

## 鉛フリーソルダーペーストのぬれ性評価装置の研究開発 (第3報)

宮本 博永・平川 寛之・清水 章良・宮川 和幸・勝又 信行  
平本 清\*1・荘司 郁夫\*2・小山 真司\*2

## Development of Evaluation Methods for Solder Wettability (3rd Report)

Hironaga MIYAMOTO, Hiroyuki HIRAKAWA, Akio SHIMIZU, Wako MIYAGAWA, Nobuyuki KATSUMATA  
Kiyoshi HIRAMOTO, Ikuo SYOUJI, Shinji KOYAMA

### 要 約

本研究で開発に取り組んでいるぬれ性の評価方法は、実際のリフロー実装環境下において、チップ部品の鉛直方向の変位を連続計測し、時間に対するそのプロファイル形状からぬれ性の評価を行うものである。第1報では、変位プロファイルからぬれに要する時間を読み取り、それをぬれ性評価の指標として用いることが適切であるかどうか検証を行った。しかし、チップ部品のローリングや設置高さ等の影響<sup>1)</sup>により、得られる変位プロファイルにばらつきが大きいことがわかった。そこで、第2報により、変位プロファイルのばらつき抑制、及び再現性のあるぬれ性評価指標の確立を主な目的として、ぬれ評価に用いるチップ部品の試作開発（以後、標準試験片と呼ぶ）に取り組むとともに、得られる変位データの新たな解析手法について検証を試みた。しかし、一定の改善はみられたものの、一般的な評価手法として提案していくことを考えると、得られる変位プロファイルのばらつき抑制の点でまだ不十分なものであった。本報告では、標準試験片にさらなる改良を施したものを数種類作製するとともに、実験から得られたデータの検証を行った。その結果、得られる T1（ぬれ評価の指標値の一つ）値の標準偏差が、前報のそれと比較して 1/10 程度に低減されるなど、飛躍的な改善がみられた。

### 1. 緒 言

はんだのぬれ性は実装不良と密接な関係があり、電子製品の安全性及び品質に大きく影響している。特にリフロー実装分野では、チップ部品の小型化や扱いの難しい鉛フリーはんだへの移行に伴い、その傾向が一層顕著となっている。この問題を解決していくためには、はんだのぬれ性を定量的に評価していくことが必要であるが、適切な評価方法は今のところまだ確立されていない。

本研究では、ぬれ性を評価するための新しい手法を開発することで、実装技術の向上を図り、製品の安全性及び品質の向上に繋げていくことを目的とした。

### 2. 実験方法

#### 2-1 ぬれ性の評価方法

本研究で開発に取り組んでいるぬれ性評価方法の概要

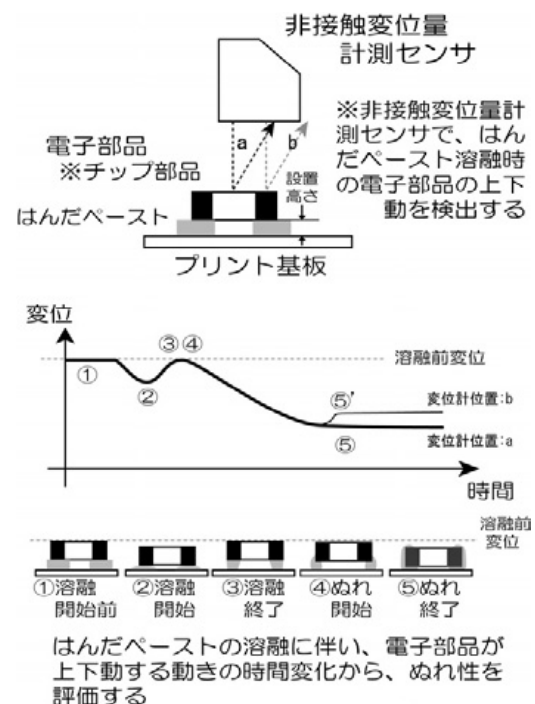


図1 ぬれ性評価方法の概要

\*1 山陽精工株式会社

\*2 国立大学法人群馬大学

を図1に示した．本法は実際のリフロー実装環境下において、チップ部品の鉛直方向の変位を非接触センサーにより連続計測し、時間と変位の関係からぬれ性の評価を行うものである．

再現性のある安定したぬれを得るための、標準試験片の試作開発を行うため、次の2点の改良を施した．

- ・銅板（チップ部品）－FR4（基板）から銅板（チップ部品）－銅板（基板）への変更
- ・はんだ印刷パターンの変更

前者については、FR4の熱膨張やメーカーごとの製造品質の差による影響を排除しようとしたものである．一方で、両面をぬらすことにより、ぬれ完了までの時間を短くし、プロファイル乱れの影響因子の作用を極力取り除こうとするのが狙いである．

また、四端支持型のパターンでは、中心にぬれ残しが発生したり、内部にフラックスやボイドが閉じ込められたりするケースがあり、それらがプロファイルにばらつきを生じさせる要因となっていた．後者はこれらを改善すべく検討したものである．

### 2-2 はんだ、チップ部品、加熱等の実験条件

本実験では表1に示す標準試験片及びはんだを使用した．

表1 実験に使用した諸条件

チップ部品	銅板 材質：JIS C1020-R-H（JIS Z 3284 付属書4の4.(2)による処理後のもの．） サイズ：3×3mm，t=0.3mm
基板	銅板 材質：JIS C1020-R-H（JIS Z 3284 付属書4の4.(2)による処理後のもの．） サイズ：5×5mm，t=1.0mm
はんだ	Sn-3Ag-0.5Cu
はんだ量	0.471 mm <sup>3</sup> （1.0mmφ×120μm×5ヶ所）を基準（100%）として換算してある
加熱方式	輻射式加熱

はんだ印刷パターンは2種類設定した．前述のとおり、四端支持型の中央部のぬれ状況を改善するために、中心にはんだを配置した（図2のドットパターン）．さらに、銅板の対角線にはんだが配置されるように印刷パターンを作成した（図2のクロスパターン）．

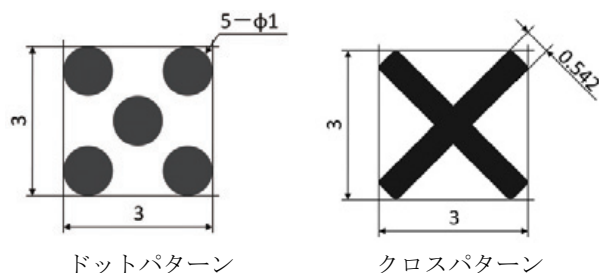


図2 はんだ印刷パターン

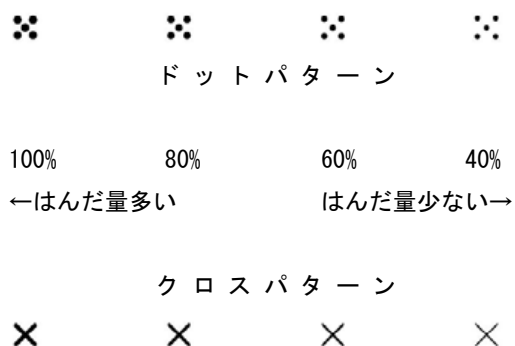


図3 はんだ量と印刷パターン

また、はんだ量の違いによるぬれ状況を把握するため、図3のように異なる印刷面積のパターンをそれぞれ4種類用意した．

加熱温度については、リフロー実装時によく利用されている図3の加熱プロファイルを使用した．

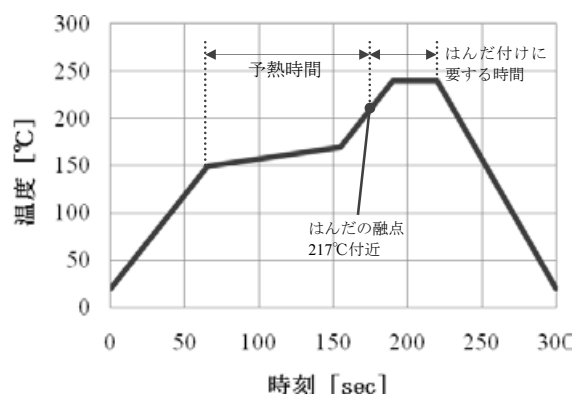


図4 加熱温度プロファイル

## 3. 結果及び考察

### 3-1 ドットパターンとクロスパターンの試験結果

試験前に、作製した複数の試験片サンプルの中から表2に示す条件に合致するものを、任意に抜き取った．

表2 はんだ印刷範囲の誤差範囲によるグループ分け

	はんだ印刷高さの誤差範囲	
	グループA 120 $\mu$ m $\pm$ 10 $\mu$ m レーザー変位計で測定	グループB 120 $\mu$ m $\pm$ 30 $\mu$ m 画面表示スケールから目視
各試験片に 対する サンプル数	5	3

表2の誤差範囲はそれぞれ、同一サンプル内で4カ所を測定して選別を行っている。このように2つのグループに分けた理由は、印刷むらによるぬれへの影響を確認するためである。実際に、単純な1608チップ部品の印刷パターンや四端支持型パターンと比較して、今回の2つのパターンは、印刷後にマスクを引き剥がす際に注意が必要で、印刷はんだの高さにむらが生じたり、はんだ形状が少なからず変形しやすくなっている。

グループAは精密に印刷することを想定、グループBは一般のユーザーが手作業で印刷することを想定している。

表3は、前述した条件において試験を実施した後、マイクロフォーカスX線透視装置及び目視による側面の観察を実施し、銅板が全面にわたってぬれているかどうかの確認をしたものである。

表3 印刷パターン別のぬれ不良サンプル数

	ドットパターン		クロスパターン	
	グループA	グループB	グループA	グループB
100%	0/5	0/3	0/5	0/3
80%	0/5	1/3	0/5	0/3
60%	0/5	0/3	0/5	0/3
40%	0/5	2/3	0/5	0/3

クロスパターンはグループAとBの両方において良好なぬれを示す結果となった。一方で、ドットパターンのほうは、グループBのほうでぬれ不良が3つのサンプルで発生した。その代表的な様子は図5のとおりである。おそらく、中心に配置したはんだと端部に配置したはんだとが接した時、その力の影響により、上部の銅板が接した方に傾いてしまったものと考えられる。同様に、実際はグループAのドットパターンにおいても、端部にぬれ残しがあるものが少なからず存在したが、そのエリアは、わずか0.2mm前後であったため、合格と判定している。このことから、クロスパターンのほうが銅板全面をぬらすことに再現性があるとともに、印刷高さにあ

る程度むらがあっても、ぬれ不良を回避できることを確認した。

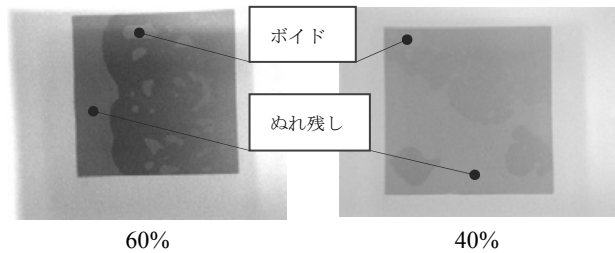


図5 ドットパターンのぬれ不良の例

次に、ドットパターン及びクロスパターンともに銅板を全面ぬらす結果となったグループAについて、ぬれ性の指標となるT1及びT2を算出した。その結果を表4及び表5にそれぞれのパターンごとにまとめている。

なお、図6で説明するとおり、T2は、はんだの熔融開始からチップ部品の降下終了（最初に傾きが0となる時刻Pmin）までの時間を表している。また、T1はチップ部品降下時のプロファイルでPs-Pe間で直線近似し<sup>2)</sup>、その直線の延長がPminの変位と接する時刻を算出したものである（サンプルごとに発生する、チップ部品降下終了直前のプロファイルの乱れを回避することが目的）。

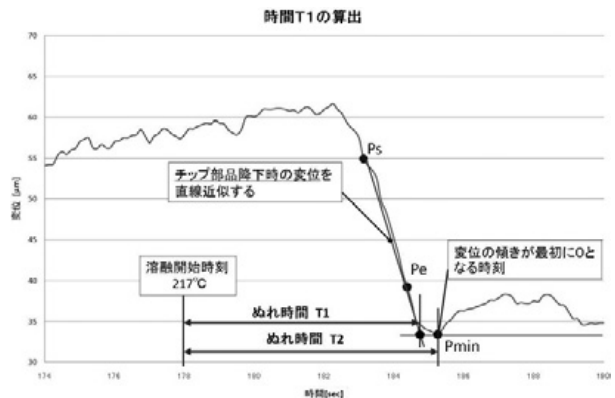


図6 ぬれ性の指標T1及びT2の算出方法

表4及び表5中、備考欄の補正の記載は、降下開始時刻Psの値に補正值を採用したものである。試験中の映像を目視確認した結果、はんだの融点とPs値に明確な差異がある場合（図7参照）に用いている。この差が生じる理由は調査中であるが、おそらく、フラックス排出時の挙動に起因していると思われる。映像を見る限りでは、フラックスの排出は2つのパターン間で明らかに異なった挙動をする。なめらかにフラックスを排出しているクロスパターンに比べ、ドットパターンの方はある時刻を境に一気にフラックスが排出されている。このこと

表4 ドットパターンにおけるT1及びT2値

ドットパターン 100%				ドットパターン 80%			
No	T1	T2	備考	No	T1	T2	備考
1	2.15	2.60		1	2.04	2.45	補正
2	2.06	2.40	補正	2	1.74	2.20	
3	2.35	3.05	補正	3	1.86	2.25	補正
4	1.97	2.80	補正	4	1.57	1.80	補正
5	2.13	2.60		5	1.84	2.45	補正
平均	2.13	2.69	補正数 3	平均	1.81	2.23	補正数 4
標準偏差	0.14	0.25		標準偏差	0.17	0.27	
ドットパターン 60%				ドットパターン 40%			
No	T1	T2	備考	No	T1	T2	備考
1	1.65	2.50	補正	1	1.80	3.80	
2	1.64	2.20		2	1.92	2.50	
3	1.74	2.35		3	1.99	2.55	補正
4	1.99	2.90	補正	4	1.76	3.15	補正
5	1.56	2.20		5	1.94	3.35	
平均	1.72	2.43	補正数 2	平均	1.88	3.07	補正数 2
標準偏差	0.17	0.29		標準偏差	0.10	0.55	

表5 クロスパターンにおけるT1及びT2値

クロスパターン 100%				クロスパターン 80%			
No	T1	T2	備考	No	T1	T2	備考
1	2.28	2.50		1	1.96	2.60	
2	1.66	2.85		2	1.80	2.20	
3	1.95	3.10		3	1.52	2.00	
4	-	-	NG	4	1.82	3.10	
5	2.14	2.70		5	1.82	2.40	補正
平均	2.01	2.79	補正数 0	平均	1.78	2.46	補正数 1
標準偏差	0.27	0.25		標準偏差	0.16	0.42	
クロスパターン 60%				クロスパターン 40%			
No	T1	T2	備考	No	T1	T2	備考
1	1.78	2.40		1	1.77	3.05	
2	2.01	2.60		2	1.42	2.50	
3	1.81	3.35		3	-	-	NG
4	2.01	2.60		4	1.92	2.75	補正
5	1.80	2.50		5	1.99	2.45	補正
平均	1.88	2.69	補正数 0	平均	1.78	2.69	補正数 2
標準偏差	0.12	0.38		標準偏差	0.25	0.28	

は、図8に示す試験終了後のサンプルにも表れている。クロスパターンは外周にわたってフラックスが均等に浸み出しているのに対し、ドットパターンはフラックスの浸み出しが側面の中心部に集中している。

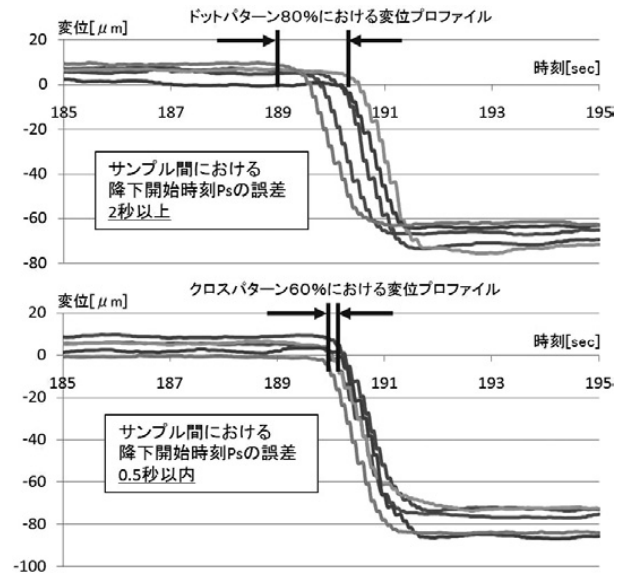
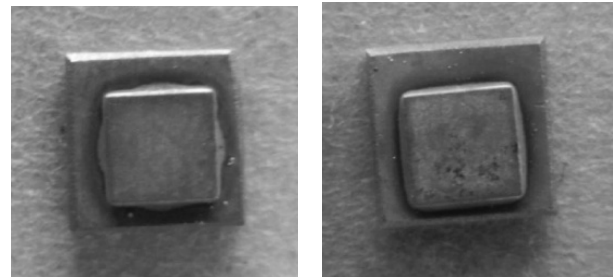


図7 得られた変位プロファイルの例



ドットパターンサンプル クロスパターンサンプル

図8 試験終了後のサンプル外観

表4と表5の T1 値を比較してみると大きな差はみられない。はんだ量が少なくなるにつれ T1 値が減少していることも、どちらのパターンにおいても共通している。最も注目すべき標準偏差については、どちらのパターンについても 0.2 前後を示し、顕著な違いはみられない。しかし、補正を行ったサンプル数を比較してみると、クロスパターンが3サンプルなのに対し、ドットパターンが11サンプルと3倍以上も多く、クロスパターンのほうが再現性のあるデータを取得できている。特に、クロスパターンのはんだ量 60%においては、補正の必要もなく、算出された標準偏差も 0.12 と非常に良好な値となっている。

### 3-2 その他の補足試験の結果

前述のとおり、クロスパターンはドットパターンよりも銅板のぬれ不良が少なく、同時に、得られる変位プロファイルの乱れも少ない印刷パターンであるとわかった。また、図5のぬれ不良状況や、加工中の映像、さらに図8の試験終了後サンプルなどから、はんだ印刷パターンは、分離配置させるのではなく、全て繋がった状態で配置させるのが望ましいと考えられる。

以上の知見から、新たにクロスパターンから派生させた別の印刷パターンを考えることにより、フラックスや気泡の挙動を安定させ、より再現性のある変位プロファイルを得られる可能性が出てきた。本節では、図9に示す新たな5つの印刷パターンで実施した試験結果を簡単に提示する。

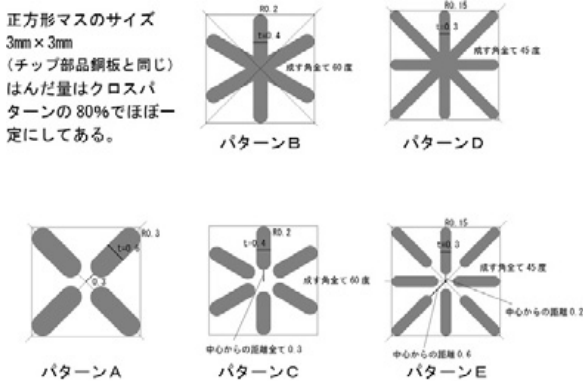


図9 フラックスや気泡の挙動を考慮した様々な印刷パターン

試験は、それぞれ3サンプルずつ実施した(Aのみ5サンプル実施)。印刷精度は、前節のグループB相当のものとなっている。表5に試験結果の概要をまとめたが、どのパターンにおいても、プロファイル安定性の大幅な向上はみられなかった。また、パターンA, C, Eは中心部へのはんだ集中を避けたもので、ボイドの発生を抑制しようとしたものである(初期印刷ではんだが集中する部分にボイドが発生しやすいことが経験的にわかっている)が、これについても改善はみられなかった。一方で、印刷パターンが複雑になるにつれて、印刷作業が難しくなっていくことがわかる。

表5 様々な印刷パターンによる試験結果概要

	プロファイル安定性	銅板全面へのぬれ	ボイドの量	印刷容易性
クロスパターン	B	○	B	B
パターンA	C	○	B	B
パターンB	B	○	B	C
パターンC	C	○	B	C
パターンD	B	○	B	C
パターンE	B	○	B	C

※) 評価項目

- ・プロファイル安定性

T1の標準偏差で区分

[A:~0.1, B:0.1~0.3, C:0.3~0.6, D:0.6~]

- ・銅板全面へのぬれ マイクロフォーカス X線撮影

[○:ぬれ残しなし, ×:ぬれ残しあり]

- ・ボイドの量 マイクロフォーカス X線撮影

クロスパターンのボイド面積を基準とした面積比

[A:~0.5, B:0.5~1.5, C:1.5~]

- ・印刷容易性

クロスパターンを基準とした印刷のしやすさ

容易: 手作業による印刷でも特に不具合が生じない。

普通: 目視による形状崩れなく、印刷高さの誤差が30μm以内。

難しい: 目視で確認できる形状崩れが発生し、1/3以上の割合で仕損じが生じる。

[A:容易, B:普通, C:難しい]

## 4. 結 言

標準試験片の改良に取り組み、次の結果を得た。

チップ部品と基板の両方に銅板を使用し、さらに、はんだ印刷パターンにクロスパターンを採用したところ、安定した変位プロファイルの取得が可能になった。これにより、ぬれ性評価指標である T1 値の再現性が、前報では標準偏差が 1 前後であったものが、本研究の条件では 0.12 と大幅に改善した。

### 参考文献

- 1) 宮本 博永, 平川 寛之, 清水 章良, 他: 山梨県工業技術センター研究報告, No.24, p.11-16 (2010)
- 2) 宮本 博永, 平川 寛之, 清水 章良, 他: 山梨県工業技術センター研究報告, No.23, p.45-50 (2009)