

# はんだ接続点における鉛フリーはんだの引張強度解析

## Pull strength analysis of Pb free solder at a connected point

学籍番号 S07607 氏名 橋口 卓

指導教員 平岡 一則

### 概要

環境問題への関心の高まりから、物を作るときも環境汚染をしない材料を使うことが求められている。はんだもその例にもれず環境に考慮した鉛フリーはんだが主流になっている。しかし、鉛フリーはんだは環境には優しいがはんだ付けするときの融点が高い、濡れ性が悪く作業性が悪い、コストもかかるといった欠点がある。

本研究では、はんだ材やリード線の線径、はんだ付け温度の3つの因子がはんだ接続点の強度にどのように影響しているのかを調べる。はんだ接続点の強度は引張試験を行い評価する。

引張試験から強度の平均値とばらつきを求めて、その結果に対して数量化理論 I 類を使用し実験因子が強度に及ぼす影響を明らかにした。その結果、はんだ接続点の強度に最も影響を与えていたのは線径であることがわかった。

### 1. はじめに

近年、世界中で環境破壊が問題となっている。製品を製造するときにも環境への負荷を減らすことが求められているが、はんだもその例にもれない。従来主流だった鉛入りはんだは、鉛そのものが人体や環境に良くないといわれている。これらの状況から現在は鉛フリーはんだが主流になっている<sup>[1]</sup>。

しかし、鉛フリーはんだは人体や環境には優しいが、はんだ付けするときの融点が高い、濡れ性が悪く作業性が良くない、コストもかかるといった欠点がある。融点が高いとはんだ槽等の装置も高温にするため、装置にかかる負荷も大きくなる。

本研究では、鉛フリーはんだについて、はんだ接続点の引張強度に着目して検討を行う。サンプルの条件を変えて製作し、高温保管試験や引張試験を行い引張強度とそのばらつきを与える影響を調べる。そして、各因子がはんだ接続点の強度に与える影響を定量的に調べるために数量化理論で統計的に解析する。

### 2. 実験

#### 2.1 サンプル製作工程

はんだ接続点の強度を測定するためのサンプルを製作する。このときに注意するのが、はんだ材やリード線の線径等の製作因子や製作環境を統一して、作業者の癖や技能の巧拙の影響を受けないようにすることである。本研究では、サンプル寸法の統一、接続点あたりのはんだ量の統一、温調式のはんだごての使用や基板の固定治具等の作業環境を安定させている。

サンプルの全体構造を図2.1に示す。サンプルは引張試験機に引っ掛けて上に引き上げるため、すずメッキ線をU字形に折り曲げて基板に差し込み、はんだで接続する。リード線はほぼ垂直方向に引き上げられている。

はんだごては温度を一定にするために温調式はんだごてを使用する。設定温度になったら基板にすずメッキ線をはんだ付けする。その際のはんだ量をばらつかないようにするために、はんだの重量が15[mg]になるように棒状はんだを一定の長さに切る。はんだ付けは、長さを調整したはんだをピンセットでつまんではんだ付けする。このとき、基板の穴の中にはんだは入り込まないことを確認した。接続点のフィレットの高さの平均は1.5[mm]程度と、どの条件でもあまり差がなかった。

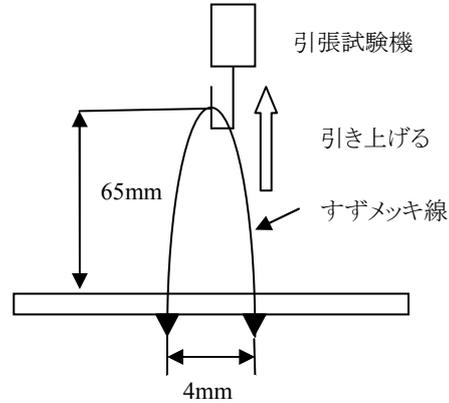


図2.1 サンプルの寸法

#### 2.2 サンプル製作条件

最初に予備実験として、各はんだ材の引張強度とばらつきを調べた。鉛入りはんだのSnPbを基準として、鉛フリーはんだを3種類用意した。製作するサンプルのリード線の線径は1.0[mm]、はんだ付け温度は融点+120℃ではんだ付けをする。サンプルは各製作条件に10個製作した。

製作条件と水準をまとめたのが表2.1である。表2.2は今回実験に使用するサンプルの製作条件である。表は実験計画法を用いて水準を割り付けた。実験計画法により、より少ない実験回数で全ての製作条件の関係が調べられる。

表2.1 サンプル製作時の製作条件と水準

製作条件	水準	
	水準番号	水準内容
はんだ材	1	SnPb
	2	SnAgCu
	3	SnCuNiGe
はんだ付け温度	1	融点+80℃
	2	融点+120℃
	3	融点+180℃
線径	1	0.6mm
	2	0.8mm
	3	1.0mm

表2.2 製作条件の割り当て

実験No	製作条件と水準		
	はんだ材	温度	線径
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

### 2.3 高温保管試験

はんだ接続点の耐久性を評価するために高温保管試験を行う。サンプルは、恒温槽に長時間入れ、はんだ接続点の強度が変化するかを調べる。SnPbの融点を考慮して、高温槽の温度を150℃、110℃、室温の3種類で実験を行う。実験サンプルは、線径が1.0[mm]のすずメッキ線を使用し、はんだ材はSnPbとSnAgCuの2種類を融点+180℃ではんだ付けしたサンプルを用いる。各はんだ材ごとにサンプルを40個製作する。試験前の初期値をとるために10個、恒温槽に入れて100時間、300時間、1000時間で各10個ずつサンプルを取り出して引張試験を行う。

### 3. 結果

表3.1に各水準の平均強度とばらつきを求めた結果を示す。3種類のはんだ材の平均強度を比べてみると、SnAgCuがSnPbと同程度で、SnCuNiGeは少し弱くなっている。はんだ付け温度を見てみると、温度が上がると引張強度も若干強くなっている。線径を比べてみると、線径が太くなると平均強度の値も大きくなっている。これらの結果から、平均強度については線径の影響が強いのがわかる。

次にばらつきに注目してみる。SnCuNiGeが最もばらつき、SnPbのばらつきが小さい。はんだ付け温度を比べてみると、はんだ付け温度が高い方がばらつきは少ない。線径を比べてみると、1.0[mm]のときだけばらつきの値が大きくなって、0.6[mm]と0.8[mm]の2つの線径では、ばらつきの値はほぼ同じになっている。これらの実験結果から、ばらつきの方は線径以外の水準の影響も大きいことがわかる。

表3.1からはどの因子のどの水準がどれだけ影響を及ぼしているのかは、定量的にはわからない。そこで数量化理論Ⅰ類を用いて統計的に解析する。

表3.1 各水準の平均

製作条件	水準	平均	
		引張強度[N]	ばらつき[N]
はんだ材	SnPb	237.0	9.8
	SnAgCu	237.5	11.2
	SnCuNiGe	230.7	15.2
はんだ付け温度	融点+80℃	231.6	16.8
	融点+120℃	235.9	9.3
	融点+180℃	237.7	10.1
線径	0.6[mm]	127.5	9.8
	0.8[mm]	233.0	9.5
	1.0[mm]	344.7	16.9

引張強度の時間変化をまとめたのが図3.1である。図3.1でSnAgCuと比較すると、SnPbの強度低下がどの時間でも大きく、温度によらずに様に低下している。それに対してSnAgCuは300時間までの強度低下は温度によらないが、1000時間にかけての低下は各温度によって異なる。

以上のことから、SnAgCuの強度劣化は温度によってばらつきがあるものの、SnPbと比べると、強度劣化は小さい傾向にあることがわかる。

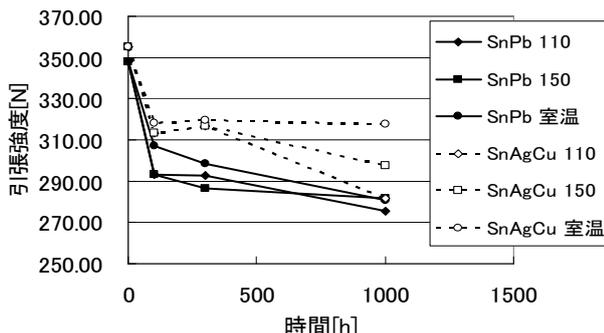


図3.1 高温保管試験の結果

### 4. 統計解析

ここでは、表3.1の結果ではわからなかった各因子が引張強度やそのばらつきに及ぼす影響を調べるために、多変量解析の1つである数量化理論Ⅰ類<sup>[2]</sup>を用いて解析する。解析結果が図4.1と図4.2であり、この2つの図は数量化理論ではカテゴリースコアグラフという。全ての実験値から得られた総平均を0として、値がどれだけ影響しているかを示している。総平均0から左右に大きく広がっている因子ほど影響力が大きいと言える。

図4.1は、実験因子の各水準が平均強度に与える影響を表したものである。解析した結果、図3.2の引張強度の平均に影響を与える因子の順番は、

線径>はんだ材>はんだ付け温度

であることがわかった。

図4.2はばらつきを解析した結果である。解析した結果、引張強度のばらつきに最も影響を与える因子の順番は、

線径>はんだ付け温度=はんだ材

であることがわかった。

以上のことから、引張強度、ばらつき共に線径が最も影響していることがわかった。

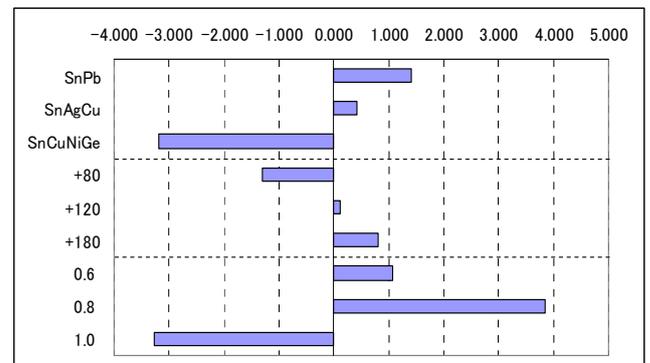


図4.1 引張強度に与える影響力

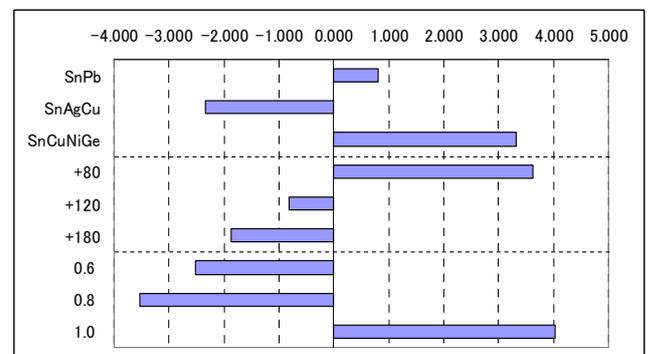


図4.2 ばらつきに与える影響力

### 4. まとめ

はんだ接続点の強度とそのばらつきに与える影響を定量化することを目的として、はんだ材、リード線の線径、はんだ付け温度に着目して実験を行い統計解析した。その結果引張強度、ばらつき共に線径が最も影響していることがわかった。

高温保管試験の結果、SnAgCuは室温での引張強度の劣化がSnPbよりも小さいことが確認できた。

これらのことから、鉛フリーはんだは従来の鉛はんだと同等かそれ以上の強度と耐久性があることがわかった。

### 参考文献

- [1]尾林 繁,新藤 久司,日高 忍,鉛フリーはんだ付けの動向と当社の取り組み,2004 No15,pp49-51,島田理化技報
- [2] 涌井良幸, 涌井貞美, “ピタリとわかる 多変量解析入門”, pp176-179,誠文堂新光社, Jun.2005