～9万(8～7%)と、その割合に変化はなかった。2012年度からの現行課程開始後、それが完成する2014年度には「数学Ⅰ」「コミュニケーション英語Ⅰ」「保健」が約128万に対し「地学基礎」が約32万(25%)と、履修者の割合は3倍近くに増えた。理科の基礎3科目必履修化の効果があったようにみえる。しかし前々課程で置かれていた「地学ⅠA」「地学ⅠB」が合わせて26万であったことを考えると、その水準をやや上回る程度であり、前課程で「理科総合A/B」が必履修とされたため減少していた基礎系科目の履修者が戻っただけともいえる。また標準単位数で見ると「地学ⅠA」=2、「地学ⅠB」=4、「地学Ⅰ」=3、「理科総合B」の地学分野=1相当であったのが、現行の「地学基礎」=2と大きく減っている。代わりに「地学Ⅱ」=4→「地学Ⅱ」=3→「地学」=4と、発展系科目の方は現行課程になって標準単位数が増えた。しかし地学の発展系科目履修者は全国でわずか1万前後しかない。このため、

国内総学習量(GDL)=Σ(各科目履修者数×標準単位数)

というような指標を考えると、地学領域では

(2001年)90万[人単位]→(2007年)89万[人単位]→(2014年)88万[人単位]

つまり量は増えたように見えても質(学習内容)では大きく躍進したとはいえない。

(2) 理科の他3領域との比較

理科の他3領域について2001年→2007年→2014年の基礎系科目履修者数の推移を見ると、次のようになる。

物理基礎系科目履修者数：66万[人]→37万[人]→74万[人]

化学基礎系科目履修者数：145万[人]→72万[人]→103万[人]

生物基礎系科目履修者数：124万[人]→80万[人]→109万[人]

いずれも地学基礎系科目の履修者数と比べると、2～3倍と多くなっている。また物理の増加が目立ち、基礎3科目必履修化の影響は物理にプラスに働いたようにみえる。また各領域のGDLの推移をみると、次のようになる。

物理領域 GDL：295万[人単位]→263万[人単位]→260万[人単位]

化学領域 GDL：593万[人単位]→392万[人単位]→364万[人単位]

生物領域 GDL：515万[人単位]→358万[人単位]→358万[人単位]

いずれも地学領域のGDLと比べると3～4倍の多さである。必ずしも基礎3科目必履修化が地学にプラスに働いたとはいえないことが、ここからもわかる。

(3) 地学専門教員採用数

2010～2012年度の3年間に各都道府県・政令市で採用された高校理科教員は約3200名であった。そのうち「地学」で採用された者はわずか35名に過ぎない。科目限定なしの募集や、中高くり募集のところもあるため高校地学を担当する教員数がこれだけとは限らないが、多く見積もっても2桁の数にしかならないだろう。これは地学専門教員の定年退職後不補充、したがって総数が減少の一途であることを意味する。地学非専門教員が教えるに当たって最も苦手(自信がない)と感じるのが地学領域であることを考えると、地学教育の停滞は体制的なものから来ていると考えざるを得ない。地学教育界としての早急な対応が必要である。

<参考>時事通信社：高校教科書採択状況，内外教育，2001～2014
東京アカデミー：教員採用試験最終合格者数，WEB

キーワード: 高校地学教育, 教科書需要数, 教員採用数, 地学基礎

Keywords: high school earth science education, textbook demand, teacher adoption, Basic Earth Science

動的な地震現象の理解のための室内地震探査実験装置の開発と実践 Development of laboratory seismic exploration experiment for education and demonstration

桑野 修^{1*}; 仲西 理子¹

KUWANO, Osamu^{1*}; NAKANISHI, Ayako¹

¹ 海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域

¹IFREE, JAMSTEC

地球物理学の中でも大気海洋物理や火山分野に比べて、地震学で扱う現象は視認しにくく、断層破壊や波動伝播に関する動的な実験教材は非常に少ない。地震の源たる断層も、中学高校の教科書では静的なイメージで語られがちである。本研究では、寒天を利用して地震波伝播を実際に見て触って実感できる新しい実験実習教材を開発した。本実験装置では模擬地殻物質としてアガロースゲル(寒天の成分)を用いる。アガロースゲルは透明なので、光弾性の性質を利用することで歪みを可視化できる。濃度約1wt%のアガロースゲルのS波速度はおよそ4-5m/sなので、波動伝播の様子を肉眼で観察することができる。ゲルの濃度によって弾性波速度が変わるので、任意の速度構造をデザインすることもできる。例えば水平2層構造で実験をすると、屈折波の波面を観察することができる。高速度カメラで撮影した画像の任意の点の輝度の時間変化を書き出せば波形が得られる。すなわち画像上の任意の点に仮想的な地震計を設置できる。この波形データは実際の地震波データと同様に解析できる。従来の地震探査実習は屋外の広い場所と多くの機器類が必要であるし、実験(実習)中にハンマーで起こした地震波を見ることはできないが、この室内模型実験を利用した実習は手軽なだけでなく、地震波が伝わる様子をその場で一目で容易に把握する事が可能になる。この装置を用いた新たな室内地震探査実習によって地殻を伝わる波と地殻の構造の関係を理解しやすくなる事が期待される。開発した実験方法による実習授業を、高校生を対象に実施した。その教育的効果や実習実施時の課題をについても報告する。

透明半球とスリンキーバネで構成する教材用震源モデル A simplified focal model constructed with prastic spheres and slinky springs

岡本 義雄^{1*}
OKAMOTO, Yoshio^{1*}

¹ 大阪教育大学
¹Osaka Kyoiku University

高校地学の教科書には、地震のP波初動の押し引きが4象限分布を示し、これが震源メカニズム（震源断層）と関係すると書かれている。しかしそのメカニズムの詳細は示されていない。多くの地震学の専門書にはこれに関する大変詳しい解説がかなり難解な数学を用いてなされているが、それが一般の人々に理解されるとは到底思えない。そこで高校生や一般の人にもわかりやすい、地震を引き起こした断層のズレ破壊と、その結果生じるP波初動との関係を示す、安価で組立が簡単なアナログモデルを試作したので、教材としての利用の可能性を考えてみたい。

モデルは素材屋（東急ハンズなど）で入手可能な、

- 1) 樹脂製の透明半球（直径約12cm）2個
- 2) 長方形アクリル板（ずれる断層に相当、約14cm×16cm、厚さ3mm）2枚
- 3) その半球にテープで接着した、スリンキーバネ左右2本ずつ、計4本（百円均一で買えるプラスチック製バネで代用可能）

で構成した。互いに接触する透明アクリル板2枚が既存の断層をモデル化して、この断層が急にずれることで地震が発生するとする。2枚のアクリル板に接着した透明半球から左右に2本ずつのびたスリンキーバネは、その断層のずれから周囲に伝わる地震波を表示する。断層を一気にずらすと、透明半球に接着されたバネが一齐に振動するがそのときバネに伝わる振動のうち、バネの縦方向に伝わるP波を、肉眼あるいは高速度撮影した動画から観察する。断層を1つの節線とする4象限方向に押しと引きの2種類の初動が対称的に伝わる様子がかろうじて観察できる。講演ではこの初動の伝わる様子をできるだけわかりやすく観察する工夫についても紹介したい。

キーワード: 震源球, P波初動, 地震メカニズム, 断層, スリンキーバネ

Keywords: focal sphere, P-wave first motion, earthquake mechanism, fault, slinky spring