Recognition of Devoiced Vowels Using Optical Microphone Made of Multipled POF-Type Moisture Sensors

Masayuki Morisawa Member (University of Yamanashi)

Yoichi Natori Non-member (University of Yamanashi)

Tomohito Taki Non-member (University of Yamanashi)

Shinzo Muto Non-member (University of Yamanashi)

Keywords: Plastic Optical Fiber (POF), swelling polymer, optical fiber moisture sensor, devoiced breath, vowel recognition, DP matching

Conversation is the most practical and common form of communication. However, people with a verbal handicap feel a difficulty in producing words due to variations in vocal chords. This research has led to the development of a new devoiced microphone system based on differences between the moisture patterns for each devoiced breath, using a plastic optical fiber (POF) moisture sensor.

Figure 1 shows the sensor head structure of the POF-type moisture sensor with fast response. In this head, a moisture-sensitive polymer with a slightly larger refractive index than that of a fiber core, which causes swelling by attachment of water molecules, was coated on the fiber core with a diameter of 0.5 mm. So, in a dry state, this sensor head is a leaky type.

In the experiment, five sensor heads were used and were set in front of the mouth. When these sensors are exposed to humid atmosphere produced by devoiced breath, the refractive index in the cladding layer begins to decrease by swelling and then the POF sensor heads change to a guided type. This means that the output light intensities from each sensor head change.

Based on the above operation principle, we fabricated measurement system for the recognition of devoiced vowels as shown in Fig. 2. From the output light intensity changes of the five sensor heads, characteristic response patterns for the vowels in Japanese (a,i,u,e,o) were obtained. Then, we used the dynamic programming matching (DP-matching) method to obtain the voice discernment from the experimental response patterns. The values of 120 dimension vectors, which were obtained from the output signal of five POF sensor heads for 4.8 seconds sampled by 0.2 seconds, were used as the input patterns for the DP matching. As reference patterns, two or more patterns for one vowel are necessary, because output signals from the five POF sensors are different according to the direction of the mouth or strength of the breath. So, in order to obtain the most suitable reference patterns, we used the Iso-data algorithm combined with the DP matching from 300 training input patterns. The result

Fig. 1. Structure of POF-type moisture sensor

Fig. 2. Measurement system of moisture pattern in devoiced vowel breath.

Table 1. Result of vowel recognition for five devoiced breaths.

	Distinction rate	[a]	[i]	[u]	[e]	[o]
Subject 1	95.8%	87.0%	97.0%	100%	98.9%	97.9%
Subject 2	93.6%	100%	99.3%	86.9%	91.3%	93.2%
Subject 3	94.6%	87.1%	88.5%	100%	98.9%	97.9%
Subject 4	97.0%	88.1%	98.7%	100%	98.7%	98.9%
Subject 5	97.4%	88.7%	100%	99.2%	100%	95.0%

is shown in Table 1. From Table 1, a distinction rate of over 93% was obtained for five Japanese devoiced vowels. Therefore, using this system and a voice synthesizer, development of a new microphone for people with a functional disorder in the vocal chords seems to be possible. At present, trials to distinguish of devoiced consonants is underway in our laboratory.

マルチ POF 水分センサによる光マイクロホン構成と 無声母音識別

正 員 森澤 正之* 非会員 名取 洋一*
非会員 瀧 智仁* 非会員 武藤 真三*

Recognition of Devoiced Vowels Using Optical Microphone Made of Multiplied POF-Type Moisture Sensors

Masayuki Morisawa*, Member, Yoichi Natori*, Non-member, Tomohito Taki*, Non-member,
Shinzo Muto*, Non-member

A novel optical fiber microphone system for recognizing devoiced vowels has been studied. This system consists of the optical detection of moisture pattern formed by devoiced breath and its recognition process using a modified DP-matching. To detect moisture pattern of devoiced vowels, five plastic optical fiber moisture sensors with fast response were developed and used. Using this system, high discernment rate over 93% was obtained for the devoiced vowels. This system will be used for verbally handicapped people to create sounds with a small effort in the near future.

キーワード：プラスチック光ファイバ，膨潤性ポリマ，光ファイバ水分センサ，無声音呼吸，母音認識，DP マッチング

Keywords: Plastic Optical Fiber (POF), swelling polymer, optical fiber moisture sensor, devoiced breath, vowel recognition, DP matching

1. まえがき

音声による会話は，人間の最も一般的なコミュニケーション手段である。しかし，先天的あるいは後天的な障害や事故などで，その会話を行うことが困難な音声言語障害者や聴覚障害者が多数存在する。厚生労働省の平成 13 年 6 月における調査では，前者は 30.5 万人，後者は 3.4 万人である。音声による会話が困難な人達の主なコミュニケーション手段は，筆談，読話，そして手話である。しかし，これらの方法はかなりの訓練が必要であったり手間がかかったりするため，より簡便なコミュニケーション手段の開発が必要とされている。そこで本研究では，「会話」に近いコミュニケーション手段として，口の形を変えて呼吸を出すときの口付近の水分変化に着目した方法，すなわち，無声音呼吸中の水分分布の光学的検出による無声母音認識法を提案する。

一般に，母音の種類によって口の形状は異なり，それに伴う呼吸の空間分布には違いが見られる。この呼吸の分布の差異から無声音の判別を行うことができれば，会話に似

たコミュニケーション手段が確立できると考えられる。呼吸の違いを検出する簡便な方法の一つは，呼吸に伴う口周りの湿度・水分変化を測定することである。しかし，そのためには応答速度が極めて速く，かつ，空間的水分分布（以後，単に水分分布と略す）も測定可能なセンサヘッドを必要とする。筆者らはこれまでプラスチックファイバ (Plastic Optical Fiber: POF) を用いた POF 水分センサなどの開発^{(1)~(3)}を行ってきた。POF は電磁ノイズの影響を受けない，安価で軽量，柔軟性に富む，大口径のため接続が容易，安全性が高いなどの特徴を有しているため，鼻口近くの水分分布測定のためのセンサとしては最も有望と考えられる⁽⁴⁾。加えて，本 POF 水分センサは従来の水分センサと比べると速い応答特性を有する。そこで本研究では，この POF 水分センサを複数個用いることによって得られる水分分布パターンから，無声母音の認識を行うことを試みた。このシステムで得られるデータは，センサの個数分の次元を持つ時系列データのみのため，顔の動画像による音声判別や筋電位による音声認識⁽⁵⁾⁽⁶⁾よりも容易に処理が行えると考えられる。ここでは，その基礎的研究として単音無声母音の判別を考え，その処理方法としては DP マッチング法を用いて検討を行った。

* 山梨大学

〒 400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11

University of Yamanashi

4-3-11 Takeda, Kofu, Yamanashi 400-8511

Fig. 1. Operation principle of POF-Type moisture sensor based on structure change in sensor head from leaky-type to guided-one.

Fig. 2. Sensor head structure of POF-type moisture sensor.

Fig. 3. Observed response of POF-type moisture sensor to normal breath.

2. 高速応答 POF 水分センサの作製

数あるポリマの中には、検知対象となる物質に対して選択的に膨潤性を示し、その屈折率を減少させるものが存在する。便宜上、検知対象物質がないときのその屈折率を初期屈折率と呼ぶことにする。そのようなポリマをセンシングクラッド層（初期屈折率 n_2 ）として、屈折率 n_1 のコア上にコーティングした POF 型センサヘッドを構成する。このとき、初期屈折率 n_2 を n_1 より僅かに大きく設定しておくと、センサヘッド部はリーキー POF 構造となるので透過光強度は小さいが、検知対象物質（ここでは水分）があるとセンシングクラッド層は膨潤による屈折率低下を生じて $n_2 < n_1$ の通常の POF 構造（導波構造）に変化するため、透過光強度は急激に増加することになる。このとき、クラッドとコアの初期屈折率差 $\Delta n = n_2 - n_1 > 0$ が小さいほどリーキー構造から導波構造への変換が容易とな

り、センサ感度とともに応答速度も向上する⁽¹⁾。それらの様子を幾何光学的モデルで示したのが Fig.1 である。

上述の動作機構に基づいた POF センサとして、これまでヒドロキシエチルセルロース (HEC) をセンシングクラッド層に用いた POF 湿度センサ⁽²⁾を開発してきたが、秒単位で変化する呼気中水分のセンシングには応答が更に速い POF 水分センサが必要となる。そのため、幾つかのポリマ材料を検討した結果、水分に対する膨潤がより速いポリビニルピロリドン (PVP と略す; $n_D = 1.513$) をセンシングクラッド層に用いた POF 水分センサヘッドを製作した。Fig.2 にその構造を示す。ポリメチルメタクリル酸 (PMMA と略す; $n_D = 1.49$) をコアとする市販 POF（コア径 0.5mm ^φ）のクラッド層を 1,4 ジオキサンで除去し、替わりのセンシングクラッド層として、PVP と屈折率調整用ポリ弗化ビニリデン (PVDF と略す; $n_D = 1.42$) の混合ポリマを混合比 3:1 でジメチルスルホキシド溶媒に溶かしたものをディップコーティング法を用いて厚さ $1 \sim$ 数 μm で塗布した。このとき、PVP と PVDF の混合比を 3:1 とするとクラッド-コア間初期屈折率差を $\Delta n = 0.002$ と十分小さくすることができ、かつ、PVDF の疎水性によって水分子の脱着も速くなるため、センサの立上りおよび立下り応答を短くすることが期待できる。

製作した POF 水分センサを用いて測定した呼吸に伴う鼻口付近の水分変化のモニタ例を Fig.3 に示す。同図より本 POF 水分センサの応答速度は、息を吐き湿度が上昇するときには約 0.8 秒、息を吸い元に戻るには約 1.7 秒である。これより、呼気に追従できる速い応答を示していることが確認できる。言い換えれば、このセンサはそのまま呼吸状態センシング用としても利用可能と言える。⁽⁷⁾

3. POF 水分センサによる無声音母音の特徴抽出

新たに開発した POF 水分センサを用いて構成した光ファイバ無声音マイクロホンとその測定系を Fig.4, Fig.5 に示す。無声音マイクロホン本体は Fig.4 に示すようなマスク型のケースに 1.5cm 間隔で横 3 本、縦 2 本の POF 水分センサを配置したもので、被験者はこれを鼻を支えとして装着する。測定系は Fig.5 に示すように光源、導光用 POF、受光素子および信号処理系からなる比較的シンプルな構成となっている。光源には波長 532nm の YAG/SHG レーザを用いた。レーザからの光は 5 つに分岐されて、それぞれ導光用 POF を通して No.1 から No.5 までの 5 本のセンサヘッドへと送られる。各 POF 水分センサヘッドからの出力光は 5 本の出力側導光用 POF を通して受光素子であるフォトダイオード (PD) へそれぞれ伝送され、その光強度は電圧へと変換される。その信号は A/D コンバータ (KEYENCE 社: NR-500) によってデジタル信号へと変換され、コンピュータ (PC; DELL Inspiron 400: CPU Pentium3, 256Mbyte) で認識処理が行われる。

以上の実験を装置を用いて、母音の測定を行った。母音の測定前に 10 分間の予備練習を行い、1 母音につき 1 分間

Fig. 4. Photograph and Schematic model of optical fiber microphone head.

Fig. 5. Measurement system of moisture pattern in devoiced vowel breath.

測定を行った。母音に伴う呼気を吐いた後は、口の渇きや呼吸の関係から十分な呼吸を行ってもらう。そのため、測定間隔には十分なゆとりをもつために0.2秒毎に4.8秒間サンプリングしたものを1母音として測定した。

Fig.6には無声音母音に対応する各センサ出力の応答波形の代表的な例を示す。Fig.6(a)の無声音母音「あ」の場合、口を大きく開けて呼気を出すのですべてのセンサヘッドが大きく応答していることがわかる。また、(b)の「い」の場合は下方に向けて呼気を出すので下側のセンサヘッドNo.1, No.2と縦中央No.5の反応が大きく、No.3, No.4

はほとんど応答しない。(c)の「う」の場合は口を窄めて呼気を出すため、中央のNo.3とNo.5のセンサヘッドのみが応答する。(d)の「え」の場合は「い」と同様、呼気を下方に出すためにNo.2とNo.5のセンサヘッドが応答するが、呼気の方が「い」より上に向くのでセンサヘッドNo.2の応答も大きくなる。さらに、(e)の「お」の場合は「う」よりも若干口を大きく開くのでNo.1以外のセンサヘッドはすべて応答する、などの特徴が見てとれる。このように、各母音に対応する無声音呼気に対して各々特徴ある水分分布パターンを示すことが確認できた。

4. 無声音母音の識別手法とその結果

以上のような実験から、各母音の無声音に対して特徴ある信号出力を検出できることが明らかになったので、これらの信号から各母音の識別を試みた。

無声音呼気では異なる母音同士であっても呼気の強さやセンサの位置によってセンサ応答の大きさが異なるため、単純に波形のピーク部分の特徴のみでの認識は難しい。そのため、認識には波形全体の情報を用いることが望ましいと考えられる。また、無声音呼気は音声等と同様に、その継続時間は非線形に伸縮する。従って、時間軸を非線形に伸縮する時間正規化が必要となる。そこで本研究では、文字列の近似的照合や音声認識などでよく使われるアルゴリズムの一つであるDPマッチング法を使用することとした。DPマッチング法は動的計画法を用いたマッチング手法であり、伸縮を伴うパターン間距離を最小とするような非線形な対応関係を効率的に抽出できる⁽⁸⁾。したがって、無声音呼気の識別に対しても適していると考えられる。

最初に、Fig.6に示した各母音1パターンずつの代表的なセンサ出力パターンをプロトタイプとして、DPマッチングを行ってみた。入力値は、5本のPOFセンサからの値を0.2秒毎に4.8秒間サンプリングした120次元ベクトルのものを用いた。しかし、その識別結果は認識率が70%とそう高い値ではなかった。この原因を調べるために、誤認識したデータを比較したところ、同じ母音でも唇の向きや息の強弱によってセンサ出力パターンに違いがあるため生じたことがわかった。従って、プロトタイプは前述の各母音一つずつの5パターンでは不十分であり、母音ごと複数パターンのプロトタイプが必要とされる。しかし、その必要とされるパターンの数は明らかではない。そこで、正しく、かつ、十分な数のプロトタイプを得るために非階層型クラスタリングの手法⁽⁹⁾を用いることとした。

本研究では、586個の訓練データからIsodataアルゴリズムにDPマッチングの手法を併用することでプロトタイプを作成した。Isodataアルゴリズムは、クラスタリングの方法の一つであり、最も基本的なK平均法に融合と分割を取り入れることによって、クラスタ数が未知のものをクラスタに分類していく方法である。ここでは、Isodataアルゴリズムによって得られたクラスタ中心をプロトタイプとすることにする。以下に、そのアルゴリズムを示す。

Fig. 6. Observed moisture Patterns in five devoiced vowel breaths.

ステップ 1) パラメータの設定

以下を設定する。

クラスタ数 N_c の初期値

クラスタ中心 z_i : ($i = 1, \dots, N_c$) の初期値

θ_k : クラスタの最小要素数

θ_s : クラスタの分散に関する閾値

θ_c : クラスタ間の距離に関する閾値

ステップ 2) 訓練データのクラスタへの分類

すべての訓練データ x を,

$$\min_{i=1, \dots, N_c} \|x - z_i\| \Rightarrow x \in S_i \dots \dots \dots (1)$$

によってクラスタ S_i に分類する。ここで距離 $\|x - z_i\|$ は DP マッチングを用いて求める。

ステップ 3) 要素数が最小要素数より少ないクラスタの除去

クラスタを形成する要素の個数が θ_k よりも小さい場合は、そのクラスタと要素を除去する。

ステップ 4) クラスタ中心の更新

クラスタ中心の更新を,

$$z_i = \frac{1}{N_i} \sum_{x \in S_i} x \quad (i = 1, \dots, N_c) \dots \dots \dots (2)$$

によって行う。ただし N_i はクラスタ S_i の要素数である。

ステップ 5) 終了

ステップ 2) からステップ 10) を 15 回繰り返せば終了

ステップ 6)

クラスタ数 N_c が極端に多い場合、もしくは繰り返しの回数が奇数回のとき、ステップ 7) へ。

クラスタ数 N_c が極端に少ない場合、もしくは繰り返しの回数が偶数回のとき、ステップ 9) へ。

ステップ 7) クラスタの融合

DP マッチングを用いて計算したクラスタ中心間距離 $D_{ij} = \|z_i - z_j\|$ が θ_c よりも小さいクラスタ S_i と S_j を次式により 1 つにまとめる。

Table 1. Number of made clusters.

Subject	[a]	[i]	[u]	[e]	[o]
Subject 1	2	5	3	5	4
Subject 2	1	1	2	6	5
Subject 3	4	1	3	8	3
Subject 4	4	3	2	5	4
Subject 5	4	2	2	6	5

Table 2. Result of vowel recognition for five devoiced breaths.

Subject	The Average of [a]-[o]	[a]	[i]	[u]	[e]	[o]
Subject 1	95.8%	87.0%	97.0%	100%	98.9%	97.9%
Subject 2	93.6%	100%	99.3%	86.9%	91.3%	93.2%
Subject 3	94.6%	87.1%	88.5%	100%	98.9%	97.9%
Subject 4	97.0%	88.1%	98.7%	100%	98.7%	98.9%
Subject 5	97.4%	88.7%	100%	99.2%	100%	95.0%

$$z_i = \frac{1}{N_i + N_j} (N_i z_i + N_j z_j) \dots\dots\dots (3)$$

クラスタを1つにまとめたら、 N_c を1つ減らす。これを、 θ_c よりも小さいクラスタがなくなるまで繰り返す。

ステップ8)

ステップ2)に戻る。

ステップ9) クラスタの分割

クラスタ S_i の分散 σ_i の第 k 次元の値

$$\sigma_{ik} = \sqrt{\frac{1}{N_i} \sum_{x_{ik} \in S_i} (x_{ik} - z_{ik})^2} \dots\dots\dots (4)$$

の中で θ_s よりも大きいものがあればそのクラスタを分割し、 N_c を1つ増やす。ここで、 x_{ik} と z_{ik} は、それぞれクラスタ S_i の要素とクラスタ中心の第 k 次元の値である。新たなクラスタ中心には z_j と、 z_j から最も離れた x_j を用いる。これを θ_s よりも大きなクラスタがなくなるまで繰り返す。

ステップ10)

ステップ2)に戻る。

ここで、ステップ1)での設定値や初期値は以下のように設定した。

クラスタ数 N_c は、母音数5より十分大きい数として50、クラスタ中心 z_i は、全訓練データの平均 $\bar{x}$ と標準偏差 σ を用いて均等になるように設定した。すなわち、 z_i の第 k 次元の値 z_{ik} が、 $[\bar{x}_k - \sigma_k, \bar{x}_k + \sigma_k]$ の範囲内で等間隔になるように N_c 個を配置した。また、 θ_k は3に設定した。これらの設定値は、値を多少変えても結果には影響を与えなかった。

θ_s と θ_c はクラスタの融合や分割に関与し結果にも影響を及ぼすため、以下のように設定した。

(1) ステップ2)までを1回実行した後、クラスタ内標準偏差の最も大きなものを θ_s 、クラスタ中心間距離の最も大きなものを θ_c とする。

(2) Isodata アルゴリズムを実行する。その後、それぞ

れのクラスタに分類された訓練データの母音分類の誤り率を調べる。

(3) θ_s と θ_c を1ずつ減じながら、Isodata アルゴリズムを実行し、それぞれ訓練データの母音分類の誤り率を調べる。誤り率のもっとも小さい θ_s と θ_c を採用する。

また、繰り返し回数は15回で十分収束し、15回以上にしても結果には影響しなかった。

一方、光ファイバ無声音マイクロホンを構成する5本のPOF水分センサの感度には若干のばらつきがあり、各センサ間の出力光強度変化を完全に均一にするのは難しい。また、複数の無声音母音に対して共通のPOFセンサヘッドの出力変化が小さいときがある。これは、それぞれの母音の特徴とみなすべきではあるが、極端に小さい場合には、これらの母音間での入力情報が減少してしまうことになる。そこで、訓練データをクラスタに分類するときおよび認識を行うときに、センサ出力強度の最大値を各訓練データが属するクラスタのクラスタ中心値の最大値と揃えるという補正を行なった。

無声音認識の対象として、22～24歳の5人の男性に対して行った無声音実験の測定データを用いた。実験は7日間行い、1日目の測定データを無声音測定に慣れるための予備練習とし、2～4日目のデータを標準パターン作成の訓練データとし、残りの5日～7日目のデータを未知データとして使用した。Isodata アルゴリズムによって得られたクラスタ数を Table 1 に示す。被験者1は計19、被験者2は計15、被験者3は計19、被験者4は計18、被験者5は計19であった。この結果から、クラスタ中心をDPマッチングのプロトタイプとして使用して母音の認識実験を行った。この時、DP マッチングがプロトタイプと未知パターンの識別を行うとき、2つのデータは同じ被験者から作成・採取したデータ同士を比較する。その結果を Table 1 に示す。Table 1 より明らかなように、本手法による結果では、各被験者ともに93%以上と非常に高い認識率を示した。このことから、無声音による母音認識が有用であると考えられる。

5. む す び

発話が困難な人のコミュニケーション支援の方法として、無声音呼気に含まれる水分に着目した言語認識システムを提案した。新たに開発した POF 水分センサを用いることで、各無声音母音に対応する呼気に対して特徴ある水分分布パターンを示す応答が得られ、光ファイバマイクロホンとして利用可能であることを明らかにすることができた。また、その出力信号に対して DP マッチング処理を行うことで無声音母音の識別が十分に可能であることが確認できた。本論文では、研究の第一歩として単音の母音のみに対しての検討しか行っていないが、今後、複数音の母音や複数の被験者への対応、子音の認識への拡張などを試み、会話に近いコミュニケーション支援装置として実際に役立つようにしていきたい。

(平成 20 年 1 月 21 日受付, 平成 20 年 3 月 19 日再受付)

文 献

- (1) M. Morisawa, Y. Amemiya, H. Kohzu, C.X. Liang, and S. Muto: "Plastic Optical Fibre Sensor for Detecting Vapor Phase Alcohol", Measurement Science and Technology, Vol.12, pp.877-881, (2001-6)
- (2) S. Muto, O. Suzuki, T. Amano, and M. Morisawa: "A Plastic Optical Fibre Sensor for Real-time Humidity Monitoring", Measurement Science and Technology, Vol.14, pp.746-750, (2003-5)
- (3) 森澤正之・渡邊智也・武藤真三:「プラスチック光ファイバーアミンセンサの開発とそれを用いた魚肉の食品鮮度測定の実験」, 電学論 E, **125**, pp.380-386, (2005-9)
- (4) N. Alshabib, T. Soma, T. Akase, M. Morisawa, and S. Muto: "Fundamental Research of Plastic Optical Fiber Microphone Based on Detection of Devoiced Breath", Proc. of The 14th International Conference on Polymer Optical Fiber, pp.217-220, (2005-9)
- (5) 真鍋宏幸・平岩 明・杉村利明:「無発声音認識:筋電信号を用いた声を伴わない日本語 5 母音の認識」, 信学論 D, **J88-D2**, pp.1909-1917, (2005-9)
- (6) 橋場参生・須貝保徳・泉 隆・井野秀一・伊福部達:「喉頭摘出者の発声を支援するウェアラブル人工喉頭の開発」, HI 学会研究報告集, Vol.7, No.4, (2005-11)
- (7) シャビエ・ヌーリ・中西拓也・本間 聡・森澤正之・武藤真三:「呼吸中水分の光ファイバーセンシングによる無呼吸症候診断と声帯機能失陥者用光ファイバー無音声マイクロホンの開発」, 第 25 回日本生体医工学会 甲信越支部大会講演論文集 (電子論文集), 21, (2005-9)
- (8) 長尾真執:「パターン情報処理」, pp.183-185, コロナ社, 東京 (1983)
- (9) G.H. Ball and D.J. Hall: "A clustering technique for summarizing multivariate data", Behv. Sci., 12, pp.153-155, (1967)

森 澤 正 之

(正員) 1962 年 11 月 24 日生。1987 年 3 月山梨大学工学部電気工学科卒業。1989 年 3 月同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年 4 月山梨大学工学部助手。2003 年 8 月同助教授。現在同准教授。主として有機薄膜, 光ファイバセンサに関する研究に従事。応用物理学会, 日本光学会, SPIE, IEEE 会員。博士 (工学)。

名 取 洋 一

(非会員) 1983 年 10 月 5 日生。2006 年 3 月山梨大学工学部コンピュータ・メディア工学科卒業。同年 4 月山梨大学大学院医学総合教育部コンピュータ・メディア専攻入学。現在に至る。光ファイバセンサに関する研究に従事。応用物理学会会員。

瀧 智 仁

(非会員) 1983 年 3 月 6 日生。2006 年 3 月山梨大学工学部電気電子システム工学科卒業。同年 4 月山梨大学大学院医学総合教育部電気電子システム専攻入学。現在に至る。光ファイバセンサに関する研究に従事。応用物理学会会員。

武 藤 真 三

(非会員) 1947 年 4 月 5 日生。70 年 3 月山梨大学工学部電気工学科卒業。72 年 3 月同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。73 年 4 月山梨大学工学部助手。89 年同助教授。現在, 同教授。固体色素レーザ, 非線型光学, 高分子光デバイス, 光ファイバセンサなどの研究に従事。電子情報通信学会, 応用物理学会, 日本光学会, 高分子学会, SPIE, IEEE 会員。工学博士。