

耳音響認証における観測ゆらぎ軽減手法の一検討

A study of observation fluctuation reduction method for ear acoustic authentication

安原 雅貴^{*1}

Masaki Yasuhara

荒川 隆行^{*2}

Takayuki Arakawa

越仲 孝文^{*2}

Takafumi Koshinaka

矢野 昌平^{*1}

Shohei Yano

^{*1}長岡工業高等専門学校

NIT, Nagaoka College

^{*2}日本電気株式会社

NEC Corporation

Ear acoustic authentication is a type of biometric authentication that uses the acoustic characteristics of the ear canal. A special earphone which has a driver and a microphone is used in this system. The measurement data has error due to the attaching and detaching of earphone each time. In our previous study, we proposed a special earphone which has a driver and two microphones. And multiple features are concatenated. However, the accuracy didn't improve. It's conceivable that the concatenation method is not good. In this study, we conceive that multiple features obtained by multiple microphones in one measurement complement observation fluctuation. As a result, the accuracy was improved. By analyzation of variance, we can say that the features were interpolated, and the learning data increased by using multiple microphones. We conclude that the method using the earphone which has multiple microphones is effective.

1. はじめに

指紋や顔による生体認証は普及が進んでいる。多くの場合、認証はサービス開始時に行われる。そのため途中でユーザが入替わる「なりすまし検知」が困難である。我々は、新たな生体情報として耳穴（外耳道）に着目し、耳音響認証を提案した。耳音響認証はマイクロホン内蔵イヤホンにより外耳道の音響伝達特性を取得し、特徴量として用いる。イヤホンの装着具合等により特徴量に差異を生じる。これを観測ゆらぎと呼ぶ。我々は過去に、2つのマイクロホンを90degに配置したイヤホンを作成し、角度の異なるマイクロホンからの特徴量を利用することで、特徴量の角度データを補間し、観測ゆらぎ等に対して強靱な認証になると考え検討を行った。しかし、画期的な精度向上は得られなかった。特徴量の扱い方と角度の補間に問題があると考えられる。本研究では、さらに角度データを補間するため、90degずつに4つのマイクロホンを内蔵したイヤホンを作成し、各マイクロホンからの特徴量の取り扱い方法と補間方法とを検討することで、観測ゆらぎ軽減により精度向上の可能性を実験的に検討する。また、観測ゆらぎの要因について、特徴量の分散の観点から考察を行う。

2. 実験方法

耳音響特性は図1(a)に示す測定システムを用いて、MLSインパルス応答測定法により測定する。実験は10~40歳の男女38人に対し、左耳測定、4ch、10回/人、毎回着脱をして測定を行う。90degずつにマイクロホンを配置できるように図1(b)のように設計し、3Dプリンタで筐体出力する。測定した耳音響特性に対し、最小位相系を用いてインパルス応答が先頭になるように処理する。このとき、信号長は16384次元(0.3715秒)を先頭から256次元で切り出す次元削減処理をしたものを特徴量として用いる。特徴量に対して、SVM(linear kernel, $C = 100$, $\gamma = 0.001$)を用いて識別精度を算出する。識別性能指標として等誤り率(equal error rate: EER)を用いる。EERは、誤って他人を本人と識別した確率(fail acceptance rate

: FAR)と誤って本人を他人と識別した確率(fail recognition rate: FRR)とが等しくなる値であり低いほど良い性能であることを示す。

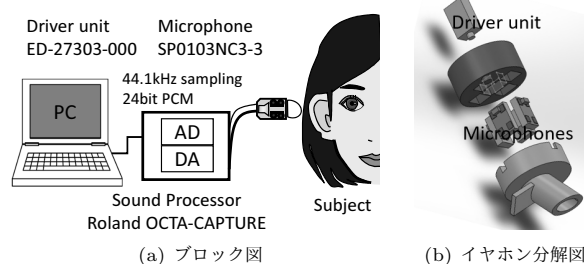


図 1: 耳音響特性の測定システム

本研究では、4ch分の特徴量の取り扱いとして次の4手法を用いる。手法①として各chを個別に用いる手法。手法②として4ch分の特徴量を時間軸で連結し用いる手法。さらに、本報告において提案する手法③および手法④でEERを算出し比較検討する。手法①においては、図2のようにデータセットを分けてEERを算出する。図2では、Sub0を本人、Sub1を学習しない他人、その他を学習する他人として分ける場合を示している。各ユーザ10個の耳音響特性のうち、本人データとして5個を学習、残り5個をテストとして用いる。手法②では4ch分の特徴量を時間軸で連結させたものを特徴量を用いる。手法③では図3のようにデータセットを分けて、4ch分の特徴量を同一のラベルとして取扱う。図3において、テストのデータ数は4ch分を同一ラベルとして取扱うためSub0で20個、Sub1で40個の合計60個となる。手法①とデータ数を合わせるため、Sub0より5個、Sub1より5個を無作為に抽出しEERを算出する。Sub0~Sub37を変更した全組合せでEERを算出しその平均EERを導出する。手法④では、ch間のデータを足し合わせ2で割る補間処理により補間データを作成する。補間処理は45deg毎に設置された8個のマイクロホンからの耳音響特性を得ることを模擬している。補間処理で得られたデータは学習に用い、テストデータには用いない。他手

連絡先: 長岡高専電気電子システム工学科音響工学研究室

E-mail: syano@nagaoka-ct.ac.jp

法と同様に EER を算出し平均 EER を導出する。手法①～④において学習データとテストデータとは重複はない。それ以外の特徴量は提案手法①と同様に学習させ、テストデータには本人 5 個、他人 5 個で無作為に抽出を行ったものを用いる。

さらに手法①, ③, ④において、特徴量の周波数振幅特性から、周波数に対するクラス内分散 V_W とクラス間分散 V_B を導出し、耳道音響特性に含まれる観測ゆらぎの要因について検討を行った。

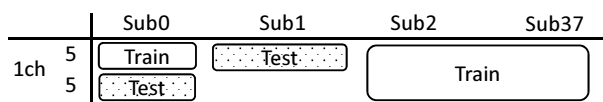


図 2: 手法①の学習データとテストデータの分割

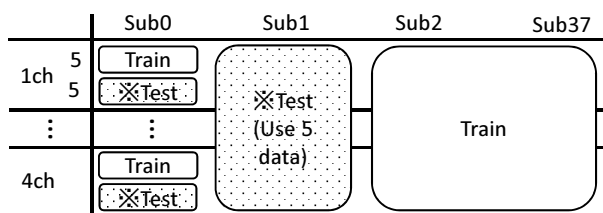


図 3: 提案手法③の学習データとテストデータの分割

3. 実験結果

図 4 に、手法①～④の平均 EER を示す。本報告での提案手法である手法③, ④が、他手法の EER より 2~3%ほど低下し精度が向上している。また、両耳の特徴量を用いた際に識別精度向上に有効であった手法②よりも、精度が向上している。これより提案した手法③, ④は有効であると考えられる。図 5, 6 に手法①, ③, ④の各 ch 特徴量のクラス内分散, クラス間分散と周波数との関係を示す。図 5, 6 において、手法④は手法③の特徴量の線形的な拡張であり同じ分散を示す。クラス間分散は複数のチャンネルを同一ラベルとして扱っても各チャンネルと同じ分散を示している。クラス内分散は提案手法のときに大きくなっており、各チャンネルで得られる特徴量に差異があることがわかった。この結果より、マイクロホンの角度を変えたことで得られる特徴量に変化することが明らかになった。クラス内分散が手法③, ④では悪くなっていることから、この手法では SVM への学習の質が悪くなっているといえる。しかし、識別精度は向上している。これは、角度データが多くなったことで観測ゆらぎを補間したことによるものと、各チャンネルで特徴量を扱うよりも手法③, ④の方が学習データが多いことによるものと 2 つが考えられる。提案した手法③と手法④を比較すると、手法④の方が精度が向上しているが、0.2%ほどである。このことから、角度データが多くなったことで観測ゆらぎを補間できることが示唆される。また、今回の実験で手法③, ④の精度が向上したのは、学習データ数が多くなったことに大きく寄与していると考えられる。また、図 5 より、マイクロホンの違いによる周波数特性の違いは低周波に現れることがわかった。

4. まとめ

耳音響認証における測定時の観測ゆらぎの軽減手法を検討した。90 deg ずつに配置したマイクロホンを 4 つ内蔵したイ

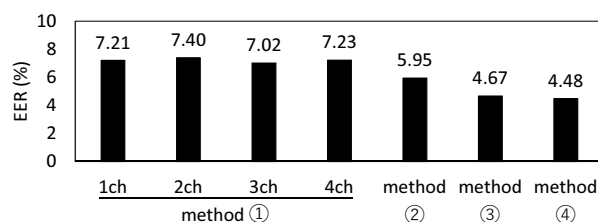


図 4: 特徴量の扱い方と精度の関係

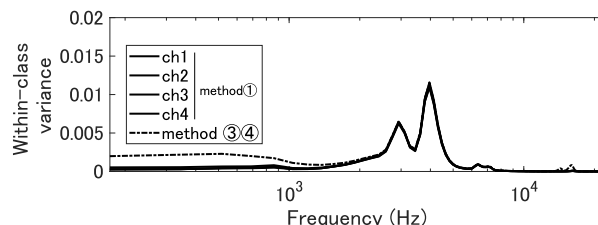


図 5: 周波数軸上の特徴量のクラス内分散

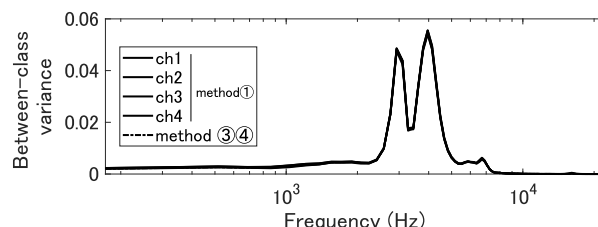


図 6: 周波数軸上の特徴量のクラス間分散

ヤホンを用いることで、異なる特徴量を得られることがわかった。異なる特徴量を同一に学習させると、精度が悪くなりそうだが、今回の実験では精度は良くなった。角度データが多くなったことで観測ゆらぎを補間したことによるものと、各チャンネルで特徴量を扱う手法①よりも提案した手法③, ④の方が学習データが多いことによるものとが考えられる。複数のマイクロホンを内蔵したイヤホンを用いる手法は有効であることがわかった。加えて、既成品のイヤホンにマイクを 1 つ取り付けた場合の EER は 2%なので、イヤホンの設計が重要であることがわかった。4 ch イヤホンを作成した小林毅範氏に感謝する。本研究は JSPS 科研費 JP16K00182 の助成を受けたものです。

参考文献

- [Yano 17] 矢野昌平, 荒川隆行, 越仲孝文, 今岡仁, 入澤英毅, “誤差の周波数拡散と加算平均処理による耳音響認証の精度向上,” 信学論 (A), Vol.J-100A, no.4, pp.161-168, Apr.2017.
- [Kobayashi 17] 小林毅範, 矢野昌平, 荒川隆行, 越仲孝文, “複数マイクロホンを用いた耳音響認証の認証精度向上の検討”, 信学技報, P.164, 2017.
- [Yasuhara 18] 安原雅貴, 矢野昌平, 荒川隆行, 越仲孝文, “両耳での耳音響認証の特徴量設計”, 信学技報, P.77, 2018.