

キジハタ仔稚魚の口器の発達と摂餌

萱野泰久

Development of Mouth Parts and Feeding in the Larval and Juvenile Stages of Red Spotted Grouper *Epinephelus akaara*

Yasuhisa KAYANO

キジハタ *Epinephelus akaara* は栽培漁業の対象種として、最近各地で人工生産が試みられているが、いまだ安定的に量産するまでに至っていない。この原因の1つとして、摂餌開始時の仔魚の全長が2mm前後と小さく、口径も小さいために、この時期に給餌する有効な初期餌料が探索されていないことがあげられる。一般に魚類の種苗生産で広く用いられるS型シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* (以下ワムシ) は、キジハタの初期餌料として大きすぎる。そこで、これまで、開口後数日間の餌料として、二枚貝の幼生^{1, 2)}、S型ワムシを選別した小型ワムシ³⁾、鞭毛藻類⁴⁾、繊毛虫類⁵⁾、珪藻類⁶⁾ など、多くの天然餌料生物についてその給餌効果が検討されてきた。

一方、本種の幼期における形態的、生態的知見は極めて少なく、このことも種苗生産技術開発上の問題点となっている。特に、摂餌に関与する口器の形態的特性、仔稚魚期の口径から判断した摂餌可能な餌料の大きさについては検討されていない。

そこで、著者は、人工生産したキジハタ仔稚魚の成長に伴う口器の発達とその消化管内食物の大きさとの関連について調べた。その結果、全長(以下TL)と上顎長(以下UJL)あるいは口幅長(以下MBL)の関係が直線回帰式で表せること、摂餌開始時の口径が0.078~0.102mmであること、また、口器の発達と仔稚魚期の形態的变化に密接な関係があること等を明らかにしたので、以下に報告する。

材料と方法

供試魚 1987年7~8月に、岡山県水産試験場栽培漁業センターの屋内30kℓコンクリート水槽で、原生動物、ワムシ、アルテミア *Artemia salina* 幼生、配合飼料を給餌して生産したキジハタ仔稚魚⁷⁾ を、適宜採集し調査に供した。仔稚魚は、5%中性ホルマリン海水で固定

保存し、後日、魚体測定及び消化管内食物の調査を行った。

飼育期間中の水温、pH、DOは、それぞれ24.4~27.5℃、8.08~8.61、6.0~8.7mg/lの範囲であった。

TLと口器の計測 TLは大きさに応じて顕微鏡あるいは万能投影機下で0.01あるいは0.1mmまで測定した。TL測定後さらに、UJL及びMBLを顕微鏡下で0.01mmまで測定した。測定部位は図1のとおりで、UJLは頭部の吻に近い上顎の前端から後端中央部までの長さを、MBLは下顎の両側面間の距離を測定した。ただし、開口後7日目頃まではまだ上顎骨が形成されていなかったため、図1Aに示すように、上顎の原基と思われる部位の長さを測定した。口径(以下d)は代田⁸⁾に従い、開口角を一率90°として、 $d = \sqrt{2} \times UJL$ から求めた。

次に、ふ化及び開口仔魚それぞれ30尾を用いて、ホルマリン固定保存による収縮の程度を検討した。調査は、

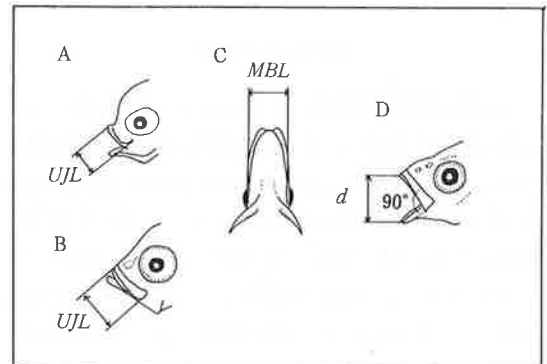


図1 口器の測定部位

A, B: 上顎長 (UJL) 測定部位,

C: 口幅長 (MBL) 測定部位,

D: $d = \sqrt{2} \times UJL$

採集直後にMS-222で麻酔した生標本と、これをさらに、5%中性ホルマリン海水で固定し、魚体測定等を実施するまでの3か月保存した固定標本について、それぞれのTLの平均値を、また開口仔魚についてはUJLの平均値をも比較し、収縮率を求めた。

消化管内食物の大きさ 口器の計測を終えた仔稚魚は、次に、消化管内食物の大きさを調べた。主な食物生物の大きさ測定部位を図2に示した。大きさは、破損してい

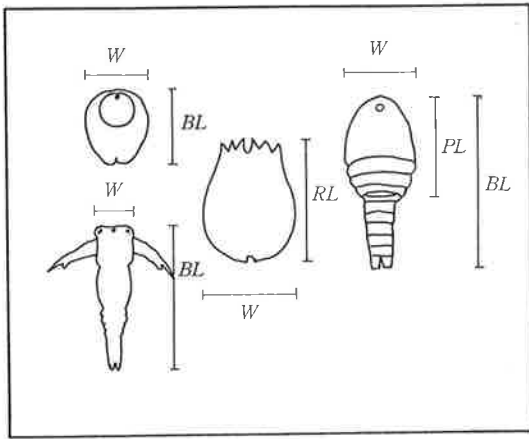


図2 食物生物の大きさの測定部位

BL: 体長, RL: 背甲長, PL: 前体長, W: 体幅

ない生物の長径と短径を、顕微鏡下で0.01mmまで測定した。ただし、長径とは体長、背甲長あるいは前体長で、短径とは体幅の測定値である。

結果と考察

TLと口器の相対成長 各全長区分の調査尾数、口器の測定結果を付表1に示した。2.0 ≤ TL < 6.0では0.5mmごとに、6.0 ≤ TL < 20.0では1.0mmごとに、20.0 ≤ TL < 30.0では2.0mmごとに区分し、それぞれの全長区分のTL, UJL, MBLの平均値を示した。図3にTLとUJLあるいはMBLの関係を示した。調査した全長範囲では、成長とともにUJL, MBLともに直線的に増大した。TL (mm)とUJL (mm)の関係は、TL4.5mmあたりを境に、傾きの異なる直線回帰式で表せた。すなわち、2.0 ≤ TL < 4.5では、

$$UJL = 0.170TL - 0.196 \quad r = 0.995$$

また、4.5 < TL < 30.0では、

$$UJL = 0.139TL - 0.012 \quad r = 0.999$$

と表せた。一方、TL (mm)とMBL (mm)の関係は、2.0 ≤ TL < 30.0では、

$$MBL = 0.110TL - 0.037 \quad r = 0.998$$

と表せた。

一般に魚類の上顎は食物生物を捕獲する能力を持ち、口幅はその大きさを決定すると考えられる⁹⁾。そして、その発育段階ではUJLとMBLが等しくなる点が見られることがあり、この点はcrossing point (以下C. P.)と呼ばれる⁹⁾。キジハタでは図3Bから明らかなように、C. P.が仔魚期の極めて早い時期(TL2.6mmあたり)に存在し、これを境に摂餌能力が発達すると考えられる。

なお、開口時に未形成であった上顎骨は、TL2.9mm頃に形成された。

仔稚魚の成長に伴う摂餌可能な食物サイズの変化 仔魚の成長に伴うd, MBLと消化管内に検出された食物の大きさとの関係を図4に示した。開口率は、開口角90°, 45°, 0°の場合を、それぞれ100, 50, 0%とし、開口率75, 60, 50%の口径を、それぞれ0.75d, 0.60d, 0.50dと表した。

全長別の消化管内食物サイズは、TL1.8~2.0mmが50~80 μm, TL2.2mmが50~130 μm, TL2.4mmが100~190 μm, TL2.6mmが100~240 μm, TL5.5mmが200~800 μm, TL7.0mmが150~900 μmであった。また、ワムシへの餌付きは、小型のものを選択的に摂餌することから始まり、成長とともに、より大型のワムシを摂餌する傾向を示した。このようにキジハタ仔魚は、摂餌開始時にはワムシより小さな原生動物を、TL2.2mm頃からワムシを、TL5.5mmになるとアルテミア幼生や飼育水中に自然発生した小型カイアシ類 (*Tigriopus japonicus*, *Centropages yamadai*)を摂餌可能となることが明らかとなった。TLの増加と消化管内食物サイズとは深い関係があり、また、今回の調査結果は、日本栽培漁業協会玉野事業場が行ったキジハタ仔稚魚の全長別消化管内食物の観察結果¹⁰⁾ともほぼ一致した。

一方、TL2.0~2.6mmの仔魚では、消化管内食物サイズの上限值が、次第に0.5dから0.6d、さらにMBL (TL2.6mmの開口率70%の口径とほぼ等しい)へと推移する傾向を示した。このことから、仔魚は一定の開口率で摂餌を行うのではなく、成長及び口器の発達とともに、より大きな開口率で摂餌が可能になると考えられた。さらに、TL2.6mmは、先に推定したC. P.の見られた全長に当たり、消化管内食物サイズからも摂餌能力の発達が示唆された。以上のことから、キジハタ仔魚ではTL

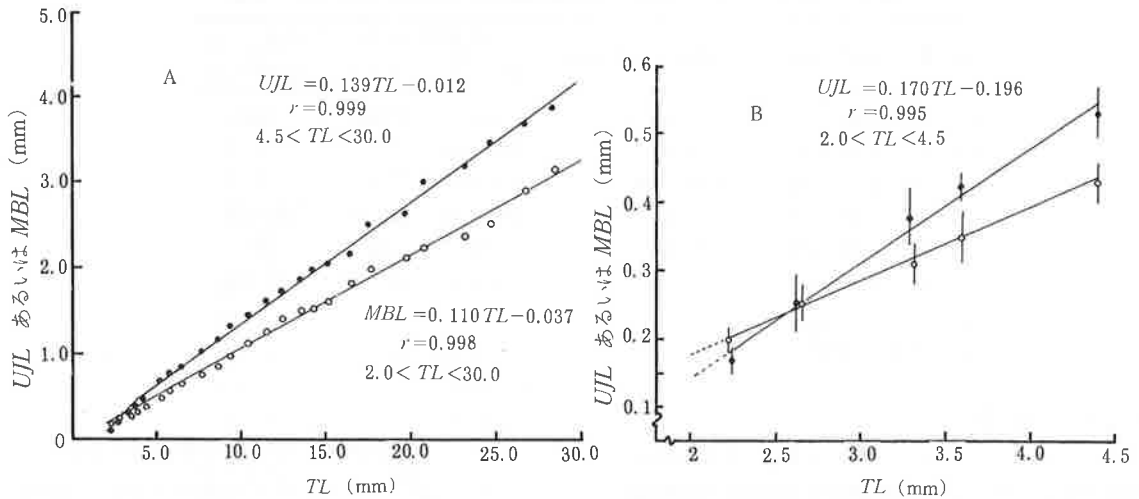


図3 仔稚魚期の全長 (TL) と上顎長 (UJL) あるいは口幅長 (MBL) の関係
UJL, MBL : 平均値あるいは平均値±標準偏差

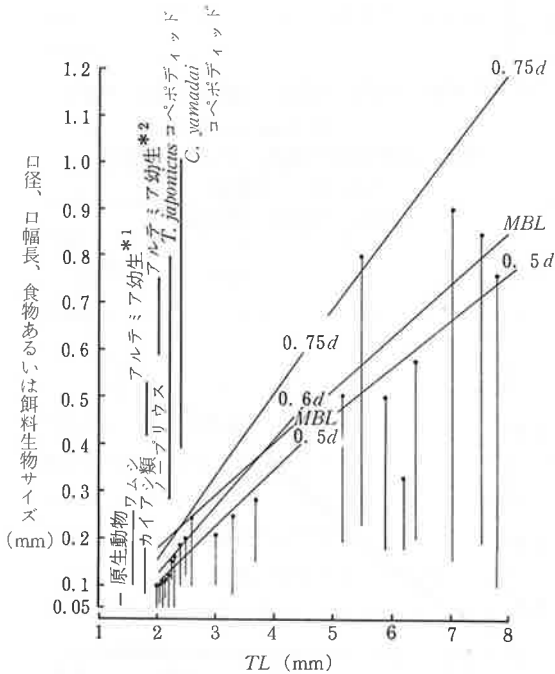


図4 仔魚期の全長 (TL) と口径 (0.5d, 0.6d, 0.75d), 口幅長 (MBL), 消化管内食物サイズあるいは餌料生物サイズの関係

- *1 ふ化直後
*2 ふ化後24時間

2.6mm未滿の時期には、MBLより小さな餌料しか摂餌できないが、TL2.6mm以上になるとMBLとほぼ等しい大きさの餌料が摂餌可能になると考えられた。

なお、TL3.0から3.7mmまでの消化管内から検出された食物の大きさの上限値は、0.5dより小さかったが、これは飼育水中にMBLと同程度の大きさの餌料が極めて少なく、ワムシを選択的に摂餌したためと思われる。また、TL5.5及び7.0mmの仔魚は、そのMBLの1.2～1.4倍に当たる体長0.80及び0.90mmのカイアシ類を摂餌したが、これらは、カイアシ類の体幅がそれぞれ0.33及び0.50mmでMBLより小さかったことから、カイアシ類の場合はその体長よりは体幅が摂餌制限要因となっていたものと考えられる。

次に、摂餌開始時の摂餌口径を推定した。摂餌開始時のTLは1.8～2.0mmで、相対成長式からUJLは0.110～0.144mm、また、dは0.156～0.204mmとなる。しかし、摂餌開始時の開口率は50%以下と考えられたので、摂餌口径は0.078～0.102mmと推定される。キジハタの卵から摂餌開始時までの大きさdを他魚種と比較し、表1に示した。キジハタの卵径及びふ化直後のTLは、アユ⁸⁾ *Plecoglossus altivelis*, マダイ⁸⁾ *Chrysophrys major*, クロダイ⁸⁾ *Acanthopagrus schlegeli*, ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (萱野, 未発表) に比べ小さいが、キス⁸⁾ *Sillago japonica* よりはやや大きい。しかし、摂餌開始時のTLとd、さらに開口率を50%とした場合の摂餌口径(0.5d)は、キスよりもキジハタの方が小さい。キスの種苗生産が選別した小型ワムシ(平均背甲長113～135 μ m)で可能である¹¹⁾のに対し、キジハタでその給餌効果が明らかでない³⁾ことは、このよう

表1 主要魚種における卵から摂餌開始時までの大きさと口径

魚種	卵径 (mm)	ふ化直後の TL (mm)	摂餌開始時の大きさ		
			TL (mm)	d (μm)	$0.5d$ (μm)
アユ ^{*1}	0.9~1.1	4.3	6.6	375	188
マダイ ^{*1}	0.9~1.0	2.0	3.1~3.5	—	—
クロダイ ^{*1}	0.74~0.94	1.70~2.18	2.3~2.7	—	—
キス ^{*1}	0.61~0.71	1.31	2.6~3.0	255~311	128~156
ヒラメ ^{*2}	0.90~0.96	3.0~3.3	3.6	358	179
キジハタ	0.76~0.85	1.5~1.6	1.8~2.0	156~204	78~102

*1 代田⁸⁾ から引用

*2 萱野 (未発表)

な両者の口径の違いから説明できよう。

以上のようなキジハタの口径の大きさとその発達、本種の種苗生産における初期餌料及び餌料系列の問題を解決する上での一つの糸口になると思われる。

ホルマリン保存による収縮 ふ化及び開口仔魚を5%中性ホルマリン海水で3か月保存した結果、固定による収縮がみられた。すなわち、ふ化仔魚では生標本及び固定標本の平均TLが、それぞれ1.80及び1.68mmで、収縮率は6.7%であった。同様に、開口仔魚では平均TLがそれぞれ2.30及び2.15mmで、収縮率6.5%、また、平均UJLはそれぞれ0.187及び0.174mmで、収縮率7.0%であった。

仔稚魚期の成長に伴う上顎比の変化 摂餌に關与する口径の形態的特性を明らかにするため、TLに対するUJLの割合(以下上顎比)の変化を調べ、図5に示した。TLの増加とともに上顎比は7.8から13.6%まで急激に増加し、TL 8~10mmではほぼ最大値に達した。しかし、その後は一定となるか、あるいは、TL16から17mmまで徐々に減少し、その後再び増加しながら一定となるか、判然としなかった。これは、TL15~18mmにおける上顎比が個体間で変動が大きかったためと思われる。そこで、この全長範囲ではTL 9mmあたりで上顎比が一定となると見なすと、上顎比の最大値は13.8%となり、TL 8~10mmの間の変曲点での値とほぼ一致した。

UJLとMBLの関係 UJLとMBLの関係は図6のようにゆるやかな曲線を示した。そして、TL12~15及び20~23mmの2か所(点P、Q)に変曲点が存在し、O~P間及びP~Q間では上顎の発達が口幅の発達を上まわり、逆に、Q~R間では口幅の発達が上顎の発達を上まわっていた。

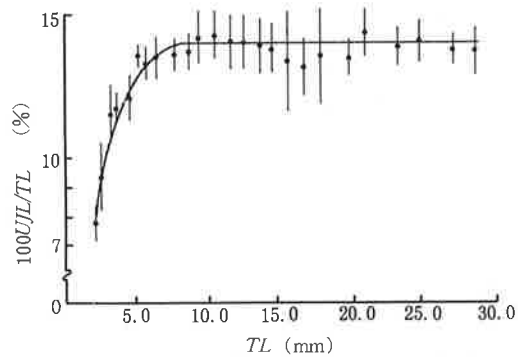


図5 仔稚魚期の全長(TL)と上顎比(UJL/TL)の関係
上顎比: 平均値±標準偏差

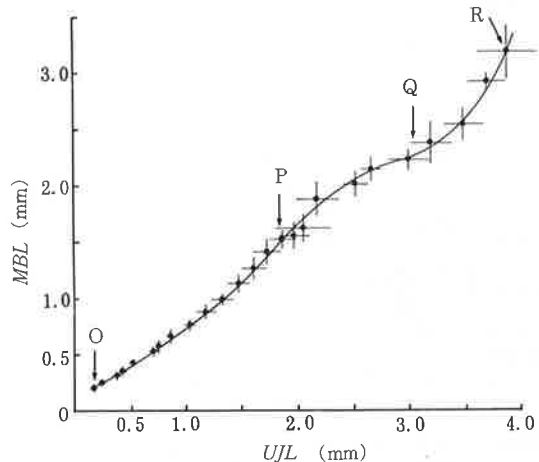


図6 上顎長(UJL)と口幅長(MBL)の関係
(平均値±標準偏差)

上顎比曲線とUJL-MBL曲線にみられる変曲点の生物学的意味 外部形態の形質計測値が安定する時期は魚類の生活史の上でも1つの変曲点であることが多い。たとえば、上顎比曲線の型とその屈折点(本調査では変曲点)におけるTLは魚種により異なり¹²⁾、また、仔

表2 キジハタ仔稚魚の形態及び生態的知見と口器の形態的变化の比較

TL (BL) mm	観 察 事 項	報告者
12.40	各鱗とも定数の鱗条が分化し、稚魚期に入る	水戸ら ²⁾
19.75	体形は成魚に似てくる	〃
24.50	背鱗及び腹鱗の棘の顕著な突出は認められない	〃
8.9~11.8 (7.3~9.6)	後期仔魚から稚魚への形態的移行期	福原ら ¹⁴⁾
(16~25)	鱗の形成開始から体側全面を覆うまでの期間	〃
(24~)	ほぼ成魚と同じ体型を示す	〃
(25~)	突出棘条が消失し底着行動を示す	〃
8~10	上顎比曲線における変曲点	筆 者
12~15	UJL - MBL曲線における変曲点P	〃
20~23	UJL - MBL曲線における変曲点Q	〃

稚魚期に出現する屈折点と同時期の外部形態や内部諸器官の発達、変化との間には密接な関係があることが知られている¹³⁾。キジハタにおいても、上顎比曲線あるいはUJL - MBL曲線上に顕著な変曲点が見られたので、変曲点におけるTLと同時期の鱗条数、鱗形成などとの関連性について、水戸ら²⁾及び福原ら¹⁴⁾の既往の知見と対比し、表2に示した。上顎比曲線における変曲点及びUJL - MBL曲線における点PのTLは、発育段階から見ると後期仔魚から各鱗とも定数の鱗条が分化する稚魚期への移行期に対応した。また、点QのTLは、背鱗、腹鱗の突出棘条が消失し底着行動を示し始める時期に、P~Q間の上顎の発達がゆるやかになるTLでは、鱗形成開始から体側全面を覆うまでの期間に当たると考えられた。

以上のように、キジハタにおいても口器の発達とその形態的变化は、鱗、鱗の形成、棘の消失といった外部形態の変化及び底着行動という生態的变化とも密接な関係があることが示唆された。さらに、口器の形態的变化は、食性の変化、仔稚魚期の減耗要因などとも関連すると考えられる。今後、本種の種苗生産技術を確立させる上でも、仔稚魚期の摂餌生態並びに栄養要求について解明することが重要であろう。

要 約

1. 人工生産したキジハタ仔稚魚の成長に伴う口器の発達について調査した。
2. 全長(TL)と上顎長(UJL)あるいは口幅長(MBL)の関係は、いずれも直線回帰式で表せた。
3. TL2.6mmあたりにUJLとMBLが等しくなるcrossing pointが存在した。

4. 口器の発達及び消化管内食物サイズから、TL2.6mm以上になるとMBLとほぼ等しい大きさの餌料を摂餌可能となることが明らかとなった。

5. キジハタの摂餌開始時の摂餌口径は0.078~0.102mmで、キスよりも小さかった。

6. ふ化及び開口仔魚のホルマリン保存による収縮を調べた結果、ふ化仔魚のTLが6.7%、開口仔魚のTL及びUJLがそれぞれ6.5及び7.0%収縮した。

7. 上顎比曲線及びUJL - MBL曲線には、それぞれ顕著な変曲点が見られ、これらと仔稚魚の形態的、生態的变化には密接な関係があることが示唆された。

文 献

- 1) 鶴川正雄・樋口正毅・水戸 敏, 1966: キジハタの産卵習性と初期生活史, 魚類学雑誌, 13, 156-161
- 2) 水戸 敏・鶴川正雄・樋口正毅, 1967: キジハタの幼期, 内水研研報, 25, 337-347
- 3) 難波洋平・尾田 正, 1985: キジハタ仔稚魚期における適正餌料の探索について, 岡山水試事報, 昭和59年度, 43-47
- 4) 濱本俊策・吉松定昭, 1984: 渦鞭毛藻類 *Dinophyceae* 2種のキジハタ *Epinephelus akaara* (TEMMINCK et SCHLEGEL) 仔魚への投餌効果 (予報), 香水試試報, 21, 63-72
- 5) 広島県水産試験場, 1987: 種苗生産研究 (キジハタ), 広島水試事報, 昭和61年度, 12-13
- 6) 萱野泰久・尾田 正, 1987: 自然発生した珪藻類によるキジハタ種苗生産の試み, 岡山水試報, 2, 56-61
- 7) ———, 1988: 珪藻添加海水によるキジハタ種苗生産, 同誌, 3, 64-70
- 8) 代田昭彦, 1970: 魚類稚仔期の口径に関する研究, 日本誌, 36, 353-368
- 9) ———, 1975: 水産餌料生物学, 恒星社厚生閣版, 514pp

- 10) 日本栽培漁業協会, 1985: キジハタ, 日本栽培漁業協会事業年報, 昭和59年度, 170-174
- 11) 塚島康生・吉田範秋・北島 力・松村靖治・Clayton L. Besch III, 1983: 小型シオミズツボワムシを用いたシロギスの種苗生産, 水産増殖, 30, 202-210
- 12) 代田昭彦, 1978 a: 魚類稚仔期の口径に関する研究 - II 上顎長の魚種による特性, 日水誌, 44, 1171-1177

- 13) ———, 1978 b: ——— - III 魚類の上顎比曲線と形態的・生態的变化, 同誌, 44, 1179-1182
- 14) 福原 修・伏見 徹, 1987: キジハタ幼期の発育段階の区分と初生鱗の形成, 昭和62年度日本水産学会春季大会講演要旨集

付表1 口器測定結果

全長範囲 (mm)	調査尾数 (尾)	TL^{*1} (mm)	UJL^{*2} (mm)	d^{*3} (mm)	MBL^{*2} (mm)
以上 未満					
1.6~1.9	30	1.7	—	—	—
2.0~2.5	30	2.2	0.174 ± 0.0222	0.246	0.201 ± 0.0221
2.5~3.0	18	2.6	0.248 ± 0.0440	0.351	0.252 ± 0.0303
3.0~3.5	10	3.3	0.383 ± 0.0462	0.542	0.312 ± 0.0301
3.5~4.0	10	3.6	0.425 ± 0.0237	0.601	0.350 ± 0.0394
4.0~4.5	3	4.4	0.530 ± 0.0436	0.750	0.433 ± 0.0289
4.5~5.0	0	—	—	—	—
5.0~5.5	3	5.2	0.710 ± 0.0436	1.004	0.527 ± 0.0462
5.5~6.0	8	5.7	0.760 ± 0.0366	1.075	0.573 ± 0.0618
6.0~7.0	9	6.4	0.865 ± 0.0385	1.223	0.661 ± 0.0744
7.0~8.0	6	7.7	1.042 ± 0.0465	1.474	0.757 ± 0.0708
8.0~9.0	8	8.6	1.175 ± 0.0845	1.662	0.878 ± 0.0839
9.0~10.0	12	9.4	1.333 ± 0.1135	1.885	0.994 ± 0.0650
10.0~11.0	11	10.4	1.484 ± 0.1185	2.099	1.127 ± 0.1069
11.0~12.0	18	11.5	1.618 ± 0.1347	2.288	1.274 ± 0.1211
12.0~13.0	18	12.4	1.742 ± 0.1490	2.464	1.408 ± 0.1416
13.0~14.0	10	13.5	1.870 ± 0.1433	2.645	1.517 ± 0.1125
14.0~15.0	13	14.3	1.979 ± 0.1541	2.799	1.546 ± 0.1454
15.0~16.0	6	15.4	2.045 ± 0.2842	2.892	1.620 ± 0.1430
16.0~17.0	3	16.5	2.183 ± 0.2005	3.087	1.875 ± 0.1768
17.0~18.0	5	17.7	2.538 ± 0.1256	3.589	2.013 ± 0.1244
18.0~19.0	0	—	—	—	—
19.0~20.0	3	19.7	2.667 ± 0.1155	3.772	2.142 ± 0.1283
20.0~22.0	6	20.9	3.008 ± 0.2072	4.254	2.225 ± 0.1000
22.0~24.0	16	23.1	3.202 ± 0.1993	4.528	2.377 ± 0.2301
24.0~26.0	19	24.7	3.488 ± 0.1993	4.933	2.538 ± 0.1758
26.0~28.0	8	26.8	3.709 ± 0.2129	5.245	2.924 ± 0.7013
28.0~30.0	4	28.4	3.888 ± 0.2817	5.498	3.188 ± 0.2652

*1 平均値

*2 平均値 ± 標準偏差

*3 $\sqrt{2} \times UJL$