

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24241001

研究課題名(和文) 海洋高次捕食動物を生物指標とした三陸沿岸生態系動態監視システムの構築

研究課題名(英文) Constructing an system using marine top predators as living platforms to monitor coastal ecosystem

研究代表者

佐藤 克文 (Sato, Katsufumi)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号：50300695

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,400,000円

研究成果の概要(和文)：バイオロギング手法で、海洋高次捕食者の行動生態と周辺環境について調べた。採餌旅行中のオオミズナギドリが海面に着水して漂流している間の移動速度から推測した海流データは、現場の実測値や人工衛星データから算出された値に良く一致し、海洋モデルにデータ同化したところ、より正確に海表面流を把握できるようになった。飛翔の向きと共に変化するオオミズナギドリの対地速度を利用して、鳥が経験した風向と風速を見積もったところ、人工衛星に搭載した散乱計のデータから計算した風情報と良く一致した。海鳥や他の海洋高次捕食動物は、海表面流や海上風を測定するのに利用可能で、既存の測定手段の時空間的なギャップを埋めることできる。

研究成果の概要(英文)：Using bio-logging method behavioral ecology of marine top predators and surrounding environments were investigated. When shearwaters were resting on the water surface, surface currents can be deduced from their drift movements and the estimated currents were in good agreement with data derived from in situ and satellite data. These seabird-based currents were assimilated into operational ocean models and resulted in a refinement of gyre mode events. Soaring shearwaters flew tortuously and ground speed fluctuated due to tailwinds and headwinds. Taking advantage of the ground speed difference in relation to flight direction, we estimated wind vector that the bird experienced. These bird-based winds were significantly correlated with winds estimated by a satellite-borne scatterometer. Seabirds and other marine top predators can be new platforms to measure ocean surface currents and winds potentially complementing conventional measurements by covering spatial and temporal measurement gaps.

研究分野：動物行動生態学

キーワード：バイオロギング ウミガメ オオミズナギドリ ビデオ マンボウ 津浪 海上風 海面流

### 1. 研究開始当初の背景

三陸沿岸から沖合にかけての海域は、北からやってくる親潮や津軽暖流に、黒潮から派生する支流や暖水渦がぶつかり鉛直混合が盛んで、海藻・海草類や植物プランクトンによる基礎生産が高い。そのため、動物プランクトンや小型魚類が豊富で、大型魚類やウミガメ類、海鳥類等、多くの高次捕食動物が索餌回遊してくる。本研究の代表者である佐藤克文が岩手県大槌町にある東京大学大気海洋研究所附属国際沿岸海洋研究センターに2004年に赴任して以来、海洋高次捕食動物を対象としたバイオロギング手法による行動生態研究が進められてきた。

2011年3月11日に東北沖で発生した大地震により巨大津浪が発生し、三陸沿岸は甚大な被害を被った。多くの瓦礫や土砂、有害化学物質が海洋に流れ込み、一次的に沿岸漁業も操業停止を余儀なくされた。これらの環境変化は沿岸海洋生態系に何らかの攪乱をもたらすことが予想され、その影響は海洋高次捕食動物の行動生態の変化として現れるはずである。

そこで、高次捕食動物を対象としたバイオロギング研究を継続し、震災前と比較することにより、津浪が三陸沿岸生態系や海洋高次捕食動物に及ぼした影響を正しく評価する必要が生じた。

### 2. 研究の目的

本研究では、生物生産性の高い三陸沿岸海域に生息する高次捕食動物を主な対象として、彼らが変動する海洋環境に対していかに応答して暮らしているのかを明らかにする目的で、動物搭載型の行動記録計や画像記録計を用いて現場データを取得する。また、動物の行動生態だけでなく、それを取り巻く海洋環境を測定する新たな手法開発も重要な達成目標である。

### 3. 研究の方法

三陸沿岸海域に索餌回遊してくる高次捕食動物を主な対象として、動物搭載型記録計を用いたバイオロギング研究に加えて、安定同位体比分析、mtDNA解析、形態測定、有機化学汚染物質分析等を組み合わせて研究を行う。記録計によって得られる時系列データに対しては、統計解析の専門家のサポートも受けつつ、より高度な解析を実施し、新たな解析手法を模索する。さらに、必要に応じて比較対象となるデータを得るために、日本の他の地域や国外における野外実験も行い、地域間比較や種間比較を進める。

三陸沿岸海域においては、2004年から調査を行ってきたため過去のデータの蓄積がある。2011年3月11日の東北沖地震とそれに伴う津浪により、沿岸生態系の動植物は甚大な影響を被ったことが予想される。本研究期間に得られる結果を、津浪前の結果と比較する事により、津浪が高次捕食動物の生態に及

ぼした影響を調べる。

### 4. 研究成果

#### (1) オオミズナギドリ

抱卵期は雄雌が交互に抱卵し、抱卵していない方の個体は海に採餌旅行へ出かける。三陸沿岸に位置する三貫島の個体と伊豆諸島の御蔵島で繁殖する個体と比較したところ、それぞれの島を取り巻く海洋環境に対応した餌場までの距離に応じて、採餌旅行の長さが左右されていた(Yamamoto et al. 2012)。

三陸沿岸の島で繁殖するオオミズナギドリには、南シナ海・アラフラ海・パプアニューギニア北方海域の3つの越冬海域があることが過去の研究で明らかにされている。同一個体を2シーズン連続でモニタリングしたところ、それぞれの個体が越冬海域を固定して繰り返し利用していることが分かった(Yamamoto et al. 2014)。

三陸に位置する2つの繁殖地におけるオオミズナギドリの体サイズを、他の地域と比較してみたところ、南に行くほど小型となり、比較的寒冷な場所に位置する三陸の個体は、体温保持に有利になる様に大型化していると考えられた(Yamamoto et al. 2016)。

#### (2) ウミガメ類

三陸沿岸の定置網では夏の間アカウミガメとアオウミガメが混獲される。組織片のmtDNAを分析した所、アカウミガメは屋久島産、アオウミガメは小笠原産であることが判明した(Nishizawa et al. 2014ab)。アカウミガメは深度数mから30mほどの潜水を繰り返しつつ水平移動し、中層に分布するクラゲ類に遭遇してはそれを摂取することを繰り返していた。その頻度は1時間に数十回にも至り、本種にとってクラゲ類が重要な餌であることが分かった(Narazaki et al. 2013)。夏に三陸沿岸に来遊するアカウミガメのその後の回遊経路を調べたところ、沖合数千kmもの範囲を泳ぎ、冬も活発な潜水を繰り返す、その最大深度は300mを越えることが分かった(Narazaki et al. 2015)。一方、アオウミガメは夏から冬にかけて岸沿いに南下していた(Fukuoka et al. 2015)。

当初、2011年の津浪により、ウミガメ類の来遊状況や体サイズなどが変化することを予想していたが、津浪後も前と変わらぬ数のウミガメ類が三陸沿岸回帰に来遊し、体サイズや肥満度にも違いが無い事がわかった(Fukuoka et al. 2015)。

#### (3) マンボウ

誰でもその姿形を思い浮かべることができ、海面でぶかぶかと浮かんで休息しているイメージが世間に広まっているマンボウについて、意外な生態が明らかになった。岩手県沿岸の定置網に混獲されるマンボウから得られた肉片を同位体比分析したところ、成長と共に餌が甲殻類からクラゲ類へと変化

することが判明した(Nakamura and Sato 2014)。行動と画像を記録する動物搭載型装置を取り付けて調べたところ、日中マンボウは水面と深度 200mの間を何度も往復し、深度 100mから 200mの間でクダクラゲ類に頻繁に遭遇し、それらを捕食していることが分かった(Nakamura et al. 2015)。餌のいる深度にずっと滞在せず時々水面に戻ってきて数十分間滞在するのは、深い所の冷たい水で冷えた体を水面付近の暖かい水で温めるためではないかという仮説を立てた。それを検証するために、行動データに加えて筋肉温度も測定したところ、深いところでゆっくりと筋肉温度が低下し、水面にいる間速やかに回復し 18 に保たれることが分かった(Nakamura et al. 2015)。

#### (4) 環境把握

オオミズナギドリに GPS をつけることで得られる緯度経度情報より、対地速度を計算できる。対地速度のヒストグラムを描くと、10 km/h を谷とする二峰型となることが分かった。これまでは主に飛翔中の速度に着目していたが、遅い方の速度にも重要な情報が含まれていることが判明した。これらは、鳥が海面に着水して休息している時の速度であり、現場の海表面流を表していると考えられる。部分的に得られている観測船と ADCP を用いて測定した表面流速とも矛盾していなかった(Yoda et al. 2014) (図 1)。

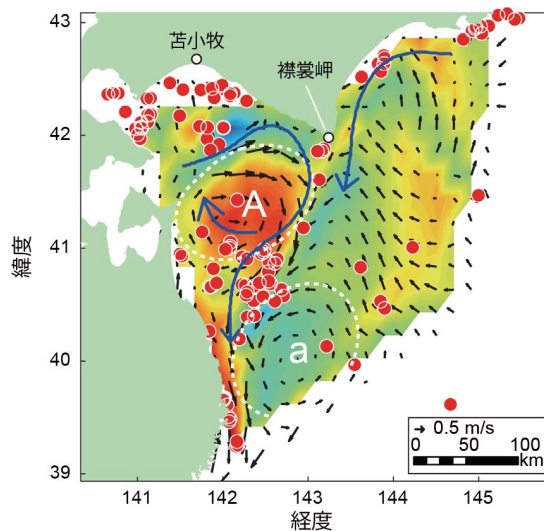


図 1 オオミズナギドリに付けた GPS が測定した海表面流況図。観測船による測定結果(青矢印)と矛盾しない結果が得られている。赤点はオオミズナギドリが採餌をしていたと考えられる点。Yoda et al. 2014 を改変。

鳥の挙動から推定した海表面流データを日本沿海予測可能性実験 JCOPE にデータ同化したところ、予測精度が向上し、データ同化前には再現できなかった表面流を表すことができるようになった(Miyazawa et al. 2015)。

日本各地に点在するオオミズナギドリ繁殖地で、帰巣した親鳥を捕獲して尾腺ワックスをサンプリングし、その中に含まれる有機化学汚染物質濃度を測定して、地域間比較を行った。その結果、三陸沿岸海域の船越大島と三貫島で繁殖する親鳥は、他の地域に比べて汚染物質濃度が低いことが判明した(Ito et al. 2013)。これは、親鳥が繁殖期に餌を捕る茨城県から福島、宮城、岩手を経て北海道に至る沿岸海域が比較的清浄であることを反映しているものと思われる。岩手県で繁殖を終えた親鳥は、南シナ海・アラフラ海・パプアニューギニア北方海域の三箇所で越冬することが判明している。それぞれの越冬場所から繁殖地に戻った直後の親鳥を捕獲して同様の分析を行うことで、越冬海域の汚染度合いを比較する事も将来的には可能になるかもしれない。

ウミガメ類にビデオカメラを搭載し、海中でどのような餌を食べているかを把握できるようになった。従来の研究では、アカウミガメは糞や消化管内に底生動物の殻や棘が見つかることから、底生動物食であると考えられてきた。しかし、ビデオカメラには、中層を浮遊するクラゲを 1 時間辺り数十個体も捕食する様子が撮影されていた。アオウミガメは、従来植物食であるとされていた。実際、藻類を食べるシーンが多く撮影されていたが、こちらもまたクラゲ類を捕食する様子が撮影されていた。両種共に海中を浮遊するプラスチックゴミにしばしば遭遇した(図 2)。プラスチックゴミを餌と間違えて誤飲する割合はアオウミガメで有意に高くなっていた。これは動きの無い藻類を主に食べる食性がもたらしたものであると考えられる(Fukuoka et al. in press)。

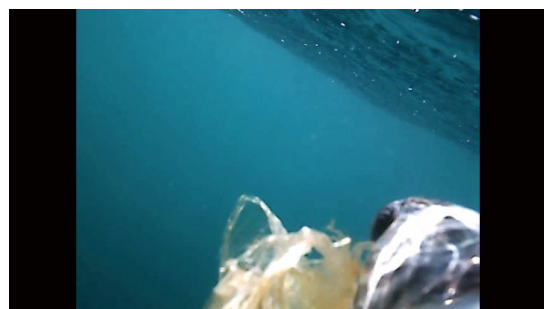


図 2 海中に浮遊するプラスチックゴミを餌と間違えて飲み込むアオウミガメ。

#### (5) データ解析手法開発

研究の進展により、各対象動物の行動生態が明らかになっただけでなく、(4)環境把握の項目でも触れたとおり、現場の物理・化学環境についても把握できるという例がいくつか見つかった。

その他の特筆すべき成果として、オオミズナギドリの飛翔パターンから現場の海上風ベクトルを推測するためのアルゴリズムが

開発できた点があげられる。風力計を設置できない海上では、風の実測値がほとんど無い。人工衛星に搭載したマイクロ波散乱計により海面の凹凸を測定し、それから風を見積もることが行われている。しかし人工衛星経路では、1日1~2点の風情報しか得られず、地形の反射波が妨げとなる沿岸付近の推定はできないという問題がある。鳥の飛翔から風をモニタリングするシステムは、人工衛星など既存の観測網と相補的役割を果たすもので、より正確な風情報把握に大きく貢献する。

4年間の本研究実施期間中に生態系の動態を監視するシステムを開発することができ、各種高次捕食動物の生態が次々に明らかになってきた。さらに、気象や海象に関する物理環境を測定する新たな手段を開発するきっかけを得る事ができたのは予想外の進展であった。

当初は、2011年の巨大津浪により三陸沿岸海域に生息する数々の海洋高次捕食動物は甚大な影響を被ることを予測していた。しかし、津浪後の海洋高次捕食動物の行動生態には津浪前との顕著な違いは見いだせなかった。津浪により陸上の人間社会は大きな被害を受けたが、海中で暮らす大型動物は環境変動に対してフレキシブルに対応したように見受けられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計20件)

Takuya Fukuoka, Misaki Yamane, Chihiro Kinoshita, Tomoko Narazaki, Greg J. Marshall, Kyler J. Abernathy, Nobuyuki Miyazaki, Katsufumi Sato. The feeding habit of sea turtles influences their reaction to artificial marine debris. *Scientific Reports* 査読有り (in press).

Naoyuki Miyata, Tomohiko Mori, Masaaki Kagehira, Nobuyuki Miyazaki, Michihiko Suzuki, Katsufumi Sato. In situ CTD measurement using fish-borne recorders reveal short-term excursions of Japanese sea bass from sea water to freshwater. *Aquatic Biology* 査読有り (in press).

Daisuke Ochi, Kei Matsumoto, Nariko Oka, Tomohiro Deguchi, Katsufumi Sato, Takashi P. Satoh, Fumihito Muto, Yutaka Watanuki. Dual foraging strategy and chick growth of streaked shearwater *Calonectris leucomelas* at the two colonies of different oceanographic environment. *Ornithological Science* 査読有り (in press).

Takashi Yamamoto, Hiroyoshi Kohno, Akira Mizutani, Ken Yoda, Sakiko Matsumoto, Ryo Kawabe, Shinichi Watanabe, Nariko Oka, Katsufumi Sato,

Maki Yamamoto, Hisashi Sugawa, Kiyotaka Karino, Kozue Shiomi, Yoshinari Yonehara and Akinori Takahashi. Geographical variation in body size of a pelagic seabird, the streaked shearwater *Calonectris leucomelas*. *Journal of Biogeography* 査読有り 43: 801-808 (2016). DOI: 10.1111/jbi.12654

Yasumasa Miyazawa, Xinyu Guo, Sergey M. Varlamov, Toru Miyama, Ken Yoda, Katsufumi Sato and Keiji Sato. Assimilation of the seabird and ship drift data in the north-eastern sea of Japan into an operational ocean nowcast/forecast system. *Scientific Reports* 査読有り 5: 17672 (2015). DOI:10.1038/srep17672

Tomoko Narazaki, Katsufumi Sato and Nobuyuki Miyazaki. Summer migration to temperate foraging habitats and active winter diving of juvenile loggerhead turtles *Caretta caretta* in the western North Pacific. *Marine Biology* 査読有り 162: 1251-1263 (2015).

DOI: 10.1007/s00227-015-2666-0

Takuya Fukuoka, Tomoko Narazaki and Katsufumi Sato. Summer-restricted migration of green turtles (*Chelonia mydas*) to a temperate habitat of the northwest Pacific Ocean. *Endangered Species Research* 査読有り 28: 1-10 (2015). DOI: 10.3354/esr00671

Itsumi Nakamura, Yusuke Goto, Katsufumi Sato. Ocean sunfish rewarm at the surface after deep excursions to forage for siphonophores. *Journal of Animal Ecology* 査読有り 84: 590-603 (2015). DOI: 10.1111/1365-2656.12346

Itsumi Nakamura and Katsufumi Sato. Ontogenetic shift in foraging habit of ocean sunfish *Mola mola* from dietary and behavioral studies. *Marine Biology* 査読有り 161: 1263-1273 (2014). DOI:10.1007/s00227-014-2416-8

Hideaki Nishizawa, Tomoko Narazaki, Takuya Fukuoka, Katsufumi Sato, Masato Kinoshita and Nobuaki Arai. Juvenile green turtles in the northern edge: mtDNA evidence of long-distance westward dispersals in the Northern Pacific Ocean. *Endangered Species Research* 査読有り 24: 171-179 (2014). DOI: 10.3354/esr00592

Hideaki Nishizawa, Tomoko Narazaki, Takuya Fukuoka, Katsufumi Sato, Tomoko Hamabata, Masato Kinoshita and Nobuaki Arai. Genetic composition of loggerhead turtle feeding aggregations: migration patterns in

the North Pacific. *Endangered Species Research* 査読有り 24: 85-93 (2014). DOI: 10.3354/esr00588

Ken Yoda, Kozue Shiomi and Katsufumi Sato. Foraging spots of streaked shearwaters in relation to ocean surface currents as identified using their drift movements. *Progress in Oceanography* 査読有り 122: 54-64 (2014). DOI: 10.1016/j.pocean.2013.12.002

Takashi Yamamoto, Akinori Takahashi, Katsufumi Sato, Nariko Oka, Maki Yamamoto and Philip N. Trathan. Individual consistency in migratory behaviour of a pelagic seabird. *Behaviour* 査読有り 151: 683-701 (2014). DOI: 10.1163/1568539X-00003163

Christopher D. Marshall, John Wang, Axayacatl Rocha-Olivares, Carlos Godines-Reyes, Shara Fisler, Tomoko Narazaki, Katsufumi Sato and Blair D. Sterba-Boatwright. Scaling of bite performance with head and carapace morphometrics in green turtles (*Chelonia mydas*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 査読有り 451:91-97 (2014). DOI: 10.1016/j.jembe.2013.11.004

Tomoko Narazaki, Katsufumi Sato, Kyler J. Abernathy, Greg J. Marshall and Nobuyuki Miyazaki. Loggerhead turtles (*Caretta caretta*) use vision to forage on gelatinous prey in mid-water. *PLoS ONE* 査読有り 8: e66043 (2013). DOI: 10.1371/journal.pone.0066043

Atsuo Ito, Rei Yamashita, Hideshige Takada, Takashi Yamamoto, Kozue Shiomi, Carlos Zavalaga, Tomoya Abe, Shinichi Watanabe, Maki Yamamoto, Katsufumi Sato, Hiroyoshi Kohno, Tomohiko Iida, Ken Yoda and Yutaka Watanuki. Contaminants in tracked seabirds show regional patterns of marine pollution. *Environmental Science & Technology* 査読有り 47: 7862-7867 (2013). DOI: 10.1021/es4014773

Shinichi Watanabe, Katsufumi Sato and Paul J. Ponganis. Activity time budget during foraging trips of emperor penguins. *PLoS ONE* 査読有り 7: e50357 (2012). DOI: 10.1371/journal.pone.0050357

Ichiro Ken Shimatani, Ken Yoda, Nobuhiro Katsumata and Katsufumi Sato. Toward the quantification of a conceptual framework for movement ecology using circular statistical modeling. *PLoS ONE* 査読有り 7: e50309.

DOI: 10.1371/journal.pone.0050309

Ken Yoda, Tadashi Tajima, Sachiko Sasaki, Katsufumi Sato and Yasuaki Niizuma. Influence of local wind conditions on the flight speed of the great cormorant *Phalacrocorax carbo*. *International Journal of Zoology* 査読有り(2012).

DOI:10.1155/2012/187102.

Takashi Yamamoto, Akinori Takahashi, Nariko Oka, Masaki Shirai, Maki Yamamoto, Nobuhiro Katsumata, Katsufumi Sato, Shinichi Watanabe and Philip N. Trathan. Inter-colony differences in the incubation pattern of streaked shearwaters in relation to the local marine environment. *Waterbirds* 査読有り 35:248-259 (2012). DOI: 10.1675/063.035.0207

#### [学会発表](計25件)

Yoshinari Yonehara et al. Flight paths of seabirds soaring over the ocean surface enable measurement of fine-scale wind speed and direction. Pacific Seabird Group 43<sup>rd</sup> Annual Meeting. 2016.2.10 ~ 2.13. Hawaii (USA).

Katsufumi Sato. Bio-logging studies of loggerhead and green turtles migrating to a temperate habitat of the western North Pacific Ocean. International Symposium on Researches/Conservation and Future Prospects of Sea Turtles in Taiwan. 2015.6.15 ~ 6.16. Kaoshiung City (Taiwan).

Takuya Fukuoka et al. Summer-restricted migration of green turtles (*Chelonia mydas*) to a temperate habitat of the northwest Pacific Ocean. 35<sup>th</sup> Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, 2015.4.18~4.24. Dalaman (Turkey).

佐藤克文・海洋高次捕食動物をプラットフォームとした三陸沿岸環境監視システム構築・東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会・2014年8月27日・大槌町中央公民館(岩手県・大槌町)。

Katsufumi Sato. Do animals hesitate to do their best? The Fifth International Symposium on Aero Aqua Biomechanisms ISABMEC. 2012.8.25 ~ 8.28. Taipei (Taiwan).

#### [図書](計4件)

佐藤克文、光村図書、中学国語2、生物が記録する科学-バイオロギングの可能性、2016年、42-48ページ。

佐藤克文・青木かがり・中村乙水・渡辺

伸一、丸善プラネット、野生動物は何を見ているのか、2015年、197ページ。  
佐藤克文・森阪匡通、岩波書店、サボリ上手な動物たち 海の中から新発見!、2013年、118ページ。  
佐藤克文、東京大学出版会、ウミガメの自然誌 産卵と回遊の生物学、2012年、165-194ページ。

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.fishcol.aori.u-tokyo.ac.jp/sato>

<http://www.bio-logging.jp>

報道関係

2016年4月24日放映、日本テレビ「所さんの目が点!」の中で「バイオリギングの科学」について佐藤克文がスタジオで説明。

2015年12月8日放映、テレビ朝日「林修の今でしょ講座」に佐藤克文が出演しバイオリギングに関する研究成果を紹介した。

2015年9月27日放映、MBSテレビ「初耳学」に佐藤克文が出演しバイオリギングに関する研究成果を紹介した。

2015年2月5日発行、毎日新聞朝刊「くらしナビ 科学」欄において「センサーで生態観察 『バイオリギング』日本が中心的役割」というタイトルの記事が掲載され、その中で佐藤克文・高橋晃周の研究成果が紹介される。

2014年3月23日放映、BS日テレ「加藤浩次の本気対談：コージ魂」という番組に佐藤克文が出演し対談。

2013年11月5日および26日放映、TBSテレビ「100秒博士アカデミー」に佐藤克文が出演し、研究内容を紹介。

2013年10月27日発行、日本経済新聞電子版において「三陸のウミガメ研究者たち」というタイトルの記事で三陸沿岸域でのウミガメ調査の様子が紹介される。

2013年10月27日発行、日本経済新聞電子版において「謎多き海鳥を追う研究者 三陸の無人島に翼羽ばたく」というタイトルで岩手県船越大島でのオオミズナギドリ調査の内容が紹介される。

2013年9月発行、雑誌「新潮45」内の達人対談「動物の動きを追う秘密兵器」において、佐藤克文がビートたけしと行った対談が掲載される。後に「たけしのグレートジャーニー」ビートたけし著、新潮社として2014年5月15日に出版された。

2013年8月24日放送、TBSラジオ：RADiOの夢 夢 Engine!という番組に佐藤克文が出演し、研究内容を紹介する。

2013年5月30日発行、読売新聞夕刊「駆ける」の欄において「大槌の海 生物を追う」という記事で佐藤克文が紹介される。

2013年4月7日と14日の2回にわたり、朝日中学生ウィークリーにおいて『バイオリギング』が紹介され、佐藤克文のコメントが掲載された。

2012年9月29日および10月6日放送、ラジオ文化放送 AMラジオ1134『大村正樹のサイエンスキッズ出張授業』に佐藤克文が出演し岩手県沿岸で進められているバイオリギングサイエンスの研究成果を紹介。

アウトリーチ活動

2015年12月16日、東京都世田谷区立船橋希望中学校において「野生動物は何をみているのか」と題する講演を佐藤克文が全校生徒639名の前で実施。

2014年10月16日、滋賀県立虎姫高等学校において、平成26年度SSH講演会~自然科学から学ぶ~において佐藤克文が「野生動物が見ている世界」というタイトルで講演。

2014年6月18日、茨城県立日立第一高等学校・附属中学校において「野生動物が見ている世界」と題する講演を佐藤克文が全校生徒を対象に実施。

2013年10月17日、北海道登別明日中等教育学校において、佐藤克文が「動物目線の生物学：世界最高の旅」を講演。

2013年6月21日、北海道室蘭栄高等学校におけるスーパーサイエンスハイスクール全校講演会において、佐藤克文が「海の高次捕食動物を対象としたバイオリギング研究」を講演。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 克文 (SATO, Katsufumi)  
東京大学・大気海洋研究所・教授  
研究者番号：50300695

(2) 研究分担者

依田 憲 (YODA, Ken)  
名古屋大学・環境学研究所・教授  
研究者番号：10378606

高橋 晃周 (TAKAHASHI, Akinori)  
国立極地研究所・研究教育系・准教授  
研究者番号：40413918