

# 船用衛星通信におけるブロッキングの通知・予測機能の開発

## Development of Notification / Prediction Function of Blocking in Maritime Satellite Communication

三野 秀樹      安藤 勝規      八木 佑輔  
Hideki Mino      Katsunori Ando      Yusuke Yagi

### 要 旨

船用衛星通信において、航行中の船舶の位置や進行方向により、アンテナと衛星との間に船上構造物が入ることで生じるブロッキングにより通信が途絶する場合がある。当社製インマルサットFBおよびインマルサットGXの衛星通信装置にはブロッキング状態を通知する機能が備わっていたが、ブロッキングチャートの作成の難しさや通知の視認性の低さに対し改善が求められていた。この要求を受け、永年にわたり培ってきた衛星通信技術および航海支援装置に係るノウハウを生かし、ブロッキングチャートの正確かつ簡単な作成手法、ブロッキング発生を既設のECDIS／レーダで通知する機能、および今後のブロッキング発生を予測する機能を開発した。

### Abstract

In maritime satellite communication, depending on the position and heading of the ship, communication may be interrupted due to blocking caused by the presence of an onboard structure between the antenna and the satellite. Our Inmarsat FB and Inmarsat GX satellite communication equipment had a function to notify the blocking condition, but improvements were required for the difficulty of creating a blocking chart and the low visibility of the notification. In response to this requirement, JRC has developed an accurate and simple method of creating blocking charts, a function to notify the occurrence of blocking with the existing ECDIS / radar, and a function to predict the occurrence of future blocking, by utilizing the know-how related to satellite communication technology and navigation aids developed over many years.

### 1. まえがき

船舶における遠距離通信の主な手段は衛星通信であり、船舶管理および遠隔操船・自律操船への取り組みにとまない、衛星通信の重要性が従来以上に高まっている。船用衛星通信では、アンテナと衛星との間に船上構造物が入ることにより電波伝搬が遮られるブロッキングを生じ、通信が途絶する場合があるが、通信途絶が生じた際、その原因がブロッキングか否かを判断することが困難であった。このような状況の下、通信途絶の原因を見極めるため、ブロッキングの発生状態を正確に把握する機能が求められていた。ブロッキングの発生状態を判定するためにはブロッキングチャートを正確に作成する必要があるが、従来、ブロッキングチャートの作成は熟練者の手作業に頼っており、属人性の高さが本機能の妨げとなっていた。

本稿では、当社が開発したブロッキングチャートの正確かつ簡単な作成手法、ブロッキング発生を既設のECDIS／レーダで通知する機能、および今後のブロッキング発生を予測する機能について述べる。

### 2. ブロッキングの概要

赤道上空の高度約36,000 kmに位置する静止衛星（以下、衛星）を介する通信（以下、衛星通信）では、受信信号が非常に弱いため、指向性が鋭い高利得のアンテナを必要とする。衛星通信アンテナは指向性が鋭いため、アンテナを常

に正確に衛星の方向を向ける必要があるが、図1に示すように、アンテナから衛星を見通す線上に船上構造物が存在すると、これが電波伝搬を妨げ、通信の途絶を引き起こす。この状態をブロッキングと呼び、船用衛星通信の大きな支障の要因となっている。

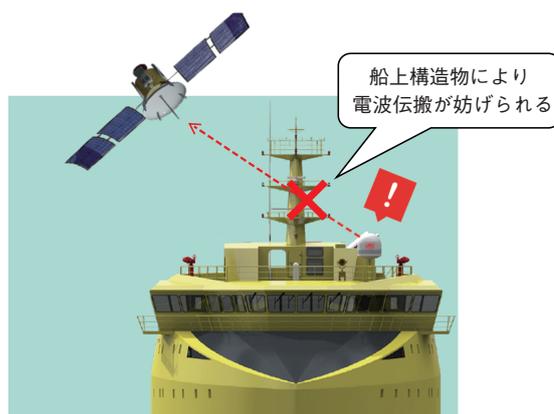


図1 ブロッキング発生のイメージ  
Fig.1 Image of blocking occurrence

衛星通信システムにおけるブロッキング発生の有無は、「船首方向に対する衛星の方位角・仰角」を求め、アンテナから衛星を見通す方向に船上構造物が存在するか否かを知ることにより判定することができる。

船上のアンテナから見た衛星の方位角 (Az) および仰角 (EL) は、以下の計算式 (1) (2) で求めることができる。

$$Az = \tan^{-1} \left[ \frac{\tan(\theta_s - \theta_t)}{-\sin \varphi_t} \right] - Hd \quad (1)$$

$$EL = \tan^{-1} \left[ \frac{\cos \varphi_t \cdot \cos(\theta_s - \theta_t) - \{R/(R + H)\}}{\sqrt{1 - \{\cos \varphi_t \cdot \cos(\theta_s - \theta_t)\}^2}} \right] \quad (2)$$

- 但し Az: アンテナの方位角 (船首方向を0° とする)  
 EL: アンテナの仰角 (水平を0° とする)  
 Hd: 船舶の船首方向 (真北を0° とする)  
 $\varphi_t$ : 船舶の緯度  
 $\theta_t$ : 船舶の経度  
 $\theta_s$ : 衛星の経度  
 R: 地球半径  
 H: 衛星高度

アンテナから見てどの方向に船上構造物があるかは、ブロッキングチャートを用いて判定する。ブロッキングチャートは、アンテナから見た全ての方位角内および仰角内に存在する船上構造物を示すもので、アンテナから見て仰角90° (天頂方向)を中心、仰角0° (水平方向)を外周ラインとし、この間の仰角内および0° ~ 360°の方位角内に存在する船上構造物を描画する。図2にブロッキングチャートの例を示す。図2の例では、仰角が概ね0° ~ 50°、方位角が概ね145° ~ 225°の範囲内に船上構造物が存在していることが示されている。

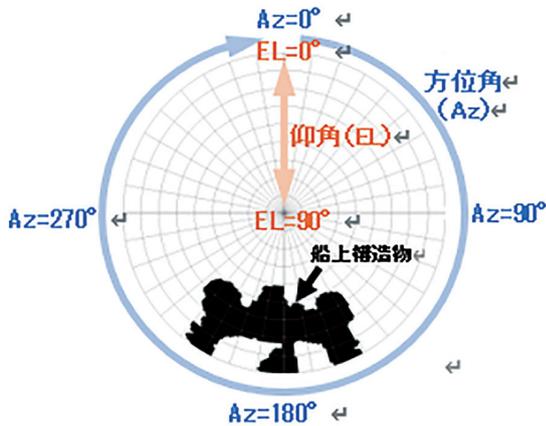


図2 ブロッキングチャートの例  
 Fig.2 Example of blocking chart

### 3. システム構成

本機能は、当社製のECDISおよびレーダのオプションであり、これらの装置を、ブリッジ内LANを経由して当社製のインマルサット移動地球局と接続することにより、本機能が有効となる。

本機能を有効化するシステムの構成を図3に示す。

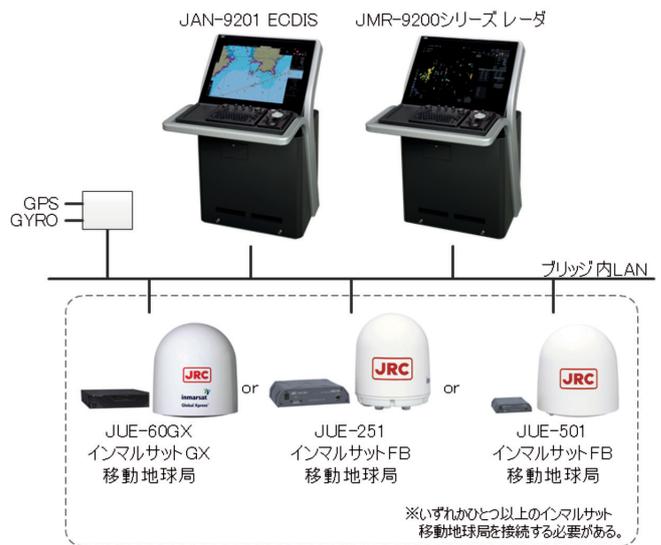


図3 本機能を有効化するシステムの構成  
 Fig.3 System configuration to enable this function

本機能を有効化するために必要な製品は以下のとおりである。

- ・ECDIS JAN-9201/7201
- ・レーダ JMR-9200/7200
- ・インマルサットGX移動地球局 JUE-60GX
- ・インマルサットFB移動地球局 JUE-251
- ・インマルサットFB移動地球局 JUE-501

### 4. ブロッキングチャート作成方法の開発

本機能を有効化するためには、前述のブロッキングチャートを正確に作成する必要がある。しかしながら、従来、ブロッキングチャートの作成は船体図をもとにした熟練者の手作業に頼っており、その属人性の高さが妨げとなっていた。当社は、この問題を解決するため、市販の360°カメラを活用して誰にでも容易にブロッキングチャートの作成を可能とする方法を開発した。

アンテナの位置に設置した360°カメラにより撮影した全方位の写真に画像処理を施すことにより、ブロッキングチャートを正確かつ簡単に作成することができる。

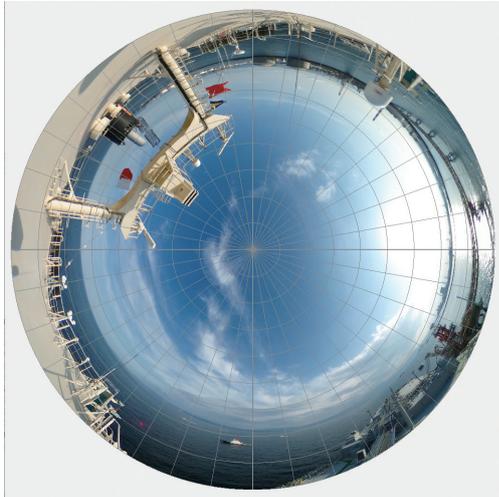
360°カメラは180°以上の視野角を持つ魚眼レンズ2個で構成され、シャッターを押すと2個のレンズが映像を捉え、360°の風景を瞬時に記録する。

図4に360°カメラの例を示す。

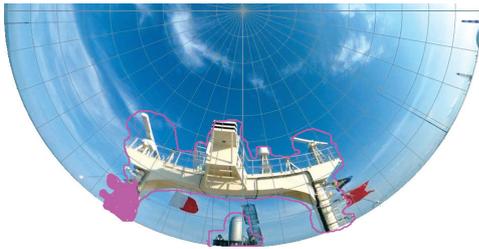


図4 360°カメラの例  
 Fig.4 Example of 360° camera

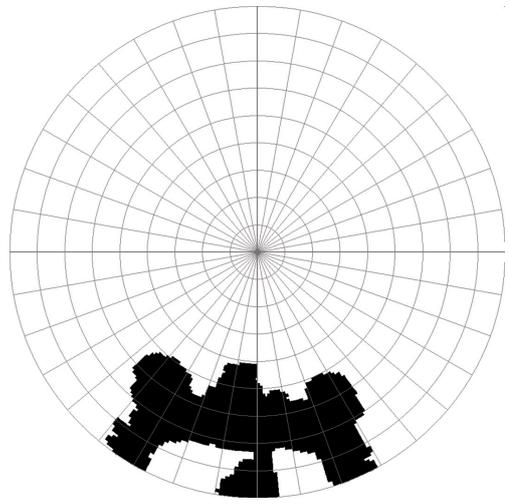
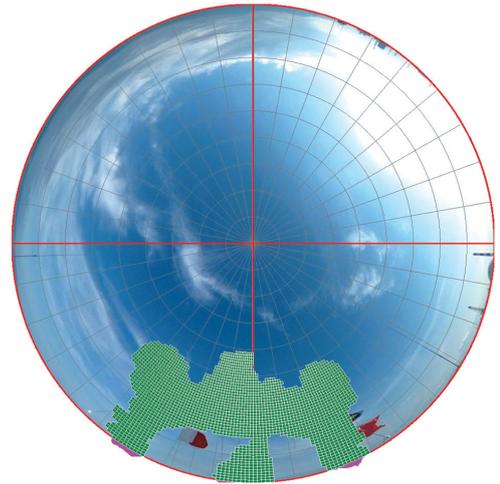
画像処理は当社が新たに開発した専用アプリケーションソフトが行い、「撮影した画像の補正」→「補正された画像内に存在する障害物の指定」→「障害物データの変換」の順で実行される。360°カメラにより撮影された画像からブロッキングチャートを作成する過程を図5に示す。



(1) 写真の補正(船首方向および水平面の傾きを補正)



(2) 障害物の指定



(3) データ変換

図5 ブロッキングチャートを作成する過程  
Fig.5 Process of creating a blocking chart

ブロッキングチャートを作成するうえで必要とされる測量には高い精度が必要とされる。市販の360°カメラにより撮影される画像を分析した結果、本目的を充足するうえで十分な精度を有することを確認し、画像取得デバイスとしての採用を決定した。取得する画像データは船首方向を正確に識別する必要があるため、船上の船首方向の位置にマーカーを設置して撮影することにより船首方向を示した画像データを取得する。

なお、アンテナ位置と船上構造物との位置関係が変わらない限りブロッキングチャートも変わらないため、画像撮影およびデータ作成は、初めてブロッキングチャートを作成する際に一回実施すれば良い。

## 5. ECDIS/レーダにおけるブロッキング状態表示

ECDISおよびレーダの画面上に、現在のブロッキング状態および今後予想されるブロッキング状態を表示する。現在のブロッキング状態の表示例を図6に示す。この表示は、衛星から送信される信号の現在の受信レベルおよび現在の

ブロッキング状態を示す。表示された情報により、通信が途絶した場合の原因（ブロッキングによる一時的な通信途絶か否か）を把握できる。

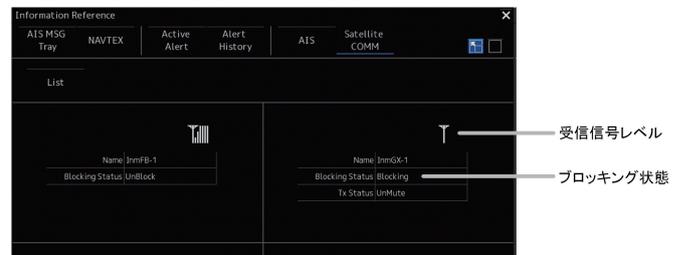


図6 ブロッキング状態の発生を示す画面の例  
Fig.6 Example of a screen showing the occurrence of a blocking condition

ECDISによる航路作成, およびECDIS/レーダによる航路監視において, 今後の航路上でブロッキングの発生が見込まれる場合はその海域が事前に通知され, 今後の通信計画に役立てることができる。計画された航路, もしくは監視中の航路にブロッキングの発生が予測される場合は図7お

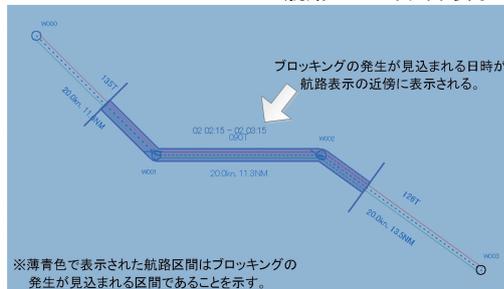
よび図8に示すように該当海域をハイライト表示するとともに, ブロッキングの発生が見込まれる日時を一覧形式で表示するとともに, 航路表示の近傍にも示す。これらのブロッキング発生予測機能は, 通信途絶を回避する安全な航路計画に大いに貢献する。



航路計画中の表示



日時の一覧を表示中のみ  
ブロッキングが発生する区間を  
航路上にハイライト表示



衛星との通信がブロッキングされる航路区間を示した様子



ブロッキングが発生する  
日時の一覧

図7 ECDISによる航路計画におけるブロッキング予測の表示例

Fig.7 Display example of blocking prediction in route planning by ECDIS



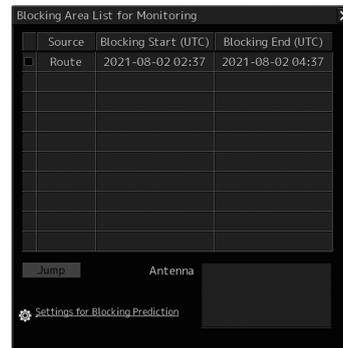
航路監視中の表示



日時の一覧を表示中のみ  
ブロッキングが発生する区間を  
航路上にハイライト表示



衛星との通信がブロッキングされる航路区間を示した様子



ブロッキングが発生する  
日時の一覧

図8 ECDIS/レーダによる航路監視におけるブロッキング予測の表示例

Fig.8 Display example of blocking prediction in route monitoring by ECDIS / radar

## 6. あとがき

当社が新たに開発したブロッキングチャートの正確かつ簡単な作成手法、ブロッキング発生を既設のECDIS/レーダで通知する機能、および今後のブロッキング発生を予測する機能は、船舶に船用衛星通信の品質向上を支え、安全な航行に大きく貢献するのみならず、今後の船舶管理および遠隔操船・自律操船に向けた海上の新たなモビリティ社会を支える。

本機能が多くの船舶の安全航行に役立つことを大いに期待する。

### 用語一覧

ECDIS : Electronic Chart Display and Information System  
(電子海図情報表示装置)  
GX : Global Xpress (グローバルエクスプレス)  
FB : Fleet Broadband (フリートブロードバンド)  
GPS : Global Positioning System (全地球測位システム)