超高速船（ジェットフォイル）操縦者の見張りについて

甲斐 繁利*・橋本 進*・古荘 雅生**

A Lookout of the Pilot of a Highspeed Vessel (JET-FOIL)

Shigetoshi KAI, Susumu HASHIMOTO and Masao FURUSHO

Abstract

On board a JET-FOIL the pilot keeps watch sitting on a fixed seat while steering the ship.

We have taken the measurement of the pilot's head-rotatory angle, head-rotatory speed and eye-movement speed with his head fixed forward when he is on watch by using an EYE-POINTER.

The result obtained are as follows;

- (1) The eye-movement speed of the pilot on foil-born is faster than that on hull-born.
- (2) The head-rotatory speed of the pilot on hull-born is faster than that on foil-born. And the head-rotatory speed toward the right tends to be faster than that toward left.

1. ま え が き

ジェットフォイル操縦者は固定操縦席に座り見張りと同時に操舵輪を握り操船を行っている。前回⁽¹⁾は操縦者が固定操縦席で正面を注視しているときの眼球運動について報告したが、今回、前回の実験データに頭部の運動も加えた解析を試み、今後の実験の指標にすべく検討を行い、若干の知見を得たので報告する。

2. 実験の概要及び解析方法

2.1 実験の概要

実験データは前回⁽¹⁾報告したものを使用したので、概要は簡単に述べる。

実験は平成2年（1990年）7月28日（土）及び7月29日（日）の両日、関西汽船（株）所属のJET-8（ボーイング社製）を使用し、大阪～高松間航路を航行中に行った。

被験者はH船長とM船長の2名で、両船長とも矯正視力は1.0以上で眼科的疾患はない。ジェットフォイル船長経験はHが2年1ヶ月、Mが1年8ヶ月である。年齢はH41才、M39才である。

実験にはNHK放送技術研究所が開発した強膜反射方式のアイポインターを使用した。図1は本装置の検出部であるが、これを頭部に固定して眼球の動きを検出する。装置の上部に小型CCDカメラが取り付けられており、操縦者の向いている方向の状況を録画するようになっている。

装置の検出範囲は上下左右±20度で、データのサンプリング間隔は33 msecである。

2.2 解析方法

実験データを表1のように航行水域別に分類した。

図1 眼球運動検出センサー

* 正会員 東京商船大学（〒135 東京都江東区越中島2-1-6）

** 正会員 運輸省航海訓練所（〒100 東京都千代田区霞が関2-1-3）

表1 航行水域による分類

航行水域	速 力	選定した航行水域	
		H	M
港 内	12knot	大阪港：入港時	大阪港：出港時
広い水域	43knot	小豆島・風ノ子島沖：西行	小豆島・地藏崎沖：西行
狭い水域	43knot	明石海峡航路：東行	明石海峡航路：西行

頭部の運動を含めた見張りの状態の解析を行うためデータ数を5400とし、約3分間(33 msec×5400=178.2sec)の操縦者の頭部回旋角、頭部回旋速度及び正面を向いているときの眼球移動速度を求めて各水域毎に解析を行った。

2.2.1 頭部回旋角

正確に検出する装置がなかったため、小型CCDカメラの画面中央に映ったコックピット前面の窓枠等の位置と、コックピット平面図とを比較して回旋角度を算出した。読みとり角度は5度単位が限界であったため、ある程度の誤差が含まれるのはやむを得ない。

2.2.2 頭部回旋速度

小型CCDカメラの画像にはその時のデータ番号と視線のXY座標での位置、眼球移動速度及び視線の軌跡をインポーズ(同時表示)してある。したがって画像のデータ番号を読みとることによって頭部回旋速度を求めることができる。本解析では頭部の正面から左右への動きを回旋速度とし、左右から正面への動きを復帰速度として区別した。

2.2.3 眼球移動速度

眼球移動速度は33 msec 毎の視線の移動位置から算出されるので、本解析では各場面で操縦者が正面を向き頭部を静止しているときの最高値を抽出し比較した。これは各データに大きな眼球移動速度が少なく、単純に平均化したのでは比較しにくいと、視線の位置が検出範囲外にあると実際より低い平均値となるためである。

3. 結果と検討

図2～図7に周囲の状況と各操縦者の頭部回旋角、頭部回旋速度及び眼球移動速度を示す。

頭部回旋角は横軸に経過時間を、縦軸の上方向が右側、下方向が左側を示す。太線は計器を見ている状態を示している。また欄外に周囲の状況を示しているが、これは小型CCDカメラの画像及び録音された周囲の状況説明の中から、操縦者の見張りに直接影響を与えたものを抽出したものである。他船の方位や距離等のデータは正確な値が採取できなかったため、この点については言及できなかった。

表2 頭部回旋速度

被験者	方 向	港 内			広 い 水 域			狭 い 水 域		
		Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean
H	右	272.7 281.4	20.2 14.0	63.7 54.3	111.1 68.9	17.7 10.8	44.9 37.2	134.7 75.8	20.8 7.9	60.2 42.5
	左	56.8 86.6	37.9 36.7	44.4 45.5	64.9 75.8	15.2 10.8	30.6 42.5	111.6 141.4	22.3 11.7	61.7 71.4
M	右	106.1 55.1	12.6 16.0	49.7 40.0	134.7 129.9	16.8 14.4	45.2 52.1	71.3 80.8	14.2 10.5	47.5 44.1
	左	70.7 121.2	21.7 72.3	55.6 72.3	75.8 82.6	14.4 16.0	39.4 38.0	108.2 134.7	7.3 6.6	42.8 56.4

(注：上段は回旋速度、下段は復帰速度を示す。単位は deg/sec)

表3 正面見張り時の眼球移動速度

	港 内		広い水域		狭い水域	
	Max.	Mean	Max.	Mean	Max.	Mean
H	456.9	210.2	616.4	225.3	496.9	209.5
M	683.0	402.3	854.7	478.4	696.9	297.0

(注：単位はdeg/sec)

図2 Hの港内における見張り

図3 Mの港内における見張り

図4 Hの広い水域における見張り

図5 Mの広い水域における見張り

図6 Hの狭い水域における見張り

図7 Mの狭い水域における見張り

5400（処理番号—H：2100～7500，M：16000～21400），採取時間はともに178.2 sec（ $=33 \text{ msec} \times 5400$ ）である。Hの回旋範囲は右55度から左75度である。右舷側には航行船舶等はないが何度も右側を見ているのは，島の陰から現れるかもしれない他船を見張ると同時に島影などを利用して船位の確認をしていたのであろうとビデオ画面からうかがえた。

Mの回旋範囲は右60度から左30度である。Hに比べ頭部の回旋角は小さく小刻みである。

計器の監視はHが主にレーダーを2～7秒間計7回見ており，Mは計器全般を1.5秒と3秒の2回見ていた。

頭部回旋速度は表2に示したが，図3及び図4から明らかなように両操縦者ともあまり大きな値はなくほとんど100 deg/secに達していない。また平均値を見ると広い水域のものは港内のものより小さい値となっている。

眼球移動速度を表3に示す。図4及び図5からもMの眼球移動速度がHに比べて速いことがわかる。

両者の見張りの状況をみるとHは頭部を回旋させて周囲の見張りを行っているのに対し，Mは正面を向いたまま視線を素早く移動させて進路方向を見張り，時折左右に頭を回旋させて周囲を見張っていることがわかる。

3.3 翼走中の狭い水域

図6はHの狭い水域における見張りの状況，図7はMの狭い水域における見張りの状況である。データ数は各5400（処理番号—H：10000～15400，M：2500～7900），採取時間はともに178.2 sec（ $=33 \text{ msec} \times 5400$ ）である。

Hの頭部回旋範囲は右80度から左80度で，同航船の追い越しを確認する場合及び反対舷を確認する場合に大きく動かしているが，その他の場合は40度付近が多い。また同航船を追い越す場合，何度もその方向を向いて追い越し完了を確認していることがビデオ画面からも確認できた。Mの頭部回旋範囲は右80度から左80度で，Hと同様に同航船（フェリー）を追い越す場合にかなり頻繁にその方向に頭を動かしていることがわかる。

計器の監視はHが主にレーダーを4秒程度で計3回見ていたが，Mはコンパスを1.5秒程度で計3回見ていた。

各操縦者の頭部回旋速度を表2に示す。図6及び図7を見るとHもMも同航船を追い越す際に頻繁に頭を動かすためか100 deg/sec程度の値となっている。また急に反対舷へ頭を動かす場合に速くなるようである。

眼球移動速度の最高値等を表3に示す。最高値は港内の場合と同様に，Mの値がHに比べ大きくなっている。Hの最高眼球移動速度は，496.9 deg/sec，Mは696.9 deg/secである。また，短い間隔で左右に頭を動かしている場合には正面を見張る眼球移動速度は遅くなる傾向がある。

4. 考 察

4.1 頭部回旋速度と復帰速度

図2から図7の頭部回旋速度をみると，右方向は復帰速度よりも回旋速度が速く，左方向は回旋速度より復帰速度が速い傾向がみられる。表2における回旋速度の平均値からも広い水域のMを除いて，このことが確認できる。断定はできないが，理由の一つにコックピット内の操縦席は中央から右舷側に設置されていることから右舷側の視野が広く見やすいことがあるのではないかとと思われる。操縦席の位置が回旋速度に関係するのであれば，回旋速度が見やすさの指標になり，コックピットの設計等の参考になるのではないかとと思われる。

つぎに回旋速度を水域別にみると，港内のものは広い水域及び狭い水域のものに比べて大きい値となっており，艇走中の操縦者は翼走中に比べて頭を素早く回旋させて見張りを行っていることがわかる。

4.2 正面見張り時の眼球移動速度

表3をみると正面を見張るときの眼球移動速度は，港内艇走中よりも広い水域を翼走中の方が速く，素早く視線を移動させていることがわかる。

これは，広い水域を翼走中の操縦者は障害物等による失速の危険を防ぐため進路前方の海面に視線を集中させているので，操縦者は正面を向いたまま視線の移動のみで周囲を見張ることとなるためと思われる。また，港内艇走中の場合は船速が一般船並みになるため翼走中に比べ広い範囲を見張る余裕ができること，また必要があれば頭部を回旋させてその方向を見張ることができることなどから眼球移動速度が翼走中に比べて遅いのではないかとと思われる。

狭い水域を翼走中の場合，Hは港内艇走中のものとはほぼ同じ値となっているが，Mの平均移動速度は港内艇走中のものよりも小さい値となっている。図6，図7の頭部回旋角をみると，同航船を追い越すような場合にたびたび正面を向いているが，この時の眼球移動速度は遅くなっている。このことからMの場合はもっぱら同航船に

図8 各操縦者の見張りの状況(178.2secでの時間割合)

4.3 見張りの時間割合

図8は3分間の見張りの状態を時間の割合で示したものである。HとMで差があるが、正面の見張りは、Hが50～60%、Mは70～80%となっている。左右舷の見張りはHの場合、右舷の割合が多く約20%であるが、Mの場合にはばらつきがあり周囲の状況によるものと思われる。計器を監視している割合は、どちらも港内では約10%ほどの割合となっているが、広い水域を翼走中の場合には周囲の状況によるのかHは16%、Mは4%であった。狭い水域を翼走中の場合には両操縦者とも他の水域に比べて少なく、Hが7%、Mが3%であった。また1回の計器監視に要する時間はHの場合3秒前後が多くMの場合は1秒～2秒である。Hはレーダーの監視が多かったがMは主にコンパスを見ていた。

4.4 頭部回旋角と眼球移動速度

各水域での両者の見張りの状況を見ると、Hの場合頭部回旋角は大きいが見球移動速度は遅く、Mの場合は逆に頭部回旋角は小さいが見球移動速度は速い傾向が見られ、見張り時における頭部回旋角と眼球移動速度の関係については少なくとも二つのタイプがあることが考えられる。しかし、頭部を頻繁に大きく回旋させている場合は両者とも眼球移動速度が遅くなっていることから、正面を見張っているときの頭部回旋角が大きいときは眼球移動速度が遅く、頭部回旋角が小さいときは眼球移動速度が速い傾向があるのではないと思われる。

通常の見張り時における二つのタイプの相違が何に起因するかは現段階では明らかにすることはできなかったが、更に実験を重ねたうえで、年齢、経験、あるいは個人的資質によるものなのか等を検討する必要がある。

4.5 他船との関係

頭部回旋角からみると、操縦者の注目の度合いは対象船舶によって差がみられる。追い越す船舶や航過する船舶の場合にはその方向を何度も見ていることが確認できるが、横切り船や反航船の場合には一、二度流し見る程度であった。これは他船を追い越す場合には完全に追い越すまで注意しているが、横切り船や反航船の場合には早い時期にそれらの船舶が危険かどうか判断しており、あとはその動静を時々見ているためではないと思われる。

5. ま と め

以上をまとめると次のとおりである。

- (1) 頭部の最大回旋角は左右ともに約80度である。このような大きな頭部回旋角が現れるのは、同航船の追越しを確認するとき及び存在する船舶・障害物等を見る舷とは反対の舷を見張るときである。
- (2) 頭部回旋速度はほとんどの場合100 deg/sec 以下である。しかし、頭部を頻繁に回旋させる場合はこれを超えるときがある。また、艇走中は翼走中に比べて回旋速度が速く、頭部を右に回旋するときに左よりも大きい傾向がみられる。
- (3) 正面を見ているときの眼球移動速度は翼走中が艇走中よりも速い。
- (4) 頭部回旋角が大きいときは眼球移動速度が遅く、頭部回旋角が小さいときは眼球移動速度が速い傾向がみられるが、頭部回旋角と眼球移動速度の関係については個人差があり一概にはいえない。
- (5) 操縦者の視線が集中するのは同航船・漁船・ヨット等が顕著であり、横切り船・反航船については流し見る程度であることが見受けられる。

6. お わ り に

高速船操縦者の頭の動きも含めた見張り全般について検討し、見張り時における目の動き、頭の動きについて概況を知ることができた。また、高速船操縦者の眼球運動の測定としては初めての実験であり若干不備な点もあったが、これからの研究にあたっての指標を得ることができた。今回の反省点をふまえ、更に実験を続けて高速船操縦者の見張りの形態を明らかにしたい。

本研究を遂行するにあたり、東京医科大学松尾治巨名誉教授、太田安雄教授、友永正昭助教授及び慶応大学福田忠彦教授並びにNHK放送技術研究所森田寿哉氏、比留間伸行氏の絶大なる御助言、御協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 古莊雅生, 甲斐繁利, 橋本 進: 視線の動きからみた高速船（ジェットフォイル）操縦者の見張りについて, 日本航海学会論文集第85号, pp. 51~62, 1991. 9 月

質 疑 応 答

原 潔(神戸商船大学): 高速船の見張り作業の出力(頭部の旋回等)を詳細に分析されていますが、操船者への入力(刺激)も同程度の精度で分析が必要ではないでしょうか。

甲斐繁利: 今回の入力元はアイポインターによる眼球運動データ, 小型CCDカメラからの映像及び音声による周囲の状況説明であり, 図の上部欄外に示しましたが, ご指摘のとおり他船との距離や正確な見合い関係などについては触れていません。今後の実験の際には入力側も詳細に取り込んでいきたいと考えています。