

低ノイズオペアンプ TC75S67TU 超音波距離センサー向け応用回路

リファレンスガイド

RD162-RGUIDE-01

概要

本リファレンスガイドは、低ノイズオペアンプ TC75S67TU を用いた超音波距離センサー（以下、本センサー）の仕様、基板パターン図、使用方法、特性について記載したものです。マイコンを使って PC 上で動作制御や結果表示が行える構成とし、ソフトウェアも準備しました。TC75S67TU を応用して本センサーを設計する際にご参照ください。

東芝デバイス&ストレージ株式会社

目次

1. はじめに	3
2. 超音波距離センサーの仕様と外観	4
2.1. 超音波センサー仕様	4
2.2. 外観	4
3. 超音波距離センサーの回路と基板パターン	5
3.1. 回路図	5
3.2. 部品表	6
3.3. 基板パターン図.....	8
4. 動作手順	11
4.1. Arduino と Processing について.....	11
4.2. Arduino との接続.....	11
4.3. 起動と停止	12
4.4. 距離測定時の注意事項	14
5. 距離の測定結果	15

1. はじめに

本リファレンスガイド（以下、本ガイド）で解説する超音波距離センサーのセンサー素子（トランスデューサー）には、送受信一体型の日本セラミック製C4016A1を採用しています。40 cmから最大6 mまでの距離を測定することが可能な設計となっており、ドローンでの物体検知などの距離計測や河川の水位の計測など、さまざまな中距離の計測用途に広く使用することができます。

本センサー基板から出力された信号はマイコンで処理して距離が算出され、結果表示されます。本ガイドではマイコンにArduino（アルドゥイーノ）を使用し、PC上で動作制御や測定結果の表示を行うことができました。また、電源もArduinoから供給される5 V直流電圧を使用しますので、本センサーのほか、Arduinoとパソコンがあれば超音波距離センサーとして使用できます。

本センサーリファレンスデザインの各種提供情報はこちらから →

[Click Here](#)

オペアンプ以外の部品も表面実装品を使用して、20 mm×40 mmというコンパクトなサイズの基板上に配置し、さまざまな用途に使いやすい設計としました。

なお、本ガイドで説明する超音波距離センサーのリファレンスデザインで準備した回路および基板パターンには、ノイズ対策の強化など拡張性を考え、ジャンパーや未実装素子用のランドを配置しておりますので注意してください。回路図や部品表では、ジャンパーは0 Ω、未実装素子は「Not mounted」、とそれぞれ記載しています。また、回路図上の配線を点線で表示しています。

2. 超音波距離センサーの仕様と外観

2.1. 超音波センサー仕様

表 2.1 超音波距離センサー仕様

項目	仕様
I/F	Arduino 接続
制御方式	Arduino および Shield 接続 PC からの制御
電源電圧	Arduino および Shield 基板供給 5 V
測定距離	約 40 cm～6 m
搭載超音波センサー	日本セラミック製 C4016A1、送受信一体型
測定超音波周波数	40 kHz
搭載オペアンプ	東芝デバイス&ストレージ製 TC75S67TU

2.2. 外観

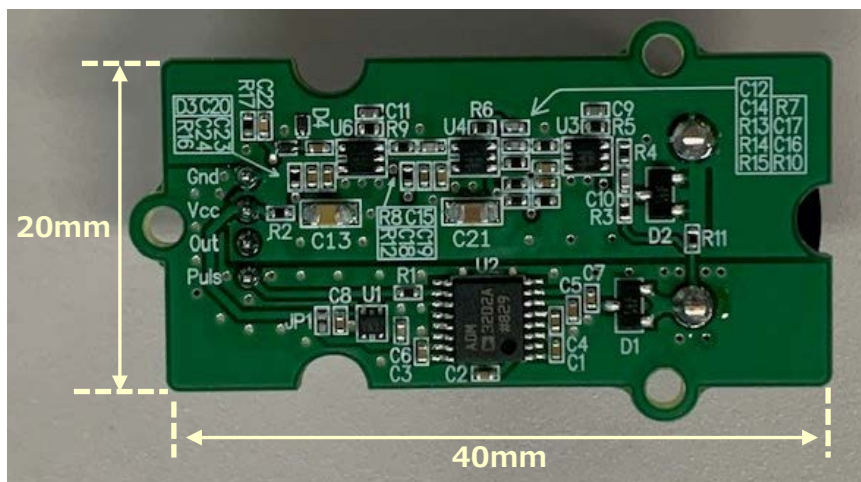


図 2.1 超音波距離センサー外観 (表)

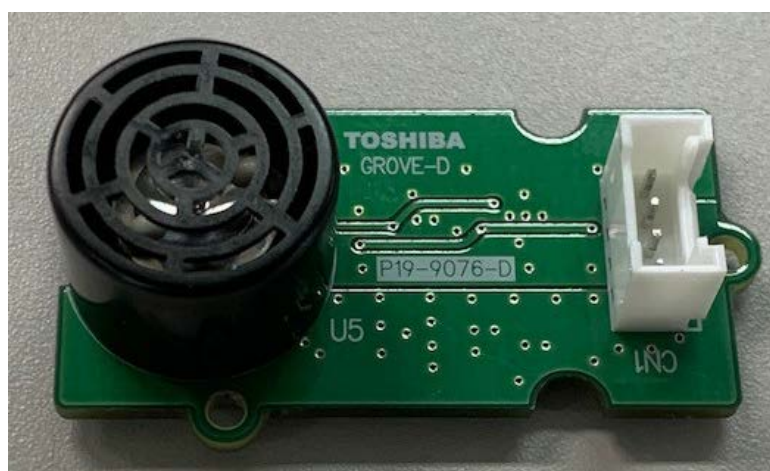


図 2.2 超音波距離センサー外観 (裏)

3. 超音波距離センサーの回路と基板パターン

3.1. 回路図

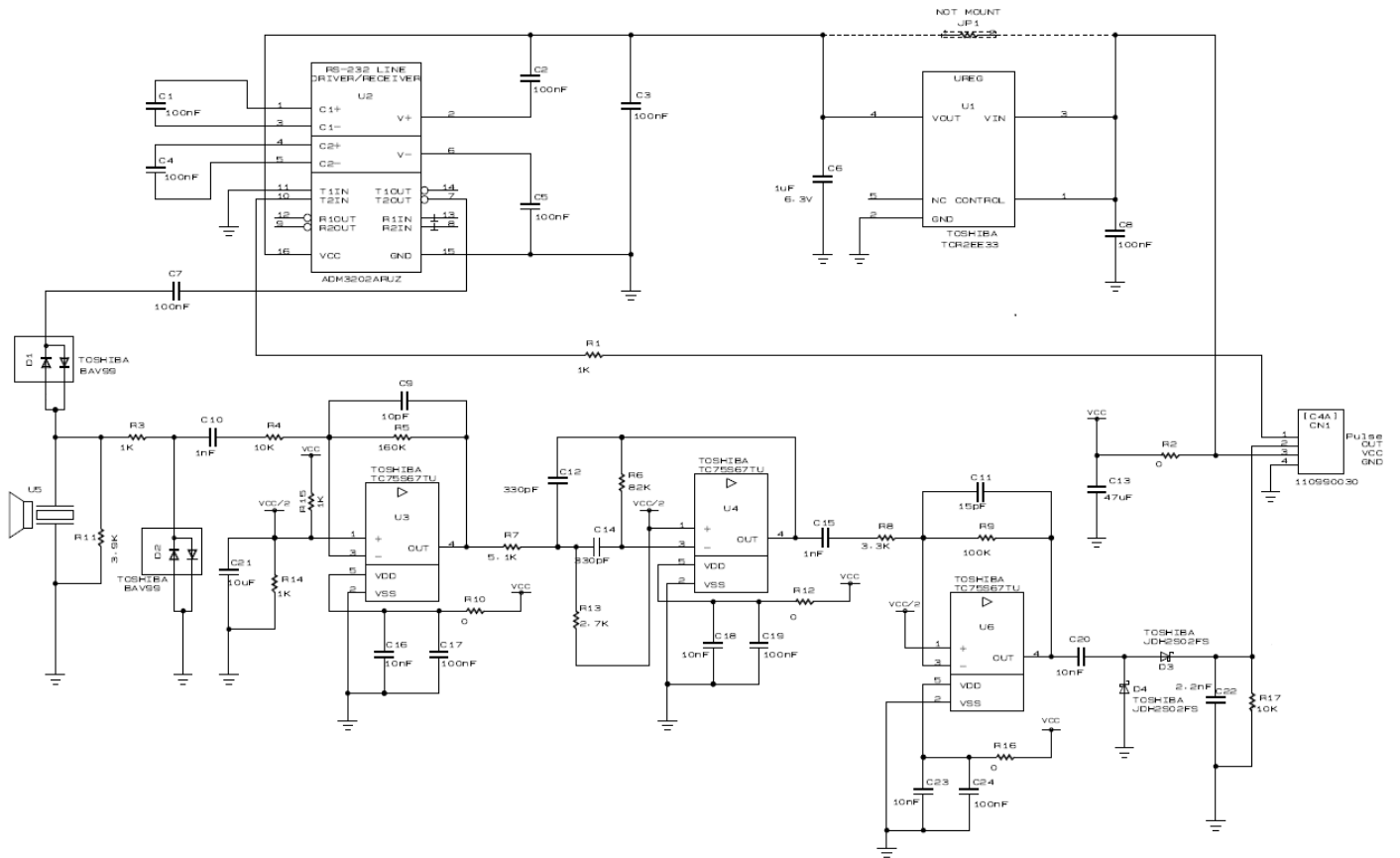


図 3.1 超音波距離センサー全体回路図

3.2. 部品表

表 3.1 部品表 (その 1)

アイテム	部品	数量	値	部品名	メーカー	説明	パッケージ 名称	標準寸法 mm (inch)
1	U1	1	-	TCR2EE33	TOSHIBA	LDO レギュレーター	SOT-553	1.6×1.6×0.55
2	U2	1	-	ADM3202ARUZ	Analog Devices	インターフェース IC	TSSOP-16	4.5×6.6×1.1
3	U3, U4, U6	3	-	TC75S67TU	TOSHIBA	オペアンプ	SOT-353F	2.0×2.1×0.7
4	U5	1	-	C4016A1	日本セラミック	超音波センサー		Φ16.2×12
5	D1, D2	2	-	BAV99	TOSHIBA	スイッチング ダイオード	SOT23	2.9×2.4×0.9
6	D3, D4	2	-	JDH2S02FS	TOSHIBA	ショットキーバリア ダイオード	fsC	1.0×0.6×0.48
7	C1, C2, C3, C4, C5, C7, C8, C17, C19,C2 4	10	100 nF			セラミック 16 V, ±10 %		1.0×0.5 (0402)
8	C6	1	1 μF			セラミック 6.3 V, ±10 %		1.0×0.5 (0402)
9	C9	1	10 pF			セラミック 50 V, ±5 %		1.0×0.5 (0402)
10	C10, C15	2	1 nF			セラミック 50 V, ±5 %		1.0×0.5 (0402)
11	C11	1	15 pF			セラミック 50 V, ±5 %		1.0×0.5 (0402)
12	C12, C14	2	330 pF			セラミック 50 V, ±5 %		1.0×0.5 (0402)
13	C13	1	47 μF			セラミック 6.3 V, ±20 %		2.0×1.2 (0805)
14	C16, C18, C20, C23	4	10 nF			セラミック 25 V, ±10 %		1.0×0.5 (0402)
15	C21	1	10 μF			セラミック 25 V, ±10 %		2.0×1.2 (0805)
16	C22	1	2.2 nF			セラミック 50 V, ±10 %		1.0×0.5 (0402)

表 3.2 部品表 (その 2)

アイテム	部品	数量	値	部品名	メーカー	説明	パッケージ 名称	標準寸法 mm (inch)
17	R1, R3, R14, R15	4	1 k Ω			100 mW, ± 1 %		1.0 \times 0.5 (0402)
18	R2, R10, R12, R16	4	0 Ω			1 A		1.0 \times 0.5 (0402)
19	R4, R17	2	10 k Ω			100 mW, ± 1 %		1.0 \times 0.5 (0402)
20	R5	1	160 k Ω			100 mW, ± 1 %		1.0 \times 0.5 (0402)
21	R6	1	82 k Ω			100 mW, ± 1 %		1.0 \times 0.5 (0402)
22	R7	1	5.1 k Ω			100 mW, ± 1 %		1.0 \times 0.5 (0402)
23	R8	1	3.3 k Ω			100 mW, ± 1 %		1.0 \times 0.5 (0402)
24	R9	1	100 k Ω			100 mW, ± 1 %		1.0 \times 0.5 (0402)
25	R11	1	3.9 k Ω			100 mW, ± 1 %		1.0 \times 0.5 (0402)
26	R13	1	2.7 k Ω			100 mW, ± 1 %		1.0 \times 0.5 (0402)
27	CN2	1	-	110990030	Seeed Studio	Grove コネクタ- 4pin/ストレート		10 \times 5.1 \times 8.1

3.3. 基板パターン図

本基板は表裏の両面基板で構成します。部品実装側を表としていますが、超音波センサーとコネクタは裏面に実装します。

<表（部品実装側）>

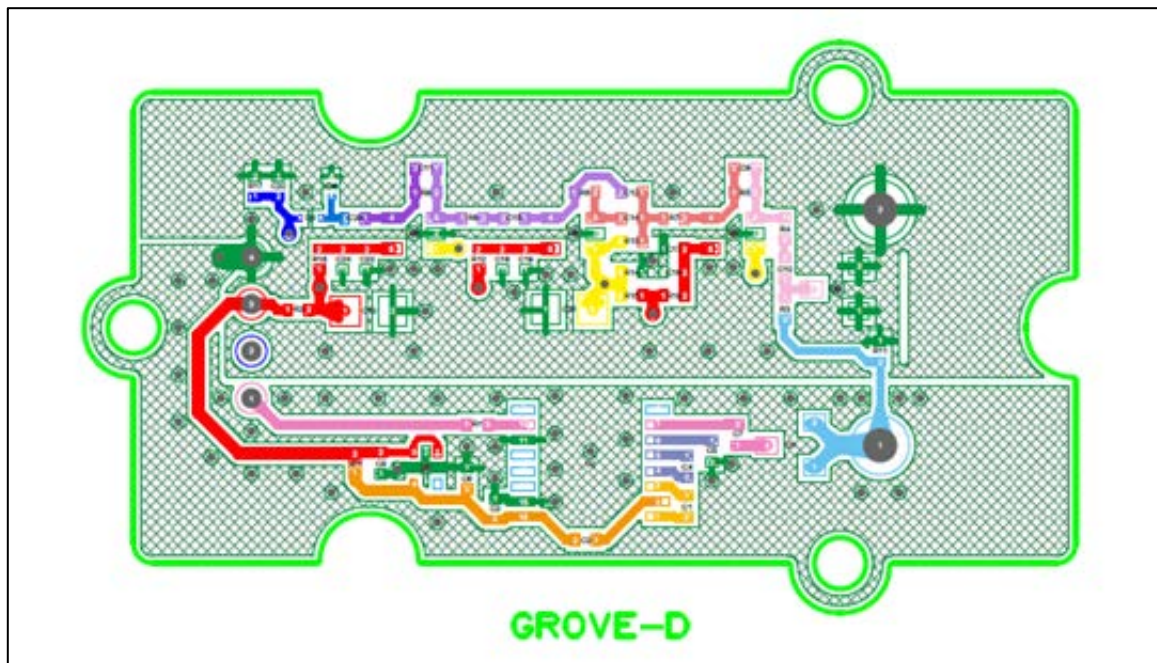


図 3.2 基板表面パターン

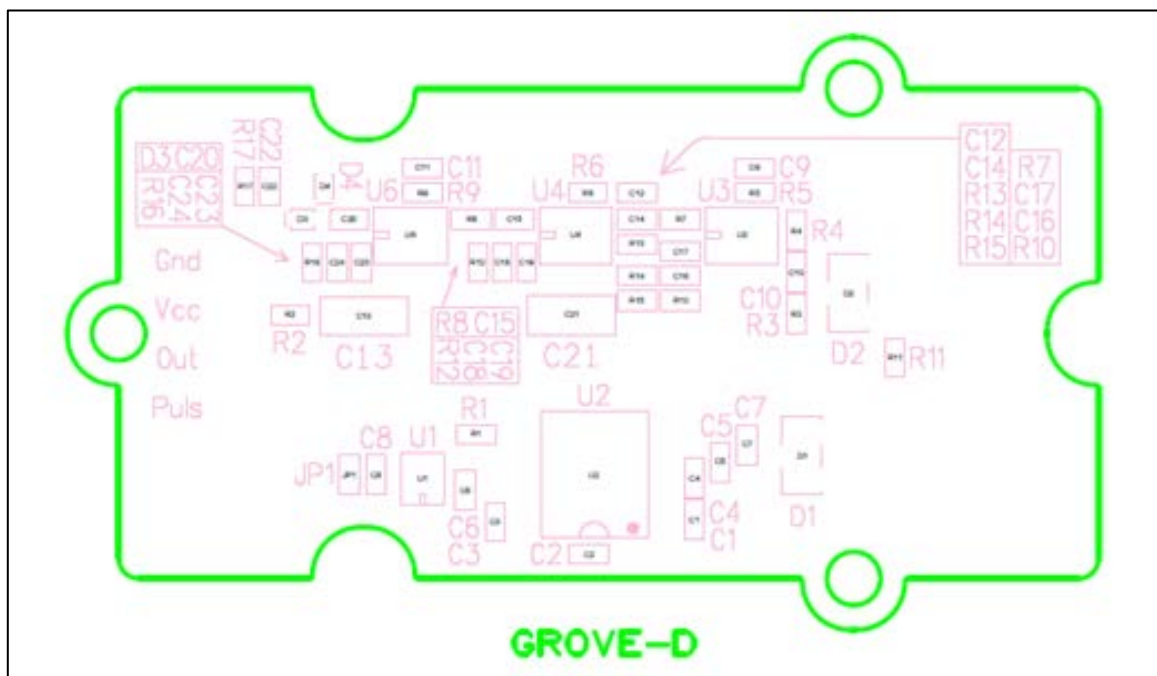


図 3.3 基板表面シルク

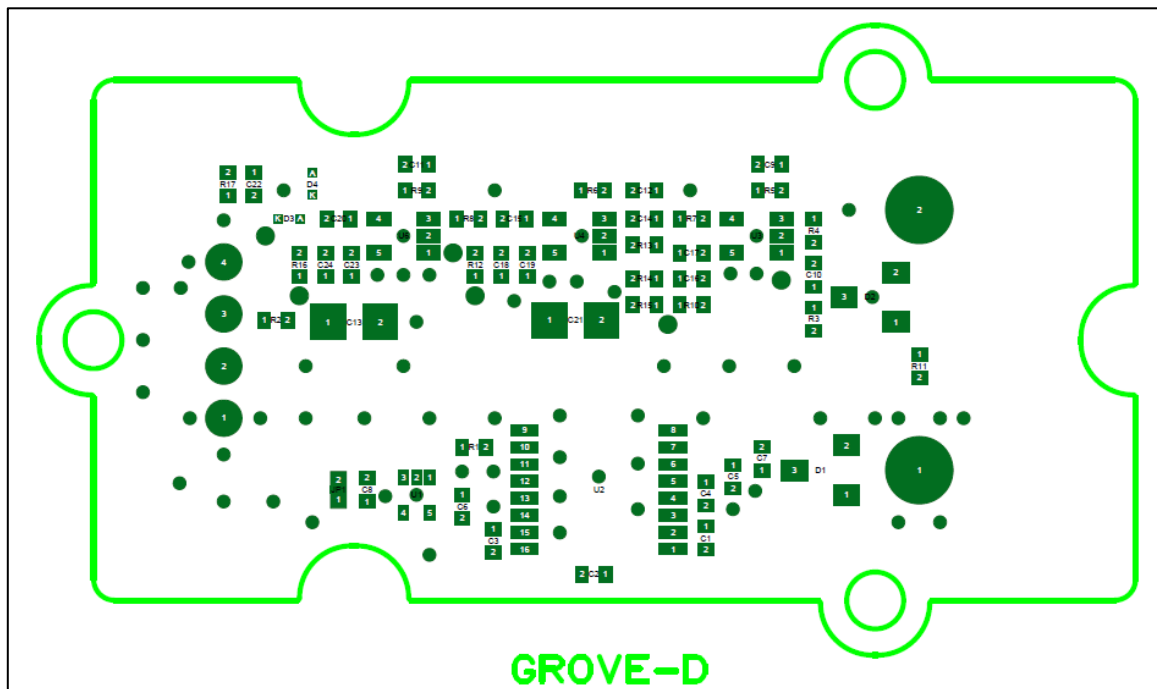


図 3.4 基板表面ソルダー

<裏>

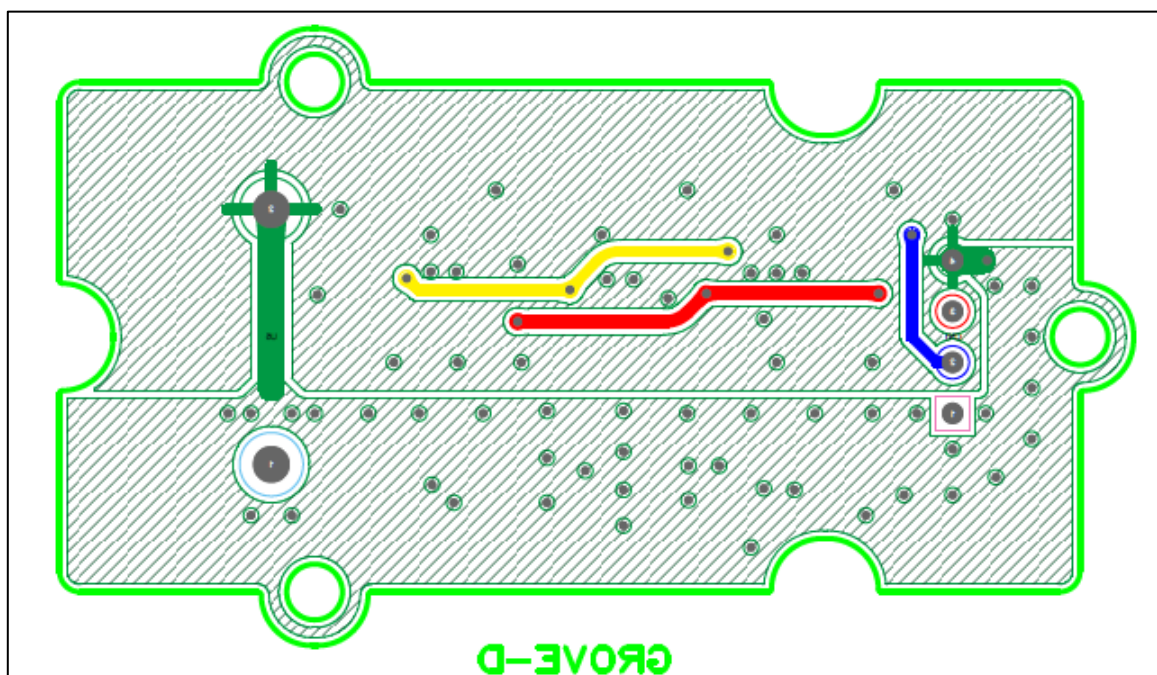


図 3.5 基板裏面パターン

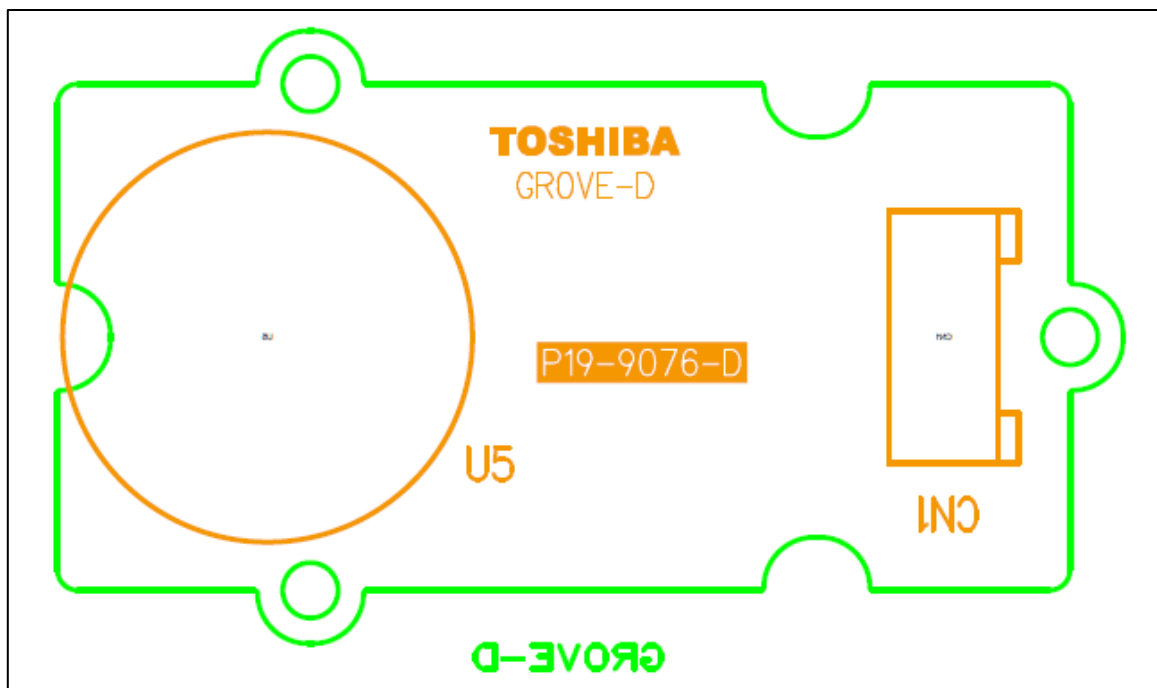


図 3.6 基板裏面シルク

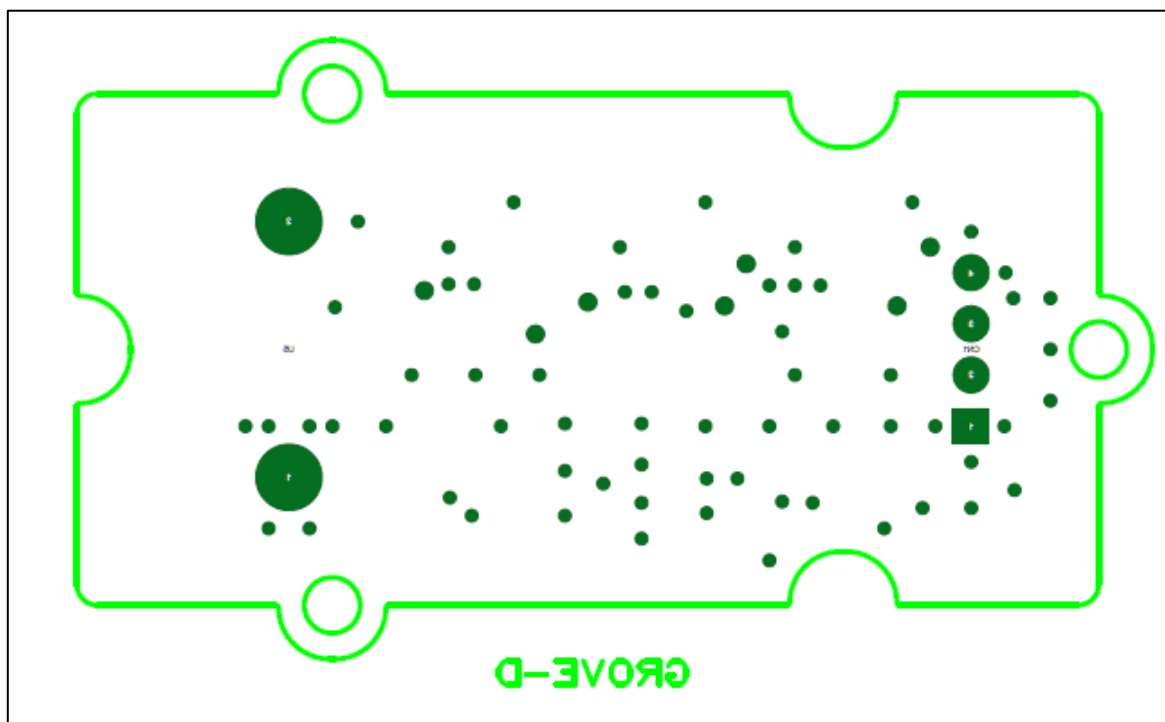


図 3.7 基板裏面ソルダー

4. 動作手順

4.1. Arduino と Processing について

Arduinoは手のひらサイズのワンボードマイコンです。一般に市販されており、容易に入手できることや、一度プログラムを転送しておけば、PCがなくてもセンサーを動作させることができることなどから、本リファレンスデザインの制御用マイコンとして選定しました。また、測定結果をPC画面上に表示するため、Processingを使用します。

本リファレンスデザインではArduinoの動作プログラムと、測定結果を表示するProcessingのプログラムを準備しておりますが、このプログラムを動かすためには、「Arduino IDE」と「Processing 3」をPCにインストールする必要があります。これらのソフトウェアはそれぞれの公式サイトに無料で公開されていますので、ダウンロードして事前に使用するPCにインストールしておいてください。これらのソフトウェアは、それぞれのプログラムを編集する際にも必要です。なお、Arduino、Processingではこれらのプログラムのことを「スケッチ」と呼びます。

また、Windows10の場合、Processingの結果表示が起動しないことがあります。そのような場合には、Processingの初回起動時に自動的に生成される初期値の設定ファイルを変更する必要があります。対処方法はPCによって異なりますので、Webなどを参照してお使いのPCにあった適切な対処をお願いします。

そのほかArduinoとProcessingの詳細については、市販の解説書などをご参照ください。

4.2. Arduino との接続

Arduino との接続例を図 4.1 に示します。

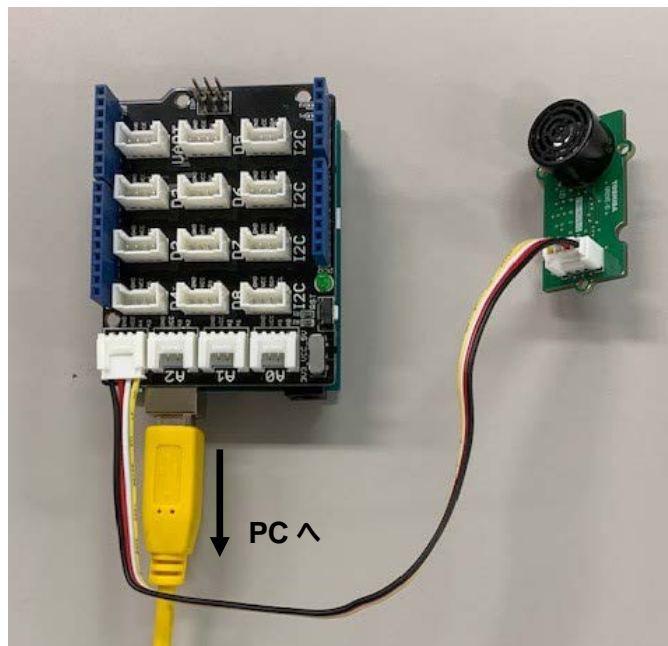


図 4.1 Arduino との接続例

本センサーでは、Arduino を seeed studio 製のベースシールドと組み合わせて使用します。センサーを接続するベースシールドへの接続ポートは A3 コネクタを使用しています。ベースシールドと PC は USB ケーブルで接続してください。

4.3. 起動と停止

本センサー用として準備しているスケッチの圧縮ファイル「RD162-SKETCH-01_J.zip」を下記リンク先からダウンロードしてPC上の適当な場所で解凍すると「US_sensor_Arduino.ino」と「Ultrasonic_sensor.pde」の2つのファイルとご利用規約が入ったフォルダーが作成されますので、そのまま保存してください。

スケッチのダウンロードはこちら → [Click Here](#)

Arduino IDE を起動して、「ファイル」→「開く」を選び、保存した「US_sensor_Arduino.ino」ファイルを開いてください。起動時に開いたウインドウとは別に図 4.2 左のようなウインドウが開きます。ここで、「スケッチ」→「マイコンボードに書き込む」を選ぶと、ファイルのコンパイルが始まり、コンパイル終了後 Arduino にスケッチが書き込まれます。書き込みが正常に終了すると、ウインドウ最下部にメッセージが表示されます。これで Arduino の準備は整いました。

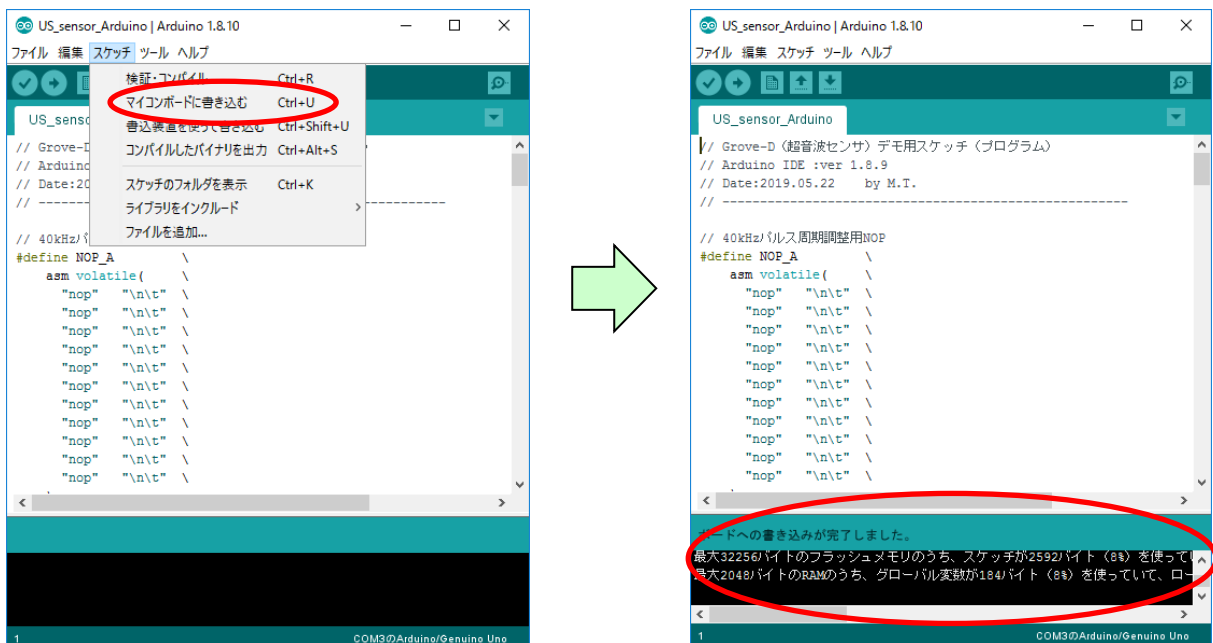


図 4.2 Arduino IDE の操作画面

次に Processing 3 を起動します。Processing 3 を起動すると図 4.3 のようなウィンドウが開きますので、子ウィンドウ右下部の「Get Started」をクリックしてください。その後、「ファイル」→「開く」を選び、保存した「Ultrasonic_sensor.pde」ファイルを開いてください。

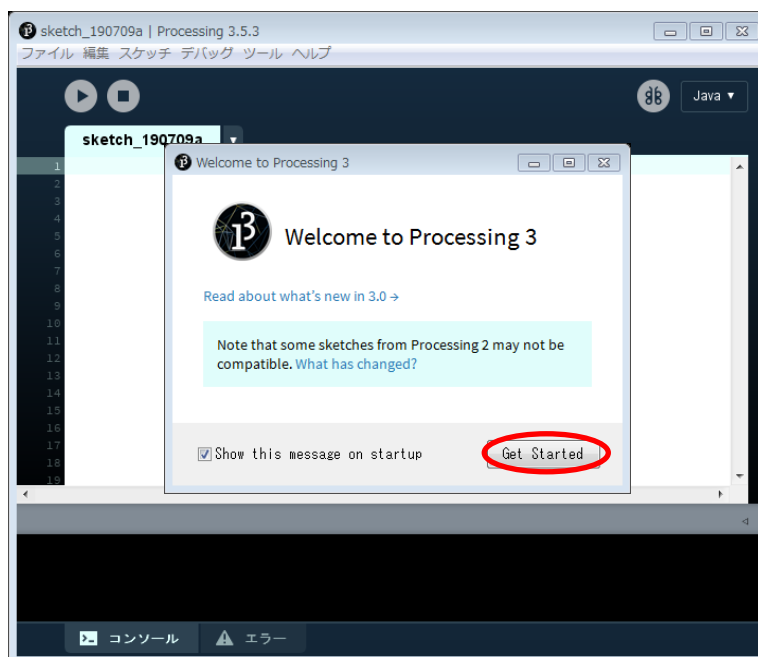


図 4.3 Processing 3 の起動画面

起動時に開いたウィンドウとは別に図 4.4 のようなウィンドウが開きます。ここで動作ボタン（赤丸部）をクリックすると、結果表示ウィンドウが開き、測定が始まります。

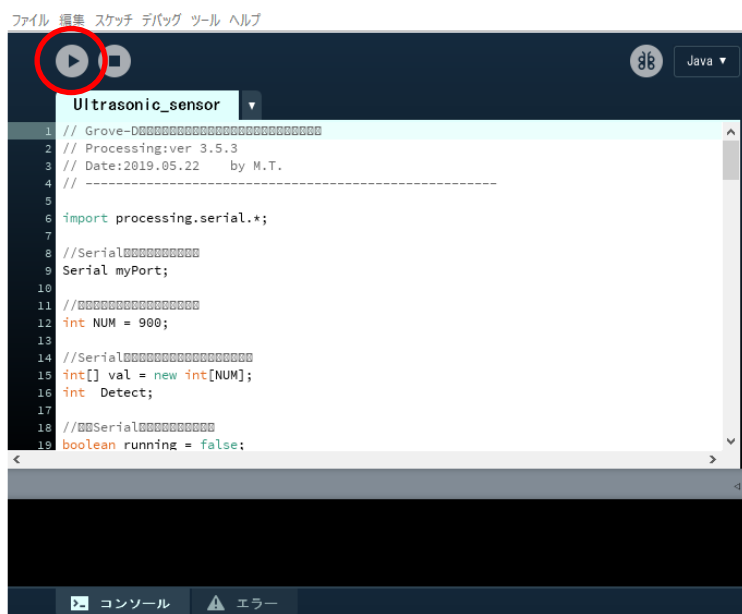


図 4.4 Processing の測定開始画面

測定を終了するときは、このウィンドウの停止ボタン（図 4.5 赤丸部）をクリックしてください。結果表示ウィンドウが閉じ、測定を終了します。その後は開いているウィンドウを、順次閉じてください。

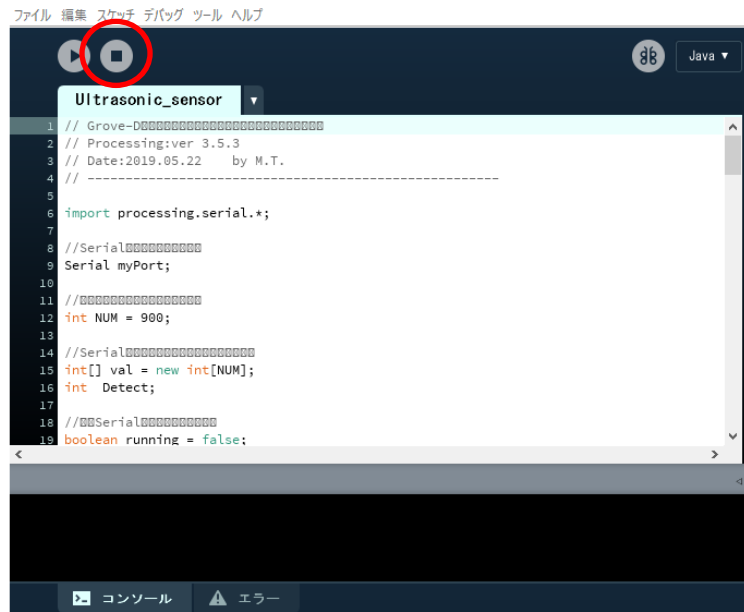


図 4.5 Processing の測定終了画面

なお、測定実行中に結果表示ウィンドウ上でクリックすると、測定を一時停止させることができます。このときは、結果表示ウィンドウは閉じず、測定波形が停止したままとなります。測定を再開する場合は、もう一度ウィンドウ上でクリックしてください。

4.4. 距離測定時の注意事項

- 超音波センサーの向きによっては、対象物以外で反射した超音波を受信してしまい、正しく距離が測定できないことがあります。このような場合は、センサーの位置や向きを調整して対象物以外の反射波ができるだけ小さくなるようにしてください。
- 本ガイドで使用した超音波センサーは、送信と受信をひとつの筐体に収めた一体型のものですが、このタイプは筐体内の残響を受信することが避けられず、測定できる距離に下限があります。本ガイドで解説したものでは、約40 cm以下の距離は測定できません。さらに短い距離を測定したい場合は、送信側と受信側が別になっているタイプのものをご使用ください。

5. 距離の測定結果

図 5.1 は、本ガイドの超音波距離センサーで約 2 m の距離を測定した際の送受信波形を観測したものです。黄色の波形は Arduino から出力される 40 kHz バースト信号、緑色の波形は Arduino に入力されるセンサー出力信号です。

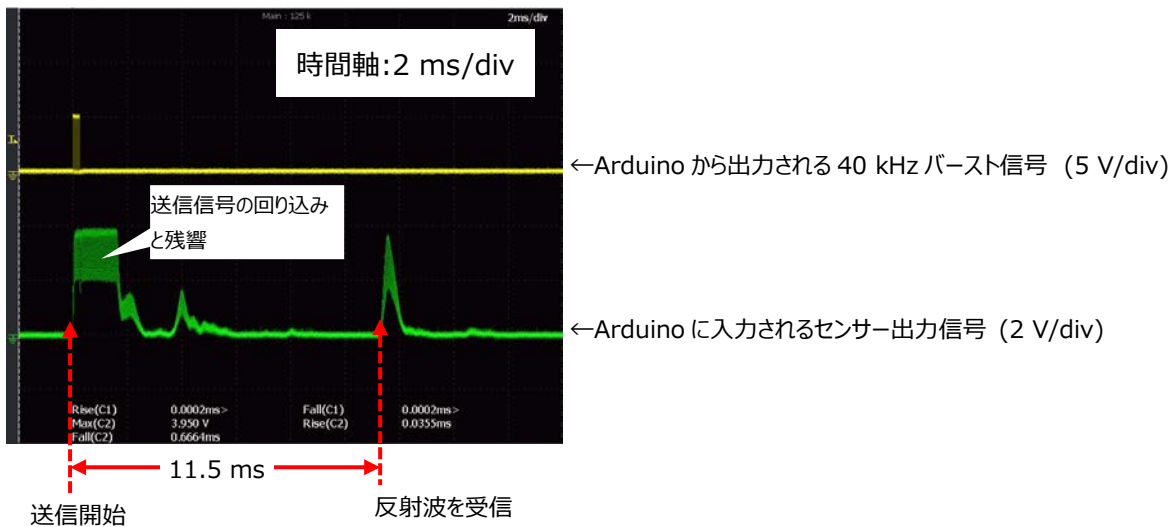


図 5.1 オシロスコープで観測したバースト波形例

この波形では、送信開始から反射波を受信するまでの時間が 11.5 ms と求められます。この場合の距離は次式 5.1 の通り、1.96 m と計算されます。ここでは音速は常温の値、340 m/s としています。この波形で測定される時間は対象物まで超音波が往復する時間なので 2 で割っています。

$$D = \frac{v \times t}{2} = \frac{340 \times 11.5 \times 10^{-3}}{2} \cong 1.96 \text{ (m)} \quad \dots (5.1)$$

D: 距離 (m) , v: 音速 (m/s) , t: 伝搬時間 (s)

図 5.2 に、このときの Processing の測定結果表示ウィンドウを示します。結果表示ウィンドウでは Arduino で処理、算出された距離が表示されており、式 (5.1) で求めた値と一致しています。

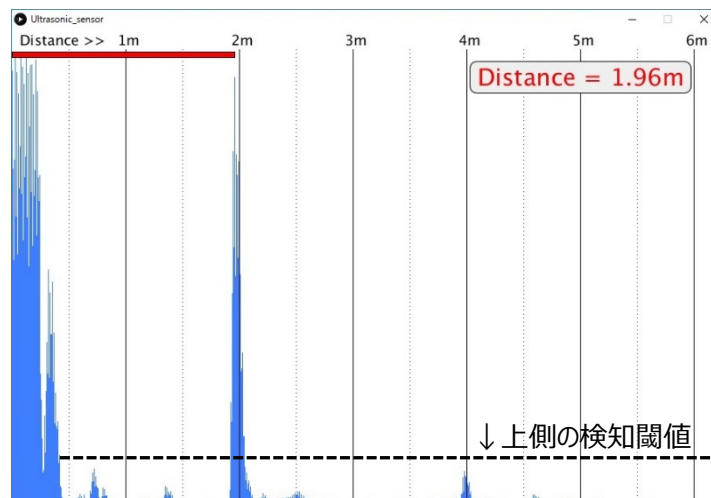


図 5.2 Processing による測定結果表示

ご利用規約

本規約は、お客様と東芝デバイス&ストレージ株式会社（以下「当社」といいます）との間で、当社半導体製品を搭載した機器を設計する際に参考となるドキュメント及びデータ（以下「本リファレンスデザイン」といいます）の使用に関する条件を定めるものです。お客様は本規約を遵守しなければなりません。本リファレンスデザインをダウンロードすることをもって、お客様は本規約に同意したものとみなされます。なお、本規約は変更される場合があります。当社は、理由の如何を問わずいつでも本規約を解除することができます。本規約が解除された場合は、お客様は、本リファレンスデザインを破棄しなければなりません。またお客様が本規約に違反した場合は、お客様は、本リファレンスデザインを破棄し、その破棄したことを証する書面を当社に提出しなければなりません。

第1条 禁止事項

お客様の禁止事項は、以下の通りです。

1. 本リファレンスデザインは、機器設計の参考データとして使用されることを意図しています。信頼性検証など、それ以外の目的には使用しないでください。
2. 本リファレンスデザインを販売、譲渡、貸与等しないでください。
3. 本リファレンスデザインは、高温・多湿・強電磁界などの対環境評価には使用できません。
4. 本リファレンスデザインを、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用しないでください。

第2条 保証制限等

1. 本リファレンスデザインは、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
2. 本リファレンスデザインは参考用のデータです。当社は、データおよび情報の正確性、完全性に関して一切の保証をいたしません。
3. 半導体素子は誤作動したり故障したりすることがあります。本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、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ことをお願いします。また、使用されている半導体素子に関する最新の情報（半導体信頼性ハンドブック、仕様書、データシート、アプリケーションノートなど）をご確認の上、これに従ってください。
4. 本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断して下さい。当社は、適用可否に対する責任を負いません。
5. 本リファレンスデザインは、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
6. 当社は、本リファレンスデザインに関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をせず、また当社は、本リファレンスデザインに関する一切の損害（間接損害、結果的損害、特別損害、付随的損害、逸失利益、機会損失、休業損、データ喪失等を含むがこれに限らない。）につき一切の責任を負いません。

第3条 輸出管理

お客様は本リファレンスデザインを、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用してはなりません。また、お客様は「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守しなければなりません。

第4条 準拠法

本規約の準拠法は日本法とします。