

九州大学農学部 橋口公一, ○岡安崇史
琉球大学農学部 上野正実, 鹿内健志

【Keyword】 画像処理計測システム, 土の変形, 境界値問題

I はじめに

農業機械や建設作業機械の走行性や機械による踏圧, 転圧メカニズムなどの境界値問題を解析するには, 機械と土との相互作用を解明することが重要となる. そのような観点から, 土の変形を高精度で高速に2値画像処理してオンライン計測できるシステムを開発した. また, 車輪の沈下実験を行い, 本計測システムの土の変形解析システムとしての実用性を検討した.

II 計測システム

図1に2値化画像処理による土の変形計測システムの構成を示す. 本システムは土槽, 可動マーカ, 照射装置, ラインシフトカメラ, 画像処理装置, データ計測用コンピュータで構成される. 土槽は415×1800×600(mm)で, 透明アクリル壁を通して側面からマーカの動きを観察することにより土の変形を解析できる. カメラは, 5000画素のラインCCDとラインシフトドライブアクチュエータユニットで構成されており高密度の画像を撮影できる. 画像処理装置はカメラより入力された画像を任意のしきい値で2値化し, マーカの中心座標を高速に計測することが可能であり, 計測プログラムは画像処理ライブラリとして提供されている各種の関数(C言語仕様)を用いてプログラミングを行った.

III 位置計測のアルゴリズム

計測のフローチャートとマーカの仕様を図2に示す. 本計測システムは, 濃淡256階調画像を任意のしきい値で2値化しマーカの位置計測を行うため, 得られた2値画像にはしきい値の設定ミスや入力画像の品質によって様々なノイズが混入する. そこで, 前処理1としてマーカのサイズに判定基準を設け, 2値画像より特定の2値塊のみを切り出した. しかし, この方法ではマーカと同サイズの2値塊は除去できないので, 前処理2として2値塊内部の状態を評価し, 2値塊が図のようなドーナツ状であるものをマーカとして検出した. この方法によればマーカの形状が僅かに変化しても, 100%に近い精度でマーカを正確に検出できた. また, 計測精度を評価するため連続20回同一マーカの中心座標を計測した結果, 計測誤差は0.05(mm)未満であった. したがって, 本計測システムにより高精度の位置計測が可能である.

IV 実験方法

本計測システムを用いて車輪の静的沈下実験を実施した. 車輪の荷重を段階的に変化させ, その時の土の変形挙動を土槽の側方より平面ひずみ状態で撮影し, 同時に画像処理装置を用いてマーカの位置計測を行った. 土の変形挙動は, マーカの座標とマーカの変位量から有限要素法で使用される定ひずみ三角形要素の理論に基づいてひずみを算出し, 自作のデータ解析システムを用いて解析を行った.

V 結果と考察

車輪下の土の変形挙動は図3に示すように, 水平および鉛直方向の垂直ひずみ(ϵ_x, ϵ_y),

体積ひずみ (ε_v)，せん断ひずみ (γ_{xy}) に分類し等値線図で表示されるので，土中の変形状態を視覚的に解析できる．図は実線が正值，破線が負値を示す．車輪の沈下に伴い，土は左右へ押し出されるので ε_x が車輪の側方で負値となり圧縮される．逆に，側方での ε_y は正值となり上下方向へ土が膨張する．図 4 に車輪の沈下と土中の体積ひずみの変化との関係を示す．車輪の沈下は間隙比の増加によって大きくなる．これは体積ひずみの負の領域（圧縮される領域）が車輪下で広範囲に分布し，比較的下方にまでその影響が及んでいるためである．したがって，車輪下の体積ひずみの変化を経時的に追跡することにより，車輪の踏圧，転圧状態を解析できると判断される．

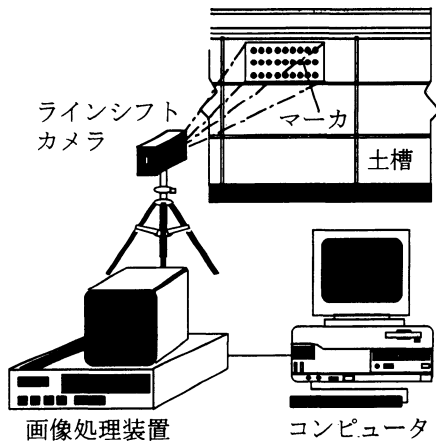


図1 計測システムの概要

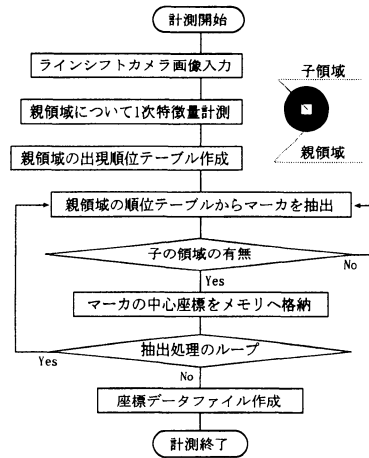


図2 計測のフローチャートとマークの仕様

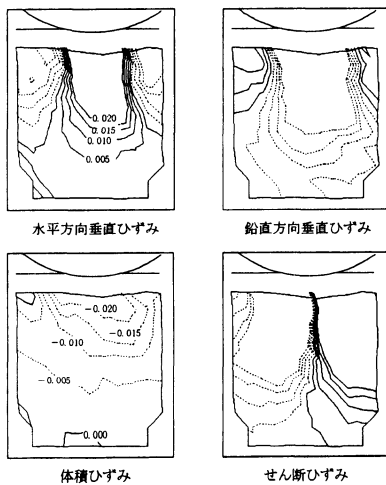


図3 車輪下の土の変形挙動

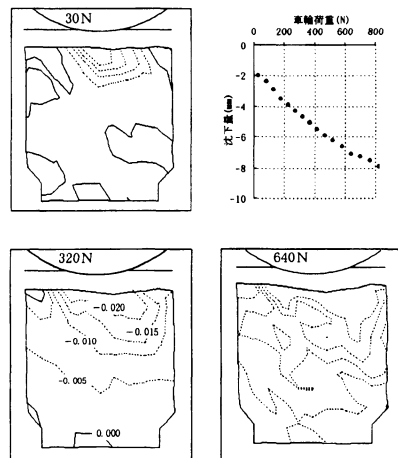


図4 車輪の沈下と体積ひずみの関係