

厚生労働科学研究費補助金（障害者政策総合研究事業）

分担研究報告書

人工画像化と画像識別を用いた統合失調症判別モデルの実現可能性に関する研究

研究分担者 He Yupeng 藤田医科大学医学部公衆衛生学講座 助教

研究要旨

人工画像化と画像識別を用いて統合失調症判別モデルを作成できるかを検証した。統合失調症を有すると自己申告した成人 223 人と精神障害を有しないと自己申告した成人 1776 人の個人特性と身体的・精神的・社会的併存症状のデータ・76 項目から人工画像を作成し、統合失調症を判定するモデルとしての適性を受信者動作特性曲線下面積(AUC)を算出して評価した。10,000 回の実験において大半のモデルの AUC スコアは約 0.88 であり、総じて優れた識別能力を示した。地域の精神保健・福祉の現場で人工画像化と画像識別を用いて統合失調症を判別できる手法を開発できる可能性が示された。

A. 研究目的

昨年度の分担研究報告「大規模疫学研究データによる入院外統合失調症等有病率の推定に関する研究」においては、統合失調症を有すると自己申告した成人 223 人と精神障害を有しないと自己申告した成人 1776 人の健康に関連する情報と身体的・精神的・社会的併存症状・計 76 項目のデータから、機械学習を用いて、統合失調症の症例を正確に分類できるモデルを構築した。この研究では、機械学習モデルの感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率は、それぞれ 0.56、0.97、0.69、0.95 であった。集団レベルでの統合失調症の有病率を推測するためには使える可能性があることが示された。同調査の詳細は同年度の He 研究分担者の分担研究報告書および論文(He Y, et al. *JMIR Formative Research* 2023; 7: e50193.)を参照されたい。

本研究では、人工画像化と画像識別が統合失調症を判別するモデルに応用できるかを検証した。すなわち、健康に関する多項目の情報を QR コードのような画像に変換し、それを読み取ることで統合失調症であるかを判別できるかを検証した。これが可能であれば、地域の精神保健・医療・福祉の現場においても統合失調症の判別を行うことが容易になる。

B. 研究方法

使用したデータは、本厚生労働科学研究費研究において2022年2月に行ったインターネット調査にて、統合失調症を有すると自己申告した成人 223 人と精神障害を有しないと自己申告した成人 1776 人から得られた個人特性と身体的・精神的・社会的併存症状である。個人特性は、性、年齢、身長、体重、喫煙状況、飲酒状況、食生活、便通、

身体機能、主観的健康観、歯の残存数などからなる。身体的併存症状として、過体重 (body mass index (BMI)25 以上)・肥満 (BMI30 以上)、がん、心血管疾患、心不全、高血圧、糖尿病、脂質異常症、痛風、睡眠時無呼吸症候群、骨折の有無を尋ねた。精神的併存症状として、うつ症状 (Center for Epidemiological Studies Depression (CES-D) Scale にて評価)、不眠症状 (睡眠時間、中途覚醒、早朝覚醒、入眠困難、睡眠の質)、認知ストレス (4 項目版 Perceived Stress Scale (PSS-4) にて評価)、生きがい、幸福感、インターネット使用時間を尋ねた。社会的併存症状として、健康診断受診状況、教育歴、就業状況、世帯収入、婚姻状況、家族構成、同居者の状況、ソーシャルサポート (ENRICH Social Support Instrument (ESSI) にて評価)、ソーシャルキャピタルを尋ねた。同調査の詳細は令和 4 年度松永研究分担者の分担研究報告書および論文 (Matsunaga M, et al. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2023; **20**: 4336.) を参照されたい。調査項目の一覧は令和 5 年度総括・分担研究報告書の本報告書の資料として別添する。

人工画像を生成するプロセスは、可変ピクセル化とピクセル配列から構成される。

可変ピクセル化：グレースケール画像では、ピクセルは 0 から 255 までの値を持つ 8 ビットの整数で表現される。これがコンピューターに保存される画像である。一方、疫学調査から収集されたデータは、慣例的に配置されているわけではない。したがって、画像認識技術を適用するには、ピクセルの表現方法と同じように、変数を 0 から 255 の間で並べ替える必要がある。今回の各項目について、その項目の回答値を 0 から 255 の範囲内で正規化するために、リスケール関数を適用した。この変換により、各項目が人工画像で正確に表現されることができた。

ピクセル配置：図 1 は、あるサンプルのある画素順序の人工画像の例である。f 個の特徴を f 個の画素に変換した場合、f! 個の可能な画素順序が存在する。今回は研究方法を単純化するために、画像の回転や反転を考慮せず、ピクセルを正方形の配列に整理することを選択した。その結果、画像に f 個の特徴が与えられる可能性 F は $1/8 \cdot f!$ に等しくなる。

特徴ある構造がモデルの予測可能性に及ぼす影響を調べるために、可変ピクセル化を用いて各サンプルについて人工画像を生成し、ピクセルの順序をランダムに並べ替えて、異なるサンプルセットを作成した。

元のデータセットは、M 個のサンプルと f

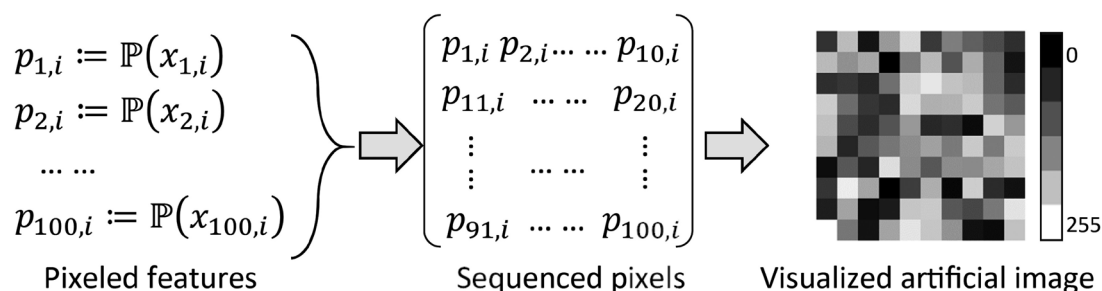


図 1. ピクセル配置

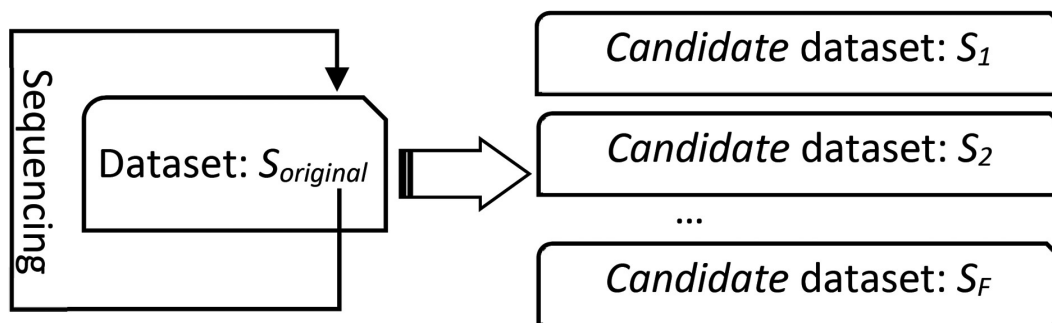


図 2. データセット拡張

個の項目からなる疫学研究から得られたもので、ある項目の順序を持つ。前述したように、 f 個の項目は F 個の異なる順序を生成することができる。そこで、元のデータセットを S_1, S_2, \dots, S_F で表される F 種類の異なるデータセットに拡張した (図 2)。これらの拡張データセットを候補データセットとした。

F 個の候補データセットに対して、それぞれ同一のデータ処理を行った。最初に、各候補データセットを 70:10:20 の比率でランダムに訓練、検証、テストセットに分けた。バランスの取れた学習を確実にするため、学習セットに合成マイノリティ・オーバーサンプリング技法を適用した。具体的には、モデルの学習プロセスは学習セット内で行われ、学習効果を評価するために継続的な検証を行った。トレーニングは、検証セットで評価された損失関数の値が増加しなくなった時点で終了した。その後、モデルをテストセットに適用して性能を評価し、結果を記録した。その中で最も高い性能を示したモデルを最適予測モデルとした。ある項目順序から生成された人工画像を含むこの候補データセットが、モデル構築に最適なデータセットであると考えられた。これらの人工画像は、項目と反応との複雑な関係を

効果的に捉えていた。モデルの性能は、受信者動作特性曲線下面積 (AUC: area under the curve) を用いて評価した。閾値は以下の通りとした: 0.5=識別なし、0.5~0.7=識別不良、0.7~0.8=許容可能な識別、0.8~0.9=優れた識別、0.9 超=卓越した識別。ランダムに選択した 10,000 個の候補データセットで実験を行った。統計分析は Python 3.8 と Jupyter Notebook を計算環境として使用した。

(倫理面への配慮)

本研究はヘルシンキ宣言および人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (文部科学省、厚生労働省、経済産業省) に則って実施した。藤田医科大学医学研究倫理審査委員会の審査を受け、藤田医科大学長の承認を得て実施した。

C. 研究結果

10,000 回の実験にわたる AUC スコアの分布を図 3 に示す。大半のモデルの AUC スコアは約 0.88 であり、総じて優れた識別能力を示した。

D. 考察

本研究では人工画像と画像識別という新しい概念を導入して、統合失調症を判別で

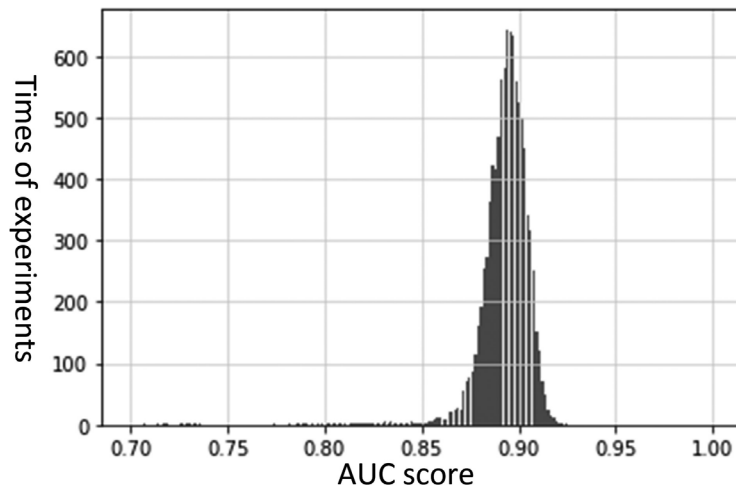


図3. AUCスコア分布

きることを明らかにした。本研究で採用した方法の新しさは、特徴を画素に変換して画像を逆再構築する点にある。これは従来の疫学研究で用いられていた多変量解析とは一線を画するものである。本研究で検証した人工画像化と画像識別を用いた統合失調症の判別モデルのAUCは大半が0.88であり、優れた識別能が示された。地域の精神保健・福祉の現場で人工画像化と画像識別を用いて統合失調症を判別できる可能性が示されたと言える。

その一方で、今回の研究方法には限界もある。人工画像化と画像識別を用いた統合失調症判別モデルを現実の実装化するためにはいくつかの課題を解決しなければならない。第一に、本研究には大きな計算能力が要求されることが挙げられる。そのために本研究では計算を簡素化するために画像の回転や反転を考慮せずにピクセルを正方形の配列に整理したり、実験回数を10,000回に制限したりすることなどを行った。計算負荷の軽減は将来的には量子コンピューティングの進歩によって実現する可能性があり、この進歩を待って再検討することが望

ましい。第二に、今回のデータセットでは十分な数の項目がなく、モデル学習に畳み込みニューラルネットワークのようなより成熟した画像認識技術を利用するには不十分であったことが挙げられる。第三に、項目と反応の関係も考慮しなければならない。項目と反応との間に関係がないか、あるいは関係が弱い場合には、精度の高い予測モデルを構築するのに苦勞する可能性がある。最後に、データ分割の手順にも限界があることを挙げなければならない。本研究では、データを70:10:20の比率で訓練、検証、テストセットにランダムに分割した。これは、特に歪んだ分布に従う応答の場合、結果に偏りを引き起こす可能性がある。この点は、本アプローチの継続的な開発と適用を検討する上で重要な点である。

E. 結論

人工画像化と画像識別を用いて、地域の精神保健・福祉の現場で統合失調症を判別できる予測手法を開発できる可能性が示された。

なお、研究の詳細は論文(He Y, et al.

JAMIA Open 2024; 7: 00ae012.)を参照されたい。

2. 実用新案登録
なし

F. 研究発表

3. その他

1. 論文発表

なし

- He Y, Matsunaga M, Li Y, Kishi T, Tanihara S, Iwata N, Tabuchi T, Ota A. Classifying Schizophrenia Cases by Artificial Neural Network Using Japanese Web-Based Survey Data: Case-Control Study. *JMIR Formative Research* 2023; 7: e50193.
- He Y, Sun Q, Matsunaga M, Ota A. Can feature structure improve model's precision? A novel prediction method using artificial image and image identification. *JAMIA Open* 2024; 7: 00ae012.

2. 学会発表

- He Y, Matsunaga M, Ota A. Development of a novel method for prediction using artificial image and image identification. The 34th Annual Scientific Meeting of the Japan Epidemiological Association. 2024. Otsu, Japan.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得

- 人工画像データ生成装置、予測装置、人工画像データ生成方法、予測方法、及びプログラム