



プリント配線板と組立品の設計標準

2025 年 3 月 28 日 E 改訂

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

目 次

1.	総則.....	1
1.1	目的.....	1
1.2	範囲.....	1
1.2.1	新規開発品.....	1
1.2.2	国外製品.....	2
1.2.3	付帯事項.....	2
1.3	プリント配線板の分類.....	2
1.3.1	構造.....	2
1.3.2	材料.....	3
1.3.3	層数.....	3
2.	関連文書.....	4
2.1	適用文書.....	4
2.2	参考文書.....	6
3.	用語の定義.....	7
4.	一般要求事項.....	7
4.1	一般.....	7
4.1.1	プリント配線板とその組立品に関する信頼性の原則.....	7
4.1.2	JAXA認定と公知規格.....	9
4.2	図面等作成要求.....	11
4.2.1	一般（図面等作成）.....	11
4.2.2	プリント配線図.....	11
4.2.3	プリント配線データ.....	12
4.2.4	組立図.....	13
4.2.5	部品リスト.....	13
4.3	一般設計要求.....	13
4.3.1	一般（設計要求）.....	13
4.3.2	プリント配線板の部品配置配線設計.....	14
4.3.3	プリント配線板の形状.....	14
4.3.4	品質確認試験パターン.....	14
4.3.5	ソルダレジストの適用.....	14
4.3.6	接着固定の適用.....	15
4.3.7	コンフォーマルコーティングの適用.....	15
4.3.8	熱伝導経路への考慮.....	16
4.3.9	振動・衝撃への考慮.....	18

4.4	品質保証.....	20
5.	詳細要求事項.....	20
5.1	材料への要求.....	20
5.1.1	プリント配線板材料.....	20
5.1.2	多層プリント配線板の厚さ.....	21
5.1.3	表面処理.....	22
5.1.4	ソルダレジスト.....	22
5.1.5	固定用接着剤.....	23
5.1.6	コンフォーマルコーティング.....	23
5.1.7	マーキングインク.....	23
5.2	プリント配線板の選定.....	23
5.2.1	プリント配線板の選定方法.....	23
5.3	部品取付要求.....	25
5.3.1	熱応力.....	25
5.3.2	ストレスリリーフ.....	26
5.3.3	部品配置.....	28
5.3.4	スルーホールへの挿入実装部品のレイアウト.....	28
5.3.5	表面取付け部品のレイアウト.....	36
5.3.6	両端子部品の垂直取付.....	42
5.3.7	部品配置要求.....	43
5.3.8	部品取付け要求.....	43
5.3.9	面間接続.....	46
5.3.10	端子.....	46
5.4	導体への要求.....	49
5.4.1	導体箔の厚さ.....	49
5.4.2	導体幅.....	50
5.4.3	導体間隙.....	55
5.4.4	取付間隙.....	56
5.4.5	広面積導体パターン.....	56
5.4.6	ガイドクリップしゅう動部分.....	57
5.5	ランドと穴への要求.....	58
5.5.1	穴の寸法及び位置.....	58
5.5.2	アニューラーリング.....	58
5.5.3	設計最小ランド直径.....	59
5.5.4	広面積導体部のランド.....	59
5.5.5	端子取付用ランド.....	60
5.5.6	表面取付用ランド.....	60
5.5.7	はんだフィレット.....	61

5.5.8	部品取付用めっきスルーホール寸法と公差	62
5.5.9	穴と部品リードのクリアランス	62
5.5.10	穴とかしめ端子のクリアランス	62
5.5.11	プリント配線板取付穴	63
5.6	品質保証	63
5.6.1	文書管理	63
5.6.2	記録	63
5.6.3	検査	63
5.6.4	プリント配線板の受入れ	64

付録 I	用語の定義	I-1
------	-------	-----

付録 II	補足設計情報	II-1
-------	--------	------

図 表 目 次

図 4-1	部品上面からプリント配線板への熱伝導パスを設けた場合の実施例	17
図 4-2	金属フレームによるプリント配線板の補強例	19
図 5-1	プリント配線板厚み	22
図 5-2	プリント配線板の材料、部品、及びはんだの熱膨張	24
図 5-3	ストレスリリーフと拘束箇所	26
図 5-4	取付形態	27
図 5-5	丸形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装	28
図 5-6	丸形リード線表面沿わせ実装	29
図 5-7	リボン形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装	29
図 5-8	リボン形リード線表面沿わせ実装	30
図 5-9	丸型リード線めっきスルーホール折り曲げ実装	31
図 5-10	丸型リード線めっきなしスルーホール折り曲げ実装	32
図 5-11	ストレート実装（めっきなしスルーホール）	33
図 5-12	ストレート実装（めっきスルーホール）	33
図 5-13	両端子部品の取付穴最小間隔	35
図 5-14	表面取付部品用ランド間隔（丸形リード線）	36
図 5-15	表面取付部品用ランド間隔（リボン形リード線）	37
図 5-16	表面取付部品用ランド設計（フラットパッケージタイプ）	38
図 5-17	表面取付部品用ランド設計（チップ部品タイプ）	39
図 5-18	パッド設計イメージ	41

図 5-19 BGA/CGAのパッド及びソルダレジスト設計	41
図 5-20 垂直取付部品	42
図 5-21 片端子部品の自立状態取付	44
図 5-22 BGA/CGAの固定（例）	45
図 5-23 ロール形かしめ	47
図 5-24 V形漏斗かしめ	47
図 5-25 端子のはんだ接続での割れのメカニズム	48
図 5-26 楕円漏斗かしめ	48
図 5-27 楕円形漏斗かしめのかしめ工具	49
図 5-28 SVHがあるプリント配線板断面図による銅箔とめっきの構成	50
図 5-29 プリント配線板の外層導体の幅と厚さ	51
図 5-30 多層プリント配線板の内層導体の幅と厚さ	53
図 5-31 広面積導体パターンの推奨例	56
図 5-32 ガイドクリップしゅう動部詳細	57
図 5-33 熱抑止部を備えたグランド及び電源プレーンのランド部分（代表例）	59
図 5-34 望ましいランド形状と望ましくない形状の例	61
図 5-35 矩形リード用スルーホール穴径	62
表 4-1 プリント配線板の公知規格	10
表 4-2 事前確認に必要な手順及び確認項目	20
表 5-1 リード線直径（d）による最小半径（R）	34
表 5-2 コーティングされたプリント配線板の導体間隙	55
表 5-3 検査の分類	64

1. 総則

1.1 目的

本書は、ロケット、人工衛星等の宇宙機及びそれらの搭載機器（以下、宇宙機という。）に適用するプリント配線板とその組立品に関する設計要求事項及び設計ガイドラインを定める。

1.2 範囲

- (1) 本書に定める要求事項は、宇宙機の搭載機器に適用する、プリント配線板、ディスクリートワイヤ配線板、フレキシブルプリント配線板、フレックスリジッドプリント配線板とその組立品の設計に適用する。
- (2) 本書は、契約上の仕様書で指定された場合に適用する。この場合、契約の相手側のみならず、契約の一部を遂行する下請業者等においても本書を適用しなければならない。
- (3) 仕様書に本書の適用が規定され、特に指示が無い場合は、本書の適用対象及び適用事項は、開発品目の区分に従い、1.2.1項のとおりとする。ただし、適用除外する場合には、理由を明確にした上で、宇宙航空研究開発機構（以下、機構という。）の検査員と協議を行い定めるものとする。

1.2.1 新規開発品

宇宙機の搭載機器の設計、試作、製作などを新規に行う場合は、次の区分に従うものとする。

(1) 開発モデル（EM^{*1}等）

開発モデルは、本書を適用しなくてもよい。ただし、環境試験や寿命試験を行う場合には、本書を適用する。

(2) 実機モデル（PM^{*2}、P FM^{*3}及びFM^{*4}）

実機モデルは、本書を適用する。

(3) 補用品及び予備品

補用品及び予備品は、本書を適用する。

*1 EM : Engineering Model……エンジニアリングモデル

*2 PM : Prototype Model……プロトタイプモデル

*3 P FM : Proto-Flight Model……プロトフライトモデル

*4 FM : Flight Model……フライトモデル

1.2.2 国外製品

宇宙機の搭載機器のうち、設計、試作、製作、改修などを国外において実施し、本書を適用することが困難な国外製品は、1.2.1 項の規定にかかわらず、以下の文書を適用し、相違点を確認してリスク有無を判断することで、これに代えて下記の文書を適用することができる。

IPC-2220 シリーズ／IPC-6010 シリーズ (2.1 項(2) による)

ECSS-Q-ST-70-12／ECSS-Q-ST-70-60

－注意－

JAXA 文書、IPC 及び ECSS の比較の詳細は、JERG-0-042-TM001 プリント配線板と組立品の設計標準 (JERG-0-042) 技術データ集 技術データ 3 を参考とすること。

1.2.3 付帯事項

(1) プリント配線板とその組立品の設計及び組立に関する審査

契約の相手方は、本書に適合しない事項について、その内容及びその評価根拠を要約し、基本設計審査会、詳細設計審査会又はこれらに相当する審査会において機構の審査を受けるものとする。

(2) 審査結果の反映

契約の相手方は、設計審査会における本書の適用に関わる審査結果を、品質、信頼性又は安全・開発保証のプログラム計画書の実施項目 (設計の標準化、EEE 部品パッケージング審査、技術文書) の関連資料 (図面、設計標準、手順書、管理規定など) に反映するものとする。

1.3 プリント配線板の分類

プリント配線板は以下のタイプに分類される。

1.3.1 構造

(1) プリント配線板

硬質の絶縁基材を使用した配線板。絶縁基材上の銅箔及び銅箔上に施された銅めっきをエッチングすることで回路を形成する。回路が配線板の片面、両面に形成された、片面板、両面板の他、銅張積層板を複数枚重ね合わせた多層板がある。

また、CIC^(注1)を内部に配置した低線膨張構造、銅インレイを埋め込み熱伝導に使用する高放熱構造がある。

(2) ディスクリットワイヤ配線板^(注2)

プリント配線板と同様に、硬質の絶縁基材を使用し、銅箔をエッチングすることで、回路を形成した層の他、絶縁被覆したワイヤを配線することで回路を形成する配線板。ワイヤは内部に配線されるため、多層板となる。また、CIC^(注1)を内部に配置した低膨張構造がある。

(3) フレキシブルプリント配線板

柔軟性がある絶縁基材を使用することで折り曲げることが可能な配線板。部品取り付け部に補強用のリジッド材料を接着した構造も可能である。

(4) フレックスリジッドプリント配線板（リジッド・フレックスプリント配線板）

硬質の部分（リジッド部）と柔軟性（フレキ部）がある部分を組み合わせた配線板。柔軟性がある分、折り曲げることが可能である。フレキ部が外層に1枚で構成されたアウタータイプ^(注1)と、フレキ部を内層に配置したインナータイプがある。

^(注1)：銅-インバー（Fe-Ni36%合金）-銅のクラッド材。

^(注2)：2021年1月現在、JAXA認定部品は存在しない。

1.3.2 材料

(1) リジッド材料

リジッド材料は、ガラス布に樹脂を含浸させたものである。樹脂は、エポキシ、変性ポリイミド、変性ポリフェニレンエーテル（PPE）等があり、用途、目的により選択する。

(2) フレキシブル材料

フレキシブル材料は、ポリイミドのフィルムが適用される。

1.3.3 層数

(1) 片面板

プリント配線板の片面のみに回路を形成したもの。製造工程に銅めっき工程を含まない。そのため、両面板でも、スルーホールがないものは、片面板に分類する。

(2) 両面板

プリント配線板の両面に回路を形成し、スルーホールを有する。スルーホールを形成するため、製造工程に銅めっき工程を含む。

(3) 多層板

プリント配線板の内部にも回路を形成した層を含むもの。内部の回路は、複数枚の基材を組み合わせ、接着剤（プリプレグ）により積層（加熱圧着）する工程を含み、表裏及び内部の導通のため、スルーホールを有する。

2. 関連文書

本書の関連文書を以下に示す。なお、一部の機構文書・資料については開示が制限される場合がある。

2.1 適用文書

下記の文書は、本書に規定する範囲において、本書の一部をなすものである。特に規定のない限り本書適用時の最新版とする。

- (1) 宇宙航空研究開発機構文書
 - a. JAXA-QTS-2140 宇宙開発用信頼性保証プリント配線板共通仕様書
 - b. JERG-0-039 宇宙用はんだ付工程標準
 - c. JERG-0-040 宇宙用電子機器接着工程標準
(部品接着固定、コンフォーマルコーティング及びポッティング)
 - d. JERG-0-043 宇宙用表面実装はんだ付工程標準
 - e. JERG-0-052 宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック (共通編)
 - f. JERG-0-054 BGA/CGA 実装工程標準
 - g. JERG-0-064 鉛フリー部品の宇宙適用工程標準

－ 注意 －

A改訂に伴い、適用文書からADS（適用データシート）を削除する。
ADSは環境限界特性、動作環境条件下の特性など、部品選定や設計時に必要な情報を認定メーカーがまとめるものである。
一方、宇宙用部品の認定方式はQPLからQMLに移行しつつある。
その結果、認定メーカー数も発行されるADS数も増え、製造工程・設備などに対する変更・改訂の自由度が高くなるため、ADSの改版も増える。
そこでADSを記載するのは実情に合わないと考えて削除する。
部品使用者は認定メーカー及び公開・宇宙用共通部品データベースから最新のADS情報を得ることが重要である。

B改訂に伴い、適用文書からQPL文書を削除する。
宇宙用部品の認定方式はQPLからQMLに実質的に移行が終了したためである。

(2) 公共規格等

- a. MIL-PRF-31032 : Printed Circuit Board/Printed Wiring Board, General Specification for
- b. IPC-SM-840 : Qualification and Performance Specification of Permanent Solder Mask and Flexible Cover Materials
- c. IPC-4101 : Specification for Base Materials for Rigid and Multilayer Printed Boards
- d. JPCA/NASDA-SCL01 : 宇宙開発用信頼性保証プリント配線板用共通材料個別仕様書
- e. CID A-A-56032 : Ink Marking、Epoxy Base.
- f. IPC-2221 : Generic Standard on Printed Board Design
- g. IPC-2222 : Sectional Design Standard for Rigid Organic Printed Boards
- h. IPC-2223 : Sectional Design Standard for Flexible Printed Boards
- i. IPC-2224 : Sectional Standard of Design of PWB for PC Cards
- j. IPC-2225 : Sectional Design Standard for Organic Multichip Modules (MCM-L) and MCM-L Assemblies
- k. IPC-2226 : Sectional Design Standard for High Density Interconnect (HDI) Printed Boards
- l. IPC-6011 : Generic Performance Specification for Printed Boards
- m. IPC-6012 : Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards
- n. IPC-6012 xS : Space and Military Applications Addendum to IPC-6012 Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards (xは版数を示す)
- o. IPC-6013 : Qualification and Performance Specification for Flexible Printed Boards
- p. SAE-AMS-QQ-N-290 : Nickel Plating (Electrodeposited)
- q. IPC-4204 : Flexible Metal-Clad Dielectrics for Use in Fabrication of Flexible Printed Circuitry
- r. IPC-4203 : Adhesive Coated Dielectric Films for Use as Cover Sheets
- s. ECSS-Q-ST-70-12 : Design rules for printed circuit boards
- t. ECSS-Q-ST-70-60 : Qualification and procurement of printed circuit boards

注) IPC-2221～2226 を IPC-2220 シリーズ、IPC-6011～6013 を IPC-6010 シリーズと総称する。

2.2 参考文献

下記の文書は、本書の記載内容を補足するために参考となるものである。

- a. MIL-PRF-8625 : Anodic Coatings for Aluminum and Aluminum Alloys
- b. SAE AMS-QQ-A-250 : Aluminum and Aluminum Alloy Plate, and sheet
- c. ASTM B 152 : Copper Sheet, Strip, Plate, and Rolled Bar
- d. J-STD-006 : Requirments for Electronic Grade Solder Alloys and Fluxed and Non-Fluxed Solid Solders for Electronic Soldering Applications
- e. IPC-SM-780 : Component Packaging and Interconnecting with Emphasis on Surface Mounting
- f. IPC-7351 : Generic Requirements for Surface Mount Design and Land Pattern Standard
- g. IPC-D-279 : Design Guidelines for Reliable Surface Mount Technology Printed Board Assemblies
- h. IPC-D-330 : Design Guide Manual
- i. IPC-T-50 : Terms and Definitions for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits
- j. IPC-D-325 : Documentation Requirements for Printed Boards, Assemblies and Support Drawings
- k. IPC-2141 : Controlled Impedance Circuit Boards and High Speed Logic Design
- l. IPC-2152 : Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design
- m. IPC-FA-251 : Guidelines for Single and Double Sided Flex Circuits
- n. JIS H 4000 : アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条
(Aluminum and Aluminum alloy sheets, strips and plates)
- o. JIS H 3100 : 銅及び銅合金の板並びに条
(Copper and copper alloy sheets, plates and strips)
- p. JIS-C-5603 : プリント回路用語
(Terms and definitions for printed circits)
- q. JIS-C-5013 : 片面及び両面プリント配線板
(Single and double sided Wiring boards)
- r. JIS-C-5014 : 多層プリント配線板 (Multilayer printed wiring boards)
- s. JIS-C-5017 : フレキシブルプリント配線板－片面・両面
(Flexible printed wiring boards- Single-sided, Double-sided)
- t. D.S.Steinberg 、 ”Vibration Analysis for Electronics 、 Equipment.(Second Edition)”1988 Jhon Wiley & Sons Inc 、 A Wily-Interscience Pubulication
- u. D.S.Steinberg、 ”Protecting PCBs From Shock、 ” Machine Design、 Mar.10、 1983

- v. 平成2年度宇宙開発事業団委託業務成果報告書「電子機器の実装技術の標準化(その2)」
- w. 平成3年度宇宙開発事業団委託業務成果報告書「電子機器の実装技術の標準化(その3)」
- x. JERG-0-042-TM001 :プリント配線板と組立品の設計標準(JERG-0-042)技術データ集
- y. JERG-0-042-HB001 :プリント配線板と組立品の設計標準(JERG-0-042)解説書
- z. JERG-0-043-TM001 :宇宙用表面実装はんだ付工程標準(JERG-0-043)技術データ集
- aa. CR-68805 :NASDA 接着施工 技術関連データ集
- bb. JERG-0-041 :宇宙用電気配線工程標準

3. 用語の定義

本書で使用する用語の定義については、付録Iを参照のこと。

4. 一般要求事項

4.1 一般

契約の相手側は、本書の要求事項に適合することを確認し、設計基準、工程仕様書等を整備し、これに基づいたプリント配線板とその組立品の設計及び管理を実施する責任がある。

4.1.1 プリント配線板とその組立品に関する信頼性の原則

(1) 信頼性の確保

プリント配線板の信頼性は、適切な設計、管理（工程・工具・材料・作業環境）、及びワークマンシップの要素により達成されるため、適切な対応を講じること。

(2) 設計上の考慮事項

プリント配線板とその組立品の信頼性を確保するための基本的な設計上の留意事項は、次のとおりである。

a. 材料と部品の選定

プリント配線板及び組立品の材料（プリント配線板材料や組立材料等）と部品の選定及びその設計においては、電氣的、機械的、熱的要求及び環境条件を十分考慮して行うこと。

b. はんだ接続方式の設計

部品取付への要求（製造条件及び使用環境条件に対しての接合信頼性の確保等）に対し、それに対応した適切なはんだ接続方式の設計を行うこと。

c. 導体幅、導体間隙、層間厚みの寸法

プリント配線板の導体幅、導体間隙、層間厚み及び他のクリティカルな寸法は、電気性能（電流値、電圧値、特性インピーダンス値等）と製造誤差を十分考慮し設計すること。

d. 挿入部品等の取付穴寸法及び表面実装部品等の取付ランド寸法

挿入部品等の取付穴寸法や表面実装部品等の取付ランド寸法は、部品のリード線寸法や端子形状等に合致した適切な設計を行うこと。取付ランドの設計において、接合信頼性の確保、はんだ付け（手はんだ付け、ウェーブはんだ付け、リフローはんだ付け等）時の組立不具合発生要因の低減、及びはんだ付け時の部品やプリント配線板への熱ストレスの低減を十分考慮すること。

e. 熱及びノイズ等を考慮した配置配線設計

熱を考慮した部品配置設計（発熱部品のバランスの良い配置）及びノイズ等を考慮した配線設計等を行い、有効スペースを最適に活用し、信頼性に考慮して高密度実装に対応すること。

—注意—

ノイズについては、特に高周波（100MHz 以上）で動作する高速回路実装基板での近傍磁界ノイズに注意すること。配線設計にて考慮すべき項目としては以下がある。

導体厚さ / 最大配線長 / ビア数 / 基板端距離/グランドまたぎ
リターンパス / 放射電界信号ガードパターン / 信号ガードビア間
隔 / プレーン外周 / フィルタ / デカップリング / 差動伝送/クロ
ストーク/プレーン共振 / インピーダンス / 配線屈曲 / コネクタ
回り/スタブ配線

詳細については、付録Ⅱに示す補足設計情報及び JERG-0-042-TM001 プリント配線板と組立品の設計標準(JERG-0-042)技術データ集の技術データ 2 第 1 項 近傍磁界放射抑制を考慮したプリント配線板の設計ガイドラインを参考とする事。

f. プリント配線図及び設計データの作成

正確なプリント配線板の製造データを作成できる、プリント配線図及び設計データの作成を行うこと。

—注意—

プリント配線板と組立品の設計にあたっては、付録Ⅱに示す補足設計情報及び JERG-0-042-TM001 プリント配線板と組立品の設計標準(JERG-0-042)技術データ集の技術データ 1 を参考とする事。

4.1.2 JAXA 認定と公知規格

プリント配線板の設計及び調達に際し、設計、品質保証及び認定、及び材料に適用する規格を明示すること。なお、材料については、設計又は品質保証及び認定に適用する規格により指定される場合は、省略することができる。

適用する規格の例として、プリント配線板に関する JAXA 文書及び公知規格を表 4-1に示す。要求する信頼性により、適切な規格を選定すること。公知規格等を用いず、同様の内容を定めた文書（品質管理仕様書、購入仕様書等）により、指定することができる。

－注意－

公知規格の追加情報については、JERG-0-042-HB001 プリント配線板と組立品の設計標準 (JERG-0-042) 解説書 解説 2 を参考とすること。

表 4-1 プリント配線板の公知規格

		JAXA	IPC	ECSS	JIS	MIL
設計仕様	仕様書番号	JERG-0-042	IPC-2221	ECSS-Q-ST-70-12	JIS C 5013	IPC-2221
		JAXA-QTS-2140	IPC-2222		JIS C 5014	IPC-2222
		(個別仕様書含む)	IPC-2223		JIS C 5017	IPC-2223
		JAXA-ADS-2140	IPC-2226			IPC-2226
品質保証 ／認定	仕様書番号	JAXA-QTS-2140 (個別仕様書含む)	IPC-6011 IPC-6012 IPC-6012xS IPC-6013	ECSS-Q-ST-70-60	JIS C 5013 JIS C 5014 JIS C 5017	MIL-PRF-31032
	認定制度	有り	無し	有り	無し	有り
	認定／ 製造可能範囲	有り (個別仕様書)	プリント配線板メー カとユーザの合意に よる	有り (非開示)	プリント配線板メー カとユーザの合意に よる	有り (非開示)
	出荷試験項目	指定有り	指定有り	指定有り	指定なし	指定有り
	区分	なし	クラス 1, 2, 3, xS	なし	等級 I, II, III	なし
材料	仕様書番号	IPC-4101 又は JPCA/NASDA-SCL01 IPC-4203 IPC-4204	IPC-4101 IPC-4104 IPC-4203 IPC-4204	ECSS-Q-ST-70-12 に選定基準を記載	JIS C 6480 (適用が必須ではな い)	指定なし

4.2 図面等作成要求

本書に基づき以下に示す図面等を作成する。

4.2.1 一般（図面等作成）

(1) プリント配線板部品配置配線設計情報

プリント配線板設計において必要な設計情報は、プリント配線板外形図、回路図、部品リスト、部品カタログ及びプリント配線板設計要求仕様書の組み合わせが一般的である。

(2) プリント配線板製造情報

プリント配線板を製造するために準備する最低限の情報は、プリント配線図及びその設計データである。

(3) プリント配線板組立情報

プリント配線板組立品を製造するために準備する最低限の図面は、組立図及び部品リストである。

4.2.2 プリント配線図

プリント配線図は、プリント配線板を設計、製造するために必要なすべての情報を含むものとする。プリント配線図には、部品取付ランド及び信号接続スルーホールを含んだ各層の配線パターンの幅・間隔・形状、外形寸法、穴の大きさと位置、ソルダレジスト、スクリーン印刷、製造ロット番号等のトレーサビリティマーキング（位置については製造業者に任せることが出来る）、品質確認試験パターン（4.3.4 品質確認試験パターン参照）、材料要求、（適用できるなら）層間の最小絶縁間隔及びその他の個別詳細プリント配線板要求を定めること。ただし、配線パターン、穴位置等詳細に寸法を記入できない場合は、同時に支給するプリント配線設計データにより代替することができる。

(1) 外形寸法

プリント配線板の外形寸法と公差を定めること。板厚の公差は特に指定のない限り、片面及び両面板で $\pm 10\%$ 、多層板で $\pm 13\%$ とする。ただし、フレキシブルプリント配線板は標準厚の $\pm 10\%$ か $\pm 0.18 \text{ mm}$ の何れか大きい方とする。

(2) 特殊な形状

すべての特殊な形状に関する位置、寸法及び公差を規定すること。公差は、現実的な公差にし、設計上必要とするよりも厳しくしないこと。ただし位置、寸法について詳細に記入できない場合は、同時に支給するプリント配線設計データにより代替することができる。

(3) 一般的な注記

以下の情報に限定しないが、必要に応じて図面に注記を含めること。

a. 適用仕様書

機構仕様書又は他の承認された仕様書の要求に従って製造すること。

b. 材料の呼出し

多層板のプリント配線板に対して、プリプレグは、積層板の材質と同じタイプを原則とする。

c. 層間の絶縁間隔の規定

絶縁層の厚さは公称板厚 0.1mm 以上を 0.1mm 単位で指定する。層間の絶縁間隔（硬化後）は、電氣的に重要である場合には規定し、使用電圧により適宜適切な絶縁距離を確保することとする。

ただし、フレキシブルプリント配線板及びフレックスリジッドプリント配線板の絶縁間隔は適用文書(1)aを参照のこと。

d. 材料仕様

プリント配線板の構造、絶縁、めっきなどに指定する特定の材料とその仕様書を指定する。

e. ソルダレジストの規定

機構仕様書の要求を満足できる、又は承認された他の仕様書の要求に従ったソルダレジストの適用とソルダレジストのタイプを指定する。

4.2.3 プリント配線データ

プリント配線データは、プリント配線図に示されたプリント配線板の製造に必要な詳細情報の電子データである。通常ガーバーフォーマット等の電子データによりプリント配線板メーカーに支給される。

プリント配線図とプリント配線データが一对一に対応するよう、電子データの詳細及び受け渡し方法等についてプリント配線板メーカーと設計者側が取り決めを行うこと。

4.2.4 組立図

すべての組立要求、許容値、必要な製造データは、プリント配線板組立図又はサブ組立図（製造手順書等）上に定め文書化すること。これらの組立図は、少なくとも以下の情報を含めること。

- (1) 部品取付要求及び適用仕様書。
- (2) 清浄度、静電防止、トルク値などを管理するための特別な要求。
- (3) コンフォーマルコーティング及びマスキング材料の型名、厚さ要求及び適用仕様書と手順。
- (4) すべての部品の位置と識別。
- (5) 部品の方向と極性。
- (6) 支持及び剛性が要求される場合には、トランジスタ取付パッド、クランプ、サポート、ヒートシンクなどの構成詳細。
- (7) リード線成形要求、すなわち、折り曲げ又はスタッド取付け。
- (8) 部品固定接着剤、位置及び適用仕様書と手順。
- (9) スリーブ材料、位置及び適用仕様書。
- (10) 組立品の外形寸法。重要な場合には、最大の部品高さを含める。
- (11) マーキング要求、位置、マーキング材料型名と色、及び適用仕様書と手順。
- (12) 他の組立品への相互接続要求。適用できるならコネクタのキー指定。
- (13) 上記以外の特殊工程及び手法の要求。
- (14) はんだ付け要求と適用仕様書、すなわち、JERG-0-039、043 又は相当仕様書。
- (15) 部品型名、位置、方向、取付方法を含む端子取付要求及び適用仕様書と手順。

4.2.5 部品リスト

部品リストは、プリント配線板組立品を完成させるために必要なすべての部品（電子部品、コネクタなど）及び他の品目も含むこと。部品リストには、部品を正しく識別できるように参照記号（R1、R2 等）を明記する。またこの参照記号をキーとして部品型名及び仕様書番号等を識別できること。

4.3 一般設計要求

4.3.1 一般（設計要求）

総合的な設計では、プリント配線板単体だけでなく、プリント配線板組立品の全体も考慮すること。本書で示す設計の基本要素に加えて、清浄度、検査の容易性、保全性などの要因についても可能なかぎり考慮すること。

4.3.2 プリント配線板の部品配置配線設計

プリント配線板の配置配線設計は、一般的に CAD（コンピュータを使用した配置配線支援システム）を使用し行われる。プリント配線板 CAD データ内には、回路図による相互接続情報を含んだプリント配線板の設計・製造情報（部品配置情報、パターン配線情報及び各設計等級によるライン／スペースを含んだ設計ルール情報のすべての配線板情報）が作成される。このプリント配線板 CAD データを元に、プリント配線板の製造・組立に必要な、プリント配線図、プリント配線データ、組立図を作成する。

4.3.3 プリント配線板の形状

(1) プリント配線板そり防止の措置

ウェーブはんだ付け及びリフローはんだ付けで発生するプリント配線板の反りは、はんだ接合や筐体への組立に不具合を生じる可能性があるため、はんだ付け時には、必要に応じプリント配線板のそり防止の処置を考慮すること。

(2) 外形形状

特に規定しないが、プリント配線板の作成、加工及び取扱いが容易な形状で、特に凹部の内径は、最小半径を 1mm 以上にするのが望ましい。詳細はプリント配線板メーカーと協議して決定すること。

4.3.4 品質確認試験パターン

プリント配線板の品質と信頼性を決定しやすくするために、製作する各ワーキングパネルに、プリント配線板仕様書に規定された試験パターンを配置して品質確認試験を行うことを標準とする。

ワーキングパネルへの試験パターンの配置は、プリント配線板メーカーにて実施する。

4.3.5 ソルダレジストの適用

プリント配線板に対してソルダレジストを適用する場合は、ソルダレジストの下の導体は、裸の銅か酸洗いした銅であること。

露出しているすべての導体部分（ランド、スルーホールなど）は、はんだコート等の表面処理が必要である。

プリント配線板にソルダレジストを使用しても、プリント配線板組立品でのコンフォーマルコーティングを省略できることにはならない。

ソルダレジストを絶縁材として使用してはならない。

4.3.6 接着固定の適用

(1) 適用部品

衝撃、振動又は取扱いにより損傷する恐れのある部品に適用する。（5.1.5 固定用接着剤参照）

(2) 適用接着剤

接着剤は、十分な機械的支持ができる強度で、非腐食性の電氣的に絶縁性のある材料とし、部品又ははんだ接続点に与える熱的、機械的応力を最小にするものであること。

接着剤は、調整可能部品の調整可能部分又は電氣的嵌合面若しくは機械的なかみ合わせ面には使用しないこと。

可能な限り、コンフォーマルコーティングやソルダレジストと対照的な色の接着剤の使用を設計者は指示することが望ましい。この色によって、接着剤の適用と適切な範囲に使用されていることが目視で確認することが容易になる。

接着剤は、固定しようとするプリント配線板や基材と部品、及び固定後に塗られるコンフォーマルコーティングと接着し、適合するものであること。

接着材料は機構の接着施工技術関連データ集（CR-68805）を参考のこと。

4.3.7 コンフォーマルコーティングの適用

(1) 適用

止むをえない設計上の理由（高周波回路、フレキシブル基板の折曲げ部等）により他の方法が指示されている場合やコンフォーマルコーティングを行うと電氣的性能劣化のある部分を除き、すべてのプリント配線板組立品は、コンフォーマルコーティングを施すこと。（5.1.6 コンフォーマルコーティング参照）

(2) 制限事項

調整可能部品の調整部分又は電氣的嵌合面や機械的なかみ合わせ面にコーティングを施さないこと。

(3) 留意点

コンフォーマルコーティングの適用が組立品の熱的又は電氣的性能を低下させないように適切にマスキングするか他の方法で保護すること。

コンフォーマルコーティングの材料は機構の接着施工技術関連データ集（CR-68805）を参考のこと。

4.3.8 熱伝導経路への考慮

熱的クリティカル部品（高発熱部品及び高温に弱い部品）をプリント配線板上に実装する場合には、部品からの熱伝導経路を考慮しなければならない。

(1) 部品配置

特に電力回路等では、1つのプリント配線板上に高発熱部品及び高温に弱い部品が混在している場合がある。このような場合には、高発熱部品と高温に弱い部品とを物理的に離れた位置に配置し、これらを分離することが望ましい。

(2) 熱伝導経路としてのプリント配線板

多層プリント配線板においては、電源層及び GND 層をベタパターン（広い面積導体パターン）としてシャーシまでの熱伝導を良好に保つことで、部品からの熱伝導経路としてプリント配線板を利用することができる。さらに高い熱伝導が必要な場合に、電源層・GND 層の銅箔厚を厚手にする手段もある。

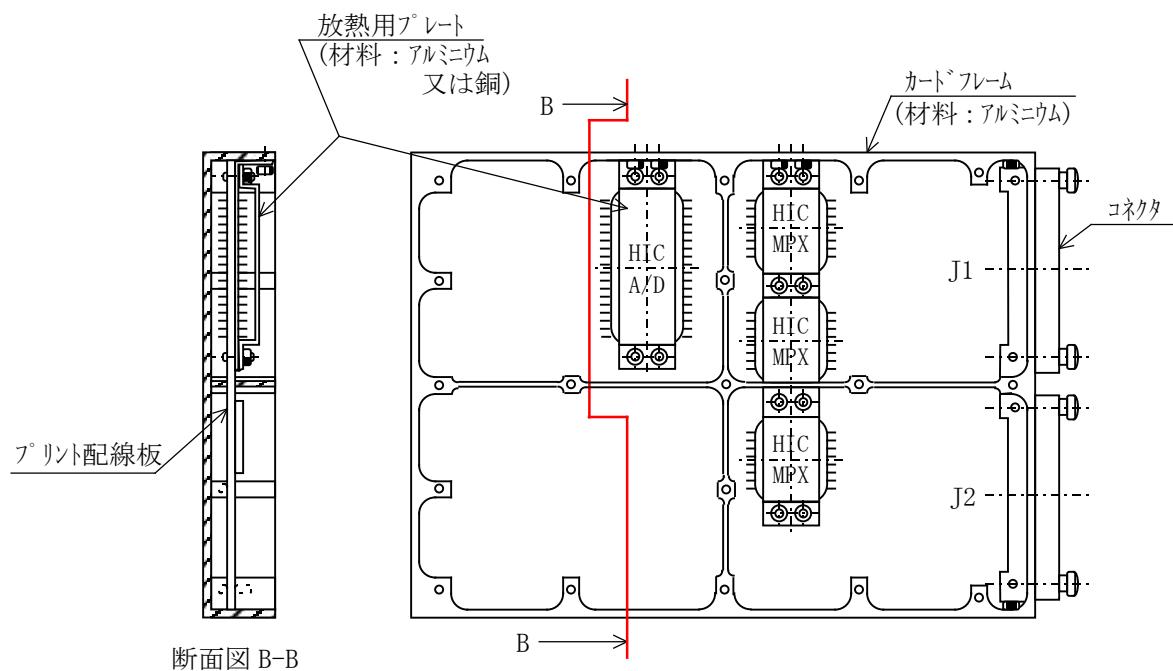
またこの場合、発熱部品とプリント配線板の間を熱伝導性シートやコンパウンドで充填することにより、熱伝導効率を上げることができる。さらに高い熱伝導が必要な場合には、金属コアのプリント配線板を使用することにより効率的な熱伝導を得ることができる。ただし、金属コア、プリント配線板母材及び実装部品各々の熱膨張率の違いに対する検討が必要である。

(3) 高発熱部品の局所的熱伝導

高発熱部品において、熱伝導経路としてプリント配線板のみでは成り立たない場合には、ヒートシンク、ヒートパス等による局所的な熱伝導経路を設ける必要がある。これらの形状は発熱部品の形状、発熱量及び許容温度範囲、部材の物性値並びに伝導先(シャーシ等)の表面温度によって決定され、その取付方法は接着又はネジ止めによる。実施例を図 4-1 部品上面からプリント配線板への熱伝導パスを設けた場合の実施例に示す。

また、ヒートシンク、ヒートパス等による局所的な熱伝導経路を設ける場合には以下の点に注意のこと。

- a. 発熱部品とヒートシンク及びヒートパス間は熱伝導性シートやコンパウンドを充填して熱伝導効率を上げる。特に部品のケースが金属ケースの場合には絶縁性の熱伝導性シートやコンパウンドを使用すること。
- b. ヒートシンク、ヒートパスがプリント配線板上の部品とシャーシ間にまたがる場合には、これらにより部品を機械的に拘束するおそれがあるため、部品のストレスリリーフについての検討が必要である。



- 注 1. 本図に見られる「放熱用プレート」が熱伝導パスとしての部品 (HIC A/D) の上面からプリント配線板上へ熱を導く
- 注 2. 放熱用プレートとして使用されるアルミニウム又は銅の熱的特性は、表 II-3 及び表 II-4 を参照
- 注 3. 放熱用プレートと部品間に使用される熱特性の良好な接着剤は、NASDA 接着施工技術関連データ集 (CR-68805) の 2-1 項を参照

出典：平成 3 年度宇宙開発事業団委託業務成果報告書「電子機器の実装技術の標準化（その 2）」

図 4-1 部品上面からプリント配線板への熱伝導パスを設けた場合の実施例

4.3.9 振動・衝撃への考慮

耐振動及び衝撃性向上を目的としてプリント配線板の補強が行われる。通常は、プリント配線板に補強加工又は補強部材を取付けて、剛性を上げプリント配線板の最大振幅を抑えかつ振動減衰を大きくするような方法が取られる。

(1) 補強設計の考え方

プリント配線板の補強設計を行う上での考慮すべき事項を以下に列記する。

a. 実装密度（質量分布）

プリント配線板の固有振動数（ f_n ）は、プリント配線板上の部品の実質質量分布密度の $1/2$ 乗に逆比例することから、プリント配線板組立品の実質的な固有振動数を上げて振動振幅を下げる必要がある。

b. 固有振動数（ f_n ）

プリント配線板組立品の f_n と筐体の f_n が接近した値に設定されている場合、共振結合（Resonance Coupling：共振倍率は両者の積）が起こり、破壊的な結果となりうるので注意が必要となる。

プリント配線板組立品の f_n を筐体の f_n の 2 倍以上離すことが望ましいと提唱する文献も有る（参考文献 4-1）なお、 f_n を高くとるために、プリント配線板組立品の質量を増加させてしまうこともあり、設計時には注意が必要である。

c. プリント配線板の許容変位

振動や衝撃によってプリント配線板が変位し、実装部にストレスが生じ、最悪のケースとして部品あるいはプリント配線板の破損が考えられる。したがって、プリント配線板組立品の構造設計では、面方向の許容変位 Z_{max} を定めて、固有振動数 f_n を設定していくよう提唱する文献もある。（参考文献 4-1、2）

d. プリント配線板の周辺拘束条件

プリント配線板の周辺拘束条件によって、その振動周波数は変化する。例えば、2 辺のヒンジ支持を、2 辺の完全固定とすることにより、固有振動数が約 2.3 倍となる場合もある。（参考文献 4-1）

[参考文献]

文献 4-1 D.S.Steinberg、"Vibration Analysis for Electronics、Equipment (Second Edition)"1988 Jhon Wiley & Sons Inc、A Wily-Interscience Pubulication

文献 4-2 D.S.Steinberg、"Protecting PCBs From Shock、" Machine Design、Mar.10、1983

e. 共振倍率及び振動減衰

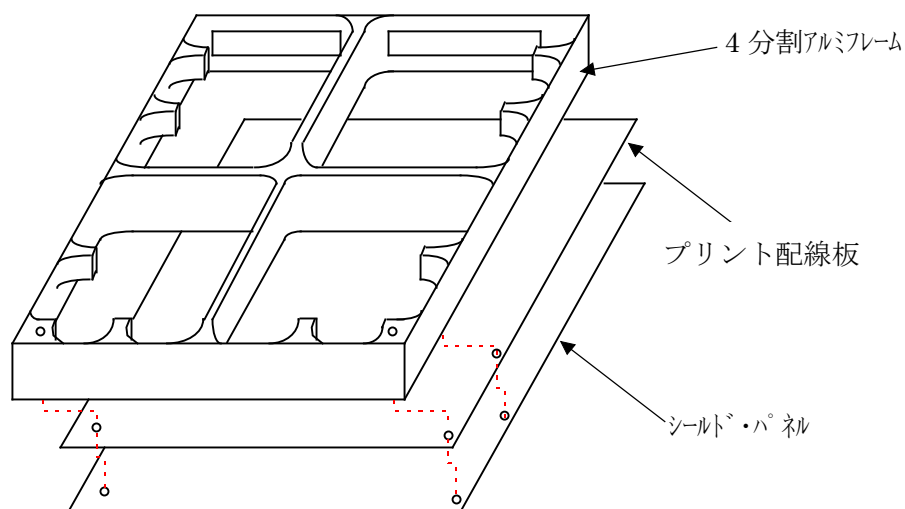
プリント配線板の共振倍率 Q (Transmissibility) と、減衰率 ζ (Damping Constant)の間には、次の関係がある。

$$Q \doteq 1 / (2\zeta)$$

通常、プリント配線板の実装設計では減衰率を $\zeta \geq 2.5\%$ とすることが好ましい。なお、減衰率は、プリント配線板の物性により決まるが、プリント配線板にポッティングやコーティング処理を施したり、金属板付きプリント配線板等を使用すると副次的に増加する。

f. 補強部品

プリント配線板の補強は、主にプリント配線板の剛性を高めることが目的であり、プリント配線板に金属フレームやリブを取り付けたり、プリント配線板同志を抱き合わせて固定する方法などがある。補強フレームは、プリント配線板の寸法、形状等に応じて、プリント配線板を2～6分割する構造が良く取られる。プリント配線板の補強例を図 4-2 金属フレームによるプリント配線板の補強例に示す。



出典：平成2年度宇宙開発事業団委託業務成果報告書

「電子機器の実装技術の標準化（その2）」

図 4-2 金属フレームによるプリント配線板の補強例

使用する補強部品は、できる限り軽い質量で高い剛性が得られる構造及び形状とする必要がある。したがって、フレームやリブの断面形状は（高さ／幅）の比を大きくして断面2次モーメントや断面係数を大きくすることが好ましい。

4.4 品質保証

本文書の適用が指定された場合、JAXA 認定以外のプリント配線板を適用する場合は、1.2.3 項に従うこと。

1.2.2 項により、プリント配線板を国外から調達する場合、JAXA と他の標準では差異があるため、各標準の内容を事前に確認すること。

4.1.2 項に示した公知規格以外のプリント配線板を調達する場合は、要求する信頼性を明確にし、品質保証に対する要求事項を提示すること。また、必要に応じ、プリント配線板メーカーの品質保証体制、対応可能な仕様等の確認、及び事前サンプル評価を実施すること。その場合の進め方については、JERG-0-052 宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック（共通編）を参照のこと。表 4-2 事前確認に必要な手順及び確認項目に、関連する表を示す。

表 4-2 事前確認に必要な手順及び確認項目

L/N	項目	JERG-0-052
1	情報開示の具体的調整・協議手順	表 4.2-4
2	ユーザ（システム／機器）メーカー側がプリント配線板メーカー側に情報提供する内容	表 4.2-5
3	宇宙転用評価 調査票 （ユーザ（システム/機器）メーカー側が、宇宙転用可否を判断するために、部品メーカーに情報提供を依頼する内容）	表 4.2-6

－注意－

プリント配線板に対する品質要求事項については、JERG-0-042-HB001 プリント配線板と組立品の設計標準 (JERG-0-042) 解説書 解説 3 を参考とすること。

5. 詳細要求事項

5.1 材料への要求

5.1.1 プリント配線板材料

(1) 銅張積層板及びプリプレグ（リジッド材料）

一般的には、ガラス布基材エポキシ樹脂（GF, FR-4）又はガラス布基材ポリイミド樹脂（GI, GPY）から選択する。電気特性上の要求がある場合、ガラス布基材ポリフェニレンエーテル（PPE）樹脂、ガラス布基材ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）樹脂の材料を選択する。

材料により製造可能な範囲が異なる。高温での耐久性、要求する特性、及びコストを考慮し、適切な評価を実施して採用すること。

(2) フレキシブル材料（フレキシブル基板及びフレックスリジッド基板）

フレキシブル部に使用される材料は、銅張積層板、カバーレイ、ボンディングシートがある。銅張積層板は、銅箔をベースフィルムに接着剤を使用せずに張り付けたものと、接着剤を使用して張り付けたものがある。接着剤を使用して張り付けたものは、耐熱性が劣る傾向があるため、適切な評価を実施して採用すること。

フレックスリジッド基板のリジッド部では、リジッド材料とフレキシブル材料の基板の厚さ（Z）方向の線膨張率（CTE）の違いにより、スルーホールへ応力がかかるため、フレキシブル材料の厚さを少なくすることが、信頼性の向上につながる。リジッド部にカバーレイ、ボンディングシートが含まれる構造は、耐熱性が劣る傾向があるため、適切な評価を実施して採用すること。

(3) 金属コア

金属コアは、放熱性を向上する目的で使用されるアルミニウム、銅と、プリント配線板の水平（X/Y）方向の線膨張率（CTE）を抑制する目的で使用される CIC（銅・インバー・銅クラッド）がある。

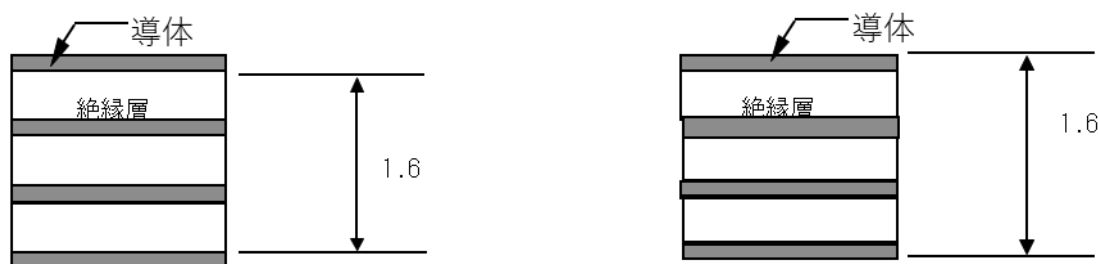
要求される特性により、金属コアの要否、材料の選定を行うこと。

－注意－

プリント配線板の材料選択の際は、JERG-0-042-HB001 プリント配線板と組立品の設計標準（JERG-0-042）解説書 解説 4 を参考とすること。

5.1.2 多層プリント配線板の厚さ

厚さの指定方法は、銅箔厚及びめっき厚を含まない（基材上）、めっき厚を含む（導体上）、ソルダレジストを含む（導体を含むソルダレジスト上）等、複数あるため、どの部分の厚さであるか明示すること。特性インピーダンス指定等の重要な電気的理由から要求されない限り内部の積層の厚さやプリプレグより作られる層間の間隔（最小値を示すのを除き）を規定しないこと。内部の積層の厚さやプリプレグより作られる層間の間隔を規定する場合には、全体の厚さの公差をある程度緩和することが必要となる。図 5-1 プリント配線板厚みに指定例を示す。



(注) ソルダレジストを含む場合はその旨を明記すること。

銅箔厚およびめっき厚含まない場合指定例

めっき厚含む場合の指定例

図 5-1 プリント配線板厚み

5.1.3 表面処理

プリント配線板の全ての外部導体パターン（めっきスルーホール、ランド、導体など）は、ソルダレジスト（5.1.4 ソルダレジスト参照）を適用する個所を除き、表面処理が必要である。はんだ付け部においては、はんだコーティング又は金系めっきを適用するが、設計要求によっては他の表面処理を要求しても良い。金系めっきを適用する場合には、JERG-0-064 鉛フリー部品の宇宙適用工程標準に従うこと。

－注意－

表面処理の選定には、JERG-0-042-HB001 プリント配線板と組立品の設計標準（JERG-0-042）解説書 解説 5 を参考とすること。
はんだ付け部については、はんだ付けに関する各工程標準に従うこと。

5.1.4 ソルダレジスト

ソルダレジストは、はんだ付け部を制限し、はんだブリッジを抑制することが主目的である。二次的な用途は、次のとおりである。

- (1) 物理的な保護
- (2) 湿気防止
- (3) 絶縁抵抗の向上
- (4) ウェーブはんだ付時の熱的保護

硬化したソルダレジストは、プリント配線板の一部となるので、使用するソルダレジストは、各プリント配線板に規定されている仕様に従うこと。

公知規格としては、IPC-SM-840 が適用される

5.1.5 固定用接着剤

固定用接着は、JERG-0-040 の要求に従い、接着剤及び工程仕様書を組立図面上に規定すること。

5.1.6 コンフォーマルコーティング

コンフォーマルコーティングは、JERG-0-040 の要求に従い、材料及び工程仕様書を組立図面上に規定すること。

5.1.7 マーキングインク

マーキングインクは、シルク文字印刷、ロット番号の捺印に使用されるインクである。プリント配線板の一部となるので、使用するマーキングインクは、各プリント配線板に規定されている仕様に従うこと。マーキングインクの色を指定する場合は、基材、ソルダレジストの色と対照色を選択すること。

公知規格として、CID A-A-56032 があるが、JAXA-QTS-2140 では適用されていない。

5.2 プリント配線板の選定

プリント配線板の選定は、実装部品及び運用環境などを考慮して決めることが大切である。

5.2.1 プリント配線板の選定方法

プリント配線板の選定は、適用するシステムの温度環境・実装密度・実装形態などの条件によって選定され、その一例を以下に示す。

さらに詳細設計に当たっては、設計仕様の詳細について確認して選定しなければならない。

(1) 熱環境に対する考慮

- a. 高温環境：ガラス布基材ポリイミド (GI)
- b. 一般環境：ガラス布基材エポキシ (GF)
- c. その他：温度変化の大きい環境下では、搭載している部品の膨張率を考慮して基材を選定する必要がある。

プリント配線板の使用温度範囲は、JAXA-QTS-2140 においては、各付則で規定される熱衝撃試験〔Ⅱ〕の試験温度範囲であり、付則 A, B の GI が「-65℃～+170℃」、それ以外では「-65℃～+125℃」である。

(2) 実装密度に対する考慮

部品実装密度及び配線密度の要求に対し、必要な最小導体幅、最小導体間隙、最小穴径、プリント配線板の層数を決める。

なお、具体的層数の検討は、電源ライン、アナログ・デジタルラインの別により異なるため個別の検討となるが、CAD のレイアウトシミュレーション等により効率よく確認できるので参考となる。

(3) 実装形態

一般的にはリジットプリント配線板を使用するが、3次元的にプリント配線板を装置内に配置したい場合には、プリント配線板をコネクタとワイヤハーネスで接続する以外に、フレキシブルプリント配線板及びフレックスリジッドプリント配線板を用いることもある。

(4) BGA/CGA 実装時

SOP、QFP パッケージと比較すると BGA/CGA (Ball Grid Array/Column Grid Array) パッケージはストレスリリーフに乏しいため、パッケージとプリント配線板間の熱膨張の差によるストレス緩和が難しい。従って、プリント配線板と搭載 BGA/CGA の新規の組み合わせについては、設計上十分注意すると共に試作品の十分な信頼性評価を実施しなければならない。(図 5-2 参照)

また、プリント配線板の反り・平坦度は実装仕上がり品質を左右し、接合信頼性に影響を与える。したがって、プリント配線板は実装性・信頼性を考慮して設計しなければならない。

プリント配線板のベーキングやリフロー加熱においては、加熱前後でプリント配線板の反りが問題にならないレベルであることを事前に確認しておくこと。

(JERG-0-054 6.1.1 項)

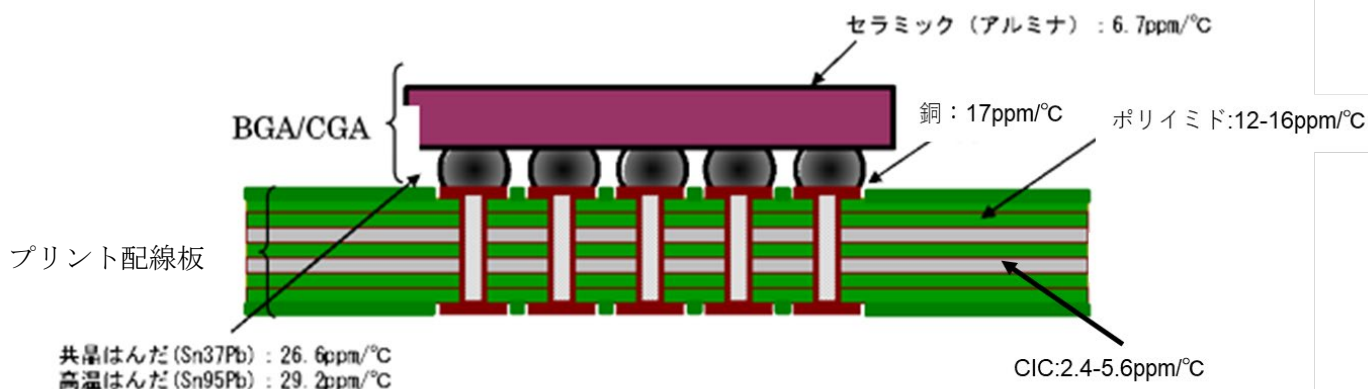


図 5-2 プリント配線板の材料、部品、及びはんだの熱膨張

—注意—

プリント配線板の選定に際し、JAXA 認定部品を適用する場合には、JERG-0-042-HB001 プリント配線板と組立品の設計標準 (JERG-0-042) 解説書 解説 6 を参考とすること。

5.3 部品取付要求

5.3.1 熱応力

(1) はんだ接合部への熱応力を軽減するために、次のいずれかの部品及び基板の組合せであること。

- a. ストレスリリーフ構造の端子をもつ部品を実装する場合
…………原則として全ての基板との組合せ可
- b. ノンストレスリリーフ構造の端子をもつ部品を実装する場合
…………熱膨張の差による熱応力の検討を行い寿命保証できる基板との組み合わせに限る。必要であればJERG-0-043 4.4.2(2)項の試験を行い確認する。
 - i) LCC 構造のように凹形のフィレット (図 5-17 の②) となる場合。
 - ii) 凸形フィレット (図 5-17 の①や③) の場合。はんだ付箇所の間隔が3mm 程度

ま

でであれば、熱膨張係数の異なる組合せ（例えば、アルミナ素体とガラスエポキシ基材）でも要求を満たす場合があるが、それ以上では厳しい。

(2) (1)の b で要求を満たさない場合には、次の方法での寿命延長を検討するか、又は部品・基板の変更及び温度条件の改善等を含めた検討を行うこと。

- a. 熱疲労性の良いはんだ材料の採用…………JERG-0-043 5.3.1 項に示す。
- b. 他の接合方法の検討…………ワイヤボンディング工法等接合部が熱応力の影響を受けても問題とならない方法

－注意－

パワーデバイス等内部発熱の大きな部品の場合は、パワーサイクル試験等によるはんだ接合部の評価を検討すること。

部品・基板の各種組合せによるはんだ接合部の熱応力歪の検討は、2.2 項

z. JERG-0-043-TM001 技術データ 1 を参考にすること。

部品・基板の各種組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討は、2.2 項

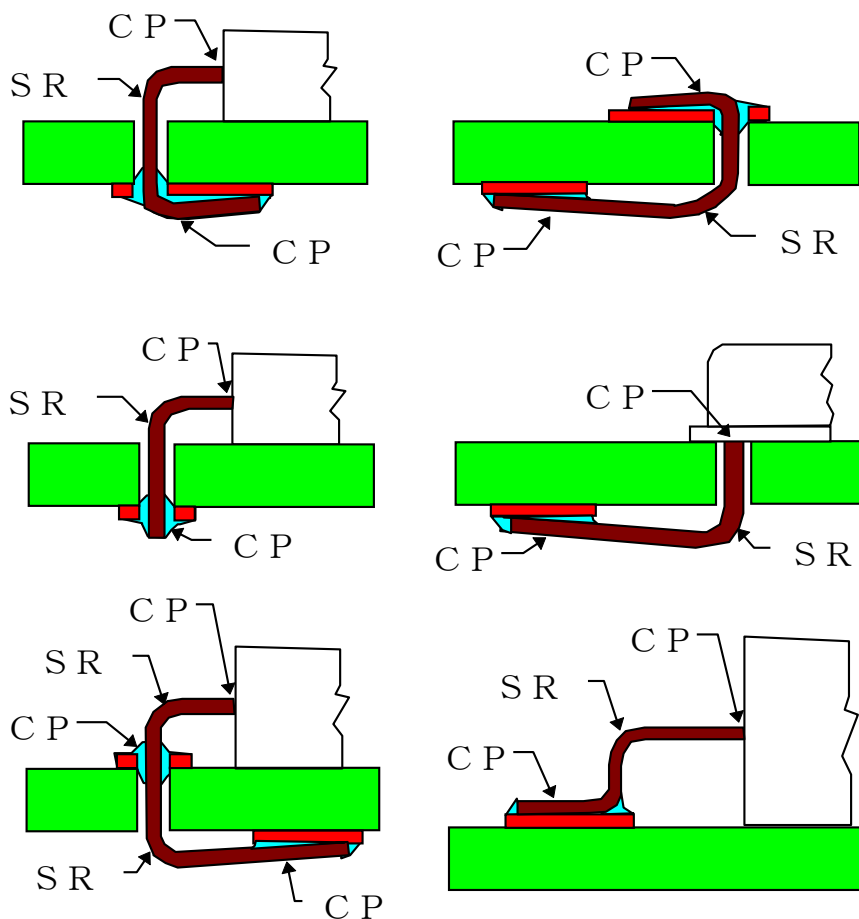
z. JERG-0-043-TM001 技術データ 2 を参考にすること。

5.3.2 ストレスリリーフ

(JERG-0-039 5.4.5.4 項、5.4.5.5 項、5.4.5.6 項)

- (1) ストレスリリーフは、プリント配線板組立品において、はんだ接続の割れや部品の損傷を防止するための基本的な設計手法である。ストレスリリーフは、部品本体と部品リード線のはんだ接続点との間に設けること。ストレスリリーフとは、部品のリード線が拘束個所間で自由に動くことができるようにし、熱的及び機械的な繰り返し負荷によってプリント配線板組立品に悪影響力が蓄積するのを防止することである。ただし、振動による損傷及び電気性能の問題を防ぐために、余りに長いリード線や大きなループとしないこと。

部品取付けにおける拘束個所とストレスリリーフの例を図 5-3 ストレスリリーフと拘束個所に示す。



SR: ストレスリリーフ曲げ (STRESS RELIEF BEND)

CP: 拘束個所 (CONSTRAINT POINT)

図 5-3 ストレスリリーフと拘束個所

- (2) 部品取付け形態上ストレスリリーフがとれない場合は、はんだ付け剪断面積を増加させ接続点を補強するため、必ずリード線をめっきスルーホールに挿入しはんだ付けすること。なお、はんだ付け部分の強度については使用環境条件により評価が必要である。

代表的な取付けの形態を図 5-4 取付形態に示す。

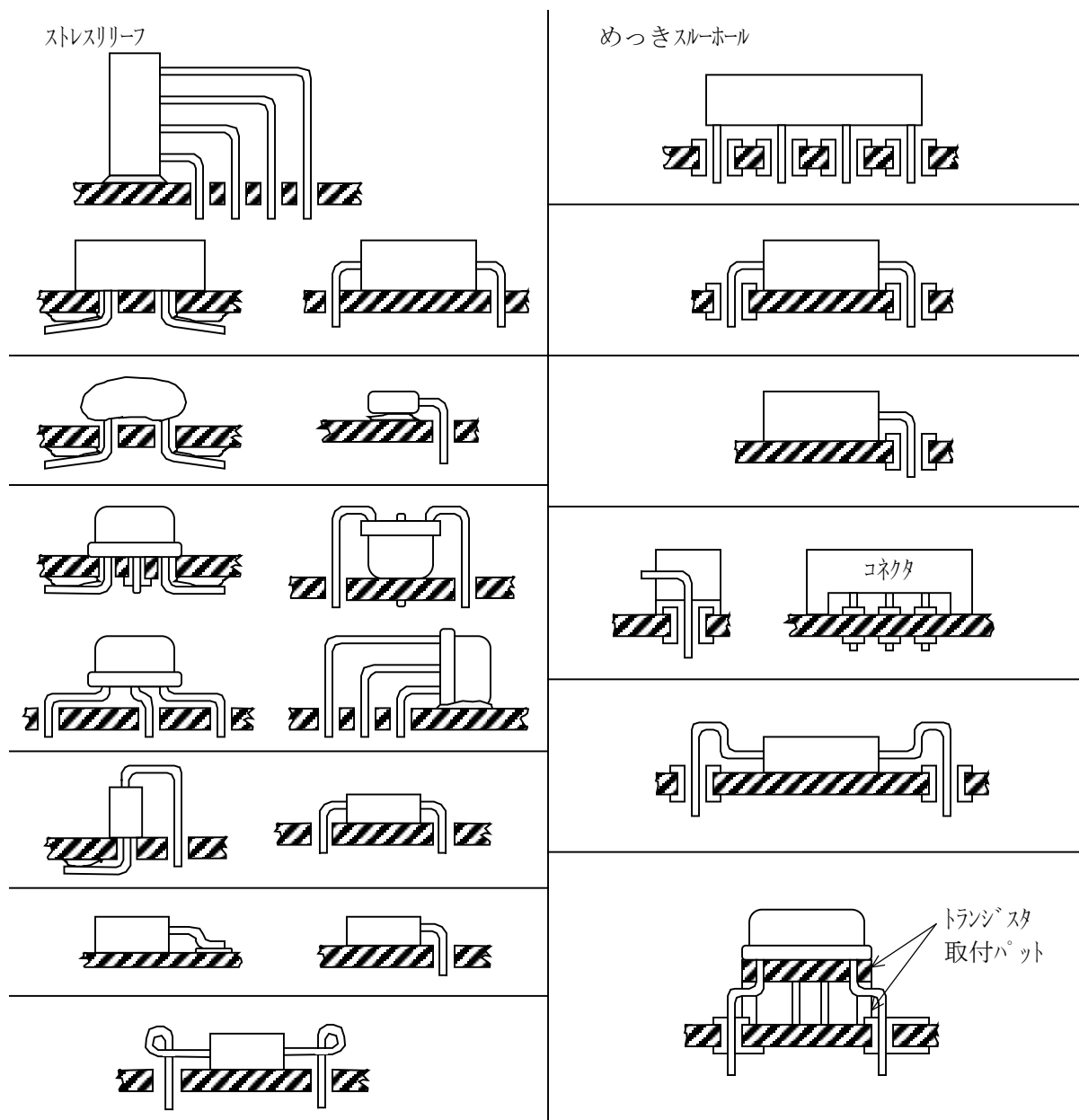


図 5-4 取付形態

5.3.3 部品配置

設計上特に要求がないかぎり、部品は、お互いに平行又は直交して置き、かつ取付け面に接触させることが望ましい。部品本体が、その各接続点のほぼ中央になるようにする。

5.3.4 スルーホールへの挿入実装部品のレイアウト

はんだ接続については JERG-0-039, 043 及び 054 に従うこと。部品リード線は、沿わせ、折り曲げ又はストレート実装によりプリント配線板に取り付けること。

(1) スルーホールオフセット沿わせ実装のランドの寸法

丸形リード線の沿わせ実装は、下記の図 5-5 丸形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装及び図 5-6 丸形リード線表面沿わせ実装に従うこと。リボン形リード線の沿わせ実装は、下記の図 5-7 リボン形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装及び図 5-8 リボン形リード線表面沿わせ実装に従うこと。（JERG-0-039 5.4.5.7 項）

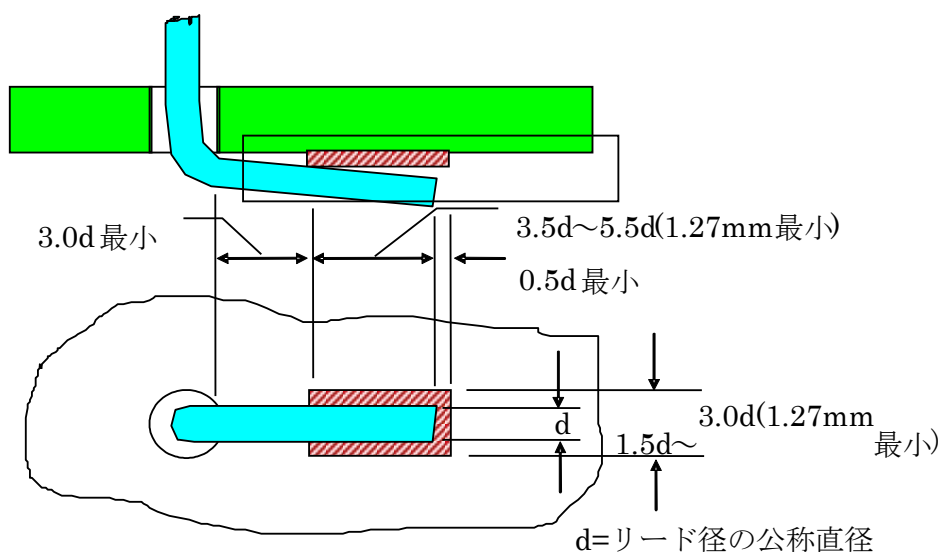


図 5-5 丸形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装

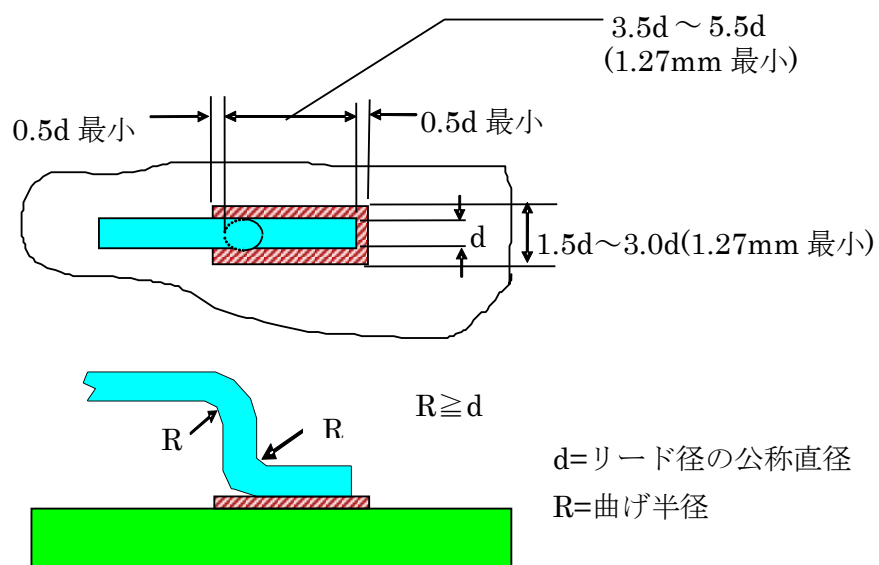


図 5-6 丸形リード線表面沿わせ実装

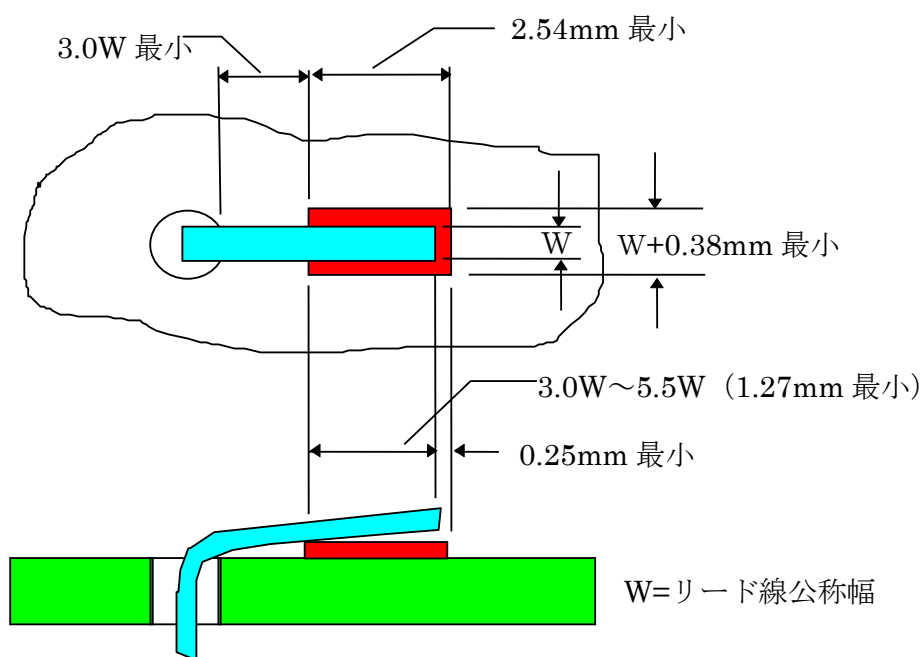


図 5-7 リボン形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装

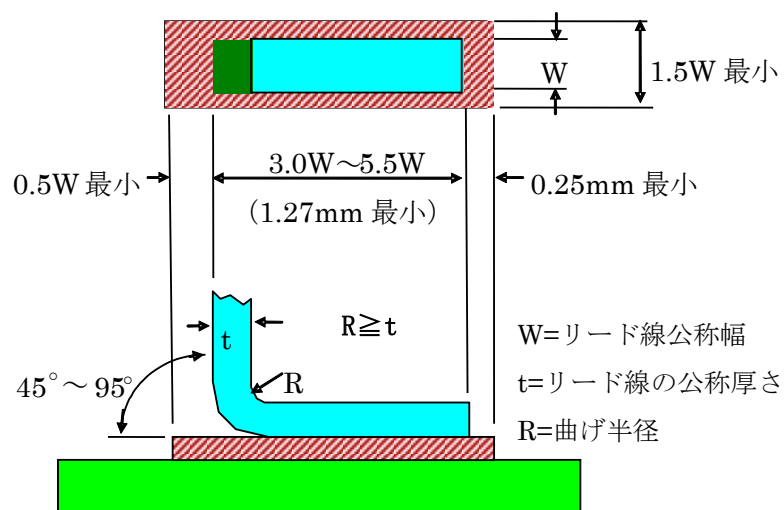
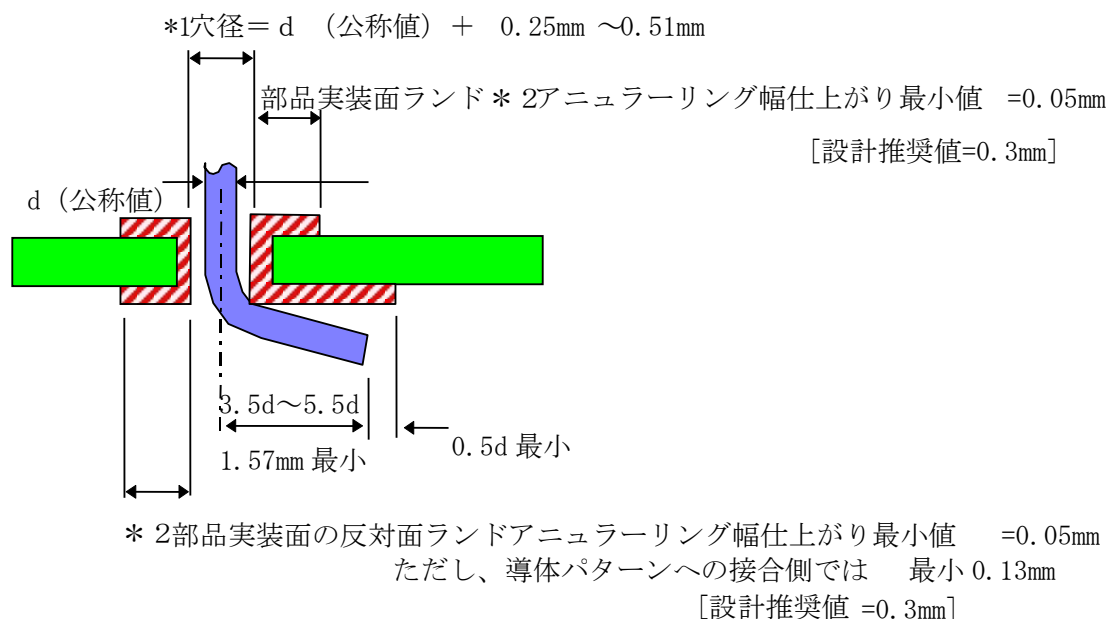


図 5-8 リボン形リード線表面沿わせ実装

(2) 丸型リード線のスルーホール折り曲げ実装のランドの寸法

折り曲げ実装は、下記の図 5-9 丸型リード線めっきスルーホール折り曲げ実装及び図 5-10 丸型リード線めっきなしスルーホール折り曲げ実装に従うこと。リード線は、ランドの方向へ折り曲げること。リード線は、プリント配線板と接触するように折り曲げるものとするが、スプリングバックは、許容される。



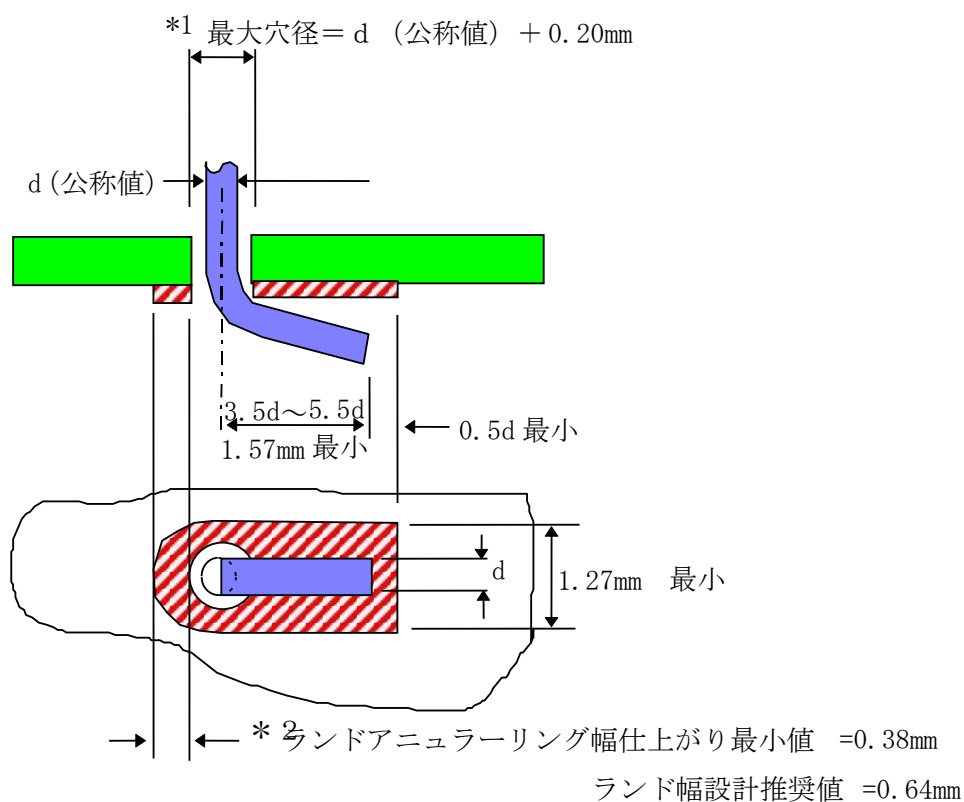
*1 5.5.9 穴と部品リードのクリアランスの項参照

*2 5.5.2 アニュラーリング及び5.5.3設計最小ランド直径の項参照

(注1) 部品実装面ランド及び部品実装面の反対面ランドのアニュラーリング幅仕上がり最小値は、各仕様書 (QTS) で異なるので、各仕様書を優先すること。

(注2) ランド幅最小設計値は、各仕様書 (QTS) でランド幅最小設計値が異なる場合があるので、各仕様書を優先すること。

図 5-9 丸型リード線めっきスルーホール折り曲げ実装



*1 5.5.9 穴と部品リードのクリアランスの項参照

*2 5.5.2 アニュラーリング及び5.5.3 設計最小ランド直径の項参照

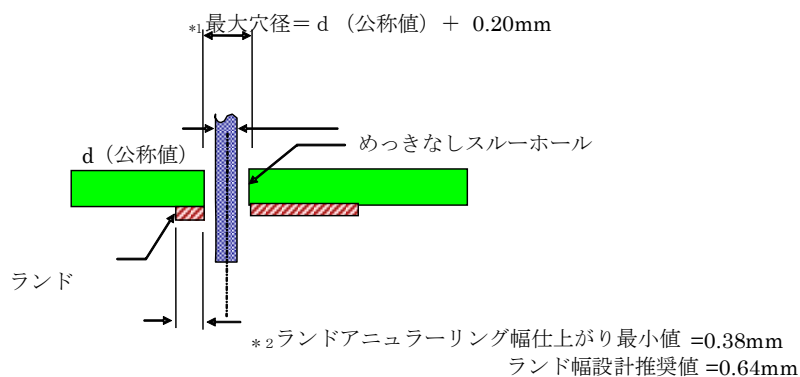
(注1) ランドのアニュラーリング幅仕上がり最小値は、各仕様書 (QTS) で異なるので、各仕様書を優先すること。

(注2) ランド幅最小設計値は、各仕様書 (QTS) でランド幅最小設計値が異なる場合があるので、各仕様書を優先すること。

図 5-10 丸型リード線めっきなしスルーホール折り曲げ実装

(3) ストレート実装のランドの寸法

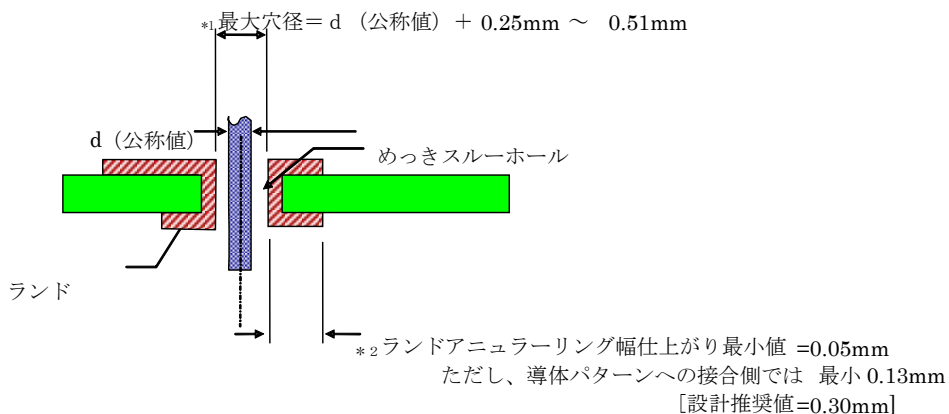
めっきなしスルーホールストレート実装は、下記の図 5-11 ストレート実装（めっきなしスルーホール）及び図 5-12 ストレート実装（めっきスルーホール）に従うこと。



*₁ 5.5.9 穴と部品リードのクリアランスの項参照

*₂ 5.5.2 アニュラーリング及び5.5.3 設計最小ランド直径の項参照

図 5-11 ストレート実装（めっきなしスルーホール）



*₁ 5.5.9 穴と部品リードのクリアランスの項参照

*₂ 5.5.2 アニュラーリング及び5.5.3 設計最小ランド直径の項参照

(注 1) 仕上がり最小値は、各仕様書 (QTS) で異なるので、各仕様書を優先すること。

(注 2) ランド幅最小設計値は、各仕様書 (QTS) でランド幅最小設計値が異なる場合があるので、各仕様書を優先すること。(5.5.3項参照)

図 5-12 ストレート実装（めっきスルーホール）

(4) 両端子部品の取付穴最小間隔

部品軸方向の両側にリード線がついている両端子部品に対する取付穴の最小間隔を図 5-13 両端子部品の取付穴最小間隔及び次式にて示す。

L = 最大本体長

(本体からのリードフィレット、カソード、溶接部などの本体の延長部分を含む)

d = リード径の公称直径

R = 最小曲げ半径 $= 1d$

最小穴間隔 $= L + [\text{リード線の曲げ半径 } (d) + \text{リード線半径 } (d/2) + \text{リード長さ } (2d \text{ ただし } 0.76\text{mm} \text{ を最小値とする})] \times 2$
 $= L + 3d + (4d \text{ ただし } 1.52\text{mm} \text{ を最小値とする})$

ただし、 R の値として IPC-2221 にリード線径により表 5-1 リード線直径 (d) による最小半径 (R) の記述があり参考にすること。

表 5-1 リード線直径 (d) による最小半径 (R)

リード線直径 (d)	最小半径 (R)
0.8 mm未満	1 d
0.8 mm～1.2 mm	1.5 d
1.2 mm超え	2 d

出典：IPC-2221

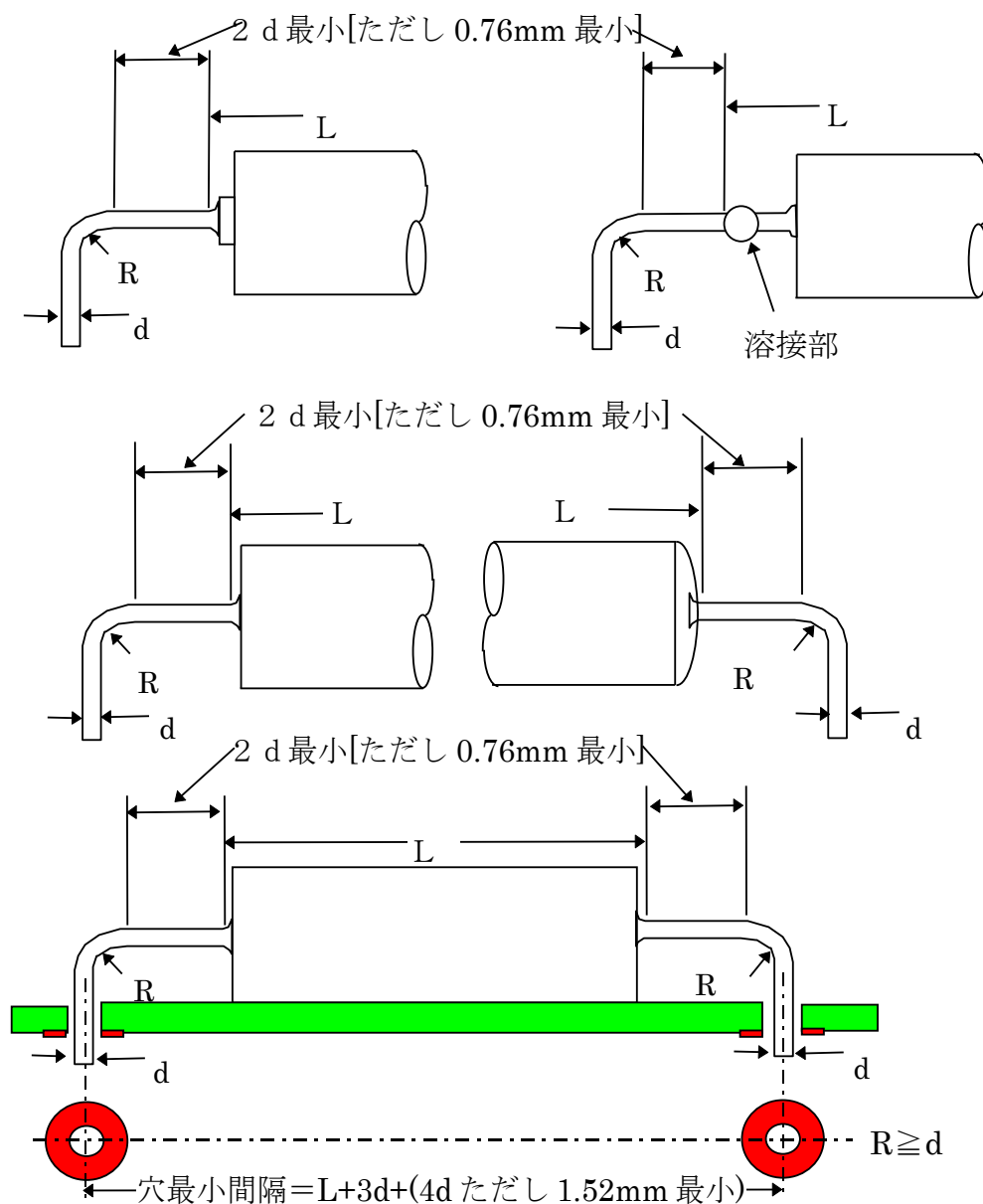
IPC-2221 の Figure8-10 Lead Bends を適用すると下記のようなになるので参考にすること。

- ・ リード線直径 (d) が 0.8 mm～1.2 mmの場合

最小穴間隔 $= L + 4d + (4d \text{ ただし } 1.52\text{mm} \text{ を最小値とする})$

- ・ リード線直径 (d) が 1.2 mm超えの場合

最小穴間隔 $= L + 5d + (4d \text{ ただし } 1.52\text{mm} \text{ を最小値とする})$



L = 最大本体長 (本体からのリードフィレット、カソード、溶接部などの本体の延長部分を含む)

d = リード径の公称直径

R = 曲げ半径

穴最小間隔 $= L + 3d + (4d \text{ ただし } 1.52 \text{ mm を最小値とする})$

図 5-13 両端子部品の取付穴最小間隔

－ 注 意 －

- (1) 本体からのリードフィレットは、部品の寸法・外形図に明示されていなかったり、見落としやすかったりするので、部品の取付穴間隔を設計する場合に、注意すること。
- (2) リードの曲げ開始部から部品本体までの距離（上図の $2d$ 最小）は、部品によっては指定があるので注意すること。
 (JERG-0-039 等参照)
- [例] タンタルコンデンサ CLR79 型では、 $4d$ 最小

5.3.5 表面取付け部品のレイアウト

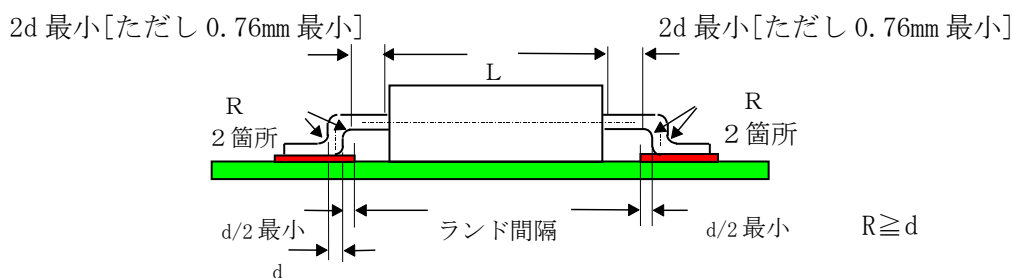
(1) 丸形リード線付部品

a. 丸形リード線付部品のランド寸法

図 5-6 丸形リード線表面沿わせ実装にランドの寸法値を示すので従うこと。

b. 丸形リード線付部品のランド間隔

ランドの間隔は、図 5-14 表面取付け部品用ランド間隔（丸形リード線）に従うこと。



L = 最大本体長（本体からのリードフィレット、カソード、溶接部などの本体の延長部分を含む）

d = リード径の公称直径

R = 曲げ半径

図 5-14 表面取付け部品用ランド間隔（丸形リード線）

図 5-14 表面取付け部品用ランド間隔（丸形リード線）により最小ランド間隔は下記のように成る。

$$\begin{aligned}
 \text{最小ランド間隔} &= L + [\text{リード線の曲げ半径 (d) - パットヒール長 (d/2)} \\
 &\quad + \text{リード長さ (2d ただし 0.76mm を最小値とする)}] \times 2 \\
 &= L + d + (4d \text{ ただし 1.52mm を最小値とする})
 \end{aligned}$$

(2) リボン形リード線付部品

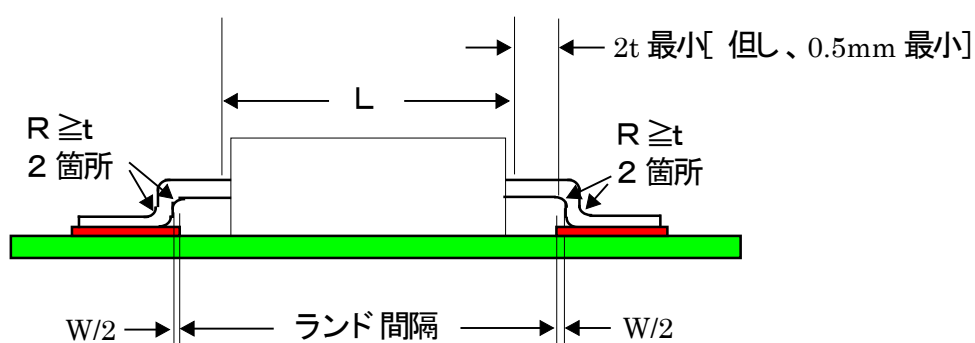
a. リボン形リード線付部品のランド寸法

図 5-8 リボン形リード線表面沿わせ実装にランドの寸法値を示すので従うこと。

b. リボン形リード線付部品のランド間隔

ランド最小間隔は、図 5-15 表面取付部品用ランド間隔（リボン形リード線）に従うこと。

(JERG-0-039 5.4.2 項(3))



L = 最大本体長

(本体からのリードフィレット、カソード、溶接部などの本体の延長部分を含む)

W = リード線公称幅

t = リード線の公称厚さ

R = 曲げ半径

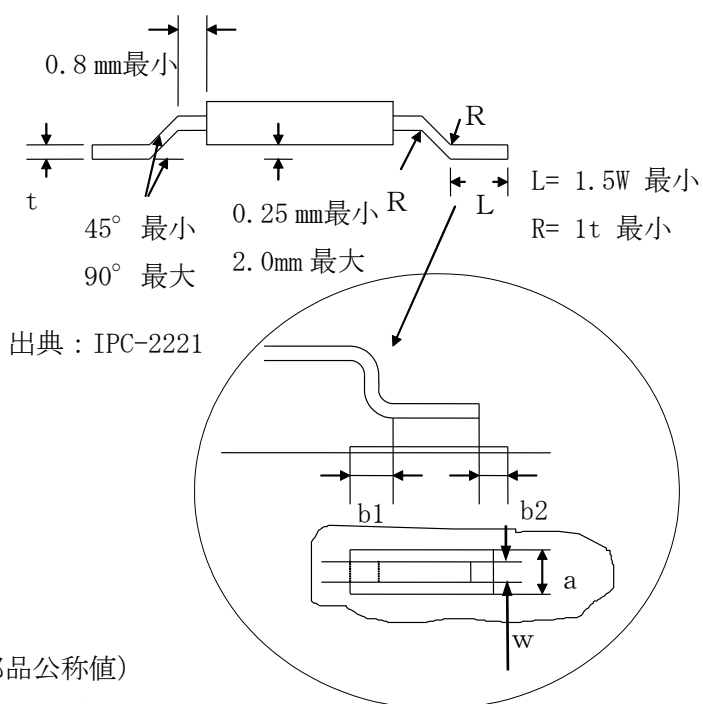
図 5-15 表面取付部品用ランド間隔（リボン形リード線）

図 5-15 表面取付部品用ランド間隔（リボン形リード線）により最小ランド間隔は下記のように成る。

$$\text{最小ランド間隔} = L + [\text{リード線の曲げ半径 (t) - パッドヒール長 (W/2)} \\ + \text{リード長さ (2t ただし 0.5mm を最小値とする)}] \times 2$$

(3) フラットパッケージ部品

QFP や SOP 等のフラットパッケージタイプ用ランドの設計については図 5-16 表面取付部品用ランド設計（フラットパッケージタイプ）を参考とすること。



a : パッド幅

W : リード幅 (部品公称値)

e : 部品端子ピッチ間隔

β : 部品端子ピッチ間隔で決定される定数

部品端子ピッチ間隔 0.635 mm 以上 $\beta = 0.3 \text{ mm}$

部品端子ピッチ間隔 0.635 mm 未満 $\beta = 0.2 \text{ mm}$

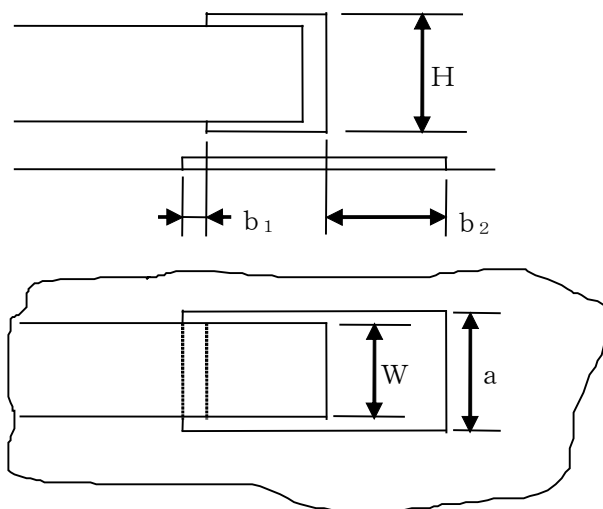
分類	パッド長		パッド幅
	パッドヒール (heel) 長	パッドトー (toe) 長	
	b1	b2	a
QFP, SOP	$b1 \geq 0.5 \text{ mm}$	$b2 \geq 0.2 \text{ mm}$	$e - \beta \geq a \geq W$
2～3 端子の部品 (トランジスタ、ダイオード等)			$a \geq (W + 0.5 \text{ mm})$

図 5-16 表面取付部品用ランド設計（フラットパッケージタイプ）

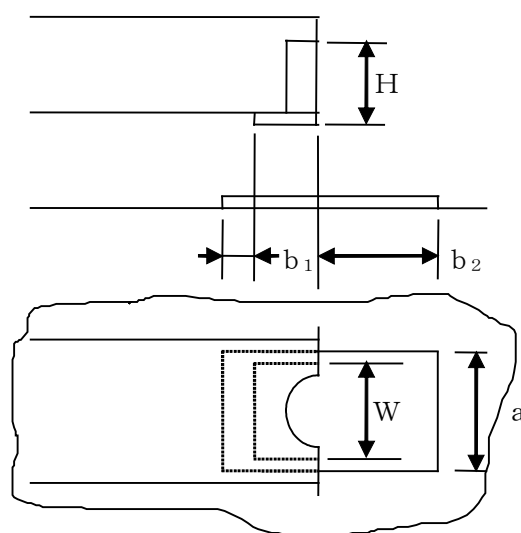
(4) チップ部品

チップ部品タイプ用ランドの寸法については図 5-17 表面取付部品用ランド設計（チップ部品タイプ）を参考とすること。

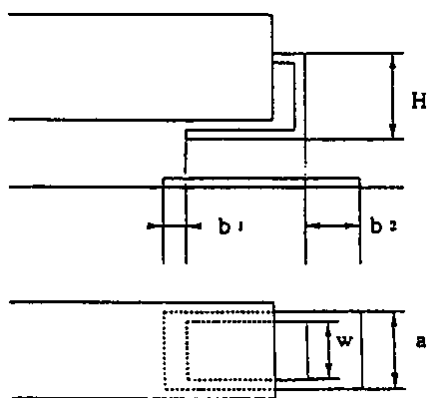
① 角形・焼付け端子タイプの場合



② 凹形・焼付け端子タイプの場合



③ 内曲げリード端子タイプの場合



W: 部品幅、電極幅（部品公称値）

H: 電極高さ

a: パッド幅

b1: パッドヒール (heel) 長

b2: パッドトー (toe) 長

分類	パッド長		パッド幅
	パッドヒール長	パッドトー長	
	b1	b2	a
① 角形・焼付け端子タイプ	$0.2\text{mm} \geq b1 \geq 0\text{mm}$	$(H+0.2\text{mm}) \geq b2 \geq H$	$(W+0.3\text{mm}) \geq a \geq W$
② 凹形・焼付け端子タイプ	$0.1\text{mm} \geq b1 \geq 0\text{mm}$	$H \geq b2 \geq (H-0.2\text{mm})$	$(W+0.4\text{mm}) \geq a \geq W$
③ 内曲げリード端子タイプ			

図 5-17 表面取付部品用ランド設計（チップ部品タイプ）

注1) 図 5-16及び図 5-17でのランド形状は全て角形であるが、必要により角にRをつけてもよい。

－注 意－

はんだ付ランド形状の熱疲労寿命に及ぼす影響の検討は、2.2 項

z. JERG-0-043-TM001 技術データ1 を参考にする事。

ファインピッチパッケージ及び表面実装工法の評価は、2.2 項

z. JERG-0-043-TM001 技術データ 2 を参考にする事。

(5) リード付き部品のレイアウトに関する注意事項

- a. 本体からのリードフィレットは、部品の寸法・外形図に明示されていなかったり、見落としやすかったりするので、部品の取付穴間隔を設計する場合に、注意すること。
- b. 一般的に、ランド間隔は、他の設計上の考慮事項が許すかぎり、できるだけ最小にすべきである。リード線が長すぎると、振動により生じるはんだ接続部へのストレスが大きくなる。

(6) BGA/CGA

パッド部設計には、図 5-18 に示すように「ドッグボーン」と「ビアインパッド／パッドオンビア」の 2 種類がある。このいずれかを適用すること。

パッド内に凹みが生じるようなビア等を配置する場合には、ボイド残留について十分な考慮がなされなければならない。

パッドサイズは、パッケージと プリント配線板 間の熱膨張差をカラム、はんだボールの上下の接合部でバランスよく応力緩和可能なサイズ（はんだ量も含めた継ぎ手として）とする必要がある。

ドッグボーンの場合、隣接して下層へ引出すスルーホールを要し、通常ではソルダレジストで覆われない。したがって、はんだ流れ防止を確実に行う又はアンダーフィル充填を施す場合には、スルーホールを樹脂で埋め込んで穴を埋め、さらにパッド開口部以外をソルダレジストで覆うことが望ましい。

パッド部に適用するソルダレジスト設計には、図 5-19 に示すように「NSMD (Non-solder mask defined pad)」と「SMD (Solder mask defined pad)」の 2 種類がある。

(JERG-0-054 6.1.2 項)

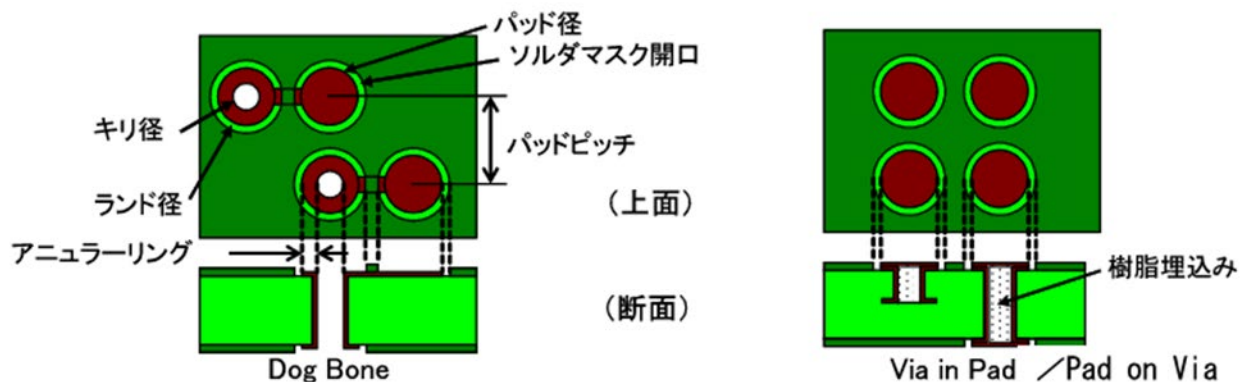
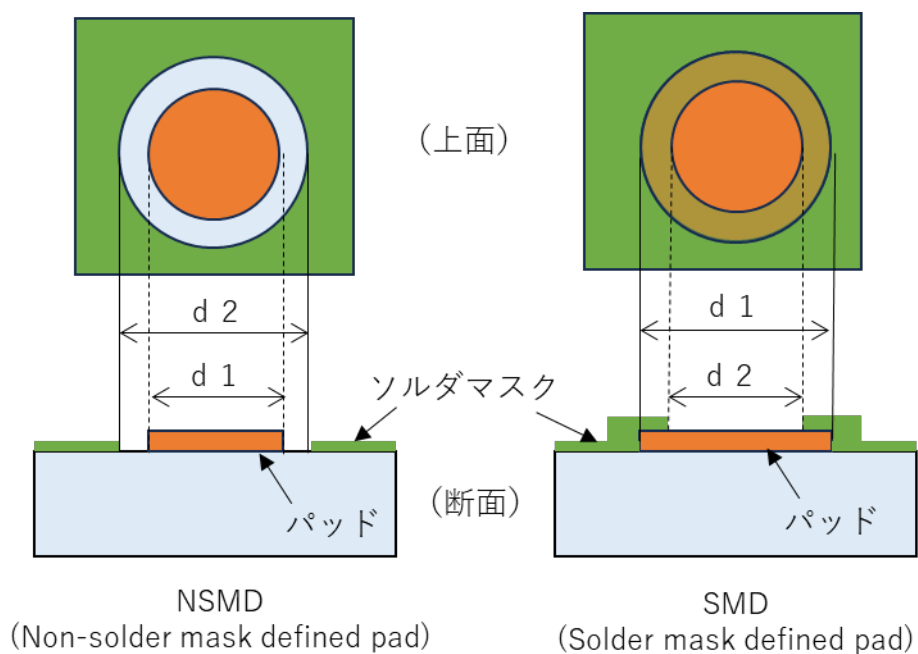


図 5-18 パッド設計イメージ



分類	パッド径	ソルダマスク開口径
	d 1	d 2
NSMD	BGA/CGA のランド径と同径	$d2 \geq (d1 + 0.15\text{mm})$
SMD	$d1 \geq (d2 + 0.15\text{mm})$	BGA/CGA のランド径と同径

図 5-19 BGA/CGA のパッド及びソルダレジスト設計

－注意－

表面取付け部品のパッド設計については、JERG-0-042-HB001 プリント配線板と組立品の設計標準（JERG-0-042）解説書 解説 7 及び JERG-0-042-TM-001 プリント配線板と組立品の設計標準（JERG-0-042）技術データ集 技術データ 4 を参考とすること。

5.3.6 両端子部品の垂直取付

部品軸方向の両側にリード線がつけられた両端子部品をプリント配線板に垂直に（垂直、ヘアピン取付け）取付けることは、どうしても避けられない場合にのみ限定する（図 5-20 垂直取付部品を参照）。はんだ接続へのストレスを除くために、部品本体の端部は、プリント配線板表面上少なくとも 0.51mm の隙間をもって取付けること（ただし、ストレスリリーフがオフセット沿わせ実装によって行われる場合を除く）。部品本体の端部は、コーティングの盛上がり、はんだ封止、はんだや溶接のビードなどの延長部分を含んだものとして定義される。

（JERG-0-039 5.4.5.3 項）

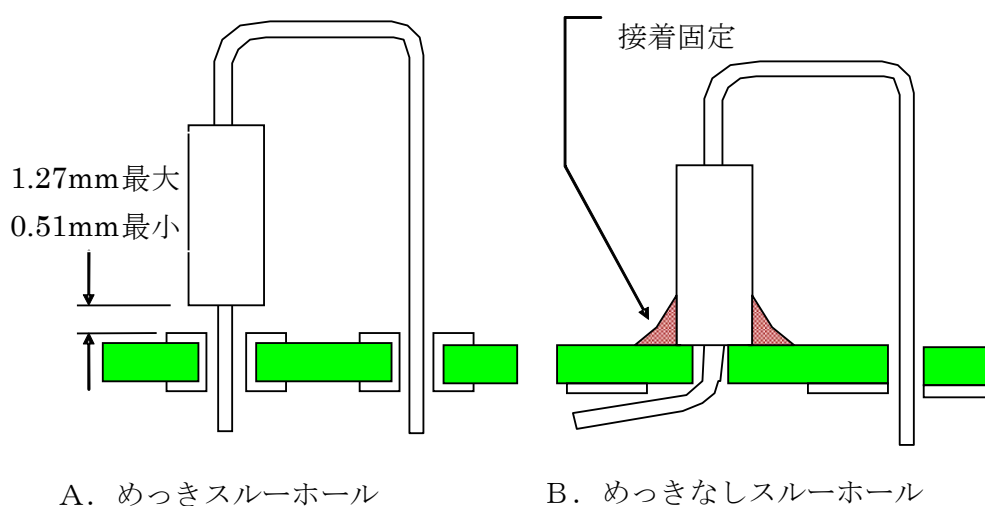


図 5-20 垂直取付部品

5.3.7 部品配置要求

次の要求に従うこと。

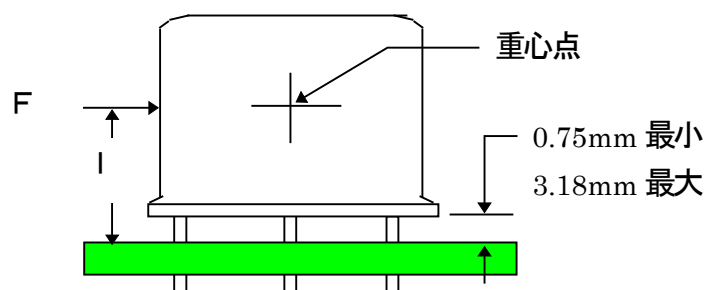
- (1) 部品リード線や電線の取付けランドは共用しないこと。
- (2) 部品は、組立の際全ての部品のリード線及び電線の接続作業ができるように配置すること。
- (3) 部品は、原則として他の部品を取り外すことなしにプリント配線板から取り外せるように配置すること。
- (4) 部品は、原則としてプリント配線板からはみ出さないこと。
- (5) 部品は、残留はんだフラックスの適切な清掃と除去がなされ、かつ確認できるように、配置すること。
- (6) 部品は、はんだ接続状態の目視検査が十分にできるように、配置すること。なお、BGA/CGA については JERG-0-054 による。

5.3.8 部品取付け要求

次の要求に従うこと。

- (1) 導体パターン（グラウンドプレーン、電源プレーン及びヒートシンクを含む）上に取り付けられる金属ケース入りの部品、又は他の導電性材料に近接している金属ケース入り部品は、適切な厚さの絶縁体によって絶縁すること。絶縁は、部品識別表示が見え、かつ判読できるようにすること。
- (2) 発熱量の大きい部品は、必要に応じて熱対策を実施すること。
- (3) 部品の質量が 14 g を超えている時には、追加の支持がなされること。接着固定、又はクランプ、ブラケット、フランジなどの機械的手段を用いることができる。用いる方法は、部品や組立品に機能的劣化や損傷をもたらすストレスを生じさせないものであること。
- (4) オフセット沿わせ実装によりストレスリリーフがなされていないかぎり、軸方向でない方向にリード線がつけられている片端子部品は、リード線が出ている面（部品の端部）がプリント配線板表面上、最小 0.75mm、最大 3.18mm の間隔で取付けること（図 5-21 片端子部品の自立状態取付を参照）。部品、リード線又ははんだ接続の損傷を防止するために、適切な支持を考慮すること。

- (5) 多数のリード線をもつ部品（3本以上のリード線をもつ部品）は、放熱プレーン又はヒートシンクに取付ける部品を除き、清掃がし易く、電氣的絶縁がとれ、かつ水分が閉じ込められないように、プリント配線板から間隔をあけて取付けること。設計上、他の規定がなければ、最小 0.75mm、最大 3.18mm の間隔で取付けること。（図 5-21 片端子部品の自立状態取付を参照）リード線のストレスリリーフとなり、清掃、電氣的絶縁及び検査をし易くするのに適切な手段を与えるトランジスタ取付けパッドや他の取付け支持物のような特別のスペーサの使用が望ましい。これらの特別のスペーサは、部品本体やプリント配線板へ接着固定する。このことは、振動防護のためにも望ましい。



注記：隙間間隔は、衝撃及び振動の力が加えられた時の曲げモーメント（ $F \times l$ ）を低くするため最小限近くに維持すべきである。

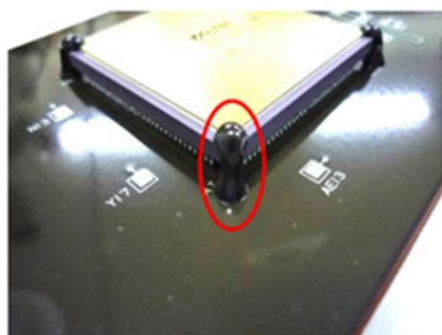
図 5-21 片端子部品の自立状態取付

- (6) スルーホールに取付けるデュアルインラインパッケージ（DIP）は、はんだ付け前に接着固定しないことが望ましい。
- (7) 軸方向の両側にリード線が付けられたタンタルコンデンサは、プリント配線板に接着固定するか、又は他の方法でプリント配線板にしっかりと取付けること。大きなケースサイズのコンデンサは、周囲全体（長辺及び端辺）を接着固定すること。
- (8) ガラス胴体の部品は、E R タイプ（エポキシレジン）のコンフォーマルコーティング又は接着固定材を使用する場合、スリーブを付けるか、又は緩衝材を使用し、直接接着固定しないこと。スリーブには、コンフォーマルコーティング剤、接着剤及びプリント配線板組立の全部品と反応しない、ポリエチレンテレフタレートやポリフッ化ビニリデンのような、薄く、柔軟な材料を選択すること。緩衝材は、耐菌性で耐炎性であり、硬化後にアウトガスの発生が少なく、かつ部品上の表示が見えるように透きとおったものであること。

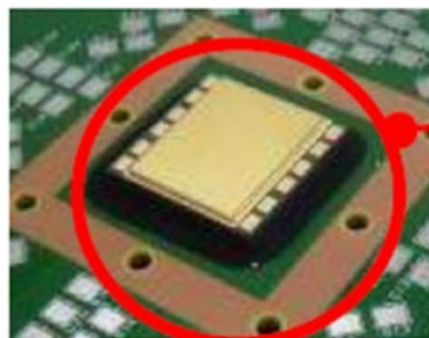
－注意－

スリーブ及び緩衝材は、部品全体の大きさを増加させるということに注意すること。したがって、設計に当たっては、取付けスペースと位置を考慮すること。

- (9) 部品取り付けのために、差込みソケットをフライト機器に使用することは推奨されない。やむを得ない設計上の理由によって、ソケットを使用する必要がある、かつめっきなしスルーホールに取り付ける場合、ソケットのリード線は、ストレスリリースされた種類のものであること。部品は、ソケットと部品リード線の摩擦以外に、何らかの方法でソケットに保持すること。
- (10) コレクタが内部でケースに接続されている T0-3、T0-66 型などの電力トランジスタは、プリント配線板上の導体部とトランジスタケースの確実な接続を行うことが困難なことがある。コレクタの電氣的接続は、機械的な接触圧力によって行われるが、この種の接続の設計には、次の事項を考慮すること。
- 接続は、低い抵抗になるように設計すること。さらにあらゆる環境下で信頼のある接続とすること。
 - トランジスタケース及び取付け金具は、規定の温度範囲にわたって膨張／収縮を受けるので、接触圧力を保持できるアクセサリを使用すること。
 - 特にポリイミドのプリント配線板などのような柔らかい材料が使用されるときには、取付け金具から生じる接触圧力を均一化すること。
- (11) BGA/CGA の実装に際しては、構造解析により プリント配線板 とシャーシの固定ピッチ、固定点数、基板厚等について十分検討し、構造設計上の信頼性を確保すること。必要に応じ耐振性や耐衝撃性の向上を図ることを目的にアンダーフィル、またはコーナーステーキングを設けてもよい。（図 5-22 参照）
- (JERG-0-054 6.1.3 項)



コーナーステーキング



アンダーフィル

図 5-22 BGA/CGA の固定（例）

5.3.9 面間接続

(1) めっきスルーホール

両面プリント配線板の片面から他の面へ電氣的相互接続（面間接続）をするための標準的な方法は、めっきされたスルーホールである。多層板の面間接続は、常にめっきされたスルーホールで行われる。

(2) めっきなしスルーホール

めっきされていないスルーホールの面間接続は、プリント配線板の両面間に導体をはんだ付けすることによって行なう。少なくとも片側のはんだ接続は、図 5-5 丸形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装に示すようにオフセット沿わせ実装であること。端子、リベット及びアイレットは、面間接続として使用しないこと。

(3) プリント配線板組立品と外部との相互接続法

プラグインアセンブリ用の全ての外部接続には、2つの部分からなる間接形コネクタ（プラグとレセプタクル）が好ましい。

プラグインアセンブリでないものについては、外部との電氣的接続は、プリント配線板又は端子に電線を直接接続するか、適当な機械的支持とストレスリリーフを備えたフレックスケーブルで接続すること。

5.3.10 端子

端子を必要とする場合には、5.1.3 表面処理の項に従ったはんだめっき（原則として、フュージング実施）又ははんだコートされたものとする。

次に、一般要求を示す。（JERG-0-039 5.4.3 項）

- (1) 端子の使用は、一般的に、部品が5回以上取外し交換されることが予想されるか、又はその他のやむを得ない設計要求がある場合のみに限定すべきである。
- (2) 端子肩をプリント配線板にはんだ付けするように設計されたかしめ端子は、ロール形かしめによってプリント配線板ベース材料に固定すること（図 5-23 ロール形かしめを参照）。

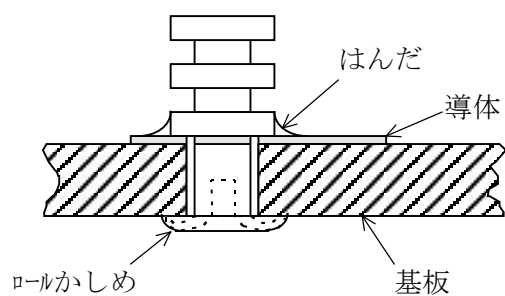


図 5-23 ロール形かしめ

- (3) 端子のかしめ側端部をプリント配線板にはんだ付けするように要求するプリント配線板設計は、はんだ付け後にV形漏斗かしめ側のはんだ付け部が検査可能な場合を除き、採用しないこと（図 5-24 V形漏斗かしめを参照）。

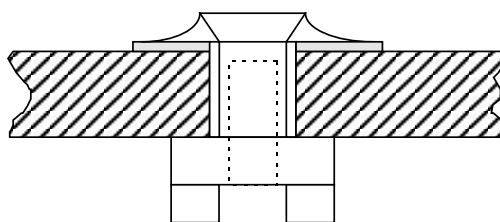


図 5-24 V形漏斗かしめ

- (4) めっきなしスルーホール両面プリント配線板の面間接続として端子を使用しないこと。はんだ付け作業時の膨張及びその後の収縮によりはんだ割れを生ずる危険がある(図 5-25 端子のはんだ接続での割れのメカニズムを参照)。

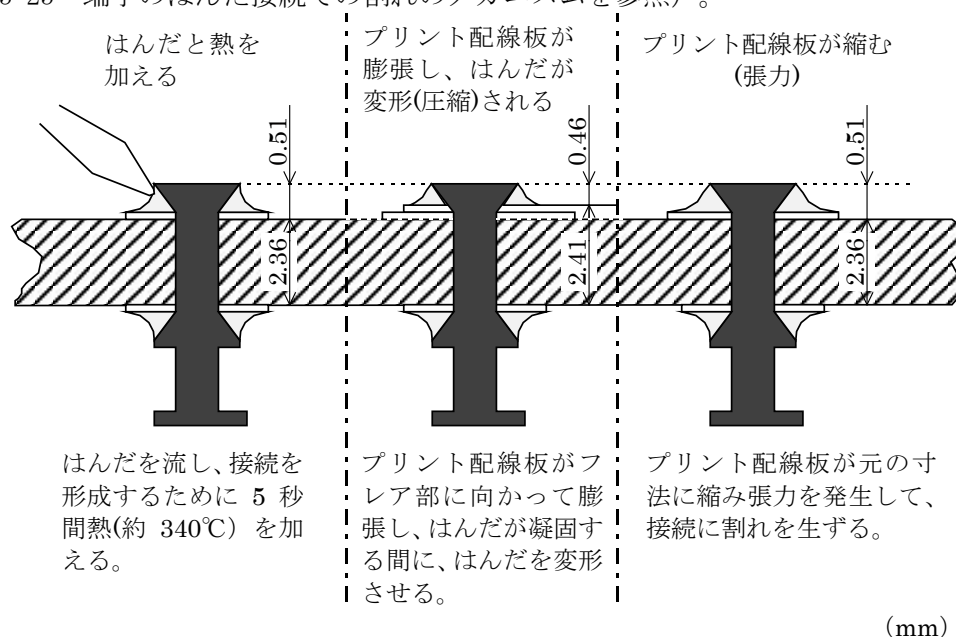


図 5-25 端子のはんだ接続での割れのメカニズム

- (5) めっきスルーホールに取付けるかしめ端子は、めっきスルーホールをはんだで完全に埋めることができるように楕円形漏斗かしめによってプリント配線板に固定すること(図 5-26 楕円形漏斗かしめ及び図 5-27 楕円形漏斗かしめのかしめ工具参照)。

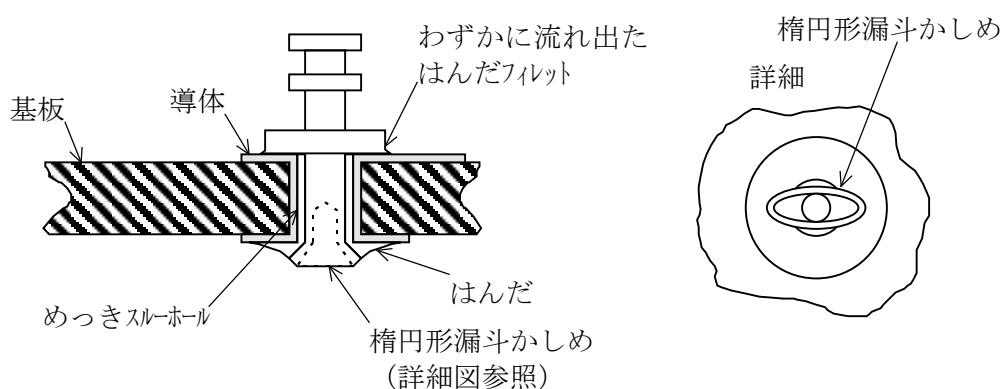


図 5-26 楕円形漏斗かしめ

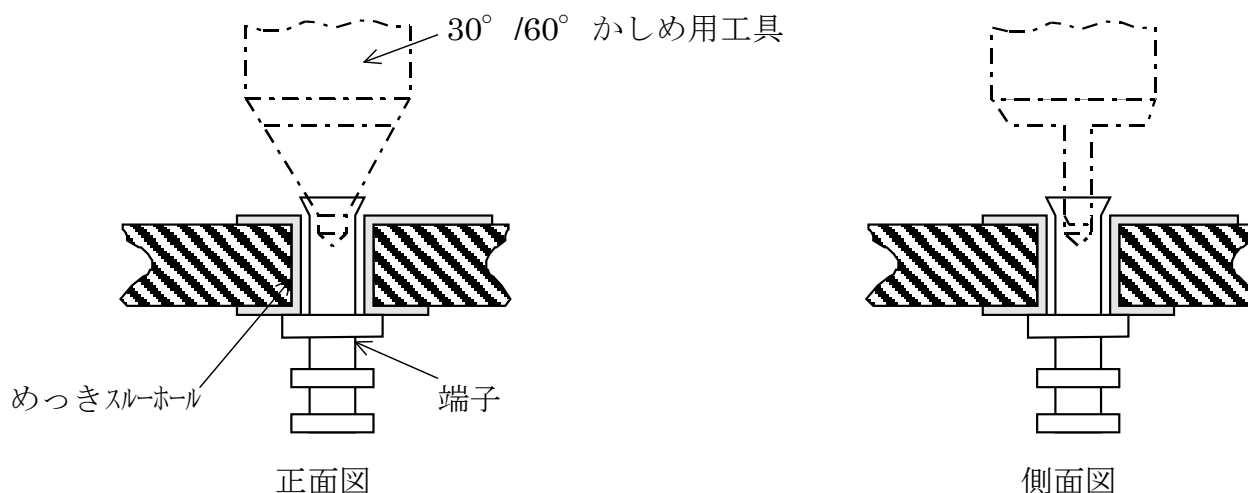


図 5-27 楕円形漏斗かしめのかしめ工具

- (6) 穴径は5.5.10 穴とかしめ端子のクリアランス、ランド径は5.5.5 端子取付用ランドの項を参照のこと。

5.4 導体への要求

5.4.1 導体箔の厚さ

銅箔及びめっきを導体の厚さは、次による。図 5-28 SVHがあるプリント配線板断面図による銅箔とめっきの構成を参照のこと。

(1) 外層

外層の最小銅箔厚は、 $18\mu\text{m}$ であること。ただし、SVH (surface via hole) がある場合の外層最小銅箔厚は $9\mu\text{m}$ であること。めっきスルーホールを使用する場合は、外層導体の最終厚さは、約 $50\mu\text{m}$ ～ $80\mu\text{m}$ 程度となる。この厚さは、めっきスルーホール内に規定の厚さの銅めっきを確保するために、銅箔の上に銅をめっきすることによるものである。

(2) 内層

多層プリント配線板の内層の最小銅箔厚は、 $35\mu\text{m}$ (付則 H の場合は $18\mu\text{m}$) であること。ただし、SVH (Surface via hole) 、IVH (Interstitial via hole) がある場合は、それらに該当する内層の銅箔厚は $18\mu\text{m}$ であること。この場合の内層導体の最終厚さは約 $30\mu\text{m}$ ～ $40\mu\text{m}$ 程度となる。

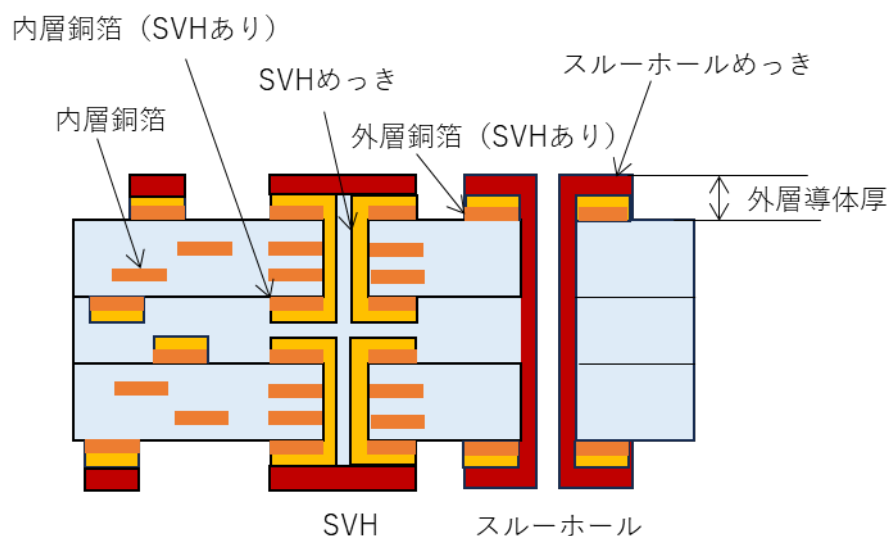
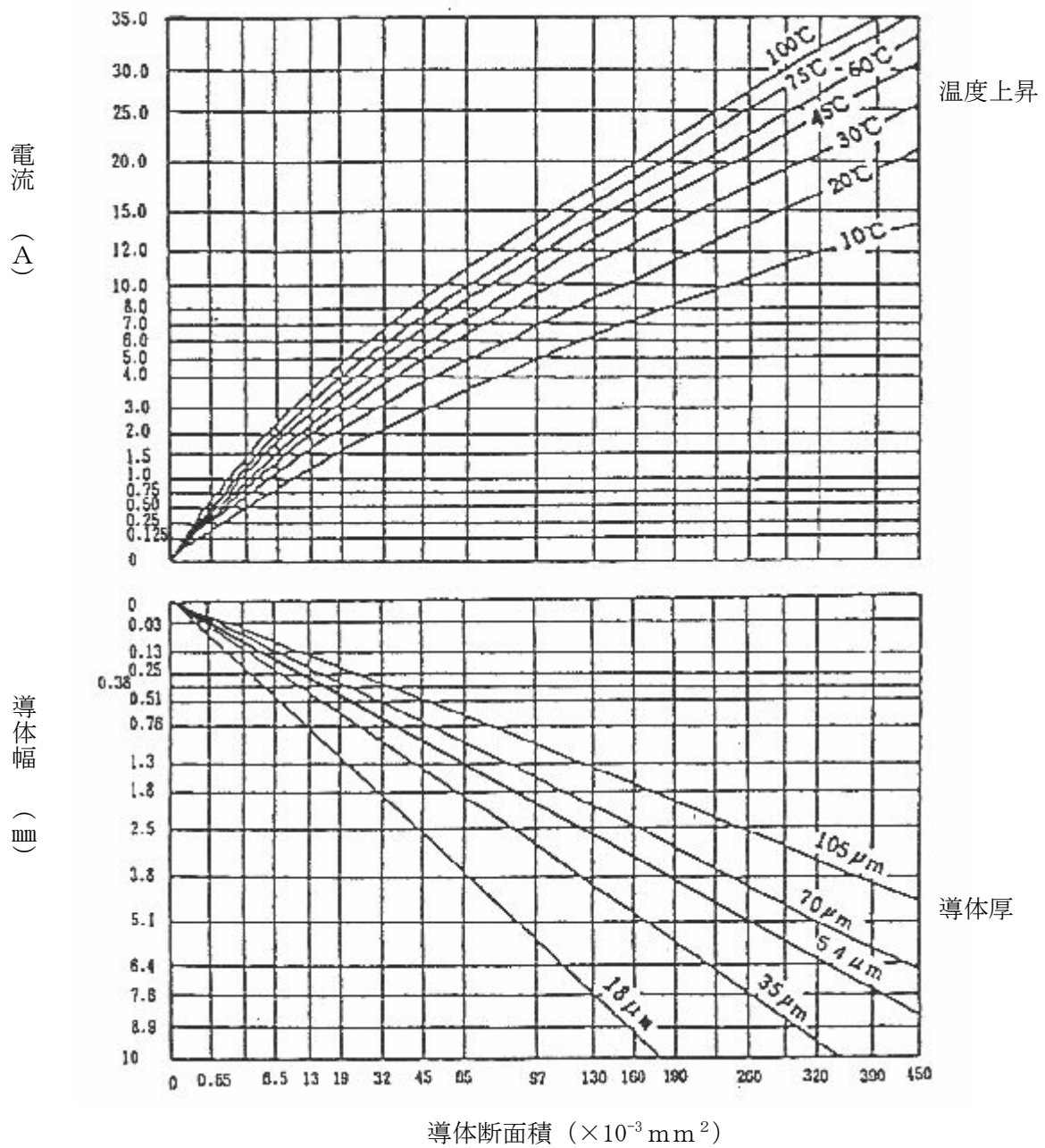


図 5-28 SVH があるプリント配線板断面図による銅箔とめっきの構成

5.4.2 導体幅

プリント配線板上の仕上り導体の最小幅及び厚さは、要求される電流容量と導体の許容温度上昇を基に定める。図 5-29 プリント配線板の外層導体の幅と厚さは、プリント配線板の外層に関し、種々の銅の厚さと温度上昇に対する最小の導体幅を示す。図 5-30 多層プリント配線板の内層導体の幅と厚さは、多層板の内層に関するものである。最小間隙要求と最大導体幅の調和をとることが、製造の容易さと使用時の耐久性のために、必要である。プリント配線図面上に示す最小導体幅の設計値は、対応する JAXA-QTS 個別仕様書に示された値未満ではない。ただし、ディスクリットワイヤ配線板のワイヤ径は JAXA-QTS による。特別な設計による他の規定がないかぎり、最大許容温度上昇として 20℃を使用すること。アートワーク上の導体の設計幅は、プリント配線板製造後では製造時の銅のエッチングによって、導体の断面形状は台形となり、導体の上面は、エッチングされる銅の厚さと同程度減少する、ということに注意する（導体の下面が設計値となるように製造される）。外層では、めっきのアウトグロースのため、この減少が小さくなることもある。（IPC-2152 Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design 参照）

(常温以上の種々の温度上昇に対し、エッチングされた銅の導体のサイズと電流容量を求めるために使用する。)



導体断面積 ($\times 10^{-3} \text{ mm}^2$)

出典: JAXA-QTS-2140

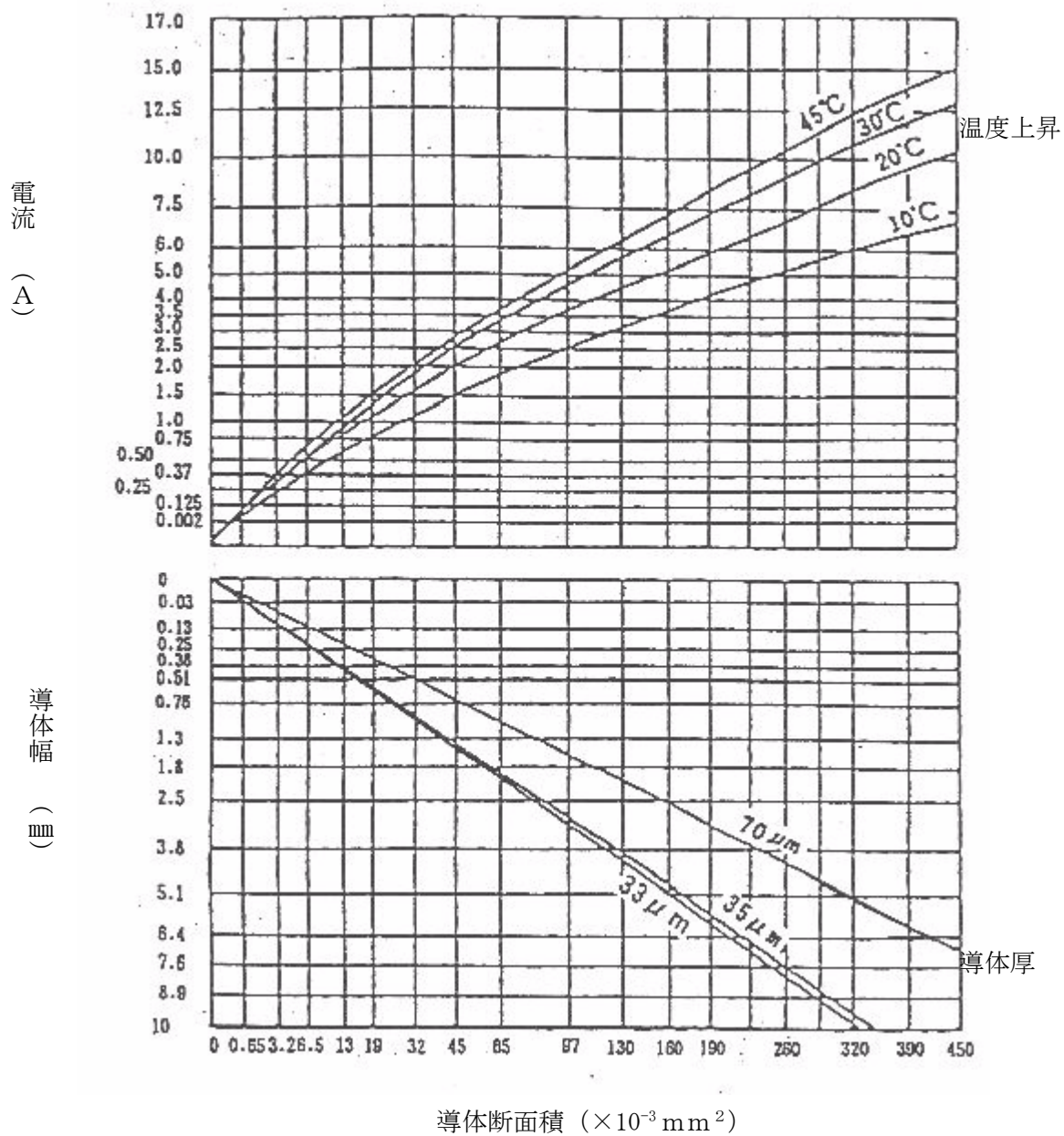
図 5-29 プリント配線板の外層導体の幅と厚さ

注：

1. この設計チャートは、エッチングした銅の導体の種々の断面積に対して、電流対温度上昇（常温以上）を推定する際の手助けとして用意した。通常的设计においては、导体表面積は、隣接する絶縁板表面積に比べて比較的小さいことが一般的であるという条件が想定されている。示されたカーブには、エッチング、銅の厚さ、导体幅推定値及び断面積の通常のばらつきを許容するため（電流をベースにして）、公称 10%のディレーティングを含んでいる。
2. 次のような条件下では、15%の追加ディレーティング（電流ベースで）を推奨する。
 - (A) 0.8mm 未満の厚さの絶縁層の場合。
 - (B) 0.105mm 以上の厚さの導体の場合。
3. 一般に、許容温度上昇は、プリント配線板の最大安全動作温度とプリント配線板が使用される場所の最大周囲温度との間の差として定義する。
4. 単一の導体に適用する場合、このチャートは、種々の温度上昇に対して、導体の幅、導体の厚さ、断面積及び電流容量を求めるために直接使用できる。
5. 類似の平行する導体（間隔が近接している）のグループに対しては、温度上昇は、等価な断面積と等価な電流を使用することで求められる。等価断面積とは、平行する導体の断面積の和に等しく、等価電流は、各導体の電流の和である。
6. 電力消費部品の取付けによる加熱の影響は、含まれていない。
7. 設計チャート内の导体厚さには、銅以外の金属による导体めっき厚を含んでいない。
8. SVH を構成する外層の場合は、 $54\mu\text{m}$ のラインを適用する。

図 5-29 プリント配線板の外層導体の幅と厚さ（続き）

(常温以上の種々の温度上昇に対し、エッチングされた銅の導体のサイズと電流容量を求めるために使用する。)



出典：JAXA-QTS-2140

図 5-30 多層プリント配線板の内層導体の幅と厚さ

注：

1. この設計チャートは、エッチングした銅の導体の種々の断面積に対して、電流対温度上昇（常温以上）を推定する際の手助けとして用意した。通常の設計においては、導体表面積は、隣接する絶縁板表面積に比べて比較的小さいことが一般的であるという条件が想定されている。示されたカーブには、エッチング、銅の厚さ、導体幅推定値及び断面積の通常のばらつきを許容するため（電流をベースにして）、公称 10%のディレーティングを含んでいる。
2. 次のような条件下では、15%の追加ディレーティング（電流ベースで）を推奨する。
 - (A) 0.8mm 以下の厚さの絶縁層の場合。
 - (B) 0.105mm 以上の厚さの導体の場合。
3. 一般に、許容温度上昇は、プリント配線板の最大安全動作温度とプリント配線板が使用される場所の最大周囲温度との間の差として定義する。
4. 単一の導体に適用する場合、このチャートは、種々の温度上昇に対して、導体の幅、導体の厚さ、断面積及び電流容量を求めるために直接使用できる。
5. 類似の平行する導体（間隔が近接している）のグループに対しては、温度上昇は、等価な断面積と等価な電流を使用することで求められる。等価断面積とは、平行する導体の断面積の和に等しく、等価電流は、各導体の電流の和である。
6. 電力消費部品の取付けによる加熱の影響は、含まれていない。
7. 設計チャート内の導体厚さには、銅以外の金属による導体めっき厚を含んでいない。
8. 外部回路では、電流を 100%上乗せ（2 倍）してよい。
9. SVH を構成する内層及び I V H を構成する内層の場合は $33\mu\text{m}$ のラインを適用する。

図 5-30 多層プリント配線板の内層導体の幅と厚さ（続き）

5.4.3 導体間隙

プリント配線板の同一面又は同一層の導体間の最小間隙は、電圧を関数となる。適用する設計標準により、導体間に印可される電圧に対応した最小間隙が示される。JAXA-QTS-2140 で規定される最小間隙設計値を表 5-2 コーティングされたプリント配線板の導体間隙に示す。

可能な限り、これより大きな間隙を使用すべきであり、最小導体間隙は導体パターン間の間隙のみならず、導体パターンと導電性のあるマークや取り付け金具のような導電性材料の間隙にも適用すること。

表 5-2 コーティングされたプリント配線板の導体間隙

仕様書 (JAXA-QTS-2140)	導体間電圧 DC 又は AC ¹ (V)	最小間隙設計値 ^{*1}	
		外層 (mm)	内層 (mm)
プリント配線板 ^{*2} 付則 A, B, D～F	0～100	0.18	0.18
	101～300	0.48	0.3
	301～500	0.86	0.35
	501 以上	$0.003\text{mm}/v+0.1$	$0.003\text{mm}/v+0.1$
プリント配線板 付則 G～J	0～50	0.15	0.08
	51～100	0.15	0.1
	101～300	0.4	0.2
	301～500	0.8	0.25
	501 以上	$0.003\text{mm}/v$	$0.0025\text{mm}/v$
ディスクリットワイヤ 配線板 ^{*3} 付則 C	0～15	0.2	0.2
	16～30	0.25	0.25
	31～50	0.38	0.38
	51～100	0.51	0.51
	101～300	0.76	0.76
	301～500	1.52	1.52
	500 以上	$0.003\text{mm}/V$	$0.003\text{mm}/V$

*1 表中の最小間隙設計値は各仕様書（JAXA-QTS-2140 各付則）からの引用である。実際の設計等においては最新の JAXA-QTS を参照のこと。適用する付則の最小導体間隙未満としてはならない。

*2 フレキシブル基板及びフレックスリジッドのフレックス部は外層の最小導体間隙で設計すること。

*3 ワイヤ間隔は除く。

5.4.4 取付間隙

(1) 取付け金具との間隙

接地用以外の導体パターンと全ての取付け物（穴、コネクタブラケット、金具など）との間は、取付け物の最悪ケースの取付位置も考慮にいれ、少なくとも、0.38mm に表 5-2 コーティングされたプリント配線板の導体間隙を加えた値だけ離すこと。ただし、0.64mm を最小とする。この最悪ケースの位置は、プリント配線板取付穴、ブラケット寸法、筐体の機械加工、プリント配線板への穴あけ及びワッシャの過大によって生じるプリント配線板のずれのような偶発的なことを見込んだ公差を考慮に入れること。めっきなしスルーホールでは、その周囲のグラウンドプレーン又は回路に対して、最小 0.75mm の間隙を持たせること。

(2) プリント配線板端部との間隙

回路からプリント配線板の端までの間隙は、プリント配線板取付け方法、プリント配線板の厚さと大きさ、隣接のプリント配線板組立品や他のユニット部品との接近、特別の要求などのような設計要求によって決定され、表 5-2 コーティングされたプリント配線板の導体間隙にプリント配線板製造及び加工公差を考慮し、各導体間電圧範囲の最小間隙値+1.07 mmを加算し設計値とすることを標準とする。また、標準設計値以下にしたい場合は、製造業者と事前に相談すること。

5.4.5 広面積導体パターン

直径 12.7mm よりも大きな広面積導体パターン（通常、シールド、ヒートシンク、グラウンドプレーン又は電源プレーンに使用される銅部分）は、電氣的に導通したパターンを形成するように設計された一連の細長いスリット、矩形、他の形状によって網目状にするとよい（図 5-31 広面積導体パターンの推奨例を参照）。この技法を用いれば、自動はんだ付け作業中に発生する回路のふくれやプリント配線板のそりの可能性が低くなる。この細長いスリット又は円は、ドリル穴から離しておく。

直径 25.4mm の円を超える広面積導体パターンが内層で使用される場合は、その層はできるだけプリント配線板の中央近くに置く。もし 2 層以上の内層に広面積導体パターンがある場合は、それらの層は、プリント配線板内に対称的（例えば、10 層プリント配線板の 3 層目と 8 層目）に置く。

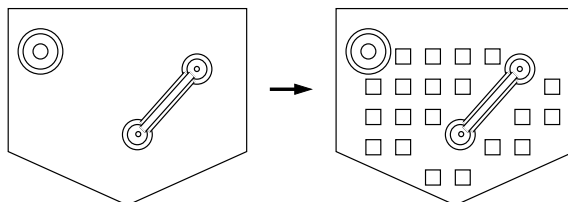


図 5-31 広面積導体パターンの推奨例

5.4.6 ガイドクリップしゅう動部分

プリント配線板組立品を取付けるために金属ガイドクリップを設計上要求する場合は、ヒートシンク、磨耗防止又はその両方に備えるため、ガイドクリップとしゅう動するプリント配線板面の両側に沿って、エッチングされたパターンを残すことが望ましい。シャーシアースをするためにこのパターンをプリント配線板グラウンドプレーンに接続するかどうかは、回路設計技術者が指定すること。このパターンは、SAE-AMS-QQ-N-290 クラス 2 に従って、銅に直接、厚さ 0.005mm 以上の電解ニッケルで下地めっきを行い、電解金めっき仕上げとする。図 5-32 ガイドクリップしゅう動部詳細にガイドクリップしゅう動部分の例を示す。

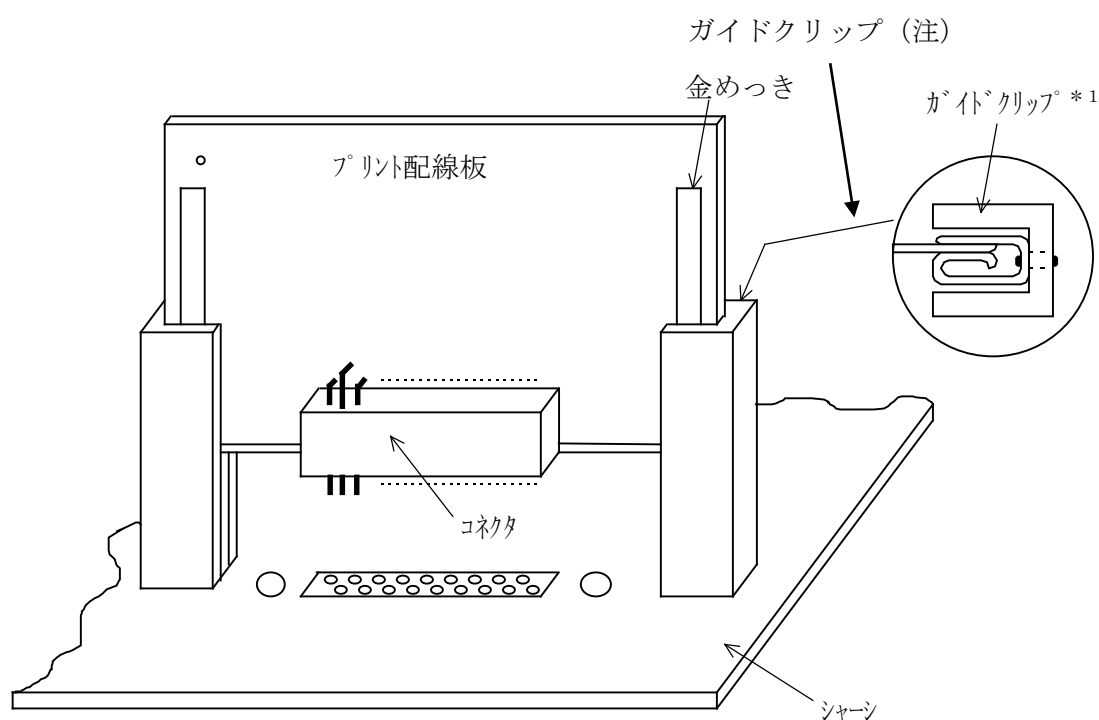


図 5-32 ガイドクリップしゅう動部詳細

*1 ガイドクリップしゅう動部分を介して、金めっき部分とシャーシが電氣的に共通となる。プリント配線板の電源グランドとシャーシアースを接続するかどうかは、回路設計技術者が指定すること。

5.5 ランドと穴への要求

5.5.1 穴の寸法及び位置

(1) 穴と穴の間隔

隣接する穴は、これらの穴を取り囲んでいるランドが本項の寸法要求及び5.4.3導体間隔の項で規定する導体間隔の要求に合うように配置すること。

また、めっきスルーホール及びめっきなしスルーホールいずれの場合においても、隣接する穴の縁の間隔は、プリント配線板の板厚又は穴径（仕上がり径）のいずれか小さい方以上とするが、SVH、IVH、小径ビアホールの場合は0.6mm以上とする。

(2) 穴とプリント配線板端の間隔

部品リードが入る穴は、穴を取りまいてあるランドが5.3.4スルーホールへの挿入実装部品のレイアウトの項と5.3.5表面取付け部品のレイアウトの項の要求に合うようプリント配線板の端から十分な距離をとること。プリント配線板端とランド端の間隔は1.27mm以上を標準とする。ただし、部品リードが入る以外の穴及び、詳細設計に際しては認定メーカの付則毎の適用データシートを参照及びプリント配線板メーカに確認すること。

(3) 穴の寸法

穴の直径は、標準のドリル寸法と一致させ、各穴に対して最大と最小値を規定すること。直径は、5.5.9穴と部品リードのクリアランスの項に示す穴とリード線の寸法比に適合すること。また、スルーホールの穴径は、各適用仕様書により異なるので、各仕様書に対するデータシートを参照及びプリント配線板メーカに確認すること。

5.5.2 アニュラーリング

(1) 外層

外層の最小アニュラーリングとは、ランドの縁とめっきスルーホールの内側の縁又はめっきなしスルーホールの内側の縁との間の最小仕上がり幅の（最も狭い場所での）銅部分のことである。めっきなしスルーホールに対しては、最小アニュラーリングは、0.38mm とすること。めっきスルーホールの場合は、0.05mm（付則 D は 0.1mm）を標準とする。ただしプリント配線板仕様書（QTS）又はシステムからの要求によっては外層において、導体パターンへの接続側での最小アニュラーリングは、0.13mm とする要求があるので、各仕様書（QTS）及びそれに対応するデータシートを参照すること。端子への取り付けに関しては5.5.5端子取付用ランドの項を参照のこと。

(2) 内層

内層のランドに対する最小アニュラーリングとは、ランドの縁と穴あけされた穴の縁の間の（最も狭い場所での）最小仕上がり幅の銅部分のことである。多層板の内部のランドに対する最小のアニュラーリングは、0.05mm（付則 A, B, E, F）または 0.025mm（付則 G, H） とすること。

5.5.3 設計最小ランド直径

5.5.2 項に示す最小アニュラーリングの要求を満たし、かつ製造中における公差の累積を補償するためには、プリント配線板の穴に対する設計上の最小ランド直径は、下記を標準とするが、プリント配線板の仕様書（QTS）によっては最小ランド径が異なり、又、外層において、導体パターンへの接続側での最小アニュラーリングが 0.13mm を要求される場合は、導体とランドとの接続部分にサブランド又はティアドロップの処置が必要になるので、各プリント配線板の仕様書（QTS）及びそれに対応するデータシートを参照すること。

(1) めっきなしスルーホール

キリ径+1.1mm（付則 A, B, E, F, G, H）または+1.2mm（付則 D）

(2) めっきスルーホール

仕上がり穴径（中央値）+0.5mm（付則 A, B, E, F, G, H）または+0.6mm（付則 D）

ただし、小径ビアホールの場合はキリ穴径+0.4 mm（付則 A, B, E, F）または+0.25（付則 G, H）

(3) 端子取付

5.5.5端子取付用ランドの項参照。

5.5.4 広面積導体部のランド

グラウンドプレーン又は電源プレーンのランドは、はんだ付けにおける熱の流れを制限するために、めっきスルーホールの周囲に熱抑止部を設けること。（図 5-33 熱抑止部を備えたグラウンド及び電源プレーンのランド部分（代表例）を参照）



図 5-33 熱抑止部を備えたグラウンド及び電源プレーンのランド部分（代表例）

5.5.5 端子取付用ランド

端子取付用の最小ランド直径は、端子のフランジの最大直径よりも、めっきスルーホールに対しては 0.50mm 大きく、めっきなしスルーホールに対しては 0.38mm 大きいこと。

5.5.6 表面取付用ランド

- (1) リボン形リード線の沿わせ実装のランドの寸法要求は、以下のとおり。
 - a. ランドの寸法：図 5-7 リボン形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装及び図 5-8 リボン形リード線表面沿わせ実装を参照。
 - b. ランドの最小導体間隙：表 5-2 コーティングされたプリント配線板の導体間隙を参照。
- (2) 丸形リード線をもつ部品に対するランド
図 5-5 丸形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装及び図 5-6 丸形リード線表面沿わせ実装を参照。

5.5.7 はんだフィレット

エッチングされたパターンの輪郭は、はんだフィレットの形状に影響を与える。取付ランドは、円形を推奨する（一様に熱が加わり均一なフィレットを得やすい）。(図 5-34 望ましいランド形状と望ましくない形状の例を参照)

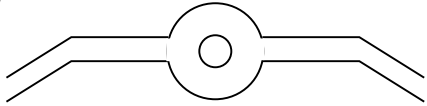
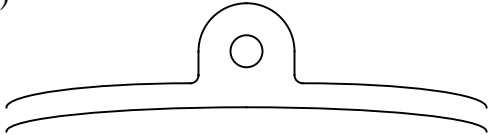
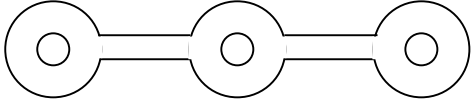
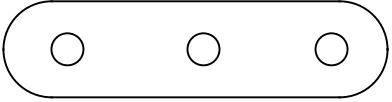
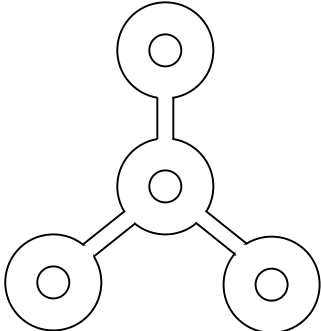
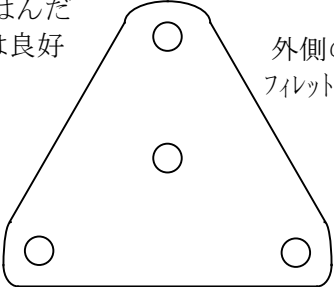
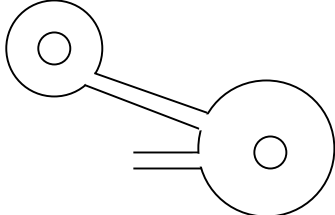
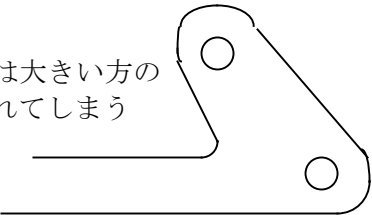
望ましいランド	望ましくないランド
(A)  穴のまわりに一様なパターン	(E)  はんだフィレットは非対称
(B) 	(F)  外側のはんだフィレットは非対称
(C) 	(G)  中央のはんだフィレットは良好 外側のはんだフィレットは不十分
(D) 	(H)  はんだは大きい方の穴へ流れてしまう

図 5-34 望ましいランド形状と望ましくない形状の例

5.5.8 部品取付用めっきスルーホールの寸法と公差

プリント配線図上に示す穴の寸法は、めっき及びフュージング後の寸法（仕上がり径）である。ドリル径やめっき前の穴直径を指定しないこと。

めっきスルーホールの公差は、 $\begin{matrix} +0.10\text{mm} \\ -0.15\text{mm} \end{matrix}$ とする。

5.5.9 穴と部品リードのクリアランス

めっきスルーホールの直径は、そこを通る部品リード線の公称直径に合うように決めること。この直径は、リード線と穴の壁面間をはんだが一様に流れる程に十分な大きさであるが、はんだをよく流すための毛細管現象が不十分になる程大き過ぎないこと。この条件を備えるために、穴直径は、公称の線直径又は矩形リード線の対角寸法よりも 0.15～0.51mm 大きいこと。（図 5-9 丸型リード線めっきスルーホール折り曲げ実装、図 5-12 ストレート実装（めっきスルーホール）及び図 5-35 矩形リード用スルーホール穴径、を参照）

この規定に関しては、各認定メーカの付則毎の適用データシートを参照及びプリント配線板メーカに確認すること。

めっきなしスルーホールの直径は、公称の線径に対して 0.20mm を最大差とする。ただし、穴の仕上り最大値、リード径の最大値を考慮して設計すること。（図 5-5 丸形リード線めっきなしスルーホールオフセット沿わせ実装及び図 5-11 ストレート実装（めっきなしスルーホール）を参照）

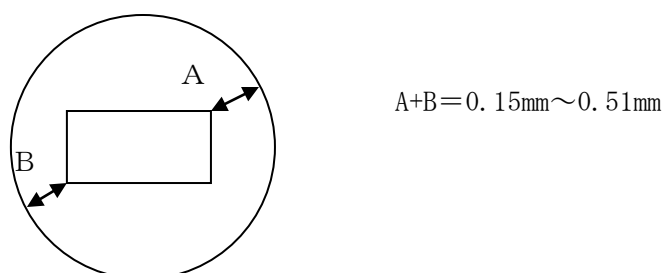


図 5-35 矩形リード用スルーホール穴径

5.5.10 穴とかしめ端子のクリアランス

めっきスルーホールに対しては、かしめ端子の公称直径よりも 0.10～0.51mm 大きいこと。めっきなしスルーホールに対しては、かしめ端子の公称直径に対し 0.13mm を最大差とする。

5.5.11 プリント配線板取付穴

積層母材上で直にねじを締めつけるべきではないので、プリント配線板取付穴は、電氣的な短絡の恐れのない限りは、銅のランドでまわりを囲むことにより補強する。このことは、GI タイプの材料では、穴あけの際に欠けやすいので、特に重要である。取付穴は、検査のために寸法を規定すること。電氣的なハードウェアをかしめ止め又はボルト止めする穴にも、そのハードウェアを支持し、プリント配線板の損傷を防ぐためにランドを設けるとよい。製造コスト上から、取付穴は、通例、矩形や特別の形でなく円形とする。プリント配線板取付穴は、通常、めっきスルーホールや座ぐりを設けたりはしない。

5.6 品質保証

品質保証のため、以下の項目について、図面、仕様書等に要求を明示、又はプリント配線板メーカーと整合を図ること。品質保証のための要求事項は、ユーザの品質管理仕様書、品質保証項目を含む公知規格の指定等により提示することができる。

5.6.1 文書管理

製造及び検査で用いる手順、仕様が文書化されており、常に最新版に維持されていること。

5.6.2 記録

製造及び検査の記録が適切に維持されることを確実にすること。

- (1) 製造及び検査記録の対象
- (2) 記録の識別
- (3) 記録の保管期間

5.6.3 検査

検査は、「工程内検査」「出荷検査（品質確認試験（グループ A））」「定期試験（品質確認試験（グループ B））」に分類される。適用する規格に、各検査・試験項目に対する規定がない場合は、要求する品質保証レベルにより設定すること。検査の分類と検査項目例を、表 5-3 検査の分類に示す。「工程内検査」及び「出荷検査」は、製品の保証のために実施し、「定期試験」は製造プロセスの保証を目的とする。

また、検査成績書等による検査記録の提出の可否についても示すこと。

表 5-3 検査の分類

検査	実施時期	検査対象	検査項目例
工程内検査	製造工程中	製品	・ 内層の外観、寸法 ・ 外層の導体、基材 ・ 清浄度
出荷検査 (品質確認試験 グループ A)	製造完了後	製品	・ 導体、基材及びソルダレジストの外観 ・ 寸法 ・ 表示 ・ ワークマンシップ ・ そり及びねじれ ・ 導通及び絶縁（回路）
		テストクーポン	・ 構造の完全性 (銅めっき厚、銅箔厚、層間厚 内層アニユラリング、基材の状態等) ・ 熱ストレス ・ はんだ付け性
定期試験 (品質確認試験 グループ B)	一定期間毎 (1～3 年)	テストクーポン	・ スルーホール引き抜き強度 ・ 熱衝撃 ・ 耐湿性及び絶縁抵抗 ・ 耐電圧 ・ 表面導体の引き剥がし強度

5.6.4 プリント配線板の受入れ

プリント配線板の受入れ時には、要求する品質保証レベルに合致する受入れ時の検査について規定すること。

－注意－

プリント配線板の受入れについては、JERG-0-042-HB001 プリント配線板と組立品の設計標準（JERG-0-042）解説書 解説 3 を参考とすること。