(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
2025年1月30日(30.01.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/022999 A1

(51) 国際特許分類:
G01P 15/00 (2006.01) *G01P 21/00* (2006.01)
G01C 19/56 (2012.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/024711

(22) 国際出願日： 2024年7月9日(09.07.2024)

(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 2023-122551 2023年7月27日(27.07.2023) JP

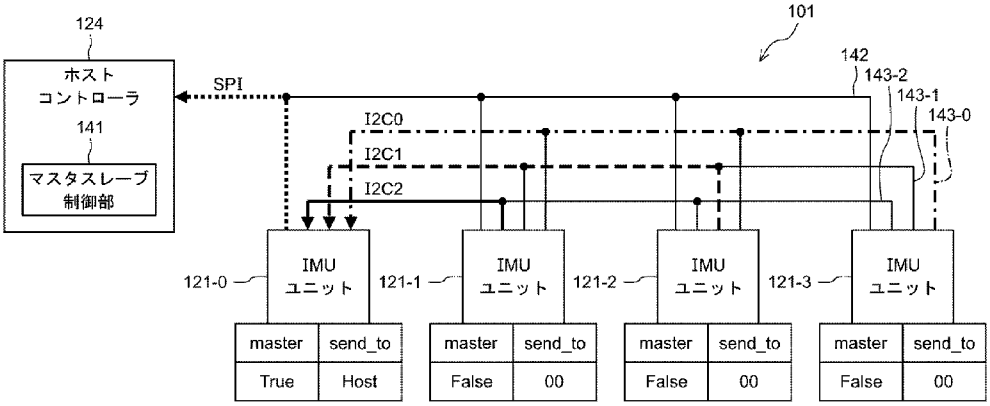
(71) 出願人:ソニーグループ株式会社(**SONY GROUP CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者:天野 徹(**AMANO Toru**); 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 山下 功誠(**YAMASHITA Kosei**); 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 園浦 章弘(**SONOURA Akihiro**); 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 鎌田 裕之(**KAMATA Hiroyuki**); 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 君島 雅人(**KIMISHIMA Masato**); 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 澤田 務(**SAWADA Tsutomu**); 〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 本郷 一生

(54) **Title:** MULTI-IMU CHIP, METHOD FOR OPERATING MULTI-IMU CHIP, MULTI-IMU, AND PROGRAM

(54) 発明の名称： マルチＩＭＵチップ、およびマルチＩＭＵチップの作動方法、マルチＩＭＵ、並びにプログラム

FIG.10



121-0, 121-1, 121-2, 121-3 IMU unit
124 Host controller
141 Master-slave control unit

(57) **Abstract:** The present disclosure pertains to a multi-IMU chip, a method for operating a multi-IMU chip, a multi-IMU, and a program that make it possible to measure acceleration and angular velocity at low cost and with high accuracy by using a plurality of the same multi-IMU chips (IMU units). One of the plurality of IMU units including N IMUs mounted on one multi-IMU chip is set as a master, and the others are set as slaves. Each of the IMU units set as the slaves

WO 2025/022999 A1

［続葉有］

(HONGO Kazuo)；〒1080075 東京都港区港南１丁目７番１号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人：西 川 孝，外 (NISHIKAWA Takashi et al.)；〒1700013 東京都豊島区東池袋３丁目９番１０号 池袋ＦＮビル４階 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

synthesizes the measurement results of the N IMUs to generate a self-synthesized value, and transmits the self-synthesized value to the IMU unit serving as the master. The IMU unit set as the master synthesizes the self-synthesized value with another unit synthesized value that is a synthesized value of the measurement results of the N IMUs of the other IMU units of the other multi-IMU chip, generates a self-other synthesized value, and transmits the self-other synthesized value to a host controller as a measurement result. The present invention can be applied to a multi-IMU.

(57) 要約：本開示は、同一のマルチIMUチップ（IMUユニット）を複数に用いるようにすることで、加速度および角速度を低コストで、かつ、高精度に計測できるようにするマルチIMUチップ、およびマルチIMUチップの作動方法、マルチIMU、並びにプログラムに関する。１個のマルチIMUチップに搭載されるN個のIMUからなる複数のIMUユニットのいずれかがマスタに設定され、それ以外がスレーブに設定される。スレーブに設定されたIMUユニットのそれぞれは、N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成し、マスタとなるIMUユニットに送信する。マスタに設定されたIMUユニットは、自己合成値と、他のマルチIMUチップの他のIMUユニットのN個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成し、計測結果としてホストコントローラに送信する。マルチIMUに適用することができる。

明　細　書

発明の名称 ：

マルチＩＭＵチップ、およびマルチＩＭＵチップの作動方法、マルチＩＭＵ、並びにプログラム

技術分野

[0001]　本開示は、マルチIMUチップ、およびマルチIMUチップの作動方法、マルチIMU、並びにプログラムに関し、特に、加速度および角速度を低コストで、かつ、高精度に計測できるようにしたマルチIMUチップ、およびマルチIMUチップの作動方法、マルチIMU、並びにプログラムに関する。

背景技術

[0002]　複数のセンサの計測結果を統合することにより、計測精度を向上させる技術が提案されている。

[0003]　例えば、軸方向を変えた複数の慣性力センサを配置して、計測精度を向上させると共に、１個のセンサが機能しない場合でも、他のセンサの出力結果から機能しないセンサの計測結果を補完することで、計測精度の低下を抑制する技術が提案されている（特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０２２－０７５０７５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]　しかしながら、特許文献１の技術においては、計測精度を向上させようとすると、軸方向の異なる慣性力センサを配置する必要があり、異なる軸方向の慣性力センサを個別に配置するため、コストが増大する恐れがある。

[0006]　本開示は、このような状況に鑑みてなされたものであり、特に、同一のマルチIMU（Inertial Measurement Unit）を複数に用いるようにすることで、

加速度および角速度を低コストで、かつ、高精度に計測するものである。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の第１の側面のマルチIMUチップ、およびプログラムは、加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットと、前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成する自己合成部と、前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成する自他合成部と、前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信する送信部とを備えるマルチIMUチップ、およびプログラムである。

[0008] 本開示の第１の側面のマルチIMUチップの作動方法は、加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットを備えたマルチIMUチップの作動方法であって、前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成し、前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成し、前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信するステップを含むマルチIMUチップの作動方法である。

[0009] 本開示の一側面においては、加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットの、前記N個のIMUの計測結果が合成されて自己合成値が生成され、前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とが合成され、自他合成値が生成あされ、前記自己合成値または前記自他合成値が、前記計測結果として指定された送信先に送信される。

[0010] 本開示の第２の側面のマルチIMUは、加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットと、前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成する自己合成部と、前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果

の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成する自他合成部と、前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信する送信部とを含む複数のマルチIMUチップと、前記IMUユニットにマスタまたはスレーブを設定し、前記計測結果を取得するホストコントローラとを備え、前記マスタに設定された前記IMUユニットの前記送信部は、前記自他合成値を計測結果として前記ホストコントローラに送信するマルチIMUである。

[0011] 本開示の第２の側面においては、複数のマルチIMUチップにより、加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットの、前記N個のIMUの計測結果が合成されて自己合成値が生成され、前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とが合成され、自他合成値が生成され、前記自己合成値または前記自他合成値が、前記計測結果として指定された送信先に送信され、ホストコントローラにより、前記IMUユニットにマスタまたはスレーブが設定し、前記計測結果が取得され、前記マスタに設定された前記IMUユニットにより、前記自他合成値が計測結果として前記ホストコントローラに送信される。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]マルチIMUを説明する図である。

[図2]IMUの構造を説明する図である。

[図3]図２のIMUの読出回路の回路構成を説明する図である。

[図4]図２のIMUの動作を説明する図である。

[図5]マルチIMUの動作を説明する図である。

[図6]本開示のマルチIMUの第１の実施の形態の構成例を説明する図である。

[図7]図６のIMUユニットの構成例を説明する図である。

[図8]図６のマルチIMUにより実現される機能を説明する図である。

[図9]図８のIMUユニットにより実現される機能を説明する図である。

[図10]IMUユニットのマスタとスレーブの設定例を説明する図である。

[図11]図８のマルチIMUによる計測処理を説明するフローチャートである。

[図12]本開示のマルチIMUの第１の実施の形態の第１のバリエーションを説明する図である。

[図13]本開示のマルチIMUの第１の実施の形態の第２のバリエーションを説明する図である。

[図14]本開示のマルチIMUの第１の実施の形態の第１の応用例を説明する図である。

[図15]図１４のマルチIMUによる計測処理を説明するフローチャートである。

[図16]本開示のマルチIMUの第１の実施の形態の第２の応用例を説明する図である。

[図17]図１６のマルチIMUによる計測処理を説明するフローチャートである。

[図18]本開示のマルチIMUの第２の実施の形態の構成例を説明する図である。

[図19]本開示のマルチIMUの第２の実施の形態の構成例を説明する図である。

[図20]本開示のマルチIMUの第３の実施の形態の構成例を説明する図である。

[図21]本開示のマルチIMUの第４の実施の形態の構成例を説明する図である。

[図22]本開示のマルチIMUの第４の実施の形態の構成例を説明する図である。

[図23]汎用のパーソナルコンピュータの構成例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0014] 以下、本技術を実施するための形態について説明する。説明は以下の順序で行う。

１．本開示の概要

２．第１の実施の形態

３．第１の実施の形態の第１のバリエーション

４．第１の実施の形態の第２のバリエーション

５．第１の実施の形態の第１の応用例
６．第１の実施の形態の第２の応用例
７．第２の実施の形態
８．第３の実施の形態
９．第４の実施の形態
１０．ソフトウエアにより実行させる例

[0015] ＜＜１．本開示の概要＞＞

＜マルチIMUについて＞

本開示は、特に、同一のマルチIMU（Inertial Measurement Unit）を複数に用いるようにすることで、加速度および角速度を低コストで、かつ、高精度に計測するものである。

[0016] まず、本開示の概要を説明するにあたって、マルチIMUについて説明する。

[0017] 図１の左部で示されるように、単体のIMU１は、例えば、XYZ軸からなる３軸方向のそれぞれについて並進運動である加速度を検出する加速度センサと、回転運動である角速度を検出するジャイロセンサを備えた構成とされており、３軸方向のそれぞれの加速度と角速度とを検出する。

[0018] 単体のIMU１は、高精度なものも存在するが、一般的に高精度なものほど大きく、高価なものであり、高精度にしようとすると大型化すると共に、コストが増大してしまう。

[0019] そこで、図１の右部で示されるように、低精度であるが、安価なIMU１を、IMU１－１乃至１－ｎのように、例えば、複数に（例えば、ｎ個）設けるようにして、合成部２が、IMU１－１乃至１－ｎのそれぞれの計測結果である加速度および角速度を合成することで、ノイズ密度及びバイアス変動を$1/\sqrt{n}$へと低減し、計測精度の向上を図り、高精度化するようにしたものがマルチIMU１０である。

[0020] 図１の右部で示されるマルチIMU１０を構成する個々の低精度で安価なIMU１－１乃至１－ｎに係る装置サイズと装置コストは、図１の左部で示されるような高精度なIMU１を単体で用意する場合の装置サイズおよび装置コストに

対して十分に小型化が可能であり、また、低コスト化を実現することが可能である。

[0021] 尚、以降において、IMU１－１乃至１－ｎについて、特に区別する必要がない場合については、単に、IMU１と称するものとし、その他の構成についても同様に称する。また、本明細書においては、以降において、IMU１は、小型で、安価なものからなり、比較的精度が低いIMUであるものとするが、大型で、かつ、高価な、高精度のIMUであってもよい。

[0022] ＜IMUの構造＞

次に、図２を参照して、IMU１の構造について説明する。

[0023] マルチIMU１０を構成する個々のIMU１は、図２の右部で示されるように、図中上からシリコンからなる振動子１１、振動子１１を固定するベース１２、および、振動子１１の振動を読み取り、角速度を出力する読出回路１３から構成され、それらが、図２の右部で示される順序で貼り合わされて（ボンディングされて）、図２の左部で示されるように樹脂モールドにより一体化されたものである。

[0024] ＜読出回路の回路構成＞

次に、図３を参照して、IMU１に読出回路１３の回路構成について説明する。

[0025] 尚、図３においては、IMU１を構成する読出回路のうち、角速度を検出する構成について説明するものとする。IMU１において加速度を検出する構成については、角速度を検出する構成から検波回路を除いた構成となるため、より複雑な角速度を検出する構成について特化して説明するものとする。

[0026] 読出回路１３は、ドライブ回路ブロック３１、センス回路ブロック３２、およびデジタル出力回路ブロック３３より構成される。

[0027] ドライブ回路ブロック３１は、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）から構成される振動子１１とセンス回路ブロック３２に対して所定の駆動周波数からなる発振信号を供給し、振動子１１を発振信号に基づいて振動させる。

[0028] センス回路ブロック３２は、発振信号に基づいて振動する振動子１１に対して作用するコリオリ力に応じて生じる振動をアナログ信号として検出し、デジタル出力回路ブロック３３に出力する。

[0029] デジタル出力回路ブロック３３は、センス回路ブロック３２より供給される、振動子１１に対して作用するコリオリ力に応じて生じる振動をアナログ信号からデジタル信号に変換し、角速度として出力する。

[0030] より詳細には、ドライブ回路ブロック３１は、発振回路５１、および自動利得調整回路５２を備えている。

[0031] 発振回路５１は、RCから構成されており、振動子１１より供給される振動を基準信号として発振信号を発生し、自動利得調整回路５２、およびセンス回路ブロック３２の移相回路７２に出力する。

[0032] 自動利得調整回路５２は、発振回路５１より供給される駆動周波数からなる発振信号の利得を調整して、振動子１１に供給し、振動子１１を振動させる。

[0033] センス回路ブロック３２は、チャージアンプ回路７１、移相回路７２、同期検波回路７３、およびLPF７４を備えている。

[0034] チャージアンプ回路７１は、振動子１１の振動を振動信号として検出し、増幅して移相回路７２に供給する。

[0035] 移相回路７２は、発振回路５１より供給される発振信号に基づいて、チャージアンプ回路７１により検出された振動子１１の振動信号の位相を調整して同期検波回路７３に出力する。

[0036] 同期検波回路７３は、位相が調整された振動子１１の振動信号より、包絡線で表現される振動子１１に作用するコリオリ力を示す波形を検波してLPF７４に出力する。

[0037] LPF７４は、振動子１１に作用するコリオリ力を示す波形を平滑化して、アナログ信号からなる角速度の情報としてデジタル出力回路ブロック３３に出力する。

[0038] デジタル出力回路ブロック３３は、AD変換回路９１、デシメーションフィ

ルタ９２、およびデジタル出力回路９３を備えている。

[0039] AD変換回路９１は、アナログ信号からなる振動子１１に作用するコリオリ力からなる角速度の情報をデジタル信号に変換してデシメーションフィルタ９２に出力する。

[0040] デシメーションフィルタ９２は、デジタル信号からなる角速度の情報を平均化してデジタル出力回路９３に出力する。

[0041] デジタル出力回路９３は、デジタル化され、平均化された角速度の情報をデジタル信号として出力する。

[0042] ＜IMUの動作について＞

次に、図４を参照して、IMU１の動作について説明する。

[0043] 図４の左上部で示されるように、振動子１１は、発振回路５１により発振されて、自動利得調整回路５２により利得が調整された駆動周波数ｆｂの発振信号からなる基準信号に基づいて振動する。

[0044] このとき、振動子１１にコリオリ力が作用すると、コリオリ力による振幅変調が掛けられることにより、例えば、チャージアンプ回路７１より出力される波形は、駆動周波数ｆｂに対して、波形ｆｂｃで示されるような、コリオリ力に応じた振幅の変調が生じる。

[0045] 同期検波回路７３は、コリオリ力による振幅変調を、波形ｆｂｃの包絡線からコリオリ力、すなわち、角速度を示すアナログ信号の波形として検波してLPF７４に出力する。

[0046] このようにしてコリオリ力として抽出されたアナログ信号の波形が、デジタル出力回路ブロック３３によりデジタル信号に変換されて、デジタル化された角速度値として出力される。

[0047] マルチIMUは、上述したIMU１を、例えば、図５で示されるように、n個集めて集積し、IMU１－１乃至１－ｎのそれぞれにより検出される角速度を、合成部２により合成することで高精度化させて出力する。

[0048] ところで、集積されるIMU１の数が多くなるほど、検出される角速度は、より高精度化される。

[0049] そこで、本開示においては、マルチIMU１０そのものを複数に用いることでより高精度なマルチIMUを実現する。

[0050] この際、複数のマルチIMU１０のいずれかをマスタに設定し、それ以外のマルチIMU１０をスレーブに設定することで、例えば、スレーブに設定されたマルチIMU１０は、計測結果をマスタとなるマルチIMU１０に送信する。そして、マスタとなるマルチIMU１０が、自らの計測結果を含めて、スレーブとなるマルチIMU１０からの計測結果を合成し、合成した計測結果を出力するようにする。

[0051] このようにすることで、複数のマルチIMU１０が設けられるようになっても、出力される角速度の計測結果は、１つのマルチIMU１０から出力されているように扱うことが可能となる。

[0052] また、複数のマルチIMU１０は、同一の構成を用いるだけでよいので、マルチIMU１０の製造に係るコストを低減できる。

[0053] 結果として、低コストで、かつ、高精度なマルチIMU１０を実現することが可能となる。

[0054] ＜＜２．第１の実施の形態＞＞

＜本開示のマルチIMUの構成例＞

次に、図６を参照して、本開示のマルチIMUの外観構成について説明する。

[0055] 尚、本開示のマルチIMUは、上述したマルチIMU１０やIMU１からなるIMUユニットを複数に接続することにより実現されるものである。

[0056] このため、以降において、上述したマルチIMU１０やIMU１と対応する構成については、IMUユニットと称するものとし、本開示のマルチIMUとは区別して表現するものとする。

[0057] また、以降の説明においては、IMUユニットとして、上述したマルチIMU１０と対応する構成のみを用いて説明を進めるものとする。ただし、これは説明を簡単にするものであって、IMUユニットは、IMU１であってもよいことは言うまでもない。また、本開示のマルチIMUは、複数のマルチIMU１０から構成されるので、マルチIMUシステムと捉えることもできる。

[0058] 図６は、本開示のマルチIMU１０１の上面図である。本開示のマルチIMU１０１は、基板１１１、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３、ケーブル１２２－０乃至１２２－４、統合基板１２３、およびホストコントローラ１２４より構成される。

[0059] IMUユニット１２１－０乃至１２１－３は、上述したマルチIMU１０と対応する構成であり、それぞれ８個のIMU１３１－１乃至１３１－８（図７）を備えた構成とされており、基板１１１上の四隅に接合されている。

[0060] IMUユニット１２１－０乃至１２１－３は、それぞれの端子１２１ａ－０乃至１２１ａ－３に接続されたケーブル１２２－０乃至１２２－３と統合基板１２３に接続されている。

[0061] 統合基板１２３は、基板１１１上の中央部に接合されており、端子１２３ａ－０乃至１２３ａ－３に接続されたケーブル１２２－０乃至１２２－３と電気的に接続されている。

[0062] また、統合基板１２３は、端子１２３ａ－４に接続されたケーブル１２２－４を介して、ホストコントローラ１２４と電気的に接続されている。

[0063] 統合基板１２３は、ケーブル１２２－０乃至１２２－４を介して、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３、および、ホストコントローラ１２４を統合して電気的に接続している。

[0064] ＜IMUユニットの構成例＞

次に、図７を参照して、IMUユニット１２１の構成例について説明する。尚、図７の左部であるIMUユニット１２１Ａは、図６のIMUユニット１２１の裏面側の構成を示しており、図７の右部であるIMUユニット１２１Ｂは、図６のIMUユニット１２１の表面側の構成を示している。

[0065] IMUユニット１２１は、基板１３０の表面側に端子１２１ａおよびIMU１３１－１乃至１３１－４が設けられており、裏面側にIMU１３１－５乃至１３１－８および制御部１３２が設けられている。

[0066] IMU１３１－１乃至１３１－８は、上述したIMU１に対応する構成である。すなわち、図６，図７のIMUユニット１２１には、合計８個のIMU１３１－１

乃至１３１－８が設けられている。

[0067] 尚、この例では、１個のIMUユニット１２１に対して８個のIMU１３１が設けられる例が示されているが、IMU１３１の数については、これに限らず、その他の数であってもよいものであり、１個以上であれば、いくつであってもよい。

[0068] 制御部１３２は、ホストコントローラ１２４により制御され、図６の４個のIMUユニット１２１－０乃至１２１－３のうち、いずれかがマスタに設定され、残りがスレーブに設定される。

[0069] 制御部１３２は、スレーブに設定される場合、IMU１３１－１乃至１３１－８からの計測結果である角速度および加速度の情報を合成し、マスタに設定されたIMUユニット１２１に出力する。

[0070] 制御部１３２は、マスタに設定される場合、IMU１３１－１乃至１３１－８からの計測結果である角速度および加速度の情報を合成すると共に、スレーブに設定されたIMUユニット１２１からの結果も併せて合成し、合成結果をホストコントローラ１２４に出力する。

[0071] 尚、ここでいう情報を合成するとは、上述した合成部２によりなされる処理そのものを指す。したがって、IMUユニット１２１は、スレーブに設定される場合、IMU１３１－１乃至１３１－８の角速度および加速度の情報を合成して、マスタに設定されたIMUユニット１２１に出力する。

[0072] また、IMUユニット１２１は、マスタに設定される場合、IMU１３１－１乃至１３１－８からの計測結果である角速度および加速度の情報を合成すると共に、スレーブに設定されたIMUユニット１２１からの結果も併せて合成し、合成結果を測定結果としてホストコントローラ１２４に出力する。

[0073] 尚、IMUユニット１２１により実現される機能については、図８を参照して、詳細を後述する。

[0074] また、図６においては、IMUユニット１２１が４個の例が示されているが、マルチIMU１０１を実現する上で、個数に制限はなく、これ以外の数であってもよい。上述したように、IMU１と対応するIMU１３１が多いほど、計測制度

は向上するため、より高精度化が必要な場合については、IMUユニット１２１をより多く接続することが望ましい。

[0075] ただし、IMUユニット１２１を増やすことで、コストは増大することになるので、要求される精度と、コストとのトレードオフとなる。しかしながら、IMUユニット１２１は、量産化された同一の構成を複数に利用するだけでよいので、より多くのIMUユニット１２１が必要になっても、製造に係るコストを低減させることが可能となる。

[0076] 尚、上述したように、IMUユニット１２１は、マルチIMU１０そのものであり、図７を参照して説明したように、１枚の基板１３０に８個のIMU１３１と制御部１３２が設けられた構成であるため、マルチIMUチップを構成しているともいえる。

[0077] ＜IMUユニットにより実現される機能＞

次に、図８の機能ブロック図を参照して、図６のIMUユニット１０１により実現される機能について説明する。

[0078] マルチIMU１０１の機能は、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３およびホストコントローラ１２４により実現される。

[0079] ホストコントローラ１２４と、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３とは、それぞれSPI（Serial Peripheral Interface）通信を実現するSPIバス１４２を介して接続されている。

[0080] IMUユニット１２１－０乃至１２１－３は、相互に、３本のI2C（Inter Integrated Circuit）（登録商標）通信を実現するI2Cバス１４３－０乃至１４３－２で接続されている。

[0081] 尚、図８において、I2Cバス１４３－０乃至１４３－２は、それぞれI2C0乃至I2C2とも描画されている。また、I2Cバス１４３－０乃至１４３－２は、同様の機能を備えたものであれば、他のバスでもよく、例えば、I2Cバスを拡張させたI3C（Improved Inter Integrated Circuits）（登録商標）バスでもよい。I3Cバスは、I2Cよりも高速通信が可能であるため、I2Cに代えてI3Cを用いるようにすることで、処理を高速化することが可能となる。

[0082] また、図８においては、ホストコントローラ１２４と、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３とは、I2Cバス１４３において接続されていないが、両者は、SPIバス１４２に加えて、I2Cバス１４３で接続されていてもよい。

[0083] さらに、SPIバス１４２、およびI2Cバス１４３－０乃至１４３－２で実現される通信経路は、同様の通信が可能であれば、その他の構成で実現されていてもよく、例えば、その他の通信方式の有線通信で接続されていてもよいし、無線通信で接続されていてもよい。

[0084] ホストコントローラ１２４には、マスタスレーブ制御部１４１が設けられている。マスタスレーブ制御部１４１は、SPIバス１４２を介したIMUユニット１２１－０乃至１２１－３との通信により、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３のいずれかをマスタに設定し、それ以外をスレーブに設定する。

[0085] マスタスレーブ制御部１４１は、例えば、SPIバス１４２を介したIMUユニット１２１－０乃至１２１－３との通信により、それぞれのIDを取得して、最もIDの小さな値のIMUユニット１２１をマスタに設定し、それ以外をスレーブに設定する。

[0086] マスタスレーブ制御部１４１は、スレーブに設定したIMUユニット１２１に対して計測結果の送信先として、マスタに設定したIMUユニット１２１を設定し、マスタに設定したIMUユニット１２１に対しては、送信先としてホストコントローラ１２４を設定する。

[0087] スレーブに設定されたIMUユニット１２１は、自らの計測結果を、I2Cバス１４３－０乃至１４３－２を介して、送信先であるマスタに設定されたIMUユニット１２１に送信する。

[0088] マスタに設定されたIMUユニット１２１は、I2Cバス１４３－０乃至１４３－２を介して、スレーブに設定されたIMUユニット１２１からの計測結果を取得すると共に、自らの計測結果とを含めて、全ての計測結果を合成して、SPIバス１４２を介して送信先であるホストコントローラ１２４に送信する。

[0089] ＜IMUユニットにより実現される機能＞

次に、図９を参照して、IMUユニット１２１により実現される機能について

説明する。

[0090] IMUユニット１２１の機能は、IMU１３１および制御部１３２により実現される。尚、図９においては、IMU１３１が１乃至Ｎ個と表記されているが、図７のIMUユニット１２１と対応する構成である場合、Ｎ＝８となる。ここでは、IMU１３１の数が、８個である例について説明しているが、IMU１３１の数については制限がないので、IMU１３１については「１乃至Ｎ個」と表記されている。

[0091] 制御部１３２は、マスタスレーブ管理部１５１、送信先制御部１５２、自己合成部１５３、他ユニット合成部１５４、送信部１５５、およびID格納部１５６を備えている。

[0092] マスタスレーブ管理部１５１は、ホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１により設定される、マスタまたはスレーブのいずれかの設定内容を記憶し管理する。

[0093] 送信先制御部１５２は、ホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１により設定される、自らの計測結果の送信先を制御し、自らがマスタに設定されるとき、送信先をホストコントローラ１２４に設定し、自らがスレーブに設定されるとき、送信先を、マスタが設定されたIMUユニット１２１に設定する。

[0094] 自己合成部１５３、および他ユニット合成部１５４は、マスタまたはスレーブの設定に応じた動作となる。マスタスレーブ管理部１５１においてスレーブに設定されている場合、自己合成部１５３は、自らのIMUユニット１２１に設けられたIMU１３１－１乃至１３１－８の計測結果を合成し、自己合成値を生成する。送信部１５５は、自己合成値を計測結果として送信先となるマスタに設定されたIMUユニット１２１に、I2Cバス１４３を介して送信する。この場合、他ユニット合成部１５４は、機能しない。

[0095] また、マスタスレーブ管理部１５１においてマスタに設定されている場合、自己合成部１５３は、自らのIMUユニット１２１に設けられたIMU１３１－１乃至１３１－８の計測結果を合成し自己合成値を生成する。さらに、他ユ

ニット合成部１５４は、スレーブに設定されているIMUユニット１２１からの計測結果を、I2Cバス１４３を介して取得し、自己合成部１５３により合成された自己合成値と合わせて合成して、自他合成値を生成する。送信部１５５は、自他合成値を計測結果として送信先となるホストコントローラ１２４にSPIバス１４２を介して送信する。

[0096] ID格納部１５６は、IMUユニット１２１を識別するIDを格納しており、マルチIMU１０１が起動したとき、ホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１が、IMUユニット１２１に対してIDを要求するとき、格納されたIDを供給する。マスタスレーブ制御部１４１は、このように取得されたIDに基づいて、IMUユニット１２１のいずれをマスタとし、いずれをスレーブとするかを設定する。

[0097] ＜マスタとスレーブの設定例＞

次に、図１０を参照して、マルチIMU１０１におけるマスタとスレーブの設定例について説明する。

[0098] ホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１は、例えば、マルチIMU１０１が起動したときに、SPIバス１４２を介して、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３と通信し、それぞれのIDを取得する。

[0099] マスタスレーブ制御部１４１は、取得したIMUユニット１２１－０乃至１２１－３のそれぞれのIDに基づいて、例えば、IDが最も小さいIMUユニットをマスタに設定する。図１０の場合、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３のそれぞれのIDが、00,01,10,11であるものとする。

[0100] この場合、マスタスレーブ制御部１４１は、最小ID=00となるIMUユニット１２１－０をマスタに設定し、その他のIMUユニット１２１－１乃至１２１－３をスレーブに設定する。

[0101] そして、マスタスレーブ制御部１４１は、スレーブに設定したIMUユニット１２１－１乃至１２１－３の計測結果の送信先を、それぞれマスタに設定したIMUユニット１２１－０のIDに設定し、マスタに設定したIMUユニット１２１－０の計測結果の送信先をホストコントローラ１２４に設定する。

[0102] より詳細には、図１０においては、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３の左下部にマスタスレーブ管理部１５１で管理されるマスタまたはスレーブの設定情報（master）が表示され、右下部に送信先制御部１５２において設定される送信先の情報（send to）が表示されている。

[0103] すなわち、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０においては、マスタスレーブ管理部１５１において管理されるマスタまたはスレーブの設定情報（master）として、マスタに設定されたことを示すTrueが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がホストコントローラであることを示すHostが設定される。

[0104] また、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－１乃至１２１－３においては、それぞれマスタスレーブ管理部１５１において管理されるマスタまたはスレーブの設定情報（master）として、スレーブに設定されたことを示すFalseが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がマスタに設定されたIMUユニット１２１－０であることを示すID＝00が設定される。

[0105] このような設定により、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－１は、図１０の太実線の矢印で示されるように、自己合成値を自らの計測結果として、I2Cバス（I2C2）１４３－２を介して、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０に出力する。

[0106] また、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－２は、図１０の太破線の矢印で示されるように、自己合成値を自らの計測結果として、I2Cバス（I2C1）１４３－１を介して、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０に出力する。

[0107] さらに、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－３は、図１０の太一点鎖線の矢印で示されるように、自己合成値を自らの計測結果として、I2Cバス（I2C0）１４３－０を介して、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０に出力する。

[0108] そして、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０は、図１０の太点線の

矢印で示されるように、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－１乃至１２１－３よりI2Cバス１４３－２乃至１４３－０を介して供給される計測結果を取得すると共に、自らの計測結果である自己合成値を併せて、全てを合成して、自他合成値を生成する。送信部１５５は、SPIバス１４２を介して、自他合成値を計測結果としてホストコントローラ１２４に出力する。

[0109] このような設定により、ホストコントローラ１２４は、マルチIMU１０１が起動するときにのみ、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３のいずれかをマスタに設定すると共に、その他をスレーブに設定するのみで、複数のIMUユニット１２１－０乃至１２１－３による計測結果を、マスタに設定したIMUユニット１２１から取得するだけで、高精度な加速度および角速度の情報を取得することが可能となる。

[0110] 結果として、IMUユニット１２１を増やしても、ホストコントローラ１２４は、最初にマスタスレーブを決定するだけで、マスタに設定されたIMUユニット１２１から供給される１つの計測結果を取得するだけでよくなるので、処理負荷を低減させることが可能となる。

[0111] また、IMUユニット１２１を増やすほど、精度を向上させることが可能となる。

[0112] さらに、同一のIMUユニット１２１を量産化して増やすだけでよいので、低コスト化することが可能となり、低コストで、かつ、高精度なマルチIMU１０１を実現することが可能となる。

[0113] ＜図８のマルチIMUによる計測処理＞

次に、図１１のフローチャートを参照して、図８のマルチIMU１０１による計測処理について説明する。尚、図１１のフローチャートにおいて、左部はホストコントローラの処理であり、右部はIMUユニット１２１の処理を示している。

[0114] ステップＳ１１において、ホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１は、マルチIMU１０１が起動したか否かを判定する。

[0115] ステップＳ１１において、マルチIMU１０１が起動したと判定された場合、

処理は、ステップＳ１２に進む。

[0116] ステップＳ１２において、マスタスレーブ制御部１４１は、SPIバス１４２を介して、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３と通信し、それぞれのIDを取得する。

[0117] このとき、ステップＳ３１において、IMUユニット１２１の制御部１３２におけるID格納部１５６は、格納されているIDをホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１に供給する。

[0118] ステップＳ１３において、マスタスレーブ制御部１４１は、取得したIMUユニット１２１－０乃至１２１－３のそれぞれのIDに基づいて、IDが最も小さいIMUユニット１２１をマスタに設定し、その他をスレーブに設定する。この際、マスタスレーブ制御部１４１は、マスタの送信先をホストコントローラ１２４に設定し、スレーブの送信先をマスタのIMUユニット１２１に設定する。

[0119] 尚、IDに基づいて、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３のいずれかをマスタに設定できればよいので、IDが最も小さなものでもよいし、最も大きなものでもよいし、ランダムにいずれかを選択するようにしてもよい。

[0120] この処理により、ステップＳ３２において、IMUユニット１２１の制御部１３２におけるマスタスレーブ管理部１５１は、マスタスレーブ制御部１４１による設定内容を受け付けて、マスタ、または、スレーブの設定情報を記憶する。また、送信先制御部１５２は、マスタスレーブ制御部１４１による設定内容を受け付けて、マスタであれば、送信先をホストコントローラ１２４として設定し、スレーブであれば、送信先をマスタに設定されたIMUユニット１２１として設定し、記憶する。

[0121] また、ステップＳ１１において、起動していない、または、既に起動していると判定される場合、ステップＳ１２，Ｓ１３の処理はスキップされる。

[0122] ステップＳ３３において、自己合成部１５３は、IMU１３１－１乃至１３１－８の計測結果である加速度および角速度の情報を取得して、合成し、自らの計測結果である自己合成値を生成する。

[0123] ステップＳ３４において、マスタスレーブ管理部１５１は、自らがマスタに設定されているか否かを判定する。

[0124] ステップＳ３４において、マスタではない、すなわち、スレーブであると判定された場合、処理は、ステップＳ３９に進む。

[0125] ステップＳ３９において、送信部１５５は、送信先制御部１５２に設定されている、マスタに設定されたIMUユニット１２１に対して、I2Cバス１４３を介して、自己合成値からなる計測結果を送信する。

[0126] 一方、ステップＳ３３において、マスタであると判定された場合、処理は、ステップＳ３５に進む。

[0127] ステップＳ３５において、他ユニット合成部１５４は、スレーブに設定された他のIMUユニット１２１より、I2Cバス１４３を介して送信されてくる計測結果を取得する。

[0128] ステップＳ３６において、他ユニット合成部１５４は、取得したスレーブに設定された他のIMUユニット１２１より、I2Cバス１４３を介して送信されてくる計測結果と、自らの計測結果である自己合成値とを合成し、自他合成値を生成する。

[0129] ステップＳ３７において、送信部１５５は、送信先制御部１５２に設定されているホストコントローラ１２４に対して、全ての合成結果からなる自他合成値を計測結果としてSPIバス１４２を介して送信する。

[0130] ステップＳ１４において、ホストコントローラ１２４は、SPIバス１４２を介して、マスタに設定されたIMUユニット１２１より送信されてくる計測結果を取得する。

[0131] ステップＳ１５，Ｓ３８において、処理の終了が指示されているか否かが判定され、終了が指示されていない場合、処理は、ステップＳ１１，Ｓ３３に戻り、それ以降の処理が繰り返される。

[0132] そして、ステップＳ１５，Ｓ３８において、処理の終了が指示された場合、処理は終了する。

[0133] 以上の処理により、ホストコントローラ１２４は、マルチIMU１０１が起動

するときにのみ、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３のいずれかをマスタに設定すると共に、その他をスレーブに設定するのみで、複数のIMUユニット１２１－０乃至１２１－３による計測結果を、マスタに設定したIMUユニット１２１から取得するだけで、高精度な加速度および角速度の情報を取得することが可能となる。

[0134] 結果として、IMUユニット１２１を増やしても、ホストコントローラ１２４は、最初にマスタスレーブを決定するだけで、マスタに設定されたIMUユニット１２１から供給される１つの計測結果を取得するだけでよくなるので、処理負荷を低減させることが可能となる。

[0135] また、IMUユニット１２１を増やすほど、精度を向上させることが可能となる。

[0136] さらに、同一のIMUユニット１２１を量産化して増やすだけでよいので、低コスト化することが可能となり、低コストで、かつ、高精度なマルチIMU１０１を実現することが可能となる。

[0137] ＜＜３．第１の実施の形態の第１のバリエーション＞＞

以上においては、マスタに設定したIMUユニット１２１に対して、スレーブに設定されたIMUユニット１２１が、それぞれの計測結果を、I2Cバス１４３を介して直接送信する例について説明してきた。

[0138] しかしながら、スレーブに設定されたIMUユニット１２１が、それぞれ順次リレー形式でマスタに設定されたIMUユニット１２１に送信するような設定がなされてもよい。

[0139] すなわち、例えば、図１２で示されるように、IMUユニット１２１－０がマスタに設定され、IMUユニット１２１－１乃至１２１－３がスレーブに設定されている場合について考える。

[0140] この場合、IMUユニット１２１－３の自己合成部１５３は、自らの計測結果である自己合成値を生成する。送信部１５５は、図１２の太一点鎖線の矢印で示されるように、I2Cバス（I2C0）１４３－０を介して、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－２に送信する。

[0141] また、IMUユニット１２１－２の他ユニット合成部１５４は、IMUユニット１２１－３からの計測結果を取得すると、自己合成部１５３により合成された自らの計測結果である自己合成値と合成して、自他合成値を生成する。送信部１５５は、図１２の太破線の矢印で示されるように、自他合成値を計測結果として、I2Cバス（I2C1）１４３－１を介して、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－１に送信する。

[0142] さらに、IMUユニット１２１－１の他ユニット合成部１５４は、IMUユニット１２１－２からの計測結果を取得すると、自己合成部１５３により合成された自らの計測結果である自己合成値と合成して、自他合成値を生成する。送信部１５５は、図１２の太実線の矢印で示されるように、自他合成値を計測結果として、I2Cバス（I2C2）１４３－２を介して、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０に送信する。

[0143] そして、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０の他ユニット合成部１５４は、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－１よりI2Cバス１４３－２を介して供給される計測結果を取得すると共に、自己合成部１５３により合成された自らの計測結果である自己合成値とを合成して、自他合成値を生成する。送信部１５５は、図１２の太点線の矢印で示されるように、自他合成値を計測結果として、SPIバス１４２を介して、計測結果としてホストコントローラ１２４に送信する。

[0144] このとき、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０においては、マスタスレーブ管理部１５１において管理される情報（master）として、マスタに設定されたことを示すTrueが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がホストコントローラであることを示すHostが設定される。

[0145] また、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－３においては、マスタスレーブ管理部１５１において管理される情報（master）として、スレーブに設定されたことを示すFalseが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がIMUユニット１２１－２であること

を示すID＝10が設定される。

[0146] さらに、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－２においては、マスタスレーブ管理部１５１において管理される情報（master）として、スレーブに設定されたことを示すFalseが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がIMUユニット１２１－１であることを示すID＝01が設定される。

[0147] また、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－１においては、マスタスレーブ管理部１５１において管理される情報（master）として、スレーブに設定されたことを示すFalseが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がIMUユニット１２１－０であることを示すID＝00が設定される。

[0148] 尚、図１０や図１２で示されるような、スレーブに設定されたIMUユニット１２１からマスタに設定されたIMUユニット１２１に対して計測結果を送信する方法は、マスタスレーブ制御部１４１が、ユーザの要求に応じて選択できるようにしてもよい。

[0149] また、図１２においては、スレーブに設定されたIMUユニット１２１が、それぞれ異なるI2Cバス１４３を介して、計測結果をリレー形式で送信する例が示されているが、一部が同一のI2Cバス１４３を介してリレー形式で送信するようにしてもよいし、全て同一のI2Cバス１４３を介して送信するようにしてもよい。

[0150] 例えば、IMUユニット１２１－３およびIMUユニット１２１－２の送信部１５５が、それぞれ計測結果を、I2Cバス（I2C0）１４３－０を介して、IMUユニット１２１－２，１２１－１に送信し、IMUユニット１２１－１の送信部１５５が、計測結果、I2Cバス（I2C2）１４３－２を介して、IMUユニット１２１－０に送信するようにしてもよい。

[0151] また、例えば、IMUユニット１２１－３、およびIMUユニット１２１－２，１２１－１の送信部１５５が、それぞれ計測結果を、I2Cバス（I2C1）１４３－１を介して、IMUユニット１２１－２乃至１２１－０に送信するようにして

もよい。

[0152] スレーブに設定されたIMUユニット１２１が、計測結果の送信に、どのI2Cバス１４３を使用するかについては、例えば、マスタスレーブ制御部１４１によりユーザの要求に応じて設定できるようにしてもよい。

[0153] ＜＜４．第１の実施の形態の第２のバリエーション＞＞

以上においては、複数のIMUユニット１２１のうち、いずれか１つがマスタに設定される例について説明してきたが、複数のIMUユニット１２１がマスタに設定されるようにしてもよい。

[0154] すなわち、例えば、図１３で示されるように、IMUユニット１２１－０，１２１－２がマスタに設定され、IMUユニット１２１－１，１２１－３が、それぞれのマスタに対応するスレーブに設定されるようにしてもよい。

[0155] この場合、IMUユニット１２１－３の送信部１５５は、自らの計測結果である自己合成値を生成する。送信部１５５は、図１３の太一点鎖線の矢印で示されるように、I2Cバス（I2C0）１４３－０を介して、マスタに設定されたIMUユニット１２１－２に送信する。

[0156] そして、マスタに設定されたIMUユニット１２１－２の他ユニット合成部１５４は、自らのスレーブに設定されたIMUユニット１２１－３よりI2Cバス１４３－０を介して供給される計測結果を取得すると共に、自己合成部１５３により合成された自らの計測結果と合成して、自他合成値を生成する。送信部１５５は、図１３の太点線の矢印で示されるように、SPIバス１４２を介して、自他合成値を計測結果としてホストコントローラ１２４に送信する。

[0157] また、IMUユニット１２１－１の自己合成部１５３は、自らの計測結果である自己合成値を生成する。送信部１５５は、図１３の太実線の矢印で示されるように、自己合成値を計測結果としてI2Cバス（I2C2）１４３－２を介して、マスタに設定されたIMUユニット１２１－１に送信する。

[0158] そして、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０の他ユニット合成部１５４は、自らのスレーブに設定されたIMUユニット１２１－１よりI2Cバス１４３－２を介して供給される計測結果を取得すると共に、自己合成部１５３

により合成された自らの計測結果と合成して、自他合成値を生成する。送信部１５５は、図１３の太点線の矢印で示されるように、SPIバス１４２を介して、自他合成値を計測結果としてホストコントローラ１２４に送信する。

[0159] このとき、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０においては、マスタスレーブ管理部１５１において管理される情報（master）として、マスタに設定されたことを示すTrueが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がホストコントローラであることを示すHostが設定される。

[0160] また、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－１においては、マスタスレーブ管理部１５１において管理される情報（master）として、スレーブに設定されたことを示すFalseが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がIMUユニット１２１－０であることを示すID＝00が設定される。

[0161] さらに、マスタに設定されたIMUユニット１２１－２においては、マスタスレーブ管理部１５１において管理される情報（master）として、マスタに設定されたことを示すTrueが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がホストコントローラであることを示すHostが設定される。

[0162] また、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－３においては、マスタスレーブ管理部１５１において管理される情報（master）として、スレーブに設定されたことを示すFalseが設定される。また、送信先制御部１５２に記憶される情報（send to）として、送信先がIMUユニット１２１－２であることを示すID＝10が設定される。

[0163] 図１３で示されるような設定により、ホストコントローラ１２４に対して、２つのマスタに設定されたIMUユニット１２１－０，１２１－２から計測結果が供給されることにより冗長性が高くなる一方、計測制度が低下する。

[0164] しかしながら、いずれか一方のマスタに設定されたIMUユニット１２１に障害が発生するような状況となったときでも、他方のマスタの計測結果を取得

することができ、計測結果の取得に係る信頼性を向上させることが可能となる。

[0165] 特に、マルチIMU１０１は、宇宙空間、スマート農業、および自動運転等、一瞬でも計測結果が途切れると致命的な障害や人命に影響を生じさせる可能性があるシーンで利用される場合があり、このような場合、冗長信頼性を高くする必要がある。

[0166] 例えば、宇宙空間などで使用される場合、一度故障が発生しても、修理や交換ができないので、高い冗長信頼性が求められる。

[0167] このような高い冗長信頼性が求められる極限状況下での利用を想定する場合、複数のIMUユニット１２１が設けられているときには、要求される冗長信頼度に応じた複数のマスタを設定するようにしてもよい。

[0168] また、マルチIMU１０１が利用される状況に応じた、必要とされる冗長信頼性に合わせて、マスタの数を可変にすることで、拡張性を高めることが可能となる。

[0169] 尚、図１３で示されるような、スレーブに設定されたIMUユニット１２１からマスタに設定されたIMUユニット１２１に対して計測結果を送信する方法は、ユーザからの要求に応じて、マスタスレーブ制御部１４１が、選択できるようにしてもよい。

[0170] 図１３のような設定の場合、例えば、IMUユニット１２１－３，１２１－１の送信部１５５が、それぞれ自己合成値を計測結果として、I2Cバス１４３－０乃至１４３－２のいずれかを介して、IMUユニット１２１－２，１２１－０に送信するようにしてもよい。

[0171] スレーブに設定されたIMUユニット１２１が、計測結果の送信に、どのI2Cバス１４３を使用するかについては、例えば、ユーザからの要求に応じて、マスタスレーブ制御部１４１により選択できるようにしてもよい。

[0172] ＜＜５．第１の実施の形態の第１の応用例＞＞

以上においては、ホストコントローラ１２４により複数のIMUユニット１２１のいずれかをマスタに設定し、それ以外をスレーブに設定して、スレーブ

に設定されたIMUユニット１２１の計測結果をマスタに供給し、マスタが自らの計測結果を併せて合成して出力する例について説明してきた。

[0173] しかしながら、この場合、マスタに設定されたIMUユニット１２１に何らかの障害が発生した場合、ホストコントローラ１２４には、計測結果が供給されない状態となる。

[0174] そこで、マスタスレーブ制御部１４１は、マスタに設定したIMUユニット１２１から計測結果が送信されない場合、故障が発生しているものとみなし、スレーブに設定していたいずれかのIMUユニット１２１から、代わりになるマスタに設定することにより、計測結果の出力を継続させるようにしてもよい。

[0175] すなわち、例えば、図１４で示されるように、IMUユニット１２１－０がマスタに設定され、IMUユニット１２１－１乃至１２１－３がスレーブに設定されている状態で、IMUユニット１２１－０に何らかの障害が発生して故障した場合、ホストコントローラ１２４は、IMUユニット１２１－０から計測結果を取得できない状態となる。

[0176] このような場合、マスタスレーブ制御部１４１は、起動時における状態と同様に、IMUユニット１２１－１乃至１２１－３のうち、例えば、最小IDとなるIMUユニット１２１－１をマスタに設定し、IMUユニット１２１－２，１２１－３をスレーブに設定する。

[0177] このような設定により、図１４の太破線の矢印で示されるように、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－２は、自らの計測結果を、I2Cバス（I2C1）１４３－１を介して、マスタに設定されたIMUユニット１２１－１に送信する。

[0178] また、図１４の太一点鎖線の矢印で示されるように、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－３は、自らの計測結果を、I2Cバス（I2C2）１４３－２を介して、マスタに設定されたIMUユニット１２１－１に送信する。

[0179] そして、図１４の太点線の矢印で示されるように、マスタに設定されたIMUユニット１２１－１は、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－２，１２

１－３よりI2Cバス１４３－１，１４３－０を介して供給される計測結果を取得すると共に、自らの計測結果である自己合成値を併せて、全てを合成して、自他合成値を生成し、SPIバス１４２を介して、計測結果としてホストコントローラ１２４に出力する。

[0180] すなわち、ホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１は、マスタに設定したIMUユニット１２１から計測結果が取得できない状態になった場合、スレーブに設定されたIMUユニット１２１の中から代わりのマスタを設定すると共に、その他をスレーブに再設定する。

[0181] これにより、マスタに設定されたIMUユニット１２１から計測結果が取得できない状態になった時点で、マスタに設定されたIMUユニット１２１を故障とみなし、それまでにスレーブに設定されたIMUユニット１２１のいずれかが代わりのマスタに設定されて、その他のIMUユニット１２１をスレーブに設定することで、再び、計測結果を取得することが可能となる。

[0182] 結果として、故障耐性の高い、低コストで、かつ、高精度なマルチIMU１０１を実現することが可能となる。

[0183] ＜第１の実施の形態の第１の応用例のマルチIMUによる計測処理＞

次に、図１５のフローチャートを参照して、第１の実施の形態の第１の応用例のマルチIMUによる計測処理について説明する。

[0184] 尚、図１５のフローチャートにおけるステップＳ５１乃至Ｓ５３，Ｓ５６，Ｓ５７，Ｓ７１乃至Ｓ７９の処理は、図１１のフローチャートにおけるステップＳ１１乃至Ｓ１５，Ｓ３１乃至Ｓ３９の処理と同様であるので、その説明は省略する。

[0185] すなわち、マルチIMU１０１が起動するとき、複数のIMUユニット１２１のいずれかがマスタに設定され、それ以外がスレーブに設定される。そして、スレーブに設定されたIMUユニット１２１が計測結果をマスタに設定されたIMUユニット１２１に供給し、マスタに設定されたIMUユニット１２１が、スレーブに設定されたIMUユニット１２１からの計測結果と自らの計測結果である自己合成値とを合成して、自他合成値を生成し、計測結果としてホストコン

トローラ１２４に送信する。

[0186] ステップＳ５４において、マスタスレーブ制御部１４１は、マスタに設定されたIMUユニット１２１が故障しているか否かを判定する。より詳細には、マスタスレーブ制御部１４１は、例えば、マスタに設定されたIMUユニット１２１からの計測結果が送信されてこない状態であるか否かに基づいて、マスタに設定されたIMUユニット１２１が故障しているか否かを判定する。

[0187] ステップＳ５４において、マスタに設定されたIMUユニット１２１からの計測結果が送信されてこない状態であり、マスタに設定されたIMUユニット１２１が故障していると判定された場合、処理は、ステップＳ５５に進む。

[0188] ステップＳ５５において、マスタスレーブ制御部１４１は、スレーブに設定されたIMUユニット１２１のそれぞれのIDに基づいて、IDが最も小さいIMUユニット１２１をマスタに設定し、その他をスレーブに再設定する。この際、マスタスレーブ制御部１４１は、マスタの送信先をホストコントローラ１２４に設定し、スレーブの送信先をマスタのIMUユニット１２１に設定する。

[0189] このとき、IMUユニット１２１においては、ステップＳ８０において、IMUユニット１２１の制御部１３２におけるマスタスレーブ管理部１５１は、マスタの再設定がなされるか否かを判定する。

[0190] ステップＳ８０において、ホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１により、ステップＳ５５の処理により、マスタが再設定される場合、処理は、ステップＳ７２に戻る。

[0191] すなわち、この場合、起動時と同様に、IMUユニット１２１の制御部１３２におけるマスタスレーブ管理部１５１は、マスタスレーブ制御部１４１による設定内容を受け付けて、マスタ、または、スレーブの設定情報を記憶する。また、送信先制御部１５２は、マスタスレーブ制御部１４１による設定内容を受け付けて、マスタであれば、送信先をホストコントローラ１２４として設定し、スレーブであれば、送信先をマスタに設定されたIMUユニット１２１として設定し、記憶する。

[0192] 尚、ステップＳ５４において、マスタに設定されたIMUユニット１２１に故

障が発生していない場合、ステップＳ５５の処理がスキップされると共に、ステップＳ８０において、マスタの再設定ではないとみなされて、処理は、ステップＳ７３に戻る。

[0193] 以上の処理により、ホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１は、マスタに設定したIMUユニット１２１から計測結果が取得できない状態になった場合、スレーブに設定されたIMUユニット１２１の中から代わりのマスタを設定すると共に、その他をスレーブに再設定する。

[0194] これにより、マスタに設定されたIMUユニット１２１から計測結果が取得できない状態になった時点で、マスタに設定されたIMUユニット１２１を故障とみなし、それまでにスレーブに設定されたIMUユニット１２１のいずれかが代わりのマスタに設定されて、その他のIMUユニット１２１をスレーブに設定することで、再び、計測結果を取得することが可能となる。

[0195] 結果として、故障耐性の高い、低コストで、かつ、高精度なマルチIMU１０１を実現することが可能となる。

[0196] ＜＜６．第１の実施の形態の第２の応用例＞＞

以上においては、マスタに設定したIMUユニット１２１から計測結果が供給されない場合、故障が発生しているものとみなし、スレーブに設定していたいずれかのIMUユニット１２１から、代わりになるマスタが設定されることにより、計測結果の出力を継続させる例について説明してきた。

[0197] しかしながら、IMUユニット１２１の故障は、計測結果が出力されている場合でも、適切な値が出力されていない状態となっている故障には対応することができない。

[0198] ただし、IMUユニット１２１から出力される計測結果が適切であるか否かについては、単体で確認することができないので、一般的には、３個以上のIMUユニット１２１の計測結果を比較し、外れ値となる計測結果の有無を検出し、外れ値となる計測結果を出力するIMUユニット１２１を故障しているものとみなす。

[0199] そこで、マスタに設定されたIMUユニット１２１における制御部１３２の他

ユニット合成部１５４が、スレーブに設定されたIMUユニット１２１からの計測結果と、自己合成部１５３により合成された自らの計測結果である自己合成値とを併せて、外れ値の有無を検出することで、IMUユニット１２１の故障の有無を判定する。そして、他ユニット合成部１５４は、故障が検出されたIMUユニット１２１については、登録し、以降においては、計測結果を合成に用いないようにする。

[0200] より具体的には、例えば、図１６で示されるように、IMUユニット１２１－０がマスタに設定され、IMUユニット１２１－１乃至１２１－３がスレーブに設定されている状態である場合について考える。

[0201] この場合、マスタに設定されたIMUユニット１２１－０の他ユニット合成部１５４は、スレーブに設定されたIMUユニット１２１－１乃至１２１－３からの計測結果と、自らの計測結果との比較により外れ値の有無を判定する。

[0202] 例えば、IMUユニット１２１－２の計測結果が、他の計測結果との比較から外れ値であることが判明した場合、他ユニット合成部１５４は、IMUユニット１２１－２が故障しているものとみなし、対応するIDを故障登録する。

[0203] 他ユニット合成部１５４は、以降の処理において、故障登録されたIDと対応するIMUユニット１２１－２からの計測結果を除外して、他のスレーブに設定されたIMUユニット１２１－１，１２１－３からの計測結果と、自らの計測結果である自己合成値とを合成して、自他合成値を生成する。送信部１５５は、自他合成値を計測結果として、ホストコントローラ１２４に出力する。

[0204] このような処理により、図１６の太破線の矢印で示されるように、故障しているとみなされたIMUユニット１２１－２から、I2Cバス（I2C1）１４３－１を介して供給される計測結果については、除外される。

[0205] すなわち、図１６の太一点鎖線の矢印で示されるように、IMUユニット１２１－３よりI2Cバス（I2C0）１４３－０を介して供給される計測結果と、太実線の矢印で示されるように、IMUユニット１２１－１よりI2Cバス（I2C2）１４３－２を介して供給される計測結果と、自らの計測結果とが、合成されて、自他合成値が生成される。そして、生成された自他合成値が、計測結果と

してホストコントローラ１２４に送信される。

[0206] これにより、外れ値の計測結果を出力する故障したIMUユニット１２１－２からの計測結果を除外した合成結果を計測結果としてホストコントローラ１２４に出力することができる。結果として、故障したIMUユニット１２１の計測結果を用いないようにすることが可能となり、故障したIMUユニット１２１の計測結果を用いることで生じる計測精度の低下を抑制性することが可能となる。

[0207] このような構成により、IMUユニット１２１の個別の異常にも対応することが可能となるので、故障に基づいた計測精度の低下を抑制することが可能となる。結果として、低コストで、かつ、高精度に加速度および角速度を計測するマルチIMU１０１を実現することが可能となる。

[0208] ＜第１の実施の形態の第２の応用例のマルチIMUによる計測処理＞

次に、図１７のフローチャートを参照して、第１の実施の形態の第２の応用例のマルチIMUによる計測処理について説明する。

[0209] 尚、図１７のフローチャートにおけるステップＳ９１乃至Ｓ９７，Ｓ１１１乃至Ｓ１１５，Ｓ１２２乃至Ｓ１２４の処理は、図１５のフローチャートにおけるステップＳ５１乃至Ｓ５７，Ｓ７１乃至Ｓ７５，Ｓ７８乃至Ｓ８０の処理と同様であるので、その説明は省略する。

[0210] すなわち、マルチIMU１０１が起動するとき、複数のIMUユニット１２１のいずれかがマスタに設定され、それ以外がスレーブに設定される。そして、スレーブに設定されたIMUユニット１２１が計測結果をマスタに設定されたIMUユニット１２１に供給する。マスタに設定されたIMUユニット１２１が、スレーブに設定されたIMUユニット１２１からの計測結果と自らの計測結果である自己合成値とを合成して、自他合成値を生成し、自他合成値を計測結果としてホストコントローラ１２４に送信する。

[0211] ステップＳ１１６において、マスタに設定されたIMUユニット１２１の制御部１３２の他ユニット合成部１５４は、故障登録されたIMUユニット１２１以外の計測結果と、自己合成部１５３により合成された自らの計測結果とを合

成し、自他合成値を生成する。尚、最初の処理では、故障登録されたIMUユニット１２１のIDの情報は存在しないので、全てのIMUユニット１２１の計測結果と自らの計測結果である自己合成値とが合成される。

[0212] ステップＳ１１７において、他ユニット合成部１５４は、取得した全ての計測結果を比較して、外れ値の有無を探索する。

[0213] ステップＳ１１８において、他ユニット合成部１５４は、外れ値の有無に基づいて、故障したIMUユニット１２１が存在するか否かを判定する。

[0214] ステップＳ１１８において、故障したIMUユニット１２１が存在すると判定された場合、処理は、ステップＳ１１９に進む。

[0215] ステップＳ１１９において、他ユニット合成部１５４は、外れ値となる計測結果を出力したIMUユニット１２１を識別するIDを故障登録する。

[0216] ステップＳ１２０において、他ユニット合成部１５４は、故障したIMUユニット１２１からの計測結果を除外して計測結果を合成して、自他合成値を生成する。

[0217] ステップＳ１２１において、他ユニット合成部１５４は、自他合成値を計測結果として、ホストコントローラ１２４に出力する。

[0218] 尚、ステップＳ１１８において、故障したIMUユニット１２１が存在しないと判定された場合、ステップＳ１１９，Ｓ１２０の処理がスキップされて、ステップＳ１１６の合成結果が、ステップＳ１２０の処理によりホストコントローラ１２４に出力される。

[0219] 以上の処理により、外れ値の計測結果を出力する故障したIMUユニット１２１からの計測結果を除外した自他合成値を計測結果としてホストコントローラ１２４に出力することができる。これにより、故障したIMUユニット１２１の計測結果を用いないようにすることが可能となり、故障したIMUユニット１２１の計測結果を用いることで生じる計測精度の低下を抑制性することが可能となる。

[0220] 尚、マスタに設定されたIMUユニット１２１の他ユニット合成部１５４は、自らが故障していると判定する場合、自らの計測結果を除外して合成する処

理を継続するようにしてもよい。また、この場合、他ユニット合成部１５４そのものの機能が故障している可能性もあるため、合成した計測結果の送信が停止されるようにしてもよい。

[0221] これにより、ホストコントローラ１２４のマスタスレーブ制御部１４１は、マスタに設定されたIMUユニット１２１から計測結果が供給されないことにより、故障が発生していることを認識することができ、新たに、代わりのマスタが設定されることで、自らを除外した処理を実現することができる。

[0222] 結果として、IMUユニット１２１の個別の異常にも対応することが可能となるので、故障耐性をより強化することが可能になる上、故障に基づいた計測精度の低下を抑制することが可能となる。

[0223] ＜＜７．第２の実施の形態＞＞

以上においては、図６で示されるように、４個のIMUユニット１２１を基板１１１上の四隅に接続し、ケーブル１２２で統合基板１２３に電気的に統合して接続することで、マルチIMU１０１を構成する例について説明してきた。

[0224] しかしながら、４個のIMUユニット１２１は、電気的に接続されていれば、他の構成であってもよい。

[0225] 例えば、図１８で示されるように、折り畳むことができるフレキシブルケーブル２１１にIMUユニット１２１－０乃至１２１－３を電気的に接続することで一体化して、筐体２２１ｂに収納して、ベースプレート２２１ａ上に構成し、ケーブル２２２を介してホストコントローラ１２４と接続されるようにしてもよい。

[0226] 尚、図１８の左部は、個別のIMUユニット１２１－０乃至１２１－３が、フレキシブルケーブル２１１と電気的に接続される構成を示している。

[0227] また、図１８の右部は、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３が、電気的に接続された状態でフレキシブルケーブル２１１を折り畳むことでコンパクトに一体化されてIMUユニットボックス２２１が形成され、IMUユニットボックス２２１とホストコントローラ１２４とがケーブル２２２を介して接続されることでマルチIMU２０１が構成される。

[0228] IMUユニットボックス２２１は、ベースプレート２２１ａと筐体２２１ｂから構成される。電気的にIMUユニット１２１－０乃至１２１－３が接続された状態のフレキシブルケーブル２１１が折り畳まれて、ベースプレート２２１ａに接続されている。

[0229] このような構成により、ベースプレート２２１ａ上に４枚のIMUユニット１２１－０乃至１２１－３が積層された状態で電気的に接続された状態となる。ベースプレート２２１ａ上に積層された４枚のIMUユニット１２１－０乃至１２１－３が、筐体２２１ｂ内に収納されて、ベースプレート２２１ａと筐体２２１ｂとが一体化することで、IMUユニットボックス２２１が形成される。

[0230] フレキシブルケーブル２１１は、より詳細には、図１９の左部で示されるようなＨ型の構成であり、それぞれの端部に端子２１１ａ－０乃至２１１ａ－３が設けられている。また、フレキシブルケーブル２１１を構成するＨ型の中央のバーの部分からケーブル２２２が一体化した状態で形成されており、ケーブル２２２の端部の端子２２２ａがホストコントローラ１２４と電気的に接続される。

[0231] 図１９の中央部で示されるように、端子２１１ａ－０乃至２１１ａ－３は、それぞれIMUユニット１２１－０乃至１２１－３の端子１２１ａ－０乃至１２１ａ－３と接続される。

[0232] そして、フレキシブルケーブル２１１を折り畳むことにより、図１９の右部で示されるように、IMUユニット１２１－０乃至１２１－３が、図中左から順に積層されたような状態で一体化される。

[0233] このような構成により、４個のIMUユニット１２１－０乃至１２１－３をコンパクトに一体化させることが可能となる。

[0234] 以上のように、図１８，図１９のマルチIMU２０１においても、同一のIMUユニット１２１を複数に用いることで、低コストで、かつ、高精度に加速度および角速度を計測することが可能となる。

[0235] ＜＜８．第３の実施の形態＞＞

以上においては、折り畳むことができるフレキシブルケーブル２１１にIMUユニット１２１－０乃至１２１－３を電気的に接続することでコンパクトに一体化して、IMUユニットボックス２２１を形成し、ケーブル２２２を介してホストコントローラ１２４と接続されるマルチIMU２０１について説明してきた。

[0236] しかしながら、図１８で示されるようなIMUユニットボックス２２１そのものをIMUユニットとして扱い、さらに、多くのIMU１３１を備えたマルチIMUを構成するようにしてもよい。

[0237] 図２０は、IMUユニットボックス２２１そのものを１個のIMUユニットと見做して、より多くのIMU１３１を備えたマルチIMUの構成例を示している。

[0238] 図２０のマルチIMU２５１は、IMUユニットボックス２２１－１乃至２２１－８、ケーブル２２２－１乃至２２２－８、統合基板２６２、統合処理部２６３、およびコントローラ１２４より構成される。

[0239] IMUユニットボックス２２１－１乃至２２１－８は、それぞれケーブル２２２－１乃至２２２－８を介して、統合基板２６２に接続されている。

[0240] 統合基板２６２には、統合処理部２６３が設けられており、IMUユニットボックス２２１－１乃至２２１－８より供給される計測結果を合成して、統合基板２６２上に設けられた端子２６２ａを介してホストコントローラ１２４に出力する。

[0241] 統合処理部２６３は、IMUユニット１２１の制御部１３２における他ユニット合成部１５４と同一の機能であるので、例えば、IMUユニット１２１で代用し、他ユニット合成部１５４だけを機能させるようにしてもよい。

[0242] すなわち、図２０のマルチIMU２５１には、８個のIMUユニットボックス２２１が設けられ、IMUユニットボックス２２１には、４個のIMUユニット１２１が設けられ、IMUユニット１２１には、８個のIMU１３１が設けられている。

[0243] このため、図２０のマルチIMU２５１においては、合計２５６個のIMU１３１が設けられることになる。

[0244] 図２０のマルチIMU２５１における処理は、上述した処理と同様であるが、ホストコントローラ１２４が、３２個のIMUユニット１２１を制御することになる。

[0245] 以上のように、図２０のマルチIMU２５１においても、同一のIMUユニット１２１を複数に用いることで、コスト低減を図ると共に、計測精度の向上を実現することが可能となる。

[0246] ＜＜９．第４の実施の形態＞＞

以上においては、複数のIMUユニット１２１のマスタおよびスレーブをホストコントローラ１２４で制御し、加速度および角速度に係る計測結果を、マスタに設定したIMUユニット１２１より取得する例について説明してきた。

[0247] しかしながら、IMUユニットの機能に加えて、計測結果に基づいた信号処理が可能なマイクロコンピュータ（以下、マイコン）やプロセッサが搭載されたボードであるプロセッサ搭載基板（マイコンボードとも称される）を複数に用いて、加速度および角速度に係る計測結果を取得すると共に、取得した計測結果に基づいた信号処理を高精度に実現できるようにしてもよい。

[0248] 図２１は、複数のプロセッサ搭載基板を用いたマルチIMUの構成例を示している。図２１の上段は、複数のプロセッサ搭載基板を用いたマルチIMU３０１の外観斜視図であり、下段は、マルチIMU３０１の側面図である。

[0249] マルチIMU３０１は、プロセッサ搭載基板３２１－０乃至３２１－３、およびホストコントローラボード３２２より構成される。

[0250] プロセッサ搭載基板３２１－０乃至３２１－３は、それぞれIMUユニット１２１－０乃至１２１－３に対応する構成であり、ホストコントローラボード３２２は、ホストコントローラ１２４と対応する構成である。

[0251] より詳細には、図２２で示されるように、プロセッサ搭載基板３２１の表面（図２１における図中上方から見た面を表面とする）３２１AにIMU３３１－１乃至３３１－４、メス型スタックコネクタ３３２a、およびディップスイッチ３３３が設けられている。

[0252] また、プロセッサ搭載基板３２１の裏面（図２１における図中下方から見

た面を裏面とする）３２１ＢにIMU３３１－５乃至３３１－８、オス型スタックコネクタ３３２ｂ、および制御プロセッサ３３４が設けられている。

[0253] 尚、図２２において、図中左上部は、プロセッサ搭載基板３２１の表面部３２１Ａの外観斜視図であり、図中左下部は、プロセッサ搭載基板３２１の裏面部３２１Ｂの外観斜視図である。

[0254] また、図２２の図中中央上部は、IMU３３１－１乃至３３１－４を覆うことで不規則な外気の影響による精度低下を抑制するカバー３５１が設置された状態のプロセッサ搭載基板３２１の表面部３２１Ａの外観斜視図である。

[0255] さらに、図２２の図中中央下部は、IMU３３１－５乃至３３１－８を覆うことで不規則な外気の影響による精度低下を抑制するカバー３５１が設置された状態のプロセッサ搭載基板３２１の裏面部３２１Ｂの外観斜視図である。

[0256] また、図２２の右上部は、カバー３５１の外装部３５１Ａであり、図３３の右下部は、カバー３５１の内装部３５１Ｂである。

[0257] IMU３３１－１乃至３３１－８は、それぞれIMU１３１－１乃至１３１－８と対応する構成であり、同様の機能を備える。また、表面部３２１Ａにおいて、IMU３３１－１乃至３３１－４がカバー３５１により保護されており、裏面部３２１Ｂにおいて、IMU３３１－５乃至３３１－８がカバー３５１により保護されている。

[0258] メス型スタックコネクタ３３２ａと、オス型スタックコネクタ３３２ｂとは、相互に対応する位置に設けられた構成であり、メス型スタックコネクタ３３２ａの穴部に、オス型スタックコネクタ３３２ｂの凸部を挿通させることにより、複数のプロセッサ搭載基板３２１を積層させると共に、電気的に接続させる。

[0259] ディップスイッチ３３３は、所定の動作モードを切り替えるとき操作される物理スイッチである。

[0260] 制御プロセッサ３３４は、上述の制御部１３２に対応する構成であり、同様の機能を備えると共に、さらに、プログラミングにより計測結果に対して信号処理を加えることができる。例えば、制御プロセッサ３３４は、計測結

果である加速度および角速度の情報に基づいて、位置、移動距離、および速度などを演算し、計測結果と共に演算結果として出力することができる。

[0261] したがって、ホストコントローラボード３２２は、複数のプロセッサ搭載基板３２１より供給される加速度および角速度の計測結果に加えて、それぞれの計測結果に基づいた演算結果を合成して、出力することができる。

[0262] 以上のように、図２１，図２２のマルチIMU３０１においても、同一のプロセッサ搭載基板３２１を複数に用いることで、低コストで、かつ、高精度に加速度および角速度に加えて、それぞれの計測結果に基づいた演算結果を合成して、出力することが可能となる。

[0263] ＜＜１０．ソフトウエアにより実行させる例＞＞

ところで、上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウエアにより実行させることもできる。一連の処理をソフトウエアにより実行させる場合には、そのソフトウエアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のコンピュータなどに、記録媒体からインストールされる。

[0264] 図２３は、汎用のコンピュータの構成例を示している。このパーソナルコンピュータは、CPU(Central Processing Unit)１００１を内蔵している。CPU１００１にはバス１００４を介して、入出力インタフェース１００５が接続されている。バス１００４には、ROM(Read Only Memory)１００２およびRAM(Random Access Memory)１００３が接続されている。

[0265] 入出力インタフェース１００５には、ユーザが操作コマンドを入力するキーボード、マウスなどの入力デバイスよりなる入力部１００６、処理操作画面や処理結果の画像を表示デバイスに出力する出力部１００７、プログラムや各種データを格納するハードディスクドライブなどよりなる記憶部１００８、LAN（Local Area Network）アダプタなどよりなり、インターネットに代表されるネットワークを介した通信処理を実行する通信部１００９が接続されている。また、磁気ディスク（フレキシブルディスクを含む）、光ディス

ク（CD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory)、DVD(Digital Versatile Disc)を含む）、光磁気ディスク（ＭＤ(Mini Disc)を含む）、もしくは半導体メモリなどのリムーバブル記憶媒体１０１１に対してデータを読み書きするドライブ１０１０が接続されている。

[0266] CPU１００１は、ROM１００２に記憶されているプログラム、または磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、もしくは半導体メモリ等のリムーバブル記憶媒体１０１１ら読み出されて記憶部１００８にインストールされ、記憶部１００８からRAM１００３にロードされたプログラムに従って各種の処理を実行する。RAM１００３にはまた、CPU１００１が各種の処理を実行する上において必要なデータなども適宜記憶される。

[0267] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU１００１が、例えば、記憶部１００８に記憶されているプログラムを、入出力インタフェース１００５及びバス１００４を介して、RAM１００３にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

[0268] コンピュータ（CPU１００１）が実行するプログラムは、例えば、パッケージメディア等としてのリムーバブル記憶媒体１０１１に記録して提供することができる。また、プログラムは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供することができる。

[0269] コンピュータでは、プログラムは、リムーバブル記憶媒体１０１１をドライブ１０１０に装着することにより、入出力インタフェース１００５を介して、記憶部１００８にインストールすることができる。また、プログラムは、有線または無線の伝送媒体を介して、通信部１００９で受信し、記憶部１００８にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM１００２や記憶部１００８に、あらかじめインストールしておくことができる。

[0270] なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで処理が行われるプログ

ラムであっても良い。

[0271] 尚、図２３におけるCPU１００１が、図８，図１８，図２０のホストコントローラ１２４、および図２１のホストコントローラボード３２２の機能を実現させる。

[0272] また、本明細書において、システムとは、複数の構成要素（装置、モジュール（部品）等）の集合を意味し、すべての構成要素が同一筐体中にあるか否かは問わない。したがって、別個の筐体に収納され、ネットワークを介して接続されている複数の装置、及び、１つの筐体の中に複数のモジュールが収納されている１つの装置は、いずれも、システムである。

[0273] なお、本開示の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0274] 例えば、本開示は、１つの機能をネットワークを介して複数の装置で分担、共同して処理するクラウドコンピューティングの構成をとることができる。

[0275] また、上述のフローチャートで説明した各ステップは、１つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0276] さらに、１つのステップに複数の処理が含まれる場合には、その１つのステップに含まれる複数の処理は、１つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0277] 尚、本開示は、以下のような構成も取ることができる。

＜１＞ 加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットと、

前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成する自己合成部と、

前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成する自他合成部と、

前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信する送信部と

を備えるマルチIMUチップ。

＜２＞　ホストコントローラによりマスタまたはスレーブの設定を受け付けて管理するマスタスレーブ管理部をさらに備え、

前記マスタスレーブ管理部において、前記スレーブに設定されている場合、前記送信部は、前記自己合成値または前記自他合成値を前記計測結果として指定された他のIMUユニットに送信し、

前記マスタスレーブ管理部において、前記マスタに設定されている場合、前記送信部は、前記自他合成値を前記計測結果として前記ホストコントローラに送信する

＜１＞に記載のマルチIMUチップ。

＜３＞　前記送信部は、有線通信または無線通信を介して、少なくとも前記自己合成値または前記自他合成値を前記計測結果として他のIMUユニットに送信し、

前記送信部は、有線通信または無線通信を介して、前記自他合成値を前記計測結果として前記ホストコントローラに送信する

＜２＞に記載のマルチIMUチップ。

＜４＞　前記送信部は、I2C（Inter Integrated Circuits）（登録商標）バスまたはI3C（Improved Inter Integrated Circuits）（登録商標）バスを介して、少なくとも前記自己合成値または前記自他合成値を前記計測結果として他のIMUユニットに送信し、

前記送信部は、SPI（Serial Peripheral Interface）バスを介して、前記自他合成値を前記計測結果として前記ホストコントローラに送信する

＜３＞に記載のマルチIMUチップ。

＜５＞　前記自己合成値または前記自他合成値の送信先となる前記他のIMUユニットを設定する送信先設定部をさらに備え、

前記送信部は、前記自己合成値または前記自他合成値を前記計測結果として、前記送信先設定部に設定される前記他のIMUユニットに送信する

＜２＞に記載のマルチIMUチップ。

＜６＞　前記マスタスレーブ管理部において、前記スレーブに設定される場合、前記送信先設定部において、前記自己合成値または前記自他合成値の送信先となる前記他のIMUユニットは、前記マスタスレーブ管理部において、前記マスタに設定されている

＜５＞に記載のマルチIMUチップ。

＜７＞　前記マスタスレーブ管理部において設定される前記マスタまたは前記スレーブは、前記ホストコントローラにより起動時に設定される

＜２＞に記載のマルチIMUチップ。

＜８＞　前記マスタスレーブ管理部において設定される前記マスタまたは前記スレーブは、前記ホストコントローラにより前記IMUユニットおよび前記他のIMUユニットを識別する識別子に基づいて設定される

＜２＞に記載のマルチIMUチップ。

＜９＞　前記マスタスレーブ管理部において、前記マスタに設定される場合、前記自他合成部は、前記自己合成値と、前記他のIMUユニットの他ユニット合成値との比較により、外れ値の有無を検出し、前記外れ値を検出するとき、前記外れ値となる前記自己合成値または前記他ユニット合成値を除外して、前記自己合成値と、前記他ユニット合成値とを合成し、前記自他合成値を生成する

＜２＞に記載のマルチIMUチップ。

＜１０＞　前記自他合成部は、前記外れ値を検出するとき、前記外れ値の前記IMUユニット、または前記他のIMUユニットを識別する識別子を故障情報として記憶し、以降において、前記故障情報に登録された前記識別子と対応する前記IMUユニットの前記自己合成値、または登録された前記識別子と対応する前記他のIMUユニットの前記他ユニット合成値を除外して、前記自己合成値と、前記他ユニット合成値とを合成し、前記自他合成値を生成する

＜９＞に記載のマルチIMUチップ。

＜１１＞　前記マスタスレーブ管理部において、前記マスタに設定される場合、前記自他合成部は、前記自己合成値と、前記他のIMUユニットの他ユニッ

ト合成値との比較により、前記外れ値の有無を検出し、前記自己合成値が前記外れ値であるとき、前記送信部は、前記計測結果としての前記自他合成値の前記ホストコントローラへの送信を停止する

＜２＞に記載のマルチIMUチップ。

＜１２＞　前記マスタスレーブ管理部において設定される前記マスタまたは前記スレーブは、前記ホストコントローラに前記計測結果が送信されないとき、前記ホストコントローラにより再設定される

＜１１＞に記載のマルチIMUチップ。

＜１３＞　前記N個は、1個以上である

＜１＞に記載のマルチIMUチップ。

＜１４＞　加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットを備えたマルチIMUチップの作動方法であって、

前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成し、

前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成し、

前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信する

ステップを含むマルチIMUチップの作動方法。

＜１５＞　加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットを備えたマルチIMUチップを制御するコンピュータを、

前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成する自己合成部と、

前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成する自他合成部と、

前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された

送信先に送信する送信部と

して機能させるプログラム。

＜１６＞　加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットと、

前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成する自己合成部と、

前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成する自他合成部と、

前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信する送信部と

を含む複数のマルチIMUチップと、

前記IMUユニットにマスタまたはスレーブを設定し、前記計測結果を取得するホストコントローラとを備え、

前記マスタに設定された前記IMUユニットの前記送信部は、前記自他合成値を計測結果として前記ホストコントローラに送信する

マルチIMU。

＜１７＞　前記複数のマルチIMUチップは、同一基板に設けられ、前記ホストコントローラと電気的に接続される

＜１６＞に記載のマルチIMU。

＜１８＞　前記複数のマルチIMUチップは、フレキシブルケーブルを介して前記ホストコントローラと電気的に接続される

＜１６＞に記載のマルチIMU。

＜１９＞　前記マルチIMUチップは、プロセッサ搭載基板である

＜１６＞に記載のマルチIMU。

＜２０＞　前記複数のプロセッサ搭載基板は、スタックコネクタを介して積層して物理的に、かつ、電気的に接続され、前記ホストコントローラとして機能するホストコントローラボードとも電気的に接続される

＜１９＞に記載のマルチIMU。

符号の説明

[0278] １０１　マルチIMU，　１２１，１２１－０乃至１２１－３　IMUユニット，　１２４　ホストコントローラ，　１３１，１３１－１乃至１３１－８　IMU，　１３２　制御部，　１４１　マスタスレーブ制御部，　１４２　SPIバス，　１４３，１４３－０乃至１４３－２　I2Cバス，　１５１　マスタスレーブ管理部，　１５２　送信先制御部，　１５３　自己合成部，　１５４　他ユニット合成部，　１５５　ID格納部，　２０１　マルチIMU，　２２１，２２１－１乃至２２１－８　IMUユニットボックス，　２２１ａ　基板，　２２１ｂ　筐体，　２５１　マルチIMU，　３０１　マルチIMU，　３２１，３２１－０乃至３２１－３　プロセッサ搭載基板，　３２２　ホストコントローラボード，　３３１，３３１－１乃至３３１－８　IMU，　３３４　制御プロセッサ

請求の範囲

[請求項1] 加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットと、

前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成する自己合成部と、

前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成する自他合成部と、

前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信する送信部と

を備えるマルチIMUチップ。

[請求項2] ホストコントローラによりマスタまたはスレーブの設定を受け付けて管理するマスタスレーブ管理部をさらに備え、

前記マスタスレーブ管理部において、前記スレーブに設定されている場合、前記送信部は、前記自己合成値または前記自他合成値を前記計測結果として指定された他のIMUユニットに送信し、

前記マスタスレーブ管理部において、前記マスタに設定されている場合、前記送信部は、前記自他合成値を前記計測結果として前記ホストコントローラに送信する

請求項１に記載のマルチIMUチップ。

[請求項3] 前記送信部は、有線通信または無線通信を介して、少なくとも前記自己合成値または前記自他合成値を前記計測結果として他のIMUユニットに送信し、

前記送信部は、有線通信または無線通信を介して、前記自他合成値を前記計測結果として前記ホストコントローラに送信する

請求項２に記載のマルチIMUチップ。

[請求項4] 前記送信部は、I2C（Inter Integrated Circuits）（登録商標）バスまたはI3C（Improved Inter Integrated Circuits）（登録商標）

バスを介して、少なくとも前記自己合成値または前記自他合成値を前記計測結果として他のIMUユニットに送信し、

前記送信部は、SPI（Serial Peripheral Interface）バスを介して、前記自他合成値を前記計測結果として前記ホストコントローラに送信する

請求項３に記載のマルチIMUチップ。

[請求項5] 前記自己合成値または前記自他合成値の送信先となる前記他のIMUユニットを設定する送信先設定部をさらに備え、

前記送信部は、前記自己合成値または前記自他合成値を前記計測結果として、前記送信先設定部に設定される前記他のIMUユニットに送信する

請求項２に記載のマルチIMUチップ。

[請求項6] 前記マスタスレーブ管理部において、前記スレーブに設定される場合、前記送信先設定部において、前記自己合成値または前記自他合成値の送信先となる前記他のIMUユニットは、前記マスタスレーブ管理部において、前記マスタに設定されている

請求項５に記載のマルチIMUチップ。

[請求項7] 前記マスタスレーブ管理部において設定される前記マスタまたは前記スレーブは、前記ホストコントローラにより起動時に設定される

請求項２に記載のマルチIMUチップ。

[請求項8] 前記マスタスレーブ管理部において設定される前記マスタまたは前記スレーブは、前記ホストコントローラにより前記IMUユニットおよび前記他のIMUユニットを識別する識別子に基づいて設定される

請求項２に記載のマルチIMUチップ。

[請求項9] 前記マスタスレーブ管理部において、前記マスタに設定される場合、前記自他合成部は、前記自己合成値と、前記他のIMUユニットの他ユニット合成値との比較により、外れ値の有無を検出し、前記外れ値を検出するとき、前記外れ値となる前記自己合成値または前記他ユニ

ット合成値を除外して、前記自己合成値と、前記他ユニット合成値とを合成し、前記自他合成値を生成する

請求項２に記載のマルチIMUチップ。

[請求項10] 前記自他合成部は、前記外れ値を検出するとき、前記外れ値の前記IMUユニット、または前記他のIMUユニットを識別する識別子を故障情報として記憶し、以降において、前記故障情報に登録された前記識別子と対応する前記IMUユニットの前記自己合成値、または登録された前記識別子と対応する前記他のIMUユニットの前記他ユニット合成値を除外して、前記自己合成値と、前記他ユニット合成値とを合成し、前記自他合成値を生成する

請求項９に記載のマルチIMUチップ。

[請求項11] 前記マスタスレーブ管理部において、前記マスタに設定される場合、前記自他合成部は、前記自己合成値と、前記他のIMUユニットの他ユニット合成値との比較により、前記外れ値の有無を検出し、前記自己合成値が前記外れ値であるとき、前記送信部は、前記計測結果としての前記自他合成値の前記ホストコントローラへの送信を停止する

請求項２に記載のマルチIMUチップ。

[請求項12] 前記マスタスレーブ管理部において設定される前記マスタまたは前記スレーブは、前記ホストコントローラに前記計測結果が送信されないとき、前記ホストコントローラにより再設定される

請求項１１に記載のマルチIMUチップ。

[請求項13] 前記N個は、1個以上である

請求項１に記載のマルチIMUチップ。

[請求項14] 加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットを備えたマルチIMUチップの作動方法であって、

前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成し、

前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの

前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成し、

前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信する

ステップを含むマルチIMUチップの作動方法。

[請求項15] 加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットを備えたマルチIMUチップを制御するコンピュータを、

前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成する自己合成部と、

前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成する自他合成部と、

前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信する送信部と

して機能させるプログラム。

[請求項16] 加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）がN個設けられたIMUユニットと、

前記N個のIMUの計測結果を合成して自己合成値を生成する自己合成部と、

前記自己合成値と、前記IMUユニットとは異なる他のIMUユニットの前記N個のIMUの計測結果の合成値である他ユニット合成値とを合成し、自他合成値を生成する自他合成部と、

前記自己合成値または前記自他合成値を、前記計測結果として指定された送信先に送信する送信部と

を含む複数のマルチIMUチップと、

前記IMUユニットにマスタまたはスレーブを設定し、前記計測結果を取得するホストコントローラとを備え、

前記マスタに設定された前記IMUユニットの前記送信部は、前記自他合成値を計測結果として前記ホストコントローラに送信する

マルチIMU。

[請求項17] 前記複数のマルチIMUチップは、同一基板に設けられ、前記ホストコントローラと電気的に接続される

請求項１６に記載のマルチIMU。

[請求項18] 前記複数のマルチIMUチップは、フレキシブルケーブルを介して前記ホストコントローラと電気的に接続される

請求項１６に記載のマルチIMU。

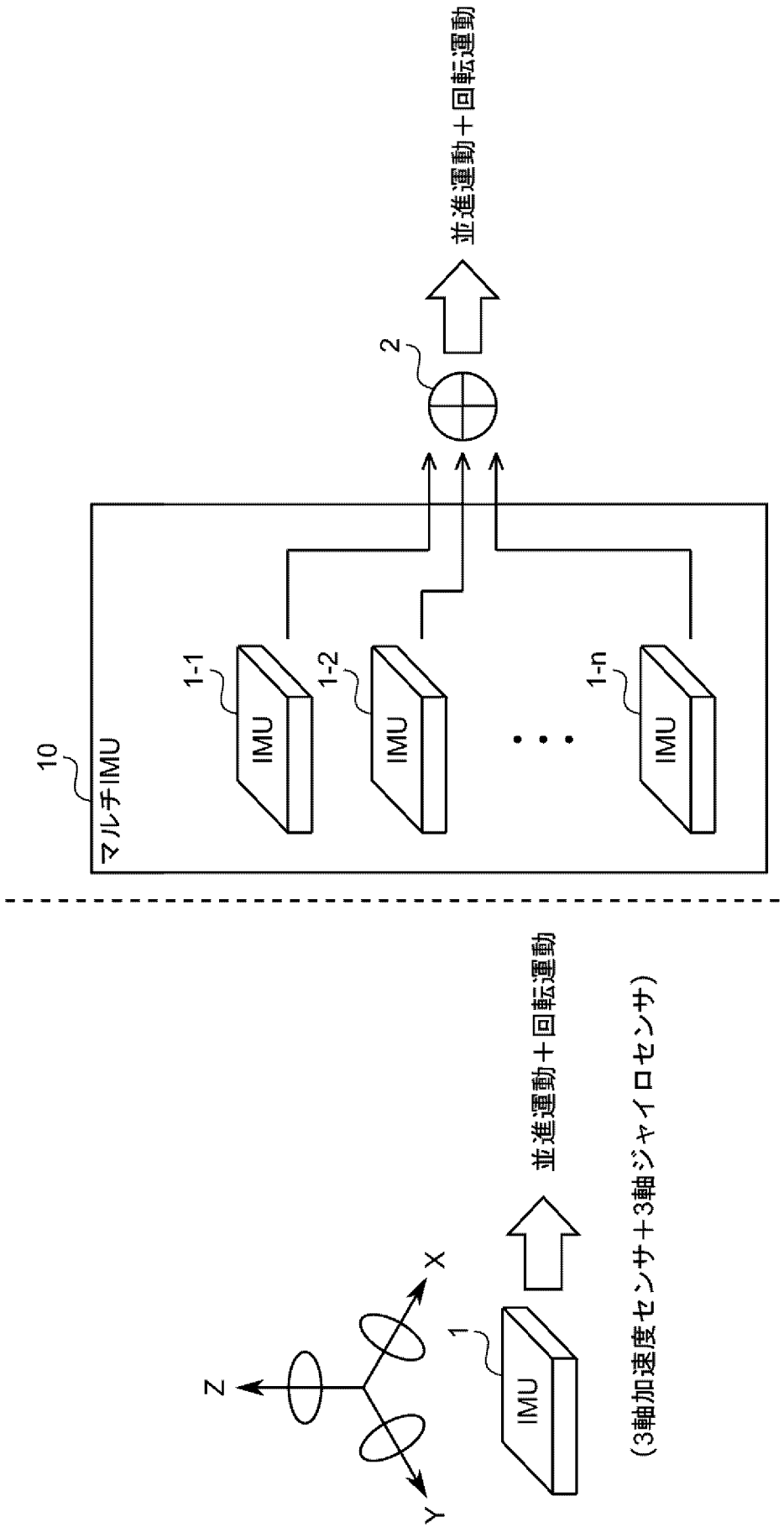
[請求項19] 前記複数のマルチIMUチップは、複数のプロセッサ搭載基板である

請求項１６に記載のマルチIMU。

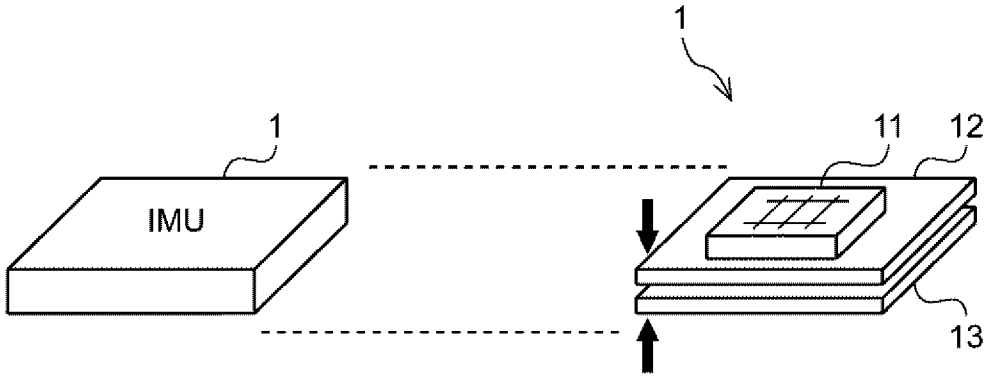
[請求項20] 前記複数のプロセッサ搭載基板は、スタックコネクタを介して積層して物理的に、かつ、電気的に接続され、前記ホストコントローラとして機能するホストコントローラボードとも電気的に接続される

請求項１９に記載のマルチIMU。

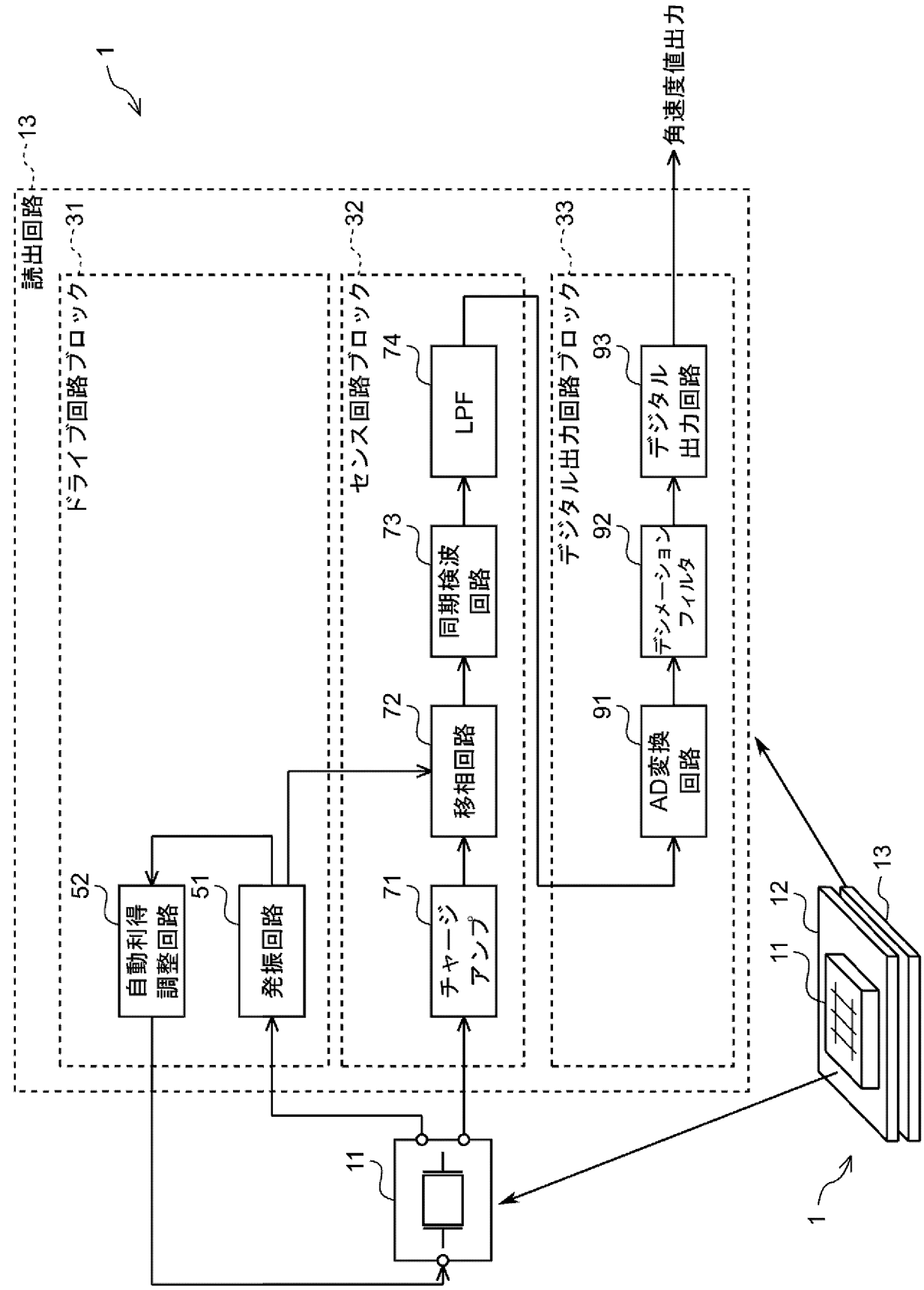
[図1]
FIG.1


並進運動＋回転運動
2
10
マルチIMU
1-1
IMU
1-2
IMU
1-n
IMU
並進運動＋回転運動
1
IMU
X
Y
Z
（3軸加速度センサ＋3軸ジャイロセンサ）

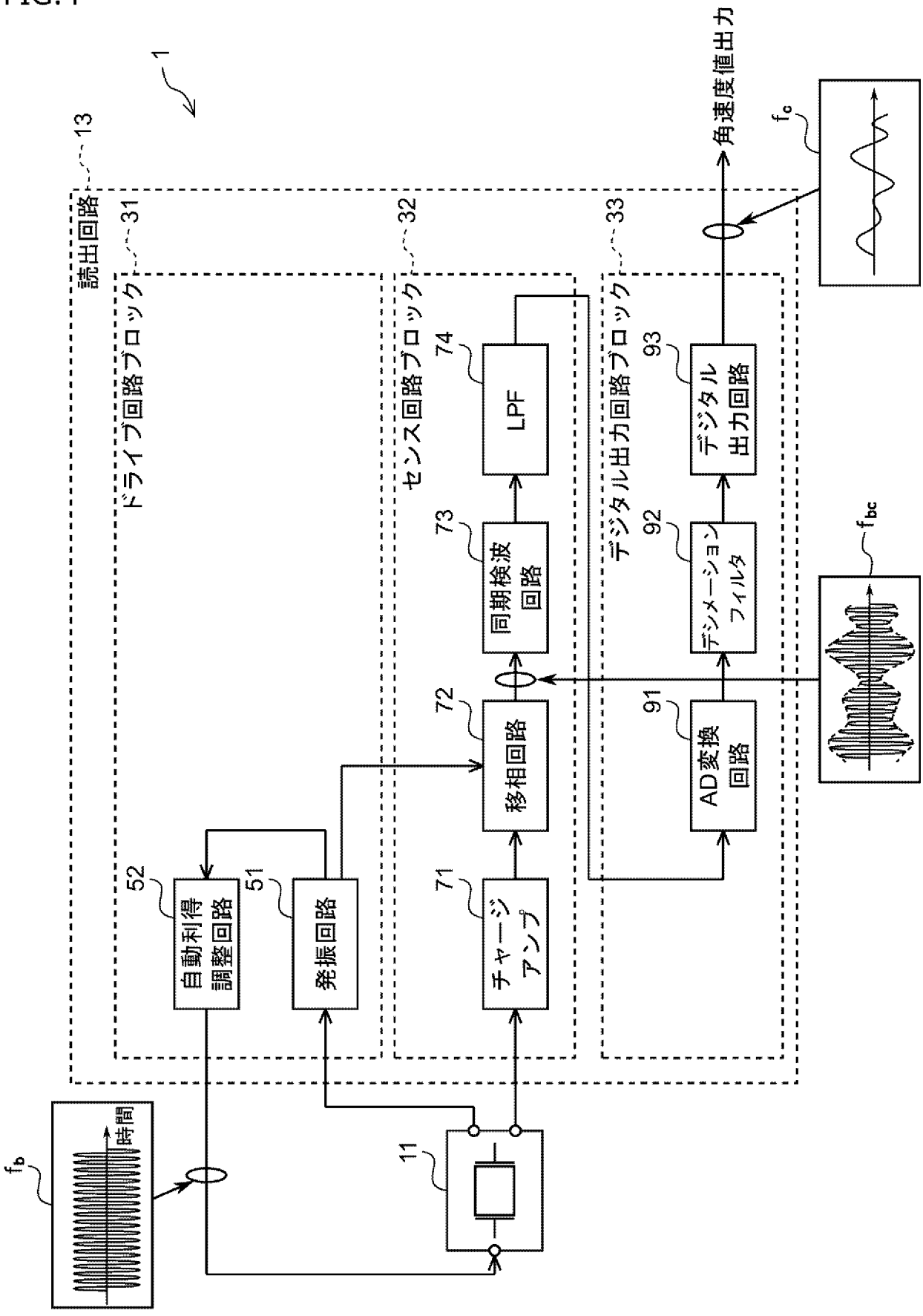
[図2]
FIG.2



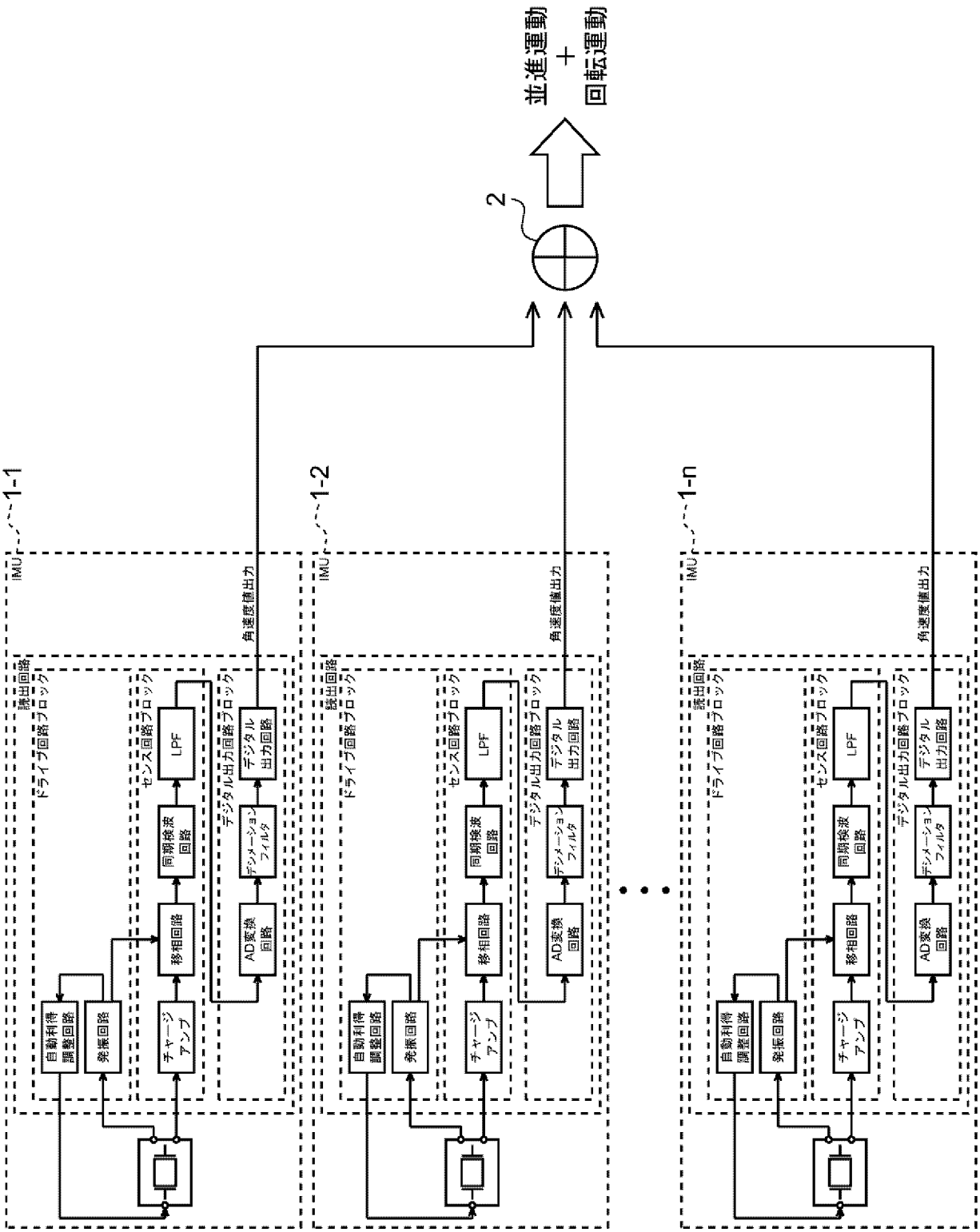
[図3]
FIG.3


1
13
読出回路
31
ドライブ回路ブロック
32
センス回路ブロック
33
デジタル出力回路ブロック
角速度値出力
52
自動利得調整回路
51
発振回路
71
チャージアンプ
72
移相回路
73
同期検波回路
74
LPF
91
AD変換回路
92
デシメーションフィルタ
93
デジタル出力回路
11
12
13
1

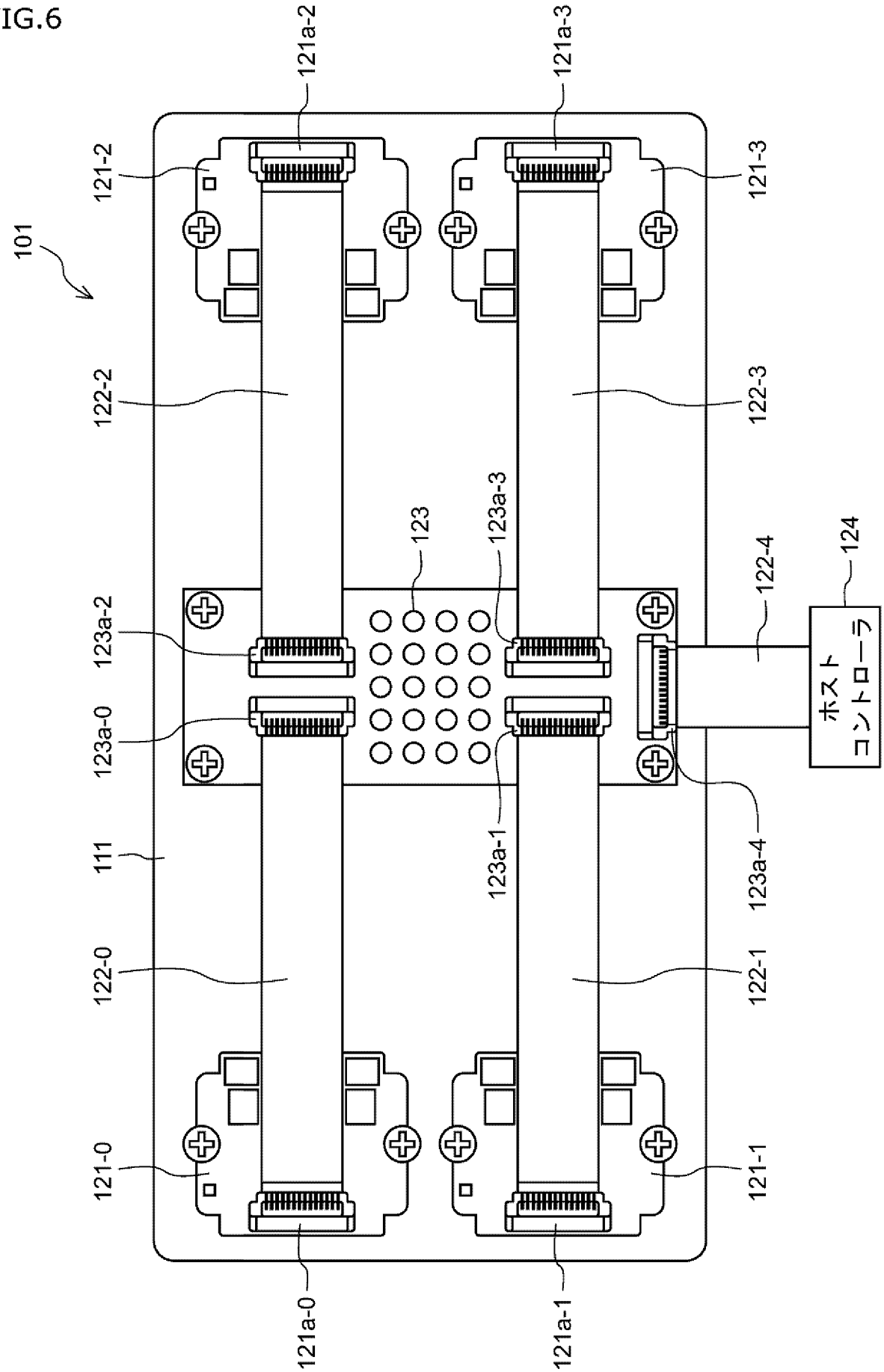
[図4]
FIG.4


1
13
読出回路
31
ドライブ回路ブロック
32
センス回路ブロック
33
デジタル出力回路ブロック
角速度値出力
f_c
f_{bc}
f_b
時間
11
52
自動利得調整回路
51
発振回路
71
チャージアンプ
72
移相回路
73
同期検波回路
74
LPF
91
AD変換回路
92
デシメーションフィルタ
93
デジタル出力回路

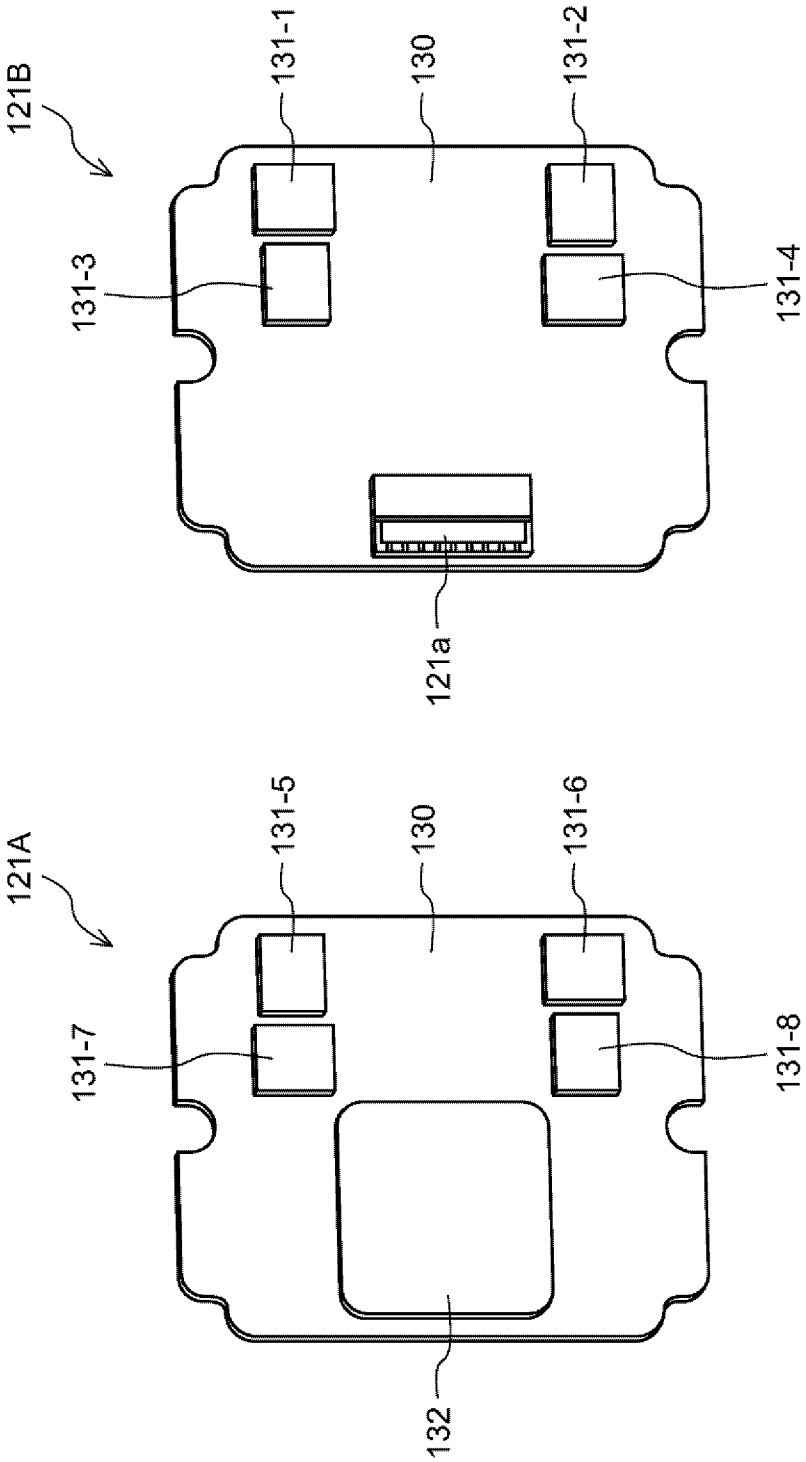
[図5]
FIG.5


並進運動
+
回転運動
2
1-1
1-2
1-n
IMU
ドライブ回路ブロック
センス回路ブロック
デジタル出力回路ブロック
自動利得調整回路
発振回路
チャージアンプ
移相回路
同期検波回路
LPF
AD変換回路
デシメーションフィルタ
デジタル出力回路
角速度値出力

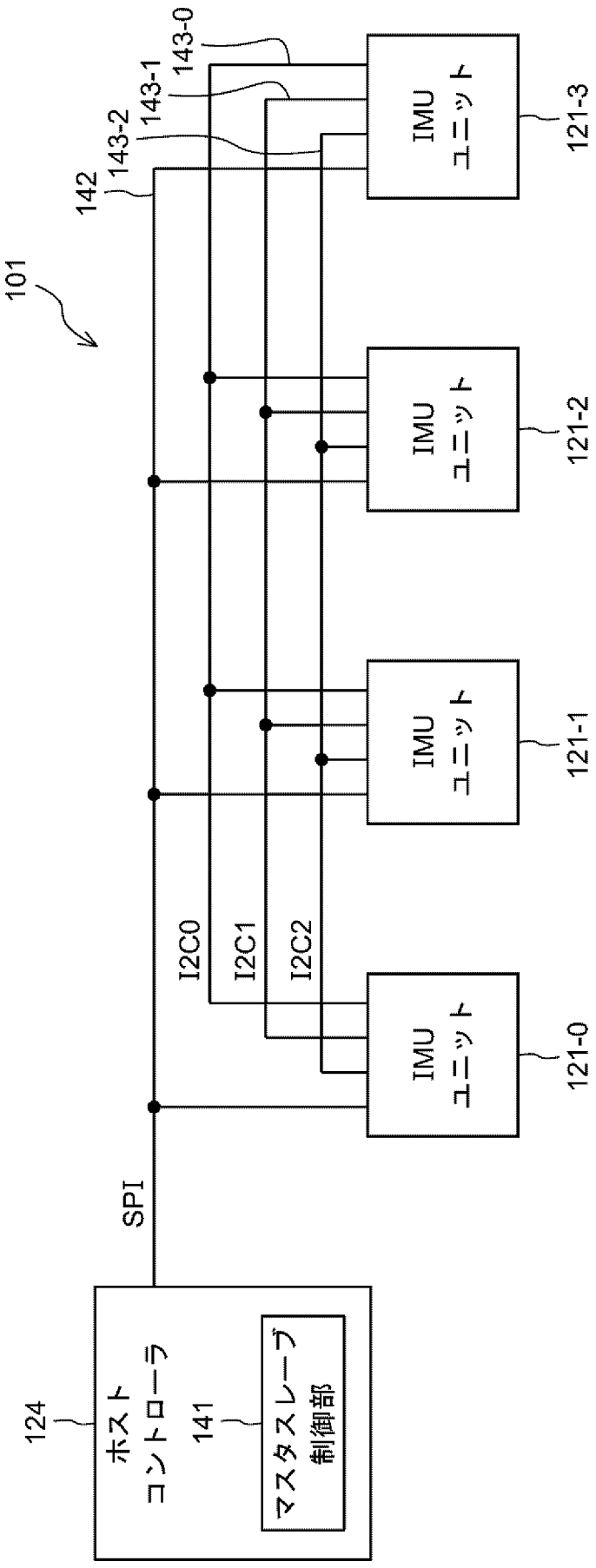
[図6]
FIG.6


101
111
121-0
121-1
121-2
121-3
121a-0
121a-1
121a-2
121a-3
122-0
122-1
122-2
122-3
122-4
123
123a-0
123a-1
123a-2
123a-3
123a-4
124
ホスト
コントローラ

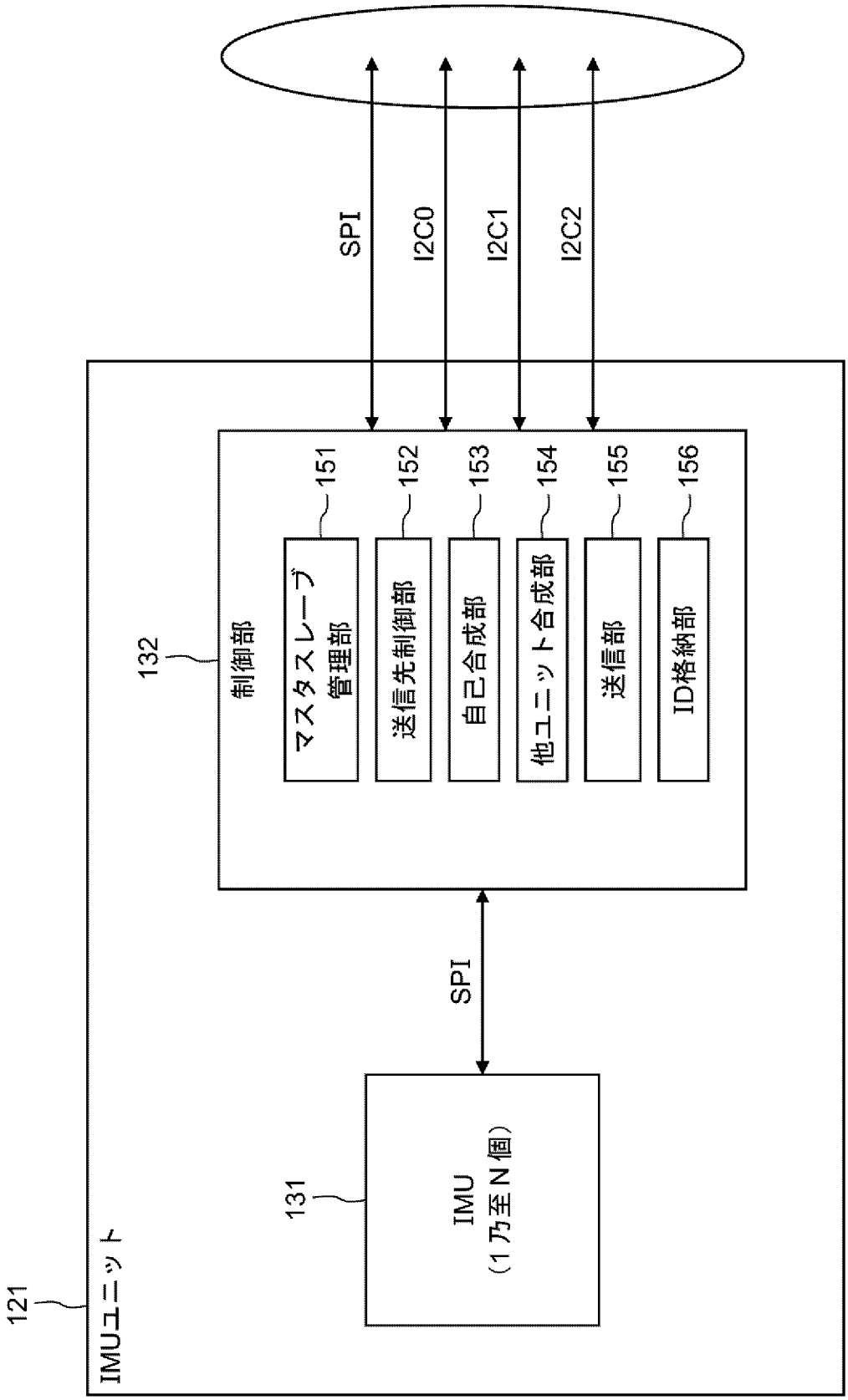
[図7]
FIG.7


121B
131-1
130
131-2
131-3
131-4
121a
121A
131-5
130
131-6
131-7
131-8
132

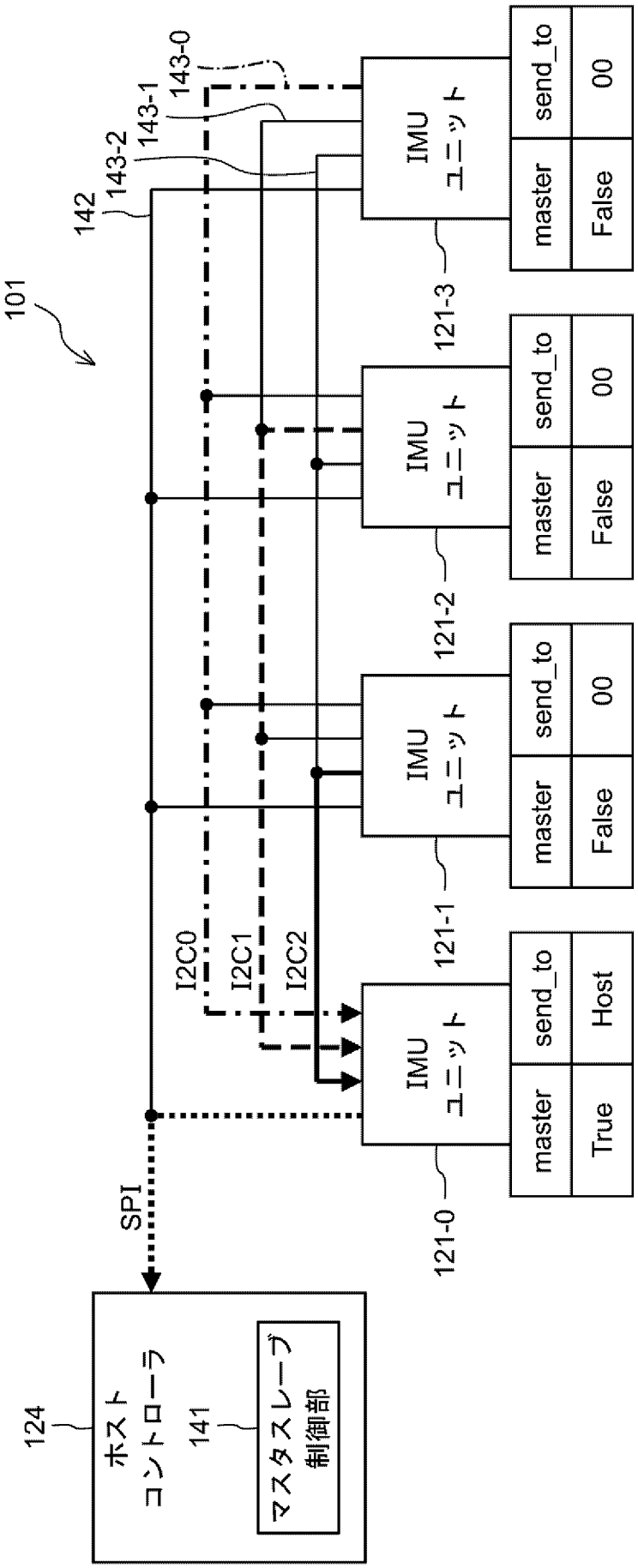
[図8]
FIG.8


101
142
143-0
143-1
143-2
IMU ユニット
121-3
121-2
121-1
121-0
I2C0
I2C1
I2C2
SPI
124
ホスト コントローラ
141
マスタスレーブ 制御部

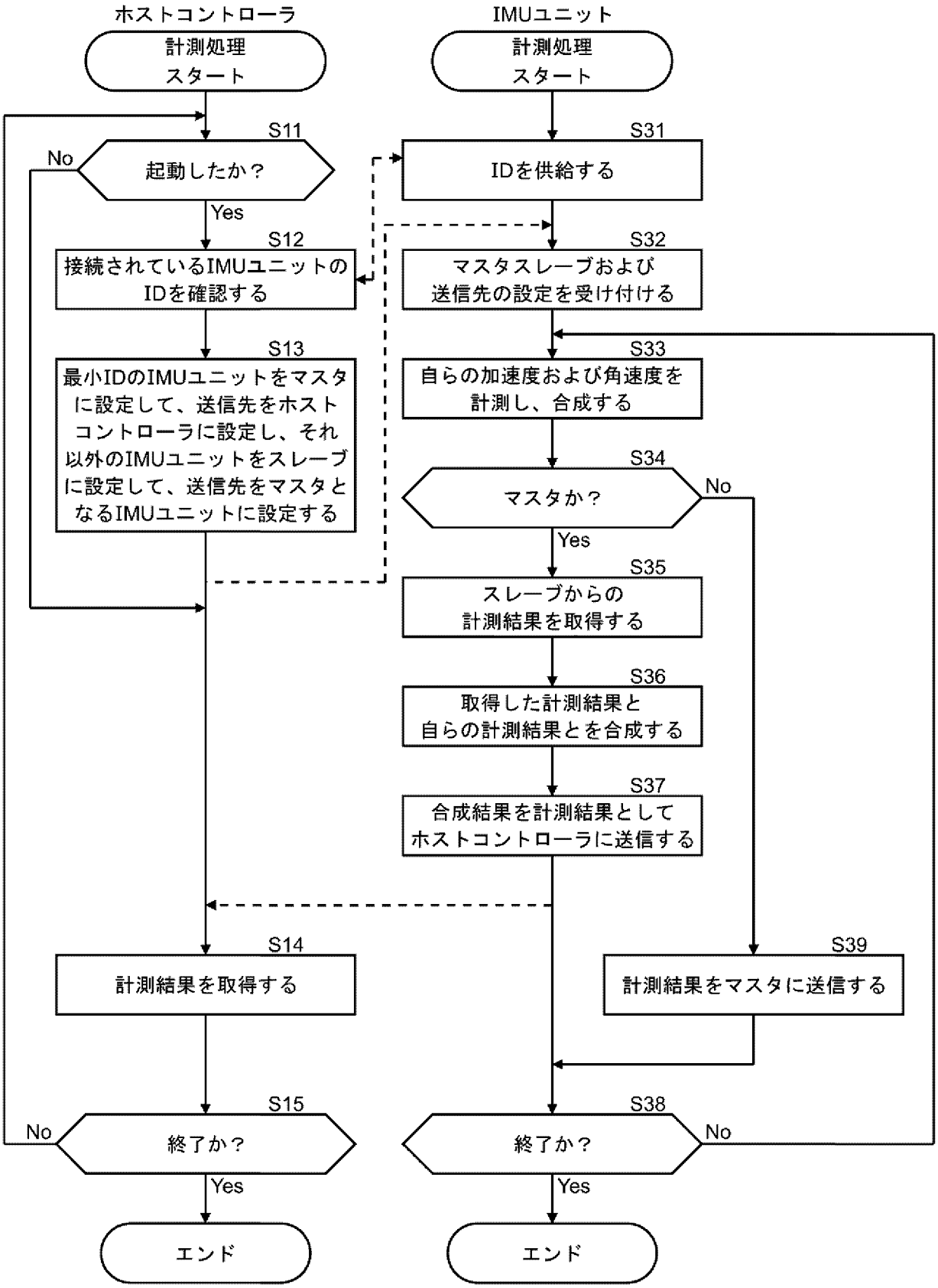
[図9]
FIG.9


SPI
I2C0
I2C1
I2C2
121
IMUユニット
131
IMU
（1乃至N個）
SPI
132
制御部
151
マスタスレーブ
管理部
152
送信先制御部
153
自己合成部
154
他ユニット合成部
155
送信部
156
ID格納部

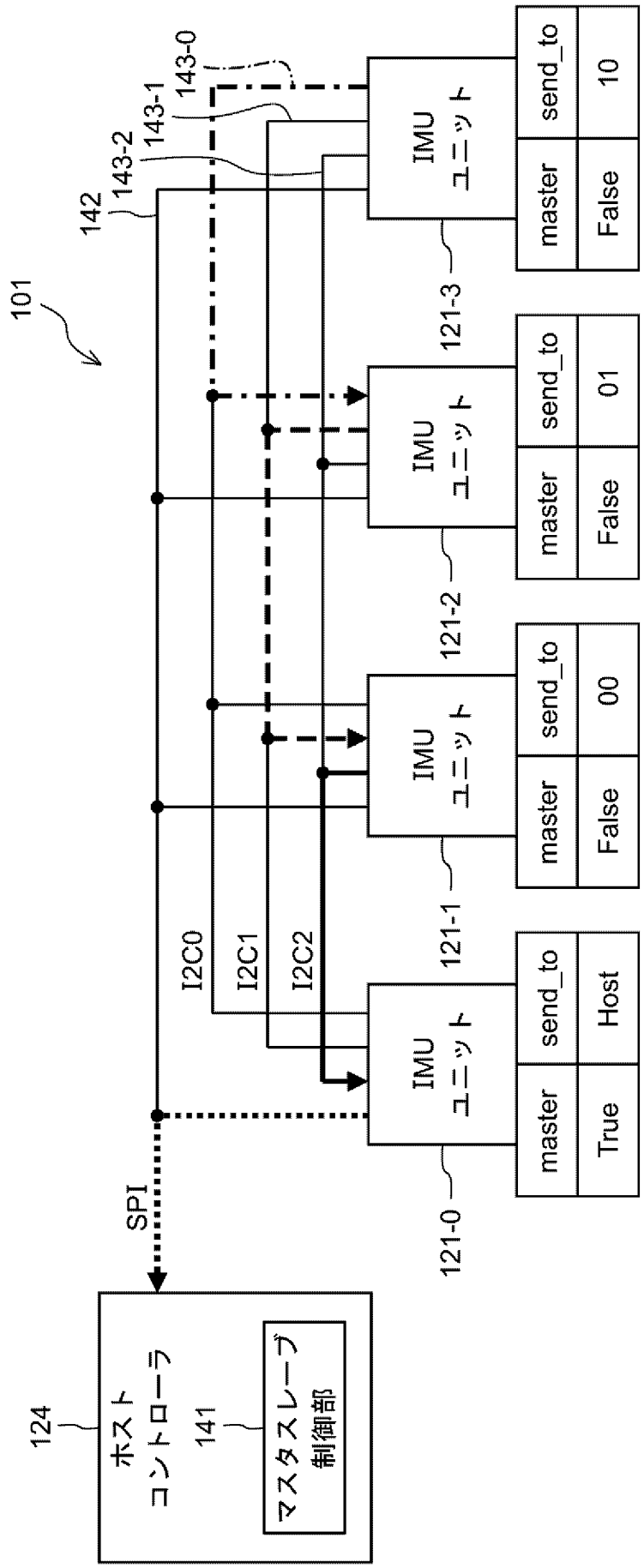
[図10]
FIG.10


101
124
ホスト
コントローラ
141
マスタスレーブ
制御部
SPI
I2C0
I2C1
I2C2
142
143-0
143-1
143-2
121-0
121-1
121-2
121-3
IMU
ユニット
master
True
send_to
Host
master
False
send_to
00

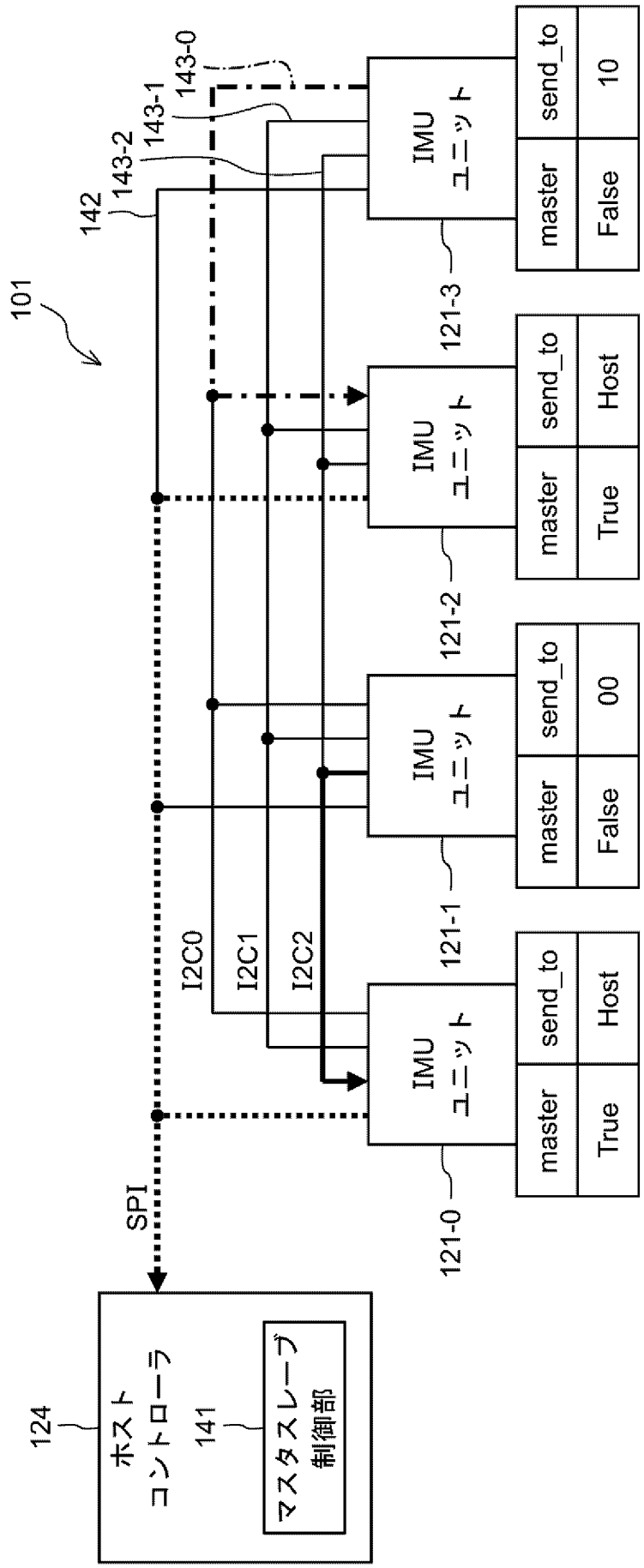
[図11]
FIG.11


ホストコントローラ
計測処理
スタート
S11
No
起動したか？
Yes
S12
接続されているIMUユニットの
IDを確認する
S13
最小IDのIMUユニットをマスタ
に設定して、送信先をホスト
コントローラに設定し、それ
以外のIMUユニットをスレーブ
に設定して、送信先をマスタと
なるIMUユニットに設定する
S14
計測結果を取得する
S15
No
終了か？
Yes
エンド
IMUユニット
計測処理
スタート
S31
IDを供給する
S32
マスタスレーブおよび
送信先の設定を受け付ける
S33
自らの加速度および角速度を
計測し、合成する
S34
マスタか？
No
Yes
S35
スレーブからの
計測結果を取得する
S36
取得した計測結果と
自らの計測結果とを合成する
S37
合成結果を計測結果として
ホストコントローラに送信する
S39
計測結果をマスタに送信する
S38
終了か？
No
Yes
エンド

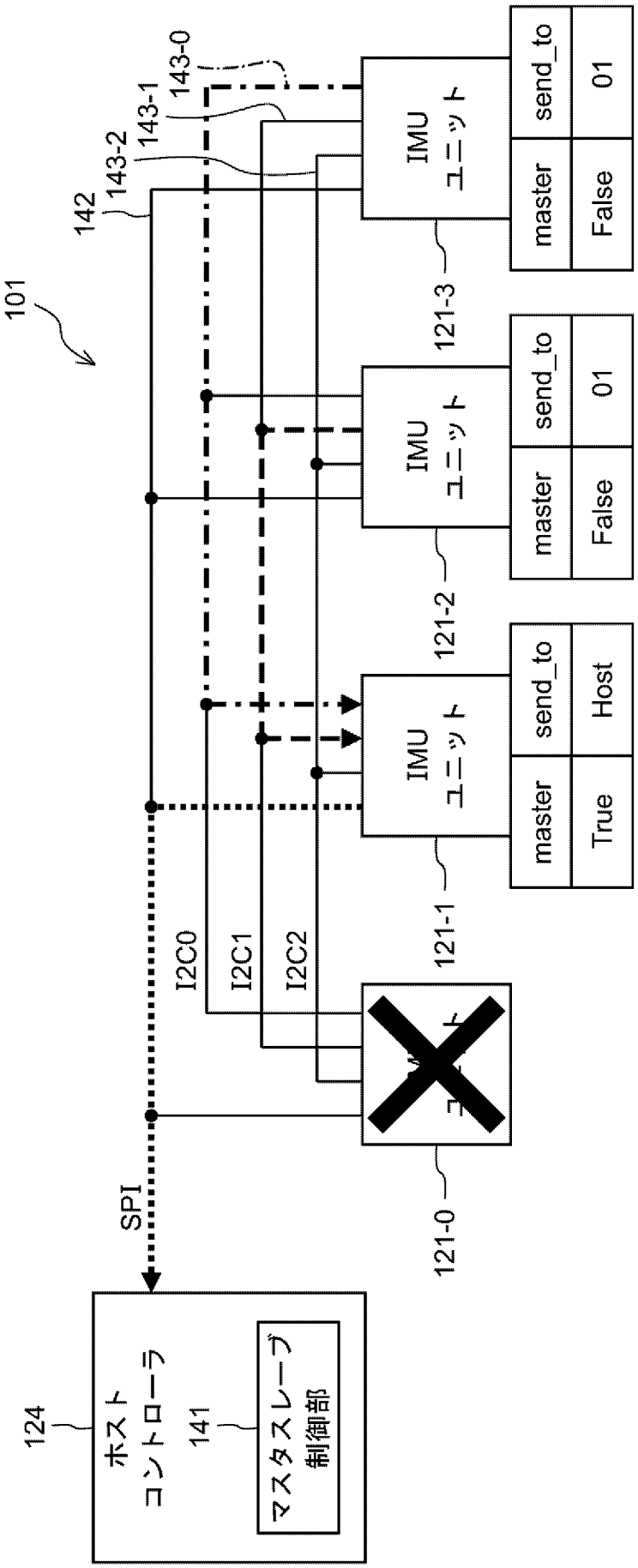
[図12]
FIG.12


101
124
ホスト
コントローラ
141
マスタスレーブ
制御部
SPI
142
143-0
143-1
143-2
I2C0
I2C1
I2C2
IMU
ユニット
121-0
121-1
121-2
121-3
master
True
send_to
Host
master
False
send_to
00
master
False
send_to
01
master
False
send_to
10

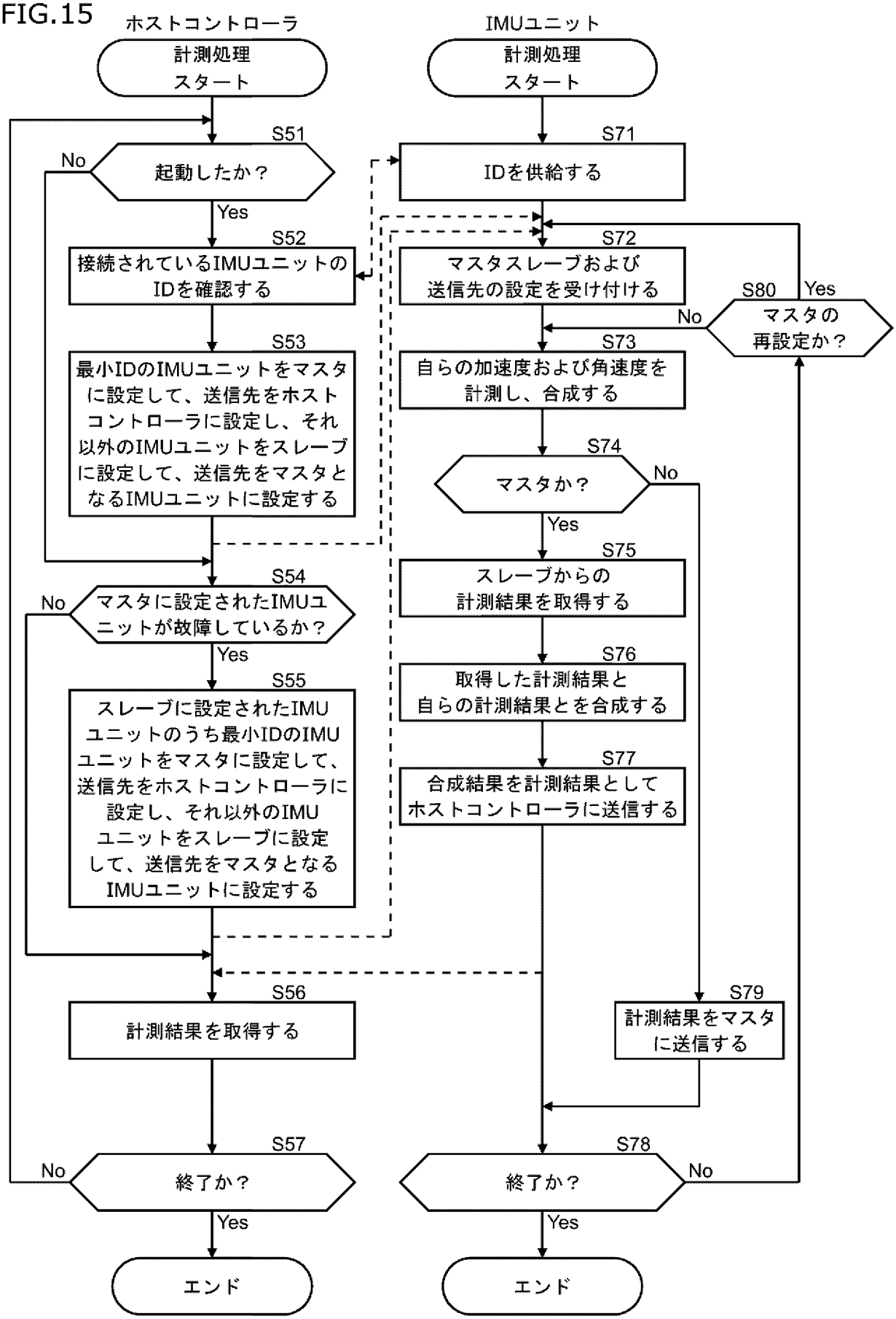
[図13]
FIG.13


101
124
ホスト
コントローラ
141
マスタスレーブ
制御部
SPI
142
143-0
143-1
143-2
I2C0
I2C1
I2C2
121-0
121-1
121-2
121-3
IMU
ユニット
master
True
False
send_to
Host
00
10

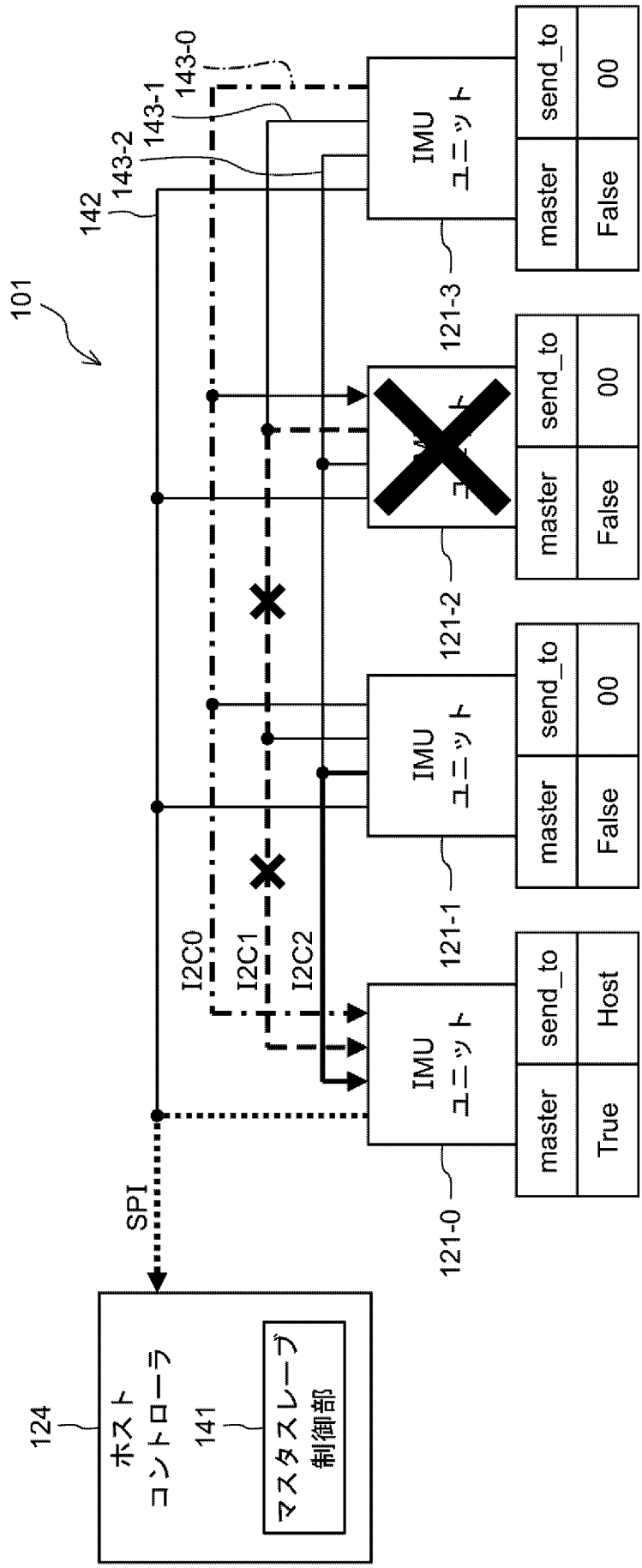
[図14]
FIG.14


101
124
ホスト
コントローラ
141
マスタスレーブ
制御部
SPI
142
143-0
143-1
143-2
I2C0
I2C1
I2C2
121-0
121-1
121-2
121-3
IMU
ユニット
master
True
send_to
Host
master
False
send_to
01
master
False
send_to
01

[図15]
FIG.15

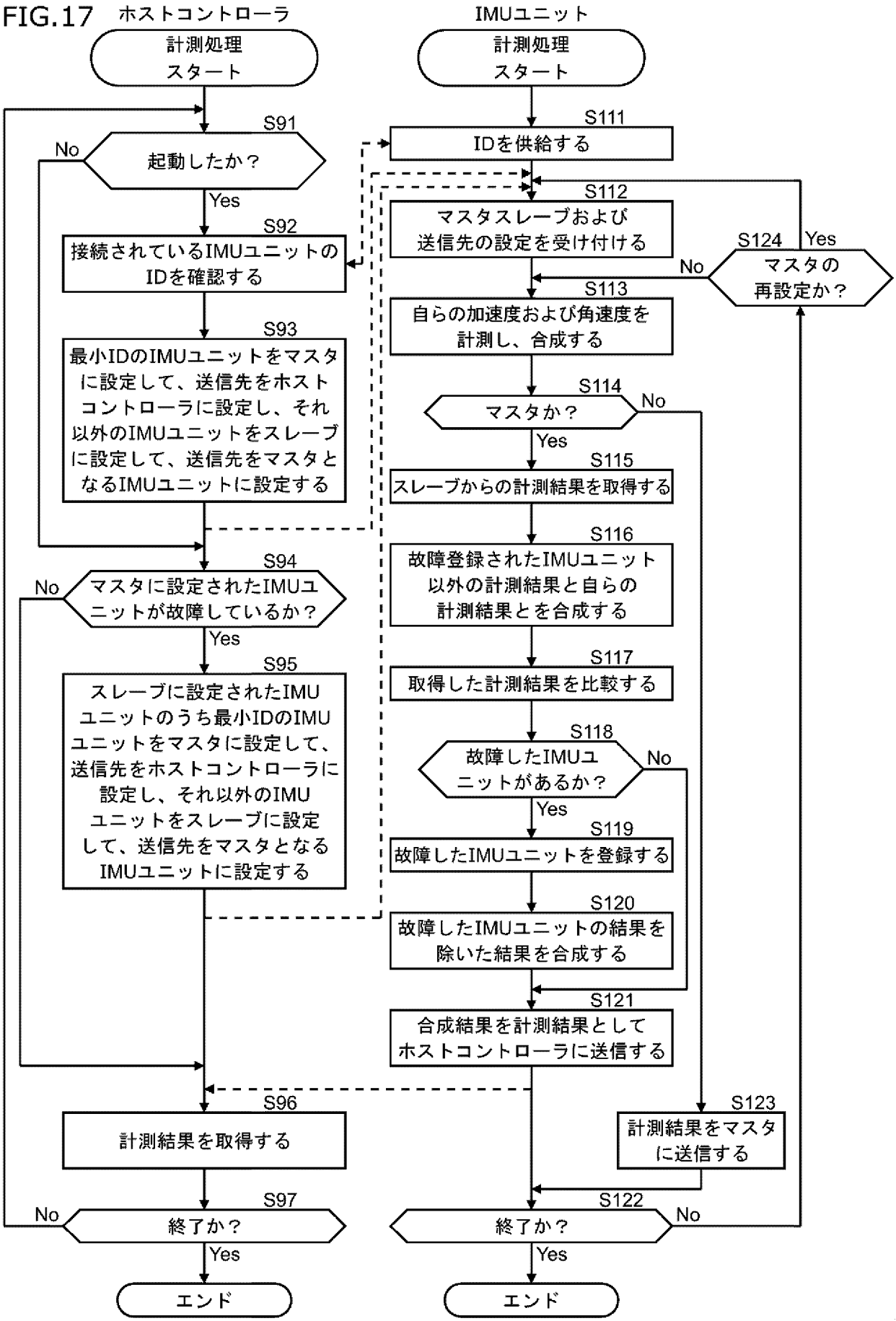

ホストコントローラ
計測処理スタート
S51
No
起動したか？
Yes
S52
接続されているIMUユニットのIDを確認する
S53
最小IDのIMUユニットをマスタに設定して、送信先をホストコントローラに設定し、それ以外のIMUユニットをスレーブに設定して、送信先をマスタとなるIMUユニットに設定する
S54
No
マスタに設定されたIMUユニットが故障しているか？
Yes
S55
スレーブに設定されたIMUユニットのうち最小IDのIMUユニットをマスタに設定して、送信先をホストコントローラに設定し、それ以外のIMUユニットをスレーブに設定して、送信先をマスタとなるIMUユニットに設定する
S56
計測結果を取得する
S57
No
終了か？
Yes
エンド
IMUユニット
計測処理スタート
S71
IDを供給する
S72
マスタスレーブおよび送信先の設定を受け付ける
S80
Yes
No
マスタの再設定か？
S73
自らの加速度および角速度を計測し、合成する
S74
マスタか？
No
Yes
S75
スレーブからの計測結果を取得する
S76
取得した計測結果と自らの計測結果とを合成する
S77
合成結果を計測結果としてホストコントローラに送信する
S79
計測結果をマスタに送信する
S78
終了か？
No
Yes
エンド

[図16]
FIG.16

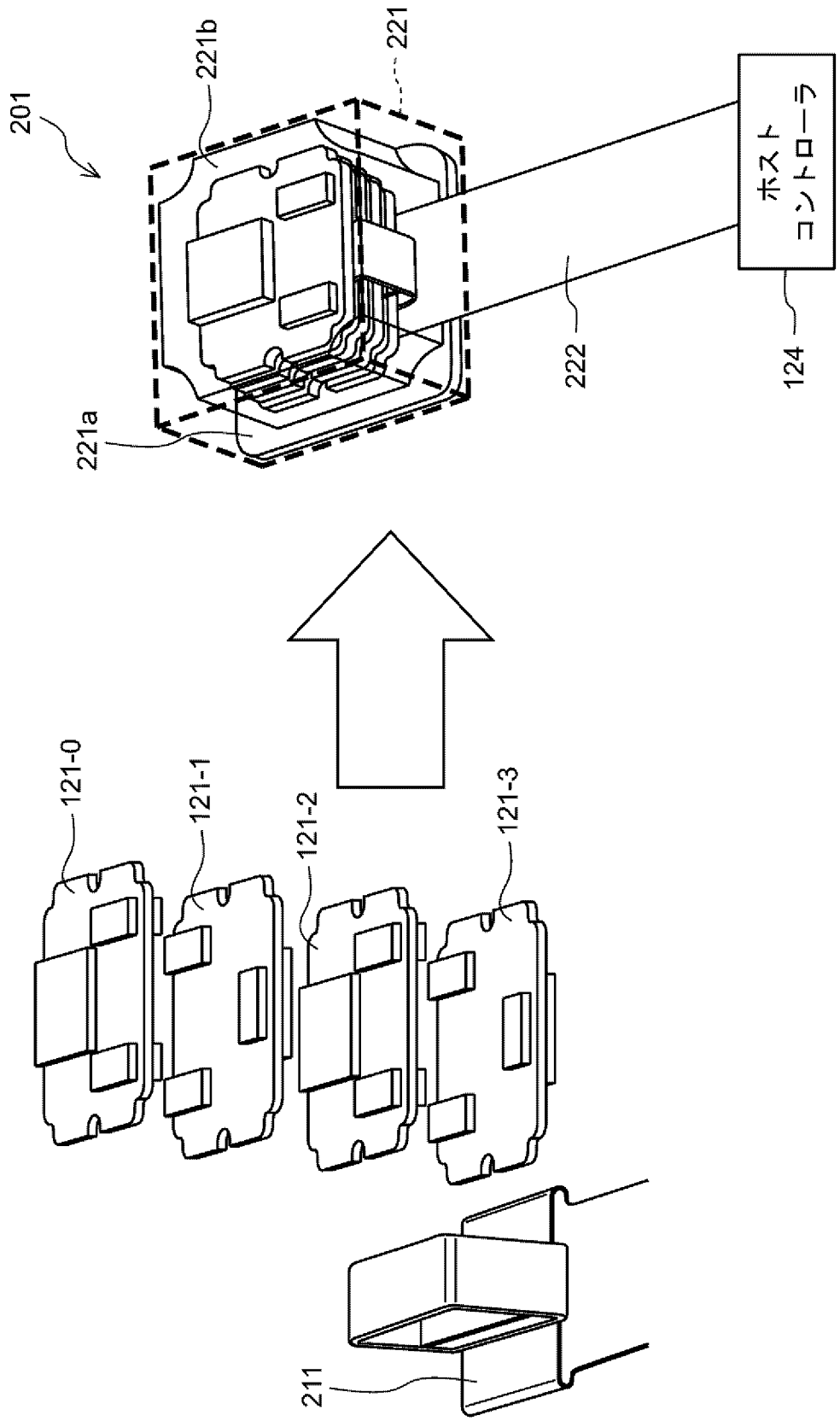

101
124
ホスト
コントローラ
141
マスタスレーブ
制御部
SPI
142
143-0
143-1
143-2
I2C0
I2C1
I2C2
IMU
ユニット
121-0
121-1
121-2
121-3
master
True
send_to
Host
master
False
send_to
00
master
False
send_to
00
master
False
send_to
00

[図17]

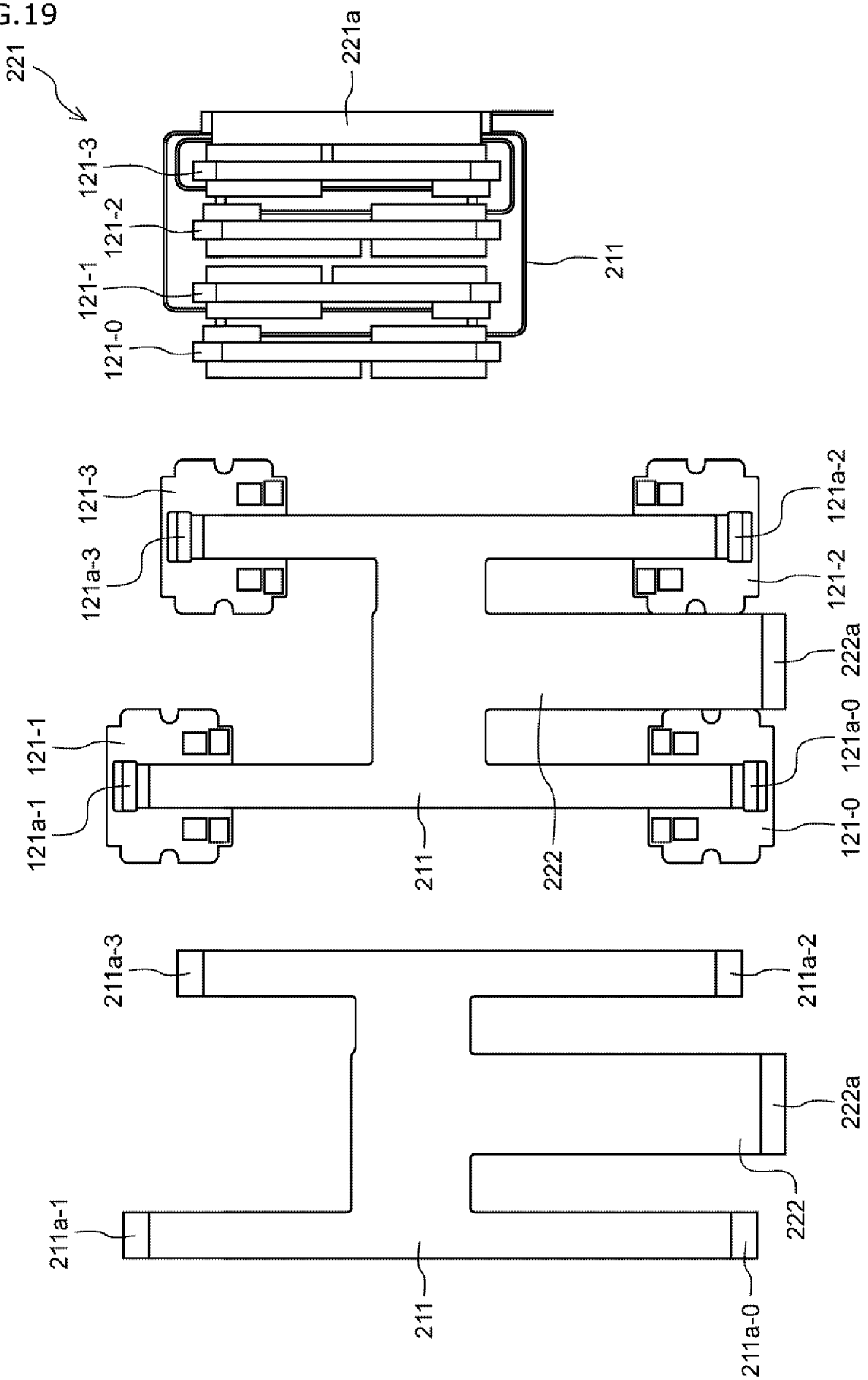
FIG.17


ホストコントローラ
計測処理スタート
S91
起動したか？
No
Yes
S92
接続されているIMUユニットのIDを確認する
S93
最小IDのIMUユニットをマスタに設定して、送信先をホストコントローラに設定し、それ以外のIMUユニットをスレーブに設定して、送信先をマスタとなるIMUユニットに設定する
S94
マスタに設定されたIMUユニットが故障しているか？
No
Yes
S95
スレーブに設定されたIMUユニットのうち最小IDのIMUユニットをマスタに設定して、送信先をホストコントローラに設定し、それ以外のIMUユニットをスレーブに設定して、送信先をマスタとなるIMUユニットに設定する
S96
計測結果を取得する
S97
終了か？
No
Yes
エンド
IMUユニット
計測処理スタート
S111
IDを供給する
S112
マスタスレーブおよび送信先の設定を受け付ける
S124
マスタの再設定か？
Yes
No
S113
自らの加速度および角速度を計測し、合成する
S114
マスタか？
No
Yes
S115
スレーブからの計測結果を取得する
S116
故障登録されたIMUユニット以外の計測結果と自らの計測結果とを合成する
S117
取得した計測結果を比較する
S118
故障したIMUユニットがあるか？
No
Yes
S119
故障したIMUユニットを登録する
S120
故障したIMUユニットの結果を除いた結果を合成する
S121
合成結果を計測結果としてホストコントローラに送信する
S123
計測結果をマスタに送信する
S122
終了か？
No
Yes
エンド

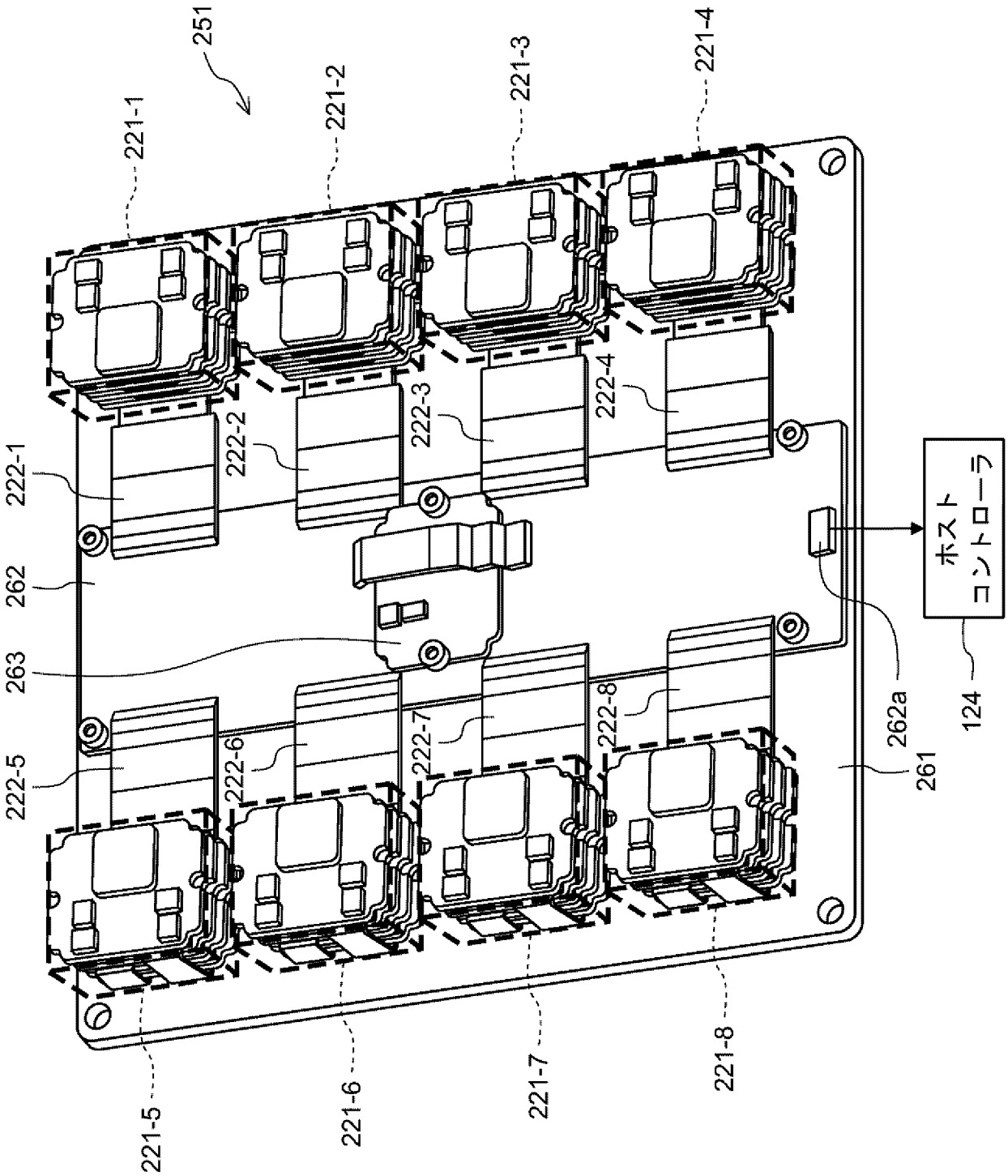
[図18]
FIG.18



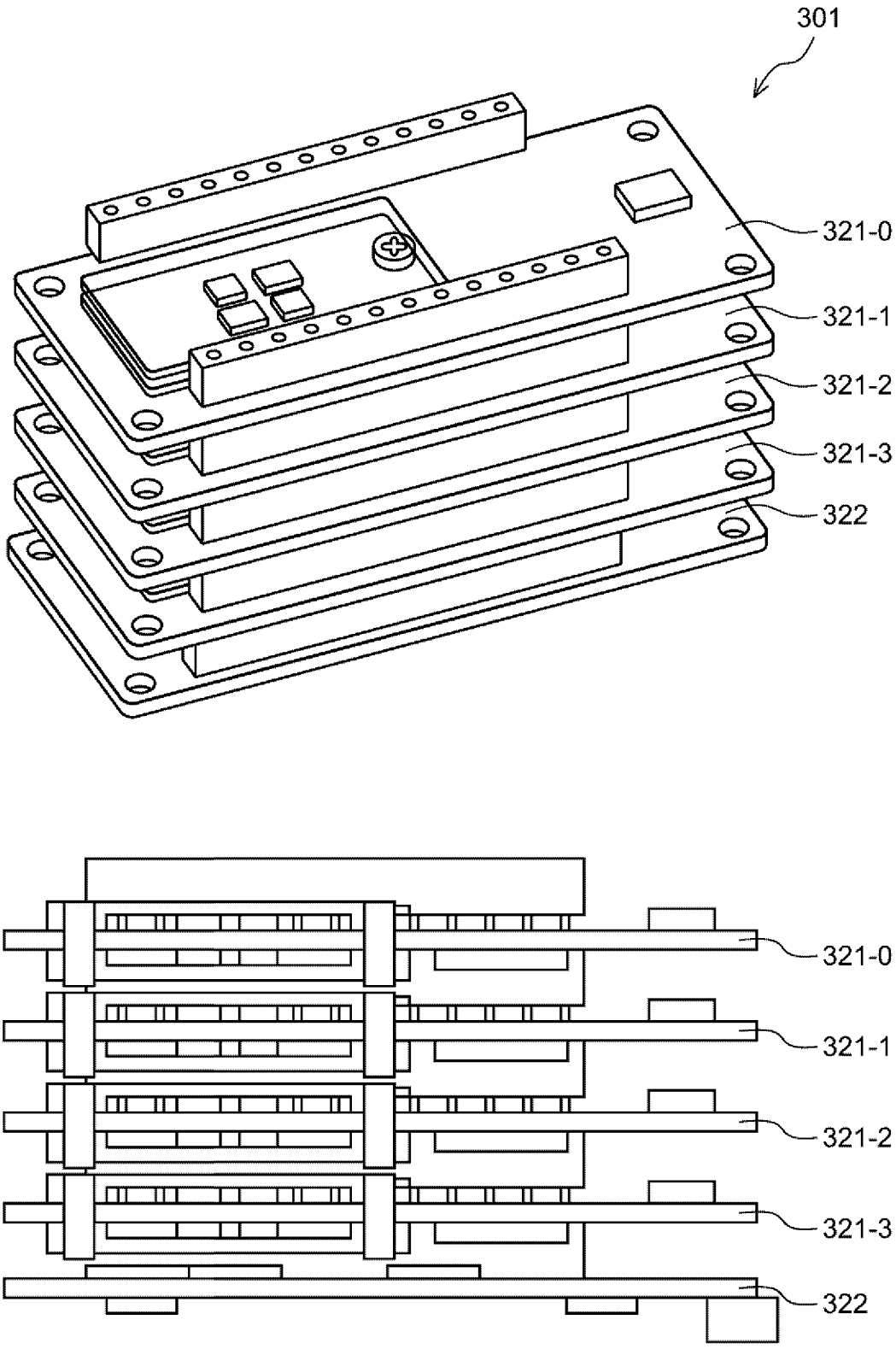
[図19]
FIG.19


221
221a
121-3
121-2
121-1
121-0
211
121-3
121a-3
121a-2
121-2
222a
121-1
121a-1
121a-0
121-0
211
222
211a-3
211a-2
222a
211a-1
222
211
211a-0

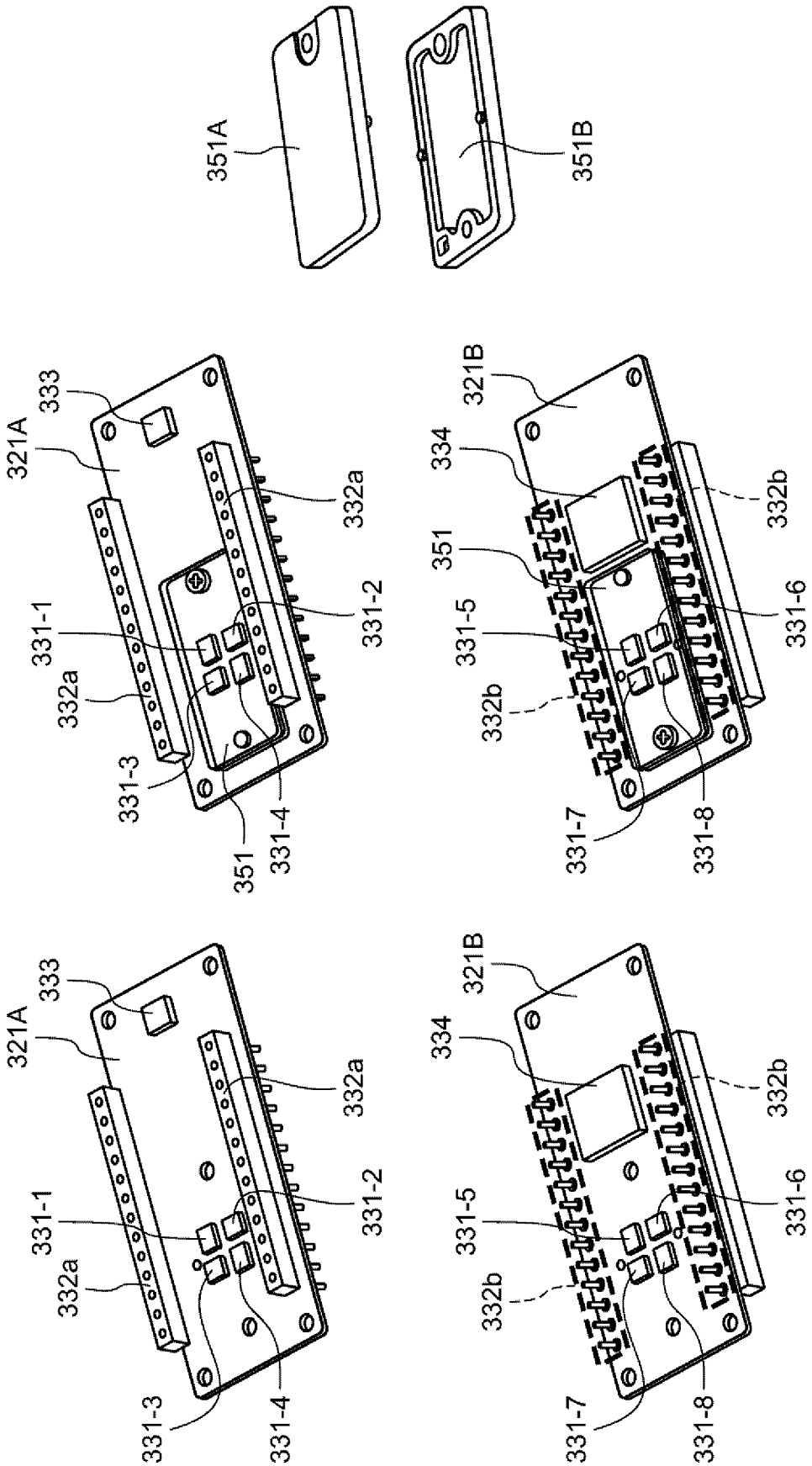
[図20]
FIG.20


251
221-1
221-2
221-3
221-4
222-1
222-2
222-3
222-4
262
263
222-5
222-6
222-7
222-8
262a
261
124
ホスト
コントローラ
221-5
221-6
221-7
221-8

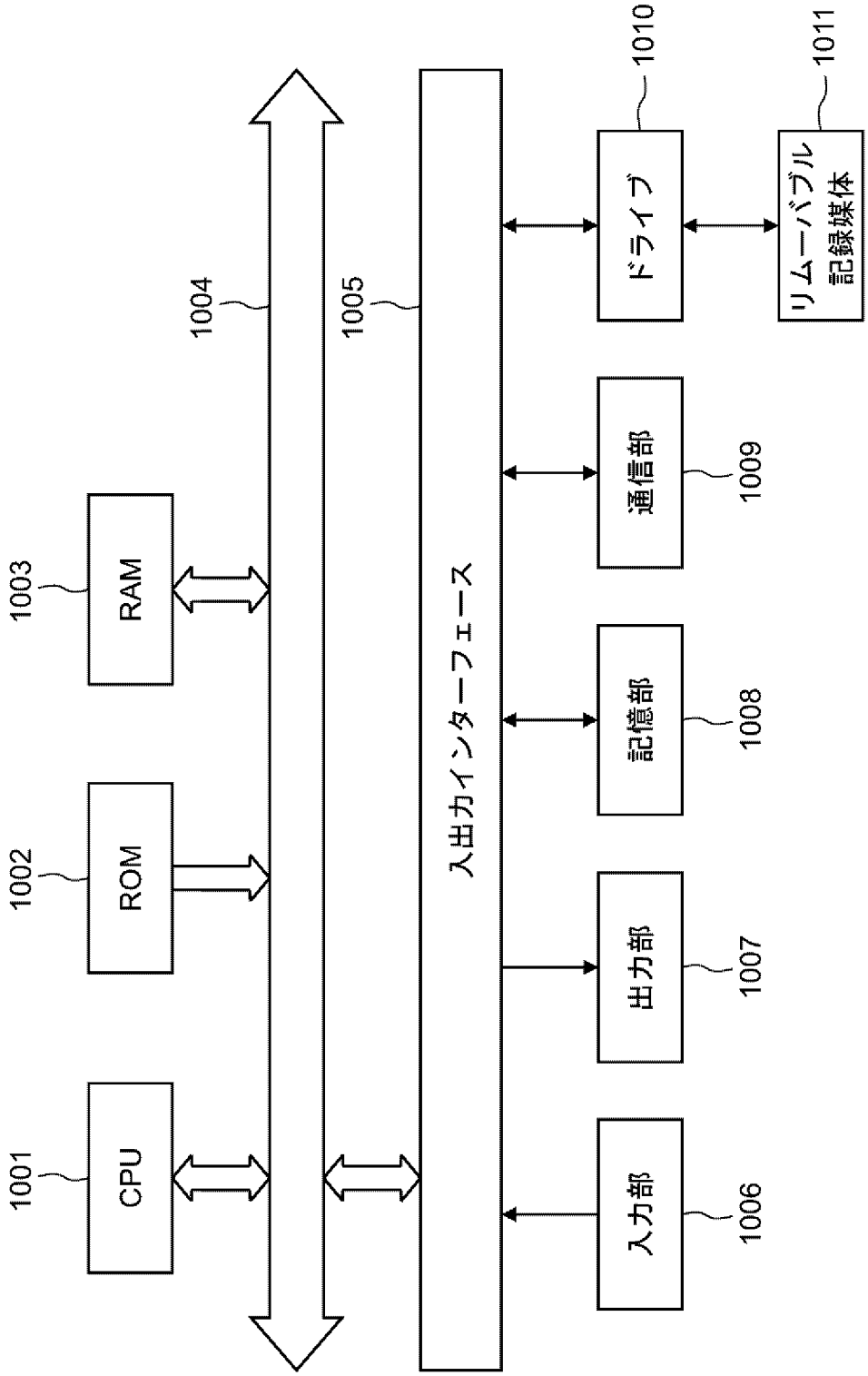
[図21]
FIG.21



[図22]
FIG.22


351A
351B
321A
333
332a
331-1
331-2
332a
331-3
331-4
351
321B
334
332b
351
331-5
331-6
332b
331-7
331-8
321A
333
332a
331-1
331-2
332a
331-3
331-4
321B
334
332b
331-5
331-6
332b
331-7
331-8

[図23]
FIG.23


1001
CPU
1002
ROM
1003
RAM
1004
1005
入出力インターフェース
1006
入力部
1007
出力部
1008
記憶部
1009
通信部
1010
ドライブ
1011
リムーバブル記録媒体

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/024711

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P 15/00(2006.01)i; ***G01C 19/56***(2012.01)i; ***G01P 21/00***(2006.01)i
FI: G01P15/00 A; G01P21/00; G01C19/56

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)

G01P15/00-15/18; G01C19/56; G01P21/00; G08C13/00-25/04

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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.
X	JP 2022-036477 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 08 March 2022 (2022-03-08) paragraphs [0001]-[0005], [0009]-[0070], fig. 1-11	1-3, 5-8, 13-17
Y		4, 9, 18-20
Y	JP 2019-164443 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 26 September 2019 (2019-09-26) paragraphs [0023], [0041], [0044], [0069], [0071], fig. 2	4
Y	WO 2016/147267 A1 (FUJITSU LIMITED) 22 September 2016 (2016-09-22) paragraph [0091]	9
Y	JP 2018-019568 A (JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY) 01 February 2018 (2018-02-01) paragraph [0058], fig. 4	18
Y	WO 2021/152884 A1 (SONY GROUP CORPORATION) 05 August 2021 (2021-08-05) paragraphs [0001]-[0005], [0043]-[0047], [0158]-[0165], fig. 40-41	19-20

☑ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
07 August 2024	**27 August 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/024711

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-175755 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 22 September 2014 (2014-09-22) entire text, all drawings	1-20
A	JP 2022-039132 A (OKI ELECTRIC IND CO., LTD.) 10 March 2022 (2022-03-10) entire text, all drawings	9-12
A	JP 11-110092 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 23 April 1999 (1999-04-23) entire text, all drawings	12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/024711

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2022-036477 A	08 March 2022	US 2022/0057426 A1 paragraphs [0002]-[0005], [0019]-[0083], fig. 1-11 CN 114088089 A	
JP 2019-164443 A	26 September 2019	US 2019/0283732 A1 paragraphs [0043], [0063], [0065], [0093], [0095], fig. 2	
WO 2016/147267 A1	22 September 2016	US 2017/0 72601 A1 paragraph [0117] CN 107408334 A	
JP 2018-019568 A	01 February 2018	US 2019/0168893 A1 paragraph [0079], fig. 4	
WO 2021/152884 A1	05 August 2021	US 2023/0048524 A1 paragraphs [0001]-[0005], [0095]-[0117], [0571]-[0594] DE 112020006652 T5	
JP 2014-175755 A	22 September 2014	US 2016/0036916 A1 entire text, all drawings CN 105247816 A	
JP 2022-039132 A	10 March 2022	(Family: none)	
JP 11-110092 A	23 April 1999	US 2002/0067318 A1 entire text, all drawings	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/024711

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01P 15/00(2006.01)i; G01C 19/56(2012.01)i; G01P 21/00(2006.01)i
FI: G01P15/00 A; G01P21/00; G01C19/56

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））

G01P15/00-15/18; G01C19/56; G01P21/00; G08C13/00-25/04

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４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
X Y	JP 2022-036477 A (セイコーエプソン株式会社) 08.03.2022 (2022-03-08) 段落0001-0005, 0009-0070, 図1-11	1-3, 5-8, 13-17 4, 9, 18-20
Y	JP 2019-164443 A (セイコーエプソン株式会社) 26.09.2019 (2019-09-26) 段落0023, 0041, 0044, 0069, 0071, 図2	4
Y	WO 2016/147267 A1 (富士通株式会社) 22.09.2016 (2016-09-22) 段落0091	9
Y	JP 2018-019568 A (国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構) 01.02.2018 (2018-02-01) 段落0058, 図4	18
Y	WO 2021/152884 A1 (ソニーグループ株式会社) 05.08.2021 (2021-08-05) 段落0001-0005, 0043-0047, 0158-0165, 図40-41	19-20
A	JP 2014-175755 A (セイコーエプソン株式会社) 22.09.2014 (2014-09-22) 全文, 全図	1-20

☑ 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
"D" 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
"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
"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	国際調査報告の発送日
07.08.2024	27.08.2024

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）

細見　斉子 2F 6000

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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 2022-039132 A (沖電気工業株式会社) 10.03.2022 (2022-03-10) 全文, 全図	9-12
A	JP 11-110092 A (キヤノン株式会社) 23.04.1999 (1999-04-23) 全文, 全図	12

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/JP2024/024711

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2022-036477 A	08.03.2022	US 2022/0057426 A1 段落0002-0005, 0019-0083, 図1-11 CN 114088089 A	
JP 2019-164443 A	26.09.2019	US 2019/0283732 A1 段落0043, 0063, 0065, 0093, 0095, 図2	
WO 2016/147267 A1	22.09.2016	US 2017/0372601 A1 段落0117 CN 107408334 A	
JP 2018-019568 A	01.02.2018	US 2019/0168893 A1 段落0079, 図4	
WO 2021/152884 A1	05.08.2021	US 2023/0048524 A1 段落0001-0005, 0095-0117, 0571-0594 DE 112020006652 T5	
JP 2014-175755 A	22.09.2014	US 2016/0036916 A1 全文, 全図 CN 105247816 A	
JP 2022-039132 A	10.03.2022	（ファミリーなし）	
JP 11-110092 A	23.04.1999	US 2002/0067318 A1 全文, 全図	