

GPS データに基づく生活圏を用いた個人認証方式におけるプライバシー保護の検討

Study of privacy protection in personal authentication method using living area based on GPS data

遠山 大督

Daisuke Toyama

岡山大学 阿部研究室

Abe Laboratory, Okayama University

概要 本研究では、GPS データに基づく生活圏を用いて個人認証を行う際、プライバシーに配慮した生活圏の抽出方法へ変更し、生活圏の使用に対する抵抗を減らすことを目指す。GPS データの緯度経度は GeoHex という位置情報表現により、地図上で正六角形で表現され、生活圏は正六角形の粒の集合で表現される。本報告では生活圏の粒度を粗くすることでプライバシーに配慮した生活圏を抽出し、認証精度への影響を評価することで認証方式におけるプライバシー保護の検討を行った。

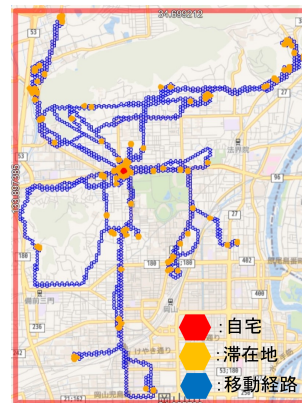


図 1: Hex レベル 10 の生活圏

1 はじめに

個人認証とは、システム利用者が登録されている本人であることを証明することであり、本人認証とも言われる。複数の認証方式を組み合わせて認証として用いることでより強固なセキュリティを実現できる。認証方式の一要素として、GPS データに基づく生活圏を用いて利用者の負担が少ない認証を行うことができると考えられる。ここで、GPS データの緯度経度は GeoHex により独自の座標系に変換し、正六角形 (Hex) で表現される [1]。本研究では、生活圏とは、自宅と滞在地を移動経路で連結した Hex 群として定義し、生活圏の抽出には平田らの方式を用いる [2]。生活圏の例を図 1 に示す。しかし、ユーザの中には、自身の生活圏を使用することに対して抵抗を覚える人がいるという問題がある。鎌田らは位置情報の量子化レベルを変化させ、見守りシステムの見守り度合とプライバシーの保護度合の関係を検討している [3]。そこで、本研究では Hex の大きさを表すレベルを変更することで、GPS データを取得した位置を曖昧にし、プライバシーに配慮した認証を行う。

本報告では、生活圏を表す Hex のレベルを変更することによる認証精度を評価し、生活圏を用いた個人認証方式におけるプライバシー保護を検討する。

2 提案方式

提案方式の概要を図 2 に示す。まず、ユーザの一个月分の GPS データから生活圏を抽出し、登録データとし、一週間分の GPS データから抽出した生活圏を入力データとする。このとき、生活圏は、Hex のレベルを level9, level10, level11 の三段階を抽出し実験に使

用する。図 3 に Hex レベル毎の大きさを示す。Hex レベルが大きくなるほど Hex の大きさは小さくなる。次に、それぞれのレベル毎に登録データと入力データの生活圏の類似度を計算する。本人判定の段階では、計算した類似度があらかじめ定めた閾値以上であれば本人と判定し、閾値未満であれば他人と判定する。

3 評価実験

3.1 実験条件

実験には、岡山大学阿部研究室に所属する学生、および大学院生 8 名の GPS データを使用した。登録データには、5 人から 7 か月分の GPS データを使用し、入力データには、8 人から 26 週間分の GPS データを使用した。生活圏の類似度の計算方法として一致率による類似度と、コサイン類似度を用いた。計算した類似度が閾値以上か未満かで本人判定を行い、認証精度を評価した。

3.2 類似度の計算

生活圏の類似度の計算方法として一致率による類似度と、コサイン類似度を用いた。一致率による類似度では、入力データの生活圏の Hex 群が、登録データの生活圏の Hex 群と一致する割合を計算する。類似度の計算式は以下の通りである。

$$\text{類似度} = \frac{\text{一致した Hex 数}}{\text{入力データの Hex 数}} \quad (1)$$

また、コサイン類似度は二つのベクトルの類似性を

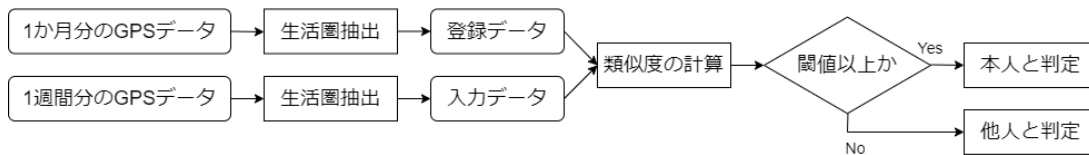


図 2: 提案方式の概要

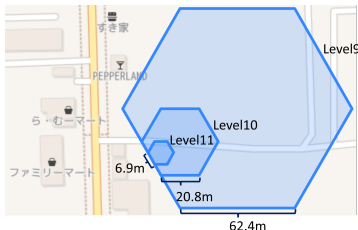


図 3: Hex レベルごとの大きさ

表す尺度であり、計算式は以下の通りである。

$$\cos(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}}{\|\mathbf{a}\| \|\mathbf{b}\|} \quad (2)$$

ここで、 \mathbf{a} 、 \mathbf{b} はそれぞれ登録データと入力データの生活圏を表すベクトルである。

3.3 評価指標

一般的な生体認証の精度は次の 3 つにより定義される。

- 本人拒否率 (FRR : False Rejection Rate)
- 他人受入率 (FAR : False Acceptance Rate)
- 等価エラー率 (EER : Equal Error Rate)

本人拒否率 (FRR) とは、本人のデータと照合したときに誤って認証しようとしている本人を拒否する確率のことである。また、他人受入率 (FAR) とは、他人のデータと照合したときに誤って他人を受け入れる確率のことである。等価エラー率 (EER) とは、FRR と FAR が等しいときの確率である。FRR と FAR には一方を低くすると他方が高くなるトレードオフの関係があり、EER が低いほど認証精度が良いとされる。本研究では、複数人のデータ全体の FRR や FAR, EER を評価指標とする。また、横軸に FAR, 縦軸に FRR とした DET カーブを示し、それぞれの認証精度の比較を行う。

3.4 実験結果

3.4.1 一致率による類似度を用いた認証

一致率による類似度を用いた認証精度を図 4 に、それぞれのレベル毎の DET カーブを図 5 に示す。結果から、レベル 9 とレベル 10 の EER(FRR と FAR の交点) はほとんど等しく 0.16 になったが、レベル 11 は EER が 0.11 と低くなり、差は 0.05 となった。DET カーブで比較すると、Hex レベルを大きくすると認証精度が向上し、Hex レベルを小さくし、プライバシーに配慮するほど認証精度は低下していることがわかる。

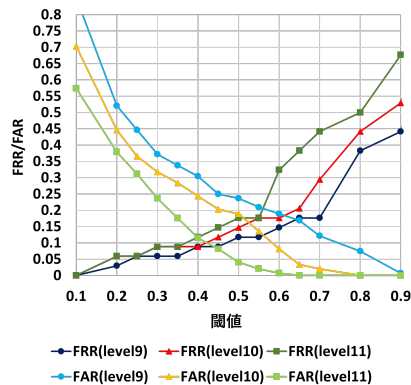


図 4: 一致率による類似度を用いた認証精度

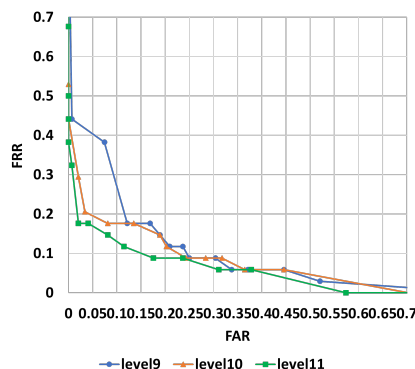


図 5: 一致率による類似度を用いた認証の DET カーブ

3.4.2 コサイン類似度を用いた認証

コサイン類似度を用いた認証精度を図 6 に、それぞれのレベル毎の DET カーブを図 7 に示す。コサイン類似度を用いた認証においても、Hex のレベルが大きくなるほど僅かに EER が低下している。レベル 9 とレベル 11 の EER の差は 0.03 となった。DET カーブでも、Hex レベルを小さくし、プライバシーに配慮するほど認証精度は低下するが、一致率による類似度を用いた認証より差が小さいことがわかった。

どちらの認証方式でも、プライバシーに配慮するほど認証精度が低下した。最も良い精度から悪い精度までは 0.05 以下の差であり、特に、コサイン類似度を用いた認証では、Hex の大きさの変化に対して精度の差は大きくないため、Hex レベルを任意に変更した認証方式が実現できると考えられる。また、コサイン類似度を用いた認証の最低の精度である Hex レベル 9 の EER は 0.06 であり、一致率による類似度を用いた認

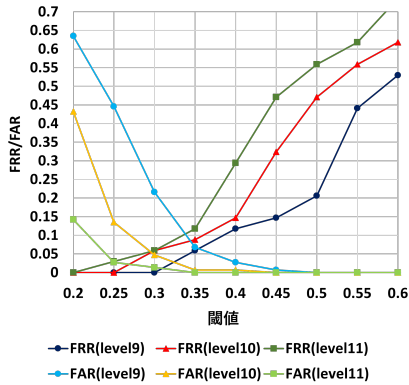


図 6: コサイン類似度を用いた認証精度

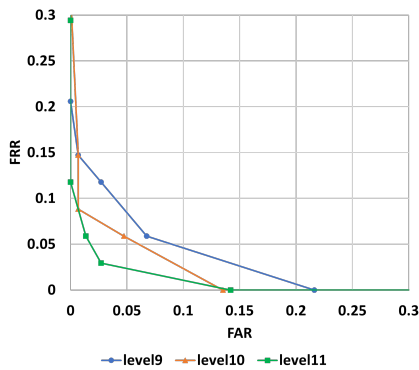


図 7: コサイン類似度を用いた認証の DET カーブ

証の最高の精度である Hex レベル 11 の EER0.11 より低くなったことから、プライバシー保護の観点では、コサイン類似度を用いた認証方式の方が優れていると考えられる。

4 まとめと今後の課題

本報告では、生活圏を表す Hex のレベルを変更し、生活圏の粒度を変更することによる認証精度への影響を評価し、生活圏を用いた個人認証方式におけるプライバシー保護を検討した。提案方式では、プライバシーに配慮した認証を行う際、一致率による類似度を用いた認証よりコサイン類似度を用いた認証の方が良い精度となることを確認した。

今後の課題として、実験に使用するデータの追加や、登録データと入力データで異なる生活圏の粒度での認証、およびユーザ毎に異なる粒度の生活圏で認証を行うために、粒度の異なる生活圏との認証方式を検討する。

参考文献

- [1] “GeoHex,” <https://sites.google.com/site/geohexdocs/>, accessed Jul. 2022
- [2] 平田瑠, 原直, 阿部匡伸, “GPS データのクラスタリングによる日常生活における場所の重要度の分析,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2020), 5B-5, pp.785-793, July. 2009.
- [3] 鎌田成紀, 原直, 阿部匡伸, “生活圏を応用したプライバシーに配慮可能な見守り方式の検討,” 信学