

(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
2020年8月27日(27.08.2020)



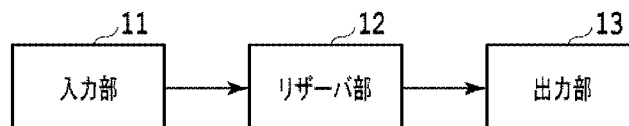
(10) 国際公開番号

WO 2020/170872 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 3/00 (2006.01) *G06E 3/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/004955
- (22) 国際出願日: 2020年2月7日(07.02.2020)
- (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 2019-027369 2019年2月19日(19.02.2019) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小 仁 所 志 栞 (KONISHO Shiori); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 橋本 俊和 (HASHIMOTO Toshikazu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 中島 光雅 (NAKAJIMA Mitsumasa); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所 (TANI & ABE, P.C.); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6番20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,

(54) Title: OPTICAL SIGNAL PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 光信号処理装置



11 Input unit
12 Reservoir unit
13 Output unit

(57) **Abstract:** Provided is an optical signal processing device whereby operational precision can be enhanced without increasing the number of nodes in a reservoir layer. The present invention provides an optical signal processing device for converting an inputted one-dimensional signal to an optical signal and performing signal processing, the optical signal processing device being provided with: an input unit for performing linear processing by the inputted one-dimensional signal and converting to a multi-wavelength optical signal; a reservoir unit for performing linear processing and nonlinear processing of the optical signal, the reservoir unit being connected to the output of the input unit; and an output unit for converting the optical signal to an electrical signal, performing linear processing, and outputting a one-dimensional output, the output unit being connected to the output of the reservoir unit.

(57) 要約: リザーバ層のノード数を増加させることなく、演算精度を向上することができる光信号処理装置を提供する。入力された一次元信号を光信号に変換して信号処理を行う光信号処理装置であって、前記入力された一次元信号により線形処理を行って、多波長の光信号に変換する入力部と、前記入力部の出力に接続され、前記光信号に対して線形処理と非線形処理とを行うリザーバ部と、前記リザーバ部の出力に接続され、前記光信号を電気信号に変換して、線形処理を行って一次元出力を出力する出力部とを備えた。

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：光信号処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、光リザーバコンピューティングに適用することができる光信号処理装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、インターネットを介して様々なセンサーから大量のデータを取得する環境が構築され、取得した大量のデータを解析して高精度な知識処理、未来予測を行う研究およびビジネスが活発に行われている。一般に膨大なデータの解析には時間と消費電力等のコストを要するため、高速性と高効率性等を備える演算機器が求められている。このような情報処理のための演算法として、小脳の信号処理を真似たリザーバコンピューティング（RC）という光コンピューティング技術が提案されている。RCという力学系を用いた光演算機器は、高速性と高効率性を同時に兼ね備える可能性を持つと注目を集めている。

[0003] 従来の光RCの適用例では、カオス近似問題、NARMA10等の一次元入出力問題を解く例が主に報告されてきた（例えば、非特許文献1参照）。さらに、光RCの適用範囲を更に広げるためには、演算精度を高める必要がある。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：L. Larger, et al. , “Photonic information processing beyond Turing: an optoelectronic implementation of reservoir computing ,” Optics Express Vol. 20, Issue 3, pp. 3241-3249 (2012)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 一般にRCでは、リザーバ層のノード数を増やすことによって演算精度が

高くなることが知られている。光RCの場合、リザーバ層のノードは、ファイバリングを周回する光パルスの数によって表現されるため、ノード数を増加させて演算精度を向上するには、周回する光パルスを時間多重して演算処理を行っていた。しかしながら、タスクとノードを全て時間上に展開してデータを入力していたため、ノード数を増やすほど、光RCへ入力するデータ時間が長くなり、スループットが低下するという問題があった。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の目的は、リザーバ層のノード数を増加させることなく、演算精度を向上することができる光信号処理装置を提供することにある。

[0007] 本発明は、このような目的を達成するために、一実施態様は、入力された一次元信号を光信号に変換して信号処理を行う光信号処理装置であって、前記入力された一次元信号により線形処理を行って、多波長の光信号に変換する入力部と、前記入力部の出力に接続され、前記光信号に対して線形処理と非線形処理とを行うリザーバ部と、前記リザーバ部の出力に接続され、前記光信号を電気信号に変換して、線形処理を行って一次元出力を出力する出力部とを備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、ノードを時間軸方向へ展開する代わりに、波長方向へ展開する光RCを作製することによって、データの入力時間を増やすことなく、光RCのスループットを向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の一実施形態にかかる光信号処理装置の全体構成を示す図である。

[図2]本実施形態にかかる光信号処理装置の入力部の構成を示す図である。

[図3]本実施形態にかかる光信号処理装置のリザーバ部の構成を示す図である。

[図4]本実施形態にかかる光信号処理装置の出力部の構成を示す図である。

[図5]波長多重と時間多重を併用する光信号処理装置を説明するための図であ

る。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明する。

[0011] 図1に、本発明の一実施形態にかかる光信号処理装置の全体構成を示す。

光信号処理装置は、入力された一次元信号により線形処理を行って、多波長の光信号に変換する入力部11と、入力部11の出力に接続され、多波長信号に対してランダムな線形処理と非線形処理とを行うリザーバ部12と、リザーバ部12の出力に接続され、光信号を電気信号に変換して、線形処理を行って一次元出力を出力する出力部13とを備えている。

[0012] 本実施形態の光信号処理装置は、ノードを時間軸方向へ展開する代わりに、波長方向へ展開することによって、光RCのスループットを向上させる。

[0013] [入力部]

図2に、本実施形態にかかる光信号処理装置の入力部の構成を示す。入力部11は、多波長光信号をリザーバ部12へ伝搬させる機能を有する。入力部11は、多波長光源111と、多波長光源111からの光信号を変調用の電気信号で変調する時間変調部112と、時間変調部112の出力に対して、各波長ごとに重み付けを行う信号変調部113とを含む。

[0014] 多波長光源111として、ASE光源、広帯域光源、複数台の単波長光源などを用いることができる。ASE光源を用いる場合、強度情報のみを使用するため、比較的安定に動作させることができる。広帯域光源を用いる場合、強度情報と位相情報の両方使用するため、情報量を2倍以上にすることができる。複数台の単波長光源を用いる場合、各波長毎に強度情報と位相情報とを調整して使用することができる。

[0015] 入力部11は、式(1)に示す処理を実行する。

[0016] [数1]

$$x_{in}(\lambda, t) = w_{in}(\lambda) \cdot u(\lambda, t) \quad (1)$$

[0017] 時系列信号のタスク $u(\lambda, t)$ に重み $w_{in}(\lambda)$ を積算して、リザーバ部12への入力信号 $x_{in}(\lambda, t)$ を生成する。この重み $w_{in}(\lambda)$ は、光RC

の訓練を実行する前に予め与えられる値であり、訓練およびテストを通して値が変更されることは無い。

- [0018] 時系列信号のタスク $u(\lambda, t)$ は、光源 111 に接続された時間変調部 112 を通過することで生成される（図 2 の波形例 A）。一次元入力信号である変調用の電気信号は、パソコンや F P G A 等から入力される。パソコンを用いる場合、データを容易に書き換えることが可能である。F P G A を用いる場合、高速な電気信号を入力することができる。時間変調部 112 として、L N 変調器などの光減衰器、半導体光増幅器などの光増幅器を用いることができる。光減衰器を使用する場合、高速に変調することができるため、演算時間を短くすることができる。光増幅器を使用する場合、信号を増幅することができるため、損失による演算能力の低下を抑えることができる。
- [0019] 時系列信号のタスク $u(\lambda, t)$ は、信号変調部 113 へ入力され、波長ごとに重み $w_{in}(\lambda)$ が乗算される（図 2 の波形例 B）。信号変調部 113 として、波長選択スイッチや M E M S 等を用いることができる。波長選択スイッチとは、回折格子と空間光変調器で構成された装置であって、各波長に対して任意に位相や強度を変調することができる装置である。波長選択スイッチを使用する場合、低消費電力で動作させることができる。M E M S を使用する場合、消光比を高くして演算性能を上げることができる。

[0020] [リザーバ部]

図 3 に、本実施形態にかかる光信号処理装置のリザーバ部の構成を示す。リザーバ部 12 は、時刻 t において入力部 11 から伝搬された一次元信号と時刻 $t - 1$ においてリザーバ部 12 を周回していた一次元信号を合流部 121 で結合した後、分岐部 122 において処理結果の一部を出力部 13 へ、残りをリザーバ部 12 へ分岐させる機能を有する。入力部 11 からの光信号と、多波長光源からの光信号と変調用の電気信号がリザーバ部へ入力されることによって、様々な状態を表現する多波長光信号を生成する。

- [0021] リザーバ部 12 は、式 (2) に示す処理を実行する。

[0022]

[数2]

$$x_{re}(\lambda, t) = \cos^2[\sum_{\lambda} w_{re}(\lambda) \cdot x_{in}(\lambda, t-1) + \phi] \times \Omega(\lambda) + x_{in}(\lambda, t) \quad (2)$$

[0023] 時刻 $t-1$ における入力部 11 からの入力 $x_{in}(\lambda, t-1)$ に重み $w_{re}(\lambda)$ が乗算され、波長方向の信号を積算する。波長方向に重み付けされた信号 $\Omega(\lambda)$ に対して、 $\cos^2$ 関数の変調を行う。最後に、時刻 t における入力部 11 からの入力 $x_{in}(\lambda, t)$ を加算することにより、時刻 t におけるリザーバ部 12 の状態 $x_{re}(\lambda, t)$ を生成する。ここで、重み $w_{re}(\lambda)$ および信号 $\Omega(\lambda)$ は光 RC の訓練を実行する前に予め与えられる値であり、訓練およびテストを通して値が変更されることは無い。なお、 ϕ は後述する時間変調部におけるバイアスである。

[0024] リザーバ部 12 への第 1 の入力として、時刻 $t-1$ に入力された入力部 11 からの入力 $x_{in}(\lambda, t-1)$ は、合流部 121 と分岐部 122 を通過して、信号変調部 123 へ入力される。信号変調部 123 では、各波長に対する重み $w_{re}(\lambda)$ が乗算される。信号変調部 123 として、波長選択スイッチや MEMS 等を用いることができる。波長選択スイッチを使用する場合、低消費電力で動作させることができる。MEMS を使用する場合、消光比を高くして演算性能を上げることができる。

[0025] 信号変調部 123 を通過した光信号は、受光部 124 で電気信号へ変換される。ここで、波長ごとに受光部を設けるのではなく、1つの受光部で重み付けされた多波長信号を受光する。受光部 123 から出力される電気信号は、波長方向の情報を失うため、あたかも波長方向の信号に対して加算したような計算を実行することができる。

[0026] 一方、多波長光源 125 から入力された信号光は、信号変調部 126 へ入力される。多波長光源 125 として、ASE 光源、広帯域光源、複数台の単波長光源などを用いることができる。ASE 光源を用いる場合、強度情報のみを使用するため比較的安定に動作させることができる。広帯域光源を用いる場合、強度情報と位相情報を両方使用するため、情報量を 2 倍以上にすることができる。複数台の単波長光源を用いる場合、各波長毎に強度情報と位

相情報を調整して使用することができる。

[0027] 信号変調部 1 2 6 では、各波長に対する重み $\Omega(\lambda)$ が積算される。変調用の電気信号は、パソコンや F P G A 等から入力される。パソコンを用いる場合、データを容易に書き換えることが可能である。F P G A を用いる場合、高速な電気信号を入力することができる。信号変調部 1 2 6 として、波長選択スイッチや M E M S 等を用いることができる。波長選択スイッチを使用する場合、低消費電力で動作させることができる。M E M S を使用する場合、消光比を高くして演算性能を上げることができる。

[0028] 重み付けされた信号光 $\Omega(\lambda)$ および受光部 1 2 4 で変換された電気信号は、時間変調部 1 2 7 へ入力され、変調された信号を新たに生成する。時間変調部 1 2 7 として、L N 変調器などの光減衰器、半導体光増幅器などの光増幅器を用いることができる。光減衰器を使用する場合、高速に変調することができるため、演算時間を短くすることができる。光増幅器を使用する場合、信号を増幅することができるため、損失による演算能力の低下を抑えることができる。

[0029] 時間変調部 1 2 7 を通過した信号光は、リザーバ部 1 2 への第 2 の入力として合流部 1 2 1 へ入力され、時刻 t における入力部からの入力 $x_{in}(\lambda, t)$ と加算される。合流部 1 2 1 として、ビームスプリッタなどの空間光学系、光カプラなどのファイバ光学系、P L C などの平面光学系を用いることができる。空間光学系を使用する場合、光の偏光が変化し難いため、演算性能を高めることができる。ファイバ光学系を使用する場合、光ファイバの接続を変更することによって、装置の構成を比較的容易に変更することができる。平面光学系を使用する場合、光部品のロスを抑えることができるため、演算性能を高めることができる。

[0030] 合流部 1 2 2 を通過した信号光 $x_r(\lambda, t)$ は、分岐部 1 2 2 へ入力され、リザーバ部 1 2 と出力部 1 3 の二経路へ分岐される。分岐部 1 2 2 として、ビームスプリッタなどの空間光学系、光カプラなどのファイバ光学系、P L C などの平面光学系等を用いることができる。空間光学系を使用する場合

、光の偏光が変化し難いため、演算性能を高めることができる。ファイバ光学系を使用する場合、光ファイバの接続を変更することによって、装置の構成を比較的容易に変更することができる。平面光学系を使用する場合、光部品のロスを抑えることができるため、演算性能を高めることができる。

[0031] [出力部]

図4に、本実施形態にかかる光信号処理装置の出力部の構成を示す。出力部13は、リザーバ部12より出力された多波長信号を積和演算して、一次元出力を生成する。出力部13は、リザーバ部12より出力された多波長信号を変調用の電気信号で変調する信号変調部131と、信号変調部131の出力を電気信号に変換する受光部132とを含む。変調用の電気信号は、パソコンやFPGA等から入力される。パソコンを用いる場合、データを容易に書き換えることが可能である。FPGAを用いる場合、高速な電気信号を入力することができる。

[0032] 出力部13は、式(3)に示す処理を実行する。

[0033] [数3]

$$x_{out}(t) = \sum_{\lambda} w_{out}(\lambda) \cdot x_{re}(\lambda, t) \quad (3)$$

[0034] 時刻tにおけるリザーバ部12からの入力 $x_{re}(\lambda, t)$ に対して、重み $w_{out}(\lambda)$ を乗算し、波長方向のデータを加算することにより出力信号を生成する。ここで、重み $w_{out}(\lambda)$ は可変変数である。重み $w_{out}(\lambda)$ は、リザーバ部12の状態 $x_{re}(\lambda, t)$ に対して望ましい状態 $T(t)$ を出力するようにペンローズの擬似逆行列に従って求められる。誤差逆伝搬法に比べ、重みの更新を繰り返す必要が無いため、高速に演算することができる。重み $w_{out}(\lambda)$ の演算は、パソコンやFPGA等で実行される。パソコンを使用する場合、計算途中の状態をモニタしやすい。FPGAを使用する場合、高速に演算することができる。

[0035] 時刻tにおいてリザーバ部12からの入力された信号 $x_{re}(\lambda, t)$ は、信号変調部131へ入力される。信号変調部131では、各波長に対する重み $w_{out}(\lambda)$ が乗算される。信号変調部131として、波長選択スイッチやME

MS等を用いることができる。波長選択スイッチを使用する場合、低消費電力で動作させることができる。MEMSを使用する場合、消光比を高くして演算性能を上げることができる。

[0036] 信号変調部131を通過した光信号は、受光部132へ入力され、電気信号へ変換される。ここで、波長ごとに受光部を設けるのではなく、1つの受光部で重み付けされた多波長信号を受光する。受光部132から出力される電気信号では波長方向の情報を失うため、あたかも波長方向の信号に対して加算したような計算を実行することができる。

[0037] 本実施形態の光信号処理装置の演算時間は、およそ「光パルスの変調速度×タスクのデータ数×（ノード数÷波長多重数）」で決まる。（）内の値は、時間方向に展開されるノード数を示している。従来の光RCでは波長多重数が1であったため、全てのノードが時間軸上に展開されていた。本実施形態においては、波長を多重する分だけ時間軸上に展開するノード数を減らすことができる。これは、従来の光RCに対して波長多重数分の1だけスループットが向上することを示している。

[0038] 以上で述べたように、本実施形態によれば、ノードを時間軸方向へ展開する代わりに、波長方向へ展開する光RCを作製することによって、リザーバ層のノード数を増加させることなく、光RCのスループットを向上させることができる。

[0039] [波長多重と時間多重の併用]

なお、ノードを波長方向へ展開すると同時に、時間軸方向へ展開して、ノード数が波長数より多い場合であっても、より光RCのスループットを向上させることもできる。

[0040] 図5を参照して、波長多重と時間多重を併用する光信号処理装置を説明する。図5（a）は、上述した本実施形態の入力部11で生成された波形例Bであり、ノードを波長方向に（M倍）展開したことを示している。図5（b）は、ノードを時間軸方向へ（N倍）展開したことを示している。一次元入力信号を、パルスごとに時間軸方向にN倍引き伸ばした時系列信号を生成し

、引き伸ばした時系列信号に対して、予め与えられた重みを乗算している。

[0041] 図5(c)は、ノードを波長方向と時間軸方向とに展開したことを示しており、 $M \times N$ 倍のノード数に相当し、ノード数が波長数より多い場合であっても、光RCのスループットを向上させることができる。

符号の説明

[0042] 1 1 入力部
1 2 リザーバ部
1 3 出力部
1 1 1, 1 2 5 光源
1 1 2, 1 2 7 時間変調部
1 1 3, 1 2 3, 1 2 6, 1 3 1 信号変調部
1 2 1 合流部
1 2 2 分岐部
1 2 4, 1 3 2 受光部

請求の範囲

- [請求項1] 入力された一次元信号を光信号に変換して信号処理を行う光信号処理装置であって、
- 前記入力された一次元信号により線形処理を行って、多波長の光信号に変換する入力部と、
- 前記入力部の出力に接続され、前記光信号に対して線形処理と非線形処理とを行うリザーバ部と、
- 前記リザーバ部の出力に接続され、前記光信号を電気信号に変換して、線形処理を行って一次元出力を出力する出力部と
- を備えたことを特徴とする光信号処理装置。
- [請求項2] 前記入力部は、
- 第1の多波長光源と、
- 前記第1の多波長光源に接続され、前記入力された一次元信号によりタスクを生成する第1の時間変調部と、
- 前記第1の時間変調部に接続され、入力された多波長の光信号の各波長ごとに重み付けする第1の信号変調部と
- を含むことを特徴とする請求項1に記載の光信号処理装置。
- [請求項3] 前記第1の多波長光源は、ASE光源、広帯域光源、または複数台の単波長光源から出射した光を合波して出力する光源であることを特徴とする請求項2に記載の光信号処理装置。
- [請求項4] 前記リザーバ部は、
- 時刻 t に前記入力部から伝搬された光信号と時刻 $t - 1$ に前記リザーバ部を周回していた光信号とを結合する合流部と、
- 結合された光信号を前記リザーバ部と前記出力部とに分岐する分岐部と、
- 前記分岐部において前記リザーバ部へ分岐された光信号の各波長ごとに重み付けする第2の信号変調部と、
- 前記第2の信号変調部に接続され、重み付けされた光信号を受光し

て電気信号へ変換する第1の受光部と、

第2の多波長光源と、

前記第2の多波長光源に接続され、入力された多波長の光信号の各波長ごとに重み付けする第3の信号変調部と、

前記第1の受光部からの前記電気信号に従って、前記第3の信号変調部からの光信号を変調し、前記合流部に出力する第2の時間変調部と

を含むことを特徴とする請求項2または3に記載の光信号処理装置

。

[請求項5] 前記第2の多波長光源は、ASE光源、広帯域光源、または複数台の単波長光源から出射した光を合波して出力する光源であることを特徴とする請求項4に記載の光信号処理装置。

[請求項6] 前記出力部は、

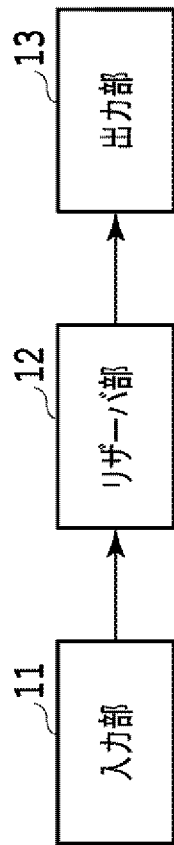
前記分岐部において前記出力部へ分岐された光信号の各波長ごとに重み付けする第4の信号変調部と、

前記第4の信号変調部からの光信号を電気信号へ変換する第2の受光部と

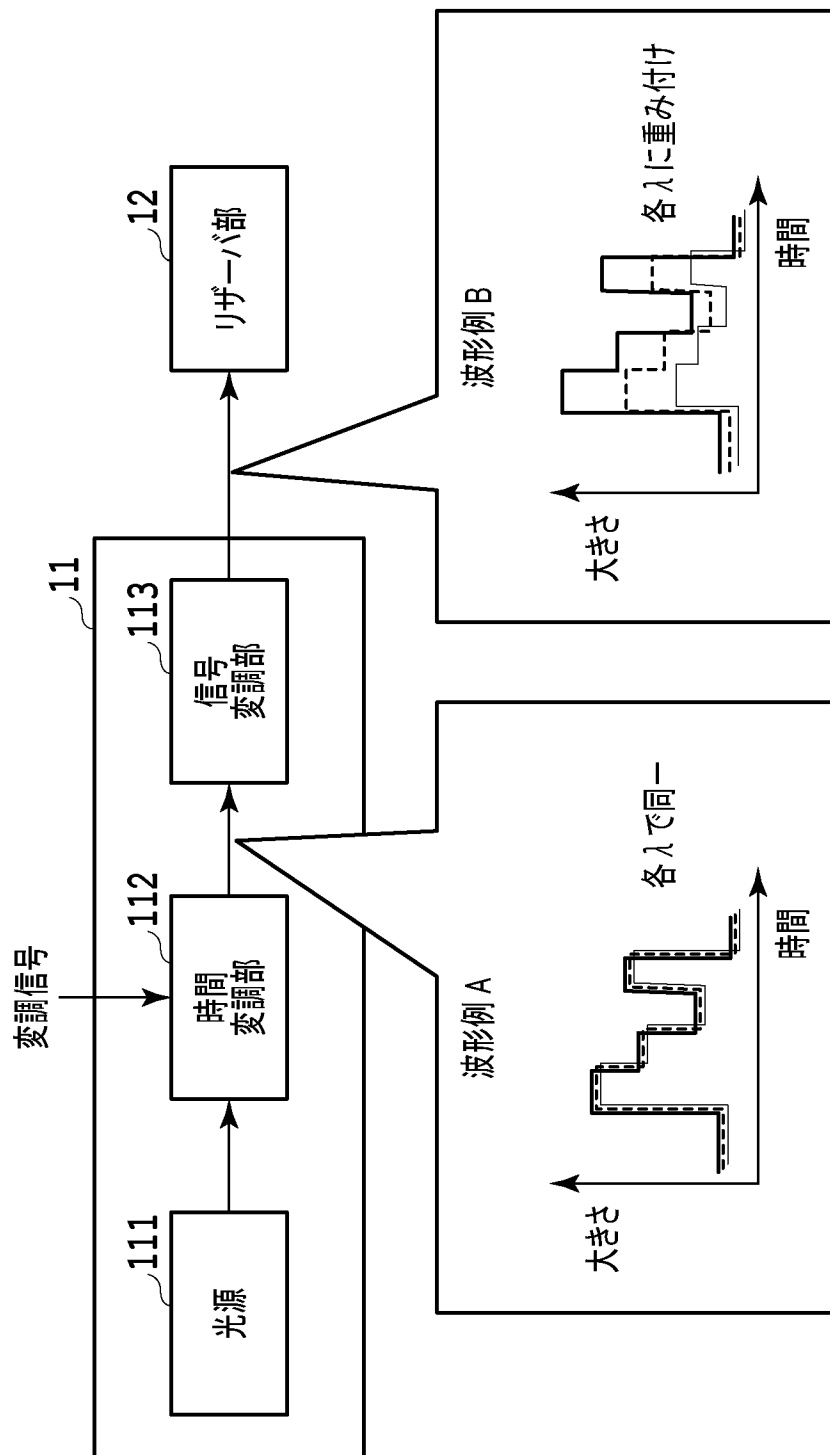
を含むことを特徴とする請求項4または5に記載の光信号処理装置

。

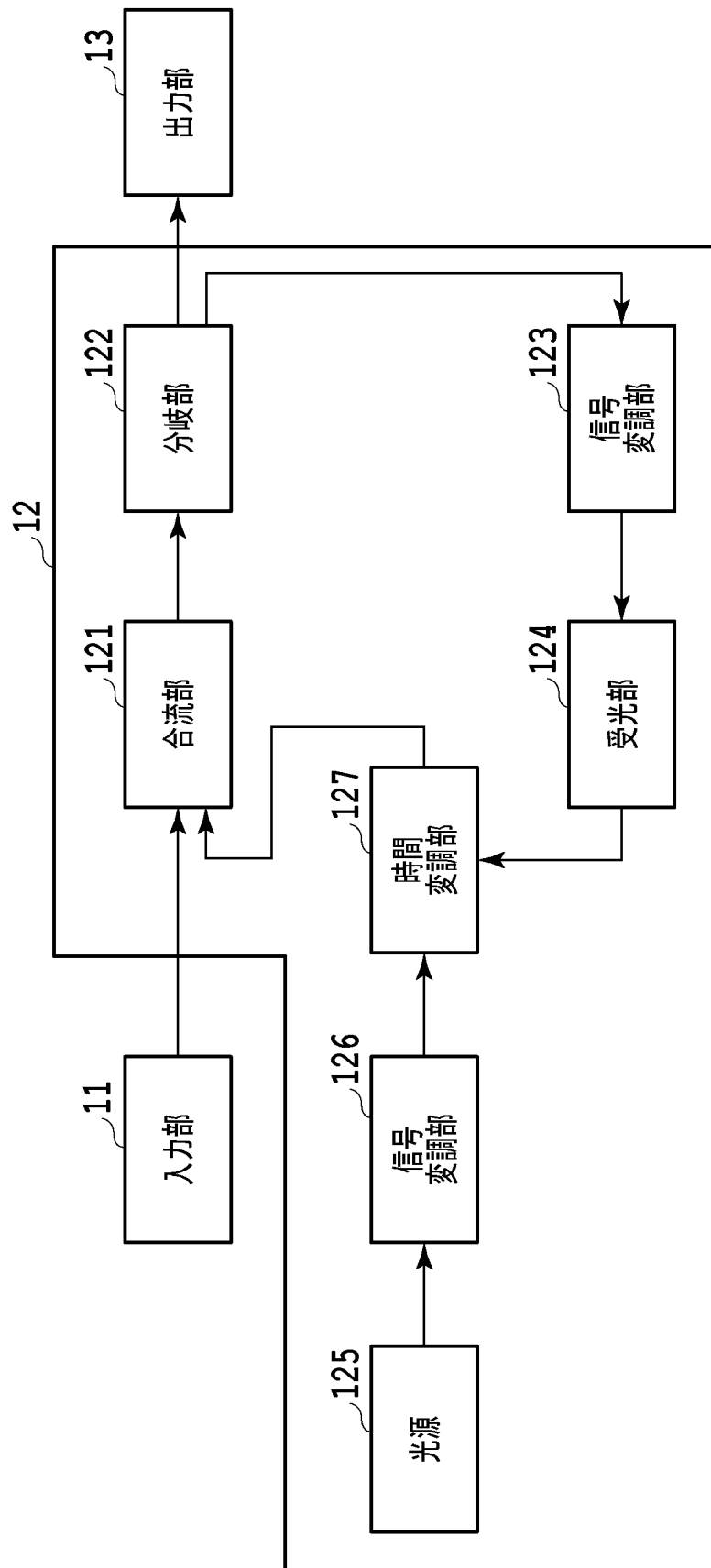
[図1]



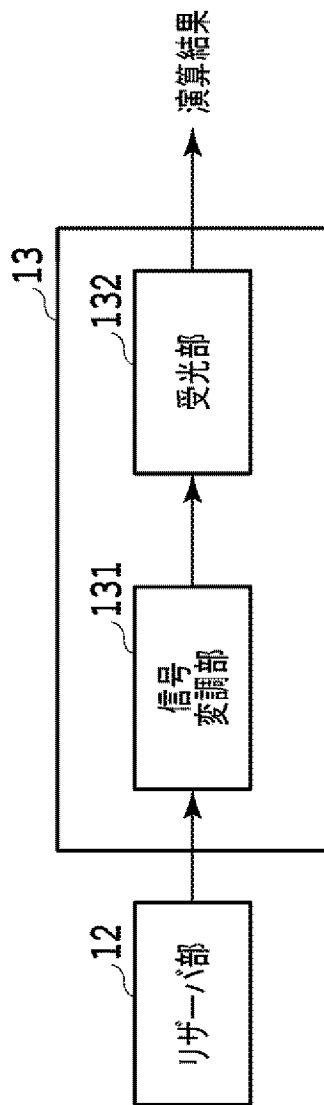
[図2]



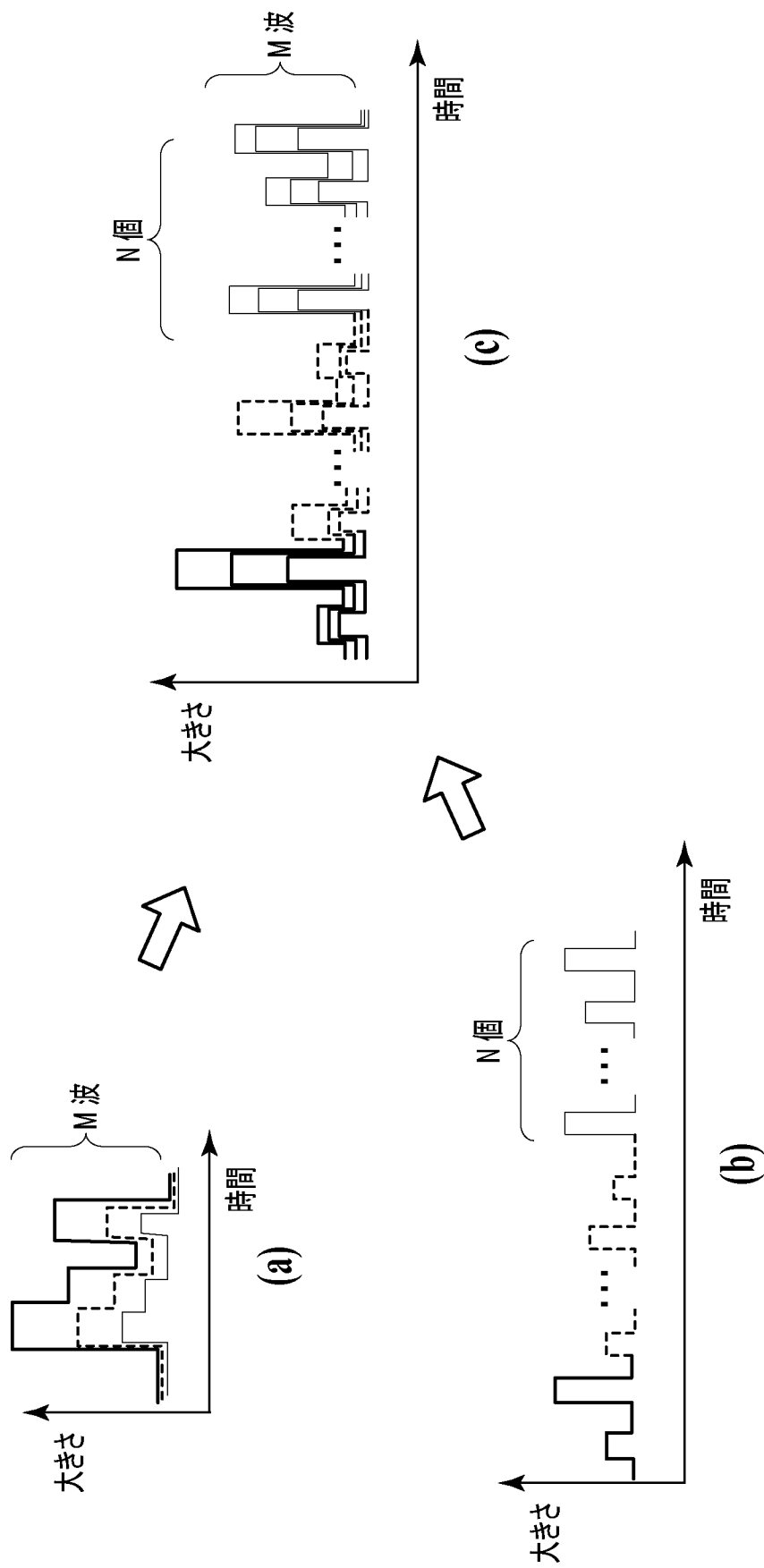
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/004955

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F 3/00 (2006.01) i; G06E 3/00 (2006.01) i
FI: G02F3/00 501; G06E3/00

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)

G02F3/00; G06E3/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII); IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2018-200391 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 20.12.2018 (2018-12-20) paragraphs [0020]-[0074], fig. 3-8	1-6
Y	US 2017/0116515 A1 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 27.04.2017 (2017-04-27) paragraphs [0021]-[0047], fig. 1-3	1-6
A	成瀬 誠 et al., 光を用いた意思決定 - バンディット問題を光で解く -, 人工知能, 01 September 2018, vol. 33, no. 5, pp. 592-599, entire text, all drawings, (NARUSE, Makoto et al., "Decision Making by Photonics -Solving Multi-armed Bandit Problems by Photons-", Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence)	1-6



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

"I" 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

03 April 2020 (03.04.2020)

Date of mailing of the international search report

21 April 2020 (21.04.2020)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/004955

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/0009548 A1 (UNIVERSITEIT GENT) 08.01.2015 (2015-01-08) entire text, all drawings	1-6
P, X	小仁所 志栞 et al., 空間光変調器を用いた波長多重光リザーバーコンピューティングの提案, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 25 February 2019, "2. Proposed configuration", fig. 1-2, (KONISHO, Shiori et al., "Proposal of the Multi-wavelength Photonic Reservoir Computing Using SLMs", Lecture preprints of the 66th JSAP Spring Meeting, 2019)	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/004955

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-200391 A	20 Dec. 2018	(Family: none)	
US 2017/0116515 A1	27 Apr. 2017	(Family: none)	
US 2015/0009548 A1	08 Jan. 2015	EP 2821942 A2	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02F 3/00(2006.01)i; G06E 3/00(2006.01)i FI: G02F3/00 501; G06E3/00														
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（IPC）） G02F3/00; G06E3/00														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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） JSTPlus/JST7580 (JDreamIII); IEEE Xplore														
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												
Y	JP 2018-200391 A (日本電信電話株式会社) 20.12.2018 (2018 - 12 - 20) 段落 [0020] - [0074] , 第3-8図	1-6												
Y	US 2017/0116515 A1 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 27.04.2017 (2017 - 04 - 27) 段落 [0021] - [0047] , 第1-3図	1-6												
A	成瀬 誠 et al., 光を用いた意思決定 - バンディット問題を光で解く -, 人工知能 , 2018.09.01, Vol.33, No.5, pp.592-599 全文, 全図	1-6												
A	US 2015/0009548 A1 (UNIVERSITEIT GENT) 08.01.2015 (2015 - 01 - 08) 全文, 全図	1-6												
P, X	小仁所 志栞 et al., 空間光変調器を用いた波長多重光リザーバーコンピューティングの提案, 第66回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 2019.02.25 2. 提案構成, 第1-2図	1-3												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	"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	"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	"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	"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	"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）	"&" 同一パテントファミリー文献	"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	
* 引用文献のカテゴリー	"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
"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	"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													
"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	"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													
"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）	"&" 同一パテントファミリー文献													
"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														
国際調査を完了した日 03.04.2020		国際調査報告の発送日 21.04.2020												
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 山本 元彦 2L 3914 電話番号 03-3581-1101 内線 3295												

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/004955

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2018-200391	A	20.12.2018	(ファミリーなし)			
US	2017/0116515	A1	27.04.2017	(ファミリーなし)			
US	2015/0009548	A1	08.01.2015	EP	2821942	A2	