

明 細 書

発明の名称：

電気泳動システム、電気泳動データ処理装置、及び、電気泳動データ処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、電気泳動システム、電気泳動データ処理装置、及び、電気泳動データ処理方法の技術に関する。

背景技術

[0002] 生体試料の分析において、マルチキャピラリ電気泳動システムが広く用いられている。マルチキャピラリ電気泳動システムは、複数本のキャピラリに、電解質溶液や、高分子ゲルや、ポリマを含む電解質溶液等の電気泳動分離媒体を充填し、並列に電気泳動分析を行うものである。電気泳動における分析対象は、低分子から、タンパク質、DNA (Deoxyribonucleic Acid) 等の高分子まで幅広い。

[0003] 特に、DNA等の検出においては、DNAに蛍光標識を付加したサンプルに励起光が照射され、蛍光標識が発する蛍光信号が検出される。そして、検出された蛍光信号に基づいて、DNAの塩基配列や長さの解析が行われる。蛍光信号は、CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサや、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサ等のイメージセンサで検出する。そして、マルチキャピラリ電気泳動システムは、検出した蛍光信号に基づき、波長ごとに信号強度を検出する。

[0004] マルチキャピラリ電気泳動システムでは、サンプルの濃度により信号強度にばらつきが生じる。そのため、微小な信号を検出するためには、イメージセンサの検出感度を向上させることが重要となる一方で、強い信号強度も検出するために、ダイナミックレンジを拡張することが重要である。

[0005] イメージセンサのダイナミックレンジを拡張する手段として、イメージセンサを構成する複数の受光面（画素に対応）を疑似的に結合し、1画素とし

て扱うビニングが知られている。ビニングにはハードウェアビニングとソフトウェアビニングが知られている。ハードウェアビニングとソフトウェアビニングでは、ソフトウェアビニングの方が高い蛍光を扱うことができる。

[0006] このようなビニングに関して、特許文献1には、「前記ハードウェアビニングを実行することで取得した前記蛍光信号強度が第一閾値を超える場合は、前記ソフトウェアビニングに切り替えて前記蛍光信号強度を取得し、前記ソフトウェアビニングを実行することで取得した前記蛍光信号強度が前記第一閾値以下である場合は、前記ハードウェアビニングに切り替えて前記蛍光信号強度を取得する、蛍光検出装置。」との記載がある（請求項2参照）。

[0007] また、マルチキャピラリ電気泳動システムは生成したデータを、一次解析ファイルと呼ばれるファイルとして出力する。出力された一次解析ファイルのデータから、核酸の塩基配列や長さの解析を行うのが二次解析である。マルチキャピラリ電気泳動システムが出力する一次解析ファイルを、二次解析を行うための二次解析ソフトウェアに入力することで二次解析が実施される。これによって、DNAの塩基配列や長さの解析を行うことができる。

[0008] 二次解析ソフトウェアに入力できる信号強度の範囲は定まっている。一方でマルチキャピラリ電気泳動システムが出力可能な信号強度の範囲は二次解析ソフトウェアに入力できる信号強度の範囲よりも大きい。

[0009] そのため、マルチキャピラリ電気泳動システムが出力する蛍光信号データを二次解析ソフトウェアに入力できる値の範囲に収まるように、蛍光信号データを固定の圧縮率で圧縮することが一般に行われている。非特許文献1には「The CCD detector and computer software in the ABI Genetic Analyzers use a 2-byte system for data storage, which enables fluorescence values to be encoded with 16 bits(each bit holding a value of 0 or 1). This 2-byte storage format enables the data collection software to provide a range of 0 to 65,535 in decimal(base-10) digits, or 00000000 00000000 to 1111111111111111 in binary(base-2) digits. If both positive and negative values are permitted, then the maxima of a 2-byte sto

rage system are +32,767 and -32,767.」の記載がある。

[0010] ここで、マルチキャピラリ電気泳動システムの解析において、プライマと呼ばれる、DNAの増幅のために使用される試薬が用いられる。プライマは分析対象のDNAに比べて過剰に添加されるため、プライマに起因する信号強度はDNAに起因する信号強度と比べて大きくなる。また、プライマは分析対象のDNAに比べて長さが短いため、分析対象のDNAに比べて早く検出される。

[0011] また、ソフトウェアビニングが実施される場合、プライマに起因する蛍光信号の影響により、一次解析ファイルの信号強度が、二次解析ソフトウェアに入力できる信号強度の範囲より著しく大きくなることがある。二次解析ソフトウェアでできるように、一次解析ファイルの信号強度を圧縮することがあるが、信号強度方向の圧縮率が大きくなり、分析対象の微小な信号強度のDNAの情報が失われる場合がある。

[0012] また、時間軸方向のデータサイズを圧縮する方法として、データポイントの選択がある。特許文献2には、「クラッター拒絶の方法で、その方法が、初期閾値基準を使用してフィルタかけしたセットのデータポイントから第1のセットのデータポイントを選択するための工程と、第1のセットのデータポイントから複数の重複するサブセットのデータポイントを選択するための工程と、複数の線形マッピングを複数の重複するサブセットのデータポイントに施すための工程と、複数の線形マッピングを複数の重複するサブセットのデータポイントに施すことから、複数の誤差値を決定するための工程と、第1の最終サブセットの重複データポイントが標準化された範囲内に収まるデータポイントを有し、外れデータポイントが除去された、第1のセットのデータポイントから誤差値が最小の第1の最終サブセットの重複データポイントを選択するための工程と、からなることを特徴とする方法。」との記載がある（請求項9参照）。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：特開2015-49179号公報

特許文献2：特表2003-500662号公報

非特許文献

[0014] 非特許文献1：John M. Butler, "Advanced Topics in FORENSIC DNA TYPING: INTERPRETATION", p32

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] 特許文献1では、ソフトウェアビニングを実施する蛍光検出器の記載がある。しかし、特許文献1には、ソフトウェアビニングで取得される大きな信号強度を、どのように二次解析ソフトウェアに入力できる値の範囲に変換するかに関する記載がない。

[0016] また、非特許文献1では、CCDイメージセンサが取得できる信号強度が「0」から「65,535」であり、ソフトウェアで「-32,767」から「32,767」の値の範囲に変換する記載がある。しかしながら、前記したように、ソフトウェアビニングが実施された場合、取得できる信号強度が増大するため、信号強度方向の圧縮率が大きくなる。これにより、分析対象の微小な信号強度のDNAの情報が失われる場合がある。そのため、信号強度方向の圧縮率を最小化（最適化）する必要がある。非特許文献1では、ソフトウェアビニングを実施した場合の圧縮方法について記載されていない。

[0017] また、信号強度方向の圧縮率を最小化する方法として、分析対象とするデータポイントを選択する方法がある。特許文献2では、クラッター除去によりデータポイントを削減する方法の記載があるが、マルチキャピラリ電気泳動システムが出力するデータにおいて信号強度が高くなるプライマに起因する蛍光の除去方法の記載がない。

[0018] マルチキャピラリ電気泳動システムにおいて、ソフトウェアビニングが実施され、かつ、プライマに起因する蛍光信号が除去されない場合、プライマの影響で信号強度が大きくなり、それに伴い圧縮率が過剰に大きくなる。この場合、信号強度方向の圧縮率が大きくなり、分析対象の微小な信号強度の

DNAの情報が失われるおそれがある。

[0019] このような背景に鑑みて本発明がなされたのであり、本発明は、蛍光信号データの適切な圧縮を行うことを課題とする。

課題を解決するための手段

[0020] 前記した課題を解決するため、本発明は電気泳動装置と、前記電気泳動装置から、ハードウェアビニングが施された分析対象サンプルに関する信号である分析対象サンプル信号と、ハードウェアビニングが施されたマトリクススタンダードに関する信号であるマトリクススタンダード信号を取得し、前記分析対象サンプル信号及び前記マトリクススタンダード信号に対し、ソフトウェアビニングを行うソフトウェアビニング処理部と、前記ソフトウェアビニングが行われた前記分析対象サンプル信号、及び、前記ソフトウェアビニングが行われた前記マトリクススタンダード信号を基に、フレーム毎における蛍光信号強度に関するデータである蛍光信号データを生成する蛍光信号データ生成部と、前記蛍光信号データに含まれる蛍光信号について、分析対象に起因する第1の蛍光信号と、分析対象以外に起因する第2の蛍光信号とを区別して検出し、当該検出の結果に基づいて前記蛍光信号データのフレームに対して圧縮範囲を設定する圧縮範囲設定部と、前記圧縮範囲に含まれる前記蛍光信号強度の最大値と、二次解析で使用可能な信号強度の最大値とを基に、圧縮率を算出する圧縮率算出部と、前記圧縮率を基に、前記蛍光信号データを圧縮することで、蛍光信号圧縮データを生成し、生成した前記蛍光信号圧縮データを出力する圧縮部と、を有することを特徴とする。

その他の解決手段は実施形態中において適宜記載する。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、蛍光信号データの適切な圧縮を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]第1－1実施形態に係る電気泳動システムの構成例の概要を示す図である。

[図2]第1－1実施形態における蛍光検出装置の構成の概要を示す図である。

[図3]第1－1実施形態におけるCCDイメージセンサの構成の概要を示す図である。

[図4]第1－1実施形態に係る処理装置の構成を示す図である。

[図5]処理装置のハードウェア構成例を示す図である。

[図6]分光された蛍光をデジタル信号に変換する動作を説明するための図（その1）である。

[図7]分光された蛍光をデジタル信号に変換する動作を説明するための図（その2）である。

[図8]分光された蛍光をデジタル信号に変換する動作を説明するための図（その3）である。

[図9]分光された蛍光をデジタル信号に変換する動作を説明するための図（その4）である。

[図10]分光された蛍光をデジタル信号に変換する動作を説明するための図（その5）である。

[図11]制御装置がパルスを印加するタイミングを示す図である。

[図12]ソフトピンの生成を示す図である。

[図13]一般化したピン及びソフトピンの構成例を示す図である。

[図14]ソフトピンと、ピンの対応関係の一例を示す図である。

[図15]第1－1実施形態において、圧縮範囲設定部が行う圧縮範囲決定処理の手順を示すフローチャートである。

[図16]電気泳動像の例を示す図（その1）である。

[図17]第1－1実施形態において圧縮率算出部が行う圧縮率算出処理の手順を示すフローチャートである。

[図18]第1－1実施形態において圧縮部が行う圧縮処理の手順を示すフローチャートである。

[図19]電気泳動像の例を示す図（その2）である。

[図20]電気泳動像の例を示す図（その3）である。

[図21]電気泳動像の例を示す図（その4）である。

[図22]電気泳動像の例を示す図（その５）である。

[図23]電気泳動像の例を示す図（その６）である。

[図24]第２－１実施形態に係る処理装置の構成を示す図である。

[図25]第２－１実施形態において圧縮範囲設定部が行う圧縮範囲決定処理の手順を示すフローチャートである。

[図26]電気泳動像の例を示す図（その７）である。

[図27]電気泳動像の例を示す図（その８）である。

[図28]電気泳動像の例を示す図（その９）である。

[図29]電気泳動像の例を示す図（その１０）である。

[図30]電気泳動像の例を示す図（その１１）である。

[図31]本実施形態で表示される二次解析画面の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] 次に、本発明を実施するための形態（「実施形態」という）について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一部には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

[0024] ≪第一実施形態≫

＜第１－１実施形態＞

[システム構成]

図１は、第１－１実施形態に係る電気泳動システム１の構成例の概要を示す図である。

図１に示されるように、電気泳動システム１は、電気泳動データ処理装置である処理装置１０と、電気泳動装置２０と外部メモリ３０とを有する。外部メモリ３０とは、ＵＳＢ（Universal Serial Bus）メモリや、外付けＨＤ（Hard Disk）等である。

[0025] （電気泳動装置２０）

電気泳動装置２０は、マルチキャピラリ電気泳動装置であり、ポンプユニ

ット２１と、高圧電源２２と、恒温槽２３と、蛍光検出装置２００と、キャピラリレイ２４０を有する。また、電気泳動装置２０は、サンプルトレイ２５０と、搬送器２６０とを有する。

[0026] サンプルトレイ２５０は、複数のサンプル容器２５１を収容している。それぞれのサンプル容器２５１は、測定対象物であるＤＮＡに蛍光標識を付加したサンプルを収容する容器である。そして、それぞれのサンプル容器２５１には、異なるサンプルが入っている。

[0027] 搬送器２６０は、キャピラリ２４１の先端位置に、それぞれのサンプル容器２５１が位置するようサンプルトレイ２５０を搬送する。

[0028] キャピラリレイ２４０は、複数のキャピラリ２４１で構成されている。それぞれのキャピラリ２４１は中空となっている。また、それぞれのキャピラリ２４１は、サンプル容器２５１に挿入される。

[0029] 恒温槽２３は、キャピラリレイ２４０の内部を一定の温度に保つ。

ポンプユニット２１は、それぞれのキャピラリ２４１の内部に電気泳動媒体Ｍ（例えば、ポリマ）を注入する。これによって、それぞれのキャピラリ２４１の内部が、電気泳動媒体Ｍによって満たされる。

[0030] 高圧電源２２は、電気泳動媒体Ｍを充填されたキャピラリ２４１のそれぞれに対して、キャピラリ２４１の両端に高電圧を印加する。

蛍光検出位置２４は、サンプルが電気泳動される経路上に設けられる。蛍光検出位置２４で、サンプルに励起光Ｒ１（図２参照）が照射される。

[0031] サンプルは、高圧電源２２による電圧印加によって電気泳動され、キャピラリ２４１の内部を移動する。図１において、サンプルの移動方向が矢印で示されている。キャピラリ２４１の内部を移動したサンプルは、蛍光検出位置２４で励起光Ｒ１（図２参照）を照射され、蛍光Ｒ２（図２参照）を発する。その後、サンプルは排出容器２５に排出される。また、蛍光検出装置２００は、蛍光検出位置２４でサンプルから発せられた蛍光Ｒ２を検出する。蛍光検出装置２００の詳細な構成については後記する。このような構成を電気泳動装置２０が有することにより、複数のキャピラリ２４１の内部を電気

泳動されているサンプルを同時に測定することができる。

[0032] 本実施形態では、キャピラリ 241 の内部を通過するサンプルとして、蛍光標識が付加された DNA 断片が想定されているが、DNA 断片以外のサンプルが用いられてもよい。

[0033] (処理装置 10)

図 1 では、処理装置 10 の概略が示されている。

処理装置 10 は、ソフトウェアビニング処理部である信号積算部 101、蛍光校正部 102、色変換部 104、圧縮範囲設定部 105、圧縮率算出部 106、圧縮部 107 等を有する。処理装置 10 の詳細な構成については、後記して説明する。

[0034] (外部メモリ 30)

外部メモリ 30 に対して行われる処理については後記する。

[0035] (蛍光検出装置 200)

図 2 は、第 1-1 実施形態における蛍光検出装置 200 の構成の概要を示す図である。

図 2 に示されるように、蛍光検出装置 200 は、励起光源 201 と、シャッタ 202 と、励起光レンズ 203 とを有する。また、蛍光検出装置 200 は、光学フィルタ 204 と、蛍光レンズ 205 と、回折格子 206 と、CCD イメージセンサ 210 とを有する。さらに、蛍光検出装置 200 は、制御装置 220 と、変換装置 230 とを有する。

[0036] 励起光源 201 は、継続して励起光 R1 を出射する。励起光源 201 は、蛍光検出位置 24 を通過するキャピラリアレイ 240 における、すべてのキャピラリ 241 に出射された励起光 R1 が照射されるよう設けられる。

シャッタ 202 は、所定間隔毎に開閉を繰り返す。つまり、シャッタ 202 の開放時に、励起光源 201 から照射される励起光 R1 がキャピラリ 241 に照射される。そして、シャッタ 202 が閉鎖されると、キャピラリ 241 への励起光 R1 の照射が遮断される。シャッタ 202 が閉じられた状態からシャッタ 202 が開放状態となり、再びシャッタ 202 を閉じるまでの期

間をフレームと称する。

[0037] 励起光レンズ203は、シャッタ202を通過した励起光R1を集光する。励起光レンズ203で集光された励起光R1は、蛍光検出位置24に向けて照射される。

[0038] 前記したように、それぞれのキャピラリ241の内部を通過するサンプルは、前記したように蛍光標識が付加されたDNA断片が用いられている。それぞれのキャピラリ241の内部を電気泳動しているDNA断片に付加された蛍光標識は、励起光R1が照射されることで励起し、蛍光R2を発する。

[0039] 光学フィルタ204は、蛍光標識から発せられる蛍光R2以外の光をカットする。光学フィルタ204として、例えば、カラーフィルタが用いられる。

。蛍光レンズ205は、光学フィルタ204を通過した蛍光R2を集光する。

。回折格子206は、蛍光レンズ205により集光された蛍光R2を波長毎に分光する。

CCDイメージセンサ210は、回折格子206によって分光された蛍光R2を受光し、蛍光R2の強度に応じた電荷を出力する。

[0040] 制御装置220は、CCDイメージセンサ210に、蛍光R2に基づく電荷を出力することを指示する。

[0041] 変換装置230は、電荷変換部231と、ADC (Analog digital converter) であるデジタル変換部232とを有する。

[0042] 電荷変換部231は、CCDイメージセンサ210から出力される電荷を電圧に変換し、変換した電圧をアナログ信号として出力する。

デジタル変換部232は、電荷変換部231から出力されたアナログ信号をデジタル信号に変換する。そして、デジタル変換部232は、変換したデジタル信号を処理装置10へ出力する。

[0043] 次に、図1及び図2を参照して、サンプルの測定について説明する。

まず、サンプルがサンプル容器251に収容される。そして、高圧電源2

2によって、それぞれのキャピラリ241の両端に高電圧が印加されることで、サンプルはサンプル容器251からキャピラリ241内へと移動する。これによって、サンプルは蛍光検出位置24を介して排出容器25へ向かってキャピラリ241の内部を移動する（図1の矢印：電気泳動）。サンプルが電気泳動されると、サンプルとしてのDNA断片の塩基長に応じて移動速度が異なるため、塩基長の短いDNA断片から順に蛍光検出位置24に到達する。励起光源201から出射され、シャッタ202を通過し、励起光レンズ203にて集光された励起光R1が、蛍光検出位置24に到達したサンプルに対して照射される。DNA断片に付加している蛍光標識は励起光R1が照射されることで励起し、蛍光R2を発する。蛍光R2は光学フィルタ204を通過し、蛍光レンズ205にて集光され、回折格子206で波長毎に分光される。

[0044] (CCDイメージセンサ210)

図3は、第1－1実施形態におけるCCDイメージセンサ210の構成の概要を示す図である。適宜、図2を参照する。

図3に示されるように、CCDイメージセンサ210は、受光部211と、水平レジスタ部212と、サミングゲート213とを有する。

受光部211は、格子状に配置された複数の受光素子211Aを有する。それぞれの受光素子211Aは、回折格子206によって波長毎に分光された蛍光R2を受光する面である。つまり、受光素子211Aは、電気泳動システム1に備えられているキャピラリ241から発せられる蛍光R2が回折格子206によって分光された光を受光する。受光素子211Aは、蛍光R2を受光すると、蛍光R2の強度に応じた信号電荷を蓄積する。また、受光部211は、パルス線L1で制御装置220と接続されている。受光部211を構成するそれぞれの受光素子211Aに蓄積された信号電荷は、パルス線L1を通じた制御装置220の指示に応じて信号電荷を出力する。受光素子211Aによる信号電荷の出力の詳細については後記する。

[0045] 水平レジスタ部212は、複数の水平レジスタ212Aを有する。水平レ

ジスタ 2 1 2 A は、受光素子 2 1 1 A に蓄積された信号電荷を垂直方向に積算する。なお、本実施形態において、受光素子 2 1 1 A から水平レジスタ 2 1 2 A に向かう方向が垂直方向として定義される。また、本実施形態では、水平レジスタ部 2 1 2 からサミングゲート 2 1 3 に向かう方向が水平方向として定義される。水平レジスタ部 2 1 2 は、パルス線 L 2 で制御装置 2 2 0 と接続されている。水平レジスタ部 2 1 2 を構成するそれぞれの水平レジスタ 2 1 2 A は、パルス線 L 2 を通じた制御装置 2 2 0 の指示に応じて信号電荷を出力する。水平レジスタ 2 1 2 A による信号電荷の出力の詳細については後記する。

[0046] サミングゲート 2 1 3 は、水平レジスタ部 2 1 2 が積算した信号電荷を、さらに積算する。サミングゲート 2 1 3 は、パルス線 L 3 で制御装置 2 2 0 と接続されている。サミングゲート 2 1 3 は、パルス線 L 3 を通じた制御装置 2 2 0 の指示に応じて積算された信号電荷を出力する。

[0047] なお、CCD イメージセンサ 2 1 0 として、フレイムトランスファ型、フルフレイムトランスファ型、インターライントランスファ型、フレイムインターライントランスファ型のいずれかが適用可能である。フレイムトランスファ型、インターライントランスファ型、フレイムインターライントランスファ型が適用された場合、シャッタ 2 0 2 (図 2 参照) を設ける必要がなくなる。また、フルフレイムトランスファ型が適用された場合、受光素子 2 1 1 A の数及び受光素子 2 1 1 A の面積を大きくすることで、微小な信号の検出が可能となる。

[0048] また、CCD イメージセンサ 2 1 0 の代わりに CMOS イメージセンサ (Complementary Metal Oxide Semiconductor) が蛍光 R 2 (図 2 参照) の検出に適用されてもよい。CMOS イメージセンサが適用された場合、それぞれの受光素子 2 1 1 A からデジタル信号を直接取得することが可能となる。

[0049] [処理装置 1 0 の構成]

図 4 は、第 1 - 1 実施形態に係る処理装置 1 0 の構成を示す図である。適宜、図 1 及び図 2 を参照する。

処理装置 10 は、信号積算部 101、蛍光校正部 102、擬似逆行列生成部 103、色変換部 104 を有する。また、処理装置 10 は、圧縮範囲設定部 105、圧縮率算出部 106、圧縮部 107 を有する。前記したように、信号積算部 101 は、ソフトウェアビニング処理部を構成する。また、蛍光校正部 102、擬似逆行列生成部 103、色変換部 104 は、蛍光信号データ生成部を構成する。

[0050] 電気泳動システム 1 では、分析対象となるサンプル（以降、分析対象サンプル D10 と称する）の信号強度を得るために、分析対象サンプル D10 とは別に、マトリクススタンダード D20 が用いられる。マトリクススタンダード D20 は、蛍光校正用のサンプルである。なお、本実施形態において、前記したように、分析対象サンプル D10 は蛍光標識が付加された DNA 断片と、プライマの混合液である。プライマとは、DNA の増幅のために使用される試薬であり、分析対象サンプル D10 に対して添加される試薬である。

[0051] 電気泳動装置 20 は、分析対象サンプル D10 から、図 6～図 11 に示す手法で、分析対象サンプル D10 のデジタル信号（信号）である分析対象サンプル信号 D11 を出力する。出力される分析対象サンプル信号 D11 は、それぞれのピン B に関する信号強度で構成される。出力された分析対象サンプル信号 D11 は、処理装置 10 の信号積算部 101 に入力される。なお、分析対象サンプル信号 D11 は、ハードウェアビニングが施された分析対象サンプル D10 に関する信号である。

[0052] また、電気泳動装置 20 は、分析対象サンプル D10 とは別に、マトリクススタンダード D20 についても測定を行う。そして、電気泳動装置 20 は、図 6～図 11 に示す手法で、マトリクススタンダード D20 のデジタル信号であるマトリクススタンダード信号 D21 を出力する。出力されるマトリクススタンダード信号 D21 は、それぞれのピン B に関する信号強度で構成される。出力されたマトリクススタンダード信号 D21 は、処理装置 10 の信号積算部 101 に入力される。なお、分析対象サンプル D10 と、マトリ

クススタンダードD 2 0の測定は、別々に行われる。また、マトリクススタンダード信号D 2 1は、ハードウェアビニングが施されたマトリクススタンダードD 2 0に関する信号である。

[0053] このように、信号積算部1 0 1は、電気泳動装置2 0から、分析対象サンプル信号D 1 1と、マトリクススタンダード信号D 2 1を取得する。

[0054] 信号積算部1 0 1は、入力された、分析対象サンプルD 1 0のピンBに関するデジタル信号である分析対象サンプル信号D 1 1をピンB毎に積算する。この積算によって、信号積算部は、ソフトウェアビニングを行う。ソフトウェアビニングについては後記するが、図3に示す水平レジスタ部2 1 2、サミングゲート2 1 3で行われたハードウェアビニングの結果に対し、さらにビニングを行うことである。そして、信号積算部1 0 1は、分析対象サンプル信号D 1 1をピンB毎に積算した結果である分析対象サンプル積算信号D 1 2を色変換部1 0 4に出力する。また、信号積算部1 0 1は入力された、マトリクススタンダードD 2 0のピンBに関するデジタル信号であるマトリクススタンダード信号D 2 1をピンB毎に積算する。そして、信号積算部1 0 1は、マトリクススタンダード信号D 2 1をピンB毎に積算した結果であるマトリクススタンダード積算信号D 2 2を蛍光校正部1 0 2に出力する。つまり、信号積算部1 0 1は、マトリクススタンダード信号D 2 1に対してソフトウェアビニングを行う。

[0055] このように、信号積算部1 0 1は、分析対象サンプル信号D 1 1及びマトリクススタンダード信号D 2 1に対し、ソフトウェアビニングを行う。

[0056] 蛍光校正部1 0 2は、信号積算部1 0 1から出力されたマトリクススタンダード積算信号D 2 2を、最大の信号強度が「1」になるように、フレーム毎に正規化して擬似逆行列生成部1 0 3に出力する。蛍光校正部1 0 2で正規化されたマトリクススタンダード積算信号D 2 2は蛍光スペクトルデータD 2 3と称される。

[0057] 続いて、擬似逆行列生成部1 0 3は、蛍光校正部1 0 2から出力された蛍光スペクトルデータD 2 3を取得すると、蛍光スペクトルデータD 2 3の擬

似逆行列D 2 4を生成する。生成した擬似逆行列D 2 4は、色変換部1 0 4へ出力される。

[0058] そして、色変換部1 0 4は、信号積算部1 0 1から分析対象サンプル積算信号D 1 2を取得するとともに、擬似逆行列生成部1 0 3から擬似逆行列D 2 4を取得する。続いて、色変換部1 0 4は、信号積算部1 0 1から取得した分析対象サンプル積算信号D 1 2に、取得した擬似逆行列D 2 4を乗算する。これにより蛍光信号データD 2 5が生成される。色変換部1 0 4は、生成した蛍光信号データD 2 5を圧縮範囲設定部1 0 5、圧縮率算出部1 0 6、圧縮部1 0 7へ出力する。

[0059] 蛍光校正部1 0 2、擬似逆行列生成部1 0 3、色変換部1 0 4は、フレーム毎における蛍光信号強度に関するデータである蛍光信号データD 2 5を生成する。この際、ソフトウェアビニングが行われた分析対象サンプル信号D 1 1、及び、ソフトウェアビニングが行われたマトリクススタンダード信号D 2 1を基に蛍光信号データD 2 5が生成される。

[0060] 圧縮範囲設定部1 0 5は、色変換部1 0 4から蛍光信号データD 2 5を取得すると、電気泳動像E P（図1 6参照）を生成する。そして、圧縮範囲設定部1 0 5は生成した電気泳動像E Pを基に圧縮範囲H（図2 0参照）を設定する。圧縮範囲Hの設定方法は後記する。その後、圧縮範囲設定部1 0 5は設定した圧縮範囲Hを圧縮率算出部1 0 6、及び、圧縮部1 0 7へ出力する。

[0061] 圧縮率算出部1 0 6は圧縮範囲設定部1 0 5から圧縮範囲Hを取得するとともに、色変換部1 0 4から蛍光信号データD 2 5を取得する。そして、圧縮率算出部1 0 6は、取得した圧縮範囲Hと、蛍光信号データD 2 5を基に、蛍光信号データD 2 5の圧縮率D 2 7を算出する。圧縮率算出部1 0 6による圧縮率D 2 7の算出方法は後記する。圧縮率算出部1 0 6は算出した圧縮率D 2 7を圧縮部1 0 7及び外部メモリ3 0等へ出力する。

[0062] 圧縮部1 0 7は、圧縮率算出部1 0 6から圧縮率D 2 7を取得するとともに、色変換部1 0 4から蛍光信号データD 2 5を、圧縮範囲設定部1 0 5か

ら圧縮範囲Hを取得する。そして、圧縮部107は、圧縮範囲H及び圧縮率D27を基に蛍光信号データD25を圧縮し、蛍光信号圧縮データD28を生成する。蛍光信号圧縮データD28の生成方法は後記する。圧縮部107は、蛍光信号圧縮データD28を外部メモリ30等へ出力する。

[0063] 〔ハードウェア構成〕

図5は、処理装置10のハードウェア構成例を示す図である。

図5に示すように、処理装置10は、メモリ151、演算装置152、記憶装置153、入力装置154、出力装置155、通信装置156を備える。

メモリ151は、RAM (Random Access Memory) 等で構成される。演算装置152は、CPU (Central Processing Unit) や、GPU (Graphic Processing Unit) 等で構成される。記憶装置153は、HD (Hard Disk) や、SSD (Solid State Drive) 等で構成される。入力装置154は、キーボードや、ボタン等で構成される。出力装置155は、ディスプレイ等で構成される。なお、入力装置154と、出力装置155は、タッチパネルディスプレイ等で一体となってもよい。

[0064] そして、記憶装置153に格納されているプログラムが、メモリ151にロードされる。そして、ロードされたプログラムが演算装置152によって実行される。これによって、図4に示す信号積算部101、蛍光校正部102、擬似逆行列生成部103、色変換部104、圧縮範囲設定部105、圧縮率算出部106、圧縮部107が具現化する。

[0065] なお、処理装置10と、電気泳動装置20は、一体の装置であってもよいし、それぞれ別の装置であってもよい。処理装置10と、電気泳動装置20が一体の装置である場合、図2に示す制御装置220と、変換装置230等が処理装置10に搭載されてもよい。

[0066] （ハードウェアビニング）

図6～図10は分光された蛍光R2（図2参照）をデジタル信号に変換する動作を説明するための図である。適宜図2を参照する。また、図6～図8

において（さらに図3において）、受光素子211Aに示されている破線は、ピンBを示している。ピンBについては後記するが、複数の受光素子211Aがまとめられ、疑似的意に1個の受光素子211Aとみなされるものである。

[0067] まず、図2に示すように波長毎に分光された蛍光R2が電気泳動装置20の受光素子211Aで受光され、図6のように信号電荷が蓄積されるとする。なお、図6において、受光素子211Aに表されている模様は、それぞれの受光素子211Aに蓄積された信号電荷を示している。

[0068] 制御装置220はそれぞれの受光素子211Aに蓄積された信号電荷を、垂直方向に転送させるためのパルスを実線L1に印加する。パルス線L1にパルスが印加されると、それぞれの受光素子211Aに蓄積された信号電荷は、垂直方向に受光素子211Aずつ転送される。

[0069] また、垂直方向最後尾の受光素子211Aに蓄積されている電荷は、水平レジスタ212Aに転送される。これにより図6の位置に蓄積されている信号電荷のそれぞれは図7の位置に転送される。

[0070] 続いて、制御装置220は、それぞれの受光素子211Aに蓄積された信号電荷を、垂直方向に転送させるパルスを実線L1に再度印加する。パルス線L1にパルスが印加されると、受光素子211Aに蓄積されている信号電荷は、垂直方向かつ逐次的に転送される。

[0071] また、垂直方向最後尾の受光素子211Aに蓄積されている信号電荷は、水平レジスタ212Aに転送される。これにより、それぞれの水平レジスタ212Aには、前回転送された信号電荷と、今回転送された信号電荷とが蓄積される。これにより図7の位置に蓄積されている信号電荷のそれぞれは図8の位置に転送される。

[0072] そして、制御装置220は、それぞれの受光素子211Aに蓄積されている信号電荷を、垂直方向に転送させるパルスを実線L1にさらに印加する。パルス線L1にパルスが印加されると、それぞれの受光素子211Aに蓄積されている信号電荷は、垂直方向かつ逐次的に受光素子211Aずつ転

送される。

[0073] また、垂直方向最後尾の受光素子 2 1 1 A に蓄積されている信号電荷は、水平レジスタ 2 1 2 A に転送される。これにより、それぞれの水平レジスタ 2 1 2 A には、前々回転送された信号電荷と、前回転送された信号電荷と、今回転送された信号電荷とが蓄積される。つまり、パルス線 L 1 にパルスが印加されるたびに、受光素子 2 1 1 A に蓄積されている信号電荷が逐次的に水平レジスタ 2 1 2 A に転送される。本実施形態に示す例では、パルス線 L 1 へのパルスが計 3 度印加されることにより、水平レジスタ 2 1 2 A には、図 9 に示すように信号電荷が蓄積される。

[0074] 次に、制御装置 2 2 0 は、水平レジスタ 2 1 2 A に蓄積されている信号電荷を水平方向に転送させるパルスをパルス線 L 2 に印加する。パルス線 L 2 にパルスが印加されると、それぞれの水平レジスタ 2 1 2 A に蓄積された信号電荷は水平方向かつ逐次的に転送される。パルス線 L 2 にパルスが印加されるタイミングについては後記する。

[0075] また、水平方向最後尾の水平レジスタ 2 1 2 A に蓄積されている信号電荷は、サミングゲート 2 1 3 に転送される。これにより信号電荷は図 1 0 に示す位置に転送される。

[0076] その後、制御装置 2 2 0 が、パルス線 L 3 を介して、サミングゲート 2 1 3 にパルスを印加することにより、サミングゲート 2 1 3 から信号電荷が変換装置 2 3 0 (図 3 参照) へ出力される。

[0077] [パルスを印加するタイミング]

図 1 1 は、制御装置 2 2 0 がパルスを印加するタイミングを示す図である。

図 1 1 では、紙面上から順に、受光部 2 1 1 に印加されるパルスのタイミング、水平レジスタ部 2 1 2 に印加されるパルスのタイミング、サミングゲート 2 1 3 に印加されるパルスのタイミングを示している。

[0078] 複数の受光素子 2 1 1 A に対応する信号電荷が図 6 ~ 図 1 0 を参照して説明した動作によりサミングゲート 2 1 3 に積算されることにより、疑似的に

1個の受光素子211Aとして扱うことができる。このように、複数の受光素子211Aを疑似的に1個の受光素子211Aとして扱うことはハードウェアビニングと称される。また、疑似的に結合された受光素子211AはピンB（図3参照）と称される。

[0079] 図6～図11に示す例では、垂直方向に3個、水平方向に1個の受光素子211Aの合計3個の受光素子211Aが1個のピンBとしてハードウェアビニングされている。ピンBに対応する受光素子211Aのそれぞれに、水平レジスタ212Aや、サミングゲート213に信号電荷が積算される。つまり、図6～図11で示す例では、図11に示す例のように、受光部211へパルスが連続で3回印加された後、水平レジスタ部212へパルスが1回印加される。その後、サミングゲート213にパルスが1回印加される。このハードウェアビニングによって生じるピンBは、図3に示すピンBである。なお、ハードウェアビニングする領域は図6～図11に示す例に限定しなくてもよい。ハードウェアビニングする領域を変更する（可変とする）ことにより、CCDイメージセンサ210の感度を変更することができる。つまり、ピンBの大きさは可変である。つまり、ピンBの大きさは電気泳動毎に変更することが可能である。

[0080] そして、図11に示す例では、受光部211に対して3回、水平レジスタ部212に対して1回、サミングゲート213に対して1回のパルスを1セット（期間T）とし、このようなセットが複数回行われる。そして、受光部211に蓄積されている信号電荷のすべてがサミングゲート213へ転送されるまで、セットが繰り返される。

[0081] これらの動作はシャッタ202が開放されるタイミングと同期して実行される。前記したように、シャッタ202が閉じられた状態からシャッタ202が開放状態となり、再びシャッタ202を閉じるまでの期間Tをフレームと称する。また、信号電荷が受光素子211Aから処理装置10へ転送される間、シャッタ202は閉じられている。すべての受光素子211Aに蓄積されている信号電荷がサミングゲート213へ転送されると、シャッタ20

2 が開放可能となる。

[0082] 再び図 3 を参照する。サミングゲート 2 1 3 に蓄積された信号電荷は、電荷変換部 2 3 1 で、サミングゲート 2 1 3 から転送された信号電荷数に応じた電圧に変換される。この結果、電荷変換部 2 3 1 は変換した電圧をアナログ信号としてデジタル変換部 2 3 2 へ出力する。つまり、図 1 1 に示すセット（期間 T）において、最終的にサミングゲート 2 1 3 から信号電荷を転送された電荷変換部 2 3 1 は、転送された信号電荷量に対応する電圧をアナログ信号として出力する。

[0083] 電荷変換部 2 3 1 から出力されたアナログ信号は、デジタル変換部 2 3 2 でデジタル信号に変換される。変換されたデジタル信号は処理装置 1 0 や、外部メモリ 3 0 等へ出力される。なお、本実施形態では、以降において、デジタル信号を「信号」と適宜称し、デジタル信号の強度であるデジタル信号強度を「信号強度」と適宜称する。

[0084] また、本実施形態では、デジタル変換部 2 3 2 はサミングゲート 2 1 3 が飽和した際のアナログ信号値を、デジタル信号値「6 5 5 3 5」（A D U）に変換するものと仮定して説明する。

[0085] （ソフトウェアビニング）

図 1 2 は、ソフトピン C の生成を示す図である。

図 1 2 では、1 つのフレームにおいて、デジタル信号がピン B 毎に積算されることで、ソフトピン C が生成されることが示されている。信号積算部 1 0 1 は、入力されたピン B に関するデジタル信号を積算することにより、複数のピン B を、さらに疑似的に 1 個のピン B として扱うことができる。このように複数のピン B を疑似的に 1 個のピン B として扱うことはソフトウェアビニングと称される。また、疑似的に結合されたピン B はソフトピン C と称される。図 1 4 はソフトピン C を構成するピン B の例を示す表である。なお、ソフトウェアビニングする領域は図 1 2 及び図 1 4 に示す例に限定しなくてもよい。ソフトウェアビニングする領域を変更する（可変とする）ことにより、CCD イメージセンサ 2 1 0 の感度を変更することができる。つまり

ソフトピンCの大きさは可変である。

[0086] 図12では、ハードウェアビニングの結果として出力される240個のピンB1～B240(B)に対して12個ずつソフトウェアビニングを行うことでソフトピンC1～C20(C)が生成されることが示されている。それぞれのピンBで示されている「30000」の数値は、それぞれのピンBで出力される信号強度である。図12に示す例では、それぞれのピンBにおいて、一律に「30000」の信号強度が出力されているものとする。そして、それぞれのソフトピンCで示されている「360000」の数値は、それぞれのソフトピンCで出力される信号強度である。本実施形態では、12個のピンBで1個のソフトピンCが形成されているため、それぞれのソフトピンCで出力される信号強度は、「 $30000 \times 12 = 360000$ 」となる。

[0087] 図13は、一般化したピンB及びソフトピンCの構成例を示す図である。また、図14は、ソフトピンCと、ピンBの対応関係の一例を示す図である。一般的に1個のピンBは、垂直方向にm個、水平方向にn個の受光素子211Aで構成されることができる。ちなみに、図13における垂直方向、水平方向の定義は、図3と同様である。つまり図3、図6～図11に示す例では、 $m=3$ 、 $n=1$ でピンBが構成されていることになる。そして、図13に示すそれぞれのピンB1～BNは、互いに重複することがない。制御装置220がパルスを印加するタイミングを変更することにより、ピンBの大きさを変更することができる。

[0088] また、一般的にソフトピンCは、水平方向にk個のピンBで構成されることができる。つまり図12、図14に示す例では、 $k=12$ でソフトピンCが構成されていることになる。そして図13に示すそれぞれのソフトピンC1～CLは互いに重複することがない。なお、図14では、図12と同様、240個のピンB1～B240(B)に対して12個ずつソフトウェアビニングを行うことでソフトピンC1～C20(C)が生成されることが示されている。

[0089] 次に、図15～図18を参照して、第1-1実施形態において、圧縮範囲設定部105、圧縮率算出部106、圧縮部107によって行われる電気泳動データ処理方法の処理手順を説明する。なお、図15、図17、図18に示す処理は、電気泳動が実施される毎に行われてもよいし、すべての電気泳動が終了した後に行われてもよい。

[0090] (圧縮範囲決定処理)

図15は、第1-1実施形態において、圧縮範囲設定部105が行う圧縮範囲設定ステップである圧縮範囲決定処理の手順を示すフローチャートである。また、図16は、電気泳動像EPの例を示す図である。適宜、図4を参照する。

圧縮範囲決定処理では、DNAに起因する蛍光信号Pを適切に圧縮するため、プライマに起因する蛍光信号Pと、DNAに起因する蛍光信号Pとを分けることを目的としている。

[0091] 初めに、圧縮範囲設定部105は、色変換部104から蛍光信号データD25を取得する(S101)。ステップS101で、圧縮範囲設定部105は、すべてのフレームに関する蛍光信号データD25を取得する。なお、以降の処理において、ステップS101と類似する処理についても同様に、すべてのフレームに関する蛍光信号データD25が取得される。また、蛍光信号データD25は、ソフトウェアビニングが行われた結果である。

[0092] 次に、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号データD25の電気泳動像EP(図16参照)を描画(生成)する(S102)。電気泳動像EPは、蛍光信号データD25をグラフとして表示したものである。図16に示すように、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号データD25の横軸をフレーム番号、縦軸を当該フレーム番号の蛍光信号強度として描画したグラフを描画する。なお、フレーム番号とは、それぞれのフレームに対し、時刻の早い順から付与される番号である。このように、横軸をフレーム番号、縦軸を当該フレームの蛍光信号強度として描画したグラフは電気泳動像EPと称される。なお、電気泳動像EPは電気泳動毎に描画される。また、電気泳動像EPにおい

て、CCDイメージセンサ210に蛍光Rが照射されないときは蛍光信号データD25の信号強度が一定である。蛍光信号データD25における信号強度は蛍光信号強度と称される。ちなみに、ノイズ等の影響で蛍光信号強度が負の値になることがあるため、算出される蛍光信号強度に対して、所定の値が加算されることが一般に行われている。そのため、CCDイメージセンサ210に蛍光Rが照射されない場合でも、蛍光信号強度は、所定の値を有することが一般的である。

[0093] 一方で、CCDイメージセンサ210に強い蛍光R2が照射されると蛍光信号データD25の信号強度である蛍光信号強度が強くなる。また、蛍光R2はCCDイメージセンサ210に複数フレームにわたって照射される。そのため、電気泳動像EPでは、フレーム番号ごとに異なった蛍光信号強度を有する。これにより、電気泳動像EPには、図16に示す通り山状の形状が複数含まれる。山状の形状のそれぞれは蛍光信号Pと称される。また、図16に示す通り、本実施形態では、電気泳動像EPは、「1」～「5000」のフレーム番号を有するものとする。

[0094] 図15の説明に戻る。以降において、図16を適宜参照する。

続いて、圧縮範囲設定部105は、生成した電気泳動像EPに含まれる蛍光信号Pのうち、1つを選択する。この際、圧縮範囲設定部105は、図16に示す電気泳動像EPをフレーム番号「1」から「5000」に向かってサーチし、蛍光信号強度が所定の値以上となっている範囲のフレーム番号を取得する。圧縮範囲設定部105は、この範囲のフレーム番号に相当する蛍光信号強度を、1つの蛍光信号Pとして選択する。

[0095] そして、圧縮範囲設定部105は、選択した蛍光信号Pについて、蛍光信号Pの幅（フレーム番号数）が第1閾値以上であるか否かを判定する（S103）。第1閾値は、プライマに起因する蛍光信号Pの幅よりも十分に小さく、分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pの幅よりも十分に大きな値が設定されている。プライマは分析対象のDNAに比べて過剰に添加されるため、蛍光信号強度が大きくなる。つまり、プライマに起因する蛍光信号Pの幅

は、DNAに起因する蛍光信号Pの幅より大きくなる。

[0096] つまり、プライマに起因するとわかっている蛍光信号Pの幅が第1閾値として予め設定されている。本実施形態では、第1閾値として「50」フレームが設定されているものとする。なお、蛍光信号Pの幅は、蛍光信号Pの開始フレーム番号と終了フレーム番号により規定されるものとする。開始フレーム番号は蛍光信号Pの値が所定以上となった最初のフレーム番号として定義される。また、終了フレーム番号は、開始フレーム番号以降のフレーム番号であり、蛍光信号Pの値が所定以下となった最初のフレーム番号として定義される。ただし、第1閾値の値は「50」に限らない。蛍光信号Pの幅として、半値全幅が利用されてもよい。半値全幅が利用されることで、ベースラインの影響を受けにくくすることが可能となる。

[0097] 蛍光信号Pの幅が第1閾値以上である場合（S103→Yes）、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号Pの面積が第2閾値以上であるか否か判定する（S104）。第2閾値は、プライマに起因する蛍光信号Pの面積よりも十分に小さく、分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pの面積よりも十分に大きな値が設定されている。これは、前記した理由から、プライマに起因する蛍光信号Pの面積が、DNAに起因する蛍光信号Pの面積よりも大きいという特徴を有するためである。

[0098] つまり、プライマに起因するとわかっている蛍光信号Pの面積が第2閾値として予め設定されている。本実施形態では、第2閾値として「10000000」が設定されているものとする。

[0099] 蛍光信号Pの面積が第2閾値以上である場合（S104→Yes）、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号Pの終了フレーム番号が第3閾値未満であるか否か判定する（S105）。第3閾値は、プライマに起因する蛍光信号Pの終了フレーム番号より十分に大きく、分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pの終了フレーム番号より十分に小さな値が設定されている。つまり、プライマに起因するとわかっている蛍光信号Pの終了フレーム番号が第3閾値として予め設定される。これは、プライマに起因する蛍光信号Pは、DN

Aに起因する蛍光信号Pに先立って検出されるという特徴のためのである。
本実施形態では、第3閾値としてフレーム番号「2500」が設定されているものとする。

- [0100] 蛍光信号Pの終了フレーム番号が第3閾値未満である場合（S105→Yes）、圧縮範囲設定部105は、対象となっている蛍光信号Pがプライマ由来の蛍光信号Pであると判定する。そして、圧縮範囲設定部105は、対象となっている蛍光信号Pに分析対象外の目印JN（図19参照）を付与する（S106）。
- [0101] また、ステップS103で、蛍光信号Pの幅が第1閾値未満である場合（S103→No）、圧縮範囲設定部105は、対象となっている蛍光信号Pが分析対象であるDNAに由来する蛍光信号Pであると判定する。そして、圧縮範囲設定部105は、対象となっている蛍光信号Pに分析対象の目印JY（図19参照）を付与する（S107）。
- [0102] また、ステップS104で、蛍光信号Pの面積が第2閾値未満である場合（S104→No）、圧縮範囲設定部105は、対象となっている蛍光信号Pが分析対象であるDNAに由来する蛍光信号Pであると判定する。そして、圧縮範囲設定部105は、対象となっている蛍光信号Pに分析対象の目印JY（図19参照）を付与する（S107）。
- [0103] 同様に、ステップS105で、蛍光信号Pの終了フレーム番号が第3閾値以上である場合（S105→No）、圧縮範囲設定部105は、この蛍光信号Pが分析対象であるDNAに起因する蛍光信号Pであると判定する。そして、圧縮範囲設定部105は、対象となっている蛍光信号Pに分析対象の目印JY（図19参照）を付与する（S107）。
- [0104] 分析対象の目印JYが付与された蛍光信号Pは、分析対象に起因する第1の蛍光信号である。つまり、第1-1実施形態では、分析対象であるDNAに由来する蛍光信号Pが第1の蛍光信号である。また、分析対象外の目印JNが付与された蛍光信号Pは、分析対象以外に起因する第2の蛍光信号である。つまり、第1-1実施形態では、プライマに起因する蛍光信号Pが第2

の蛍光信号である。

- [0105] このようにして、圧縮範囲設定部105は、電気泳動像EPにおける、すべての蛍光信号Pを分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pと分析対象外のプライマに起因する蛍光信号Pに分別（区別して検出）する。
- [0106] ステップS106、及び、ステップS107の処理が行われた後、圧縮範囲設定部105は、すべての蛍光信号Pについて、処理が完了したか否かを判定する（S108）。すべての蛍光信号Pについて、処理が完了したか否かは、以下のようにして判定される。即ち、圧縮範囲設定部105は、処理が完了した蛍光信号P以降、電気泳動像EP（図16参照）の最後のフレーム番号まで蛍光信号Pが検出されないか否かを判定する。
- [0107] すべて蛍光信号Pについて、処理が完了していない場合（S108→No）、圧縮範囲設定部105は、ステップS103以降の処理を繰り返す。
- すべてのフレームについて、処理が完了している場合（S108→Yes）、圧縮範囲設定部105は、分析対象外の蛍光信号Pが検出されたか否かを判定する（S109）。つまり、ステップS109で、圧縮範囲設定部105は、分析対象外の目印JNが付与された蛍光信号Pが検出されたか否かを判定する。
- [0108] 分析対象外の蛍光信号Pが検出されている場合（S109→Yes）、圧縮範囲設定部105は、圧縮範囲Hの設定を行う（S110）。ステップS110において、圧縮範囲設定部105は、分析対象外の目印JNを付与された蛍光信号Pのうち、最後の（例えば、開始フレーム番号が最も大きい）蛍光信号Pを選択する。そして、圧縮範囲設定部105は、選択した蛍光信号Pに関する終了フレーム番号を取得する。例えば、選択した蛍光信号Pが「1500」～「2000」のフレーム番号で存在している場合、圧縮範囲設定部105は、選択した蛍光信号Pについて終了フレーム番号である「2000」を取得する。そして、圧縮範囲設定部105は、次のフレーム番号以降のフレーム番号すべてを、圧縮範囲Hとして設定する。例えば、電気泳動像EPが図16に示すように「1」～「5000」までのフレーム番号を

有している場合について考える。選択した蛍光信号Pに関する最後のフレーム番号は「2000」である。従って、そのフレームの次のフレームのフレーム番号は「2001」となる。ステップS110で、圧縮範囲設定部105は、「2001」以降のフレーム番号のすべて、つまり、「2001」～「5000」までの圧縮範囲Hとして設定する。なお、ステップS110の処理の具体的な説明は後記する。

[0109] また、ステップS109で分析対象外の目印JNが付与された蛍光信号Pが含まれない場合（S109→No）、圧縮範囲設定部105は、すべてのフレームを圧縮範囲Hとして設定する（S111）。例えば、図16に示すように電気泳動像EPが「1」～「5000」までのフレーム番号を有している場合、圧縮範囲設定部105は、「1」～「5000」の範囲を圧縮範囲Hとして設定する。

[0110] このようにして、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号データD25に含まれる蛍光信号について、分析対象であるDNAに起因する蛍光信号Pと、プライマに起因する蛍光信号Pとを区別して検出する。そして、圧縮範囲設定部105は、当該検出の結果に基づいて蛍光信号データD25のフレームに対して圧縮範囲Hを設定する。

[0111] そして、圧縮範囲設定部105は、ステップS110及びステップS111で設定した圧縮範囲Hを、圧縮率算出部106と圧縮部107に出力する（S112）。

[0112] なお、第1－1実施形態では第1閾値を「50」、第2閾値を「100000」、第3閾値を「2500」と定数を設定する例を示したが、これらの値に限らない。第1閾値、第2閾値、第3閾値は、電気泳動に用いられるプライマや、DNA断片等に基づいて、適宜設定される。第1閾値、第2閾値、第3閾値が、電気泳動に用いられるプライマや、DNA断片等に基づいて適宜設定されることで、電気泳動条件によらずに分析対象と分析対象外を適切に分別することができる。

[0113] また、第1－1実施形態では、図15のステップS103で蛍光信号Pの

幅、ステップS104で蛍光信号Pの面積、ステップS105で蛍光信号Pが検出されたタイミングを判定している。そして、これらの判定によって、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号Pが分析対象（DNA）に起因する蛍光信号Pか、プライマに起因する蛍光信号Pかを分類判定している。しかし、これに限らず、ステップS103～S105のうち、少なくとも1つの判定によって蛍光信号Pが分類判定されてもよい。

[0114] このように、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号データD25に含まれる蛍光信号Pについて、プライマに起因する蛍光信号Pと、分析対象であるDNAに起因する蛍光信号Pとを区別して検出する。この際、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号Pの幅、面積、蛍光信号Pを含む最後のフレーム（終了フレーム番号）のうち、少なくとも1つを基に当該検出を行う。

[0115] （圧縮率算出処理）

図17は、第1－1実施形態において圧縮率算出部106が行う圧縮率算出ステップである圧縮率算出処理の手順を示すフローチャートである。適宜、図4を参照する。

初めに、圧縮率算出部106は、色変換部104から蛍光信号データD25を取得する（S201）。

次に、圧縮率算出部106は、圧縮範囲設定部105から圧縮範囲Hを取得する（S202）。

続いて、圧縮率算出部106は、蛍光信号データD25の電気泳動像EP（図16参照）を描画（生成）する。そして、圧縮率算出部106は、圧縮範囲Hに含まれる蛍光信号データD25のうち、最大の蛍光信号強度である信号強度最大値D26を取得する（S203）。ステップS203の具体的な処理について後記する。信号強度最大値D26は、圧縮範囲Hに含まれる蛍光信号データD25のうち、最大の蛍光信号強度である。即ち、信号強度最大値D26は、圧縮範囲Hに含まれる蛍光信号強度の最大値である。

[0116] 続いて、圧縮率算出部106は、信号強度最大値D26と、圧縮部107が出力する値の上限値から圧縮率D27を算出する（S204）。圧縮率D

27は、圧縮部107が出力する値の上限値／信号強度最大値D26の値を圧縮率D27として算出する。なお、本実施例では、圧縮部107が出力する値の上限値を「32767」と仮定して説明する。圧縮部107が出力する値の上限値は、二次解析によって決定される値である。具体的には、圧縮部107が出力する値の上限値は、二次解析で使用可能な信号強度の最大値（上限値）である。ちなみに、二次解析とは、処理装置10によるデータを利用した解析である。なお、圧縮部107が出力する値の上限値は、「32767」に限らない。

[0117] このように、圧縮率算出部106は、圧縮範囲Hに含まれる蛍光信号強度の信号強度最大値D26と、二次解析で使用可能な信号強度の最大値とを基に、圧縮率D27を算出する。

[0118] そして、圧縮率算出部106は、算出した圧縮率D27を圧縮部107と外部メモリ30に出力する（S205）。

[0119] なお、図17の具体的な処理内容については後記する。

[0120] （圧縮処理）

図18は、第1－1実施形態において圧縮部107が行う圧縮ステップである圧縮処理の手順を示すフローチャートである。適宜、図4を参照する。

初めに、圧縮部107は、色変換部104から蛍光信号データD25を取得する（S301）。

次に、圧縮部107は、圧縮範囲設定部105から圧縮範囲Hを取得する（S302）。

続いて、圧縮部107は、圧縮率算出部106から圧縮率D27を取得する（S303）。

そして、圧縮部107は、取得した蛍光信号データD25を構成するフレームを1つ選択する。そして、圧縮部107は、選択したフレームが圧縮範囲Hに含まれるか否かを判定する（S304）。フレームの選択は、フレーム番号の小さい順に行われるとよい。

[0121] フレームが圧縮範囲Hに含まれる場合（S304→Yes）、圧縮部10

7は、処理対象となっているフレームに対応する蛍光信号データD25の蛍光信号強度に圧縮率D27を乗算する(S305)。

[0122] 選択したフレームが圧縮範囲Hに含まれない場合(S304→No)、圧縮部107は、選択したフレームの蛍光信号強度が「32767」より大きいかなかを判定する(S306)。

[0123] 蛍光信号強度が「32767」を超える場合(S306→Yes)、圧縮部107は、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度を「32767」とする(S307)。つまり、圧縮部107は、圧縮範囲Hの範囲外の領域で蛍光信号強度が「32767」より大きい場合、蛍光信号強度を「32767」に切り下げる(圧縮が行われるわけではない)。

[0124] 蛍光信号強度が「32767」以下の場合(S306→No)、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度をそのままの値とする(S308)。

[0125] ステップS305～S308の処理が行われた後、圧縮部107は、すべてのフレームについてステップS304～S308の処理が完了したかなかを判定する(S309)。

すべてのフレームについてステップS304～S308の処理が完了していない場合(S309→No)、圧縮部107は、ステップS304の処理に戻る。そして、圧縮部107は、次のフレームについてステップS304～S308の処理を行う。

[0126] すべてのフレームについてステップS304～S308の処理が完了している場合(S309→Yes)、圧縮部107は、ステップS310の処理を行う。ステップS310で、圧縮部107は、ステップS304～S308の処理が行われた蛍光信号データD25を、蛍光信号圧縮データD28として外部メモリ30へ出力する(S310)。なお、本実施形態では、ステップS310の出力対象が外部メモリ30となっているが、ネットワーク等を介して二次解析が行われるコンピュータに蛍光信号圧縮データD28が直接出力されてもよい。

[0127] このように、圧縮部107は、圧縮率D27を基に、蛍光信号データD2

5を圧縮することで、蛍光信号圧縮データD28を生成し、生成した蛍光信号圧縮データD28を出力する。また、図4に示すように、圧縮部107は、蛍光信号圧縮データD28に加えて、分析対象サンプル信号D11、及び、圧縮率D27を出力する。

[0128] [作用]

続いて、図19～図21を参照して、第1－1実施形態の作用を説明する。なお、図19～図21では、分析対象サンプルD10の電気泳動像EP1、EP2（EP）が示されている。分析対象サンプルD10には、分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pと、分析対象外のプライマに起因する蛍光信号Pが含まれる。

[0129] 図19～図21は、電気泳動像EPの例を示す図である。

また、第1閾値は図15のステップS103で用いられるものであり、図19で示す例では第1閾値として「50」フレームが設定されているものとする。第2閾値は図15のステップS104で用いられるものであり、図19で示す例では前記したように第2閾値として「10000000」が設定されているものとする。第3閾値は図15のステップS105で用いられるものであり、図19で示す例では、前記したように第3閾値として「2500」フレームが設定されているものとする。

[0130] （圧縮範囲設定部105による作用）

まず、図3、図15、図19及び図20を参照して圧縮範囲設定部105による作用を説明する。以下の文において、ステップ番号は図15で使用されているステップ番号である。

前記したように、圧縮範囲設定部105は色変換部104から蛍光信号データD25を取得する（S101）。圧縮範囲設定部105がステップS102で図19に示す電気泳動像EP1（EP）が描画されるものとする。図19において、下部に示されている数値はフレーム番号を示している。例えば、蛍光信号P1（P）は、フレーム番号「300」～「800」の間に存在している。他の蛍光信号P2～P7（P）も同様である。また、フレーム

番号「５０００」は、電気泳動像ＥＰ１（即ち、蛍光信号データＤ２５）における最後のフレーム番号である。

[0131] なお、図１９において、蛍光信号Ｐ１の面積は「１０００００００」、蛍光信号Ｐ２の面積は「９００００００」、蛍光信号Ｐ３の面積は「７００００００」であるものとする。また、蛍光信号Ｐ４の面積は「２５００００」、蛍光信号Ｐ５の面積は「１０００００」であるものとする。さらに、蛍光信号Ｐ６の面積は「３０００００」、蛍光信号Ｐ７の面積は「５００００」であるものとする。

[0132] そして、圧縮範囲設定部１０５は、これらの蛍光信号Ｐのうち、フレーム番号「１」からサーチして、最初に検出される蛍光信号Ｐ１について処理を行う。

[0133] 図１９を参照すると、蛍光信号Ｐ１は、開始フレーム番号が「３００」、終了フレーム番号が「８００」であることから、蛍光信号Ｐ１のフレーム幅は「５００」フレームである。従って、蛍光信号Ｐ１のフレーム幅は第１閾値（本実施形態では「５０」フレーム）以上である。従って、ステップＳ１０３で「Ｙｅｓ」が判定され、圧縮範囲設定部１０５は、ステップＳ１０４に進む。

[0134] 続いて、ステップＳ１０４では、蛍光信号Ｐ１の面積に基づいて処理が行われる。蛍光信号Ｐ１の面積は、前記したように「１０００００００」であるものとする。すると、蛍光信号Ｐ１は第２閾値（本実施形態では「１０００００００」）以上である。従って、ステップＳ１０４で「Ｙｅｓ」が判定され、圧縮範囲設定部１０５は、ステップＳ１０５に進む。

[0135] 続いて、ステップＳ１０５では、蛍光信号Ｐ１の終了フレーム番号に基づいて処理が行われる。蛍光信号Ｐ１の終了フレーム番号は「８００」フレームであり、第３閾値（本実施形態では「２５００」フレーム）未満である。前記したように、プライマは、人の手によって泳動されるため、どの時刻（即ち、フレーム番号）までがプライマの信号であるかがわかっている。加えて、プライマはＤＮＡよりも先に蛍光検出位置２４は到達することがわかつ

ている。このような情報に基づいて第3閾値は、予め設定される。

[0136] 従って、ステップS105で「Yes」が判定され、圧縮範囲設定部105は、ステップS106に進む。ステップS106で、圧縮範囲設定部105は、図19に示すように蛍光信号P1に分析対象外の目印JNを付与する（第2の蛍光信号として区別して検出される）。

[0137] 続いて、ステップS108で、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号P1に対する処理により、すべての蛍光信号Pについて処理が完了したか否かを判定する。図19の電気泳動像EP1は蛍光信号P1だけを蛍光信号Pとして含むわけではない。従って、ステップS108で「No」が判定され、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号P2に対して、ステップS103以降の処理を繰り返す。

[0138] 図19を参照すると、蛍光信号P2及び蛍光信号P3は蛍光信号P1と同様、図19に示すようにステップS106で分析対象外の目印JNが付与される（第2の蛍光信号として区別して検出される）。

[0139] 蛍光信号P3に関して分析対象外の目印JNが付与される処理が行われた後、ステップS108で、圧縮範囲設定部105は、すべての蛍光信号Pについて処理が完了したか否かを判定する。図19に示されるように電気泳動像EP1に含まれる蛍光信号Pは、蛍光信号P1～P3ですべてではない。従って、ステップS108で「No」が判定され、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号P4に対して、ステップS103以降の処理を繰り返す。

[0140] 図19を参照すると、蛍光信号P4は、開始フレーム番号が「2700」、終了フレーム番号が「2720」である。従って、蛍光信号P4のフレーム幅は「20」であり、第1閾値（本実施形態では「50」フレーム）未満である。従って、ステップS103で「No」が判定され、圧縮範囲設定部105は、ステップS107に進み、図19に示すように蛍光信号P4に分析対象の目印JYを付与する（第1の蛍光信号として区別して検出される）。

[0141] 続いて、ステップS108で、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号P1～

P 4 に対する処理により、電気泳動像 E P 1 に含まれる、すべての蛍光信号 P について処理が完了したか否かを判定する。図 1 9 の電気泳動像 E P 1 に含まれる蛍光信号 P は、蛍光信号 P 1 ~ P 4 ですべてではない。従って、ステップ S 1 0 8 で「N o」が判定され、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、蛍光信号 P 5 に対して、ステップ S 1 0 3 以降の処理を繰り返す。

[0142] 図 1 9 を参照すると、蛍光信号 P 5 ~ P 7 は、蛍光信号 P 4 と同様に、ステップ S 1 0 6 で分析対象の目印 J Y が付与される（第 1 の蛍光信号として区別して検出される）。

[0143] 続いて、ステップ S 1 0 8 で、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、蛍光信号 P 1 ~ P 7 に対する処理により、すべての蛍光信号 P について処理が完了したか否かを判定される。図 1 9 の電気泳動像 E P 1 に含まれる蛍光信号 P は、蛍光信号 P 1 ~ 蛍光信号 P 7 ですべてである。従って、ステップ S 1 0 8 で「Y e s」が判定され、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、ステップ S 1 0 9 に進む。

[0144] ステップ S 1 0 9 で、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、分析対象外の目印 J N が付与された蛍光信号 P が存在するか否かを判定する。これまでの説明により、図 1 9 の電気泳動像 E P 1 は、分析対象外の蛍光信号 P 1 ~ P 3 を含む。従って、ステップ S 1 0 9 で「Y e s」が判定され、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、ステップ S 1 1 0 に進む。

[0145] ステップ S 1 1 0 では、圧縮範囲 H が決定される。図 1 9 を参照して説明したように、ステップ S 1 0 6 で分析対象外の目印 J N を付与された蛍光信号 P は蛍光信号 P 1 ~ P 3 である。従って、分析対象外の目印 J N を付与された最後の蛍光信号 P は蛍光信号 P 3 となる。そして、図 1 9 に示すように、蛍光信号 P 3 の終了フレーム番号は「2 0 0 0」である（第 2 の蛍光信号が検出されているフレーム）。従って、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、フレーム番号「2 0 0 0」の次のフレーム番号「2 0 0 1」（第 2 の蛍光信号が検出されているフレームより後のフレーム）から、図 1 9 に示す電気泳動像 E P 1 において最後のフレーム番号「5 0 0 0」までを圧縮範囲 H として設定する。以上の処理により図 2 0 のように圧縮範囲 H が決定される。

- [0146] このように、圧縮範囲設定部 105 は、プライマに起因する蛍光信号 P が検出されているフレームより後のフレームから圧縮範囲 H を設定する。
- [0147] なお、ステップ S 110 において、圧縮範囲設定部 105 は、分析対象の目印 J Y が付与された蛍光信号 P を基に圧縮範囲 H を設定してもよい。この場合、分析対象の目印 J Y を付与された最初の蛍光信号 P は蛍光信号 P 4 となる。そして、図 19 に示すように、蛍光信号 P 4 の開始フレーム番号は「2700」である。従って、圧縮範囲設定部 105 は、フレーム番号「2700」から、図 19 に示す電気泳動像 E P 1 において最後のフレーム番号「5000」までを圧縮範囲 H として設定する。
- [0148] 設定された圧縮範囲 H は、分析対象の DNA に起因する蛍光信号 P 4 ~ P 7（第 1 の蛍光信号）、プライマに起因する蛍光信号 P 1 ~ P 3（第 2 の蛍光信号）の検出の結果に基づいて蛍光信号データ D 25 のフレームに対して設定されるものである。
- [0149] そして、圧縮範囲設定部 105 は、ステップ S 112 で、設定した圧縮範囲 H を圧縮率算出部 106 と圧縮部 107 に出力する。
- [0150] このように、圧縮範囲設定部 105 により、プライマに起因する蛍光信号 P（図 19 に示す例では、蛍光信号 P 1 ~ P 3）の特徴を利用した処理を行う。プライマに起因する蛍光信号 P の特徴とは、分析対象の DNA に起因する蛍光信号 P に比べて、そのフレーム幅が広く、面積が大きく、早いフレーム番号で検出されることである。これにより、プライマに起因する蛍光信号 P と分析対象の DNA に起因する蛍光信号 P を分別することができ、圧縮範囲 H を設定することができる。
- [0151] （圧縮率算出部 106 による作用）
- 続いて、図 4 や、図 17 や、図 20 を参照して、圧縮率算出部 106 による作用を説明する。以下の文で、ステップ番号は図 17 で使用されているステップ番号である。
- 圧縮率算出部 106 は色変換部 104 から蛍光信号データ D 25 を取得する（S 201）。続いて、圧縮率算出部 106 は圧縮範囲設定部 105 から

圧縮範囲Hを取得する（S202）。図20に示すように、本実施形態で示す例では、圧縮範囲Hはフレーム番号「2001」～「5000」である。このように、ステップS201及びステップS202により、圧縮率算出部106は、図20に示す蛍光信号データD25及び圧縮範囲Hを取得する。圧縮率算出部106は、ステップS203で圧縮範囲Hに含まれる蛍光信号データD25の蛍光信号強度の最大値（信号強度最大値D26）を取得する。図20より、フレーム番号「2001」～「5000」における蛍光信号強度の信号強度最大値D26は「360000」である。

[0152] 続いて、圧縮率算出部106は、ステップS204で圧縮率D27を算出する。前記したように、信号強度最大値D26は「360000」、圧縮部107が出力する値の上限値は「32767」である。従って、圧縮率算出部106は、圧縮率D27は、 $(32767 / 360000)$ により、圧縮率D27を「0.091」と算出する。

[0153] （圧縮部107による作用）

続いて、図4や、図18や、図21を参照して、圧縮部107による作用を説明する。以下の文でステップ番号は図18で使用されているステップ番号である。なお、図20及び図21において、紙面下横軸に引き出し線とともに記載されている「2000」、「2001」はフレーム番号である。

圧縮部107は色変換部104から蛍光信号データD25を取得する（S301）。続いて圧縮部107は圧縮範囲設定部105から圧縮範囲Hを取得する（S302）。このように、ステップS301及びステップS302により、図20に示す蛍光信号データD25及び圧縮範囲Hが取得される。図20に示すように、本実施形態に示す例では、圧縮範囲Hは、フレーム番号「2001」～「5000」である。続いて、圧縮部107は圧縮率算出部106から圧縮率D27を取得する（S303）。前記したように、本実施形態で示す例において、圧縮率D27は「0.091」である。そして、圧縮部107は、ステップS304で、処理対象となっているフレームが圧縮範囲Hに含まれるか否か判定する。

- [0154] 例えば、図20を参照すると、蛍光信号P6を構成するフレーム番号「3800」～「3820」に該当するフレームは圧縮範囲Hに含まれている。従って、ステップS304で「Yes」が判定され、圧縮部107はステップS305の処理に進む。ステップS305で、圧縮部107は、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度に圧縮率D27を乗算する。例えば、フレーム番号「3800」～「3820」において、信号強度最大値D26に該当するフレームの蛍光信号強度は「360000」である。従って、圧縮部107が、このフレームの蛍光信号強度に圧縮率D27である「0.091」を乗算すると、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度は、「 $360000 \times 0.091 = 32767$ 」に圧縮される。圧縮部107は、圧縮範囲Hに含まれるフレームのそれぞれについて、蛍光信号強度に「0.091」を乗算する。
- [0155] 一方で、蛍光信号P1を構成するフレーム番号「300」～「800」に該当するフレームは圧縮範囲Hに含まれない。従って、ステップS304で「No」が判定され、圧縮部107は、ステップS306に進む。そして、ステップS306で、圧縮部107は、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度が「32767」より大きいかな否かを判定する。圧縮部107は、「32767」より大きい蛍光信号強度を有するフレームについては、蛍光信号強度を「32767」に切り下げる（S307）。前記したように、ステップS307で圧縮は行われない。また、圧縮部107は、「32767」以下の蛍光信号強度を有するフレームについて、蛍光信号強度をそのままの値とする（S308）。圧縮部107は、圧縮範囲Hの範囲外となっている電気泳動像EP（蛍光信号データD25）の各フレームについてステップS306～S308の処理を行う。
- [0156] ステップS304～ステップS308の処理が蛍光信号データD25を構成する各フレームについて行われる。これにより、図21に示すような、蛍光信号圧縮データD28に該当する電気泳動像EP2が生成される。なお、図21において、破線V1は、図20の信号強度最大値D26に相当する値

(圧縮された蛍光信号 P 6 の蛍光信号強度)を示している。そして、図 2 1 に示すように、圧縮範囲 H では、図 2 0 の信号強度最大値 D 2 6 に相当する値が二次解析で使用可能な信号強度の最大値となるよう蛍光信号データ D 2 5 の圧縮が行われている。本実施形態において、二次解析で使用可能な信号強度の最大値は「3 2 6 7 6」である。つまり、破線 V 1 は、二次解析で使用可能な信号強度の最大値に相当する。圧縮範囲 H の範囲外の領域について、圧縮部 1 0 7 は、ステップ S 3 0 6 ~ S 3 0 8 の処理を行う。この結果、蛍光信号 P 1 ~ P 3 に示す蛍光信号 P は、「3 2 6 7 6」の値より上が欠除した形状となっている。

[0157] [効果]

特許文献 1 では、ハードウェアビニングとソフトウェアビニングを切り替える手法が記載されている。しかしながら、特許文献 1 には、電気泳動システム 1 の出力する値を二次解析で使用できるようにする手段が記載されていない。

[0158] しかしながら、第 1 - 1 実施形態によれば、蛍光信号データ D 2 5 の値が、二次解析で使用可能な蛍光信号強度である「3 2 7 6 7」を超えている場合、蛍光信号強度が「3 2 7 6 7」となるよう処理される。これにより、出力する蛍光信号圧縮データ D 2 8 について、すべてのフレームの蛍光信号強度を「3 2 7 6 7」以下とすることができる。これにより二次解析が可能となる。

[0159] また、第 1 - 1 実施形態によれば、分析対象である DNA に起因する蛍光信号 P に合わせて蛍光信号データ D 2 5 の圧縮が行われる。これにより、圧縮率 D 2 7 を最小化することができる。圧縮率 D 2 7 を最小化することにより、微小な蛍光信号 P を維持することができる。圧縮率 D 2 7 の最小化とは、最小限の圧縮率 D 2 7 が算出されるという意味である。

[0160] 非特許文献 1 では、電気泳動システム 1 が出力可能な値を二次解析ソフトウェアに入力できる値の範囲に収まるようにデータを固定の圧縮率 D 2 7 で圧縮することが記載されている。しかしながら、電気泳動システム 1 が出力

するデータには、プライマと呼ばれる、DNAの増幅のために使用される試薬の蛍光信号Pが含まれる。前記したように、プライマは分析対象のDNAに比べて過剰に添加されるため、蛍光信号強度が高くなる。また、プライマは分析対象のDNAに比べて長さが短いため、分析対象のDNAに比べて早く検出される。

[0161] ソフトウェアビニングを実施する場合、プライマに起因する蛍光信号Pの影響により、電気泳動システム1が取得する蛍光信号強度が、二次解析ソフトウェアに入力できる値の範囲より著しく大きくなる。そのため、非特許文献1に記載されている固定の圧縮率D27で圧縮する場合、蛍光信号強度方向の圧縮率D27が大きくなり、分析対象の微小な蛍光信号強度を有するDNAの情報が小さくなる場合がある。

[0162] 第1-1実施形態で記載した、デジタル変換部232は、サミングゲート213が飽和した際のアナログ信号値を、デジタル信号値「65535」(ADU)に変換している。そして、信号積算部101は図14に従ってソフトウェアビニングを行っている。その場合、ソフトウェアビニング後に出力される蛍光信号強度の最大値は「 $65535 \times 12 = 786420$ 」となる。ちなみに、「12」は、図14に従ってソフトウェアビニングを行った場合におけるビンB(図3参照)の数である。二次解析ソフトウェアに入力できる上限値が「32767」とすると、圧縮率D27は「 $32767 / 786420 = 0.042$ 」となる。この場合、圧縮率D27が大きすぎることで、DNAに起因する微小な蛍光信号Pを維持できなくなる場合がある。つまり、DNAに起因する蛍光信号Pが小さくなりすぎてしまい、二次解析が困難となる。

[0163] 特許文献2には、実験データに対するデータポイントの選択と処理に関する記載されている。データポイントの選択は、実験データをグラフ化した際の横軸の選択と捉えることができる。そして、特許文献2は、データポイントの選択によって、データポイントの削除と、実験データをグラフ化した際の縦軸の正規化(縦軸の処理)に関する記載がある。

- [0164] また、特許文献2では、クラッター除去によりデータポイントを削減する方法について記載されている。しかし、特許文献2では、電気泳動システム1が出力するデータにおいて信号強度が高くなるプライマに起因する蛍光の除去方法について記載されていない。
- [0165] これに対し、第1-1実施形態は、電気泳動に特有のプライマに基づく解析対象範囲の選択(横軸の選択)と、分析対象範囲のデータの圧縮(縦軸の処理)に関するものである。
- しかしながら、第1-1実施形態によれば、プライマに起因する蛍光信号Pと、分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pを分別することにより圧縮率D27を最小化することができる。
- [0166] 以下に特許文献2に記載の技術と、第1-1実施形態に記載の内容との比較を記載する。まず、横軸の選択について、特許文献2では、データポイントの削除によって実験データに関するグラフの横軸が選択されている。そして、特許文献2では、各データポイントにおけるスペクトル(横軸が波長、縦軸が信号強度のグラフ)を特定の形状と比較し、特定の形状と合致しないデータポイントのデータが削除されている。これに対し、第1-1実施形態では、分析に使用する範囲(圧縮範囲H)の設定によって、横軸の選択が行われている。具体的には、第1-1実施形態では、プライマという電気泳動における前処理に特有に生じる蛍光信号の特徴から二次解析に使用する範囲(圧縮範囲H)が決定されている。
- [0167] 次に、縦軸に関する処理について、特許文献2では、GUI上で見やすくすることを目的としている。そして、特許文献2では、グラフの縦軸を正規化する(必ずしも圧縮する訳ではない)ことで縦軸に関する処理を実現している。特許文献2では、正規化が行われるため、信号のピーク間での信号強度比の情報が失われることになる。これに対して、第1-1実施形態では、DNAに起因する蛍光信号P等の微小信号の情報を失わずに、二次解析に使用できる範囲に値を収めることが縦軸に関する処理(圧縮)の目的である。そして、第1-1実施形態では、分析対象とした範囲(圧縮範囲H)について

、信号強度最大値D 2 6が、二次解析で使用できる値になるように圧縮される。蛍光信号データD 2 5の全体が均一に圧縮されるため、蛍光信号Pのピーク間での蛍光信号強度比の情報を維持することができる。これは、二次解析において蛍光信号強度比が重要であるためである。

[0168] このように、特許文献2に記載の技術と、第1－1実施形態に記載の内容は、まったく異なるものである。

[0169] また、これまでにデータの値を、ある値以下に収めるデータ圧縮に関する技術は、特許文献1～2、非特許文献1以外にも多々ある。しかし、第1－1実施形態のように電気泳動像EPの横軸について圧縮率D 2 7を算出するための範囲（圧縮範囲H）を選択することは、いままでなかった。

[0170] つまり、圧縮範囲設定部105により、プライマに起因する蛍光信号Pと、分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pを分別することができる。圧縮範囲設定部105は圧縮範囲Hを設定し、圧縮率算出部106は圧縮範囲Hに応じて圧縮率D 2 7を設定している。これにより、圧縮率算出部106は圧縮率D 2 7を最小化することができる。図20に示す電気泳動像EP1において、プライマに起因する蛍光信号P1～P3の蛍光信号強度は、DNAに起因する蛍光信号P4～P7の蛍光信号強度に対して、はるかに大きい「786420」である。このような場合でも、圧縮率算出部106は、分析対象のDNAに起因する蛍光信号P6に基づいて信号強度最大値D 2 6を取得し、この信号強度最大値D 2 6に基づいて圧縮率D 2 7を算出している。このようにして、適切な圧縮率D 2 7を算出することができる。本実施形態で示す例において、圧縮率D 2 7は「0.091」となり、非特許文献1に従った場合の圧縮率D 2 7「0.042」と比較して、圧縮率D 2 7を小さくすることが実現されている。これにより、二次解析にわたす蛍光信号圧縮データD 2 8においてDNAに起因する蛍光信号P4～P7が過剰に小さくなることがないため、二次解析が容易となる。

[0171] このように、第1－1実施形態によれば、分析対象サンプルD10のプライマが混合されている場合でも、分析対象であるDNAに起因する蛍光信号

Pの特徴に基づいて圧縮率D 2 7を最小化することができる。DNAに起因する蛍光信号Pのような微小信号を維持しつつ、蛍光信号データD 2 5を、二次解析ソフトウェアに入力できる値の範囲に圧縮することができる。

[0172] また、第1-1実施形態に記載の手法は、処理装置10のプログラムを変更することで実現できる。つまり、第1-1実施形態に記載の手法は、電気泳動装置20や、処理装置10のハードウェア構成を変更することなく実現可能である。従って、電気泳動装置20の構成を変更することなく第1-1実施形態に記載の手法を実現することができるため、コストの節約が可能となる。また、第1-1実施形態によれば、ハードウェアビニング及びソフトウェアビニングによるダイナミックレンジの特性を失うことなく適切な蛍光信号データD 2 5の圧縮が可能となる。

[0173] 次に、第1-1実施形態における外部メモリ30への出力を図12、図20、図14を参照して説明する。

本実施形態の図15のステップS102で生成した分析対象サンプルD10の電気泳動像EPが図19に示す電気泳動像EP1とする。また、図20の蛍光信号P6の信号強度最大値D26が取得されたフレームにおけるピンBの分析対象サンプル信号D11が図12に示すようなソフトウェアビニングが行われているものとする。図20に示す例では、信号強度最大値D26が取得されたフレームは、フレーム番号「3810」のフレームである。また、図14に従ってソフトウェアビニングが実施されたとする。

[0174] 図12に示すように、それぞれのピンBの分析対象サンプル信号D11が、一律で「30000」であるとする。すると、これをソフトウェアビニングすると、ソフトピンCの分析対象サンプル積算信号D12の最大信号強度は「360000」(30000×12)となる。

[0175] これに対して、圧縮部107が実施する図18の処理により圧縮された後の蛍光信号圧縮データD28の値は「32767」となる。

また、外部メモリ30には、分析対象サンプル信号D11、本実施形態による蛍光信号圧縮データD28、圧縮率D27（本実施形態では「0.09

1」)が出力される。

[0176] また、ユーザは、特定のフレームの分析対象サンプル信号D 1 1の値と、当該フレームに関する蛍光信号圧縮データD 2 8の値と、圧縮率D 2 7を比較可能である。特定のフレームの分析対象サンプル信号D 1 1の値は、例えば、図1 2に示す「3 6 0 0 0 0」である。また、当該フレームに関する蛍光信号圧縮データD 2 8の値は、例えば、図1 2に示す「3 2 7 6 7」である。これらを比較することにより、ユーザは、することにより、第1－1実施形態における圧縮処理が行われたか否かを認識することができる。

[0177] 第1－1実施形態によれば、蛍光信号データD 2 5の蛍光信号強度を二次解析ソフトウェアに入力可能な値の範囲に収めることができる。この際、圧縮率D 2 7は、圧縮範囲Hにおける蛍光信号Pの信号強度最大値D 2 6と、二次解析ソフトウェアで使用される上限値に基づいて決定される。これにより、電気泳動システム1が出力する一次解析ファイルを二次解析ソフトウェアにより適切に解析することができる。一次解析ファイルとは、処理装置1 0が出力するデータである。

[0178] また、第1－1実施形態では、蛍光信号Pが分析対象／分析対象外に分別され、分析対象範囲の蛍光信号Pのみが圧縮される。これにより、圧縮率D 2 7が高くなりすぎることがなくなり、微小な蛍光信号Pの情報を維持することができる。

[0179] 圧縮範囲設定部1 0 5は、蛍光信号Pの幅、面積、蛍光信号Pを含む最後のフレーム（終了フレーム番号）のうち、少なくとも1つを基に、蛍光信号Pの種別検出を行う。種別は、分析対象であるDNAに起因する蛍光信号P、プライマに起因する蛍光信号Pである。このようにすることで、分析対象であるDNAに起因する蛍光信号P、プライマに起因する蛍光信号Pの区別が実現される。

[0180] <第1－2実施形態>

続いて、図2 2及び図2 3を参照して本発明の第1－2実施形態を説明する。

図 2 2 及び図 2 3 は、電気泳動像 E P の例を示す図である。

第 1 - 1 実施形態では、プライマに起因する蛍光信号 P を含む電気泳動像 E P における電気泳動データ処理方法を説明した。

これに対して、第 1 - 2 実施形態では、プライマに起因する蛍光信号 P を含まない電気泳動像 E P (蛍光信号データ D 2 5) における電気泳動データ処理方法を説明する。第 1 - 2 実施形態では、第 1 - 1 実施形態で示す処理は、プライマを含まない蛍光信号データ D 2 5 に対しても適用可能であることを示す。

第 1 - 2 実施形態におけるシステム構成及び動作は第 1 - 1 実施形態と同様である。従って、第 1 - 2 実施形態におけるシステム構成及び動作 (フローチャート) の図示を省略する。

[0181] [作用]

図 1 5 のステップ S 1 0 2 で描画された電気泳動像 E P が図 2 2 に示す電気泳動像 E P 3 であった場合について説明する。なお、図 2 2 では、分析対象サンプル D 1 0 の電気泳動像 E P 3 (E P) が示されている。分析対象サンプル D 1 0 には、分析対象の DNA に起因する蛍光信号 P のみが含まれ、分析対象外のプライマに起因する蛍光信号 P は含まれないものとする。

また第 1 閾値、第 2 閾値、第 3 閾値は第 1 - 1 実施形態と同様とする。

[0182] (圧縮範囲設定部 1 0 5 による作用)

図 3、図 1 5、図 2 2 を参照して、圧縮範囲設定部 1 0 5 による作用を説明する。また、以下の文において、ステップ番号は図 1 5 で使用されているステップ番号である。

圧縮範囲設定部 1 0 5 は色変換部 1 0 4 から蛍光信号データ D 2 5 を取得する (S 1 0 1)。圧縮範囲設定部 1 0 5 によってステップ S 1 0 2 で描画された電気泳動像 E P 3 (E P) が図 2 2 に示すものとする。図 2 2 に示すように電気泳動像 E P 3 は 7 つの蛍光信号 P (P 8 ~ P 1 4) を含むものとする。

[0183] 図 2 2 において、紙面下横軸に引き出し線とともに記載されている数は、

フレーム番号である。図22に示す電気泳動像EP3は、フレーム番号「0」～「5000」の範囲を有している。そして、蛍光信号P8は、フレーム番号「300」～「320」に存在し、面積は「3000000」である。また、蛍光信号P9は、フレーム番号「1100」～「1130」に存在し、面積は「2000000」である。そして、蛍光信号P10は、フレーム番号「2000」～「2020」に存在し、面積は「800000」である。また、蛍光信号P11は、フレーム番号「2700」～「2720」に存在し、面積は「2500000」である。続いて、蛍光信号P12は、フレーム番号「3175」～「3200」に存在し、面積は「1000000」である。そして、蛍光信号P13は、フレーム番号「3800」～「3820」に存在し、面積は「3000000」である。また、蛍光信号P14は、フレーム番号「4300」～「4320」に存在し、面積は「500000」である。

[0184] そして圧縮範囲設定部105は、これらの蛍光信号Pのうち、フレーム番号「1」からサーチして、最初に検出される蛍光信号P8について処理を行う。

[0185] 図22を参照すると、蛍光信号P8は、開始フレーム番号が「300」、終了フレーム番号が「320」であることから、フレーム幅は「20」フレームである。従って、蛍光信号P8のフレーム幅は、第1閾値（本実施形態では「50」フレーム）未満である。従って、ステップS103で「No」が判定され、圧縮範囲設定部105は、ステップS107に進む。ステップS107で、圧縮範囲設定部105は、図22に示すように蛍光信号P8に分析対象の目印JYを付与する（第1の蛍光信号として区別して検出する）。

[0186] 続いて、ステップS108で、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号P8に対する処理により、すべての蛍光信号Pについて処理が完了したか否かを判定する。

[0187] 図22の電気泳動像EP3で示される蛍光信号Pは、蛍光信号P8ですべ

てではない。従って、ステップS 1 0 8で「N o」が判定され、圧縮範囲設定部1 0 5は、次の蛍光信号P 9に対して、ステップS 1 0 3以降の処理を行う。

[0188] 図2 2を参照すると、圧縮範囲設定部1 0 5は、蛍光信号P 9～蛍光信号P 1 4に対して、蛍光信号P 8と同様に、ステップS 1 0 6で分析対象の目印J Yを付与する（第1の蛍光信号として区別して検出する）。

[0189] 続いて、ステップS 1 0 8で、圧縮範囲設定部1 0 5は、蛍光信号P 1 4に対する処理により、すべての蛍光信号Pについて処理が完了したか否か判定される。図2 2の電気泳動像E P 3は、蛍光信号P 8～P 1 4ですべてである。従って、ステップS 1 0 8で「Y e s」が判定され、圧縮範囲設定部1 0 5は、ステップS 1 0 9に進む。

[0190] ステップS 1 0 9では、分析対象外の蛍光信号Pが存在するか否か判定される。図2 2の電気泳動像E P 3に含まれる蛍光信号Pはすべて分析対象の蛍光信号Pであり、分析対象外の蛍光信号Pを含まない。従ってステップS 1 0 9で「N o」が判定され、圧縮範囲設定部1 0 5は、ステップS 1 1 1に進む。

[0191] ステップS 1 1 1では、圧縮範囲Hが決定される。前記したように、第1－2実施形態で示す例では、分析対象外の蛍光信号Pが含まれないため、すべてのフレームが圧縮範囲Hとして設定される。そのため、圧縮範囲設定部1 0 5は、電気泳動像E P 3のフレーム番号「1」～「5 0 0 0」までを圧縮範囲Hとして設定する。

[0192] 続いて、ステップS 1 1 2で圧縮範囲設定部1 0 5は、設定した圧縮範囲Hを圧縮率算出部1 0 6と圧縮部1 0 7に出力する。

[0193] このように、圧縮範囲設定部1 0 5は、プライマに起因する分析対象外の蛍光信号Pを含まない蛍光信号データD 2 5に対しても圧縮範囲Hを設定することができる。

[0194] （圧縮率算出部1 0 6による作用）

続いて、図4、図1 7、図2 2を参照して、圧縮率算出部1 0 6による作

用を説明する。以下の文において、ステップ番号は図17で使用されているステップ番号である。

圧縮率算出部106は色変換部104から蛍光信号データD25を取得する(S201)。続いて、圧縮率算出部106は圧縮範囲設定部105から圧縮範囲Hを取得する(S202)。第1-2本実施形態では、図22に示すようにフレーム番号「1」～「5000」が圧縮範囲Hである。圧縮率算出部106は、ステップS203で圧縮範囲Hに含まれる蛍光信号データD25の信号強度最大値D26を取得する。図22に示されるようにフレーム番号「1」～「5000」に含まれる蛍光信号データD25の信号強度最大値D26は「360000」である。

[0195] 続いて、ステップS204で圧縮率算出部106は、圧縮率D27を算出する。前記したように、信号強度最大値D26は「360000」、圧縮部107が出力する値の上限値は、第1-1実施形態と同様「32767」である。従って、圧縮率算出部106は、 $32767 / 360000 = 0.091$ を圧縮率D27として算出する。

[0196] (圧縮部107による作用)

続いて、図3、図18、図22及び図23を参照して、圧縮部107による作用を説明する。以下の文においてステップ番号は図18で使用されているステップ番号である。

圧縮部107は色変換部104から蛍光信号データD25を取得する(S301)。そして、圧縮部107106は圧縮範囲設定部105から圧縮範囲Hを取得する(S302)。第1-2実施形態では、前記したようにフレーム番号「1」～「5000」が圧縮範囲Hとなる。続いて、圧縮部107は圧縮率算出部106から圧縮率D27を取得する(S303)。第1-2実施形態では、前記したように圧縮率D27は「0.091」である。

[0197] そして、圧縮部107は、フレーム番号が小さい順にフレームを選択し、ステップS304で、処理対象となっているフレームが圧縮範囲Hに含まれるか否か判定する。

図 2 2 を参照すると、蛍光信号 P 8 ~ P 1 4 を構成するフレームはいずれも圧縮範囲 H に含まれる。従って、蛍光信号 P 8 ~ P 1 4 のいずれについても、圧縮部 1 0 7 は、ステップ S 3 0 4 で「Y e s」と判定する。そして、圧縮部 1 0 7 は、ステップ S 3 0 5 に進み、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度に圧縮率 D 2 7 を乗算する (S 3 0 5)。これにより信号強度最大値 D 2 6 に該当するフレームの蛍光信号強度は「3 6 0 0 0 0 × 0. 0 9 1」により「3 2 7 6 7」に圧縮される。

[0198] ステップ S 3 0 5 の処理により、図 2 3 に示す電気泳動像 E P 4 (E P) が生成される。そして、圧縮部 1 0 7 は、ステップ S 3 1 0 で、図 2 3 に示す電気泳動像 E P 4 を蛍光信号圧縮データ D 2 8 として出力する。なお、図 2 1 において、破線 V 2 は、図 2 2 の信号強度最大値 D 2 6 に相当する値 (蛍光信号 P 1 3 の蛍光信号強度) を示している。そして、図 2 3 に示すように、図 2 2 の信号強度最大値 D 2 6 に相当する値が二次解析で使用可能な信号強度の最大値 (本実施形態では、「3 2 6 7 6」) となるよう蛍光信号データ D 2 5 の圧縮が行われている。つまり、破線 V 2 は、二次解析で使用可能な信号強度の最大値に相当する。

[0199] このように、処理装置 1 0 は、プライマに起因する蛍光信号 P を含まない電気泳動像 E P (蛍光信号データ D 2 5) に対しても、第 1 - 1 実施形態に示される処理によって圧縮処理を実施することができる。

[0200] [効果]

第 1 - 2 実施形態によれば、第 1 - 1 実施形態の効果に加えて、蛍光信号データ D 2 5 がプライマに起因する蛍光信号を含まない場合でも第 1 - 1 実施形態と同様の効果を奏することができる。つまり、蛍光信号データ D 2 5 がプライマに起因する蛍光信号 P を含まない場合でも圧縮率 D 2 7 を最小化することで微小信号を維持しつつ、二次解析ソフトウェアに入力できる値の範囲に圧縮することができる。

[0201] <第 2 実施形態>

続いて、図 2 5 ~ 図 3 0 を参照して、本発明の第 2 実施形態について説明

する。

第1実施形態では、プライマに起因する分析対象外の蛍光信号Pの特徴に基づき、蛍光信号Pを分別することで、圧縮範囲Hが決定されている。第2実施形態では、蛍光信号Pの特徴及びサイズスタンダードの特徴に基づき、圧縮範囲Hが決定される。

[0202] <第2-1実施形態>

[システム構成]

図24は、第2-1実施形態に係る処理装置10の構成を示す図である。

図24において、分析対象サンプルD10aが、分析対象となるDNA、プライマ、サイズスタンダードの混合液である点が、図4に示す構成と異なっている。また、図24に示す処理装置10でえあ、圧縮範囲設定部105の圧縮範囲Hの設定方法が第1実施形態と異なっている。それ以外の構成は、図4と同様である。

[0203] サイズスタンダードは、塩基長が既知であり、複数の蛍光信号Pを含むサンプル(DNA)である。サイズスタンダードにより、分析対象のDNAの塩基長を知ることができる。また、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pの個数は既知である。そして、サイズスタンダードは分析対象サンプルD10aに混合して使用される。つまり、第2実施形態における分析対象サンプルD10aは、サイズスタンダードを含むことになる。また、サイズスタンダードを含むDNAの塩基長の範囲は、分析対象のDNAを含む塩基長の範囲より広く設定されている。つまり、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pは、分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pより広い範囲に検出される。

[0204] また、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pが検出されるフレーム番号は、プライマに起因する蛍光信号Pが検出されるフレーム番号よりも大きい(遅いタイミングで検出される)。さらに、サイズスタンダードには、分析対象のDNAとは異なる色の色素が使用される。

[0205] [動作]

図 25 を参照して、第 2 - 1 実施形態における電気泳動データ処理方法の処理手順を説明する。

(圧縮範囲 H 決定処理)

図 25 は、第 2 - 1 実施形態において圧縮範囲設定部 105 が行う圧縮範囲設定ステップである圧縮範囲決定処理の手順を示すフローチャートである。適宜、図 4 を参照する。

初めに、圧縮範囲設定部 105 は、色変換部 104 から蛍光信号データ D25 を取得する (S401)。ステップ S401 で、圧縮範囲設定部 105 は、すべてのフレームに関する蛍光信号データ D25 を取得する。

[0206] 次に、圧縮範囲設定部 105 は、蛍光信号データ D25 の電気泳動像 E P (図 16 参照) を描画 (生成) する (S402)。第 1 - 1 実施形態と同様、電気泳動像 E P は、電気泳動毎に生成される。

[0207] 続いて、圧縮範囲設定部 105 は、生成した電気泳動像 E P に含まれる蛍光信号 P のうち、1 つを選択する。蛍光信号 P の選択方法は、第 1 - 1 実施形態と同様である。そして、圧縮範囲設定部 105 は、選択した蛍光信号 P について、色がサイズスタンダードに使用する色 (サイズスタンダードの色) であるか否かを判定する (S403)。サイズスタンダードの色とは、サイズスタンダードで使用されている色素の色である。前記したように、サイズスタンダードと分析対象の DNA では異なる色の色素が使用される。そのため、圧縮範囲設定部 105 は、サイズスタンダードに起因する蛍光信号 P と、分析対象の DNA に起因する蛍光信号 P を色によって区別することができる。

[0208] サイズスタンダードの色であるか否かは、蛍光信号 P における色情報に基づいて行われる。

[0209] 蛍光信号 P がサイズスタンダードの色ではない場合 (S403 → No)、圧縮範囲設定部 105 は、次の蛍光信号 P を選択し (S404)、ステップ S403 以降の処理を行う。

[0210] 蛍光信号 P がサイズスタンダードの色である場合 (S403 → Yes)、

圧縮範囲設定部 105 は、蛍光信号 P にサイズスタンダードの目印 JS (図 26) を付与する (S405)。つまり、圧縮範囲設定部 105 は、サイズスタンダードに起因する蛍光信号 P と判定された蛍光信号 P に対して、目印 JS を付与する。

[0211] サイズスタンダードの目印 JS が付与されていない蛍光信号 P は、分析対象である DNA に由来する蛍光信号 P として検出されたことを意味する。サイズスタンダードの目印 JS が付与されていない蛍光信号 P は、分析対象に起因する第 1 の蛍光信号である。つまり、第 2-1 実施形態では、分析対象である DNA に由来する蛍光信号 P が第 1 の蛍光信号である。また、サイズスタンダードの目印 JS が付与された蛍光信号 P は、サイズスタンダードに起因する蛍光信号 P として検出されたことを意味する。サイズスタンダードの目印 JS が付与された蛍光信号 P は、分析対象以外に起因する第 2 の蛍光信号である。つまり、第 2-1 実施形態では、サイズスタンダードに起因する蛍光信号 P が第 2 の蛍光信号である。このように、圧縮範囲設定部 105 は、サイズスタンダードに起因する蛍光信号 P を第 2 の蛍光信号として検出する。

[0212] このように、第 2-1 実施形態では、圧縮範囲設定部 105 が、蛍光信号 P の色情報に基づいて、分析対象である DNA に由来する蛍光信号 P と、サイズスタンダードに起因する蛍光信号 P とを区別して検出する。

[0213] 続いて、圧縮範囲設定部 105 は、電気泳動像 EP において、すべての蛍光信号 P について処理が完了したか否か判定する (S406)。

[0214] すべての蛍光信号 P について処理が完了していない場合 (S406→No)、圧縮範囲設定部 105 は、次の蛍光信号 P を選択し (S407)、ステップ S403 以降の処理を行う。

[0215] すべての蛍光信号 P について処理が完了している場合 (S406→Yes)、圧縮範囲設定部 105 は、サイズスタンダードの目印 JS を付与された蛍光信号 P に番号を付与する (S408)。この際、圧縮範囲設定部 105 は、サイズスタンダードの目印 JS を付与された蛍光信号 P に対し、フレー

ム番号の大きい順に「1」から始まる番号を付与する。

[0216] 続いて、圧縮範囲設定部105は、ステップS408で付与された番号の最大値が、サイズスタンダードとして規定されている個数と同じであるか否かを判定する（番号の最大値＝既定の個数：S409）。すなわち、圧縮範囲設定部105は、ステップS408で付与された番号の最大値が、サイズスタンダードとして規定されている個数を超過しているか否かを判定する。

[0217] 付与された番号の最大値が、サイズスタンダードとして規定されている個数と同じである場合（S409→Yes）、圧縮範囲設定部105は、ステップS410に進む。

付与された番号の最大値が、サイズスタンダードとして規定されている個数と同じではない場合（S409→No）、圧縮範囲設定部105は、目印JSの削除を行う（S411）。この際、圧縮範囲設定部105は、圧縮範囲設定部105は、規定の個数より大きい番号が付与されている蛍光信号Pについて、サイズスタンダードの目印JSを削除する。そして、圧縮範囲設定部105は、ステップS410に進む。なお、サイズスタンダードの目印JSが付与されている蛍光信号Pの数が、サイズスタンダードの規定の個数より少なくなることはない。

[0218] ステップS410で、圧縮範囲設定部105は、圧縮範囲Hを設定する。ステップS410において、圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードの目印JSが付与されている蛍光信号Pのうち、フレーム番号が1番小さい蛍光信号Pの開始フレーム番号を取得する。この開始フレーム番号は最小フレーム番号と称される。そして、圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードの目印JSが付与された蛍光信号Pのうち、フレーム番号が1番大きい蛍光信号Pの終了フレーム番号を取得する。この終了フレーム番号は最大フレーム番号と称される。圧縮範囲設定部105は、最小フレーム番号から最大フレーム番号の範囲を圧縮範囲Hとして設定する。

[0219] このように、第2－1実施形態では、サイズスタンダードの目印JSが付与されている蛍光信号P（第2の蛍光信号）が検出されるフレーム範囲を圧

縮範囲Hとして設定する。

[0220] そして、圧縮範囲設定部105は、ステップS410で設定した圧縮範囲Hを、圧縮率算出部106と圧縮部107に出力する(S412)。

[0221] なお、図25に示す処理の具体的な例については後記する。

[0222] (圧縮率算出処理及び圧縮処理)

第2-1実施形態において、圧縮率算出部106が行う圧縮率算出処理の手順は図17に示す処理と同様であるため、第2-1実施形態での図示及び説明を省略する。また、第2-1実施形態において圧縮部107が行う圧縮処理の手順は、図18に示す処理と同様であるため、第2-1実施形態での説明を省略する。

[0223] なお、第2-1実施形態における圧縮処理において、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pは、プライマに起因する蛍光信号Pと異なり、圧縮される必要がない。なぜならば、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pは、DNAに起因する蛍光信号Pより小さいためである。つまり、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pは、分析対象サンプルD10aに加える量に気を付ければ、圧縮をしなくても圧縮部107が出力する値の範囲に収めることができる。

[0224] サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pが圧縮された場合、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pの蛍光信号強度が小さくなる。その場合、ユーザがサイズスタンダードに起因する蛍光信号Pを認識することができないおそれがある。これにより、ユーザが、サイズスタンダードを含んでいないと誤認するおそれがある。

[0225] サイズスタンダードの蛍光信号Pを圧縮しない場合、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pが表示される蛍光信号強度は小さくならない。そのため、ユーザがサイズスタンダードを含んでいないと誤認するおそれがなくなる。

[0226] [作用]

続いて、図18、図25～図28を参照して、第2-1実施形態の作用を

説明する。

図26～図28は、電気泳動像EPの例を示す図である。

なお、図26～図28では、分析対象サンプルD10aの電気泳動像EP5、EP6（EP）が示されている。また、第2実施形態（第2-1実施形態及び第2-2実施形態）において、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pは4本の蛍光信号Pから構成されるものとする。なお、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pは4本の蛍光信号Pから構成されるものに限らない。また、図26～図28に示すように電気泳動像EPにおいて、サイズスタンダードの色を有する蛍光信号Pは一点鎖線で表示されるものとする。

[0227] 第2-1実施形態において、図26に示す電気泳動像EP5には、分析対象のDNAに起因する蛍光信号P（P18、P20、P22）が含まれる。また、電気泳動像EP5には、分析対象外のプライマに起因する蛍光信号P（P15、P16）と、サイズスタンダードに起因する蛍光信号P（P17、P19、P21、P23）が含まれている。以下、図25のステップS402で生成された電気泳動像EPが、図26に示す電気泳動像EP5であった場合について説明する。

[0228] （圧縮範囲設定部105による作用）

図25～図27を参照して、圧縮範囲設定部105による作用を説明する。なお、以下の文において、ステップ番号は図25で使用されているステップ番号である。

まず、圧縮範囲設定部105は色変換部104から蛍光信号データD25を取得する（S401）。圧縮範囲設定部105がステップS402で描画した電気泳動像EP5を図26に示す。そして、圧縮範囲設定部105は、生成した電気泳動像EPに含まれる蛍光信号Pのうち、1つを選択する。即ち、圧縮範囲設定部105は、これらの蛍光信号Pのうち、フレーム番号「1」からサーチして、最初に検出される蛍光信号P15について処理を行う。その後、圧縮範囲設定部105は、選択した蛍光信号Pについて、色がサイズスタンダードで使用されている色（サイズスタンダードの色）であるか

否かを判定する（S403）。

[0229] 図26を参照すると、最初に選択される蛍光信号P15はサイズスタンダードの色ではない。従って、ステップS403で「No」が判定される。そして、圧縮範囲設定部105は、ステップS404で、次の蛍光信号P16を選択し（S404）、ステップS403以降の処理を行う。

[0230] 図26を参照すると、蛍光信号P15の次の蛍光信号P16はサイズスタンダードの色である。従って、ステップS403で「Yes」が判定され、圧縮範囲設定部105は、図26に示すように蛍光信号P16にサイズスタンダードの目印JSを付与する（S405）。なお、前記したように、蛍光信号P16は、プライマに起因する蛍光信号Pである。しかし、この蛍光信号P16の色がサイズスタンダードと同じであるため、誤って、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pと認識された。この誤認識の補正については後記する。

[0231] 続いて、ステップS406では、蛍光信号P16に対する処理により、すべての蛍光信号Pについて処理が完了したか否か判定される。図26の電気泳動像EP5は、蛍光信号P15、P16ですべてではない。従って、ステップS406で「No」が判定され、圧縮範囲設定部105は、次の蛍光信号P17を選択し（S407）に、ステップS403以降の処理を行う。

[0232] 図26に示される蛍光信号P17～P23に対して同様の処理が繰り返される。これにより、蛍光信号P15、P18、P20、P22にはサイズスタンダードの目印JSが付与されない（第1の蛍光信号として検出される）。一方で蛍光信号P16、P17、P19、P21、P23にはサイズスタンダードの目印JSが付与される（第2の蛍光信号として検出される）。

[0233] その後、すべての蛍光信号Pについて処理が完了したため、圧縮範囲設定部105は、ステップS406で「Yes」を判定する。

[0234] そして、圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードの目印JSを付与された蛍光信号Pに対し、フレーム番号の大きい方から番号を順に付与する（S408）。これにより、図26に示すように、蛍光信号P23にはサイ

ズスタンダードの番号「1」（図26の符号JS1）が付与される。そして、蛍光信号P21にはサイズスタンダードの番号「2」（図26の符号JS2）が付与される。また、蛍光信号P19には番号「3」（図26の符号JS3）、蛍光信号P17には番号「4」（図26の符号JS4）が付与される。同様に、蛍光信号P16には番号「5」（図26の符号JS5）といったサイズスタンダードの番号が付与される。

[0235] 続いて、圧縮範囲設定部105は、ステップS408で付与された番号の最大値が、サイズスタンダードの規定の個数と同じであるか否かを判定する（S409）。ステップS408で付与された番号の最大値は「5」（符号JS5）」である。一方、サイズスタンダードとして規定されている個数は4個である。従って、付与された番号の最大値が、サイズスタンダードの規定の個数と同じではない。よって、圧縮範囲設定部105は、ステップS409で「No」を判定する。

[0236] その後、圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードの規定の番号より大きい番号が付与された蛍光信号Pから、サイズスタンダードの目印JSを削除する（S411）。図27の蛍光信号P16には、サイズスタンダードの規定の個数である「4」よりも大きい「5」（符号JS5）が付与されている。従って、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号P16に付与されているサイズスタンダードの目印JSを削除する。そして、圧縮範囲設定部105は、ステップS410に進む。このようにして、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pと誤認識された蛍光信号P16が、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pから外される。

[0237] なお、第2-1実施形態では、ステップS408で圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードの目印JSを付与された蛍光信号Pに、フレーム番号の大きい方から番号を順に付与している。しかし、これに限らず、圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードの目印JSを付与された蛍光信号Pに、フレーム番号（該当するフレーム番号）の小さい方から順に番号を付与してもよい。この場合、ステップS411で、圧縮範囲設定部105は、検

出された、サイズスタンダードの色を有する蛍光信号Pの数と、サイズスタンダードの規定の数との差分値を算出する。そして、圧縮範囲設定部105は、当該差分値だけ、番号の小さい方から順にサイズスタンダードの目印JSを削除する。

[0238] ステップS411によって、目印JSが付与されている蛍光信号Pの数が、使用されているサイズスタンダードの数を超過している場合、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号Pに付与されている目印JSを削除する。この際、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号データD25において、目印JSが付与された蛍光信号Pのうち、該当するフレーム番号の小さい方から、超過分だけ、蛍光信号Pに付与されている目印JSを削除する。

[0239] 図27に示す電気泳動像EP5を参照すると、サイズスタンダードの目印JSが付与された蛍光信号Pのうち、フレーム番号が1番小さい蛍光信号Pは、番号「4」（符号JS4）が付与された蛍光信号P17である。また、サイズスタンダードの目印Sが付与された蛍光信号Pのうち、フレーム番号が1番大きい蛍光信号Pは、番号「1」の目印JS（符号JS1）が付与された蛍光信号P23である。従って、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号P17の開始フレーム番号であるフレーム番号「2000」を最小フレーム番号として取得する。また、圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードの目印JSが付与された蛍光信号Pのうち、フレーム番号が1番大きい蛍光信号P23の終了フレーム番号を最大フレーム番号として取得する。図27に示すでは、フレーム番号が1番大きい蛍光信号P23の終了フレーム番号は、フレーム番号「4500」である。そして、圧縮範囲設定部105は、最小フレーム番号から最大フレーム番号までを圧縮範囲Hとして設定する（S410）。図27に示す例では、フレーム番号「2000」～「4500」までが圧縮範囲Hとして設定される。

[0240] 図27では、蛍光信号P16からサイズスタンダードの目印JSが削除されたため、目印JS及び符号JS5が省略されている。

[0241] ちなみに、図27において、紙面下横軸において引き出し線とともに記載

されている「300」、「800」、「2000」、「4000」、「4020」、「5000」の数値は、フレーム番号である。

[0242] このように、圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードの目印JSが付与されている蛍光信号Pが検出されるフレーム範囲を圧縮範囲Hとして設定する。

[0243] その後、圧縮範囲設定部105は、圧縮範囲H（図27に示す例ではフレーム番号「2000」～「4500」）を圧縮率算出部106と圧縮部107に出力する（ステップS412）。

[0244] このように、圧縮範囲設定部105は、プライマに起因する蛍光信号Pが分析対象のDNAやサイズスタンダードよりも、早く検出されるという特徴を利用して圧縮範囲Hを設定する。さらに、圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pの特徴を利用して圧縮範囲Hを設定する。利用されるサイズスタンダードに起因する蛍光信号Pの特徴とは、前記したように以下の通りである。

（1）サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pの個数が既知。

（2）サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pは分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pより広い範囲に検出される。

（3）サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pはプライマに起因する蛍光信号Pよりも遅く検出される。

[0245] 第2-1実施形態では、上記（1）～（3）の特徴を利用することにより、プライマに起因する蛍光信号Pと、分析対象のDNAに起因する蛍光信号Pを分別し、圧縮範囲Hを設定することができる。前記した（3）の性質に基づいて、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pが検出される範囲が圧縮範囲Hと設定されることにより、プライマに起因する蛍光信号Pは圧縮範囲Hから除外される。

[0246] （圧縮率算出部106による作用）

第2-1実施形態において、圧縮率算出部106による作用は、第1-1実施形態と同様である。従って、第2-1実施形態における圧縮率算出部1

06による作用の図示及び説明を省略する。第2-1実施形態でも、圧縮率D27は、「0.091」と算出される。

[0247] (圧縮部107による作用)

次に、図18、図27及び図28を参照して、圧縮部107による作用を説明する。なお、以下の説明において、ステップ番号は図18で使用されているステップ番号である。

初めに、圧縮部107は色変換部104から蛍光信号データD25を取得する(S301)。続いて、圧縮部107106は圧縮範囲設定部105から圧縮範囲Hを取得する(S302)。ステップS301及びステップS303により、図27に示す蛍光信号データD25及び圧縮範囲Hが取得されたものとする。第2-1実施形態では、図27に示すようにフレーム番号「2000」～フレーム番号「4500」が圧縮範囲Hとして設定されている。

[0248] 続いて圧縮部107は圧縮率算出部106から圧縮率D27を取得する(S303)。前記したように、第2-1実施形態において、圧縮率D27は「0.091」である。そして、圧縮部107はステップS304で、処理対象となっているフレームが圧縮範囲Hに含まれるか否かを判定する。

[0249] 例えば、図27を参照すると、蛍光信号P22を構成するフレーム番号「4000」～「4020」は圧縮範囲Hに含まれる。従って、処理対象となるフレームが、フレーム番号「4000」～「4020」に含まれている場合、圧縮部107は、図16のステップS304で「Yes」を判定する。そして、圧縮部107は、図16のステップS305の処理に進む。そして、ステップS305で、圧縮部107は、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度に圧縮率D27を乗算する。例えば、フレーム番号「4000」～「4020」において、信号強度最大値D26に該当するフレームの蛍光信号強度は「360000」である。従って、圧縮部107が、このフレームの蛍光信号強度に圧縮率D27である「0.091」を乗算すると、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度は「360000×0.091

＝３２７６７」に圧縮される。

[0250] 一方で、蛍光信号Ｐ１５を構成するフレーム番号「３００」～「８００」は圧縮範囲Ｈに含まれない。従って、図１６のステップＳ３０４で「Ｎｏ」が判定され、圧縮部１０７は、図１６のステップＳ３０６に進む。そして、ステップＳ３０６で、圧縮部１０７は、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度が「３２７６７」より大きいかな否かを判定する。圧縮部１０７は、「３２７６７」より大きい蛍光信号強度を有するフレームについては、蛍光信号強度を「３２７６７」に切り下げる（Ｓ３０７）。前記したように、ステップＳ３０７で圧縮は行われない。また、圧縮部１０７は、「３２７６７」以下の蛍光信号強度を有するフレームについて、蛍光信号強度をそのままの値とする（Ｓ３０８）。圧縮部１０７は、圧縮範囲Ｈの範囲外となっている電気泳動像ＥＰ（蛍光信号データＤ２５）の各フレームについてステップＳ３０６～Ｓ３０８の処理を行う。

[0251] そして、ステップＳ３０５、ステップＳ３０７、ステップＳ３０８の処理が行われ、ステップＳ３１０において図２８に示す電気泳動像ＥＰ６（ＥＰ）が蛍光信号圧縮データＤ２８として出力される。なお、図２８において、破線Ｖ３は、図２７の信号強度最大値Ｄ２６に相当する値（蛍光信号Ｐ２２の蛍光信号強度）を示している。図２８の信号強度最大値Ｄ２６に相当する値が二次解析で使用可能な信号強度の最大値（本実施形態では、「３２６７６」）となるよう蛍光信号データＤ２５の圧縮が行われている。つまり、破線Ｖ３は、二次解析で使用可能な信号強度の最大値に相当する。また、図２８において、紙面下横軸に引き出し線とともに記載されている「２０００」、「４５００」の数値はフレーム番号である。

[0252] ステップＳ３０４～ステップＳ３０８の処理が蛍光信号データＤ２５を構成する各フレームについて行われる。これにより、図２８に示すような、蛍光信号圧縮データＤ２８に該当する電気泳動像ＥＰ２が生成される。なお、図２８において、破線Ｖ３は、図２７の信号強度最大値Ｄ２６に相当する値（圧縮された蛍光信号Ｐ６の蛍光信号強度）を示している。そして、図２１

に示すように、圧縮範囲Hでは、図20の信号強度最大値D26に相当する値が二次解析で使用可能な信号強度の最大値となるよう蛍光信号データD25の圧縮が行われている。本実施形態では、二次解析で使用可能な信号強度の最大値は、「32676」である。圧縮範囲Hの範囲外の領域について、圧縮部107は、ステップS306～S308の処理を行う。この結果、蛍光信号P15、P16に示す蛍光信号Pは、「32676」の値より上が欠除した形状となっている。

[0253] [効果]

第2-1実施形態によれば、第1-1実施形態の効果に加えて、サイズスタンダードの特徴が利用されている。これにより、サイズスタンダードが用いられている場合でも、圧縮率D27を最小化することで微小信号を維持しつつ、蛍光信号データD25を、二次解析ソフトウェアに入力できる値の範囲に圧縮することができる。

[0254] また、第2-1実施形態では、蛍光信号Pの色情報に基づいて、分析対象であるDNAに起因する蛍光信号Pと、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pとが区別して検出されている。このようにすることで、分析対象であるDNAに起因する蛍光信号Pと、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pの区別が容易に可能となる。

[0255] さらに、第2-1実施形態では、圧縮範囲設定部105が、サイズスタンダードの目印JSを付与されている蛍光信号Pの数が、使用されているサイズスタンダードの数を超過しているか否かを判定している。そして、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号データD25において、目印JSを付与された蛍光信号Pのうち、該当するフレーム番号の小さい方から、超過分だけ、蛍光信号Pに付与されている目印JSを削除する。サイズスタンダードの色と同じであるため、本来はプライマに起因する蛍光信号Pであるのに、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pであると誤検知される場合がある。このような場合でも、前記した処理が行われることで、誤検知を修正することができる。

[0256] <第2-2実施形態>

続いて、図25、図29及び図30を参照して本発明の第2-2実施形態を説明する。

図29及び図30は、電気泳動像EPの例を示す図である。

第2-1実施形態では、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pの特徴を利用している。これにより、プライマに起因する蛍光信号Pを含む電気泳動像EP（蛍光信号データD25）におけるデータ処理方法が説明されている。

[0257] これに対して、第2-2実施形態では、第2-1実施形態と同様、サイズスタンダードを構成する蛍光信号Pの特徴を利用している。しかしながら、第2-2実施形態では、プライマに起因する蛍光信号Pを含まない電気泳動像EP（蛍光信号データD25）における電気泳動データ処理方法を説明する。

[0258] 第2-2実施形態において、システム構成及び動作は第2-1実施形態と同様である。従って、第2-2実施形態におけるシステム構成及び動作の図示及び説明を省略する。

[0259] [作用]

第2-2実施形態において、図25のステップS402で描画された電気泳動像EPが図29に示す電気泳動像EP7（EP）であった場合について説明する。なお、図29では、分析対象サンプルD10の電気泳動像EP7が示されている。蛍光信号データD25には、分析対象のDNAに起因する蛍光信号P、及び、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pが含まれている。一方、蛍光信号データD25には、分析対象外のプライマに起因する蛍光信号Pが含まれていないものとする。なお、第2-2実施形態において、サイズスタンダードは4本の蛍光信号Pから構成されているものとする。そして、電気泳動像EP7において、サイズスタンダードに起因する蛍光信号Pの色は一点鎖線で表示されるものとする。

[0260] なお、図29において、紙面下横軸に引き出し線とともに記載されている

数値「2000」、「4000」、「4030」、「4500」は、フレーム番号を示している。

[0261] (圧縮範囲設定部105による作用)

図25及び図29を参照して、第2-2実施形態における圧縮範囲設定部105による作用を説明する。以下の記載において、ステップ番号は図25に示すステップ番号である。

初めに、圧縮範囲設定部105は色変換部104から蛍光信号データD25を取得する(S401)。圧縮範囲設定部105がステップS402で描画した電気泳動像EP7を図29に示す。図29に示すように電気泳動像EP7は7つの蛍光信号Pを含んでいる。そして圧縮範囲設定部105は、これらの蛍光信号Pのうち、フレーム番号「1」からサーチして、最初に検出される蛍光信号P24について処理を行う。この蛍光信号P24は、サイズスタンダードの色である。従って、ステップS403で「Yes」が判定され、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号P24にサイズスタンダードの目印JSを付与する(S405)。

[0262] 続いて、ステップS406で、圧縮範囲設定部105は、蛍光信号P24に対する処理により、すべての蛍光信号Pについて処理が完了したか否かを判定する。図29の電気泳動像EP7は、蛍光信号P24ですべてではない。従って、圧縮範囲設定部105は、ステップS406で「No」と判定する。そして、圧縮範囲設定部105は、次に検出される蛍光信号P25を選択し(S407)、ステップS403以降の処理を行う。

[0263] 図29を参照すると、蛍光信号P25はサイズスタンダードの色ではない。従って、圧縮範囲設定部105は、ステップS403で「No」を判定する。そして、圧縮範囲設定部105は、ステップS404で次に検出される蛍光信号P26を選択し(S404)、ステップS403以降の処理を行う。

[0264] そして、蛍光信号P26～P30に対して、前記した蛍光信号P24、P25と同様の処理が繰り返される。これにより、蛍光信号P25、P27、

P 2 9 にはサイズスタンダードの目印 J S は付与されない（第 1 の蛍光信号として検出される）。一方で蛍光信号 P 2 4, P 2 6, P 2 8, P 3 0 にはサイズスタンダードの目印 J S が付与される（第 2 の蛍光信号として検出される）。

[0265] その後、蛍光信号 P 3 0 に関する処理が完了すると、すべての蛍光信号 P についてステップ S 4 0 5 の処理が完了したため、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、ステップ S 4 0 6 で「Y e s」を判定する。

[0266] そして、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、サイズスタンダードの目印 J S を付与された蛍光信号 P に、フレーム番号の大きい方から番号を順に付与する（S 4 0 8）。これにより、図 2 9 に示すように、蛍光信号 P 3 0 には番号「1」（符号 J S 1）が付与される。同様に、蛍光信号 P 2 8 には番号「2」（符号 J S 2）が付与され、蛍光信号 P 2 6 には番号「3」（符号 J S 3）が付与され、蛍光信号 P 2 4 には番号「4」（符号 J S 4）が付与される。

[0267] 続いて、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、ステップ S 4 0 8 で付与された番号の最大値が、サイズスタンダードの規定の個数と同じであるか否かを判定する（S 4 0 9）。本実施形態のステップ S 4 0 8 で付与された番号の最大値は「4」である。一方、サイズスタンダードとして規定されている個数は 4 つである。従って、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、ステップ S 4 0 9 で「Y e s」を判定し、ステップ S 4 1 0 に進む。

[0268] そして、図 2 9 を参照すると、サイズスタンダードの目印 J S が付与された蛍光信号 P のうち、フレーム番号が 1 番小さい蛍光信号 P は、番号「4」（符号 J S 4）が付与された蛍光信号 P 2 4 である。また、サイズスタンダードの目印 S が付与された蛍光信号 P のうち、フレーム番号が 1 番大きい蛍光信号 P は、番号「1」（符号 J S 1）が付与された蛍光信号 P 3 0 である。従って、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、蛍光信号 P 2 4 の開始フレーム番号であるフレーム番号「2 0 0 0」を最小フレーム番号と称する。また、蛍光信号 P 3 0 の終了フレーム番号であるフレーム番号「4 5 0 0」は最大フレーム番号と称される。そして、圧縮範囲設定部 1 0 5 は、最小フレーム番号か

ら最大フレーム番号の範囲を圧縮範囲Hとして設定する（S410）。

[0269] このようにして、圧縮範囲設定部105は、サイズスタンダードの目印JSが付与されている蛍光信号Pが検出されるフレーム範囲を圧縮範囲Hとして設定する。

[0270] その後、圧縮範囲設定部105は、ステップS410で設定した圧縮範囲Hを出力する。第2-2実施形態において、圧縮範囲設定部105は、フレーム番号「2000」～フレーム番号「4500」を圧縮範囲Hとして圧縮率算出部106と圧縮部107に出力する。

[0271] （圧縮率算出部106による作用）

次に、図17及び図29を参照して、圧縮率算出部106による作用を説明する。以下の記載において、ステップ番号は図17に示すステップ番号である。

初めに、圧縮率算出部106は色変換部104から蛍光信号データD25を取得する（S201）。続いて、圧縮率算出部106は圧縮範囲設定部105から圧縮範囲Hを取得する（S202）。前記したように、第2-2実施形態ではフレーム番号「2000」～「5000」が圧縮範囲Hである。圧縮率算出部106は、ステップS203で圧縮範囲Hに含まれる蛍光信号データD25の信号強度最大値D26を取得する。図29に示すように、フレーム番号「1」～「5000」に含まれる蛍光信号データD25の信号強度最大値D26は「360000」である。

[0272] 続いて、圧縮率算出部106は、ステップS204で圧縮率D27を算出する。前記したように、信号強度最大値D26は「360000」であり、圧縮部107が出力する値の上限値は「32767」である。従って、圧縮率D27は、「 $32767 / 360000 = 0.091$ 」と算出される。

[0273] （圧縮部107による作用）

次に、図18、図29及び図30を参照して、圧縮部107による作用を説明する。以下の記載において、ステップ番号は図18に示すステップ番号である。

初めに、圧縮部107は色変換部104から蛍光信号データD25を取得する(S301)。続いて圧縮部107は圧縮範囲設定部105から圧縮範囲Hを取得する(S302)。前記したように、第2-2実施形態ではフレーム番号「2000」～「5000」が圧縮範囲Hである。続いて、圧縮部107は圧縮率算出部106から圧縮率D27を取得する(S303)。前記したように、第2-2実施形態では圧縮率D27として「0.091」が設定されている。

[0274] 圧縮部107は図18のステップS304で、処理対象となっているフレームが圧縮範囲Hに含まれるか否かを判定する。

図29を参照すると、蛍光信号P24～P30を構成するフレームはいずれも圧縮範囲Hに含まれる。従って、蛍光信号P24～P30を構成するフレームのいずれについても、圧縮部107は、ステップS304で「Yes」と判定する。そして、圧縮部107は、ステップS305に進み、処理対象となっているフレームの蛍光信号強度に圧縮率D27を乗算する(S305)。これにより信号強度最大値D26に該当するフレームの蛍光信号強度は「360000×0.091」により「32767」に圧縮される。

[0275] ステップS305の処理により、圧縮部107は、図30に示す電気泳動像EP8を蛍光信号圧縮データD28として生成する。そして、ステップS310で、圧縮部107は生成した蛍光信号圧縮データD28を出力する。なお、図30において、破線V4は、図29の信号強度最大値D26に相当する値(蛍光信号P29の蛍光信号強度)を示している。そして、図30に示すように、図29の信号強度最大値D26に相当する値が二次解析で使用可能な信号強度の最大値(本実施形態では、「32676」)となるよう蛍光信号データD25の圧縮が行われている。つまり、破線V4は、二次解析で使用可能な信号強度の最大値に相当する。

[0276] ちなみに、図30において、紙面下横軸に引き出し線とともに記載されている数値「2000」、「4500」はフレーム番号である。

[0277] このように、第2-2実施形態によれば、プライマに起因する蛍光信号P

を含まない電気泳動像EPについても第2-1実施形態と同様の処理によって圧縮処理を実施することができる。

[0278] [効果]

第2-2実施形態によれば、第2-1実施形態の効果に加えて、電気泳動においてプライマに起因する蛍光信号を含まない場合でも、圧縮率D27を最小化することができる。これにより、DNAに起因する蛍光信号Pのような微小信号を維持しつつ、蛍光信号データD25を、二次解析ソフトウェアに入力できる値の範囲に圧縮することができる。

[0279] 《二次解析画面300の例》

図31は、本実施形態で表示される二次解析画面300の例を示す図である。

図31に示す二次解析画面300は、二次解析が行われる際に二次解析ソフトウェアによって、二次解析ソフトウェアが実行されているコンピュータの出力装置に表示されるものである。なお、図31に示す二次解析画面300を出力する出力装置は、図5に示す出力装置155であってもよい、そうでなくてもよい。

図31に示すように、二次解析画面300には蛍光信号圧縮データD28の画像が表示されている。なお、図31では、図21に示す蛍光信号圧縮データD28の画像が表示されているが、図23、図28、図30に示す蛍光信号圧縮データD28の画像が表示されてもよい。ユーザは、二次解析画面300に表示されているDNAに由来する蛍光信号P25、P27、P29を参照して二次解析を行う。

[0280] このような二次解析画面300では、プライマに起因する蛍光信号P1～P3に対して微小な蛍光信号強度を有する、DNAに由来する蛍光信号P25、P27、P29が適切な大きさで表示されている。これにより、ユーザは適切な二次解析を行うことができる。

[0281] 本発明は前記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、前記した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために

詳細に説明したものであり、必ずしも説明したすべての構成を有するものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0282] 本実施形態では、蛍光信号データ D 2 5 のうち、圧縮範囲 H が圧縮され、圧縮範囲 H の範囲外の領域は圧縮されていない。しかしながら、これに限らず、蛍光信号データ D 2 5 が、一律に圧縮率 D 2 7 で圧縮されてもよい。

[0283] また、前記した各構成、機能、信号席差暗部 1 0 1 ～圧縮部 1 0 7、記憶装置 1 5 3 等は、それらの一部又はすべてを、例えば集積回路で設計すること等によりハードウェアで実現してもよい。また、図 5 に示すように、前記した各構成、機能等は、CPU 等のプロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、HD に格納すること以外に、メモリ 1 5 1 や、SSD 等の記録装置、又は、IC (Integrated Circuit) カードや、SD (Secure Digital) カード、DVD (Digital Versatile Disc) 等の記録媒体に格納することができる。

また、各実施形態において、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしもすべての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には、ほとんどすべての構成が相互に接続されていると考えてよい。

符号の説明

- [0284]
- | | |
|-------|----------------------|
| 1 | 電気泳動システム |
| 1 0 | 処理装置（電気泳動データ処理装置） |
| 2 0 | 電気泳動装置 |
| 3 0 | 外部メモリ |
| 1 0 1 | 信号積算部（ソフトウェアビニング処理部） |
| 1 0 2 | 蛍光校正部（蛍光信号データ生成部） |

- 1 0 3 擬似逆行列生成部（蛍光信号データ生成部）
- 1 0 4 色変換部（蛍光信号データ生成部）
- 1 0 5 圧縮範囲設定部
- 1 0 6 圧縮率算出部
- 1 0 7 圧縮部
- 1 5 5 出力装置
- 2 1 1 受光部
- 2 1 1 A 受光素子
- 2 1 2 水平レジスタ部
- 2 1 2 A 水平レジスタ
- 2 1 3 サミングゲート
- 3 0 0 二次解析画面
- B, B 1 ~ B N ピン
- C, C 1 ~ C L ソフトピン
- D 1 0 分析対象サンプル（プライマが混合されている）
- D 1 0 a 分析対象サンプル（プライマ、サイズスタンダードが混合されている）
- D 1 1 分析対象サンプル信号
- D 1 2 分析対象サンプル積算信号
- D 2 5 蛍光信号データ
- D 2 6 信号強度最大値（圧縮範囲に含まれる蛍光信号強度の最大値）
- D 2 7 圧縮率
- D 2 8 蛍光信号圧縮データ
- E P, E P 1 ~ E P 8 電気泳動像
- H 圧縮範囲
- J N 目印
- J S, J S 1 ~ J S 5 目印（第 2 の蛍光信号と判定された蛍光信号に対して付与される目印）

J Y, J N 目印

P 蛍光信号

P 1 ~ P 3 蛍光信号 (第 2 の蛍光信号)

P 4 ~ P 1 4 蛍光信号 (第 1 の蛍光信号)

P 1 5, P 1 6 蛍光信号

P 1 7, P 1 9, P 2 1, P 2 3, P 2 4, P 2 6, P 2 8, P 3 0 蛍
光信号 (第 2 の蛍光信号)

P 1 8, P 2 0, P 2 2, P 2 5, P 2 7, P 2 9 蛍光信号 (第 1 の蛍
光信号)

V 1 ~ V 4 破線 (二次解析で使用可能な信号強度の最大値に相当)

S 1 0 1 ~ S 1 1 2 圧縮範囲設定処理 (圧縮範囲設定ステップ)

S 2 0 1 ~ S 2 0 5 圧縮率算出処理 (圧縮率算出ステップ)

S 3 0 1 ~ S 3 1 0 圧縮処理 (圧縮ステップ)

S 4 0 1 ~ S 4 1 2 圧縮範囲設定処理 (圧縮範囲設定ステップ)

請求の範囲

[請求項1]

電気泳動装置と、

前記電気泳動装置から、ハードウェアビニングが施された分析対象サンプルに関する信号である分析対象サンプル信号と、ハードウェアビニングが施されたマトリクススタンダードに関する信号であるマトリクススタンダード信号を取得し、前記分析対象サンプル信号及び前記マトリクススタンダード信号に対し、ソフトウェアビニングを行うソフトウェアビニング処理部と、

前記ソフトウェアビニングが行われた前記分析対象サンプル信号、及び、前記ソフトウェアビニングが行われた前記マトリクススタンダード信号を基に、フレーム毎における蛍光信号強度に関するデータである蛍光信号データを生成する蛍光信号データ生成部と、

前記蛍光信号データに含まれる蛍光信号について、分析対象に起因する第1の蛍光信号と、分析対象以外に起因する第2の蛍光信号とを区別して検出し、当該検出の結果に基づいて前記蛍光信号データのフレームに対して圧縮範囲を設定する圧縮範囲設定部と、

前記圧縮範囲に含まれる前記蛍光信号強度の最大値と、二次解析で使用可能な信号強度の最大値とを基に、圧縮率を算出する圧縮率算出部と、

前記圧縮率を基に、前記蛍光信号データを圧縮することで、蛍光信号圧縮データを生成し、生成した前記蛍光信号圧縮データを出力する圧縮部と、

を有することを特徴とする電気泳動システム。

[請求項2]

前記第2の蛍光信号は、プライマに起因する蛍光信号であり、

前記圧縮範囲設定部は、

前記第2の蛍光信号が検出されているフレームより後のフレームから前記圧縮範囲を設定する

ことを特徴とする請求項1に記載の電気泳動システム。

- [請求項3] 前記圧縮範囲設定部は、
前記蛍光信号データに含まれる蛍光信号について、前記蛍光信号の幅、面積、前記蛍光信号を含む最後の前記フレームのうち、少なくとも1つを基に、前記プライマに起因する前記第2の蛍光信号と、前記第1の蛍光信号とを区別して検出する
ことを特徴とする請求項2に記載の電気泳動システム。
- [請求項4] 前記圧縮範囲設定部は、
サイズスタンダードに起因する蛍光信号を前記第2の蛍光信号として検出し、
前記第2の蛍光信号が検出されるフレーム範囲を前記圧縮範囲として設定する
ことを特徴とする請求項1に記載の電気泳動システム。
- [請求項5] 前記圧縮範囲設定部は、
前記蛍光信号の色情報に基づいて、前記第1の蛍光信号と、前記第2の蛍光信号とを区別して検出する
ことを特徴とする請求項4に記載の電気泳動システム。
- [請求項6] 前記圧縮範囲設定部は、
前記第2の蛍光信号と判定された前記蛍光信号に対して、目印を付与し、
前記目印を付与されている前記蛍光信号の数が、使用されている前記サイズスタンダードの数を超過している場合、前記蛍光信号データにおいて、前記目印を付与された前記蛍光信号のうち、該当するフレーム番号の小さい方から、超過分だけ、前記蛍光信号に付与されている前記目印を削除し、
前記目印が付与されている前記蛍光信号が検出されるフレーム範囲を前記圧縮範囲として設定する
ことを特徴とする請求項5に記載の電気泳動システム。
- [請求項7] 前記圧縮部は、

前記蛍光信号圧縮データに加えて、前記分析対象サンプル信号、及び、前記圧縮率を出力する

ことを特徴とする請求項1に記載の電気泳動システム。

[請求項8]

電気泳動装置から、ハードウェアビニングが施された分析対象サンプルに関する信号である分析対象サンプル信号と、ハードウェアビニングが施されたマトリクススタンダードに関する信号であるマトリクススタンダード信号を取得し、前記分析対象サンプル信号及び前記マトリクススタンダード信号に対し、ソフトウェアビニングを行うソフトウェアビニング処理部と、

前記ソフトウェアビニングが行われた前記分析対象サンプル信号、及び、前記ソフトウェアビニングが行われた前記マトリクススタンダード信号を基に、フレーム毎における蛍光信号強度に関するデータである蛍光信号データを生成する蛍光信号データ生成部と、

前記蛍光信号データに含まれる蛍光信号について、分析対象に起因する第1の蛍光信号と、分析対象以外に起因する第2の蛍光信号とを区別して検出し、当該検出の結果に基づいて前記蛍光信号データのフレームに対して圧縮範囲を設定する圧縮範囲設定部と、

前記圧縮範囲に含まれる前記蛍光信号強度の最大値と、二次解析で使用可能な信号強度の最大値とを基に、圧縮率を算出する圧縮率算出部と、

前記圧縮率を基に、前記蛍光信号データを圧縮することで、蛍光信号圧縮データを生成し、生成した前記蛍光信号圧縮データを出力する圧縮部と、

を有することを特徴とする電気泳動データ処理装置。

[請求項9]

電気泳動装置から、ハードウェアビニングが施された分析対象サンプルに関する信号である分析対象サンプル信号と、ハードウェアビニングが施されたマトリクススタンダードに関する信号であるマトリクススタンダード信号を取得し、前記分析対象サンプル信号及び前記マ

トリクススタンダード信号に対し、ソフトウェアビニングが行われた前記分析対象サンプル信号、及び、前記ソフトウェアビニングが行われた前記マトリクススタンダード信号を基に、フレーム毎における蛍光信号強度に関するデータである蛍光信号データを生成する電気泳動システムが、

前記蛍光信号データに含まれる蛍光信号について、分析対象に起因する第1の蛍光信号と、分析対象以外に起因する第2の蛍光信号とを区別して検出し、当該検出の結果に基づいて前記蛍光信号データのフレームに対して圧縮範囲を設定する圧縮範囲設定ステップと、

前記圧縮範囲に含まれる前記蛍光信号強度の最大値と、二次解析で使用可能な信号強度の最大値とを基に、圧縮率を算出する圧縮率算出ステップと、

前記圧縮率を基に、前記蛍光信号データを圧縮することで、蛍光信号圧縮データを生成し、生成した前記蛍光信号圧縮データを出力する圧縮ステップと、

を実行することを特徴とする電気泳動データ処理方法。