

漁船位置情報としての人工衛星夜間可視データ（DNB）の収集と、ケンサキイカを対象とした漁場予測の開発について

長崎県総合水産試験場
漁業資源部海洋資源科
高木 信夫

1. はじめに

長崎県は、本県のような様々な分野における諸課題に対して、ICT（情報通信技術）を積極的に・重点的に利活用した、「人、産業、地域が輝く たくましい長崎県づくり」を推進しており、水産業においても漁船漁業・養殖業に対して ICT 技術を活用した情報提供を進めているところです。ICT 技術を用いて収集できる情報は様々で、海況情報においても船舶や観測ブイといった現場観測の他、「遠隔から観測する」技術を用いたリモートセンシングといった方法があり、中でも人工衛星に専用のセンサを搭載し地球を観測することを衛星リモートセンシングといいます。人工衛星で得られる情報のうち、水産業分野の方には等温線やカラフルな色合いで水温を区分した海面水温情報が馴染み深いと思いますが、その他にも夜間海上の漁灯から洋上のイカ釣り船などの分布を知ることができる「夜間光」も人工衛星データから把握することができます。本報では、この衛星リモートセンシングで得た夜間光データを用いた漁場の把握や、漁場情報を利用した漁場予測の開発にかかる取り組みについて紹介します。

2-1. 人工衛星(SuomiNPP)データの入手と基本処理

夜間に飛行機から海を見ると船の灯りが見えることがあります。これは漁火と呼ばれますが、先述したとおり、この灯りは人工衛星でもとらえることができます。人工衛星 SuomiNPP は平成 23 年 10 月 28 日に米国が打ち上げた地球観測衛星です¹⁾²⁾。概ね 1 日 2 回同じ地域を飛来しますが、長崎上空は日本時間の A.M.1:00-A.M.3:00 頃に通過しています。この人工衛星は地球観測センサの一つである可視近赤外画像放射計群 (VIIRS) を搭載して、22 バンドデータを扱っています。このうち昼夜観測 (DNB バンド) データからは地上・海上の灯り情報を得ることができます。DNB バンドデータは米国の防衛気象衛星 DMSP によっても平成 8 年から提供されていますが、DMSP 衛星に搭載された可視近赤外検出器 (VNIR) の分解能が 2.7km³⁾⁴⁾であることに對し、

SuomiNPP 衛星における DNB バンドの分解能は 750m¹⁾²⁾と、数倍高い分解能力を有していることから、現状では SuomiNPP の DNB データが多く利用されています⁵⁾。受信データは NOAA から随時インターネットにより公開⁶⁾され、このうち DNB データは SDR (Sensor Data Record) ファイル集に属し、DNB データの他、位置データ(Geolocation files)も同梱されています。このため SDR ファイル集から DNB と位置情報に関するファイルを取り出し、両者を関連付けることでデータ整理を行いました。なお、ファイルは HDF5 フォーマットであることから HDF ライブラリの h5dump コマンドを用いてデータ閲覧・処理を行い、フリーソフトウェア GMT(The General Mapping Tools)から gmtconvert コマンドにより緯度・経度・輝度値の値を数値データに変換しました。

2-2. 漁船輝度値の推測と雲影響除去処理

得られたデータのうち光の強さを示す輝度値 (単位: $\text{Wcm}^{-2}\text{sr}^{-1}$) のレンジは非常に広く、例えば昼間の明るさである $10^{-2}(\text{Wcm}^{-2}\text{sr}^{-1})$ に対し新月の月明かりは $10^{-10}(\text{Wcm}^{-2}\text{sr}^{-1})$ と 1 億倍もの違いがあります。このうち街灯りは 10^{-7} から $10^{-6}(\text{Wcm}^{-2}\text{sr}^{-1})$ ¹⁾との報告がありますが、漁船の灯りを示す基準値がないことから、イカ釣り漁船を用いて操業時における漁灯輝度値を推測する試験調査を行いました。調査は対馬地域のイカ釣り船 4 隻を用いて、各船に設置した GPS データロガーにより平成 27 年 7 月 21 日から 8 月 4 日までの 15 日間漁船位置を記録し、更に日誌に近傍 3 マイル以内の他イカ釣り船の隻数と船間距離の記録を依頼しました。標本船としたイカ釣り船は 15 トン、19 トン各 2 隻の合計 4 隻で、集魚灯搭載可能個数は 54 個です。

また可視光は雲があると人工衛星でとらえることができなくなることから、雲の影響がない出漁日を選択して解析を行いました。結果として 4 隻のうち 2 隻のデータで検討を行うことができ、1 隻当たりの輝度値を得ることができました (表 1)。なお、数値は表示を簡単にするため、 A (任意の定数) $\times \log_{10}(\text{輝度値})$ とし、**0.5 マイル未満の船間距離を近傍として、それより離れた船の灯りは対象船の輝度値に影響がないと判断しています。** 以上の方法で得られたイカ釣り船の漁灯輝度値を用

表 1 標本船の輝度値

雲影響なし日	実輝度値		近傍他船隻数		1隻当たりの輝度値	
	A丸	B丸	A丸	B丸		
7月31日	-	24.8	-	0	-	24.8
8月4日	24.4	-	3	-	26.2	-
8月7日	23.9	25.8	1	0	24.9	25.8
8月8日	-	25.0	-	0	-	25.0
8月9日	24.5	24.6	0	0	24.5	24.6

いて、DNB データから漁船の光位置情報を収集することとしました。

次に夜間光に対する雲の影響について検討しました。雲の存在は可視光を遮断しデータ欠損を起こす他に、雲により海上にあるはずのない灯り「偽の灯り」を作り出す状況がみられました (図 1)。

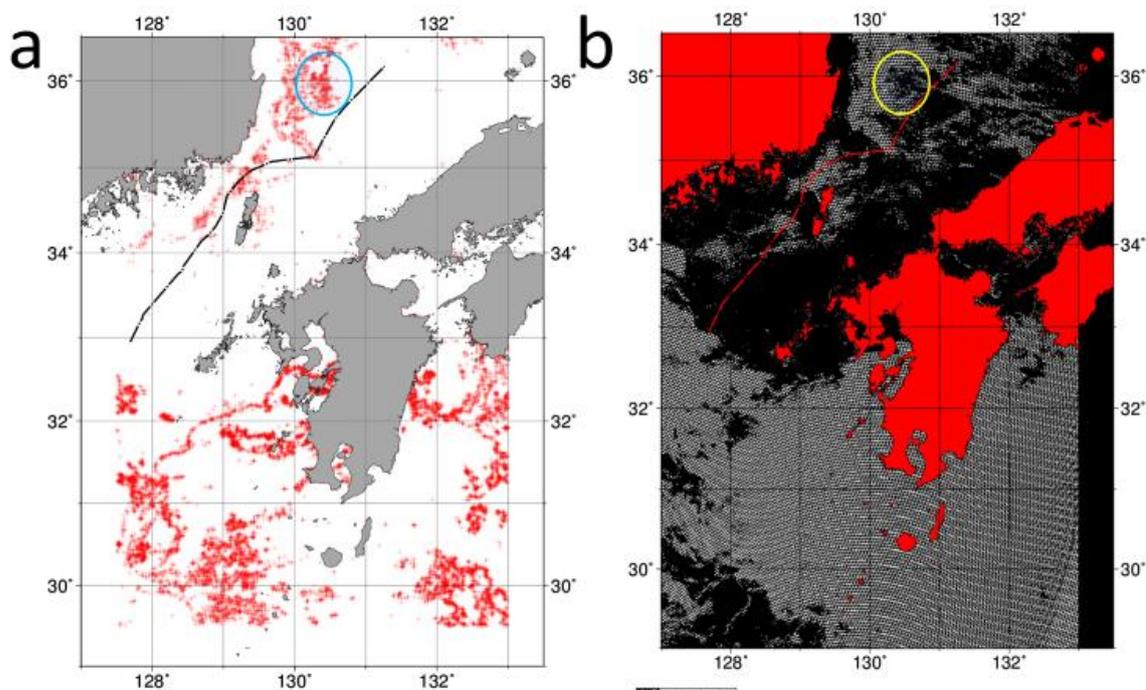


図 1 夜間光分布 : a 図と, 雲の状況 : b 図 (白塗が雲)

雲が広がっている場合には、雲域内もしくは、雲域に沿った夜間光の分布が見られますが、これは「偽の灯り」である可能性があります。例えば図 1 内 a 図中青丸内の夜間光は、b 図中黄色丸内の雲の状況から雲の影響を受けていないと推察されますが、その周辺は雲の状況から「偽の灯り」であると考えられます。

雲の情報は DNB データとともに、48bit バイナリデータの VCM(VIIRS Cloud Mask) で提供されており⁷⁾、うち下位 8bit から簡易的に雲の有無を知ることができることから、この情報を用いて「偽の灯り」を除去しました (図 2)。プログラムによる処理を施した結果、先の雲の影響がないと考えられる個所などを残し、「偽の灯り」と考えられる夜間光が除去されていることがわかります。なお、プログラム実行に供したコードについては参考情報として末頁に付記しています。

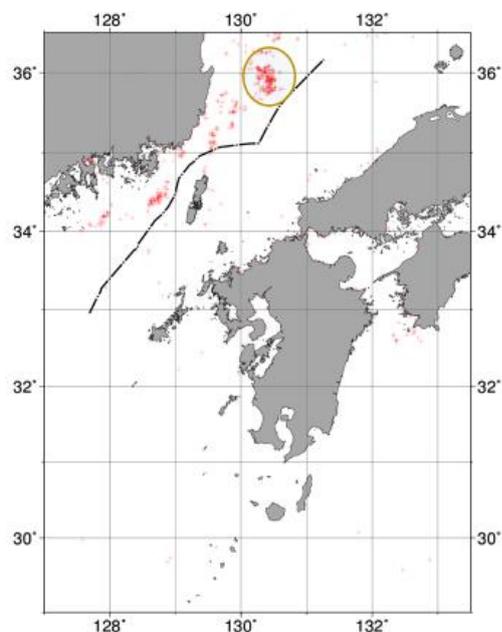


図2 雲影響除去処理を施した夜間光

2-3. 人工衛星データ (DNB) から見たイカ釣り漁場分布

これまでに述べた方法により整理した DNB データから得られた漁船位置と、ケンサキイカ漁場との関係性について検討するために、平成 28 年のケンサキイカの漁期と考えられる 5~11 月における夜間光の個数と、漁船出漁隻数および漁獲量について対馬海域を対象として比較しました (図 3)。

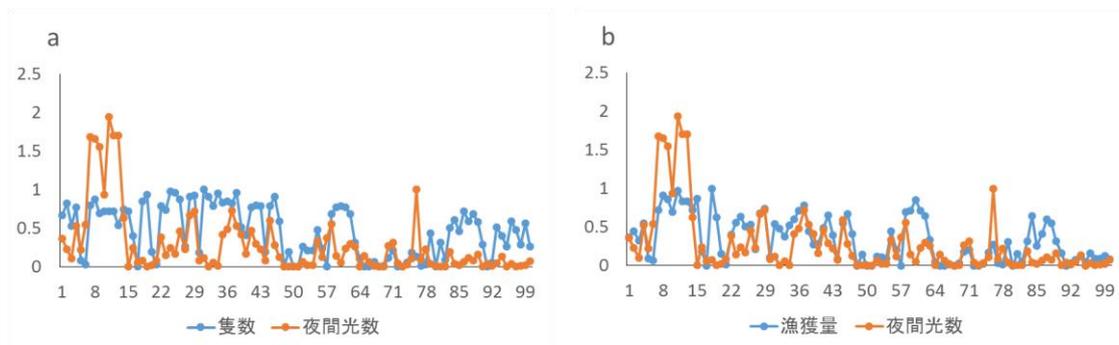


図3 夜間光個数と出漁隻数の関係 : a 図と、夜間光個数と漁獲量の関係:b 図

縦軸は各項目に最大値を徐して指数化したもの。横軸は夜間光が存在した日の順位を列記

なお、対馬海域は夜間光の分布状況から緯度 $34^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 、経度 $129^{\circ} \sim 130.5^{\circ}$ と定義しています。夜間光の個数は出漁隻数および漁獲量と有意に相関があったことから ($r=0.34$ $p<0.05$; $r=0.54$ $p<0.01$)、夜間光はイカ釣り船の状況を良く反映していることがわかりました。更に今回の検討の中では出漁隻数よりも漁獲量の方が夜間光との強い関係がみられました ($p<0.05$)。この相関の差の要因としては、隻数を算出する元データとなる日隻数統計は1日の全出漁隻数であるものの、人工衛星が長崎上空を通過する時刻は概ね日本時間の A. M. 1:00 から A. M. 3:00 と比較的深夜であるため、漁業者が漁場として適切ではないと判断し早めに帰港した船を人工衛星ではとらえることができないこと、が考えられます。以上のことから、夜間光はある程度漁場として成り立っている(長時間漁灯を灯している)場所にいた船数を示していると思われる。

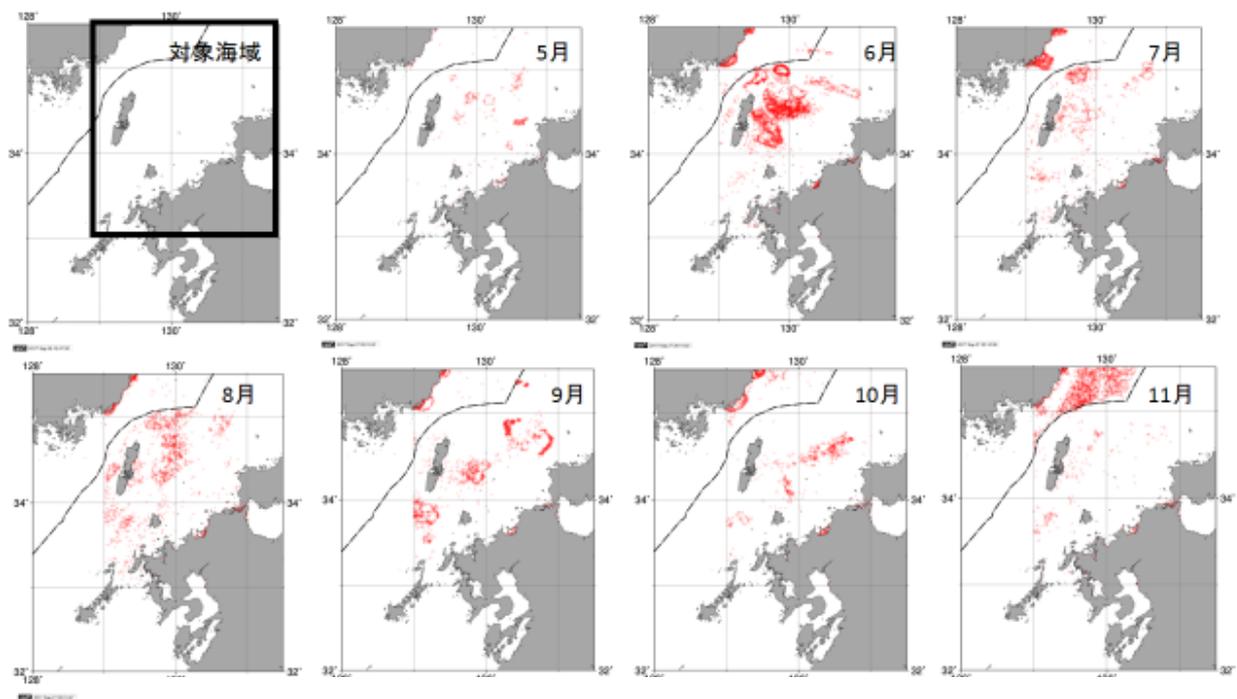


図4 夜間光データから推定した長崎県近海における漁船灯位置情報の推定図。
赤点が船舶の夜間光を示す。

この夜間光情報から推定した平成28年におけるケンサキイカ釣りの漁場を図4に示しています。夜間光情報から推定したケンサキイカ漁場の分布は5月に対馬東周辺海域でみられ始め、分布数は6月に特に多く対馬東岸から北域周辺で多く分布していました。その後7月以降は漁場が分散している様子が伺えます。なお11月に韓国東海域で形成された漁場は水温低下に伴い南下したスルメイカによるものと推察されます。

3-1. 漁場予測開発

ここまで人工衛星データを用いた漁場位置の把握方法について紹介いたしました。漁場位置データと漁場の海洋環境がわかれば、漁場として適している海洋環境を知ることができます。更に海洋環境の予測情報を用いて、漁場に適した海洋環境の分布を得ることができれば、漁場位置を知ること、つまり漁場を予測することが可能となります⁸⁾⁹⁾。現時点では漁場予測は対象生物に対して好適な環境条件を持った海域を海洋環境データと対象生物の漁場情報に基づき、生息環境適正指数 (Habitat Suitability Index: HSI) を計算することで推定する方法が一般的です¹⁰⁾ (図5)。水産の分野における漁場予測は主に回遊魚を対象としており、カツオ¹¹⁾¹²⁾¹³⁾、アカイカ⁸⁾の他に、夜間光データを活用したスルメイカ漁場予測¹⁴⁾¹⁵⁾などがあり、一部は実用化されています。特に広い海域で魚群を長時間探索するカツオなどの高度回遊魚を対象とした漁業においては、漁場予測は効率的操業を行ううえで高い実績を上げています¹³⁾。一方で比較的狭い漁場で操業を行う沿岸漁業における漁場予測は予測範囲を小さくし、漁場をピンポイントに予測する必要があります⁸⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。広域予測と比べ予測の難易度が上がりますが、本県ではケンサキイカを対象としてピンポイント漁場予測開発に着手しているところです。本報告では、この取組みについて対馬周辺海域を対象として紹介します。

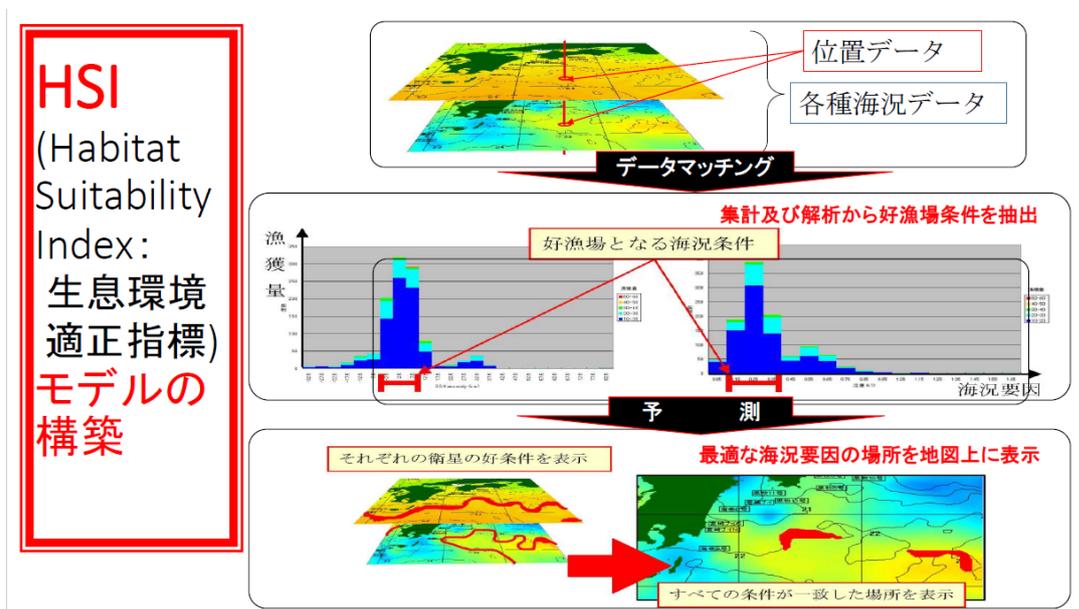


図5 HSIモデル構築の概念図：(株)環境シミュレーション研究所

index: HSI) を計算することで推定する方法が一般的です¹⁰⁾ (図5)。水産の分野における漁場予測は主に回遊魚を対象としており、カツオ¹¹⁾¹²⁾¹³⁾、アカイカ⁸⁾の他に、夜間光データを活用したスルメイカ漁場予測¹⁴⁾¹⁵⁾などがあり、一部は実用化されています。特に広い海域で魚群を長時間探索するカツオなどの高度回遊魚を対象とした漁業においては、漁場予測は効率的操業を行ううえで高い実績を上げています¹³⁾。一方で比較的狭い漁場で操業を行う沿岸漁業における漁場予測は予測範囲を小さくし、漁場をピンポイントに予測する必要があります⁸⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。広域予測と比べ予測の難易度が上がりますが、本県ではケンサキイカを対象としてピンポイント漁場予測開発に着手しているところです。本報告では、この取組みについて対馬周辺海域を対象として紹介します。

漁場予測を行うためには、環境と漁場の関係性の検討から将来予測を行う必要があ

り、観測では収集できない、時空間的に詳細で、かつ予測値も持った海況データを得る必要があります、そのためには海況シミュレーションモデルの力を借りざるを得ません。特に沿岸域を対象として行うピンポイント漁場予測は、毎日の大きな海況変化に大きな影響を受ける⁸⁾ことから、シミュレーションモデルの質が予測精度を大きく左右します。このため、海況シミュレーションモデルとしては九州大学が提供する DREAMS D (RIAM Real-Time Ocean Forecasting)を用いることとしました。平成 28 年 5~11 月を対象として、水深 5m, 11m, 31m, 51m, 100m, 152m, 200m のモデルデータ (水温・塩分) を収集し、夜間光データとともに検討しました。各水深において水温・塩分と夜間光個数を比較した結果、平成 28 年においては対馬周辺海域で漁獲が多かった 6 月 (図 6) の他、どの月においても概ね水深 51m の水温が塩分及び他水深の水温と比して、夜間光個数との関係が大きいとの結果を得ました。更にこれらの条件から好適環境条件を推察し漁場分布について検討しました。漁獲の多かった 6 月のうち、好漁であっ

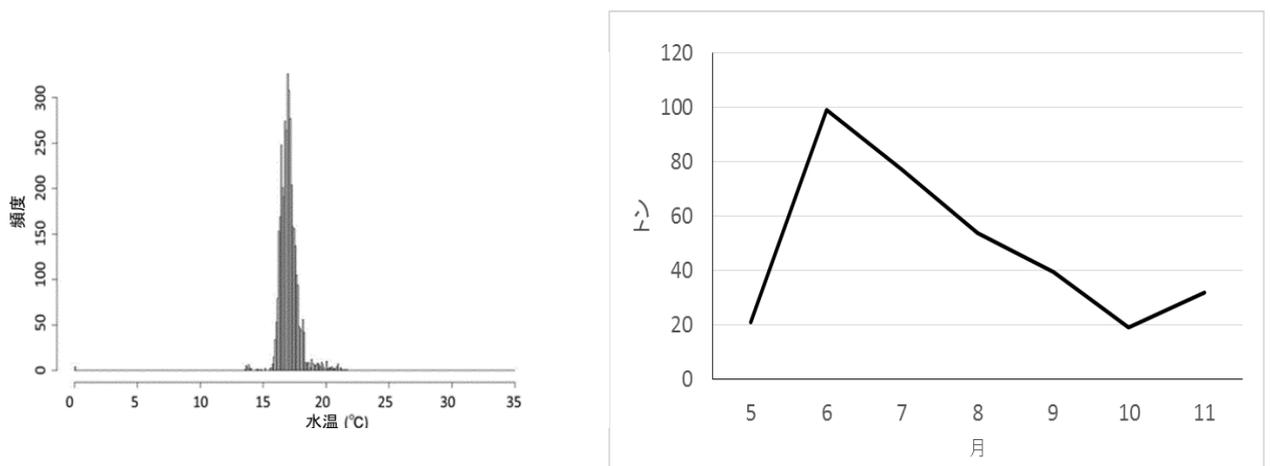


図 6 6 月における水深 51m 水温における夜間光個数の頻度 (左図) と 対馬標本漁協における漁獲量の経月変化(右図)

た 8 日を対象とし、51m 水深水温において夜間光個数頻度が高かった (モードから両側 約 12%) 16.9~17.1°C の範囲を好適環境条件と定義し、当日の夜間光水平分布状況と比較しました (図 7)。なお比較のため水温同様の割合で抽出した 51m 水深の塩分分布についても図中に示しています。この結果水深 51m 水温の水平分布は夜間光の水平分布に対しあてはまりが良く、一方で塩分の水平分布は夜間光の分布と異なっていることがわかります。

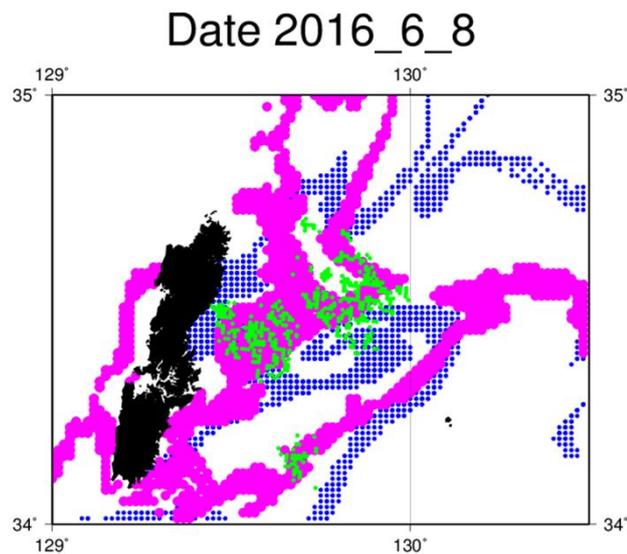


図7 水深51m 水温と塩分及び夜間光の水平分布
 ピンクは水温、青は塩分を示す

3-2.漁場予測の今後

水産試験場では、これまでに得た情報と知見から、今後のケンサキイカを対象とした漁場予測情報提供に向けて物理モデルデータや夜間光の収集及びデータマッチングが自動で行えるシステムの構築を行いました（図8）。現在、このシステムに

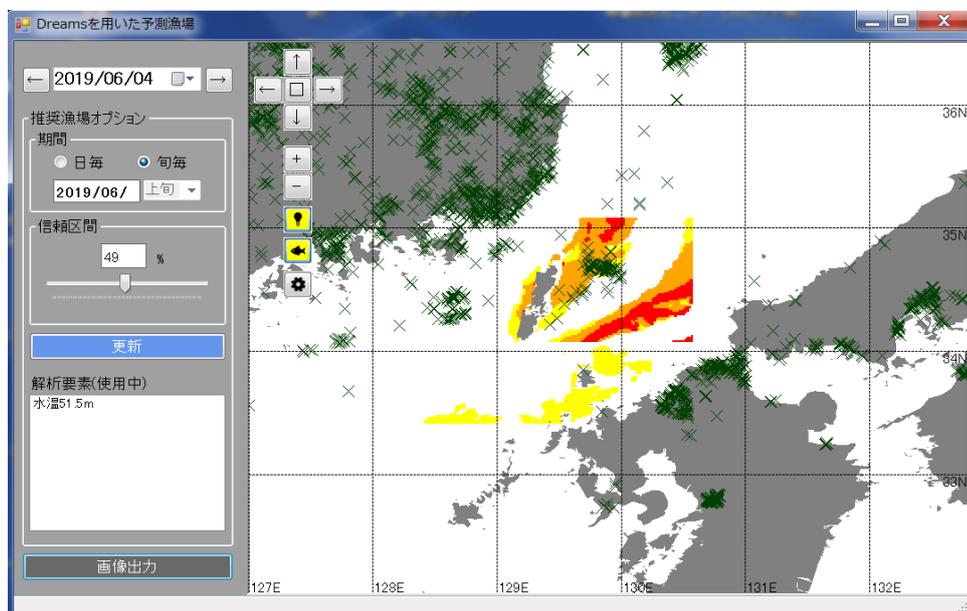


図8 自動漁場予測システムの概観
 着色範囲は予測エリア、×は夜間光

よる予测试験を行い、精度向上に向けた検討を続けているところです。一方で公開した漁場予測は有益な情報である反面、漁場への集中を促すといった側面もあります。

更に現在実用化されている漁場予測の多くは個人向けであり、「温度差が大きい潮目には魚が集まりやすい」などの漁業者個々人の知識との併用「漁場予測の情報は7割程度、残り3割は自身の勘」が漁場予測の実用度を高めているとの考えもあります¹⁶⁾。このことから、今後の漁業予測情報の提供に関しては、個人の裁量が強く影響する情報提供方法についても検討しています。漁場予測の基本は環境と漁場との関係性を検討することであり、これは漁業者の経験ともつながることから、水産試験場としては、今回の検討と同様の取り組みを続け、漁場と海洋環境の関係性について漁業者に伝えるとともに、漁業者が簡易に閲覧できる高精度な海況予測情報システムを提供する予定です。九州北部水域では、九州大学が中心となって、漁業者参加型の海域観測網により得られた観測データを用いて高精度の沿岸海域モデル水温分布や潮流などの情報を高い頻度で漁業者に提供する仕組みを構築することとしており、この取組みに長崎県も参画しています。すでに海況の予測物理モデルデータを画像として閲覧できる仕組みが出来上がっており、試験的に一部漁業者に情報を提供しています。このような取り組みを続けることにより、将来的には漁業者個々が更に簡易に「漁場予測」できる仕組みを構築していく予定です。

4. おわりに

本報告では長崎県が推進するICT技術の活用に関連した水産業における取組みの1例を紹介いたしました。農業分野では、AIなど高度技術を活用した取組みが急速に進んでおり、一方で漁業分野におけるICT活用の進みは決して速いとはいえません。その要因としては海洋といったフィールドワークに不利な環境条件の下で、自由に動き回る魚類や、潮流などといった日々大きく変化する環境を対象としたデータの収集が、農業と比べ技術・コスト面で非常に大きな負担になっていることが考えられます¹⁷⁾。しかしながら、今後ICTを導入し、水産業に活用していくためには、漁業特有の環境に適した高性能で取扱いが容易なシステムの利活用や開発を進めていく必要があります。今回紹介した人工衛星の活用もその一つといえます。今後長崎県水産試験場としては、水産業におけるICT技術の活用を進めるために高度な知見・技術を持った他機関と積極的に連携し、効果的で実用的な情報提供への取り組みを進めていくこととしています。

参考文献

- 1) Kimberly Baugh, Feng Chi Hsu, Chris Elvidge, Mikhail Zhizhin.(2013)Nighttime Lights Compositing Using the VIIRS Day-Night Band: Preliminary Results, Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network. , 35, 70-86.
- 2) 浅沼市男(2013)Visible Infrared Imaging Radiometer Suits(VIIRS) による漁火観測. 写真測量とリモートセンシング. , 52, 106-107.
- 3) 杉原滋彦・吉田剛(2004)日本海西部における集魚灯漁船のリモートセンシング. Journal of National Fisheries University. , 52, 1-9.
- 4) 杉原滋彦・渡辺俊輝,・吉田剛(2004).DMSP/VNIR による夜間の海の輝度分布とレーダ観測による漁船分布の比較. Journal of National Fisheries University. , 52, 73-78.
- 5) 渡辺朝生,人工衛星で漁船の動きを知る. 国立研究開発法人水産研究・教育機構 第14回成果発表会.
- 6) CIRA / Colorado State University(2013) Curtis Seaman. Beginner's Guide to VIIRS Imagery Data.
- 7) Goddard Space Flight Center(2014)GSFC JPSS CMO, Joint Polar System(JPSS) VIRRS Cloud MASK(VCM) Algorithm Theoretical Basis Document.
- 8) SAITOH Sei-Ichi(2017)Arctic Research Center, Application of satellite remote sensing for marine spatial management. An approach towards sustainable utilization of fisheries resources. JOHO KANRI. , 60, 9, 641-650
- 9) Alabia I., Saitoh S.-I., Mugo R, Igarashi H., Ishikawa Y, Usui N., Kamachi M., Awaji T, Seito M.(2015)Seasonal potential fishing ground prediction of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the western and central North Pacific. Fisheries Oceanography. , .24, 2, 190-203.
- 10) 五十嵐弘道・淡路敏之,・蒲地政文,・石川洋一,・杉浦望実,・増田周平,・土居知将・碓氷典久・藤井陽介・豊田隆寛・日吉善久・佐々木祐二・齊藤誠一・酒井光夫・加藤慶樹・佐藤晋一(2011)気候変動に伴う水産資源・海況変動予測技術の革新と実利用化. 土木学会論文集 G (環境) . , 67, 5:, 9-15.
- 11) 原雄一郎・加藤登,・ケダーナッシュ マハパトラ・岡田喜裕(2009)人工衛星データと漁船漁場データを用いたカツオ漁場の適水温予測の試み.東海大学紀要海洋学部「海—自然と文化」. , 7, 1, 35-43.
- 12) 近海域におけるカツオの漁場予測と操業効率化支援, 静岡県水産研究所.
- 13) 石田孝行,(2016)人工衛星を使ってカツオ漁場を予測する. 碧水., 155, 1-3.

- 14) Zhang Xun Saitoh, Sei-Ichi, Hirawake, Toru, Nakada, Satoshi, Koyamada, Koji Awaji, Toshiyuki Ishikawa, Yoichi Igarashi, Hiromichi,(2013)An attempt of dissemination of potential fishing zones prediction map of Japanese common squid in the coastal water, southwestern Hokkaido, Japan. Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network. 2013. , 1, 36, 132-141.
- 15) Zhang X, Saitoh S.-I. Hirawake, T(2016)Predicting potential fishing zones of Japanese common squid(Todarodes pacificus) using remotely sensed images in coastal waters of southwestern Hokkaido,Japan. International Journal of Remote Sensing. , 6129-6146.
- 16)齊藤誠一,(2019)データ 7 割・直感 3 割!?! 漁業の“普通”を変える衛星データ利用ビジネス最前線. 宙畑.
- 17)水産庁(2017)漁業という特殊性に適応した ICT の活用,水産白書. , 1, 4, (2).

(付録情報) 雲除去プログラム (C 言語)

/*第 1 引数は雲マスクデータファイル名 (緯度 経度 指標値)、第 2 引数は DNB データ (緯度 経度 輝度値)。*/

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<string.h>
#include<math.h>
#define DEL " " '\t, "
double val_1[3][7000][7000];
double val_2[3][7000][7000];
int num_1[7000];
int num_2[7000];
int main(int argc, char *argv[]){
    int i=0, j=0, nn, mm;
    int ii=0, jj=0, fla=0, i_flag=0, index_cloud;
    double r1, r2;
    char *d, *d2_1, *d2_2, *d2_3, *d1_1, *d1_2, *d1_3;
    double l1, l2, l11, l22;
    char data[256];
    int n=0, m=0, FLAG=0, n_max_1=0, n_max_2=0, line_num_1, line_num_2;
    FILE *f1, *f2, *f3;
    double lat_min, lon_min;
    int number2=0;
    f2=fopen("npp_cv. txt", "w");

    //*****//
    f3=fopen("dif_pos. txt", "w");
    //*****arg_1*****//
    f1=fopen(argv[1], "r");
    while (fgets(data, sizeof(data), f1)) {
        data[strlen(data)-1]=' \0';
        FLAG++;
        n++;
        d1_1= strtok(data, DEL);
```

```

d1_2=strtok(NULL, DEL);
if(FLAG==1) {
    l1=atof(d1_1);
    l11=atof(d1_2);
}
if(FLAG==2) {
    l2=atof(d1_1);
    l22=atof(d1_2);
    if(l1>l2 && l11<l22) {
        num_1[m]=n-1;
        if(n_max_1<n) n_max_1=n;
        n=1;
        m++;
    }
    FLAG=1;
    l1=l2;
    l11=l22;
}
/*****counting*****/
d1_3=strtok(NULL, DEL);
val_1[0][m][n-1]=atof(d1_1);
val_1[1][m][n-1]=atof(d1_2);
val_1[2][m][n-1]=atof(d1_3);
}
line_num_1=m++;
printf("n_max=%d\n, line_num=%d\n", n_max_1, line_num_1);
fclose(f1);
/*****arg_1_end*****/
n=0;
m=0;
FLAG=0;
i=0;
j=0;
/*****arg_2*****/
f1=fopen(argv[2], "r");
while(fgets(data, sizeof(data), f1)) {
    data[strlen(data)-1]='\0';
    FLAG++;
    n++;
    d2_1=strtok(data, DEL);
    d2_2=strtok(NULL, DEL);
    if(FLAG==1) {
        l1=atof(d2_1);
        l11=atof(d2_2);
    }
    if(FLAG==2) {
        l2=atof(d2_1);
        l22=atof(d2_2);
        if(l1>l2 && l11<l22) {
            num_2[m]=n-1;
            if(n_max_2<n) n_max_2=n;
            n=1;
            m++;
        }
    }
    FLAG=1;
    l1=l2;
    l11=l22;
}

```

```

/*****counting*****/
d2_3= strtok(NULL, DEL);
val_2[0][m][n-1]=atof(d2_1);
val_2[1][m][n-1]=atof(d2_2);
val_2[2][m][n-1]=atof(d2_3);
}
printf("%d\n", n);
line_num_2=m++;
printf("n_max=%d\n, line_num=%d\n", n_max_2, line_num_2);
fclose(f1);
/*****/
for(i=0; i<line_num_1; i++) /*1*/
for(j=0; j<num_2[i]; j++) /*2*/

lon_min=(fabs(val_1[0][i][j]-val_2[0][i][j]));
lat_min=(fabs(val_1[1][i][j]-val_2[1][i][j]));

if(i_flag<10){
for(ii=i; ii<i+10; ii++){
for(jj=0; jj<num_1[ii]; jj++){

if(lon_min>(fabs(val_1[0][ii][jj]-val_2[0][ii][jj]))&&
lat_min>(fabs(val_1[1][ii][jj]-val_2[1][ii][jj]))){
lon_min=(fabs(val_1[0][ii][jj]-val_2[0][ii][jj]));
lat_min=(fabs(val_1[1][ii][jj]-val_2[1][ii][jj]));
index_cloud=val_1[2][ii][jj];
}
}
}
}
else{
for(ii=i-10; ii<i+10; ii++){
for(jj=0; jj<num_1[ii]; jj++){

if(lon_min>(fabs(val_1[0][ii][jj]-val_2[0][ii][jj]))&&
lat_min>(fabs(val_1[1][ii][jj]-val_2[1][ii][jj]))){
lon_min=(fabs(val_1[0][ii][jj]-val_2[0][ii][jj]));
lat_min=(fabs(val_1[1][ii][jj]-val_2[1][ii][jj]));
index_cloud=val_1[2][ii][jj];
}
}
}
}
}
fprintf(f3, "%15.9f%15.9f\n", lon_min, lat_min);
if(index_cloud==3)
fprintf(f2, "%15.9f%15.9f %e\n", val_2[0][i][j], val_2[1][i][j], val_2[2][i][j]);

} /*2*/
i_flag++;
} /*1*/
fclose(f2);
fclose(f3);
return 0;
}

```