

先端科学技術研究科 修士論文要旨

所属研究室 (主指導教員)	コンピューティング・アーキテクチャ (中島 康彦 (教授))		
学籍番号	2411237	提出日	令和 8年 1月 16日
学生氏名	平野 太雅		
論文題目	高効率かつ解釈可能な生成モデルの実現に向けたスパース表現学習の検討		
要旨			
深層生成モデルは再構成・生成のみならず、下流タスクに転移可能な潜在表現を獲得する表現学習手法として広く用いられている。代表例であるVAEは連続潜在により滑らかで連続的な潜在空間を学習でき、補間や摂動に対して安定な表現を得やすい一方、潜在が密になりやすく特徴選択性や解釈性が自動的に得られるとは限らない。VQ-VAEはコードブックにより潜在を離散化し、トークン列としての表現学習を可能にすることで系列モデルと接続した高品質生成や圧縮に適する一方、コードブック運用や量子化誤差が学習挙動に影響し得る。これらに対し、スパースコーディングVAE(SC-VAE)は潜在表現を辞書原子の疎な線形結合として構造化し、少数の活性原子による再構成を通じて、解釈可能性と効率性の両立を狙う。 SC-VAEでは疎推論にLISTAを用いるが、LISTAは反復推論を層展開で近似するため、反復段数と計算コストの関係が課題となり得る。そこで本研究では疎推論機構を、ニューロモーフィックチップ上で高い効率性が報告されているスパイキングLocally Competitive Algorithm (Spiking LCA)へ置換し、同一反復回数条件下でLISTA版との性能差を4つの指標(FID, SSIM, PSNR, LPIPS)で定量的に評価した。その結果、反復回数3回の条件下では、FID=8.0907、SSIM=0.9754、PSNR=33.69、LPIPS=0.0009となり、LISTAを用いたSC-VAEと比較して性能が低下する傾向が確認された。 さらに本研究では、疎推論部に加えてエンコーダおよびデコーダもスパイキングニューラルネットワークへ置換し、再構成品質および表現学習特性に与える影響を比較した。以上より、Spiking LCA置換による計算効率・実装可能性の観点での利点が期待される一方、スパイキング化に伴う表現能力・学習安定性の観点から品質劣化が生じ得ることを示し、性能維持のためのダイナミクス設計および学習手法の改善が今後の課題である。			