

身近な金属の  
ミクロ組織を読む

第 50 回

# 魔法の道具眼鏡

## シリーズ●材料の素顔に迫る

### 眼鏡の発明 (1)

眼鏡の発明者や発明の年代ははっきりしていませんが、中世末期のドイツで発明されたとされています。発明当時は、薬でもないのに、見えなかったものが突然見えるようになる魔法の道具と考えられていました。

眼鏡が日本に伝えられたのは1551年。イエズス会の宣教師フランシスコ・ザビエルが、山口の城主・大内義隆に献上したものが、その最初とされていますが、残念ながら現物は残っていません。

その当時の眼鏡は、鉄線で作られた「鼻めがね」でした。ところがこの「鼻めがね」は、鼻の高い外国人には合うが、日本人の鼻には合わなかった。時代劇でよく見かける耳にひもをかけて使った「支柱式天狗眼鏡」と呼ばれる眼鏡は、「鉄線式鼻めがね」の改良品と考えられます。

### 眼鏡フレームの名称 (2)

種類はいろいろありますが、代表的な眼鏡フレームの形状を図1に示します。

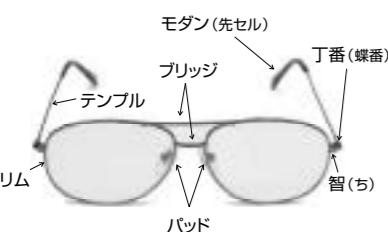


図1 眼鏡フレーム各部の名称

・レンズをはめ込む枠の部分である「リム」  
・左右のリムをつなぐ「ブリッジ」  
・眼鏡を支持するためのつる部分「テンプル」  
・鼻に乗せる部分「パッド」  
・フロントとテンプルをつないで開閉する部分「丁番(蝶番)」  
・テンプルの先に付いた「モダン(先セル)」  
・フロント側の丁番取り付け部分「智」などからできています。図1はブリッジが2本のツーブリッジタイプですが、このような形状の場合、上側のブリッジを「プレスバー」と呼ぶこともあります。このフレームに用いられる素材は、大きく次の三つに分けられます。

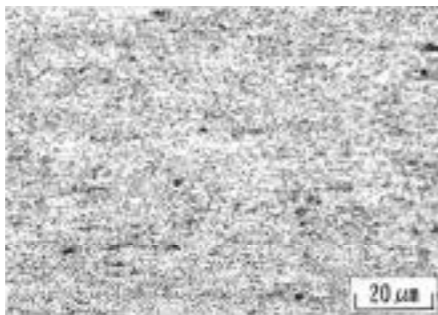
- (1) チタン、ニッケル合金、貴金属などの金属素材を使ったメタルフレーム
- (2) プラスチックや髄甲などの有機素材をもちいたフレーム

- (3) 金属素材と有機素材の両方を使ったコンビネーションフレーム  
この中では、メタルフレームが主流となっています。

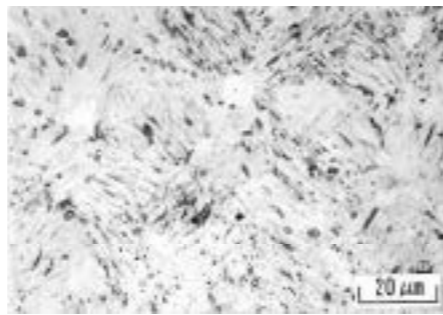
### 眼鏡の製造工程 (3)

眼鏡は概略、次のような行程で作られます。

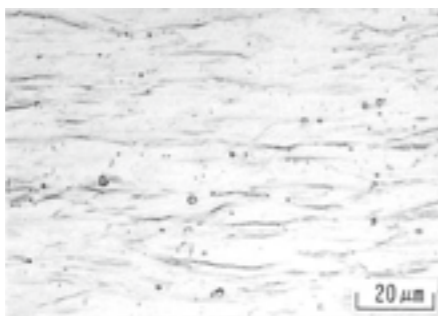
- (1) 針金状の線材を、切断やスウェーディング(絞り加工)、プレス加工などの工程を経て、太さに強弱を付けたり、強化したりして部品を作る。
- (2) プレス加工によって成形された各部品により細かい加工を施す。リム部やテンプルの曲がったところなどの3次元の曲線を、精密に加工する。
- (3) 金属製の部品同士をろう付けする。眼鏡フレームは非常に細かな部品同士を接合し、高い接合強度が求められるため、優れた接合技術が求められる。
- (4) 各部品についての細かい傷や汚れを取り、ツヤを出すため研磨を行う。
- (5) 色付けや防汚のためメッキ処理を行う。
- (6) 最後に、きれいになった部品を組み立てて製品を作る。



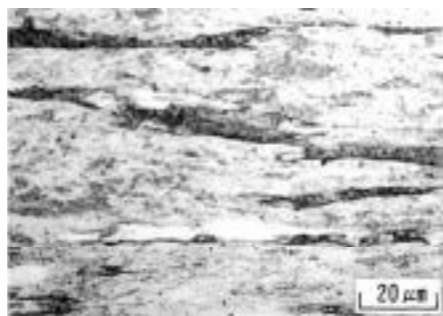
A(β合金)



B(超弾性合金)



C(ゴムメタル)



D(100円ショップ)

写真1 テンプル部の光学顕微鏡組織

### 調査した眼鏡フレーム

市中から購入した4種類のメタルフレームを調査しました。入手した4種類の眼鏡フレームのリム部とテンプル部の材質を表1に示します。

最近では、顔にフィットした感覚が重視されるようで、お店ではそのようなPRがなされていました。4種類の眼鏡のテンプル部の光学顕微鏡組織を写真1に示します。

眼鏡AはTi-22V-4Al合金で、いわゆるβチタン合金と呼ばれているもので、bcc(体心立方晶構造)のβ相からできています。以前はメタルフレームと言えば、ニッケルクロム合金という素材がほとんどでしたが、現在は色々な金属や合金のフレームがあります。その中でも特に軽いチタンフレームは、ニッケルクロム合金と比べて約半分の重量しかない(密度比0.51)のでよく用いられているようです。

眼鏡Bはリム部がCu-Ni合金、テンプル部がTi-Ni合金、いわゆる形状記憶合金でした。変形しても元に戻る形状記憶合金のフレームは、一般のフレームよりはるかに弾性が強く型崩れしにくいフレームです。眼鏡Aと眼鏡Bのテンプル部の

# と眼鏡フレーム

## 快適視生活 眼鏡には知っているようで あまり知られていないことがたくさんあるのです。

大阪大学 接合科学研究所 教授  
工学博士 小溝 裕一

表1 眼鏡フレーム部の分析結果

眼鏡	(mass %)	
	リム部	テンプル部
眼鏡 A (β合金)	Ti-20.3V-5.5Al	Ti-20.1V-5.7Al
眼鏡 B (超弾性合金)	Ni-36.7Cu	49.3Ti-50.7Ni
眼鏡 C (ゴムメタル)	Ti-11.9Zr	43.4Ti-56.6Nb
眼鏡 D (100円ショップ)	Cu-37.4Zn	Cu-36.1Zn

引張試験結果を図2に示します。普通の金属材料は、外から大きな力を加えると変形前の形に戻ることはありません。このような性質を利用して、私たちは、金属を自由な形に加工して利用しています。

図3に示すように、通常の金属材料は、外から大きな力を加えて変形させると、金属原子が隣の原子との結合の手を切り離して、次の原子と結合の手を結びながら変形していきます。そのため、元の状態に戻そうとしても、結合の手がいったん切れてしまっているため、元の状態に戻ることは出来ません。一方、形状記憶合金は変形しやすいマルテンサイト相で変形すると、金属原子の手を切り離さず、他の原子と一緒に位置を少しずつずらしながら変形するため、結合の手が切れていません。そのため、容易に変形前の状態に戻ることが出来るのです。加工誘起変態を応用し、変形後に力をはなすだけで元の形状に回復する性質を「超弾性」と呼びます(4)。

眼鏡Cはリム部がTi-Zr合金、テンプル部がTi-Nb合金でゴムメタルと呼ばれている。ゴムメタルは低い弾性率と高い強度を両立させた新しい合金です(5)。ヤング率が非常に低く、ゴム性を発現するということが話題になっています。チタン合金の組成がbccとhcp(六方稠密構造)の境界のきわめて限られた範囲にのみ現れ、bccすべり面の剪断弾性率がゼロ近くになるとされています(6)。

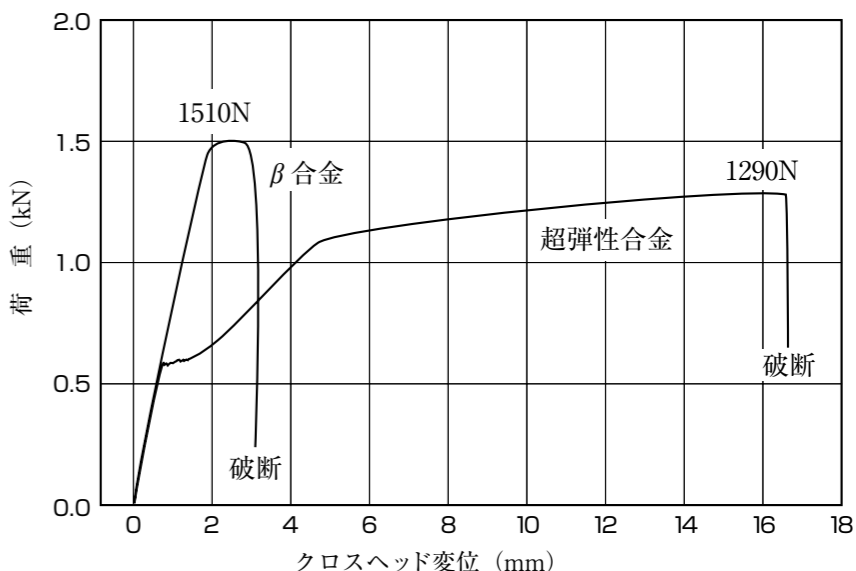


図2 テンプル部の引張試験結果

驚くなかれ、百円ショップにも眼鏡が売っていました。百円ショップで入手した眼鏡(D)には、リム部、テンプル部とも黄銅(Cu-Zn合金)が使われていました。レンズも含めて、こんなのが百円なんて。材質に「金」を使ったものを「金縁」眼鏡と言いますが、純金では柔らかすぎるので、18金や14金が使われるようです。腐食しにくい、金属アレルギーを起こしにくい、などの長所がある一方、高価であり、今回入手したなかにはありませんでした。

4種類の眼鏡のろう付け部の成分分析と硬さの測定結果を表2に示します。チタンは他の金属と化合物生成や共晶反応を生じやすく、このためろう付けの基本条件であるぬれ性は一般的に良好です。しかし反応による生成物は硬いものが多い。そのため眼鏡Aや眼鏡Cではろう付け部はHV490程度でした。眼鏡Bでは母材と共金で融点降下元素のSiを添加したろう材が使われていました。眼鏡DではJIS-BCuP-5に相当するCu-Pろうでした。

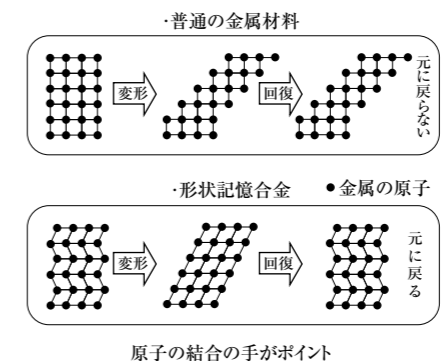


図3 超弾性特性のメカニズム

表2 ろう付け部の分析結果と硬さ測定結果

眼鏡	(mass%)									硬さ(HV)
	Si	P	Cu	Ni	Ti	V	Al	Zr	Ag	
眼鏡 A (β合金)	0.66	—	11.03	8.08	58.41	17.08	4.74	—	—	488
眼鏡 B (超弾性合金)	0.63	—	—	49.96	49.41	—	—	—	—	248
眼鏡 C (ゴムメタル)	—	—	8.68	16.21	70.73	—	—	4.81	—	490
眼鏡 D (100円ショップ)	—	7.76	75.05	—	—	—	—	—	17.19	221

### おわりに

メガネフレームは工場から出荷された形状のままではどなたの顔にもピッタリとは合わないのが普通です。しかし一人一人の顔にフレームを調整することは良いメガネに欠かせない大切な要素です。また、使っているうちに変形してくる場合もあります。フィッティングがうまくなされていないメガネは、いくら度数が合っても快適に使えないメガネになってしまいます。常に快適にフィッティングが保たれるように、新しい技術開発が行われています。

参考文献

- (1) 眼鏡の社会史、白山出版社、ダイヤモンド社
- (2) <http://www.mmjp.or.jp/megane>
- (3) <http://www2.interbroad.or.jp/fmic>
- (4) <http://www.saitama-j.or.jp>
- (5) 日本機化学会誌、Vol.106、No.1020(2003) p.899
- (6) 古田忠彦ら：までりあ、Vol.43.No.2(2004) p.154