

図4 水晶AT板上のMgF₂膜による弾性表面波速度の変化
Fig.4 - SAW velocity variation due to MgF₂ evaporated film.

着膜中には空孔が存在することが知られており、室温蒸着されたMgF₂膜の充てん率 f は0.74という報告がある⁽⁹⁾。空孔が存在する弾性体の弾性定数、密度などは丸竹ら⁽¹⁰⁾によって示されており、その弾性定数などを用いて充てん率をパラメータとして速度を計算したものが図4中に示された破線である。図中の実線は前章の周波数低下の割合を示したものである。 $f=0.8$ で速度がほぼ一定となるので、 $f=0.74$ と考えればMgF₂膜を室温蒸着すると弾性表面波速度は低下するので、定性的に前章の実験結果が説明できる。より詳細な議論のためには、実際の蒸着膜の充てん率や弾性定数の評価が必要となると考えられる。

4. むすび

弾性表面波回路の動作周波数直視の調整法としてMgF₂を真空蒸着する方法を示し、表面波回路のMgF₂膜付加による特性の変化の実験結果を示した。その結果、直視法としての可能性があることが分かった。又、MgF₂膜付加による表面波回路の周波数変化について考察し、薄膜の充てん率を考慮すべきことを述べた。

謝辞 日ごろ御指導頂く野田基礎研究部長、畔柳統括調査役、弾性表面波速度の解析プログラムを提供された木村主任ならびに第二研究室の方々に感謝します。

文 献

(1) Nishikawa, K.: "An improved SAW filter for a PCM timing tank", 1974 Ultrasonics Symposium Proceedings, p.164 (1974); 卜部, 小山田, 吉川: "弾性表面波水晶IDT共振器の周波数調整法に関する検討", 音響学会講演論文集, 1-2-5 (昭52-04); 箕輪純一郎: "弾性表面波フィルタの周波数調整法", 信学論(A), J60-A, 10, p.963 (昭52-10).
 (2) Helmick, C.N., et al.: "Fine tuning of narrow-band SAW devices using dielectric overlays", 1977 Ultrasonics Symposium Proceedings, p.659 (1977).
 (3) 卜部, 小真, 吉川: "MgF₂真空蒸着による弾性表面波回路の周波数調整法", 音響学会講演論文集, 2-3-10 (昭53-05).
 (4) Pulker, H.K., et al.: "An investigation of the evaporation process of dielectric materials", Thin Solid Films, 4, p.219 (1969).
 (5) 小山田, 吉川, 石原: "弾性表面波共振器を用いた狭帯域フィルタおよび発振器", 信学技報, US75-39 (1975-12).
 (6) Beckmann, R.: "Elastic piezoelectric constants of α -quartz", Phys. Rev., 110, p.1060 (1958).

(7) Landolt-Bornstein numerical data in science and technology, New Series Group III, 1, p.8, Springer-Verlag, Berlin (1966).
 (8) Anderson, O.L.: "Determination of isotropic elastic constants of polycrystalline aggregates using single-crystal data", in Physical Acoustics, II - B, W.P. Mason Ed. Academic Press, New York (1964).
 (9) Pulker, H.K., et al.: "Correlation between film structure and sorption behaviour of vapour deposited ZnS, crydite and MgF₂ films", Thin Solid Film, 9, p.57 (1971).
 (10) Marutake, M., et al.: "Elastic constants of porous materials", J. Phys. Soc. J., 11, p.814 (1956). (昭和54年3月14日受付)

UDC 519.725.2

2次元複合符号について

鈴木 輝暁 今井 秀樹

鈴木輝暁: 准員 横浜国立大学工学部情報工学科

今井秀樹: 正員 同

On Two-Dimensional Compound Codes. By Teruaki SUZUKI, Associate Member and Hideki IMAI, Regular Member (Faculty of Engineering, Yokohama National University, Yokohama-shi, 240 Japan).

論文番号: 昭54-376[A-95]

あらまし ランダム誤りとパースト誤りを訂正する符号として、複合符号がある。本稿では、複合符号を2次元に拡張した2次元複合符号について論ずる。

1. まえがき

一般の通信路は、ランダム誤りとパースト誤りの両者が発生する複合通信路となっている場合が多い。このような複合通信路では、単純なランダム誤り訂正符号やパースト誤り訂正符号は、それらの誤り訂正能力を十分に発揮することができない。このため、複合通信路に対する誤り訂正符号として、ランダム誤りとパースト誤りを訂正できる複合符号⁽¹⁾が提案されている。

本稿では、複合符号を2次元に拡張した2次元複合符号について論じ、符号の誤り訂正能力の下界に関する定理、ならびに符号の構成法を示す。この2次元複合符号は2次元情報の信頼性向上に用いられるほか、シンドローム情報源符号化⁽²⁾を用いることにより、画像のデータ圧縮にも応用できる。

2 複合通信路に対する符号化

2次元複合通信路には、二つの状態がある。一つの状態では、2次元対称通信路として振舞い、もう一方の状態では、パースト雑音のある2次元通信路として振舞う。

さて、2次元線形符号が重み t 以下のランダム誤りと、 $b_1 \times b_2$ より大きくない単一2次元パースト誤り[†]を訂正できるための必要十分条件は、次の三つである。

† 面積 $b_1 \times b_2$ の2次元パーストが $b_1 \times b_2$ より大きくないというときは、 $b_1 \leq b_1$ かつ $b_2 \leq b_2$ となることを意味する。

- (i) 重み t 以下のランダム誤りをすべて訂正できる。
- (ii) $b_1 \times b_2$ より大きくない単一 2 次元バースト誤りをすべて訂正できる。
- (iii) 剰余類展開において、重みが t より大きく、 $b_1 \times b_2$ より大きくない 2 次元バーストを含む任意の剰余類は、重み t 以下のいかなる配列をも含まない。

このことから容易に次の定理が導ける。(証明略)

〔定理 1〕 面積 $n_1 \times n_2$ の 2 次元線形符号の符号語 $a = [a_{i,j}] (i=0, 1, \dots, n_1-1; j=0, 1, \dots, n_2-1)$ を 2 変数多項式

$$a(x, y) = \sum_{i=0}^{n_1-1} \sum_{j=0}^{n_2-1} a_{i,j} x^i y^j \quad (1)$$

で表すとき、ある正整数 c_1, c_2 に対して、

$$a(x, y) = 0 \pmod{(x^{c_1}-1, y^{c_2}-1)} \quad (2)$$

が満たされ、且つ、この符号の最小距離 d_{\min} が $2t+2$ で、 $b_{01} \times b_{02}$ より大きくない単一 2 次元バースト誤りをすべて訂正できると仮定する。

このとき、この符号は重み t 以下のランダム誤りすべてと、 $c_1 \times c_2$ 及び $b_{01} \times b_{02}$ のいずれよりも大きくない単一 2 次元バースト誤りすべてを訂正できる。

この定理は、2 次元複合符号の誤り訂正能力の下界を与え、次章の符号構成の基礎となるものである。

3. 符号構成法

本章では、短縮化 2 次元巡回符号による 2 次元複合符号の構成法を示す。そこで、まず、2 次元巡回符号についてごく簡単に述べておこう。

m_1 と m_2 を正整数とし、 n_1 と n_2 を次の三つの条件を満たす正整数とする。

- (1) $n_1 n_2 = 2^{m_1 m_2} - 1$
- (2) n_1 は $2^{m_1} - 1$ を割り切り、 $2^k - 1 (0 < k < m_1)$ を割り切らない。
- (3) n_1 と n_2 は互いに素。

更に、 α を $GF(2^{m_1 m_2})$ の原始元とし、 $r = \alpha^{n_1}$ 、 $\beta = \alpha^{n_2}$ を定義する。 r の位数は n_1 、 β の位数は n_2 である。次に、

$$U = \{(r^k, \beta^l) \mid 0 \leq k < n_1, 0 \leq l < n_2\} \quad (3)$$

という $GF(2)$ の拡大体上の 2 項列の集合を定義する。 U の元を点と呼ぶ。点 (ξ, η) が $GF(2)$ 上のある 2 変数多項式 $f(x, y)$ の零点となるのであれば、 $(\xi^{2^i}, \eta^{2^i}) (i=0, 1, 2, \dots)$ もすべて $f(x, y)$ の零点となる。そこで、 (ξ^{2^i}, η^{2^i}) のうち異なるものすべての集合を (ξ, η) の共役類と呼ぶ。

U の点をこのような共役類に類別し、各共役類から一つずつ点を選んで作った集合を \hat{U} とする。この集合 \hat{U} の任意の部分集合を \hat{Z} とするとき、 \hat{Z} のすべての点を零点とする式(1)の形の多項式全体の集合は、面積 $n_1 \times n_2$ の 2 次元巡回符号となる⁽³⁾。 \hat{Z} をこの 2 次元巡回符号の既約共通零点集合という。符号 C の既約共通零点集合を $\hat{Z}(C)$ で表すことにしよう。なお、2 次元巡回符号の検査点のパターン(検査点の位置の形)を後に用いるが、これについては文献(3)を参照されたい。

以上の準備のもとに次の定理を導ける。(証明略)

〔定理 2〕 C_1 を面積 $n_1 \times n_2$ 、 $d_{\min} \geq 2t+1$ の 2 次元巡回符号とする。但し、 n_1, n_2 は条件(1)~(3)を満たす正整数とし、 c_1, c_2 をその積 $c_1 c_2$ が $n_1 n_2$ で割り切れない正整数とする。又、 $\hat{Z}(C_1)$ として、 \hat{U} の点 (r^k, β^l) のうち、

$$n_1 \nmid k c_1 k_0^\dagger \text{ 又は } n_2 \nmid l c_2 l_0 \quad (4)$$

を満たすものの中から選ぶ。但し、 k_0, l_0 は、 $0 < k_0 < n_1 / c_1$ 、 $0 < l_0 < n_2 / c_2$ なる整数である。

次に、 C_2 をその符号多項式 $a(x, y)$ が、

$$a(x, y) = 0 \pmod{(x^{c_1}-1, y^{c_2}-1)} \quad (5)$$

$$a(r^k, \beta^l) = 0, (r^k, \beta^l) \in \hat{Z}(C_1) \quad (6)$$

を満たす面積 $n_1 \times n_2$ の短縮化 2 次元巡回符号とする。

このとき、 C_2 は面積 $b_1 \times b_2$ より大きくない単一 2 次元バースト誤りを訂正することができる。但し、 b_1, b_2 は次の四つの条件を満たさなければならない。

(a) 方形 $b_1 \times b_2$ は、符号 C_1 の検査点のパターンに含まれる。

$$(b) \quad b_2 \leq \left\lfloor \frac{5t-3}{8(b_1+1)} + \frac{c_2-1}{2} \right\rfloor^{\dagger\dagger} \quad (7)$$

$$(c) \quad b_1 \leq \left\lfloor \frac{5t-3}{8(b_2+1)} + \frac{c_1-1}{2} \right\rfloor \quad (8)$$

$$(d) \quad 2b_1 > c_1 - 2, \quad 2b_2 > c_2 - 2 \text{ であれば,} \\ (2b_1 + 2 - c_1)(2b_2 + 2 - c_2) \leq \lfloor (5t - 11) / 4 \rfloor \quad (9)$$

この定理によって、短縮化 2 次元巡回符号による 2 次元複合符号のバースト訂正能力が与えられる。更に、この結果と定理 1 を用いれば、2 次元複合符号としての誤り訂正能力が導ける。次に、例を示そう。

〔例〕 $m_1 = 4, m_2 = 2$ とする。このとき、条件(1)~(3)を満たす n_1, n_2 として、 $n_1 = 15, n_2 = 17$ を選べる。 $r = \alpha^{17}$ 、 $\beta = \alpha^{15}$ となる。但し、 α は $GF(2^8)$ の原始元である。ここで、 $\hat{Z}(C_1) = \{(r, \beta), (r^3, \beta^3)\}$ と選ぶことにしよう。このとき、2 次元巡回符号 C_1 の検査点のパターンとして、 8×2 の方形を選べる。又、この場合 C_1 の最小距離は 5 となる(n_1 と n_2 は互いに素であるので、符号語のシンボルを適当に並べ変えることにより C_1 を 1 次元巡回符号と対応させることができ、BCH 限界を用いて d_{\min} を求めることができる)。次に、条件式(4)を満たすように、 $c_1 = c_2 = 6$ とする。

C_2 の最小距離は、 C_1 の最小距離が 5 であることと式(5)の条件から、6 となることが導ける。従って、定理 1 での t は 2 となる。このとき、定理 2 から C_2 は 2×2 より大きくない単一 2 次元バースト誤りを訂正できることが分かる。従って、面積 15×17 の短縮化 2 次元巡回符号 C_2 は、重み 2 以下のランダム誤りすべてと、面積 2×2 より大きくない単一 2 次元バースト誤りすべてを訂正できる。

4. むすび

本稿では、2 次元複合符号について論じ、符号の誤り訂正能力の下界に関する定理、ならびに符号の構成法を示した。定理 1, 2 における誤り訂正能力は下界を示すものであるの、実際の誤り訂正能力はこの下界よりも大きくなることが

† $a \nmid b$ は、 b が a で割り切れないことを示す。

†† $\lfloor x \rfloor$ は、 x 以下の最大整数を示す。

期待できる。なお、復号は、原理的には条件(i)~(iii)に基づいて行うことができる。

文 献

- (1) Hsu, H.T., Kasami, T. and Chien, R.T.: "Error-correcting-codes for a compound channel", IEEE Trans. Inf. Theory, IT-14, p.135 (Jan. 1968).
- (2) Ancheta, T.C., Jr.: "Syndrome-source-coding and its universal generalization", IEEE Trans. Inf. Theory, IT-22, p.432 (July 1976).
- (3) 今井秀樹: "2次元巡回符号と2次元線形シフトレジスタの一般論", 信学論(A), J59-A, 9, p.710 (昭51-09).

(昭和54年3月22日受付)

UDC [621.372.58:621.372.63].011.733
多端子対ジャイレータの一構成方法

石橋 幸男

石橋幸男: 正員 東京工業大学工学部電気電子工学科
A Realization of a Multi-Port Gyrator. By Yukio ISHIBASHI, Regular Member (Faculty of Engineering, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, 152 Japan).
論文番号: 昭 54-377[A-96]

あらまし 多端子対ジャイレータの一構成方法を提案し、これを用いた5次の連立チエビシェフ低域フィルタを試作し、実験を行っている。

1. まえがき

通過域における振幅特性の低感度性を有する両側抵抗終端のはしご形LCフィルタをシミュレートする有力な方法に、LをジャイレータとCによって置換えるものがある。接地されたインダクタンスは2端子対ジャイレータによって実現できる。又、非接地のインダクタンスは2端子対ジャイレータ2個の連続か、3端子対ジャイレータによって実現されるが、後者の方が必要能動素子数、電力効率などの点で優れている。低域フィルタのような非接地インダクタンスの多い回路を実現するのに適した回路として3端子対ジャイレータを拡張した多端子対ジャイレータ⁽¹⁾が知られている。本論文は、この多端子対ジャイレータの一構成方法について述べている。

2. 理 論

よく知られているように、n端子対ジャイレータのアドミタンス行列[Y]は次式によって与えられる。

$$[Y] = \begin{bmatrix} 0 & G & 0 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ -G & 0 & G & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -G & 0 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & G \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & -G & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、図1に示すようなNICと抵抗1本からなる回路を考える。演算増幅器の利得を無限大とすると、アドミタンス行列として

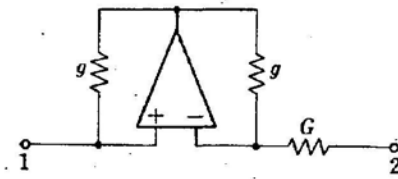


図1 NICと抵抗1本からなる回路
Fig.1 - Circuit composed of a NIC and a resistor.

$$[Y] = \begin{bmatrix} -G & G \\ -G & G \end{bmatrix} \quad (2)$$

が得られることを考慮して、式(1)を次のように分解する。

$$\begin{bmatrix} G & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & & & & \\ \dots & & 0 & & \\ \dots & & \dots & & \\ 0 & & & & \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -G & G & 0 & \dots & \dots & 0 \\ -G & G & 0 & & & \\ 0 & 0 & & & & 0 \\ \dots & \dots & \dots & & & \dots \\ \dots & \dots & \dots & & & \dots \\ 0 & 0 & 0 & & & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & -G & G & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & -G & G & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & & & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & & \end{bmatrix} + \dots +$$

$$\begin{bmatrix} & & 0 & 0 \\ & & \dots & \dots \\ & & \dots & \dots \\ 0 & & \dots & \dots \\ 0 & & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & -G & G \\ 0 & \dots & 0 & -G & G \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & & & & 0 \\ & & & & \dots \\ & & & & \dots \\ & & & & 0 \\ & & & & \dots \\ & & & & 0 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & -G \end{bmatrix} \quad (3)$$

1番目の行列は接地の抵抗、2番目からn番目までの行列は図2の回路、最後の行列は図2の回路の端子2を接地した回路によってそれぞれ実現できるから、n端子対ジャイレータは図2の回路によって実現できることになる。必要な抵抗の数は3n+1本であり、これは文献(1)の6n-2本に比べかなり小さく、nが大きい場合には約半分になっている。又、文献(1)の回路はその抵抗のほとんどが100kΩ前後の高抵抗で

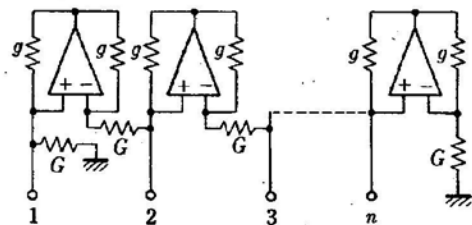


図2 n端子対ジャイレータ
Fig.2 - n-port gyrator.