





(共生環境学専攻長 渡邊晋生



(副専攻長 村上克介



## 学位論文審査の結果の要旨

専攻	共生環境学専攻	氏名	長岡 誠也
審査委員	主査 教授 石黒 覚 副査 教授 成岡 市 副査 教授 陳山 鵬 副査 准教授 岡島 賢治		   
論文題目 (題目変更の有無) 有・ <input checked="" type="radio"/> 無	超音波による農業用開水路の粗度係数計測手法の開発 (Development of Measurement Method for Manning's Roughness Coefficient of Irrigation Open Channel Using Ultrasonic Wave)		
<p>(論文審査の結果の要旨)</p> <p>農業用水路は農地に水を配水する重要な役割を担っており、様々な構造をもちながら全国におよそ40万kmという長大なストックを有している。この農用用水路のなかでも、暗渠を含むコンクリート開水路はその半数以上を占めている。このようなコンクリート開水路の機能を診断し、健全な状態を保つことは、農業生産の基盤を支える重要な課題である。コンクリート開水路の機能には、水利用機能、水理機能、構造機能があるが、水路の補修・補強の主な要因となるのは水理機能であり、特にその粗さの増大が取り上げられることが多い。しかし、これまで水理機能の粗さの機能診断は目視による点検により健全度が判定されており、定量的に評価されていなかった。これは、水路の粗さを計測するセンシング技術が少なく、長大な水路を評価するためには簡便、面的、安価で精度の高い計測技術の開発が望まれていた。本論文は、コンクリート開水路の粗さ計測におけるこのような課題を解決するために行われた。著者は、超音波の反射波の反射強度が対象面の粗さにより変化することに着目し、超音波による農業用開水路の粗度係数計測手法の開発を行った。本論文の成果は以下のように要約される。</p> <p>1. 空中超音波の粗さ計測技術への有効性の確認</p> <p>著者は42kHzの空中超音波センサーを用いて、空中超音波の反射波の反射強度と対象面の粗さとの相関、計測回数によるばらつきの評価、計測領域の確認、センサーの対象面との傾きの影響、対象面の乾湿状態の影響について検証を行った。反射強度と対象面の粗さとの相関では、対象面とセンサーとの距離を0.5m, 1.0m, 1.5mとして、粗さの異なる対象面からの空中超音波の反射強度を計測し、対象面の粗さとの相関を検討した。その結果、いずれの距離においても、空中超音波の反射強度と対象面の粗さは線形の強い相関が確認でき、空中超音波による粗さ計測技術の有効性を確認した。また、適切な計測回数を導き、計測領域、対象面の乾湿状態の影響を確認し、対象面との傾きの補正式を作成した。</p>			

## 2. 空中超音波の環境条件への適用性

空中超音波によるコンクリート面の粗さ計測の有効性を確認した著者は、計測時に想定される環境条件が計測結果に与える影響について検討した。検討項目は、温度・湿度・大気圧の影響、風速の影響である。温度・湿度・大気圧による空中超音波の空気吸収減衰は気温20度以上で大きくなることを明らかにし、この範囲において音波による空気吸収減衰式をもとに空中超音波の温度・湿度・大気圧による補正式を作成した。風速の影響は、風洞実験より、1mの距離からの計測では、風速6m未満であれば風速の影響は小さいことを明らかにした。

## 3. 水中超音波の粗さ計測への有効性の確認

作製した空中超音波試験機を現場に適用する際に、通年通水や完全排水が難しい現場が多くニーズがあることを知り、空中超音波だけでなく水中超音波による粗さ計測についても研究を広げた。水中超音波では、200kHzの超音波による計測が粗さ計測に相当であることを明らかにし、計測範囲と、計測距離における伝達損失が音波と同等であることを実験的に明らかにした。

## 4. 水中超音波の環境条件への適用性

水中超音波における計測時に想定される環境条件として、流速と濁りがあると考えこの両者が計測結果に与える影響を評価した。流速の影響は、現場水路において平均流速0.6m/sと1.0m/sの2つの流速の水路を設定し、対象面を滑面としたときの流速が計測結果に与える影響を計測した。両者の計測結果が静水時の理論的な距離減衰曲線とほとんど同じ曲線を描くことを確認し、平均流速1.0m/sまでは流速の影響をほとんど受けないことを明らかにした。次に、濁りの影響について懸濁物質としてカオリンを用い、濁度と透視度を指標として静水状態で濁りが計測結果に与える影響を検討した。その結果、濁度100mg/L、透視度10cmよりも透明度の高い水では、空中超音波の反射強度は透明な水とほとんど変わらないことを明らかにした。

## 5. 超音波の反射強度と粗度係数の推定式の作成

それまで、超音波の反射強度から算術平均粗さを推定し、算術平均粗さから粗度係数の推定式を用いて粗度係数の値を求めていた著者は、2重推定による精度の低下を懸念し、超音波の反射強度から直接粗度係数を推定する式を作成した。作成にあたっては、6種類の水路パネルを用いた水路実験を行い求めた粗度係数とそのパネルから得られる超音波の反射強度との関係式を用いた。この関係式より、超音波反射強度より直接粗度係数を求めることができるようになり、実用性が高まった。

## 6. 現場計測に向けた接触型集音器の選定

空中超音波計測装置を対象面から垂直な位置に設置することが現場計測で困難であることから、接触型の集音器を装着することで計測の利便性を上げるとともに集音効果による計測精度の向上を図った。接触型集音器には円柱型と円錐型について、高さを変えて数種類検討し、円錐型で開き角20度の高さ40cmの接触型集音器が最適な集音器であることを明らかにした。

以上のように、本論文の一連の成果を通じて、超音波による農業用開水路の粗度係数計測手法の有効性が理論的に証明されたことから、現場に適用しうる実用機の作成も可能となった。これまで、計測が困難であった農業用開水路の粗度係数計が、本研究の成果品により簡便に精度よく計測できることで、農業用開水路の劣化予測、ライフサイクルコストの算出などが定量的に検討できるようになることが考えられる。本論文の成果は、農業用開水路のストックマネジメントにおいて多大な貢献をしている。

本論文の一部は、Paddy and Water Environmentなどインパクトファクターを持つ農業農村工学分野の国際誌をはじめとする5報の原著論文として公表されている。以上の結果より、審査委員会は全員一致で本論文を博士学位論文としての価値があるものと認めた。