



2019年度

内航船の安全性効率性を飛躍的に向上させる先進的な

船陸間通信システムの技術開発

成果報告書

2021年3月

一般社団法人 日本船用工業会

はしがき

本報告書は、BOAT RACE の交付金による日本財団の助成金を受けて、平成 30 年度（2018 年度）、令和元年度（2019 年度）の 2 年計画で、一般社団法人日本船用工業会が株式会社 KITA ENGINEERING に委託して実施した「内航船の安全性効率性を飛躍的に向上させる先進的な船陸間通信システムの技術開発」の、2 年間の成果をとりまとめたものである。

ここに、貴重な開発資金を助成いただいた日本財団、並びに関係者の皆様に厚く御礼申し上げる次第である。

2021年3月
(一社)日本船用工業会

目 次

第1節 事業の目的	1
1.1 内航船における船陸間データ通信	1
1.2 船陸間データ通信	1
1.3 陸上向けサービス	1
1.4 船陸間データ通信の常時接続	2
第2節 事業の目標	2
2.1 本事業の最終目標	2
2.2 平成30年度（2018年度）の事業目標	2
第3節 平成30年度（2018年度）の実施内容	2
3.1 データ転送装置の調査	2
3.2 クラウドの調査	5
3.2.1 クラウド化するメリット	6
3.2.2 クラウド導入に当たって考えるべきこと	6
3.2.3 クラウド化した方が良いもの	7
3.2.4 クラウド化しない方が良いもの	7
3.3 センサーの調査	8
3.3.1 GPS	8
3.3.2 熱電対	9
3.3.3 アナログ出力（4-20mA）	10
3.3.4 パルス信号と回転数	11
3.4 陸上テストデータ取得装置の設計/製作	13
3.5 陸上テスト自動データ転送装置の設計/製作	17
3.6 陸上テストデータ取得装置と陸上テスト自動データ転送装置の運転	20
第4節 平成30年度（2018年度）の目標の達成状況	26
第5節 今後の予定	26
5.1 平成31年度（2019年度）の実施内容	26
第6節 令和元年度（2019年度）の実施内容	27
6.1 実船搭載データ取得装置の設計	27
6.1.1 センサーとユニットの分類について	29
6.1.2 ユニット図について	29

6. 1. 3	マルチ入力ユニット(KV-TP40) について	30
6. 1. 4	拡張入力ユニット(KV-B16XC) について	31
6. 1. 5	シリアルコミュニケーションユニット(KV-L20) について	32
6. 1. 6	GPS のデバイスについて	33
6. 1. 7	プログラマブルコントローラ(KV-5000) について	33
6. 1. 8	データ取得装置関係図面	34
6. 2	実船搭載するデータ取得装置の製作	38
6. 2. 1	シリアルコミュニケーションユニット(KV-L20V) と GPS との接続・テスト	38
6. 2. 2	拡張入力ユニット(KV-B16XC) とスピードログとの接続・テスト	39
6. 2. 4	マルチ入力ユニット(KV-TP40) と船首吃水計との接続・テスト	39
6. 3	実船搭載する自動データ転送装置の設計	40
6. 3. 1	自動データ転送装置の設計	40
6. 3. 2	KV-5000 PLC 関連と通信装置の電源自動化	40
6. 3. 3	KV COM+for Excel	40
6. 3. 4	KV COM+for Excel に於ける接続先の設定	40
6. 3. 5	KV COM+for Excel の基本機能設定	41
6. 3. 6	KV COM+for Excel のトリガー設定	41
6. 4	実船搭載自動データ転送装置の製作	42
6. 5	実船搭載データ取得装置と実船搭載自動データ転送装置の実船搭載試験	42
第7節	目標の達成状況	45
第8節	今後の予定	45
第9節	まとめ	45
第10節	謝辞	46

第1節 事業の目的

内航船でも I o T (Internet of Things) 技術を活用しようという動きが活発化している。

国土交通省は「内航未来創造プラン」を発表し、I o T 技術や船舶にビッグデータを活用し安全向上や効率的な運航の実現を目指す方針である。さらに、スマートホンを事故防止に活用する計画もある。

しかし、多くの内航船は船陸間データ通信に安価な携帯回線を使用し、航行中に回線の圏外に入ると通信が途絶えるという根本的な問題を抱えている。

そこで、通信が途絶えるとデータを自動的に船内の機器に保存し、回線が復旧した際に自動的に通信を再開する「船陸間自動データ通信システム」を開発する。これにより、内航船においては従来とは全く異なる船陸間自動データ通信が可能となり、I o T 技術を進めるための基盤が整う。

1.1 内航船における船陸間データ通信

主機関の状態を陸上から遠隔監視、診断、故障予知し、陸上からの適切な支援によって、船舶の安全管理の高度化・最適化を図っている。「高度船舶安全管理システム」においては、安定的なデータ通信は不可欠である。さらに、気象・海象の情報を活用した安全運航や省エネ運航に資するウエザールーチング、複数の船舶の実運航状態の把握やスケジュール管理、輸送中の貨物が受ける振動や傾斜等を計測することによる輸送品質の向上、実運航データを用いた新型船の開発、舶用機器の陸上からの重大事故の回避並びにライフサイクルコストの低減等、船主、荷主、造船所、船舶機器メーカー等のあらゆる海事関係者から、船舶の実運航データ等を取得する為の船陸間データ通信が望まれている。

1.2 船陸間データ通信

船陸間データ通信には、従来から衛星回線が採用されているが、通信料金が非常に高額である。それにもかかわらず、近年の社会のデジタル化に伴い、船内での P C (Personal Computer) 等の使用が増えたことによる、船陸間データ通信のデータ量も増えてきている。また、船内機器の I o T 化が進むことで、データ量は更に増加し、接続時間も長時間になると、通信料金はさらに高額になってしまう。

1.3 陸上向けのサービス

陸上向けのサービスである「携帯モバイル回線」は、衛星回線と比べると 1/6 程度の安価な回線料金で常時接続が可能である。陸から近い海域を航行する内航船では、その携帯モバイル回線の電波を拾える海域が沢山存在するために活用が期待されるが、海上では電波が不安定になったり、そもそも電波の届かないエリアが存在する為に回線が切断されてしまうことがある。回線切断時には、乗組員が手動で再接続しなければならないことや、通信中に回線が切断されるとデータが欠落してしまう可能性があるために、送受信データの検証等に手間がかかるという欠点がある。

そこで、船舶が通信可能域に突入した際には自動で回線を接続するという自動再接続機能、データ通信時に回線の切断があれば自動的に送受信データの検証を行いデータの欠落箇所を補完する機能、通信できないエリアではデータを蓄積し、通信可能エリアになれば蓄積したデータを送信することを可能にする自動データ転送装置を開発する。

1.4 船陸間データ通信の常時接続

船陸間データ通信が常時接続で安価で行えるようになると、前述のとおり、安全性の向上、省エネ運航の実現、輸送品質の向上、配船の最適化、船用機器のメンテナンスの簡素化、ライフサイクルの低減、乗組員の労力低減等の沢山のメリットを得ることができるようになる。さらに、船舶の自律航行等に繋る可能性が十分あり、内航船舶の運航形態を大きく変えることが可能になる。

第2節 事業の目標

2.1 本事業の最終目標

- 1) 複数のセンサーから取得した船内のデータを、取得時間をキーとしてPLC (Programmable Logic Controller) が自動で切り出すことが可能な、実用搭載用のデータ取得装置を設計/製作する。
- 2) 船内のデータを時系列で一時保管する記憶装置と、クラウドロガー及び無線端末をまとめた実船搭載用の自動データ転送装置を設計/製作する。
- 3) 実船搭載用のデータ取得装置と自動データ転送装置をまとめた自動データ転送装置システムを製作する。更に実船搭載して有効性を確認し、実用化が可能であることを実証する。

2.2 平成30年度(2018年度)の事業目標

テストデータ取得装置及び自動データ転送装置の設計/製作を行い、陸上試験を実施して、設計通りにデータが取得・転送できることを確認する。

第3節 平成30年度(2018年度)の実施内容

3.1 データ転送装置の調査

船内で取得したデータをクラウドに自動送信する際の手順の検討及び、電波が長時間途絶えた時に起こりえる状況等を調査した内容は次のとおりである。

船内で取得したデータをクラウドに自動送信する際の手順の検討を、協力者の長崎総合科学大学等の大学や、NTT 等において調査を行った。その結果、各センサーから出力される連続したデータ(シーケンシャルデータ)から、一定の間隔で抽出した値をデジタルデータとして、取得時間を基軸とした行列データ(マトリックスデータ)として船舶の記憶装置に収録する必要があることが確認できた。

また、電波が長時間途絶えた時に起こりえる状況等を調査した結果、長時間電波が途絶えた後に、通信可能領域に入ってもデータ転送中に電波が途切れ、転送データが欠落する場合があることが分かった。この欠落を補完するために記憶装置（データ転送装置）が必要であることが確認できた。

また、陸上のIPアドレスに向かって通信が確立できれば、船舶の記憶装置内に保存されたマトリクスデータから、30分～60分間のデータを1ブロックとしてまとめて送信する。送信する際には、船舶のPLCのIPアドレスにブロック番号を付与して送信することにより、陸上データベースに正常に送信されたかどうかを検証することができることが分かった。

具体的に内航船について考察すると、船舶の船速、主機関の馬力、回転数といった物理的な「状況」を、コンピュータで処理できる数値化「情報」する機能を果たするのがセンサーである。使用されるセンサーで代表的なものとしては、温度センサー、光センサー、圧力センサー、パルスセンサー等がある。これらを使用して、航海及び機関関連の状態を計測データとして取り込む「情報の収集」プロセスがある。一方、本船上で取り込まれた各種の計測データを陸上のPCに送る「情報の伝達」プロセスもある。ここで重要になるのは通信手段である。内航船から陸上のPCに送信する過程で、船舶から陸上の回線へ接続するには衛星回線が主流であるが、使用する衛星回線の通信費が高額になり、過去には経費が高くシステム開発が成功しなかった例もあった。船舶でもIoT化が進んできているため、益々情報量も多くなり普及のネックとなる通信費について十分検討する必要がある。最近陸上でサービスを開始した5G回線は、回線利用料は低く抑えられており、高速通信も可能であるが、その反面、電波の到達距離が短いことが判明した。

通信回線について検討を行ったところ、一般的な船陸間通信はプロバイダーを経由して動的IPアドレスを使った回線を使って本船に接続していたが、この通信方式は片側（送信）だけが保障されているが、帰り便（返信）はIPアドレスが保障されていないことが判明した。このことにより、動的IPアドレスを使った通信では、IoTによる情報のフィードバックが困難となり、欠落のない連続データの自動転送も困難であることが分かった。

更に、近年のインターネットを使ったサイバー攻撃が頻繁に行われていることを考慮しても、アクセスを制限できない動的IPアドレスを使った通信ではセキュリティ対策も困難であることが分かった。

これらの調査の結果、IPアドレスを固定するプライベートIP回線に利点があることが判明した。

次に、データ転送装置のハード面からの検討を行った。

データ転送装置に用いるPLCについて、PLCメーカーによるスペック等を調査しその結果を表1にまとめた。

表 1 代表的な PLC メーカーの主要 PLC の特徴

	A社	B社	C社
国内シェア	約 50%	約 25%	約 25%
外部入出力	△ (別ユニット)	△ (別ユニット)	○ (CPU内蔵)
サンプリング 点数	最大 128 点×10 設 定	リレー最大 64 点 レジスタ最大 128 ワード	最大 128 点×10 設 定
ファイル保存 の為にユニッ ト追加	× (Webサーバ ユニット)	○(不要)	○(不要)
ファイル保存先	△ (CF)	○ (SD)	○ (SD)

何れのメーカーの PLC でも、データ転送装置として使用できそうであることが分かった。今後、選定する PLC について更に検討を進めていくこととした。

ここで、PLC について、その用語や役割について触れておく。

[PLC]

PLC = Programmable Logic Controller の略で直訳すると“プログラムが可能な論理制御装置”というような意味になるが、平たくいうと工場で使われるコンピュータのことである。

JIS規格（日本工業規格）では、PC = Programmable Controller という名称だが、パソコン（PC） = Personal Computer と区別するために PLC と呼んでいる。

[FAの中での制御]

“FA”とは = ファクトリー・オートメーション、製造システムの自動化、省力化、無人化のことである。

“制御”とは = 機械・装置などを目的とする状態に保つために、適当な操作を加えることである。

自動化するメリットとしては、次の事が想定される。

- ・生産コストの削減
- ・生産量の増加
- ・稼働時間の長時間化
- ・不良率の減少

[シーケンス制御]

FA業界での制御は通常 “シーケンス制御” という。

PLCは、上記のようなシーケンス制御での状況の変化を確認し次の工程に進む制御を行う役割を担っている、いわば“制御の頭脳”である。

3.2 クラウドの調査

クラウドの使用条件として、①データのフォーマットの設定、②回線停止時の対応、③回線停止時のデータの保護及びクラウドの使用料、の3点に注目して調査を行った。

①データのフォーマットの設定については、従来から大半がCSV形式を採用していることが分かったため、本形式を採用することとした。

②回線停止時の対応（機器の故障・回線待ち等の判別）及び、③回線停止時のデータの保護及びクラウドの使用料等について、現状でのクラウド導入は受信されたデータ保護のためのシステム構築が不可欠であることや、そのシステムを構築するためには高額な費用が必要であることが分かった。

併せて、船舶でのIT活用やデータ通信の事例についても調査した。

初めての船舶へのIT導入は、運輸省に高信頼度知能化船研究開発推進委員会が設けられ(1983年—1988年)審議されたのが始まりであった。その中で、「IT導入は時代の要請であり、運航のための情報を船陸間で共有し、安全で効率的な運航は、製品である船舶へのIT導入が進まない状況の打破を検討し、時代の要請に応えるため、IT導入による船舶の商品価値向上を図る。」とある。

それから約30年紆余曲折を経て現在に至っている。中でも既存のデータ通信は高額な衛星通信が主流である。低額な通信として携帯モバイル通信があるが、陸上が主体となっており携帯モバイル通信を使用するためには、内航船が陸から離れると通信が不安定になりデータが途切れるという欠点があるので、その欠点を克服する必要がある。

今回の着目点は、日本船用工業会のスマートナビゲーションシステム研究会の研究概要にある、「船舶の安全且つ効率的な運航を可能にするためには、航海、機関、船体及び気象海象等、多くのデータが共有化され造船、設計、運航のそれぞれの分野でIoT活かし競争力を図り、これらのデータを有機的に結合し活用するアプリケーションサービスがアウトプットを出せるようにすることが重要である。現状、これらの仕組みを構築することは異メーカー、異システム、異機種種の壁に遮られ容易な状況にはない。」という現状認識の部分である。この現状を打開するために、研究会で活動を行っているが、船内で収集したデータを、安価にそしてデータの欠落が無いように陸上に転送する装置を開発することにより、この研究を後押ししたい。

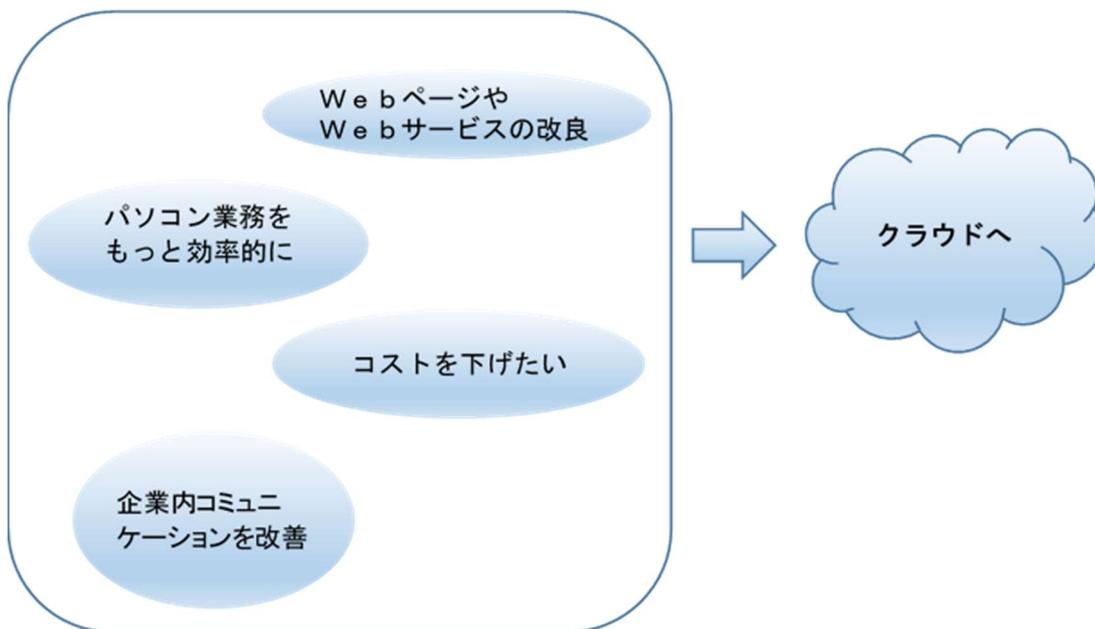
3.2.1 クラウド化するメリット

クラウド化とは、PCやネットワークの機能の一部をインターネットの中で利用することで、3つのメリットがある。まず1つ目は便利性与、インターネットに繋がればどこからでも作業ができるということ。2つ目は、情報の共有化で、いつでもどこにいても企業内の情報共有がやりやすいということ。3つ目は、コスト削減で、クラウドを活用するとサーバの設置や運営費を節約できる

点が上げられる。

3.2.2 クラウド導入に当たって考えるべきこと

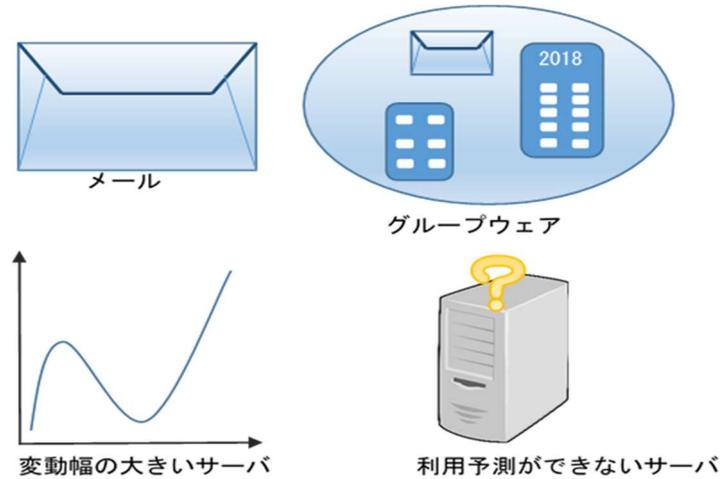
クラウドを活用するにあたってまず考えるべきことは、企業が改善したい問題点とは何かということである。パソコン業務をより効率的にしたいのか、企業内のコミュニケーションを改善したいのか、運営するWeb ページやWeb サービスを改良したいのか、コスト削減に取り組みたいのか等の、企業の状況や抱えている問題点をはっきりさせて、それを改善するためにどうするかを考えるのが重要となる。（図—1 参照）



図—1 クラウド導入に当たって考えるべきこと

3.2.3 クラウド化した方が良いもの

クラウド化した方が良いものとして、メールを挙げることができる。メールは今となってはビジネスに欠かせないコミュニケーションツールとなった。欠かせないツールであるからこそ、「どこからでも」、そして「いつでも」使えるクラウドを活用の方が便利でよいと考える。また、社内のグループウェアも、メールと同様にコミュニケーションツールであり、これもクラウド化した方がよいと考える。（図—2 参照）



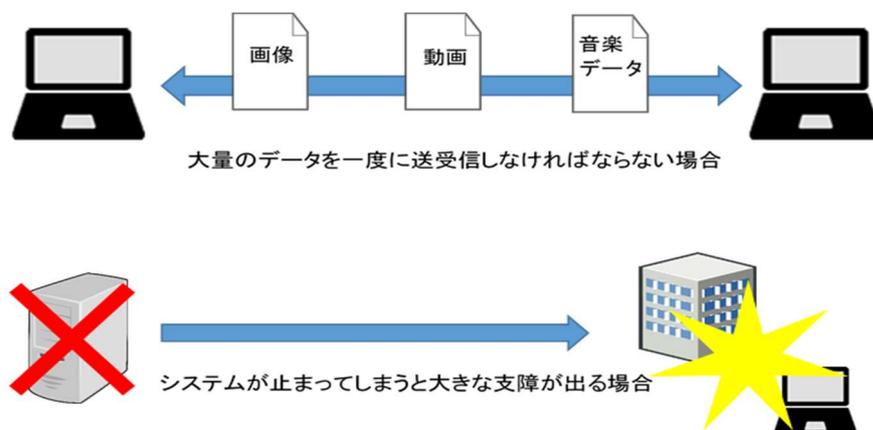
図一2 クラウド化した方が良いもの

3.2.4 クラウド化しない方が良いもの

一方、クラウド化しない方が良いものについても検討した。クラウドはネットを利用するシステムであることを考えると、次のような場合はクラウド化に向いていないと考える。

まず、大容量のデータを一度に送受信しなければならない業務の場合が上げられる。高精細な画像データなどを短時間でやりとりするような業務は、ネット回線では時間が掛かり過ぎることになるため、クラウド化に向いていないと考える。

もう一つは、システムが止まると大きな支障が出る場合が上げられる。システムが止まるといった事故がおきると、重大な混乱が生じるため、通信リスクの少ない自社管理のネットワークに置くべきであり、クラウド化に向いていないと考える。(図一3 参照)



図一3 クラウド化しない方が良いもの

3.3 センサーの調査

センサーは、動きや温度、湿度、明るさといった「状況」を、コンピュータが処理できる「情報」に変換することができるものである。

船舶にはセンサー類が多く、分類すると、位置情報を取得するGPS（Global Positioning System）や、温度を測定する熱電対や測温抵抗体があり、PLCの拡張性を生かしたデータ収集が可能になる。

これらの様々なセンサーからのデータは、PLCの豊富なインターフェイスを活用することにより一括して登録することができる。

また、ビットのON/OFFとエンコーダーなどのカウンタ値、センサーの計測結果と測定日など、必要データを纏めて記録することが可能である。

調査した結果、今回の開発では、GPSで位置情報を、測温抵抗体で燃料油と海水温度を、アナログ信号で発電電力と船首及び船尾の吃水と船速を、パルス信号で主機回転数と燃料流量を取得することとした。

3.3.1 GPS

GPSは全世界的な位置測位システムで、地球上のどこにおいても、いつでも、誰もが簡単に使用でき、しかも高精度に位置を測定できるものである。

GPSは次の三つの要素で構成されている。（図—4 参照）

- ・GPS衛星（スペース・セグメント）

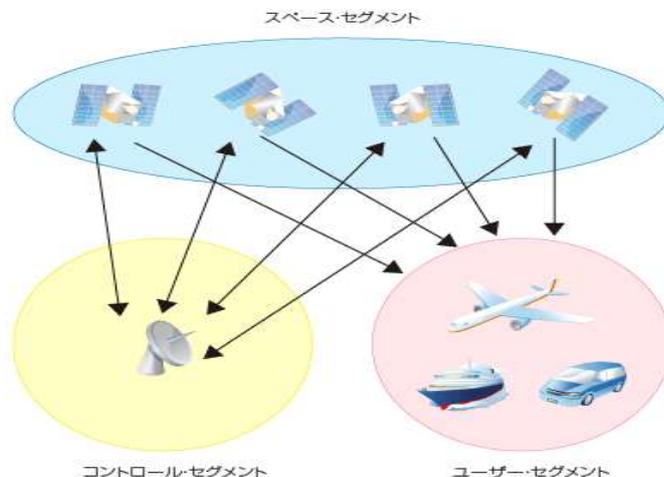
GPS衛星は、約2万km上空の六つの軌道に、4基以上の衛星が配備されており、約12時間周期で地球を周回している。

- ・地上管制（コントロール・セグメント）

地上管制は、GPS衛星の監視や制御を行い、衛星の時刻や軌道が許容範囲を超えないように随時保守を行っている。

- ・GPS受信機（ユーザー・セグメント）

GPS受信機は、GPS衛星からの電波を受信し、位置を計算する。



図—4 GPSの各セグメント

・GPS測位について

GPS受信機によるGPSの測位は、まず始めに、GPS衛星（既知の点）から、衛星が発信した時間の信号が送られて来る。

GPS受信機がその信号を受信した時刻と、衛星から送られてきた発信時間の差で衛星までの距離を算出する。同様に、他の2つの衛星からの発信時間と受信時間から3つの距離を算出する。3つのGPS衛星からの距離を測ることで受信機の場所を特定することができるというものである。

しかし、3つの衛星からの距離を計算しても正確ではない。原因は、受信機に搭載されている時計では距離誤差が生じるからである。衛星には、正確な原子時計が搭載されているのため、時間の誤差はないが、受信機の時計の精度は衛星ほど正確ではないため誤差が生じ、それが原因で本当の正確な場所を計測することができない。そこで、4つ目の衛星を使うことにより、3つの衛星が算出した位置と、4つ目の衛星からの時刻で算出した現在位置を計算することで、誤差を少なくすることが可能になっている。

3.3.2 熱電対

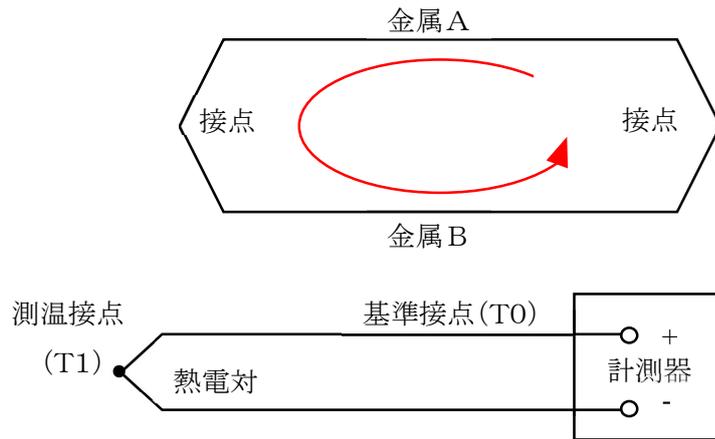
熱電対とは2種類の異なる金属導体で構成された温度センサーのことである。主に工業用として使用されている熱電対は、他の温度計（水銀計、サーミスタなど）と比較して次のような特長がある。

1. 応答が早い
2. $-200^{\circ}\text{C}\sim+1700^{\circ}\text{C}$ と広範囲の温度測定が可能
3. 特定の点や小スペースでの温度測定が可能
4. 温度情報が電気信号（熱起電力）として検出されるので情報処理・解析がシンプル
5. 安価で入手しやすい

熱電対の原理は次のとおりである。

1821年ドイツ人科学者ゼーHECKが、2つの異なる金属を繋げて、両方の接点に温度差を与えると、金属の間に電圧が発生し、電流が流れることを発見した。この現象を発見者の名前をとって「ゼーHECK効果」と言っている。

この回路に電流を起こさせる電力は熱起電力と呼ばれ、その極性と大きさは2種類の導体の材質と両端の温度差のみによって定まることが確認されている。（図—5参照）



図—5 熱電対の原理

熱電対には、二種類の金属導体の組み合わせ方で、表2のとおり8種類あるため、測定する温度により選定する必要がある。

表2 熱電対の種類

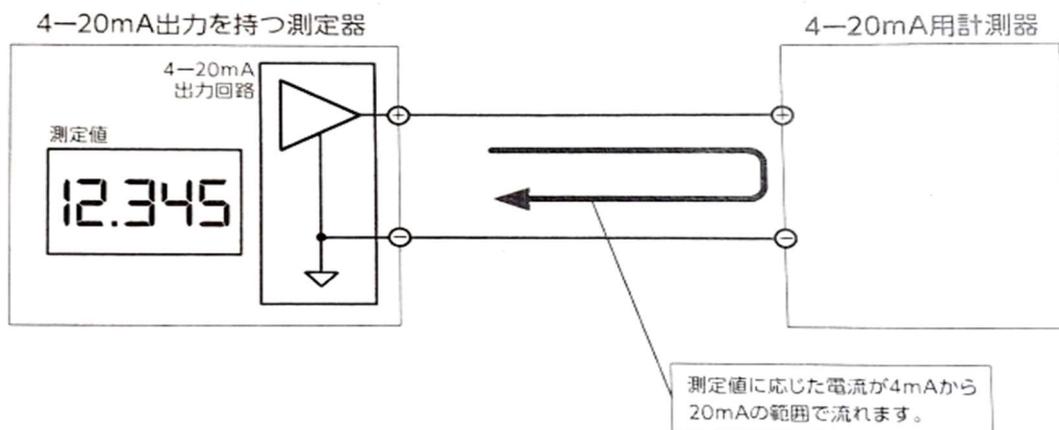
種類の 記号	構成材料		測定範囲
	+脚	-脚	
B	ロジウム 30%を含む 白金ロジウム合金	ロジウム 6%を含む 白金ロジウム合金	+600～+1700℃
R	ロジウム 13%を含む 白金ロジウム合金	白金	0～+1100℃
S	ロジウム 10%を含む 白金ロジウム合金	白金	+600～+1600℃
N	ニッケル、クロムおよび シリコンを主とした合金	ニッケルおよびシリコンを 主とした合金	-200～+1200℃

3.3.3 アナログ出力 (4-20mA)

4-20mA とは、アナログ出力の1種である。計測用機器の標準アナログ出力を中心に、センサーの出力や制御信号として幅広く使用されている。「4-20」の意味は、電流出力の範囲が4mA から 20mA の範囲で出力されるという意味である。電圧変換することで制御機器やレコーダ等の計測器への取り込みも容易である。ノイズに強いため長距離伝送に向いている。(図—6 参照)

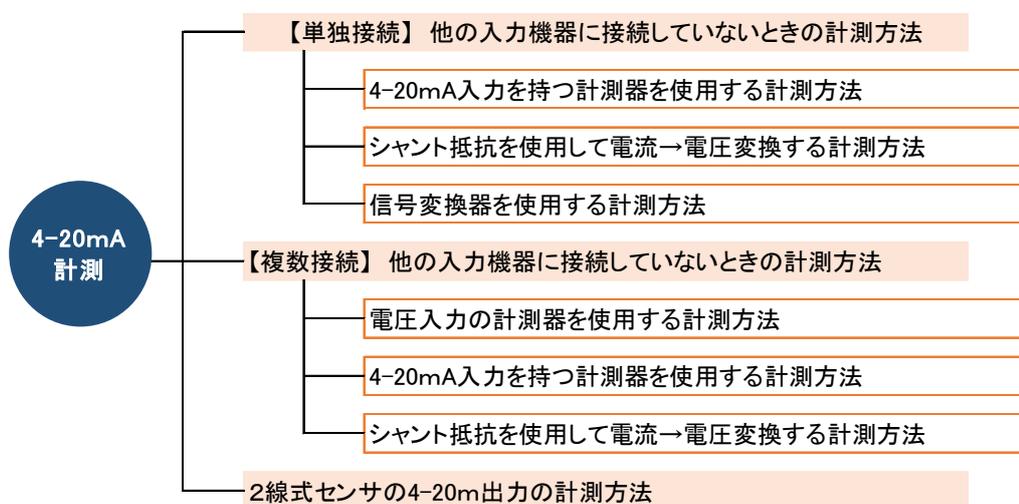
また、断線時には、0mA になるのでフェイルセーフ性に優れている。

配線



図一6 アナログ出力 (4-20mA)

4-20mA の計測方法には様々な方法がある。使用する計測器や、他の機器との配線状況に合わせて、図7のように計測方法を選択する。



図一7 アナログ信号 (4-20mA) の計測方法

3.3.4 パルス信号と回転数

パルス信号の代表的な活用法は大きく分けて2つある。ひとつは入力したパルスにより速度・距離などを計測すること、もうひとつはパルスを出力することでモータやインバータなどのシステムを制御することである。そしてその双方に関連するのが「回転」の要素である。

◎パルスを用いた回転数の計測

・ストロボスコープによる計測

瞬間的に点灯する光を一定の間隔で繰り返し発光させる装置をストロボスコープと言う。ストロボスコープを用いて回転体へ等しい時間間隔で光源を照射したとき、点滅周期と回転周期が一致した場合に通常目視では捉えられない高速の回転体が静止したように見える。ストロボスコープ法はこの現象を利用して回転数を得る方法で、エンジンやモータの回転数計測のほか、回転体の傷や欠けなどの検査にも用いられている。

・タコメーターによる計測

エンジンやモータなどの回転数を計測するタコメーターは、機械的に回転を読み取る機械式タコメーターと、電氣的に読み取る電気式タコメーターに分けられる。主に自動車やオートバイのエンジンなどの回転数を把握するのに用いられている。

・光学機器による計測

細やかなスリットやホールが施され回転盤に発光ダイオードなどによる赤外光を照射し、そのスリットやホールを通過した光を、フォトダイオードに通すことで機械的な回転変位をパルス信号に変換し回転数を得る方法である。自動車、航空宇宙分野などのほか、エネルギー分野でも活用されている。

◎パルスを用いたモータ

パルス信号により駆動を制御する代表的なシステムとして挙げられるのが、ステッピングモータ（パルスモータ）やサーボモータといったモータ類である。それぞれの特性の違いを表3にまとめた。

・ステッピングモータ

受け取ったパルス信号の電力に同期して動作するモータ。回転角度や速度といった回転制御をパルス数と周波数によって制御する。1パルス当たり回転する軸の角度（基本ステップ角）があらかじめ決められており、パルスが送られる度にその分の角度だけ回転する仕組みである。標準的な5相タイプの場合、基本ステップ角は 0.72° で、125パルスで 90° 、500パルスで 360° 回転する。ステッピングモータにおける回転量はパルス信号の数に比例し、回転速度は周波数に比例する。

・サーボモータ

対象物の位置や方向などを制御量として作動する自動制御装置「サーボ機構」を用いたモータである。ステッピングモータにはない回転検出器が組み込まれており、回転角度や回転速度を検出しながらドライバへフィードバックし、回転軸の現在位置と目的位置を比較してその差分が「0」になるように動作する。そのため、非常に停止精度が高く、工作機械や産業ロボットなどで多く用いられている。

表3 ステッピングモータとサーボモータの特性の違い

	ステッピングモータ	サーボモータ
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・静止時にトルクが最大となるため剛性も最大になる ・構造がシンプルで比較的安価 ・デジタル制御回路との相性がよい 	<ul style="list-style-type: none"> ・動作の円滑性でステッピングモータより優れる ・回転検出器へのフィードバックを絶えず行う為、脱調が起こらない ・高回転で精密な運用が可能・停止精度が高い
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・動作の円滑性でサーボモータに劣る ・パルス信号の周波数が高すぎる場合、正常に回転しなくなる「脱調」を起こす ・安定的に高回転させるのが苦手 	<ul style="list-style-type: none"> ・精密な制御するうえで駆動機構の剛性の確保が必要 ・機構が複雑なため高価

◎パルス計測の仕組み

- ・出力されたパルス信号から周波数や周期を知る方法

パルス信号は、自動車の車速や水道の流量、電気の使用量など、様々な測定現場に活用されている。

しかし、パルス信号のままでは「車速が何キロなのか」、「水が何リットル流れたのか」、「電気を何ワット使ったのか」などの具体的な数値は分からない。パルス信号は機械的な変化をデジタル信号に変換しただけである。そのデータをもとに解析することで、初めて利用価値のあるデータとなる。

- ・パルスの基本的な計算方法

周波数とは、1秒間に何回振動したのか（パルス信号が出力されたのか）を示し、ヘルツ [Hz] という単位で表し、そして、パルス信号の1往復にかかった時間を周期と呼んでいる。周波数と周期は逆数の関係になっており、どちらかが分かれば計算で数値を求めることができる。

周波数と周期の計算式 $f = 1 / T$ 周波数 f [Hz]、周期 T [s]

一般的には高い周波数の場合は周波数を、低い周波数の場合は周期を計算する。また、一定時間内に発生したパルスを計測する方法を「ダイレクト方式」と呼び、周期を計測して周波数を計測する方法を「レシプロカル方式」と呼ぶ。

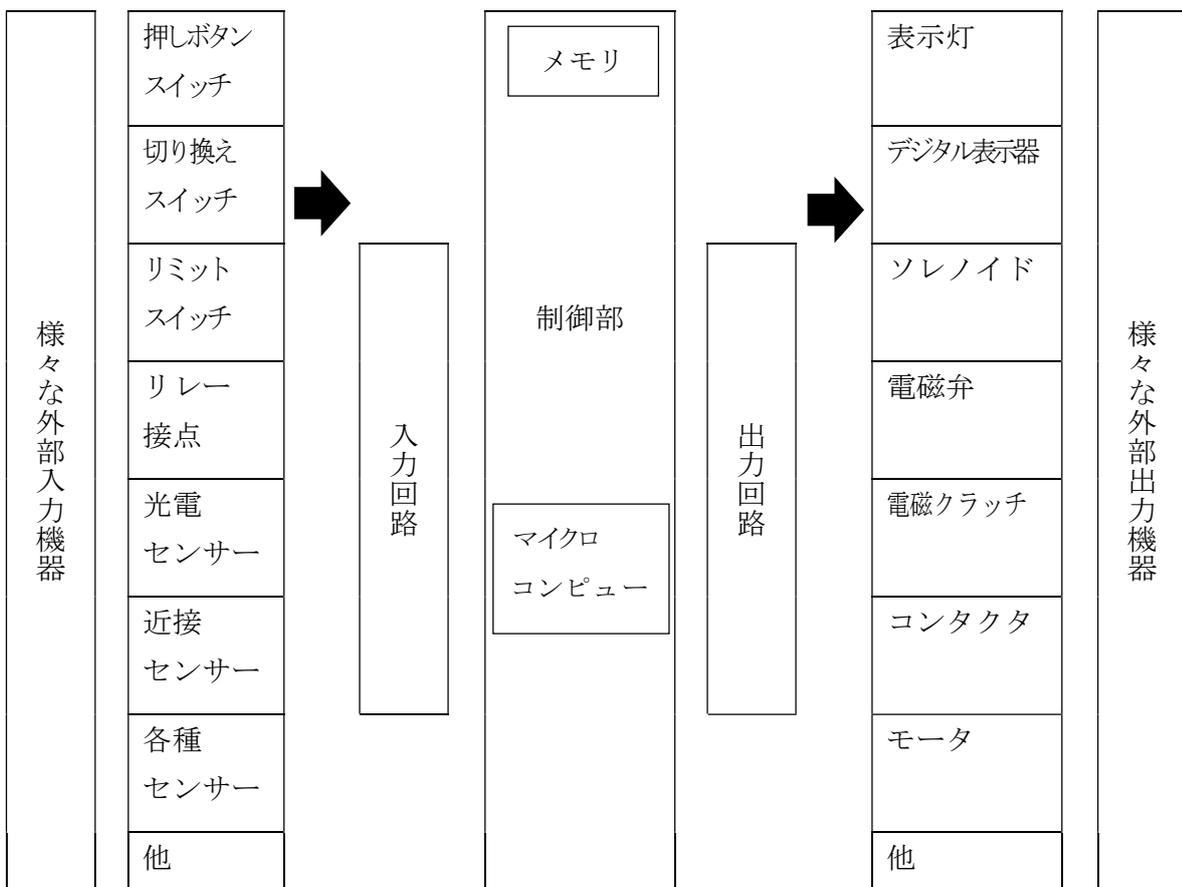
3.4 陸上テストデータ取得装置の設計/製作

調査した結果を踏まえ、陸上テストデータ取得装置として、システム設計、配線図と盤製作図の作成及び、PLCプログラムの作成を行った。

PLCのハードについては、3.1項での検討を基に更に調査を行い検討した結果、国

内シェアナンバーワンのA社製で計画を進めたが、装置が大きくなってしまいう (75 cm × 55 cm) ために船舶への設置が難しいことが分かった。そこで、C社製に変更することでコンパクトな装置とすることとした。

C社製のPLCは図一8に示すように、マイクロコンピュータ(CPU:中央演算装置)とメモリー(記憶素子)を内部にもっている。操作盤や装置に設けられた様々な外部入力機器(押しボタンスイッチ、リミットスイッチ)によって動作し、表示灯やソレノイド等の外部出力機器を自由に制御できる便利な機器である。プログラムは、専用のラダーサポートソフトがインストールされたパソコンから、PLCの内部のメモリに書き込みができる。



図一8 C社製PLC

C社製PLCでできる事項を整理すると、次のとおり。

- ① CPUユニットのみで本格的なデータ収納が可能であり、ラダーサポートソフトに標準で設定ツールが装備されているため、ラダープログラムをほとんど組むことなく、簡単に設定が行える。
- ② PLCの拡張性を生かしたデータ収集が可能であると共に、豊富なインターフェイスを活かして、さまざまなデータを一括して登録できる。また、ビットのON/OFFとエンコーダーなどのカウンタ値、センサーの計測結果と測定日など、必要データをまとめて記録することが可能である。

- ③ 100ワード、180 μsec の高速データ収集が可能であるとともに、CPU本体のSDRAMにデータを保存できるなど、わずかなスキャンタイムで高速にデータ収集できる。

10ワード-----→ 30 μsec

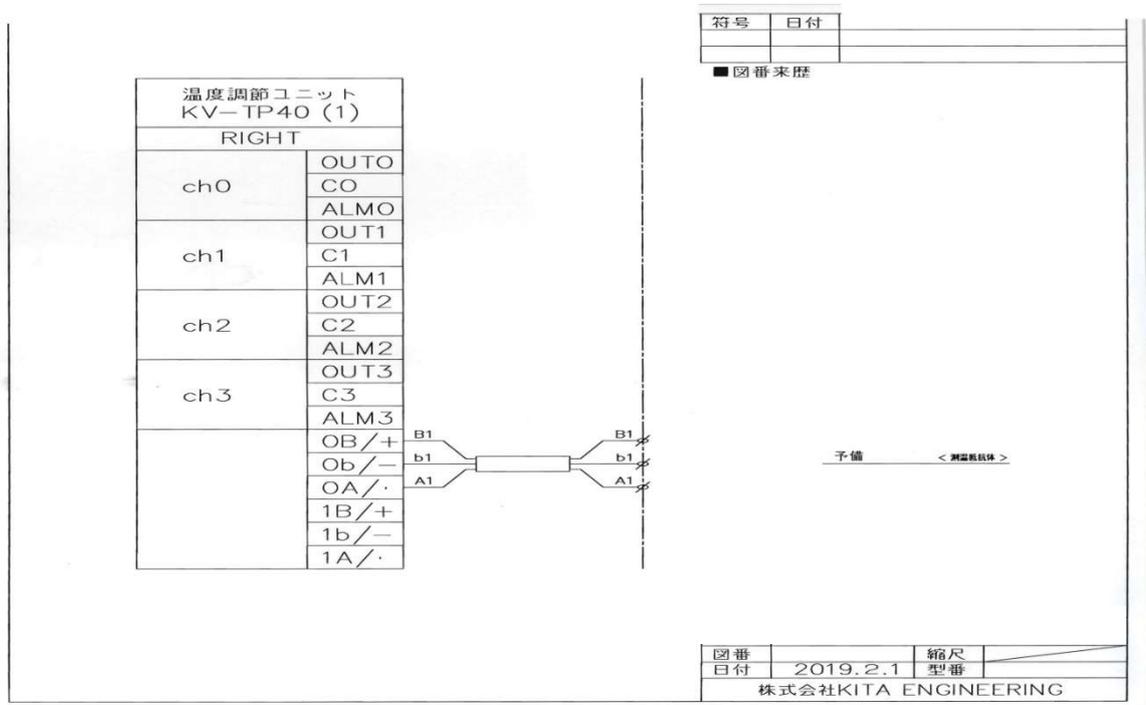
100ワード-----→ 180 μsec

- ④ 汎用の手段が使用出来るため、運用が簡単。
- ・SDカードを直接読み出し、記録は汎用てきなSDカードを使用、PCでそのまま読み出しできる。
 - ・Ethernet 経由で読み出し、CPUの運転中でも Internet Explore 等から直接ファイルが取得できる。
 - ・メールに添付して送信、メール送信機能を使用すればメールに記録したデータを添付して送信ができる。

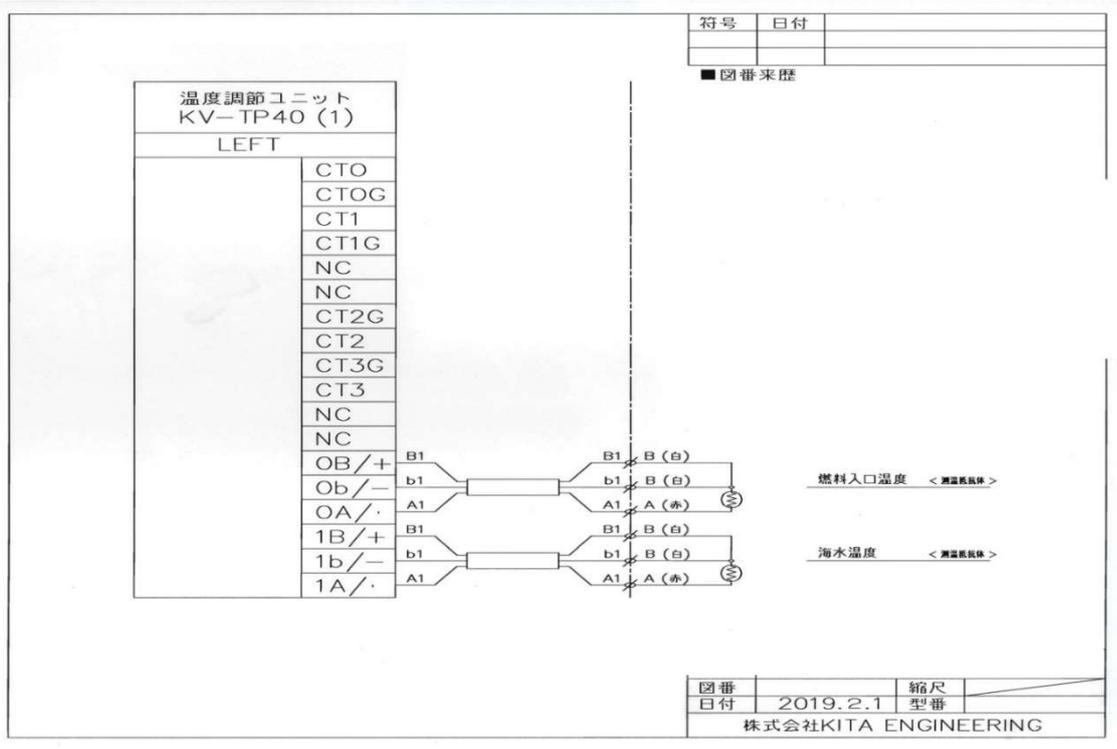
作成した図面に基づいて、陸上テストデータ取得装置を製作した。

I o Tのプロセスにおいて物理的な「状況」をコンピュータが処理できる「情報」に変換する機能を果たす分野がセンサーであり、先に説明したようにPLCの入力部署でもある。ロギング/トレース機能で取り込んで高速データを収集する事がPLCの拡張性を活かしたデータ収集が可能になる。

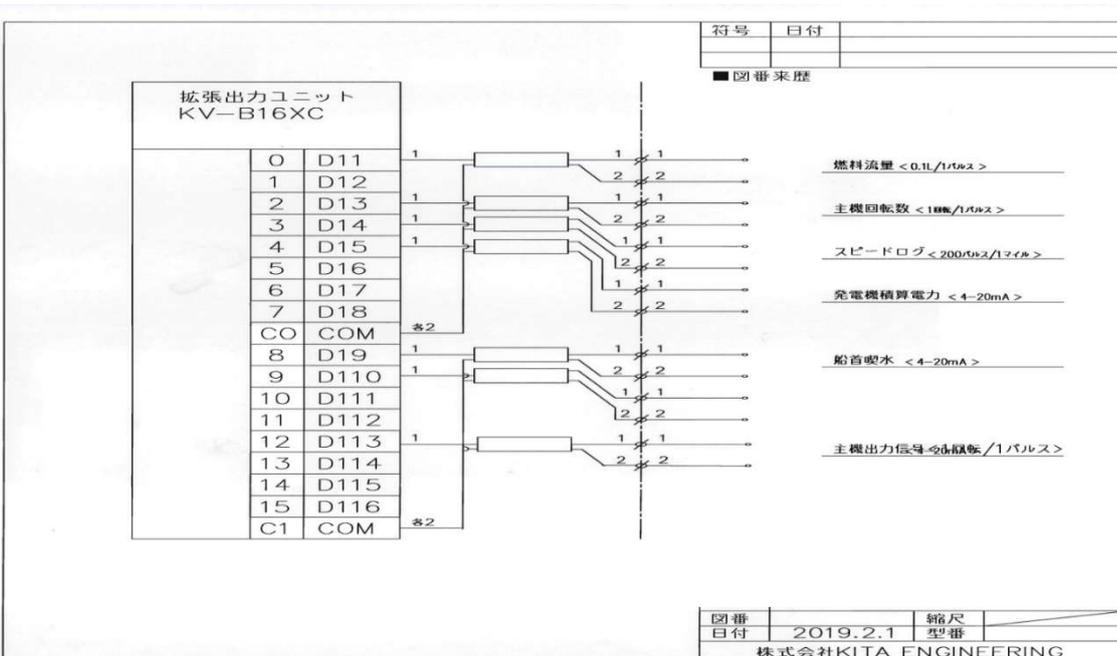
図一10 に温度調節ユニット(R)を、図一11 に温度調節ユニット(L)を、図一12 に拡張入力を、図一13 にマルチコミュニケーションとそれぞれのユニットを示す。



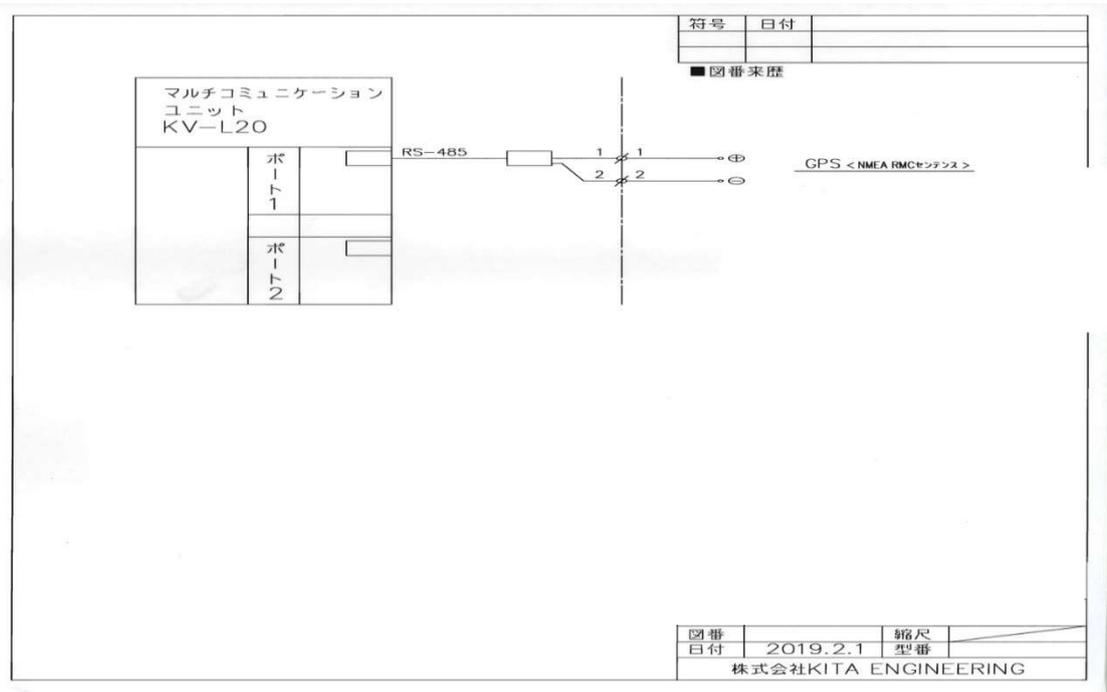
図一10 温度調節ユニット(R)



図一11 温度調節ユニット(L)



図一12 拡張入力



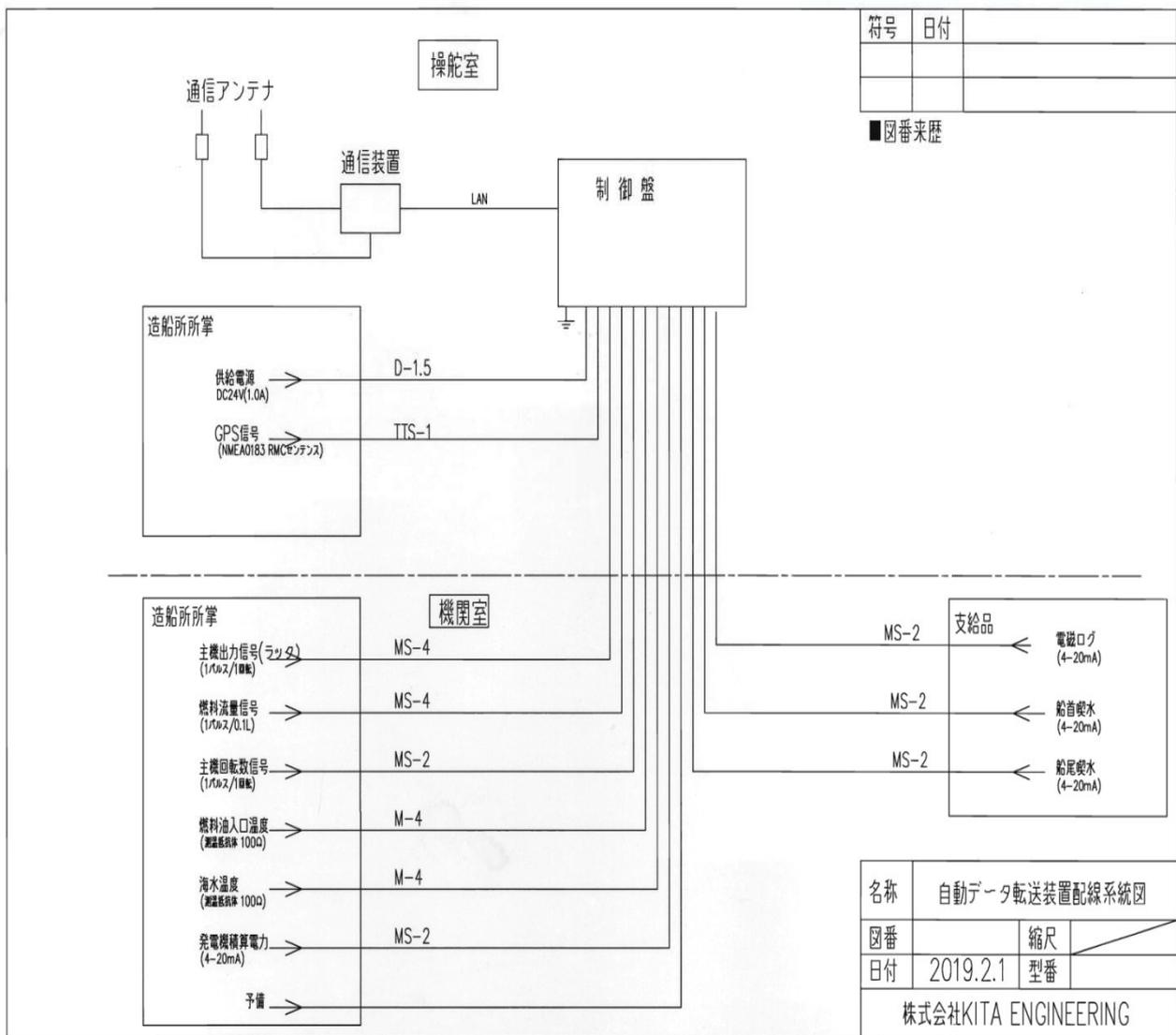
図一13 マルチコミュニケーション

3.5 陸上テスト自動データ転送装置の設計/製作

調査した結果を踏まえ、陸上テスト自動データ転送装置として、システム設計、配線図と盤製作図の作成及び、PLCプログラムの作成を行った。

PLCのハードについては、陸上テストデータ収集装置と同様、C社製を採用することで、二つの装置を一体型としたコンパクトな装置（60cm×35cm）とした。

図一14 に自動データ転送装置系統図を示す。



図—14 自動データ転送装置系統図

①イーサネット・フレーム

イーサネット・フレームは、イーサネットで機器が通信するときの基本単位で、コンピュータや通信機器がやり取りするデータは「0」と「1」が並ぶビット列でできている。これをイーサネットで送るときは、パルスの信号に変換しなければならない。この際、データがある程度以上の量になる場合は、決まった長さの“固まり”（46～5000バイト）に切り分けるのがイーサネット・フレームである。

イーサネットにおける通信ではイーサネット・フレーム単位ですべての処理を行い、「MACアドレス」（ネットワーク機器やネットワークアダプターについている固有の識別番号）というあて先や送信器の情報を付けて送信し、受信時にはデータが正しく届いているかどうかをチェックする。

②ポート番号でアプリを指定する方法

TCP (Transmission Control Protocol : IPと同様にインターネットにおいて標準的に利用されているプロトコル) で通信するために、まずしなければならないのがTCPコネクションの確立である。TCPコネクションは、アクセス元のアプリケーションからアクセス先のアプリケーションを呼び出す形で確立する。このときに、通信相手のパソコン内で動いているアプリケーションを間違いなく呼び出す必要がある。

TCPは、ポート番号という情報を使ってアプリケーションを指定するようになっている。ポート番号はあて先ポート番号と送信元ポート番号が組みになってTCPパケットに書き込まれる。

アクセス元のアプリケーションは、相手のアプリケーションのあて先ポート番号をあらかじめ知っている必要がある。アクセス元のアプリケーションは、あて先ポート番号を指定してTCPコネクションの確立を依頼する。送信元ポート番号は特に指定しなくても、TCPスタックが空いている番号を割り当ててくれる。

TCPスタックは、相手のTCPスタックに対してTCPコネクションの確立を要求する。アクセス先のTCPスタックは、あて先ポート番号を見て、コネクションをアクセス先のアプリケーションに繋ぐ。このようにして、TCPコネクションは番号で明確に識別される。

次は、IPネットワークでTCPコネクションに繋ぐ。どうやって作られるのかを見ると、TCPコネクションは三つのTCPパケットをやり取りして確立する。パケットが三回行き来するので、このやり方を「スリーウェイ・ハンドシェイク」と呼ぶ。TCPスタックはまず、通信相手のTCPスタックに「コネクションを確立して」という意味のTCPパケットを送信する。「コネクションを確立して」という意味を持たせるために、ヘッダー部の制御ビットのうち、5ビット目のSYN「同期」フラグを「1」にする。こうしたパケットを「SYNパケット」と呼ぶ。

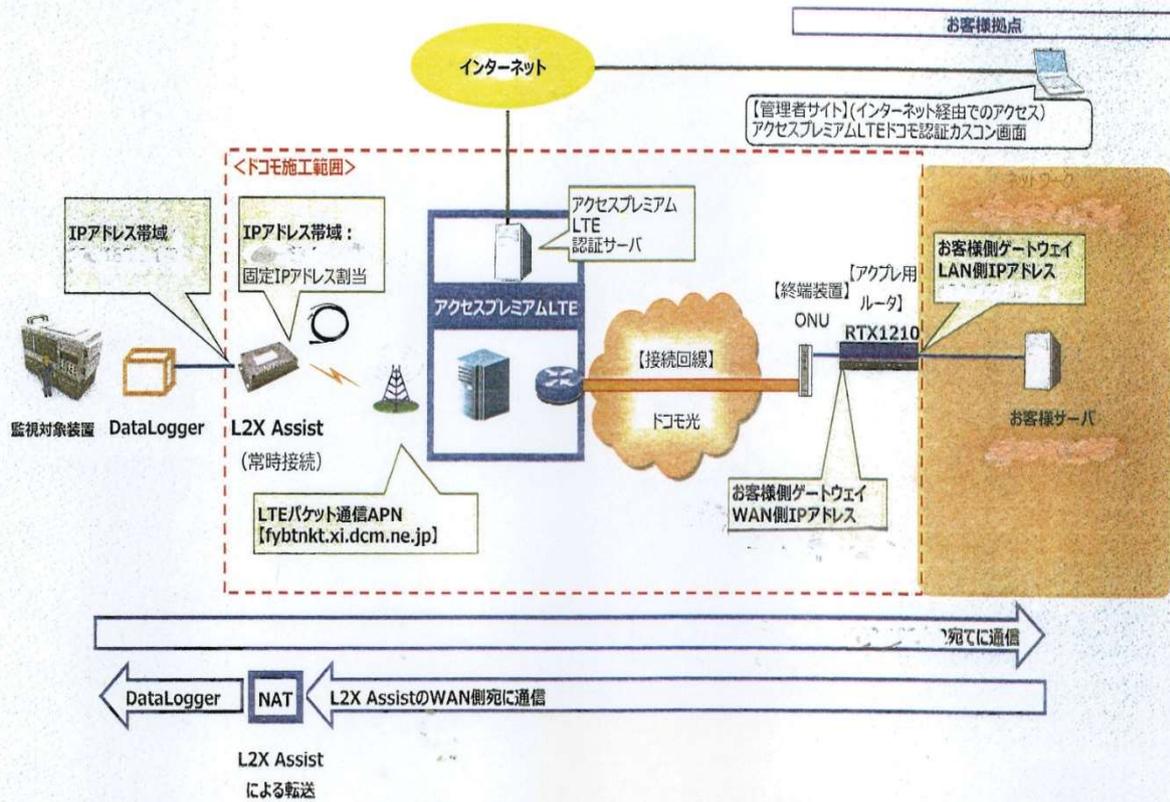
SYNパケットを受け取ったTCPスタックは、制御ビットの2ビット目のACK (肯定応答) フラグと、SYNフラグを「1」にした「SYN+ACKパケット」を送り返す。SYNフラグも「1」にするのは、TCPコネクションには向きがあり、受け取った側が改めて逆方向でコネクションの確立を要求する必要がある。

③プライベートIPアドレス

NTTドコモプライベートIPアドレスは、図—15 リモートアクセス構成図を参照。

リモートアクセス (アクセスプレミアムLTE) 構成図

お客様ネットワークをアクセスプレミアム網に接続し、端末からお客様ネットワークまでをセキュアな閉域ネットワークで接続可能とします。



図—15 リモートアクセス構成図

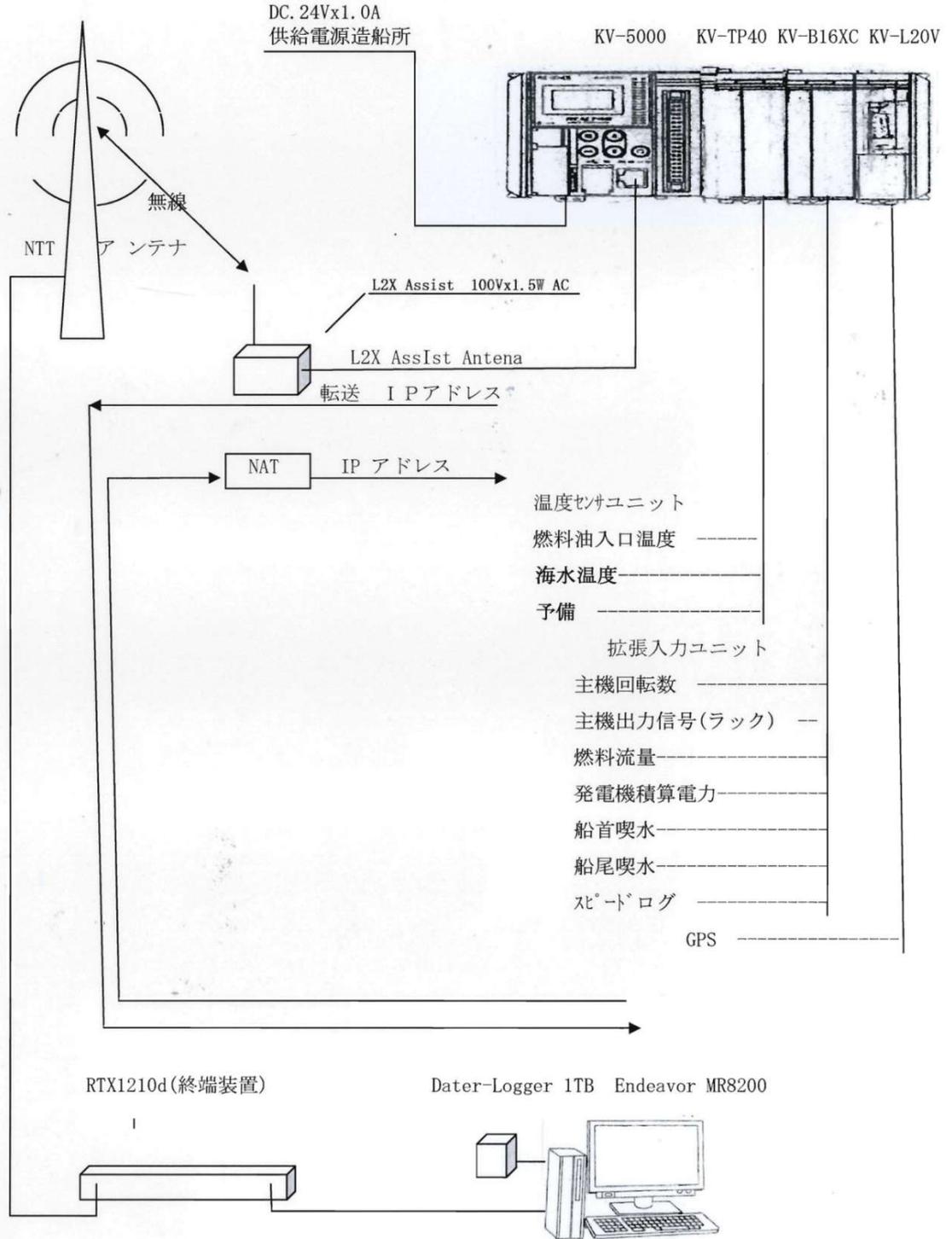
3.6 陸上テストデータ取得装置と陸上テスト自動データ転送装置の試験

陸上テストデータ取得装置にセンサーを接続し陸上で試験を実施した。その結果をデータロガーで表示検証することができた。

また、陸上テスト自動データ転送装置の試験は疑似データを使い、クラウドに転送して、基になる疑似データとクラウドに転送されたデータを比較し検証を行う計画であったが、前述の3.2の②及び③の調査結果により、クラウドに転送せず直接データベースに転送し検証を行った結果、問題なく試験を終了することができた。なお、今回の試験は、試作した「陸上テストデータ取得装置」と「陸上テスト自動データ転送装置」の動作確認のために試験を行ったため、クラウドに一旦データを転送してそこから更にデータベースに転送した場合と、クラウドを介さずに直接無線通信でデータベースに転送した場合と、試験内容及び試験結果に影響はないため、この方式で試験を実施した。

(図—16 自動データ転送装置参照)

自動データ転送装置 (プライベートネットワーク)



図一16 自動データ転送装置

データ取得装置に記録されたデータを、自動データ転送装置で時系列順に欠落なく転送できるよう、次の機能を付加することとした。

①データ欠落防止機能

T C Pコネクションを確立したからといって、それだけでデータが間違いなく転送できる訳ではない。I Pを使ってT C Pパケットを送るため、ネットワークの中でパケットが失われたり順番が入れ替わったりする恐れがあることから、これを防止する機能を付加した。T C Pは、パケットが失われたり順番が変わったことを検出した場合、再送したり正しい順番に入れ替えるメカニズムを備えている。パケットが失われた場合、パケットが失われたことを見つけ出して、失われたパケットを再送する必要がある。そこでT C Pスタックには、送信相手からT C Pパケットが届いたという確認を送り返してもらう仕組みにした。これにより、送信した後に返事が来なければ届いていないと見なして、T C Pパケットを送り直すことで、データの欠落を無くすようにした。

ここで問題になるのは、元のデータをいくつかのデータに分割して複数のT C Pパケットを送る場合、データの大きさが1個のT C Pパケットで転送できる量を超えると、連続した複数のT C Pパケットを送信することになってしまう。パケットの区別なく「届いた」というだけの返事がきても、どのパケットが届いたかが分からないことである。

そこでT C Pでは、転送するデータをバイト単位でカウントし、その数値を連続し合うことで、データがどこまで届いたのかが分かるようにしている。

上記の2つの機能を、具体例として、1個のパケットで100バイトのデータを転送するT C Pコネクションを例に考える。

ヘッダーに含まれるシーケンス番号は、T C Pコネクションができてから切れるまで間、連続した数値が割り当てられる。シーケンスで番号の初期値が1のケースで、送信側が101バイト目から200バイト目までのデータを送るとき、シーケンス番号は「101」となる。このパケットをきちんと受け取った受信側は、次に受けるはずのデータの先頭バイトを確認応答番号として送信する。200バイト目まで受け取ったならば、確認応答番号に「201」と書き込んで送ることとなる。送信側がこの「201」の確認応答番号を含むT C Pパケットを受け取れば、200バイト目まではきちんと転送できたことが分かる。

シーケンス番号は、受信側がパケットの順番をそろえるのにも利用される。順番が入れ替わって届いても、シーケンス番号順に並べ替えれば元のデータが正確に再現できる。

ネットワークの中で一つのT C Pパケットが消えてしまった場合を考えると、受信側は確認応答番号を更新したT C Pパケットを送信できない。そこで送信側は、データを送信したのに確認応答が受け取れないときは、そのデータが届いていないと判断し、最後に受け取った確認応答番号の所からパケットを再送する。こ

のため、受信側に同じパケットが複数回届くこともあり効率が悪いように見えるが、データの欠落を防ぐためにはこの方法が最適である。なお、重複したパケットは受信側で整理することとなっている。TCPはコネクションではこのようにしてシーケンス番号とそれに対応する確認応答番号で確実にデータを転送する。

ただし、データ送信パケット一つずつに確認応答があるとは限らない。連続してパケットを受信したときには、複数のパケットにまとめて確認応答しても良いことになっている。

実際のコネクションでは、データが双方向に流れるため、データを載せたTCPパケットが、逆方向のデータの確認応答を兼ねたりする。また、TCPパケットにはシーケンス番号と確認応答番号の両方が必ず書き込まれることになっているので、実際のやり取りはもう少し入り組んで見える。

しかし、基本を押さえた上で見れば、難しいことをしている訳ではないことが分かる。

② ログイング/トレース機能

ファイル転送中に、上記のTCPのファイル機能が活かせない場合又は、途中で消失した場合には、ファイルの最後の項目と最前列のGPSデータのUTC時刻と照合することで、到着の可否をファイルサーバにて確認をすることとした。ファイルサーバに到着しない場合にはUTC時刻をいつまでも発信を繰り返すことで間違いがないことが判明し、到達照合があった場合には正しく送信できていると判断することができるようにした。

③ 自動データ装置の設備

自動データ装置の設備の可否は、まずは最小化と標準化を主眼に置いた。

前記に有るように、センサーの値「状況」を、コンピュータで処理できる数値「情報」に変換するデータ取得装置を、陸上にデータを転送する自動データ転送装置と同じメーカーとすることで最小化と標準化が可能となった。

④ 自動データ転送システム

自動データ転送システムは、データ取得装置と自動データ転送装置を組み合わせたもので、転送に欠かすことができないGPSからの時間(UTC時刻)とデバイス名が重要な位置を示す。GPSの故障等によりUTC時刻が取得できないときには、ラダーでのDM10901に反映するようにしている。よってGPSのエラー時にも、データに時刻を反映できるようにしている。

陸上での運転テストは、船側を想定したC社製PLCの自動データ転送システムの送信側と、陸側を想定したデータ受信機(I-0 DATA(1-TB))と、PC(Endevar)を組み合わせた受信局側に分けて実施した。

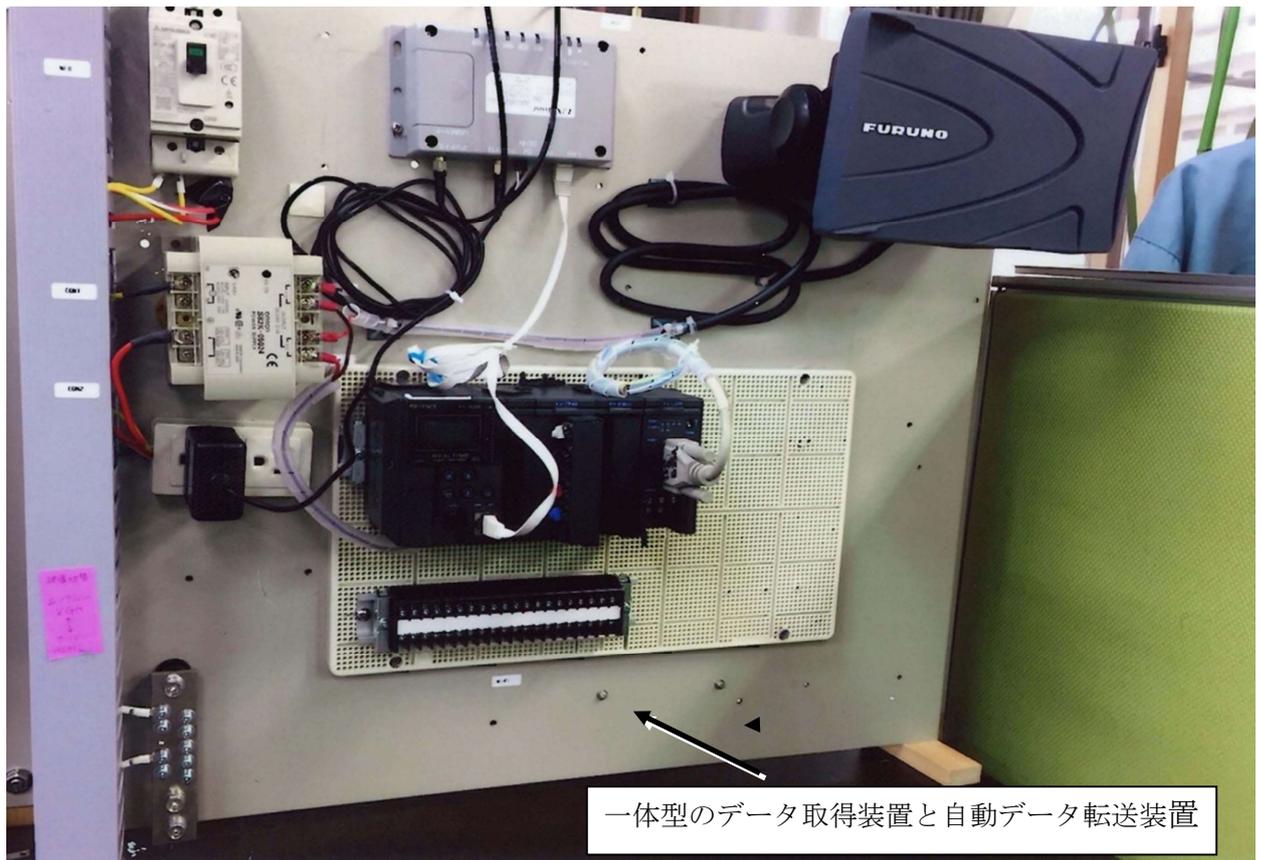
また、実際の船舶に搭載されているGPS (GP-187IF) も購入しセンサーの一部として運転実験を行った。

運転実験は、船側の自動データ転送装置から、船側に設置されるモバイル通信用のアンテナを経由して無線にて送信し、陸上用アンテナで受信した後、プライベートIPから、インターネット回線（ドコモ光）を経由してルーターを通り陸側データ受信機(I-O DATA)にデータが蓄積されるかを確認した。その結果、データに欠落がなく受信できることを確認した。

また、TCPのファイル機能が働かない場合の、UTC時刻の照合によりデータの欠落を防ぐ機能についても実験を行った。陸側データ受信機に転送されたデータの最初のUTC時刻が、受信器に蓄積されているデータの最後のUTC時刻と照合して同じであれば、無事に転送できていると判断して、船側にUTC時刻を返し、船側の自動データ転送装置で時刻が合えば受理されたとして、次のデータの送信に移行されるか実験した。その結果、UTC時刻の照合でもデータに欠落がなく受信できることを確認した。

更に、UTC時刻が合致しない場合には、船側の自動データ転送装置から同じデータが再送されるかどうかについても実験した。その結果、UTC時刻が合致しない場合は、同じデータが再送されることを確認した。

C社製の一体型にしてコンパクトになった自動データ転送システムを写真—1に示す。



写真一 一体型のデータ取得装置と自動データ転送装置

第4節 平成30年度(2018年度)の目標の達成状況

平成30年度(2018年度)の目標については、テストデータ取得装置及び自動データ転送装置の設計/製作を行い、陸上試験を実施して、設計通りにデータが取得・転送されることを確認することができ、目標を達成することができた。

第5節 今後の予定

5.1 平成31年度(2019年度)の実施内容

平成31年度(2019年度)は、平成30年度の成果を基に、実船搭載データ取得装置の設計/製作、実船搭載する自動データ転送装置の設計/製作を行い、船搭載し、有効性を確認し、実用化が可能であることを実証する。

1) 実船搭載データ取得装置の設計

平成30年度(2018年度)の陸上テストデータ取得装置のテスト結果を踏まえて、実船搭載用として、データ取得装置のシステム設計、配線図、盤製作図及びPLCのプログラムの設計を行う。

2) 実船搭載するデータ取得装置の製作

1) で設計した設計図を基に、実船搭載データ取得装置を製作する。

3) 実船搭載する自動データ転送装置の設計

平成30年度(2018年度)の陸上テスト自動データ転送装置のテスト結果を踏まえて、実船搭載用の自動データ転送装置のシステム設計、配線図、盤製作図及びPLCのプログラムの設計を行う。

4) 実船搭載自動データ転送装置の製作

3) で設計した設計図を基に、実船搭載自動データ転送装置を製作する。

5) 実船搭載データ取得装置と実船搭載自動データ転送装置の実船搭載試験

実船搭載データ取得装置は、平成30年度(2018年度)の陸上試験で使用したセンサーで確認運転した後に実船搭載する。

実船搭載自動データ転送装置は、平成30年度(2018年度)の陸上試験で使用した疑似データを使用してクラウドに転送し、クラウドの収録されたデータと疑似データが同一であるかを検証する。更に、回線の切断を模擬するために、携帯モバイル回線を強制的に停止・接続を行い、データが復旧されているかを確認した後に実船搭載する。

実船搭載データ取得装置と実船搭載自動データ転送装置を実船搭載し、有効性を確認し、実用化が可能であることを実証する。

第6節 令和元年度（2019年度）の実施内容

6.1 実船搭載データ取得装置の設計

2018年度の陸上テストデータ取得装置のテスト結果を踏まえて、実船搭載用として、データ取得装置のシステム設計、配線図、盤製作図の作成及びPLCのプログラムの作成を行った。

内航船では、船舶の船速、主機関の馬力、回転数といった物理的な「状況」を、コンピュータで処理できる数値化「情報」する機能を果たすのが、PLCとセンサーである。

使用されるセンサーの代表的なものとしては、船の位置（GPS）、温度センサー、圧力センサー及びパルスセンサー等がある。これらを使用して、航海及び機関関連の状態を計測データとして取り込む「情報の収集」プロセスである。

PLCのハードについては、2018年度の陸上テストデータ取得装置として検討した結果、装置が小さくコンパクトで船舶への設置がやり易い点から、C社製のCPU内蔵型PLCにて設計を行った。本PLCでできる事項は次のとおり。

- ① CPUユニットのみで本格的なデータ収納が可能であり、ラダーサポートソフトに標準で設定ツールが装備されているため、ラダープログラムをほとんど組むことなく、簡単に設定が行える。
- ② PLCの拡張性を生かしたデータ収集が可能であると共に、豊富なインターフェイスを活かして、さまざまなデータを一括して登録できる。また、ビットのON/OFFとエンコーダーなどのカウンタ値、センサーの計測結果と測定日など、必要データをまとめて記録することが可能である。
- ③ 100ワード、180 μ secの高速データ収集が可能であるとともに、CPU本体のSDRAMにデータを保存できるなど、わずかなスキャンタイムで高速にデータ収集ができる。
10ワード-----> 30 μ sec
100ワード-----> 180 μ sec
- ④ 汎用の手段が使用出来るため、運用が簡単。
 - ・SDカードを直接読み出し、記録は汎用的なSDカードを使用、PCでそのまま読み出しできる。
 - ・Ethernet経由で読み出し、CPUの運転中でもInternet Explore等から直接ファイルが取得できる。
 - ・メールに添付して送信、メール送信機能を使用すればメールに記録したデータを添付して送信ができる。

設計した実船搭載データ取得装置の系統図を図-17に示す。

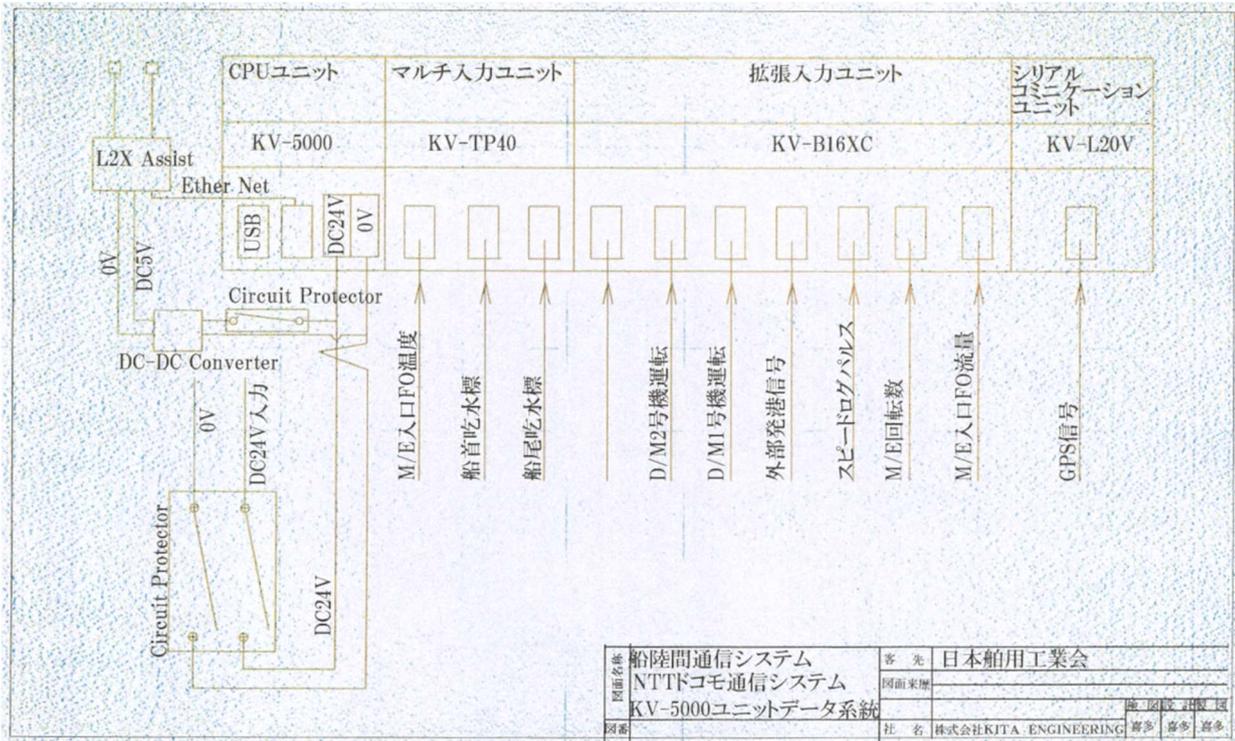


図-17 実船搭載データ取得装置の系統図

さらに全体のシステム構成が分かるよう、実船搭載 船陸間通信システム図を図-18に示す。

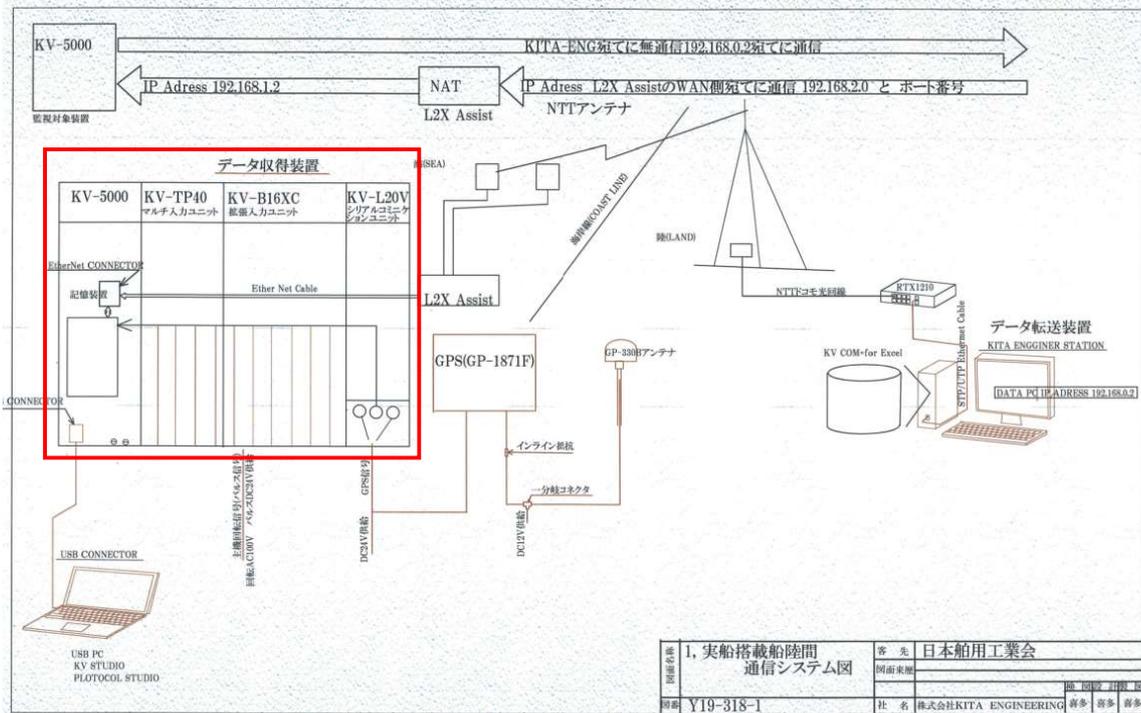


図-18 実船搭載 船陸間通信システム図

6.1.1 センサーとユニットの分類について

内航船舶に使用しているセンサーに応じたユニットは、次の3種類である。

- 1) 船首と船尾の吃水、船速(対水)スピードログ、C重油の温度(高温)、A重油の温度(低温)で、4~20mAのアナログ信号に対応したマルチ入力ユニット【KV-TP40】
- 2) ON/OFF 信号に対応した機関回転数のパルス信号、C/A重油流量のパルスカウンター信号、発電機1号、2号の発停のパルス信号等のデジタル信号に対応した拡張入力ユニット【KV-B16XC】
- 3) 内航船の位置、速力、走行方位及び時間に対応した垂れ流しのデータとなるシリアル情報を、バッファに取り込み出力することが可能なシリアルコミュニケーションユニット【KV-L20V】

6.1.2 ユニット図について

今回使用する、KV-TP40(マルチ入力ユニット)、KV-B16XC(拡張入力ユニット)、KV-L20V(シリアルコミュニケーションユニット)の正面図を表示したものが図-19である。

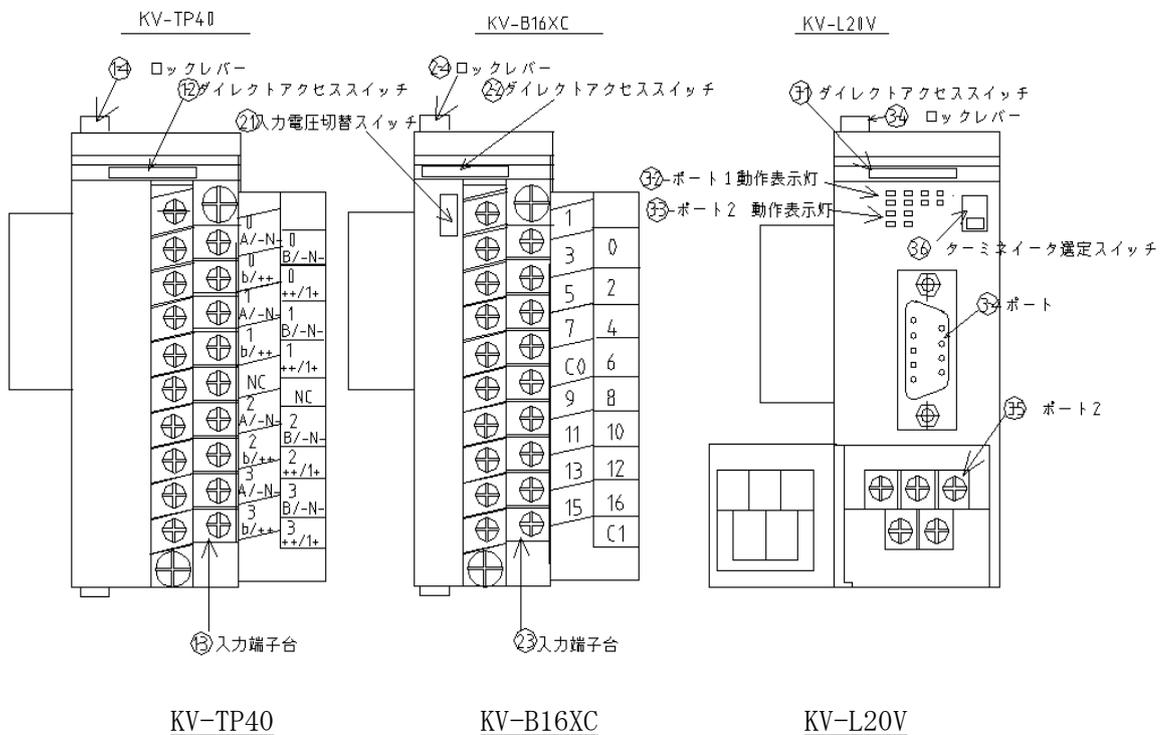


図-19 ユニット図

6. 1. 3 マルチ入力ユニット(KV-TP40)について

KV-TP40 は、4ch のマルチ入力を有しているため、1 ユニットで、熱電対、白金測温抵抗体 2 種類の温度センサー入力、電圧入力、電流入力に対応し、システム構成は C 社製の KV-5000 システムになっている。本開発では、燃料油の主機入口温度、船首吃水信号、船尾吃水信号を入力するようにした。設計したマルチ入力ユニットの配線図を図-20 に示す。

・KV-TP40 の機能

番号	名称	機能
⑫	ダイレクトアクセススイッチ	スイッチを ON にしたとき、CPU ユニットのアクセスウインドウにより本ユニットの状態が把握できる。またダイレクトアクセススイッチの色や動作でも状態が把握できる 緑点灯:正常動作 緑点滅:緑点灯状態でスイッチを ON し、ユニットが選択された状態 赤点灯:ユニットエラーが発生した状態 赤点滅:赤点灯状態でスイッチを ON し、ユニットが選択された状態
⑬	入力端子台	温度センサや制御対象となる外部機器を接続するための端子 KV-TP40 本体から取り外すことが可能
	冷接点補償抵抗	温度センサとして熱電対を使用する時、周囲温度変化による測定値の変化を補正するための抵抗 温度センサとして白金測温抵抗体を使用する時は取り外す
⑭	ロックレバー	ユニットの連結をロック

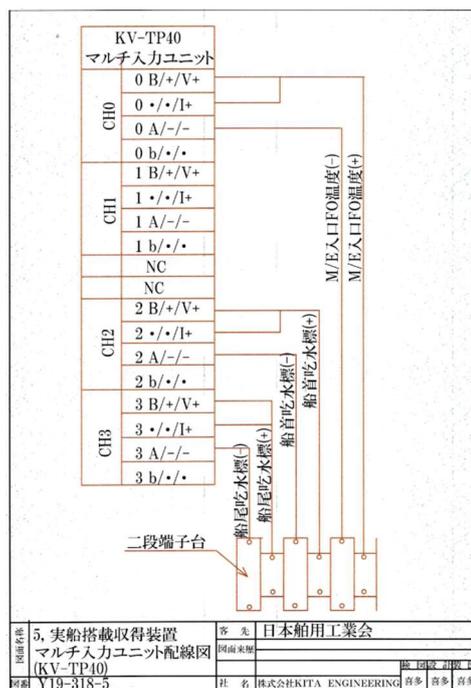


図-20 マルチ入力ユニット(KV-TP40)の配線図

6.1.4 拡張入力ユニット(KV-B16XC)について

KV-B16XCは、拡張入力ユニットで、16点の入力を増やすことができる。本開発では、発電機1号、2号の発停、外部発港信号、スピードログパルス、主機回転数、燃料油の主機入口流量の各信号を入力するようにした。設計した拡張入力ユニットの配線図を図-21に示す。

・KV-B16XCの機能

番号	名称	機能
①	入力電圧を切替スイッチ	入力電圧を切替る(5V⇔24V)
②	ダイレクトアクセススイッチ	スイッチをONにしたとき、CPUのアクセスウィンドウで本ユニットの状態が把握できる。また、またダイレクトアクセススイッチの色や動作でも状態が把握できる 緑点灯:正常動作 緑点滅:緑点灯状態でスイッチをONし、ユニットが選択された状態 赤点灯:ユニットエラーが発生した状態 赤点滅:赤点灯状態でスイッチをONし、ユニットが選択された状態
③	入力端子台	入力端子台。取り外し可能
④	ロックレバー	ユニットの連結をロック

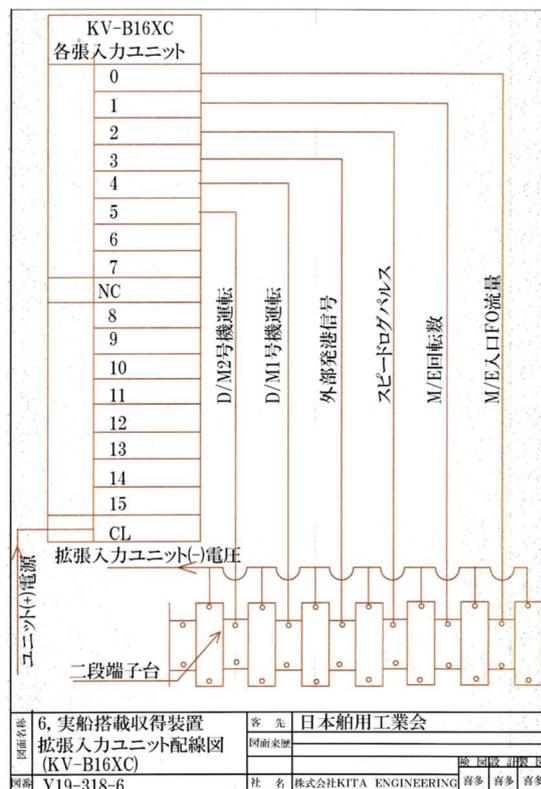


図-21 拡張入力ユニット(KV-B16XC)の配線図

6.1.5 シリアルコミュニケーションユニット(KV-L20V)について

KV-L20V は、データ通信用のユニットで、マルチ入力ユニットや拡張入力ユニットで取得したデータを外部出力するものである。設計したシリアルコミュニケーションユニットの配線図を図-21に示す。

・KV-L20V の機能

番号	名称	機能
①	ダイレクトアクセススイッチ	スイッチを ON にしたとき、CPU のアクセスウインドウで本ユニットの状態が把握できる。また、またダイレクトアクセススイッチの色や動作でも状態が把握できる 緑点灯:正常動作 緑点滅:緑点灯状態でスイッチを ON し、ユニットが選択された状態 赤点灯:ユニットエラーが発生した状態 赤点滅:赤点灯状態でスイッチを ON し、ユニットが選択された状態
②	ポート1 動作表示灯	表示灯が橙色に点灯している場合、送信中もしくは受信 表示灯が緑色に点灯している場合、送受信 通信していない場合、表示灯は消灯
③	ポート2 動作表示灯	表示灯が橙色に点灯している場合、送信中もしくは受信
④	ポート1 (port 1)	RS-232C 専用の D-Sub9 ピンオスコネクター
⑤	ポート2 (port 2)	RS-232C, RS-422A, RS-485 (4 線式), RS-485 (2 線式) 兼用の端子台、各端子の信号名は、端子台カバー裏に印字

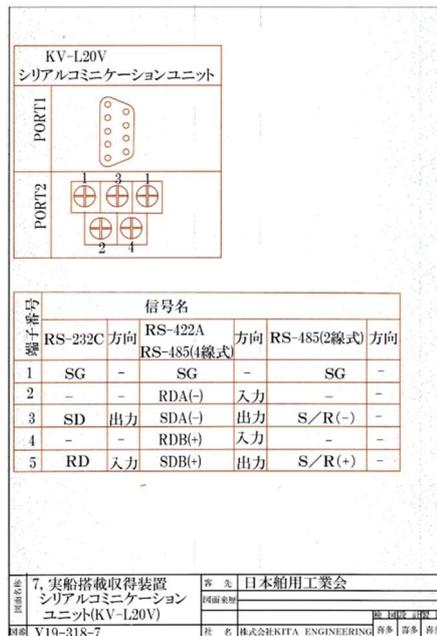


図-22 シリアルコミュニケーションユニット(KV-L20V)の配線図

・ポート 2(端子台)への GPS の接続

GPS は FURUNO ELECTRIC GP-1871F を選択し、RS-485 で結線を使用した。INTER FACE MHEA 0183 を使用し、GPS 側は TD-A、TD-B、SG と KV-L20V S/R(+), S/R(-) で結線した。

この機種は本体にアンテナが本体に内蔵タイプであるが、屋内ではアンテナが必要であることが判明した。外装型のアンテナは供給電源 12V が必要で、DC-DC トランスが必要になった。GPS プロッターの切断時は電源を行き成り落とすことがないように注意が必要である。船で使用している GPS を使用する場合は INTER FACE が必要であるため、採用時には注意が必要となる。

6. 1. 6 GPS のデバイスについて

GPS からの垂れ流しデータを 10 進数に変換して GPS データとした。

先頭デバイス DM2200(ラダープログラム)から垂れ流しデータを GPS10 進数データとして下記データを切り出した。

	垂れ流しデータ		GPS10 進数データ
船速(対地)速力	DM2010	→	DM833
緯度 1	DM2052	→	DM834
緯度 2	DM2338	→	DM835
経度 1	DM2044	→	DM837
経度 2	DM2348	→	DM838
方位	DM2062	→	DM844
Utc-日付	DM2066	→	DM847
Utc-時刻	DM2066	→	DM849
GPSError			DM915

6. 1. 7 プログラマブルコントローラ (KV-5000) について

C 社製の KV-5000 では、FL-net(インターネット)が採用され、プログラマブルコントローラや数値制御装置などの各種 FA コントローラやパソコンを相互接続し、制御・監視を実現する為に開発されたネットワークである。定周期で通信を行うサイクリック通信では、コモンメモリと呼ばれる共有領域を使用してデータを個別に読み出して、データの共有を行うイーサネットを採用した。

また、電源は AC100V/DC24V の方式が選択できるため、自動でデータを配信する場合には電源供給が容易な DC24V とした。DC24V は、船内の非常電源から給電が可能で、常時生きている電源であるため、乗組員が休暇中でも電力を供給できるメリットがある。また、パソコンでは RS-232C の通信端子が装備されているモデルが少なく、イーサネット、USB を装備した機種で、接続が多い物を選択した。

大切なことは通信で、GPS はシリアル通信、外部機器との接続は4～20mA のアナログ信号を採用している機器等との接続が多様化しているとともに、記憶装置との接続や、陸上の機器との接続等プログラムの制作アプリケーションの通信対応が多様化している事からマニュアルが重要である。本件では下記マニュアルが揃っている。

- ・プログラムのマニュアル
- ・各ユニットのマニュアル KV-TP40 ユーザーマニュアル
KV-L20V ユーザーマニュアル
- ・KV-5000 のマニュアル
- ・命令語リファレンスマニュアル
- ・スクリプトのマニュアル
- ・KV STUDIO Der 9 のマニュアル
- ・KV COM+for Excel のマニュアル

6. 1. 8 データ取得装置関係図面

実船搭載用として、データ取得装置のシステム設計、配置図、盤製作及び PLC のプログラムの設計にて作成した関連図面を下記に示す。

- 1－実船搭載船陸間通信システム図
(6. 1. 2 “ユニット図について” 図-19 参照)
- 2－実船搭載取得装置 制御盤構造図
(本6. 1. 8 図-23 参照)
- 3－実船搭載取得装置 制御盤配置図
(本6. 1. 8 図-24 参照)
- 4－実船搭載取得装置 PLC ユニット配線図 (KV-5000)
(本6. 1. 8 図-25 参照)
- 5－実船搭載取得装置 マルチ入力ユニット配線図 (KV-TP40)
(6. 1. 3 にての 図-20 参照)
- 6－実船搭載取得装置 拡張入力ユニット配線図 (KV-B16XC)
(6. 1. 4 にての 図-21 参照)
- 7－実船搭載取得装置 シリアルコミュニケーションユニット (KV-L20V)
(6. 1. 5 項にての図-22 参照)
- 8－実船搭載船陸間通信システム配線系統図
(本6. 1. 8 図-26 参照)
- 9－実船搭載船陸間通信システム記憶装置デバイス構成
(本6. 1. 8 図-27 参照)

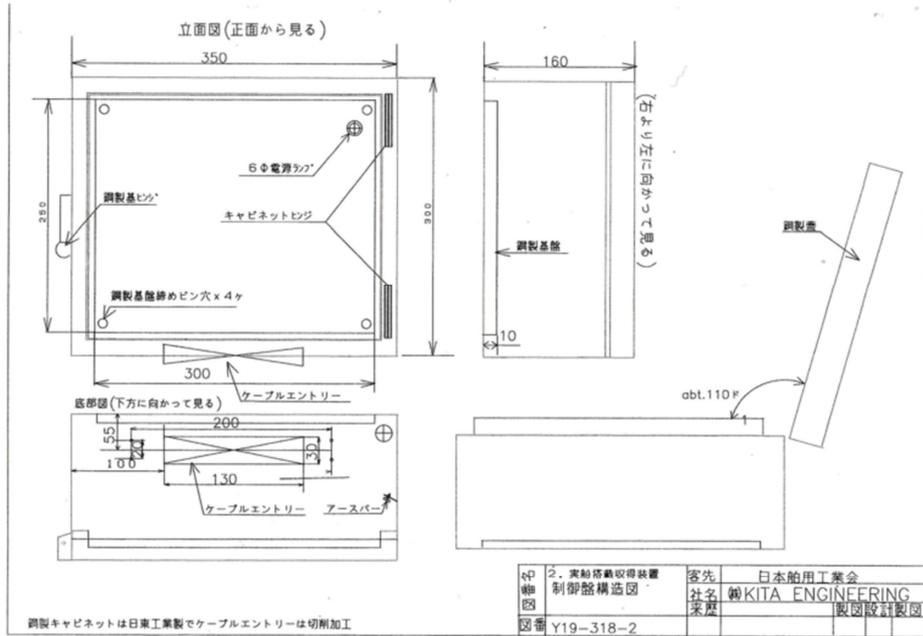


図-23 実船搭載取得装置 制御盤構造図

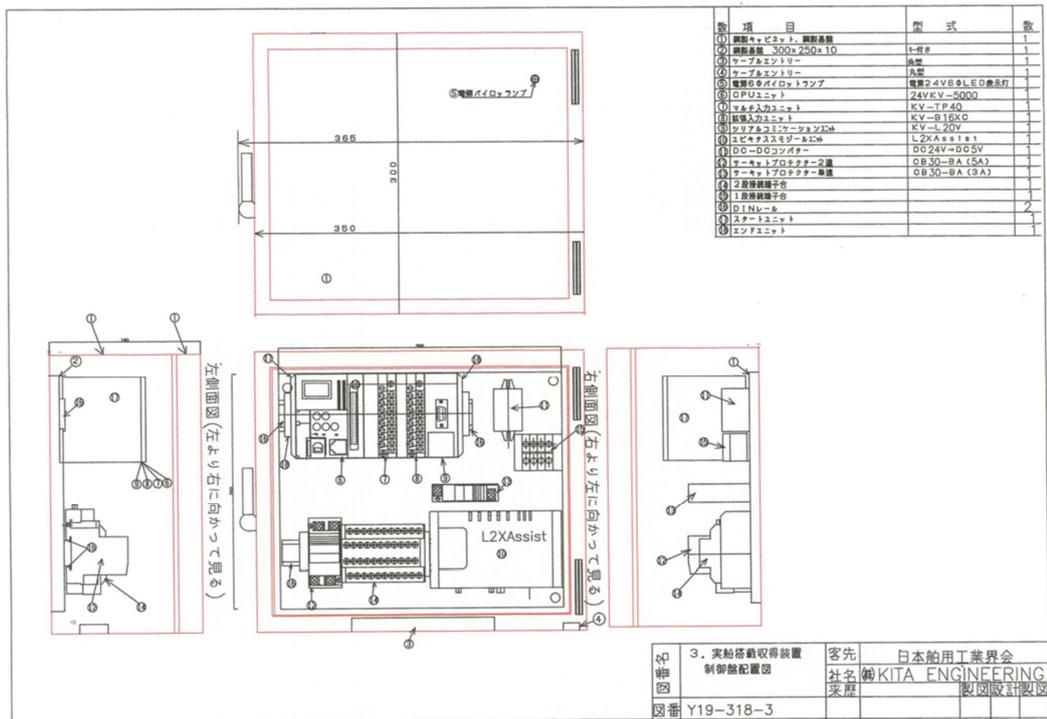


図-24 実船搭載取得装置の制御盤配置図

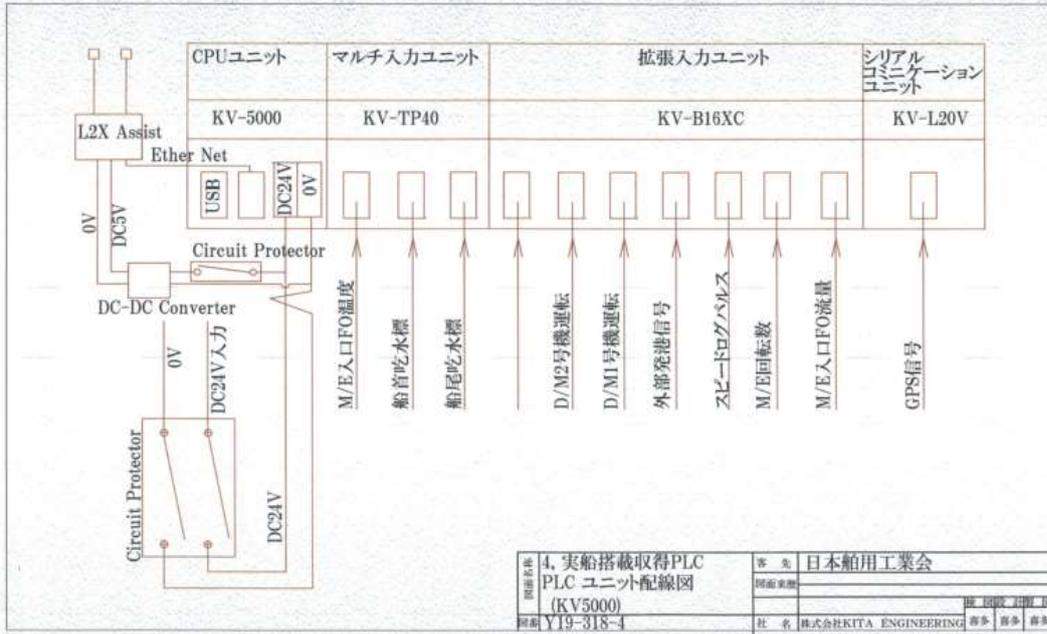


図-25 実船搭載取得装置のPLCユニット配線図(KV-5000)

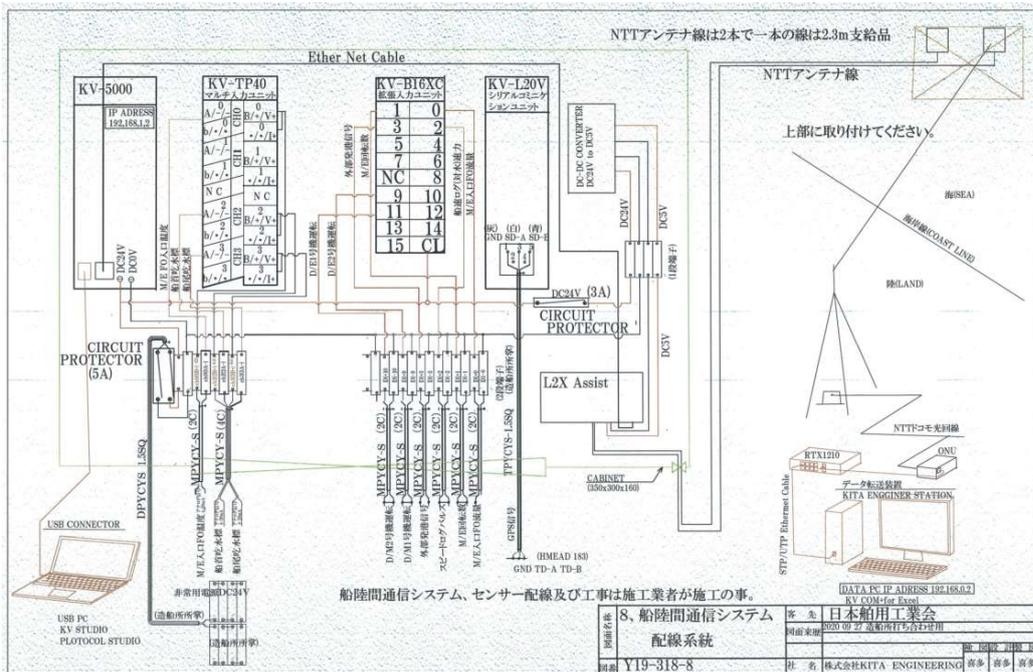


図-26 実船搭載船陸間通信システム配線系統図

記憶装置の転送項目

NO	デバイスコメント	デバイス	ワード数	データ形式	コメント
A	Date				
B	Flow				
C	Temp	DM809	1	10進数16BIT	FO 入口温
D	Dbow	DM801	1	10進数16BIT	船首吃水標
E	Dstn	DM802	1	10進数16BIT	船尾吃水標
F	SpeedLog	DM819	1	10進数16BIT	Ship Logspeed
G	Spzc5	DM825	1	10進数16BIT	3min Ship Speed
H	Dbow	DM801	1	10進数16BIT	船首吃水標
I	Dstn	DM802	1	10進数16BIT	船尾吃水標
J	Drigh	DM828	1	10進数16BIT	中央右舷吃水標
K	Dleft	DM829	1	10進数16BIT	中央左舷吃水標
L	Dave	DM830	1	10進数16BIT	平均吃水
M	dwt	DM831	2	10進数32BIT	載貨重量
N	LAT3	DM840	2	10進数32BIT	緯度
O	LON3	DM842	2	10進数32BIT	経度
P	speed	DM833	1	10進数16BIT	船速力
Q	Course	DM844	1	10進数16BIT	進航方位
R	Tdist	DM854	2	10進数32BIT	船航線距離
S	Cflowcou	DM1066	2	10進数32BIT	Coil Flow Count
T	Afloerou	DM1068	2	10進数32BIT	Aoil Flow Count
U	Tlog	DM890	2	10進数32BIT	Log pulse count
V	ute-D	DM847	2	10進数32BIT	ute-日付
W	ute-T	DM849	2	10進数32BIT	ute-時刻
X	NavIHrs	DM870	2	10進数32BIT	NavIHrs
Y	RunUp				主機回転
Z	GPSError	DM805			GPSError
B	Ruflow	DM1074	2	10進数32BIT	Ruflow
C	RuRevo	DM1076	2	10進数32BIT	RuRevo
D	RuHours	DM872	2	10進数32BIT	RuHours
E	RUStartDate	DM1150	2	10進数32BIT	RUStartDate
F	RUStartTime	DM1152	2	10進数32BIT	RUStartTime
G	RUEndDate	DM1154	2	10進数32BIT	RUEndDate
H	RUEndTime	DM1156	2	10進数32BIT	RUEndTime
I	Lat0	DM1080	2	10進数32BIT	Lat0
J	Lon0	DM1082	2	10進数32BIT	Lon0
K	Dbow0	DM1084	1	10進数16BIT	Dbow0
L	Dstn0	DM1085	1	10進数16BIT	Dstn0
M	Dfp0	DM1086	1	10進数16BIT	Dfp0
N	Dwp0	DM1087	1	10進数16BIT	Dwp0
O	dwt0	DM1088	2	10進数32BIT	dwt0
P	NavIHrs	DM870	2	10進数32BIT	NavIHrs
Q	PropPitch	DM1052	1	10進数16BIT	PropPitch

データ転送装置をチェック

1-ワードx標準項目x90/10読み取り時間x24時間x365日=49056000BIT

記憶装置には、10分間隔で取得し、データとしては、10分毎に随に転送する。

Log1に00項目を取得し、Log0にBakuを転写する。

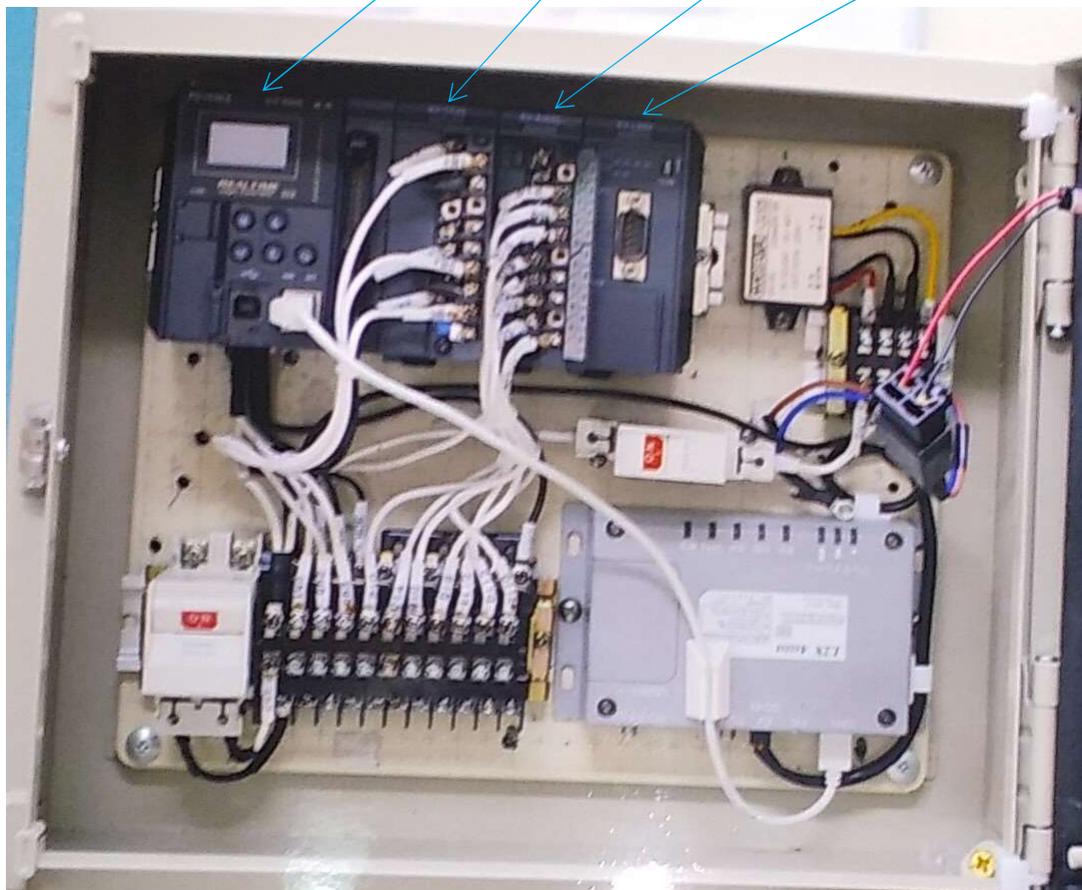
図面名称	9、実船搭載船陸間 通信システム記憶装置 デバイス構成	客先	日本船用工業会		
		図面来歴			
図番	Y19-318-9	社名	株式会社KITA ENGINEERING	監図	設計
				喜多	喜多

図-27 実船搭載船陸間通信システム記憶装置デバイス構成

6. 2 実船搭載するデータ取得装置の製作

6. 1 で設計した設計図を基に、実船搭載データ取得装置を製作した（写真－2 参照）。

データ取得装置：KV-5000 KV-TP40 KV-B16XC KV-L20V



写真－2 実船搭載するデータ取得装置

(NTT ドコモプライベート通信器を DC5V に変換する変換器を含む)

6. 2. 1 シリアルコミュニケーションユニット (KV-L20V) と GPS との接続・テスト

最終的には模擬実船(陸上自動車)搭載にてデータ取得が出来て成功したが、データ取得装置の製作の段階で発生した課題や対応策を含めた、製作経緯は次のとおり。

GPS は小型船舶用(GP-1871F・写真－3 参照)を購入したが、アンテナは本体内蔵しているため、屋内等の GPS からの電波が弱い時には電波の位置が取れないことが判明した。GPS の電源は 24V であるが、別途外部アンテナを装備するには DC12V が必要となり、別途電源を準備する必要が生じた。また、KV-5000(PLC)に GPS を接続する場合、シリアルコミュニケーションユニット(KV-L20V)を使用して接続可能なことは理解していたが、シリアル信号でバッファから割り出してデータを得るにはプログラムが必要で、データが正しい数値かどうかを示すことが困難であった。



写真－3 データ取得装置の外部装着製品でのテストに使用した GPS (GP-1871F)

6.2.2 拡張入力ユニット(KV-B16XC)とスピードログとの接続・テスト

最終的な模擬実船(陸上自動車)搭載では自動車を使った陸上での代替え試験となってしまうため、拡張入力ユニットとスピードログのテストは接続テストのみとなったが、取得装置の製作の段階で発生した課題や対応策を含めた製作経緯は次のとおり。

スピードログは船に搭載する舶用品を購入したが、PLC(KV-5000)との接続が上手くいかなかった。調査したところ、購入品はパルス信号でなく4~20mAのアナログ信号で出力されていた。これまでのスピードログはパルス信号で出力されていたため、4~20mAのアナログ信号に合わせる事が困難であったが、パルス信号に変換するオプションが入手出来たため接続させることができた。しかし、テストは陸上での代替え試験となってしまうため接続テストのみとなった。

6.2.3 マルチ入力ユニット(KV-TP40)と船首吃水計との接続・テスト

最終的な模擬実船(陸上自動車)搭載では自動車を使った陸上での代替え試験となってしまうため、マルチ入力ユニット(KV-TP40)と船首吃水計のテストは接続テストのみとなったが、取得装置の製作の段階で発生した課題や対応策を含めた製作経緯は次のとおり。

今回入手できた吃水計は、データを4~20mAのアナログ信号で出力できるタイプであったため、マルチ入力ユニットへの接続は問題なく行えた。また、舶用品で

造船所に納入されるものであれば、データを分岐できるようにインターフェイスが組み込まれていることがわかった。今後製品化を進めるにあたり、データを分岐できるインターフェイスが装着されているかどうかの確認は重要であることがわかった。

6. 3 実船搭載する自動データ転送装置の設計

6. 3. 1 自動データ転送装置の設計

船舶に搭載する自動データ転送装置すなわち、PLC (KV-5000) から、陸上 PC (IP アドレス 192.168.0.2) へ、イーサネットで結ぶと問題なくデータを送信することができた。しかし、陸上 PC から、PLC (IP アドレス 192.168.0.2) には、データを送信することが出来なかった。調査した結果、陸上 PC から PLC に通信する場合は、NTT ドコモ付属の NAT (L2X Assist) (IP アドレス 192.168.2.1) とポート番号 8500 を設定する必要があることがわかり、設定した後は送信が可能となった。

NAT (Network Address Translation) は IP アドレスを変換する技術である。一般的には、プライベート IP アドレスを、グローバル IP アドレスに変換する技術とされている。インターネットでは、グローバル IP アドレスを使用して構築したネットワークであるが、企業内のネットワークでは、プライベート IP アドレスを使用して構築されたネットワークであるため、企業ネットワーク内のクライアント PC がインターネットに接続する場合、プライベート IP アドレスをグローバル IP アドレスに変換 (NAT) する必要がある。

NAT は、一般的に IP パケットのヘッダー内にある送信元 IP アドレスを変換している。企業ネットワークでは送信元 IP アドレスがプライベート IP アドレスなので、NAT によってグローバル IP アドレスに変換されている。このため、企業ネットワーク内のクライアント PC に割り当てられた IP アドレスに変換してインターネット通信が行われることから、セキュリティが向上する利点がある。

6. 3. 2 PLC (KV-5000) 関連と通信装置の電源自動化

船舶に搭載する自動データ転送装置 (PLC : KV-5000 ユニット) は、自動化のために、センサーの電源を始めとして、センサーユニット電源及び通信に必要な電源供給を、KV ユニットから行う必要がある。

本システムでは DC24V の基準電源を、DC-DC Converter で DC5V に変換して、NAT (L2X Assist) に供給するように設計した。

6. 3. 3 KV COM+forExcel

自動データ転送装置は、データ取得装置で取り込まれた各種の計測データを、陸上の PC に送る「情報の伝達」プロセスの自動データ転送装置である。

6.3.4 KV-COM+for Excel に於ける接続先の設定

接続先の設定

陸上の転送装置(PC)に KV COM+for Excel で最初に設定するには、最初に接続先を設定する必要があり、初めに Excel にアドインから接続先設定が必要である。

接続項目	接続先、	例
接続名	→ 固有の名前	→ TEST
通信機種	→ 接続先機種	→ KV5000
通信方法	→ 通信設定	→ イーサネット

通信方法でイーサネットを選んだ場合、

IP アドレス → 162.168.2.1 このあと通信選択が表示される。

インポート、エクスポートの判別が必要で、インポートは接続先をファイルから読み込みで、エクスポートは接続先をファイルに書き出す動作である。

パソコン側の接続方法の選択では、接続機器と USB、接続機器とシリアル (RS232C)、接続機器とイーサネット、接続機器と Bluetooth である。

6.3.5 KV COM+for Excel の基本機能設定

トリガーの発生時毎に、PLC のディバイスの値を読み込み、設定したセル範囲に順次記録していくことで履歴として表示する。ロギングするディバイスは、違う接続先、ディバイス種類、不連続ディバイス同士でも同時に登録可能で、また、ロギング開始/停止/クリアトリガを設定することで、ロギング機能の操作性が高まる。ロギング終了ディバイス、スクロールディバイス、クリア、上書き、終了、印刷後クリア、保存後クリアから選択可能である。

6.3.6 KV COM+for Excel のトリガー設定

各機能が動作するタイミングを決めるトリガーの設定方法について、使用可能なトリガーは下記の 5 種類がある。

- ・周期トリガー : 一定時間ごとに発生するトリガー
- ・時刻トリガー : 指定した時刻範囲に発生するトリガー
- ・ディバイストリガー : 指定したビットディバイスの状態によって発生するトリガー
- ・ボタントリガー : Excel のシート上のボタンが押された時に発生するトリガー
- ・組合せトリガー : 上記トリガーの組合せ

今回は、周期トリガーを使用して陸上から船(海上用)のデータを入取する方式を採用した。10分間隔でデータを得るのは周期として得られるが、主機が始動・停止のディバイスを決めるとディバイストリガーが決められてデータが入手できる。船の動きはディバイスを決めれば、正確に時間が取れる利点がある。

船陸間通信システムでは船自身で得た情報は船の記憶装置に蓄えられ、陸上から船のデータを入手する方式となる。短期的に情報が必要なものは取得装置の記憶装置から得たデータにて判断をし、長期的には自船・他船のデータと比較するものは陸上で得た他船のデータも考慮し、判断して必要なものは陸上から船に向かって情報を流して判断をする。何時でも海上の船から陸上に指示待ちする判断でなく、海上（船）においても安価なコンピュータで早い演算速力での判断ができる。

6. 4 実船搭載自動データ転送装置の製作

実船搭載自動データ転送装置の製作は、Excel の記憶装置を計算機に組み換えて自動受信出来るように変更した。プライベート CP で A3 サイズの用紙まで使用できるように配線を変更した。

データ転送プログラムの KV COM+for Excel を PC 計算機に移植して自動データ転送装置を製作した（写真－4 参照）。



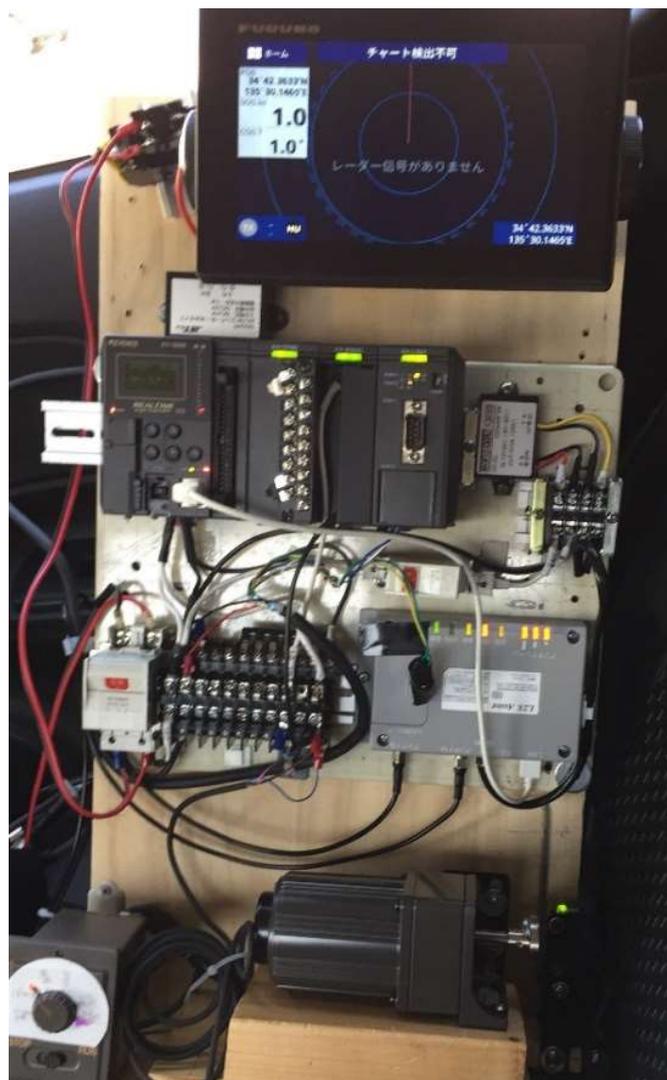
写真－4 実船搭載自動データ転送装置

6. 5 実船搭載データ取得装置と実船搭載自動データ転送装置の実船搭載試験

最終的な模擬実船(陸上自動車)搭載にて、自動車を使った陸上での代替試験を行った結果、データの取得が出来て成功したが、データ取得装置の試験にて発生した課題や対応策を含め試験の経緯は次のとおり。

実船搭載データ取得装置は、2018年度の陸上試験で使用したセンサーで確認運転した後、に実船搭載する予定であったが、新型コロナウイルス感染拡大の環境により、各所への立ち入りが抑えられるとともに、試作機を搭載する予定であった船舶の建造も見送られてしまったため、実船に搭載することは叶わなかった。

その代わりに、同等の環境下で試験が可能な代替設備となる陸上での場所を探したところ、岡山の設計事務所にて試験を行うことが可能となった。試験装置を自動車の車内に搭載して試験が可能となるよう検討を行い、GPS・主機関回転数を模試で製作して軸回転数をモータで回転・回転数変化の試験ができるようにし、評価を行った（写真－5参照）。



写真－5 取得装置を自動車に乗せてのテスト写真

- 1) 自動車を使った陸上での代替試験のために、主機関回転を模擬させるための手動回転制御が可能なテスト用の装置を作製した。自動車のシガレットライター(DC12V)からAC100Vに変更するトランスを用いて、回転変換器に供給した。その結果、回転数を手動で変換することが可能になった（写真－6参照）。



写真-6 主機関回転を模擬テスト用として手動回転制御可能な様に製作

2) データ取得装置を用いて GPS データの試験を行った。

テストを行う前に GPS のデータが取れなくなったため、種々の検討および確認を行った。その結果、本体内蔵タイプのアンテナでは、屋内等で GPS からの電波が弱い時には電波の位置が取れない事が判明したため、別途外部アンテナの装備が必要であることが分かった。模擬試験時での走行試験時(自動車)では同じように電波が弱いことが生じる可能性があるので外部アンテナを設備する方が良いが、新たな外装型アンテナでは供給電源 12V の DC-DC トランスが必要となった。

GPS テストをデータ取得装置に使用して実施した結果、事務所から戻った時に同じ数字にならないトラブルが発生した。この調査を行った結果、電源を取る端子に不具合があることが判明し、改善した後、問題は解決された。

3) 走行テストの間、機関に相当する軸回転、GPS から速力、緯度、経度、方位、のデータ取得は出来た。データ取得装置から陸の事務所へのイーサネットによる通信を遮断して、トンネル内を往復しての走行も実施したが、データに欠損がない連続したデータを取ることに成功した。

4) 運転関係の図面および資料

実船搭載(模擬)試験において作成した関連の図面および資料を下記する。

1 0- 実船搭載主機回転代替装置の資料

主機回転数変化を DC12V からトランスで AC100V に変換 (写真-6 参照)

1 1- 実船搭載陸上運転用改装の資料

試験装置を自動車内に搭載し模試で製作 (写真-5 参照)

1 2- 実船搭載船陸間通信システム配線系統図

(6. 1. 8 にての 図-2 6 参照)

第7節 目標の達成状況

- 1) 複数のセンサーから取得した船内のデータ取得時間をキーとして、PLC (Programmable Logic Controller : 機械装置を制御するコントローラ)が自動で切り出すことが可能な、実船搭載用のデータ取得装置を設計/製作した。
- 2) 船内のデータを時系列で一時保管する記憶装置と、データロガー及び無線端末をまとめた実船搭載用の自動データ転送装置を設計/製作した。
- 3) 実船搭載用のデータ取得装置と自動データ転送装置をまとめた、自動データ転送装置システムを製作した。さらに実船搭載して有効性を確認する予定であったが、コロナ環境下のため、それに代わって陸上自動車(模擬実船)で運転できるように仕様変更を加えてテストし、実用化が可能であることを実証した。
- 4) 今回の陸上(模擬実船)テストにおいて、本船でのデータ取得装置の記録装置で止めなくデータを記録することが出来た。またそのデータを陸上では、計画に添ったデータ転送をNTT ドコモ通信のプライベート通信を使用して簡単な方法で自動データを転送することが出来た。すなわち本船のデータはデータ取得装置で切れ目なく記録し、そのデータを陸のデータ転送装置に転送出来ることが証明された結果となった。
- 5) 衛星通信であっても本船から通信していると通信が切れる場合が生じ、通信を回復するのに時間が必要となるが、本船の場合には、陸上でもデータの送りに時間差は生ずるが、データは同じものが使用できる。すなわち本システムでは、電源を切らず通信が生きているところに回復して、通信が可能な処に特徴がある。

第8節 今後の予定

試作機の裏付けとなる自動車を使った陸上での代替試験を実施し、製品化の見通しを立てることができた。実船搭載についてはコロナ環境下のため叶わなかったが、環境が改善した際には、実船において実環境下での信頼性の実証をしていきたい。

この技術開発は、船舶の実海域の連続した数値データを、陸上で欠損なく受信するための通信装置が主題であったが、今後は写真、動画、コンテナの積み付け、タンカー積み付け、燃料の消費量等の様々なデータも同時に扱うことで、ITを利用して益々の効果向上が可能となる。

第9節 まとめ

本事業は2018～2019年度の2年間の技術開発事業である。2018年度の開発では、テストデータ取得装置および自動データ転送装置の設計/製作を行い、陸上試験を実施して、設計通りにデータが取得・転送を確認することが出来た。

2019年度は、2018年度の成果をもとに、実船搭載データ取得装置の設計/製作、実船搭載する自動データ転送装置の設計/製作を行い、新型コロナウイルス感染拡大の影響により実船搭載は叶わなかったが、陸上(模擬実船)試験で有効性を確認し、実用化が可能である事の実証が出来た。

第10節 謝辞

本研究開発は、日本舶用工業会並びに、日本財団の助成事業による委託開発である。
また、本研究開発に於いて、山中造船(株)、長崎総合科学大学、アオノマリンテクノ(有)には、開発から試験に関して数多くのご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

「この報告書は BOAT RACE の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました」

(一社)日本船用工業会

〒105-0001

東京都港区虎ノ門一丁目13番3号 (虎ノ門東洋共同ビル)

電話：03-3502-2041 FAX:03-3591-2206

<http://www.jsmea.or.jp>