

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560750

研究課題名(和文)敷地環境の点群データを活用した3次元設計教育手法の開発

研究課題名(英文)Development of the Education Technique on 3-D Spatial Design using the Point Cloud Data of Site

研究代表者

下川 雄一 (Yuichi, Shimokawa)

金沢工業大学・環境・建築学部・准教授

研究者番号：90308586

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：敷地環境の点群データを活用した3次元設計教育手法の開発として、被験者による設計実験を行い、設計過程における点群データの活用性を分析した。分析対象のデータとして、エスキス毎に作成された設計図書、エスキス毎に記入されたチェックシート、設計完了後の設計作品の評価情報とヒアリング結果の4種類である。結果として主に以下の2点が明らかとなった。

高性能なPC環境でなくとも、敷地環境の観察に相応しい密度の点群データを参照しながら設計作業を進めることが可能である。

点群データを活用することで、スケール感の把握や町並み景観との関係理解等、より実態に即した設計案の検討が行いやすくなる。

研究成果の概要(英文)：As a development of three-dimensional design teaching methods utilizing the point cloud data of site and its surrounding, I conducted design experiments with subjects, we analyzed the usage characteristics of the point cloud data in the design process of each. Analyzed data consists of the following four types mainly. 1)documents created in each esquisse, 2)check sheets asked to fill in each esquisse, 3)evaluation of design work handed in, and 4)results of interviews with subjects. The following two points revealed mainly as a result.

(1)Even without a high-performance PC environment, it is possible to proceed with the design work while viewing the point cloud data with the density required for the observation of the site environment.

(2)By taking advantage of the point cloud data, it becomes easy to review design plan with reference to the actual situation such as grasping the sense of scale, understanding relationship with cityscape, etc.

研究分野：建築情報教育

科研費の分科・細目：建築学・都市計画・建築計画

キーワード：点群データ レーザー計測 CAD 設計環境 3次元 モデリング BIM

1. 研究開始当初の背景

(1) 大学建築教育における CAD/CG の利用は、製図やプレゼンテーションツールとしての教育の枠を超え、アルゴリズムックデザインによる形態生成、熱や流体等の環境シミュレーション、構造解析技術を含む BIM 教育、デジタルファブリケーション教育等に展開されつつある。3次元 CAD による設計教育は設計根拠の客観性を重視した形にシフトしつつあるが、内容が高度になるため、学部教育の後半（もしくは大学院）での導入や複数教員による連携なども必要になる。また、それらをより確実に実施するためには、3次元で建築を考える訓練をその前段階で効果的に実施しておく必要があり、そのための更なる教育的工夫も求められる。

(2) 近年、地上型レーザー計測装置の開発や普及が盛んになっており、建設コンサルティング技術の一つとして環境調査や各種文化財建造物の計測に多く用いられるようになってきている。正確に建物の3次元形状を測量可能なことから、建物の改修前の現状分析など、3次元設計の開始段階における BIM データ構築のための基礎データとしての認知度が徐々に高まってきている。このような状況は、レーザー計測装置の技術開発や、その成果物としての点群データの処理に対応したソフトウェア群（点群処理エンジン）の発達も大きく寄与している。以前はそれらのソフトは3次元設計用の CAD とは異なるものであったが、最近では CAD のプラグインソフトとして搭載される他、点群処理エンジンを標準搭載した CAD ソフトも出てきている。

(3) 申請者は木造伝統建築の耐震改修のための現状分析、および伝統的街並み調査等においてレーザー計測の活用を試みている。前者の研究では耐震改修のための基礎調査としてレーザー計測を実施し、建物の傾斜分析、破損図作成、3D データベース作成のための3次元モデリング等を進めた。後者では、伝統的木造町家群のレーザー計測を行い、建物ファサードの記録のための定量的な計測手法や木材を計測した場合の点群データの特性を明らかにした。レーザー計測は測量技術の1つであるが、得られた点群データは RGB の色情報を保持しており、点群の密度が高ければ実空間の色彩や素材感に関する再現性も高い。本研究はそのような点群データの持つ実空間の立体的、色彩的再現性に着目し、建築物の3次元設計に活かすための作業環境や設計訓練のための教育手法を開発しようとするものである。研究計画に先立ち、オリジナルに学生が設計した3Dモデルと伝統的町家群の点群データを合成し、ウォークスルーを試みたが、設計案を検証する上で敷地周辺環境の点群データの存在は非常に訴求力を持つものである事が確認できた。点群データの中でリアルタイムに3次元設計を進める作

業環境がまだ構築できていないため、本研究ではそのような環境の導入と設計実験による効果の検証を進めていきたい。

2. 研究の目的

近年、建築産業界においては BIM (Building Information Modeling) のアプローチによる建築設計プロセスの3次元化が加速し、建設プロセスをより生産性の高いものにしようとする動きが見られる。これに対して、建築教育でもより効果的に3次元 CAD の活用を図る必要がある。本研究では、近年リバーエンジニアリング技術として認知度が高まってきているレーザー計測技術に着目し、そこから得られた高精度の既存建築物や敷地周辺の点群データを参照しながら対話的に3次元設計を進める手法の開発を目的とする。これは建築教育的視点において、建築初学者に対する立体思考、既存建築物や敷地特性に対する洞察力や対話力などの醸成を図らんとするものである。技術的には点群データと従来の CAD データを同時に処理可能なソフトウェア技術の活用手法技術の明確化と運用による検証を目的としている。

具体的には、設計者が敷地周辺の点群データを参考にしながらエスキスを進める際の効果や問題を明らかにすることである。尚、設計支援環境という視座においては、点群データをそのまま用いるか否かという選択肢がある。すなわち、既往の CAD や CG によるシミュレーション手法の研究では、敷地環境を3次元 CAD モデルや VR データ等で表現し、そこに設計対象物のモデルを合成しシミュレーションする方法が一般的であり、今後も同様の方法が継承されていくものと考えられる。そのため、点群データから効率的に CAD モデルを作成するアルゴリズムの研究等も多方面で実施されている。しかし、本研究の位置付けとしては、高度な IT リテラシーを持たない設計者でも利用可能な設計支援環境を模索するものであり、点群データへの特殊な加工をせず、そのままの状態ですぐに利用できる方法を探ることが望まれるものと仮定し、研究を進めた。

3. 研究の方法

(1) 平成 24 年度の設計実験

複数の被験者(3年生 10名)を対象として、点群データを用いた設計実験を行ってもらった。点群データ内でモデリングが可能な作業環境 (SketchUp+Pointools) で設計実験を行ったのは 10 名中 3 名であり、他の 7 名は点群データの閲覧専用ソフト (RealWorks Viewer) で参照しながら設計を進めるスタイルとなった(この状況は保有していたソフトウェアの本数と被験者の希望を踏まえて調整した結果である)。点群データは全体で 1000 万点程度のものを使用してもらった。

設計実験は設計演習授業科目の設計演習

課題作成の一環として実施してもらった。設計期間は約1ヶ月である。分析対象としたデータは、被験者に依頼した、エスキス毎の設計図書とエスキス毎に記入してもらったチェックシート、および設計作品の評価情報の3種類の情報である。

(2) 平成25年度の設計実験

複数の被験者(4年生8名)を対象として、点群データを用いた設計実験を行ってもらった。点群データ内でモデリングが可能な作業環境(SketchUp+PointoolsもしくはRevit Architecture)で設計実験を行ったのは8名中7名であり、他の1名は点群データの閲覧専用ソフト(RealWorksViewer)で参照しながら設計を進めるスタイルとなった(被験者の希望を踏まえて調整した結果)。前年度と同様、使用した点群データは全体で1000万点程度のものであった。

設計実験はゼミの設計演習課題として実施した(被験者は24年度と重複していない)。設計期間は約2か月である。分析対象となったデータは、上記3種類の他、設計完了後のヒアリング結果の計4種類の情報である。

(3) 設計実験で使用したチェックシートでは、エスキス毎に下記の質問に回答してもらった。

- エスキス作業の内容(選択肢から選択)
- 点群データ閲覧の有無
- 点群データの延べ閲覧時間
- 点群データの閲覧目的

4. 研究成果

ここでは、平成24年度と25年度の被験者実験を照らし合わせながら、分析から得られた結果を述べる。

(1) 操作性

最初の点群データ利用時に使用PCの性能や点群データの動作確認をしてもらった。また、チェックシートにおいてエスキス毎の点群データの操作性を確認した。結果、32bitのノートPCを利用した被験者は「動作が鈍い」、64bitのデスクトップPCを利用している被験者は「問題なく動作する」と回答する傾向があった。但し、32bitノートPCでメモリ4GB程度の環境でも点群データを参照するだけならば問題なかった。また、64bitで8GB以上のメモリがあっても、点群データと同一座標空間においてモデリングを進めるうちに動きが鈍くなる状況も確認された。

(2) 閲覧頻度

平成24年度の設計実験における、全体での点群データの閲覧頻度(全被験者の延べ閲覧回数/全被験者の延べエスキス回数)は約3割程度であり、平成25年度の設計実験もほぼ同じ程度であり、学年による違いは見られなかった。但し、いずれの年においても個人差は大きく、1割程度の閲覧頻度(エスキス

10回の内、1回のエスキスにおいて点群データを閲覧した)の被験者から、100%の閲覧頻度(毎回少なからず閲覧)の被験者もいた。

(3) 閲覧時間

平成24年度の設計実験における、全体での点群データの閲覧時間割合(全被験者の延べ閲覧時間/全被験者の延べエスキス時間)は約1割程度であり、平成25年度の設計実験では約3%であった。これは設計期間の違いや、被験者毎の総エスキス時間の違い(平成24年度は平均41時間、平成25年度は平均80時間)が影響していると考えられる。これは、設計期間が伸びる程、総エスキス時間に対する閲覧時間の相対的な割合が減少することが考えられる。また、25年度(4年生対象)においては、全員が同じ敷地での設計課題を3年次に経験しており、2度目の敷地であったことが影響している可能性も高い。

(4) 閲覧目的

チェックシート内で、点群データを閲覧した際の主な目的を回答してもらった。選択肢として以下のものを設けた。

- a) 敷地のスケール感を把握するために観察した
- b) ゾーニングを考えるために周囲の建物の用途やデザインを観察した
- c) 外溝計画やランドスケープを考えるために周囲の環境条件や建物群を観察した
- d) 周辺建物との高さの関係を考えるために周囲の建物の高さやデザインを観察した
- e) アプローチについて検討するため、周囲の建物の用途やデザインを観察した
- f) 開口部の位置や大きさを検討するため、周囲の建物や風景を観察した
- g) その他()

図1の通り、平成24年度の設計実験ではc)とe)の回答数が群を抜いて多かった。これは、設計課題において“建築とランドスケープを一体化すること”が主テーマとなっていたことが影響した可能性が高い。これに対し、平成25年度の設計実験は4年生を対象としており、被験者によって設計課題内容が異なっていたため、f)とg)以外の回答が比較的均等に見られ、最も多かったのはa)であった。

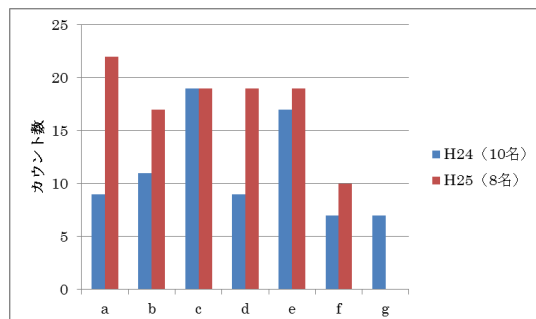


図1 点群データの閲覧目的

(5) 閲覧のメリット

チェックシート内で、点群データを閲覧して感じたメリットについて回答してもらった。選択肢として以下のものを設けた。

- A) 敷地全体のスケール感を感じられた
- B) 周囲の街並み景観との関係性を考えやすかった
- C) 周囲の建物との高さ関係性を考えやすかった
- D) 全面道路のスケール感を把握しやすかった
- E) 用水との関係性を考えやすかった ()
- F) 街路樹等との関係性を考えやすかった ()
- G) その他 ()

平成 24 年度は被験者全員が同一の敷地で設計を実施し、25 年度はその敷地に加えて別のもう 1 つの敷地も選択可能としており、計 2 種類の敷地が存在したが、いずれの敷地においても用水や街路樹が存在した。

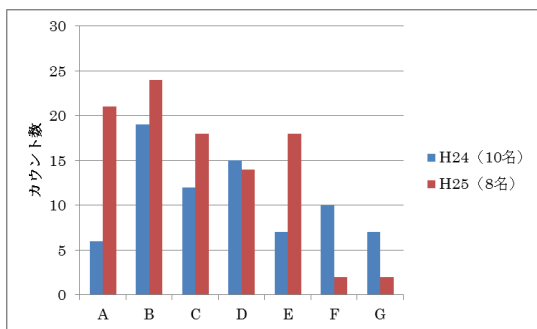


図 2 点群データを閲覧して感じたメリット

図 2 の通り、両年度の設計実験において共通して回答数が多かったのは B) であった。点群データが有する 3 次元的、色彩的な再現性の高さが景観を検討する上で効果的だったことが考えられる。一方、A) の回答は年度によって大きく回答数が異なっており、平成 24 年度 (3 年生対象) よりも 25 年度 (4 年生対象) の方がスケール感を感じられる利点を強く認識していた。25 年度では敷地の選択肢が 1 つ増えているものの、敷地の違いによる差は見られなかったことから、設計期間が長いことや、より上位学年である (設計技術がやや上達している) こと等の要因から、他の選択肢と比べてやや抽象的な空間尺度をより強く認識できていたことが推察される。

(6) 点群データ内でのモデリング効果

平成 24 年度は 10 名中 3 名、25 年度は 8 名中 7 名が、点群データ内でモデリング可能な作業環境で設計実験を実施した。この計 11 名に対し、チェックシート内で、点群データ内で 3 次元エスキスすることで感じたメリットについて回答してもらった。選択肢として以下のものを設けた。

- 敷地の中で実際に建物を建てる感覚があった
- 敷地全体のスケール感を感じやすかった
- 周囲の街並み景観との関係性を把握しやすかった
- 周囲の建物との高さ関係を容易に確認できた
- 全面道路のスケール感を把握しやすかった

- 用水との関係性を確認しやすかった
- 街路樹等との関係性を確認しやすかった
- その他 ()

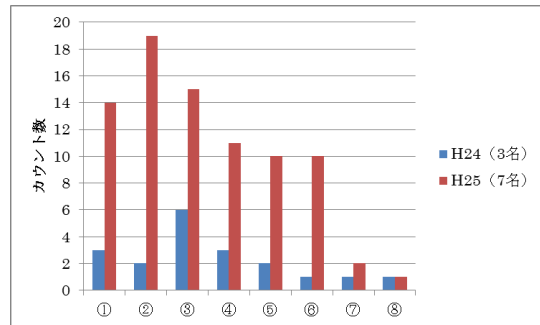


図 3 点群データ内 3 次元エスキスのメリット

実施年度に関係なく、総数で回答が多かったのは ② である (図 3)。平成 24 年度は ③ の回答が最も多く、点群データ内でモデリングすることで、周囲の街並み景観の関係性を把握しやすくなったことが考えられる。25 年度は ② の回答が最も多く、24 年度の傾向とやや異なる。前項で述べた内容と重複するが、設計期間が長い、もしくは、より上位学年である方がスケール感を認識し易いことが考えられる。

(7) まとめ

本研究を通して、点群データを参照したり、また点群データの中でモデリングを行ったりしながら設計を進めることで、スケール感の把握、町並み景観との関係理解など、従来の設計環境とは異なる設計案検討の支援が可能であることが確認できた。ハード面では、使用する点群データ量が 1000 万点程度であれば通常の PC でも点群データを参照しながら設計進行が可能であること、また、一定の性能 (64bitOS 且つメモリ 12GB) 以上の PC 環境があれば、ほぼ問題なく、点群データと同一座標空間内での 3 次元設計が可能であることが確認できた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

下川雄一、敷地・周辺環境との対話性を高める設計環境に関する研究～設計実験による敷地周辺点群データの活用性の評価～、日本建築学会北陸支部大会、2013.5.19、金沢工業大学 (石川)

下川雄一、設計プロセスにおける敷地周辺点群データの利用効果に関する研究、日本建築学会第 37 回情報・システム・利用・技術シンポジウム、2014.12.11-12、建築会館 (東京) (発表予定)

[図書] (計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計0件）

取得状況（計0件）

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

下川 雄一 (SHIMOKAWA, Yuichi)

金沢工業大学・環境・建築学部 建築デザイン学科・准教授

研究者番号：90308586

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし