８．特殊調整機能

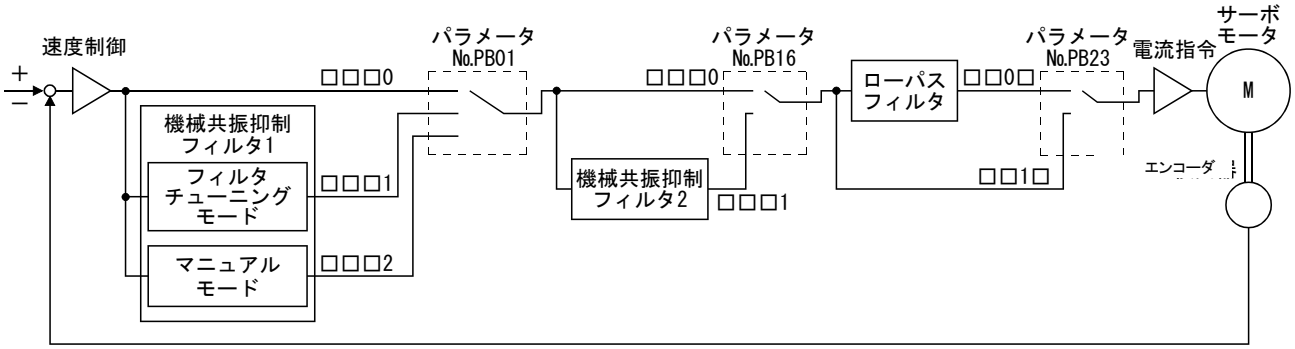
第８章　特殊調整機能 2
8.1　機能ブロック図 2
8.2　アダプティブフィルタⅡ 3
8.3　機械共振抑制フィルタ 5
8.4　アドバンスト制振制御 7
8.5　ローパスフィルタ 12
8.6　ゲイン切換え機能 12
8.6.1　用途 12
8.6.2　機能ブロック図 13
8.6.3　パラメータ 14
8.6.4　ゲイン切換えの動作 16

第８章　特殊調整機能

ポイント
● 本章で示す機能は，一般的には使用する必要はありません。機械の状態が第7章の調整方法では満足できない場合に使用してください。

機械系に固有の共振点がある場合，サーボ系の応答性を上げていくと，その共振周波数で機械系が共振(振動や異音)する場合があります。機械共振抑制フィルタとアダプティブチューニングを使用することで，機械系の共振を抑えることができます。

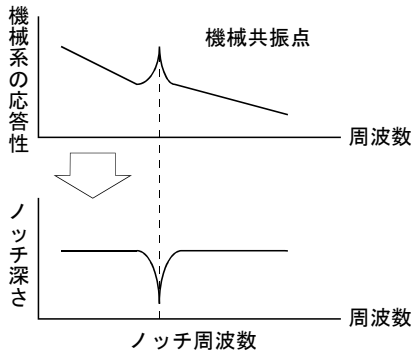
8.1　機能ブロック図



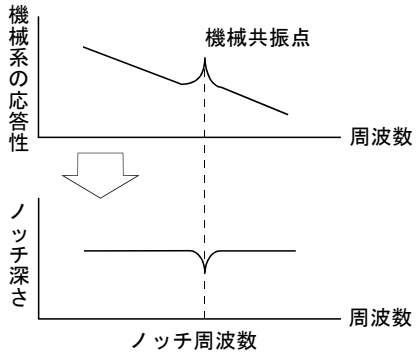
8.2 アダプティブフィルタⅡ

(1) 働き

アダプティブフィルタⅡ(アダプティブチューニング)は，ドライバが一定の時間機械共振を検出してフィルタ特性を自動的に設定し，機械系の振動を抑制する機能です。フィルタ特性(周波数・深さ)は自動で設定されますので，機械系の共振周波数を意識する必要がありません。



機械共振が大きく，周波数が低い場合



機械共振が小さく，周波数が高い場合

ポイント

- アダプティブフィルタⅡ(アダプティブチューニング)で対応可能な機械共振の周波数は，約100～2.25kHzです。この範囲外の共振周波数に対しては効果はありません。
- 複雑な共振特性をもつ機械系の場合，効果が得られない場合があります。

(2) パラメータ

アダプティブチューニングモード(パラメータNo.PB01)の動作を選択します。

パラメータNo.PB01

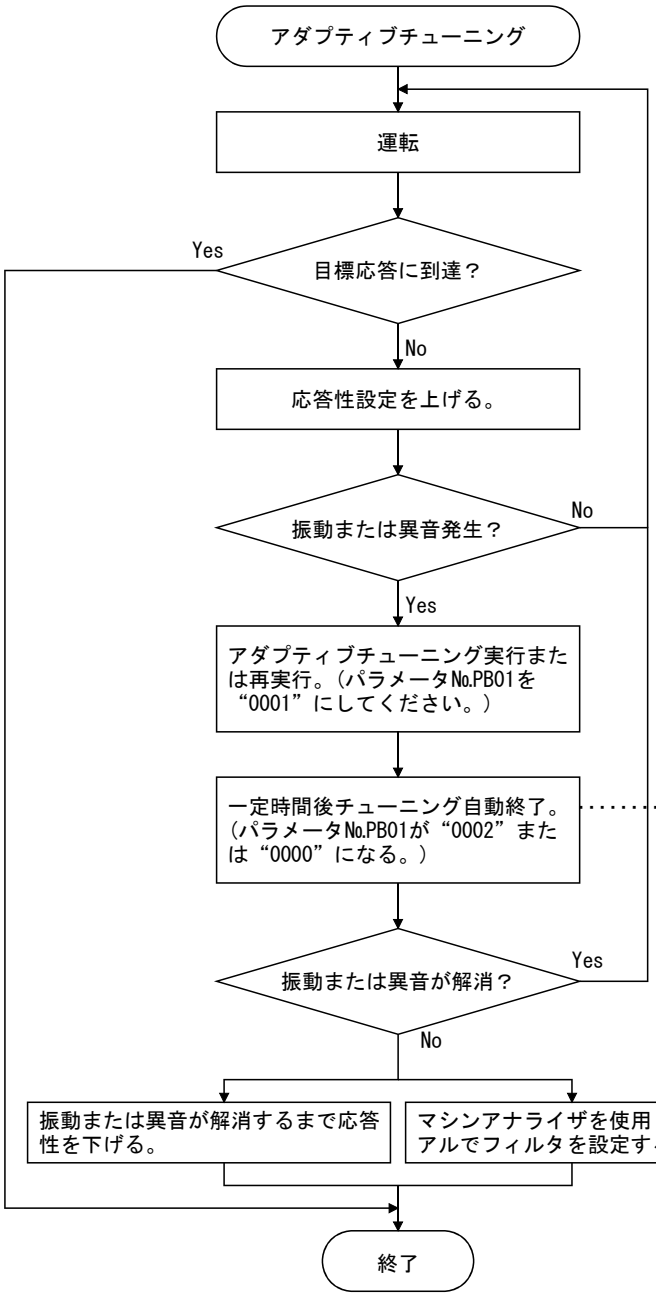
0	0	0	

└アダプティブチューニングモード選択

設定値	アダプティブチューニングモード	自動設定されるパラメータ
0	フィルタOFF	(注)
1	フィルタチューニングモード	パラメータNo.PB13 パラメータNo.PB14
2	マニュアルモード	

注. パラメータNo.PB13・PB14は初期値に固定されます。

(3) アダプティブチューニングモード手順



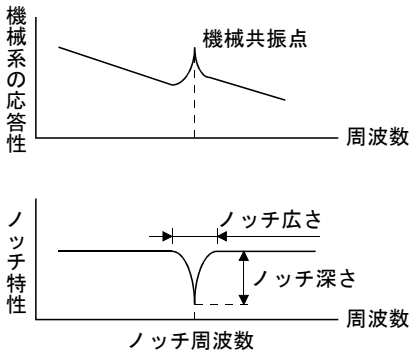
ポイント

- “フィルタOFF”で初期値に戻すことができます。
- アダプティブチューニングを実行すると数秒間，強制的に加振信号を加えますので振動音が大きくなります。
- アダプティブチューニングを実行すると，最大10秒間機械共振を検出してフィルタを生成します。フィルタ生成後，自動的にマニュアルモードに移行します。
- アダプティブチューニングは現在設定されている制御ゲインで最適なフィルタを生成します。応答性設定を上げたときに振動が発生する場合にはアダプティブチューニングを再度実行してください。
- アダプティブチューニングは設定されている制御ゲインに対して最適なノッチ深さのフィルタを生成します。機械共振に対してさらにフィルタマージンを持たせたい場合には，マニュアルモードでノッチ深さを深くしてください。

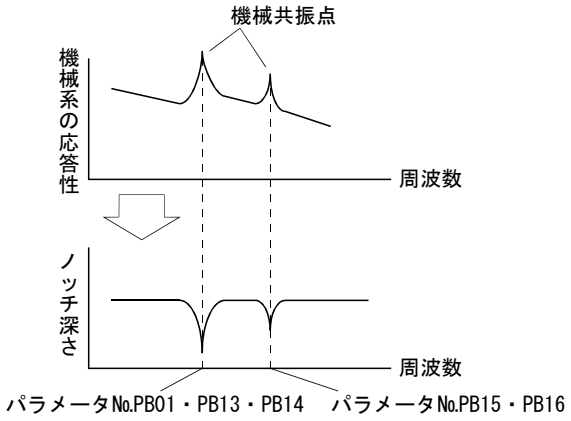
8.3 機械共振抑制フィルタ

(1) 働き

機械共振抑制フィルタは特定の周波数のゲインを下げることにより機械系の共振を抑制することができるフィルタ機能(ノッチフィルタ)です。ゲインを下げる周波数(ノッチ周波数)とゲインを下げる深さと広さを設定できます。



機械共振抑制フィルタ1(パラメータNo.PB13・PB14)と機械共振抑制フィルタ2(パラメータNo.PB15・PB16)により，2つの共振周波数の振動を抑制できます。フィルタチューニングモードでアダプティブチューニングを実行することにより機械共振抑制フィルタを自動調整することができます。フィルタチューニングモード時には，一定時間後にマニュアルモードに移行します。マニュアルモード時には機械共振抑制フィルタ1によるマニュアル設定が可能です。



(2) パラメータ

(a) 機械共振抑制フィルタ1(パラメータNo.PB13・PB14)

機械共振抑制フィルタ1(パラメータNo.PB13・PB14)のノッチ周波数・ノッチ深さ・ノッチ広さを設定します。

アダプティブチューニングモード(パラメータNo.PB01)で“マニュアルモード”を選択した場合，機械共振抑制フィルタ1の設定が有効になります。

(b) 機械共振抑制フィルタ2(パラメータNo.PB15・PB16)

機械共振抑制フィルタ2(パラメータNo.PB15・PB16)の設定方法は機械共振抑制フィルタ1(パラメータNo.PB13・PB14)と同一です。ただし，機械共振抑制フィルタ2は，アダプティブチューニングモード(パラメータNo.PB01)の設定値にかかわらず設定できます。

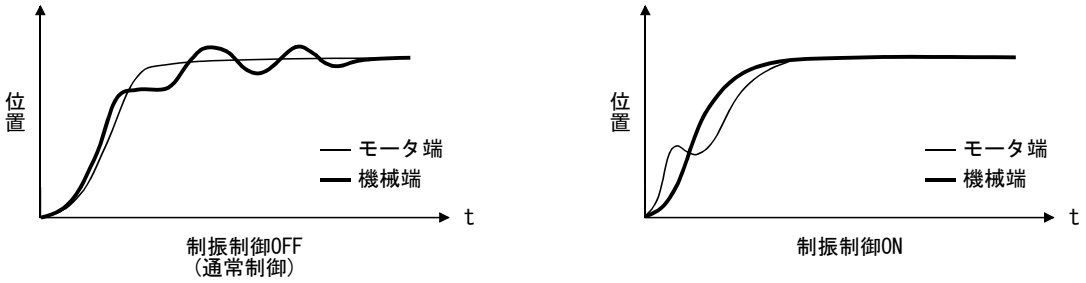
ポイント

- 機械共振抑制フィルタはサーボ系にとっては遅れ要素になります。このため，間違った共振周波数を設定したり，ノッチの深さを深く広くしすぎると，振動が大きくなる場合があります。
- 機械共振の周波数がわからない場合は，ノッチ周波数を高い方から下げてください。振動が最も小さくなった点が最適なノッチ周波数の設定です。
- ノッチ深さは深い方が機械共振を抑える効果がありますが，位相遅れは大きくなりますので，逆に振動が大きくなる場合があります。
- ノッチ広さを広くすると機械共振を抑える効果がありますが，位相遅れは大きくなりますので，逆に振動が大きくなる場合があります。
- セットアップソフトウェア（MR Configurator2^{MT}）によるマシンアナライザにより，機械特性をあらかじめ把握できます。これにより必要なノッチ周波数と深さを決めることができます。

8.4 アドバンスト制振制御

(1) 働き

制振制御はワーク端の振動や架台の揺れなど，機械端の振動をより抑えたい場合に使用します。機械を揺らさないようにモータ側動作を調節して位置決めします。



アドバンスト制振制御(制振制御チューニングモード(パラメータNo.PB02))を実行することにより，機械端の振動周波数を自動的に推定し，機械端の振動を抑えることができます。

また，制振制御チューニングモード時には，一定回数動作後にマニュアルモードに移行します。マニュアルモード時には，制振制御 振動周波数設定(パラメータNo.PB19)，制振制御 共振周波数設定(パラメータNo.PB20)によるマニュアル設定が可能です。

(2) パラメータ

制振制御チューニングモード(パラメータNo.PB02)の動作を選択します。

パラメータNo.PB02

0	0	0	

└制振制御チューニングモード

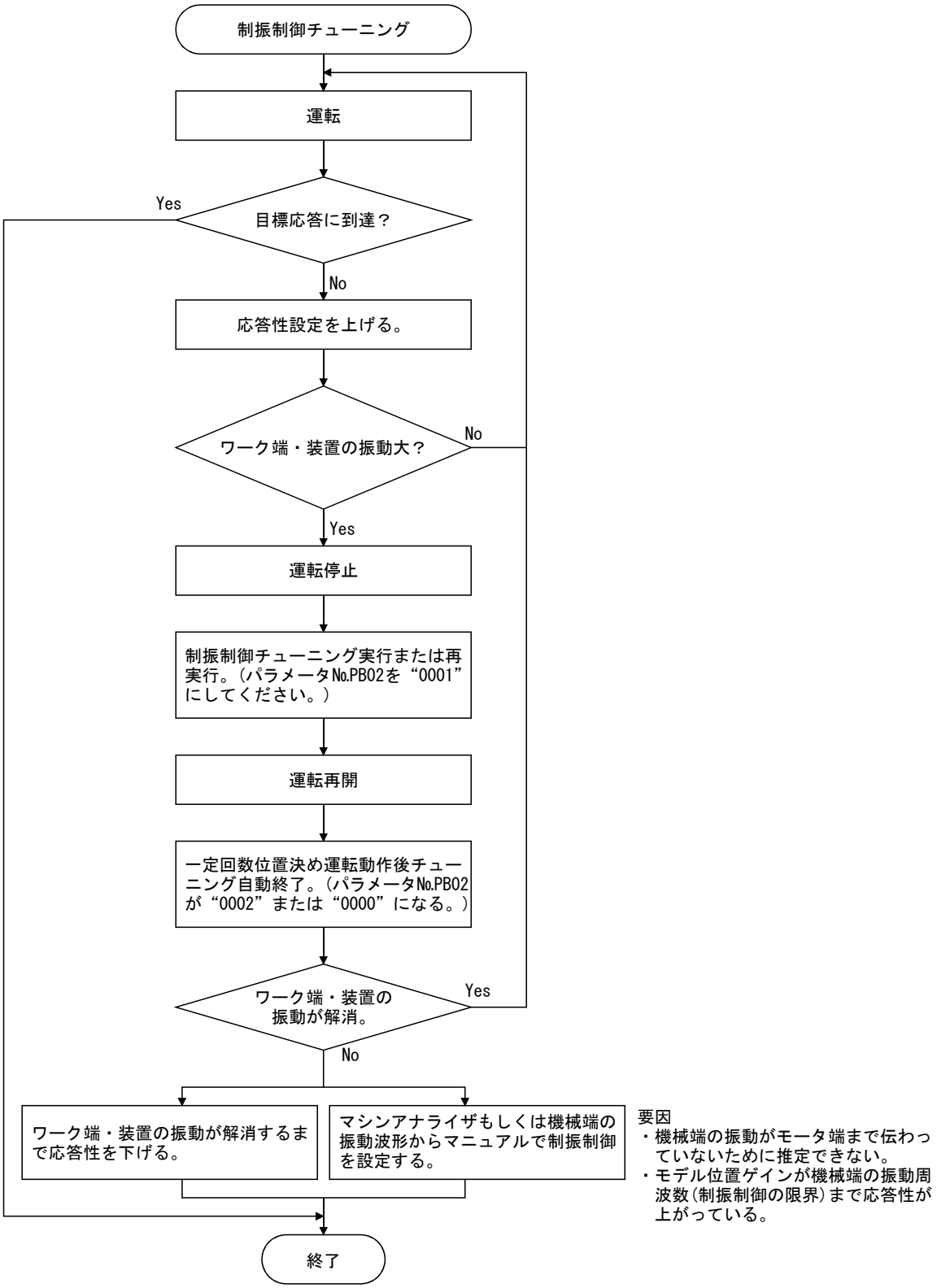
設定値	制振制御チューニングモード	自動設定されるパラメータ
0	制振制御OFF	(注)
1	制振制御チューニングモード (アドバンスト制振制御)	パラメータNo.PB19 パラメータNo.PB20
2	マニュアルモード	

注. パラメータNo.PB19・PB20は初期値に固定されます。

ポイント

- オートチューニングモード(パラメータNo.PA08)がオートチューニングモード2(“0002”)，マニュアルモード(“0003”)のときに有効になります。
- 制振制御チューニングモードで対応可能な機械共振の周波数は1.0Hz～100.0Hzです。この範囲外の振動に対しては効果はありません。
- 制振制御関連パラメータ(パラメータNo.PB02・PB19・PB20・PB33・PB34)を変更する際は，モータを停止してから変更してください。ショックの原因になります。
- 制振制御チューニング実行中の位置決め運転では，十分振動が減衰して停止するまでの停止時間を設けてください。
- 制振制御チューニングはモータ端の残留振動が小さいと正常に推定できない場合があります。
- 制振制御チューニングは現在設定されている制御ゲインで最適なパラメータを設定します。応答性設定を上げたときには制振制御チューニングを再度設定してください。

(3) 制振制御チューニング手順

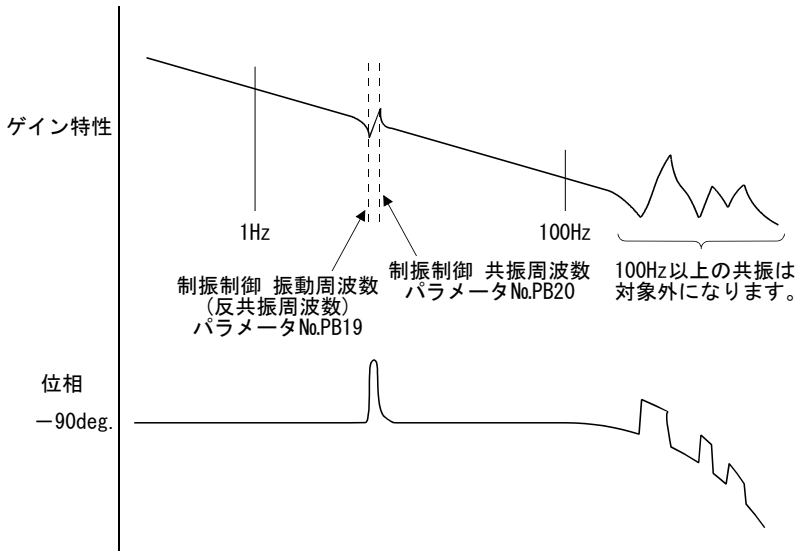


要因
・機械端の振動がモータ端まで伝わっていないために推定できない。
・モデル位置ゲインが機械端の振動周波数(制振制御の限界)まで応答性が上がっている。

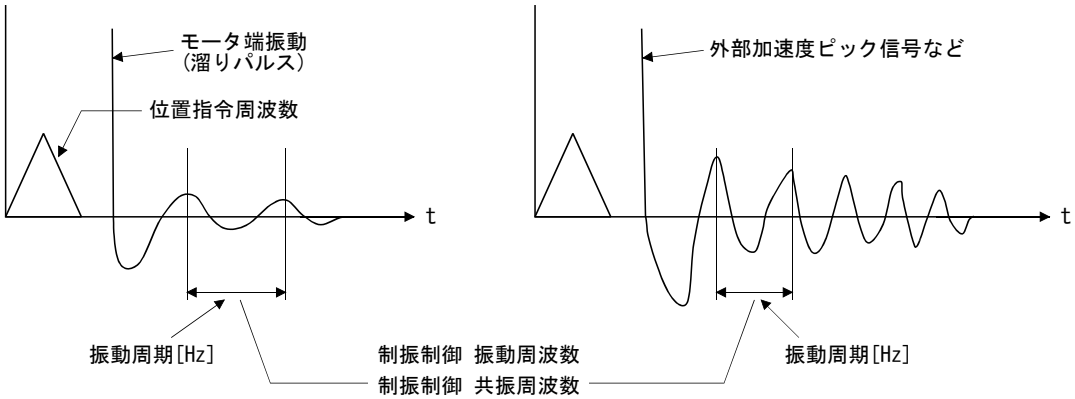
(4) 制振制御マニュアルモード

ワーク端の振動や装置の揺れをマシンアナライザによる測定や外部FFT機器で測定し，制振制御 振動周波数設定(パラメータNo.PB19)，制振制御 共振周波数設定(パラメータNo.PB20)を設定することで制振制御をマニュアルで設定することができます。

(a) セットアップソフトウェア (MR Configurator2^{MT}) によるマシンアナライザ，または外部の計測器で振動ピークが確認できる場合



(b) モニタ信号や外部センサにより振動が確認できる場合



同一値を設定してください。

ポイント

- モータ端に機械端の振動が伝わっていない場合，モータ端の振動周波数を設定しても効果はありません。
- マシンアナライザや外部の計測器で反共振周波数と共振周波数が確認できる場合，同一値ではなく，個別に設定する方が制振性能は良くなります。
- モデル制御ゲイン(パラメータNo.PB07)値と振動周波数との関係が次の場合には，制振制御の効果はありません。応答性設定を下げるなどして，モデル制御ゲイン(PG1)を下げてから設定してください。

  $\frac{1}{2\pi}$ (1.5×PG1)＞振動周波数

8.5 ローパスフィルタ

(1)働き

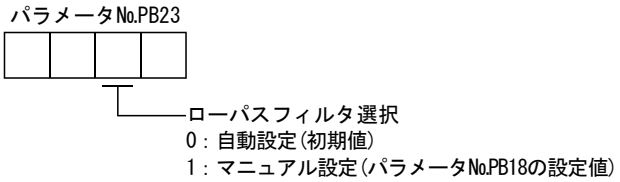
ボールねじなどを使用した場合，サーボ系の応答性を上げていくと，高い周波数の共振が発生することがあります。これを防ぐために初期値でトルク指令に対するローパスフィルタが有効になっています。このローパスフィルタのフィルタ周波数は次式の値になるように自動調整されます。

$$\text{フィルタ周波数(rad/s)} = \frac{VG2}{1+GD2} \times 10$$

パラメータNo.PB23を“□□1□”に設定すると，パラメータNo.PB18でマニュアル設定することができます。

(2) パラメータ

ローパスフィルタ選択(パラメータNo.PB23)の動作を設定します。



8.6 ゲイン切換え機能

ゲインを切り換えることができる機能です。回転中と停止中のゲインを切り換えたり，運転中に入力デバイスを使用してゲインを切り換えることができます。

8.6.1 用途

この機能は次のような場合に使います。

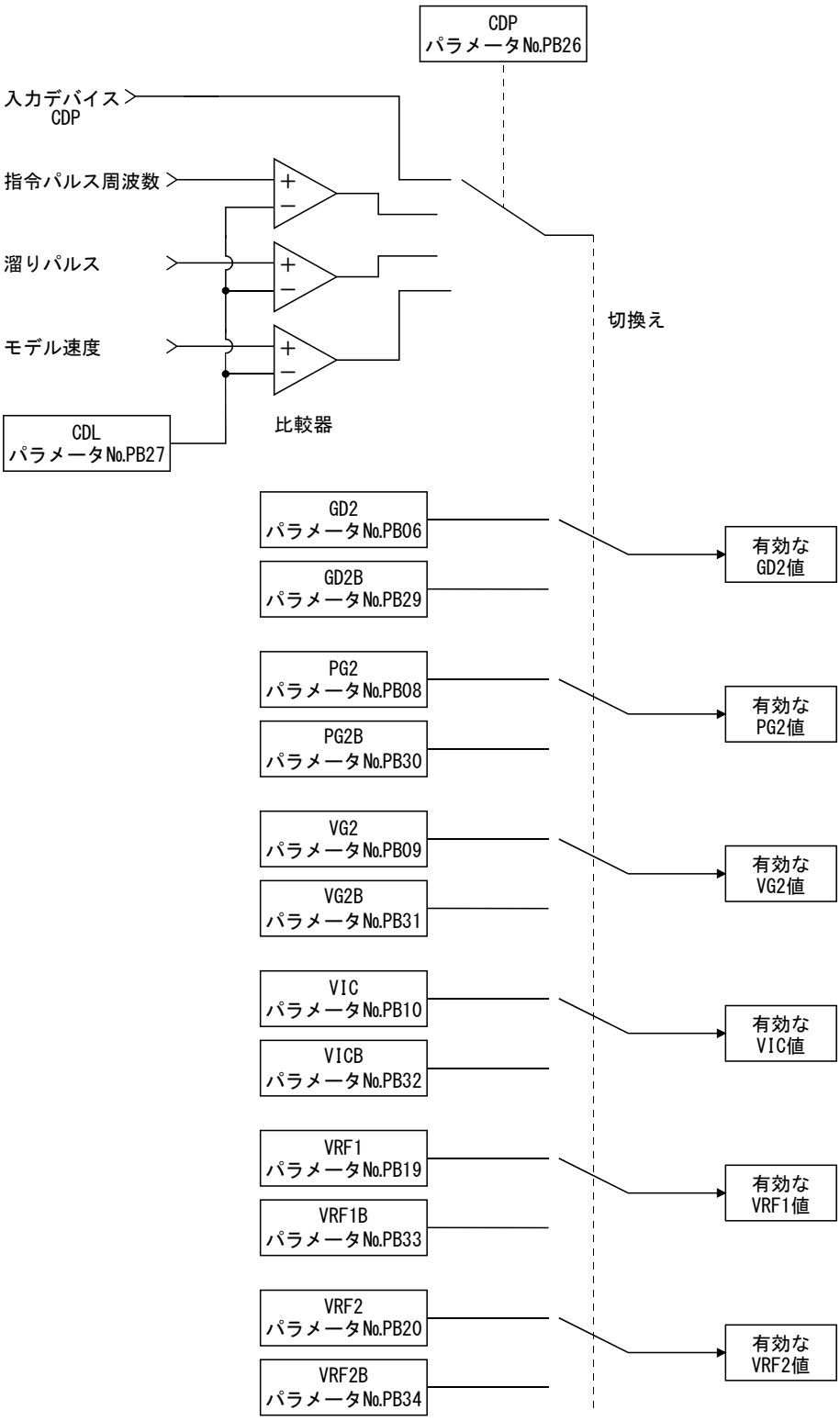
(1) サーボロック中のゲインは高くしたいが，回転中は駆動音を抑えるためにゲインを下げたい場合。

(2) 停止整定時間を短くするために整定時のゲインを上げたい場合。

(3) 停止中に負荷慣性モーメント比が大きく変動する(台車に大きな搬送物が載る場合など)ため，サーボ系の安定性を確保するよう，入力デバイスでゲインを切り換えたい場合。

8.6.2 機能ブロック図

ゲイン切換え選択CDP(パラメータNo.PB26)・ゲイン切換え条件CDL(パラメータNo.PB27)により選択された条件に基づいて，実ループの有効な制御ゲインPG2・VG2・VICおよびGD2を切り換えます。



8.6.3 パラメータ

ゲイン切換え機能を用いる場合，調整モードは必ずパラメータNo.PA08(オートチューニング)を“□□□3”に設定し，ゲイン調整モードをマニュアルモードにしてください。オートチューニングモードのままではゲイン切換え機能は使用できません。

パラメータNo.	略称	名称	単位	内容
PB06	GD2	サーボモータに対する負荷慣性モーメント比	倍	切換え前の制御パラメータ
PB07	PG1	モデル制御ゲイン	rad/s	モデルの位置，速度ゲインで指令に対する応答性を設定します。常に有効です。
PB08	PG2	位置制御ゲイン	rad/s	
PB09	VG2	速度制御ゲイン	rad/s	
PB10	VIC	速度積分補償	ms	
PB29	GD2B	ゲイン切換え サーボモータに対する負荷慣性モーメント比	倍	切換え後のサーボモータに対する負荷慣性モーメント比を設定します。
PB30	PG2B	ゲイン切換え 位置制御ゲイン	rad/s	切換え後の位置制御ゲインを設定します。
PB31	VG2B	ゲイン切換え 速度制御ゲイン	rad/s	切換え後の速度制御ゲインを設定します。
PB32	VICB	ゲイン切換え 速度積分補償	ms	切換え後の速度積分補償時定数を設定します。
PB26	CDP	ゲイン切換え選択		切換え条件を選択します。
PB27	CDL	ゲイン切換え条件	kpps pulse r/min	切換え条件の値を設定します。
PB28	CDT	ゲイン切換え時定数	ms	切換え時のゲインの変化に対するフィルタ時定数を設定できます。
PB33	VRF1B	ゲイン切換え 制振制御 振動周波数設定	Hz	切換え後の振動周波数を設定します。
PB34	VRF2B	ゲイン切換え 制振制御 共振周波数設定	Hz	切換え後の共振周波数を設定します。

(1) パラメータNo.PB06～PB10

これらのパラメータは，通常のマニュアル調整と同一です。ゲイン切換えを行うと，サーボモータに対する負荷慣性モーメント比・位置制御ゲイン・速度制御ゲインおよび速度積分補償の値を変更することができます。

(2) ゲイン切換え サーボモータに対する負荷慣性モーメント比(パラメータNo.PB29)

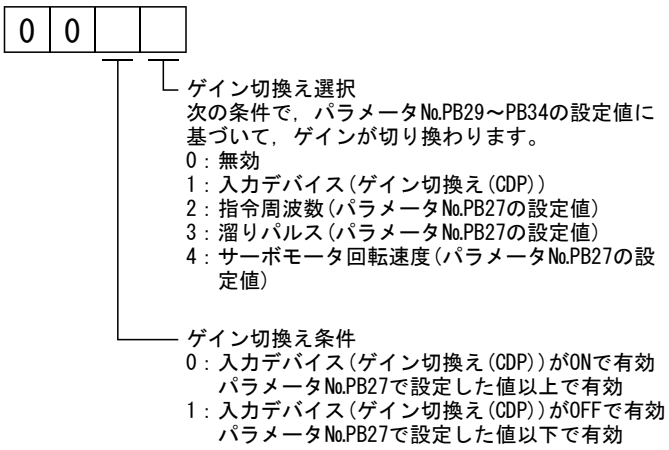
切換え後のサーボモータに対する負荷慣性モーメント比を設定します。負荷慣性モーメント比が変化しない場合は，サーボモータに対する負荷慣性モーメント比(パラメータNo.PB06)の値と同一にしてください。

(3) ゲイン切換え 位置制御ゲイン(パラメータNo.PB30)，ゲイン切換え 速度制御ゲイン(パラメータNo.PB31)，ゲイン切換え 速度積分補償(パラメータNo.PB32)

ゲイン切換え後の位置制御ゲイン・速度制御ゲイン・速度積分補償を設定します。

(4) ゲイン切換え選択(パラメータNo.PB26)

ゲインの切換え条件を設定します。1桁目および2桁目で切換えの条件を選択します。ここで1桁目を“1”に設定した場合，入力デバイスのゲイン切換え(CDP)で切り換えることができます。ゲイン切換え(CDP)は，パラメータNo.PD03～PD08・PD10～PD12でピンに割り付けることができます。



(5) ゲイン切換え条件(パラメータNo.PB27)

ゲイン切換え選択(パラメータNo.PB26)で“指令周波数”“溜りパルス”“サーボモータ回転速度”を選択した場合に，ゲインを切り換えるレベルを設定します。

設定単位は次のようになります。

ゲイン切換え条件	単位
指令周波数	kpps
溜りパルス	pulse
サーボモータ回転速度	r/min

(6) ゲイン切換え時定数(パラメータNo.PB28)

ゲイン切換え時に各ゲインに対して一次遅れのフィルタを設定できます。ゲイン切換え時のゲインの差が大きな場合に，機械に対するショックを緩和するためなどに使用します。

(7) ゲイン切換え制振制御

ゲイン切換え制振制御は，入力デバイスのON/OFFで切り換える場合でのみ使用できます。

8.6.4 ゲイン切換えの動作

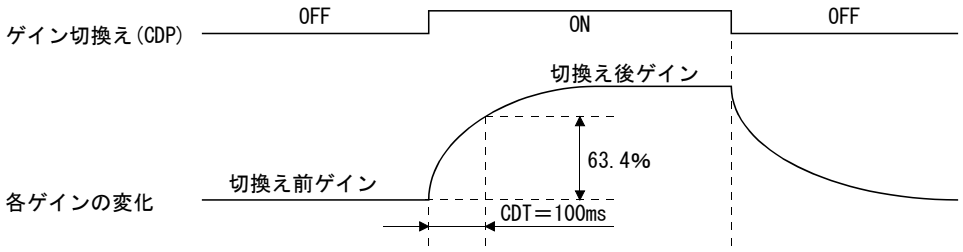
設定例を挙げて説明します。

(1) 入力デバイス(CDP)による切換えを選択の場合

(a) 設定

パラメータNo.	略称	名称	設定値	単位
PB06	GD2	サーボモータに対する負荷慣性モーメント比	4.0	倍
PB07	PG1	モデル制御ゲイン	100	rad/s
PB08	PG2	位置制御ゲイン	120	rad/s
PB09	VG2	速度制御ゲイン	3000	rad/s
PB10	VIC	速度積分補償	20	ms
PB19	VRF1	制振制御振動周波数	50	Hz
PB20	VRF2	制振制御共振周波数	50	Hz
PB29	GD2B	ゲイン切換えサーボモータに対する負荷慣性モーメント比	10.0	倍
PB30	PG2B	ゲイン切換え位置制御ゲイン	84	rad/s
PB31	VG2B	ゲイン切換え速度制御ゲイン	4000	rad/s
PB32	VICB	ゲイン切換え速度積分補償	50	ms
PB26	CDP	ゲイン切換え選択	0001 (入力デバイス(CDP)のON/OFFで切り換える)	
PB28	CDT	ゲイン切換え時定数	100	ms
PB33	VRF1B	ゲイン切換え制振制御振動周波数設定	60	Hz
PB34	VRF2B	ゲイン切換え制振制御共振周波数設定	60	Hz

(b) 切換え時の動作



モデル制御ゲイン	100				
モータに対する負荷慣性モーメント比	4.0	→	10.0	→	4.0
位置制御ゲイン	120	→	84	→	120
速度制御ゲイン	3000	→	4000	→	3000
速度積分補償	20	→	50	→	20
制振制御振動周波数	50	→	60	→	50
制振制御共振周波数	50	→	60	→	50

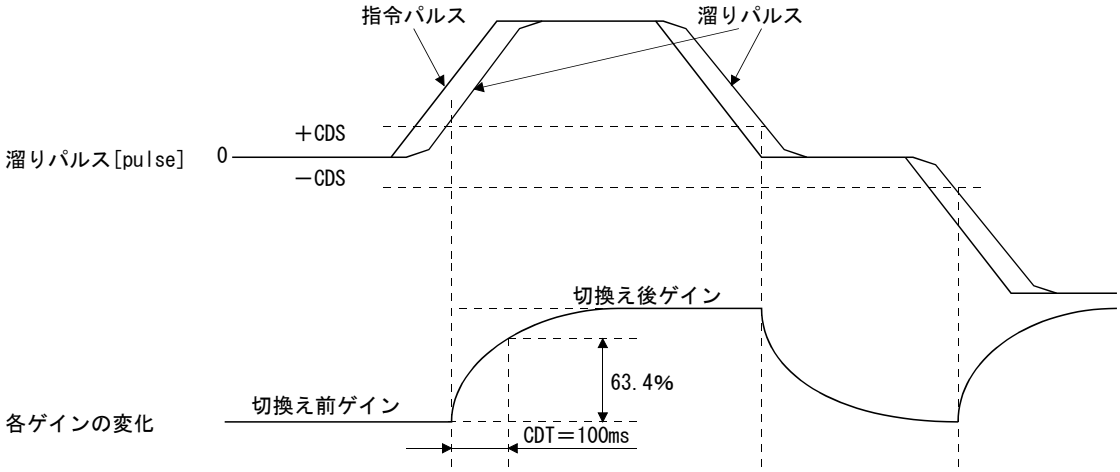
(2) 溜りパルスによる切換えを選択した場合

この場合，ゲイン切換え制振制御は使用できません。

(a) 設定

パラメータNo.	略称	名称	設定値	単位
PB06	GD2	サーボモータに対する負荷慣性モーメント比	4.0	倍
PB07	PG1	モデル制御ゲイン	100	rad/s
PB08	PG2	位置制御ゲイン	120	rad/s
PB09	VG2	速度制御ゲイン	3000	rad/s
PB10	VIC	速度積分補償	20	ms
PB29	GD2B	切換えサーボモータに対する負荷慣性モーメント比	10.0	倍
PB30	PG2B	切換え位置制御ゲイン	84	rad/s
PB31	VG2B	切換え速度制御ゲイン	4000	rad/s
PB32	VICB	切換え速度積分補償	50	ms
PB26	CDP	ゲイン切換え選択	0003 (溜りパルスで切り換える)	
PB27	CDS	ゲイン切換え条件	50	pulse
PB28	CDT	ゲイン切換え時定数	100	ms

(b) 切換え時の動作



モデル制御ゲイン	100						
モータに対する負荷慣性モーメント比	4.0	→	10.0	→	4.0	→	10.0
位置制御ゲイン	120	→	84	→	120	→	84
速度制御ゲイン	3000	→	4000	→	3000	→	4000
速度積分補償	20	→	50	→	20	→	50