

パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動調査 IV

近藤 忍

1. 目的

パヤオ漁業は本県の重要な漁業である。しかしマグロがパヤオに蟄集する理由は分かっていない。そのためパヤオ周辺での行動生態について知見を収集し、パヤオへの蟄集要因を考察することは、パヤオ漁業の効率的且つ持続的な利用を考える上で必要である。そこでパヤオ周辺でのマグロの行動を把握するため超音波テレメトリーシステムを用いた行動調査を昨年に引き続き実施した。

2. 材料及び方法

与那国島海域においてコード化音波発信機と自動記録型受信機(VR1)を用いた超音波テレメトリーシステム(システムの特徴については太田・鹿熊^{1, 2)}に詳しい)により行動調査を実施した。

2004 年 6 月 14 及び 15 日に与那国島海域に設置されているパヤオ(大型鋼製浮魚礁ニライ 9 号)においてキハダ 3 個体(YF 7, YF 9, YF10) メバチ 2 個体(BE 6, BE 8)に発信機を付け放流した(表 1)。太田, 鹿熊³⁾によると当観測システムの受信範囲は、水平方向に 550 m 以内、鉛直方向に 300 m 以上であり、放流個体はいずれも受信範囲内に放流した。また受信機は、水面下 7 m のパヤオ浮体基部に設置した。

3. 結果及び考察

1) 滞留期間

図 1 に示すように放流した 5 個体は、各々最短で 47 日間(7 月 30 日)から最長で 145 日間(11 月 6 日)まで受信され、その後受信が途絶えた。うち 3 個体(BE 6, YF 7, BE 8)は、受信期間中 1 日以上受信が途絶えることがなかった。他の 1 個体(YF 9)は、7 月 25 日まで 1 日以上受信が途絶えることがなかったが、翌 26 日から数日間受信が途絶えた。その後断続的に数回受信があった後 9 月 20 日に受信が途絶えた。また他の 1 個体(YF10)は、受信期間中 2 ~ 4 日間受信が途絶えたことが 3 回あったが、他の期間は 1 日以上受信が途絶えることがなかった。いずれの個体も受信期間中は、パヤオ周辺海域に滞留していたと考えられた。調査期間中に操業漁船等によって再捕された個体はいなかった。

表 1. 標識魚の放流情報

標識 番号	種名	放流 日時	放流 時刻	尾叉長 (cm)
BE6	メバチ	2004.6.14	14:39	52.2
YF7	キハダ	2004.6.15	6:12	63.0
BE8	メバチ	2004.6.15	6:30	53.0
YF9	キハダ	2004.6.15	6:35	57.0
YF10	キハダ	2004.6.15	6:52	54.0

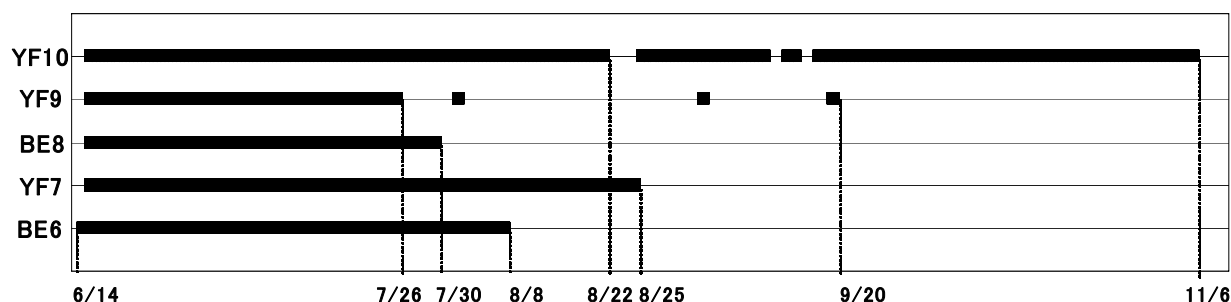


図 1. 標識魚の音波受信状況 (黒横棒が受信状態を示す。黒棒の中断は 24 時間以上の未受信状態。)

2) パヤオでの滞留及び離脱行動

当観測システムにおいて、1時間当たりの音波受信頻度(%)は、受信数/発信数×100で求められ、この頻度は、標識魚が受信範囲内に滞留した時間割合を示す。今回使用した発信機の1時間あたりの発信数は約90回である。図2に各標識個体の1時間当たりの受信頻度の変化を7日間分示した。いずれの個体も数時間程度受信が全く途絶えることが時々あり、またいくつかの例では、規則性もみられた(図

2のBE 6, YF 7・9・10)。このような受信の欠如について、滞留期間中の1時間以上24時間未満のものを「一時的な受信の欠如」と定義し、時間別に示した(図3)。全体でみると1時間以上5時間未満が92.0%を占め、うち1時間以上2時間未満が62.5%であった。さらに一時的な受信の欠如について、受信の途絶えた時刻を各個体毎に見てみると(図4)、全体として1～2時間程度の受信の欠如はどの時間帯にもあったが、2時間以上の比較的

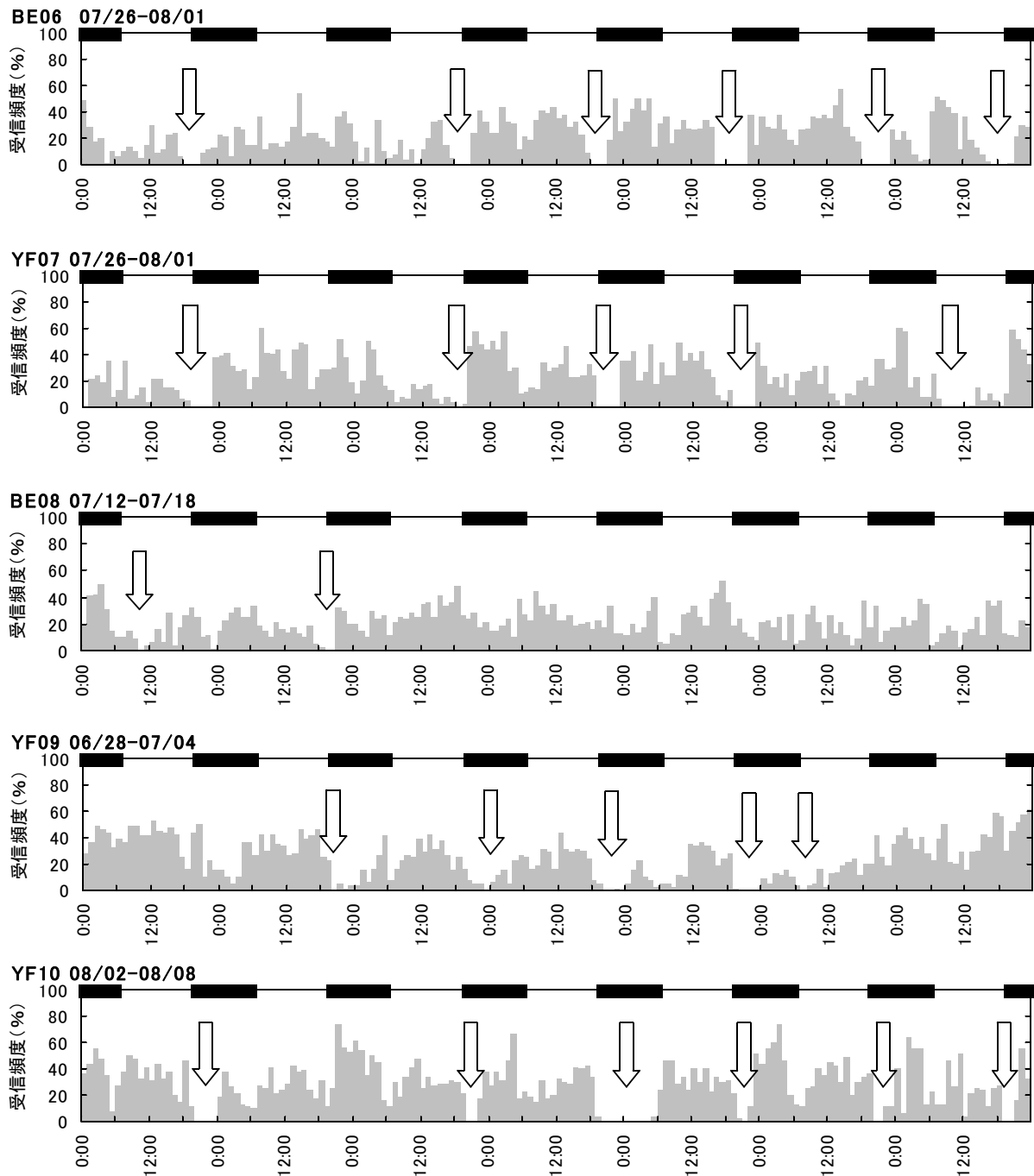


図2. 標識魚の1時間あたりの受信頻度の変化(7日間のデータ)(黒横棒は夜間を、白矢印は1時間以上24時間未満の受信の欠如「一時的な受信の欠如」を示す。)

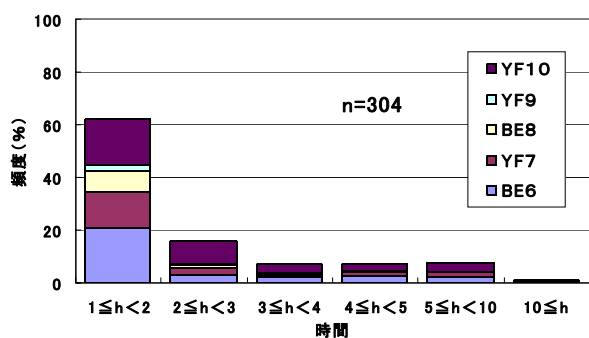


図 3. 受信欠如時間の頻度分布

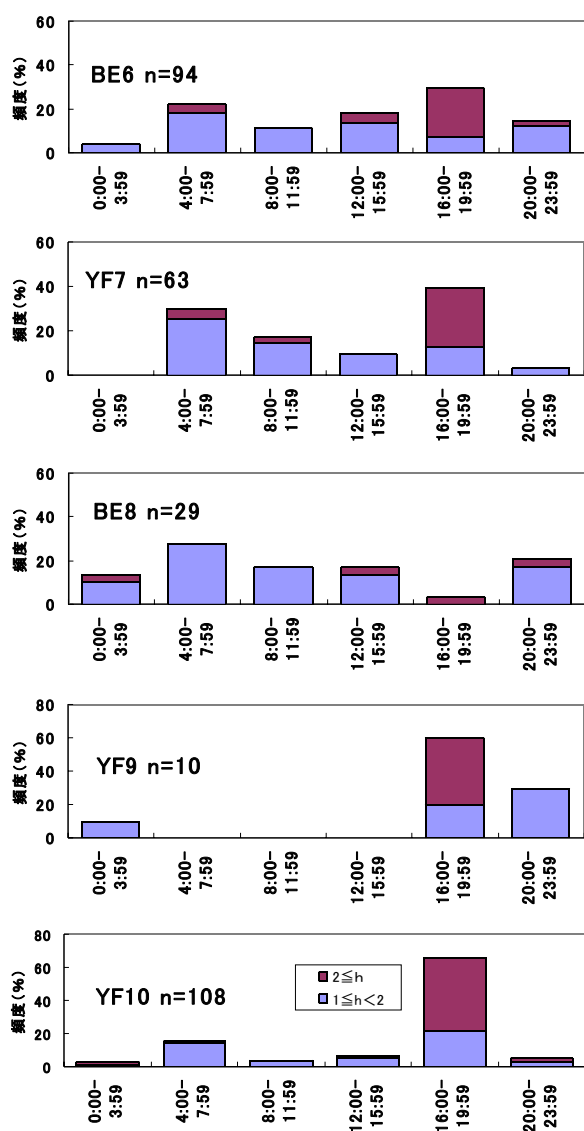


図 4. 一時的な受信の欠如の
時間帯別頻度分布

長時間のものは 16 ～ 20 時の夕方から日没頃に多く見られた。

太田、鹿熊²⁾は、同様の超音波テレメトリーシス

テムを使用した行動調査の中で、キハダが主に混合層内を遊泳すること、またメバチは昼間の遊泳水深は深い、夜間はほとんど 100m 以浅を遊泳していることから、受信頻度の変動はキハダ・メバチともに水平移動距離の変化として解釈されるとし、受信されない場合、パヤオから離れて遊泳しているとしている。すなわち今回観測された一時的な受信の欠如は、マグロがパヤオを一時的に離れて遊泳した行動を反映していると考えられた。今回使用した発信機は、20 ～ 60 秒間に 1 回ランダムに発信間隔を変化させながら発信するが、複数本を同時に使用すると各音波が干渉し受信数が減少する事がある。今回の観測では、パヤオ近傍に 5 個体同時に滞留した際に、各個体の音波を約 1 分 30 秒に 1 回の間隔で受信した。すなわち受信の欠如時間は、マグロがパヤオから離れて遊泳した時間をほぼ正確に反映したと考えられた。

水平移動に伴いパヤオを一時的に離れる行動は、それが数時間であってもパヤオでの滞留を中断する行動であり、何故マグロがパヤオに蟄集するのか、という疑問を考察する上で興味深い。太田、鹿熊²⁾によると沖縄島周辺のパヤオに滞留するキハダ・メバチにおいて、パヤオから離れたたり近づいたりする日周期的な行動変化がみられ、特に夕方から 21 時頃にかけて数時間パヤオを離れる行動が頻繁に観測されている。さらに太田⁴⁾は、キハダが視覚以外の方法を用いてパヤオの位置をかなり正確に認識し、記憶できることを示唆している。このような行動には何らかの意味や要因があるはずである。

3) パヤオを一時的に離れる行動とその要因

パヤオに滞留中のマグロがパヤオから一時的に離れる要因として考えられるのは、①索餌、②捕食者からの逃避、③操業漁船による攪乱である（曳き縄等漁具を追い活発に遊泳する摂餌行動を指すが、ここでは①の索餌と区別して考える）。

①索餌について Menard ら⁷⁾は、パヤオに滞留中のマグロは索餌のためパヤオを離れなければならないとしている。また、Brock⁵⁾は、パヤオで漁獲されるキハダに空胃個体が多いとし、パヤオは餌料環境がよくないことを示唆している。さらに、Brock

⁵⁾と清水ら⁶⁾は、パヤオで漁獲されたキハダの胃内容物を調べたところ、パヤオに集まっている小魚等をほとんど食べていなかったとしている。

②捕食者からの逃避について、太田、鹿熊³⁾によると小型のマグロ類は、鯨類など大型捕食者が接近した際は、逃避のため一時的にパヤオを離れる事を示唆している。

③操業漁船による攪乱について、操業漁船の曳き縄等漁具を追跡、捕食しようとする活発な遊泳行動に伴いパヤオから一時的に離れることがあるかもしれないが、これは摂餌行動の一つであり、人為的な要素があるため、別途考慮する必要がある。

図5に一時的な受信の欠如の観測例をいくつか示して、パヤオから離れる行動の意味や要因について、特に夕方から日没頃にあった一時的な受信の欠如について考察する。これは他の時間帯と比較して夕方から日没頃に長時間の受信の欠如が多く見られたこと。また、与那国島の漁船漁業はカジキ曳き縄漁が主であり、操業は、早朝から日中にパヤオで餌の小型マグロ類を漁獲した後、そこから離れカジキのいる海域へ移動し日没まで操業する。そのため夕方から日没頃にパヤオ周辺に操業船はおらず、上記③の操業漁船による攪乱を考慮する必要がないためである。

図5の7月21日のYF 7・9及び8月7日のYF 7, 10に見られるように、個体間で受信が途絶えた時刻がよく一致したことがあった。これは各個体がパヤオを離れる時、同じ群れで行動していた事を示唆するものと思われる。一方、各個体1～2時間の間隔で個別に受信が途絶えることもあった(図5, 7月28日のYF 7, 10や7月29日のBE 6, YF 7・10等)。これは別々の群れで行動していたか、もしくは群れで行動していなかった事を示唆するものと思われる。再受信された時刻は、受信が途絶えた時刻がよく一致した個体であってもばらばらであった(図5, 7月21日のYF 7・9及び8月7日のYF 7, 10)。これはパヤオを離れる際は群れであっても、その後は個別に行動した事を示唆すると思われる。また、一時的な受信の欠如がないことから、その期間は一度もパヤオを離れていないと思わ

れる個体もいた(図5, 7月21・28・29日のBE 8)。夕方から日没頃に頻繁に見られたパヤオから一時的に離れる行動は、パヤオに滞留するマグロに共通する何らかの要因が誘起したと考えられた。当海域においてパヤオを離れる要因として考えられるのは、①の索餌と②の捕食者からの逃避の2つであり、③の操業漁船による攪乱は、前述のとおり該当しない。先ず②について考察する。太田、鹿熊³⁾の観察によるとハシナガイルカの群れが来遊した際、発信機を装着放流した4個体の受信がほぼ同時に中断した。数時間後イルカの群れが見えなくなると、ほぼ同時に再び受信されるようになった。この観察例から捕食者を回避するためパヤオから離れる際は、その緊急性から各個体の離脱時刻が極めてよく一致するとともに、その影響はパヤオに蟄集している全ての個体に及ぶであろう。さらに捕食者の脅威が去り次第、各個体は速やかにパヤオへ再び蟄集するようである。今回の観測では全個体同時に受信が中断し、また同時に再受信した事例はみられず、捕食者からの逃避行動と思われるパヤオから離れる行動はなかった。次に①について考察する。パヤオに滞留中のキハダが索餌のためパヤオを離れる行動については、バイオテレメトリーを用いた追跡調査による報告がいくつかある。Dagornら⁸⁾によると、フレンチポリネシアで、滞留するパヤオから数マイル離れ、また戻ってくる行動のいくつかは、魚探で餌生物群が観察されると摂餌と思われる遊泳行動が観察されたことから、索餌であったとしている。またHolland⁹⁾は、キハダが日中パヤオに滞留し、夜間パヤオを離れ、翌朝戻ってくる行動を観察しており、このような行動は、パヤオのキハダに空胃が多いことや、夜間の遊泳が表層に限られることから、日中深層にいて夜間表層へ鉛直移動してくるイカ類やエビ類を摂餌するためであるとし、Brock⁵⁾やReintjesら¹⁰⁾及びKingら¹¹⁾は、これらはキハダの重要な餌であるとしている。今回観測された夕方から日没頃にパヤオから一時的に離れる行動は、索餌行動を反映したものと思われた。ただし、Roger¹²⁾やMaldeniya¹³⁾は、マグロは有視捕食者であり主に日中摂餌するとし、Buckley・Miller¹⁴⁾は、キ

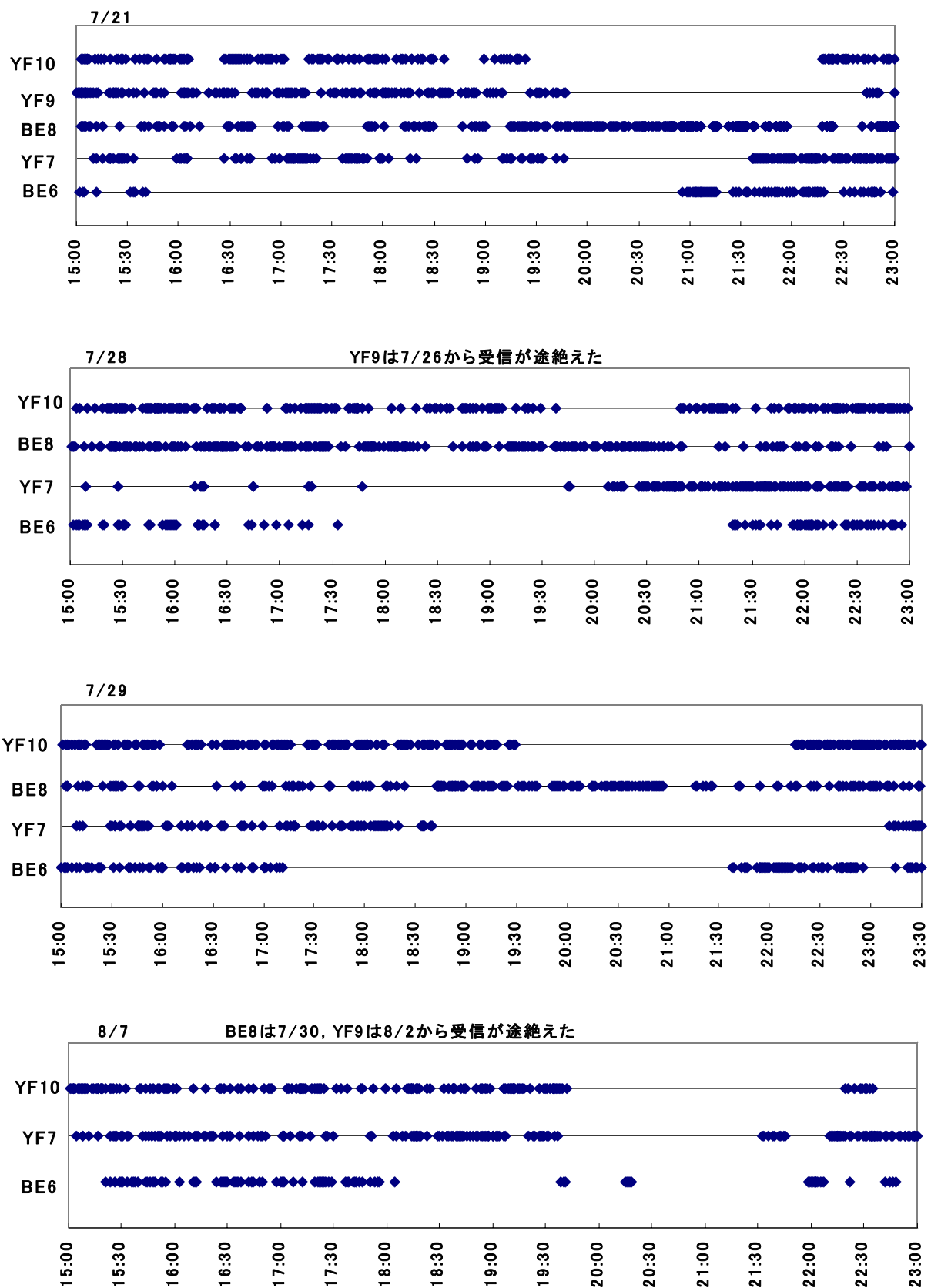


図5. 一時的な受信の欠如の観測例

(7月21, 28, 29日及び8月7日の観測記録。黒菱印が受信有りを示す。)

ハダは夜間摂餌しないが、日没時に鉛直移動する中深海層生物を摂餌するとしている。Menard ら⁷⁾は、小型マグロは夜間わずかに摂餌するか全くしないと、Josse ら¹⁵⁾は、大型のメバチとキハダは夜間摂餌するとしている。Kobayashi, Yamaguchi¹⁶⁾は、キハダ・メバチは夜間より日中活発に摂餌するとしている。また、インド洋において、日の出前にパヤオで漁獲されたマグロは空胃であった¹²⁾。巻き網で早朝漁獲されたマグロはまだ摂餌していなかったり、夜明け頃に漁獲されたものは摂餌していたりした⁷⁾等の報告があり、キハダやメバチの摂餌時間に対する見解は様々である。今回の観測では、夕方から日没頃パヤオを離れたマグロは、数時間後パヤオに再び戻ったが、帰着が夜間になることも多かった。沖縄周辺のパヤオに蛸集する小型のマグロ類が、日没後から夜間に摂餌するかは、今後の調査により確認する必要がある。

今回使用した観測システムは、パヤオから離れたマグロがどの程度の距離を水平移動したのか、またその範囲も分からない。索餌行動に伴うパヤオからの移動範囲については、いくつか報告がある。Holland ら⁹⁾は、夜間のキハダの索餌行動範囲は5マイルであったとしている。また Dagorn⁸⁾も、キ

ハダの索餌に伴う最大行動半径は5マイルであったとし、さらに追跡調査時に魚探によって餌生物の出現が観察されると遊泳の方向が頻繁に変化することから、2～3マイル内の範囲で頻繁な方向転換を繰り返した遊泳は、索餌行動であると特徴づけた。Benhamou¹⁷⁾によると動物は一般に餌密度の高い場所では索餌のため方向転換を頻繁に行う事が知られている。このことは索餌行動に伴ないパヤオから離れる行動は、離脱時間の増加がパヤオからの行動半径の大きさに反映されない事を示唆する。今回観測された数時間程度パヤオから離れる行動が索餌行動であれば、その水平移動の範囲は、最大でも数マイル程度であったと推察される。

4) パヤオを数日間離れる行動

滞留期間中に 24 時間以上受信が途絶え、再び受信があった場合を「数日間の受信の欠如」と定義する。図6の1と2にその観測例を示す。7月25日の夕方頃に BE 6 と YF 7・9・10 に受信の欠如が始まったが、YF 9 は7月26日の3時頃に一旦再受信された後、再び受信が途絶え、7日後の8月2日、1時頃に再受信された。また8月22日の観測例では、夕方頃 YF 7・10 で受信の欠如が始まり、YF 7 では3時間後に再受信したが、YF10 は、5日後

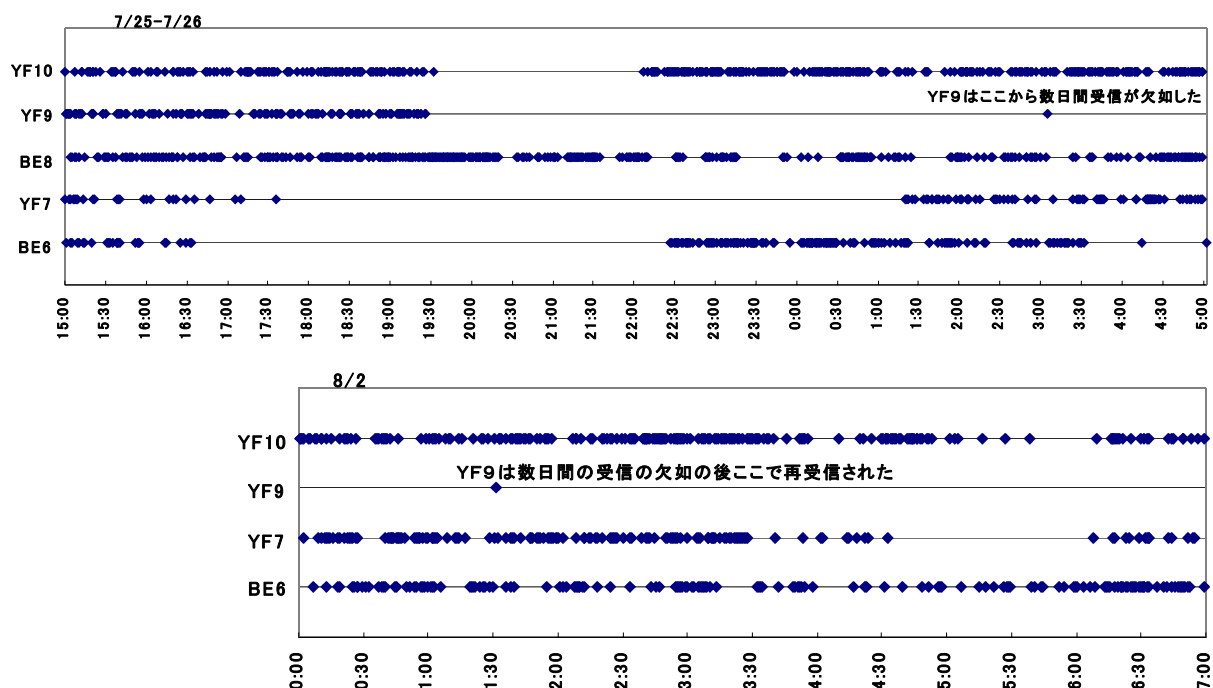


図6-1. 数日間の受信の欠如の観測例 (YF 9 は7月26日から8月2日の間受信の欠如があった。黒菱印が受信有りを示す。)

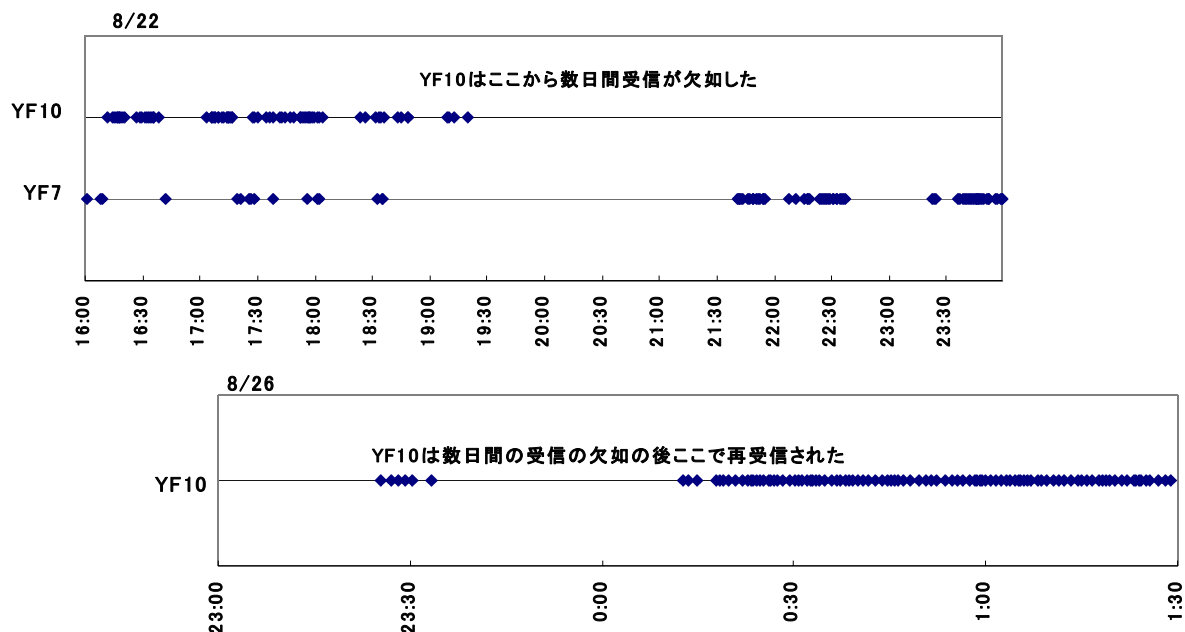


図 6－2．数日間の受信の欠如の観測例（Y F 10 は 8 月 22 日から 8 月 26 日の間
受信の欠如があった。黒菱印が受信有りを示す。）

の 8 月 27 日に再受信された。YF 9・10 のこのような数日間の受信の欠如は、パヤオを数日間離れ、再びパヤオへ戻った行動を反映したものと考えられた。7 月 25 日の夕方、複数個体（BE 6 と YF 7・9・10）が索餌のためパヤオを離れたと思われることから、YF 9 がパヤオから数日間離れる行動は、索餌のためパヤオを離れる行動に伴って起こったと考えられた。8 月 22 日は、先に YF 7 が索餌のためパヤオを離れたと思われる。YF10 がパヤオから離れた行動も夕方頃の索餌行動ではないだろうか。すなわち YF 9 と YF10 は、索餌のためパヤオを離れ、そのまま数日間他のパヤオや別の海域に移動し、その後また戻って来たものと思われる。太田、鹿熊³⁾によると沖縄島のパヤオで、メバチが 2 つのパヤオ間を往復移動した行動（パヤオ間 11.5 マイルを、往路は 2 日、復路は 19 日で移動した）が観測されている。

5) パヤオからの移出

マグロが滞留しているパヤオから離れて再び戻らないことを「パヤオからの移出」と定義した。受信が途絶え、その後再び受信がなかった場合は、標識魚がパヤオから移出した行動を反映したものと考え

られた。図 7 に各個体の移出時の観測状況を他個体の受信状況とともに示す。移出は、朝、日中、夕方、夜間いずれの時間帯にもあった。8 月 8 日の観測例では、BE 6 は 18 時 21 分に受信が途絶え、その後再び受信されなかったが、他の 2 個体（YF 7・10）は、夕方頃受信の欠如があったものの、その後再び受信されたので、これらの個体は、夕方頃索餌のためパヤオを離れたようである。すなわち、BE 6 は索餌のためパヤオを離れ、そのまま移出したものと考えられた。移出したと思われる他の 4 個体（YF 7、BE 8、YF 9、YF10）は、他個体の受信状況となんら関連することがなかったり、既に他の受信個体がいなかったため、どのような理由で移出したのか考察できなかった。パヤオを移出したキハダ・メバチは、与那国島海域を離れ他海域へ移動すると思われる。太田、松本¹⁸⁾によると、これまで与那国島海域で標識放流されたキハダ・メバチは、北東方向への移動が多くみられ、宮古島、沖縄島、奄美大島周辺海域等で再捕されている。

6) まとめ及び今後の課題

なぜパヤオにマグロが蟄集するのか今のところよく解らないが、パヤオから一時的に離れる行動や移

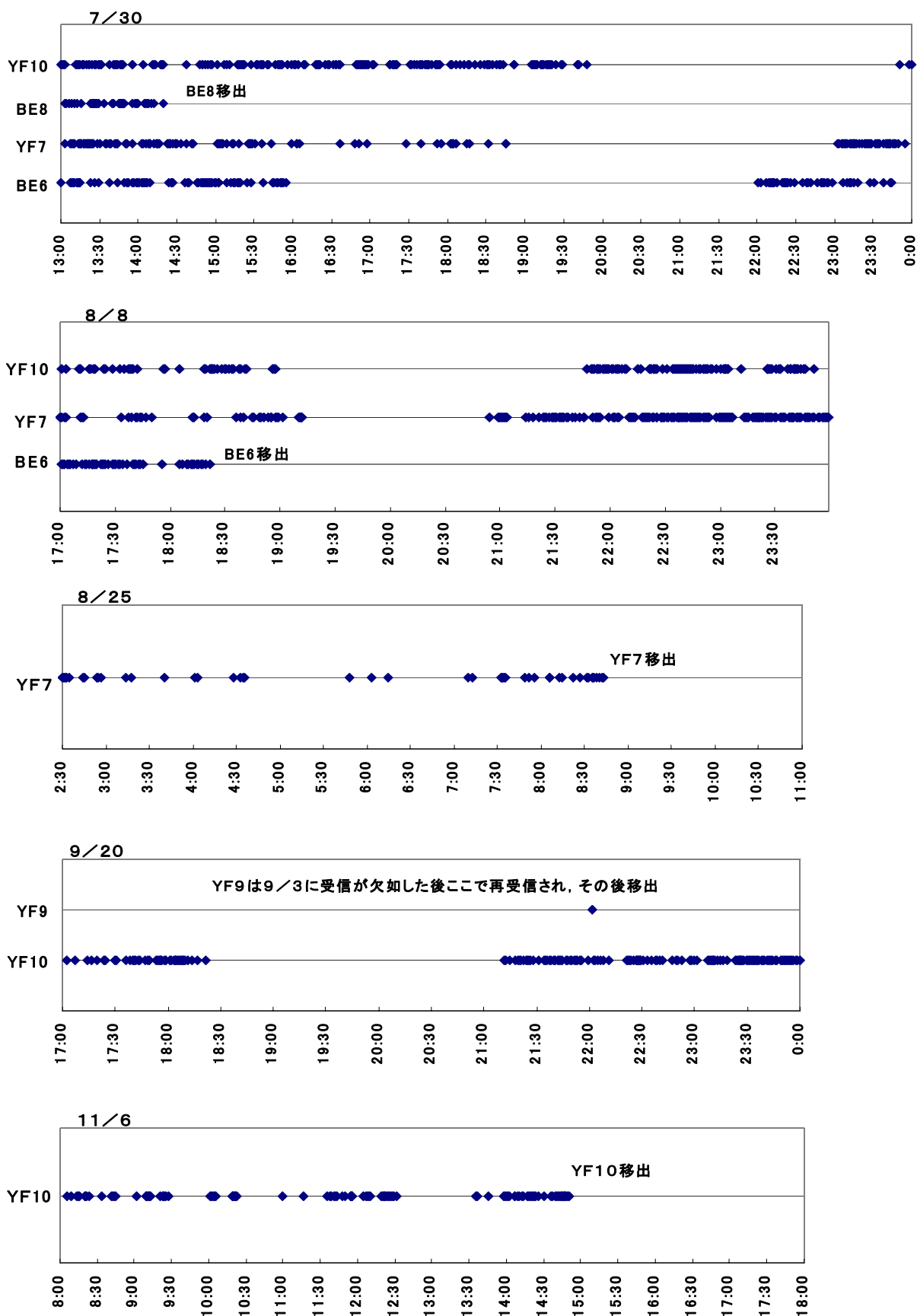


図7. パヤオからの移出の観測例

(7月30日にBE8, 8月8日にBE6, 8月25日にYF7, 9月20日にYF9, 11月6日にYF10がそれぞれ移出した。黒菱印が受信有りを示す。)

出の要因について理解することは、パヤオとマグロの関係を解明する上で重要である。今回の観測では、各個体が約1ヶ月半から約4ヶ月間パヤオに滞留した。そして滞留期間中のパヤオとマグロとの強い関係が明らかになった。多くの時間をパヤオ近傍で滞留している一方、数時間パヤオから離れる行動が見られ、しかもいくつかの個体には規則的なものも見られた。1～2時間程度離れる行動は、1日中どの時間帯にも見られたが、2時間以上の比較的長時間離れる行動は、夕方から日没頃に多く見られた。これらは、索餌行動に伴いパヤオから一時的に離れる行動であると考えられた。また索餌行動は、パヤオから数日間離れる行動や移出を誘起する要因の一つである可能性が示唆された。

先に考察したようにパヤオに滞留中のマグロは、索餌のための長距離の水平移動はほとんど行わず、パヤオの周囲数マイルに浮遊、遊泳する餌生物を利用していると考えられる。Brock⁵⁾は、マグロは無選択的摂餌者であるとし、また Menard⁷⁾は、日和見的摂餌者であるとしていることから、与那国海域のパヤオに滞留するキハダ・メバチも、パヤオ周辺に浮遊・遊泳するあらゆる生物を無選択に摂餌したり、また時に大きな群れで出現する特定の生物を摂餌しているのかもしれない。パヤオ周辺の餌料環境の動態（パヤオ周辺に浮遊・遊泳する餌生物の種構成や生物量およびその変化）は、パヤオに滞留するマグロの行動にどのような影響を及ぼすのだろうか。太田、鹿熊³⁾や Dagorn⁸⁾は、パヤオでの餌料環境は、滞留期間に影響する重要な要因と考え、パヤオに蟄集するマグロの生態特性を理解するために調査が必要であると指摘している。

カツオは、成長に伴い大規模な海域間移動を行うことが知られている。田邊¹⁹⁾によると西部太平洋ではカツオは低緯度海域を再生産場、中緯度海域を索餌場として南北方向を中心とした大規模な季節回遊を行ない、二平²⁰⁾は、成長とともに北方回遊し、一部は黒潮前線を超えて亜寒帯海域よりの豊富な餌生物を利用している。また、クロマグロについても大規模な海域移動について知見が得られている。山田²¹⁾及び Kitagawa²²⁾によるとアーカイバ

ルタグを使用した調査において、対馬海峡で放流されたクロマグロの幼魚は、九州南端を廻り三陸沖に達した後、太平洋を横断し米国西岸沖に到達した。また、別のクロマグロの幼魚は、対馬海峡から日本海を北上して津軽海峡から三陸沖へ移動し、その後西部太平洋を時計回りに回遊しており、時期的に餌が豊富な海域に移動していることが示唆され、その回遊経路で滞留する海域とその間を一気に移動する海域があることから、餌が豊富な海域では滞留し、少ない海域では移動しているのかもしれないとしている。餌が豊富な索餌場を求める行動は、ある海域での滞留や海域移動を行う要因の一つのようである。

マグロ類が劣悪な餌料環境⁵⁾であると思われるパヤオに数ヶ月の間滞留することは、どのような意味があるのだろうか。パヤオの強い滞留効果が、本来良好な餌環境を求めて回遊・移動するであろうマグロ類の成長や生残に悪影響を及ぼすのではないかと疑われる。Holland²³⁾は、メバチにおいてパヤオに滞留する個体は海山に滞留する個体より摂餌量が極端に低いとしている。また Brock⁵⁾は、パヤオへの強い滞留行動がキハダの食性移行を促すことがあるとしている（ハワイ周辺海域において、パヤオに滞留するキハダは、深層に生息するヒオドシエビ科のエビを大量に摂餌していた。一方、パヤオに滞留しないキハダは、このエビを摂餌していなかった。Brockは、これを餌料環境がよくないパヤオへの滞留に固執するキハダが通常利用しない生物を餌として利用するようになった為であると考えしている）。餌料要求より強い他の要因がパヤオとマグロの関係を成立させているようである。このような疑問についてさらに考察を行うため、来年度よりパヤオ周辺のマグロ類の行動と餌料環境について調査を行う。

文 献

- 1) 太田格，鹿熊信一郎．パヤオ漁業効率化試験．平成11年度沖縄県水産試験場事業報告書．2001；17－26．
- 2) 太田格，鹿熊信一郎．パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動．平成12年度沖縄県水産試験場事業報

告書. 2002 ; 25 - 33.

3) 太田格, 鹿熊信一郎. パヤオ周辺でのマグロ類の行動長期モニタリング. 平成 13 年度沖縄県水産試験場事業報告書. 2003 ; 27 - 40.

4) 太田格. パヤオ周辺でのマグロ類の遊泳行動Ⅲ. 平成 15 年度沖縄県水産試験場事業報告書. 2005 ; 21 - 27.

5) Brock RE. Preliminary study of the feeding habits of pelagic fish around Hawaiian fish aggregation devices or can fish aggregation device enhance local fisheries productivity ? . Bull. Mar. Sci. 1985 ; 37(1) : 40 - 49.

6) 清水弘文, 水戸啓一, 小林正裕, 矢野和成, 小菅丈治. 大型浮魚礁周辺の魚類相. 西海区水産研究所主要研究成果集 第 2 号. 1999 ; 14 - 15.

7) Menard F, Stequert B, Rubin A, Herrera M, Marchal E. Food consumption of tuna in the Equatorial Atlantic Ocean : FAD-associated versus unassociated schools. Aquat. Living Resour. 2000 ; 13 : 233 - 240.

8) Dagorn L, Josse E, Bach P. Individual differences in horizontal movements of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in nearshore areas in French Polynesia, determined using ultrasonic telemetry. 2000 ; 13 : 193 - 202.

9) Holland KN, RW Brill, RKC Chang. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fish. Bull. US. 1990 ; 46 : 28 - 32.

10) Reintjes JW, JE King. Food of yellowfin tuna in the central Pacific. Fish. Bull. US. 1953 ; 54 : 91 - 110.

11) King JE, I Ikehara. Comparative study of the food bigeye and yellowfin tuna in the central Pacific. Fish. Bull., US. 1956 ; 57 : 61 - 85.

12) Roger C. Relationships among yellowfin and skipjack tuna their prey-fish and plankton in the tropical western Indian Ocean. Fish. Oceanogr. 1994 ; 3 : 133 - 141.

13) Maldeniya R. Food consumption of yellowfin tuna,

Thunnus albacares, in Sri Lankan waters. 1996 ; Env. Biol. Fish. 1996 ; 47 : 101 - 107.

14) Buckley TW, Miller BS. Feeding habits of yellowfin tuna associated with fish aggregation devices in American Samoa. Bull. Mar. Sci. 1994 ; 55 : 445 - 459.

15) Josse E, Bach P, Dagorn L. Simultaneous observations of tuna movements and their prey by sonic tracking and acoustic surveys. Hydrobiologia. 1998 ; 371/372 : 61 - 69.

16) Kobayashi H, Yamaguchi Y. Feeding habits ecology and hooking tendency of tuna and marlins in the eastern Equatorial zone of the Indian Ocean . J. Ichthyol. 1971 ; 37 : 83 - 89.

17) Benhamou S. Efficiency of Area-concentrated searching behaviour in a continuous patchy environment. J. Theor. Biol. 1992 ; 159 : 67 - 81.

18) 太田格, 松本隆之. 琉球諸島におけるマグロ類の回遊生態Ⅲ. 平成 14 年度沖縄県水産試験場事業報告書. 2004 ; 157 - 24.

19) 田邊智唯. 西部北太平洋熱帯域におけるカツオの初期生態に関する研究. 水産総合研究センター研究報告. 2002 ; 3 : 63 - 132.

20) 二平章. 潮境域におけるカツオ回遊魚群の行動生態および生理に関する研究. 東北区水産研究所研究報告. 1996 ; 58 : 137 - 233.

21) 山田陽巳. アーカイバルタグによるクロマグロ幼魚の行動生態の解明. 海洋と生物. 2001 ; 23(6) : 540 - 546.

22) Kitagawa T, Kimura S, Nakata H, Yamada H. Diving behavior of immature, feeding pacific bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*) in relation to season and area : the East China Sea and the Kuroshio - Oyashio transition. Fish. Oceanogr. 2004 ; 13(3) : 161 - 180.

23) Holland K, Guubbs D, Graham B, Itano D, Dagorn L. The biology of FAD - association and feeding ecology. 2003 ; SCTB16. Working Paper.. 2003 ; 1 - 6.