

レーザー3D スキャナーによる測定に対する対象物表面色の影響

近藤 拓郎*

Effect of Object Surface Color on Measurements by Laser Triangulation 3D Scanners Takuro Kondo

1. 緒 言

レーザー光切断方式の3D スキャナー(以下、レーザー式3D スキャナー)は、測定物にレーザー光を照射し、受光した反射・散乱光を三角測量の原理に基づいて解析することで形状を測定する装置である。レーザー光が測定物の表面を細かく走査することで、微細な凹凸や曲面の形状を点群データとして取得できる。

一般に、測定物の表面色の違いが測定結果に影響を及ぼすことが報告されている^{1)~3)}。測定困難な表面色に対しては、レーザー光の露光時間の増減でデータ取得の安定化が図られる。しかし、露光時間を長くするとデータ欠落は減少する一方で、異常な点群データの発生が増える傾向にある。したがって、精度の高い測定を行うためには、表面色が測定データ群に与える誤差の傾向を把握しておくことが重要である。

そこで本研究では、明度及び色相環に基づいたカラーチャート⁴⁾を測定サンプルとして用い、表面色が点群データの取得状況に及ぼす影響を調査するとともに、平面度の測定に基づき、正確なデータを得るために適切なレーザー光の露光時間について検討を行った。

2. 実 験

2・1 測定装置

本実験には、Creaform 社製レーザー式3D スキャナー(図1)を使用した。携行型の3D スキャナーであり、光源には赤色レーザーが用いられている。



図1 使用したレーザー式3D スキャナー

2・2 測定試料

明度・色相環スケールチャートは、一般財団法人日本色彩研究所にて製作された JIS Z 8721(1993)準拠の標準色票⁴⁾(150×210mm)を使用した(図2)。明度・色相環スケ

ールチャートの L*a*b*色空間⁵⁾の値は、コニカミノルタジャパン製の分光測色計 CM-3600A を用いて測定した(図3)。

2・3 測定方法

レーザー式3D スキャナーの露光時間を 0.01msec から 0.80msec まで変化させて測定を行った。

2・4 データ解析

取得したデータを基にした画像に二値化処理を行い、印刷した画像を画像測定機で測定し、矩形全体に対する欠落部の面積比を算出した。欠落部が無い状態を以下の(1)式に示すようにデータ取得率 R=100%とした。また、各矩形領域における平面度を算出し、異常な点群データの発生状況を評価した。

$$R = \left(1 - \frac{A}{A_0}\right) \times 100\% \quad (1)$$

A: データの欠落部面積

A₀: 矩形領域の面積

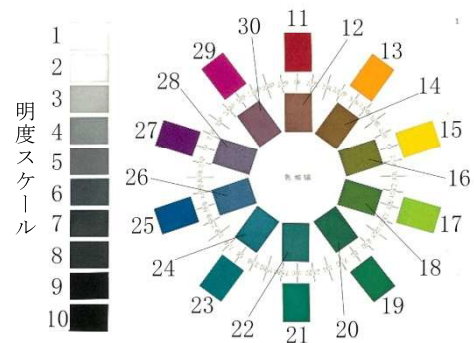


図2 明度・色相環スケールチャート



図3 分光測色計

3. 実験結果

3・1 点群データの取得

図4に露光時間に対する点群データの取得状況の変化を示す。図4より、露光時間 0.01~0.09msec までは点群デー

* 技術支援部

タの欠落が見られたが、機器固有の自動調整機能による推奨値である 0.10msec にて、概ね全ての矩形領域で点群データの取得が可能であった。

図 5 に明度スケール(矩形領域 No. 1~No. 10)における明度 L^* とデータ取得率 R が 100% に到達した際の露光時間との関係を示す。No. 5 以下の矩形領域では、露光時間が 0.02msec でデータ取得が可能であった。明度が高い、すなわち反射率が良いほど、短い露光時間で矩形領域全体にわたって点群データを取得できた。

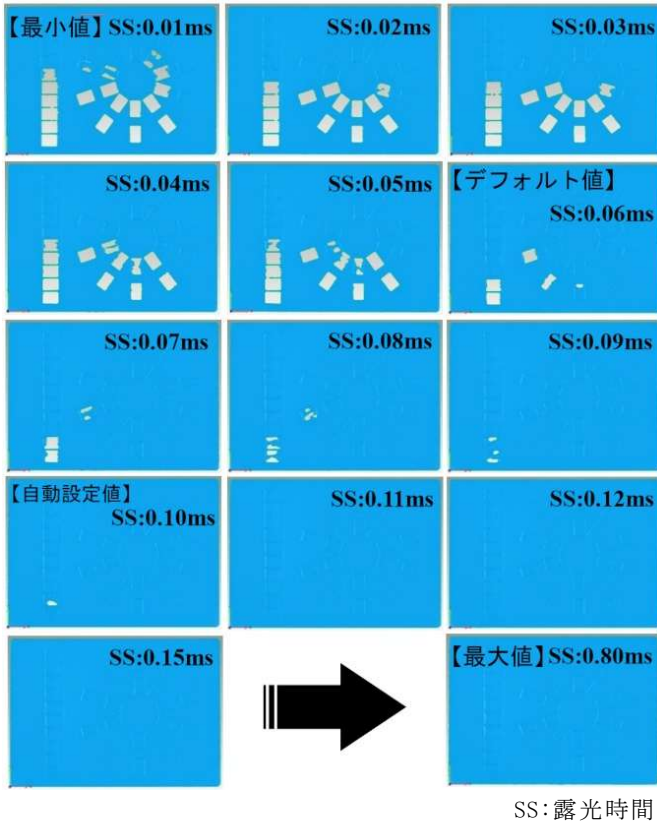


図 4 露光時間に対する点群データの取得状況

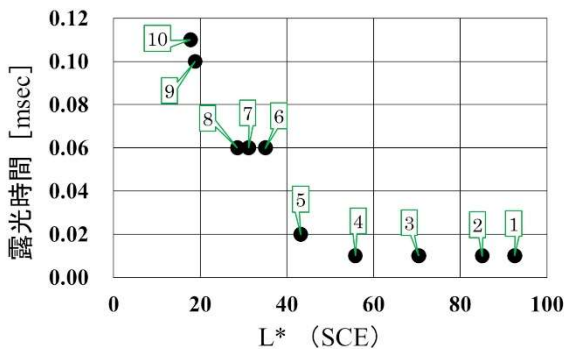


図 5 データ取得率 $R=100\%$ 到達時の露光時間 (明度スケール)

図 6 に色相環スケール(矩形領域 No. 11~No. 30)における $L^*a^*b^*$ 空間でのデータ取得率 $R=100\%$ 到達時の露光時間の関係をバブルチャートで示す。図中の各バブルにおいて、バブルサイズがデータ取得率 $R=100\%$ 到達時の露光時間を、白黒の濃淡差が明度 L^* の大きさを示している。また、ラベ

ルには矩形領域 No. とデータ取得率 $R=100\%$ 到達時の露光時間の数値を示している。図より、 a^* が + 側に近い、もしくは明度 L^* が比較的高い矩形領域において、バブルサイズが小さくなっており、より短い露光時間で矩形領域全体にわたって点群データを取得できた。

以上を踏まえて、チャート紙の各矩形領域における測定光源との色差及び露光時間の関係について比較を行った結果を図 7 に示す。明度スケール (No. 1~No. 10) については、 L^* のみ大きく、測定光で寄与度の高い a^* において矩形領域による違いがほとんど無いため、色差と露光時間の対応関係は見られなかった。一方で、色相環スケール (No. 11~No. 30) について、色差が大きいくほど露光時間を長く設定する必要があった。

これらの結果から、測定物の色で明度 L^* のみ寄与する場合は、 L^* が高い (反射率が高い) 色ほど、 a^*b^* が寄与する場合は、使用機器の測定光源との色差 ΔE^*_{ab} が低い色ほど、点群データが取得しやすい傾向にあった。

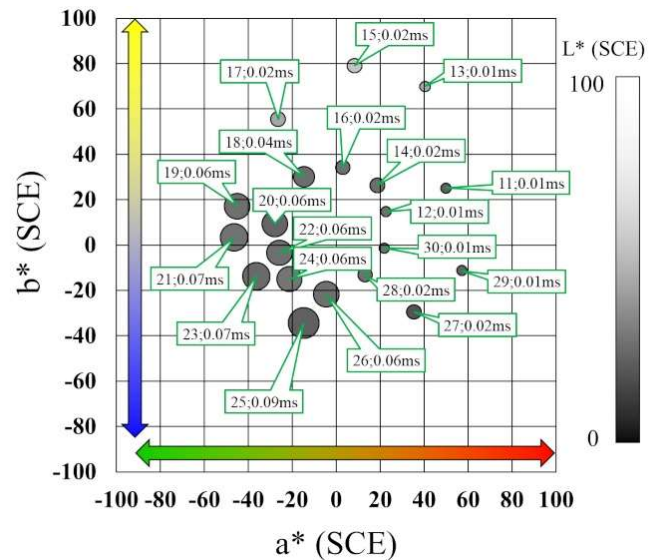


図 6 データ取得率 $R=100\%$ 到達時の露光時間 (色相環スケール)

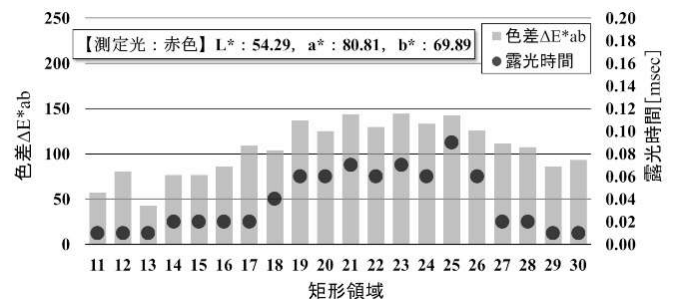


図 7 各矩形領域の光源との色差及び露光時間

3・2 矩形領域の平面度測定

3・1 の結果より、いずれの矩形領域でも十分な反射光が得られる露光時間を確保することで、データ取得が安定する傾向にあることから、データ取得率 R が 100% に到達した際の短い露光時間では、取得データに異常な点群データが

含まれていることが推測される。同一の矩形領域を測定する場合、平面度は本来変化しないと考えられる。そこで、平面度の変化は露光時間の影響によるものとみなし、各矩形領域において露光時間ごとの平面度を測定することで、その値の変化により異常な点群データの発生状況を評価した。

図8に、異常な点群データの発生が顕著であった矩形領域における平面度の推移を示す。図中で●プロットはデータ取得率 R が 100%に到達した際の露光時間と平面度を示す。図より、●プロットの平面度は他の露光時間での平面度に対して最大値を示し、平面度の変化は露光時間を長くするにつれて値が減少する傾向にあった。また、露光時間 0.80msec では、平面度は平均値以下となっていた。

このことから、データ取得率 R が 100%に到達した際の露光時間付近では、取得データに異常な点群データが多く含まれる傾向が確認された。

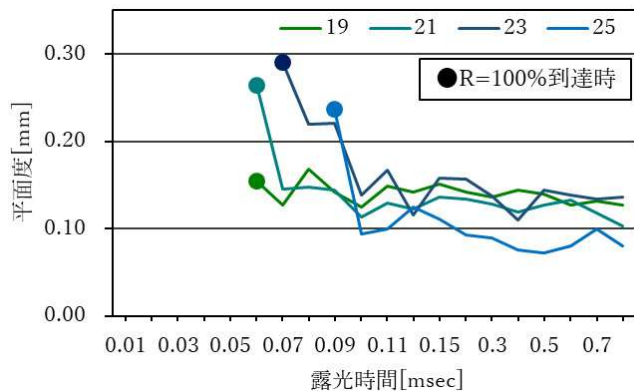


図8 各矩形領域における平面度の推移

また、露光時間を長くしても平面度の悪化はみられず終始減少傾向であることから、測定物から十分な反射光が得られる露光時間を確保することで、色の違いによらず安定したデータ取得が可能になると考えられる。一方、露光時間の増加により、測定物以外の周囲の物体が映り込み、異

常な点群データが生じる可能性があるため注意が必要である。

4. 結 言

レーザー式 3D スキャナーを用いて、明度及び色相環に基づくカラーチャートを試料として測定し、表面色が点群データに及ぼす影響と、適切な露光時間について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) L*成分のみが異なる色については、L*が高いほどデータの欠損が少ない傾向が見られた。一方、a*b*成分によって差異が生じる色では、色差 ΔE^*ab が小さいほどデータの欠損が少ない傾向が確認された。
- (2) データ取得率 R が 100%に到達した際の露光時間付近では、異常な点群データが多く含まれる傾向があった。
- (3) 測定物から十分な反射光が得られる露光時間を確保することで、色の違いによらず安定したデータ取得が可能となった。但し、測定物以外の周辺物なども取得しやすくなると考えられ、異物の映り込みによる異常な点群データ発生の可能性があり、注意が必要である。

参考文献

- 1) 阿部誠：非直交光学式三次元測定の動向と性能評価法の標準化，精密工学会誌，**85**(5)，388-391(2019)，DOI: <https://doi.org/10.2493/jjspe.85.388>。
- 2) 添田麻衣，関口文彦，他：散乱光と反射光スペクトルの色彩からの考察とその応用，日本女子大学紀要，**15**，1-7(2007)。
- 3) 隅田雅昭：非接触 3 次元モデル測定の高精度化に関する研究，宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告，**46**，87-90(2001)。
- 4) JIS Z 8721:1993，色の表示方法—三属性による表示。
- 5) 日本色彩学会：新編色彩科学ハンドブック【第2版】，東京大学出版会，123-129(1998)。