

機能性材料評価学特論 第7回

前回：計装化押込み試験による材料特性評価理論
(その4, パイルアップ補正および Oliver-Pharr 法の
改善について)



今回：計装化押込み試験による材料特性評価理論
(その4, パイルアップ補正および Oliver-Pharr 法の
改善について) 続き

①1992 年の"Oliver-Pharr 手法"の問題点

押込が深い小: C_f の影響 $<$ C_s の影響 (22)
 " 大: " $>$ "

cf が元々大きく、かつ「子先立端形状」の誤差が大きい
装置システムの場合、反復手法での収束が遅い
or 収束しない。

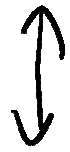
$$A = C_0 h^2 + C_1 h + C_2 h^{1/2} + \dots + C_8 h^{1/128} \quad (23)$$

1

6.4 (続き)

③パラメータ P/S^2 について

●Joslin と Oliver による提案: P/S^2 は押し込み深さもしくは接触面積に依存しない.



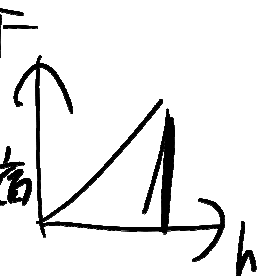
(5) と (6) 式を組み合わせると導出

$$\frac{P}{S^2} = \frac{\pi}{(2\theta)^2} \frac{H}{E^2} \quad \dots (24) \quad \rightarrow (24) \text{式で与えられた}$$

H と E は深さおよび接触面積から算出

④連続剛性計測(CSM)について (第3回講義にて概説)

- ・利点
- (1) 深さの関数としての剛性測定が可能.
 - (2) 校正や試験に必要な時間の短縮
 - (3) 高周波数でのCSMによりクリープや熱ドリフトの影響を排除可能
 - (4) 初期接触の判定に利用可能



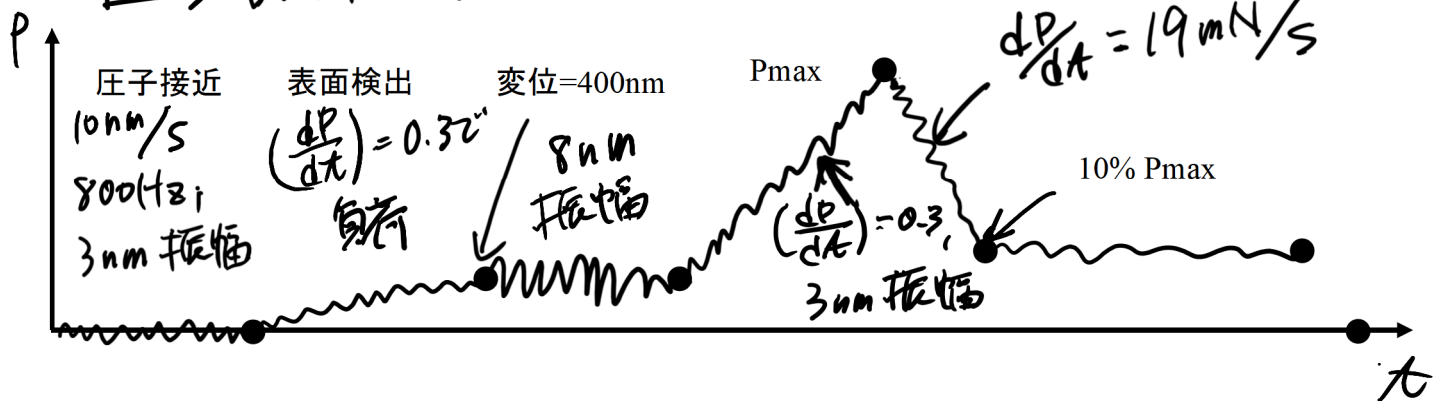
データ取得速度、荷重分解能、変位分解能の影響

+
表面近傍の力の影響: 水のメニスカス, 圧子と試料間の密着

6.4 (続き)

⑤改良後の試験・校正手順

- ・校正用試料: 溶融石英 (FS) -- E/H 比が低くバネ定数が高い
- ・測定信号: 調和荷重 (荷重信号における振動振幅)
 “ 変位 (変位)
 “ 周波数 (振動の周波数)
 “ 位相角 (荷重振動と変位振動の角差)
 “ 調和固有性: 上記パラメータから算出



・校正用試験結果

→ 保持区間の影響がない滑らかな曲線

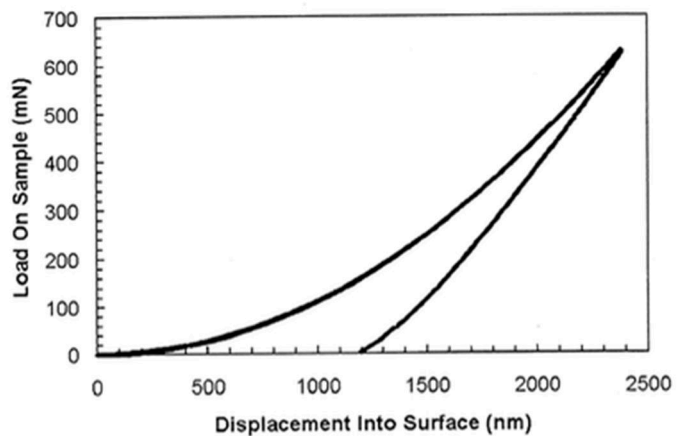


図 6.5 校正用試験の押し込み線図

・圧痕画像取得 (面積関数検証用)

→ 圧子と角触針にて用いる
 … 簡易的 AFM 機能

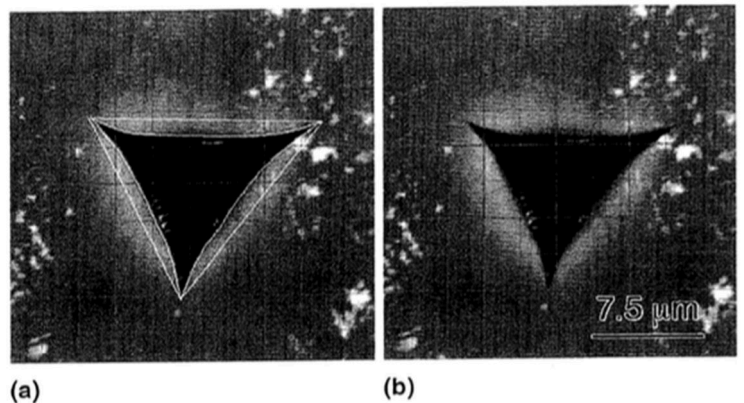
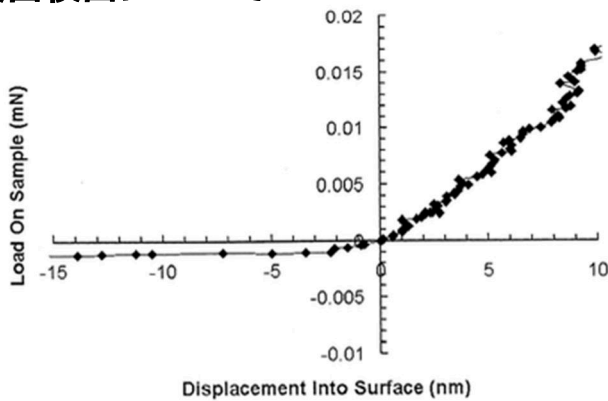


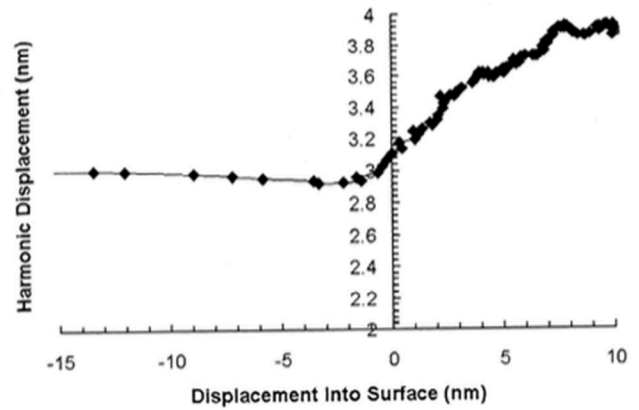
図 6.6 校正用試験の圧痕画像

6.4 (続き)

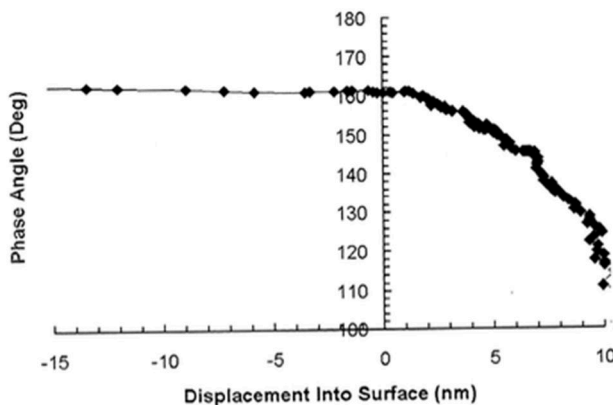
●表面検出について



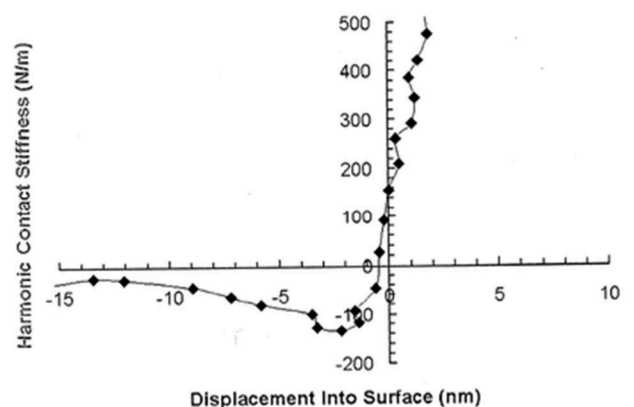
(a)荷重一圧子変位



(b)調和変位一圧子変位



(c)位相一圧子変位



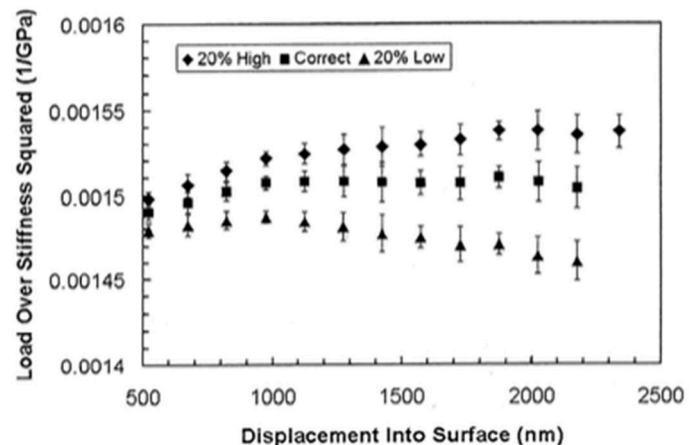
(d)調和剛性一圧子変位

図 6.7 各測定パラメータによる表面検出

- ・ (a)～(c)の各データにおける表面接触挙動は滑らか
→ 初期接触判定における不確かさ
- ・ (d)では明瞭な表面接触挙動を示す
→ 最良の接触判定、接触前の低下傾向
… 表面の水分の影響?

●フレームコンプライアンス決定

- (22)式と(24)式を用いて P/S^2 が一定となる C_f を決定
- 適切な C_f が決定された場合は
右図のように押込み距離
が下ろし領域で P/S^2 が
一定となる。
1000nm

図 6.8 P/S^2 に及ぼすフレームコンプライアンスの影響

6.4 (続き)

●圧子面積関数決定

$$h_c = h_{\max} - \varepsilon \frac{P_{\max}}{S}, \quad \varepsilon = 0.75 \dots (3) \text{ より } h_c \text{ 算出}$$

・ [圧子対面角が既知、かつ先端形状の誤差が小さければ]
面積関数の第一項定数 C_0 は理想形状圧子を
仮定

$$(25) \text{式 } \beta \cdot E_{\text{eff}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{S}{\sqrt{A}} \text{ より、} \beta \cdot E_{\text{eff}} \text{ の値を決定}$$

(β 係数、(6)式 $S = \textcircled{9} \frac{2}{\sqrt{\pi}} E_{\text{eff}} \sqrt{A}$ において与えられた
Sneddonの弾性解を応用する係数
圧子形状毎の値について議論している。

$$(26) \text{式、} A = \frac{\pi}{4} \frac{S^2}{(\beta E_{\text{eff}})^2} \text{ より、計測された接触矢高} S \text{ と用いておける解法における } A \text{ を算出}$$

・ (23)式を適用して面積関数を決定。

・ 圧痕画像を用いて圧子軸の傾きによる面積関数の影響を補正

→ 面積関数から求められた接触面面積: $67.0 \pm 0.3 \mu\text{m}^2$

→ 図10.5(9)の角を結んだ三角形の面積: $97.5 \mu\text{m}^2$

→ “ (b)の圧痕輪郭部分の面積: $67.0 \mu\text{m}^2$