

【公開版】

令和元年度

戦略的基盤技術高度化支援事業

「自動車用フルボディー 3次元形状計測技術の開発」

研究開発成果等報告書

令和 2 年 5 月

担当局 近畿経済産業局

補助事業者 公益財団法人 京都高度技術研究所

目 次

第1章	研究開発の概要.....	1
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標.....	1
1-2	研究体制.....	9
1-3	成果概要.....	10
1-4	当該研究開発の連絡窓口.....	10
第2章	本論 研究開発実施内容と成果.....	11
2-1	自動車フルボディースキャナー撮影技術.....	11
2-2	高精度計測技術.....	12
第3章	全体総括.....	20
3-1	研究開発成果の総括.....	20
3-2	研究開発後の課題・事業化展開.....	20
3-3	その他成果.....	20

第1章 研究開発の概要

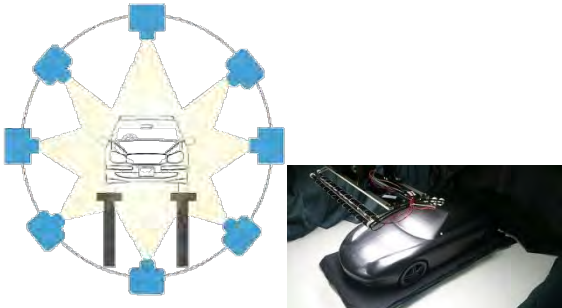
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

○研究開発の背景

自動車業界では、燃費・車種・デザインなど消費者の意識の多様化に対応するために、多くの車種の開発とモデルチェンジを行う必要が出てきた。自動車メーカーでは開発期間の短縮が最大の課題となっており、中でも最も時間を要しているのが、デザイン、風洞実験、製造図面作成などの元となる高精度の3次元データの取得である。現在レーザー式・カメラ画像式・接触プローブ式などの3次元形状計測装置が使われているが、何れも自動車メーカーの要求を満たせておらず、新たな高速高精度のフルボディー3次元計測技術が求められている。

○従来技術での課題

計測と3次元処理の時間が長い、実車サイズの計測ができない、計測精度が低い、鏡面部や透明部の計測ができない、被測定物を傷つける、などの課題が挙げられている。

従来技術	新技術
 a) レーザー式 レーザーを平行投射し影の面積を計測 b) カメラ画像式 高精度カメラで撮影し画像処理で3D化 c) 接触プローブ式 プローブで表面をなぞって形状を計測	 1) フルボディースキャナー・ステレオ画像技術 2) アンビエント・ライト技術 3) 対応点増加技術 4) 高速3D復元ソフトウェア技術
課題	特徴
・計測・3次元データ化の時間が長い ・実車サイズの計測ができない ・表面積精度誤差3%程度で不十分である ・鏡面部や透明部の計測ができない(a, c) ・色彩情報が取得できない(a, c) ・被測定物に傷を付ける(c)	・外形計測時間が短い(1) ・3次元復元データ処理が高速(4) ・実自動車が計測できる(1) ・面積誤差0.5%程度、断面積誤差3%以内(1, 3) ・鏡面部・透明部も計測できる(2) ・色彩情報が取得できる(1, 2) ・非接触で計測できる(1)

○新技術を実現するために解決すべき研究課題

3次元測定技術における川下製造業者共通の課題・ニーズは次のようなものである。

《自動車会社の経営的なニーズ》

近年、自動車分野では安全性や環境保護に関する法的な規制の強化に加えて、消費者の意識が燃費、環境エコにレジャー、スポーツも加わり、さらにデザインを重視するなど以前に比べ多様化している。対応する自動車メーカーも、エンジンの燃費向上、車体の軽量化など急速な技術の

進歩の一方で、様々な用途に合わせた多種多様な車体開発が必須となり、メーカー同士の開発競争が激化してモデルチェンジも頻繁に行われるため、開発、製造コストの増加と共に、開発期間の確保が非常に難しくなっている。開発期間の中では外形形状の計測・3次元データ化の期間（現状約1ヶ月）が大きな比重を持ち、この短縮が最大の課題となっている。

また、三菱自動車、スズキ自動車の燃費データ不正操作問題以降、燃費測定 of 厳格化に伴い、さらなる燃費測定の精度の向上が求められるようになった。燃費改善の重要なパラメータは空気抵抗係数で、これを算出するには自動車自体の表面積の精密な数値が必要となる。また、空力特性の向上には実物サイズの自動車の風洞実験が必要である。時間のかかる風洞実験に代わるコンピュータシミュレーションの研究が進められているが、その精度を上げるためには実自動車による風洞実験とシミュレーションモデルの比較検証が必要で、実自動車の精密な3次元計測が必須である。他には、デザインによるブランド力向上を目指しており、その形状を自動車の製造ラインに正確に反映するためにクレイモデルの3次元形状を高精度で計測し、製造ラインの金型設計などに反映させる期間の短縮が非常に重要となる。

《自動車会社の3次元計測のニーズ》

日本の某自動車会社よりニーズを得ており、空力特性を維持したままデザイン性を向上させる研究開発に力点が置かれ、風洞実験と風洞シミュレーション技術の多様化・高精度化を目指している。従来風洞実験の重要パラメータは「断面積」であり、同社は30年前につくられたドイツ製のレーザースキャナーで正面から見た自動車の断面積を測定している。一方、風洞シミュレーションでは、3次元データが高精度であればあるほど精度の高いシミュレーション結果を得られるため、従来の断面積だけでなく、詳細な形状データや表面積も重要になっている。

自社の自動車であれば外形や全ての部品の3Dデータを有しているが、新規開発のクレイモデルや競合他社の自動車の3Dデータは全くない。現在は、接触プローブ式、レーザ式、カメラ画像式などを組み合わせて3次元計測しているが、計測時間が長い、実車サイズの計測ができない、精度が不十分である、鏡面部や透明部の計測ができない、色彩情報が取れない、被測定物に傷を付けるなどの問題があり、満足できるデータが取れていない。

一方で、超高精細画像を使用して3次元復元を行うため、高精度な面積計算及び形状復元が可能となっている反面、世界一の「ビッグ・ファイル」を扱わなければならない。「ビッグ・ファイル」から3次元復元の処理をするためコンピュータには非常に大きな負荷がかかる。

自動車メーカーのニーズとして次の要望が寄せられている。

- 1) 外形計測時間の短縮：原寸大の自動車の計測時間を1時間程度に短縮
- 2) 測定の高精度化：表面積誤差0.5%程度、断面積の誤差3%以内
 自社CADデータなみ3次元点群データ出力
- 3) 3次元処理時間の短縮：3次元データ処理を1週間程度に短縮

《他技術の比較と技術開発の方向性》

3次元形状を取得する手法には、接触プローブ式、レーザ式、ステレオ画像式の3つがあり、さらに画像式はカメラ式とスキャニング式がある。それらの方法と優劣を以下に示す。

・接触プローブ式：

先端が微小なプローブを対象物に接触させながらいくことで表面形状を計測する。複雑な形状の計測が困難で測定対象に傷を付ける危険性がある。色彩情報は取得できない。

・レーザー式：

レーザー光を対象物に照射してその距離を計測し、スキャニングすることで形状情報を得る。精度は高いが、色彩情報が取得できず、反射面では測定が非常に難しい。

・ステレオ画像式ーカメラ式

高精細カメラで複数の角度から被写体を撮影し、対応する点の座標を計算処理で求めて 3D データを復元する。撮影した 2 次元の画像の周辺の歪の補正と、複数画像の対応点の計算処理が必要で、大量の画像データの復元には長期間の処理時間が必要となる。

・ステレオ画像式ースキャニング式

高精細ラインセンサで被写体をスキャンし、対応点の座標を計算処理で求めて 3D データを復元する。大量の画像データの復元には長期間の処理時間が必要であるが、カメラ式よりは短い。

表 1 主な 3 次元計測手法				
計測手法	接触プローブ式	レーザー式	ステレオ画像式	
			カメラ式	スキャニング式
3D 復元時間	○	○	△	○
計測精度	○	◎	○	◎
色彩情報	×	×	◎	◎
反射部計測	◎	×	◎	◎
対象への影響	×	◎	◎	◎

被写体の大半は平面文化財であるが、立体文化財の 3 次元データを取り形状および表面色彩の両方の復元が可能なデジタル化技術を開発して、世界遺産仁和寺の観音堂の仏像撮影などで実践導入してきた。本事業ではこの 3 次元スキャニング技術（図 1）をベースに、技術開発を計画する。

3 次元復元は、画像取得、対応点の 3 次元変換、表面情報の復元の 3 段階に分けられる。取得画像（写真 1）では、既知キャリブレーションデータによってカメラの内部パラメータを計算させ、復元対象物体の全周画像データを取得する。対応点の 3 次元変換（写真 2）では、取得画像から Affine-SIFT を用いて対応点を抽出、対応付けを行い、因子分解法を用いて外部パラメータを計算、対応点の 3 次元座標への変換を行う。表面情報の復元（図 2）では、3 次元座標へ変換した対応点に対して、点群の平滑化と三角形メッシュの貼り付けによって物体表面の復元を行い、全周の復元を行う。図 1 は、仁和寺の観音堂の仏像を撮影・3 次元復元した例である。仁和寺プロジェクトでは、500dpi で 10 度ずつ回転させ合計 36 回撮影した。1 回のスキャニング画像は大凡 300 メガバイトで仏像 1 体分の合計が 10 ギガバイトを超える。金箔で装飾された 2m を超える仏像をレーザーで測定するのは不可能である。

【公開版】



図 1. 3次元スキャニングの概要

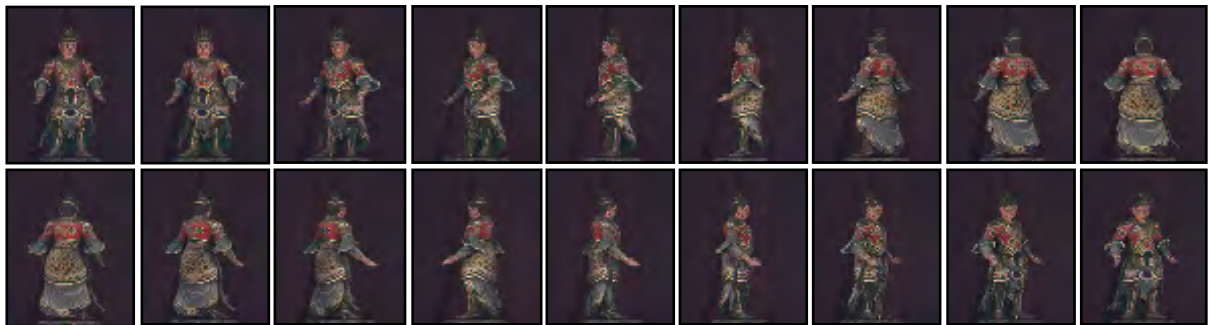


写真 1. 取得画像（角度を変えてスキャニング）



写真 2. 3次元復元画像

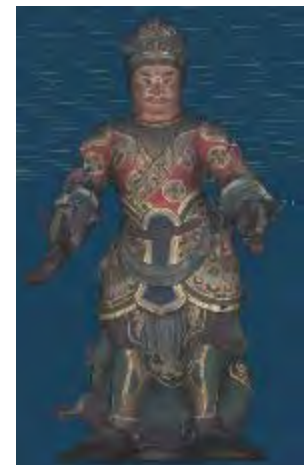


図 2. 対応点抽出のイメージ

弊社は、予備実験として1台のカメラを使い、実物大の自動車でテストスキャニングを実施した。更に1/4モデルをステレオ撮影し、再現テストに成功した（写真3、写真4）。



写真3. 実物大スキャナーでの実験



写真4. 1/4 モデルでのスキャンニング実験

外形計測はステレオ画像式 - スキャンニング式を基本とし、複数台のラインスキャナカメラを被写体の周囲に配置し、被写体の長軸に沿って同時に移動させて、1回のスキャンで実自動車サイズの被写体の外形データを測定することで高速化し、被写体表面とカメラヘッドを一定距離／焦点に保つ技術を開発することで高解像度を得る。

アンビエント・ライト技術

光沢のある物体の撮影として、写真6のレフ板を用いた柔らかい光（アンビエント・ライト）の照明方法を試行した。写真5の左は通常の直接光を当てた画像、右は（アンビエント・ライト）の画像で、全ての面に万遍なく光が当たり、色とびが低減でき、色彩データも取得できた。



通常の照明での画像



アンビエントライトでの画像

写真5. ツタンカーメン比較画像

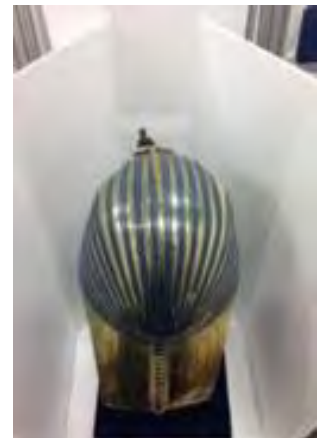


写真6. レフ板アンビエント・ライト

一般的な塗装工場では、塗装面を見やすくするために「柔らかい光」となっている。しかし直接光源による照明を使っているため、角度によって強い反射光が生じ、精密な計測には使えない。光沢部分の色とびを防ぐ照明として、アンビエント・ライトを拡大しレフ板を透過した柔らかい間接光で照明する空間を形成し、自動車フルボディースキャナーを覆う技術を開発する。

対応点の増加

ステレオ画像式は、複数の方向から撮影した各々の画像の中の被写体の特定の一点（対応点）を抽出し、その座標を計算で求め、対応点の集合から外形形状を復元する。ステレオ画像式は形状計測精度が画像間の対応点検出の精度に大きく依存する。特に同じ色で平滑な面が多く、金属のような鏡面反射成分が強く撮影環境によって色彩情報の異なる車体表面や、窓など光を透過する面を持つ自動車を対象とする場合、対応点検出が困難であるという理由から、3次元復元ができないと言われてきた。

対応点を増やす手段として、予備実験した1/24スケールの模様投影技術を拡大し、自動車フルボディーに模様を投影できる技術を開発する。なお、プロジェクタの投影距離やスキャナーフレームなどの干渉のリスクも想定できるため、表面に特徴的な模様をつける噴霧剤とフィルムを貼り付ける対応点増加法も検討する。

研究開発の内容

【1. 自動車フルボディースキャナー撮影技術】（サビア社）

【1-1】マルチカメラスキャニング撮影技術

① スキャナー構造体

複数台のラインスキャンカメラを被写体の周囲に配置し、被写体の長軸に沿って同時に移動させることによって、1回のスキャンで実自動車サイズの被写体の外形データを測定した。

②カメラヘッド移動制御

カメラヘッドの移動を同時制御するPCは1台にまとめる。高精細の大容量画像を取得するPCはカメラヘッドごとに1台ずつ設ける。移動によるスキャナヘッドの振動を抑えるために制振設計を施す。

【1-2】スキャナヘッド制御技術（サビア社）

スキャナヘッドはヘッドアームを伸縮させることによって垂直方向に動き、高さを変えながら前部から後部へ移動する。個々のスキャナヘッドは、被写体との距離を測定し凹凸にあわせて高低制御を行うよう自律制御することで、被写体表面との距離をカメラの焦点深度以内に一定に保ち高解像度を得る。制御PCは、カメラヘッドの移動制御用PCを共用する。

【2】高精度計測技術（サビア社）

【2-1】アンビエント・ライト技術

①サイズ拡大設計

レフ板でスキャナーシステムを円形に囲み、レフ板の裏側にLED光源を装着する。機械的強度、機械的な干渉を検討し、さらに消費電力、熱も考慮して必要最小限のLEDの数と配置を決める。

②製作・特性確認

スキャナカメラで撮影した画像で色とびしていないことを確認する。スキャナー構造物との機械的干渉と構造物などで陰になる部分がないことを確認する。

【2-2】対応点増加技術（サビア社）

以下の①を試作実験し、課題がなければ採用する。課題があれば②、③を試作実験し①の改良案と比較して最適な方法を選定する。

①模様投影法

1/24 スケールへの模様投影技術を実自動車サイズまでスケールアップする。

②噴霧剤吹付法

表面に特徴的な模様を付ける噴霧剤を吹き付ける。

③フィルム貼付法

特徴的な模様を印刷したフィルムを貼り付ける。

【3】3D データ高速復元ソフトウェア技術（サビア社・理化学研究所）

その効率はソフトウェアを稼働させるコンピュータのスペックに大きく左右される。対応点抽出の分解能を高めて処理することによって対応点抽出の増加を狙う。そのため、従来よりコンパクトに高速に動作する3次元復元ソフトウェアの開発を行う。

研究開発の高度化目標

（十二）測定計測に係る技術に関する事項

1 測定計測に係る技術において達成すべき高度化目標

（3）川下分野横断的な共通の事項

②高度化目標

ア. 計測機器の感度上昇

イ. 測定結果の信頼性向上

キ. 低コスト化

自動車開発現場で求められている実物大の自動車の3次元計測を可能とし、自動車1台のスキャンニング時間を短縮し、3次元データ復元ソフトウェアを高速化しデータ処理期間を短縮する。

- ・測定時間の短縮
- ・原寸大の測定
- ・測定の高精度化

技術的目標値

【1】自動車フルボディースキャナー撮影技術【（サビア社）

【1-1】マルチカメラスキャンニング撮影技術

スキャナー構造体：幅 4m×奥行き 7m×高さ 3m、実自動車の撮影が可能なこと

カメラヘッド移動制御：複数台のカメラを同時制御し1パスで画像取得できること

【1-2】スキャナヘッド制御技術

①ヘッドアーム伸縮：1,000mm

目標値：光学解像度 500dpi のパターンが識別できること

【2】高精度計測技術（サビア社）

【2-1】アンビエント・ライト技術

① サイズ拡大設計：幅 4m×奥行き 7m×高さ 3m の大型スキャナの照明ができること

【公開版】

- ②製作・特性確認：スキャナカメラで撮影した画像で色とびしていないことを確認する。
スキャナー構造物との機械的干渉と構造物などで陰になる部分がないことを確認する。

【2-2】対応点増加技術

模様投影法、噴霧剤吹付法、フィルム添付法

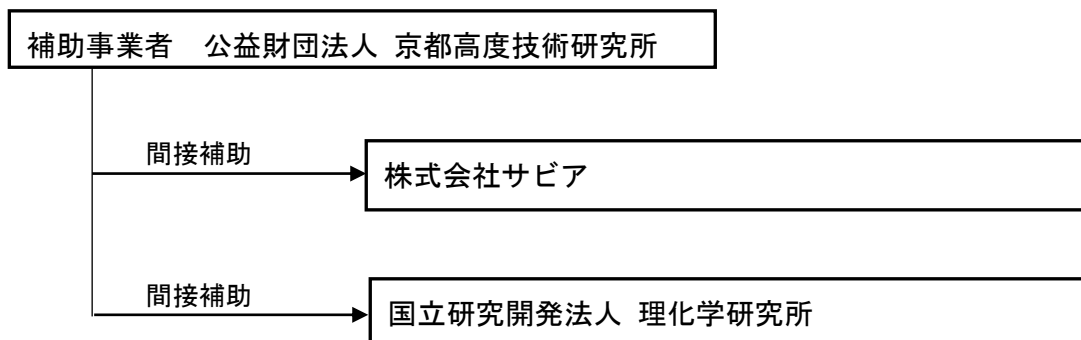
目標値：光学解像度 500dpi のパターンが識別できること

【3】3D データ高速復元ソフトウェア技術（サビア社・理化学研究所）

- ① ソフトウェアの開発
- ②ソフトウェアの改良

目標値：並列処理化。速度は3次元復元処理に6日間

1-2 研究体制



【補助事業者】

<公益財団法人京都高度技術研究所>

管理員

氏 名	所属・役職
山田 真	地域産業活性化本部 企業特化型支援部長
岡本 知子	地域産業活性化本部 企業特化型支援部 次長
浦田 典子	地域産業活性化本部 企業特化型支援部

【間接補助事業者】

<株式会社サビア>

研究員

氏 名	所属・役職
奥村 幸司	代表取締役
真柄 亮太	撮影部
青井 誠也	撮影部
谷口 正明	取締役 営業本部長
古賀 しおり	撮影部
ジェイアールトーケ	技術顧問

<国立研究開発法人理化学研究所>

研究員

氏 名	所属・役職
姫野 龍太郎	情報システム部門 研究開発部門 計算工学応用開発ユニット 開発ユニットリーダー
野田 茂穂	情報システム部門 研究開発部門 計算工学応用開発ユニット 上級研究員

<アドバイザー>

京都大学名誉教授 松久寛

1－3 成果概要

本研究開発は以下の 3 つのサブテーマを挙げ、各々の研究開発を進めた。

テーマ 【1. 自動車フルボディースキャナー撮影技術】

車体形状を短時間で計測し 3D データ化できる自動車用フルボディー 3 次元形状計測技術の開発を目的としてきた。ラインセンサーのスキャニング技術だけでなく、エリアセンサーを用いた 3 次元復元のハイブリッドなシステムに実装した。また既存のマルチカメラスキャニングシステムにスキャナヘッドは合計 5 台のスキャナヘッド（ラインセンサ）を実装し実験を繰り返した。それらの新しい撮影システムおよびソフトウェアに併せて、対応点抽出を増加させるための照明及び表面処理技術の実験も多く実施した。

マルチカメラスキャニングシステムに複数台のエリアカメラアームを追加することで、ラインセンサーだけでは撮影できない複雑形状の自動車パーツなども 3 次元復元が可能となり、様々な自動車やその他の被写体に対応可能となった。

テーマ 【2. 高精度計測技術】

撮影画像を 3 次元復元ソフトウェアで処理する際に、ソフトウェアによる画像の対応点の検出量が重要となるが、対応点を増加させるために様々な模様を被写体表面につけ、3 次元復元ソフトウェアの処理アルゴリズムに最適な撮影・照明・表面処理・画像処理などのプロセスを確立した。

テーマ 【3. 3D データ高速復元ソフトウェア技術】

3D 形状復元ソフトウェア（A-Sift と 3D GAnESA）の開発と高速化を目的に、ソフトウェアの性能改善を実施した。これにより、これまで数日要していた画像処理を半日程度で終了するシステムを実現した。また、特徴量情報として頻度ファイルを出力できるように改造を施した。これらにより、画像処理工程でのトライアンドエラーが短期間で処理できるようになり、結果として限られた期間内に様々な撮影技法のテストが実現できる環境の構築を達成した。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社サビア 総務部 谷口正明 info@sabia.co.jp

電話番号：077-599-4113 FAX 番号：077-599-4114

第2章 本論 研究開発実施内容と成果

2-1 自動車フルボディースキャナー撮影技術

【1-1】マルチカメラスキャニング撮影技術

乗用車を撮影できるサイズのスキャナー構造体（幅4m×奥行き7m×高さ3m）（写真7参照）および5台カメラを同時制御するカメラヘッドの機械（写真8参照）を実装した。80mm レンズを使用し解像度は最大 500dpi を達成した。

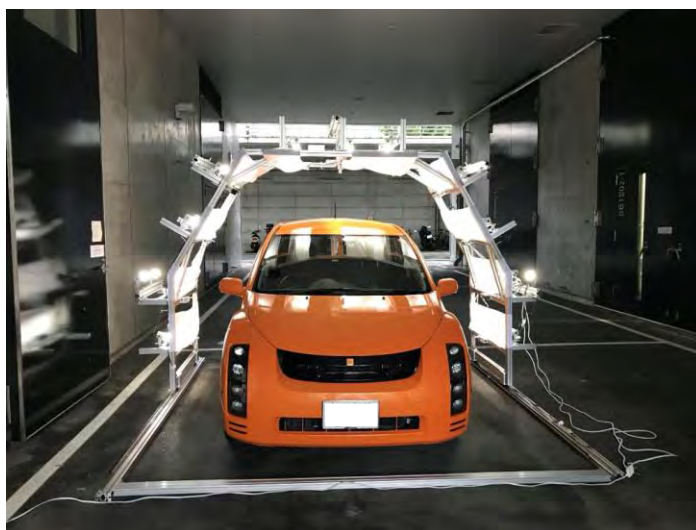


写真7. マルチカメラスキャニングシステム

回り込んだパーツや部位を撮影可能にするために通常の写真測量の手法を使える2400万画素のエリアセンサ5台を搭載したアームも導入し、撮影及び3次元復元に成功した。



写真8. マルチカメラスキャニングシステム-エリアセンサアーム

【1-2】 スキャナヘッド制御技術

カメラ及びレンズが自動電動昇降するスキャナヘッドを5台実装した（写真9参照）。当初はスキャナヘッドのワーキングディスタンス調整幅を1000mmとしていたが、焦点距離を再検証し500mmで機械設計を行った。スキャナヘッド5台同時の解像度500dpiを達成し目標値を満たした。



写真 9. 5 台のスキャナヘッド

2- 2 高精度計測技術

【2-1】 アンビエント・ライト技術

よりノイズの低い画像取得のため照明の角度の工夫を行い、照明照射技術のノウハウを作った。照明は幅4m×奥行き7m×高さ3mの大型スキャナの被写体の自動車を白飛びなどしないような調整できるように実装した（写真10参照）。またスキャナ構造物との機械的干渉と構造物などで陰になる部分がないよう設置した。



写真 10. アンビエンライト実験

【2-2】対応点増加技術

ステレオ画像式は、複数の方向から撮影した各々の画像の中の被写体の特定の一点（対応点）を抽出し、その座標を計算で求め、対応点の集合から外形形状を復元する。自動車表面は鏡面塗装のように光沢が多いため、自動車表面画像より対応点検出することが困難である。対応点検出し易く、3次元復元ソフトのキャリブレーション処理にエラーの出ないような画像を取得する必要がある。本開発では、車体表面に様々な表面処理を施し、撮影→3次元復元処理を繰り返し行い、どのような表面処理が最適であるかを検証した。更に、車体下の背景も3次元復元処理に悪影響を及ぼすパターンがあることがわかり、どのようなパターンが3次元復元の妨げになるかを確認した（画像1参照）。

■表面処理の実験

撮影実験を実施し、模様投影法、噴霧剤 吹付法、フィルムもしくは紙貼付法（写真11、写真12、写真13参照）。を実験して、金属の鏡面を抑え、対応点を増加させ、3次元復元の精度向上を狙った（画像1、画像2参照）。



写真 11. 表面処理された模型と撮影画像



写真 12. プロジェクションマッピングによる表面処理



画像 1. 3次元復元画像



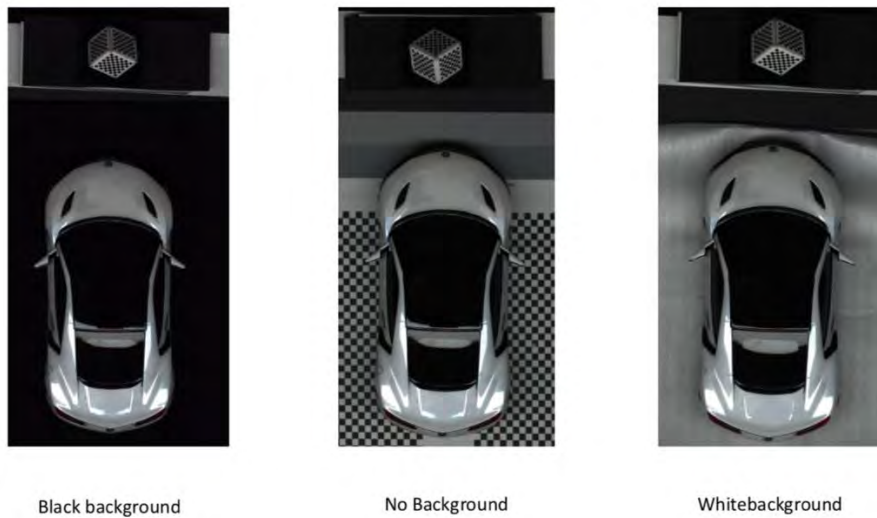
写真 13. 表面処理 薄葉紙貼り



画像 2. 表面処理薄紙表面画像あり 3次元復元ポリゴンデータ

■背景処理

被写体を置く床面（画像 3 参照）の色や柄などによって 3 次元復元に大きく影響する。特にダークな背景色にすると 3 次元復元の際にエラーとなる。ラインセンサー 画像を 3D GAnESA にかけた場合でも、エリアセンサーで METASHAPE にかけた場合でも、ダーク部分はエラーの原因となることが多い。格子柄を背景にした場合は 3D GAnESA では、その格子柄から対応点を抽出するため、エラーの原因となることがわかった（画像 4. 参照）。



画像 3. 背景色の比較



画像 4. 背景柄が影響し 3 次元復元にエラーがでた画像

2-3 3D データ高速復元ソフトウェア技術

■ソフトウェアの開発について（A-SIFT と 3D GAnESA）

スキャンされた高解像度画像からの対応点の抽出は 3 次元復元ソフトウェアで行うが、その効率はソフトウェアを稼働させるコンピュータのスペックに大きく左右される。対応点抽出の分解能を高めて処理することによって対応点抽出の増加を狙う。そのため、従来よりコンパクトに高速に動作する 3 次元復元ソフトウェアの開発を行う。

高速化を実現した 3 次元ソフトウェアの実験環境計算機へのセットアップ及び実証実験を実施し、必要に応じて改良作業を実施し、3 次元復元ソフトウェアの高速化目標を達成した。

特徴点抽出処理での並列処理のチューニングでは、スレッド数増加に伴う使用メモリ量を抑えることを実現し、手元の計算機でも十分処理が可能となった。また、特徴点マッチング処理では

総当たり処理から撮影条件を考慮した探索範囲の削減により、大幅に処理時間を短縮することを実現した。また、動作メモリ量の削減を目的に処理対象画像を分割・処理し、処理後の結果をマージすることで所望の結果を得るように改良を施した。そこで、通常のデスクトップ PC を実験環境計算機とし、3次元復元ソフトウェアのセットアップとその計算機向けの設定を行った。しかしながら、撮影した画像から3次元復元ソフトウェアが認識する特徴量情報が不明という理由から、画像情報から特徴量の情報を知る手段として、特徴量毎の頻度データを出力することにより、特徴点認識閾値設定時の参考データとして利用できるよう改造を重点的に実施した。その結果、頻度データを元に閾値を変更することで、処理される特徴点をコントロールすることが可能となった。

3D 形状復元ソフトウェアの開発と高速化を目的に、ソフトウェアの性能改善を実施した。これにより、これまで数日要していた画像処理を半日程度で終了するシステムを実現した。また、特徴量情報として頻度ファイルを出力できるように改造を施した。これらにより、画像処理工程でのトライアンドエラーが短期間で処理できるようになり、結果として限られた期間内に様々な撮影技法のテストが実現できる環境の構築を達成した。

3次元復元のフローチャート

撮像物体のデータ取得

特徴点の3次元復元

色情報の復元



■ソフトウェアの実装と運用

弊社で用意した下記の仕様の PC に理化学研究所で設定した A-SIFT と併せて 3D GAnESA を実装した。

-ハードウェア情報

CPU : Ryzen 9 3900X コア数 12 (24 スレッド)

メモリ : DDR4-2666 128G

SSD : SSD Intel 760p 2TB (m.2)

OS : Windows 10 Pro 64 ビット

グラフィック : Nvidia Quadro P4000

-ハード向けに設定した処理ソフトのパラメータ

スレッド数=20

-3DGAnESA プログラムの exe ファイルや各種ライブラリファイルなどの置き換え。(写真 14 を参照)。

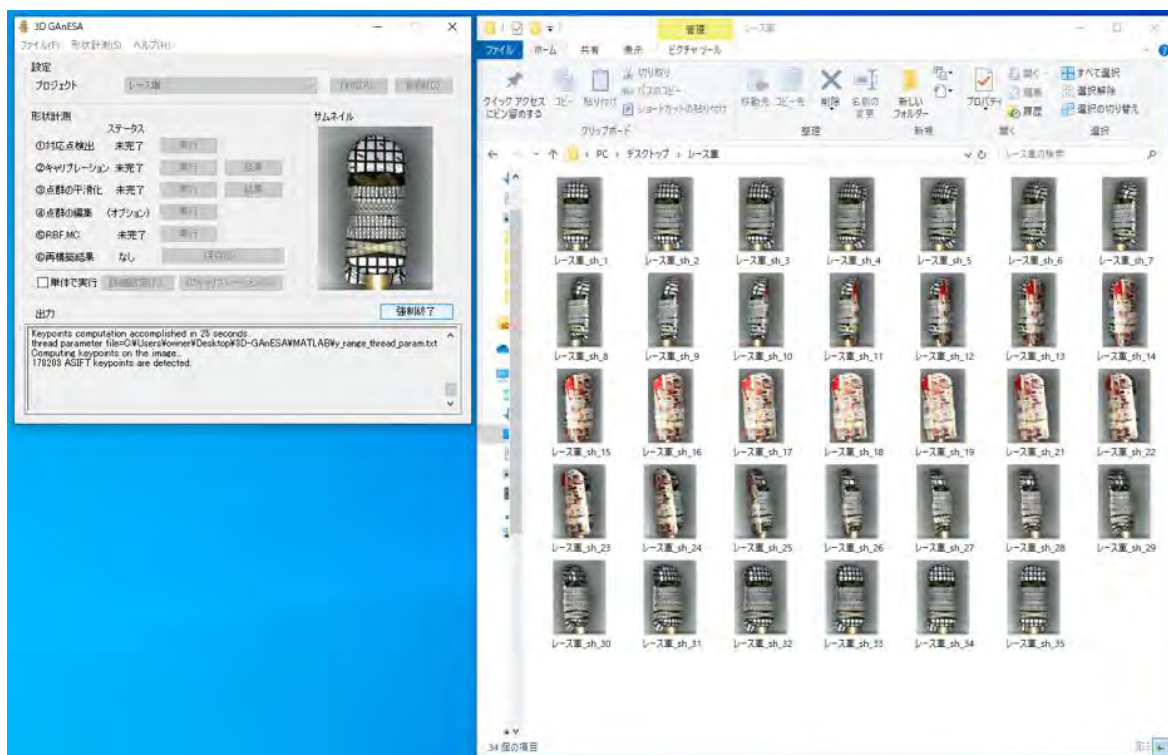
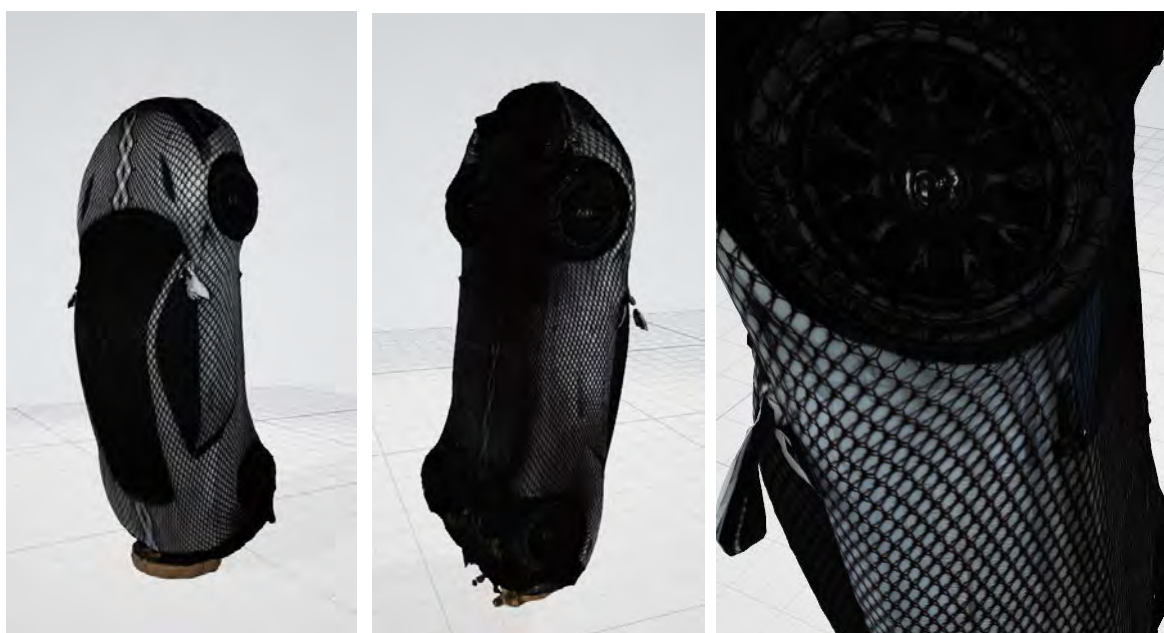


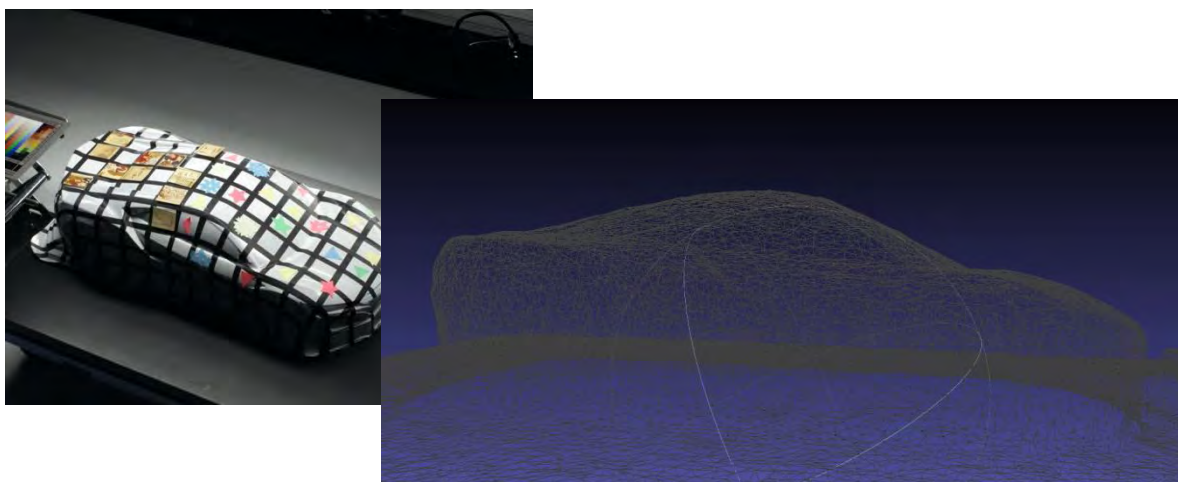
写真 14. 3D GAnESA 稼働中の写真

■実装後の試験稼働

実装後、試験稼働のため 10 種類の被写体を様々なパラメータ設定で 3 次元復元処理にかけた。また過去に撮った実車の画像も処理にかけ、3 次元復元を行った。パラメータ設定に時間はかかったが、問題なく稼働することが確認できた（画像 5、画像 6、画像 7 参照）背景画像を格子柄などにすると 3 次元復元のエラーが出ることも確認できた（画像 8 参照）



画像 5. 3 次元復元完成モデル 1



画像 6. 3次元復元完成モデル 2



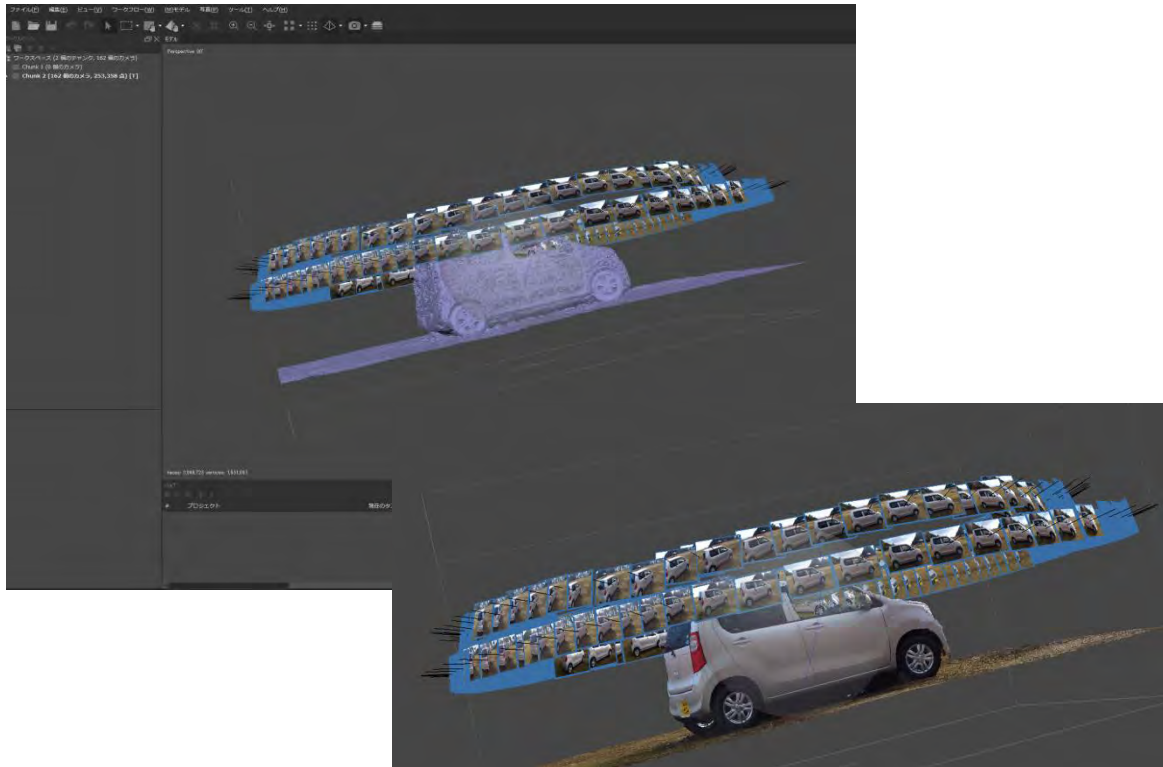
画像 7. 3次元復元完成モデル 3



画像 8. パラメータ設定失敗のエラー復元

■エリアセンサー画像の3次元復元

- ・ 3D モデリングソフトウェア Metashape（画像9 参照）を使用
- ・ 被写体周囲より複数アングルより撮影した画像を用意し3Dモデル化する。
- ・ 背景画像や映り込み画像にダーク部分があると精度が落ちる。
- ・ サイドミラーなどパーツごとにはしっかり3次元復元できた。



画像 9. Metashape での3次元復元

最終章 全体総括

3-1 研究開発成果の総括

平成29年度、平成30年度、令和元年度といずれの年度もハードウェアの開発が継続したが、マルチスキャニングシステムやアンビエント・ライト技術のハードウェア開発については、問題なく終わることができた。また、3D データ高速復元ソフトウェア技術においても、理化学研究所の開発が順調に進み、継続実験を可能とするソフトウェアとなった。

一方で対応点増加技術については、車種による異なる色、光沢、形状、サイズなどで照明や表面処理、背景処理が異なってくるため、ノウハウ蓄積が非常に重要であることがわかった。本研究開発で培ったノウハウを営業活動に活かしたい。

3-2 研究開発後の課題・事業化展開

■想定している具体的なユーザー、マーケット及び市場規模等に対する効果

自動車・鉄道車両・航空機分野においては自動車の空力特性を測定するフルボディー風洞実験装置などが有名である。空力特性は自動車・鉄道車両・航空機の3次元形状の影響を受けるため、風洞実験にかける対象物の3次元形状の測定は、空力と3次元形状の最適化を図るシミュレーション技術に必要となっているが、精度高く自動車・鉄道車両・航空機の風洞実験テストモデルを3次元計測できる技術がない。本提案の3次元計測技術は、風洞実験シミュレーションへの応用が可能であるため、非常に高いニーズが得られると予想される。

現在、風洞実験装置の製造販売は主な重工業メーカーなどが行っており、日本国内で100を超える導入事例を有している（※ホームページなどの事例集より集計）。風洞実験装置が設置されている建物には、通常、形状計測工程もあるため、可能性ある市場としては風洞実験装置の導入数と同規模あると推定する。

■事業化見込み

以前から取引のある風洞・流体の測定技術を販売する商社及びメーカーと協業し、これまで引き合いのあった自動車メーカーからのサンプル測定を行えるようマーケティングの業務提携や社内体制の強化に努めたい。当面はシステム販売だけでなく、測定サービスも積極的に行い、早い段階でのマーケットインを目指す。令和2年度には計測サービスの受注を見込む。

3-3 その他成果

ものづくりの産業だけでなく、新たな表示メディアとして注目される仮想現実（VR）や拡張現実（AR）のエンターテインメント業界への応用が可能であるため、本技術のVRやARの業界でのレベルは世界レベルの技術であるため、ゲームメーカーやコンテンツ業界に本3次元技術を活用した事業を進めていきたい。

またこれまでの文化財デジタルアーカイブにおいても本技術は活用できるため国内外の博物館・美術館に販促する。新型コロナの感染拡大で美術館はネットを介したりモート展示が目される中、本技術で撮った3次元データは魅力的なコンテンツとなると思われる。