

TOKYO KEIKI PRESENTS
VIEWS

**TOKYO/
KEIKI**

**TOKYO/
KEIKI**

東京計器レポート「Views」とは

当社の製品情報（アプリケーション事例、技術紹介等）をコンパクトにまとめたPR誌。本誌は2015年発行のものから特集記事を抜粋し、再編集したものです。

Views WEB版はこちら

<https://www.tokyokeiki.jp/company/report/>



毎号、冊子としてお読みになりたい場合は下記よりお申込みください（無料）

https://www.tokyokeiki.jp/form/webform_tokyo-keiki.html



01p	表紙
02p-03p	目次
04p-17p	東京計器の、無人運航船に向けたチャレンジ 無人運航船、いよいよ実証段階へ！
18p-23p	ウインドチャレンジャーと共に進化する、 東京計器の航海技術。 風を味方に省エネ運航！
24p-29p	次世代エネルギー 水素がもたらす未来のために 水素ステーションで活躍する 東京計器パワーシステムの油圧システム
30p-35p	利根導水を見守る超音波流量計 利根川、その豊かな水資源を 有効活用するために。
36p-43p	危機管理型水位計MD-10 豪雨災害から住民の命を守る。
44p-53p	日本から世界に広がる高精度VTSレーダー 欧州有数の主要港をより安全に。
54p-67p	東京湾海上交通センター 安全でスムーズな 船舶交通を守るために。
68p-75p	小型SAR衛星が宇宙ビジネスに新風を吹き込む。 宇宙空間で活躍する 東京計器のマイクロ波パワーアンプ
76p-85p	スマート農業を加速する 直進自動操舵補助装置AG-GEAR3 トラクタの直進走行がハンズフリーになる。
86p-93p	北の大地で鉄道の安全を守る！ 新型超音波レール探傷車、 JR北海道で本格稼働開始。
94p-95p	高速・高分解能、AIによる欠陥画像の鮮明表示で さらに使いやすくなりました。 素材検査装置 M-CAP V2



無人運航船、 いよいよ実証 段階へ!

近年、無人運航船の実現に向けた数々の国内プロジェクトが展開されており、東京計器もオートパイロットの開発で永年培ってきた自動操舵技術を駆使して多くの無人運航船プロジェクトに積極的に参画しています。ここでは、日本財団と共同で実施されている「無人運航船プロジェクト『MEGURI2040^{※1}』(無人運航船の実証実験にかかる技術開発共同プログラム)」に参画するDFAS(Designing the Future of Full Autonomous Ship)プロジェクトに焦点をあて、東京計器の無人運航船に向けた取り組みをご紹介します。

東京計器の、 無人運航船に向けた チャレンジ

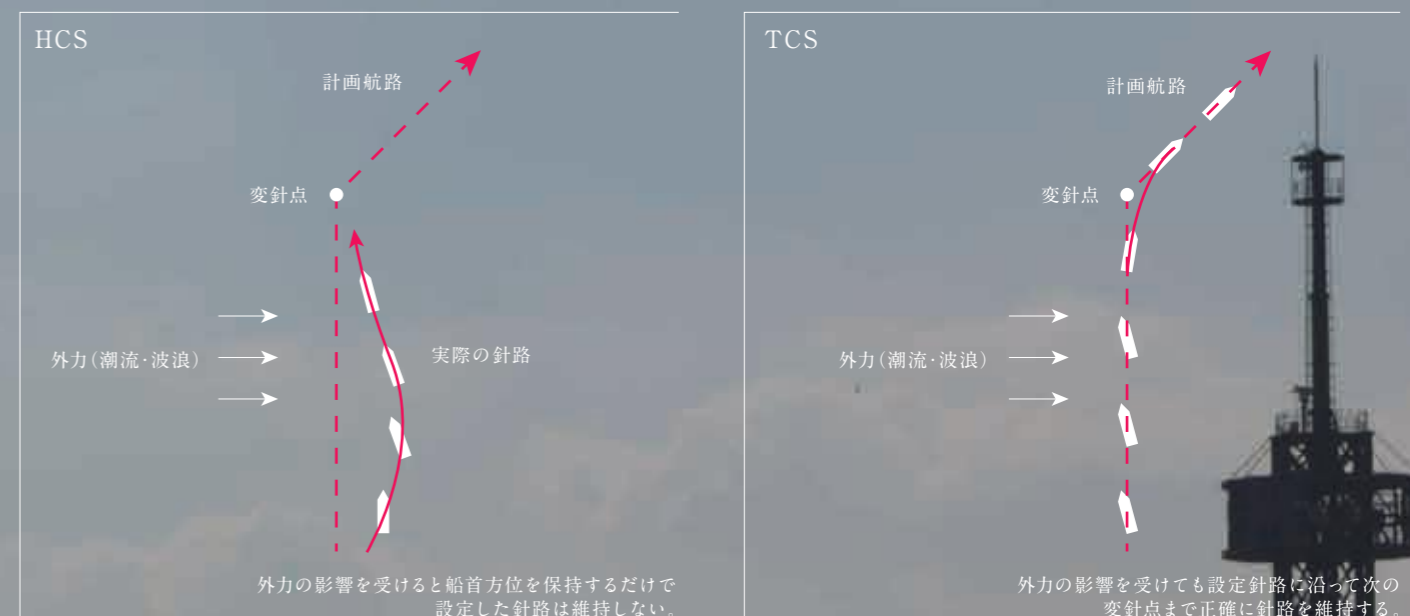
※1: 世界に先駆けて内航船における無人運航の実証実験を成功させることで、本分野の技術開発への更なる機運を醸成し、日本の物流及び経済・社会基盤の変革を促進、当該技術開発を支援するために創設された助成制度。



無人運航船とは何か

乗用車における自動運転技術の進歩は目覚ましいものがありますが、船舶の分野では古くからオートパイロット(自動操舵装置)が実用化されており、既に一定レベルの自動運転が実現されています。オートパイロットには、予め設定した船首方位を保つように制御するHCS(Heading Control System:以下、HCS)機能と、予め設定した航路上に自船位置を保つように制御するTCS(Track Control System:以下、TCS)という機能があります(図1参照)。現在の船舶ではECDIS(Electronic Chart Display and Information System:電子海図情報表示装置)とオートパイロットを組み合わせたTCSによって、設定航路上を自動的かつ正確に航行することが可能です。東京計器はいち早くTCSの製品化を実現し、2005年に認証を取得して販売を開始すると共に、高度な自動運転によって船舶の安全と効率化に貢献してまいりました。

図1 一般的な自動操舵(HCS)とトラックコントロール(TCS)の違い



さて、ひとくちに「船舶運航の自動化」と言ってもそのイメージは漠然としたものです。そこで、現在では、自動運航船、自律運航船、無人運航船などの分類がなされており、以下のように定義^{※2}されています。

1:自動運航船

何らかの自動制御機能を使用して、人間が舵や推進器などの機器を直接操作することなく航行できる船舶(HCSやTCSは自動運航船の機能に該当します)。

2:自律運航船

各種センサを用いて船舶周囲の物体を認識して衝突の危険の有無を判断、衝突の危険のある物体に対しては回避行動を行う。回避行動終了後は設定された目的地に向かうための適切な航路に戻る。こうした操船を人間が介在せずに自動で行うことができる船舶。

3:無人運航船

上記の機能を有した船舶で航海士は乗船しない。陸上から通信手段を介して人間が遠隔操船することも可能。

一方、運航の自律化のレベルについても分類がなされています。図2は英国のロイド船級協会が定義した自律化レベルで、AL0からAL6まで段階的に自律化レベルが上がっていきます。この分類によるとHCSはAL1に、TCSはAL2に該当します。

陸上からの支援を伴う無人運航船を実現するためには、外部からの支援情報の取得と刻々と変化する船内情報を陸上基地にリアルタイムで送信することが必要不可欠です。近年、急速に進んでいる船陸間通信の大容量化は無人運航船にとって大きなメリットになります。また、無人運航船の制御においては、常に他船の動静を把握し、衝突リスクが高いと判断した場合は自動で避航操船できる機能が求められます。その実現のためにはAI(人工知能)による深層強化学習など高度な技術が必要です。ベテラン船長の熟練した経験と勘を機械が再現し、高い安全運航を実現する、そんな夢のような無人運航船の時代はもうすぐそこまでやっています。

図2 船舶運航の自律化レベル

自律化レベル			
高 ↑	AL6	完全な自律	船舶のシステムが決定したことについて、全く監視が行われない。
	AL5	完全な自律	船舶のシステムが決定したことについて、人による監視がほとんど行われない。
	AL4	人間監視型	人間の監視下で自律的に実行される。 重要な決定については人間が行う。
	AL3	積極的な人間参加型	船舶の運航は、人間の監視下で自律的に実行される。 船上または陸上から提供されたデータを基に重要な決定は人間が行う。
	AL2	船上及び陸上での意思決定支援	船舶の運航は、船員が意思決定。 船上または陸上からの航路計画に関する支援情報が船員の意思決定に影響を与える。
	AL1	船上での意思決定支援	船舶の運航は、船員が意思決定。 航路表示等の支援ツールが船員の意思決定に影響を与える。
低 ↓	AL0	自動化なし	

AL: Autonomous Level 出典:ロイド船級協会

※2:清水悦郎:自動運航船の実用化に向けた最新動向と課題、ClassNK技報 No.3 2021年(1)、pp.1-8。

無人運航船の実現に向けたDFFASプロジェクト

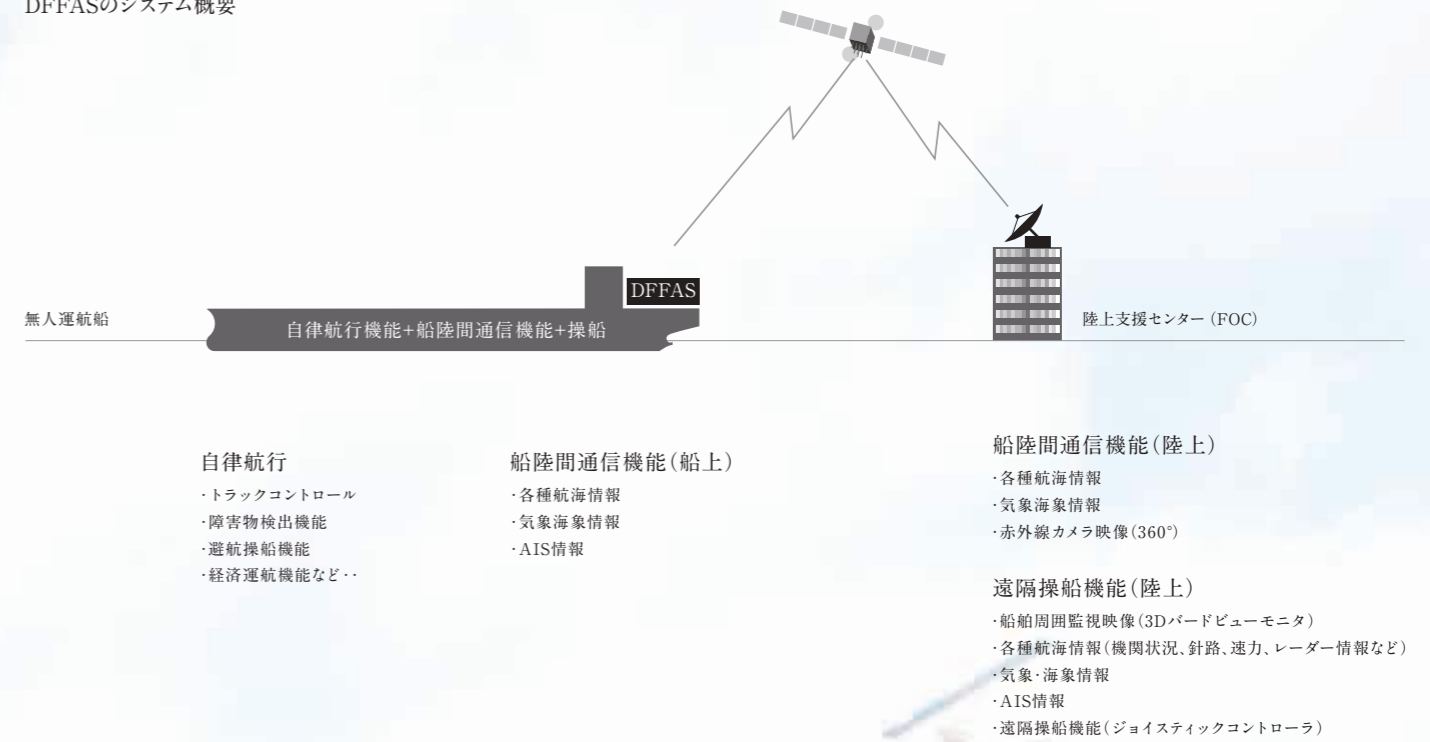
世界に先駆けて無人運航船の実現を目指すために日本財団が実施するプロジェクト「MEGURI2040」。ここでは2020年から22年にかけて5つのプロジェクトが進行中です。「DFFAS」は、海運・造船・船用など東京計器を含む国内30社が参画して立ち上げたプロジェクト(代表幹事会社:日本海洋科学)で、日本財団と共に2025年までに本格的な無人運航船を実用化する意欲的なチャレンジが続けられています。この活動を通じて、無人運航船が支える新たな内航海運事業の実現を目指します。いま、内航海運業界は船員の高齢化と人手不足が深刻化しているのが現状です。日本内航海運組合総連合会の調べによると、内航船の船員は50歳以上が過半数を占め、60歳代以上は約3割になると報告されています。船舶交通の輻輳(ふくそう)化(船舶が集中して混雑した状況)や乗組員の少人数化に伴う航行における安全の確保と航海士の作業負担の軽減のためにも、無人運航船への期待が高まってきているのです。こうした背景を受け、DFFASプロジェクトでは「無人運航船の未来創造～多様な専門家で描くグランド・デザイン～」というコンセプトのもと、以下の2つの目的を持って活動しています。

1: 日本の海運業界の未来創造を担う多様な国内30社によるコンソーシアムを中心とし、国内外のさまざまな組織の協力も加わったオープンコラボレーションでの開発体制を構築

2: 離着桟・計画航路運航・避航の自動化だけでなく、陸上での監視・診断などによる支援機能(通信回線システムを含む)や緊急時の遠隔操船も考慮した無人運航船に求められる機能を網羅した包括的なシステムの開発・実証

2025年までに無人運航船を実用化するという高い目標を掲げたDFFASプロジェクトでは、離着桟、計画航路運航、衝突を避ける避航操船の自動化を進めるだけでなく、陸上での監視・診断・結果を自動航行中の船舶にフィードバックする支援機能、そして、緊急時の遠隔操船も考慮した無人運航船に求められる機能を網羅した包括的なシステムの開発と実証が進められています。ここで培われた技術やノウハウを標準化することで日本の船用・海運業界の競争力強化を図ることが大きな目的です。

DFFASのシステム概要



無人運航船をサポートする陸上支援センター

2021年9月、DFASプロジェクトでは無人運航船を陸上から監視・支援する「陸上支援センター(以下、FOC:Fleet Operation Center)」を千葉市・幕張テクノガーデンに竣工させました。FOCは、船舶上の情報と陸上に存在する豊富な情報を収集し、無人運航船の運航状態を監視・分析することによって陸上から支援を行う「統合表示ブロック」と、緊急時に遠隔操船を行う「非常対応ブロック」の2つのブロックで構成されており、陸上オペレーターとして船長と機関長が配置されます。「統合表示ブロック」には海図、エンジンルーム監視映像、気象・海象情報、AIS情報^{※3}、海難事故情報、経済性評価、岸壁衝突リスクなどの情報が集中表示され、これらの情報を元に「最短時間で航行したい」「燃費を最優先して航行したい」などといった要求に沿った航路計画が自動で行えるようになっています。人間が数時間かけて作成してきた最適航路を約5分で自動作成できるなど、飛躍的な省力化と効率化が実現できます。また、無人運航船がどこを航行中か、障害物や他船を避ける避航プログラムがどのような判断を下しているかなども陸上から常時把握できるのも特長です。「非常対応ブロック」は、適切な避航ルートが自動設定できないと判断される場合などに陸上オペレーターが遠隔で本船を操船する設備です。近未来的なデザインが施された「非常対応ブロック」にはレーダー映像の他に本船の周囲を360°映し出すカメラ映像が表示され、ブリッジに乗船しているかのような感覚での操作が可能です。この「非常対応ブロック」には東京計器のジョイスティックコントローラMJS-9000が搭載されています。小さなコントローラ1つで船舶をスムーズかつ精細に制御可能で、無人運航船の安全確実な遠隔操船に貢献しています。

※3: Automatic Identification System 船舶自動識別装置。船舶の情報(船名、識別符号、船種、位置、針路、速力、航行状態等)を自動的にVHF帯電波で送受信し、船舶間で情報交換を行うシステム。



非常対応ブロックに装備された東京計器のジョイスティックコントローラMJS-9000。この小さなコントロールレバーを動かすだけで無人運航船を自在に操ることができる。



FOCの統合表示ブロック。無人運航船の運航状況や周囲を航行中の他船情報、気象海象情報など航海に必要な情報が統合表示され、状況に変化があった際には音声や表示によって陸上オペレーターに通知する。

FOCに設置された非常対応ブロック。幾つもの大型モニターを配し、航行中の無人運航船の状況がリアルタイムで確認できる。本船の周囲を360°映し出す3Dパードビューのモニターによって、本船や他船、周辺の状況、避航ルートなどが直感的に把握できるのも特長だ。緊急時にはここから本船を遠隔操作する。





DFFASシステムが搭載されたコンテナの内部



DFFASコンテナに搭載されたオートパイロットPR-9000。DFFAS用として再構成した特別仕様となっている。



DFFASシステムに搭載されている高性能光ファイバージャイロコンパスTF-1000

センサ部

制御部

いよいよ始まった無人運航船の実証実験

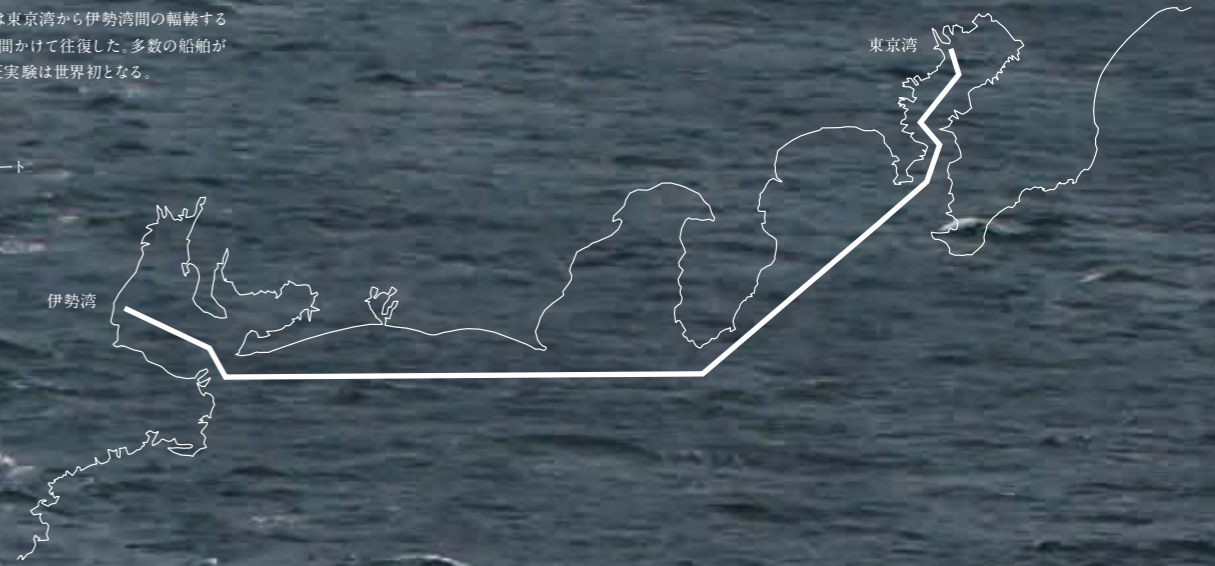
去る2022年2月26日から3月1日の7日間、就航中の内航コンテナ船「すざく(749総トン)」にDFFASの無人運航システムを装備して無人運航船の実証実験が行われました。東京湾から伊勢湾間の既存航路(約390km)を往復する航海です。無人運航に必要な機能を網羅した包括的なシステムを用いた本格的な無人運航船、しかも輻輳海域での航行を含む実証実験を行うのは世界初の試みです。船尾側のデッキに積まれた40フィートのコンテナの中には、DFFASの無人運航システムがパッケージ搭載されており、計画航路を出力する装置や無人運航システムの健全性を判定する装置などが装備されています。ここでは、無人運航船の操舵を自動で行う東京計器のオートパイロットPR-9000、そして最新鋭の高性能光ファイバージャイロコンパスTF-1000も搭載されています。PR-9000はDFFAS用として再構成されたオリジナルで、DFFASの上位システムから設定航路の情報やセンサ情報を受けて自動航行を行う重要機器です。搭載されたTCSの機能によって、自船位置と設定された航路(基線)の差を1秒ごとに検出し、その誤差を最小にするために針路を逐次調整することで設定航路のラインに沿った自動航行を実現します。また、航路離脱を抑えることで安全で省エネルギー性に優れた無人航行にも貢献します。TF-1000は、光ファイバークォイルを利用した光学式のジャイロコンパスで、高速回転するコマを利用して真北を指し示す機械式ジャイロと違って可動部がありません。起動が短時間で済み、可動部分が無いので定期的なメンテナンスが不要となるほか、ダイナミックレンジが広いという特長があります。次世代のジャイロコンパスとして注目されており、無人運航船の高精度な姿勢方位センサとしても最適です。



無人運航の実証実験を行ったコンテナ内航船「すざく」 「すざく」の後部デッキに装備された40ftコンテナの中には最新技術を駆使したDFFASの無人運航システムが搭載されている。

無人運航船の実証実験では東京湾から伊勢湾間の輻輳する既存航路(約390km)を7日間かけて往復した。多数の船舶が行き交う輻輳海域での実証実験は世界初となる。

無人運航船の実証実験ルート



DFFASの無人運航システムを搭載した「すざく」ですが、現時点での法律では乗組員ゼロの航海は認められないため、通常の航海と同様に5名の乗組員が乗船して実証実験が行われました。しかし、乗組員は離着岸作業以外では操船作業には関わらないため、実質的な無人運航と言えます。よりリアルな航海を再現するためカーゴスペースには10台のコンテナを積載するなど実運用に近い状態で実証実験が行われました。日本有数の輻輳海域として知られる東京湾の浦賀水道では、他船の状況を判断して避航操船を行うなどハイレベルな無人運航が可能であることを実証しました。「すざく」は計画通り東京湾と伊勢湾を往復し、3月1日の午前6時38分に、大井水産物埠頭に着岸して実証実験を終えました。ここで得た貴重なデータは、今後の無人運航船の研究開発に大きく役立てられます。東京計器のオートパイロットPR-9000と光ファイバージャイロコンパスTF-1000はこのたびの実証試験において高い性能を発揮し、輻輳海域でも無人運航船を安全な航路に導くと共に、実証実験の成功に大きく貢献しました。

無人運航船による国内の経済効果は2040年に50%の船舶が無人運航に置き換わった場合、年間1兆円になるとも言われています。国内物流を支える内航船の無人化だけでなく、離島に住む人々の生活を守り観光の足となるフェリーなどの無人化も進んでいくことでしょう。東京計器は、自律操船に求められる各種制御技術のさらなる向上と、光ファイバージャイロコンパスをはじめとする高度なセンサ技術の開発を通じて、無人運航船の可能性を力強く開拓してまいります。

取材協力: DFFASコンソーシアム 文中敬称略



ウインドチャレンジャーと
共に進化する、
東京計器の
航海技術。

風を味方に
省エネ運航！



いま、世界各国が脱炭素社会の実現に向けて大きく舵を切り始めました。海運業界においても、2018年4月、国際海事機関(IMO)が「2050年までに船舶から排出される温室効果ガスの総量を2008年比で50%削減し、今世紀中に排出量ゼロを達成する」という目標を打ち出しています。世界の商船はおよそ6万隻あると言われており、燃料となる重油の燃焼に伴う温室効果ガス排出量の削減は待ったなしの喫緊の課題です。



昨年秋に就航した松風丸は、こうした社会的要請に応えるために開発されたエコロジカルな輸送船です。その最大の特長はウインドチャレンジャーと呼ばれる硬翼帆式風力推進装置にあります。硬翼帆は軽量強靱なガラス繊維強化プラスチック(GFRP)で製作された帆で、かつての帆船のように風を推進力に変えることができます。これによってエンジンの燃料消費を抑制し、従来の同型船と比べて5~8%の温室効果ガスが削減可能となります。

一般的な帆船の場合、風の強さや向きなどによって帆の向きや張り加減を常に調整する必要があり、その操作には専門知識と経験が必要です。ウインドチャレンジャーは、風が弱い時は硬翼帆を展開し、強い時には縮め、風向きによって回転を行うなどといった操作を全て自動で行うことができます。さらには、気象データをもとに風を最も有効活用できる航路をAIが自動判断して航路設定に役立てるという機能も備えています。

風力の有効活用は省エネ運航に貢献しますが、風は最適な航路維持において「外乱要素」になることもあります。風に流されて船体が計画航路から大きく逸脱してしまえばせっかくの省エネ性能が無駄となってしまいます。そこで活躍しているのが東京計器のオートパイロットPR-9000です。PR-9000に搭載されたNCTeN(エヌシーテン)という制御機能は、計画航路、GPSからの位置情報、船首方位、対水速度などの航海データに基づいて船体運動特性や風の影響などによる外乱成分を推定し、無駄な舵を切らずに最適な航路を維持します。ウインドチャレンジャーとの相乗効果によって優れた省エネ運航の実現に貢献しています。

硬翼帆と最先端の制御技術によって誕生したウインドチャレンジャー。その新たな挑戦はまだ始まったばかりです。東京計器はオートパイロットをはじめとする優れた制御性を誇る航海機器の提供を通じて、世界の海で省エネと航海の安全を支えてまいります。

協力：株式会社商船三井様 株式会社大島造船所様



新開発の制御方式NCTeNを搭載したオートパイロットPR-9000。NCTeNは、波浪、風浪、潮流などの外乱成分を判断して自動操舵を行い、最適な航路維持を可能にします。



Innovative Sails for a Sustainable Future

次世代エネルギー 水素がもたらす未来のために

水素ステーションで活躍する 東京計器パワーシステムの 油圧システム

地球温暖化や石油資源の将来的な枯渇が懸念される中、新しいエネルギー資源として世界的に注目を集めているのが水素です。既に経済産業省や環境省が地方自治体や民間企業と連携して「水素社会」の実現に向けて動きだしており、日本エネルギー経済研究所の調査によると、水素関連の国内市場は2030年度におよそ1兆円に成長すると見込まれています。そんな中、岩谷産業株式会社は水素の可能性にいち早く着目し、1958年から水素の製造に着手してきました。現在では水素の国内トップメーカーとして、大規模な水素製造プラントの立ち上げや燃料電池車（FCV）の開発などにも携わっています。大阪本町にあるイワタニ水素ステーションはそうした水素事業施設のひとつ。この水素ステーションでは東京計器パワーシステム株式会社（以下、TPS）の油圧システムをご採用いただいています。ここでは、岩谷産業の水素ステーションに注目しながらTPSの油圧システムについてご紹介いたします。



岩谷産業の移動式水素ステーション

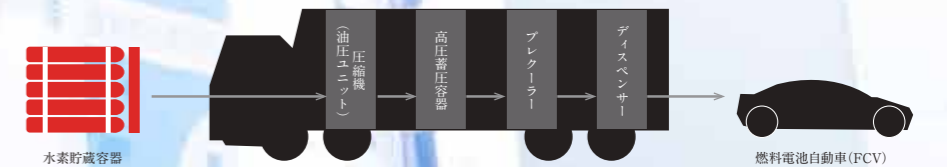
水素ステーションとは、水素をエネルギーとして走る燃料電池車（FCV）に水素をチャージする、いわば水素版のガソリンスタンド。水素ステーションには「定置式」と「移動式」の2つがあり、岩谷産業はこうした水素ステーションを全国20か所に展開しています。今回取材にご協力いただいた「イワタニ水素ステーション大阪本町」は移動式を採用した施設です。ステーション内には、水素ガスが充填された高压ボンベを収納するコンテナがあり、その隣にはボンベと耐圧ホースで接続された1台の大型トラックがあります。移動式の水素ステーションはこの2つの組み合わせが基本構成です。移動式のメリットはトラックの荷台にコンパクトな水素充填装置を搭載することで省スペースかつ簡易的に水素ステーションを構築できることにあり、燃料電池車が普及段階にある現在では需要地域に合わせて柔軟に対応できるので合理的です。「移動式」という名称ではありますが、トラックが移動しながら水素を供給するのではなく、あくまでも水素ステーションとしての条件を満たした場所での運用となります。

水素社会実現のキーワード「燃料電池」

水素をエネルギーとして活用するうえでキーとなるのが燃料電池（FC）です。燃料電池という乾電池や蓄電池のように電気を貯めておく装置をイメージしがちですが、燃料電池は発電設備そのものを指します。たとえば、水（ H_2O ）を電気分解すると水素（ H_2 ）と酸素（ O_2 ）が得られますが、それとは逆の還元反応により、水素と酸素を反応させると電気エネルギーを取り出すことができます。化学反応に伴うエネルギーを電気エネルギーに直接変換することから発電時のエネルギー効率が高く、水素と酸素の反応により水が生成されるだけで、二酸化炭素（ CO_2 ）や廃棄物を一切発生させないため、地球にやさしいクリーンな「発電装置」として期待されています。

日本はこうした燃料電池の研究では世界トップクラス。そのため、産業振興の一環として経済産業省からも水素社会に向けたロードマップが発表されています。そのロードマップによると現在は第1フェーズで、水素社会に向けた「燃料電池車の普及」の段階です。近年話題になっているTOYOTAのMIRAIは、まさにその水素で走る燃料電池車です。燃料電池車の発電の仕組みは、外部から水素を車内の水素タンクへ充填し、そのタンクに溜めた水素と空気中に存在する酸素を利用し、燃料電池で化学反応を起こさせることで電気エネルギーを得ています。岩谷産業は、こうした燃料電池車の水素供給施設として水素ステーションを各地に展開しています。

移動式水素ステーションの仕組み



水素ステーション × 東京計器パワーシステム

TPSの油圧システムは「イワタニ水素ステーション大阪本町」のトラックに搭載されている水素充填装置のメインユニットとしてご採用いただいています。燃料電池車を長距離走行させるには、水素をできるだけ多く充填しなければなりません。しかし、水素は軽くて密度の低い気体であるため、限られたタンクの容積内にたくさんの量を封入するためには、高い圧力で詰め込む必要があります。その際の圧力は実に70MPa。つまり、大気圧の700倍もの圧縮力で水素を詰め込みます。この高圧で水素を詰め込むパワー源としてTPSの油圧システムが活躍しているのです。水素を圧縮する際、ブースターと呼ばれる昇圧機で低圧の水素を高圧水素へと圧縮するのですが、ブースターを動かすためには大きな力が必要になるため、駆動源として効率よく大きなパワーが得られる油圧をご採用いただきました。

「移動式水素ステーションに搭載される油圧システムには、70MPaという高圧を実現すること、また絶対的に安全であることの2つが求められます。そのため、ブースターの駆動源となる当社の油圧システムも、空気圧縮・窒素圧縮等の高圧ガスブースター駆動としての実績を積む必要がありました。数年を経て当社製品の性能と安全性が実証され、“水素元年”と言われる2015年に納入することができました。水素社会の実現は日本の将来的発展に欠くことはできません。TPSもその一翼を担いたいという思いで頑張ってきましたが、ようやくその第一歩を踏み出すことができ嬉しく思います。」(東京計器パワーシステム取締役・新規事業担当 横瀬 薫)

東京都では東京五輪開催の2020年までに都営バスを中心に燃料電池バス100台以上を普及させる計画です。バスや自動車だけでなく船舶や電車を燃料電池で走行させる構想もあり、2030年には水素発電の本格的な開始が見込まれています。TPSも水素ステーションと共に、世界に先駆けた日本の水素社会の実現を目指してまいります。



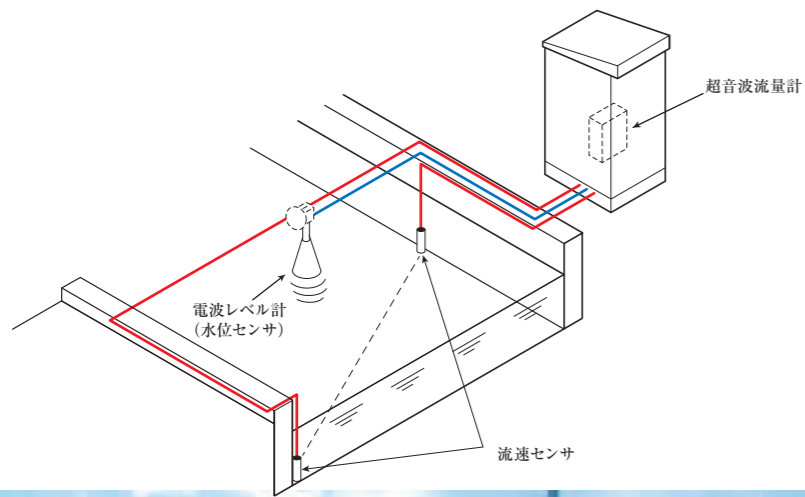
トラックに搭載されているTPSの油圧ユニット



取材協力:岩谷産業株式会社 イワタニ水素ステーション大阪本町
(文中敬称略)

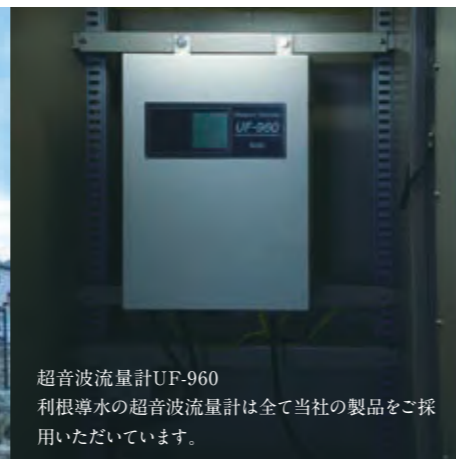
利根川、
その豊かな
水資源を
有効活用
するために。

利根導水を見守る超音波流量計



開水路用超音波流量計の原理

水中に設置した流速センサ(超音波送受信器)から上流側と下流側に向けて斜めに超音波パルスを発振し、流れの正方向と逆方向で生じる超音波の伝搬時間差によって平均速度(流速)を検出します。その数値とレベル計から得た水位データを演算することで流量を求めます。



超音波流量計UF-960
利根導水の超音波流量計は全て当社の製品をご採用いただいています。



電波レベル計MRG-10
マイクロ波を使って非接触で水位を計測できる最新のレベル計です。UF-960と組み合わせた流量計システムのコンポーネントの他、河川の水位監視用としてもご採用いただいています。



農業用水路に設置された超音波流量計の流速センサ。

利根川は群馬県の大水上山(おおみなかみやま)を水源とし、幾つもの川と合流・分派しながら太平洋に注ぐ大川です。322kmという流路延長は信濃川に次ぐ日本第二位の長さを誇っています。その中間付近、河口から154kmの位置にある利根大堰は「利根導水路事業」の基幹施設として1968年に完成しました。着工当時の東京は高度経済成長期を迎え、東京オリンピックの開催に沸いていましたが、人口の一極集中やインフラの急速な拡大などから深刻な水不足に直面していました。給水制限率は50%

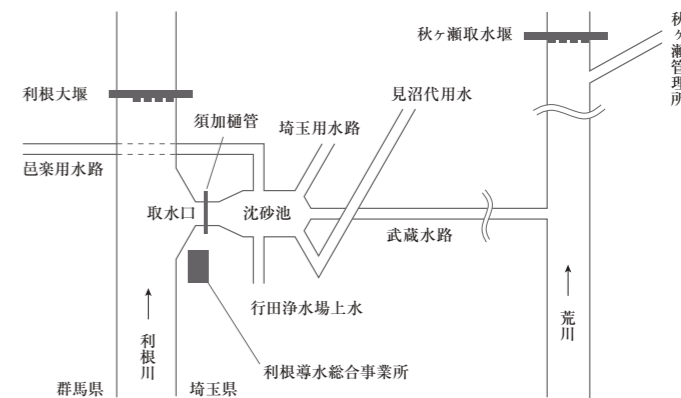
に及び、プールや水洗トイレは使用禁止、水を大量に使う理髪店や飲食店も次々と休業に追い込まれるなど日常生活にも支障をきたすほどでした。利根導水はその渇水対策の切り札として作られました。完成から約半世紀を経た現在でも、利根大堰から取水した水資源は多くの導水路を経て東京都を中心とした住民の飲料水、あるいは農業用水として活用されています。利根大堰の役割は12門のゲートによって利根川の上流を堰上げて水位を一定に保ち、安定した量の水を取水口に導く

ことにあります。取水口から取り入れた用水は沈砂池を經由して「見沼代用水路」、「埼玉用水路」、「武蔵水路」、「邑楽用水路」、「行田水路」の5つに導水され、東京、埼玉、群馬へと運ばれます。利根川の水は、東京都の約4割、埼玉県約8割の水道用水を賄っており、農業用水として利用する水田の面積は2万9,000ha、東京ドーム6,400個分に相当すると言われています。この数字からも利根大堰が首都圏の生活と農業を支える重要なインフラであることがよくわかります。



利根導水の分水系統

利根大堰の取水口からは多方向に向けて複雑に水路が巡らされています。見沼代用水と武蔵水路は立体交差し、対岸(群馬県側)の灌漑用水に利用される邑楽用水路は利根川の地下を通じて配水されています。行田浄水場上水は行田市(埼玉県)の飲料水として浄水場に配水され、武蔵用水の水は荒川に導水されて東京都と埼玉県の飲料水として利用されています。





利根導水総合事業所内の中央操作室
ここでは24時間の監視体制が敷かれ、利根導水の安全を管理しています。



利根大堰にはサケやアユが遡上できるよう「魚道」が設置されており、魚道の脇の地下にある観察室からは、春(5月頃)にはアユが、秋(10月~12月)にはサケの遡上が観察できます。



毎年11月に開催される「サケ遡上・採卵観察会」は地元でも人気のイベントです。

この利根大堰と利根導水の管理・運営を行っているのが独立行政法人水資源機構 利根導水総合事業所です。事業所内にある操作室にはオペレーターが常駐し、突然の降雨や河川流量の変化に応じて堰ゲートを自動または手動でコントロールしています。また、各用水路等の水位、流量、ゲート開度などの通水状況についても、利根導水総合事業所をはじめ、見沼管理所、秋ヶ瀬管理所の各操作室で24時間監視しており、異常が発生した場合にはこれら3つの事務所によって即応できる体制をとっています。利根大堰で取水した水が「必要な時に必要

なだけ」、「安全かつ最適な状態で」配水されているのは、こうした徹底した管理がなされているからです。操作室での集中監視において、各水路に流れている水量や河川の水位などの情報を正確に把握することが重要なとは言ってもありません。ここで活躍しているのが東京計器の超音波流量計UF-960シリーズです。これは、流速・水位演算式の開水路用超音波流量計です。その原理は、水中に設置した流速センサ(超音波送受信器)から上流側と下流側に向けて斜めに超音波パルスを発振し、流れの正方向と逆方向で生じる超音波の伝搬時間差

によって平均速度(流速)を検出、電波レベル計MRG-10から得た水位データとを演算することで流量を求めるといったものです。水路の変更を必要とせず、圧力損失もないため大流量の測定ができるのが特長です。東京計器の超音波は、今日も利根導水の安定した配水を静かに見守っています。

取材協力：独立行政法人水資源機構 利根導水総合事業所

(文中敬称略)



危機管理型水位計MD-10

豪雨災害から 住民の命を守る。

近年、毎年のように記録的な集中豪雨が日本列島を襲っています。2017年7月に九州北部で発生した豪雨では40名を超える尊い命が奪われ、昨年7月には近畿・四国地方の広範囲で集中豪雨が発生、200名を大きく超える犠牲者を出してしまいました。地球温暖化の影響によって、日本の夏はこれからも集中豪雨が頻発することになるだろうと警鐘を鳴らす気象学者もいます。河川の氾濫から人命を守るためにどうするか。まさに喫緊の課題と言えるでしょう。



危機管理型水位計とは

河川法では1級河川は国土交通省や都道府県、2級河川は都道府県、それ以外は市町村が管理することと定められています。自治体が管理する水位計は全国に5,000カ所以上あると言われてますが、その多くは1級や2級河川であり、中小河川での普及は殆ど進んでいない状況です。中小河川は川幅が狭く、屈曲している箇所が多いため集中豪雨が発生すると急激に水位が上昇しますが、水位計が無いと河川の増水の状況把握が難しく、住民への避難勧告や避難指示の判断が遅れることにもなりかねません。

大切な役割を果たす水位計が中小河川でなかなか普及しない理由、それは高額な導入コストにあります。水位計の設置には駆動用電源と水位データを送信する通信回線の電気工事をはじめ、大掛かりな装備工事が必要になります。また、観測網を構築するためには複数箇所の計測ポイントが必要となり、初期費用に加え、その維持管理費も地方自治体に大きな負担となっているのが現状です。

こうした状況を重く見た国土交通省は、2017年に中小河川緊急治水対策プロジェクトを立ち上げ、洪水時のみの水位観測に特化し、機器の小型化や通信機器等のコストを低減した水位計（危機管理型水位計）の開発を進めてきました。

危機管理型水位計は、センサとなる水位計、電池（太陽電池等）、無線通信機器の3つのユニットで構成され、下記の要求仕様を満たすことと定められています。

- 1：長期間メンテナンスフリーであること（無給電で5年間以上稼働）
- 2：橋梁に取り付け可能な小型機器であること
- 3：初期コストが低いこと
- 4：維持コストが低いこと（間欠動作によるデータ通信費の抑制）

多くの場合、中小河川の近くには装置の駆動に必要な電源もデータ送信用の通信回線もありません。したがって、危機管理型水位計はソーラーバッテリーなどを利用して長期間無給電で作動し、計測した水位データを無線で監視センターに送る機能を有している必要があります。また、大掛かりな工事を行うことなく橋梁に設置できるよう機器構成は最小限で小型化がなされていること、通信コストと消費電力を削減するため、平常時は1日1回のみ水位データを送信し、予め設定した警戒水位に達すると観測モードに切り替わって間欠動作による水位計測を行うと同時にサーバーにデータを送信するという仕様が求められるのです。



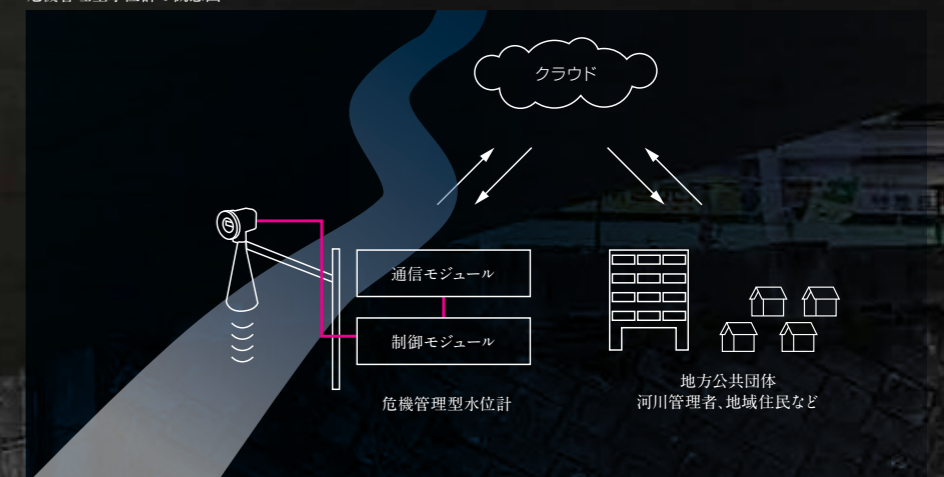


水位計に求められる機能と性能

水位計には接触式(圧力式やフロート式)と非接触式(電波式や超音波式)の2つの方式がありますが、接触式は増水時に流れてくる木や土砂によって壊れたり流されたりする可能性があります。非接触式の超音波式は流木や土砂の影響を受けないものの、空気を媒体として伝搬する超音波の特性上、気温変化による音速を補正する必要があり、強風や雨の影響で誤差が発生しやすいというデメリットがあります。一方、電波式は空気を媒体としないのでこのような補正は不要であり、風や雨などの影響による誤差もありません。東京計器が販売している電波レベル計MRG-10は全国各地の河川に採用されており、その信頼性は実証済ですが、このMRG-10をベースに、危機管理型水位計の要求基準を満たすように新開発したのが電波レベル計MD-10です。MD-10は、ソーラーバッテリーの12V電源でも確実に稼働できるよう回路を新設計し、マイクロ波の送受信モジュールも低消費電力形に開発しました。

東京計器は、電波レベル計MD-10によって、激甚化する豪雨災害から住民の命を守るために貢献してまいります。

危機管理型水位計の概念図



欧州の貿易や交通に利用され、古くから輸送路の要衝であるスヘルデ川。オランダにあるこの河口を少し上ると、世界有数の国際貨物取扱量を誇るベルギーのアントワープ港に繋がります。欧州は運河が重要なライフラインであるため、スヘルデ川を含む3つの川が交錯しているアントワープ港の周辺海域は常に数多くの船舶で混雑しています。このような輻輳（ふくそう）海域での安全性と航行の効率を高めるため、スヘルデ川の河口域にはオランダ政府とベルギー政府が共同で運営するVTSスヘルデ（正式名称：Schelderadarketen）^{*1}という航行管制を行う組織が存在します。



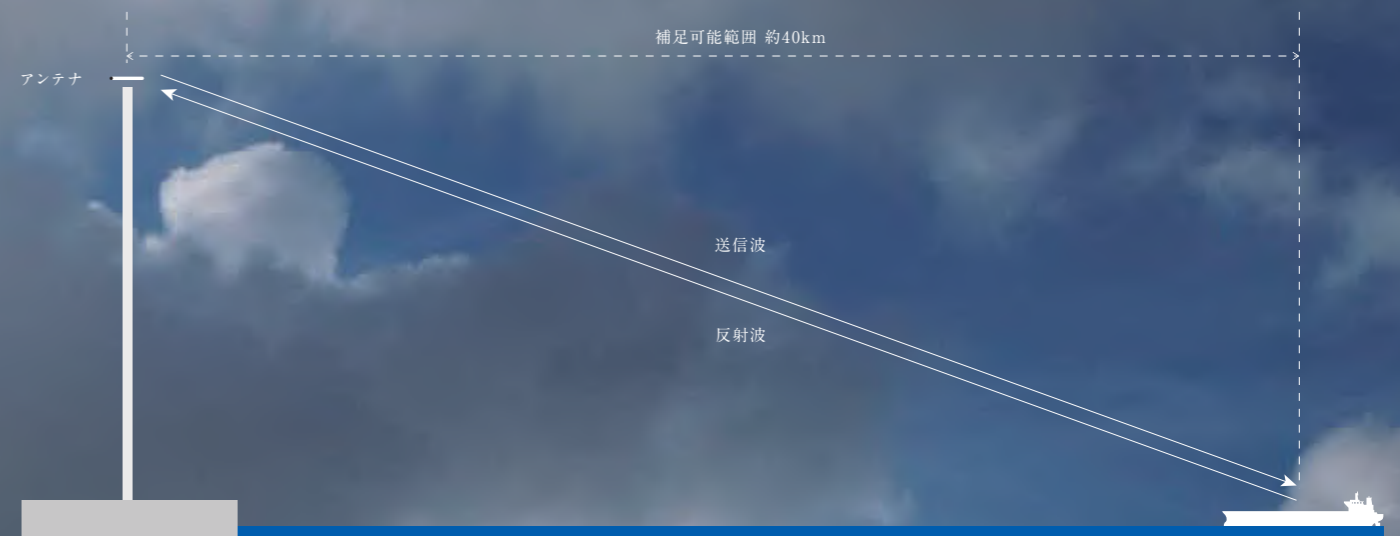
VTSレーダーの海外販売に注力してきた東京計器は、VTSスヘルデにおける航行管制の更なる効率化と安全性を向上させたいというニーズに着目し、高精度のVTSレーダー「Seaku」^{*2}を提案。スヘルデ川河口に位置する人工島「ニールチェ・ヤンス」へ、当社初となるVTSレーダーの海外納入を実現しました。VTSレーダーとは、マイクロ波で船舶の位置や移動方向を捉えるレーダーです。管制官がレーダーで捉えた船影を、航行中の船に無線で情報を提供することで、海難事故防止や、航行の効率化に役立てられます。本特集ではスヘルデ川水域の航行管制で活躍する東京計器の高精度VTSレーダー装置をご紹介します。

*1 VTS (Vessel Traffic Services: 船舶通航支援等業務)。VTSスヘルデはオランダ政府のRijkswaterstaatとベルギー政府のFlemish Agency for Maritime and Coastal Servicesが共同で運営するVTS組織。*2 商品名。VTS向けKu帯固体化レーダー装置。

欧州有数の主要港を より安全に。

日本から世界に広がる高精度VTSレーダー

VTSレーダーが船舶を捉える仕組み



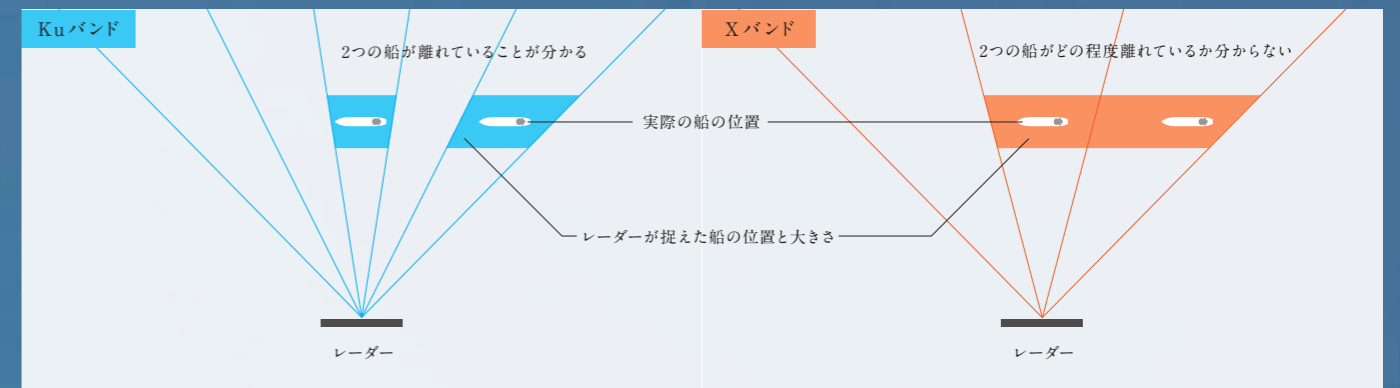
東京計器製レーダーは何が違うのか。

VTSレーダーは海上交通システムの目に相当するセンサであり、昼夜、天候状況を問わず24時間365日船舶の動きを捉える重要な役割を担っています。その原理はマイクロ波のビームをアンテナから送信し、そのマイクロ波が船舶などの目標に反射して同じアンテナで受信することで目標を捕捉するというもの。こうしたレーダーで得られた位置情報や電子海図、気象海象情報などをもとに管制官は船舶に対して適切な情報提供を行い、衝突防止、座礁などの海難事故防止や船舶航行の効率化に努めています。

欧州のVTS機関はレーダーで用いるマイクロ波にXバンド(8~12GHz)と呼ばれる周波数帯域を多く採用しています。一方、今回採用いただいた当社のレーダーはKuバンド(12~18GHz)と呼ばれるさらに高い周波数になります。レーダーには「分解能」という性能があり、モノを測定・識別する能力の細かさを示します。この分解能はマイクロ波の周波数とアンテナの大きさに比例するため、周波数を高く、アンテナを大きくするほど性能が向上します。しかしアンテナは常に回転させる必要があることや屋外に設置することを踏まえると、大きさには物理的な限界があります。そのため、XバンドではなくKuバンドの周波数を採用することで分解能を向上させました。



KuバンドとXバンドの方位分解能の差。



アンテナから送信されるレーダーの信号には幅があり、この幅がレーダーの映像の1つのセルにあたります。つまり、この幅の中に船が2隻入ってしまうと、レーダーは2隻と捉えることができず、1つの船影として表示してしまいます。この幅の狭さが「方位分解能」という性能差となります。この幅はビーム幅と言い、周波数が高いほど角度が狭くなるので、上の図のようにXバンドでは1つの船影になってしまったものが、Kuバンドでは2隻として捉えることができます。また、当社のVTSレーダーはマイクロ波発振装置の増幅器に半導体を使っていることもポイントです。VTSレーダーにはマグネトロンという電子レンジと同じ仕組みでマイクロ波を発振するものが多いのですが、遠距離の探知に向いているのは半導体で作られた増幅器。マグネトロンに比べて、より遠く離れた距離にある船や同じ距離でより小さな船を捉えられる確率が向上しました。またKuバンドはXバンドに比べて雨に弱いというデメリットがありますが、半導体の増幅器による性能向上により、Kuバンドのデメリットを補完することができます。



レーダーの設置作業。
冬のオランダは小雨や強風の日が多く、
工事の日も例にもれず雨模様でしたが、
午後には天気が回復。クレーンも無事動
かすことができ、作業を完遂できました。



日本からオランダ、そして世界中の港へ向けて。

2021年12月、海外の仕様に合わせた評価試験や試運転などが完了し、設置工事が行われました。レーダーアンテナの全長は約9メートルにも及び、マイクロ波が広範囲に届くよう、120mもの高さがあるタワーの最上部に設置。設置工事当日はやや悪天候ではありましたが、当社からも営業・技術者ともに足を運び、現地の作業員とともに工事を完了することができました。東京計器のVTSレーダーは既設のVTSシステムとの整合や、別のエリアに設置されているXバンドのVTSレーダーとの見え方の違いといった細かな調整を行いながら本格稼働を開始しました。お客様が求められた約40km沿岸にある錨地(びょうち)^{※3}での分解能の性能要求を上回る結果を出したことから、VTSスヘルデからも高い評価をいただいています。

欧州では河川を利用した内陸水路輸送が重要な役割を果たしており、37,000km以上の水路が数百の都市と工業地帯を繋いでいます。今後、スヘルデ河口での実績を基に、欧州の港湾及び河川における船舶交通管制市場に向け、VTSレーダー装置の販路拡大を進めてまいります。

東京湾海上交通センターに納入された当社のレーダー装置、及び管制支援システム製品はViews126号でご紹介しております。是非ご覧ください。

※3 錨を降ろして停泊する場所。港に入る前に大型船が待機する場所となっている。

安全でスムーズな 船舶交通を守るために。

東京湾海上交通センター

私たちが海上保安庁の業務をイメージする時、まず思い浮かべるのは不審船の取り締まりや海難救助活動ではないでしょうか。これは「警備救難業務」と呼ばれるものですが、海上保安庁には、海底の深さや地形などを測量して海図を作成したり、海図を最新の状態にするための水路通報を行う「海洋情報業務」、航路標識の設置・運用や航行安全および航行支援を行う「海上交通業務」など重要なミッションがたくさんあります。今号では、その中の海上交通業務に焦点を当て、東京湾を例に船舶交通の安全がどのようにして守られているのかをレポート致します。



東京湾海上交通センター

東京湾海上交通センターは1977年に神奈川県横須賀市の観音埼に設置され、2018年1月に、安全かつ効率的な船舶の運航の実現と非常災害発生時における対策の強化を図るため横浜市中区にある第三管区海上保安本部と同じ庁舎に移転して新しい運用を始めています。従来は浦賀水道航路と中ノ瀬航路の2か所を観音埼の東京湾海上交通センターが、千葉、東京、川崎、横浜の4つの港をそれぞれの海上保安署の港内交通管制室が管制を行ってきましたが、これら5カ所の組織を横浜に集約すると共に、東京湾内に設置されたレーダーの映像情報等の船舶動静情報を一元処理することにより、東京湾の一元的な海上交通管制を実現しています。現在、約90人の運用管制官が在籍し24時間体制で航路の安全を守っています。



東京湾は多数の船舶が行き交う世界有数の過密海域

明治以降の文明開化の象徴とも言える横浜。その歴史が色濃く残る馬車道通りの一角に東京湾海上交通センターがあります。ここは東京湾を航行する船舶の交通安全のため、必要な情報提供や航行管制を行う要衝。1日あたり約500隻の船舶が行き交う東京湾は世界有数の海上交通路ですが、浦賀水道航路が設定されている海域幅6.5kmのうち、危険な浅瀬等があるため大型船舶が通航できる航路幅は1.4kmしかありません。しかも潮流も速いことから航海の難所とも言われています。海難を防止するためには船舶への適切な情報提供と航行管制が不可欠であり、東京湾海上交通センターはその重責を一手に担っています。同センターは1977年に観音崎（神奈川県横須賀市）に設置され、千葉、東京、横浜、川崎の4つの港に設置された港内交通管制室と連携しながら41年間に亘って東京湾の安全を見守り続けてきました。しかし、船舶の大型化等が進み、さらなる効率化が求められるようになってきました。また、船舶交通が輻輳する海域においては、津波等による非常災害時に船舶を迅速かつ円滑に安全な海域に避難させる必要があります。このように高度化する管制ニーズに対応するために4つの港内管制室の業務を統合し、2018年1月から横浜市中区にある第三管区海上保安本部と同じ庁舎に移転して新しい運用が始まっています。業務の一元化によって航路と港の状況をシームレスに把握できるようになり、よりの確で円滑な管制が行えるようになりました。



24時間体制での管制業務を行う東京湾海上交通センター

「こちら東京マーチス*、前方の船舶に接近しています。安全な間隔を確保して航行してください」「第13〇〇丸、貴船の位置を確認しました。これで入域通報を受け付けました」

東京湾海上交通センターの運用管制室は、VHF無線や船舶電話を通じて航海士と交信する声で活気に満ちています。ここでは、約90人の運用管制官が4班に分かれ、24時間体制で管制業務にあたっています。航路が指定されているとはいえ、船舶は陸上の道路のように整然と並んで航行しているわけではありません。航路には大型タンカーや小型漁船、プレジャーボートやヨットなどが混在しており、いわば自動車専用道路に自転車が走っていたり人が歩いたりするような危険な状況です。特に朝4～8時は入湾、夕方16～20時は出湾の船舶でラッシュとなるため、運用管制官は一瞬たりとも気が抜けません。運用管制室には湾内の状況を映す大型モニターがずらりと並んでおり、カメラを遠隔操作でズームしたり向きを変えたりすることで現地の状況が確認できるようになっています。運用管制官はこのカメラ映像と、レーダー運用装置のディスプレイに映し出される船舶の位置情報を基に船舶が管制計画通りに安全に航行しているかを確認し、VHF無線通信により、「情報」「警告」「勧告」「指示」等を行います。たとえば、「右舷方向から船が接近しています」と情報提供し、それでも近づいているようなら警告、さらには「安全な間隔を確保し接近を回避してください」と勧告を出します。これらはVTS (Vessel Traffic Service: 船舶通航業務)と呼ばれており、世界各国のVTS機関が共通して実施する基本的な業務です。

*東京マーチス: 東京湾海上交通センターのコールサイン。海上交通センターはMARINE TRAFFIC INFORMATION SERVICEの頭文字をとってマーチス(MARTIS)とも呼ばれる。



VTSに用いられるレーダー運用装置のディスプレイには東京湾内に設置されたレーダーの映像とAIS(Automatic Identification System: 船舶自動識別装置)から得た船舶情報を合成した船舶の位置情報が表示されます。船舶動静データ解析処理装置や管制支援データ収集処理装置などから得た情報を合わせて表示することも可能です。船舶動静データ解析処理装置は、今までに収集・蓄積した船舶の航跡パターンを解析することで最適な航跡モデルデータを抽出し、目的地への到達予測時間や危険を生じる可能性がある海域エリアを特定したり、予想される船舶同士の見合い関係(両船の位置)を表示したりします。管制支援データ収集処理装置は、速度超過や航路を外れるなど不適切な航行をする船舶を点滅表示で知らせたりするものです。

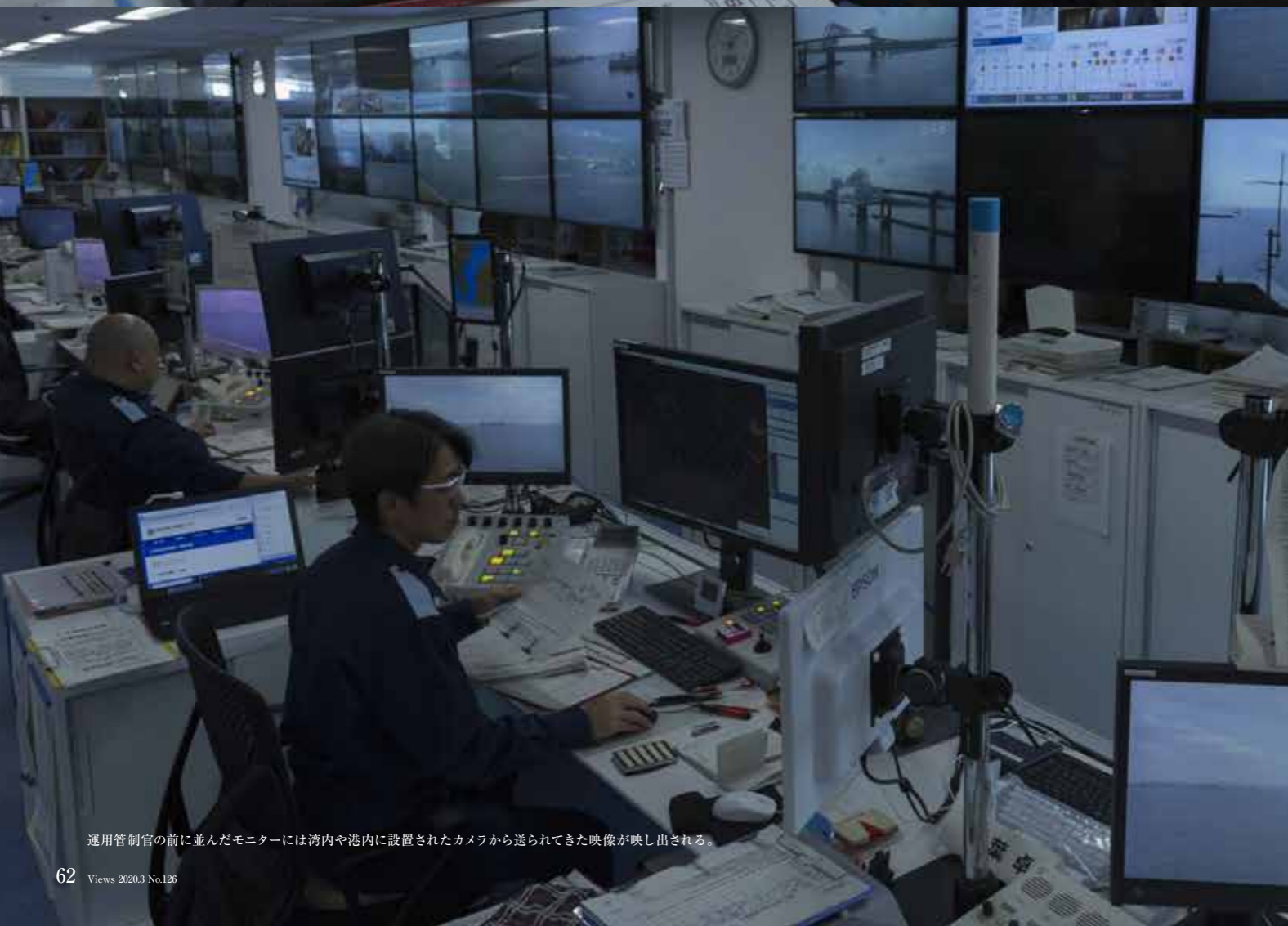
AISとは、船舶に搭載し、船名や位置、針路、速力、行先などのデータを自動的に無線で他の船舶や陸上の施設に送受信する装置のことです。運用管制官は船舶の位置や進行方向をレーダー映像で把握しますが、狭い海域に多数の船が混在する状況では、レーダーに映った船影と実際の船舶とを一致させるのは非常に困難です。そのため、航海士は無線などを通じて運用管制官に位置情報を通報する必要がありますが、AIS搭載船であればレーダーの船影に船舶の識別情報が自動的に合成表示されるため、運用管制官は通報を受けなくても画面上で判別できるようになります。また、AIS陸上局は全国各地に設置されているため、東京湾海上交通センターでは、第三管区海上保安本部が管轄する福島県と茨城県の県境沖から静岡県浜名湖沖までのAIS情報が取得でき、入航予定時刻の確認が早い段階から行えます。東京湾海上交通センターでは、このAIS情報を最大限に活用して航行支援の高度化に役立てています。



レーダー運用装置のディスプレイには東京湾内に設置されたレーダーの映像とAIS情報を合成した画面が表示される。



神奈川県三浦市に設置されている東京計器の高分解能レーダー装置。



運用管制官の前に並んだモニターには湾内や港内に設置されたカメラから送られてきた映像が映し出される。



東京湾海上交通センターの心臓部とも言うべき機械室。



防災対策の強化に向けた取り組み

東京湾海上交通センターの一元化にあたって重視したのは非常災害時の対応です。近い将来に発生の可能性があると言われる南海トラフ巨大地震が起きると、東京湾にも津波被害が発生する恐れがあります。その際、港に停泊中の船舶が一斉に港外に避難すると、湾内は錨泊^{*}した船舶が密集して大変危険な状態になります。2011年の東日本大震災の際も東京湾内の船舶に避難勧告が出されましたが、先に出た小型船が沖合に多数錨泊していたため大型船が安全に出港することができないという状況に陥りました。発災直後、東京湾内には100隻程度の船舶が沖に錨泊していましたが、翌日最大4倍以上に増加したと報告されています。LNG（液化天然ガス）や石油、化学薬品などを積載した船舶も多いことから、衝突や座礁などの海難が発生すると火災や海洋汚染などの二次災害も懸念されます。東京湾海上交通センターにおける災害発生時の措置は、船舶に合わせて危険度を想定し、優先順位をつけて安全な錨泊エリアや湾外に順次避難させるのが基本です。そのためには、東京湾全域をまとめて措置する必要があり、従来の東京湾海上交通センターと4つの港内交通管制室を統合して一元化した理由もここにあります。日本の海上物流の大動脈となる東京湾の安全を守ることは東京湾海上交通センターの使命です。「管制システムの高度化で船舶の動静把握は格段に向上しました。しかし、運用管制官一人ひとりが的確に状況を判断し、正しく操船者に伝えることが重要です。最終的には人と人とのコミュニケーションが大切になります。事案が起きてから対処するのではなく、事案を起こさないようにするのが私たちの仕事です」。笑顔で語ってくれた若い管制官の言葉が印象に残りました。

※錨泊：錨をおろして船舶を停泊させること。



高分解能レーダー装置

14GHz帯の高分解能固体化レーダーです。狭い海域に多数の船舶が輻輳する状況でも船舶を確実に捉え、高精細な船影として表示します。



AIS陸上局装置

船舶に搭載されたAIS装置から送られてきた情報(船名や船種、位置、針路、速度、行先など)を受信したり、船舶に搭載されたAISに対して情報を発信する装置。レーダーで捉えた船影に船名などの情報が合成表示されるので、管制官が船名で呼びかけて注意喚起できるようになります。



海上交通情報処理システム

高分解能レーダー装置やAIS情報管理装置、船舶動静データ解析処理装置などから得た船舶動静情報を一元処理し、統合表示するシステム。船舶への情報提供や航行是正の注意喚起、勧告などの管制業務を円滑に行えるよう支援します。

小型SAR衛星のイメージ(提供:Synspective)



地球を観測する人工衛星といえば、Google Earthなどでお馴染みの光学衛星を思い浮かべる人も多いことでしょう。光学衛星はカメラによって肉眼と同じ可視光線で観測するため一目瞭然で分かりやすいのが特長ですが、夜間の観測ができず、雲に覆われた地表も観測できないという側面があります。そこで注目されているのがマイクロ波(レーダー)を使ったSAR衛星^{※1}です。SAR衛星は、衛星から地表に向けてマイクロ波を照射し、反射したマイクロ波を受信することで地表データを取得するのが特長です。夜間でも観測が行えるほか、マイクロ波は雲を透過して地表まで届くので天候に左右されることもありません。こうした優れた特性を持つSAR衛星は、SARセンサの小型化・低コスト化によって従来よりも打ち上げが容易になり、世界中の衛星ビジネスで一躍注目を集める存在となりました。宇宙から地上をモニタリングすることは「衛星リモートセンシング」と呼ばれており、SAR衛星から得たリモートセンシングデータを解析することで、環境問題の解明や災害監視、資源調査、都市計画づくりなどさまざまな分野での活用が期待されています。ここでは、衛星データ解析によるソリューション提供と小型SAR衛星の開発・運用を行う宇宙ベンチャー企業、株式会社Synspectiveの活動に焦点をあてながら、小型SAR衛星の重要デバイスとして活躍する東京計器のマイクロ波パワーアンプをご紹介します。

※1: Synthetic Aperture Radarの略称。合成開口レーダとも呼ばれる。

小型SAR衛星が宇宙ビジネスに新風を吹き込む。 宇宙空間で活躍する 東京計器の マイクロ波パワーアンプ

「StriX-a」が取得した地表画像。民間の小型SAR衛星（100kg級）での画像取得は日本初。2021年9月、富士山をストリップマップモードにて撮像。

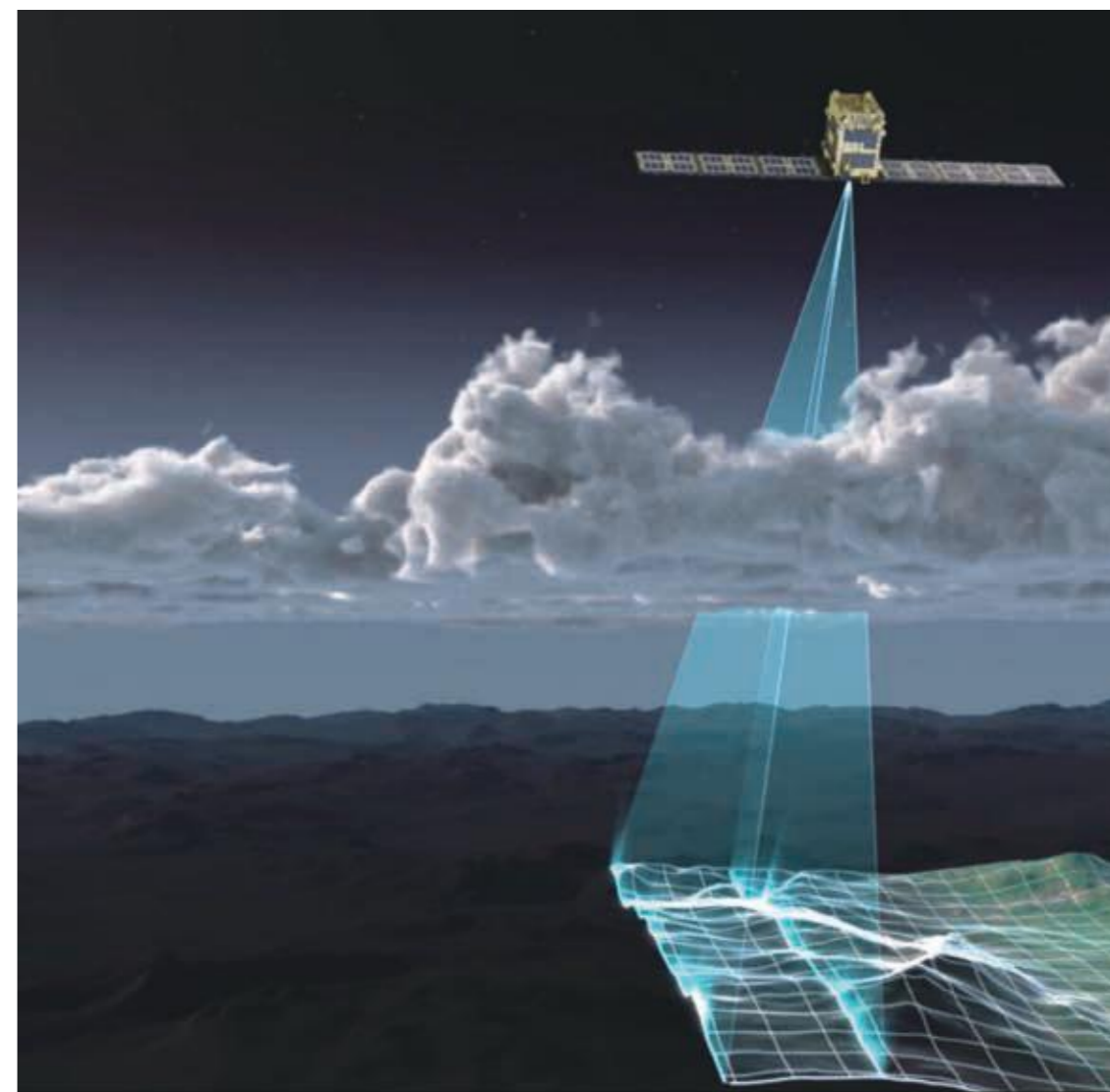
観測日時:2021年9月 観測場所:日本(提供:Synspective)



期待が高まるSAR衛星の活用

宇宙空間からマイクロ波を介して地表を観測するのがSAR衛星ですが、具体的にはどのような活用方法があるのでしょうか。たとえば、石油タンクの監視があります。円筒形をした石油タンクの天井部分は浮屋根式といって石油の上に浮いた状態になっています。内部の石油が減った時に不要な気体を無くすためですが、宇宙空間から蓋の高さを観測すれば石油の残量が推測できます。この情報は先物取引向けのデータとしての活用が可能ですし、長期間にわたって観測することで石油消費量の推移を知ることができます。また、防災や減災への活用も期待されています。大規模災害が発生した場合は道路や通信回線が遮断されることが多く、被災状況の把握に時間がかかることもあります。「72時間の壁」と言われるように人命救助は時間との戦いです。SAR衛星なら一刻を争う状況下でも素早く情報が入手できますし、夜間はもちろん、地表が雲で覆われている大雨や台風などの荒天時でも地表が観測できるのも強みです。どの地域が孤立しているのか、どの道路が使用できないのかなどといった現地情報が即座に得られるようになれば救命救急に計り知れないメリットをもたらします。そのほか、人の流れを観測することで都市計画づくりに役立ったり、SAR衛星のデータと気象データを複合して利用することで広域の農作物の育成状況をモニタリングし、農産物の効率的な生産を支援することも考えられます。このようにアイデア次第で無限の可能性を持つSAR衛星ですが、打ち上げに大きな費用が発生するのが問題です。

地上にある数メートルの物体を識別し、膨大なデータを送るSAR衛星には、大型のアンテナや大出力のマイクロ波パワーアンプなどが搭載されるため、SAR衛星は質量が1トンを超える大型となり、打ち上げ費用も100億円以上かかるとも言われています。SAR衛星の有用性は分かっていますが、民間で広く活用するには高いハードルがあるのが現状です。



(提供:Synspective)

SAR衛星とは(イメージ図)

マイクロ波を使って地形や構築物の観測を行う衛星。マイクロ波は雲を透過するため降雨や降雪時でも地表を観測できる。たとえば、豪雨や台風による被害を受けている地域を観測して水没地域や冠水で不通になっている道路などの被害状況を把握することができる。また、インフラ・都市開発においては地形・土地利用状況などの情報を客観的に得ることができるので、どこにどのようなインフラを建設するかの検討材料にもなる。



小型SAR衛星の社会実装に挑むSynspecive

2020年12月15日、Synspeciveでは同社初となる小型SAR衛星「StriX- α 」を打ち上げ、試験運用を開始しました。翌年2月8日には地表データの初取得に成功し、現在も試験運用が続けられています。「StriX- α 」は100Kg級という従来のSAR衛星に比べて1/10の軽量化を成し遂げながら大型SAR衛星に匹敵する性能を持っているのが特長です。このブレイクスルーを実現したのは政府の革新的研究開発プログラムImPACT^{※2}の成果であり、この小型SAR衛星の技術を応用し、社会実装して役立つことを目的として設立されたのがSynspeciveなのです。

Synspeciveは2022年3月1日、ニュージーランドにおいて2号機となる「StriX- β 」の打ち上げに成功しました。今回打ち上げたStriX- β は、地球上の同じ場所を毎日同時間、同条件で撮影することができ、特定の場所の地表の変化とトレンドを把握するための良質なデータをより多く取得することができます。

Synspeciveでは、2023年までに6基の衛星を打ち上げ、2020年代後半までには30基を打ち上げて衛星コンステレーション^{※3}を構築する計画を立てています。この衛星コンステレーションが稼働すれば、世界中のどこでも2時間以内に観測できるようになり、より広範囲、高頻度での地上観測が実現できます。Synspeciveは、衛星の開発から運用、データ取得および解析までをワンストップで行うことができる世界的にも例のないユニークな宇宙ベンチャーとして知られています。同社は今後、地上のデータと組み合わせたビッグデータの解析も行って顧客の問題解決をサポートするソリューションも展開していく方針です。

※2:実現すれば産業や社会のあり方に大きな変革をもたらす革新的な科学技術イノベーションの創出を目指し、ハイリスク・ハイインパクトな挑戦的研究開発を推進することを目的として創設されたプログラム
※3:1基の衛星で観測するのではなく、多数の衛星を互いに連携・協調させて運用を行うこと。

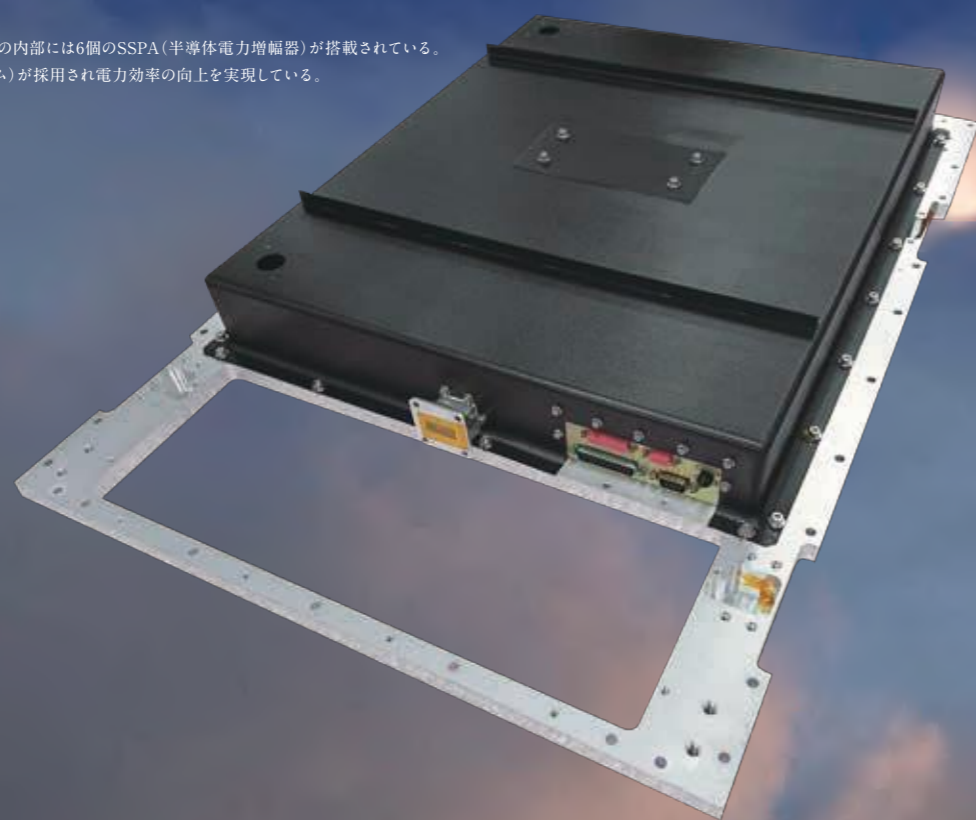
SAR衛星の心臓部となる東京計器のマイクロ波パワーアンプ

Synspectiveが打ち上げた「StriX- α 」と「StriX- β 」には、東京計器が開発したマイクロ波パワーアンプが搭載されています。これはレーダー信号を地表へ向けて照射し、その反射波を受信できるレベルまで増幅する小型SAR衛星の心臓部となるキーデバイスです。6個のマイクロ波モジュールコンポーネント(SSPA^{※4})を合成することで1kWという高出力なマイクロ波を生み出します。この製品の開発・設計は東京計器が情報通信分野で培った高出力マイクロ波技術と防衛・航空分野で培った耐環境性や信頼性の高い技術がベースとなりました。ロケット打ち上げに伴う強い振動と衝撃、+200度から-150度という極端な温度変動、高エネルギーの宇宙放射線、真空状態で部品・素材から発生するアウトガス^{※5}の抑制など、宇宙機器の生産にはクリアすべき高いハードルがあります。マイクロ波パワーアンプの生産にあたっては東京計器グループである東京計器アビエーション(TKA)と協力し、宇宙機器に求められる厳しい条件の試験をクリアしました。TKAは衛星向けの電源ユニットや高周波無線機器など数々の生産に携わり、ノウハウの蓄積が豊富にあります。小型SAR衛星向けのマイクロ波パワーアンプには、東京計器グループの総力が結集されています。

宇宙空間を利用した新しい価値の創出に向けて、東京計器はこれからも挑戦を続けます。

取材協力：株式会社Synspective（文中敬称略）

マイクロ波パワーアンプの外観。この内部には6個のSSPA(半導体電力増幅器)が搭載されている。半導体素子にはGaN(窒化ガリウム)が採用され電力効率の向上を実現している。



小型SAR衛星の2号機となる「StriX- β 」は、2022年3月1日、米国Rocket Lab社のロケットに搭載され、ニュージーランドの発射場から打ち上げられた。(提供: Rocket Lab)



※4: Solid State Power Amplifierの略称。半導体電力増幅器の意味。マイクロ波を増幅させる半導体素子にGaN(窒化ガリウム)を使用し、大電力を増幅することが可能な電子回路。

※5: 真空の環境下においてプラスチックや接着剤等の材料から発生するガスのこと。これが汚染源となり観測機器の性能低下や寿命を短くするなどの原因となる

トラクタの 直進走行が ハンズフリー になる。

スマート農業を加速する
直進自動操舵補助装置AG-GEAR3

近年、自動運転支援機能を搭載した乗用車が続々と登場していますが、農業従事者の高齢化と作業負担からの解放というニーズの高まりによって農業機械の分野でも急速に自動化が進んでいます。東京計器がお届けする直進自動操舵補助装置AG-GEAR3は、トラクタのステアリングを自動制御し、オペレータが手を触れなくても正確な直進走行が行える新製品です。発売開始以来、数多くの農家の皆様からご好評いただいております。

熟練した技術が求められるトラクタの直進走行。

トラクタの運転方法は基本的に乗用車と同じですが、広い圃場には当然のことながら走行レーンなどはなく、経験と勘に頼って直進させているのが現状です。しかし、地面には大きな起伏があるためステアリングを保持するのが難しく、正確に直進させるには相当な熟練が要求されます。精密農業が進む現在、作付けする農産物によっては数cmの誤差でトラクタを直進させなければなりません。直進運転の操作だけでも大変なのですが、オペレータはトラクタの後部に装着された作業機^{*}も同時に操作しなければいけないのですから、その負担はかなり大きいものと言えるでしょう。

AG-GEAR3は、GPSのデータをもとにトラクタの位置を計測し、設定した直線ルートを追跡するように自動操舵を行うことができます。目標ラインの始点と終点を設定するだけの簡単な操作で作業が開始でき、その後の直進ステアリング操作は全てAG-GEAR3に任せられます。これによって不慣れな方でもその日から熟練したオペレータと同様に安定した直進走行が行えます。また、運転に気を取られず作業機の操作だけに専念できるので作業精度の向上と労力軽減にも繋がります。

*耕転、農薬散布、収穫など目的に応じてトラクタの後方に装備される作業機材のこと。



AG-GEAR3をご利用いただくお客様からの声。

栃木県大田原市で農業を営む五月女文哉さんは、AG-GEAR3をいち早くご購入いただき高く評価してくださっています。「現在所有しているトラクタにも簡単に装備できるのが良いですね。直進自動操舵に機能を絞っているので導入コストが安いのも魅力です。また、操作方法がとてもシンプルで使い易いです。必要な機能を呼び出すための階層も浅いので高齢の方でも迷わずに操作できると思います」



AG-GEAR3のメリットが実感できるシーンとは。

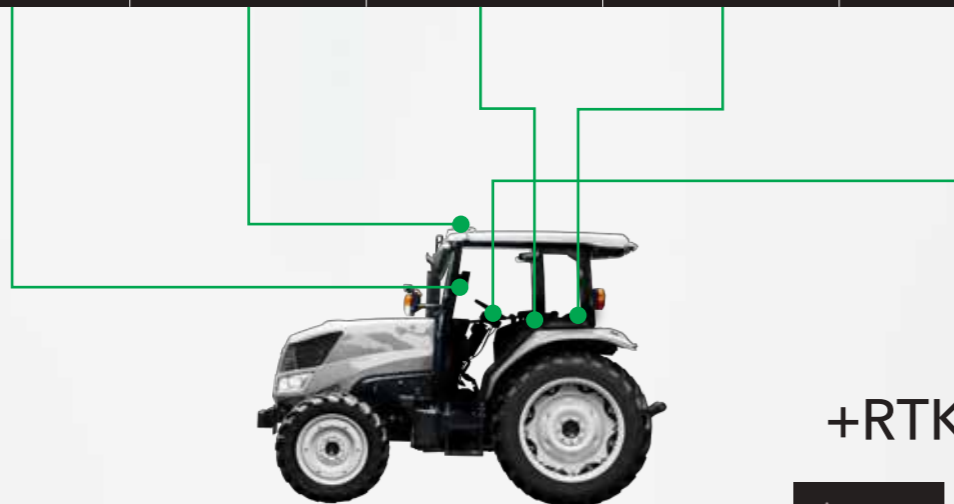
「たとえば、圃場に水を張った状態での代掻き作業[※]は、建物や電柱など遠くの目標物を目で確認しながら勘によって直進させるわけですが、後ろを振り返っても水面からでは轍の軌跡が判別できません。本当に直進できているのか不安になりますし、時々自分がどこを走っているのか分からなくなってしまうこともあります。AG-GEAR3であればこうした直進運転に一切気を遣わなくて済むので楽ですね。また、肥料散布の場合はトラクタ後部に肥料タンクを装着して走りますが、広い圃場を走っていると途中でタンクが空になって補充しに倉庫まで戻ることがあります。圃場を離れる時に、AG-GEAR3のコンソールモニターの「作業中止ボタン」を押しておけば、再び圃場に戻って作業を再開する時に正確な位置からスタートできます。モニター画面には走行済みの経路が青く表示され、トラクタの位置は三角マークで表示されますので、三角マークを見ながら青いラインが中断した場所までトラクタを走らせれば良いわけです。再開地点まで到着したら「作業継続ボタン」を押して走り出せば青いラインが接続して表示されます。また、1回走った経路は青で表示されますが2回目はピンク、3回目は薄いピンクに切替わります。この表示も判りやすくて助かります。肥料は何回かに分けて撒くのですが、目視では施肥量は確認できません。肥料が足りなければ稲が育成不良になりますし、多いと稲が育ち過ぎて雨が降ると倒れてしまいます。どちらにしても収穫高に悪影響を及ぼすので何回走ったかが一目瞭然というのはありがたいですね。私たち農家は繁忙期になると夜明けから日没まで10時間くらい毎日トラクタに乗りっ放しということもあります。集中力が求められる作業なので心身共にストレスが大きくなります。直進運転作業から解放されるというのは本当に助かりますし、一度AG-GEAR3を使ったら自動操舵のないトラクタには戻れませんね(笑)」。

熟練した農家さんは「自動操舵装置に頼るより自分でやった方が早いよ」と最初は言われるそうですが、AG-GEAR3が装備された五月女さんのトラクタを体験されると「自分のトラクタにも欲しい」と評価が一変するというお話も伺いました。

農業従事者の高齢化と減少が進む中、長時間の運転に起因する農家の皆様の負担軽減は緊急の課題です。また、新規就労者の拡大を目指すためには、熟練した技術が無くても確実に作業が行える自動化された農業機械が不可欠と言えるでしょう。東京計器は、直進自動操舵補助装置AG-GEAR3を通じてこうしたニーズにお応えし、日本のスマート農業の実現に貢献してまいります。

※田んぼに水を張って土を細かく砕き、丁寧に掻き混ぜて、土の表面を平らにする作業。

AG-GEAR3の機器構成



+RTKsystem1



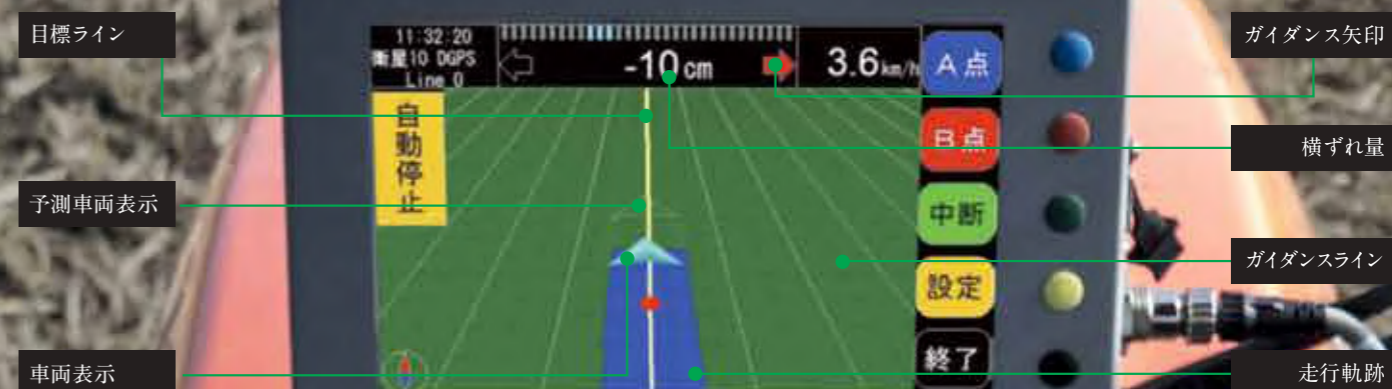
誤差±3cmでの直進走行を可能にするRTKsystem1

作付けする農産物によっては数cm単位の高精度な直進性が要求されることもあります。そんな時に活躍するのがこのRTK基地局。GPSからのデータとRTK基地局から送信された補正データをリアルタイムで解析することによって誤差要因を排除し、トラクタの位置を±3cmの誤差で求めることができます。

(RTK:Real Time Kinematic)



画面表示例



目標ライン
 予測車両表示
 車両表示
 ガイダンス矢印
 横ずれ量
 ガイダンスライン
 走行軌跡



北の大地で鉄道の安全を守る！ 新型超音波レール探傷車、 JR北海道で本格稼働開始。

2016年10月、東京計器レールテクノ株式会社の最新型となる超音波レール探傷車が
北海道旅客鉄道株式会社殿（以下、JR北海道）に納入されました。

超音波レール探傷車とは、肉眼では見ることのできないレール内部に発生した傷を超音波によって
走行しながら検出できる保線車両のことです。レールの内部欠陥だけでなく、画像処理技術によって
レール表面の断面摩耗や波状摩耗の測定も行えるなど、保線設備のエースとも言うべき
存在となっています。東京計器レールテクノは国内唯一の超音波レール探傷車メーカーであり、

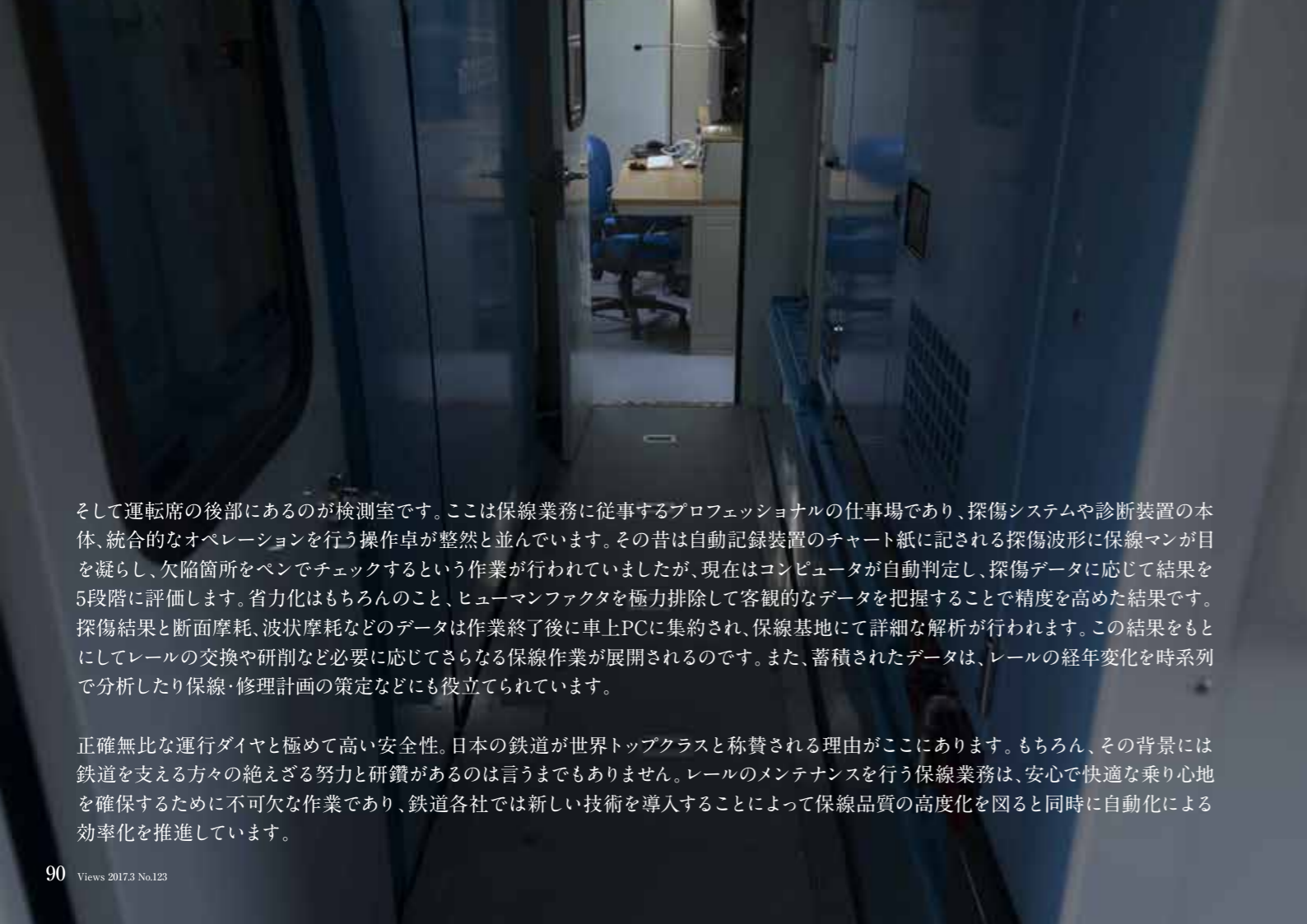
1965年に東海道新幹線用として納入した1号機から数え、
累計27両の探傷車をJR各社および民間鉄道会社にお届けしてきました。
最新鋭となる超音波レール探傷車の一端をここにご紹介させていただきます。





このたびJR北海道に納入された新型超音波レール探傷車は、2016年3月に開業した北海道新幹線と同じカラーリングが施されています。「常磐グリーン」と「飛雲ホワイト」をベースに、北海道の初夏を彩るライラック、ルピナス、ラベンダーをイメージした「彩香パープル」の鮮やかなトライカラーは、このまま営業車両として走っていてもおかしくないスタイリッシュさが特徴です。

その全長は17mあり、堂々とした迫りに満ちています。タラップを登って車両内部に乗り込むとそこは運転室。一般の鉄道車両と同様な操縦装置が目飛び込んできますが、保線作業時に用いるモニタが装備されており、これが探傷車であることを静かに主張しています。



そして運転席の後部にあるのが検査室です。ここは保線業務に従事するプロフェッショナルの仕事場であり、探傷システムや診断装置の本体、統合的なオペレーションを行う操作卓が整然と並んでいます。その昔は自動記録装置のチャート紙に記される探傷波形に保線マンが目凝らし、欠陥箇所をペンでチェックするという作業が行われていましたが、現在はコンピュータが自動判定し、探傷データに応じて結果を5段階に評価します。省力化はもちろんのこと、ヒューマンファクタを極力排除して客観的なデータを把握することで精度を高めた結果です。探傷結果と断面摩耗、波状摩耗などのデータは作業終了後に車上PCに集約され、保線基地にて詳細な解析が行われます。この結果をもとにしてレールの交換や研削など必要に応じてさらなる保線作業が展開されるのです。また、蓄積されたデータは、レールの経年変化を時系列で分析したり保線・修理計画の策定などにも役立てられています。

正確無比な運行ダイヤと極めて高い安全性。日本の鉄道が世界トップクラスと称賛される理由がここにあります。もちろん、その背景には鉄道を支える方々の絶えざる努力と研鑽があるのは言うまでもありません。レールのメンテナンスを行う保線業務は、安心して快適な乗り心地を確保するために不可欠な作業であり、鉄道各社では新しい技術を導入することによって保線品質の高度化を図ると同時に自動化による効率化を推進しています。



JR北海道において保線管理業務を担当しているのが同社の岩見沢レールセンター。保線のエキスパートとして各保守区への指導や技能継承に注力しています。いま最も注力しているテーマの1つが保線業務の近代化。新型探傷車の仕様決定に際しては東京計器レールテクノとの入念な協議が繰り返されました。その結果、高精度で充実した探傷機能を備え、将来のICT化を視野に入れた検測データの活用にも対応できる最新の超音波レール探傷車が誕生しました。「鉄道の安全というと、営業車両の運行管理に携わる人々に目がいきがちですが、保線や設備の保守に携わる緑の下の方の力持ちによって成り立っている部分も大きいのです。保線に関する豊富な経験とノウハウ、製品開発力を持った東京計器レールテクノには、私たちの力強いパートナーとして期待しています。」(JR北海道 鉄道事業本部 工務部 板東副部長)



新型超音波レール探傷車の装備

■ 画像鮮明化装置付き高感度カメラ

画像鮮明化装置を備えた高感度カメラを搭載。運転台のモニターで前方の状態が確認できるので霧の多い北海道での安全走行に大きく貢献します。



■ マーキングガン

走行中に探傷システムが問題箇所を検出すると自動的にペイントを発射し、レール側面にマーキングを施します。保線オペレーターが二次検査で現地に行く際、問題箇所の特定が容易に行えます。

■ データ・デポ車上子

マクラギに設置された地上子から発信される距離情報を、車両のアンテナから読み取り、レールの傷や摩耗が発生した位置情報の確定に役立てられます。

■ 断面摩耗測定装置

レールにレーザー光を照射してレールの輪郭線を捉え、2台のCCDカメラで輪郭線の左側と右側を撮影した2つの画像を処理する「光切断法」と呼ばれる技術でレールの形状を測定する装置です。列車の走行によって摩耗し、形状が変化したレールを正確に捉えます。

■ 波状摩耗検出装置

波状摩耗とは、カーブの曲率が高い線路の内側のレールに発生するもので、長手方向に波打つような凸凹ができることからこう呼ばれます。乗り心地の悪化や騒音の原因となるため適切な管理が求められます。波状摩耗検出装置はレーザー光によってレール表面の勾配を連続的に測定し、レール頭頂部の変位を検出することで摩耗量を算出します。

■ 探触子ブロック

超音波レール探傷装置の高精度センサとなるのが探触子。ここから発振された超音波のエコーによってレール内部に発生した傷を検出します。レールに向けて複数の探触子が異なる角度で超音波を発振し、レール頭頂部付近の浅い傷から底部に位置する深い傷までを確実にキャッチします。レール溶接部の内部欠陥を検出するタンデム探触子も装備されており、このたびの新型探傷車では、片側レールに8つ、左右で16の探触子を搭載することでより緻密な探傷を実現しています。

■ レール頭頂面撮像装置

ラインセンサカメラによってレール頭頂面の画像を記録する装置です。検測作業で問題箇所が見つかった場合、この記録映像を見ることで再度現地に確認に行かなくても検証ができる便利な機能です。



取材協力:北海道旅客鉄道株式会社殿
(文中敬称略)

高速・高分解能、AIによる欠陥画像の鮮明表示でさらに使いやすくなりました。



素材検査装置M-CAP V2は、最新の画像処理技術を駆使して開発した無地面専用の外観検査装置です。

高分解能な検査回路によって、ウェブ状のフィルム、紙、金属箔などの無地面素材の生産加工不良や異物混入などを高精度に検出します。たとえば、ディスプレイマスクなどに使用される不織布は表面に凹凸があるため素材の製造過程で他の繊維や毛髪などが混入しやすく、繊維の絡まりや結合不良が発生しやすい素材ですが、コントラストが低いため画像センサによる欠陥検出が難しいとされています。

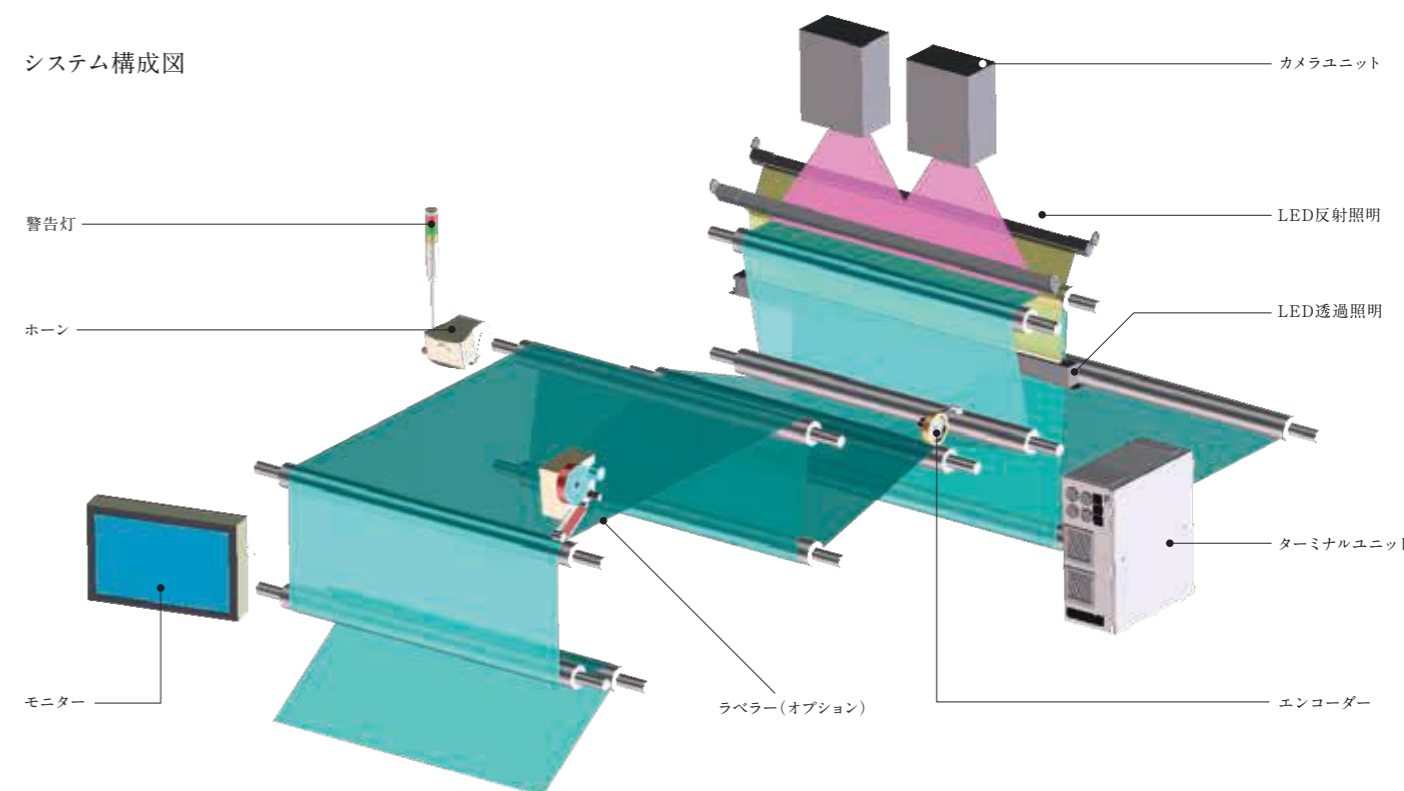
M-CAP V2は高性能モノクロデジタルカメラの採用と、独自のハードウェア検査エンジンによってこうした検出が難しい素材の欠陥も見逃しません。

ピンホールのような小さな欠陥の検出や異物混入、汚れの付着、フィルム素材のムラ、スジ、キズなど、素材の品質を損なう欠陥を高精度に検出する卓越した性能は徹底した品質管理に最適です。

新しいM-CAP V2を徹底した品質管理と現場コストの低減にぜひお役立てください。

素材検査装置 M-CAP V2

システム構成図



おもな特長

- 設置場所を選ばないフレキシブルなレイアウトが可能
一体型ユニットの本体制御盤を廃し、機能毎のコンポーネントによる構成としました。設置の自由度が向上し、工場スペースの有効活用にも貢献します。
- ユーザーフレンドリーな使いやすさを追求
タッチパネルの採用と対話方式による階層の浅いシンプルな画面構成で操作が簡単です。
- 撮像系システムを一新して高速・高分解能を実現
新開発デジタルカメラの採用によって鮮明な画像と高速搬送時の微小な欠陥の検出を実現しています。
- 独自開発のLED照明を標準装備
高輝度、高演色性を実現した当社独自開発のLED照明を採用しています。専用構造によって判定が難しかったフィッシュアイ(ゲル)と黒点の選別も可能です。
- 欠陥画像を拡大しても鮮明に表示
AIを活用した超解像技術によって欠陥画像を拡大表示しても画像が粗くなりません。
- 充実したデータマネジメントで品質管理を効率化
列毎・距離毎のサイズ別欠陥数をリアルタイム集計し、データはPDFファイル出力できます。ネットワークによるデータ管理機能等にも対応しており、品質管理の効率化と生産性の向上に貢献します。
- 検査機能を大幅拡大
線状欠陥検出回路によってシワ・膜われ・毛髪・糸くずなどの検出を強化しました。また、淡欠陥検出回路によって面積の大きい薄汚れやムラの薄汚れの検出も強化しています。

お問い合わせ 検査機器システムカンパニー TEL:03-5710-3291