

インターカム

公衆交換電話網に接続されていない構内音声通信設備で放送局、テレビ、ラジオ、劇場、大規模コンサート、映画撮影、スポーツ中継などのスタッフ間（音響・映像・照明など）の音声コミュニケーションのツールがインターカムです。

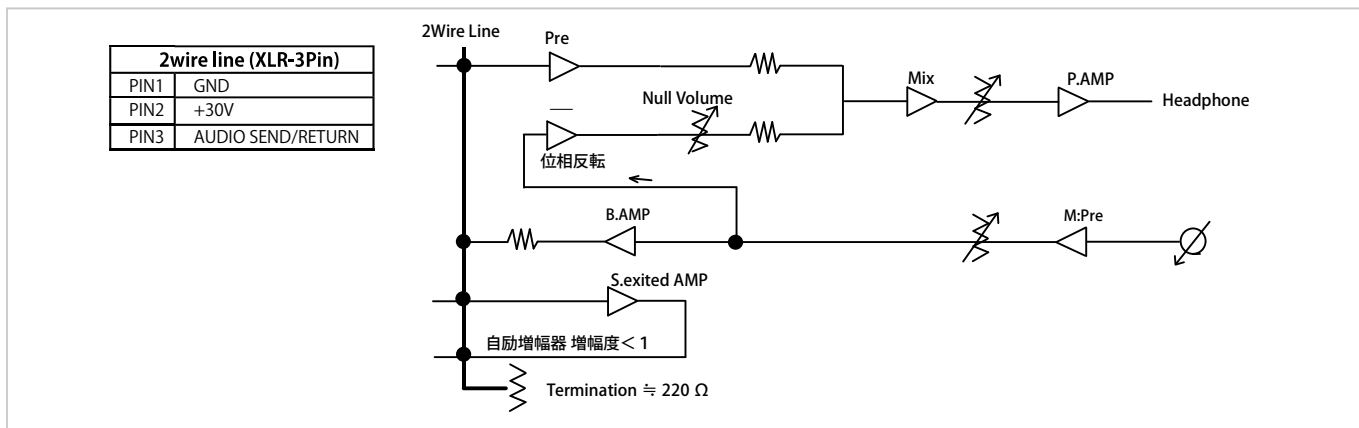
「インターコミュニケーション」（相互通式構内電話）の日本式省略形。また、日本では業界用語として「インカム」という呼称が定着しています。

2W（ツーワイヤー）

音声の送りと戻りを共通の2本の導体を利用して、電話のように同時送受信を可能とした音声通信システムです。

電源のマイナス側と音声の片側を共通にすると3芯のマイクケーブルが利用できるため汎用性が高いです。

2ワイヤー・インターカム原理



自声抑圧回路と Null 調整

2ワイヤー・インターカムは送りの音声と相手先からの音声を同じ信号ラインに重畳（ちょうじょう）して重ね合わせています。2ワイヤーラインに送り出した自分の声も、相手先から送られてきた音声と同時に聴くこととなります。

自分の音声は、2ワイヤーラインのすぐ近くに注入されているので、相手先からの音声よりもどうしても大きくなってしまいます。そのままだと、相手先の声を適度な音量に調整すると、自分の話した声は耳が割れそうに成るほど大きな音で聴こえてしまいます。

そこで、自分の声を抑圧して小さくする回路が必要となります。一般的なアナログ2ワイヤーインターカムでは、自分の音声を位相反転回路で逆相にして2ワイヤーライン経由で戻ってくる自分の音声に加え、自分の音声だけを打ち消してやります。正確に自分の音声を打ち消すために逆相側の音量を調整する機能が付属しておりこのボリュームコントロールを Null（ヌル）調整と呼んでいます。Null 調整で完全に自分の声をなくしてしまうとインターカムが送信されているのかわからないので、自分の声が少し戻ってくるように調整します。

自励回路とターミネーション

2ワイヤーラインにベルトパックなどの2ワイヤー子機を多数接続していくと、並列接続のため回路のインピーダンスが下がり、ラインに音声を送り出すバッファアンプの負荷が重くなって、音が小さくなっていきます。そうすると Null のバランスも変わり自分の音声が大きくなってしまいます。それを防ぐためにインピーダンスの低下を防ぐ回路が必要となります。

2ワイヤーライン入力を限りなく増幅度1に近いが、1を超えない増幅度で増幅し、出力を2ワイヤーラインに戻してやります。こうすることによりインピーダンスを高く（理想的には無限大に）保つことが可能となります。増幅度が1を超えると音声がぐるぐる回って発振してしまいます。従って増幅度は、決して1を超えないようにする必要が有ります。

このような回路を自分で自分を動かすので自励回路と呼んでいます。自励回路は子機に一回路ずつ収納する2ワイヤーシステムが多いようですが、電源部分に大型の自励回路を収納している2ワイヤーシステムも見受けられます。

2ワイヤーラインのインピーダンスが高いままだと、ノイズの影響を受けたり回路が不安定になるので、2ワイヤーラインに並列に抵抗をいれて、インピーダンスを適当な値に低くします。この抵抗を回路に入れることをターミネーションを掛けると言います。

ターミネーションは2ワイヤーラインのどこに入れても良いのですが、一箇所のみで入れます。一般的には親機などの電源が存在する部分で掛けます。親機が複数存在する場合や、バックアップ電源が存在する場合は、ダブルターミネーションにならないように注意する必要があります。ダブルターミネーションになると、相手先の音声が小さくなったり Null 調整の効きが悪くなったり、ノイズが増えたりします。

次にターミネーションが全くなしだとどうなるかと言えば、発振しやすくなります。また Null 調整の効き具合も悪くなります。

4W（フォーワイヤー）

4ワイヤー（4W）インターカムは音声の送りと戻りを分けた通信方式で、音声の送り戻りともツイストペア線によるバランス伝送です。

インピーダンスは600Ω、音声信号の標準レベルは-5～0dBmのタイプが多いようです。

バランス伝送なので送りに2本、戻りに2本の合計4本の導体が必要となります。このことが「4ワイヤー」の語源となっています。

2ワイヤーに比較して設備投資が高額となりますが、サイド・トーンが基本的に発生せず、クオリティの高い音声コミュニケーションを得ることができます。

4ワイヤー・インターカム原理

4ワイヤー・インターカムは送りの音声と返りの音声それぞれ独立した音声回線を使用するため自分の音声は基本的にヘッドセットに戻ってきません。ヘッドセットを使う場合は、話しやすくするためにわざと自分の音声を相手の音声に付け加えています。一般的に通話の音声品質は2ワイヤーインターカムよりも高くなっています。4ワイヤーインターカムの場合、システムのコアとなる部分に4ワイヤーマトリックスと呼ばれるマトリックス装置が必要となります。

(1) アナログ方式4ワイヤー・マトリックス

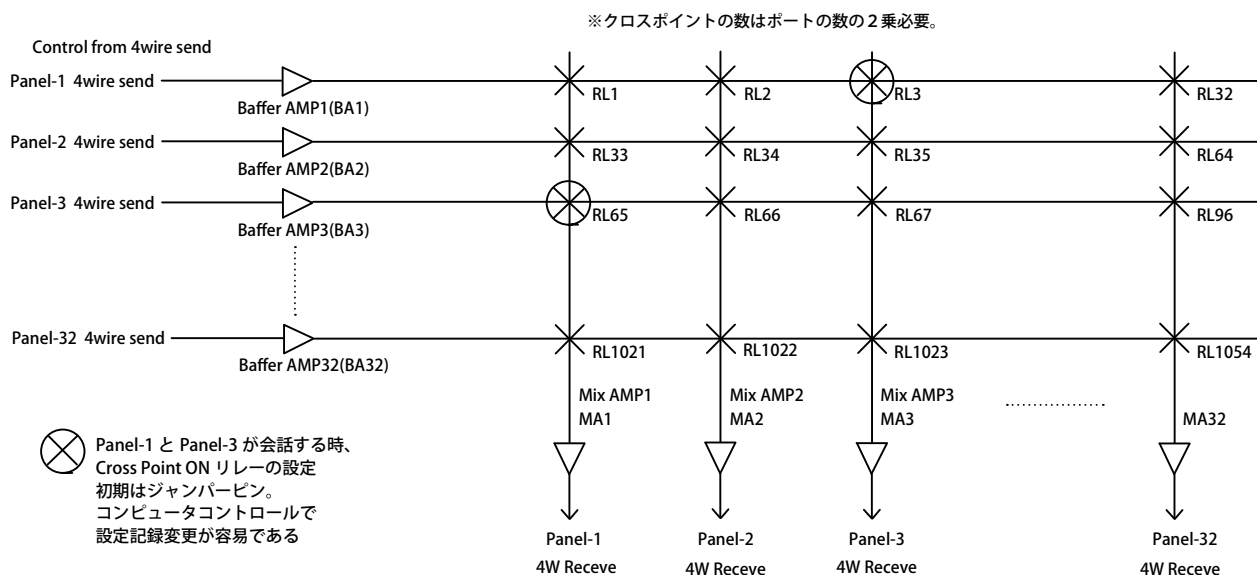
現在ではデジタル方式が主流となっており、アナログ方式はまず見かけることがなくなりましたが、4ワイヤーマトリックスの原理を知る上では重要です。

4ワイヤー・マトリックス・インターカム・システムの基本的構成は、通話先を選択して操作する操作パネルと、多数のパネルが集中的に接続されるマトリックス装置からなります。4ワイヤー・マトリックス装置は、パネルから送られてきた音声信号を選択された相手先のパネルへルーティングします。ルーティングはマトリックスによって行われ、膨大な数のリレーやアナログ・スイッチ素子によって行なわれます。格子状のマトリックスの交点をクロスポイントと呼んでいます。この交点をリレーやアナログスイッチでオン/オフさせることで目的地に音声信号を伝えます。

ルーティングは1対1だけでなく、1対多、多対多も可能で、階層的にグループも組めることから2ワイヤー・マトリックスに比べて大規模かつ複雑なコミュニケーション用途（放送、劇場、大規模災害時の通信、軍事通信、大規模管制センター）にも使用することが可能です。

クロスポイントの数はマトリックスポートの数の2乗となるため、256x256のマトリックスのクロスポイントは128x128のマトリックスの2倍ではなくて4倍のクロスポイントが必要となります。このことはアナログマトリックスではコストがポートの数の2乗倍に上昇することを示しています。そのため大規模なマトリックス装置では製造費が膨大となってしまいます。

アナログ4ワイヤー・マトリックス



(2) デジタル方式 4ワイヤーマトリックス

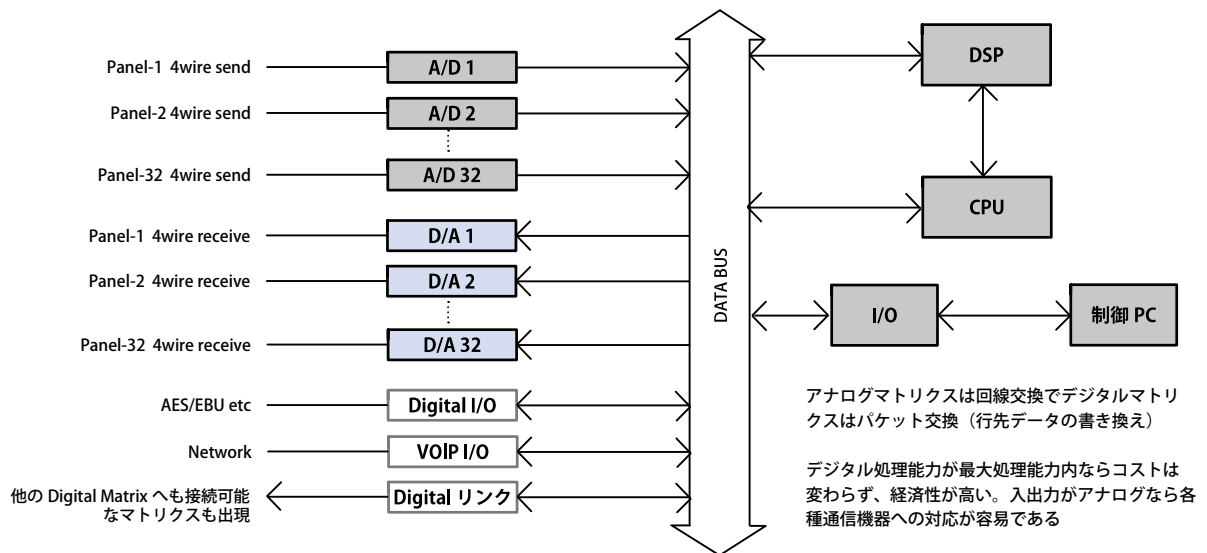
デジタル方式のマトリックス装置はパネルからの信号をデジタルの音声パケットに変換し、パケット交換技術やデジタル演算処理によりルーティングや様々な音声処理を行うマトリックス装置です。ルーティングは音声パケットの行き先を書き換えることによって行われるので、アナログ方式のようにコストがポートの数の2乗となることはありません。高速で流れているパケットデータの中から目的地に合ったパケットが抽出されて適合するポートに送られていきます。DSP を利用したデジタル演算処理でノイズゲートやリミッター、音声検出での制御信号出力、外部コマンドによるオン/オフ等の付加機能を加えることも容易に行えます。

デジタル・マトリックスの場合、音声信号の種類によってアナログポート、AES/EBU ポート、VOIP ポートなど様々な I/O ポートが用意されており、公衆電話網や無線通信機器などの様々な既設音声コミュニケーション・システムとの通話を可能としています。

4ワイヤーインターカムの操作パネルには相手先を選択できる選択キー（ボタン）が多数付いています。2ワイヤー・インターカムがパーティーライン（4ワイヤーで言う会議モード）が基本であるのに対して、4ワイヤー・インターカムでは1対1の通話が基本となっています。もちろん、多数の通話先を選択しておいての1対多通信や、あらかじめグループを組んで一つのキーに設定しての多対多のグループ会議なども可能です。

4ワイヤー・インターカム・システムではマトリックス機能を利用して多数のグループを階層的に組むことが可能です。つまり、複数のグループの責任者のグループ、又その上のグループなどのように。このような機能を利用して放送局のコミュニケーション、大規模な劇場やイベントの運営、大規模なディリーティング・ルーム、大規模災害時の指揮更には軍事的な通信にも利用されています。

デジタル・プロセッシング・4ワイヤー・マトリックス



ワイヤレス・インターカム

インターカムは便利ではありますが、有線方式のために不便な面も多いのです。

スタジアムを利用した大規模コンサートの時など、特設舞台の下で安全確認のために走り回るスタッフなどは有線方式だと大量に存在する柱が邪魔で動きが取れなくなってしまいます。そのような場合にはワイヤレス・インターカムが大いに役に立ちます。

ワイヤレス・インターカムの原理

有線式のインターカムは歴史は長いですが、無線方式が普及し始めたのは10数年前からです。それには理由があります。

ワイヤレス・インターカムでは、複数の子機（ベルトパック）からの音声を親機（マスター・ベースステーション）でミックスし、複数のベルトパックに向けて別の周波数で送信します。ベルトパックでは、送信を行いながら別の周波数で同時に受信しているため、同時双方向の通信が可能となります。そのかわり、N個のベルトパックが存在するアナログ・ワイヤレス・インターカム・システムではN+1個の周波数が必要でした。交互送信のトランシーバーなら一つの周波数を全員で共有して使用できますが、同時双方向のワイヤレス・インターカムでは大量の周波数が必要になります。そのため、アナログ方式のワイヤレス・インターカムでは周波数の使用効率が悪く電波の無駄づかいをしていると判断され、連続送信する場合は送信出力は1mW以下に制限しなければならないという厳しい電波法の規制がかけられました。それがワイヤレスの普及が進まなかった理由です。

2000年代初頭に米国で周波数ホッピング・スペクトラム拡散方式を採用した2.4MHz帯ワイヤレス・インターカムが発売され、高額で手が届かなかったワイヤレス・インターカムが実用的で身近な存在になりました。この周波数ホッピング技術は、第二次世界大戦中に米国に亡命した女優ヘディ・ラマーと作曲家ジョージ・アンタイルの共同開発によるものです。

周波数ホッピングや時分割データ通信により音声をデータ通信としたことから、電波の使用効率が飛躍的に改善され、デジタル・ワイヤレス・インターカムではより強い電波を用いることができるようになりました。

受信の欠落を防ぐ工夫

デジタル・ワイヤレス・インターカムは、音声をデジタル化してデータ・パケットに変換し送受信を行います。コピーしたデータ・パケットを複数回送り、受信側で最も受信強度の強いパケットを選択してパケット・ロスを防いだり、パケットを送る順番をわざとランダムに入れ替えて送り、受信した後に元の順序に戻して、もし妨害を受けてもパケットが連続して欠落しないような賢い方法をとっている機種もあります。これは、紙に書かれた文章を連続して塗りつぶすと何が書いているのかわからないが、塗りつぶす箇所が飛び飛びだと文章の前後関係から何が書かれているかを推測できるのと同じようなものです。そのため、障害に強い機種は多少のディレイが生じます。

このような対策を行っても、システム全体で同時に送れるパケット量は限られているので、親機と子機を含めた同時送信数には制限があります。このことをワイヤレス・インターカムを運用するときには頭に入れておく必要があります。

ワイヤレス・インターカムの電波障害対策

ワイヤレス・インターカムでは電波障害の可能性も考慮しておく必要があります。大電力をインバーターで制御する機器の制御周波数がどんどん上昇しており、制御周波数の高調波周波数が1.9GHzや2.4GHzに達してきています。コンサートで使用する大電力デジタル・パワーアンプからも、少なくない高周波が発生しています。大電力機器が多数存在する大きなイベントでは、妨害波の有無を事前に確認しておく必要があります。また場合によっては異なる周波数のインターカムや有線インターカムもバックアップのために用意することも必要です。

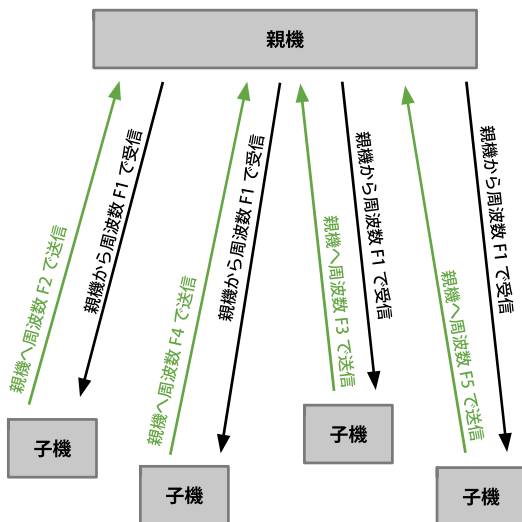
本来、大電力機器からのノイズとしての（不要輻射波）も規制されなければならないのですが、日本では電波を有効利用する無線機器については厳しい規制がある一方で、大電力機器からノイズとして空間に放射される電波ノイズは規制の対象になってはいません。自主規制があるのみで、ほぼ野放し状態であると言えます。

無線機器の方は1mWや10mW、100mWでの規制がかかっているが、数百kWの電力機器が稼働するビック・イベントにおいて、その数パーセントの電力ノイズが気になっていると仮定すると、数kWのノイズが出ている可能性もあります。そうしたイベントでは、電波ノイズがスペクトラム・アナライザーの全帯域にわたってびっしり存在することがあります。2.4GHz帯は込み合っているという風評を聞きますが、実際に問題を起しているのは無線機器ではなく、ノイズの多い大電力機器からの電波ノイズが原因であることが多いです。

そのため、障害が予想される現場では、無線/優先複合型インターカム・システムの構想を検討したいです。あちこち歩き回るスタッフはワイヤレス・インターカムを装着し、ベルトパックとマスター・ステーションの距離をできるだけ近づけ、マスター・ステーションの有線インターカム接続ポートから有線インターカムに接続することで、信頼性が向上すると思われます。

アナログ・ワイヤレス・インターカム

親機は、子機から送られてきた電波をそれぞれの周波数で受信。音声信号に変換した後ミックスして、子機の周波数とは別の周波数で送り返す。子機がN個存在するときは、N+1の周波数が必要。



デジタル・ワイヤレス・インターカム

親機は、子機から送られてきたパケット音声をすべて送り返す。子機は自分が送信したパケット以外のパケット音声をミックスしてヘッドセットに送るため、自分の声がうるさく聴こえない。多数の周波数を高速で切り替えて通信するので、他の無線機器への影響が小さい。パケット通信なので同時に送れる最大データ量には制限があるため、同時に送信できる子機の個数には制限がある。

パケットの概念
 パケットとは英語で小包を表す。データを入れた小包に宛先と差出人、小包の通し番号が記入されていく。受け取った側は通し番号順に戻してから開梱しデータを繋いでいく。

