



Title	Rhythmic-based Dynamic Hand Gesture Authentication using Electromyography (EMG)
Author(s)	Wong, Ming Hui Alex
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/89580">https://doi.org/10.18910/89580</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name ( Alex Wong Ming Hui )	
Title	Rhythmic-based Dynamic Hand Gesture Authentication using Electromyography (EMG) (リズムに乗せたハンドジェスチャによる筋電を用いた認証技術)
<p><b>Abstract of Thesis</b></p> <p>Authentication is the process of proving an individual to be genuine. In conventional authentication (mostly static authentication), an identifier (username / identity) and a verifier (password / evidence) are required to authenticate an individual. But if both identifier and verifier are compromised, authentication can be achieved by impostors. In dynamic authentication, an authentication protocol that changes every now and then (one-time password / behavior) is used to validate the identifier and sometimes verifier. This can be very difficult for the impostor to steal or mimic as it is always different.</p> <p>One type of dynamic authentication is known behavioral biometrics. However, it can be inconsistent as it does not stay constant all the time. Therefore, in my research, I have proposed rhythmic-based dynamic hand gesture. The rhythm of the gesture is categorized as the content or ownership factor depending on the use case, while the gesture behavior is the style. Rhythm is chosen due to the ease of memorization (in both short and long term) as compared to words or numbers, and also acts as the static part of the authentication which provides stability and consistency in the performance gesture as it has indicators of the starting, action, ending point of the gesture. This combination forms dynamic authentication.</p> <p>Hand gesture is a more natural way in communication and has more variation in gesture movements. Hand gesture can be analyzed with different techniques and the most popular is using camera. But camera-based hand gesture has a number of disadvantages such as limited field of view, lighting, space, and others. Therefore, in my research, I have chosen electromyography (EMG) which is a technique in evaluating muscle activity through electrical signals. The advantages of using EMG are convenience (wearable and wireless), less obstacles (direct contact to the body), and can be performed without spatial concern (only needs to contract and relax muscles). Throughout my experiments, the device that I have used is a wearable EMG armband known as Myo Armband. This device consists of 8 channels of EMG sensors circulating the forearm to retrieve electrical signals from the movement of the muscles.</p> <p>In my research, there are two use cases for rhythmic hand gesture, user-dependent rhythm and one-time rhythm. User-dependent rhythm is when the user creates their own rhythm, much like a password but dependent on the content and style of the rhythmic gesture. One-time rhythm is when rhythm is generated by a generator much like one-time password, making the rhythm an ownership factor, while the hand gesture that performed the generated rhythm is an inheritance factor, making one-time rhythm a multi-factor authentication.</p> <p>For rhythmic hand gesture to be viable as a biometrics authentication, it has to achieve the desirable biometrics characteristics. These characteristics are universality, uniqueness, permanence, collectability, performance, acceptability, and circumvention. Different real-world scenarios (sitting, standing, walking), time period, and mimicry have been used to test out the aforementioned characteristics. Yielding an equal error rate of up to 1.32% through different scenarios and time period have proven that rhythmic hand gesture has permanence and performance; whereas after mimicking, the false acceptance rate (FAR) is as low as 10% which compare to the FAR of a compromised fingerprint system which is 67% proves that rhythmic hand gesture has uniqueness and circumvention.</p> <p>One-time rhythm has been proposed in this dissertation to increase security of rhythmic hand gesture. Reason being that generated rhythm is always different. One-time rhythm requires both the recognition of rhythm and the recognition of behavior from the rhythmic gesture in the verification process. The system will first assure that the rhythmic gesture performed matches the rhythm generated. If the rhythm matches, it then proceeds to recognize whether the rhythmic gesture behavior is that of the intended</p>	

person. The combination of Levenshtein distances and cross-correlation has been used to match the rhythms; whereas sliding window methodology has been used to detect subject-dependent features, which also allows the use of different rhythms. Different rhythms can have similar parts which allows similarity in behavior during the gesture performance. The overall performance of one-time rhythm uses product-rule of score-level fusion which reduces the false acceptance rate. Although shadowing methodology has been used in one-time rhythm, it has been proven to require little to no learning curve.

Rhythmic hand gesture as biometrics has proven to be a robust biometric authentication method. This has been investigated through user-dependent rhythm in different scenarios and time period with equal error rate of 1.32%. One-time rhythm is able to increase security of rhythmic hand gesture through multi-factor through the independency of rhythm recognition and behavior recognition.

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( ALEX WONG MING HUI )		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 前田 太郎
	副 査	教授 松田 秀雄
	副 査	教授 槇原 靖
	副 査	准教授 古川 正紘

## 論文審査の結果の要旨

本論文はリズムに乗せたハンドジェスチャによる筋電を用いてバイオメトリックな認証技術を構築したものである。従来の静的認証ではIDやパスワードが漏洩した場合、偽者による認証利用が容易である。本提案のような動的認証では、時々刻々変化する認証プロトコル（ワнтаイムパスワード／振る舞い）を用いるため盗用は非常に困難である。動的認証の一種として行動バイオメトリクスがあるが、行動の再現性には課題が生じる。本論ではこの対策としてリズムに基づいたダイナミックハンドジェスチャを提案している。リズムは暗記が容易でジェスチャの開始点、動作点、終了点の指標を持つため、毎回のジェスチャ行動に安定性と一貫性を与える認証の静的部分として機能する。本論文ではハンドジェスチャ計測にはカメラ計測よりも秘匿性の高い筋電図（EMG）計測を用いている。

第1章は序論である。本研究の背景と目的について述べている。

第2章ではAuthenticationの定義と要件について整理し、バイオメトリクス認証として実現すべき特性は、普遍性、唯一性、永続性、収集性、精度、受容性、および脅威耐性であることを整理し論点を定式化し、これらを満たす新しい手法としてリズムハンドジェスチャを提案している。

第3章では提案手法について、実世界的な行動シナリオ（座る、立つ、歩く）において、時間帯の違いによる変動への耐性や、他者によるなりすましへの耐性を検証している。なりすましによる模倣後の他人受け入れ誤り率（FAR）は10%と低く、偽造された指紋認証システムのFAR（67%）と比較しても本提案手法が十分に高い耐性を持つことが示されている。

第4章では、提案手法の安全性を高めるために、ワнтаイム・リズムによる多要素検証を提案している。この検証の過程ではリズムの認識とハンドジェスチャ動作の認識の両方が必要となる。このシステムではまずリズムの一致を、次にそのジェスチャの人物の一致を検証している。リズムの一致には、レーベンシュタイン距離と相互相関の組み合わせを用い、被験者依存の特徴の検出にはスライディングウィンドウ方式を用いて異なるリズムにも対応しており、これらは誤認識率を低減するスコアレベル融合の積則に基づいた相乗効果を生んでいる。

第5章では本研究で得られた知見をまとめ、今後の展望について述べている。

このように本論文ではバイオメトリクスとして筋電計測を用いたリズムハンドジェスチャを提案し、これが堅牢なバイオメトリクス認証方法であることを証明している。この結果、異なる行動シナリオと時間帯でのユーザ依存のリズム変動までも加味した上で、1.32%の等価誤り率という行動バイオメトリクスとしては非常に高い再現性と信頼性を実現している。またリズムの認識と行動認識を組み合わせた結果、独立性のある多要素の積算効果によって手法の安全性を向上させる方法論も構築しており、将来的にユーザ数を増やし、登録者外の入力に対する耐性を獲得するための道筋をつけるなど、実用的なAuthenticationに向けた検討も試みている。したがって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。