

# ビデオ伸び計によるひずみ測定

高久 泰弘\*

Takaku Yasuhiro

材料の機械的性質を調べる方法で最も一般的な試験は引張試験である。引張試験を実施することにより応力測定から引張強度および降伏点、精密なひずみ測定から0.2%耐力および弾性係数が、試験前後の試験片の寸法変化から破断伸びや絞りが求まる。

ひずみ測定にはさまざまな方法があり、その中でも近年特に性能の向上が著しいビデオ伸び計が注目されている。これまで一般的だったひずみ測定の方法に比べ、非接触でひずみを測定できるため、多様な材料に適用可能といわれている。

本稿では新たに導入したビデオ伸び計の特徴および測定精度について紹介する。

キーワード：ビデオ伸び計、引張試験、クリップ式伸び計、ひずみゲージ

## 1. はじめに

これまで引張試験におけるひずみの測定は、クリップ式伸び計、ひずみゲージ、差動トランス式伸び計による測定が主流であった。しかし、これらの測定方法にはそれぞれ次のような欠点が指摘されている。クリップ式伸び計では、0.2%耐力や弾性係数の測定に適用できるものの、材料破断時の衝撃により機器が損傷することがあるため、破断まで伸びを測定することはほとんどない。ひずみゲージでは、0.2%耐力や弾性係数ともに測定可能であり、ゲージの種類によっては破断までひずみ測定が可能であるが、ひずみゲージを試験片に貼り付ける作業が必要となる。差動トランス式伸び計では、破断までデータを得るために、応力-ひずみ曲線における線形域と、それ以降の

破断域までの2つの作動トランスを使用する必要があり、測定の段取りやデータ処理のための作業に時間がかかる。これらの欠点のほかに、伸び計の取り付けによる試験片の損傷、伸び計と試験片の接触部における食い込みやスベリ、拘束効果の影響、伸び計自体の自重による試験片の変形も懸念される。

一方、ビデオ伸び計は非接触であるため、これらを考慮する必要がなく、高分子材料、フィルム素材、細いワイヤー等に対して、破断まで高精度に測定できる機器として有望視されている。<sup>(1)(2)</sup>

本稿では、0.2%耐力、弾性率測定に重点を置き、ビデオ伸び計、クリップ式伸び計、ひずみゲージを用いて引張試験を実施し、それぞれの測定データからビデオ伸び計の精度を比較検討した。

\* 計測事業部 材料試験部

## 2. 試験方法

### 2.1 伸び計の比較方法

ビデオ伸び計およびクリップ式伸び計との併用が可能なひずみゲージによる測定結果を基準とし、ビデオ伸び計の精度について検討した。

### 2.2 伸び計について

#### 2.2.1 ビデオ伸び計

ビデオ伸び計によるひずみ測定を概略を図1に示す。伸びは試験片に付けた2つのマーカをデジタルカメラにより追跡して測定され、試験開始時のマーク間隔（標点間距離）と現在のマーク間隔から、ひずみが計算される。画像処理により、常にマークの中心を追跡しているため、材料の変形にともなうマークの変形によって生じる測定誤差も最小限に抑えられる。また、図2に示すように、温度環境を変化させたときのひずみは、恒温槽の窓ガラスにビデオ伸び計を設置することにより測定できる。

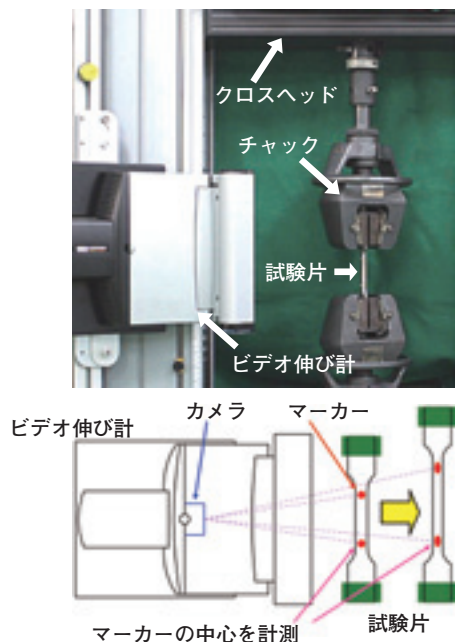


図1 ビデオ伸び計によるひずみ測定の概略

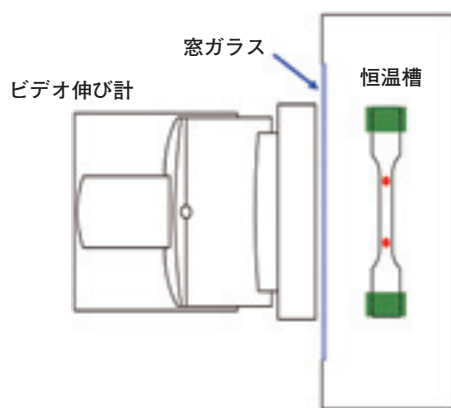


図2 恒温槽使用時によるビデオ伸び計の試験状況

#### 2.2.2 クリップ式伸び計

図3にクリップ式伸び計による測定状況を示す。クリップ式伸び計は、伸び計センサー部に貼り付けられたひずみゲージで試験片の平行部における標点間距離の変化を測定する。



図3 クリップ式伸び計による測定状況

### 2.2.3 ひずみゲージ

図4にひずみゲージによる測定状況を示す。ひずみゲージはそのまま試験片に貼り付け、ひずみを電気信号として検出している。



図4 ひずみゲージによる測定状況

### 2.3 試験片

試験片形状には、一般的に広く用いられている JIS Z2201 13B 号の形状を適用した。材料は用途範囲が広い、SM 材 (SM490) および SUS 材 (SUS304)、非鉄金属の Al 合金 (A2017) を用いた。

### 2.4 弾性係数算出について

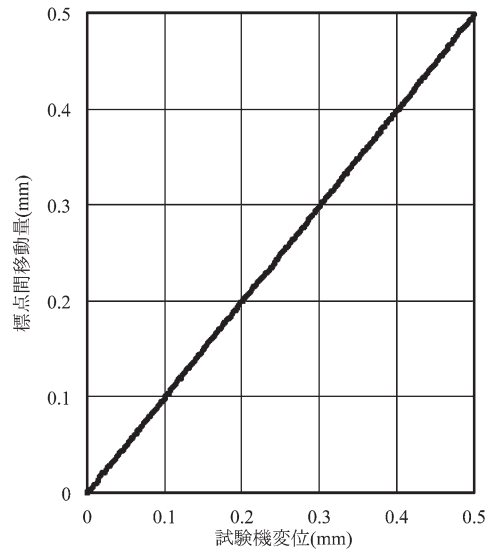
一般的に弾性係数は、応力-ひずみ線図の立ち上がり直線部の傾きから算出されている。本稿でも本算出方法を適用した(ただしこの算出方法は、伸び計の分解能、試験片の加工精度などの影響によってばらつきやすく<sup>(3)(4)</sup>、『JIS Z 2241 金属材料引張試験方法』では規定されていない)。

## 3. 測定結果および考察

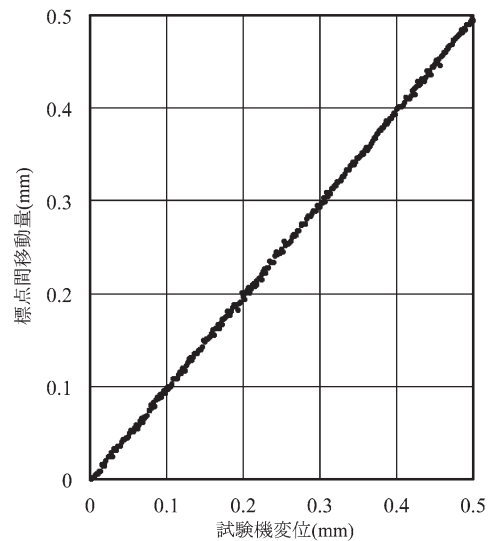
### 3.1 ビデオ伸び計の予備試験

はじめに、材料に荷重も変形も加えない状態で室温および高温環境 (250 °C) でビデオ伸び計の精度の確認を実施した。つまり標点をマーキングした金属板 2 枚を各々試験機上部チャックと下部チャックにセットし、無負荷で試験機クロスヘッ

ドを動かした。図5に示すように、ビデオ伸び計で測定した標点間移動量と試験機変位 (クロスヘッド移動量) との関係は、(a) 室温および (b) 250°C ともに直線を描き、良好な関係であった。ただし、室温に比べ高温ではプロットが多少ばらつき、試験機変位と比べ標点間移動量は、室温では  $\pm 4 \mu\text{m}$  ( $\pm 1\%$ )、250°C では  $\pm 10 \mu\text{m}$  ( $\pm 2\%$ ) の誤差が確認された。



(a) 室温



(b) 250°C

図5 標点間移動量と試験機変位の関係

### 3.2 各伸び計の比較試験

#### 3.2.1 板材 (t = 1.0 mm)

図6～8および表1～3に各種材料において使用する伸び計の種類が応力-ひずみのデータに与える影響をまとめた。図6～8に示すように、応力-ひずみ線図の直線部ではビデオ伸び計とひずみゲージがほぼ重なり、表1～3に示すように、ビデオ伸び計はひずみゲージと比べ弾性係数で1.5 GPa (1%) 以内、0.2%耐力で3 MPa (1%) 以内の差しかなかった。ビデオ伸び計とひずみゲージの測定精度 (ともに約±1%) を考慮すると、ビデオ伸び計とひずみゲージの測定値は近い値であると考ええる。

クリップ式伸び計とひずみゲージの結果も同様に、図6～8の応力-ひずみ線図の直線部はほぼ重なっている。ただし表1～3に示すように、クリップ式伸び計はひずみゲージと比べ弾性係数および0.2%耐力ともにわずかに低い値を示す傾向であった。

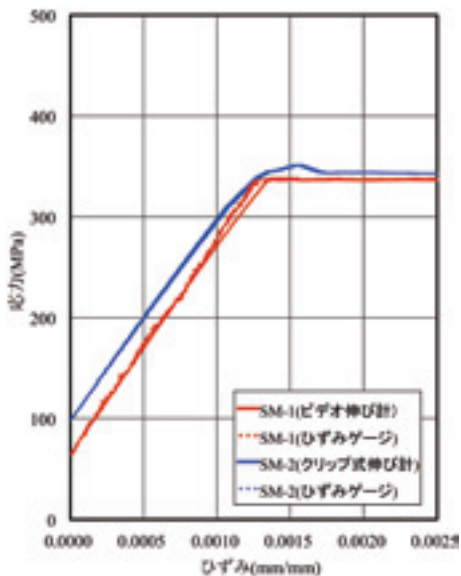


図6 応力とひずみの関係 (SM490、t=1mm、室温)

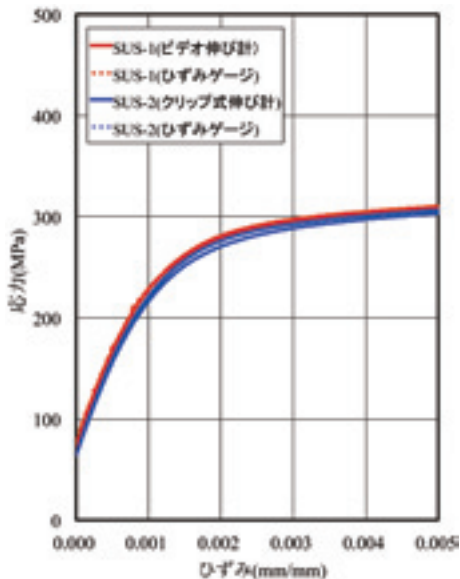


図7 応力とひずみの関係 (SMS304、t=1mm、室温)

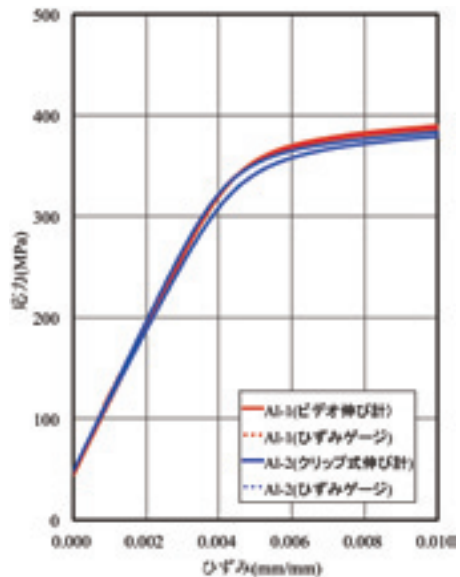


図8 応力とひずみの関係 (A2017、t=1mm、室温)

表1 各伸び計の測定結果 (SM490、t=1mm、室温)

試験片番号	測定方法	ヤング率(GPa)	0.2%耐力(MPa)
SM-1	ビデオ式伸び計	207.1	337
	ひずみゲージ	208.1	336
SM-2	クリップ式伸び計	201.3	344
	ひずみゲージ	203.1	344

表 2 各伸び計の測定結果  
(SUS304、t=1mm、室温)

試験片番号	測定方法	ヤング率(GPa)	0.2%耐力(MPa)
SUS-1	ビデオ式伸び計	193.1	298
	ひずみゲージ	191.6	299
SUS-2	クリップ式伸び計	192.0	291
	ひずみゲージ	194.2	294

表 3 各伸び計の測定結果  
(A2017、t=1mm、室温)

試験片番号	測定方法	ヤング率(GPa)	0.2%耐力(MPa)
Al-1	ビデオ式伸び計	73.0	372
	ひずみゲージ	72.6	375
Al-2	クリップ式伸び計	70.0	363
	ひずみゲージ	73.6	368

表 4 各伸び計の測定結果  
(SUS304、t=0.1mm、室温)

試験片番号	測定方法	ヤング率(GPa)	0.2%耐力(MPa)
SUS-1	ビデオ伸び計	159.2	1157
	ひずみゲージ	166.8	1177

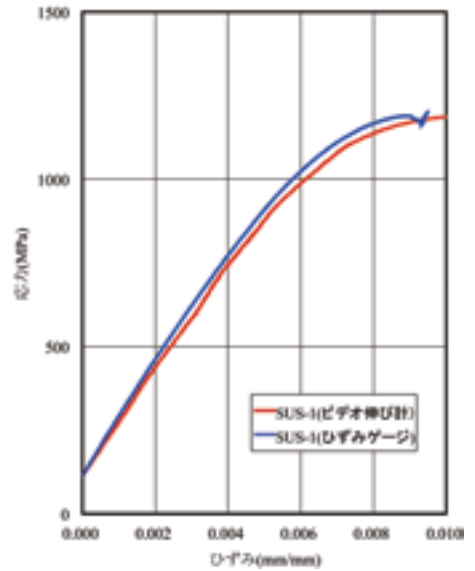


図 9 応力とひずみの関係  
(SUS304、t=0.1mm、室温)

### 3.2.2 板材 (t = 0.1 mm)

SUS304の板材 (t = 0.1 mm) における引張試験を実施した。図 9 に応力とひずみの関係を示す。表 4 にビデオ伸び計とひずみゲージの結果を比較した。なお、クリップ式の測定は試験片にクリップ式伸び計を取り付ける際に、クリップ式伸び計の自重により、所定の位置に固定することが難しいため実施しなかった。

図 9 に示すように、ビデオ伸び計における直線部の傾きはひずみゲージの結果と比べて小さいことがわかった。表 4 に示すように、板厚 t = 1.0 mm の結果と比べ、ビデオ伸び計とひずみゲージの弾性係数および 0.2% 耐力の差がわずかに大きく、弾性係数で 7.6 GPa (5%)、0.2% 耐力で 20 MPa (2%) であった。この差はひずみゲージによる素材への拘束効果の影響であり、板厚が薄い試験体ほど拘束効果が大きい。<sup>(5)</sup>

### 3.3 高温試験 (250 °C、板材 : t = 1.0 mm)

SUS304の板材(t=1.0 mm)について高温(250 °C)環境でビデオ伸び計とひずみゲージによる引張試験を実施し、その結果を図 10 および表 5 にまとめた。一般的なクリップ式伸び計は、恒温槽内で 250°C に対応する製品がないため試験を実施しなかった。なお、高温試験の場合には、高温特殊ゲージを使用する必要があるため、ビデオ伸び計での同時測定は難しく、別々の試験片で計測した。

図 10 に示すように、ビデオ伸び計では試験開始直後、応力増加に伴いひずみが増加し、その後減少した。恒温槽内の試験では、クロスヘッドと上部チャックの間に延長ロッドを接続するが、その接続部にわずかな遊びがある。この遊びの影響により、試験開始直後のひずみが一時的に増減したと考えられる。ただし、応力-ひずみ線図の直線部における傾きはほぼ同じであるため、表 5 に

示すように、ビデオ伸び計の弾性係数はひずみゲージと比べ 1.5 GPa (1%) の差しかなかった。0.2%耐力は、室温時と比べ多少差のある結果となった。

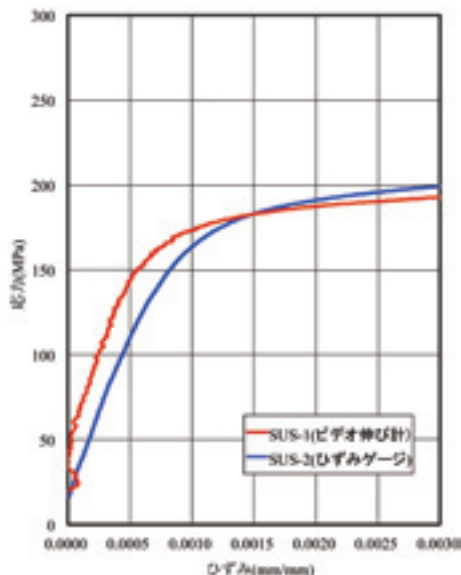


図 10 応力とひずみの関係  
(SUS304、 $t=1\text{mm}$ 、 $250^\circ\text{C}$ )

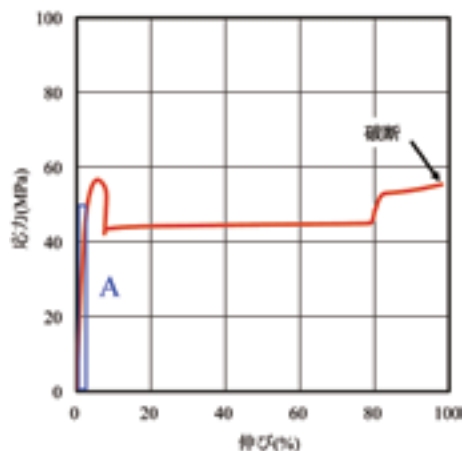
表 5 各伸び計の測定結果  
(SUS304、 $t=1\text{mm}$ 、 $250^\circ\text{C}$ )

試験片番号	測定方法	ヤング率(GPa)	0.2%耐力(MPa)
SUS-1	ビデオ伸び計	203.7	191
SUS-2	ひずみゲージ	202.2	199

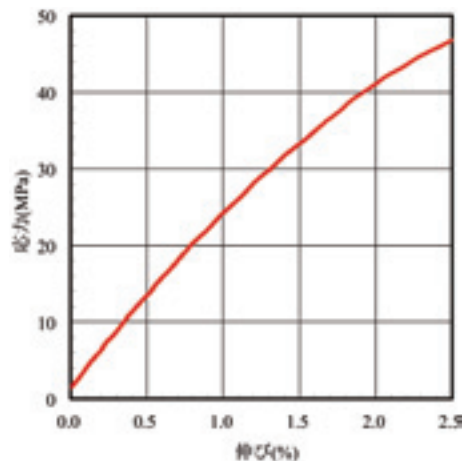
#### 4. ビデオ伸び計を用いた高分子材料の測定例

ビデオ伸び計により、代表的なエンジニアリングプラスチックであるポリカーボネートの引張試験を実施し、結果を図 11 に示す。ポリカーボネートは透明度が高く、高強度、高延性の材料であり、航空機・自動車関係などに幅広く利用されている。図 11 (a) に示すように 100% 近くの破断ひずみに追従し、さらに図 11 (b) に示すように弾性域内の曲線もきれいに描かれている。クリップ式では 100% まで測定可能な伸び計はあるが、弾性域

内のひずみを測定するには分解能が十分ではない。ひずみゲージでも、大ひずみゲージを用いても 30% までである。図 11 の結果から、ビデオ伸び計では高延性材料のひずみを破断まで高分解能で測定できることがわかる。



(a) 全体



(b) A 部拡大

図 11 応力とひずみの関係  
(ポリカーボネート、室温)



## 5. まとめ

本稿では、ビデオ伸び計、クリップ式伸び計と同時測定できるひずみゲージを基準とし、0.2%耐力、弾性係数を比較検討した。本試験では、ビデオ伸び計とひずみゲージの弾性係数および0.2%耐力は近い値を示した。ただし、板厚0.1mmの場合、ビデオ伸び計はひずみゲージより弾性係数および0.2%耐力は低い値を示した。クリップ式伸び計ではひずみゲージより0.2%耐力、弾性係数ともに低い値を示す傾向であった。

当社では、引張試験によるひずみ測定を、測定が比較的簡単なクリップ式伸び計、高分解能で測定が可能なひずみゲージ、電気炉内でも測定が可能な差動トランス式伸び計に加え、多様な材質に適用でき広範囲測定が可能なビデオ伸び計で実施できる。今後、これら4種類の伸び計を用い、試験片の形状や材質、試験温度、ひずみ測定範囲などから適正な伸び計を選択し、試験を提供していく所存である。

## 参考文献

- (1) 月刊名工研技術情報：プラスチックのひずみ測定 2011年4月、p.2
- (2) 角田 義秋：飛行船用膜材料のひずみ測定と高温における接合部強度評価 独立行政法人航空宇宙技術研究所報告 2003年3月、pp.3～7
- (3) 日本工業規格：JISS Z 2241 金属材料引張試験方法、初版、東京、2011年、p.9
- (4) 日本機械学会：技術資料 金属材料の弾性係数、4刷、東京、2001年、p.4
- (5) 東京測器研究所：STRAIN GAUGE USER'S GUIDE、p.68



計測事業部  
材料試験部  
高久 泰弘  
TEL. 045-791-3519  
FAX. 045-791-3542