

最近の技術から

二方式を複合した光ディスクトラッキング方式

宿波 拾一・糸長 誠

日本ビクター(株)技術開発本部 〒239 横須賀市神明町 58-7

1. ま え が き

CD-ROM を考慮して決められた画像圧縮伸長の国際標準化方式である MPEG 1 が 1.2 Mbps の画像データレートを扱っているのに対し、放送水準の画質を扱う MPEG 2 では画像データレートの典型値は 3~6 Mbps である。この他のいくつかの要求により、CD の次ステップの研究開発が盛んに行われている。

630~680 nm への光源短波長化と集光レンズの高 NA 化は主要な進展である。しかし CD と同様の直径 12 cm、盤厚み 1.2 mm の非貼合わせ片面ディスクを高 NA レンズを用いて読取る際は、半径方向のディスク反りによるコマ収差が突出して大きく、この改善にラジアルルトサーボを用いることが必須条件になる。

この条件下ではラジアル方向コマによる再生信号劣化は解決され、読み取り光スポットの微細化で見込まれる値以上にトラック密度を上げるためには、トラッキング検出に含まれる偽成分の抑圧が望まれる課題となる。ここでは ROM 盤について我々の研究を紹介する。

2. ニューラルネットワークによる トラッキング方式

トラッキング方式を進展させる研究の手段として実時間で動作するニューラルネットワーク (NN) を用いた。

トラッキング範囲、安定性等において高性能であることが知られているヘテロダイン方式トラッキング¹⁾を 図 1 に示す NN により実現し通常のヘテロダイン方式と同等の結果を得た²⁾。シナプス荷重は、広帯域の 4 分割デテクタ A~D の各チャンネルからの出力についてピット方向に対する交叉差と前後差を乗算して得た信号 H を教師信号として学習を行い決定した。信号 H の表現式は下式となる。

$$H = \{(A+C)-(B+D)\} \cdot \{(C+D)-(A+B)\} \quad (1)$$

さて、NN には教師が増えても複数の教師から学習し学習結果が収束するという長所が發揮できる場合が多

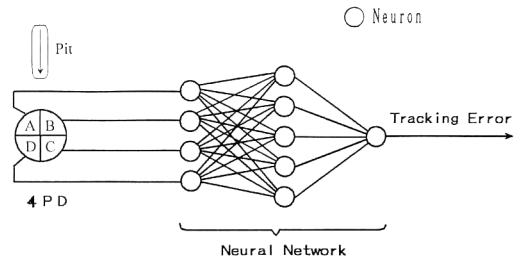


図 1 ニューラルネットワークトラッキング法

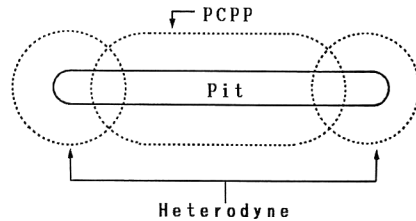


図 2 従来法の検出位置

い。我々は図 2 に示すようにヘテロダイン方式とは異なる時間のピット中央部でプッシュプル (PCPP) 方式トラッキング検出信号 P が得られることに注目し、これらの双方を教師とした。信号 P の表現式はプッシュプル信号にピット部を取り出す重み付けを乗算し下式となる。

$$P = \{(A+D)-(B+C)\} \cdot \{(A+D)+(B+C)\} \quad (2)$$

H と P の双方を教師とする NN の学習には H+P で表される信号を教師に用いている。図 1 と同型の NN を用いて学習させたところ学習は収束し、シナプス荷重のみを変更した実験回路はレンズシフトに対して非常に強い高性能を示した。観察した結果、レンズシフト時に発生する偽成分がヘテロダイン方式と PCPP 方式とでは逆極性で相殺関係にあることが判明した³⁾。ここでは写真は省略するが、図 3 と良く似た検出波形である。

3. 二方式を複合したトラッキング方式

NN 回路の学習に用いた H+P について(1)、(2)式を代入して展開整理すると、

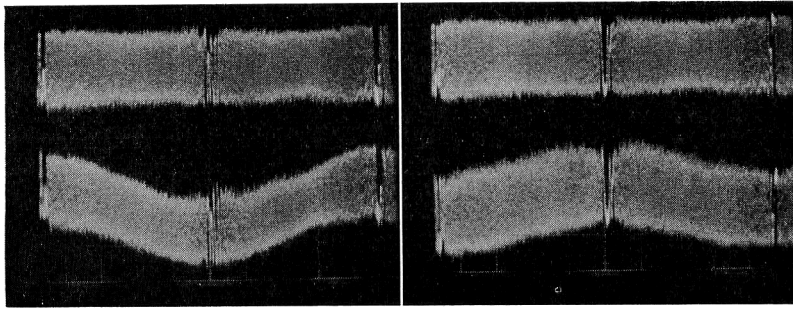


図3 トラッキング検出信号. 上段: 新方式, 下段左: ヘテロダイン, 下段右: PCPP.

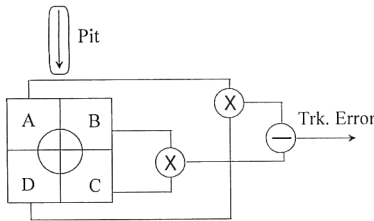


図4 新方式の回路構成

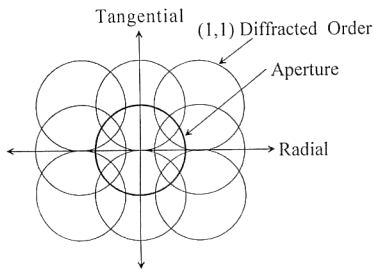


図5 対物レンズ瞳上回折パターン

$$H+P=4(A \cdot D - B \cdot C) \quad (3)$$

を得る(図4)。これは、平衡変調器と差動回路といった簡単な回路形式で実現可能である。図3にトラックピッチ $0.72 \mu\text{m}$ 、レーザー波長 670 nm 、レンズ NA 0.6 の試作システムにおいて $400 \mu\text{m}_{p-p}$ のレンズシフトを与えたときのトラッキング検出信号の比較写真を示す。これらを見ると NN 回路により得られていた長所は保存されており、本方式は従来法のどちらよりも DC オフセットの少ない、優れた特性を示している⁴⁾。

この方式の解析を行うためにスカラ回折理論による解析を行った。解析はピットが整然と並んでいるモデルを用い⁵⁾、対物レンズ瞳上で回折光が図5のように重なり合う状況下で行った。得られた解析式を係数を簡略化してまとめ次に示す。

$$A \cdot D - B \cdot C = \{K_1 \cdot \sin(f) + K_2 \cdot \sin(2f)\} \sin(2\pi x) + \{K_3 \cdot \sin(f) + K_4 \cdot \sin(2f)\} \sin(4\pi x) \quad (4)$$

ここで、 $f=4 \cdot \pi \cdot n \cdot d/\lambda$ (d : ピットの深さ、 n : 屈折率、 λ : 波長)、 x はトラック・ピッチで規格化したラジアル方向のスポット位置、 $K_1 \sim K_4$ は、各次回折光の振幅と重なり方(重なり面積)の関係で決まる項よりなる係数である。

(4)式は、トラッキング検出信号がピッチおよびピット深さに関して2周期成分を有していることを示している。(4)式を用いて数値計算により特性の解析を行った結果、ピッチに関しては2周期成分は小さく1周期成分が支配的であり、ピット深さに関しては、 $d=\lambda/5n$ 弱でトラッキング検出信号が最大となることが判明した。また、係数の検討により(1,1)回折光が存在することが、トラッキング検出信号生成に必要なことがわかった⁶⁾。

4. あとがき

画質の良い MPEG 2 に対応させ、ディスクの高密度化が期待されている。本稿ではトラック密度の向上に寄与できる最近の技術を紹介した。

文 献

- 1) J. Braat and G. Bouwhuis: "Position sensing in video disk readout," Appl. Opt., 17 (1978) 2013-2021.
- 2) 山田邦男, 宿波拾一, 高橋 進: "ニューラルネットワークによる光ディスクのトラッキング方式", 第53回秋季応用物理学会, 17a-T-3 (1992) p. 921.
- 3) 山田邦男, 宿波拾一, 高橋 進: "二方式を学習したニューラルネットワークによる光ディスクのトラッキング方式", 第40回春季応用物理学会, 30a-B-7 (1993) p. 1047.
- 4) 山田邦男, 宿波拾一, 糸長 誠, 高橋 進: "二方式を複合した光ディスクトラッキング方式", 第54回秋季応用物理学会, 28a-SF-16 (1993) p. 1007.
- 5) G. Bouwhuis, J. Braat, A. Huijser, J. Pasman, G. van Rosmalen and K. Schouhamer Immink: Principles of Optical Disc Systems (Adam Hilger, Bristol, 1985) p. 36.
- 6) 糸長 誠, 山田邦男, 宿波拾一, 高橋 進: "複合トラッキング方式の解析", 第41回春季応用物理学会 (1994) 投稿中.

(1994年1月31日受理)