

Sanmei Invention Servo

Si servo 3

取扱説明書

サーボ調整編

目次

1. ご使用になる前に	1
2. サーボ調整について	2
2-1. サーボ調整の流れ	2
2-2. サーボ調整関連のパラメータ	3
3. オートチューニング	4
3-1. オートチューニングの概要	4
3-2. オートチューニングの操作画面	4
3-3. オートチューニングを実施する前に	5
3-4. オートチューニングの手順	6
3-5. 共振周波数検出機能	9
4. マニュアルチューニング	10
4-1. 調整前の準備	10
4-2. モータ試験動作・動作波形の確認	11
4-3. オーバシュートの改善	11
4-4. 振動（発振）の改善	12
4-5. 位置決め応答性の改善	13
4-6. 振動（共振）の改善	14

1. ご使用になる前に

- ・「Si servo3 取扱説明書（サーボ調整編）SH2882D009」は、Si servo3 のサーボ調整について説明したものです。本書と合せて姉妹編「Si servo3 取扱説明書（本編）SH2882D001」、「Si servo3 取扱説明書（ポイントテーブル機能編）SH2882D002」、「Si servo3 取扱説明書（通信機能編）SH2882D003」及びモータに添付されたしおりを熟読のうえ、正しい使用方法を理解された後に使用してください。
- ・特に「Si servo3 取扱説明書（本編）SH2882D001」に記載されている「安全に関するご注意」については、内容を正しくご理解のうえ忘れないように心がけてください。さらに、どのような場合でも絶対に誤った取扱をしないように十分注意してください。最悪の場合、死亡事故等の重大事故発生の恐れがあります。
- ・この取扱説明書および姉妹編取扱説明書と、モータに添付されたしおりを読まれた後は、実際に使用される方が必要なときに、いつでも見ることができる場所に保管してください。

この文書の内容が適用されるサーボドライバの型式

Si servo3	Si-02DT Si-05DT
-----------	--------------------

2. サーボ調整について

Si servo3 をサーボモードで使用する場合、機械の構成に合わせてサーボゲイン調整を行う必要があります。
サーボゲイン調整には以下の方法があります。

- 1) オートチューニング：

専用 PC モニタソフト「Si-Wave3」からの動作指令により自動的にモータを動作させ、サーボゲインパラメータを調整する
- 2) マニュアルチューニング：

サーボゲインパラメータを手動で調整する

※ステップモードで使用する場合は Si servo3 取扱説明書 本編のステップモードの項を参照してください。

2-1. サーボ調整の流れ

サーボ調整の流れを図 1 に示します。

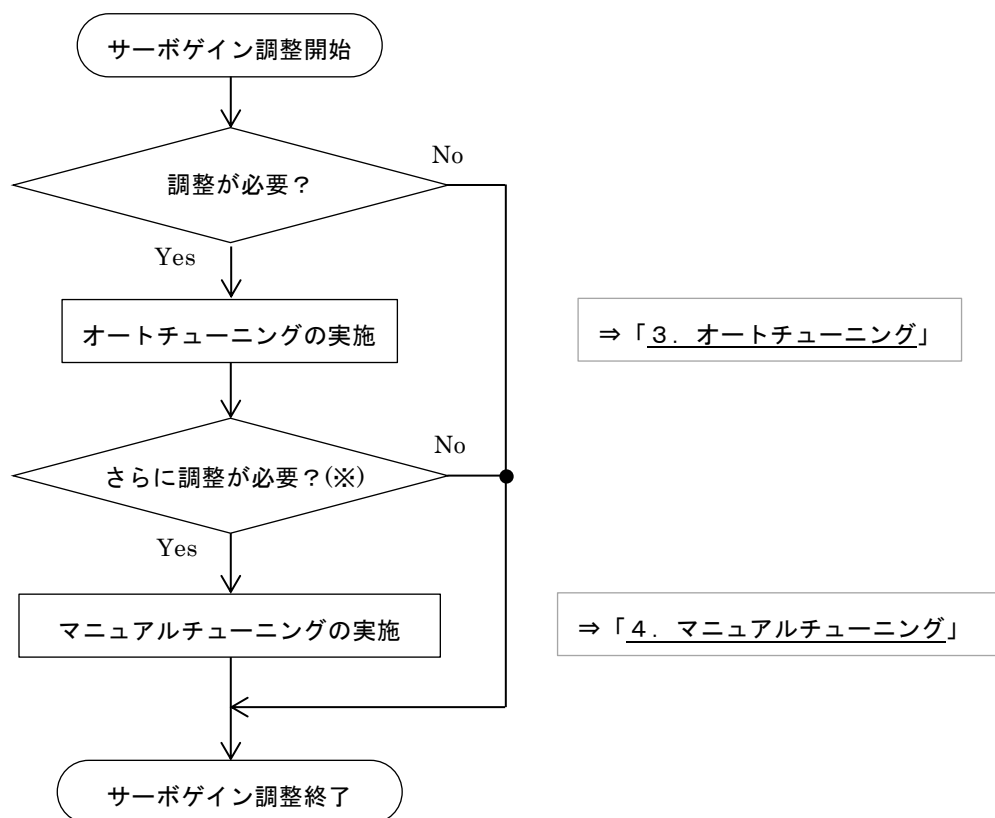


図 1 サーボ調整の流れ

※オートチューニング実施後は実際のモータ動作の様子を実機や波形モニタにて確認し、
必要に応じてマニュアルチューニングを行ってください。

2-2. サーボ調整関連のパラメータ

本書で説明するオートチューニング、マニュアルチューニングで調整するサーボゲインに関するパラメータを以下に示します。パラメータの詳細は Si servo3 取扱説明書 本編を参照してください。

番号	パラメータ名称	単位
N0000	インポジション領域	enc 単位
N0100	制御モード選択 (サーボ/ステップ)	-
N0101	位置比例ゲイン	1/s
N0102	速度比例ゲイン	rad/s
N0103	外乱オブザーバゲイン	rad/s
N0104	負荷慣性モーメント	$10^{-7}\text{kg}\cdot\text{m}^2$
N0105	速度フィードフォワード係数	%
N0114	トルクノッチフィルタ 1 : 周波数	Hz
N0115	トルクノッチフィルタ 1 : 深さ	-
N0116	トルクノッチフィルタ 2 : 周波数	Hz
N0117	トルクノッチフィルタ 2 : 深さ	-
N0118	トルクノッチフィルタ 3 : 周波数	Hz
N0119	トルクノッチフィルタ 3 : 深さ	-
N0120	トルクノッチフィルタ 4 : 周波数	Hz
N0121	トルクノッチフィルタ 4 : 深さ	-

3. オートチューニング

3-1. オートチューニングの概要

オートチューニングは Si-Wave3 からモータ動作指令を与え、動作時のモータ挙動からサーボゲイン関連のパラメータを自動調整します。また、機械系の共振を検出した場合は、トルクノッチフィルタにその共振周波数を設定します。

オートチューニングで調整されるサーボゲイン関連のパラメータは「2-2. サーボ調整関連のパラメータ」を参照してください。

3-2. オートチューニングの操作画面

Si-Wave3 のオートチューニングウィンドウは、以下の 2 つの画面によって構成されています。

- ・ゲイン自動検出画面（図 2）：

オートチューニングの動作条件設定と、オートチューニング中の指令速度・位置偏差波形および検出したサーボゲイン情報を表示します。

- ・共振周波数検出画面（図 3）：

共振検出指令レベルの設定と、オートチューニング中に検出した共振周波数情報を表示します。

※図 2、図 3 の画面表示は ゲイン自動検出 ボタン、共振周波数検出 ボタンで切り替えが可能です。

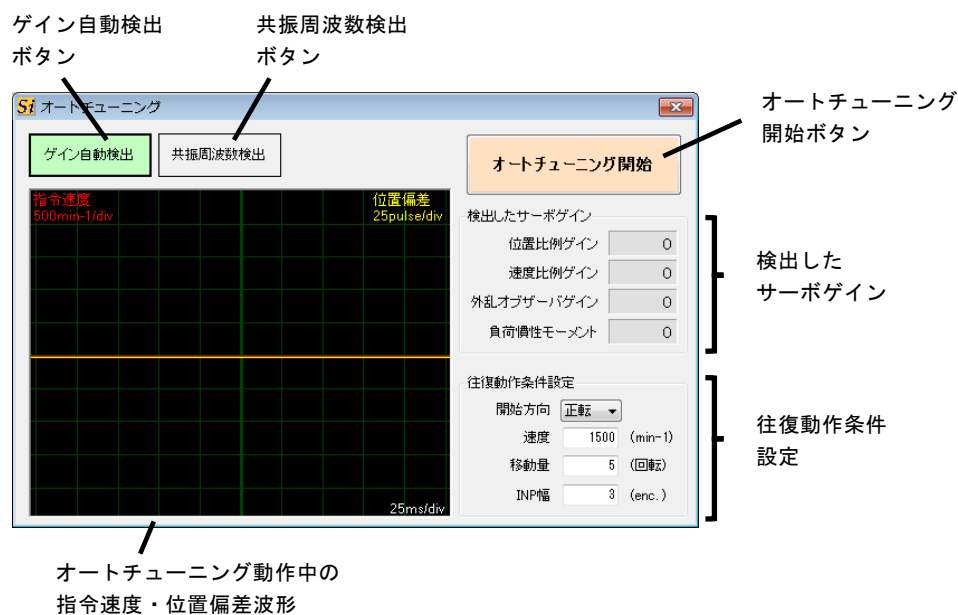


図 2 オートチューニング画面（ゲイン自動検出画面）

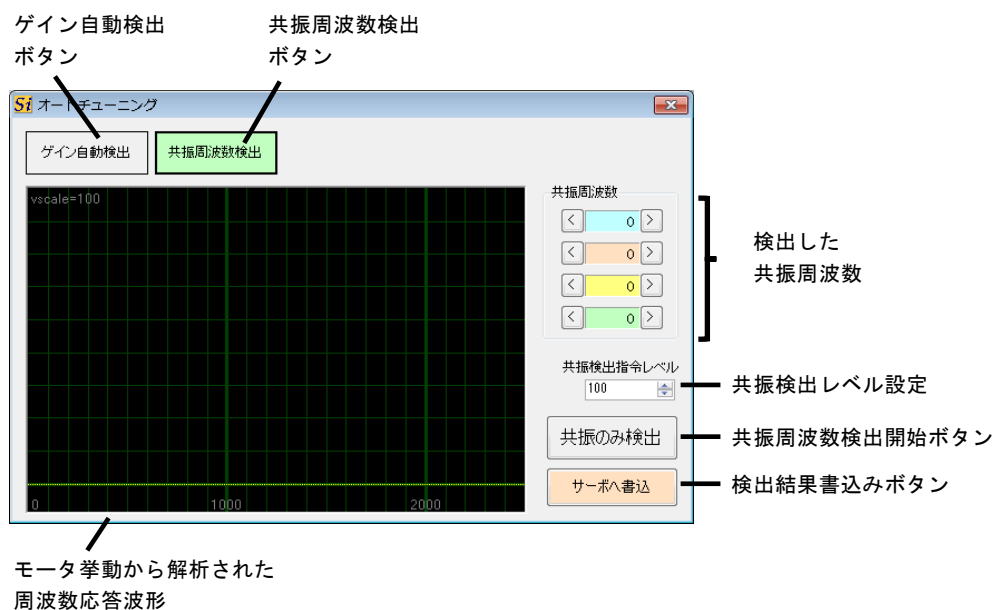


図 3 オートチューニング画面（共振周波数検出画面）

3-3. オートチューニングを実施する前に

オートチューニングでは以下の点をご確認ください。

- ・オートチューニングでは、動作条件に設定した回転数分モータが回転します。モータが動作しても問題ないことを確認してから実施してください。
上位装置からのサーボオン指令入力状態に関わらず、オートチューニング中は Si-Wave3 からのサーボオン指令によって強制的にサーボオンします。
- ・オートチューニングでは位置決め時のインポジション信号の状況を監視してサーボゲインパラメータを順次変化させていきます。最適なサーボゲインを探索する過程で、一時的にモータが振動的になることがあります。
- ・以下のパラメータは、オートチューニング実行中はチューニング動作用データに一時的に書き換えられ、オートチューニングが終了（完了または中止）するとオートチューニング開始前の値に戻されます。
そのため、オートチューニング実行中に Si-Wave3 アプリケーションが閉じられたり Si servo3 ドライバとのシリアル通信接続が解除されると、チューニング用データに書き換わったままの状態となります。
その場合は、該当のパラメータを改めて書き込みなおしてください。

番号	パラメータ名称	単位
N0006	指令入力方式選択	-
N0401	フォローアップ開始幅	enc 単位

3-4. オートチューニングの手順

オートチューニング操作手順を以下に示します。

手順 1. 負荷慣性モーメントの設定

機械系の慣性モーメント（モータ軸換算）の値を、パラメータ N0104「負荷慣性モーメント」に $[10^{-7}\text{kg}\cdot\text{m}^2]$ 単位で設定してください。この値は、実際の値に対して $\pm 30\%$ 程度の範囲内であれば問題ありません。慣性モーメントがわからない場合は、「0」と設定して進んでください。

※パラメータ N0104「負荷慣性モーメント」は、オートチューニング開始前に設定されている値を初期値として動作し、モータ挙動に応じて自動的に増減していきます。設定された値と機械系の実際の値に大きな開きがあると、アラームが発生したり、ゲイン自動調整を正常に行うことができない場合があります。

その場合は、パラメータ N0104 設定値を「100」→「200」→「300」程度の値で変更して再度オートチューニングを実施してください。

手順 2. 往復動作条件の設定

ゲイン自動検出画面右下の「往復動作条件設定」にて、オートチューニングでモータ挙動を確認する動作条件を設定します。

※モータが移動する範囲で障害物等がないか十分に確認のうえ実施してください。



項目	内容	初期値と単位
開始方向	オートチューニングの往復動作ではじめに回転する方向を選択します。	正転
速度	位置決め動作の速度を min^{-1} 単位で設定します。 ※加減速時定数は固定値で動作します。	1500 [min^{-1}]
移動量	位置決め動作の移動量を、モータの回転回数単位で指定します。	5 [回転]
INP 幅 (インポジション幅)	位置決め完了と判定する位置偏差量をモータエンコーダ単位で設定します。	3 [エンコーダパルス]

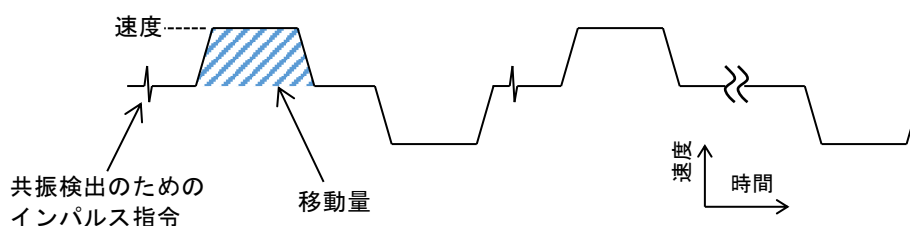


図 4. 往復動作条件

手順 3. (オプション) 共振検出レベルの設定

(Si-Wave3 ソフトウェアバージョン 1.01 以降)

共振周波数検出画面右下の「共振検出指令レベル」で、インパルス指令レベルを設定します。

※原則として初期値「100」のまま変更する必要はありません。

オートチューニングの共振点検出動作にて過負荷等のアラームが発生する場合に、この指令レベルを小さい値に下げて再度実施してください。

手順 4. オートチューニング開始

ゲイン自動検出画面の「オートチューニング開始」ボタンをクリックしてください。

図 5 に示すオートチューニング開始画面が表示されます。オートチューニングを実施するうえでの注意点を確認してください。

低剛性： ベルトまたはリンク機構	高剛性： 剛体系またはボールねじ機構
---------------------	-----------------------

のいずれかをクリックすると、自動的にサーボオンし、共振周波数検出動作（インパルス指令）と往復動作によるサーボゲイン調整が開始されます。

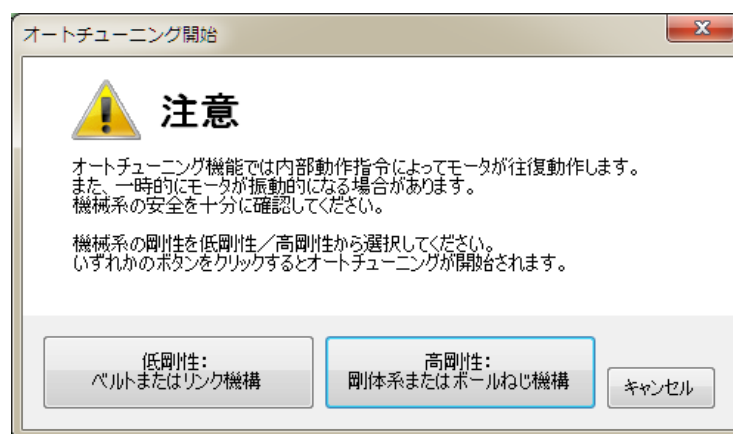


図 5. オートチューニング開始時の表示

※低剛性と高剛性でオートチューニング開始時の位置比例ゲインが変わります。

低剛性：100 高剛性：200

※高剛性選択でオートチューニングを実施して振動が解消されない場合は、低剛性選択で再度実施してください。

手順 5. オートチューニング中

オートチューニングでは、位置決め時の位置偏差が指定した範囲内に収まるまで、サーボゲインを適宜変化させながらインパルス指令と往復動作を繰り返します。

ゲイン自動検出画面の波形表示で位置決め時の位置指令速度・位置偏差の状況を確認することができます。また、共振周波数検出画面表示に切り替えて周波数検出状況を確認することができます。



図 6. ゲイン自動検出中の表示

オートチューニング実行中に

オートチューニング実行中
(クリックで中止)

ボタンをクリックするとオートチューニングが中止されます。

※オートチューニングを中止した場合、調整中のサーボゲインは破棄され、オートチューニング開始前に設定されていたサーボゲインパラメータに戻ります。

※オートチューニング中は一時的にモータ動作が振動的になることがありますのでご注意ください。

※オートチューニング中は Si-Wave3 の他のウィンドウへの移動はできません。

手順 6. オートチューニング完了

位置決め時の位置偏差が指定した範囲で安定する状態になるとオートチューニングが終了します。

検出されたサーボゲインと共振周波数のパラメータが Si servo3 ドライバへ書き込まれます。

オートチューニング終了後は、オートチューニング開始前に上位装置または Si-Wave3 によって指令されていたサーボオン／オフ状態に戻ります。

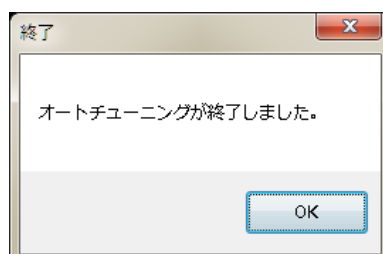


図 7. オートチューニング完了時の表示

※パラメータ N0000「インポジション領域」には、往復動作条件：INP 幅の値が設定されます。

※パラメータ「トルクノッチフィルタ 0～3：深さ」には固定値（0）が設定されます。

3-5. 共振周波数検出機能

共振周波数検出機能は共振周波数の検出のみを実施する機能です。

共振周波数検出はモータに対してインパルス指令（位置決め状態からその場での微振動を発生させる指令）を与えて挙動を確認することによって行い、往復位置決め動作は行いません。

手順 1. 共振検出レベルの設定（Si-Wave3 ソフトウェアバージョン 1.01 以降）

共振周波数検出画面右下の「共振検出指令レベル」で、インパルス指令レベルを設定します。

※原則として初期値「100」のまま変更する必要はありません。

共振点検出時に過負荷等のアラームが発生する場合に、この指令レベルを小さい値に下げて再度実施してください。

手順 2. 共振周波数検出

共振のみ検出 ボタンをクリックするとモータに対してインパルス指令が発行され、その時のモータ挙動の周波数解析結果を画面に表示します。共振レベルが共振判定閾値を超えた周波数が共振周波数として表示され、サーボのトルクノッチフィルタパラメータに自動的に書き込まれます。

※最大で 4 つの共振周波数が検出されます。

※上位装置からのサーボオン指令入力状態に関わらず、共振周波数検出動作中は Si-Wave3 からのサーボオン指令によって一時的にサーボオンします。

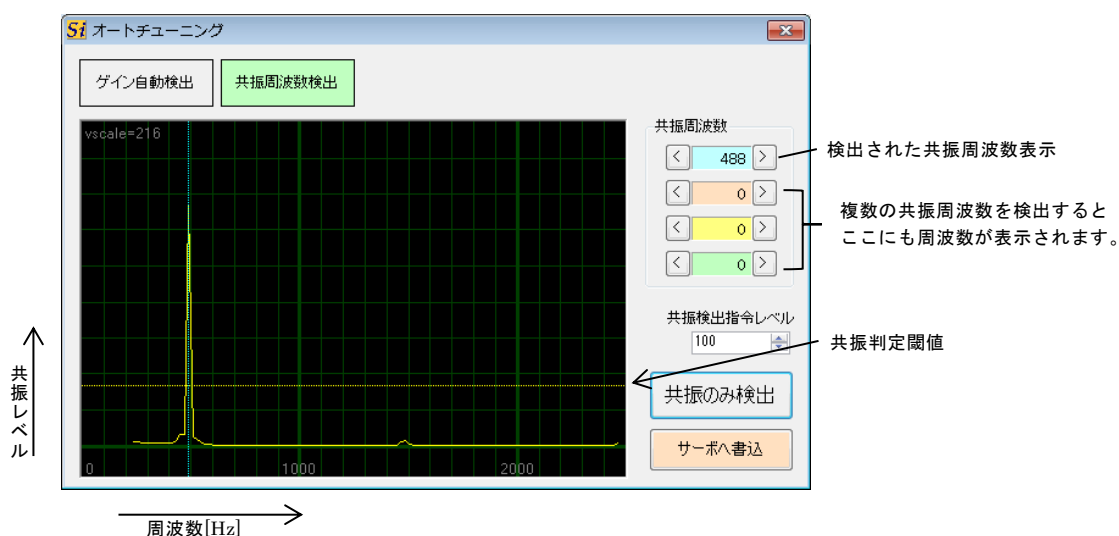


図 8. 共振点を検出したときの波形（この図では 488Hz を検出しています）

手順 3. 共振周波数の手動調整

トルクノッチフィルタのノッチ周波数を手動で調整する場合は、共振周波数欄の **<**、**>** ボタンをクリックしてください。

ここで手動調整した周波数は、**サーボへ書込** ボタンをクリックして書き込む必要があります。

4. マニュアルチューニング

この項では Si servo3 のサーボゲインを手動で調整する手順を示します。

マニュアルチューニングはオートチューニングを使用しない場合や、オートチューニングの結果に対してさらに高度な位置決め性能を求める場合などに実施します。

4-1. 調整前の準備

手順 1. 負荷慣性モーメントの設定

負荷の慣性モーメント（モータ軸換算）の値を、パラメータ N0104「負荷慣性モーメント」に $[10^{-7}\text{kg}\cdot\text{m}^2]$ 単位で設定してください。この値は、実際の値に対して $\pm 30\%$ 程度の範囲内であれば問題なく制御が可能です。

手順 2. 位置比例ゲインの設定

パラメータ N0101「位置比例ゲイン」の値を設定します。

下表を参考に設定してください。

機械系の種別	パラメータ設定値
低剛性（ベルト駆動等）	50～100
高剛性（ボールネジ駆動等）	100～150
高剛性（フライホイール負荷等）	100～200

手順 3. 速度比例ゲインの設定

パラメータ N0102「速度比例ゲイン」の値を設定します。

このパラメータには、パラメータ N0101「位置比例ゲイン」の **5 倍の値** を設定してください。

手順 4. 外乱オブザーバゲインの設定

パラメータ N0103「外乱オブザーバゲイン」の値を設定します。

このパラメータには、パラメータ N0102「速度比例ゲイン」と同じ値を設定してください。

ただし、「500」を超える場合は「500」と設定してください。

手順 5. その他のパラメータの設定

パラメータ N0105「速度フィードフォワード係数」、N0114「トルクノッチフィルタ 1: 周波数」、N0116「トルクノッチフィルタ 2: 周波数」、N0118「トルクノッチフィルタ 3: 周波数」、N0120「トルクノッチフィルタ 4: 周波数」にはすべて「0」を設定してください。

4-2. モータ試験動作・動作波形の確認

モータに動作指令を与えて動作させてください。

モータ動作指令は上位装置（PLC など）・Si-Wave3 のいずれからの入力でも、また位置指令パルス列／ポイントテーブル／ジョグ／ステップいずれの形式でも構いません。

モータの試験動作の様子を Si-Wave3 の波形モニタ機能で測定して、「位置偏差」波形データを確認していきます。

4-3. オーバシュートの改善

測定した位置偏差波形でオーバシュートが検出された場合、まずはパラメータ N0102「速度比例ゲイン」を大きく（位置比例ゲインの 6 倍→8 倍→10 倍のように）変更して再度波形モニタで確認し、「オーバシュートが発生しなくなった値+50」を目安に調整してください。

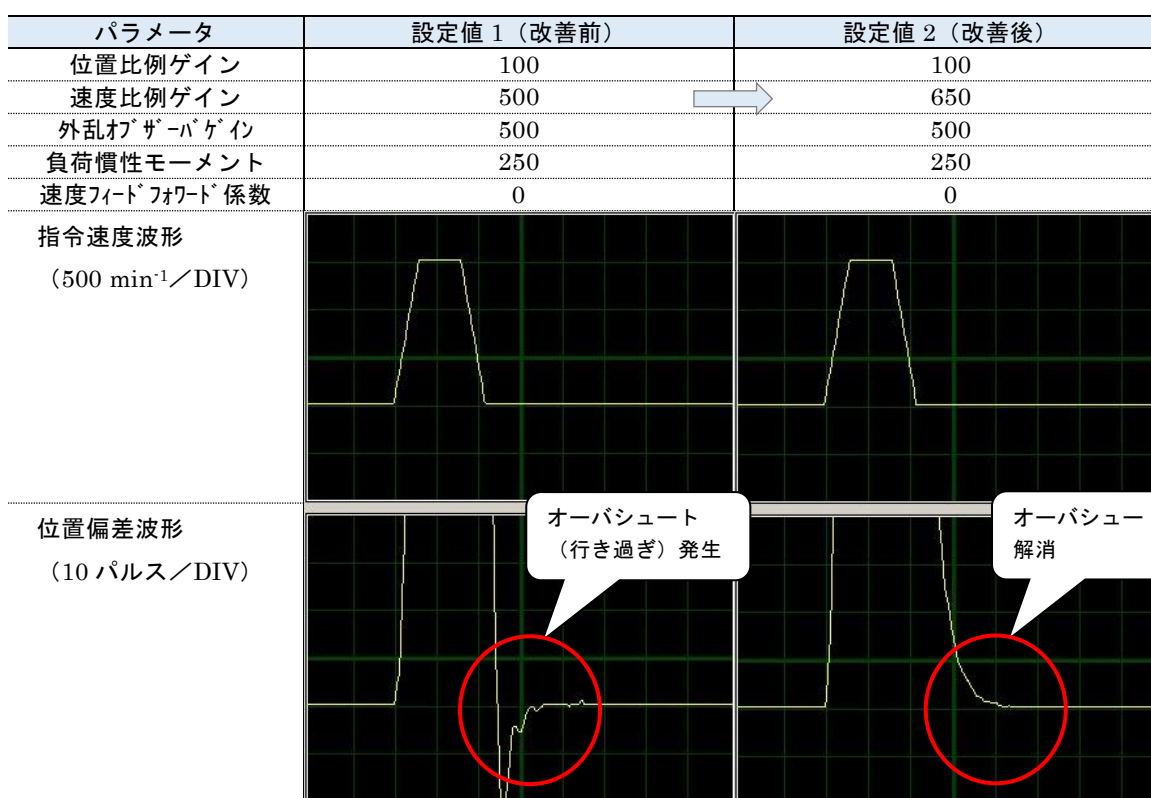
※速度比例ゲインの設定可能な上限値（制御性能の限界値）は「1,000」です。

速度比例ゲインを大きくしてもオーバシュートが解消されない状態は、以下の方法で改善を検討してください。

- ・パラメータ N0101「位置比例ゲイン」を下げる
- ・指令の加減速を緩やかにする
- ・パラメータ N0402「指令パルス列スミージングフィルタ時定数」で位置指令に一次遅れフィルタを追加する（位置指令パルス列運転の場合）

設定例：

モータ型式	SM-04MT
負荷慣性モーメント	$250 \times 10^{-7} \text{kg} \cdot \text{m}^2$
機械種別	フライホイール負荷
最高回転速度	1500min^{-1}
回転角度	モータ 1 回転



4-4. 振動（発振）の改善

測定した位置偏差波形で振動（発振）が検出された場合、まずはパラメータ N0103「外乱オブザーバゲイン」を「300」程度まで小さく変更して再度波形モニタで確認してください。

また、パラメータ N0104「負荷慣性モーメント」の設定値を、実際の値から 30～50%下げることで振動が改善されることがあります。ただし、オーバシュートが発生することがありますので、その場合はパラメータ N0102「速度比例ゲイン」を適度に大きく設定してください。

これらの変更でも振動が解消されない状態は、パラメータ N0101「位置比例ゲイン」を「10」程度ずつ小さく変更して状態を確認し、「振動が発生しなくなった値－10」を目安に設定してください。

設定例：

モータ型式	SM-04MT
負荷慣性モーメント	$250 \times 10^{-7} \text{kg} \cdot \text{m}^2$
機械種別	フライホイール負荷
最高回転速度	1500min^{-1}
回転角度	モータ 1 回転

パラメータ	設定値 1（改善前）	設定値 2（改善後）
位置比例ゲイン	100	100
速度比例ゲイン	500	500
外乱オブザーバゲイン	500	300
負荷慣性モーメント	500	500
速度フィードフォワード係数	0	0
指令速度波形 ($500 \text{min}^{-1}/\text{DIV}$)		
位置偏差波形 (10 パルス/DIV)		
	振動（発振）発生	振動（発振）解消

4-5. 位置決め応答性の改善

位置決め応答性は基本的にはパラメータ N0101「位置比例ゲイン」の値で決定されます。位置比例ゲインの値が大きいほど位置決め応答性が高くなり、位置決め整定時間（サーボへの位置指令の入力が終了してから実際にモータが目標位置に到達するまでの時間）も短くなります。

ただし、オーバシュートを発生させないためには、

$$\text{パラメータ N0102「速度比例ゲイン」} > \text{パラメータ N0101「位置比例ゲイン」} \times 5$$

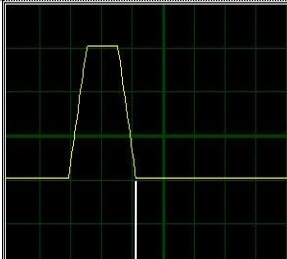
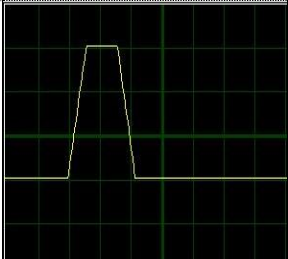
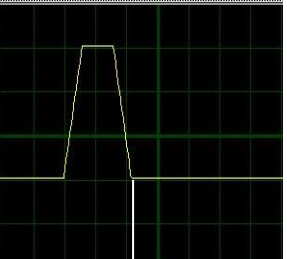
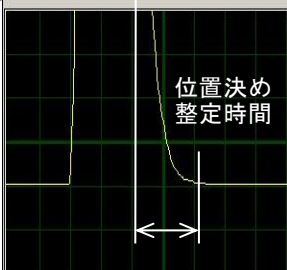


の関係が成り立つ必要があるため、速度比例ゲインの値も大きくなり、振動（発振）が発生しやすくなります。

また、パラメータ N0105「速度フィードフォワード係数」に値を入力することでも位置決め応答性を改善することができます。このパラメータに「100」を入力すると回転中の定常偏差を理論上「0」とするようにフィードフォワード成分を付加しますが、このパラメータの値が大きいほどオーバシュート・共振が発生しやすくなるため、実用上は「50」程度がオーバシュート・共振なく位置決め可能な上限です。

パラメータ N0101 または N0105 の値を変更したら、手順 7、8 の内容に従って適宜パラメータ N0102・N0103 の値を調整してください。

設定例：

モータ型式	SM-04MT
負荷慣性モーメント	$250 \times 10^{-7} \text{kg} \cdot \text{m}^2$
機械種別	フライホイール負荷
最高回転速度	1500min^{-1}
回転角度	モータ 1 回転

パラメータ	設定値 1（改善前）	設定値 2	設定値 3（改善後）
位置比例ゲイン	100	170	170
速度比例ゲイン	600	600	850
外乱リブアクトゲイン	500	500	400
負荷慣性モーメント	100	100	100
速度フィードフォワード係数	0	0	0
指令速度波形 ($500 \text{ min}^{-1}/\text{DIV}$)			
位置偏差波形 ($10 \text{ パルス}/\text{DIV}$)			
	(時間軸は 25ms/DIV)	(時間軸は 25ms/DIV)	(時間軸は 25ms/DIV)

4-6. 振動（共振）の改善

モータ回転中に高周波の振動音（共振）が発生する場合は、トルクノッチフィルタを設定することでこの振動が解消されることがあります。

設定するパラメータは以下の 4 つで、これらのパラメータに共振周波数を[Hz]単位で設定します。

番号	パラメータ名称	単位
N0114	トルクノッチフィルタ 1：周波数	Hz
N0116	トルクノッチフィルタ 2：周波数	Hz
N0118	トルクノッチフィルタ 3：周波数	Hz
N0120	トルクノッチフィルタ 4：周波数	Hz

どのパラメータの設定も制御内容は同じです。複数の周波数を設定すると、フィルタはそれぞれの複数のノッチ周波数について同時に動作します。

一般的な機械系で発生する共振の周波数は 400～1,200Hz であることが多いので、まずはパラメータを「100」刻みで「400」～「1200」まで変化させて状態を確認し、大まかな周波数が特定できたらパラメータを「20」～「50」刻みで変化させて微調整してください。

 ■問合せ先 ■ ■ ■

(営業問い合わせ)

株式会社 三 明

E-mail : service@sanmei.co.jp

本 社	〒424-0825	静岡県静岡市清水区松原町 6-16	TEL(054)353-3271(代)	FAX(054)352-1648
東 京 支 店	〒113-0033	東京都文京区本郷 3-43-16 コア本郷ビル 3F	TEL(03)5803-1621	FAX(03)3813-3431
北 関 東 営 業 所	〒360-0041	埼玉県熊谷市宮町 2 丁目 138 宮町市役所前ビル 3F	TEL(048)527-0780	FAX(048)527-1340
山 形 営 業 所	〒990-0023	山形県山形市松波 1-15-31 アビタシオンⅡ 102	TEL(023)629-6455	FAX(023)629-6456
西 東 京 支 店				
神 奈 川 営 業 所	〒243-0035	神奈川県厚木市愛甲 1 丁目 4-3 安田屋ビル 3F	TEL(046)280-6230	FAX(046)280-6237
沼 津 営 業 所	〒410-0062	静岡県沼津市宮前町 14-4	TEL(055)922-5333	FAX(055)922-3609
中 部 支 店				
浜 松 営 業 所	〒430-0911	静岡県浜松市中区新津町 658-1	TEL(053)461-1094	FAX(053)461-3879
名 古 屋 営 業 所	〒464-0075	愛知県名古屋市千種区内山 3 丁目 10-17 今池セントラルビル 6F B-2	TEL(052)753-5605	FAX(052)753-5603
大 阪 支 店	〒532-0011	大阪府大阪市淀川区西中島 5-11-10 第 3 中島ビル 10F	TEL(06)6309-5123	FAX(06)6305-0326
北 陸 営 業 所	〒930-0966	富山県富山市石金 2-4-2 ヒロタビル 1F	TEL(076)420-6573	FAX(076)420-6574
長 野 営 業 所	〒399-8204	長野県安曇野市豊科高家 2287-28	TEL(0263)71-4560	FAX(0263)71-4522
八 戸 営 業 所	〒031-0822	青森県八戸市大字白銀町字三島下 95 八戸水産会館 3F	TEL(0178)31-4170	FAX(0178)31-4180

(技術問い合わせ)

三 明 電 子 産 業 株 式 有 限 公 司

住所 : 〒424-0924 静岡県静岡市清水区清開 2-2-1

TEL : (054)335-5588(代) FAX(054)335-7363

E-Mail : si-cutv@sanmei-ele.co.jpURL : <http://www.sanmei-ele.co.jp>

本書の内容は製品改良のため予告なく変更する場合があります。