

# 船長の目を通してARを見る

ヴィットリオ・リップペイ

複雑な海洋環境においてユーザーのニーズを満たすために、ハイエンド・システムに必要な機能が研究によって判明した。

世界経済の柱である、約12万隻の世界商船隊は、拡張現実（AR）ナビゲーション技術を開発する上で非常に興味深い市場である。米海軍によれば、AR技術は「水上戦作戦というこれまで以上に複雑な領域において必要不可欠である」<sup>(1)</sup>。

ARの役割は、コンピュータでデータを収集、縮小、加工して付加的な視覚情報を取得し、その情報をユーザーの現実の環境と関連づけて、ユーザーが理解しやすい形式に加工し、提示することである。この際、コンピュータで処理した情報は、それに対応する現実の環境で提示される必要がある。

ユーザーの視野（FOV）に重ね合わされた「仮想」要素は、実在する対象物の実際の特徴を表している。仮想現

実（VR）では、対象物は実在しない。一方、ARでは、関心のある実在する対象物の側面や特徴が認識可能であり、具体的には、通常では認識できないもの、対象物の方向から目をそらすと認識できるもの、あるいは全く認識できないものなどが挙げられる。

ARの重要な機能は、赤外線（IR）やレーダー帯域など、人間がアクセスできない波長で動作するセンサからの情報を視覚的に提示することである。

拡張現実は、当直航海士（OOW）にも重要な利点をもたらす。ARは、浅瀬や視界不良の状況下で航路情報を提供して、安全性を高める。ARは、単一のシステムで、自社の船舶および関連するすべての船舶についての包括的な情報一式を提供して、シチュエーシ

ョンアウェアネス（状況認識：SA）を向上させる。航海士の頭の中のイメージが現実と一致するほど、SAが向上する。SAとは、船舶の周囲環境における関連実体の知識、その実体の意味の理解、近い将来におけるその実体の展開、と定義される。単一かつ便利なユーザーインターフェースに情報を集約することにより、ARは認知的および身体的ストレスと人為的ミスの可能性を軽減させる。人為的ミスは、海難事故の75%から96%以上の原因となっており、主に衝突や座礁が挙げられる。

現在市販のさらに高度なARナビゲーションシステム2点、古野電気製「Envision」およびフィンランドのグローク社製「As-Pro」は、基本的にモノスコピック映像である。広視野CCTV

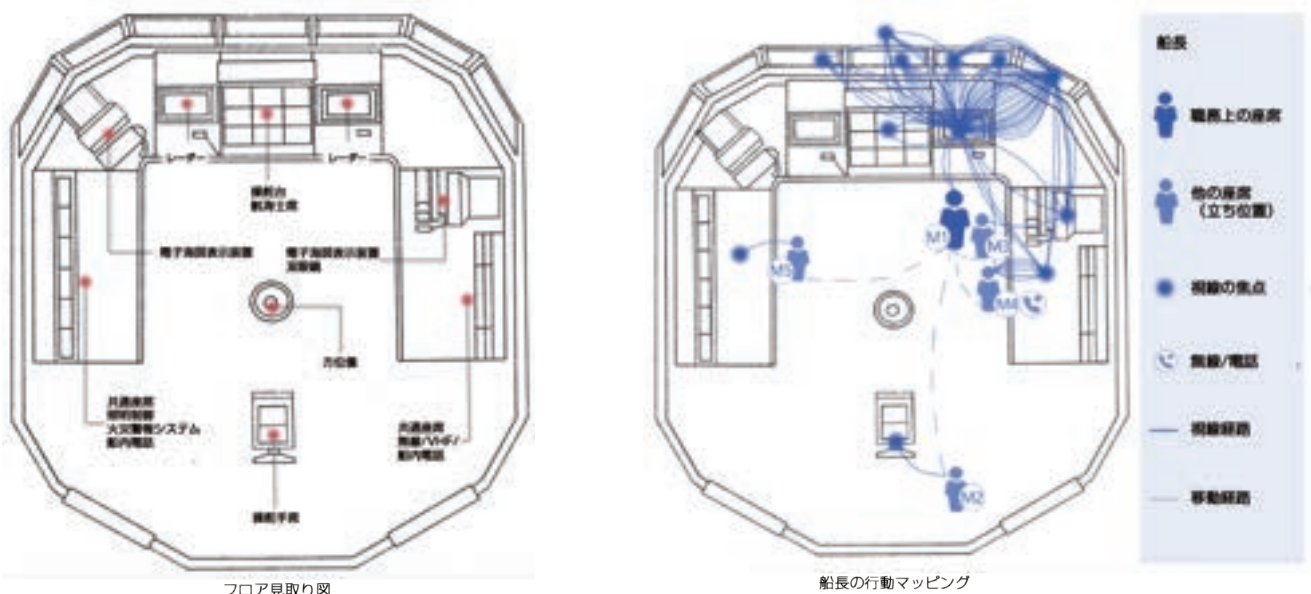


図1 フロア見取り図(左)と船長の行動マッピング(右) (画像提供:F・ゴウ氏ら<sup>(2)</sup>)。

カメラが船上の有利な位置から海面を監視し、その映像をブリッジのダッシュボードに送信する。ダッシュボードでは、他のセンサから収集された情報が処理され、関連付けられ、航海士に表示される。両システムには、さらに暗視用のIRカメラ1台も搭載されている。

### 船舶ナビゲーションの特異性

船舶ナビゲーションの特異性は、船長がブリッジを歩き回りながら、ヘッドアップ(見上げる:HUP)動作とヘッドダウン(見下ろす:HD)動作を繰り返して、船舶の状況を頭の中でイメージするという点にある(図1)<sup>(2)</sup>。この業務習慣は、紀元前4世紀にさかのぼり、フェニキア人がペルシアのギリシャ侵攻を円滑に進めるために最初の海図を作成した際に始まった。現代は、このフェニキア海図を原型とした現代の電子海図表示装置(ECDIS)を使用しており、船長が監視に費やす時間の割合は、HUPとHDの動作が半々である<sup>(1)</sup>。その結果、ブリッジで最も参照されるインタフェースとなっている。

また、多くの現代のブリッジでは複数の画面を参照する必要があるが、上述のモノスコピックシステムでは、情報が1つの画面に集約されているため、複数画面を確認する必要がなく、認知負荷を軽減できるという点で大きな進歩を遂げた。ただし当直航海士は、海面で視認したものと画面上の詳細情報を照合する際に、画面に前かがみになる必要がある点が、いまだ課題である。

### ヘッドマウントディスプレイAR

ブリッジには、海上での船舶の安全運航を確保するために、センサ情報や指令が集約される。海軍によると、これらのデータはヘッドマウントディスプレイ



図2 SEDNAプロジェクトで開発された拡張現実(AR)情報コンポーネント(画像提供:K・ノルビー教授、OICL所属)



図3 ファン・ベーク氏がARテストを実施したプラットフォームの供給船「Energy Duchess」(画像提供:ノルウェーのゴールデンエナジオフショア社(Golden Energy Offshore))

プレイ(HMD)のARを使用すると「一元化」できると言う<sup>(3)</sup>。

- ・HMDを使用すると、HUPとHDの動作が不要になり、その分、肉体疲労が軽減する。両手でダッシュボードを操作する必要がなくなり、例えば操縦中や帆船での作業中などに、手元が空くようになる。

- ・HMDを使用すると、スマート設計システムの一環として、外の海を見て視認できるものや、障害物、悪天候、その他の悪条件(対象物が不明瞭になったり、覆い隠されたりするケース)が原因でうまく視認できないものを、即時にデータとして関連付けることが可能になる。また、HMDを使用すると、重要な場面で立体視することも可能である。具体的には、対象物の距離、寸法、正確な性質を

適切に判断する必要がある場面、あるいは港湾水域などが挙げられる。

- ・ブリッジ上のすべての士官にHMDを装着させ、それぞれの座席(立ち位置)に同じ内容の情報を提供することにより、チーム状況認識(TSA)が向上し、誤解を防止できる。軍事的場面では、この新たな業務週間によって、イメージモデルの共有化も向上する。

安全な航行のためには、船種に応じて複数ベンダーのブリッジインタフェースで通常アクセス可能な情報一式を、完全かつ円滑に表示するシステム設計が必要である。この情報は、主要情報と副次情報に分類される。

一次情報は常に表示されるものであり、これには自船の軌跡と速度、自船がECDISに入力された航路計画に基



図4 船舶ブリッジに表示されたARナビゲーションの詳細情報を重ね合わせた図(画像提供: OICL)



図5 研究者のジョン・ファウスク氏(Jon Fauske)は、北極の明るい状況下で、日除けスクリーン付きの「HoloLens 2」を使用してARナビゲーションの実験を行った(画像提供: OICL)

づいているか否かなどの情報が挙げられる。船舶が航海を終え航路を離れると、それぞれの頭標を有する浮標と航路がさらに報告される。2021年、イバリー大(University of Bari)のラエラ氏とその研究チームは、既存の11種類のARシステムを調査した。その結果、コース、コンパス、船速、地理座標が基本的な情報として継続的に報告されていることを確認した。

二次情報は、航海士の要請に応じて、またはプログラムが緊急と判断した場

合に入手できる。この情報には、AIS<sup>(2)</sup>やレーダプロッターから取得した周辺海域の他の船舶の詳細、地図上の特定地点(POI)、浅瀬、難破船、がれき、海水情報とその整合性、といった情報が挙げられる。

一次および二次の両情報を統合するのは、IMO(国際海事機関)の海上における衝突の予防のための国際規則に関する条約(Collision Avoidance Regulations: COLREGS)に準拠していない可能性があることを警告するシステム

であり、他船の最接近距離(PCA)と最接近時間(TPCA)をそれぞれの詳細情報とともに表示する。

HMDには、提示する情報の詳細を鮮明に認識できるように、高精度な色とコントラスト、および高解像度で画像処理されることが求められる。航海士が読み取る情報には、適切な輝度による主観的な明るさと視認性の高さが必要であり、航海士が認識できる時間にも影響を与える。HMDには、航海士に注意喚起するために、得られた情報を基に視覚情報を出力することが求められる。具体的には、海域(浅瀬など)を示す色の変化を表示したり、対象物に関連する状況が登録されている場合にはその対象物に丸印、タグ、仮想ライン、注意ファネルを表示したりすることが挙げられる。また、輝度や点滅、透明度の変化を利用すると、強制的にではなく、しかし非常に効果的に航海士へ注意喚起することができる。

## 表示形式の標準化

ノルウェーのオスロ建築学校(Oslo School of Architecture)のOcean Industries Concept Lab(OICL)の研究者たちは、AR空間の情報を混乱や重複なく適切に表示するために、5つのオブジェクトからなる基準事項を提案した(図2、図3)。

1. アプリの表示は、ECDISや周辺の船舶交通情報など、アプリケーション全体を表示すること。
2. ウィジェットの表示は、アプリケーションの一部のみ(例:コンパスの読み取り値や風速など)を表示すること。
3. 注釈は、船舶やその他のPOIなどの対象物に関する情報を提供すること。
4. 海洋オーバーレイは、計画航路や

回避ゾーンのように、マッチング領域や参照地点の情報を視覚化すること。

5. ARマップは、海域ビューの上部に表示され、詳細情報(例:付近の船舶の位置、方位、速度や、センサによってマッピングされた周囲の海水状況など)を報告すること。

HMDはさらに、海面やブリッジ内の頻繁な輝度変化に確実に適応させる必要があり、同時に海面からの反射によるグレアの問題も克服しなければならない。HMDは上述の規定に従って、夜間の暗闇や霧、雨、雪などの視界不良の場合に、輝度を効率的に調整できなければならない。

現在、船舶の安全運航に要求される、TLR9(実運用レベルの技術度)の達成を目指し、既存HMDおよびその改良の研究が進められている。

## 研究室と海上でのHMD

ノルウェーのベルゲン大(University of Bergen)では、大学院研究員のアベル・ファン・ベーク氏(Abel van Beek)が、ARナビゲーションプログラム「Sjor(海)」を設計した。同プログラムでは、「HoloLens 2」を使用して、さまざまな開発段階で船員の協力のもと、テストが実施された。2020年から2021年にかけて同研究プログラムに参加した船舶は、プラットフォームの供給船(Energy Duchess: 図4)、フェリー、12mの帆船の3隻であった。ファン・ベーク氏は自身の経験を要約し、「船舶のブリッジでHoloLens 2を使用すること、つまり船舶のブリッジで外部環境にさらされたり、密閉されたりすることは、現状では困難である」と述べている。

ファン・ベーク氏が指摘した主要な問

題点としては、防水性の欠如、安定性の制限、明るい環境での視認性の低下、船の傾きによるグラフィック画像のずれ、GPSの不正確さ、視野の制限などが挙げられる。同氏は、「一般的なAR技術(HoloLens 2を含む)は、そのような同様の制限を受けない、特定用途に特化したARデバイスに移行するだろう」と、結論付けている。

一方、EUの資金提供によるプロジェクト「Safe Maritime Operations under Extreme Conditions - The Arctic Cas(SEDNA: 極限条件下での安全な海上運航-北極の事例)」においては、ノルウェーのOcean Industries Concept Lab(OICL)の研究者らは、米マイクロソフト社製「HoloLens 2」、米メタ社製「Meta2」、台湾HTC社製「Vive Cosmos」を使用して、北極圏での運航における砕氷船支援のためのARコンセプト技術をテストした<sup>(3)</sup>。同テストは、2018年から2020年にかけて、乗組員の協力のもと、スウェーデンのチャルマース工科大(Chalmers University)のシミュレータ上、ノルウェー沿岸警備船による14日間の航海中(東グリーンランド海上)、スウェーデンの砕氷船上(バルト海上)の3拠点で実施された。

同プログラムでの主要な問題点は、北極の氷に光が反射し、HMDのグラフィック画像がほぼ完全に消えてしまう

ことだった。そのため同チームは、HoloLens 2を使用した研究を成功させるために、着色フィルムフィルターを適応する必要があった(図5)。

OICLは現在さらに、「OpenBridge」と「Open AR」というプロジェクトを進めている。同研究チームを率いるケティル・ノルビー教授(Kjetil Nordby)は、HMDについて次のように述べている。「問題点としては、波の補正や、ブリッジのアーチ窓での光の反射が挙げられる。HoloLensには移動プラットフォームモードがあるが、それが問題を解決できるかは、まだ完全に確信しているわけではない」。

「監視などの補助的な用途でGoogleが普及すると、当面は日除けスクリーンが最も重要になると考えている」と、ノルビー教授は説明する。同チームは現在、「Magic Leap 2」というARデバイスを使用して研究している。海上用途の既存のHMD技術について、同教授は次のように補足する。「『Apple Vision』のような、次世代のパススルー機能を備えたGoogleに興味がある。現状では、HMDの海上専用版か、少なくとも改良版を提案したい」。

海上用途に特別に設計したHMDを製造すれば、おそらく商船にARナビゲーションシステムが加速的に導入されるようになり、製品、乗組員、乗客の安全性が向上するだろう。

## 参考文献

- (1) See <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1147715.pdf>.
- (2) F. Guo et al. "Towards an ergonomic interface in ship bridges: Identification of the design criteria," International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics [AHFE] 2022, New York, USA, 24-28 [July 2022]; <http://doi.org/10.54941/ahfe1001609>.
- (3) S. Frydenberg, K. Aylward, K. Nordby, and J. O. H. Eikenes, J. Mar. Sci. Eng., 9, 996 (2021); <https://doi.org/10.3390/jmse909099>.

## 著者紹介

ヴィットリオ・リッパイ(Vittorio Lippay)は、は2018年より物理学会の会員であり、2012年より特許船舶仲立人協会(ロンドン支部)の会員。e-mail: [vlippay@physics.org](mailto:vlippay@physics.org)