短 報

エチゼンクラゲの遊泳速力計測

本多 直人,^{1a*} 松下 吉樹²

(2008年12月1日受付, 2009年2月17日受理)

^{1*} 舩水産総合研究センター水産工学研究所,² 長崎大学水産学部*In situ* measurement of swimming speed of
Giant jellyfish *Nemopilema nomurai*NAOTO HONDA^{1*} AND YOSHIKI MATSUSHITA²¹National Research Institute of Fisheries Engineering,
Fisheries Research Agency, Kamisu, Ibaraki 314-0408,²Nagasaki University Faculty of Fisheries, Nagasaki
852-8521, Japanキーワード: エチゼンクラゲ, 大型クラゲ, 拍動, 遊泳
速力

近年, 日本周辺海域に傘径 1.5 m 以上に達する大型のエチゼンクラゲ *Nemopilema nomurai* が大量出現することが多くなり, 漁業に多大な被害を与えている。¹⁻⁴⁾ そのため, 被害の軽減を目的として, エチゼンクラゲの来遊予測や混獲防除等の対策が研究されている。¹⁻⁸⁾ 一方, エチゼンクラゲは過去に稀にしか大量出現しなかったため, 生態的な知見はほとんど明らかにされていなかった。エチゼンクラゲの行動特性などの生態的な知見が明かにされれば, 被害を軽減するための対策をより効果的に行うことが可能である。例えば, エチゼンクラゲは単に浮遊しているのではなく傘を拍動させながら自発的に遊泳しているため, 遊泳速力を把握することで, 漁獲対象魚類とエチゼンクラゲの遊泳速力の違いを利用した混獲防除方法の検討や, エチゼンクラゲの遊泳速度を反映させた, より高度な来遊予測技術の開発などに役立つ可能性がある。そこで本研究は, エチゼンクラゲの遊泳速力の把握を目的とした。

小型のクラゲ類の遊泳速力は, 主に水槽実験において計測されてきた。⁹⁻¹²⁾ しかし, エチゼンクラゲの成体は巨大であるうえに大部分が脆弱なゼラチン質で構成されているため, 無傷のまま捕獲して水槽で計測することは極めて困難である。そこで, 実海域において自然状態で遊泳するエチゼンクラゲの速力を直接計測した。

通常, 海洋では水平方向の流速が卓越するため, クラゲ類のように遊泳力が弱い生物が水平方向に移動する場

合には流れの影響を受けやすく, 遊泳速力の計測が困難である。一方で, 鉛直方向の流速は極めて小さいうえ,¹³⁾ クラゲ類の体はほとんどが水分で構成されており,¹⁴⁾ 水中では浮力や重力の影響が極めて小さいと考えられるため, クラゲ類が自力で鉛直移動する場合には, 鉛直方向で遊泳速力の計測が可能と考えた。遊泳中のエチゼンクラゲは, 外部から刺激を与えられると, 逃避するように鉛直下向きに潜行する 경우가多く (本多, 未発表), 同様の行動は近縁種であるビゼンクラゲ *Rhopilema esculentum* においても確認されていた。¹⁵⁾ そこで, 威嚇された後に鉛直下向きに潜行するエチゼンクラゲをスキューバ潜水により追跡し, エチゼンクラゲの深度変化を深度記録計 (アレック電子製 MDS-MkV/D, 測定レンジ 100 m, 記録間隔 1 s) で計測することで遊泳速力を求める方法を考案した。

実験は, 2005 年および 2006 年の秋季から冬季にかけて, 日本海の隠岐諸島沖, 若狭湾, 能登半島沖, 佐渡島沖で実施した。スキューバ潜水により深度 3~33 m で発見した, 触手の脱落や傘の傷が少ないエチゼンクラゲ計 20 個体を計測対象とした (Table 1)。水中でメジャーにより測定した各個体の傘径は 0.6~1.6 m (平均 1.1 m) であった。これらの個体の傘や口腕部分の表面に軽く手やプラスチック製の棒で接触刺激を与えた後に, エチゼンクラゲと同深度を保ちながら潜行し (Fig. 1), 深度 14~42 m まで追跡した。乗船していた船舶の ADCP で観測した潜水深度の水平流速は, それぞれ 0.1~0.7 ノットで安定していた (Table 1)。2005 年 10 月以外の調査時は, エチゼンクラゲの行動を水中ビデオカメラで撮影することで, 遊泳中の拍動間隔を計測した。

追跡した 20 個体中, 15 個体が接触後に鉛直下向きに潜行した。それらのうち, 深度記録計の不調により深度の記録が不完全であった 1 個体を除く 14 個体の遊泳速力を計測した (Table 1)。計測された遊泳速力は, 0.03~0.17 ms⁻¹ (平均 0.11 ms⁻¹) であった。拍動間隔は, 接触前で 2.4~3.7 s (平均 3.1 s), 接触後で 2.2~3.4 s (平均 2.6 s) となり, 接触前後の拍動間隔を比較できた全ての個体において, 接触後の方が短くなった。拍動間隔と遊泳速力が共に計測できた 10 個体について, 一拍動あたりの推進距離を求めたところ, 0.08~0.47 m (平均 0.26 m) であった。

傘径と一拍動あたりの推進距離および傘径と遊泳速力

* Tel : 81-479-44-5952. Fax : 81-479-44-6221. Email : hondan@fra.affrc.go.jp

^a 現所属 : 舩水産総合研究センター日本海区水産研究所 (Japan Sea National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Niigata 951-8121, Japan)

Table 1 Bell diameter, pulsation interval, swimming speed and other information of *N. nomurai*

No.	Observation date	Surface temperature (°C)	Horizontal velocity (knot)	Bell diameter (m)	Observation depth		Swimming direction after touch	Pulsation interval before or after touch		Swimming speed (m/s)	Distance per pulsation (m)
					Start (m)	End (m)		Before (s)	After (s)		
1	2005/10/4	22.5	0.3	1.4	9.6	36.2	Down	—	—	0.12	—
2	2005/10/4	22.5	0.3	1.0	11.6	19.8	Down	—	—	0.10	—
3	2005/10/4	22.5	0.1	1.5	12.3	33.2	Down	—	—	0.16	—
4	2005/10/4	22.5	0.1	1.3	14.8	34.0	Down	—	—	0.17	—
5	2005/11/25	18.3	—	1.3	14.9	37.8	Down	—	2.2	0.12	0.26
6	2005/11/27	16.2	—	1.6	15.1	35.1	Down	—	2.2	0.12	0.27
7	2006/9/15	23.4	0.5	0.6	8.3	28.7	Down	—	2.2	0.09	0.21
8	2006/9/15	23.4	0.5	1.2	33.7	42.2	Oblique down	3.3	2.6	—	—
9	2006/9/15	23.4	0.5	0.7	11.4	34.7	Down	—	2.2	0.07	0.16
10	2006/9/15	23.4	0.7	0.9	16.8	—	Up	2.9	2.2	—	—
11	2006/9/15	23.4	0.7	0.6	9.3	13.8	Down	2.4	2.3	0.03	0.08
12	2006/9/15	23.4	0.7	0.7	9.3	19.0	Down	2.6	2.2	0.06	0.13
13	2006/9/15	23.4	0.7	1.2	22.2	36.7	Down	—	2.6	0.13	0.34
14	2006/9/22	21.2	0.3	1.5	8.2	25.2	Down	—	3.0	0.16	0.47
15	2006/10/1	21.8	0.1	0.9	10.0	—	Down	2.8	2.3	—	—
16	2006/10/1	21.8	0.1	1.3	5.0	—	Horizontal	3.7	2.8	—	—
17	2006/11/16	19.5	—	1.2	21.1	34.6	Down	3.4	3.2	0.13	0.40
18	2006/11/17	19.3	—	1.1	3.0	—	Horizontal	3.5	3.4	—	—
19	2006/11/17	19.3	—	0.8	3.0	—	Horizontal	3.0	2.7	—	—
20	2006/12/1	16.8	—	1.2	5.7	38.3	Down	3.5	3.2	0.11	0.33

Fig. 1 Swimming speed measurement of the jellyfish by chasing with scuba diving in the sea.

の対応を散布図として Fig. 2 に示し、原点を通る一次回帰式としてそれぞれの関係を求めた。傘径を B 、拍動 1 回あたりの遊泳距離を D 、遊泳速力を V とすると、 $D = 0.25 B$ (相関係数 $R = 0.76$)、 $V = 0.1 B s^{-1}$ ($R = 0.82$) という関係式が求められた。これらの式より、各地の漁業に特に被害を与えている傘径 1~1.5 m 程度の大型のエチゼンクラゲの遊泳速力は、およそ $0.1 \sim 0.15 \text{ ms}^{-1}$ と導かれる。したがって、流速が 0.5 ms^{-1} 以上である

Fig. 2 Results of swimming speed measurement: Left, the relationship between bell diameter and moving distance per pulsation. Right, the relationship between bell diameter and swimming speed. B : Bell diameter, D : moving distance per pulsation, V : swimming speed.

対馬暖流の流軸上や、¹⁶⁾ 日本海各地の定置網周辺で頻繁に観測される急潮とよばれる沿岸流の中では、¹⁷⁾ エチゼンクラゲの成体でも流向と逆方向には移動できないと推測される。一方、エチゼンクラゲの遊泳速力より小さい流速の海域では、自由な方向へ移動することが可能であるといえる。

拍動間隔の計測結果では、遊泳速力を計測した時よりも、接触刺激を与える前の拍動間隔の方が有意に長かった (有意水準 $\alpha < 0.001$)。これは、逃避時には拍動が早

くなり遊泳速度が増加することを意味する。したがって、接触刺激により威嚇されない通常の遊泳時には、今回測定された遊泳速度を上回らないと推測される。一般的に、遊泳速度が比較的大きい紡錘形の魚類の場合では、通常の遊泳時で1秒間に体長の約2~3倍、逃避時で1秒間に体長の約10倍の距離を遊泳できる。¹⁸⁾ 漁場において漁獲対象とする魚類は種類も大きさも多岐に及ぶので、魚類とエチゼンクラゲの遊泳速度を単純には比較できないものの、漁獲対象魚類の体長が約10 cm以上あるのであれば、エチゼンクラゲより素早く遊泳できると考えられる。したがって、魚類とエチゼンクラゲの能動的な行動の違いを利用して混獲を防除する方法を検討する場合は、追い込みや誘引などの手法によりエチゼンクラゲの行動を制御するよりも、同様の手法により魚類の行動を制御する方がむしろ効果的と考えられる。

本研究は、エチゼンクラゲによる漁業被害の軽減対策を効果的に行うための基礎的知見の把握として、遊泳速度の計測のみを行った。現時点においてエチゼンクラゲの生態には未解明な部分が多いため、今後のさらなる研究によりその他の行動特性の解明が期待される。

謝 辞

調査航海に御協力頂きました、みずは丸(日水研所属)および第七開洋丸(日本海洋幃所属)の乗組員各位、潜水作業の補助や水中撮影に御協力頂いた、日本海洋幃の福永卓司氏、コムサンの小又一聡氏、佐渡ダイビングセンターの本間了氏、山田彰宏氏、その他の関係各位に深く感謝いたします。本研究は、農林水産技術会議農林水産研究高度化事業「大型クラゲの大量出現予測、漁業被害防除技術及び有効利用技術の開発」の一環として実施した。

文 献

- 飯泉 仁. 大型クラゲ *Nemopilema nomurai* の大量出現に関する国際ワークショップおよび今後の研究方向について. 日水誌 2004; **70**: 821-823.
- 本多直人, 松下吉樹, 渡部俊広, 飯泉 仁. エチゼンクラゲによる漁業被害に対する取り組み. 日水誌 2005; **71**: 975-976.
- 本多直人. 大型クラゲによる漁業被害と防止対策の現状. 海洋水産エンジニアリング 2004; **36**: 57-63.
- 本多直人, 渡部俊広. 定置網漁業における大型クラゲ漁業被害防除対策の現状. ていち 2005; **107**: 58-71.
- 松下吉樹, 本多直人, 河村智志. 曳網漁具に装着する大型クラゲ混獲防除装置 JET (Jellyfish Excluder for Towed fishing gear) の試作と操業実験. 日水誌 2005; **71**: 965-967.
- 松下吉樹, 本多直人. 曳網漁具に装着する大型クラゲ混獲防除装置 JET (Jellyfish Excluder for Towed fishing gear) の設計・製作方法について. 水研センター研報 2006; **16**: 19-27.
- 上野陽一郎, 熊木 豊, 傍島直樹. 大目化した定置網垣網におけるエチゼンクラゲの行動観察 (短報). 京都海洋センター研報 2007; **29**: 23-24.
- 後藤友明, 中嶋久吉, 吉田 孝. 垣網の大目化と端口の遮断網による定置網におけるエチゼンクラゲ対策. 日水誌 2008; **74**: 75-77.
- Masuda R. Ontogeny of anti-predator behavior in hatchery-reared jack mackerel *Trachurus japonicus* larvae and juveniles: patchiness formation, swimming capability, and interaction with jellyfish. *Fis. Sci.* 2007; **72**: 1225-1235.
- Dabiri JO, Gharib M. Sensitivity analysis of kinematic approximations in dynamic medusan swimming models. *J. Exp. Biol.* 2003; **206**: 3675-3680.
- McHenry MJ, Jed J. The nontogenetic scaling of hydrodynamics and swimming performance in jellyfish (*Aurelia aurita*). *J. Exp. Biol.* 2003; **206**: 4125-4137.
- Shorten M, Davenport J, Seymour JE, Cross MC, Carrette TJ, Woodward G, Cross TF. Kinematic analysis of swimming in Australian box jellyfish, *Chiropsalmus* sp. And *Chironex fleckeri* (Cubozoa, Cnidaria: Chirodropidae). *J. Zool. Lond.* 2005; **267**: 371-380.
- 友定 彰, 松尾 豊, 横内克己, 杉崎宏哉. ADCP を用いた箱型観測から水平フラックスと鉛直流を求める試み. 東北水研研報 1995; **57**: 7-13.
- 森山 充. 大型クラゲの原料特製の解明と加工法の改善. 先端技術を活用した農林水産高度化事業 大型クラゲの大量出現予測, 漁業被害防除及び有効利用技術の開発 (H16~18) 平成 17 年度成果報告集. 日水研, 新潟. 2006; 29-30.
- Borodin PA, Osipov EV. Modeling the processes of harvesting jellyfish *Rhopilema esculentum*: Monography. TIN-RO-Centre, Vladivostok. 2004; 1-67.
- 和達清夫. 対馬暖流. 「海洋の辞典」東京堂出版, 東京. 1969; 400-401.
- 熊木 豊, 上野陽一郎, 傍島直樹, 松山優治. 台風 0406 号通過に伴い発生した京都府沿岸の急潮. 海の研究 2005; **14**: 653-664.
- 井上 実. 遊泳行動. 「魚の行動と漁法」恒星社厚生閣, 東京. 1978; 148-174.