

聴覚障害者に配慮された全面ガラス窓を有する

片廊下の視環境評価と

ガラス面積率が及ぼす熱的影響に関する研究

平成 30 年度

筑波技術大学大学院技術科学研究科

産業技術学専攻

佐竹 広希

目次

第1章	序論	- 4 -
1.1	研究背景	- 4 -
1.2	研究目的	- 4 -
1.3	本論文で使用する言葉の定義	- 6 -
1.4	本論文の構成	- 6 -
第2章	片廊下の窓ガラス条件が聴覚障害を有する学生の心理量へ及ぼす影響	- 10 -
2.1	実験概要	- 10 -
2.2	REAL 実験方法	- 14 -
2.2.1	実験対象施設	- 14 -
2.2.2	実験時の歩行経路及び窓ガラスの条件変更箇所	- 18 -
2.2.3	窓ガラスの変更条件 ①疑似壁の種類	- 19 -
2.2.4	窓ガラスの変更条件 ②ガラス面積率	- 20 -
2.2.5	実験パターン	- 22 -
2.2.6	REAL 実験の評価モデル	- 24 -
2.2.7	疑似壁の設置方法	- 28 -
2.2.8	実験の流れ	- 30 -
2.3	VR 実験方法	- 32 -
2.3.1	使用した VR 機器	- 32 -
2.3.2	実験モデル作成から評価実験までのフロー	- 32 -
2.3.3	実験の流れ	- 39 -
2.3.4	VR 実験時の VR モデル内の歩行経路	- 39 -
2.3.5	VR 実験実施時の室内環境	- 40 -
2.3.6	VR 実験の評価モデル	- 41 -
2.4	アンケート記入項目	- 45 -
2.5	REAL 実験結果及び考察	- 48 -
2.5.1	被験者	- 48 -
2.5.2	校舎棟の片廊下に関する普段の使用状況	- 50 -
2.5.3	心理量変化	- 52 -
2.5.4	考察	- 62 -
2.5.5	まとめ	- 68 -
2.6	VR 実験結果と REAL 評価実験結果の比較及び考察	- 70 -
2.6.1	VR 実験結果と REAL 評価実験の比較	- 70 -

2.6.2	考察及びまとめ.....	- 76 -
第3章	片廊下の窓ガラス面積の大きさによる熱的影響.....	- 80 -
3.1	数値計算概要.....	- 80 -
3.2	数値計算モデル及び条件.....	- 81 -
3.3	パラメータ①窓ガラス面積率の数値計算結果.....	- 88 -
3.3.1	冷房期の片廊下及び研究室の日平均温度.....	- 88 -
3.3.2	暖房期の片廊下及び研究室の日平均温度.....	- 92 -
3.3.3	各室の時系列温度変化及び環境評価.....	- 96 -
3.4	パラメータ②建物方位の数値計算結果.....	- 105 -
3.4.1	冷房期の片廊下の時系列温度変化.....	- 106 -
3.4.2	暖房期の片廊下の時系列温度変化.....	- 108 -
3.4.3	研究室の暖冷房負荷.....	- 110 -
3.5	パラメータ③窓仕様の数値計算結果.....	- 112 -
3.5.1	冷房期の片廊下の時系列温度変化.....	- 112 -
3.5.2	暖房期の片廊下の時系列温度変化.....	- 114 -
3.5.3	研究室の暖冷房負荷.....	- 116 -
3.6	窓ガラス面積率と不満足率及び温熱環境との関係.....	- 118 -
3.6.1	不満足率と建物方位による熱的影響との関係.....	- 119 -
3.6.2	不満足率と窓仕様による熱的影響との関係.....	- 121 -
3.6.3	まとめ.....	- 123 -
第4章	総括.....	- 126 -
	参考文献.....	- 129 -
	謝辞.....	- 130 -

筑波技術大学

修士（工学）学位論文

第 1 章

序論

第1章 序論

1.1 研究背景

聴覚障害を有する学生の為のバリア対策がなされた筑波技術大学天久保キャンパスの校舎棟について断面図と4F平面図を図1に、外観を写真1にそれぞれ示す。また校舎棟4Fの片廊下と外通路の様子を写真2～3に示す。

写真1や3のように校舎棟片廊下の外皮は床から天井の高さまで透明単板ガラスで構成されている。建物外皮が窓ガラスで覆われた建築物は多くみられるが、筑波技術大学天久保キャンパスの校舎棟は、各階の共用片廊下の外部に他棟へ通じる外通路を並行して配置している点で大きく異なる。これは聴覚障害を有する学生が片廊下及び外通路間で互いに見通せるように配慮して設計され、手話等によるコミュニケーションも可能になると思われる。こうした配慮により、聴覚障害を有する学生が人の存在認識のし易さや、外の様子を掴み易く視覚的に情報を補うことが容易な空間と考えられている。また、この片廊下の幅は約2.4mとやや広く、学生同士あるいは教員と学生が気軽に立ち話ができるコミュニケーションの場でもある。しかし、片廊下内には空調設備がなく、外部とガラス1枚で広い面積を接している為、温熱環境的には日射や外気温などの外部の影響を受けやすい。また、長山^[1]らによる研究でまだガラス面積の大きさが片廊下の夏の暑さや冬の寒さだけでなく、片廊下に隣接する研究室の空調エネルギー消費量とも無関係ではない事が明らかにされている。さらに、片廊下の窓ガラスが西向きに面している他、視線や日射を遮るブラインドがなく、ガラス面積が空間容積に対して大きい事がその影響を一層顕著にしていると考えられる。さらに須山^[2]らによる筑波技術大学の校舎棟のPOE調査(入居後施設評価)で、大学施設を使用する教員が夏場の片廊下の温熱環境に対して暑さを感じている事や、足元が見えるのは不安という結果を得ていることから、片廊下の温熱環境改善として外皮のガラス面積を減少する方法が考えられる。しかし、ガラス面積と利用者の心理量、特に聴覚障害者の心理量との関係について行われた研究は少ない。またそれに関する設計資料も見当たらない。

1.2 研究目的

本研究では、片廊下の窓ガラス面積を変えた際、聴覚障害を有する学生の心理量がどのように変化するか、現実空間で行う実験とVR機器を使用して仮想空間で行う実験の視環境評価実験より明らかにすると共に、その窓ガラス面積を変えた場合の片廊下への温熱環境の影響を把握する事を目的とする。

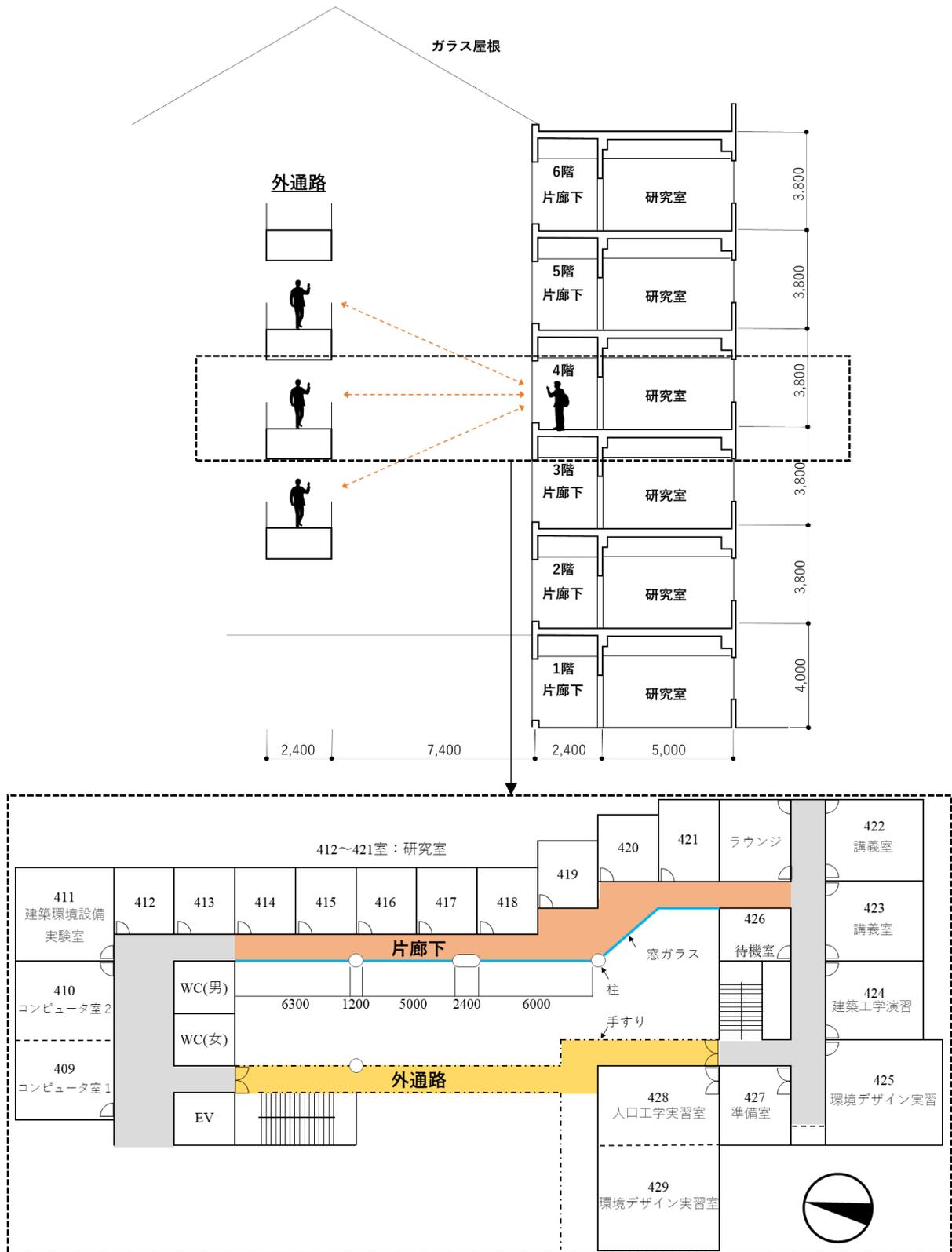


図 1 筑波技術大学天久保キャンパス校舎棟の断面図と 4F 平面図

写真 1



写真 2



写真 3



写真 1 筑波技術大学天久保キャンパス校舎棟の外通路(左側)と片廊下(右側)位置関係

写真 2 校舎棟の外通路から片廊下を見た時

写真 3 校舎棟の片廊下から外通路を見た時

1.3 本論文で使用する言葉の定義

REAL 実験…現実空間で実験条件の変更を行いその空間内で行った視環境評価実験。

VR 実験…仮想空間で実験条件の変更を行いその空間内で行った視環境評価実験。

疑似壁…実際の壁に見立てた仮の壁。スチレンボードで代用。

壁種類…壁無し、腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁、スリット状に配置した壁の種類を指す。

ガラス面積率…片廊下の外皮面積に占める窓ガラス面積の割合を指す。

窓ガラス条件…壁種類とガラス面積率を組み合わせた片廊下の窓ガラスの条件。

不満足率…満足度の否定側申告者数の全体に占める割合。

1.4 本論文の構成

第1章 序論

聴覚障害者に配慮された筑波技術大学天久保キャンパス校舎棟の建物の特徴とそのメリット及び問題点について述べた。

第2章 片廊下の窓ガラス条件が聴覚障害を有する学生の心理量へ及ぼす影響

聴覚障害を有する学生を被験者として REAL 実験及び VR 実験の視環境評価実験を行った。壁無し、腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁、スリット状に配置した壁の 5 種類の壁種類を想定した時、各壁種類の面積を増やして片廊下の窓ガラスの面積を小さくした場合、開放感や安心感などの視環境評価にどのような違いが見られるのか。実験による結果とそれに対する考察を述べた。実験対象施設は筑波技術大学天久保キャンパス 4 階片廊下と外通路の空間で行った。また VR 実験を行う目的及び REAL 実験との実験結果の違いとその考察を述べた。

第 3 章 片廊下の窓ガラス面積の大きさによる熱的影響

窓ガラスを小さくした場合、片廊下及び外通路にどのような影響が出るのか、数値計算により室内環境評価を行い、その結果と考察を述べた。また視環境と熱環境との関係についても述べた。

第 4 章 総括

第 1 章から第 3 章までの各章のまとめと総括を述べた。

第 2 章

片廊下の窓ガラス条件が聴覚障害を 有する学生の心理量へ及ぼす影響

第2章 片廊下の窓ガラス条件が聴覚障害を有する学生の心理量へ及ぼす影響

2.1 実験概要

表 1 REAL 実験と VR 実験の詳細

		1回目	2回目
実施期間	REAL	H29.10月～H30.3月	H30.10～11月
	VR	H29.10月～H30.3月	H30.11月
実施場所	REAL	茨城県つくば市天久保 4-3-15 筑波技術大学 天久保キャンパス校舎棟4F片廊下と外通路	同左
	VR	筑波技術大学 天久保キャンパス校舎棟4F 426室	筑波技術大学 天久保キャンパス総合研究棟1F 101室
被験者	REAL	聴覚障害を有する筑波技術大学の学生、20歳以上	1回目のREAL実験を受けた被験者
	VR	1回目REAL実験を受けた被験者	2回目のREAL実験を受けた被験者
被験者数	REAL	38名(男:20名、女:18名)	30名(男:15名、女:15名)
	VR	36名(男:19名、女:17名)	30名(男:15名、女:15名)
所要時間	REAL	約60分/回	約40分/回
	VR	約45分/回	約35分/回
実施時間帯	REAL	8:50～11:00(内約60分/回)	8:50～11:00(約40分/回)
	VR	8:50～20:00(内約45分/回)	8:50～20:00(約35分/回)
評価する壁種類	共通	壁なし、腰壁、垂れ壁、腰垂れ壁	壁無し、スリット状に配置
評価する ガラス面積率	共通	壁なし …… 100% 腰壁 …… 83%、66%、50% 垂れ壁 …… 83%、66%、50% 腰・垂れ壁 …… 66%、50%、33%	壁無し …… 100% スリット状に配置 …… 83%、66%、50%、33%

表 1 に REAL 実験と VR 実験の詳細を示す。視環境評価実験は現実空間で窓ガラス条件を変更して評価を行う REAL 実験と、仮想空間内の実験モデルの窓ガラス条件を変更して評価を行う VR 実験の 2 種類を実施した。1 章で述べたように、筑波技術大学天久保キャンパスの校舎棟は聴覚障害を有する学生に配慮された室内環境となっている。この片廊下の窓ガラスに壁を入れてガラス面積を小さくした場合、窓ガラス面積と聴覚障害を有する学生の心理量との関係にどのような違いが表れるのか視環境評価実験により明らかにする。

まず REAL 実験についての実験概要を記す。実験は筑波技術大学天久保キャンパスの校舎棟 4F 片廊下と外通路で行い、4F 片廊下の窓ガラスを変更条件として、1 回目：H29.10 月～H30.3 月と 2 回目：H30.10～11 月の 2 回に分けて行った。実験の被験者条件は聴覚障害を有する学生を対象とした。各実験の被験者数は、1 回目：38 名(男:20 名、女:18 名)、2 回目：30 名(男:15 名、女:15 名)であった。REAL 実験は午前中の 8:50～11:00 の時間帯で行った。この理由は、校舎棟の 4F 片廊下の窓ガラスが西側に面している為である。正午過ぎから夕方にかけての時間帯になると、西日が校舎棟片廊下の窓ガラスに差し込みまぶしい環境となり視環境評価に影響する為、西日ができるだけ差し込まない午前中に実験を行った。1 回当たりの実験所要時間は 1 回目が約 60 分、2 回目は約 40 分であった。

次に VR 実験についての実験概要を記す。実施場所について、1 回目は筑波技術大学天久保キャンパスの校舎棟 4F426 室、2 回目は筑波技術大学天久保キャンパス総合研究棟 1F 101 室で、VR

機器を使用した仮想空間内の実験モデルに対する視環境評価を行った。実験期間は、1回目がH29.10月～H30.3月、2回目はH30.11月に行った。被験者は1回目VR実験：1回目のREAL実験を受けた被験者、2回目：2回目のREAL実験を受けた被験者とし、各実験の被験者数は、1回目：36名(男:19名、女:17名)、2回目：30名(男:15名、女:15名)であった。1～2回目VR実験で実施した窓ガラス条件は1～2回目のREAL実験と同様である。研究倫理について、REAL実験及びVR実験で取得するデータは自動暗号化・パスワード認証機能を備えた据置型外付けハードディスクに保存した上で施錠可能な書架で保管した。またVR実験では人によってVR酔い(車酔いのような症状)を引き起こす場合があり、研究対象者が疲労や体調不良を訴えた場合は直ちに実験を中止した。



図 2 REAL 実験及び VR 実験で評価する窓ガラス条件

図 2 に REAL 実験及び VR 実験で評価する窓ガラス条件を示す。

変更条件である窓ガラスは 5 つの壁種類(腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁、スリット)に配置した壁、壁無し)と各ガラス面積率(33%、50%、67%、83%、100%)を組み合わせた。窓ガラス条件を(壁種類：ガラス面積率)とした時、1回目に壁無し：100%、腰壁：83%・67%・50%、垂れ壁：83%・67%・50%、腰・垂れ壁：67%・50%・33%の合計 10 種類の窓ガラス条件を実施した。2回目に実施した窓ガラス条件は壁無し：100%、スリット：83%・67%・50%・33%、の 5 種類である。この時の壁は 7mm のスチレンボードで代用し、本実験ではこれを疑似壁と呼ぶ。

表 2 外通路から片廊下を見た時の視環境評価項目とその定義

	視環境評価項目	定義
外通路(6項目)	開放感	外通路から片廊下の窓ガラスを見た時の開放感
	安心感	片廊下内の様子の把握のしやすさ
	窓ガラス面積	片廊下の窓ガラス面積の大きさの感じ方
	見通し	外通路から窓ガラスを通して片廊下内を見た時の見通し
	許容度	その窓ガラス条件を許容出来るかどうか
	満足度	外通路から片廊下を見た時の総合評価

表 3 片廊下から外通路を見た時の視環境評価項目とその定義

	視環境評価項目	定義
片廊下(8項目)	廊下の幅	廊下幅の感じ方
	廊下の高さ	廊下の天井高さの感じ方
	開放感	片廊下内の開放感
	安心感	外の様子の把握のしやすさ
	窓ガラス面積	片廊下の窓ガラス面積の大きさの感じ方
	見通し	片廊下から外通路を見た時の見通し
	許容度	その窓ガラス条件を許容出来るかどうか
	満足度	片廊下空間内の総合評価

REAL 実験及び VR 実験で評価する視環境評価項目について、表 2 に外通路から片廊下を見た時の視環境評価項目とその定義、表 3 に片廊下から外通路を見た時の視環境評価項目とその定義を示す。

REAL 実験及び VR 実験は外通路から片廊下を見た時と、片廊下から外通路を見た時の評価をそれぞれ行う。この時の視環境評価項目は表 2~3 の通りで、通路及び片廊下の共通する視環境評価項目は、開放感、安心感、窓ガラス面積の大きさ、見通し、許容度、満足度である。片廊下のみ廊下の幅と廊下の高さについて追加して評価を行う。

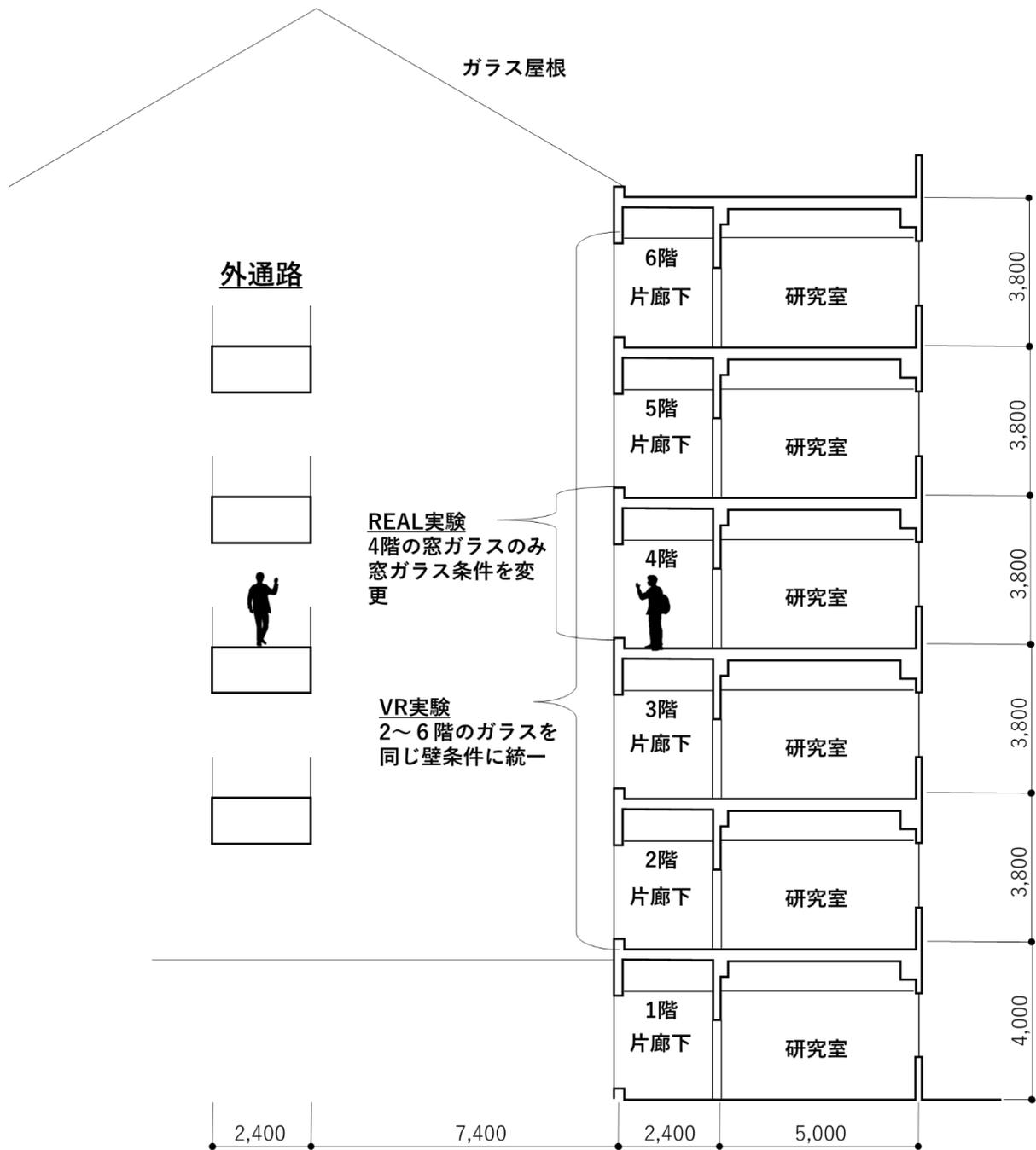


図 3 REAL 実験及び VR 実験の窓ガラス条件の変更フロア

図 3 に REAL 実験及び VR 実験の窓ガラス条件の変更フロアを示す。

REAL 実験では 4F の片廊下の窓ガラスに疑似壁を設置した状態で行ったが、外通路から片廊下を見た時 3F や 5F の片廊下の上下の見え方の評価は困難である。VR 実験を行う理由は、その評価を補完することが目的である。しかし、VR 実験結果が REAL 実験結果とで差が見られるかどうか不明である。また、VR 実験は現実空間で困難な条件の統一や変更を仮想空間内では容易に出来る点優れている。REAL 実験結果と VR 実験結果の比較を行いその差が見れらなければ、今後更なる検討を行う際に VR 実験は有効な実験手法だと考えられる。

2.2 REAL 実験方法

2.2.1 実験対象施設

茨城県つくば市天久保 4-3-15 筑波技術大学 天久保キャンパス校舎棟 4F 片廊下・外通路

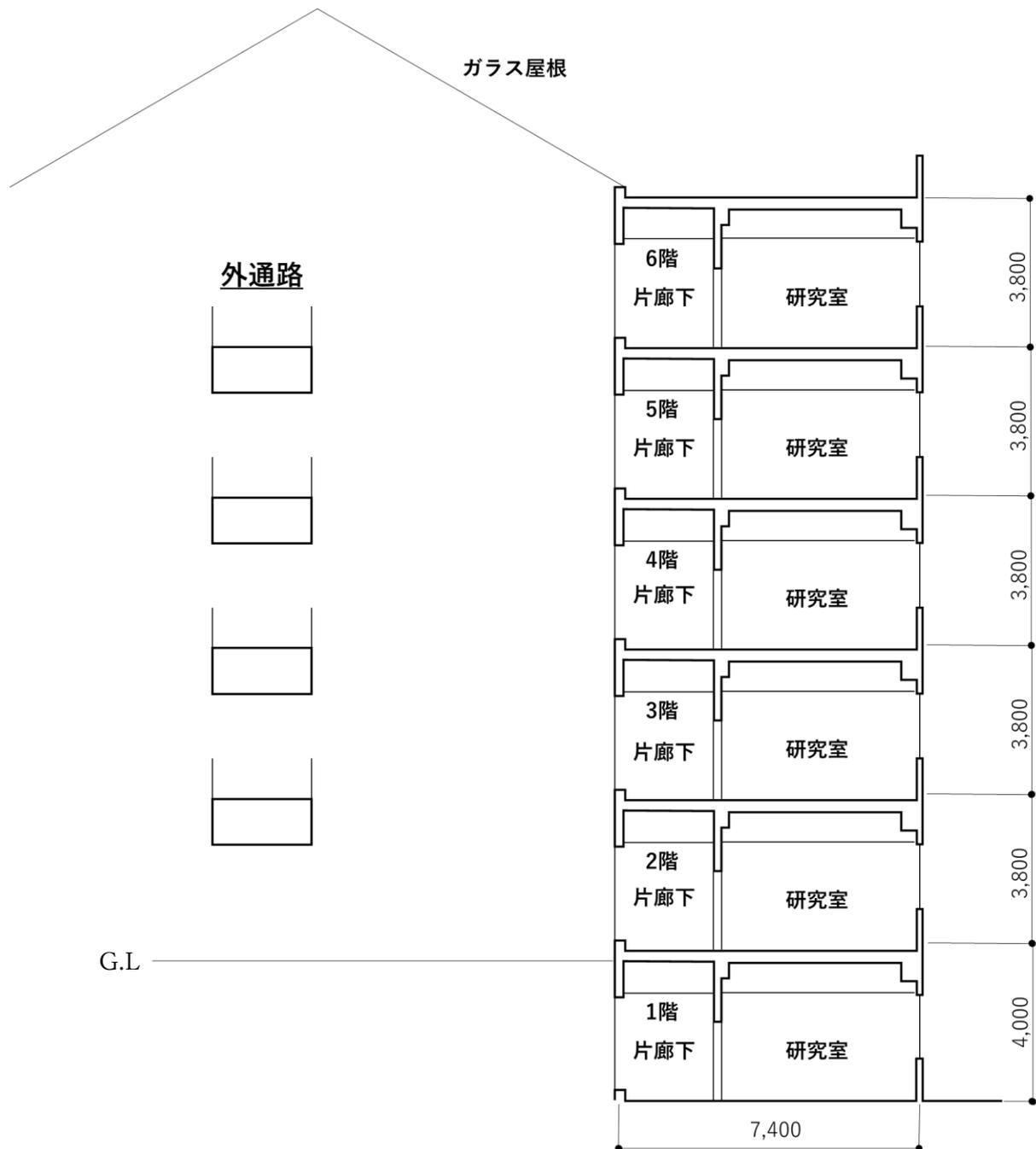


図 4 筑波技術大学 天久保キャンパス校舎棟断面図 A-A'

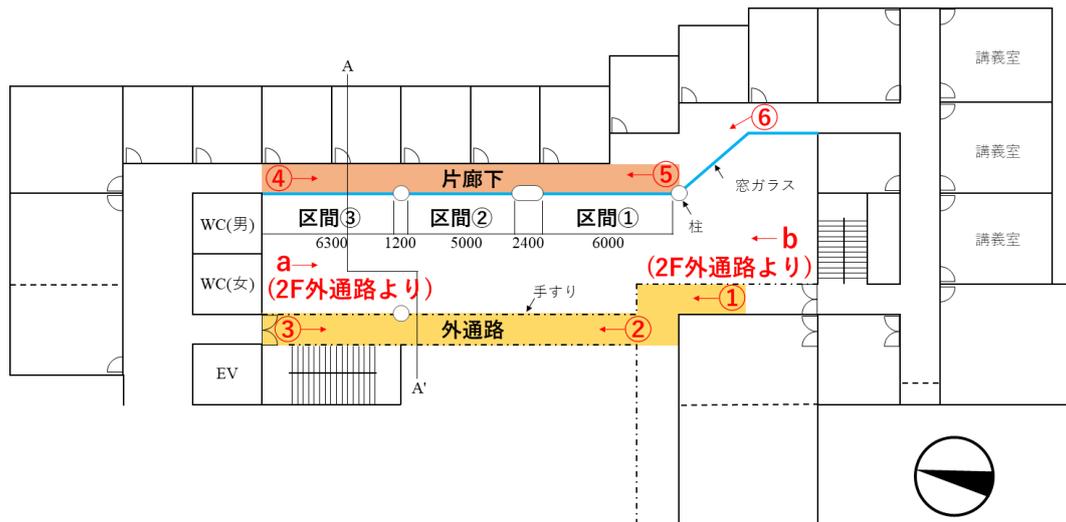


図 5 筑波技術大学 天久保キャンパス校舎棟 4F 平面図

図 4～5 に筑波技術大学天久保キャンパス校舎棟 4F の断面図と平面図を示す。また図 5 内の a 地点及び b 地点は、2F 外通路から各矢印方向の向きで校舎棟の片廊下及び外通路を見た時であり、その時の様子を写真 4～5 に示す。地点①～⑥は外通路又は片廊下から矢印方向に見た時であり、その時の建物の様子を写真 6～11 に示す。



写真 4 2F 外通路の a 地点から見る校舎棟



写真 5 2F 外通路の b 地点から見る校舎棟



写真 6 外通路(①地点より)



写真 7 外通路(②地点より)



写真 8 外通路(③地点より)



写真 9 片廊下(④地点より)



写真 10 片廊下(⑤地点より)



写真 11 片廊下(⑥地点より)

写真 12



写真 14



写真 13



写真 12 校舎棟 5F 外通路から遮熱フィルムありの 5F 窓ガラスを見た時

写真 13 校舎棟 4F 外通路から遮熱フィルムなしの 4F 窓ガラスを見た時

写真 14 校舎棟 5F 片廊下から遮熱フィルムありの窓ガラスを通して外を見た時

写真 12 に校舎棟 5F 外通路から遮熱フィルムありの 5F 窓ガラスを見た時、写真 13 に校舎棟 4F 外通路から遮熱フィルムなしの 4F 窓ガラスを見た時、写真 14 に校舎棟 5F 片廊下から遮熱フィルムありの窓ガラスを通して外を見た時の様子をそれぞれ示す。

実験対象施設である筑波技術大学天久保キャンパス校舎棟は 1～6F で構成されている。その内 1F に関しては半地下に位置している。その中 4F で実験を実施する理由は、校舎棟 5～6F の片廊下の窓ガラスが、写真 12 のように遮熱フィルムが貼付されていることが影響する。5～6F の片廊下は夏場の日差しが強く差し込み暑熱な室内環境になる為、その対策として貼られている。この遮熱フィルムは反射率が大きい事が原因となり、外通路から片廊下を見る時に校舎棟 5～6F の窓ガラスには、ヒトや周りの風景が反射して映り込む。その結果、片廊下内の様子を把握することが写真 13 の遮熱フィルムなしと比較して困難となる。また、写真 14 のように遮熱フィルムありの状態を片廊下内から外を見た時に、遮熱フィルムにより景色は青みがかって見える。よって校舎棟 5～6F の外通路と片廊下では、今回の視環境評価を目的とした実験の実施場所としては適当でないと判断した。また 2F の場合、外通路ではなく広場的空間になっていることや、3F では実験に必要な窓ガラスが不足していることが影響して、校舎棟 4F の片廊下と外通路が最も相応しいと判断した。

2.2.2 実験時の歩行経路及び窓ガラスの条件変更箇所

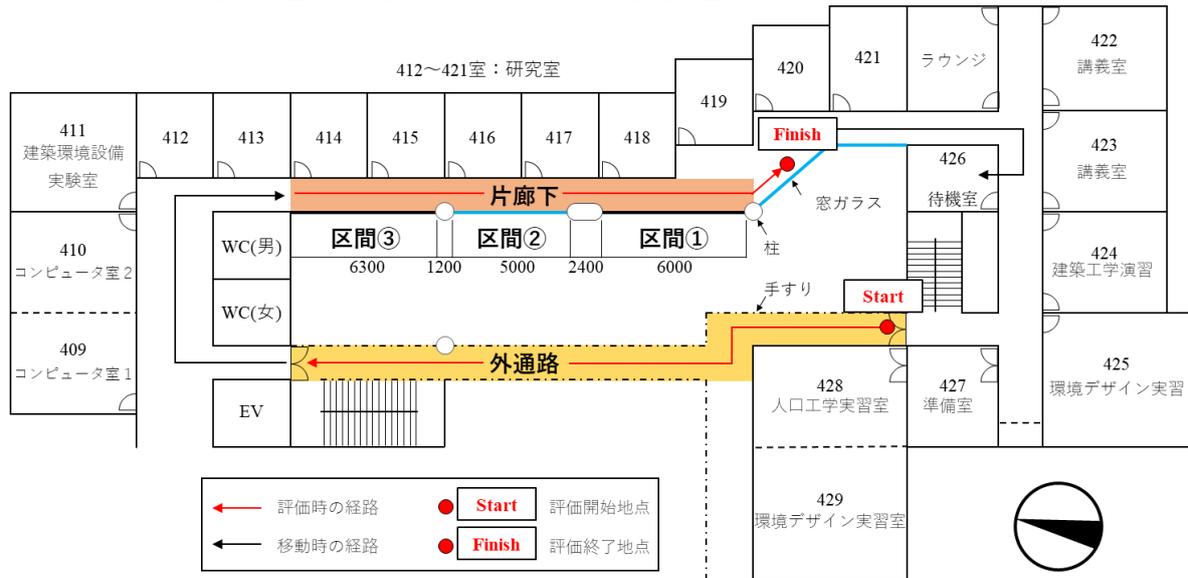


図 6 1回目及び2回目の REAL 実験の評価歩行経路



写真 15 校舎棟 4F 外通路から片廊下をみた時の窓ガラスと窓ガラス条件の変更区間

図 6 に 1 回目及び 2 回目の REAL 実験の評価歩行経路、写真 15 に校舎棟 4F 外通路から片廊下をみた時の窓ガラスと窓ガラス条件の変更区間を示す。

図 6 及び写真 15 で示すように、柱スパン毎で区間分けして区間①～③とした。この区間①～③の内、区間①と区間③に疑似壁を設置して窓ガラス条件を変更する。区間②は現状の窓ガラスのまま(壁無し)とした。被験者が評価を行う際に、疑似壁がない時(区間②)とある時(区間①と③)の比較をしやすいとする為に区間②は疑似壁を設置していない。また区間②は他の区間と比較して窓ガラス形状や柱スパンの長さが異なり実験環境が異なることも疑似壁を設置しない理由である。評価時の実験経路は、図 6 内の 426 室内で被験者に実験内容の説明後、外通路の「Start」地点へアンケート用紙を持って移動する。その地点から実験開始となり、最初に外通路から片廊下を見た時の評価を歩きながら行う。疑似壁を設置した区間①と区間③の各窓ガラス条件についての評価後、被験者はアンケート用紙にその評価を記入する。その後、校舎棟に入り外通路の時と同じ窓ガラス条件下で、片廊下から外通路を見た時の評価を行う。評価後アンケート用紙に記入して、片廊下の「Finish」地点にて評価終了となる。校舎棟 4 階の通路を周回する際には、出

来るだけ普段通りの使用イメージで歩く事を心がけるよう被験者に伝えた。また普段の使用感を出すために、被験者が外通路を歩く際には片廊下内に歩行者を配置した。逆も同様である。

2.2.3 窓ガラスの変更条件 ①疑似壁の種類

表 4 1・2回目の REAL 実験で使用する疑似壁の壁種類

	壁種類数	実施した壁種類
1回目	4	壁無し、腰壁、垂れ壁、腰垂れ壁
2回目	2	壁無し、スリット状に配置した壁

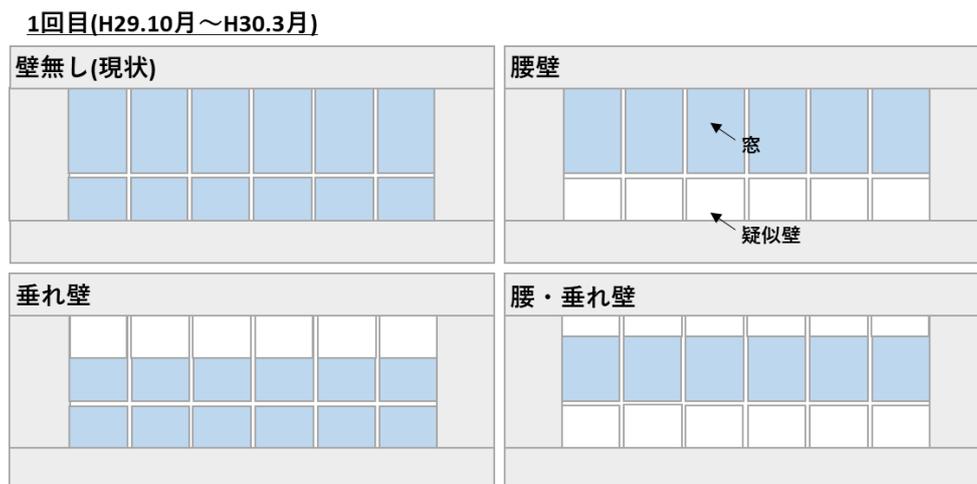


図 7 1 回目の実験で使った 4 種類の壁種類

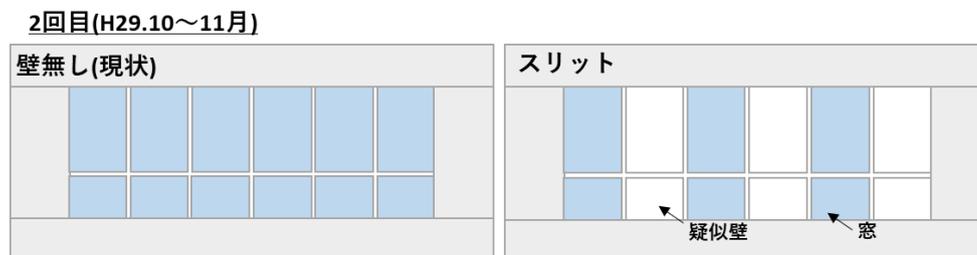


図 8 2 回目の実験で使った 2 種類の壁種類

表 4 に窓ガラスの変更条件である疑似壁の壁種類について、実験で使用する壁種類と 1 回目及び 2 回目の REAL 実験で実施した壁種類を示す。図 7～8 には実験で使った壁種類を 1 回目と 2 回目と分けて示す。

実験で評価を行った壁種類は、図 7 の①壁無し、②腰壁、③垂れ壁、④腰垂れ壁と、図 8 の⑤スリット状に配置した壁の 5 種類である。日常生活で比較的好く見かける形状の壁種類を選定した。これらを 1 回目に壁無し、腰壁、垂れ壁、腰垂れ壁の 4 種類、2 回目に壁無し、スリット状に配置した壁の 2 種類でそれぞれ実験を行った。

2.2.4 窓ガラスの変更条件 ②ガラス面積率

表 5 実験を行った壁種類とガラス面積率の組み合わせの一覧表

		ガラス面積率				
		100%	83%	67%	50%	33%
壁種類	壁なし	○	—	—	—	—
	腰壁	—	○	○	○	—
	垂れ壁	—	○	○	○	—
	腰・垂れ壁	—		○	○	○
	スリット	—	○	○	○	○



図 9 外通路から片廊下を見た時の区間①～③の各窓ガラス寸法

表 5 に実験を行った壁種類とガラス面積率の組み合わせの一覧表、図 9 に外通路から片廊下を見た時の区間①～③の窓ガラス寸法を示す。

各壁種類で実施したガラス面積率は壁無し：100%、腰壁：83%・67%・50%、垂れ壁：83%・67%・50%、腰・垂れ壁：67%・50%・33%、スリット：83%・67%・50%・33%である。

ガラス面積率算出に当たって、図 9 のように窓ガラス幅とサッシ幅(1つ 40mm)を含む各区間の幅は、区間①が 6000 mm、区間②が 5000 mm、区間③が 6300 mm とそれぞれ異なる。窓ガラスの高さは下窓が 800 mm、上窓が 1600 mm、サッシ高さが 100 mm の計 2500 mm である。

ガラス面積率の算出の流れについて、次ページの表 6 に垂れ壁、表 7 に腰壁、表 8 に腰・垂れ壁、表 9 にスリット状に配置した壁をそれぞれ示す。まずガラス面積率算出に当たって、区間①または区間③に設置する疑似壁高さや窓ガラス高さを求める。その後、区間内の窓ガラスの総幅を求め、疑似壁の高さ又は窓ガラスの高さを乗じて疑似壁及び窓ガラスの面積を求める。その後、壁無し：100%の時と除してガラス面積率を算出した。

表 6 垂れ壁のガラス面積率の算出

	壁種類:ガラス面積率	疑似壁の高さ h ₁ [m] 垂れ壁の高さ	窓の高さ h ₂ [m] 2.4-h ₁	区間内の窓の総幅b [m] 6.0-280(総サッシ幅)	区間内の窓ガラス面積 S [㎡] h ₂ × b	ガラス面積率 [%] S/13.73 × 100
区間① 6.0[m]	壁無し: 100%	0	2.4	5.72	13.73	100.00
	垂れ壁: 83%	0.4	2	5.72	11.44	83.33
	垂れ壁: 67%	0.8	1.6	5.72	9.15	66.67
	垂れ壁: 50%	1.2	1.2	5.72	6.86	50.00

表 7 腰壁のガラス面積率の算出

	壁種類:ガラス面積率	疑似壁の高さ h ₁ [m] 腰壁の高さ	窓の高さ h ₂ [m] 2.4-h ₁	区間内の窓の総幅b [m] 6.3-280(総サッシ幅)	区間内の窓ガラス面積 S [㎡] h ₂ × b	ガラス面積率 [%] S/14.45 × 100
区間③ 6.3[m]	壁無し: 100%	0	2.4	6.02	14.45	100.00
	腰壁: 83%	0.4	2	6.02	12.04	83.33
	腰壁: 67%	0.8	1.6	6.02	9.63	66.67
	腰壁: 50%	1.2	1.2	6.02	7.22	50.00

表 8 腰・垂れ壁のガラス面積率の算出

	壁種類:ガラス面積率	疑似壁の高さ h ₁ [m] (腰壁+垂れ壁)の高さ	窓の高さ h ₂ [m] 2.4-h ₁	区間内の窓の総幅b [m] (6.3or6.0)-280(総サッシ幅)	区間内の窓ガラス面積 S [㎡] h ₂ × b	ガラス面積率 [%] S/(13.73or14.45) × 100
区間① 6.0[m]	壁無し: 100%	0	2.4	5.72	13.73	100.00
	腰垂れ壁: 67%	0.8	1.6	5.72	9.15	66.67
区間③ 6.3[m]	壁無し: 100%	0	2.4	6.02	14.45	100.00
	腰垂れ壁: 50%	1.2	1.2	6.02	7.22	50.00
	腰垂れ壁: 33%	1.6	0.8	6.02	4.82	33.33

表 9 スリット状に配置した壁のガラス面積率の算出

	壁種類:ガラス面積率	疑似壁の総幅a [m] スリット壁の総幅	区間内の窓の総幅b [m] (5.72or6.02)-a	窓の高さ h ₂ [m] 上窓1.6[m]+下窓0.8[m]	区間内の窓ガラス面積 S [㎡] h ₂ × b	ガラス面積率 [%] S/13.73 × 100
区間① 6.0[m]	壁無し: 100%	0	5.72	2.4	13.728	100.0
	スリット: 83%	0.93	4.79	2.4	11.496	83.7
	スリット: 67%	1.86	3.86	2.4	9.264	67.5
	スリット: 50%	2.86	2.86	2.4	6.864	50.0
	スリット: 33%	3.76	1.96	2.4	4.704	34.3
区間③ 6.3[m]	壁無し: 100%	0	6.02	2.4	14.448	100.0
	スリット: 83%	1.05	4.97	2.4	11.928	82.6
	スリット: 67%	2.1	3.92	2.4	9.408	65.1
	スリット: 50%	3.01	3.01	2.4	7.224	50.0
	スリット: 33%	3.91	2.11	2.4	5.064	35.0

スリット状に配置した疑似壁のガラス面積率について、腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁で行ったガラス面積率(83%、67%、50%、33%)に厳密に揃える事は困難であった。スリット状に配置した疑似壁が他の疑似壁種類のガラス面積率と近い条件下になるよう配慮した。

2.2.5 実験パターン

表 10 各区間の窓ガラス条件及び実験パターン

	評価する窓ガラス条件数	区間名	パターンⅠ	パターンⅡ	パターンⅢ	パターンⅣ	パターンⅤ	パターンⅥ
1回目	10 疑似壁無し(100%) 腰壁(83%,67%,50%) 垂れ壁(83%,67%,50%) 腰垂れ壁(67%,50%,33%)	区間①	疑似壁無し	垂れ壁83%	垂れ壁67%	垂れ壁50%	腰垂れ壁67%	腰垂れ壁33%
		区間②	疑似壁無し	疑似壁無し	疑似壁無し	疑似壁無し	疑似壁無し	疑似壁無し
		区間③	疑似壁無し	腰壁83%	腰壁67%	腰壁50%	腰垂れ壁50%	
2回目	5 疑似壁無し(100%) スリット(83%,67%,50%,33%)	区間①	疑似壁無し	スリット83%	スリット67%	スリット50%	スリット33%	
		区間②	疑似壁無し	疑似壁無し	疑似壁無し	疑似壁無し	疑似壁無し	
		区間③	疑似壁無し	スリット83%	スリット67%	スリット50%	スリット33%	

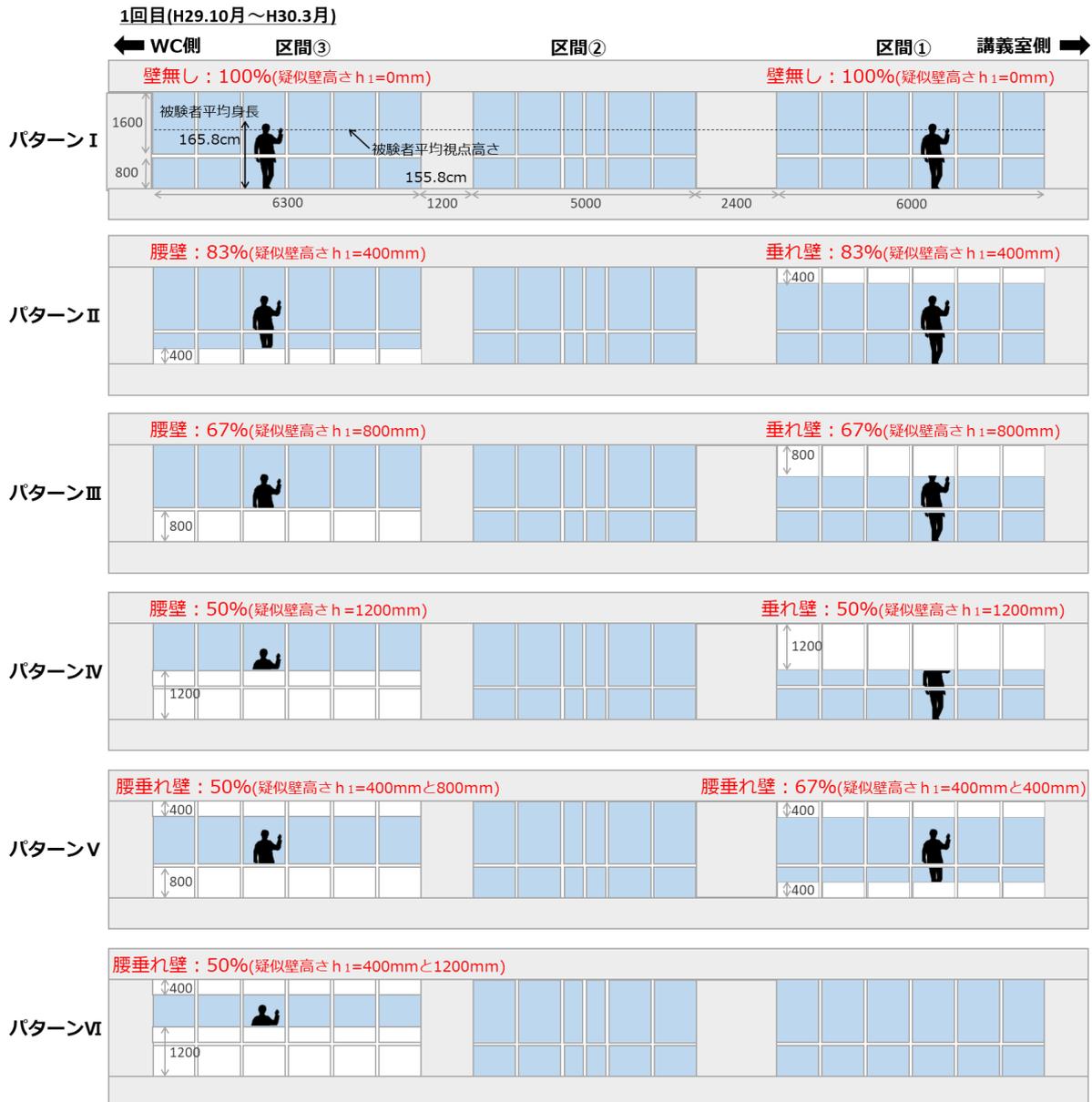


図 10 1回目の実験パターンⅠ～Ⅵ(外通路から片廊下を見た時の各区間の窓ガラス条件)

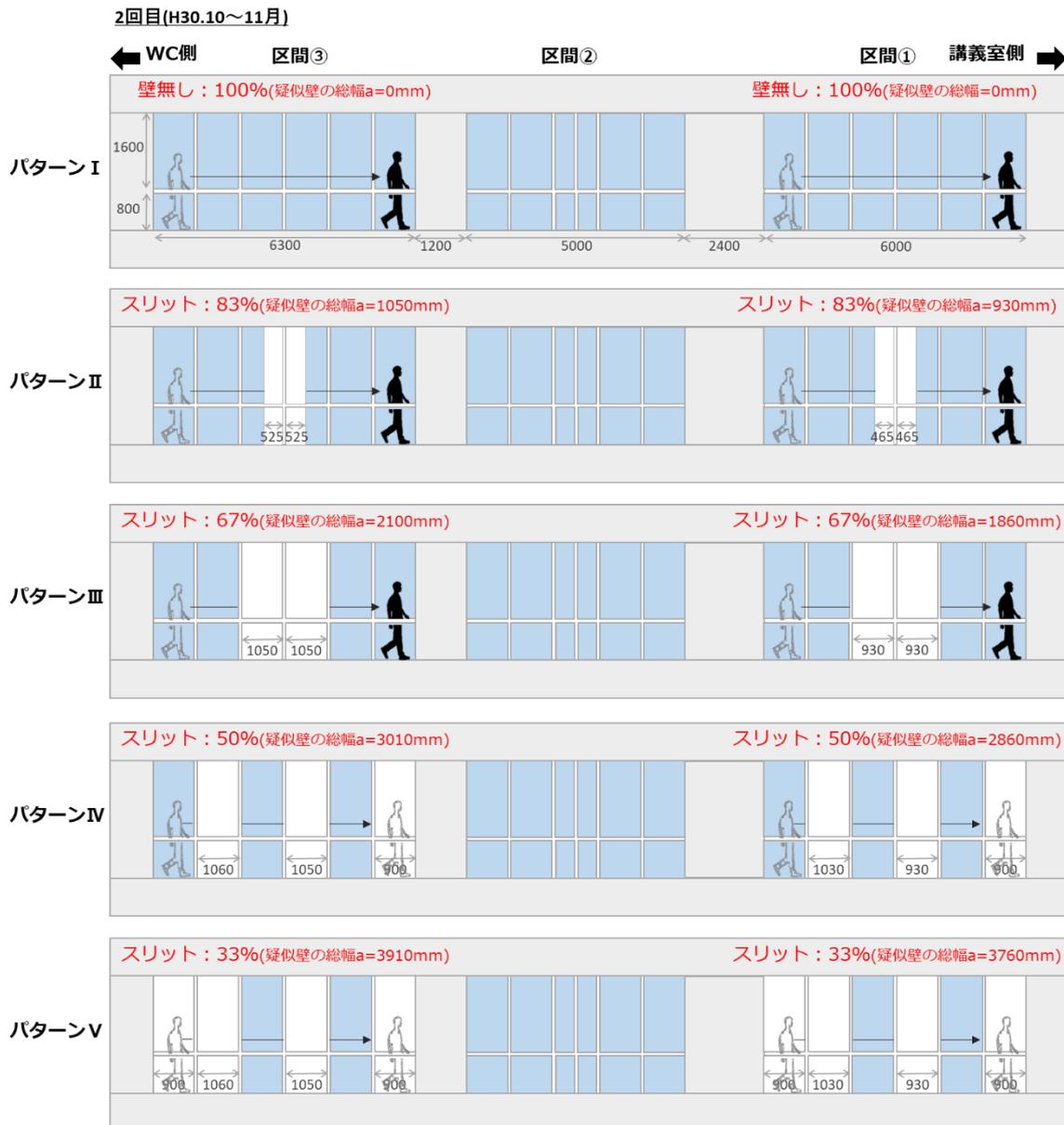


図 11 2 回目の実験パターン I ~ V (外通路から片廊下を見た時の各区間の窓ガラス条件)

表 10 に各区間の窓ガラス条件及び実験パターンを示す。また表 10 を図示したものを、図 10 に 1 回目の実験パターン I ~ VI、図 11 に 2 回目の実験パターン I ~ V をそれぞれ示す。

1 回目の REAL 実験での各壁種類の配置区間は、垂れ壁は区間①、腰壁は区間③、腰・垂れ壁は区間①と③である。2 回目の REAL 実験では区間①と③は同じ実験条件となり、スリット状に配置した壁種類を設置する。スリットのみ区間①と③に同じ窓ガラス条件を設置した理由は評価のし易さを考慮した結果である。2 回目の REAL 実験を実施する前に行った予備実験では、1 回目の REAL 実験と同じように区間①と区間③で異なる窓ガラス条件で疑似壁を設置して行った。しかし、予備実験に参加した 2 名の被験者から、区間①又は区間③だけでは距離が短い為、視環境評価が難しいという意見があった。スリット状の壁種類は、水平方向に窓と疑似壁が並ぶ為、歩行距離が短ければ視環境評価が難しい事が影響したと思われる。これらの理由により、スリットのみ区間①と③に同じ窓ガラス条件を設置した。

2.2.6 REAL 実験の評価モデル

写真 16～30 に REAL 実験で評価した各窓ガラス条件の設置様子を示す。

1 回目(H29.10 月～H30.3 月)



写真 16 1 回目 REAL 実験の壁無し：100%(左:片廊下、右:外通路)



写真 17 1 回目 REAL 実験の区間③の腰壁：83%(左:片廊下、右:外通路)

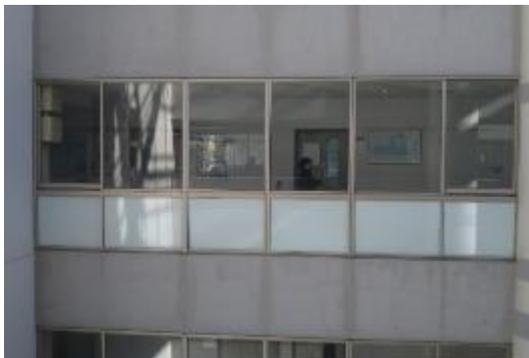


写真 18 1 回目 REAL 実験の区間③の腰壁：67%(左:片廊下、右:外通路)



写真 19 1 回目 REAL 実験の区間③の腰壁：50%(左:片廊下、右:外通路)



写真 20 1回目 REAL 実験の区間①の垂れ壁：83%(左:片廊下、右:外通路)



写真 21 1回目 REAL 実験の区間①の垂れ壁：67%(左:片廊下、右:外通路)



写真 22 1回目 REAL 実験の区間①の垂れ壁：50%(左:片廊下、右:外通路)



写真 23 1回目 REAL 実験の区間①の腰・垂れ壁：67%(左:片廊下、右:外通路)



写真 24 1回目 REAL 実験の区間③の腰・垂れ壁：50%(左:片廊下、右:外通路)



写真 25 1回目 REAL 実験の区間③の腰・垂れ壁：33%(左:片廊下、右:外通路)

2 回目 REAL 実験(H30.10~11 月)



写真 26 2 回目の REAL 実験の壁無し：100%(左:片廊下、右:外通路)



写真 27 2 回目の REAL 実験のスリット：83%(左:片廊下、右:外通路)



写真 28 2 回目の REAL 実験のスリット：67%(左:片廊下、右:外通路)



写真 29 2 回目の REAL 実験のスリット：50%(左:片廊下、右:外通路)



写真 30 2 回目の REAL 実験のスリット：33%(左:片廊下、右:外通路)

2.2.7 疑似壁の設置方法

疑似壁として使用している7mmのスチレンボードを校舎棟4F片廊下の窓ガラスに設置する際、写真31の吸盤付きクリップを使用した。またクリップだけでは長時間スチレンボードを支える際に力不足になる可能性もあり、強度不足な箇所は、透明なマスキングテープ又はセロハンテープで補強した。腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁とで設置方法が異なるためそれぞれ説明していく。



写真 31 吸盤付きクリップ

①腰壁の疑似壁設置方法

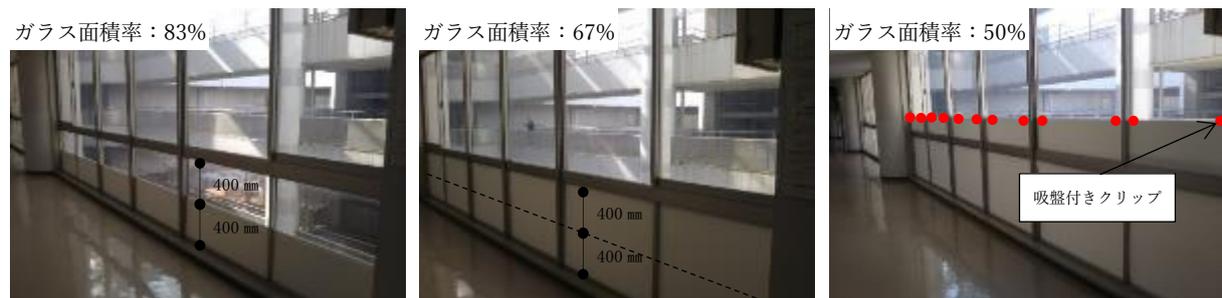


写真 32 腰壁の各ガラス面積率の時のクリップ設置箇所(赤点)

写真32に腰壁の各ガラス面積率の時の吸盤付きクリップの設置箇所を赤点で示す。

【ガラス面積率 83%】

各窓ガラス幅でカットしたスチレンボードを、高さ $h = 400$ mmでカットした2枚のスチレンボードを用意する。その2枚を折りたたむようにセロハンテープであらかじめ接続(ガラス面積率67%内の黒破線が接続箇所)する。ガラス面積率83%の時には、これを折りたたんだ状態で窓に立てかけるように設置する。この時、スチレンボードの高さも400mmと低いことから安定性が高く吸盤付きクリップを使用せずに自立する。

【ガラス面積率 67%】

ガラス面積率83%の時に折りたたんでいたスチレンボードを開き、高さ $h = 800$ mmの疑似壁にする。この時窓ガラスのサッシに丁度はまるようにカットしてある為、ガラス面積率83%と同様に吸盤付きクリップを使用せずにある程度自立する。しかし、箇所によっては疑似壁が倒れる恐れがあった為、その箇所のみ透明なマスキングテープ又はセロハンテープで補強した。

【ガラス面積率 50%】

ガラス面積率67%の状態、各窓ガラス幅と高さ $h = 400$ mmでカットしたスチレンボードを新たに設置する。この時、高さ $h = 400$ mmのスチレンボードの上の二隅に、それぞれ吸盤付きクリップを1つずつ取り付ける事で、スチレンボードを窓ガラスに設置した。

②垂れ壁の疑似壁設置方法

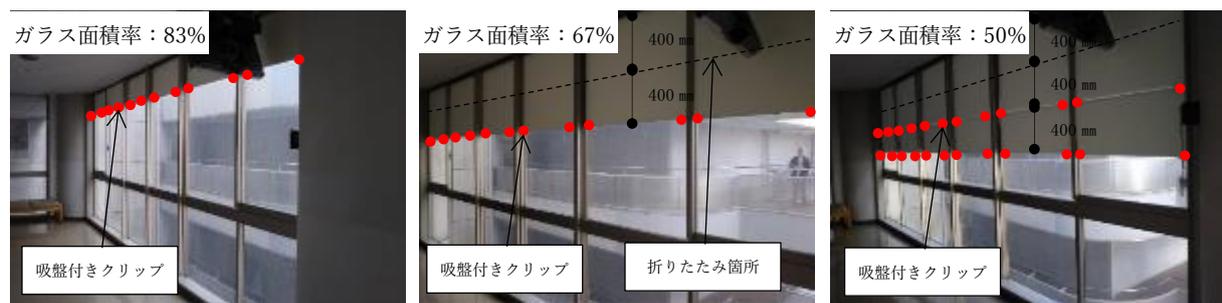


写真 33 垂れ壁の各ガラス面積率の時のクリップ設置箇所(赤点)

写真 33 に垂れ壁の各ガラス面積率の時のクリップ設置箇所を赤点で示す。

【ガラス面積率 83%】

垂れ壁の際には各ガラス面積率で共通して、スチレンボードの下の二隅(赤点の箇所)に吸盤付きクリップをそれぞれ 2 つずつ使用する。上の二隅には透明なマスキングテープ又はセロハンテープで倒れないように補強する。まずガラス面積率 83%は、腰壁のガラス面積率 83%と同様に、各窓ガラス幅と高さ $h = 400 \text{ mm}$ でカットしたスチレンボードを 2 枚用意してセロハンテープであらかじめ接続(破線が接続箇所)し折りたためる状態にする。折りたたんだ状態で赤点の箇所に吸盤付きクリップを取り付け窓ガラスに設置する。

【ガラス面積率 67%】

腰壁と同様にガラス面積率 83%の時に折りたたんでいたスチレンボードを開き、高さ $h = 800 \text{ mm}$ の疑似壁にする。

【ガラス面積率 50%】

ガラス面積率 66%とは別に、下の二隅(赤点の箇所)に吸盤付きクリップを付けた高さ $h = 400 \text{ mm}$ のスチレンボードを窓ガラスに張り付ける。

③腰・垂れ壁設置方法

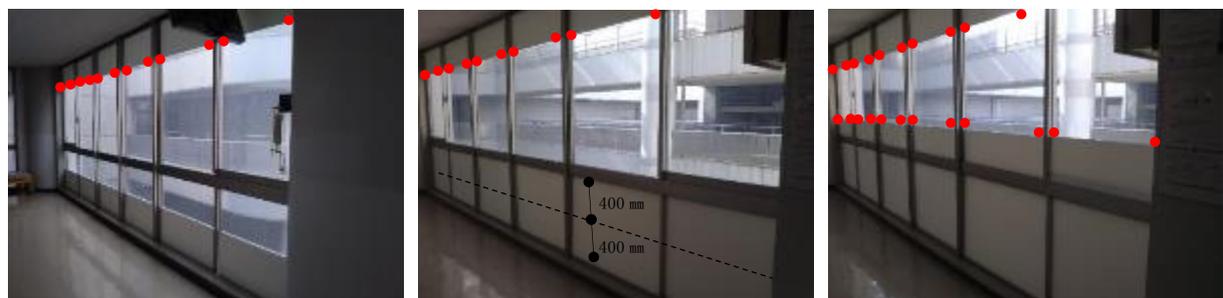


写真 34 腰垂れ壁の各ガラス面積の時のクリップ設置箇所(赤点)

写真 34 に腰・垂れ壁の各ガラス面積率の時のクリップ設置箇所を赤点で示す。

腰壁と垂れ壁の設置方法を組み合わせてスチレンボードを設置する。

2.2.8 実験の流れ

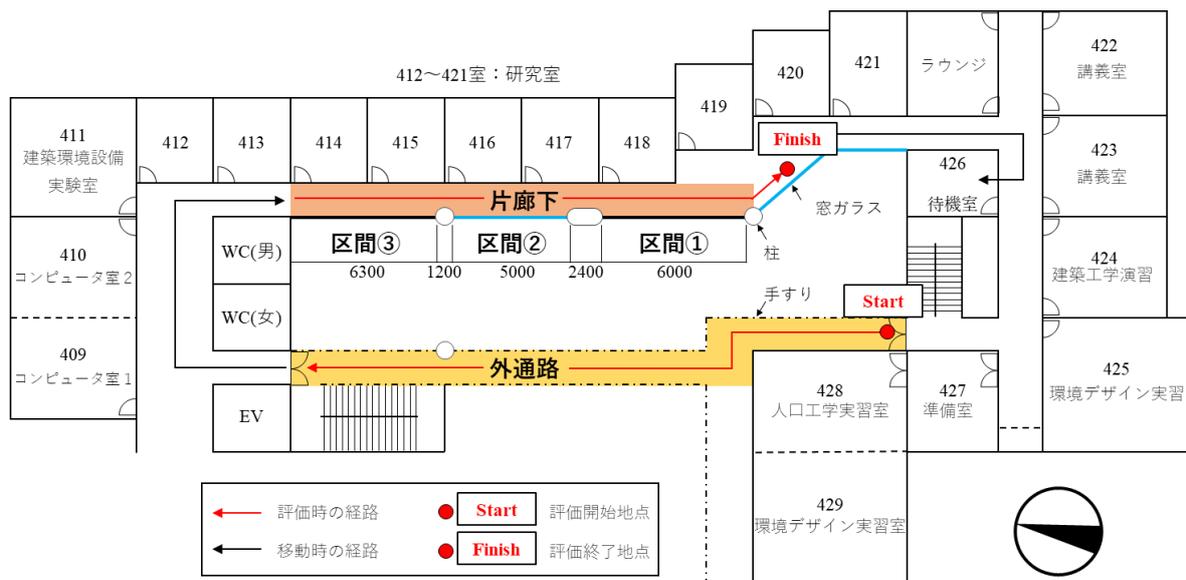


図 12 1回目及び2回目の REAL 実験時の被験者の歩行経路

表 11 実験の流れ

	場所	内容
①	校舎棟4F 426室	被験者に実験内容の説明
②	校舎棟4F 426室	アンケート用紙の基礎事項の項目を記入
③	外通路：START地点	外通路へ移動
④	校舎棟4F 外通路	パターンⅠの実施
⑤		区間①の窓ガラス条件の評価→アンケート用紙記入
⑥		区間③の窓ガラス条件の評価→アンケート用紙記入
⑦	校舎棟4F 片廊下	区間③の窓ガラス条件の評価→アンケート用紙記入
⑧		区間①の窓ガラス条件の評価→アンケート用紙記入
⑨	校舎棟4F 片廊下	パターンⅠの終了
⑩	片廊下：FINISH	426室へ移動
⑪	校舎棟4F 426室	被験者は次の実験パターンの準備が終わるまで待機
⑫	校舎棟4F 426室	全パターン実施後被験者にヒアリング調査

図 12 に 1 回目及び 2 回目の REAL 実験時の歩行経路、表 11 に 1・2 回目の REAL 実験の流れを示す。

最初に校舎棟 4F の 426 室内で被験者に実験の説明を行う。その後、アンケート用紙の基礎事項(「所属」、「性別」、「身長」、「聴力(左右それぞれ記入)」、「普段最も使用する階」、「ガラス越しに外を見る頻度」、「現段階の視環境の満足度」)の 8 項目を記入する。記入後、図 12 の外通路「Start」地点に移動してパターンⅠ(壁無し：100%)の視環境評価実験を始める。最初に外通路から片廊下を見た時の区間①の窓ガラス条件の評価後アンケート用紙に記入。その後、続けて区間③の窓ガラス条件の評価を記入する。記入後校舎内に入り、同じ窓ガラス条件下で片廊下から外

通路も見た時評価を行う。区間③の評価記入後、区間①の評価を記入する。今回の実験場所である校舎棟 4F 片廊下と外通路は貸し切っている訳ではない。その為、被験者が外通路から片廊下を見る際、実験中に歩行者が通ることもある。最低でも一人の歩行者がいるように用意した。片廊下から外通路を見る際も同様である。片廊下から外通路を見た時の評価記入後パターン I の終了となり、次のパターン II (区間① 垂れ壁：83%、区間③ 腰壁：83%)の疑似壁を設置している間、被験者には 426 室で待機してもらう。パターン II の準備が出来次第、パターン I と同様な流れでパターン II の評価実験を実施する。これを 1 回目の実験ではパターン I ～VI、2 回目の実験ではパターン I ～V まで実施する。全パターン実施後、426 室内で被験者を対象としたヒアリング調査を実施した。

2.3 VR 実験方法

2.3.1 使用した VR 機器



写真 35 VR ヘッドセット



写真 36 コントローラー



写真 37 ベースステーション

写真 35～37 に VR 実験で使用する VR 機器をそれぞれ示す。写真 35 の VR ヘッドセットは VR 空間を見る際に使用する。写真 36 のコントローラーは VR 空間内で明るさや現在地の変更などが可能である。写真 37 のベースステーションは VR ヘッドセットとコントローラーに信号を送信する役割を果たす。

2.3.2 実験モデル作成から評価実験までのフロー



図 13 実験モデル作成から実施までのフロー図

図 13 に VR 実験モデルの作成から実験実施までのフロー図を示す。各段階での詳細について説明していく。



①ArchiCAD2019

図面を基に各窓ガラス条件の実験モデルを作成。



図 14 ArchiCAD2019 内での各窓ガラス条件の配置列

図 14 に ArchiCAD2019 内での各窓ガラス条件の配置列を示す。

VR 実験では校舎棟の 1～6 F の窓ガラスを 1 つの窓ガラス条件に統一した。図 14 内の壁無し：100%、腰壁：83%・67%・50%、垂れ壁：83%・67%・50%、腰・垂れ壁：67%・50%・33%、スリットの舎棟の 83%・67%・50%・33% の合計 14 種類の箇所は、実際に評価した実験モデルである。その 14 棟の実験モデルを囲むように(図 14 の赤枠)、実験で使用しない校舎棟のモデルが配置した。これは、校舎棟の片廊下から外通路を見た際に、どの窓ガラス条件でも外を見た時に景色が同じにする為である。



②Fuzor

BIM (Building Information Modeling) のビジュアルソリューションソフトウェアである。建物やプラントなどの建築データをリアルタイムで表示し、各シミュレーション(天候コントロール/計測/オブジェクトの編集等)を実行可能。また、BIM ツールである Autodesk Revit 2016/2017/2018/2019 および GRAPHISOFT ArchiCAD 18/19/20/21、Autodesk Navisworks Manage と連携できる。Fuzor の設定は以下の通りである。

設定日時：2018.10.15 午前 10:30
緯度 : 36.104706
経度 : 140.11042
天候 : 晴れ



③VR 設定^[5]

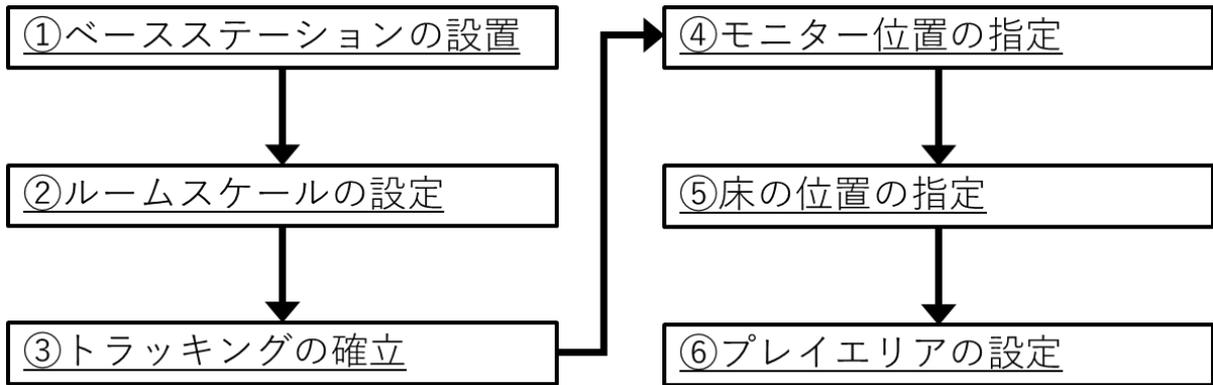


図 15 VR 設定のフロー図

図 15 に VR 設定のフロー図を示す。図 16～22 には VR 設定の詳細を示す。

①ベースステーションの設置

2m以上の高さで室内の対角線上にベースステーションを2つ設置する。

②ルームスケールの設定

「ルームスケール」(歩き回る)か「立位のみ」かで「ルームスケール」(歩き回る)を選択。



図 16 ルームスケールの設定

③ トラッキングの確立

コントローラーのペアリング後、コントローラー・ヘッドセットが利用可能であることを確認。

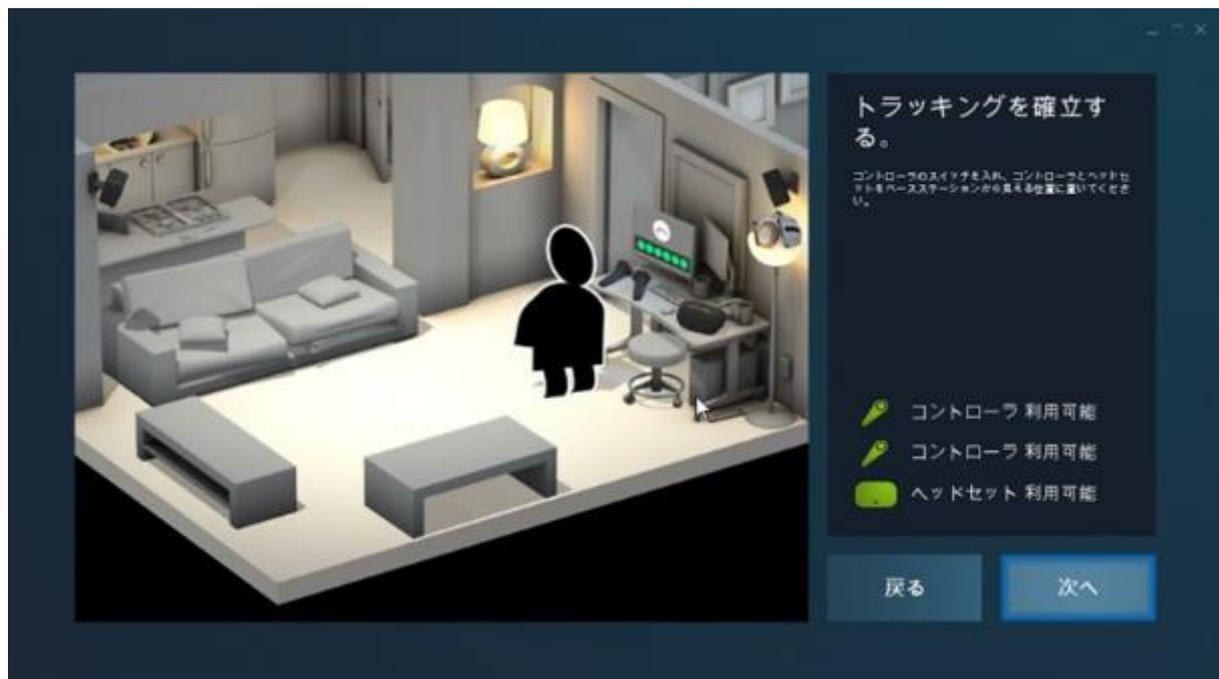


図 17 トラッキングの確立

④ モニター位置の指定

コントローラーをモニターに向けトリガーボタンを長押しして位置を決める。



図 18 モニター位置の指定

⑤床の位置の指定

コントローラーを部屋の中央に置いて、VR 空間内での床レベルを設定。



図 19 床の位置の指定

⑥プレイエリアの設定

コントローラーを持って、トリガーを引きながらプレイエリアの枠を歩きまわる事で範囲指定。

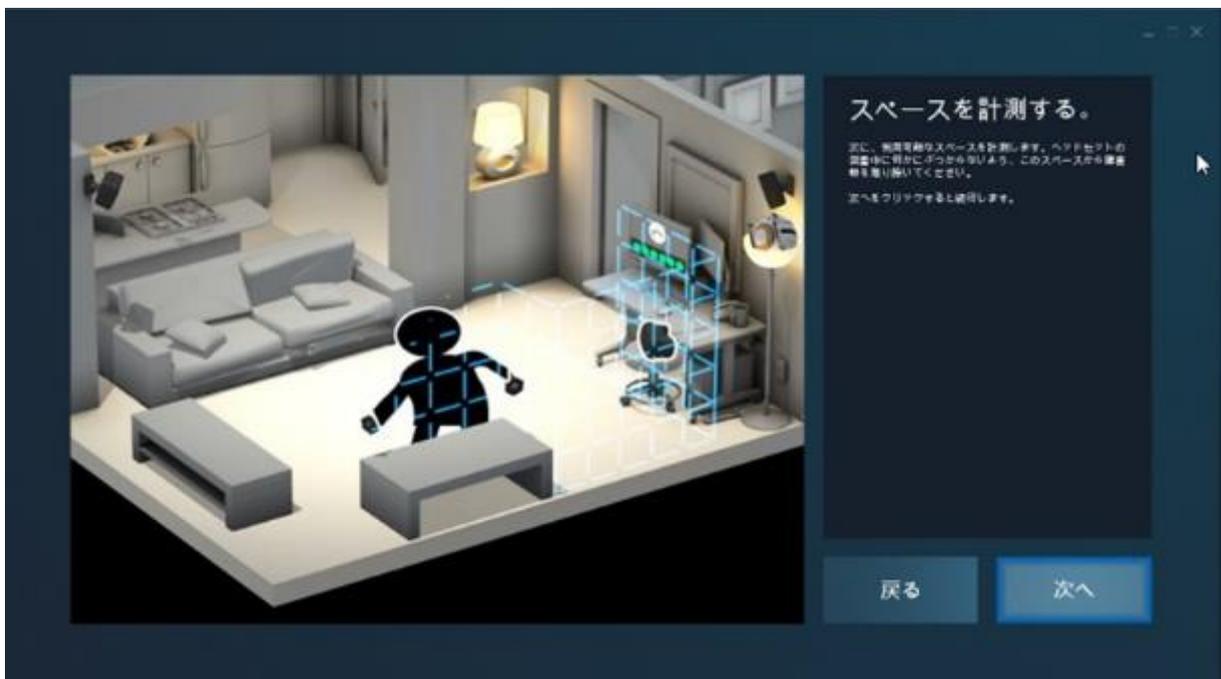


図 20 プレイエリアの設定

プレイエリアの枠の設定後図 21 のような表示になり VR の設定は終了となる。

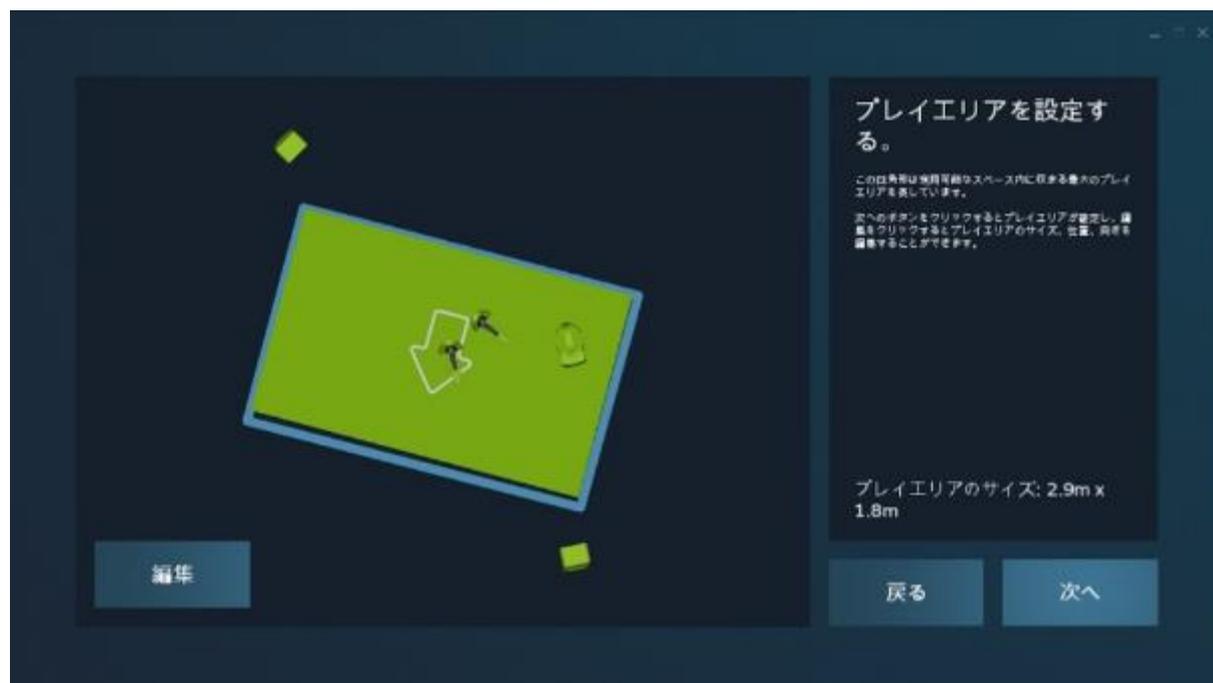


図 21 プレイエリアの枠の設定後

⑦セッアップの完了



図 22 セッアップの完了

⑥本実験

表 12 実験実施場所と実験様子写真

	1回目	2回目
住所	茨城県つくば市天久保 4-3-15 筑波技術大学 天久保キャンパス	
部屋名	校舎棟4F 426室(大学院生自習室)	総合研究棟1F R101室(大学院生実験室)
実験様子		

表 12 に 1 回目及び 2 回目の VR 実験実施場所と VR 実験の実施の様子を示す。

1 回目の VR 実験は校舎棟 4F の 426 室、2 回目の VR 実験は 1 回目の VR 実験実施後に竣工した総合研究棟 1F の実験室で行った。1 回目と 2 回目で実施場所が異なるのは、総合研究棟の竣工時期が理由の 1 つでもあるが、それ以上にスリット状に配置した窓ガラス条件の、水平方向に窓とガラスが交互に並ぶ性質が大きい。スリット状に配置した窓ガラスは水平方向に窓とガラスが交互に並ぶ為、ある程度歩かないとガラス面積率毎の違いを感じる事が出来ない。その為、被験者は視環境評価が困難となる。最低でも区間②の 5m の長さが最低でも必要となる。その条件を満たす為には、校舎棟 4F の 426 室では広さが不十分だった為、十分な広さを確保できる総合研究棟 1F の実験室で実験を行った。また表 12 内の 1 回目及び 2 回目の実験の様子について、写真のように被験者には、VR ヘッドセットに繋がっているケーブルを背中側に置いて歩くように説明した。ヘッドセットを装着すると現実空間の把握が困難になるため、誤ってケーブルを踏み被験者が転倒する恐れがあるからである。被験者がヘッドセット装着時には、実験実施者が VR ヘッドセット付属のケーブルによる転倒がないよう実験実施者が注視して行った。これらの実験環境で VR 実験モデルの視環境評価実験を実施した。

2.3.3 実験の流れ

実験の流れは以下の通りである。

- ①被験者に VR 実験の内容および VR 機器使用時の注意点を説明する
- ②VR ヘッドセットを装着
- ③校舎棟 4F 外通路を歩行しながら片廊下を見る
- ④VR ヘッドセットを外して評価記入
- ⑤VR ヘッドセットを装着
- ⑥校舎棟 4F 片廊下を歩行しながら外通路を見る
- ⑦VR ヘッドセットを外して評価記入
- ⑧同様の流れで次の窓ガラス条件の評価を行う

2.3.4 VR 実験時の VR モデル内の歩行経路

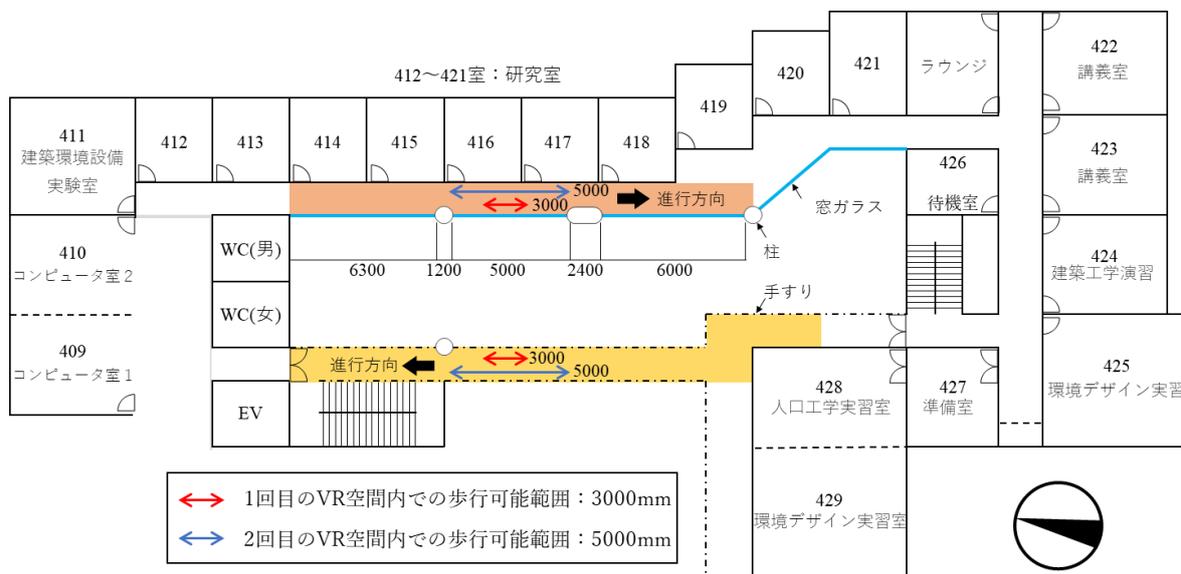


図 23 VR 空間内での評価位置及び歩行範囲

図 23 に VR 空間内での評価位置及び歩行範囲を示す。VR 空間内での評価位置について、1 回目は「 $\leftrightarrow 3m$ 」、2 回目「 $\leftrightarrow 5m$ 」の範囲で、REAL 評価実験時と同じ歩行向きで外通路及び片廊下をそれぞれ歩き評価を記入してもらう。

2.3.5 VR 実験実施時の室内環境

図 24 に校舎棟 426 室の平面図、図 25 に総合研究棟 101 室の平面図を示す。その図内に VR 機器のベースステーションの設置位置やプレイエリアの範囲、及び実験の流れを示す。

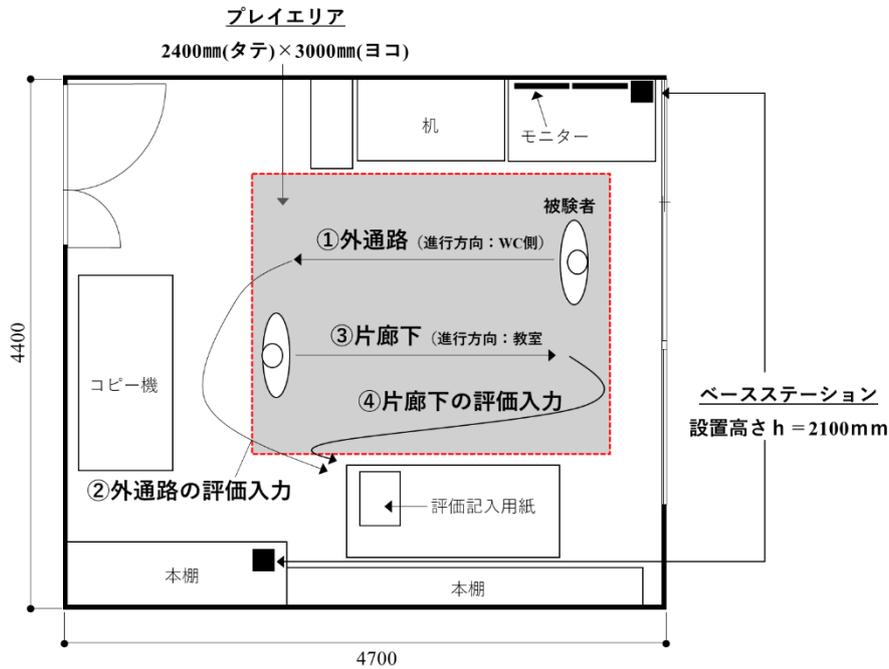


図 24 校舎棟 4F426 室平面図及び VR 機器のベースステーション設置位置とプレイエリア範囲

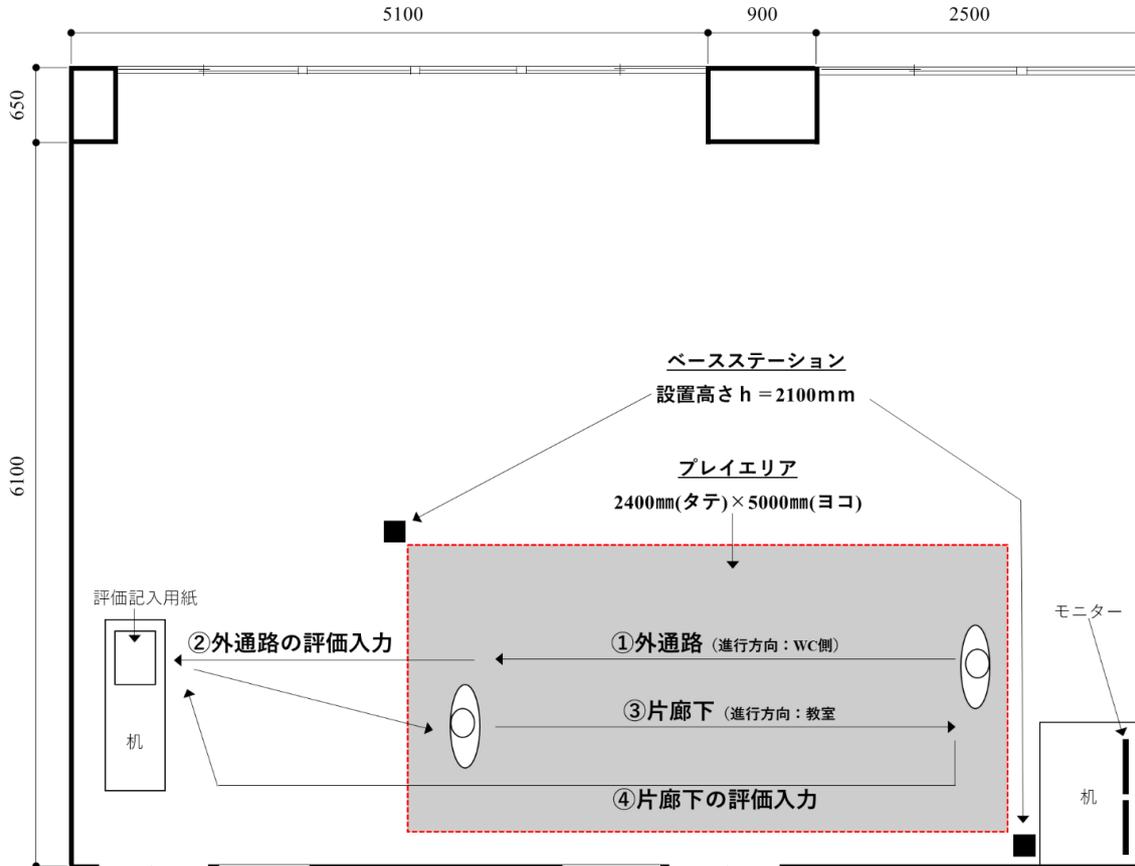


図 25 総合研究棟 R101 室平面図及び VR 機器のベースステーション設置位置とプレイエリア

2.3.6 VR 実験の評価モデル

写真 38~50 に VR 実験の外通路から見た時と片廊下から見た時の評価モデルを示す。



写真 38 1 回目 VR 実験の腰壁 : 83%(左:外通路、右:片廊下)



写真 39 1 回目 VR 実験の腰壁 : 67%(左:外通路、右:片廊下)



写真 40 1 回目 VR 実験の腰壁 : 50%(左:外通路、右:片廊下)



写真 41 1 回目 VR 実験の垂れ壁：83%(左:外通路、右:片廊下)



写真 42 1 回目 VR 実験の垂れ壁：67%(左:外通路、右:片廊下)



写真 43 1 回目 VR 実験の垂れ壁：50%(左:外通路、右:片廊下)



写真 44 1 回目 VR 実験の腰・垂れ壁：67%(左:外通路、右:片廊下)



写真 45 1 回目 VR 実験の腰・垂れ壁：50%(左:外通路、右:片廊下)



写真 46 1 回目 VR 実験の腰・垂れ壁：33%(左:外通路、右:片廊下)



写真 47 2回目 VR 実験のスリット：83%(左:外通路、右:片廊下)



写真 48 2回目 VR 実験のスリット：67%(左:外通路、右:片廊下)



写真 49 2回目 VR 実験のスリット：67%(左:外通路、右:片廊下)



写真 50 外 2回目 VR 実験のスリット：33%(左:外通路、右:片廊下)

2.4 アンケート記入項目

表 13 アンケート用紙内の記入項目

1.基礎事項							
所属、性別、学年、身長、聴力(左右)、普段最も使用する階、ガラス越しに外を見る頻度、現段階の視環境の満足度							
2.疑似壁の設置の有無、設置条件による評価							
アンケート評価項目			評価尺度				
廊下 ↑ 外通路 ↑ 廊下 (1)	開放感	1.閉鎖的	2.やや閉鎖的	3.ふつう	4.やや開放的	5.開放的	
	安心感	1.不安	2.やや不安	3.ふつう	4.やや安心	5.安心	
	ガラス越しの見通し	1.悪い	2.やや悪い	3.ふつう	4.やや良い	5.良い	
	ガラス面積の大きさの感じ方	1.狭い	2.やや狭い	3.ふつう	4.やや広い	5.広い	
	ガラス面積の許容度	1.許容できない	2.やや許容できない		4.やや許容できる	5.許容できる	
	満足度	1.不満	2.やや不満	3.ふつう	4.やや満足	5.満足	
	(廊下の幅) ⁽³⁾ (天井の高さ)		1.狭く感じる	2.やや狭く感じる	3.ふつう	4.やや広く感じる	5.広く感じる
			1.低く感じる	2.やや低く感じる	3.ふつう	4.やや高く感じる	5.高く感じる
	(1)片廊下から外通路を見た時 (2)外通路から片廊下を見た時 (3) □ 内の項目は片廊下のみ評価項目						

表 13 に視環境評価実験で使用するのアンケートの記入項目を示す。まず実験を開始する前に、被験者には基礎事項の「所属」、「性別」、「身長」、「聴力(左右それぞれ記入)」、「普段最も使用する階」、「ガラス越しに外を見る頻度」、「現段階の視環境の満足度」の 8 項目を記入してもらう。その後、実験パターン I から視環境評価を始める。外通路から片廊下を見た時、または片廊下から外通路を見た時の評価時には、主に「開放感」、「安心感」、「ガラス越しの見通し」、「ガラス面積の大きさの感じ方」、「ガラス面積の許容度」、「満足度」の 6 項目に関して、それぞれ表 13 の評価尺度で申告してもらう。特に「満足度」はその通路環境に対する総合的な評価項目とする。また片廊下から外通路を見た時は、この 6 項目の他に、「廊下の幅」、「天井の高さ」の 2 項目を追加して、計 8 項目に関する評価を記入してもらう。疑似壁を設置することで、今まで見る事が出来た場所が損なわれ、空間の奥行の感じ方に影響すると考えられる。次ページに 1・2 回目の REAL 実験時に使用したアンケート用紙を示す。

REAL 評価実験の評価記入用紙

全面ガラス窓及び疑似壁を設置した校舎棟 4F の片廊下内・外通路を歩行後の、**視環境に関する評価**をこの用紙に記入して頂きます。つきまして、以下の設問に該当する番号に○、または記入をお願いします。

基礎質問項目 内の各項目当てはまるものに○を付けて下さい。

1. 所属

氏名 (1 _____)

性別 (1.男 2.女)

身長 (_____ cm)

聴力 (右: _____ dB 左: _____ dB)

学年 (1.1年 2.2年 3.3年 4.4年)

学科 (1.産業情報 2.総合デザイン 3.産業科学研究科)

専攻 (1.情報科学 2.システム工学 3.産業技術学 _____)

領域・コース (1.情報科学 2.機械工学 3.建築工学 4.環境デザイン 5.製品デザイン 6.視覚伝達デザイン)

2. 校舎棟の片廊下に関する普段の使用状況

2-1 最も使用する校舎棟の階はどこですか

(1.1階 2.2階 3.3階 4.4階 5.5階 6.6階)

注1)214教室のある階が2階になります。 注2)○を付けるのは一つのみです。

2-2 片廊下内を通る際に、窓の外を見る頻度は？

(1.全く見ない 2.あまり見ない 3.時々見る 4.よく見る _____)

2-3 通行時、窓から情報を積極的に得ようとしていますか？

(1.していない 2.あまりしていない 3.時々している 4.よくしている _____)

2-4 視環境に関して現状の校舎棟の片廊下は、あなたにとっていかがですか？

(1.不満 2.やや不満 3.どちらでもない 4.やや満足 5.満足 _____)

2.5 REAL 実験結果及び考察

2.5.1 被験者

被験者の条件は以下の項目とする

- ①聴覚障害を有する学生
- ②20歳以上であること(研究倫理の面を考慮して)
- ③2回目の実験は1回目の実験を受けた者

表 14 1回目の実験の被験者数(天候・男女別)

	男性	女性	計
晴れ	14	10	24
曇り	6	8	14
計	20	18	38

表 15 2回目の実験の被験者数(天候・男女別)

	男性	女性	計
晴れ	13	13	26
曇り	2	2	4
計	15	15	30

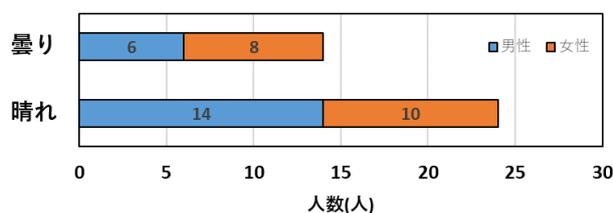


図 26 1回目の被験者数(天候・男女別)

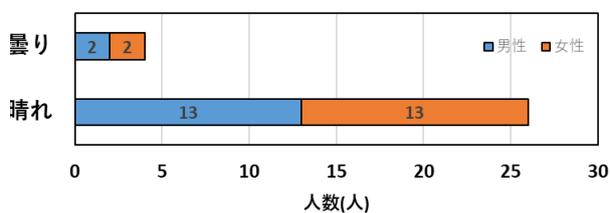


図 27 2回目の被験者数(天候・男女別)

表 14 に 1 回目の実験の被験者数(天候・男女別)、それを図化したのを図 26 に示す。また表 15 には 2 回目の実験の被験者数(天候・男女別)、それを図示したのを図 27 に示す。

1 回目の被験者数は 38 名(男性：20 名、女性 18 名)、2 回目は 30 名(男性：15 名、女性 15 名)のデータ数である。被験者条件③の「2 回目の実験は 1 回目の実験を受けた者」を実験条件とした理由としては、被験者を同一人物とすることで 1 回目と 2 回目の実験条件を揃える為である。しかし、2 回目の被験者数が 1 回目より少ないのは、卒業した学生と都合が合わない学生が若干名おり、その人数を差し引いた為である。

表 16 1 回目の REAL 実験の被験者の身長分布

身長分布	男性	女性	計
140cm~	0	0	0
150cm~	1	11	12
160cm~	4	7	11
170cm~	13	0	13
180cm~	2	0	2
計	20	18	38

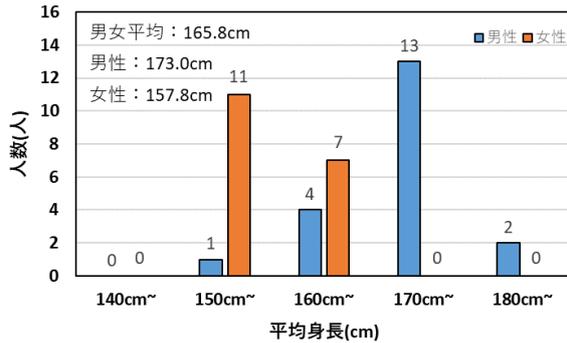


図 28 1 回目の REAL 実験の被験者の身長分布

表 17 2 回目の REAL 実験の被験者の身長分布

身長分布	男性	女性	計
140cm~	0	0	0
150cm~	0	8	8
160cm~	3	7	10
170cm~	11	0	11
180cm~	1	0	1
計	15	15	38

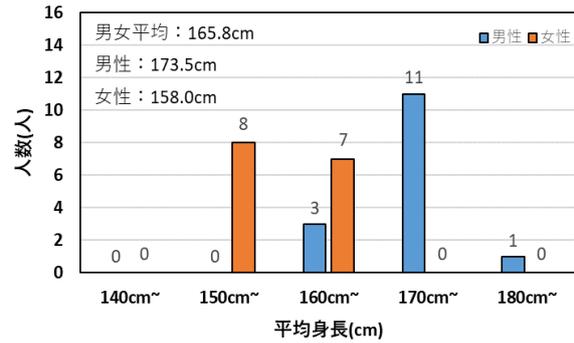


図 29 2 回目の REAL 実験の被験者の身長分布

表 18 1 回目の被験者の左右聴力平均値の分布

聴力分布	男性	女性	計
80dB~	1	1	2
90dB~	5	2	7
100dB~	9	12	21
110dB~	4	3	7
120dB~	1	0	1
計	20	18	38

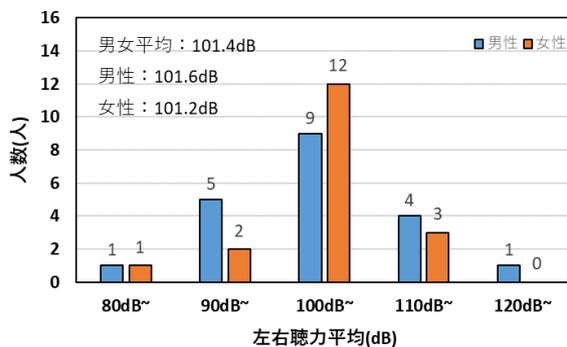


図 30 1 回目の被験者の左右聴力平均値の分布

表 19 2 回目の被験者の左右聴力平均値の分布

聴力分布	男性	女性	計
80dB~	1	1	2
90dB~	3	0	3
100dB~	7	12	19
110dB~	3	2	5
120dB~	1	0	1
計	15	15	38

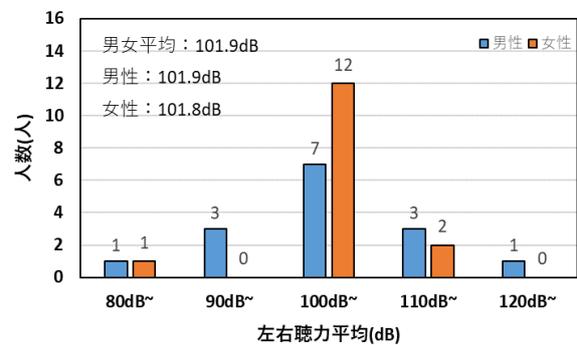


図 31 2 回目の被験者の左右聴力平均値の分布

表 16 と 17 に 1 回目と 2 回目の被験者の身長分布、それを図示したのを図 28 と 29 に示す。表 18 と 19 には 1 回目と 2 回目の実験の被験者の左右聴力平均値の分布、同様に図化したのを図 30

と 31 に示す。

被験者の身長の平均値について 1 回目の被験者の男女平均は 165.8 cm、男性が 173.0 cm、女性が 157.8 cm。2 回目の被験者の男女平均は 165.8 cm、男性が 173.5 cm、女性が 158.0 cm となった。左右の聴力平均値については 1 回目の被験者の男女平均が 101.4db、男性が 101.6dB、女性が 101.2dB。2 回目の被験者の男女平均が 101.9db、男性が 101.9dB、女性が 101.8dB であった。

2.5.2 校舎棟の片廊下に関する普段の使用状況

2-1 最も使用する校舎棟の階はどこですか

(1.1階 2.2階 3.3階 4.4階 5.5階 6.6階)

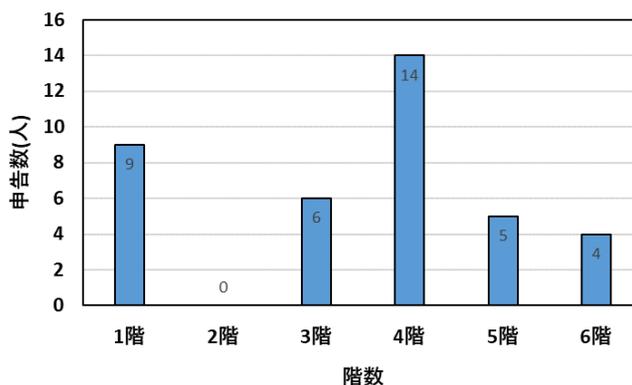


図 32 被験者が普段最も使用するフロア

図 32 に被験者が普段最も使用するフロアの集計結果を示す。1 階は 9 人、2 階は 0 人、3 階が 6 人、4 階が 14 人、5 階が 5 人、4 階が 4 人であった。2 階は主に 1 年次に使用すること多く、2 階の申告者数が 0 人だったのは、今回の実験の被験者条件で 20 歳以上の為 1 年次の被験者はいなかったことが影響した。

2-2 片廊下内を通る際に、窓の外を見る頻度は？

(1.全く見ない 2.あまり見ない 3.時々見る 4.よく見る)

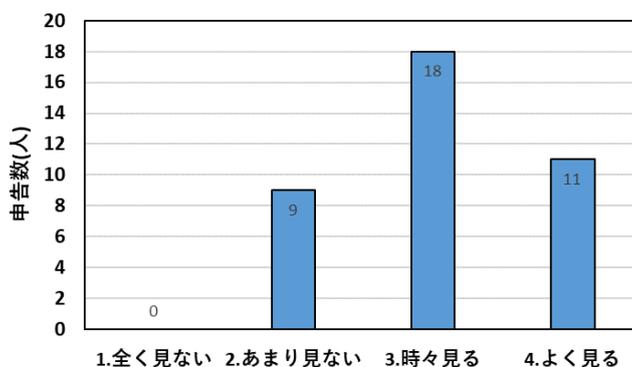


図 33 片廊下内を通る際に窓の外を見る頻度

図 33 に片廊下内を通る際に窓の外を見る頻度の集計結果を示す。被験者の中に「1.全く見ない」という該当者はなく、全員少なからず片廊下から外通路を見る際に情報を得ていることが分

かった。最も多いのは「3.時々見る」で申告者数が18人で、その次が「4.よく見る」の11人、次いで「2.あまり見ない」の9名であった。REAL実験終了後のヒアリング調査より、窓の外を見る目的は、人の気配や手話でのコミュニケーションの為、外の様子特に天候の把握、気分転換、の報告があった。

2-3 通行時、窓から情報を積極的に得ようとしていますか？

(1.していない 2.あまりしていない 3.時々している 4.よくしている)

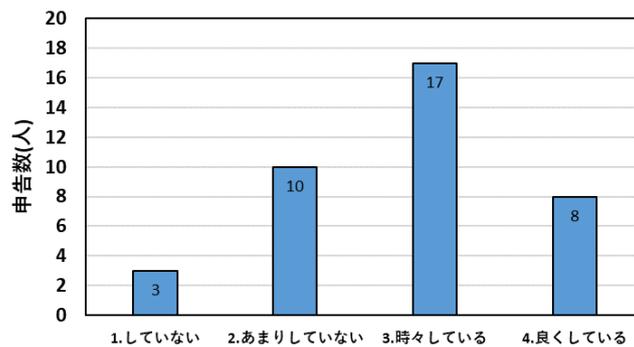


図 34 窓から情報を得る積極性

図 34 に窓から情報を得る積極性についての集計結果を示す。「3.時々している」の17人が最も多く、「1.していない」の3人が最も少ない結果であった。また積極的に情報を得ようとしている(3.時々している、4.良くしている)の該当者数は計25名/38名中となり、全体の約65%の被験者が、普段から積極的に窓から情報を得る機会があることが分かった。

2-4 視環境に関して現状の校舎棟の片廊下は、あなたにとっていかがですか？

(1.不満 2.やや不満 3.どちらでもない 4.やや満足 5.満足)

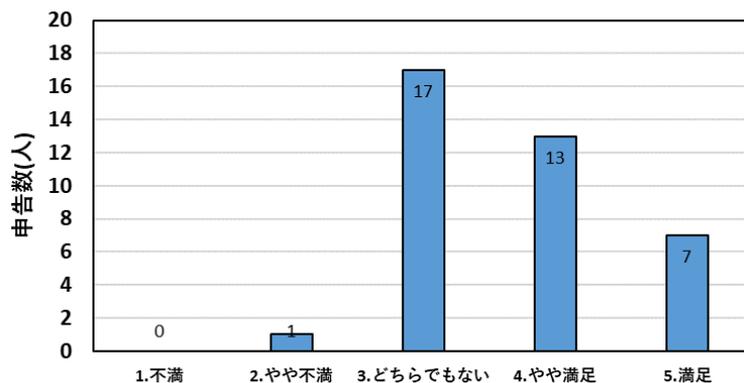


図 35 普段の使用感に関する満足度

図 35 に普段の使用感に関する満足度の集計結果を示す。満足よりの申告者数(4.やや満足、5.満足)は20名/38名中と半数以上であった。しかし、残りの約半数は「3.どちらでもない」の回答結果であった。

2.5.3 心理量変化

【開放感】

開放感はいかがでしたか？

(1.閉鎖的 2.やや閉鎖的 3.ふつう 4.やや開放的 5.開放的)

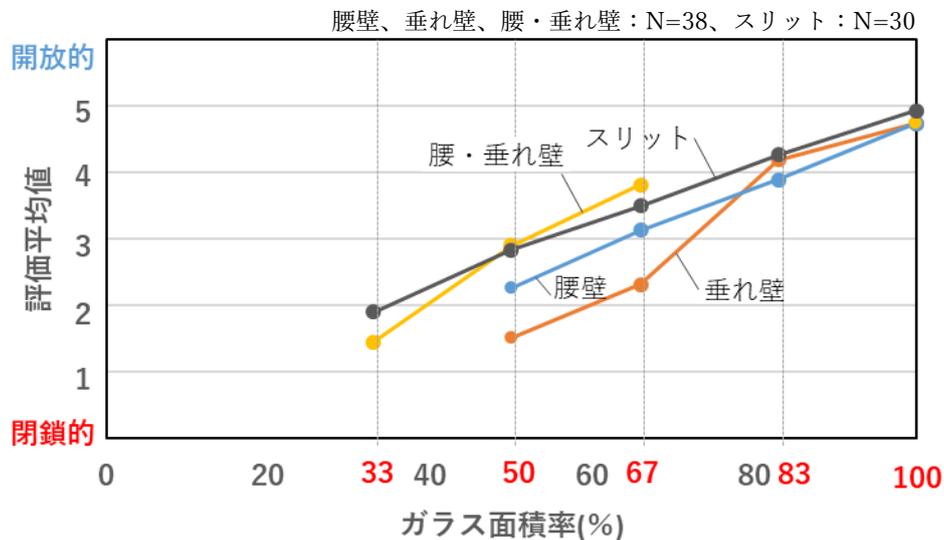


図 36 外通路から見た時の「開放感」に関する各壁種類の評価平均値の比較

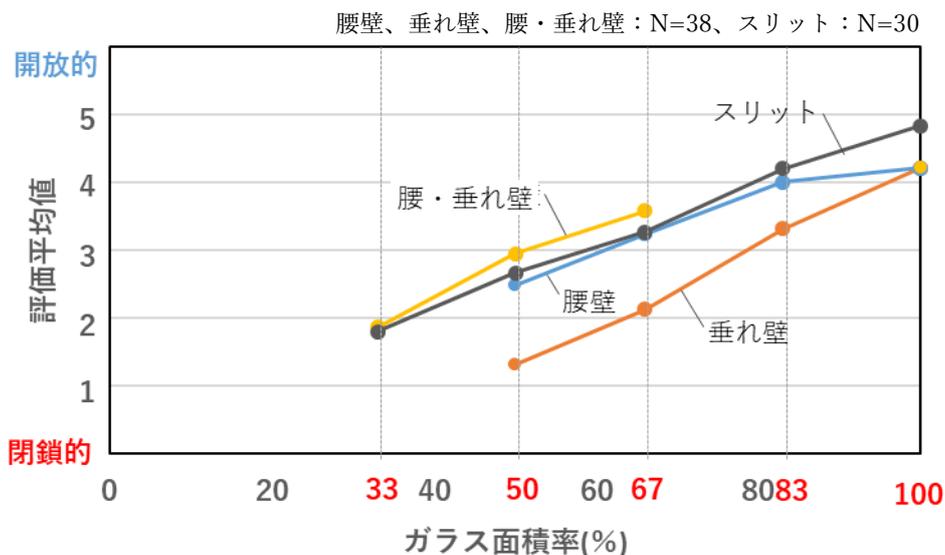


図 37 片廊下から見た時の「開放感」に関する各壁種類の評価平均値の比較

図 36 に外通路から片廊下を見た時、図 37 に片廊下から外通路を見た時の「開放感」に関する各窓ガラス条件での評価平均値についてそれぞれ示す。

評価平均値を窓ガラス条件で比較すると図 36 と図 37 で共通して、ガラス面積率 66% の時の垂れ壁のみ「閉鎖的」寄りの結果となった。この時の評価平均値は図 36 の外通路で 2.32、図 37 の片廊下では 2.13 であった。他の壁種類と比較して垂れ壁は開放感を損なわれやすいことが分かる。また図 37 の垂れ壁 83% ではすでにほかの壁種類と差が出始めている。垂れ壁が底的役割を果たし片廊下内に入る日射が制限され明るさが変わったことが原因だと考えられる。

【安心感】

安心感はいかがでしたか？

(1.不安 2.やや不安 3.ふつう 4.やや安心 5.安心)

腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁：N=38、スリット：N=30

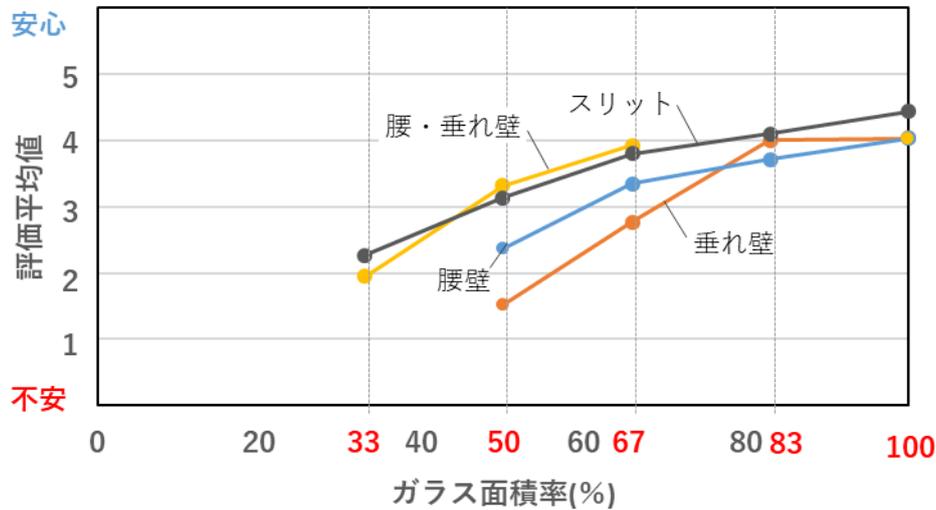


図 38 外通路から見た時の「安心感」に関する各壁種類の評価平均値の比較

腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁：N=38、スリット：N=30

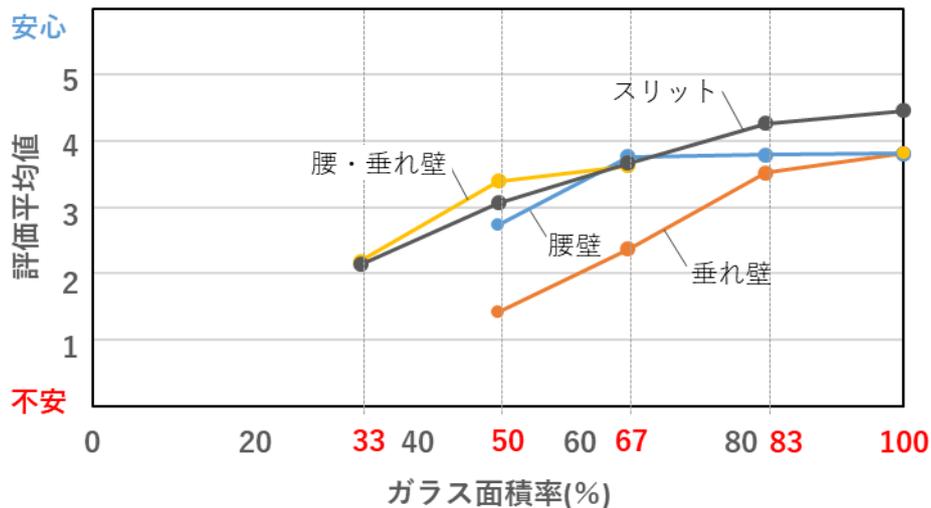


図 39 片廊下から見た時の「安心感」に関する各壁種類の評価平均値の比較

図 38 に外通路から片廊下を見た時、図 39 に片廊下から外通路を見た時の「安心感」に関する各窓ガラス条件での評価平均値についてそれぞれ示す。

「開放感」ではガラス面積率増加に伴い、評価平均値が比較的常に比例した形で増加した。対して「安心感」では、各ガラス面積率の時の腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁の評価平均値と、ガラス面積率 100% の評価平均値とで比較すると、ある一定のガラス面積率(腰壁：66%、垂れ壁：83%、腰・垂れ壁：50%)まではガラス面積率 100% の評価平均値との差が小さい。しかし、そのある一定のガラス面積率を境に、ガラス面積率が減少すると、腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁の評価平均値に不安になる傾向が見られた。スリットに関してはガラス面積率が増加すると、評価平均値も比較的緩やかな曲線を描く形で増加が見られた。

【窓面積の大きさの感じ方】

窓ガラスの面積はいかがでしたか？

(1.狭い 2.やや狭い 3.ふつう 4.やや広い 5.広い)

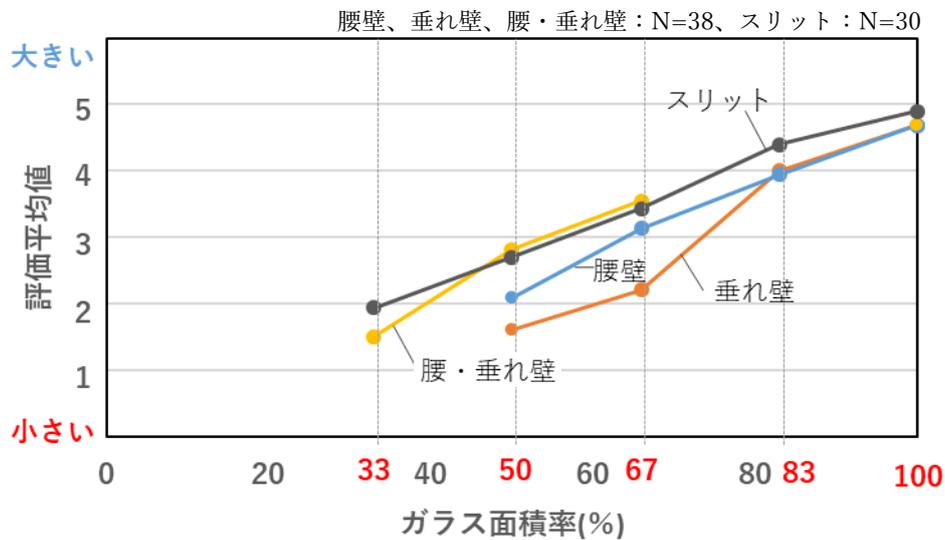


図 40 外通路から見た時の「窓面積」に関する各壁種類の評価平均値の比較

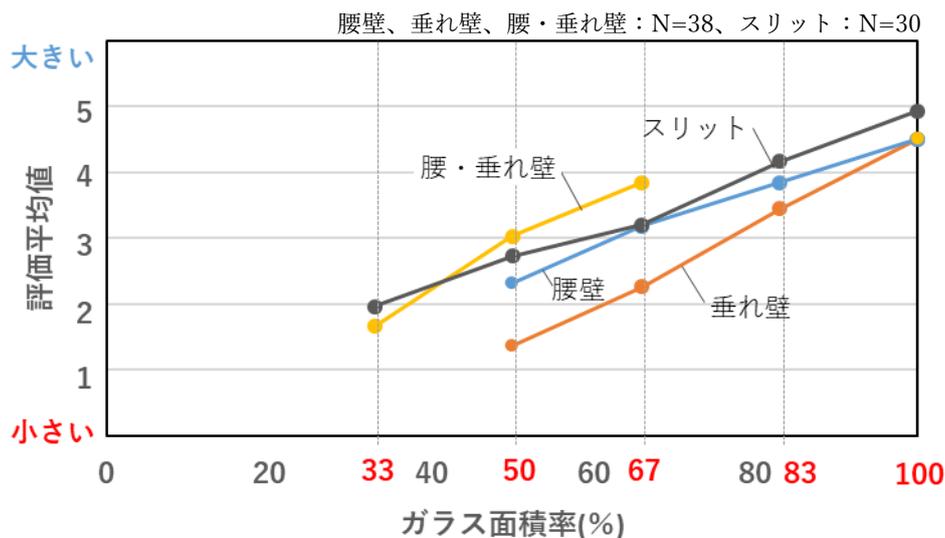


図 41 片廊下から見た時の「窓面積」に関する各壁種類の評価平均値の比較

図 40 に外通路から片廊下を見た時、図 41 に片廊下から外通路を見た時の「窓面積の大きさの感じ方」に関する各窓ガラス条件での評価平均値についてそれぞれ示す。

ガラス面積率が減少しても窓面積の大きさの感じ方は変わらないというような特異な例は見られず、壁種類に関係なくガラス面積率が減少すると、ガラス面積の大きさの感じ方も小さく感じる結果となった。但し垂れ壁は同じ面積率でもほかの壁種類よりも狭く感じる傾向にあった。

【見通し】

見通しはいかがでしたか？

(1.悪い 2.やや悪い 3.ふつう 4.やや良い 5.良い)

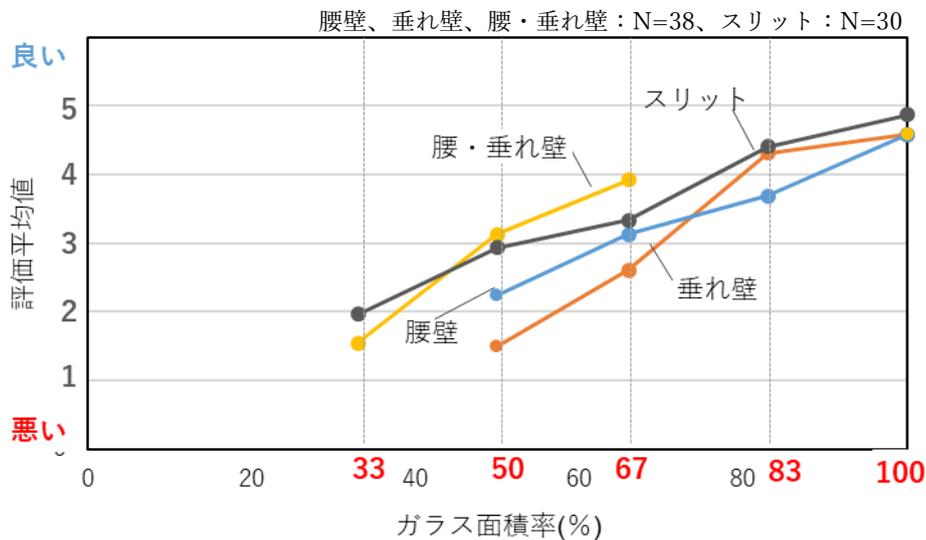


図 42 外通路から見た時の「見通し」に関する各壁種類の評価平均値の比較

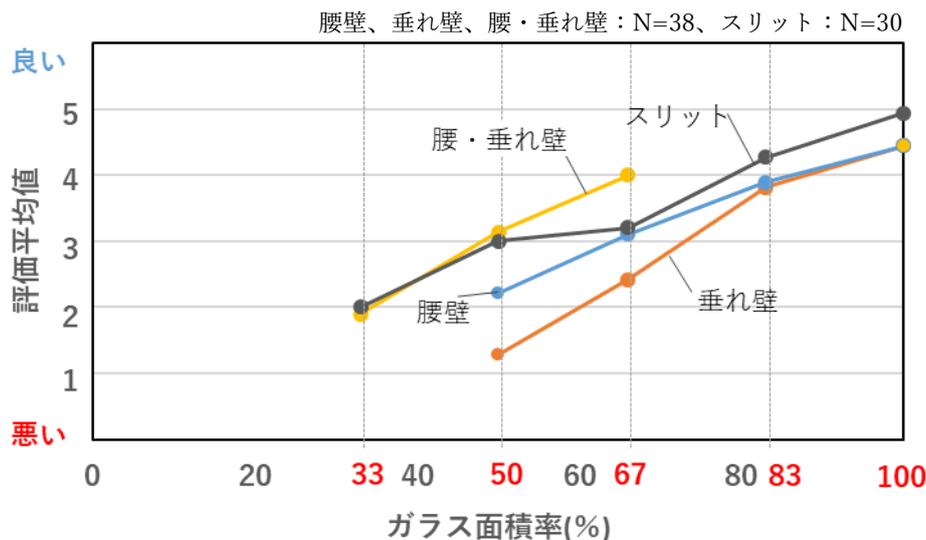


図 43 片廊下から見た時の「見通し」に関する各壁種類の評価平均値の比較

図 42 に外通路から片廊下を見た時、図 43 に片廊下から外通路を見た時の「窓面積の大きさの感じ方」に関する各窓ガラス条件での評価平均値についてそれぞれ示す。

全体的な傾向として、同じガラス面積率で見通しの良い壁種類は、腰・垂れ壁、スリット、腰壁、垂れ壁の順に良い傾向にあった。また図 43 の片廊下からスリット：ガラス面積率 50%と 67%間で同等の見通しが確保されている事が分かった。その他、図 42 の腰壁：ガラス面積率 83%を同じガラス面積率 83%の垂れ壁及びスリットと比較した時に評価平均値に差が見られる。他の項目でも同様に評価平均値の値は見られ腰壁がやや少し低い傾向ではあったが、「見通し」の評価項目程ははっきりとした差ではなかった。腰壁 83%の疑似壁高さ 400mmはちょうどヒトの膝ぐらまでの高さだが、その部分が見えなくなるだけでも見通しに影響があることが分かった。

【廊下の幅・天井の高さ】

廊下の幅はどのように感じましたか？

(1.狭く感じる 2.やや狭く感じる 3.ちょうど良い 4.やや広く感じる 5.広く感じる)

廊下の高さはどのように感じましたか？

(1.低く感じる 2.やや低く感じる 3.ちょうど良い 4.やや高く感じる 5.高く感じる)

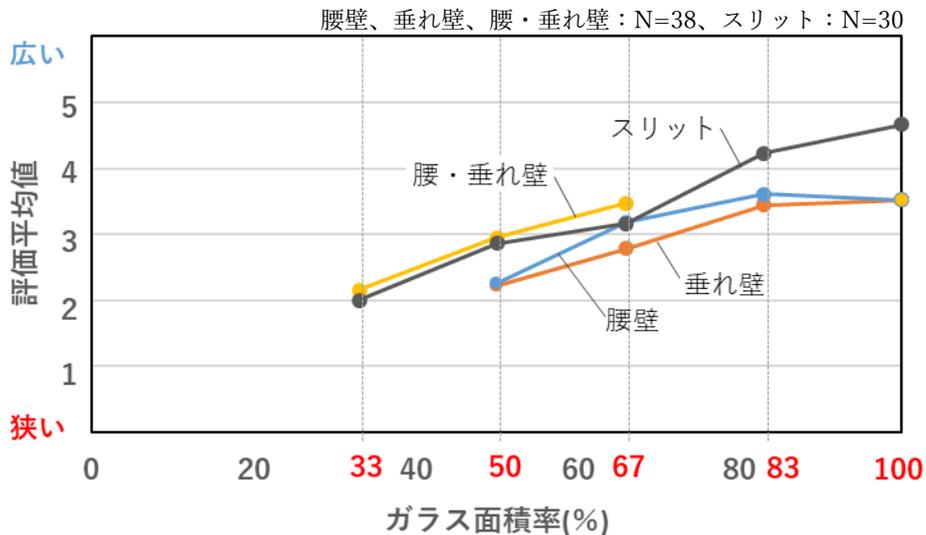


図 44 片廊下の「廊下の幅の感じ方」に関する各壁種類の評価平均値の比較

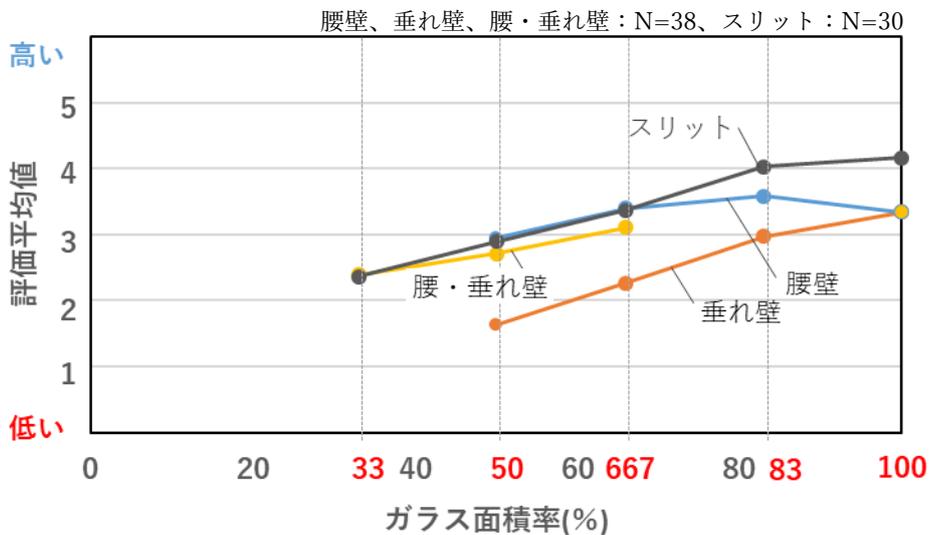


図 45 片廊下の「廊下の天井高さの感じ方」に関する各壁種類の評価平均値の比較

図 44 に片廊下の「廊下の幅の感じ方」、図 45 に「廊下の天井高さの感じ方」の集計結果を示す。幅の感じ方で壁種類毎に大きな差は見られなかったが、高さの感じ方については垂れ壁がほかの壁種類よりも低く感じる傾向にあった。

【許容度】

その窓ガラスの面積は許容できますか？

(1.許容できない 2.やや許容できない 3.やや許容できる 4.許容できる)

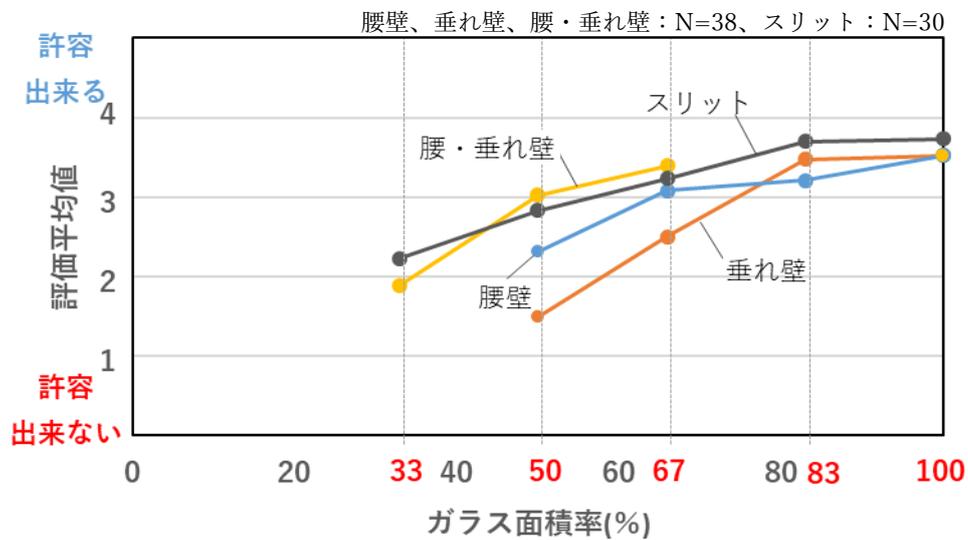


図 46 外通路から見た時の「許容度」に関する各壁種類の評価平均値の比較

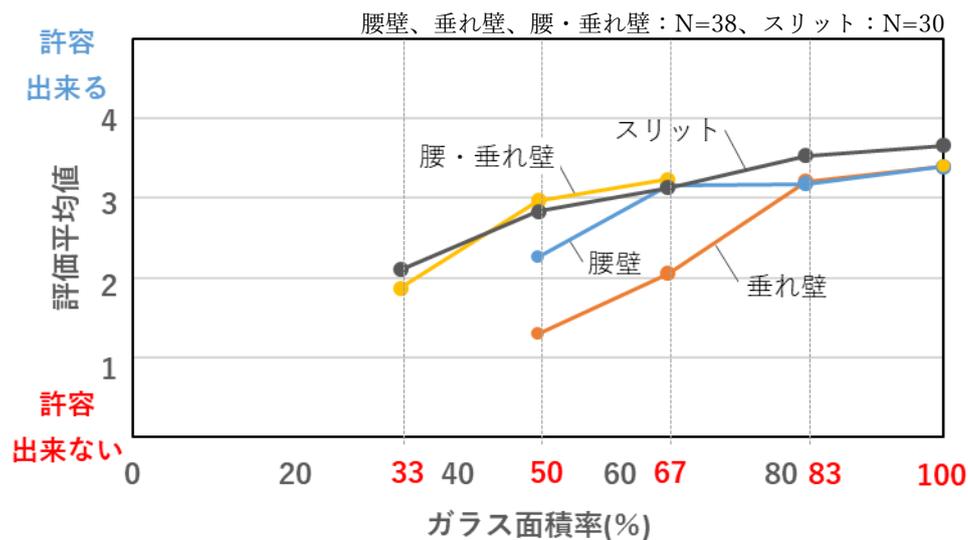


図 47 片廊下から見た時の「許容度」に関する各壁種類の評価平均値の比較

図 46 に外通路から片廊下を見た時、図 47 に片廊下から外通路を見た時の「窓ガラス面積の許容度」に関する各窓ガラス条件での評価平均値についてそれぞれ示す。

各窓ガラス条件で評価平均値の値が 2.5 未満の「許容できない」側となったガラス面積率を見ていくと、図 46 の外通路では腰壁：50%、垂れ壁：50%・67%、腰・垂れ壁：33%、スリット 33%となった。図 47 の片廊下でも同様であった。つまり、評価平均値の値が 2.5 より大きい「許容できる」側に該当するガラス面積率の範囲が最も狭い壁種類は垂れ壁である。その次は腰壁で、腰・垂れ壁とスリットはほぼ同等であった。

【満足度】

あなたにとってその窓ガラスは総合的にどうでしたか？

(1.不満 2.やや不満 3.どちらでもない 4.やや満足 5.満足)

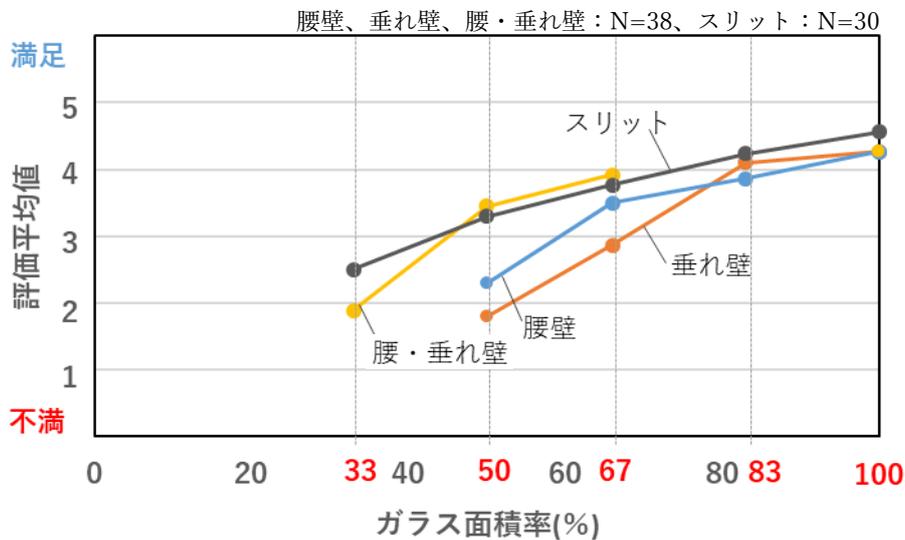


図 48 外通路から見た時の「満足度」に関する各壁種類の評価平均値の比較

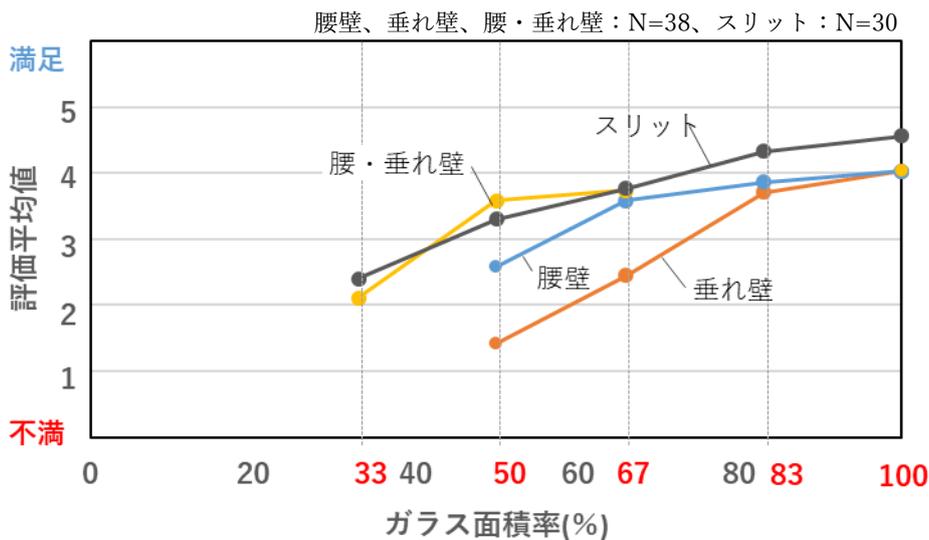


図 49 片廊下から見た時の「満足度」に関する各壁種類の評価平均値の比較

図 48 に外通路から片廊下を見た時、図 49 に片廊下から外通路を見た時の「満足度」に関する各窓ガラス条件での評価平均値について示す。

図 48 と図 49 の全体的な傾向に、各ガラス面積率でスリットの壁種類の満足度が高い傾向にある。またガラス面積率 83% 未満のガラス面積率では、常に垂れ壁の評価平均値が最も低く「不満」よりの評価平均値であった。

【晴れと曇りの日の評価結果の違い】

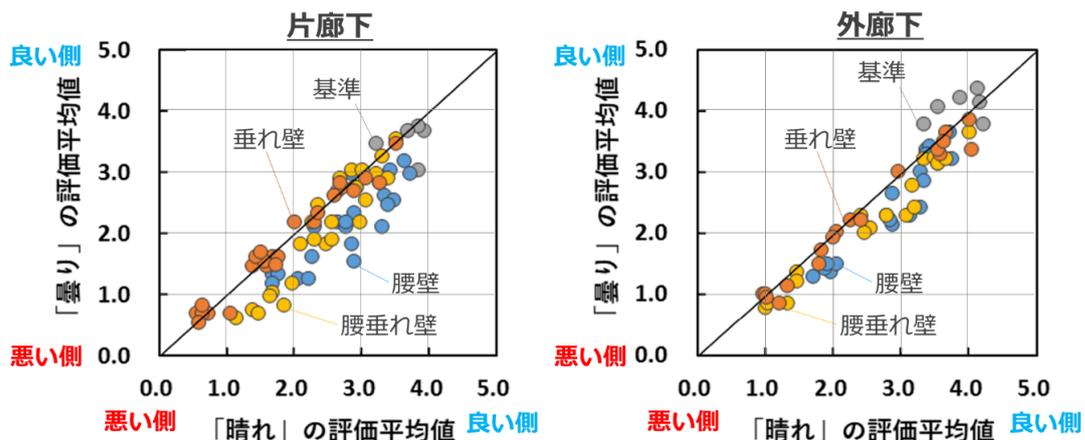


図 50 片廊下の晴れと曇りの日のデータ比較 図 51 外通路の晴れと曇りの日のデータ比較

各評価項目のデータを晴れの日と曇りの日のに分けて、評価平均値を比較したのを図 50 に片廊下から見た時、図 51 に外通路から見た時をそれぞれ示す。各図ともに各壁種類のガラス面積率の時の開放感、安心感、窓ガラス面積の大きさの感じ方、見通し、許容度、満足度の評価項目の各評価平均値を、横軸に晴れの日、縦軸に曇りの日のデータをプロットした図である。

図 50 の晴れの日と曇りの日のデータを比較した時、曇りの日のデータより晴れの日の方が、評価平均値が大きい結果となっている。図 51 も同様である。このような結果になったのは日射による明るさが影響した為と考えられる。晴れの日と曇りの日で視環境評価に違いが出る事を把握する必要がある。

【不満足率】

満足度に関して、否定側申告者数(やや不満、不満)が全体に占める割合を不満足率として分析を行う。表 20 に「満足度」の否定側申告者数と肯定側申告者数を示す。

表 20 「満足度」の否定側申告者数と肯定側申告者数

	満足度			
	外通路		外通路	
	肯定側申告者数	否定側申告者数	肯定側申告者数	否定側申告者数
壁無し：100%	37	1	36	2
垂れ壁：83%	37	1	35	3
垂れ壁：67%	26	12	26	22
垂れ壁：50%	5	33	3	35
壁無し：100%	37	1	36	2
腰壁：83%	36	2	36	2
腰壁：67%	33	5	31	7
腰壁：50%	15	23	22	16
壁無し：100%	37	1	36	2
腰・垂れ壁：67%	37	1	34	4
腰・垂れ壁：50%	34	4	34	4
腰・垂れ壁：33%	9	29	14	24
壁無し：100%	30	0	29	1
スリット：83%	28	2	29	1
スリット：67%	27	3	28	2
スリット：50%	21	9	22	8
スリット：33%	13	17	15	15

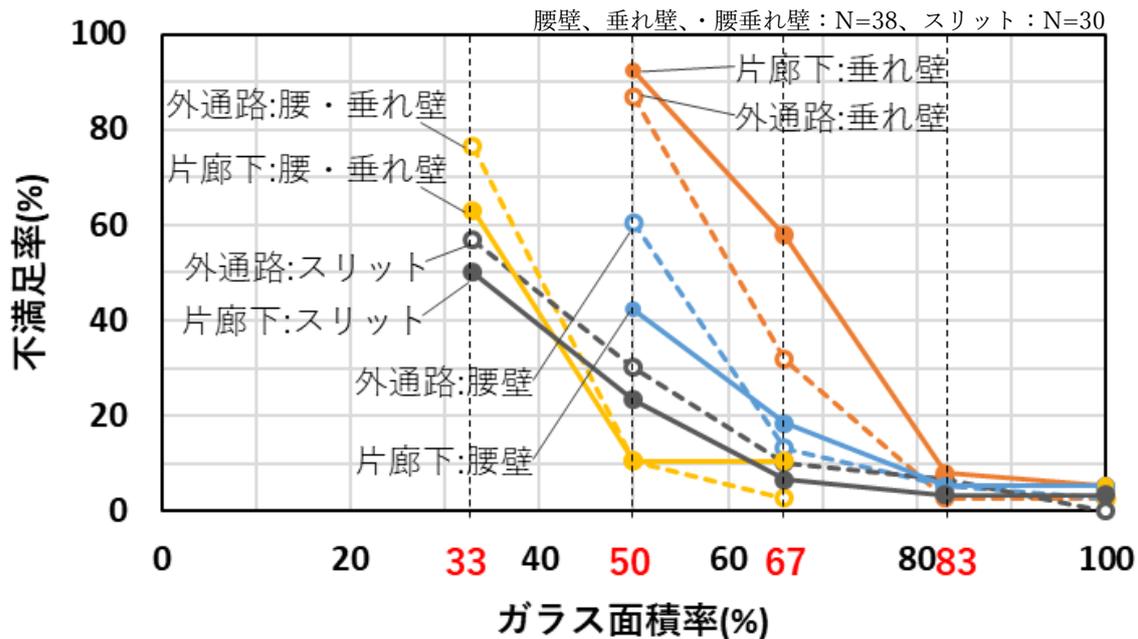


図 52 外通路及び片廊下から見た時のガラス面積率に対する「不満足率」の関係

図 52 に表 20 で示した否定側申告者数について、外通路から片廊下を見た時と、片廊下から外通路を見た時の、不満足率をそれぞれ示す。図内の実線は片廊下から外通路を見た時の不満足率、破線は外通路から片廊下を見た時の不満足率を示している。

図 52 の外通路の不満足率に関して、垂れ壁はガラス面積率 83%から 67%へ減少した時、不満足率が 2.6%から 31.6%と急激な増加が見られる。腰壁はガラス面積率 67%から 50%の時、不満足率が 13.2%から 60.5%へ増加、腰・垂れ壁はガラス面積率 50%から 33%の時、不満足率が 10.5%から 76.3%へ増加、スリットはガラス面積率 67%から 50%の時、不満足率が 10.0%から 30.0%へ増加した。各壁種類であるガラス面積率に達した時、それぞれ大きく不満足率が増加する傾向にある。

この傾向は片廊下も同様で、垂れ壁はガラス面積率 83%から 67%へ減少した時、不満足率が 7.9%から 57.9%と急激な増加、腰壁はガラス面積率 67%から 50%の時、不満足率が 18.4%から 42.1%へ増加。腰・垂れ壁はガラス面積率 50%から 33%の時、不満足率が 10.5%から 63.2%へ増加。スリットはガラス面積率 67%から 50%の時、不満足率が 6.7%から 23.3%へ増加した。

壁無し：100%と各窓ガラス条件での有意差

表 21 壁無し 100%と各窓ガラス条件のカイ二乗検定条件

自由度	1
N	腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁 = 38、スリット = 30
有意水準	$p < 0.01$
要因	①否定側解答者数、②肯定側解答者数
帰無仮説	壁無し：100%と各窓ガラス条件とで差はない
対立仮説	壁無し：100%と各窓ガラス条件とで差はある

表 21 にカイ二乗検定の有意差検定についての検定条件を示す。

自由度 = 1、有意水準 $P < 0.01$ の時に、壁無し：100%と各窓ガラス条件に有意差があるかどうかカイ二乗検定より表 21 の条件で検定を行った。表 22 に「満足度」の壁無し：100%と各窓ガラス条件の χ 二乗検定結果を示す。

表 22 「満足度」の壁無し 100%と各窓ガラス条件の χ 二乗検定結果

満足度		外通路		片廊下	
		χ 二乗値	p値	χ 二乗値	p値
垂れ壁	83%	0.000	1.0000000000000000	0.214	0.6435846729450070
	67%	11.228	0.0008055822051942	24.359	0.0000007995339559
	50%	54.499	0.0000000000001556	57.356	0.0000000000000364
腰壁	83%	0.347	0.5557980913580290	0.000	1.0000000000000000
	67%	2.895	0.0888416485572766	3.151	0.0758845346564832
	50%	29.474	0.0000000566613871	14.268	0.0001585205460577
腰・垂れ壁	67%	0.000	1.0000000000000000	0.724	0.3948971521873140
	50%	1.927	0.1651132916910900	0.724	0.3948971521873140
	33%	43.177	0.0000000000500099	28.295	0.0000001041439998
スリット	83%	2.069	0.1503234554786680	0.000	1.0000000000000000
	67%	3.158	0.0755605675259413	0.351	0.5536169919657800
	50%	10.588	0.0011380955846749	6.405	0.0113784765311932
	33%	23.721	0.0000011136479757	16.705	0.0000436762259874

黄色塗りつぶし… $p < 0.01$

表 22 内の黄色で塗りつぶした箇所は、有意水準が 1%を下回り有意差が見られた窓ガラス条件である。満足度の外通路及び片廊下のカイ二乗検定による有意差検定の結果は、外通路は垂れ壁：67%と 50%、腰壁：50%、腰垂れ壁：33%、スリット：50%と 33%で有意差が見られた。片廊下は、垂れ壁：67%と 50%、腰壁：50%、腰垂れ壁：33%、スリット：33%で有意差が見られた。

2.5.4 考察

外通路に関する考察

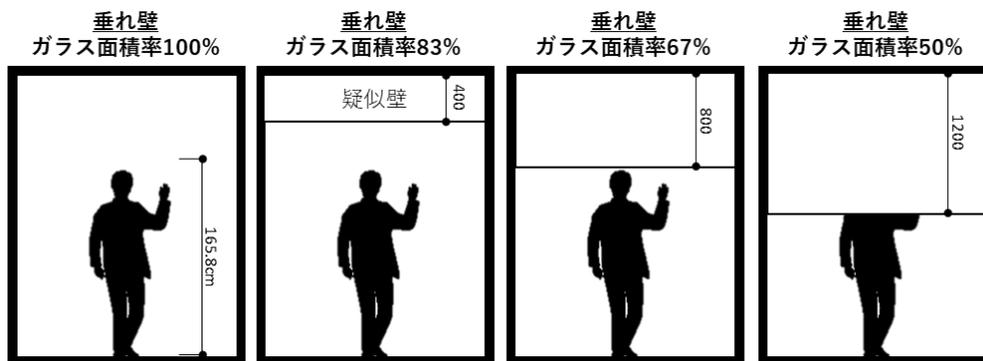


図 53 垂れ壁の各ガラス面積率で外通路からから片廊下内のヒトを見た時の様子

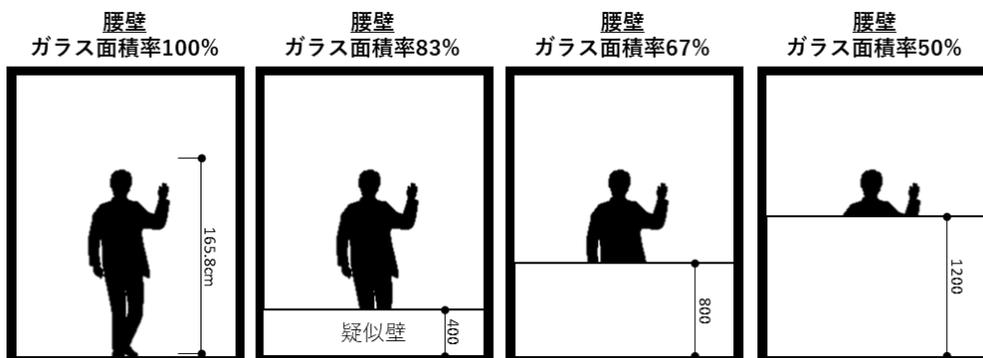


図 54 腰壁の各ガラス面積率で外通路からから片廊下内のヒトを見た時の様子

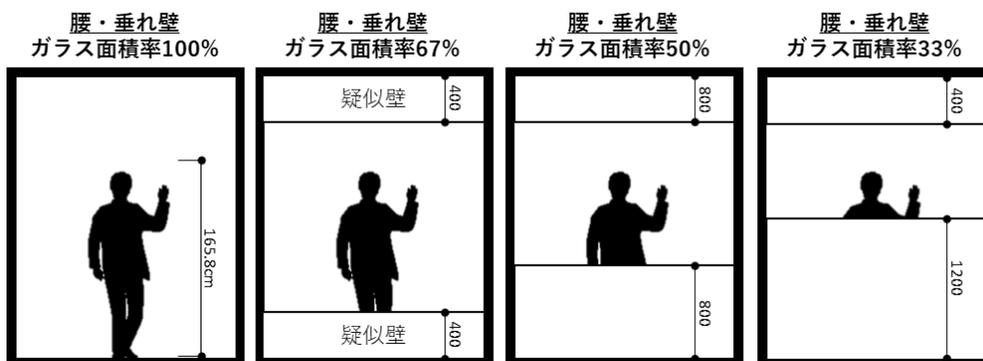


図 55 腰・垂れ壁のガラス面積率で外通路からから片廊下内のヒトを見た時の様子

図 53 に垂れ壁の各ガラス面積率で外通路からから片廊下内のヒトを見た時の様子を示す。同様に図 54 には腰壁、図 55 に腰・垂れ壁をそれぞれ示す。

2.5.3 の心理量変化より、外通路から片廊下を見た時の各評価項目の評価平均値に関して、壁種類毎で比較した時、各ガラス面積率で「垂れ壁」が最も評価平均値が低い傾向にあるという共通点が見られた。「垂れ壁」が最も評価平均値が低い傾向にある点に対する考察を述べる。

外通路から片廊下を見た時に、垂れ壁の評価平均値が最も小さくなる理由として、ヒトの顔高さ付近の情報がガラス面積率の減少に伴い制限されていくからと考えられる。被験者は日常的に手話を使う環境で生活している。手話でコミュニケーションを取る際にはヒトの胸の高さ付近で行われることが多い。また手の動きだけでなく顔の表情も重要になってくる。手話でコミュニケーション取る際には、胸から顔の高さ範囲で情報伝達を行う為、ヒトの顔高さ付近の情報が重要だと考えられる。

図 54 の腰壁、図 55 の腰・垂れ壁の各窓ガラス面積率では、外通路から片廊下内のヒトを見た時にヒトの身体の見えなくなる範囲について、腰壁 83%と腰・垂れ壁 67%では床面から疑似壁の高さが $h = 400 \text{ mm}$ である為ヒトの膝の高さ付近まで見えなくなる。同様に腰壁 67%と腰・垂れ壁 50%は床面から疑似壁高さが $h = 800 \text{ mm}$ でヒトの腰の高さ付近となり、腰壁 50%と腰・垂れ壁 33%では床面から疑似壁高さが $h = 1200 \text{ mm}$ であるため、ヒト胸の高さ付近までヒトの身体が見えなくなる。疑似壁高さが高くなりガラス面積率が減少するにつれて、片廊下内のヒトの見えなくなる範囲が大きくなるが、常に片廊下内の人の顔が把握できる状態となっている。しかし、胸の高さ付近まで疑似壁がくる腰壁 50%・腰・垂れ壁 33%では、ヒトの顔高さ付近の情報がガラス面積の減少に伴い制限される為、各評価平均値に急激な減少が見られた。

対して、図 53 の垂れ壁の場合、腰壁及び腰・垂れ壁の窓ガラス条件の時と比較して、ヒトの身体について見る事が出来る範囲は大きい。それにも関わらず、垂れ壁が最も評価平均値が低い傾向になったのは、片廊下内のヒトの顔高さ付近の情報がガラス面積の減少に伴い制限されていくからと考えられる。その観点で垂れ壁の各評価項目の評価平均値を見た際、垂れ壁：83%では、「開放感」や「窓面積の大きさの感じ方」のような窓ガラス面積率が減少する物理的変化の評価項目に関しては、壁無し：100%と比較して評価平均値が減少している。しかし、その他の「安心感」「見通し」「許容度」「満足度」の 4 項目では、壁無し：100%の評価平均値と比較してその差は小さい。外通路から片廊下内の見る事が出来る範囲は狭まったが、片廊下内の歩行者のヒトの顔高さ付近の情報量の変化は小さい為だと考えられる。ここから垂れ壁：67%へガラス面積率が減少すると、各評価項目の評価平均値にそれぞれ大きな減少が見られる。この窓ガラス条件下の場合、男女平均身長 165.8cm 人の顔を把握することは可能だが、頭頂部付近に垂れ壁の下端部が迫っている状態となり、顔高さ付近の情報が狭まった状態となる。その為、165.8cm より高い身長の場合、片廊下の人の顔の把握が困難になる可能性がある。男女平均身長 165.8cm の顔が把握できなくなる垂れ壁：ガラス面積率 50%では、同様に評価平均値の大きな減少が見られた。

片廊下に関する考察

図 56 に 4F 片廊下から 3~5F 外通路歩行者と視線を交わすのに必要な角度を示す。片廊下及び外通路の通路中央にヒトがいると仮定した時、そのヒトの身長を被験者の男女平均身長 165.8 cm と想定した場合、視線高さ 155.0 cm^[6]を基準高さとする。4F 片廊下のヒトの視線高さを基準に、4F 片通路から 5F 外通路のヒトを見た時の角度を A 角、3F 外通路のヒトを見た時の角度を B 角とした時、それぞれのヒトとの視線を結ぶには 30° の角度が必要になると考えられる。また図 56 内の a 角及び b 角について、a 角は基準高さから窓の上端を結んだ角度、b 角は基準高さから窓の下端を結んだ角度である。

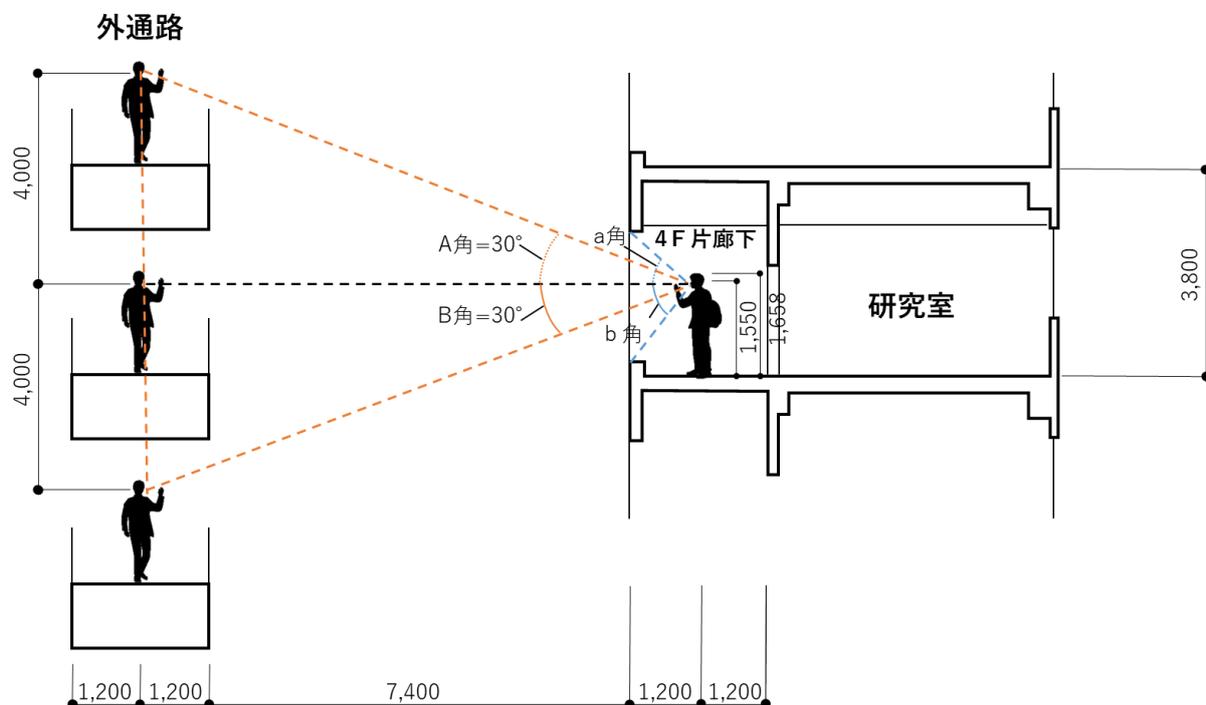


図 56 4F 片廊下から 3~5F 外通路歩行者と視線を交わすのに必要な角度

表 23 片廊下の各評価項目の評価平均値

	壁無し	垂れ壁			腰壁			腰・垂れ壁		
	100%	83%	67%	50%	83%	67%	50%	67%	50%	33%
開放感	4.21	3.32	2.13	1.32	4.00	3.24	2.47	3.58	2.95	1.87
安心感	3.82	3.53	2.37	1.42	3.79	3.76	2.74	3.63	3.39	2.18
窓面積	4.50	3.45	2.26	1.37	3.84	3.18	2.32	3.84	3.03	1.66
見通し	4.45	3.82	2.42	1.29	3.89	3.11	2.21	4.00	3.13	1.89
許容度	3.39	3.21	2.05	1.29	3.18	3.16	2.26	3.24	2.97	1.87
満足度	4.03	3.71	2.45	1.42	3.87	3.58	2.58	3.74	3.58	2.11

黄色塗りつぶし…中間尺度を下回る値。評価平均値<3 (許容度のみ4段階尺度のため<2)

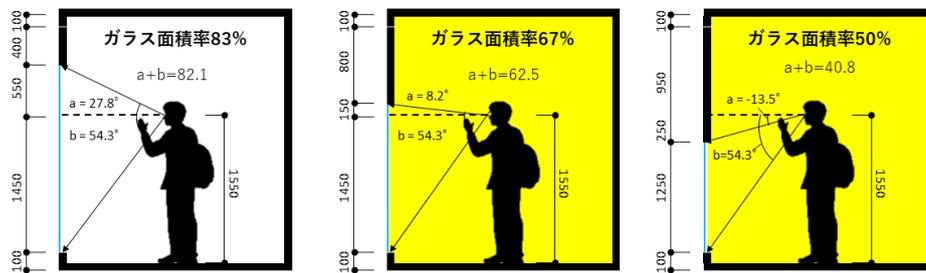


図 57 垂れ壁の各ガラス面積率で視線高さと窓ガラス上端・下端をそれぞれ結んだ時の上下の角度

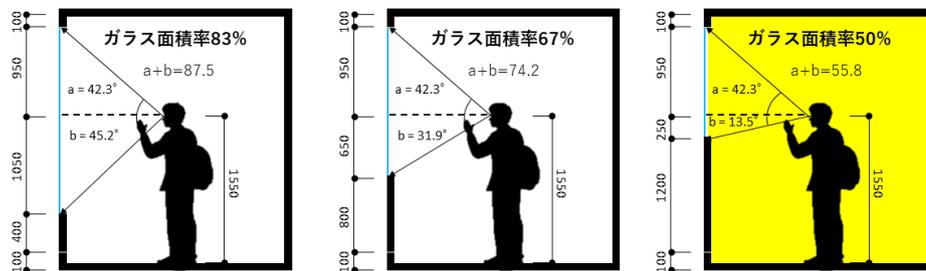


図 58 腰壁の各ガラス面積率で視線高さと窓ガラス上端・下端をそれぞれ結んだ時の上下の角

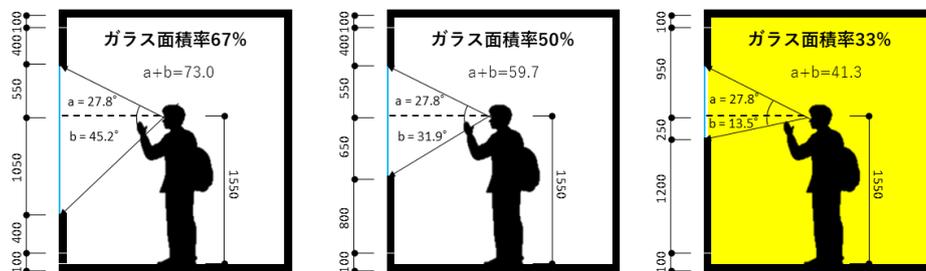


図 59 腰・垂れ壁の各ガラス面積率で視線高さと窓ガラス上端・下端をそれぞれ結んだ時の上下の角度

表 23 に片廊下から外通路を見た時の各評価項目の評価平均値を示す。表 23 内で各評価項目の評価平均値が否定側となった箇所を分かり易くする為に黄色で塗りつぶした。また、片廊下中央に在室者がいる場合を想定して、その地点からヒトの視線高さ 155.0 cm を基準とした場合、外の様子が把握できる視線角度について、各窓ガラス条件での窓ガラスの上端と下端でそれぞれ結んだ時の a 角と b 角の角度を、図 57 に垂れ壁、図 58 に腰壁、図 59 に腰・垂れ壁をそれぞれ示す。また表 23 の黄色塗りつぶしの箇所の窓ガラス条件は、図 57～59 でも同様に片廊下内を黄色で塗りつぶしてある。

図 56 で示したように、壁無し：100%では 4F 片廊下中央から 3F または 5F の外通路中央にいるヒトと視線を合わせるのに、A 角=30°、B 角=30° の角度が必要だと考えられる。これらの角度と各窓ガラス条件での a 角及び b 角の比較を行う。

片廊下の各評価項目の評価平均値について表 23 に示すように各評価項目の評価平均値が否定側に該当する窓ガラス条件の時の a 角と b 角を見る。まず図 57 垂れ壁の評価平均値が否定側解答になったガラス面積率 67%の a 角と b 角について、a 角=8.2°、b 角=54.3° と a 角が 30° を大きく下回る。同様にガラス面積率 50%では、a 角=-13.5°、b 角=54.3° と a 角が 30° を確保出来ていない。

同様に腰壁の時の a 角及び b 角を見ていく。a 角は各ガラス面積率一定で 42.3° と 30° を常に超える状態である為、5F 片廊下の様子が常に把握できる状態と考えられる。b 角はガラス面積率 83%で 45.2°、67%で 31.9° と 30° 以上または同等の角度となる。しかし、表 23 で評価平均値が否定側に該当した、ガラス面積率 50%では b 角が 13.5° と 30° を下回り著しく小さくなる。

腰・垂れ壁では、各ガラス面積率で a 角は常に一定で 27.8° である。b 角はガラス面積率 67%で 45.2°、ガラス面積率 50%で 31.9° と 30° を上回っている。しかし、表 23 で評価平均値が否定側に該当した、ガラス面積率 33%では、b 角が 13.5° と 30° を大きく下回っていた。

以上の分析より評価平均値が否定側の回答結果となる各窓ガラス条件では、a 角または b 角のどちらか一方の角度が 30° を下回ると、外の上下の様子を把握する事が困難になると予想される為、評価が低くなる傾向になると考えられる。また a 角および b 角がどちらとも 30° を下回る場合は著しく評価が下がる傾向にある。

表 24 壁無し：ガラス面積率 100%と各窓ガラス条件の評価平均値の差が-0.5 以内の窓ガラス条件

	壁無し	垂れ壁			腰壁			腰・垂れ壁		
	100%	83%	67%	50%	83%	67%	50%	67%	50%	33%
開放感	4.21	3.32	2.13	1.32	4.00	3.24	2.47	3.58	2.95	1.87
安心感	3.82	3.53	2.37	1.42	3.79	3.76	2.74	3.63	3.39	2.18
窓面積	4.50	3.45	2.26	1.37	3.84	3.18	2.32	3.84	3.03	1.66
見通し	4.45	3.82	2.42	1.29	3.89	3.11	2.21	4.00	3.13	1.89
許容度	3.39	3.21	2.05	1.29	3.18	3.16	2.26	3.24	2.97	1.87
満足度	4.03	3.71	2.45	1.42	3.87	3.58	2.58	3.74	3.58	2.11

水色塗りつぶし…壁無し：ガラス面積率100%と比較してその差が0.5以下の窓ガラス条件

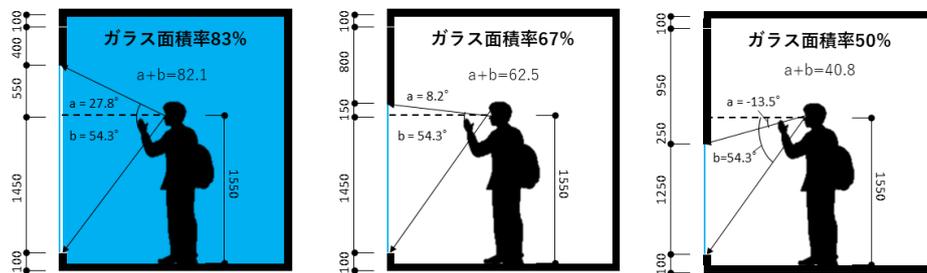


図 60 垂れ壁の各ガラス面積率で視線高ささと窓ガラス上端・下端をそれぞれ結んだ時の上下の角度

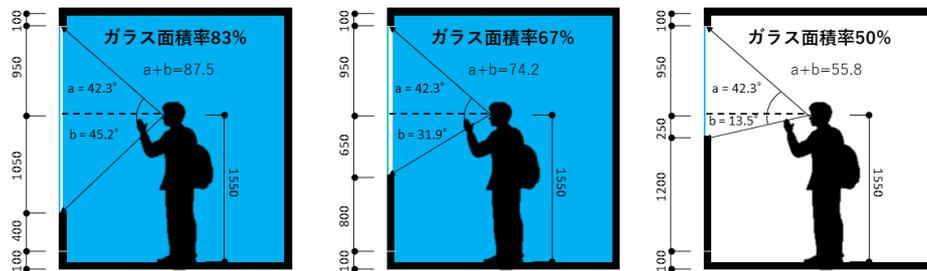


図 61 腰壁の各ガラス面積率で視線高ささと窓ガラス上端・下端をそれぞれ結んだ時の上下の角

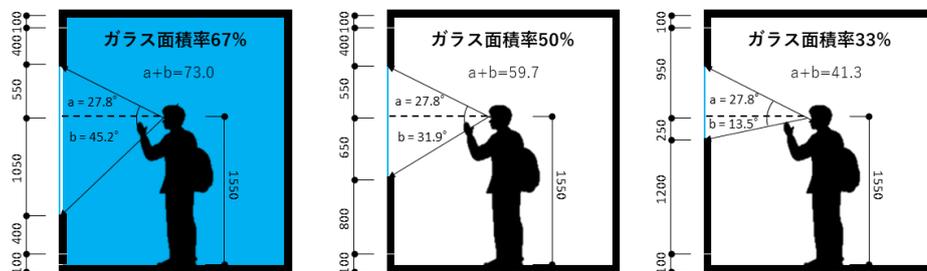


図 62 腰・垂れ壁の各ガラス面積率で視線高ささと窓ガラス上端・下端をそれぞれ結んだ時の上下の角度

ここまで評価平均値の否定側解答に着目してきたが、壁無し：100%と各窓ガラス条件の評価平均値の差が-0.5以内と比較的差が小さい窓ガラス条件について表24の青色塗りつぶしの箇所を示す。また同様に表24の青色で塗りつぶした箇所の窓ガラス条件は、図60~62内でも示す。

表24の青で塗りつぶしがよく見られた評価項目は「安心感」、「許容度」、「満足度」の3項目であった。それらが見られた窓ガラス条件は、垂れ壁：83%、腰壁：83%と67%、腰・垂れ壁：67%の時であった。これらの窓ガラス条件の時のa角とb角の合計角に着目する。

まず図56の4F片通路から5F外通路及び3F外通路の人との視線を結ぶにはa角=30°、b角=30°で合計60°であった。青色塗りつぶしの窓ガラス条件について、垂れ壁：83%では82.1°(a=27.8°、b=54.3°)、腰壁：83%で87.6°(a=42.3°、b=45.2°)、腰壁：67%で74.2°(a=42.8°、b=31.3°)、腰・垂れ壁：83%で73.0°(a=27.8°、b=45.2°)と、これらの窓ガラス条件のa角及びb角の合計角は全て60°以上であった。しかし、これらの窓ガラス条件の他に垂れ壁：67%でa角とb角の合計が62.5°と上回っているにも関わらず、壁無し：100%との評価平均値の差は小さくない窓ガラス条件がある。これはa角が30°を大きく下回っていることが原因と考えられる。

よって壁無し：100%と各窓ガラス条件の評価平均値の差が小さくなる条件として、a角とb角の合計角が60.0°以上で且つ、a角又はb角が著しく30°を下回らない場合だと予想される。

2.5.5 まとめ

各評価項目の傾向をまとめる。

「開放感」…他の壁種類と比較して垂れ壁は開放感が損なわれやすい。

「安心感」…腰壁：66%、垂れ壁：83%、腰・垂れ壁：50%までは壁無し：100%の評価平均値との差が小さい。しかし、このガラス面積率より減少すると、腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁の評価平均値が不安側になる傾向が見られた。

「窓面積」…壁種類に関係なくガラス面積率が減少すると大きさの感じ方も狭く感じる結果となった。但し垂れ壁は同じ面積率でもほかの壁種類よりも狭く感じる傾向にあった。

「見通し」…全体的な傾向として、同じガラス面積率で見通しの良い壁種類は、腰・垂れ壁、スリット、腰壁、垂れ壁の順に良い傾向にあった。また片廊下から外通路を見た時、スリット：50%と67%間で評価平均値の差がほとんど見られなかった。

「廊下の幅と高さ」…廊下の幅の感じ方で壁種類ごとに大きな差は見られなかったが、高さの感じ方については垂れ壁がほかの壁種類よりも低い側に感じる傾向にあった。

壁無し：100%と各窓ガラス条件での有意差

壁無し：100%と各窓ガラス条件の不満足率の有意差をカイ二乗検定より検定を行った。有意水準が1%とした時それを下回り有意差が見られた窓ガラス条件は、外通路は垂れ壁：67%と50%、腰壁：50%、腰垂れ壁：33%、スリット：50%と33%で有意差が見られた。片廊下は、垂れ壁：67%と50%、腰壁：50%、腰垂れ壁：33%、スリット：33%で有意差が見られた。

外通路から片廊下を見た時

外通路から片廊下内のヒトを見た時に見えなくなる範囲について、腰壁：83%と腰・垂れ壁：67%では床から疑似壁高さが $h = 400$ mmでヒトの膝の高さ付近まで見えなくなる。同様に腰壁：67%と腰・垂れ壁：50%は床から疑似壁高さが $h = 800$ mmでヒトの腰の高さ付近となり、腰壁：50%と腰・垂れ壁：33%では床から疑似壁高さが $h = 1200$ mmでヒト胸の高さ付近までとなり、ヒトの身体の一部が見えなくなる。各評価項目の評価平均値に関して、壁種類毎で比較した時、各ガラス面積率で「垂れ壁」が最も評価平均値が低い傾向にあるという共通点が見られた。この理由にヒトの顔高さ付近の情報がガラス面積率の減少に伴い制限される事が影響したと考えられる。

片廊下から外通路を見た時

4F片廊下の中央にいるヒトを被験者の男女平均身長165.8 cmと想定した場合、視線高さ155 cmを基準高さとして、そこから5Fの外通路歩行者と視線を交わすのに必要な角度を a 角 $= 30^\circ$ 、3Fの外通路歩行者と視線を交わすのに必要な角度を b 角 $= 30^\circ$ とした時、その角度の合計は 60° となる。この a 角及び b 角に着目した時、垂れ壁：67%では a 角 $= 8.2$ と 30° を著しく下回る。50%では a 角と b 角共に 30° を下回る。腰壁：50%と腰・垂れ壁33%も b 角が 30° を下回っている。また、壁無し:100%と評価平均値の差が比較的小さい、垂れ壁：83%、腰壁：83%と67%、腰・垂れ壁67%の窓ガラス条件では a 角と b 角の合計角が 60° を上回り且つ、 a 角と b 角の角度が 30° を著しく下回っていない。これらの結果より、 a 角と b 角のどちらか、又は双方が 30° を下回りその合計角が 60° を下回る場合、各評価項目の評価平均値が低くなると予想される。

今後の課題

本実験では聴覚障害者に配慮された建物に対して、主な使用者である聴覚障害者の心理量変化に着目して視環境評価実験を行った。しかし、校舎棟は大学の事務の方や先生方など健聴者も日常的に使用する。この健聴者と聴覚障害者の心理量の変化の違いについては明らかにされておらず今後の課題と言える。

2.6 VR 実験結果と REAL 評価実験結果の比較及び考察

2.6.1 VR 実験結果と REAL 評価実験の比較

【開放感】

開放感はいかがでしたか？

(1.閉鎖的 2.やや閉鎖的 3.ふつう 4.やや開放的 5.開放的)

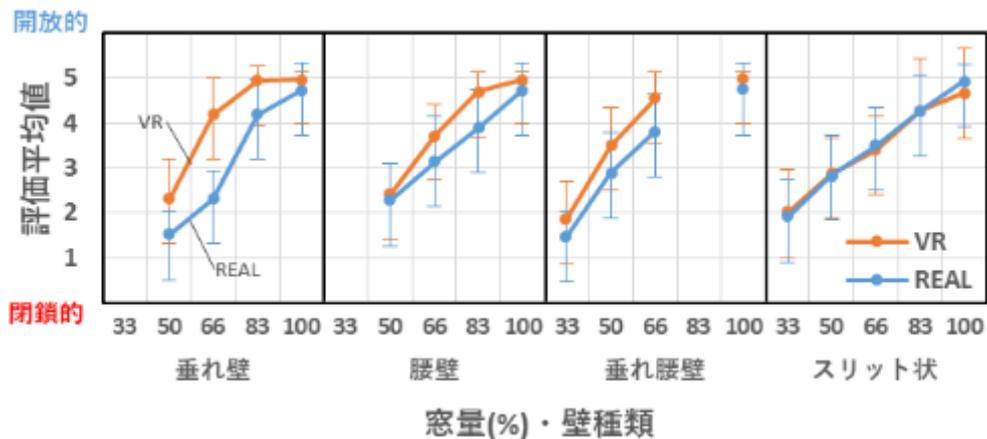


図 63 外通路「開放感」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

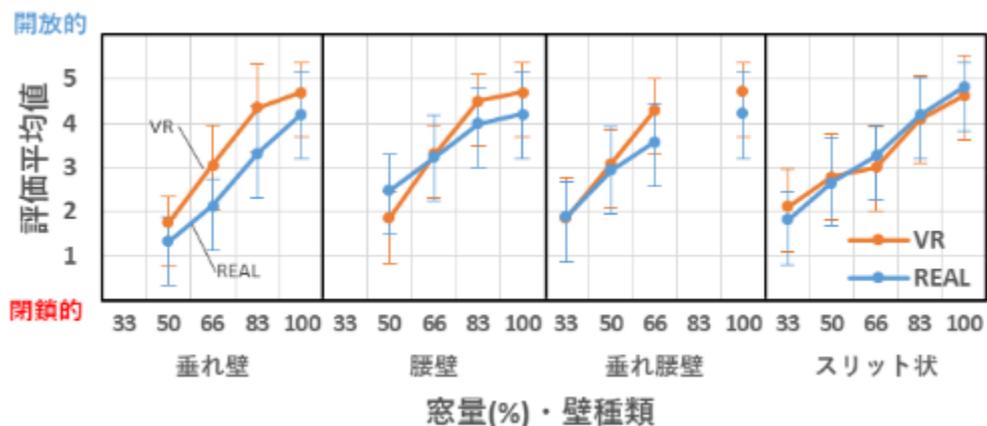


図 64 片廊下「開放感」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

REAL 実験及び VR 実験の「開放感」の評価項目に関する評価平均値の比較について、図 63 に外通路から片廊下を見た時、図 64 に片廊下から外通路を見た時、をそれぞれ示す。

全体的な傾向として、VR 実験結果よりも REAL の方が開放的な評価結果となっている。また図 63 と図 64 で共通して 2 回目 VR 実験で行ったスリット状に配置した窓ガラス条件の時は、VR 実験と REAL 実験の各評価平均値の差が小さい。しかし、それ以外の壁種類では各ガラス面積率で VR 実験と REAL 実験の各評価平均値で差が見られる。

【安心感】

安心感はいかがでしたか？

(1.不安 2.やや不安 3.ふつう 4.やや安心 5.安心)

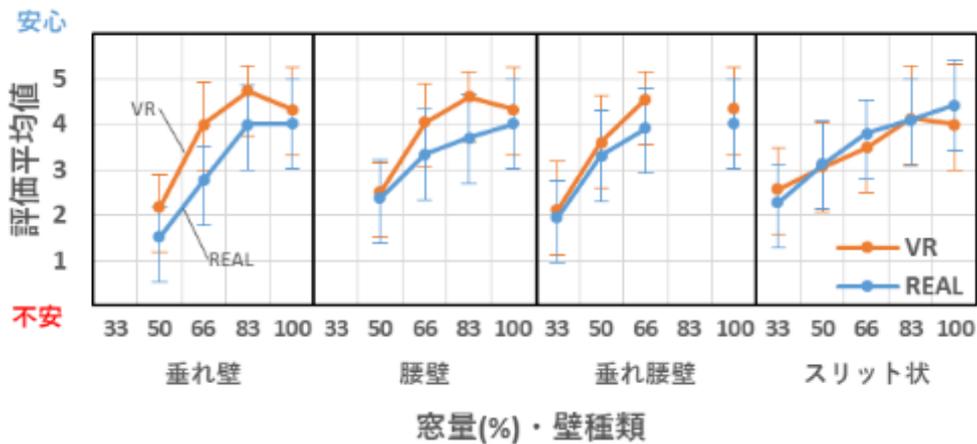


図 65 外通路「安心感」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

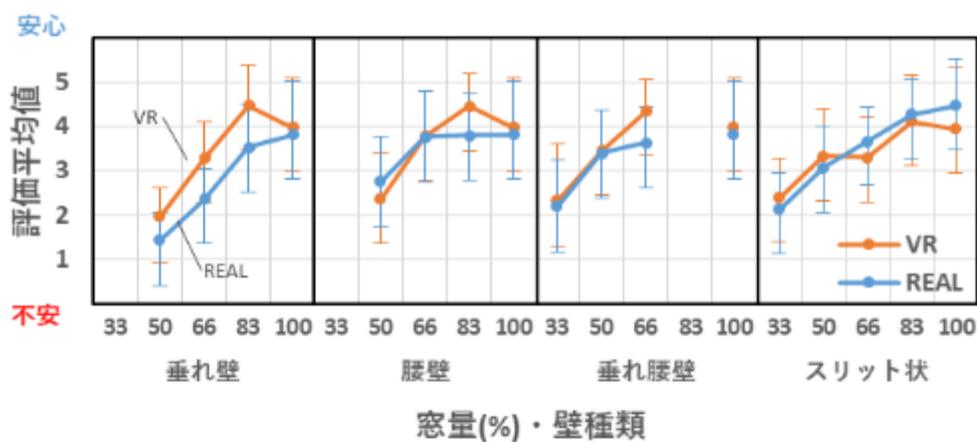


図 66 片廊下「安心感」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

REAL 実験及び VR 実験の「安心感」の評価項目に関する評価平均値の比較について、図 65 に外通路から片廊下を見た時、図 66 に片廊下から外通路を見た時、をそれぞれ示す。

図 65 と図 66 共に腰・垂れ壁：66%の時に、REAL と VR とで差が大きい。腰・垂れ壁：66%は垂れ壁：83%と、腰壁：83%の疑似壁を組み合わせた窓ガラス条件だ。垂れ壁：83%と腰壁：83%を見ると、VR と REAL とで差が大きいだけでなく、壁無し：100%よりも評価が良い結果となった。また垂れ壁は各ガラス面積率で常に VR の方が安心感よりの回答結果となった。スリットに関しては、ガラス面積率 67%の時に、VR より REAL の方がとやや安心という結果となった。

【窓面積の大きさの感じ方】

窓ガラスの面積はいかがでしたか？

(1.狭い 2.やや狭い 3.ふつう 4.やや広い 5.広い)

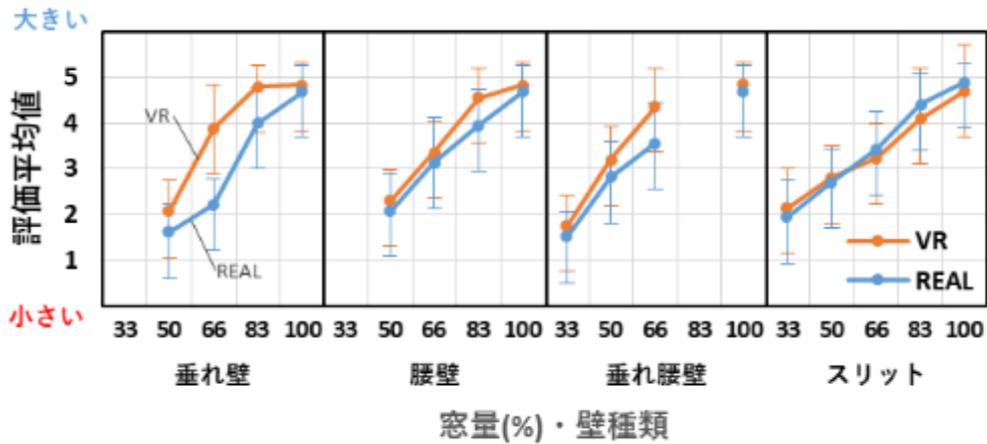


図 67 外通路「窓面積」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

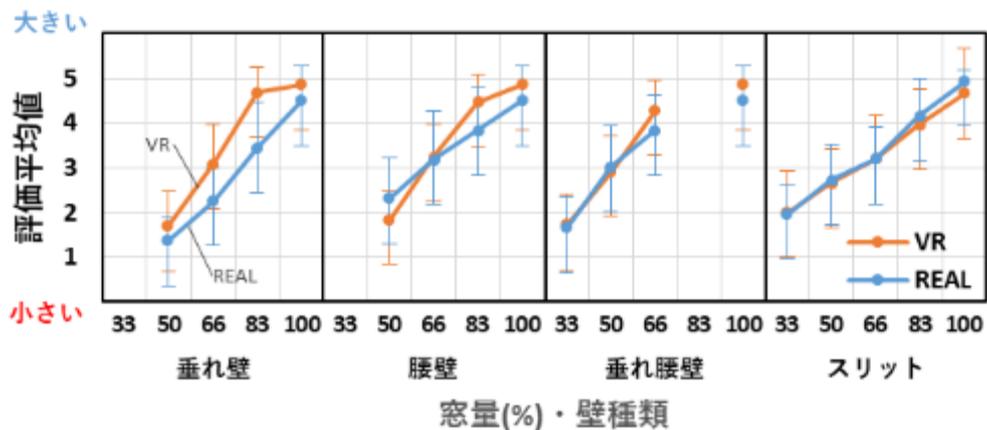


図 68 片廊下「窓面積」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

REAL 実験及び VR 実験の「窓面積の大きさの感じ方」の評価項目に関する評価平均値の比較について、図 67 に外通路から片廊下を見た時、図 68 に片廊下から外通路を見た時、をそれぞれ示す。

図 67 と図 68 で共に REAL と VR とで差が最も小さい壁種類はスリットであった。腰壁及び腰垂れ壁、スリットの壁種類のガラス面積率では REAL と VR の評価平均値の値とで一致する箇所も見受けられたが、垂れ壁では常に REAL より VR の方が窓面積を大きく感じる結果となった。

【見通し】

見通しはいかがでしたか？

(1.悪い 2.やや悪い 3.ふつう 4.やや良い 5.良い)

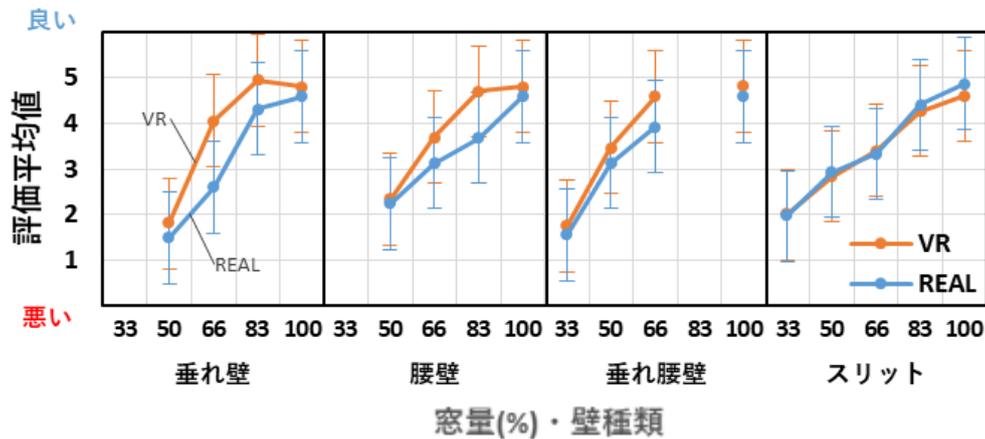


図 69 外通路「見通し」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

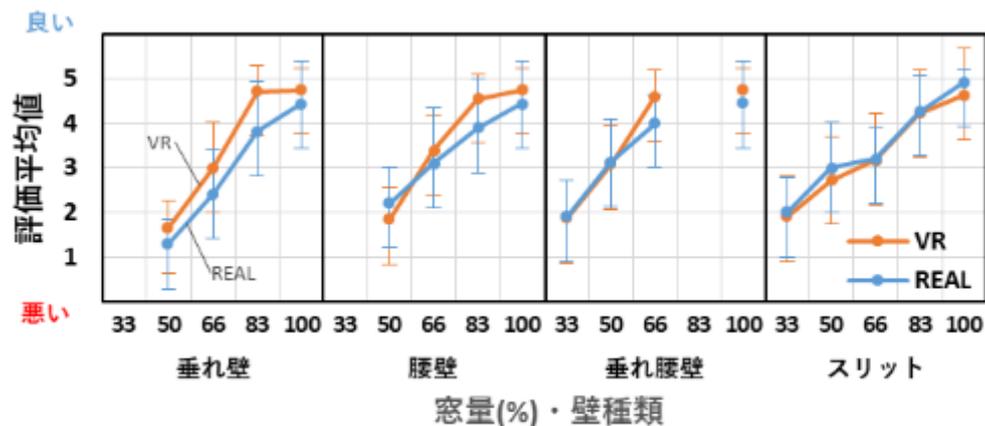


図 70 片廊下「見通し」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

REAL 実験及び VR 実験の「見通し」の評価項目に関する評価平均値の比較について、図 69 に外通路から片廊下を見た時、図 70 に片廊下から外通路を見た時、をそれぞれ示す。

図 69 では垂れ壁及び腰壁：83%と 67%、腰・垂れ壁：66%で REAL と VR と差が見られ VR の方が見通しがよいという結果となった。その他の窓ガラス条件では比較的差は小さい。図 70 の片廊下では、垂れ壁及び腰壁：83%、垂れ壁及び腰垂れ壁：67%で比較的大きな差が見受けられた。垂れ壁及び腰壁とスリットの各ガラス面積率 50%でもやや差が見られた。垂れ壁は全体的な傾向として VR 方が良い側になる傾向に当てはまるが、腰壁とスリットでは、やや、REAL の方が良いという傾向であった。

【許容度】

その窓ガラスの面積は許容できますか？

(1.許容できない 2.やや許容できない 3.やや許容できる 4.許容できる)

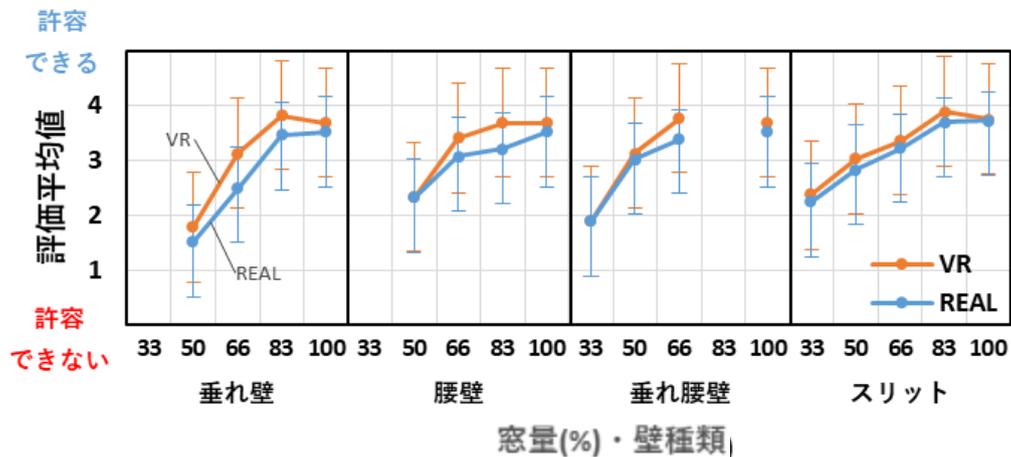


図 71 外通路「許容度」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

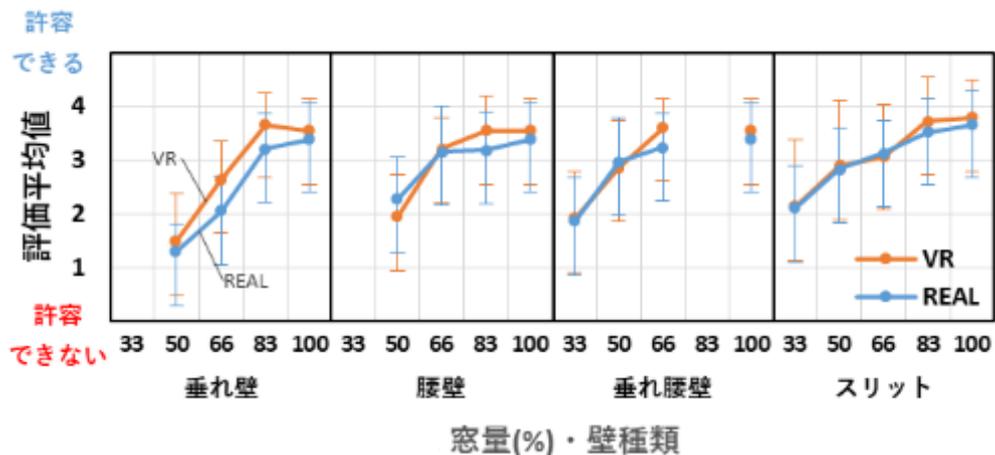


図 72 片廊下「許容度」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

REAL 実験及び VR 実験の「許容度」の評価項目に関する評価平均値の比較について、図 71 に外通路から片廊下を見た時、図 72 に片廊下から外通路を見た時、をそれぞれ示す。

図 71 では腰壁：50%と腰・垂れ壁：33%以外の窓ガラス条件では、REAL より VR の方の評価平均値が高い。スリットでも同様の傾向であるが、他の壁種類のガラス面積率とで比較した時 REAL と VR との差は小さい。図 72 でも同様な結果であった。

【満足度】

あなたにとってその窓ガラスは総合的にどうでしたか？

(1.不満 2.やや不満 3.どちらでもない 4.やや満足 5.満足)

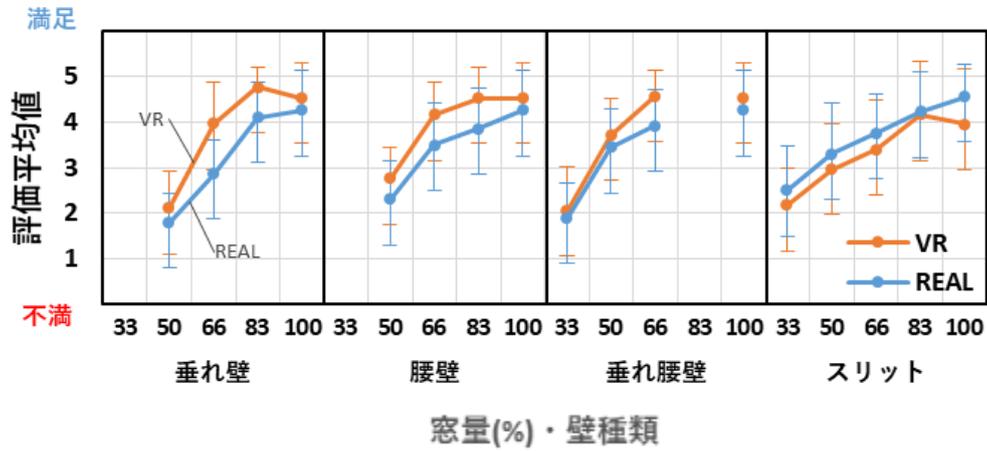


図 73 外通路「満足度」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

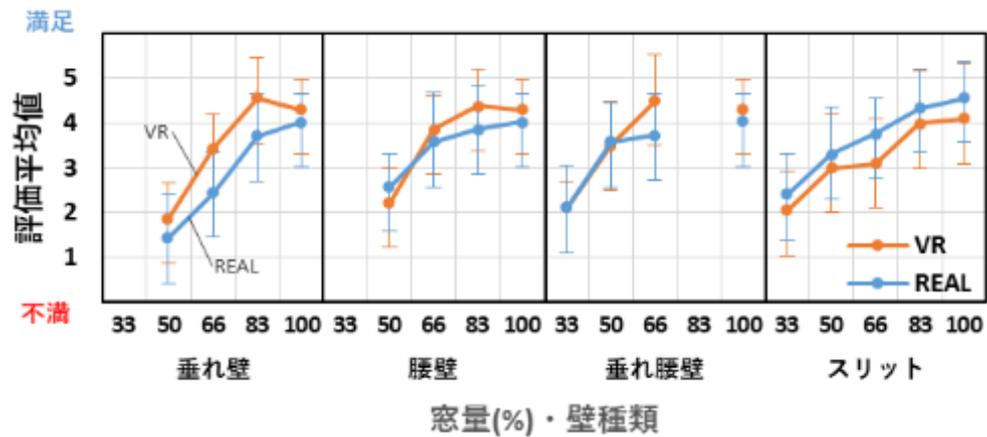


図 74 片廊下「満足度」の VR と REAL 実験の評価平均値の比較

REAL 実験及び VR 実験の「満足度」の評価項目に関する評価平均値の比較について、図 73 に外通路から片廊下を見た時、図 74 に片廊下から外通路を見た時、をそれぞれ示す。

垂れ壁、腰壁、腰・垂れ壁は今までと同じような傾向が見られたが、スリットでは REAL より VR の方評価が低い結果となった。

2.6.2 考察及びまとめ

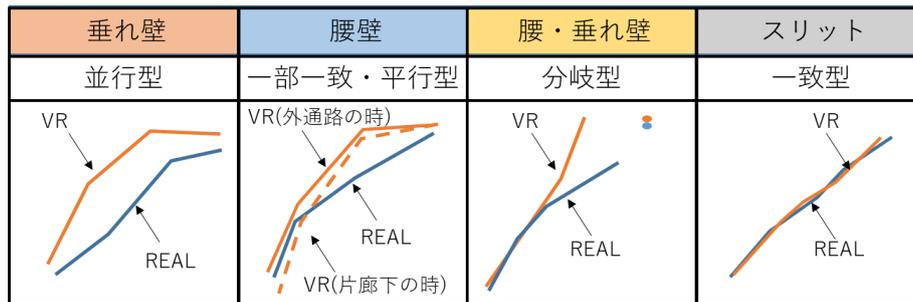


図 75 各壁種類での VR 実験結果と REAL 実験結果の差の簡略図

図 75 に図 63～74 の外通路及び片廊下での VR 実験結果と REAL 実験結果との差の傾向を簡略化したものを示す。各壁種類での全体的な傾向を述べる。

まず垂れ壁の特徴について、図 63～74 の外通路及び片廊下の結果ですべての図で平均値は重なることはなく、REAL 実験結果より VR 実験結果の方の評価平均値が高いまま平行線をたどるような傾向となっている。またガラス面積率 67%と 83%の時には、VR 実験結果と REAL 実験結果との差が大きくなることもある。

腰壁は全体的にガラス面積率 67%と 83%で VR 実験結果と REAL 実験結果との差が大きく、ガラス面積率 50%と 100%で評価平均値が一致して一部一致・平行型になる傾向にある。また他の壁種類では外通路及び片廊下では同じような傾向であったが、腰壁の VR では外通路と片廊下とで傾向が異なる。VR 外通路では常に REAL の結果よりも評価平均値が高い結果であった。しかし、VR 片廊下ではガラス面積率 67%の時に、REAL 実験結果と VR 実験結果が一致若しくはその差が小さくなり、ガラス面積率 50%の時に REAL 実験結果を下回る数値となる。

腰・垂れ壁では、ガラス面積率 33%と 50%までは、REAL 実験結果と VR 実験結果が一致若しくはその差が小さく、ガラス面積率 67%の時に分岐するかのようになり、REAL 実験結果より VR 実験結果の方の評価平均値が高い傾向にある。

スリットではほかの壁種類と比較して、各ガラス面積率で VR 実験結果と REAL 実験結果が一致若しくはその差が小さい傾向にあった。腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁よりも評価平均値が一致した理由として、VR 実験時の歩行距離が 1 つの可能性として考えられる。スリットの壁種類の VR 実験を行う際、REAL 実験の予備実験で被験者より、「水平方向に窓と疑似壁が並ぶ為歩行距離が短ければ視環境評価が難しいという」知見を得ていたことから、スリットの VR 実験を行う際、腰壁、垂れ壁、腰垂れ壁の VR 実験を行った校舎棟 4F426 室では、最大で歩行距離を 3m しか確保できない事から、より歩行距離を確保できる実験室でスリットの評価実験を行った。この歩行距離の実験条件の違いによってこのような結果になった事も考えられる。

VR 実験では壁の色や窓の大きさなど様々な条件変更が容易であり、現実空間では本来困難な実験条件を VR 実験では可能となる。その点でこのような窓ガラス条件などの検討を行う際に有効な実験方法であると考えられるが、VR で得た実験結果と現実空間で得た実験結果に差が大きく見られるようでは有効的手段と言えない。その結果に差が見られた原因に、VR 空間内での評価歩行距離が可能性として考えられる。またそれだけでなく、VR ヘッドセットの視野角が 110°^[3] であり現実空間でみる視野角と異なることで見え方に影響が出る可能性も考えられる。但し VR 実験は条件変更が容易な他に、天候や明るさなどの条件統一が可能な点や、実験時間の短縮によ

り多くのサンプルデータ数の収集が可能な点で優れている。今後 VR 実験で更なる検討を行う際には、REAL 実験と VR 実験の結果に差が見られた原因に考えられる評価歩行距離の長さに留意して VR 実験を行う必要がある。この評価歩行距離や視野角の違いによる実験結果への影響は現段階で把握できておらず今後の課題と言える。

第 3 章

片廊下の窓ガラス面積の 大きさによる熱的影響

第3章 片廊下の窓ガラス面積の大きさによる熱的影響

3.1 数値計算概要

感度分析とは建築で言えば、構造物の計算モデルを構成する要因に着目し、その要因に変更を加えたとき、その構造物のアウトプットがどれだけ変化するかを調べる手法である。本数値計算では共用空間である片廊下の窓ガラス面積や仕様、建物方位を変更した場合、片廊下の温熱環境や研究室の暖冷房負荷に及ぼす影響を定量的に把握することを目的とする。以下にパラメータの詳細を示す。

パラメータ①ガラス面積率

ガラス面積率 100%、83%、67%、50%、33%を実施。本計算では外通路やガラス屋根などによる片廊下内へ差し込む影の影響を考慮していない為壁種類については考慮しない。

パラメータ②建物方位

片廊下の向きについて西向き、東向き、南向き、北向きの時の各ガラス面積率での計算を行う

パラメータ③窓仕様

単板ガラス 熱貫流率 $6\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, 日射透過率 85.6%, 日射反射率 7.7%

ペアガラス 熱貫流率 $3.49\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, 日射透過率 73.7%, 日射反射率 13.4%

遮熱シート 熱貫流率 $4.5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, 日射透過率 54%, 日射反射率 25%

使用ソフト…NETS (Network Model Simulation Program) [8]

建築伝熱・換気予測計算プログラムである。建物の用途や形状に関わりなく建築モデル作成の自由度が高く、実際に起こる様々な変化を想定でき現実に近い予測が可能である。居室の温冷感、空調負荷算出、空気質の検討、結露の検討が可能。NETS では熱回路網や換気回路網として計算モデルの作成が可能で、対象とする系を連立方程式的なシステムで扱われる。通常、建築の伝熱や換気の現象を構成要素に分解し、壁一枚の伝熱や、開口一つの空気通過を計算するだけであれば、必ずしも連立方程式で考える必要はない。しかし個々の要素は単純でも、連成した全体の挙動になれば難しくなる。この問題に適した理論がシステム理論であり、システム理論の基本方程式はベクトル・マトリックス表示の状態方程式である^[9]。この基本方程式を構成するのが熱・換気回路網モデルである。また建築学会でも金政秀らによる「ガラス建築群の将来予測モデルによるファサード熱性能に関する研究」^[10]や、伊藤浩士らによる「東京都のガラス建築におけるファサード熱設計手法の設計意図と熱性能」^[11]、大西由哲らによる「交詢ビルディング・ダブルスキンの結露対策法とその検討」^[12]など、NETS を使用した研究実績が多く報告されている。

NETS 計算プログラム [13] [14]

図 76 に NETS 計算プログラムを示す。NETS は数値的な入力データを受け取り、数値的な出力データとして計算結果を出すソルバーである。Netsgen はユーザーがお絵かき感覚でモデルデータの作成が可能であり、そのモデルの計算の実行後に Netsout では計算結果を図形的に表示できるプログラムである。

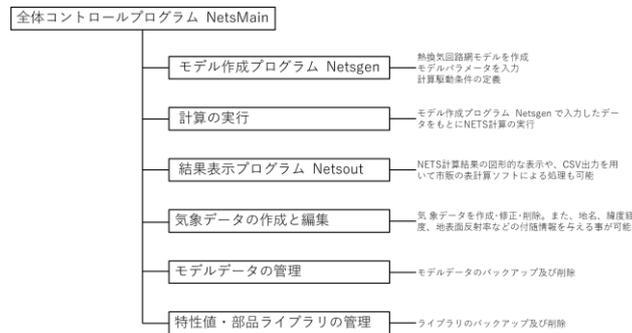


図 76 NETS 計算プログラム

3.2 数値計算モデル及び条件

プロジェクト情報及び計算モデルの入力寸法

表 25 に NETS 計算モデルのプロジェクト情報を示す。研究室内の空調機について冷房期間を 6 月 20 日～9 月 30 日とし、暖房期間は 11 月 10 日～3 月 10 日とした。この期間は筑波技術大学で実際に行われている期間である。空調機の稼働時間帯は 9:00～18:00 とした。また休日は研究室の空調を OFF と設定する。気象データは 2000 年版標準年 EA 気象データ・つくば市(長嶺)を使用する。

次に図 77 と図 78 にそれぞれ計算モデルの平面図及び断面図を示す。これらの寸法は大学施設図面を基に入力を行った。また計算モデルは、筑波技術大学の中でも特に暑熱な環境な 5～6 階の片廊下と研究室を対象に数値解析を行った。

表 25 プロジェクト情報

プロジェクト情報	
冷房期間	6月20日～9月30日(※1)
暖房期間	11月10日～3月10日(※2)
休日定義	土曜日、日曜日(※3)
気象データ	茨城県つくば市長峰(緯度36.42、経度140.00)

(※1～2)筑波技術大学で実施されている冷房期間と暖房期間

(※3)休日は空調機器を使用しない

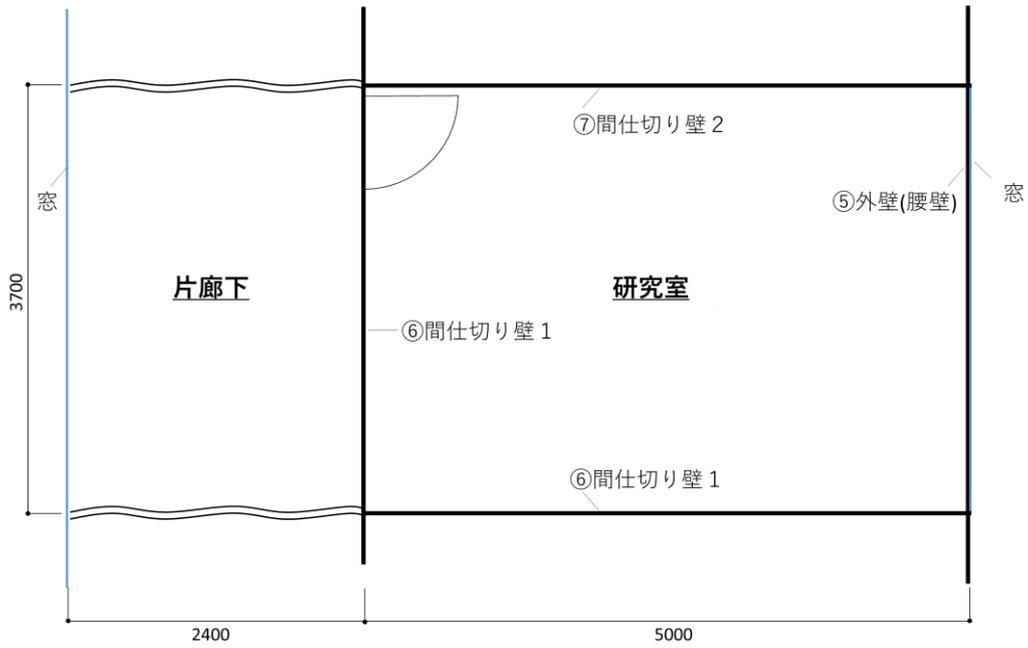


図 77 計算モデルの研究室及び片廊下の平面図

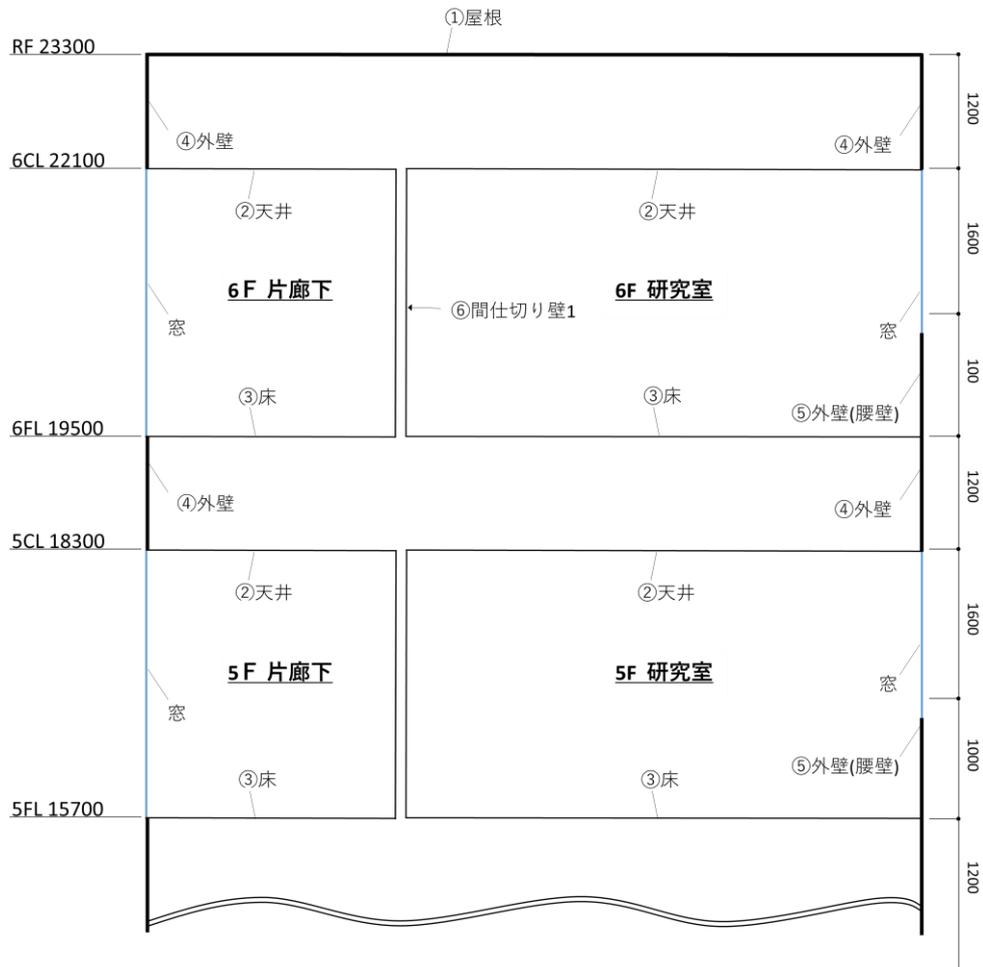


図 78 計算モデル校舎棟 5～6F の断面図

壁体構成

図 77～78 で示した窓の構成と窓透過後の日射分配率を表 26 と 27 に示す。①屋根～⑦間仕切り壁 2 の壁構成の詳細については図 79～85 に示す。

窓ガラス…透明フロートガラス 3 mm(日射透過率 85.6%、日射反射率 7.7%)

表 26 廊下窓ガラス透過後の日射分配率

	透過後受熱面	日射分配率(0.0～1.0)
廊下 (5～6F)	③床	0.65
	⑥間仕切り 1 (廊下と研究室)	0.15
	②天井	0.05
	ドア	0.15

表 27 研究室窓ガラス透過後の日射分配率

	透過後受熱面	日射分配率(0.0～1.0)
研究室 (5～6F)	③床	0.60
	⑥間仕切り 1	0.15
	⑦間仕切り 2	0.15
	⑥間仕切り 1 (廊下と研究室)	0.05
	②天井	0.05

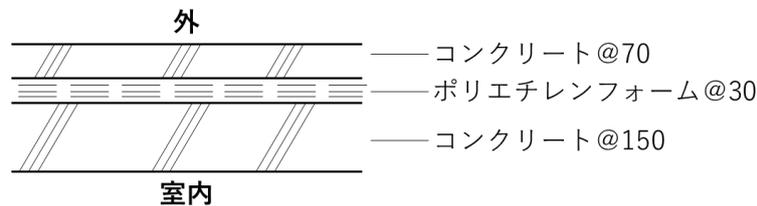


図 79 ①屋根の材料構成

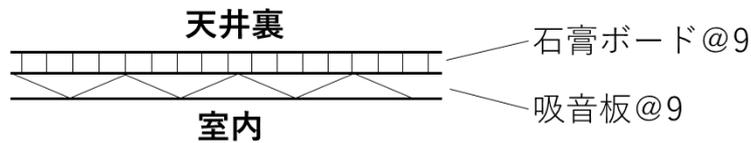


図 80 ②天井の材料構成

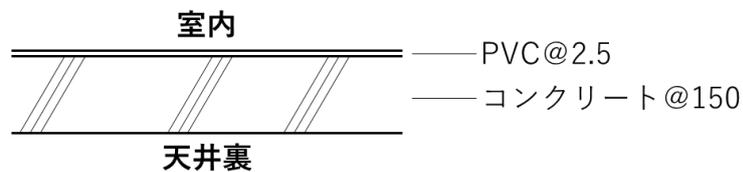


図 81 ③床の材料構成

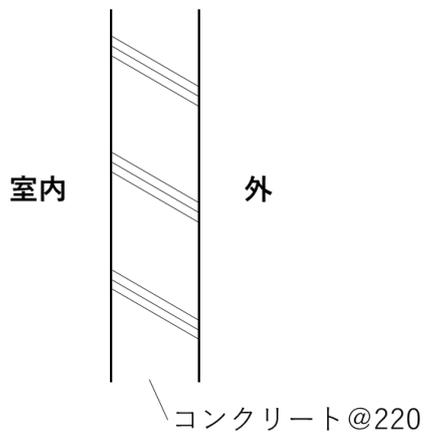


図 82 ④外壁の材料構成

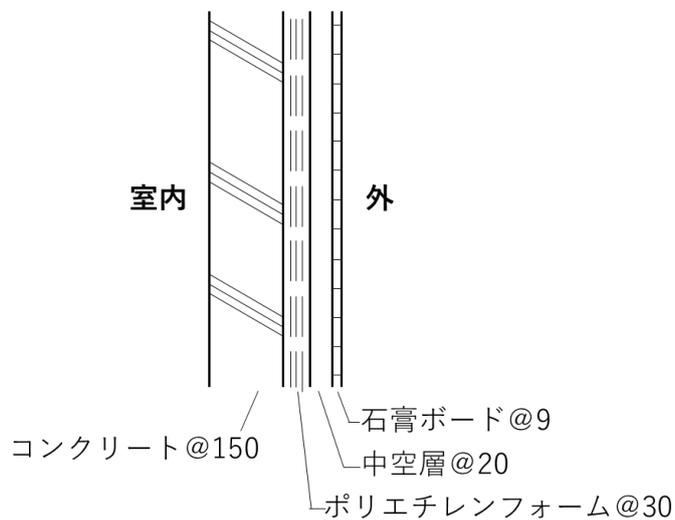


図 83 ⑤外壁(腰壁)の材料構成

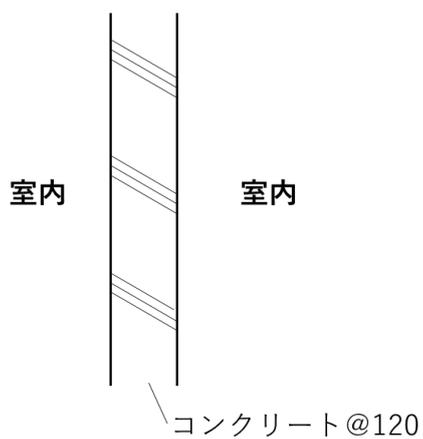


図 84 ⑥間仕切り壁1の材料構成

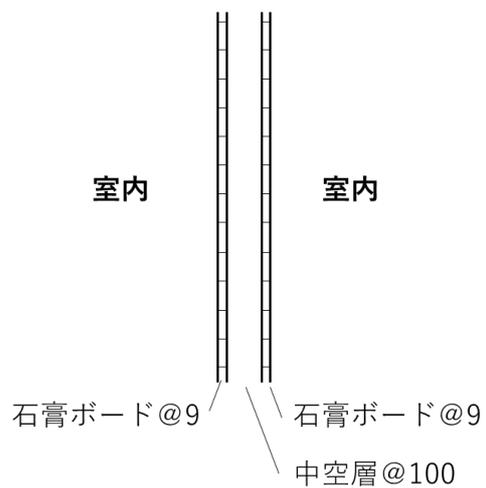


図 85 ⑦間仕切り壁2の材料構成

日パターンの実施スケジュール

表 28 に内部発熱条件の詳細スケジュール、表 29 に空調の詳細スケジュールをそれぞれ示す。

まず研究室の内部発熱条件について、照明器具(144W)、PC(100W)、人(75W)の発熱を想定した。片廊下は人為与条件について照明器具のみである。照明の点灯時間について暖房期の方が1時間早いのは、季節により日照時間が異なるためである。次に空調スケジュールについて、空調機器は研究室のみとした。空調の稼働期間や設定値は施設で実際に使用されている条件を入力した。設定湿度は暖冷房期共に40%、設定温度は冷房期28°C、暖房期21°Cとした。また空調の仕事率は実際に使用している機器の900Wとした。

表 28 内部発熱条件の詳細スケジュール

室名	発熱源	時期	時間																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
研究室	照明器具	冷房期																								
	照明器具	暖房期																								
	PC	通年																								
	人(1名)	冷房期																								
	人(1名)	暖房期																								
廊下	照明器具(冷房期)	冷房期																								
	照明器具(暖房期)	暖房期																								

表 29 空調の詳細スケジュール

室名	時期	設定	時間																								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
研究室	冷房期	温度																									
		湿度																									
	暖房期	温度																									
		湿度																									

換気条件

表 30 換気条件

自然換気条件
廊下 ⇄ 外気 : 1.0回/h
研究室 ⇄ 外気 : 0.5回/h
廊下 ⇄ 研究室 : 0.2回/h

表 30 に片廊下及び研究室の自然換気条件を示す。また片廊下と外気、研究室と外気との自然換気他に、研究室のドアによる片廊下間との自然換気も想定した。

数値計算モデル

図 86~88 に NETS で作成した計算モデルを示す。

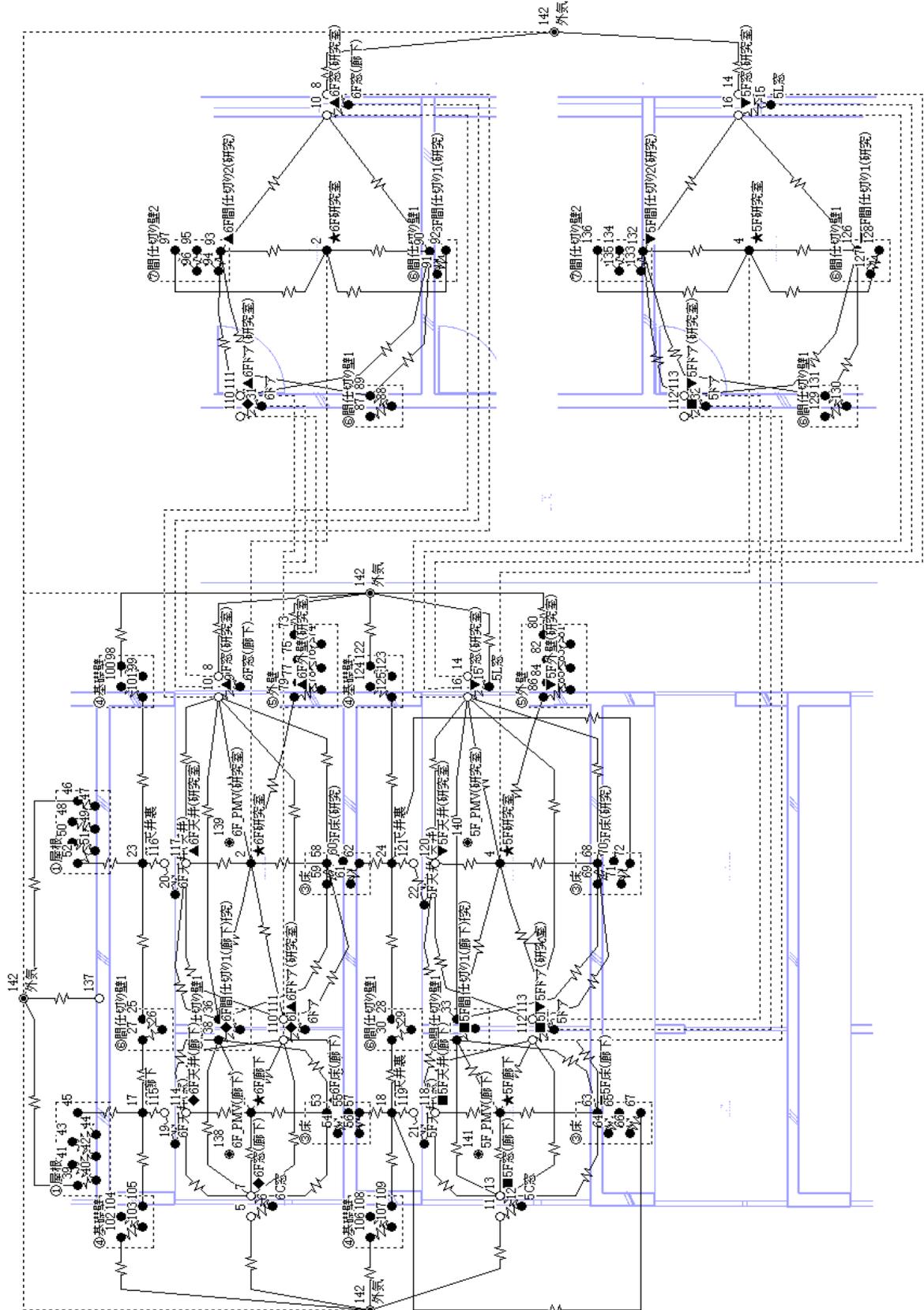


図 86 数値計算モデル①(熱回路網モデル)

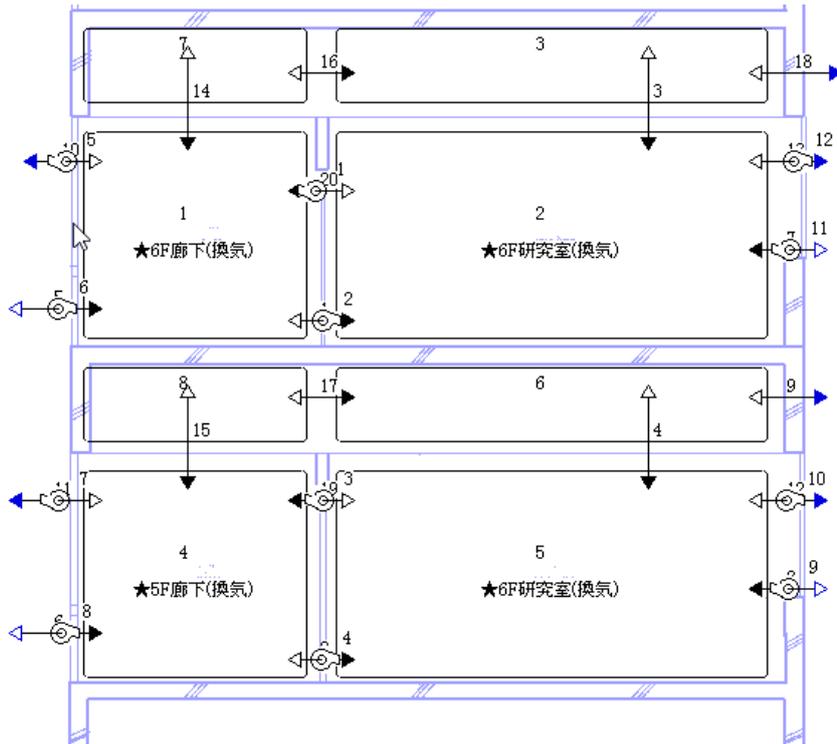


図 87 数値計算モデル②(換気回路網モデル)

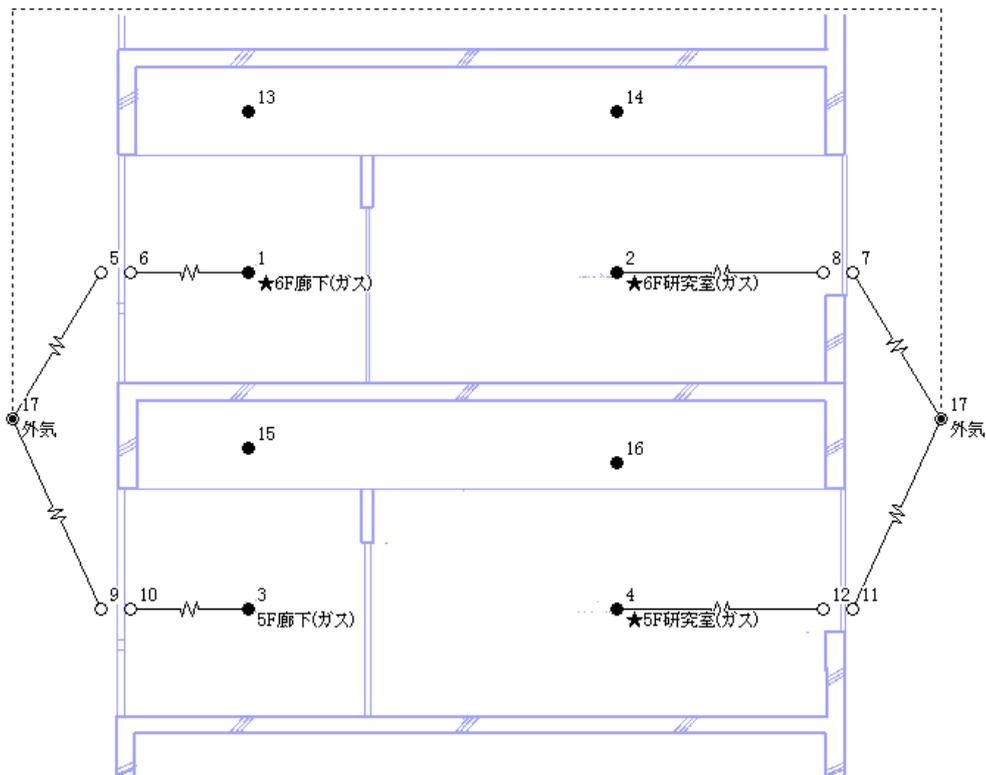


図 88 数値解析モデル③(ガス回路網モデル)

3.3 パラメータ①窓ガラス面積率の数値計算結果

3.3.1 冷房期の片廊下及び研究室の日平均温度

5～6階片廊下(冷房期：7月15日～8月15日)

冷房期（6月20日～9月30日）のうち、特に暑い日が続く7月15日～8月15日の1か月間の期間に関して、大学施設がよく使用される9:00～18:00の時間帯の室内温度データを抽出し、各窓ガラス面積率での日平均を求めた。その結果を表31に5階片廊下の各ガラス面積率での日平均気温、表32に6階片廊下の各ガラス面積率での日平均気温を示す。また図89に各日の積算水平面全天日射量、図90～91に表31と表32を図示したものをそれぞれ示す。図90～91の「片廊下_(数字)%」の「(数字)%」は片廊下の窓のガラス面積率(100%,83%,67%,50%,33%)を示す。

図90及び図91の全体的な特徴に、ガラス面積率が小さくなる事で片廊下内に侵入する日射量が制限される為、片廊下内の温度上昇が小さくなる点が見られた。日射量と照らし合わせて、各ガラス面積率の気温データを比較すると、積算水平面全天日射量が15000KJ/日を超えると各ガラス面積率の日平均気温に温度差が見られ始めた。比較的日照時間が長い天候が晴れの時は、各ガラス面積率間の温度差が大きくなり、その差はガラス面積率100%とその他のガラス面積率とで最大で、ガラス面積率83%が0.8℃、ガラス面積率67%で1.7℃、ガラス面積率50%で2.7℃、ガラス面積率33%で3.5℃であった。積算水平面全天日射量が15000KJ/日を下回った時、各ガラス面積率の日平均気温に差が見られなくなるのは天候が曇りの為だと予想される。

表 31 冷房期 5F 片廊下の 9～18 時の日平均気温

	各日9:00～18:00の時間の室内温度の日平均					
	外気温	5F片廊下_100%	5F片廊下_83%	5F片廊下_67%	5F片廊下_50%	5F片廊下_33%
7/16	30.4	36.1	35.4	34.6	33.7	32.9
7/17	31.5	37.9	37.3	36.4	35.5	34.8
7/18	33.6	37.6	37.0	36.2	35.3	34.6
7/19	31.5	36.4	35.8	35.1	34.4	33.8
7/20	25.5	33.0	32.7	32.2	31.7	31.4
7/21	24.3	30.3	30.0	29.7	29.4	29.2
7/22	25.1	31.4	31.0	30.5	29.9	29.6
7/23	21.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.7
7/24	26.2	29.4	29.0	28.5	28.0	27.6
7/25	29.5	33.4	32.7	31.8	30.9	30.0
7/26	30.8	35.8	35.0	34.0	33.0	32.1
7/27	31.3	37.1	36.3	35.4	34.3	33.5
7/28	31.9	36.0	35.4	34.7	33.8	33.2
7/29	31.2	35.5	35.0	34.5	34.0	33.6
7/30	29.6	34.1	33.8	33.5	33.1	32.9
7/31	31.9	35.7	35.2	34.5	33.8	33.2
8/1	30.3	36.2	35.5	34.7	33.9	33.1
8/2	31.4	36.6	35.8	35.0	34.1	33.4
8/3	31.0	35.9	35.3	34.6	33.8	33.2
8/4	30.9	35.6	35.0	34.2	33.5	32.9
8/5	27.1	33.4	33.2	32.8	32.5	32.4
8/6	27.3	32.3	32.1	31.7	31.3	31.1
8/7	30.6	34.3	33.7	33.0	32.3	31.7
8/8	27.6	31.6	31.3	30.9	30.5	30.2
8/9	31.6	35.9	35.1	34.2	33.2	32.3
8/10	31.1	37.6	36.8	35.9	34.9	34.1
8/11	29.1	36.8	36.2	35.4	34.6	33.9
8/12	27.5	33.6	33.3	32.9	32.4	32.2
8/13	30.6	35.2	34.7	34.1	33.4	32.9
8/14	21.7	28.4	28.5	28.5	28.6	28.8
8/15	22.2	28.0	27.9	27.7	27.5	27.5

表 32 冷房期 6F 片廊下の 9～18 時の日平均気温

	各日9:00～18:00の時間の室内温度の日平均					
	外気温	6F片廊下_100%	6F片廊下_83%	6F片廊下_67%	6F片廊下_50%	6F片廊下_33%
7/16	30.4	36.3	35.6	34.7	33.7	34.1
7/17	31.5	38.3	37.7	36.7	35.7	36.1
7/18	33.6	38.0	37.3	36.4	35.4	35.7
7/19	31.5	36.6	36.0	35.2	34.4	34.7
7/20	25.5	33.2	32.9	32.3	31.7	32.3
7/21	24.3	30.5	30.3	29.8	29.4	30.0
7/22	25.1	31.7	31.3	30.7	30.1	30.6
7/23	21.5	26.8	26.9	26.7	26.7	27.2
7/24	26.2	29.5	29.2	28.6	28.1	28.4
7/25	29.5	33.6	32.9	32.0	31.0	31.2
7/26	30.8	36.1	35.3	34.2	33.1	33.3
7/27	31.3	37.4	36.6	35.5	34.4	34.6
7/28	31.9	36.3	35.7	34.8	33.9	34.1
7/29	31.2	35.6	35.2	34.6	33.9	34.2
7/30	29.6	34.3	34.1	33.6	33.1	33.5
7/31	31.9	35.8	35.3	34.6	33.9	34.1
8/1	30.3	36.4	35.7	34.8	33.8	34.2
8/2	31.4	36.8	36.1	35.1	34.1	34.4
8/3	31.0	36.1	35.5	34.6	33.8	34.1
8/4	30.9	35.7	35.1	34.3	33.5	33.7
8/5	27.1	33.6	33.4	32.9	32.5	32.9
8/6	27.3	32.5	32.3	31.8	31.4	31.9
8/7	30.6	34.5	33.9	33.2	32.4	32.7
8/8	27.6	31.8	31.5	31.0	30.6	30.9
8/9	31.6	36.0	35.3	34.3	33.3	33.4
8/10	31.1	37.8	37.1	36.0	34.9	35.2
8/11	29.1	37.1	36.5	35.5	34.6	35.0
8/12	27.5	34.0	33.7	33.1	32.5	33.0
8/13	30.6	35.4	34.9	34.2	33.5	33.8
8/14	21.7	28.7	28.8	28.7	28.7	29.4
8/15	22.2	28.2	28.1	27.8	27.6	28.2

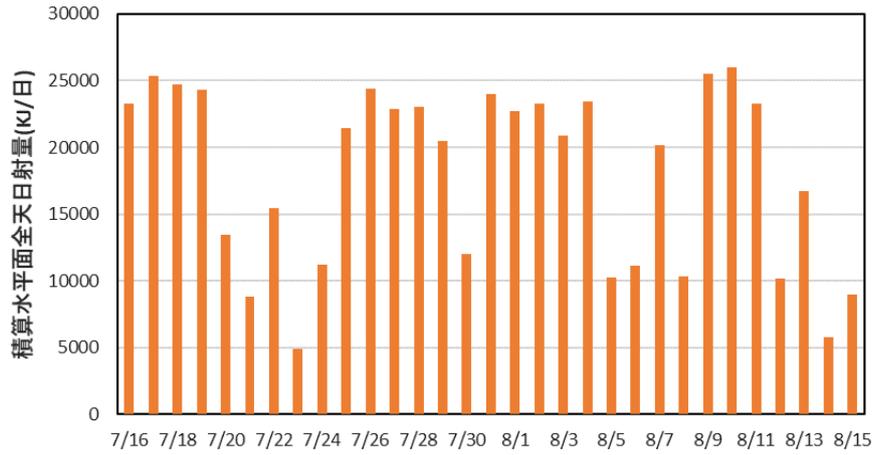


図 89 7/16～8/15 の積算水平面全天日射量

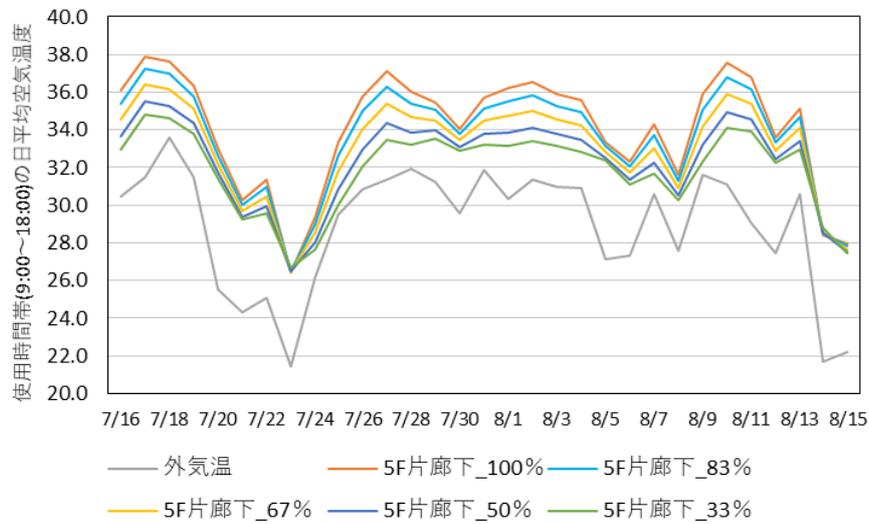


図 90 冷房期 5F 片廊下の各ガラス窓面積率での日平均気温(9～18 時の時間帯)

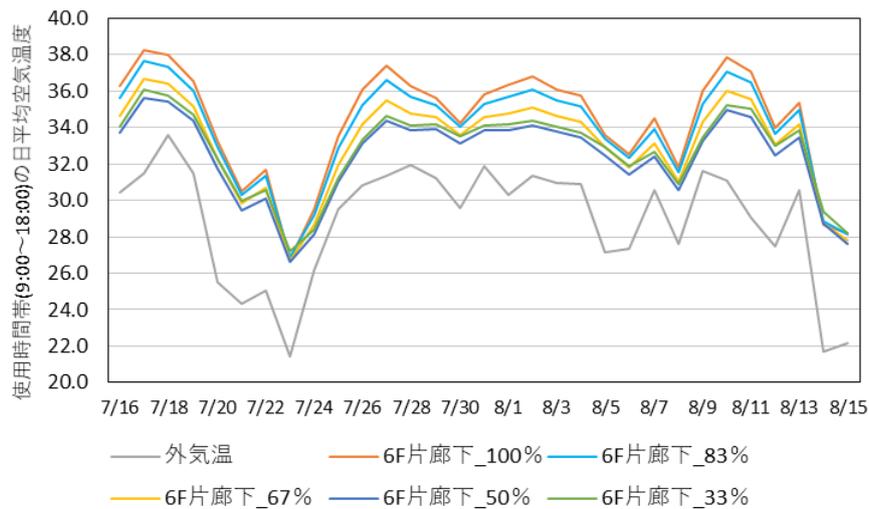


図 91 冷房期 6F 片廊下の各ガラス窓面積率での日平均気温(9～18 時の時間帯)

5～6階研究室(冷房期：7月15日～8月15日)

7月15日～8月15日の9:00～18:00の大学が良く使用される時間帯において、5階及び6階の研究室の室内空気温度の日平均を、表33に5階研究室の各ガラス面積率での日平均気温、表34に6階研究室の各ガラス面積率での日平均気温を示す。また図92各日の積算水平面全天日射量、表33と表34をグラフ化したのを図93～94にそれぞれ示す。図93～94の「研究室_(数字)%」の「(数字)%」は片廊下の窓のガラス面積率(100%,83%,67%,50%,33%)を示す。

図93及び図94の研究室の日平均温度グラフで28℃が続くのは、平日の研究室内の空調機は9:00～18:00の時間帯は28℃に設定している為である。休日は冷房を設定していない為温度上昇が見られる。休日の5～6階研究室と片廊下の日平均を比較すると、研究室では片廊下ほどガラス面積率毎での温度差が小さい結果となった。また日平均の最大値を見ても片廊下では約38℃付近まで温度が上昇する日が見られるのに対して、研究室では約35℃付近で最大値にも違いが見られる。その理由に、研究室の窓ガラスが片廊下程大きくない事や、東に面していることが影響していると考えられる。

表 33 冷房期 5F 研究室の 9～18 時の日平均気温

	各日9:00～18:00の時間の室内温度の日平均					
	外気温	5F研究室_100%	5F研究室_83%	5F研究室_67%	5F研究室_50%	5F研究室_33%
7/16	30.4	33.1	33.1	32.9	32.6	32.5
7/17	31.5	35.1	35.0	34.8	34.5	34.3
7/18	33.6	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/19	31.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/20	25.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/21	24.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/22	25.1	29.3	29.3	29.1	29.0	28.9
7/23	21.5	26.8	26.9	26.8	26.7	26.8
7/24	26.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/25	29.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/26	30.8	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/27	31.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/28	31.9	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/29	31.2	34.1	34.1	33.9	33.7	33.7
7/30	29.6	33.4	33.5	33.3	33.2	33.1
7/31	31.9	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/1	30.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/2	31.4	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/3	31.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/4	30.9	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/5	27.1	32.4	32.4	32.3	32.1	32.0
8/6	27.3	31.2	31.3	31.2	31.1	31.0
8/7	30.6	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/8	27.6	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/9	31.6	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/10	31.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/11	29.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/12	27.5	31.5	31.5	31.4	31.2	31.1
8/13	30.6	33.0	32.9	32.7	32.5	32.5
8/14	21.7	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/15	22.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0

表 34 冷房期 6F 研究室の 9～18 時の日平均気温

	各日9:00～18:00の時間の室内温度の日平均					
	外気温	6F研究室_100%	6F研究室_83%	6F研究室_67%	6F研究室_50%	6F研究室_33%
7/16	30.4	33.3	33.3	33.0	32.7	32.9
7/17	31.5	35.4	35.3	35.0	34.6	34.8
7/18	33.6	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/19	31.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/20	25.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/21	24.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/22	25.1	29.4	29.5	29.2	29.1	29.2
7/23	21.5	26.9	27.1	27.0	26.9	27.0
7/24	26.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/25	29.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/26	30.8	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/27	31.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/28	31.9	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7/29	31.2	34.1	34.1	33.9	33.7	33.8
7/30	29.6	33.5	33.6	33.4	33.2	33.3
7/31	31.9	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/1	30.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/2	31.4	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/3	31.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/4	30.9	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/5	27.1	32.4	32.4	32.2	32.0	32.1
8/6	27.3	31.3	31.4	31.2	31.1	31.2
8/7	30.6	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/8	27.6	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/9	31.6	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/10	31.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/11	29.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/12	27.5	31.5	31.5	31.3	31.1	31.2
8/13	30.6	33.1	33.1	32.8	32.6	32.7
8/14	21.7	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
8/15	22.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0

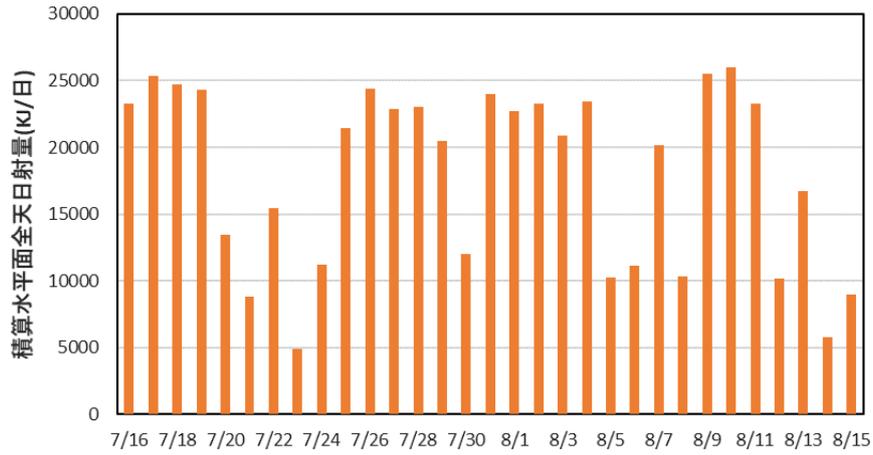


図 92 7/16～8/15 の積算水平面全天日射量

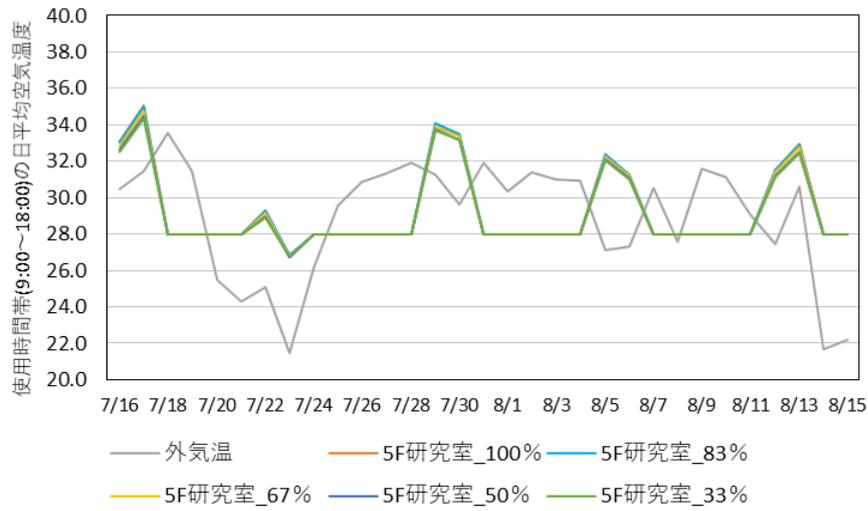


図 93 冷房期 5 F 研究室の各ガラス窓面積率での日平均気温(9～18 時の時間帯)

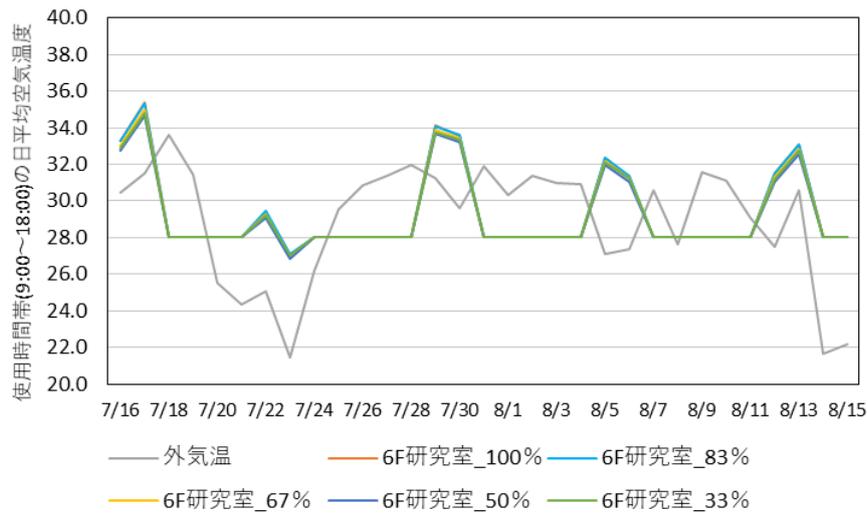


図 94 冷房期 6 F 研究室の各ガラス窓面積率での日平均気温(9～18 時の時間帯)

3.3.2 暖房期の片廊下及び研究室の日平均温度

5～6階片廊下(暖房期：12月16日～1月15日)

暖房期（11月10日～3月31日）のうち、特に寒い日が続く12月16日～1月15日の1か月の期間に関して、大学施設がよく使用される9:00～18:00の時間帯の室内温度データを抽出し、各窓ガラス面積率での日平均を求めた。その結果を表35に5階片廊下の各ガラス面積率での日平均気温、表36に6階片廊下の各ガラス面積率での日平均気温を示す。また図95に各日の積算水平面全天日射量、図96～97に表35と表36を図示したものをそれぞれ示す。図96～97の「片廊下_(数字)%」の「(数字)%」は片廊下の窓のガラス面積率(100%,83%,67%,50%,33%)を示す。

冷房期の積算水平面全天日射量は最大で25000KJ/日付近に達する日もあったが、暖房期で日照時間や太陽高度の影響により、晴れている時の積算水平面全天日射量が10000KJ/日と冷房期より半分以下である。

表 35 暖房期 5F 片廊下の 9～18 時の日平均気温

日	各日9:00～18:00の時間の室内温度の日平均					
	外気温	5F片廊下_100%	5F片廊下_83%	5F片廊下_67%	5F片廊下_50%	5F片廊下_33%
12/16	5.3	12.0	11.9	11.8	11.7	11.7
12/17	4.7	9.8	9.6	9.4	9.1	9.0
12/18	7.8	11.8	11.4	11.1	10.6	10.3
12/19	6.0	12.6	12.3	12.0	11.7	11.5
12/20	3.3	9.2	9.3	9.4	9.4	9.7
12/21	8.1	10.7	10.7	10.6	10.6	10.7
12/22	8.0	12.3	12.1	12.0	11.7	11.7
12/23	8.9	11.6	11.3	11.0	10.7	10.5
12/24	10.0	11.4	11.1	10.7	10.2	9.9
12/25	11.5	12.3	12.0	11.8	11.4	11.2
12/26	7.7	11.2	11.2	11.3	11.3	11.4
12/27	11.1	14.2	14.0	13.7	13.5	13.3
12/28	8.9	13.2	13.2	13.3	13.4	13.6
12/29	8.0	13.6	13.5	13.3	13.2	13.1
12/30	5.2	9.3	9.4	9.4	9.5	9.8
12/31	6.4	9.4	9.2	9.1	8.8	8.8
1/1	8.7	7.6	6.8	6.0	5.1	4.1
1/2	5.9	7.7	7.1	6.5	5.7	5.0
1/3	8.1	11.6	11.1	10.6	10.0	9.4
1/4	6.8	13.8	13.4	13.1	12.6	12.2
1/5	7.4	12.2	12.0	11.8	11.6	11.5
1/6	8.3	13.3	13.0	12.7	12.4	12.2
1/7	7.5	11.9	11.6	11.2	10.8	10.5
1/8	10.6	10.0	9.8	9.6	9.4	9.3
1/9	3.0	8.6	8.5	8.3	8.1	8.0
1/10	6.2	11.3	11.0	10.6	10.1	9.7
1/11	9.5	14.2	13.9	13.5	13.0	12.7
1/12	8.9	14.4	14.1	13.7	13.3	13.0
1/13	8.5	14.2	13.9	13.6	13.2	13.0
1/14	8.1	11.5	11.3	11.0	10.7	10.6
1/15	14.7	14.3	13.8	13.3	12.6	12.1

表 36 暖房期 6F 片廊下の 9～18 時の日平均気温

日	各日9:00～18:00の時間の室内温度の日平均					
	外気温	6F片廊下_100%	6F片廊下_83%	6F片廊下_67%	6F片廊下_50%	6F片廊下_33%
12/16	5.3	12.6	12.6	12.4	12.3	13.0
12/17	4.7	10.3	10.2	9.9	9.7	10.4
12/18	7.8	12.2	11.9	11.5	11.0	11.5
12/19	6.0	13.1	13.0	12.6	12.3	12.9
12/20	3.3	9.8	10.0	10.1	10.1	10.9
12/21	8.1	11.2	11.3	11.2	11.2	11.7
12/22	8.0	12.8	12.7	12.5	12.3	12.9
12/23	8.9	12.2	12.0	11.7	11.4	12.0
12/24	10.0	11.9	11.6	11.2	10.7	11.1
12/25	11.5	12.6	12.4	12.1	11.8	12.1
12/26	7.7	11.6	11.7	11.7	11.7	12.2
12/27	11.1	14.6	14.4	14.2	14.0	14.4
12/28	8.9	13.6	13.8	13.8	13.9	14.4
12/29	8.0	14.0	14.0	13.8	13.6	14.3
12/30	5.2	9.8	10.0	10.1	10.2	10.9
12/31	6.4	9.8	9.7	9.5	9.3	9.8
1/1	8.7	7.7	6.9	6.0	5.1	4.8
1/2	5.9	8.0	7.4	6.8	6.0	6.0
1/3	8.1	12.0	11.5	10.9	10.2	10.4
1/4	6.8	14.3	14.1	13.6	13.1	13.6
1/5	7.4	12.8	12.7	12.5	12.3	12.9
1/6	8.3	13.8	13.7	13.3	13.0	13.6
1/7	7.5	12.6	12.4	12.0	11.5	12.2
1/8	10.6	10.6	10.4	10.2	10.0	10.3
1/9	3.0	9.0	8.9	8.7	8.4	9.0
1/10	6.2	11.7	11.4	11.0	10.5	11.0
1/11	9.5	14.8	14.5	14.1	13.6	14.0
1/12	8.9	15.0	14.8	14.3	13.9	14.5
1/13	8.5	14.8	14.6	14.3	13.9	14.5
1/14	8.1	12.2	12.1	11.8	11.5	12.1
1/15	14.7	14.8	14.4	13.8	13.2	13.4

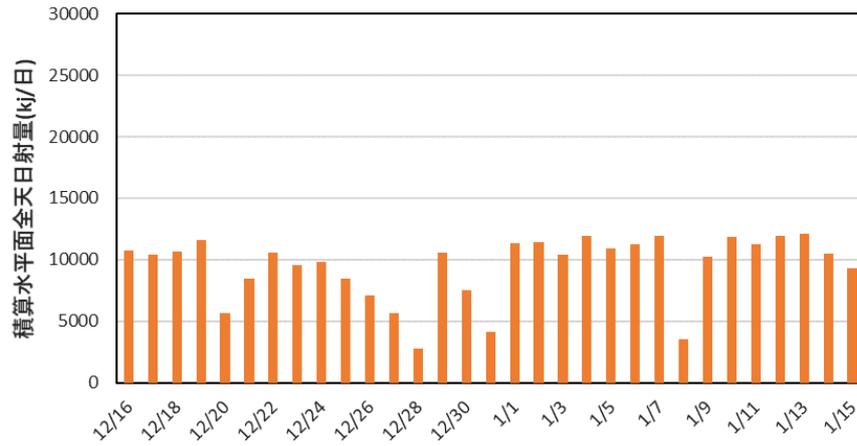


図 95 12/16~1/16 の日積算水平面全天日射量

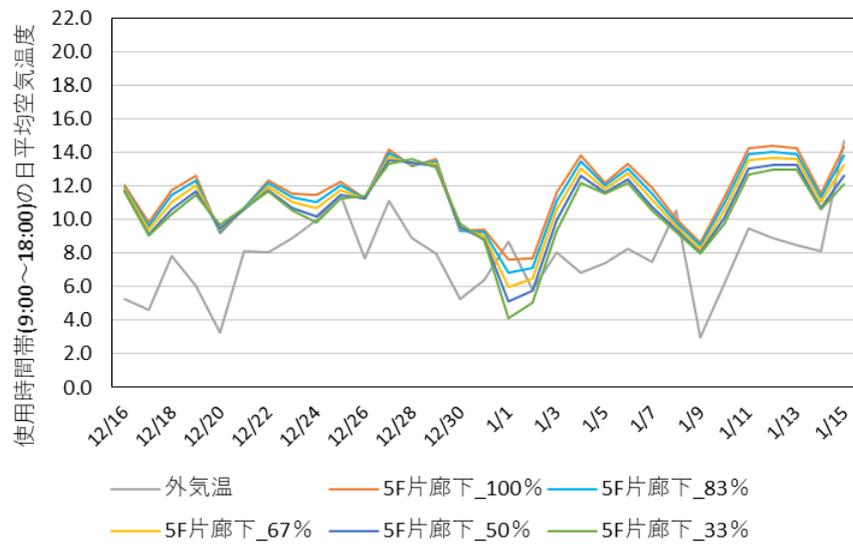


図 96 暖房期 5F 片廊下の各ガラス窓面積率での日平均気温(9~18 時の時間帯)

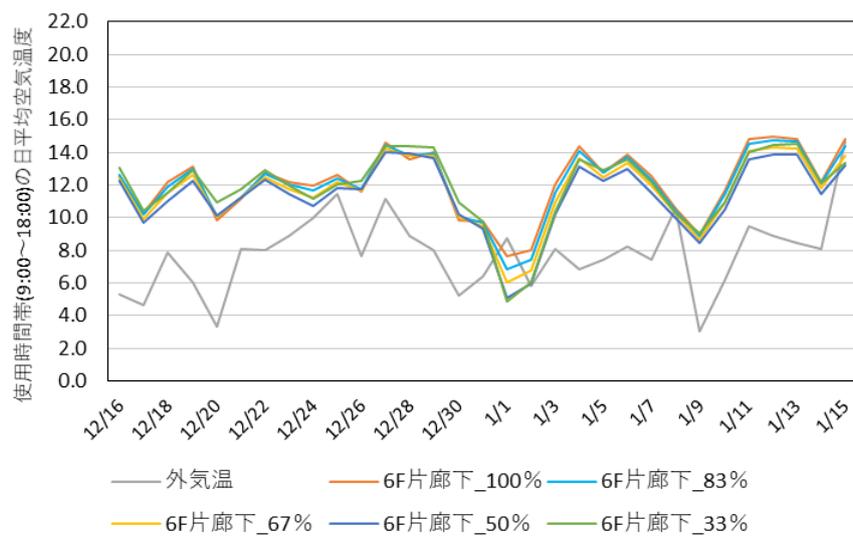


図 97 暖房期 6F 片廊下の各ガラス窓面積率での日平均気温(9~18 時の時間帯)

5～6階研究室(暖房期：12月16日～1月15日)

12月16日～1月15日の9:00～18:00の大学が良く使用される時間帯において、5階及び6階の研究室内の室内空気温度の日平均を、表37に5階研究室の各ガラス面積率での日平均気温、表38に6階研究室の各ガラス面積率での日平均気温をそれぞれ示す。また図98に各日の積算水平面全天日射量、図99～100に表37と表38を図示したものをそれぞれ示す。図99～100の「研究室_(数字)%」の「(数字)%」は片廊下の窓のガラス面積率(100%,83%,67%,50%,33%)を示す。

研究室内では9:00～18:00で暖房21℃にしているため、図99と図100の日平均温度グラフで21℃が続く日は平日を表している。休日は冷房を設定していないため気温低下が見られる。しかし、片廊下のガラス面積率毎での差はほとんど見られなかった。

表 37 暖房期 5F 研究室の 9～18 時の日平均気温

日付	外気温	5F 研究室				
		ガラス面積率				
		100%	83%	67%	50%	33%
1/15	14.68	10.30	10.33	10.35	10.37	10.45
1/16	12.02	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/17	6.46	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/18	6.37	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/19	3.44	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/20	1.39	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/21	5.47	9.57	9.67	9.77	9.87	10.05
1/22	6.24	7.91	7.98	8.04	8.09	8.23
1/23	7.06	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/24	4.93	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/25	4.91	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/26	3.51	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/27	5.11	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/28	6.31	8.61	8.73	8.85	8.97	9.17
1/29	7.79	7.03	7.12	7.19	7.27	7.43
1/30	7.11	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/31	4.26	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/1	6.61	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/2	6.27	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/3	6.29	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/4	3.24	9.36	9.45	9.54	9.63	9.79
2/5	1.94	6.58	6.66	6.73	6.79	6.95
2/6	6.89	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/7	6.43	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/8	8.97	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/9	7.36	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/10	6.22	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/11	6.81	9.63	9.74	9.85	9.96	10.15
2/12	8.64	7.74	7.83	7.90	7.97	8.13
2/13	9.29	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/14	5.46	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/15	6.83	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00

表 38 暖房期 6F 研究室の 9～18 時の日平均気温

日付	外気温	6F 研究室				
		ガラス面積率				
		100%	83%	67%	50%	33%
1/15	14.68	10.82	10.90	10.92	10.95	11.14
1/16	12.02	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/17	6.46	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/18	6.37	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/19	3.44	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/20	1.39	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/21	5.47	10.32	10.49	10.59	10.70	10.98
1/22	6.24	8.46	8.58	8.64	8.71	8.97
1/23	7.06	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/24	4.93	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/25	4.91	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/26	3.51	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/27	5.11	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/28	6.31	9.46	9.66	9.77	9.91	10.20
1/29	7.79	7.63	7.78	7.86	7.95	8.23
1/30	7.11	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
1/31	4.26	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/1	6.61	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/2	6.27	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/3	6.29	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/4	3.24	10.20	10.35	10.43	10.53	10.81
2/5	1.94	7.18	7.33	7.40	7.47	7.77
2/6	6.89	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/7	6.43	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/8	8.97	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/9	7.36	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/10	6.22	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/11	6.81	10.40	10.58	10.69	10.81	11.09
2/12	8.64	8.30	8.45	8.53	8.61	8.89
2/13	9.29	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/14	5.46	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
2/15	6.83	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00

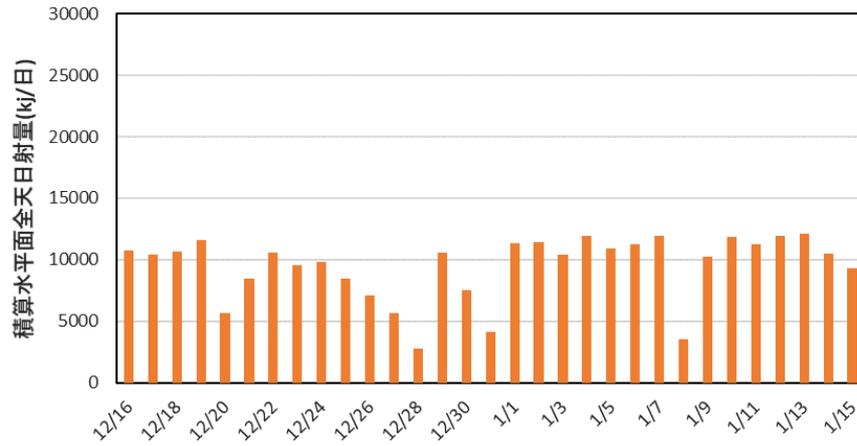


図 98 12/16~1/16 の日積算水平面全天日射量

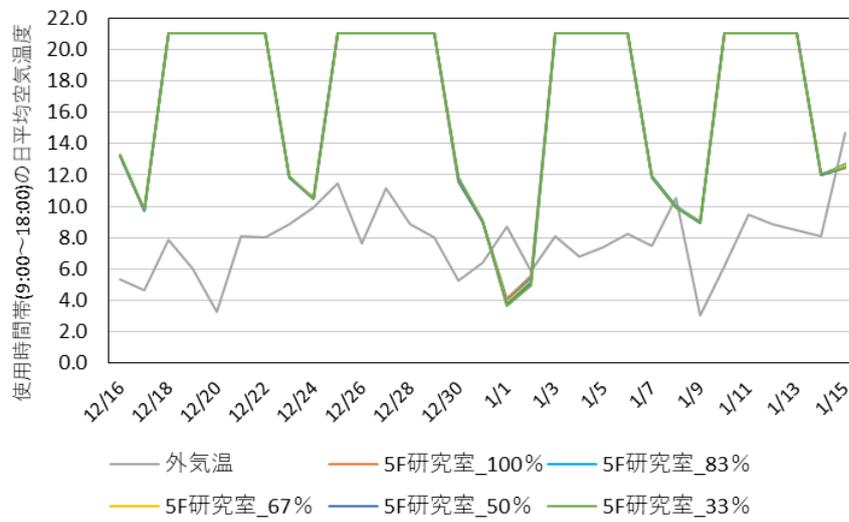


図 99 暖房期 5 F 研究室の各ガラス窓面積率での日平均気温(9~18 時の時間帯)

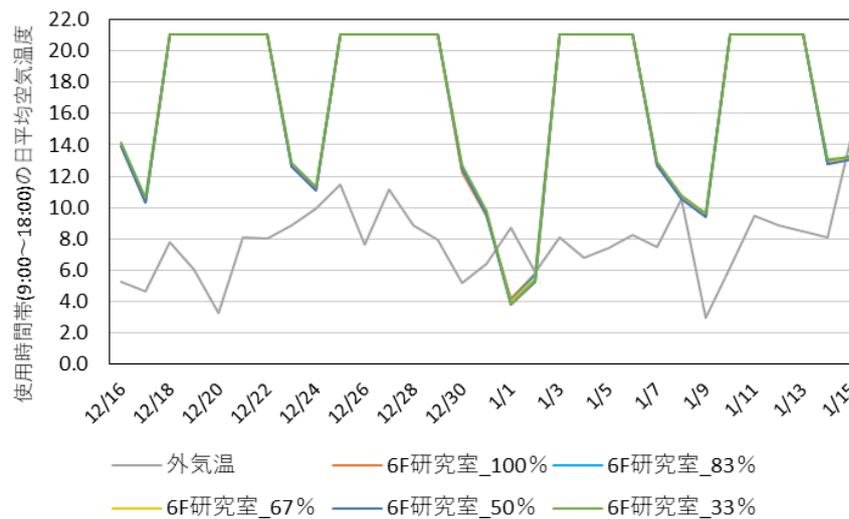


図 100 暖房期 6 F 研究室の各ガラス窓面積率での日平均気温(9~18 時の時間帯)

3.3.3 各室の時系列温度変化及び環境評価

冷房期の8月16日(水)~22日(火)の1週間と、暖房期の12月25日(月)~31日(日)の1週間の時系列温度グラフについて、室内空気温度 T_a の他、MRT、OT、PMVの温熱指標を用いて、窓ガラス面積率の変化による室内の温熱環境評価を行う。各温熱指標について下に記す。

MRT(平均放射温度) (Mean Radiation Temperature)

平均放射温度のことであり、周囲の全方向から受ける熱放射を平均化して温度表示したものである。端的に人が周囲のモノから感じる温度のことで、MRTが気温よりも高いと、周囲から受ける放射熱により暑さを感じ、逆に気温よりも低いと涼しさを感じる。室内の壁・床・天井の表面温度の平均でMRTを求めた

OT(作用温度) (operative temperature)

乾球温度、気流速度、MRT、および有効体表面積などから算出する生理的溫度指標である。静穏な気流条件の室内において作用温度の算出式は、(室温+MRT) / 2 となる。気温(空気温度)にMRT(平均放射温度)を加算して2で除して算出する。MRTが「人が周囲のモノから感じる温度」に対してOTは「体感温度」を示す。

PMV(予測温冷感申告)(Predicted Mean Vote)

PMVは予測温冷感申告とも呼ばれ、人間がその時暖かいと感じるか、または寒いと感じるかを7段階の評価尺度による数値で表したものである。PMVの算出には熱的快適感に影響する6つの要素を用いる。それは、空気温度、MRT(平均放射温度)、相対湿度、平均風速の4つの物理的要素と、在室者の着衣量(clo値)と代謝量(met値)の2つの人間側の要素である。

表 39 PMVの6つの要素の影響範囲及び7段階の評価尺度

PMV適用範囲		PMVの7段階評価尺度		
		+3	Hot	暑い
代謝量	0.8~1.2met	+2	Warm	暖かい
着衣量	0~2clo	+1	Slightly warm	やや暖かい
空気温度	10~30°C	0	neutral	中立
MRT	10~40度	-1	Slightly cool	やや涼しい
平均風速	0~1m/s	-2	cool	涼しい
相対湿度	30~70%	-3	cold	寒い

表 39 に空気温度、MRT(平均放射温度)、平均風速、相対湿度、及び在室者の着衣量と代謝量の6つの適用範囲とPMVの7段階評価尺度^[15]の内容を示す。これら6つの要素に関して、その複合効果をどのように評価するかについて示した理論がPMVであり温熱環境評価指数である。だが注意点として、PMVはオフィスなど通常人が居住する比較的快適温度範囲に近い温熱環境を評価するのに適している。研究室は空調が稼働した状態でPC業務や事務作業が行われる環境である為オフィス空間と想定できる。しかし、片廊下内は室移動が目的の空間であり、オフィス作業を行う環境とは想定できない。その為片廊下のPMVはあくまでも参考値として扱う。PMV算出数値設定条件について、空気温度、MRT(平均放射温度)、相対湿度はモデル内の計算結果を付与するものとする。平均風速、着衣量、活動量は固定条件とした。設定値は平均風速が0.1m/s、

在室者の着衣量 clo 値は冷房期が 0.6(夏姿)、暖房期は 1.2 とし、代謝量は安静状態の 1.0met を固定条件として計算を行った。

冷房期(8月16日(水)～8月22日(火))：5～6階片廊下の時系列温度データ

図 101 に 8 月 16 日(水)～8 月 22 日(火)の水平面全天日射量の時系列グラフを示す。5 階及び 6 階の片廊下の温熱指標について、図 102～103 に空気温度 Ta、図 104～105 に MRT、図 106～107 に OT、図 108～109 に PMV をそれぞれ、左側に 5 階片廊下、右側に 6 階片廊下のデータを並べて各窓ガラス面積率のデータを示す。

まず 5 階と 6 階の片廊下の共通点について述べる。図 102～107 の空気温度 Ta、MRT、OT、各指標を比較した時、Ta、MRT、OT の値はほぼ等しく、指標間での差はほとんど見られなかった。水平面全天日射量が多くなる正午過ぎになると、ガラス面積率ごとの数値差が顕著に表れる。ガラス面積率が大きくなるほど片廊下内の温度は高い。また日射が差し込まない夜間の時間帯では温度低下が激しくなる。5 階片廊下より 6 階片廊下のとでフロアでの比較した時では、6 階の方の数値がやや高い結果となった。

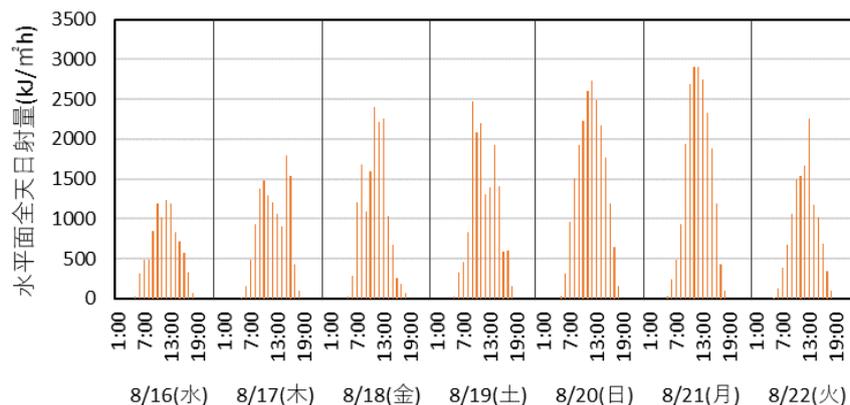


図 101 8月16日(水)～8月22日(火)の水平面全天日射量の時系列グラフ

空気温度 Ta (8月16日(水)～8月22日(火))

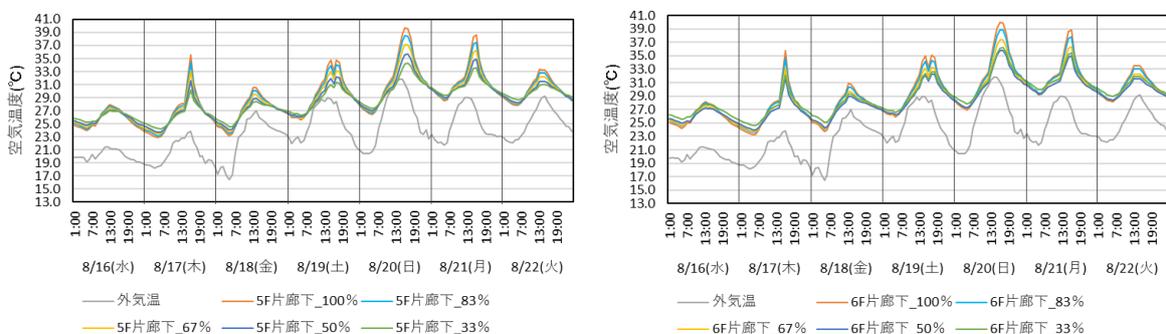


図 102 5階片廊下の Ta 時系列グラフ(8/16～22) 図 103 6階片廊下の Ta 時系列グラフ(8/16～22)

MRT(平均放射温度) (8月16日(水)~8月22日(火))

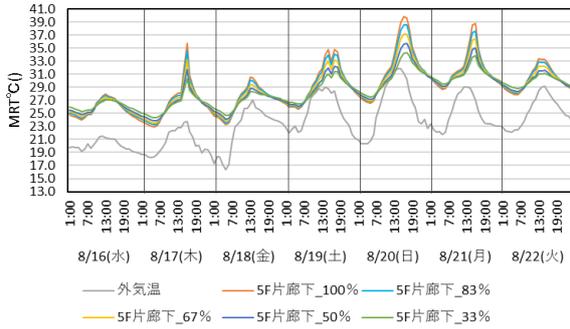


図 104 5階片廊下の MRT 時系列グラフ(8/16~22)

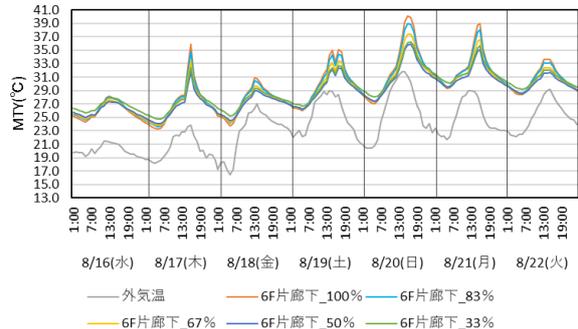


図 105 6階片廊下の MRT 時系列グラフ(8/16~22)

OT(作用温度) (8月16日(水)~8月22日(火))

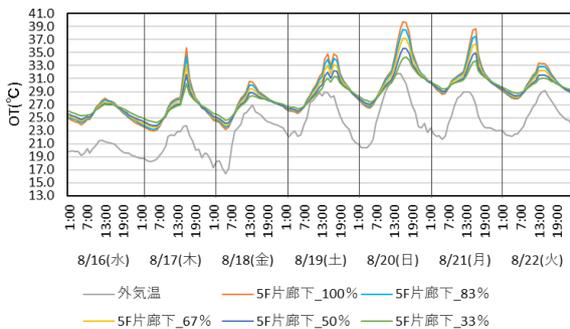


図 106 5階片廊下の OT 時系列グラフ(8/16~22)

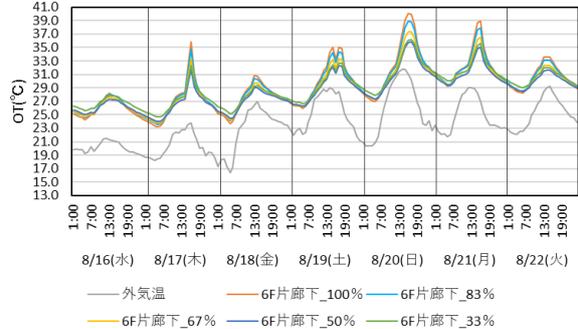


図 107 6階片廊下の OT 時系列グラフ(8/16~22)

PMV(予測温冷感申告) (8月16日(水)~8月22日(火))

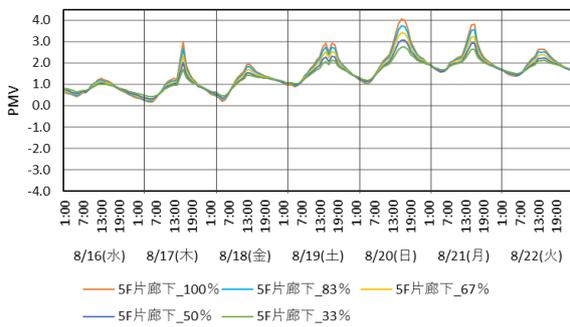


図 108 5階片廊下の PMV 時系列グラフ(8/16~22)

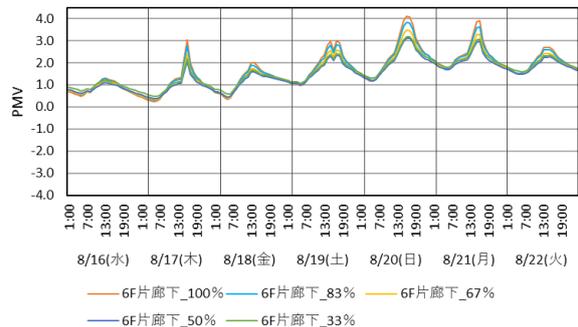


図 109 6階片廊下の PMV 時系列グラフ(8/16~22)

冷房期(8月16日(水)～8月22日(火))：5～6階研究室の時系列温度データ

図110に8月16日(水)～8月22日(火)の水平面全天日射量の時系列グラフを示す。5階及び6階の片廊下の温熱指標について、図111～112に空気温度 Ta、図113～114にMRT、図115～116にOT、図117～118にPMVをそれぞれ、左側に5階片廊下、右側に6階片廊下のデータを並べて各窓ガラス面積率のデータを示す。

まず5階と6階の片廊下の共通点について述べる。図111～116の空気温度 Ta、MRT、OT、各指標を比較した時、Ta、MRT、OTの値はほぼ等しく、指標間での差はほとんど見られなかった。図117～118のPMVについて、平日の空調が稼働している時の温冷感は「中立」又は「やや暖かい」だが、休日の空調が稼働していない日を見ると、研究室ないの温冷感は「暖かい」又は「暑い」の評価となり空調が無い場合、研究室内は暑熱な環境になることが予想される。

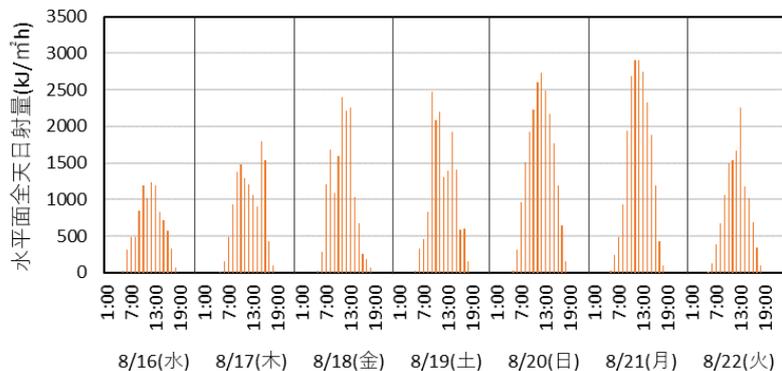


図 110 8月16日(水)～8月22日(火)の水平面全天日射量の時系列グラフ

空気温度 Ta(8月16日(水)～8月22日(火))

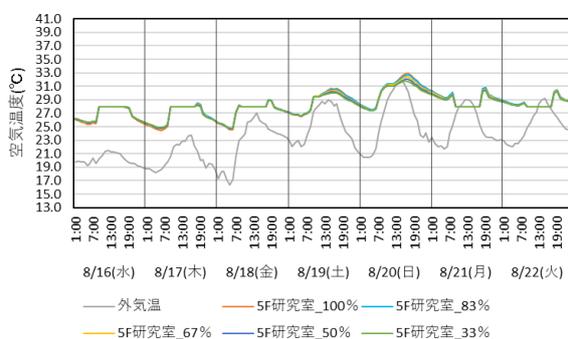


図 111 5階研究室の Ta 時系列グラフ(8/16～22)

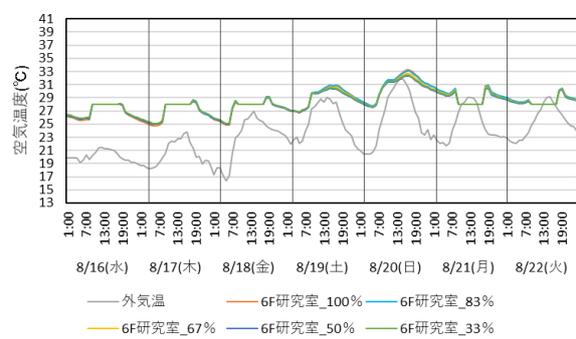


図 112 6階研究室の Ta 時系列グラフ(8/16～22)

MRT(平均放射温度) (8月16日(水)~8月22日(火))

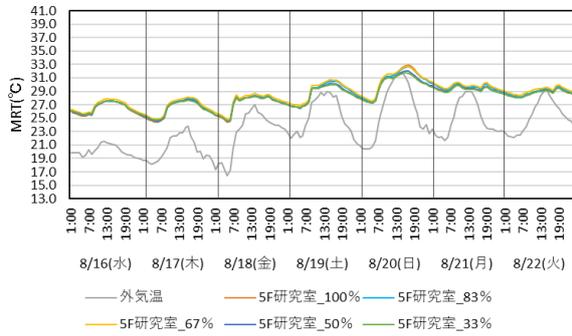


図 113 5階研究室の MRT 時系列グラフ(8/16~22)

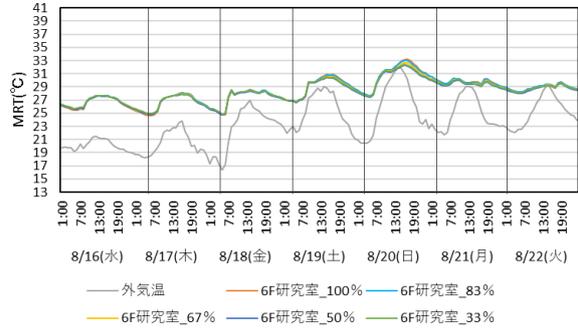


図 114 6階研究室の MRT 時系列グラフ(8/16~22)

OT(作用温度) (8月16日(水)~8月22日(火))

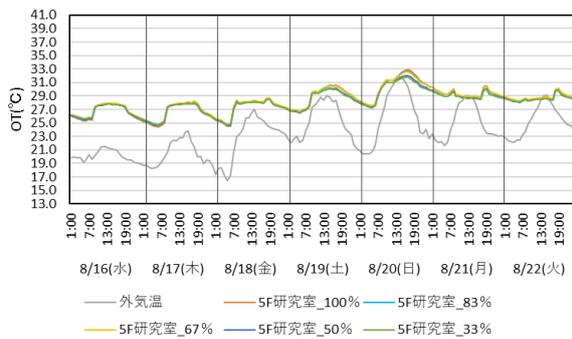


図 115 5階研究室の OT 時系列グラフ(8/16~22)

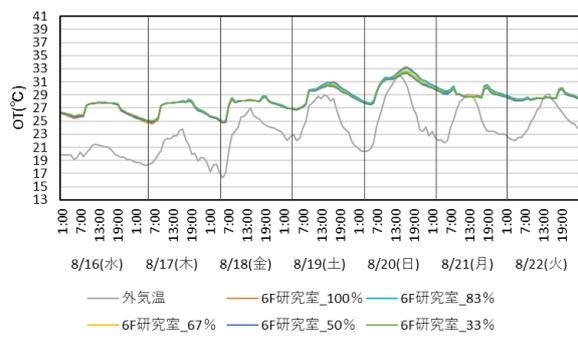


図 116 6階研究室の OT 時系列グラフ(8/16~22)

PMV(予測温冷感申告) (8月16日(水)~8月22日(火))

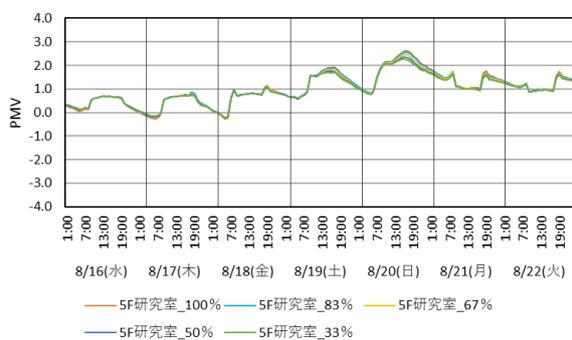


図 117 5階研究室の PMV 時系列グラフ(8/16~22)

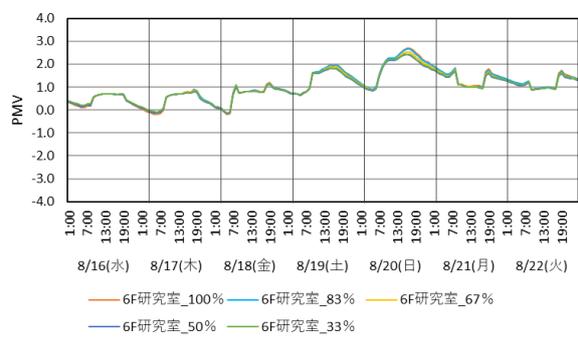


図 118 6階研究室の PMV 時系列グラフ(8/16~22)

暖房期(12月25日(月)～12月31日(日))：5～6階片廊下の時系列温度データ

図119に12月25日(月)～12月31日(日)の水平面全天日射量の時系列グラフを示す。5階及び6階の片廊下の温熱指標について、図120～121に空気温度 T_a 、図122～123にMRT、図124～125にOT、図126～127にPMVをそれぞれ、左側に5階片廊下、右側に6階片廊下のデータを並べて各窓ガラス面積率のデータを示す。

図120～125の T_a 、MRT、OTについて各指標を比較した時ほとんど差は見られなかった。しかし、各指標をガラス面積率で比較すると、日射量が少ない夜間から朝にかけてはガラス面積率が大きい程気温低下が激しい。反対に日射量が多い正午過ぎになると、ガラス面積率が大きい程温度が大きくなる。つまり、ガラス面積率が大きくなるほど1日の最高気温と最低気温の差による日較差が大きい。ガラス面積が大きいと片廊下内への日射の侵入が増加する為、片廊下内の空気は温められる。また、ガラス面積が大きいと夜間の熱損失量も大きくなる為日較差が大きくなると考えられる。

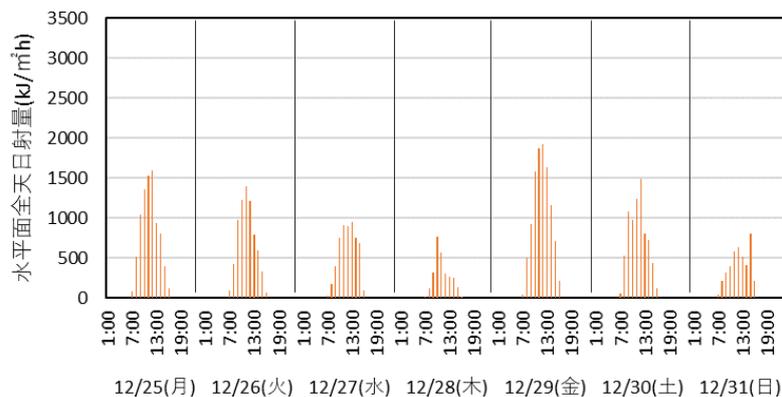


図 119 12月25日(月)～12月31日(日)の水平面全天日射量の時系列グラフ

空気温度 T_a (12月25日(月)～12月31日(日))

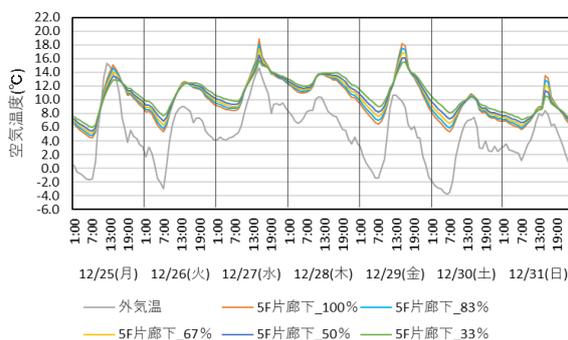


図 120 5階片廊下の T_a 時系列グラフ(12/25～31)

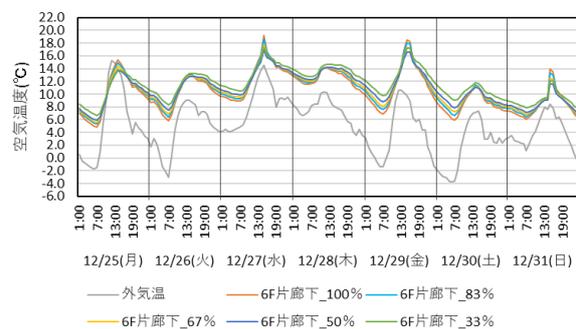


図 121 6階片廊下の T_a 時系列グラフ(12/25～31)

MR T(平均放射温度) (12月25日(月)~12月31日(日))

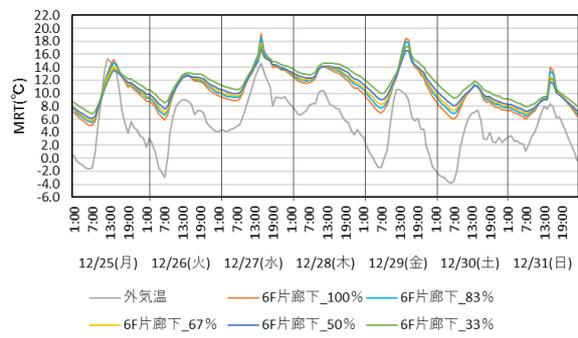
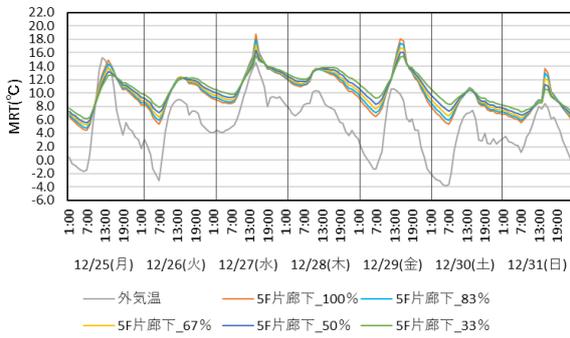


図 122 5階片廊下の MRT 時系列グラフ(12/25~31)

図 123 6階片廊下の MRT 時系列グラフ(12/25~31)

OT(作用温度) (12月25日(月)~12月31日(日))

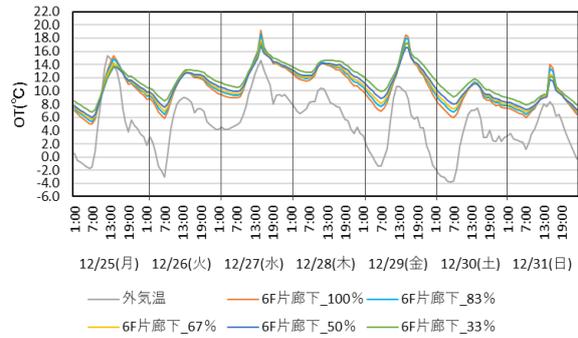
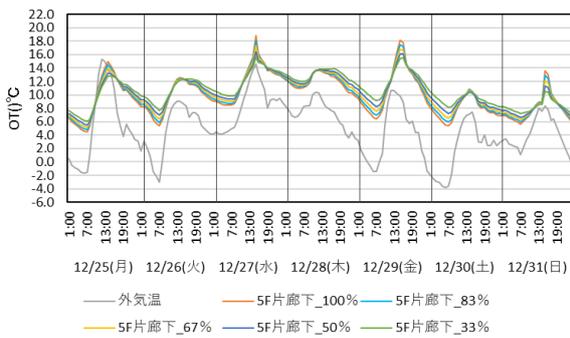


図 124 5階片廊下の OT 時系列グラフ(12/25~31)

図 125 6階片廊下の OT 時系列グラフ(12/25~31)

PMV(予測温冷感申告) (12月25日(月)~12月31日(日))

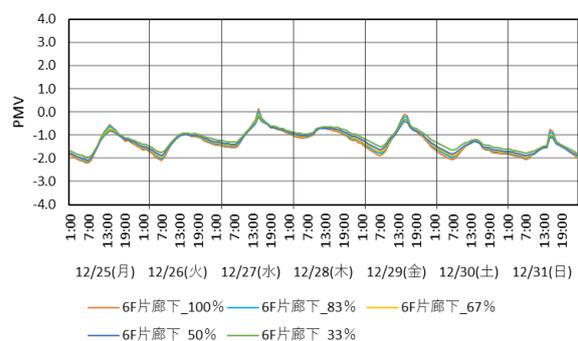
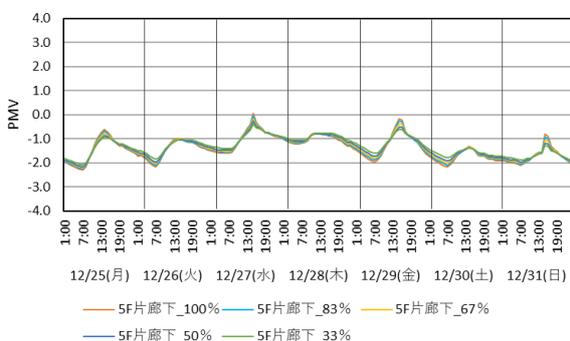


図 126 5階片廊下の PMV 時系列グラフ(12/25~31)

図 127 5階片廊下の PMV 時系列グラフ((12/25~31)

暖房期(12月25日(月)～12月31日(日))：5～6階研究室の時系列温度データ

図128に12月25日(月)～12月31日(日)の水平面全天日射量の時系列グラフを示す。5階及び6階の片廊下の温熱指標について、図129～130に空気温度 T_a 、図131～132にMRT、図133～134にOT、図135～136にPMVをそれぞれ、左側に5階片廊下、右側に6階片廊下のデータを並べて各窓ガラス面積率のデータを示す。

まず5階と6階の片廊下の共通点について述べる。図129～134の空気温度 T_a 、MRT、OT、各指標を比較した時、 T_a 、MRT、OTの値はほぼ等しく、指標間での差はほとんど見られなかった。図135～136のPMVについて、平日の空調が稼働している時の温冷感は「やや涼しい」だが、休日の空調が稼働していない日を見ると、研究室内の温冷感は「涼しい」又は「寒い」の評価となり空調が無い場合、研究室内は温度低下も大きくなる。

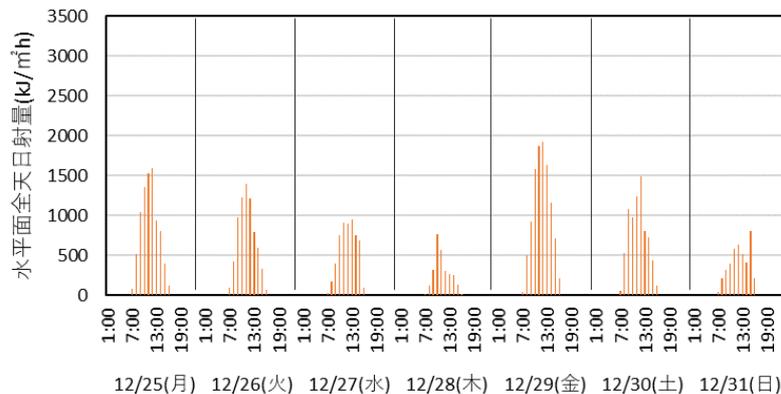


図128 12月25日(月)～12月31日(日)の水平面全天日射量の時系列グラフ

空気温度 T_a (12月25日(月)～12月31日(日))

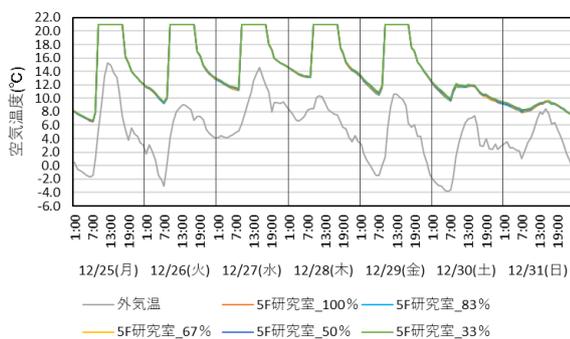


図129 5階研究室の T_a 時系列グラフ(12/25～31)

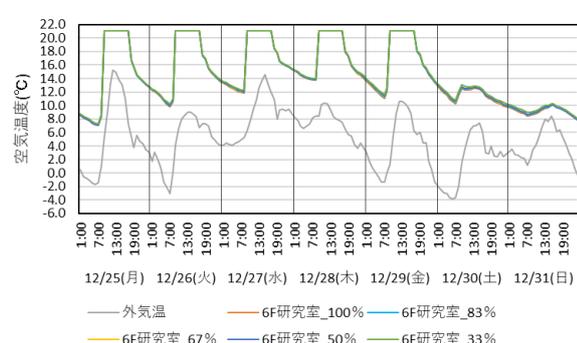


図130 6階研究室の T_a 時系列グラフ(12/25～31)

MRT (平均放射温度) (12月25日(月)~12月31日(日))

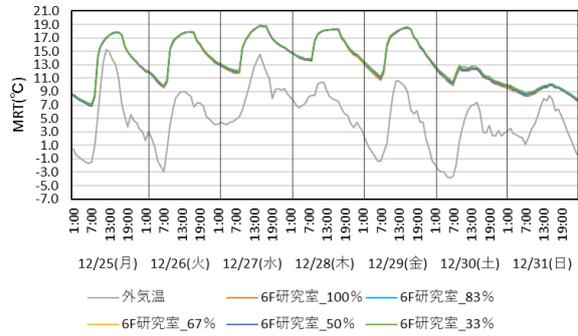
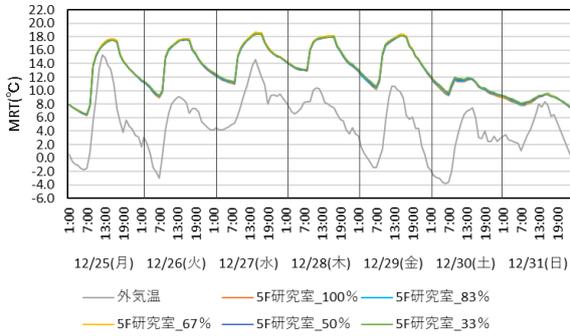


図 131 5階研究室の MRT 時系列グラフ(12/25~31)

図 132 6階研究室の MRT 時系列グラフ(12/25~31)

OT (作用温度) (12月25日(月)~12月31日(日))

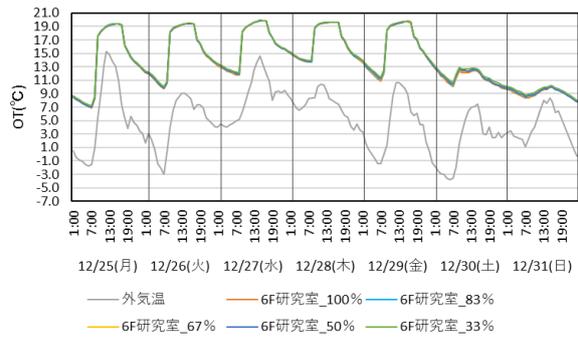
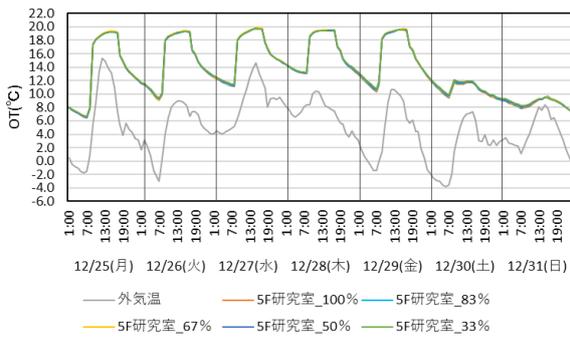


図 133 5階研究室の OT 時系列グラフ(12/25~31)

図 134 6階研究室の OT 時系列グラフ(12/25~31)

PMV (予測温冷感申告) (12月25日(月)~12月31日(日))

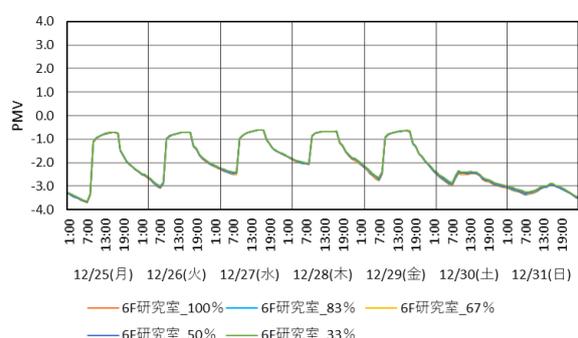
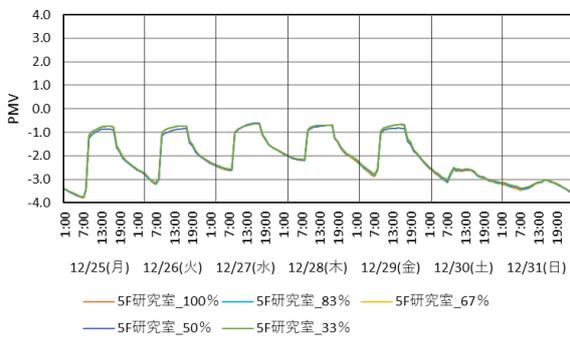


図 135 5階研究室の PMV 時系列グラフ(12/25~31)

図 136 5階研究室の PMV 時系列グラフ((12/25~31)

3.4 パラメータ②建物方位の数値計算結果

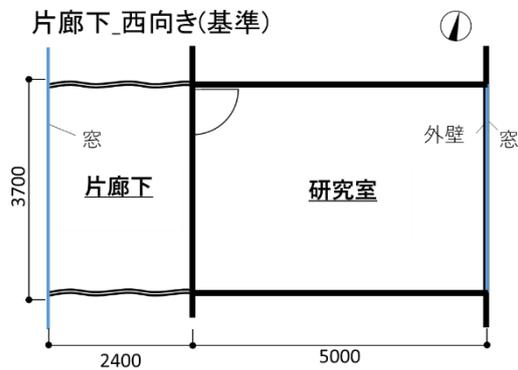


図 137 片廊下の建物方位が西向き(基準)の平面図

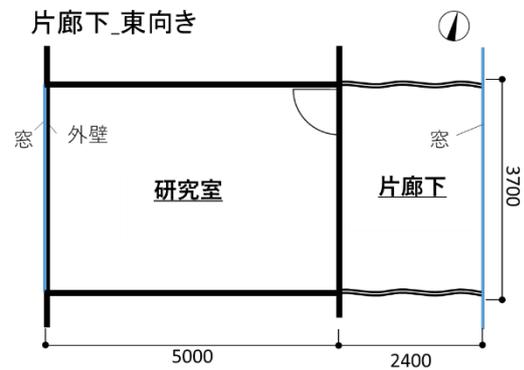


図 138 片廊下の建物方位が東向き(基準)の平面図

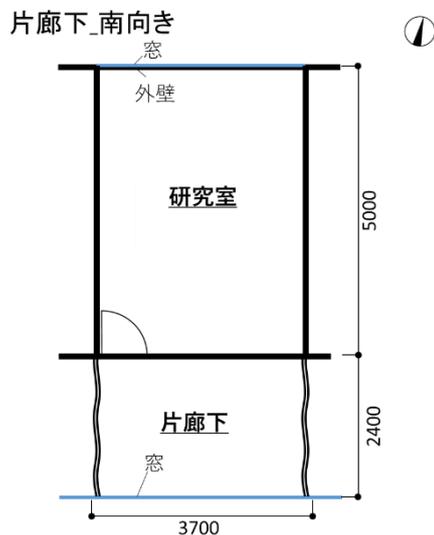


図 139 片廊下の建物方位が南向きの平面図

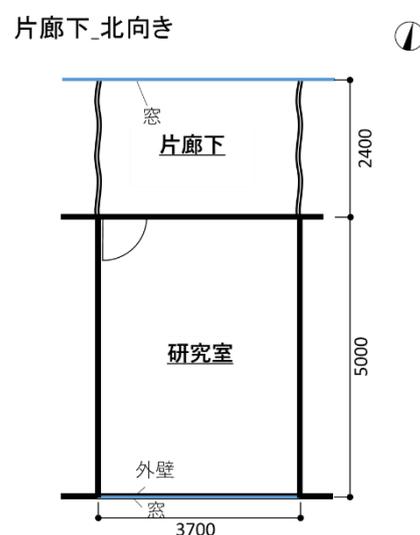


図 140 片廊下の建物方位が北向きの平面図

片廊下の建物方位を変更した時の計算モデルの平面図を、図 137 に片廊下が西向きの時、図 138 に片廊下が東向きの時、図 139 に片廊下が南向きの時、図 140 に片廊下が北向きの時をそれぞれ示す。

現状の校舎棟の片廊下は図 137 のように西向きに面している。この建物方位を変えた際に片廊下の空気温度 T_a と研究室内の暖冷房負荷がどのように変化するかを調べたい。また建物方位と同時に片廊下の窓のガラス面積率を変更した時の計算も行った。

3.4.1 冷房期の片廊下の時系列温度変化

図 141～145 に冷房期の各ガラス面積率の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化をそれぞれ示す。

図 141～145 で窓ガラス面積率の減少に伴い、日最高气温の温度低下が各方位で確認出来る。図内の 8/6 及び 8/8 の曇りの日では各方位で温度差はほとんど見られなかったが、8/7 の晴れの日では各方位差での温度差が見られた。日最高气温が最も大きくなる方位は西向きであった。その次に南向き、東向き、北向きの順となった。

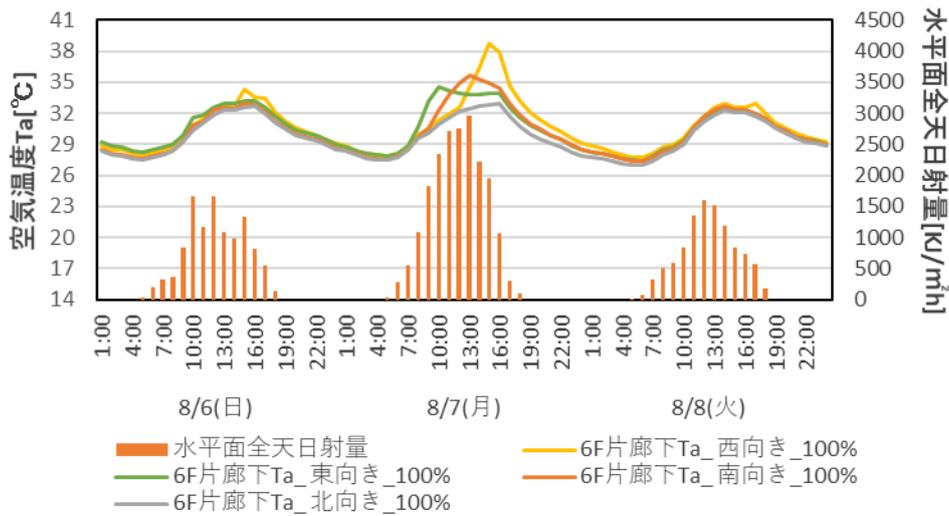


図 141 冷房期：ガラス面積率 100%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

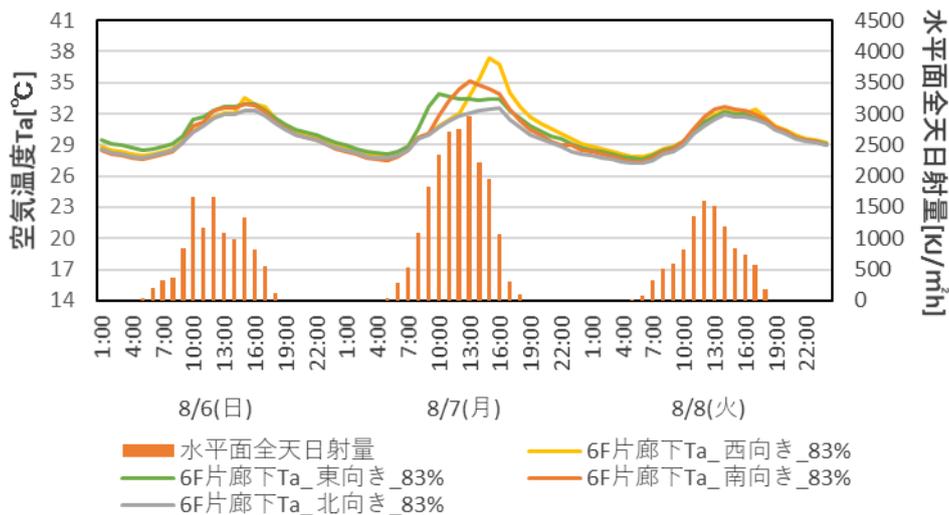


図 142 冷房期：ガラス面積率 83%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

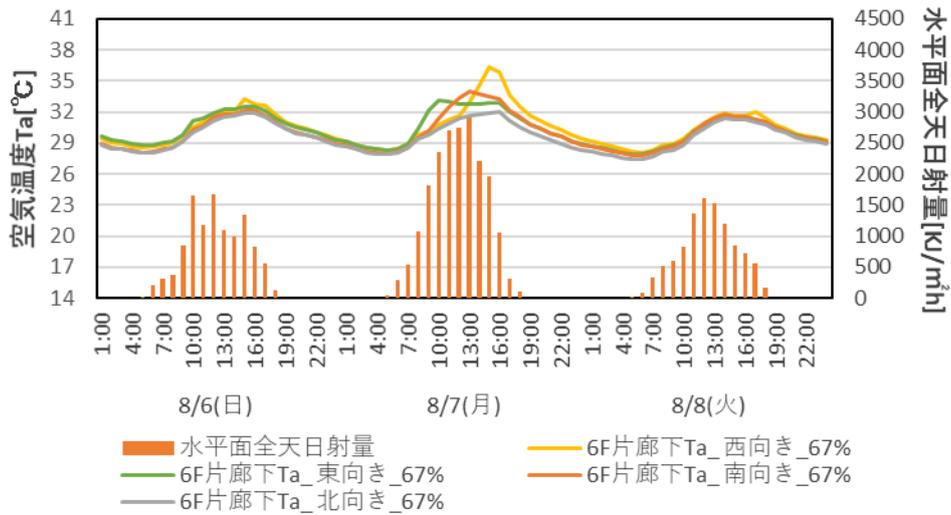


図 143 冷房期：ガラス面積率 67%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

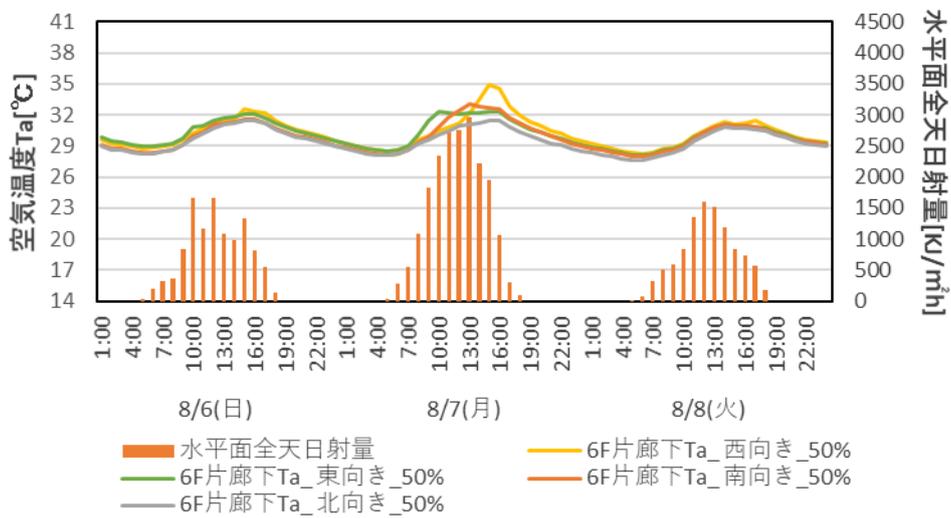


図 144 冷房期：ガラス面積率 50%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

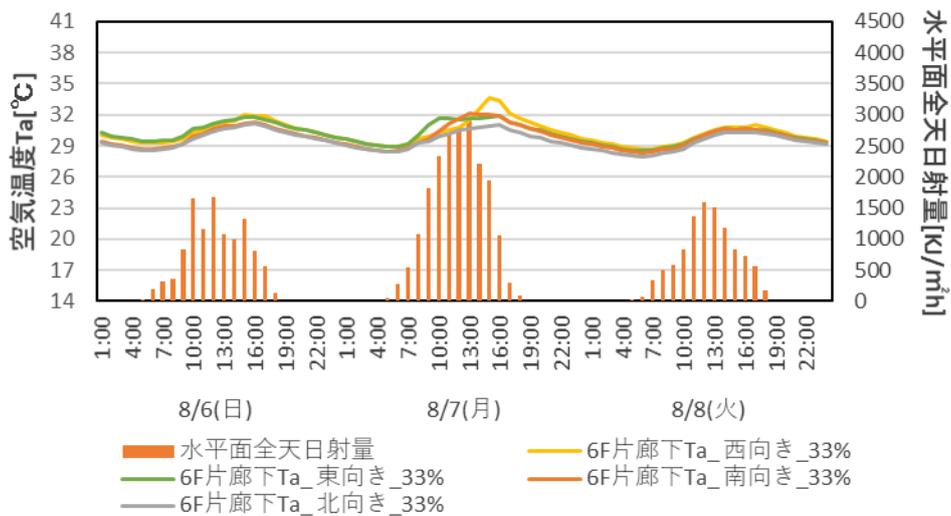


図 145 冷房期：ガラス面積率 33%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

3.4.2 暖房期の片廊下の時系列温度変化

図 146～150 に暖房期の各ガラス面積率の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化をそれぞれ示す。

図 146～150 で窓ガラス面積率の減少に伴い、日最高気温の温度低下が各方位で確認出来る。図内の 1/19 及び 1/20 の曇りの日では各方位で温度差はほとんど見られなかったが、1/21 の晴れの日では各方位差での温度差が見られた。日最高気温が最も大きくなる方位は南向きであった。その次に西向き、東向き、北向きの順となった。冬場は夏場と比べて日射量が少ない為、日中を通して安定して日射が差し込む南向きが最も日最高気温が高くなったと考えられる。

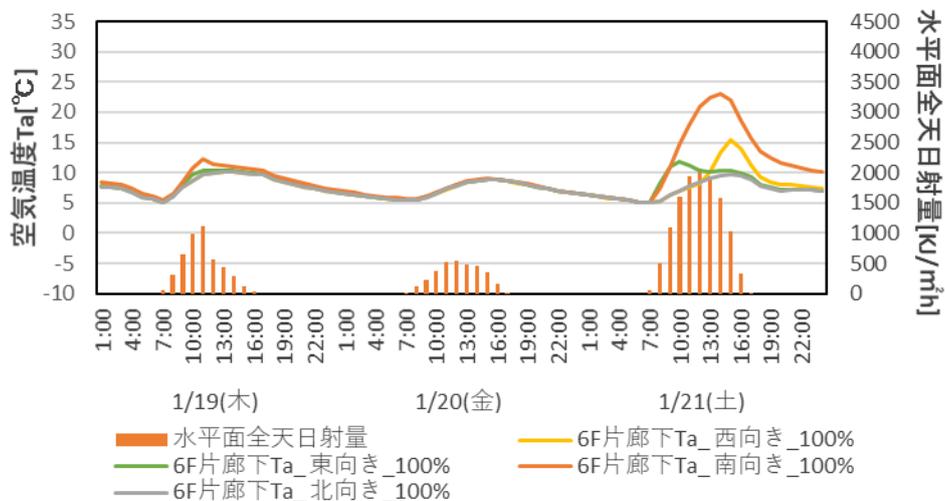


図 146 暖房期：ガラス面積率 100%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

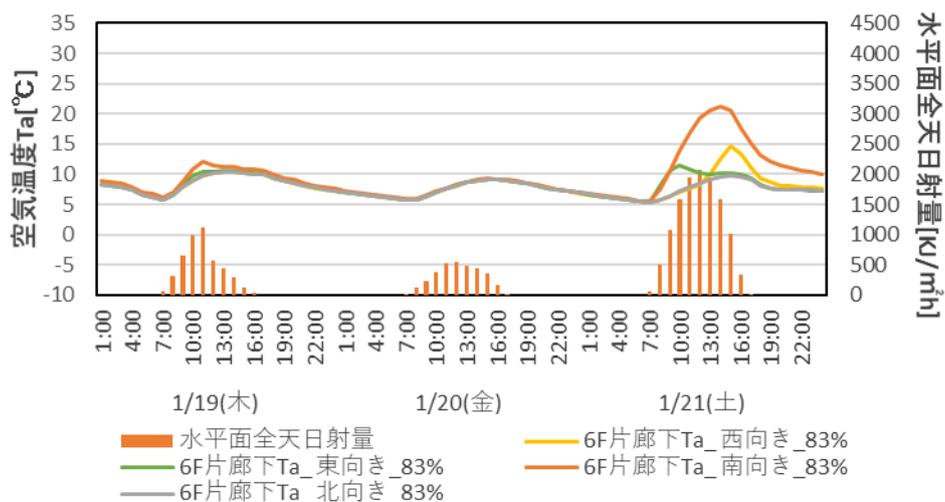


図 147 暖房期：ガラス面積率 83%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

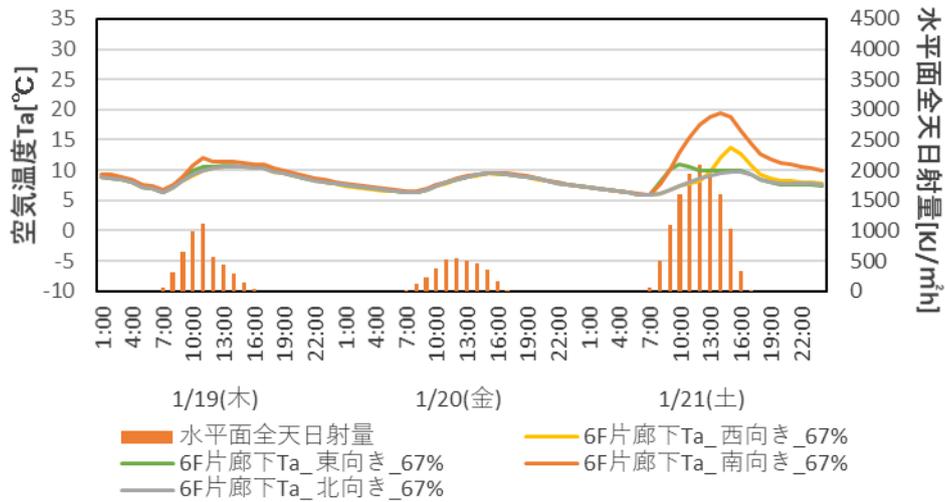


図 148 暖房期：ガラス面積率 67%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

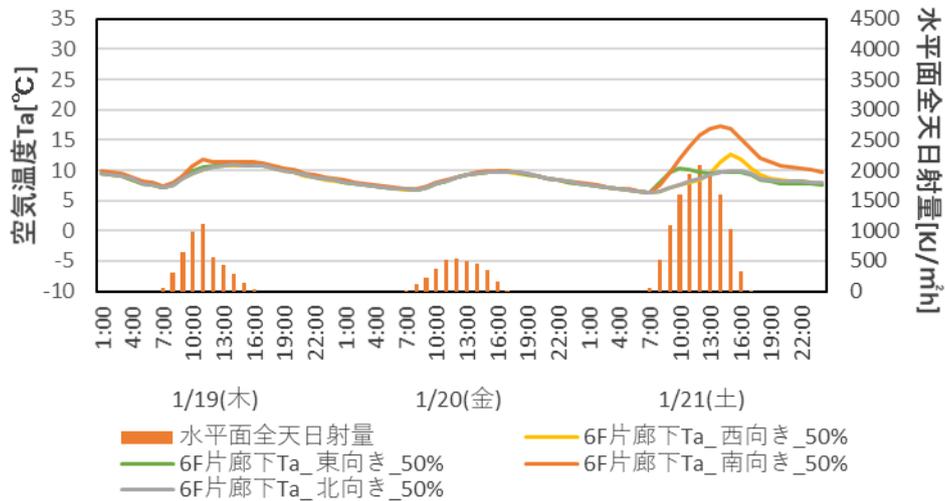


図 149 暖房期：ガラス面積率 50%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

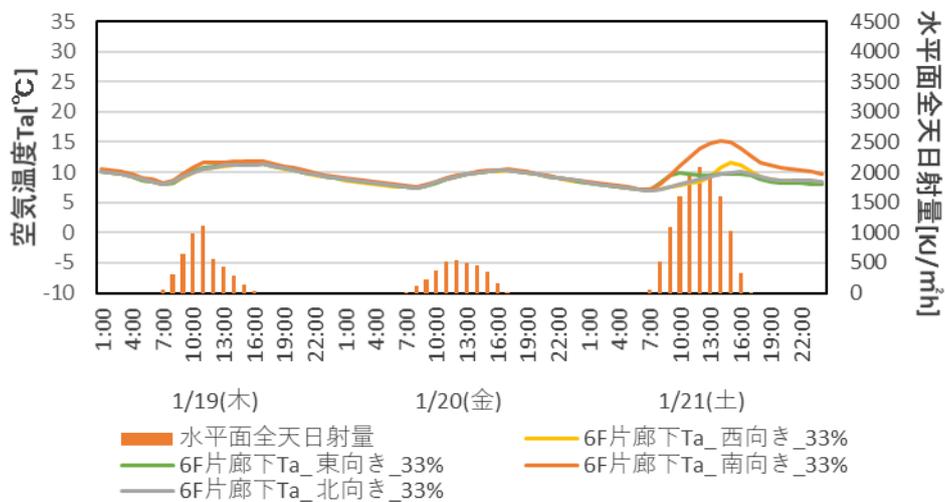


図 150 暖房期：ガラス面積率 33%の時の各建物方位による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

3.4.3 研究室の暖冷房負荷

図 151～155 に各ガラス面積率(100%、83%、67%、50%、33%)の時の各建物方位による 6F 研究室の暖冷房負荷をそれぞれ示す。

図 151～155 で片廊下が東向き又は西向きの時、6F 研究室の暖冷房負荷が比較的大きく、南向きの時が最も小さい。

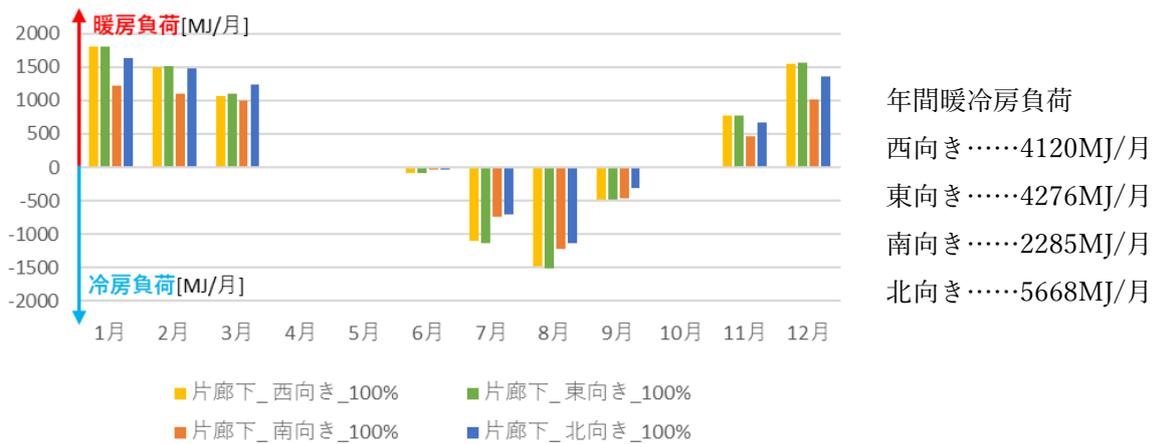


図 151 ガラス面積率 100%の時の各建物方位による 6F 研究室の暖冷房負荷

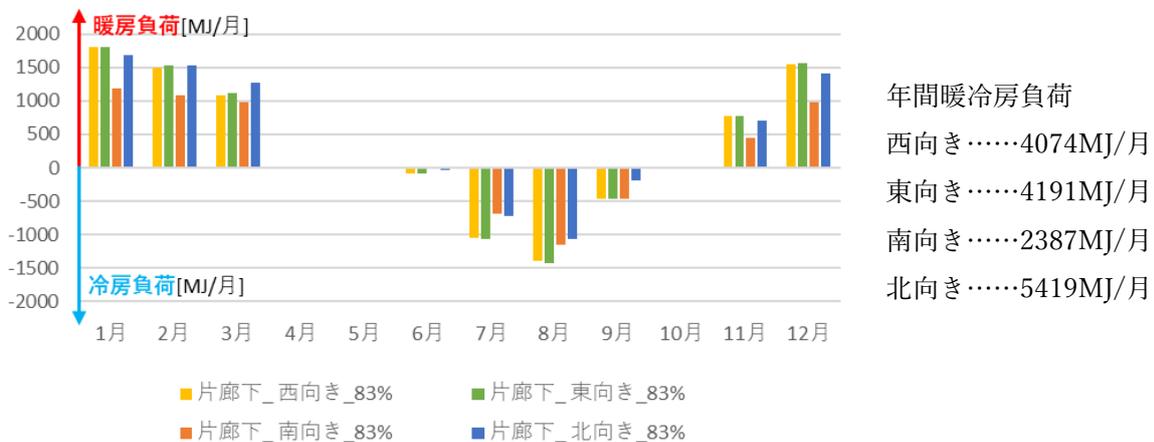


図 152 ガラス面積率 83%の時の各建物方位による 6F 研究室の暖冷房負荷

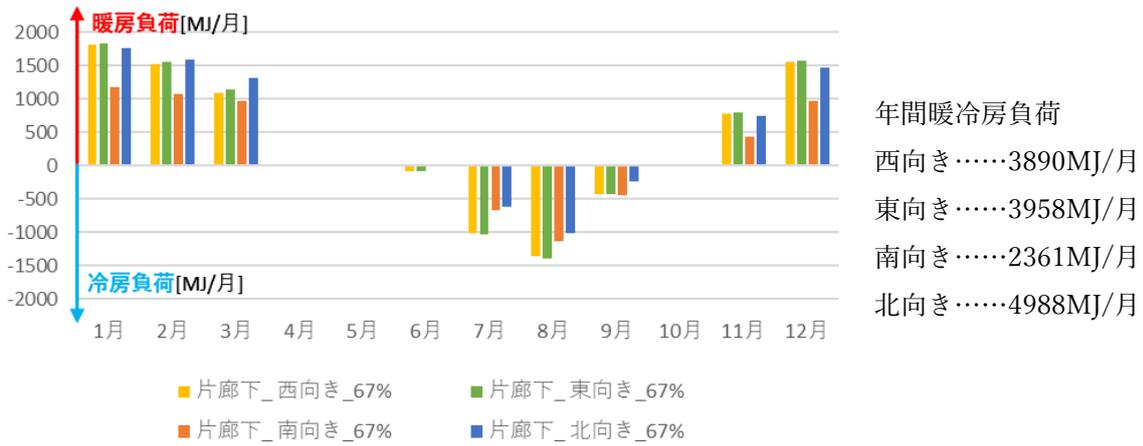


図 153 ガラス面積率 67%の時の各建物方位による 6F 研究室の暖冷房負荷

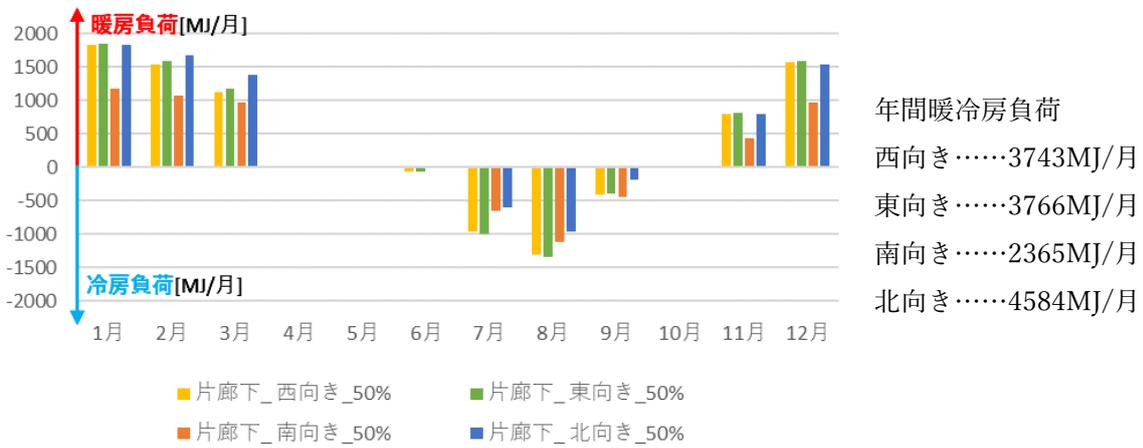


図 154 ガラス面積率 50%の時の各建物方位による 6F 研究室の暖冷房負荷

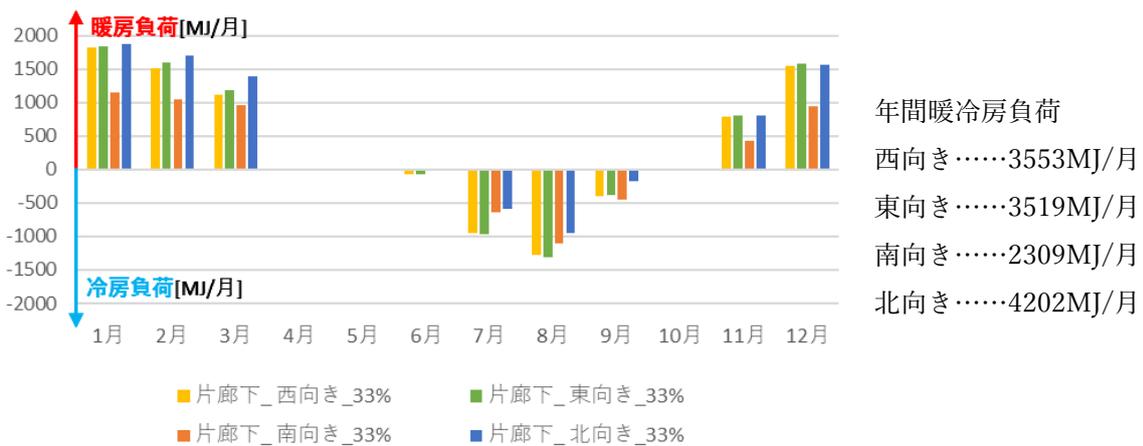


図 155 ガラス面積率 33%の時の各建物方位による 6F 研究室の暖冷房負荷

3.5 パラメータ③窓仕様の数値計算結果

単板ガラス 熱貫流率 $6\text{W/m}^2\text{K}$, 日射透過率 85.6%, 日射反射率 7.7%

ペアガラス 熱貫流率 $3.49\text{W/m}^2\text{K}$, 日射透過率 73.7%, 日射反射率 13.4%

遮熱シート 熱貫流率 $4.5\text{W/m}^2\text{K}$, 日射透過率 54%, 日射反射率 25%

3.5.1 冷房期の片廊下の時系列温度変化

図 156~160 に冷房期の各ガラス面積率の時の窓仕様による 6F 片廊下 T_a の時系列気温変化をそれぞれ示す。

図 156~160 で窓ガラス面積率の減少に伴い、日最高気温の温度低下が各窓仕様で確認出来る。また図内の 8/6 及び 8/8 の曇りの日と 8/7 の晴れの日共に窓仕様間での温度差が見られた。日最高気温が最も大きくなる窓仕様は複層ガラス(ペアガラス)で、その次に単板ガラス、遮熱シート有の順となった。複層ガラス(ペアガラス)の日最高気温が最も高くなったのは、熱還流率が小さくなる事で断熱性が高まり外へ逃げる熱が他の窓仕様と比較して少なくなった為と考えられる。反対に遮熱シート有では片廊下内への日射の侵入を防ぐ為日最高気温が他の窓仕様と比較して小さくなったと考えられる。

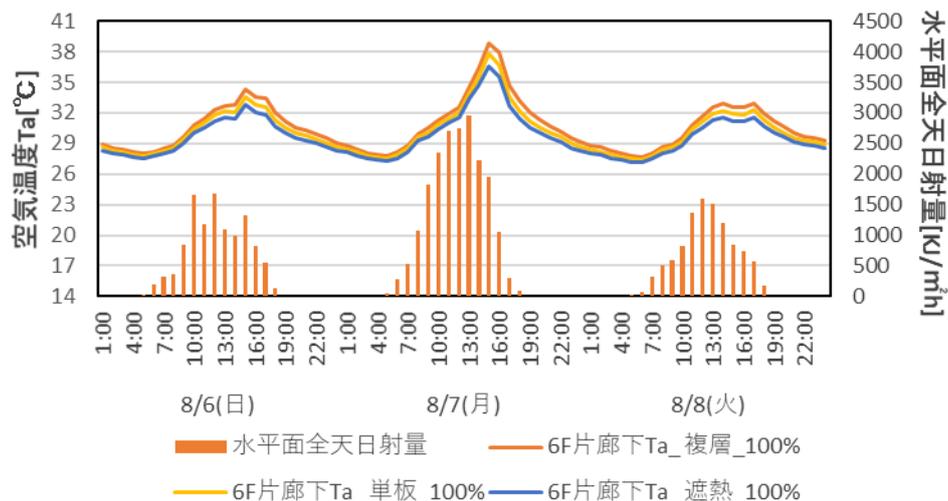


図 156 冷房期：ガラス面積率 100%の時の窓仕様による 6F 片廊下 T_a の時系列気温変化

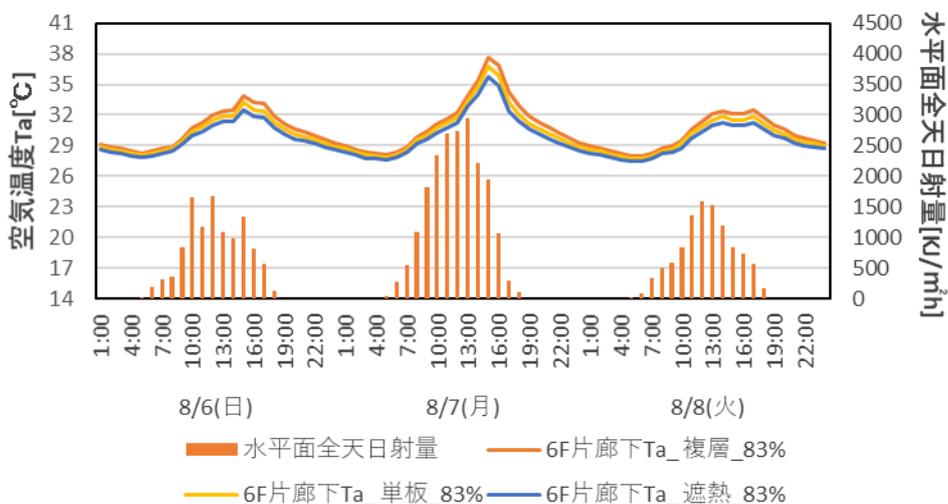


図 157 冷房期：ガラス面積率 83%の時の窓仕様による 6F 片廊下 T_a の時系列気温変化

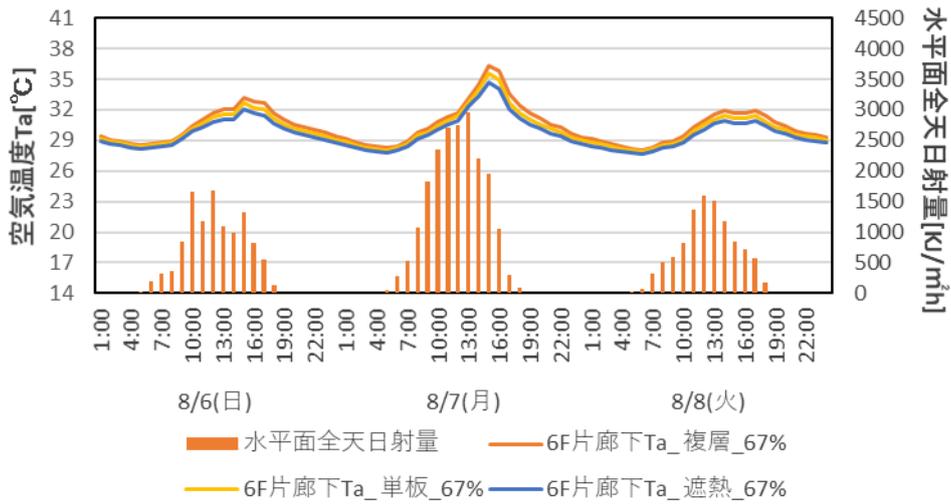


図 158 冷房期：ガラス面積率 83%の時の窓仕様による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

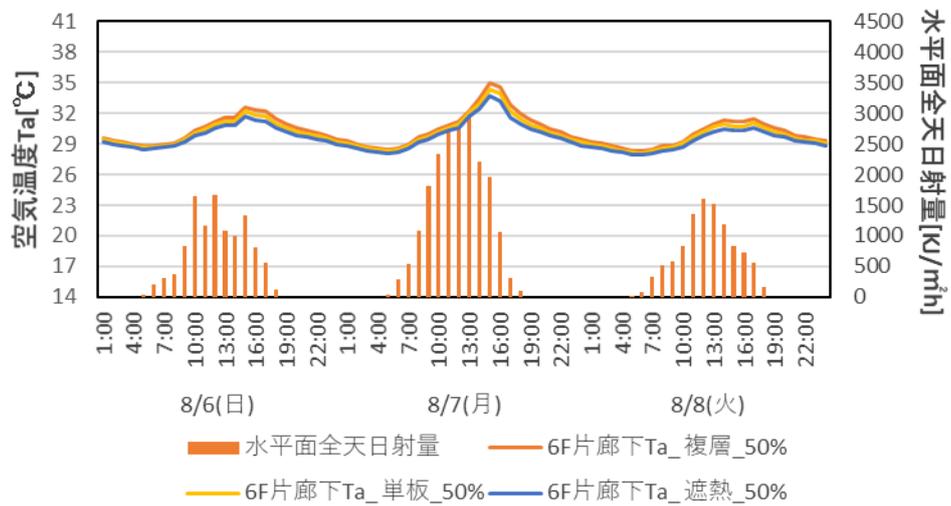


図 159 冷房期：ガラス面積率 83%の時の窓仕様による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

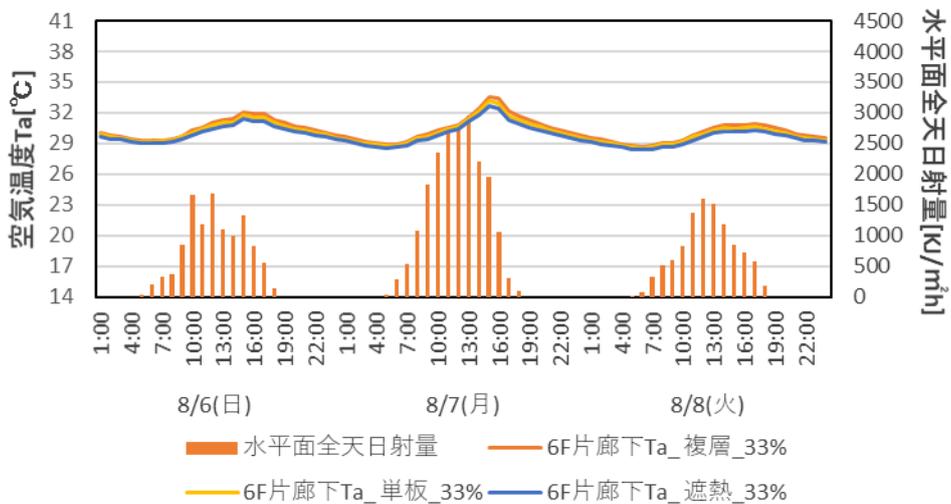


図 160 冷房期：ガラス面積率 83%の時の窓仕様による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

3.5.2 暖房期の片廊下の時系列温度変化

図 161～165 に暖房期の各ガラス面積率の時の窓仕様による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化をそれぞれ示す。

図 161～165 でこれまでと同様に窓ガラス面積率の減少に伴い、日最高气温の温度低下が各窓仕様で確認出来る。また図内の 8/6 及び 8/8 の曇りの日と 8/7 の晴れの日共に窓仕様間での温度差が見られ、日射量が多い程その温度差は大きくなる。日最高气温が最も高くなる窓仕様は複層ガラス(ペアガラス)で、その次に単板ガラス、遮熱シート有の順となった。遮熱シートは、夏場の片廊下内への日射の侵入を防ぐため温度低下を期待出来るが、日射量が少ない冬場では片廊下内に日射が入らない為他の窓仕様より片廊下内の温度が低くなる。

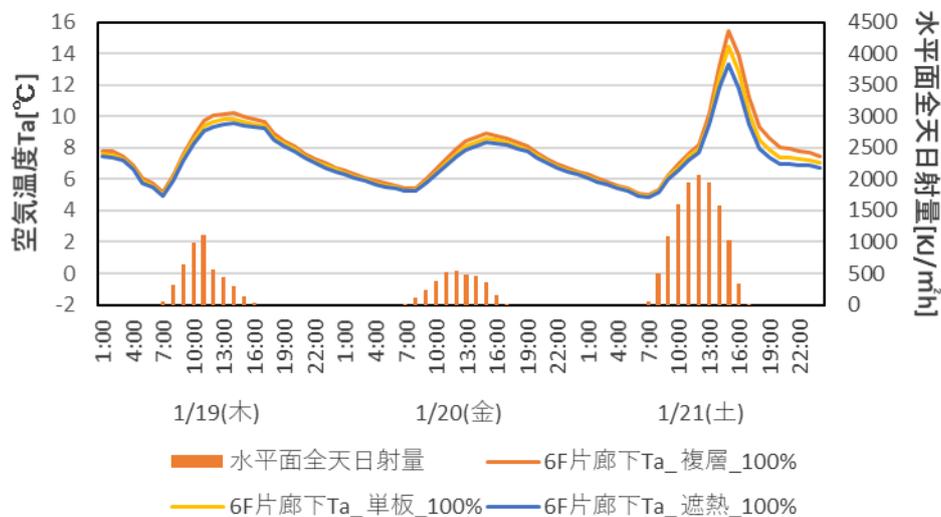


図 161 暖房期：ガラス面積率 100%の時の窓仕様による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

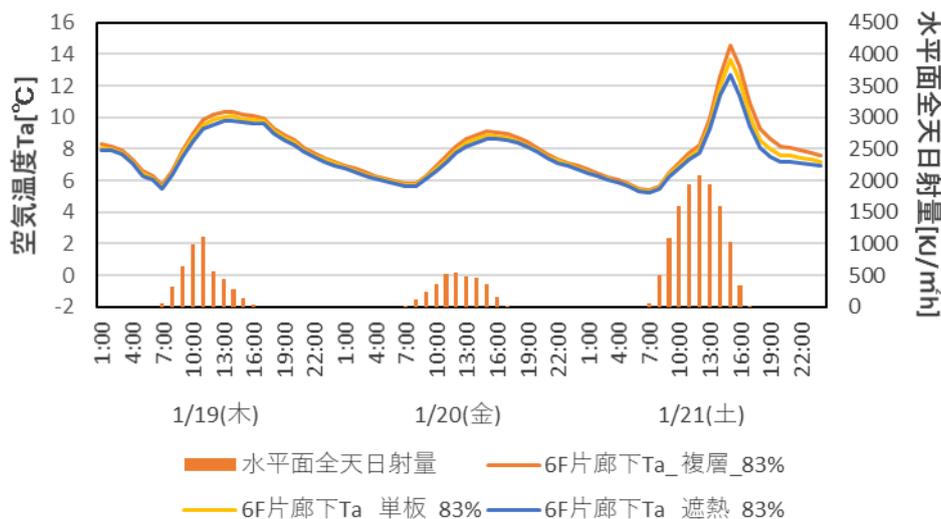


図 162 暖房期：ガラス面積率 83%の時の窓仕様による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

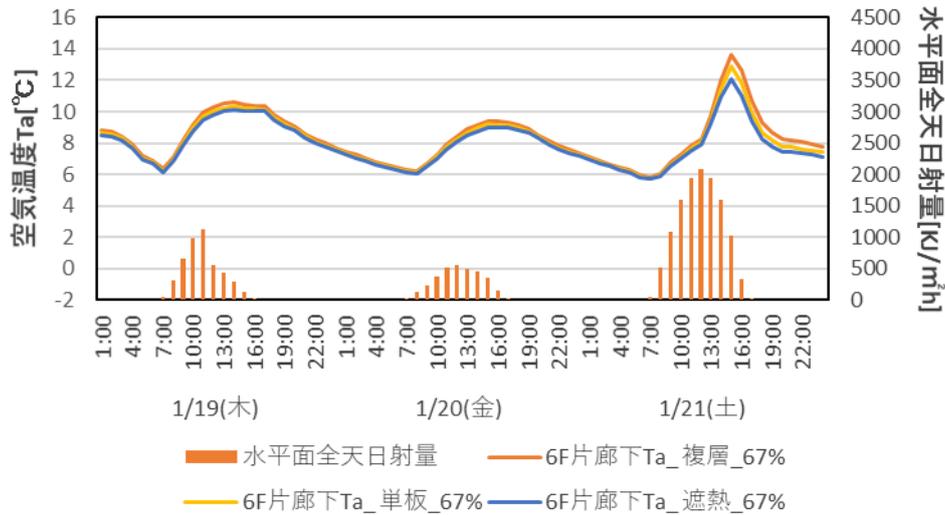


図 163 暖房期：ガラス面積率 67%の時の窓仕様による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

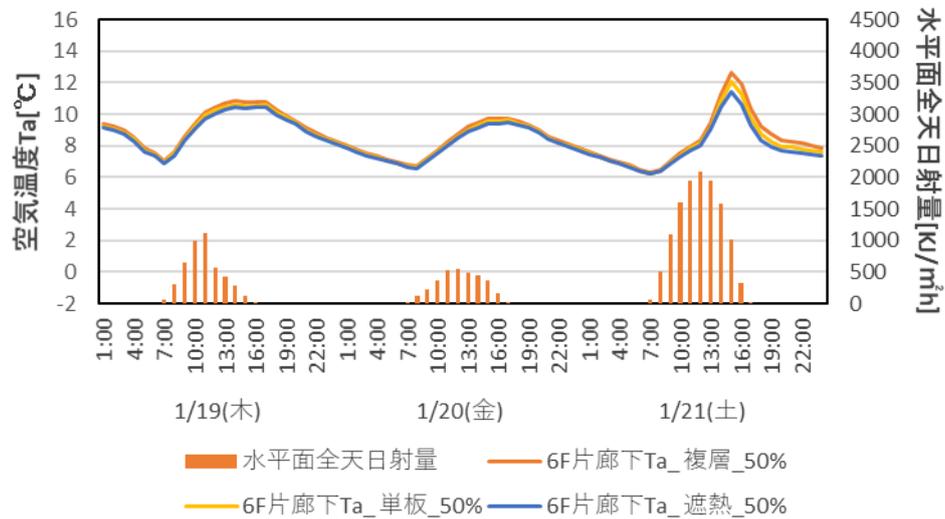


図 164 暖房期：ガラス面積率 50%の時の窓仕様による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

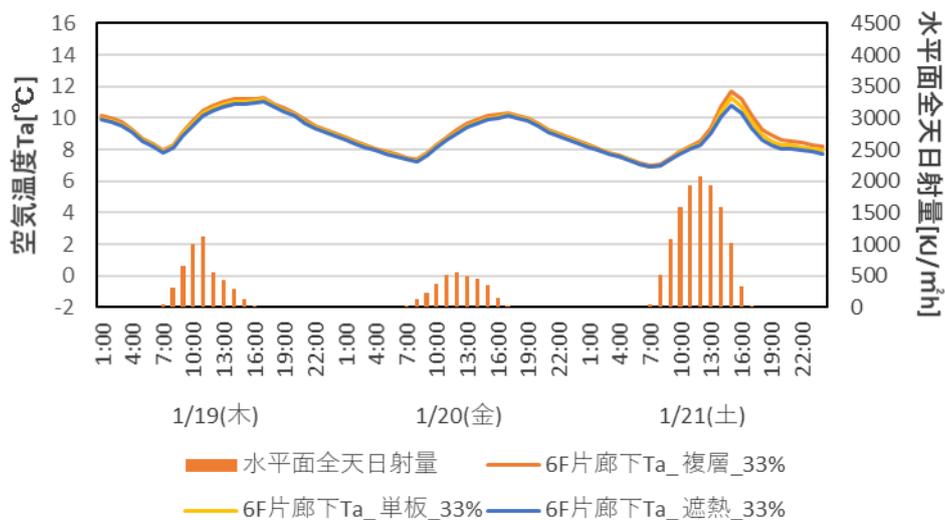


図 165 暖房期：ガラス面積率 33%の時の窓仕様による 6F 片廊下 Ta の時系列気温変化

3.5.3 研究室の暖冷房負荷

図 166～170 に各ガラス面積率(100%、83%、67%、50%、33%)の時の窓仕様による 6F 研究室の暖冷房負荷をそれぞれ示す。

図 166～170 で窓ガラス面積率の減少に伴い年間の暖冷房負荷が小さくなる事が確認出来る。また複層ガラス(ペアガラス)は単板ガラスと比較して冷房負荷が大きくなるが暖房負荷が小さくなる。逆に遮熱シート有では冷房負荷が小さくなり、暖房負荷が大きくなる。年間の暖冷房負荷を見た時、複層ガラスが最も小さく、遮熱シート有が最も大きくなる。片廊下の窓ガラス仕様やガラス面積率により研究室室の暖冷房負荷に影響があることが数値計算結果より定量的に把握した。

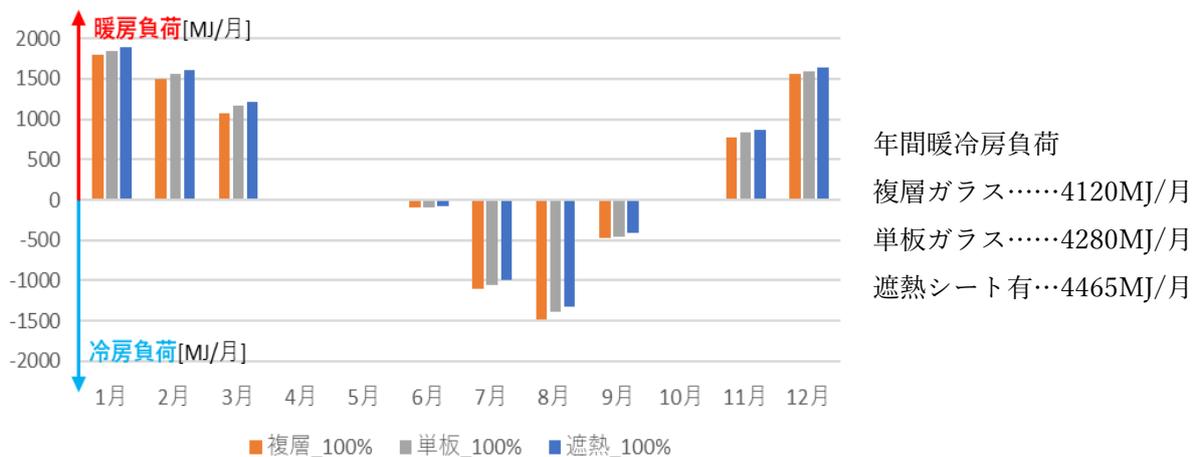


図 166 ガラス面積率 100%の時の窓仕様による 6F 研究室の暖冷房負荷

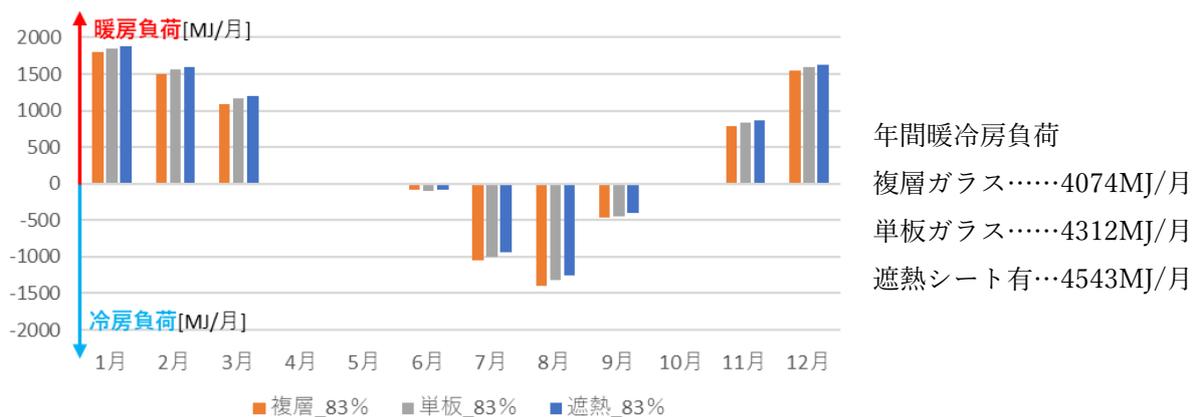


図 167 ガラス面積率 83%の時の窓仕様による 6F 研究室の暖冷房負荷

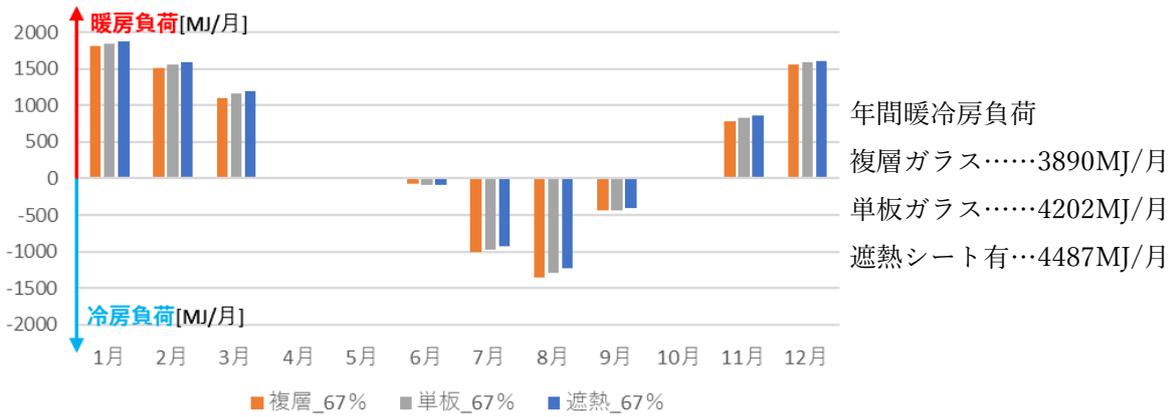


図 168 ガラス面積率 67%の時の窓仕様による 6F 研究室の暖冷房負荷

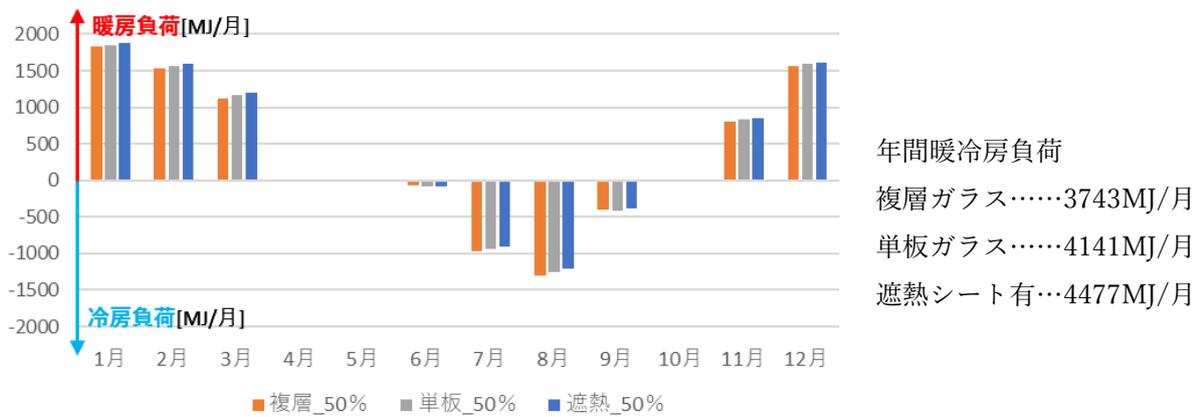


図 169 ガラス面積率 50%の時の窓仕様による 6F 研究室の暖冷房負荷

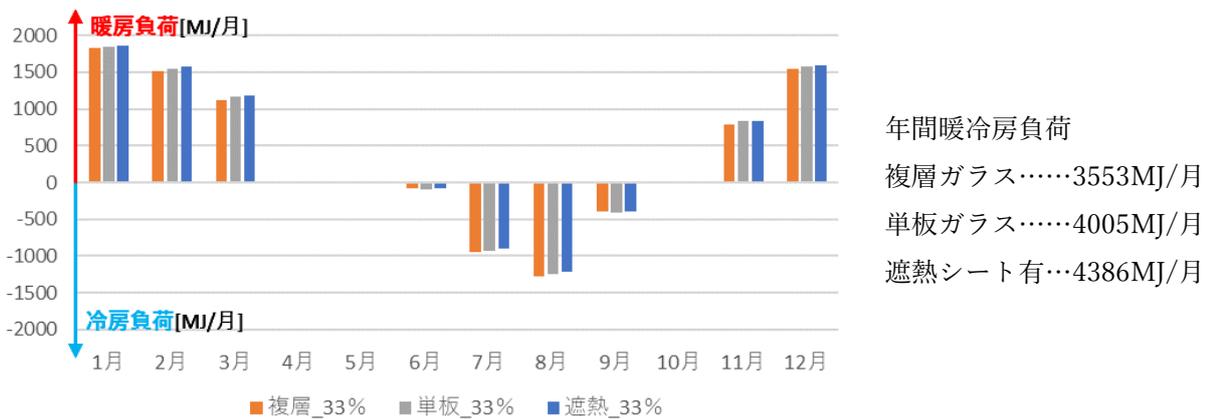


図 170 ガラス面積率 33%の時の窓仕様による 6F 研究室の暖冷房負荷

3.6 窓ガラス面積率と不満足率及び温熱環境との関係

第2章では聴覚障害を有する学生の心理量(開放感、安心感、窓ガラス面積の大きさの感じ方、見通し、許容度、満足度)が、片廊下の窓ガラス条件を変えた際にどのように変化するか明らかにした。またその空間の総合的な評価「満足度」に関して、全体の回答数に占める否定側申告者数の割合を不満足率として求めた。この不満足率に着目して、現状の壁無し：100%と比較して不満足率の差が比較的小さい窓ガラス条件を明らかにした。

第3章では片廊下の窓ガラス面積の大きさによる熱的影響を、建築伝熱・換気予測計算プログラム NETS (Network Model Simulation Program) で数値計算を行いその影響を定量的に明らかにした。計算時のパラメータは①ガラス面積率、②建物方位、③窓仕様とした。これらの条件の時の片廊下内の空気温度や研究室内の暖冷房負荷を求めた。

本章では第2章の視環境評価結果と第3章の窓ガラス面積の大きさによる熱的影響の関係性を述べる。まず熱的影響については、各ガラス面積率の時に建物方位又は窓ガラスの仕様を変更したとき時の8月の月平均最高気温と1月の月平均最低気温を求めた。この平均を算出する際、片廊下が主に使用される9:00~18:00の時間帯の最高気温及び最低気温を抽出した。これらの結果と視環境評価実験より明らかにした不満足率との関係を検討する。

3.6.1 不満足率と建物方位による熱的影響との関係

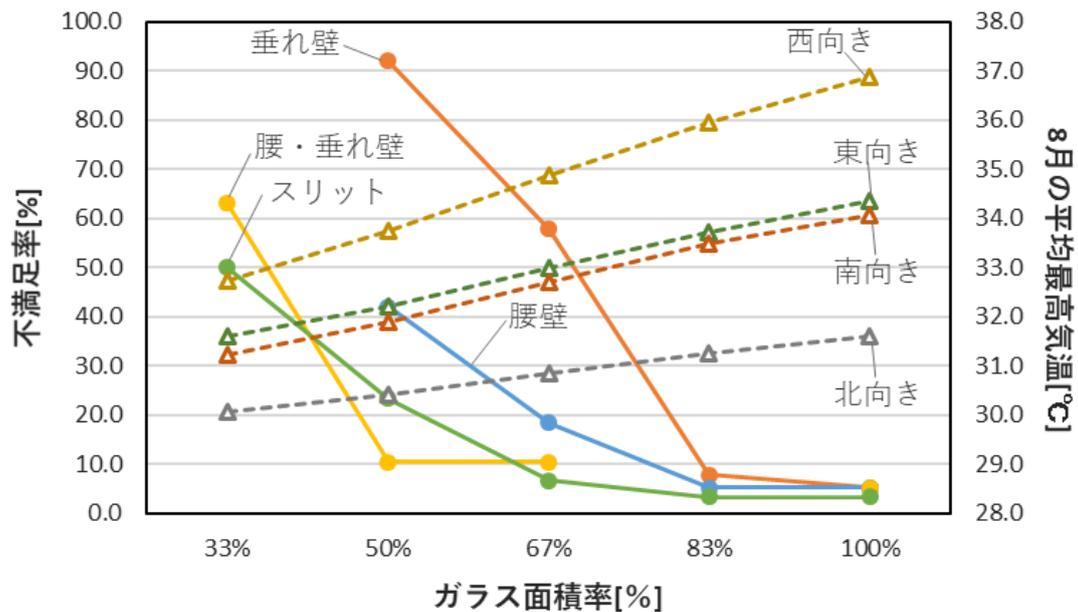


図 171 不満足率と各建物方位の時の 8 月の月平均最高気温の関係

表 40 壁無し：100%と不満足率の差が小さい窓ガラス条件での最高気温と温度差

	壁無し	垂れ壁	腰壁	スリット	腰・垂れ壁
	100%	83%	83%	67%	50%
西向き	36.9 (+-0)	36.0 (-0.9)	36.0 (-0.9)	34.9 (-2.0)	33.7 (-3.2)
東向き	34.4 (+-0)	33.7 (-0.7)	33.7 (-0.7)	33.0 (-1.4)	32.2 (-2.2)
南向き	34.1 (+-0)	33.5 (-0.6)	33.5 (-0.6)	32.7 (-1.4)	31.9 (-2.2)
北向き	31.6 (+-0)	31.3 (-0.3)	31.3 (-0.3)	30.9 (-0.7)	30.4 (-1.2)

図 171 に不満足率と各建物方位の時の 8 月の月平均最高気温の関係、表 40 に建物方位で壁無し：100%と不満足率の差が小さい窓ガラス条件の時の月平均最高気温と温度差を示す。ガラス面積率 100%以外の各ガラス面積率を n %とした時、表内のカッコ内の数字は、ガラス面積率 n % - ガラス面積率 100%の時の最高気温の温度差を算出した。n %は 100%

壁無し：100%と各窓ガラス条件の不満足率の差について、垂れ壁：83%、腰壁：83%、スリット 67%、腰・垂れ壁 50%までならガラス面積率が減少してもその差は比較的小さい。この時の各方位の 8 月の平均最高気温とガラス面積率 100%の時の最高気温の温度差は表 40 の通りである。どの建物方位でもガラス面積率が減少することで、8 月の月平均最高気温が減少する。特にガラス面積率の減少による温度低下が最も大きいのは西向きの時であった。

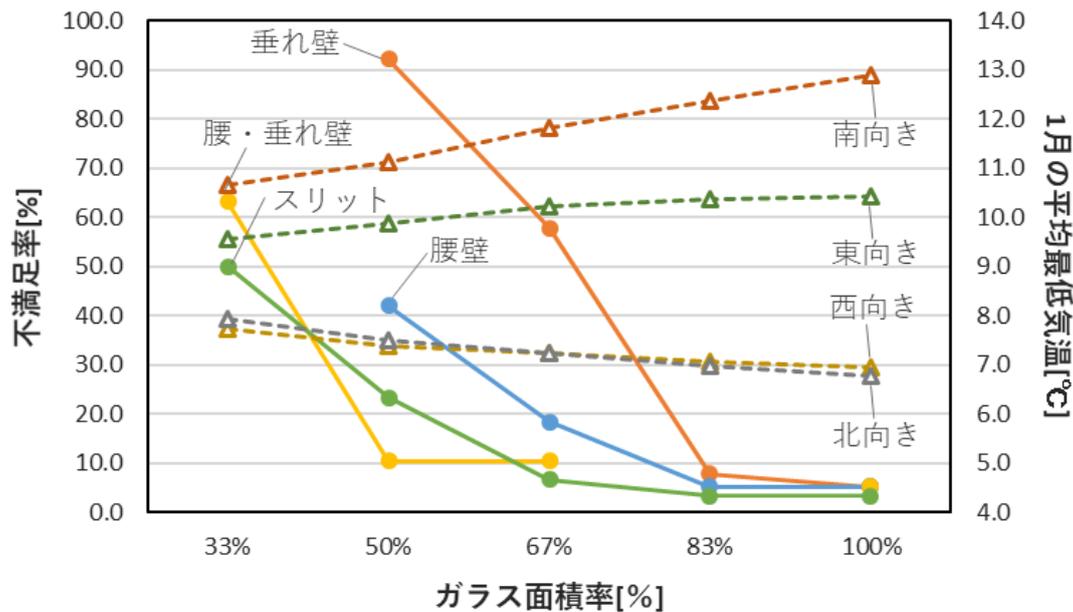


図 172 不満足率と各建物方位の時の1月の月平均最低気温の関係

表 41 壁無し：100%と不満足率の差が小さい窓ガラス条件での最低気温と温度差

	壁無し	垂れ壁	腰壁	スリット	腰・垂れ壁
	100%	83%	83%	67%	50%
西向き	6.9 (+-0)	7.1 (+0.2)	7.1 (+0.2)	7.2 (+0.3)	7.4 (+0.5)
東向き	10.4 (+-0)	10.4 (+-0)	10.4 (+-0)	10.2 (-0.2)	9.9 (-0.5)
南向き	12.9 (+-0)	12.4 (-0.5)	12.4 (-0.5)	11.8 (-1.1)	11.1 (-1.8)
北向き	6.8 (+-0)	7.0 (+0.2)	7.0 (+0.2)	7.2 (+0.4)	7.5 (+0.7)

図 172 に不満足率と各建物方位の時の1月の月平均最低気温の関係、表 41 に建物方位で壁無し：100%と不満足率の差が小さい窓ガラス条件の時の月平均最低気温と温度差を示す。ガラス面積率 100%以外の各ガラス面積率をn%とした時、表内のカッコ内の数字は、カッコ内はガラス面積率 n%-ガラス面積率 100%の時の最低気温の温度差を算出した。

壁無し：100%と各窓ガラス条件の不満足率の差について、垂れ壁：83%、腰壁：83%、スリット 67%、腰・垂れ壁 50%までならガラス面積率が減少してもその差は比較的小さい。この時の各方位の1月の平均最低気温とガラス面積率 100%の時の最低気温の温度差は表 41 の通りである。建物方位が西向きと北向きの時は、ガラス面積率の減少に伴い最低気温の上昇が見られた。しかし、南向き又は東向きの時はガラス面積率が減少すると最低気温が低下していく。

3.6.2 不満足率と窓仕様による熱的影響との関係

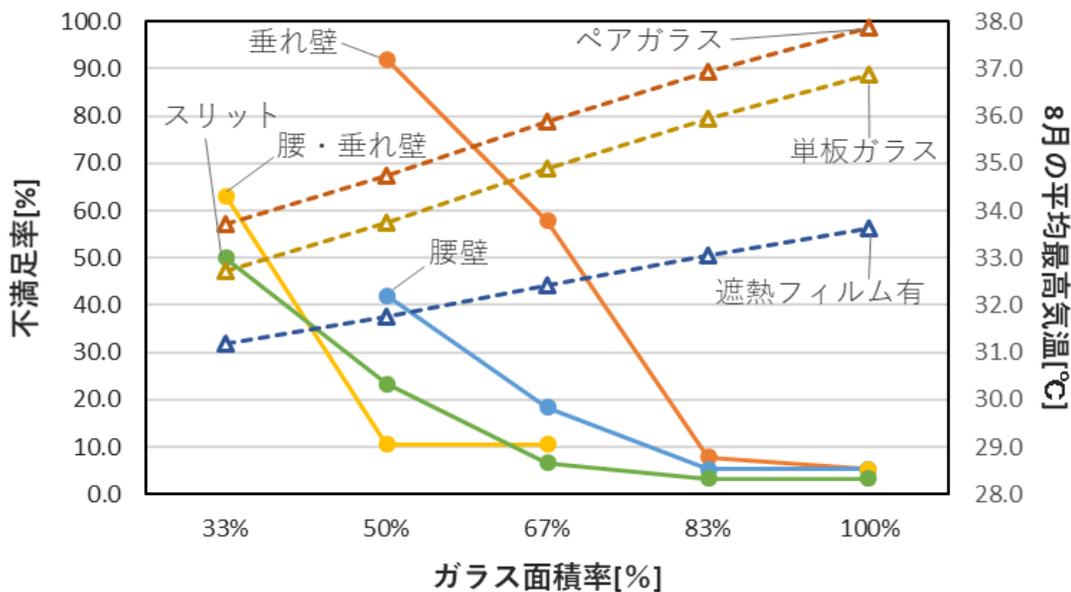


図 173 不満足率と各窓仕様の時の 8 月の月平均最高気温の関係

表 42 壁無し：100%と不満足率の差が小さい窓ガラス条件での最高気温と温度差

	壁無し	垂れ壁	腰壁	スリット	腰・垂れ壁
	100%	83%	83%	67%	50%
単板ガラス	36.9 (+-0)	36.0 (-0.9)	36.0 (-0.9)	34.9 (-2.0)	33.7 (-3.2)
ペアガラス	37.9 (+-0)	37.0 (-0.9)	37.0 (-0.9)	35.9 (-2.0)	34.7 (-3.2)
遮熱フィルム有	33.6 (+-0)	33.1 (-0.5)	33.1 (-0.5)	32.4 (-1.2)	31.7 (-1.9)

図 173 に不満足率と各窓仕様の時の 8 月の月平均最高気温の関係、表 42 に壁無し：100%と不満足率の差が小さい窓ガラス条件の時の月平均最高気温と温度差を示す。ガラス面積率 100%以外の各ガラス面積率を n%とした時、表内のカッコ内の数字は、カッコ内はガラス面積率 n%-ガラス面積率 100%の時の最高気温の温度差を算出した。

壁無し：100%と各窓ガラス条件の不満足率の差について、垂れ壁：83%、腰壁：83%、スリット 67%、腰・垂れ壁 50%までならガラス面積率が減少してもその差は比較的小さい。この時の各窓仕様の 8 月の平均最高気温とガラス面積率 100%の時の最高気温の温度差は表 42 の通りである。各窓仕様でガラス面積率が減少することで、8 月の月平均最高気温が減少する。最も月平均最高気温が低かったのは遮熱フィルム有であった。

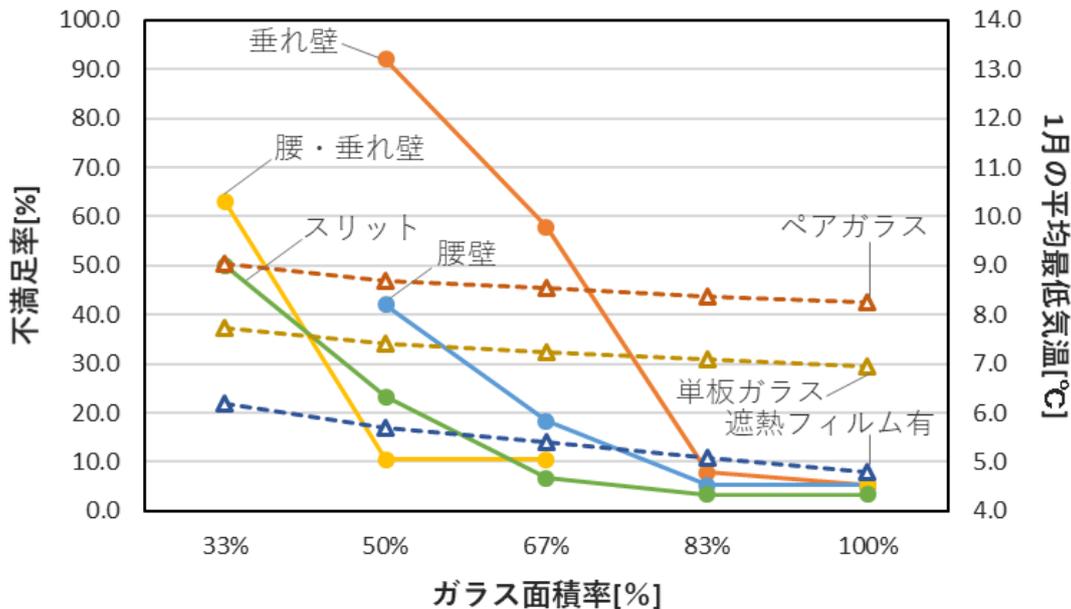


図 174 不満足率と各窓仕様の時の 1 月の月平均最低気温の関係

表 43 壁無し：100%と不満足率の差が小さい窓ガラス条件での最低気温と温度差

	壁無し	垂れ壁	腰壁	スリット	腰・垂れ壁
	100%	83%	83%	67%	50%
単板ガラス	6.9 (+-0)	7.1 (+0.2)	7.1 (+0.2)	7.2 (+0.3)	7.4 (+0.5)
ペアガラス	8.2 (+-0)	8.4 (+0.2)	8.4 (+0.2)	8.5 (+0.3)	8.7 (+0.5)
遮熱フィルム有	4.8 (+-0)	5.1 (+0.3)	5.1 (+0.3)	5.4 (+0.6)	5.7 (+0.9)

図 174 に不満足率と各窓仕様の時の 1 月の月平均最低気温の関係、表 43 に壁無し：100%と不満足率の差が小さい窓ガラス条件の時の月平均最低気温と温度差を示す。ガラス面積率 100%以外の各ガラス面積率を n%とした時、表内のカッコ内の数字は、カッコ内はガラス面積率 n%-ガラス面積率 100%の時の最低気温の温度差を算出した。

壁無し：100%と各窓ガラス条件の不満足率の差について、垂れ壁：83%、腰壁：83%、スリット 67%、腰・垂れ壁 50%までならガラス面積率が減少してもその差は比較的小さい。この時の各方位の 1 月の平均最低気温とガラス面積率 100%の時の最低気温の温度差は表 43 の通りである。各窓仕様でガラス面積率が減少することで、1 月の月平均最低気温が高くなる。最も月平均最低気温が高いのはペアガラスの時であった。

3.6.3 まとめ

片廊下のガラス面積による学生の心理量と熱環境との関係を実験及び計算により明らかにした。ガラス面積率が小さくなると視環境の不満足率が指数関数的に増加するが、8月の月平均最高気温の低下及び1月の月平均最低気温の上昇し温熱環境的に改善が見られた。この計算条件で現状の西向きから建物方位を変えた場合、各方位で8月の月平均最高気温の低下が見られるが、1月の月平均最低気温の上昇は西向きと北向きのみで見られた。同じように、現状の単板窓ガラスの仕様を変更して計算を行った場合、各窓ガラス仕様で8月の月平均最高気温の低下と1月の月平均最低気温の上昇し全体的に温熱環境の改善が見られた。不満足率がガラス面積率100%の時とあまり変わらないガラス面積率の条件で設計し、温熱環境を改善するのも1つの方法と考えられる。

第 4 章 総括

第4章 総括

第1章 序論

聴覚障害者に配慮された建築設計に、1~6F建てで構成され、各階の片廊下と同レベルの高さに他棟へと通じる外通路が並行して配置された筑波技術大学天久保キャンパスの例がある。加えて、片廊下の外皮を床から天井の高さまで透明単板ガラスで構成することで、片廊下と外通路間でも相互に見通す事が可能となり、片廊下と外通路にいる人同士で手話等によるコミュニケーションも可能となる。聴覚障害を有する学生の耳からの情報不足を、視覚的に補うことが容易になると考えられている。しかし、片廊下には空調がなく、外部とガラス1枚で広い面積を接している為、温熱環境的には日射や外気温などの外部の影響を受け易く、夏の暑さや冬の寒さだけでなく、片廊下に隣接する研究室の空調エネルギー消費量とも無関係ではない。温熱環境改善案として外皮のガラス面積を減少する方法が考えられるが、ガラス面積と利用者の心理量との関係については明らかにされていない。本研究では片廊下の現状のガラス面積を種々変えた際、本学部の学生の心理量がどのように変化するかを明らかにするとともに、そのガラス面積を変えた場合の片廊下への温熱環境の影響を把握する事を目的とした。

第2章 片廊下のガラス面積率と設置パターンが聴覚障害を有する学生の心理量へ及ぼす影響

聴覚障害を有する学生を被験者として、筑波技術大学天久保キャンパス4階片廊下の窓ガラスを変更条件とした視環境評価実験を行った。窓ガラスの変更条件は、5種類の壁種類（壁無し、腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁、スリット状に配置した壁）とガラス面積率(33%、50%、67%、83%、100%)を組み合わせて、4F外通路から片廊下を見た時と、片廊下から外通路を見た時の視環境について主に「開放感」、「安心感」、「窓ガラス面積の大きさの感じ方」、「見通し」、「許容度」、「満足度」についてそれぞれ評価してもらった。以下にこれらの結果の要点を示す。また、視環境評価実験はREAL実験とVR実験の2種類を実施しており、これらの結果の比較についても述べる。

「開放感」…他の壁種類と比較して垂れ壁は開放感が損なわれやすい。

「安心感」…腰壁：66%、垂れ壁：83%、腰・垂れ壁：50%までは壁無し：100%の評価平均値との差が小さい。しかし、このガラス面積率より減少すると、腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁の評価平均値が不安側になる傾向が見られた。

「窓面積」…壁種類に関係なくガラス面積率が減少すると大きさの感じ方も狭く感じる結果となった。但し垂れ壁は同じ面積率でもほかの壁種類よりも狭く感じる傾向にあった。

「見通し」…全体的な傾向として、同じガラス面積率で見通しの良い壁種類は、腰・垂れ壁、スリット、腰壁、垂れ壁の順に良い傾向にあった。また片廊下から外通路を見た時、スリット：50%と67%間で評価平均値の差がほとんど見られなかった。

「廊下の幅と高さ」…廊下の幅の感じ方で壁種類ごとに大きな差は見られなかったが、高さの感

じ方については垂れ壁がほかの壁種類よりも低い側に感じる傾向にあった。

壁無し：100%と各窓ガラス条件での有意差

壁無し：100%と各窓ガラス条件の不満足率の有意差をカイ二乗検定より検定を行った。有意水準が1%とした時それを下回り有意差が見られた窓ガラス条件は、外通路は垂れ壁：67%と50%、腰壁：50%、腰垂れ壁：33%、スリット：50%と33%で有意差が見られた。片廊下は、垂れ壁：67%と50%、腰壁：50%、腰垂れ壁：33%、スリット：33%で有意差が見られた。

外通路から片廊下を見た時

外通路から片廊下内のヒトを見た時に見えなくなる範囲について、腰壁：83%と腰・垂れ壁：67%では床から疑似壁高さが $h = 400$ mmでヒトの膝の高さ付近まで見えなくなる。同様に腰壁：67%と腰・垂れ壁：50%は床から疑似壁高さが $h = 800$ mmでヒトの腰の高さ付近となり、腰壁：50%と腰・垂れ壁：33%では床から疑似壁高さが $h = 1200$ mmでヒト胸の高さ付近までとなり、ヒトの身体の一部が見えなくなる。各評価項目の評価平均値に関して、壁種類毎で比較した時、各ガラス面積率で「垂れ壁」が最も評価平均値が低い傾向にあるという共通点が見られた。この理由にヒトの顔高さ付近の情報がガラス面積率の減少に伴い制限される事が影響したと考えられる。

片廊下から外通路を見た時

4F片廊下の中央にいるヒトを被験者の男女平均身長165.3 cmと想定した場合、視線高さ155 cmを基準高さとして、そこから5Fの外通路歩行者と視線を交わすのに必要な角度を a 角 $= 30^\circ$ 、3Fの外通路歩行者と視線を交わすのに必要な角度を b 角 $= 30^\circ$ とした時、その角度の合計は 60° となる。この a 角及び b 角に着目した時、垂れ壁：67%では a 角 $= 8.2$ と 30° を著しく下回る。50%では a 角と b 角共に 30° を下回る。腰壁：50%と腰・垂れ壁33%も b 角が 30° を下回っている。また、壁無し：100%と評価平均値の差が比較的小さい、垂れ壁：83%、腰壁：83%と67%、腰・垂れ壁67%の窓ガラス条件では a 角と b 角の合計角が 60° を上回り且つ、 a 角と b 角の角度が 30° を著しく下回っていない。これらの結果より、 a 角と b 角のどちらか、又は双方が 30° を下回りその合計角が 60° を下回る場合、各評価項目の評価平均値が低くなると予想される。

VR 実験結果と REAL 実験結果の比較

全体的な傾向として腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁の窓ガラス条件でREAL実験結果よりVR実験結果の方が良い側の評価となった。しかし、スリットの窓ガラス条件のみ、REAL実験結果とVR実験結果の差は比較的小さい結果であった。この理由にVR実験時の評価歩行距離が1つの可能性として考えられる。スリットのVR実験を行う際に、予備実験より「スリットは水平方向に連続して交互に窓と疑似壁が並ぶ為、歩行距離が短いと視環境評価が難しいという」意見を被験者より得ていた。よってスリットでは評価歩行距離が5mで行った。REAL実験結果よりVR実験結果に差が見られた腰壁、垂れ壁、腰・垂れ壁のVR実験の時は、実験環境の制限上3mの評価歩行距離しか確保できなかった。この2mの評価歩行距離の差が結果に影響したと予される。これだ

でなく、VR ヘッドセットの視野角が 110° であり現実空間でみる視野角と異なる事や、VR 実験モデルの再現率も影響したと考えられる。しかし、本研究では REAL 実験結果と VR 実験結果の差が見られるその原因を特定するには至らなかった為今後の課題と言える。

第3章 片廊下の窓ガラス面積の大きさによる熱的影響

ガラス面積率の減少が片廊下及び研究室の温熱環境に与える影響を、建築伝熱・換気予測計算プログラム NETS を使用して暖冷房期の数値計算を行った。この結果を用いて、現状の状態からガラス面積率の減少した時の8月の月平均日最高気温と1月の月平均日最低気温を求めた。次に、各ガラス面積率で建物方位や窓ガラスの仕様を変えた場合の熱的影響を明らかにした。また、ここでの日最高気温がと日最低気温は片廊下が主に使用される 9:00~18:00 の時間帯において抽出したものである。これらの結果と視環境評価実験より明らかにした不満足率との関係を最後に示した。

数値計算結果

片廊下の冷房期及び暖房期の温度変化について、冷房期では空気温度 T_a 、MRT、OT に大きさなさは見られなかったが、各温度指標で窓ガラス面積率が小さくなることで、特に晴れの日では日射量の侵入を制限することから温度上昇を小さくする効果を期待できる。冷房期同様に暖房期の空気温度 T_a 、MRT、OT に大きさなさは見られなかった。暖房期では窓面積が大きい程昼間は温度が高く、夜間から早朝にかけて最も下がる傾向にあった。この時間帯では窓を通しての熱の出入りが行われるた為、窓が大きくなるにつれ熱損失量が大きくなるのではないかと思われる。また建物方位や窓仕様を変えた時の温度変化や暖冷房負荷を定量的に明らかにした。建物方位のときでは、夏場は日最高気温が最も大きくなる方位は西向きであった。その次に南向き、東向き、北向きの順となった。冬場は日最低気温が最も大きくなる方位は南向きであった。その次に西向き、東向き、北向きの順となった。窓仕様のときでは、夏場は日最高気温が最も大きくなる窓仕様は複層ガラス(ペアガラス)で、その次に単板ガラス、遮熱シート有の順となった。冬場は複層ガラス(ペアガラス)で、その次に単板ガラス、遮熱シート有となった。

窓ガラス面積率と不満足率及び温熱環境との関係

片廊下のガラス面積による学生の心理量と熱環境との関係を実験及び計算により明らかにした。ガラス面積率が小さくなると視環境の不満足率が指数関数的に増加するが、8月の月平均最高気温の低下及び1月の月平均最低気温の上昇し温熱環境的に改善が見られた。この計算条件で現状の西向きから建物方位を変えた場合、各方位で8月の月平均最高気温の低下が見られるが、1月の月平均最低気温の上昇は西向きと北向きのみで見られた。同じように、現状の単板窓ガラスの仕様を変更して計算を行った場合、各窓ガラス仕様で8月の月平均最高気温の低下と1月の月平均最低気温の上昇し全体的に温熱環境の改善が見られた。不満足率がガラス面積率 100% の時とあまり変わらないガラス面積率の条件で設計し、温熱環境を改善するのも1つの方法と考えられる。

参考文献

- [1]長山健太 H27 筑波技術大学卒業論文
「大学施設における片廊下の温熱環境実態と 隣接研究室への熱的影響に関する研究」
- [2]須山直子 三浦寿幸 佐竹広希 山脇博紀 今井計
「デフスペースの室内環境計画に関する研究 その2 聴覚障害者に配慮された片廊下と外通路に関する P O E 調査結果」日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)2018年9月
- [3]清川清
「バーチャルリアリティにおける視覚提示技術」
知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌)Vol.19,No.4,pp.318-325(2007)
- [4]Fuzor 2019 VR 操作ガイド
- [5]SteamVR ソフト ルームセットアップの設定
- [6]真辺 春蔵 長町 三生「人間工学概論」P177 出版社：泉文堂 出版年：1992年
- [7]産総研情報・人間工学領域 日本人頭部寸法データベース 2001
<https://unit.aist.go.jp/hiri/dhrg/ja/dhdb/head/index.html>
- [8]奥山博康「建築物の熱回路網モデルに関する理論的研究」
1987年12月 早稲田大学博士論文
- [9]NETS-Club ホームページ>NETS 概要の NETS(熱・換気回路網モデル計算プログラム)
<http://www.nets-club.com/shim-lab/nets.html#s5>
- [10]金政秀、伊藤浩士、田辺新一
「ガラス建築群の将来予測モデルによるファサード熱性能に関する研究」
日本建築学会環境系論文集 第74巻 第646号 1283-1289 2009年12月
- [11]伊藤浩士、米田拓郎、川田康介
「東京都のガラス建築におけるファサード熱設計手法の設計意図と熱性能」
日本建築学会環境系論文集 第74巻 第646号 1347-1354 2009年12月
- [12]大西 由哲、奥山 博康、坂井 和秀
「交詢ビルディング・ダブルスキンの結露対策法とその検討」
日本建築学会大会学術講演梗概集 巻号 2004 481-482 2004年7月
- [13]熱・換気回路網計算プログラム NETS 用プリ/ポスト処理システム Netsgen/Netsout 操作説明書
- [14]NETS(熱・換気回路モデル) 詳細ページ
<http://www.nets-club.com/shim-lab/nets.html#top>
- [15]日本冷凍空調学会 66.PMV と PPD 指標
<https://www.jsrae.or.jp/annai/yougo/66.html>

謝辞

本論文は、筆者が筑波技術大学大学院技術科学研究科産業技術学専攻の修士課程において行った研究の成果をまとめたものである。本研究の遂行および本論文をまとめるにあたり、筑波技術大学産業技術学部産業情報学科 三浦寿幸教授には主指導教員として、筑波技術大学産業技術学部総合デザイン学科 山脇博紀 教授には副指導教員として終始懇切なるご指導およびご鞭撻を賜り、深く感謝申し上げます。

また、筑波技術大学産業技術学部産業情報学科 丹野格准教授には主査として、筑波技術大学産業技術学部総合デザイン学科 長島一道 教授と筑波技術大学産業技術学部産業情報学科 三浦寿幸教授には副査として、貴重な時間を割いて本論文をご精読頂き、多くのご指導およびご助言を頂きました。深く感謝申し上げます。

また視環境評価の REAL 実験を行う際にご助言を頂きました筑波技術大学産業技術学部産業情報学科 今井計 准教授に深く感謝申し上げます。

視環境評価実験に当たって貴重な時間を割いて被験者として快く協力して頂いた、筑波技術大学産業技術学部の在学生の皆さんに心より深く感謝致します。この協力なくして本研究は成り立ちませんでした。

視環境評価実験を行う際に補助として手伝ってくれた、筑波技術大学産業技術学部産業情報学科 H29 年卒の須山直子さんに心より深く感謝致します。

また、苦楽を共にし、励ましてくれた院生の皆さんに心から感謝いたします。特に学部時代からの同期である設楽明寿君には私生活・研究面共に大変お世話になりました。

最後に、本学大学院に進学するにあたり、快く進学も認め、研究生生活を様々な面で支え、いつでも温かい目で見守ってくださった両親に心から感謝いたします。