

ForceSensorMultiFingerEvaBoardVer3.0評価キット 通信仕様書

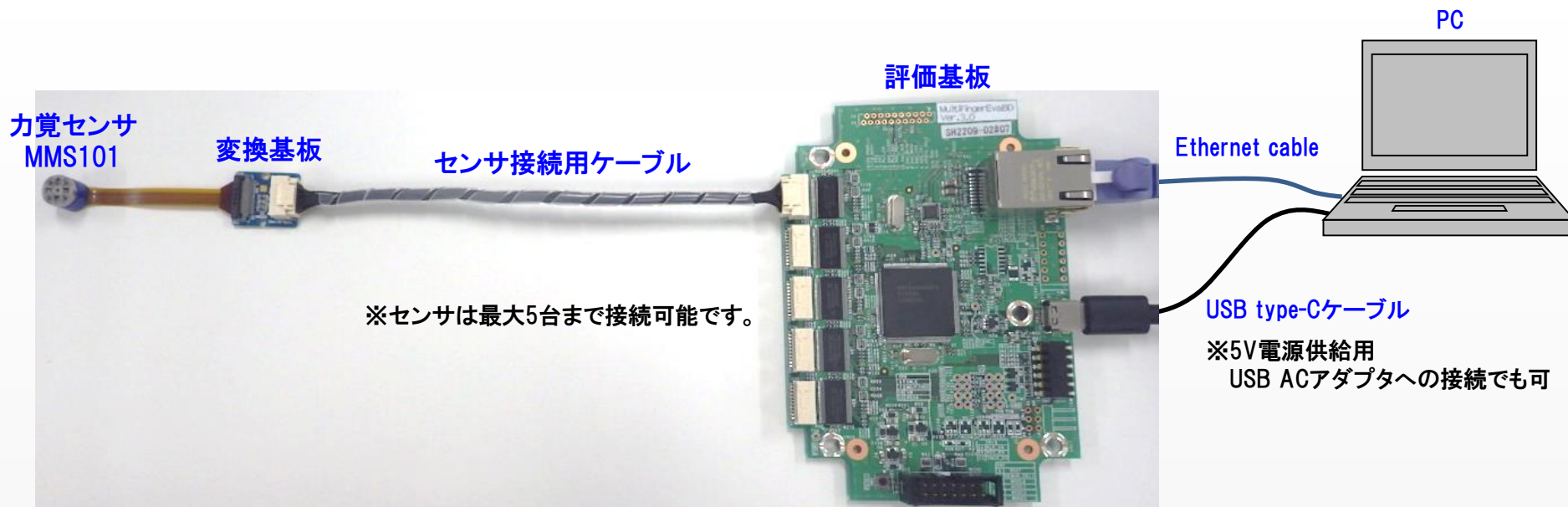
Rev.0

2022.12.13

MITSUMI ELECTRIC CO.,LTD.
Semiconductor Business Div.

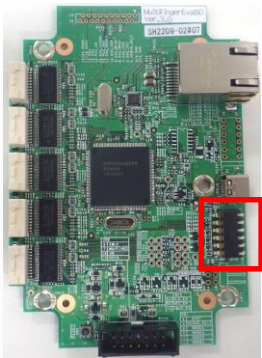
■ 接続方法

評価基板を以下の通り、接続して下さい。

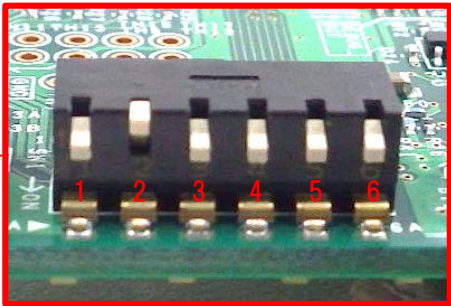


■ 通信方式と評価基板の設定

ホスト-評価基板間の通信は、Ethernet通信でUDP方式を用います。
評価基板のDIP SWを下記の通り設定してください。IPアドレスは2種類選択可能です。



モード設定DIP SW



※DIP SW5,6はOFF(↓)固定

DIP SW設定

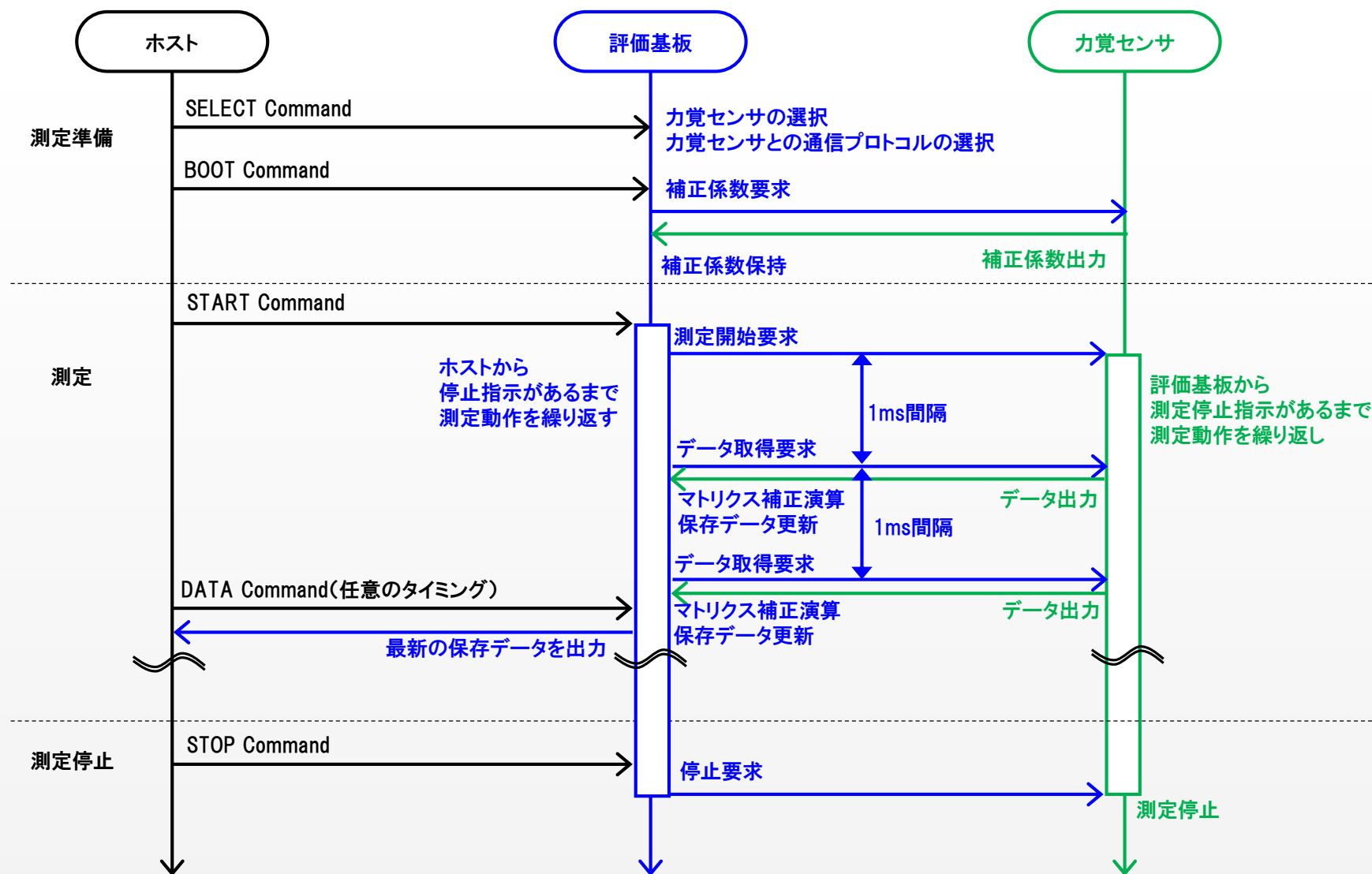
DIP SW1	DIP SW2	DIP SW3	DIP SW4	DIP SW5	DIP SW6
OFF (↓)	ON (↑)	※IPアドレス設定表参照		OFF (↓)	OFF (↓)

IPアドレス設定

IPアドレス	DIP SW3	DIP SW4
192.168.0.200	OFF (↓)	OFF (↓)
192.168.0.201	OFF (↓)	ON (↑)

ホスト側のIPアドレスは、第3オクテットまで(192.168.0)一致させてください。
第4オクテットの200番台は、評価基板側で使用予定ですので、200番台以外
を使用してください。

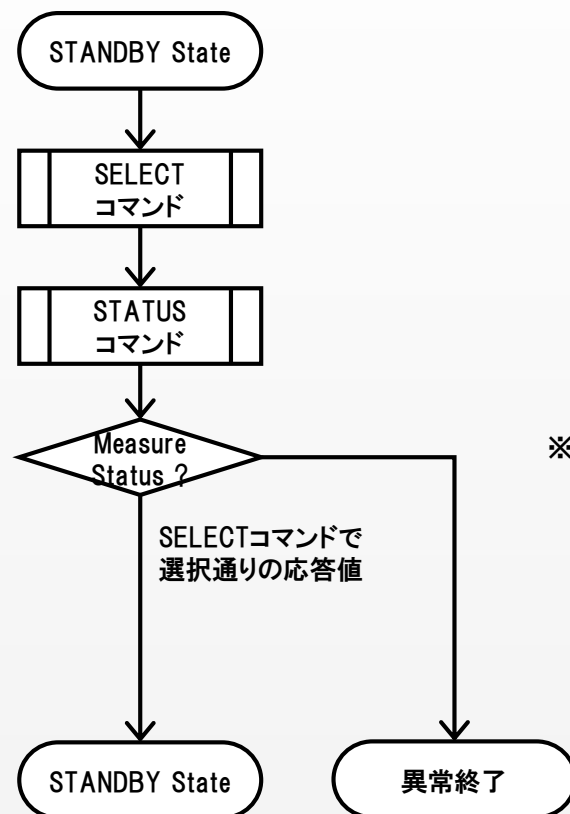
■ 測定動作概要



■ 測定動作フローチャート

1. 測定準備(力覚センサの選択、力覚センサとの通信プロトコルの選択)

電源投入後、またはリセット後、マトリクス補正係数など測定情報はクリアされて、STANDBY状態で待機しています。(STANDBY状態にない場合は、RESETコマンド等で、STANDBY状態にしてください。)
ホストは、評価基板に対して、SELECTコマンドを実行し、測定する力覚センサの選択と通信プロトコルの選択(SPI)を行ってください。



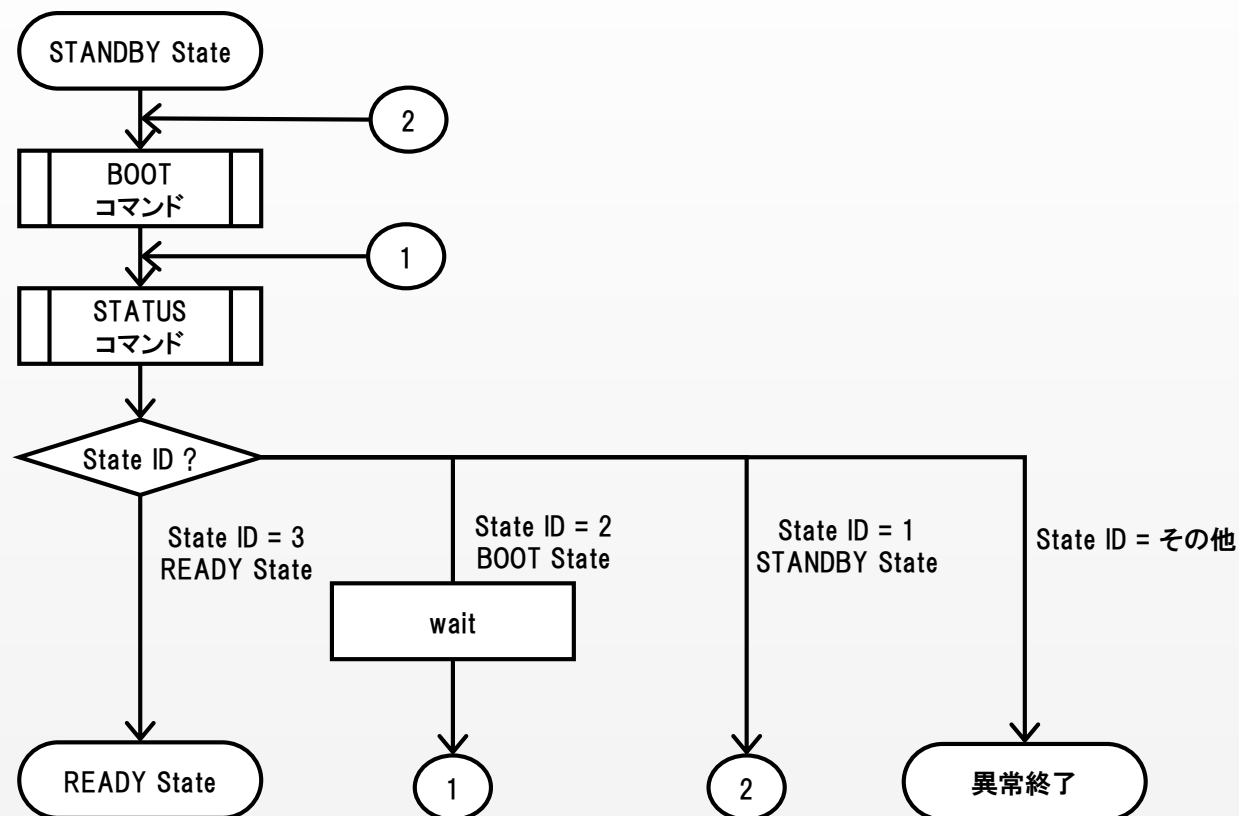
※ Measure Status の内容は、
STATUSコマンドを参照してください。

■ 測定動作フローチャート

2. 測定準備(マトリクス補正係数のロード)

電源投入後、またはリセット後、マトリクス補正係数など測定情報はクリアされて、STANDBY状態で待機しています。

ホストは、評価基板に対して、BOOTコマンドを実行し、マトリクス補正係数をロードさせて、READY状態にしてください。



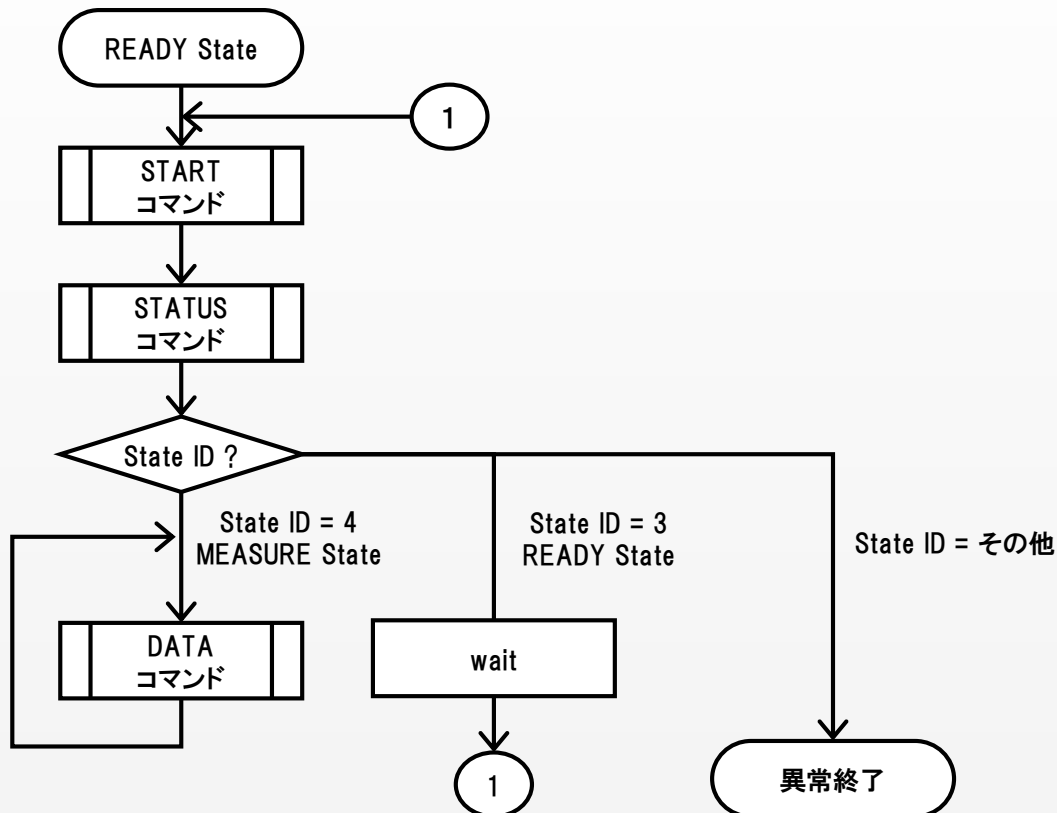
■ 測定動作フローチャート

3. 測定

評価基板がREADY状態時に、ホストがSTARTコマンドを実行すると、測定を開始します。

測定中は、MEASURE状態にあります。

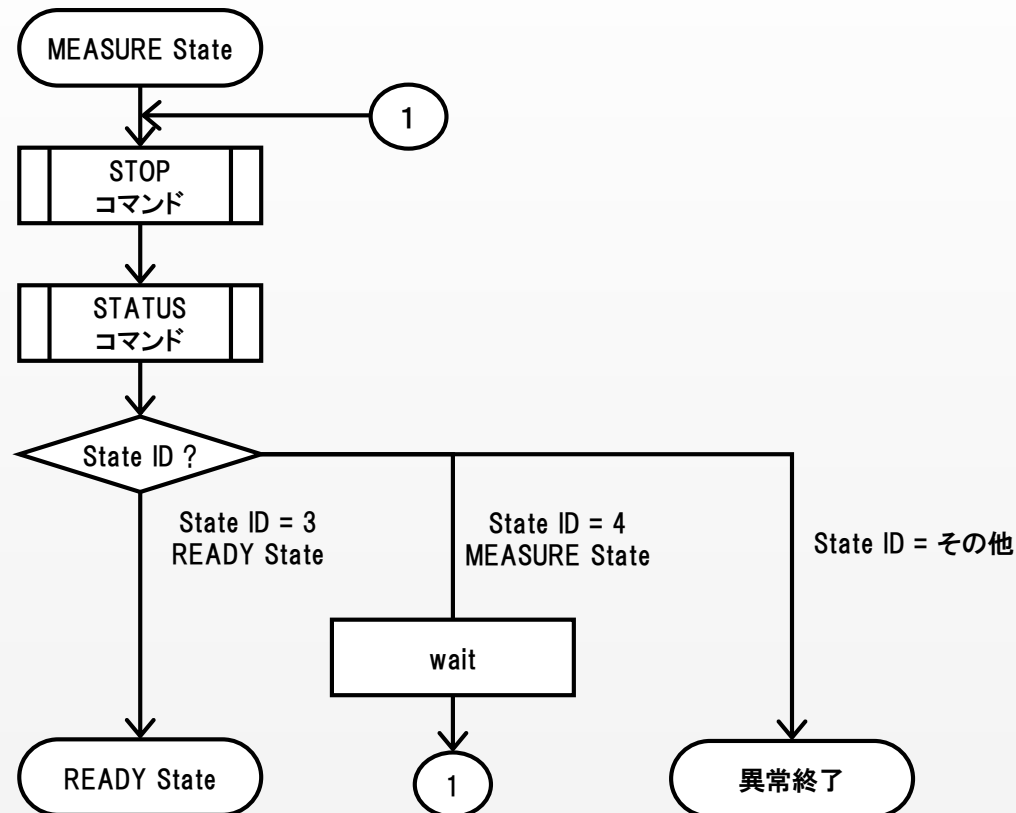
ホストは、任意のタイミングでDATAコマンドを実行すると、最新の測定データを出力します。



■ 測定動作フローチャート

4. 測定停止

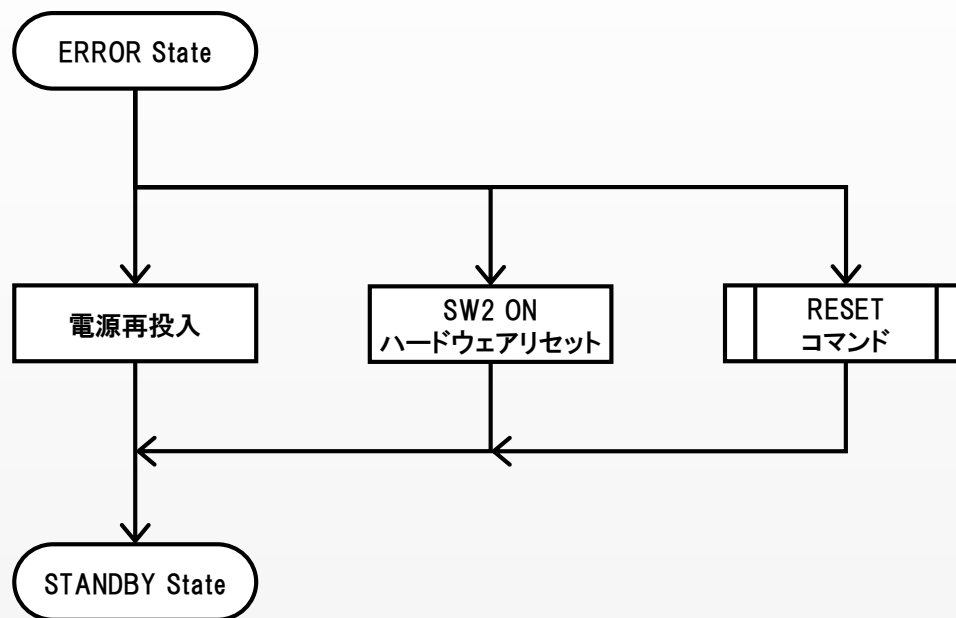
評価基板がMEASURE状態時に、ホストがSTOPコマンドを実行すると、測定を停止します。
停止後は、READY状態に遷移します。



■ 測定動作フローチャート

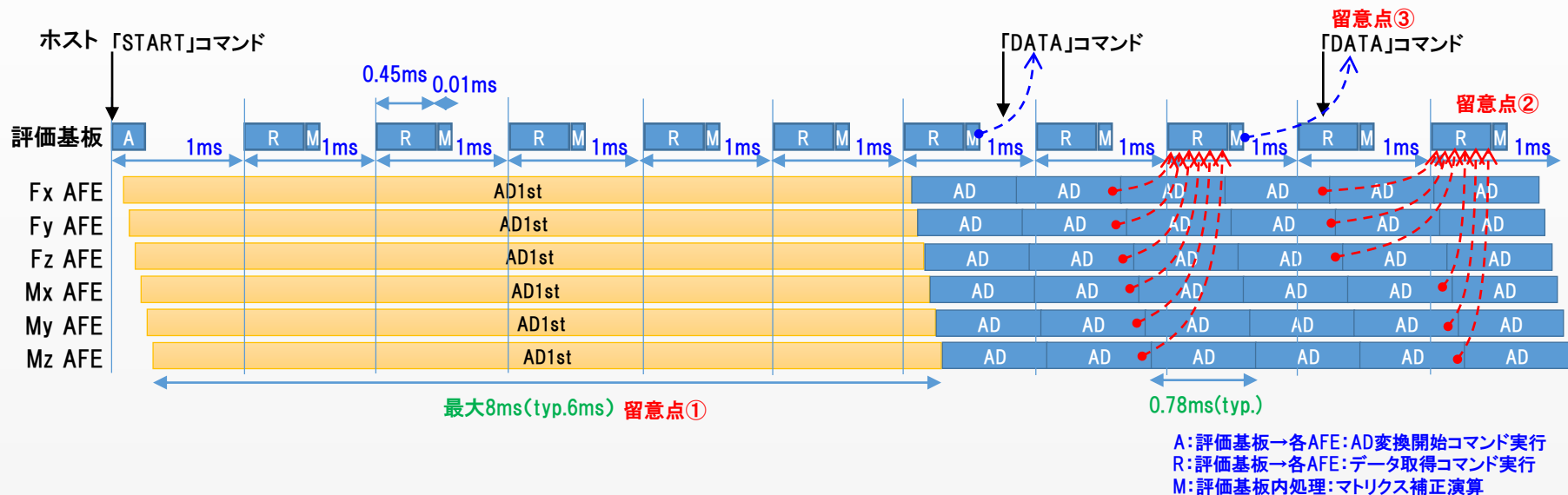
5. エラー処理

BOOT状態、もしくはMEASURE状態でエラーが発生すると、ERROR状態に遷移します。
ERROR状態から復帰する方法は、電源の再投入、ハードウェアリセット、もしくはRESETコマンドのいずれかを実行してください。



■ データ取得タイミングチャート

- ・評価基板は「START」コマンドを受信すると、力覚センサの各軸の制御IC(AFE)に対してAD変換開始コマンドを実行し、力覚センサはAD変換を開始します。
- ・力覚センサはスタートアップに時間を要するため、初回AD変換(下図、AD1st)結果が出力されるまでに、最大8ms必要とし、以降のAD変換結果は0.78ms(typ.)で更新します。
- ・評価基板は、1ms間隔で各軸のAD値を取得し、マトリクス補正演算し、ホストへの出力データを更新します。
- ・評価基板は、「DATA」コマンドを受信すると、最新のマトリクス補正演算結果を出力します(応答時間は0.1ms)。



留意点

- ①: 「START」コマンドから10ms間のデータは、力覚センサのスタートアップの影響で、不正となる可能性があります。
- ②: 評価基板が力覚センサのAD値を取得するタイミングは最大0.78msばらつきます。
- ③: 「DATA」コマンドのタイミングによって、最大1ms前のマトリクス補正データとなります。

■ レイテンシ

ホスト、評価基板、力覚センサは、それぞれ非同期に動作しますので、力覚データのレイテンシは、以下の範囲でばらつきます。

	Min	Max
全体	1220 us	3000 us
ホスト - 評価基板 間	100 us	1100 us
	DATAコマンド応答時間: 100 us	DATAコマンド応答時間: 100us
		力覚データ更新間隔(※1): 1000 us
評価基板 - 力覚センサ 間	1120 us	1900 us
	AD変換時間: 780 us	AD変換時間(※2): 780*2 us
	データ取得時間: 300 us	データ取得時間: 300 us
	マトリクス補正演算時間: 40 us (※3)	マトリクス補正演算時間: 40 us

※1: 力覚データ更新直前にDATAコマンドを受信した場合、1つ前の力覚データとなるため
※2: AD変換完了直前にデータ取得しようとした場合、1つ前のAD変換結果となるため
※3: 5センサ分のマトリクス演算をした場合。1センサあたり8us。

■ 通信データフォーマット

ホストから送信するデータ列をコマンド、評価基板から送信するデータ列をレスポンスとし、それぞれフォーマットは異なります。以下に各データフォーマットを示します。

1. コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID
1	Command Data[0]
:	:
N+1	Command Data[N]

Command ID:

評価基板に指示するコマンドの識別コードです。コマンド一覧を参照してください。

Command Data:

付随するパラメータがある場合、付加されます。

複数バイトデータの場合、MSBファーストになります。

2. レスポンスフォーマット

Byte	Data
0-1	Status Code
2	Response Data[0]
:	:
N+2	Response Data[N]

Status Code:

コマンドの実行結果を示します。Status Code一覧を参照してください。

Response Data:

Status Code以外にデータがある場合、付加されます。

複数バイトデータ(Status Code含む)の場合、MSBファーストになります。

■ コマンド一覧

コマンド名	コマンドID	動作
START	0xF0	測定開始コマンド 力覚センサからデータを取得し、マトリクス補正演算まで行います。 1msec間隔でデータの更新を行います。
DATA	0xE0	データ出力コマンド 測定している力覚測定結果を出力します。
RESTART	0xC0	再測定開始コマンド 測定状態を維持した状態で温度更新を実施できます。 「STOP」→「START」の一連の処理を1コマンドで実施できます。 「START」と同様に、コマンド後の初回のデータ更新には時間がかかります。
BOOT	0xB0	マトリクス補正係数ロードコマンド 力覚センサ固有のマトリクス係数をロードします。
STOP	0xB2	測定停止コマンド
RESET	0xB4	リセットコマンド 力覚センサ、内部状態をリセットします。
STATUS	0x80	状態確認コマンド 評価基板の内部フラグ、状態IDを出力します。
SELECT	0xA0	力覚センサ選択コマンド 測定する力覚センサの選択、力覚センサとの通信プロトコルを選択します。
VERSION	0xA2	バージョン確認コマンド 評価基板のハードウェア、ソフトウェアバージョンを出力します。

■ Status Code 一覧

Status Code	内容	
0x0000	OK	エラーなし
0x0001	Busy	アクセス拒否 (不正なState時に応答します)
0x8000	Not Support Command	非サポートコマンド (不正なコマンドID時に応答します)
0x8001	Illegal Command Format	不正なコマンド (不正なコマンドフォーマット時に応答します)
0x8002	Illegal Command Parameter	不正なパラメータ (不正なパラメータ時に応答します)

■ STARTコマンド

測定を開始するコマンド。READY状態のとき実行してください。

コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID = 0xF0

レスポンスフォーマット

Byte	Data
0-1	Status Code

Status Code:
Status Code 一覧参照

■ DATAコマンド

測定中の最新データを出力するコマンド。MEASURE状態のとき実行してください。

コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID = 0xE0

レスポンスフォーマット

Byte		Data
0-1		Status Code
2-3		Measure Status
4-5		Measure Count
6-9		Measure Time
10-12	Sensor1	Fx Data
13-15		Fy Data
16-18		Fz Data
19-21		Mx Data
22-24		My Data
25-27		Mz Data
28-45	Sensor2	Fx~Mz Data
46-63	Sensor3	Fx~Mz Data
64-81	Sensor4	Fx~Mz Data
82-99	Sensor5	Fx~Mz Data

Status Code:

Status Code 一覧参照

Measure Status:

STATUSコマンド参照

Measure Count:

前回のデータから更新された回数。

0の場合、前回と同じデータ。

Measure Time:

前回のデータから経過した時間[us]。

0の場合、前回と同じデータ。

Fx, Fy, Fz Data:

各センサのFx,Fy,Fzの測定データ。

1/1000することでN単位になります。

Mx, My, Mz Data:

各センサのMx,My,Mzの測定データ。

1/100000することで、Nm単位になります。

※Sensor2~5は、Sensor1のデータの並びと同じ。

■ RESTARTコマンド

測定状態を維持した状態で、温度更新を実施するコマンド。MEASURE状態のとき実行してください。

コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID = 0xC0

レスポンスフォーマット

Byte	Data
0-1	Status Code

Status Code:
Status Code 一覧参照

■ BOOTコマンド

力覚センサからマトリクス補正係数を取得するコマンド。STANDBY状態のとき実行してください。

コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID = 0xB0

レスポンスフォーマット

Byte	Data
0-1	Status Code

Status Code:
Status Code 一覧参照

■ STOPコマンド

測定を停止するコマンド。MEASURE状態のとき実行してください。

コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID = 0xB2

レスポンスフォーマット

Byte	Data
0-1	Status Code

Status Code:
Status Code 一覧参照

■ RESETコマンド

評価基板の内部情報のリセット、マトリクス補正係数のリセット、力覚センサのリセットを実行するコマンド。
各状態で実行可能です。本コマンド実行後は、STANDBY状態に遷移します。

コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID = 0xB4

レスポンスフォーマット

Byte	Data
0-1	Status Code

Status Code:
Status Code 一覧参照

■ STATUSコマンド

評価基板の状態を確認するコマンド。各状態で実行可能です。

コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID = 0x80

レスポンスフォーマット

Byte	Data
0-1	Status Code
2-3	Measure Status
4	State ID
5	Reserved

State ID:

評価基板の状態IDを示します。

0x00: INITIAL State
 0x01: READY State
 0x02: BOOT State
 0x03: READY State
 0x04: MEASURE State
 0x05: RESET State
 0xFF: ERROR State

Status Code:

Status Code 一覧参照

Measure Status:

測定フラグ。

ビット単位で管理されており、1の時は、以下を示します。

b0: センサ1有効
 b1: センサ2有効
 b2: センサ3有効
 b3: センサ4有効
 b4: センサ5有効
 b5: センサ通信プロトコルSPI設定
 b6-7: Reserved
 b8: センサとの通信エラー
 b9: センサとのBOOTエラー
 b10: センサとの測定エラー
 b11: マトリクス演算エラー
 b12: Measure Countのオーバーフロー
 b13: Measure Timeのオーバーフロー
 b14: Reserved
 b15: 致命的なエラー

■ SELECTコマンド

測定する力覚センサの選択、力覚センサと通信するプロトコルの選択を実行するコマンド。
STANDBY状態で実行してください。

コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID = 0xA0
1	Protocol Select
2	Sensor Select

レスポンスフォーマット

Byte	Data
0-1	Status Code

Status Code:

Status Code 一覧参照

Protocol Select:

力覚センサとの通信プロトコルを選択。

0x00以外:SPI

Sensor Select:

測定する力覚センサを選択。

ビット単位で管理されており、1の時は、以下を示します。

b0:Sensor1有効

b1:Sensor2有効

b2:Sensor3有効

b3:Sensor4有効

b4:Sensor5有効

■ VERSIONコマンド

評価基板のハードウェアバージョン、ファームウェアバージョンを応答するコマンド。
各状態で実行可能です。

コマンドフォーマット

Byte	Data
0	Command ID = 0xA2

レスポンスフォーマット

Byte	Data
0-1	Status Code
2-3	Hardware Version
4-7	Firmware Version

Status Code:

Status Code 一覧参照

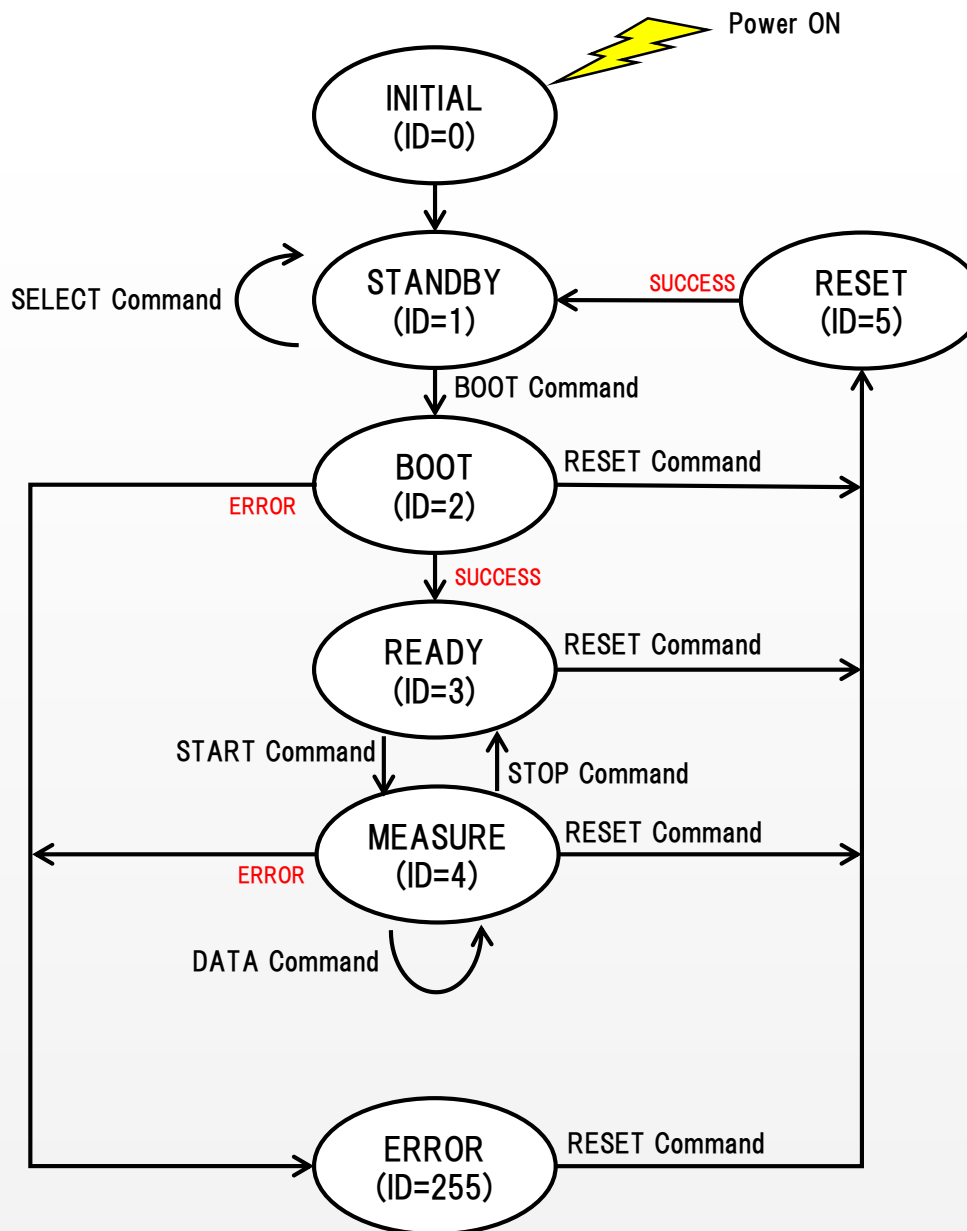
Hardware Version:

2桁のハードウェアバージョンを示します。

Firmware Version:

4桁のファームウェアバージョンを示します

■ 状態遷移図



■ 状態遷移表

		State						
		INITIAL	STANDBY	BOOT	READY	MEASURE	RESET	ERROR
Command	START	/	/	/	-> MEASURE	/	/	/
	DATA	/	=	=	=	=	=	=
	RESTART	/	/	/	/	=	/	/
	BOOT	/	-> BOOT	/	/	/	/	/
	STOP	/	/	/	/	-> READY	/	/
	RESET	/	-> RESET	-> RESET	-> RESET	-> RESET	/	-> RESET
	STATUS	/	=	=	=	=	=	=
	SELECT	/	=	/	/	/	/	/
	VERSION	/	=	=	=	=	=	=

※ 「->」 状態遷移 「=」 状態維持 「/」 無視(Busyを返す)

■ 状態表

状態	ID	動作
INITIAL	0	電源投入後の内部初期化
STANDBY	1	内部初期化完了後のBOOT要求待ち状態
BOOT	2	センサからマトリクス補正係数の取得動作
READY	3	マトリクス係数を保持し、MEASURE要求待ち状態
MEASURE	4	センサデータを取得後、マトリクス補正計算を実施、計算結果を保持する。 1msec間隔でセンサデータを更新。 データ出力コマンドで、保持している最新データを出力する。
RESET	5	センサへリセットコマンドを実行。 評価基板の内部変数、マトリクス係数を初期化。
ERROR	255	Error発生時に遷移。 ホストからリセットコマンドが実行されるまで待機。