

4.5. 自閉スペクトラム症（ASD）者の聴覚過敏性に対する機械学習を活用した特性 解明・支援システム開発

研究所 脳機能系障害研究部 市川 樹、和田 真

東京大学国際高等研究所ニューロインテリジェンス国際研究機構 長井 志江

東京大学大学院情報理工学系研究科 國吉 康夫

【背景】 ASD 者の生活上の困難として訴えが多いものとして聴覚過敏がある [Williams et al., 2021]。例えば高い音が苦手／ガヤガヤした音が苦手などその具体的な表れ方は個々人の特性や生活環境によって異なるが、現状は「どう異なっているのか」に関する定量的研究が不足している。また聴覚過敏への対処法としては現状でも耳栓やイヤーマフの使用、苦痛な音環境からの待避などがあるが、個人の特性や状況に合わせて過敏性の問題を緩和できる手法は知られていない。

【目的】 ASD 者から音刺激とそれに対して生じる主観的体験のデータを収集し、前者（音）から後者（主観的体験）を予測する機械学習モデルを作成する。その過程でモデルが学習するデータ間に潜在する関係性を ASD 者の「音に対する感じ方」を定量化したのとして抽出し、ASD 者の特性について傾向・クラスタ性を明らかにする。モデルの応用として、ある入力音を個人の特性に応じて過敏性が発生しにくい形に変換して出力するシステム（スマート耳栓）を開発し、実際の当事者支援に役立てることを目的とする。

【手法】データ収集実験：実験参加者は本実験用に開発されたスマホアプリを用いて(1)実生活で音声を録音し（この際録音時の天候情報も自動的に記録される）、(2)各種の音声フィルタで音声を変化させ、録音した際に「主観的にどう聞こえていたか」を再現し、(3)音に対して感じた印象や実施時の心身の疲労度・睡眠時間を入力する。以上のタスクを実験参加者1名あたり合計30件のデータに対して行う。**機械学習モデル開発：**上記データ収集実験で収集されたデータを用い、音刺激から音声フィルタの設定量（すなわち、本来の音に対する主観的な聞こえ方の変化）などを予測するモデルを作成する（具体的な予測元・予測対象の一覧は添付資料表1に示す）。この時収集データの80%のみをモデルの学習に用い、残り20%は検証用とする。作成したモデルの予測値と真値の相関係数を得ることでモデルの精度を確認する。

【結果】 2022年10月までに、著者1名を含む4名のASD者がデータ収集を完遂した。試作した機械学習モデルの精度を求めた結果を添付資料表2として示す。また作成したモデルをiPhoneアプリに組み込み、実環境での音に対して予測させることに成功した。

【考察と今後の展望】 試作モデルではフィルタ設定量の予測精度は低いものの、音に対する印象の評価に関しては一定の精度を確保することができた。一方、データ収集実験は実験参加者への負担が大きいため、作成済みの音声データに対する実験を計画中であり、より簡便に多くのデータを収集し、実験参加者間での特性の比較を行うことを目指している。さらに過敏性を抑えるシステムを開発するために「主観的に音がどう聞こえたかを再現する」だけではなく「このように音が聞こえたら楽になる」ように音声を変更するパターンの実験も実施する予定である。

【謝辞】 データ収集実験について東大・長井教授の手法[長井他, 2015]を参考にし、ご助言頂きました。また東大・國吉教授からは研究全体の進行に関してご助言・ご指導頂きました。

<添付資料>

表 1. 予測元・予測対象の変数の一覧

予測元	
音刺激	20秒の音声をメルスペクトログラムに変換したもの。
身体/心の疲れ具合	データを収集した際の身体/心の疲れを1-7で主観的評価した値。
睡眠時間	データを収集した日の収集者の睡眠時間(秒)。
天候	データを収集した際の天候の種類(自動取得)。
気圧	データを収集した際の気圧(自動取得)。
気温	データを収集した際の気温(自動取得)。
湿度	データを収集した際の湿度(自動取得)。
屋外/屋内	データを収集した際に収集者が屋外にいたか否か。
予測対象	
フィルタ設定量	
音全体の増幅	音全体を強くするフィルタの設定量。
低音帯の増幅	音のうち、20-200Hz帯を強くするフィルタの設定量。
中音帯の増幅	音のうち、200-2000Hz帯を強くするフィルタの設定量。
高音帯の増幅	音のうち、2000-20000Hz帯を強くするフィルタの設定量。
ホワイトノイズ	音に添加するホワイトノイズの強さ。
耳鳴り(強さ)	音に添加する耳鳴り様音(正弦波の音)の強さ。
耳鳴り(周波数)	音に添加する耳鳴り様音(正弦波の音)の周波数。
音の抑えこみ(幅)	音の中のある周波数帯のみ弱めるフィルタにおける、弱める幅。
音の抑えこみ(中心)	音の中のある周波数帯のみ弱めるフィルタにおける、弱める中心。
エコー	音が反響する感覚(体育館の中で聞くような感覚)を与えるフィルタにおける、その感覚の強さの程度。
音のうねり(強さ)	音がうねるような感覚を与えるフィルタにおける、うねりの強さ。
音のうねり(周波数)	音がうねるような感覚を与えるフィルタにおける、うねりの速さ。
水中音	音が水中で聞こえているかのようにくぐもった感じに変換するフィルタの強さ。
音に関する印象の評価	
耳が痛む感じがした	音に対して耳が痛む感覚の程度を1-7で主観的評価した値。
注意力が削がれた	音に対して注意力が削がれた感覚の程度を1-7で主観的評価した値。
不安に感じた	音に対して不安に感じた程度を1-7で主観的評価した値。
聞きたい音が聞けなかった	音に対し、それ以外に聞くべき音が鳴っていたのに聞き取れなくなった程度を1-7で主観的評価した値。

表2. モデル精度（予測結果と真値の相関係数。但し、フィルタ設定量は pearson 相関とし、音に対する印象の評価は順序尺度のため spearman 相関として求めた）

フィルタ設定量(pearson 相関)		エコー	0.25
項目	相関係数	音のうねり(強さ)	-0.11
音全体の増幅	0.27	音のうねり(周波数)	0.046
低音帯の増幅	0.22	水中音	0.14
中音帯の増幅	0.091	音に関する印象の評価(spearman 相関)	
高音帯の増幅	0.095	項目	相関係数
ホワイトノイズ	0.25	耳が痛む感じがした	0.51
耳鳴り(強さ)	0.70	注意力が削がれた	0.68
耳鳴り(周波数)	-0.057	不安に感じた	0.37
音の抑えこみ(幅)	0.15	聞きたい音が聞こえなかった	0.41
音の抑えこみ(中心)	0.34		