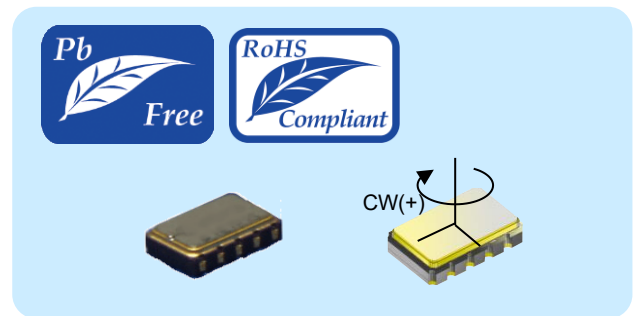


高精度ジャイロセンサー : XV7081BB

【特長】

- 優れた静止時出力温度安定性 $0.0024 (^{\circ}/s)/^{\circ}C$ Typ.
- 低ノイズ 角度ランダムウォーク $0.065 (^{\circ}/\sqrt{h})$ Typ.
- SPI/I²C シリアルインターフェイス対応
- セレクタブルデジタルフィルター内蔵
- 角速度出力 (16 bits or 24 bits)
- 温度センサー内蔵
- 電源電圧 2.7 V ~ 3.6 V
- 低消費電流 0.9 mA Typ.
- 検出範囲 $\pm 400 ^{\circ}/s$



【アプリケーション】

- 産業機器等の制振制御、姿勢制御
- 無人機やロボット等の直進制御
- カメラ等の光学手振れ補正
- 様々なヒューマンインターフェイス

【代表特性】

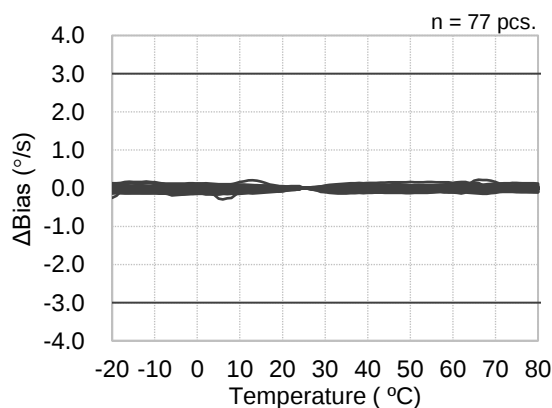


図 静止時出力温度特性 ($T_a = +25 ^{\circ}C$ 基準)

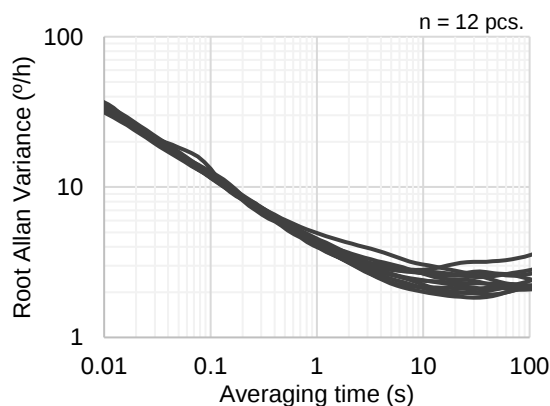


図 アラン分散

【概要】

XV7081BB は、当社独自の水晶素子を採用することにより、優れた静止時出力温度安定性、低ノイズ特性を実現しています。

デジタル出力インターフェイス (SPI, I2C) に対応し、電源電圧とは別にインターフェイス電源電圧を設定できるため、様々なインターフェイスとの通信が可能です。レジスタ設定により角速度出力のローパスフィルター、ハイパスフィルターのカットオフ設定を切り替えることが可能です。低消費電流化により、ウェアラブル機器などの民生機器から産業機器まで幅広い用途でご使用いただけます。

【外形寸法】

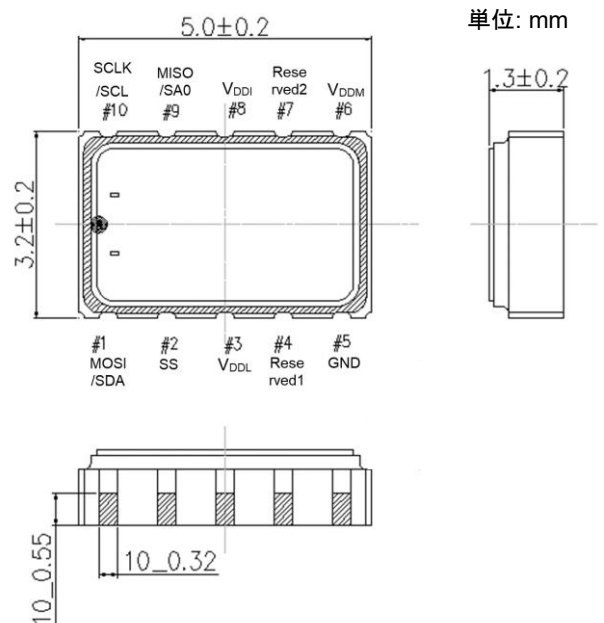


図 外形寸法

目次

改定履歴	7
オーダーガイド	8
使用しているマークについて	9
本マニュアルの注意事項	9
1. 機能ブロック	10
2. 機能説明	11
2.1. 検出軸と検出極性	11
2.2. インターフェイス	11
2.3. 角速度出力	11
2.4. 温度センサー出力	11
3. 電気的特性	12
3.1. 絶対最大定格	12
3.2. 動作条件	12
3.3. DC 特性	12
3.4. 起動シーケンス	13
3.5. 諸特性	14
3.6. 温度センサー	15
4. 外形寸法および端子説明	16
4.1. 外形寸法	16
4.2. 端子配置及び機能	16
4.3. マーキング表示	17
4.4. 端子等価回路	17
4.5. 推奨フットパターン	18
5. 代表的特性	19
6. シリアルインターフェイス	20
6.1. 4 線 SPI 通信	20
6.2. 3 線 SPI 通信	23
6.3. I ² C 通信	26
6.4. 4 線 SPI マルチスレーブ通信	30
6.5. 角速度データ読み出し	33
6.5.1. 4 線 SPI/3 線 SPI/I ² C 通信時の読み出し（マルチスレーブ機能未使用時）	33
6.5.2. 4 線 SPI マルチスレーブ通信時の読み出し	33
6.6. 温度センサーデータ読み出し	37
6.7. MISO/SA0 の制御方法	37
6.8. コマンド発行に関する制約時間	38
6.8.1. 4 線 SPI/3 線 SPI/4 線 SPI マルチスレーブ通信	38
6.8.2. I ² C 通信	39
7. ユーザーコマンドレジスター	40
7.1. DSP 設定切り替え 1	41
7.2. DSP 設定切り替え 2	41
7.3. DSP 設定切り替え 3	42

7.4. ステータスリード	42
7.5. スリープイン	43
7.6. スリープアウト	43
7.7. スタンバイ	43
7.8. 温度センサーデータ読み出し	43
7.9. ソフトウェアリセット	43
7.10. 角速度データ読み出し	43
7.11. 角速度データ読み出し制御	43
7.12. 温度センサーデータフォーマット	44
7.13. シリアルインターフェイス設定	44
8. フィルター特性	45
8.1. アナログフィルター	45
8.2. デジタルフィルター	46
8.2.1. セレクタブルデジタル LPF	46
8.2.2. セレクタブルデジタル HPF	48
9. 接続回路例	49
10. その他	51
10.1. Moisture Sensitivity Level (MSL)	51
10.2. Electro-Static Discharge (ESD)	51
10.3. はんだ耐熱性	51
11. テーピング仕様	52
11.1. 数量	52
11.2. テーピング材質	52
11.3. テーピング形状	52
11.4. リール形状	52
12. 用語説明および定義	53
12.1. 他軸感度	53
12.2. 駆動周波数	53
12.3. 離調周波数	53
13. 使用上の注意事項	54
14. お問い合わせ	55

図リスト

図 1.1	機能ブロック	10
図 1.2	検出部 (Detect) の機能ブロック	10
図 2.1	検出軸と検出極性	11
図 3.1	起動シーケンス	13
図 4.1	外形寸法	16
図 4.2	マーキング表示	17
図 4.3	等価回路 : SS, SCLK, MOSI, MISO, Reserved2	17
図 4.4	等価回路 : V _{DDL} , Reserved1	17
図 4.5	等価回路 : V _{BDM} , V _{DDI}	18
図 4.6	推奨フットパターン	18
図 5.1	感度偏差 $T_a = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$	19
図 5.2	感度温度特性 $T_a = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 基準	19
図 5.3	静止時出力偏差 $T_a = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$	19
図 5.4	静止時出力温度特性 $T_a = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 基準	19
図 5.5	ノイズ密度	19
図 5.6	アラン分散	19
図 6.1	4 線 SPI でのレジスターへの書き込みシーケンス	20
図 6.2	4 線 SPI でのレジスターからの読み出しシーケンス	21
図 6.3	4 線 SPI でのアドレス (コマンド) 指定シーケンス	21
図 6.4	4 線 SPI レジスターへの書き込みタイミング	22
図 6.5	4 線 SPI レジスターからの読み出しタイミング	22
図 6.6	3 線 SPI でのレジスターへの書き込みシーケンス	23
図 6.7	3 線 SPI でのレジスターからの読み出しシーケンス	23
図 6.8	3 線 SPI でのアドレス (コマンド) 指定シーケンス	24
図 6.9	3 線 SPI レジスターへの書き込みタイミング	25
図 6.10	3 線 SPI レジスターからの読み出しタイミング	25
図 6.11	I ² C でのレジスターへの書き込みプロトコル	26
図 6.12	I ² C でのレジスターからの読み出しプロトコル	26
図 6.13	I ² C でのアドレス (コマンド) 指定プロトコル	26
図 6.14	I ² C でのレジスターへの書き込みシーケンス	27
図 6.15	I ² C でのレジスターからの読み出しシーケンス	28
図 6.16	I ² C でのアドレス (コマンド) 指定シーケンス	28
図 6.17	I ² C タイミング	29
図 6.18	4 線 SPI マルチスレーブ接続例	30
図 6.19	4 線 SPI マルチスレーブでのレジスターの書き込みシーケンス	31
図 6.20	4 線 SPI マルチスレーブでのレジスターの読み出しシーケンス	31
図 6.21	4 線 SPI マルチスレーブでのアドレス (コマンド) 指定シーケンス	31
図 6.22	レジスターへの書き込み	32
図 6.23	レジスターからの読み出し	32
図 6.24	角速度データ (16 bits 出力)	33
図 6.25	角速度データ (24 bits 出力)	33
図 6.26	グローバル角速度読み出し	34
図 6.27	グローバル角速度読み出しのオペレーション方法 1	34
図 6.28	グローバル角速度読み出しのオペレーション方法 2 (3 軸設定)	35
図 6.29	通常角速度読み出し	35
図 6.30	SPI 通信でのコマンド発行に関する制約時間	38

図 6.31	I ² C でのコマンド発行に関する制約時間	39
図 8.1	アナログ 1 次 LPF フィルター特性	45
図 8.2	セレクトブルデジタル LPF (2 次) のフィルター特性	47
図 8.3	セレクトブルデジタル LPF (3 次) のフィルター特性	47
図 8.4	セレクトブルデジタル LPF (4 次) のフィルター特性	47
図 8.5	セレクトブルデジタル HPF (1 次) のフィルター特性	48
図 9.1	4 線 SPI 外部接続例	49
図 9.2	3 線 SPI 外部接続例	49
図 9.3	I ² C 外部接続例	49
図 9.4	4 線 SPI マルチスレーブ機能外部接続例	50
図 10.1	リフロー温度プロファイル	51
図 11.1	テープ形状	52
図 11.2	リール形状	52
図 12.1	ジャイロセンサーの検出軸方向	53

表リスト

表 3.1	絶対最大定格	12
表 3.2	動作条件	12
表 3.3	DC 特性	12
表 3.4	起動シーケンス	13
表 3.5	諸特性	14
表 3.6	温度センサー	15
表 4.1	端子配置および機能	16
表 6.1	AC 特性 (4 線 SPI)	22
表 6.2	AC 特性 (3 線 SPI)	25
表 6.3	AC 特性 (I ² C)	29
表 6.4	スレーブデバイスのアドレス	30
表 6.5	AC 特性 (4 線 SPI マルチスレーブ)	32
表 6.6	角速度データ出力制御	33
表 6.7	グローバル角速度読み出しのオペレーション方法 2 (データ出力順番)	35
表 6.8	角速度データ出力制御	36
表 6.9	温度センサーデータ出力制御	37
表 6.10	MISO/SA0 端子の制御方法	37
表 6.11	SPI 通信でのコマンド発行に関する制約時間	38
表 6.12	I ² C でのコマンド発行に関する制約時間	39
表 7.1	ユーザーコマンドレジスター	40
表 7.2	DSP 設定切り替え 1	41
表 7.3	DSP 設定切り替え 2	41
表 7.4	DSP 設定切り替え 3	42
表 7.5	ステータスリード	42
表 7.6	角速度データ読み出し制御	43
表 7.7	温度センサーデータフォーマット	44
表 7.8	シリアルインターフェイス設定	44
表 8.1	アナログ 1 次 LPF	45
表 8.2	セレクトブルデジタル LPF	46
表 8.3	セレクトブルデジタル HPF	48

表 10.1	MSL.....	51
表 10.2	ESD.....	51
表 11.1	テープおよびリールの材質	52

改定履歴

Rev. No.	改訂日	Page	改訂内容
1.0	2020/10/27		初版制定
1.1	2024/7/12	全頁 P.55	・ フォントサイズ変更 ・ 東京営業所の住所修正

オーダーガイド

下表に推奨製品型番を示します。お客様のシステムにおいてお使いになるジャイロセンサーの接続数に応じて製品型番を選択して下さい。IMU (Inertial Measurement Unit) 等、ジャイロセンサーを複数動作させる必要がある場合には、製品間で機械的もしくは電氣的に干渉し、お客様のシステムに影響を与える可能性があります。従って、下表の通り、駆動周波数の異なるジャイロセンサーを組合せて使用することを推奨しております。

表 製品型番一覧

ジャイロ 接続数	製品型番	製品名称	シリアルインターフェイス	スレーブ アドレス
1	X2A0003510001	XV7081BB 49.600kHz F	4 線 SPI 通信, 3 線 SPI 通信, I ² C 通信	-
2	X2A0003510031	XV7081BB 49.600kHz C	4 線 SPI マルチスレーブ通信 *グローバル角速度読み出しは使用できません。 6.5.2 項を参照下さい。	01
	X2A0003510032	XV7081BB 51.000kHz D		10
3	X2A0003510031	XV7081BB 49.600kHz C	4 線 SPI マルチスレーブ通信	01
	X2A0003510032	XV7081BB 51.000kHz D		10
	- 弊社へお問い合わせください	XV7081BB 53.600kHz E		11

製品名称

XV7081BB * *

① ② ③

①機種名 ②周波数 ③カスタム区分

製品型番はマーキング表示から識別することができます。マーキング表示については、4.3 節を参照ください。

使用しているマークについて

	鉛フリー製品です
	- EU RoHS 指令適合製品です *Pb-Free マークの無い製品について 端子部は鉛フリーですが、製品内部には鉛（高融点はんだ鉛、または電子部品のガラスに含まれる鉛／共に EU RoHS 指令では適用除外項目）を含有しています。
	車載製品（ボディ系、情報系など）にご使用いただくことを意図し、車載環境を想定した品質保証プログラムにより設計、製造する製品です
	車の安全走行（走る・止まる・曲がる）にご使用いただくことを意図し、車載安全を想定した品質保証プログラムにより設計、製造する製品です

本マニュアルの注意事項

● 本マニュアルのご使用につきましては、次の点にご留意願います。

- 本資料の内容については、予告無く変更することがあります。弊社製品のご購入およびご使用にあたりましては事前に弊社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、弊社ホームページなどを通じて公開される最新情報に常にご注意ください。
- 本資料の一部または全部を、弊社に無断で転載または複製など他の目的に使用することは堅くお断りします。
- 本資料に掲載されている応用回路、プログラム、使用方法などはあくまでも参考情報であり、これらに起因する第三者の知的財産およびその他の権利侵害ならびに損害の発生に対し、弊社はいかなる保証を行うものではありません。また、本資料によって第三者または弊社の知的財産権およびその他の権利の実施権の許諾を行うものではありません。
- 弊社製品のご使用にあたりましては、弊社製品の誤動作や故障により生命・身体に危害を及ぼすこと又は財産が侵害されることのないよう、お客様の責任において、お客様のハードウェア、ソフトウェア、システムに必要な安全設計を行うようお願いいたします。なお、設計および使用に際しては、弊社製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、マニュアル、弊社ホームページなど）をご確認いただき、それに従ってください。また、上記資料などに掲載されている製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価を行い、お客様の責任において適用可否の判断をお願いいたします。
- 弊社は、正確さを期すために慎重に本資料を作成しておりますが、本資料に掲載されている情報に誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に掲載されている情報の誤りによってお客様に損害が生じた場合においても、弊社は一切その責任を負いかねます。
- 弊社製品の分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製などは堅くお断りします。
- 弊社製品は、一般電子機器製品用途および弊社指定用途に使用されることを意図して設計、開発、製造しています（指定用途）。この指定用途の範囲を超えて、特別または高度な品質、信頼性が要求され、その誤動作や故障により生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財物損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある以下を含む用途（特定用途）に使用されることを意図していません。
【特定用途】
宇宙機器（人工衛星・ロケットなど）/輸送車両並びにその制御機器（自動車・航空機・列車・船舶など）
医療機器/海底中継機器/発電所制御機器/防災・防犯装置/交通用機器/金融関連機器
上記と同等の信頼性を必要とする用途
お客様に置かれましては、製品を指定用途に限定して使用されることを強く推奨いたします。もし、指定用途以外の用途で製品のご使用およびご購入を希望される場合、弊社はお客様の特定用途に弊社製品を使用されることへの商品性、適合性、安全性について、明示的・黙示的に関わらず、いかなる保証をおこなうものではありません。お客様が特定用途での弊社製品の使用を希望される場合は、弊社営業窓口まで事前にご連絡ください。
- 本資料に掲載されている弊社製品および弊社技術を国内外の法令および規制により製造・使用・販売が禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、弊社製品および弊社技術を大量破壊兵器等の開発目的、および軍事利用の目的、その他軍事用途等に使用しないでください。弊社製品または弊社技術を輸出または海外に提供する場合は、「外国為替及び外国為替法」、「米国輸出管理規則（EAR）」、その他輸出関連法令を遵守し、係る法令の定めるところにより必要な手続きを行ってください。
- 弊社は、お客様が本資料に掲載されている諸条件に反したことに起因して生じたいかなる損害（直接・間接を問わず）に関して、一切その責任を負いかねます。また、お客様が弊社製品を第三者に譲渡、貸与などをしたことにより、損害（直接・間接を問わず）が発生した場合、弊社は一切その責任を負いかねます。
- 本資料についての詳細に関するお問合せ、その他お気付きの点などがありましたら、弊社営業窓口までご連絡ください。
- 本資料に掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

1. 機能ブロック

図 1.1、図 1.2 に本製品の機能ブロックを示します。

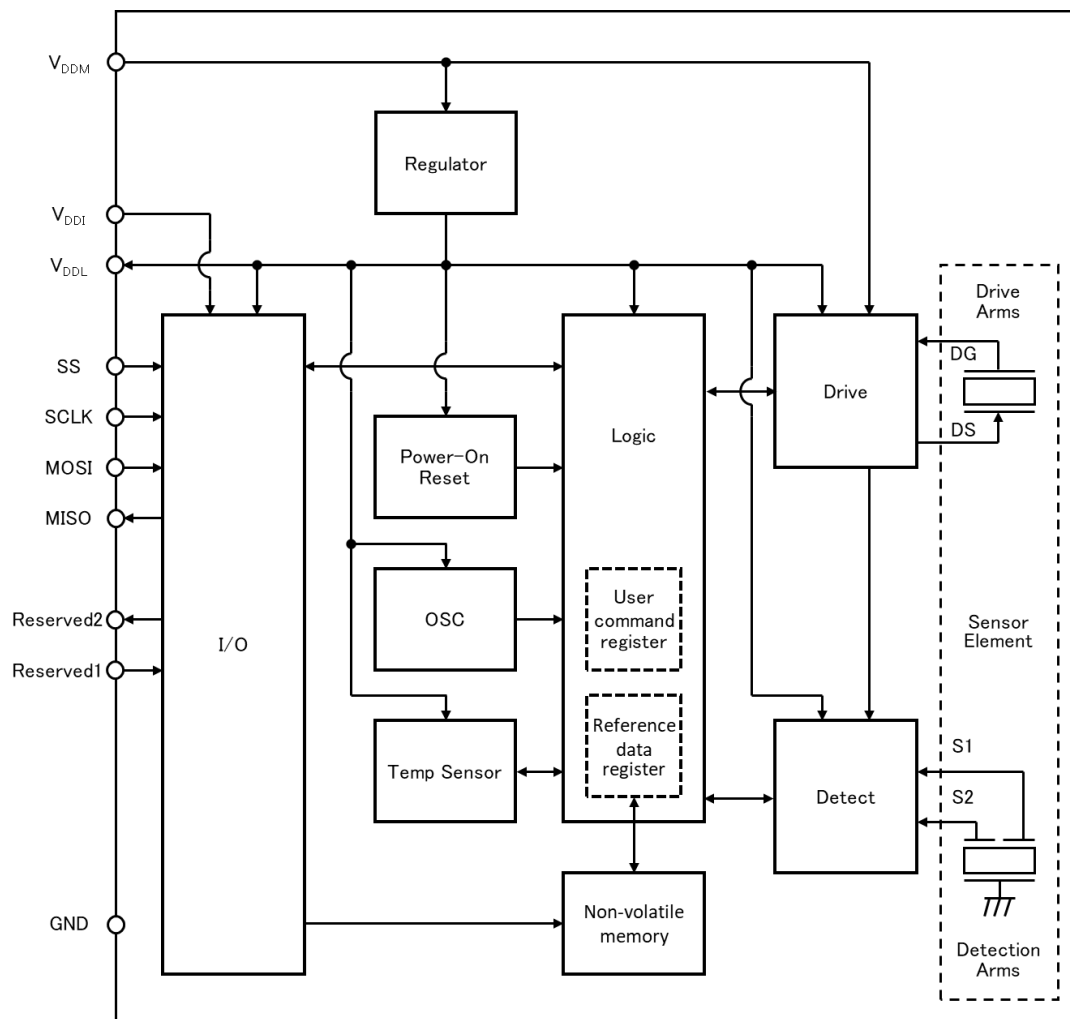


図 1.1 機能ブロック

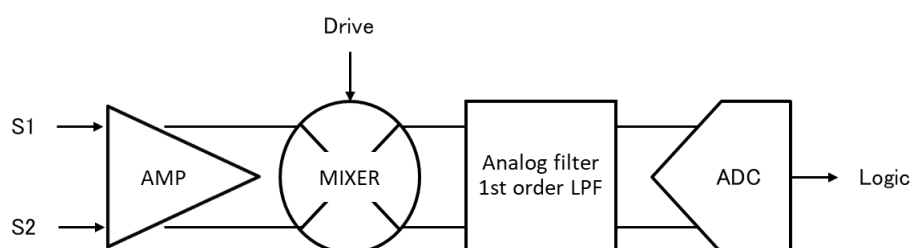


図 1.2 検出部 (Detect) の機能ブロック

2. 機能説明

2.1. 検出軸と検出極性

本製品は、定められた検出軸に生じる角速度を検出します。検出軸方向と検出極性は図 2.1 の通りです。

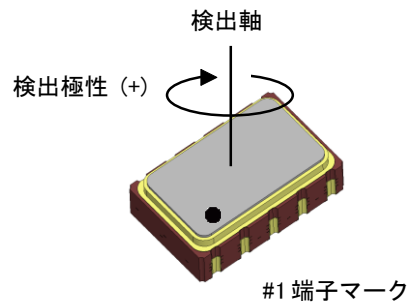


図 2.1 検出軸と検出極性

2.2. インターフェイス

4 線 SPI (Serial Peripheral Interface)、あるいは 3 線 SPI、I²C (Inter-Integrated Circuit) に対応しています。また 4 線 SPI モードの拡張機能として、複数のセンサーを用いて、同時に測定する場合には、I/O ポート及び基板配線を削減可能なマルチスレーブ機能を備えております。マルチスレーブ機能は、弊社出荷時に設定することでのみ使用可能となります。

電源電圧 (V_{DDM}) とは別にインターフェイス電源電圧 (V_{DDI}) を設定できるため、さまざまな電圧のインターフェイスとの通信が可能になります。

2.3. 角速度出力

2 の補数形式にて角速度データを出力します。レジスター設定により 16 bits/24 bits の選択が可能です。サンプリング周波数 f_s は、周波数記号 H, L では 13.770 kHz、周波数記号 J では 14.160 kHz です。また角速度データは LPF (Low-pass filter)、HPF (High-pass filter) 処理して出力することが可能です。フィルター特性につきましては 8.2 節を参照下さい。

LPF : 次数は 2 次/3 次/4 次、カットオフ周波数は以下の 14 段階から選択可能です。

(10, 35, 45, 50, 70, 85, 100, 140, 175, 200, 285, 345, 400, 500 Hz)

HPF : 次数は 1 次です。使用の有無、使用の場合はカットオフ周波数を以下の 7 段階から選択可能です。

(0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1, 3, 10 Hz)

2.4. 温度センサー出力

2 の補数形式にて温度データを出力します。レジスター設定により 8 bits/10 bits/12 bits から選択可能です。

3. 電気的特性

3.1. 絶対最大定格

表 3.1 絶対最大定格

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
電源電圧	V _{DDM}	-0.3	-	+4.0	V	GND = 0 V
インターフェイス電源電圧	V _{DDI}	-0.3	-	+4.0	V	GND = 0 V
保存温度範囲	T _{STG}	-40	-	+85	°C	
はんだ付け条件	-	350 °C, 3 s			-	

3.2. 動作条件

表 3.2 動作条件

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
電源電圧	V _{DDM}	2.7	-	3.6	V	GND = 0 V
インターフェイス電源電圧	V _{DDI}	1.65	-	3.6	V	GND = 0 V
動作温度範囲	T _{OPR}	-20	-	+80	°C	
電源立上げ時間	t _{PU}	0.01	-	100	ms	V _{DDM} 0 % → 90 %
4 線 SPI 通信クロック周波数	f _{SCLK}	-	-	10	MHz	V _{DDI} > 2.4 V
4 線 SPI 通信クロック周波数	f _{SCLK}	-	-	5	MHz	V _{DDI} ≤ 2.4 V
3 線 SPI 通信クロック周波数	f _{SCLK}	-	-	5	MHz	
I ² C 通信クロック周波数	f _{SCL}	-	-	400	kHz	
サンプリング周波数	f _s	-	13.770	-	kHz	周波数記号: H, L
		-	14.160	-	kHz	周波数記号: J

(注1) 駆動周波数の整数倍の通信クロックを使用した場合、角速度出力に変動が生じる可能性があります。

(注2) 角速度データを駆動周波数の整数分の 1 の周波数で取得した場合、角速度出力に変動が生じる可能性があります。

3.3. DC 特性

表 3.3 DC 特性

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, V_{DDI} = 1.65 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -20 °C ~ +80 °C)

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
ロジック入力電圧	V _{IH}	V _{DDI} × 0.7	-	-	V	
	V _{IL}	-	-	V _{DDI} × 0.3	V	
ロジック出力電圧	V _{OH}	V _{DDI} - 0.4	-	-	V	V _{DDI} = Min., 負荷 +1 mA
	V _{OL}	-	-	0.4	V	V _{DDI} = Min., 負荷 -1 mA

3.4. 起動シーケンス

表 3.4 起動シーケンス

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, V_{DDI} = 1.65 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -20 °C ~ +80 °C)

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
シリアル通信ウェイト時間	t _{IF}	-	1	-	-	ms
温度センサーデータ取り込み開始時間	t _{TSEN}	-	-	-	80	ms
起動時間	t _{STA}	出力コード ±1 °/s	-	-	200	ms

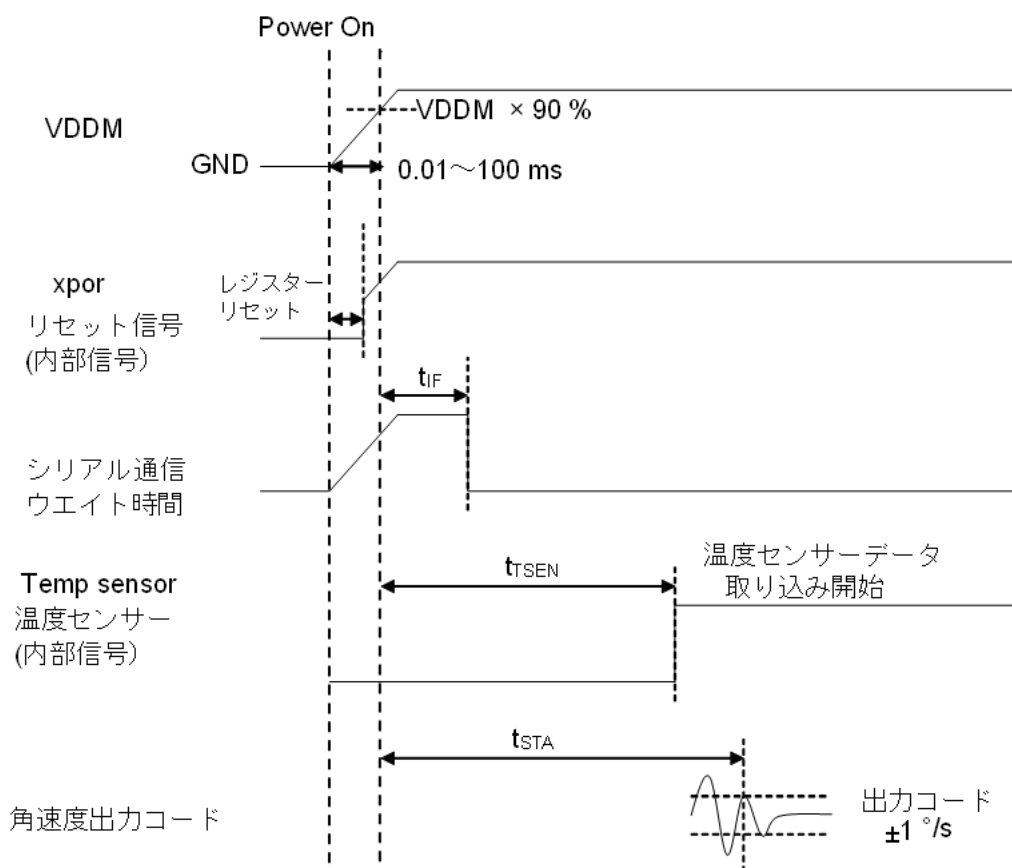
(注1) シリアル通信は、t_{IF} 後に行ってください。(注2) 温度センサーのデータ取得は、t_{TSEN} 後に行ってください。(注3) 角速度のデータ取得は、t_{STA} 後に行ってください。

図 3.1 起動シーケンス

3.5. 諸特性

表 3.5 諸特性

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, V_{DDI} = 1.65 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -20 °C ~ +80 °C)

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
駆動周波数	F _d	周波数記号 H	49.000	49.575	50.150	kHz
		周波数記号 J	50.450	51.025	51.600	kHz
		周波数記号 L	52.900	53.550	54.200	kHz
離調周波数	D _f		0.7	0.9	1.1	kHz
公称感度	S _o	16 bits	-	70	-	LSB/(°/s)
		24 bits	-	17920	-	
感度偏差	S _p	T _a = +25 °C	-2	-	+2	%
感度温度特性	S _{pt}	V _{DDM} = 3 V, T _a = +25 °C 基準	-3	-	+3	%
静止時出力	ZRL	T _a = +25 °C	-	0	-	LSB
静止時出力偏差	ZRL	T _a = +25 °C	-1	-	+1	°/s
静止時出力温度特性	ZRL _t	V _{DDM} = 3 V, T _a = +25 °C 基準	-3	-	+3	°/s
静止時出力温度係数	ZRL _s	V _{DDM} = 3 V, 4 次近似曲線, ΔT = 1 °C	-	0.0024	-	(°/s)/°C
検出範囲	I		-400	-	+400	°/s
直線性	NI	T _a = +25 °C	-0.5	-	+0.5	%FS
他軸感度	CS	T _a = +25 °C	-5	-	+5	%
消費電流	I _{op1}		-	900	1300	μA
スタンバイ電流	I _{op2}		-	160	340	μA
スリープ電流	I _{op3}		-	3	25	μA
ノイズ密度	N _d	@10 Hz, LPF 初期設定時	-	0.0015	-	(°/s)/√Hz
角度ランダムウォーク	N		-	0.065	-	°/√h

3.6. 温度センサー

表 3.6 温度センサー

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, V_{DDI} = 1.65 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -20 °C ~ +80 °C)

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
出力コード	T _{out}	8 bits 出力, T _a = +25 °C	20	25	30	LSB
		10 bits 出力, T _a = +25 °C	80	100	120	
		12 bits 出力, T _a = +25 °C	320	400	480	
温度誤差	T _{acc}	T _a = +25 °C	-5	-	+5	°C
温度係数	T _{sen}	8 bits 出力	0.9	1.0	1.1	LSB/°C
		10 bits 出力	3.6	4.0	4.4	
		12 bits 出力	14.4	16.0	17.6	

4. 外形寸法および端子説明

4.1. 外形寸法

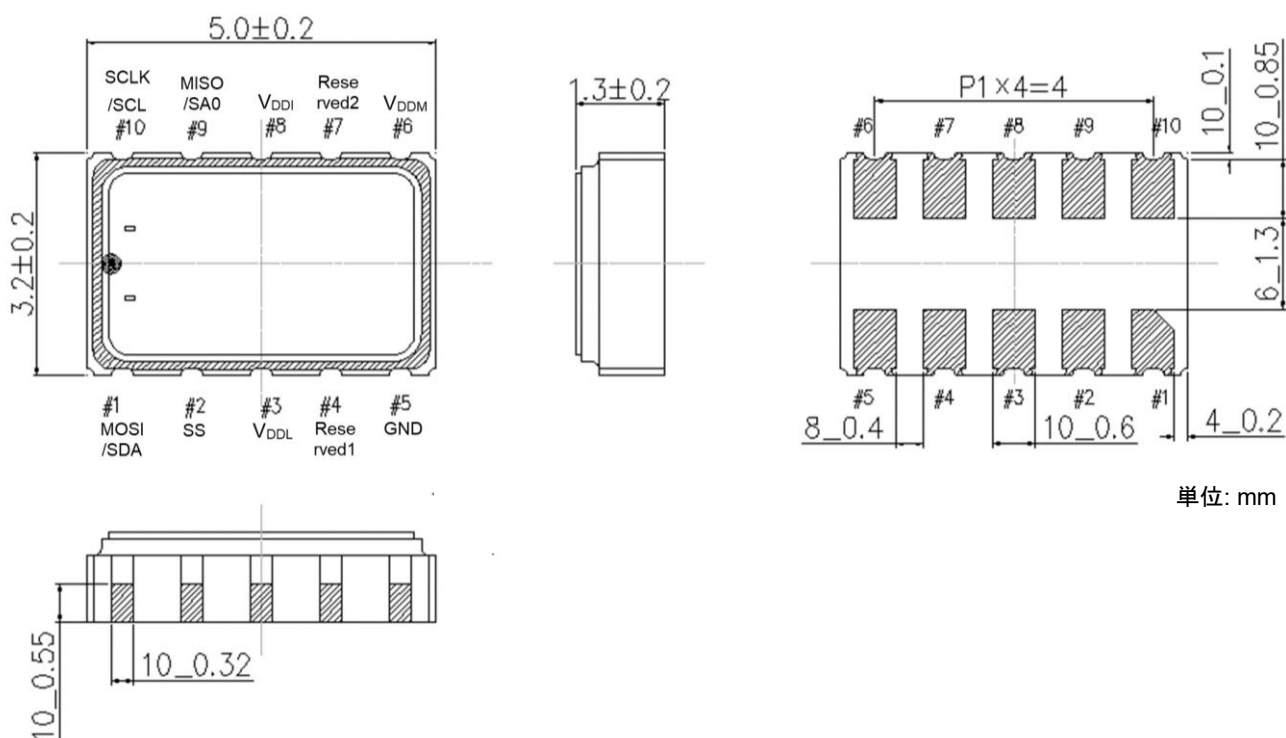


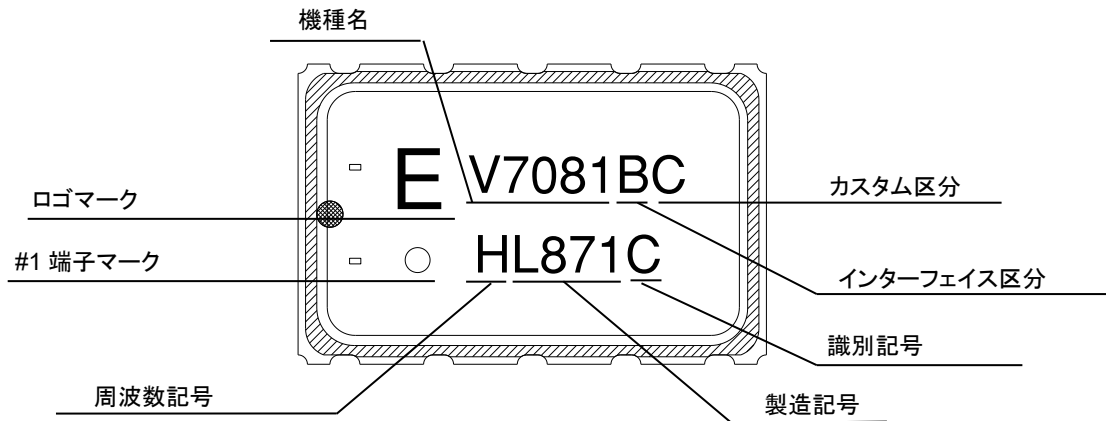
図 4.1 外形寸法

4.2. 端子配置及び機能

表 4.1 端子配置および機能

端子番号	端子名称	入出力	機能
#1	MOSI/SDA	Input/Output	4 線 SPI 通信モード時：シリアルデータ入力端子 3 線 SPI 通信モード時：シリアルデータ入出力端子 I ² C 通信モード時：シリアルデータ入出力端子
#2	SS	Input	4 線 SPI 通信モード時：スレーブセレクト端子 3 線 SPI 通信モード時：スレーブセレクト端子 I ² C 通信モード時：V _{DDI} に接続して下さい。
#3	VDDL	Output	内部レギュレーター電圧出力端子 バイパスコンデンサ 1 μF を接続して下さい。
#4	Reserved1	Input	GND に固定して下さい。
#5	GND	-	GND 端子
#6	VDDM	-	電源電圧印加端子
#7	Reserved2	Output	論理 "L" レベル出力 外部端子に接続しないで下さい。
#8	VDDI	-	電源電圧印加端子（インターフェイス用）
#9	MISO/SA0	Input/Output	4 線 SPI 通信モード時：シリアルデータ出力端子 3 線 SPI 通信モード時：外部端子に接続しないで下さい。 I ² C 通信モード時：スレーブアドレス最下位 bit 選択 初期状態はプルダウン（約 100 kΩ）されています。
#10	SCLK/SCL	Input	シリアル通信クロック端子（4 線/3 線/I ² C 共通）

4.3. マーキング表示



周波数記号	駆動周波数	カスタム区分	スレーブアドレス
H	49.600 kHz	C	01
J	51.000 kHz	D	10
L	53.600 kHz	E	11

図 4.2 マーキング表示

4.4. 端子等価回路

端子名称 SS, SCLK, MOSI, MISO, Reserved2 の等価回路を図 4.3 に示します。

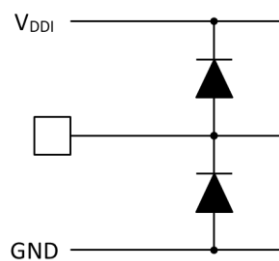


図 4.3 等価回路 : SS, SCLK, MOSI, MISO, Reserved2

端子名称 VDDL, Reserved1 の等価回路を図 4.4 に示します。

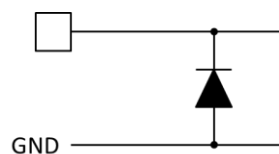


図 4.4 等価回路 : VDDL, Reserved1

端子名称 VDDM, VDDI の等価回路を図 4.5 に示します。

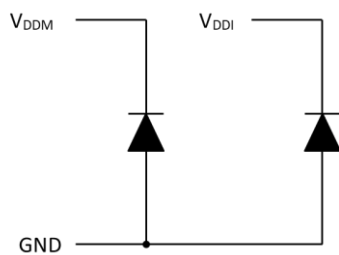


図 4.5 等価回路 : V_{DDM} , V_{DDI}

4.5. 推奨フットパターン

図 4.6 に推奨フットパターン例を示します。実際の基板設計に当たっては、実装密度、はんだ付けの実装信頼性などを考慮して最適化を図って下さい。

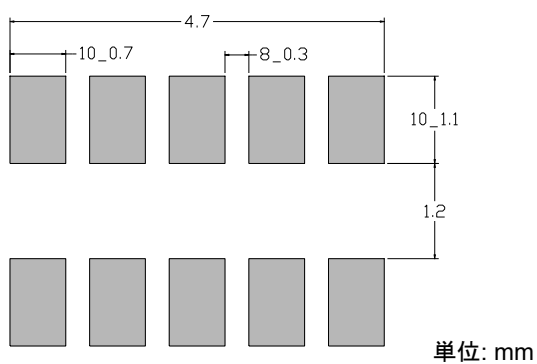


図 4.6 推奨フットパターン

5. 代表的特性

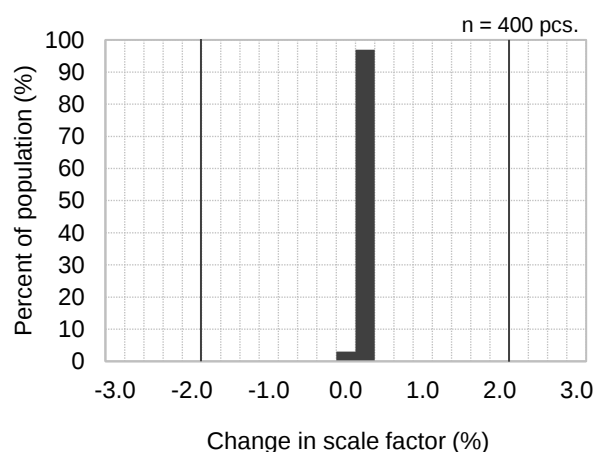
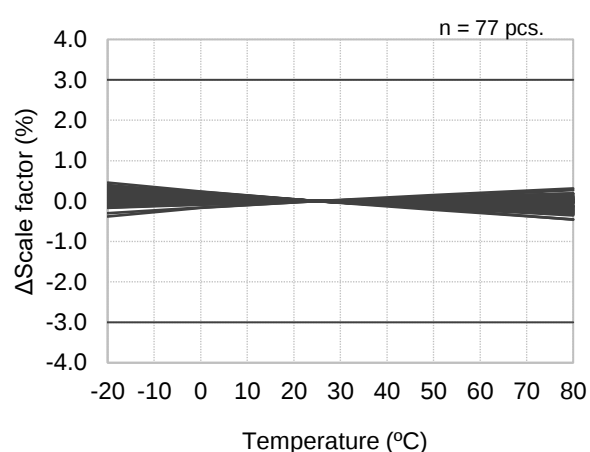
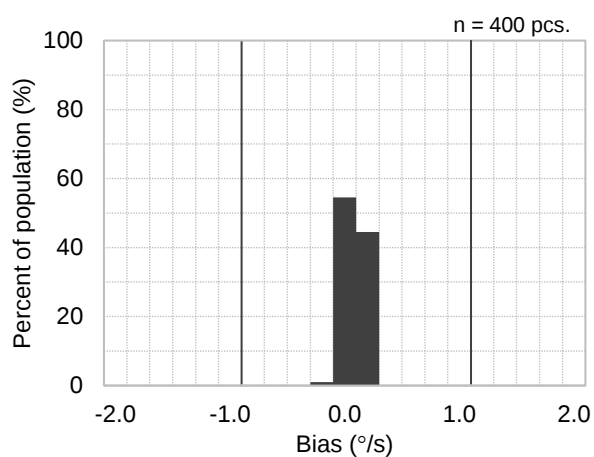
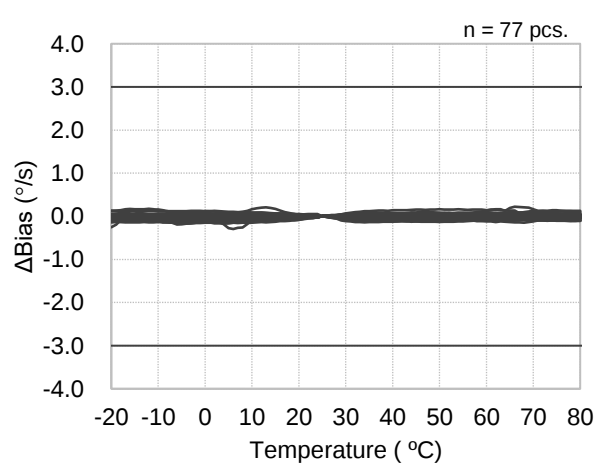
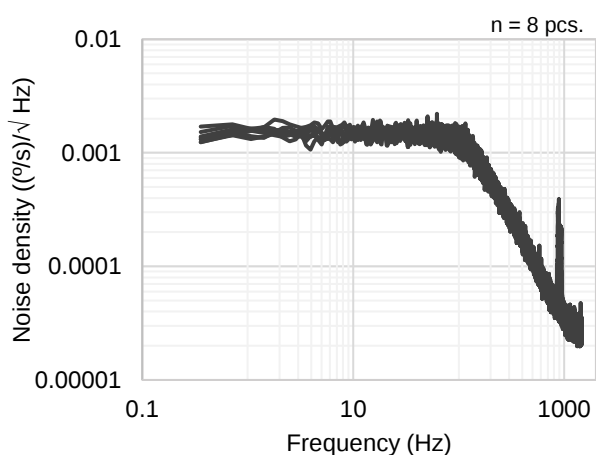
図 5.1 感度偏差 $T_a = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 図 5.2 感度温度特性 $T_a = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 基準図 5.3 静止時出力偏差 $T_a = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 図 5.4 静止時出力温度特性 $T_a = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 基準

図 5.5 ノイズ密度

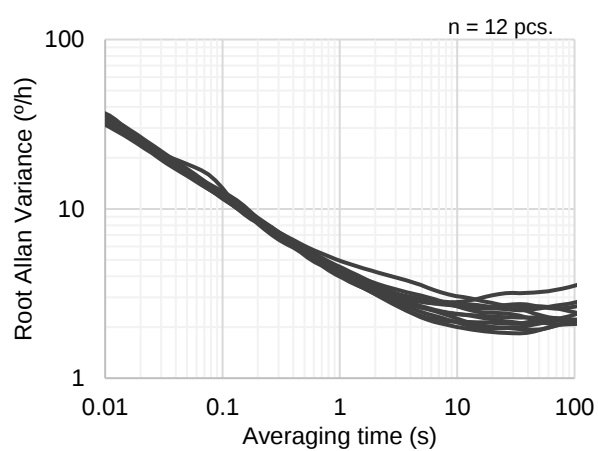


図 5.6 アラン分散

6. シリアルインターフェイス

センサーへのアクセスは、シリアル通信にて行います。シリアルインターフェイスは、4 線 SPI、3 線 SPI、I²C の 3 方式から選択が可能です。

電源 V_{DDM} を投入後、3.4 節に記載するシリアル通信ウェイト時間 t_{IF} が経過した後、スレーブセレクト信号（以下 SS）を論理 "L" レベルにすることで 4 線 SPI 通信が可能になります(7.13 節に記載するレジスター **SPISel** の初期値が "0" : 4 線 SPI のため)。また、SS を論理 "H" レベルにすることで I²C 通信が可能になります(7.13 節に記載するレジスター **I²C_EN** の初期値が "1" : I²C Enable のため)。3 線 SPI 通信は、**SPISel** を "1" : 3 線 SPI 設定し、SS を論理 "L" レベルにすることで、通信が可能になります。ただし、**SPISel** を "1" : 3 線 SPI にセットした場合、I²C 通信はディセーブルになります。

また、4 線 SPI マルチスレーブ通信機能が設定された製品では、6.1 節から 6.3 節に載する 4 線 SPI、3 線 SPI、I²C を使用することができません。6.4 節を参照ください。

6.1. 4 線 SPI 通信

4 線 SPI 通信は、SS、クロック信号（以下 SCLK）、データ入力信号（以下 MOSI）、データ出力信号（以下 MISO）からなる 8 bits 幅のシリアル通信です。7.13 節に記載する **SPISel**（4 線 SPI/3 線 SPI 選択レジスター）を "0"（初期値は "0" : 4 線 SPI）にセットして下さい。また、4 線 SPI 通信を使用する場合、**I²C_EN**（I²C イネーブルレジスター）を "0" : Disable（初期値は "1" : Enable）にして下さい。

SS を立ち下げて、最初のバイトがアドレスとなります。シリアルデータ転送中は、SS を論理 "L" レベルに保つ必要があります。SS を論理 "H" レベルにした場合、そのシリアルデータ転送は、キャンセルされます。

アドレス最初の bit (MSB) は、書き込み／読み出しの制御 bit です。レジスターにデータを書き込む場合は "0" を、レジスターからデータを読み出す場合は "1" を設定します。

続く 2 bits (A [6:5]) は、マルチスレーブ機能有効時に、スレーブデバイス (Gyro) のアドレスとなります。6.4 節を参照し、アクセスしたいスレーブデバイス (Gyro) のアドレスを転送して下さい。マルチスレーブ機能無効時は "00" として下さい。

アドレスの LSB 側 5 bits (A <4:0>) がレジスターのアドレスです。アクセスしたいレジスターのアドレスを設定します。また、2 バイト目は、各種レジスターの設定値になります。7 章のレジスターマップを参照し、設定したい値を転送して下さい。

レジスターへの書き込みシーケンスを図 6.1 に示します。書き込みデータは、アドレスに引き続き転送します。アドレスとデータ転送の間、SS は論理 "L" レベルを保持して下さい。なお、書き込みシーケンスの間、MISO は論理 "L" レベルが出力されます。X は "1" または "0" です。

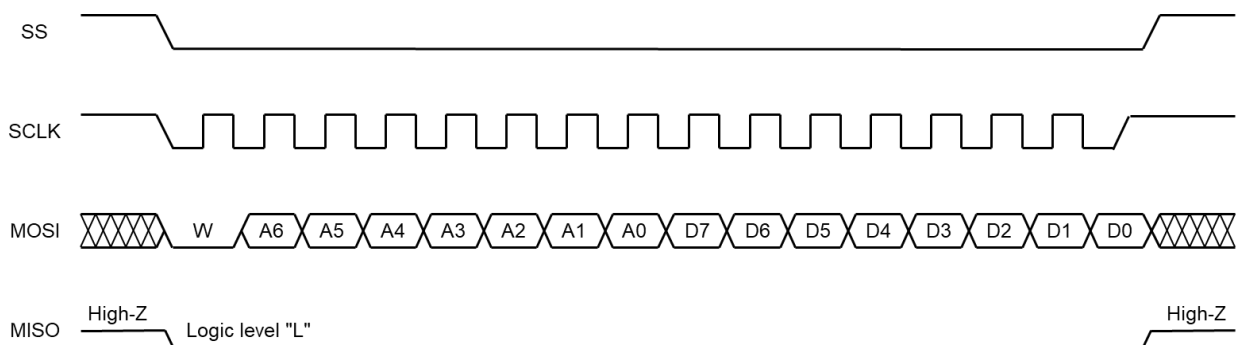


図 6.1 4 線 SPI でのレジスターへの書き込みシーケンス

レジスターからの読み出しシーケンスを図 6.2 に示します。アドレスの転送完了後、2 バイト目から SCLK の立ち下がりに同期してデータが出力されます。データ非出力時は、書き込みシーケンスと同様に、MISO は論理 "L" レベルが出力されます。X は "1" または "0" です。また、角速度データの読み出しは 16 bits 出力、あるいは 7 章に示す角速度データフォーマット選択によっては 24 bits 出力になります。1 バイト目の角速度データを読み出した後も、SS は論理 "L" レベルを保持し、任意の bit を読み出すまで SCLK によるクロック入力を継続して下さい。温度センサーデータの読み出しも同様です。

アドレス転送（コマンド）のみのシーケンスを図 6.3 に示します。7 章に記載するレジスタマップは、一部アドレス転送（コマンド）のみの項目があります。レジスターの書き込みシーケンスと同様に、アドレス最初の bit (MSB) は、"0" を設定します。アドレスの LSB 側 5 bits ($A<4:0>$) がレジスターのアドレス（コマンド）です。実行したいアドレス（コマンド）を設定します。アドレス（コマンド）転送後、SS を論理 "L" レベルから論理 "H" レベルに設定し、シリアル通信を終了して下さい。なお、アドレス転送シーケンスの間、MISO は論理 "L" レベルが出力されます。X は "1" または "0" です。

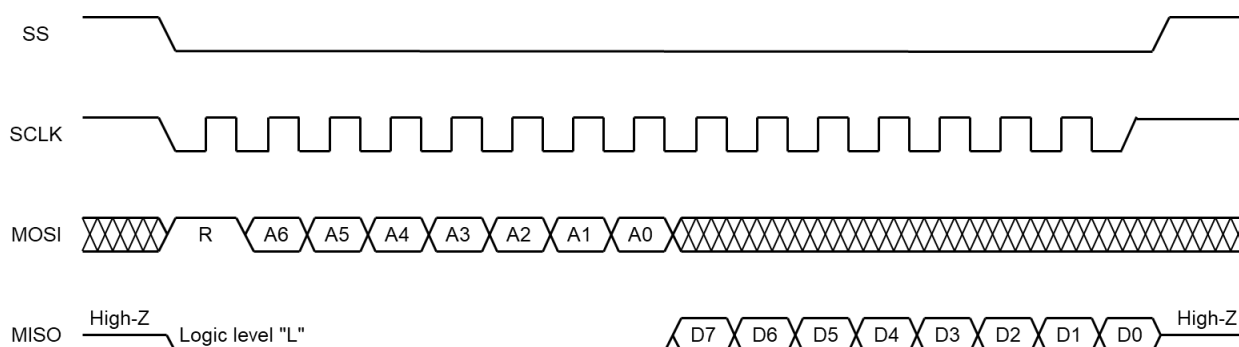


図 6.2 4 線 SPI でのレジスターからの読み出しシーケンス

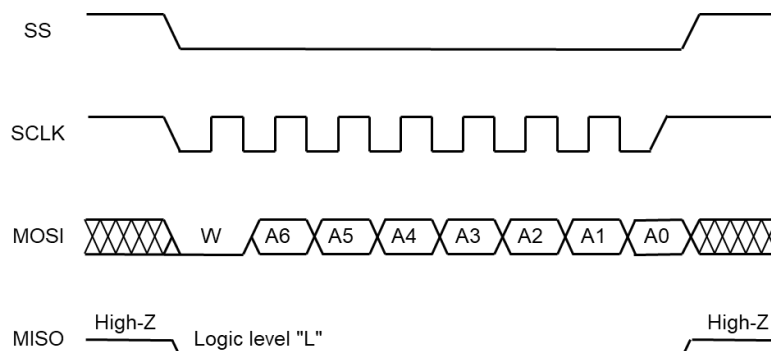


図 6.3 4 線 SPI でのアドレス（コマンド）指定シーケンス

図 6.4、図 6.5 にタイミングチャートを示します。

表 6.1 AC 特性 (4 線 SPI)

($V_{DDM} = 2.7\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $GND = 0\text{ V}$, $T_{OPR} = -20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +80\text{ }^{\circ}\text{C}$)

項目	記号	条件	$V_{DDI} \leq 2.4\text{ V}$			$V_{DDI} > 2.4\text{ V}$			単位
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
SS セットアップ時間	t_{SSS}		15	-	-	15	-	-	ns
SS ホールド時間	t_{SSH}		100	-	-	100	-	-	ns
SS “H”パルス幅	t_{SSHW}		30	-	-	30	-	-	ns
クロックサイクル	t_{SCYC}		200	-	-	100	-	-	ns
クロック “H”パルス幅	t_{SHW}		90	-	-	40	-	-	ns
クロック “L”パルス幅	t_{SLW}		90	-	-	40	-	-	ns
データセットアップ時間	t_{SDS}		10	-	-	10	-	-	ns
データホールド時間	t_{SDH}		10	-	-	10	-	-	ns
リードアクセス時間	t_{SACC}	Max. $C_L = 30\text{ pF}$	-	-	80	-	-	30	ns
出力ディセーブル時間	t_{SOH}		-	-	30	-	-	30	ns

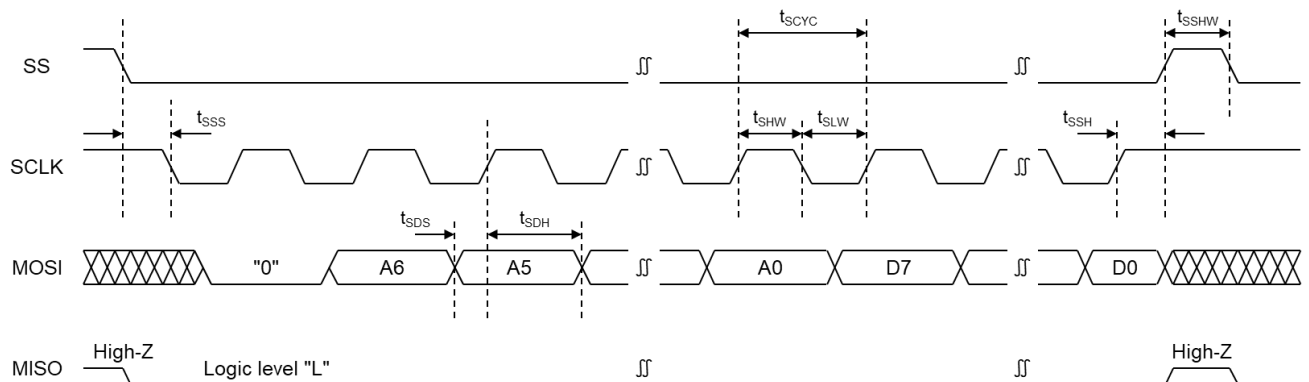


図 6.4 4 線 SPI レジスターへの書き込みタイミング

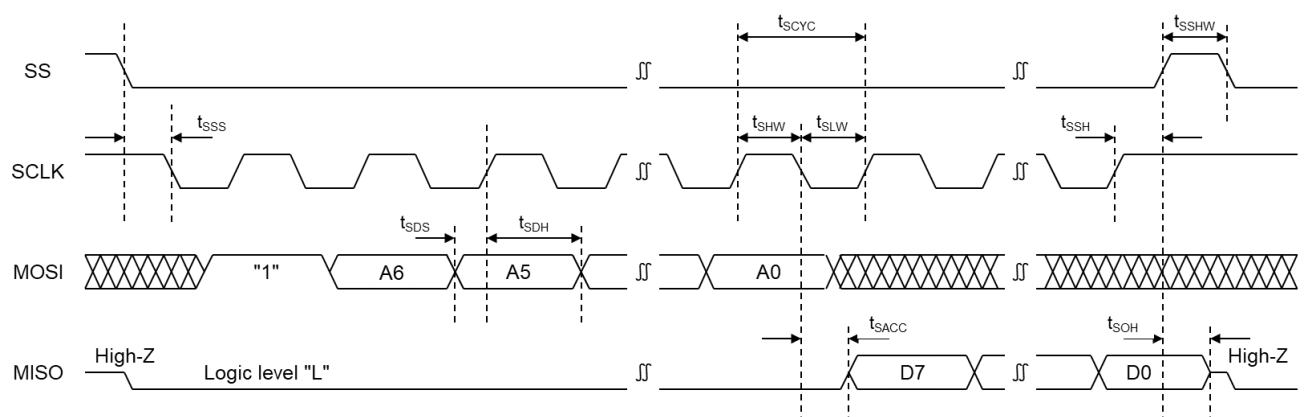


図 6.5 4 線 SPI レジスターからの読み出しタイミング

(注1) X は、“1” または “0” です。

6.2. 3 線 SPI 通信

3 線 SPI 通信は、スレーブセレクト信号（以下 SS）、クロック信号（以下 SCLK）、データ入出力信号（以下 MOSI）からなる 8 bits 幅のシリアル通信です。7.13 節に記載する **SPISel**（3 線 SPI/4 線 SPI 選択レジスター）を "1"（初期値は "0" : 4 線 SPI）にセットして下さい。**SPISel** を "1" にセットした場合、I²C 通信はディセーブルになります。

4 線 SPI と同様に、SS を立ち下げて、最初のバイトがアドレスとなります。シリアルデータ転送中は、SS を論理 "L" レベルに保つ必要があります。SS を論理 "H" レベルにした場合、そのシリアルデータ転送は、キャンセルされます。

アドレス最初の bit (MSB) は、書き込み/読み出しの制御 bit です。レジスターにデータを書き込む場合は "0" を、レジスターからデータを読み出す場合は "1" を設定します。アドレスの LSB 側 5 bits (A<4:0>) がレジスターのアドレスです。アクセスしたいレジスターのアドレスを設定します。また、2 バイト目は、各種レジスターの設定値になります。7 章のレジスタマップを参照し、設定したい値を転送して下さい。

レジスターの書き込みシーケンスを図 6.6 に示します。書き込みデータは、アドレスに引き続き転送します。アドレスとデータ転送の間、SS は論理 "L" レベルを保持して下さい。X は "1" または "0" です。

レジスターの読み出しシーケンスを図 6.7 に示します。アドレスの転送完了後、2 バイト目から SCLK の立ち下がりに同期してデータが出力されます。なお、角速度データの読み出しは 16 bits 出力、あるいは 7 章に示す角速度データフォーマット選択によっては 24 bits 出力になります。1 バイト目の角速度データを読み出した後も、SS は論理 "L" レベルを保持し、任意の bit を読み出すまで SCLK によるクロック入力を継続して下さい。また、温度センサーデータの読み出しも同様です。X は "1" または "0" です。

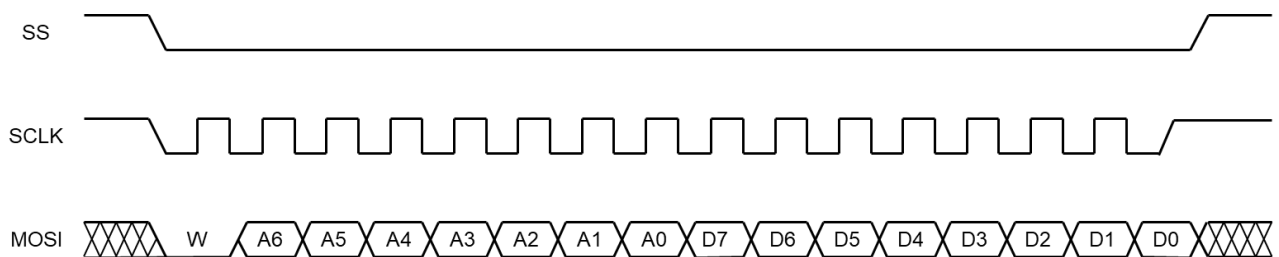


図 6.6 3 線 SPI でのレジスターへの書き込みシーケンス

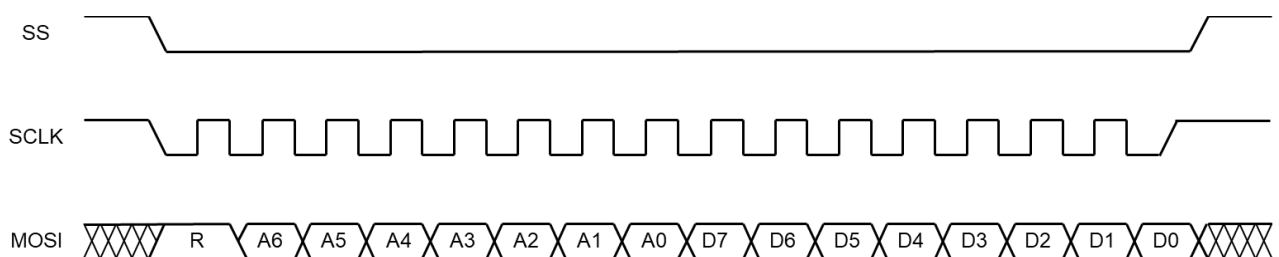


図 6.7 3 線 SPI でのレジスターからの読み出しシーケンス

アドレス転送（コマンド）のみのシーケンスを図 6.8 に示します。7 章に記載するレジスタマップは、一部アドレス転送（コマンド）のみの項目があります。レジスタの書き込みシーケンスと同様に、アドレス最初の bit (MSB) は、"0" を設定します。アドレスの LSB 側 5 bits ($A<4:0>$) がレジスタのアドレス（コマンド）です。実行したいアドレス（コマンド）を設定します。アドレス（コマンド）転送後、SS を論理 "L" レベルから論理 "H" レベルに設定し、シリアル通信を終了して下さい。X は "1" または "0" です。

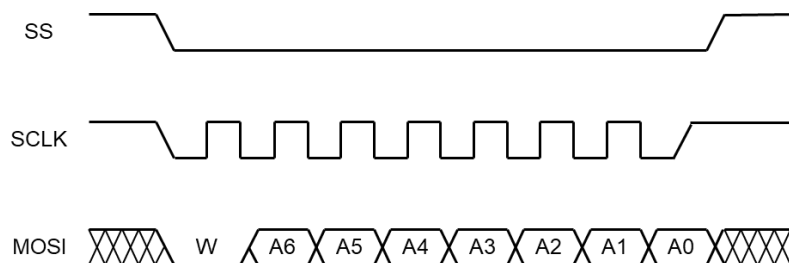


図 6.8 3 線 SPI でのアドレス（コマンド）指定シーケンス

図 6.9、図 6.10 にタイミングチャートを示します。

表 6.2 AC 特性 (3 線 SPI)

($V_{DDM} = 2.7\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $GND = 0\text{ V}$, $T_{OPR} = -20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +80\text{ }^{\circ}\text{C}$)

項目	記号	条件	$V_{DDI} \leq 2.4\text{ V}$			$V_{DDI} > 2.4\text{ V}$			単位
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
SS セットアップ時間	t_{SSS}		15	-	-	15	-	-	ns
SS ホールド時間	t_{SSH}		100	-	-	100	-	-	ns
SS “H”パルス幅	t_{SSHW}		30	-	-	30	-	-	ns
クロックサイクル	t_{SCYC}		200	-	-	100	-	-	ns
クロック “H”パルス幅	t_{SHW}		90	-	-	40	-	-	ns
クロック “L”パルス幅	t_{SLW}		90	-	-	40	-	-	ns
データセットアップ時間	t_{SDS}		10	-	-	10	-	-	ns
データホールド時間	t_{SDH}		10	-	-	10	-	-	ns
リードアクセス時間	t_{SACC}	Max. $C_L = 30\text{ pF}$	-	-	80	-	-	80	ns
出力ディセーブル時間	t_{SOH}		-	-	30	-	-	30	ns

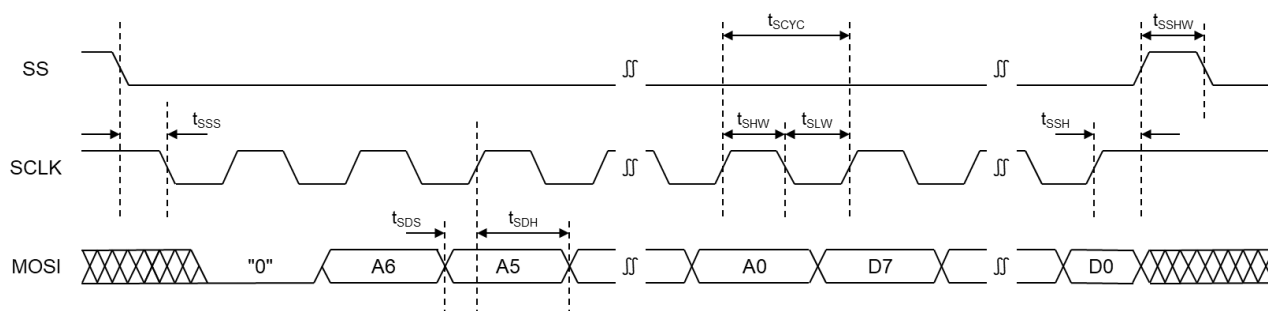


図 6.9 3 線 SPI レジスターへの書き込みタイミング

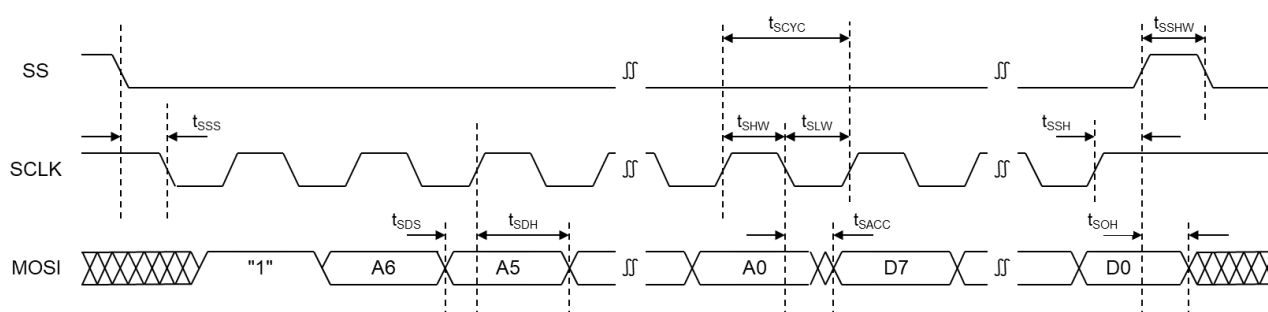


図 6.10 3 線 SPI レジスターからの読み出しタイミング

(注1) Xは、“1” または “0” です。

6.3. I²C 通信

I²C 通信は、クロック信号（以下 SCL）、データ・アドレス信号（以下 SDA）からなる 8 bits 幅のシリアル通信です。7 章に記載する **I²C_EN**（I²C イネーブルレジスタ）を "1"（初期値は "1"：Enable）にセットして下さい。また、I²C 通信を使用する場合、4 線/3 線 SPI 通信で用いたスレーブセレクト信号（以下 SS）を論理 "H" レベル（インターフェイス電源電圧 V_{DDI}）に固定して下さい。

I²C 通信は、マスターからスタートコンディション（以下 ST、SCL が論理 "H" レベルの状態）で SDA を論理 "H" レベルから論理 "L" レベルに変える）を発行することで通信を開始します。また、マスターからストップコンディション（以下 SP、SCL が論理 "H" レベルの状態）で SDA を論理 "L" レベルから論理 "H" レベルに変える）を発行することで通信を終了します。

内部レジスタへのアクセスは、マスターからスレーブデバイスアドレス（以下 ADR、"110101" に SA0 の "0"、または "1" を付加したアドレス）に、読み出し（Read = "1"）/書き込み（Write = "0"）識別信号の 1 bit を加えた計 1 バイトを送信します。スレーブは、ADR 受信後、アドレスが自分と一致しているか調べ、一致している場合は ACK（アクノリッジ）を返し、その後の通信が可能になります。アドレスが不一致の場合は、アイドル状態に戻り、再び ST が発行されるまで待機します。

SA0 端子は、内部でプルダウン（約 100 kΩ）されています。SA0 端子を "0" に設定する場合、N.C.もしくは GND に接続して下さい。また、SA0 端子を "1" に設定する場合、V_{DDI} に接続して下さい。この時、SA0 端子に約 30 μA @ V_{DDI} = 3 V の電流が流れます。電流を低減したい場合は、V_{DDI} と SA0 端子に任意の抵抗を挿入するか、もしくは、電源投入後、3.4 節に記載するシリアル通信ウェイト時間 t_{IF} が経過した後、7.13 節に記載する **SeIMISO** [1:0] を書き換えることにより、端子設定をプルダウンからプルアップに変更することができます。制御方法は、6.7 節 MISO/SA0 端子の制御方法を参照して下さい。

続いて、内部レジスタのアドレス（以下 SUB-ADR）を送信します。アドレス最初の bit (MSB) は、"0" を入力して下さい（機能の割り当てはありません）。残る LSB 側 7 bits (A <6:0>) がレジスタのアドレスです。詳細は 7 章のレジスタマップを参照して下さい。アクセスしたいレジスタのアドレスを転送した後、ACK を返します。

以降のシーケンスは、レジスタ書き込み、レジスタ読み出し、及びアドレス（コマンド）転送で異なります。図 6.11 ~ 図 6.13 を参照して下さい。

なお、角速度データの読み出しは 16 bits 出力、あるいは 7 章に示す角速度データフォーマット選択によっては 24 bits 出力になります。1 バイト目の角速度データを読み出した後、マスターは NACK（ノンアクノリッジ）ではなく、ACK（アクノリッジ）を返し、2 バイト目、もしくは 3 バイト目の読み出しを行って下さい。また、温度センサーデータの読み出しも同様です。

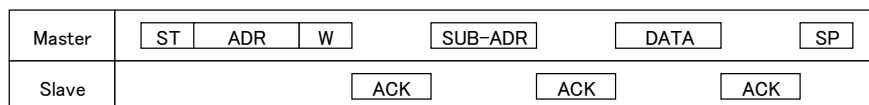


図 6.11 I²C でのレジスタへの書き込みプロトコル

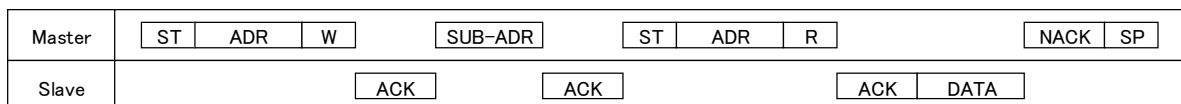


図 6.12 I²C でのレジスタからの読み出しプロトコル

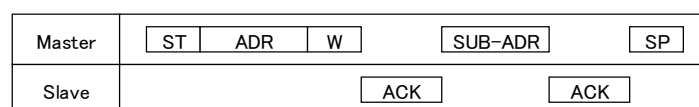


図 6.13 I²C でのアドレス（コマンド）指定プロトコル

ST : スタートコンディション
 SP : ストップコンディション
 ADR : スレーブデバイスアドレス (110101 + SA0)
 R/W : Read = "1"、Write = "0"
 SUB-ADR : 内部レジスタアドレス
 DATA : 内部レジスタ書き込み/読み出しデータ
 ACK : "Low"
 NACK : "High"、読み出し終了時に送信します

波形の一例として、レジスタへの書き込み、レジスタからの読み出し、及びアドレス（コマンド）転送を図 6.14 ~ 図 6.16 に示します。

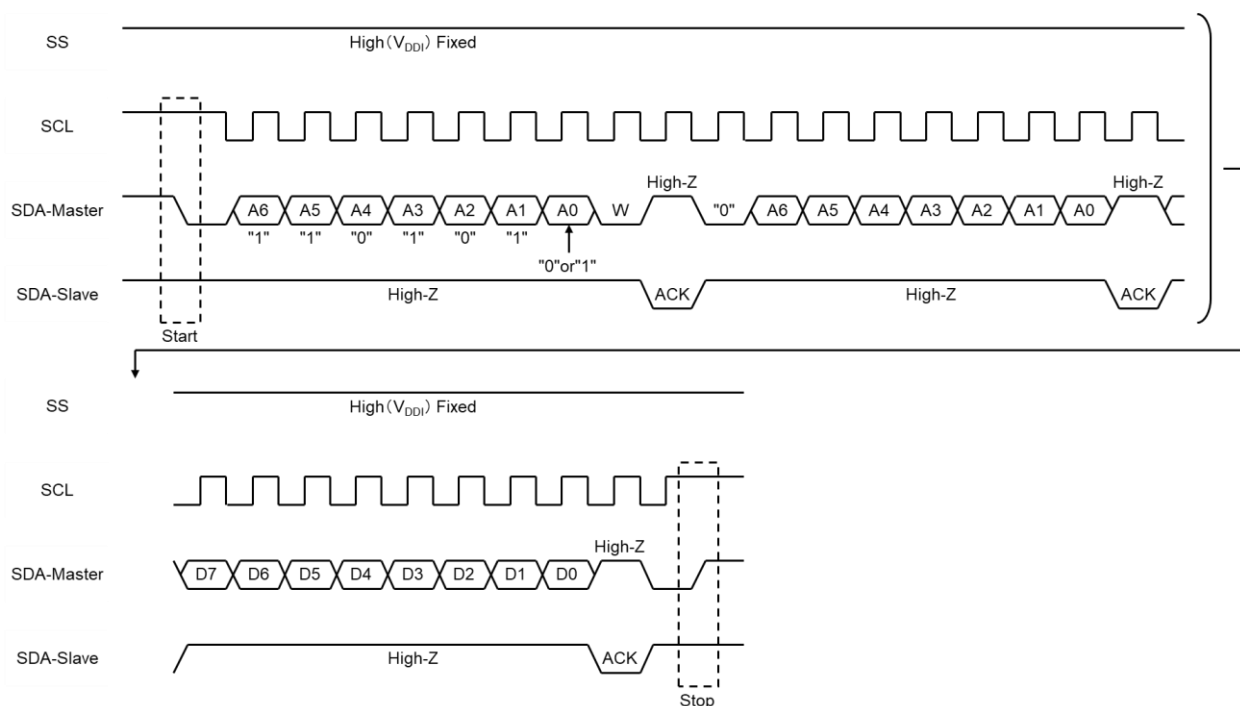


図 6.14 I²C でのレジスタへの書き込みシーケンス

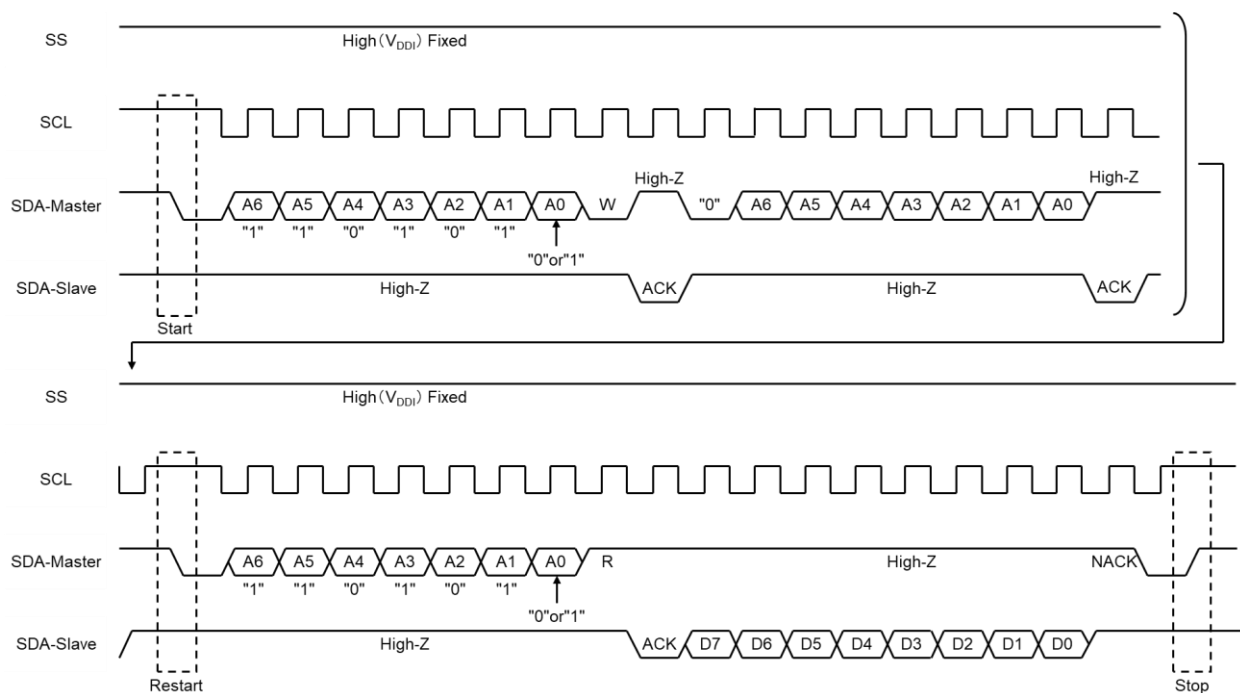
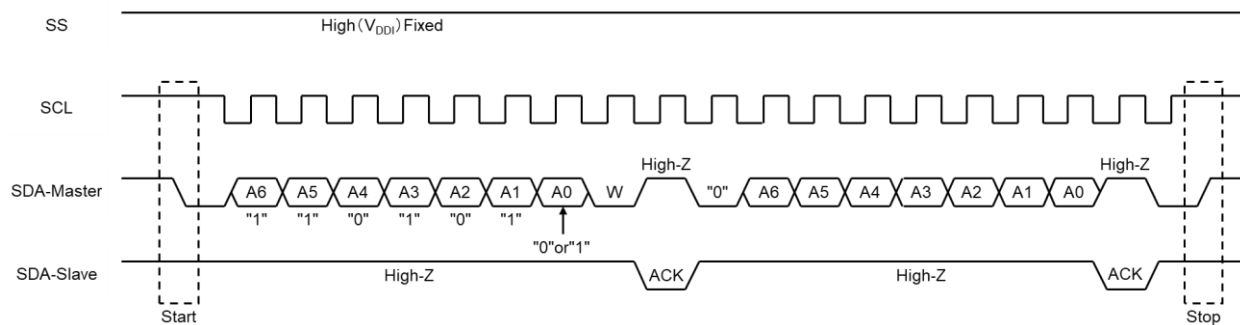
図 6.15 I²C でのレジスターからの読み出しシーケンス図 6.16 I²C でのアドレス (コマンド) 指定シーケンス

図 6.17 にタイミングチャートを示します。

表 6.3 AC 特性 (I²C)

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -20 °C ~ +80 °C)

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
クロックサイクル	t _{SCL}	2.5	-	-	μs
クロック “H”パルス幅	t _{WH}	0.6	-	-	μs
クロック “L”パルス幅	t _{WL}	1.3	-	-	μs
データセットアップ時間	t _{DS}	0.1	-	-	μs
データホールド時間	t _{DH}	0.0	-	-	μs
スタートコンディションホールド時間	t _{SH}	0.6	-	-	μs
リスタートコンディションセットアップ時間	t _{RS}	0.6	-	-	μs
ストップコンディションセットアップ時間	t _{PS}	0.6	-	-	μs
スタート・ストップ間コンディション	t _{WS}	1.3	-	-	μs

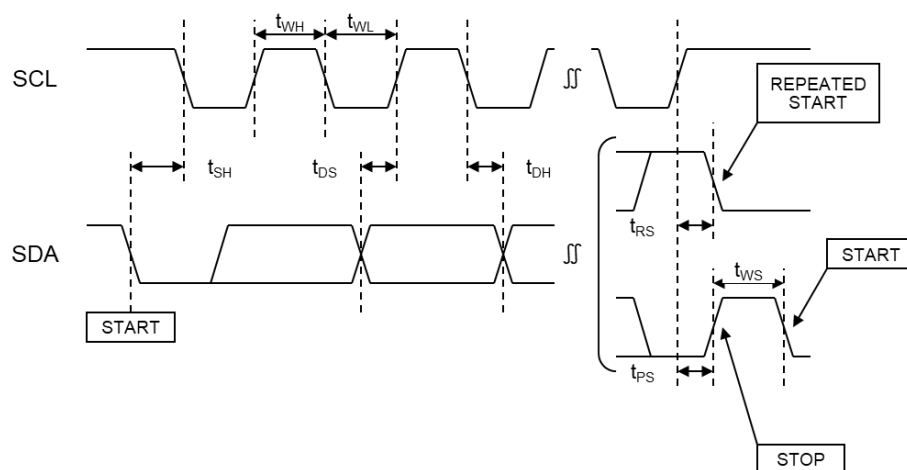


図 6.17 I²C タイミング

6.4. 4 線 SPI マルチスレーブ通信

マルチスレーブ機能は、弊社出荷時に設定することでのみ使用可能となる、4 線 SPI モードの拡張機能です。マルチスレーブ機能は、1 つのマスターデバイス (MPU) に対して、スレーブデバイス (Gyro) を複数個接続 (最大 3 個) することで、I/O ポートの削減、及び基板配線の削減ができます。なお、弊社出荷時にマルチスレーブ機能に設定した場合、他のシリアル通信 (4 線 SPI, 3 線 SPI, I²C) は、使用することができません。

スレーブデバイス 3 個の接続例を図 6.18 に示します。1 つのマスターデバイス (MPU) に対して、3 つのスレーブデバイス (Gyro) をシリアル通信端子共通に接続します。

各スレーブデバイス (Gyro) は、表 6.4 に示すアドレスを持っており、6.1 節に記したアドレス A [6:5] を設定することで、任意のスレーブデバイスとシリアル通信が可能になります。

なお、アドレス A [6:5] を "00" に設定した場合、全てのスレーブデバイスに対して共通データのレジスタ書き込みができますが、レジスタの読み出しは共通にできません。6.1 節に記載した書き込み/読み出しの制御 bit (アドレス最初の bit : MSB) を誤って "1" (読み出し) に設定しても、MISO は "High-Z" となります (グローバル角速度読み出しを除く)。

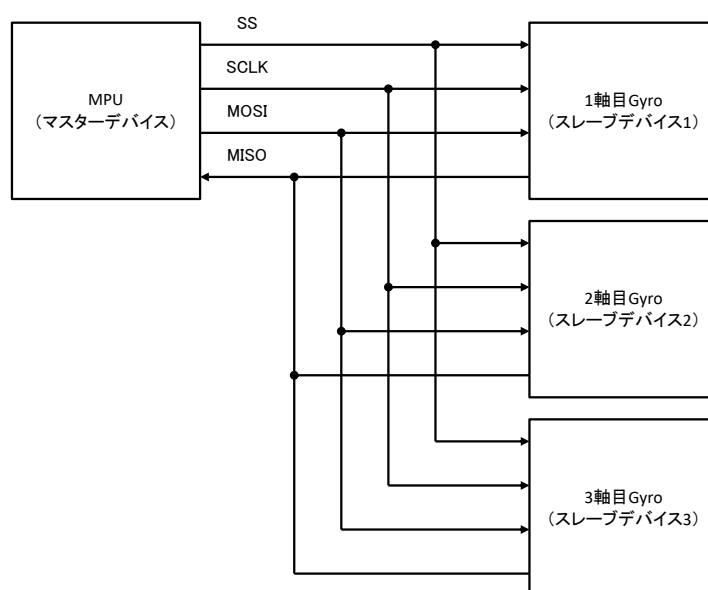


図 6.18 4 線 SPI マルチスレーブ接続例

表 6.4 スレーブデバイスのアドレス

A [6]	A [5]	選択されるスレーブデバイス	製品名称
0	0	全てのスレーブデバイス	-
0	1	1 軸目 Gyro	XV7081BB 49.600 kHz C
1	0	2 軸目 Gyro	XV7081BB 51.000 kHz D
1	1	3 軸目 Gyro	XV7081BB 53.600 kHz E

(注1) 最大 3 個のスレーブでデバイスを接続した場合

マルチスレーブ機能でのレジスタの書き込みシーケンスを図 6.19 に示します。書き込みデータは、スレーブデバイスアドレス、レジスタアドレスに引き続き転送します。アドレスとデータ転送の間、SS は論理 "L" レベルを保持して下さい。なお、書き込みシーケンスの間、MISO は "High-Z" となります。X は、"1" または "0" です。

マルチスレーブ機能でのレジスタの読み出しシーケンスを図 6.20 に示します。スレーブデバイスアドレス、レジスタアドレスの転送完了後、2 バイト目から SCLK の立ち下がりに同期してデータが出力されます。なお、データ非出力時は、書き込みシーケンスと同様に、MISO は "High-Z" となります。X は、"1" または "0" です。また、角速度データの読み出しは 16 bits 出力、あるいは 7 章に示す角速度データフォーマット選択によっては 24 bits 出力になります。1 バイト目の角速度データを読み出した後も、SS は論理 "L" レベルを保持し、任意の bit を読み出すまで SCLK によるクロック入力を継続して下さい。温度センサーデータの読み出しも同様です。

マルチスレーブ機能でのアドレス転送（コマンド）のみのシーケンスを図 6.21 に示します。アドレス転送の間、SS は論理 "L" レベルを保持して下さい。なお、アドレス転送シーケンスの間、MISO は "High-Z" となります。X は "1" または "0" です。

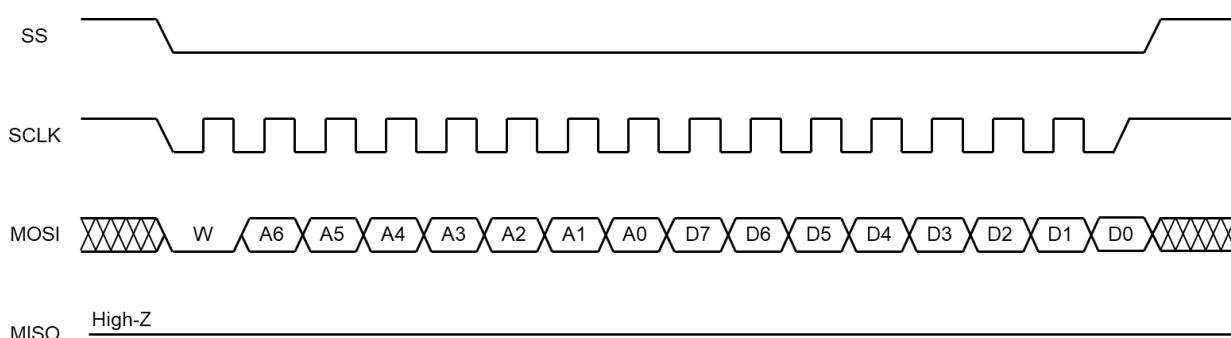


図 6.19 4 線 SPI マルチスレーブでのレジスタの書き込みシーケンス

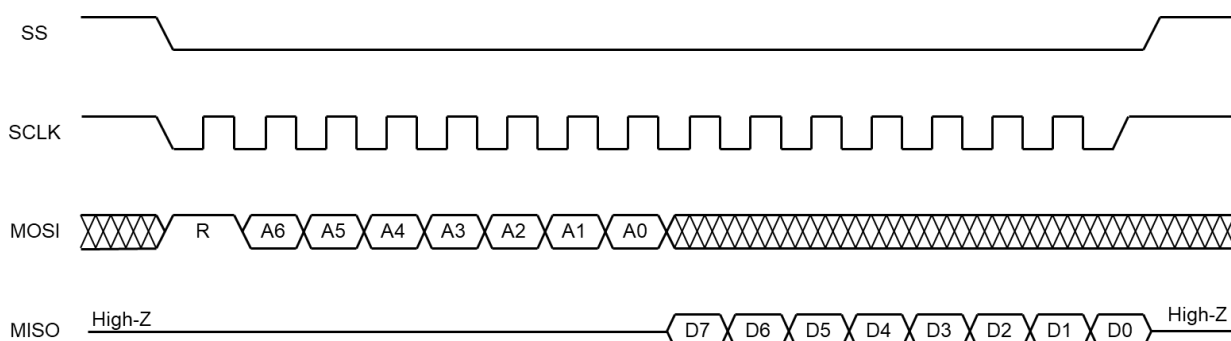


図 6.20 4 線 SPI マルチスレーブでのレジスタの読み出しシーケンス

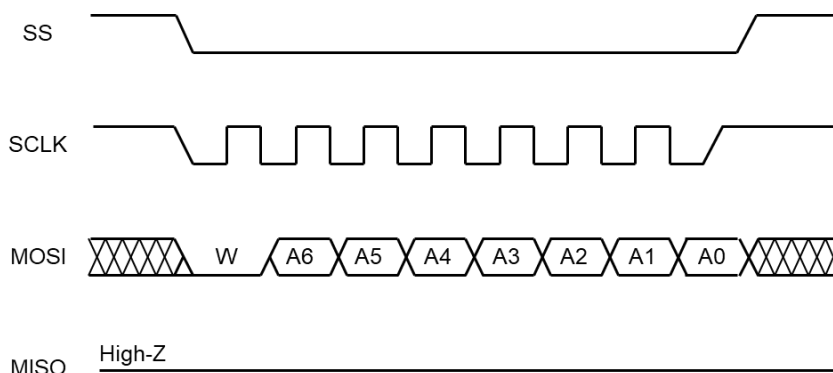


図 6.21 4 線 SPI マルチスレーブでのアドレス（コマンド）指定シーケンス

図 6.22、図 6.23 にタイミングチャートを示します。

表 6.5 AC 特性 (4 線 SPI マルチスレーブ)

($V_{DDM} = 2.7\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $GND = 0\text{ V}$, $T_{OPR} = -20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +80\text{ }^{\circ}\text{C}$)

項目	記号	条件	$V_{DDI} \leq 2.4\text{ V}$			$V_{DDI} > 2.4\text{ V}$			単位
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
SS セットアップ時間	t_{SSS}		15	-	-	15	-	-	ns
SS ホールド時間	t_{SSH}		100	-	-	100	-	-	ns
SS “H”パルス幅	t_{SSHW}		30	-	-	30	-	-	ns
クロックサイクル	t_{SCYC}		200	-	-	100	-	-	ns
クロック “H”パルス幅	t_{SHW}		90	-	-	40	-	-	ns
クロック “L”パルス幅	t_{SLW}		90	-	-	40	-	-	ns
データセットアップ時間	t_{SDS}		10	-	-	10	-	-	ns
データホールド時間	t_{SDH}		10	-	-	10	-	-	ns
リードアクセス時間	t_{SACC}	Max. $C_L = 30\text{ pF}$	-	-	80	-	-	30	ns
出力ディセーブル時間	t_{SOH}		-	-	30	-	-	30	ns

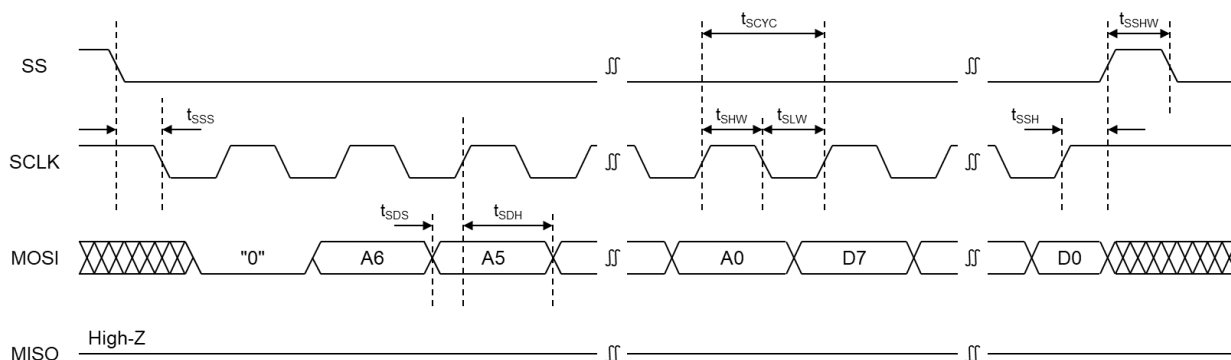


図 6.22 レジスターへの書き込み

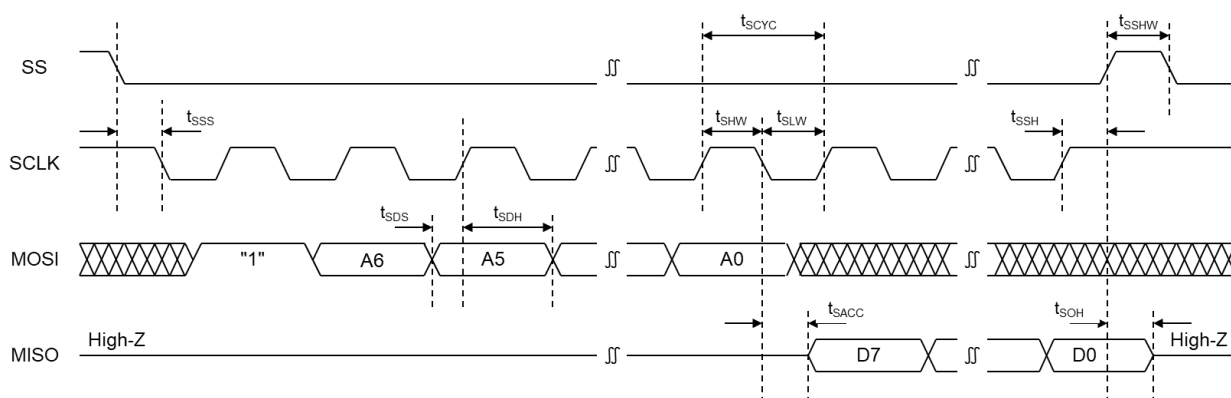


図 6.23 レジスターからの読み出し

(注1) X は、“1” または “0” です。

6.5. 角速度データ読み出し

6.5.1. 4 線 SPI/3 線 SPI/I²C 通信時の読み出し（マルチスレーブ機能未使用時）

角速度データの読み出しは、表 7.1 ユーザーコマンドレジスターに記載するレジスター **DatAccOn** で行います。角速度データは、2 の補数表現を用いており、16 bits/24 bits のデータ幅を有します。16 bits/24 bits 切り替えは表 7.6 に記載のレジスター **DataFormat** で切り替えが可能です。

DataFormat は、表 7.6 に記載する角速度データフォーマット (**DataFormat** = 0 : 16 bits 出力/1 : 24 bits 出力) になります。

4 線 SPI 通信/3 線 SPI 通信は、1 バイト目の角速度データを読み出した後も、SS は論理 "L" レベルを保持し、任意の bit を読み出すまで SCLK によるクロック入力を継続して下さい。

I²C 通信は、1 バイト目の角速度データを読み出した後、マスターは NACK（ノンアクノリッジ）ではなく、ACK（アクノリッジ）を返し、2 バイト目、もしくは 3 バイト目の読み出しを行って下さい。

表 6.6 角速度データ出力制御

A [6:5]	DataFormat	データ出力順番		
		1 st byte	2 nd byte	3 rd byte
00	0	D [15:8]	D [7:0]	
00	1	D [23:16]	D [15:8]	D [7:0]

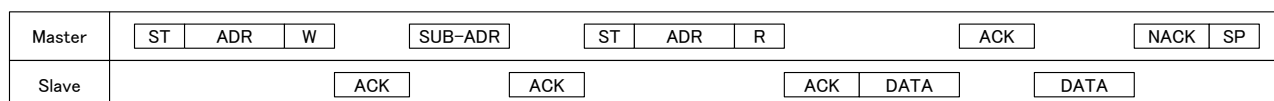


図 6.24 角速度データ（16 bits 出力）

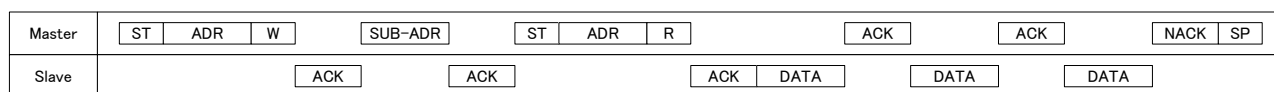


図 6.25 角速度データ（24 bits 出力）

6.5.2. 4 線 SPI マルチスレーブ通信時の読み出し

角速度データの読み出しは、表 7.1 に記載するレジスター **DatAccOn** で行います。角速度データは、2 の補数表現を用いており、16 bits/24 bits のデータ幅を有します。16 bits/24 bits 切り替えは表 7.6 に記載のレジスター **DataFormat** で切り替えが可能です。読み出し方法は、グローバル角速度読み出しと通常角速度読み出しの 2 つあります。

グローバル角速度読み出しを図 6.26 に示します。本読み出し方法は 3 つのスレーブデバイス (Gyro) が接続されたときのみ使用可能です。グローバル角速度読み出しを行うには、スレーブデバイスアドレス A[6:5] を "00" に設定して下さい。1 軸目 Gyro の角速度データに続き、2 軸目 Gyro、3 軸目 Gyro の角速度データが出力されます。シリアル通信において、任意の bit を読み出すまで、SS は論理 "L" レベルを保持し、SCLK によるクロック入力を継続して下さい。任意の bit を読み出す前に SS を論理 "L" レベルから論理 "H" レベルに設定した場合、以降の角速度データは出力されません。再度、角速度データ読み出しコマンド (**DatAccOn**) を実行して下さい。

また、SS を論理 "L" レベルに保持した状態で、任意の bit を読み出す前に SCLK を停止した場合、SCLK の入力を再開することで角速度データが引き続き出力されます。

グローバル角速度読み出しのオペレーション方法 1 を図 6.27 に示します。1 軸目 Gyro の角速度データに続き、2 軸目 Gyro、3 軸目 Gyro の角速度データが出力されます。任意の bit を読み出した後、SS を論理 "L" レベルから論理 "H" レベルに立ち上げて下さい。再度、角速度データを読み出す場合は、角速度データ読み出しコマンド (**DatAccOn**) を実行して下さい。

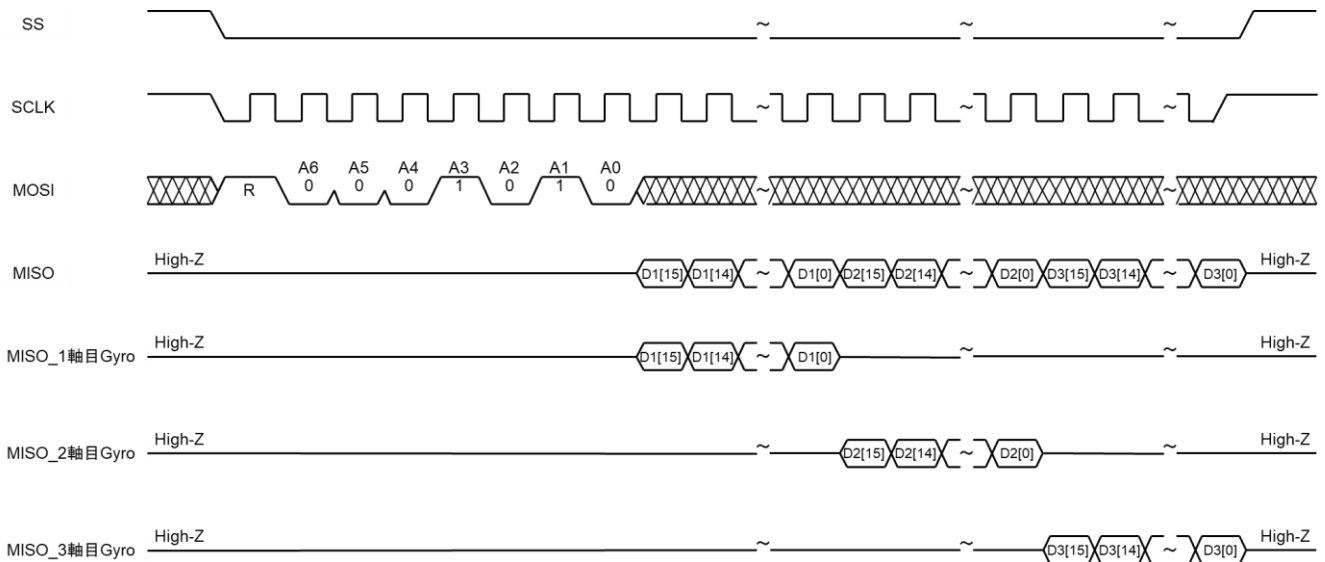


図 6.26 グローバル角速度読み出し

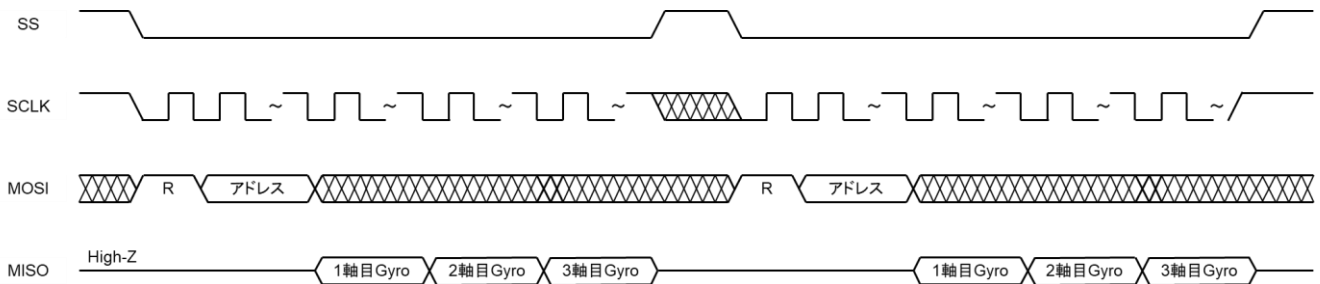


図 6.27 グローバル角速度読み出しのオペレーション方法 1

グローバル角速度読み出しのオペレーション方法 2 について図 6.28 に示します。また、データ出力順番を表 6.7 に示します。3 軸目 Gyro の角速度データが出力された後、引き続き、SS を論理 "L" レベルに保持した状態で SCLK を入力すると、2 順目の角速度データ（1 軸目 Gyro ～ 3 軸目 Gyro）が出力されます。この角速度データ読み出しは、SS を論理 "H" レベルにするまで、3 順目、4 順目と繰り返し角速度データを読み出すことが可能です。

読み出す角速度データの更新は、1 軸前の角速度データ下位 8 bits を読み出す期間に行われ、2 順 1 軸目 Gyro の角速度データは、1 順 3 軸目 Gyro の角速度データ下位 8 bits を読み出す期間で更新されます。

通常角速度読み出しを図 6.29 に示します。通常角速度読み出し時のスレーブデバイスアドレス A[6:5]は、表 6.4 に示す任意のスレーブデバイスアドレス（1 軸目 ～ 3 軸目 Gyro の何れか一つ）を設定して下さい。シリアル通信において、任意の bit を読み出すまで、SS は論理 "L" レベルを保持し、SCLK によるクロック入力を継続して下さい。任意の bit を読み出す前に SS を論理 "L" レベルから論理 "H" レベルにした場合、以降の角速度データは出力されません。再度、角速度データ読み出しコマンド（DatAccOn）を実行して下さい。

また、SS を論理 "L" レベルに保持した状態で、任意の bit を読み出す前に SCLK を停止した場合、SCLK の入力を再開することで角速度データが引き続き出力されます。

なお、全ての角速度データが出力された後、引き続き、SS を論理 "L" レベルに保持した状態で SCLK を入力しても角速度データは出力されません（MISO は論理 "L" レベルを出力します）。角速度データを再度読み出す場合は、SS を論理 "H" レベルに設定し（MISO は "High-Z" になります）、再度、角速度データ読み出しコマンド（DatAccOn）を実行して下さい。

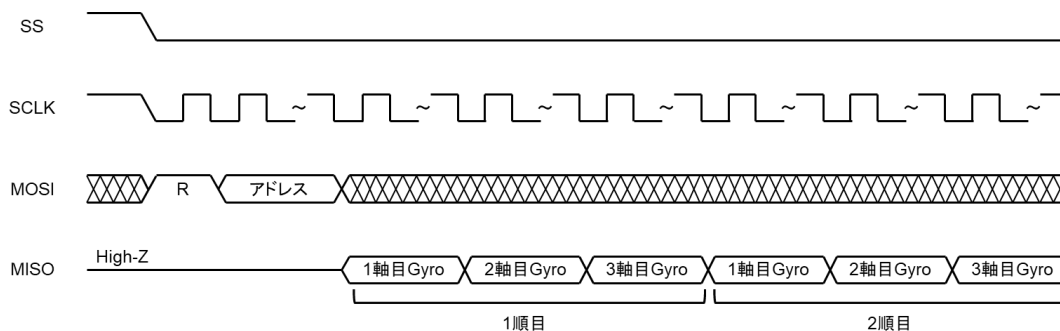


図 6.28 グローバル角速度読み出しのオペレーション方法 2 (3 軸設定)

表 6.7 グローバル角速度読み出しのオペレーション方法 2 (データ出力順番)

データ出力順番					
1 順目			2 順目		
1 軸目 Gyro	2 軸目 Gyro	3 軸目 Gyro	1 軸目 Gyro	2 軸目 Gyro	3 軸目 Gyro

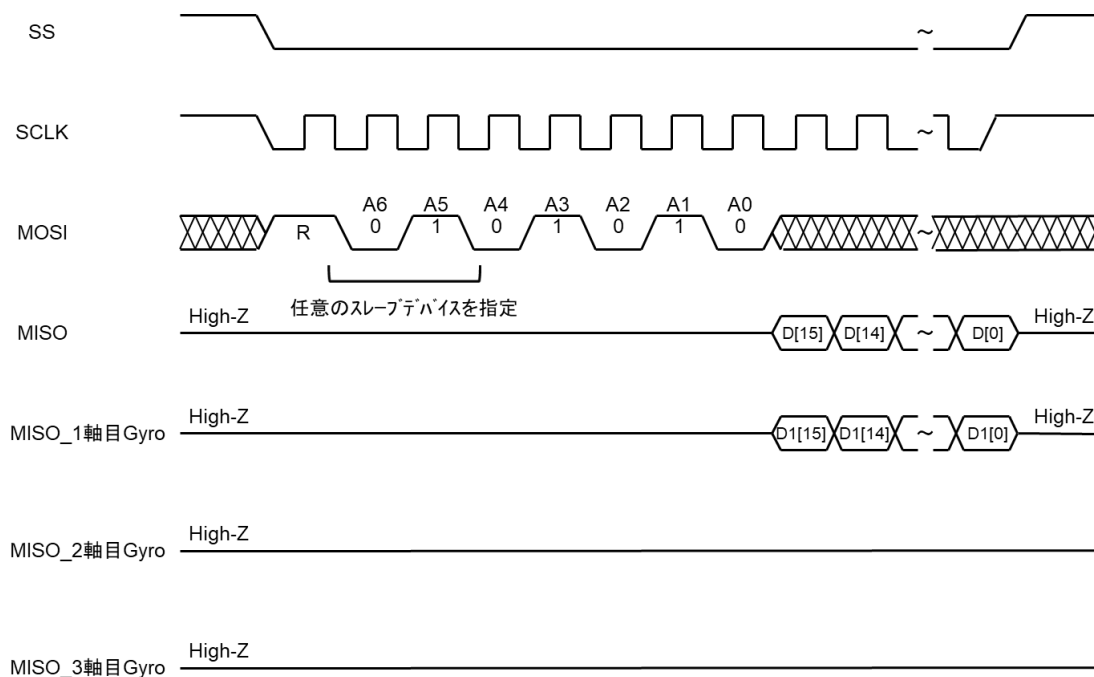


図 6.29 通常角速度読み出し

グローバル角速度読み出しと、通常角速度読み出しの角速度データ出力制御を表 6.8 に示します。

表 6.8 角速度データ出力制御

読み出し方法	A [6:5]	Data Format	データ出力順番								
			1 st byte	2 nd byte	3 rd byte	4 th byte	5 th byte	6 th byte	7 th byte	8 th byte	9 th byte
グローバル角速度読み出し	00	0	D1 [15:8]	D1 [7:0]	D2 [15:8]	D2 [7:0]	D3 [15:8]	D3 [7:0]			
		1	D1 [23:16]	D1 [15:8]	D1 [7:0]	D2 [23:16]	D2 [15:8]	D2 [7:0]	D3 [23:16]	D3 [15:8]	D3 [7:0]
通常角速度読み出し	00 以外	0	D [15:8]	D [7:0]							
		1	D [23:16]	D [15:8]	D [7:0]						

(注) アドレス A [6:5] は、表 6.4 に記載するスレーブデバイスのアドレスです。

(注) DataFormat は、表 7.6 に記載する角速度データフォーマット (DataFormat = 0 : 16 bits 出力/1 : 24 bits 出力) を参照ください。

(注) グローバル角速度読み出し (アドレス A [6:5] = "00") では、D1 は 1 軸目 Gyro、D2 は 2 軸目 Gyro、D3 は 3 軸目 Gyro の角速度データです。

(注) グローバル角速度読み出しの場合、全てのスレーブデバイスが選択され、1 軸目 Gyro の角速度データ D1 に続き、2 軸目 Gyro の角速度データ D2、3 軸目 Gyro の角速度データ D3 が出力されます。各スレーブデバイスの角速度データフォーマット (DataFormat = 0 : 16 bits 出力/1 : 24 bits 出力) を誤って別々に設定した場合、出力される角速度データがコンフリクトします。従って、各スレーブデバイスの角速度データフォーマットは、同一の設定をお願い致します。

例 : 1 軸目 Gyro DataFormat = 1 (24 bits 出力)、2 軸目 Gyro DataFormat = 0 (16 bits 出力) の場合、3 byte 目に出力される角速度データがコンフリクトします。

(注) グローバル角速度読み出しは、SS を論理 "H" レベルにするまで、2 順目、3 順目と繰り返し角速度データを読み出すことが可能です。

(注) グローバル角速度読み出しにおいて、ある軸のスレーブデバイスが存在しない場合、その軸の角速度データは "High-Z" になります。スレーブデバイスが存在しない軸の角速度データ読み出しは、SS を論理 "L" レベルに保持した状態で SCLK によるクロック入力を行い、読み出したい軸の角速度データまで空回しを行って下さい。

例 1 : 1 軸目 Gyro が存在しない → D1 [15:0] もしくは D1 [23:0] は "High-Z" になります。

例 2 : 2 軸目 Gyro が存在しない → D2 [15:0] もしくは D2 [23:0] は "High-Z" になります。

例 3 : 3 軸目 Gyro が存在しない → D3 [15:0] もしくは D3 [23:0] は "High-Z" になります。

(注) 通常角速度読み出しの場合、D はアドレス A [6:5] で指定されたスレーブデバイス (1 軸目 ~ 3 軸目 Gyro のどれか一つ) の角速度データです。

6.6. 温度センサーデータ読み出し

温度センサーデータの読み出しは、表 7.1 に記載するレジスター TempRd で行います。温度センサーデータは、2 の補数表現を用いており、8 bits/10 bits/12 bits（表 7.7 記載のレジスター TsDataFormat で切り替え、初期値は 12 bits）のデータ幅を有します。角速度データの読み出しと同様に、任意の bit を読み出すまで、シリアル通信を継続して下さい。なお、温度センサーデータは、約 2.4 ms の間隔で更新されます。

表 6.9 温度センサーデータ出力制御

TsDataFormat [1]	TsDataFormat [0]	データ出力順番	
		1 st byte	2 nd byte
0	0	D [7:0]	
0	1	D [9:2]	D [1:0] (注 1)
1	0	D [11:4]	D [3:0] (注 2)
1	1		

(注1) LSB 側 6 bits は、論理 "L" レベルが出力されます。

(注2) LSB 側 4 bits は、論理 "L" レベルが出力されます。

6.7. MISO/SA0 の制御方法

表 7.7 に記載するレジスター SelMISO [1:0]を書き換えることにより、MISO/SA0 端子の状態は、表 6.10 に示すように変更することが可能です。

表 6.10 MISO/SA0 端子の制御方法

モード	SPISel	I ² C_EN	SelMISO [1]	SelMISO [0]	SS	MISO/SA0
マルチスレーブ	X	X	X	X	0	出力 (注 2)
	X	X	X	X	1	High-Z
4 線 SPI	0 (4 線 SPI)	0 (I ² C Disable)	X	X	0	出力
	0	0	0	0	1	出力 "L" レベル
	0	0	0	1	1	出力 "H" レベル
	0	0	1	X	1	High-Z
3 線 SPI	1 (3 線 SPI)	X	0	0	X	出力 "L" レベル
	1	X	0	1	X	出力 "H" レベル
	1	X	1	X	X	High-Z
I ² C	0	1 (I ² C Enable)	0	0	1	入力
	0	1	0	1	1	High-Z (注 3)
	0	1	1	0	1	入力 (プルダウン)
	0	1	1	1	1	入力 (プルアップ)

(注1) SelMISO [1]の初期値は "1"、SelMISO [0]の初期値は "0" です。

(注2) データ読み出し時は出力、それ以外は "High-Z" になります。

(注3) SA0 は、IC 内部で "0" に固定されます。

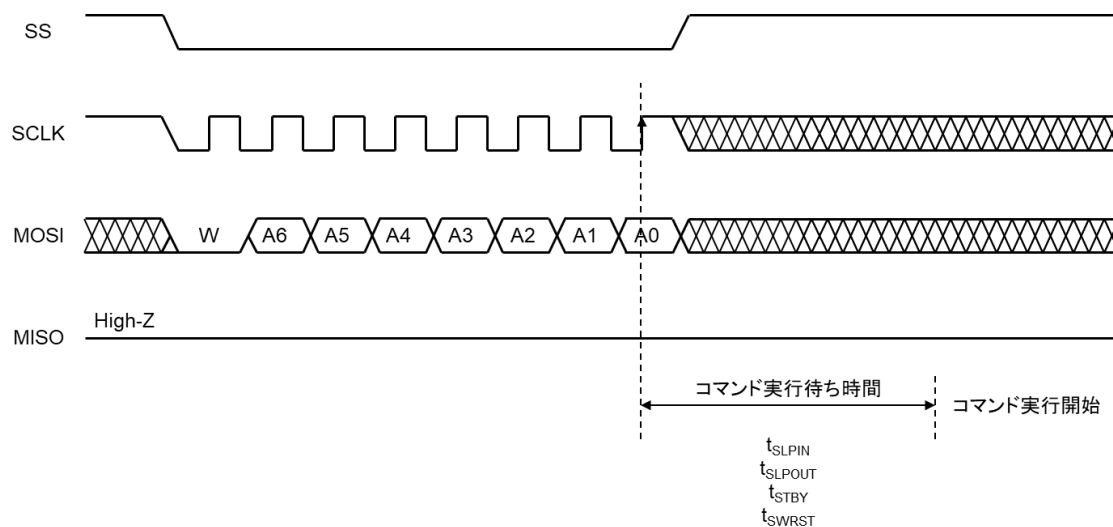
6.8. コマンド発行に関する制約時間

6.8.1. 4 線 SPI/3 線 SPI/4 線 SPI マルチスレーブ通信

表 6.11 SPI 通信でのコマンド発行に関する制約時間

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -20 °C ~ +80 °C)

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
スリープイン実行待ち時間	t _{SLPIN}	10	-	-	μs
スリープアウト実行待ち時間 (注 1)	t _{SLPOUT}	10	-	-	μs
スタンバイ実行待ち時間	t _{STBY}	10	-	-	μs
ソフトウェアリセット実行待ち時間	t _{SWRST}	10	-	-	μs



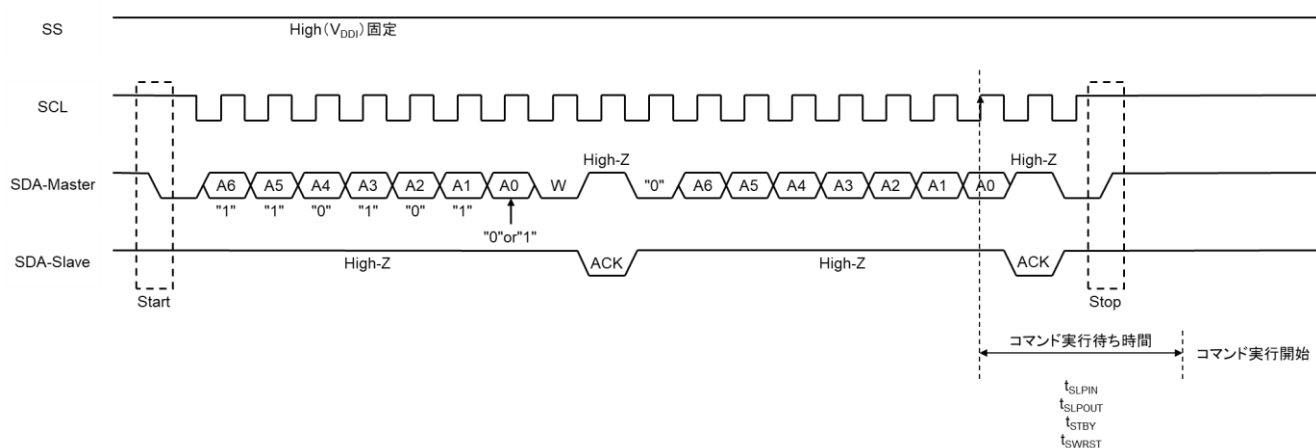
(注1) スリープアウトのコマンド発行は、スリープイン、もしくはスタンバイのコマンド発行後、コマンド実行待ち時間経過後 (t_{SLPOUT}、もしくは t_{STBY}) に行ってください。

(注2) X は、"1" または "0" です。

図 6.30 SPI 通信でのコマンド発行に関する制約時間

6.8.2. I²C 通信表 6.12 I²C でのコマンド発行に関する制約時間(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -20 °C ~ +80 °C)

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
スリープイン実行待ち時間	t _{SLPIN}	10	-	-	μs
スリープアウト実行待ち時間 (注 1)	t _{SLPOUT}	10	-	-	μs
スタンバイ実行待ち時間	t _{STBY}	10	-	-	μs
ソフトウェアリセット実行待ち時間	t _{SWRST}	10	-	-	μs



(注1) スリープアウトのコマンド発行は、スリープイン、もしくはスタンバイのコマンド発行後、コマンド実行待ち時間経過後 (t_{SLPOUT}、もしくは t_{STBY}) に行ってください。

図 6.31 I²C でのコマンド発行に関する制約時間

7. ユーザーコマンドレジスター

表 7.1 ユーザーコマンドレジスター

アドレス	レジスター名	R/W/C	機能
0x00	Reserved		
0x01	DspCtl1	R/W	DSP 設定切り替え 1
0x02	DspCtl2	R/W	DSP 設定切り替え 2
0x03	DspCtl3	R/W	DSP 設定切り替え 3
0x04	StsRd	R	ステータスリード
0x05	SlpIn	C	スリープイン
0x06	SlpOut	C	スリープアウト
0x07	Stby	C	スタンバイ
0x08	TempRd	R	温度センサーデータ読み出し
0x09	SWRst	C	ソフトウェアリセット（ユーザーコマンドレジスター初期化）
0x0a	DatAccOn	R	角速度データ読み出し
0x0b	OutCtl1	R/W	角速度データ読み出し制御
0x0c	Reserved		
0x0d	Reserved		
0x0e	Reserved		
0x0f	Reserved		
0x10	Reserved		
0x11	Reserved		
0x12	Reserved		
0x13	Reserved		
0x14	Reserved		
0x15	Reserved		
0x16	Reserved		
0x17	Reserved		
0x18	Reserved		
0x19	Reserved		
0x1a	Reserved		
0x1b	Reserved		
0x1c	TsDataFormat	R/W	温度センサーデータフォーマット
0x1d	Reserved		
0x1e	Reserved		
0x1f	IFCtl	R/W	シリアルインターフェイス設定

R : レジスター読み出し

R/W : レジスター読み出し、及びレジスター書き込み

C : アドレス（コマンド）指定

（注1） Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用するして下さい。

7.1. DSP 設定切り替え 1

表 7.2 DSP 設定切り替え 1

アドレス	Bit	レジスター名	初期値	R/W	機能	設定内容
0x01	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	HpFfc [2]	0	R/W	HPF f_c 選択	HpFfc [2:0] 000 : 0.01 Hz 001 : 0.03 Hz 010 : 0.1 Hz 011 : 0.3 Hz 100 : 1 Hz 101 : 3 Hz 110 : 10 Hz 111 : Not Available
	5	HpFfc [1]	1	R/W		
	4	HpFfc [0]	0	R/W		
	3	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	2	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	1	EnableHpF	0	R/W	HPF Enable	0 : Disable, 1 : Enable
	0	Reserved	1	R/W	Reserved	Reserved

7.2. DSP 設定切り替え 2

表 7.3 DSP 設定切り替え 2

アドレス	Bit	レジスター名	初期値	R/W	機能	設定内容
0x02	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	5	LpfOrder [1]	0	R/W	LPF 次数選択	LpfOrder [1:0] 00 : 2 次 01 : 3 次 10 : 4 次 11 : Not Available
	4	LpfOrder [0]	0	R/W		
	3	LpfFc [3]	0	R/W	LPF f_c 選択	LpfFc [3:0] 0000 : 10 Hz 0001 : 35 Hz 0010 : 45 Hz 0011 : 50 Hz 0100 : 70 Hz 0101 : 85 Hz 0110 : 100 Hz 0111 : 140 Hz 1000 : 175 Hz 1001 : 200 Hz 1010 : 285 Hz 1011 : 345 Hz 1100 : 400 Hz 1101 : 500 Hz 1110 : Not Available 1111 : Not Available
	2	LpfFc [2]	1	R/W		
	1	LpfFc [1]	1	R/W		
	0	LpfFc [0]	0	R/W		

7.3. DSP 設定切り替え 3

表 7.4 DSP 設定切り替え 3

アドレス	Bit	レジスター名	初期値	R/W	機能	設定内容
0x03	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	2	SelfFs [2]	0	R/W	角速度出力 サンプリング レート選択 f_s	SelfFs [2:0] (注 3) 000: f_s 001: $f_s/2$ 010: $f_s/4$ 011: $f_s/8$ 100: $f_s/16$ 101: $f_s/32$ 110: $f_s/64$ 111: $f_s/128$
	1	SelfFs [1]	0	R/W		
	0	SelfFs [0]	0	R/W		

7.4. ステータスリード

表 7.5 ステータスリード

アドレス	Bit	レジスター名	初期値	R/W	機能	設定内容
0x04	7	Reserved		R	Reserved	Reserved
	6	Reserved		R	Reserved	Reserved
	5	Reserved		R	Reserved	Reserved
	4	Reserved		R	Reserved	Reserved
	3	ProcOK		R	温度センサー データ出力フラグ	0 : データ出力不可 1 : データ出力可
	2	preStsPOR		R	ステータスフラグ	Bit [2:0] (注 1) 100 : 電源投入後 010 : スタンバイ 000 : スリープ 001 : スリープアウト
	1	preStsStby		R		
	0	preStsSlpOut		R		

(注1) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

(注2) 記載の組み合わせ以外はありません。

7.5. スリープイン

アドレス "0x05" を指定して下さい。データの読み出し、及び書き込みはありません。スリープ時は、レジスターアクセスのみ可能です。角速度データ、及び温度センサーデータは、"0" になります。スリープモードの解除は、7.6 節のスリープアウトを実行して下さい。

7.6. スリープアウト

アドレス "0x06" を指定して下さい。データの読み出し、及び書き込みはありません。スリープモード、またはスタンバイモードから通常動作に復帰します。この時、DSP は初期化されます。

7.7. スタンバイ

アドレス "0x07" を指定して下さい。データの読み出し、及び書き込みはありません。スタンバイ時は、検出回路が Disable になります。角速度データ、及び温度センサーデータは、"0" になります。スタンバイモードの解除は、7.6 節のスリープアウトを実行して下さい。但し、スリープモードからスタンバイモードへの遷移はできません。

7.8. 温度センサーデータ読み出し

アドレス "0x08" を指定して下さい。データの読み出しのみです（書き込みはありません）。温度センサーデータ読み出しは、6.6 節を参照下さい。

7.9. ソフトウェアリセット

アドレス "0x09" を指定して下さい。データの読み出し、及び書き込みはありません。表 7.1 に示すユーザーコマンドレジスターが初期化（レジスター初期値に設定）されます。

7.10. 角速度データ読み出し

アドレス "0x0a" を指定して下さい。データの読み出しのみです（書き込みはありません）。角速度データ読み出しは、6.5 節を参照下さい。

7.11. 角速度データ読み出し制御

表 7.6 角速度データ読み出し制御

アドレス	Bit	レジスター名	初期値	R/W	機能	設定内容
0x0b	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	2	DataFormat	0	R/W	角速度データフォーマット	0 : 16 bits 出力 1 : 24 bits 出力
	1	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	0	Reserved	1	R/W	Reserved	Reserved

（注） Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

7.12. 温度センサーデータフォーマット

表 7.7 温度センサーデータフォーマット

アドレス	Bit	レジスター名	初期値	R/W	機能	設定内容
0x1c	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	TsDataFormat [1]	1	R/W	温度センサー データ フォーマット	TsDataFormat [1:0] 00 : 8 bits 出力 01 : 10 bits 出力 10 : 12 bits 出力 11 : Not Available
	5	TsDataFormat [0]	0	R/W		
	4	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	3	SeIMISO [1]	1	R/W	MISO/SA0 端子 状態選択	(注 2)
	2	SeIMISO [0]	0	R/W		
	1	Reserved	1	R/W	Reserved	Reserved
	0	Reserved	1	R/W	Reserved	Reserved

(注1) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

(注2) 設定内容は、6.7 節 MISO/SA0 端子の制御方法を参照して下さい。

7.13. シリアルインターフェイス設定

表 7.8 シリアルインターフェイス設定

アドレス	Bit	レジスター名	初期値	R/W	機能	設定内容
0x1f	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	2	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	1	SPISel (注 3)	0	R/W	4 線/3 線 SPI 選択	0 : 4 線 SPI 1 : 3 線 SPI
	0	I ² C_EN (注 3)	1	R/W	I ² C Enable	0 : Disable 1 : Enable

(注1) 表 7.8 に記載するモードは、SPI 通信でのみ設定変更が可能です。

(注2) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

(注3) 4 線 SPI マルチスレーブ通信機能が設定された製品では、レジスター設定は反映されません。

8. フィルター特性

8.1. アナログフィルター

図 1.2 に記載するアナログ LPF の特性を表 8.1 に、フィルター特性図を図 8.1 に示します。フィルター特性の詳細については、弊社へお問い合わせください。

表 8.1 アナログ 1 次 LPF

項目	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
カットオフ周波数	位相遅れ 45°	-	1370	-	Hz
位相遅延	10 Hz の位相遅れ角	-	-0.42	-	°

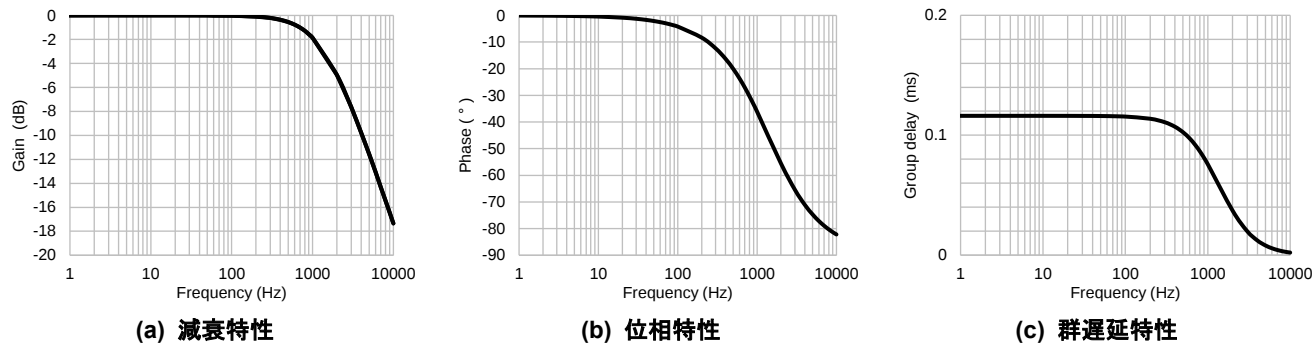


図 8.1 アナログ 1 次 LPF フィルター特性

8.2. デジタルフィルター

8.2.1. セレクタブルデジタル LPF

セレクタブルデジタル LPF の特性値を表 8.2 に、フィルター特性を図 8.2～図 8.4 に示します。セレクタブルデジタル LPF は、フィルター次数(2 次/3 次/4 次)と、カットオフ周波数(10 Hz ～ 500 Hz, 14 段階)が選択可能です。設定方法は 7.2 節を参照ください。また、フィルター特性の詳細については、弊社へお問い合わせください。

表 8.2 セレクタブルデジタル LPF

項目	条件	Typ.			単位
		2 次	3 次	4 次	
位相遅延 @ 10 Hz	$f_c = 10 \text{ Hz}$	-67.3	-83.2	-96.6	°
	$f_c = 35 \text{ Hz}$	-21.4	-25.5	-29.1	°
	$f_c = 45 \text{ Hz}$	-16.7	-19.8	-22.6	°
	$f_c = 50 \text{ Hz}$	-15.0	-17.9	-20.4	°
	$f_c = 70 \text{ Hz}$	-10.8	-12.8	-14.5	°
	$f_c = 85 \text{ Hz}$	-8.9	-10.5	-12.0	°
	$f_c = 100 \text{ Hz}$	-7.6	-9.0	-10.2	°
	$f_c = 140 \text{ Hz}$	-5.4	-6.4	-7.3	°
	$f_c = 175 \text{ Hz}$	-4.3	-5.1	-5.8	°
	$f_c = 200 \text{ Hz}$	-3.8	-4.5	-5.1	°
	$f_c = 285 \text{ Hz}$	-2.6	-3.1	-3.6	°
	$f_c = 345 \text{ Hz}$	-2.2	-2.6	-2.9	°
	$f_c = 400 \text{ Hz}$	-1.9	-2.2	-2.5	°
	$f_c = 500 \text{ Hz}$	-1.5	-1.8	-2.0	°
群遅延 @ DC	$f_c = 10 \text{ Hz}$	20.9	24.7	28.1	ms
	$f_c = 35 \text{ Hz}$	6.0	7.1	8.1	ms
	$f_c = 45 \text{ Hz}$	4.7	5.6	6.3	ms
	$f_c = 50 \text{ Hz}$	4.2	5.0	5.7	ms
	$f_c = 70 \text{ Hz}$	3.1	3.6	4.1	ms
	$f_c = 85 \text{ Hz}$	2.6	3.0	3.4	ms
	$f_c = 100 \text{ Hz}$	2.2	2.6	2.9	ms
	$f_c = 140 \text{ Hz}$	1.6	1.9	2.1	ms
	$f_c = 175 \text{ Hz}$	1.3	1.5	1.7	ms
	$f_c = 200 \text{ Hz}$	1.2	1.4	1.5	ms
	$f_c = 285 \text{ Hz}$	0.9	1.0	1.1	ms
	$f_c = 345 \text{ Hz}$	0.7	0.8	0.9	ms
	$f_c = 400 \text{ Hz}$	0.6	0.7	0.8	ms
	$f_c = 500 \text{ Hz}$	0.5	0.6	0.7	ms

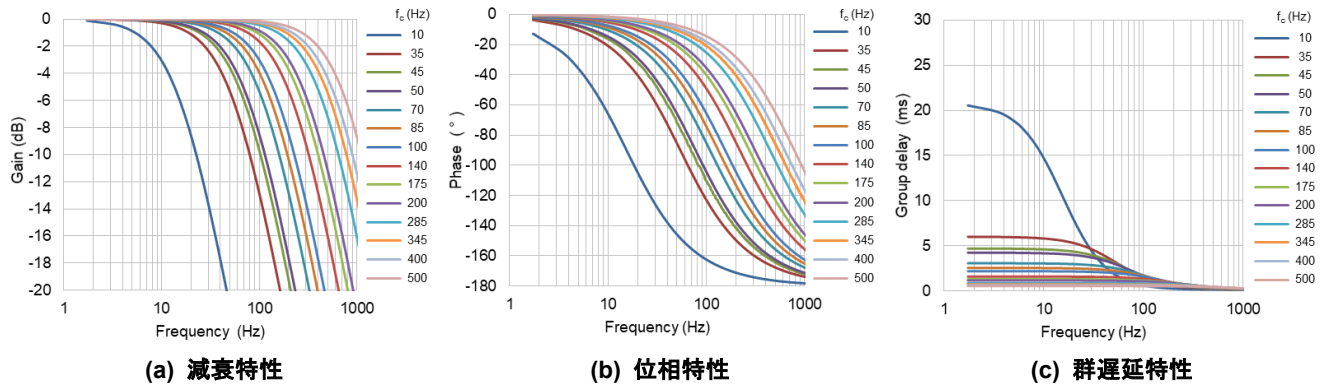


図 8.2 セレクタブルデジタル LPF (2 次) のフィルター特性

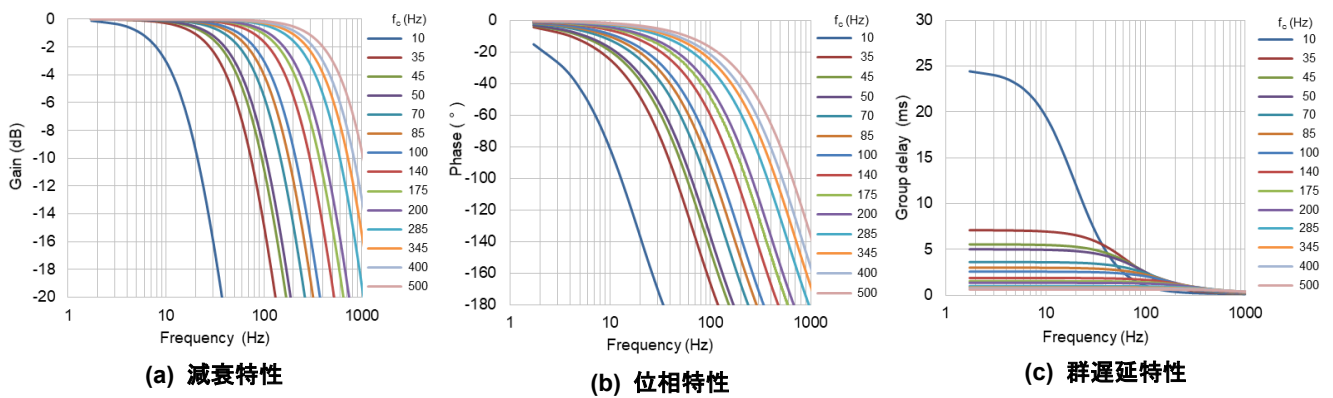


図 8.3 セレクタブルデジタル LPF (3 次) のフィルター特性

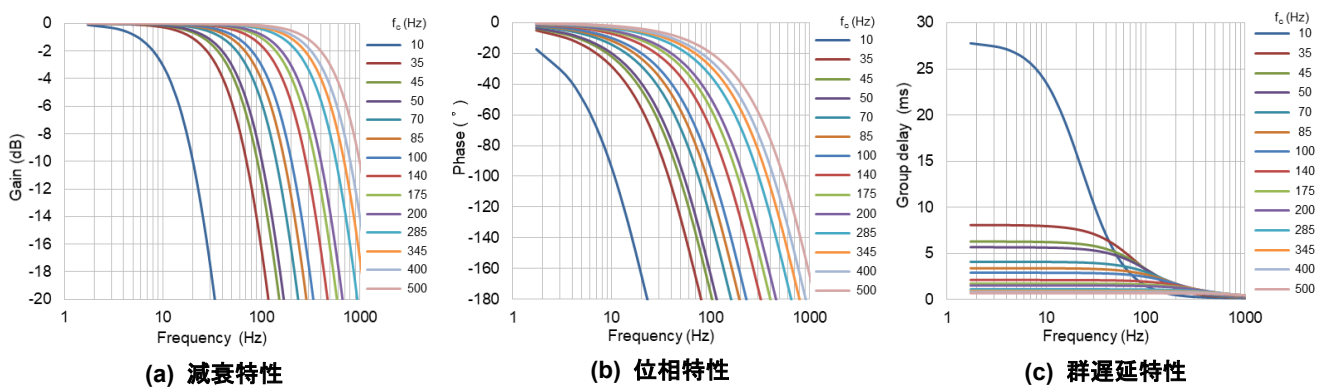


図 8.4 セレクタブルデジタル LPF (4 次) のフィルター特性

8.2.2. セレクタブルデジタル HPF

セレクタブルデジタル HPF の特性値を表 8.3 に、フィルター特性を図 8.5 に示します。セレクタブルデジタル HPF は、フィルター次数は 1 次で、カットオフ周波数(0.01 Hz ~ 10 Hz, 7 段階)が選択可能です。設定方法は 7.1 節を参照ください。また、フィルター特性の詳細については、弊社へお問い合わせください。

表 8.3 セレクタブルデジタル HPF

項目	条件	Typ.	単位
		1 次	
位相遅延 @ 10 Hz	$f_c = 0.01$ Hz	0.1	°
	$f_c = 0.03$ Hz	0.2	°
	$f_c = 0.1$ Hz	0.6	°
	$f_c = 0.3$ Hz	1.7	°
	$f_c = 1$ Hz	5.7	°
	$f_c = 3$ Hz	16.7	°
	$f_c = 10$ Hz	45.0	°
群遅延 @ 10 Hz	$f_c = 0.01$ Hz	0.02	ms
	$f_c = 0.03$ Hz	0.05	ms
	$f_c = 0.1$ Hz	0.16	ms
	$f_c = 0.3$ Hz	0.47	ms
	$f_c = 1$ Hz	1.56	ms
	$f_c = 3$ Hz	4.35	ms
	$f_c = 10$ Hz	7.92	ms

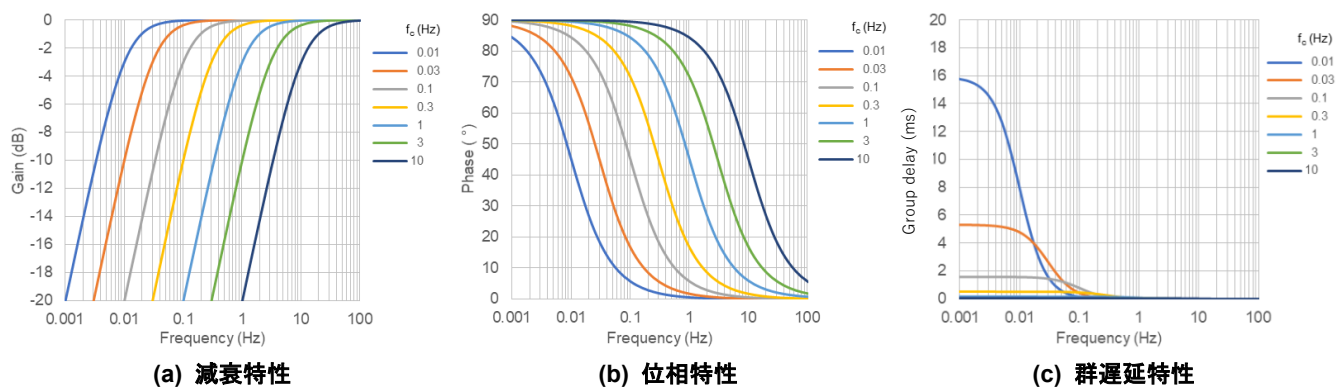


図 8.5 セレクタブルデジタル HPF (1 次) のフィルター特性

9. 接續回路例

各 SPI 設定において、回路基板配線における特性インピーダンスの影響で通信信号波形が歪み、正常なシリアル通信ができない場合がございます。その場合は MOSI 端子および SCLK 端子にダンピング抵抗を直列接続することでシリアル通信が可能になる場合がございます。

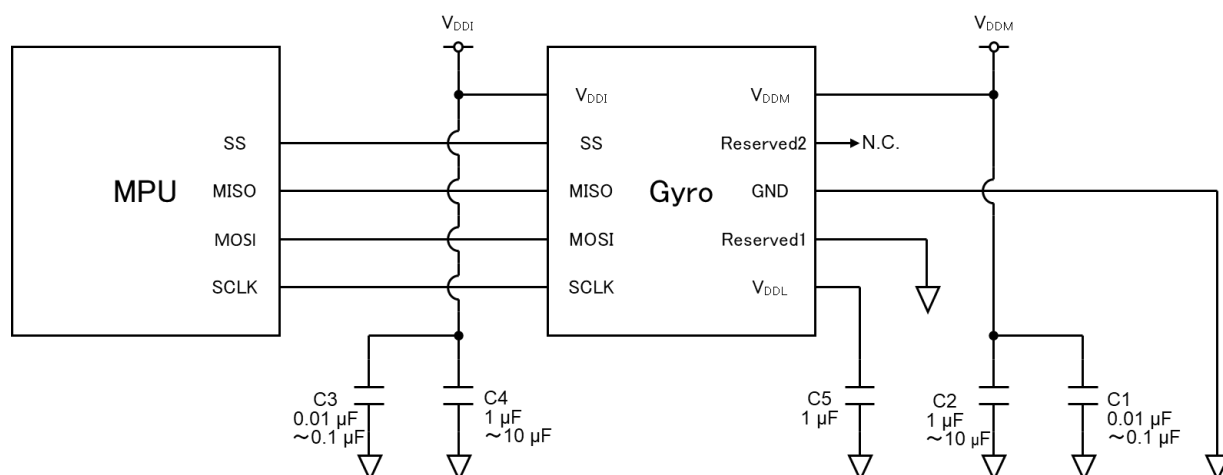


図 9.1 4 線 SPI 外部接続例

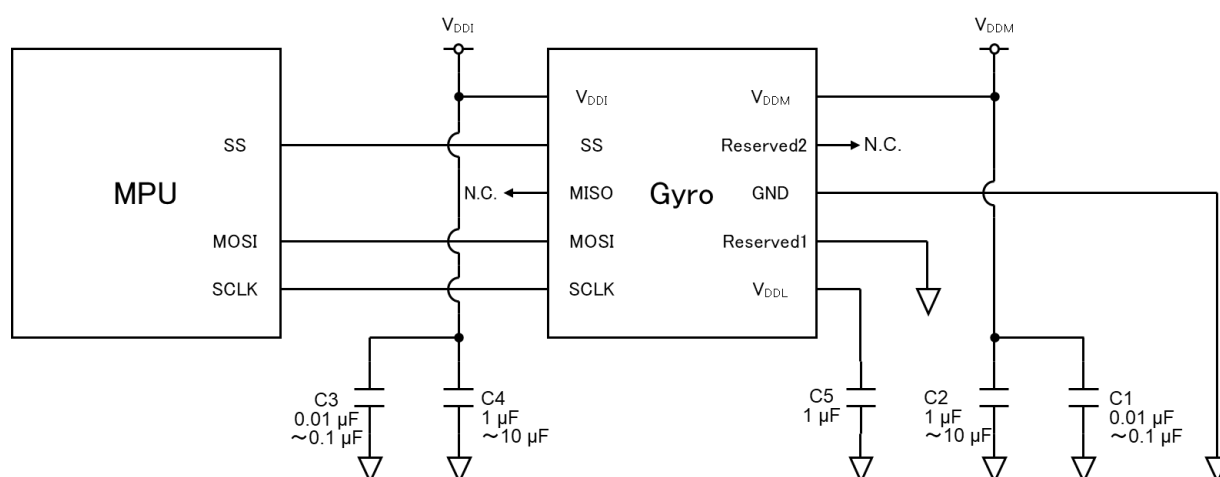


図 9.2 3 線 SPI 外部接続例

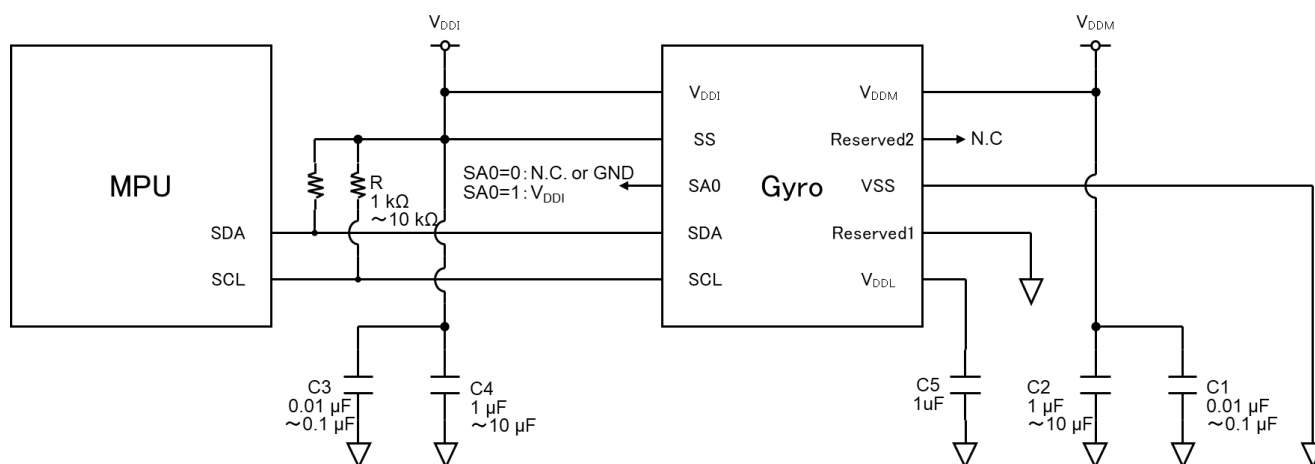


図 9.3 I²C 外部接続例

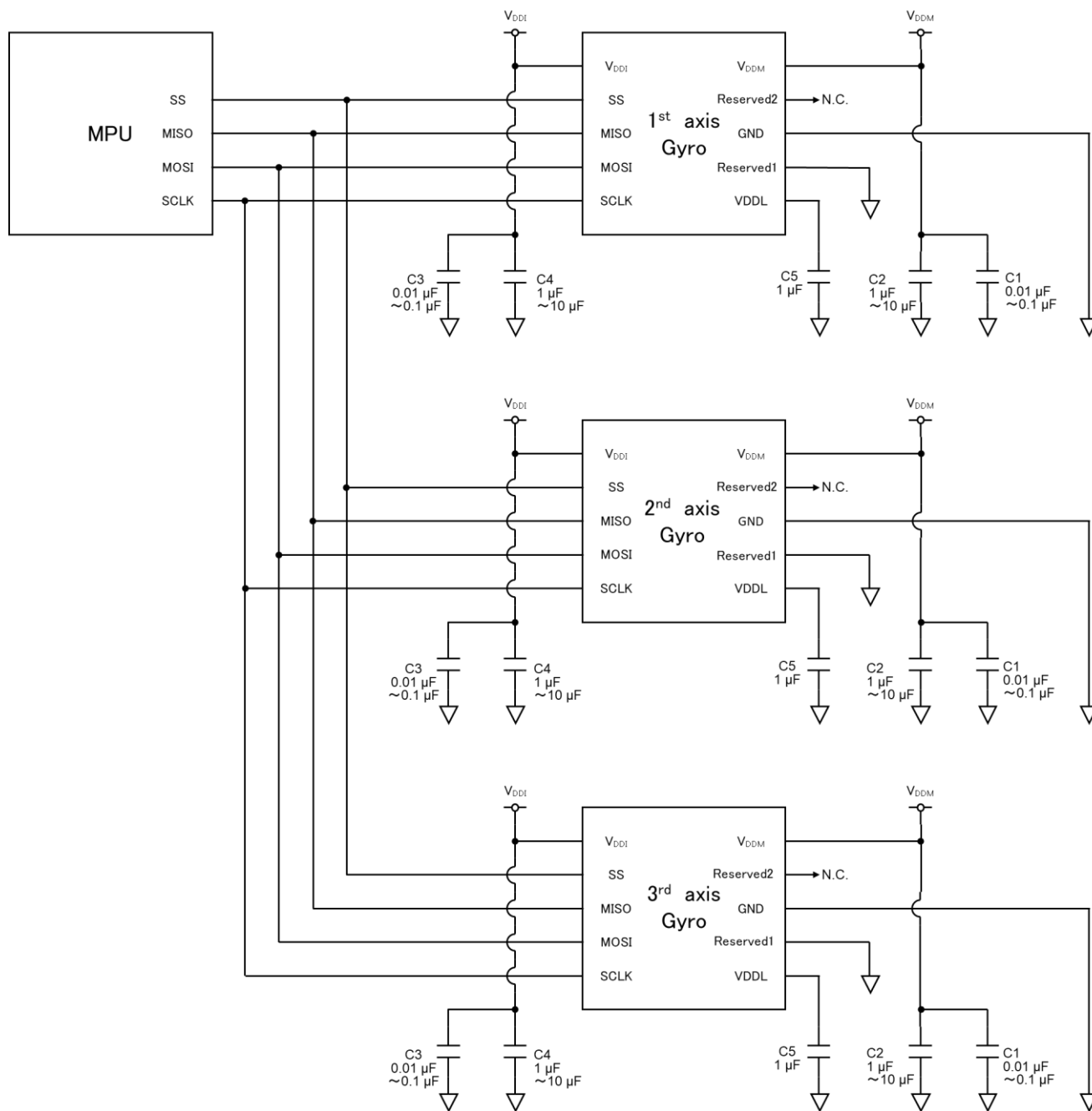


図 9.4 4 線 SPI マルチスレーブ機能外部接続例

10. その他

10.1. Moisture Sensitivity Level (MSL)

表 10.1 MSL

項目	Level	規格
MSL	1	JEDEC J-SD-020D.01

10.2. Electro-Static Discharge (ESD)

表 10.2 ESD

試験方法	Min.	規格及び試験条件
HBM	2000 V	JESD22-A114, V_{DDM} , V_{DDI} and GND reference, 3 times
MM	200 V	JESD22-A115, V_{DDM} , V_{DDI} and GND reference, 1 time

10.3. はんだ耐熱性

エアリフロー炉にて加熱処理条件（JEDEC J-STD-020D.1）でのはんだ耐熱性を確認しています。

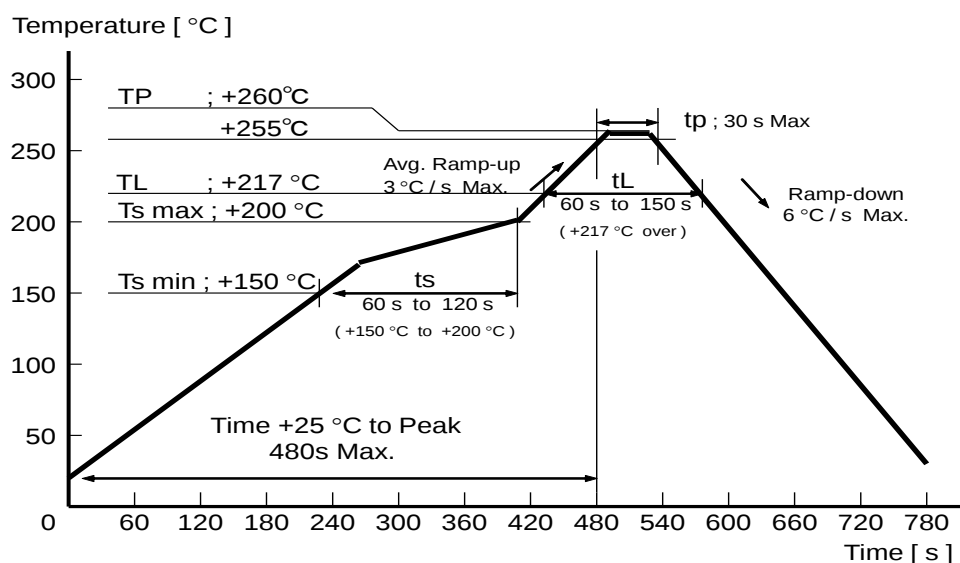


図 10.1 リフロー温度プロファイル

11. テーピング仕様

11.1. 数量

1 リールあたりの標準数量は、2000 pcs./reel になります。

11.2. テーピング材質

EIA-481, IEC 60286, JIS C0806 に準拠しています。

表 11.1 テープおよびリールの材質

部材	材質
キャリアテープ	導電性 PS (polystyrene)
トップテープ	帯電防止 PET (polyethylene terephthalate)
リール	導電性 PS

11.3. テーピング形状

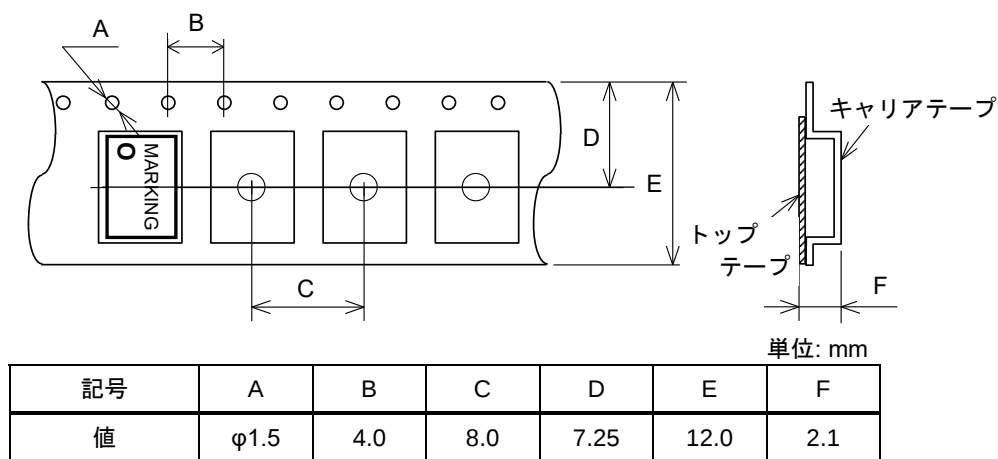


図 11.1 テープ形状

11.4. リール形状

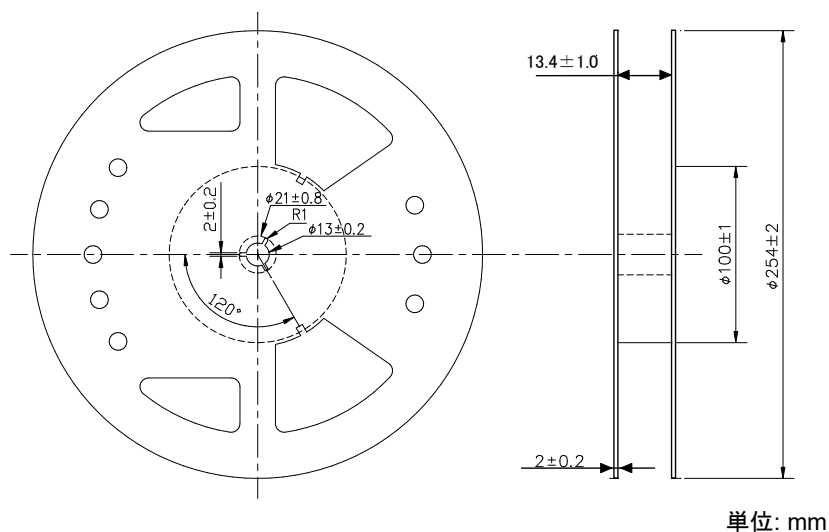


図 11.2 リール形状

12. 用語説明および定義

12.1. 他軸感度

X 軸あるいは Y 軸の感度を、Z 軸の感度で割った値を他軸感度といいます。X, Y, Z 軸方向は図 12.1 の通りです。

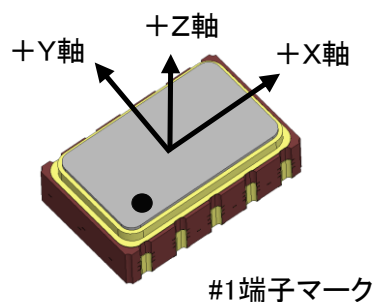


図 12.1 ジャイロセンサーの検出軸方向

12.2. 駆動周波数

駆動周波数とは、コリオリ力を得るために常時振動させるセンサー素子の駆動モードの共振周波数です。

12.3. 離調周波数

駆動モードの共振周波数と検出モードの共振周波数の差を離調周波数と呼びます。離調周波数が小さければ、センサー素子に生じたコリオリ力を機械・電気変換する効率が高まり、センサー素子の感度は高くなります。

13. 使用上の注意事項

★★ 水晶製品は精密部品です。次の点に注意して取り扱いをお願いします。 ★★

1. 本製品の離調周波数は $900\text{ Hz} \pm 200\text{ Hz}$ です。お客様側での基板設計の際は、基板の共振周波数がこの離調周波数近傍に入らないよう設計をお願い致します。また基板へ実装する際は、振動変位が小さい基板固定部近傍へ配置してください。
2. センサーを実装するための吸着・チャッキングおよび基板搭載時の過度な衝撃や、実装後の基板切断、インパクトレンチによる過度な振動・衝撃はセンサーの破壊あるいは特性の劣化を招く恐れがあります。センサーにはなるべく振動・衝撃が加わらないように条件設定をした上で、特性に異常がないことを事前にご確認ください。
3. 本製品は角速度を検出するために、駆動周波数にてセンサー素子を駆動しています。外部から駆動周波数近傍、および高次高調波の周波数成分をもった信号がセンサーに印加されると、センサーの角速度出力に変動を与える可能性があります。電源のデカップリング対策、シリアルインターフェースの通信周波数の設定に当たっては、貴社にて十分な確認をお願い致します。
4. 他の信号線からの電磁誘導・静電誘導による誤動作を避けるため、パターン設計に際しては他の信号線をセンサーの近くやパッケージの背面領域を通さないでください。また、他の信号線と交差しないパターン設計をお願い致します。
5. 配線パターン設計によっては、信号ラインのノイズやオーバーシュート・アンダーシュートの影響により通信できない場合があります。この場合は適宜ダンピング抵抗を挿入する事を推奨します。
6. 振動・衝撃・ノイズについては事前にご確認いただき対策をお願いいたします。なお、基板設計情報をご提供いただける場合は弊社にて設計サポートさせていただきます。
7. 本製品は、耐衝撃性に配慮して設計されておりますが、落下および衝撃の条件によっては製品が破壊される可能性があります。誤って落下した場合は製品の保証ができないため、ご使用にならないようお願いいたします。
8. 超音波洗浄における超音波振動の印加は、使用条件により水晶振動子が共振破壊される場合があります。弊社にて貴社での使用条件（洗浄機の種類・パワー・時間・槽内の位置等）を特定できないため超音波振動印加後の動作保証は致しかねます。やむを得ずご使用される場合は使用前に必ず貴社でご確認ください。
9. ご使用の前に必ず貴社にて搭載テストを実施し、特性に影響のないことを確認してください。条件変更時にも同様にご確認ください。また実装時および実装後において、他の基板や構造体などに衝突しないようご注意ください。
10. 静電気破壊保護回路は内蔵されておりますが、過大な静電気が加わるとセンサー内蔵ICが破壊されることがあります。梱包および、運搬容器は導電性のものを使用してください。また、はんだごてや測定回路等は高電圧リークのないものをご使用し、作業時はアースを取る等の静電対策を行ってください。
11. リフローは3回までとして下さい。半田付けミスがあった場合には、半田ごてによる手直しをお願いします。この場合、コテ先温度は、 $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下、3秒以内にてお願いします。（ブローアの使用不可）
12. 弊社フットパターン寸法にて基板作製を推奨します。
13. 本製品は駆動周波数と同じ周波数のノイズが発生します。適切なフィルター回路で除去する必要があります。
14. 本製品はセンサー同士を接近して複数動作させても音響的に干渉しにくい設計となっておりますが、基板の振動や電源の共通インピーダンスによって、機械的若しくは電氣的に干渉する場合があります。ご使用にあたっては貴社での確認をお願いします。
15. 本製品はPOR (Power on Reset) 回路を内蔵しております。POR回路の誤動作を避ける為、電源電圧の立上げは $0.01\text{ ms} \sim 100\text{ ms}$ の間で行ってください。
16. 結露などによる端子間の短絡が発生する環境下ではご使用にならないようお願いいたします。
17. 駆動周波数の整数倍の通信クロックを使用した場合、角速度出力に変動が生じる可能性があります。
18. 角速度データを駆動周波数の整数分の1の周波数で取得した場合、角速度出力に変動が生じる可能性があります。

14. お問い合わせ**セイコーエプソン株式会社****東京営業所**

〒160-8801

東京都新宿区新宿4-1-6 JR新宿ミライナタワー

TEL (03) 5368-0700 (代表)

大阪営業所

〒530-6122

大阪市北区中之島3-3-23 中之島ダイビル 22F

TEL (06) 7711-6770 (代表)

FAX (06) 7711-6771

名古屋営業所

〒460-0003

愛知県名古屋市中区錦1-4-6 大樹生命名古屋ビル8F

TEL (052) 857-8111 (代表)

FAX (052) 231-2537

インターネットによる情報配信

<https://www.epsondevice.com/crystal/ja/>