

研究報告

音声操作による映像投影を交えた 札幌市時計台模型へのプロジェクション・マッピング

小室 晴陽

北翔大学教育文化学部芸術学科

抄 録

札幌市本庁舎ロビー内で実施した札幌市時計台模型プロジェクション・マッピングの事例と、この作品にインタラクティブ性を加え、鑑賞者の音声を認識してプロジェクション映像を背面に追加投影した作品（NoMaps2018ローカル・クリエイターズ・コレクションに展示）について紹介し、屋内型小規模プロジェクション・マッピングの技術的な側面及びその利用可能性について本研究報告では述べている。会場レイアウト、機器構成、映像制作の方法、音声認識による映像投影の方法と留意点についてまとめ、プロジェクション・マッピング技術の向上のための学習機会の提供としての利用可能性について考察をした。

キーワード：プロジェクション・マッピング、札幌市時計台、建築模型、音声操作

I. はじめに

本研究報告では、筆者が制作指導を行い2018年7～8月に札幌市本庁舎ロビー内で実施した札幌市時計台模型プロジェクション・マッピングの事例を紹介し、得られた投影技術のノウハウをまとめている。また、この企画展示の内容にさらにインタラクティブ性を加え、音声認識による追加の映像を背面に投影させた作品（2018年10月、札幌駅前チカホ、NoMaps2018ローカル・クリエイターズ・コレクションでの展示）の内容についても報告する。なお、本研究報告は、札幌市文化局より委託を受けて筆者が取りまとめた報告書「札幌市時計台ミニ・プロジェクション・マッピング 事例研究報告書（2019.3.29）」をもとに加筆修正を加えた内容となっている。

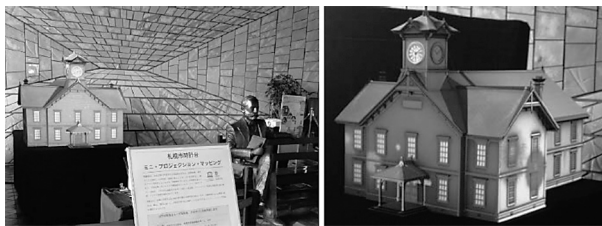


写真01. 「札幌市時計台展」でのプロジェクション・マッピング

この研究報告は、札幌市時計台模型へのプロジェクション・マッピングの取り組みを具体的に報告しながら、

屋内でのプロジェクション・マッピングを行う際の、企画段階での考慮すべき事項、必要な機材類、映像製作上のポイント、安価に実施するための工夫と妥協すべき点、専門知識の無いスタッフが対応する場合の運営上の留意点などについても述べている。

II. 時計台休館期の代替展「札幌市時計台展」

1. 「札幌市時計台展」の概要

国の重要文化財に指定されている歴史的建造物の札幌市時計台は、年間入館者数が約20万人、外観見学者数を含めるとその数倍の観光客が国内外から訪れる名所となっている。外壁・屋根等の塗装劣化にともなう塗替えなどの外部改修工事が必要となったことから、約20年ぶりに外部改修工事を行うことになり、2018年6月1日～10月31日の間閉館され、足場設置中は、外観見学もできないこととなった。札幌市時計台を所管する札幌市市民文化局文化部は、この休館期における代替展示として、「札幌市時計台展」を札幌市役所1階ロビーを会場として、2018年7月23日(月)～8月16日(木)に開催した。この展覧会において、筆者が制作指導した札幌市時計台模型（20分の1模型、サイズ1.5m×1m×1m）へのプロジェクション・マッピングをアイキャッチとして実施し、多くの来場者から好評を得た。

「札幌市時計台展」では、時計台の歴史や概要を解説する16枚の大判パネルを展示するとともに、時計台の塗装変遷や創作映像を投影する時計台模型プロジェクション・マッピングの展示、そして記念写真コーナーとしてのクラークベンチを設置した。4週間の開催期間中、多くの観光客や市民が「札幌市時計台展」に訪れ、その数は約5000人に上った。

2. 会場構成

札幌市役所1階南側のロビー「市民ホール」の西側の展示用スペースとして利用可能な6m×12mのスペースに、時計台パネル展のコーナー、時計台模型プロジェクション・マッピングのスペース、クラーク像ベンチ展示&写真コーナー、札幌国際プラザ外国語ボランティアネットワークの待機スペースが配置された。



写真02. 「札幌市時計台展」会場

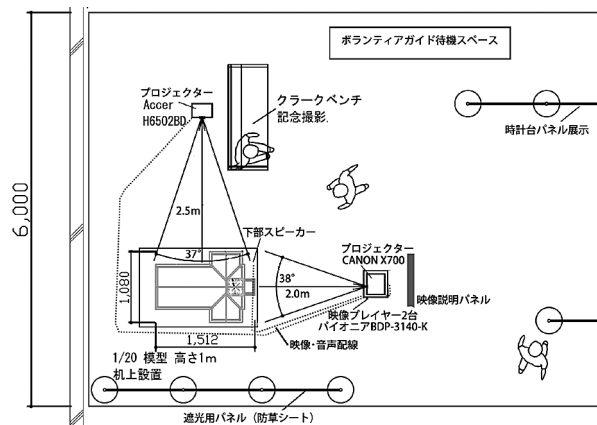


図01. 会場レイアウト

企画段階では、複数のレイアウト案を検討した。2013年に製作した発泡スチロール製の幅3.6m×高さ3.4mの6分の1模型（写真03）の配置も考えたが、投影サイズが大きく、南面窓からの日光の影響を受けてプロジェクション映像が見えにくくなることが予想されたことや、模型としては大きく迫力はあるものの時計台正面部分の模型であるため映像投影が正面からの1面投影になり、プロジェクション・マッピングとしての面白味に欠ける

この理由から6分の1模型は使用せずに、新たに20分の1の時計台模型（幅1m×高さ1m×奥行き1.5m）を製作し、正面と側面の2面から映像を投影することとした。

展示会場の南側の大きな窓からの採光の影響対策として、幅3m高さ2mの遮光用パネルを配置した。遮光用パネルには、市販の防草シートを用いた。防草シートのシート自体の遮光率は90～95%であり、安価なものは150～200円/m²程度で調達可能であった。



写真03. 縮尺6分の1の時計台模型

3. プロジェクション・マッピングの法律上の留意点

プロジェクション・マッピングをする際の法律的な留意点について触れておく。屋内におけるプロジェクション・マッピングについては、法律上の問題は多くはない。飲食等の提供や危険性を伴わない屋内のプロジェクション・マッピングの場合は、施設管理者の許可と施設管理者が示す施設利用上の留意点を遵守し、安全上の配慮を十分行ったうえで実施することとなる。一方、屋外におけるプロジェクション・マッピングの場合には、関係する条例・法律として、屋外広告物条例、景観条例、公園条例、公園法、道路交通法等があり、事前検討を十分行いつつ、関係部署との複数の調整が必要となる場合がある。

国土交通省では、屋外で行われ公衆に向けて表示されるプロジェクション・マッピングについては、屋外広告物法や屋外広告物条例の適用を受ける場合があるとして、事前に関係窓口（札幌市道路管理課や北海道都市計画課等）に相談するように指導し、それを「プロジェクション・マッピング実施マニュアル」の中で示している。加えて国土交通省は、「投影広告物条例ガイドライン」（平成30年3月）を制定し、プロジェクター設置位置の制約条件や投影広告物のあり方、投影広告物の禁止地域や活用地区などについて示している。屋外でプロジェクション・マッピングを行う場合には、これらのマニュアルやガイドラインを活用することが望ましい¹⁾。

4. 使用機材と時計台模型

予算的制約からローコスト化を図ることに配慮した。また、運営管理面から展示期間中のオペレーションを簡素化し、トラブル発生時の復旧の容易さ対応のしやすさの観点から、次に示す機材構成とした。

1) プロジェクター

市販品のプロジェクター2台を用いた。時計台模型への正面映像投影用にCANON社製X700(4000lm)を、側面映像投影用にAcer社製H6502BD(3400lm)を使用した。

プロジェクターの設置調整について説明する。3DCGソフトを用いて時計台の3次元データを作成し、そのデータから正面映像用テンプレートと側面映像用テンプレートを作成した。3DCGソフト上のカメラのレンズ位置と、現地においてプロジェクターのレンズ位置が同じになるように微調整を繰り返して位置合わせをした。



図02. 正面映像用と側面映像用のテンプレート

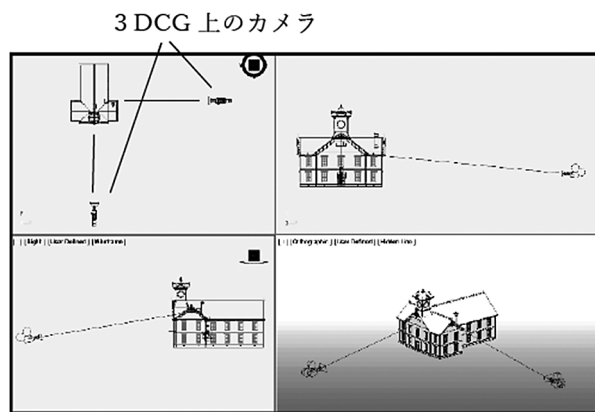


図03. 3DCG上でのカメラ位置調整

2) 映像プレイヤー

USBからの映像再生が可能な映像プレイヤー2台を使用した。機種は、パイオニア社製のブルーレイディスクプレイヤー「BDP-3140-K」である。リモコン1台で2台のプレイヤーを同時に操作し、それぞれのUSBメモリに保存してある正面映像と側面映像を同時にリピート再生させた。

USBから再生できるファイル形式は、MP4, AVI, WMVなどがあり、MP4形式の再生可能な最大解像度

は1920×1080である。光ディスクを使用した場合は、ディスクが回転して映像が出るまでにやや時間がかかるため2台の出力映像にずれが生じる可能性があるが、USBメモリからの映像再生には人が判別できるほどの時間的なずれは見られなかった。また、運営担当者への配慮として、どちらの映像プレイヤーから何の映像が再生されているかが一見して分かるように、映像プレイヤー本体やUSBメモリへのラベル付けを大きく目立つようにした。

投影した映像ファイルの形式と仕様は以下である。

- * 「正面180730. mp 4」15分0秒, 675MB, 1024×768, データ速度5975kbps, 29.97フレーム/秒,
- * 「側面180730. mp 4」15分0秒, 831MB, 1920×1080, データ速度7425kbps, 29.97フレーム/秒

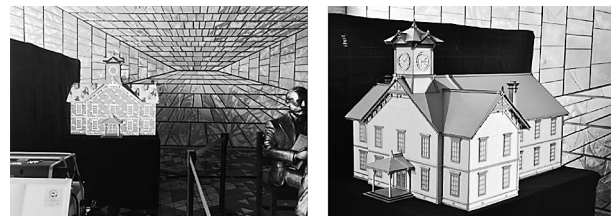


写真04. 時計台模型への映像投影



写真05. プロジェクター2台による投影

3) 20分の1の時計台模型の製作

札幌市時計台模型は、北翔大学小室研究室指導のもと芸術学科の学生が製作した。縮尺は1/20, 外形寸法は、幅1m×奥行き1.5m×高さ1mの大きさである。模型素材は、厚さ5mmと2.5mmのMDF(中密度木質繊維版)と厚さ1mmのバルサ材である。

製作過程を説明しておく。札幌市時計台の3次元モデルを3DCGソフト(Autodesk社3ds-Max2016)で作成し、汎用CADソフト(Autodesk社AutoCAD2016)に展開したのち各部材の製作図を作成して、そのデータをもとにレーザーカッターでMDF及びバルサ材を切断加工し、各パーツ部材を作成してそれらを組み立てた。時計台模型は、ワゴン車で運搬が可能なように時計塔2パーツ、屋根3パーツ、前面建物、後方建物、玄関底部の計8パーツに分かれるようにした。

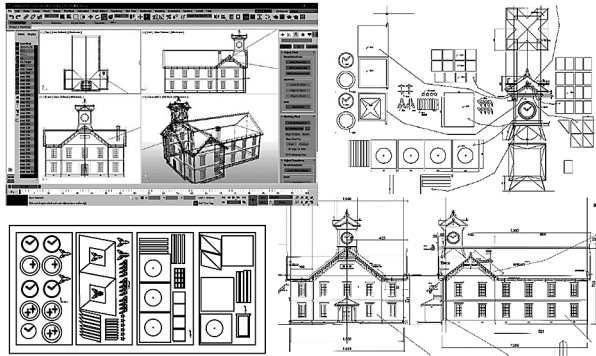


図04. 時計台模型用の製作図



写真06. 時計台模型のパーツ加工と組み立て



図05. 投影した4種の創作映像

Ⅲ. プロジェクション映像の制作

1. 4種の投影映像

制作したプロジェクション映像は、映像A～Dの4種類である。正面映像と側面映像を別ファイルで作成し、2台のプロジェクターで同時に投影した。映像Bと映像Cの正面映像は、2015年2月に札幌市が主催した「学生プロジェクションマッピングコンテスト」²⁾への応募作品である。これらは正面映像のみの作成であったため、そのイメージに合うように、側面映像を新たに追加制作した。映像Aと映像Dは、今回新たに正面映像と側面映像を制作した。最終的な映像ファイルは映像A～Dをつ

なぎ合わせ、それぞれ15分0秒の動画ファイルに編集した。

2. 映像の制作方法

1) 映像テーマと絵コンテの作成

4～5名の学生メンバーからなる2つの映像制作チームに分かれ、それぞれアイデア出しを行って映像テーマ（「動物たちの招き」と「季節の移ろい」）を決定したのち、絵コンテの作成に取り掛かっていった。絵コンテ用紙は、思いついた映像のアイデアをそれぞれに書きとどめるメモ用紙として使われつつ、素材画像を分担して作成する際にも活用した。



写真07. アイデア出しと絵コンテ用紙

2) テンプレート画像の作成

正面映像と側面映像を作成する際の元となるテンプレート画像を3DCGで時計台建物の3次元モデルを作成して、カメラ位置を調整しながら作成した。陰影を強調したモノクロCGパースであり建物外形のマスクング画像、建物パーツごとにレイヤを分けて作成した。使用した3DCGソフトウェアは、Autodesk社「3ds-Max 2016」である。

3) 時計台外装の塗装変遷画像（キーイメージ）

1995年に行われた札幌市時計台の保存改修工事の際の調査で、時計台の歴代の塗装の変遷が明らかにされていた。札幌市市民文化局文化財課からこの内容をまとめた展示パネルの画像データの提供を受け、その内容と前述のテンプレート画像をもとに時計台の歴代の塗装変遷を表すキーとなる画像（キーイメージ）を作成した。これは立面図ではなくカメラ位置からみたパースバクティブな画像になっている。

また、時計台の外装色が部位ごとに変化する映像を制作するための元となる36枚のレイヤに分かれた画像も作成した。これによりレイヤの表示・非表示の切り替えやレイヤに加工を加えることで容易に多くのバリエーションを作成することができた。

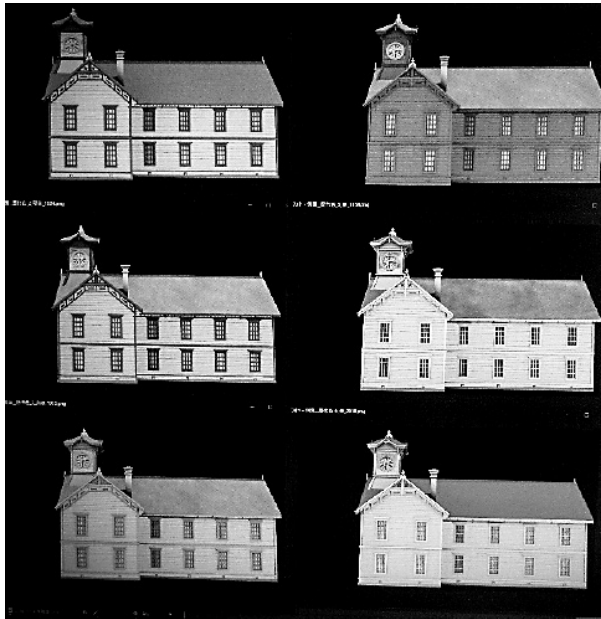


図06. 側面映像用の歴代の塗装変遷を示すキーイメージ

4) プロジェクション用の創作映像の制作・編集

テンプレート画像やキーイメージ、素材画像をもとにプロジェクション用の創作映像を制作していった。使用したソフトウェアは、動画編集ソフト「Adobe After Effects CC」（映像のデジタル合成や各種映像エフェクト機能・タイトル制作などを有するソフトウェア）、ノンリニア映像編集ソフト「Adobe Premiere Pro CC」、各種映像フォーマットへの変換・動画レンダリング用のエンコーダー「Adobe Media Encoder CC」である。これに加えて静止画像の作成加工にビットマップ画像編集用に「Adobe Photoshop CC」、ベクトルデータ画像編集用に「Adobe Illustrator CC」等も使用した。

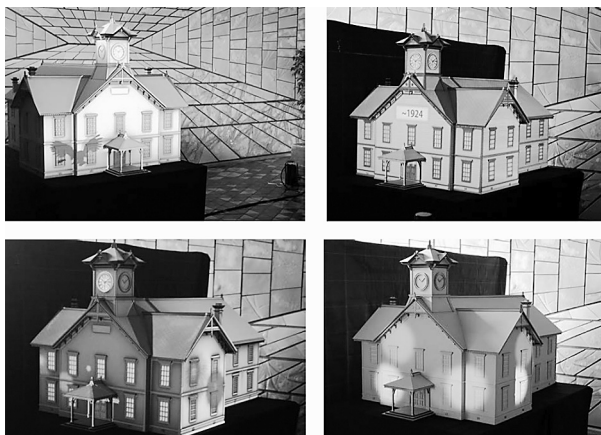


写真08. 時計台模型への映像投影

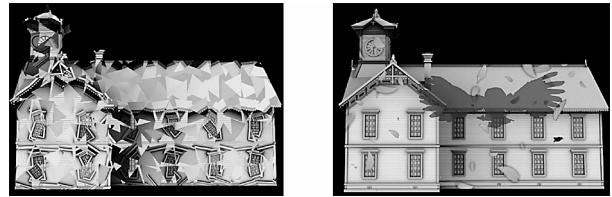


図07. Adobe After Effectsで作成した側面映像

IV. 屋内型小規模プロジェクション・マッピングの留意点

1. 小規模な屋内型のプロジェクション・マッピング

実物の建築物や建造物を対象に屋外で行われる屋外型のプロジェクション・マッピングに比べて、今回のような小規模な屋内型のプロジェクション・マッピングの機器構成は、シンプルでありローコスト化が可能である。

小規模な屋内型のプロジェクション・マッピングは、現場でのセッティングやオペレーションに専門技術者の支援を得ることなく行うことが可能である。学生グループなどのプロジェクション・マッピング初級者や、専門外のスタッフにより運営することもでき、それでいてプロジェクション・マッピングの核となる3次元造形物への投射映像の制作に関しては、本格的な技術の習得やデザイン力・映像表現力の向上を効果的に図っていく機会にもなる。さらに、投射対象の建築模型や立体物の造形を工夫することによって、アート性、エンターテインメント性、メッセージ性の面で、プロジェクション・マッピングの表現の可能性をある程度追及できるトレーニングシステムとなろう。

このように、屋内型の小規模プロジェクション・マッピングは、単にローコスト化のメリットだけではなく、プロジェクション・マッピング技術習得の面で教育効果が高いというメリットもある。

次に一般的な屋外型プロジェクション・マッピングとの比較からその特徴をまとめておく。

2. 一般的な屋外型プロジェクション・マッピングの機器構成と作業工程

1) プロジェクター

大画面投影に高輝度投影が可能な業務用プロジェクターを複数台用いることが多い。

2) 映像プレイヤー

映像出力用の高性能パソコン、あるいは映像出力専用メディアプレイヤーが用いられる。映像出力にパソコンを用いる場合、映像再生の手順が複雑であるため専用のオペレータやパソコンに詳しいスタッフを配置する必要

がある。

3) プロジェクション・マッピング専用ソフトウェア

建物の形状に合わせて投影映像を部分的に加工し、映像コンテンツを選択して再生する機能を有するソフトウェアを用いる場合が多い。投影する映像コンテンツの種類が多く、切り替えて投影する機会が頻繁にある場合は便利だがハイスペックなパソコンが必要となる。

4) ケーブル配線・複数機器の制御

複雑で長尺化したものとなり、特殊ケーブルや増幅器、信号変換などが必要となる。複数の映像再生用パソコンを同時に制御するためのソフトウェアやプログラミング、LAN配線も必要となる。

5) 映像制作

投影対象となる建築物の撮影や撮影画像の加工、実写画像からのテンプレート画像の作成が必要である。映像表現によっては、投影対象となる建築物の3次元モデルも作成する。

実物の造形物等にプロジェクションする場合は、映像制作の事前作業として、投影対象の建造物をデジタルカメラで撮影し（静止画及び動画）、それを画像編集ソフトや動画編集ソフトで加工して映像制作用のテンプレート画像や素材データとして準備しておく必要もある。また、必要に応じて投影対象の建造物の3DCGデータを作成し（建築図面あるいは実景写真からのモデリング）、3ds-MaxやMaya、CINEMA 4Dなどといった3DCGソフトでアニメーション制作をする。

その他の映像制作の工程は、基本的に屋内型の小規模プロジェクション・マッピングも同じであり、映像を作り込むには高性能なPCや専用のソフトウェアが必要で、複雑な表現を行うには操作が難しく工程も多く時間がかかることは同じである。

6) 現場運営

機材調整や専用ソフトをオペレーションする専門スタッフの常駐が必要である。規模によってはさらに統括責任者・現場監督等の常駐も必要となる。

3. 屋内型の小規模プロジェクション・マッピングの機器構成と作業工程

1) プロジェクター

市販用プロジェクターを使用。投影サイズが小さいため3000～4000lmでも高輝度投影が可能。

2) 映像プレイヤー

USBからの映像出力が可能な安価なBD/DVDプレイヤーを使用した。映像出力にやや手間がかかるパソコンを使用しなくてもよい。2台のプレイヤーを1台のリモコンで操作し、USBメモリから同時に映像をリピート再生できる。映像フォーマットや解像度が固定されて

いる場合があるので注意が必要である。光ディスク使用の場合は、ディスクが回転して映像が出るまでにやや時間がかかるためUSBメモリからの映像再生がよい。映像出力専用のメディアプレイヤーは、映像を表示する単一の機能に特化しているため操作が簡単でリモコン操作ができるものが多く、USBメモリやSDカード対応もある。ただし、投影解像度やアスペクト比の変更など映像を変形・加工して投影する自由度は、専用ソフトを用いたパソコンより低い。

3) プロジェクション・マッピング専用ソフトウェア

映像投影用の専用ソフトウェアや高性能のパソコンを用いる必要がない。

4) ケーブル配線・複数機器の制御

HDMIの映像ケーブルは最長でも10m以内であったため、信号増幅器は使用せずシンプルな配線となった。特殊ケーブルや増幅器、信号変換、LAN配線の必要がないことが多い。

5) 映像制作

建築模型を作成するためのあらかじめ作成していた建築模型の3次元データがあるため、プロジェクション映像制作のためのテンプレート画像は、その3次元データから加工し作成すればよい。この他、映像制作については基本的に屋外の一般的なプロジェクション・マッピングと同じである。

6) 現場運営

専門スタッフは不要で、簡単なマニュアルを用意することで不慣れな当番者でも対応可能である。

V. 音声操作による映像投影

2018年10月10日(水)～14日(日)に札幌駅前通地下歩行空間(チカホ)札幌駅側イベントスペースで開催された札幌のクリエイティブ系イベント「No Maps(ノーマップス)2018」のローカル・クリエイターズ・エキシビジョンに音声操作による追加の映像投影を加えたメディア・アート作品として、「札幌市時計台模型プロジェクション・マッピング&音声で花火をとばしてみよう!」を展示した。筆者が制作指導を行い芸術学科有志学生が制作した。先に説明した時計台模型への創作映像のプロジェクションに加えて、背面に設置した複数の半透明スクリーンに、音声を認識して再生されるように設定した数種の創作花火映像を鑑賞者の音声指示に合わせて投影されるようにしたインタラクティブ性を加えた作品である。

Windows10に実装されるようになった音声操作・入力機能を活用し、創作した花火映像のファイル名の「オレンジの花火」、「スターマイン」などをマイクに向

かって発声することで、ノートPCがそれを認識して映像ファイルを再生し、プロジェクターから時計台模型の背景映像として花火の音声とともに映し出されるようにした。子ども連れの親子や若い方から年配の方まで、多くの見学来場があった。



写真09. 音声操作による映像投影



写真10. 音声操作による映像投影

VI. 新たな展開に向けて

最後に、本研究報告で紹介した「札幌市時計台ミニ・プロジェクション・マッピング」にみられる建築模型を活用した屋内型のプロジェクション・マッピングの発展可能性について触れておきたい。

1. 札幌の若い世代のプロジェクション・マッピング技術の向上のための学習機会の提供

- ・“映像制作を学ぶ若手クリエイター向けのチカホ北2条広場でのまちなかワークショップ”の開催など、運営や機器構成や機材調達面で小規模な屋内型のプロジェクション・マッピングは、屋外に比べて実施しやすく、繰り返しの開催や巡回も可能である。
- ・模型を用いることで投影対象物の造形の自由度が高くなり、習熟度に応じた題材選択が可能となる
- ・観光資源や文化財としての価値の高い造形物の模型を用いることで、映像制作過程において対象物の都市

的・文化的な文脈での理解にもつながる

2. 教育講座や観光PRイベントでの活用

- ・札幌市時計台館内の一時的な展示物として、映像コンテンツを入れ替えるなどして展示も可能であろう。
- ・「札幌市時計台の歴史を知る」など、小中学校や生涯学習施設などで開催する教育巡回イベントやまちなか市民講座、まちなか授業等での活用が考えられる。
- ・Sapporo* north 2チカホ北2条広場等で放映する観光客向けの映像横の併設や、道外・海外で行う札幌観光PRイベントでアイキャッチとして利用もあろう。

3. PRツール、コミュニケーションメディア、アートメディアとしての新たな表現法の実験的検討

- ・マンション販売の営業ツールとして顧客の注意を引く模型投影型プロジェクション・マッピングや、
- ・インタラクティブ性を取り入れた映像表現、
- ・都市模型や地形模型等のジオラマ展示での活用、なども考えられる。

これまで述べてきたようにプロジェクション・マッピング技術の習得のための身近な教育ツールとなることはもちろんのこと、実務の世界でも商品PRイベントやマンションギャラリー、ジオラマ展示など、様々な場面において多様な屋内型プロジェクション・マッピングの活用事例を目にするようになるであろう。PRツール、コミュニケーションメディア、アートメディアとしてのさらなる活用が期待できる。

註：

1) 国土交通省の関連サイト：

http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000269.html

2) <http://www.city.sapporo.jp/kikaku/creativecity/projects/pmcontest/index.html>

3) 映像制作の参考にした書籍

「プロジェクション・マッピングの教科書」、田中健司著、シーアンドアール研究所、2017.4

「プロジェクション・マッピング入門」、尾崎マサル著、玄光社、2013.9

「After Effects標準エフェクト全解」石坂アツシ他、株式会社ビー・エヌ・ネヌ新社、2016.12

「Premiere Pro & After Effects いますぐ作れる！ムービー制作の教科書」阿部信行、技術評論社、2015.11

「After Effects標準テクニックブック」、石坂アツシ他、株式会社ビー・エヌ・ネヌ新社、2014.4

- 4) 映像制作に参考としたWebサイト：
- <https://helpx.adobe.com/jp/support/after-effects.html>
 - <https://helpx.adobe.com/jp/after-effects/tutorials.html>
 - <https://ae-style.net/basic/>
 - <https://helpx.adobe.com/jp/support/premiere-pro.html>
- 5) 動画素材や音源提供Webサイト
- <https://www.youtube.com/watch?v=9fl9BkCcyV8>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=yt19C-ixrr0>
 - https://www.youtube.com/watch?v=_OG2MQ5cEq0
 - <http://www.hmix.net/>
 - <https://ae-style.net/materials/>