

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4868937号

(P4868937)

(45) 発行日 平成24年2月1日(2012.2.1)

(24) 登録日 平成23年11月25日(2011.11.25)

(51) Int.Cl. F I
B 4 1 J 2/01 (2006.01) B 4 1 J 3/04 1 O 1 Z
B 4 1 J 2/52 (2006.01) B 4 1 J 3/00 A

請求項の数 15 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2006-137870 (P2006-137870)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成18年5月17日(2006.5.17)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2006-347164 (P2006-347164A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成18年12月28日(2006.12.28)	(74) 代理人	100083116
審査請求日	平成21年2月5日(2009.2.5)		弁理士 松浦 憲三
(31) 優先権主張番号	特願2005-148498 (P2005-148498)	(72) 発明者	千綿 祐平
(32) 優先日	平成17年5月20日(2005.5.20)		神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		富士写真フイルム株式会社内

審査官 藤本 義仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像記録装置及び方法並びに濃度補正係数の決定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の記録素子を有する記録ヘッドと、
 前記記録ヘッド及び被記録媒体のうち少なくとも一方を搬送して前記記録ヘッドと前記被記録媒体を相対移動させる搬送手段と、
 前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得手段と、
 前記複数の記録素子のうち、その記録素子の記録特性に起因する濃度ムラを補正する補正対象記録素子を決定する決定手段と、
 前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いるN個（ただし、Nは2以上の整数）の補正記録素子を設定する補正範囲設定手段と、
 前記補正対象記録素子の記録特性に起因する濃度ムラの空間周波数特性を表すパワースペクトルが次式で表され、

【数1】

$$\text{パワースペクトル} = \int T(f)^2 df$$

【数 2】

$$T(f) = \int_{-\infty}^{\infty} D(x) \cdot e^{ifx} dx = \sum_i D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} z(x - x_i) \cdot e^{ifx} dx$$

ただし、式中において、

記録素子の位置を表すインデックスを i とし、x は記録媒体上の位置座標、D_i は記録素子の出力濃度、z(x) は 1 つの記録素子が印字する標準濃度プロファイル、x_i は記録素子の記録位置、D(x) は各記録素子が記録する濃度プロファイルの和、であり、

未知数の濃度補正係数を用いた補正後の前記パワースペクトルの低周波成分を低減する補正条件に基づいて前記 N 個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定手段と、

前記補正係数決定手段で決定された濃度補正係数を用いて出力濃度を補正する演算を行う補正処理手段と、

前記補正処理手段による補正結果に基づいて前記記録素子の駆動を制御する駆動制御手段と、

を備えることを特徴とする画像記録装置。

【請求項 2】

前記補正条件は、濃度ムラの空間周波数特性を表すパワースペクトルの周波数原点（f = 0）における微分係数が略 0 となる条件であることを特徴とする請求項 1 に記載の画像記録装置。

【請求項 3】

前記補正条件は、空間周波数の直流成分の保存条件と、N - 1 次までの微分係数が略 0 となる条件より得られる N 本の連立方程式で表されることを特徴とする請求項 2 に記載の画像記録装置。

【請求項 4】

前記記録特性は、記録位置誤差であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の画像記録装置。

【請求項 5】

前記記録素子の位置を特定するインデックスを i とし、記録素子 i の記録位置を x_i とするとき、記録素子 i の濃度補正係数 d_i は、次式

【数 3】

$$d_i = \begin{cases} \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} - 1 & \text{(補正対象記録素子)} \\ \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} & \text{(補正対象記録素子以外)} \end{cases}$$

を用いて決定されることを特徴とする請求項 4 に記載の画像記録装置。

【請求項 6】

前記記録素子が印字する濃度プロファイルを表す印字モデルを記憶する記憶手段を備え、

前記補正係数決定手段は、前記印字モデルを前記標準濃度プロファイルに適用して前記濃度補正係数を決定することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の画像記録装置。

【請求項 7】

前記被記録媒体の種類や前記記録素子による吐出液滴量についての複数の記録条件と、
各条件で実現されるドット径に対応した複数の印字モデルのデータが前記記憶手段に記憶
されており、

前記記憶されている前記複数の印字モデルの中から、前記被記録媒体の種類や前記吐出
液滴量に応じて、該当する条件に合った印字モデルを読み出すことにより前記印字モデル
を変更する変更手段を備えることを特徴とする請求項 6 記載の画像記録装置。

【請求項 8】

前記印字モデルは半球モデルであることを特徴とする請求項 6 又は 7 記載の画像記録装
置。

【請求項 9】

複数の記録素子を有する記録ヘッドと、

前記記録ヘッド及び被記録媒体のうち少なくとも一方を搬送して前記記録ヘッドと前記
被記録媒体を相対移動させる搬送手段と、

前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得手段と、

前記複数の記録素子のうち、その記録素子の記録位置誤差に起因する濃度ムラを補正す
る補正対象記録素子を決定する決定手段と、

前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いる N 個（ただし、N は 2 以上の整数
）の補正記録素子を設定する補正範囲設定手段と、

前記 N 個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定手段であって、前記
記録素子の位置を特定するインデックスを i とし、記録素子 i の記録位置を x_i とすると
き、記録素子 i の濃度補正係数 d_i を、次式

【数 3】

$$d_i = \begin{cases} \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} - 1 & \text{(補正対象記録素子)} \\ \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} & \text{(補正対象記録素子以外)} \end{cases}$$

を用いて決定する補正係数決定手段と、

前記補正係数決定手段で決定された濃度補正係数を用いて出力濃度を補正する演算を行
う補正処理手段と、

前記補正処理手段による補正結果に基づいて前記記録素子の駆動を制御する駆動制御手
段と、を備えることを特徴とする画像記録装置。

【請求項 10】

前記複数の記録素子のうち、インデックス k で表される記録素子の持つ記録位置誤差に
対して、当該記録素子 k を含む周囲 N 個の補正記録素子の範囲でそれぞれ濃度補正係数が
求められ、記録素子 k の持つ記録位置誤差に対する記録素子 i の濃度補正係数を $d(i, k)$
とすると、記録素子 i のトータルの濃度補正係数 d_i は、k を変えて求めた $d(i, k)$ の線
形結合として求められることを特徴とする請求項 4、5、又は 9 に記載の画像記録装置。

【請求項 11】

前記トータルの濃度補正係数 d_i としてとり得る値の上限値 $d_{\max}$ と下限値 $d_{\min}$ が定
められており、次式

$$d_{\min} < d_i < d_{\max}$$

を満たすように N の値が設定されることを特徴とする請求項 10 記載の画像記録装置。

【請求項 12】

複数の記録素子を有する記録ヘッドと被記録媒体のうち少なくとも一方を搬送して前記
記録ヘッドと前記被記録媒体を相対移動させながら、前記複数の記録素子によって前記被

10

20

30

40

50

記録媒体に画像を記録する画像記録方法であって、

前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得工程と、

前記複数の記録素子のうち、その記録素子の記録特性に起因する濃度ムラを補正する補正対象記録素子を決定する決定工程と、

前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いるN個（ただし、Nは2以上の整数）の補正記録素子を設定する補正範囲設定工程と、

前記補正対象記録素子の記録特性に起因する濃度ムラの空間周波数特性を表すパワースペクトルが次式で表され、

【数1】

$$\text{パワースペクトル} = \int T(f)^2 df$$

10

【数2】

$$T(f) = \int_{-\infty}^{\infty} D(x) \cdot e^{ifx} dx = \sum_i D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} z(x - x_i) \cdot e^{ifx} dx$$

ただし、式中において、

記録素子の位置を表すインデックスをiとし、

xは記録媒体上の位置座標、

D_iは記録素子の出力濃度、

z(x)は1つの記録素子が印字する標準濃度プロファイル、

x_iは記録素子iの記録位置、

D(x)は各記録素子が記録する濃度プロファイルの和、であり、

未知数の濃度補正係数を用いた補正後の前記パワースペクトルの低周波成分を低減する補正条件に基づいて前記N個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定工程と、

前記補正係数決定工程で決定された濃度補正係数を用いて出力濃度を補正する演算を行う補正処理工程と、

前記補正処理工程による補正結果に基づいて前記記録素子の駆動を制御する駆動制御工程と、

を含むことを特徴とする画像記録方法。

【請求項13】

複数の記録素子を有する記録ヘッドにおける前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得工程と、

前記複数の記録素子のうち、その記録素子の記録特性に起因する濃度ムラを補正する補正対象記録素子を決定する決定工程と、

前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いるN個（ただし、Nは2以上の整数）の補正記録素子を設定する補正範囲設定工程と、

前記補正対象記録素子の記録特性に起因する濃度ムラの空間周波数特性を表すパワースペクトルが次式で表され、

【数1】

$$\text{パワースペクトル} = \int T(f)^2 df$$

【数2】

$$T(f) = \int_{-\infty}^{\infty} D(x) \cdot e^{ifx} dx = \sum_i D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} z(x - x_i) \cdot e^{ifx} dx$$

50

ただし、式中において、

記録素子の位置を表すインデックスを*i*とし、

x は記録媒体上の位置座標、

D_i は記録素子の出力濃度、

z(x) は 1 つの記録素子が印字する標準濃度プロファイル、

x_i は記録素子の記録位置、

D(x) は各記録素子が記録する濃度プロファイルの和、であり、

未知数の濃度補正係数を用いた補正後の前記パワースペクトルの低周波成分を低減する補正条件に基づいて前記 *N* 個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定工程と、

10

を含むことを特徴とする濃度補正係数の決定方法。

【請求項 1 4】

複数の記録素子を有する記録ヘッドと被記録媒体のうち少なくとも一方を搬送して前記記録ヘッドと前記被記録媒体を相対移動させながら、前記複数の記録素子によって前記被記録媒体に画像を記録する画像記録方法であって、

前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得工程と、

前記複数の記録素子のうち、その記録素子の記録位置誤差に起因する濃度ムラを補正する補正対象記録素子を決定する決定工程と、

前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いる *N* 個（ただし、*N* は 2 以上の整数）の補正記録素子を設定する補正範囲設定工程と、

20

前記 *N* 個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定工程であって、前記記録素子の位置を特定するインデックスを *i* とし、記録素子 *i* の記録位置を *x_i* とするとき、記録素子 *i* の濃度補正係数 *d_i* を、次式

【数 3】

$$d_i = \begin{cases} \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} - 1 & \text{(補正対象記録素子)} \\ \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} & \text{(補正対象記録素子以外)} \end{cases}$$

30

を用いて決定する補正係数決定工程と、

前記補正係数決定工程で決定された濃度補正係数を用いて出力濃度を補正する演算を行う補正処理工程と、

前記補正処理工程による補正結果に基づいて前記記録素子の駆動を制御する駆動制御工程と、

を含むことを特徴とする画像記録方法。

【請求項 1 5】

複数の記録素子を有する記録ヘッドにおける前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得工程と、

40

前記複数の記録素子のうち、その記録素子の記録位置誤差に起因する濃度ムラを補正する補正対象記録素子を決定する決定工程と、

前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いる *N* 個（ただし、*N* は 2 以上の整数）の補正記録素子を設定する補正範囲設定工程と、

前記 *N* 個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定工程であって、前記記録素子の位置を特定するインデックスを *i* とし、記録素子 *i* の記録位置を *x_i* とするとき、記録素子 *i* の濃度補正係数 *d_i* を、次式

【数 3】

$$d_i = \begin{cases} \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} - 1 & \text{(補正対象記録素子)} \\ \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} & \text{(補正対象記録素子以外)} \end{cases}$$

を用いて決定する補正係数決定工程と、

を含むことを特徴とする濃度補正係数の決定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は画像記録装置及び方法並びに濃度補正係数の決定方法に係り、特に複数の記録素子を有する記録ヘッドにおける記録素子ごとの特性のばらつきによって生じる濃度ムラの補正に好適な画像処理技術に関する。

【背景技術】

【0002】

複数のインク吐出口（ノズル）を有するインクジェット方式の記録ヘッドを備えた画像記録装置（インクジェットプリンター）では、ノズルが持つ吐出特性のばらつきによって、記録画像に濃度ムラ（濃度不均一）が生じ、画質上問題となる。図15はノズルの吐出特性のばらつきと、記録結果として現れる濃度ムラの例を模式的に描いた説明図である。

【0003】

図中、符号300はラインヘッド、符号302-i（i=1～8）はノズルを示し、符号304-i（i=1～8）は各ノズル302-i（i=1～8）によって打滴されるドットを表している。また、矢印Sはラインヘッド300に対する記録媒体（例えば、記録紙）の相対的な搬送方向（副走査方向）を示している。

【0004】

図15では、左から3番目のノズル302-3に着弾位置誤差（本来の着弾位置から図上で左横方向に着弾位置がずれて着弾）が発生し、6番目のノズル302-6について液滴量誤差（本来の液滴量よりも多い液滴量で吐出）が発生している例が示されている。この場合、着弾位置誤差や液滴量誤差の発生するノズル302-3、302-6に対応した印字画像の位置（図中のA、Bで示した位置）にスジ状の濃度ムラが発生する。

【0005】

所定の印字領域上で記録ヘッドを複数回走査させて画像記録を行うシリアル（シャトル）スキャン方式の画像記録装置の場合は、よく知られているマルチパス印字によって、濃度ムラを回避することが可能であるが、1回の走査で画像記録を行うラインヘッド方式（Full Width Array）では、濃度ムラを回避することが困難である。

【0006】

ノズルごとの吐出特性のばらつきを完全になくすことは製造上困難であるため、ばらつきを補正する技術について種々の提案がなされている（特許文献1、2）。図15で説明したように、濃度ムラの主たる発生原因は、液滴量ばらつきと着弾位置ばらつきである。特許文献1は、主に液滴量誤差起因の濃度ムラを補正する技術を開示する。特許文献2は、主に着弾位置誤差起因の濃度ムラを補正する技術を開示する。

【特許文献1】特許03040425号明細書

【特許文献2】特開2004-058282号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

20

30

40

50

図16を用いて、従来の補正方法の原理を概説する。同図では、左から3番目のノズル(nzl3)が着弾位置誤差(本来の着弾位置から図上で右横方向に着弾位置がずれて着弾する特性)を持っている。図16の下側に示したグラフは、各ノズルからの打滴による印字濃度をノズル単位で被記録媒体搬送方向(副走査方向)に平均化した、ノズル列方向(主走査方向)の濃度プロファイルを示したものである。横軸(X軸)は主走査方向の位置を表し、縦軸は光学濃度(O. D.)を表す。

【0008】

特許文献1に示された補正原理は概略以下のとおりである。

【0009】

(ステップ1): まず、理想ノズル位置に相当するエリア(濃度測定エリアarea1~5)の濃度を測定する(もしくは、所定のモデルから計算で算出する)。

10

【0010】

(ステップ2): 測定(または算出)されたエリア濃度に基づき、各エリア濃度が等しくなるようノズル出力値を決定する。

【0011】

図16の場合、area3の濃度は理想的な打滴時(点線で図示)と比べて減少し、area4の濃度は増加しているため、定性的にはノズルnzl3の出力を増加させ、ノズルnzl4の出力を減少させる処理(出力補正)を行うことになる。これは、各濃度の山の高さを制御することに相当するが、このことは必ずしもノズルの吐出量を制御する必要ではなく、各ノズルの印字する副走査方向のドット数を変えることで平均的に出力を制御することが可能である。ドット数の制御は画像処理上の制御で実現可能であるため、簡便に濃度補正を実現することができる。

20

【0012】

特許文献2は、特許文献1の改良技術という位置付けである。特許文献2の補正処理を概説すると、(1) まず、ノズルごとの着弾位置誤差情報を専用のテストパターンにて取得しておき、(2) あるノズルが担当する印字エリアの濃度特性を、周囲のノズルの着弾位置誤差の影響も考慮して推測し、(3) 推測された濃度特性に基づいて出力補正を行う、というものである。

【0013】

具体的には、図17に示すように、ノズル出力とエリア濃度の重み付け関係 Z ($nzl \rightarrow area$)を規定し、この重み付け関係 Z に基づいてエリア濃度が等しくなるようにノズル制御量を決定する。図17は、ノズル出力の重み付けの一例を示すものであるが、重み付け関係は、ドットの占有面積及びドット濃度プロファイル(一般的には図17のような略半球状)を考慮して決定される。

30

【0014】

図16に例示したノズルnzl3の場合、図17に示すように、着弾位置誤差によって生じるドット濃度プロファイル(実線)から各エリア(area2~4)への影響(濃度の寄与)を考慮して、 $Z(3 \rightarrow 2)=0.0$ 、 $Z(3 \rightarrow 3)=0.8$ 、 $Z(3 \rightarrow 4)=0.2$ となっている。このような重み付け関係 Z を用いることでノズル位置とエリア位置の非整合性を解消し、より厳密にエリア濃度を等しくする制御を行うことができる。

40

【0015】

しかしながらこれらの方法には、以下に示す原理的な問題点があるため、濃度ムラは幾分軽減はされるものの、完全に視認されない状態を達成することは困難である。

【0016】

一般に、濃度ムラ等の空間構造の視認性は、空間周波数特性によって正しく評価し得ることが知られている(非特許文献1:「Application of Fourier Analysis to the Visibility of Gratings」Journal of Physiology 197 551-566(1968) F.W.Campbell and J.G.Robson 1967、非特許文献2:「Noise Perception in Electrophotography」Journal of Applied Photographic Engineering 5:190-196(1979) R.P.Dooley and R. Shawを参照)。これらの文献によって人間の視覚は低周波成分の感度が高く、高周波成分ほど感度が

50

低いことが明らかにされている。すなわち、濃度ムラの視認性の尺度としては、空間周波数特性の低周波エネルギーを用いることが適切である。

【0017】

ところで、特許文献1、2に開示の従来技術によって、各エリア濃度は等しくなるよう補正されるが、これは必ずしも低周波エネルギーを最小化することを意味しない。すなわち、着弾位置ばらつきの影響によって各ノズルが出力する濃度プロファイル（図16における濃度の山）の規則的配置が崩れているため、これが低周波エネルギーを残存させるのである。

【0018】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、記録素子の記録特性の誤差に起因する濃度ムラを精度よく補正することができる画像記録装置及び画像記録方法並びにその補正処理に有益な濃度補正係数の決定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

前記目的を達成するために、請求項1に係る画像記録装置は、複数の記録素子を有する記録ヘッドと、前記記録ヘッド及び被記録媒体のうち少なくとも一方を搬送して前記記録ヘッドと前記被記録媒体を相対移動させる搬送手段と、前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得手段と、前記複数の記録素子のうち、その記録素子の記録特性に起因する濃度ムラを補正する補正対象記録素子を決定する決定手段と、前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いるN個（ただし、Nは2以上の整数）の補正記録素子を設定する補正範囲設定手段と、前記補正対象記録素子の記録特性に起因する濃度ムラの空間周波数特性を表すパワースペクトルが次式で表され、

【数1】

$$\text{パワースペクトル} = \int T(f)^2 df$$

【数2】

$$T(f) = \int_{-\infty}^{\infty} D(x) \cdot e^{ifx} dx = \sum_i D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} z(x - x_i) \cdot e^{ifx} dx$$

ただし、式中において、

記録素子の位置を表すインデックスをiとし、

xは記録媒体上の位置座標、

D_iは記録素子の出力濃度、

z(x)は1つの記録素子が印字する標準濃度プロファイル、

x_iは記録素子の記録位置、

D(x)は各記録素子が記録する濃度プロファイルの和、であり、

未知数の濃度補正係数を用いた補正後の前記パワースペクトルの低周波成分を低減する補正条件に基づいて前記N個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定手段と、前記補正係数決定手段で決定された濃度補正係数を用いて出力濃度を補正する演算を行う補正処理手段と、前記補正処理手段による補正結果に基づいて前記記録素子の駆動を制御する駆動制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0020】

既に説明したとおり、記録画像における濃度の不均一性（濃度ムラ）は、空間周波数特性（パワースペクトル）での強度で表すことができ、濃度ムラの視認性はパワースペクトルの低周波成分で評価できる。本発明では、濃度補正係数を用いた補正後のパワースペクトルの低周波成分を低減する条件を用いて濃度補正係数を決めるようにしたため、精度のよいムラ補正を実現できる。

【0021】

10

20

30

40

50

「特性情報取得手段」は、予め記録素子の記録特性に関する情報をメモリ等の記憶手段に格納しておき、必要な情報を読み出すことによって情報を取得してもよいし、実際にテストパターン等を印字してその印字結果を読み取り、解析処理を行って記録特性の情報を取得してもよい。記録特性が経時的に変化することに鑑み、適宜のタイミングで情報を更新する態様が好ましい。

【0022】

本発明に係る画像記録装置の一態様としてのインクジェット記録装置は、ドットを形成するためのインク液滴を吐出するノズル及び吐出圧を発生させる圧力発生手段（圧電素子や加熱素子など）を含む液滴吐出素子（「記録素子」に相当）を複数配列させた液滴吐出素子列を有する液体吐出ヘッド（「記録ヘッド」に相当）と、画像データから生成されたインク吐出データに基づいて記録ヘッドからの液滴の吐出を制御する吐出制御手段とを備え、前記ノズルから吐出した液滴によって被記録媒体上に画像を形成する。

10

【0023】

記録ヘッドの構成例として、被記録媒体の全幅に対応する長さにならって複数の記録素子を配列させた記録素子列を有するフルライン型のヘッドを用いることができる。この場合、被記録媒体の全幅に対応する長さにならない記録素子列を有する比較的短尺の記録ヘッドモジュールを複数個組み合わせ、これらを繋ぎ合わせることで全体として被記録媒体の全幅に対応する長さの記録素子列を構成する態様がある。

【0024】

フルライン型のヘッドは、通常、被記録媒体の相対的な送り方向（相対的搬送方向）と直交する方向に沿って配置されるが、搬送方向と直交する方向に対して、ある所定の角度を持たせた斜め方向に沿って記録ヘッドを配置する態様もあり得る。

20

【0025】

「被記録媒体」は、記録ヘッドの作用によって画像の記録を受ける媒体（被画像形成媒体、被印字媒体、記録媒体、受像媒体、インクジェット記録装置の場合の吐出媒体、被吐出媒体など呼ばれ得るもの）であり、連続用紙、カット紙、シール用紙、OHPシート等の樹脂シート、フィルム、布、中間転写媒体、インクジェット記録装置によって配線パターンが印刷されるプリント基板、その他材質や形状を問わず、様々な媒体を含む。

【0026】

「搬送手段」は、停止した（固定された）記録ヘッドに対して記録媒体を搬送する態様、停止した記録媒体に対して記録ヘッドを移動させる態様、或いは、記録ヘッドと記録媒体の両方を移動させる態様のいずれをも含む。

30

【0027】

インクジェットヘッドによって、カラー画像を形成する場合は、複数色のインク（記録液）の色別に記録ヘッドを配置してもよいし、1つの記録ヘッドから複数色のインクを吐出可能な構成としてもよい。

【0028】

また、本発明は、上記のフルライン型のヘッドに限らず、シリアル（シャトル）スキャン方式の記録ヘッド（記録媒体の搬送方向に略直交する方向に往復移動しながら打滴を行う記録ヘッド）についても適用可能である。

40

【0029】

請求項2に係る発明は、請求項1記載の画像記録装置の一態様であり、前記補正条件は、濃度ムラの空間周波数特性を表すパワースペクトルの周波数原点（ $f=0$ ）における微分係数が略0となる条件であることを特徴とする。

【0030】

請求項2に係る発明によれば、濃度補正係数を用いた補正後のパワースペクトルの周波数原点（ $f=0$ ）における微分係数が略0となる条件を用いて濃度補正係数を決めるようにしたことで、周波数原点でのパワースペクトルの強度が最小となり、原点付近（すなわち、低周波領域）のパワースペクトルを小さく抑えることができる。これにより、精度のよいムラ補正を実現できる。

50

【0031】

請求項3に係る発明は、請求項2記載の画像記録装置の一態様に係り、前記補正条件は、空間周波数の直流成分の保存条件と、 $N-1$ 次までの微分係数が略0となる条件より得られる N 本の連立方程式で表されることを特徴とする。

【0032】

N 個の補正記録素子についてそれぞれ濃度補正係数を求める場合、未知数は N 個あるため、直流(DC)成分の保存条件と、 $N-1$ 次までの微分係数が略0となる条件を用いることで、 N 本の方程式を得て、これを解くことにより、全ての未知数を決定することができる。

【0033】

また、より高次の微分係数が略0となる条件を満たすことにより、周波数原点からの周波数の増加に対してパワースペクトルの増加の程度が一層低く抑えられ、低周波成分の強度がより小さい値に保たれる。

【0034】

請求項4に係る発明は、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の画像記録装置の一態様に係り、前記記録特性は、記録位置誤差であることを特徴とする。

【0035】

請求項4に示した発明態様によれば、記録位置誤差に起因する濃度ムラに対して効果的な補正を行うことができる。

【0036】

請求項5に係る発明は、請求項4記載の画像記録装置の一態様に係り、前記記録素子の位置を特定するインデックスを i とし、記録素子 i の記録位置を x_i とすると、記録素子 i の濃度補正係数 d_i は、次式

【0037】

【数3】

$$d_i = \begin{cases} \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} - 1 & \text{(補正対象記録素子)} \\ \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} & \text{(補正対象記録素子以外)} \end{cases}$$

【0038】

濃度プロファイルの重心位置に注目して、プロファイルを δ 関数で近似する δ 関数型印字モデルを用いた数学的取り扱いによって濃度補正係数の計算式を得ることができる。なお、実際の装置への適用については、上記計算式【数2】で求めた厳密解をそのまま利用する態様に限定されず、厳密解に対して適宜の補正を行って実用的な値への修正を行ってもよい。

【0039】

請求項6に係る発明は、請求項1乃至5のいずれか1項に記載の画像記録装置の一態様に係り、前記記録素子が印字する濃度プロファイルを表す印字モデルを記憶する記憶手段を備え、前記補正係数決定手段は、前記印字モデルを前記標準濃度プロファイルに適用して前記濃度補正係数を決定することを特徴とする。

【0040】

印字モデルは、記録素子が印字する濃度プロファイルを表す。例えば、上述した δ 関数モデルは数学的取り扱いが容易であるという利点がある。また、現実の印字によるドットの拡がりを考慮した濃度プロファイルを反映させた一般的な印字モデル(一般モデル)を用いると、補正効果は δ 関数モデルよりも更に高くなる。

【0041】

請求項 7 に係る発明は、請求項 6 記載の画像記録装置の一態様に係り、前記被記録媒体の種類や前記記録素子による吐出液滴量についての複数の記録条件と、各条件で実現されるドット径に対応した複数の印字モデルのデータが前記記憶手段に記憶されており、前記記憶されている前記複数の印字モデルの中から、前記被記録媒体の種類や前記吐出液滴量に応じて、該当する条件に合った印字モデルを読み出すことにより前記印字モデルを変更する変更手段を備えることを特徴とする。

【0042】

被記録媒体の種類や液滴サイズ（吐出液滴量）などが変われば、これらの条件に応じてドット径（着弾径）などの記録状態が変わるため、記録状態に基づいて印字モデルを変更する態様が好ましい。これにより、補正効果を一層向上させることができる。

【0043】

請求項 8 に係る発明は、請求項 6 又は 7 記載の画像記録装置の一態様に係り、前記印字モデルは半球モデルであることを特徴とする。

【0044】

記録素子が印字する濃度プロファイルを半球で近似する半球モデルは、現実のドット形状に近く、また解析計算が可能なモデルとして有用である。

【0045】

請求項 9 に係る画像記録装置は、複数の記録素子を有する記録ヘッドと、前記記録ヘッド及び被記録媒体のうち少なくとも一方を搬送して前記記録ヘッドと前記被記録媒体を相対移動させる搬送手段と、前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得手段と、前記複数の記録素子のうち、その記録素子の記録位置誤差に起因する濃度ムラを補正する補正対象記録素子を決定する決定手段と、前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いる N 個（ただし、N は 2 以上の整数）の補正記録素子を設定する補正範囲設定手段と、前記 N 個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定手段であって、前記記録素子の位置を特定するインデックスを i とし、記録素子 i の記録位置を x_i とするとき、記録素子 i の濃度補正係数 d_i を、次式

【数 3】

$$d_i = \begin{cases} \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} - 1 & \text{(補正対象記録素子)} \\ \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} & \text{(補正対象記録素子以外)} \end{cases}$$

を用いて決定する補正係数決定手段と、前記補正係数決定手段で決定された濃度補正係数を用いて出力濃度を補正する演算を行う補正処理手段と、前記補正処理手段による補正結果に基づいて前記記録素子の駆動を制御する駆動制御手段と、を備えることを特徴とする。

。

請求項 10 に係る発明は、請求項 4、5 又は 9 記載の画像記録装置の一態様に係り、前記複数の記録素子のうち、インデックス k で表される記録素子の持つ記録位置誤差に対して、当該記録素子 k を含む周囲 N 個の補正記録素子の範囲でそれぞれ濃度補正係数が求められ、記録素子 k の持つ記録位置誤差に対する記録素子 i の濃度補正係数を $d(i, k)$ とするとき、記録素子 i のトータルの濃度補正係数 d_i は、 k を変えて求めた $d(i, k)$ の線形結合として求められることを特徴とする。

【0046】

ある記録素子 i に対して複数の記録素子の記録位置誤差に対する濃度補正係数がそれぞれ独立的に求められ、当該記録素子 i のトータルの濃度補正係数は、独立に算出された濃度補正係数の重ね合わせ（線形結合）として求められる。

【0047】

このとき、全ての記録素子（全てのk）の着弾位置誤差を補正対象として、全てのd(i,k)の線形結合を求めてもよいし、所定の閾値を超える着弾位置誤差をもつ記録素子のみを補正対象とするなど、ある条件で選択された一部のインデックスkに係るd(i,k)の線形結合を求めてもよい。

【0048】

請求項11に係る発明は、請求項10記載の画像記録装置の一態様に係り、前記トータルの濃度補正係数diとしてとり得る値の上限値d_maxと下限値d_minが定められており、次式

$$d_{\min} < d_i < d_{\max}$$

を満たすようにNの値が設定されることを特徴とする。

10

【0049】

N値を増加させると補正の精度が向上する傾向を示すが、N値の増加に伴って濃度補正係数の変化幅も増加するため、過大なN値の設定は再現画像の破綻を招く可能性も危惧される。このような観点から、濃度補正係数に制限範囲（上限値、下限値）を定めておき、トータルの濃度補正係数が制限範囲内に収まるように適切なN値を設定する態様が好ましい。

【0050】

請求項12に係る発明は前記目的を達成する方法発明を提供する。すなわち、請求項12に記載の画像記録方法は、複数の記録素子を有する記録ヘッドと被記録媒体のうち少なくとも一方を搬送して前記記録ヘッドと前記被記録媒体を相対移動させながら、前記複数の記録素子によって前記被記録媒体に画像を記録する画像記録方法であって、前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得工程と、前記複数の記録素子のうち、その記録素子の記録特性に起因する濃度ムラを補正する補正対象記録素子を決定する決定工程と、前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いるN個（ただし、Nは2以上の整数）の補正記録素子を設定する補正範囲設定工程と、前記補正対象記録素子の記録特性に起因する濃度ムラの空間周波数特性を表すパワースペクトルが次式で表され、

20

【数1】

$$\text{パワースペクトル} = \int T(f)^2 df$$

30

【数2】

$$T(f) = \int_{-\infty}^{\infty} D(x) \cdot e^{ifx} dx = \sum_i D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} z(x - x_i) \cdot e^{ifx} dx$$

ただし、式中において、

記録素子の位置を表すインデックスをiとし、

xは記録媒体上の位置座標、

D_iは記録素子の出力濃度、

z(x)は1つの記録素子が印字する標準濃度プロファイル、

x_iは記録素子iの記録位置、

D(x)は各記録素子が記録する濃度プロファイルの和、であり、

40

未知数の濃度補正係数を用いた補正後の前記パワースペクトルの低周波成分を低減する補正条件に基づいて前記N個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定工程と、前記補正係数決定工程で決定された濃度補正係数を用いて出力濃度を補正する演算を行う補正処理工程と、前記補正処理工程による補正結果に基づいて前記記録素子の駆動を制御する駆動制御工程と、を含むことを特徴とする。

【0051】

請求項13記載の発明に係る濃度補正係数の決定方法は、複数の記録素子を有する記録ヘッドにおける前記記録素子の記録特性を示す情報を取得する特性情報取得工程と、前記

50

複数の記録素子のうち、その記録素子の記録特性に起因する濃度ムラを補正する補正対象記録素子を決定する決定工程と、前記複数の記録素子のうち、出力濃度の補正に用いるN個（ただし、Nは2以上の整数）の補正記録素子を設定する補正範囲設定工程と、前記補正対象記録素子の記録特性に起因する濃度ムラの空間周波数特性を表すパワースペクトルが次式で表され、

【数1】

$$\text{パワースペクトル} = \int T(f)^2 df$$

【数2】

10

$$T(f) = \int_{-\infty}^{\infty} D(x) \cdot e^{ifx} dx = \sum_i D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} z(x - x_i) \cdot e^{ifx} dx$$

ただし、式中において、

記録素子の位置を表すインデックスをiとし、

xは記録媒体上の位置座標、

D_iは記録素子の出力濃度、

z(x)は1つの記録素子が印字する標準濃度プロファイル、

x_iは記録素子の記録位置、

D(x)は各記録素子が記録する濃度プロファイルの和、であり、

20

未知数の濃度補正係数を用いた補正後の前記パワースペクトルの低周波成分を低減する補正条件に基づいて前記N個の補正記録素子の各濃度補正係数を決定する補正係数決定工程と、を含むことを特徴とする。

【0052】

また、請求項13に係る濃度補正係数の決定方法によって決定された濃度補正係数を用いて出力濃度を補正する演算を行う補正処理工程を付加した画像処理方法を提供することも可能である。もちろん、請求項13に係る濃度補正係数の決定方法、及び更に補正処理工程を付加した画像処理方法の各工程をコンピュータに実行させるためのプログラムを提供することも可能である。かかるプログラムは、プリンタなどに組み込まれる中央処理装置（CPU）の動作プログラムとして適用できるとともに、パソコンなどのコンピュータシステムに適用することも可能である。

30

【0053】

或いはまた、当該プログラムは、単独のアプリケーションソフトウェアとして構成されてもよいし、画像編集ソフトウェアなど、他のアプリケーションの一部として組み込まれてもよい。このようなプログラムをCD-ROMや磁気ディスクその他の情報記憶媒体（外部記憶装置）に記録し、該情報記憶媒体を通じて当該プログラムを第三者に提供したり、インターネットなどの通信回線を通じて当該プログラムのダウンロードサービスを提供したりすることも可能である。

【発明の効果】

40

【0054】

本発明によれば、記録素子の記録特性のばらつきによる濃度ムラを精度よく補正することができ、高品位な画像形成が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0055】

以下添付図面に従って本発明の好ましい実施の形態について詳説する。

【0056】

〔補正原理〕

まず、補正の原理について説明する。ここで説明する本発明の実施形態による濃度ムラの補正処理では、あるノズルが持つ着弾位置誤差を補正する際に、そのノズルを含む周囲

50

のノズルN本を用いて補正する。詳細は後述するが、補正に用いるノズル数Nが大きいほど、より補正精度が高くなる。

【0057】

図1は補正前の様子を示す図である。同図は、図16と同様に、ラインヘッド（記録ヘッドに相当）10の左から3番目のノズル（nzl3）が着弾位置誤差を持っており、理想的な着弾位置（原点O）から図上で右方向（X軸で示した主走査方向）に着弾位置がずれて着弾する。また、図1の下側に示したグラフは、ノズルからの打滴による印字濃度を被記録媒体搬送方向（副走査方向）に平均化して得られる、ノズル列方向（主走査方向）の濃度プロファイルを示したものである。ただし、図1ではノズルnzl3の印字に対する補正を考察するので、ノズルnzl3以外の濃度出力は図示を省略した。

10

【0058】

各ノズルnzl1～5の初期出力濃度を $D_i = D_{ini}$ （ただし、 i はノズル番号1～5、 D_{ini} は一定値を表す）、ノズルnzl3の理想着弾位置を原点O、各ノズルnzl1～5の着弾位置を X_i とする。

【0059】

ここで D_i は、物理的には記録媒体搬送方向に平均化したノズルの出力光学濃度を表し、データ処理上は各画素が持つ濃度データ $D(i, j)$ （ただし、 i はノズル番号、 j は記録媒体搬送方向の画素番号を表す）に対して「 j 」について平均化したものを表している。

【0060】

図1に示したように、ノズルnzl3の着弾位置誤差は、ノズルnzl3の濃度出力（太線）の原点Oからのズレとして表される。今、この出力濃度のズレを補正することを考える。

20

【0061】

図2は補正後の様子を示す図である。ただし、ノズルnzl3以外は補正分のみを図示した。図2の場合、補正に用いるノズル数は $N = 3$ であり、ノズルnzl2, nzl3, nzl4に濃度補正係数 d_2, d_3, d_4 が乗ぜられている。ここでいう濃度補正係数 d_i は、補正後の出力濃度を D_i' とすると、 $D_i' = D_i + d_i \times D_i$ で定義される係数である。

【0062】

本実施形態では、濃度ムラの視認性が最小となるよう、各ノズルの濃度補正係数 d_i が決定される。印字画像の濃度ムラは、空間周波数特性（パワースペクトル）での強度で表される。人間の視覚的には高周波成分は視認できないため、濃度ムラの視認性は、パワースペクトルの低周波成分に等しい。そのため、パワースペクトルの低周波成分を最小とするよう、各ノズルの濃度補正係数 d_i が決定される。

30

【0063】

濃度補正係数 d_i を決定する式の導出について詳細は後述するが、結果のみを先に示すと、特定のノズルの着弾位置誤差に対する濃度補正係数 d_i は、以下の式より決定される。

【0064】

【数3】

$$d_i = \begin{cases} \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} - 1 & (\text{補正対象ノズル}) \\ \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} & (\text{補正対象ノズル以外}) \end{cases}$$

40

ここで、 x_i はそれぞれ補正対象ノズルの理想着弾位置を原点とした各ノズルの着弾位置である。 Π は、補正に用いるN本のノズル内で積をとることを意味する。図2における $N = 3$ の場合について明示的に表すと、次のようになる。

【0065】

50

【数 4】

$$d_2 = \frac{x_2 \cdot x_3 \cdot x_4}{x_2 \cdot (x_3 - x_2) \cdot (x_4 - x_2)}$$

$$d_3 = \frac{x_2 \cdot x_3 \cdot x_4}{x_3 \cdot (x_2 - x_3) \cdot (x_4 - x_3)} - 1$$

$$d_4 = \frac{x_2 \cdot x_3 \cdot x_4}{x_4 \cdot (x_2 - x_4) \cdot (x_3 - x_4)}$$

10

〔濃度補正係数の導出〕

濃度ムラのパワースペクトルの低周波成分を最小化するという条件から、理論的に各ノズルの濃度補正係数を導くことができる。

【0066】

まず、各ノズルの誤差特性を取り込んだ濃度プロファイルを次式のように定義する。

【0067】

【数 5】

20

$$D(x) = \sum_i D_i \cdot z(x - x_i)$$

i	ノズル番号
x	メディア上の位置座標(ノズル列方向)
D_i	ノズル出力濃度(山の高さ)
$z(x)$	標準濃度プロファイル($x=0$ が重心位置)
$x_i = \bar{x}_i + \Delta x_i$	ノズル i の着弾位置(理想位置+誤差)

30

画像の濃度プロファイル $D(x)$ は、各ノズルが印字する濃度プロファイルの和であり、ノズルの印字を表すのが印字モデル（1 ノズルが印字する濃度プロファイル）である。印字モデルはノズル出力濃度 D_i と標準濃度プロファイル $z(x)$ に分離して表現される。

【0068】

標準濃度プロファイル $z(x)$ は、厳密にはドット径に等しい有限の広がりを持つものであるが、位置誤差の補正を濃度ズレのバランスングの問題であると考ええると、重要なのは濃度プロファイルの重心位置（着弾位置）であって、濃度プロファイルの広がりとは副次的な要素である。そのため、プロファイルを δ 関数で置き換える近似は妥当である。このよう

40

【0069】

図 3（a）は現実に即した印字モデルであり、図 3（b）は δ 関数型印字モデルである。 δ 関数モデルで近似する場合、標準濃度プロファイルは次式で表される。

【0070】

【数 6】

$$\delta \text{ 関数モデル: } z(x - x_i) = \delta(x - x_i)$$

補正係数を導出するにあたり、ある特定のノズル（ $i = 0$ ）の着弾位置誤差 Δx_0 を、

50

周辺ノズルN本によって補正することを考える。なお、ここでは補正対象ノズルの番号を $i = 0$ とした。また、周辺のノズルも、所定の着弾位置誤差を持ち得ることに注意する。

【0071】

補正対象ノズル（中心ノズル）を含むN本のノズルの番号（index）は、次式で表される。

【0072】

【数7】

$$\text{ノズル index: } i = -\frac{N-1}{2}, \dots, -1, 0, 1, \dots, \frac{N-1}{2} \quad (\text{中心ノズルを含めて合計 } N \text{ 本})$$

10

なお、この式においては、Nは奇数である必要があるが、本発明の実施に際しては、Nを奇数に限定する必要はない。

【0073】

初期出力濃度（補正前の出力濃度）は $i = 0$ のみ値を持つものとして、次式で表される。

【0074】

【数8】

$$D_i = \begin{cases} D_{ini} & (i = 0) \\ 0 & (i \neq 0) \end{cases}$$

20

濃度補正係数を d_i とするとき、補正後出力濃度 D_i' は、次式で表される。

【0075】

【数9】

$$D_i' = D_i + d_i \times D_{ini} = d_i' \times D_{ini}$$

$$\text{ただし、} \quad d_i' = \begin{cases} d_i + 1 & (i = 0) \\ d_i & (i \neq 0) \end{cases}$$

つまり、 $i = 0$ では初期出力濃度値と補正值（ $d_i \times D_{ini}$ ）の和で表され、 $i \neq 0$ では補正值のみとなる。

30

【0076】

各ノズル i の着弾位置 x_i は、次式で表される。

【0077】

【数10】

$$\text{着弾位置: } x_i = \bar{x}_i + \Delta x_i$$

ただし、 $\bar{x}_i$ は理想着弾位置

Δx_i は着弾位置誤差

40

補正対象ノズルの理想着弾位置を原点とする（ $\bar{x}_0 = 0$ ）

δ 関数型印字モデルを用いると、補正後の濃度プロファイルは、次式で表される。

【0078】

【数11】

$$D(x) = \sum_{i=-(N-1)/2}^{i=(N-1)/2} D_i' \cdot \delta(x - x_i) = D_{ini} \cdot \sum_{i=-(N-1)/2}^{i=(N-1)/2} d_i' \cdot \delta(x - x_i)$$

これに対してFourier変換を行うと、次式、

50

【 0 0 7 9 】

【数 1 2】

$$T(f) = \int_{-\infty}^{\infty} D(x) \cdot e^{ifx} dx = \sum_i d'_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x - x_i) \cdot e^{ifx} dx = \sum_i d'_i \cdot e^{ifx_i}$$

と表される。なお、Diniは共通の定数のため省略した。

【 0 0 8 0 】

濃度ムラの視認性を最小化することは、すなわち、次式のパワースペクトルの低周波成分を最小化することである。

10

【 0 0 8 1 】

【数 1 3】

$$\text{パワースペクトル} = \int T(f)^2 df$$

これは、数学的には $T(f)$ の $f=0$ における微分係数（1次、2次、…）がゼロであることで近似できる。今、未知数 d'_i は N 個であるから、DC成分の保存条件も含めると、 $N-1$ 次までの微分係数がゼロの条件を用いれば、全ての（ N 個の）未知数 d'_i が厳密に定まる。このようにして、以下の補正条件が定まる。

【 0 0 8 2 】

20

【数 1 4】

$$\boxed{\text{DC成分}} \quad T(f=0) = 1 \quad (\text{DC保存条件})$$

$$\boxed{\text{1次係数}} \quad \frac{d}{df} T(f=0) = 0$$

$$\boxed{\text{2次係数}} \quad \frac{d^2}{df^2} T(f=0) = 0$$

...

30

$$\boxed{\text{N-1次係数}} \quad \frac{d^{N-1}}{df^{N-1}} T(f=0) = 0$$

δ 関数モデルにおいては、各補正条件を展開していくと、容易な計算によって D_i についての N 本の連立方程式に帰着する。各補正条件を展開したものを整理すると、以下の条件群（方程式群）が得られる。

【 0 0 8 3 】

【数 1 5】

$$\sum d'_i = 1$$

40

$$\sum x_i d'_i = 0$$

$$\sum x_i^2 d'_i = 0$$

...

$$\sum x_i^{N-1} d'_i = 0$$

50

これらの方程式群の意味するところは、1式目はDC成分の保存であり、2式目は重心位置の保存を表している。3式目以降は統計学におけるN-1次モーメントがゼロであることを表している。

【0084】

このようにして得られた条件式を行列形式で表すと、以下のように表すことができる。

【0085】

【数16】

$$\begin{pmatrix} 1 & \cdots & 1 & \cdots & \cdots & 1 \\ x_{-(N-1)/2} & \cdots & x_0 & \cdots & \cdots & x_{(N-1)/2} \\ x_{-(N-1)/2}^2 & \cdots & x_0^2 & \cdots & \cdots & x_{(N-1)/2}^2 \\ \vdots & & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & & \ddots & \vdots \\ x_{-(N-1)/2}^{N-1} & \cdots & x_0^{N-1} & \cdots & \cdots & x_{(N-1)/2}^{N-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d'_{-(N-1)/2} \\ \vdots \\ \vdots \\ d'_0 \\ \vdots \\ d'_{(N-1)/2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} \quad 10$$

この係数行列Aは、いわゆるVandermonde型の行列であり、その行列式は差積を用いて次式となることが知られている。

20

【0086】

【数17】

$$|A| = \prod_{j>k} (x_j - x_k)$$

このため、Cramerの公式を用いてdi'の厳密解を求めることができる。計算の詳細な過程は省略するが、代数計算によって、その解は次式となることが示される。

【0087】

【数18】

$$d'_i = \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} \quad 30$$

よって、求めるべき補正係数diは、次式となる。

【0088】

【数19】

$$d_i = \begin{cases} \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} - 1 & (i=0) \\ \frac{\prod_k x_k}{x_i \cdot \prod_{k \neq i} (x_k - x_i)} & (i \neq 0) \end{cases} \quad 40$$

以上のように、パワースペクトルの原点微分係数をゼロにするという条件から、濃度補正係数diの厳密解が導かれる。補正に用いる周辺ノズル数Nを増やすほど、より高次の微分係数をゼロにすることが可能になるため、低周波エネルギーがより小さくなり、ムラの視認性は一層低減する。

50

【0089】

本実施形態では、原点微分係数をゼロにする条件を用いたが、完全にゼロとせずとも、補正前の微分係数に比べて十分小さい値（例えば、補正前の $1/10$ ）に設定しても、濃度ムラのパワースペクトルの低周波成分を十分に小さくすることができる。つまり、濃度ムラが視認されない程度にパワースペクトルの低周波成分を小さくするという条件の観点で、パワースペクトルの原点微分係数を十分に小さい値（略0）に設定するという意味から、その値の範囲として補正前の微分係数の絶対値の $1/10$ 以下までを許容する。

【0090】

〔上記濃度補正係数を用いる補正の効果〕

図4は、図1に示した着弾位置誤差を持つノズルに対して、補正後の空間周波数特性（パワースペクトル）を示したものである。図4では、本発明の実施例による $N=3$ のときの補正例と、本発明の実施例による $N=5$ のときの補正例が示されている。計算上の共通の条件として、ドット密度：1200dpi、ドットの着弾径：32 μm 、ノズル位置誤差（着弾位置誤差）：10 μm を用いた。

【0091】

人間の視覚特性を考慮すると、濃度ムラの視認性を示すのは、0～8 cycle/mmの低周波領域であり、この領域のパワースペクトルが小さいほど、補正精度が高いことを意味する。

【0092】

本発明の実施例による補正例1（ $N=3$ ）は、0～5 cycle/mmでほぼパワースペクトルがゼロであり、補正無しの場合と比較し、十分に補正効果を有していることを示している。また、本発明の実施例による補正例2（ $N=5$ ）は、補正例1（ $N=3$ ）に比べてさらにパワースペクトルが低下している。このことより、補正に用いるノズル数 N を増やすほど、補正効果の向上が認められる。なお、図1の場合、補正対象ノズル $nz13$ の出力濃度は、物理的には $area1$ 、 $area5$ にはみ出していないが、ノズル $nz11$ 、 $nz15$ も補正に用いることで、よりパワースペクトルを低下させることができる。

【0093】

図5は、補正に用いるノズル数を変えた各補正例1～3の濃度補正係数を比較したものである。 $N=3$ のときの本発明の実施例による補正例1、 $N=5$ のときの本発明の実施例による補正例2、 $N=7$ のときの本発明の実施例による補正例3を比較するとわかるように、 N 値が増加するほど補正精度は向上するが、濃度補正係数の変化幅も大きくなる。また、当然ながらノズルの着弾位置誤差が増大するほど、濃度補正係数の変化幅も大きくなる。

【0094】

濃度補正係数がある一定以上増加すると、入力画像の再現を破綻させる可能性があるため好ましくない。したがって、必要以上の N 値の増加は好ましくない。補正精度と画像再現性の観点を踏まえて最適な N 値を設定することが望ましい。なお、図5で示した $N=3$ ～7の各補正例1～3は、いずれの場合も濃度補正係数の変化幅（絶対値）は比較的小さく、入力画像の再現を破綻させることなく、濃度ムラの補正が可能である。

【0095】

上記説明は、ある特定の1ノズル（例えば、図1におけるノズル $nz13$ ）に対する濃度補正係数の決定方法である。実際には、ヘッド内の全てのノズルが何らかの着弾位置誤差を持っているため、全ての着弾位置誤差に対して補正を行うことが好ましい。

【0096】

すなわち、全てのノズルに対して、周囲 N 個のノズルにおける上記の濃度補正係数を求める。濃度補正係数を決定する際に用いる後述のパワースペクトル最小化方程式は線形なので、ノズルごとに重ね合わせが可能である。そのため、トータルの濃度補正係数は、上述のようにして得られた濃度補正係数の和を取れば求められる。

【0097】

つまり、ノズル k の持つ位置誤差に対するノズル i の濃度補正係数を $d(i,k)$ とおくと

、この $d(i,k)$ は [数 3] の方程式で求められる。そして、ノズル i のトータルの濃度補正係数 d_i は、次式として求められる。

【0098】

【数 20】

$$d_i = \sum_k d(i,k)$$

なお、上記の例では、全ノズルの着弾位置誤差を補正対象としてインデックス k を足し合わせているが、ある値 ΔX_{thresh} を閾値として予め設定しておき、この閾値を超える着弾位置誤差をもつノズルのみを補正対象とするように選択的に補正する構成も可能である。

10

【0099】

前述のとおり、補正に用いるノズル数 N の値を増加させると補正精度が向上するが、濃度補正係数の変化幅も増加して再現画像の破綻を招く可能性がある。そのため、画像破綻を起こさないための補正係数制限範囲（上限値 d_{max} と下限値 d_{min} ）を定めておき、上記 [数 20] の式で求まるトータルの濃度補正係数が制限範囲内に収まるように N 値を設定することが望ましい。すなわち、 $d_{\text{min}} < d_i < d_{\text{max}}$ を満たすよう N 値を定める。

【0100】

実験的な知見によれば、 $d_{\text{min}} \geq -1$ 、 $d_{\text{max}} \leq 1$ を満たすならば画像破綻を起こさない。

20

【0101】

〔画像処理フロー〕

本実施形態によるムラ補正処理の実装を含めた画像処理フローを図 6 に示す。

【0102】

入力画像 20 のデータ形態は、特に限定されないが、例えば、24bit の RGB データとする。この入力画像 20 に対して、ルックアップテーブルによる濃度変換処理を行い（ステップ S 22）、プリンタの持つインク色に対応した濃度データ $D(i,j)$ に変換する。なお、 (i,j) は画素の位置を表し、各画素について濃度データが割り当てられる。

【0103】

ここでは、入力画像 20 の解像度とプリンタの解像度（ノズル解像度）は一致しているものとする。なお、両者が一致しない場合は、プリンタ解像度に合わせて、入力画像について画素数変換の処理が行われる。

30

【0104】

ステップ S 22 における濃度変換処理は一般的な処理であり、下色除去（UCR: Under color Removal）処理、或いはライトインク（同色系の淡インク）を使用するシステムの場合におけるライトインクへの分配処理などが含まれる。

【0105】

例えば、C（シアン）M（マゼンタ）Y（イエロー）の 3 色インクの構成の場合には、CMY の濃度データ $D(i,j)$ に変換される。或いはまた、上記 3 色に加えて K（黒）、L（ライトシアン）、LM（ライトマゼンタ）などの他のインクを含むシステムの場合は、そのインク色を含む濃度データ $D(i,j)$ に変換される。

40

【0106】

濃度変換処理を経て得られた濃度データ $D(i,j)$ （図 6 中の符号 30）に対してムラ補正処理が行われる（ステップ S 32）。ここでは、対応するノズルに応じた濃度補正係数（打滴率補正係数） d_i を濃度データ $D(i,j)$ に乗ずる演算が行われる。

【0107】

図 7 の模式図に示したように、ノズル $nzli$ の位置（主走査方向位置） i と副走査方向位置 j によって画像上の画素位置 (i,j) が特定され、各画素について濃度データ $D(i,j)$ が与えられる。今、図 7 の斜線で示した画素列の打滴を受け持つノズルについてムラ補正処理を行う場合、補正後の濃度データ $D'(i,j)$ は次式、

50

$D'(i,j) = D(i,j) + d_i \times D(i,j)$
 で計算される。こうして、補正済みの濃度データ $D'(i,j)$ が得られる。

【0108】

この補正済みの濃度データ $D'(i,j)$ (図6中の符号40) からハーフトニング処理を行うことによって(ステップS42)、ドットのオン／オフ信号(2値データ)、または、ドットサイズ変調を含む場合はサイズの種類(ドットサイズの選択)を含んだ多値データに変換される。ハーフトニングの手法は特に限定されず、誤差拡散法やディザ法など周知の2値(多値)化手法を用いることができる。

【0109】

このようにして得られた2値(多値)信号(図6の符号50)に基づいて各ノズルのインク吐出(打滴)データが生成され、吐出動作が制御される。これにより、濃度ムラが抑制され、高品位な画像形成が可能である。

【0110】

図8は、濃度補正係数(補正データ)の更新処理の例を示したフローチャートである。補正データの更新処理は、例えば、以下のいずれかの条件で開始される。

【0111】

すなわち、(a)印字結果を監視する自動チェック機構(センサ)によって印字画像にスジムラが生じていると判断された場合、(b)人間(オペレータ)が印字画像を見て画像内にスジムラが生じていると判断して所定の操作(更新処理を開始させる指令の入力など)を行った場合、(c)事前に設定していた更新タイミングに達した場合(タイマー等による時間管理やプリント枚数カウンタなどによる稼働実績管理などによって更新タイミングを設定並びに判断可能)、のいずれかの条件で図示の更新処理がスタートする。

【0112】

更新処理がスタートすると、まず、着弾誤差データを測定するためのテストパターン(予め定められている所定のパターン)のプリントが実行される(ステップS70)。

【0113】

次いで、そのテストパターンの印字結果から着弾誤差データを測定する(ステップS72)。着弾誤差データの測定には、イメージセンサ(撮像素子)を利用した画像読取装置(撮像信号を処理する信号処理手段を含む)を用いることができる。着弾誤差データには、着弾位置誤差の情報及び光学濃度情報などが含まれる。

【0114】

そして、ステップS72で得られた着弾誤差データから補正データ(濃度補正係数)が算出される(ステップS74)。濃度補正係数の算出方法については、既に説明した通りである。

【0115】

こうして、求めた濃度補正係数の情報はEEPROM等の書き換え可能な記憶手段に記憶され、以後、最新の補正係数が用いられる。

【0116】

〔インクジェット記録装置の構成〕

次に、上述した濃度ムラの補正機能を備えた画像記録装置の具体的な適用例としてのインクジェット記録装置について説明する。

【0117】

図9は、本発明に係る画像記録装置の一実施形態を示すインクジェット記録装置の全体構成図である。同図に示すように、このインクジェット記録装置110は、黒(K)、シアン(C)、マゼンタ(M)、イエロー(Y)の各インクに対応して設けられた複数のインクジェット記録ヘッド(以下、ヘッドという。)112K、112C、112M、112Yを有する印字部112と、各ヘッド112K、112C、112M、112Yに供給するインクを貯蔵しておくインク貯蔵／装填部114と、記録媒体たる記録紙116を供給する給紙部118と、記録紙116のカールを除去するデカール処理部120と、前記印字部112のノズル面(インク吐出面)に対向して配置され、記録紙116の平面性を

10

20

30

40

50

保持しながら記録紙 116 を搬送するベルト搬送部 122 と、印字部 112 による印字結果を読み取る印字検出部 124 と、記録済みの記録紙（プリント物）を外部に排紙する排紙部 126 とを備えている。

【0118】

インク貯蔵／装填部 114 は、各ヘッド 112 K, 112 C, 112 M, 112 Y に対応する色のインクを貯蔵するインクタンクを有し、各タンクは所要の管路を介してヘッド 112 K, 112 C, 112 M, 112 Y と連通されている。また、インク貯蔵／装填部 114 は、インク残量が少なくなるとその旨を報知する報知手段（表示手段、警告音発生手段）を備えるとともに、色間の誤装填を防止するための機構を有している。

【0119】

図 9 では、給紙部 118 の一例としてロール紙（連続用紙）のマガジンが示されているが、紙幅や紙質等が異なる複数のマガジンを併設してもよい。また、ロール紙のマガジンに代えて、又はこれと併用して、カット紙が積層装填されたカセットによって用紙を供給してもよい。

【0120】

複数種類の記録媒体（メディア）を利用可能な構成にした場合、メディアの種類情報を記録したバーコード或いは無線タグなどの情報記録体をマガジンに取り付け、その情報記録体の情報を所定の読取装置によって読み取ることで、使用される記録媒体の種類（メディア種）を自動的に判別し、メディア種に応じて適切なインク吐出を実現するようにインク吐出制御を行うことが好ましい。

【0121】

給紙部 118 から送り出される記録紙 116 はマガジンに装填されていたことによる巻きクセが残り、カールする。このカールを除去するために、デカール処理部 120 においてマガジンの巻きクセ方向と逆方向に加熱ドラム 130 で記録紙 116 に熱を与える。このとき、多少印字面が外側に弱いカールとなるように加熱温度を制御するとより好ましい。

【0122】

ロール紙を使用する装置構成の場合、図 9 のように、裁断用のカッター（第 1 のカッター）128 が設けられており、該カッター 128 によってロール紙は所望のサイズにカットされる。なお、カット紙を使用する場合には、カッター 128 は不要である。

【0123】

デカール処理後、カットされた記録紙 116 は、ベルト搬送部 122 へと送られる。ベルト搬送部 122 は、ローラ 131、132 間に無端状のベルト 133 が巻き掛けられた構造を有し、少なくとも印字部 112 のノズル面及び印字検出部 124 のセンサ面に対向する部分が水平面（フラット面）をなすように構成されている。

【0124】

ベルト 133 は、記録紙 116 の幅よりも広い幅寸法を有しており、ベルト面には多数の吸引穴（不図示）が形成されている。図 9 に示したとおり、ローラ 131、132 間に掛け渡されたベルト 133 の内側において印字部 112 のノズル面及び印字検出部 124 のセンサ面に対向する位置には吸着チャンバ 134 が設けられており、この吸着チャンバ 134 をファン 135 で吸引して負圧にすることによって記録紙 116 がベルト 133 上に吸着保持される。なお、吸引吸着方式に代えて、静電吸着方式を採用してもよい。

【0125】

ベルト 133 が巻かれているローラ 131、132 の少なくとも一方にモータ（図 14 中符号 188）の動力が伝達されることにより、ベルト 133 は図 9 上の時計回り方向に駆動され、ベルト 133 上に保持された記録紙 116 は図 9 の左から右へと搬送される。

【0126】

縁無しプリント等を印字するとベルト 133 上にもインクが付着するので、ベルト 133 の外側の所定位置（印字領域以外の適当な位置）にベルト清掃部 136 が設けられている。ベルト清掃部 136 の構成について詳細は図示しないが、例えば、ブラシ・ロール、

10

20

30

40

50

吸水ロール等をニップする方式、清浄エアーを吹き掛けるエアブロー方式、或いはこれらの組合せなどがある。清掃用ロールをニップする方式の場合、ベルト線速度とローラ線速度を変えると清掃効果が大きい。

【0127】

なお、ベルト搬送部122に代えて、ローラ・ニップ搬送機構を用いる態様も考えられるが、印字領域をローラ・ニップ搬送すると、印字直後に用紙の印字面をローラが接触するので画像が滲み易いという問題がある。したがって、本例のように、印字領域では画像面を接触させない吸着ベルト搬送が好ましい。

【0128】

ベルト搬送部122により形成される用紙搬送路上において印字部112の上流側には、加熱ファン140が設けられている。加熱ファン140は、印字前の記録紙116に加熱空気を吹き付け、記録紙116を加熱する。印字直前に記録紙116を加熱しておくことにより、インクが着弾後乾き易くなる。

【0129】

印字部112の各ヘッド112K, 112C, 112M, 112Yは、当該インクジェット記録装置110が対象とする記録紙116の最大紙幅に対応する長さを有し、そのノズル面には最大サイズの記録媒体の少なくとも一辺を超える長さ（描画可能範囲の全幅）にわたりインク吐出用のノズルが複数配列されたフルライン型のヘッドとなっている（図10参照）。

【0130】

ヘッド112K, 112C, 112M, 112Yは、記録紙116の送り方向に沿って上流側から黒（K）、シアン（C）、マゼンタ（M）、イエロー（Y）の色順に配置され、それぞれのヘッド112K, 112C, 112M, 112Yが記録紙116の搬送方向と略直交する方向に沿って延在するように固定設置される。

【0131】

ベルト搬送部122により記録紙116を搬送しつつ各ヘッド112K, 112C, 112M, 112Yからそれぞれ異色のインクを吐出することにより記録紙116上にカラー画像を形成し得る。

【0132】

このように、紙幅の全域をカバーするノズル列を有するフルライン型のヘッド112K, 112C, 112M, 112Yを色別に設ける構成によれば、紙送り方向（副走査方向）について記録紙116と印字部112を相対的に移動させる動作を1回行うだけで（すなわち1回の副走査で）、記録紙116の全面に画像を記録することができる。これにより、記録ヘッドが紙搬送方向と直交する方向に往復動作するシャトル型ヘッドに比べて高速印字が可能であり、生産性を向上させることができる。

【0133】

本例では、KCMYの標準色（4色）の構成を例示したが、インク色や色数の組合せについては本実施形態に限定されず、必要に応じて淡インク、濃インク、特別色インクを追加してもよい。例えば、ライトシアン、ライトマゼンタなどのライト系インクを吐出するインクジェットヘッドを追加する構成も可能である。また、各色ヘッドの配置順序も特に限定はない。

【0134】

図9に示した印字検出部124は、印字部112の打滴結果を撮像するためのイメージセンサ（ラインセンサ又はエリアセンサ）を含み、該イメージセンサによって読み取った打滴画像からノズルの目詰まりや着弾位置誤差などの吐出特性をチェックする手段として機能する。各色のヘッド112K, 112C, 112M, 112Yにより印字されたテストパターン又は実技画像が印字検出部124により読み取られ、各ヘッドの吐出判定が行われる。吐出判定は、吐出の有無、ドットサイズの測定、ドット着弾位置の測定などで構成される。

【0135】

印字検出部 1 2 4 の後段には後乾燥部 1 4 2 が設けられている。後乾燥部 1 4 2 は、印字された画像面を乾燥させる手段であり、例えば、加熱ファンが用いられる。印字後のインクが乾燥するまでは印字面と接触することは避けたほうが好ましいので、熱風を吹き付ける方式が好ましい。

【0136】

多孔質のペーパーに染料系インクで印字した場合などでは、加圧によりペーパーの孔を塞ぐことでオゾンなど、染料分子を壊す原因となるものと接触することを防ぐことで画像の耐候性がアップする効果がある。

【0137】

後乾燥部 1 4 2 の後段には、加熱・加圧部 1 4 4 が設けられている。加熱・加圧部 1 4 4 は、画像表面の光沢度を制御するための手段であり、画像面を加熱しながら所定の表面凹凸形状を有する加圧ローラ 1 4 5 で加圧し、画像面に凹凸形状を転写する。

【0138】

こうして生成されたプリント物は排紙部 1 2 6 から排出される。本来プリントすべき本画像（目的の画像を印刷したもの）とテスト印字とは分けて排出することが好ましい。このインクジェット記録装置 1 1 0 では、本画像のプリント物と、テスト印字のプリント物とを選別してそれぞれの排出部 1 2 6 A、1 2 6 B へと送るために排紙経路を切り換える不図示の選別手段が設けられている。なお、大きめの用紙に本画像とテスト印字とを同時に並列に形成する場合は、カッター（第 2 のカッター）1 4 8 によってテスト印字の部分を切り離す。また、図 9 には示さないが、本画像の排出部 1 2 6 A には、オーダー別に画像を集積するソーターが設けられる。

【0139】

〔ヘッドの構造〕

次に、ヘッドの構造について説明する。色別の各ヘッド 1 1 2 K、1 1 2 C、1 1 2 M、1 1 2 Y の構造は共通しているので、以下、これらを代表して符号 1 5 0 によってヘッドを示すものとする。

【0140】

図 1 1 (a) はヘッド 1 5 0 の構造例を示す平面透視図であり、図 1 1 (b) はその一部の拡大図である。また、図 1 1 (c) はヘッド 1 5 0 の他の構造例を示す平面透視図、図 1 2 は 1 つの液滴吐出素子（1 つのノズル 1 5 1 に対応したインク室ユニット）の立体的構成を示す断面図（図 1 1 (a) 中の 1 2 - 1 2 線に沿う断面図）である。

【0141】

記録紙 1 1 6 上に印字されるドットピッチを高密度化するためには、ヘッド 1 5 0 におけるノズルピッチを高密度化する必要がある。本例のヘッド 1 5 0 は、図 1 1 (a), (b) に示したように、インク吐出口であるノズル 1 5 1 と、各ノズル 1 5 1 に対応する圧力室 1 5 2 等からなる複数のインク室ユニット（液滴吐出素子）1 5 3 を千鳥でマトリクス状に（2 次元的に）配置させた構造を有し、これにより、ヘッド長手方向（紙送り方向と直交する方向）に沿って並ぶように投影される実質的なノズル間隔（投影ノズルピッチ）の高密度化を達成している。

【0142】

記録紙 1 1 6 の送り方向と略直交する方向に記録紙 1 1 6 の全幅に対応する長さにわたり 1 列以上のノズル列を構成する形態は本例に限定されない。例えば、図 1 1 (a) の構成に代えて、図 1 1 (c) に示すように、複数のノズル 1 5 1 が 2 次元に配列された短尺のヘッドモジュール 1 5 0 ' を千鳥状に配列して繋ぎ合わせることで記録紙 1 1 6 の全幅に対応する長さのノズル列を有するラインヘッドを構成してもよい。

【0143】

各ノズル 1 5 1 に対応して設けられている圧力室 1 5 2 は、その平面形状が概略正方形となっており（図 1 1 (a), (b) 参照）、対角線上の両隅部の一方にノズル 1 5 1 への流出口が設けられ、他方に供給インクの流入口（供給口）1 5 4 が設けられている。なお、圧力室 1 5 2 の形状は、本例に限定されず、平面形状が四角形（菱形、長方形など）、五角

形、六角形その他の多角形、円形、楕円形など、多様な形態があり得る。

【0144】

図12に示したように、各圧力室152は供給口154を介して共通流路155と連通されている。共通流路155はインク供給源たるインクタンク（不図示）と連通しており、インクタンクから供給されるインクは共通流路155を介して各圧力室152に分配供給される。

【0145】

圧力室152の一部の面（図12において天面）を構成している加圧板（共通電極と兼用される振動板）156には個別電極157を備えたアクチュエータ158が接合されている。個別電極157と共通電極間に駆動電圧を印加することによってアクチュエータ158が変形して圧力室152の容積が変化し、これに伴う圧力変化によりノズル151からインクが吐出される。なお、アクチュエータ158には、チタン酸ジルコン酸鉛やチタン酸バリウムなどの圧電体を用いた圧電素子が好適に用いられる。インク吐出後、アクチュエータ158の変位が元に戻る際に、共通流路155から供給口154を通して新しいインクが圧力室152に再充填される。

【0146】

上述した構造を有するインク室ユニット153を図13に示す如く主走査方向に沿う行方向及び主走査方向に対して直交しない一定の角度 θ を有する斜めの列方向とに沿って一定の配列パターンで格子状に多数配列させることにより、本例の高密度ノズルヘッドが実現されている。

【0147】

すなわち、主走査方向に対してある角度 θ の方向に沿ってインク室ユニット153を一定のピッチ d で複数配列する構造により、主走査方向に並ぶように投影されたノズルのピッチ P は $d \times \cos \theta$ となり、主走査方向については、各ノズル151が一定のピッチ P で直線状に配列されたものと等価的に取り扱うことができる。このような構成により、主走査方向に並ぶように投影されるノズル列が1インチ当たり2400個（2400ノズル／インチ）におよぶ高密度のノズル構成を実現することが可能になる。

【0148】

なお、印字可能幅の全幅に対応した長さのノズル列を有するフルラインヘッドで、ノズルを駆動する時には、（1）全ノズルを同時に駆動する、（2）ノズルを片方から他方に向かって順次駆動する、（3）ノズルをブロックに分割して、ブロックごとに片方から他方に向かって順次駆動する等が行われ、用紙の幅方向（用紙の搬送方向と直交する方向）に1ライン（1列のドットによるライン又は複数列のドットから成るライン）を印字するようなノズルの駆動を主走査と定義する。

【0149】

特に、図13に示すようなマトリクス状に配置されたノズル151を駆動する場合は、上記（3）のような主走査が好ましい。すなわち、ノズル151-11、151-12、151-13、151-14、151-15、151-16を1つのブロックとし（他にはノズル151-21、…、151-26を1つのブロック、ノズル151-31、…、151-36を1つのブロック、…として）、記録紙116の搬送速度に応じてノズル151-11、151-12、…、151-16を順次駆動することで記録紙116の幅方向に1ラインを印字する。

【0150】

一方、上述したフルラインヘッドと用紙とを相対移動することによって、上述した主走査で形成された1ライン（1列のドットによるライン又は複数列のドットから成るライン）の印字を繰り返し行うことを副走査と定義する。

【0151】

そして、上述の主走査によって記録される1ライン（或いは帯状領域の長手方向）の示す方向を主走査方向といい、上述の副走査を行う方向を副走査方向という。すなわち、本実施形態では、記録紙116の搬送方向が副走査方向であり、それに直交する方向が主走査方向ということになる。

【0152】

本発明の実施に際してノズルの配置構造は図示の例に限定されない。また、本実施形態では、ピエゾ素子（圧電素子）に代表されるアクチュエータ158の変形によってインク滴を飛ばす方式が採用されているが、本発明の実施に際して、インクを吐出させる方式は特に限定されず、ピエゾジェット方式に代えて、ヒータなどの発熱体によってインクを加熱して気泡を発生させ、その圧力でインク滴を飛ばすサーマルジェット方式など、各種方式を適用できる。

【0153】

〔制御系の説明〕

図14は、インクジェット記録装置110のシステム構成を示すブロック図である。同図に示したように、インクジェット記録装置110は、通信インターフェース170、システムコントローラ172、画像メモリ174、ROM175、モータドライバ176、ヒータドライバ178、プリント制御部180、画像バッファメモリ182、ヘッドドライバ184等を備えている。

10

【0154】

通信インターフェース170は、ホストコンピュータ186から送られてくる画像データを受信するインターフェース部（画像入力手段）である。通信インターフェース170にはUSB（Universal Serial Bus）、IEEE1394、イーサネット（登録商標）、無線ネットワークなどのシリアルインターフェースやセントロニクスなどのパラレルインターフェースを適用することができる。この部分には、通信を高速化するためのバッファメモリ（不図示）を搭載してもよい。

20

【0155】

ホストコンピュータ186から送出された画像データは通信インターフェース170を介してインクジェット記録装置110に取り込まれ、一旦画像メモリ174に記憶される。画像メモリ174は、通信インターフェース170を介して入力された画像を格納する記憶手段であり、システムコントローラ172を通じてデータの読み書きが行われる。画像メモリ174は、半導体素子からなるメモリに限らず、ハードディスクなど磁気媒体を用いてもよい。

【0156】

システムコントローラ172は、中央演算処理装置（CPU）及びその周辺回路等から構成され、所定のプログラムに従ってインクジェット記録装置110の全体を制御する制御装置として機能するとともに、各種演算を行う演算装置として機能する。すなわち、システムコントローラ172は、通信インターフェース170、画像メモリ174、モータドライバ176、ヒータドライバ178等の各部を制御し、ホストコンピュータ186との間の通信制御、画像メモリ174及びROM175の読み書き制御等を行うとともに、搬送系のモータ188やヒータ189を制御する制御信号を生成する。

30

【0157】

また、システムコントローラ172は、印字検出部124から読み込んだテストパターンの読取データから着弾位置誤差のデータを生成する演算処理を行う着弾誤差測定演算部172Aと、測定された着弾位置誤差の情報から濃度補正係数を算出する濃度補正係数算出部172Bとを含んで構成される。なお、着弾誤差測定演算部172A及び濃度補正係数算出部172Bの処理機能はASICやソフトウェア又は適宜の組み合わせによって実現可能である。

40

【0158】

濃度補正係数算出部172Bにおいて求められた濃度補正係数のデータは、濃度補正係数記憶部190に記憶される。

【0159】

ROM175には、システムコントローラ172のCPUが実行するプログラム及び制御に必要な各種データ（着弾位置誤差測定用のテストパターンのデータを含む）などが格納されている。ROM175は、書換不能な記憶手段であってもよいし、EEPROMの

50

ような書換可能な記憶手段であってもよい。また、このROM 175の記憶領域を活用することで、ROM 175を濃度補正係数記憶部190として兼用する構成も可能である。

【0160】

画像メモリ174は、画像データの一時記憶領域として利用されるとともに、プログラムの展開領域及びCPUの演算作業領域としても利用される。

【0161】

モータドライバ176は、システムコントローラ172からの指示に従って搬送系のモータ188を駆動するドライバ（駆動回路）である。ヒータドライバ178は、システムコントローラ172からの指示に従って後乾燥部142等のヒータ189を駆動するドライバである。

10

【0162】

プリント制御部180は、システムコントローラ172の制御に従い、画像メモリ174内の画像データ（多値の入力画像のデータ）から打滴制御用の信号を生成するための各種加工、補正などの処理を行う信号処理手段として機能するとともに、生成したインク吐出データをヘッドドライバ184に供給してヘッド150の吐出駆動を制御する駆動制御手段として機能する。

【0163】

すなわち、プリント制御部180は、濃度データ生成部180Aと、補正処理部180Bと、インク吐出データ生成部180Cと、駆動波形生成部180Dとを含んで構成される。これら各機能ブロック（180A～D）は、ASICやソフトウェア又は適宜の組み合わせによって実現可能である。

20

【0164】

濃度データ生成部180Aは、入力画像のデータからインク色別の初期の濃度データを生成する信号処理手段であり、図6のステップS22で説明した濃度変換処理（UCR処理や色変換を含む）及び必要な場合には画素数変換処理を行う。

【0165】

図14の補正処理部180Bは、濃度補正係数記憶部190に格納されている濃度補正係数を用いて濃度補正の演算を行う処理手段であり、図6のステップS32で説明したムラ補正処理を行う。

【0166】

図14のインク吐出データ生成部180Cは、補正処理部180Bで生成された補正後の濃度データから2値（又は多値）のドットデータに変換するハーフトニング処理手段を含む信号処理手段であり、図6のステップS42で説明した2値（多値）化処理を行う。インク吐出データ生成部180Cにて生成されたインク吐出データはヘッドドライバ184に与えられ、ヘッド150のインク吐出動作が制御される。

30

【0167】

駆動波形生成部180Dは、ヘッド150の各ノズル151に対応したアクチュエータ158（図12参照）を駆動するための駆動信号波形を生成する手段であり、該駆動波形生成部180Dにて生成された信号（駆動波形）は、ヘッドドライバ184に供給される。なお、駆動信号生成部180Dから出力される信号は、デジタル波形データであってもよいし、アナログ電圧信号であってもよい。

40

【0168】

プリント制御部180には画像バッファメモリ182が備えられており、プリント制御部180における画像データ処理時に画像データやパラメータなどのデータが画像バッファメモリ182に一時的に格納される。なお、図14において画像バッファメモリ182はプリント制御部180に付随する態様で示されているが、画像メモリ174と兼用することも可能である。また、プリント制御部180とシステムコントローラ172とを統合して1つのプロセッサで構成する態様も可能である。

【0169】

画像入力から印字出力までの処理の流れを概説すると、印刷すべき画像のデータは、通

50

信インターフェース170を介して外部から入力され、画像メモリ174に蓄えられる。この段階では、例えば、RGBの多値の画像データが画像メモリ174に記憶される。

【0170】

インクジェット記録装置110では、インク（色材）による微細なドットの打滴密度やドットサイズを変えることによって、人の目に疑似的な連続階調の画像を形成するため、入力されたデジタル画像の階調（画像の濃淡）をできるだけ忠実に再現するようなドットパターンに変換する必要がある。そのため、画像メモリ174に蓄えられた元画像（RGB）のデータは、システムコントローラ172を介してプリント制御部180に送られ、該プリント制御部180の濃度データ生成部180A、補正処理部180B、インク吐出データ生成部180Cを経てインク色ごとのドットデータに変換される。

10

【0171】

すなわち、プリント制御部180は、入力されたRGB画像データをK、C、M、Yの4色のドットデータに変換する処理を行う。こうして、プリント制御部180で生成されたドットデータは、画像バッファメモリ182に蓄えられる。この色別ドットデータは、ヘッド150のノズルからインクを吐出するためのCMYK打滴データに変換され、印字されるインク吐出データが確定する。

【0172】

ヘッドドライバ184は、プリント制御部180から与えられるインク吐出データ及び駆動波形の信号に基づき、印字内容に応じてヘッド150の各ノズル151に対応するアクチュエータ158を駆動するための駆動信号を出力する。ヘッドドライバ184にはヘッドの駆動条件を一定に保つためのフィードバック制御系を含んでいてもよい。

20

【0173】

こうして、ヘッドドライバ184から出力された駆動信号がヘッド150に加えられることによって、該当するノズル151からインクが吐出される。記録紙116の搬送速度に同期してヘッド150からのインク吐出を制御することにより、記録紙116上に画像が形成される。

【0174】

上記のように、プリント制御部180における所要の信号処理を経て生成されたインク吐出データ及び駆動信号波形に基づき、ヘッドドライバ184を介して各ノズルからのインク液滴の吐出量や吐出タイミングの制御が行われる。これにより、所望のドットサイズやドット配置が実現される。

30

【0175】

印字検出部124は、図9で説明したように、イメージセンサを含むブロックであり、記録紙116に印字された画像を読み取り、所要の信号処理などを行って印字状況（吐出の有無、打滴のばらつき、光学濃度など）を検出し、その検出結果をプリント制御部180及びシステムコントローラ172に提供する。

【0176】

プリント制御部180は、必要に応じて印字検出部124から得られる情報に基づいてヘッド150に対する各種補正を行うとともに、必要に応じて予備吐出や吸引、ワイピング等のクリーニング動作（ノズル回復動作）を実施する制御を行う。

40

【0177】

本例の場合、印字検出部124と着弾誤差測定演算部172Aの組み合わせが「特性情報取得手段」に相当し、濃度補正係数算出部172Bが補正対象記録素子（ノズル）を決定する「決定手段」、「補正範囲設定手段」及び「補正係数決定手段」に相当する。また、補正処理部180Bが「補正処理手段」に相当している。

【0178】

上記構成のインクジェット記録装置110によれば、着弾位置誤差による濃度ムラが低減された良好な画像を得ることができる。

【0179】

〔変形例〕

50

図 1 4 で説明した着弾誤差測定演算部 1 7 2 A、濃度補正係数算出部 1 7 2 B、濃度データ生成部 1 8 0 A、補正処理部 1 8 0 B が担う処理機能の全て又は一部をホストコンピュータ 1 8 6 側に搭載する態様も可能である。

【0 1 8 0】

また、本発明の適用範囲は、着弾位置誤差による濃度ムラの補正に限定されず、液滴量誤差による濃度ムラ、不吐出ノズルの存在による濃度ムラ、周期的印字誤差による濃度ムラなど、様々な要因による濃度ムラに対して、上述した補正処理と同様の手法によって、補正効果を得ることができる。

【0 1 8 1】

更に、本発明の適用はラインヘッド方式のプリンタに限定されず、シリアル（シャトル）スキャン方式のプリンタにおけるスジムラに対しても有効な補正効果を得ることができる。

10

【0 1 8 2】

〔一般モデルを用いた実施形態〕

上述の説明では、印字モデルとして δ 関数モデルを用いた例を説明したが、印字モデルはこれに限定されず、一般的な任意の濃度プロファイルを想定した一般モデルを用いる場合について以下に説明する。

【0 1 8 3】

一般モデルを用いる場合も、構成上は δ 関数モデルを用いる場合とほぼ同様であるが、演算に用いる数式が異なる。

20

【0 1 8 4】

すなわち、一般モデルの場合、濃度プロファイルは下記の一般式で表される。

【0 1 8 5】

【数 2 1】

$$z(x)$$

ただし、この関数は以下の式 [数 2 2] , [数 2 3] を満たすものである。

【0 1 8 6】

【数 2 2】

$$\int_{-\infty}^{\infty} z(x) dx = 1$$

30

【0 1 8 7】

【数 2 3】

$$\int_{-\infty}^{\infty} x \cdot z(x) dx = 0$$

[数 2 2] の式は正規化条件、[数 2 3] は対称条件を表している。[数 2 1] で表されるドットモデルは液滴量や被記録媒体（メディア）の種類に応じて変更される。

40

【0 1 8 8】

かかる一般モデルを用いて補正した後の濃度プロファイルを Fourier 変換すると、次式となる。

【0 1 8 9】

【数 2 4】

$$T(f) = \int_{-\infty}^{\infty} D(x) \cdot e^{ifx} dx = \sum_i D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} z(x - x_i) \cdot e^{ifx} dx$$

これは「数 1 2」に対応する式である。既に、説明したとおり、濃度ムラの視認性を最小化することは、「数 1 3」で表されるパワースペクトルの低周波成分を最小化することであるから、数学的には $T(f)$ の $f=0$ における微分係数（1 次、2 次、…）をゼロとすることに相当する。

10

【0 1 9 0】

つまり、補正条件は次のとおりである。

【0 1 9 1】

【数 2 5】

$$\boxed{\text{DC成分}} \quad T(f=0) = 1 \quad (\text{DC保存条件})$$

$$\boxed{\text{1次係数}} \quad \frac{d}{df} T(f=0) = 0$$

20

$$\boxed{\text{2次係数}} \quad \frac{d^2}{df^2} T(f=0) = 0$$

...

$$\boxed{\text{N-1次係数}} \quad \frac{d^{N-1}}{df^{N-1}} T(f=0) = 0$$

上記の補正条件について、「数 2 4」の一般モデルで計算すると、以下の条件群（方程式群）が得られる。

30

【0 1 9 2】

【数 2 6】

$$\sum D_i = 1$$

$$\sum D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot z(x - x_i) dx = \sum D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} (x + x_i) \cdot z(x) dx = \sum D_i \cdot x_i = 0$$

$$\sum D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \cdot z(x - x_i) dx = \sum D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} (x + x_i)^2 \cdot z(x) dx = \sum D_i \cdot \left(x_i^2 + \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \cdot z(x) dx \right) = 0$$

40

...

$$\sum D_i \cdot \int_{-\infty}^{\infty} x^{N-1} \cdot z(x - x_i) dx = 0$$

上記の N 本の連立方程式が得られる。この連立方程式は、「数 1 5」で説明した δ 関数モデルの連立方程式と比較して、0 次及び 1 次の微分係数の方程式は同じであり、2 次以降の式が異なっている。「数 2 6」で示した連立方程式を数値的に解くことで濃度補正係数が求まる。

50

【0193】

〔半球モデルを用いた実施形態〕

現実のドット形状に近く、また解析計算が可能なモデルとして半球モデルが有用である。半球モデルの場合、濃度プロファイルは下記の一般式で表される。

【0194】

【数27】

$$z(x) = \frac{2}{\pi r^2} \sqrt{1 - \left(\frac{x}{r}\right)^2}$$

10

ただし、式中の r は液滴の着弾径（ドット半径）である。

【0195】

補正条件における2次微分係数の条件式は、以下のようになる。

【0196】

【数28】

$$\sum D_i \cdot \left(x_i^2 + \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \cdot z(x) dx \right) = \sum D_i \cdot x_i^2 + \sum D_i \cdot \frac{r^2}{4} = \sum D_i \cdot x_i^2 + \frac{r^2}{4} = 0$$

そのため、例えば、 $N = 3$ の場合の連立方程式は以下のようになる。

20

【0197】

【数29】

$$\sum D_i = 1$$

$$\sum D_i \cdot x_i = 0$$

$$\sum D_i \cdot x_i^2 = -\frac{r^2}{4}$$

なお、 N を増やしていくと方程式は更に複雑になる。一般の N における連立方程式は、 δ 関数モデルのような厳密解が得られないため、数値計算によって解を求める必要がある。

30

【0198】

〔印字モデルの選択的な変更について〕

既述のとおり、被記録媒体の種類や液滴サイズ（吐出液滴量）などが変われば、これらの記録条件に応じてドット径（着弾径）などの記録状態が変わるため、多様な記録状態に対応した複数の印字モデルを用意しておき、記録状態に基づきその記録状態に適した印字モデルを選択的に使用する態様が好ましい。

【0199】

このような構成を実現するための構成例としては、複数の記録条件と、各条件で実現される記録状態に対応した複数の印字モデルのデータをEEPROM等の記憶手段（例えば、図14の符号175）に記憶しておき、被記録媒体の種類や液滴サイズに応じて、該当する条件（記録状態）に合った印字モデルを読み出し、これを用いて濃度補正係数を算出するようにプログラムされたシステムコントローラ（図14の符号172）を用いる。この場合、システムコントローラが「印字モデルを変更する変更手段」に相当する。

40

【0200】

〔多値（マルチドットサイズ）への適用〕

これまで説明した実施形態では、1種類（単一）のドットサイズのドットを打滴するかしないかの2値（ドットのオン／オフ）で記録制御を行う例を述べたが、複数のドットサイズのドットを記録可能なヘッド（いわゆる「多値ヘッド」）についても、同様の補正を行うことができる。多値においても「 δ 関数モデルの採用」、「同一ノズルから吐出され

50

たドットは、ドットサイズによらず着弾位置誤差が同じ」という近似の下では、計算される濃度補正係数はこれまで説明したものと全く変わらない。

【0201】

しかし、「半球モデルを採用」、「ドットサイズごとに着弾位置誤差が厳密には異なる」という条件を考慮する場合は、これらの条件を取り込んだ形で濃度補正係数を算出する必要がある。

【0202】

例えば、出力を4値（ドットサイズ3種類）とし、ドットサイズを大きい方から、大（Large）、中（Middle）、小（Small）と名づける。

【0203】

所定のハーフトニング処理にしたがって、印字媒体上に複数サイズのドットが混在して記録される。そのため、各ドットサイズの着弾位置誤差を補正する濃度補正係数をドットサイズ毎に求め、各ドットサイズの濃度比に従って濃度補正係数を重み付け平均し、最適な濃度補正係数を求める。具体的には以下のようにする。

【0204】

（1）入力データと各サイズのドット率の関係をテーブル化して、メモリ等の記憶手段に保持しておく。

【0205】

（2）各ドットサイズの濃度比（同一数のドットを印字した際に測定される光学濃度の比）を記憶しておく。

【0206】

（3）各ドットサイズにおいて、そのドットサイズの着弾位置および着弾径（半球モデルの場合）から、各ドットサイズの濃度補正係数 $d_{large}(i)$ 、 $d_{middle}(i)$ 、 $d_{small}(i)$ を生成する。

【0207】

（4）入力画像データから（1）のテーブルに基づきドット率が決まり、ドットサイズに対応した濃度比（ $D_{large} : D_{middle} : D_{small}$ ）が決まる。ただし、 D_{large} 、 D_{middle} 、 D_{small} はいずれも正の数、かつ、 $D_{large} + D_{middle} + D_{small} = 1$ とする。

【0208】

（5）そして、（3）で求めた各ドットサイズの濃度補正係数を（4）で求めた濃度比によって重み付け平均し、ノズルの濃度補正係数 $d(i)$ を次式から求める。

[数30]

$$d(i) = D_{large} \times d_{large}(i) + D_{middle} \times d_{middle}(i) + D_{small} \times d_{small}(i)$$

以降の処理は2値の場合と同様なので、説明は省略する。

【0209】

上記実施の形態では画像記録装置の一例としてインクジェット記録装置を説明したが、本発明の適用範囲はこれに限定されない。インクジェット方式以外では、サーマル素子を記録素子とする記録ヘッドを備えた熱転写記録装置、LED素子を記録素子とする記録ヘッドを備えたLED電子写真プリンタ、LEDライン露光ヘッドを有する銀塩写真方式プリンタなど各種方式の画像記録装置についても本発明を適用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0210】

【図1】本発明の実施形態による濃度ムラ補正前の濃度プロファイルの例を示す説明図

【図2】本発明の実施形態による濃度ムラ補正後の様子を示す説明図

【図3】（a）は現実に即した印字モデルの濃度プロファイル図、（b）は δ 関数型印字モデルの濃度プロファイル図

【図4】本実施形態による補正の効果を示すパワースペクトルのグラフ

【図5】補正に用いるノズル数（N）と濃度補正係数の関係を説明するために用いたグラフ

【図6】本実施形態による画像処理の流れを示したフローチャート

10

20

30

40

50

【図 7】本実施形態による濃度ムラ補正処理の概念図

【図 8】補正データの更新処理の流れを示したフローチャート

【図 9】本発明に係る画像記録装置の一実施形態を示すインクジェット記録装置の全体構
図

【図 10】図 9 に示したインクジェット記録装置の印字部周辺の要部平面図

【図 11 (a)】ヘッドの構造例を示す平面透視図

【図 11 (b)】図 11 (a) の要部拡大図

【図 11 (c)】フルライン型ヘッドの他の構造例を示す平面透視図

【図 12】図 11 (a) 中の 12-12 線に沿う断面図

【図 13】図 11 (a) に示したヘッドのノズル配列を示す拡大図

【図 14】本実施形態に係るインクジェット記録装置のシステム構成を示す要部ブロック
図

【図 15】ノズルの吐出特性のばらつきと濃度ムラの関係を示すために用いた模式図

【図 16】従来の補正方法の説明図

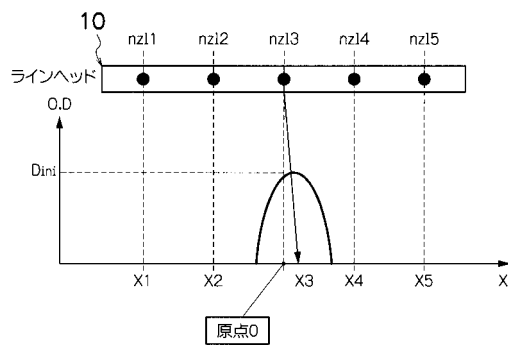
【図 17】従来の補正方法による重み付けの規定例を示す説明図

【符号の説明】

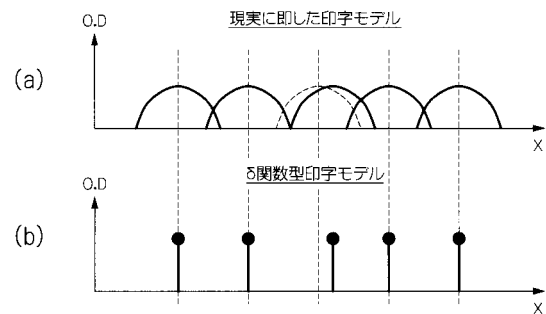
【0211】

10…ラインヘッド、110…インクジェット記録装置、112…印字部、112K, 112C, 112M, 112Y…ヘッド、114…インク貯蔵／装填部、116…記録紙
(被記録媒体)、122…ベルト搬送部(搬送手段)、124…印字検出部、150…ヘ
ッド、151…ノズル(記録素子)、152…圧力室、153…インク室ユニット、15
8…アクチュエータ、172…システムコントローラ、172A…着弾誤差測定演算部、
172B…濃度補正係数算出部、180…プリント制御部、180A…濃度データ生成部
、180B…補正処理部、180C…インク吐出データ生成部、180D…駆動波形生成
部、184…ヘッドドライバ

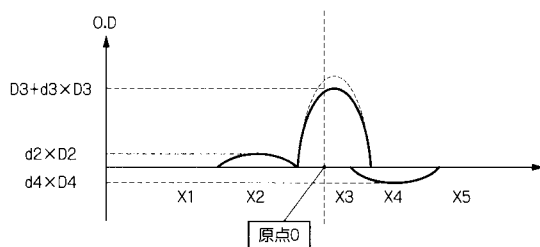
【図 1】



【図 3】



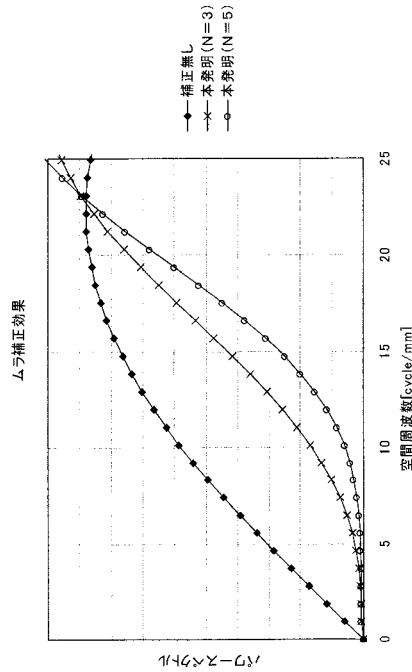
【図 2】



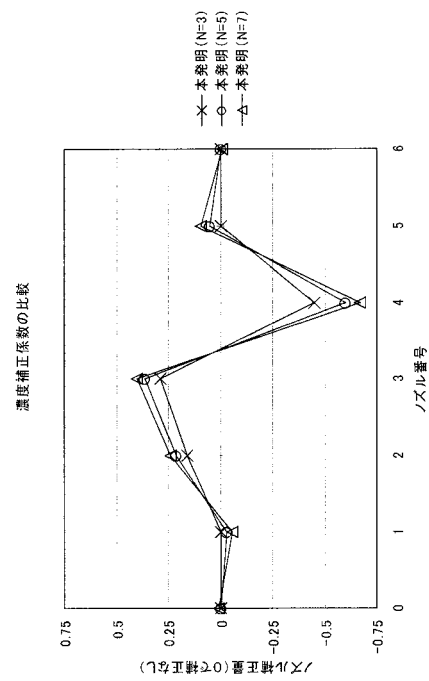
10

20

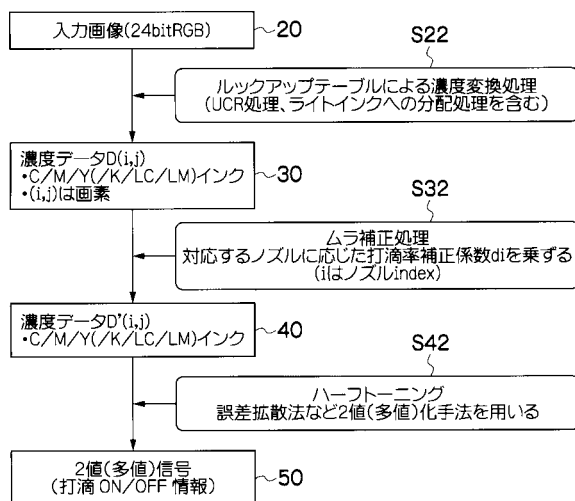
【図 4】



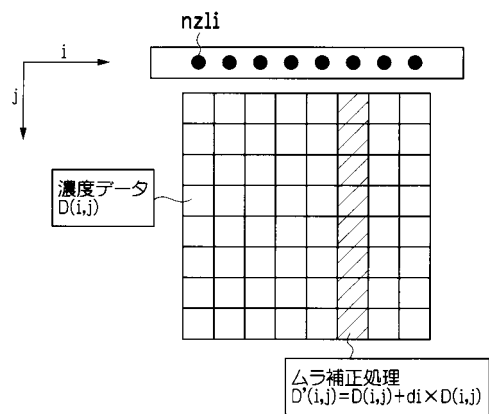
【図 5】



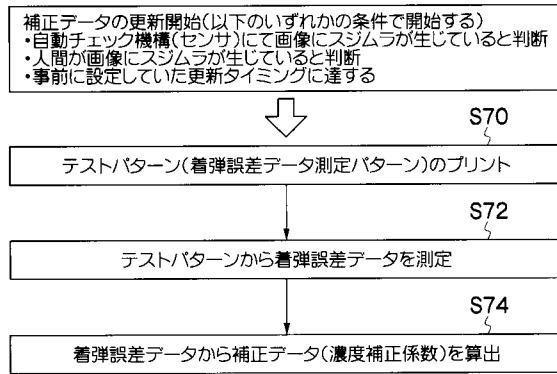
【図 6】



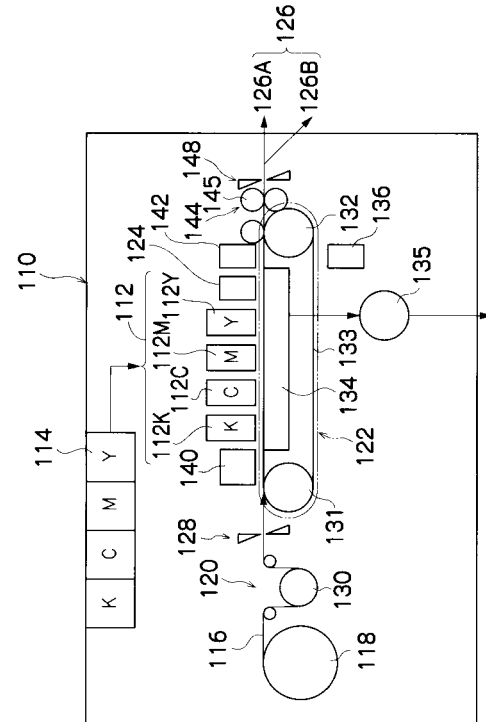
【図 7】



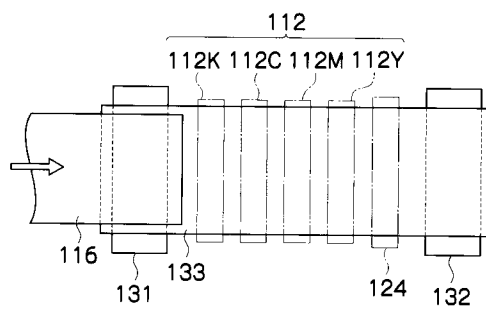
【図 8】



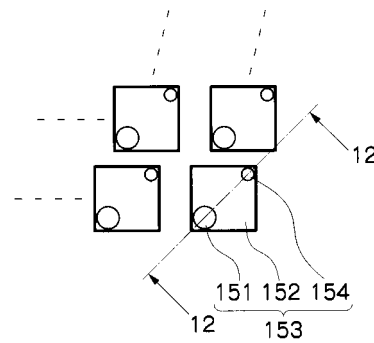
【図 9】



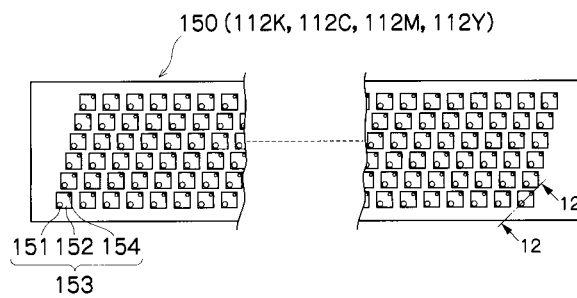
【図 10】



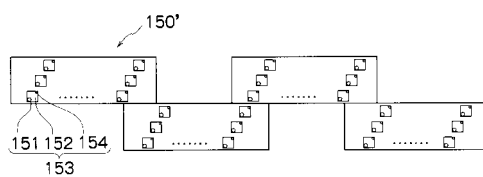
【図 11 (b)】



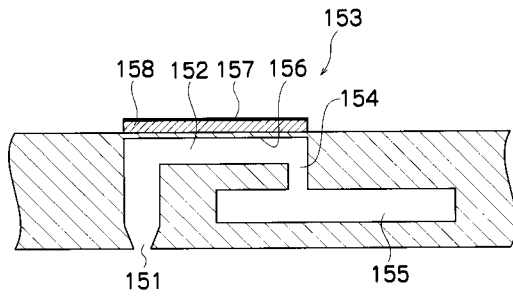
【図 11 (a)】



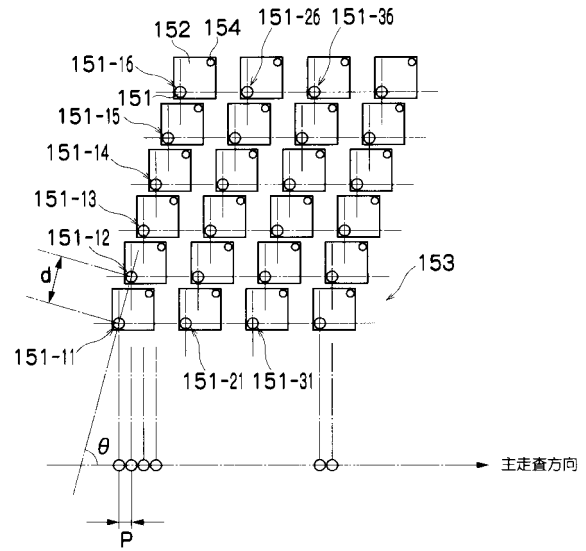
【図 11 (c)】



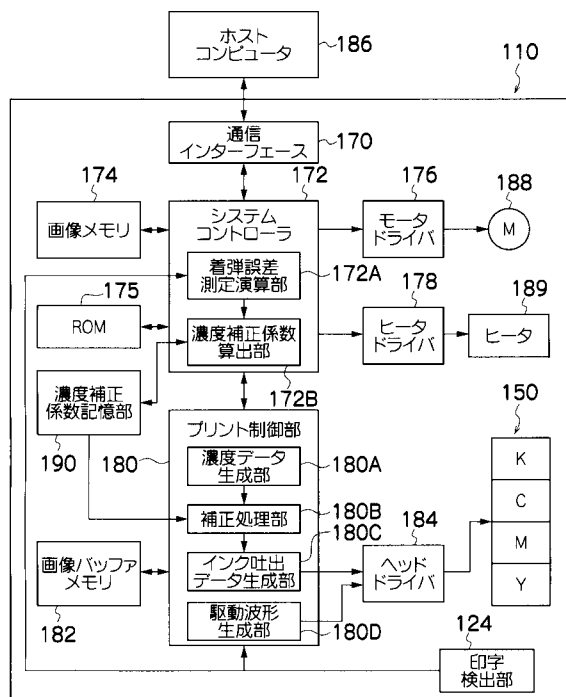
【図 1 2】



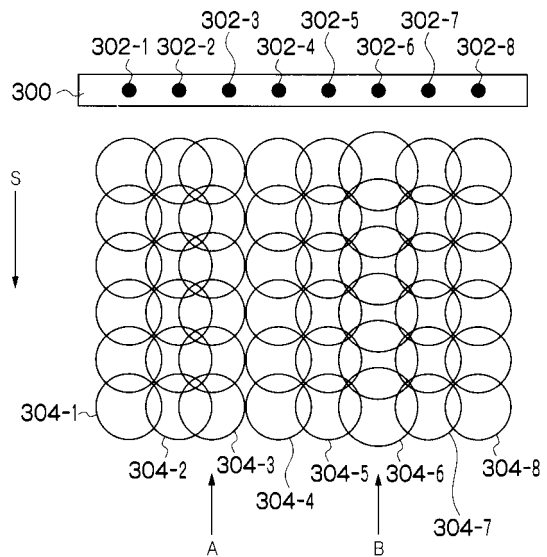
【図 1 3】



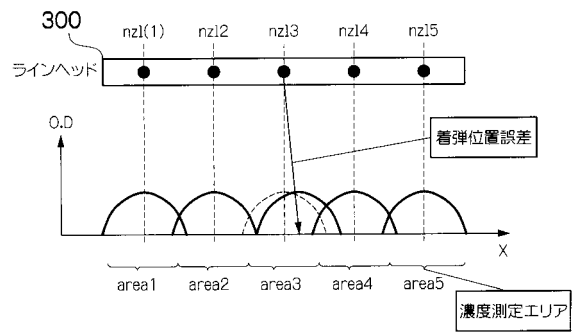
【図 14】



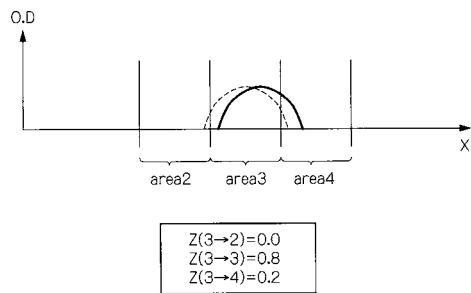
【图 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-009534 (JP, A)
特開2003-025553 (JP, A)
特開2001-054956 (JP, A)
特開2001-054962 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B41J 2/01
B41J 2/52