

[社会を変える IoT]

③ 水産業を支援する IoT サービス構築

— 宇和海海況情報サービス You see U-Sea —

応
般

小林真也 | 愛媛大学

養殖漁業と海水温

取り組み概要

愛媛大学理工学研究科電子情報工学専攻分散処理システム分野では、水産業を支援する ICT として、愛媛県水産研究センター、愛媛県漁業協同組合連合会、愛媛大学南予水産研究センターと連携し、総務省の平成 26 年度第二次補正予算「IoT サービス創出支援事業」(2017 年度実施)で、「海洋物理モデルと海況 4D ビッグデータを活用した水産業支援「IoT 海況予測サービス」の創出」に取り組んだ。漁業の現場に行き、養殖漁業者との会話を通して、その Wants の理解に努めるデザイン思考を取り入れた。Wants は人々が欲しいものとして口にする Needs ではない。Theodore Levitt 博士の著書『マーケティング発想法』で紹介されている「ドリルを買いに来た人が欲しいのはドリルではなく穴である」や、Steven Jobs の「人は形にして見せて貰うまで自分は何が欲しいのか分からない」、Henry Ford の「もし顧客に、彼らの望むものを聞いていたら、彼らは『もっと速い馬が欲しい』と答えていただく」に象徴されるように、Needs をもたらした根源的な欲求が Wants といえよう。したがって、「何に困っていますか」といった単純な要望のヒアリングを行っても、Wants に至ることは容易ではない。我々の取り組みでは、養殖生け簀の現場に足を運び、彼らの仕事の様子を観察し、また、たわいのない会話の中から、彼らの悩みや工夫を察知し、会話の中で、Wants の顕在化を行っている。

このようにデザイン思考を取り入れ、Wants に迫り、Wants を出発点として取り組むことで、養殖に対して損害をもたらす、赤潮の発生の状況情報、また、赤潮発生や魚病発生、さらには魚の育成管理や給餌量の決定に大きくかわる水温等の情報を提供することが、彼らの Wants に繋がるのが分かった。

この養殖漁業者の Wants に対して、IoT の観点から、現実に実現可能な方策として、どのようなデータをどのように収集し、そのデータを元に、どのような処理、加工を行うことが有効であるかを考察し、宇和海海況情報サービス「You see U-Sea」を開発・提供した。本稿では、取り組みの中でも、特に、広域にわたる海水温データの収集と蓄積、データ処理に関する部分を取り上げ、紹介する。

海水温観測の必要性

愛媛県は全国屈指の水産県(年間生産高 804 億円、全国第 3 位)であり、養殖業を中心として、海面漁業も広く展開している。その中心は太平洋に面した宇和海(年間生産高 645 億円)であり、沿岸はリアス式海岸が続く豊かな漁場となっている。養殖の対象となっている魚介類も、鯛(生産量全国 1 位)、真珠(同 1 位)、真珠母貝(同 1 位)、ブリ類(同 2 位)、ヒラメ(同 3 位)、マグロと多岐にわたっている。また、近年では、クエ、マハタ、スマなどの養殖にも取り組んでいる。

この養殖業において大きな影響をもたらすものは、歩留まりを大幅に落とす自然災害の赤潮や魚病、養殖における漁業支出の 70～80% を占めている餌代

である¹⁾。

赤潮や魚病は、水質や水温などが影響を与えることが分かっている。さらに、水質や水温の変化は、太平洋からの、海面近くの上層部に水温の高い透明度の高い海水の流入である急潮や、海底に沿って低温で栄養塩に富んだ底入り潮という現象が引き起こしていることが、海洋物理学の研究によって解明されている(図-1)。急潮や底入り潮は宇和海と同じく、我が国の養殖漁業の主要な地域である太平洋側沿岸で広く観察される現象である。したがって、急潮や底入り潮の発生やその状況を把握し、赤潮や魚病の予防や対策に活かすことは、宇和海にとどまらず全国の養殖漁場で有効である。

養殖事業者は、海水温に応じた魚の活性に応じた給餌量とすることで、効率の良い育成、無駄な餌の発生による経費の増加抑制、生産環境である海洋汚濁の予防を行っている。

また、魚類に悪影響をもたらすプランクトンの増殖が活発となる海水温や、魚病が発生する海水温は、水産研究者や養殖漁業者には広く知られており、赤潮や魚病の発生時やその危険性がある場合には、積極的に給餌量を減らすことで魚の活性を落とすという対策や、生け簀の設置深度を変えるなどの対策をとっている。

このようなことから、漁業者は、海洋状況、特に海水温の空間的な広がりを持った現況や時系列変化状況を知ることが熱望している。

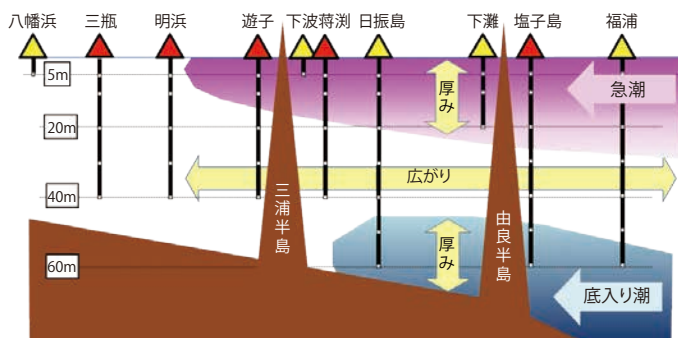


図-1 急潮と底入り潮

海水温観測の課題

急潮や底入り潮では、時間、水温、流入の厚みと範囲によって、宇和海への影響度合いが異なる。これまで、愛媛県水産研究センターの調査船が、1カ月ごとに24カ所の定点での水温・塩分等の調査を実施している。また、愛媛県、愛媛大学、水産研究・教育機構が連携して5基の水温連続観測装置を設置し、水温情報（1時間ごとの5m深度他）を発信していた。しかしながら、これらは宇和海全域をカバーするものとはなっていない上に、急潮は多くの場合、2週間間隔で発生することから1カ月ごとの定点調査では捉えきれないなど、時間的・空間的に連続したデータとしては不十分であった。また、既存の水温連続観測装置は、設置者や時期によってメーカーや型番が異なることから、センサから送られてくる観測情報のフォーマットがそれぞれ異なり、データの自動集積の支障となっていた。さらに、データ通信に利用している携帯電話回線が、特定のキャリアに限定されていることから、1カ所あたりの通信コストも月額3,500円程度が必要であった。

宇和島海況情報サービスでの取り組み

目標

「IoTサービス創出支援事業」では、赤潮や魚病の発生予測や早期検知を行うために、以下の取り組みを行った。

1. 水温観測装置5基と水温・水質（酸素・クロロフィル）の観測装置4基を設置し、観測エリア拡大と密度の向上
2. 既設観測装置からのデータフォーマットの変換と観測装置からのデータの集積
3. 補間による観測装置未設置領域における海水温推定値情報提供
4. 漁業者と水産研究者、海洋研究者が求める形式での海水温の時間変化の可視化の実現



5. 緯度経度+深さ方向の3Dに加え、経時変化が見える4D海水温表示の実現
6. 低価格観測装置の実現

これらの取り組みを通して、宇和海海域における海況情報を収集し、水産研究者の解析・分析を支援し、さらに、漁業者が求める情報を伝達する宇和海海況情報サービス「You see U-Sea」を実現した。「U-Sea」は、宇和海を意味している。

観測網の拡大

図-2に既設の水温観測装置と新規に設置した水温観測装置5基と水温・酸素・クロロフィルの観測装置4基の設置個所を示す。新規設置個所の決定にあたっては、急潮や底入り潮の流入の把握に適合させることと、養殖漁業の生け簀設置状況を考慮して、南北方向への広がりを持たせることとした。また、赤潮被害が頻発している地域で行う水温・酸素・クロロフィルの観測では、図-3に示すように、水深20mまでの水温と酸素、水温とクロロフィルをそれぞれ2層で観測する。

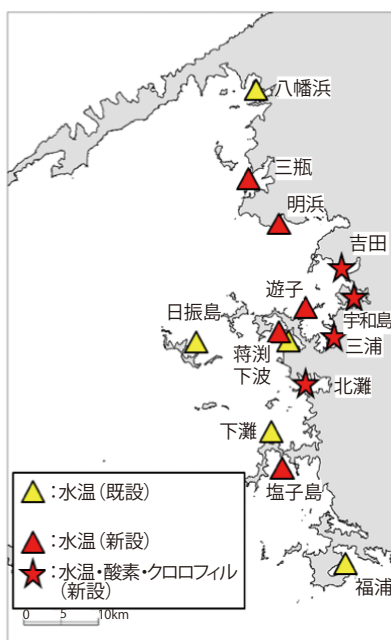


図-2 観測地点²⁾

データ集積

既設の水温観測装置は、観測データを、SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) を用いて、任意に設定されたメールアドレスに対してメールとして送信する機能を有している。メールを利用したデータの送付は、人間がメールの本文を文字情報として読む分には簡便である。しかし、観測装置の機種が多品種にわたっており、機種ごとにメールのフォーマットがまちまちであるため、データを蓄積・集積するには適していなかった。そこで、多品種にわたる水温観測装置から毎時送信されてくる観測データの字句解析を行い、測定値を取り出し、データベースに集積保存するシステムを構築した。これにより、これまで、個々の観測装置のデータを、メールの閲覧として個別に見るしかなかった水産関係者が、後述のデータの可視化表示の実現と相まって、一元的に検索、参照、閲覧することができるようになった。

水温データ3次元補間

既存の海水温観測装置や「IoTサービス創出支援事業」で設置した海水温観測装置、そのほかの取り組みにより、2018年10月時点で、宇和海海域において、計15カ所の海水温観測地点を設けることができた。しかしながら、観測地点の温度を数値として公開するだけでは、漁業者が自身の養殖生け簀の

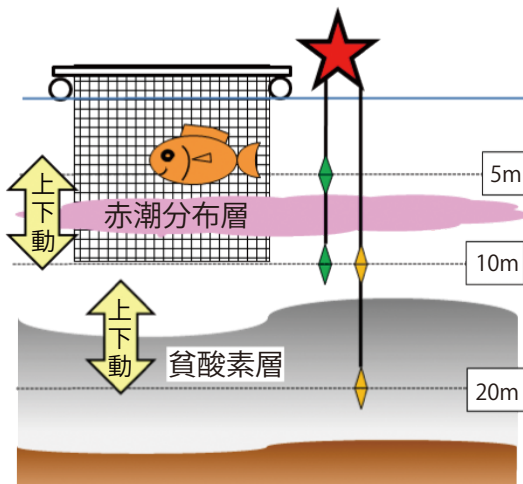


図-3 水温・酸素・クロロフィルの観測¹⁾

設置地点での海水温を知ることができない。そこで、宇和海全域にわたる海水温分布を漁業者に提供することを目的に、観測された海水温データを元に、平面的な広がりのみならず、深さ方向に対しても補間を行い、養殖漁業海域を含む宇和海において広範囲の海水温情報を提供できるようにし

た。補間方法としては、逆距離加重法 (IDW 法) を用いている。これは、複数の補間法を観測データに適用し、実際の観測値との差異が少ないことから、この方法を採用した。観測地点のデータが欠測したとの仮定の下で、実測値と、補間により求めた推定値を比較したところ、補間対象領域の外縁近辺を除き、実測値との誤差が0.1度未満となっている。これまでの、養殖漁業者との対話を通して、魚病対策や赤潮対策では、0.1度から0.2度程度の変化を気にしているとの情報を得ている。このことから、漁業者が求める精度を確保できていると判断している。

利用者本位の可視化

宇和海海況情報サービスでは、漁業者に必要な情報を、いかに分かりやすく可視化して伝えることができているかが、成否を決める要となる。

漁業者や水産研究者との対話を通して得た、彼らの要求をまとめると以下のようなものであった。

- 観測地点ごとに南から北へと並べられた表形式で、多階層の水温データが一覧でき、合わせて、

グラフによって可視化されていること。

- 各観測地点の水温データが、過去30日間にわたり参照できること。
- 各観測地点の水温の変化状況がグラフによって可視化できること。
- 深さ別の海水温分布状況が地図形式で表示できること。
- 任意の2点間の海水温が断面図として表示できること。
- 水質 (クロロフィル濃度、濁度、溶存酸素量) の観測地点ごとの観測データが一覧として参照できること。また、過去の情報も同様に見ることができること。
- 各観測地点の水質の変化状況がグラフによって可視化できていること。

宇和海海況情報サービス「You see U-Sea」では、これらの要望すべてに対応する可視化を実現した。

図-4は、水温観測データを南北方向に配置した表とグラフ表示、図-5は、観測地点の時系列表示、図-6は、3D表示の例である。

場所	福浦 休止中	油袋沖	下瀬	北瀬	日振島	下波	三浦	荷洲	遊子	宇和島	吉田	明浜	三瓶	八幡浜	西条	
最新測定日時※	2018/07/11 03:00:00	2018/07/27 17:00:00	2018/07/27 17:00:00	2018/07/27 17:02:32	2018/07/27 17:00:00	2018/07/27 17:00:00	2018/07/27 17:17:52	2018/07/27 17:00:00	2018/07/27 17:00:00	2018/07/27 17:02:30	2018/07/27 16:59:41	2018/07/27 17:00:00	2018/07/27 17:00:00	2018/07/27 17:00:00	2018/07/27 17:00:32	
水深	1m	26.4℃	27.0℃	NA	NA	23.7℃	NA	NA	25.8℃	27.1℃	NA	NA	26.7℃	25.6℃	NA	30.0℃
	3.5m	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25.4℃
	5m	25.5℃	25.0℃	23.2℃	24.2℃	23.4℃	24.0℃	24.7℃	24.1℃	24.4℃	24.7℃	25.3℃	23.1℃	24.7℃	25.0℃	NA
	10m	25.1℃	23.8℃	22.7℃	23.3℃	22.7℃	NA	22.7℃	23.1℃	22.6℃	23.0℃	23.4℃	22.1℃	23.6℃	NA	NA
	20m	24.6℃	22.6℃	21.9℃	21.9℃	21.8℃	NA	21.1℃	22.0℃	21.2℃	21.3℃	21.4℃	21.1℃	21.6℃	NA	NA
	30m	21.5℃	21.1℃	NA	NA	19.9℃	NA	NA	21.2℃	20.7℃	NA	NA	19.9℃	20.5℃	NA	NA
	40m	20.3℃	19.5℃	NA	NA	19.6℃	NA	NA	19.7℃	20.0℃	NA	NA	19.6℃	20.2℃	NA	NA
	50m	18.7℃	18.4℃	NA	NA	19.5℃	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
60m	17.4℃	NA	NA	NA	19.4℃	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

※ 欠測等の理由から、現在時刻が、最新測定日時から2時間以上経過している場合、(最新測定日時) 欄の背景色が赤色となります

グラフ

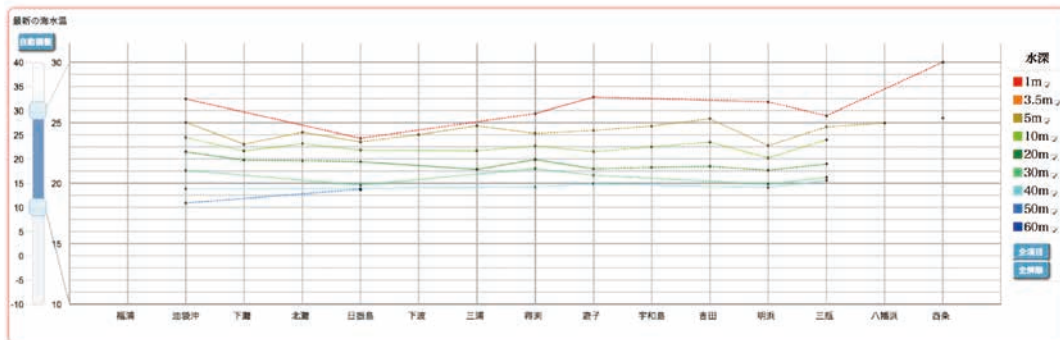


図-4 水温観測データ表示 (南北方向配置)



低価格観測装置開発

これまで、水温観測に用いてきた市販の観測装置は、1基あたり150万円程度の金額であった。また、拠点ごとの通信コストは、1月あたり3,000円から3,500円程度必要であった。このことが、観測点を増やすことの足かせとなっていた。

そこで、IoTに利用できる安価なコンピュータとして利用が広がっているRaspberry Piを利用することで、観測装置の低価格化を行った。また、MVNO (Mobile Virtual Network Operator) 対応とすることで通信コストの削減を行った。

その結果、8階層 (1m, 5m, 10m, 10m ごとに60mまで) の観測ができる水温観測装置を10万円以下で開発することができた。現在、プロトタイプ1号機の評価を踏まえ、欠測等への対策など信頼性の向上を図ったプロトタイプ2号機のフィールド評価を行っている。現時点までに、装置代で30万円以下のコストで3年間の連続観測が実現できる

見込みを立てている。また、通信コストについても、MVNOの利用により、月額500円程度とすることができた。これにより、観測装置本体、通信コストともに、5分の1から7分の1程度に抑えることができ、観測地点の密度を上げることが可能となる。

図-7は、我々が開発した海水温観測装置 (プロトタイプ1号機) の内部と、養殖用生け簀に設置した際の写真である。

我々が開発した海水温観測装置では、Raspberry Piに1-Wire規格の温度センサを、水深1m, 5m, 10m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60mを基本とし、観測地点の水深に応じた数だけ取り付けしている。また、電力の供給は、太陽電池と蓄電池を電力源として、両電源による充放電の電力管理を専用モジュールにより行うことで、雨天や曇天が続いても持続的に動作できるようにした。

通信回線には、3GおよびLTEのMVNO回線を利用できる通信モジュールを採用した。携帯電話回線を用いた通信については、過去に、愛媛県からの依頼や、独自の取り組みとして、愛媛県内での、無線通信環境の実地調査を行った際のデータに基づき、観測装置を設置する養殖筏の係留点での電波状況の事前予測を踏まえ、さらに、現地での確認を行っている。また、通信回線の障害に備えて、上位レイヤにおいて、再送制御を行うことで、通信障害を原因とする欠測の発生を防いでいる。

海水温の観測周期については、宇和海海況情報サービス「You see U-Sea」では、既存の観測装置の性能に合わせて、海水温の観測表示周期を1時間ごととしているが、我々の開発した観測装置では、

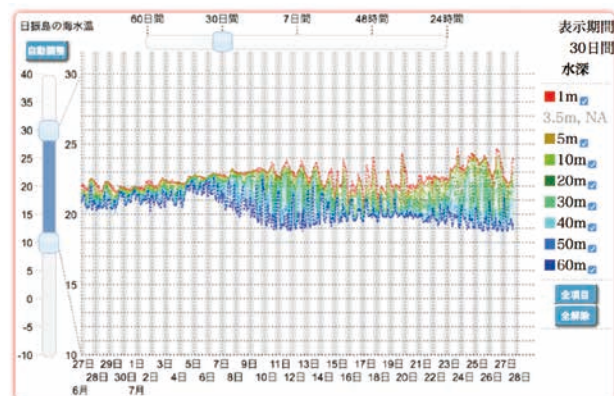


図-5 水温データ表示 (時間変化)

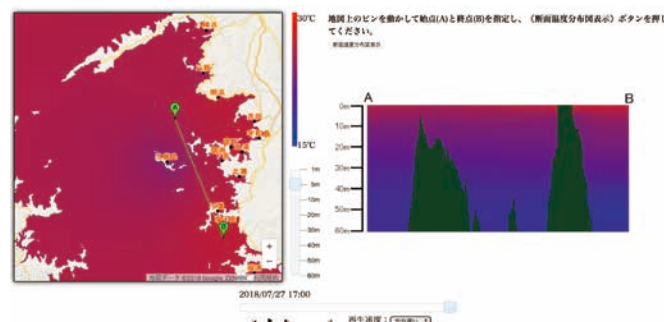


図-6 水温データ表示 (3D表示)

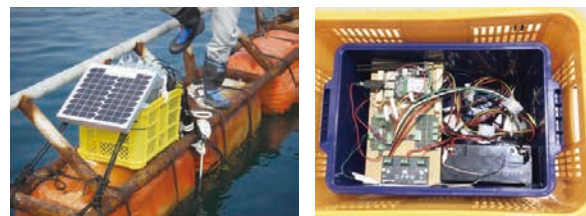


図-7 独自開発を行った多階層海水温観測装置

10分ごとの観測が可能であり、現在進行中のフィールド評価では、10分ごとの観測を行っている。

宇和海水産アプリ

宇和海海況情報サービス「You see U-Sea」では、「IoT サービス創出支援事業」で取り組んだセンサによる観測データ以外にも、漁業者が行う海水の変色状況の報告や、愛媛県水産研究センターや愛媛大学南予水産研究センターに持ち込まれる海水サンプル分析から得られたプランクトン情報、さらには、赤潮の警戒情報、発生情報の公開を行っている。

変色状況の報告や海水サンプルの採取では、正確な位置と時刻が重要であり、従来、正確な位置と時刻の記録が取れないことが課題であった。そこで、漁業者等が行う海水変色報告や採水を支援し、正確な位置と時刻を自動で記録するスマートフォンアプリ「宇和海水産アプリ」を開発して公開している。このアプリを使用することで、情報技術についての詳しい知識を持っていない水産従事者でも、簡便な操作で、正確な位置や時刻の情報を伴う海水変色情報の報告や海水温サンプル採取を行うことができる。また、アプリには、海況情報や警戒情報の選択的受信機能も備えている。スマートフォンアプリは、iOS用とAndroid用があり、それぞれ、AppleのApp StoreとGoogle Playで公開している。

喜びはもたらせたのか？

「You see U-Sea」の構築では、漁業者の「困った」を起点として、漁業者にとって喜びをもたらすのは、どのような情報をどのように提示することになるのか、そして、それを実現するためには、どのような情報の収集蓄積と処理を行う必要があるか、さらには、情報を収集する方法として、どのような機能・

コストのセンサを、対象領域に対する広がりや密度を踏まえて配置すべきであるのかを考察し、現状の理解と整理を行った。言い換えると、はじめに、現状と理想を明確にすることで、取り組みの目的を明らかにし、その上で、到達すべき目標を定めている。その後、我々が持っている知見や研究開発能力から、IoT等を解決の道具として、具体的な解決法の立案と実装を行った。

「IoTありき」が出発ではない。漁業者の喜びの実現が出発点である。しかし、IoTがなければ、実現できなかったことも確かである。

最後に、宇和海海況情報サービス「You see U-Sea」の利用状況を紹介し、本稿を締めくくる。2018年1月に公開を始めた宇和海海況情報サービス「You see U-Sea」(<http://akashio.jp>)で提供している海水温情報は、毎時更新されている。毎時更新されている海水温情報を、クローラを除いたユニークアクセスでカウントすると、赤潮の危険性に応じて季節変動はあるものの、正式公開直後の2018年2月以来、毎日330～950件程度のアクセスがある。宇和海海域の養殖漁業者数が881(2016年、愛媛県水産局「愛媛農林水産統計年報」)であることからすると、多くの漁業者に活用していただいていると感じている。

参考文献

- 1) えひめの水産統計(愛媛県), <http://www.pref.ehime.jp/h37100/toukei/index.html> (2018.10 閲覧)
- 2) 武智昭彦: 宇和海沿岸に設置した水温等のセンサネットワークについて、水研センターだより(愛媛県農林水産研究所水産研究センター・栽培資源研究所) No.10 (2018). (2018年8月8日受付)

小林真也(正会員) kob@ehime-u.ac.jp

愛媛大学大学院理工学研究科教授、同大学南予水産研究センター教授。1985年阪大・工・通信工学科卒業、1991年阪大・工・博士後期課程修了。工学博士。金沢大学(1991～1999年)、愛媛大学(1991年～)に勤務。分散処理に関する研究に従事。