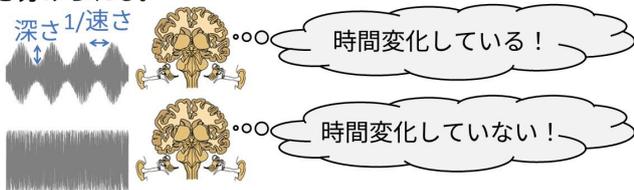


人間はなぜ音の変化を聞き分けられるのか

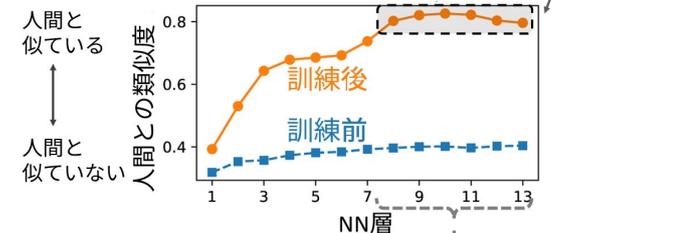
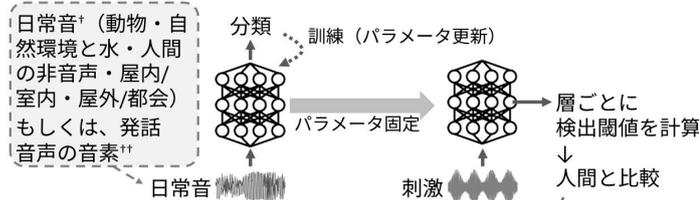
<p>どんな研究</p>	<p>人間は音の強弱の時間変化を聞き分けることができます。本研究では、人間がなぜそのような能力を獲得したのかを、計算機シミュレーションにより調べました。聴覚系の計算モデルを用いて、強弱が時間変化する音への反応を調べる知覚実験と神経科学実験をシミュレーションしました。</p>
<p>どこが凄い</p>	<p>モデル構築の際に聴覚に関する知識を極力使っていないにも関わらず、人間の聴覚と似た性質がモデルに発現していました。同じモデルで色々な実験をシミュレーションすることで、音の聞き分けと、細胞レベルの反応特性という、異なるスケールの現象を統一的に説明できました。</p>
<p>めざす未来</p>	<p>人間の聴覚が持つ様々な性質をシミュレーションできるようになると、より聞こえやすい補聴器や人工内耳の設計や、どんな環境でも快適に音が聞こえるイヤホンの設計に繋がります。また、個人ごとの聴覚能力に適した音環境をデザインできる可能性があります。</p>

音の強弱の時間変化を聞き分ける能力

- 人間は、音に強弱の時間変化（振幅変調）があるかどうかを聞き分けられる。



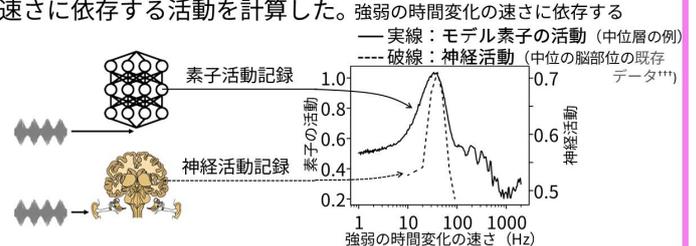
- 強弱の時間変化を聞き分けられる最小の深さ（検出閾値）は、音のパラメータに依存。
- なぜ聴覚はこのような性質を持つのか？
→ 計算機シミュレーションで説明。
- ニューラルネットワーク（NN）を日常音の分類で訓練し、訓練後のNNの層ごとに強弱の時間変化の検出閾値を計算。
→ 検出閾値のパターンが、後半の層で聴覚と類似。



- つまり、日常音認識への訓練で、聴覚と似た反応を示すようになった。
→ 聴覚も、日常音認識へ適応してきた可能性を示唆。
→ なぜ音の強弱の時間変化を聞き分けられるのか？への答え

音の強弱の時間変化に反応する神経細胞

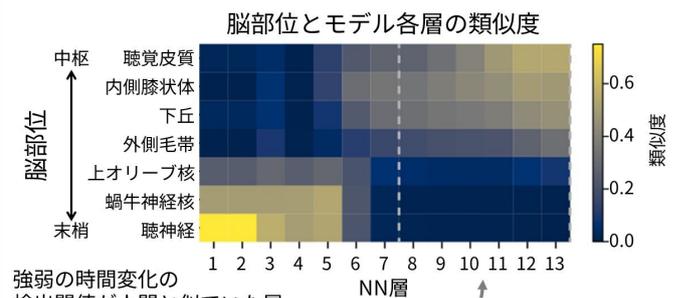
- 脳には、強弱の時間変化に反応するニューロンが多数存在。
- 日常音の分類で訓練したNNの素子ごとに、強弱の時間変化の速さに依存する活動を計算した。強弱の時間変化の速さに依存する



- 強弱の時間変化の速さへの依存性の分布が、NNの低次層と脳の末梢、NNの中位層と脳の中位の部位、NNの高次層と脳の中枢で、それぞれ似ていた。
- つまり、日常音認識への訓練で、人工NNが神経細胞と似た反応を示すようになった。
→ 神経細胞も、日常音認識へ適応してきた可能性を示唆。

強弱の時間変化の聞き分けを支える脳部位

- 強弱の時間変化の検出閾値が人間と似ていた層（8-13層目）は、脳の中枢よりの部位と似ていた。
→ これらの中枢よりの脳領域が、強弱の時間変化を聞き分ける能力の基盤となっている可能性を示唆。



¹ K.J. Piczak, "ESC: Dataset for environmental sound classification," in Proc. The 23rd ACM international conference on Multimedia (MM '15), 2015. ^{††} J.S. Garofolo, L.F. Lamel, W.M. Fisher, J.G. Fiscus, D.S. Pallett, N.L. Dahlgren, V. Zue, "TIMIT acoustic-phonetic continuous speech corpus LDC93S1," 1993. ^{†††} G. Langner, C.E. Schreiner, "Periodicity coding in the inferior colliculus of the cat. I. Neuronal mechanisms," Journal of Neurophysiology, Vol. 60, No. 6, pp.1799-1822, 1988.

関連文献

[1] T. Koumura, H. Terashima, S. Furukawa, "Cascaded tuning to amplitude modulation for natural sound recognition," *Journal of Neuroscience*, Vol. 39, No. 28, pp. 5517-5533, 2019.
 [2] T. Koumura, H. Terashima, S. Furukawa, "Human-like modulation sensitivity emerging through optimization to natural sound recognition," *Journal of Neuroscience*, Vol. 43, No. 21, pp. 3876-3894, 2023.

連絡先

上村 卓也 (Takuya Koumura) 人間情報研究部 感覚表現研究グループ