

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-68352

(P2010-68352A)

(43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04J 14/00 (2006.01)	H04B 9/00 F	5K102
H04J 14/04 (2006.01)		
H04J 14/06 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2008-233961 (P2008-233961)	(71) 出願人	301022471
(22) 出願日	平成20年9月11日 (2008.9.11)		独立行政法人情報通信研究機構
			東京都小金井市貫井北町4-2-1
		(74) 代理人	100116850
			弁理士 廣瀬 隆行
		(72) 発明者	和田 尚也
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
			行政法人情報通信研究機構内
		(72) 発明者	王 旭
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
			行政法人情報通信研究機構内
		Fターム(参考)	5K102 AD14 AH02 AH23 AH26 AH27
			AM09 PB19 PC03 PH41 PH47
			PH48

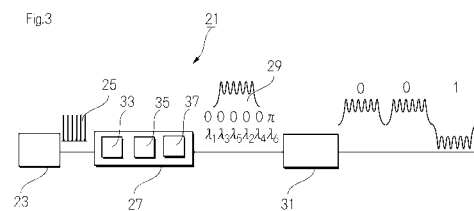
(54) 【発明の名称】 位相情報を有する光コードを用いた光情報通信システム

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、コードサイズを増加でき、相関特性を向上できる光情報通信システムを提供することを目的とする。

【解決手段】 上記課題は、パルス光源(23)、コード部(27)、及び変調部(31)を有する、光情報通信システム用送信機(21)であって、コード部が、各光チップパルスが位相変調情報と波長変調情報を持つパルス列(29)を得る光情報通信システム用送信機により解決される。すなわち、本発明によれば、従来位相変調情報しか持たなかったチップパルスに、波長変調情報をもたせることができる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

パルス光源（２３）、コード部（２７）、及び変調部（３１）を有する、光情報通信システム用送信機（２１）であって、

前記コード部には、

前記パルス光源（２３）から出力されたコヒーレントなパルス光（２５）が入力され、

前記コード部は、

分波・波長変調部（３３）、位相変調部（３５）及び合波部（３７）を含み、

前記分波・波長変調部（３３）は、

前記パルス光を分波し、チップ数 N （ただし、 N は２以上の整数）の光チップパルスを得るものであって、

前記 N 個の光チップパルスのそれぞれに、波長変調を施し、

前記位相変調部（３５）は、

前記分波・波長変調部から出力された

波長変調を施された N 個の光チップパルスのそれぞれに、位相変調を施し、

前記合波部（３７）は、

前記位相変調部から出力された N 個の光チップパルスを合波し、これにより、各光チップパルスが位相変調情報と波長変調情報を持つパルス列（２９）を得、

前記変調器（３１）は、

送信すべきデータに関する情報を前記パルス列に載せるために、前記パルス列（２９）ごとに、前記データに関する情報に基づいて所定の変調を施す、

光情報通信システム用送信機。

【請求項 2】

前記位相変調部（３５）及び前記変調器（３１）は、

ひとつの位相変調器である、

請求項 1 に記載の光情報通信システム用送信機。

【請求項 3】

前記分波・波長変調部は、

第 1 のファイバブラッググレーティングである、

請求項 1 に記載の光情報通信システム用送信機。

【請求項 4】

前記合波部は、前記第 1 のファイバブラッググレーティングに対応したグレーティングを有する第 2 のファイバブラッググレーティングを含む、

請求項 3 に記載の光情報通信システム用送信機。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の光情報通信システム用送信機を含む光情報通信システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

【 0 0 0 1 】

本発明は、位相情報を有する光コードを用いた光情報通信システムなどに関する。より詳しく説明すると、本発明は、各チップパルスが位相変調情報のみならず、波長変調情報をも有する、2次元コヒーレントOCDMAシステムなどに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

特開2001-177565号公報には、パケットルーティング技術が開示されている。この技術は、パルス光源から出力される波長 λ のコヒーレントな光パルスを分波し、光チップパルス間に一定の遅延時間差を与える、チップ数 N （但し、 $N \geq 2$ ）の光チップパルスに分割する。そして、各光チップパルスのもつ光キャリア位相に“0”または“ π ”の位相シフトを与える。その後、全ての光チップパルスを再度合波することによって、特定の中心周波数 λ と位相の組み合わせを持つ光符号に相当する光チップパルス列を全光学的に生成する。

10

【 0 0 0 3 】

図1は、特開2001-177565号公報に開示された送信機を示すブロック図である。図1に示されるようにこの送信機1は、パルス光源3と、位相変調器などのコード部7と、強度変調器などの変調部9とを有する。そして、パルス光源3から出力されたコヒーレントなパルス光5が、コード部7によりチップ数 N （図1では8）の光チップパルスに分割される。各チップパルスは、中心波長が λ であり、“0”または“ π ”の位相情報が付加される。これによりアドレス情報が、光パルス列にマッピングされる。そして、変調部9は、パケット用データにしたがって光パルス列を変調する。これにより、データ情報が変調情報として付加される。

20

【 0 0 0 4 】

図2は、特開2001-177565号公報に開示されたパルス列を示す図である。図2に示されるように、この公報に開示された方法では、チップが“0”または“ π ”という位相情報により符号化されている。このためコードサイズが限られている。また、限られたコードサイズで符号化を行うため、相関特性に限界がある。さらに、符号化方式が固定され、容易に複号化できるため、傍受される恐れがある。

【 0 0 0 5 】

特開2007-096476号公報には、光符号分割多重アクセスシステムが開示されている。このシステムでは、ビットごとに位相変調を行い符号化する。しかしながら、ビットを構成するチップについては、位相変調を施していない。

30

【 特許文献1 】 特開2001-177565号公報

【 特許文献2 】 特開2007-096476号公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、コードサイズを増加でき、相関特性を向上できる光情報通信システムを提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

また、本発明は、安全性の高い光情報通信を行うことができる光情報通信システムを提供することを上記とは別の目的とする。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明は、コードを構成する複数の時間分割された光チップパルスが、それぞれ、波長及び位相によりマッピングされた情報を有する。これにより、コードサイズを大幅に増加でき、相関特性を向上できる。また迅速に符号化形式を変化させることができるので、ビットごとに符号化形式を変化させることができ、安全性の高い情報通信を行うことができる。

【 発明の効果 】

50

【 0 0 0 9 】

本発明は、コードを構成する複数の時間分割された光チップパルスが、それぞれ、波長及び位相によりマッピングされた情報を有する。これにより、コードサイズを大幅に増加でき、相関特性を向上できる。また迅速に符号化形式を変化させることができるので、ビットごとに符号化形式を変化させることができ、安全性の高い情報通信を行うことができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

以下、図面を用いて、本発明の実施の形態を説明する。図 3 は、本発明の光情報通信システム用送信機のブロック図である。図 3 に示されるように、本発明の光情報通信システム用送信機 2 1 は、パルス光源 2 3、コード部 2 7、及び変調部 3 1 を有する。本発明は、光符号分割多重アクセス (OCDMA) における公知の構成を適宜修正して用いることができる。

10

【 0 0 1 1 】

パルス光源 2 3 は、コヒーレントなパルス光 2 5 を得るものである。パルス光源として、OCDMA において用いられるパルス光源を用いることができる。

【 0 0 1 2 】

本発明の光情報通信システム用送信機では、パルス光源 2 3 からコヒーレントなパルス光 2 5 が出力される。

【 0 0 1 3 】

20

コード部は、アドレスに相当するコード情報を形成するための装置である。通常の OCDMA 用符号器では、図 2 に示されるようにチップパルスごとに位相情報を付加する。よって、従来の OCDMA 用符号器では、位相変調器が存在すれば十分であった。本発明では、コード情報に位相情報のみならず波長情報も持たせる。このため、本発明のコード部は、分波・波長変調部 3 3、位相変調部 3 5 及び合波部 3 7 を含む。

【 0 0 1 4 】

分波・波長変調部 3 3 は、パルス光を分波し、チップ数 N (ただし、 N は 2 以上の整数) の光チップパルスを得るものである。分波・波長変調部 3 3 は、 N 個の光チップパルスのそれぞれに、波長変調を施す。分波・波長変調部の例は、第 1 のファイバブラッググレーティング (FBG) があげられる。分波・波長変調部 3 3 は、パルス光を分波して所定の時間間隔を与えて、それぞれの分波された光の波長をシフトさせ、それらの光を合波することができるものであれば、FBG を用いないものであっても良い。

30

【 0 0 1 5 】

ファイバグレーティングとして、ユニフォームファイバグレーティング、チャープグレーティング、又はマルチセクショングレーティングを用いるものがあげられる。以下、FBG について説明する。FBG は、たとえば、位相マスクを介して紫外線を照射し、そのコアの屈折率を所定のピッチで変化させることにより得ることができる。

【 0 0 1 6 】

ユニフォーム FBG は、グレーティングの周期・屈折率などが均一な FBG である。ユニフォーム FBG は、メインの反射帯域 (メインローブ) の他に、メインローブの周辺に不要な反射帯域 (サイドローブ) が複数生ずる場合がある。

40

【 0 0 1 7 】

チャープグレーティングは、FBG の長手方向に屈折率周期やグレーティングの周期を変化させたチャープド FBG である。チャープグレーティングにより、入力信号の波長に応じて、反射する位置を異ならせることができる。そして、グレーティング部位を長くした長いチャープドグレーティングを用いれば、反射帯域が広くなるという利点がある。

【 0 0 1 8 】

マルチセクション FBG は、波長変化と反射点変化が離散的な FBG である。すなわち、ある範囲の波長成分の光信号は、ほぼ同じ反射点で反射するが、それと異なる範囲の波長成分は反射点が離散的に変化することとなる。

50

【 0 0 1 9 】

なお、F B Gは、スーパーストラクチャードF B Gを用いても良い。このS S F B Gは、光ファイバの導波方向に沿って複数の単位F B Gが配列されて構成されたS S F B Gである。S S F B Gは、たとえば、光ファイバ形式のものである。光ファイバは、コアと、クラッドとを含む。コアは、光ファイバの光導波路である。そして、S S F B Gは、コアの導波方向に沿って直列に配置された複数の単位F B Gを含む。

【 0 0 2 0 】

なお、グレーティングのピッチは、対象とする光の波長などに応じて適切な間隔のものを用いればよく、たとえば、 $100\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ があげられ、 $300\text{ nm} \sim 800\text{ nm}$ でもよい。また、グレーティングのコアに対する屈折率差として、 $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-2}$ があげられ、 $1 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-3}$ でもよく、 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$ でもよい。

【 0 0 2 1 】

コード部に、パルス光源23から出力されたコヒーレントなパルス光25が入力される。このパルス光25は、分波・波長変調部33により分波され、チップ数N（ただし、Nは2以上の整数）の光チップパルスとされる。さらに、分波・波長変調部33は、N個の光チップパルスのそれぞれに、波長変調を施す。たとえば、あるパルス光が6つのチップパルスに分波される。そして、それぞれのチップパルスは、所定間隔の遅延を有している。さらに、それぞれのチップパルスは、波長が異なり、たとえば、 $\lambda_6, \lambda_4, \lambda_2, \lambda_5, \lambda_3, \lambda_1$ のように波長変調情報を有する。なお、この例では、F B Gを用いたので、多数の種類の波長情報を各パルスに載せることができた。しかし、たとえば、公知のF S K変調器を用いるなど、2種類の波長変調情報を載せるものであっても良い。

【 0 0 2 2 】

位相変調部35は、分波・波長変調部から出力された波長変調を施されたN個の光チップパルスのそれぞれに、位相変調を施す。通常のO C D M A符号器では、N個の光チップパルスに位相変調（“0”又は“ π ”）を施す。本発明においても、公知のO C D M A符号器における位相変調器を用いることができる。同様に位相変調を施せばよい。なお、本発明では、たとえば、チップパルスに含まれる位相変調情報と波長変調情報をコード情報（アドレス情報）として用いる。そこで、アドレスに応じた符号化を行うことができるように、F B G（分波・波長変調部）を調整するほか、位相変調器に変調指令を出力する。

【 0 0 2 3 】

コード部33から位相変調部35へ波長変調が施されたチップ列（例 $\lambda_6, \lambda_4, \lambda_2, \lambda_5, \lambda_3, \lambda_1$ ）が入力される。このチップ列に含まれるそれぞれのパルスに位相変調を施す。図3の例では、“ $\pi 0 0 0 0 0$ ”の位相変調を施す。なお、本発明においては、位相変調の例として、0又は π を用いた2値位相変調（B P S K）のほかに、4値位相変調（Q P S K）、8値位相変調（O P S K）、16値位相変調、32値位相変調などさまざまな位相変調を採用できる。

【 0 0 2 4 】

合波部37は、位相変調部から出力されたN個の光チップパルスを合波する。合波部も公知のO C D M A符号器において用いられる装置を適宜採用することができる。分波・波長変調部がF B Gを含むものであった場合、合波部もF B Gを含むものが好ましい。具体的に説明すると、合波部は、第1のファイバブラッググレーティングに対応したグレーティングを有する第2のファイバブラッググレーティングを含むものが好ましい。

【 0 0 2 5 】

コード部で位相変調が施されたチップ列は、合波部に入力される。そして、合波部で合波される。これにより、各光チップパルスが位相変調情報と波長変調情報を持つパルス列29が得られる。

【 0 0 2 6 】

変調器31は、送信すべきデータに関する情報を前記パルス列に載せるために、パルス列29ごとに、データに関する情報に基づいて所定の変調を施すための装置である。変調

10

20

30

40

50

器 3 1 として，O C D M A 符号器における公知の変調器を用いることができる。

【実施例 1】

【0027】

図 4 は，実施例 1 で用いたセットアップのブロック図である。モード同期レーザーダイオード (M L L D) とニオブ酸リチウム基板上の強度変調器 (L N - I M) を用いて，1 . 2 5 G H z の繰り返しレートにて，約 1 5 5 0 n m に中心波長を有する 1 . 5 p s の光パルス列を生成した。この光パルス列は，8 チップのチャープド F B G (C F B G) により分波され，2 0 G H z のニオブ酸リチウム基板上の位相変調器 (L N - P M) により変調が施された。変調は，繰り返し周期が 1 . 2 5 G H z で，チップごとに 5 0 p s のバイナリー位相シフト変調 (B P S K) であった。合波器は，別の C F B G を用いても良いが，本実施例では，位相変調器からの出力を C F B G の裏側から入力することで代用した。C F B G の分散スロープ (d i s p e r s i o n s l o p e) は，約 6 5 p s / n m であった。

【0028】

M L L D 及び L N - I M で光パルスを得た。具体的には，M L L D で 1 0 G H z のパルス光を得て，パルス間隔を L N - I M で調整した。サーキュレータを経たパルス光を，2 次元エンコーダとして機能するファバーグレーティング (F B G) に導入した。F B G に入力されたパルス光は，複数の地点で折り返し，等間隔に時間遅延が与えられるとともに，異なる波長とされる。これにより，異なる波長を有する複数のチップパルスを得た。

【0029】

次に，L N - P M により位相変調を施した。この際，チップパルスの集合であるビットにいて位相変調が施されるほか，それぞれのチップパルスについても位相変調を施した。つまり，この例では位相変調器をひとつ用いて，チップに位相変調情報を載せるとともに，ビットについても位相変調を施した。

【0030】

位相変調器を経たチップパルスを，サーキュレータを経て F B G に入力した。この際，先に入力したのとは逆側から入力した。F B G から戻ったチップパルスは，サーキュレータを経て出力される。なお，この実施例では，出力されたチップパルスをさらに L N - I M で強度変調した。この L N - I M は，フィルタとして機能するものである。

【0031】

図 5 は，本実施例で用いた受信機 (複号器) を示すブロック図である。複号部の信号制御部 (図では，実験のためパルスパターン発生器が用いられている) には，符号部からの同期信号が送られる。このため，ビットごとに符号化様式 (と複号化様式) を変えることができる。これにより，光信号を傍受された場合も容易に複号化できない。

【実施例 2】

【0032】

本発明の光情報通信システムの性能評価

図 6 A は，実施例 2 における 2 次元コードパターンを示す。この例では，時間が遅いチップパルスになるにしたがって，波長が大きくなるように変調を施した。すなわち，2 次元コードパターンのうち波長によるパターンが $(\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \lambda_5)$ となるように符号化した。図 6 B 及び図 6 C は，符号器による応答を示すグラフである。図 6 B は，波長変調による符号パターンを示す。図 6 B に示されるように 1 n m の波長間隔で変調した。図 6 C は，この例における時間とチップパルスの波長との関係を示すグラフである。

【0033】

図 6 D は，符号化後の波形を示す。図 6 D において縦軸は強度，横軸は時間 (1 メモリ 1 0 0 ピコ秒) である。図 6 E は，符号化後のスペクトルを示す。図 6 E において縦軸は強度，横軸は波長 (n m) を示す。この例では，位相変調器 (P M) をチップごとに 1 0 G H z で駆動し，1 . 2 5 G H z の繰り返しレートの 2 次元スペクトル位相符号化パターンを用いた 5 チップの B P S K (2 値位相シフト変調) を行うことで，コヒーレントな 2 次元スペクトル位相符号化 (S P E : s p e c t r a l p h a s e c o d i n g) を

10

20

30

40

50

得た。なお，この例では，簡単のため全ての S P E パターンの位相を “ 0 ” とした。

【実施例 3】

【0034】

本発明の光情報通信システムの性能評価

図 7 A は，実施例 3 における 2 次元コードパターンを示す。すなわち，2 次元コードパターンのうち波長によるパターンが $(\lambda_1 \lambda_4 \lambda_2 \lambda_5 \lambda_3)$ となるように符号化した。図 7 B 及び図 7 C は，符号器による応答を示すグラフである。図 7 B は，波長変調による符号パターンを示す。図 7 B に示されるように 1 nm の波長間隔で変調した。図 7 C は，この例における時間とチップパルスの波長との関係を示すグラフである。

【0035】

図 7 D は，符号化後の波形を示す。図 7 D において縦軸は強度，横軸は時間（1 メモリ 100 ピコ秒）である。図 7 E は，符号化後のスペクトルを示す。図 7 E において縦軸は強度，横軸は波長（nm）を示す。この例では，位相変調器（PM）をチップごとに 10 GHz で駆動し，1.25 GHz の繰り返しレートの 2 次元スペクトル位相符号化パターンを用いた 5 チップの BPSK（2 値位相シフト変調）を行うことで，コヒーレントな 2 次元スペクトル位相符号化（SPE: spectral phase coding）を得た。なお，この例では，簡単のため全ての S P E パターンの位相を “ 0 ” とした。

【実施例 4】

【0036】

本発明の光情報通信システムの性能評価

図 8 A は，実施例 4 における 2 次元コードパターンを示す。すなわち，2 次元コードパターンのうち波長によるパターンが $(\lambda_1 \lambda_3 \lambda_5 \lambda_2 \lambda_4)$ となるように符号化した。図 8 B 及び図 8 C は，符号器による応答を示すグラフである。図 8 B は，波長変調による符号パターンを示す。図 8 B に示されるように 1 nm の波長間隔で変調した。図 8 C は，この例における時間とチップパルスの波長との関係を示すグラフである。

【0037】

図 8 D は，符号化後の波形を示す。図 8 D において縦軸は強度，横軸は時間（1 メモリ 100 ピコ秒）である。図 8 E は，符号化後のスペクトルを示す。図 8 E において縦軸は強度，横軸は波長（nm）を示す。この例では，位相変調器（PM）をチップごとに 10 GHz で駆動し，1.25 GHz の繰り返しレートの 2 次元スペクトル位相符号化パターンを用いた 5 チップの BPSK（2 値位相シフト変調）を行うことで，コヒーレントな 2 次元スペクトル位相符号化（SPE: spectral phase coding）を得た。なお，この例では，簡単のため全ての S P E パターンの位相を “ 0 ” とした。

【実施例 5】

【0038】

本発明の光情報通信システムの性能評価

図 9 は，自己相関スペクトルと，相互相関スペクトルを示す観測されたグラフである。自己相関スペクトル（すなわち，符号様式が一致した場合）は高いピークを有しており，相互相関スペクトル（すなわち，符号様式が一致しない場合）は高いピークが存在しない。よって，本発明の光情報通信システムを用いて，効果的に符号化及び複号化できることがわかる。

【産業上の利用可能性】

【0039】

本発明は光情報通信などの分野で利用されうる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図 1】図 1 は，特開 2001 - 177565 号公報に開示された送信機を示すブロック図である。

【図 2】図 2 は，特開 2001 - 177565 号公報に開示されたパルス列を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 3】図 3 は、本発明の光情報通信システム用送信機のブロック図である。

【図 4】図 4 は、実施例 1 で用いたセットアップのブロック図である。

【図 5】図 5 は、本実施例で用いた受信機（複号器）を示すブロック図である。

【図 6】図 6 A は、実施例 2 における 2 次元コードパターンを示す。図 6 B 及び図 6 C は、符号器による応答を示すグラフである。図 6 B は、波長変調による符号パターンを示す。図 6 C は、この例における時間とチップパルスの波長との関係を示すグラフである。図 6 D は、符号化後の波形を示す。図 6 E は、符号化後のスペクトルを示す。

【図 7】図 7 A は、実施例 3 における 2 次元コードパターンを示す。図 7 B 及び図 7 C は、符号器による応答を示すグラフである。図 7 B は、波長変調による符号パターンを示す。図 7 C は、この例における時間とチップパルスの波長との関係を示すグラフである。図 7 D は、符号化後の波形を示す。図 7 E は、符号化後のスペクトルを示す。

【図 8】図 8 A は、実施例 4 における 2 次元コードパターンを示す。図 8 B 及び図 8 C は、符号器による応答を示すグラフである。図 8 B は、波長変調による符号パターンを示す。図 8 C は、この例における時間とチップパルスの波長との関係を示すグラフである。図 8 D は、符号化後の波形を示す。図 8 E は、符号化後のスペクトルを示す。

【図 9】図 9 は、自己相関スペクトルと、相互相関スペクトルを示す観測されたグラフである。

【符号の説明】

【 0 0 4 1 】

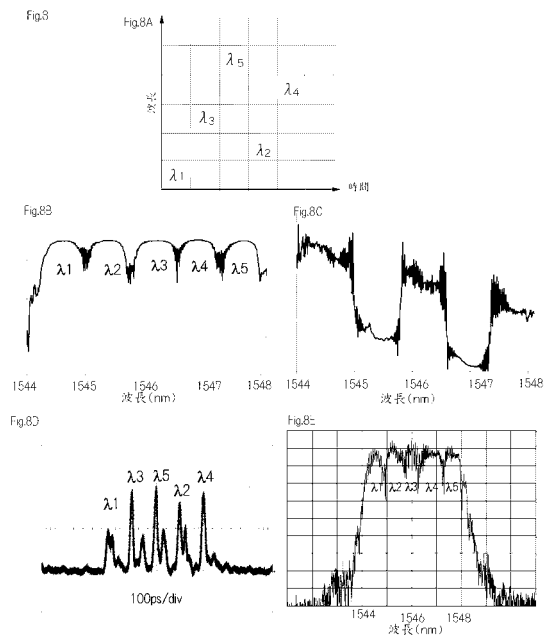
- 1 送信機
- 3 パルス光源
- 5 パルス光
- 7 コード部
- 9 変調部
- 2 1 光情報通信システム用送信機
- 2 3 パルス光源
- 2 5 パルス光
- 2 7 コード部
- 2 9 パルス列
- 3 1 変調部
- 3 3 分波・波長変調部
- 3 5 位相変調部
- 3 7 合波部

10

20

30

【 図 8 】



【 図 9 】

