

課題番号 12-NW02

感性情報による自然環境の観察・記録支援システムの構築 斎藤馨（東京大学）

概要 インターネット上に感性情報とセンサー数値情報からなる自然情報をライブ配信し、同時に記録アーカイブを作成公開することにより自然環境の今と過去を提供するインターネット自然環境観察サイト（自然環境観察・記録支援システム）を構築した。センサー数値データに加え、映像・音声による感性情報をライブ配信し、同時にアーカイブ記録しながら公開し、自然環境を時空間的に同時かつ広域、さらには過去に遡って観察することで、広域での自然観察と環境学習の可能性を実証実験的に研究するもので、インターネット上の環境情報のあるべき内容と情報提供の 1 形態を示した。

1. 研究の目的と意義

インターネット上に感性情報とセンサー数値情報からなる自然情報をライブ配信し、同時に記録アーカイブを作成公開することにより自然環境の今と過去を提供するインターネット自然環境観察サイト（自然環境観察・記録支援システム）を構築した。

近年、自然観察学習では、気象観測装置のネットワーク化による「デジタル百葉箱・生きた地球の環境情報」プロジェクトなどのように、インターネットを活用し環境を時空間的に拡張して観察することで、時々刻々と変化する自然環境のモニタリングによる環境理解が可能になってきている。

本計画では、気象観測データのような数値情報に加えて、映像・音声による感性情報とをライブ配信し、同時にアーカイブ記録しながら公開し、自然環境を時空間的に同時かつ広域、さらには過去に遡って観察することで、広域での自然観察と環境学習の可能性を実証実験的に研究するもので、インターネット上の環境情報のあるべき内容と情報提供の方法を検討する必要がある。

数値環境情報に感性情報を加え、ライブ配信とアーカイブ公開することができれば、小中学生のころからインターネットを活用して地球規模での自然環境の動態を観察し理解できる環境教育が可能となり、地球環境時代に必要な人材育成が可能となるため、その意義は大きいと考えている。

情報通信技術の急速な進展によりいわゆる情報爆発の危惧は自然環境情報においても同様である。自然や地球に関する膨大な観測情報と解析が進んでいるが、誰もが GoogleEarth が映し出す地球の様子を直感的に理解しているが、そこに起こる現象を観察的に理解するには至っていない。一方小学校 1 年生での「アサガオの観察」は、自らの観察体験により多くの気づきを得るリアルでライブな自然観察方法として定着している。

このギャップを埋めることが今後の情報基盤研究の重要な課題であり、その一つの方法として本研究がある。すなわち、インターネットの先に、本物の自然があり、ネットワークに接続された気象センサー情報に加えて映像や環境（生態）音をライブで観察ができて、しかもそれらのデータが記録されアーカイブとしてインターネット上に提供される。同時に多くの地点でのライブ情報に接し、起こっている事象について気づく事をアーカイブを使って確かめながら調べることのできるのが「インターネット自然環境観察サイト」である。

2. 当拠点公募型共同研究として実施した意義

(1) 共同研究を実施した大学名と研究体制

東京大学

研究体制は、東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻自然環境形成学分野斎藤馨研究室を中心とするサイバーフォレスト研究会と、

東京大学情報基盤センター中山雅哉により構成した。

(2) 共同研究分野

超大容量ネットワーク技術分野

(3) 当公募型共同研究ならではの事項など

東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻では、自然環境のモニタリングを専門領域としているが、特にインターネットを介したライブ配信に関しては専門ではないため、本公募型共同研究により情報基盤センターと共同で研究を推進できたことで本研究を実施することができた。

3. 研究成果の詳細と当初計画の達成状況

(1) 研究成果の詳細について

1995 年より、東京大学農学部附属秩父演習林を対象としたビデオ映像・音声による森林映像記録の研究を進めており、この映像アーカイブを用いた環境教育の授業実践を茨城大学教育学部附属小学校、麗澤中学校、山梨県甲斐市立竜王東小学校などで行ってきた。

本研究の実施に伴い、秩父演習林に加えて東京大学農学部附属富士癒しの森研究所の森林の環境情報、東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センターからの海の環境情報や信州大学からの高原の環境情報を加えた 4 か所から、24 時間の音や映像のライブ配信と記録を進めており、それらのデータファイルは、映像音声データだけで年間約 300 万個、9TB 程のデータ容量に至っている。日々多地点の自然環境から収集されるこれらの感性情報と気象センサーデータとをライブ配信しながら、過去の自然環境の履歴を容易に直感的に把握するための自然環境観察学習のための情報基盤データの配信、記録、メタデータ生成について検討を進めた。

(a)ライブモニタリングとアーカイブシステムの開発

本計画中の一つの自然観察現場サイトのシステムを例を研究成果として示す。

(i) ひょうたん島ライブモニタリングとアーカイブシステム

東京大学国際沿岸海洋研究センター（岩手県大槌町赤浜）に設置したマイクや気象センサーなどのフィールドのライブモニタリングシステムと東京大学本郷キャンパスおよび柏キャンパスに設置したサーバなどの概念構成を図 1 に示す。2011 年 5 月に大槌サウンドスケープ配信として衛星ネットワークによるインターネット通信で始めたシステムですが、1 年ほどかけて現在のシステム構成にして運用しています。その間には光ファiberによる商用インターネットサービスも復旧したため、当初導入した衛星ネットワークが不要となりました。安定的に広帯域のネットワークを使うことができるようになって、ライブモニタリングデータの種類と容量を増やした。

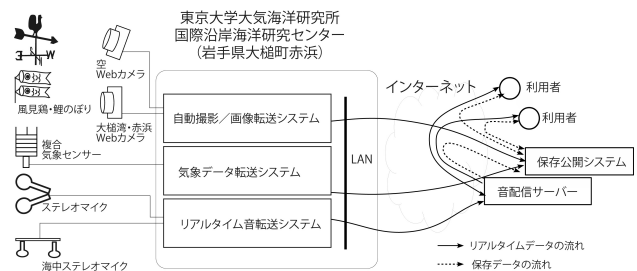


図 1 ひょうたん島ライブモニタリング&アーカイブシステムの全体構成概念図

図 2 は、2011 年 11 月の沿岸センターに設置したシステムとセンター前の海岸及びひょうたん島と大槌湾の様子である。大槌湾赤浜海岸に接した 3 階建ての沿岸センターの屋上南側にセンサー類を設置している。ステレオ音を現場で MP3 にエンコードして本郷のサーバにストリーミング伝送し、複合気象センサーは、気温、湿度、風向、風速、雨量のデータを、Web カメラ画像は 1 分間に数枚の静止画を本郷のサーバに伝送している。

震災から 1 年を過ぎた 2012 年 6 月に、沿岸センター前の海中に設置した水中マイクが図 3 である。



図 2 ひょうたん島モニタリング現地システム



図 3 水中マイク

現地のサウンドスケープについて検討した中で、水中音では、テッポウエビやサケの回遊などの水中音が聞こえるのではないだろうかとの意見を参考にして、可聴域の音をライブ音配信し録音公開してみようと考えて設置した。2 個の可聴域ハイドロフォンを 2m 程離すことでステレオ音感が出るとのことで、そのように配置した。マイクは岸に固定したアームの先端に設置したため、潮の満ち引きでその水深が変化する。最大干潮時に水面上に出てしまった時期もあるが、現在は最浅水深でも 30cm 程度は確保できている。海中マイクからは、波音などの水音や、船のエンジン音、パチパチという発砲音などが聞こえる。発砲音は最初テッポウエビかと思ったが、どうやらこのあたりにテッポウエビの生息していないため、フジツボ等ではないかとの指摘をもらっている。沿岸センターには野外飼育水槽があったが、津波により水槽や海水くみ上げポンプを含む野外海水循環設備が壊滅したため、仮設の移動型くみ上げポンプを使って実験用水生生物野外飼育を行うことがある。

飼育期間中は、海中マイクの近くにくみ上げポンプを設置して稼働させる時もあり、その際はモーター音が海中マイクに大きく入って、他の音は聞こえなくなる。

(なお水中マイクは防潮堤工事のため 2013 年 3 月 28 日に撤去したため現在ライブ音配信は停止中。いずれ再設置の予定)

現システムが図 4 である。



図 4 最新の現地システム (2012 年 7 月撮影)

Web カメラを 2 台に増設して 1 台は空を記録している。地上と海面の様子とは別に空の様子がわかると、より現場の気象データを感覚的に把握できることを期待している。この 2 台の Web カメラは遠隔制御で方位をコントロールできるので、2 台でステレオカメラとして両眼立体視することもできるように配置してある。さらに直感的に風向や風速を映像からイメージできるように、気象センサーの先に方位計付きの風見鶏とミニ鯉のぼりを設置した。これらのデータは、インターネットで本郷キャンパスと柏キャンパスのサーバに転送し、リアルタイム配信と同時にサーバに記録し、ウェブで公開している。

(ii) ライブモニタリング表示システム

現地のライブモニタリングデータの表示や記録公開のシステム開発については以下に記す。

大槌サウンドスケープ配信：初期の大槌サウンドスケープ配信はライブ音の配信だけで、それをパソコンやスマートフォンでリアルタイムに聞くことと、Web で公開している 1 時間毎に区切った録音ファイルを後からダウンロードして聞く方法とした。これに加えてツイッターを使ってライブ

音が配信されていることをハッシュタグ #otohama (浜辺の音を配信しているという意味で、「おとはま」) を付けてつぶやいた。ライブ音配信には、マイクの近くにある防災大槌広報の無線スピーカから朝昼晩の時報放送が聞こえてきたり、シュレーゲルアオガエルやウミネコなどの生態音や、ヘリコプターや工事車両音、漁船音などの復興の様子や生活音などが聞こえ、これらを気づいた時にもツイッターのハッシュタグ付きでつぶやくようにした。この #otohama のついたつぶやきは、つぶやかれた年月日時分秒を含めて柏キャンパスのサーバでログを取って保管し、いつでも検索して表示できるサービスも行っている。以下につぶやきの例を紹介する。

配信テスト時に生態音について：
2011-05-17, 06:38:20, (A さん), 6:37 ウグイス, ハシブトガラス, ヒヨドリ, カワラヒワ, ウミネコ, ハクセキレイ, スズメ の声が聞こえますね。波音もいい感じ RT @kaorusaito 岩手県大槌東大海洋研究センターからライブ音配信テスト中。
<http://bit.ly/m8gqPz> #otohama

早朝のカエルの声について
2011-06-11, 06:08:05, (B さん), 大槌は随分と落ち着いた雰囲気、カエルの声が人気がないことを伝えているような #otohama

余震直後の現地の様子確認について
2012-03-14, 19:01:44, (C さん), 地震&津波注意報。実家に連絡して、それからサウンドスケープで確認。しっかり防災放送がなって避難を呼びかけてた。リアルタイムで聞けるサウンドスケープはホントありがたい。 #otohama

震災から 1 年のライブ音配信について
2012-03-11, 14:25:04, (筆者斎藤馨), 一つの間にかリスナーは 25 名で、おそらく過去最高です。大槌サウンドスケープ配信は昨年 5 月下旬から 24H 毎日配信中です。最初は瓦礫撤去作業音、年明け頃から漁船音などサウンドスケープにも変化があります。 #3.11 #otohama #大槌

このようなつぶやきは、2013 年 1 月現在で

7,000 程あった。また聞いていなくてもツイッターでふと誰かのつぶやきを読んで、それが気になってライブ音に耳を傾けることもある。

ひょうたん島ライブモニタリング：復興関連で多忙な沿岸センターで従来継続されていた気象観測記録が再開できずにいたため、インターネットに接続されたデジタル百葉箱等による自立的な環境情報に関する活動を進めている LiveE 協議会による気象センサーを現地に導入し、ライブによる気象観測を開始した。さらに沿岸センターにより再開された大槌湾内海水温プロファイル観測データの提供されることになり、これらのデータと映像と組み合わせる Web ページを作成した。映像については、波や潮汐の様子や空の雲の流れ、太陽や月の運行などを短時間に把握できるように 15 分を 4 秒で表示する微速度動画を自動生成させている。現在提供中の「ひょうたん島ライブモニタリング」公開ページ³⁾ を図 5 に示す。

気象データ (2012-12-12 06:53:01 現在) 気温 : -2.2 °C 湿度 : 79 % 風向 : 304 ° 風速 : 1.2 m/s 雨量 : 0 mm/h	最新静止画像 (2012年12月12日 06時52分45秒)	微速度15分間映像 (20121212 06:37から15分間)
水温データ (2012-12-12 04:56:00 現在) 水深 01m : 14.51 °C 水深 05m : 14.56 °C 水深 10m : 14.65 °C 水深 15m : 14.73 °C 水深 20m : 14.43 °C 水深 25m : 14.23 °C		

大槌サウンドスケープ配信 (ライブ音配信！)
 屋上ステレオマイク #otohama 現在リスナー数 3人
 海中ステレオマイク #otohama2 現在リスナー数 2人
※クリックして再生

アーカイブ
[\[最近の微速度15分映像\]](#) [\[過去の微速度1時間映像\]](#) [\[過去の微速度1日映像\]](#) [\[過去のサウンドスケープ1時間録音\]**](#)

図 5 ひょうたん島ライブモニタリングページ

(iii) 感性情報による環境プロファイリング

音や映像などの感性情報とセンサー情報からなる環境情報をインターネット上に継続的な公開実践がようやく始まったばかりだが現状での結果を報告する。

結果 1：地上マイクと海中マイクによる継続中の 24 時間ライブ音配信について

a. 復興の進展：2011 年 6 月の深夜の録音には、シュレーゲルアオガエルの鳴き声が印象的だった。

昼間はセンター職員の活動のほかには、自衛隊や警察官などの活動が聞こえたりもしたが、夜ともなると人の気配の全く無い沿岸センターからは、波音とカエルの声が印象的であった。

b. 8 月から防災大槌広報による 6, 12, 18 時の時報放送が再開された。昼は必ずひよっこりひょうたん島の曲、土日には 6, 18 時にもひよっこりひょうたん島の曲が、その時々鳥の声や、雨風などの気象音、復興の作業音、移動販売の声などともに聞こえた。

c. 2011 年 8 月 11 日 14 時過ぎの町内放送では、仮設住宅が完成し避難所が閉鎖され新たな暮らしへの宣言と月命日の黙祷サイレンなどが聞こえた。防災広報大槌は、大きな余震時には津波の予想の有り無しなど、現地の様子が生々しく聞こえた。

d. 2011 年の夏から秋は、瓦礫撤去などの作業音が多く聞こえていましたが、冬に入って漁船の音がちらほら聞こえるようになり、生産活動が始まったのだという実感できるように聞こえた。

e. 2012 年 6 月より海中マイクによるライブ音配信を開始しました。パチパチという音が聞こえるも、音の主が分からずにいます。テッポウエビだろうと考えていましたが、現在はフジツボだろうとの説を有力視している。

Web カメラの映像配信記録について: Web カメラでは、1 分間に 3 枚程度の静止画を現地から東京大学本郷キャンパス、柏キャンパスのサーバに転送し、それを表示している。これらの画像を用いて 15 分間の微速度動画 (パラパラアニメーション) を生成して表示。当初は 1 台で始めた映像記録だが、空の雲の流れや月明かりなどが綺麗なときがあったり、気象センサーの風速や風向などのデータを雲の流れと対応させてみるのが出来たりするので、空に向けたカメラを追加した。また視覚的に風向風速が分かるように風見鶏、方位指示版と鯉のぼりを Web カメラに写り込むように設置した。映像には昼夜の月や太陽の様子から、様々な海象現象や、イベントの様子、鳥などの飛翔の様子などが記録され、中にはその一瞬の美しい風景に、風景画や和歌や俳句などのヒントになった

のでは無いかと思われるような映像が含まれている。

a. 2011 年 10 月 7 日 22 時ころ、暗闇の月明かりがひょうたん島をサーチライトのように照らし出す幻想的な様子 (図 6)。



図 6 月明かりに照らされるひょうたん島

b. 2012 年 3 月 11 日 18 時過ぎに、ひょうたん島を廻る 3.11 の月日の灯籠を掲げる 2 艘の舟「暦の舟」の様子 (図 7)。



図 7 暦の舟 (2012 年 3 月 11 日)

ライブモニタリングから環境プロファイリング

：ライブモニタリングとは、そこにある気象海象にまつわる自然の音や景色、そしてセンサーデータをライブで提供することだが、さらに配信情報をアーカイブとして記録し、インターネットで公開することでいつでも聞いたり見たりできるようにした。インターネットでライブ配信されアーカイブを参照できるので、それらにまつわる感想などを、例えば SNS のツイッターでのつぶやきでインターネットに配信されることで、ひょうたん島ライブモニタリングを話題にして遠隔の人々が交流することが出来る。またつぶやきのログを記録し公開⁴⁾しているのので、これを見てさらに人々の気づきなどを共有し、そこからアーカイブを参照することも出来る。

つまり、ある人が、ライブ音やライブ映像をふとした折りに聞いたり見たりして、現地の様子を知り、気温や海水温を知り。そしてツイッター上に気づいたことをつぶやいたり、他の人のつぶやきを読んだりする。しかし 24 時間配信されていても、聞いたり見たりはほんのある瞬間だし、忙しいなどいろんな理由で聞かない日々が続いたりもする。身近な気象現象や地震などのふとした折りや、ツイッターでのつぶやきが目飛び込んでくるなどで現地の様子が気になって聞いたり見たりもするだろう。どこで何をしようとも時は過ぎ日々が経過していくなかで、ふとした折に触れる大槌湾や赤浜のサウンドスケープには、そこで過ごしていないにもかかわらず、いつでも聞けるライブ音配信やライブモニタリングがあることで、聞く人の日々の経過の中の環境に断片的に残っていく、積み重なっていくようだと考えている。そしてこれらのライブ情報のアーカイブが公開されていることで、改めて何か気づいた時にアーカイブを使って確かめたりもできる。

ライブで断片的に何度も現地の様子に接しながら、気づいた時に振り返りながらアーカイブを確認する。こういう繰り返しによって遠隔の被災地の自然や復興の様子が重層的に記憶を形成していく感覚、こうした感覚を「環境プロファイリング」と呼びたいと考えている。つまりライブの環境情

報に触れるなかで次第に人々の感覚の中に形成されていく環境の状態や環境の変化とでも表現できるかもしれない。

今後とも「ひょうたん島ライブモニタリング」を継続しながらライブ配信実践を重ね、アーカイブを充実させながら「環境プロファイリング」の意味や意義を検討したいと考えている。

(b) これまでに取得した感性情報を参考に、自然環境の履歴を直感的に把握しやすい画像ファイル群を抽出し、微速度表示することで、その特徴を分類できるパラメータの検討を進めた。

その結果、現時点のライブ画像の気象や太陽光や月明かりの変化は、15 分程度の微速度映像に集約すると現時点までの変化の履歴として把握しやすい。15 分を拡張し 1 時間と 24 時間を単位とした 3 種類の微速度映像を逐次作成してアーカイブし、ネットワークで公開を進めている。またライブ映像と環境音記録、気象センサーデータを時間をキーに検索し、自然観察者自信の記録と照合させること、つまり時間をパラメータとして利用することも検討を進めている。

(c) 上記(a)で検討した分類パラメータに基づいて、日々観測される環境情報の特徴分類を行い、自然環境を直感的に把握できるファイル群に登録可能であるかを検証枝葉としているが、静止画像、3 種類の微速度映像から何らかの特徴を抽出して分類するなど、現在も検討を進めている段階で、成果取りまとめや成果報告するには至っていない。

(c) 上記(c)で検証された感性情報群と気象センサーデータなどを複合的に用い、インターネットを介した環境教育の実証授業の実践を行う。

児童が自然の中で自分自身で記録した写真を、写真の時間情報を使ってライブモニタリング映像と環境音と気象センサーデータをリンクさせて一つのメディアに取りまとめるアプリを開発し、実施に環境教育公開講座を実施した。現在この成果を取りまとめ中のため、報告するには至っていない。

(2) 当初計画の達成状況について

当初計画での実践授業を開催したが、その結果解析には至っていない。実践がまだ不足していると考えられる。この点については、引き続き実証授業を進める予定である。

4. 今後の展望

冒頭の研究の目的と意義において、アサガオ観察に触れたが、H25 年 5 月より、インターネットアサガオ観察プロジェクトを開始した。遠隔の天然林や海などの自然環境情報をライブで触れながらアーカイブで過去をたどる事とは別に、ごく身近な自然の観察記録として、国民的教材であるアサガオ観察について、東京大学柏キャンパス（千葉県柏市）環境棟屋上にアサガオ花壇およびアサガオ鉢植えキット（小学校用教材）を設置し、ウェブカメラによるライブモニタリングとアーカイブを開始した。既に当該地点には Live-E!による複合気象センサーによる気象モニタリングデータの蓄積を行われている。全国の小学校で実施されるアサガオ観察は身近に体感できる自然環境、特に植物フェノロジーと気象の関係を実体験でき、これと同じアサガオについて遠隔となる千葉県柏市をインターネット観察標準として観察できる。これにより本計画での天然林や里海里山などの遠隔の自然地の自然環境観察について、より体験的な意識の向上が期待できると考えている。

今後は、身近な自然環境観察とインターネット上での類似自然環境の観察、そしてさらにより自然度の高い自然地における自然環境観察のライブモニタリングとアーカイブ公開により、遠隔を含む地球全体への感覚的な広がりを意識した当該システムの活用を進めたい。

5. 研究成果リスト

(1) 学術論文（投稿中のものは「投稿中」と明記）

<査読論文>

齋藤馨、小林博樹、中村和彦、中山雅哉、藤原章雄「ライブ音配信システムと twitter によるサ

ウンドスケープアーカイブ構築検討」、日本サウンドスケープ協会、2012/9（投稿中）

廣井慧、妙中雄三、中山雅哉、横山仁、中谷剛、三隅良平、砂原秀樹：気象観測網を活用した水害向け危険指標生成モデルの提案とその評価」：電子情報通信学会論文誌B：2012/10（投稿中）

<非査読論文>

藤原章雄・渡辺隆一・中村和彦・齋藤馨

(2012)：信州大学志賀自然教育園におけるインターネット森 林観察サイトのための画像と音の記録転送システムの構築：信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績：49: 16-18.

黒沢令子、植田睦之、齋藤馨 (2013)：志賀おたの申す平における森林性鳥類のさえざり活動の研究：長期モニタリングの基礎資料：信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績：

50：7-11

(2) 国際会議プロシーディングス

なし

(3) 国際会議発表

齋藤馨 (2012)：ライブモニタリングによる環境プロファイリング：テクノオーシャン 2012 オーガナイズドセッション「豊の海を知る、守る、活かす」：独立行政法人水産総合研究センター：2012 年 11 月 19 日神戸国際会議場

Masaya Nakayama, Hiroshi Esaki, Masato Yamanouchi, Hideki Sunahara, Eiko Takaoka, Nobutaka Fukudome, "Effors of cooperation program using 'Live E! sensors' between high schools and universities", APNG Camp 2012, 2012/08/15-18

(4) 国内会議発表

齋藤馨 (2012)：ライブモニタリングによる環境プロファイリング：海洋アライアンスシンポジウム第 7 回東京大学の海洋研究「人と海の間わりの将来像」：2012 年 7 月 24 日東京大学弥生講堂
<http://www.oa.u-tokyo.ac.jp/activity/2012/08/72012724.html>

廣井慧、横山仁、中谷剛、瀬戸芳一、安藤晴夫、

三隅良平, 妙中雄三, 中山雅哉, 砂原秀樹: “短時間強雨等の局地的極端現象に対する高校生の防災意識向上に向けた気象センサネットワークの活用,” 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス & システム, Vol. 3, No. 1, pp. 10--20, 2013年3月.

滑川敬章、落合秀也、山内正人、高岡詠子、中山雅哉、江崎浩、砂原秀樹、「情報系高校における環境情報を計測・可視化する実用的なプログラミング教育の実践」, 情報処理学会, Vol. 2012-CE-116, No. 16, pp. 1-8, 2012/10/14

(5) その他 (特許, プレス発表, 著書等)

<調査データ>

植田睦之、黒沢令子、斎藤馨(2012): 森林音のライブ配信から聞き取った森林性鳥類のさえずり頻度のデータ: Bird Research Vol. 8, pp. R1-R4, 2012:

http://www.bird-research.jp/1_kenkyu/journal_vol08.html