

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年2月20日(20.02.2014)



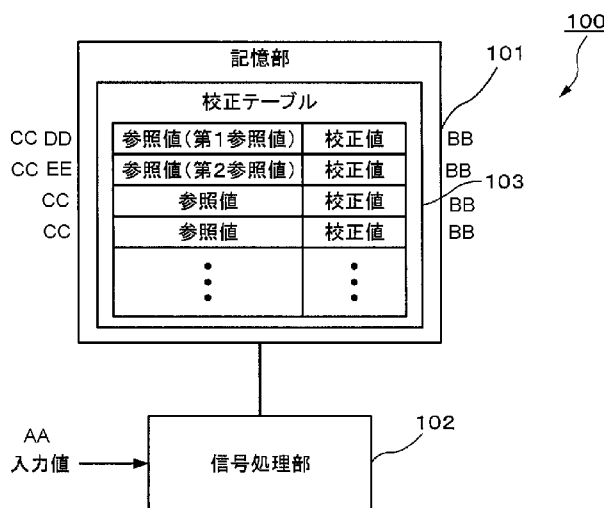
(10) 国際公開番号
WO 2014/027574 A1

- (51) 国際特許分類:
H03M 1/10 (2006.01) *H04B 10/07* (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/070883
- (22) 国際出願日: 2013年8月1日(01.08.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-180414 2012年8月16日(16.08.2012) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 野村 林太郎(NOMURA Rintaro); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 棚井 澄雄, 外(TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: CORRECTION DEVICE AND CORRECTION METHOD FOR LIGHT RECEPTION POWER MONITOR

(54) 発明の名称: 受光パワーモニタの校正装置及び校正方法



- 101 Storage unit
102 Signal-processing unit
103 Correction table
AA Input value
BB Correction value
CC Reference value
DD First reference value
EE Second reference value

(57) Abstract: The objective of the present invention is to quickly and precisely correct the measured value for light reception power to the actual value with few resources, by installing a correction device for a light reception power monitor for signal light in an optical module. The correction device is equipped with a correction table which is referenced when correcting the measured value for the light reception power of signal light, and in this correction table multiple correction values are stored in advance on the basis of the correspondence relationships between multiple reference values and multiple actual values. In the correction table, for segments wherein the change in the actual values with respect to the change in the measured values is small, the interval between the reference values is made smaller and more correction values are stored than for segments wherein the change in the actual values with respect to the change in the measured values is large. When an input value indicating the measured value for the light reception power of the signal light matches a reference value in the correction table, the correction device reads from the correction table the correction value corresponding to the reference value. When an input value does not match a reference value in the correction table, the correction device calculates a correction value in accordance with a prescribed calculation formula on the basis of the input value.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

光モジュールにおいて信号光の受光パワーモニタの校正装置を実装して、受光パワーの測定値を少ないリソースで現実値に高精度かつ高速に校正する。校正装置には信号光の受光パワーの測定値を校正するときに参照されて複数の参照値と複数の現実値との相関関係に基づいて予め複数の校正値を格納した校正テーブルを具備する。校正テーブルでは、参照値の変化に対して現実値の変化が小さい区間では、参照値の変化に対して現実値の変化が大きい区間に比べて、複数の参照値の間隔を小さくして複数の校正値を格納する。信号光の受光パワーの測定値を示す入力値が校正テーブルの参照値と一致する場合、校正装置は参照値に対応付けられている校正値を校正テーブルから読み出す。一方、入力値が校正テーブルの参照値と一致しない場合、校正装置は入力値に基づいて所定の演算式に従って校正値を算出する。

明 細 書

発明の名称： 受光パワーモニタの校正装置及び校正方法

技術分野

[0001] 本発明は、APD (Avalanche Photodiode) を用いた光受信機能を有する光モジュールにおいて受光パワーモニタの測定値を校正する装置及び校正方法に関する。

本願は、2012年8月16日に日本国に出願された特願2012-180414号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、光モジュールの受光パワーモニタに関する技術が開発されており、種々の文献に開示されている。特許文献1は、受光素子の受光感度が経年劣化しても測定光の光パワーを正確に測定するため、補正係数を用いて受光感度を補正する光パワーメータを開示している。特許文献2は、受光パワーモニタ値に基づいて光送受信モジュールの光出力信号を制御するようにした光LANシステムを開示している。特許文献3は、暗電流や電気回路の漏れ電流によるオフセットを補正することにより精度向上した受光パワーモニタ回路を開示している。特許文献4は、干渉計を用いて位置、長さ、距離または光学長の変化を測定するに際して電子アバランシェ・フォトダイオード (APD) により複数の測定間のデータ・エイジの相違や不確かさを補償する技術を開示している。

[0003] SFF委員会 (Small Form Factor Committee) は光トランシーバの診断監視インタフェースに関するSFF-8472規格 (非特許文献1参照) を制定しており、当該規格により光モジュールにおける受光パワーモニタの測定値を校正する場合、MPU (Microprocessing Unit) が線形補間や4次補間などの演算式に測定値を入力して校正值を算出している。SFF-8472規格では受光パワーモニタの測定値に基づいて4次補間の演算式を実行して受光パワーの現実値 (

以下、校正値と呼ぶ)を算出している。

$$\text{現実値} = A \times \text{ADC 値}^4 + B \times \text{ADC 値}^3 + C \times \text{ADC 値}^2 + D \times \text{ADC 値} + E$$

[0004] 上記の演算式において、「ADC 値」は受信光をフォトダイオードで電気信号に変換したアナログ値をA/D変換器でデジタル値に変換した測定値を示している。また、A、B、C、D、及びEは校正のための定数である。

[0005] 一般的に、光モジュールは小型、低消費電力化、低コスト化を図るため、安価で低速なMPUを実装することが望ましい。しかし、当該MPUにより短時間で4次補間のような高負荷処理を実行して受光パワーモニタの測定値に基づいて現実値を算出することは困難であった。

[0006] 4次補間演算によらず、安価で低速なMPUによって受光パワーモニタの測定値を校正する場合、測定値と現実値との関係を記憶したテーブルを予め作成しておくことにより、当該MPUがテーブルを参照することで測定値に対応する現実値を取得することができる。

[0007] 特許文献3及び特許文献4には上記の従来技術が記載されている。特許文献3には受光パワーモニタの構成例が開示されており、特許文献4にはAPD特性についてルックアップテーブルを参照して補償する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0008] 特許文献1：特開2005-249473号公報
特許文献2：特開2009-033568号公報
特許文献3：特開2010-212900号公報
特許文献4：特表2009-517693号公報

非特許文献

- [0009] 非特許文献1：SFF委員会、URL「[ftp://ftp.seagate.com/sff/SFF-8472.PDF](http://ftp.seagate.com/sff/SFF-8472.PDF)」、「SFF-8472 Rev 11.3」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかし、受光パワーモニタの測定値の範囲が広い場合、測定値に対応する現実値（即ち、校正値）の数が増大し、測定値と現実値との関係を記述したテーブルのサイズが増大し、メモリ使用量が増大してしまう。

[0011] 本発明は上述の事情を考慮してなされたものであり、光モジュールにおいて受光パワーモニタの測定値の校正用テーブルのサイズを低減し、かつ、測定値に対する校正値を精度よく求めることができる受光パワーモニタの校正装置及び校正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

[0012] 本発明は、光モジュールの受光パワーモニタの校正装置に関するものであり、当該校正装置は信号光の受光パワーの測定値を校正するときに参照されて複数の参照値と複数の現実値との相関関係に基づいて予め複数の校正値を記憶した校正テーブルを格納する記憶部と、信号光の受光パワーの測定値を示す入力値が校正テーブルの参照値と一致する場合には当該参照値に対応付けられている校正値を校正テーブルから読み出し、入力値が校正テーブルの参照値と一致しない場合には入力値に基づいて所定の演算式に従って校正値を算出する信号処理部とを具備する。また、校正テーブルは、参照値の変化に対して現実値の変化が小さい区間では、参照値の変化に対して現実値の変化が大きい区間に比べて、複数の参照値の間隔を小さくして複数の校正値を記憶する。

[0013] 本発明は光モジュールの受光パワーモニタの校正方法に関するものであり、当該校正方法は、信号光の受光パワーの測定値を校正するときに参照されて複数の参照値と複数の現実値との相関関係に基づいて予め複数の校正値を記憶した校正テーブルにおいて、参照値の変化に対して現実値の変化が小さい区間では、参照値の変化に対して現実値の変化が大きい区間に比べて、複数の参照値の間隔を小さくして複数の校正値を記憶し、信号光の受光パワーの測定値を示す入力値が校正テーブルの参照値と一致する場合には当該参照

値に対応付けられている校正値を校正テーブルから読み出し、入力値が前記校正テーブルの参照値と一致しない場合には入力値に基づいて所定の演算式に従って校正値を算出する。

[0014] 本発明は、光モジュールの受光パワーモニタの校正方法を実装したプログラムに関する。

発明の効果

[0015] 本発明に係る校正装置及び校正方法では、複数の参照値と複数の校正値に対応付けて記憶する校正テーブルにおいて参照値の数を信号光の受光パワーの測定値を示すデジタルの入力値のビット数で表現される数よりも少なくしており、校正テーブルの記憶容量を少なくすることができる。また、入力値が属する参照値の範囲毎に設定された非線形演算式を活用することにより、校正テーブルに記憶された参照値と一致しない入力値についても校正値を算出することができる。更に、参照値の変化に対して現実値の変化が小さい区間では、参照値の変化に対して現実値の変化が大きい区間に比べて、複数の参照値の間隔を小さくして複数の校正値を校正テーブルに記憶している。これは、参照値の変化率が大きい直線補間に比べて参照値の変化率が小さい高次曲線補間において細かく校正値を設定することとなり、高精度で入力値に対応する校正値を算出することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の実施例1に係る光モジュールのブロック図である。

[図2]光モジュールにおけるAPDの受光パワーと出力電流との相関関係を示した特性図である。

[図3]光モジュールにおけるADC測定値と受光パワーの現実値との相関関係を示した特性図である。

[図4]光モジュールのメモリに格納された校正テーブルの記憶内容を示す一覧表である。

[図5]光モジュールのMPUにより実行される校正処理を示すフローチャートである。

[図6]光モジュールのMPUにより実行される線形補間を説明する特性図である。

[図7]本発明の実施例2に係る光モジュールのブロック図である。

[図8]光モジュールのメモリに格納された校正テーブルの記憶内容を示す一覧表である。

[図9]光モジュールのメモリに格納された演算情報テーブルの記憶内容を示す一覧表である。

[図10]光モジュールのMPUにより実行される校正処理を示すフローチャートである。

[図11]演算情報テーブルによる非線形補間関数を説明するための特性図である。

[図12]本発明の実施例3に係る光モジュールのメモリに格納された校正テーブルの記憶内容を示す一覧表である。

[図13]本発明の実施例3に係る光モジュールのメモリに格納された演算情報テーブルの記憶内容を示す一覧表である。

[図14]演算情報テーブルによる非線形補間関数を説明するための特性図である。

[図15]上述の実施例の基本構成に係るデータ校正装置のブロック図である。

発明を実施するための形態

[0017] 本発明に係る光モジュールにおける受光パワーモニタの校正装置及び方法について実施例とともに添付図面を参照して詳細に説明する。

実施例 1

[0018] 図1は、本発明の実施例1に係る光モジュール10のブロック図である。

光モジュール10は、APD (Avalanche Photodiode) 1、TIA (Transimpedance Amplifier) 2、LIM (Limiting Amplifier) 3、ADP駆動電源4、カレントミラー回路5、電流電圧変換回路6、A/D変換器7、MPU8、及びメモリ9を具備している。メモリ9は校正テーブル91を保持している

。光モジュール10は、APD1で受信した信号光を主信号出力に変換する光受信機能と、APD1の受光パワーを測定する受光パワーモニタ機能とを具備している。

[0019] 受光素子としてのAPD1は、受信した信号光に応じた電流 I_{apd} を出力する。前置増幅器としてのTIA2は、APD1で発生した電流 I_{apd} を帰還抵抗Rの抵抗値に比例する利得で増幅して電圧信号に変換する。後置増幅器としてのLIM3は、TIA2の出力信号を所定の振幅まで増幅して主信号出力を生成する。

[0020] カレントミラー回路5はAPD駆動回路4を定電圧原として作動し、APD1を駆動するとともに、APD1で発生する電流 I_{apd} に比例した電流 I_{cm} を生成して電流電圧変換回路6へ出力する。電流電圧変換回路6は、電流 I_{cm} を電圧信号に変換してA/D変換器7へ出力する。

[0021] A/D変換器7は、電流電圧変換回路6の電圧信号をデジタル値に変換してMPU8へ出力する。MPU8は、A/D変換器7のデジタル値（以下、ADC測定値 a_d と称する）を信号光の受光パワーの現実値に対応して校正する校正処理を実行する。校正処理は、APD1の入力信号光の受光パワーの現実値とADC測定値 a_d との誤差を修正するものである。図2は、受光パワーの現実値とADC測定値 a_d との相関関係を示しており、両者の間に予め設定された非線形の相関関係が成立する。MPU8が実行する校正処理では、図2に示す相関関係に基づき予め設定されたテーブル及び演算情報を用いてADC測定値 a_d に対応する校正值を算出する。

[0022] 図2及び図3を参照して、MPU8が実行する校正処理の概要について説明する。図2は、APD1の受光パワーとAPD1の出力電流 I_{apd} との関係を示した特性図であり、横軸はAPD1の受光パワーを示し、縦軸はAPD1の出力電流 I_{apd} を示す。一般に、APD1の受光パワーと出力電流 I_{apd} との間には図2に示す非線形の相関関係が成立する。また、図2の相関関係にはAPD1の暗電流の影響も含まれる。

[0023] 図3は、ADC測定値 a_d と現実値との関係を示す特性図であり、横軸は

A D C測定値 a_d を示し、縦軸は現実値を示す。図3の特性図では、A D C測定値 a_d と現実値との間に4次補間の関係が成立している。

$$\text{現実値} = A \times (\text{A D C測定値 } a_d)^4 + B \times (\text{A D C測定値 } a_d)^3 + C \times (\text{A D C測定値})^2 + D \times (\text{A D C測定値 } a_d) + E$$

[0024] A D C測定値 a_d と現実値との間に図3に示す相関関係がある場合、A D C測定値 a_d の変化に対して現実値の変化が小さい区間では、A D C測定値 a_d の変化に対して現実値の変化が大きい区間に比べて分解能を高くする必要がある。M P U 8は、A D C測定値 a_d と現実値との相関関係に応じた校正テーブル91を参照してA D C測定値 a_d の校正值を得ているため、処理負荷を軽減するとともに、校正処理の精度を向上することができる。また、4次補間は必ず変極点をもつため、単調増加とならない。図3に示すように、単調増加する線形補間を4次補間に組み合わせることにより変極点を通過しないようにして、予期せぬ誤動作を避けることができる。

[0025] 校正テーブル91は、複数のA D C測定値 a_d と複数のA P D 1の受光パワーの現実値（即ち、校正值）との対応関係を記憶したテーブルである。校正テーブル91はルックアップテーブルとして機能する。M P U 8は、校正テーブル91に規定されているA C D測定値の参照点（以下、A D C測定値 M_k と称す）を参照して、A / D変換器7のA D C測定値 a_d に一致するA D C測定値 M_k を検索する。尚、A D C測定値 M_k の「 k 」は校正テーブル91内の要素番号を示す。M P U 8は、A / D変換器7のA D C測定値 a_d と一致するA D C測定値 M_k を校正テーブル91から検索して、当該A D C測定値 M_k と対応付けられている校正值 G_k を受光パワーの現実値として取得する。M P U 8は、A / D変換器7のA D C測定値 a_d と一致するA D C測定値 M_k が見つかった場合、当該A D C測定値 M_k に対応する校正值 G_k を校正テーブル91から読み出すことで、A D C測定値 a_d に相当する校正值を得ることができる。

[0026] 本実施例では、光モジュール10のメモリ容量を節約するため、校正テーブル91に記憶されるA D C測定値 M_k の数をA / D変換器7のA D C測定値

a d のビット数で表現される数よりも少なくしている。つまり、校正テーブル 9 1 には A D C 測定値 a d の個数より少ない個数の A D C 測定値 M_k が記憶されている。このため、M P U 8 が校正テーブル 9 1 を検索した場合、A D C 測定値 a d と A D C 測定値 M_k とが一致しないことが発生する。このとき、M P U 8 は線形演算式に従った補間演算を実行することで、A D C 測定値 a d に対応する校正值を算出している。

[0027] 次に、図 4 を参照して校正テーブル 9 1 について説明する。図 4 に示す校正テーブル 9 1 は、12 ビットの分解能を有する A / D 変換器 7 が入力電圧を「0」から「4095」までの範囲で A D C 測定値 a d に変換するものである場合に適合して作成されている。

[0028] 図 4 の校正テーブル 9 1 では小入力時の受光パワーを精度よく校正するために 64 個の A D C 測定値 M_k の間隔を均等ではなく、不等間隔で設定している。即ち、4 種類の異なる間隔を用いて A D C 測定値 M_k 間の間隔を設定している。ここで、校正テーブル 9 1 は 4 種類の異なる間隔に対応する領域 1 から領域 4 までの 4 個の領域を有している。また、領域 1、2、3、4 の A D C 測定値 M_k には校正值 G_{k1} 、 G_{k2} 、 G_{k3} 、 G_{k4} が対応付けられている。尚、校正值 G_{k1} 、 G_{k2} 、 G_{k3} 、 G_{k4} を校正值 G_{kx} ($x = 1, 2, 3, 4$) と総称する。この場合、領域 1 では A D C 測定値 M_k の間隔が「1」、領域 2 では A D C 測定値 M_k の間隔が「4」、領域 3 では A D C 測定値 M_k の間隔が「16」、領域 4 では A D C 測定値 M_k の間隔が「240」に設定されている。また、領域 1 の要素番号は「1」から「16」、領域 2 の要素番号は「17」から「32」、領域 3 の要素番号は「33」から「48」、領域 4 の要素番号は「49」から「64」までである。

[0029] 領域 1 では、要素番号 k ($k = 1 \sim 16$) に対応する A D C 測定値 M_k と校正值 G_{k1} とが対応付けられている。即ち、領域 1 では A D C 測定値 $M_k = k1$ であり、 $k1 = k$ である。換言すると、領域 1 では A D C 測定値 M_k の間隔が「1」であって、A D C 測定値 $M_k = k1$ となるように決められている。つまり、 $k = 1 \sim 16$ の A D C 測定値 M_k は「1」から「16」の整数であり、相

互の間隔が「1」である。また、領域1ではADC測定値 M_k に校正值 G_{k1} が対応付けられている。校正テーブル91の校正值 G_{k1} はADC測定値 $M_k = 「1」 \sim 「16」$ に対応している。

[0030] 領域2では、要素番号 k ($k = 17 \sim 32$)に対応するADC測定値 M_k と校正值 G_{k2} とが対応付けられている。即ち、領域2ではADC測定値 $M_k = k2$ であり、 $k2 = 4 \times (k - 16) + 16$ である。換言すると、領域2ではADC測定値 M_k の間隔が「4」であって、ADC測定値 $M_k = k2$ となるように決められている。つまり、 $k = 17 \sim 32$ のADC測定値 M_k は「20」、「24」、「28」、「32」、「36」、「40」、「44」、「48」、「52」、「56」、「60」、「64」、「68」、「72」、「76」、「80」の整数であり、相互の間隔が「4」である。また、領域2ではADC測定値 M_k に校正值 G_{k2} が対応付けられている。校正テーブル91の校正值 G_{k2} はADC測定値 $M_k = 20, 24, \dots, 76, 80$ に対応している。

[0031] 領域3では、要素番号 k ($k = 33 \sim 48$)に対応するADC測定値 M_k と校正值 G_{k3} とが対応付けられている。即ち、領域3ではADC測定値 $M_k = k3$ であり、 $k3 = 16 \times (k - 32) + 80$ である。換言すると、領域3ではADC測定値 M_k の間隔が「16」であって、ADC測定値 $M_k = k3$ となるように決められている。つまり、 $k = 33 \sim 48$ のADC測定値 M_k は「96」、「112」、「128」、「144」、「160」、「176」、「192」、「208」、「224」、「240」、「256」、「272」、「288」、「304」、「320」、「336」の整数であり、相互の間隔が「16」である。また、領域3ではADC測定値 M_k に校正值 G_{k3} が対応付けられている。校正テーブル91の校正值 G_{k3} はADC測定値 $M_k = 96, 112, \dots, 320, 336$ に対応している。

[0032] 領域4では、要素番号 k ($k = 49 \sim 64$)に対応するADC測定値 M_k と校正值 G_{k4} とが対応付けられている。即ち、領域4ではADC測定値 $M_k = k4$ であり、 $k4 = 240 \times (k - 48) + 336$ である。換言すると、領域

4ではADC測定値 M_k の間隔が「240」であって、ADC測定値 $M_k = k$ 4となるように決められている。つまり、 $k = 49 \sim 64$ のADC測定値 M_k は「576」、「816」、「1056」、「1296」、「1536」、「1776」、「2016」、「2256」、「2496」、「2736」、「2976」、「3216」、「3456」、「3696」、「3936」、「4176」の整数であり、相互の間隔が「240」である。また、領域4ではADC測定値 M_k に校正值 G_{k4} が対応付けられている。校正テーブル91の校正值 G_{k4} はADC測定値 $M_k = 576, 816, \dots, 3936, 4176$ に対応している。

[0033] 校正テーブル91では、図3に示したADC測定値 a_d と現在値との相関関係において、ADC測定値 a_d の変化に対して現在値の変化が小さい区間（図3においてADC測定値 a_d が小さく、現在値も小さい区間）では、ADC測定値 a_d の変化に対して現在値の変化が大きい区間（図3においてADC測定値 a_d が大きく、現在値も大きい区間）に比べてADC測定値 M_k の間隔が小さくなるようにADC測定値 M_k が決められている。

[0034] 通常、光モジュール10における受光パワーモニタ機能には約20dB～30dBの受光範囲が要求される。そのため、A/D変換器7の分解能は10ビット以上とするのが一般的である。ADC測定値 M_k とAPD1の受光パワーの校正值（即ち、現在値）とを1対1に対応させたとなると、校正テーブル91には10ビット以上で表される個数の校正值を含む必要があり、大きなメモリ容量が必要となる。これに対して、本実施例ではメモリ容量を節約するため、校正テーブル91に規定される参照値と校正值との組合せの数（即ち、要素番号 k ）を減らしており、減らした分に相当する校正值を予め決められた線形演算を用いて算出している。ADC測定値 M_k と1対1に対応させるためには4096個の校正值が必要であるところ、図4に示す校正テーブル91では校正值の数を64個（ $k = 64$ ）まで減らしている。

[0035] 次に、図5を参照してMPU8の校正処理（即ち、MPU8がA/D変換器7からADC測定値 a_d を入力して校正值 G_{kx} を算出する処理）につい

て説明する。

(ステップS101)

MPU8は、A/D変換器7からADC測定値 a_d を入力する。

(ステップS102)

MPU8は、校正テーブル91を参照してADC測定値 a_d が校正テーブル91内の64個のADC測定値 M_k のいずれかに一致しているか否かを判定する。

[0036] (ステップS103)

ステップS102でADC測定値 a_d が校正テーブル91内の64個のADC測定値 M_k のいずれかに一致していると判定した場合（即ち、ステップS102の判定結果が「YES」の場合）、MPU8は当該ADC測定値 M_k と同一の要素番号 k が割り付けられている校正值 G_{kx} を校正テーブル91から取得する。

(ステップS104)

ステップS103において、MPU8は校正值 G_{k1} 、 G_{k2} 、 G_{k3} 、 G_{k4} を校正テーブル91から取得しており、そのうちの1つをADC測定値 a_d の校正值としてメモリ9内の所定領域に格納する。

[0037] 例えば、MPU8がA/D変換器7から入力したADC測定値 a_d が「1」である場合、ADC測定値 a_d と一致するADC測定値 M_1 が校正テーブル91に規定されているため、MPU8はADC測定値 M_1 と対応付けられている「校正值 G_{k1} 」を校正テーブル91から取得する。また、MPU8がA/D変換器7から入力したADC測定値 a_d が「128」である場合、ADC測定値 a_d と一致するADC測定値 M_{35} が校正テーブル91に規定されているため、MPU8はADC測定値 M_{35} と対応付けられている「校正值 G_{128} 」を校正テーブル91から取得する。更に、MPU8がA/D変換器7から入力したADC測定値 a_d が「816」である場合、ADC測定値 a_d と一致するADC測定値 M_{50} が校正テーブル91に規定されているため、MPU8はADC測定値 M_{50} と対応付けられている「校正值 G_{816} 」を校正テーブル9

1 から取得する。

[0038] (ステップS 1 0 5)

一方、ステップS 1 0 2においてADC測定値 a_d が校正テーブル9 1 内の6 4 個のADC測定値 M_k のいずれにも一致していないと判定した場合（即ち、ステップS 1 0 2の判定結果が「NO」の場合）、MPU 8は線形補間によりADC測定値 a_d の校正值を算出する。具体的には、MPU 8はA/D変換器7から入力したADC測定値 a_d とADC測定値 M_k とを比較するとともに、ADC測定値 a_d に相当する要素番号 k を判定する。例えば、MPU 8はADC測定値 a_d に相当するADC測定値 M_k からADC測定値 M_{k+1} 未満の範囲を決定するとともに、ADC測定値 M_k とADC測定値 M_{k+1} とに基づき線形補間を実行する。図6は、MPU 8が実行する線形補間の概要を示す。

[0039] 例えば、MPU 8がA/D変換器7から入力したADC測定値 a_d が「8 1」である場合、当該ADC測定値 a_d と一致するADC測定値 M_k は校正テーブル9 1 に規定されていない。このため、MPU 8はADC測定値 $a_d = 「8 1」$ に対応する要素番号 k を判定する。ADC測定値 $a_d = 「8 1」$ はADC測定値 $M_{32} = 「8 0」$ からADC測定値 $M_{33} = 「9 6」$ 未満の範囲に含まれる。従って、MPU 8はADC測定値 $M_{32} = 「8 0」$ とADC測定値 $M_{33} = 「9 6」$ とに基づいてADC測定値 $a_d = 「8 1」$ の校正值を算出する。尚、線形補間は公知であるため詳細な説明を省略する。

[0040] (ステップS 1 0 6)

MPU 8は、ステップS 1 0 5で求めた校正值 G をメモリ9の所定領域に格納する。

実施例 2

[0041] 次に、本発明の実施例2について詳細に説明する。図7は、本発明の実施例2に係る光モジュール1 0 aのブロック図である。実施例2に係る光モジュール1 0 aの基本的構成は実施例1に係る光モジュール1 0 と同一であるため、構成要素には同一符号を付してその説明を省略する。光モジュール1

0と異なり、光モジュール10aのメモリ9には2種類のテーブル、即ち、校正テーブル91aと演算情報テーブル92aが格納されている。

[0042] 図8は校正テーブル91aの記憶内容を示す一覧表である。図8の校正テーブル91aは、A/D変換器7が12ビットの分解能を有しており、入力電圧を「0」から「4095」までの範囲でADC測定値adに変換する場合について作成されている。校正テーブル91aは、複数のADC測定値 M_k と複数のAPD1の受光パワーの現実値（即ち、校正值 G_k ）とを対応付けて記憶したテーブルである。校正テーブル91aはルックアップテーブルとして機能する。また、ADC測定値 $M_k = 64 \times (k - 1) + 1$ である。つまり、校正テーブル91aではADC測定値 M_k の間隔が「64」であって、 $k = 1 \sim 16$ のADC測定値 M_k は「1」、「65」、「129」、…、「 $64 \times (k - 1) + 1$ 」、…、「3869」、「4033」の整数である。校正テーブル91aにおいてADC測定値 M_k には校正值 G_k が対応付けられている。つまり、校正テーブル91aに規定されている校正值 G_k はADC測定値 $M_k = 「1」、 「65」、 「129」、 …、 「64 \times (k - 1) + 1」、 …、 「3869」、 「4033」$ に対応する。

[0043] 図8の校正テーブル91aでは、複数のADC測定値 M_k の間隔を「64」に設定している。つまり、要素番号1のADC測定値 $M_k = 「1」、$ 要素番号2のADC測定値 $M_k = 「65」、 …$ というようにADC測定値 M_k の値を順次設定している。要素番号kに対応するADC測定値 M_k は「 $64 + (k - 1) + 1$ 」で表される。また、ADC測定値 M_k は校正值 G_k に対応しており、要素番号kは「1」から「64」までの整数である。

[0044] 図9は、演算情報テーブル92aの記憶内容を示す一覧表である。図9の演算情報テーブル92aは図8の構成テーブル91aと同一の要素数を有している。演算情報テーブル92aでは、要素番号kに対応してADC測定値 M_k とADC測定値 M_{k+1} との間の値を有するADC測定値adに対して適用すべき非線形演算式を記述している。図9では、非線形演算式を以下のように表している。

$$G_{k_{k+1}} = A_{k_{k+1}} \times (M_{k_{k+1}})^4 + B_{k_{k+1}} \times (M_{k_{k+1}})^3 + C_{k_{k+1}} \times (M_{k_{k+1}})^2 + D_{k_{k+1}} \times (M_{k_{k+1}}) + E_{k_{k+1}}$$

[0045] 上記数式において、 $G_{k_{k+1}}$ は補間演算後の校正值、 $M_{k_{k+1}}$ はADC測定値 a_d を示す。また、 $A_{k_{k+1}}$ 、 $B_{k_{k+1}}$ 、 $C_{k_{k+1}}$ 、 $D_{k_{k+1}}$ 、及び $E_{k_{k+1}}$ は図2に示す相関関係に基づいて決められている定数である。添え字の「 k_{k+1} 」はADC測定値 a_d が校正テーブル91a内のADC測定値 M_k とADC測定値 M_{k+1} との間の値であることを示している。つまり、ADC測定値 $M_{k_{k+1}}$ は校正テーブル91aに規定されているADC測定値 M_k と一致しないADC測定値 a_d であって、ADC測定値 M_k とADC測定値 M_{k+1} との間に存在するADC測定値 a_d を示す。従って、演算情報テーブル92aではADC測定値 $M_{k_{k+1}}$ の校正点 $G_{k_{k+1}}$ は上述の演算式で算出されることを示している。また、図9において添え字「 $_{64\_E}$ 」はADC測定値 a_d が校正テーブル91a内の最大の要素番号「64」のADC測定値 M_k （= M_{64} ）より大きい最大値までの範囲に属することを示している。

[0046] 演算情報テーブル92aにおいて、複数の演算式の基本要素が全て同一である場合（即ち、上述の演算式 $G_{k_{k+1}}$ の場合）には要素番号 k と定数 $A_{k_{k+1}}$ 、 $B_{k_{k+1}}$ 、 $C_{k_{k+1}}$ 、 $D_{k_{k+1}}$ 、及び $E_{k_{k+1}}$ により構成することができる。つまり、演算情報テーブル92aには演算式の一般形を記述することなく、パラメータのみを記述すればよい。また、演算情報テーブル92aを表形式とする必要は無く、当該演算情報テーブル92aをMPU8が実行するプログラム内に記述するようにしてもよい。

[0047] 次に、図10を参照してMPU8の校正処理（即ち、MPU8がA/D変換器7からADC測定値 a_d を入力して校正值 G_k を求める処理）について説明する。

（ステップS201）

MPU8は、A/D変換器7からADC測定値 a_d を入力する。

（ステップS202）

MPU8は、校正テーブル91aを参照してA/D変換器7から入力した

A D C測定値 $a d$ が校正テーブル 9 1 a 内の 6 4 個の A D C測定値 M_k のいずれかに一致しているか否かを判定する。

[0048] (ステップ S 2 0 3)

ステップ S 2 0 2 において、A D C測定値 $a d$ が校正テーブル 9 1 a 内の 6 4 個の A D C測定値 M_k のいずれかに一致していると判定した場合（即ち、ステップ S 2 0 2 の判定結果が「Y E S」の場合）、M P U 8 は当該 A D C測定値 M_k と同一の要素番号 k の校正值 G_k を校正テーブル 9 1 a から取得する。

(ステップ S 2 0 4)

M P U 8 は、ステップ S 2 0 3 で校正テーブル 9 1 a から取得した校正值 G_k を A D C測定値 $a d$ に対応付けてメモリ 9 内の所定領域に格納する。

[0049] 例えば、M P U 8 が A / D 変換器 7 から A D C測定値 $a d$ 「1」を入力した場合、当該 A D C測定値 $a d$ と一致する A D C測定値 M_1 が校正テーブル 9 1 a に規定されているため、M P U 8 は A D C測定値 M_1 と対応付けられている校正值 G_1 を校正テーブル 9 1 a から取得する。また、M P U 8 が A / D 変換器 7 から A D C測定値 $a d$ 「1 2 9」を入力した場合、当該 A D C測定値 $a d$ と一致する A D C測定値 M_3 が校正テーブル 9 1 a に規定されているため、M P U 8 は A D C測定値 M_3 と対応付けられている校正值 G_3 を校正テーブル 9 1 a から取得する。更に、M P U 8 が A / D 変換器 7 から A D C測定値 $a d$ 「4 0 3 3」を入力した場合、当該 A D C測定値 $a d$ と一致する A D C測定値 M_{64} が校正テーブル 9 1 a に規定されているため、M P U 8 は A D C測定値 M_{64} と対応付けられている校正值 G_{64} を校正テーブル 9 1 a から取得する。

[0050] (ステップ S 2 0 5)

一方、ステップ S 2 0 2 において A D C測定値 $a d$ が校正テーブル 9 1 a 内の 6 4 個の A D C測定値 M_k のいずれにも一致していないと判定した場合（即ち、ステップ S 2 0 2 の判定結果が「N O」の場合）、M P U 8 は演算情報テーブル 9 2 a を参照して A D C測定値 $a d$ の校正值を算出する。

[0051] 具体的には、MPU 8はA/D変換器7から入力したADC測定値 a_d とADC測定値 M_k とを比較するとともに、当該ADC測定値 a_d に対応する要素番号 k を判定する。例えば、MPU 8はADC測定値 a_d に対応するADC測定値 M_k からADC測定値 M_{k+1} 未満の範囲を決定する。MPU 8は、ADC測定値 a_d に対応する要素番号 k を判定し、当該要素番号 k （即ち、ADC測定値 M_k からADC測定値 M_{k+1} 未満の範囲を示す）に対応する校正值 G_{k_k+1} の演算情報を演算情報テーブル92aから取得する。本実施例において、演算情報テーブル92aには校正值 G_{k_k+1} を演算するための演算式が格納されており、MPU 8は要素番号 k に対応する校正值 G_{k_k+1} の演算式を演算情報テーブル92aから読み出す。

[0052] 例えば、MPU 8は要素番号 k の校正值 G_{k_k+1} を求める演算式を演算情報テーブル92aから取得する。

$$G_{k\_k+1} = A_{k\_k+1} \times (\text{ADC測定値 } a_d)^4 + B_{k\_k+1} \times (\text{ADC測定値 } a_d)^3 + C_{k\_k+1} \times (\text{ADC測定値 } a_d)^2 + D_{k\_k+1} \times (\text{ADC測定値 } a_d) + E_{k\_k+1}$$

[0053] 例えば、MPU 8がA/D変換器7からADC測定値 a_d 「80」を入力した場合、当該ADC測定値 a_d と一致するADC測定値 M_k が校正テーブル91aに規定されていない。このため、MPU 8はADC測定値 a_d 「80」に対応する要素番号 k を判定する。このADC測定値 a_d 「80」はADC測定値 M_2 「65」からADC測定値 M_3 「129」未満の範囲に含まれている。従って、MPU 8はADC測定値 a_d 「80」が要素番号 $k = 2$ に対応すると判定し、当該ADC測定値 a_d に対応する校正值 G_{2_3} の演算式を演算情報テーブル92aから読み出す。この場合、MPU 8は以下の演算式を演算情報テーブル92aから読み出す。

$$G_{2\_3} = A_{2\_3} \times (\text{ADC測定値 } a_d)^4 + B_{2\_3} \times (\text{ADC測定値 } a_d)^3 + C_{2\_3} \times (\text{ADC測定値 } a_d)^2 + D_{2\_3} \times (\text{ADC測定値 } a_d) + E_{2\_3}$$

[0054] (ステップS206)

MPU 8は、ステップS205において演算情報テーブル92aから読み

出した校正值 G_{2_3} の演算式にA/D変換器7から入力したADC測定値 $a d$ 「80」を代入して、当該ADC測定値 $a d$ に対応する校正值を算出する。

[0055] 尚、演算情報テーブル92aにおいて校正值の演算式に用いられる定数(A_{k_k+1} 、 B_{k_k+1} 、 C_{k_k+1} 、 D_{k_k+1} 、及び E_{k_k+1})だけが規定されている場合、MPU8はADC測定値 $a d$ の要素番号 k に対応する定数だけを演算情報テーブル92aから読み出す。その後、MPU8は定数とADC測定値 $a d$ とを予め決められた演算式に代入することにより、ADC測定値 $a d$ に対応する校正值 G_{k_k+1} を算出する。

$$G_{k\_k+1} = A_{k\_k+1} \times (ADC測定値\ a\ d)^4 + B_{k\_k+1} \times (ADC測定値\ a\ d)^3 + C_{k\_k+1} \times (ADC測定値\ a\ d)^2 + D_{k\_k+1} \times (ADC測定値\ a\ d) + E_{k\_k+1}$$

[0056] (ステップS207)

MPU8は、ステップS206で求めた校正值 G_{k_k+1} をメモリ9の所定領域に格納する。

[0057] 次に、図11を参照して図10に示したMPU8の校正処理の実行例について説明する。図11は、ADC測定値 $a d$ と校正值との関係を示した特性図である。例えば、ADC測定値 $a d$ が校正テーブル91a内のADC測定値 M_k と一致した場合(即ち、「ADC測定値 $a d$ 」=「ADC測定値 M_k 」の場合)、MPU8はステップS203で校正值 G_k を校正テーブル91aから取得する。また、ADC測定値 $a d$ が校正テーブル91a内のADC測定値 M_{k+1} と一致した場合(即ち、「ADC測定値 $a d$ 」=「ADC測定値 M_{k+1} 」の場合)、MPU8はステップS203で校正值 G_{k+1} を校正テーブル91aから取得する。

[0058] 一方、ADC測定値 $a d$ が校正テーブル91a内のADC測定値 M_k とADC測定値 M_{k+1} の間に存在する場合、MPU8はステップS205において校正テーブル91aに規定されている複数のADC測定値 M_k のうちADC測定値 $a d$ より小さく、かつ、当該ADC測定値 $a d$ に最も近いADC測定値 M_k を校正テーブル91aから取得する。MPU8は、ADC測定値 M_k の要素番

号 k を ADC 測定値 a_d の要素番号であると判定する。MPU8 は、要素番号 k に基づいて演算情報テーブル 92 a を参照して当該要素番号 k に対応する演算情報を取得する。その後、MPU8 はステップ S206 において ADC 測定値 a_d の校正值 $G_{k_{k+1}}$ を図 11 に示す補間演算を用いて算出する。このようにして、MPU8 は ADC 測定値 a_d に対応して校正值 G_k 、 G_{k+1} 、又は $G_{k_{k+1}}$ を求めることができる。

[0059] 尚、ステップ S204 又はステップ S208 でメモリ 9 に格納された校正值 G_k 又は $G_{k_{k+1}}$ は、MPU8 によって複数の校正值を用いて平均値や光変調振幅「OMA (Optical Modulation Amplitude)」に加工した後、例えば、光モジュール 10 a 外部の端末装置（不図示）からの要求に応じて信号線を介して当該端末装置に送信するようにしてもよい。

[0060] ステップ S206 において MPU8 が実行する補間関数は必ずしも 4 次関数とする必要はない。例えば、係数 $A_{k_{k+1}}$ 、 $B_{k_{k+1}}$ 、 $C_{k_{k+1}}$ 、又は $D_{k_{k+1}}$ を「0」として 3 次関数以下又は線形関数とすることができる。或いは、図 3 に示すように、ADC 測定値 a_d が比較的小さい範囲については 4 次曲線を用いて補間し、ADC 測定値 a_d が比較的大きい範囲については直線補間するような柔軟な補間関数を設定するようにしてもよい。

実施例 3

[0061] 次に、本発明の実施例 3 に係る光モジュール 10 b（不図示）について説明する。実施例 3 の光モジュール 10 b の基本構成は実施例 2 の光モジュール 10 a と同一であるため、その詳細な説明を省略する。光モジュール 10 a（図 7 参照）と異なり、光モジュール 10 b ではメモリ 9 に校正テーブル 91 b と演算情報テーブル 92 b とが格納されている。

[0062] 図 12 は、実施例 3 に係る光モジュール 10 b のメモリ 9 に格納された校正テーブル 91 b の記憶内容を示す。実施例 2 に係る校正テーブル 91 a（図 8 参照）と同様に、実施例 3 に係る校正テーブル 91 b は 12 ビットの分解能を有する A/D 変換器 7 について作成されている。校正テーブル 91 b

では、小入力時の受光パワーを精度よく校正するために、64個のADC測定値 M_k の間隔を均等ではなく不等間隔で設定している。図12に示すように、校正テーブル91bはADC測定値 M_k について4種類の間隔を設定しており、4個の領域を有している。つまり、領域1ではADC測定値 M_k の間隔が「1」、領域2ではADC測定値 M_k の間隔が「4」、領域3ではADC測定値 M_k の間隔が「16」、領域4ではADC測定値 M_k の間隔が「240」である。ここで、領域1は要素番号 $k = 1 \sim 16$ 、領域2は要素番号 $k = 17 \sim 32$ 、領域3は要素番号 $k = 33 \sim 48$ 、領域4は要素番号 $k = 49 \sim 64$ に相当する。

[0063] 領域1では、要素番号 k ($k = 1 \sim 16$) に対応するADC測定値 M_k と校正值 G_{k1} とが対応付けられている。即ち、領域1ではADC測定値 $M_k = k1$ であり、 $k1 = k$ である。換言すると、領域1ではADC測定値 M_k の間隔が「1」であって、ADC測定値 $M_k = k1$ となるように決められている。つまり、 $k = 1 \sim 16$ のADC測定値 M_k は「1」から「16」の整数であり、相互の間隔が「1」である。また、領域1ではADC測定値 M_k に校正值 G_{k1} が対応付けられている。校正テーブル91bの校正值 G_{k1} はADC測定値 $M_k =$ 「1」～「16」に対応している。

[0064] 領域2では、要素番号 k ($k = 17 \sim 32$) に対応するADC測定値 M_k と校正值 G_{k2} とが対応付けられている。即ち、領域2ではADC測定値 $M_k = k2$ であり、 $k2 = 4 \times (k - 16) + 16$ である。換言すると、領域2ではADC測定値 M_k の間隔が「4」であって、ADC測定値 $M_k = k2$ となるように決められている。つまり、 $k = 17 \sim 32$ のADC測定値 M_k は「20」、「24」、「28」、「32」、「36」、「40」、「44」、「48」、「52」、「56」、「60」、「64」、「68」、「72」、「76」、「80」の整数であり、相互の間隔が「4」である。また、領域2ではADC測定値 M_k に校正值 G_{k2} が対応付けられている。校正テーブル91bの校正值 G_{k2} はADC測定値 $M_k = 20, 24, \dots, 76, 80$ に対応している。

[0065] 領域3では、要素番号 k ($k = 33 \sim 48$)に対応するADC測定値 M_k と校正値 G_{k3} とが対応付けられている。即ち、領域3ではADC測定値 $M_k = k3$ であり、 $k3 = 16 \times (k - 32) + 80$ である。換言すると、領域3ではADC測定値 M_k の間隔が「16」であって、ADC測定値 $M_k = k3$ となるように決められている。つまり、 $k = 33 \sim 48$ のADC測定値 M_k は「96」、「112」、「128」、「144」、「160」、「176」、「192」、「208」、「224」、「240」、「256」、「272」、「288」、「304」、「320」、「336」の整数であり、相互の間隔が「16」である。また、領域3ではADC測定値 M_k に校正値 G_{k3} が対応付けられている。校正テーブル91bの校正値 G_{k3} はADC測定値 $M_k = 96$ 、112、…、320、336に対応している。

[0066] 領域4では、要素番号 k ($k = 49 \sim 64$)に対応するADC測定値 M_k と校正値 G_{k4} とが対応付けられている。即ち、領域4ではADC測定値 $M_k = k4$ であり、 $k4 = 240 \times (k - 48) + 336$ である。換言すると、領域4ではADC測定値 M_k の間隔が「240」であって、ADC測定値 $M_k = k4$ となるように決められている。つまり、 $k = 49 \sim 64$ のADC測定値 M_k は「576」、「816」、「1056」、「1296」、「1536」、「1776」、「2016」、「2256」、「2496」、「2736」、「2976」、「3216」、「3456」、「3696」、「3936」、「4176」の整数であり、相互の間隔が「240」である。また、領域4ではADC測定値 M_k に校正値 G_{k4} が対応付けられている。校正テーブル91bの校正値 G_{k4} はADC測定値 $M_k = 576$ 、816、…、3936、4176に対応している。

[0067] 次に、図13及び図14を参照して本実施例に係る非線形補間関数について説明する。図13は、演算情報テーブル92bの記憶内容を示し、図14は演算情報テーブル92bによる非線形補間関数によるADC測定値 a_d と校正値との関係を示す。図13の演算情報テーブル92bでは、要素番号 k の演算情報を下記のように設定している。図9の演算情報テーブル92aで

はべき乗演算の底（即ち、4条項、3条項の基数）を「ADC測定値 a d」としているのに対して、図13の演算情報テーブル92bでは「ADC測定値 a d - M_k」としている。

$$G_{k \times k \times +1} = A_{k \times k +1} \times (ADC測定値 a d - M_k)^4 + B_{k \times k +1} \times (ADC測定値 a d - M_k)^3 + C_{k \times k +1} \times (ADC測定値 a d - M_k)^2 + D_{k \times k +1} \times (ADC測定値 a d - M_k) + E_{k \times k +1}$$

[0068] 図13の演算情報テーブル92bによる校正処理の補間演算は、図14の特性図に示したように行なわれる。MPU8は、校正テーブル92bを参照してA/D変換器7から入力したADC測定値 a dが校正テーブル92b内の64個のADC測定値M_kのいずれかに一致しているか否か判定する。入力ADC測定値 a dが校正テーブル92b内の64個のADC測定値M_kのいずれかに一致していると判定した場合、MPU8は当該ADC測定値 a dに対応する4つの校正值G_{k1}、G_{k2}、G_{k3}、G_{k4}のうちのいずれか1つを校正テーブル91bから取得して、入力ADC測定値 a dの校正值としてメモリ9内の所定領域に格納する。

[0069] 例えば、MPU8がA/D変換器7から入力したADC測定値 a dが「1」である場合、当該ADC測定値 a dと一致するADC測定値M₁が校正テーブル91bに規定されているため、MPU8はADC測定値M₁と対応付けられている校正值G_{k1}を校正テーブル91bから所得する。また、MPU8はADC測定値 a d「128」を入力した場合、当該ADC測定値 a dと一致するADC測定値M₃₅が校正テーブル91bに規定されているため、MPU8はADC測定値M₃₅と対応付けられている校正值G₁₂₈を校正テーブル91bから取得する。更に、MPU8はADC測定値 a d「816」を入力した場合、当該ADC測定値 a dと一致するADC測定値M₅₀が校正テーブル91bに規定されているため、MPU8はADC測定値M₅₀と対応付けられている校正值G₈₁₆を校正テーブル91bから取得する。

[0070] 一方、ADC測定値 a dが校正テーブル91b内の64個のADC測定値M_kのいずれにも一致していないと判定した場合、MPU8は演算情報テーブ

ル 9 2 b を参照して A D C 測定値 a d の校正值を算出する。具体的には、M P U 8 は入力 A D C 測定値 a d と A D C 測定値 M_k とを比較して当該 A D C 測定値 a d に対応する要素番号 k を判定する。例えば、M P U 8 は入力 A D C 測定値 a d が A D C 測定値 M_k から A D C 測定値 M_{k+1} 未満の範囲を判定する。A D C 測定値 a d に対応する要素番号 k を判定した場合、M P U 8 は当該要素番号 k (即ち、A D C 測定値 M_k から A D C 測定値 M_{k+1} 未満の範囲を示す要素番号) に対応する校正值 $G_{k \times k \times +1}$ の演算情報を演算情報テーブル 9 2 b から取得する。演算情報テーブル 9 2 b には校正值 $G_{k \times k \times +1}$ を演算するための演算式が格納されている。従って、M P U 8 は演算情報テーブル 9 2 b から要素番号 k に対応する校正值 $G_{k \times k \times +1}$ の演算情報を読み出す。具体的には、M P U 8 は演算情報テーブル 9 2 b から要素番号 k の校正值 $G_{k \times k \times +1}$ を求める演算情報 ($G_{k \times k \times +1} = A_{k\_k+1} \times (A D C \text{ 測定値 } a d - M_k)^4 + B_{k\_k+1} \times (A D C \text{ 測定値 } a d - M_k)^3 + C_{k\_k+1} \times (A D C \text{ 測定値 } a d - M_k)^2 + D_{k\_k+1} \times (A D C \text{ 測定値 } a d - M_k) + E_{k\_k+1}$) を取得する。

[0071] 例えば、M P U 8 が A / D 変換器 7 から入力した A D C 測定値 a d が「8 1」である場合、当該 A D C 測定値 a d と一致する A D C 測定値 M_k が校正テーブル 9 1 b に規定されていない。このため、M P U 8 は A D C 測定値 a d 「8 1」に対応する要素番号 k を判定する。A D C 測定値 a d 「8 1」は A D C 測定値 M_{32} 「8 0」から A D C 測定値 M_{33} 「9 6」未満の範囲に含まれる。従って、M P U 8 は A D C 測定値 a d 「8 1」に対応する要素番号 k を「3 2」と判定し、当該 A D C 測定値 a d に対応する校正值 G_{32_33} の演算情報を演算情報テーブル 9 2 b から読み出す。つまり、M P U 8 は「 $G_{32\_33} = A_{32\_33} \times (A D C \text{ 測定値 } a d - M_{32})^4 + B_{32\_33} \times (A D C \text{ 測定値 } a d - M_{32})^3 + C_{32\_33} \times (A D C \text{ 測定値 } a d - M_{32})^2 + D_{32\_33} \times (A D C \text{ 測定値 } a d - M_{32}) + E_{32\_33}$ 」の演算情報を演算情報テーブル 9 2 b から読み出す。その後、M P U 8 は校正值 G_{32_33} の演算式に入力 A D C 測定値 a d 「8 1」を代入して校正值 G_{32_33} を算出する。即ち、M P U 8 は下記の演算式に従って校正值 G_{32_33} を算出する。このように、M P U 8 は所定の演算式を用

いることによりADC測定値 a_d のべき乗演算をするための処理負荷を軽減することができる。

$$G_{32\_33} = A_{32\_33} \times (81 - M_{32})^4 + B_{32\_33} \times (81 - M_{32})^3 + C_{32\_33} \times (81 - M_{32})^2 + D_{32\_33} \times (81 - M_{32}) + E_{32\_33}$$

[0072] つまり、ADC測定値 a_d がADC測定値 M_k とADC測定値 M_{k+1} の間に存在する場合、MPU8は校正テーブル91b内の複数のADC測定値 M_k のうちADC測定値 a_d より小さいADC測定値 M_k のうちの最大値、ADC測定値 a_d (即ち、 $M_{k_{k+1}}$) との差分「 $M_{k_{k+1}} - M_k$ 」を底としてべき乗計算を実行して校正值 $G_{k_{k+1}}$ を算出する。

[0073] 上記の実施例1乃至実施例3では、校正テーブル91、91a、91bにおいてADC測定値 M_k とADC測定値 M_{k+1} との間隔が「64」一定又は最大値「240」(領域4)とされている。このため、ADC測定値 M_k とADC測定値 a_d (即ち、 $M_{k_{k+1}}$) との差分は「64」未満又は「240」未満となる。換言すれば、ADC測定値 M_k とADC測定値 a_d との差分を6ビット又は8ビットで表すことができる。つまり、補間演算は6ビット又は8ビットの値を底としてべき乗演算すればよいこととなる。このため、図11に示すようにMPU8が実際にA/D変換器7から入力したADC測定値 a_d (即ち、12ビットの値) を底としてべき乗演算する場合に比べて、上述の実施例では差分「 $M_{k_{k+1}} - M_k$ 」を底とするべき乗演算を行っているため、補間関数の処理負担を軽減することができる。但し、校正テーブル91、91a、91bでは要素番号 k に対応するADC測定値 M_k 間の間隔がA/D変換器7の分解能のビット数よりも小さいビット数で表されるように設定する必要がある。例えば、A/D変換器7の分解能を示す12ビットより1ビット少ない11ビットの値の最大値「2048」以下となるようにADC測定値 M_k 間の間隔を設定する。

[0074] 図15は、上述の実施例の基本構成に係るデータ校正装置100のブロック図である。データ校正装置100は、記憶部101と信号処理部102を具備する。記憶部101は、参照値と現実値との相関関係に基づき複数の参

照値に対応付けて複数の校正値を記憶した校正テーブル 103 を有する。校正テーブル 103 では、参照値と現実値との相関関係において参照値の変化に対して現実値の変化が小さい区間では、参照値の変化に対して現実値の変化が大きい区間に比べて、参照値の間隔を小さくして校正値を記憶している。信号処理部 102 では、入力値（例えば、ADC 測定値 a_d ）が校正テーブル 103 の参照値と一致する場合、当該参照値と対応付けられている校正値を校正テーブル 103 から読み出す。一方、信号処理部 102 は入力値が校正テーブル 103 の参照値と一致しない場合、所定の演算により入力値に対応する校正値を算出する。尚、図 15 のデータ校正装置 100 と図 1 の光モジュールの受光パワーモニタ機能部とは対応しており、記憶部 101 はメモリ 9 に相当し、信号処理部 102 は MPU 8 に相当する。また、校正テーブル 103 は校正テーブル 91 に相当し、校正テーブル 103 の参照値は ADC 測定値 M_k に相当し、校正値は校正値 G_k に相当する。

[0075] 以上説明したように、本発明によれば次のような効果を得ることができる。

（１）APD 電流を用いた受光パワーモニタ回路において複数領域の各々について所望の補間関数を設定することにより、高速かつ高精度の受光パワーモニタを実現することができる。

（２）APD 電流と受光パワーとの間に成立する非線形特性を容易かつ自由度高く校正することができる。

（３）４次補間のような単調増加でない補間方法を用いても部分的に直線補間などの単調増加する関数を組み合わせることができる。即ち、ADC 測定値の現実値が４次補間の変極点を通過しないように直線補間を組み合わせることで、多次補間関数における係数設定の制約を小さくすることができる。

[0076] 本発明は上述の実施例に限定されるものではなく、例えば、校正テーブル 91、91a、91b や演算情報テーブル 92a、92b に設定される要素数、ADC 測定値 M_k の間隔、非線形補間関数の次数や非線形補間関数の演算用パラメータの個数は適宜変更することができる。多次補間関数と１次補間

関数を組み合わせる場合、演算用パラメータの個数は最小「1」まで減らすことができる。

[0077] 上述の実施例では、MPU8は不揮発性メモリ（不図示）に記憶されているプログラムを実行することで受光パワーモニタの校正装置の一部の機能を実現することができる。この場合、MPU8が実行するプログラムはコンピュータ読取り可能な記録媒体に記憶してもよく、通信回線を介してサーバからダウンロードするようにしてもよい。また、光モジュール10は内部にコンピュータシステムを有しており、その処理手順はプログラム形式でコンピュータ読取り可能な記録媒体によって記憶されており、コンピュータシステムが当該プログラムを読み出して実行することにより受光パワーモニタの校正処理を実現することができる。尚、「コンピュータシステム」とはCPU、メモリ、周辺機器などのハードウェア、オペレーティングシステム（OS）などのソフトウェアを包含する。また、「コンピュータシステム」はWWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境・表示環境を包含する。

[0078] また、上述のフローチャートに表された受光パワーモニタの校正機能を実現するプログラムをコンピュータ読取り可能な記録媒体に記録して、当該プログラムをコンピュータシステムに読み込ませて実行するようにしてもよい。「コンピュータ読取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、フラッシュメモリなどの書込可能な不揮発性メモリ、CD-ROMなどの可搬記録媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスクなどの記憶装置を意味する。

[0079] また、「コンピュータ読取り記録媒体」とは、インターネットなどのネットワーク、通信回線、電話回線を介してプログラムを送信する場合に用いられるサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（例えば、DRAM）のように一定時間プログラムを保持しているものを含む。上述のプログラムを記憶装置に格納したコンピュータシステムから伝送媒体を介して、或いは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステ

ムに伝送するようにしてもよい。「プログラムを伝送する伝送媒体」とはインターネットなどのネットワーク（通信網）、電話回線、通信回線のように情報を伝送する機能を有する媒体を意味する。また、上述のプログラムは本発明に係る受光パワーモニタの校正機能の一部を実現するものであってもよい。或いは、上述のプログラムはコンピュータシステムに既に記録されているプログラムとの組合せで本発明の機能を実現するような差分プログラム（又は、差分ファイル）としてもよい。

[0080] 最後に、本発明は上述の実施例に限定されるものではなく、添付した請求の範囲に定義された発明の範囲内における種々の変形例や設計変更を包含するものである。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明は光通信設備に用いられる光モジュールの受光パワーモニタの校正装置や校正方法に関するものであり、信号光の受光パワーの測定値を現実値に校正する技術分野に適用されるものである。

符号の説明

- [0082]
- 1 APD (Avalanche Photodiode)
 - 2 TIA (Transimpedance Amplifier)
 - 3 LIM (Limiting Amplifier)
 - 4 ADP 駆動電源
 - 5 カレントミラー回路
 - 6 電流電圧変換回路
 - 7 A/D 変換器
 - 8 MPU
 - 9 メモリ
 - 10 光モジュール
 - 91、91a、91b 校正テーブル
 - 92a、92b 演算情報テーブル

請求の範囲

[請求項1]

光モジュールの受光パワーモニタの校正装置であって、

信号光の受光パワーの測定値を校正するときに参照されて複数の参照値と複数の現実値との相関関係に基づいて予め複数の校正値を記憶した校正テーブルを格納する記憶部と、

信号光の受光パワーの測定値を示す入力値が前記校正テーブルの参照値と一致する場合には当該参照値に対応付けられている校正値を前記校正テーブルから読み出し、入力値が前記校正テーブルの参照値と一致しない場合には入力値に基づいて所定の演算式に従って校正値を算出する信号処理部とを具備し、

参照値の変化に対して現実値の変化が小さい区間では、参照値の変化に対して現実値の変化が大きい区間に比べて、複数の参照値の間隔を小さくして複数の校正値を前記校正テーブルに記憶するようにした校正装置。

[請求項2]

前記校正テーブルに格納する複数の参照値の数を信号光の受光パワーを示すデジタルの入力値のビット数により表現される数よりも少なくするようにした請求項1記載の校正装置。

[請求項3]

前記記憶部には信号光の受光パワーの測定値を示す入力値以下の第1参照値と当該第1参照値以上の第2参照値未満の範囲毎に設定された非線形演算式を格納する演算情報テーブルを具備し、

前記信号処理部は、入力値が前記校正テーブルの参照値と一致する場合には当該参照値に対応付けられている校正値を前記校正テーブルから読み出し、入力値が前記校正テーブルの参照値と一致しない場合には入力値が含まれる第1参照値と第2参照値の範囲に設定された非線形演算式に従って校正値を算出するようにした請求項1記載の校正装置。

[請求項4]

前記非線形演算式は

$$\text{校正値} = A \times (\text{入力値})^4 + B \times (\text{入力値})^3 + C \times (\text{入力値})^2 +$$

$D \times (\text{入力値}) + E$ (但し、 A 、 B 、 C 、 D 、 E は所定の係数を示す)

で表すようにした請求項3記載の校正装置。

[請求項5] 前記非線形演算式は入力値に基づき一義的に決定される参照値を用いて、

校正値 $= A \times (\text{入力値} - \text{参照値})^4 + B \times (\text{入力値} - \text{参照値})^3 + C \times (\text{入力値} - \text{参照値})^2 + D \times (\text{入力値} - \text{参照値}) + E$ (但し、 A 、 B 、 C 、 D 、 E は所定の係数を示す)

で表すようにした請求項3記載の校正装置。

[請求項6] 前記非線形演算式は入力値より小さい参照値のうちの最大の参照値 M_k (但し、 k は整数) を用いて、

校正値 $= A \times (\text{入力値} - \text{参照値})^4 + B \times (\text{入力値} - \text{参照値})^3 + C \times (\text{入力値} - \text{参照値})^2 + D \times (\text{入力値} - \text{参照値}) + E$ (但し、 A 、 B 、 C 、 D 、 E は所定の係数を示す)

で表すようにした請求項3記載の校正装置。

[請求項7] 光モジュールの受光パワーモニタの校正方法であって、

信号光の受光パワーの測定値を校正するときに参照されて複数の参照値と複数の現実値との相関関係に基づいて予め複数の校正値を記憶した校正テーブルにおいて、参照値の変化に対して現実値の変化が小さい区間では、参照値の変化に対して現実値の変化が大きい区間に比べて、複数の参照値の間隔を小さくして複数の校正値を記憶し、

信号光の受光パワーの測定値を示す入力値が前記校正テーブルの参照値と一致する場合には当該参照値に対応付けられている校正値を前記校正テーブルから読み出し、

入力値が前記校正テーブルの参照値と一致しない場合には入力値に基づいて所定の演算式に従って校正値を算出するようにした校正方法。

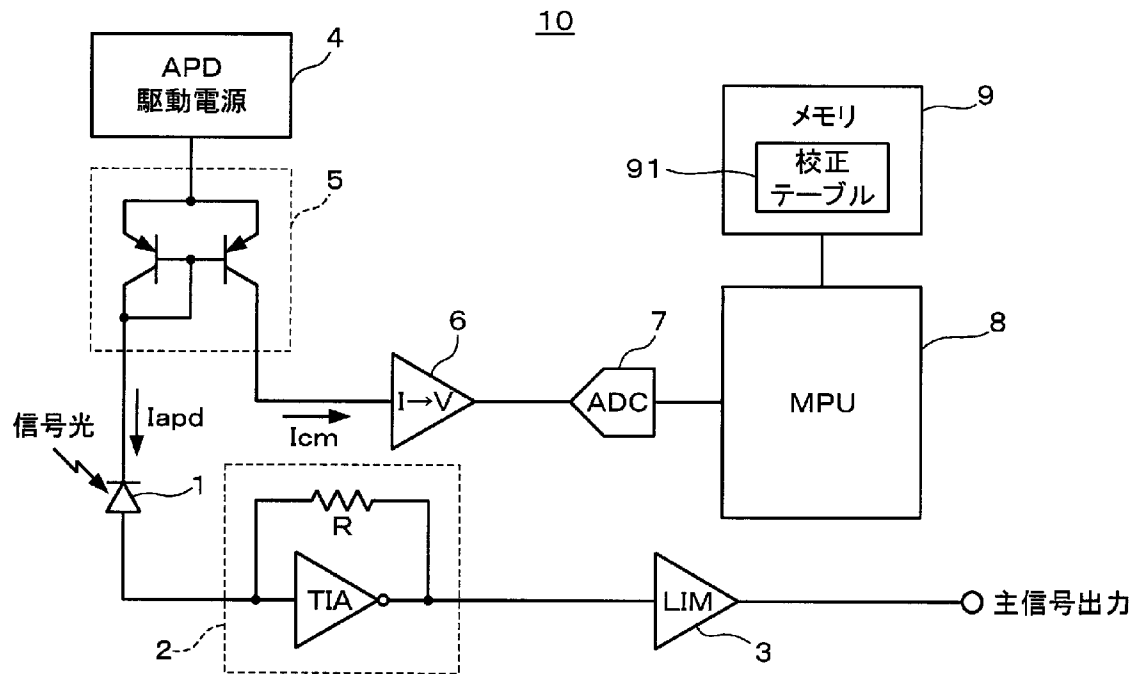
[請求項8] 光モジュールの受光パワーモニタの校正方法を実装したプログラム

であって、コンピュータにより信号光の受光パワーの測定値を校正するときに参照されて複数の参照値と複数の現実値との相関関係に基づいて予め複数の校正値を記憶した校正テーブルにおいて、参照値の変化に対して現実値の変化が小さい区間では、参照値の変化に対して現実値の変化が大きい区間に比べて、複数の参照値の間隔を小さくして複数の校正値を格納した校正テーブルを参照させて、

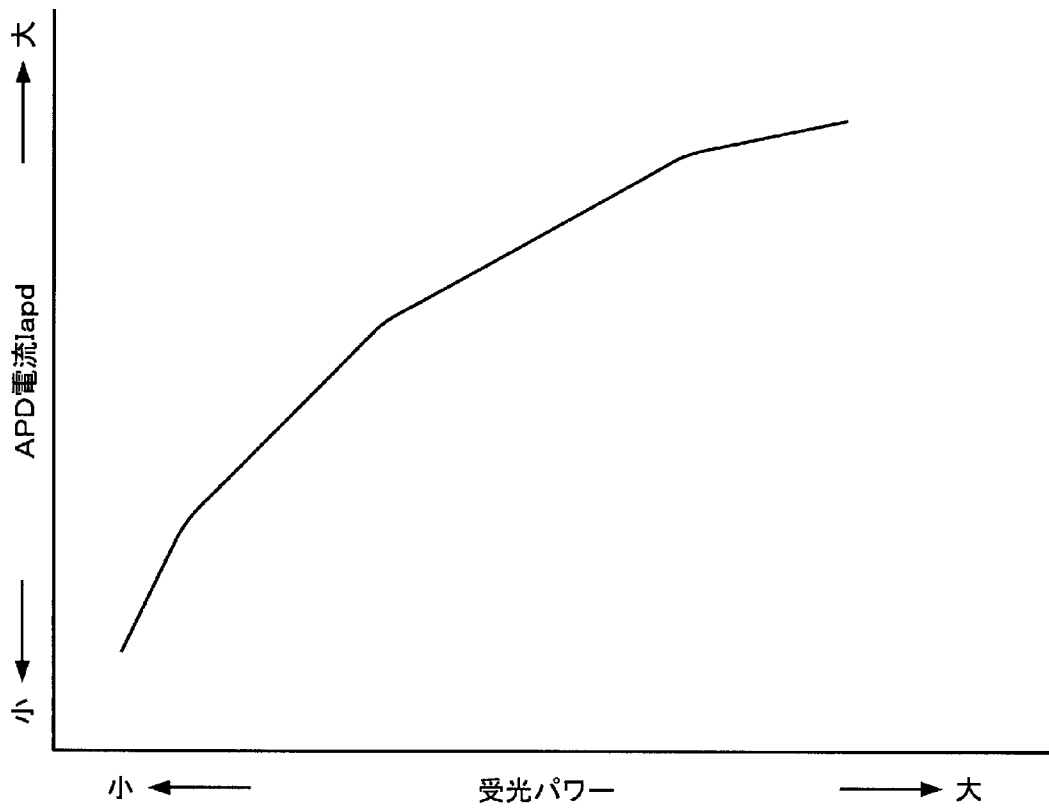
信号光の受光パワーの測定値を示す入力値が前記校正テーブルの参照値と一致する場合には当該参照値に対応付けられている校正値を前記校正テーブルから読み出し、

入力値が前記校正テーブルの参照値と一致しない場合には入力値に基づいて所定の演算式に従って校正値を算出するようにしたプログラム。

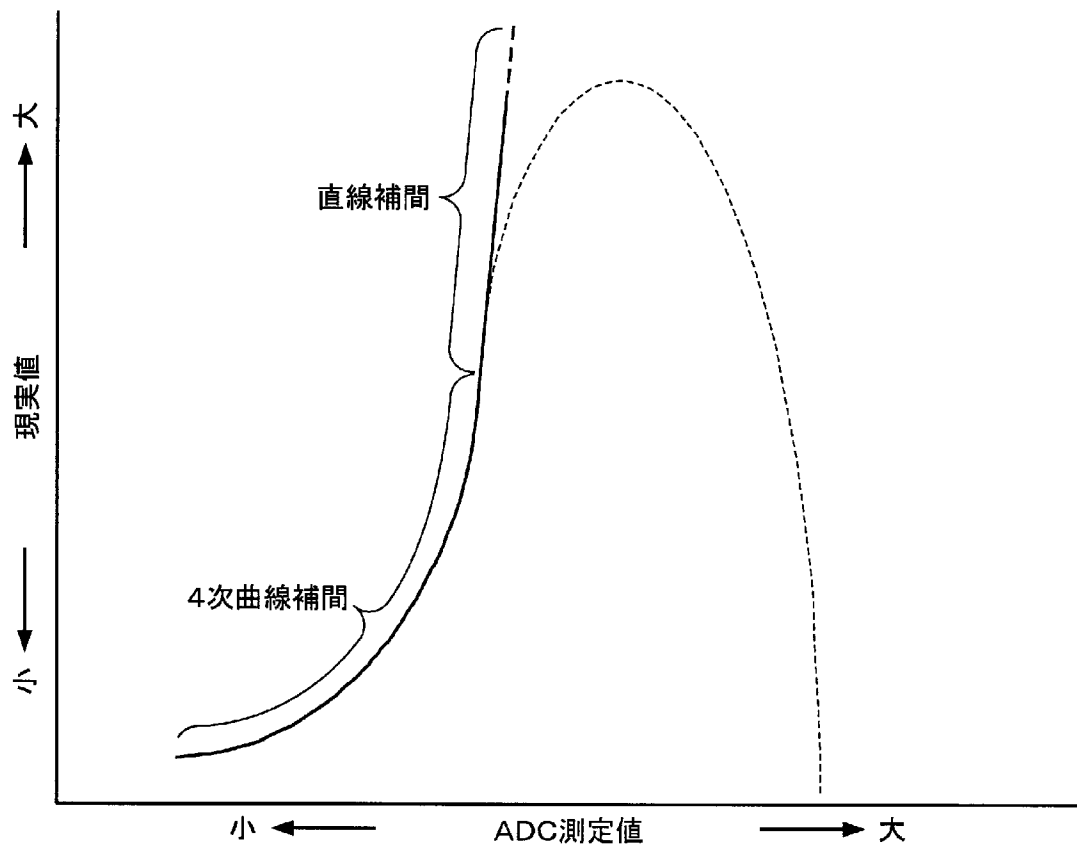
[図1]



[図2]



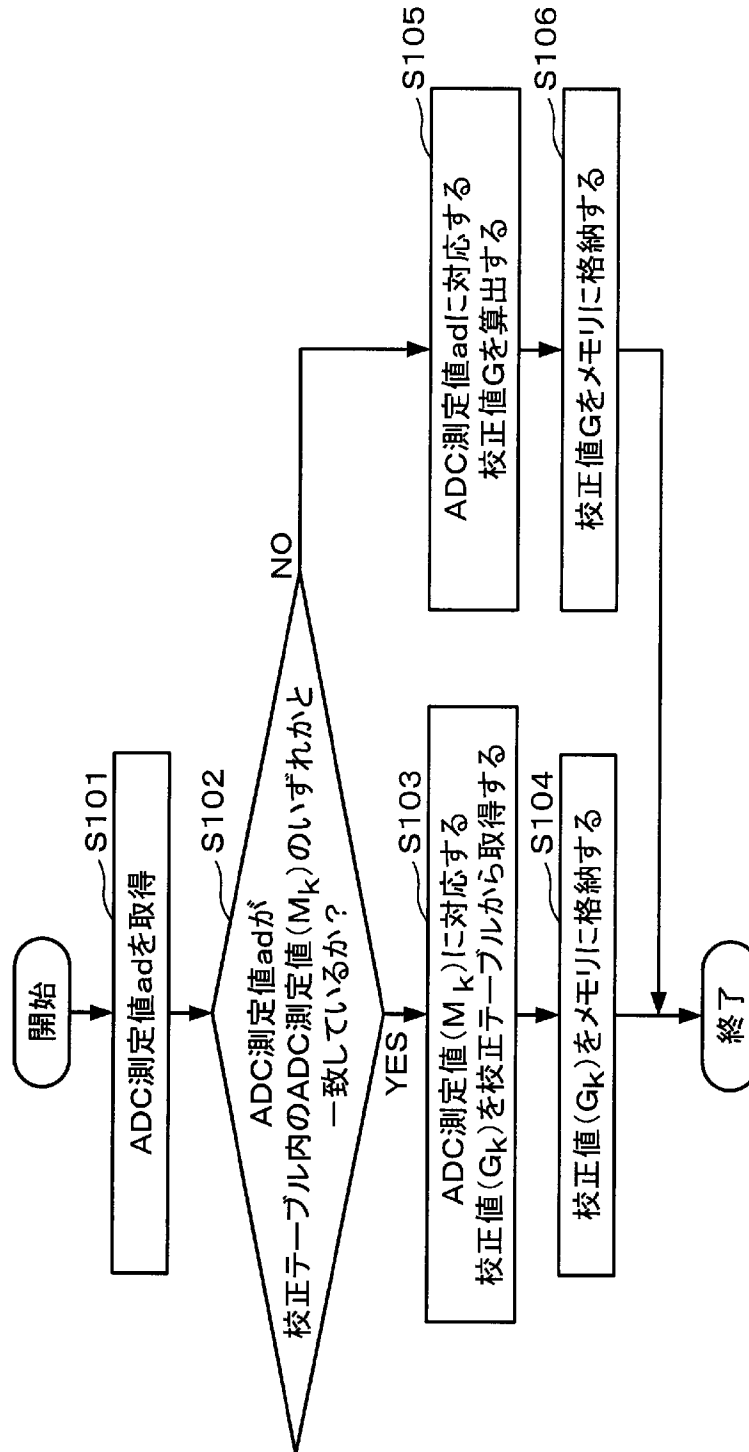
[図3]



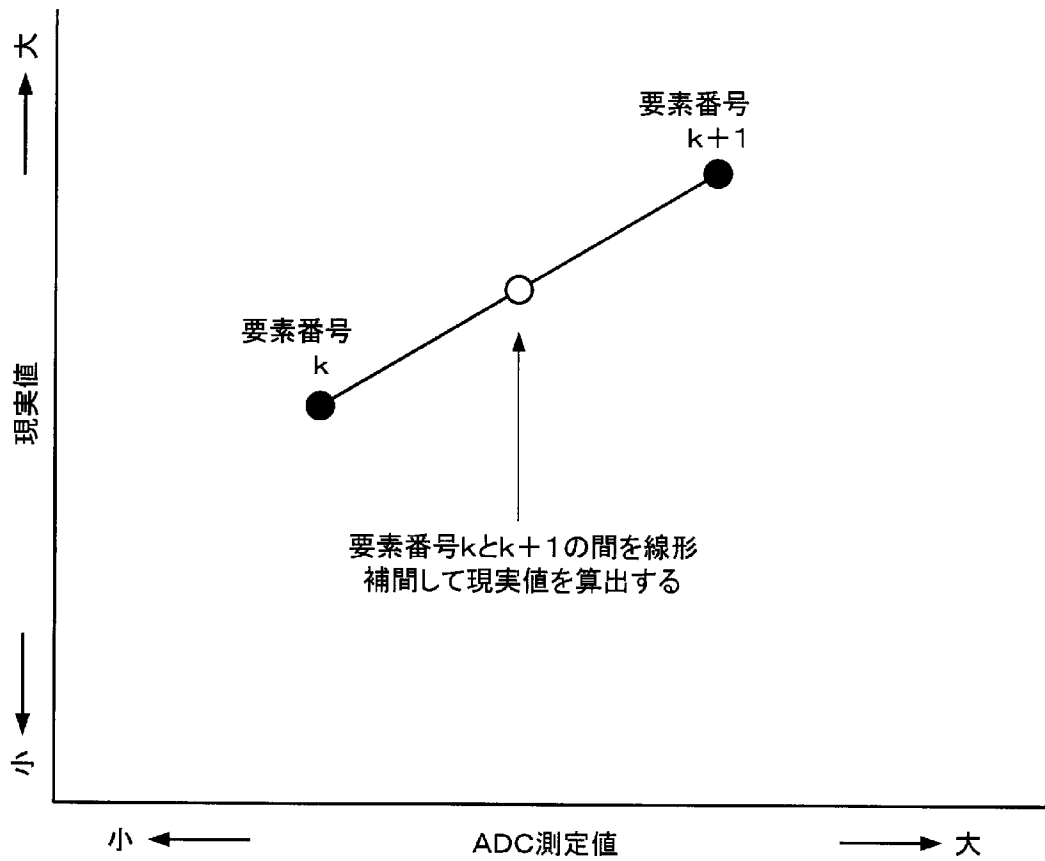
[図4]

要素番号	ADC測定値(M_k)	校正値(G_{kx})	91
1	1	G_1	
⋮	⋮	⋮	領域1
$k(=1\sim16)$	$k1$	G_{k1}	
⋮	⋮	⋮	
16	16	G_{16}	
17	20	G_{20}	領域2
⋮	⋮	⋮	
$k(=17\sim32)$	$k2=4 \times (k-16) + 16$	G_{k2}	
⋮	⋮	⋮	
32	80	G_{80}	領域3
33	96	G_{96}	
⋮	⋮	⋮	
$k(=33\sim48)$	$k3=16 \times (k-32) + 80$	G_{k3}	
⋮	⋮	⋮	領域4
48	336	G_{336}	
49	576	G_{576}	
⋮	⋮	⋮	
$k(=49\sim64)$	$k4=240 \times (k-48) + 336$	G_{k4}	
⋮	⋮	⋮	
64	4176	G_{4176}	

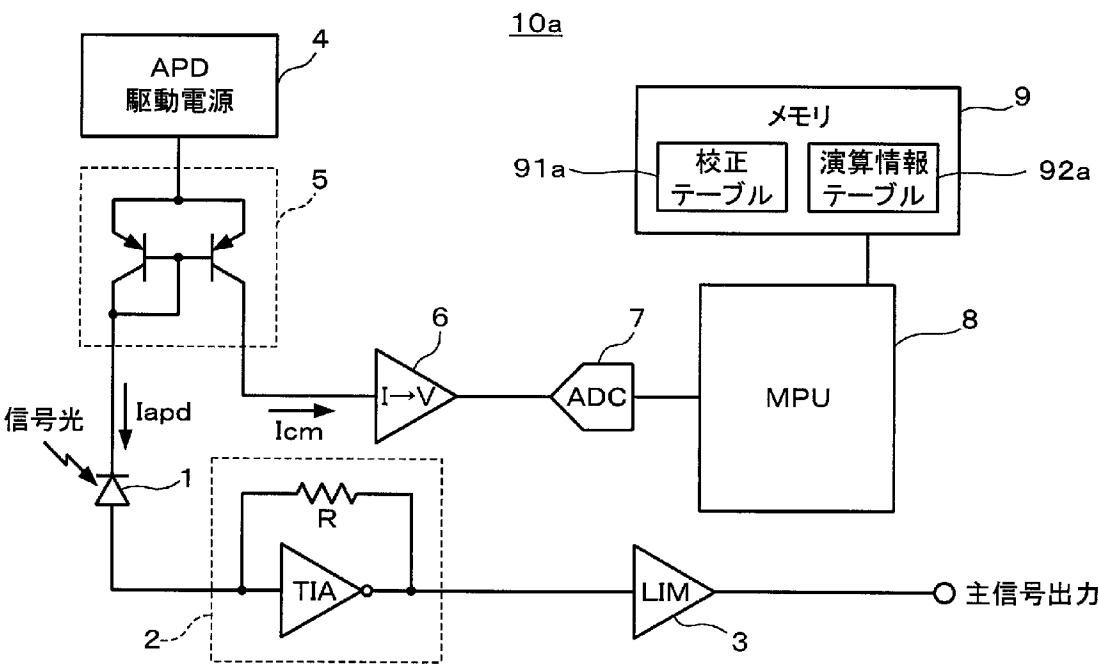
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

要素番号	ADC測定値(M _k)	校正値(G _k)
1	1	G ₁
2	65	G ₂
3	129	G ₃
⋮	⋮	⋮
k	64 × (k − 1) + 1	G _k
⋮	⋮	⋮
63	3869	G ₆₃
64	4033	G ₆₄

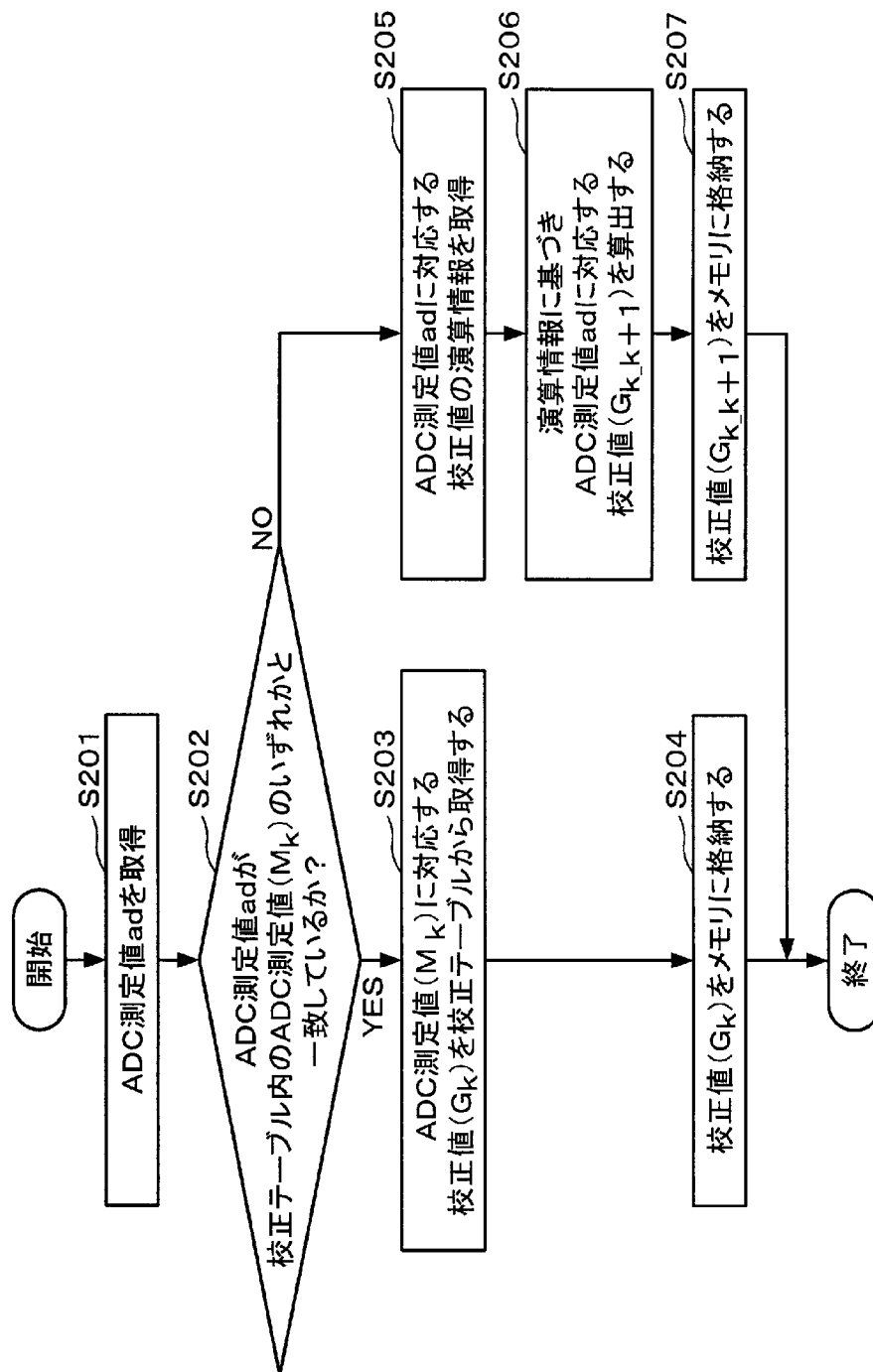
91a

[図9]

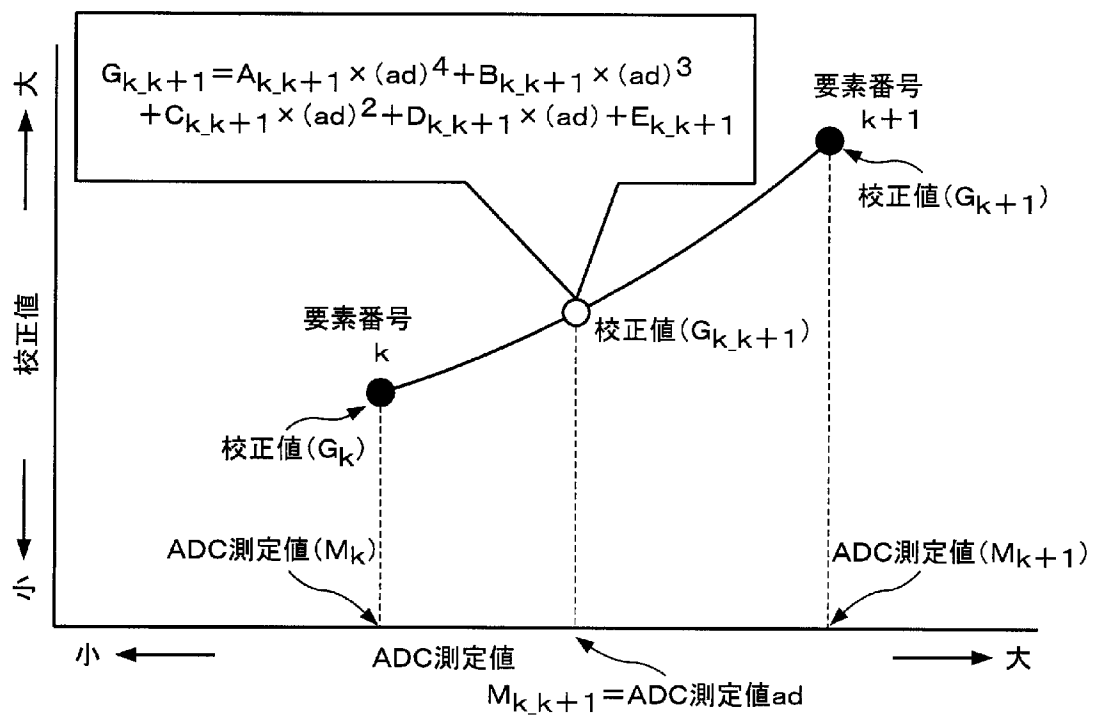
92a

要素番号	非線形演算式に従って校正値を算出するための演算情報
1	$G_{1\_2} = A_{1\_2} \times (ad)^4 + B_{1\_2} \times (ad)^3 + C_{1\_2} \times (ad)^2 + D_{1\_2} \times (ad) + E_{1\_2}$
2	$G_{2\_3} = A_{2\_3} \times (ad)^4 + B_{2\_3} \times (ad)^3 + C_{2\_3} \times (ad)^2 + D_{2\_3} \times (ad) + E_{2\_3}$
3	$G_{3\_4} = A_{3\_4} \times (ad)^4 + B_{3\_4} \times (ad)^3 + C_{3\_4} \times (ad)^2 + D_{3\_4} \times (ad) + E_{3\_4}$
⋮	⋮
k	$G_{k\_k+1} = A_{k\_k+1} \times (ad)^4 + B_{k\_k+1} \times (ad)^3 + C_{k\_k+1} \times (ad)^2 + D_{k\_k+1} \times (ad) + E_{k\_k+1}$
⋮	⋮
63	$G_{63\_64} = A_{63\_64} \times (ad)^4 + B_{63\_64} \times (ad)^3 + C_{63\_64} \times (ad)^2 + D_{63\_64} \times (ad) + E_{63\_64}$
64	$G_{64\_E} = A_{64\_E} \times (ad)^4 + B_{64\_E} \times (ad)^3 + C_{64\_E} \times (ad)^2 + D_{64\_E} \times (ad) + E_{64\_E}$

[図10]



[図11]



[図12]

要素番号	ADC測定値(M_k)	校正值(G_{kx})	91b
1	1	G_1	
⋮	⋮	⋮	領域1
$k(=1\sim16)$	$k1$	G_{k1}	
⋮	⋮	⋮	
16	16	G_{16}	
17	20	G_{20}	領域2
⋮	⋮	⋮	
$k(=17\sim32)$	$k2=4 \times (k-16)+16$	G_{k2}	
⋮	⋮	⋮	
32	80	G_{80}	領域3
33	96	G_{96}	
⋮	⋮	⋮	
$k(=33\sim48)$	$k3=16 \times (k-32)+80$	G_{k3}	
⋮	⋮	⋮	領域4
48	336	G_{336}	
49	576	G_{576}	
⋮	⋮	⋮	
$k(=49\sim64)$	$k4=240 \times (k-48)+336$	G_{k4}	
⋮	⋮	⋮	
64	4176	G_{4176}	

[図13]

92b

要素番号	非線形演算式に従って校正値を算出するための演算情報
1	$G_{1\_2} = A_{1\_2} \times (ad - M_1)^4 + B_{1\_2} \times (ad - M_1)^3 + C_{1\_2} \times (ad - M_1)^2 + D_{1\_2} \times (ad - M_1) + E_{1\_2}$
2	$G_{2\_3} = A_{2\_3} \times (ad - M_2)^4 + B_{2\_3} \times (ad - M_2)^3 + C_{2\_3} \times (ad - M_2)^2 + D_{2\_3} \times (ad - M_2) + E_{2\_3}$
3	$G_{3\_4} = A_{3\_4} \times (ad - M_3)^4 + B_{3\_4} \times (ad - M_3)^3 + C_{3\_4} \times (ad - M_3)^2 + D_{3\_4} \times (ad - M_3) + E_{3\_4}$
• • •	• • •
k	$G_{k\_kx+1} = A_{k\_kx+1} \times (ad - M_k)^4 + B_{k\_kx+1} \times (ad - M_k)^3 + C_{k\_kx+1} \times (ad - M_k)^2 + D_{k\_kx+1} \times (ad - M_k) + E_{k\_kx+1}$
• • •	• • •
63	$G_{3936\_4176} = A_{63\_64} \times (ad - M_{63})^4 + B_{63\_64} \times (ad - M_{63})^3 + C_{63\_64} \times (ad - M_{63})^2 + D_{63\_64} \times (ad - M_{63}) + E_{63\_64}$
64	$G_{4176\_E} = A_{64\_E} \times (ad - M_{64})^4 + B_{64\_E} \times (ad - M_{64})^3 + C_{64\_E} \times (ad - M_{64})^2 + D_{64\_E} \times (ad - M_{64}) + E_{64\_E}$

Figure 1 is a graph illustrating the relationship between ADC measurement values and correction values. The vertical axis is labeled "校正値" (Correction Value) with "大" (Large) at the top and "小" (Small) at the bottom. The horizontal axis is labeled "ADC測定値" (ADC Measurement Value) with "小" (Small) on the left and "大" (Large) on the right. A curve represents the correction function. Two points on the curve are highlighted: "要素番号 k" (Element Number k) and "要素番号 k+1" (Element Number k+1). The correction values at these points are "校正値(G_{kx})" and "校正値(G_{kx,kx+1})" respectively. The ADC measurement values are "ADC測定値(M_k)" and "ADC測定値(M_{k+1})". A box contains the formula for G_{kx,kx+1}:

$$G_{kx,kx+1} = A_{k,k+1} \times (ad - M_k)^4 + B_{k,k+1} \times (ad - M_k)^3 + C_{k,k+1} \times (ad - M_k)^2 + D_{k,k+1} \times (ad - M_k) + E_{k,k+1}$$

The difference between the ADC measurement values is labeled "(ad - M_k)".

100

記憶部 101

校正テーブル 103

参照値(第1参照値)	校正值
参照値(第2参照値)	校正值
参照値	校正值
参照値	校正值
⋮	⋮

信号処理部 102

入力値 →

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/070883

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03M1/10(2006.01)i, H04B10/07(2013.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03M1/10, H04B10/07

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-212900 A (NEC Corp.), 24 September 2010 (24.09.2010), front page (Family: none)	1-8
A	JP 54-118761 A (Chino Works, Ltd.), 14 September 1979 (14.09.1979), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2009-165129 A (Micrel Inc.), 23 July 2009 (23.07.2009), fig. 8 & US 7508329 B1 & CN 101483436 A & SG 153795 A	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 September, 2013 (27.09.13)

Date of mailing of the international search report
08 October, 2013 (08.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03M1/10(2006.01)i, H04B10/07(2013.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03M1/10, H04B10/07

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-212900 A（日本電気株式会社）2010.09.24, フロントページ（ファミリーなし）	1 - 8
A	JP 54-118761 A（株式会社千野製作所）1979.09.14, 全文全図（ファミリーなし）	1 - 8
A	JP 2009-165129 A（マイクレル, インコーポレーテッド）2009.07.23, 第8図 & US 7508329 B1 & CN 101483436 A & SG 153795 A	1 - 8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 0 9 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 8 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

柳下 勝幸

5 X

9 5 6 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 9 6