

表面実装部品用適正ランド・マスク設計の自動化

九州松下電器株式会社 生産技術研究所

工法開発グループ 前田 憲

境 忠彦

酒見省二

電子機器の小型・多機能化が進む中で、表面実装が急速に浸透している。またそれと歩みを合わせ、表面実装部品(SMD)の多様化も進んでいる。しかしながら、それらSMDを安定に実装するためのランド及びマスクを設計するためには、現在のところ試行錯誤的に実験を繰り返すことが少なくない。そこで、試作を行わずに新部品の適正ランド・マスク寸法を設計するために、原則として部品寸法を入力するのみで自動的に適正ランド・マスク寸法が得られる自動設計システムを作成した。

1. 背景・目的

これまでのSMD実装のためのランド及びマスクの設計手順は、(1)部品個々について最適フィレット体積を仮定し、(2)これに基づき基板及びメタルマスクの設計を行い、(3)実装実験を行なった後、(4)接合状態を評価し、(5)好ましくない状態であるか、あるいは接合信頼性に劣る場合は設計をやり直す、という試行錯誤的な方法をとっていた。この方法の延長では、今後益々多様化するであろうSMDのランド・マスク設計を行うのに長時間を要するのは自明の理である。

そこで、これまでに設計されたSMD個々の必要フィレット体積並びにランド・マスク寸法に関するデータを整理して、SMD電極寸法と必要はんだ量との相関性を見いだすことにより、電極寸法から自動的に必要はんだ体積を見積り、最適実装のためのランド・マスク寸法を導き出すことを試みた。

2. 初期(～1993年)の取り組み⁽¹⁾

ランド・マスク寸法を決定するため、従来は以下に示すような手順を踏んでいた。その際の基本的な考え方を1005Cチップ部品と0.5mmピッチQFPを例にあげて述べる。

2 - 1. 1005Cチップ部品

適正はんだ体積の考え方

フィレットを形成しているはんだ体積を計算だけで算出する事は非常に困難であり、また、時間がかかる。そこで、図1に示すようにフィレットをモデル化し、この体積を基準体積(V)とした。

この値と今までの経験から、ほぼ適正と思われる量(P)との関係を示すと次式の様になる。

$$P = k \times V = k \times (1/2) \times t \times t \times w \quad (\text{式1})$$

k : チップによって変る定数(適正化係数)

t : チップの厚み

w : チップの幅

1005Cの場合 $k = 0.2$, $t = 0.5\text{mm}$, $w = 0.5\text{mm}$

この値(P)に対し、はんだ体積を50% - 100%に変化させて実験を行なった。

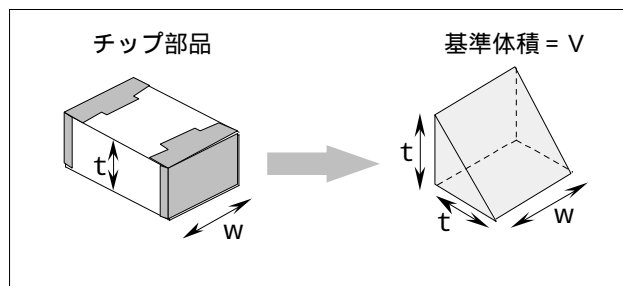


図1 チップ部品のフィレット体積

ランド寸法の考え方

同じチップ部品でも抵抗（R）は側面に電極がないが、コンデンサ（C）には電極があるのでフィレットを考慮する必要がある。そこでランドの幅はRはチップの幅と同じとし、Cはチップの幅より100 μ m大きくした。また印刷時にランドからはみ出したクリームはんだははんだボールになりやすいため、マスクの位置精度、印刷機の印刷精度を考慮して、ランドの長さは原則としてマスク開口長さに対し外側へ30 μ m長くした。

マスク寸法の考え方

はんだボールを防止するために、マスク開口幅はランド幅より片側30 μ m小さくした。またマスクの厚みは、ファインパターンの版抜け性を考え150 μ mに固定した。マスク長さは150 μ m厚さのマスクで必要はんだ体積を供給できる寸法とした。

マスク開口形状

ランド形状と同じ四角形とすると、チップ実装時のクリームはんだの潰れにより部品側面に発生するはんだボール（以下サイドボール）につながりやすい。そこでチップの乗る部分のはんだ体積を減らす事により対応することとした。具体的には図2に示すように3種類の形状で実験を行なった。

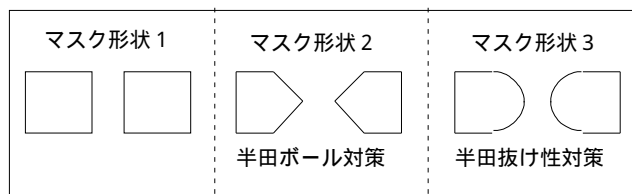


図2 チップ部品のマスク形状

実験結果

はんだ体積及びランド寸法（電極幅又は電極幅+100 μ m）・マスク開口形状を変え、7種類のランド・マスク寸法で実験を行なった。（クリームハンダは、九州松下電器製）

外観及び断面の写真を図3に、またサイドボールの発生状態及び接合強度の測定結果を表1に示す。

これらの結果から、No.4が最も優れていると判断し最適寸法とした。

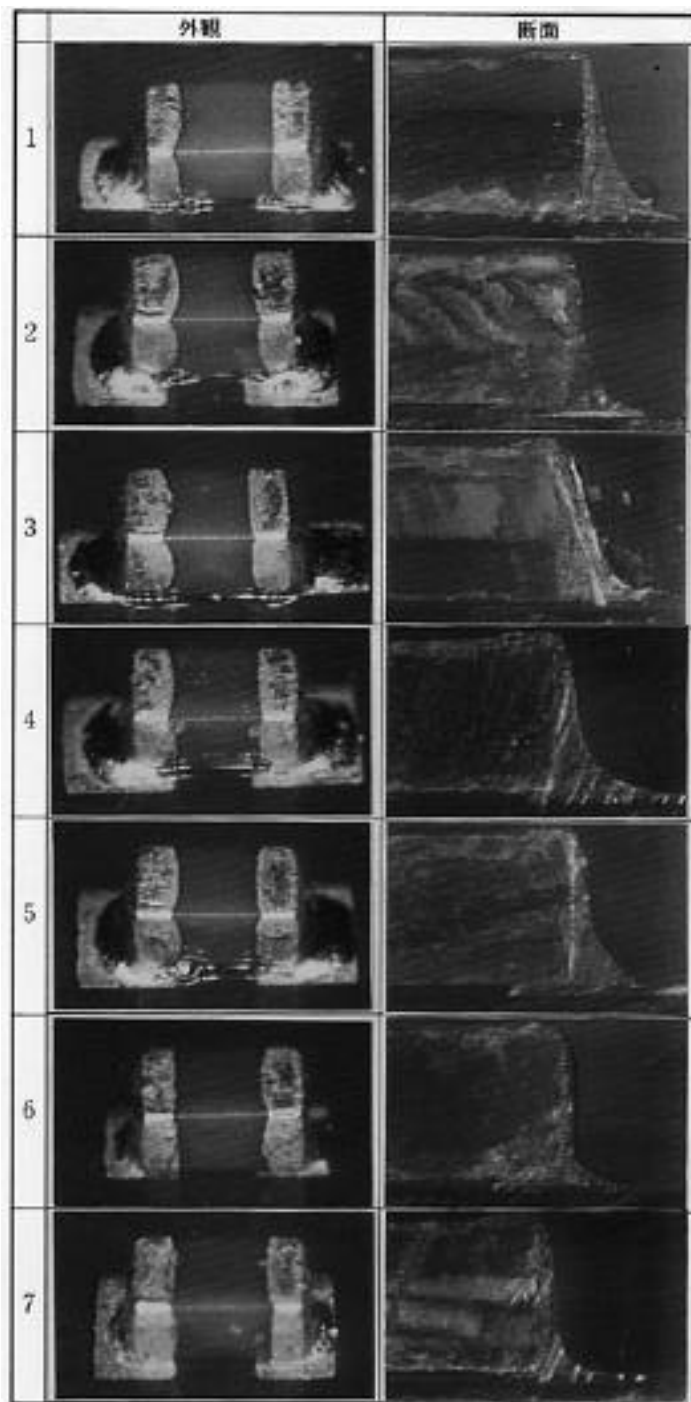


図3 接合部の外観及び断面

表1 半田ボールと接合強度

No.	1	2	3	4	5	6	7
はんだ体積(mm ³)	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.006	0.006
マスク形状	1	1	2	2	3	2	2
はんだボール発生チップ数 n = 20	17	20	3	0	12	0	0
接合強度 (kg) n = 20	1.0	1.1	1.0	1.2	1.0	0.4	0.3

2 - 2 . 0.5mmピッチQFP (48ピン)

適正はんだ体積の考え方

フィレットの体積を図4に示すモデルを使って計算した。しかしながら、QFPのリードには上下方向に100 μ m程度のばらつきがあり、最も低いリードのみがランドに接地し、それ以外のリードは浮いた状態になっている。そこでリード浮きが0 μ m , 50 μ m , 100 μ m , 150 μ m , 200 μ mとなった場合はんだ量を供給し実験を行なった。

ランド寸法の考え方

ランドの幅はリードの幅220 μ mに対しサイドフィレットが形成でき、実装の位置ずれを吸収できるよう300 μ mとした。

また、ランド長さはフロントフィレット形成のために、少なくともリード先端から500 μ m外側に出すようにし、内側はリード浮きが少ない場合にバックフィレットで余分なはんだを吸収できるように長めに設定した。

マスク寸法の考え方

チップ部品の場合と同じ理由でランド幅より小さく設定し、マスク厚みも150 μ mとした。

マスク形状

チップ部品同様リードの乗る部分を狭くする方法もあるが、マスク形状が複雑になり版抜け性、クリーニング性が劣化するので四角形とした。

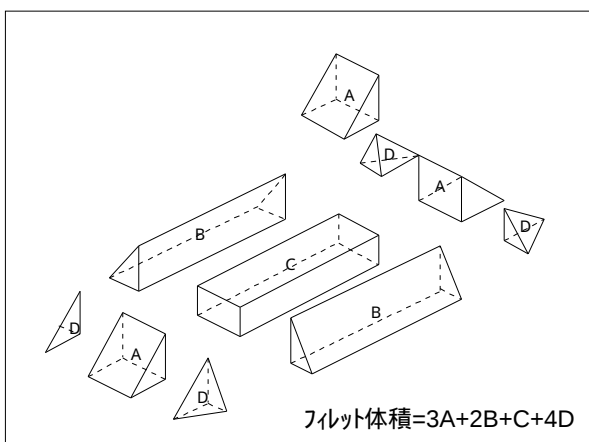


図4 QFPのフィレット体積

実験結果

で述べた5種類のはんだ体積で実験を行なった。外観及び断面の写真を図5に示す。いずれもブリッジオープンの発生はみられなかったが、断面形状からNo.3を最適寸法とした。

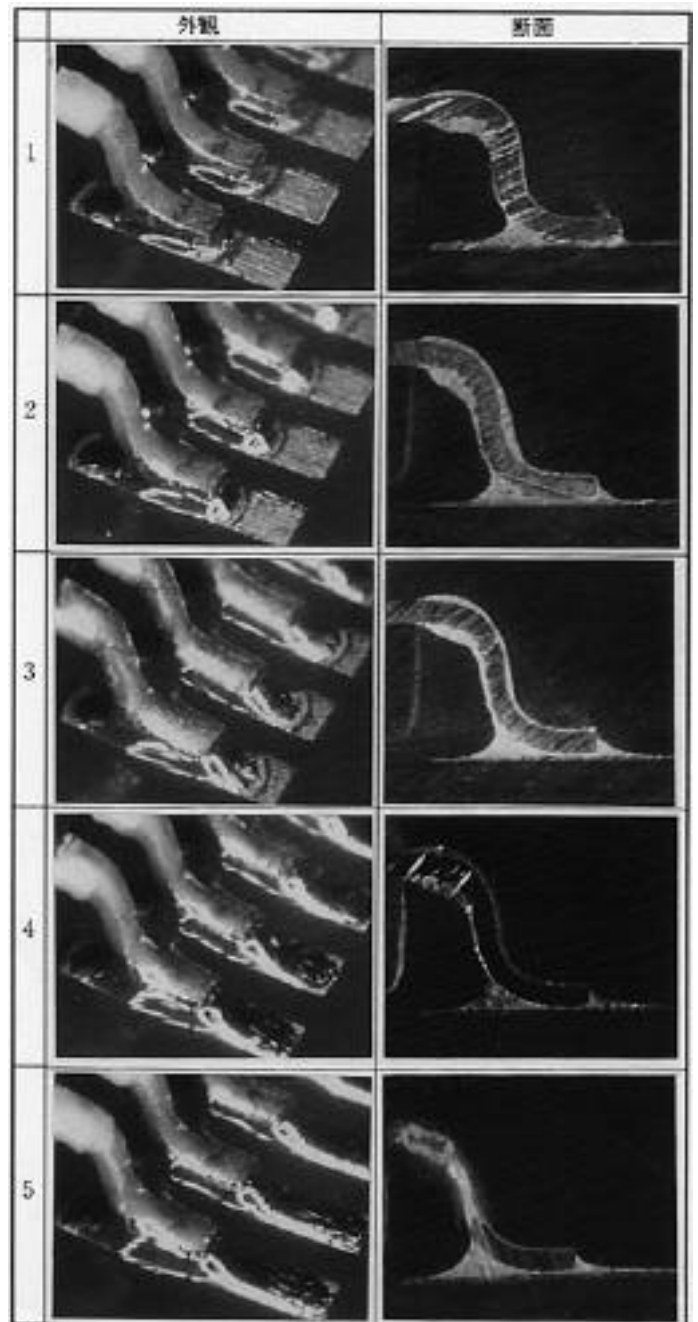


図5 接合部の外観及び断面

2 - 3 . 従来の課題

基本的な考え方は現在でも有用であり、継続して適用できるものである。しかしながら、これまでの設計では、新規部品に対し寸法決定のための実験が不可欠であった。また設計思想としてチップ部品とリード部品は明確に区別されており、共通に取り扱うことは出来なかった。さらに、S-MINI 2 ピンに代表されるフラットリード部品や、抵抗アレイ等の電極壁面に凹みのある部品に対する明確な設計ルールも確立されておらず、種々のSMDに一般的に適用できるものではなかった。

3 . ランド・マスク設計自動化への取り組み

3 - 1 . 自動化のための設計フローチャート

2 - 3 項で述べた課題をふまえ、また現在までに得られた様々なSMDについての適正はんだ体積のデータを基にして、電極形状から自動的に必要フィレット体積を求め、安定実装に必要なランド及びマスク寸法を導出する一貫した手順の作成に取り組んだ。

自動設計の思想を、簡略化したフローチャートによって図6に示す。設計プロセスは、まず部品寸法から適正フィレット体積を決定するプロセス、次いで最適実装のための設計ルールに従いランド・マスクの寸法を決定するプロセスからなる。

基本的には設計者が部品と電極の寸法およびマスク厚さ等のデータを入力するだけで、容易にランド・マスクの寸法を得られることを目標としている。

3 - 2 . はんだ体積の考え方

適正化係数と基準体積の関係

式1に示した k と V の関係を考えると、 k が V の大きさに大きく依存していることが経験的に分る。つまり、図7に示すように、 V が大きいほど実際の形状は基準形状より小さくなり、逆の場合は $k = 1$ に近づくと考えられる。このような観点から、これまでに設計された部品個々について k と V をグラフにプロットすると図8の様な関係が得られた。リード部品については、フィレットモデルの重力の作用する部分(図4中A,B,D)に対し、この関係を適用している。

この関係を利用すると、新部品のフィレット設計を行う際、基準体積さえ算出してやれば容易に適正化係数が求められ、適正体積へと補正できることになる。

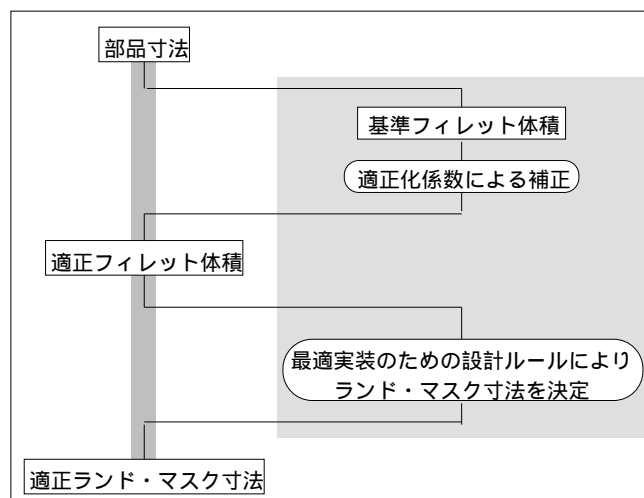


図6 自動設計のフローチャート

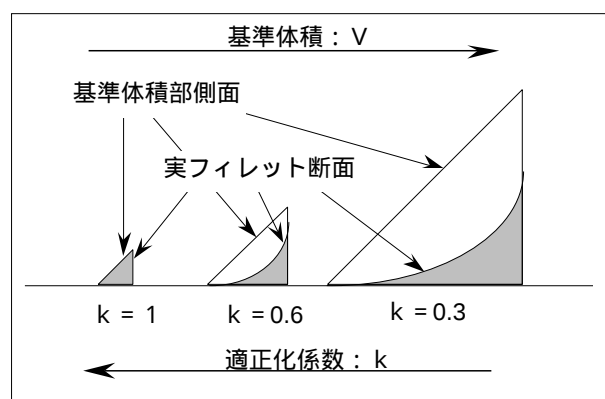


図7 k と V の関係

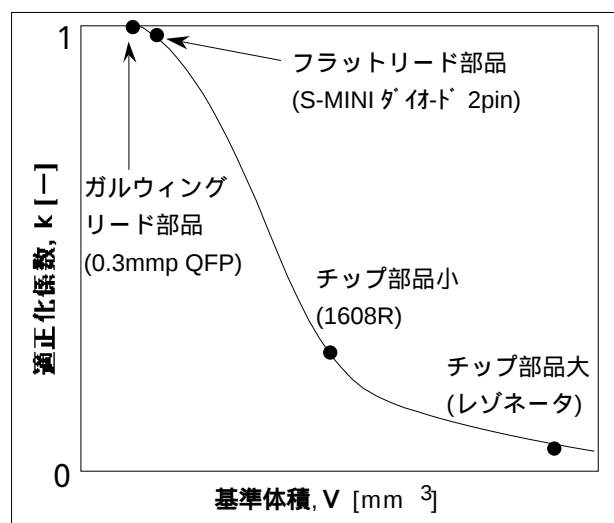


図8 基準体積と適正化係数の関係

各SMDの基準体積

各SMDの基準体積は、図9に示すように電極形状に
促していくつかの部分の組み合わせとしてモデル化さ

れる。但し、このモデル中にはkによる補正が必要ない
部分もふくまれており、実際の計算式は図中に示し
たようになる。

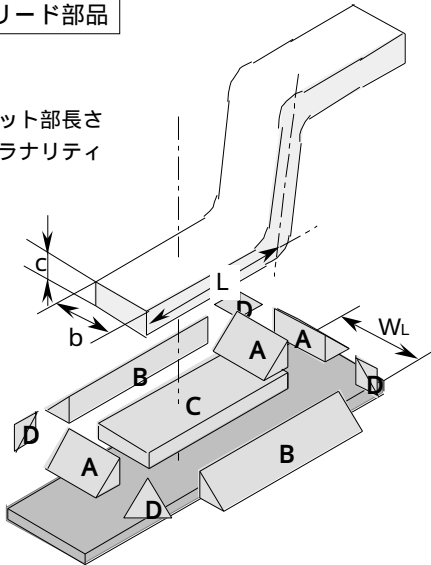
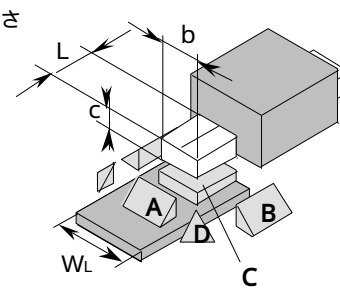
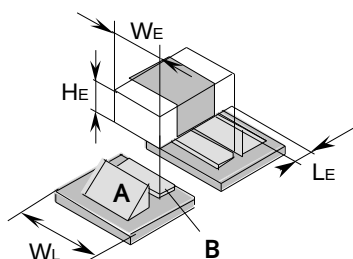
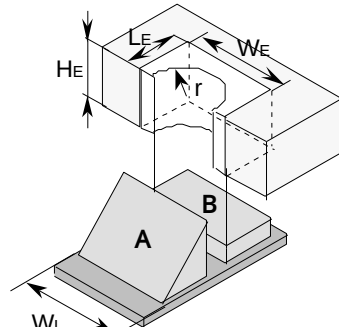
タイプ	設計寸法	半田フィレット体積計算	適用部品例										
1	ガルウイングリード部品 b : リード幅 c : リード厚さ L : リードフラット部長さ y : リードコプラナリティ WL : ランド幅 	<table><tr><td>A</td><td>$V_A = b \times c \times c \times \frac{1}{2}$</td></tr><tr><td>B</td><td>$V_B = (WL - b) \times c \times (L + c) \times \frac{1}{4}$</td></tr><tr><td>C</td><td>$V_C = b \times y \times (L + c)$</td></tr><tr><td>D</td><td>$V_D = (WL - b) \times c \times c \times \frac{1}{12}$</td></tr><tr><td>合計</td><td>$V_{total} = 3 k_A V_A + 2 k_B V_B + V_C + 4 k_D V_D$</td></tr></table>	A	$V_A = b \times c \times c \times \frac{1}{2}$	B	$V_B = (WL - b) \times c \times (L + c) \times \frac{1}{4}$	C	$V_C = b \times y \times (L + c)$	D	$V_D = (WL - b) \times c \times c \times \frac{1}{12}$	合計	$V_{total} = 3 k_A V_A + 2 k_B V_B + V_C + 4 k_D V_D$	ガルウイング リード部品 QFP SOP TSOP
	A	$V_A = b \times c \times c \times \frac{1}{2}$											
B	$V_B = (WL - b) \times c \times (L + c) \times \frac{1}{4}$												
C	$V_C = b \times y \times (L + c)$												
D	$V_D = (WL - b) \times c \times c \times \frac{1}{12}$												
合計	$V_{total} = 3 k_A V_A + 2 k_B V_B + V_C + 4 k_D V_D$												
2	フラットリード部品 b : リード幅 c : リード厚さ L : リード長さ (= リード平坦部長さ) y : リード下部半田厚さ WL : ランド幅 	<table><tr><td>A</td><td>$V_A = b \times c \times c \times \frac{1}{2}$</td></tr><tr><td>B</td><td>$V_B = (WL - b) \times c \times L \times \frac{1}{4}$</td></tr><tr><td>C</td><td>$V_C = b \times y \times L$</td></tr><tr><td>D</td><td>$V_D = (WL - b) \times c \times c \times \frac{1}{12}$</td></tr><tr><td>合計</td><td>$V_{total} = k_A V_A + 2 k_B V_B + V_C + 2 k_D V_D$</td></tr></table>	A	$V_A = b \times c \times c \times \frac{1}{2}$	B	$V_B = (WL - b) \times c \times L \times \frac{1}{4}$	C	$V_C = b \times y \times L$	D	$V_D = (WL - b) \times c \times c \times \frac{1}{12}$	合計	$V_{total} = k_A V_A + 2 k_B V_B + V_C + 2 k_D V_D$	SS-MINI ダイオード S-MINI ダイオード アルミ電解 コンデンサ
	A	$V_A = b \times c \times c \times \frac{1}{2}$											
B	$V_B = (WL - b) \times c \times L \times \frac{1}{4}$												
C	$V_C = b \times y \times L$												
D	$V_D = (WL - b) \times c \times c \times \frac{1}{12}$												
合計	$V_{total} = k_A V_A + 2 k_B V_B + V_C + 2 k_D V_D$												
3	チップ部品 HE : 電極高さ WE : 電極幅 LE : 電極長さ WL : ランド幅 	<table><tr><td>A</td><td>$V_A = HE \times HE \times WE \times \frac{1}{2}$</td></tr><tr><td>B</td><td>$V_B = 0.015 \times LE \times WE$</td></tr><tr><td>合計</td><td>$V_{total} = k_A V_A + j V_B$ (j = 0 or 1)</td></tr></table>	A	$V_A = HE \times HE \times WE \times \frac{1}{2}$	B	$V_B = 0.015 \times LE \times WE$	合計	$V_{total} = k_A V_A + j V_B$ (j = 0 or 1)	チップ部品 (R , C) レゾネータ インダクタ EMIフィルタ				
	A	$V_A = HE \times HE \times WE \times \frac{1}{2}$											
B	$V_B = 0.015 \times LE \times WE$												
合計	$V_{total} = k_A V_A + j V_B$ (j = 0 or 1)												
4	凹み電極部品 HE : 電極高さ WE : 電極幅 LE : 電極長さ r : 凹み半径 WL : ランド幅 	<table><tr><td>A</td><td>$V_A = HE \times HE \times WE \times \frac{1}{2}$</td></tr><tr><td>B</td><td>$V_B = 0.03 \times LE \times WE$</td></tr><tr><td>合計</td><td>$V_{total} = k_A V_A + V_B$</td></tr></table>	A	$V_A = HE \times HE \times WE \times \frac{1}{2}$	B	$V_B = 0.03 \times LE \times WE$	合計	$V_{total} = k_A V_A + V_B$	水晶発振子 Rアレイ Cアレイ				
	A	$V_A = HE \times HE \times WE \times \frac{1}{2}$											
B	$V_B = 0.03 \times LE \times WE$												
合計	$V_{total} = k_A V_A + V_B$												

図9 各SMDの基準体積計算

3 - 3 . ランド・マスク寸法の考え方

部品寸法から一義的にマスク開口寸法及びランド寸法を導出するためには、これら3つの寸法の間に明確な関係式（設計ルール）を作成する必要がある。2章で述べた設計思想を基本として、実験により求められたチップ立ちやリードオープン、赤目等の実装不良を防止する独自の設計ルールを加味することにより、最適実装のための設計ルールとした。

3 - 4 . 自動設計システムを用いた実施例

今まで述べてきた考え方を盛り込み、汎用の表計算ソフトを使って自動計算ができるようにした。このソ

フトを用いて、約40種類のSMDのランド・マスク設計を行い実際にマスクと基板を製作して実装実験を行ったところ、半田ボールの発生・フィレット形状・接合強度などいずれも満足すべき結果が得られた。

データ入力から結果出力までの模式図を1608Rを例にとり図10に示す。設計者は原則として部品及び電極寸法のみを入力すればよく、マスク厚さ等に変更がなければシステム設定値に従う。これら入力値に対して、図6に示されたフローチャートに従い計算が行われた結果、ランド及びマスクの寸法が出力される。

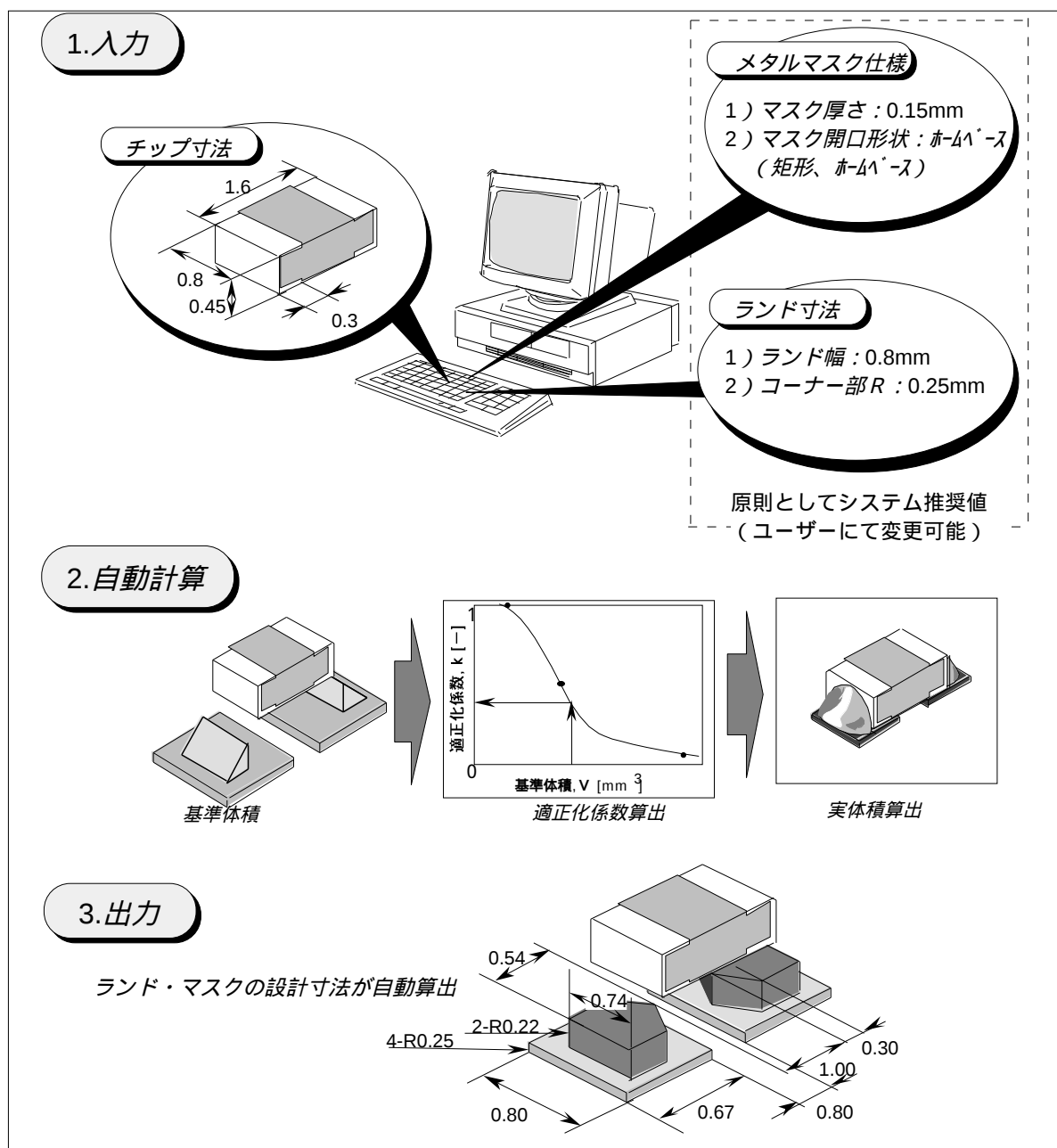


図10 設計事例 (1608Rタイプ ランド・マスク設計)

4．おわりに

ここで示した設計手順は、過去のデータベースならびに経験を基にして適正ランド・マスク寸法を決定したものであり、図9に示す部品群に対しては十分にその効果を発揮できるものと考えられる。但し、今までにない特異な形状の部品のランド・マスク設計を行う場合には、有効に活用できるという保証はない。そこでこれからは、今回の設計手順による実績を積み重ねていくことで、自動設計システムの妥当性を確認していきたいと考えている。

参考資料

- (1) 酒見 省二, 和田 義之: 表面実装部品用
ランド・マスク推奨設計基準(第1版), 1991.7.1