土木情報利用技術論文集　Vol.15,249-258,2006

Ⅰ－29　レーザスキャニングシステムを用いた舗装工出来形の面的管理手法の一提案

A New Method for Surface Management of Paving Working-form using Laser Scanning System

藤島崇[1]・小林一郎[2]・星野裕司[3]・中村大祐[4]

Fujishima Takashi, Kobayashi Ichiro, Hoshino Yuji, and Nakamura Daisuke

抄録： 本論文では，レーザスキャニングシステム(LSS)を用いた舗装工の出来形管理手法を提案する．まず現在のアスファルト舗装工出来形管理について調査する．調査項目は，規格値と計測頻度である．また，現場のニーズと問題点について整理し，それらに基づいて，出来形管理の新しい手法を提案する．

この手法で用いられる LSS では，無作為なポイントデータが測定される．したがって，出来形管理では，無作為なポイントデータをメッシュデータに変換し，そのうえで，提案手法により実証実験を行う．この実験では，現行手法も同時に行う．そして，提案手法に関する精度と工数について確かめ，最終的に，この実験の結果に基づいて提案手法の有効性について考察する．

Abstract: This paper proposes a new method to progress control working form in paving work. Laser Scanning System (LSS) is used for this method. When proposing it, firstly, a present progress control of working form about asphalt paving work is investigated. The investigation item is a standard value and measurement frequency. Moreover, needs and the problem of the site are arranged. Next, based on them, the new method of progress control of working is proposed.

In LSS used by this method, random point data is measured. Therefore, when progress control of working, random point data is converted into the mesh data. Moreover, the experiment is made by suggested method. In this experiment, a present method is done at the same time, and accuracy and the man-hour about the new method are verified. Finally, consideration is described about the effectiveness of the new method based on all the results in this study.

キーワード： アスファルト舗装工，レーザ測量データ，レーザスキャニングシステム，メッシュデータ，出来形管理手法

Keywords **：** Asphalt paving work, Laser measurement data, Laser Scanning System, Mesh date, Working-form Management

１．はじめに

著者らは，道路舗装の出来形管理手法について研究を進めてきた[1),2)]．一連の研究では，施工時に発生する出来形情報に着目し，業務効率の改善を図ってきた．すなわち，維持管理の基盤データとして利用することを考慮した，出来形情報取得法の提案を行ってきた．または，従来の長さを基本とした2次元での出来形管理から脱却し，計測機器の発達を背景に3次元での出来形管理を提案してきた．これにより，3次元設計情報を有効に利用する情報化施工と連携できる出来形管理が可能となり，さらに維持管理業務で利用できる出来形データの取得に一歩近づいたといえる．

しかし，一連の研究では，計測機器としてトータルステーション(以下 TS)を用いたが，維持管理業務での出来形計測データの本格的利用を考慮すると，TS の点計測にもとづく技術では，測点間の形状は測点から補完することになり，その再現に誤差が生じるため，計測頻度として不十分であることも判明した．

そこで本論文では，3次元計測が可能なレーザスキャニングシステム(以下，LSS)を導入し，新たな舗装工出来形の面的管理手法の提案を行う．LSS を用い出来形情報を効率よく取得することで，計測データの精度を維持し，計測者の負担を軽減し，工事目的物の品質向上と維持管理業務に利用できる情報の提供を目指す．さらに，実証実験を通して，LSS 利用による管理データの取得・利用を試み，提案手法の有効性を検証する．

１：正会員（社）日本建設機械化協会　施工技術総合研究所　研究第3部
(〒417-0801　静岡県富士市大渕3154，Tel : 0545-35-0212, E-mail : fujishima@cmi.or.jp)
２：正会員　工博　熊本大学大学院自然科学研究科　教授（〒860-8555　熊本市黒髪 2 丁目 39-1）
３：正会員　博(工学)　熊本大学大学院自然科学研究科　助手(〒860-8555　熊本市黒髪 2 丁目 39-1)
４：学生員　熊本大学大学院自然科学研究科（〒860-8555　熊本市黒髪 2 丁目 39-1）

２．出来形および品質管理の問題点

（１）舗装構成と管理項目

舗装工は，**図－１**に示すとおり，下層路盤，上層路盤，基層，表層の層順で構成され，各層毎に出来形および品質管理基準・規格値が定められており，土工と比べると管理頻度は大幅増となっている．また,検査で平坦性を測定する際に使用する3mプロフィルメータは3m間隔で設置されている2つの指示脚(車輪)間の中央部(前方から1.5m)の路面の凹凸を,センサや測定車輪により計測・記録する装置である．

舗装工の出来形管理項目は，高さ，幅，厚さ，平坦性の4項目である．このうち，幅については，排水溝や境界ブロック等を所定の位置に据え付けることで規格値を確保することが多い．

そこで，本論文では，舗装工の出来形管理で重要となる，高さ，厚さ，平坦性の 3 項目に問題を集約させ，新たな出来形管理手法について述べていくこととする．

（２）規格値と計測頻度

舗装工の現行規格値と取得頻度をまとめたものを**表－１**に示す[3]．特徴を列記すると次のようになる．

a) 舗装では上位にくるほど規格値が厳しい．
b) 下層路盤までは高さ管理，上層路盤からは厚さ管理である．
c) 路床（土工）と路床に接する下層路盤の仕上がり基準高さ，幅の規格値ともに相違がある．
d) 厚さや締固め度管理のために，一旦締固めた路盤を掘り起こしたり，基層・表層等でコア抜きをしている．
e) 測定箇所がある程度指定されている．

（３）現場のニーズ

舗装工の現場熟練経験者12人を対象に，舗装工出来形管理に関する意見・ニーズ調査を行った．現状の出来形管理では，測定方法が各層毎に異なるために出来形・品質管理に手間がかかり，スムーズに次行程へ移行できていないことなどがわかった．

（４）出来形管理の問題点

以上の調査・検討結果から現状の施工管理に関する課題と問題点を抽出した．現状の施工層厚管理方法は，コア抜きあるいは掘り起こしといった破壊検査であるため，高頻度で出来形値を取得することは物理的に不可能である．したがって，点による管理となり，出来形取得点数が極端に少なく，適正な出来形評価をくだしているとはいえない．

以上より，本研究では IT 機器を用いることで，少ない作業工数で従来よりも多くの出来形計測点数を取得すると共に，維持管理業務に必要なデータを提供できるような出来形管理手法の提案を行う．

３．面的管理手法の提案

（１）提案手法の目標

本章では新たな出来形管理手法を提案していく．提案手法により実現すべき目標を以下の 3 点に集約する．

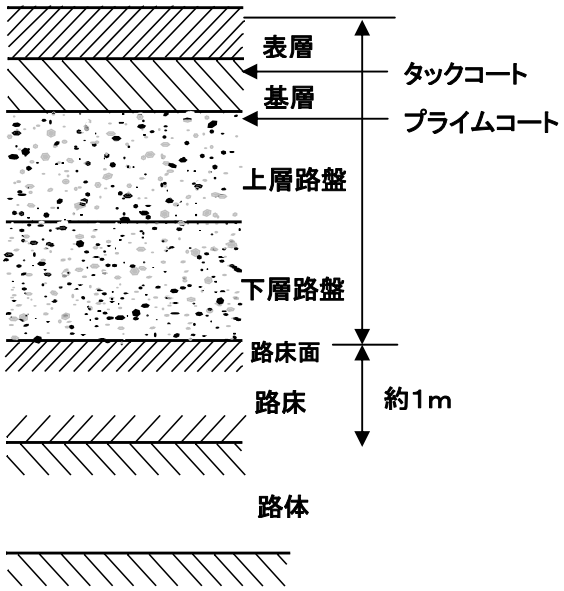
a) 3次元情報による出来形の面的管理
b) 管理項目(高さ，厚さ，平坦性)の一元化
c) 出来形管理点数の増加

これらの目標を達成するために，世界測地系をベースにした3次元座標を利用することとする．各層で高密度の3次元座標を取得し，それらの座標データから，高さ，厚さ，平坦性といった管理項目を一括して管理できるデータモデルの構築を目指す．

（２）計測機器の検討

計測機器としての要件は以下 3 点である．

a) 高密度な3次元座標が取得可能



図－１　アスファルト舗装構成

表－１　現行規格値と取得頻度

現行規格値（単位：mm）

管理項目	厚さ			基準高さ			平坦性
対象工種	中規模	小規模	10 個平均	中規模	小規模	10 個平均	
路体・路床盛土	—			±50			—
下層路盤	−45		−15	±40	±50	—	—
上層路盤	−45	−30	−8	—			—
基層(AS)	−9	−12	−3	—			—
表層(AS)	−7	−9	−2	—			3mプロフィルメータ 2.4 以下 直線定規 1.75 以下

現行取得頻度

管理項目	厚さ			基準高さ			平坦性
対象工種	中規模	小規模	10 個平均	中規模	小規模	10 個平均	
路体・路床盛土	—			1 箇所/40m 中心，端部で測定			—
下層路盤	200m ごとに 1 箇所			1 箇所/40m 中心，端部で測定			—
上層路盤	200m ごとに 1 箇所			—			—
基層(AS)	1000m2 ごとに 1 コア採取			—			—
表層(AS)	1000m2 ごとに 1 コア採取			—			線形に平行に 1本/1車線

b) 舗装工の規格値と同等の mm 単位の計測精度の確保
c) 現状と比較した作業工数の低減

上記の要件を満たし，3次元座標を取得できる計測機器には TS と LSS がある．TS と LSS の特徴は**表－２**に示すとおりである．LSS は TS のような点計測に基づく技術に比べ，格段に高密度なデータが取得できる．本論文では，計測機器として工事目的物の品質向上と維持管理業務に利用できるデータを取得する必要があるため，高密度のデータを取得できる LSS を採用する．

４．面的管理データの運用法

（１）データ処理法

LSS の取得データは高密度かつランダムデータであるため，フィルタリング処理の平均法を行いデータをメッシュ化する．具体的には，任意間隔 S のメッシュ内にある全ての標高を平均し，その平均値を基準として管理するものである．この平均値をメッシュ標高値と呼ぶ．**図－２**にレーザデータ取得からメッシュモデル生成の流れを示す．メッシュ標高値で管理することにより，舗装領域全体を面的に管理することができ，出来形の全数管理が可能となる．

1) 高さ管理（図－３）

高さは，メッシュ標高値を各メッシュ領域($S\times S$)の代表値を高さとする．メッシュ標高値と設計の高さを比較することで，各メッシュ領域における高さの合否判定を行う．

2) 厚さ管理（図－３）

厚さは，各層の点群データを同一のメッシュ間隔と位置で区切り，各層のメッシュ標高値を算出し，上面と下面とのメッシュ標高値の差を厚さとする．メッシュ厚さと設計厚さを比較することで，各メッシュ領域における厚さの合否判定を行う．

3) 平坦性管理

平坦性は，メッシュ標高値を用いて，現行手法を再現する手法と，設計データを基準に管理する手法の 2 通りの方法を提案する．

a) 現行再現管理（**図－４**）

平面線形に平行な測定線を設け，測定線上のメッシュ標高値を抽出する．それらの値を基に直線定規と同様の原理で 1.5m 間隔の平坦性を管理する．測定線は必要に応じ複数設ける．測定線ごとに算出された値をもとに合否判定を行う．

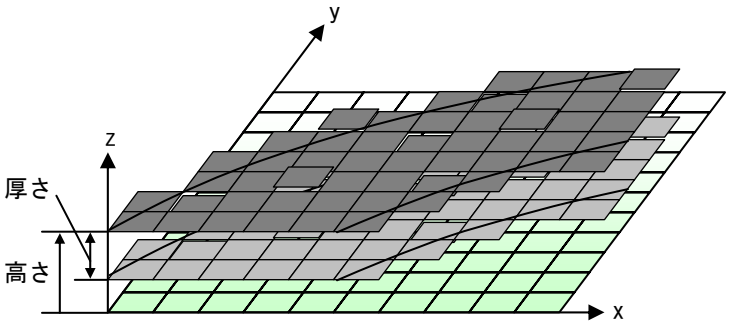
b) 設計基準管理（**図－５**）

平面線形に平行な測定線を設け，測定線上のメッシュ標高値を抽出する．それらの値と設計標高値との差異 t を各メッシュごとに算出し，t の標準偏差により平坦性を管理する．

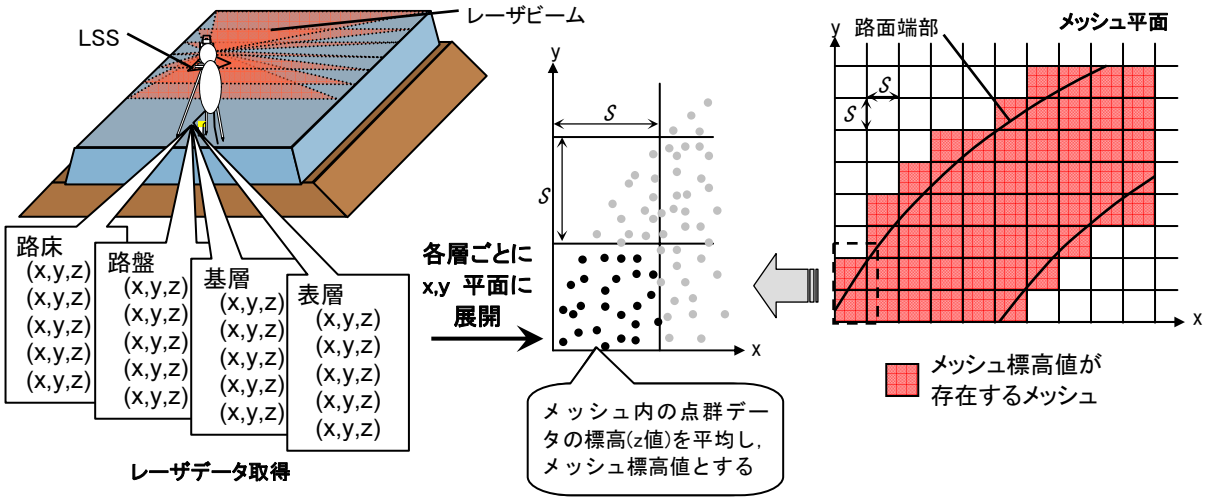
表－２　TS と LSS の比較

計測機器	TS	LSS
測距精度	2 mm＋2ppm ～ 5 mm＋2ppm	1.5mm ～ 4mm
計測方法	測定対象点にミラーを設置し，1 点ずつ計測	スキャン範囲を内蔵カメラによる写真で設定し，範囲全体を計測
計測時間	1 点につき 2～3 秒（ミラーの移動が必要）	1 秒間に 1,000 ～ 240,000 点（範囲の指定が必要）

※TS は 4 社製品，LSS は 3 社製品を対象に調査



図－３　高さ･厚さ管理



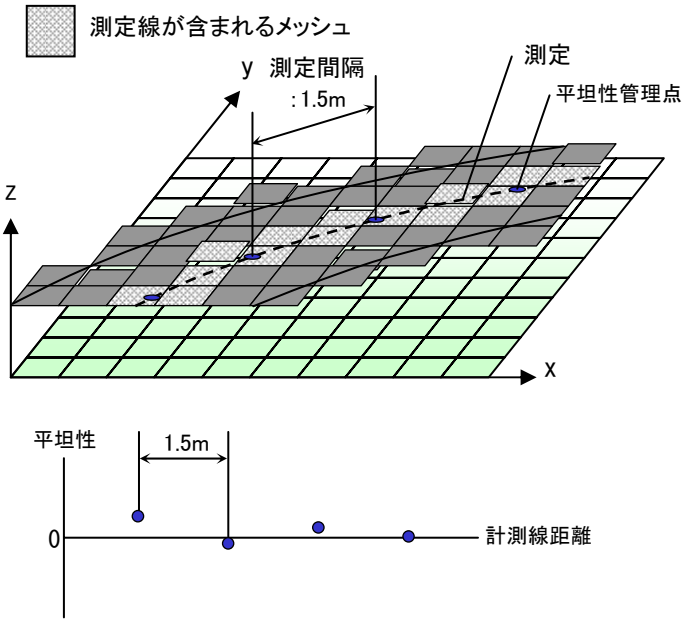
図－２　レーザデータのメッシュ化

（2）画面出力について

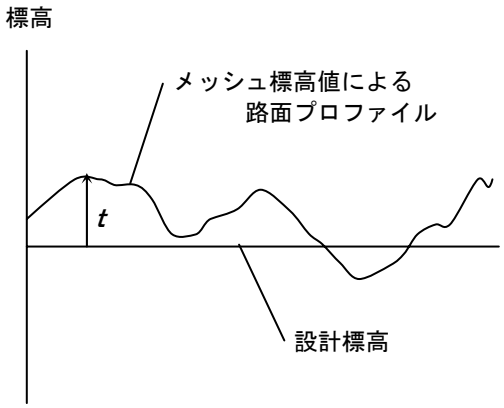
前節において提案した出来形管理手法を，3次元座標データから数値処理し，(X,Y)平面にビジュアル化するシステムを開発した．開発言語には Visual Basic.NET を使用した．

3次元座標ファイルには，ASCII や APA，SIMA などのさまざまな形式が存在し,一般的な3次元座標ファイルは，東座標，北座標，標高の要素で構成される．本システムでは汎用性を考慮し，3次元座標の入力データを，東座標，北座標，標高並びの CSV 形式とした．

システムの画面構成を**図－6**に示す．システムの基本動作は各管理項目ともに，①3次元座標データ(**.csv)の読み込み，②入力基礎情報・管理情報・出力情報の表示，③出力結果(**.csv)の書き出し，となっている．システム画面の入力基礎情報領域には，世界測地系をベースにした入力ポイントデータ(X,Y,Z)の最大・最小値と，(X,Y)座標値の存在範囲が数値情報として表示される．これらの数値を基に，管理情報領域のビジュアル表示は自動的に範囲を設定している．管理情報領域は 2 画面で構成され，上部ではメッシュ情報を平面表示し，下部では平坦性情報を表示する．出力情報領域には，管理項目ごとの出力数値情報が表示される．出力情報の(X,Y)値は，各メッシュの中心の座標を採用している．また,高さ管理・厚さ管理は規格値に準ずる合否判定が行われ，管理情報領域には色分けされたメッシュが表示される（規格内：白,規格外：赤）．**表－3**に管理項目ごとのシステム画面の入力データ・出力データを示す．



図－4　平坦性管理（現行再現管理）



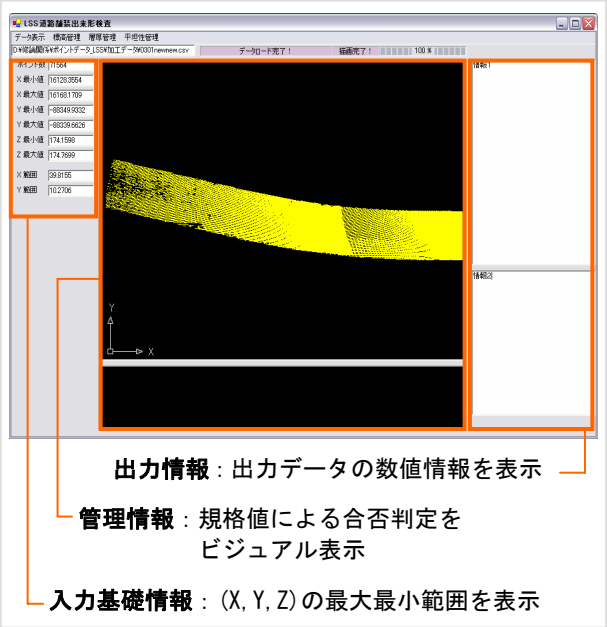
図－5　平坦性管理（設計基準管理）

5．実証実験

（1）実験概要

1）実験現場

前章にて提案した，1) 3次元情報による出来形管理，2) 管理項目(高さ，厚さ，平坦性)の一元化，3) 出来形管理点数の増加の 3 項目は提案手法により理論的には実現できる．しかし，LSS を用いた舗装工の出来形管理を実施工に用いる場合，その精度や管理工数が実用に耐えうるものかを検証する必要がある．そこで，施工技術総



図－6　システム画面構成

表－3　管理項目の入出力データ

管理項目	入出力	値
高さ	入力	1 層分の LSS 取得座標データ (X, Y, Z)，設計路面の座標データ (X, Y, Z)
	出力	1 層分のメッシュ標高値 (X, Y, Z)
厚さ	入力	2 層分の LSS 取得座標データ (X, Y, Z)
	出力	メッシュ座標 (X, Y)，メッシュごとの厚さ算出値
平坦性	入力	表層の LSS 取得座標データ (X, Y, Z)，測定線の通過座標データ (X, Y, Z)
	出力	平坦性管理点座標 (X, Y)，平坦性算出値

合研究所構内に施工実験用舗装を構築した．**表－４**に道路構成，**図－７**に平面図を示す．

２）評価項目と方法

本実証実験では以下の 2 項目についての評価を行う．

a)　管理

b)　データの信頼性

実証実験道路において提案手法と現行手法による出来形管理を行い，そこから得られる管理データを基に，高さ，厚さ，平坦性の精度について検証する．

c)　業務効率の改善

提案手法と現行手法を運用し，その作業工数(人・時間)を記録し，それらを比較する．また，それぞれの管理点数も考慮に入れ，作業工数との関係も検証する．

評価を行うための実験手順は以下のとおりである．

a)　表層，基層，路盤を対象に，舗装各層の施工後に，LSS により各層表面の3次元座標を取得する．LSS はライカジオシステムズ社の HDS3000 を使用した[4]．基本仕様を**表－５**に示す．計測密度は 10cm 以下になるよう設定する．計測位置は測点 No.5+0m 地点とする．

表－４　実験道路構成

道路延長	50m
舗装構成	路盤（粒調砕石30～0mm，t=15cm） 基層(粗粒，t=5cm) 表層(排水性，t=5cm)
舗装幅員	上層路盤7m，基層5.2m，表層5m
道路線形	縦断勾配1～2%，横断勾配2%（片勾配），最大曲線半径100m

b)　LSS 取得データを用い，提案手法による出来形管理システムを運用する．

c)　a)と同時に，現行の計測手法で高さ，厚さ，平坦性の計測を行う．高さ，平坦性の計測頻度は上述したとおりである．平坦性に関しては，3m プロフィルメータで中心線形上を 1 測線計測する．

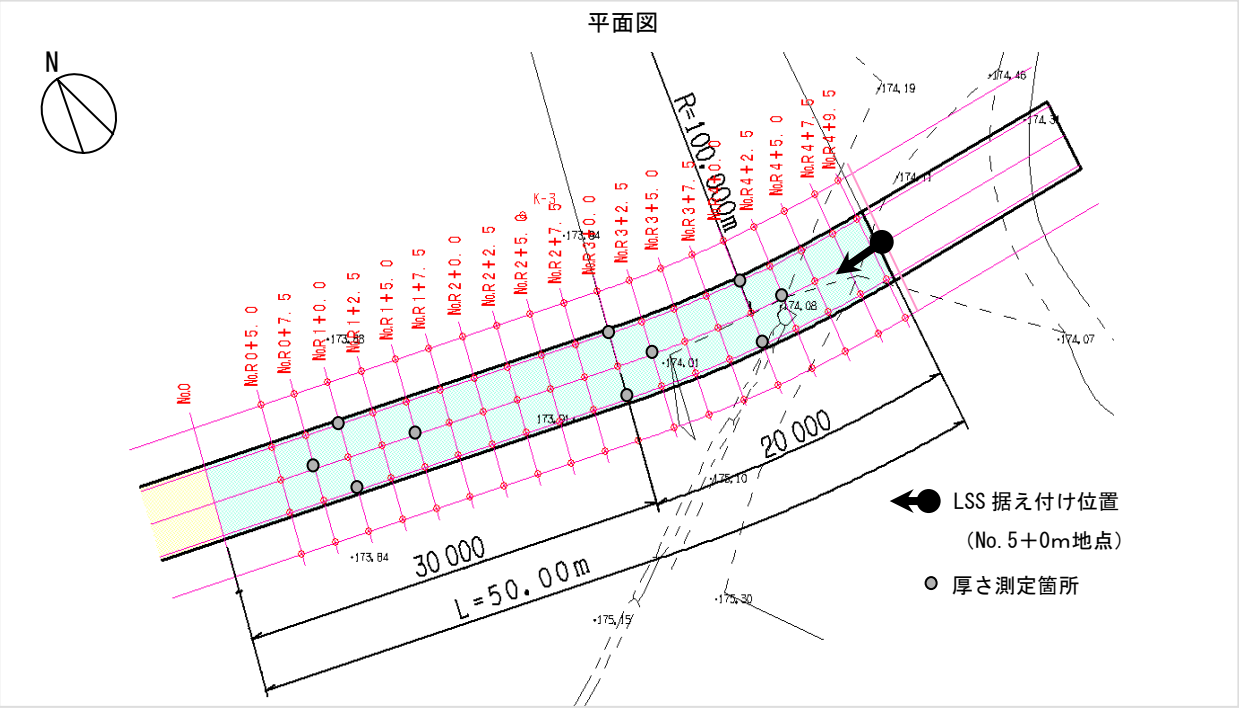
（２）実験結果

１）LSS 取得データ

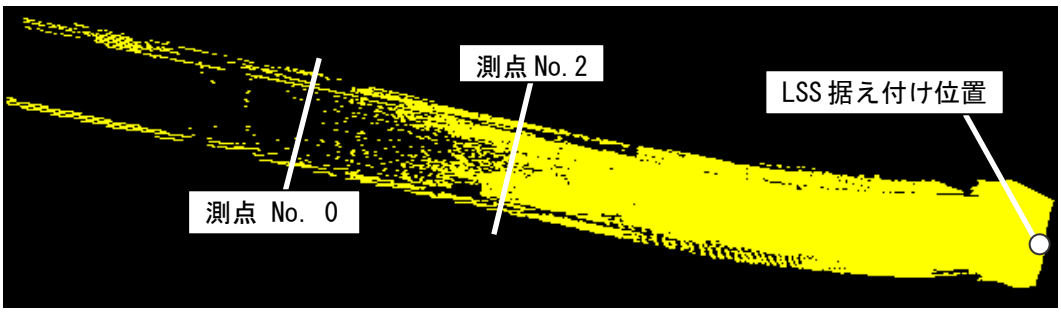
図－８は，取得した LSS データの中で舗装範囲内だけのものを取り出した基層の未加工データ(167,939 点)である．**図－８**を見ると LSS のデータ計測密度が測点 No.2 付近から No.0 にかけて徐々に取得したデータが減少していることから，データ計測密度が低下しているのがわかる．この原因は，本実験で使用した LSS が据え付け型であるため，舗装面のような細長く平坦な形状をスキャニングする場合，レーザビームの入射角の影響により距離に比例して計測密度が低下するからである．

表－５　HDS3000 基本仕様

性能	
測定可能距離	200m
測定レート	1,800 点/秒
スキャニング範囲（水平）	360°
スキャニング範囲（鉛直）	270°
精度	
距離精度	4mm（@50m）
座標精度	6mm（@50m）
ターゲット測定精度	1.5mm（@50m）
モデリング精度	2mm
角度精度（鉛直）	12 秒
角度精度（水平）	12 秒



図－７　平面図



図－８　基層未加工データ

今回の実験ではメッシュ幅 S=20cm とした．計測密度の設定が 10cm 以下であるため，メッシュ内に 4 点以上含まれる計算になる．また，**図－８**に示したように，測点 No.2 付近から計測密度の低下が見られたため，以下の検討では測点 No.1+7.5～No.5+0.0 のデータを用いている．

２）出来形管理システム運用結果

a）高さ管理

現行の管理基準により高さ管理を行った．路盤のシステム画面（管理情報領域）を**図－９**に示す．本システムでは規格値による合否を色分けして表示している(規格内；白，規格外；赤)．色分け表示の結果,路盤標高は全体的に規格値(±50mm)内に収まっていることが分かった．

b）厚さ管理

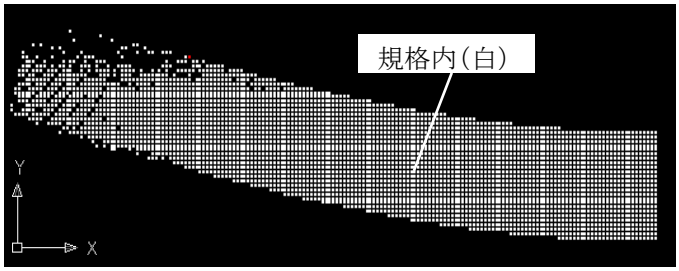
表層と基層の厚さのシステム画面（管理情報領域）を**図－１０**に，現行規格値を**表－６**に示す．厚さも規格値による合否を色分けして表示している(規格内；白，規格外；赤)．色分け表示の結果,表層は規格厚 43mm に対し，全体的に規格内に収まっている．また，システム画面の出力情報を見ると,平均の規格厚 48mm 以上に対し，厚さ平均は 60.1mm となっており，規格内となった．基層は規格厚 41mm 以上に対し，測点 No.3+2.5 付近以降に厚さが薄い箇所が存在している．また平均の規格厚 47mm 以上に対し，厚さ平均は 50.2mm となっており，規格内に収まっている．

c）平坦性管理

平坦性のシステム画面（管理情報領域）を**図－１１**に示す．規格値により管理点毎に表示を切り替えている(規格内；○，規格外；×)．平坦性測定線形は道路中心線を読み込んでいる．平坦性は，規格値 2.4mm に対し，標準偏差は 2.60mm で規格外という結果になった．

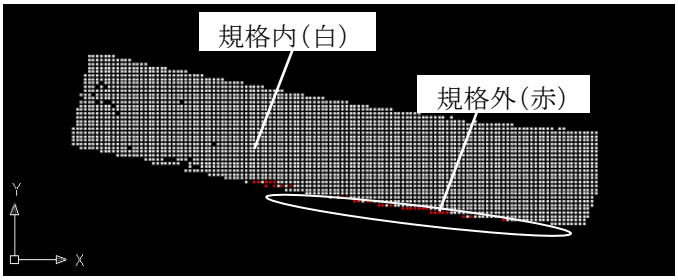
３）管理データ精度の検証

図－７の平面図に示す中心線(CL)，左右中心離れ 2.2m(L2.2，R2.2)の 3 測線上の，測点 No.2+0.0～No.4+5.0(2.5m ピッチ)での，レベル計測から得られる結果を真値として，メッシュ標高値がどの程度ずれるのかを検

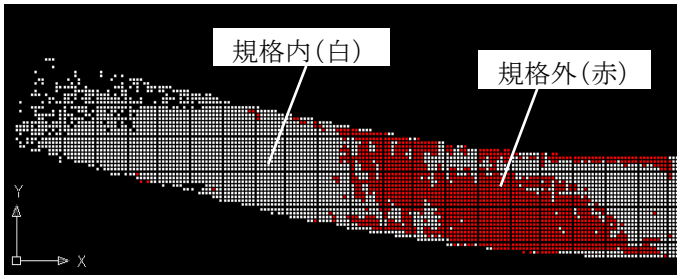


路盤高さ (No. 1+7. 5～No. 4+7. 5)：管理点数；3, 955 点、設計差平均；1. 65cm

図－９　高さ管理画面



表層厚さ (No. 2+0. 0～No. 4+5. 0)：管理点数；3, 264点、厚さ平均；6. 01cm

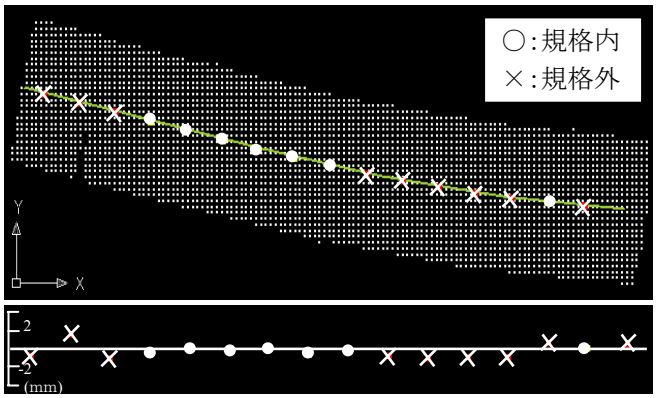


基層厚さ (No. 1+7. 5～No. 5+0. 0)：管理点数；4, 755点、厚さ平均；5. 02cm

図－１０　厚さ管理画面

表－６　厚さ管理(現行規格値)

管理項目		表層 (AS)	基層 (AS)
設計値		50mm	50mm
中規模	規格値	-7mm	-9mm
	規格厚	43mm 以上	41mm 以上
10 個平均	規格値	-2mm	-3mm
	規格厚	48mm 以上	47mm 以上



表層平坦性 (No. 2+0. 0～No. 4+5. 0)：平坦性管理点数；16点

図－１１　平坦性管理画面

証する.

a)高さ管理

表層は，レベルとメッシュ標高値の差は最大で 9mm で，その平均値は 4.2mm であった．また，道路延長方向へは推移に関して若干のばらつきが見られるが，平均値を中心にほぼ平坦に推移している．表層高さの管理結果を**図－１２**に示す.

基層は，レベル計測値には読み取り,もしくは転記による誤差が見られる．この異常値を除いたうえで，レベルとメッシュ標高値の差は最大 10mm で，その平均値は 3.8mm であった．基層高さの管理結果を**図－１３**に示す.

路盤は，メッシュ標高値は各測線ともに終点側にいくほど極端に高くなっている．しかし，部分的には同様の推移を示す地点が見られる．また，L2．2およびR2．2ではメッシュ標高値が常に高い値で推移するのに対し，CL では測点 No.3+5.0 で逆転する現象が見られる．レベルとメッシュ標高値の差は最大で 26mm あり，全体で 33mm の範囲にばらついている．路盤に関しては，以上の結果より，機器設置における水平設定ミスの可能性が考えられる．しかし，この誤差はスキャニング時に数点の設計値と照らし合わせることで解消できるものである．路盤高さの管理結果を**図－１４**に示す.

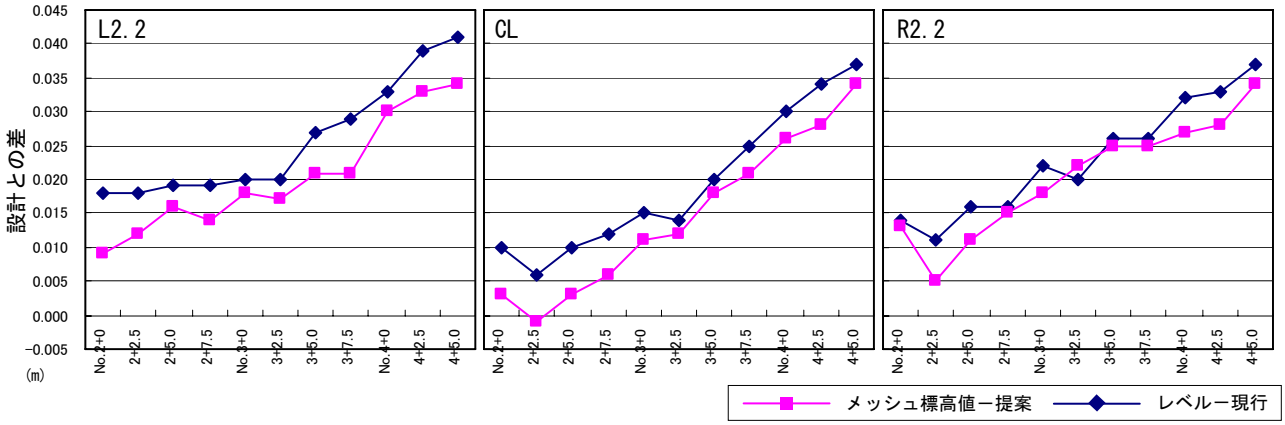
表層，基層に関して，LSS 取得データによるメッシュ標高値とレベルとの差は最大で 1cm 程度発生している．この差はメッシュ代表値を算出する差違の位置ずれによる差と距離に応じて径が広がるレーザビーム径に原因があると考えられる．しかし，それを考慮したとしても，その差は数 mm 以内に収まっており，メッシュ標高値による高さ管理は高精度であるといえる.

b)厚さ管理

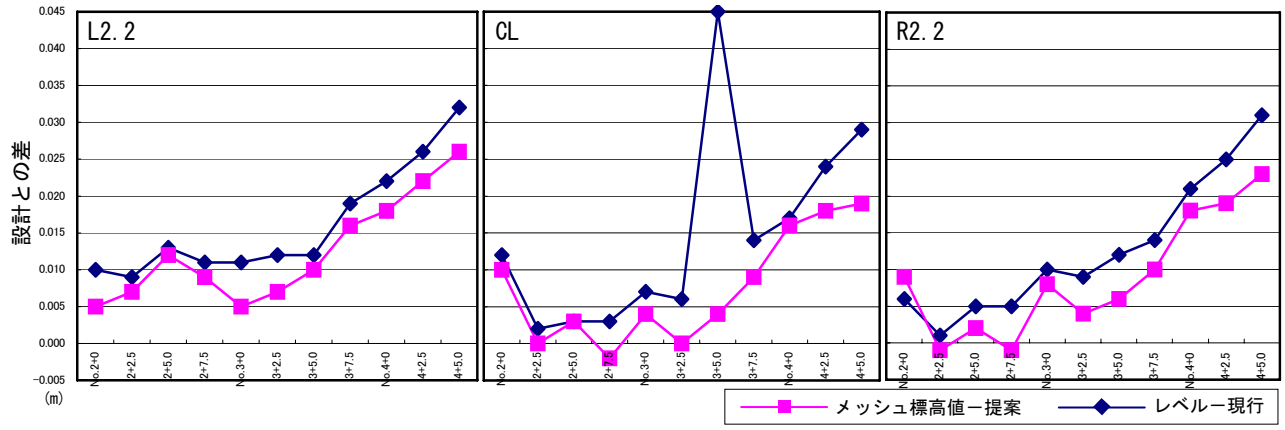
図－１５は表層におけるコア抜きの厚さと，表層と基層の LSS 計測によるメッシュ標高値から算出した厚さを比較したものである．基層厚さに関しては，路盤の LSS 取得データが信頼できるものではなかったため除外している．**図－１５**よりコア抜きとメッシュ標高値の差による厚さには最大で 1cm 程度の差が発生しているが，約半数の比較箇所においては良い相関が見られる.

c)平坦性管理

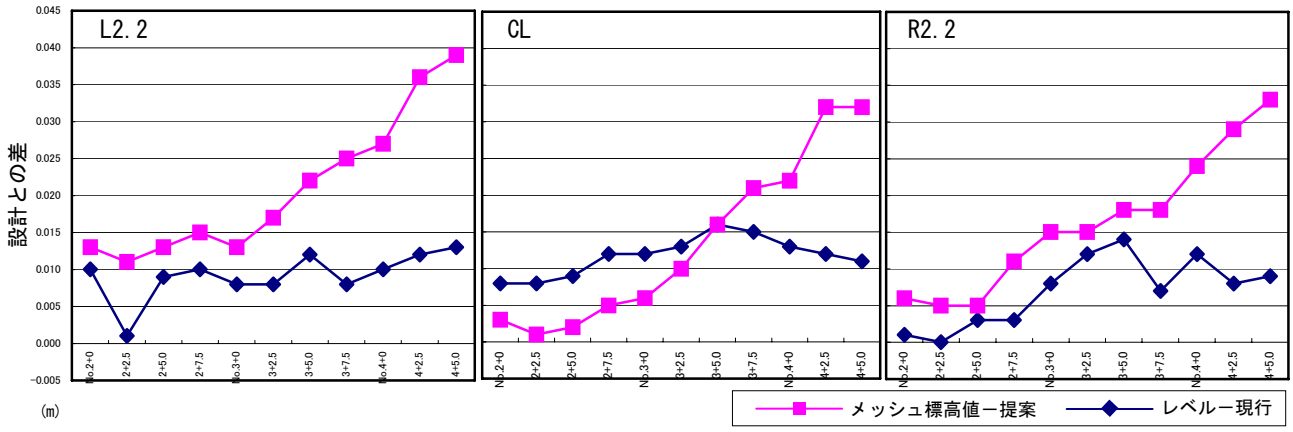
表－７は表層のプロフィルメータによる平坦性と，メッシュ標高値を用いた現行再現管理と設計基準管理による平坦性の標準偏差をまとめたものである．プロフィルメータと現行再現管理には 1.6mm 程度の差が発生している．この原因としては，計測位置のずれによるものが考えられる．プロフィルメータの実測値は人間が判断して道路中心線に平行に計測しているのに対し，メッシュ標高値による方法は，メッシュが道路中心設計に対して直角に作られてい



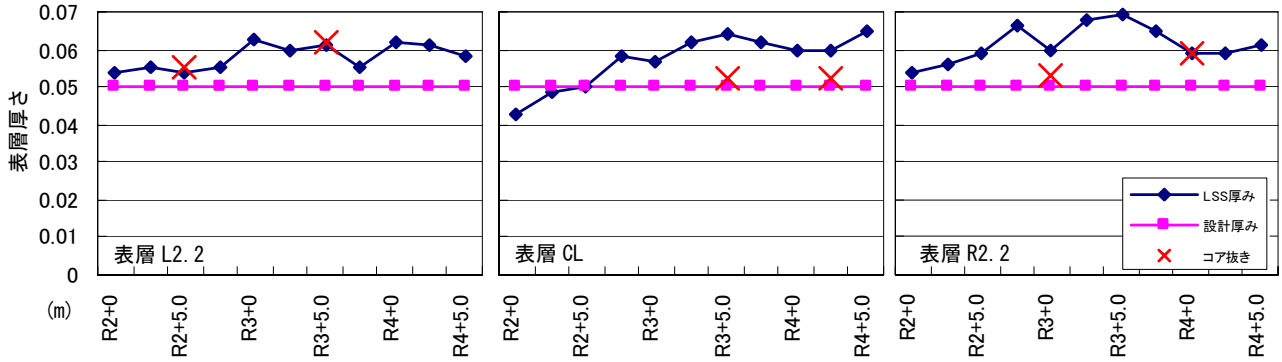
図－１２　表層高さ管理結果



図－１３　基層高さ管理結果



図－１４　路盤高さ管理結果



図－１５　厚さ管理結果

表－７　平坦性管理結果

プロフィルメータ	現行再現管理	設計基準管理
1.04mm	2.60mm	10.35mm

ないので，メッシュの中心と道路中心が一致していない．よって，メッシュ標高値よりもプロフィルメータの方が正確だと考えられる．

設計基準管理に関しては，10.35mm と大きな値を示した．この原因は設計を基準に平坦性を計測しているからである．しかしながら，この値は平坦性とともに設計とのずれを表す指標としての可能性も考えられる．この値に関しては今後さらに検討していく必要がある．

４）管理工数の検証

図－１６に実験結果から得られた従来の出来形管理工数と提案手法による出来形管理工数を対比した結果を示す．管理工数は提案手法では現行手法に比べ 69%の減少がみられた．これは以下に示すことの効果によるものである．

a) 現行手法においては，出来形計測箇所を指示するための丁張り設置が発生しているが，提案手法ではこれが不要である．

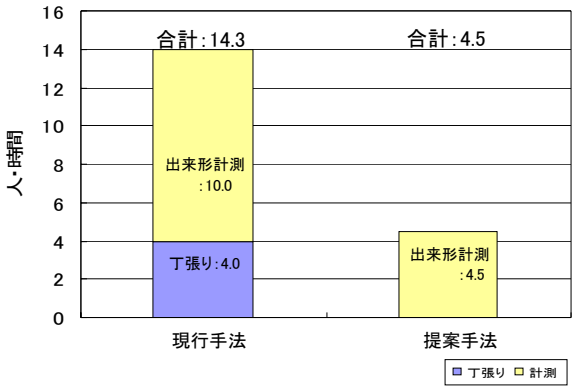
b) 管理項目ごとの計測を行う現行手法に比べ，提案手法では各層において 1 度の計測で管理できる．

a)に関し，現状の施工では，施工指示のためにも丁張りが使われており，完全に丁張りをなくすためには施工業務自体の変更が必要である．b)に関し，1 層分の LSS のスキャニング時間は**表－８**のとおりである．計測時間そのものの減少に加え，作業人数が 1 人であることも作業工数減少の要因である．

提案手法による 1 層分の高さに関する取得(算出)点数は，平均 5065 点であった．現行手法によるこの範囲の取得点数は 33 点で，かなりの増大であるが，出来形管理業務の負担は取得方法の変更と提案システムの利用により軽減できた．

表－８　LSS 計測時間

機器設置，ウォーミングアップ	15 分
写真撮影，計測範囲の指定	10 分
計測	15 分



図－１６　管理工数の比較

（３）考察

１）管理データの信頼性

a)　高さ管理

メッシュ標高値はレベル計測を真値とした場合10mm以内の誤差が生じるが，その平均値は5mm以内に収まっており，点的な精度ではレベル計測による管理に劣るが，点から面への管理によって均一な施工管理が実現できるという観点で有効である．

b)　厚さ管理

コア抜きとの誤差は10mm程度であり，コア抜きと同精度以上の厚さ確認が保証できるとは断言できないが，計測が容易なことから現行手法に比べて管理点数を増やすことで，現行以上の高精度な厚さ管理が実施できると考えられる．また，掘り起こしやコア抜きといった破壊検査を行わないことによる不良箇所発生の抑制が可能となる．

c)　平坦性管理

サンプルデータが不十分であったため，本実験の結果からはまだ不明確な部分が多い．今後も継続的にデータを取得して，新たな提案である設計基準管理も含めさらなる確認が必要である．

２）業務効率の改善

管理工数は現行手法と比べ 69%減少しており，業務効率は向上したといえる．提案手法では，計測データが機器から直接デジタルデータで取得できるため，帳票作成時間の短縮も期待できる．さらに，現行手法で起こりやすい読み間違いや転記ミスも解消できる．丁張り設置に見られるように，施工業務全体の効率化を図るうえでは，出来形管理以外の業務においても新たな技術や方法を導入していく必要がある．

a)　LSS について

今回の実験では測点 No.0～No.2.0 にかけてデータが取得できなかった．舗装のような平坦で細長い形状を計測する場合は分割して行う必要がある．計測したい密度にもよるが，10cm 以下の測定密度を保つためには，道路延長 25m 程度が測定距離と考えられる．出来形管理のための精度は十分であると考えられるが，今回の路盤データのように，設置ミスなどの操作ミスによる誤差が生じる可能性がある．このような誤差は測量担当者が使用経験を積むことで減少できる．また，使用時に設置ミスがでないように注意し，もしミスが出た場合，直ちに設置し直し対応する必要がある．

b)　面的管理データの運用について

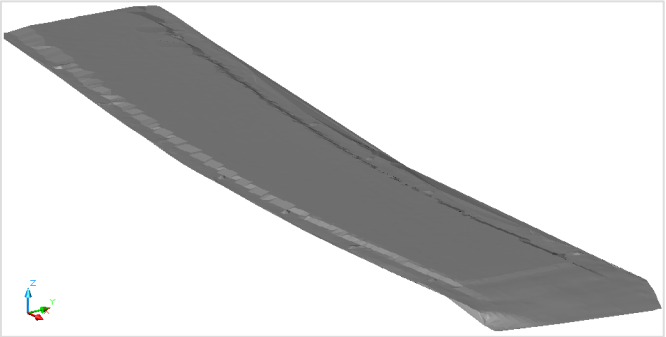
機器から取得される未加工のレーザデータは 10 万点を優に超えており，表計算や CAD 等のアプリケーションソフトを用いるとその処理には限界が生じてしまう．しかし，今回の画面出力では，メッシュ標高値の算出や管理数値の出力を容易に行うことができる．さらに，出来形状況をビジュアル化できることで管理業務を円滑に行うことができると考えられる．また，出力結果を直接，解析や積算・照査などへ利用することが可能となり，新たに専用のデータを作成する労力を減らすことができる．

c)　出来形管理業務の改善について

提案手法の導入による出来形管理業務の変化を**表－９**に整理した．出来形管理業務全体を通して見ると，提案手法によって多くの手間が省かれていることがわかる．さらに品質向上，情報化施工との連携といったメリットもあり，提案手法による出来形管理は現行手法に比べ，大きく改善するものと考えられる．**図－１７**は本論文の管理手法により得られた出来形データを3次元CADに展開したものである．出来形データにより道路完成形状はほぼ忠実に再現できている．このようなデータを流通させることで，維持管理での基盤的な情報の蓄積・提供といった利活用が可能になると考えられる．一方で，施工方法，規格値は現行のままでの3次元情報をベースとした新技術の導入は，テープやレベルで計測を行うことを前提とした施工を行っている施工業者にとって，難しい一面もある．そこで，今後は精度についてさらにデータ収集を行い，現行と同程度となる面的管理の規格値設定を行う必要がある．

表－９　出来形管理業務の変化

	現行手法	提案手法
準備	丁張り	なし
計測	レベル，標尺，コアボーリングマシン，スケール，プロフィールメータ，etc…	LSS
確認	データ整理，帳票作成	データのモデル化
提出	提出され保管	維持管理データに再利用
その他	なし	品質の向上，情報化施工と連携



図－１７　出来形データの利用

６．おわりに

本論文では，３次元計測が可能なレーザスキャニングシステム（以下，LSS）を導入し，新たな舗装工出来形の面的管理手法の提案を行った．さらに，実証実験を通して，開発システムを用い提案手法の運用を行い，

現行手法と比較した. その結果から, 管理データの精度について検証し, 同時に, 管理工数と管理点数から出来形管理業務の改善についても検証した. これによって, LSS による出来形管理が実務に適用できる可能性があることを示した. また, LSS は非常に高価な機器であるため, 今回は経済性の検討を行わなかった. しかし, 測量機器の価格は下がっていることから, 経済性に関する考察を今後行っていく必要がある.

謝辞: 本研究を進めるに当たって, (社)施工技術総合研究所, (株)ライカジオシステムズなど多くの方々にご協力を頂きました. 記して謝辞を表します.

参考文献

1) 藤島崇他: 情報化施工における道路土工事の出来形管理の実証実験, 土木情報利用技術論文集, VOL.13, pp.251-260, 2004 年 3 月.
2) 藤島崇他:情報化技術を用いた舗装工における出来形管の手法の一提案: 土木情報利用技術論文集, VOL.14, pp.231-238, 2005 年 3 月.
3) 社団法人日本道路協会: アスファルト舗装要綱 S63 改訂版, 社団法人日本道路協会, 1991 年 1 月.
4) ライカジオシステムズ(株)HP: <http://www.leica-geosystems.com/jp/products/cyrax/cyracom/products/hds3000_spec.htm>, (入手 2006.02).

(2006.5.19受付)