

光ファイバ束を用いた音声信号分配器

波々伯部 圭佑*・小 川 健一朗**
末 吉 智 博**・牧 原 竜 也**

A sound signal divider using bundle of optical fibers

Keisuke Hohkabe, Kenichiro Ogawa,
Tomohiro Sueyoshi and Tatsuya Makihara

In vocalization of sound from a number of speakers at a same time, output signal from one microphone is amplified and divided into a number of speakers. An important problem has been impedance matching between output of amplifier and input of a number of speakers.

In this study, light modulated by output signal from one microphone is divided into a number of bundle of optical fibers with O/E converter, amplifier and speaker.

It is considered from experimental results that influence of impedance matching can be reduced in its system.

1. まえがき

1つのマイクロホンに入力した音声を幾つかのスピーカーを用いて発声する場合、拡声アンプの出力インピーダンスと幾つかのスピーカーを総合した入力インピーダンスとの間のインピーダンス整合を考慮することから両者の間で並列接続あるいは直・並列接続などを行っている。しかも電氣的にパワーレベルの高い最終段で行われることになる。

これに対してパワーレベルの低い段階、マイクロホン出力の段階で行う一例として、光ファイバ束を利用した音声信号分配器を試作し、基本的な特性について考察した。

この方式においては、発光ダイオードを用いた光変調回路によって音声信号で変調された変調光をつくり、この光を光ファイバ束の一端に入射させ、伝送する。

光ファイバ束の他端は、幾つかのファイバ束に分けてあり、音声信号は同時に幾つかに分配される。ここでは、加工などが容易なプラスチック光ファイバを用いた例について述べる。

また、光変調回路に発光ダイオードを使用しているのは、発光ダイオードの光はファイバ束全面により一様な光を入射させ易いことと、音声信号の周波数帯域での発光ダイオードの変調で十分な変調特性が期待できるからである。

* 電気工学科 ** 電気工学専攻大学院生

ここでは、試作した光ファイバ束を用いた音声信号分配器の基本的な特性について述べる。

2. 光ファイバ束を用いた音声信号分配器の構造と回路

2.1 音声信号分配器の構造

試作した音声信号分配器の外観を図1に示す。

光ファイバ束の一端は、コア径 $250\ \mu\text{m}$ のプラスチックファイバ110本を束ねてあり、他端は、各22本ずつに5分割したファイバ束の構造とした。

110本側のファイバ束には発光ダイオードからの変調光が効率的に入射できるようにした。実験結果から、発光ダイオードとファイバ束との間隔は約4mmとした場合が最も効率的であった。他端の5分割した各ファイバ束は、それぞれにフォトダイオードを直付けできるように受光面の大きいフォトダイオードを用いた。

また、ファイバ束と発光ダイオードやフォトダイオードとの何れの結合部も外部からの光が入射できないように覆った。図2には、音声信号分配器のファイバ束部の構造を示している。

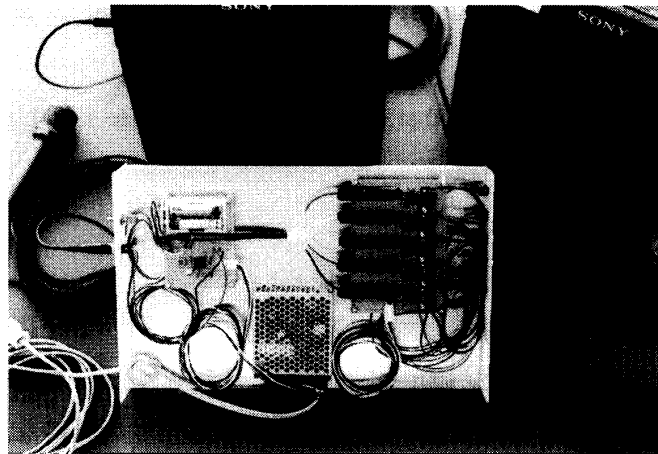


図1 音声信号分配器の外観

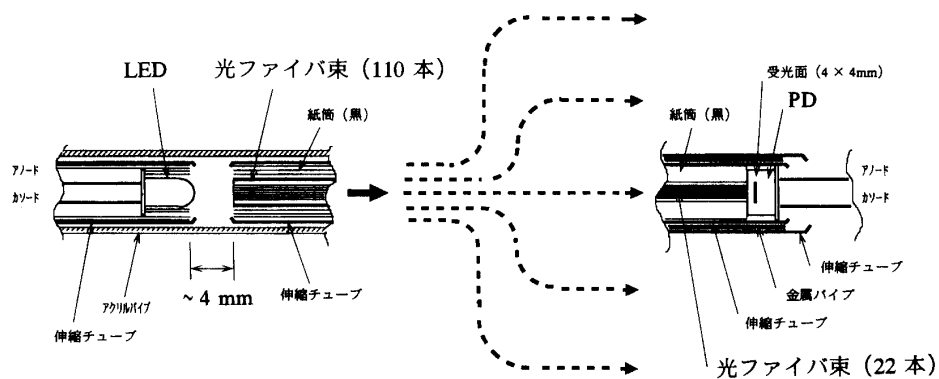


図2 光ファイバ束による変調光の分配（ファイバ両端部の構造）

2.2 音声信号分配器の変調回路と受光回路

図3には、音声信号分配器の変調回路と受光回路を示す。

変調回路については、マイクロホンからの出力信号をオペアンプにより増幅した後、発光ダイオード回路に加える。コイルには音声信号に相当する信号電圧が発生するので、これから発光ダイオードの直流電流に重畳する音声信号電流が得られ、発光ダイオードの光量はある一定量を中心に音声信号の大きさに比例して変化することになる。

本分配器に使用した発光ダイオードの電圧－電流特性を図4に示す。

受光回路については、他端のファイバ束から出射する変調光をフォトダイオードで受光し、オペアンプの電流－電圧変換回路により変調光の大きさに比例した電圧を得、これを1段増幅して既存の拡声装置に入力している。

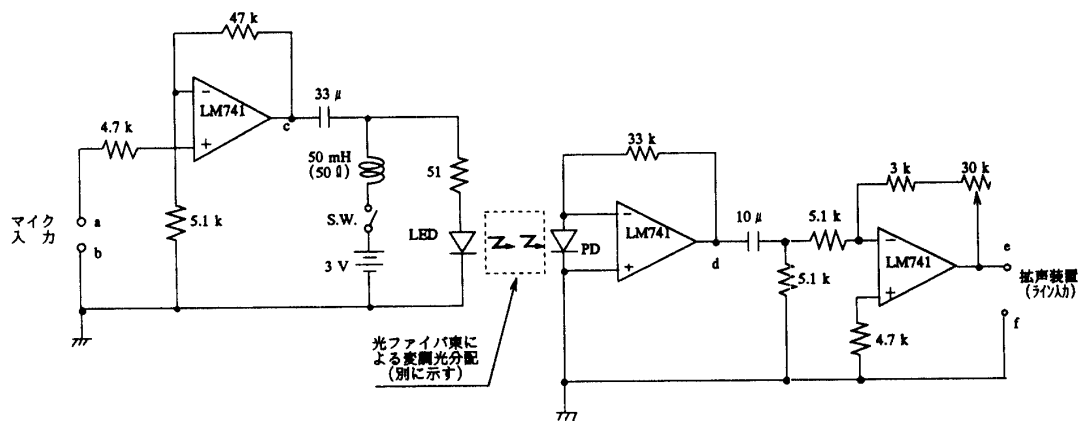


図3 音声信号分配器の回路構成

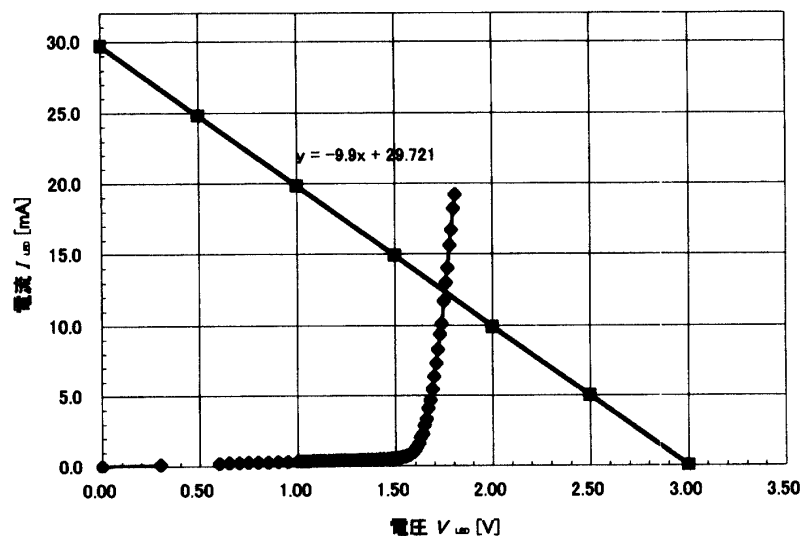


図4 発光ダイオードの電圧－電流特性

3. 試作した音声信号分配器の基本的特性

3.1 変調回路の等価回路

変調回路の等価回路は図5のように書ける。

この等価回路について、信号電圧（マイクロホン出力を増幅した後の電圧） V_i と発光ダイオードに流れる音声信号電流 I_{LED} の関係を求めると次のようになる。

等価回路の各インピーダンスを

$$\begin{aligned} Z_1 &= 1/j\omega C & Z_2 &= j\omega L + r \\ Z_3 &= R + r_{LED} \end{aligned} \quad (1)$$

とおくと、次式が成り立つ。

$$V_i = (Z_1 + Z_2) I_1 - Z_2 I_2 \quad (2)$$

$$0 = (Z_2 + Z_3) I_2 - Z_2 I_1 \quad (3)$$

$I_2 = I_{LED}$ であるから、(2)、(3)式より、 I_{LED} / V_i の関係を求め、さらに、(1)式の回路定数を用いて表すと、

$$\frac{I_{LED}}{V_i} = \frac{Z_2}{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1} = \frac{-\omega^2 CL + j\omega Cr}{\{R + r + r_{LED} - \omega^2 CL(R + r_{LED})\} + j\omega\{Cr(R + r_{LED}) + L\}} \quad (5)$$

となる。上式の各回路定数に、図3の回路定数の値を用い、図4の発光ダイオードの特性から求められる $r_{LED} = 8 \Omega$ を用いて、 $|I_{LED} / V_i|$ の周波数特性を求めると、図6のようになる。

また、 V_i と I_{LED} の位相差の周波数特性は図7のようになる。

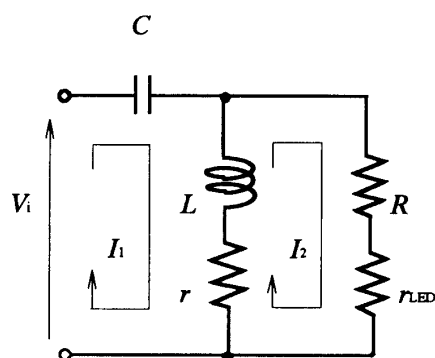


図5 変調回路の等価回路

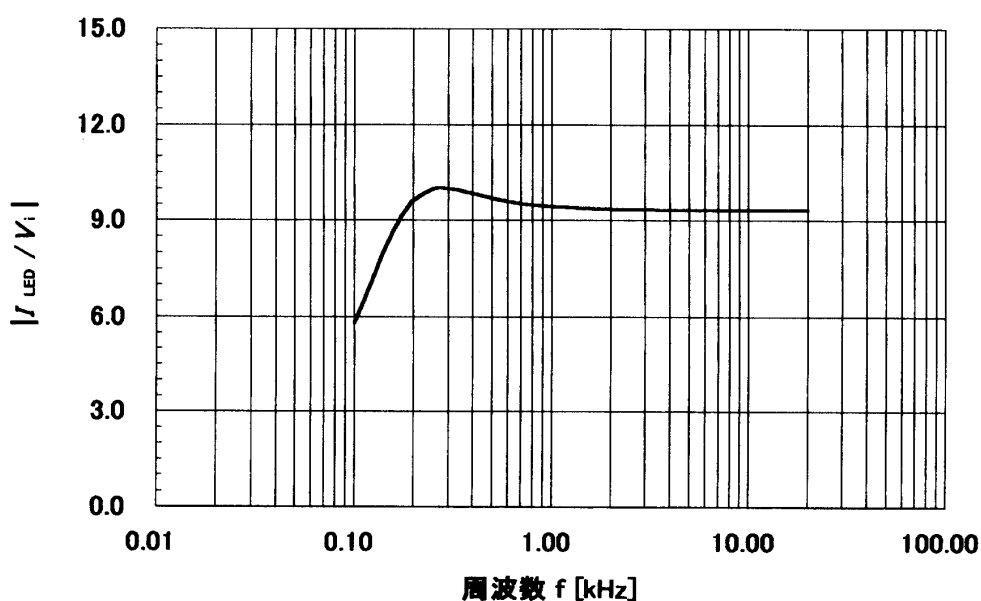


図6 変調回路の周波数特性

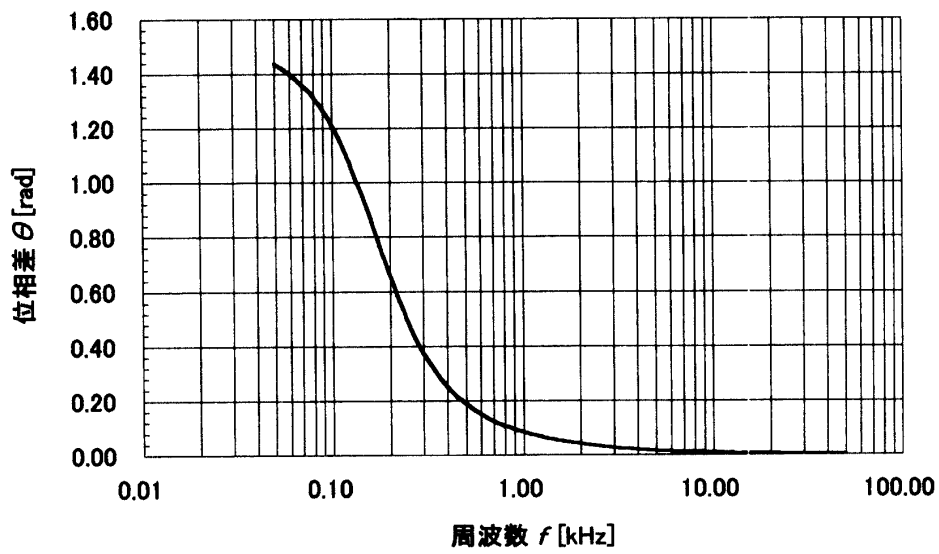


図7 位相差の周波数特性

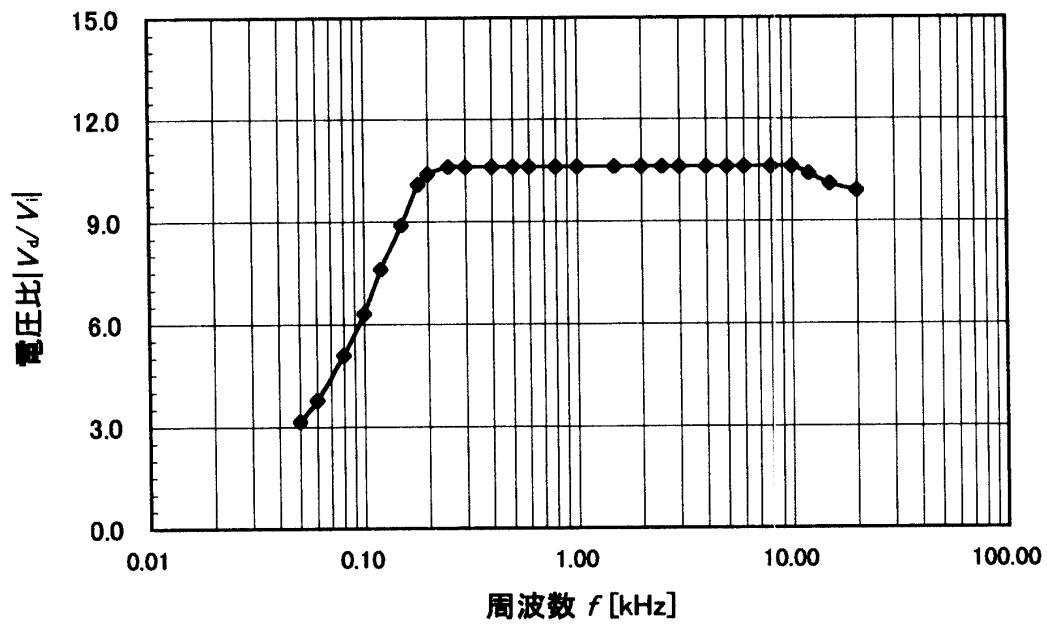


図8 電圧比 $|V_d/V_i|$ の周波数特性

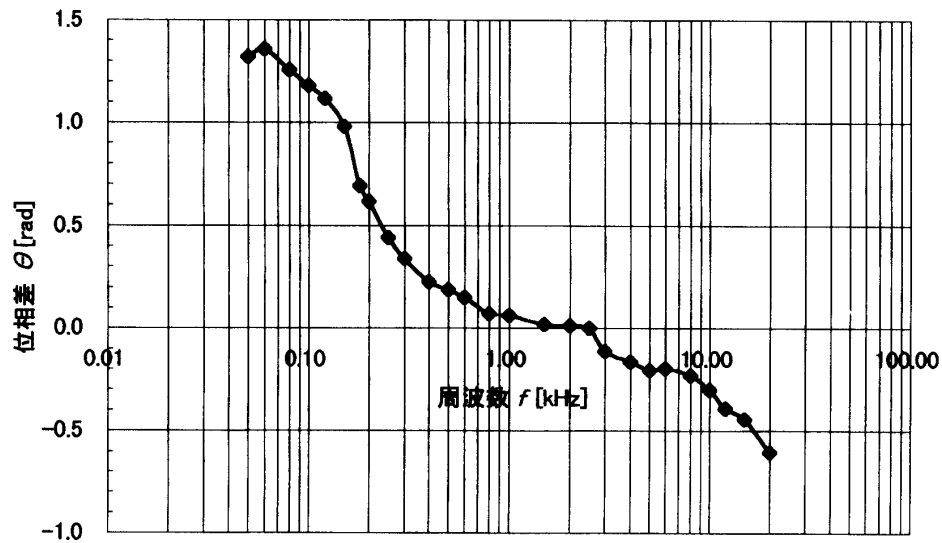


図9 位相差の周波数特性

3.2 基本特性の測定

図3の変調回路のab端子間に正弦波電圧 V_i を入力し、受光回路の電流－電圧変換回路の出力、すなわち、d点の電圧 V_d を測定して図6の $|I_{LED}/V_i|$ に対応する電圧比 $|V_d/V_i|$ の周波数特性を求めた。また、電圧 V_i と V_d の位相差の周波数特性を求めた。

これらの結果を図8、9に示す。

電圧比 $|V_d/V_i|$ が $|I_{LED}/V_i|$ に相当することは、発光ダイオードに流れる電流と発光ダイオードの光量は比例関係にあり、この光量とフォトダイオードの短絡電流が比例し、d点の電圧 V_d は短絡電流に比例していることから、d点の電圧は発光ダイオードの光量に比例すると言えるからである。

図6と図8を比較すると、測定で得られた電圧比 $|V_d/V_i|$ は計算結果とほぼ一致している。また、測定結果の図8から、変調回路の周波数帯域は約120 Hz～10 kHzと言える。

位相差の周波数特性は、図7の計算結果では進み位相であるが、電圧 V_i と V_d の位相差の測定では遅れ位相が見られた(図9参照)。

これは発光ダイオードの抵抗の周波数特性とコイルが有する抵抗に起因していると思われる。

4. まとめ

すでに、光ファイバ利用の一例として、光ファイバ束を用いた音声信号分配器を試作し、基本特性を求めた⁽¹⁾。

本研究では、さらに本システムのコンパクト化をはかり、マイクロホンや拡声装置は既存のものを複数個使用して基本特性の測定を行い、計算結果との対比を行った。

本装置に既存の装置を接続して使用する場合と既存の装置を単独で通常通りに使用した場合とで音質に殆ど差異は認められなかった。

このことは周波数特性の測定結果からも伺える。

このように、本システムは光ファイバ束を使用して簡易に音声信号を分配できると言える。また、本装置ではファイバ束を使用した分配であり、分割数は多くすることは容易であり、一方、ファイバ自体を目的に応じて延長することも可能である。

さらに、本方式では、既存の電氣的な方法で複数のスピーカーから発声する場合と比べてインピーダンス整合に対する考慮については軽減されるが、分割した回路にはそれぞれアンプ系を必要とするところに問題が残る。

参考文献

- (1) 波々伯部圭佑，伊佐地史朗，伊藤聡助，藤井淳一，“複数本の光ファイバを用いた音声信号分配の一方式”，D-31，平成10年度電気関係学会北陸支部連合大会。

(平成12年12月6日受理)