

平成 1 9 年度
救命胴衣用位置検索装置の技術開発
成果報告書

平成 2 1 年 3 月
(社)日本船用工業会

はしがき

本報告書は、競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて、平成19年度に社団法人日本船用工業会が実施した「救命胴衣用位置検索装置の技術開発」事業の成果をとりまとめたものである。

船舶海難事故において、救命胴衣を着用し海に飛び込み、救助を待つ状況になった場合、その搜索は救命胴衣灯、もしくは避難者そのものを目視で搜索する方法が採られているのが現状である。

そこで、救命胴衣に装着できる無線発信機とその受信機を開発し、遭難者の搜索の迅速化をはかることを目的としたもので、開発は高階救命器具株式会社に委託して行われた。

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。

平成21年3月

(社)日本船用工業会

目 次

	ページ
1 . 事業の概要	
1.1 事業目的	1
1.2 海事事故と救難者探索の現状	1
1.3 探索システム概要	4
1.4 目標と開発方針	5
2 . 開発の実施過程	
2.1 平成 19 年度の経緯	7
2.2 平成 20 年度の開発及び実施項目	7
2.3 実施期間	11
2.4 実施場所	11
3 . 送受信の設計と技術開発	
3.1 基本設計・検討	11
3.2 発信機の技術開発	12
3.3 受信機の技術開発	15
4 . 通信試験	
4.1 送受信実験（プロトタイプ発信機・受信機）	20
4.2 海上での送受信実験（実用タイプ発信機・受信機）	25
4.3 送信機、受信機、アンテナの技術仕様	32
4.4 開発成果物	33
5 . まとめ	
5.1 目標の達成	39
5.2 今後の予定	39

1. 事業の概要

1.1 事業目的

個人救命システムの中で、全ての国際・国内航行船に船舶搭載が定員分義務付けられているのは救命胴衣のみである。

船舶海難事故の際、最悪の場合救命艇や救命筏に乗り込む時間がなく、救命胴衣のみを着用した状態で海に飛び込み救助を待つことになるが、その際救難者を検索する方法としては避難者による笛などを使った発信音、或いは救助者から目視による再帰反射、救命胴衣灯、救命胴衣色の確認をするといった方式しか実用化されておらず、人海戦術による単純な検索方式が現状である。

そこで本開発事業では、IC タグの一種である FRID(Radio Frequency Identification)を応用した無線発信機を救命胴衣に装着し、救助側に設置する無線受信機を開発することで、海洋避難者の検索を迅速化し、検索に関わる経済的効果に貢献するだけでなく、海難・人身事故による死亡者・行方不明者の削減を目的とする。

1.2 海事故と救難者探索の現状

1.2.1 海難事故

平成 19 年度発生 of 海難船舶隻数は 2579 隻が記録されている、用途別分類ではプレジャーボートが 953 隻で一番多く 37%を占める。次に多いのは漁船の 795 隻で 31%を占める。プレジャーボート海難では海中転落が付き物で、海難で死亡に至るのは、海中転落した場合がほとんどである。

海中転落した場合の救命胴衣着用の有無による転落者の状況を以下に示す。

表 1 用途別 19 年度海難船舶隻数

用途別による海難船舶隻数

(海上保安庁「平成19年における海難及び人身事故の発生と救助の状況」より)

	H19
貨物船	357
タンカー	122
旅客船	83
漁船	795
遊漁船	80
プレジャーボート	953
その他	189
計	2579

H 1 9

■貨物船 ■タンカー ■旅客船 ■漁船 ■遊漁船 ■プレジャーボート ■その他

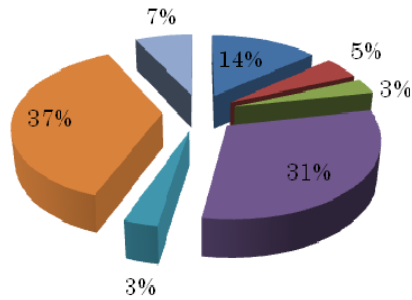


図 1 用途別 19 年度海難船舶比率

1.2.2 事故における救命胴衣着用効果

救命胴衣着用の場合、未着用に比べ死亡者比率がかなり少ない。

生存者・死亡者割合の救命胴衣着用の有無による比較

	着用	未着用
死亡者数	12	47
生存者数	124	151
海中転落者 計	136	198

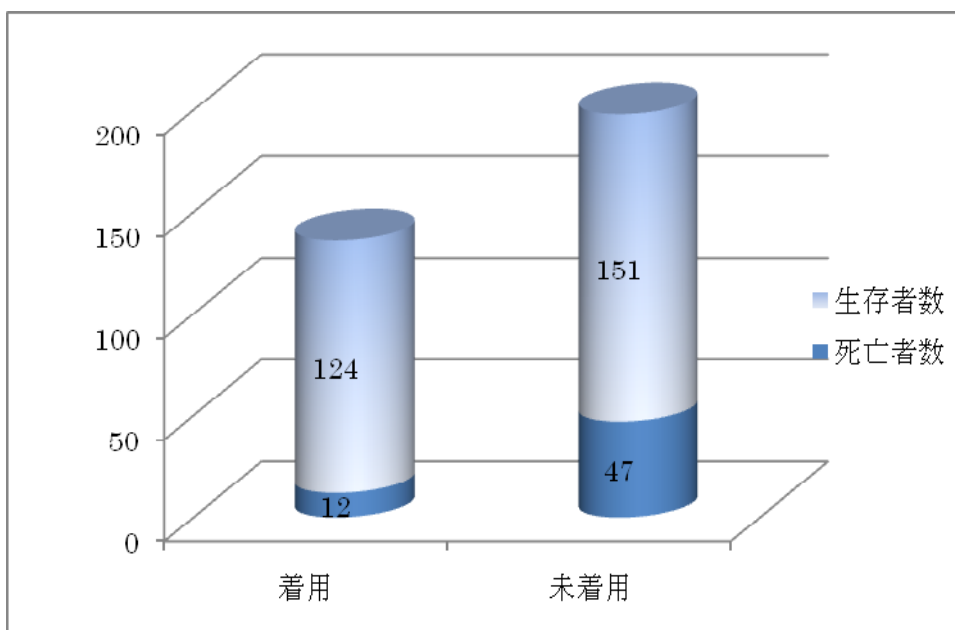


図 2 救命胴衣着用者と未着用者の死亡数比較

1.2.3 早期発見と生存時間

水中では急速に体温を奪われ、低体温症（ハイポサーミア）になる。よって水中での生存時間は、図3に示すように限りがある。水温により生存可能時間は異なるが、早期発見が生死に大きくかかわってくる。

「救命胴衣位置検索の技術開発」は早期発見につながる重要な技術開発であり、人命救助に大きく貢献できる技術開発である。

低体温症について

- ・水温が20℃以下になると、水中では体温がどんどん低下していきます。これはハイポサーミアと呼ばれています。体温が低くなり過ぎると意識がなくなり溺れてしまいます。
- ・水中では空気中より25倍も早く体温が下がります。水温・身体の大きさ・脂肪の量、及び、水中での動きに生存と関わり合があります。
- ・水中で身体を動かすことは体温の低下を非常に促進しますので、近くに助ける人がいない限り、動いてはいけません。又、頭部は放熱の速度が速いので出来るだけ、水に浸からないようにすることです。水の中から身体を出せば出す程、放熱量は下がり、生存の可能性は高くなります。
- ・足を揃えたり、同時に浮いている人が近くにいれば、一緒に肩を組んだりして暖め合うことが生存につながります。



低体温症（ハイポサーミア）による大人の平均生存時間

水 温	疲労又は意識不明	水中での生存可能時間
0℃	15分以下	15分～45分
0℃～5℃	15分～30分	30分～90分
5℃～10℃	30分～60分	1時間～3時間
10℃～15℃	1時間～2時間	1時間～6時間
15℃～20℃	2時間～7時間	2時間～40時間
20℃～25℃	2時間～12時間	3時間～体力が続く限り
25℃以上	体力が続く限り	体力が続く限り

図3 低体温症による生存時間

1.3 探索システム概要

1.3.1 発信機装着救命胴衣による探索システム概要

海難・人身事故者の捜索・救助活動をより迅速に行うための救命胴衣用無線発信機と船舶搭載用無線受信機の技術開発であり、本開発を利用した探索の概要は以下ようになる。

探索、救助プロセス

(1) 海難・人身事故発生



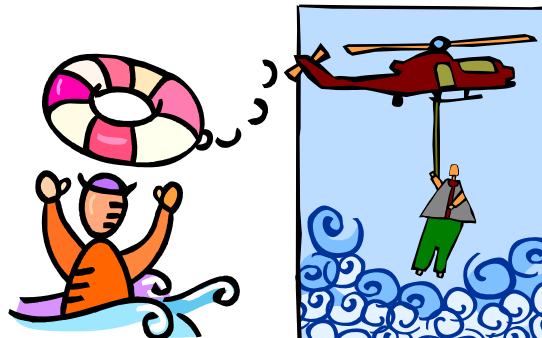
(2) 発信機作動・電波送信



(3) 電波受信識別・救助発動



(4) 方向探知
救 助



- (1) 海難・人身事故発生
 - ・救命胴衣着用、離船海中へ避難し流される
 - ・ボ - トにより離船避難する
 - ・事故により落水
- (2) 発信機作動・電波送信
 - ・発信機のスイッチ手入力 ON (将来自動作動開発検討)
 - ・360 度全方向へ救助電波発信
- (3) 電波受信識別・救助発動
 - ・電波飛来方向を識別し、救助活動スタート
- (4) 方向探知・救助
 - ・迅速に垂直方向に移動し二点より方向識別することで交点位置を検索する
 - ・近づくに従い発信源 ID 情報の確認
 - ・救助前に個人情報を確認 (船名、名前、年齢、男女などの乗船情報と照合)
 - ・受信機の向上により付近エリアの多数の探索確認可能

1.4 目標と開発方針

1.4.1 事業目標

- (1) 救命胴衣の発信機から 2km 以上の電波送受信を可能にする。搜索面積は従来の 100 倍とする。
- (2) 救命胴衣に付属品として発信機の耐衝撃性、耐暴露性、耐経年劣化性、耐塩水性、耐久性を確認する。試験方法とその合格基準は救命胴衣灯と同等のものとし、救命胴衣に装着し発信機として使用できるようにする。
- (3) 個々の発信機を識別し、方向探知機能を備えた無線受信を技術開発する。

1.4.2 開発課題

- (1) アナログ回路式発信機の小型化、及び電波飛来距離として 2km を超える技術
 小型発信機の電波飛来距離 2km を確保するには、連続波を特徴とするアナログ回路式 IC タグによる回折電波の発信が必要になる。アナログ回路式 IC タグの小型化が求められる。
- (2) 受信機に備える電波識別機能の技術開発
 受信機側の性能として、電波源を識別する機能が必要になる。発信機の識別については、アナログ回路式 IC タグの発信立ち上がりに見られる電流周波数の特性より識別する。この識別ソフトの技術開発を行う。

(3) 受信機の方向探知機能の技術開発

発信源の方向探知方式として、受信アンテナに反射器を 4 機取り付け、順に作動されることにより受信基準のズレから発信機電波の飛来方向を特定するものとする。

1.4.3 開発プロセス

(1) プロトタイプ発信機及び受信機の設計・試作・試験

プロトタイプ発信機を設計・試作する。

- ・送受信の搜索範囲を確認するため、発信機のプロトタイプを製作する。
- ・従来の目標確認では、200～300m であった搜索範囲に対して 2000m 以上の送受信範囲を 10mW 以下の電力で確保する。
- ・デジタル回路製品で微弱電力では成功例のない海面上での送受信活動の確実な具現化を確認する。

アナログ回路式発信機に対応できる受信機の設計・製作
性能試験

- ・救命胴衣に試作発信機を装備し、沿岸に設置された受信機から 2km 離れた海洋水面上に設置し、発信機を作動させる。
- ・送受信を確認する。

(2) 実用発信機及び受信機の設計・技術開発

全ての性能機能を満たす実用発信機及び受信機を設計する。

- ・発信機は、無線発信性能に加えプロトタイプを小型化させたもので、耐衝撃性、耐暴露性、耐経年劣化性、耐塩水性、耐久性を持たせたものとし、5 年以上の待機時間を持った電池が使われているものとする。
- ・発信機と受信機を設計要素に基づき設計する。

上記の要素機能を持たせた発信機・受信機を製作する。

(3) 性能試験

海上における送受信の性能試験

無線法に関わる総務省の技術基準適合試験

救命胴衣の付属品として発信機の耐衝撃性、耐暴露性、耐経年劣化性、耐塩水性、耐久性を確認する。試験方法とその合格基準は救命胴衣灯と同等のものとする。

2. 開発の実施過程

2.1 平成 19 年度の経緯

平成 19 年度は、送受信の電波方式を F M 変調方式で検討試行し開発を着手した。

送信機の出力 10mW 以下で、100MHz ~ 400MHz の周波数帯付近の周波数で開発検討を進め、プロトタイプの発信機・受信機の設計及び発信機の試作まで進めた。

しかし電波飛来到達距離が 100m 程度しか得られず、受信信号が弱くて発信機の I D 識別にいたらなかった。技術的に突破口を開こうと試行錯誤し色々検討したが 19 年度の終了に至った。しかしながら社会的意義を考え、再度挑戦するため平成 20 年度に延長して開発を継続するものとした。

2.2 平成 20 年度の開発及び実施項目

平成 20 年度は、送受信方式と通信技術を再検討し、今回 20 年度開発の、搬送電波を断続送信するオン・オフ・キーイング (O O K) 方式に至った。

た送信機の出力は幅を持たせ「5mW ~ 500mW」の幅に設定し、2km の電波飛来距離を得ることを優先させた。開発を確実に進めるために途中より通信技術の専門業者であるファースト電子開発株式会社に開発・設計、製作及び通信性能試験を業務委託し、高階救命器具㈱の指揮・管理の下で、多大な技術協力を得て開発を進めた。

2.2.1 基本設計・システムの検討と開発概要

開発は以下のとおり、プロトタイプの発信機及び受信機の設計・試作機の製作・性能試験を進め、次に実用タイプの発信機及び受信機の設計・試作機の製作・性能試験を進めた。

プロトタイプは発信機の送信出力、5mW ~ 500mW の可変方式で開発を進め、実用タイプは発信機の送信出力を目標達成可能なレベルに固定し開発を進めた。結果実用タイプは 100mW の発信機の送信出力で製作し、実験した。

(1) 送信機開発の為の予備実験

変調回路の実験

生パルスを発振回路に抽入した場合、動作が不安定になる。これはパルスの周期が長いことに起因しているものと思われ、1 パケットの信号の周期を短くして、周波数を最適なところまで高くする必要が発生。

1kHz が最適であることを実験から把握し、変調回路を付加して I D を変調して発振回路に抽入することで安定した発振になった。

I D 生成回路の実験

パルス巾が消費電力とパルス形状及び方向探知性能に關与しており、最適なパルス巾を探求し設定する必要がある。パルス巾大きいと、方向探知が容易になるが消費電力が大きくなり、パルス形状の変形が大きくなる。逆にパルス巾が小さいと、安定した I D が得られるが方向探知が難しくなる。

電源安定化回路を付加して、パルス巾を 16ms ~ 20ms として、安定したパルス波の I D 生成することに成功した。同時に方向探知もできることを確認した。

マイコン・ソフトの実験

正確な I D の「生成」と「持続」が相反する関係にあることがわかった。正確な I D の「生成」は C R 回路を採用すれば対応でき、I D の設定や変更が容易である。その反面微弱な電波に変換した場合に 1 パケットの前後で雑音と区別ができないほど強度にバラツキがある。

マイクロコンピュータで生成した I D は 1 パケット内において強度のバラツキはなくパルスの持続性が高いが、パルス巾が変化するときがあり正確性に欠ける。電源電圧を 3V に安定させ、経過時間のズレを定数値と比較して変化値を入力側にフィードバックすることで正確なパルス巾を発生させるマイクロコンピュータを開発できた。

通倍回路の実験

I D を含む搬送波を 3 通倍したところ I D が変化してしまう状態が発生し原因解明と改善対策が必要になった。1 パルスと 0 パルスの変化点で、0 パルスと電圧低下による出力変化の区別がつかないことが原因であった。電源安定化回路の採用により正常に作動させることができた。

(2) 送信機の概要を決定 (図 4 送信機ブロック図参照)

「図 5 送信機結線」に基づき「表 2 送信機の使用部品」を選定し手配する。

(3) 受信機開発の為の予備実験

感度決定のための R F 増幅回路の実験

I D を含む受信波は非常に微弱で、雑音波と区別するのが困難であり、このままでは 2km 地点での受信はできない。通常の実験回路では、雑音波と同等の電波は全て削除する。

搬送波の前後の狭い範囲の周波数帯に電波があったとき雑音レベルのものであっても I D の有無を吟味することにした。O O K 方式を採用することで雑音レベルのものであっても I D の有無が判別できるほどの高い感度に設定することができた。

中間周波増幅回路の実験

多くの雑音を含む電波を増幅したために、スプリアル成分による異常発信が発生し受信機としての体をなさなくなった。受信する周波数の範囲を非常に小さいものとして含まれる情報成分をなるべく多く削除する必要がある。

通常不要な周波数帯の削除に使用されるフィルタ - を逆に利用して 10.7MHz 帯の搬送波のフィルタ - を挿入し、10.7MHz ± 数 kHz の超狭域帯のみ抽出して増幅することに成功した。これによって異常成分が激減し正常な増幅が可能となった。

混合回路、信号検出メ - タ回路の実験

高周波増幅回路の後段にフィルタ - を付加したため中間周波数への変換が極高精度に行われる必要がある。受信周波数に特定周波数を加えて、加算分だけ受信周波数を低くして増幅回路の簡素化を図るのが混合回路であるが、10.7MHz 帯のフィルタ - のを挿入したため、局部発振回路と 3 倍オーバートン逡倍回路は極めて安定したものでないと正規の受信電波が削除されることになる。

高周波増幅回路、局部発振回路、変調回路などの関係する回路の電源を安定化電源回路と接続することにより 1kHz 以内の周波数偏差を実現できた。

マイコン・ソフトの開発

非常に微弱な受信電波の逡倍増幅を繰り返し行ったため、出力される波形は大きく変形し多くの雑音成分を含むため ID の有無を判定できなくなった。出力波を検波回路に通して、音声信号に変換し、さらにこの音声信号をパルスに変換して ID を含む出力波の波形と各発信機の波形をマイクロコンピュータに記憶させた。

この記憶させたデータと受信波のデータを比較するプログラムを作成し、これをマイクロコンピュータの動作プログラムとすることで ID の有無を確認でき、再生することができた。

(4) 受信機の概要を決定 (図 6 受信機ブロック図参照)

「図 7 受信機結線」に基づき、「表 3、4 受信機の使用部品」を選定し手配する。

2.2.2 設計・製作

- (1) 送信機の回路を決定し送信機電子回路設計
- (2) 受信機の回路を決定し受信機電子回路設計
 - ・送受信周波数：144MHz (アマチュア無線帯の一波)
 - ・送信出力：0.005W ~ 0.5W 可変式
- (3) 送信機のプリント基板パターン設計
- (4) 受信機のプリント基板パターン設計
 - 送信機試作機製作
 - 受信機試作機試作
 - 受信機用ビームアンテナの検討・製作

2.2.3 部分・単体試験

- 送信機試作機の各部調整と実験
- 受信機試作機の各部調整と実験
- 送信機、受信機の総合調整

2.2.4 送受信試験

- (1) 送受信機の改良と通信実験
 - プロトタイプ：
 - ・発信機の送信出力を 5mW ~ 500mW にて検討・実験
 - ID番号は「2012」
 - ・実験の結果、実用タイプの送信出力を目標達成可能なレベルに固定し設計、回路の改良を行い、開発を進め実験した。
 - 実用タイプ：
 - 発信機の送信出力を 100mW にて実験
 - ID番号は「2009」
- (2) 実証実験
 - ・開発各プロセス段階、部品仕様の確認、調整実験
- (3) 外部者立会実験 (プロトタイプ機)
 - ・2008年12月26日
 - ・東京、新木場港湾棧橋にて実験
- (4) 外部者立会海上実験 (実用タイプ機)
 - ・2009年2月3日
 - ・東京湾、葛西臨海公園沖にて船舶使用の海上実験

2.3 実施期間

開始：平成 19 年 4 月 1 日

延長：平成 20 年 4 月 1 日

終了：平成 21 年 2 月 28 日

- (1) 基本設計・検討：平成 19 年 4 月 ～ 平成 20 年 7 月
- (2) 設計・製作：平成 19 年 4 月 ～ 平成 20 年 10 月
- (3) 部分・単体試験：平成 20 年 4 月 ～ 平成 20 年 11 月
- (4) 送受信試験：平成 20 年 11 月 ～ 平成 21 年 2 月
- (5) 報告書の作成：平成 20 年 12 月 ～ 平成 21 年 2 月

2.4 実施場所

高階救命器具株式会社

〒556-0028 大阪市浪速区久保吉 1 - 1 - 3 0

ファースト電子開発株式会社

〒174-0053 東京都板橋区清水町 7 2 - 2 - 2 0 3

3 . 送受信の設計と技術開発

3.1 基本設計・検討

3.1.1 開発の経緯

(1) 送受信方式の試行、検討

- ・ 19 年度は電波形式を F M 変調方式で試行したが、到達距離が 100m 程度しか得られなかった。特に、受信信号が弱くなると極端に検出できなくなる。
- ・ 次に航空機などで利用されている振幅変調方式 (A S K 方式) で試行検討したが、同様に距離が出なかった。また受信信号が弱くなると検知能力が著しく低下した。
- ・ 20 年度開発品は搬送電波を断続送信するオン・オフ・キーイング方式 (O O K 方式) で開発検討進め製作し感度が飛躍的に向上し、十分な電波飛来距離が得られた。また弱い信号まで検出が可能な回路を開発できた。

(2) 技術開発した送信機、受信機

- ・ 送信機側の水晶発振部マイコン制御部の電圧を安定化することにより、安定な動作を得た。また電源キーイング方式にする事により電池を最も高効率に利用できる回路構成を開発できた。
- ・ 受信機に高周波水晶フィルタ - の採用により、スプリアス特性、隣接信号選択度、受信感度を向上できた。

3.2 発信機の技術開発

3.2.1 発信機（送信機）の動作

（１）送信高周波回路の動作（図４ 送信機ブロック図参照）

Q 1 の基本波水晶発振回路で安定した 16MHz を発生させる。

Q 2 の増幅回路で 3 倍の周波数に通倍して 48MHz に変換する。

さらに Q 3 の増幅回路で 3 倍の 144MHz に通倍し所定の 144MHz 帯の電波を作る。

この信号は弱いので Q 4 回路で増幅し、Q 5 の増幅回路で電力増幅して約 50mW ~ 100mW の出力を得ている。

出力整合回路を介してアンテナに接続し、アンテナから電波として I D を送出する。

（２）I D 発生回路の動作（図４ 送信機ブロック図参照）

I C 1 のマイコン I D 発生制御回路で固有のデジタル I D を作成する。スイッチ回路（Q 6、Q 7）とキーイング回路（I C 3）で高周波回路の印可電圧を制御して、I D を送出する。

また I C 1 のマイコン I D 発生制御回路により、スイッチ回路を介して送信断続回路（I C 3）で I D を含んだ電波の送信を約 5 秒間隔で繰り返すように制御している。

（３）電源回路

リチウム乾電池（CR123A）2 本で 6V を供給している。

I C 2 の安定化電源回路により 3V の安定した電圧に変換し、Q 1、Q 2、I C 1 に電圧を与え動作を安定させている。

3.2.2 発信機（送信機）のブロック図・結線図と使用部品

開発した発信機・送信機の動作は次に標記する送信ブロック図の発信送信システムによってなされる。次に示す結線図と部品により実用タイプ発信機を製作した。

送信機ブロック図

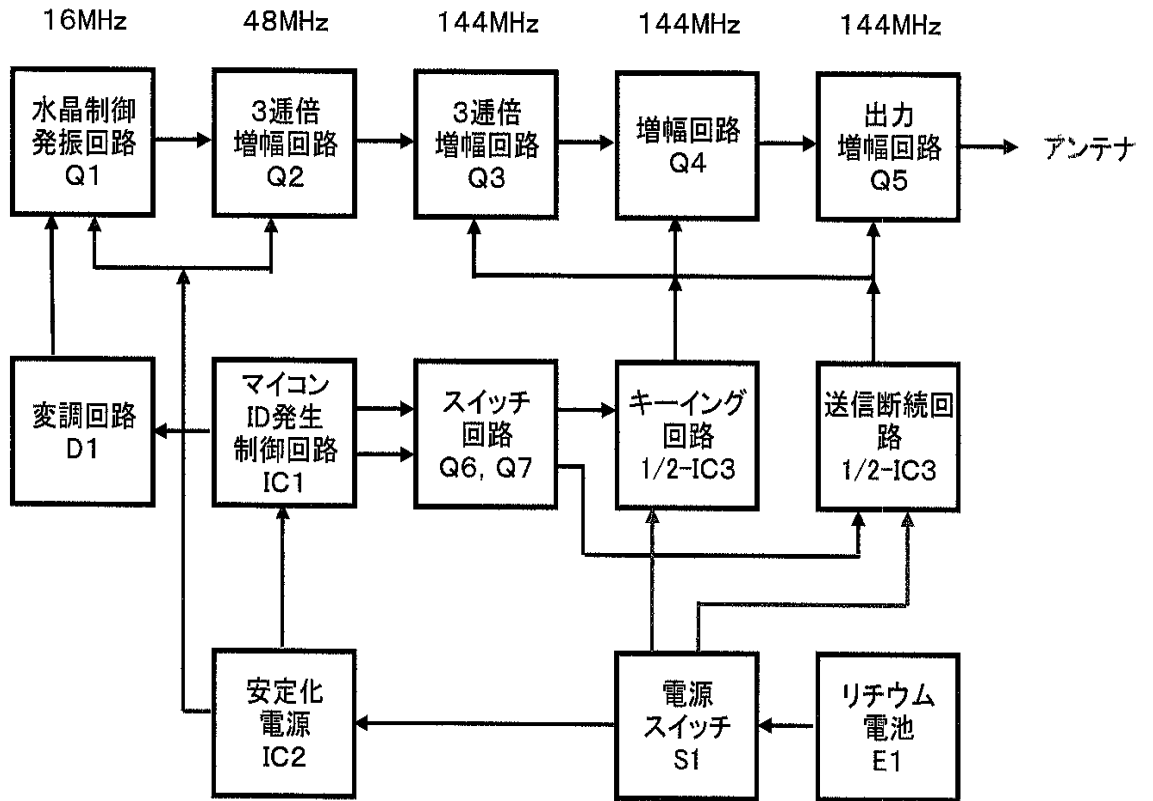


図 4 送信機ブロック図

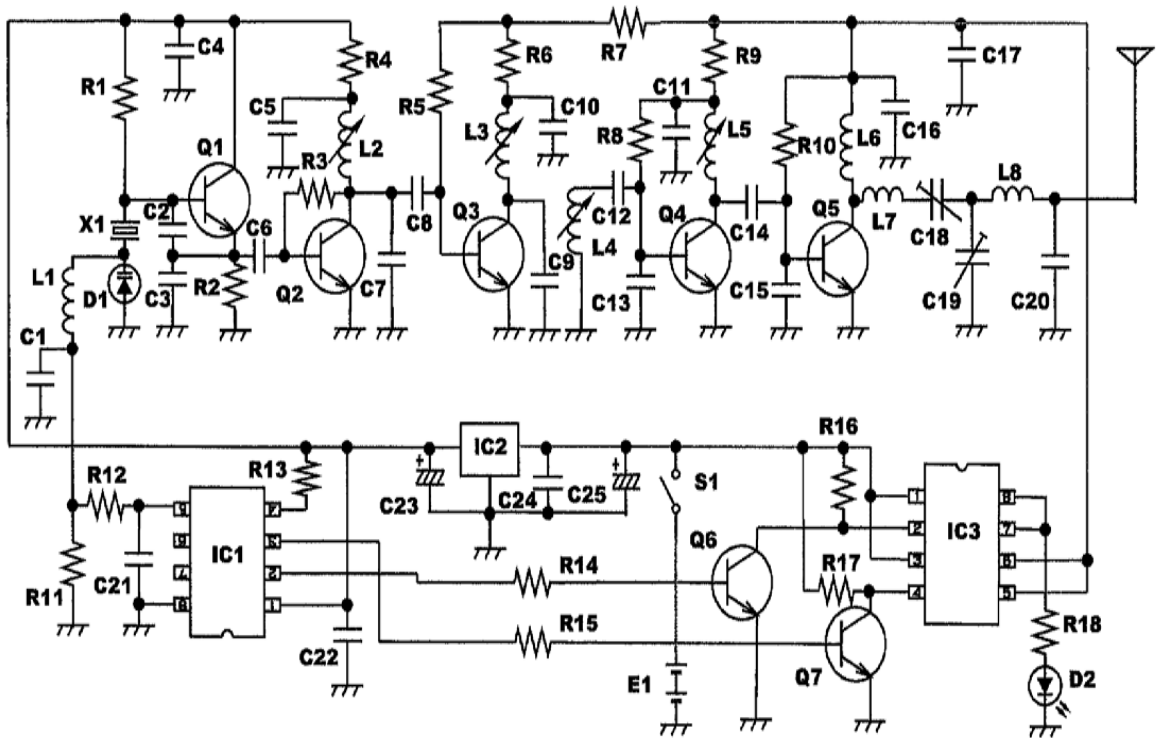


図 5 送信機結線

表2 送信機の使用部品

部品記号	部品名	規格・仕様		数量
C1,4,5,10,11, 16,17,21	セラミックコンデンサ	CK45-F1H102ZYA	1000PF	8
C2	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H101J	100PF	1
C3,13,15,	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H330J	33PF	3
C6	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H470J	47PF	1
C7	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H680J	68PF	1
C8	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H100J	10PF	1
C9,12	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H120J	12PF	2
C14	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H150J	15PF	1
C18,19	トリマコンデンサ	TZ03P450E169B	40PF	2
C20	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H220J	22PF	1
C22,24	積層セラミックコンデンサ	RPEF11H104Z2P1	0.1uF	2
C23,25	電解コンデンサ	SMG50VB33M	33uF	2
D1	バリキャップダイオード	1SV322		1
D2	LED	3φ		1
E1	リチウム電池	CR123	3V	2
IC1	マイクロプロセッサ	12F675	PIC	1
IC2	3端子レギュレータ	48M03F	3V	1
IC3	MOS FET	Wパック		1
L1	RFC	1mH		1
L2	コイル コア入り	6.5回巻き	6.5T	1
L3,4,5	コイル コア入り	3.5回巻き	3.5T	3
L6,7	コイル 空芯	6.5回巻き	6.5T	2
L8	コイル 空芯	3.5回巻き	3.5T	1
Q1,2	トランジスタ	2SC2839	E	2
Q3,4	トランジスタ	2SC2668	GR	2
Q5	トランジスタ	2SC2055		1
Q6,7	トランジスタ	2SC2458	GR	2
R1	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	470K	1
R2	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	2.2K	1
R3	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	220K	1
R4,6,9,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	150	3
R5,8,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	100K	2
R7	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	270	1
R10	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	7.5K	1
R11,13,14, 15,16,17	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	10K	6
R12	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	47K	1
R18	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	4.7K	1
S1	トグルスイッチ	3A 125V	2P	1
X1	水晶発振子	144.45MHz	HC-49/T	1
TX-225	プリント基板		t=1.0	1
	ケース	SW-N130G		1
	ケース加工費			1
	アンテナ	ピアノ線		1

3.3 受信機の技術開発

3.3.1 受信機（信号受信回路）の動作

（図6 受信機ブロック図参照）

（1）信号受信回路の動作

送信機から送られてくる微弱な信号をアンテナで受信しQ1、Q2の高周波増幅器で低雑音増幅する。

増幅された信号をQ6、Q7で発生させた局部発信信号とQ3の混合回路でミックスし10.7MHzの中間波信号に変換する。

次にQ4、Q5の中間波増幅回路で必要な強さまで増幅し、リング検波回路に送りこむ。D3～D6のリング検波回路で、Q8ビート周波発信機の水晶発振信号と混合して、ID信号を音声周波信号に変換する。

この音声周波信号をQ8、Q9の音声増幅回路で増幅し、この信号からD7～8でパルス信号を検出する。

検出したパルス信号をQ10のパルス増幅回路で増幅し、Q11、Q12の整形回路で波形整形し、IC1のマイクロコンピュータに送る。

（2）マイクロコンピュータの動作

IC1で受けた信号から、マイクロコンピュータでID信号を判別し、ID番号を識別する。

IC1に書き込まれたプログラムは

（イ）送信機から送られてくるIDシグナルを読み込み送られたIDを判別、識別する。

（ロ）識別したIDを液晶ディスプレイに表示するための制御信号を送出し、LEDに取得IDを表示する。

（3）音声確認回路

受信した音声周波信号はIC2で増幅しスピーカを駆動する。

受信機の感度ボリュームを必要な限度に下げ、受信ビーム・アンテナを回転すると、送信機の方角で音量が増加しその送信機の方角を検索することができる。

イヤホンジャックにステレオ・ヘッドホン差し込み、ヘッドホンにより繊細に探索することができる。

3.3.2 受信機（信号受信回路）のブロック図・結線図と使用部品

開発した受信機（信号受信回路）の動作は次に標記する受信機ブロック図の受信機構成システムによってなされる。次に示す結線図と部品により実用タイプ受信機を製作した。

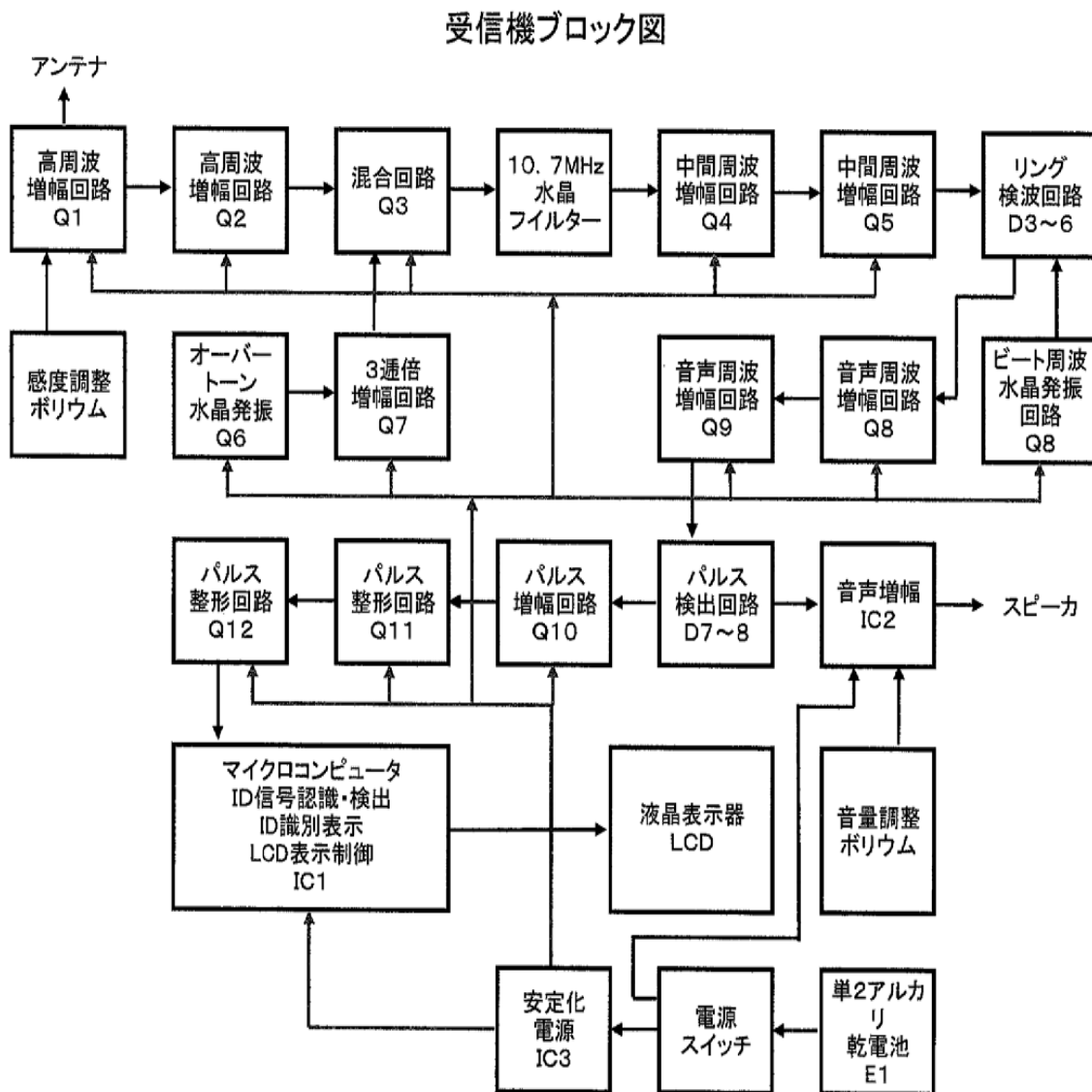
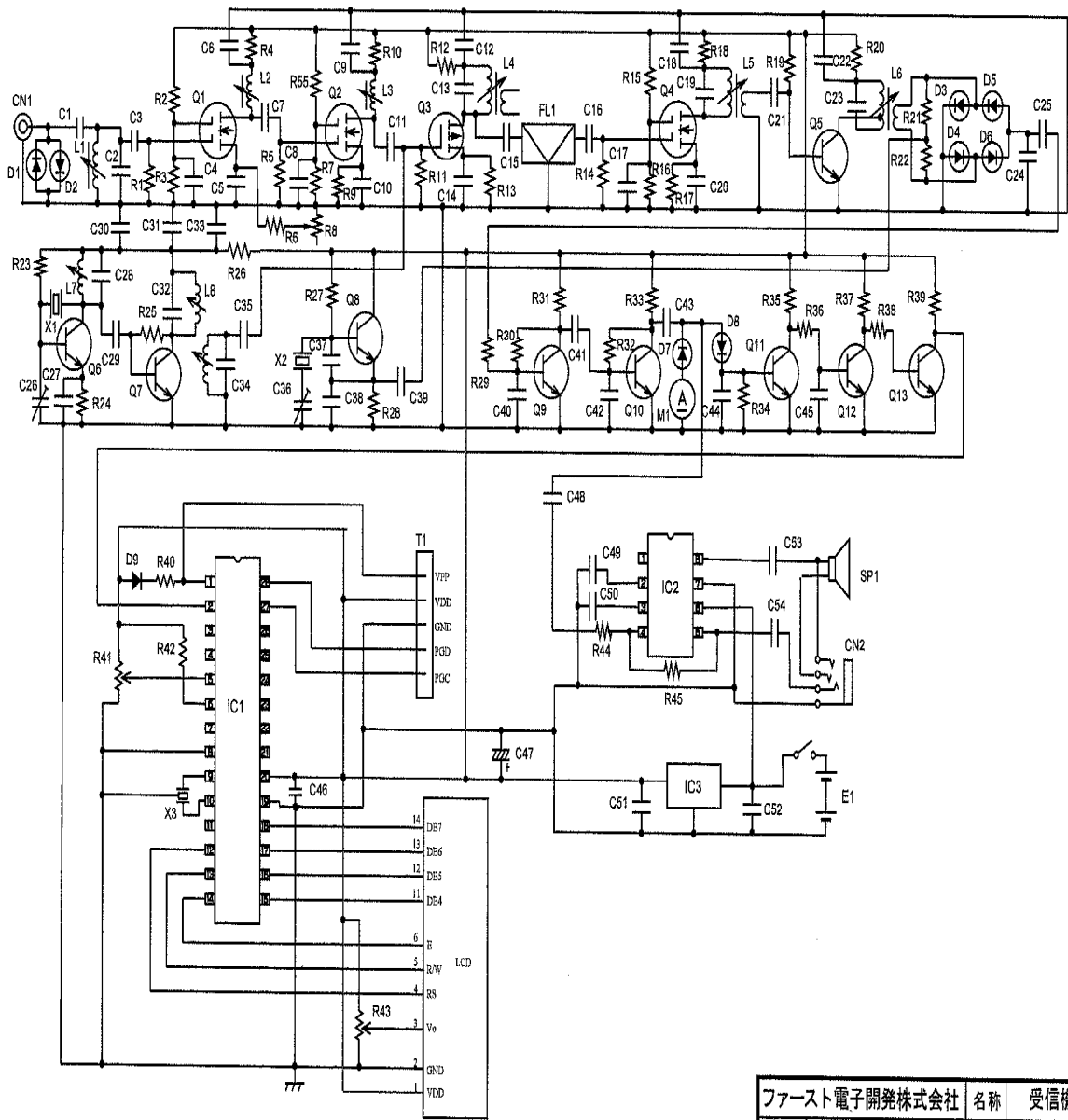


図 6 受信機ブロック図



ファースト電子開発株式会社 名称 受信機 結線図

図 7 受信機結線図

表3 受信機使用部品1

部品記号	部品名	規格・仕様		数量
C1	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H050J	5PF	1
C2,3,7,29,32,	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H100J	10PF	5
C4,5,6,8,9,10, 12,14,15,16,17, 18,20,21,22,27, 30,31,33,35,39,	セラミックコンデンサ	CK45-F1H102ZYA	1000PF	21
C11,13,19,23,	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H101J	100PF	4
C24,40,41,42, 45,46,48,52,.	積層セラミックコンデンサ	RPEF11H104Z2P1	0.1uF	8
C25,53,54,	タンタルコンデンサ	DN1V020M1S	2uF	3
C26,36,	トリマコンデンサ	TZ03P450E169B	40PF	2
C28	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H820J	82PF	1
C34	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H150J	15PF	1
C37,38	セラミックコンデンサ	CC45-SL1H221J	220PF	2
C43,44,50	電解コンデンサ	SMG50VB1M	1uF	3
C47	電解コンデンサ	SMG50VB33M	33uF	1
C49,51,	電解コンデンサ	SMG50VB3R3M	3.3uF	2
CN1	BNCコネクタ	BNC-IR		1
CN2	コネクタ	ステレオジャック		1
D1,2,3,4,5, 6,7,8,9,	ダイオード	1S2076A		9
E1	アルカリ乾電池	UM-2		4
FL1	クリスタルフィルタ	K10F24F	10.6935MHz	1
IC1	マイクロコンピュータ	16F873A		1
IC2	オーディオアンプ	MC34119		1
IC3	3端子レギュレータ	NJM7805FA	5V	1
L1,2,3,8,	コイル コア入り	3.5回巻き	3.5T	6
L7	コイル コア入り	6.5回巻き	6.5T	1
L4,5,6	中間周波トランス	7295	10.7MHz	1
LCD	液晶ディスプレイ			1
M1	電流計	100uA		1
Q1,2,4,	MOS FET	SGM2006M		3
Q3	MOS FET	2SK125		1
Q5,6,7,	トランジスタ	2SC2839	E	3
Q8,9,10,11, 12,13,	トランジスタ	2SC2458	GR	6

表 4 受信機使用部品 2

部品記号	部品名	規格・仕様		数量
R 1,5,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	15K	7
R2,55,15,16, 23,25,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	100K	2
R3,7	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	4.7K	1
R4,10,12,13, 17,18,20,26,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	100	1
R6,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	350	2
R8	ボリューム	16φ	50K	1
R9,21,22,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	470	3
R11,19,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	220K	2
R14,34	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	47K	2
R24	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	2.2K	1
R27,31,33,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	22K	3
R28,29,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	1K	2
R30,32	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	56K	2
R35,36,37, 38,42,	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	10K	5
R39	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	33K	1
R44	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	3.3K	1
R45	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S	68K	1
R41,43,	半固定抵抗器		10K	2
S1	トグルスイッチ	3A 125V	2P	1
SP1	スピーカー	40φ		1
T1	ピンヘッダ	オス	5P	1
X1	水晶発振子	51.7145MHz	HC-49/T	1
X2	水晶発振子	10.692MHz	HC-49/T	1
X3	セラロック	4.000MHz		1
RX-225	プリント基板		t=1.6	1
	ケース	FCW-15-20NBS		1
	ケース加工費			1
	電池ホルダ	MP-2-4		1
	ツマミ			2
	LED	3φ		1
	アンテナ	5エレメント	A144S5R	1
	同軸ケーブル	3C2V		3
	同軸コネクタ	MP-3		1
	BNCコネクタ	BNC-P		1
	アンテナ方向指示板			1

4. 通信試験

4.1 送受信実験（プロトタイプ発信機・受信機）

4.1.1 試験内容

（1）実験日

試験年月日：平成20年12月26日

実験開始：14:30 実験終了：16:30

（2）場所（図8 プロトタイプ送受信実験場所）

新木場2丁目 佐川急便江東店付近と有明東ふ頭公園間が直線 2kmの距離添付地図の地点で実験を行った。



図8 プロトタイプ送受信実験場所

（3）実験者（計8名）

参加者： 高階救命器具株式会社

金城 幸貞

高木 滋

林 護

ファースト電子開発株式会社

伊藤 義雄

松名 好生

井上 宏幸

立 会： 社団法人日本船用工業会

磯部 信一

文屋 孝哉

(4) 実験方法

海をまたいで直線2kmの距離で通信実験を行った。

江東区新木場2丁目(佐川急便江東店)付近と、江東区有明3丁目(東京ビックサイト駐車場)の間が海をまたいで約2kmであり、この2点間で通信を確認した。

実験位置

- 1) 送信機側：新木場駅から新木場2丁目へ送信機と連絡用アマチュア無線トランシーバを持ち棧橋実験地点へ移動。
- 2) 受信機側：受信機、5エレメント八木アンテナ、アマチュア無線トランシーバを持ち国際展示場前駅へ東京ビックサイト駐車場の実験地点へ移動。

実験の内容

- 1) 双方所定の実験場所へ移動し、実験を開始した。
- 2) 想定した以上に建造物が多く、電波の伝搬に妨害を来す状況であった。
双方用意した地図で位置を確認し、実験を実施した。
- 3) 受信機に探索用ビームアンテナを接続、受信機の電源を入れ、待ち受け受信を開始した。受信地点は当初予定した「有明東ふ頭公園」が見あたらず、ビックサイト駐車場のフェンス越しに受信した。
- 4) 送信機のスイッチを入れ、ID信号を発信した。送信機は2台用意した。
- 5) 受信機の感度を最大にして、探索用ビームアンテナを回転させ送信電波を探索した。
送信機、受信機間に予想以上の電波を遮る障害物が有った。
- 6) 地図上の方向にビームアンテナを向けると、送信機の電波を受信できた。
 - ・2台の送信機の信号を十分受信が出来た。確認は、受信機から送信機が発する電波の受信音が聞こえた。
 - ・障害物があっても2kmの距離で十分受信補足できたので、海上で障害が無ければより遠くまで届くことが十分想定できる。
 - ・強風の中で、アンテナを回転すると電波の強度が増減し、送信機の方角を特定できた。
- 7) IDの取得表示はデータを取りこむために電波が十分強くなってから表示する。
 - ・障害物が多いため、海をまたいだ位置では電波が十分強ならず、送信機が徒歩で受信機に近寄るように移動した。

実際の現場では探索し、その方向に近づくと電波が強くなり、IDが取得表示される。

- ・但し、陸上を徒歩で近づくため、送信機 - 受信機間には高層建物やセメントタンク等の障害物が電波を遮断した。
- ・比較的近距离に近づき、障害物の影響が少なくなった時点で送信機のID番号を確認表示できた。送信機2台のID番号が受信機の液晶画面に表示された。



図9 プロトタイプ小型発信機



図10 探索用ビームアンテナ受信状況

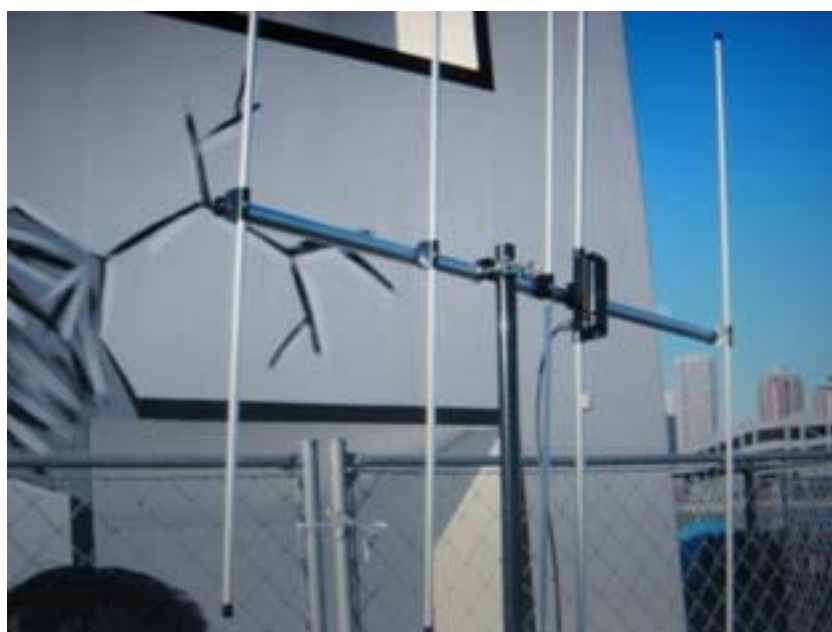


図11 探索用ビームアンテナ

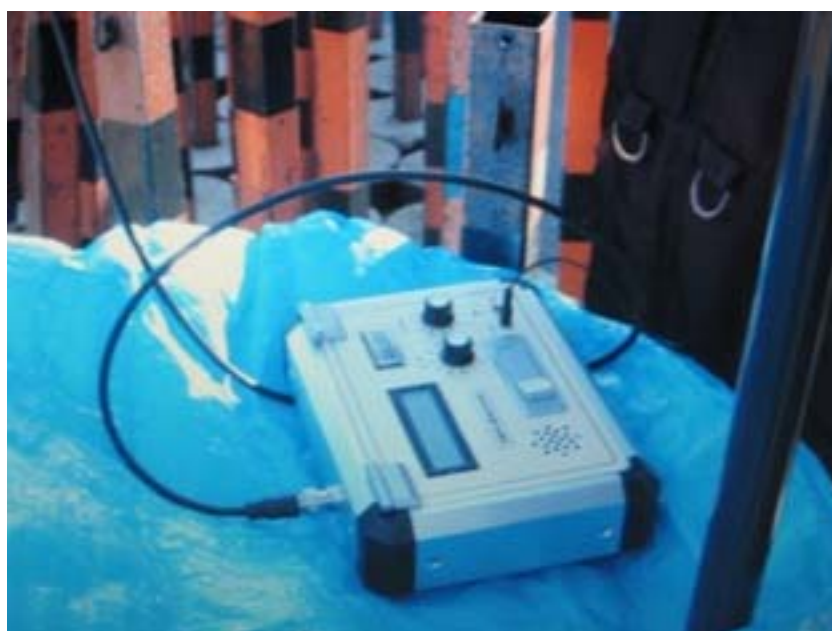


図12 プロトタイプ受信機の受信状況



図 13 プロトタイプ受信機



図 14 受信機の電波の方向の識別状況 (分度器)

4.1.2 試験結果

(1) 通信距離

- ・当初の目的であった電波の飛距離2km以上を確認した。

(2) 発信方向性

- ・電波の方向をビームアンテナで方向探知が出来ることを確認した。

(3) 発信原（救難者送信）のID情報の受信

- ・送信機固有のID番号の送受信を500mの距離で確認できた。

考察

上記の結果、未達分野の開発が成功したものと評価し、この研究開発を基本として実用機の製作計画が実施出来ると判断した。昨年の開発試作発信機(10mW以下)では、100～200mしかなかったことを大幅に改善した。

4.2 海上での送受信実験（実用タイプ発信機・受信機）

4.2.1 試験内容

(1) 実験日

試験年月日：平成21年2月3日

実験開始：14:00 実験終了：17:30

(2) 実験場所（図15 実用タイプ送受信実験場所）

東京湾、葛西臨海公園沖2～3kmで実用タイプの海上実験を行った。



図15 実用タイプ送受信実験場所

(3) 実験者 (計 8 名)

参加者：	高階救命器具株式会社	金城 幸貞
		高木 滋
		林 護
		杉山 一
	ファースト電子開発株式会社	伊藤 義雄
		松名 好生
立 会：	社団法人日本船用工業会	磯部 信一
		文屋 孝哉

(4) 実験方法

実験位置

- 1) 送信機側：海上ゴムボートに固形式救命胴衣に発信機を装着した状態で乗り込み、アンカーで位置固定し送信した。
- 2) 受信機側：5 エlement・ヤギアンテナを小型船(遊魚船(中山丸))の後方に取り付け、受信機をセットし、受信状態で低速移動した。
- 3) 電波飛来距離：小型船装備のGPSにて、1 . ボート位置、2 . ID 識別受信限界位置、3 . 電波受信限界位置を測定し海図にてその距離を計った。

実験の内容

- 1) 所定の実験場所に移動し、実験を開始した。
- 2) 同位置よりスタートし送信機のスイッチを入れ、ID 信号を発信した。送信機は2台用意した。
- 3) 受信機の感度を最大にして200mほど離れた位置で、探索用ビームアンテナを回転させ送信電波を探索した。アンテナを回転すると電波の強度が増減し、送信機の方角を特定できた。
- 4) 一定の方角にビームアンテナを向けると、送信機の最大電波を受信できた。
 - ・ 2台の送信機の信号を十分受信が出来た。
 - ・ 送信機2台のID 番号が受信機の液晶画面に表示された。
- 5) 距離開き、それぞれ受信できなくなる位置を測定した。

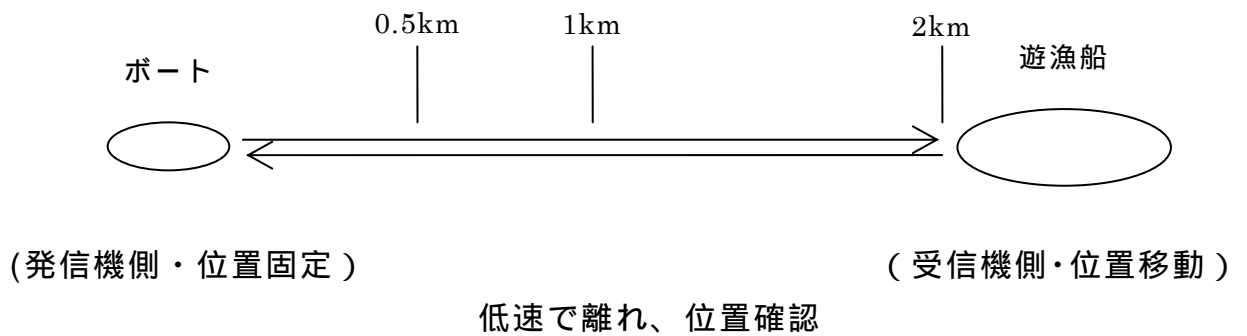


図 16 海上での送受信実験の状況図

ファースト電子開発・実験機材一式準備

- 1．開発実用タイプ発信機
- 2．開発実用タイプ受信機
- 3．開発ビームアンテナ（5 エレメント・ヤギアンテナ）

高階救命器具・実験手配物件

- 1．遊漁船（GPS 機能付き）
- 2．ゴムボート
- 3．救命胴衣、ドライスーツ
- 4．実験用固形式救命胴衣（胸ポケット付き）
- 5．海図
- 6．カメラ



図 17 プロトタイプ発信機の救命胴衣取り付け位置例



図 18 実験での発信機の救命胴衣取り付け（胸ポケットに装着）



図 19 発信側がゴムボートに乗って送信する（位置固定）



図 20 受信側が小型船の船尾でアンテナを立て受信する状況（位置移動）



図 21 受信側に使用の小型船（第六中山丸）

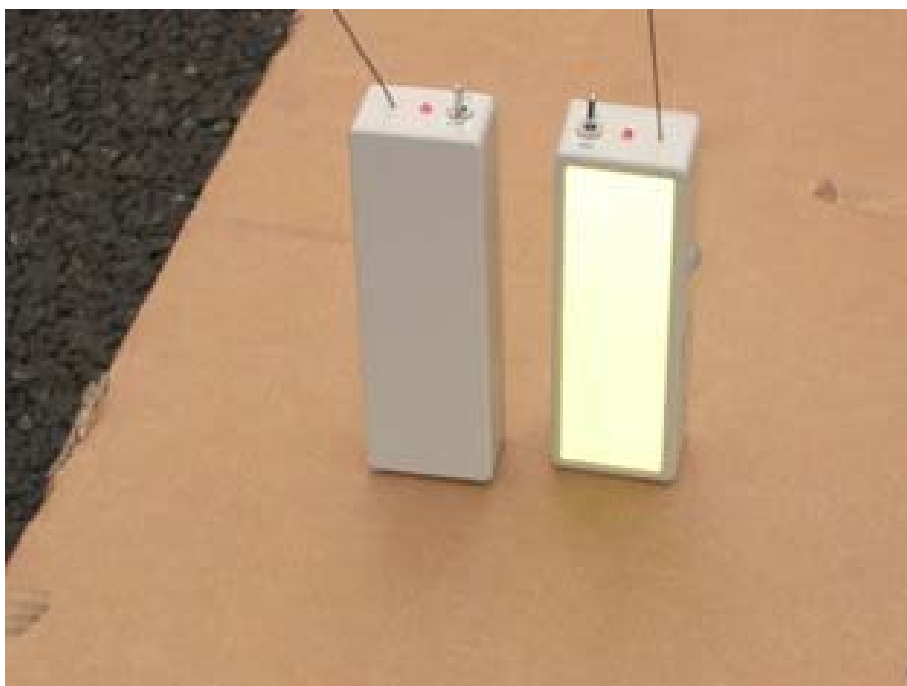


図 22 実用タイプ発信機



図 23 実用タイプ発信機（実験ではビニールで覆った）



図 24 実用タイプ受信機概観図



図 25 実用タイプ送受信実験使用のGPS位置測定機

4.2.2 試験結果

小型船装備のGPSで受信位置を測定し、海図で距離を算出することで、発信機の送信距離 2200m、ID 識別距離 1400m を確認した。

表 5 立会い海上実験測定値

海上立会実験、受信距離内容(09. 2. 4)

測定項目	GPS 位置	海図距離	受信限界距離	受信距離
		(1:15000) ミリメートル	メートル	メートル
1 ポート固定 発信位置	東経 139° 51' 067 北緯 35° 36' 808	0		
2・1 発信機① ID受信限界	東経 139° 51' 049 北緯 35° 36' 217	73	1090	1000
2・2 発信機② ID受信限界	東経 139° 51' 052 北緯 35° 35' 985	101	1507	1400
3 送信電波 電波受信限界	東経 139° 51' 008 北緯 35° 35' 568	154	2299	2200

注1:海図(1:15000)で67mmは1000mに相当

注2:発信機②は、発信機①をもとに調整し、実用型に改良しています。

(1) 通信距離

- ・当初の目標であった2000mを超え、2200mを確認した。

(2) 発信方向性

- ・2200mで電波の方向をビームアンテナで探知が出来ることを確認した。

(3) 発信原(救難者送信)のID情報の受信

- ・送信機固有のID番号の送受信を1400mの距離で確認できた。

4.3 送信機、受信機、アンテナの技術仕様

(1) 送信機

電波形式:OOK方式

送信周波数:144MHz帯 アマチュア無線バンド内の1波

発振方式:水晶制御式発振

送信出力: 実用機:100mW 試作機:50mW

添付ID: 実用機:2009 試作機:2012

電源:リチウム電池 CR123A 2本、DC6V

消費電流:送信時最大電流 実用機:25mA 試作機:19mA

アンテナ:1/4波長ワイヤーアンテナ

(2) 受信機

受信方式：水晶制御式スーパーヘテロダイン方式
受信周波数：144MHz 帯 アマチュア無線バンド内の 1 波
電波形式：OOK 信号に対応し、ID デジタル信号をマイコン
で識別し表示
受信感度： 実用機：-4 μ V、 試作機：-1 μ V
電 源：単 2 アルカリ乾電池 4 本
消費電流： 実用機：51mA、 試作機：45mA

(3) ビ - ム ・ アンテナ

型 式：5 エレメント ヤギアンテナ
周 波 数：144 ~ 146MHz
利 得：9.1dBi
重 量：630g
F B 比：14dB 以上
寸 法：950 × 1090 × 73mm

4.4 開発成果物

4.4.1 発信機

実用型 (左) ID : 2009、 試作機 (右) ID : 2012



発信状態 (ON)

- ・非常時に、スイッチを ON 側にすると電波を発信する。



待機状態 (OFF)

- ・電波は発信、休止を繰り返し 発信時に LED が点灯する。

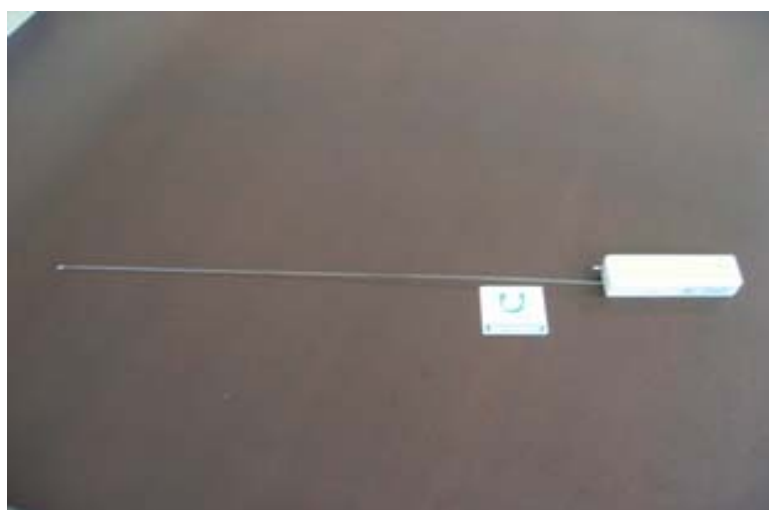


図 26 発信機と発信作動スイッチ

- ・送信機の電源スイッチを「ON」側にすると、動作し、IDを添付した電波を発信し、赤色LEDが点灯する。送信機は、約4秒発信して、約5秒発信を停止する。受信機の受信音も呼応し変化する。



図 27 発信機内部



本 体：13cm × 4cm × 2.5cm
アンテナ長さ：55cm

図 28 発信機全容

4.4.2 受信機とID受信



(本体：20cm×15cm×5cm)

図 29 受信機

アンテナ：上部に有り、ビームアンテナを接続するコネクタ。

入 - 切：電源スイッチで“入”で受信動作を開始し、赤色LEDが点灯する。

音 量：ボリュームダイヤルで受信音量を調整できる。

受信感度：ボリュームダイヤルで受信機の感度を調整する。

液晶パネル：受信した送信機のIDを表示する。

イヤホン：ステレオ・イヤホン、ヘッドフォンを接続できる。

- ・送信機の信号を受信すると、シグナルメータの針が振れる。
信号が強いと振れも大きくなる。

- ・送信機の I D を検出すると Received と受け取った I D を表示する。



図 30 飛来電波を受信した受信機



図 31 I D を検出した受信機

アンテナコネクタにアンテナケーブルを介して、ビームアンテナを接続する。

音量つまみを 4、受信感度つまみを 3 位に設定して電源スイッチを“入”に倒すと、受信機が動作し、送信機が動作していると、「テケテケ テケテケ・・・」という受信音が聞こえる。

信機との距離が遠い場合は、受信感度つまみを時計回りに回し受信感度を上げる。

受信状態で、ビームアンテナを回転させ、最も受信音が大きくなる方向に送信機が有る。受信感度ボリュームを下げた方が、受信音の強弱の変化を判断しやすくなる。



図 32 受信機内部と電源

4.4.3 発信機と受信機の電源（電池）

（ 1 ）発信機の電源（電池）

- ・新品のリチウム電池「CR123A（DC6V）」を 2 本使用。

写真 の部分をマイナスドライバーなどで写真 の様に押し開ける。
上フタを開けて、写真 、 のように“+、-”に注意し電池を交換し、フタをする。



図 33 発信機の開け方と電池交換

（ 2 ）受信機の電源（電池）

- ・新品のアルカリ単 2 乾電池を 4 本使用する。
- ・下方のレバーを起こす。レバーを持ち上げ上蓋を開ける。



図 34 受信機の開け方と電池交換

4.4.4 受信用アンテナ

- ・ 5 エレメント・ヤギアンテナを改造し位置(方向)検索用として開発した。
- ・ 写真のように組立て、付属のケーブルで受信機のアンテナコネクタに接続する。
- ・ エレメントの短い方向の電波を強く受け、受信機で特定しその方向を分度器で方位を確認する。

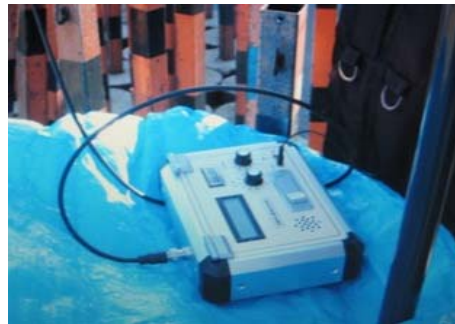
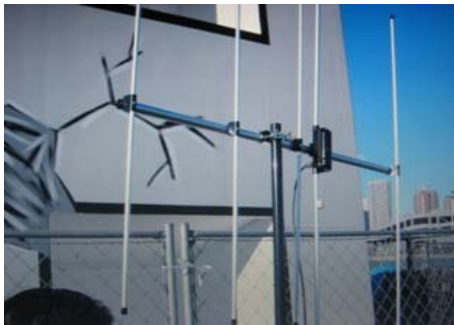


図 35 ビームアンテナと方位分度器

5. まとめ

5.1 目標の達成

事業目標として掲げた3つの項目の達成状況は以下の通りである。

- (1)救命胴衣の発信機から2000m以上の電波送受信については実験でこれを確認し達成している。
- (2)救命胴衣の付属品として、すなわち付属出来る程度の小型化した発信機の開発を行うことができた。
但し、発信機の耐衝撃性、耐曝露性、耐経年劣化性、耐塩水、耐久性、については確認検証まではできていない。しかし、極めて小型発信機であり、同様に電源を持ち、救命胴衣に装備されている従来の救命胴衣灯等の技術を活かすことで、十分達成できるものと思われる。
- (3)個々の発信機をID番号によって識別すること、また、方向探知機能を備えた無線受信機を開発することについては達成している。

なお、関連して、電源電池の待機時間については、開発品に使用した電源電池(4.4.3に記載)で5年の待機時間が可能と考えられるが、最近ではさらに長持ちする乾電池として「EVOLTA(エボルタ)」が販売されておりその使用期限は10年となっている。こうしたことから5年の待機時間については問題なく実現できるものと思われる。

5.2 今後の予定

本開発により、100mWの送信出力で2kmを超える電波送受信を達成できたが、商品化に至るにはまだ課題が残されている。特に、量産によるコストダウンをはかる必要があり、発信機もさらにコンパクト化と小電力化が望まれる。

一方、ID番号の送信を含めてこうした通信が可能であることを実証できたことから、人命救助の迅速化に寄与するものであり、さらに検討を加え、3年後程度には商品化へ進めたいと考えている。



「この報告書は競艇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」

(社)日本船用工業会

〒105-0001

東京都港区虎ノ門一丁目15番16号(海洋船用ビル)

電話：03-3502-2041 FAX:03-3591-2206

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