

# CMOS 高速度カメラを用いたモアレ法による 高速変形中に生じるひずみ計測

物材機構

○岸本 哲

物材機構

王 慶華

## Measurement of Strain Distribution during High Speed Deformation by CMOS High Speed Camera

Satoshi KISHIMOTO and Qinghua WANG

### 1 緒 言

高速変形時に材料表面に生成するひずみを計測することは、材料変形や破壊のメカニズム解明の上で重要なことである。ひずみを視覚的に観察・計測する技術にモアレ法<sup>1)</sup>がある。これは幾何学的な2つのパターン(変形するモデル格子と基準となるマスター格子)を重ね合わせ、重なり合った部分と重なり合わない部分とで生じる濃淡の縞(モアレ縞)より変形量を求める方法である。

近年、CCD 撮像素子をマスター格子とする CCD モアレ法<sup>2)</sup>が開発されたが、高速変形に対してはまだ用いられていない。高速度カメラを用いてモアレ縞を観察した研究<sup>3-6)</sup>もあるが、これらはマスター格子を高速度カメラの前に設置してモアレ縞を観察したものである。高速度カメラは高速の撮影になるとメモリーへの転送時間の関係で、一度に撮影できるピクセル数が極端に小さくなる。撮像素子をモデルグリッドとするモアレ法を高速変形に用いれば、上記手法よりもはるかに高速でひずみを計測することが可能である。

そこで本研究では、衝撃変形時等に生じる不均一変形を計測することを目的に、CCD 撮像素子よりも高速撮影に対応できる CMOS 撮像素子を有する高速度カメラを用いて、CMOS 撮像素子をマスター格子として、高速変形中に試料に生じるひずみ分布を計測する手法を開発した。この手法を用いると、小さいピクセル数でモアレ縞を観察し、ひずみを計測することができ、より高速でのひずみ計測が可能である。

さらにこの手法を用いて、試料に微細なモデル格子を描き、重錘が衝突した時の発泡プラスチックの変形の様子を、この高速モアレ法を用いて計測・観察した。

### 2 実験方法

#### 2.1 CMOS 高速度カメラを用いたモアレ縞観察の原理

Fig.1 に CMOS 高速度カメラを用いたモアレ縞観察の原理を示す。モアレ法は何学的な2つのパターン(変形するモデル格子と基準となるマスター格子)を重ね合わせるにより生じる濃淡の縞(モアレ縞)より変形量を求める方法である。

本手法ではモデル格子として試料に微細な格子を描き、あるいはグリッドを貼り付け、CMOS 撮像素子を有する高速度カメラの CMOS 撮像素子をマスター格子として用いる。CMOS 撮像素子に取り込まれる画像の濃淡によりモアレ縞を生じさせ、ひずみ分布を計測する手法

である。CCD 撮像素子よりも CMOS 撮像素子は高速撮影に対応できるため CCD モアレ法よりも高速変形に対応することができる。

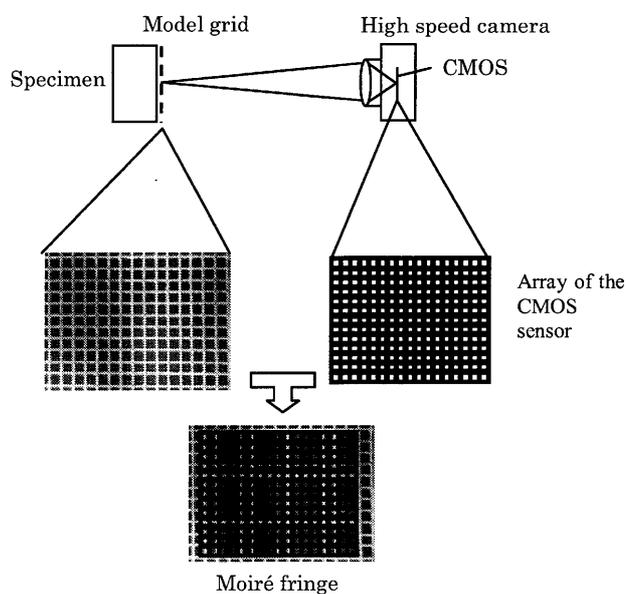


Fig.1. Principle of formation of CMOS high speed moiré fringe.

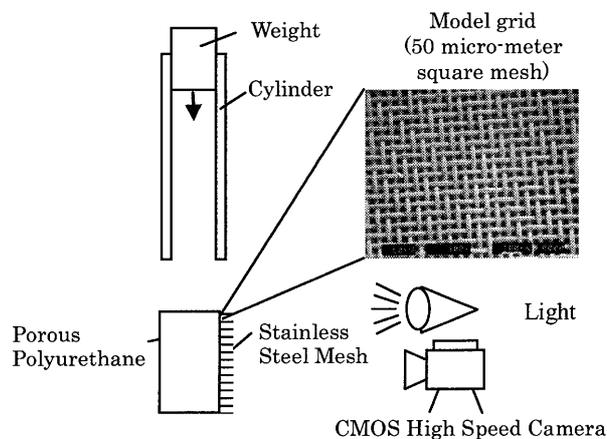


Fig.2. Schematic illustration of the impact test.

2.2 落錘試験 Fig.2 に高速変形させるための落錘試験の模式図を示す。落下させる重錘は 100g の円柱形のステンレス棒を用いた。重錘は透明なプラスチック製のシ

リンダーをガイドに試験片まで落下する。重錘が試料に衝突し、試料表面に作製してあるグリッド (50  $\mu\text{m}$  間隔) の変形する様子を高速カメラ (Nobby Tech. Ltd. Phantom V9.1) を用いて撮影した。試料と高速カメラの位置を適切に調節すると Fig.3(a)に示すようなモアレ縞がえられる。

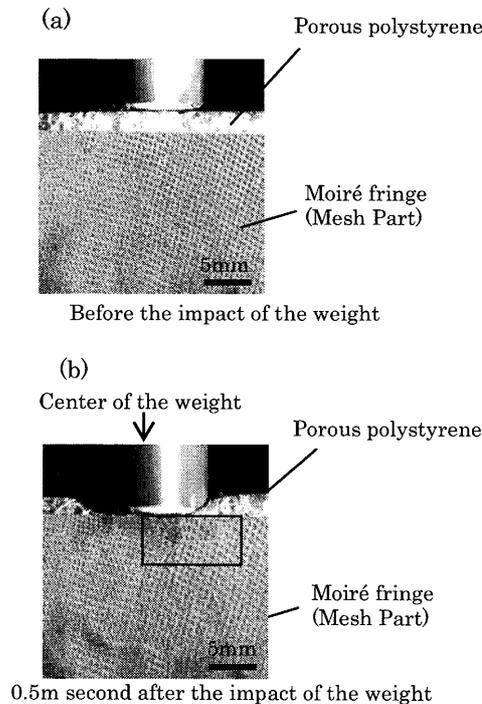


Fig.3. Photographs of high speed Moiré fringes; (a) before the impact and (b) 0.5millisecond after the impact.

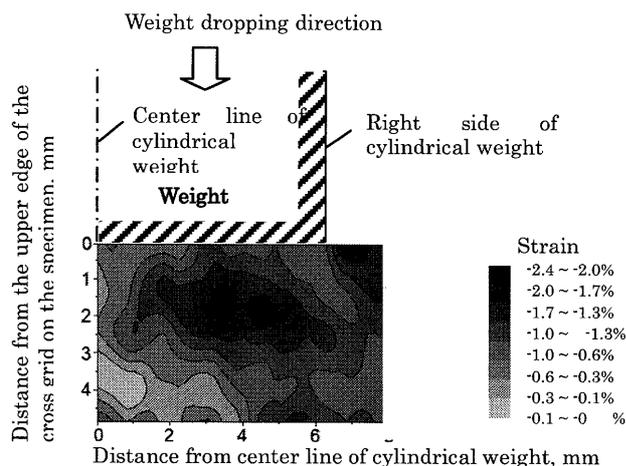


Fig. 4. Distribution of the strain change from 0.4millisecond to 0.5millisecond after the impact.

### 3 結果及び考察

Fig.3(a)および(b)に落錘試験の様子を示す。Fig.3(a)は試料に重錘が衝突した瞬間、Fig.3(b)は試料に重錘が衝突してから0.5ミリ秒後の高速モアレ縞の写真である。重錘がグリッドに到達するまでに0.4ミリ秒を要しており、Fig.3(a)とFig.3(b)は衝突後0.4~0.5ミリ秒の0.1ミリ秒間の変化を示している。0.1ミリ秒間の変化であってもモアレ縞を鮮明に観察することができる。

Fig.4はFig.3(a)とFig.3(b)はモアレ縞の違いからFig.3(b)におけるひずみを計測したものである。それぞれのモアレ縞よりグリッドと撮像素子の間隔の比 (疑似的なひずみ) を求め、それぞれの差よりひずみを求めたものである。Fig.4の左端が重錘の中心で右側6mmの付近が重錘の右側端にあたる。高速変形は全体的に圧縮ひずみが生じているが、重錘直下、右側より2~4mmよりの部分に大きな圧縮ひずみが生じている部分が観察できる。

次の0.1m秒後の写真ではモデルグリッドも変形速度が大きく、シャッター速度が長かったため、ぶれによりモアレ縞を観察することができなかった。シャッター速度を上げるためには照明の光量上げる必要があり、光量の高い光源とシャッター速度の高速化が今後の課題となる。

### 4 結 言

試料上にモデルグリッドを作製し、落錘試験時のモデルグリッドをCMOS撮像素子を有する高速カメラで撮影し、この撮像素子のピクセルをモアレ法のマスターグリッドとして、モアレ縞を形成させ、変形量を求める手法を開発した。本手法は0.1ミリ秒間のひずみの変化を計測することができ、高速変形計測に有用である。

本報告の一部は、文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 23656093 によって行われた。

### 参考文献

- 1) R. Weller and B.M. Shepard, Proc. Soc. for Exp. Stress Anal. 1948, 6 35-38.
- 2) D.T. Read, J.W. Dally and M. Szanto, Exp. Mech. 33 110 (1993).
- 3) M.B. Whitworth, J.M. Huntley, Optical Engineering, 33(3):924-931(1994).
- 4) L.G. Melin, J.C. Thesken, S. Nilsson and L.R. Benckert, Fatigue Fracture Engineering Material Structures 18 (10), 1101-1114(1995).
- 5) Arakawa K, Drinnon Jr. RH, Kosai, M, Kobayashi, AS. Experimental Mechanics, 31(4), 306-309(1991).
- 6) Melin LG and L.E. Asp, Composite Part A, 30, 305-316 (1998).