

# ギガビットLANに対応した省施工モジュラプラグ

## Easy Installation Modular Plugs for Gigabit LAN

山下 耕司\* ・ 矢野 洋子\*\* ・ 中樋 和男\*\*\* ・ 坂本 俊文\*\*\*  
Koji Yamashita Yoko Yano Kazuo Nakahi Toshifumi Sakamoto

ギガビットLANに対応するモジュラプラグにおいて、ワイヤ型のジャック接続端子および絶縁被覆除去型のケーブル接続端子を装着したプリント基板に漏話付与回路を形成してカテゴリ5eおよびカテゴリ6に対応した伝送性能をもたせることで、伝送速度1Gb/sのツイストペアLAN情報配線システムに使用可能で結線も容易な省施工型のモジュラプラグを開発した。

これにより、従来は結線作業に専用工具とスキルを要し、伝送性能の確保も難しかったが、汎用工具による確実に簡単な結線作業と安定した伝送性能を実現した。また、不慣れな作業者では一般的なプラグの場合は3分以上の作業時間を要するのに対し、開発品は1.5分程度に短縮できる。

An easy installation type LAN modular plug has been developed. It consists of wire type contact terminals and insulation displacement connection terminal attached to a PC board that provides crosstalk compensation circuits. The transmission performance is equivalent to category 5e and 6 and applicable to a twisted-pair LAN cabling system operating at a transmission speed of 1 Gb/sec.

A conventional LAN plug requires a special tool and skills for connecting the wires, and the operation accuracy affects the transmission performance, however, the developed plug ensures a stable transmission performance after simple connection operations by using general-purpose tools. A plug termination normally requires 3 minutes or more by an unskilled operator with a conventional plug, but the time can be reduced to 1.5 minutes with the newly developed plug.

## 1. ま え が き

パーソナルコンピュータやインターネットの普及に伴い、住宅内でもローカルエリアネットワーク（LAN）が用いられるようになった。ここではツイストペアケーブルを使用したLANが用いられ、当社でも、それに対応した製品を提供している。宅内LANの施工においては、ツイストペアケーブルの先端にモジュラプラグを取り付けてLAN機器に接続するのが基本であるが、従来の一般的なモジュラプラグでは結線作業に専用工具とスキルを要するとともに、結線作業の精度により伝送性能にばらつきが生じ、伝送性能の確保が難しいという問題があった。

そこで筆者らは、絶縁被覆除去（Insulation Displacement Connection：以下、IDCと記す）型のケーブル接続端子と漏話補償回路を形成した内部プリント基板を備えることで、

専用工具を用いることなく汎用工具のみで確実な結線と安定した伝送性能を得ることができるモジュラプラグを開発した。

## 2. モジュラプラグの課題と開発目標

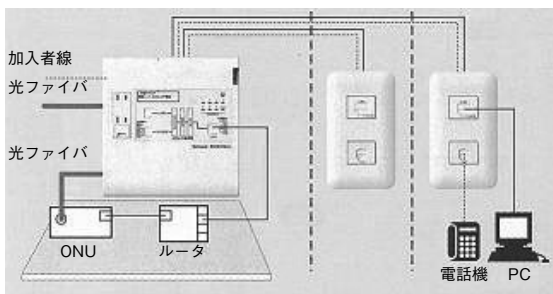
インターネットを導入する住宅内で先行してLAN配線を行う場合、ブロードバンドルータのあとに、スイッチングハブを設け、各室のLAN情報コンセントにケーブルを敷設する。当社では、この作業を手際よく行うためにスイッチングハブを内蔵した配線盤「まとめてねット」、「マルチメディアポート」などの製品を提供している。図1に、「まとめてねット」を使用した宅内LAN配線の施工例を示す。LAN機器同士はLANケーブルで接続され、機器側には8極8心のモジュラジャック（以下、ジャックと記す）、ケーブル端には適合するモジュラプラグ（以下、プラグと記す）

\* 情報機器事業本部 情報機器品質革新センター Quality Innovation Center, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

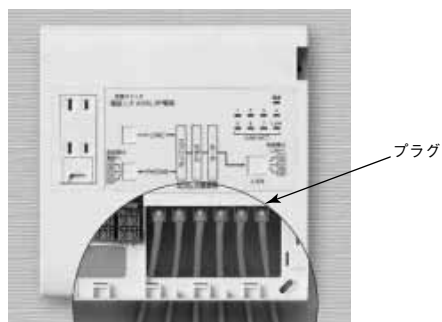
\*\* 情報機器事業本部 情報機器R & Dセンター Research & Development Center, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

\*\*\* 情報機器事業本部 配線器具事業部 Wiring Devices Division, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

を取り付ける。図2に、一般的なプラグ構造と結線方法を示す。

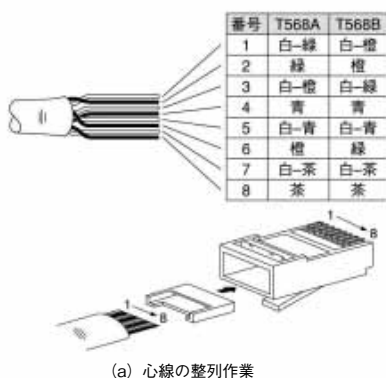


(a) 「まとめてネット」を使った宅内 LAN システム



(b) LAN ケーブル接続部

図1 宅内 LAN 配線の施工例



(a) 心線の整列作業



(b) 専用工具を用いた圧接

図2 一般的なプラグの結線方法

結線作業としては、ケーブルの心線を図2(a)のとおり整列してプラグ本体に挿入し、専用工具を使って圧接するもので、適切な施工には熟練を要した。また、結線ミスがあった場合は、一度使用したプラグでは再結線ができなため、新しいプラグを用いて作業を新たにやり直さな

ければならない欠点があった。

これらの問題点を解決する省施工型プラグの開発目標を表1に示すとともに、以下に開発の詳細を報告する。

表1 開発目標

施工方式	皮覆をむかず、ヘアごとに並べて結線する。 よりを戻さないで結線できる。 結線のやり直しができる。
使用工具	汎用工具（ニッパ、カッタ）で施工できる。
大きさ	幅 13.8 mm以下（一般的なプラグ同等）とする。
伝送性能	ギガビット LAN（1000BASE-T）に対応できる。 →カテゴリ-5e, カテゴリ-6 のシステム伝送性能を有する。

### 3. プラグの構造

#### 3.1 プラグの構造概要

プラグの開発ポイントは、次の2点である。

- (1) IDC 端子を利用したケーブル接続端子と端子ブロックの保護キャップを利用した IDC 端子への心線押込み。
- (2) ワイヤ型のジャック接続端子と IDC 型ケーブル端子を漏話付与回路が形成されたプリント基板に一体化。

図3にプラグの全体構造を示す。ワイヤ型のジャック接続端子と IDC 型のケーブル接続端子をプリント基板に装着したプリント基板ブロック、ボディー、保護キャップ、およびカバーで構成される。

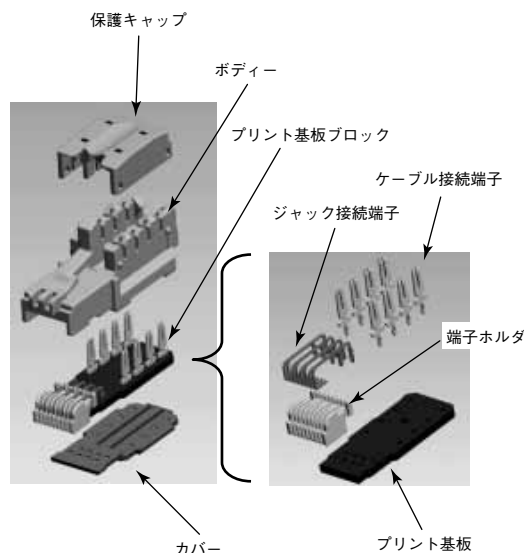


図3 開発品の構造

いずれの端子も基板スルーホールより若干幅広の端子を圧入するプレスフィット方式でプリント基板に実装し、無はんだ接続を実現している。

#### 3.2 ケーブル接続端子部

ケーブル接続端子には IDC 端子を採用している。ケーブル心線を IDC 端子のスリット部に押し込むことによって、

絶縁被覆が除去され、心線導体が圧接される。IDC 端子はプラグの幅を小さくするため、プリント基板の両側に2対ずつ直線上に配置している。また図4に示すように、このIDC 端子を覆うポディーは、ケーブル心線挿入部分の突起を角錐形のテーパ形状にすることにより、心線の挿入性を高めるとともに、より戻しを抑えるケーブル成端を実現している。心線の押込みは押込片を有する保護キャップを用いるため、専用の工具が不要である(図5)。

不慣れた作業では一般的なプラグの場合は3分以上の結線作業時間を要するのに対し、本構造を採用した開発品は1.5分程度に短縮できる。

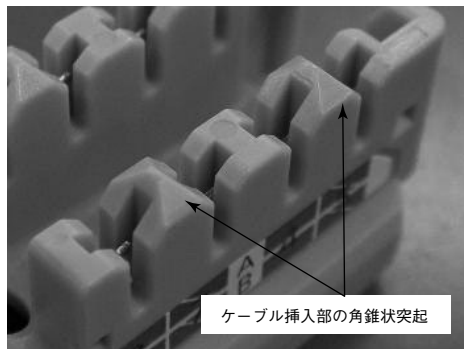


図4 ケーブル接続端子部の形状



図5 保護キャップを使ったケーブル接続

### 3.3 ジャック接続端子部

一般的なプラグは、ジャックとの接点となる板状の導体を成形品のスリットに挿入してケーブル心線に圧接することで電氣的に接続している。これに対して開発品は、製造組立性を考慮して、ジャックとの接点となるジャック接続端子部を8本の折り曲げたワイヤ状の導体で構成している。漏話性能を確保するため、導体を千鳥形の配置にして隣接する導体間の離隔距離を大きくしている。

### 3.4 プリント基板部

両面プリント基板で電線接続端子とジャック接続端子間の信号接続を行うとともに、プラグ漏話の設計を行い漏話付与回路を形成している。これについては、4.3節で述べる。

## 4. 伝送路の設計

### 4.1 重要となる伝送性能パラメータ

情報配線システム性能規格(JIS X 5150, ISO/IEC 11801, ANSI/TIA/EIA-568-B)に示されているカテゴリ5eおよびカテゴリ6の伝送性能要求には、システム伝送性能要求値やコネクタの伝送性能要求値が規定されており、そのなかでも漏話性能が重要なパラメータである。そこでカテゴリ5eおよびカテゴリ6のシステム伝送要求を実現するプラグを実現するため、漏話性能を中心とした技術検討を行う。

### 4.2 モジュラコネクタの漏話モデル

モジュラコネクタはももとは電話用に開発され、プラグとジャックがあり、その嵌合部の端子配列や寸法がIEC 60603-7規格で規定されている。電話用モジュラコネクタそのままでは、カテゴリ5eおよびカテゴリ6規格で規定されている漏話性能を満足できない。そこでLAN用モジュラコネクタでは、ジャック内部にプラグの漏話を相殺する漏話補償手段を組み込むことにより、漏話を低減している。

平衡伝送路の対間には発生する漏話は、図6に示すように、隣接した伝送路における静電結合のアンバランスと電磁結合のアンバランスにより生じる。

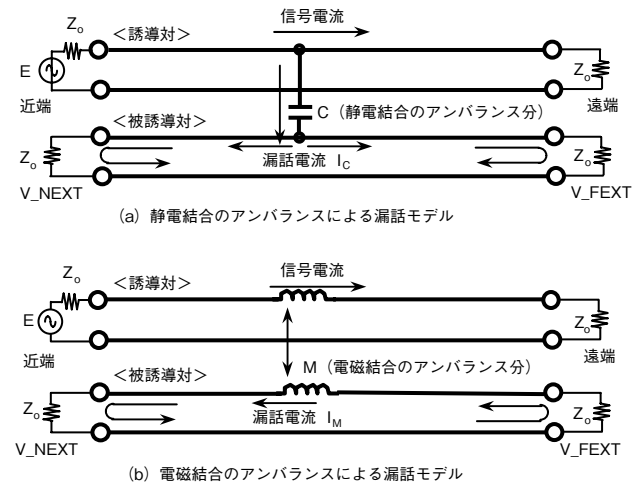


図6 2対間漏話モデル

静電結合のアンバランスで生じる漏話電流  $I_C$  は近端と遠端で逆向きに流れる。一方、電磁結合のアンバランスで生じる漏話電流  $I_M$  は近端と遠端で同方向に流れ、近端漏話 NEXT および遠端漏話 FEXT のレベルは、漏話電流と近端および遠端における終端インピーダンス  $Z_0$  を用いて式(1)、式(2)で表すことができる<sup>1)</sup>。

$$V\_NEXT = (I_C + I_M) * Z_0 \quad (1)$$

$$V\_FEXT = (I_C - I_M) * Z_0 \quad (2)$$

8極8心モジュラコネクタの嵌合部におけるケーブルの配置は、3-6対が5-4対をまたぐため、3-6対と5-4対間の結合がもっとも大きくなる。したがって、3-6対と5-4対の間の漏話補償が最大の課題になる。この組合せにおいては、プラグでは、3-4間と5-6間に静電誘導と電磁結合があることから、それによる漏話を打ち消すためにジャック内部の3-5間と4-6間に静電結合を付加するとともに、3-5間または4-6間に電磁結合を付加する。図7にその等価回路を示す。

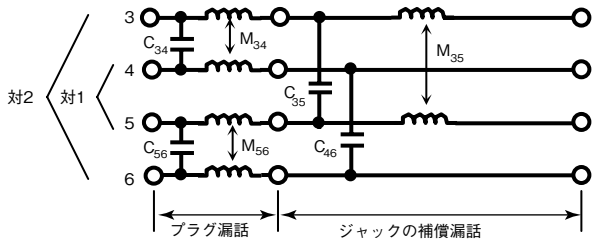


図7 モジュラコネクタの漏話補償モデル

#### 4.3 プラグ伝送路の開発（プラグ漏話の設計）

情報配線システム性能規格では、モジュラコネクタの性能は、プラグとジャックを嵌合した状態の性能で規定されている。なお、プラグ自身の性能規定はないが、ジャック試験時に嵌合させる試験用プラグ漏話性能の規定を設けている。

今回の開発では、伝送規格に示されている試験用プラグの漏話規定に近い漏話をプラグ内部に形成し、当社の「ぐっとすジャック」と組み合わせてシステムを構成したときに、十分な漏話性能を実現できるようにしている。

一般的なプラグでは、板状の端子導体が平行に並ぶ部分で図7における容量的な漏話結合  $C_{34}$ 、 $C_{56}$  が生じ、プラグ内部で導体が近接しているところで誘導的な漏話結合  $M_{34}$ 、 $M_{56}$  が生じている。

これに対して開発品では、ジャック接続端子部のワイヤ状導体間で誘導的な漏話結合  $M_{34}$ 、 $M_{56}$  を生じさせ、ジャック接続端子を基板に取り付けた部分近傍に楕形のパターンを設けて容量的な漏話結合  $C_{34}$ 、 $C_{56}$  を得ている。

漏話設計においては、漏話補償ベクトル図（図8）を用いて、プラグの漏話ベクトルおよびジャック嵌合状態の漏話を確認しながら、おのおのの漏話結合量を設定している。

ベクトル図は、漏話の大きさと位相を実軸 - 虚軸平面に表したもので、原点からの距離が漏話の大きさを、実軸からの角度が漏話の位相角を示しており、プラグの漏話およびジャックの漏話から嵌合状態の漏話を図式的に求めることができる。

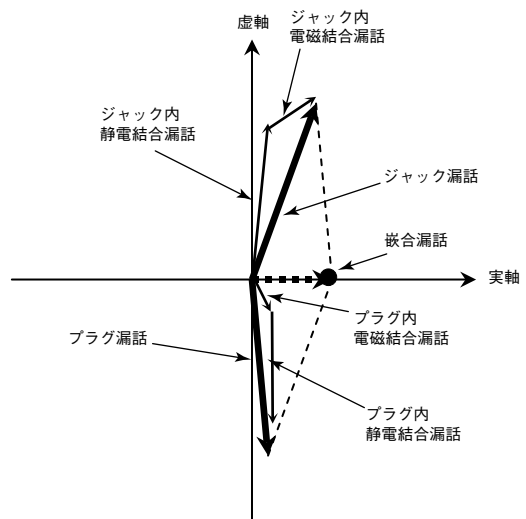


図8 漏話補償のベクトル図

開発した基板パターンを図9に示す。開発品では、一般的なプラグにはないケーブル接続用 IDC 端子を一行に配置しているため対間（4-7間、2-3間）の端子距離が接近することになり対間の漏話結合が増える。これに対しては、プリント基板パターンで4-8間、1-3間にそれをキャンセルする容量結合を入れることによって、その影響を低減させている。

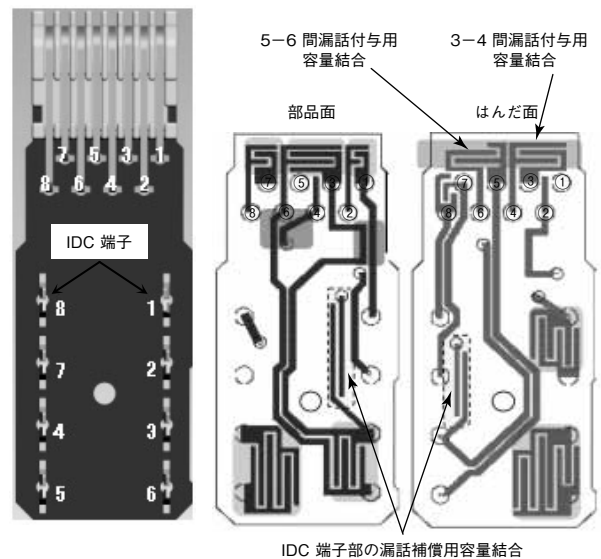


図9 プリント基板パターン

## 5. 開発品の性能評価

### 5.1 評価系

情報配線システム性能規格では、最大のシステム構成としてモジュラコネクタ4箇所のチャンネル構成が規定されている。本開発品の評価は、そのシステム構成で「ぐっとすジャック」に代表される当社のカテゴリ5e部材およびカテゴリ6部材と組み合わせて行う。

図10に評価システムの構成を示す。水平配線部のケーブル長さは、最短15mと最長80mの長さで評価している。

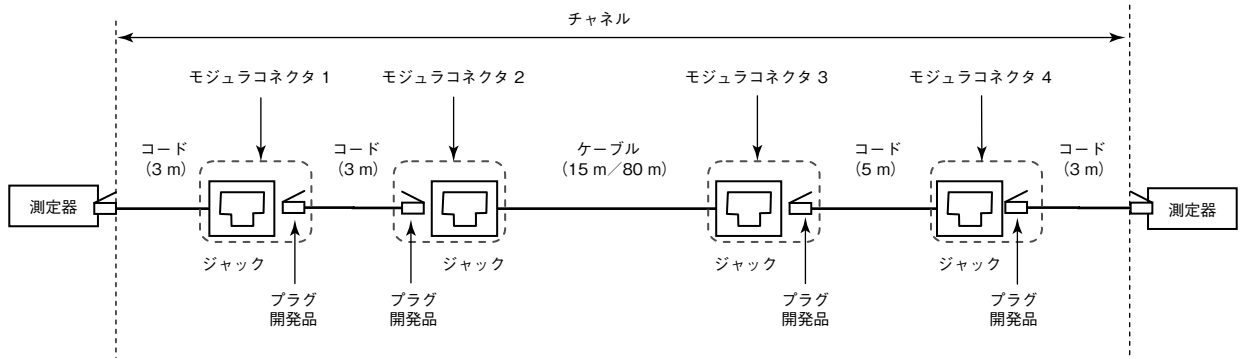


図10 評価システム構成 (モジュラコネクタ4箇所のチャンネル構成)

## 5.2 評価結果

主要な性能パラメータのチャンネル性能評価結果を表2に示す。また、図11にカテゴリ6部材と組み合わせたときの近端漏話減衰量 (NEXT), 等レベル遠端漏話減衰量 (ELFEXT), 反射減衰量 (RL) の特性例を示す。

いずれの結果も、規格値に対して十分大きな値になっており、マージンを有していることが確認できる。

表2 チャンネル性能評価結果

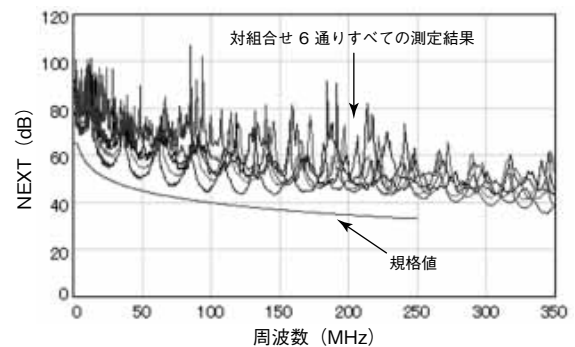
性能項目	カテゴリ5e部材と組み合わせたときのカテゴリ5e規格値に対するマージン最悪値 (dB)	カテゴリ6部材と組み合わせたときのカテゴリ6規格値に対するマージン最悪値 (dB)
近端漏話減衰量 NEXT	9.2	3.3
電力和近端漏話減衰量 PSNEXT	10.1	5.6
等レベル遠端漏話減衰量 ELFEXT	9.0	11.8
電力和等レベル遠端漏話減衰量 PSELFEXT	10.4	13.2
反射減衰量 RL	7.1	5.4

## 6. あとがき

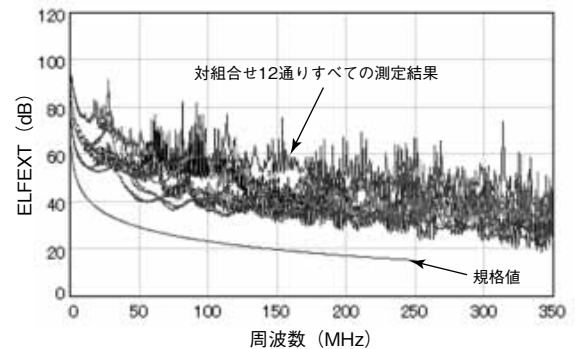
ワイヤ型のジャック接続端子および絶縁被覆除去型のケーブル接続端子を装着したプリント基板に漏話付与回路を形成し、カテゴリ5eおよびカテゴリ6に対応した伝送性能をもたせることで、伝送速度1Gb/sのツイストペアLAN情報配線システムに使用可能で結線も容易なギガビットLAN対応プラグを開発した。

その結果、従来は結線作業に専用工具とスキルを要し、伝送性能の確保も難しかったが、汎用工具による確実で簡単な結線作業と安定した伝送性能を実現した。また、不慣れな作業では一般的なプラグの場合は3分以上の作業時間を要するのに対し、開発品は1.5分程度に短縮できた。

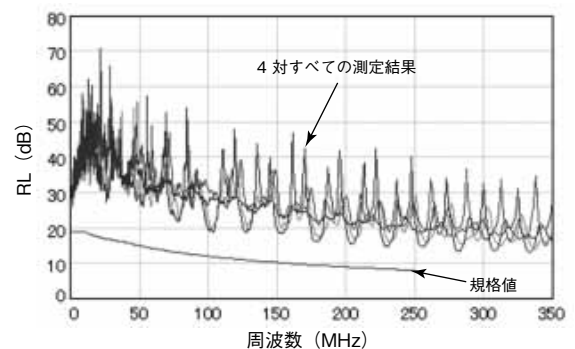
これらの特徴を有するプラグは、今後の宅内LAN配線システムのさらなる普及に寄与すると考えている。



(a) 近端漏話減衰量 (NEXT)



(b) 等レベル遠端漏話減衰量 (ELFEXT)



(c) 反射減衰量 (RL)

図11 カテゴリ6部材と組み合わせたチャンネル性能

**\*参考文献**

- 1) 山下 耕司, 西村 太, 奥野 裕寿, 中樋 和男, 川勝 正晴: ギガビット LAN 対応情報モジュラジャック, 松下電工技報, Vol. 52, No. 4, p. 56-61 (2004)

**◆執筆者紹介**



山下 耕司  
情報機器品質革新センター



矢野 洋子  
情報機器 R & D センター



中樋 和男  
配線器具事業部



坂本 俊文  
配線器具事業部