

(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
2022年1月6日(06.01.2022)



(10) 国際公開番号

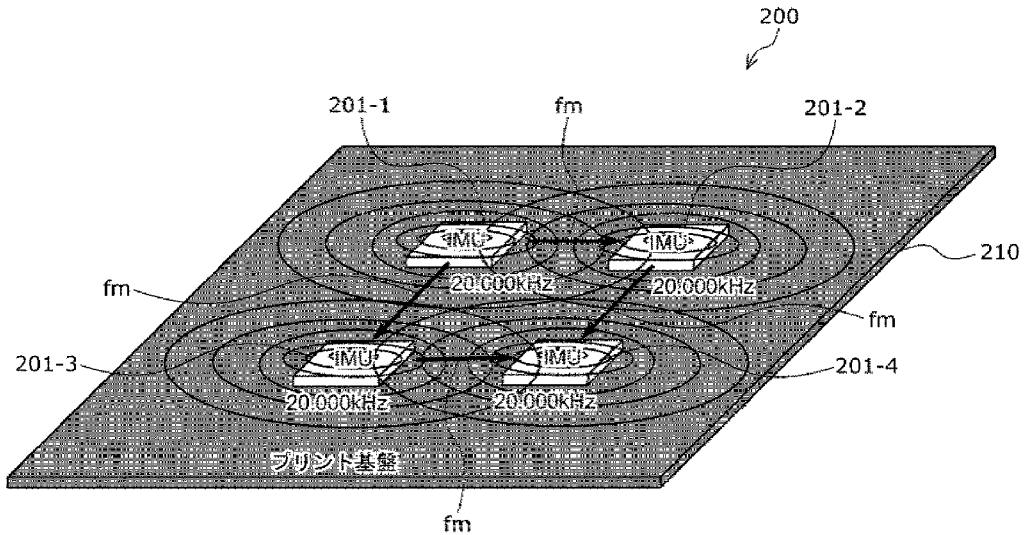
WO 2022/004374 A1

- (51) 国際特許分類:
G03B 5/00 (2021.01) *G01C 19/5776* (2012.01)
G03B 15/00 (2021.01) *H04N 5/222* (2006.01)
G03B 17/02 (2021.01) *H04N 5/225* (2006.01)
G01C 19/00 (2013.01) *H04N 5/232* (2006.01)
G01C 19/5726 (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/022797
- (22) 国際出願日: 2021年6月16日(16.06.2021)
- (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 2020-112782 2020年6月30日(30.06.2020) JP
 特願 2020-197417 2020年11月27日(27.11.2020) JP
 特願 2021-030228 2021年2月26日(26.02.2021) 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: 山下 功 誠 (YAMASHITA Kosei); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーグループ株式会社内 Tokyo (JP). 鎌田 裕之 (KAMATA Hiroyuki); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーグループ株式会社内 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F N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,

(54) Title: SOLID-STATE IMAGING ELEMENT, IMAGING DEVICE, METHOD FOR OPERATING IMAGING DEVICE, MOBILE OBJECT DEVICE, METHOD FOR OPERATING MOBILE OBJECT DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 固体撮像素子、撮像装置、および撮像装置の作動方法、移動体装置、および移動体装置の作動方法、プログラム

FIG.9



210 Printed circuit board

(57) Abstract: The present disclosure relates to a solid-state imaging element, an imaging device, a method for operating an imaging device, a mobile object device, a method for operating a mobile object device, and a program which make it possible to achieve high-accuracy image stabilization by improving the detection accuracy of a multi-IMU. A detection result is synthesized by a plurality of inertial measurement units (IMUs) and outputted, an oscillation signal of a drive



WO 2022/004374 A1

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IT, JO, JP, 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 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

frequency serving as a reference for driving an IMU is outputted as a reference signal to each of the plurality of IMUs, and thereby the plurality of IMUs are driven by the oscillation signals of the same drive frequency. A multi-IMU composed of the plurality of IMUs that are driven by the oscillation signals of the same drive frequency is provided integrally with an image sensor, and image stabilization corresponding to the movement of the image sensor is performed. The present disclosure is applicable to an imaging device.

(57) 要約 : 本開示は、マルチIMUの検出精度を向上して高精度な手振れ補正を実現できるようにする固体撮像素子、撮像装置、および撮像装置の作動方法、移動体装置、および移動体装置の作動方法、プログラムに関する。複数のIMU (Inertial Measurement Unit) により検出結果を合成して出力し、複数のIMUに対して、IMUを駆動させる基準となる駆動周波数の発振信号を基準信号として出力し、複数のIMUが同一の駆動周波数の発振信号で駆動するようにする。そして、同一の駆動周波数の発振信号で駆動される複数のIMUからなるマルチIMUをイメージセンサと一体化させて設けるようにして、イメージセンサの動きに合わせた手振れ補正を掛ける。撮像装置に適用することができる。

明 細 書

発明の名称：

固体撮像素子、撮像装置、および撮像装置の作動方法、移動体装置、および移動体装置の作動方法、プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、固体撮像素子、撮像装置、および撮像装置の作動方法、移動体装置、および移動体装置の作動方法、プログラムに関し、特に、マルチIMUの検出精度を向上し、高精度に撮像の振れを補正できるようにした固体撮像素子、撮像装置、および撮像装置の作動方法、移動体装置、および移動体装置の作動方法、プログラムに関する。

背景技術

[0002] 複数のIMU（Inertial Measurement Unit：慣性計測装置）の検出結果を統合することにより、検出精度を向上させるようにしたマルチIMUが提案されている。

[0003] マルチIMUの検出精度を向上させるための技術として、複数のIMUのノイズ特性と、観測値に対する条件に応じて、複数のIMUの観測値を適切に合成できるようにする技術が提案されている（特許文献1参照）。

[0004] また、IMUを撮像装置に搭載し、観測値に基づいて、アクチュエータなどでイメージセンサの動きを制御して、撮像の振れを補正する技術が提案されている（特許文献2，3）。

[0005] そこで、このマルチIMUを撮像装置に搭載し、特許文献2，3の技術を適用することで、高精度に撮像の振れを補正できるように応用することが考えられる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開第2020/045099号

特許文献2：特開2014-138380号公報

特許文献3：特開2011-095467号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] ところで、特許文献1の例を始めとする複数のIMUを用いたマルチIMUに用いられるMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) を用いた振動型のIMUは、物体に振動を加えながら回転させることで生じるコリオリ力に基づいて角速度が検出される。
- [0008] しかしながら、複数のIMUが振動を発生することになるため、各IMUについて、他のIMUの発生する振動により干渉が生じ、干渉に起因するうなりノイズが生じることがある。
- [0009] 特に、近年のIMUの工作精度の向上から、製造のばらつきが小さくなり、IMU個別に発生する振動の周波数は類似したものが多く製造されることが増えているため、さらに、干渉が発生し易くなっており、干渉に起因するうなりノイズによる影響を受け易くなっている。
- [0010] このため、マルチIMUを単純に撮像装置に搭載しても撮像の振れを適切に抑制できない恐れがある。
- [0011] また、仮に、マルチIMUにおける個別のIMU間の干渉に起因するノイズによる影響を抑制できたとしても、特許文献2、3で示される技術のように、撮像装置の本体側の動きのみを検出し、検出した本体の動きに応じてイメージセンサの動きをアクチュエータなどで制御して撮像の振れを補正しても、撮像の振れを完全に抑制できない恐れがある。
- [0012] すなわち、装置本体の動きを検出するマルチIMUでは、装置本体の動きを検出することはできるが、アクチュエータで支持されるイメージセンサそのものの振動を検出することはできない。
- [0013] 特に、モータやエンジン等で駆動する装置に撮像装置が搭載されるようなときには、イメージセンサそのものは、モータやエンジン等の微小な高周波振動に起因する振れが生じることになる。
- [0014] このため、装置本体の動きを検出して、イメージセンサの動きに反映させ

るように撮像の振れを補正するだけでは、イメージセンサに実際に生じている高周波振動に追従した撮像の振れを補正することはできない。

[0015] 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、マルチIMUを構成する個々のIMU間の干渉に起因するうなりノイズの影響を低減し、高精度なマルチIMUを実現するものである。

[0016] また、本開示は、上述した高精度なマルチIMUを撮像装置に適用して、イメージセンサそのものの動きを検出し、イメージセンサに生じる高周波振動からなる動きにも追従して撮像の振れを補正できるようにするものである。

課題を解決するための手段

[0017] 本開示の第1の側面の固体撮像素子は、画像を撮像するイメージセンサと、前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含み、前記IMUは、前記イメージセンサの駆動を制御する駆動制御部に対して、前記イメージセンサの加速度および角速度を出力する固体撮像素子である。

[0018] 本開示の第1の側面においては、イメージセンサにより画像が撮像され、前記イメージセンサと一体化して設けられたIMU (Inertial Measurement Unit) により、前記イメージセンサの加速度および角速度が検出され、前記イメージセンサの駆動を制御する駆動制御部に対して、前記イメージセンサの加速度および角速度が出力される。

[0019] 本開示の第2の側面の撮像装置、および移動体装置は、画像を撮像するイメージセンサと、前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部と、前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、または、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動制御部とを備える撮像装置、および移動体装置である。

[0020] 本開示の第2の側面の撮像装置の作動方法、および移動体装置の作動方法

は、画像を撮像するイメージセンサと、前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部とを備えた撮像装置の作動方法であって、前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、または、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御するステップを含む撮像装置の作動方法、および移動体装置の作動方法である。

[0021] 本開示の第2の側面においては、イメージセンサにより画像が撮像され、前記イメージセンサと一体化して設けられたIMU (Inertial Measurement Unit) により、前記イメージセンサの加速度および角速度が検出され、前記イメージセンサの位置および姿勢が制御され、前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、または、中間出力信号により、前記イメージセンサの位置および姿勢が制御される。

図面の簡単な説明

- [0022] [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]マルチIMUにより生じる干渉を説明する図である。
- [図7]マルチIMUにより生じる干渉を説明する図である。
- [図8]マルチIMUにより生じる干渉を説明する図である。
- [図9]本開示のマルチIMUの第1の実施の形態を説明する図である。
- [図10]図9のマルチIMUの構成例を説明する図である。
- [図11]図10のマルチIMUによる角速度検出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の変形例を説明する図で

ある。

[図13]図12のマルチIMUの構成例を説明する図である。

[図14]図13のマルチIMUによる角速度検出処理を説明するフローチャートである。

[図15]本開示のマルチIMUの第1の実施の形態の第2の変形例を説明する図である。

[図16]図15のマルチIMUの構成例を説明する図である。

[図17]図16のマルチIMUによる角速度検出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1の実施の形態の第3の変形例を説明する図である。

[図19]図18のマルチIMU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1の実施の形態の第4の変形例を説明する図である。

[図21]本開示のマルチIMUの第1の実施の形態の第5の変形例を説明する図である。

[図22]本開示のマルチIMUの第1の実施の形態の第6の変形例を説明する図である。

[図23]本開示のマルチIMUの第1の実施の形態の第7の変形例の構成例を説明する図である。

[図24]本開示のマルチIMUの第2の実施の形態を説明する図である。

[図25]図24のマルチIMUのIMUをクラスタリングするクラスタリング計測装置の構成例を説明する図である。

[図26]図25のマルチIMUのクラスタ毎のIMUの結線例と、クラスタ毎の角速度を合成する合成演算部の構成例を説明する図である。

[図27]図25のマルチIMUのクラスタ毎の他の結線の例を説明する図である。

[図28]クラスタリング計測装置によるクラスタリング処理を説明するフローチャートである。

[図29]図 2 6 のマルチIMUによる角速度検出処理を説明するフローチャートである。

[図30]本開示のマルチIMUの第 2 の実施の形態の第 1 の変形例であるクラスタリング処理の第 1 の変形例を説明するフローチャートである。

[図31]本開示のマルチIMUの第 2 の実施の形態の第 2 の変形例であるクラスタリング処理の第 2 の変形例を説明するフローチャートである。

[図32]本開示のマルチIMUの第 2 の実施の形態の第 3 の変形例であるクラスタリング処理の第 3 の変形例を説明するフローチャートである。

[図33]本開示のマルチIMUの第 2 の実施の形態の第 4 の変形例を説明する図である。

[図34]図 3 3 のマルチIMUによる角速度検出処理を説明するフローチャートである。

[図35]ホワイトノイズ、フリッカノイズ、ランダムウォークノイズのそれぞれの時間領域の変化を説明する図である。

[図36]ホワイトノイズ、フリッカノイズ、ランダムウォークノイズのそれぞれの周波数領域の変化を説明する図である。

[図37]ホワイトノイズ、フリッカノイズ、ランダムウォークノイズのそれぞれのアラン分散の変化を説明する図である。

[図38]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39]図 3 8 のマルチIMUによる角速度検出処理を説明するフローチャートである。

[図40]図 3 8 のマルチIMUによるフリッカノイズに対するアラン分散の効果を説明する図である。

[図41]本開示のマルチIMUの第 3 の実施の形態の第 1 の変形例を説明する図である。

[図42]IMUの機械的な構成部位である振動子の構成を説明する図である。

[図43]コリオリ力の検出原理を説明する図である。

[図44]本開示のマルチIMUの第 4 の実施の形態の、X軸方向の衝撃をキャンセル

ルできるようにしたIMUユニットの構成例を説明する図である。

[図45]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の、Y軸方向の衝撃をキャンセルできるようにしたIMUユニットの構成例を説明する図である。

[図46]図44、図45の駆動機構を有するIMUユニットを備えたマルチIMUの構成例を説明する図である。

[図47]図46のマルチIMUによる信号処理を説明するフローチャートである。

[図48]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の第1の変形例であるX軸方向の衝撃をキャンセルするIMUブロックの構成例を説明する図である。

[図49]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の第1の変形例であるY軸方向の衝撃をキャンセルするIMUブロックの構成例を説明する図である。

[図50]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の第2の変形例である複数のIMUブロックより出力されるコリオリ力を時分割出力する場合の構成例を説明する図である。

[図51]図50のマルチIMUによる信号処理を説明するフローチャートである。

[図52]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の第3の変形例であるZ軸方向の衝撃をキャンセルするIMUブロックの構成例を説明する図である。

[図53]図52のIMUブロックにおける連結梁のバリエーションを説明する図である。

[図54]図52のIMUブロックにおける連結梁のバリエーションを説明する図である。

[図55]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の第4の変形例であるZ軸方向の衝撃をキャンセルするIMUブロックの構成例を説明する図である。

[図56]図55のマルチIMUによる信号処理を説明するフローチャートである。

[図57]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の第5の変形例である4×4個のX軸方向の駆動機構のIMUユニットからなるIMUブロックの構成例を説明する図である。

[図58]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の第5の変形例である4×4個のY軸方向の駆動機構のIMUユニットからなるIMUブロックの構成例を説明す

る図である。

[図59]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の第5の変形例である4×4個のZ軸方向の駆動機構のIMUユニットからなるIMUブロックの構成例を説明する図である。

[図60]本開示のマルチIMUの第4の実施の形態の第5の変形例である4×4個のIMUユニットからなるIMUブロックを備えたマルチIMUの構成例を説明する図である。

[図61]本開示のマルチIMUの第5の実施の形態であるn個のIMUユニットからなるIMUブロックを備えたマルチIMUをイメージセンサの手振れ補正に適用した構成例を説明する図である。

[図62]光学ブロックを駆動させることで手振れ補正を実現する撮像装置の構成例を説明する図である。

[図63]イメージセンサを駆動させることで手振れ補正を実現する撮像装置の構成例を説明する図である。

[図64]イメージセンサを駆動させることで手振れ補正を実現する撮像装置の詳細な構成例を説明する図である。

[図65]本開示の撮像装置の概要を説明する図である。

[図66]第5の実施の形態の第1の変形例に係る撮像装置の構成例を説明する図である。

[図67]手振れ補正処理を説明するタイミングチャートである。

[図68]図66の撮像装置による撮像処理を説明するフローチャートである。

[図69]IMUユニットの数と補正の精度を説明する図である。

[図70]第5の実施の形態の第2の変形例に係る撮像装置の構成例を説明する図である。

[図71]第5の実施の形態の第3の変形例に係る撮像装置の構成例を説明する図である。

[図72]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

[0023] 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。

[0024] 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の変形例
4. 第1の実施の形態の第2の変形例
5. 第1の実施の形態の第3の変形例
6. 第1の実施の形態の第4の変形例
7. 第1の実施の形態の第5の変形例
8. 第1の実施の形態の第6の変形例
9. 第1の実施の形態の第7の変形例
10. 第2の実施の形態
11. 第2の実施の形態の第1の変形例
12. 第2の実施の形態の第2の変形例
13. 第2の実施の形態の第3の変形例
14. 第2の実施の形態の第4の変形例
15. 第3の実施の形態
16. 第3の実施の形態の第1の変形例
17. 第4の実施の形態
18. 第4の実施の形態の第1の変形例
19. 第4の実施の形態の第2の変形例
20. 第4の実施の形態の第3の変形例
21. 第4の実施の形態の第4の変形例
22. 第4の実施の形態の第5の変形例

23. 第5の実施の形態

24. 第5の実施の形態の第1の変形例

25. 第5の実施の形態の第2の変形例

26. 第5の実施の形態の第3の変形例

27. ソフトウェアにより実行させる例

[0025] <<1. 本開示の概要>>

<マルチIMUについて>

本開示は、特に、マルチIMU (Inertial Measurement Unit慣性計測装置) を構成する個々のIMU間の干渉に起因するうなりノイズの影響を低減し、高精度なマルチIMUを実現するものである。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] 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大型化すると共に、コストが増大してしまう。

[0029] 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、合成器2が、IMU1-1乃至1-nのそれぞれの検出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、検出精度の向上を図り、高精度化するようにしたものがマルチIMU10である。

[0030] 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。

[0031] 尚、以降において、IMU 1 - 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、IMU 1 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、IMU 1 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。

[0032] <IMUの構造>

次に、図 2 を参照して、IMU 1 の構造について説明する。

[0033] マルチIMU 1 0 を構成する個々のIMU 1 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 1 1、振動子 1 1 を固定するベース 1 2、および、振動子 1 1 の振動を読み取り、角速度を出力する読出回路 1 3 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。

[0034] <読出回路の回路構成>

次に、図 3 を参照して、IMU 1 に読出回路 1 3 の回路構成について説明する。

[0035] 尚、図 3 においては、IMU 1 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。IMU 1 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。

[0036] 読出回路 1 3 は、ドライブ回路ブロック 3 1、センス回路ブロック 3 2、およびデジタル出力回路ブロック 3 3 より構成される。

[0037] ドライブ回路ブロック 3 1 は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) から構成される振動子 1 1 とセンス回路ブロック 3 2 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 1 1 を発振信号に基づいて振動させる。となります。

[0038] センス回路ブロック 3 2 は、発振信号に基づいて振動する振動子 1 1 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。

[0039] 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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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 LPF 74 を備えている。

[0044] 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。

[0045] 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。

[0046] 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 LPF 74 に出力する。

[0047] LPF 74 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。

[0048] 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。

- [0049] 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。
- [0050] 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。
- [0051] 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。
- [0052] <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。
- [0053] 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 f_b の発振信号からなる基準信号に基づいて振動する。
- [0054] 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 f_b に対して、波形 f_{bc} 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。
- [0055] 同期検波回路73は、コリオリ力による振幅変調を、波形 f_{bc} 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。
- [0056] 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。
- [0057] 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、合成器2により合成することで高精度化させて出力する。
- [0058] <複数のIMUにより生じる干渉>
マルチIMU10は、具体的には、例えば、図6で示されるような構成とされる。

- [0059] すなわち、図6のマルチIMU10においては、プリント基板110上にIMU1-1乃至IMU1-4が設けられた構成とされている。
- [0060] このような構成により、図6のマルチIMU10においては、IMU1-1乃至IMU1-4のそれぞれにより検出される角速度が、合成されることにより、検出精度が向上されて出力される。
- [0061] ところで、IMU1は、製造上の個体差により駆動周波数が、例えば、3%程度のばらつきをもって製造されることが知られている。
- [0062] このため、IMU1が、例えば、駆動周波数を20.000kHzとするように設計されるような場合、図6のIMU1-1乃至IMU1-4で示されるように、IMU1-1の駆動周波数が20.000kHzで駆動し、IMU1-2の駆動周波数が20.010kHzで駆動し、IMU1-3の駆動周波数が19.900kHzで駆動し、IMU1-4の駆動周波数が20.020kHzで駆動するような構成となることがある。
- [0063] このような場合、IMU1-1乃至IMU1-4のそれぞれの駆動周波数の周波数差が小さいことから、相互に振動子11の振動に干渉が生じてしまう。
- [0064] より詳細には、図7で示されるように、例えば、所定のIMU1における自動利得調整回路52を介して出力される駆動周波数 f_b の発振信号からなる基準信号は、付近に存在する他のIMU1の駆動周波数 $f_{b'}$ ($\neq f_b$) からなる基準信号が外乱（音響振動）となり、干渉が生じて、実際に振動子11に供給される基準信号には、振幅変調が生じて、周波数差に応じたうなりを含む振幅変調信号 f_e として振動子11に供給されることになる。
- [0065] これにより、駆動周波数 f_b からなる基準信号が振動子11に供給されていれば、角速度として、図7の波形 f_c が検出される場合、外乱により振動子11に供給される基準信号が振幅変調信号 f_e に変化すると、本来、角速度として検出される波形 f_c に対して、図中において太線で示される、振幅変調信号として角速度が検出されることになるので、角速度に誤差が生じる。
- [0066] 同様に、うなりは、IMU1-1乃至IMU1-4のそれぞれの相互に周波数差に応じた周波数の振動として発生する。

- [0067] すなわち、うなりは、図8で示されるように、IMU1-1とIMU1-2とのうなり周波数は、双方の駆動周波数差の10Hzとなり、IMU1-1とIMU1-3とのうなり周波数は、双方の駆動周波数差の100Hzとなり、IMU1-1とIMU1-3とのうなり周波数は、双方の駆動周波数差の20Hzとなる。
- [0068] また、IMU1-2とIMU1-3とのうなり周波数は、双方の駆動周波数差の10Hzとなり、IMU1-2とIMU1-4とのうなり周波数は、双方の駆動周波数差の10Hzとなり、IMU1-3とIMU1-4とのうなり周波数は、双方の駆動周波数差の120Hzとなる。
- [0069] これにより、IMU1-1乃至IMU1-4は、それぞれが相互の基準信号で生じる干渉により、うねり周波数の誤差振動が重畳されることにより、IMU1-1乃至IMU1-4においては誤差を含む角速度が検出されることになるので、これらを合成しても、適切な角速度を求めることができない恐れがあった。
- [0070] <<2. 第1の実施の形態>>
<本開示のマルチIMUの動作原理>
そこで、本開示のマルチIMUにおいては、マルチIMUを構成する複数のIMUのいずれかの駆動周波数の発振信号を基準信号に設定し、その他のIMUを基準信号で駆動させるようにすることで、全てのIMUを同一の駆動周波数で同期して駆動させることにより、相互の振動により生じる干渉によるうなりの発生を抑制する。
- [0071] すなわち、図9で示される本開示のマルチIMU200においては、プリント基板210上にIMU201-1乃至201-4が配置される。
- [0072] ここで、図9のマルチIMU200における、プリント基板210、およびIMU201-1乃至201-4は、それぞれ図6におけるIMU10における、プリント基板110、およびIMU1-1乃至1-4に対応する構成である。また、プリント基板210上に配置されるIMU201の数は、図9で示されるようにIMU201-1乃至201-4の4個に限られず、その他の数であってもよい。
- [0073] 図9のマルチIMU200においては、IMU201-1乃至201-4のうち

、IMU 201-1が、自らを駆動する発振信号を基準信号 f_m として、残りのIMU 201-2乃至201-4に供給し、IMU 201-2乃至201-4が、IMU 201-1より供給された基準信号 f_m に基づいて駆動する。

[0074] 尚、以降において、IMU 201-1乃至201-4のうち、自らの発振信号を基準信号 f_m として、残りのIMU 201に供給するIMU 201を同期マスタ装置とも称し、同期マスタ装置に設定されたIMU 201より供給される基準信号 f_m で駆動するIMU 201を同期スレーブ装置とも称する。

[0075] すなわち、図9の場合、IMU 201-1が同期マスタ装置であり、それ以外のIMU 201-2乃至201-4が、同期スレーブ装置となる。

[0076] この場合、同期マスタ装置であるIMU 201-1より供給される発振信号の駆動周波数が、基準駆動周波数となり、基準動作周波数の発振信号からなる基準信号 f_m が、同期マスタ装置であるIMU 201-1から、同期スレーブ装置であるIMU 201-2乃至201-4に供給される。そして、同期スレーブ装置として機能するIMU 201-2乃至201-4が、基準信号 f_m である、基準駆動周波数の発振信号により駆動する。

[0077] これにより、図9の場合、同期マスタ装置であるIMU 201-1の駆動周波数 (=20.000kHz) の発振信号が、基準駆動周波数の発振信号とされ、基準駆動周波数の発振信号からなる基準信号 f_m が、同期スレーブ装置とされるIMU 201-2乃至201-4に供給され、IMU 201-1乃至201-4の全てが、同一の基準信号 f_m により駆動する。

[0078] 尚、図9のマルチIMU 200においては、IMU 201-1より出力される基準信号 f_m が、IMU 201-2およびIMU 201-3に供給され、さらに、IMU 201-2およびIMU 201-3を介して、IMU 201-1より供給された基準信号 f_m がIMU 201-4に供給されている。

[0079] また、同期マスタ装置となるIMU 201は、IMU 201-1乃至201-4のいずれであってもよい。さらに、基準信号 f_m は、同期マスタ装置となるIMU 201から同期スレーブ装置となるIMU 201に対して直接供給されてもよいし、他の同期スレーブ装置となるIMU 201を経由して供給されてもよい。

[0080] これにより、IMU 201-1乃至201-4は、同一の駆動周波数で、同期して駆動することにより、相互間の干渉に起因するうねりの発生を抑制することができるので、IMU 201-1乃至201-4のそれぞれで検出される角速度の誤差の発生を抑制することが可能となり、それぞれが高精度に角速度を検出することが可能となる。

[0081] また、IMU 201-1乃至201-4のそれぞれにおいて、高精度に角速度を求めることが可能になるので、それぞれが合成されることにより、マルチIMU 200として、より高精度な角速度の測定が可能となる。

[0082] <本開示のマルチIMUの構成例>

次に、図10を参照して、本開示のマルチIMUの構成例について説明する。

[0083] 尚、図10のマルチIMU 200の構成例は、図9のマルチIMU 200を構成するIMU 201-1乃至201-4のうち、同期マスタ装置として機能するIMU 201-1と、同期スレーブ装置として機能するIMU 201-2との外観構成、および、読出回路の回路構成が示されている。

[0084] 尚、同期スレーブ装置として機能する、その他のIMU 201となるIMU 201-3, 201-4については、基本的な構成は、同期スレーブ装置として機能するIMU 201-2と同様であるので、その説明は適宜省略する。

[0085] IMU 201-1, 201-2は、いずれも、同一のプリント基板210上に設けられ、それぞれ角速度を検出して、合成部202に出力する。合成部202は、IMU 201-1乃至201-4のそれぞれにより検出される角速度を合成し、合成した角速度の情報を検出結果として出力する。

[0086] IMU 201-1は、図中の上からMEMSからなる振動子211-1、振動子211-1を固定するベース212-1、および、振動子211-1の振動を読み取り、角速度を出力する読出回路213-1から構成される。

[0087] 尚、振動子211-1は、図3の振動子11と基本的な機能は同一であるので、その説明は省略する。

[0088] また、IMU 201-2は、図中の上からMEMSからなる振動子211-2、振動子211-2を固定するベース212-2、および、振動子211-2の

振動を読み取り、角速度を出力する読出回路213-2から構成される。

- [0089] 読出回路213-1は、ドライブ回路ブロック231-1、センス回路ブロック232-1、およびデジタル出力回路ブロック233-1より構成される。
- [0090] 尚、ドライブ回路ブロック231-1、センス回路ブロック232-1、およびデジタル出力回路ブロック233-1は、それぞれ図3の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と対応する構成である。
- [0091] ドライブ回路ブロック231-1は、発振回路251-1、および自動利得調整回路252-1を備えている。
- [0092] 尚、発振回路251-1、および自動利得調整回路252-1は、それぞれ図3の発振回路51、および自動利得調整回路52と基本的な機能は同一であるので、その説明は省略する。
- [0093] ただし、IMU201-1は、同期マスタ装置として機能するため、自動利得調整回路252-1を介して、発振回路251-1より出力される発振信号を基準信号 f_m として、同期スレーブ装置として機能するIMU201-2乃至201-4の発振回路251-2乃至251-4に出力する。
- [0094] センス回路ブロック232-1は、チャージアンプ回路271-1、移相回路272-1、同期検波回路273-1、およびLPF274-1を備えている。
- [0095] 尚、チャージアンプ回路271-1、移相回路272-1、同期検波回路273-1、およびLPF274-1は、それぞれ図3の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と基本的な機能は同一であるので、その説明は省略する。
- [0096] デジタル出力回路ブロック233-1は、AD変換回路291-1、デシメーションフィルタ292-1、およびデジタル出力回路293-1を備えている。
- [0097] 尚、AD変換回路291-1、デシメーションフィルタ292-1、および

デジタル出力回路 293-1 は、それぞれ図 3 の 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 と基本的に機能は同一であるので、その説明は適宜省略する。

[0098] 読出回路 213-2 は、ドライブ回路ブロック 231-2、センス回路ブロック 232-2、およびデジタル出力回路ブロック 233-2 より構成される。

[0099] 尚、ドライブ回路ブロック 231-2、センス回路ブロック 232-2、およびデジタル出力回路ブロック 233-2 は、それぞれ図 3 の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 と対応する構成である。

[0100] ドライブ回路ブロック 231-2 は、発振回路 251-2、および自動利得調整回路 252-2 を備えている。

[0101] 尚、発振回路 251-2、および自動利得調整回路 252-2 は、それぞれ図 3 の発振回路 51、および自動利得調整回路 52 と基本的な機能は同一であるので、その説明は省略する。

[0102] ただし、IMU 201-2 は、同期スレーブ装置として機能するため、発振回路 251-2 は、同期マスタ装置となる IMU 201-1 より供給される基準信号 f_m の入力を受け付けて、引き込み動作をすることにより、基準信号 f_m の駆動周波数である基準駆動周波数と同期して (PLL (Phase Locked Loop) ロックして) 駆動する。これにより、同期スレーブ装置として機能する IMU 201-2 は、同期マスタ装置として機能する IMU 201-1 と同期して、同一の基準駆動周波数の発振信号で駆動する。

[0103] センス回路ブロック 232-2 は、チャージアンプ回路 271-2、移相回路 272-2、同期検波回路 273-2、および LPF 274-2 を備えている。

[0104] 尚、チャージアンプ回路 271-2、移相回路 272-2、同期検波回路 273-2、および LPF 274-2 は、それぞれ図 3 の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 LPF 74 と基本的な機能は同一

であるので、その説明は省略する。

[0105] デジタル出力回路ブロック233-2は、AD変換回路291-2、デシメーションフィルタ292-2、およびデジタル出力回路293-2を備えている。

[0106] 尚、AD変換回路291-2、デシメーションフィルタ292-2、およびデジタル出力回路293-2は、それぞれ図3の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と基本的に機能は同一であるので、その説明は適宜省略する。

[0107] 以上のような構成により、同期マスタ装置となるIMU201-1の発振回路251-1は、基準駆動周波数の発振信号からなる基準信号 f_m を、同期スレーブ装置となるIMU201-2乃至201-4に供給する。

[0108] 同期スレーブ装置となるIMU201-2乃至201-4のそれぞれの発振回路251-2乃至251-4は、基準駆動周波数の発振信号からなる基準信号 f_m により駆動周波数がPLLロックされることで、マルチIMU200を構成する全てのIMU201-1乃至201-4が同期して、同一の駆動周波数からなる発振信号で駆動することが可能となる。結果として、複数のIMU201の駆動周波数が異なることで生じるうなりの発生を抑制し、角速度を高精度に検出することが可能となる。

[0109] <図10のマルチIMUによる角速度検出処理>

次に、図11のフローチャートを参照して、図10のマルチIMU200による角速度検出処理について説明する。

[0110] ステップS11において、同期マスタ装置となるIMU201-1の発振回路251-1は、同期スレーブ装置となるIMU201-2乃至201-4に対して、自らの駆動周波数を基準駆動周波数とした発振信号を基準信号 f_m として送信する。

[0111] ステップS12において、全てのIMU201-2乃至201-4のそれぞれの発振回路251-2乃至251-4は、基準信号 f_m に基づいて、発振回路251-1の駆動周波数の発振信号にPLLロックする。

[0112] ここまでの処理により、全てのIMU201-1乃至201-4は、基準信号 f_m で同期した状態で駆動することになるので、うなりの発生が抑制されることで、うなりに起因する誤差が低減され、IMU201-1乃至201-4のそれぞれが角速度を高精度に測定することが可能となる。

[0113] ステップS13において、全てのIMU201-1乃至201-4は、角速度を検出し、合成部202に出力する。

[0114] ステップS14において、合成部202は、IMU201-1乃至201-4のそれぞれより供給される角速度を合成して、合成結果となる角速度をマルチIMU200による検出結果として出力する。

[0115] 以上の処理により、マルチIMU200を構成する全てのIMU201-1乃至201-4が同一の駆動周波数の発振信号からなる基準信号 f_m に基づいて、同期して駆動することが可能となるので、うなりに起因する誤差の発生を抑制することが可能となり、角速度を高精度に検出することが可能となる。

[0116] <<3. 第1の実施の形態の第1の変形例>>

以上においては、マルチIMU200を構成する複数のIMU201-1乃至201-4のうちのいずれかを同期マスタ装置に設定すると共に、他のIMU201を同期スレーブ装置に設定し、同期マスタ装置の駆動周波数を基準駆動周波数とし、同期マスタ装置となるIMU201から基準駆動周波数の発振信号からなる基準信号 f_m が供給されるようにして、全てのIMU201-1乃至201-4を同一の駆動周波数で駆動させることで、誤差の発生を抑制し、角速度を高精度に検出できるようにする例について説明してきた。

[0117] しかしながら、マルチIMU200を構成するいずれかを無作為に同期マスタ装置に設定すると、基準駆動周波数が、同期スレーブ装置の駆動周波数と大きく異なるような場合、発振回路251において周波数を引き込めず、PLLロックが掛けられない可能性がある。

[0118] このように、同期スレーブ装置となるIMU201が、基準信号 f_m の駆動周波数を引き込むことができず、PLLロックが掛けられない場合、同期スレーブ装置となるIMU201は、同期マスタ装置となるIMU201の駆動周波数と同

期した動作ができない。

- [0119] そこで、マルチIMU 200を構成する複数のIMU 201-1乃至201-4の駆動周波数を測定し、中央値に近い駆動周波数のIMU 201を同期マスタ装置に設定し、その他のIMU 201を同期スレーブ装置に設定することで、基準信号 f_m の駆動周波数である基準駆動周波数への引き込みの精度を向上させるようにしてもよい。
- [0120] 図12は、IMU 200を構成する複数のIMU 201-1乃至201-4の駆動周波数を測定し、中央値に近い駆動周波数のIMU 201を同期マスタ装置に設定し、その他のIMU 201を同期スレーブ装置に設定するようにしたマルチIMU 200の構成例を示している。
- [0121] 尚、図12のマルチIMU 200の構成のうち、図9のマルチIMU 200における構成と同一の機能を備えた構成については、同一の符号を付しており、その説明は省略する。
- [0122] 図12のマルチIMU 200のうち、図9のマルチIMU 200と異なる構成は、新たに切替回路301が設けられた点である。
- [0123] 図13で示されるように、切替回路301は、図12のマルチIMU 200を構成するIMU 201-1乃至201-4のそれぞれの発振回路251-1乃至251-4の駆動周波数を検出して、中央値となる駆動周波数のIMU 201を同期マスタ装置に設定し、その他のIMU 201を同期スレーブ装置に設定する。
- [0124] そして、切替回路301は、同期マスタ装置に設定されたIMU 201の発振回路251より供給される駆動周波数の発振信号を、基準駆動周波数の発振信号である基準信号 f_m として、同期スレーブ装置に設定されたIMU 201の発振回路251に供給する。
- [0125] これにより、同期スレーブ装置に設定されたIMU 201は、同期マスタ装置に設定されたIMU 201と同一の駆動周波数の発振信号からなる基準信号 f_m に基づいて、PLLロックされ、マルチIMU 200を構成する全てのIMU 201-1乃至201-4が、同一の駆動周波数の発振信号で同期して角速度を検出

することが可能となる。

[0126] 結果として、IMU 201間の干渉により生じるうなりに起因した角速度の検出に係る誤差を抑制することが可能となり、複数のIMU 201により高精度で角速度を検出させることが可能となる。

[0127] 尚、図12においては、マルチIMU 200を構成するIMU 201-1乃至201-4のうち、IMU 201-1の駆動周波数が、IMU 201-1乃至201-4の駆動周波数の中央値に近い周波数であるため、同期マスタ装置に設定されており、IMU 201-2乃至201-4が同期スレーブ装置に設定される場合の例が示されている。このため、図12においては、切替回路301が、同期マスタ装置であるIMU 201-1の発振信号を基準信号 f_m として取得して、同期スレーブ装置に設定されるIMU 201-2乃至201-4を供給している様子が、矢印で模式的に表されている。

[0128] また、図13においては、図12のマルチIMU 200を構成するIMU 201-1乃至201-4のそれぞれの読出回路213-1乃至213-4と、切替回路301とで構成される回路構成が示されている。

[0129] 尚、図13のIMU 201-1乃至201-4の各構成については、図10における構成と基本的に同様であり、「-」以下の符号によりIMU 201-1乃至201-4が識別される。

[0130] すなわち、図13で示されるように、切替回路301は、発振回路251-1乃至251-4の出力と、それぞれへの基準信号の入力とが接続されている。

[0131] 切替回路301は、発振回路251-1乃至251-4のそれぞれより出力される発振信号をモニタして駆動周波数を求めて、中央値となる発振回路251を備えたIMU 201を同期マスタ装置に設定し、それ以外のIMU 201を同期スレーブ装置に設定する。

[0132] そして、切替回路301は、同期マスタ装置に設定されたIMU 201の発振回路251より出力される発振信号を基準信号 f_m として、同期スレーブ装置に設定されたIMU 201に供給する。

- [0133] 同期スレーブ装置に設定されたIMU 201の発振回路251は、供給された基準信号 f_m の駆動周波数にPLLロックすることで、同期マスタ装置に設定されたIMU 201の発振回路251と同一の駆動周波数で駆動する。これにより、同期マスタ装置に設定されたIMUと同期スレーブ装置に設定されたIMU 201とが同一の駆動周波数で駆動する。
- [0134] <図13のマルチIMUによる角速度検出処理>
次に、図14のフローチャートを参照して、図13のマルチIMU 200による角速度検出処理について説明する。
- [0135] ステップS31において、切替回路301は、IMU 201-1乃至201-4の全ての発振回路251-1乃至251-4を駆動させて、発振信号の駆動周波数を検出する。
- [0136] ステップS32において、切替回路301は、検出したIMU 201-1乃至201-4の全ての発振回路251-1乃至251-4の発振信号の駆動周波数のうち、中央値に近いIMU 201を特定する。
- [0137] ステップS33において、切替回路301は、中央値に近いIMU 201を同期マスタ装置に設定し、それ以外のIMU 201を同期スレーブ装置に設定する。
- [0138] ステップS34において、切替回路301は、接続を切り替えて、同期マスタ装置に設定されたIMU 201の発振回路251の発振信号を基準信号 f_m として抽出し、同期スレーブ装置に設定されたIMU 201の発振回路251に供給する。
- [0139] ステップS35において、全てのIMU 201-1乃至201-4のそれぞれの発振回路251-1乃至251-4は、基準信号 f_m に基づいて、同期マスタ装置となるIMU 201の発振回路251の駆動周波数の発振信号にPLLロックする。
- [0140] ここまでの処理により、全てのIMU 201-1乃至201-4は、基準信号 f_m で同期した状態で駆動することにより、うなりの発生が抑制されて、誤差が低減されるので、それぞれが高精度に角速度を測定することが可能とな

る。

[0141] ステップS36において、全てのIMU201-1乃至201-4は、角速度を検出し、合成部202に出力する。

[0142] ステップS37において、合成部202は、IMU201-1乃至201-4のそれぞれより供給される角速度を合成して、合成結果となる角速度をマルチIMU200による検出結果として出力する。

[0143] 以上の処理により、マルチIMU200を構成する全てのIMU201-1乃至201-4が同一の駆動周波数の発振信号からなる基準信号 f_m に基づいて、同期して駆動することが可能となるので、うなりに起因する誤差の発生を抑制することが可能となり、高精度に角速度を検出することが可能となる。

[0144] また、同期マスタ装置に設定されるIMU201の駆動周波数は、全てのIMU201の中央値に設定されることになるので、同期スレーブ装置に設定されたIMU201に供給される基準信号 f_m の駆動周波数との差分が最小となるので、基準駆動周波数への引き込みが容易になり、PLLロックが掛からず、同期できない状態になるのを抑制することが可能となる。

[0145] <<4. 第1の実施の形態の第2の変形例>>

以上においては、マルチIMU200を構成する複数のIMU201-1乃至201-4の駆動周波数を測定し、中央値に近い駆動周波数のIMU201を同期マスタ装置に設定し、その他のIMU201を同期スレーブ装置に設定することで、基準信号 f_m の駆動周波数である基準駆動周波数への引き込みの精度を向上させるようにする例について説明してきた。

[0146] しかしながら、マルチIMU200を構成する複数のIMU201-1乃至201-4の駆動周波数を同一にすればよいので、IMU201-1乃至201-4とは別個に基準信号 f_m を発生して、IMU201-1乃至201-4に供給する構成を設けるようにしてもよい。

[0147] 図15は、IMU200に基準信号 f_m を発生する基準発生部を設けて、IMU201-1乃至201-4に対して、基準信号 f_m が供給されるようにしたマルチIMU200の構成例を示している。

- [0148] 尚、図15のマルチIMU200の構成のうち、図9のマルチIMU200における構成と同一の機能を備えた構成については、同一の符号を付しており、その説明は省略する。
- [0149] 図15のマルチIMU200のうち、図9のマルチIMU200と異なる構成は、新たに基準発生部321が設けられた点である。
- [0150] 基準発生部321は、IMU201の製造に当たって、設計値となる駆動周波数を基準駆動周波数とする発振信号を基準信号 f_m として発生し、IMU201-1乃至201-4に対して供給する。
- [0151] より詳細には、基準発生部321は、図16で示されるように、図15のマルチIMU200を構成するIMU201-1乃至201-4のそれぞれの発振回路251-1乃至251-4と接続されており、発生した基準信号 f_m を、それぞれのIMU201-1乃至201-4の発振回路251-1乃至251-4に供給する。
- [0152] これにより、IMU201-1乃至201-4は、基準発生部321より供給される基準信号 f_m に基づいて、PLLロックされ、マルチIMU200を構成する全てのIMU201-1乃至201-4が、基準信号 f_m で同期して角速度を検出することが可能となる。
- [0153] 結果として、IMU201間の干渉により生じるうなりに起因した角速度の検出に係る誤差を抑制することが可能となり、複数のIMU201により高精度で角速度を検出させることが可能となる。
- [0154] 尚、図15においては、実質的に基準発生部321が同期マスタ装置として機能し、IMU201-1乃至201-4が同期スレーブ装置として機能する構成とされ、基準発生部321が基準信号 f_m をIMU201-1乃至201-4の全てに供給することが矢印により模式的に表されている。
- [0155] また、図16においては、図15のマルチIMU200を構成するIMU201-1乃至201-4のそれぞれの読出回路213-1乃至213-4と、基準発生部321とで構成される回路構成が示されている。
- [0156] 尚、IMU201-1乃至201-4の各構成については、図10における構

成と基本的に同様であり、「-」以下の符号によりIMU201-1乃至201-4が識別される。

[0157] <図16のマルチIMUによる角速度検出処理>

次に、図17のフローチャートを参照して、図16のマルチIMU200による角速度検出処理について説明する。

[0158] ステップS51において、基準発生部321は、自らを同期マスタ装置として設定し、全てのIMU201-1乃至201-4を同期スレーブ装置に設定する。

[0159] ステップS52において、基準発生部321は、基準信号 f_m を同期スレーブ装置に設定されたIMU201-1乃至201-4の発振回路251-1乃至251-4のそれぞれに供給する。

[0160] ステップS53において、全てのIMU201-1乃至201-4のそれぞれの発振回路251-1乃至251-4は、基準信号 f_m に基づいて、それぞれの発振回路251-1乃至251-4の駆動周波数を、基準信号 f_m の駆動周波数にPLLロックする。

[0161] ステップS54において、全てのIMU201-1乃至201-4は、角速度を検出し、合成部202に出力する。

[0162] ステップS55において、合成部202は、IMU201-1乃至201-4のそれぞれより供給される角速度を合成して、合成結果となる角速度をマルチIMU200による検出結果として出力する。

[0163] 以上の処理により、マルチIMU200を構成する全てのIMU201-1乃至201-4が同一の駆動周波数の発振信号からなる基準信号 f_m に基づいて、同期して駆動することが可能となるので、うなりに起因する誤差の発生を抑制することが可能となり、高精度に角速度を検出することが可能となる。

[0164] <<5. 第1の実施の形態の第3の変形例>>

以上においては、マルチIMU200を構成するIMU201-1乃至201-4のそれぞれがプリント基板210上に構成される例について説明してきたが、IMU201-1乃至201-4の、振動子211-1乃至211-4を共

通のシリコンからなるベース 212 上に形成するようにして、そのいずれかの IMU 201 を同期マスタ装置に設定し、その他の IMU 204 を同期スレーブ装置に設定するようにしてもよい。

[0165] 図 18 は、IMU 201-1 乃至 201-4 の、振動子 211-1 乃至 211-4 を共通のシリコンからなるベース 212 上に形成し、IMU 201-1 が同期マスタ装置に設定され、IMU 201-2 乃至 201-4 が同期スレーブ装置に設定される例を示している。

[0166] より詳細には、図 19 で示されるように同期マスタ装置として設定される IMU 201-1 の発振回路 251-1 より発生される駆動周波数の発振信号が、基準信号 f_m として、同期スレーブ装置として設定される IMU 201-2 の発振回路 251-2 に供給される。

[0167] これにより、同期スレーブ装置として設定される IMU 201-2 の発振回路 251-2 は、基準信号 f_m の駆動周波数に引き込まれることにより、同期マスタ装置として設定される IMU 201-1 の発振回路 251-1 の駆動周波数と同期して駆動する。

[0168] 同期スレーブ装置として設定される IMU 201-3, 201-4 にも、基準信号 f_m が供給されることにより、IMU 201-3, 201-4 の発振回路 251-3, 251-4 についても、同期マスタ装置として設定される IMU 201-1 の発振回路 251-1 の駆動周波数と同期して駆動する。

[0169] 結果として、IMU 201-1 乃至 201-4 の全てが基準信号 f_m により同期して駆動することになるので、うなりの発生に起因する誤差の発生が抑制されて、高精度の角速度を検出することが可能となる上、さらに、同一のベース 212 上に振動子 211-1 乃至 211-4 が形成されるようになることで、装置構成の小型化とコストの低減を図ることが可能となる。

[0170] 尚、図 18 のマルチ IMU 200 による角速度検出処理については、図 11 のフローチャートを参照して説明した処理と同様であるので、その説明は省略する。

[0171] <<6. 第 1 の実施の形態の第 4 の変形例>>

以上においては、IMU 201-1乃至201-4の、振動子211-1乃至211-4を共通のシリコンからなるベース212上に形成するようにし、そのいずれかを同期マスタ装置に設定し、その他を同期スレーブ装置に設定するようにしたマルチIMU 200について説明してきたが、さらに、ベース上に、上述した切替回路301を設けるようにしてもよい。

[0172] すなわち、図12のマルチIMU 200においては、IMU 201-1乃至201-4が形成されるプリント基板210上に切替回路301が設けられる例について説明してきたが、同一の機能を備えた構成である切替回路が、振動子211-1乃至211-4が形成されるベース212上に形成されるようにしてもよい。

[0173] 図20は、振動子211-1乃至211-4が形成されるベース212上に、切替回路301と同一の機能を備えた構成である切替回路301'が形成されたマルチIMU 200の構成例である。

[0174] このような構成においても、図12のマルチIMU 200と同様に高精度に角速度を検出することが可能になると共に、同一のベース212上に振動子211-1乃至211-4、および切替回路301'が形成されるようになることで、装置の小型化と、コストの低減を図ることが可能となる。

[0175] <<7. 第1の実施の形態の第5の変形例>>

以上においては、IMU 201-1乃至201-4の、振動子211-1乃至211-4を共通のシリコンからなるベース212上に形成するようにし、ベース212上に、さらに切替回路301'を設けるようにする例について説明してきた。

[0176] しかしながら、図15のマルチIMU 200のように、切替回路301に代えて、基準発生部321と同様の機能を備えた基準発生部が形成されるようにしてもよい。

[0177] すなわち、図20のマルチIMU 200においては、IMU 201-1乃至201-4が形成されるプリント基板210上に切替回路301'が設けられる例について説明してきたが、切替回路301'に代えて、図15の基準発生

部 3 2 1 と同一の機能を備えた基準発生部が、振動子 2 1 1 - 1 乃至 2 1 1 - 4 が形成されるベース 2 1 2 上に形成されてもよい。

[0178] 図 2 1 は、振動子 2 1 1 - 1 乃至 2 1 1 - 4 が形成されるベース 2 1 2 上に、基準発生部 3 2 1 と同一の機能を備えた構成である基準発生部 3 2 1' が形成されたマルチ IMU 2 0 0 の構成例を示している。

[0179] このような構成においても、図 1 5 のマルチ IMU 2 0 0 と同様に高精度に角速度を検出することが可能になると共に、同一のベース 2 1 2 上に振動子 2 1 1 - 1 乃至 2 1 1 - 4、および基準発生部 3 2 1 が形成されるようになることで、装置構成の小型化とコストの低減を図ることが可能となる。

[0180] << 8. 第 1 の実施の形態の第 6 の変形例 >>

以上においては、マルチ IMU 2 0 0 を構成する IMU 2 0 1 - 1 乃至 2 0 1 - 4 の発振回路 2 5 1 - 1 乃至 2 5 1 - 4 の駆動周波数を同期することで、うなりの発生を抑制して、検出される角速度の精度を向上させる例について説明してきた。

[0181] しかしながら、駆動周波数を同期することができても、何からの外乱により同期が外れるなどして除去できないノイズも存在する。

[0182] そこで、IMU 2 0 1 - 1 乃至 2 0 1 - 4 の発振回路 2 5 1 - 1 乃至 2 5 1 - 4 の駆動周波数を同期しても同期ずれなどにより除去できないノイズについては、IMU 2 0 1 - 1 乃至 2 0 1 - 4 の振動子 2 1 1 - 1 乃至 2 1 1 - 4 を、それぞれ物理的に独立したベース上に形成し、さらに、それぞれが配置される共通の接触部位に対して音響インシュレータを挟み込むようにすることで、ノイズを除去するようにしてもよい。

[0183] 図 2 2 は、IMU 2 0 1 - 1 乃至 2 0 1 - 4 の振動子 2 1 1 - 1 乃至 2 1 1 - 4 を、それぞれ独立したベース上に形成し、さらに、それぞれのベースが配置される共通の部位との接触位置に音響インシュレータを挟み込むようにして、音響的な干渉レベルを機械的に低減するマルチ IMU 2 0 0 の構成例を示している。

[0184] 尚、図 2 2 のマルチ IMU 2 0 0 において、図 1 8 のマルチ IMU 2 0 0 と同一

の機能を備えた構成については、同一の符号を付しており、その説明は適宜省略する。

- [0185] すなわち、図22のマルチIMU200において、図18のマルチIMU200と異なる点は、振動子211-1乃至211-4が、ベース212に代えて、ベース212'-1およびベース212'-2-1乃至212'-2-4、並びに、音響インシュレータ351-1乃至351-4が設けられた点である。
- [0186] 図22のマルチIMU200においては、振動子211-1乃至211-4が、それぞれ物理的に独立したシリコンからなるベース212'-2-1乃至212'-2-4上に形成されている。
- [0187] さらに、それぞれが物理的に独立したベース212'-2-1乃至212'-2-4は、それぞれ音響インシュレータ351-1乃至351-4を挟んで、共通のベース212-1上に形成される。
- [0188] 音響インシュレータ351-1乃至351-4は、振動を吸収する構成であり、振動子211-1乃至211-4に対して共通のベース212-2上に形成され、それぞれベース212'-2-1乃至212'-2-4を支持している。
- [0189] このような構成により、音響インシュレータ351-1乃至351-4が、振動子211-1乃至211-4およびベース212のそれぞれにおいて発生する振動を吸収することで、振動子211-1乃至211-4のそれぞれの振動がアイソレートされることになるので、相互の振動の伝達が抑制される。
- [0190] これにより、IMU201-1乃至201-4が駆動周波数を同期させても外乱などにより発生するノイズを低減させることが可能となり、結果として、より高精度に角速度を検出することが可能になる。
- [0191] <<9. 第1の実施の形態の第7の変形例>>
- 以上においては、IMU201-1乃至201-4の振動子211-1乃至211-4を、それぞれ独立したベース上に形成し、さらに、それぞれのベー

スが配置される共通の部位との接触位置に音響インシュレータを挟み込むようにすることで、IMU 201-1乃至201-4の駆動周波数を同期しても除去できないノイズを除去する例について説明してきた。

[0192] しかしながら、IMU 201-1乃至201-4の駆動周波数を同期しても除去できないノイズについては、うなりを直接検出し、検出したうなりの逆相信号を発生することで除去するようにしてもよい。

[0193] 図23は、発振回路251より出力される発振信号よりうなりを検出して、検出したうなりの逆相信号を発生させて、うなりを除去するようにしたIMU 201の構成例である。

[0194] すなわち、図23のIMU 201において、図10のIMU 201と異なる構成は、うなり検出回路371、および合成部372が設けられている点である。

[0195] うなり検出回路371は、発振回路251が出力する発振信号よりうなり信号 f_g を検出すると共に、うなり信号の逆相信号 f_{g-1} を生成して、合成部372に供給する。

[0196] 合成部372は、移相回路272より出力される信号に、うなり信号の逆相信号 f_{g-1} を合成することで、移相回路272より出力される信号からうなり成分を除去して、同期検波回路273に出力する。

[0197] これにより、IMU 201-1乃至201-4が駆動周波数を同期させても発生するノイズを低減させることが可能となり、結果として、より高精度に角速度を検出することが可能になる。

[0198] <<10. 第2の実施の形態>>

以上においては、IMU 201-1乃至201-4が駆動周波数を同期させることにより、うなりの発生を抑制して、高精度に角速度を検出できるようにする例について説明してきた。

[0199] しかしながら、IMU 201の駆動周波数が、同期スレーブ装置の駆動周波数と大きく異なるような場合、発振回路251における引き込めず、PLLロックが掛けられない可能性がある。

[0200] そこで、複数のIMU 201の駆動周波数を測定し、上述したように駆動周波数を同期させることが可能なIMU 201のクラスタを形成し、クラスタ単位で、駆動周波数を同期させて角速度を検出し、クラスタ単位で求められた角速度を時分割で取得して、合成することにより、角速度の検出精度を向上させるようにしてもよい。

[0201] すなわち、図24で示されるように、IMU 201-1, 201-3を駆動する発振信号の駆動周波数が、20.000kHzであり、IMU 201-2, 201-4を駆動する発振信号の駆動周波数が、20.100kHzであるような場合について考える。

[0202] このような場合、IMU 201-1乃至201-4のそれぞれを駆動する発振信号の駆動周波数に基づいて、IMU 201-1, 201-3の駆動周波数は、相互に同一であるので、図24で示されるように、クラスタ411-1として形成されるようにし、さらに、IMU 201-2, 201-4の駆動周波数が相互に同一であるので、別のクラスタ411-2として形成されるようにクラスタリングする。

[0203] また、図24のマルチIMU 200においては、クラスタ411-1, 411-2単位で、それぞれに同期マスタ装置と同期スレーブ装置が設定されるようにすることにより、クラスタ単位でIMU 201の駆動周波数が同期されるようにして、角速度が検出されるようにする。

[0204] そして、クラスタ単位で検出される角速度が、時分割で取得されて、合成演算されるようにすることで、より高精度に角速度を検出することが可能となる。

[0205] <IMUのクラスタリング>

次に、図25を参照して、マルチIMU 200に設けられた複数のIMU 201をクラスタリングについて説明する。

[0206] マルチIMU 200に設けられた複数のIMU 201のクラスタリングは、マルチIMU 200の製造の工程の一部においてなされる。

[0207] より具体的には、図25におけるクラスタリング計測装置451、および

結線部452によりクラスタリングがなされる。

- [0208] クラスタリング計測装置451は、マルチIMU200の製造工程において使用されるものであり、マルチIMU200とは別体の構成である。クラスタリング計測装置451は、マルチIMU200に設けられた複数のIMU201のそれぞれの発振回路251より出力される駆動周波数を計測し、計測した駆動周波数が類似しており、同一の駆動周波数で駆動可能なIMU201を同一のクラスタにし、各IMU201がどのクラスタに属するのかわかる情報を結線部452に出力する。
- [0209] より詳細には、クラスタリング計測装置451は、基準周波数生成部461、周波数計測部462、およびクラスタリング計算部463を備えている。
- [0210] 基準周波数生成部461は、複数のIMU201の駆動周波数の計測に当たって、基準となる周波数を発生して周波数計測部462に出力する。
- [0211] 周波数計測部462は、基準周波数生成部461より供給される基準周波数に基づいて、各IMU201の発振回路251より出力される発振信号の駆動周波数を計測し（発振モニタ出力をモニタし）、クラスタリング計算部463に出力する。
- [0212] クラスタリング計算部463は、各IMU201の発振回路251より出力される発振信号の駆動周波数に基づいて、駆動周波数が類似したIMU201同士を同一のクラスタにクラスタリングすると共に、各IMU201がどのクラスタに属するのかわかる情報を結線部452に出力する。
- [0213] 結線部452は、クラスタリング計測装置451より供給される各IMU201がどのクラスタに属するのかわかる情報に基づいて、同一のクラスタに属するIMU201のいずれかを同期マスタ装置に設定すると共に、その他のIMU201を同期スレーブ装置に設定し、同期マスタ装置に設定されたIMU201の自動利得調整回路252の出力を、同期スレーブ装置に設定されたIMU201の発振回路251に接続するように結線を形成する。
- [0214] <クラスタ毎に検出された角速度の合成>

次に、図26を参照して、クラスタリングされたIMU201のクラスタ毎に検出される角速度の合成について説明する。

- [0215] クラスタリングされたIMU201のクラスタ毎に検出される角速度の合成は、クラスタ単位で、時分割に検出された角速度が、合成演算部471により合成されることにより実現される。
- [0216] 合成演算部471は、マルチIMU200とは別体に構成されるものであるが、マルチIMU200と一体化した構成としてもよい。
- [0217] 合成演算部471は、リサンプラ481、干渉除去部482、および合成部483を備えている。
- [0218] リサンプラ481は、クラスタリング計測装置451によりクラスタリングされたクラスタ毎に異なるデータのサンプリング周波数を、例えば、0次ホールド、1次補間など任意のリサンプリング手法を用いて揃えて、干渉除去部482に出力する。
- [0219] すなわち、IMU201のクラスタは、駆動周波数に基づいて設定されることになるので、クラスタ単位で検出される角速度は、サンプリング周波数が異なる。そこで、リサンプラ481は、各クラスタ単位で供給される角速度のサンプリング周波数を揃える。
- [0220] 干渉除去部482は、例えば、フィルタ処理により、クラスタ間の干渉成分を除去し、合成部483に出力する。尚、干渉除去部482の処理は、クラスタ間の駆動周波数が離れている場合は干渉が生じることがないので省略するようにしてもよい。
- [0221] 合成部483は、それぞれのIMU201が検出した検出値である角速度を合成し、1つの検出値にして出力する。合成部483は、IMU201が検出した検出値である角速度の、単純な平均値、重み付き平均値、または、雑音状況に応じた動的な重み付け平均値として1つの検出値に合成する。
- [0222] 尚、リサンプラ481の前段にクラスタ単位の合成部を設けるようにしてもよく、リサンプラ481および干渉除去部482の処理は、クラスタ単位で1つの検出値とされた角速度になされるようにしてもよい。

[0223] <結線の例>

次に、結線部452によりなされるIMU201のクラスタ単位での結線例について説明する。例えば、図24で示されるように、IMU201-1, 201-3をクラスタ411-1に設定し、IMU201-2, 201-4をクラスタ411-2に設定する場合について考える。

[0224] このような場合、結線部452は、各クラスタ内のIMU201のいずれかを同期マスタ装置に設定し、その他のIMU201を同期スレーブ装置に設定する。いずれのIMU201を同期マスタ装置にするかについては、クラスタ内において、同期周波数が中央値であるものを選択するようにしてもよい。

[0225] 図25の例においては、クラスタ411-1については、IMU201-1が同期マスタ装置に設定され、IMU201-3が同期スレーブ装置に設定されている。

[0226] これにより、結線部452は、図26の一点鎖線で示されるように、IMU201-1の自動利得調整回路252-1の出力と、IMU201-3の発振回路251-3とを接続するように結線する。

[0227] また、図26においては、クラスタ411-2については、IMU201-2が同期マスタ装置に設定されており、IMU201-4が同期スレーブ装置に設定されている。

[0228] これにより、結線部452は、図26の一点鎖線で示されるように、IMU201-2の自動利得調整回路252-2の出力と、IMU201-4の発振回路251-4とを接続するように結線する。

[0229] 尚、図24で示されるように、IMU201-1, 201-3からなるクラスタ411-1と、IMU201-2, 201-4からなるクラスタ411-2とにクラスタリングされる以外のクラスタにクラスタリングされるようにしてもよい。

[0230] 例えば、IMU201-2からなるクラスタ411-11と、IMU201-1, 201-3, 201-4からなるクラスタ411-12とにクラスタリングされるようにしてもよい。

- [0231] このようにクラスタリングされる場合、IMU201-1乃至201-4は、結線部452により図27で示されるように結線される。
- [0232] すなわち、図27においては、クラスタ411-11については、IMU201-2のみが単体で構成されるため、新たな結線がない。
- [0233] また、クラスタ411-12については、IMU201-1を同期マスタ装置に設定し、IMU201-3、201-4を同期スレーブ装置に設定するとき、図27の一点鎖線で示されるように、IMU201-1の自動利得調整回路252-1の出力と、IMU201-3、201-4の発振回路251-3、251-4とが接続される。
- [0234] さらに、以上においては、クラスタが2個である場合の例について説明してきたが、クラスタの数は、2以上の数であってもよい。また、各クラスタの属するIMU201の数は、いくつでもよい。
- [0235] <クラスタリング処理>
次に、図28のフローチャートを参照して、クラスタリング計測装置451によるクラスタリング処理について説明する。
- [0236] ステップS101において、周波数計測部462は、基準周波数生成部461より供給される基準周波数に基づいて、全てのIMU201の駆動周波数を計測し、計測結果をクラスタリング計算部463に出力する。
- [0237] ステップS102において、クラスタリング計算部463は、最も低い駆動周波数のIMU201を選択する。
- [0238] ステップS103において、クラスタリング計算部463は、選択したIMU201の駆動周波数から、所定幅Bだけ高い閾値周波数内のIMUを同一のクラスタに設定する。
- [0239] ステップS104において、未処理のクラスタリングされていないIMU201があるか否かを判定する。
- [0240] ステップS104において、未処理のクラスタリングされていないIMU201がある場合、処理は、ステップS105に進む。
- [0241] ステップS105において、クラスタリング計算部463は、閾値周波数

よりも高い周波数の未処理のIMU 201を選択し、処理は、ステップS102に戻る。

[0242] すなわち、全てのIMU 201がクラスタリングされるまで、クラスタリングされていないIMU 201のうち最も低い駆動周波数から所定幅Bだけ高い閾値周波数までのIMU 201が同一のクラスタにクラスタリングされる処理が繰り返される。すなわち、最も低い駆動周波数から所定幅Bで設定されるバンド幅内の駆動周波数のIMU 201が同一のクラスにクラスタリングされる。

[0243] そして、ステップS105において、未処理のIMU 201が存在しないとみなされた場合、処理は、ステップS106に進む。

[0244] ステップS106において、クラスタリング計算部463は、どのIMU 201がどのクラスタの属しているのかを示す情報を結線部452に出力する。これに応じて、結線部452は、クラスタ単位で、IMU 201を結線する。

[0245] 以上の処理により、複数のIMU 201が駆動周波数に基づいてクラスタリングされ、クラスタ毎にIMU 201が結線される。

[0246] 尚、以上においては、未処理のIMU 201のうち、最も低い駆動周波数に対して、所定幅Bだけ高い閾値周波数までのIMU 201が同一クラスタに設定される処理が繰り返される例について説明してきたが、未処理のIMU 201のうち、最も高い駆動周波数に対して、所定幅Bだけ低い閾値周波数までのIMU 201が同一クラスタに設定される処理が繰り返されるようにしてもよい。

[0247] また、以上においては、クラスタ毎にIMU 201が結線部452により結線される例について説明してきたが、例えば、図12の切替回路301を用いて、クラスタリングされたクラスタ毎に、結線された状態と同様に配線が切り替えられるようにしてもよい。

[0248] <図26または図27のマルチIMUと合成演算部による角速度検出処理>
次に、図29のフローチャートを参照して、図26または図27のマルチIMU 200と合成演算部471による角速度検出処理について説明する。

[0249] ステップS191において、全てのIMU 201は、クラスタ単位で、それぞれのクラスタにおける駆動周波数の発振信号により角速度を計測して、合成

演算部471に供給する。

- [0250] ステップS192において、リサンプラ481は、クラスタ単位で、時分割に各IMU201より供給されてくる角速度を取得して、クラスタ単位のサンプリング周波数を揃えて、干渉除去部482に出力する。
- [0251] ステップS193において、干渉除去部482は、リサンプラ481より供給される角速度の情報について、干渉による影響を除去して合成部483に出力する。
- [0252] ステップS194において、合成部483は、干渉除去部482より供給されてきたクラスタ単位の角速度の情報を合成し、1つの検出値として出力する。
- [0253] 以上の処理により、駆動周波数が同期可能なIMU201からなるクラスタ毎に供給されてくる角速度の、サンプリング周波数が揃えられ、干渉が除去されて合成されることになるので、全体として駆動周波数が異なる複数のIMU201が用いられる場合であっても、高精度に角速度を検出することが可能となる。
- [0254] <<11. 第2の実施の形態の第1の変形例>>
<クラスタリング処理の第1の変形例>
以上においては、クラスタリング処理において、未処理のIMU201のうち、最も低い駆動周波数から所定幅Bだけ高い閾値周波数までのIMU201が同一クラスタにクラスタリングされる処理が繰り返される例について説明してきたが、クラスタ数が多くなりすぎるとクラスタリングによる効果が低減してしまう。
- [0255] そこで、クラスタ数が規定値Nよりも多い時には、所定幅Bを大きくして、クラスタリングをやり直して、クラスタ数を規定値Nまでにしてクラスタリングするようにしてもよい。
- [0256] そこで、図30のフローチャートを参照して、クラスタ数が規定値Nよりも多い時には、所定値を大きくして、クラスタリングをやり直して、クラスタ数を低減させるようにしてクラスタリング処理について説明する。

- [0257] 尚、図30のフローチャートにおけるステップS121乃至S125、S128の処理については、図28のステップS101乃至S106の処理と同様であるので、その説明は省略する。
- [0258] すなわち、ステップS121乃至S125の処理に全てのIMU201がクラスタリングされた後、ステップS126において、クラスタリング計算部463は、現在のクラスタ数が規定値Nよりも大きいかなかを判定する。
- [0259] ステップS126において、クラスタ数が規定値Nよりも大きい場合、処理は、ステップS127に進む。
- [0260] ステップS127において、クラスタリング計算部463は、クラスタリングをリセットして、所定幅Bを所定値だけ大きくし、処理は、ステップS122に戻る。
- [0261] すなわち、ステップS127において、クラスタ数が規定値Nよりも小さくなるまで、ステップS122乃至S127の処理が繰り返されて、クラスタリングのやり直しが繰り返される。
- [0262] そして、ステップS127において、クラスタ数が規定値Nよりも小さいと判定されると、処理は、ステップS128に進む。
- [0263] 以上の処理により、複数のIMU201が駆動周波数に基づいて、規定値Nよりも小さなクラスタ数にクラスタリングされ、クラスタ毎にIMU201が結線される。
- [0264] 結果として、規定値N内にクラスタリングすることが可能となる。
- [0265] <<12. 第2の実施の形態の第2の変形例>>
<クラスタリング処理の第2の変形例>
以上においては、クラスタリング処理において、クラスタ数が規定値Nよりも大きい時には、各クラスタの周波数の幅となる所定幅Bを大きくして、クラスタ数が規定値Nよりも小さくなるまでクラスタリングをやり直す例について説明してきた。
- [0266] しかしながら、所定幅Bを変更する場合、駆動周波数が設計駆動周波数に対して大きく外れているIMU201が含まれることが考えられる。

- [0267] そこで、所定幅Bを変更した場合については、計測した駆動周波数が設計駆動周波数に対して大きく外れたIMU201については、振動子211をレーザートリミングなどによりトリミングすることにより駆動周波数を調整するようによい。
- [0268] そこで、図31のフローチャートを参照して、所定幅Bを大きくして、クラスタリングをやり直して、クラスタ数を低減させたときには、駆動周波数が設計駆動周波数に対して大きく外れているIMU201の振動子211をトリミングするようにしたクラスタリング処理について説明する。
- [0269] 尚、図31のフローチャートにおけるステップS141乃至S147、S150の処理については、図28のステップS101乃至S106の処理と同様であるので、その説明は省略する。
- [0270] すなわち、ステップS141乃至S147の処理に全てのIMU201がクラスタリングされた後、ステップS148において、クラスタリング計算部463は、所定幅Bを大きくして変更したか否かを判定する。
- [0271] ステップS148において、所定幅Bを大きくして変更した場合、処理は、ステップS149に進む。
- [0272] ステップS149において、計測した駆動周波数が設計駆動周波数に対して所定よりも大きく外れたIMU201については、設計駆動周波数に対して適正な駆動周波数になるように振動子211をレーザートリミングなどによりトリミングして、処理は、ステップS150に進む。
- [0273] 以上の処理により、複数のIMU201が駆動周波数に基づいて、規定値Nよりも小さなクラス数にクラスタリングされ、クラスタ毎にIMU201が結線され、さらに、計測した駆動周波数が設計駆動周波数に対して所定よりも大きく外れたIMU201の振動子211がトリミングされて、駆動周波数を調整することが可能となる。
- [0274] <<13. 第2の実施の形態の第3の変形例>>
<クラスタリング処理の第3の変形例>
以上においては、IMU201のクラスタリングは、k平均法などのクラスタ

リング手法で行うようにしてもよい。

[0275] そこで、図32のフローチャートを参照して、k平均法を用いたクラスタリング処理について説明する。

[0276] ステップS171において、周波数計測部462は、基準周波数生成部461より供給される基準周波数に基づいて、全てのIMU201の駆動周波数を計測し、計測結果をクラスタリング計算部463に出力する。

[0277] ステップS172において、クラスタリング計算部463は、全てのIMU201の駆動周波数に基づいて、k平均法により、駆動周波数が近いものをN個のクラスタに分類する。

[0278] ステップS173において、クラスタリング計算部463は、どのIMU201がどのクラスタの属しているのかを示す情報を結線部452に出力する。これに応じて、結線部452は、クラスタ単位で、IMU201を結線する。

[0279] 以上の処理により、複数のIMU201が駆動周波数に基づいてクラスタリングされ、クラスタ毎にIMU201が結線される。

[0280] <<14. 第2の実施の形態の第4の変形例>>

以上においては、各IMU201において、読出回路213において、ドライブ回路ブロック231、センス回路ブロック232、およびデジタル出力回路ブロック233が設けられる例について説明してきた。

[0281] しかしながら、センス回路ブロック232、およびデジタル出力回路ブロック233については、同一のクラスタに分類されるIMU201により共用するようにしてもよい。

[0282] 図33は、センス回路ブロック232、およびデジタル出力回路ブロック233については、同一のクラスタに分類されるIMU201により共用するようにしたマルチIMU200の構成例を示している。

[0283] すなわち、図33のマルチIMU200は、IMU201'-1乃至201'-4、読出回路213'-1, 213'-2、および合成演算部471'を備えている。尚、合成演算部471'については、マルチIMU200の外部に設けられてもよい。

- [0284] そして、図33のマルチIMU200においては、IMU201'-1, 201'-2が、第1のクラスタに分類され、IMU201'-3, 201'-4が、第2のクラスタに分類されている。
- [0285] また、第1のクラスタにおいては、IMU201'-1が同期マスタ装置に設定され、IMU201'-2が同期スレーブ装置に設定されている。このため、IMU201'-1の自動利得調整回路242-1の出力が、基準信号 f_m としてIMU201'-2の移相回路501-2を介して発振回路251-2に供給される。
- [0286] さらに、第2のクラスタにおいては、IMU201'-3が同期マスタ装置に設定され、IMU201'-4が同期スレーブ装置に設定されている。このため、IMU201'-3の自動利得調整回路242-3の出力が、基準信号 f_m としてIMU201'-4の移相回路501-4を介して発振回路251-4に供給される。
- [0287] このような構成により、IMU201'-1, 201'-2が、読出回路213'-1を時分割で共用し、IMU201'-3, 201'-4が、読出回路213'-4を時分割で共用している。
- [0288] すなわち、読出回路213'-1は、第1相におけるタイミングで、IMU201'-1より供給される角速度を読み出し、第2相におけるタイミングで、IMU201'-2より供給される角速度を読み出して合成演算部471'に供給する。
- [0289] また、読出回路213'-2は、第1相におけるタイミングで、IMU201'-3より供給される角速度を読み出し、第2相におけるタイミングで、IMU201'-4より供給される角速度を読み出して合成演算部471'に供給する。
- [0290] 合成演算部471'は、第1相のタイミングで供給されるIMU201'-1、201'-3の角速度を一時的に記憶して遅延させ、第2相のタイミングで供給されるIMU201'-2、201'-4の角速度と併せて取得し、まず、クラスタ内における角速度を合成して、その後、クラスタ毎の角速度をリ

サンプリングし、干渉を除去して、合成する。

- [0291] より詳細には、IMU201' - 1乃至201' - 4は、いずれも図10のマルチIMU200におけるIMU201の構成とは異なり、それぞれ振動子211 - 1乃至211 - 4、および読出回路213に設けられていたドライブ回路ブロック231に対応するドライブ回路ブロック231' - 1乃至231' - 4のみが設けられている。
- [0292] ドライブ回路ブロック231' - 1乃至231' - 4は、基本的にドライブ回路ブロック231 - 1乃至231 - 4と同様の構成を備えているが、新たに、移相回路501 - 1乃至501 - 4を備えている。
- [0293] また、IMU201' - 1の発振回路251 - 1は、発振信号を自動利得調整回路252 - 1に加えて、発振モニタ出力として読出回路213' - 1におけるスイッチ511 - 1の端子511 a - 1に出力する。
- [0294] さらに、IMU201' - 1の振動子211 - 1は、振動信号を基準信号として移相回路501 - 1を介して発振回路251 - 1に出力すると共に、読出回路213' - 1におけるスイッチ512 - 1の端子512 a - 1に出力する。
- [0295] また、IMU201' - 2の発振回路251 - 2は、発振信号を自動利得調整回路252 - 2に加えて、発振モニタ出力として読出回路213' - 1におけるスイッチ511 - 1の端子511 b - 1に出力する。
- [0296] さらに、IMU201' - 2の振動子211 - 2は、振動信号を読出回路213' - 1におけるスイッチ512 - 1の端子512 b - 1に出力する。
- [0297] また、IMU201' - 3の発振回路251 - 3は、発振信号を自動利得調整回路252 - 3に加えて、発振モニタ出力として読出回路213' - 2におけるスイッチ511 - 2の端子511 a - 2に出力する。
- [0298] さらに、IMU201' - 3の振動子211 - 3は、振動信号を基準信号として移相回路501 - 3を介して発振回路251 - 3に出力すると共に、読出回路213' - 2におけるスイッチ512 - 2の端子512 a - 2に出力する。

- [0299] また、IMU201'-4の発振回路251-4は、発振信号を自動利得調整回路252-4に加えて、発振モニタ出力として読出回路213'-2におけるスイッチ511-2の端子511b-2に出力する。
- [0300] さらに、IMU201'-4の振動子211-4は、振動信号を読出回路213'-2におけるスイッチ512-2の端子512b-2に出力する。
- [0301] また、読出回路213'-1は、図10における読出回路213に対応する構成であるが、それぞれドライブ回路ブロック231を除くセンス回路ブロック232-1およびデジタル出力回路ブロック233-1のみとされ、新たに、スイッチ511-1が設けられている。
- [0302] 同様に、読出回路213'-2は、図10における読出回路213に対応する構成であるが、それぞれドライブ回路ブロック231を除くセンス回路ブロック232-2およびデジタル出力回路ブロック233-2のみとされ、新たに、スイッチ511-2が設けられている。
- [0303] このような構成により、読出回路213'-1は、IMU201'-1、201'-2により時分割処理により共用使用されるので、移相回路501-1、501-2、およびスイッチ511-1、512-1の動作により、第1相において、IMU201'-1からの発振信号を読み出し、第2相において、IMU201'-2からの発振信号を読み出す動作を繰り返す。
- [0304] すなわち、移相回路501-1、501-2により、第1相において、IMU201'-1より発振信号が、読出回路213'-1に出力され、第2相において、IMU201'-2より発振信号が、読出回路213'-1に出力される。
- [0305] これにより、第1相において、スイッチ511-1が、端子511a-1に接続され、スイッチ512-1が、端子512a-1に接続される。このような動作により、第1相においては、IMU201'-1の発振信号が読出回路213'-1により読み出されて、デジタル信号からなる角速度として合成演算部471'に出力される。
- [0306] また、第2相において、スイッチ511-1が、端子511b-1に接続

され、スイッチ512-1が、端子512b-1に接続される。このような動作により、第2相においては、IMU201'-2の発振信号が読出回路213'-1により読み出されて、デジタル信号からなる角速度として合成演算部471'に出力される。

[0307] 同様に、読出回路213'-2は、IMU201'-3, 201'-4により時分割処理により共用使用されるので、移相回路501-3, 501-4、およびスイッチ511-2, 512-2の動作により、第1相において、IMU201'-3からの発振信号を読み出し、第2相において、IMU201'-4からの発振信号を読み出す動作を繰り返す。

[0308] すなわち、移相回路501-3, 501-4により、第1相において、IMU201'-3より発振信号が、読出回路213'-2に出力され、第2相において、IMU201'-4より発振信号が、読出回路213'-2に出力される。

[0309] これにより、第1相において、スイッチ511-2が、端子511a-2に接続され、スイッチ512-2が、端子512a-2に接続される。このような動作により、第1相においては、IMU201'-3の発振信号が読出回路213'-2により読み出されて、デジタル信号からなる角速度として合成演算部471'に出力される。

[0310] また、第2相において、スイッチ511-2が、端子511b-2に接続され、スイッチ512-2が、端子512b-2に接続される。このような動作により、第2相においては、IMU201'-4の発振信号が読出回路213'-2により読み出されて、デジタル信号からなる角速度として合成演算部471'に出力される。

[0311] 合成演算部471'は、合成演算部471におけるリサンプラ481、干渉除去部482、および合成部483に加えて、遅延調整部531-1, 531-2、およびクラスタ内合成部532-1, 532-2が設けられている。

[0312] 遅延調整部531-1, 531-2は、それぞれ読出回路213'-1,

213' - 2より第1層の角速度が供給されると、第2相の角速度が供給されるまで、一時的に記憶して遅延させ、第2相の角速度が供給されるタイミングでクラスタ内合成部532-1, 532-2に出力する。

[0313] クラスタ内合成部532-1は、第1クラスタを構成するIMU201'-1, 201'-2により検出される発振信号に基づいて供給される角速度を合成してリサンブラ481に出力する。

[0314] クラスタ内合成部532-2は、第2クラスタを構成するIMU201'-3, 201'-4により検出される発振信号に基づいて供給される角速度を合成してリサンブラ481に出力する。

[0315] このような構成により読出回路213'を構成するセンス回路ブロック232、およびデジタル出力回路ブロック233をクラスタ単位で共用することが可能となるので、回路構成を省略することが可能となり、コストを低減させることが可能となる。

[0316] <図33のマルチIMUと合成演算部による角速度測定処理>

次に、図34のフローチャートを参照して、図33のマルチIMU200と合成演算部471'による角速度測定処理について説明する。

[0317] ステップS211において、同一クラスタ内における第1相のIMU201'による角速度が測定される。

[0318] すなわち、図33において、第1クラスタについて考えると、スイッチ511-1, 511-2が、それぞれ端子511a-1, 512a-1に接続されて、移相回路501-1, 501-2が調整されることにより、IMU201'-1の発振信号が読出回路213'の移相回路272-1に供給される。

[0319] また、このとき、IMU201'-1の振動子211-1の発振信号がチャージアップ回路271-1に供給される。

[0320] この処理により、読出回路213'においては、IMU201'-1により検出される角速度が測定されて、合成演算部471'に出力される。

[0321] ステップS212において、合成演算部471'の遅延調整部531は、

供給されてきた第1相の角速度を一時的に記憶して、第2相の角速度が供給されるまで遅延させる。

[0322] ステップS213において、同一クラスタ内における第2相のIMU201'による角速度が測定される。

[0323] すなわち、図33において、第1クラスタについて考えると、スイッチ511-1, 511-2が、それぞれ端子511b-1, 512b-1に接続されて、移相回路501-1, 501-2が調整されることにより、IMU201'-2の発振信号が読出回路213'の移相回路272-1に供給される。

[0324] また、このとき、IMU201'-2の振動子211-2の発振信号がチャージアップ回路271-1に供給される。

[0325] この処理により、読出回路213'-1においては、IMU201'-2により検出される角速度が測定されて、合成演算部471'に出力される。

[0326] ステップS214において、クラスタ内合成部532は、遅延調整部531より供給される第1層の角速度と、第2相の角速度とを取得し、クラスタ内の角速度を合成して、リサンプラ481に出力する。

[0327] ステップS215において、リサンプラ481は、クラスタ単位の角速度を取得して、クラスタ単位のサンプリング周波数を揃えて、干渉除去部482に出力する。

[0328] ステップS216において、干渉除去部482は、リサンプラ481より供給される角速度の情報について、干渉による影響を除去して合成部483に出力する。

[0329] ステップS217において、合成部483は、干渉除去部482より供給されてきたクラスタ単位の角速度の情報を合成し、1つの検出値として出力する。

[0330] 以上の処理により、駆動周波数が同期可能なIMU201からなるクラスタ毎に供給されてくる角速度の、サンプリング周波数が揃えられ、干渉が除去されて合成されることになるので、駆動周波数が異なる複数のIMU201が用い

られる場合であっても、高精度に角速度を検出することが可能となる。

[0331] さらに、クラスタ毎に読出回路213'が共有されて使用されることになるので、マルチIMU200の装置構成における読出回路213'を集約することにより、装置構成を小型化することが可能になると共に、製造コストを低減させることが可能となる。

[0332] <<15. 第3の実施の形態>>

以上においては、複数のIMU201, 201'の駆動周波数を同期して同一にして角速度を測定したり、駆動周波数に応じてクラスタリングして、クラスタ毎に測定された角速度を合成することで、うなり等のノイズを除去する例について説明してきた。

[0333] しかしながら、その他にも考慮すべきノイズがある。例えば、ホワイトノイズ、フリッカノイズ、およびランダムウォークノイズなどがある。

[0334] 図35は、ホワイトノイズ、フリッカノイズ、およびランダムウォークノイズの時系列の波形の一例を示したものである。

[0335] 尚、図35においては、図中上から順に波形 W_{wt} , W_{ft} , W_{rt} が、それぞれ時系列に計測される角速度におけるホワイトノイズ、フリッカノイズ、およびランダムウォークノイズの影響を示している。

[0336] また、図36で示されるように、ホワイトノイズは、全周波数帯域において一定であるが、フリッカノイズ、およびランダムウォークノイズは、いずれも低周波成分が多いことが示されている。

[0337] 尚、図36においては、縦軸が強度であり、横軸が周波数であり、波形 W_{wf} がホワイトノイズの波形であり、波形 W_{ff} がフリッカノイズの波形であり、波形 W_{rf} が、ランダムウォークノイズの波形である。

[0338] さらに、図37で示されるように、アラン分散によれば、バイアス安定点は、フリッカノイズが律則となり、ノイズフィルタなどを用いてもフリッカノイズの分散の下限値を下回ることがないことが示されている。

[0339] 尚、図37においては、アラン分散を示しており、横軸が時間窓の幅であり、縦軸が分散である。また、図37においては、波形 W_a がIMU201のア

ラン分散であり、波形Ww aがホワイトノイズのアラン分散であり、波形Wf aがフリッカノイズのアラン分散であり、波形Wr aがランダムウォークノイズのアラン分散である。また、図37の波形においては、太線の矢印で示される左下部の領域に進むほど、ノイズに対して改善がなされていることを表している。

[0340] すなわち、フリッカノイズを抑制することで、アラン分散におけるノイズレベルの底を更に下げることが可能となる。

[0341] そこで、IMU201'により検出される角速度に含まれるフリッカノイズをキャンセルするような構成となるようにしてもよい。

[0342] <フリッカノイズをキャンセルできるようにしたマルチIMUの構成例>

図38は、フリッカノイズをキャンセルできるようにしたマルチIMU200の構成例である。

[0343] 尚、図38においては、マルチIMU200を構成する、同一のクラスタに分類されたIMU201'-1およびIMU201'-2により共用される読出回路213''、並びに合成演算部471''の構成が示されている。

[0344] また、図38のマルチIMU200のうち、図33のマルチIMU200と同一の機能を備えた構成については、同一の符号を付しており、その説明は省略するものとする。

[0345] すなわち、図38の構成において、図33の構成と異なる点は、読出回路213'、および合成演算部471'に代えて、読出回路213''、および合成演算部471''が設けられた点である。

[0346] 読出回路213''において、読出回路213'と異なる点は、端子512bの前段に差動反転部551が設けられた点である。

[0347] 差動反転部551は、IMU201'-2より供給される第2相の発振信号を反転させて、端子512bに出力する。

[0348] また、合成演算部471''において、合成演算部471'と異なる点は、クラスタ内合成部532に代えて、クラスタ内合成部532'が設けられ、その前段に反転部571が設けられた点である。

- [0349] 反転部571は、第2相の角速度の正負を反転してクラスタ内合成部532に出力する。
- [0350] 以上のような構成により、IMU201' - 2より出力される第2層の発振信号は、IMU201' - 1より出力される第1層の発振信号を逆移相に変換された状態で角速度が計算される。
- [0351] これにより、例えば、第1相で求められる角速度 x に対して、第2相で求められる角速度は、角速度 $-x$ にされる。
- [0352] フリッカノイズは、読出回路213において、 n として付加されると、第1層の角速度は、 $x+n$ として求められ、第2相の角速度は、 $-x+n$ として求められることになる。
- [0353] 第1相の角速度 $x+n$ は、遅延調整部531により遅延されてクラスタ内合成部532'に供給され、第2相の角速度 $-x+n$ は、反転部571により正負が反転されることにより、角速度 $x-n$ としてクラスタ内合成部532'に供給される。
- [0354] そこで、クラスタ内合成部532'は、第1相の角速度 $x+n$ と、第2相の角速度が反転された角速度 $x-n$ とが加算されて平均値として合成されることにより、フリッカノイズ成分 n をキャンセルすることが可能となる。
- [0355] <図38のマルチIMUと合成演算部による角速度検出処理>
次に、図39のフローチャートを参照して、図38のマルチIMU200と合成演算部471'による角速度検出処理について説明する。
- [0356] ステップS231において、同一クラスタ内における第1相のIMU201'による角速度が測定される。
- [0357] ステップS232において、合成演算部471'の遅延調整部531は、供給されてきた第1相の角速度を一時的に記憶して、第2相の角速度が供給されるまで遅延させる。
- [0358] ステップS233において、差動反転部551は、同一クラスタ内における第2相のIMU201'からの発振信号を差動反転させて出力する。
- [0359] ステップS234において、同一クラスタ内における第2相のIMU201'

による角速度が測定される。

- [0360] ステップS 2 3 5において、合成演算部4 7 1' 'の反転部5 7 1は、第2相のIMU 2 0 1'の角速度の正負を反転して、クラスタ内合成部5 3 2に出力する。
- [0361] ステップS 2 3 6において、クラスタ内合成部5 3 2'は、遅延調整部5 3 1より供給される第1層の角速度と、反転部5 7 1より供給される、正負を反転した第2相の角速度とを取得し、双方を加算することによりフリッカノイズをキャンセルするように、クラスタ内の角速度の平均を求めることによりクラスタ内で合成して、リサンプラ4 8 1に出力する。
- [0362] ステップS 2 3 7において、リサンプラ4 8 1は、クラスタ単位の角速度を取得して、クラスタ単位のサンプリング周波数を揃えて、干渉除去部4 8 2に出力する。
- [0363] ステップS 2 3 8において、干渉除去部4 8 2は、リサンプラ4 8 1より供給される角速度の情報について、干渉による影響を除去して合成部4 8 3に出力する。
- [0364] ステップS 2 3 9において、合成部4 8 3は、干渉除去部4 8 2より供給されてきたクラスタ単位の角速度の情報を合成し、1つの検出値として出力する。
- [0365] 以上の処理により、フリッカノイズをキャンセルしながら、高精度に角速度を検出することが可能となる。
- [0366] 図4 0で示されるように、IMU単体での通常のアラン分散が波形W aで示されるような波形であるのに対して、例えば、温度補償により波形W s aにまでアラン分散が改善することが知られており、さらに、複数のIMUを用いてマルチIMUを構成することで、波形W m aまで改善することが知られている。
- [0367] しかしながら、上述したフリッカノイズを低減させるようにした図3 8で示されるようなマルチIMU 2 0 0を用いることで、例えば、図4 0における波形W f eにより示されるまでアラン分散におけるノイズレベルの底を更に下げることが可能となり、よりホワイトノイズの特性に近い分散の特性にする

ことが可能となる。

[0368] << 16. 第3の実施の形態の第1の変形例 >>

以上においては、同一クラスタにおける時分割数が2個である場合の例について説明してきたが、それ以上の時分割数であってもよい。

[0369] 例えば、時分割数が4個である場合、マルチIMU200は、図41で示されるような構成とされる。

[0370] 図41のマルチIMU200においては、IMU201' - 1乃至201' - 4が、同一クラスタであり、このうち、IMU201' - 1が同期マスタ装置に設定され、IMU201' - 2乃至201' - 4が、同期スレーブ装置に設定されている場合の構成である。すなわち、この場合、第1相乃至第4相までの角速度が求められることになる。

[0371] 図38における時分割数が2個であるときのマルチIMU200と異なる点は、読出回路213' ' および合成演算部471' ' に代えて、読出回路213' ' ' および合成演算部471' ' ' が設けられた点である。

[0372] また、読出回路213' ' において、読出回路213' と異なる点は、スイッチ511, 512に代えて、スイッチ511', 512' が設けられ、差動反転部551に代えて、差動反転部551-1, 551-2が設けられた点である。

[0373] スイッチ511', 512' は、機能において、スイッチ511, 512と基本的に同様であるが、時分割数に応じた端子数とされている点で異なる。

[0374] すなわち、スイッチ511' は、端子511' a乃至511' dが設けられており、第1相乃至第4相の角速度が求められるとき、対応して切り替えて接続される。

[0375] 同様に、スイッチ512' は、端子512' a乃至512' dが設けられており、第1相乃至第4相の角速度が求められるとき、対応して切り替えて接続される。

[0376] 差動反転部551-1, 551-2は、基本的に、図38の差動反転部5

5 1 と同様の機能である。すなわち、差動反転部 5 5 1 - 1 は、第 2 相の IMU 2 0 1' - 2 より供給される発振信号を差動反転してスイッチ 5 1 2' の端子 5 1 2' b に出力する。また、差動反転部 5 5 1 - 2 は、第 4 相の IMU 2 0 1' - 4 より供給される発振信号を差動反転してスイッチ 5 1 2' の端子 5 1 2' d に出力する。

[0377] 合成演算部 4 7 1' ' ' において、合成演算部 4 7 1' ' と異なる点は、遅延調整部 5 3 1 に代えて、遅延調整部 5 3 1 - 1, 5 3 1 - 2 が設けられ、反転部 5 7 1 に代えて、反転部 5 7 1 - 1, 5 7 1 - 2 が設けられ、クラスタ内合成部 5 3 2' に代えて、クラスタ内合成部 5 3 2' ' を設けている点である。

[0378] 遅延調整部 5 3 1 - 1, 5 3 1 - 2 は、いずれも遅延調整部 5 3 1 と同様の機能を備えており、遅延調整部 5 3 1 - 1 が、第 1 相の角速度を第 2 相の角速度が供給されるまで一時的に記憶してクラスタ内合成部 5 3 2' に出力し、遅延調整部 5 3 1 - 2 が、第 3 相の角速度を第 4 相の角速度が供給されるまで一時的に記憶してクラスタ内合成部 5 3 2' に出力する。

[0379] 反転部 5 7 1 - 1 は、第 2 相の角速度の正負を反転してクラスタ内合成部 5 3 2' に出力し、反転部 5 7 1 - 2 は、第 4 相の角速度の正負を反転してクラスタ内合成部 5 3 2' に出力する。

[0380] 以上のような構成により、IMU 2 0 1' - 2, 2 0 1' - 4 より出力される第 2 相および第 4 相の発振信号は、IMU 2 0 1' - 1, 2 0 1' - 3 より出力される第 1 層および第 3 相の発振信号を逆移相に変換された状態で角速度が計算される。

[0381] そして、反転部 5 7 1 - 1, 5 7 1 - 2 により正負が反転されることにより、第 2 相および第 4 相の角速度がクラスタ内合成部 5 3 2 に供給される。

[0382] クラスタ内合成部 5 3 2' ' は、第 1 相および第 3 相の角速度と、第 2 相および第 4 相の反転された角速度とが加算されて平均値として合成されることにより、フリッカノイズ成分 n をキャンセルすることが可能となる。

[0383] << 1 7. 第 4 の実施の形態 >>

<IMUの機械的な構造>

以上においては、複数のIMU 201や201' について、電氣的な制御により、駆動周波数を同期して駆動することで、うなりに起因する誤差の発生を抑制し、角速度を高精度に検出する技術について説明してきた。

[0384] しかしながら、複数のIMU 201の電氣的な制御に加えて、さらに、機械的な構造により、さらに、うなりに起因する誤差の発生を抑制し、角速度をより高精度に検出するようにしてもよい。

[0385] そこで、まず、図42を参照して、IMU 201の機械的な構成である振動子211について説明する。

[0386] 図42の振動子211は、プルーフマス601、可動駆動部602、固定駆動部603、接続部604、および検出電極605より構成される。

[0387] プルーフマス601は、矩形状の重りであり、軸Axを回転軸として矢印R方向に回転されると共にY軸方向に振動される。

[0388] 図中の矩形状のプルーフマス601のY軸方向の両側面には、Y軸方向に振動させるための可動駆動部602が設けられている。可動駆動部602と対向する位置には固定駆動部603が設けられている。

[0389] 可動駆動部602は、プルーフマス601に対して反対側に向かって楕状に形成された電極からなり、プルーフマス601に対して固定された状態で構成される固定駆動部603に対して可動可能な構成である。

[0390] 固定駆動部603は、プルーフマス601に対向する方向、すなわち、可動駆動部602の楕状の電極に対して対向する方向に向かって楕状に形成された電極からなり、接続部604に対して固定された状態で形成される。可動駆動部602と、固定駆動部603とは、相互の楕状の電極部位が、かみ合うようにして対向して設けられることにより、双方の電極間の空間において静電容量が形成される。

[0391] このような構成により、固定駆動部603の電極に対して、ドライブ回路ブロック231より供給される所定の駆動周波数からなる発振信号が供給されることにより、可動駆動部602および固定駆動部603の電極間の静電

容量が駆動周波数に応じて変化し、可動駆動部602が、固定駆動部603に対して周期的にY軸方向に変化して往復運動することにより、所定の駆動周波数でプルーフマス601をY軸方向に振動させる。

[0392] プルーフマス601は、接続部601aにより、プルーフマス601を取り囲む矩形状のフレームからなる接続部604と接続されている。

[0393] 接続部604の矩形状のフレームにおけるX軸方向の両側面には、樹形状に形成される板状の電極604aが設けられている。

[0394] 樹形状に形成される板状の電極604aに対して、非接触ながら、電極604aを取り囲み、かつ、噛み合うように形成された板状の検出電極605が形成されており、電極604aと検出電極605間においては、静電容量が形成される。

[0395] プルーフマス601は、軸Axを中心として矢印R方向に回転し、かつ、Y軸方向に所定の駆動周波数で振動している。

[0396] すなわち、図43で示されるように、プルーフマス601の動きだけを示すと、矢印R方向に回転し、かつ、Y軸方向に対して所定の駆動周波数で振動するとき、例えば、図43の点線の矢印で示されるような外部からの力が加えられると、X軸方向に対して矢印fcで示されるようなコリオリ力が発生する。

[0397] すなわち、図42で示されるプルーフマス601にコリオリ力が掛かると、X軸方向に変異が発生することで、プルーフマス601に係るコリオリ力が接続部601aを介して、矩形状のフレームからなる接続部604に伝達される。

[0398] すると、接続部604の電極604aと、検出電極605との電極間距離に変化が生じることにより、電極間に形成された静電容量に変化が生じる。

[0399] すなわち、接続部604の電極604aと検出電極65との電極間の静電容量の変化を測定することにより、コリオリ力を測定することが可能となる。

[0400] したがって、上述した振動子211よりセンス回路ブロック232に供給

される振動信号は、この接続部604の電極604aと検出電極65との電極間の静電容量の変化を示す信号である。

[0401] 図42, 図43を参照して説明したように、プルーフマス601が、矢印R方向に回転し、かつ、Y軸方向への所定の駆動周波数での往復振動することで、外力が加えられたときに検出されるコリオリ力に基づいて角速度、および加速度が検出されている。

[0402] したがって、IMU201が高精度に角速度や加速度を検出する上で、プルーフマス601が安定的に回転し、かつ、振動していることは大きな条件となる。

[0403] しかしながら、マルチIMU200は、移動体に搭載されることが想定されていることから、動作環境は、プルーフマス601を安定的に回転し、かつ、振動させられる環境とは限らない。

[0404] 例えば、移動中に何らかの障害物に衝突する、または障害物を乗り越えるといったシーンが多く発生することが予想され、強い衝撃が意図せず掛かってしまうような環境も想定される。

[0405] 所定の強度を超えるような強い衝撃がIMU201に加えられると、上述したプルーフマス601を安定的に回転し、かつ、振動させることができない環境においては、振動周波数が変化し、うなりを誘発させ、結果として、検出精度を低下させることが予想される。

[0406] <X軸方向に対する衝撃対策がなされたマルチIMU>

そこで、複数のIMU201の振動方向を工夫することにより、衝撃をキャンセルできるようにすることが考えられる。

[0407] 図44は、X軸方向の4個のIMU201の振動方向を工夫することで、X軸方向に対する衝撃をキャンセルできるようにした4個のIMU201からなるIMUユニット610の上面からの配置図である。

[0408] 図44のIMUユニット610は、4個のIMU201-101乃至IMU201-104から構成されている。

[0409] IMUユニット610において、IMU201-101の図中右側には、IMU20

1-102が設けられており、図中下側にはIMU201-103が設けられており、図中右下側にはIMU201-104が設けられている。

- [0410] IMU201-101とIMU201-102とは、連結梁611-1で接続されており、連結梁611-1は、IMU201-101とIMU201-102との変位をX軸方向に対して逆位相に変位させる。
- [0411] より詳細には、連結梁611-1は、図中のひし形状の4つのフレームからなる駆動機構であり、4つの角部611a-1, 611a-2, 611b-1, 611b-2がいずれも回動可能な構成とされ、このうち、IMU201-101に接する角部611a-1と、IMU201-102に接する角部611a-2とが、それぞれIMU201-101およびIMU201-102に接続されている。
- [0412] 以降において、IMU201-101およびIMU201-102に接続されている角部を接続角部611a-1, 611a-2と称し、それ以外の2つの角部を非接続角部611b-1, 611b-2と称する。
- [0413] すなわち、接続角部611a-1, 611a-2に接続されたフレームのなす角が広がるように開き、非接続角部611b-1, 611b-2に接続されたフレームのなす角が狭くなるように閉じることにより、IMU201-101およびIMU201-102は、相互の距離が近づくように駆動する。
- [0414] また、逆に、接続角部611a-1, 611a-2に接続されたフレームのなす角が狭くなるように閉じて、非接続角部611b-1, 611b-2に接続されたフレームのなす角が広がるように開くことにより、IMU201-101およびIMU201-102は、相互の距離が離れるように駆動する。
- [0415] このような接続角部611a-1, 611a-2、および非接続角部611b-1, 611b-2の駆動機構により、連結梁611-1は、IMU201-101が、X軸に対して負方向（図中左方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-101, 201-102間の距離が離れるように、IMU201-102をX軸に対して正方向（図中右方向）に所定の距離だけ移動させる。逆に、連結梁611-1は、IMU201-101が、X軸に対して正方

向（図中右方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-101、201-102間の距離が近づくようにIMU201-102を、X軸に対して負方向（図中左方向）に所定の距離だけ移動させる。

[0416] 尚、連結梁611-1は、IMU201-101とIMU201-102とを、相互にX軸方向に対して逆位相に変位させるものであり、IMU201-101とIMU201-102との間に主従はない。

[0417] IMU201-103とIMU201-104とは、連結梁611-2で接続されており、連結梁611-2は、IMU201-103とIMU201-104との変位をX軸方向に対して逆位相に変位させる。尚、連結梁611-2の駆動機構は、連結梁611-1の駆動機構と同様であるので、詳細な図示と説明は省略する。

[0418] すなわち、連結梁611-2は、IMU201-103が、X軸に対して正方向（図中右方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-103、201-104間の距離が近づくようにIMU201-104を、X軸に対して負方向（図中左方向）に所定の距離だけ移動させる。逆に、連結梁611-2は、IMU201-103が、X軸に対して負方向（図中左方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-103、201-104間の距離が離れるようにIMU201-104を、X軸に対して正方向（図中右方向）に所定の距離だけ移動させる。

[0419] 尚、連結梁611-2は、IMU201-103とIMU201-104とを、相互にX軸方向に対して逆位相に変位させるものであり、IMU201-103とIMU201-104との間に主従はない。

[0420] IMU201-101とIMU201-103とは、連結梁612-1で接続されており、連結梁612-1は、IMU201-101とIMU201-103との変位をX軸方向に対して逆位相に変位させる。

[0421] より詳細には、連結梁612-1は、中心位置に回転軸612aが設けられており、端部612b-1、612b-2にそれぞれIMU201-101とIMU201-103とが回動可能な状態で接続されている。

- [0422] このため、連結梁612-1は、IMU201-101とIMU201-103とのX軸方向の動きに対応して、回転軸612aを中心としてシーソーのように駆動する。
- [0423] これにより、連結梁612-1は、IMU201-101が、X軸に対して正方向（図中右方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-103を、X軸に対して負方向（図中左方向）に所定の距離だけ移動させる。逆に、連結梁612-1は、IMU201-101が、X軸に対して負方向に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-103を、X軸に対して正方向に所定の距離だけ移動させる。
- [0424] 尚、連結梁612-1は、IMU201-101とIMU201-103とを、相互にX軸方向に対して逆位相に変位させるものであり、IMU201-101とIMU201-103との間に主従はない。
- [0425] IMU201-102とIMU201-104とは、連結梁612-2で接続されており、連結梁612-2は、IMU201-102とIMU201-104との変位をX軸方向に対して逆位相に変位させる。連結梁612-2の駆動機構は、連結梁612-1の駆動機構と同様である。
- [0426] すなわち、連結梁612-2は、IMU201-102が、X軸に対して正方向（図中右方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-104を、X軸に対して負方向（図中左方向）に所定の距離だけ移動させる。逆に、連結梁612-2は、IMU201-102が、X軸に対して負方向（図中左方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-104を、X軸に対して正方向（図中右方向）に所定の距離だけ移動させる。
- [0427] 尚、連結梁612-2は、IMU201-102とIMU201-104とを、相互にX軸方向に対して逆位相に変位させるものであり、IMU201-102とIMU201-104との間に主従はない。
- [0428] すなわち、図44のIMUユニット610においては、IMU201-101および201-104が、X軸方向に対して同位相で駆動し、IMU201-102および201-103が、X軸方向に対して同位相で駆動し、IMU201-

101および201-104と、IMU201-102および201-103とがX軸方向に対して逆位相で駆動する。

[0429] また、IMU201-101乃至201-104は、X軸方向に対して駆動方向は異なるものを含むが、第1の実施の形態乃至第3の実施の形態で説明してきたように、駆動周波数は同一に制御される。

[0430] そして、IMU201-101乃至201-104のうち、同位相で駆動するIMU201の検出結果同士が加算され、さらに、逆位相で駆動するIMU201の検出結果同士の差分を取って平均値などを求めるようにすることで、角速度および加速度を求める。

[0431] この結果、図中の右下部の矢印で示されるようなX軸方向の外乱衝撃に起因するX軸方向の衝撃成分が加えられるような状況が発生しても、X軸方向に逆位相で駆動するIMU201の検出結果との差分を取ることで、外乱衝撃に起因するX軸方向の衝撃成分については、キャンセルされることになるので、衝撃による影響を抑制することが可能となる。

[0432] <Y軸方向に対する衝撃対策がなされたマルチIMU>

X軸方向に対する衝撃対策と同様の手法でY軸方向に対する衝撃対策することが考えられる。

[0433] 図45は、Y軸方向の4個のIMU201の振動方向を工夫することで、X軸方向に対する衝撃をキャンセルできるようにした4個のIMU201からなるIMUユニット610の上面からの配置図である。

[0434] 図45におけるIMUユニット610についても、図44のIMUユニット610同様に、4個のIMU201-101乃至IMU201-104から構成されている。

[0435] IMU201-101とIMU201-102とは、連結梁631-1で接続されており、連結梁631-1は、IMU201-101とIMU201-102との変位をY軸方向に対して逆位相に変位させる。連結梁631-1の駆動機構は、図44の連結梁612-1と同様の駆動機構であるが、駆動方向がX軸方向からY軸方向とされている。

- [0436] すなわち、連結梁631-1は、端部631b-1に接続されたIMU201-101が、Y軸に対して正方向（図中上方向）に所定の距離だけ移動するとき、回転軸631aを中心としてシーソーのように駆動し、端部631b-2に接続されたIMU201-102を、Y軸に対して負方向（図中下方向）に所定の距離だけ移動させる。
- [0437] 逆に、連結梁631-1は、端部631b-1に接続されたIMU201-101が、Y軸に対して負方向（図中下方向）に所定の距離だけ移動するとき、回転軸631aを中心としてシーソーのように駆動し、端部631b-2に接続されたIMU201-102を、Y軸に対して正方向（図中上方向）に所定の距離だけ移動させる。
- [0438] 尚、連結梁631-1は、IMU201-101とIMU201-102とを、相互にY軸方向に対して逆位相に変位させるものであり、IMU201-101とIMU201-102との間に主従はない。
- [0439] IMU201-103とIMU201-104とは、連結梁631-2で接続されており、連結梁631-2は、IMU201-103とIMU201-104との変位をY軸方向に対して逆位相に変位させる。連結梁631-2の駆動機構は、連結梁632-1と同様の駆動機構である。
- [0440] すなわち、連結梁631-2は、IMU201-103が、Y軸に対して正方向（図中上方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-104を、Y軸に対して負方向（図中下方向）に所定の距離だけ移動させる。逆に、連結梁631-2は、IMU201-103が、Y軸に対して負方向（図中下方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-104を、Y軸に対して正方向（図中上方向）に所定の距離だけ移動させる。
- [0441] 尚、連結梁631-2は、IMU201-103とIMU201-104とを、相互にY軸方向に対して逆位相に変位させるものであり、IMU201-103とIMU201-104との間に主従はない。
- [0442] IMU201-101とIMU201-103とは、連結梁632-1で接続されており、連結梁632-1は、IMU201-101とIMU201-103と

の変位をY軸方向に対して逆位相に変位させる。連結梁632-1の駆動機構は、図44の連結梁611-1の駆動機構と同様であるが、駆動方向がX軸方向からY軸方向とされている。

[0443] すなわち、連結梁632-1は、IMU201-101が、Y軸に対して正方向（図中上方向）に所定の距離だけ移動するとき、接続角部632a-1，632a-2に接続されたフレームのなす角が狭くなるように閉じて、非接続角部632b-1，632b-2に接続されたフレームのなす角が広がるように開くことにより、IMU201-101およびIMU201-103は、相互の距離が離れるように駆動し、IMU201-103を、Y軸に対して負方向（図中下方向）に所定の距離だけ移動させる。

[0444] 逆に、連結梁632-1は、IMU201-101が、Y軸に対して負方向（図中下方向）に所定の距離だけ移動するとき、接続角部632a-1，632a-2に接続されたフレームのなす角が広がるように開いて、非接続角部632b-1，632b-2に接続されたフレームのなす角が狭くなるように閉じることにより、IMU201-101およびIMU201-103は、相互の距離が近づくように駆動し、IMU201-103を、Y軸に対して正方向（図中上方向）に所定の距離だけ移動させる。

[0445] 尚、連結梁632-1は、IMU201-101とIMU201-103とを、相互にY軸方向に対して逆位相に変位させるものであり、IMU201-101とIMU201-103との間に主従はない。

[0446] IMU201-102とIMU201-104とは、連結梁632-2で接続されており、連結梁632-2は、IMU201-102とIMU201-104との変位をY軸方向に対して逆位相に変位させる。連結梁632-2の駆動機構は、図44の連結梁632-1の駆動機構と同様である。

[0447] すなわち、連結梁632-2は、IMU201-102が、Y軸に対して正方向（図中上方向）に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-104を、Y軸に対して負方向（図中下方向）に所定の距離だけ移動させる。逆に、連結梁632-2は、IMU201-102が、Y軸に対して負方向（図中下方向）

に所定の距離だけ移動するとき、IMU201-104を、Y軸に対して正方向（図中上方向）に所定の距離だけ移動させる。

- [0448] 尚、連結梁632-2は、IMU201-102とIMU201-104とを、相互にY軸方向に対して逆位相に変位させるものであり、IMU201-102とIMU201-104との間に主従はない。
- [0449] すなわち、図45のIMUユニット610においては、IMU201-101および201-104が、Y軸方向に対して同位相で駆動し、IMU201-102および201-103が、Y軸方向に対して同位相で駆動し、IMU201-101および201-104と、IMU201-102および201-103とがY軸方向に対して逆位相で駆動する。
- [0450] また、IMU201-101乃至201-104は、Y軸方向に対して駆動方向は異なるものを含むが、第1の実施の形態乃至第3の実施の形態で説明してきたように、駆動周波数は同一に制御される。
- [0451] そして、IMU201-101乃至201-104のうち、同位相で駆動するIMU201の検出結果同士が加算され、さらに、逆位相で駆動するIMU201の検出結果同士の差分を取って平均値などを求めるようにすることで、角速度および加速度を求める。
- [0452] この結果、図中右下部の矢印で示されるようなY軸方向の外乱衝撃に起因するY軸方向に衝撃成分が加えられるような状況が発生しても、Y軸方向に逆位相で駆動するIMU201の検出との差分を取ることで、外乱衝撃に起因するY軸方向の衝撃成分については、キャンセルされることになるので、衝撃による影響を抑制することが可能となる。
- [0453] 尚、図44、図45は、同一のIMUユニット610についてのX軸方向の駆動機構と、Y軸方向の駆動機構とを個別に分けて説明しているが、いずれもIMUユニット610に備えられている駆動機構である。
- [0454] すなわち、図44、図45を参照して説明したように、IMUユニット610は、X軸方向、およびY軸方向のいずれからの衝撃が加えられることがあっても、検出結果の差分を用いるため、X軸方向、およびY軸方向について、

衝撃成分がキャンセルされるので、加速度、および角速度の高精度な計測を実現することが可能となる。

[0455] <図44, 図45のIMUユニットを備えたマルチIMUの構成例>

次に、図46を参照して、図44, 図45のIMUユニット610を備えたマルチIMU200の構成例について説明する。

[0456] 図46のマルチIMU200は、IMUユニット610、IMUユニット610のIMU201-101乃至201-104の出力のうち、X軸に対して正方向および負方向の出力と、Y軸に対して正方向および負方向の出力とを受け付けて信号処理を実行する信号処理部651を備えている。

[0457] 信号処理部651は、演算部661, 662を備えており、IMU201-101乃至201-104からのX軸に対して正方向および負方向の出力と、Y軸に対して正方向および負方向の出力とを受け付けて信号処理を実行する。

[0458] より詳細には、演算部661は、IMUユニット610の出力のうち、X軸方向の正方向の出力(X軸出力+)と、X軸方向の負方向の出力(X軸出力-)とを受け付けて、相互の差分をとるように演算することで、すなわち、コリオリ力は逆相、衝撃成分は同相で働くため、差分をとることで、衝撃成分をキャンセルしてX軸のコリオリ力を出力する。

[0459] すなわち、演算部661は、IMU201-101および201-104の検出出力の和と、IMU201-102および201-103の検出出力の和との差分を2で除することで4個のIMU201の検出結果の平均値を求めることでX軸方向の衝撃成分があっても適切にキャンセルさせることが可能となる。

[0460] 演算部662は、IMUユニット610の出力のうち、Y軸方向の正方向の出力(Y軸出力+)と、Y軸方向の負方向の出力(Y軸出力-)とを受け付けて、相互の差分をとるように演算することで、すなわち、コリオリ力は逆相、衝撃成分は同相で働くため、差分をとることで、衝撃成分をキャンセルしてY軸のコリオリ力を出力する。

[0461] すなわち、演算部662は、IMU201-101および201-104の検

出出力の和と、IMU201-102および201-103の検出出力の和との差分を2で除することで4個のIMU201の検出結果の平均値を求めることでY軸方向の衝撃成分があっても適切にキャンセルさせることが可能となる。

[0462] 尚、図46においては、X軸方向の駆動機構を示したIMUユニット610を特に、IMUユニット610Xと表記し、Y軸方向の駆動機構を示したIMUユニット610を特に、IMUユニット610Yと表記しており、以降においても同様に表記する。また、上述したように、IMUユニット610は、4個のIMU201-101乃至IMU201-104から構成されている。

[0463] <図46のIMU200の信号処理>

次に、図47のフローチャートを参照して、図46のIMU200の信号処理について説明する。

[0464] ステップS301において、演算部661は、IMUユニット610の出力のうち、X軸方向の正方向の出力（X軸出力+）と、X軸方向の負方向の出力（X軸出力-）を受け付けて、相互の差分より平均値を求めて、X軸のコリオリ力として出力する。

[0465] より詳細には、演算部661は、例えば、IMU201-101および201-104の検出出力の和と、IMU201-102および201-103の検出出力の和との差分を2で除することで4個のIMU201の検出結果の平均値を、X軸方向の衝撃成分がキャンセルされたコリオリ出力として求める。

[0466] ステップS302において、演算部662は、IMUユニット610の出力のうち、Y軸方向の正方向の出力（Y軸出力+）と、Y軸方向の負方向の出力（Y軸出力-）を受け付けて、相互の差分を求めて平均値を求めて、Y軸のコリオリ力として出力する。

[0467] より詳細には、演算部662は、例えば、IMU201-101および201-104の検出出力の和と、IMU201-102および201-103の検出出力の和との差分を2で除することで4個のIMU201の検出結果の平均値を、Y軸方向の衝撃成分がキャンセルされたY軸方向のコリオリ出力として求める。

[0468] 以上の処理により、X軸方向、およびY軸方向の双方向において、IMU201-101および201-104の検出出力と、IMU201-102および201-103の検出出力との差分を用いた演算によりX軸方向およびY軸方向のいずれの衝撃成分があっても適切にキャンセルさせることが可能となる。

[0469] <<18. 第4の実施の形態の第1の変形例>>

<複数のIMUユニットを用いたX軸方向に対する衝撃対策>

以上においては、4個のIMU201によりIMUユニット610を構成して、マルチIMU200を実現する例について説明してきたが、IMUユニット610を単位としてIMU201を増やしたマルチIMU200を実現するようにしてもよい。

[0470] 図48は、4個のIMUユニット610を2×2に配置するようにしてIMUブロック610Bを構成するようにしたときのX軸方向の衝撃をキャンセルできるようにしたマルチIMU200の構成例である。

[0471] 図48のIMUブロック610Bは、IMUユニット610-1乃至610-4より構成されている。尚、図48のIMUブロック610Bにおいては、IMUユニット610-1乃至610-4のそれぞれのX軸方向の駆動機構を示しているため、図中において、IMUブロック610B、および、IMUユニット610-1乃至610-4は、それぞれIMUブロック610BX、およびIMUユニット610X-1乃至610X-4と表記されている。

[0472] すなわち、図48のIMUブロック610BXにおいては、それぞれ4個のIMU201を備えたIMUユニット610が4ユニット設けられているため、水平方向×垂直方向にそれぞれ4個ずつの合計16個のIMU201より構成されている。

[0473] IMUユニット610X-1乃至610X-4のそれぞれを構成するIMU201のX軸方向の駆動機構は、いずれも図44を参照して説明した構成と同様である。

[0474] しかしながら、IMUユニット610X-1の左下のIMU201-103-

1と、610X-3の左上のIMU201-101-3とを接続する連結梁612E-1、および、IMUユニット610X-2の右下のIMU201-104-2と、610X-4の右上のIMU201-102-4とを接続する連結梁612E-2が新たに設けられる。

[0475] また、IMUユニット610X-1と、IMUユニット610X-2との接続部位には、双方の連結梁612に代えて、水平方向に隣接するIMU201同士を接続する連結梁611E-1、611E-2が上下に2個設けられており、IMUユニット610X-3と、IMUユニット610X-4との接続部位についても同様に連結梁611E-3、611E-4が設けられている。すなわち、図48のマルチIMU200においては、一点鎖線で囲まれた4個の連結梁611E-1乃至611E-4が新たに設けられる。

[0476] 連結梁612E-1は、図44の連結梁612-1と同様の駆動機構を備えており、連結梁612E-2は、図44の連結梁612-2と同様の駆動機構を備えている。

[0477] このため、図48のマルチIMU200を構成する水平方向×垂直方向にそれぞれ4個ずつの合計16個のIMU201は、いずれも同期した駆動周波数で駆動すると共に、それぞれが、水平方向および垂直方向に隣接するIMU201とはX軸方向に対して逆位相に駆動し、左斜め上方向、左斜め下方向、右斜め上方向、および右斜め下方向のそれぞれに隣接するIMU201とはX軸方向に対して同位相に駆動する。

[0478] そして、マルチIMU200のIMUユニット610X-1乃至610X-4のそれぞれについて、構成するIMU201のうち、同位相で駆動するIMU201の検出結果同士を加算し、さらに、逆位相で駆動するIMU201の検出結果同士の差分を取って平均値などを求めるようにすることで、角速度および加速度を求める。

[0479] この結果、X軸方向に衝撃が加えられるような状況が発生しても、X軸方向に逆位相で駆動するIMU201の検出結果同士の差分を取ることで、X軸方向の衝撃成分については、キャンセルされることになるので、衝撃による影

響を抑制することが可能となる。

[0480] また、図48のマルチIMU200においては、図44のマルチIMU200に対して使用するIMU201の数を増やしている分だけ、より高精度に角速度および加速度を検出することが可能となる。

[0481] <複数のIMUユニットを用いたY軸方向に対する衝撃対策>

図49は、4個のIMUユニット610を2×2に配置するようにしたときのY軸方向の衝撃をキャンセルできるようにしたIMUブロック610Bの構成例である。

[0482] 図49のIMUブロック610Bは、IMUユニット610-1乃至610-4より構成されている。尚、図49においては、IMUユニット610-1乃至610-4のそれぞれのY軸方向の駆動機構を示しているため、図中において、IMUブロック610B、およびIMUユニット610-1乃至610-4は、それぞれIMUブロック610BY、およびIMUユニット610Y-1乃至610Y-4と表記されている。

[0483] すなわち、図49のIMUブロック610BYにおいては、それぞれ4個のIMU201を備えたIMUユニット610が4ユニット設けられているため、水平方向×垂直方向にそれぞれ4個ずつの合計16個のIMU201より構成されている。

[0484] IMUユニット610Y-1乃至610Y-4のそれぞれを構成するIMU201のY軸方向の駆動機構は、いずれも図45を参照して説明した構成と同様である。

[0485] しかしながら、IMUユニット610Y-1の右上のIMU201-102-1と、610Y-2の左上のIMU201-101-2とを接続する連結梁631E-1、および、IMUユニット610Y-3の右下のIMU201-103-3と、610Y-4の左下のIMU201とを接続する連結梁631E-2が新たに設けられる。

[0486] また、IMUユニット610Y-1と、IMUユニット610Y-3との接続部位には、双方の連結梁631に代えて、垂直方向に隣接するIMU201同士を

接続する連結梁632E-1, 632E-2が設けられており、IMUユニット610Y-2と、IMUユニット610Y-4との接続部位についても連結梁632E-3, 632E-4が設けられている。すなわち、一点鎖線で囲まれた4個の連結梁632E-1乃至632E-4が新たに設けられる。

[0487] 連結梁631E-1は、図45の連結梁631-1と同様の駆動機構を備えており、連結梁631E-2は、図45の連結梁631-2と同様の駆動機構を備えている。

[0488] このため、図49のIMUブロック610BYを構成する水平方向×垂直方向にそれぞれ4個ずつの合計16個のIMU201は、いずれも同期した駆動周波数で駆動すると共に、それぞれが、水平方向および垂直方向に隣接するIMU201とはY軸方向に対して逆位相に駆動し、左斜め上方向、左斜め下方向、右斜め上方向、および右斜め下方向のそれぞれに隣接するIMU201とはY軸方向に対して同位相に駆動する。

[0489] そして、マルチIMU200のIMUユニット610Y-1乃至610Y-4のそれぞれについて、構成するIMU201のうち、同位相で駆動するIMU201の検出結果同士を加算し、さらに、逆位相で駆動するIMU201の検出結果同士の差分を取って平均値などを求めるようにすることで、角速度および加速度を求める。

[0490] この結果、Y軸方向に衝撃が加えられるような状況が発生しても、Y軸方向に逆位相で駆動するIMU201の検出結果同士の差分を取ることで、Y軸方向の衝撃成分については、キャンセルされることになるので、衝撃による影響を抑制することが可能となる。

[0491] また、図49のマルチIMU200においては、図45のマルチIMU200に対して使用するIMU201の数を増やしている分だけ、より高精度に角速度および加速度を検出することが可能となる。

[0492] 尚、図48, 図49のマルチIMU200における信号処理については、IMUユニット610毎に、図46の信号処理部651を設けて、図47のフローチャートを参照して説明した信号処理により実現することが可能である。

[0493] このため、図48、図49のマルチIMU200による信号処理について説明を省略する。

[0494] <<19. 第4の実施の形態の第2の変形例>>

以上においては、IMUユニット610を4個設けるようにして、それぞれのIMUユニット610の信号処理結果を用いてマルチIMU200を実現する例について説明してきたが、4個のIMUユニット610のそれぞれの検出結果をチャンネルで切り替えて出力することにより、時分割処理するようにしてもよい。

[0495] 図50は、4個のIMUユニット610のそれぞれの検出結果を4チャンネルの出力信号として時分割処理するようにしたマルチIMU200の構成例を示している。

[0496] 図50のマルチIMU200は、IMUブロック610B、信号処理部671、および切替部672より構成される。

[0497] IMUブロック610Bの駆動機構は、IMUブロック610BXで示されるX軸方向の駆動機構と、IMUブロック610BYで示されるY軸方向の駆動機構とからなる。

[0498] IMUブロック610BXは、図48で示されるように、IMUユニット610X-101乃至610X-4から構成されている。

[0499] また、IMUユニット610X-1乃至610X-4のそれぞれは、検出出力を1乃至4チャンネルの信号として出力する。

[0500] すなわち、IMUユニット610X-1は、チャンネル1(ch1)としてX軸方向の正方向の出力(X軸出力ch1+)と、X軸方向の負方向の出力(X軸出力ch1-)とを出力する。

[0501] IMUユニット610X-2は、チャンネル2(ch2)としてX軸方向の正方向の出力(X軸出力ch2+)と、X軸方向の負方向の出力(X軸出力ch2-)とを出力する。

[0502] IMUユニット610X-3は、チャンネル3(ch3)としてX軸方向の正方向の出力(X軸出力ch3+)と、X軸方向の負方向の出力(X軸出力ch3-)とを出力する。

とを出力する。

- [0503] IMUユニット610X-4は、チャンネル4 (ch4) としてX軸方向の正方向の出力 (X軸出力ch4+) と、X軸方向の負方向の出力 (X軸出力ch4-) とを出力する。
- [0504] IMUブロック610BYは、図49で示されるように、IMUユニット610Y-1乃至610Y-4から構成されている。
- [0505] IMUユニット610Y-1乃至610Y-4のそれぞれは、検出出力を1乃至4チャンネルの信号として出力する。
- [0506] すなわち、図示しないが、IMUユニット610Y-1は、チャンネル1 (ch1) としてY軸方向の正方向の出力 (Y軸出力ch1+) と、Y軸方向の負方向の出力 (Y軸出力ch1-) とを信号処理部671に出力する。
- [0507] IMUユニット610Y-2は、チャンネル2 (ch2) としてY軸方向の正方向の出力 (Y軸出力ch2+) と、Y軸方向の負方向の出力 (Y軸出力ch2-) とを信号処理部671に出力する。
- [0508] IMUユニット610Y-3は、チャンネル3 (ch3) としてY軸方向の正方向の出力 (Y軸出力ch3+) と、Y軸方向の負方向の出力 (Y軸出力ch3-) とを信号処理部671に出力する。
- [0509] IMUユニット610Y-4は、チャンネル4 (ch4) としてY軸方向の正方向の出力 (Y軸出力ch4+) と、Y軸方向の負方向の出力 (Y軸出力ch4-) とを信号処理部671に出力する。
- [0510] 信号処理部671は、演算部681-1乃至681-4を備えており、それぞれがIMUブロックBXからのX軸に対して正方向および負方向のチャンネル1乃至4の出力を受け付けて信号処理を実行する。
- [0511] より詳細には、演算部681-1は、IMUユニット610の出力のうち、チャンネル1 (ch1) のX軸方向の正方向の出力 (X軸出力ch1+) と、X軸方向の負方向の出力 (X軸出力ch1-) とを受け付けて、相互の差分を求めて平均値を求めて、X軸のコリオリ力 (ch1) として切替部672に出力する。
- [0512] 演算部681-2は、IMUユニット610の出力のうち、チャンネル2 (ch

- 2) のX軸方向の正方向の出力 (X軸出力ch2+) と、X軸方向の負方向の出力 (X軸出力ch2-) とを受け付けて、相互の差分を求めて平均値を求めて、X軸のコリオリ力 (ch2) として切替部672に出力する。
- [0513] 演算部681-3は、IMUユニット610の出力のうち、チャンネル3 (ch3) のX軸方向の正方向の出力 (X軸出力ch3+) と、X軸方向の負方向の出力 (X軸出力ch3-) とを受け付けて、相互の差分を求めて平均値を求めて、X軸のコリオリ力 (ch3) として切替部672に出力する。
- [0514] 演算部681-4は、IMUユニット610の出力のうち、チャンネル4 (ch4) のX軸方向の正方向の出力 (X軸出力ch4+) と、X軸方向の負方向の出力 (X軸出力ch4-) とを受け付けて、相互の差分を求めて平均値を求めて、X軸のコリオリ力 (ch4) として切替部672に出力する。
- [0515] 切替部672は、信号処理部671より供給される4チャンネルのX軸のコリオリ力を時分割で後段に出力する。
- [0516] より詳細には、切替部672は、端子672a-1乃至672a-4、スイッチ672b、および制御部672cを備えている。
- [0517] 端子672a-1乃至672a-4は、それぞれ信号処理部671からのチャンネル1乃至4のX軸のコリオリ力の出力を受け付ける。
- [0518] スイッチ672bは、制御部672cにより制御され、端子672a-1乃至672a-4との接続が所定時間間隔で切り替えられて接続されることにより、4チャンネルのX軸のコリオリ力を時分割で後段に出力する。
- [0519] IMUブロック610BXより出力される4チャンネル分のX軸方向のコリオリ力を4回周期で順次切り替えて出力することが可能となるため、後段のX軸方向のコリオリ力を検波するために必要とされる構成を1/4に低減させることが可能となる。
- [0520] 尚、図示しないが、Y軸方向に対するIMUブロック610BYからのY軸方向の正方向の4チャンネルの出力と、Y軸方向の負方向の4チャンネルの出力とを受け付けて信号処理する信号処理部と、信号処理部の4チャンネル分のY軸方向のコリオリ力の出力を後段に時分割出力する切替部とも設けられ

ている。

[0521] <図50のマルチIMUによる信号処理>

次に、図51のフローチャートを参照して、図50のマルチIMUによる信号処理について説明する。

[0522] ステップS321において、切替部672の制御部672cは、チャンネルをカウントするカウンタnを1に初期化する。

[0523] ステップS322において、制御部672cは、カウンタnに基づいて、スイッチ672bを制御し、端子672b-nに接続する。

[0524] ステップS323において、信号処理部651の演算部681-1乃至681-4は、それぞれチャンネル1乃至4のX軸方向のコリオリ力を演算して、切替部672に出力する。

[0525] ステップS324において、切替部672は、スイッチ672bが接続されている端子672b-nを介して信号処理部671より供給されるチャンネルnのX軸方向のコリオリ力を後段に出力する。

[0526] ステップS325において、制御部672cは、カウンタnが4であるか否かを判定し、4ではない場合、処理は、ステップS326に進む。

[0527] ステップS326において、制御部672cは、カウンタnを1インクリメントして、処理は、ステップS322に戻る。

[0528] すなわち、カウンタnが4になるまで、順次チャンネルnを1ずつ切り替えて、対応するチャンネルのX軸方向のコリオリ力が切り替えられて後段に出力される。

[0529] そして、ステップS325において、カウンタnが4であるとみなされると処理は、ステップS327に進む。

[0530] ステップS327において、制御部672cは、処理の終了が指示されているか否かを判定し、終了が指示されていない場合、処理は、ステップS321に戻り、以降の処理が繰り返される。

[0531] すなわち、処理の終了が指示されるまで、チャンネルが1乃至4に切り替えられて、対応するチャンネルのX軸方向のコリオリ力が出力され続ける。

- [0532] そして、ステップS 3 2 7において、処理の終了が指示されると、処理は終了する。
- [0533] 以上の処理により、4チャンネルに分けられたIMUユニット6 1 0に対応するそれぞれのX軸方向のコリオリ力が順次切り替えられて後段に出力されることになるので、各チャンネルに対応する後段の検波に必要とされる構成を1 / 4に簡素化することが可能となる。
- [0534] 尚、Y軸方向のコリオリ力についても同様の処理がなされるが、軸方向が異なるのみであり、処理は基本的に同様であるので、その説明は省略する。
- [0535] <<2 0. 第4の実施の形態の第3の変形例>>
<Z軸方向に対する衝撃対策がさらになされたマルチIMU>
以上においては、X軸方向、およびY軸方向に対する衝撃対策がなされたマルチIMU 2 0 0の構成例について説明してきたが、さらに、Z軸方向に対する衝撃対策がなされる構成にしてもよい。
- [0536] 図5 2は、Z軸方向に対する衝撃をキャンセルできるようにしたマルチIMU 2 0 0のIMUブロック6 1 0 Bの構成を示している。
- [0537] 図5 2のIMUブロック6 1 0 Bは、IMUユニット6 1 0 - 1乃至6 1 0 - 4より構成されている。尚、図5 2のIMUブロック6 1 0 Bにおいては、IMUユニット6 1 0 - 1乃至6 1 0 - 4のそれぞれのZ軸方向の駆動機構を示しているため、図中において、IMUブロック6 1 0 B、および、IMUユニット6 1 0 - 1乃至6 1 0 - 4は、それぞれIMUブロック6 1 0 B Z、およびIMUユニット6 1 0 Z - 1乃至6 1 0 Z - 4と表記されている。
- [0538] すなわち、図5 2のIMUブロック6 1 0 B Zにおいては、それぞれ4個のIMU 2 0 1 - 1 0 1乃至1 0 4を備えたIMUユニット6 1 0 Z - 1乃至6 1 0 Z - 4からなる4ユニットが設けられているため、水平方向×垂直方向にそれぞれ4個ずつの合計1 6個のIMU 2 0 1より構成されている。
- [0539] より詳細には、図5 2においては、IMUユニット6 1 0 Z - 1は、IMU 2 0 1 - 1 0 1 - 1乃至IMU 2 0 1 - 1 0 4 - 1を備えており、IMUユニット6 1 0 Z - 2は、IMU 2 0 1 - 1 0 1 - 2乃至IMU 2 0 1 - 1 0 4 - 2を備えてお

り、IMUユニット610Z-3は、IMU201-101-3乃至IMU201-104-3を備えており、IMUユニット610Z-4は、IMU201-101-4乃至IMU201-104-4を備えている。

[0540] 図52のマルチIMU200を構成するIMUブロック610BZに含まれるIMU201は、それぞれZ軸方向について、図中の紙面をベース位置としたとき、所定の距離だけ紙面に対して前面に移動した位置と、所定の距離だけ紙面の背面に移動した位置との範囲で、所定の駆動周波数でZ軸方向に往復振動する。

[0541] 尚、図52の左上部においては、×印が付されたIMU201については、ベース位置である紙面に対して背面側に移動した状態を示しており、黒丸印が付されたIMU201については、ベース位置である紙面に対して前面側に移動した状態を示している。

[0542] また、図52の右上部は、左側がIMUブロック610BZのH2列目とH4列目について、図中右側のX軸方向から見た側面断面を示しており、右側がIMUブロック610BZのH1列目とH3列目について、図中右側のX軸方向から見た側面断面を示している。

[0543] さらに、図52の左下部は、上段がIMUブロック610BZのB行目とD行目を図中下側のY軸方向から見た側面断面を示しており、下段がIMUブロック610BZのA行目とC行目を図中下側のY軸方向から見た側面断面を示している。

[0544] ここで、図52の左上部のIMUブロック610BZを構成する16個のIMU201の図中の垂直方向の4行をA行目乃至D行目の4行で表現し、水平方向の4列をH1列目乃至H4列目で表現している。

[0545] すなわち、図52の左下部の下段で示されるように、A行目は、図中左からIMU201-101-1、IMU201-102-1、IMU201-101-2、IMU201-102-2で構成され、それぞれ連結梁701-1乃至701-3で接続されている。

[0546] 連結梁701-1は、フレームなどから構成され、中心軸701a-1が

ベース位置L bに固定されると共に、両端部701b-1-1, 701b-1-2のそれぞれに、隣接するIMU201-101-1, 201-102-1が接続される。

[0547] そして、連結梁701-1は、例えば、一方の端部701b-1-1に接続されたIMU201-101-1がZ軸方向に対して所定の距離だけ負方向（例えば、ベース位置L bである紙面に対して背面側（図52の左下部においては、図中の下方））に移動すると、中心軸701a-1を軸として回転し、他方の端部701b-1-2に接続されたIMU201-102-1をZ軸方向に対して所定の距離だけ正方向（例えば、ベース位置L bである紙面に対して前面側（図52の左下部においては、図中の上方））に移動させる。

[0548] 逆に、連結梁701-1は、例えば、一方の端部701b-1-1に接続されたIMU201-101-1がZ軸方向に対して所定の距離だけ正方向（例えば、ベース位置L bである紙面に対して前面側（図52の左下部においては、図中の上方））に移動すると、中心軸701a-1を軸として回転し、他方の端部701b-1-2に接続されたIMU201-102-1をZ軸方向に対して所定の距離だけ負方向（例えば、ベース位置L bである紙面に対して背面側（図52の左下部においては、図中の下方））に移動させる。

[0549] 連結梁701-2, 701-3についても同様の駆動機構とされている。このため、A行目を構成するIMU201-101-1, IMU201-102-1, IMU201-101-2, IMU201-102-2は、連結梁701-1乃至701-3の駆動機構により、IMU201-101-1およびIMU201-102-1がZ軸方向の正または負の方向に対して同期して同位相で駆動し、IMU201-101-2およびIMU201-102-2がZ軸方向の正または負の方向に対して同期して同位相で駆動する。

[0550] さらに、IMU201-101-1およびIMU201-102-1と、IMU201-101-2およびIMU201-102-2とは、Z軸方向に対して同期して逆位相となるように駆動する。

[0551] また、図52の右上部の右側で示されるように、H1列目を構成するIMU2

01-101-1, IMU201-103-1, IMU201-101-3, IMU201-103-3は、連結梁702-1乃至702-3で接続されている。

[0552] 連結梁702-1は、フレームなどから構成され、中心軸702a-1がベース位置Lbに固定されると共に、両端部702b-1-1, 702b-1-2のそれぞれに、隣接するIMU201-101-1, 201-103-1が接続される。

[0553] そして、連結梁702-1は、例えば、一方の端部702b-1-1に接続されたIMU201-101-1がZ軸方向に対して所定の距離だけ負方向（例えば、ベース位置Lbである紙面に対して背面側、すなわち、図52の右上部においてはベース位置Lbに対して右側）に移動すると、中心軸702a-1を軸として回転し、他方の端部702b-1-2に接続されたIMU201-103-1をZ軸方向に対して所定の距離だけ正方向（例えば、ベース位置Lbである紙面に対して前面側、すなわち、図52の右上部においては、ベース位置Lbに対して左側）に移動させる。

[0554] 逆に、連結梁702-1は、例えば、一方の端部702b-1-1に接続されたIMU201-101-1がZ軸方向に対して所定の距離だけ正方向（例えば、ベース位置Lbである紙面に対して前面側、すなわち、図52の右上部においてはベース位置Lbに対して右側）に移動すると、中心軸702a-1を軸として回転し、他方の端部702b-1-2に接続されたIMU201-103-1をZ軸方向に対して所定の距離だけ負方向（例えば、ベース位置Lbである紙面に対して背面側、すなわち、図52の右上部においては、ベース位置Lbに対して左側）に移動させる。

[0555] 連結梁702-2, 702-3についても同様の駆動機構とされている。このため、H1列目のIMU201-101-1, IMU201-103-1, IMU201-101-3, IMU201-103-3は、連結梁702-1乃至702-3の駆動機構により、IMU201-101-1およびIMU201-101-3がZ軸方向の正または負の方向に対して同期して駆動し、IMU201-103-1およびIMU201-103-3がZ軸方向の正または負の方向に対し

て同期して同位相で駆動する。

[0556] さらに、IMU201-101-1およびIMU201-101-3と、IMU201-103-1およびIMU201-103-3とは、Z軸方向に対して同期して逆位相となるように駆動する。

[0557] A行目乃至D行目のそれぞれを構成するIMU201についても、それぞれA行目のIMU201と同様の駆動機構により構成されている。このため、B行目およびD行目のIMU201については、図52の左下部の上段で示されるように、A行目のIMU201と、Z軸方向に対して逆位相で駆動し、C行目のIMU201は、図52の左下部の下段で示されるように、A行目のIMU201とZ軸方向に対して同位相で駆動する。

[0558] また、H1列目乃至H4列目のそれぞれを構成するIMUについても、それぞれH1列目のIMU201と同様の駆動機構により構成されている。このため、H2列目およびH4列目のIMU201については、図52の右上部の左側で示されるように、H1列目のIMU201と、Z軸方向に対して逆位相で駆動し、H3列目のIMU201は、図52の右上部の右側で示されるように、H1列目のIMU201と、Z軸方向に対して同位相で駆動する。

[0559] このような駆動構成により、IMUブロック610BZを構成するA行目乃至D行目にX軸方向に配置された隣接するIMU201は、Z軸方向にベース位置Lbを中心として交互に逆位相に駆動する。また、H1列目乃至H4列目にY軸方向に配置された隣接するIMU201は、Z軸方向にベース位置Lbを中心として交互に逆位相に駆動する。

[0560] 結果として、IMUブロック610BZを構成する各IMU201は、それぞれ垂直方向、および水平方向に隣接するIMU201とはZ軸方向に対して同期して逆位相に駆動し、左斜め上、左斜め下、右斜め上、および右斜め下に隣接するIMU201とはZ軸方向に対して同期して同位相に駆動する。

[0561] 図52は、IMU201-101-1がZ軸方向に対して所定の距離だけ負方向（例えば、ベース位置Lbである紙面に対して背面側、すなわち、図52の右上部においてはベース位置Lbに対して右側）に移動するときの各IMU2

01の駆動方向を示したものである。したがって、IMU201-101-1がZ軸方向に対して所定の距離だけ正方向（例えば、ベース位置Lbである紙面に対して前面側、すなわち、図52の右上部においてはベース位置Lbに対して左側）に移動するときは、図52の各IMU201のZ軸方向の駆動方向は逆方向に変化する。

[0562] <連結梁のバリエーション>

<IMUの側面に接続する例>

Z軸方向の衝撃をキャンセルするIMU201を構成するIMUブロック610BZにおける連結梁701, 702については、IMU201のどの位置に接続するかによりバリエーションが考えられる。

[0563] 例えば、図53で示されるように、IMU201-103-1, 201-104-1, 201-103-2, 201-104-2が連結梁701-201乃至701-203で接続されるように、各IMU201の側面中央部分と、連結梁701-201乃至701-203のそれぞれの端部とが接続されるようにしてもよい。

[0564] <IMUの中心位置で接続する例>

また、例えば、図54で示されるように、IMU201-103-1, 201-104-1, 201-103-2, 201-104-2が連結梁701-301乃至701-303で接続されるように、各IMU201の中心位置と、連結梁701-301乃至701-303のそれぞれの端部とが接続されるようにしてもよい。

[0565] この場合、連結梁701の駆動に係るIMU201本体との干渉を考慮する必要があるため、例えば、図54で示されるように、連結梁701の駆動に係る干渉を避けるため、IMU201を上面から見たときH型となるようにして、連結梁701の駆動に係る干渉を避けられるようにしてもよい。

[0566] 尚、Z軸方向のコリオリ力を求めるための信号処理については、図51のフローチャートを参照して説明したX軸方向のコリオリ力を求める信号処理と同様の処理であるので、その説明は省略する。

[0567] << 2 1. 第 4 の実施の形態の第 4 の変形例 >>

以上の信号処理においては、信号処理部 6 7 1 により信号処理がなされた後に、切替部 6 7 2 によりチャンネルが切り替えられる処理について説明してきたが、IMU ユニット 6 1 0 毎の出力チャンネルを切り替えた後に信号処理がなされるようにしてもよい。

[0568] 図 5 5 は、IMU ユニット 6 1 0 毎の出力チャンネルを切り替えた後に信号処理がなされるようにしたマルチ IMU 2 0 0 の構成例を示している。

[0569] 尚、図 5 5 のマルチ IMU 2 0 0 において、図 5 0 のマルチ IMU 2 0 0 における構成と同様の機能を備えた構成については、同一の符号を付しており、その説明は省略する。

[0570] 図 5 5 のマルチ IMU 2 0 0 において、図 5 0 のマルチ IMU 2 0 0 と異なる点は、信号処理部 6 7 1、および切替部 6 7 2 に代えて、切替部 7 3 1、7 3 2、および信号処理部 7 3 3 を備えた点である。

[0571] 切替部 7 3 1 は、端子 7 3 1 a - 1 乃至 7 3 1 a - 4、スイッチ 7 3 1 b、および制御部 7 3 1 c より構成されている。

[0572] 端子 7 3 1 a - 1 乃至 7 3 1 a - 4 は、それぞれ IMU ブロック 6 1 0 B X の IMU ユニット 6 1 0 X - 1 乃至 6 1 0 X - 4 の出力である、チャンネル 1 乃至 4 の X 軸方向の正方向のコリオリ力の出力を受け付ける。

[0573] スイッチ 7 3 1 b は、制御部 7 3 1 c により切替部 7 3 2 と同期して制御され、順次、端子 7 3 1 a - 1 乃至 7 3 1 a - 4 と切り替えて接続され、IMU ユニット 6 1 0 X - 1 乃至 6 1 0 X - 4 の出力である、チャンネル 1 乃至 4 の X 軸方向の正方向のコリオリ力の出力を信号処理部 7 3 3 に出力する。

[0574] 切替部 7 3 2 は、端子 7 3 2 a - 1 乃至 7 3 2 a - 4、スイッチ 7 3 2 b、および制御部 7 3 2 c より構成されている。

[0575] 端子 7 3 2 a - 1 乃至 7 3 2 a - 4 は、それぞれ IMU ブロック 6 1 0 B X の IMU ユニット 6 1 0 X - 1 乃至 6 1 0 X - 4 の出力である、チャンネル 1 乃至 4 の X 軸方向の負方向のコリオリ力の出力を受け付ける。

[0576] スイッチ 7 3 2 b は、制御部 7 3 2 c により切替部 7 3 1 と同期して制御

され、順次、端子732a-1乃至732a-4と切り替えて接続され、IMUユニット610X-1乃至610X-4の出力である、チャンネル1乃至4のX軸方向の負方向のコリオリ力の出力を信号処理部733に出力する。

[0577] 信号処理部733は、演算部741を備えており、演算部741を制御して、切替部731、732より同期してチャンネルが切り替えられて供給されるチャンネル1乃至4のX軸方向の正方向のコリオリ力と負方向のコリオリ力との差分に基づいて各チャンネルのコリオリ力を演算して出力する。

[0578] すなわち、切替部731、732においては、相互に同期してチャンネルが切り替えられるので、演算部741は、切替部731、732より順次チャンネルが切り替えられて供給されるX軸方向の正方向のコリオリ力と負方向のコリオリ力との差分に基づいて各チャンネルのコリオリ力を演算する。

[0579] 図55におけるマルチIMU200においては、チャンネルの切り替えがなされた後に、信号処理がなされて、チャンネルが切り替えられて正負のコリオリ力が演算されることにより、IMUブロック610BXより後段の演算処理に必要とされる構成を2個に簡素化することが可能になると共に、フリッカノイズを低減させることが可能となる。

[0580] 尚、図示しないが、図55におけるY軸方向のコリオリ力を求めるための切替部731、732、および信号処理部733に対応する構成も存在するが、その説明は省略する。

[0581] また、Z軸方向についての構成についても同様に設けるようにしてもよい。

[0582] <図55のマルチIMUによる信号処理>

次に、図56のフローチャートを参照して、図55のマルチIMUによる信号処理について説明する。

[0583] ステップS381において、切替部731、732の制御部731c、732cは、相互に同期して、チャンネルをカウントするカウンタnを1に初期化する。

[0584] ステップS382において、制御部731cは、カウンタnに基づいて、

- スイッチ731bを制御し、端子731a-nに接続する。
- [0585] ステップS383において、制御部732cは、カウンタnに基づいて、スイッチ732bを制御し、端子732a-nに接続する。
- [0586] ステップS384において、切替部731のスイッチ731bは、端子731a-nに供給されるチャンネルnのX軸方向の正方向のコリオリ力を信号処理部733に供給すると共に、切替部732のスイッチ732bは、端子732a-nに供給されるチャンネルnのX軸方向の負方向のコリオリ力を信号処理部733に供給する。
- [0587] ステップS385において、信号処理部733の演算部741は、切替部731より供給されるチャンネルnのX軸方向の正方向のコリオリ力と、切替部732より供給されるチャンネルnのX軸方向の負方向のコリオリ力とに基づいて、衝撃がキャンセルされるようにX軸方向のコリオリ力を演算して出力する。
- [0588] ステップS386において、切替部731, 732の制御部731c, 732cは、カウンタnが4であるか否かを判定し、4ではない場合、処理は、ステップS387に進む。
- [0589] ステップS387において、切替部731, 732の制御部731c, 732cは、カウンタnを1インクリメントして、処理は、ステップS382に戻る。
- [0590] すなわち、カウンタnが4になるまで、順次チャンネルnを1ずつ切り替えて、対応するチャンネルnのコリオリ力が切り替えられて信号処理部733に出力される。
- [0591] そして、ステップS387において、カウンタnが4であるとみなされると処理は、ステップS388に進む。
- [0592] ステップS388において、切替部731, 732の制御部731c, 732cは、処理の終了が指示されているか否かを判定し、終了が指示されていない場合、処理は、ステップS381に戻り、以降の処理が繰り返される。

- [0593] すなわち、処理の終了が指示されるまで、チャンネルが1乃至4に巡回的に切り替えられて、対応するチャンネルのX軸方向のコリオリ力が出力され続ける。
- [0594] そして、ステップS388において、処理の終了が指示されると、処理は終了する。
- [0595] 以上の処理により、4チャンネルに分けられたIMUユニット610に対応するそれぞれのX軸方向の正と負のコリオリ力が順次切り替えられて信号処理部733に出力されることになるので、各チャンネルに対応する後段の検波に必要とされる構成を1/2に簡素化することが可能となる。
- [0596] さらに、チャンネルが切り替えられて、X軸方向の正と負のコリオリ力が信号処理部733に出力されることにより、フリッカノイズを低減させることが可能となる。
- [0597] 尚、Y軸方向のコリオリ力、およびZ軸方向のコリオリ力についても同様の処理がなされて求められるが、軸方向が異なるのみであり、処理は基本的に同様であるので、その説明は省略する。
- [0598] <<22. 第4の実施の形態の第5の変形例>>
以上においては、IMUブロック610Bが、IMUユニット610を水平方向×垂直方向に2個×2個である例について説明してきたが、それ以上の数のIMUユニット610が含まれるようにしてもよい。
- [0599] すなわち、図57乃至図59で示されるように、IMUユニット610が4個×4個の合計16ユニットから構成されるようにしてもよい。
- [0600] 図57は、X軸方向の衝撃をキャンセルする駆動機構からなるIMUユニット610Xが4個×4個配置されたIMUブロック610BXnの構成例を示している。
- [0601] また、図58は、Y軸方向の衝撃をキャンセルする駆動機構からなるIMUユニット610Yが4個×4個配置されたIMUブロック610BYnの構成例を示している。
- [0602] さらに、図59は、Z軸方向の衝撃をキャンセルする駆動機構からなるIMU

ユニット610Zが4個×4個配置されたIMUブロック610BZnの構成例を示している。

- [0603] 尚、XYZ軸方向のいずれのIMUブロック610BXn, 610BYn, 610BZnについても、IMUユニット610の数については、16個の限らず、それ以外の個数であってもよく、例えば、n個でもよい。また、水平方向の数と垂直方向の個数については、同一である必要はない。
- [0604] 図57乃至図59のXYZ軸方向の衝撃をキャンセルする駆動機構を拡張させてn個のIMUユニットに係るIMUブロック610BXn, 610BYn, 610BZnからなるIMUブロック610Bnを備えたマルチIMU200の構成については、図60で示されるように、基本的には、図50のマルチIMU200の構成と同様である。
- [0605] すなわち、図60のマルチIMU200は、IMUブロック610Bn、信号処理部751、および切替部752を備えている。尚、図60においては、X軸方向の衝撃をキャンセルする駆動機構に対応する信号処理を実現する構成のみが表記されているが、図示せぬY軸方向、およびZ軸方向の信号処理部、および切替部も備えている。
- [0606] IMUブロック610Bnは、IMUユニット610を単位としたチャンネル毎にX軸方向の正方向のコリオリ力と、負方向のコリオリ力を出力する。すなわち、ここでは、チャンネルは、IMUユニット610のユニット数nに相当するnチャンネルとなる。
- [0607] 信号処理部751は、演算部761-1乃至761-nを備えており、各チャンネルのコリオリ力を演算して切替部752に出力する。
- [0608] 切替部752は、信号処理部751より供給されるnチャンネルのX軸のコリオリ力を時分割で後段に出力する。
- [0609] より詳細には、切替部752は、端子752a-1乃至752a-n、およびスイッチ752b、および制御部752cを備えている。
- [0610] 端子752a-1乃至752a-nは、それぞれ信号処理部751からのチャンネルnのX軸のコリオリ力の出力を受け付ける。

- [0611] スイッチ752bは、制御部752cにより制御され、端子752a-1乃至752a-nとの接続が所定時間間隔で切り替えられて接続されることにより、nチャンネルのX軸のコリオリ力を時分割で後段に出力する。
- [0612] 尚、図60のマルチIMU200の信号処理については、図51を参照して説明した処理がnチャンネルになった場合の処理であるので、その説明は省略する。
- [0613] また、IMUユニット610がn個である場合についても、図55を参照して説明したマルチIMU200と同様に、チャンネルが切り替えられた後に信号処理がなされる構成にしてもよい。
- [0614] 尚、以上においては、IMU201が、水平方向および垂直方向に対して2個×2個を最小単位とするIMUユニット610とする例について説明してきたが、それ以外の個数でIMUユニット610を構成するようにしてもよく、例えば、4個×4個のIMU201を単位とするIMUユニット610が形成されてもよい。
- [0615] この場合、16個のIMU201が1つのチャンネルを形成するようにして、信号処理がなされるようにしてもよい。
- [0616] 各チャンネルを構成するIMUユニット610を構成するIMU201数については、正方向のコリオリ力を検出するIMU201と、負方向のコリオリ力を検出するIMU201とが同数であることが望ましい。
- [0617] ただし、正方向のコリオリ力を検出するIMU201と、負方向のコリオリ力を検出するIMU201とは、必ずしも同数でなくてもよく、この場合、チャンネル毎の、すなわち、IMUユニット毎の演算方法の工夫が必要となる。
- [0618] 例えば、正方向のコリオリ力を検出する複数のIMU201の検出結果から正方向のコリオリ力の代表値を求め、負方向のコリオリ力を検出する複数のIMU201の検出結果から負方向のコリオリ力の代表値を求め、正方向のコリオリ力の代表値と負方向のコリオリ力の代表値との差分に基づいて、衝撃がキャンセルされるようにして、1チャンネル分のIMUユニット610のコリオリ力が求められるようにしてもよい。

[0619] <<23. 第5の実施の形態>>

以上においては、マルチIMU200の構成について説明してきたが、上述したマルチIMU200を応用してイメージセンサにおける手振れ補正に適用するようにしてもよい。

[0620] 図61は、XYZ軸方向の衝撃をキャンセルできるようにする駆動機構を備えたマルチIMU200をイメージセンサに適用させた場合の構成例を示している。

[0621] 図61の下部で示されるように、イメージセンサ801の撮像面に対して背面側に上述したXYZ軸方向の衝撃をキャンセルできるようにする駆動機構を備えたマルチIMU200が貼り合わされた構成とされている。

[0622] マルチIMU200は、上述したように、XYZ軸方向のそれぞれの衝撃をキャンセルできるようにする駆動機構からなるIMUブロック610BX_n、610Y、610BX_nを備えたn個のIMUユニット610から構成されている。

[0623] このため、イメージセンサ801上のIMUユニット610が配置された領域に対応する単位領域801a毎に加速度および角速度を検出することが可能である。

[0624] このような構成により、イメージセンサ801により撮像された画像内における単位領域毎に検出されるピンポイントの加速度および角速度に基づいた信号処理により単位領域801a毎に高精度に手振れを補正することが可能となる。

[0625] <<24. 第5の実施の形態の第1の変形例>>

以上においては、イメージセンサ801上のIMUユニット610が配置された単位領域801a毎に信号処理による手振れ補正を掛ける例について説明してきたが、信号処理ではなく、駆動機構を用いて物理的に手振れを補正するようにしてもよい。

[0626] 尚、手振れとは、ユーザが撮像装置を手で把持して操作する際に発生する撮像の振れを表すが、ここでは、撮像の際に生じる振れの全般を表すものとする。このため、例えば、モータやエンジン等で駆動するドローンや車両な

どの移動体装置に搭載される撮像装置に対して、モータやエンジンが駆動することで発生する高周波振動により生じる撮像の振れも、手振れに含むものとする。

[0627] <光学ブロックを駆動させることで手振れ補正を実現する撮像装置の構成例>

まず、駆動機構を用いて物理的に手振れを補正する技術の概要について説明する。図62は、光学ブロックを駆動させることで手振れ補正を実現する撮像装置の構成例である。

[0628] 図62の撮像装置1001は、光学ブロック1011、レフ板1012、シャッタ1013、およびイメージセンサ1014、並びに駆動部1015より構成されている。

[0629] 光学ブロック1011は、焦点調整用のレンズ等からなる構成であり、実線で示される入射光を透過させて、レフ板1012、およびシャッタ1013を通してイメージセンサ1014に合焦させる。尚、イメージセンサ1014上に合焦される入射光は点線で表現されている。また、実線の入射光の透過経路における波状部位は、手振れを表現している。

[0630] レフ板1012は、図示せぬミラーと共に、入射光の一部をユーザが覗き込むファインダFに反射させ、その他の入射光をシャッタ1013を介してイメージセンサ1014に透過させる。

[0631] シャッタ1013は、機械的構成、または、電氣的構成からなる、開放および閉塞を制御する構成であり、光学ブロック1011を透過して入射する入射光をイメージセンサ1014に透過させる光の露光時間を調整する。

[0632] イメージセンサ1014は、CMOSやCCD等から構成され、入射光の光量に応じた画素信号からなる画像を撮像する。

[0633] 駆動部1015は、アクチュエータなどからなり、光学ブロック1011を入射光の入射方向に対して垂直方向に駆動させる。

[0634] より詳細には、駆動部1015は、図示せぬIMU等により光学ブロック1011に対して手振れ等に起因する動きが検出されると、検出された動きを打

ち消すように光学ブロック1011を駆動させる。

[0635] すなわち、図62の撮像装置1001においては、光学ブロック1011が駆動部1015により、手振れ等に起因する動きを打ち消すように駆動されることにより、イメージセンサ1014で撮像される画像の手振れが補正される。尚、図62において、駆動部1015以降の入射光の経路を示す実線が直線とされているのは、この駆動部1015が作動することにより入射光の手振れが補正されていることを表現している。

[0636] しかしながら、図62の撮像装置1001における駆動部1015は、レンズ等からなる光学ブロック1011を駆動させる必要があるため、比較的大きめの構成が必要となる。また、駆動部1015は、比較的大きめの構成となるため、高速な駆動が難しくなり、例えば、モータやエンジンが稼働する際に発生する高周波振動に追従して駆動し、振動を打ち消すような駆動を実現するのは難しい。

[0637] <イメージセンサを駆動させることで手振れ補正を実現する撮像装置の構成例>

そこで、本開示においては、光学ブロック1011を駆動させる駆動部1015に代えて、イメージセンサ1014を駆動させる駆動部を設けることで、駆動部の構成を小型化し、さらに、高周波の振動に対して追従可能な構成にする。

[0638] 図63は、イメージセンサ1014を駆動する駆動部を設けるようにして、手振れ補正を実現するようにした撮像装置の構成例である。尚、図63の撮像装置1021において、図62の撮像装置1001と同一の機能を備えた構成については、同一の符号を付しており、その説明は適宜省略する。

[0639] すなわち、図63の撮像装置1021において、図62の撮像装置1001と異なる点は、光学ブロック1011を駆動させる駆動部1015に代えて、イメージセンサ1014を駆動させる駆動部1031を備えた点である。

[0640] 駆動部1031は、アクチュエータなどからなり、イメージセンサ101

4を入射光の入射方向に対して垂直方向に駆動させる。

[0641] 駆動部1031は、図示せぬIMU等によりイメージセンサ1014の手振れ等に起因する動きが検出されると、検出された動きを打ち消すようにイメージセンサ1014を駆動させる。

[0642] 図63の撮像装置1021においては、イメージセンサ1014が駆動部1031により、手振れ等に起因する動きを打ち消すように駆動されることにより、イメージセンサ1014で撮像される画像の手振れが補正される。

[0643] 図63の撮像装置1021における駆動部1031は、レンズ等からなる光学ブロック1011に比べて、比較的小さくて軽いイメージセンサ1014を駆動させる構成であるため、構成そのものを比較的小さくすることができる。

[0644] また、駆動部1031は、比較的小さくて軽い構成となるため、高速な駆動が実現できるので、例えば、モータやエンジンが稼働することで発生する高周波振動等に追従して、振動を打ち消すような駆動を実現することが可能となる。

[0645] <イメージセンサを駆動させることで手振れ補正を実現する撮像装置の詳細な構成例>

次に、図64を参照して、イメージセンサ1014を駆動させることで手振れ補正を実現する撮像装置1021の詳細な構成例について説明する。

[0646] 尚、図64の撮像装置1021の構成のうち、図63の撮像装置1021における構成と同一の機能を備えた構成については同一の符号を付しており、その説明は適宜省略する。

[0647] すなわち、図64の撮像装置1021は、図63における撮像装置1021における構成をより詳細にした構成である。

[0648] 図64の撮像装置1021は、図63の撮像装置1021における構成に加えて、さらに、IMU1041、位置姿勢検出部1042、および駆動制御部1043を備えている。

[0649] また、駆動部1031については、イメージセンサ1014を図中の水平

方向に駆動させる駆動部1031a-1, 1031a-2と、イメージセンサ1014を図中の垂直方向に駆動させる駆動部1031b-1, 1031b-2とに分けて記載している。

[0650] IMU1041は、撮像装置1021の本体の加速度および角速度を検出して位置姿勢検出部1042に出力する。

[0651] 位置姿勢検出部1042は、IMU1041により検出される加速度および角速度を、それぞれ積分することで、撮像装置1021の本体そのものの位置および姿勢を検出して駆動制御部1043に出力する。

[0652] 駆動制御部1043は、位置姿勢検出部1042により検出された撮像装置1021の本体そのものの位置および姿勢の情報に基づいて、発生した振動を打ち消す方向にイメージセンサ1014を駆動させる制御信号を駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2のそれぞれに出力する。すなわち、駆動制御部1043は、IMU1041、および位置姿勢検出部1042を用いた慣性航法、または、中間出力信号（中間変数となる加速度、速度、角速度、および角度）により、駆動部1031を駆動させてイメージセンサ1014の位置および姿勢を制御する。

[0653] より詳細には、イメージセンサ1014の動きは、撮像装置1021本体に付帯する駆動部1031等から伝達されるものであるため、撮像装置1021の本体そのものの動きに対して追従するような動きとなる。換言すれば、イメージセンサ1014の動きは、撮像装置1021の本体の動きに対して追従した動きであって、撮像装置1021の動きに対して所定時間だけ遅延した動きとなる。

[0654] そこで、駆動制御部1043は、位置姿勢検出部1042により検出された撮像装置1021の動きから、イメージセンサ1014の動きを予測して、予測されるイメージセンサ1014の動きを打ち消すように駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2を駆動させる制御信号を供給する。

[0655] したがって、駆動制御部1043は、位置姿勢検出部1042の検出結果

に基づいたフィードフォワード制御によりイメージセンサ1014の動きを打ち消すように、駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2を制御している。

[0656] 駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2は、それぞれ駆動制御部1043より供給された制御信号に基づいた方向と移動量とで、イメージセンサ1014を駆動させる。

[0657] 結果として、イメージセンサ1014が、撮像装置1021の位置および姿勢の変化に応じて、手振れが打ち消される方向に駆動されることで、手振れ補正が実現される。

[0658] しかしながら、図64の撮像装置1021における構成の場合、IMU1041は、イメージセンサ1014を駆動させる駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2により駆動される範囲外に設けられているため、撮像装置1021の本体の位置と姿勢とを適切に検出することはできても、イメージセンサ1014の位置と姿勢とについては適切に検出することはできない。

[0659] このため、イメージセンサ1014が、駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2により駆動されても適切に手振れが補正できない恐れがあった。また、特に、イメージセンサ1014に高周波振動などが生じている場合には、IMU1041ではイメージセンサ1014の位置や姿勢の変化を高周波振動として検出できず、適切に動きに追従させることができないので、適切な補正ができない恐れがあった。

[0660] <本開示の撮像装置の概要>

そこで、本開示においては、イメージセンサ1014そのものの位置および姿勢を検出するIMUを設け、撮像装置の本体の位置および姿勢変化に加えて、イメージセンサ1014の位置および姿勢変化に基づいて駆動部1031を駆動させるようにする。

[0661] これにより、イメージセンサ1014の動きに対して、高精度に追従できるように駆動部1015を制御できるので、モータやエンジンが駆動するこ

とで発生するような高周波振動も含めた手振れの補正を実現することが可能となる。

[0662] 図65は、イメージセンサ1014そのものの位置および姿勢を検出するIMUを設け、撮像装置の本体の位置および姿勢に加えて、イメージセンサ1014の位置および姿勢に基づいて駆動部1031を駆動させるようにした撮像装置の概要となる構成例を示している。

[0663] 図65の撮像装置1061において、図64の撮像装置1021における構成と同一の機能を備えた構成については、同一の符号を付しており、その説明は適宜省略する。

[0664] すなわち、図65の撮像装置1061において、図64の撮像装置1021における構成と異なる点は、IMU1081および位置姿勢検出部1082が新たに設けられ、駆動制御部1043に代えて、駆動制御部1083が設けられた点である。

[0665] IMU1081は、イメージセンサ1014と一体化した構成であり、イメージセンサ1014の加速度および角速度を検出して位置姿勢検出部1082に出力する。

[0666] 位置姿勢検出部1082は、IMU1081より供給されるイメージセンサ1014の加速度および加速度の積分演算に基づいて、イメージセンサ1014の位置および姿勢を検出し、駆動制御部1083に出力する。

[0667] 駆動制御部1083は、位置姿勢検出部1042より供給される撮像装置1061の本体の位置および姿勢の情報と、位置姿勢検出部1082より供給されるイメージセンサ1014の位置および姿勢の情報とに基づいて、イメージセンサ1014の位置および姿勢が所定の状態を維持するための、駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2の制御量目標値を算出する。

[0668] そして、駆動制御部1083は、算出した制御量目標値に基づいて、制御信号を生成し、駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2を駆動させる。

- [0669] 換言すれば、駆動制御部1083は、位置姿勢検出部1042より供給される撮像装置1061の本体の位置および姿勢の情報と、位置姿勢検出部1082より供給されるイメージセンサ1014の位置および姿勢の情報とに基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、イメージセンサ1014の位置および姿勢を所定の状態に維持するよう制御している。
- [0670] また、位置姿勢検出部1042より供給される撮像装置1061本体の位置および姿勢と、実際のイメージセンサ1014の位置および姿勢との間には所定時間の遅延が発生することになるため、上述したように、撮像装置1061本体の位置および姿勢だけでは、駆動部1031はフィードフォワード制御がなされるのみであった。
- [0671] しかしながら、位置姿勢検出部1082より供給されるイメージセンサ1014の位置および姿勢の情報は、駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2が駆動した結果である現状のイメージセンサ1014の位置および姿勢であると考えることができる。
- [0672] したがって、駆動制御部1083は、位置姿勢検出部1042より供給される撮像装置1061本体の位置および姿勢に基づいたフィードフォワード制御と、位置姿勢検出部1082より供給されるイメージセンサ1014の位置および姿勢に基づいたフィードバック制御とを同時に実現しているとも言える。
- [0673] このような構成により、イメージセンサ1014の動き（位置や姿勢の変化）に対して、高精度に追従できるように駆動部1031a-1, 1031a-2、および1031a-1, 1031a-2の駆動を制御することが可能となるので、撮像装置の本体がドローンや車両などの移動体装置に搭載されることで、動力源となるモータやエンジンが稼働することで発生する高周波振動も含めた手振れを補正することが可能となる。
- [0674] <第5の実施の形態の第1の変形例に係る撮像装置の構成例>
次に、図66を参照して、本開示の第5の実施の形態の第1の変形例に係る撮像装置の構成例について説明する。尚、図66においては、撮像装置1

101が、車両やドローンなどの移動体装置1100に搭載される場合の構成例が示されているが、移動体装置1100に搭載されていない構成であってもよい。

- [0675] 図66の撮像装置1101は、手振れ（移動体装置1100の移動に伴う振動に伴った振れを含む）を補正するための動作を制御する本体部1111、画像を撮像するイメージセンサを備えた撮像部1112、および、撮像結果である画像を出力する出力部1113より構成される。
- [0676] 本体部1111は、IMU1131、本体位置姿勢検出部1132、イメージセンサ位置姿勢検出部1133、駆動制御部1134、駆動部1135、および手振れ補正処理部1136を備えている。
- [0677] IMU1131は、図65のIMU1041に対応しており、本体部1111の加速度および角速度を検出して本体位置姿勢検出部1132に出力する。
- [0678] 本体位置姿勢検出部1132は、図65の位置姿勢検出部1042に対応した構成であり、並進運動算出部1151、および回転運動算出部1152を備え、本体部1111の位置および姿勢を検出して駆動制御部1134に出力する。
- [0679] 並進運動算出部1151は、IMU1131より供給される加速度の情報に基づいて、積分演算により本体部1111の位置を検出して、駆動制御部1134に出力する。
- [0680] 回転運動算出部1152は、IMU1132より供給される角速度の情報に基づいて、積分演算により本体部1111の姿勢を検出して、駆動制御部1134に出力する。
- [0681] イメージセンサ位置姿勢検出部1133は、基本的に本体位置姿勢検出部1132と同様の構成であり、図65の位置姿勢検出部1082に対応する構成である。イメージセンサ位置姿勢検出部1133は、並進運動算出部1171、および回転運動算出部1172を備えており、撮像部1112（のイメージセンサ1181）の位置および姿勢を検出して駆動制御部1134に出力する。

- [0682] 並進運動算出部 1 1 7 1 は、撮像部 1 1 1 2 の IMU 1 1 8 2 より供給される加速度の情報に基づいて、積分演算により、イメージセンサ 1 1 8 1 の位置を検出して、駆動制御部 1 1 3 4 に出力する。
- [0683] 回転運動算出部 1 1 7 2 は、撮像部 1 1 1 2 の IMU 1 1 8 2 より供給される角速度の情報に基づいて、積分演算により、イメージセンサ 1 1 8 1 の姿勢を検出して、駆動制御部 1 1 3 4 に出力する。
- [0684] 駆動制御部 1 1 3 4 は、図 6 5 の駆動制御部 1 0 8 3 に対応しており、本体位置姿勢検出部 1 1 3 2 より供給される本体部 1 1 1 1 の位置および姿勢の情報と、イメージセンサ位置姿勢検出部 1 1 3 3 より供給される撮像部 1 1 1 2 のイメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢の情報とに基づいて、駆動部 1 1 3 5 を制御する。
- [0685] より詳細には、駆動制御部 1 1 3 4 は、制御量目標値算出部 1 1 3 4 a を備えており、本体部 1 1 1 1 の位置および姿勢の情報と、イメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢の情報とに基づいて、イメージセンサ 1 1 8 1 の位置や姿勢を所定の状態で維持するための制御量目標値を算出させる。
- [0686] そして、駆動制御部 1 1 3 4 は、制御量目標値算出部 1 1 3 4 a の算出結果である、制御量目標値に基づいて、駆動部 1 1 3 5 を駆動させるための制御信号を生成し、駆動部 1 1 3 5 に供給して駆動させる。
- [0687] 駆動部 1 1 3 5 は、図 6 5 の駆動部 1 0 3 1 (1 0 3 1 a - 1, 1 0 3 1 a - 2, 1 0 3 1 b - 1, 1 0 3 1 b - 2) に対応したアクチュエータなどからなる構成であり、駆動制御部 1 1 3 4 からの制御信号に基づいて、イメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢を駆動させる。
- [0688] 駆動制御部 1 1 3 4 は、本体部 1 1 1 1 の位置および姿勢変化と、イメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢変化の情報を手振れ補正処理部 1 1 3 6 に供給する。
- [0689] 手振れ補正処理部 1 1 3 6、画像フレームバッファ 1 1 3 6 a を備えており、イメージセンサ 1 1 8 1 より供給される画像をバッファリングする。手振れ補正処理部 1 1 3 6 は、本体部 1 1 1 1 の位置および姿勢と、イメージ

センサ 1181 の位置および姿勢の情報に基づいて、バッファリングしているイメージセンサ 1181 により撮像された画像を信号処理により補正して出力部 1113 に出力する。

- [0690] 尚、手振れ補正処理部 1136 による画像の手振れ補正処理については、図 67 を参照して、詳細を後述する。
- [0691] 撮像部 1112 は、イメージセンサ 1181、および IMU 1182 とから構成されている。イメージセンサ 1181 は、図 65 のイメージセンサ 1014 に対応した構成であり、入射光の光量に応じた画素信号からなる画像を撮像し、手振れ補正処理部 1136 に供給する。
- [0692] IMU 1182 は、図 65 の IMU 1081 に対応した構成であり、イメージセンサ 1181 と一体化した構成とされているため、イメージセンサ 1181 の加速度および角速度を検出してイメージセンサ位置姿勢検出部 1133 に出力する。
- [0693] 撮像部 1112 は、例えば、図 61 のイメージセンサ 801 の撮像面に対して背面側に上述した X Y Z 軸方向の衝撃をキャンセルできるようにする駆動機構を備えたマルチ IMU 200 が貼り合わされた構成とされている。
- [0694] すなわち、イメージセンサ 1181 は、図 61 のイメージセンサ 801 に対応した構成であり、IMU 1182 は、マルチ IMU 200 に対応した構成である。
- [0695] 従って、IMU 1182 についても、マルチ IMU 200 と同様に、X Y Z 軸方向のそれぞれの衝撃をキャンセルできるようにする駆動機構からなる IMU ブロック 610 B X n, 610 Y, 610 B X n を備えた N 個の IMU ユニット 610 から構成されている。
- [0696] このため、イメージセンサ 1181 および IMU 1182 においても、イメージセンサ 801 の単位領域（図 61 の単位領域 801 a）毎に配置された IMU ユニット 610 を単位として加速度および角速度を検出することが可能である。
- [0697] 出力部 1113 は、手振れ補正処理部 1136 により補正がなされた画像

を出力する。より詳細には、出力部 1 1 1 3 は、画像記録部 1 1 9 1、および送信部 1 1 9 2 を備えている。

[0698] 画像記録部 1 1 9 1 は、手振れ補正処理部 1 1 3 6 により補正がなされた画像をデータとして記録する。

[0699] 送信部 1 1 9 2 は、例えば、イーサネット等から構成され、図示せぬネットワークを介して外部の情報処理装置や通信端末等に、手振れ補正処理部 1 1 3 6 により補正がなされた画像を送信する。

[0700] 尚、出力部 1 1 1 3 は、これ以外の構成であってもよく、例えば、表示機能を備えたディスプレイなどから構成されてもよく、手振れ補正処理部 1 1 3 6 により補正がなされた画像を表示するようにしてもよい。

[0701] 従って、図 6 6 の撮像装置 1 1 0 1 において、駆動制御部 1 1 3 4 は、本体位置姿勢検出部 1 1 3 2 より供給される撮像装置 1 1 0 1 本体の位置および姿勢の情報と、イメージセンサ位置姿勢検出部 1 1 3 3 より供給されるイメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢の情報とに基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、イメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢を所定の状態に維持するよう制御している。

[0702] また、本体位置姿勢検出部 1 1 3 2 より供給される撮像装置 1 1 0 1 の本体部 1 1 1 1 の位置および姿勢と、実際のイメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢との間には所定時間の遅延が発生することになるため、撮像装置 1 1 0 1 本体の位置および姿勢だけでは、駆動部 1 1 3 5 はフィードフォワード制御がなされるのみであった。

[0703] しかしながら、イメージセンサ位置姿勢検出部 1 1 3 3 より供給されるイメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢の情報は、駆動部 1 1 3 5 が駆動した結果となる現状のイメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢であると考えることができる。

[0704] したがって、駆動制御部 1 1 3 4 は、本体位置姿勢検出部 1 1 3 2 より供給される撮像装置 1 1 0 1 の本体部 1 1 1 1 の位置および姿勢に基づいた駆動部 1 1 3 5 のフィードフォワード制御と、イメージセンサ位置姿勢検出部

1133より供給されるイメージセンサ1181の位置および姿勢に基づいた駆動部1135のフィードバック制御とを同時に実現しているとも言える。

[0705] <手振れ補正処理について>

駆動制御部1134により制御される駆動部1135の駆動については、制御信号が供給されてから実際に駆動するまでのタイムラグが生じるため、所定の速度よりも高速な振動に対する手振れについては補正できない可能性がある。

[0706] 手振れ補正処理部1136は、駆動制御部1134を介して供給される、本体位置姿勢検出部1132より供給される撮像装置1101の本体部1111の位置および姿勢と、イメージセンサ位置姿勢検出部1133より供給されるイメージセンサ1181の位置および姿勢とに基づいて、駆動部1135が駆動しても補正することができない手振れを信号処理により補正する。

[0707] 上述したように、撮像部1112は、例えば、図61のイメージセンサ801の撮像面に対して背面側に上述したXYZ軸方向の衝撃をキャンセルできるようにする駆動機構を備えたマルチIMU200が貼り合わされた構成である。

[0708] このため、IMU1182は、IMUユニット610に対応するイメージセンサ1181における単位領域毎の加速度および角速度を出力することができる。

[0709] そこで、イメージセンサ位置姿勢検出部1133は、IMUユニット610を単位として位置および姿勢の情報を求めて駆動制御部1134に出力する。

[0710] 駆動制御部1134は、イメージセンサ位置姿勢検出部1133より供給されるIMUユニット610を単位として、イメージセンサ1181の位置および姿勢の情報を取得して記憶すると共に、手振れ補正処理部1136に供給する。

[0711] また、対応して、イメージセンサ1181は、張り合わされたIMU1182

を構成するIMUユニット610が配置された単位領域を単位とした画素信号からなる画像を手振れ補正処理部1136に出力する。尚、以降において、イメージセンサ1181上におけるIMUユニット610に対応する単位領域の画素群を画素ユニットとも称する。

[0712] 撮像部1112のイメージセンサ1181は、画素ユニット単位で手振れ補正処理部1136に対して画素信号を出力する。

[0713] 手振れ補正処理部1136は、IMUユニット610単位のイメージセンサ1181の位置および姿勢情報から画素単位の動きベクトルを求め、対応するイメージセンサ1181より供給された画素ユニット単位の画素信号に対して、動きベクトルに応じた補正処理を施して画像フレームバッファ1136aにバッファリングする。

[0714] すなわち、手振れ補正処理部1136は、単位領域であるIMUユニット単位で供給される位置および姿勢の情報から動きベクトルを求め、求められた動きベクトルに基づいて、対応する画素ユニット単位の画像に手振れ補正処理を加えて、バッファリングする処理を繰り返し、1フレーム分をバッファリングすると、出力部1113に出力する。

[0715] 例えば、IMUユニットおよび画素ユニットを単位とする単位領域が、イメージセンサ1181にN個存在する（画素ユニット#1乃至#N、およびIMUユニット#1乃至#Nがそれぞれ存在する）ものとした場合、図67のタイミングチャートで示されるよう手順で手振れ補正処理部1136の処理がなされる。

[0716] 尚、図67においては、上からイメージセンサ1181における画素ユニット単位の読み出しタイミング、IMU1182におけるIMUユニット単位の加速度および角速度（位置および姿勢）が読み出されるタイミング、手振れ補正処理部1136による補正処理がなされるタイミング、画像フレームバッファ1136aへの書き込みタイミング、画像フレームバッファ1136aへの蓄積タイミング、および画像フレームの出力タイミングが示されている。

[0717] すなわち、画像フレーム同期信号nの読み出しを示す同期信号が、フレー

ム同期信号SyncFnで示されるタイミングで開始されるとき、同時に、最初の画素ユニットである画素ユニット#1の読み出しを示すユニット同期信号が、ユニット同期信号SyncU#1であるものとする。尚、フレーム同期信号は、例えば、30Hz、60Hz、120Hzなどであり、ユニット同期信号は、例えば、1kHz乃至10kHz程度である。

[0718] このフレーム同期信号SyncFn=ユニット同期信号SyncU#1において、画像フレームnの読み出しが開始されるとき、イメージセンサ1181において、最初に画素ユニット#1の画素信号が読み出され、手振れ補正処理部1136に供給される。

[0719] また、同時に、IMU1182において、対応するIMUユニット#1の加速度および角速度が読み出される。そして、イメージセンサ位置姿勢検出部1133が、イメージセンサ1181におけるIMUユニット#1に対応する単位領域の位置および姿勢の情報を検出して駆動制御部1134に供給する。さらに、駆動制御部1134が、イメージセンサ1181におけるIMUユニット#1に対応する単位領域の位置および姿勢の情報を手振れ補正処理部1136に供給する。

[0720] 次のタイミングであるタイミングt1において、手振れ補正処理部1136は、IMUユニット#1に対応する単位領域の位置および姿勢の情報に基づいて、動きベクトルを求め、求めた動きベクトルを用いて、対応する画素ユニット#1の画素信号に対して手振れ補正処理を施して、画像フレームバッファ1136aに記憶させる。

[0721] 引き続き、ユニット同期信号SyncU#2において、イメージセンサ1181により画素ユニット#2の画素信号が読み出され、手振れ補正処理部1136に供給される。

[0722] また、同時に、IMU1182において、対応するIMUユニット#2の加速度および角速度が読み出される。そして、イメージセンサ位置姿勢検出部1133が、イメージセンサ1181におけるIMUユニット#2に対応する単位領域の位置および姿勢の情報を検出して駆動制御部1134に供給する。さらに、

駆動制御部 1134 が、イメージセンサ 1181 における IMU ユニット #2 に対応する単位領域の位置および姿勢の情報を手振れ補正処理部 1136 に供給する。

[0723] そして、次のタイミング t_2 において、手振れ補正処理部 1136 は、IMU ユニット #2 に対応する単位領域の位置および姿勢の情報に基づいて、動きベクトルを求め、求めた動きベクトルを用いて、対応する画素ユニット #2 の画素信号に対して手振れ補正処理を施して、画像フレームバッファ 1136a に記憶させる。

[0724] 以降、画素ユニット #N、および IMU ユニット #N まで同様の処理を繰り返し、1 フレーム分の手振れ補正処理が施された画像データが画像フレームバッファ 1136a にバッファリングされると、次のフレーム ($n+1$) の読み出しタイミングとなるフレーム同期信号 $\text{SyncF}(n+1) = \text{ユニット同期信号 SyncU\#1}$ において、手振れ補正処理部 1136 は、画像フレームバッファ 1136a にバッファリングされているフレーム n の画像信号を出力部 1113 に出力する。

[0725] 尚、イメージセンサ 1181 の位置および姿勢を制御する駆動部 1135 を駆動するための制御量目標値の算出に当たっては、単位領域毎の、すなわち、IMU ユニット単位で求められる位置および姿勢を用いるようにして、高頻度で駆動部 1135 による制御を行うようにしてもよい。

[0726] また、制御量目標値の算出に当たっては、1 フレーム分の IMU ユニット単位で求められる位置および姿勢から統計的に求められる、例えば、平均値などの情報を用いて求めるようにしてもよいし、特定の単位領域の位置および姿勢の情報を用いて求めるようにしてもよい。

[0727] <撮像処理>

次に、図 68 のフローチャートを参照して、図 66 の撮像装置 1101 による撮像処理について説明する。

[0728] ステップ S401 において、IMU 1131 は、本体部 1111 の加速度および角速度を検出して、本体位置姿勢検出部 1132 に出力する。

- [0729] ステップS402において、本体位置姿勢検出部1132の並進運動算出部1151は、IMU1131より供給される加速度の情報に基づいて、積分演算により、本体部1111の位置を検出して、駆動制御部1134に出力する。本体位置姿勢検出部1132の回転運動算出部1152は、IMU1132より供給される角速度の情報に基づいて、積分演算により、本体部1111の姿勢を検出して、駆動制御部1134に出力する。
- [0730] ステップS403において、イメージセンサ1181は、画像を撮像する。
- [0731] ステップS404において、イメージセンサ1181、およびIMU1182は、それぞれ画素ユニット、およびIMUユニットに対応する単位領域のうち、未処理の単位領域を注目単位領域に設定する。
- [0732] ステップS405は、イメージセンサ1181は、注目単位領域に対応する画素ユニットの画素信号を読み出して、手振れ補正処理部1136に出力する。
- [0733] ステップS406において、IMU1182は、注目単位領域に対応するIMUユニットのイメージセンサ1181の加速度および角速度を検出してイメージセンサ位置姿勢検出部1133に出力する。
- [0734] ステップS407において、イメージセンサ位置姿勢検出部1133の並進運動算出部1171は、IMU1182より供給される注目単位領域に対応するIMUユニットの加速度の情報に基づいて、積分演算により、イメージセンサ1181の注目単位領域の位置を検出して、駆動制御部1134に出力する。イメージセンサ位置姿勢検出部1133の回転運動算出部1172は、撮像部1112のIMU1182より供給される注目単位領域に対応するIMUユニットの角速度の情報に基づいて、積分演算により、イメージセンサ1181の注目単位領域の姿勢を検出して、駆動制御部1134に出力する。
- [0735] 駆動制御部1134は、本体部1111の位置および姿勢の情報と、イメージセンサ1181の注目単位領域の位置および姿勢の情報とを、手振れ補正処理部1136に供給する。

- [0736] ステップS408において、手振れ補正処理部1136は、本体部1111の位置および姿勢の情報と、イメージセンサ1181の注目単位領域の位置および姿勢の情報とに基づいて、注目単位領域の画素単位で動きベクトルを求め、求めた動きベクトルを用いた手振れ補正処理を注目単位領域の画素単位で加える。
- [0737] ステップS409において、手振れ補正処理部1136は、手振れ補正処理がなされた注目単位領域の画素信号を画像フレームバッファ1136aにバッファリングさせる。
- [0738] ステップS410において、イメージセンサ1181、およびIMU1182は、それぞれ画素ユニット、およびIMUユニットに対応する単位領域のうち、未処理の単位領域があるか否かを判定する。
- [0739] ステップS410において、未処理の単位領域が存在する場合、処理は、ステップS404に戻る。
- [0740] すなわち、全ての単位領域について、手振れ補正処理がなされるまで、ステップS404乃至S410の処理が繰り返されて、単位領域毎に手振れ補正処理がなされて、画像フレームバッファ1136aにバッファリングする処理が繰り返される。
- [0741] そして、全ての単位領域について手振れ補正処理がなされて、ステップS410において、未処理の単位領域がないとみなされた場合、処理は、ステップS411に進む。
- [0742] ステップS411において、手振れ補正処理部1136は、画像フレームバッファ1136aにバッファリングされている1フレーム分の手振れ補正処理がなされた画像を読み出して、出力部1113に出力する。
- [0743] ステップS412において、駆動制御部1134は、本体位置姿勢検出部1132より供給される本体部1111の位置および姿勢の情報と、イメージセンサ位置姿勢検出部1133より供給される撮像部1112のイメージセンサ1181の位置および姿勢の情報とに基づいて、駆動部1135を制御する制御信号を生成し、駆動部1135に出力する。

- [0744] より詳細には、駆動制御部1134は、制御量目標値算出部1134aを制御して、本体部1111の位置および姿勢の情報と、イメージセンサ1181の位置および姿勢の情報とに基づいて、イメージセンサ1181の位置や姿勢を所定の状態に位置するための駆動部1135による制御量目標値を算出させる。
- [0745] ステップS413において、駆動制御部1134は、制御量目標値算出部1134aの算出結果である、制御量目標値に基づいて、駆動部1135を駆動させるための制御信号を生成し、駆動部1135に供給して駆動を制御する。
- [0746] ステップS414において、撮像処理の終了が指示されたか否かが判定されて、終了が指示されない場合、処理は、ステップS401に戻る。
- [0747] すなわち、撮像処理の終了が指示されるまで、ステップS401乃至S414の処理が繰り返される。
- [0748] そして、ステップS414において、撮像処理の終了が指示された場合、処理は、終了する。
- [0749] 以上の処理により、本体部1111の位置および姿勢の情報に加えて、イメージセンサ1181の位置および姿勢の情報に基づいて、イメージセンサ1181の位置および姿勢が駆動部1135により制御されることにより、イメージセンサ1181による手振れによる補正を高精度に、かつ、高速で実現することが可能となる。
- [0750] 特に、イメージセンサ1181と一体化した状態でIMU1182が設けられているため、IMU1182により検出されるイメージセンサ1181の位置および姿勢が適切に検出されることにより、ドローンや車両などの移動体装置1100に搭載された撮像装置1101が、移動体装置1100の駆動用モータやエンジン等の高周波振動などに起因する手振れ（モータやエンジン等の高周波振動による振れ）の補正も可能となる。
- [0751] また、イメージセンサ1181により撮像される画像を、IMUユニットに対応する画像ユニットを単位とする単位領域毎に検出される位置および姿勢の

情報に基づいて信号処理により補正することが可能となるので、より高精度に手振れを補正することが可能となる。

[0752] 尚、以上においては、本体部 1 1 1 1 の位置および姿勢の情報と、イメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢の情報とに基づいて動きベクトルと求めて、手振れ補正処理を実現させる例について説明してきたが、本体部 1 1 1 1 の位置および姿勢については高周波振動による影響は小さいとも考えられるので、イメージセンサ 1 1 8 1 の位置および姿勢の情報のみから動きベクトルが求められるようにして、信号処理による手振れ補正処理を実現するようによい。

[0753] <IMUユニットの数と手振れ補正の精度>

尚、以上においては、1枚のイメージセンサ 1 1 8 1 についてIMUユニットがN個から構成される例について説明してきたが、Nは1個以上であればよい。

[0754] したがって、例えば、図 6 9 の左部で示されるように、Nは1である場合のIMUユニット 6 1 0 B 1 であってもよいし、図 6 9 の中央部で示されるように、Nが4である場合のIMUユニット 6 1 0 B 4 でもよいし、図 6 9 の右部で示されるように、Nが16である場合のIMUユニット 6 1 0 B 1 6 でもよいし、それ以上の個数であってもよい。

[0755] さらに、IMUユニット 6 1 0 の個数であるNは、多い程高精度な手振れ補正を実現することが可能であるが、個数が増えるに従って処理負荷や消費電力が高くなると共に、高コスト化するため、手振れ補正処理の精度と、処理負荷、消費電力およびコストとのトレードオフとなる。このため、目的に応じて必要とされる精度とコストとからIMUユニット 6 1 0 の個数を決定することが望ましい。

[0756] <<25. 第5の実施の形態の第2の変形例>>

尚、以上においては、イメージセンサ 1 1 8 1 とIMU 1 1 8 2 とが、図 6 1 で示されるようなイメージセンサ 8 0 1 とマルチIMU 2 0 0 と同様に一体化された構成とされた撮像部 1 1 1 2 の例について説明してきたが、イメージセ

ンサ1181とIMU1182とが接触した状態で構成されることで、IMU1182によりイメージセンサ1181の位置と姿勢が求められれば、その他の構成であってもよい。

[0757] 例えば、図70で示されるように、イメージセンサ1181の側面部に、単体のIMU1182が接触した状態で設けられるような構成であってもよい。

[0758] 尚、図70においては、さらに、イメージセンサ1181の周囲に駆動部1135も一体化した場合の構成例が示されている。すなわち、図70で示されるように、撮像部1112は、イメージセンサ1181、IMU1182、および駆動部1135が一体化した構成としてもよく、例えば、これらを一体とした撮像素子のパッケージ構造が形成されるようにしてもよい。

[0759] また、撮像部1112は、図60を参照して説明したイメージセンサ801とマルチIMU200とが一体化した構成にさらに、駆動部1135を加えて一体化した構成としてもよく、例えば、これらを一体とした撮像素子のパッケージ構造が形成されるようにしてもよい。

[0760] <<26. 第5の実施の形態の第3の変形例>>

以上においては、イメージセンサ1181の加速度および角速度をIMU1182により求めて位置および姿勢を検出する例について説明してきたが、イメージセンサ1181の位置および姿勢が求められればその他の構成であってもよい。

[0761] 例えば、図71で示されるように、ホール素子を用いるような位置検出部を用いるようにしてもよい。

[0762] すなわち、図71の位置検出部1201は、磁石1211-1, 1211-2、およびホール素子1212-1, 1212-2より構成される。

[0763] 磁石1211-1, 1211-2は、それぞれイメージセンサ1181の垂直方向および水平方向のそれぞれの移動方向に磁石の着磁方向が揃えて配置される。

[0764] ホール素子1212-1, 1212-2は、イメージセンサ1181が原点位置にある場合に、それぞれ磁石1211-1, 1211-2のS極/N極の

磁極の境目に一致するように固定して配置されるようにする。

[0765] このような配置により、イメージセンサ 1181 が移動すると、磁石 1211-1, 1211-2 のS極/N極の境目を中心に、磁石の移動量に対してホール素子 1212-1, 1212-2 に印加される磁場が比例的に変化する。

[0766] この磁場の計測により、領域の範囲内での磁石 1211-1, 1211-2 の水平方向および垂直方向の位置を検出することが可能となる。

[0767] 図 71 で示されるような位置検出部 1201 を用いて、イメージセンサ 1181 の位置を検出するようにしてもよい。

[0768] ただし、図 71 で示される位置検出部 1201 においては、イメージセンサ 1181 の撮像面に対応する平面方向の位置の変化を検出することはできるが、入射方向に対しての変化については検出できない。この点については、別途、入射光の入射方向に対して磁石 1211 とホール素子 1212 とを設けることで対策してもよい。

[0769] また、IMU 1182 と位置検出部 1201 とを組み合わせて用いるようにしてもよい。

[0770] <<27. ソフトウェ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、ソフトウェ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ェアにより実行させる場合には、そのソフトウェ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。

[0771] 図 72 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) 11001 を内蔵している。CPU 11001 にはバス 11004 を介して、入出力インタフェース 11005 が接続されている。バス 11004 には、ROM(Read Only Memory) 11002 およびRAM(Random Access Memory) 11003 が接続されている。

- [0772] 入出力インタフェース11005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11006、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11007、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11008、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11009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11011に対してデータを読み書きするドライブ11010が接続されている。
- [0773] CPU11001は、ROM11002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11011ら読み出されて記憶部11008にインストールされ、記憶部11008からRAM11003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。RAM11003にはまた、CPU11001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。
- [0774] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU11001が、例えば、記憶部11008に記憶されているプログラムを、入出力インタフェース11005及びバス11004を介して、RAM11003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。
- [0775] コンピュータ（CPU11001）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11011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。
- [0776] コンピュータでは、プログラムは、リムーバブル記憶媒体11011をドライブ11010に装着することにより、入出力インタフェース11005

を介して、記憶部 11008 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 11009 で受信し、記憶部 11008 にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM 11002 や記憶部 11008 に、あらかじめインストールしておくことができる。

[0777] 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。

[0778] 尚、図 72 における CPU 11001 が、図 66 の駆動制御部 1134 および手振れ補正処理部 1136 の機能を実現させる。

[0779] 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。

[0780] 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。

[0781] 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。

[0782] 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。

[0783] 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。

[0784] 尚、本開示は、以下のような構成も取ることができる。

<1> 画像を撮像するイメージセンサと、

前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含み、

前記IMUは、前記イメージセンサの駆動を制御する駆動制御部に対して、前記イメージセンサの加速度および角速度を出力する

固体撮像素子。

<2> 前記IMUは、複数のIMUからなるマルチIMUである

<1>に記載の固体撮像素子。

<3> 前記マルチIMUを構成する複数のIMUは、それぞれが前記イメージセンサを複数の領域に分割したときの分割領域を単位とする単位領域毎の加速度および角速度を検出し、前記単位領域毎の加速度および角速度を順次前記駆動制御部に出力する

<2>に記載の固体撮像素子。

<4> 前記複数のIMUのそれぞれが、前記単位領域毎の加速度および角速度を順次前記駆動制御部に出力するとき、前記イメージセンサは、対応する前記単位領域毎に画像を出力する

<3>に記載の固体撮像素子。

<5> 前記IMUは、単体であり、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出し、前記イメージセンサの加速度および角速度を順次前記駆動制御部に出力する

<1>に記載の固体撮像素子。

<6> 前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部をさらに含み、

前記駆動制御部は、前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する

<1>に記載の固体撮像素子。

<7> 前記駆動部は、前記イメージセンサを駆動させるアクチュエータである

<6>に記載の固体撮像素子。

<8> 画像を撮像するイメージセンサと、

前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、

前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部と、

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動制御部と

を備える撮像装置。

<9> 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部をさらに備え、

前記駆動制御部は、前記イメージセンサの位置および姿勢に基づいたフィードバック制御により前記駆動部の駆動を制御する

<8>に記載の撮像装置。

<10> 装置本体と一体化して設けられ、前記装置本体の加速度および角速度を検出する、前記IMUとは異なる他のIMUをさらに備え、

前記駆動制御部は、前記IMUにより検出された前記イメージセンサの加速度および角速度、および、前記他のIMUにより検出された前記装置本体の加速度および角速度に基づいた慣性方向により、前記駆動部の駆動を制御する

<8>に記載の撮像装置。

<11> 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部と、

前記装置本体の加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記装置本体の位置および姿勢を検出する本体位置姿勢検出部とをさらに備え、

前記駆動制御部は、前記イメージセンサの位置および姿勢に基づいたフィ

ードバック制御と、前記装置本体の位置および姿勢に基づいたフィードフォワード制御とにより前記駆動部の駆動を制御する

<10>に記載の撮像装置。

<12> 前記イメージセンサの位置および姿勢と、前記装置本体の位置および姿勢とに基づいて、前記駆動部の駆動に係る制御量目標値を算出する制御量目標値算出部をさらに含み、

前記駆動制御部は、前記制御量目標値に基づいて、前記駆動部の駆動を制御する

<11>に記載の撮像装置。

<13> 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいて、前記イメージセンサにより撮像された画像を補正する補正部をさらに備える

<8>乃至<12>のいずれかに記載の撮像装置。

<14> 前記IMUは、複数のIMUからなるマルチIMUである

<13>に記載の撮像装置。

<15> 前記マルチIMUを構成する複数のIMUは、それぞれが前記イメージセンサを複数の領域に分割したときの分割領域を単位とする単位領域毎の加速度および角速度を検出し、

前記複数のIMUのそれぞれが、前記単位領域毎の加速度および角速度を検出するとき、前記イメージセンサは、対応する前記単位領域毎に画像を出力し、

前記補正部は、前記単位領域毎の加速度および角速度に基づいて、前記単位領域毎の画像を補正する

<14>に記載の撮像装置。

<16> 前記イメージセンサの前記単位領域毎の加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの前記単位領域毎の位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部をさらに備え、

前記補正部は、前記イメージセンサの前記単位領域毎の位置および姿勢に基づいて、前記単位領域毎の画像を補正する

< 1 5 >に記載の撮像装置。

< 1 7 > 前記IMUは、単体であり、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出する

< 8 >に記載の撮像装置。

< 1 8 > 前記駆動部は、前記イメージセンサを駆動させるアクチュエータである

< 8 >乃至< 1 7 >のいずれかに記載の撮像装置。

< 1 9 > 画像を撮像するイメージセンサと、

前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、

前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部とを備えた撮像装置の作動方法であって、

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御するステップ

を含む撮像装置の作動方法。

< 2 0 > 画像を撮像するイメージセンサと、

前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、

前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部とを備えた撮像装置を制御するコンピュータを、

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動制御部と

して機能させるプログラム。

< 2 1 > 画像を撮像するイメージセンサと、

前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU（Inertial Measurement Unit）とを含む固体撮像素子と、

前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部と、

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動制御部と

を有する撮像装置

を備えた移動体装置。

< 2 2 > 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部をさらに備え、

前記駆動制御部は、前記イメージセンサの位置および姿勢に基づいたフィードバック制御により前記駆動部の駆動を制御する

< 2 1 >に記載の移動体装置。

< 2 3 > 前記撮像装置の本体と一体化して設けられ、前記撮像装置の本体の加速度および角速度を検出する、前記IMUとは異なる他のIMUをさらに備え、

前記駆動制御部は、前記IMUにより検出された前記イメージセンサの加速度および角速度、および、前記他のIMUにより検出された前記撮像装置の本体の加速度および角速度に基づいた慣性方向により、前記駆動部の駆動を制御する

< 2 1 >に記載の移動体装置。

< 2 4 > 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部と、

前記撮像装置の本体の加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記撮像装置の本体の位置および姿勢を検出する本体位置姿勢検出部とをさら

に備え、

前記駆動制御部は、前記イメージセンサの位置および姿勢に基づいたフィードバック制御と、前記撮像装置の本体の位置および姿勢に基づいたフィードフォワード制御とにより前記駆動部の駆動を制御する

<23>に記載の移動体装置。

<25> 前記イメージセンサの位置および姿勢と、前記撮像装置の本体の位置および姿勢とに基づいて、前記駆動部の駆動に係る制御量目標値を算出する制御量目標値算出部をさらに含み、

前記駆動制御部は、前記制御量目標値に基づいて、前記駆動部の駆動を制御する

<23>に記載の移動体装置。

<26> 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいて、前記イメージセンサにより撮像された画像を補正する補正部をさらに備える

<21>乃至<25>に記載の移動体装置。

<27> 前記IMUは、複数のIMUからなるマルチIMUである

<26>に記載の移動体装置。

<28> 前記マルチIMUを構成する複数のIMUは、それぞれが前記イメージセンサを複数の領域に分割したときの分割領域を単位とする単位領域毎の加速度および角速度を検出し、

前記複数のIMUのそれぞれが、前記単位領域毎の加速度および角速度を検出するとき、前記イメージセンサは、対応する前記単位領域毎に画像を出力し、

前記補正部は、前記単位領域毎の加速度および角速度に基づいて、前記単位領域毎の画像を補正する

<27>に記載の移動体装置。

<29> 前記イメージセンサの前記単位領域毎の加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの前記単位領域毎の位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部をさらに備え、

前記補正部は、前記イメージセンサの前記単位領域毎の位置および姿勢に基づいて、前記単位領域毎の画像を補正する

<28>に記載の移動体装置。

<30> 画像を撮像するイメージセンサと、

前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、

前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部とを有する撮像装置を備えた移動体装置の作動方法であって、

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御するステップ

を含む移動体装置の作動方法。

<31> 画像を撮像するイメージセンサと、

前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、

前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部とを有する撮像装置を備えた移動体装置を制御するコンピュータを、

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動制御部と

して機能させるプログラム。

符号の説明

[0785] 200 マルチIMU (Inertial Measurement Unit) , 201, 201-1乃至201-4 IMU, 210 プリント基板, 211, 211-1乃至211-4 振動子, 212, 212-1乃至212-4, 212', 212'-1, 212'-2-1乃至212'-2-4 ベース, 213

, 213-1乃至213-4, 213', 213'', 213''' 読出回路, 231, 231-1乃至231-4 ドライブ回路ブロック, 232, 232-1乃至232-4 センス回路ブロック, 233, 233-1乃至233-4 デジタル出力回路ブロック, 251, 251-1乃至241-4 発振回路, 252, 252-1乃至252-4 自動利得調整回路, 271, 271-1乃至271-4 チャージアンプ回路, 272, 272-1乃至272-4 移相回路, 273, 273-1乃至273-4 同期検波回路, 274, 274-1乃至274-4 LPF, 291, 291-1乃至291-4 AD変換回路, 292, 292-1乃至292-4 デシメーションフィルタ, 293, 293-1乃至293-4 デジタル出力回路, 301, 301' 切替回路, 321, 321' 基準信号発生部, 351, 351-1乃至351-4 音響インシュレータ, 371 うなり検出回路, 372 合成部, 411, 411-1, 411-2 クラスタ, 451 クラスタリング計測装置, 452 結線部, 461 基準周波数生成部, 462 周波数計測部, 463 クラスタリング計算部, 471, 471', 471'', 471''' 合成演算部, 481 リサンブラ, 483 干渉除去部, 484 合成部, 511, 511-1, 511-2, 511', 512, 512-1, 512-2, 512', 521, 521-1, 521-2, 522, 522-1, 522-2 スイッチ, 531, 531-1, 531-2 遅延調整部, 532, 532', 532'' クラスタ内合成部, 551, 551-1, 551-2 差動反転部, 561, 561' スイッチ, 571, 571-2, 571-2 反転部, 601 プルーフマス, 602 可動駆動部, 603 固定駆動部, 604 接続部, 604a 電極, 605 検出電極, 610, 610X, 610X-1乃至610X-4, 610Y, 610Y-1乃至610Y-4, 610Z, 610Z-1乃至610Z-4 IMUユニット, 610BX, 610BY, 610BZ IMUブロック, 611, 611-1, 611-2 連結梁,

612-1, 612-2 連結梁, 632, 632-1, 632-2 連結梁, 631, 631-1, 631-2 連結梁, 651 信号処理部, 661, 662 演算部, 671 信号処理部, 672 切替部, 681, 681-1乃至681-4 演算部, 701, 701-1乃至701-3, 702, 702-1乃至702-3 連結梁, 731, 732 切替部, 733 信号処理部, 741 演算部, 751 信号処理部, 752 切替部, 801 イメージセンサ, 1100 移動体装置, 1101 撮像装置, 1111 本体部, 1112 撮像部, 1113 出力部, 1131 IMU, 1132 本体位置姿勢検出部, 1133 イメージセンサ位置姿勢検出部, 1134 駆動制御部, 1135 駆動部, 1136 手振れ補正処理部, 1151 並進運動算出部, 1152 回転運動算出部, 1171 並進運動算出部, 1172 回転運動算出部, 1181 イメージセンサ, 1182 IMU, 1191 画像記録部, 1192 送信部, 1201 位置検出部, 1211-1, 1211-2 磁石, 1212-1, 1212-2 ホール素子

請求の範囲

- [請求項1] 画像を撮像するイメージセンサと、
前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含み、
前記IMUは、前記イメージセンサの駆動を制御する駆動制御部に対して、前記イメージセンサの加速度および角速度を出力する
固体撮像素子。
- [請求項2] 前記IMUは、複数のIMUからなるマルチIMUである
請求項1に記載の固体撮像素子。
- [請求項3] 前記マルチIMUを構成する複数のIMUは、それぞれが前記イメージセンサを複数の領域に分割したときの分割領域を単位とする単位領域毎の加速度および角速度を検出し、前記単位領域毎の加速度および角速度を順次前記駆動制御部に出力する
請求項2に記載の固体撮像素子。
- [請求項4] 前記複数のIMUのそれぞれが、前記単位領域毎の加速度および角速度を順次前記駆動制御部に出力するとき、前記イメージセンサは、対応する前記単位領域毎に画像を出力する 請求項3に記載の固体撮像素子。
- [請求項5] 前記IMUは、単体であり、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出し、前記イメージセンサの加速度および角速度を順次前記駆動制御部に出力する
請求項1に記載の固体撮像素子。
- [請求項6] 前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部をさらに含み、
前記駆動制御部は、前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する

請求項 1 に記載の固体撮像素子。

[請求項7] 前記駆動部は、前記イメージセンサを駆動させるアクチュエータである

請求項 6 に記載の固体撮像素子。

[請求項8] 画像を撮像するイメージセンサと、
前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、
前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部と、
前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動制御部と
を備える撮像装置。

[請求項9] 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部をさらに備え、
前記駆動制御部は、前記イメージセンサの位置および姿勢に基づいたフィードバック制御により前記駆動部の駆動を制御する
請求項 8 に記載の撮像装置。

[請求項10] 装置本体と一体化して設けられ、前記装置本体の加速度および角速度を検出する、前記IMUとは異なる他のIMUをさらに備え、
前記駆動制御部は、前記IMUにより検出された前記イメージセンサの加速度および角速度、および、前記他のIMUにより検出された前記装置本体の加速度および角速度に基づいた慣性方向により、前記駆動部の駆動を制御する
請求項 8 に記載の撮像装置。

[請求項11] 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの位置および姿勢を検出するイメージセンサ

位置姿勢検出部と、

前記装置本体の加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記装置本体の位置および姿勢を検出する本体位置姿勢検出部とをさらに備え、

前記駆動制御部は、前記イメージセンサの位置および姿勢に基づいたフィードバック制御と、前記装置本体の位置および姿勢に基づいたフィードフォワード制御とにより前記駆動部の駆動を制御する

請求項 10 に記載の撮像装置。

[請求項12]

前記イメージセンサの位置および姿勢と、前記装置本体の位置および姿勢とに基づいて、前記駆動部の駆動に係る制御量目標値を算出する制御量目標値算出部をさらに含み、

前記駆動制御部は、前記制御量目標値に基づいて、前記駆動部の駆動を制御する

請求項 11 に記載の撮像装置。

[請求項13]

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいて、前記イメージセンサにより撮像された画像を補正する補正部をさらに備える

請求項 8 に記載の撮像装置。

[請求項14]

前記IMUは、複数のIMUからなるマルチIMUである

請求項 13 に記載の撮像装置。

[請求項15]

前記マルチIMUを構成する複数のIMUは、それぞれが前記イメージセンサを複数の領域に分割したときの分割領域を単位とする単位領域毎の加速度および角速度を検出し、

前記複数のIMUのそれぞれが、前記単位領域毎の加速度および角速度を検出するとき、前記イメージセンサは、対応する前記単位領域毎に画像を出力し、

前記補正部は、前記単位領域毎の加速度および角速度に基づいて、前記単位領域毎の画像を補正する

請求項 14 に記載の撮像装置。

- [請求項16] 前記イメージセンサの前記単位領域毎の加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの前記単位領域毎の位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部をさらに備え、
前記補正部は、前記イメージセンサの前記単位領域毎の位置および姿勢に基づいて、前記単位領域毎の画像を補正する
請求項15に記載の撮像装置。
- [請求項17] 前記IMUは、単体であり、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出する
請求項8に記載の撮像装置。
- [請求項18] 前記駆動部は、前記イメージセンサを駆動させるアクチュエータである
請求項8に記載の撮像装置。
- [請求項19] 画像を撮像するイメージセンサと、
前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、
前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部とを備えた撮像装置の作動方法であって、
前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御するステップ
を含む撮像装置の作動方法。
- [請求項20] 画像を撮像するイメージセンサと、
前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、
前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部とを備えた撮像装置を制御するコンピュータを、

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動制御部として機能させるプログラム。

[請求項21]

画像を撮像するイメージセンサと、
前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、
前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部と、
前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動制御部と
を有する撮像装置
を備えた移動体装置。

[請求項22]

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部をさらに備え、
前記駆動制御部は、前記イメージセンサの位置および姿勢に基づいたフィードバック制御により前記駆動部の駆動を制御する
請求項21に記載の移動体装置。

[請求項23]

前記撮像装置の本体と一体化して設けられ、前記撮像装置の本体の加速度および角速度を検出する、前記IMUとは異なる他のIMUをさらに備え、
前記駆動制御部は、前記IMUにより検出された前記イメージセンサの加速度および角速度、および、前記他のIMUにより検出された前記撮像装置の本体の加速度および角速度に基づいた慣性方向により、前記駆動部の駆動を制御する
請求項21に記載の移動体装置。

- [請求項24] 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部と、
- 前記撮像装置の本体の加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記撮像装置の本体の位置および姿勢を検出する本体位置姿勢検出部とをさらに備え、
- 前記駆動制御部は、前記イメージセンサの位置および姿勢に基づいたフィードバック制御と、前記撮像装置の本体の位置および姿勢に基づいたフィードフォワード制御とにより前記駆動部の駆動を制御する請求項23に記載の移動体装置。
- [請求項25] 前記イメージセンサの位置および姿勢と、前記撮像装置の本体の位置および姿勢とに基づいて、前記駆動部の駆動に係る制御量目標値を算出する制御量目標値算出部をさらに含み、
- 前記駆動制御部は、前記制御量目標値に基づいて、前記駆動部の駆動を制御する
- 請求項23に記載の移動体装置。
- [請求項26] 前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいて、前記イメージセンサにより撮像された画像を補正する補正部をさらに備える
- 請求項21に記載の移動体装置。
- [請求項27] 前記IMUは、複数のIMUからなるマルチIMUである
- 請求項26に記載の移動体装置。
- [請求項28] 前記マルチIMUを構成する複数のIMUは、それぞれが前記イメージセンサを複数の領域に分割したときの分割領域を単位とする単位領域毎の加速度および角速度を検出し、
- 前記複数のIMUのそれぞれが、前記単位領域毎の加速度および角速度を検出するとき、前記イメージセンサは、対応する前記単位領域毎に画像を出力し、
- 前記補正部は、前記単位領域毎の加速度および角速度に基づいて、

前記単位領域毎の画像を補正する

請求項 27 に記載の移動体装置。

[請求項29]

前記イメージセンサの前記単位領域毎の加速度および角速度に基づいた積分演算により、前記イメージセンサの前記単位領域毎の位置および姿勢を検出するイメージセンサ位置姿勢検出部をさらに備え、

前記補正部は、前記イメージセンサの前記単位領域毎の位置および姿勢に基づいて、前記単位領域毎の画像を補正する

請求項 28 に記載の移動体装置。

[請求項30]

画像を撮像するイメージセンサと、

前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、

前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部とを有する撮像装置を備えた移動体装置の作動方法であって、

前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御するステップ

を含む移動体装置の作動方法。

[請求項31]

画像を撮像するイメージセンサと、

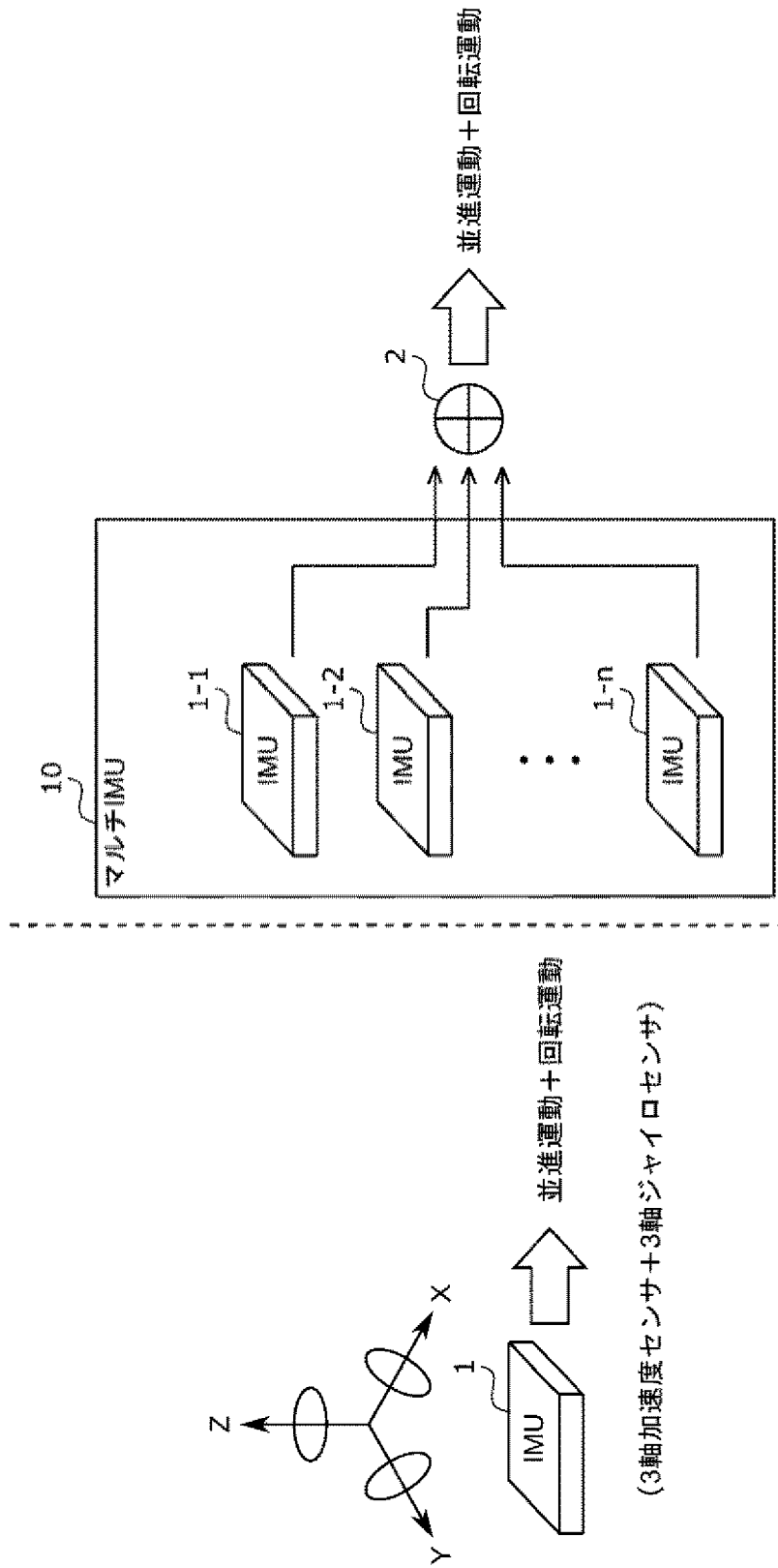
前記イメージセンサと一体化して設けられ、前記イメージセンサの加速度および角速度を検出するIMU (Inertial Measurement Unit) とを含む固体撮像素子と、

前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動部とを有する撮像装置を備えた移動体装置を制御するコンピュータを、

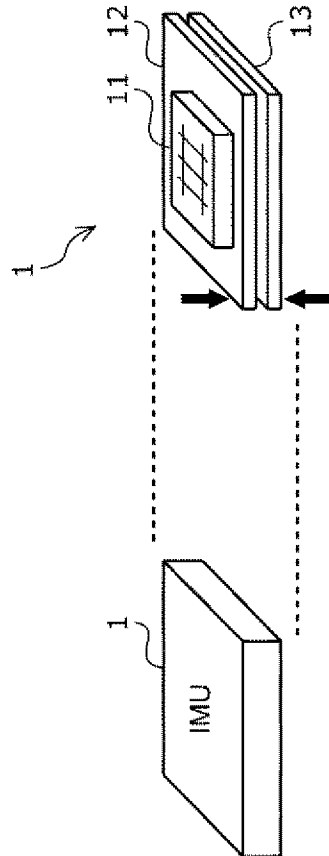
前記イメージセンサの加速度および角速度に基づいた慣性航法、および、中間出力信号により、前記駆動部の駆動を制御して、前記イメージセンサの位置および姿勢を制御する駆動制御部と

して機能させるプログラム。

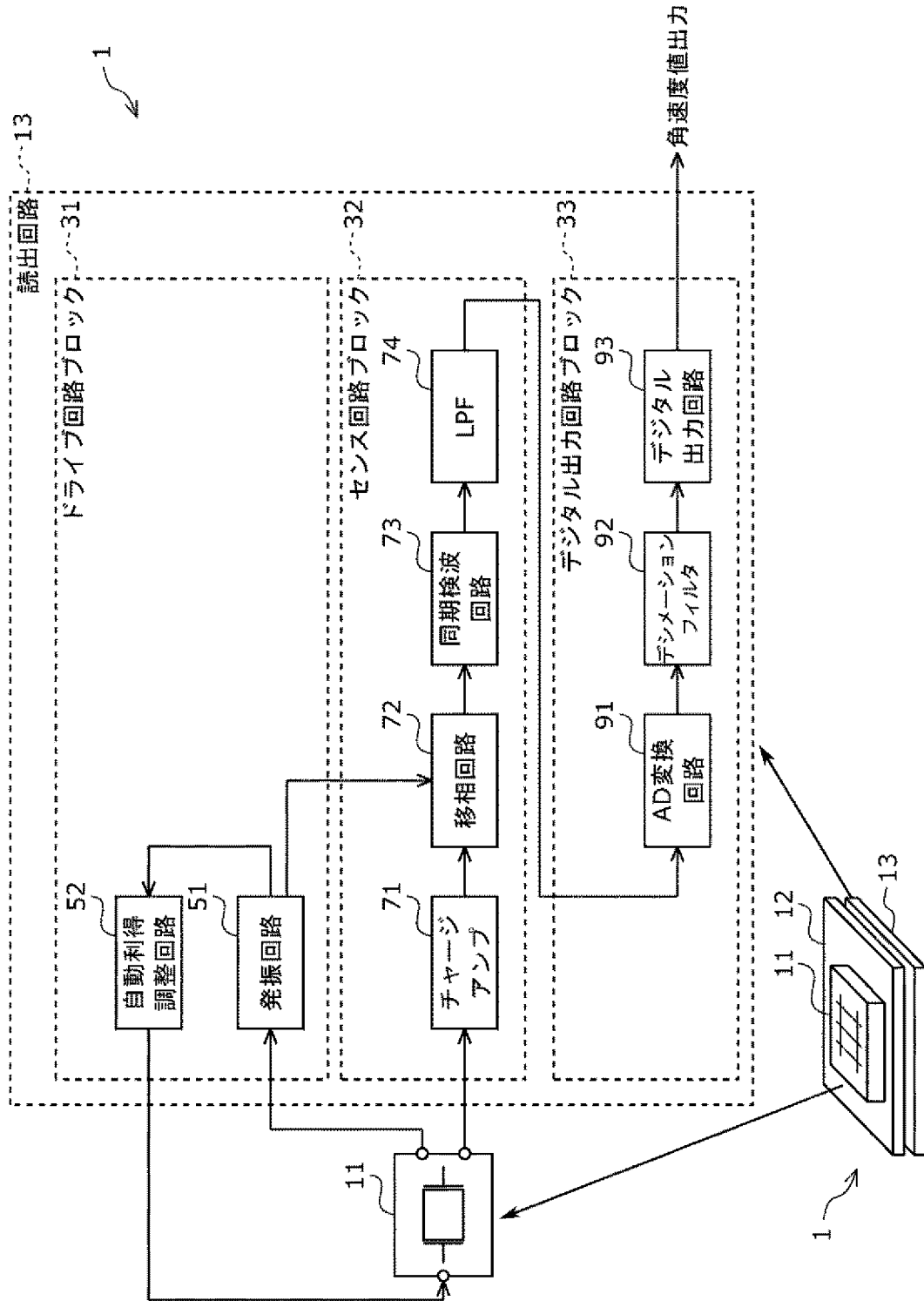
[図1]
FIG.1



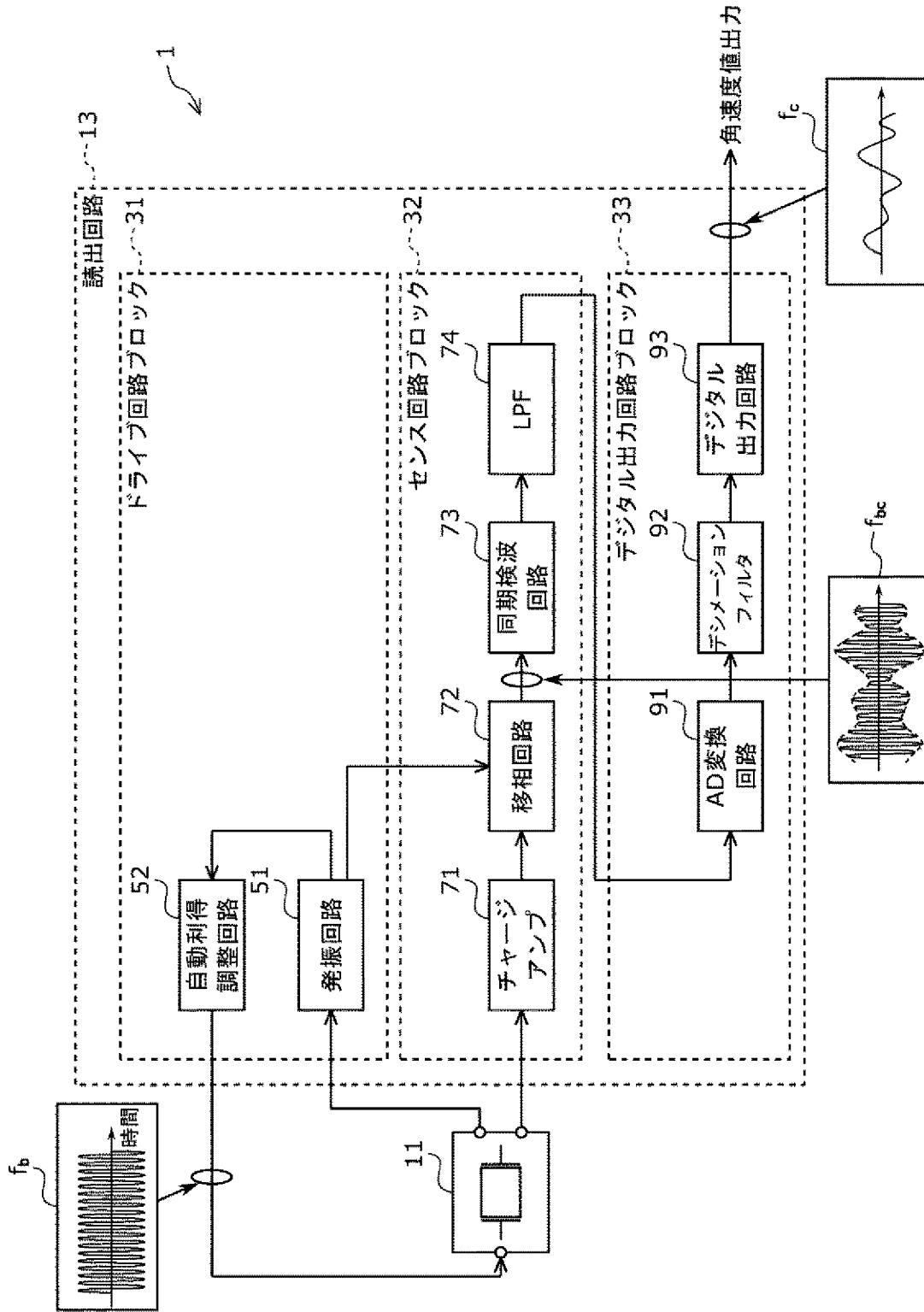
[図2]
FIG. 2



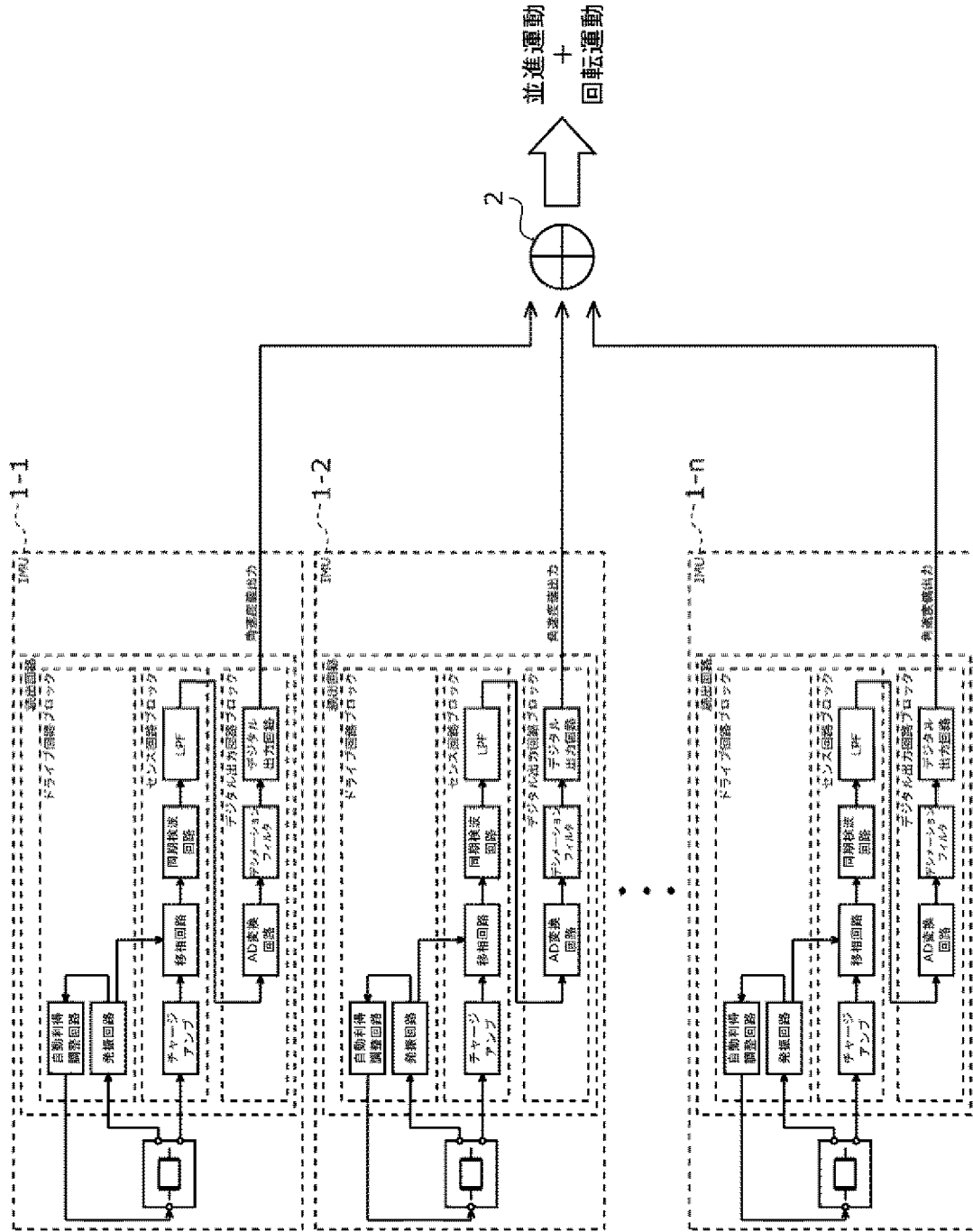
[図3]
FIG. 3

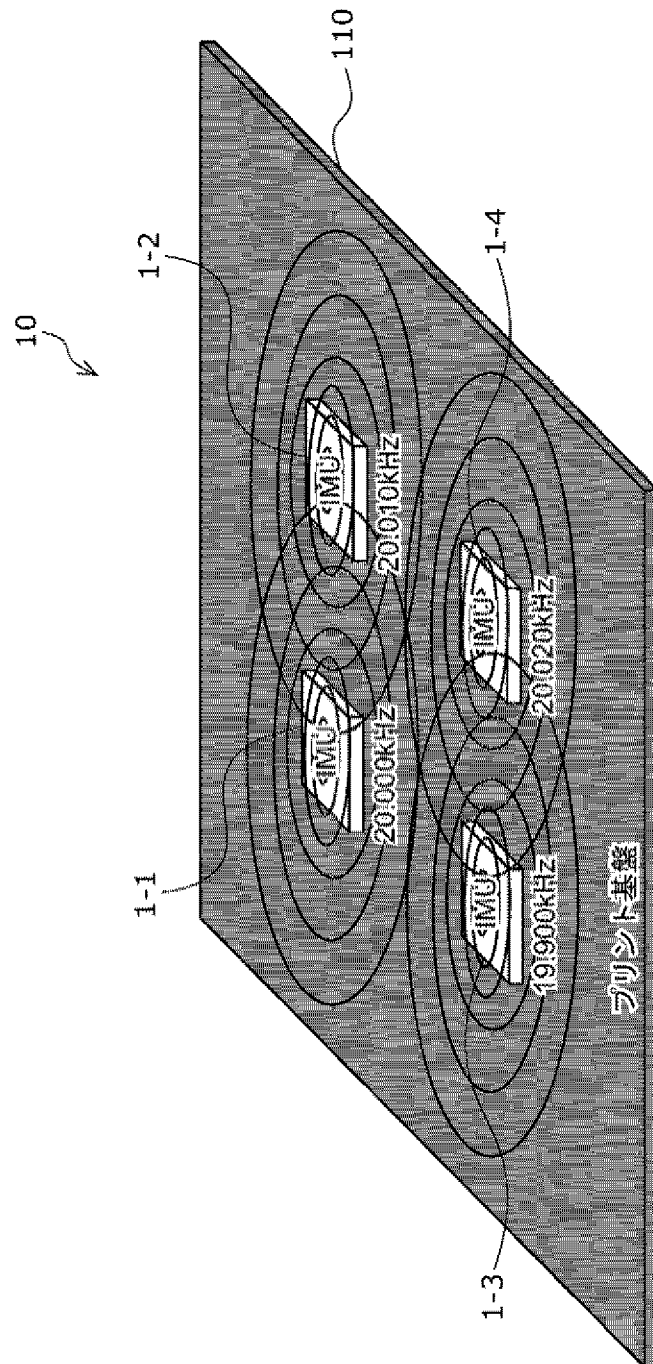


[図4]
FIG.4

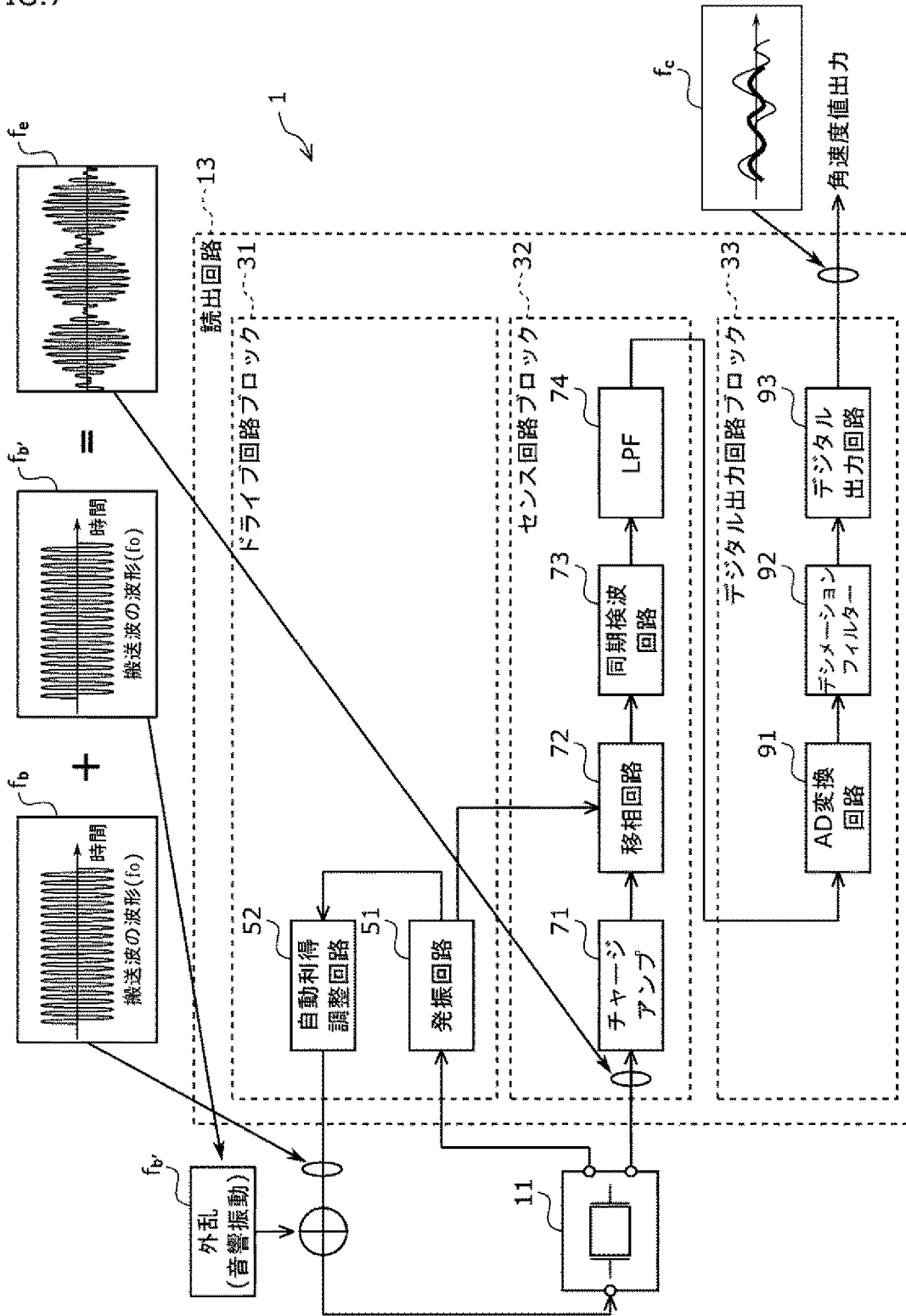


[図5]
FIG.5



[図6]
FIG.6

[図7]
FIG. 7



[図8]
FIG.8

	IMU1-1 20.000Hz	IMU1-2 20.010Hz	IMU1-3 19.900Hz	IMU1-4 20.020Hz
IMU1-1 20.000Hz		10Hz	100Hz	20Hz
IMU1-2 20.010Hz	10Hz		110Hz	10Hz
IMU1-3 19.900Hz	100Hz	110Hz		120Hz
IMU1-4 20.020Hz	20Hz	10Hz	120Hz	

[図9]
FIG.9

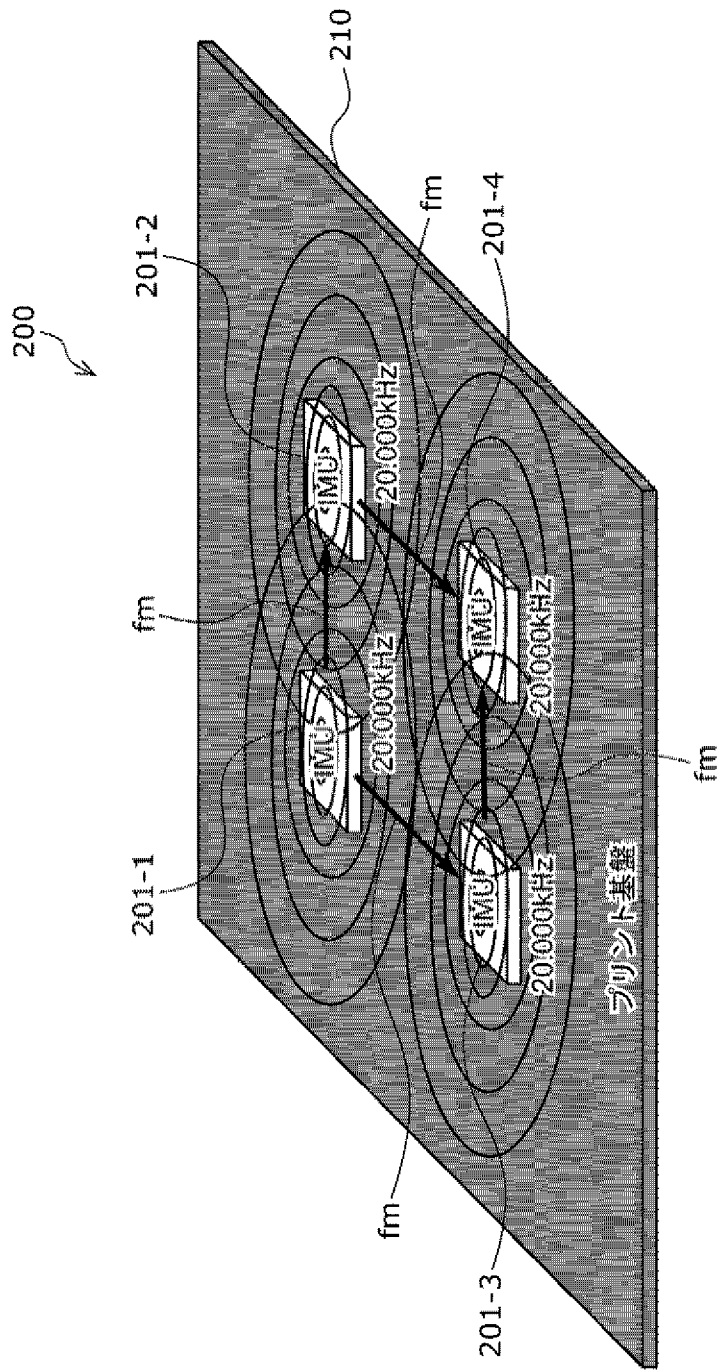
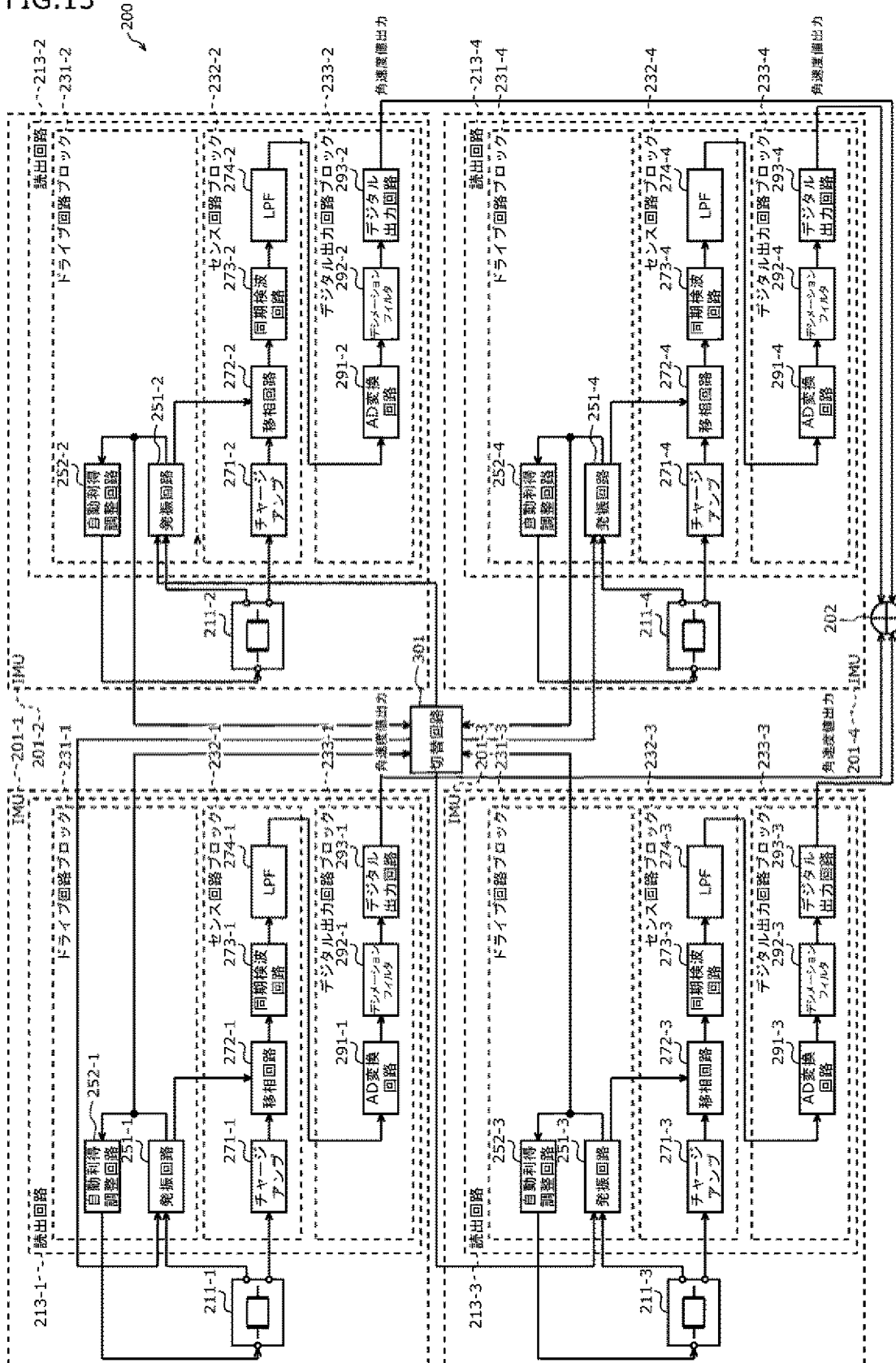
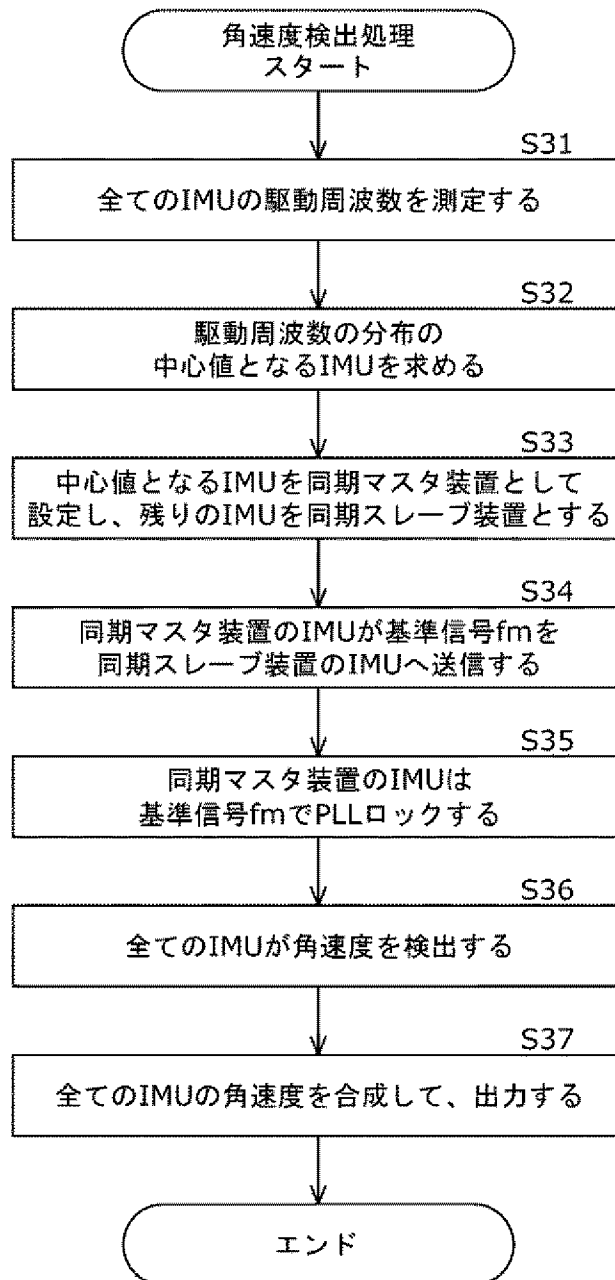


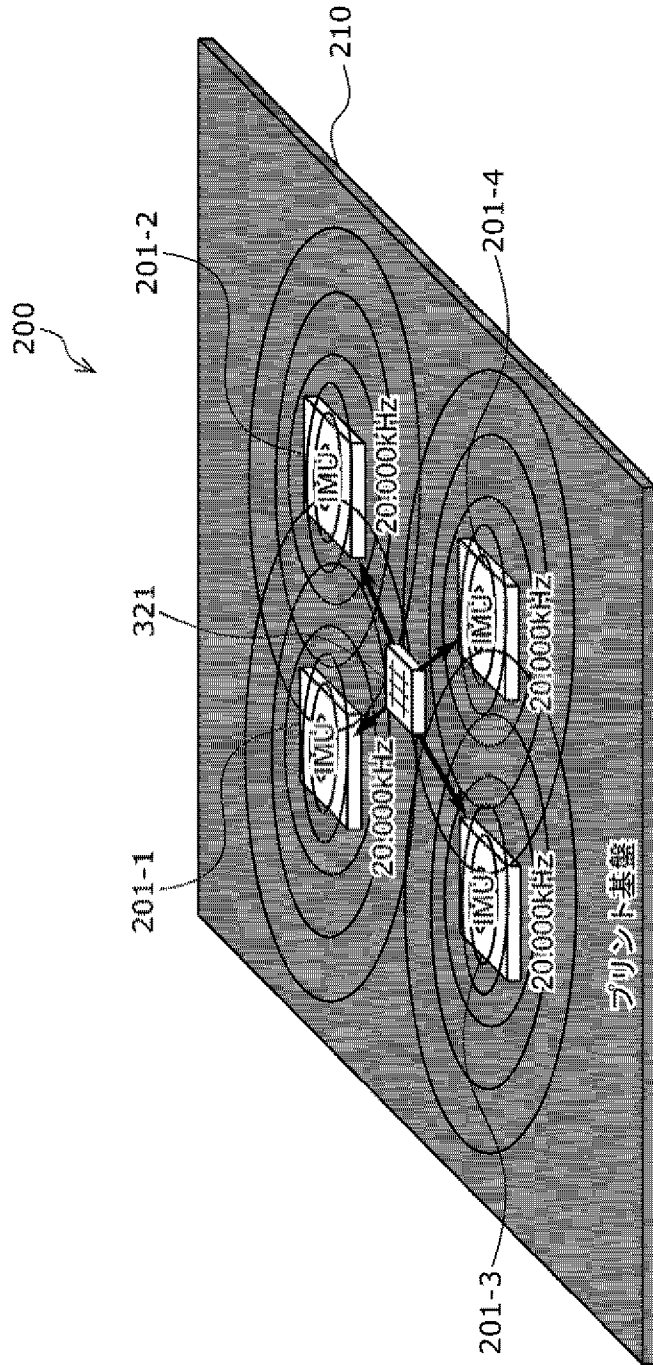
FIG.13



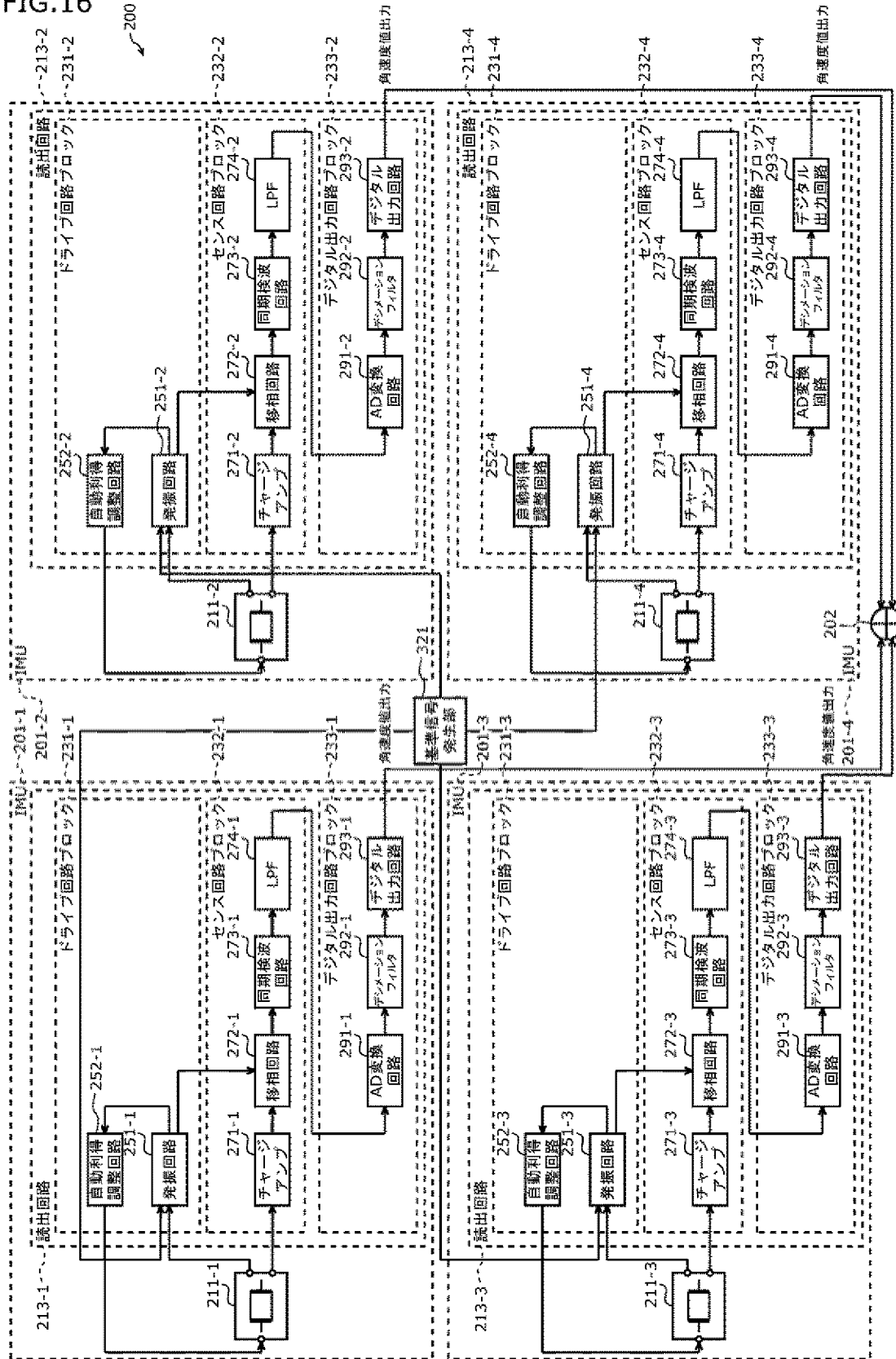
[図14]
FIG.14



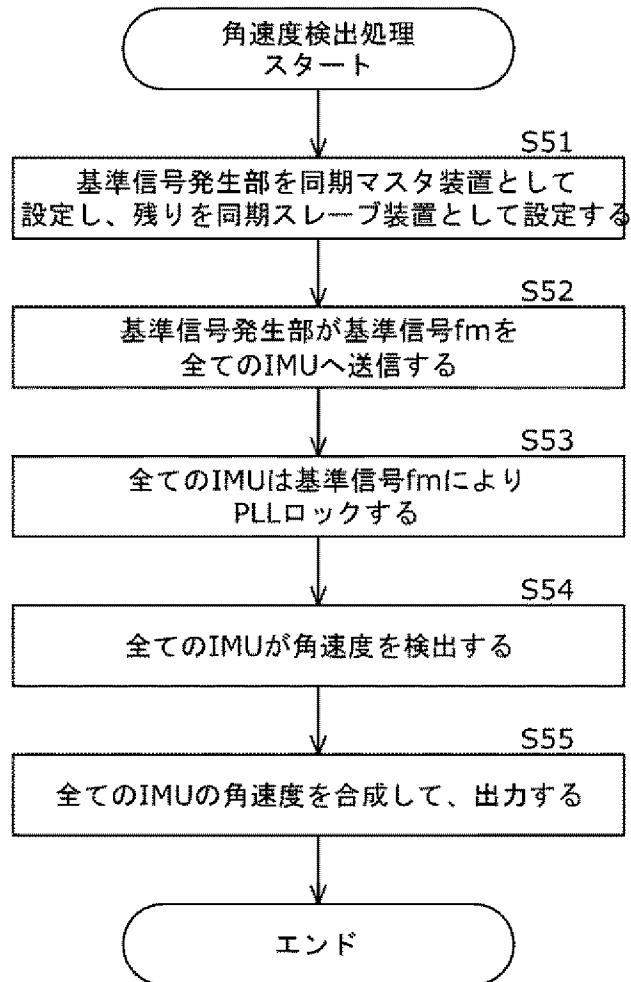
[図15]
FIG.15



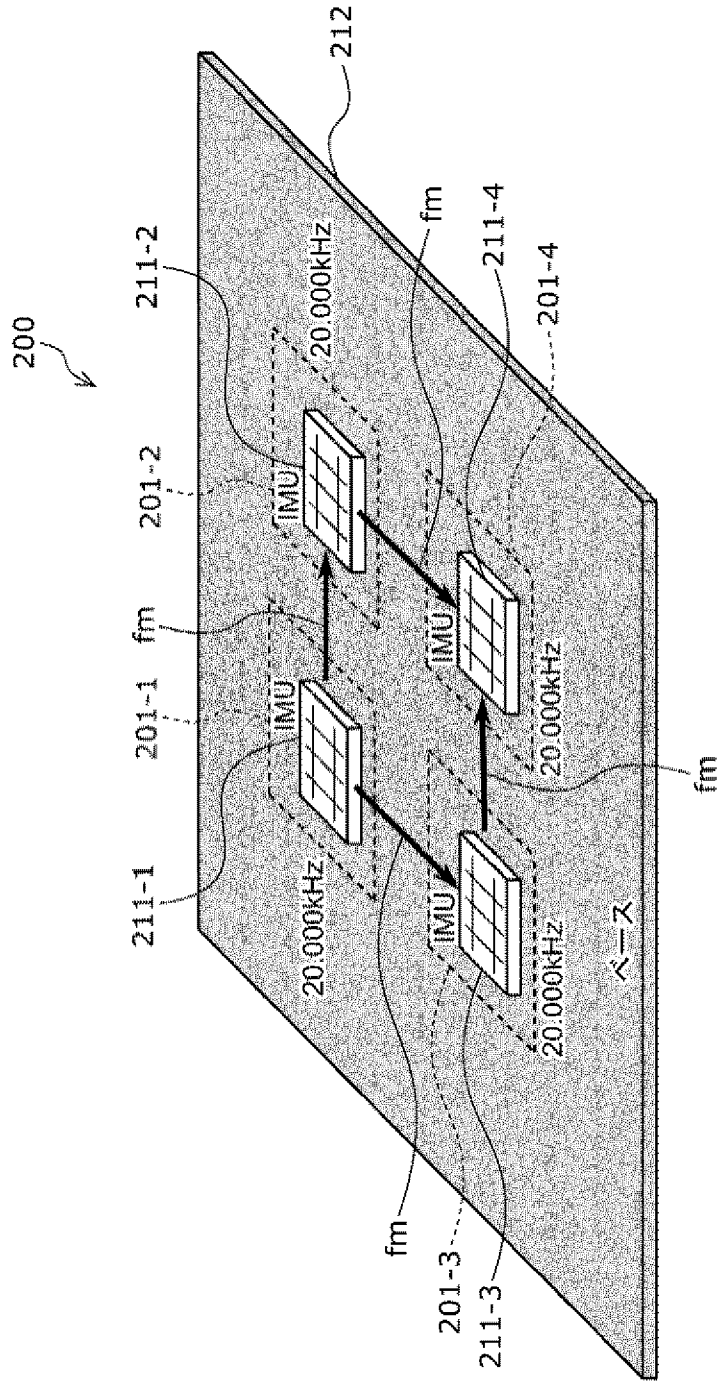
[図16]
FIG. 16



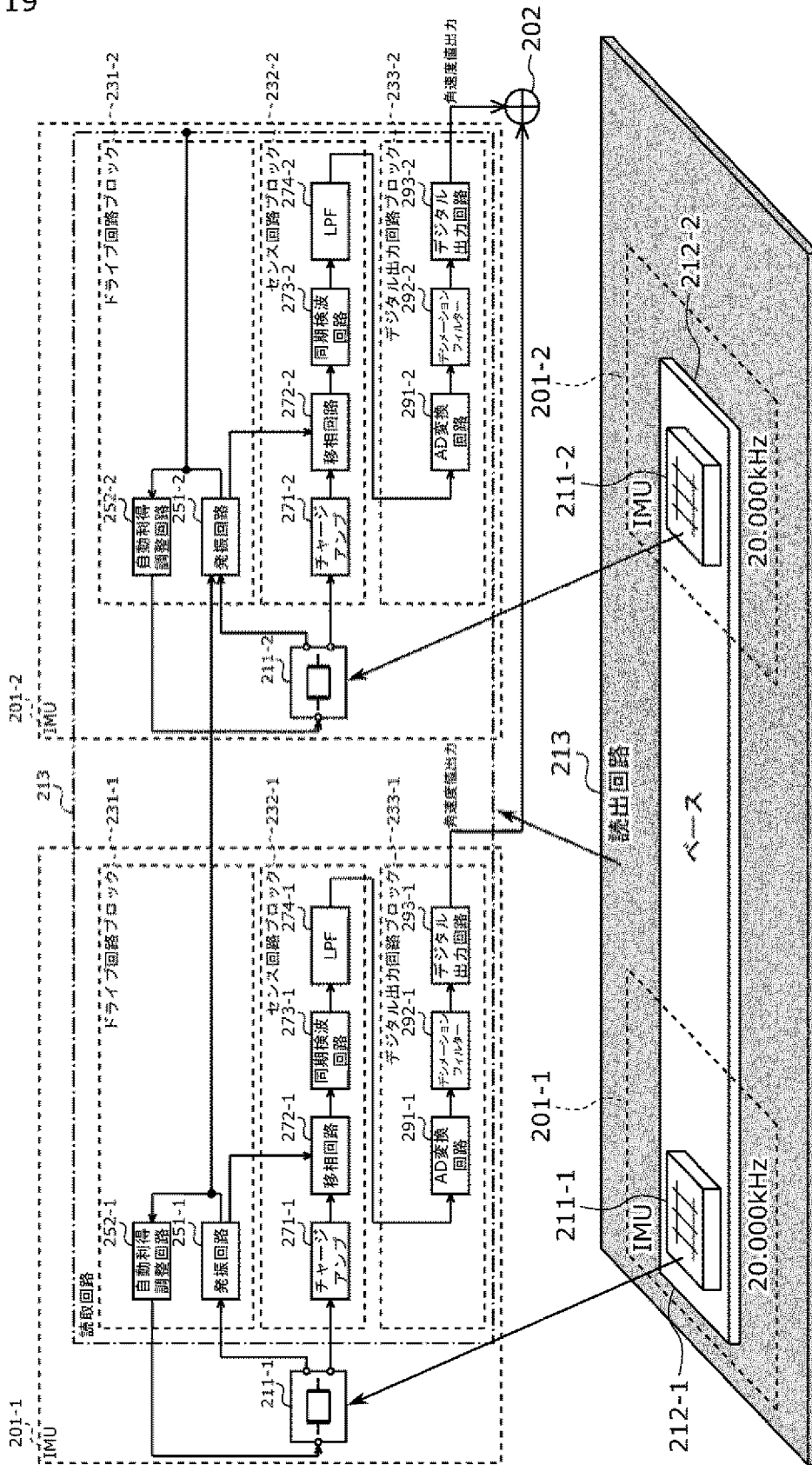
[図17]
FIG.17



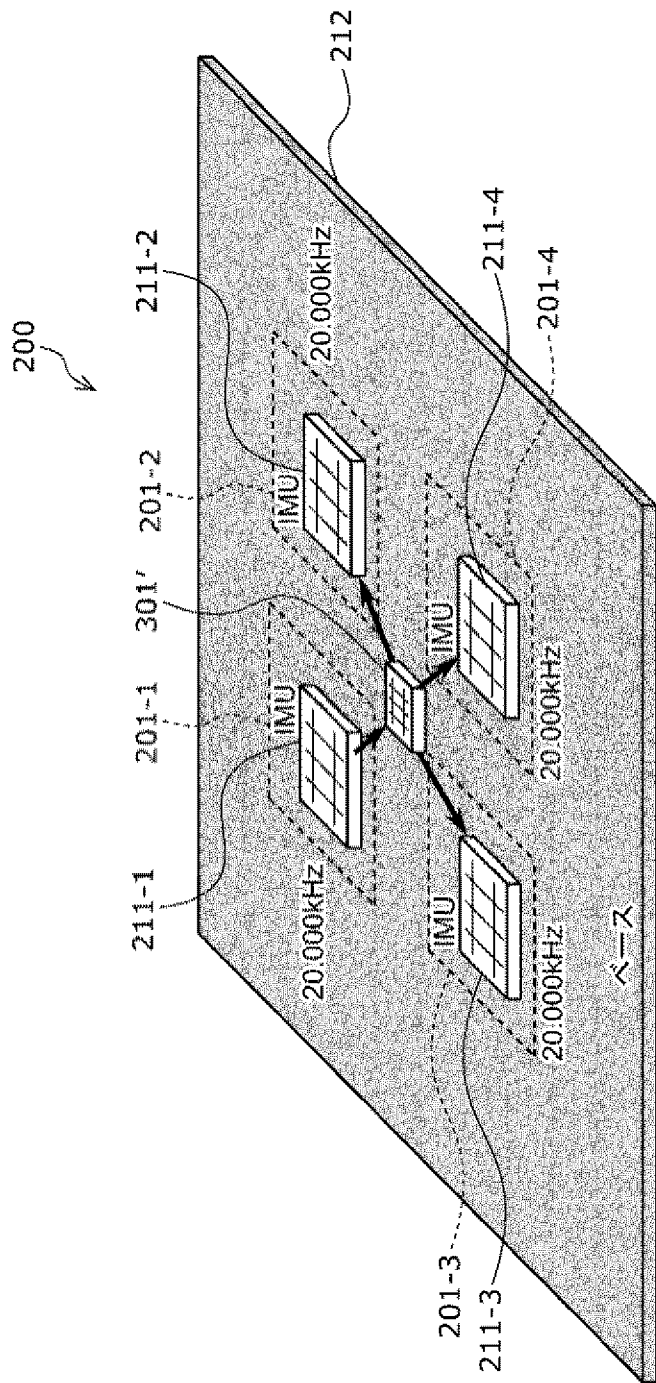
[図18]
FIG.18



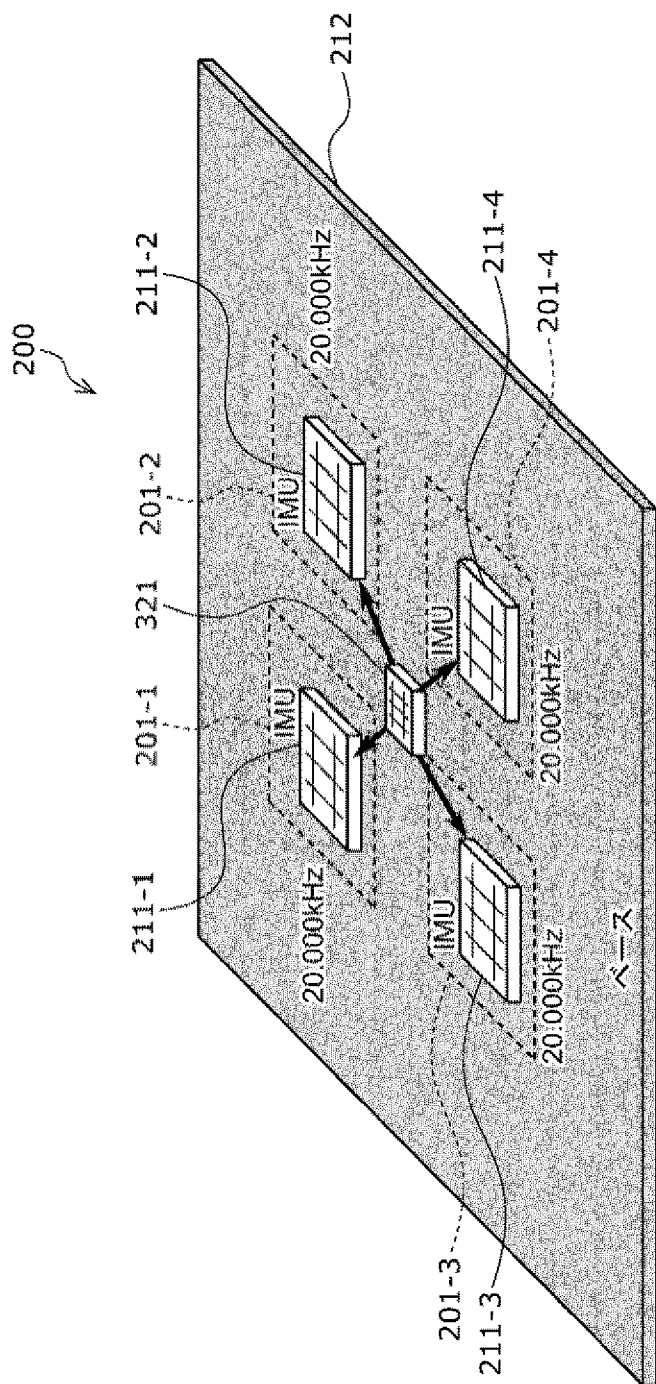
[図19]
FIG.19



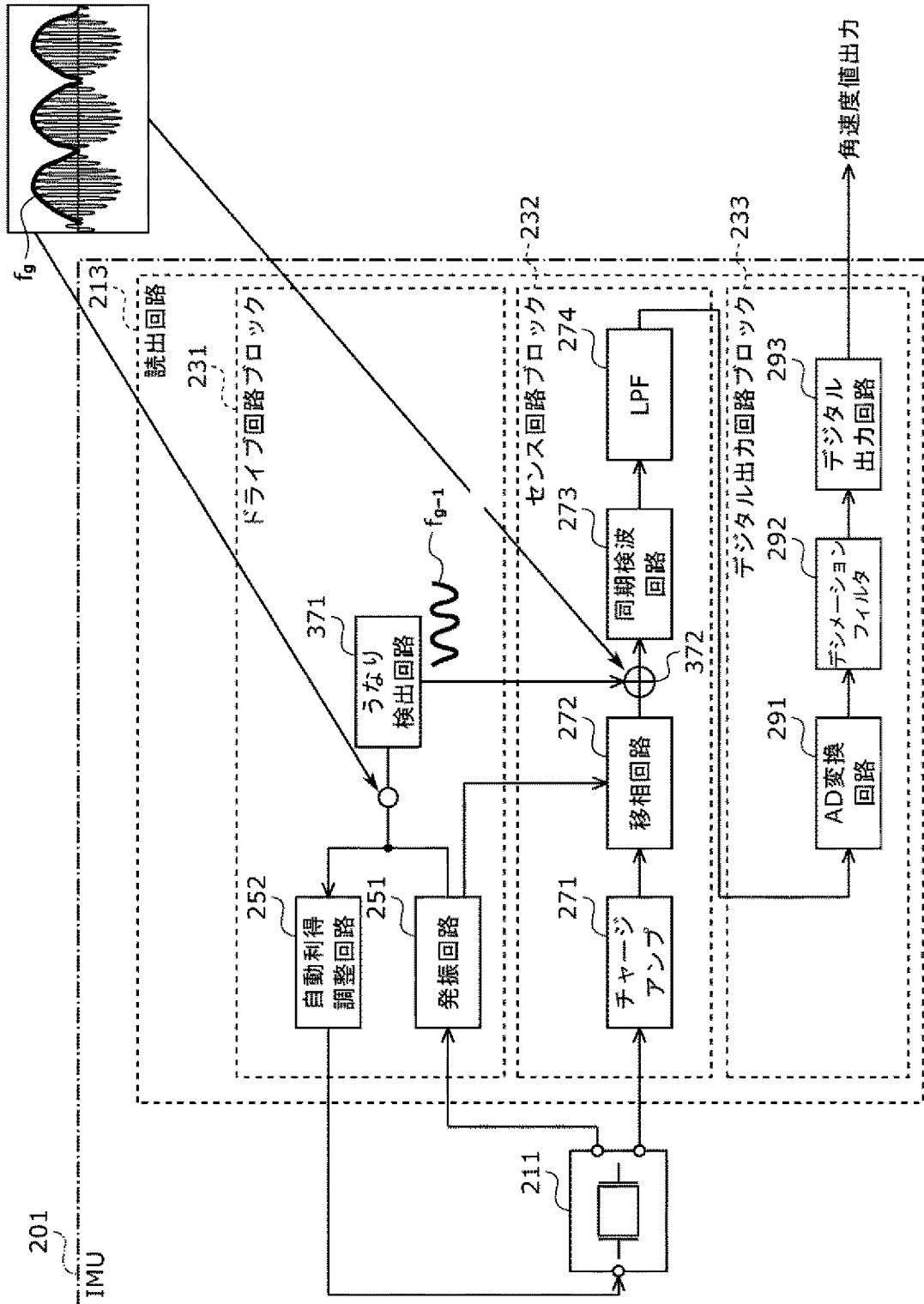
[図20]
FIG.20



[図21]
FIG.21

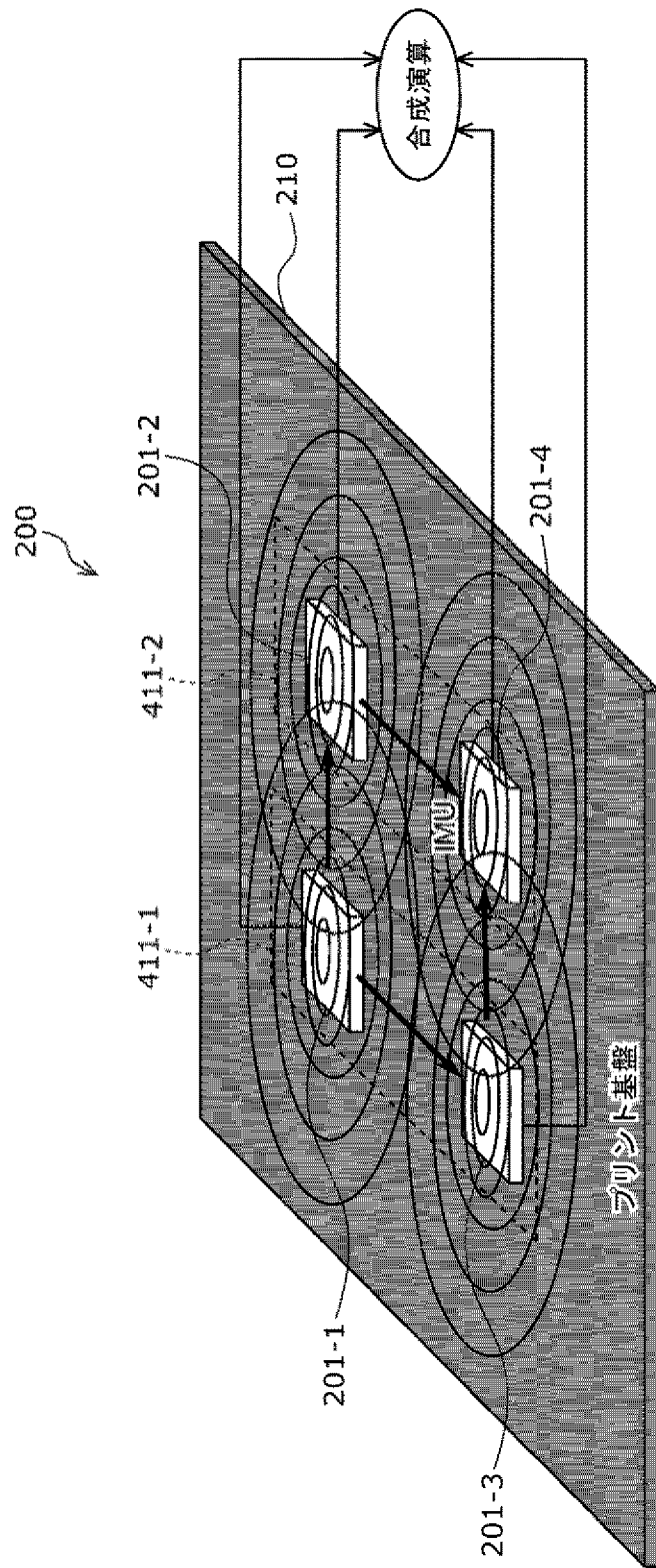


[図23]
FIG. 23

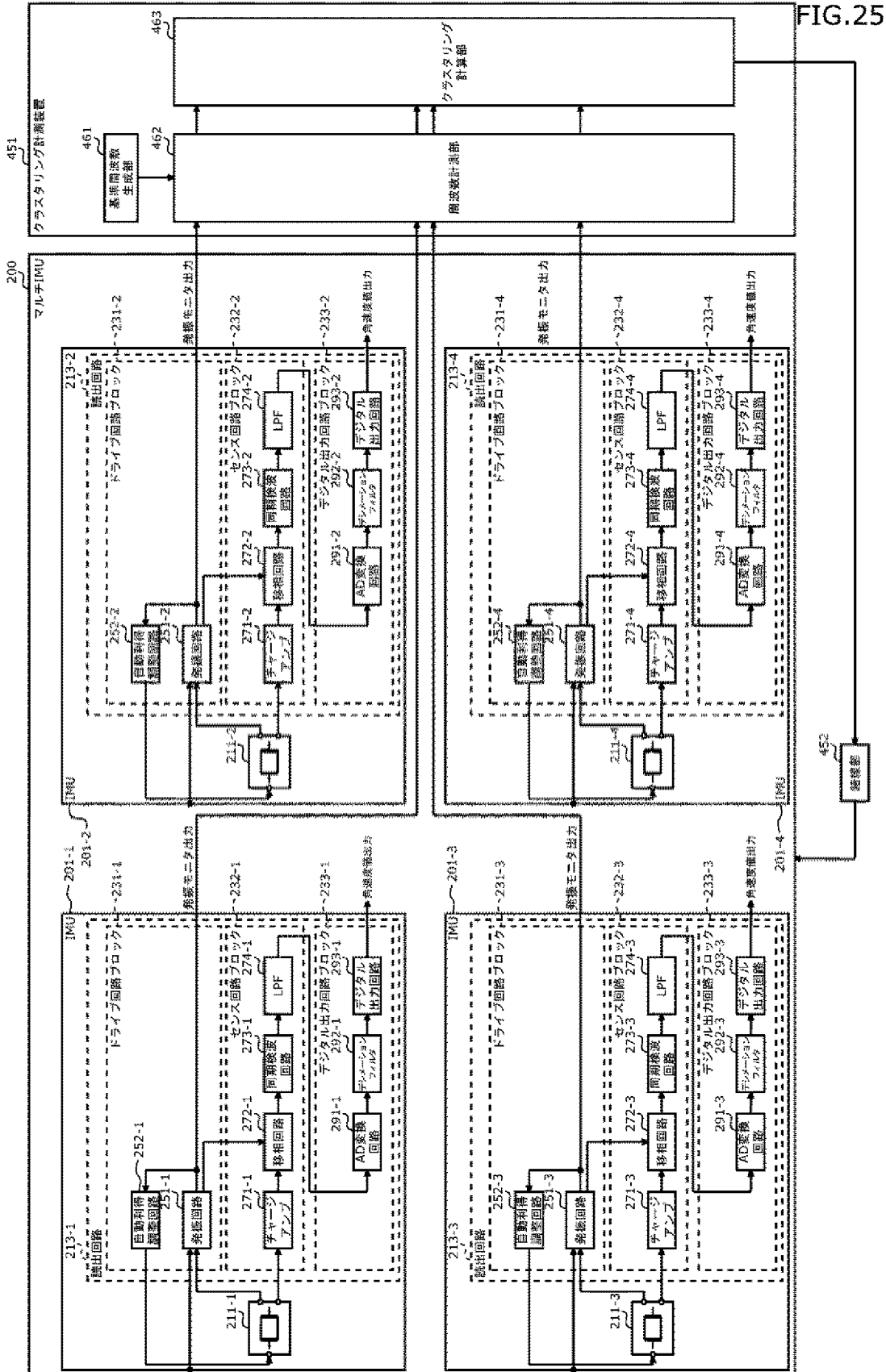


角速度値出力

[図24]
FIG.24



[図25]



[図26]

FIG.26

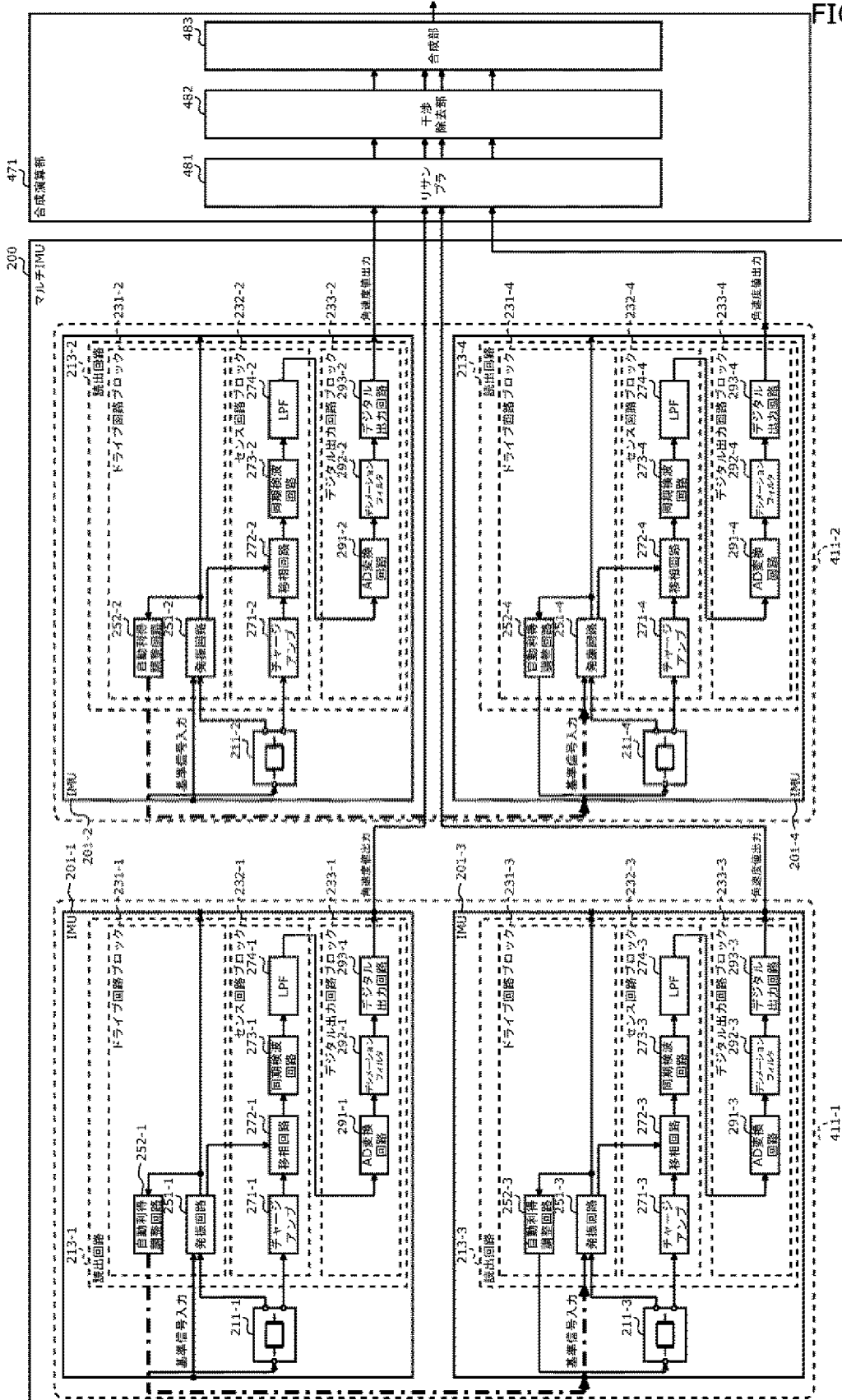


FIG. 27

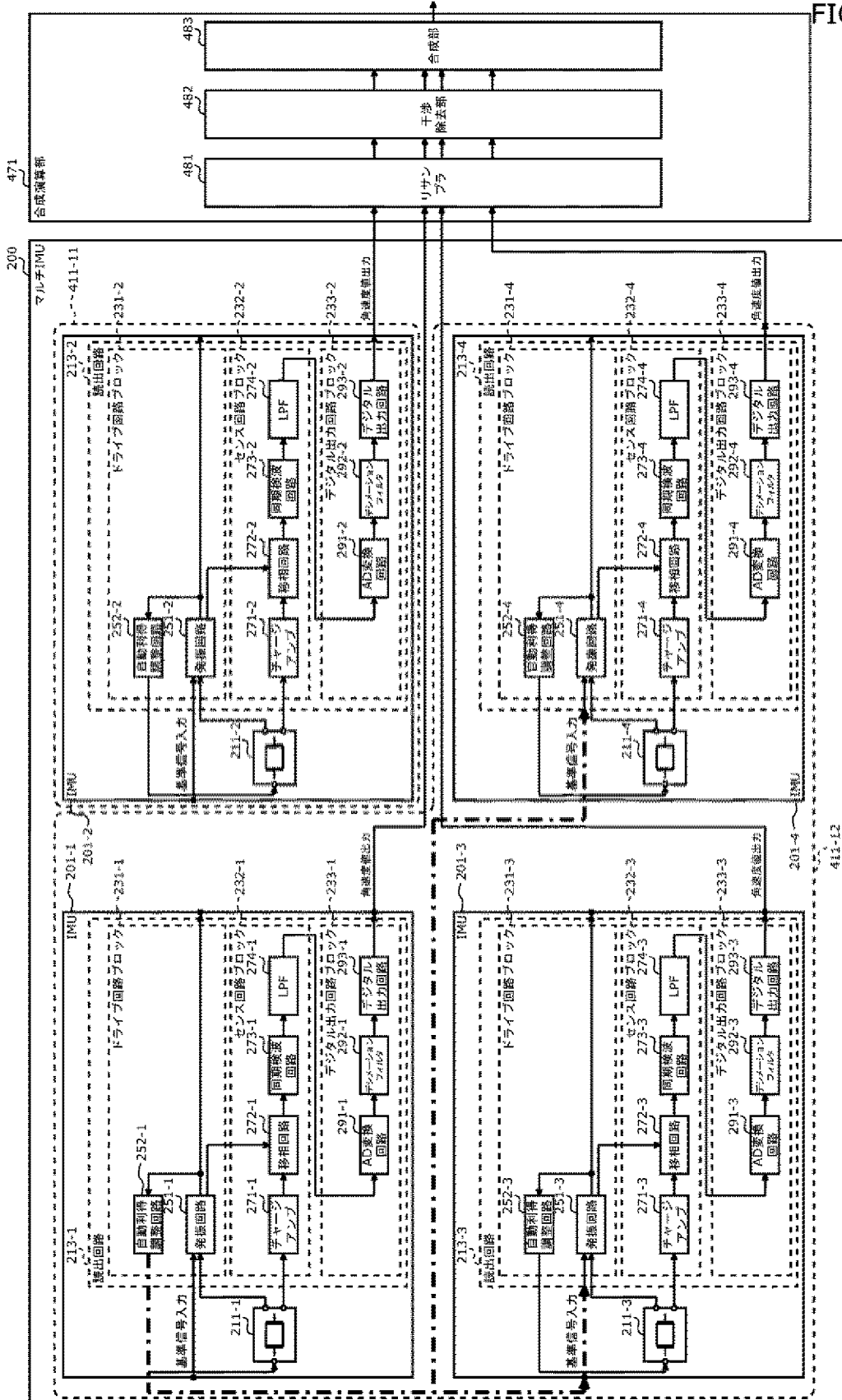
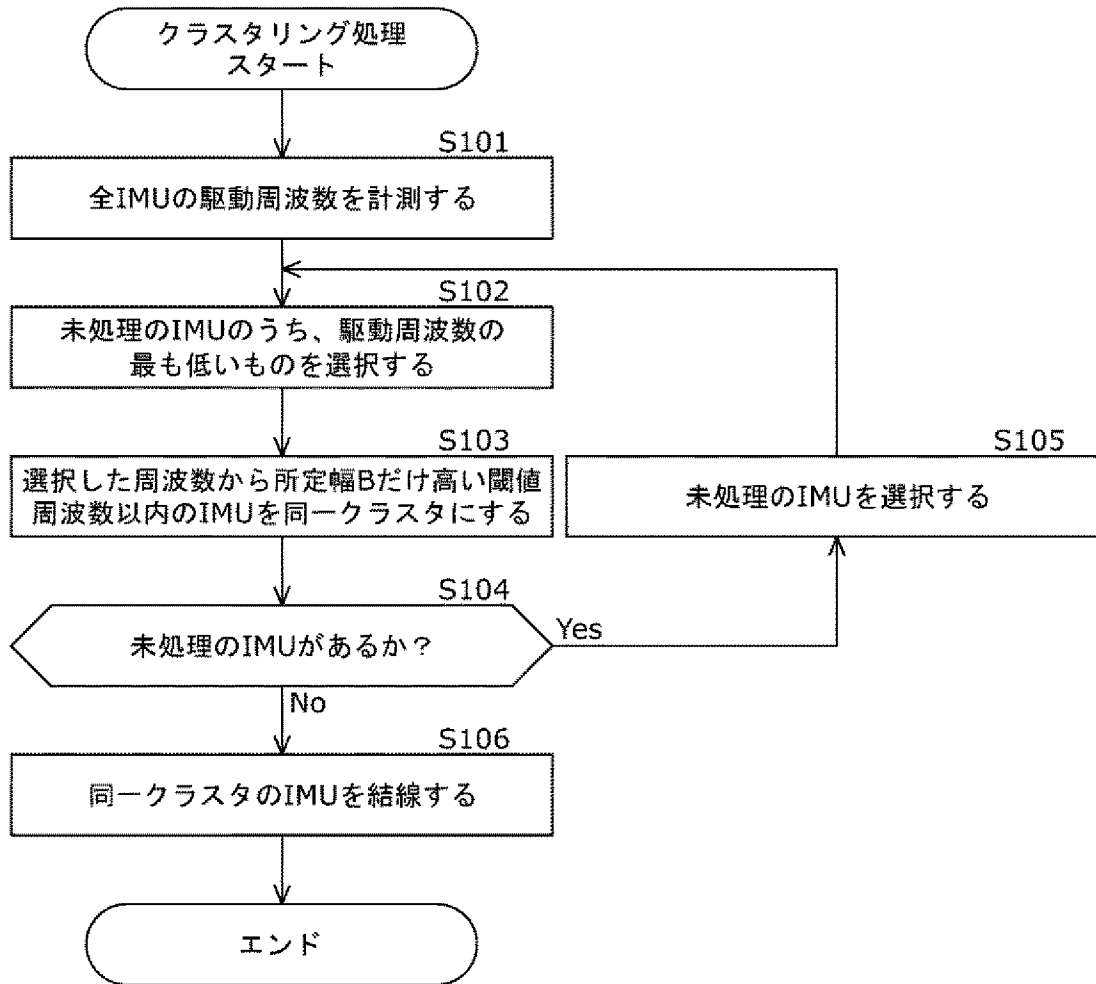
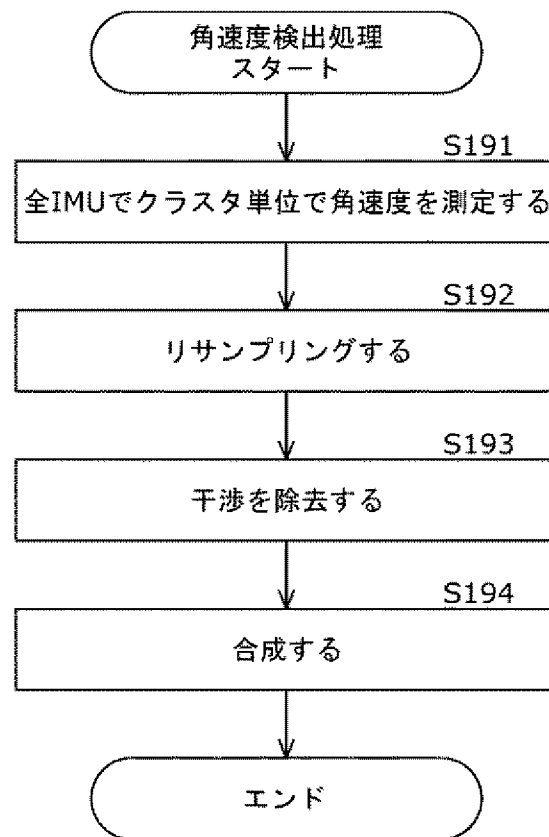
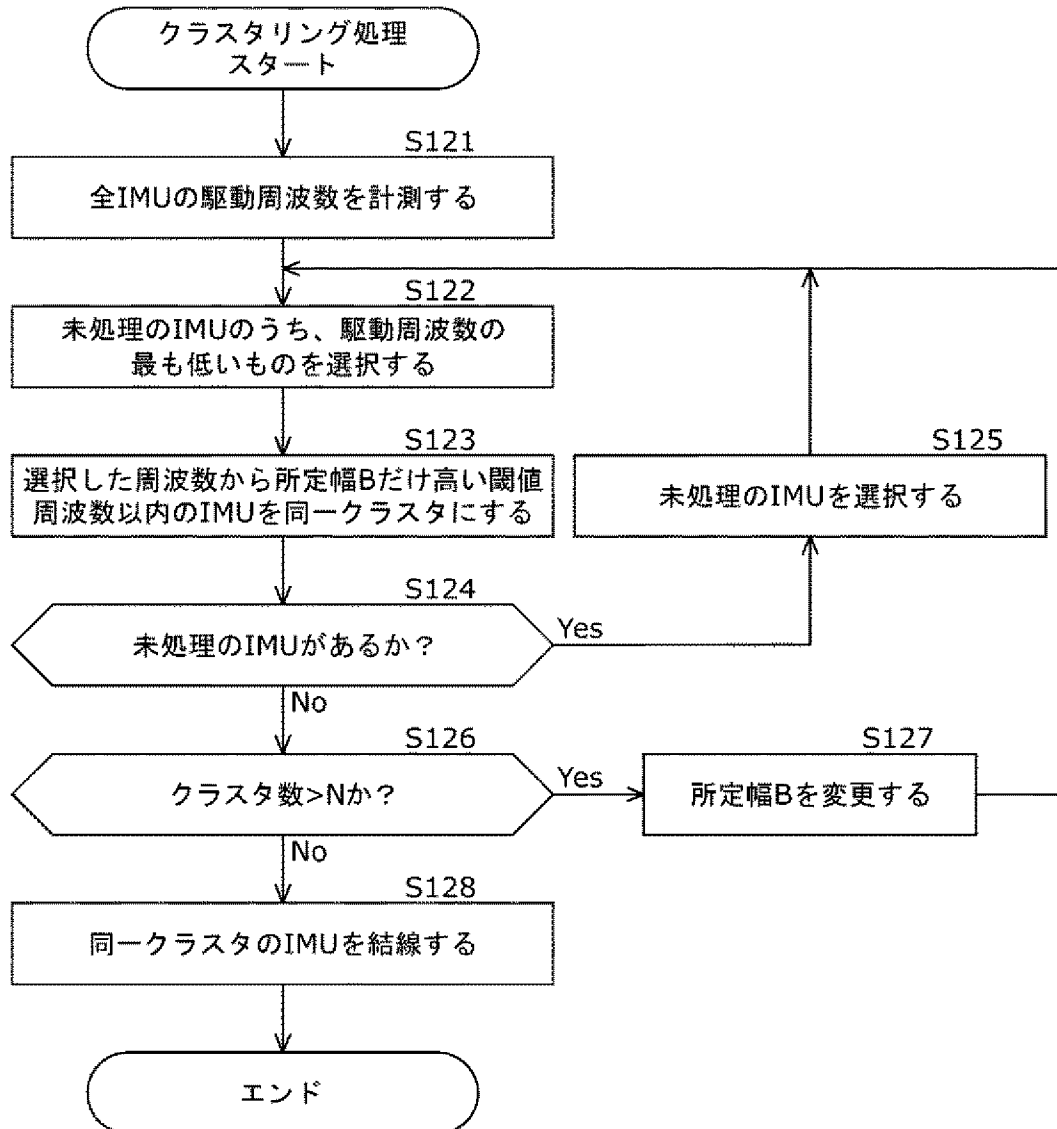


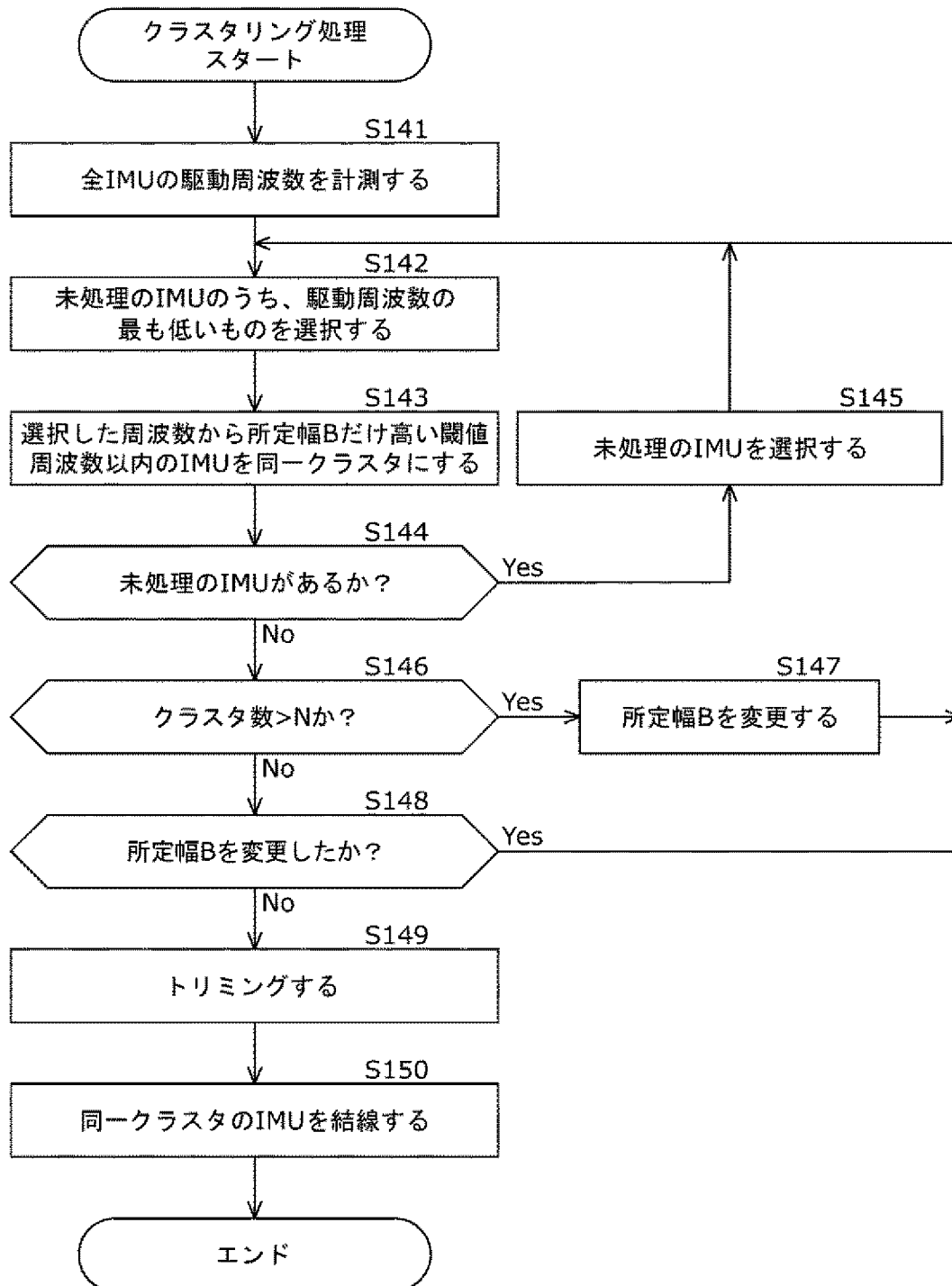
FIG. 27

[図28]
FIG.28

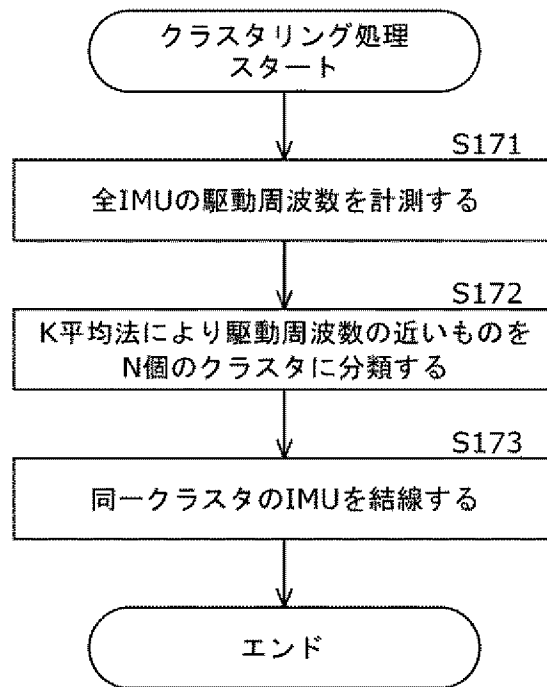
[図29]
FIG.29



[図30]
FIG.30

[図31]
FIG.31

[図32]
FIG.32



[図33]

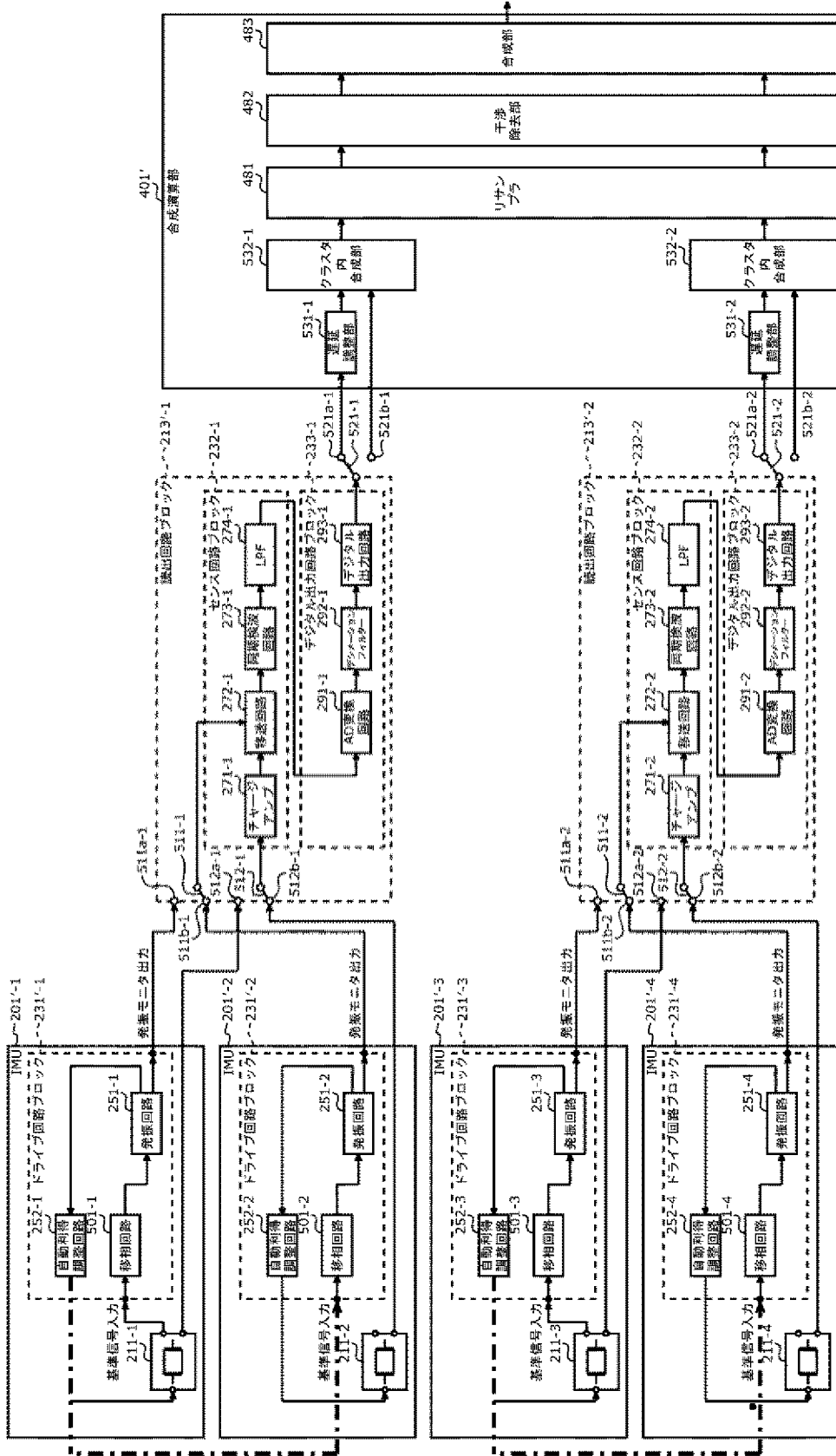
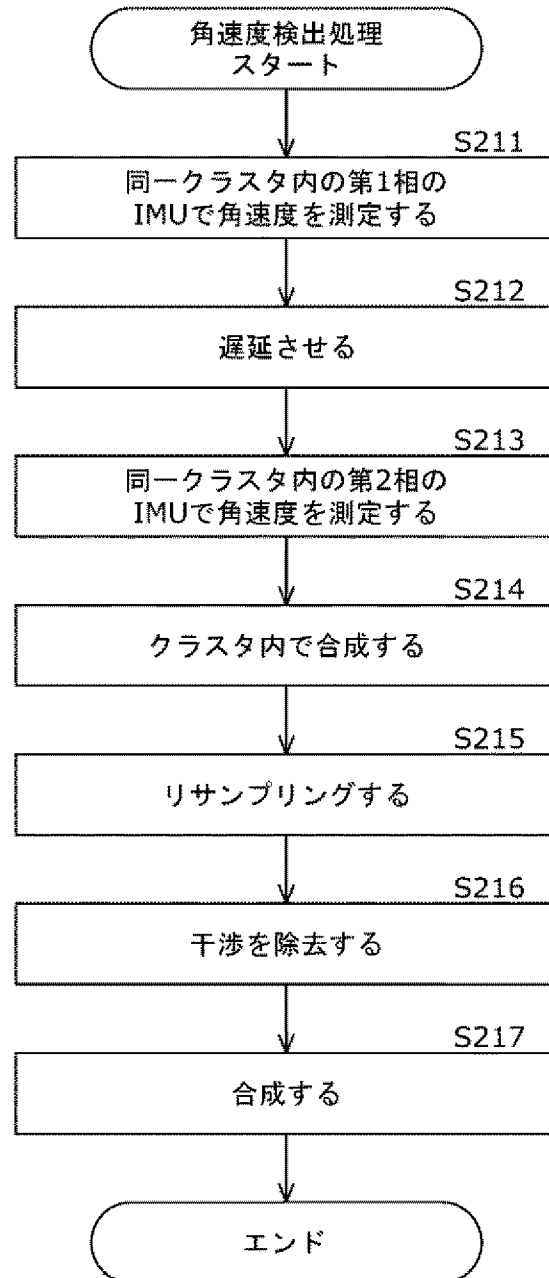
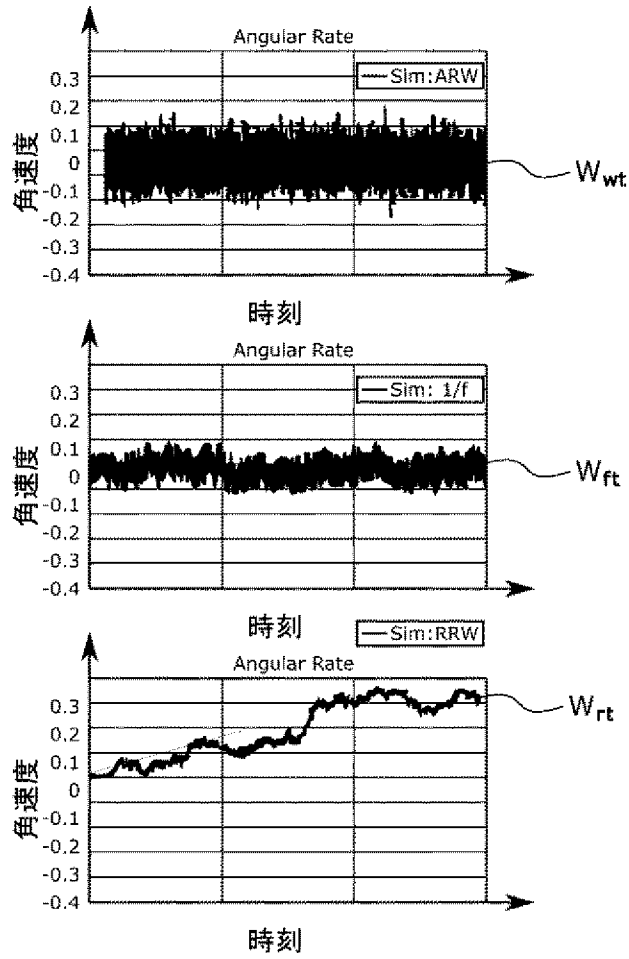

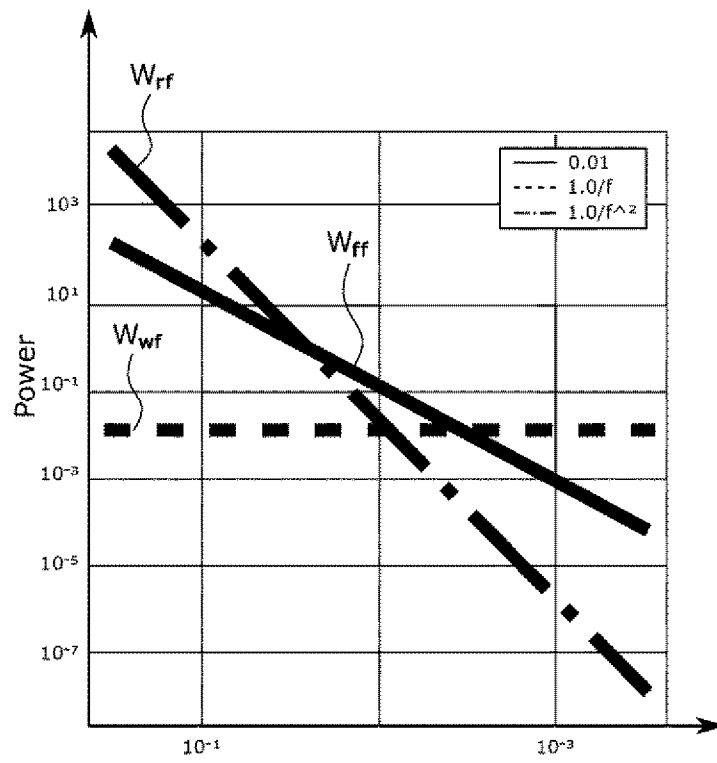


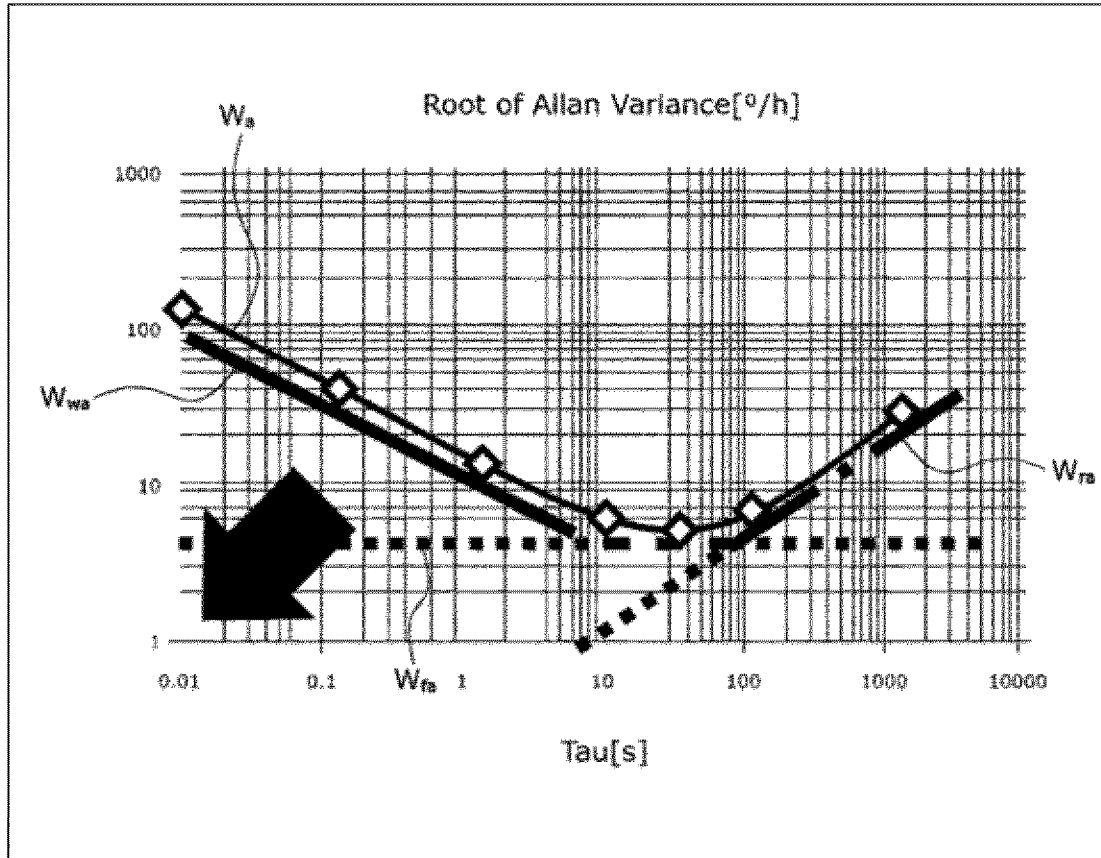
FIG.33

[図34]
FIG.34

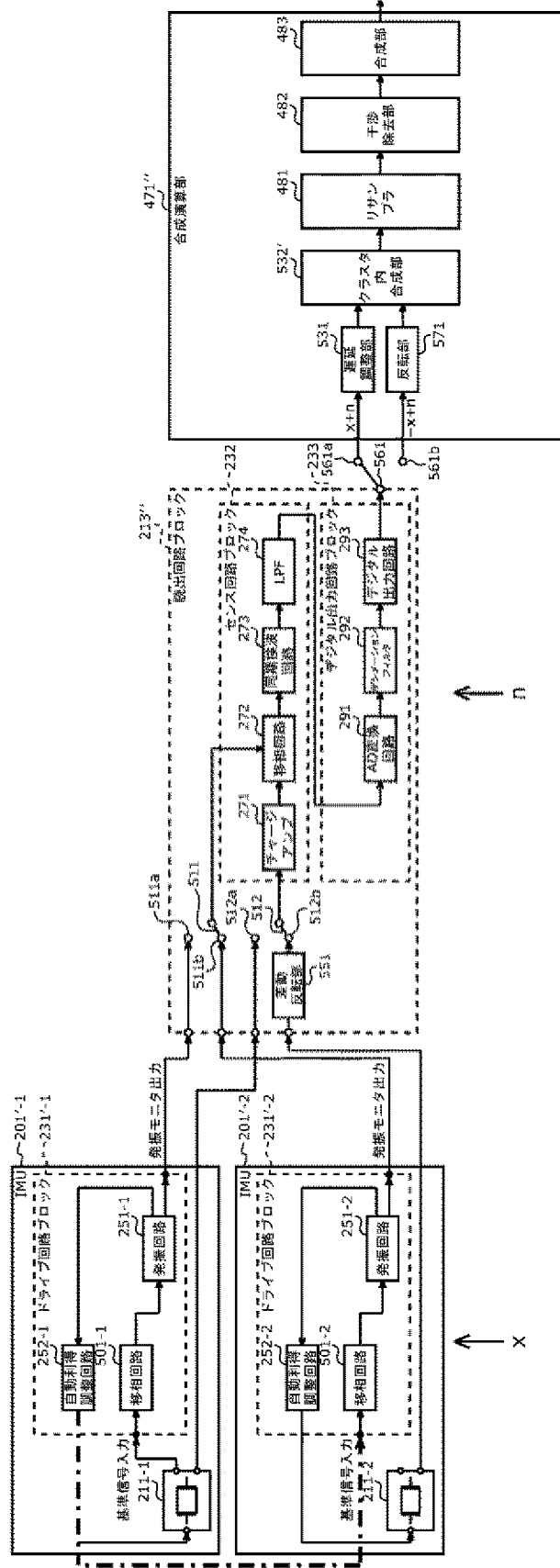


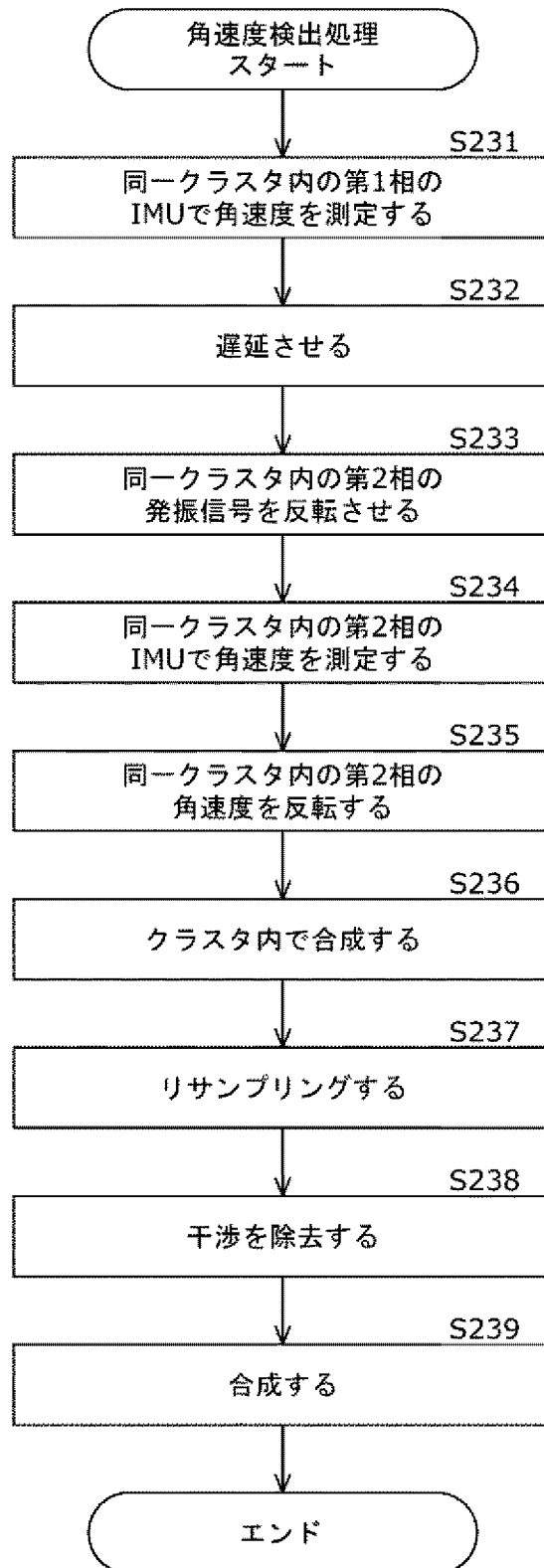
[図35]
FIG.35

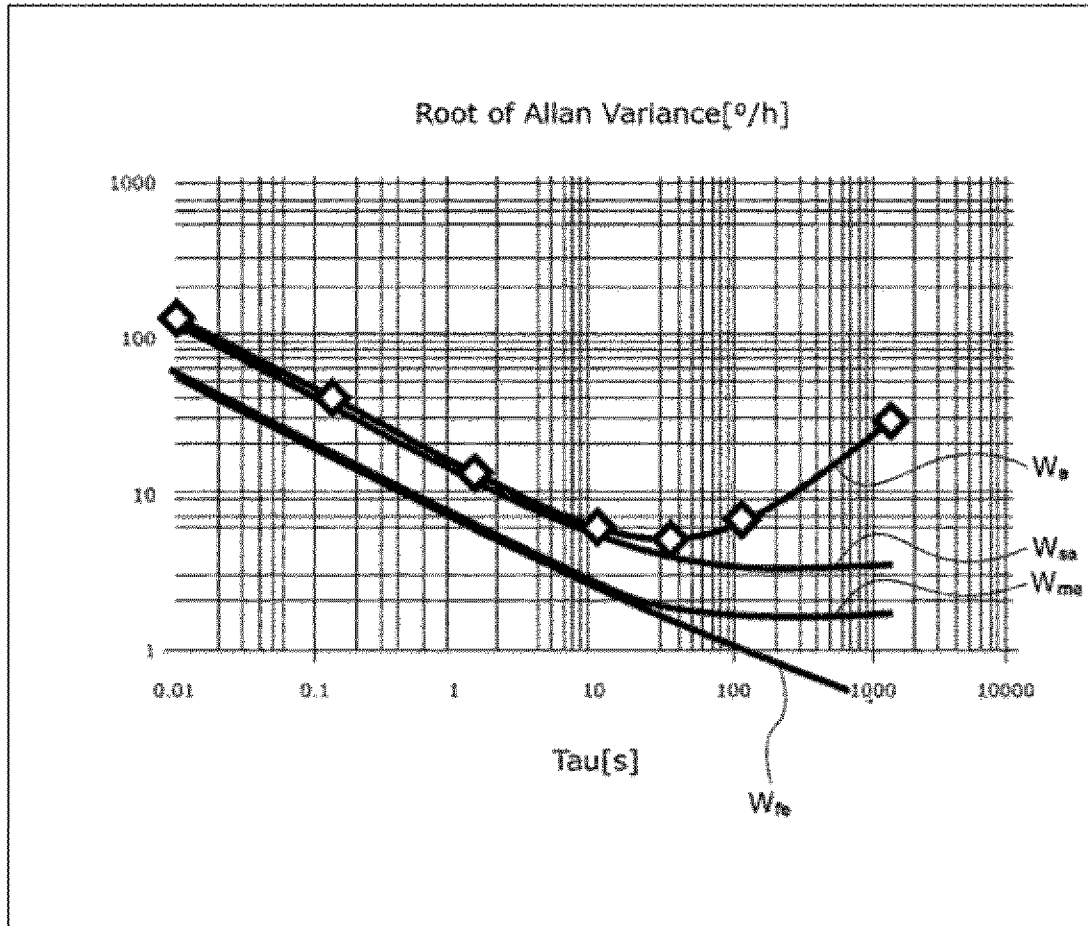
[] 36]
FIG.36

[図37]
FIG.37

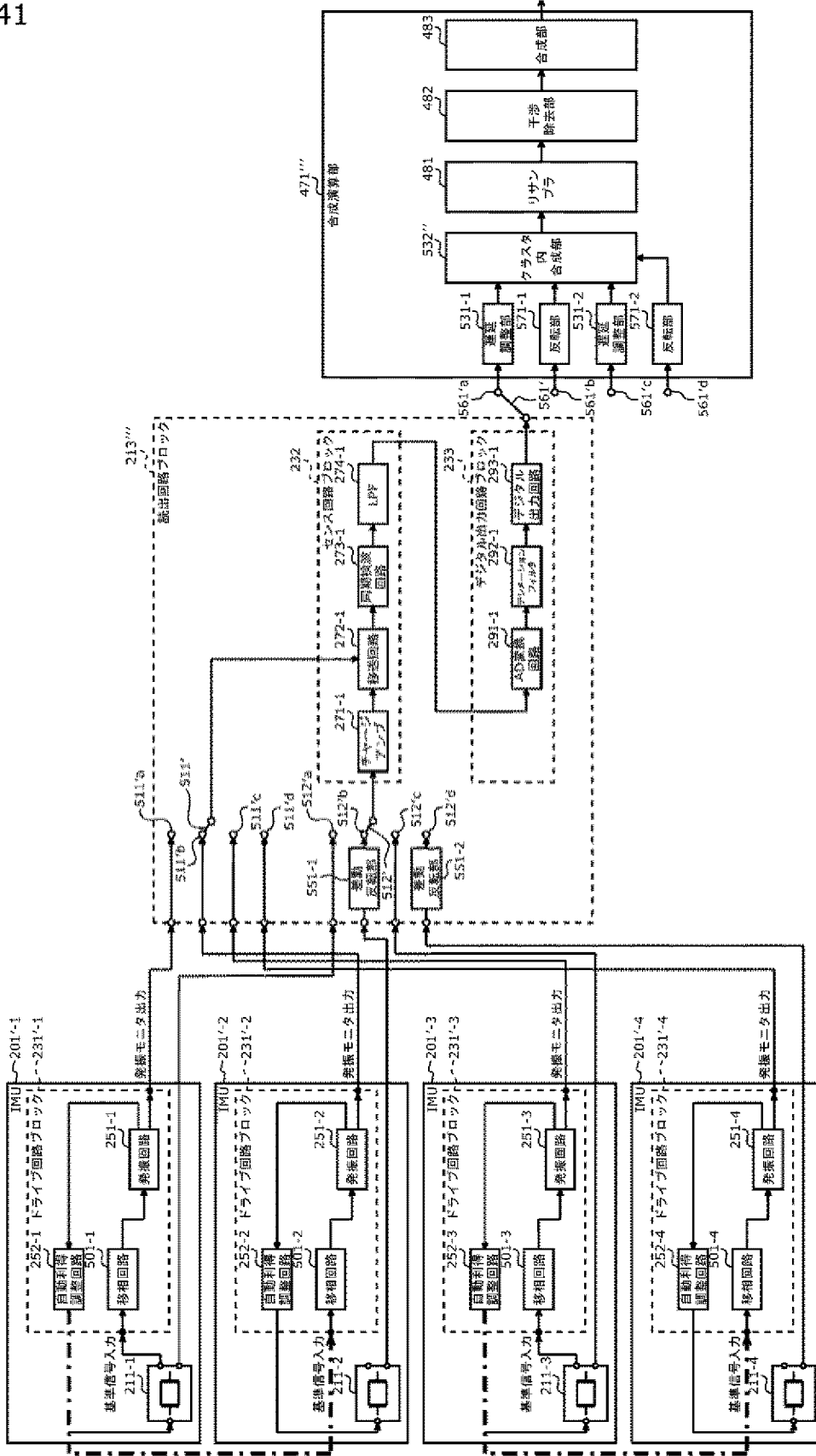
[図38]
FIG.38

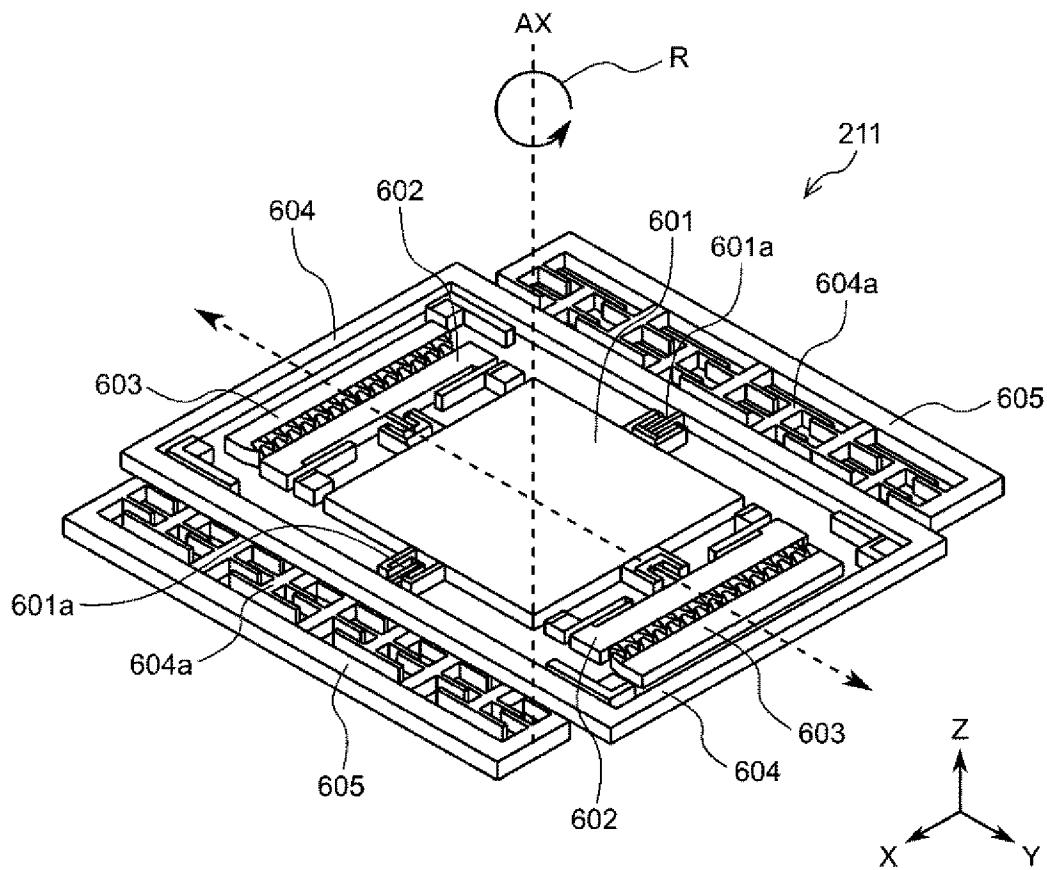



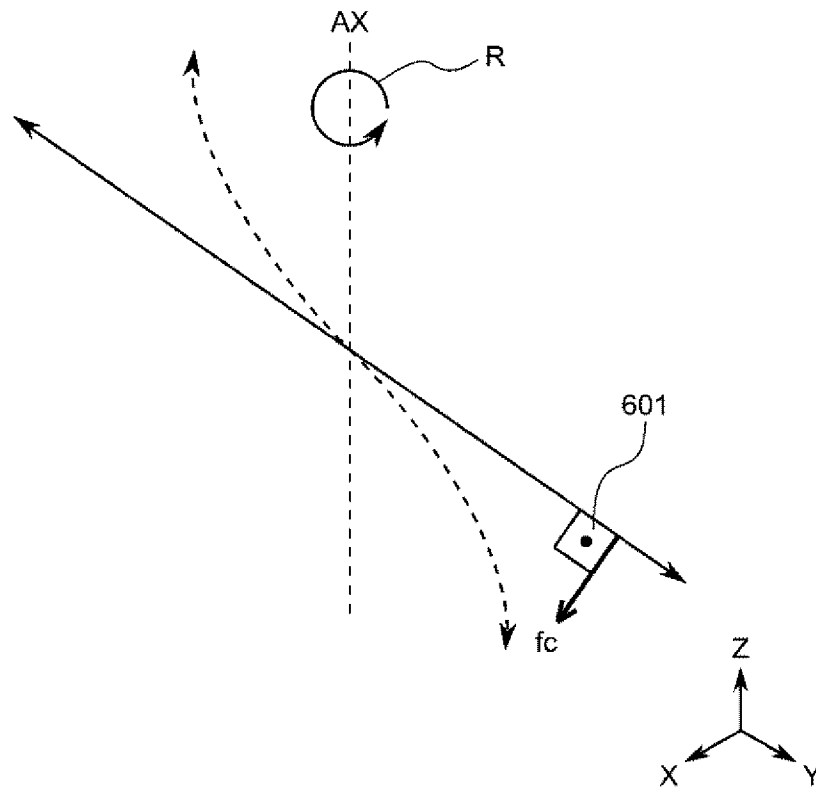
[図39]
FIG.39

[]40
FIG.40

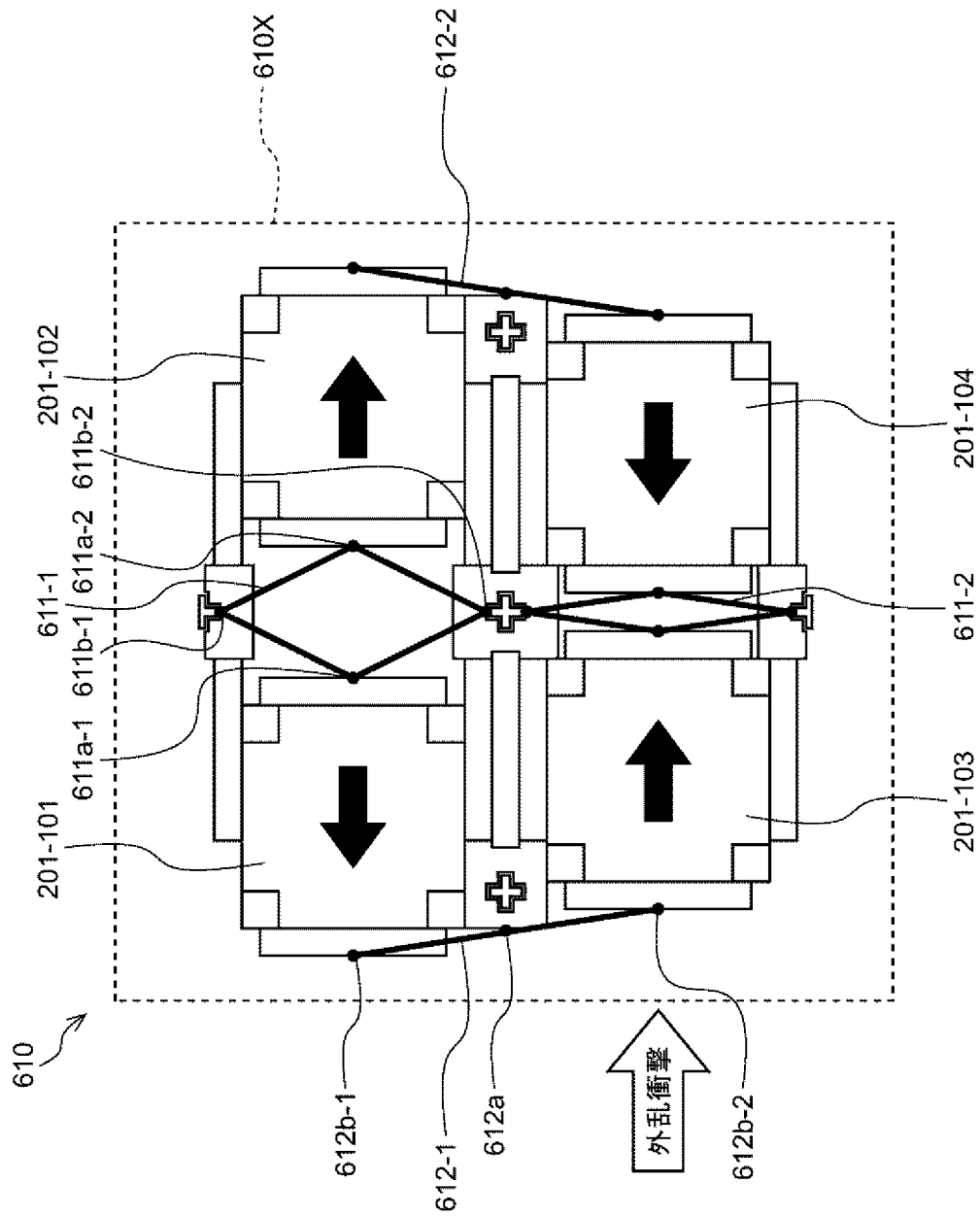
[図41]
FIG.41



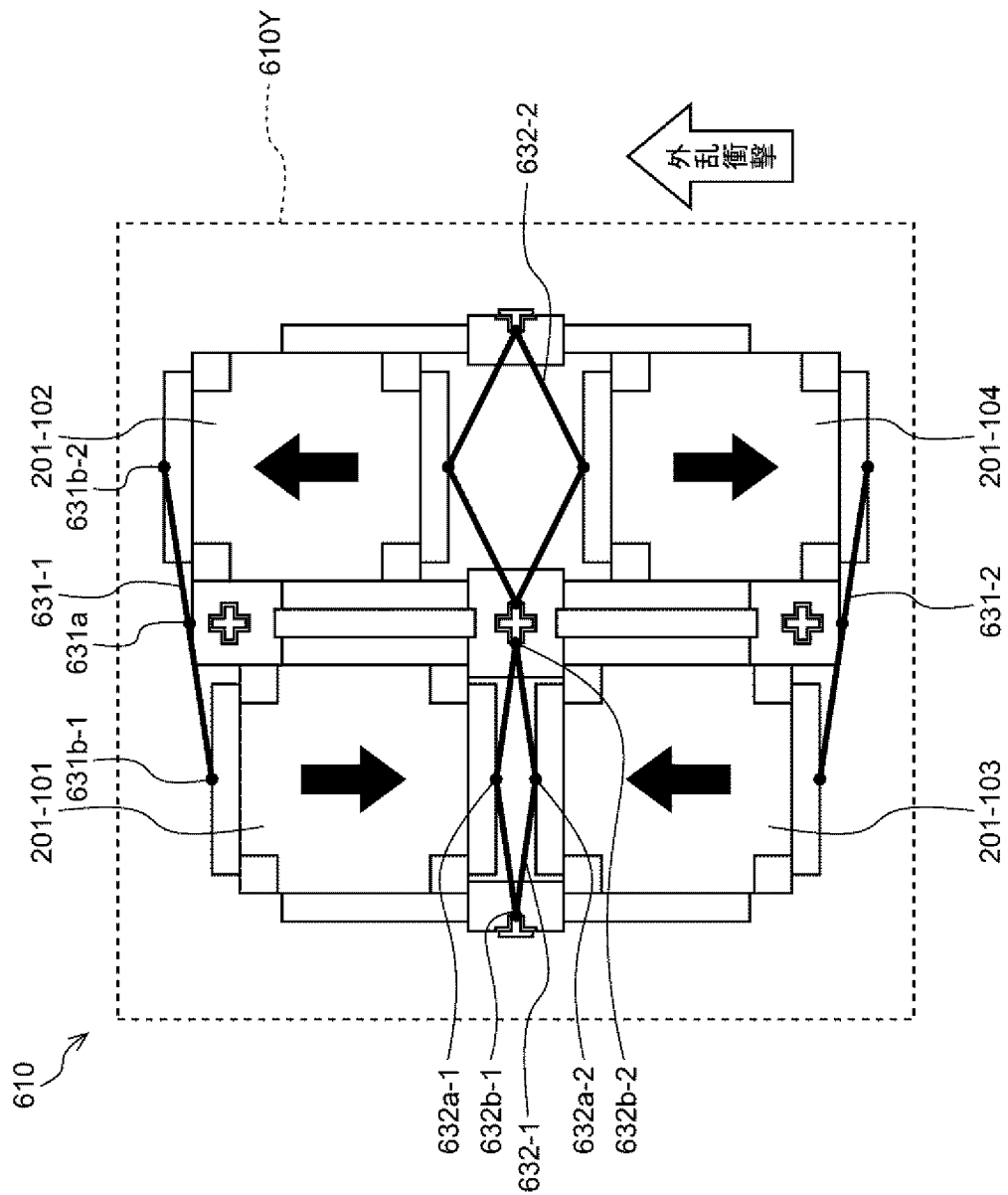
[図42]
FIG.42

[43]
FIG.43

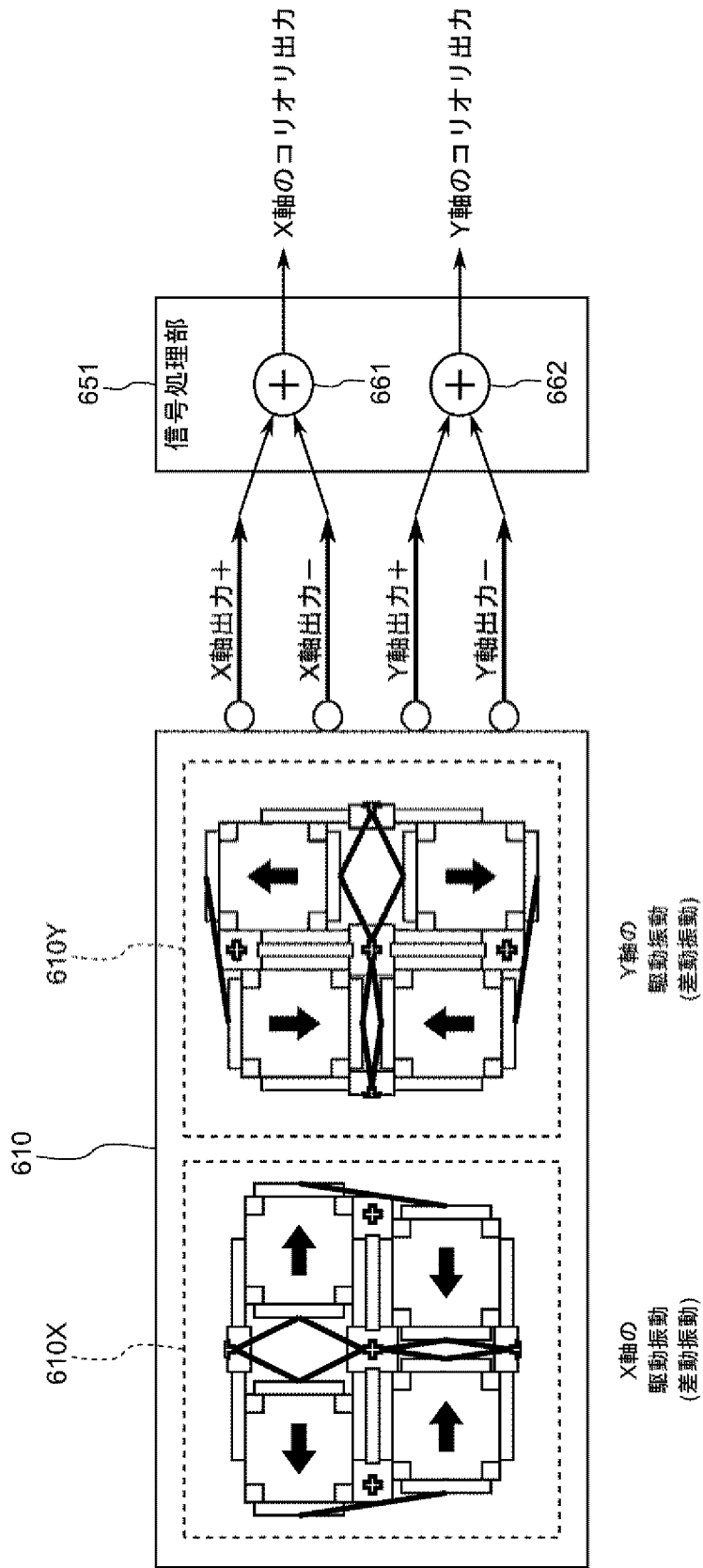
[図44]
FIG.44



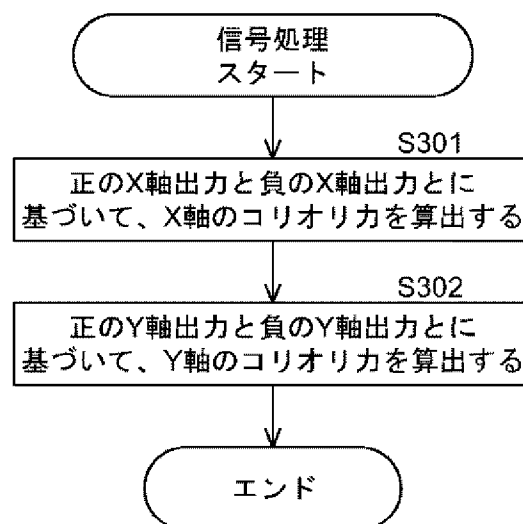
[図45]
FIG. 45



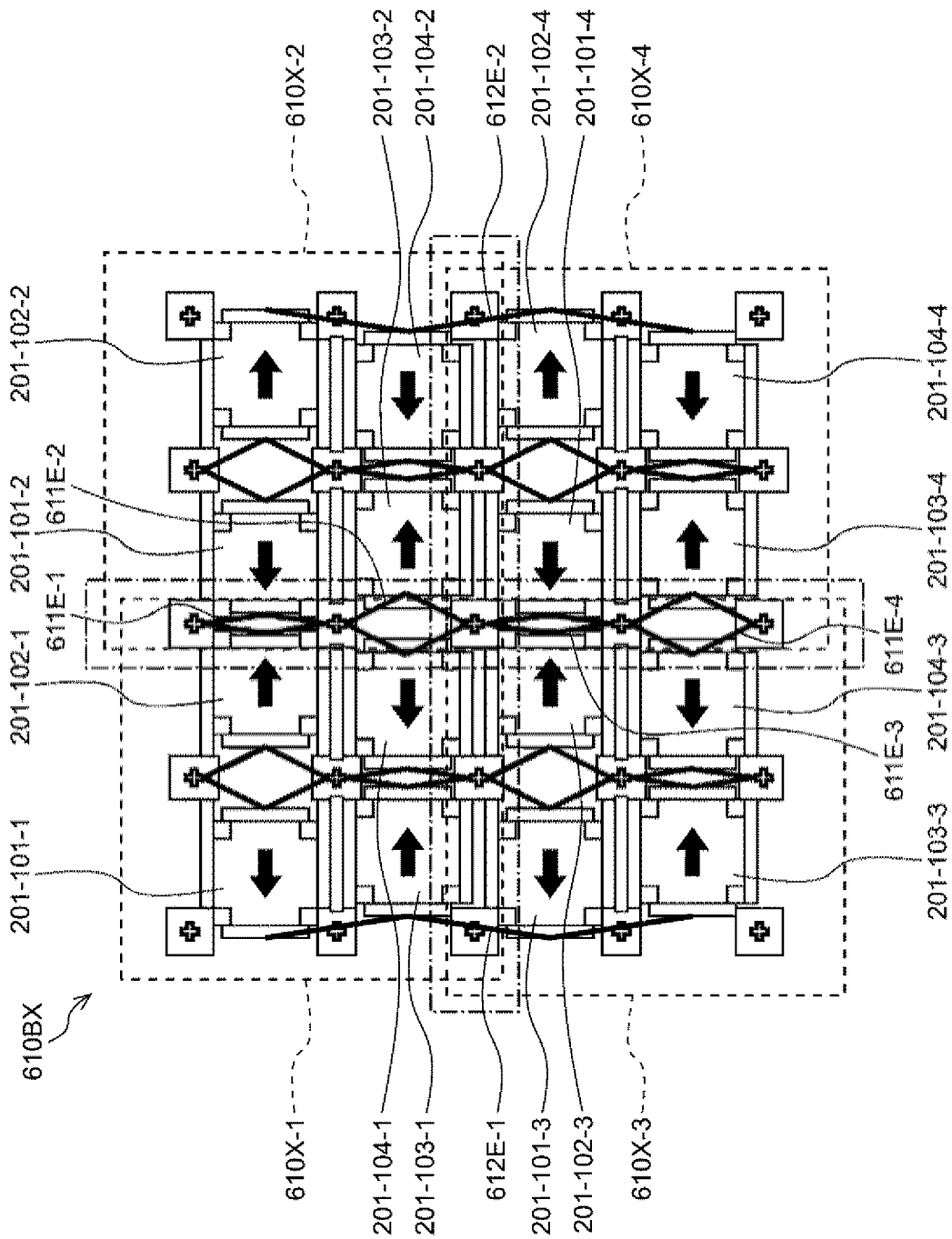
[図46]
FIG.46




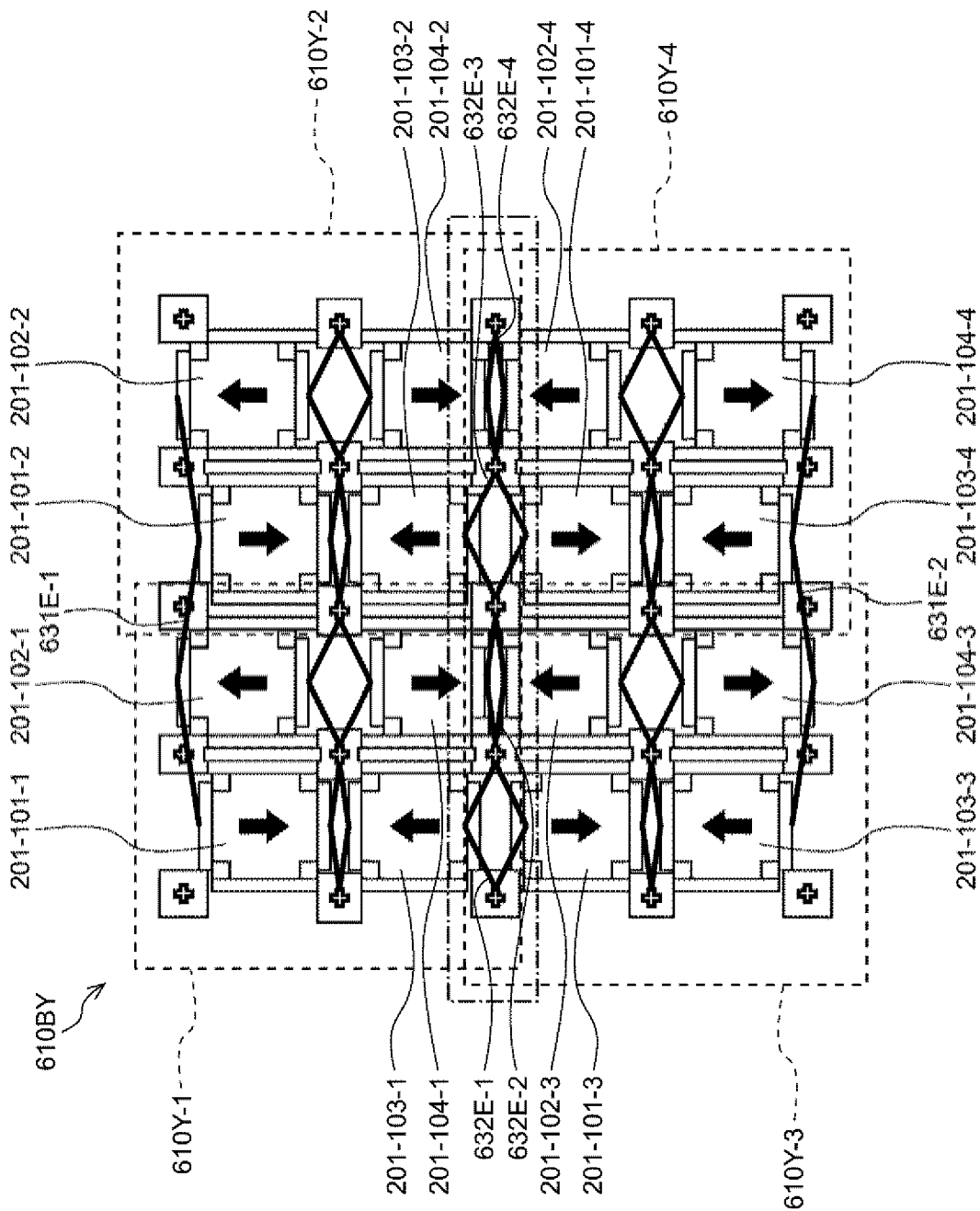
[図47]
FIG.47



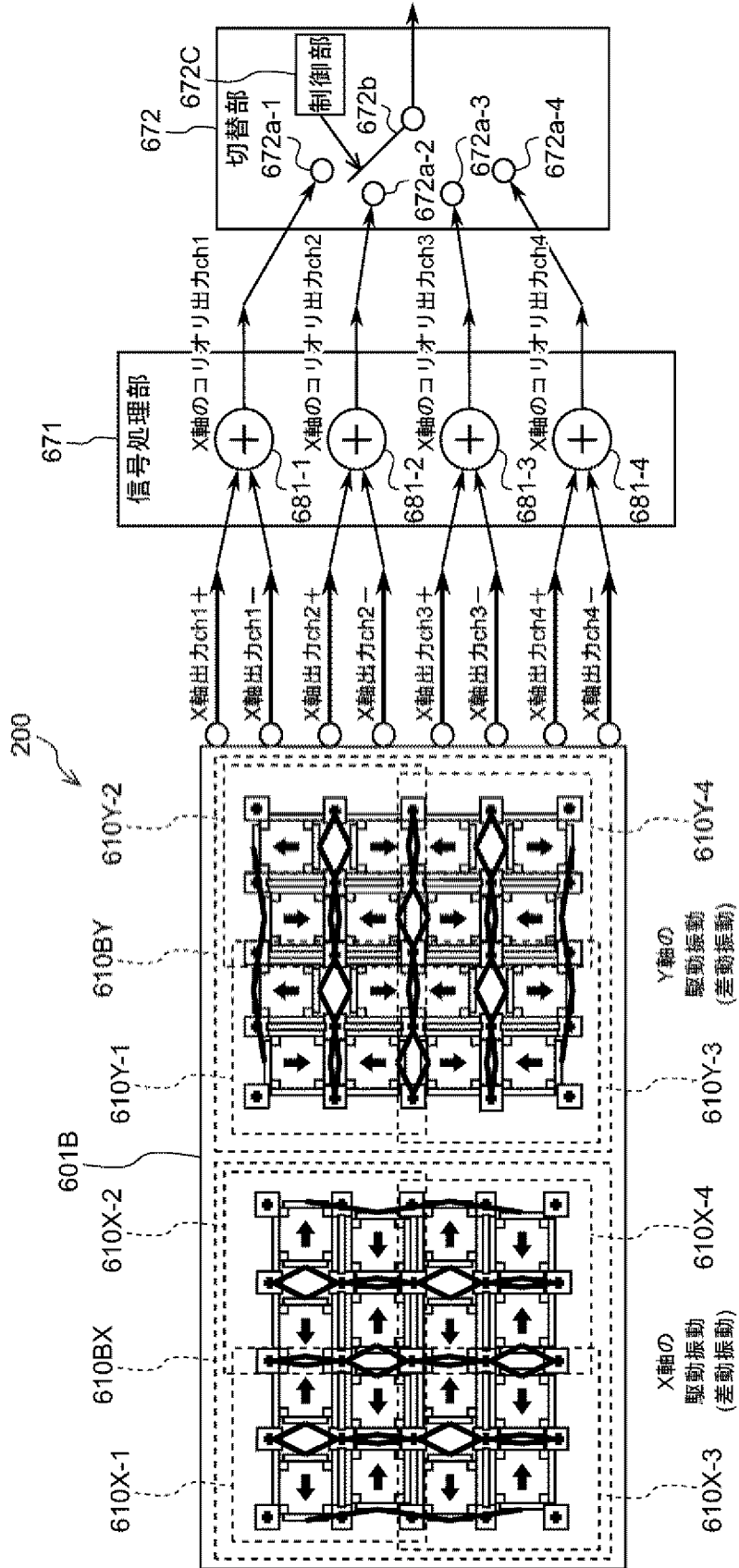
[図48]
FIG. 48

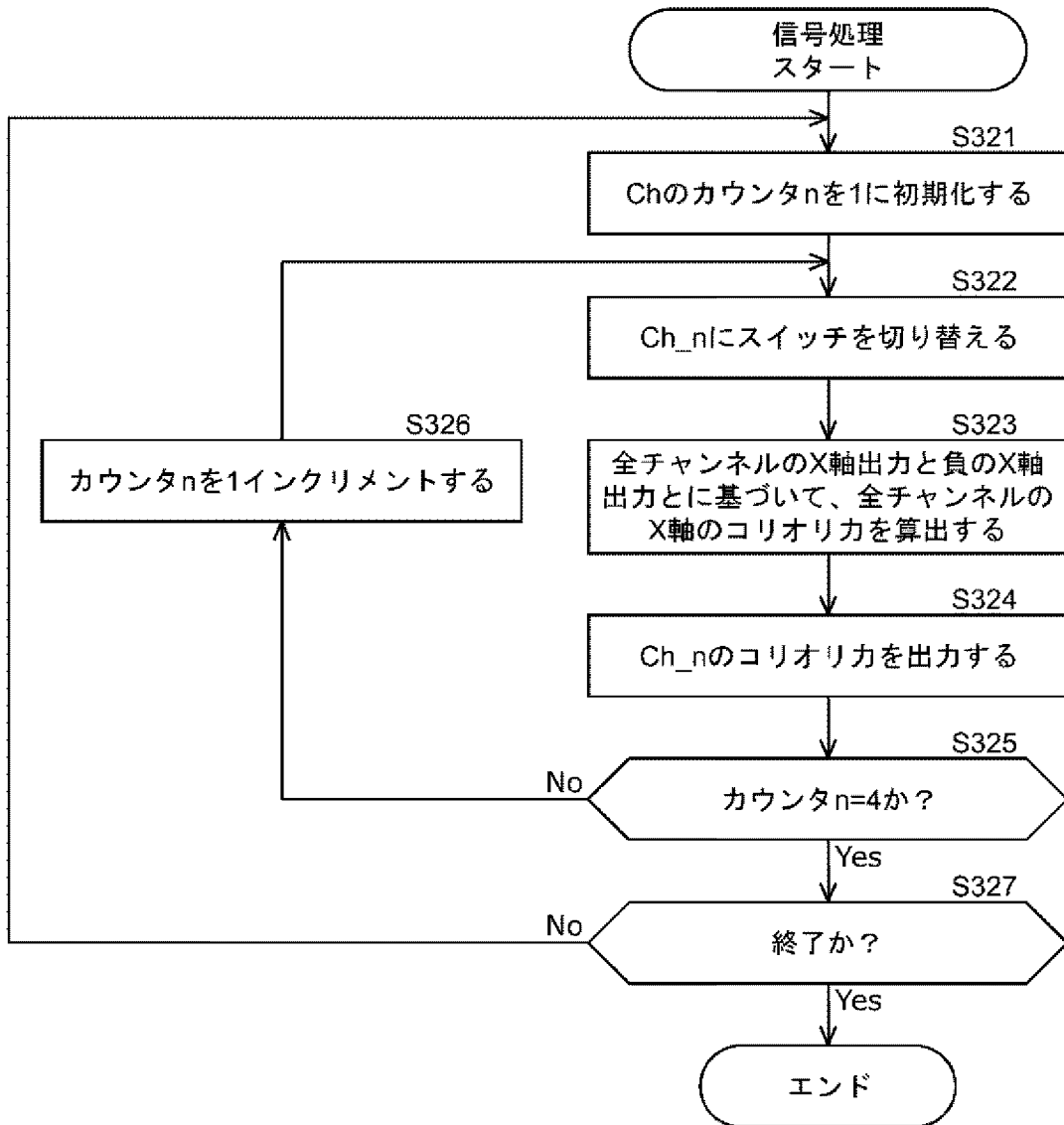


[49]
FIG. 49

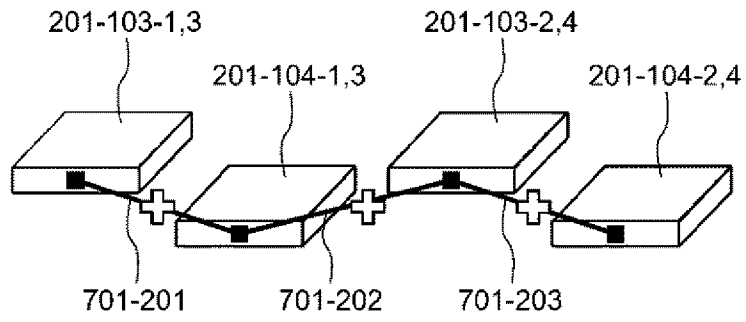


[図50]
FIG. 50

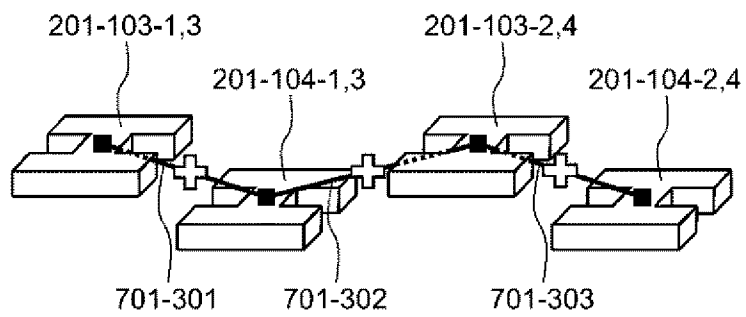


[図51]
FIG.51

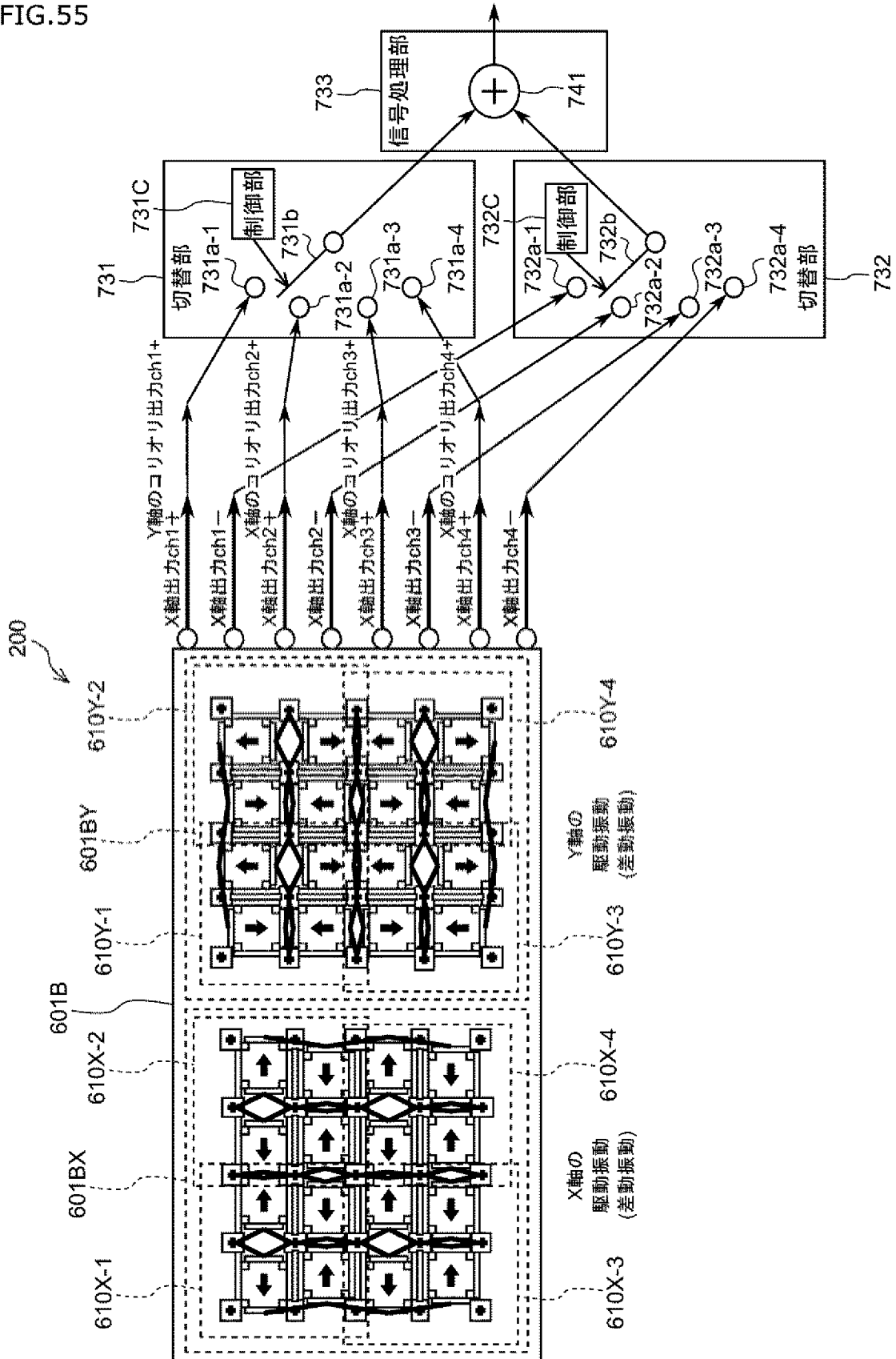
[図53]
FIG.53

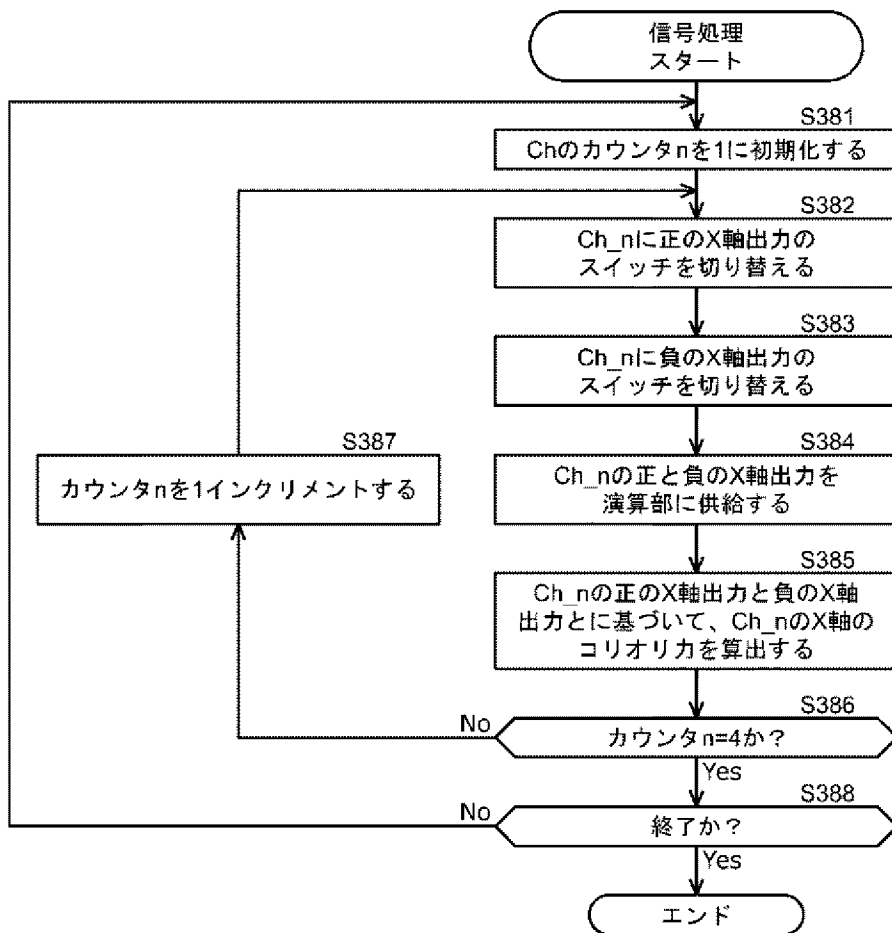


[図54]
FIG.54

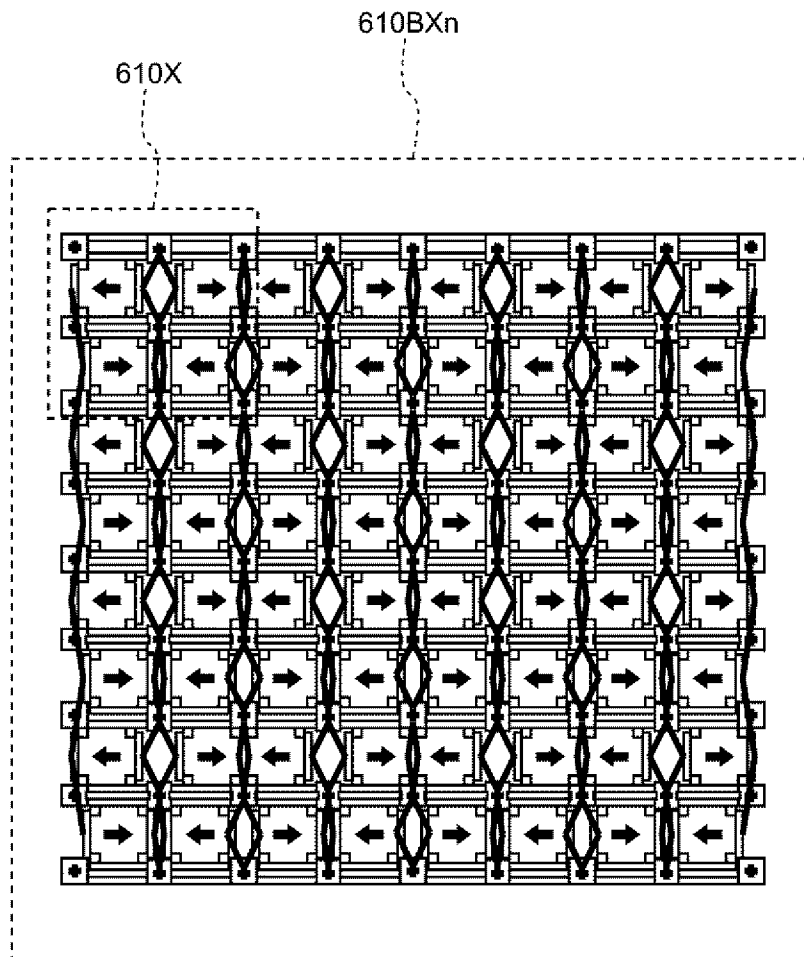



[図55]
FIG. 55

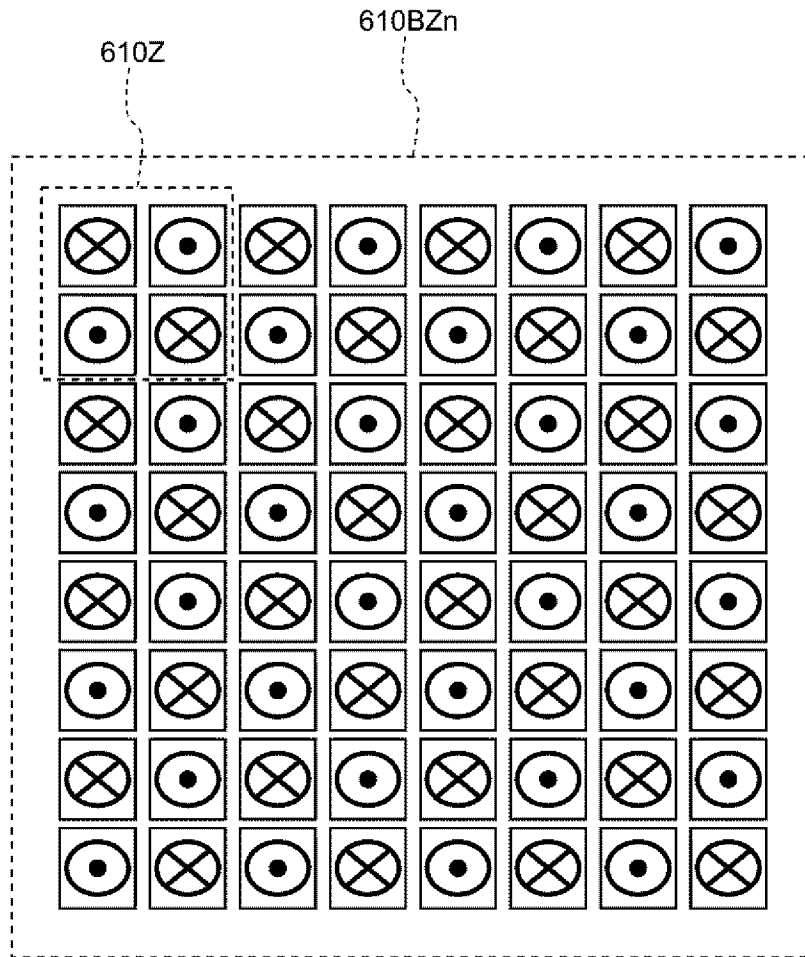


[図56]
FIG.56

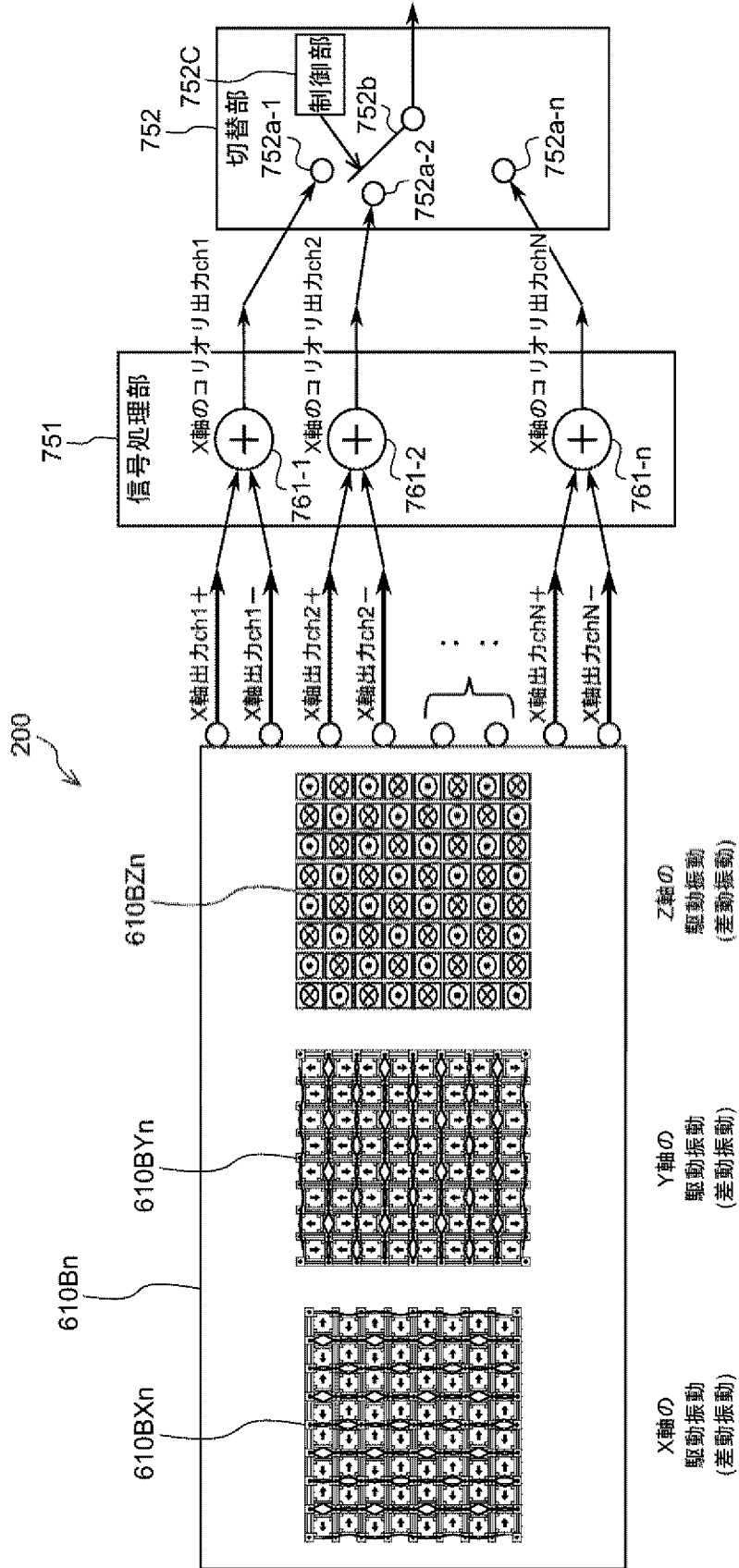
[図57]
FIG.57



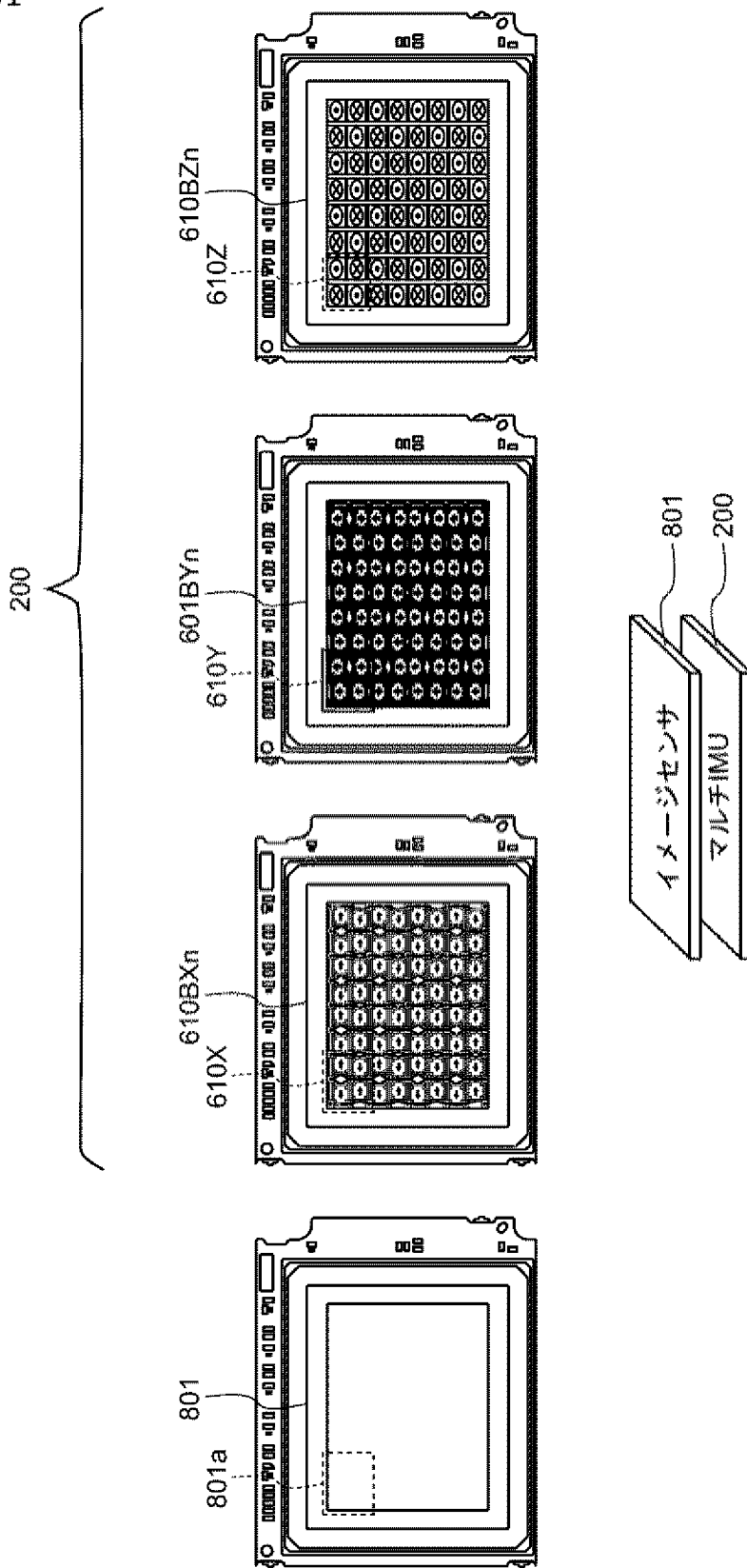
[59]
FIG.59



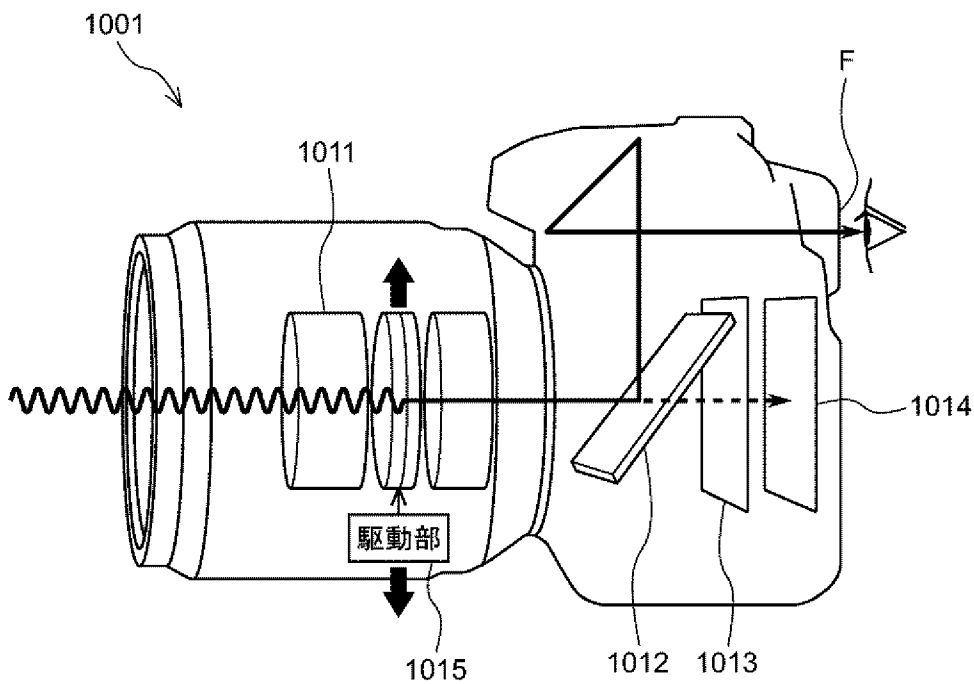
[図60]
FIG. 60



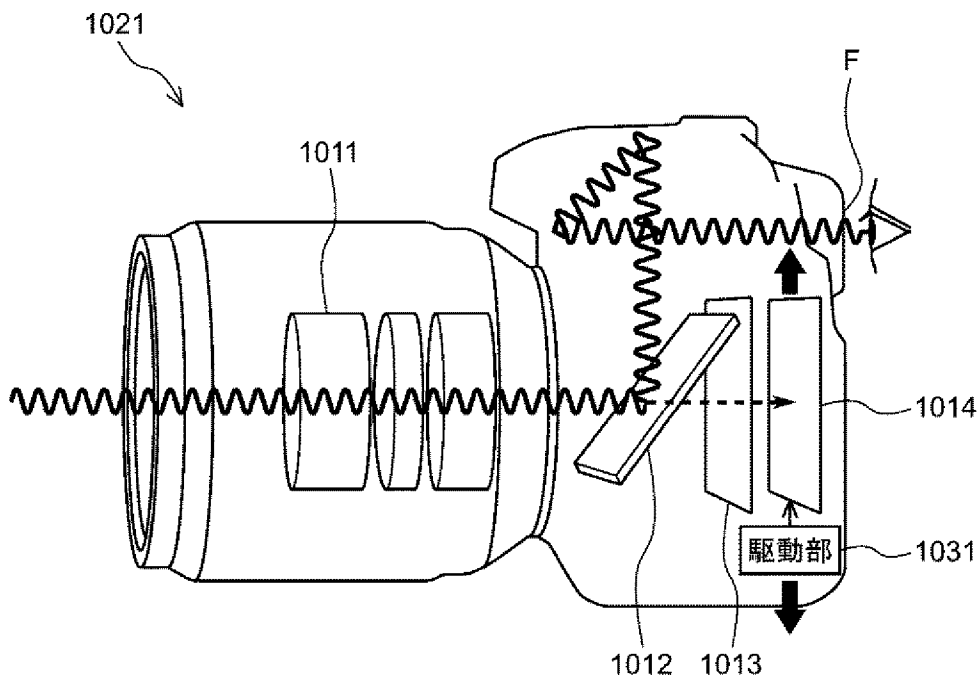
[図61]
FIG.61



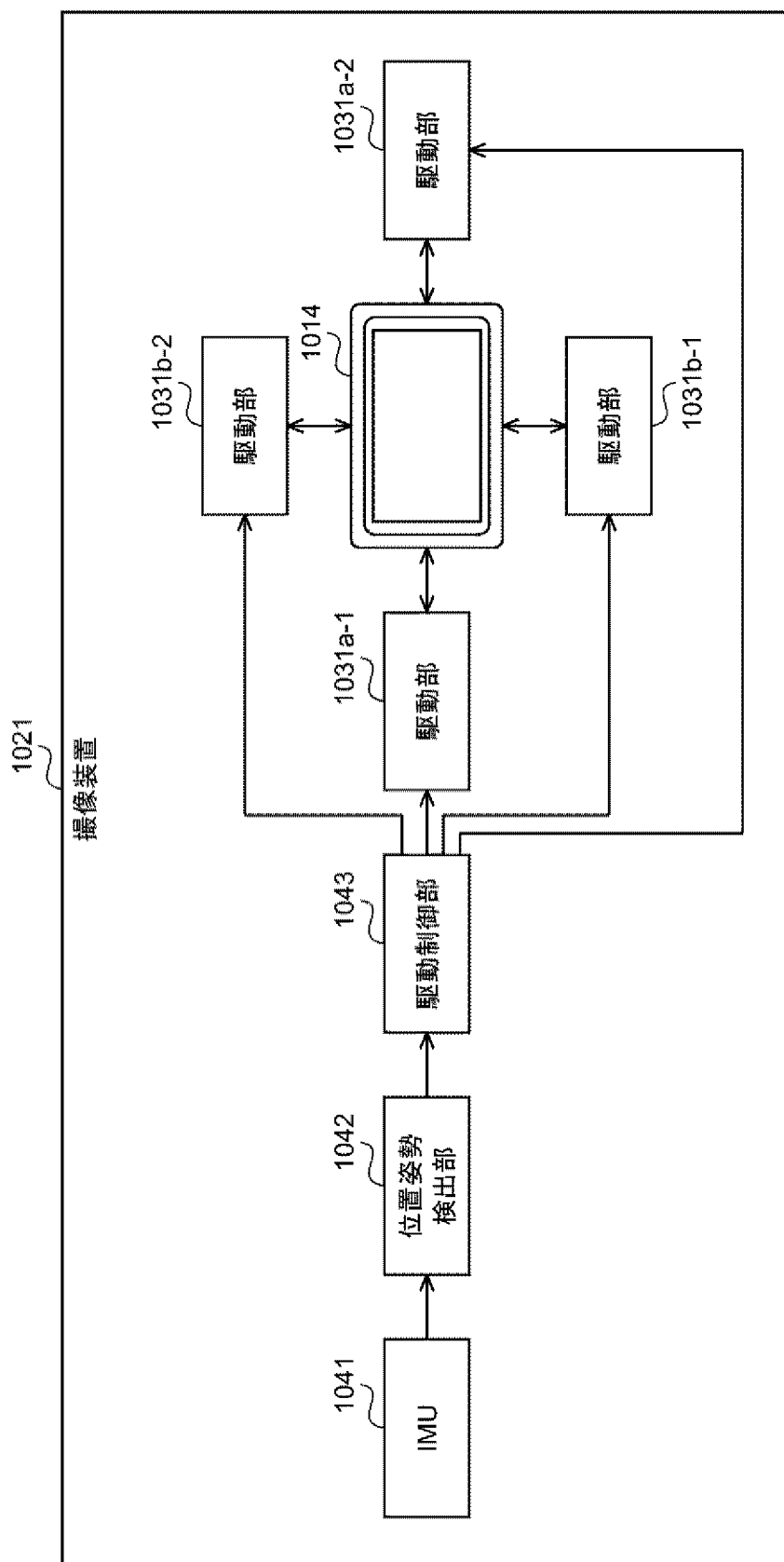
[図62]
FIG.62



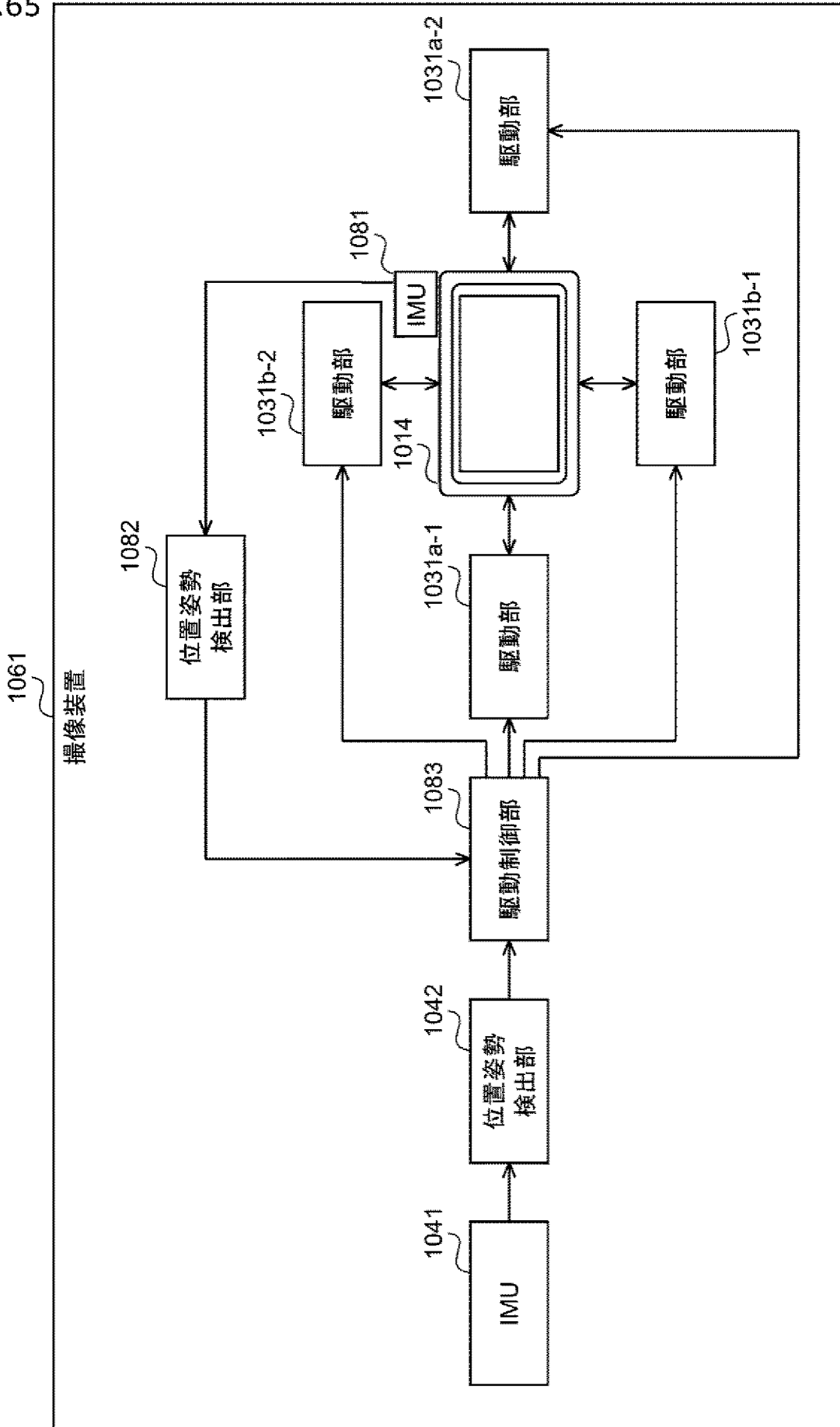
[図63]
FIG.63



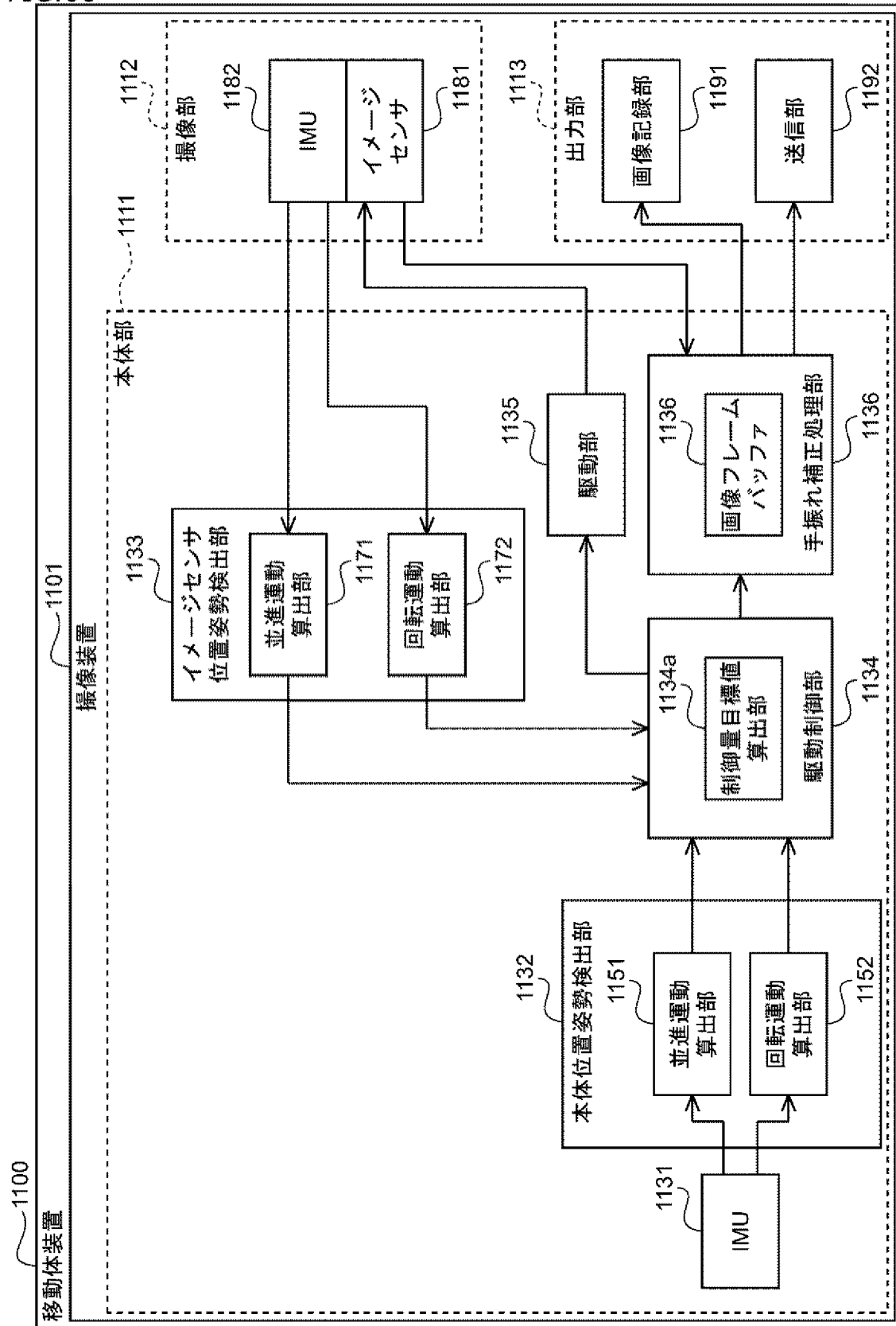
[図64]
FIG.64



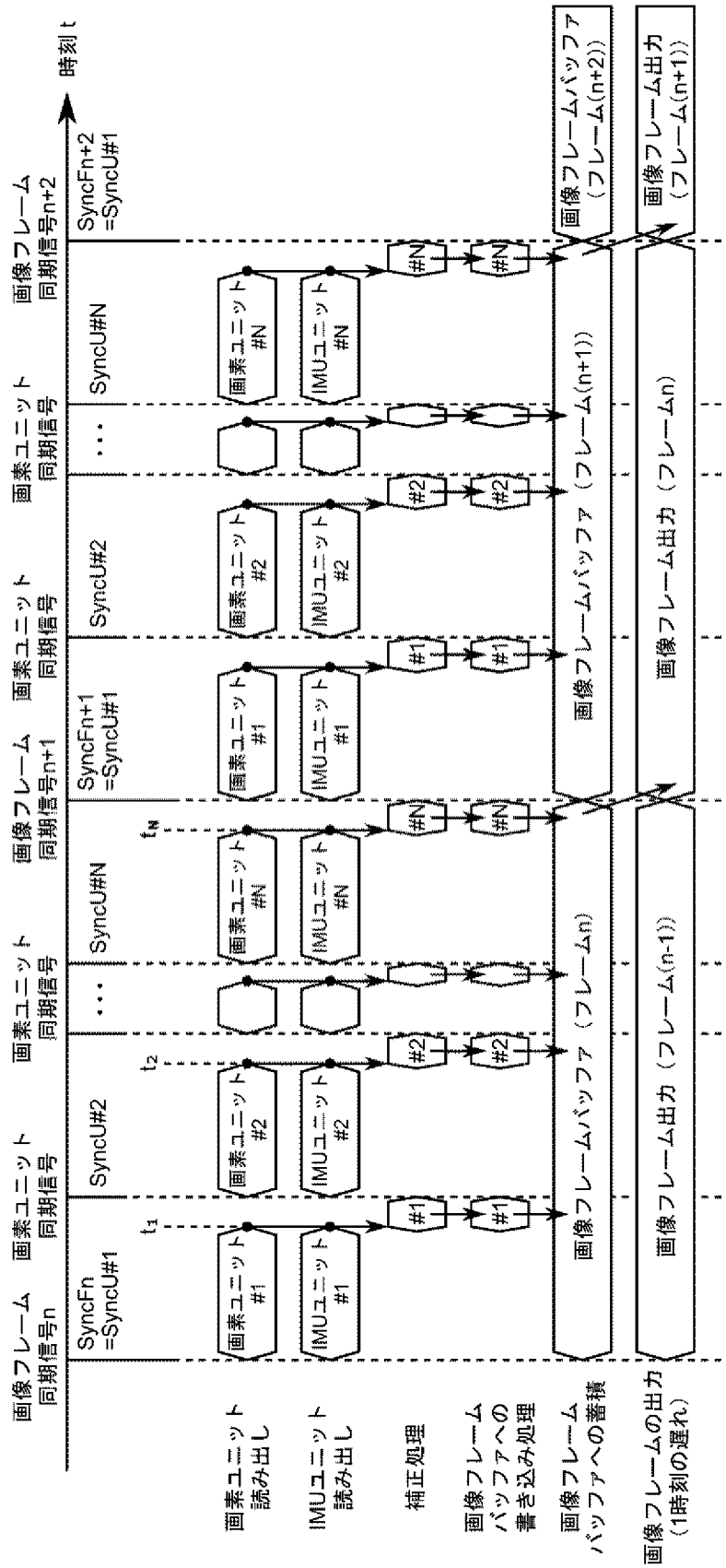
[図65]
FIG.65



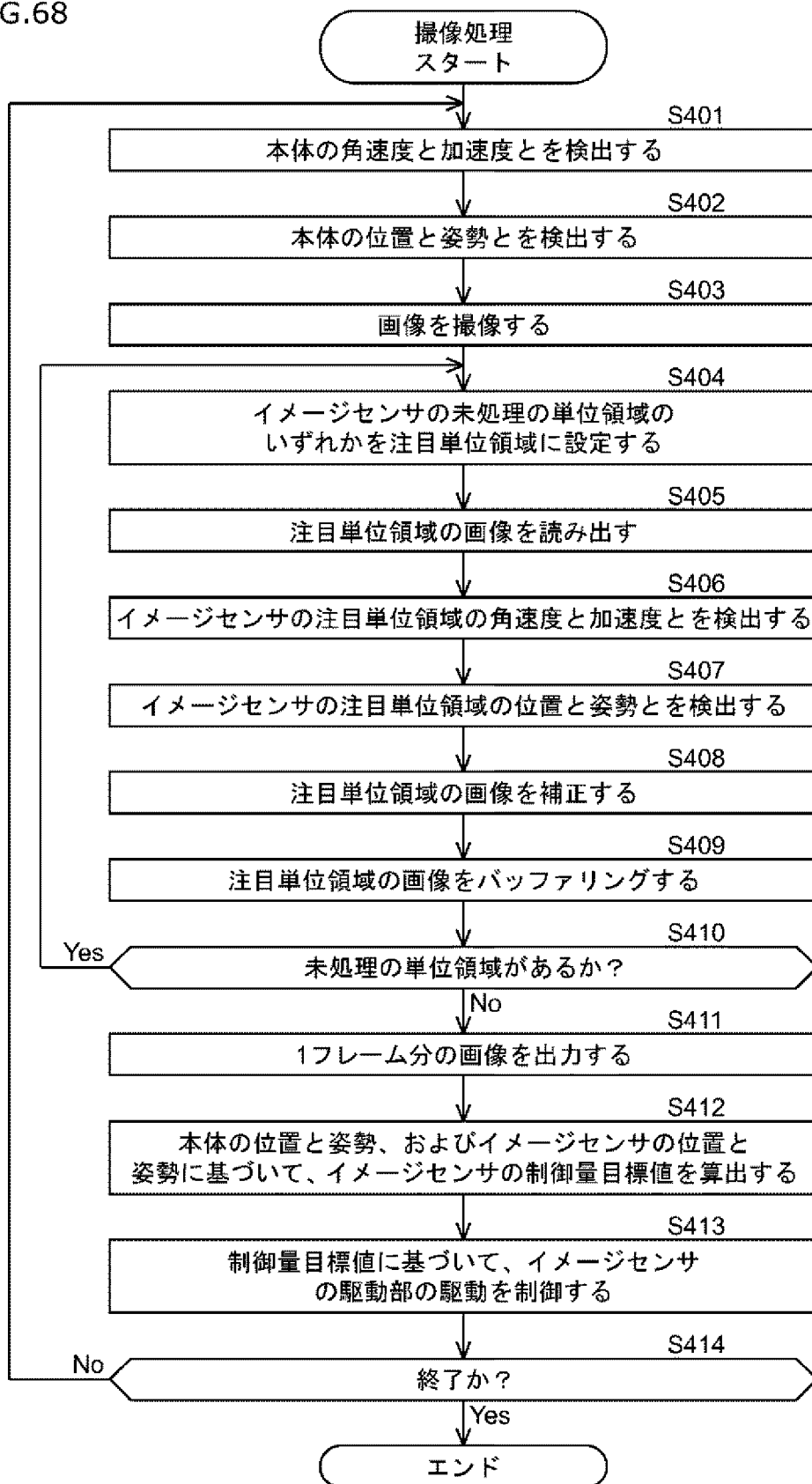
[図66]
FIG.66



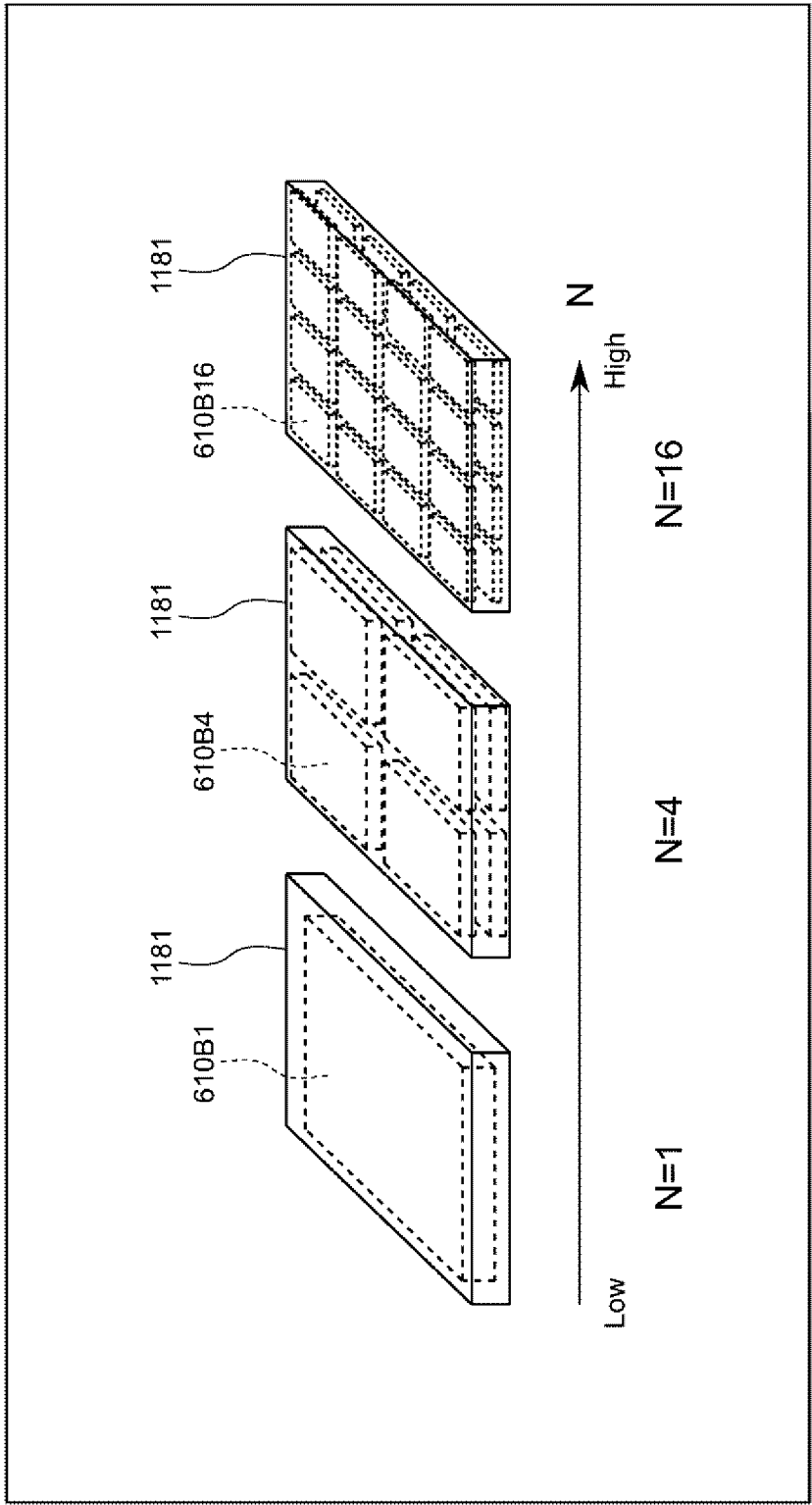
[図67]
FIG.67



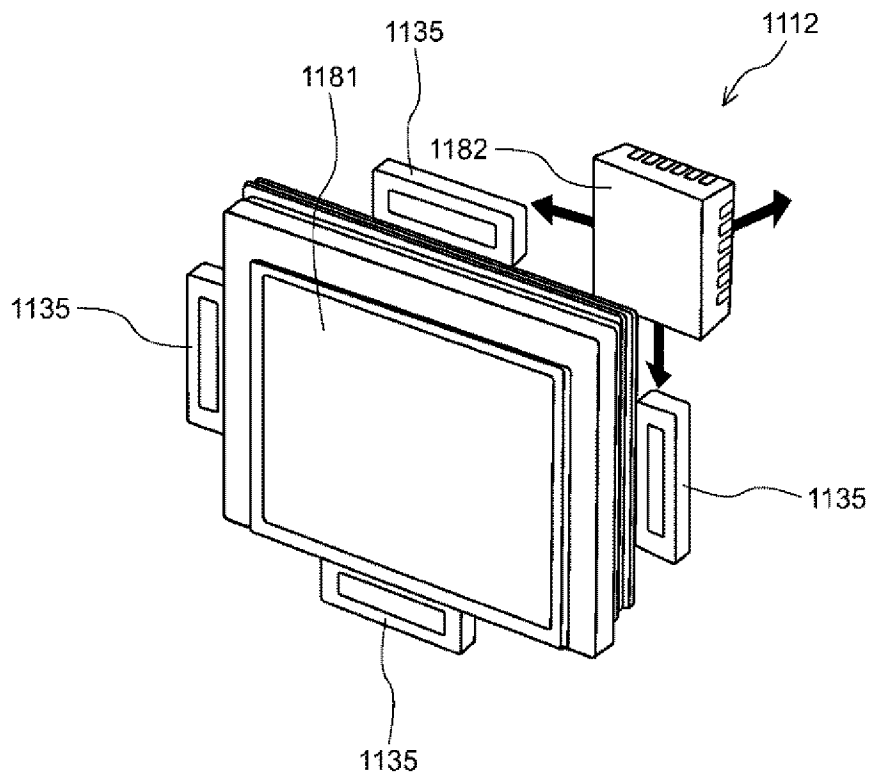
[図68]
FIG.68

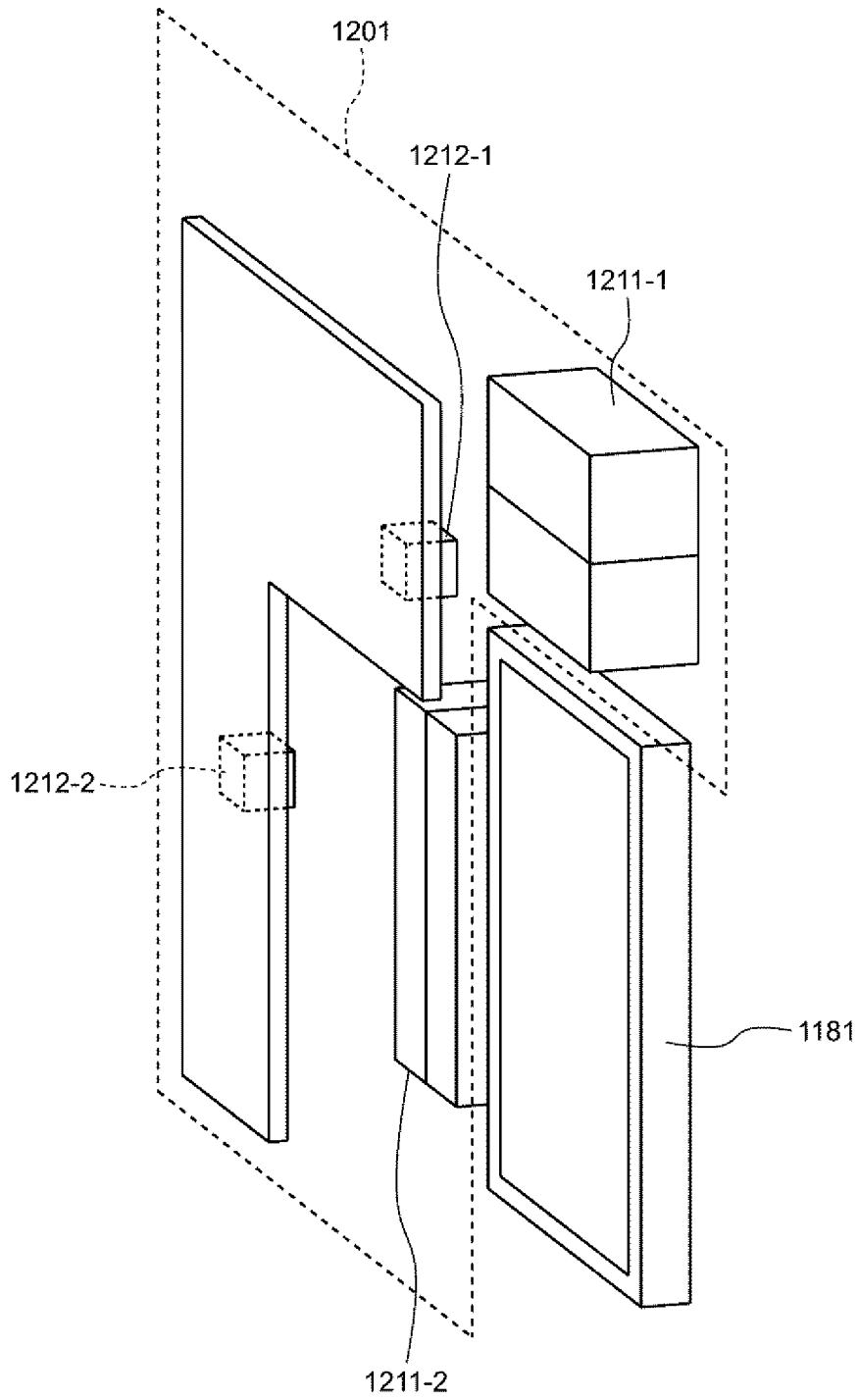


[図69]
FIG.69

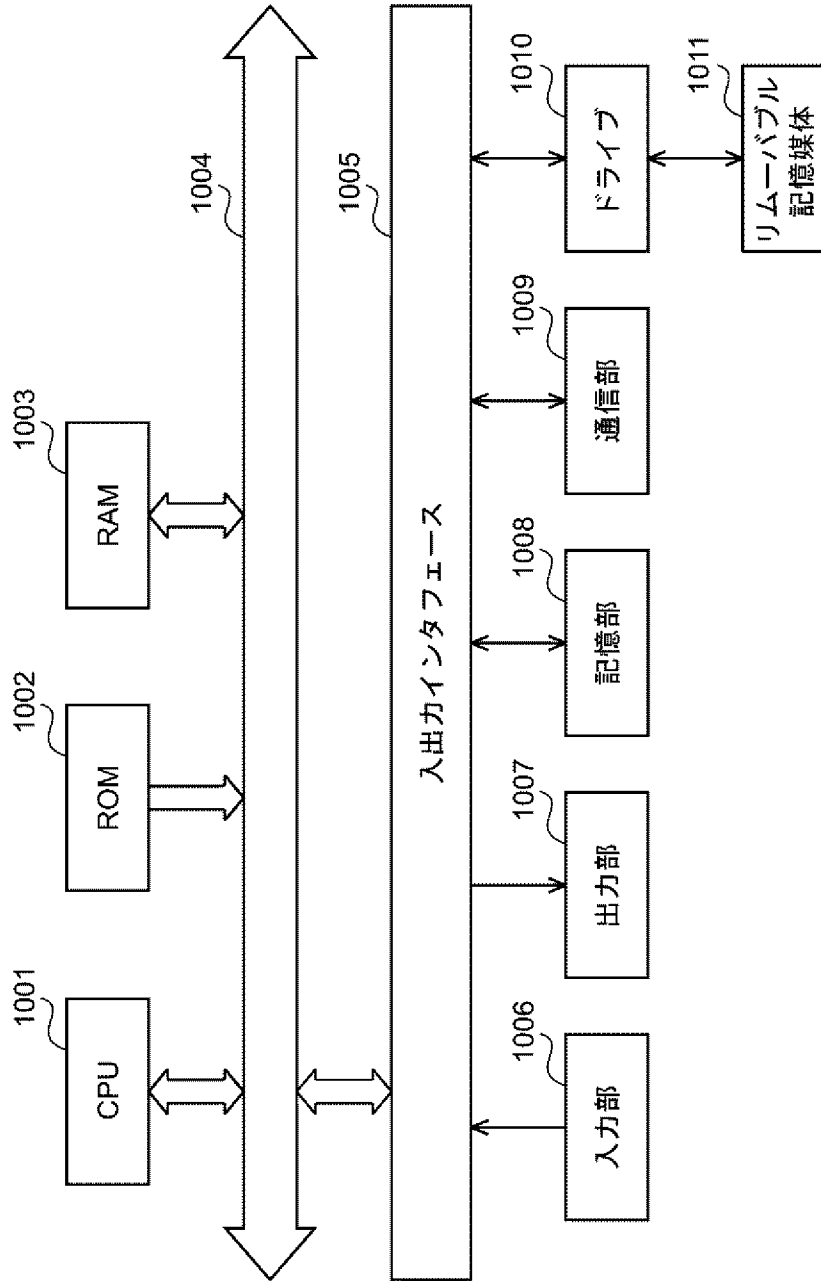


[図70]
FIG. 70



[図71]
FIG. 71

[図72]
FIG.72



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/022797

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G03B 5/00(2021.01)i; G03B 15/00(2021.01)i; G03B 17/02(2021.01)i; G01C 19/00(2013.01)i; G01C 19/5726(2012.01)i; G01C 19/5776(2012.01)i; H04N 5/222(2006.01)i; H04N 5/225(2006.01)i; H04N 5/232(2006.01)i FI: G03B5/00 J; G01C19/00 Z; G01C19/5726; G01C19/5776; G03B5/00 G; G03B5/00 K; G03B15/00 U; G03B15/00 V; G03B17/02; H04N5/222 100; H04N5/225 300; H04N5/232 480 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) G03B5/00; G03B15/00; G03B17/02; G01C19/00; G01C19/5726; G01C19/5776; H04N5/222; H04N5/225; H04N5/232		
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	1971-2021	
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021	
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021	
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 Y A Y A	JP 2019-121941 A (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 22 July 2019 (2019-07-22) paragraphs [0029]-[0036], [0205]-[0208], [0219], fig. 25 WO 2020/045099 A1 (SONY CORP.) 05 March 2020 (2020-03-05) paragraphs [0015]-[0021], fig. 1	1, 5 2, 6-9, 13-14, 17-22, 26-27, 30-31 3-4, 10-12, 15-16, 23-25, 28-29 2, 14, 27 3-13, 15-26, 28-31
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 30 August 2021 (30.08.2021)		Date of mailing of the international search report 07 September 2021 (07.09.2021)
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/JP2021/022797

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2018/092282 A1 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 May 2018 (2018-05-24) paragraphs [0035], [0041], [0064], [0068], [0074]-[0075], fig. 1-2, 12-13	6-9, 13-14, 17- 22, 26-27, 30- 31
A		3-4, 10-12, 15- 16, 23-25, 28- 29
A	JP 2019-3035 A (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 10 January 2019 (2019-01-10) paragraphs [0027]- [0054], fig. 1-2, 6	1-31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/022797

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2019-121941 A	22 Jul. 2019	WO 2019/138868 A1	
WO 2020/045099 A1	05 Mar. 2020	(Family: none)	
WO 2018/092282 A1	24 May 2018	US 2019/0258143 A1	
		paragraphs [0050], [0056], [0079], [0083], [0089]-[0090], fig. 1-2, 12-13	
JP 2019-3035 A	10 Jan. 2019	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>G03B 5/00(2021.01)i; G03B 15/00(2021.01)i; G03B 17/02(2021.01)i; G01C 19/00(2013.01)i; G01C 19/5726(2012.01)i; G01C 19/5776(2012.01)i; H04N 5/222(2006.01)i; H04N 5/225(2006.01)i; H04N 5/232(2006.01)i FI: G03B5/00 J; G01C19/00 Z; G01C19/5726; G01C19/5776; G03B5/00 G; G03B5/00 K; G03B15/00 U; G03B15/00 V; G03B17/02; H04N5/222 100; H04N5/225 300; H04N5/232 480</p>																				
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>G03B5/00; G03B15/00; G03B17/02; G01C19/00; G01C19/5726; G01C19/5776; H04N5/222; H04N5/225; H04N5/232</p> <p>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</p> <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 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021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 - 2021年																			
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年																			
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年																			
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2019-121941 A (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 22.07.2019 (2019 - 07 - 22) 【0029】 - 【0036】 , 【0205】 - 【0208】 , 【0219】 及び 図25</td> <td>1, 5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>2, 6-9, 13-14, 17- 22, 26-27, 30-31</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>3-4, 10-12, 15-16, 23-25, 28-29</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>WO 2020/045099 A1 (ソニー株式会社) 05.03.2020 (2020 - 03 - 05) 【0015】 - 【0021】 及び図1</td> <td>2, 14, 27</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>3-13, 15-26, 28-31</td> </tr> </tbody> </table>			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	JP 2019-121941 A (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 22.07.2019 (2019 - 07 - 22) 【0029】 - 【0036】 , 【0205】 - 【0208】 , 【0219】 及び 図25	1, 5	Y		2, 6-9, 13-14, 17- 22, 26-27, 30-31	A		3-4, 10-12, 15-16, 23-25, 28-29	Y	WO 2020/045099 A1 (ソニー株式会社) 05.03.2020 (2020 - 03 - 05) 【0015】 - 【0021】 及び図1	2, 14, 27	A		3-13, 15-26, 28-31
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	JP 2019-121941 A (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 22.07.2019 (2019 - 07 - 22) 【0029】 - 【0036】 , 【0205】 - 【0208】 , 【0219】 及び 図25	1, 5																		
Y		2, 6-9, 13-14, 17- 22, 26-27, 30-31																		
A		3-4, 10-12, 15-16, 23-25, 28-29																		
Y	WO 2020/045099 A1 (ソニー株式会社) 05.03.2020 (2020 - 03 - 05) 【0015】 - 【0021】 及び図1	2, 14, 27																		
A		3-13, 15-26, 28-31																		
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																				
<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、一般的な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、一般的な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、一般的な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																				
<p>国際調査を完了した日</p> <p>30.08.2021</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>07.09.2021</p>																			
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>藏田 敦之 2V 9510</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3271</p>																			

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 A	WO 2018/092282 A1 (エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッド) 24.05.2018 (2018 - 05 - 24) [0035], [0041], [0064], [0068], [0074] - [0075], 図1-2 及び図12-13	6-9, 13-14, 17-22, 26-27, 30-31 3-4, 10-12, 15-16, 23-25, 28-29
A	JP 2019-3035 A (エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッ ド) 10.01.2019 (2019 - 01 - 10) [0027] - [0054], 図1-2 及び図6	1-31

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/JP2021/022797

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-121941 A	22.07.2019	WO 2019/138868 A1	
WO 2020/045099 A1	05.03.2020	(ファミリーなし)	
WO 2018/092282 A1	24.05.2018	US 2019/0258143 A1 [0050], [0056], [0079], [0083], [0089] - [0090], 図1-2及 び図12-13	
JP 2019-3035 A	10.01.2019	(ファミリーなし)	