

# 論文審査の結果の要旨

氏名 三宅 茂樹

本論文は、「Coding Theorems for Point-to-Point Communication Systems using Sparse Matrix Codes (疎行列を用いた2端子通信系における符号化定理)」と題し、6章から構成されている。データ系列の冗長性を取り除き、より小さいサイズに圧縮する情報源符号における符号化効率の限界は、無ひずみ圧縮の場合はエントロピー関数で与えられ、有歪み圧縮ではレート歪み関数で与えられる。また、通信路で生じた誤りを訂正可能にする通信路符号では、符号化効率の限界は通信路容量で与えられる。これらの限界は、ランダム符号化手法を用いて達成可能なことが証明されているが、最近、実用的な時間で符号化・復号化が可能な疎行列を利用した符号で、その限界の達成を目指す研究が盛んに行なわれている。本論文では、一般の定常無記憶情報源や通信路に対して、そのような疎行列を用いた符号の構成法を提案し、その符号構成法で符号化効率の限界を達成できるという漸近最良性を、理論的に証明している。

第1章「Introduction」では、取り扱う通信システムモデルを紹介すると共に、本研究の目的および従来研究に対する本研究の位置付けを述べている。

第2章「Preliminaries for Sparse Matrix Coding」では、疎行列の構成方法、疎行列とランダムウォークとの関係を述べると共に、ランダムウォークに関して成り立つ幾つかの補助定理を与えている。さらに、系列のタイプに関する基本的な補助定理を示している。

第3章「Lossless Universal Source Coding」では、無ひずみ情報源符号化問題を取り扱っている。疎行列を用いて固定長のユニバーサル符号化を行なった場合、任意の定常無記憶情報源に対して、与えられた符号化レートにおける誤り指数を理論的に導出している。また、2値定常無記憶情報源の場合に対して、sum-product 復号を行なった場合をシミュレーションし、理論との比較を行なっている。

第4章「Lossy Source Coding」では、有ひずみ情報源符号化に対して、二つの疎行列を用いた符号化法を提案している。一つ目の疎行列でベクトル量子化を行い、二つ目の疎行列でベクトル量子化後のデータを無ひずみ圧縮する符号構成となっている。本章では、この提案した符号で、漸近的な圧縮限界であるレートひずみ関数を達成できることを証明している。また、非漸近的な場合に対して、LCLP (Linear Code Linear Programming) 復号法を改良した復号法を提案し、シミュレーションにより、時分割限界よりよい性能を達成できることを示している。

第5章「Channel Coding」では、4章で有ひずみ情報源符号化用に提案した符号の双対な符号が、通信路符号化に利用できることを示している。そして、その符号を用いることにより、通信路符号における符号化効率の限界である通信路容量を、漸近的に達成できることを理論的に証明している。さらに、第5章では、第4章の有ひずみ情報源符号

化と通信路符号化を一度に行なう「情報源・通信路同時符号化」を取り扱っている。情報源符号化と通信路符号化を個別に行なって接続する場合は、それぞれで2個の疎行列が必要となり、符号化・復号化の処理も二度必要になる。しかし、互いに双対な符号を用いて同時符号化を行なうと、ある条件を満たす場合は、情報源符号化で用いる疎行列と通信路符号化で用いる疎行列の働きが互いに打ち消し合うことになり、一つの疎行列だけで、情報源符号化と通信路符号化の同時符号化が可能であることを証明している。

第6章「Conclusion and Future Works」では、本論文の成果をまとめると共に、今後の研究課題を示している。

なお、本論文第3章は丸山充との共同研究、第4.2節第4.3節および第5章は村松純との共同研究、第4.4節は本多淳也および山本博資との共同研究であるが、これら全てにおいて、論文提出者が主体となって符号化問題の設定、符号化定理の証明、シミュレーションを行なったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。