

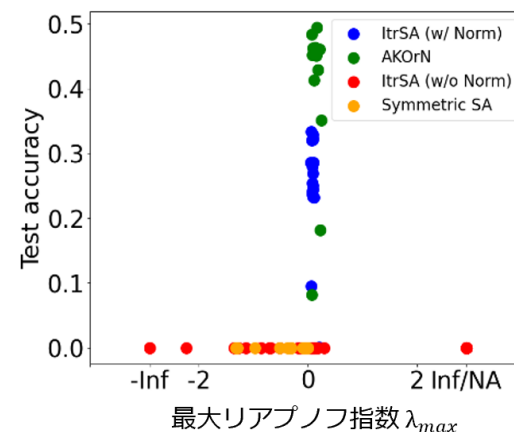
ABCI 3.0開発加速利用 (2025年度) 成果概要 (公開用)

課題名：
学習力学を数理基盤とした革新的ニューラルネットワークの開拓

実施時期：2025年4月-2026年3月
所属機関名：産業技術総合研究所
代表者氏名：唐木田亮

成果概要：
再帰自己注意モデルの状態更新を最大リアプノフ指数を使って特徴づけることができた。具体的には近年、高いテスト時推論性能を達成するモデル群は、指数が正側のゼロ近傍の”カオスの縁”に位置していることが明らかになった。また、それを実現する正規化層の貢献を明らかにした。

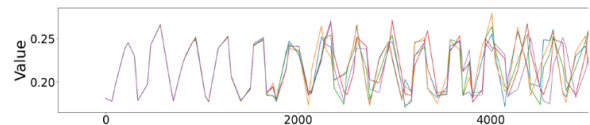
成果のポイント：
カオスの縁における情報処理機能の向上は様々な複雑システムで報告があり、ニューラルネットもその代表例である。今回の実験は、近年のAIの性能向上を支えるひとつの要素であるテスト時推論の性能が、このカオスの縁と関係することを、最小限だが非常に高い性能を発揮する再帰自己注意モデルで明らかにした。リアプノフ指数はautogradによる勾配計算から推定可能なため、ABCI環境での計算が有用であった。モデルは振動やカオス的なダイナミクスを実現しており、これが推論の向上に重要と示唆される結果だった。また論文では、正規化層を入れることが指数の増大を抑えていることを可解モデルでの理論、それからベンチマークにおける数値実験で明らかにすることができた。



$$\lambda_{\max} := \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \ln s_{\max}$$

s_{\max} はヤコビ行列 $\frac{\partial x(T)}{\partial x(0)}$ の最大特異値

($T \gg 1$ を使って数値的に計算)



成果についてより詳細な情報を提供しているWebページ、発表論文などの情報：
論文: "Recurrent Self-Attention Dynamics: An Energy-Agnostic Perspective from Jacobians", Akiyoshi Tomihari, Ryo Karakida, NeurIPS 2025.