平成二十六年四月十一日発行平成二十六年四月九日印刷 波 航

法

ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW

JACRAN.



電

波 0

> Ξ 年

法

第

五 五 号

電 波 航 法 研 究 会 発 行

波 航 法 研 究 会 発 行

電波航法研究会 発行

Published by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation



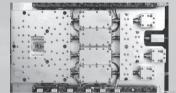
港湾・沿岸の安心安全に貢献する 東京計器のソリューション



レーダーシステム

最先端のマイクロ波技術で実現

14GHz帯固体化レーダー装置が登場



GaNハイパワーアンプ







映像、通信、無線などあらゆる情報を高次元に統合し、 多様なシステムニーズにお応えします。

東京計器株式会社

www.tokyo-keiki.co.jp/

電子システムカンパニー 海上交通部

〒144-8551 東京都大田区南蒲田2-16-46 TEL.03-3737-8630 FAX.03-3737-8669

一 目 次 一

CONTENTS

追悼 「第5代	会長	故	茂在	寅男	先生」・			Shogo			((1)
追悼 「第9代	会長	故	鈴木	務先	€生」・・・			Shogo			((5)
巻頭言 「こえ	いからの氰	電波 射	忙法技 律	5は?」		Chai	rperson	会長 Sakae	長岡 NAGA	栄 ·· AOKA	((9)
講演の記録 [可視光通信 「可視光通信											((11)
「灯火を活 一海上保	 用した親 安試験研					査研究					((18)
[宇宙天気]		,,,,,,	• /	-> 10			.//	Hirok				(10)
「電波航法	と宇宙ス	[気]				•••••	•••••		石井 oru IS	_	((24)
[北極海航路 「北極海航		ける航	法シス	テムの)現状」		•••••			雄太 · AKAGI	((31)
「北極海航	[路の展望	望と課	題]…					† oshiro			((34)
特別研究会 「特別研究		(大学	:大気海	洋研究	配所の見	└学」・・・			務 creta		•••• ((45)
臨時研究会 「臨時研究	会 次世	上代 A	IS 国際	標準化	どのため 講演)のワー [及びパ	·クショッ ネルディ	ップ ィスカ:	ッショ エ ★	ン参:	加報台	与」 (40)
								Yu	ta TA	KAGI		
電波航法研究	究会事業	報告	(平成 2	5年度)					局 . iriat	((55)

※表紙は、平成 24 年度、東京湾海上交通センター海ほたるレーダー局に設置された 14GHz 帯固体化レーダーの画像。

追悼

第5代会長 故 茂在 寅男 先生

(昭和52年5月より昭和55年4月)

旅立ちの日: 平成25年5月31日 (享年99歳)

平成2年4月 勲三等旭日中綬章を受章されました



平成2年受章当時の茂在寅男先生

茂在寅男先生は電波航法研究会の第5代会長としまして、本会の発展のために多大な御尽力を戴きました。本会では茂在寅男先生の御逝去の報に接し、深甚なる謝意を示すとともに謹んで茂在寅男先生の御冥福をお祈り申し上げ、追悼の意を表します。

茂在寅男先生は、東京商船大学の名誉教授であられ、国内外の学会、教育界および関連の官界や産業界ならびに多くの協会における活動では指導者として御活躍されました。とても、この限られた紙面では御紹介が尽せません。

いつも笑顔を絶やさず、慈愛に満ちた眼 差しで後進を育ててくださいました。改め まして深甚なる謝意を申し上げます。

茂在寅男先生は東京商船大学におきまして、航海計器学の教授として長く教鞭をとられ、基礎的な航海計器としての磁気コンパスから、各種の電波航法システムに至るまで多くの航海計器や電波航法システムについて教授されてきました。中でも「レーダの理論と実際」は、学生用の参考書の域を超えて、レーダの設計開発に関わる技術者や教育機関関係者にとっても必読の書として知られておりました。茂在寅男先生は電波航法システムの揺籃期においては、解説ロラン C (1964 年)や解説「デッカ」(1969 年)を著述されておられます。

さて、故茂在寅男先生が本会の会長をされておりました頃に、会長として巻頭言を執筆されましたものからいくつかを抜粋しまして、故茂在寅男先生が遺されたお言葉を思い出しながら、故茂在寅男先生を偲びたいと存じます。

会長就任の御挨拶から(一部、1978年 電波航法より)

(前略) 私としては暫くの間オフライン の立場 (著者注) に位置し、距離をおいて 視線の焦点を合わせることによって、本会 の現在の姿を見直すことができたような気 がします。その点について述べますと、

- (1) 国際的活動にもっと力を入れるべき ではないだろうか。
- (2) 会にあらためて若いエネルギーを注入する努力をすべきではないだろうか。などの点は要点といえましょう。例えば、最近における日本の電子航法関係の技術の発達には、世界の注目を浴びるに値するものが多いので、これを広く披露する努力などは大いにしたいものです。また会の運営に、現在よりも更に一段の若手も加えて当らせ、これを育て、次の発展への原動力を培う努力をすべきではないかと思う次第です。今後あらゆる点で会員諸賢の御協力をお願い申し上げたいと思います。(後略)

(著者注) 故茂在寅男先生は当時東京商船 大学を定年退官され、東海大学教授として 転職された時期にありました。

茂在寅男先生は、映画「青春航路 海の若 人」の原作者であります

電波航法研究会のこととは離れますが、 茂在寅男先生は「青春航路 海の若人」の 原作者であります。 茂在寅男先生は、鬼 怒川公望名義で雑誌「平凡」に連載された 小説「海の若人」の原作者でありました。

この小説は1955年に中村錦之助、美空ひばりの当時の花形スターにより映画化されました。

茂在先生は極めて文才にも恵まれた方でおられました。茂在先生は、文章執筆の勘所は「3 行にわたって句点の無い文章は書かないこと」と言われていました。句読点の無い長い文章は、筋が不明になりがちである。 よほどの達人でない限り、長い文章は書かない方が良いと教えてくださいました。茂在先生の文章は簡明で分かりやすく、感銘を受けました。そのお教えを受けまして、3 行にもなる文章を 2 行に圧縮すれば文章全体が輝き、各単語が生き生きとしてくることを実感しました次第です。

また、茂在先生のご出身は茨城県筑波町であり、筑波町民の歌詞は茂在先生の応募が採用され、その賞金は桜の苗木として御寄付されたとのことを伺いました。このお話は、電波航法研究会の昭和58年12月の特別見学会で筑波研究学園都市を訪問した際の昼食時にお聞きしました。

日本水中考古学会の創立者としての茂在 寅男先生

東京商船大学教授で在られたころより、海洋に関わる歴史的な事項に興味を持たれ、全国の「熊野神社」とは南方より漂着した海洋民族が祀るもので、そのことを手掛かりに考慮すると多くの事項が関連して紐解けるお話を伺いました。茂在寅男先生が執筆された「日本語大漂流」の「カヌーの語源と日本人の舟」の内容を伺ったことがあります。それは古事記に載っている「kano=枯野」は「舟」の事で「canoe=カヌー」の語源が「枯野」ではないかとの理論を展開されておられました。水中は考古学上の資料の収蔵宝庫であるとのお考えから、水中に残された遺物の探査も進められ、日本

水中考古学会を創立されました。当時は、 蒙古襲来からの「元寇 800 年」でもあり、 時のマスコミにも大きく扱われました。そ のような背景の中で長崎県鷹島における水 中考古学的調査が数回にわたって行われま した。茂在先生は団長として高齢でありま したのに自らスキューバダイビングの資格 も取られて潜水されておられました。筆者 も調査に参加させて戴きましたときに感銘 を受けましたことをお伝えしたいと思いま す。専門領域を少し外れた陶器のことや窯 のことに関しては、多くの入門書が積み重 ねられておりました。「専門外のことを早く 習得するには、その道の専門家が書かれた 入門書は、重要なことを外すことなく概要 を勉強するのには一番なのだよ」と言われ ました。大学教授の肩書で調査団長として 注目を浴びられている状況にありましたの で、部屋に報道陣も訪ねてくる状況でした が、少しも恥じることなく入門書が見える 状況でした。この事実は新しい分野の研究 に入るものとしての基本的な姿勢を教えて くださいました。

茂在寅男先生、先生の御笑顔は私どもの 瞼に消えることなく続いています。

茂在寅男先生を偲び、謹んで御冥福をお 祈り申し上げます。

文責 林 尚吾 (第11代会長)

追悼

第9代会長 故 鈴木 務 先生

(平成5年5月より平成12年3月)

旅立ちの日: 平成25年11月25日 (享年83歳)

平成21年4月 瑞宝中綬章を叙勲されました



母校、電気通信大学で講義中の鈴木務先生

この御遺影写真は、鈴木務先生のお気に入りのお写真と伺っております。

鈴木務先生は電波航法研究会の第9代会長としまして、長く会長をお勤めされ、本会の発展のために大層な御尽力を戴きました。本会では鈴木務先生の御逝去の報に接し、深甚なる謝意を示すとともに謹んで鈴木務先生の御冥福をお祈り申し上げ、追悼の意を表します。

故鈴木務先生は、電気通信大学の名誉教授であられ、日本工業大学の名誉教授の称号も授与されるなど、国内外の学会、教育界および電波関連の官界や産業界ならびに多くの協会の業務に指導者として御活躍されました。とても、この限られた紙面では御紹介が尽せません。

いつも笑顔を絶やさず、慈愛に満ちた眼 差しで後進を育ててくださいました。改め まして深甚なる謝意を申し上げます。

さて、故鈴木務先生が本会の会長をされておりました頃に、会長として巻頭言を執筆されましたものからいくつかを抜粋しまして、故鈴木務先生が遺されたお言葉から、故鈴木務先生を偲びたいと存じます。

安売り競争からの脱却(1996年)

経済社会に競争原理がないと社会主義大国の崩壊が示したようになることは事実である。然し、価格を下げる競争と性能を向上させる競争とは同じではない。電波・電子航法機器の開発については日本は後進国である。レーダ、ロラン、GPSなどすべて外国の開発した機器である。外国で発明された技術を勤勉さと器用さで多量に安価な製品に作り上げる日本の翻訳技術が行き詰ま

ってきたことが指摘されている。開発途上 国の追い上げが日本を追い越すことになり つつある。

日本の電波航法機器の開発はより高性能で独創性のある技術へ目を向けるべきではないだろうか。このためには産・学・官共同研究をより推進すべきと考える。特に大学の英知を活用することから翻訳技術を脱却してもらいたいと考える。(中略)

次の世代の電波航法システムについては 我々で開発しようではありませんか。

電波航法の値段と民営化(2000年)

民営化された航行援助が生まれつつある。 PHS電話を利用した発信者の位置を200m程度 の誤差で確認できる。PHS中継局の位置から その近くで使用している者の位置が見付け られるご俳徊老人に発振機を持たせて位置 を捜し出す研究もされている。道路情報シス テム、VICSではGPSや道路に取り付けた発信 機からの情報による自動車の位置を地図上 に表示している。VICSの機器の値段にシステ ムの施設費や運用費を含めてあるので購入 するときだけ負担をして利用料は払わない。 開発中の高度道路交通システム、ITSにも航 法情報が含まれるが民営システムとなる。海 上における航行援助システムも将来民営化 または独立法人化しろとの天の声?が出て くるかもしれない。位置測定に金を払う日が くるかも知れない。サービス情報にコマーシ ャルを入れることから無料となるかも知れ ない。電波航法に値段を付ける必要が出て来 るかもしれない。イリジウムの破産から電波 航法の値段(価値)についてあらためて考え させられます。

電波航法研究会への反省と期待(2002年)

2002年も厳しい社会不安と経済不況が続くと予想されている。わが国唯一の電波航法専門研究会の火を消さないようにするために私の反省から将来への期待を述べると:

・会員へのサービス機関として最新で役に 立つ情報を提供する

会員はできるだけオープンとして一般の 人々が参加し易くする

・技術内容はIT革命時代に対応したマルチ メディアをシームレス (陸、海、空などの 区別なく) に取り扱うなどが期待される。

移動体がある限り電波航法技術は必ず必要である。今までの電波航法は外国で開発されたものを日本が追従するコピー技術であった。日本の教育、生活慣習、歴史などいろいろな原因があったが資源がなく、狭い国土の日本の将来は従来の延長では衰退すると予想される。そこで、新しい発想と活力を持つ若者に期待される。私も含めて電波航法研究会を支えてきた主要メンバーは高齢化してきた。これからの電波航法研究会は若者が入会し易く、活動し易い会となって欲しいと考える。

鈴木務先生を偲んで

鈴木務先生と筆者との出会いは43年前の 夏のことであります。東京商船大学の富浦 臨海実験場に御家族を同伴され、飯島幸人 第8代会長の御家族とともに夏の休暇を楽 しまれているときでありました。筆者は、 当時、救命用のレーダ信号発振器(後の SART)の開発の実験を兼ねて飯島先生のお ともで実験場に来ていた時でした。鈴木務 先生はとても子煩悩でいらっしゃり、とて も優しい素敵なお父さんとお見受けした記憶が残っています。鈴木先生は釣りが大好きであり、海があるところでしたら、いつも釣り道具を持参されて楽しんでおられました。

筆者は東京商船大学を卒業してから母校 に奉職しましたので、大学は異なりました が鈴木務先生の御指導と御鞭撻をうけるこ とができました。文部省科学研究費による 各種の研究課題において、また、本州四国 連絡架橋の船舶用レーダ映像に関わる偽像 の発生メカニズムと発生予測、レーダ偽像 の発生を減少させる対策方法の検討に関し て、約20年間以上も毎年継続して瀬戸内海 地方で現地調査や実験を御一緒させて戴い たことがありました。瀬戸内海におきまし ても、鈴木務先生は様々な機会を通じて御 子息に社会見学の場を与えていらっしゃい ました。その中でも明確に思い出されます のは、5月のゴールデンウィークの現地調 査の合間に、倉敷の大原美術館に御長男を お連れになられていました。素敵なお父さ んのお姿でした。

いつも絶やさない笑顔で多くの後進を育 てられましたことは、皆様も心から同様に 感じられていると思います。

鈴木務先生、先生の御笑顔は私どもの瞼 に消えることなく続いています。

鈴木務先生を偲び、謹んで御冥福をお祈 り申し上げます。

文責 林 尚吾 (第11代会長)

電波航法 巻頭言 (Forward)

これからの電波航法技術は?

電波航法研究会 会長 長岡 栄

Chairperson Sakae NAGAOKA

平成25年度の総会で会長(Chairperson)を務めさせていただくことになりました。 微力ですが精一杯やらせていただきます。

1951年9月の会設立から62年が経過し、会誌「電波航法」も今回で55号に達しました。これも、諸先輩をはじめ関係者の皆様が敷かれた路線の成果だと思います。当会は産学官からなる電波航法の技術に関する諮問機関として発足し、現在は電波航法行政を側面から支援する役割を果たしています。

20世紀は交通・通信、特に航空と通信の技術が目覚しく進歩した時代でありました。1903年のライト兄弟による初の動力飛行やマルコニーの大陸横断無線通信に始まり、コンピュータ化されたジェット旅客機や携帯電話などが日常生活に入ってきました。これらにより通信や交通の利便性が格段に向上し、地球が小さく感じられるようになりました。この間、航法も電波航法が主力になってきまして、GPS などの衛星航法技術はその成果でしょう。

21世紀に入ってからも電波・電子技術は 航法技術の中心であることは周知のとお りです。ただ、現在では新しい技術開発と いうよりは既存技術の改良、例えば装置の 小型・高性能化、低廉化が進んでいます。 現在、最も多く使われている航法センサー は GPS だと思われます。

これから求められる電波航法関係の技 術は何でしょうか。元々、航法は人間が何 らかの目的を持って移動するための技術 や科学です。この技術は目的に沿って、安 全で、経済的(費用対効果)、しかも公害 など社会的負荷の少ないものが求められ ます。つまり、社会的システムの中に位置 づけられた、航法サブシステムという色彩 が強くなっているのではないでしょうか。 こうなりますと、航法装置やサブシステ ムは周囲のシステムと無関係には考えら ません。大局的に、運用の条件などを考慮 した設計や開発が必要となります。特に、 移動範囲が全世界的な船舶や航空機では 世界共通の基準が適用されます。すなわち、 国際標準や勧告方式に準拠することにな ります。また、装置やシステムには常に人 間と機械のインターフェイスがあります。 これらに配慮した「電波航法」の技術開発 が求められるのではないでしょうか。

歴史的に、技術開発で普通に行われるのは、まず装置やシステムの測定精度の向上です。次には信頼性向上が図られます。そして、人間にとっての安全性、さらには利便性、経済性、環境負荷などに目をむける必要が出てくるようです。こうした必要性を同時に満たすには、資源配分などの最適

化問題を解くことになるのかもしれませ ん。

当研究会で扱うテーマも今後、電波航法の研究・調査対象も機器や装置のみに留まらず、それらを用いるシステムの性能管理や運用についても着目してゆくべきかと考えます。

今後の研究会での皆様の忌憚のないご意 見や会員諸氏に有益な情報交換を期待して おります。宜しくご協力のほど御願い申し 上げます。

最後になりますが、昨年ご逝去されました、茂在寅男元会長、鈴木務元会長のご冥福を心よりお祈り申し上げます。

「可視光通信」

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科 春山 真一郎

1 はじめに

近年、LED 照明や LED 交通信号機等の可視光 LED 光源が急速に普及しつつあるが、 LED 光源の光強度を変調させることによる可視光通信の研究および開発も同時に進みつつある。本論文ではその特徴や応用を紹介する。特に LED 照明などが広く使われるようになりつつある現在、そのユビキタス性を利用した位置サービスについて解説する。

2 可視光送受信技術

本章では、可視光通信を行うための送信 技術及び受信技術について解説する.

2.1 可視光送信技術

可視光送信に利用できる代表的な発光 デバイスは、可視光LEDであり、LED照明 の次の照明として期待されている有機 EL も送信機として利用が可能である。可視光 LEDによるデータ通信速度は、照明で使われる白色LEDで毎秒数メガビット、単色 可視光LEDで数十メガビット程度までの速 度を実現することが出来る.

可視光光源として照明器具等が用いら

れる場合,変調方式は,調光 (明るさのコントロール) の機能も求められる(1)(2). 通信を行いながら調光を行う代表的な方式として,PWMとPPMを組み合わせた方式,信号レベル自身を変化させる方式などがある.

2.2 可視光受信技術

可視光受信に利用できる代表的な受光 デバイスは、PIN フォトダイオード、アバ ランシェフォトダイオード、イメージセン サである。PIN フォトダイオード、アバラ ンシェフォトダイオードが一般的な受光 素子であり、いずれもGHz 程度までの光強 度変調信号を検出することができるが、ア バランシェの方がPINフォトダイオードよ りも感度が高い。

2.3 イメージセンサ受信技術

イメージセンサは、画像を撮影するための素子であるが、それを利用して可視光通信を行うことも可能である(3)(4)(5)(6)(7). Fig. 1にその原理図が描かれている。イメージセンサによる撮影を高速に行うことによってその画像フレーム間の変化をチェックすることで、画像の

時間的変化を検知することができ、画像の なかの可視光光源の部分の変化を検知する ことで可視光送信機から送られてきたデー タを復調することができる.

3.1 フォトダイオードを受信デバイス として用いた位置サービス

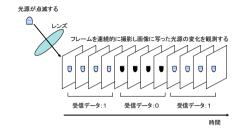


Fig. 1: イメージセンサを用いた可視光 通信の原理

この方式の特徴は、複数の可視光送信源がデータ送信をする場合、イメージセンサの異なる位置のピクセルが異なる送信源の信号を受信するので、混信の問題がほとんどないことである。また、画像も同時に取得できるので、撮影画像上に可視光受信したデータコンテンツを表示できることも特徴である。

3 可視光通信を用いた位置サービス

可視光通信を用いた位置サービスには, 可視光受信デバイスとしてフォトダイオ ードを用いた場合と,イメージセンサを用 いた場合でその応用が異なるので,フォト ダイオードを受信デバイスとして用いた 位置サービスとイメージセンサを受信デ バイスとして用いた位置サービスの2種類 にわけて紹介する.

光空間通信は、赤外線通信として 1970 年代以降開発され、赤外線リモコン、赤外 線オーディオヘッドホン、携帯電話のIr DAなどに使用されてきたが、光空間通信 は、光の直進性のために、一般的に送信機 と受信機の間に障害物があると通信がで きなくなるという欠点があり、その結果通 信距離は数メートルから数十メートルと いう短距離の通信に限られてしまう. その 欠点は、赤外だけでなく可視光を用いた通 信でも同様であるが、見方を変えると、可 視光送信機が設置されている場所で必要 な情報を短距離通信で送信することによ って、その場所でのみ必要な情報を提供す る便利な位置・空間情報サービスを展開す ることが可能である。 位置情報検索サービ スとして現在実用化しているのはGPS を用 いたカーナビシステムなどがあるが、GPS は衛星からの電波が届かない建物内では 使用することが出来ず、また例え出来たと しても位置精度が不十分なのでビル内の 部屋番号の特定をするのは困難である. 一 方、LED 照明器具からその部屋番号などの 情報が得られれば、位置サービスを行うこ とが出来る.

Fig. 2は、可視光通信と携帯電話による インターネットアクセスの組み合わせに よる屋内位置検出の例であるが、これはL ED照明から送られた位置情報をもとに、 携帯電話でインターネット上のある場所 サーバにアクセスして人間に理解できる 場所情報を得る方式であり GPS が使えない 屋内でもこの方式で場所を知ることがで きる.



Fig. 2: 可視光通信と携帯電話による インターネットアクセスの組み合わせに よる屋内位置検出

(日本電気,松下電工,慶應義塾大学の 試作.2004年CEATECで展示)

屋内位置サービスの実験をスーパーマーケットで行った例が Fig. 3 に示されている. スーパーマーケットでLED 照明器具から情報を送信し、カートに取り付けられた可視光受信機で受信した後、カートに取り付けられたディスプレイに周辺の商品情報を客に表示するシステムが示されている. LED 照明が 1 メートル程度の間隔で天井に設置されているが、LED 照明のスポット光を調整することにより、このように近

接した光源から異なる情報を送っても混信することなく受信することが可能である.





Fig. 3: LED 照明とショッピングカート 受信端末を用いた商品提示システム

(可視光通信コンソーシアム 日本電 気(端末),松下電工(LED 照明)の試作. 2006年 JAPAN SHOP で展示)

また、スーパーマーケットでのもう一つの例が Fig. 4 に示されているが、この例は客用のサービスではなく店舗自身が利用する応用例である。このシステムではスーパーマーケット内の LED 照明器具から位置情報を送信し、カートでその位置情報を自動的に蓄積することによって、カートを用いた客がどのように動き回ったかということを知ることができる。





天井ランプ型

カートに取り付けられた受信器

Fig. 4: スーパーマーケットでの動線解 析システム

(中川研究所の試作)

このシステムをもちいて実際に動線解析を行った例が Fig. 5 に示されている. 線の太さは通過した客数を示しているので, 細い線の通路は客があまり通貨しなかったことがわかる. このような動線解析に使えば, スーパーはそのデータをもとに配置換えやフロアープランの変更をすることが出来る.

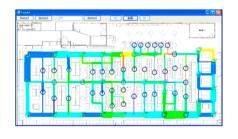


Fig. 5: スーパーマーケットでの動線解 析結果

(中川研究所の試作)

位置サービスは健常者には便利なもの

であるが、目が見えない視覚障害者には特に必要とされている。Fig. 6は、慶應義塾大学の筆者のグループが試作した、LED 照明からの位置情報を用いた視覚障害者向けの音声ナビゲーションシステムである。このシステムでは、LED照明からの位置情報をもとに視覚障害者が目的地まで移動するのを支援することができる。



Fig. 6: LED 照明からの位置情報を用いた視覚障害者向けの音声ナビゲーションシステム

(慶應義塾大学の試作. 2012年2月大阪 ATCエイジレスセンターで展示)

3.2 イメージセンサを受信デバイスと して用いた位置サービス

イメージセンサを用いた可視光通信の 例がFig. 7からFig. 9に示されている. Fig. 7は、可視光通信技術を使って写真を 手軽に共有できるCASIOのiPhone向けアプ リ「ピカピカメラ (PicapiCamera)」のシステムを示したものであるが、可視光 I DをiPhone のカメラで受信したのち、その I D情報とGPSによる iPhone 自身の位置情報をクラウドサーバに送りサーバからARコンテンツを受け取って表示をするという方式である.



Fig. 7: 可視光通信技術を使って写真を 手軽に共有できる iPhone 向けアプリ「ピカ ピカメラ(PicapiCamera)」

(画像提供: CASIO 飯塚宣男氏 2012年)

この方式は、iPhone アプリを入れた同士で、楽しい写真を一緒につくったり、 複数人のプロフィールを一回の撮影で全員共有したりすることができるが、もう一つの特徴としては、GPSで検出された iPhone の位置に限定された IDを用いることでその場所に限定された IDを使用することが出来る点であり、少ない IDビット数でありながら、あらゆる場所で混乱することなくその IDを用いることが出来る.

イメージセンサを用いた可視光通信は 上記のように受信したデータをディスプレイ上に表示することができるというのが特徴であるが、もう一つの特徴は写真測量の 技術を応用して正確な位置を計測できる点 である. Fig. 8 は、三井住友建設、慶應義 塾大学の我々のグループ、中川研究所の共 同研究で行ったものであるが、可視光通信 とイメージセンサを用いて、橋梁などの対 象物の位置を正確に計測する技術を開発し た. 2ヶ所以上の地点でイメージセンサを 用いて可視光受信を行い、位置が未知の可 視光光源の位置を検出する方式である. 数 十メートル離れた対象物の3次元位置を数 ミリの精度で計測することが可能である. この写真は夜間の暗い時に撮影した風景で あるが、白く光っているのが変調された白 色LED光源である。この特長は、正確な 測量が出来るという点以外にも、 夜間でも 測量できる点、また人手によらず完全自動 測量が行えるので長期にわたる位置モニタ リング観測が行える点などがある.

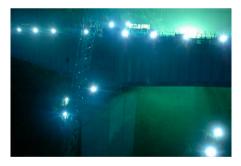


Fig. 8:可視光通信を用いた橋梁の測量 (三井住友建設,慶應義塾大学,中川研 究所 2008年)

位置を正確に計測できる可視光通信測量 技術をロボット制御に応用した例が Fig. 9 に示されている. これは、慶應義塾大学の 我々のグループとNECが共同で開発し たシステムであり、LED 照明からの位置情報をセンチ単位で検出してロボットの移動を制御することができる。このシステムでは、2種類のイメージセンサを用いており、1つの高速イメージセンサはLED照明からの位置情報を受信し、もう1つの高解像度イメージセンサは高解像度の画像を撮影して位置を計算するのに用いられる。



Fig. 9: LED 照明からの位置情報をセン チ単位で検出してロボットの移動を制御す るシステム

(慶應義塾大学とNECとの共同研究 2009年)

4 まとめ

可視光通信は、現在急速に普及しつつある LED 照明等を利用して通信を行う方式であり、そのユビキタス性を利用したさまざまなサービスが提案されている. LED 照明は特定の位置に固定されて使われることが多いため、それを利用した様々な位置サービスが検討されている. LED 照明が今後ますますユビキタスに使われることが予

想されているので、それを利用した位置サ ービスが広く使われる可能性を秘めてい る.

5 参考文献

- Sugiyama, S. 1162.

 "Brightness
 "I'mina" (1) H. Haruvama. Nakagawa, Control Illumination Methods for Visible-Light Communication Systems", Third International Conference on Wireless and Mobile Communications (ICWMC). 2007.
- (2) G. Ntogari, T. Kamalakis, T. Walewski. Т. Sphicopoulos, "Combining Illumination Dimming Based on Pulse-Width Modulation With Visible-Light Communications Based on Discrete Multitone", IEEE/OSA Tournal of Communications and Networking. Volume: 3, Issue: 1, January 2011, pp. 56 - 65.
- (3) Uchiyama, Yoshino, Saito, Nakagawa, Haruyama, Kakehashi, Nagamoto, "Photogrammetric system using visible light communication", IEEE 34th Annual Conference of Industrial Electronics (IECON), pp. 1771 1776, November 2008, Orlando, Florida, USA.
- (4) Tanaka, Haruyama, "New Position Detection Method Using Image Sensor and Visible Light LEDs", IEEE Second International Conference on Machine Vision (ICMV 2009), pp. 150 - 153, December 2009, Dubai, the United Arab Emirates (UAE).
- (5) 中田啓道, 木村遙介, 松本佳宣, "可 視光 ID 用光源選択システムの提案と 評価", 信学技報, SIP2008-184, March 2009, pp. 119-124.
- (6) T. Nagura, T. Yamazato, M. Katayama, T. Yendo, T. Fujii, H. Okada, "Tracking an LED array transmitter for visible light communications in the driving situation", 7th International Symposium on Digital

- Object Identifier Wireless Communication Systems (ISWCS), September 2010, pp. 765 - 769.
- (7) S. Itoh, Md. S. Z. Sarker, K. Yasutomi, M. Hamai, Y. Iwama, I. Takai, M. Andoh, S. Kawahito, "A CMOS image sensor for car-to-car and road-to-car optical communication", 17th International Display Workshops, Fukuoka, Japan, December 2010, pp. 2197-2200.

「灯火を活用した新たな情報提供に関する調査研究」

- 海上保安試験研究センターの可視光通信への取組み -

海上保安試験研究センター航行援助技術課 長 野 浩 樹

1 はじめに

可視光通信技術とは、文字どおり目に 見える光「可視光」をデジタル信号化し て通信を行う技術であり、光源として高 速応答性に優れた発光ダイオード(LE D)を用いる点が特徴の一つである。

海上保安庁で扱う航路標識(灯台や灯浮標(以下"ブイ"))の灯器(発光部分の装置。以下"LED灯器")は既に80%以上(ブイは100%)がLED化しており、この灯器に可視光通信技術を組み込んで船舶(主にプレジャーボート等の小型船舶を対象)に航行安全に係る情報を提供して、海難防止を図ることが調査研究の目的である。

本件では、これまで行ってきた通信実験を中心に、可視光通信の海上交通部門への応用に係る取り組みについて紹介する。

2 これまでの経緯

可視光通信には主に次のような特徴がある。

- ①電波のような周波数帯域制限や法律的 な制限がない。
- ②情報の発信元(発光部)が分かりやすい。
- ③盗聴されにくく、セキュリティ対策上 安全・安心である。
- ④照明等、既存インフラが利用でき、ネットワーク等を容易に構築できる。
- ⑤人体や精密機器に影響を与えない。
- ⑥見通し内での通信に限られる。
- ⑦大気の透過率や自然・人工の光源による干渉で通信距離が制限される。

海上保安試験研究センター(以下"センター")では、これらの特徴を踏まえつつ、可視光通信技術を航路標識へ生かすべく研究に着手し、平成19年度から参画している「可視光通信コンソーシアム」
**1(以下"VLCC")「灯台サブプロジェクト」と並行して活動してきた。

これまでに陸上での長距離通信実験 (平成20年度)、動揺下にある船舶での 受信を想定した通信模擬実験(平成21、 22年度)を経て、平成23年度には海上 通信実験を行い、灯台→船で2,000m、

※1 可視光通信コンソーシアム (VLCC):

Visible Light Communications Consortium の略。可視光通信システムの研究・開発、 企画、標準化、普及を目的とした産学官賛同者の団体。灯台サブプロジェクトは可視光通 信の実用化を目指して発足した社会システムプロジェクトの分科会の一つ。

参考URL: http://www.vlcc.net/

※2 AR: Augmented reality の略。拡張現実感又は強化現実感と訳される。現実世界の映像にコンピュータが作り出した情報を重ね合わせて表示し、利用者の活動を支援する技術。

ブイ→船で 1,500mの距離でのデータ受信に成功、その受信精度を確認した。平成 24 年度は、AR^{※2}技術を情報表示手法に用いた陸上通信実験を行いその有効性を確認し、平成 25 年度に行う海上通信実験の足がかりを得た。

3 平成 23、24 年度の調査研究

3. 1 平成23年度の実験の概要

平成 23 年度の通信実験では、送信受信が1対1であることが基本であり、P C画面上に「吹出し」の形で目標の位置と受信データのテキストが表示された。(写真1)

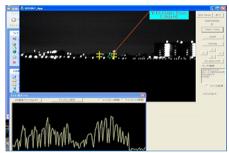


写真 1 受信例(C社のPC画面から) 画面中央の〇印が灯台の位置。情報 を吹出しで表示している(横浜港内)

写真 1 はV L C C の参画企業であるカシオ計算機㈱ (以下"C社")の受信状況を示すものだが、灯台の短い閃光時間 (0.4 秒間)に、「VLCC/Japan Coast Guard」の情報を送信するために、信号の伝送速度は約1,000bps *3 、受信にはフレームレート約4,000fps *4 の高速度カ

メラを使用、実験に特化した機材となっている。

受信画面上、信号を感知できる範囲は 中央付近の一部(全体の1%程の面積)だったので、受信部を人が手持ちでカメラ を保持し、船の揺れに対応した。(写真2)



写真2 受信部(破線円内) 双眼鏡に添架している。眼鏡様の ものはヘッド・マウント・ディスス゚レイ=HMD

カメラで捉えた実像に情報を重畳して表示するという点で実用的な手法だが、受信範囲が狭いと受信部カメラを保持するのがそれだけ難しくなる。実験でも距離が増すほど保持するのが難しくなり、受信情報の表示が所々で欠ける「文字飛び」が度々発生するなど、受信精度が低下した。それでも前述のとおりの距離での受信に成功し、可視光通信の海上での運用に可能性を見出すことができた。

3. 2 平成 24 年度の実験の詳細

平成 24 年度は、C社が開発した受信 範囲がこれまでのより広く、複数目標を 同時に補足できる機材(試作品=通信速

%3 b p s : Bits per second の略。通信回線等のデータ転送速度の単位。ビット毎秒。 1 bps は 1 秒間に 1 ビットのデータを転送できることを表す。

※4 f p s: Frames per second の略。撮像周期(フレームレート)ともいう。デジタルカメラで動画を撮影するとき、1秒間に撮影できるコマ数を表す。4,000fps のデジタルカメラであれば1秒間に4,000 コマ撮影できる。

度 150bps 以下、受信部カメラフレームレート 600fps) の貸与を受けた。これまでの1対1通信より情報を視覚的により分かり易く表示できるという点で有利である反面、送信できる情報は個々を区別するための識別情報(ID)に限られるため、画面上での情報表示はPCのプログラムで対応するか、外部サーバー等との通信により情報を得る必要がある。

実験では、情報表示のためのARプログラムを当センターで作成し、灯器4基からの信号を同時受信して情報をカメラ画像に重畳表示させる等、一連の動作確認を陸上で行うこととした。

3. 2. 1 実験機材

C社から、送信装置である I Dタグ5 個と、受光部カメラ(またはセンサー)及び受信プログラムを借り受けた。(写真3、4)



写真3 受信部が

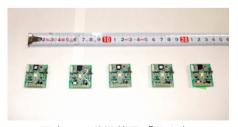


写真 4 送信装置「ID タグ」

IDタグは1辺が3cm ほどの正方形

の基板の中央にLEDが配置されている。 電池を含めても重量は約6gと非常に小 さい。

簡単なインターフェース回路で既存のLED灯器制御装置に信号を供給できる。IDタグを同制御装置に組み込んだ状況を写真5に示す。



写真5 LED 灯器制御装置(後方の円形基板)と ID タグ(破線円内)

3. 2. 2 A R情報表示について

位置と受信情報を「吹き出し」として 表示する方法は、言わば単独の「点」表 示であるが、2個あればそれらを結ぶこ とで「線」表示を、3個以上あれば「面」 表示でき、情報提供の幅を広げることが できる。

これら3つの表示方法をそれぞれ① 孤立障害表示、②航路法線表示、③立入 制限区域表示とし、AR情報表示の基本 パターンとした。

3. 2. 3 野外通信実験

I Dタグを組み込んだLED灯器の 多点同時受信と作成したARプログラム による情報表示状況を確認するため、下 記日程・場所で野外通信実験を行った。 ア 日時:平成25年2月21日18~20時 イ 場所:立川飛行場(陸上自衛隊立川駐 屯地滑走路) ··· 図1参照

- ウ 参加人数:海保職員 23 名、VLCC 5 名
- エ 主な使用機器
- ・ID タグ組込済 LED 灯器(緑×1、赤×2)
- ・同上LED 浮標灯器(緑×1)
- ・可視光通信受信装置(受光部カメラ、 ノートPC) … 図2参照



図1 野外通信実験位置図

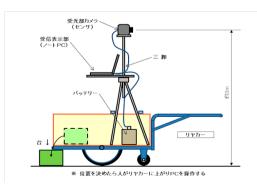


図2 可視光通信受信装置

才 実験方法

滑走路の左右両脇に2台ずつLED 灯器を設置し、リヤカーに搭載した受信 機材で移動しながら受信状況を確認した。 また、実験中は、適宜写真及びビデオ 撮影を行った。



写真6 LED 灯器設置例



写真7 LED 灯器配置(矢印) (入港時を想定した配置)



写真8 受信操作及び観測状況 (破線円内はLED 灯器)

3. 2. 4 実験結果

実験では、用意した3つの表示パターンのARプログラムは全て良好に動作した。受信距離は150mと短かったが、こ

れは借用した受光部カメラのレンズに依存するものであり、遠距離に特化したレンズを使用すれば受信距離は伸ばすことができる。

また、多くはないが灯器以外の光源(街路灯、交通信号機等)が背景にある中でも信号の発信源である灯器を識別して画面上に正しく重畳表示できた。

以下写真 9~11 は、それぞれのパターンの表示例を示す。

① 孤立障害表示

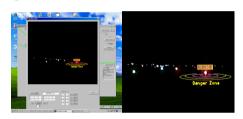


写真 9 孤立障害表示

孤立障害表示は、対象となる標識1基を単独で表示する。吹出しで標識名を表示するのと同時に、標識周辺に危険域が存在することを同心円で波紋が広がるようにアニメーションで表現した。中心に近いところを赤色で表すことで、直感的に危険域を認識できる。

現段階では光源の遠近と同心円の大きさに相関はなく、遠近に関係なく同じ大きさで表示される。

② 航路法線表示

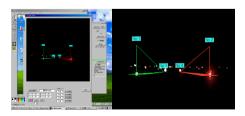


写真 10 航路法線表示

航路法線表示は、左舷No.1-No.3標識を緑線で、右舷No.2-No.4標識を赤線で結んで航路の位置を表した。

画面上で標識が遠方になるほど遠近 感がつかみ難くなるが、手前の標識の吹 出しを高く、奥を低くして上端を線で結 ぶことにより遠近を立体的に表現した。

③立入制限区域表示



写真 11 立入制限区域表示

立入制限区域表示は、A~Dの標識4 基を全て線で結ぶことで「面」を作り、 更に囲まれた部分を塗りつぶしと色抜き とで交互に点滅させ、当該区域を表示す る。("OFF LIMIT" と表示されている 部分)

航路法線表示と同様に、手前の標識の 吹出しを高く奥を低くしてそれぞれの上 端を線で結ぶことで立体的に表示し、受 信側の認識を補助する。

4 まとめ

4. 1 実験結果から

LED灯器への可視光送信装置「ID タグ」の組み込みと、AR技術を用いた 多点同時受信による情報表示プログラム について、文字や形象については改良の 余地があるが、同時に多数の目標を捕ら え、かつ、視覚的に分かり易く情報を提 供するという初期の目標は、野外通信実 験でその有効性を確認し、達成すること ができた。 C社から借用した機材について、実用的な距離(1海里前後)を得るため、受光部レンズを改めて選定するとともに、バラつきのあった I Dタグの性能を統一して受信精度の向上を図り、平成 25 年度の実海域通信実験につなげてゆく。

4.2 今後の展望等

可視光通信では受光部に高速度撮影できるカメラと通信機能を必要とするが、最も有力視されている受信ツールがスマートフォン等の携帯端末である。現状でスマートフォンの高速度撮影性能は120fpsが最大であるため、平成24年度実験機材の600fpsとの間にはまだ開きがあり、実用化するためには今しばらくの時間を要するものと思われる。

一方で現行のスマートフォンの性能で受信可能な低速変調の可視光通信^{※5} が実用化しており、これの利用についても検討を開始している。速報だが平成 26年1月23日の実海域実験(平成25年度調査研究分)でも海上からの受信に成功している。(写真12)

今後は携帯端末の性能向上と低速変調の可視光通信の両面から航路標識への利用を検討していく必要がある。



写真 12 実海域実験状況(横浜港内) 破線円内は大黒信号所の灯火と、3 色発光する LED 灯器の位置

5 謝辞

最後に、本件調査研究のためご協力いただいたVLCC各位、陸上自衛隊立川駐屯地及び海上保安庁職員に対し、深く感謝を申し上げます。

※5 低速変調の可視光通信:カシオ計算機㈱が提供しているスマートフォン用の写真共有アプリケーション「ピカピカメラ」のこと。赤、緑、青のLED光と暗間を加えた発光による信号を受信すると、予めクラウドサーバー上に登録された写真やキャラクターを画面上に重畳表示できる。実験では、3色発光できる灯器を用意し、船上からスマートフォンで受信した。

参考URL: http://www.casio-isc.com/ja/

電波航法と宇宙天気

情報通信研究機構電磁波計測研究所 宇宙環境インフォマティクス研究室長 石井 守

1. はじめに

「宇宙天気」という言葉は、あまり聞いたことのない言葉かもしれない。もちろん宇宙に雨や雪、台風が発生するということはないが、類似の現象により、人々の生活は影響を受けている。我々情報通信研究機構では、1988年以来「宇宙天気」を業務として継続的に情報提供を行っている。本文では、この「宇宙天気」について説明し、我々の研究内容について紹介する。

2. 宇宙天気とは

2009 年に、「ノウイング」というタイト ルの外国映画が公開された ⁽¹⁾。"小学校で 埋められたタイムカプセルから持ち帰った 紙に書かれた数字。それは過去に起きた大 惨事の日付と犠牲者の数が書かれていた。 やがて数字に予告された日付に大事故が起 こる。さらに数字の最後には、これまで人 類が経験したこともない大惨事が待ってい た。それは 2009 年に太陽のスーパーフレ アで人類が滅亡するというものであった。

もちろんこれはフィクションではあるが、 太陽の活動は人類の活動に大きく影響を与 えている。太陽は約 46 億年の長きにわた り輝き続けているが、これは水素がヘリウ ムに変わる核融合によって熱と光を出して いる。いわば天然の核融合炉が目に見える

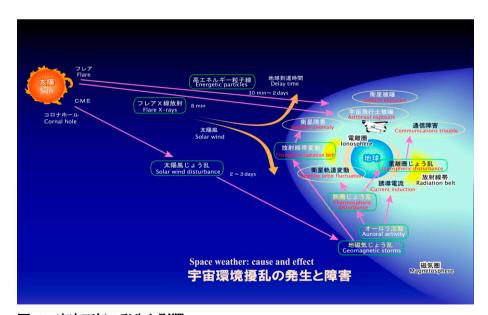


図 1 宇宙天気の発生と影響

ところにあることとなる。

この天然の核融合炉に対して地球は2つの強固な防護壁を持っている。一つは磁気圏と呼ばれる地球の持つ磁場である。これが太陽からくる太陽風と呼ばれる電気を帯びた高温の気体が地球表面に届くのを防いでいる。もう一つは地球の大気(超高層大気)であり、X線や紫外線が地表に届くのを防いでいる。これら2つのバリアに守られることで地球に生命が誕生することが出来た。

ただし、太陽活動の状態によっては、このバリアをすり抜け、その一部が地球近くにまで到達することがある。今や気象や通信・放送などで社会インフラとして不可欠な人工衛星の運用や、電波の利用が主にこれにより影響を受ける(図 1)。特に、近

年カーナビや携帯端末などで利用が拡大している、GPS などの人工衛星による測位に 誤差が生じたり、場合によっては利用ができなくなるなどの不具合が生じることが知られている。

宇宙天気とは、太陽からの光や電波、高温の大気、そのバリアとなる地球の磁気圏や超高層大気がどのようになっているか、人工衛星や地上の通信・放送インフラにどういう影響を与える可能性があるかを実況し、予報するものであり、多くのユーザーが利用している。

3. 宇宙天気の電波航法への影響

宇宙天気が電波航法に与える影響として は、主に電離圏の時間空間的な乱れによる 衛星からの信号の遅延によるものが良く知

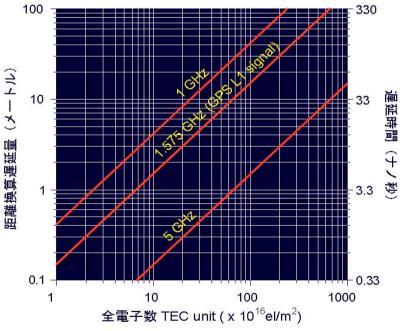


図 2 電離圏全電子数と衛星測位の遅延量との関係

られている。更にその乱れが卓越してくる と、測位衛星のロック損失につながるケー スもある。

現在使用されている多くの衛星測位受信機は1周波による測位を行っているが、その疑似距離には電離圏遅延量が含まれる。電離圏の遅延量はあらかじめモデルによって想定されているが、電離圏の乱れがその想定を外れるほど大きいものになると誤差の要因となる。図2は衛星から受信機までのパスに沿った電子の数(全電子数)と遅延との関係を示している。通常良く使われる GPS 衛星の L1 信号(1.575GHz)を考えた場合、モデルと現実が 100 TEC Unit(10の18乗個)異なると 15m 程度の誤差を生じることを示している。

また、GBAS 等で用いられているディファレンシャルGPS においては、リファレンスとなる受信機と実際の受信機との距離と同レベルで電離圏の空間変化がある場合には大きな誤差要因となる。

我が国において、衛星測位に最も深刻な影響を与える現象の一つに"プラズマバブル"と呼ばれるものがある。これは、電離圏の中に生じる"泡"であり、周りの電離圏に比べて電子密度が極めて小さい領域

が地球の磁力線に沿って発達する。プラズマバブルの発生は日没直後であり、磁気赤道(磁軸を基準に見たときの赤道)を中心に急激に南北方向に発達した後、東向きに時速数 100 kmの速度で移動しつつ消失していく。我が国は地理的には中緯度地域にあるが、地磁気の座標で見た場合には低緯度に当たり、プラズマバブルの影響を受けやすい位置にある。

近年航空機の航法では衛星測位の活用が進んでおり、現在は測位衛星の情報をもとに航空管制なしに離着陸を可能にする電子航法システムの開発がすすめられている⁽²⁾。この運用の際に問題となるのが衛星測位の誤差であり、電離圏の乱れを補正したり予測することが求められている。

4. 最近の宇宙天気

太陽の活動が 11 年の周期で活発になったり静穏になったりしていることは良く知られている。現在は太陽研究者により "サイクル 24 "と呼ばれる期間が 2009 年頃から始まったとされている (図3) (3)。

サイクル 24 開始当初は活発な活動になるとの予想もあったが、実際には他のサイクルに比較して活動は小さく推移している。

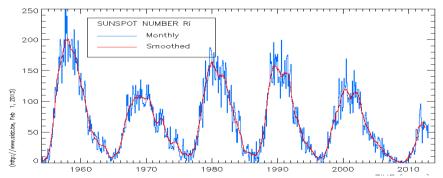


図 3 近年の太陽活動の様子 (青:観測された黒点数 赤:予測値)

太陽活動は太陽表面の黒点の数で表すことが多いが、現在の黒点数は 60 程度で推移しており、前回のピーク 120 程度の約半分となっている。過去 100 年ほどを見ても、その活動は最低レベルとなっている。今回のピークは 2013 年 5 月頃と予想されている。

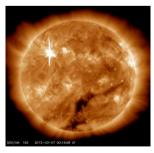
過去には、1650 年から 1700 年付近に至る太陽活動の不活発期があり、"マウンダー極小期"という名称で知られている。この期間には小氷河期ともいえる現象が起こっており、通常は冬でも凍ることのないイギリス・ロンドンのテムズ川が凍ったなどの報告がある⁽⁴⁾。

サイクル 24 の今後の動向や、その後の 太陽活動がどのようになるのか、マウンダ 一極小期のようなことが再び起こるのか、 ということは、太陽活動のメカニズムがま だ完全に分かっていないために何とも言え ないというのが現状である。

5. 情報通信研究機構が行う宇宙天気予報 情報通信研究機構では、短波通信の安 定運用を目的とした超高層大気の監視と研 究を長年にわたり行ってきた。高さ約 60km 以上の地球の大気は、太陽からの X 線や極端紫外線等によってその一部が電離され、電気を帯びた粒子から成る電離ガス (プラズマ)となっている。このプラズマ 状態の大気が濃い領域を電離圏と呼ぶ。電 離圏は、短波帯の電波を反射したり、人工 衛星からの電波を遅らせたりする性質を持 つため、人類活動への影響が大きい宇宙天 気の領域である。近年、衛星通信や衛星測 位が活発になってからは、人工衛星の運用 の安定化を視野に入れて監視・予報する宇宙天気の領域を広げてきた。

我々は、宇宙天気を3つのカテゴリに分けて検討している。まず第1段階として、宇宙天気の起源として太陽の動向を監視している。太陽の観測は長らく地上からの可視光(人が見ることのできる波長の光)を使った望遠鏡による光学観測が行われてきました。しかしながらこの方法では天気が悪いと観測できないことがあるため、近年では太陽から出される電波を地上で観測する方法と、人工衛星による観測がもっぱら使われている。人工衛星による観測がもっぱら使われている。人工衛星による観測では可視光だけでなく、X線や紫外線などを用いることで、黒点付近の磁力線の発達具合をより細かにみることができる。また、太陽から吹きだす太陽風をはっきりとみるため





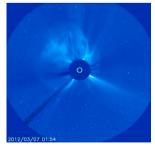


図 4 人工衛星"SDO"で観測された太陽画像 左:可視光 中央:紫外線右:太陽から吹き出す太陽風の観測

に太陽表面を隠して周辺だけを見るように 工夫された観測も行っている(図4)⁽⁵⁾。

これらの情報は、官公庁や地方自治体、 大学・研究機関を始め、通信・放送関係会 社、衛星運用会社、航空関連機関が多く利 用している。またアマチュア無線家の利用 が多くなっている。

また、このような利用者が必要とする情報として、人工衛星の運用や送電線・パイプライン等のシステムに影響をもたらす地球周辺の宇宙空間(ジオスペース)の状態、そして、通信や放送の電波の伝わり方に大きな影響をもたらす電離圏の状態があり、これが第3段階となる。ジオスペースは磁気圏内部の領域を指す言葉で、人工衛星の運用などで人類が利用している宇宙空間を指す。この領域には、人工衛星に悪影響を与える高エネルギーの粒子が閉じ込められている放射線帯などがあり、情報通信研究機構では、地上の磁力計や短波レーダー観測網、及び人工衛星の計測データを収

集することによって、ジオスペースの状態 の監視や予測に向けた研究に取り組んでいる。

電離圏は高さ60kmから1000kmくらいの 電気を帯びた領域で、短波は地上と電離圏 の間を反射して長距離を伝搬するため、古 くから通信・放送の手段として利用されて いる。太陽フレアと呼ばれる太陽面の爆発 に伴い発生した強いX線や紫外線により、 D 領域と呼ばれる雷離圏の下部(高度60~ 90 km) が異常電離し、短波が D 領域で吸 収されて通信が涂絶える現象が知られてい る。この現象をデリンジャー現象と呼ぶ。 デリンジャー現象が起こると短波による通 信・放送が数分から数時間にわたりできな くなる。他にも、太陽活動とは無関係に、 E 領域と呼ばれる高度 100 km付近で突発的 にプラズマ密度が異常に高くなるスポラデ ィックE層と呼ばれる現象がある。スポラ ディックE層の発達により、通常は電離圏 を通過する VHF の電波が反射されて遠くま で伝搬し、地上アナログ放送の時には近隣 国の放送波による TV 放送への干渉が問題 になったこともある。

このような電離圏の状態を把握するため に、情報通信研究機構では国内で 4 地点 (稚内(北海道)、国分寺(東京)、山川



図 5 米国アラスカ州キングサーモ ンに設置された **NICT** 短波レーダー

(鹿児島)、大宜見(沖縄))、および南極昭和基地で50年以上にわたり、イオノゾンデと呼ばれるレーダーを用いた電離圏観測を続けている(図6)。現在は観測後リアルタイムでその結果がWebで公開され、現業機関等で利用されている。

6. 次世代宇宙天気予報のための研究 これまで述べてきた宇宙天気予報の精度 をさらに向上するために、当機構では様々 な研究を進めている。

前述したように、電波航法において我 が国を含む中低緯度ではプラズマバブル等 の影響が大きい。我々は、このプラズマバ ブルがいつどのような時に生まれ、どう成 長するかを研究するために、タイ・ベトナ ム・インドネシア・フィリピンの各研究機 関と共同し電離圏観測ネットワークを作り 観測を進めている。また、国土地理院が国 内に整備している GPS 観測網「GEONET」の データから電離圏全電子数 (GPS 衛星一受 信機間に存在する電子の総数)を計算し、 日本上空の電離圏の乱れの状態を常に監視 し、公開している。将来的には電子航法シ ステムに情報を提供し電離圏の乱れを補正 することができるよう研究を進めている。

また、冒頭に挙げた「ノウイング」のような大惨事が実際に発生するかどうか、発生した場合はどのような宇宙天気の状態となるのか、を調べるためには、スーパーコンピュータの力を借りたシミュレーションを行い、その結果を検討する必要がある。特に東日本大震災以降、「極端現象」と呼ばれる、1000年に一度程度しか起こらな



図 4 情報通信研究機構の電離圏観測網

い現象をもきちんと検証するべきであるという機運が高まっており、宇宙天気の分野でもその研究が盛んになってきている。

情報通信研究機構では 2012 年にスーパーコンピュータの更新を行い、従来機に比べて 100 倍の速さの性能を持つものになった。この新型機を使い、これまで開発してきた太陽から地球の磁気圏までのシミュレーションコードをより精緻化する開発を進めている。また、新たに地上から電離圏までのシミュレーションコードを開発、地上の気象などの影響を受ける電離圏の現象を再現することに成功した。これにより極端現象の私たちの生活への影響を検討し始めている。将来的にはこれらを一つのものに統合し、宇宙天気予報に役立てたいと考えている。

【参考文献】

- (1) "Knowing", 2009 年 3 月 9 日公 開、監督:アレックス・ブロヤス、音楽:マルコ・ベルトラミ、原作:ライン・ダグラス・ビアソン、出演:ニコラス・ケイジ、ローズ・バーン、チャンドラー・カンタベリー他
- (2) 国土交通省「運輸多目的衛星用衛星航法補強システム (MSAS) 飛行試験の実施について」平成14年1月21日国土高中小航空局管制保安部無線課
- (3) NASA Science News http://science.nasa.gov/sciencenews/science-atnasa/2008/10jan_solarcycle24/ NICT 宇宙天気ニュース

http://swnews.nict.go.jp/kiji/special/080115 sunspot/080115 sunspot.html

他

- (4)「サミュエル・ピープスの日記 第6巻 1665年」国分社
- (5) NASA "Solar Dynamics Observatory "http://sdo.gsfc.nasa.gov/

北極海航路における航法システムの現状

海上保安庁交通部整備課安全システム開発室 高木 雄太

1 はじめに

近年、地球温暖化による北極海の海氷減少に伴い、夏期限定ではあるが、北極海航路が開通するようになった。この北極海航路を利用した場合、スエズ運河を利用する既存のルートと比較すると、輸送距離や輸送時間が短縮できるなどのメリットがあると言われている(1)。

この北極海航路の有益性については我が 国でも認識されつつあり、今後、北極海航 路を利用する日本船舶は増加していくと予 想される。その一方で、北極海において利 用可能な航法システムについては我が国で はあまり知られていない。そこで、本稿で は北極海に関する2つの文献を参考に、北 極海において利用可能な航法システムにつ いて概観する。

2 Arctic Marine Infrastructure⁽²⁾

文献(2)は、北極における航路標識や海上通信及び交通管制等の海上インフラについて記述したものである。本章では、当該文献を参考に、カナダ・ノルウェー・デンマーク・アイスランド・ロシア連邦・アメリカ合衆国が管理する、北極海の航法システムについて述べる。

2. 1 カナダ

カナダ沿岸の北極海には、季節限定の航路標識が設置されている。カナダ東側の北極圏では、毎年6月最終週ごろに航路標識

が設置され、アンガヴァ湾、ハドソン海峡、フロビッシャー湾などカナダ西側の北極圏では、毎年7月第3週ごろに航路標識が設置される。そして、10月の最終週には、設置された航路標識は回収されるか、もしくは不活性化される。

2. 2 ノルウェー

ノルウェーの場合、ノルウェー本土の海 岸全域に航路標識が設置されている他、ス ヴァールバル諸島沿岸及びそのフィヨルド 内も航路標識が設置されている。さらに、 スヴァールバル諸島の内水にも多数の航路 標識が整備されている。

その他、2007年には、バルデという地域 に北方沿岸向けのVTSが導入され、バレン ツ海やノルウェー沿岸において船舶管制や 海洋環境の保全を行っている。

2. 3 デンマーク

グリーンランドの南西部沿岸には、昼標などの固定標識や無線通信局およびレーダービーコンが整備されている。

その他、グリーンランドの領海を通航するすべての船舶に対し、6 時間ごとの位置・航路・速度・天候の通報を義務付ける、GREENPOS というシステムが運用されている。

2. 4 アイスランド

アイスランドでは、その内水に、固定標 識や浮標が多数整備されている。その他、 沿岸部には、海岸線全体をカバーするよう に AIS 関連システムが設置されている。

また、レイキャビクにおいては、Maritime Traffic Service による交通監視が行われ ている。

2.5 ロシア連邦

北極海航路上にある港を中心に、広範囲 にわたって固定標識および浮標を設置して いる。また、2020年までを期限として海上 通信に関する投資をさらに増やすことを計 画している。

2. 6 アメリカ合衆国

アラスカの北方沿岸には、航路標識がまったく整備されていない。しかし、アリューシャン列島の北方には、わずかに航路標識が設置されている。

VIF 通信のカバー範囲は、アラスカ南東部全体およびセント・ポールやブリストル湾の北方などアリューシャン列島の一部であり、VIF 通信が利用できない地域では、IF 通信もしくは衛星通信が利用されている。

3 THE CONTRIBUTION OF SPACE TECHNOL -OGIES TO ARCTIC POLICY PRIORITIES(3)

文献(3)は、北極における利害関係者のニーズと、衛星技術がそのニーズに対してどの程度貢献できるかについて記述している。本章では、当該文献にまとめられた衛星システムの内、船舶交通に関わる北極圏の衛星システムについて要約する。

3. 1 衛星を用いた通信システム

現状の衛星通信システムとしては、インマルサット、ユーテルサット、イリジウム、グローバルスターなどが挙げられる。これらの衛星通信システムは、北緯75度以下の地域では十分な通信容量と通信速度を持

っているが、北緯75度以上の地域では、通信容量が限られ、通信速度は遅くなってしまう。現状では使用者が限られているため、それほど問題ではないが、今後は北極における商業活動が増え、広帯域幅をもつアプリケーションへの需要が増加すると考えられている。そうすると、現状のシステムでは、北緯75度以上の地域へ十分な接続速度と通信容量を提供することはできなくなることが予想される。

こうした状況への対策として、細長い楕 円極軌道をもつ衛星打ち上げが検討されて いる。

3.2 衛星を用いた航行システム

操船者の大多数が選択している航行システムとして、全地球的航法衛星システム (Global Navigation Satellite System: GNSS)が挙げられる。現状の GNSS としては、GPS やGalileo、GLONASS などが有名である。

これら GNSS の高緯度における課題としては、次の3つがある。

- (1)信号増幅に使用される衛星からの信号は、北極地域まで届かない。
- (2) 現状の衛星軌道では、極地域の仰角が低くなる。
- (3)極上空にある電離層の活動により、測位や航行の正確性が低下する。

GPS やGLONASS は、1990 年代の半ばから 運用されている円熟したシステムであるが、 Galileo に関しては、完全な状態での運用 は2020 年以降となるので、ナビゲーション 衛星が予定通りに配置されれば、より精密 な位置測定が可能になると考えられている。 3.3 衛星を用いた地球観測システム

リモートセンシング技術により、海氷の マッピングや雪の特性評価、船舶と氷山を 見分けることによる航路の管理などが可能 となる。

北極地域の地球観測における課題として は、次の2点がある。

- (1) レーダーのカバー範囲や、衛星の再訪頻 度が限られているため、広範囲にわたって 高解像度をもつ観測機器の開発に影響があ る。
- (2) リアルタイムな画像データの有効性は、 地上局の通信可能範囲と衛星に搭載された リソース次第である。

これらの対策として、ヨーロッパでは次世代型の地球観測衛星が製造されている。 また、カナダにおいても新たな地球観測システムである RADARSAT Constellation が開発されている。

- 3. 4 衛星を用いた監視システム
- 3. 4. 1 捜索救難

衛星を用いた捜索救難システムとしては、 COSPAS-SARSAT が有名だが、COSPAS-SARSAT は、北極においても費用対効果の高い捜索 救難手段である。

3. 4. 2 海上交通管理

衛星を利用した海上交通管理システムとして、衛星AISが挙げられる。商業用の衛星AISは、カナダのexactView社やアメリカのORBCOMM社により提供されているが、信号の衝突・干渉・時間遅延・更新頻度といった課題がある。これらの課題を解決するため、どちらの組織も衛星配置の拡大を計画している。

また、ノルウェーにおいても衛星AIS用の超小型衛星を運用している。しかし、こちらにも信号衝突・干渉・時間遅延・更新頻度といった問題があり、衛星配置の拡大が検討されている。

4 おわりに

本稿では、北極海沿岸各国が保有している北極海の航法システム及び北極圏において運用されている衛星システムについて概観した。

今後、我が国においても北極海航路を利用する船舶が増えるものと予想される。本稿がこのような船舶の安全に寄与することができれば幸いである。

5 参考文献

- (1) 稲野 雅之、三岡 照之、古屋 武志: 「北極海航路について―北海道港湾の 可能性に関する検討―」、2012、発行 元:国土交通省北海道開発局第56回 (平成24年度)北海道開発技術研究発 表会
- (2) Arctic Council: 「Arctic Marine Infrastructure」、Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report、pp. 163-165、2009
- (3) Polar View: THE CONGTRIBUTION OF SPACE TECHNOLOGIES TO ARCTIC POLICY PRIORITIES, pp16-18, 2012

6 謝辞

本稿の執筆に際し、電波航法研究会副会 長・渡邉康夫氏に、多大なるご協力を賜り ました。心より御礼申し上げます。

北極海航路の展望と課題

海洋政策研究財団

(一般財団法人シップ・アンド・オーシャン財団) 市川 吉郎

1 はじめに

近年、北極圏、特に北極海については、様々な動きが報じられている。中でも、北極海の海氷の減少については、地球温暖化と絡めて取り上げられることが多い*。このほかにも、北極海沿岸諸国による大陸棚に関する排他的権利の延伸問題や北極海沿岸域における資源、とりわけ原油や天然ガスの開発など、政治や経済にまつわる話題も多く、今や世界でも有数の「熱い海」とも言える。

一方で、北極海の海氷の減少は、我が国にも影響を及ぼしている。中でも、現実に眼に見える形で進行中なのが、北極海航路の利用である。北極海を一般商船の航路として利用できれば、我が国を含む極東と欧州、特に西欧や北欧を結ぶ有力な航路の一つとなり得ると期待されており、この航路を利用した我が国の企業も現れている。

しかしながら、北極海航路には、北極海特有の克服すべき課題も多く、我が国の企業、特に海運会社がこぞって航路に参入するような状況には至っていないのが現実である。ここでは、北極圏に関する一般的な情報と北極海航路の現状を紹介するとともに、航路に関する今後の課題について取り

上げることとしたい。

2 北極圏の現状

2. 1 北極圏の定義

一口に「北極圏」と言っても、色々な定 義がある。

地理学的には北緯 66 度 33 分 39 秒以北の地域が「北極圏」とされている。この地域では夏期に白夜、逆に冬期には一日中太陽が昇らない極夜が出現する。

また、北極評議会*(AC:Arctic Council)では、生態学的な観点などから「樹木限界線より北側の地域」を「北極圏」と定義している。この地域では最も高温となる月の月平均気温が $10\sim12^{\circ}$ C以下である。また、この地域の面積は、全地球面積の約 5.5%に相当する。

2.2 北極圏の拠点

厳しい自然条件のため、北極圏には都市は極めて少ない。西から見ていくと、ノルウェーのトロムソ(約6.8万人)、ロシアのムルマンスク(約30.7万人)、ボルクタ(約7.0万人)、ノリリスク(約17.5万人)などがあるに過ぎない。このほかの居住地は限定的で、先住民である少数民族の居住地を除くと、軍事、資源開発、科学上の観測

^{*}海氷の減退には、地球温暖化以外にも様々な要因がかかわっている。

^{*}ACについては後述する。

のための拠点であり、遠く離れて散在している。また、北極海沿岸部には、道路を含む陸上交通手段があまり整備されていない。 経済・産業の面から見れば、不凍港であり古くからの軍事拠点でもあるムルマンスク、白海で最も重要な港であるアルハンゲルスク(アルハンゲルスク(アルハンゲルスク(アルハンゲルスカ(アルハンゲルスカ)は北極圏外にある。)、エニセイ川河口域にあり世界でも最大級のニッケル鉱山があるノリリスクなどが主要な経済圏となる。ロシア以外では、ノルウェー最北部のキルキネスとその周辺で鉄鉱石鉱山が開発されている。

2.3 北極圏の資源開発

最近の北極圏における主な石油、天然ガス関係の資源開発の動向について簡単に紹介する。

2. 3. 1 ヤマル半島の天然ガス開発

ロシアでは、天然ガスの主力生産地域である西シベリア陸上での生産量減退が予測されており、これを代替する目的でヤマル半島での天然ガス開発を進めてきた。現在の計画では2016年に生産を開始し、年間1,500~1,600万トンのLNGやガスコンデンセート*を北極海航路経由で出荷することになっている。2013年10月には、世界の船社に対しLNG輸送プロジェクトの国際入札への参加が打診された(1)。これによると、ヤマルLNGは最大で16隻の砕氷型LNG船を建造する方針である、とされている。

2. 3. 2 ノルウェー沖の動向

ノルウェーの北海油田は 1980 年代に生産が本格化されたが、産出量は 2000 年をピークに減少しており、2010 年の時点で推定可採埋蔵量の 40%が生産されたと見られていた。しかし、2011 年に北海から北極海にかけての海域で、新たに油田が相次いで発見されている。なお、ノルウェー沖での石油資源開発には、我が国の企業も鉱区を獲得している。

また、北緯 70 度付近にある町ハンメルフェストの沖合い 135km には、世界最北端の天然ガス田であるスノービットがある。天然ガスは海底パイプラインで付近のメルコヤ島の LNG プラント(これも世界最北端)に送られ、LNG 船で出荷されているが、我が国で建造された氷海 LNG 船も就航している。なお、2012 年と 2013 年にはスノービットから北極海航路経由で我が国に LNG が輸送された実績がある。

2. 3. 3 グリーンランド沖の動向

デンマーク領であるグリーンランドとその周辺海域には、アメリカ地質調査所(USGS: United States Geological Survey)の調査では、480億バレルに上る可採埋蔵量があると推定され、世界的に注目されている。

2002年から順次、鉱区の入札が行われ、 我が国からも(独)天然ガス・金属鉱物資 源機構(JOGMEC)などが出資した企業 が参画している。

2. 4 北極圏における国際枠組み

南極圏の場合、南極条約によって南緯60

^{*} ガスコンデンセート: 天然ガス生産の際 に地表で凝縮した液状炭化水素。性状は 軽質でナフサに似る。

度以南の領有権主張は凍結されており、軍事利用や天然資源開発も禁止されている。 これに対し、北極圏の場合は南極条約に匹敵する国際的な法的枠組みがなく、基本的には既存の国際条約や国際慣習で関係国間の利害が調整されることになる。

例えば、北極海には沿岸国が設定した排 他的経済水域 (EEZ) が存在する上に、国 連海洋法条約第6部の規定に基づき、沿岸 国は排他的権利を有する大陸棚の延伸を主 張している*。

こうした国際的な法的枠組みの欠落を補うものとして、1996年に北極評議会(AC)が設立された。ACは、関係国政府間のハイレベル・フォーラムと位置づけられ、北極圏の持続可能な開発と環境保護や、開発に伴う先住民への影響などについて関係国間の協力を促進することを目的としている。

AC は北極海を取り囲むアメリカ、カナダ、ロシア、ノルウェー及びデンマークの5 カ国に加えて、国土が北極圏にかかるアイスランド、フィンランド及びスウェーデンの3 カ国を加えた8 カ国が正規のメンバーである。さらに、先住民の6 団体が重要なステーク・ホルダーとして参加しているのが特徴である。

正規のメンバーとは別に常任オブザーバーとしての参加も認められており、現在は英、仏、独、西、蘭、伊、ポーランド、日、韓、中、印及びシンガポールの 12 カ国が常任オブザーバーとして認められている。なお、我が国は 2013 年 5 月に中、韓等とともに常任オブザーバーとなった。

3 北極海の現状

3. 1 海氷

北極海に浮かぶ氷は、ほとんどが海水が結氷した海氷である(海水は塩分を含むため氷点は・1.8℃程度)。まず、海水の最表面で最初の氷である晶氷が形成される。海面のわずかな揺らぎで晶氷は微細な氷の結晶に破壊されるが、結晶同士は凍結して集り、一枚の薄い氷となる。これが成長して厚みを持ったものが一年氷であり、一冬で厚さ1.5m 程度に成長する。また、海氷同士がぶつかり合って氷脈を形成することもある。ただし、凍結するのは海水中の水分だけなので、高塩分の海水(ブライン)が排出されるが、ブラインの一部は海氷に取り残される。このため、一年氷の強度は、淡水の氷に比べると低い。

北極海では、6月から7月になると、海 氷の上に積もった雪が融け始める。やがて、 雪解け水は集まり、海氷の表面に水溜り(パ ドル)を作る。水の反射率は氷に比べると 低いため、パドルは太陽光から熱を吸収し、 その周囲の氷を融かしていく。パドルは広 く深く成長していき、海氷に孔を穿つ。一 度孔が形成されると、そこから一気に融解 水が海水中に流れ出ていく。融解水の大き な役割は、微細な孔や割れ目などを通じて 氷の結晶内に残っていたブラインの排出を 促すことにある。夏に融け残った一年氷は 二年氷となるが、二年氷はブラインが排出 されているため、一年氷に比べて強度は高 い。やがて、二年氷は多年氷となり、その 厚さは3~4mに達する。

北極海の海氷は、概ね冬の終わりである 3月に最大、夏の終わりである9月に最小

^{*} アメリカは国連海洋法条約に未加入のため、延伸を主張できる立場にない。

になる。なお、結氷時や夏期に海氷から排 出されるブラインは、海洋の循環に大きな 影響を及ぼししている。

3. 2 地球温暖化と海氷の減退

北極圏は、地球温暖化の影響を最も受けやすい地域の一つであり、北極圏の平均的な気温の上昇幅は、全地球平均の約2倍に達している。この気温の上昇は、北極圏全体に大きな影響を及ぼしているが、北極海にとっては、夏期の海氷の減退という形で影響が現れている。

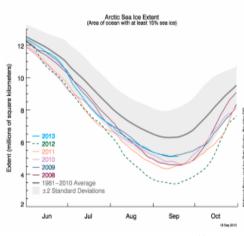


図1 北極海の海氷面積の推移 (2)

図1は、夏期の北極海において単位面積当たり15%以上に海氷が存在する海面の面積の推移を表したものである。これを見ると、2008~2011年の4年間は、1979年以降で海氷海面面積が小さかった3~6位の年に相当するが、それでも過去30年間(1981~2010年)の平均的な水準の下限付近にあった。しかし、2012年はさらに大きく減退し、観測史上最小の面積となった。なお、9月で比較する限り、2013年は大き

な減退は見られず、逆に過去6年間では最大の海氷海面面積となった。図2に、過去最小となった2012年9月の海氷分布状況を示す。

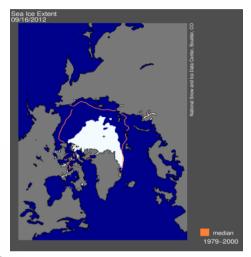


図2 2012年9月の海氷分布 (9)

これを見ると、ロシア側も北米側も海氷 が消滅し、北極海航路が「開通」している ことがわかる。この状態であれば、一般の 船舶も条件付きではあるが、航行は可能で ある。

参考までに、図3に2004年9月の海氷 分布を示す。なお、2004年は特別な事情が あった訳ではなく、1979~2000年の間の 平均的な海氷分布と類似しているため例示 したものである。図3を見ると、ロシア側、 北米側ともに海氷で航路が閉塞され、特に カナダ側はほぼ完全に塞がれた状態となっ ている。ロシア側を航行するとしても、砕 氷船のエスコートを受けた耐氷構造を有す る船舶でなければ、航行は不可能である。

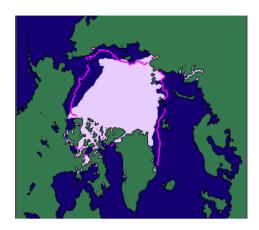


図3 2004年9月の海氷分布 (9)

なお、海氷の盛衰については気温の影響のみではなく、グリーンランド側やベーリング海峡から流れ込んでくる海流の影響なども考慮しなければならない。また、冬期(3月)の海氷について見ると、減少傾向にあることは確かだが、夏期ほどに大きな海氷の減退は確認されていない。

3.3 北極海の海氷の将来

北極海の海氷の将来については、様々な 予測が提示されている。政府間気候変動パネル (IPCC:Intergovernmental Panel on Climate Change) が 2007 年に発表した第 4 次報告書では、2030~2040 年代には、 夏の北極海から、ほとんど海氷が消える可 能性を指摘した。2013 年 9 月に公表され た第 5 次報告書でも、1979 年以降の夏期 の海氷について、10 年当たり 9.4~13.6% (10 年当たり 73~107 万 km²) 減少して いると指摘している (高い確信度)。

一方で、これとは反対の見解を示すものもある。ロシアの極地研究所 (AARI: Arctic and Antarctic Research Institute) によれ

ば、北緯 70~85 度の平均気温は周期的に変化しており、これから、北極海航路の内の NSR (Northern Sea Route) 部分の氷象について、2010~2015 年は減退、2015~2020 年は平均的、2020~2040 年は平均的か厳しい、と予測している⁽⁹⁾。

4 北極海航路

4. 1 当財団と北極海航路の関わり

当財団は、1993~1999 年に日本財団の支援の下で「国際北極海航路開発計画」 (INSROP: International Northern Sea Route Programme / JANSROP: Japan Northern Sea Route Programme)を実施 し、2002~2006 年には「北極航路の利用 促進と寒冷海域安全運航体制に関する調査 研究」(JANSROPII) を実施するなど、 長年にわたり北極海航路の問題に取り組ん できた。

また、この一環として、1995 年 8 月には、砕氷貨物船「Kandalaksha」号により、横浜からノルウェーのキルキネスまでの実船航海試験も行った。 Kandaluksha は SA-15型と呼ばれる砕氷商船であり、長さ174m、幅 24m で厚さ 1m までの氷なら連続砕氷航行が可能である。なお、この時はシベリア沿岸に氷が無かったため、あえて北側へ針路を変更しており、通常の北極海航路よりはかなり北方を航海した。

さらに、2010~2012 年には「日本北極海会議」を設置し、北極海航路に限らず、広く北極海に関する問題を多元的、統合的に把握し、我が国がとるべき政策や戦略について検討した。検討の結果は「北極海の持続可能な利用に向け日本がただちに行うべき施策」という提言にとりまとめられた。

この提言については、その後、我が国のAС 表1 ロッテルダムまでの距離(海里) の常任オブザーバー資格の取得、海洋基本 計画に北極海航路の利用検討が盛り込まれ るなど、着実に実現に移されている。

4.2 北極海の航路

4.2.1 北東航路と北西航路

北極海の航路には、ロシア沿岸を通る北 東航路と、アラスカからカナダ沿岸を通る 北西航路の2ルートがある。

このうち、北米沿岸を通る北西航路につ いては、2011年に初めて「開通」したが、 依然として氷況は厳しく予測も難しいこと や、沿岸での経済活動が活発ではないこと、 商船を支援できるような強力な砕氷船がな いこともあって、現在でも目立った動きは ない。

この稿では、「北極海航路」とは、ロシア 沿岸を通る北東航路を意味している。

4. 2. 2 北極海航路の特徴

北極海航路の特徴として挙げられるのは、 なんと言っても東アジアと欧州を結ぶ際の 距離の優位性である。表1に東アジアの主 要港湾から欧州最大の港湾であるロッテル ダム港までの距離について、北極海航路を 経由した場合と、従来どおりのスエズ運河 を経由した場合の比較で示す。

当然ながら、北方に位置している港湾ほ ど北極海航路に近いことから、優位性が増 している。距離の短縮効果は最大の苫小牧 で39.4%、最小の上海でも21.9%となって いる。距離が短いということは、海運にと っては、燃料コストの削減、航海日数の短 縮、といったような効果がある。

		北極海航路経由	スエズ運河経由
ĺ	苫小牧	7,034	11,609
	横浜	7,397	11,279
ĺ	釜山	7,697	10,949
	上海	8,257	10,568

次に利点として考えられるのが、地政学 的なリスクが低いことである。従来のスエ ズ運河経由の航路では、潜在的に不安定な 中東地域を通過せざるを得ず、政治的なリ スクがある。また、紅海からインド洋にか けては、世界的な海賊多発地域である。こ のようなリスクは、船舶保険料の高騰の要 因となる。これに対し、北極海航路では、 現在のところは地政学的なリスクはほとん どないと言ってよい。

ただし、距離の優位性については、氷況 やその他の状況に応じて変化し、絶対的な ものではない。また、リスクの優位性につ いても、北西航路も含め北極海航路には厳 しい自然というリスクが存在するので、常 に相対的に評価する必要があるのは言うま でもない。

4.2.3 北極海の航路の法的規制

4. 2. 3. 1 北極海航路

ロシアは 1991 年に北極海航路を通航す る場合の事前の申請手続きや船舶の構造な どを定めた「北極海航路通航規則」

(Regulation for Navigation on the Seaway of the Northern Sea Route) を制 定した。

国連海洋法条約第234条は、年間の大部 分の期間が氷結する自国の排他的経済水域 が、船舶の航行に支障や特別な危険を及ぼ し、かつ、海洋の汚染が生態系に著しい害 を及ぼすそれのある場合は、その氷結区域 を航行する船舶に対し、海洋汚染の防止を 目的として、沿岸国が法令を定め、執行で きる権限を認めている。

北極海航路のほとんどは、ロシアの排他 的経済水域又は領海内を通過しているが、 ロシアはこの第234条の規定を根拠に、北 極海航路を通航する船舶に対して管轄権を 有すると主張している。

4. 2. 3. 2 北西航路

北西航路は、カナダ沿岸の北極海に浮かぶ約 19,000 の島々の間を通過する航路から形成されているが、カナダは北極海の島々の外側に直線基線を採用している。基線は領海を定める基準線であり、その内側は内水となる。

国連海洋法条約では、内水における無害 通航権を認めておらず、通航は全て沿岸国 の主権による制約を受けることになる。こ れに対して米国は、島嶼間を抜ける航路の うち、慣習的に国際海峡とされていた航路 を通航する船舶には、国際海峡としての通 過航行権を認めるべき、と反論している。

4.3 北極海航路の概況(図4参照)

東アジア側から北極海航路に入るには、ベーリング海峡を通過することになる。次にチュクチ海を通過し、ウランゲル島と本土との間のロング海峡を通過、東シベリア海に出る。ノボシビルスク諸島では、島嶼間のサニコフ海峡を抜けるのが一般的であるが、同海峡は11mの喫水制限が課されており、北極海航路の大きな制約要因となっ

ている。しかし、最近の海氷の減退により 同諸島の北側を通航することも可能になっ ており、その場合は喫水制限はない。

その後、ラプテフ海を通過し、セベルナヤゼムリヤ諸島と本土との間のビルキツキー海峡を通過するが、この辺りが北極海航路では最も氷況が厳しいところで、最後まで海氷が残る海域である。カラ海を抜けノバヤゼムリヤの南側のカラゲート海峡を超えればムルマンスクなどがあるバレンツ海に出る。なお、近年の海氷の減退でカラゲート海峡ではなく、ノバヤゼムリヤの北側を通る航路も利用可能となっており、ノルウェー海方面に向かう短絡航路となる。



図4 北極海航路のイメージ図

ロシアでは、ベーリング海峡からノバヤゼムリヤに至るまでの約2,300海里の区間を NSR (Northern Sea Route)と定義し、ここを通航する船舶に前述の北極海航路通航規則を適用している。

4. 4 北極海航路の通航

4. 4. 1 通航の準備(申請手続き)

北極海航路を通航するためには事前に許可を取得する必要がある。第一段階は、ロシア中央船舶海洋設計研究所 (CNIIMF) から Ice Certificate を取得しなければならない。ここでは、船舶の構造、特に一般に

Ice Class と言われる耐水構造や船舶の設備などが審査される。

次にロシアの北極海航路管理局(NSR Administration: NSR 管理局)に航行許可の申請を提出しなければならない。2012年までは、航行の4ヶ月前までに申請することが義務付けられていたため、北極海航路利用の際の障害の一つとされていたが、2013年からは2週間前に申請すればよいこととなった。

NSR 管理局では、申請に対して、条件を付して航行を許可している。主な許可条件としては、船体の構造と氷況に応じてロシア原子力船公社(ROSATOMFLOT)の原子力砕氷船のエスコートを受ける、船長や船員の氷海航行の経験が規定に達しない場合は氷海パイロットを乗船させて指示に従う、などである。

なお、原子力砕氷船のエスコート料金や 氷海パイロットの料金などは、当然ながら 申請者が支払うことになる。

4.4.2 実際の通航

航行海面にほとんど海氷が存在しなければ、一般の海洋と同様の航海が可能である。 LNG 船やばら積み貨物船では、最大 16kt 程度の速力で航海することが可能であり、 海氷が最も減退した 2012 年の実績では、 NSR 通過時の平均船速が 13kt 以上に達した船舶もあった 4。

航行海面に流氷が認められる場合は、減速せざるを得なくなるが、十分な耐氷構造があれば単独航行が可能である。海面の大半が海氷に覆われると、もはや一般船型の商船での単独航行は不可能となり、砕氷船のエスコートを受けなければならない。

海面が海氷で覆われても、氷況が厳しくなければ、1隻の砕氷船の後を数隻の商船が続行する船団航行が可能である。一方、現在、NSRで使用されている原子力砕氷船の最大幅は30mであり、砕氷部分の幅はこれより若干狭い。従って、1隻の砕氷船でエスコートできる船の幅はパナマックス(幅32.2m)よりやや大きめ程度が限界となる。幅が50mを超えるような大きな船舶が、氷況が厳しいときに通航する場合には、2隻の砕氷船によって砕氷して航路幅を確保することになる。

さらに、氷況が厳しくなると、砕氷船が 商船を曳航することになる。ケーブル等で 曳航すると、砕氷船が割った氷の破片が砕 氷船と曳航される商船の間に割り込み、曳 航すら困難になることがある。このように 極めて厳しい氷況時にはクローズ・トゥー イング (close towing) を行う。これは、 砕氷船の船尾に設けられたスターン・ノッ チに被曳航船の船首を直接つなぎ、間隔を あけずに曳航する方法である。なお、曳航 される船舶の排水量が砕氷船の排水量を上 回ると、操縦性能が著しく低下することが 知られている。現在の砕氷船の排水量は約 23,000t であるので、この排水量がクロー ズ・トゥーイングされる船舶の限界の大き さ、ということになる。

4. 4. 3 通航可能時期

現在、一般の商船が、北極海航路を通航 可能なのは6月下旬から11月中旬までの 約4ヶ月半程度である。この内、初夏は海 氷が残っており、航行条件としては良いと はいえず、航行速度も上がらない。7月下 旬ぐらいから海氷が融け始め、8月から9 月にかけて航路が「開通」の状態となる。 この時期は、大型商船であれば 10kt 以上 の平均速度が期待できる。10 月に海氷面積 が増大を始めるが、11 月頃までの海氷は形 成された直後の海氷で成長していないため、 航行には大きな支障を及ぼさない。

なお、海氷が最も減退した 2012 年は、8 月上旬には「開通」となったが、2013 年は 8月が低温傾向であったこともあって、「開 通」となったのは 9 月上旬であった ^⑤。

4. 4. 4 通航の実績

東アジアと欧州を短絡するという意味での北極海航路の外国船による通航実績は2009年が最初であり、ドイツの2隻の重量物運搬船が韓国からオビ川河口のノビイ港を経由して欧州に帰港した。これはロシア船籍以外の船舶が北極海航路で東アジアから欧州に抜けた初めての例である。2010年にはノルウェーのキルキネスから中国へ鉄鉱石を輸送し、これが外国船による初の北極海航路トランジット通航となった。

2011 年以降については、NSR 管理局がトランジット通航の実績を、とりまとめて公表している 4。なお、NSR 区間を通過するという意味で、極東ロシアとムルマンスク間などのロシア国内の運航も、トランジット運航の実績には含まれている。

これによれば、トランジット運航船舶の 実績は2011年が41隻*、2012年が46隻、 2013年は71隻であった。2012年及び2013 年は貨物量も明らかにされている(表2)。

表 2 北極海航路トランジット貨物量 ⁽⁴⁾ (単位:t)

	2012年	2013年
液体貨物	894,079	911,867
ばら積み貨物	339,201	276,939
海産物	8,263	66,868
一般貨物	_	100,233
合 計	1,264,545	1,355,897

2013年は航路の「開通」が、2012年に 比べ1ヶ月遅れと氷況が厳しかったにもか かわらず、通航隻数、貨物量ともに伸びて いることは特筆に値する。NSR管理局への 申請時期が4ヶ月前から2週間前に緩和さ れた効果もあったものと思われる。

我が国関連では、2012 年にスノービット・ガス田の LNG を北極海航路経由で輸送したのが最初である。2013 年にはナフサを積んだタンカー2 隻と LNG 船1隻が北極海航路を利用した。

中国は、北極海航路の使用に積極的であり 2013 年には中国からロッテルダムに向けて初めてコンテナを輸送した。韓国は、欧州企業の主導ではあるが、北極海航路を利用してガスコンデンセートを輸入し、航空燃料に加工して欧州に輸出している。

4. 5 北極海航路の航行支援施設等

北極海航路には、現在、6つの GPS 補正基地局が置かれており、常時稼動している。電波の到達距離は280~300km、補正後の誤差は1~5m である。ただし、北極海航路全般をカバーしている訳ではなく、チュクチ海のほぼ全域やラプテフ海の一部などはカバーされていない。このほか、1,552

^{*34} 隻とする資料も多いが、ここでは NSR 管理局の数値に統一した。

の航行支援支援設備がある[®]。特に、北極 海の島々は平坦でレーダーに映りにくいた め、島にはレーダー・リフレクターが設置さ れている。静止衛星である通信衛星につい ては、極圏では使用できない。INMARSAT は、北極海航路のうち、概ねセベルナヤゼ ムリヤ諸島からノバヤゼムリヤに至るまで の間で通信困難になる。

海図は NSR 管理局が発行しており、現在、98 枚の英語版海図と 10 点余りの英語版新海用刊行物が出版されている $^{(4)}$ 。なお、海図は 1990 年代に発行されたが、正確性に問題があるとの指摘もある $^{(7)}$ 。 2013 年 12 月には、ラプテフ海で面積 500 ㎡の新たな島が発見されたという報道もあった $^{(9)}$

5 北極海航路の課題

5. 1 原子力砕氷船

現在、北極海航路 (NSR) では、ロシア原子力船公社の原子力砕氷船4隻*が航行支援の任についているが、これらは1985~2007年に建造されたもので、一部で老朽化が進んでいる。ロシアでは、原子力砕氷船の耐用稼働時間を10万時間と定めているが、延命工事により耐用稼働時間を15~17.5万時間に伸ばすことで対処している。また、60MWの原子炉を搭載した新型原子力砕氷船を、2017~2021年にかけて3隻新造する計画がある。1番船の建造は決定されたが、計画通りに進捗するかについては予断を許さない。

2013年は、近年でも氷況の厳しい年であったが、NSR通航中の船舶が海氷で足止め

され、原子力砕氷船の来援を待つこともあった。このような待ち時間の発生は、距離と時間の短縮というトランジット航路の優位性を損ないかねない。今後、NSR 通航船舶が増加した場合は、船団航行などで効率化を図っても、現在の体制では不足すると予測されている。

5. 2 通航可能期間

現在の通航可能期間は、概ね6月下旬から11月中旬までの間であり、通年ではない。今後の氷況によっては、通航可能期間が拡大することも十分にあり得るが、それでも通年にわたって航行可能となるとは考え難い。これは、資源などのスポット輸送では大きな問題とはならないが、コンテナ船のような定期船では大きな問題となる。

5.3 コスト

北極海航路を利用する船舶は、耐氷構造であることが望ましい。耐氷構造ではなくとも氷況が穏やかな場合は、原子力砕氷船のエスコートを受ければ通航可能であるが、航行の機会を多く確保するには耐氷構造が必須であろう。耐氷構造は、船首部や喫水線回りの補強や低温対策が主となるが、これにより船価は上昇する。また、船体重量の増加が避けられないため、燃費性能は悪化し、コスト増加要因になる。

ロシア側に支払う原子力砕氷船のエスコート料や氷海パイロットの料金などもコスト増加要因である。これらの料金設定については不透明な点も多く、将来の料金動向についても予測がしがたい面もあり、北極海航路の継続的な利用を躊躇させる要因の一つといえよう。

^{*} 内1隻は2013年に退役。また、他に浅喫水用原子力砕氷船が2隻ある。

北極海航路には、スエズ運河経由のような地政学リスクはないが、厳しい自然環境の中を航行するというリスクがあり、これは船舶保険料にも反映されるはずである。

北極海航路の継続的な利用のためには、 上記のようなコストを組み入れても、スエズ運河経由に比較して、競争力があるものである必要がある。

5. 4 環境面でのリスク

北極海は低温の環境であり、一度、海難 事故で油などによる海洋汚染が発生すれば、 環境の回復に膨大な時間を要し、生態系に 甚大な被害を与えるおそれがある。

海難事故ではなく、通常の運航をしている船舶から排出される物質も懸念材料である。特に排気ガスについては、窒素酸化物や硫黄酸化物のみならず、ディーゼル・エンジンから排出されるブラック・カーボン*が海氷上に沈着し、これが熱を吸収して海氷の溶融を促進させるのではないか、と懸念されている。これについては、現に国際海事機関 (IMO) でも議論されており、当財団でも「北極海航路における船舶からの黒煙 (ブラック・カーボン) に関する調査研究事業」(日本財団助成事業)を実施しているところである。

このほか、航路通航が増加することによるシロクマやアザラシといった生態系への 影響も考慮しなければならない。北極海航 路で深刻な環境問題が惹起すると、持続可 能な利用が困難になるおそれもある。

6 おわりに

当財団は約20年以上前から北極海航路に大きな可能性を見出し、調査研究を続けてきた。近年、我が国でも北極海航路への関心が高まってきており、国も検討会などを立ち上げているところである。一方で、持続可能な利用については、考慮すべき課題が残っているのも事実である。

最後に、常日頃から当財団の活動を支援 して頂いている日本財団に深く感謝を申し 上げます。

(参考文献)

- (1)日本海事新聞 2013 年 10 月 15 日付 「7 船社に国際入札打診」(1 面)
- (2)アメリカ国立雪氷データセンターHP
- (3)北極海航路の持続可能な利用に向けた 国際セミナー in 札幌 講演資料 p3-16
- (4)NSR Administration HP "TRANSIT STATISTICS"
- (5)海事プレス 2013 年 9 月 13 日付「ウェ ザーニュース、北極海航路の開通確認」 (15 面)
- (6)北極海航路の持続可能な利用に向けた 国際セミナー in 札幌 講演資料 p3-13
- (7)日本北極海会議報告書 海洋政策研究 財団 p96
- (8)時事通信 2013 年 12 月 4 日付「北極海 で島発見=ロシア」
- (3)と(6)のセミナーの資料は以下のURLでご覧になれます。

http://blog.canpan.info/oprf/archive/1317

^{*} IMO などで議論されている「ブラック・カーボン」は、一般に認識されているブラック・カーボンより若干範囲が広い。

特別研究会 東京大学大気海洋研究所の見学

雷波航法研究会事務局

1 はじめに

2013年11月22日に、電波航法研究会の特別研究会を実施した。本年は、11名が千葉県柏市にある東京大学大気海洋研究所を見学した。本稿では、その概要を紹介する。

2 大気海洋研究所の紹介

集合場所であった会議室において、大気 海洋研究所国際連携センターの道田豊教授 より、大気海洋研究所の沿革や組織につい て紹介があった。

2. 1 沿革

1962年4月、東京大学に附置された海洋研究所、そして1991年4月、東京大学理学部に設置された気候システム研究センター設立準備室。大気海洋研究所は、これら二つの施設が2010年4月に統合されて発足した。

2.2 組織

大気海洋研究所は、三つの研究系・研究 連携領域・三つの付属研究施設において、 その名のとおり、気候や海洋に関する研究 を行っている。また、所外研究者との共同 利用や共同研究を支援するための施設とし て、共同利用共同研究推進センターが設置 されている。その他、学術研究船として、2 隻の船舶を所有している。



写真1 道田教授による講演

3 国際沿岸海洋研究センターの被災とその後

大気海洋研究所の沿革及び組織の紹介後、 道田教授より、「国際沿岸海洋研究センター の被災とその後」と題した講演が行われた。

この講演では、実際の写真を通して、岩 手県大槌町にある国際沿岸海洋研究センタ ーの東日本大震災直後の様子と、その後 徐々に復興の道を歩んでいる様子が紹介さ れた。

中でも、被災した国際沿岸海洋研究センターでは、通常は地下に造られることの多いRI実験室(放射性物質を取り扱う施設)を3階に造ったおかげで、RI実験室は津波による被害を免れたというエピソードが印象的であった。万が一を想定することの大切さを再認識することができた。

4 飼育実験施設

道田教授による講演の後、大気海洋研究所内にある飼育実験施設の見学を行った。

飼育実験施設には、光環境調整実験室・ 調温実験室・特殊環境実験室など多様な施 設があった。今回の特別研究会においては、 その中の一つである海洋生物の飼育室を見 学した。

飼育室内には、ウナギやマス、小型のサメなど多様な海洋生物が飼育されていた。 この施設では、それら海洋生物の脳波や血 圧・心拍数の測定を行い、海洋生物の体液 調節機構について調べる研究や、サメやエイの卵を飼育して、子どもが卵の中でどのように成長していくのか調べる研究など、海洋生物の生態に関する様々な研究が行われていた。

5 海洋観測機器棟

飼育実験施設の見学後、海洋観測機器棟 を見学した。

棟内には、様々な海洋観測機器が管理されていた。今回は、それら観測機器のうち、 深海の海水を採取する採水器や、海底の泥 を採取する採泥器、そして水の拡散や細か なゆらぎを観測する乱流計などの紹介があった。

5. 1 採水器

採水器は、様々な深さの海水を採取する ための装置である。写真3のような上下に ふたのついたボトルを、ふたを開けたまま 海中に沈め、目的の深さでふたを閉めるこ とにより、海水を採取する。複数の採水ボトルを利用することで、一度沈めるだけで 異なる水深の海水を採水することができる。 ボトルの大きさはさまざまで、多量の海水



写真2 海洋観測機器棟



写真3 採水器

を採水したい場合には、200 リットル~250 リットルクラスの大きさのボトルを使用することもある。また、種類によっては水深 1万メートルまで海水を採取することが可能であり、過去には、マリアナ海溝の海水 を採取したこともあるそうだ。ただし、それほど深いところにある海水を採水するには、6時間以上の時間を要すると説明があった。

5. 2 採泥器

採泥器は、装置を海底に落として、泥の中に装置を沈めて、それを引き上げることで海底の泥を採取する。堅いところに落とすとステンレスが曲がることがあり、そのため、この装置を使用する際には、センサ

ーを利用して海底の硬さを確認するそうだ。 また、海底の泥と一緒にメタンハイドレードが入っていることもあり、海上に引き上げたあと、安易に装置の中をのぞくと、メタンハイドレートが気化し、爆発する可能性もあると説明があった。

5.3 乱流計

乱流計は、水の拡散や細かなゆらぎを観測する装置である。水の拡散や細かなゆらぎは、一見なんでもないことのように思えるが、エサとの遭遇率に影響を与えるなど、海洋生物に様々な影響を与えるため、重要なファクターである。このような装置を用いて、海中の乱流を直接計測できるようになったのは最近のことであり、乱流計は現在注目を集めている装置の一つであるそうだ。

6 大気海洋研究所の施設紹介

海洋観測機器棟見学後、大気海洋研究所の施設紹介が行われた。大気海洋研究所は、すべての階が同一の構造をしており、その一方で、階ごとに壁の色が異なっているところが特色であると紹介された。また、研究者同士の交流のために、交流ラウンジが用意されている。外国の大学では一般的だが、日本ではそういったスペースをもつ大学は少ないそうだ。

各階の紹介後、屋上見学を行った。研究 所の屋上へ上がると、ちょうど夕焼けの頃 合であり、空の赤色がきれいであった。屋 上からは、遠くの町並みから、すぐ近くに あるサッカースタジアムまで見渡すことが



写真4 採泥器

でき、壮観な眺めであった。

7 おわりに

今回の特別研究会は、東京大学大気海洋研究所の見学を行った。

道田教授による大気海洋研究所の紹介や ご講演、その他、海洋生物の実験室・海洋 観測機器の紹介など、興味深い内容が多く、 有意義な特別研究会となった。

最後に、特別研究会のために施設見学の 手配や各施設の紹介を行っていただきました大気海洋研究所国際連携センターの道田 教授及び大気海洋研究所職員の皆様に心よ り御礼申し上げます。

東京大学大気海洋研究所

- ・所在地 〒277-8564 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
- ・ホームページ http://www.aori.u-tokyo.ac.jp



写真 5 大気海洋研究所屋上にて集合写真

臨時研究会 「次世代AIS国際標準化のためのワークシ

ョップ」講演及びパネルディスカッション参加報告

海上保安庁交通部整備課安全システム開発室 高木 雄太

1 はじめに

2014年1月20日から24日にかけて、海上保安庁及び海洋政策研究財団により、「次世代AIS国際標準化のためのワークショップ」が開催された。

このワークショップは、船舶自動識別装置(Automatic Identification System: AI S)による通信のさらなる高速化・効率化を可能とする次世代 AIS(VHF Data Exchange System: VDES)について、その国際標準化を図ることを目的としている。

ワークショップ初日には、一般の参加者を対象とした AIS 専門家による講演及びパネルディスカッションが実施され、電波航法研究会では、この講演及びパネルディスカッションを臨時研究会と位置づけ、会員各位の参加を募った。

本稿では、臨時研究会の概要について述べる。

2 「次世代 AIS 国際標準化のためのワークショップ」 開催の背景

AIS は、海上における人命の安全のための国際条約(SOLAS 条約)に基づき、平成20年7月までに対象となる船舶への搭載が完了した。その後、AISは、航路標識AIS、AISクラスB、捜索救助用位置指示送信装置(AIS-SART)等、その用途の多様化が図られ、

船舶の安全航行への寄与のほか、物流の効率化、船舶の捜索救助活動等の分野でもその有用性が世界的に認識されるようになった。今後、さらに AIS の利用が拡大すると、大量にやりとりされる情報によって AIS 通信網が圧迫され、円滑な通信ができなくなると考えられる。

そこで、予測される通信容量の不足を解消し、拡大する利用者のニーズに対応するため、情報を高速かつ効率的に通信することができる VDES の開発が、国際航路標識協会(International Association of Aids to Navigation and Lighthouses Authorities: IALA)等で検討されている。

その流れを受け、VDES に求められる機能、 採用すべき技術等について、VDES の開発に 向けた討議を行うため、昨年度、第1回目 の「次世代AIS 国際標準化のためのワーク ショップ」が開催された。

今年度のワークショップは、昨年度に引き続き行われ、昨年度ワークショップの成果等を踏まえ、VDESの技術的要件について議論が行われた。

3. 講演者の紹介

講演者は以下のとおりである。(発表順) ・野口 英毅氏

(日本・海上保安庁)

- Mr. Stefan BOBER(ドイツ・連邦水路海運庁)
- ・Mr. Ross W NORSWORTHY (アメリカ・沿岸警備隊)
- ・Mr. William D KAUTZ (アメリカ・沿岸警備隊)
- Mr. Rolf ZETTERBERG (スウェーデン・海事監督局)
- ・中川 裕康氏 (日本・古野電気株式会社)
- ・宮寺 好男氏 (日本・日本無線株式会社)
- ・Mr. Gaëtan FABRITIUS (フランス・CLS 社)

4 講演及びパネルディスカッション概 要

「次世代AIS 国際標準化のためのワークショップ」講演及びパネルディスカッションは、2014年1月20日14時より日本財団ビル(東京都港区)にて開催された。第1部では、AIS専門家による講演が行われ、第2部では、AIS専門家によるパネルディスカッションが実施された。

講演の様子を図1に示し、各講演の概要 及びパネルディスカッションの概要を以下 に記す。

4. 1 Result of 1st Workshop 野口 英毅氏

野口氏は、2012 年 12 月に行われた第 1 回ワークショップの成果について講演を行った。野口氏はまず、第 1 回ワークショップの成果として、次世代 AIS の定義について議論し VDES の基本概念をまとめたことを挙げた。また、野口氏は、さらなる成果



図1:講演

として、海上における遭難及び安全に関する世界的な制度(Global Maritime Distress and Safety System: GMDSS)の見直しやe-navigationのために必要とされる VDESの機能要件をまとめたことを挙げた。

最後に、野口氏は、第1回ワークショップの成功を受け、第2回ワークショップに 大いに期待していると述べ、講演を終えた。

4. 2 VDES VHF Data Exchange System Overview

Mr. Stefan BOBER

BOBER 氏は、VDES の概念について講演を行った。まず、BOBER 氏は、AIS の利用がどのように拡大してきたかについて触れ、AIS の過負荷を防ぐ VDES の必要性を説明した。また、モデル図を用いて、船舶局-船舶局間、船舶局-陸上局間、船舶局-衛星局間における VDES による通信の概略を示し、さらに、VDES が e-navigation や将来の GMDSS にどのように寄与するのかを述べた。最後に、BOBER 氏は、VDES 開発のロードマップについて説明し、講演を終えた。

4. 3 Technical Details and Guidelines for VDES Implementation Mr. Ross NORSWORTHY

NORSWORTHY 氏は、VDES に利用される技術の詳細について講演を行った。まず、NORSWORTHY 氏は、現在 VHF 帯を用いた海上デジタル通信に使用されているチャンネルについて触れ、新たなデジタルデータサービスを実施する際、考慮すべき点について述べた。その後、NORTHWORTHY 氏は、チャンネルプランや変調方式、フィルタリングデザインなど VDES の実用化に向けた技術的なポイントとガイドラインについて説明した。最後に、NORSWORTHY 氏は、今後の VDES 開発に向けた自身の方針について言及し、講演を終えた。

4. 4 MARITIME RADIOCOMMUNICATIONS WRC-15 AGENDA ITEM 1.16 VHF DATA EXCHANGE SYSTEM Mr. Bill KAUTZ

KAUTZ 氏は、VDES に関する国際電気通信連合(International Telecommunication Union: ITU)の動きについて講演を行った。
KAUTZ 氏はまず、世界無線通信会議 2012(WRC-12)の結果とWRC-15のアジェンダ1.16について触れ、VDES 実現に向けたポイントについて述べた。KAUTZ 氏によれば、現在、ITU Radiocommunication Sector Working Party 5B: ITU-R WP5Bは、作業計画に沿ってWRC-15に向けた会議準備会合(Conference Preparatory Meeting: CPM)の準備をするため、VDESの概要について研究を進めている。また、KAUTZ 氏は、WRC-18では、GMDSSの見直しとe-navigationへの利用に向けて VDES の周波数割り当てについて議

論されるだろうと述べた。

4.5 Development of VDES in IALA Mr. Rolf ZETTERBERG

ZETTERBERG氏は、VDESに関するIALAの動きについて講演を行った。ZETTERBERG氏は、まずVDESが求められている背景について述べた。そして、IALAの作業手順や海上通信システムへの取り組みについて言及し、IALAは現在、IMO、ITUといった国際機関と協力しながら VDES やe-navigationの開発に取り組んでいると述べた。最後に、ZETTERBERG氏は、IALAにおける今後のVDES作業計画について触れ、また、同じ IMO内においてもe-navigation に VDES を用いることに対し、否定的意見を持つグループがあると指摘した。

4. 6 A Study on VDES Channnels and TDMA Slots

中川 裕康氏

中川氏は、まず、AISとVDESの現状について述べた。その後、VDESの開発において検討すべき点を3つ挙げた。まず1つ目は、AISと隣り合う周波数帯の利用が検討されている用途特定メッセージ(Application Specific Message: ASM)とAISの信号が干渉する可能性があるということ。次に、AISとASMと衛星VDESによるスロットの衝突を回避できるようにスロット割り当てを検討するべきだということ。そして3つ目は、シミュレーションにより VDESの仕様を最適化するべきだということであった。最後に、中川氏はプレゼンテーション全体の要点をまとめ、講演を終えた。

4. 7 Development of VHF Data Exchange System (VDES)

∼VDE Communication Protocol ∼ 宮寺 好男氏

宮寺氏は VDES の開発について講演を行った。まず、宮寺氏は、日本無線株式会社の沿革と取り扱っている無線通信機器を紹介した。その後、宮寺氏は、衛星からのダウンリンクがある場合に、地上系 VDES と衛星 VDES のタイムスロットを分け合う方式の提案を行った。また、宮寺氏は、海上移動局から VHF 波を送信する際、海面反射によるマルチパスの影響が現状ではあまり理解されていないため、海上におけるマルチパスフェージングについて研究する必要性を主張した。

4.8 Focus on Satellite VDES Mr. Gaëtan FABRITIUS

FABRITIUS 氏は、衛星 VDES について講演を行った。FABRITIUS 氏は、自身の所属する CLS 社について紹介した後、衛星 VDES が必要とされる根拠について述べた。その後、CLS 社とヨーロッパ宇宙局(ESA)が衛星 VDES の事前研究を行い、2015 年以降に実験的な衛星の打ち上げを計画していると述べた。また、FABRITIUS 氏は、とりわけ日本の団体に対し、その研究への参加を呼びかけた。

4.9 パネルディスカッション

講演の後、パネルディスカッションが行われた。パネルディスカッションは講演者が登壇し、進行役の野口氏や聴講者からの質問に回答する形式で行われた。パネルディスカッションの様子を図2に示す。



図2. パネルディスカッション

4.9.1 VDES の実現時期

まず、進行役の野口氏が、パネリストに対し、VDESの実現はいつになるだろうかと質問した。BOBER 氏は、ロードマップに示されているとおりに開発を進めるには課題が多いと述べた。宮寺氏は、すでに地上系VDESの周波数は特定されているので、地上系 VDES は現段階でも利用を開始できると述べた。一方、衛星 VDES 向けの周波数はまだ特定されていないので、そちらを決める必要があるとも述べた。また、ZETERBERG氏は、VDES を国際標準化する前には、多数の実験を行う必要があると述べた。

4.9.2 AIS の脆弱性

続いて、野口氏は、昨年 AIS の脆弱性について報道されたことを踏まえ、VDES ではなりすまし等のサイバー攻撃への対策をとる必要があるかかどうか問いかけた。それを受け、NORTHWORTHY 氏は、AIS 搭載船は、他の AIS 搭載船を識別できる必要があるため、VDES 信号の暗号化は現実的ではないと答えた。また、位置の近い船舶同士は連絡を密に取り合うため、AIS を利用したなりすましが事故につながることはないと考え

られると述べた。さらにNORTHWORTHY 氏は、 海岸局側はなりすまし対策をとる必要があ るが、海岸局の保有しているデータを用い れば、なりすましを判別することは容易だ ろうと指摘した。

4.9.3 衛星 VDES について

聴講者より、衛星 VDES を 24 時間使用するならば、イリジウム衛星のように、衛星配置を行い、専用のスロットを割り当てるのが理想であるが、専用スロットの割り当てや衛星配置についてどのように考えているのかという質問が挙がった。これを受けて、宮寺氏は、24 時間運用するのであれば、イリジウム衛星のような高い軌道の衛星を利用し、専用の周波数帯を利用することが必要であるが、VHF 帯を用いて通信を行うならば、低軌道衛星を用いて通信を行うことになるだろうと述べた。

次に、他の聴講者より、VDES に用いる衛星の打ち上げ計画に関して質問があった。これを受けて、FABRITIUS 氏は、今後2、3年以内にデモ衛星を打ち上げる予定があると述べた。また、NORTHWORTHY 氏は、衛星VDES を利用するメリットを明示することができれば、衛星打ち上げにつながっていくだろうと述べた。

4.9.4 VDL過負荷の問題点及びVDESの 具体的な利用法

聴講者より、VHF Data Link: VDLの負荷が大きくなった際にどのような問題が起こるのかという点について、また、VDESの具体的な利用方法はどのようなものが考えられているのかという点について質問があった。1つ目の質問を受け、BOBER氏は、海

岸局-船舶局間の通信に問題が生じると述べた。また、NORTHWORHY 氏は、VDL 負荷の上昇は、近傍に位置する船舶の識別に対し、ただちに影響を与えるものではないため、航行安全の観点から見ると問題ではないが、通信という観点から見ると大問題になると述べた。

その後、2つ目の質問を受け、BOBER 氏は、利用法の一つとして音声通信のような直接的な通信が考えられると述べた。また、TETREAULT 氏は、アメリカ陸軍工兵隊では、AIS 経由で内陸水路における水面の高さや天候といった情報を内陸水路航行者に向けて提供しており、将来的には、VDESを利用して、これらの情報を提供していくことになるが、それをどのように行うかは現在行われているリサーチ次第であると述べた。さらに、ZETTERBERG 氏は、e-navigationにおいても VDES の利用方法がまだはっきり示されていないため、VDES の開発は一般的な方法で進めるしかないのが現状だと述べた。

4.9.5 隣接チャンネルの影響

聴講者より、隣接チャンネルを使用した際にAIS チャンネルに生じる妨害波に関して質問があった。その質問を受けて、中川氏は、AIS の機能を妨げないように VDES のチャンネルプランを考える必要があると述べた。

4.9.6 JRC が提案する通信プロトコル について

聴講者より、宮寺氏の講演の際に述べられた通信プロトコルにおいて、どのように スロットの衝突を検出するのかという質問 があった。それを受けて、宮寺氏は、衛星 VDES からのダウンリンクがあった場合、地上系 VDES は使用するスロットを限定し、その後、衛星 VDES からのダウンリンクがなくなればスロットを限定せずに使用すると述べた。

4.9.7 VDES の変調と復調について

聴講者より、VDESの変調と復調について質問があった。それを受けて、NORTHWORTHY 氏は、VDESに使用される変調方式はD8PSK もしくは16-QAMになるだろうと述べた。

5 おわりに

本研究会では、国内外のAIS専門家による講演及びパネルディスカッションを聴講し、複数の国際機関において議論がなされている VDES に対する理解を深めることができた。

最後に、講演者を始め、関係各位にこの 場を借りて御礼申し上げます。

電波航法研究会 平成25年度事業報告

Record of work carried out by the Japanese Committee for Radio Aids to Navigation in fiscal 2013

> 電波航法研究会事務局 Secretariat office of the JACRAN

総会

平成25年度総会は、平成25年5月17日14時30分から国立大学法人東京海洋大学越中島キャンパス越中島会館で開催された。会員総数90名のうち、出席者16名、委任状提出者32名の計48名であり規約第10条第4項の規定により総会は成立した。各議題の審議結果は次のとおりであった。

- 1. 平成 24 年度事業報告が事務局により 行われた。
- 2. 平成 24 年度会計報告及び監査結果の 報告が事務局から行われ、承認された。
- 3. 平成25年度会長選出に関して、水洋会中村氏からの推薦により長岡氏の会長就任が満場一致で了承された。副会長については長岡会長からの推薦により、渡邉氏及び池田氏の副会長就任が満場一致で了承された。なお、各幹事の委嘱については事務局案のとおり了承された。
- 4. 平成 25 年度事業計画案について事務 局から説明が行われ、原案どおり承認さ れた。
- 5. 平成 25 年度予算案について事務局から説明が行われ、原案どおり承認された。

研究会

- 1. 第1回研究会は、平成25年5月17日、 国立大学法人東京海洋大学越中島キャン パス越中島会館で総会に引き続き開催さ れ、海上保安庁交通部整備課長 五十嵐耕 氏から「海上保安庁の交通政策について 〜海上交通センター用14GHz 帯固体化レ ーダー装置〜」及び、情報通信研究機構 電磁波計測研究所 宇宙環境インフォマ ティクス研究室長 石井守氏から「電波航 法と宇宙天気」と題する講演が行われた。 出席者は33名であった。
- 2. 第2回研究会は、平成25年9月18日、 国立大学法人東京海洋大学越中島キャンパス越中島会館で開催され、電波航法研究会事務局から「北極海航路の航法システムに関する文献調査」及び、海洋政策研究財団(一般財団法人シップ・アンド・オーシャン財団)海技グループグループ長市川吉郎氏から「北極海航路の展望と課題」と題する講演が行われた。出席者は28名であった。
- 3. 第3回研究会は、平成26年2月13日、 国立大学法人東京海洋大学越中島キャン パス越中島会館で開催され、海上保安庁 交通部整備課安全システム開発室安全シ

ステム開発技術官 竹内謹治氏から「日本の VTS における VTS の効果・今後の展望」及び、日本航路標識協会専務理事 池田保氏から「各国の VTS 事情について」と題する講演が行われた。 出席者は34名であった。

特別研究会

平成25年11月22日に千葉県柏市の東京 大学柏キャンパス大気海洋研究所を見学し、 海洋生物実験室や海洋観測機器棟などの施 設紹介を受けた。参加者は13名であった。

臨時研究会

平成26年1月20日に海上保安庁及び海洋政策研究財団が開催した「次世代AIS国際標準化のためのワークショップ」の講演及びパネルディスカッションを臨時研究会と位置づけて参加した。

幹事会

幹事会は、平成25年4月26日、5月17日、9月18日、平成26年2月13日に開催され、事業計画、講演テーマ、会誌発行等について審議が行われた。

会誌等発行

会誌「電波航法」第55号を発行した。 ホームページで、研究会の案内及び資料 等の掲載を行った。

会員数

平成 26 年 3 月 31 日現在 正 会 員 23 名 45 口 個人会員 9 名 (9 名のうち年会員 5 名、終身会員 4 名) 推薦会員 19 名 特別会員 36 名 計 87 名

会員の異動

変更 会長退任に伴い、林尚吾氏が推薦 会員となった。

退会 正会員 日本水路図誌株式会社 推薦会員 茂在 寅男(死亡) 推薦会員 鈴木 務(死亡)

- 電波航法 ----- ELECTRONIC NAVIGATION REVIEW -

平成26年4月9日

印 刷 2013

発 平成26年4月11日 行 No.55

電波航法研究会 編集・発行

Japanese Commitee fot Radio Aids to Navigation

印 刷 東京都千代田区飯田橋2-15-5

日経印刷 株式会社



航路標識のエキスパート"JANA" 安全で美しい海を

_{財団法人}日本航路標識協会 "JANA" Japan Aids to Navigation Association