

2024 年度

摂南大学大学院理工学研究科 社会開発工学専攻
摂南大学理工学部 建築学科

修士論文梗概集
卒業論文梗概集

2025 年 3 月

摂南大学理工学部 建築学科

ごあいさつ

2024 年度 修士論文・卒業論文梗概集の刊行によせて

日頃より、摂南大学理工学部建築学科の教育・研究にご理解とご協力を賜り、心より感謝申し上げます。

今年度、学生の主体的な自習活動を支援するために建築学科製図室の什器を刷新・整備しました。6名がA2製図版を設置できるようなテーブルとして、製図版を置かない時には創作活動やグループワーク、ディスカッションができるよう、多くの仲間とともにチームワーク力の醸成にもつながるように努めております。そのため、授業外でこの製図室を積極的に使う学生も多くなっていました。今後も施設、環境面からも学生を支援していけるようにと考えております。

学部4年生と修士2年生は、これまでの学び、その知識と技術を応用した集大成として、一人ひとりがオリジナルな研究課題に向き合って参りました。研究面において、従来の価値観では前に進まないことが多々あるなかで、これまでにない手法や可能性に粘り強くチャレンジする姿は、建築学科のスタッフにとって嬉しい限りです。

4年生は、研究の成果を卒業研究発表審査会ならびに第18回卒業研究作品展でプレゼンテーションし、その作品展では学外の建築家、実務家、研究者をお招きして講評会を開催しました。修士2年生も修士論文公聴会を滞りなく終えることができ、そのすべてが建築学科の貴重な財産と感じております。卒業研究、修士研究にご支援をいただきました皆様に厚く御礼申し上げます。

本梗概集は、理工学部 建築学科の卒業設計ならびに卒業論文のうち、卒業論文を選択した研究の梗概、および大学院 理工学研究科 博士前期課程 社会開発工学専攻の修士論文のうち、建築学科教員が指導した研究の梗概をまとめ合わせて掲載しております。ここに梗概集を刊行できましたことに大きな喜びを感じております。

ご高覧賜りましたら幸甚に存じます。

2025年3月
建築学科長 柳沢 学

目 次

2024 年度 修士論文梗概集

建築・都市デザイン研究室（准教授 小林健治）

Unreal Engine を用いた見晴らしの良い場所を探索するゲームの開発 レイキャスティングとトロピカル代数による検討	西原 大翔	1
--	-------	---

2024 年度 卒業論文梗概集

居住空間計画研究室（教授 大谷由紀子）

近年の軒下空間の動向に関する研究 －新建築を対象として－	伊丹 陸人	5
---------------------------------	-------	---

建築におけるかわいいデザインの要素に関する研究	今井 雛皇	7
-------------------------	-------	---

オールジェンダートイレの現状と利用意識に関する研究 －摂南大学寝屋川キャンパスに設置を想定して－	片山 美紘	9
---	-------	---

郊外住宅地の開発と経年変化に関する研究 －和泉市4 地区を対象として－	出麴 美紀	11
--	-------	----

ハード面・ソフト面の双方から評価した住みたい街の魅力要素に関する 研究 －関西地区を対象として－	西出 侑里香	13
--	--------	----

家具レイアウトによるゼミ室での作業性に関する研究 －モーションキャプチャーを活用して－	石山 泰碩	15
--	-------	----

建築設計計画学研究室研究室（教授 伊熊昌治）

寝屋川市の水路沿いにある「ひなだ」に関する調査と分析及び価値付け	西本 大介	17
----------------------------------	-------	----

人間-温熱環境系研究室（教授 宮本征一）

国が推奨するビオトープに関する分析と考察 ＝国土交通省と環境省の取り組みを調査して＝	大野 剛史	19
---	-------	----

異なる風温下における気流を知覚し始める風速の閾値に関する研究 －青年女性の前腕を対象とした場合－	衣川 心葉	21
---	-------	----

枚方キャンパス7号館における緑のカーテンを用いた温熱環境と視環境 の向上	小櫻 秀花	23
---	-------	----

気象庁アメダスデータを用いた不快指数の経年変化と分布に関する研究 辻田 航大 25

住宅内の結露発生メカニズムと防止策の検討
—今治市の住宅を事例として— 平井 聖人 27

建築防災工学研究室（教授 池内淳子）

地震発生時の連想ワークプログラムの効果に関する考察 小嶋 大地 29

能登町「春蘭の里」における能登半島地震後の復興と被害軽減に関する研究 傍島 大暉 31

大学生でも楽しめる防災ゲームの開発と考察 池辺 壮吾 33

災害救助法が適応された災害に関する整理と考察 齋藤 崇宏 35

野球場を含む運動公園の災害時活用に関する考察 田淵 丈翔 37

Web 写真を活用した住家被害の試行的判定方法に関する研究
～能登半島地震を対象として～ 三棟 優大 39

ビデオゲームを対象とした防災ゲーム内コンテンツの整理と考察 宮本 真弥 41

防災道の駅を対象とした災害時の拠点機能の整理と考察 津田 蓮 43

建築構造安全研究室（教授 奥田泰雄）

超高層 RC 造建築物の耐震性能における耐震壁の配置の影響に関する研究 坂西 晃輔 45

加撃体発射装置(エアークャノン)を用いた外装材の耐衝撃性能に関する研究 谷川 裕亮 47

超高層建築物の風揺れについての居住性検討に関する研究 真井 悠輝弥 49

地震に最適化された TMD による風の振動抑制効果の解析的研究 正木 飛毅 51

飛来物衝突による板ガラスの破壊モードおよび飛散挙動に関する研究 松尾 勇汰 53

竜巻状の旋回流による突風荷重に関する研究 宮木 涼太 55

実大強風雨発生装置による物体の飛散に関する研究 安江 陽太 57

令和6年 能登半島地震での津波による建築物の被害に関する研究 安原 敬志 59

鉄筋コンクリート構造研究室 (教授 柳沢 学)

RC方立壁のある架構の耐力および変形性能に関する実験的研究 北村 真人 61

垂壁が架構の耐力および変形性能に与える影響に関する実験的研究
その1 スリット幅を変数とした場合 中井 幸輝 63

垂壁が架構の耐力および変形性能に与える影響に関する実験的研究
その2 壁厚を変数とした場合 佐野 純一 65

シアスパン比がとて小さい部材の耐力に関する実験的研究 吉武 元太 67

有開口耐震壁の開口形状が耐力に与える影響に関する実験的研究
その1 開口周比を変数とした場合 原田 大也 69

有開口耐震壁の開口形状が耐力に与える影響に関する実験的研究
その2 開口面積を変数とした場合 北川 響生 71

鉄筋コンクリート造骨組に組み込んだ木質材料の厚さが耐力に与える影
響に関する実験的研究
その1 板厚を変化させた場合 佐藤 凌太 73

鉄筋コンクリート造骨組に組み込んだ木質材料の厚さが耐力に与える影
響に関する実験的研究
その2 接合材料の量を変化させた場合 高橋 礼 75

鉄板耐震壁のリブの形状の違いが耐力に与える影響に関する実験的研究 前川 天良 77

ハーフPCa床版を用いた床スラブの耐力および変形性能に関する実験的
研究 松下 弘晟 79

2024 年度 修士論文梗概集

Unreal Engine を用いた見晴らしの良い場所を探索するゲームの開発 レイキャスティングとトロピカル代数による検討

1. 研究背景・目的

1990年代半ば以降、ゲームエンジン（Unreal Engine や Unity など）は社会に広く認知されるようになった。ゲームエンジンは、利便性と応用において高い拡張性を持つ。Unreal Engine を用いて開発された FPS (First-Person Shooter) ゲームの『Fortnite^{注1}』では、2020年に同ゲーム内で Travis Scott によるバーチャルコンサートが行われた。また、音の可視化や手術シミュレーターにゲームエンジンを応用した事例が存在し、ゲームは単なる娯楽の道具から、社会的価値や知識伝達の機能を内包したメディアとして再定義されつつあると考えられる。建築やまちづくりの分野でもゲームを用いたワークショップ手法¹⁾²⁾が提案されているほか、『Pokémon GO』で遊ぶことでまちを歩く機会が促進されるなど、ゲームはまちづくりにおいても有用と考えられる。表1はゲームまたはゲームエンジンを用いた活用の事例をまとめたものである。また、まちづくりでは、まちの魅力を捉えることが重要な要素となるが、目立つ魅力は注目されやすい一方で、日常に埋もれた潜在的な魅力は発見が難しく見過ごされがちである。

本研究の到達目標は、Unreal Engine を用いてまちの中にある見晴らしの良い場所を発見するのに役立つツールとしてゲームを制作することで、専門家でない人たちでも楽しく利用できるインタラクティブなまちの探索の実現を目指す。本稿ではその初期段階として、都市モデルのインポート機能、見晴らしの良い場所を見つける方法、まちのなかの魅力を巡るための機能を実現するための数理モデルの3つに焦点を当てて開発を進めた。

表1：活用事例

活用手段	活用方法	開発者・主催者
Fortnite	コンサート	Travis Scott, Epic games
Unreal Engine	音の可視化	Digital Twin Cities Centre
Unity	手術シミュレーター	VirtualMed
MR	まちづくり	饗庭ら他8名
Minecraft	まちづくり	饗庭 西昭
Pokémon GO	まち歩き	Niantic, Inc.

2. 開発環境

ゲーム開発の主要な開発環境として Unreal Engine と Unity が挙げられるが、本研究では前者を採用した。選定理由として、Blueprint と C++ の両方使用できるという開発における高い柔軟性、高品質なグラフィックス処理、建築やまちづくりとの親和性が高いという3点が本研究では優位であると判断したためである。

2-1 使用言語

本研究で用いるプログラミング言語は Blueprint と Unreal Engine 独自の書き方が混在する C++ を採用した。Blueprint は、Unreal Engine が提供する独自のプログラミング言語であり、処理はノードグラフで記述される^{注2}。本研究では、都市モデルのインポート機能に Blueprint を用いた。一方、C++ は Blueprint に比べて処理速度が高速であるため、複雑なアルゴリズムや計算量の多い処理に適している。そのため、残り2つの機能は C++ で記述した。

2-2 プログラミングの流れ

Unreal Engine では、ゲームの各機能をクラス単位で設計・実装する。本研究では、Blueprint と C++ を適材適所で使用し、それぞれの特性を活かした開発を行った。Blueprint では、AActor クラスを基底クラスとし、C++ では、UObject クラスを基底クラスとし、それぞれその派生クラスを用いて実装を行った。コード記述後は、エラー修正とそれぞれの機能の動作確認を行った（図1）。

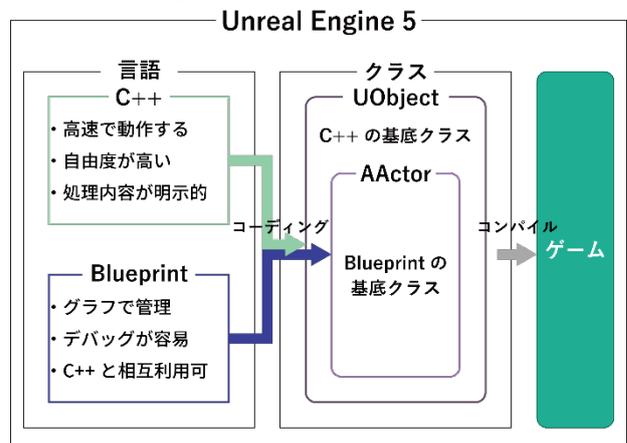


図1：プログラミングの流れ

3. 都市モデルのインポート機能

本機能は、建築や都市の3DモデルやBIMモデルを取り込み、ゲーム空間内に配置する機能である。

3-1 方法

本研究ではDatasmithと呼ばれるプラグインを導入し、Blueprintエディタでコードを書くことで本機能の実装を行った。

Datasmithは、3DモデルやBIMモデルなど、外部の3DデータをUnreal Engineで扱えるファイル形式に変換するエクスポートプラグインと、エンジン用のインポートプラグインがあり、本研究では後者を使用した。プラグインのインストールにより専用のBlueprint関数が追加され、Blueprintエディタから関数を呼び出すことで、データの読み込みやゲーム空間への配置を容易に行えるようになった(図2)。

3-2 実装と結果

Datasmithプラグインを活用し、3DCADやBIMで作成された3DモデルやBIMモデルをゲーム空間に配置できる機能を制作した。この機能を用いることで、PLATEAUのデータもインポートが可能となった(図3)。

さらに、BIMデータに含まれる属性情報を視覚的に表示する機能を制作した(図4)。一方で、表示されたデータが読みにくいという可読性の課題が明らかとなり、今後は属性情報を整理・分類する仕組みの導入が求められる。

4. 見晴らしの良い場所

4-1 見晴らしの良さの定義

一般的に見晴らしがよい場所という状態は、遠くまで景色を見通すことができる場所として表現することが多い。つまり、景色を見ようとして行った場所から見た光景の中に大きく視界を遮る遮蔽物があまりない状況にあると考えられる。そこで本稿では、「見晴らしがよい」=「可視領域」と捉えて、視点から見て遮蔽物がない領域を見晴らしがよい場所とする。

4-2 可視領域の表示

ゲームで可視領域を判定する際、レイキャスティング^{注3}と呼ばれるアルゴリズムを用いて判定した。レイキャスティングとは、可視性を決定するために、ある位置から仮想的な光線を打ち出し、特定の方向に物体が存在するのかを光線を追跡することで求める方法のことである。図5のように、本研究におけるレイキャスティングでは、任意の角度間隔で線とゲーム空間内のアクタとの間で衝突判定を行う。衝突がない場合は端点を衝突点とする。

本稿ではまず、平面に対する可視領域の判定を検証したのち、3次元の可視領域を判定するレイキャスティングへと拡張した。

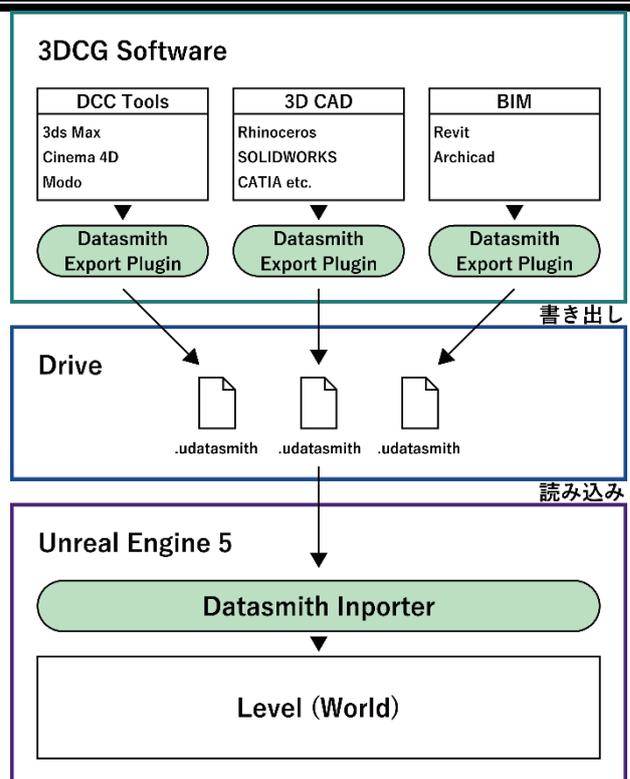


図2 : Datasmith を用いたインポートの仕組み

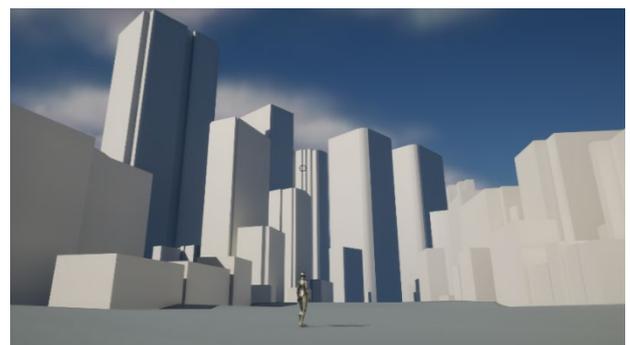


図3 : PLATEAU のデータをゲーム内に入れた様子

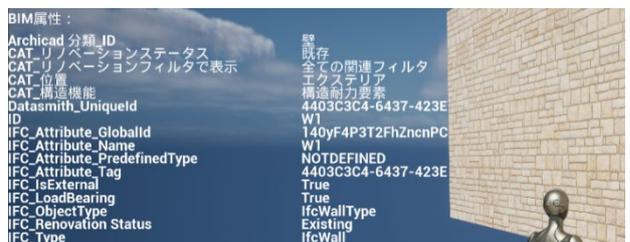


図4 : 壁の BIM モデルの属性情報を表示

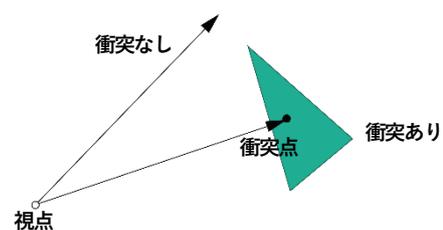


図5 : レイキャスティングの原理

4-3 実装と結果

2次元と3次元の両方の可視領域を表示することが可能になった(図6, 7, 8)。2次元の場合のレイキャスティングによる可視判定は、プレイヤーの位置が変化すると、それに応じて可視領域も変化し、タイムラグを感じず、リアルタイムに動作することを確認した。3次元の場合は、2次元の場合と同様にリアルタイム処理は可能ではあるものの、2次元のときと比較すると計算量が大いため、処理に若干のタイムラグが発生する傾向にあった。

5. まちなかの魅力を巡る機能

見晴らしが良いと思われる場所が特定できれば、次にその場所適当な点を選び、見晴らしの良い場所同士を線で結びまちなかの魅力的な場所を巡るルートを構築する。プレイヤーの経路探索や移動コストの計算はグラフ理論や組合せ最適化で見られる問題を解く必要がある。本研究ではトロピカル代数³⁾の知識を応用した機能で動くアルゴリズムを構築することで見晴らしの良い場所を巡るゲームの開発を目指す。本章ではその初期段階としてトロピカル演算と行列計算のライブラリの開発を行った。

5-1 トロピカル代数の導入

トロピカル代数はトロピカル半環と呼ばれる代数的構造で定義され、二つの実数の最小値をとるトロピカル加法 \oplus や二つの実数の和をとるトロピカル乗法 \odot で構成される代数系である。

$$x \oplus y := \min(x, y) \quad (1)$$

$$x \odot y := x + y \quad (2)$$

行列の累乗の計算を上式に基づいて行くと、全点対最短経路問題が解ける。

また、トロピカル行列式は通常の行列式と異なり、以下の式を解くことで求まる。

$$\text{tropdet}(X) := \bigoplus_{\pi \in S_n} x_{1\pi(1)} \odot \cdots \odot x_{n\pi(n)} \quad (3)$$

なお S_n は $\{1, 2, \dots, n\}$ の置換全体のつくる対称群である。(3)式を計算すると、組合せ最適化における割当問題が解ける。

5-2 実装と結果

Blueprint から呼び出せるトロピカル代数の計算ライブラリを制作した(図9, 10)。トロピカル加法、乗法、行列の累乗、行列式の計算が正しく動作することを確認した(図11)。トロピカル加法および乗法に関しては、任意の実数を入力として受け取り、正確に計算を行うことができた。一方で、行列の累乗と行列式の計算はあらかじめ用意した、数値を利用した計算であったため、実際のゲーム空間上の数値情報をもとに計算するには至らなかった。

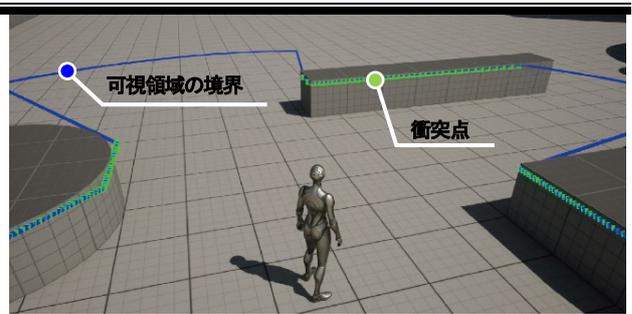


図6：可視領域(2次元の場合)

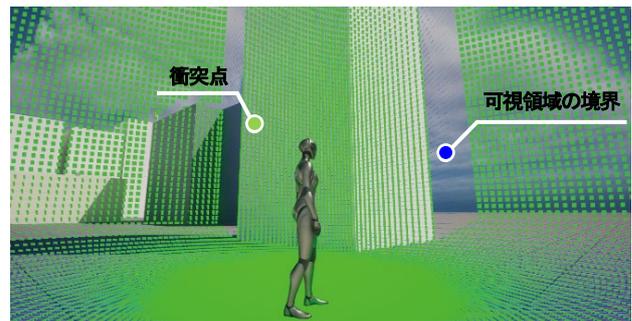


図7：可視領域(3次元の場合)

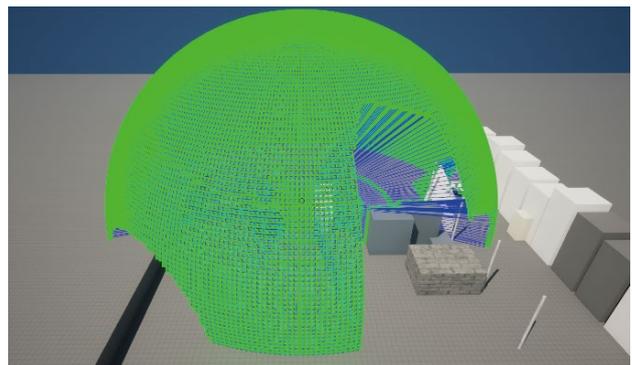


図8：3次元の可視領域の形状

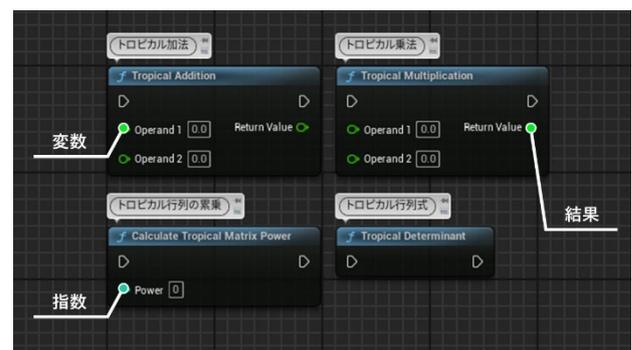


図9：トロピカル代数の計算ライブラリ



図10：計算ライブラリのソースコード

6. まとめ

Unreal Engine 5においてDatasmithプラグインを活用し、都市モデルや建築のBIMデータをインポートする機能を実装した。実際の都市や建築物がマップ上に現れ、都市の魅力を視覚的に表現する基盤を構築することができた。また、BIMモデルに付与されている属性情報を画面上に表示することも可能になった。

見晴らしの良い場所を表示するために、2Dおよび3Dのレイキャスティング手法を実装した。そして、2Dと3D両方の場合においても可視領域を視覚化できることが確認できた。

トロピカル代数の計算ライブラリを実装した。Blueprintエディタから呼び出すことができ、制作した計算ノード各々が正しく動作することを確認した。

今後の課題として、まず、都市モデルのインポート機能においては、抽出した属性情報をより分かりやすい表現に置き換えることが望ましい。具体的には、属性情報をカテゴリごとに整理し、視覚的な表示方法を工夫することで、どんな情報なのかをわかりやすく伝えることができるようになると思われる。

次に、見晴らしの良い場所を見つける機能についてはGPUによる処理の高速化が望まれる。本稿ではCPU処理で実行されるBlueprintとC++を用いて開発したが、レイキャスティングのアルゴリズムは並列処理が可能である。そのため、シェーダー言語のひとつであるHLSLを用いてコードを記述・利用ができればGPUを用いての計算が可能になり、処理速度の向上が実現できると考える。

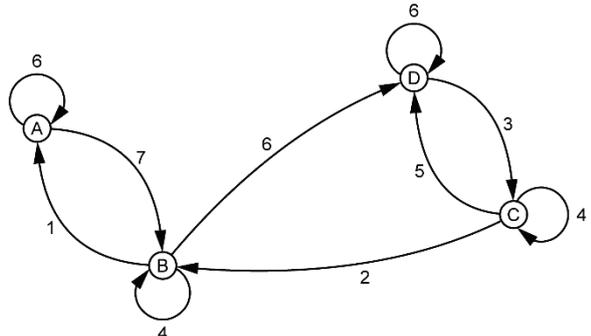
最後に、まちなかの魅力を巡る機能では、レベル上の点の座標を取得し、それらの距離を算出することで、魅力的な場所巡りのルートを構築する必要がある。現状は、固定された数値に基づくルート計算に限定されているが、Blueprintにはゲーム空間上の位置を取得する関数が存在する。そのため、そのような関数を組み合わせることで距離を算出する方法が考えられる。将来的にはユーザーの行動やゲーム空間内の変化に応じて最適なルートを生成するといった動的な入力に対応させ、画面上に表示できるような機能にすることが望ましいと考える。

注釈

- 注1. Epic Gamesが開発したFPSゲームであり、Unreal Engineの開発元でもある。
- 注2. ノードベースでプログラムを書くため、ビジュアルスクリプティングと呼ばれる。
- 注3. レイトレーシングと呼ばれることもあるが、レイトレーシングではレイキャスティングを再帰的に行う。

参考文献

- 1) 饒庭伸, 西昭太朗, 伊藤武仙, 山田沙知, 加茂春菜, 田野哲也, 石原滉士, 伊藤若菜, 小園茉初 著. 『MRを用いたまちづくりワークショップ手法の開発』. 公益社団法人日本都市計画学会論文集, vol. 58, no. 3, pp. 1282-1287, 2023.
- 2) 饒庭伸, 西昭太朗 著. 『Minecraftを用いたまちづくりワークショップの開発』. 日本建築学会技術報告書集, vol. 28, no. 68, pp. 430-435, 2022.
- 3) D. マクラガン, B. シュツルムフェルズ 著, 石川剛郎, 梶原健, 小林正典, 前野俊昭 訳. 『トロピカル幾何学入門』. 丸善出版, 2023



重み付き有向グラフを行列にして行列の2乗を手計算をすると以下のような式になる。

$$A^{(2)} = \begin{pmatrix} 6 & 7 & \infty & \infty \\ 1 & 4 & \infty & 6 \\ \infty & 2 & 4 & 5 \\ \infty & \infty & 3 & 6 \end{pmatrix}^{(2)}$$

$$= \begin{pmatrix} 6 & 7 & \infty & \infty \\ 1 & 4 & \infty & 6 \\ \infty & 2 & 4 & 5 \\ \infty & \infty & 3 & 6 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 6 & 7 & \infty & \infty \\ 1 & 4 & \infty & 6 \\ \infty & 2 & 4 & 5 \\ \infty & \infty & 3 & 6 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \min(12,8, \infty, \infty) & \min(13,11, \infty, \infty) & \min(\infty, \infty, \infty, \infty) & \min(\infty, 13, \infty, \infty) \\ \min(7,5, \infty, \infty) & \min(8,8, \infty, \infty) & \min(\infty, \infty, \infty, 9) & \min(\infty, 10, \infty, 12) \\ \min(\infty, 3, \infty, \infty) & \min(\infty, 6,6, \infty) & \min(\infty, \infty, 8,8) & \min(\infty, 8,9,11) \\ \min(\infty, \infty, \infty, \infty) & \min(\infty, \infty, 5, \infty) & \min(\infty, \infty, 7,9) & \min(\infty, \infty, 8,12) \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 8 & 11 & \infty & 13 \\ 5 & 8 & 9 & 10 \\ 3 & 6 & 8 & 8 \\ \infty & 5 & 7 & 8 \end{pmatrix}$$

Algorithm: Tropical Matrix Power

Input: Weight matrix $A = a_{ij} \in (\mathbb{R} \cup \{\infty\})^{n \times n}$

Output: All-pairs shortest path matrix $D = d_{ij} \in (\mathbb{R} \cup \{\infty\})^{n \times n}$

Procedure:

- 1: Initialize $D \leftarrow A$.
- 2: for $k = 1$ to n do.
- 3: for $i = 1$ to n do.
- 4: for $j = 1$ to n do.
- 5: $d_{ij} \leftarrow \text{TropAdd}(d_{ij}, \text{TropMul}(d_{ik} + d_{kj}))$.
- 6: end for.
- 7: end for.
- 8: end for.
- 9: return D .

アルゴリズムの中身



手計算と一致

図 11: トロピカル代数計算ライブラリの動作検証の例 (行列の累乗計算の場合)

2024 年度 卒業論文梗概集

近年の軒下空間の動向に関する研究 —新建築を対象として—

研究のタイプ [論文]
212004 伊丹陸人
指導教員 大谷由紀子

1. 研究の背景と目的

日本建築には古くから「軒下空間」と呼ばれる特徴的な半屋外空間が存在し、屋根の張り出しによって雨風をしのぎながら外部と接続する領域を形成してきた。この空間は、寺院や木造建築で顕著であり、日本の気候風土や生活文化に根ざした重要な建築要素であった。

一方、現代の軒下空間は、大規模なものから小規模なものまで展開され、商業施設や集合住宅、公共建築などにおいて幅広く採用されている。このような変化から、軒下空間は単なる伝統的な要素に留まらず、現代建築において利用目的や形状が多様化していると考えた。既往研究では住宅の軒下や縁側、屋根の使われ方に関する研究はあるものの¹⁾²⁾³⁾、軒下空間に着目した研究はほとんどない。

そこで本研究では、近年の軒下空間の多様化の実態を把握することを目的とする。

2. 研究計画

本研究では2012年、2017年、2022年の3年の「新建築」に掲載されている建築物の全648作品の中から、写真と利用方法が記載された軒下空間208件を対象とする。また、軒下空間は、建物外壁から張り出した屋根の下で外部から直接出入り可能な空間とし、4m超のピロティ構造を除外したものと定義する。研究手法として、文献調査を通じて軒下空間の歴史的背景について考察を行い、「新建築」から建築データ(敷地面積、構造、軒の出、軒高、建物用途、方角など)を収集し、データベースを作成する。さらに、代表的な事例を選定して、モデル図を作成し、軒下空間の特徴や利用実態を明確にするためのシートを作成した。また、現地調査を実施した建物についてもシートを作成し、具体的なデータを基に分析を進めた。最終的に軒下空間の現代的な構成と多様化について考察する。

3. 結果・考察

3-1 軒下空間の歴史的意義

「日本建築空間史」をもとに軒下空間の伝統的役割と時代ごとの変遷について考察した。軒下空間は日本建築において、単なる物理的な空間ではなく、生活様式や文化、価値観を反映する重要な要素として機能してきた。古代から現代に至るまで、軒下空間は気候への適応、内外の連続性の確保、生活や商業活動の場として多様に利用されており、時代ごとに形態や機能を変化させてきた。特に、近代以降はその役割が一時的に縮小したものの、現代建築において再評価され、実用性や美的価値を備えた重要な建築要素として進化しているといえる。

3-2 新建築における軒下空間の実態調査

3年間の新建築データより、軒下空間を有する建築の割合は、2012年218件中47件で21.6%、2017年220件中79件で35.9%、2022年210件中83件で39.0%と増加していた(図1)。構造別にみると、木造の割合は他の構造より高いが、2022年に減少し、鉄筋コンクリート造や鉄骨造の割合が約2倍に増加していた(図2)。用途別にみると、軒下空間は「イベント・商業スペース」「休憩スペース」「通行・移動スペース」の3つに分類でき、イベント・商業スペースは増加しており、単なる休憩だけが目的の休憩スペースは減少し、通行・移動スペースは建物の動線として必要なため、ほとんどの施設で確保され、各年代で多い割合にあった(図3)。軒下の方角は、南が3年通じて最も多い割合を占めていた。方角に大きな変化は見られないものの、2方位に軒下を配置する建築の割合は約3倍に増加していた。また、各方位に軒下が配置される割合は2012年14.9%と高いものの減少傾向にあり、特徴的な軒下の配置には変化が見られた(図4)。

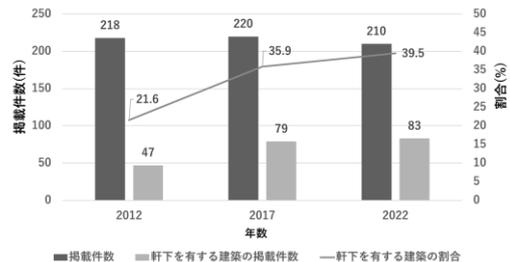


図1 軒下を有する建築の掲載件数と割合

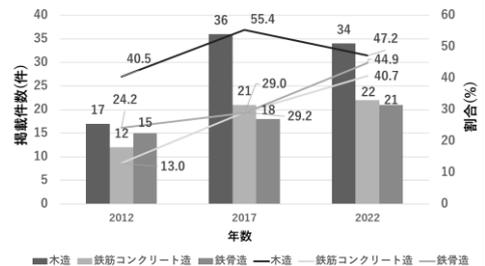


図2 構造別軒下を有する建築の掲載件数と割合

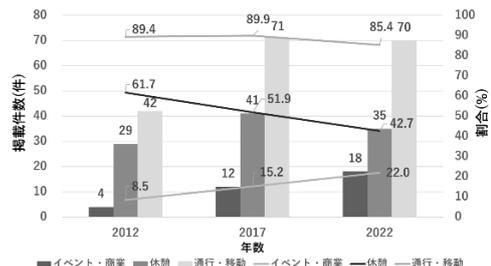


図3 用途別軒下を有する建築の割合

用途ごとに軒の出と軒高を比較すると、イベント・商業スペースは軒の出、軒高とも最も大きく、多人数での活動やキッチンカーなどの利用に対応した広い空間を確保している。休憩スペースは軒の出、軒高ともに中間で、椅子や机を置くスペースが確保されていた。通行・移動スペースは、軒の出は短いものの、軒高を高めに設定し、荷物の搬送を可能にしていた(表 1)。

3-3 平面図、断面図から見る軒下空間の分析

軒下空間の平面および断面形状をモデル化すると、平面形状は「I型」「L型」「U型」「ロ型」「曲線型」の5種類、断面形状は「傾斜屋根」「水平屋根」「曲線屋根」「ピロティ型」の4種類に分類できた(表 2)。平面形状は、I型が2012年38.3%、2017年58.2%、2022年47.6%と3年通じて最も高い割合を占めている。次にL型が多く、その他はおおむね同じ割合であったが、2012年にはロ型が21.3%と多い割合を示した。断面形状は、傾斜屋根が2012年61.7%、2017年57.0%、2022年41.5%と最も高い割合を占めたが、年々減少していた。一方、水平、曲線屋根、ピロティ型の割合は増加し、近年では形状が多様化していることが分かった。

3-4 事例による空間構成の分析

10件の事例分析と5件の現地調査から、軒下空間について図面化を行い、シートを作成した。図5に例の1つを挙げる。これは各店舗間にストリートと呼ばれる軒下空間を設計した建築である。用途は、商業空間として機能させるとともに、トップライトで繋がる大屋根により深い軒下にも光を取り入れ、客席や販売スペースを自然に広げている。また、地域振興棟の深い軒下は野菜搬入やイベント時の臨時売り場として活用され、交流や多用途スペースとして機能している。このように軒下空間は、多用途性や柔軟性を備えた「中間領域」として、地域や建物の特性に応じた多様な機能を果たしていることが分かった。防災拠点としての利用や、商業活動の活性化、地域交流の場としての役割など、現代社会のニーズに対応する設計も多かった。

4. おわりに

近年、軒下空間は都市部を中心に増加し、商業、イベント空間として利用され、単なる休憩の場から交流や経済活動を促進する場へと進化していた。構造は、木造から鉄筋コンクリート造、鉄骨造へシフトすることで広い軒下空間が確保され、方角や軒の出、軒高などが用途に応じて設計されていた。形状は、従来直線的なI型や傾斜屋根が主流であったが、庭や広場を囲む形状や、構造の変化により、水平、曲線屋根、ピロティ型が増加し、それぞれ異なる特徴を持ち、用途やデザインに応じて活用されていた。さらに、事例分析、現地調査により、軒下空間が多用途性と柔軟性を備えた、内外をつなぐ中間領域として機能し、都市部や地域社会での交流や利便性を促進する重要な建築要素であることが確認された。

このように、軒下空間は日本建築の伝統を継承しつつ、現代の社会的・環境的要請に応じて進化を遂げて

いる。また、地球温暖化により、外部の陰となる空間としての需要も高まっていることから、軒下空間はますます注目される存在であると考えられる。

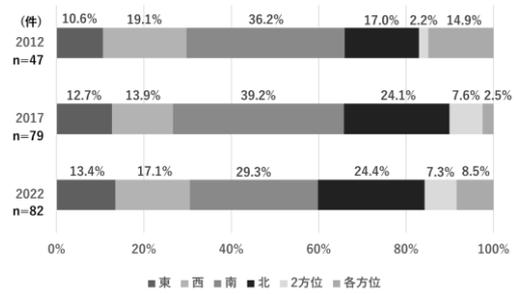


図4 軒下のある方角の割合

表1 用途別軒の出と軒高の平均

	イベント・商業スペース	休憩スペース	通行・移動スペース
軒の出	4650mm	2690mm	2460mm
軒高	4480mm	3230mm	3400mm

表2 軒下空間の平面形状、断面形状の分類と割合

空間構成	2012		2017		2022		
	件数	割合	件数	割合	件数	割合	
平面形状	I型	18	38.3%	46	58.2%	39	47.6%
	L型	12	25.5%	14	17.7%	15	18.2%
	U型	4	8.5%	7	8.9%	9	11.0%
	ロ型	10	21.3%	7	8.9%	10	12.2%
	曲線型	3	6.4%	5	6.3%	9	11.0%
断面形状	傾斜屋根	29	61.7%	45	57.0%	34	41.5%
	水平屋根	17	36.2%	18	22.8%	20	24.4%
	曲線屋根	0	0.0%	13	16.4%	13	15.9%
	ピロティ	1	2.1%	3	3.8%	15	18.2%

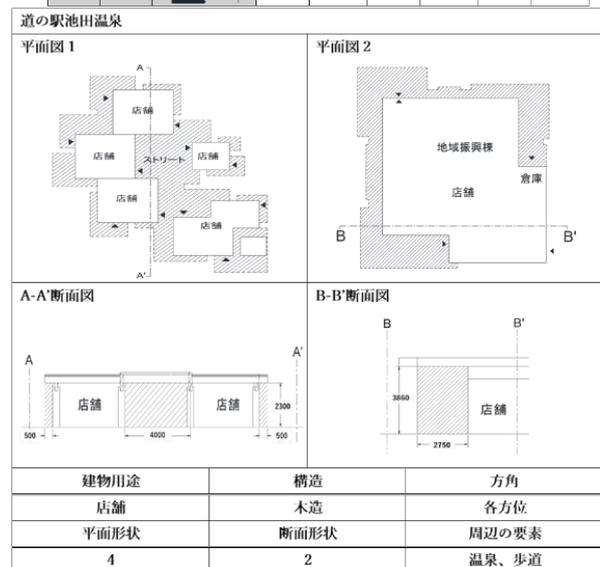


図5 事例分析シート

参考文献

- 1) 日本住宅における縁側の変遷と現代的価値, 柴崎愛美 山畑信博, 日本建築学会東北支部研究報告集計画系第86号, 83-86, 2023年6月
- 2) 戦後日本の住宅作品における軒下の空間緩衝領域の空間構成に着目した世代の抽出(1), 高橋天勢 久野紀光 廣瀬敬, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 261-262, 2021年9月
- 3) 「持続的軒下設計論」, 並木雅人, 東洋大学大学院卒業論文

オールジェンダートイレの現状と利用意識に関する研究 - 摂南大学寝屋川キャンパスに設置を想定して -

研究のタイプ [論文]
212013 片山美紘
指導教員 大谷由紀子

1. 研究の背景と目的

共生社会を目指す今日、多様性に目をむけた空間づくりが求められる中、広く知られるようになった問題のひとつが LGBTQ+ である。社会の認識は徐々に変化しているが、実際の建築環境の整備は進んでいない。昨年、話題になった東急歌舞伎町タワーのオールジェンダートイレ（以降 AGT と表記）は、設置からわずか 4 か月で改修に追い込まれた。大学においても、多様な学生の受け皿であるキャンパス内のトイレに着目すると、設置事例は増加傾向にあるが、まだまだ少数である。

そこで本研究では、多様性に富んだ共生社会の実現に向けて、AGT の現状とこれからの考えるとともに、利用者の AGT に対する意識を把握し、大学内における新たなトイレのモデルプランを作成する事を目的とする。

2. 研究方法

研究方法を図 1 に示す。

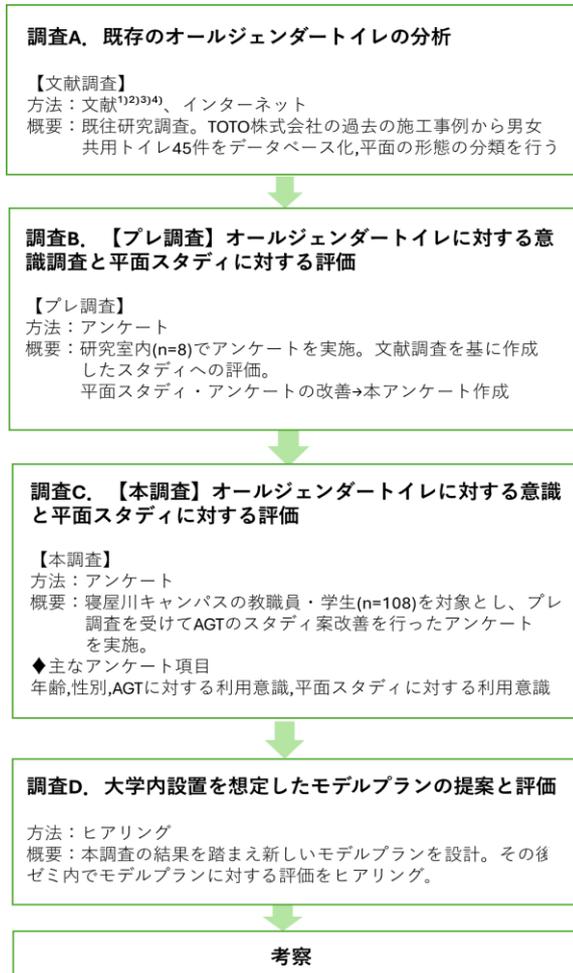


図 1 研究方法フロー図

3. 結果・考察

3-1 既存の AGT の分析

TOTO 株式会社の AGT 施工実績 45 件²⁾ の平面形態を分類すると、6 つの形態(図 2)に分類でき、公共・商業施設の半数以上が「男女区分あり・別途設置型」であった。また、大学に設置されている AGT においては「並列型」の割合が大きく、限られた空間ならではの形態だと感じた(図 2)。AGT は、公共施設や商業施設内に多く設置されており、これらはさまざまな人が訪れる場所であることから、多様なニーズに対応できる空間を目指す姿勢がうかがえる。また既存の AGT においては、回廊型の配置とし、トイレ内に行き止まりをつくらないことや、トイレブスの壁は床から天井までしっかり閉じる等、誰もが安心して利用できるような工夫がみられた。

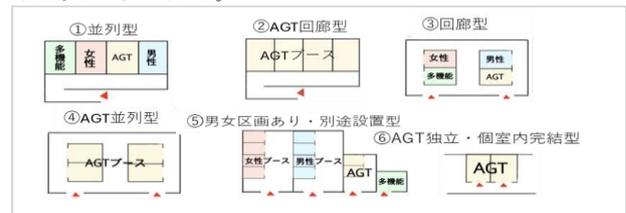


図 2 AGT を含むトイレ空間の形態の分類

3-2 【本調査】調査 C の結果

回答者の属性は、男性 60 名、女性 48 名の計 108 名。年代は 10 代～60 代、全体の 58.0%が 20 代であった。

「オールジェンダートイレは必要だと思うか？」に対しては、男性・女性共に約 60.0%が「必要」または「場所によっては必要」と回答し、半数以上の人が比較的 AGT に対して肯定的な回答であった(図 5)。また、AGT に対する利用意識では、男性・女性で大きく差があり(図 7)、東急歌舞伎町タワー(図 3)の評価においても女性の方が男性に比べ利用に抵抗を感じる傾向にあった(図 6)。また、男女ともに異性と同一空間にいることの抵抗が多く、AGT に対する防犯意識は、女性は「犯罪」に対する恐怖が強く、男性は自身が加害者として疑われてしまう事を恐れる傾向にあった。

図 4 の 4 つのトイレプランで、どのトイレが一番利用したいかの質問には、男女トイレと AGT のバランスが取れ、性的区分も明確であり AGT と男女トイレが別途設置されている Plan 6 が最も支持を得た。Plan1-2 は、同一空間に全てのトイレが設置されているが、異性と同一空間にいることを感じにくい配置やブスのバランスが一定数の評価を得た理由と思われる。Plan1-1 は、各ブースが向かい合っていることや、中央のスペースによって Plan1-2 に比べ、異性と同一空間にいることを意識しやすく、プライバシーの確保が難

しいことが回答者から支持を得られなかった理由と考えられる。Plan8 は AGT がトイレ全体を占めており Plan1-1 と同じくプライバシーの確保が難しい点や、男女トイレと AGT のバランスが取れていない点が回答者には支持されなかった理由として考えられた。

回答者の選択傾向から、AGT の設置に関しては、男女トイレの利用者の利便性を損なわないバランスが重要であり、男女トイレと AGT がしっかり区分されプライバシーが確保されているプランが求められている事が分かった (図 8)。

3-3 モデルプランの提案と評価

調査の結果を基にして、AGT 設計にあたっての構成要素を 5 つ抽出した(表 1)。

表 1 モデルプラン構成要素

①	完全個室完結型
②	安心して利用出来るための安全対策
③	分かりやすいサイン表示
④	明確なジェンダー区分と動線
⑤	開放的な出入口

この要素を基に、摂南大学寝屋川キャンパス 3 号館にモデルプランの設計を行った(図 9)。提案したプランは、トイレを通り抜けできる動線とした。それにより、AGT の前や周辺に行き止まりの空間を無くし、安全に使用できるよう計画した。トイレも性区分でしっかり分け、誰でも使いやすいトイレ環境を目指した。

研究室内で図 9 の提案についてヒアリングを行ったところ、動線が明確である点や、ジェンダー区分がはっきりしていることでプライバシーの確保がされている点、AGT を通り抜けにしたことで安全性を確保しながら様々な人に配慮出来ている点などが評価された。よってこれを最終提案とする(図 9)。

4. おわりに

本研究では、AGT の現状と課題を検討し、大学内における新たなトイレのモデルプランを提案した。その過程で実施した意識調査より、女性の方が男性に比べて AGT の利用に抵抗を持つ傾向があり、防犯意識に男女差があることが明らかになった。また、AGT の計画においては、プライバシーの確保、安全性、ジェンダー区分の明確化といった設計要素が重要であることが示された。さらに、男女別トイレ利用者の利便性を損なわないバランスを保つことの必要性も確認された。

本研究の成果が、多様性を受容する空間づくりの発展につながることを期待する。

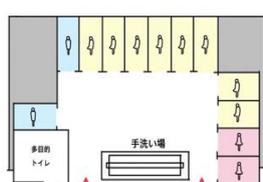


図 3 東急歌舞伎町タワー平面図

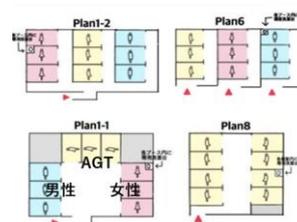


図 4 平面スタディ 4 案

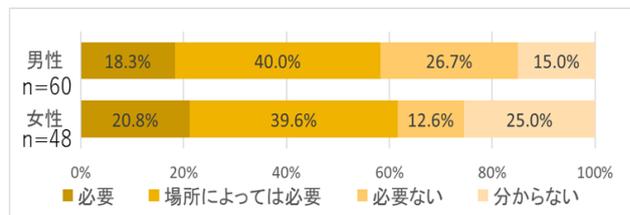


図 5 AGT は必要かどうか(男女別)

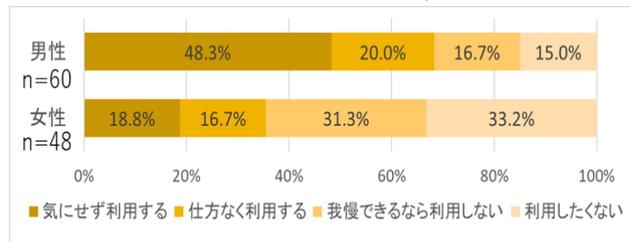


図 6 東急歌舞伎町タワーAGT 利用意識(男女別)

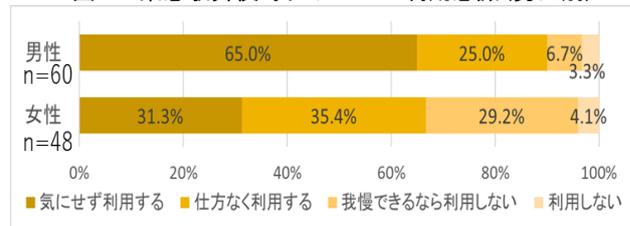


図 7 公共施設における AGT の利用意識(男女別)

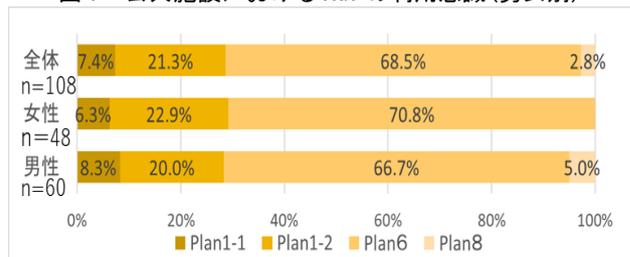


図 8 4 つのプランの利用意識(男女別)

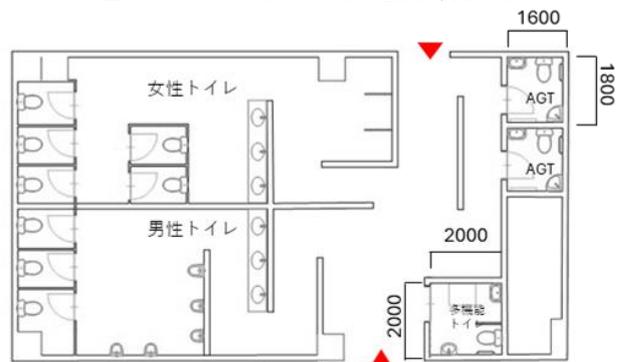


図 9 大学内設置を想定したトイレのモデルプラン

参考文献

- 1) 誰もが利用しやすいトイレについて性の視点から考える, 日野晶子 高橋未樹子 岩本健良, 「オフィストイレのオールジェンダー利用に関する研究会」調査報告, 2021 年
- 2) TOTO 株式会社. 男女共用の施工事例. <https://jp.toto.com/com-et/jirei/search/index.htm?D=b-06>, (参照 2024-9-26)
- 3) 介川亜紀. ユニバーサルデザイン story. 2024-2-16, <https://jp.toto.com/ud/style/plus/story20.htm>, (参照 2024-9-26)
- 4) 荒川尚美. 男女共用トイレを 4 つに分類、区画分けと個室配置に着目. 日経 XTECH. 2024-7-27, <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/mag/na/18/00215/072400005/>, (参照 2024-9-26)

家具レイアウトによるゼミ室での作業性に関する研究

-モーションキャプチャーを活用して-

研究のタイプ [論文]

212054 石山泰碩

指導教員 大谷由紀子

1. 研究の背景と目的

普段私たちが使っている教室や研究室、自室などの様々な室空間では、人の数や家具のレイアウトによって過ごしやすさが変わると言われている。特に、ここ一年ほどではコロナウイルスが落ち着きを見せ、感染対策よりも快適さや動線の効率化を求める場合が多くなっている。本学のゼミ室においても、机や本棚などの家具のほか、PC 関連機器など多くの什器があり、レイアウトによって作業のしやすさが異なると思われる。また、こういったオフィスや教室での観察調査においては、画像解析などの技術を用いた自動化、効率化が進められている。定点カメラなどの動画から要素を拾い、一定時間経過ごとに点を打っていく点観測があるが、近年は AI や 3DCG といった新しい技術が導入され、より幅広い観測が可能となった。しかし、これらの技術はコストなどの問題から実環境には導入されにくい現状がある。

そこで本研究では、実際のゼミ室を対象に、ゼミ生の作業を比較的安価な機材でモニタリングし、什器のレイアウトによって作業しやすさに違いがあるかを見る。そして、専門科目で学習した動作寸法などとも比較し、レイアウトと作業しやすさとの関係を検証することを目的とする。

2. 研究計画

本研究は、居住空間計画研究室(写真 1)のゼミ生 9 人を対象に調査を行う。ゼミ室の什器レイアウトを 3 パターン作成し、各レイアウトで学生の作業の様子を確認する。レイアウトは、元々ゼミ室で使われているレイアウトの A 案、塾のように個人スペースを主にした B 案、机を固めそれを中心に囲む形にした C 案とする(図 1)。モデリングは、Sony 社のモバイルモーションキャプチャー mocopi を使用する(写真 1)。測定は、ゼミ生 1 名が装着し、約 30 分間作業するとともに、カメラでゼミ室内の様子を撮影する。その後、mocopi を装着した学生に作業しやすさ等をアンケートで聞き取る。この調査を 9 名に行う。取得したデータから動き、通路の距離、動作巾、動きやすさなどを epic 社の UnrealEngine(以下 UE)と、撮影した動画を共に分析し、第 3 版コンパクト建築設計資料集成と照合する。

3. 結果・考察

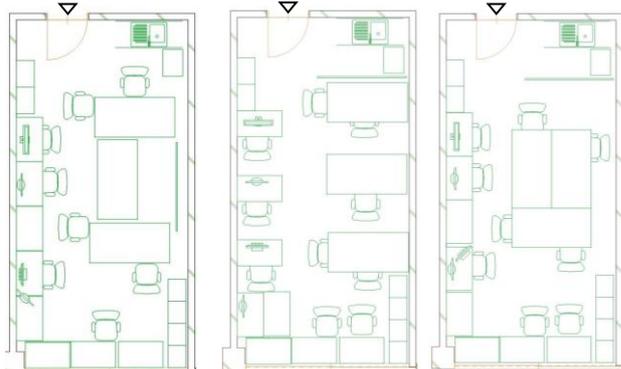
3-1. モーションキャプチャー後のアンケート結果調査

アンケート結果は(図 2)、BCA の順番で全体的な評価が高く、作業のしやすさに関しては、レイアウト B と C が高い結果となった。記述を見ると(表 1)、レイアウト B は通路幅が広く、個人のスペースがあるため作業自体の邪魔がされなかった。レイアウト C はコミ

ュニケーションがしやすく、資料の受け渡しや相談が円滑だったという評価で、B の集中しやすさとは異なる結果となった。椅子から立つ・座る行動のしやすさへの評価は、レイアウト A と C が同程度、B が高い。これは、椅子を引いたという記述が多いことから、椅子の位置が廊下からの動線と被っているか否かが影響していると考えられる。



写真 1 実際の様子と mocopi によって作成された 3DCG



A 案

B 案

C 案

ゼミ室概要：東西面 8m、北南面 4m、床面積約 32 m²天井高さ約 2.4m
什器：机 180x90:3 脚、机 100x60:7 脚、椅子 10 脚、水道シンク 1 台
冷蔵庫 1 台、本棚 3 脚、ラック 1 台、Pc3 台、モニター 4 台

図 1 三案のレイアウト図と概要

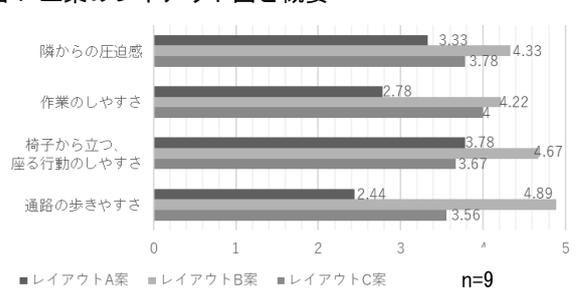


図 2 レイアウトごとの 5 段階評価の結果平均と比較

表 1 自由記述の代表的な意見

	記述内容
レイアウト A	人の作業スペースと動線が重なっているため逐一椅子を引かねばならず、人通りが気になった。
レイアウト B	視線が特には気にならなかったから集中できた。コミュニケーションは難しかった。
レイアウト C	通路が細くとも 2 方向あったため、そこまで不便には感じなかった。対面に向かい合うので相談などはしやすかったが、集中はしづらい。

また、半数の回答者が全てのレイアウトに共通して、扉が開いたときに気が散って作業が止まったというように、扉の開閉音や人の出入り、視線の変化が気になるという意見であった。

3-2. 平面行動軌跡

モーションキャプチャーで得られた結果から、被験者 A の平面行動軌跡を[写真 2]に示す。レイアウト A では行動範囲が広く、資料を取る際に遠回りになることから移動距離も長い。レイアウト B では個人の席に着きやすく、一点に留まった作業が多くみられた。移動する場面や会話も少なく、移動距離は最も短いことから、集中作業が継続しやすいレイアウトと言える。レイアウト C では机の回りを移動しながら作業を行い、他の学生との会話も多かった。

3-3 第3版コンパクト建築設計資料集成との比較

資料集成 p.42「各空間における一人当たり面積」から設計室、オフィスビル(基準階)の面積 7~9 m²/人を基準とし、行動軌跡で算出した面積と比較する、UnrealEngine の床面には 50cm×50cm のタイルがあり、それを参考に作業面積を割り出した。

レイアウト A の作業面積は 4.1 m²であり、基準の約 1/2 と狭く、対人距離が限界に近い狭小な事務室に相当する。よって、作業にはあまり適していないと言える。レイアウト B は 6.2 m²であり、基準面積を 2~3 m²下回り、狭めのホテル客室に該当する。これは少人数での利用を想定した面積とみられる。レイアウト C は 9.5 m²となり、基準値相応である。設計室、広めのホテル客室に該当し、ある程度のコミュニケーションを取りつつ、各自の作業やプライベート空間を確保できる面積であると考えられる。

上記の結果と、アンケート結果を比較すると、作業面積の狭いレイアウト A は評価も低く、基準値相応のレイアウト C は評価が高い。しかし、基準面積を一段階下回るレイアウト B が最も高評価である。この理由として、調査は個別に取組む卒業研究の作業であり、相互のコミュニケーションより個人の作業場で留まり、作業場までの動線が明確であることが理由であると思われる。

4. おわりに

本研究では、モーションキャプチャーを活用したゼミ室のレイアウトや作業性との関係を検討した。結果、作業面積の充足よりむしろ、視線が制御された個人スペースの確保、作業スペースへのスムーズな動線が重視されていた。一方、顔を合わせた相談しやすい環境も評価され、集中しやすさとコミュニケーションの促進との折合いが重要であると思われる。また、扉の位置や人の出入りが作業効率に与える影響も大きく、音や視線に敏感な被験者が多いことが分かった。この点は、特にオフィス環境や作業空間でのデザインにおいて、静かな集中環境を維持するために配慮が必要であると考えられる。

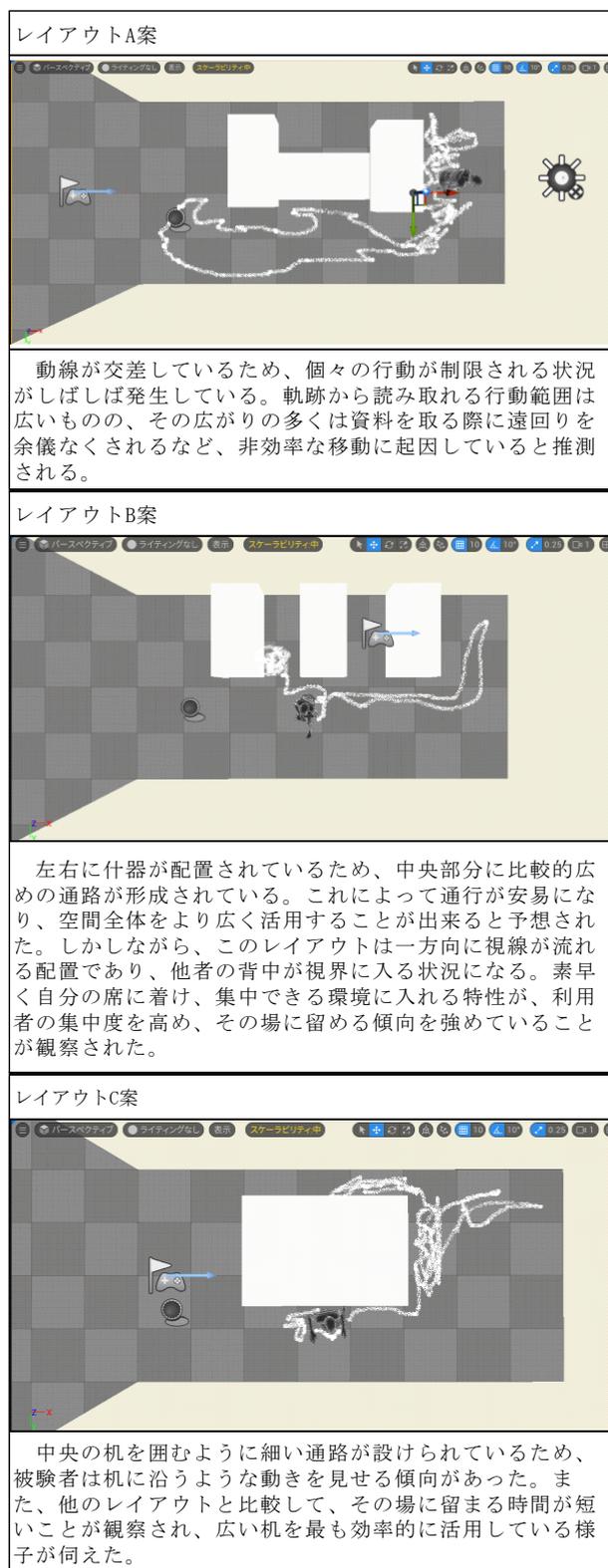


写真2 各レイアウトの被験者 a の平面行動軌跡

参考文献

- 1) 人と組織の指標を用いたオフィスの評価・最適化に関する研究, 林祐光・大佛俊泰, 日本建築学会, pp2675-2681, 2023 年
- 2) 住空間における家具等の空間比率と快適性に関する傾向, 橋本真一 杉之原富士子, 日本建築学会, pp1147-1148, 2020 年
- 3) オフィス内什器がコミュニケーションに与える影響の検討, 高橋あひろ 他 4 名, 日本建築学会, pp831-832, 2021 年
- 4) 立位姿勢での会話における家具・什器の効果検証, 友野 貴之 他 4 名, 日本建築学会, pp807-808, 2020 年

この研究は摂南大学研究倫理審査の承認を得て実施しています。

寝屋川市の水路沿いにある「ひなだ」に関する調査と分析及び価値付け

研究のタイプ [論文]

202040 西本 大介

指導教員 伊熊 昌治

1. 研究の目的と背景

寝屋川市は大阪府の東北部に位置しており、面積が 24.73km²の地域である。寝屋川市は北河内地域の中心部に位置しており、水に恵まれた街である。「寝屋川市水路関係施設保全計画」によると、水路本体（幹線水路・準幹線水路）の本数が 31 本とその他水路（名前のついていない小さな水路）多数と記載されている¹⁾。明治の終わりから大正の始まりにかけて建てられた水路沿いの農家には、「段蔵」や「ひなだ」と呼ばれるものがあつたとされている。寝屋川市史の七巻によると、寝屋川市内の民家の面構えとして特筆されるのが「段蔵」であると記されている²⁾（写真 2）。一方で、寝屋川市史の八巻には、水は各種門を通じて流れ込むので、水路にいつも清らかな水が流れていた。そのため、村々は井戸を掘る必要もなく、「ひなだ」で野菜を洗い、米を研ぐことができ、洗い物まで済ますことができたことと記されている³⁾。

寝屋川市では、「ひなだ」や「段蔵」、「三枚板」に関する記述が少ない。寝屋川市史では、「ひなだ」があつたとされる地域が二か所存在し、寝屋川市立埋蔵文化資料館から教示いただいた三箇所以外現在どのくらい残っているのかわからない状態となっている。確認されている限りでは寝屋川市では、明治の終わりから大正の初めにかけてあつた風景が住宅開発や寝屋川の河川開発でなくなっている地域が多い。一方で、昔の風景を活かして観光地としている場所がある。

かつて淀川の水郷だった土地の風景が消滅していき、どこまで食い止められるかが寝屋川市の課題であり、その意識を芽生えさせることが大切である。「ひなだ」の調査から寝屋川市の今後の街づくりで求められる「歩く」スローな街の実現にこの水路空間と「ひなだ」を社会的歴史資産として価値づけることを目的とする。

2. 研究計画

現地調査と文献調査を中心とし、事例収集と分析を行った。

現地調査では、①「ひなだ」のあると考えられる水路のある箇所を実際に歩いて調査を行った。さらに、可能な民家においては、実際にヒアリングを行うこととし、実際の内容を把握するためにかつての「ひなだ」の使用法や地域との関係について生活に密着した。水路の実測等を通して「ひなだ」のある民家の共通点を探し出し、分析することとした。②寝屋川市内の「ひなだ」の存在について仁和寺本町以外のかつての集落である九個荘村（くかしょうむら）（高柳村、池田村、葛原村、大利村、神田村、対馬江村、黒原村、仁和寺村、点野村の九つの村）があげられる。今回は、

池田村と仁和寺村の調査となった。

文献調査では、「ひなだ」に関して寝屋川市史にその痕跡を残していると記載されている仁和寺本町にある民家一件のみが確認されている。①寝屋川市の仁和寺本町における「ひなだ」の痕跡の調査を行うため、ゼンリン地図、下水道台帳を用いて調査を行った。②寝屋川市に隣接する守口市の「ひなだ園地」と大東市の「三枚板」について調査を行った。③他の市や水路を利用した地域の活用事例を対象とし、寝屋川市の水路・「ひなだ」の保存・活用について方向性を探った。

3. 結果・考察

寝屋川市史にも記載されていたように「ひなだ」がただ一か所残っているとされている大阪府寝屋川市の仁和寺本町にある用水路（寝屋川第六水路）沿いには、「ひなだ」を三箇所、「ひなだ」の痕跡と見られる箇所を三箇所確認することができた（図 1）。

1908 年の地図から確認できる現在の寝屋川第六水路沿いには、かつて仁和寺村が存在し、集落が存在しており、上記より、「ひなだ」を確認することができた。一方では、かつて池田村付近の池田井路（現在の寝屋川第三水路、寝屋川第四水路、池田第一水路）沿いには、「ひなだ」の痕跡を確認することはできなかった。

寝屋川市史によると、かつての寝屋川市には仁和寺村と池田村に「ひなだ」が存在したという記述があつた。水道がひかれて「ひなだ」を使う必要がなくなり、市街化が進んでいくにつれて、用水路は生活排水や工場排水によって汚濁してしまい、池田村では「ひなだ」は完全に姿を消してしまったが、ヒアリングより、仁和寺本町には、現在でも「ひなだ」で野菜を洗っている人あるいは洗いたいと願い出る人も存在するという。

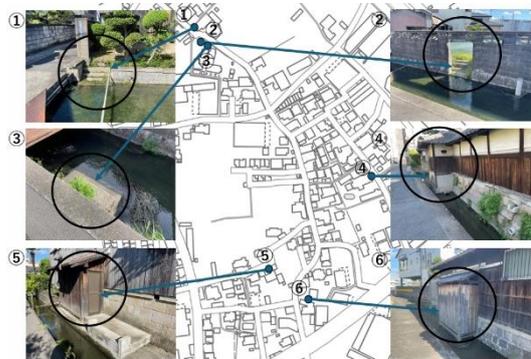


図 1. 「ひなだ」プロット図

「ひなだ」のある民家には、蔵があり、寝屋川市の民家の面構えとして特筆される「段蔵」を形成していることが多いと、現地調査から確認することができた。「段蔵」で農業用の水車や耕具、臼などが収納されている農家を確認できた（写真 2）。

また、町会の祭りに使用する提灯等も収納されていることから「ひなだ」及び「段蔵」はコミュニティの一環となっていたことがわかる。

寝屋川市の用水路は淀川の決壊を防ぐために造られたものであるが、その用水路を使って昔の人たちは、工夫をし、生活していた。かつて「ひなだ」があった用水路の水は、各樋門を通じて流れ込むので、水路にいつもきれいな水が流れていたとされており、村々は井戸を掘る必要がなく、用水路の水で洗い物や飲み水として利用することができ、水環境が良かったといえるだろう。そのため、かつての用水路は水がきれいに保たれていたが、現在は、市街化により生活排水や工場排水で用水路は汚れてしまっている。「ひなだ」がなくなり、使用されなくなった背景には、用水路の汚濁が深く関係していることがわかる。

近時増加してきた家庭排水や工場排水のため、用水路の用をなさなくなってしまう、田植え前に水路の清掃を行っていた農家の数が少なくなり、以前のように手入れが行き届かなくなっているのが現状であり、「ひなだ」の姿が消えていくことと、用水路の水環境問題は対になっていると考えられる。

現在確認することができた「ひなだ」の痕跡6箇所は用水路の水質の劣化や水道の普及により、衛生面を含めて1箇所を除いて使用されることがなくなってしまう。用水路の水が汚れてしまうまでは「ひなだ」の多くの場所で洗い物をしていたとされている³⁾。

「ひなだ」を残す価値として、「ひなだ」の名残は現在の寝屋川市にどのような影響を与えているかはわからないが、仁和寺本町にある「ひなだ」は地域やそこに住む住人の意思によって残されている。また、「ひなだ」を残し、利用することで環境を大切にするという意思が芽生える可能性もある。

調査をした寝屋川市仁和寺本町地域以外の地域では、現在も水路を利用した観光地も存在しており、そこでは、用水路に鯉が泳いでいる五個荘金堂町や、用水路の水を洗い物に利用する郡上八幡が存在する⁴⁾。水路を利用した観光地の共通点は、道路面と水路面の差が小さく、用水路にガードレールが設置されていない点がある。仁和寺の「ひなだ」周辺の水面と道路面の約270mm、水路幅約1.0m前後の町であり、水路を利用した観光地の風景と類似している(図2)。

また、郡上八幡における用水路での洗うという行為は、かつての仁和寺本町の風景に似ている⁵⁾。仁和寺本町でなくなりつつある「ひなだ」の存在は、他地域の観光資源になっており、仁和寺本町の「ひなだ」も大事にしていくべきだと考えられる。

今まで述べたように、「ひなだ」、「段蔵」、水路はかつて寝屋川にあった農村集落の生活様式を反映したものであったが、現在では、一部の家屋を除いて活用されていない。また、「ひなだ」の名前すら過去の言葉となりつつある。しかし、「ひなだ」の存在は、現在の密集市街化された地域では失われているかつての

コミュニティの豊かさの一つの象徴あるいは代表として見ることができるのではないだろうか。

さらに、「ひなだ」の存在は、清い水路、道路面から近い水面、祭り、コミュニティをしのばせるものであり、かつ将来にわたって今では失われつつある街並みや水の大切さを思い起こさせるきっかけとして重要な存在ではないだろうか。

「ひなだ」について意識をもって保全すること、「ひなだ」単独ではなく、水、水面、コミュニティという環境全体を連携と存在であることが、調査から判明した。したがって、「ひなだ」保全をキーワードに寝屋川が豊かな環境を守り、作ることの可能性を見出すことができるのではないかと。

4. 今後の課題

「ひなだ」からの街づくりの可能性として、今まで述べたように、「ひなだ」を残すことは、「ひなだ」だけでなく、周囲全体を含めた環境世界を考えることである。「ひなだ」を残すことを一つのきっかけとして、寝屋川市の街づくりに貢献できるのではないだろうか。



写真1. 「段蔵」の特徴①
屋根の高さが違う



写真2. 蔵に収納されている
水車や臼



写真3. F邸の「ひなだ」

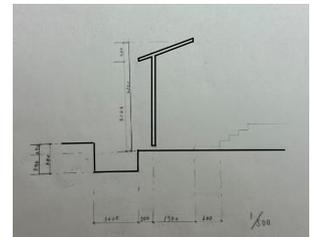


図2. F邸の「ひなだ」と
水路の関係図

参考文献

- 1) 寝屋川市ホームページ,パンフレット,「水路関係施設保全計画」,
<https://www.city.neyagawa.osaka.jp/material/files/group/39/suirokankeisisetuhozenkeikaku.pdf>
- 2) 寝屋川市編纂委員会,「第三章建築(寺院・神社・民家)」,寝屋川市史第七巻,寝屋川市,2006年,p592-p777
- 3) 寝屋川市編纂委員会,「第1章九個荘地区」,寝屋川市史第八巻,寝屋川市,1991年,p84-p155
- 4) ecotopia 編集部「郡上八幡は美しい水の郷!水路を無駄なく使ったエコな町」,
<https://ecotopia.earth/article-4138/>
- 5) 渡辺一二,「郡上八幡の水路」,生きている水路,東海大学出版,1984年,p35-p42

異なる風温下における気流を知覚し始める風速の閾値に関する研究 —青年女性の前腕を対象とした場合—

研究のタイプ [論文]
212016 衣川心葉
指導教員 宮本征一

研究の背景と目的

室内の多くの温熱環境は空気調和設備を用いて、温度や湿度を調節することにより心地よいと感じる空間が造られている。居住空間においては局所気流を積極的に用いることにより涼を得ることができ、熱的快感を向上しつつ、消費エネルギーを低減することができると考えられる。

本研究では、異なる風温下において、青年女性の前腕を対象に、気流の速度を徐々に上げていくことにより、気流を知覚する風速の閾値を測定する気流知覚実験と青年男性を対象とした実験から、青年男性と青年女性の違いを把握することとした。また、冷覚の閾値・不快知覚温度を測定（冷覚閾値実験）し、曝露温度が気流を閾値に与える影響を把握することとした。

研究計画

2024年7月17日から9月17日に青年女性被験者8名に対し、気流知覚実験と冷覚閾値実験を行った。表1に被験者の身体特性値を示す。各被験者のBMIは18.8~22.7であり、標準体型であった。

気流知覚実験では、図2に示される摂南大学環境工学実験室内にある恒温恒湿室（エスペック製:TBR-3HAOPX）内に被験者の左前腕部に気流を曝露させるためのダクト装置を平面図の①に設置した。断面図には被験者の左前腕部に曝露させる気流の流れを矢印で示す。④DCファンの前に③フィルターを入れることで、気流の乱れを抑制した。

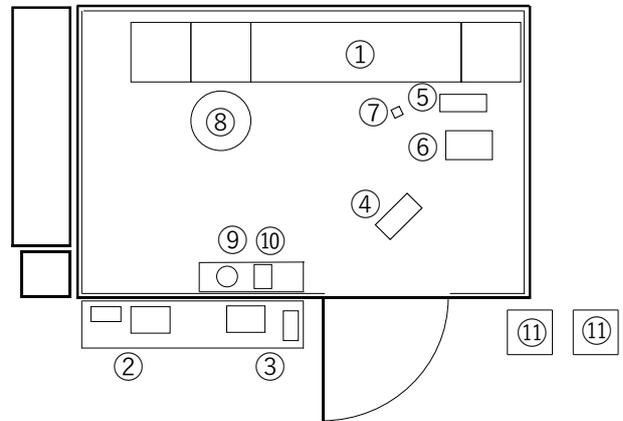
実験条件として、被験者の左前腕部に曝露させる気流の温度条件を22℃・24℃・26℃・28℃・30℃の5条件とした。ダクト内の温度は恒温恒湿室の温度と等温であり、恒温恒湿室の温度を調節することで制御した。湿度は50%で固定とした。着衣は熱的中立な状態となるように被験者に調節させた。実験中の姿勢は椅座安静とした。

実験手順は、被験者が気流を知覚しない無感状態から気流を知覚するまで風速を上げていき、気流を知覚し始めた時に気流感の閾値の申告をしてもらい、その後無感状態に戻すこととする。この作業を6回以上繰り返し、有効なデータを6つ得ることとする。冷覚閾値実験は、温冷覚閾値計（インタークロス製：intercross-210）を用いて、25mm角のプロープを左前腕部に接触させて、0.3℃/sで温度を下降させた。冷刺激を知覚したときに申告してもらうことで閾値を測定した。さらに冷却を続けて冷刺激を不快と知覚したときに申告してもらうことで不快知覚温度を測定した。冷覚閾値実験は8回以上測定を行うこととした。

表1 被験者身体特性値

被験者	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH
年齢	21	21	21	21	22	21	21	21
出身地	大阪府	大阪府	大阪府	大阪府	大阪府	大阪府	香川県	広島県
身長 cm	159.1	161.4	158.5	152.1	160.0	163.0	157.0	164.7
体重 kg	54.7	53.0	47.4	45.7	56.2	52.9	48.0	61.5
BMI	21.6	20.4	18.8	19.8	21.9	19.9	19.5	22.7
暑がり	③	②	③	④	②	④	②	④
寒がり	②	④	②	③	②	②	②	②
汗かき	②	②	③	④	③	②	①	③
冷え性	②	②	②	④	①	②	③	③

①非常に〇〇 ②〇〇 ③やや〇〇 ④〇〇ではない



- ①ダクト装置
- ②生体用PC+ログ
- ③環境用PC+ログ
- ④チェックモニター
- ⑤定電圧装置
- ⑥定電圧装置用PC
- ⑦PWM制御装置
- ⑧クッション
- ⑨グローブ温度計
- ⑩通風乾湿計
- ⑪体重・身長計

図2 恒温恒湿室の平面図・断面図

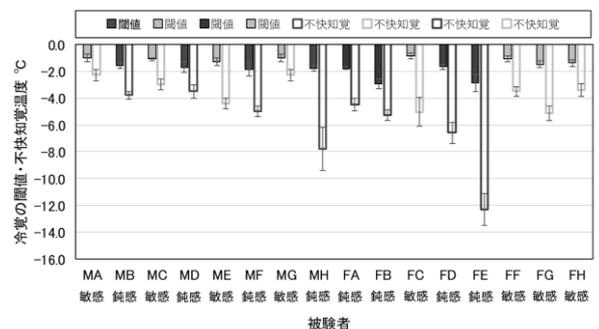


図3 各被験者の冷覚の閾値・不快知覚温度

結果・考察

図3に冷覚の閾値・不快知覚温度について青年男性の値を併せて示す。閾値は -0.9°C ～ -2.9°C 、不快知覚温度は -3.4°C ～ -12.3°C の範囲であった。閾値において敏感な群 (-0.9°C ～ -1.5°C) を被験者 FC、FF、FG、FH とし、鈍感な群 (-1.7°C ～ -2.9°C) を被験者 FA、FB、FD、FE とした。青年男性と比較すると、青年女性のほうが閾値は高い傾向がみられ、個人差が大きかった。

図4に皮膚温とダクト内温度の差と気流を知覚し始める風速の閾値の関係を示す。男性被験者を破線、女性被験者を実線で示す。また、冷覚の閾値が敏感な群を灰色、鈍感な群を黒色で示す。被験者 FH は無風時においても温冷感が涼しさを知覚し、気流を感じにくくなり、回帰直線の傾きが正となったため、以下の考察からは省くこととした。青年男性の場合は、冷覚の閾値の鈍感な群と敏感な群が明確に分かれていたが、青年女性の場合は分かれておらず、冷感覚が風速の閾値に及ぼす影響は小さいと考えられる。青年男性と比較すると、皮膚温が低い場合皮膚温とダクト内温度の差が小さく、被験者 FC を除き、回帰直線の傾きは緩やかであり、風速の閾値は小さくなった。皮膚温とダクト内温度の差が 0°C となるときの気流を知覚し始める風速の閾値は、回帰直線による外挿ではあるが、青年女性の場合、被験者 FG が最も小さく 0.38m/s 、被験者 FC が最も大きく 0.84m/s であった。気流に伴う冷覚刺激がなく、触覚のみで気流を知覚する場合、 0.4m/s ～ 0.8m/s で知覚することを明らかにした。

図5にダクト内温度と気流を知覚し始める風速の閾値の関係を示す。青年女性の場合、温度条件 22°C では、風速の閾値が最も小さい被験者 FE は $0.07\pm 0.01\text{m/s}$ で、最も大きい被験者 FB は $0.20\pm 0.03\text{m/s}$ であった。温度条件 30°C では風速の閾値が最も小さい被験者 FE は $0.24\pm 0.04\text{m/s}$ で、最も大きい被験者 FC は $0.60\pm 0.04\text{m/s}$ であった。静穏気流（無感気流）は温度に依らず 0.25m/s 以下とされているが、温度条件 22°C では、被験者 FE の 1 名は風速が 0.10m/s 以下でも気流を感じる結果となり、温度が低い条件下では、より小さい風速での空調が望まれる可能性があると考えられる。また、温度条件 30°C では、風速が 0.25m/s 以下で気流を感じる被験者 FE の 1 名のみでほとんどの被験者は気流を感じることはなく、より大きい風速を用いた空調を用いることも可能であると考えられる。男性被験者の場合、温度条件 22°C では風速が 0.10m/s 以下でも気流を知覚する被験者は 2 名で、温度条件 30°C では風速が 0.30m/s でも気流を知覚する被験者がおらず、性別によって気流を知覚する風速が異なった。このように、温度毎に気流を知覚する風速を把握することは重要であり、性別の差異も見られると考えられる。

まとめ

冷覚の閾値と異なる風温下における気流を知覚し始める風速の閾値との関係を把握することと男女の性差の有無の確認することを目的として、気流閾値実験と

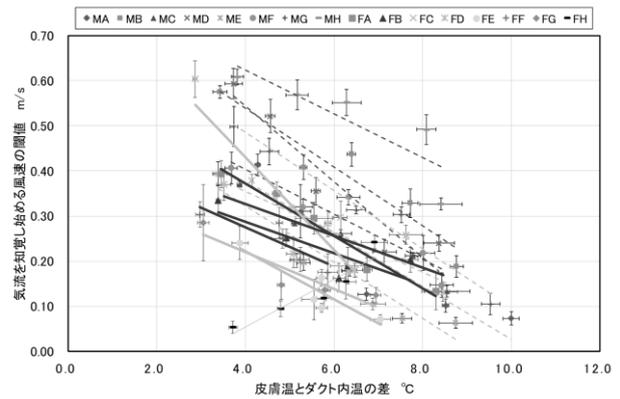


図4 皮膚温とダクト内温度の差と気流を知覚し始める風速の閾値の関係

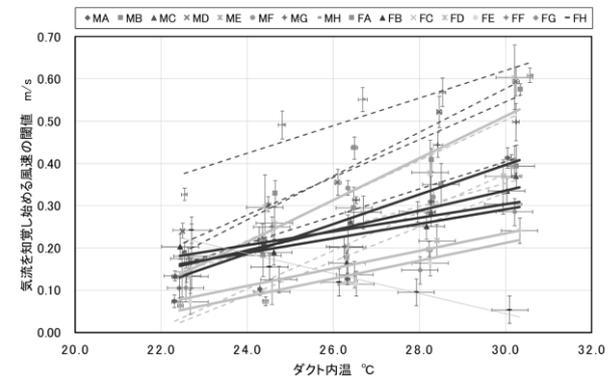


図5 ダクト内温度と気流を知覚し始める風速の閾値の関係

冷覚閾値実験を行った。その結果、冷覚の閾値は風速の閾値に及ぼす影響が小さいことを明らかにした。回帰直線の外挿であるが、青年女性の場合、冷覚を知覚しない状態で気流を知覚するには、 0.4m/s 以上の風速が必要であることを明らかにした。青年女性の場合、青年男性と比較して冷感覚が風速の閾値に及ぼす影響は小さいと考えられる。また、性別によって気流を知覚し始める風速の閾値が異なることを明らかにした。

参考文献

- 大下颯真、宮本征一、近藤恵美、桃井良尚 (2023) : 気流を知覚し始める風速の閾値に関する研究 その 1 異なる風温下での青年男性の前腕を対象とした場合、第 47 回人間—生活環境系シンポジウム報告集、pp.43-46
- 宮本征一、桃井良尚 (2021) : 気流を知覚する風速と冷覚閾値の関係 25°C ・ 50% 環境下における前腕部への曝露の場合、第 45 回人間—生活環境系シンポジウム報告集 pp.155-156
- 赤井音央、近藤恵美、宮本征一 (2023) : 気流を知覚し始める風速の閾値に関する研究 その2 環境温と風温が異なる場合の検討、第 47 回人間—生活環境系シンポジウム報告集、pp.47-48
- 佐々尚美、久保博子、磯田憲生、梁瀬度子 (2000) : 夏期における好まれる気温の個人差に関する研究、日本建築学会計画系論文集、65 巻、531 号、pp.31-35

枚方キャンパス7号館における緑のカーテンを用いた温熱環境と視環境の向上

研究のタイプ [論文]

212021 小櫻秀花

指導教員 宮本征一

研究の目的

摂南大学枚方キャンパス7号館は、白色を基調とした開放的な空間となっている。しかし、夏季においては直達日射が室内に入射し、学生や教職員から、温熱環境の改善が求められる空間であった。2019 年度の高光らの研究では、3階 EV ホールの西側バルコニーに緑のカーテンを設けることにより、直達日射を遮蔽することができ温熱環境を緩和することを明らかにした。

本研究では、ゴーヤを用いた緑のカーテンを西側バルコニーに設置することによって、日射や日照の遮蔽が温熱環境および視環境に及ぼす影響を把握することを目的に、温熱環境の 6 要素と視環境の照度と色度を測定するとともに、アンケート調査を行った。

研究計画

5/28 に、3 階 EV ホールのバルコニーに、ゴーヤ 2 株を植えた 14 個のプランターを設置した。

5/28～10/10 の期間に、温度・湿度と照度を机上面 (FL+900mm) に設置したおんどとり (T&D 製: TR72U、TR74Ui) で、10 分間隔で長期連続測定をした。EV ホールを利用している学生と教職員を対象に、EV ホールについて温熱環境、視環境などの評価を随時回答し、机上のアンケートボックスに投函していただいた。

5/28～10/10 の毎週 11:45～12:15 に、ゴーヤの表面温度をサーモカメラ (FLIR 製:ONE) で、窓の表面温度を放射温度計 (A&D 製:AD-5617WP) で、立位の視線高さ (FL+1500mm) の垂直面照度と机上面 (FL+900mm) 照度を照度計 (ミノルタ製:T-10A) で測定した。

6/15、7/9、8/19、9/17 の 10:00～19:00 に、EV ホールの温熱 6 要素をアメニティメーター (京都電子製:AM101) で、10 分間隔で自動連続測定した。

緑が無い状態 (6/18、6/19、6/25) と有る状態 (8/2、9/10、9/13、9/25) の昼休みに、学生 19 人を対象に、EV ホールの温熱環境と視環境の評価と形容詞対による空間の印象評価について回答していただいた。6/15、8/2、9/10 の 11:45～12:15 に、緑葉を色彩輝度計 (ミノルタ製:CS-100A) で測定した。図1に、測定位置を示す。

結果・考察

図2に、長期連続測定より得られた 9:00～18:00 の間で平均した温度の推移を 2024 年は実線で 2019 年は破線で示す。6 月中は、冷房が運転されていないため、室温は外気温の影響を大きく受けて外気温より少し高めの温度となるが多かった。7 月からは冷房が運転され、室内温度は外気温より低くなったが、西側のほうが東側と比べて平均で 3.1℃低く最大で 4.1℃低くなった。2019 年のデータにおいて東西の差異があまり見られなかったのは、東側の測定位置が冷房機器の影響を受ける位置であったが、2024 年は東側に机が複数

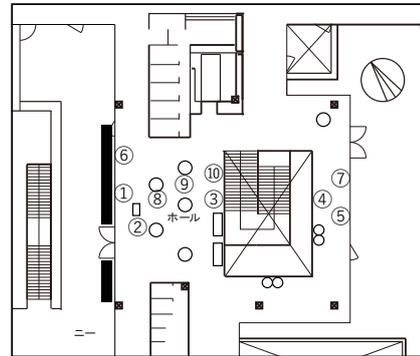


図1 7号館3階 EV ホールの平面図及び測定位置

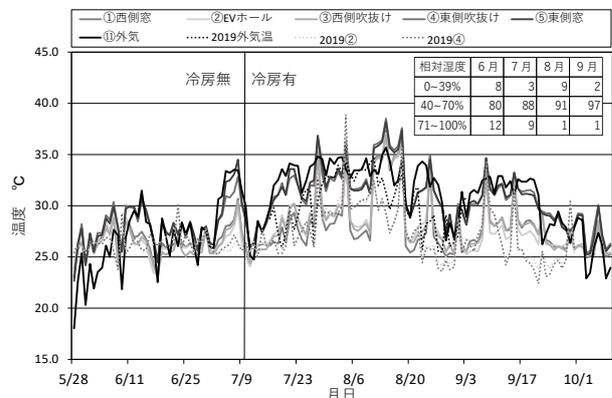


図2 9:00～18:00 における温度の日別平均推移 (2024 年、2019 年)

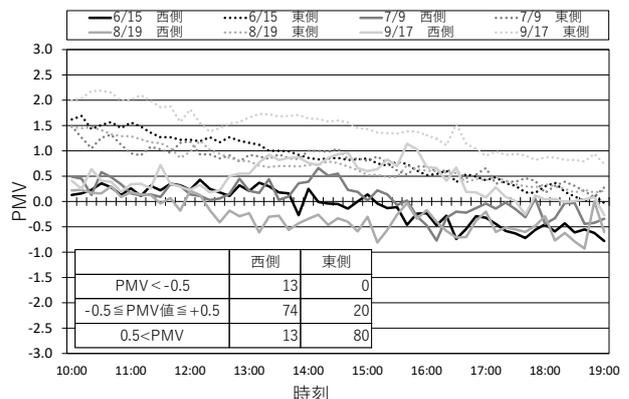


図3 PMV 値の経時変動

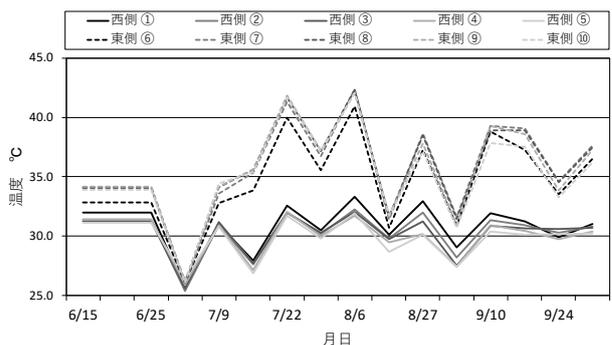


図4 外側のガラス面の表面温度の推移

台設置され、西側と同様に冷房機器の影響を受けない位置での測定であったため、緑のカーテンの有無の差が見られたと考えられる。ビル管法の基準である湿度40%~70%の範囲となる割合は80%以上であった。6月と7月では上限値を越えている割合が高くなったのは、7月中旬から冷房が始動し、冷房による除湿が行われていたためであると考えられる。

図3に、アメニティメーターより算出されたPMV値の経時変動を示す。西側は、 $-0.5 \leq \text{PMV 値} \leq +0.5$ となる時間の割合は74%であり、 $-0.5 < \text{PMV 値}$ となる割合は13%であり、 $\text{PMV 値} \geq +0.5$ となる割合も13%であった。東側は、 $-0.5 \leq \text{PMV 値} \leq +0.5$ となる割合は20%であり、 $-0.5 < \text{PMV 値}$ となることはなく $\text{PMV 値} \geq +0.5$ となる割合は80%であった。PMV値から、東側は暑く不快な空間であり日射の遮蔽などにより改善される可能性があると考えられる。

サーモカメラで得られた赤外線画像より、ゴーヤの葉による蒸散によって表面温度は低くなっていた。図4に放射温度計で得られたガラス面の外側の表面温度の推移を示す。西側と東側と比較すると、西側のガラス面はゴーヤの葉により日射が遮られるため表面温度が低くなっていた。これらのことから、東側にも緑のカーテンを設置することにより、7号館3階 EV ホールの温熱環境が更に向上するのではないかと考えられる。

図5に長期連続測定より得られた9:00~18:00の間で平均した照度の推移を示す。③中央の値は、750lx以上の照度となる割合は72%であり、直射日光が入ることもないため、作業環境としては適した環境であったと考えられる。④東側と②西側の値は東側窓と西側窓からの直射日光が入ることにより、1000lx以上となる照度の割合が80%以上であった。壁面のみならず床面も白色であるため、人によっては明るすぎる環境であったと考えられる。熱線反射フィルムが貼られたことで以前より暗く感じられるが、照度は最低でも500lx以上であり作業環境としては十分な照度が得られている環境であったと考えられる。

図6と図7に期間中随時回答していただいたアンケート結果を示す。視環境と温熱環境どちらにおいても7/9が最も快適という結果となった。7/9はゴーヤが最も成長していた時期であり、緑による視覚的な快適感と日射遮蔽が行っていたことから温熱環境的にも快適であるという結果になったと考える。昼休みに看護の学生さんに協力していただいた回答者アンケートは、空間を把握することに慣れていなかったために、緑の有無の差異についての認識の個人差が大きくなった。

まとめ

長期連続実測と詳細実測を行い、温熱環境と視環境を把握した。西側と東側を比較すると西側のPMV値が快適範囲となる割合が多かったことや西側窓の表面温度が低くなっていたことから、緑のカーテンにより温熱環境が向上することは明らかとなった。視環境に関しては、緑のカーテンと熱線反射フィルムによる照度

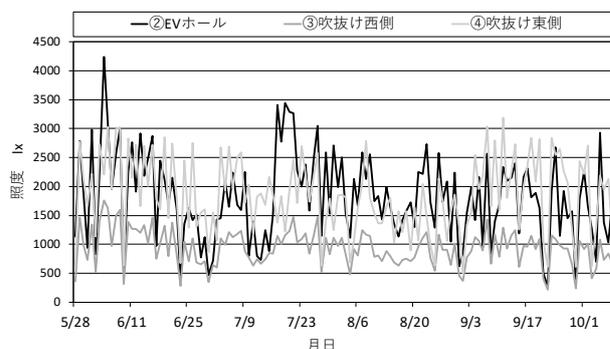


図5 9:00~18:00における照度の日別平均推移

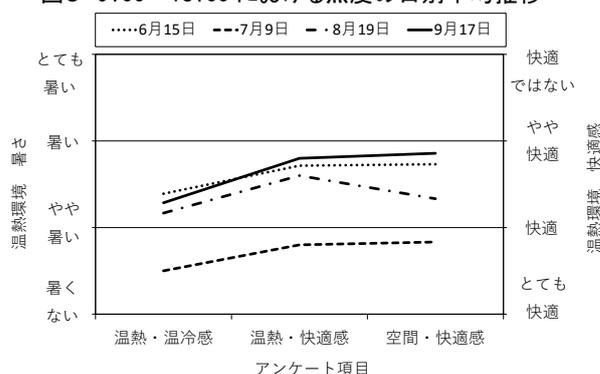


図6 温熱環境の回答(ボックスアンケート)

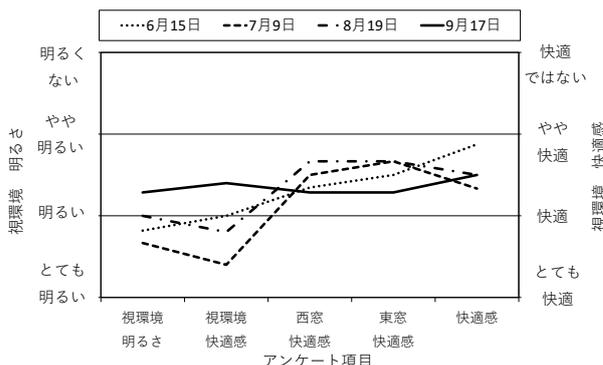


図7 視環境の回答(ボックスアンケート)

の低下による悪影響がないことは把握できたが、緑の心理的效果について明らかとすることができなかったため、教示を改善する必要があると考えられる。また、外気温の高さによる不測の事態が発生し、ゴーヤが一部、枯れてしまったため、対候性が高い道具を使用するなどの対策が必要であると考えられる。

参考文献

- 高光信彰ら：S大学Hキャンパス7号館における 緑のカーテンによる暑熱環境の改善に関する研究、第43回人間-生活環境系シンポジウム報告集、pp.157-160、2019
- 宮本征一：S大学Hキャンパス7号館における 温熱環境の把握と暑熱環境の対策に関する研究、第42回人間-生活環境系シンポジウム報告集、pp.169-172、2018
- 加藤ら：緑のカーテンの有無が人体の心理反応に及ぼす影響、日本緑化学会誌、pp.3-8、2013
- 鈴木ら：SET^{*}、PMVを用いたバルコニー部における緑のカーテンの温熱環境改善効果、日本緑化学会誌、pp.175-180、2015

大学生でも楽しめる防災ゲームの開発と考察

研究のタイプ [論文]

212003 池辺 壮吾

指導教員 池内 淳子

はじめに

防災ダック¹⁾とは、日本損害保険協会が提供している防災知育カードゲームであり、災害時に取るべき行動が書かれている絵のポーズを真似ることで、楽しみながら防災知識を学ぶことが出来る。しかしこのゲームの対象年齢は低く、大学生が楽しむことは難しい。一方、大学生が楽しめる避難所運営ゲーム (HUG)²⁾は津波について学ぶことが出来ない。そこで本研究では大学生でも楽しむことができ、かつ津波からの避難のシミュレーションができる防災ゲームを開発し、その考察を行う。

研究方法

既存の防災ゲームの対象年齢について調査する。次に目的を達成するための条件を設定し、開発フローを作成する。これに基づき、大学生でも楽しむことができ、かつ津波からの避難のシミュレーションが出来る防災ゲームを開発し、その考察を行う。

結果と考察

表1に調査した既存の防災ゲームの年齢区分と数を示す。7歳～10歳が対象のゲームが最も多く、11歳～が対象のゲームが少ないことが分かった。

表2に開発する防災ゲームの条件を示す。津波から避難するゲームということから名前を「MAKIKOMARERUNA!!」とした。対象年齢は中学生以上でプレイ人数は2人～8人とし、コンセプトは大学生でも楽しめ、津波からの避難のシミュレーションができることとした。最終目標は津波から避難する際の危険について知ってもらうこととし、内容は戦略性のあるゲームにすること、津波避難時の目の前の風景が分かるようにすること、初めてのプレイでも直感的に分かるようにすることを目指した。

図1に防災ゲーム開発のフローを示す。まず Ver.1 を作成し、Ver.2 を経て、最終版を完成させ、実施した。その後、条件の確認と最終目標の達成確認を行い、課題についてまとめた。

図2に防災ゲーム Ver.1 の内容を示す。このゲームは津波から逃げるために自宅から学校まで避難するすごろくゲームである。プレイヤーは兄、姉、父、母など家族の誰かのキャラクターとなる。兄は「出た目+1マス移動できる」、父は「誰かを担いで移動できる」などキャラクターによって異なった能力がある。避難はサイコロの出た目の数だけ進むことができるが道中の災害カードによって移動が制限されることもある。例えば、液状化は「2以下の出目は進めない」などである。このような困難を家族の弱点を補い合いながら毎ターン迫ってくる津波に巻き込まれず、学校まで避難するゲームである。そして Ver.1 のテストプレイを行

表1 既存の防災ゲームの調査結果

年齢区分	既存の防災ゲーム	数
2歳～6歳	防災ダック、森の消防隊、防災備蓄ゲームそなえよ、防災謎解きカルタ	4個
7歳～10歳	この次何が起こるかな、大災害、地震イツモ災害備えトランプ 防災SDGsすごろく、GURAGURATOWN、なまずの学校、RESQ+ カードで学ぶ非常持ち出し袋、シャッフル、減災アクションゲーム	10個
11歳～	HUG、KUG、避難誘導に協力しよう	3個

表2 開発する防災ゲームの条件

名前	MAKIKOMARERUNA!!
コンセプト	大学生にも楽しんでもらえるゲームにすること 津波からの避難がシミュレーションできること
対象	年齢：中学生以上、人数2人～8人
内容	戦略性のあるゲームにすること 津波避難時の目の前の風景が分かるようにすること 初めてのプレイでも直感的に分かるようにすること
最終目標	津波から避難する際の危険について知ってもらうこと

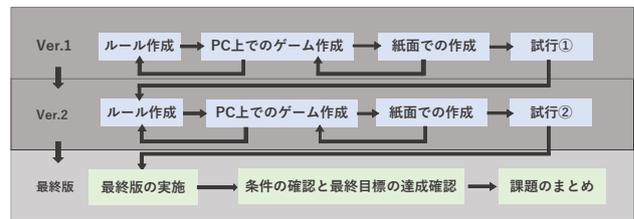


図1 防災ゲームの開発フロー



図2 防災ゲーム Ver.1 の内容

った結果、カードが小さく扱いづらい点や、誰かが津波に飲まれるとゲームがその時点で終了してしまう点、フィールドが町をイメージしにくい点などの複数の改善が必要な部分が浮き彫りになった。

図3に防災ゲーム Ver.2 の内容と主な改善点を示す。テストプレイで見つかった改善点を基に、防災ゲーム Ver.2 を作成した。このゲームのプレイヤーが家族の一員となり、それぞれのキャラクターとして津波から逃れるために高台を目指す点は Ver.1 と同様である。ただし、地震発生後のシナリオを表す災害情報カードを追加し、毎ターンその時の状況を再現するカードの効果を適応することで津波からの避難の状況をより鮮明にイメージできるように改良した。また、カードを一般

的なカードと同じ大きさに統一し、イラストを掲載するとともに新しいカードを追加することで、地震や津波による被害の様子をより具体的に把握できる内容にした。さらに、ゲーム終了後に避難行動の結果をスコアボードで得点化するシステムを新たに導入し、自身の選択した行動について振り返り、考えるきっかけを提供することを目指した。そして、Ver.2 のテストプレイを行った結果、プレイヤーがゲームを楽しんでいる様子が確認できた。一方で、進行中には新たな課題も明らかになった。実際の時間に基づいて災害情報カードを公開するルールでは、各プレイヤーの行動ターンが圧迫される場面が見られたため、このルールはすぐに撤廃した。また、ルールブックの分かりやすさやゲームの明瞭さを確認するため、補助なしで進行を試みたが、スムーズに進まなかったため、丁寧な補助を行う形式に変更した。その他の課題についても修正し、完成ものを最終版とした。

図4に最終版の振り返りシートの結果を示す。最終版の実施は「大学生でも楽しめるのか」、「津波からの避難する際の危険について知ってもらえたか」について確認することを目的として4人と5人の2回に分けて実施し、それぞれゲーム終了後に振り返りシートを記入してもらった。その結果から津波の被害について回答していたことが分かった。

表5に最終版の実施結果のまとめを示す。ゲーム中の会話の内容や様子、そして振り返りシートの内容についてについてまとめたところ、ゲーム中には避難行動の是非やカードや能力の活用方法などについて多くのコミュニケーションが生まれており、参加者からは津波からの避難について想像できたという意見、避難中の危険について具体的に知ることが出来たなどの意見が得られた。そして、ゲームの改善点として津波到達のタイミング調整、川から離れることの重要性を明示する要素の追加などが課題として挙げられた。

表6にドイツスタイルのボードゲームの6つの特徴を示す。有田³⁾はドイツスタイルのボードゲームには6つの特徴があり、ゲームが楽しめながら社会的交流力を育てていたと述べている。開発した防災ゲーム最終版もこの6つの特徴すべてに当てはまっていたため、本ゲームは大学生でも楽しめると考えられる。

結論

本研究では、大学生でも楽しめ、かつ津波避難のシミュレーションができる防災ゲームを開発し、その考察を行った。既存の防災ゲームを調査した結果、対象年齢が高めのゲームが少ないことが分かった。その後、作成した開発条件と開発フローに基づき、防災ゲームVer.1からVer.2へと改良し、最終版を完成させた。最終版を実施した結果、参加者はゲームを楽しみながら津波からの避難行動についての是非や、避難する際の危険などについて話し合う姿が確認できた。一方で、津波到達タイミングの調整、川から離れる重要性の明示といった課題も浮き彫りとなった。今後は防災ゲー



図3 防災ゲーム Ver. 2 の内容と主な改善点

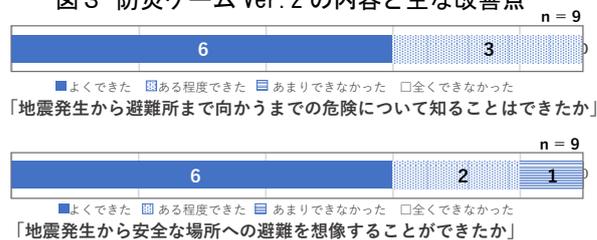


図4 最終版の振り返りシートの結果

表5 最終版の実施結果のまとめ

	内容
会話の内容	津波の速さや避難ルートの選択についての相談、高台や津波避難ビルの優先度についての意見交換、対策カードの活用方法、分からない用語についての質問などの会話が生まれていた。
ゲームの評価	津波からの避難について1人を覗いて避難することが出来たという意見や、避難中の危険について知ることが出来たという意見もあった
気づいた点	高齢者が早く移動できないこと、津波の速度が想像以上に速いこと、家族間の助け合いの重要性であること、高所への避難の優先性、電柱倒壊などのリスクについて気づくことが出来たなどの意見があった。
印象に残った点	津波が襲ってくる速度が想像以上に速いこと、高齢者の避難の難しさ、避難中に予想外のハプニングが発生すること、想定より迅速な避難が難しいことが印象に残ったなどの意見があった。
改善点	読みにくい漢字への配慮、津波到達のタイミングの調整、川から離れることの重要性を明示する要素の追加などを改善すべきという意見があった一方、とくに改善点がないという意見もあった。

表6 ドイツスタイルのボードゲームの6つの特徴
ドイツスタイルのボードゲームの特徴

- 1) 比較的単純なルール（5,6ページほど）
- 2) 比較的短い所要時間（30分～2時間）
- 3) 運任せでなく戦略の要素もあること（将棋、囲碁はダメ）
- 4) 直接的に他プレイヤーを攻撃する場面は少なめ
- 5) 全員が最後まで楽しめるような工夫がされている
- 6) ゲームの内容物のデザインに配慮を行っている

ムのさらなる改良と実施を通じることでより優れた防災教育ツールになっていくことが期待できる。

参考文献

- 1) 防災ダック
<https://www.sonpo.or.jp/about/efforts/reduction/bousai-duck/index.html>
- 2) 避難所運営ゲーム（HUG）
<https://www.pref.shizuoka.jp/bosaikinkyu/sonae/earthquake/bosaicenter/1003638/1043919/1030041.html>
- 3) 有田隆也、『ドイツボードゲームの教育利用の試み—考える喜びを知り生きる力に結び付ける—』
https://www.jstage.jst.go.jp/article/konpyutariyoukyouiku/31/0/31_34/_pdf/-char/ja

Web 写真を活用した住家被害の試行的判定方法に関する研究 ～能登半島地震を対象として～

研究タイプ[論文]
212062 三棟 優大
指導教員 池内 淳子

はじめに

2024 年能登半島地震では、内閣府の住家被害認定¹⁾ (以下、住家被害認定と呼ぶ) が実施された。この認定は専門家が現地調査を行い、住家被害を判定するものである。藤生²⁾らは、建物被害について写真アップロードシステムを活用し、遠隔地で専門家が判定できる仕組みを検討した。その結果、半壊等の小規模被害の場合には、4 方向の写真のみで被害判定できないことが課題とされた。最近では、Web 上に被害写真が掲載されており、誰でも取得できる。これらを活用して、建物被害を試行的に判定することができないかと考えた。そこで本研究では、2024 年能登半島地震を対象として、Web 上の被害写真を取得し、試行的判定方法を作成する。また、住家被害認定を用いた判定を行う。その結果、2つの判定方法の違いを分析し、本研究による試行的判定方法がどのように活用できるかについて考察する。

研究方法

対象地域を石川県珠洲市とし、Web 上の被害写真を取得し、試行的判定方法を作成する。また、住家被害認定を用いた判定を行い、試行的判定方法との違いを分析する。結果については、特に「全壊」判定について着目する。以上の結果から、既存の被害認定手法との違いを明らかにし、本研究による試行的判定方法がどのように活用できるかについて考察する。

結果と考察

表 1 に能登半島地震概要を示す。珠洲市では震度 6 強を観測し、津波被害も確認された。死者から軽症者までの人的被害は 363 人で、人口の約 1.4%にあたる。住家被害は 6665 棟であった。

表 2 に本研究による試行的判定方法を示す。建物被害としては、「全壊」「入れないけど入る余地あり」「半壊」「ひび割れ」「無被害」の 5 つから、階ごとに 1 つを選択した。傾きと屋根についても表 2 のように複数の選択肢から 1 つを選択した。判定者は建築学科 4 年生 1 名である。

表 3 に内閣府の住家被害認定調査¹⁾ を用いた判定方法を示す。Web 写真を用いる場合、判定項目は「外観 5」「壁 9」「屋根 10」のみしか活用できなかった。「外観 5」については「全壊」「一部全壊」「壁被害」「無被害」の 4 つから 1 つを選択した。「壁 9」は被害箇所をカウントした。「屋根 10」については表 3 の通り 1 つ選択した。

図 1 に珠洲市飯田町 (エリア A) の対象建物を示す。隣接する 5 つの建物ごとに番号を振り A1～A29 に分けた。津波被害エリアも示した。道路沿い (**図 1** 内 A

表 1 能登半島地震概要

発生日時	2024年1月1日 (月) 16時10分	
震度	震度7 (志賀町、輪島市) マグニチュード7.6	
珠洲市の被害(以下は写真)		
最大震度	6 強	
人的被害	363人(人口:1.4%)	
住家被害	6665棟	

表 2 本研究による試行的判定方法

項目	分類	判定
傾き	東側、西側、南側、北側、傾きなし	1つ選択
被害	全壊、入れないけど入る余地あり、半壊、ひび割れ、無被害	階ごとに1つを選択
屋根	小屋組みが壊れている、小屋組みが壊れていない、瓦が崩れている、無被害	1つを選択

表 3 内閣府の住家被害認定調査¹⁾ を用いた判定方法

項目	分類	判定
外観5	全壊、一部全壊、壁被害、無被害	1つ選択
壁9	開口部廻りの僅かなひび割れ、仕上げ材の剥離、仕上げ材の脱落、仕上げ材が脱落し下地材にひび割れ、仕上げ材が脱落し下地材が破損	被害箇所を数える
屋根10	無被害、瓦が一部ズレている、瓦の破損やズレが著しい、瓦が全面的にズレや破損、屋根に著しい不陸、屋根に不陸と全面的に破損	1つ選択

項目と分類は、内閣府の住家被害認定調査¹⁾ より抜粋



図 1 珠洲市飯田町 (エリア A) の対象建物

～C) と津波被害エリアに近い内浦街道沿い (**図 1** 内 D) の 4 つの通りを分析した。**図 1** 内には、津波被害エリア A1 内では、2F と屋根に被害はないものの、1F はブルーシートで覆われた建物があった。

図 2 にエリア A の試行的判定結果を示す。**図 2 (a)** の 1 階被害としては、145 棟の内、「全壊」が 25% であり、「ひび割れ」まで含むと 73% の建物に被害があった。**図 2 (b)** の屋根被害としては、「小屋組みが壊れている」が 19% となった。また、「瓦が崩れている」まで含むと 37% の建物に屋根被害があった。

図3にエリアAの住家被害認定を用いた判定結果を示す。項目「外観5」の結果として、145棟の内、「全壊」と「一部全壊」を合わせたところ25%となった。一方、無被害は32%となった。

図4に珠洲市野々江町（エリアB）の対象建物を示す。エリアBはエリアAの東側で内浦街道沿いとした。図4内左端には、A11を記載している。エリアA同様、建物5棟ごとにB1～B11に分けた。B6内では、住家の2Fが1Fを押し潰すような被害があった。B10～B11の間については、RC造建物の被害がなかったこと、またS造建物に大きい被害が認められなかった。よって、被害判定はしていない。図5にエリアBの試行的判定結果を示す。1階被害としては、55棟の内、「全壊」が22%となり、「ひび割れ」まで含むと67%となった。

図6にエリアAとエリアBの全壊率を示す。本研究の全壊率とは、2つの判定方法によって、両方とも「全壊」となった場合と定義した。200棟の内、全壊率は18%であった。また、2つの判定方法とも「全壊ではない」となったのは75%であった。ここで、住家被害認定による判定のみ「全壊」となったのは7%であった。これが、本研究による試行的判定結果との違いであった。試行的判定方法は、階ごとに判定するため、「1階は「全壊」しているが、2階は「入れないけど余地あり」」の場合は、最終的に「全壊ではない」と判定される。一方、住家被害認定では、階ごとに判定されないため、この場合は「全壊」と判定される。また、試行的判定が「全壊」、かつ、住家被害認定が「全壊ではない」との判定はなかった。よって、7%の違いは階ごとの判定かどうかであった。

表4に既存研究による被害判定方法との比較を示す。藤生²⁾らの研究は、撮影者は被災地の方で、判定者は専門家である。徐³⁾の研究は、撮影者と判定者が両方、専門家である。本研究の試行的判定方法は、撮影者は不要であり、判定は建築に少し知識がある人でも可能である。このように、試行的判定は誰でも取得可能なWeb写真を用いて簡易的に判定できる。しかし、正確性が劣ることが特徴である。本研究による試行的判定方法の利用者としては、被災地ボランティアが想定される。被災地ボランティアはすぐ現地に行きたいため、建物被害の簡易的判定が取得できれば、目的地を決め、安全性を事前に確認し、具体的な準備を進めることができると考えられる。

結論

本研究は、能登半島地震を対象とし、Web上の被害写真を取得し、試行的判定方法を作成した。その結果、珠洲市飯田町の1階被害では、「全壊」が25%、「ひび割れ」まで含むと73%に被害があった。また、野々江町の1階被害では、「全壊」が22%、「ひび割れ」まで含むと67%となった。また内閣府の住家被害認定¹⁾を用いて、判定を行った。その結果、全壊率（2つの判定方法で「全壊」と判定された場合）は18%となった。一方、2つの判定が異なったのは7%であり、これは、試行的判定方法が階ごとに判定することによる違いであった。本研究による試行的判定方法は、誰でも取得可

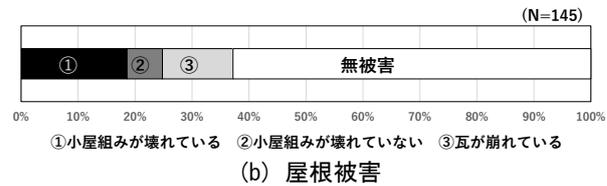
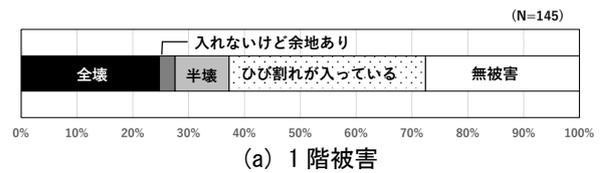


図2 エリアAの試行的判定結果

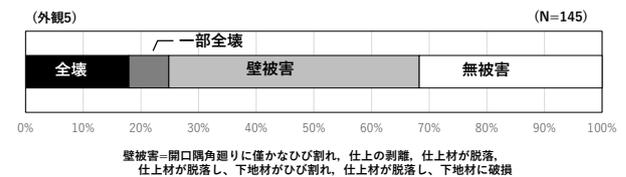


図3 エリアAの住家被害認定を用いた判定

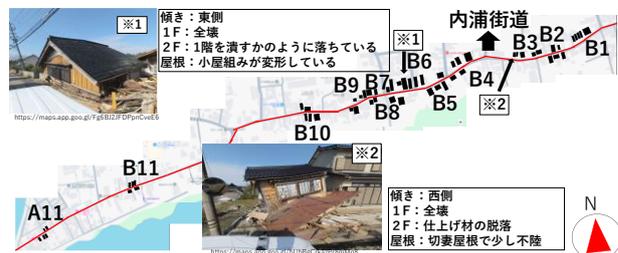


図4 珠洲市野々江町（エリアB）の対象建物

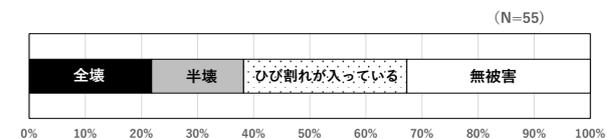


図5 エリアBの試行的判定結果（1階被害）

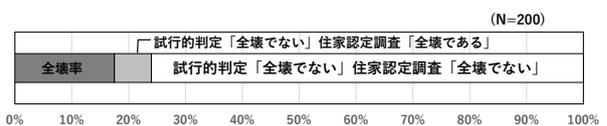


図6 エリアAとエリアBの全壊率（飯田町と野々江）

表4 既存研究による被害判定方法との比較

	藤生 ²⁾	徐 ³⁾	本研究
撮影者	被災地の方	専門家	なし (Web上)
判定者	専門家	専門家	少し建築に知識がある人

能なWeb写真を用いて簡易的に判定できる。しかし、正確性が劣ることが特徴であった。本研究による試行的判定方法の利用者としては、被災地ボランティアが想定される。被災地ボランティアはすぐ現地に行きたいため、建物被害の簡易的判定が取得できれば、目的地を決め、安全性を事前に確認し、具体的な準備を進めることができると考えられる。

参考文献

- 1) 内閣府,住家認定,<https://www.bousai.go.jp/taisaku/unyou.html>, 2024年9月18日閲覧
- 2) 藤生慎,大原美保,目黒公郎,大規模地震災害に向け遠隔建物被害認定システムの適応可能性の検討～写真アップロードシステムに着目して～,社会技術研究論文集, Vol.11, PP.12-21,2014.4
- 3) 徐鏡淋,高橋徹,ドローンと深層学習に基づく屋根と外壁の台風被害検出と評価,風工学研究論文集 No.27, PP.118-125,2022.11

飛来物衝突による板ガラスの破壊モードおよび飛散挙動に関する研究

研究のタイプ [論文]

212059 松尾勇汰

指導教員 奥田泰雄

1. 研究背景と目的

近年、地球温暖化の影響を受け、強力な台風も上陸し、台風による被害が深刻化している。強風時の飛来物衝突による衝撃力を受ける建築物において、非構造部材が損傷することにより人的被害を発生させることが多く報告されている¹⁾。このことから、外装材における耐衝撃性能の検討は、安全性の確保において重要な項目といえる。暴風に対する建築用ガラスを対象とした試験方法規格、JIS R3109「建築用ガラスの暴風時における飛来物衝突試験方法」²⁾（以降、JIS 規格）に準じた、板ガラスを対象とする飛来物衝突実験³⁾を行い、高速度カメラ動画解析を用いたガラス飛散挙動の計測および板ガラスの耐衝撃性能の検証を行う。また、ガラスの耐力と JIS 規格の加撃体衝撃力の数値化を目的に行う。

2. 実験方法

2.1 飛来物衝突実験概要

本実験は、建築研究所（茨城県つくば市）の風雨実験棟にて行った。加撃体発射装置として、エアークャノンを用いて外装材の飛来物衝突実験を行った。実験装置ならびに実験実施時の概略図を図 1 に示す。加撃体は、JIS 規格で規定されている B～E（表 1）を用いた。板ガラス（以下、試験体）は四方固定とし、900mm×900mm で発射口に垂直に配置した。

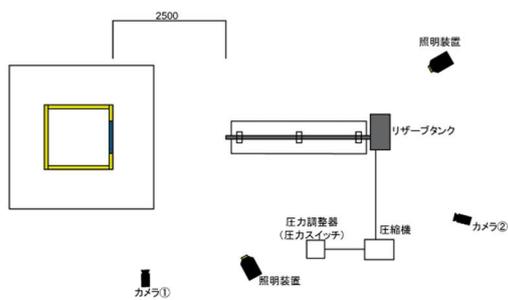


図 1 実験概略図

表 1 加撃体の種類

種類	質量 [kg]	衝突速度 [m/s]
B	1.00 (±0.1)	15.25 (±0.3)
C	2.05 (±0.1)	12.19 (±0.2)
JD	3.00 (±0.1)	15.25 (±0.3)
D	4.10 (±0.1)	
E		24.38 (±0.2)

注記 〇内は公差。衝突速度の公差は 20 m/s 以下の場合：±2 %
20 m/s を超える場合：±1 %

2.2 実験パラメータ

試験体は 10 枚用意した。単板ガラス（5 mm，6 mm）が各 2 枚と、合わせガラス 6 枚で、合わせガラ

スの詳細を以下の表 2 に示す。発射圧力は性能試験で得られた値（表 3）で発射した。試験体に対して、加撃体 B から順番に発射し、貫通または孔（開口）が生じる（この状態を不合格とする）まで行う。JIS 規格の判定基準から、貫通とは、試験体の非加撃面に加撃体の一部でも突出することをいい、孔（開口）は直径 7.6 mm の球が通る孔（開口）が開いている状況を指す。

表 2 試験体（合わせガラス）の仕様詳細

詳細（呼び名，商品名）	厚さ
FL3 + 中間膜フィルム 15mil + FL3 (3mm - 15mil - 3mm, ラミペーン)	6.4mm
FL3 + 中間膜フィルム 30mil + FL3 (3mm - 30mil - 3mm, セルキュオ 30)	6.8mm
FL3 + 中間膜フィルム 60mil + FL3 (3mm - 60mil - 3mm, ラミペーンシールド)	7.5mm
FL5 + 中間膜フィルム 15mil + FL5 (5mm - 15mil - 5mm, ラミペーン)	10.4mm
FL5 + 中間膜フィルム 30mil + FL5 (5mm - 30mil - 5mm, セルキュオ 30)	10.8mm
FL5 + 中間膜フィルム 60mil + FL5 (5mm - 60mil - 5mm, ラミペーンシールド)	11.5mm

※ 1 mil = 0.0254 mm, FL=フロート板ガラス

表 3 発射圧力

加撃体	B	C	JD	D	E
発射圧力 (kPa)	40	35	50	55	100

2.3 FEM解析概要

本研究において、FEM解析⁴⁾をする目的は本実験ではできなかった初期状態（新品の状態）でどのような変形を起こすのか、及び応力分布はどのように異なるのかを検証するために行った。また、中間膜が 30 mil と 60 mil の合わせガラス（計 4 種類）を対象とし、中間膜の弾性を考慮した一様な物体とみなし、衝撃瞬間時の弾性範囲内での解析を行った。

本実験及び性能試験で記録した高速度カメラの映像をもとに、衝撃力 (F) の算出を行う。衝撃力の算出は前例がないので、4 つの方法で算出し、建築物荷重指針・同解説⁵⁾の第 1 1 章 衝撃荷重の考え方に基づき算出する。今回採用した方法は、性能試験において、加撃体を受け止めるために設置した鉄板が加撃体衝撃を吸収する時間を計測し、以下の式で算出する。なお、F を衝撃力 (N)，m を質量 (kg)，v を衝突速度 (m/s)，Δ t を作用時間 (s)，鉄板に加撃体が触れた瞬間のフレーム数を t₁ (—)，鉄板から加撃体が離れた瞬間のフレーム数を t₂ (—) とする。また、次式で求めた各加撃体の衝撃力 (F) の一覧を表 4 に示す。

$$F = \frac{mv}{\Delta t} = \frac{mv}{\frac{t_1 - t_2}{2000}} = \frac{2000mv}{t_1 - t_2}$$

表4 各加撃体の衝撃力F

加撃体	衝撃力 (N) F
B	2304
C	1090
JD	5093
D	2536

3. 結果

3.1 飛来物衝突実験結果

飛来物衝突実験結果は表5のようになった。

表5 飛来物衝突実験結果一覧

加撃体	B	C	JD	D
衝突速度 (m/s)	15.6	12.5	14.7	15.2
5mm	×	—	—	—
6mm	×	—	—	—
3mm-15mil-3mm	×	—	—	—
3mm-30mil-3mm	○	○	×	—
3mm-60mil-3mm	○	○	○	×
5mm-15mil-5mm	○	×	—	—
5mm-30mil-5mm	○	○	×	—
5mm-60mil-5mm	—	○	○	×

凡例： ○…合格 ×…不合格 —…試験不要

3.2 FEM解析結果

解析結果（最大変位）と計測結果（おおよそひずみ）をまとめた表（表6）を以下に示す。

表6 解析結果と計測結果の一覧

	加撃体	おおよそひずみ (mm)	解析結果 (mm)
3mm+30mil+3mm	C	125	122
3mm+60mil+3mm	B	60	65
	C	100	97
	JD	160	146
5mm+30mil+5mm	B	95	94
	C	190	180
5mm+60mil+5mm	C	190	182
	JD	220	1093

4. 考察

合わせガラスは厚さに応じて、割れにくく、中間膜のエネルギー吸収が高速度カメラ映像でも確認できた。また、合わせガラスの耐衝撃性能は板ガラス厚さによらず、中間膜の厚さによって決まるといえる。

以下に、ガラスの耐衝撃性能を数値化した衝撃力Fの一覧（表7）を示す。この衝撃力は、表5より、合格となった加撃体の衝撃力Fの和として計算した。なお、加撃体Bで不合格となった場合は衝撃力の算出ができないため、表7中は省略している。

表7 衝撃力F (N)

	衝撃力F (N)	内訳
3mm-30mil-3mm	3395	B+C
3mm-60mil-3mm	8488	B+C+JD
5mm-15mil-5mm	2304	B
5mm-30mil-5mm	3395	B+C
5mm-60mil-5mm	8488	(B+) C+JD

単板ガラスと合わせガラスとでは大きく割れ方に違いが出た。前者は、加撃体が衝突後、貫通し加撃体断面より大きな穴（開口）をあけたのが確認できた。一方、後者は、加撃体が衝突し、穴をあけたが、加撃体が刺さったような止まり方をし、加撃体断面とほぼ同じ大きさの穴ができた。これは、中間膜がエネルギー吸収と同時に、非衝撃面側の単板ガラスへの衝撃を和らげ、室内側（非衝撃面側）へのガラス飛散も抑えていた。

加撃体JDは日本独自の加撃体規定であり、瓦を想定している。各々の加撃体は、対応するFスケールがあり、それに基づいて、日本における過去の台風例を当てはめた表（表8）を以下に示す。日本における過去の台風例は、観測された最大風速をもとに、加撃体ごとに振り分けた。なお、直近の事例の一例を取り上げ、台風による伴って発生した竜巻等突風も含む。

表8 想定Fスケールと台風例

加撃体	想定するFスケール	対応する既存指標	質量 (kg)	速度 (m/s)	過去に日本で発生した台風例
B	F0未満	—	1.0	15	—
C	F0	ISO-B	2.0	12	台風10号 (2024年)
JD	F1	—	3.0	15	台風18号 (2013年)
D		ISO-C	4.1		
E	F2	ISO-D	4.1	24	台風19号 (2019年)

5. 結論

本研究では、JIS規格に準じた、板ガラスを対象物とする飛来物衝突実験を行い、高速度カメラ動画解析を用いたガラス発散挙動の計測および板ガラスの耐衝撃性能の検証を行った。また、ガラスの耐力とJIS規格の加撃体衝撃力の数値化を目的に行った。JIS規格の各加撃体の衝撃力は表4、飛来物衝突実験の結果は表5、ガラスの耐力（衝撃力F）は表7のようになった。合わせガラスの飛散挙動としては、衝突時は大きな破片が少なく、安全であるといえるが、固形の量は多く、細かい破片も多く確認できた。

これらの結果より、合わせガラスの耐衝撃性能は中間膜の厚さに依存し、FEM解析により、合わせガラスの変形量を推測することが可能だと分かった。

参考文献

- 1) 一般社団法人板硝子協会 「調査・研究 『ガラスの破損事故による事故事例調査結果』」（2025年2月14日確認 https://www.itakyo.or.jp/data/research/safety_1.html）
- 2) 日本規格協会：建築用ガラスの暴風時における飛来物衝突試験方法 JIS R 3109:2018
- 3) 加茂正人，丸山敬，河井宏允，前田豊，西村宏昭：合わせガラスの耐飛散物衝撃試験 その1 衝撃試験，日本建築学会大会学術講演梗概集，B-1，pp.127-128，2009.8
- 4) Midas iGEN Ver. 920R1, MIDAS Information Technology, 2022
- 5) 日本建築学会 (2015). 建築物荷重指針・同解説. 日本建築学会
- 6) 中村 修，佐々木亮治，丸山 敬，河井宏允，奥田泰雄：外装材の飛来物耐衝撃試験に関する研究 その4 耐衝撃試験における加撃体の設定，日本建築学会大会学術講演梗概集 構造I，pp.253-254，2014.9

令和 6 年能登半島地震での津波による建築物の被害に関する研究

研究のタイプ [論文]
212083 安原敬志
指導教員 奥田泰雄

1. 研究背景と目的

2024 年 1 月 1 日、石川県の珠洲市内を震源とする内陸地殻内地震が発生し、大きな被害をもたらした。

建築物への津波による影響は、様々な条件が関係し、各建築物の被害を正確に予測することは困難である。

そこで本研究では、能登半島地震の被害状況を用いて建築物の津波被害特性について明らかにすることを目的とする。また、津波被害の流失については、流失と建築物特性との関係性を確認することとした。

2. 研究方法

2.1 対象領域

本研究では、令和 6 年能登半島地震での津波による建築物への被害が特に大きかった石川県珠洲市宝立町鵜飼地区・春日野地区について調査を行った。国土地理院の公開する推定津波浸水域データをもとに調査領域を選定し、浸水域内の建築物を調査対象とした。

石川県珠洲市宝立町は、能登半島の先端に位置しており、鵜飼地区・春日野地区は珠洲市南部に位置する。鵜飼地区には防波堤が築造されている。一方で春日野地区の海岸には、防波堤は築造されていない。



図 2-1 対象領域

2.2 研究方法

国土地理院が公開する航空写真¹⁾と Google map²⁾のストリートビューを用い、宝立町鵜飼地区・春日野地区の被害状況を航空写真上にマッピングした。航空写真とストリートビューでは、被災前と被災後の画像を比較し、各建築物の被害状況を確認した。被害状況を確認することができない建築物は約 10 件あり、本調査からは除いている。そして、建築物の被害状況と津波浸水深データを比較し、浸水深と建築物の被害の関係性について考察した。津波浸水深データについては、土木学会論文集の「令和 6 年能登半島地震津波による珠洲市の建物被害と浸水深の関係性評価」³⁾を参照した。

また、建築物の流失被害を顕著に確認することができた浸水深の範囲で、流失した建築物と流失せずに残存している建築物と特性についても調査した。

2.3 被害状況のマッピング

建築物の被害状況を 7 種の被害状況のいずれかに分類する。それぞれの分類項目の詳細を以下に示す。

表 2-1 被害状況の分類項目

流失	基礎のみが残っている(震動により柱脚損傷後の流失も含める)。
開口部の損傷・外壁材の脱落	津波波圧の可能性が高い。
1 階の層崩壊	震動被害の可能性が高いが、漂流物による 1 階柱の柱脚損傷の可能性もある。
倒壊	震動被害の可能性が高いが、津波波圧の可能性も考えられる。
傾き(傾きが海岸線と直交方向)	震動被害の可能性もあるが、津波波圧の可能性も考えられる。
傾き(傾きが海岸線と水平方向)	震動被害の可能性が高い。
被害なし	上記のどの被害も確認できない。

2.4 流失事例と残存事例の建築物特性の比較

流失被害が大きい浸水深で、流失した建築物と残存している建築物を 4 つの項目で比較する。外見のみの判断で、それぞれの項目について判別することが難しい場合に関しては、「不明」とする。

表 2-2 建築物特性の項目

構造種別	木造, S 造, RC 造等のような構造種別であるか。
住家・非住家	柱や壁といった躯体が多く配置されていると外見から判断できる建築物を住家, 配置されていない倉庫等を非住家として扱う。
階数	建築物の軒高で階数を判断するのではなく, 変形に対する耐力を持った床が配置されているかという点で判断する。
遮蔽物(建築物)の有無	任意の建築物から海岸線までの間の建築物の有無。

3. 結果

3.1 分類結果

想定浸水域内での建築物の被害状況をマッピングしたものを図 3-1 に示す。建築物の流失被害は全てが、防波堤が築造されていない春日野地区で確認された。対象領域での分類した建築物の被害状況と浸水深の関係を図 3-3, 図 3-4, 図 3-5 に示す。

RC 方立壁のある架構の耐力および変形性能に関する実験的研究

研究のタイプ [論文]

202022 北村真人

指導教員 柳沢学

1 はじめに

近年の地震における鉄筋コンクリート(RC)建物の典型的な被害として、集合住宅における外構面の掃出し窓間に設置されるRC方立壁の損傷が挙げられる¹⁾。従来の方立壁は、曲げ耐力がせん断耐力を上回り早期にせん断破壊が起こる。そのため、せん断補強筋を多く配筋することで早期のせん断破壊を抑制でき、最大耐力が向上した¹⁾。また、拘束筋を配置することで高い圧縮軸力に抵抗することができ、拘束筋の重要性が示された。しかし、従来の典型的なRC方立壁の構造性能に対しては検討されているが、配筋および壁幅の変数を目的とした研究は行われていない。そこで壁幅と壁端部の拘束筋量を変数とすることで変形性能が向上し、将来的に構造部材として利用することが可能になる。

2 実験計画

2-1 実験目的

本研究では、壁縦筋の定着を解消したRC方立壁の耐震・変形性能に与える影響に関するデータを収集し、RC方立壁を将来的に構造部材として利用することを目的としている。

2-2 試験体概要

方立壁の試験体概要を表1に示す。試験体w115、w115-A、w75、w75-Aを計4体作成する。架構は共通したものであり、試験体は、定着がなく構造躯体と切り離されていないRC方立壁である。試験体形状はw115、w115-Aでは $b \times D = 18 \times 115(\text{mm})$ で、 $h = 250(\text{mm})$ であり、w75、w75-Aでは $b \times D = 18 \times 75(\text{mm})$ で、 $h = 250(\text{mm})$ である。縦筋、横筋は $1.5\phi @ 20$ で配筋し、壁端部の開口補強筋 3ϕ を壁中央に芯鉄筋として配筋し、壁端部に長さ方向 $2-1.5\phi @ 10$ 、厚さ方向に $3-1.5\phi @ 10$ の拘束筋を配筋した。

試験体配筋図を図2および図3に示す。RC主体架構のスパン中央にあるRC方立壁を模擬した試験体である。試験体は壁筋の定着がなく芯鉄筋と定着して構造躯体と切り離されていないRC方立壁である。また、コ字形の2つの鉄筋を壁中央で重ね継手としてつなぎ合わせることでロ字形にコアコンクリートを拘束するように配筋した。

2-3 加力方法

試験体と治具をボルトで固定し、反力梁にPC鋼棒で固定し、反力フレームに取り付けた水平加力ジャッキを用いて正負繰り返し載荷を行う。

加力サイクルは水平荷重 $P = 0.5(\text{t})$ のサイクルを1回行い、荷重制御で2回ずつ正負繰り返し加力を行う。その後部材角荷重制御で $R = 1/200, 1/100, 1/50, 1/25, 1/12.5$ を2回繰り返す。その後、 $R = 1/12.5$ のサイクルで載荷を終了する。

表1 試験体概要(方立壁)

試験体名	w115	w115-A	w75	w75-A	
寸法	厚さ(mm)	18			
	高さ(mm)	250			
変数	長さ(mm)	115		75	
設計基準強度	$F_c(\text{N}/\text{mm}^2)$	24			
壁筋比	縦筋	2-1.5 $\phi @ 20$			
	$p_{wv}(\%)$	0.96	0.96	0.96	0.96
	横筋	2-1.5 $\phi @ 20$			
	$p_{wh}(\%)$	0.49	0.49	0.58	0.58
変数	拘束筋	1.5 $\phi @ 10$			
	長さ(mm)	40	80	40	80

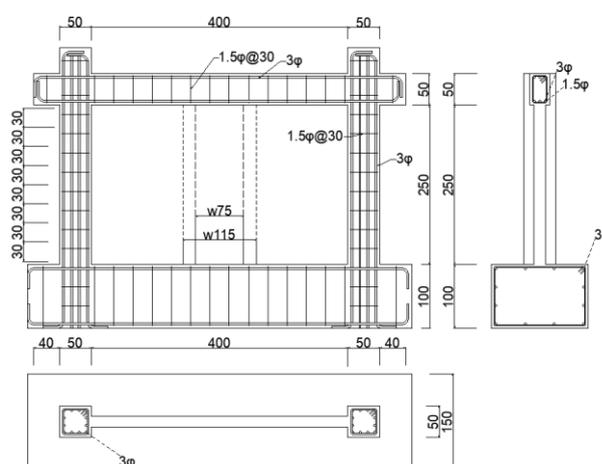


図2 試験体配筋図(架構)

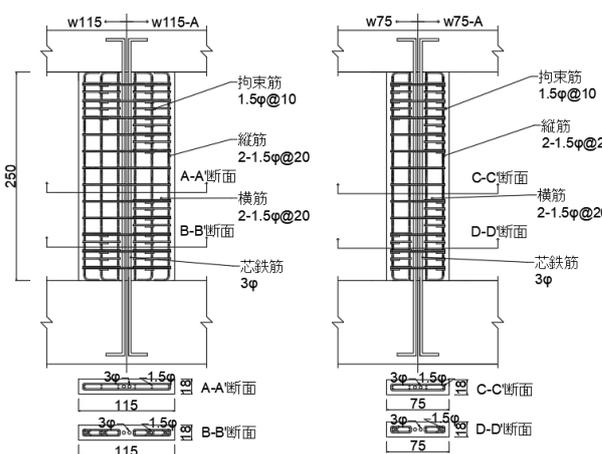


図3 試験体配筋図(方立壁)

3 実験結果

3-1 材料試験結果

丸鋼 3.0ϕ 、 1.5ϕ 引張試験、モルタル供試体圧縮試験を行った。引張試験結果では、 3ϕ は降伏ひずみ値 $2010(\mu)$ 、降伏強度 $412(\text{N}/\text{mm}^2)$ 、 1.5ϕ は降伏ひずみ値 $1493(\mu)$ 、降伏強度 $306(\text{N}/\text{mm}^2)$ を参考値とした。圧縮試験結果では最大荷重 $50.2(\text{kN})$ 、圧縮強度 $25.8(\text{kN})$ となり、設計基準強度は約 $8 \sim 13\%$ の範囲で高くなった。

3-2 荷重変位関係

各試験体の荷重変位関係を図4に示す。

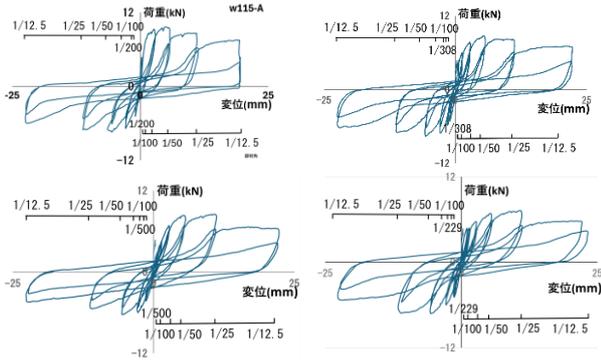


図4 各試験体の荷重変位関係

3-3 耐力一覧

各試験体の耐力と変位、部材角を表2に示す。各試験体の最大耐力は、7.27kNから9.63kNの範囲であった。また、最大耐力時の変位は、4.85mmから10.81mmの範囲であり、部材角は1/25~1/56の範囲であった。

表2 各試験体の諸耐力

試験体名	降伏時荷重	ひび割れ荷重	最大荷重		
	P_y (kN)	P_c (kN)	P_{max} (kN)	δ (mm)	R
w115-a	9.23	1.62	9.63	4.85	1/56
w115	8.25	3.48	8.69	5.28	1/52
w75-a	7.27	1.47	8.50	10.32	1/26
w75	7.07	2.21	7.27	10.81	1/25

3-3 ひび割れ状況

R=1/12.5の各試験体のひび割れ図を図5に示す。荷重の変化に伴う方立壁の破壊特性について説明する。

試験体名 w115-A、w115 では、R=1/200 で右側柱脚に横ひび割れが発生し、R=1/100 で両柱脚と方立壁に曲げひび割れが発生した。R=1/50 で最大耐力 9.63 kN、8.69kN を記録後、曲げ破壊で耐力低下、R=1/12.5 で右側下端が圧壊、載荷終了した。試験体名 w75-A、w75 では R=1/500、R=1/229 で方立壁上端と右柱脚下端に曲げひび割れが発生した。R=1/200~R=1/50 で両柱脚と方立壁に曲げひび割れが発生延長し、R=1/25 で最大耐力 8.50kN、7.27kN が記録され、方立壁の上下端部が圧壊し、R=1/12.5 で載荷終了した。

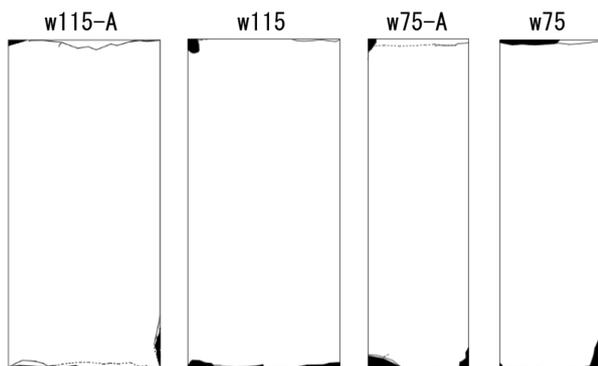


図5 各試験体の方立壁ひび割れ図

4 実験結果の検討

4-1 降伏耐力の検討

耐力一覧を表3に示す。降伏耐力は全試験体とも計算値に対する実験値の比率は1.07~1.35の範囲にあり、降伏時耐力を概ね推定できると思われる。最大耐力を降伏耐力と仮定し、全試験体とも計算値に対する実験値の比率は1.02~1.16の範囲にあり、最大耐力を概ね推定できる。

表3 最大耐力および降伏耐力一覧

試験体名	降伏耐力			最大耐力	
	実験値 (kN)	計算値 (kN)	計算値 / 実験値	実験値 (kN)	計算値 / 実験値
w115-A	9.23	9.95	1.07	9.63	1.04
w115	8.25	9.95	1.20	8.69	1.05
w75-A	7.27	9.36	1.28	8.50	1.16
w75	7.07	9.36	1.35	7.27	1.02

4-2 heq-部材角関係

部材角 R=1/500~R=1/12.5 を各試験体でまとめた2回目の推移を図6に示す。それぞれの heq を比較し4体の試験体でそれほど差が見られなかった。この結果からは方立壁の壁幅、拘束筋量によってエネルギー吸収能力にそれほど差はないと考えられる。

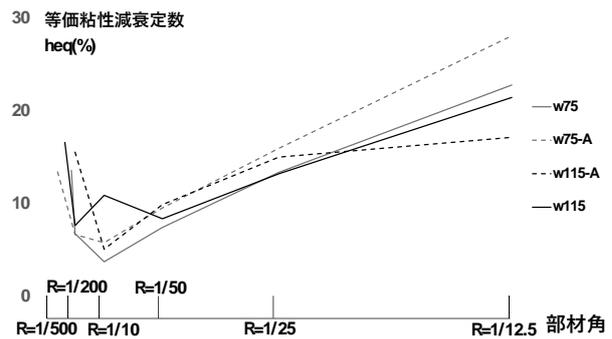


図6 等価粘性減衰定数

5 結論

本実験では、RC 方立壁のある架構の耐力および変形性能に関する実験を行った。

本実験の範囲で、以下の知見を得た。

[1]降伏耐力およびひび割れ耐力の算定方法について
計算値に対する実験値の比率は1.07~1.35の範囲にあり、耐力を概ね推定できる。

[2] 拘束筋量および壁幅について

壁端部の拘束筋量に着目すると、拘束筋量を強化した試験体の耐力が約10%向上した。また、壁幅を増大した試験体の耐力も約17%向上した。

[3]変形性能について

壁端部の拘束域の増強により、曲げ圧縮域における圧壊が抑制され、高い変形性能を確認した。

参考文献

- 1) 真田靖士,ほか4名:損傷抑制型RC方立壁の構造性能に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, pp.362-371, 2022月4月

ハーフ PCa 床版を用いた床スラブの耐力および変形性能に関する実験的研究

研究のタイプ [論文]
 212060 松下 弘晟
 指導教員 柳沢 学

1. はじめに

近年、現場の生産性向上を目的としたさまざまな工法が提案されている¹⁾。この提案に対し、設計の自由度が高いハーフプレキャストコンクリート（以下、ハーフ PCa と略す）は有効である。ハーフ PCa 床版は PCa 床版上に後打ちコンクリートを打設し、両者が一体となって機能する。この一体性を確保するため、PCa 床版の打設面にコッターを用いるものもあるが、そのせん断強度についての研究はまだ少ないのが実情である²⁾。

本研究では、降伏曲げ耐力時に算出したコッター数とその曲げ耐力の半分程度の耐力時のコッター数を想定し、コッター数を変数とすることでどのような効果があるのか、また純曲げ区間にコッターを用いた場合、コッターのせん断耐力がハーフ PCa 床版を用いた床スラブにどのような影響を与えるのかを確かめる。

2. 実験計画

2.1 実験目的および試験体概要

本実験は、ハーフ PCa 床版と後打ちコンクリートを用いた床スラブの耐力およびコッターの有無による変形性能と打継部のズレに着目して実験を行う。

試験体概要を表 1 に、試験体配筋詳細図を図 1 に示す。試験体 HPC-0 はコッターなし、試験体 HPC-4 は曲げせん断区間にコッターを 2 個ずつ、試験体 HPC-6 は曲げせん断区間と純曲げ区間にコッターを 2 個ずつ、試験体 HPC-8 は曲げせん断区間にコッターを 4 個ずつ、試験体 HPC-12 は曲げせん断区間と純曲げ区間にコッターを 4 個ずつ設けた計 5 体の試験体で実験を行う。

コッターの個数とコッターの位置を変数とした効果を比較するため、試験体の形状と配筋を統一している。

表 1 試験体概要

試験体名	F_c (N/mm ²)	コッター数	$b \times h$	t	コッター位置
HPC-0	30	—	40 × 40	8	—
HPC-4		4			曲げせん断区間
HPC-6		6			曲げせん断区間&純曲げ区間
HPC-8		8			曲げせん断区間
HPC-12		12			曲げせん断区間&純曲げ区間

$b \times h$: コッターの断面積 (mm × mm)

t : コッターの深さ (mm)

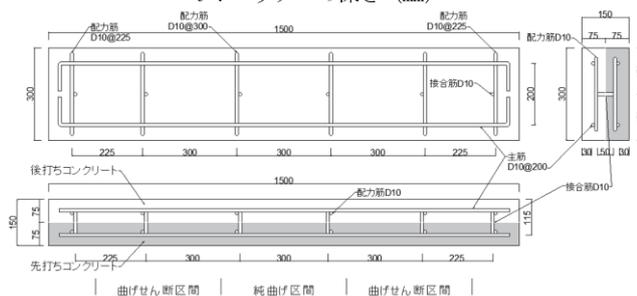


図 1 試験体配筋詳細図

2.2 コッター概要

ハーフ PCa 床版の打継ぎ部に用いるコッターの寸法、コッター断面積は同一とし、コッターの角度は 60° で、 h (コッター長さ)/ t (コッター深さ)=5.0 に統一した。試験体 HPC-4 のコッター配置図を図 2 に示し、コッターの既往の算定式は①の式³⁾を用いる。また降伏耐力時とその曲げ耐力時の半分程度の耐力時からせん断力を求め、せん断力を①の式で除し、表 1 に示すコッター数を算出した。

$$Q_{SC} = 0.10 * F_c * A_{SC} \dots \text{①}$$

Q_{SC} : コッターのせん断耐力 (N)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

A_{SC} : 鉛直接合部のコッターの鉛直断面積の和 (mm²)



図 2 試験体 HPC-4 のコッター配置図

2.3 荷重方法

荷重方法を図 3 に示す。荷重方法は、支持スパン 1200mm の試験体に対し、荷重スパンを 400mm に 2 点集中荷重の一方方向荷重を行う。

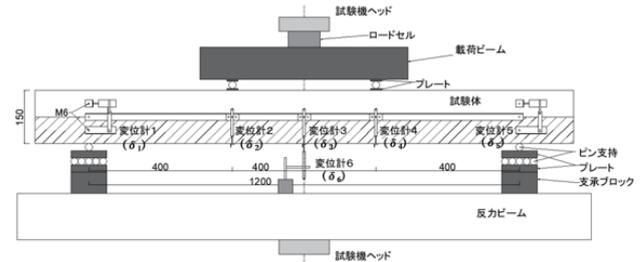


図 3 荷重方法

3. 実験結果

3.1 材料実験

本実験で用いた材料の試験結果を表 2 に示す。また、各試験体はすべて同じ材料を用いている。

表 2 材料試験結果

コンクリート				鉄筋D10	
圧縮強度 (N/mm ²)		ヤング係数 $\times 10^4$ (N/mm ²)		降伏強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ (μ)
PCa部	後打ち部	PCa部	後打ち部		
49.9	37.8	2.85	2.53	354	2210

3.2 荷重変位関係

試験体 HPC-0 と HPC-4 と HPC-6 の荷重変位関係を図 3、試験体 HPC-8 と HPC-12 の荷重変位関係を図 4 に示す。試験体 HPC-0 は 25mm の変位計のみを使用し、最大

荷重に到達する前に変位計が離れてしまった。各試験体の荷重時の中央の鉛直変位の平均は初曲げひび割れ荷重時の変位が約 0.5mm、降伏荷重時の変位が約 3.0mm、最大荷重時の変位が約 44.0mm であった。

3.3 ひび割れ発生状況

ひび割れ発生状況を図 5 に示す。実験開始から各試験体を比べると、5 体すべての試験体の初曲げひび割れは約 10kN の加力時に純曲げ区間の下側から曲げひび割れが発生した。また、最大荷重ですべての試験体は純曲げ区間の中央上面でコンクリートの圧壊が生じた。

4. 実験結果の検討

4.1 諸耐力の検討

各試験体の初曲げひび割れ荷重と降伏耐力、最大耐力の実験値と計算値を表 3 に示す。計算値は既往の算定式³⁾から曲げ耐力を求めている。なお、最大耐力の計算値は実験結果より下端筋だけでなく上端筋も降伏したため、降伏耐力の計算値に上端筋の降伏曲げモーメントを加算した荷重を用いて比較した。

表 3 より、初曲げひび割れ荷重の実験値は 15.0 から 19.1kN の範囲で、降伏耐力の実験値は 25.9 から 30.2kN の範囲で、最大耐力の実験値は 41.6 から 45.8kN の範囲で示した。

初曲げひび割れ荷重の実験値は PCa 部の主筋中央のひずみの伸びの比率が伸びた時の荷重を用いた。初曲げひび割れ荷重の実験値は計算値と比較すると 0.61 から 0.77 倍の範囲の比率で推定できた。

降伏耐力は PCa 部の中央の主筋が降伏した時の荷重を用いた。降伏耐力の実験値は計算値と比較すると 1.02 から 1.16 倍の範囲の比率で推定できた。

最大耐力の実験値は計算値と比較すると 1.20 から 1.32 倍の範囲の比率で推定できた。

4.2 打継部のズレの検討

試験体 HPC-0 の水平変位の荷重変位関係を図 6 に示す。今回の実験では、コッターなしの試験体 HPC-0 の水平変位のズレが確認できなかったため、すべての試験体で打継部の水平方向のズレは確認できなかった。

5. 結論

本実験では以下の知見を得ることができた。

- 1) 既往の算定式³⁾より曲げ耐力を求めることができ、各耐力の実験値は計算値と比較すると初曲げひび割れ荷重は約 3 割低い値を示した。また、降伏耐力は計算値より約 1 割、最大耐力は約 3 割高い値を示した。
- 2) コッターなしの試験体 HPC-0 の水平変位のズレが確認できなかったため、今回の実験ではコッターの有無や個数での大きな違いはみられなかった。

参考文献

- 1) 今井 弘：プレキャストコンクリート技術の本質的な問題点と将来の展望，コンクリート工学 37 (5)，3-6，1999-05
- 2) 金普漢、鈴木計夫、大野義照、鳥居洋：コンクリート合成版のシャーコッターのせん断強度に関する実験的研究コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15, No.2，1993
- 3) 日本建築学会：プレキャスト鉄筋コンクリート構造の設計と施工，p175, 9 章(9, 20) 式, 1986 年

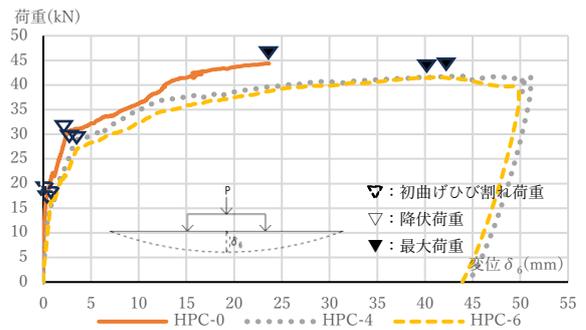


図 3 荷重変位関係

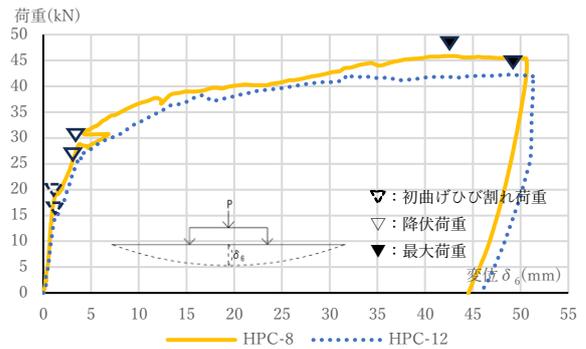


図 4 荷重変位関係

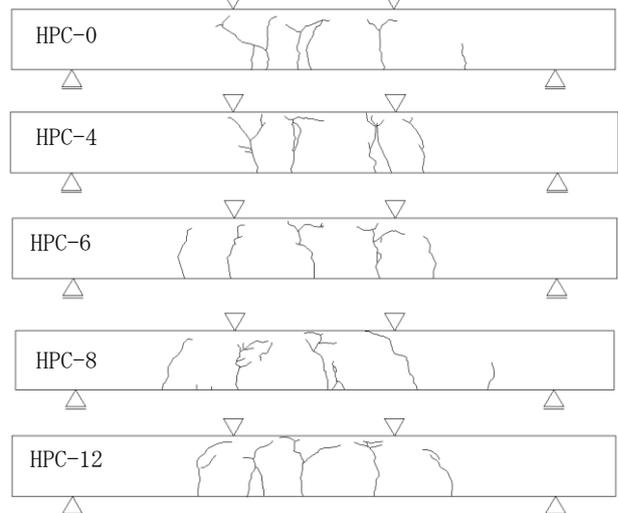


図 5 最大荷重時のひび割れ図

表 3 諸耐力一覧と比較

試験体名	初曲げひび割れ荷重		降伏荷重			最大荷重			
	実験値 (kN)	計算値 (kN)	実験値/計算値	実験値 (kN)	計算値 (kN)	実験値/計算値	実験値 (kN)	計算値 (kN)	実験値/計算値
HPC-0	18.5	24.0	0.77	30.2	25.9	1.16	44.6	34.1	1.31
HPC-4	16.3	24.8	0.66	28.9	25.4	1.14	41.8	34.1	1.23
HPC-6	17.8	24.7	0.72	27.7	26.1	1.06	41.6	34.8	1.20
HPC-8	19.1	25.2	0.76	28.4	26.4	1.08	45.8	34.8	1.32
HPC-12	15.0	24.6	0.61	25.9	25.4	1.02	42.3	32.9	1.28
平均値	17.3	24.7	0.70	28.2	25.8	1.09	43.2	34.1	1.27

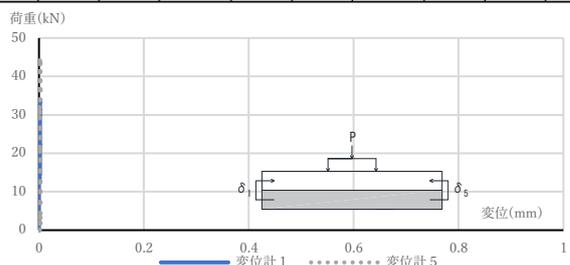


図 6 水平方向の荷重変位関係 (HPC-0)

2024 年度

摂南大学大学院理工学研究科 社会開発工学専攻

摂南大学理工学部

建築学科

修士論文梗概集／卒業論文梗概集

2025 年 3 月 発行

発行 摂南大学 理工学部 建築学科

寝屋川キャンパス 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8