MEMS マイクロフォンの機械的および音響的　実装方法

この文書について

目的

この文書では、MEMS マイクロフォンの機械的および音響を考慮し、装置実装に関する情報を提供します

対象者

インフィニオン XENSIV™ MEMS マイクロフォンのお客様

目次

この文書について . . . 1

1 要約 . . . 2

2 音響的実装 . . . 2

2.1 マイクロフォン音響チャネル設計 . . . 2

2.2 装置内におけるマイクロフォンの周波数応答 . . . 3

2.3 マイクロフォン　パッケージタイプ . . . 5

2.4 超音波 . . . 6

3 機械的実装 . . . 7

3.1 機械設計機能の例 . . . 8

3.2 サイズ . . . 9

3.3 アコースティックシール . . . 10

3.4 音声ポート保護 . . . 13

3.5 マイクロフォンの配置 . . . 14

3.6 マイクロフォンアレイ . . . 16

3.7 ハンドリングノイズ . . . 17

3.8 信頼性 . . . 17

3.9 リフロー、パッドのレイアウトとステンシル . . . 18

4 音響的、機械的な実装 – まとめ . . . 19

免責条項 . . . 20

1　要約

このアプリケーションノートでは、MEMS マイクロフォンの音響および機械的な実装を最適化することを目的とした装置設計者のためのガイドラインを提供します。実装を最適化することは、装置におけるマイクロフォンシステムのパフォーマンスを最大化し、常に高いパフォー マンスで動作及び高い信頼性を可能にします。

2　音響的実装

2.1　マイクロフォン　音響チャネル設計

マイクロフォンは、製品表面と MEMS マイクロフォンパッケージの上(または下)にある音声ポートとの間に音響チャネルが必要となります。

- 音響チャネルの長さ、直径および形状は、その音響特性を決定します
- また、マイクロフォンの音響特性は、システム（装置）全体のパフォーマンスに影響を与えます
- その他の重要な要因は、音響チャネルの音漏れ防止およびチャネル形状の安定性であります

製品の音響チャンネルは通常、以下で構成されています。

- 音声ポート①、フロントボリューム(音声ポートと MEMS マイクロフォン振動膜間の空気体積)②、及び MEMS マイクロフォンの振動膜③
- 硬質プラスチックまたは金属部品(例えば音響ポー ト④を含めた装置筐体)
- ・シーリングガスケット⑤または装置筐体表面と MEMS マイクロフォンパッケージ間のブーツ構成部品（例えば、右図のようなもの）

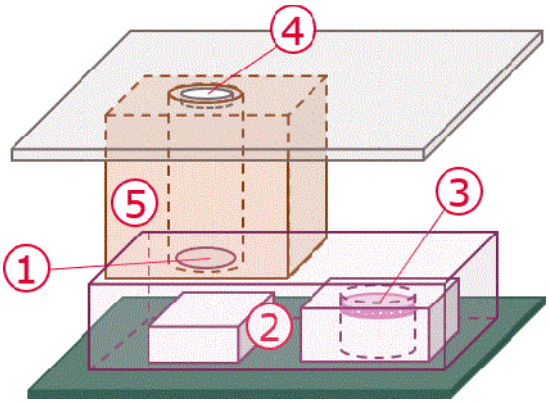

図 1　マイクロフォン音響チャネル設計

2 音響的実装

2.2 装置内におけるマイクロフォンの周波数応答

装置内でマイクロフォンの周波数応答は、いくつかの要因に依存します。

1.マイクロフォンの音響特性及び周波数応答

- MEMS マイクロフォンチップ、音声ポートとフロントボリュームにより、容易に使用可能音響帯域幅を制限するヘルムホルツ共鳴器が形成されます

  –ヘルムホルツ共鳴器によって、装置にて最適化されたマイクロフォンが最大限の性能が得られなくなってしまう事を、回避する必要があります。

- フロントボリュームを最小にすることはマイクロフォンのための重要な利点があります

  – ヘルムホルツ共鳴器が排除される又は、より高い周波数へ移行されます。周波数応答の改善により、装置の音響チャネル設計を妥協した場合は、特に装置におけるマイクロフォンシステム性能が向上します。（例えば、一つ以上の空洞を含んでいる場合）

- マイクロフォンが装置に実装される場合、通常ヘルムホルツ共鳴器は、より低い周波数に移行します。
  – 追加された音響ポートは、音響システムにおいて複数の管および/または空洞となります。
  – 装置実装後にマイクロフォンのパフォーマンスを最適化するために、装置の音響チャネルはできるだけパフォーマンスに悪影響を与え無い様に、慎重に設計されなければなりません
- 異なるマイクロフォンは、同じ装置の音響チャネルでは異なる特性を現します。
  – 音響チャネルの形状と大きさは、マイクロフォンの特性に影響を与えます
  – マイクロフォンが装置に実装されている場合、マイクロフォンのフロントボリュームサイズの役割は特に重要です。フロントボリュームは最小化されるべきです
  – マイクロフォン音響ポートの大きさは、全体の音声チャンルに多大な影響を与えないよう十分な大きさを確保すべきです

2.装置力学に組み込まれる音響チャネル

- 高い周波数に音響システムの共振周波数（ヘルムホルツ共鳴）を移行し、共振を低減するために、音響チャネルは 、短く幅広く、かつ均一であるべきです。
  – 経験則では、長さは直径の 2 倍未満でなければなりません

- 音響チャネル断面は、チャネル全体にわたって均一でなければなりません
  – 空洞とくびれなどは避けるべきです（参照 *図 2*）
  – 一般的に、チャネル内の広い部分（キャビティ）は、精密で密閉された穴よりも、ガスケットシールをおおきくします。
- 装置筐体上の音響ポートサイズは、周波数応答を改善するために、できるだけ大きくする必要があります
  – また、装置筐体（カバー）の厚さは最薄化する必要があります
- 音響チャネルの設計は、不要な試作によるコスト及び時間の無駄を避ける為、シミュレーションにより最適化するべきです



図 2　音響チャネル形状

2 音響的実装

3.　音響チャネル内のほこり、水侵入防止メッシュ、振動膜などは、周波数応答特性に影響を与えます

- ほこり、水侵入防止メッシュは、共振のピーク周波数を変化させ、周波数応答特性を改善するために使用することができます。

4. 音響チャネルでの音漏れは、特に低周波数帯域での周波数応答特性に影響を与えます

- 音響封止は後に、このアプリケーション･ノートで詳しく説明します

5.　装置自身が、周波数応答特性に大きく影響することがあります

- マイクロフォンが装置内部に組み込まれている場合（例えば、装置筐体内部）、マイクロフォンがキャプチャする音の波長と筐体の大きさが類似している場合、筐体の大きさが音波の伝搬に大きく影響を与えることがあります
- 例えば、音響ポート周りの実質的な表面積（音の波長より同等または長い場合）により、いくつかの周波数が増幅されます
  - 高い周波数（短い波長）が大幅に増幅することがあります
  - 8cm の筐体では 4kHz より高い周波数で大きな増幅効果を得られる事があります
    - 参考ですが、8cm は概ね標準的なスマートフォンの幅または第 1 世代アマゾンエコーの直径です
  - 主な音声帯域（周波数 f ＜ 4KHz → 音波長 λ＞ 8.6 cm）は、携帯サイズの装置では影響を受ける可能性が非常に低いです
- 装置表面上の音響ポート位置は大変重要です。
  - 通常、大きな平面上の中央に位置するよりも、装置の端または角に位置する方が、良好です

6. また、装置付近にある他の筐体などにより、周波数応答特性が影響を受けます。

フィルタまたはイコライザにより、電気的に周波数応答特性を改善することができます。しかしこれはマイクロフォンシステムの位相特性に悪い影響を与えることになります。

注意:　装置の音響チャネルは、短く幅広かつ均一であるべきです。長さは直径の二倍未満でなければなりません。空洞とくびれはチャネル内では避けるべきです。

2　音響的実装

2.3　　マイクロフォン　パッケージタイプ

*装置内におけるマイクロフォン周波数応答特性項*で説明したように、マイクロフォンのフロントボリュームを最適化するために、MEMS チップの振動膜から装置表面間の音響チャネルは最小化されるべきです。ボトムポートマイクロフォンの音響構造体は、この点で理想に近いです：フロントボリュームが小さく、バックボリュームが大きい。（バックボリュームを大きくすると、マイクロフォンの感度、SN 比と周波数応答特性を改善します。）　マイクロフォンは底部のサウンドポートまわりにあるシーリングリング①によって回路基板との間を音響的に封止します。シーリングリングは回路基板上の同様なパターンと半田付けします。さらに回路基板の反対側も封止物②が必要です。最も単純な場合では、筐体③は、回路基板と近く平行にします。筐体の穴④及び回路基板の穴は、封止用ガスケット②で接続します。

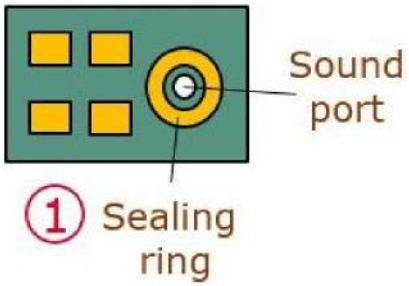

図 3 下面図 – ボトムポート　マイクロフォン

トップポートマイクロフォン用 MEMS センサが、マイクロフォンパッケージの蓋に搭載されている場合（参照 *図 4*）、
音響特性はボトムポートマイクロフォンと同様に、大きなバックボリュームと小さなフロントボリュームになります。また MEMS センサが、マイクロフォンパッケージ基板に搭載されている伝統的なトップポートマイクロフォンは、大きなフロントボリュームと小さなバックボリュームになり音響特性に妥協が必要な設計となります。音声チャネルは、マイクロフォンパケージ上面のマイクロフォン音声ポートと接続し封止されます。最も単純な場合では、装置カバー⑤は、マイクロフォン上面に近くに平行配置します。筐体の穴⑦及びマイクロフォンの音声ポートは、封止用ガスケット⑥で接続します。

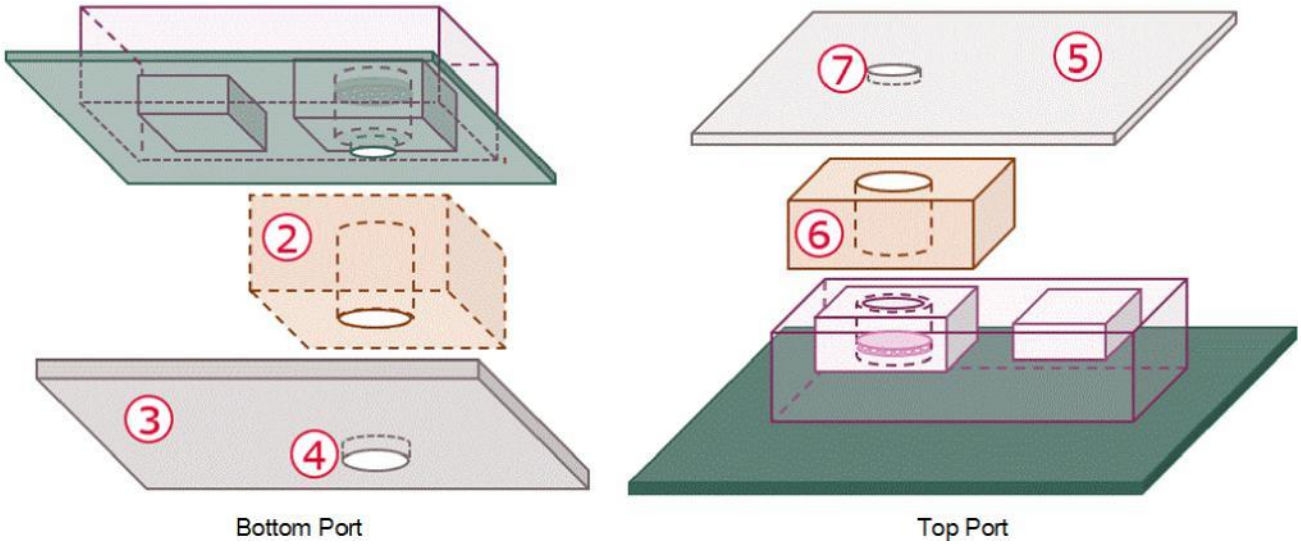

図 4：MEMS マイクロフォン　パッケージタイプ

注意：　　マイクロフォンパッケージ（トップまたはボトムポート）の選択は、装置の構造に依存します。装置上では音声チャネルの長さを最小限に、均一かつできるだけ簡単に作る事がゴールとなります。

2　音響的実装

2.4　超音波

多くの MEMS マイクロフォンの中で音響構造のセンサは、超音波すなわち 20kHz 周波数もキャプチャすることができます。MEMS センサ(振動膜)の共振周波数は通常数十 KHｚと高周波となります。しかし、MEMS センサがマイクロフォンパッケージに搭載され、装置に実装されることにより、周波数応答特性が超音波まで平坦にすることは難しくなります。

多くの場合、MEMS マイクロフォンシステムは、二つの音響共振を持っています。一つ目は MEMS マイクロフォンのフロントエンド音響要因(音声ポート、フロントボリューム、MEMS 振動膜)ならびに装置の音響チャネルによって引き起こされます。2 つ目は MEMS 振動膜の背後にある音響要因(MEMS バックプレート、バックボリューム) よって引き起こされます。

上記から低い可聴周波数から 20kHz まで平坦な周波数応答特性を得ることは困難です

- 同じマイクで可聴周波数ならびに超音波両方をキャプチャする用途では、これらの周波数帯の一方または両方の性能を妥協することになります
- 通常、一次共振は可聴周波数の中間または高い周波数(10kHz～20kHz)、または超音波の低い周波数で(20kHz～25kHz)で起こります。
- いくつかのケースでは、1 次共振は高い可聴周波数で、または可聴周波数範囲より 上の適切な周波数(例えば、システムがキャプチャすることができる超音波周波数帯の下方 15kHz～25kHz)に設計することができます
  - この方法では、共振はキャプチャ性能に影響を与えます
- 2 次共振は、システムがキャプチャするための周波数帯に影響を与えないような、非常に高い周波数にすることが多いです
  - これは、シミュレーションかテストして確認する必要があります
- 非常に高い周波数(> 30kHz の)で最良の結果を得るために、音声チャンルが共振を引き起こさない様に、短く、広くし、くびれが無い様にしてください。

3　機械的な実装

音響設計だけを考慮し、装置にマイクロフォンを実装することは十分でありません。マイクロフォンを機械的にも考慮し装置に実装することがシステムの品質と信頼性を最適化する上で重要な役割を果たしています。

適切な機械設計が、マイクフロフォンの特性を確実に引き出します

- 適切な音響環境
  - 音響的に最適化、サイズが変化しない。および確実な音響封止
- 天候などの外的要因からの保護
  - 例えば音響チャネルに、ほこり及び水の侵入防止策を実施することが必要です
- 機械的要因からの保護
  - 装置に機械的応力（変形、圧縮）
  - ぶつけたり、叩いたりすることの繰り返し
  - 圧力
- 実装に最適化された大きさ
  - マイクロフォンの大きさだけでは、必要な装置の大きさを決定するものではありません。また、装置全体を考慮した実装（例えば、構造的に必要な形状、封止、キープアウトゾーンなど）行う必要があります

- マイクロフォンシステムの性能を最適化するための正しい位置
  - 短い音響ポートを実現にするために装置表面に近い位置
  - マイクロフォンシステムがキャプチャ特性を最適化するために設計された位置

3 機械的実装

3.1 機械設計機能の例

① 音響的に最適化されたサイズ
- 穴の形状、長さ及び断面積

② 適切に設計された音響封止
- 正しい音響サイズ
- 正しい厚さ
- 詳細は「音響封止」項を参照してください。

③リッジ形状（または他の同様な特徴）は装置カバーに設けることにより、封止ガスケットを固定、及び移動（X, Y 方向）することを防ぐことができます。
- これは、音響サイズや封止を安定させます

④すべての動き（X, Y, Z 方向）を防ぐ為、マイクロフォンの近い位置にネジスペーサー（またはその他の同様な機能）を配置します。
- これは、音響サイズを安定化し、封止ならびに回路基板の変形（Z方向）を防止します
- この機能は、特にマイクロフォンがフレキシブル回路基板上に実装されたときに重要です。

⑤　ほこり/液体保護メッシュ/膜

⑥　回路基板の変形を防止するための支持構造

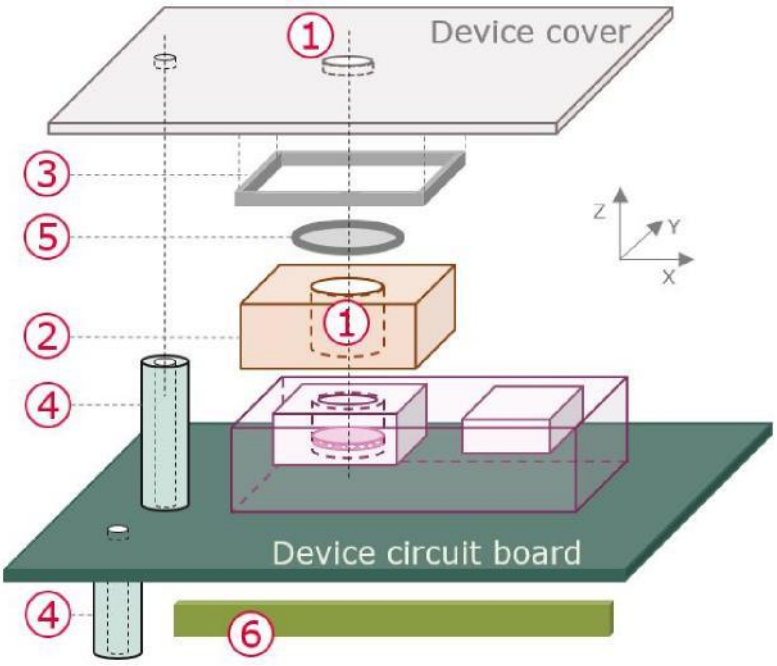

図 5　MEMS マイクロフォン機械的設計

3 機械的実装

3.2　　サイズ

市場で入手可能な標準 MEMS マイクロフォンのサイズは一握りです。一般的なサイズは、例えば、4.0x3.0x1.0mm(デジタルマイクロフォン)、3.5x2.65x0.98mm 及び 3.35x2.5x0.98mm があります。標準以外のサイズでは、例えば、非常に高性能のマイクロフォン(例えば、4.0x3.0x1.2mm)と非常に小さなサイズが存在します。多くの装置では、装置サイズを最小化する事が重要な成功要因です。例えばスマートウォッチなどウェアラブル製品にとって大きさは重要です。最小化する為の一番重要なサイズは装置によります。スマートウォッチでは、全体的な体積の最小化は、おそらく重要な達成項目です。タブレット、ノートパソコンでは、マイクロフォンの実装最小幅は重要な目標となり得ます。これは、例えばディスプレイ用ガラスにマイクロフォン用の穴を開けることは防ぐため、音響チャネルをディスプレイ額縁の端に配置するためです。

装置のための正しい部品選択は、装置の構造に依存します。これは例えば、トップポート又はボトムポートマイクロフォンのどちらが小さい実装サイズを達成することが可能か。最小部品が、必ずしも最小の実装サイズを実現するわけではありません。例えば、小さなトップポート部品は、サウンドポートの周りにわずか封止領域しかありません。それに加えて、封止ガスケット位置の公差はあまり正確ではありません。したがって、非常に小さなトップポートマイクロフォンは周りにも封止しなければならないかもしれません。これにより実際の実装サイズはサイズの大きいマイクロフォンと同等、または非常に大きくなることになります。

以下の図は、4.0x3.0mm のマイクロフォン＋封止ガスケット、3.0x1.8mm マイクロフォン＋周りに封止用ブーツの一例を示しています。小さいマイクロフォンの実装面積が大きくなります。

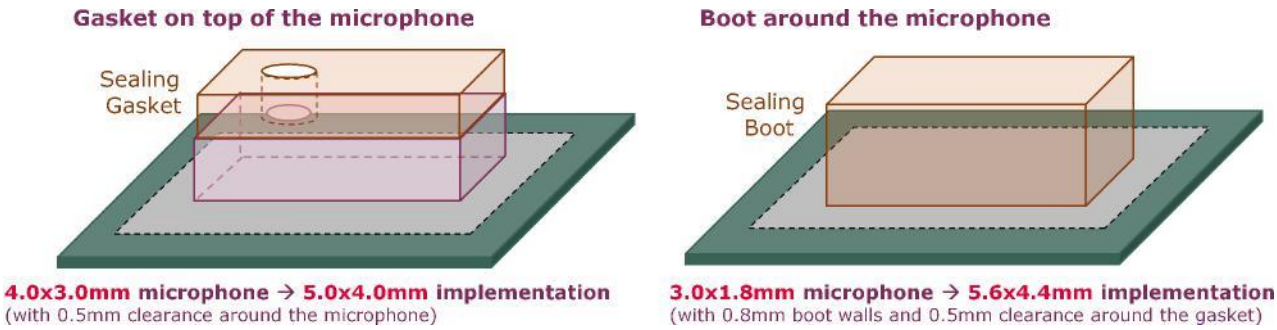

図 6　MEMS マイクロフォンの機械的寸法の実装

注意:　　最小のマイクロフォン部品は、必ずしも最小の実装サイズを実現することではありません。

3 機械的実装

3.3 アコースティックシール

マイクロフォンシステムの品質と信頼性を最適化するために、マイクロフォンのための音響チャネルはもちろん封止しなければなりません(無論、装置の両端にあるマイクロフォン及び、表面上にあるものは除きます)。実際に行う封止方法は、マイクロフォンシステムの音響特性に影響を与える為、とても慎重な設計作業と検証が必要です。性能が最適化(システムの信頼性を忘れずに)されるように、封止部品穴の形状、断面積及び封止部品の材質に合わせた設計をしなければなりません。チャネルおよび封止部品を設計する際は、音声チャンルの音響設計のためのガイドライン（*デバイス内のマイクロフォンの周波数応答特性*項）に従ってください。「封止」という意味は密閉されているということです。例えば、チャネル壁も気密封止されています。硬質材表面と間の封止は、通常、ゴム又は発泡体から作られる軟質密封ガスケットを用いて行われます。空気が通過することができないシリコーン/ゴム材料を推奨します。気密する為に圧縮が必要な発泡体/スポンジは推奨できません。スポンジ状の材料で気密を作るために圧縮することは音響的封止では信頼できる方法ではありません。ボトムポートマイクロフォンにおいて、マイクロフォンと装置基板間の封止は半田付けされています 。トップポートマイクロフォンの封止はボトムポートマイクロフォンに比べ難しいです。なぜならマイクロフォン上にガスケットが必要であり、また封止スペースは常に限定的です。

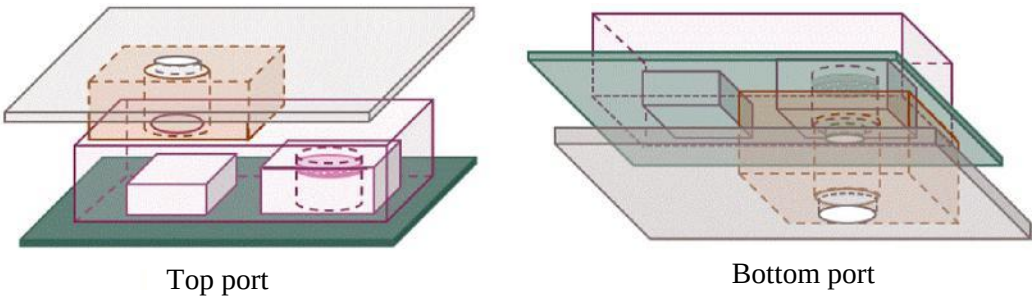

図 7 MEMS マイクロフォン音響的封止実装

不十分な封止は、いくつかの問題を引き起こす可能性があります

- マイクロフォンの感度と周波数応答特の変化
  - 特に低い周波数に重大な影響を及ぼす可能性があり
  - これは、DSP アルゴリズムの性能に有害となります
- 装置内部のノイズがマイクロフォンセンサに伝搬する可能性
  - マイクロフォンが装置のスピーカーやイヤホンの出力を拾った場合に重大なエコーの問題につながる可能性
  - 装置内他部品からの音
  - ハンドリングノイズ

注意:　マイクロフォン音声チャネルは、マイクロフォンシステムの品質と信頼性を最適化するために封止されなければなりません。封止を行う方法は、マイクロフォンシステムの音響特性に影響を与えます

製造バラツキなどによる装置の変形を、音響チャネルの封止設計する際に考慮することは重要です。機械的変形は、装置の度重なる落下や、取り扱いに起因することがあります。また封止材質の効果が無くなる可能性があります。また劣化により装置の形状、剛性も変わります。

3 機械的実装

封止部品は、装置筐体の変形に対応できなければなりません

- 封止部品は、周りの筐体が変形されても、隙間を埋めるため十分に厚く、正確に封止する様に設計しなければなりません。
  -シミュレーションにて、封止部品が隙間を埋められる最大値を確認する必要があります。
- ガスケットは薄く、マイクロフォンパッケージ及び装置筐体に過度の力をかけない様、考慮する必要があります
  - そうでなければマイクロフォンの特性や信頼性に影響を及ぼす可能性があり、または装置筐体が変形する場合もあります
  -封止部品表面にリブを追加することにより、封止の信頼性を損なうことなくマイクロフォンや筐体にかかる力を低減することができます(図 8 参照)

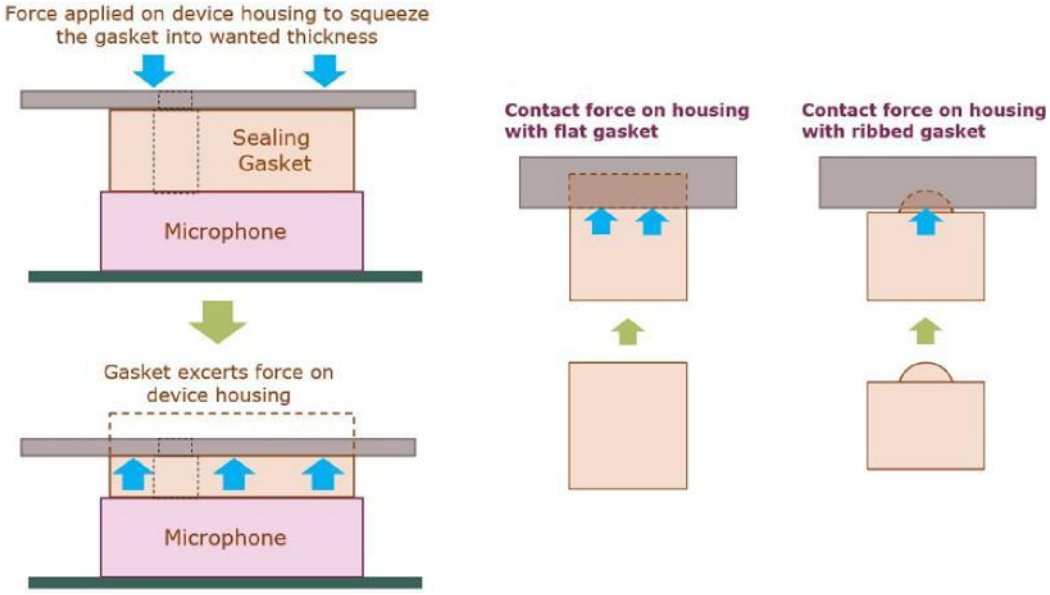

図 8　封止の信頼性

製造バラツキ、劣化および乱暴な取り扱いにより、封止ガスケット位置精度が損なわれる可能性があります。これはガスケットの穴と他の封止が必要な穴の位置合わせが不十分となります。
位置合わせが不十分の場合（*図9参照*）

- 音声チャネルから音が漏れること
  - これは、感度、周波数応答特性の変化、雑音やエコーの問題を引き起こす可能性があります
- 音声ポートを完全または部分的に塞ぐこと
  - これは、感度と周波数応答特性の変化、あるいはミュート状態になってしまいます。

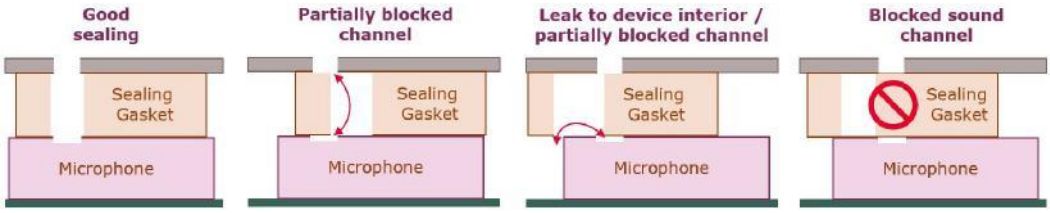

図 9　封止部品の位置合わせ

3 機械的実装

ガスケットやブーツの開口部の大きさには歩み寄りが必要です。一方で、開口部が塞がるリスクを軽減するために可能な限り広くする必要があります。またヘルムホルツ共鳴を避けるために、接続されている穴よりも大きくすべきではありません。考慮すべき別の要因は、装置筐体上の音声ポートを介して見たとき、封止部品が確認できるか否かです。目に見える封止部品は、デバイスの視覚的品質を損ないますので、ガスケットの穴は、装置外部から見えないように十分な大きさでなければなりません。どのような状況の下でも音声チャネルが折れたり、潰れたりしないことを確実にするために注意する必要があります。これは、封止部品内部にて折り曲げられているなどより複雑な音響チャネルの場合、また音響チャネルが完全な垂直(Z 方向)又は水平(X または Y 方向)でない場合、特にリスクとなります。封止材の壁は、その形状を維持するのに十分な厚さでなければなりません。(*図 10*　③を参照してください。)

ゴム成形部品内でチャネルを曲げると、折り曲げ部にバリが有ることがあります。
チャネル内部までの成形ツールを使用した場合は、バリの大きさが大幅に変更されることがあります。そのため、品質管理が重要です。(*図 10*　③を参照してください)

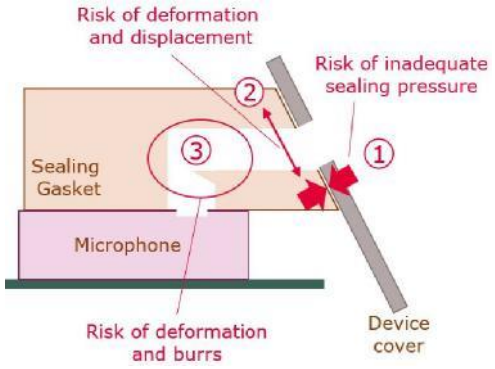

図 10　封止位置合わせ

図 10 垂直面

筐体(面)は、音響ガスケットまたはブーツで確実に封止されていなければなりません

- 材料の厚さや形状は、十分な剛性を有するように設計されなければなりません
- スクリュータワー、スナップフック、ブレースまたは他の構造補強機能を封止部近くに配置することをお勧めします。

確実な封止を行うため、筐体表面は平滑にしなければなりません。

水平方向（X/Y）より垂直方向(Z 方向)面に適切な力で封止することは難しいです(X / Y 面を装置に組み込む時、垂直方向に組みこむ為)。

封止する面と並行で無い場合、封止部品が所定の位置から移動しない様、確実に封止できるよう注意します。封止部品の変形防止、移動防止及び装置筐体と封止ガスケット間に適切な圧力が加わる様に、支持構造体を含め設計する必要があります。(*図 10* ①、②参照)

注意:　*装置の製品寿命まで、確実、安定及び適切に封止されるよう封止面は設計されなければいけません。(また、その形を保持するのに十分な硬さも必要です)*

3 機械的実装

3.4　音声ポート保護

MEMS センサおよびマイクロフォンの ASIC は、多かれ少なかれ敏感な半導体部品であり、汚染から安全に守る必要があります。敏感なマイクロフォンを含む装置全体を、汚染の環境から保護するよう設計するソリューションがあります。ほこりおよび/または液体から保護する利用可能なソリューションを提供します。ほこりからは一部または完全に保護することができます。水蒸気や水の飛沫からの保護ができます。また装置自体が浸水しても保護できます。

保護部品は通常、マイクロフォンパッケージ、封止ガスケット又は、装置筐体の音声チャネルに組み込み可能なメッシュ、多孔性の材料又は膜で構成されます。メッシュと膜の一部はリフローが可能で、装置の回路基板をリフローされる前に、それらをマイクロフォン上に組み立てることができます。マイクロフォンパッケージにメッシュ/膜を組み込むことは、装置の製造中に汚染を防止するという利点を有します。

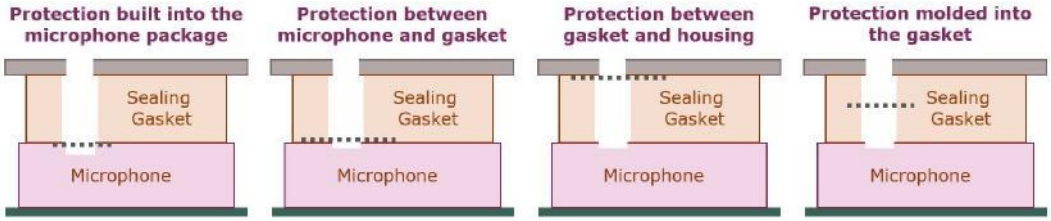

図 11　音声ポート保護

保護ソリューションは通常、音響性能に影響を与えます。より多くの保護ソリューションは、よりパフォーマンスに影響を与る傾向があります。影響を受けるパラメータは通常、感度、周波数応答特性および SN 比です。周波数応答特性への影響がある共振周波数を変化させ、マイクロフォンシステムの使用可能な周波数範囲を拡大するためのツールとして有益に作用するものもあります。保護メッシュ又は膜によって生じる SN 比の劣化は、材料特性及びサイズに依存します。

保護部品の音響抵抗は周波数応答など装置への実装されることにより音響的変化を受けやすいため、メッシュの厚さ、開口サイズ、単位面積当たりの開口の数および IP（環境保護レベル）など多くの要因によって影響をうけます。たとえば開口部が大きい場合は、音響抵抗が小さく周波数応答特性に与える影響は小さくなります。

メッシュ又は膜は、マイクロフォンが受ける圧力/衝撃を減衰させることができます。これにより、マイクロフォンが壊れることを防ぎます。またメッシュ又は膜は、導電性で GND に接地することで、静電気放電（ESD）からマイクロフォンを保護します。

装置の保護レベルとマイクロフォン保護のソリューションは、IP 保護等級に沿って測定されています。IP の略は「International Protection Marking」で IEC 規格(60529)です。IP コードは、ほこりや水に対する保護の程度を分類します。IP コードの構文は、IPxy であり x は固形物侵入の保護を記述します。y は、防水保護を記載します。たとえば、IP67 は、装置が「完全に保護されている)」 「ダストタイト」で、水深 1 メートル未満の浸水に対して対応していることを意味します。

注意：環境保護ソリューションは、通常のマイクロフォンの音響性能に影響を与えます。保護強化は、より大きな影響を与えます。場合によっては、音響性能のために有益であることがあります。

3 機械的実装

3.5 マイクロフォンの配置

装置内のマイクロフォン位置は、音響的に最適化されるべきです

- マイクロフォンは、音響ポートの長さを最小限に抑えるために、装置表面の近くに配置されなければなりません
- マイクロフォンは特に、ユーザーが保持した状態で、音源の近くに配置されなければなりません。すなわちユーザーの口の近くです（スマートフォン、ヘッドセット、スマートグラス等）。
  - *注意:　ノイズキャンセリングシステムによっては、可能な限り音源からマイクロフォンを遠ざけて置くことが必要です*

- マルチマイクロフォンアレイのマイクロフォン配置はアルゴリズムによって異なります。（*マイクロフォンアレイ*項にて詳細をご確認ください。）
- ステレオ録音では、マイクロフォン間で音響的な距離を最大にすべきです
  - 音響的な距離とは、装置表面にある 2 つの音声ポートとの間の距離です

- 装置表面上の音声ポート位置は、装置筐体が与えるマイクロフォンの周波数応答特性に影響があります。
  - 例えば、一般的にコーナーへの配置することは、平面領域の中央に配置するよりも優れています
- 設計により音響ポートが偶発的に塞がれること（例えは、ユーザーの手）を防止しなければなりません。
- マイクロフォンは可能な限りノイズ源から離して配置しなければなりません

- 電気/電磁ノイズ：アンテナ①、スイッチングシステム②、パワーアンプ③
  - 例えば、マイクロフォンとアンテナは回路基板の同じ面に配置しないことが、望ましいです。
- 音響ノイズ：スピーカー④、イヤホン、スイッチ②、 アクチュエータ（例えば、カメラ⑤）、ハンドリングノイズ⑦
- 機械（躯体伝搬音）ノイズ： ハンドリングノイズ⑦、また装置内振動部品；キーパッド、UI のボタン（例えばボリュームボタン⑥）、振動モータ、カメラアクチュエータ⑤



図 12　スマートフォン

マイクロフォンは、機械的ストレス源やストレスの中心から離して配置されるべきです

- 力が装置に加えられる押しボタンと他のユーザインターフェース機能
- 変形を引き起こす可能性がある、装置の構造的に強い応力がかかる場所
  - スクリュータワーなどの構造支持物から離れた大きな回路基板の中央部などに、高い応力が加わることがあります。

- 装置の回路基板と他の構造物が、マイクロフォンの近くで適切に支持されなければなりません
- 温度変化もストレスの要因となりますので、マイクロフォンを熱源から離して配置しなければなりません（例えば、パワーアンプ）。

3 機械的実装

非常に異なる使用例が、さまざまなマイクロフォンシステムへの要求を設定します。

- 携帯電話
  - 入力音（ユーザの音声）がどの方向から来るかを分かります。
  - ユーザーの口にできるだけ近くに 1 個のマイクロフォンを配置します。他のマイクロフォンは装置に使用されるノイズキャンセリングシステムの要望を基づいて配置します
- 手にもって頭や口から離れた装置
  - 入力音声の方向や距離は分かりません
- 電話会議
  - 装置はテーブルの上に置き、異なる距離、異なる方向で複数の音源があります
- デジタルアシスタント
  - 音源方向と距離が変化します
- ビデオキャプチャ
  - カメラの前でビデオ画像内の音源
  - カメラの後ろで撮影者の語り

多くの場合、装置と音源方向の関連は知られていません。従って撮像システムは汎用でなければならなりません。 *マイクロフォンアレイ*項参照

注意: *マイクロフォンは音響キャプチャ性能（装置、アプリケーション、アルゴリズムなどの要求）により、最適な場所に正しく配置しなければなりません。そして不要なノイズ源やストレス源から離します。*

3.6　　マイクロフォンアレイ

マルチマイクロフォンアレイは、マイクロフォンが正しく動作する様、正しい配置に設計します。例えば、音声制御システムにおけるマイクロフォンアレイは直線（同じライン上に 2 個以上のマイクロフォンを配置）、円形（3 個以上のマイクロフォンを円周上に配置）または３次元構成です。
携帯端末またはウェアラブル製品は、音のキャプチャ要求によっては、単一マイクロフォンシステムを使用することができます。ユーザが必ずしも手で持つ必要でない製品の場合(例えば、1～2 メートルの距離)は、2 個以上のマイクロフォンシステムが有効です。さらに遠くの距離(又は任意の方向から)からの音/音声をキャプチャする必要がある装置の場合、3 個以上のマイクロフォンが配置されたアレイが推奨です。ブラインド信号源分離アルゴリズムまたは複数のマイクロフォンを使い信号品質を改善するキャプチャ改善方法には、ノイズキャンセリングシステムがアレイに付属されなければなりません。
通常、3 個以上のマイクロフォンを有するアレイは、入力音声の方向(角度）が不明な場合に、改善された性能を提供します。このような装置の良い例は、スマートアシスタントデバイス(スマートスピーカー)です。3 マイクロフォンアレイは、発話者の水平方向のみ場所も特定できます。3 次元に配置されたマイクロフォンアレイ（同じ面へのマイクロフォン配置ではなく）では、3 次元での場所特定および音声キャプチャが可能です。

音声の方向、角度が決まっているシステムは、ほぼ直線上にある 2 個のマイクロフォンアレイで対応することができます。
これは 、例えば、音が壁に埋め込まれた装置の正面から来る場合です。

3 機械的実装

3.7 ハンドリングノイズ

ハンドリングノイズは、装置の音響品質に大きな影響を与えることがあります。例えば、ユーザーが装置を持ち替える時に、装置表面との摩擦や、ボタン/キーボードを押す時に起こります。マイクロフォンの位置に応じて、ハンドリングノイズがマイクロフォンに非常に近い所で起こった場合は、キャプチャするノイズレベルが高くなります。

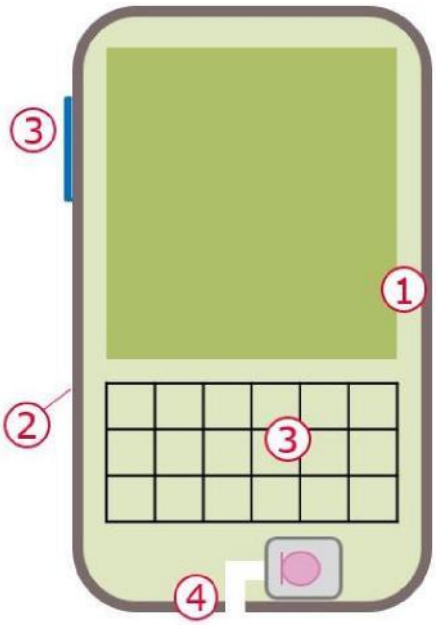

図 13　ハンドリングノイズ予防

ハンドリングノイズは予防することができます

- 取り扱い時に、装置の変形やきしみを防ぐ剛性な装置構造に作ります①
- 取り扱い時のノイズが最小となる様に、装置表面の仕上げを選択してください②
  - これは時々、装置の外観と手感を設計担当している工業デザイナーの意向に反することがあります
- 高品質のプッシュボタンやキーパッド③を使用すると、がたつきやクリック音など他のノイズを発生させません
- マイクロフォン音声チャネルの適切な封止④
  - これは、装置内でマイクロフォンへのハンドリングノイズの伝搬を抑止します。

3.8 信頼性

マイクロフォン動作の安定性を向上し、ハンドリングノイズを防止することに加えて、永久的なダメージからマイクロフォンを保護する為の装置構造を、設計することも重要です。例えば、非常に高い位置から落下し、変形が避けられない場合、大きな力が装置に加わります。初期の衝撃により、装置構造の傷みは、元の衝撃や変形よりも有害です。マイクロフォンの周りの装置構造は、マイクロフォンが耐えられない力を誘導する、構造的に衝撃を与える、または衝撃で部品やそのはんだ接合部にダメージを与えることが無いように設計されなければなりません。
正確な構造的衝撃リスク軽減方法は、1 つの場合から別のものに変化します。構造担当デザイナー、信頼性テストエンジニアは、リスクを認識し取り組むべきです。

注意:　マイクロフォン周りの装置構造は、マイクロフォンが耐えられない力を誘導する、構造的に衝撃を与える、または衝撃で部品やそのはんだ接合部にダメージを与えることが無い様に、設計されなければなりません。

3 機械実装

3.9　　リフロー、パッドのレイアウトとステンシル

装置回路基板上のパッドレイアウトと同様に、装置製造の為のはんだマスク/ステンシルは、マイクロフォンのデータシートに記載されたガイドライン及び仕様に従って設計されなければなりません。
以下のガイドラインに正しく従うことの事で、はんだ付けを確実にします。

- 適切なはんだペーストの量を、マイクロフォン用コンタクトパッド上に使用する事
- 回路基板にマイクロフォンを、確実にはんだ接着する事
- マイクロフォンは、リフロー時に傾斜（浮き）しない事
- ボトムポートマイクロフォン底面の音響シールリングが完全に封止せれている事
- ボトムポートマイクロフォンのボトムポート内に、高速ピック&プレースプロセス中のはんだ飛散が無い事

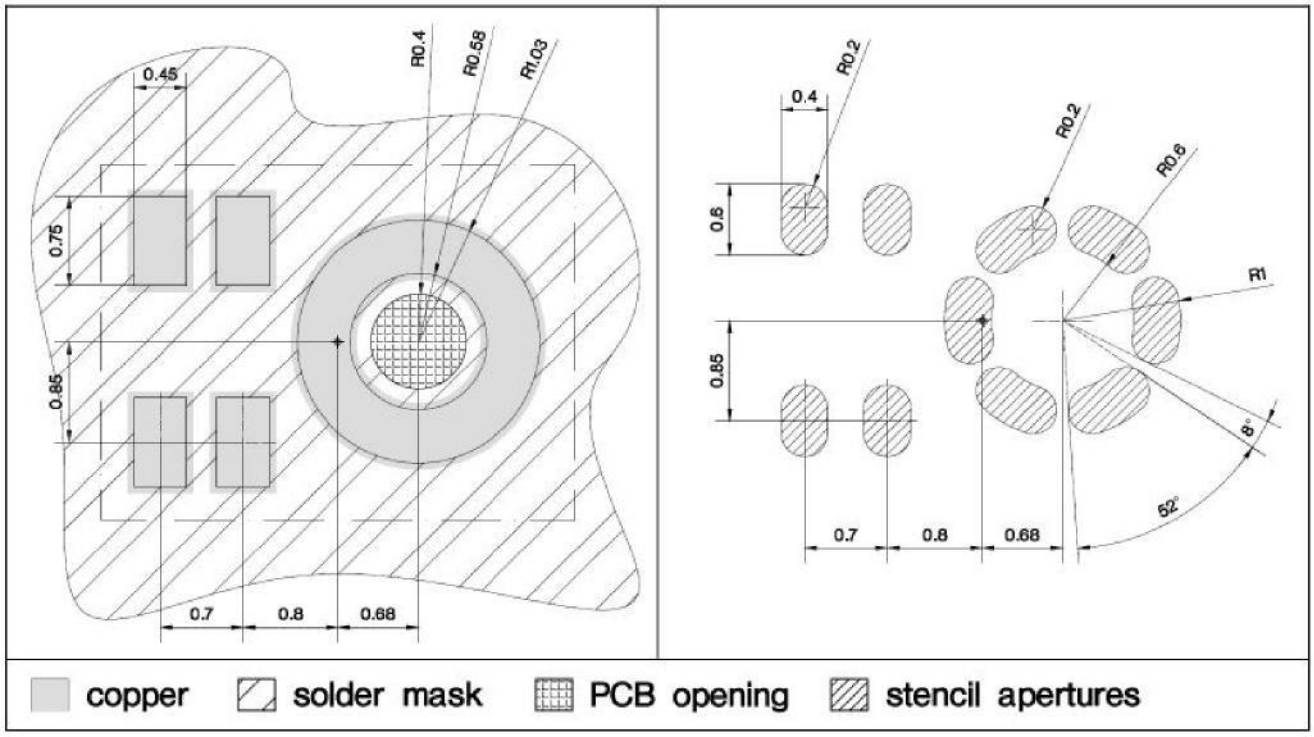

図 14　インフィニオン IM69D130 マイクロフォン　フットプリントとステンシルの推奨例

4　音響的および機械的な実装のまとめ

4　音響的、機械的な実装 – まとめ

装置の音声チャネルは、マイクロフォンの性能を決定する重要な要因です。共振の影響を最小限に抑えるように設計しなければなりません。マイクロフォン周辺の音響的及び構造的に長期間にわたり変化を防ぎ安定していることが、音声品質を維持します。頑丈な製品筐体及びノイズ源の除去は、ハンドリングノイズを防ぐのに役立ちます。

高品質なオーディオキャプチャの為には、正確で信頼性の高い封止が、重要な要因です。封止は、装置寿命まですべての使用条件下で正確に働かなければなりません。装置の実装時には、ほこりや液体又は衝撃など実装環境から影響無い様に保護しなければなりません。またマイクロフォンには、機械的応力がかからない動作環境を提供しなければなりません。

マイクロフォンは音源に対して、装置に正しく配置する必要があります。マルチマイクロフォンアルゴリズムによる設定を考慮に入れなければなりません。マイクロフォンは、ノイズ源とストレス要因から離して配置しなければなりません。

装置構造力学に対して、正しいマイクロフォンタイプを選択する事により、実装のサイズを最小化することができます

商標について

すべての参照、製品名、サービス名及び商標はそれぞれの所有者の財産です。

版 2018 年 1 月 12 日発行

インフィニオンテクノロジーズ AG 8172

© 2018 独インフィニオンテクノロジーズすべての権利を保有。

6 ミュンヘン、ドイツ

このドキュメントのいかなる側面について質問がありますか?E メール: erratum@infineon.com

ドキュメントの参照
AN150612

重要なお知らせ

このアプリケーションノートに含まれる情報は、製品の実装のためのヒントとして与えられ、いかなる場合に、製品の特定の機能、状態または品質の説明または保証とみなします。製品の実装前に、このアプリケーション・ノートの受信者は、任意の関数と実際のアプリケーションでは、ここに与えられたその他の技術情報を確認する必要があります。

インフィニオン Technologies 社は、ここにこのアプリケーションノートに与えられた、すべての情報に関して、(第三者の知的財産権の非侵害の限定保証なしを含む)あらゆる種類の一切の保証や責任を負いません。 この文書に含まれるデータは、もっぱら技術的に訓練を受けたスタッフを対象としています。

それ それは意図した用途と、そのようなアプリケーションに関して、本文書に与えられた製品情報の完全性に対する製品の適合性を評価するために、顧客の技術部門の責任。

警告

技術的な要件に製品が危険な物質を含んでいてもよいです。問題のタイプについては、お近くのインフィニオンテクノロジーズオフィスまでお問い合わせください。別段明示的にインフィニオンテクノロジーズの認可代表者が署名した書面にインフィニオンテクノロジーズにより承認を除き、インフィニオンテクノロジーズの製品は、製品の故障またはその使用のいずれかの結果が合理的になることが予想される任意の用途に使用することはできませんけがに