

|         |                                                                                                        |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名     | 佐 藤 興 二<br>さとう こうじ                                                                                     |
| 学位の種類   | 理 学 博 士                                                                                                |
| 学位記番号   | 論 理 博 第 630 号                                                                                          |
| 学位授与の日付 | 昭 和 54 年 1 月 23 日                                                                                      |
| 学位授与の要件 | 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当                                                                                |
| 学位論文題目  | A Decision Procedure for the Unique Decipherability of<br>Multivalued Encodings<br>(多値非等長符号の一義解読性の判定法) |

論文調査委員 (主 査) 教授 寺 本 英 教授 山 口 昌 哉 教授 高 須 達

### 論 文 内 容 の 要 旨

離散的情報源を符号化する場合、一個の情報源記号に対して、二個以上の符号語を対応させる符号化を多値符号化と呼ぶ。本論文は雑音のない情報伝達路における非等長符号化理論を扱ったものである。とくに、任意の非等長多値符号が与えられたときに、それによって、情報源の記号列を符号化した場合、符号の記号列から、情報源の記号列が一意的に解読できるか否かという一意解読性の決定問題を提起し、この決定問題を解くアルゴリズムを与えている。

従来、多値でない場合については同様の問題が Sardinas と Patterson (1953年) 以来、多くの研究者によって研究されているが、多値符号化について解いたのは、本論文が最初である。多値でない場合には、一意解読性は、符号記号系列の符号語列への一意分解性と等しい概念であるが、多値の場合は、一意分解性を持たない符号系でも一意解読性は持っていることがあり、問題解決のために新しい手法が要求される。以下はその概要である。

情報源記号の有限集合を  $\Sigma$ 、符号に用いられる記号の集合を  $\Delta$  とする。夫々書並べ演算による自由単位半群  $\Sigma^*, \Delta^*$  を生成する。非等長多値符号化  $f$  は、 $\Sigma$  から  $\Delta^*$  の有限部分集合への写像で、 $f(\varepsilon) = \varepsilon, f(x \cdot y) = f(x) \cdot f(y)$  を満たすものと考えることができる。ここで  $\varepsilon$  は  $\Sigma^*, \Delta^*$  の単位元である。このような符号化  $f$  は、非決定性有限オートマトンによる記号列の変換としても表現され、

(1)  $f = \{\sigma(p), \tau(p) \mid p \in P\}$  と書ける。ここで  $\sigma(P) = \Sigma^*, \tau(P) = f(\Sigma^*)$ 、 $P$  は  $T^*$  に含まれる正規集合、 $\sigma$  は  $T^*$  から  $\Sigma^*$  への半群としての短縮準同型写像(長さを長くしないような準同型)、 $\tau$  は  $T^*$  から  $\Delta^*$  への長さを保つ準同型、 $T$  は  $f(\Sigma)$  から構成される有限集合であり、オートマトンの状態遷移の集合を意味する。

さて、 $g = \{(\sigma(p), p) \mid p \in P\}$  とおくと

(2)  $\bigcup_{x \in \Sigma^*} g(x) = P$  となり、(1)(2)式より  $f = \tau \cdot g$  である。従って、計算の結果、一意解読性の必要十分条件、 $(\forall x, y \in \Sigma^*) (x \neq y) \rightarrow f(x) \cap f(y) = \phi$  は

### (3) $R \subset S$ という集合の包含関係

と等価となることがわかる。

ここで

$$R = \{x \in (T \times T)^* \mid (\alpha_1(x) \in P) \wedge (\alpha_2(x) \in P) \wedge (\tau\alpha_1(x) = \tau\alpha_2(x))\}$$

$$S = \{x \in (T \times T)^* \mid \sigma\alpha_1(x) = \sigma\alpha_2(x)\} \text{ である。}$$

いま,  $\{x \in P^* \mid \sigma_1(x) = \sigma_2(x)\}$  の集合の族を  $SH_2$  言語と呼ぶことにすると, (3)式の  $R$  は正規言語,  $S$  は  $SH_2$  言語であることがわかる。

従って, 最終結論は, 任意の正規言語と  $SH_2$  言語が与えられたとき, 前者が後者に含まれるか否かの判定アルゴリズムを与えることによって得られる。この解決方法で用いられた短縮準同型,  $SH_2$  言語などは申請者の発案したものである。

本論文は, さらに, 多値符号化を二状態以上の有限オートマトンを用いて行なう場合でも, 一意解読性が同様に集合の包含関係の決定に帰着され, 決定可能であることを証明している。また, 一意解読性に加えて, 有限時間遅れをもって解読可能か否かの決定問題が肯定的に解けるという予想を十分な根拠とともに述べている。

この論文で扱った多値符号化の問題は, 雑音のある通信路における誤り訂正符号の一般化とも考えられ, 自然界においては, 例えばアミノ酸コードが一般に多値であることなど, 他の分野とのかかわりが深く, 情報科学において重要な意義をもつものと思われる。

## 論文審査の結果の要旨

符号化理論において, 情報源の一記号に対して, 二個以上の符号語を対応させる多値非等長符号化の理論は, 誤り訂正符号の一般論としても, また自由単位半群の情報科学への応用という観点からも重要な課題である。

従来, 一記号に一符号語を対応させる符号化については, 符号の記号系列に対して, 情報源の記号系列が一意に定まるか否かの一意解読性の真偽決定問題について, 多くの研究がなされてきており, 決定のアルゴリズムが与えられている。しかし, 多値符号化の場合には問題は極めて困難なものになり, 未解決の問題として残されていた。

本論文は, 多値非等長符号化について, この難問を解決したものである。まず, その決定問題がある種の2つの記号系列集合間の包含関係を判定することと等価であることを示した。さらに, この包含関係の判定アルゴリズムを与えることによって多値非等長符号化においても, 一意解読性判定が可能であることを証明している。申請者はさらに, 系列が有限時間の遅れの範囲内において, 解読可能であるか否かの真偽決定問題が肯定的に可解であることを予想している。

申請者は, この仕事でオートマトン理論, 自由半群論などの手法を独創的な方法で駆使しており, 得られた結果は, 情報科学の理論的分野を豊かにする意味でも極めて貴重な成果だといってよい。

参考論文1は, 一般化されたオートマトンによる符号化について, 著者の発案した有限義解読性の判定アルゴリズムを与えたものであり, 参考論文2は, 本論文のもとになった問題提起と解決方法の原型を議

論したものである。

本論文は、参考論文とあわせて、この分野での顕著な寄与であるといってよい。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。