

# VR手法を用いた実験室内の視線分布と影響要因に関する解析

2022年3月修了 環境システム学専攻 47-206657 張宛瑩

指導教官：大島 義人 教授

キーワード：実験室、バーチャルリアリティー (VR)、視線解析

## 1. 緒言

### 1-1 背景

実験室は科学研究と技術革新のための中心であり、科学技術の発展と社会の進歩に重要な役割を担っている。特に大学の実験室の研究は、先端性・新規性が求められており、様々な実験において目的を達成するために条件を変化させて実験するなど、試行錯誤が特徴である。また実験によっては、高温高圧、急速凍結、レーザー、化学物質の使用など、作業の仕方によっては安全が脅かされる可能性がある。このように、大学の実験室では研究の遂行とリスクは表裏一体であり、創造性や活動性を損なわず、安全に実験を行うことが課題である<sup>[1]</sup>。

一方で、このような大学実験室の利用者は、初学者である学生、経験を積み重ねた博士課程の学生、スタッフ、教員などであり、経験はもちろんのこと、安全に対する認識や知識にも使用者間で差があることは言うまでもない。人は情報を収集するために五感を活用しており、その中でも視覚からの情報は約80%を占めると言われているほどに重要な要素である<sup>[2]</sup>。実験室においても同様であると考えられ、モノの状態や場の状況が変化した場合に、人の視覚を通じてそれをどのように認識されるのかを明らかにすることができれば、安全対策をはじめとする合理的な実験室計画に重要な知見となる。さらに、人の身分や経験、立場などの違いに基づいた、同じ条件の実験室に対する注視点の解析結果から、実験室内の人の視線をコントロールする可能性が拓け、創造性や活動性を損なわずに安全に実験を行うための実験室設計、安全教育・管理に関する基礎的知見が得られることが期待される。

### 1-2 目的

実験室の条件ごとの人の視線を解析し、注視するモノ、注視時間の変化から、身分ごとに実験室の条件から受ける影響を比較検討す

ることを目的とする。今回は通路幅の広さ、実験室にある物を着色、部屋の明るさといった各々の条件を持った実験室内を歩行する際の人の視線を解析した。さらに実験室の中に予め危険な場所を設定し、学生と巡視者の注視点、注視時間を比較することで、安全に対する認識を比較検討した。

### 1-3 本研究の特徴

検討にあたり、多様な実験室の環境（明るさ、通路の広さ、物の色など）を再現するためにバーチャル・リアリティー (VR) を採用した点が、本研究の最大の特徴の一つである。VRとは、現物・実物ではないが、機能としての本質は同じであるような環境を、ユーザーの五感を含む感覚を刺激することにより理工学的に作り出す技術およびその体系<sup>[5]</sup>であり、教育、娯楽、医療、航空宇宙、その他の分野で幅広く利用されている。VRでは、現実の世界では不可能または操作困難なことを実現することができるため、本研究に応用した場合、さまざまな実験室をVR空間上に再現し、設備や実験室の全体的な大きさ、色、位置の変更、照明の調整や、火災や煙の発生といった事故やトラブル発生のシミュレートといった、現実空間では容易に実現できない事象を再現することが可能となる。また、被験者の視線情報を取得するために、VR空間上でのアイトラッキング技術を組み合わせている点も、本研究の大きな特徴である。

## 2. 実験方法と解析

### 2-1 実験概要

各実験室条件（道の広さ、明るさ、物の色）において、被験者に視線追跡機能があるVRゴーグルを装着してもらった上で、VR実験室内で歩行してもらった被験者実験を行った。

## 2-2 VR実験室の作成

Blender を使用して作成した3D 実験室をUnity にインポートし、VR 実験室の準備とした。本実験で作成した実験室は、以下の5つである。

### 【VR 実験室のパターン】

標準ラボ(ラボ1)：化学実験室；実験装置、器具、薬品、雑貨などが置かれている。L×W×H: 9×7×2.7 m(図1)。

狭限ラボ(ラボ2)：ラボ1と置かれている物はのサイズを同じにして、部屋の縦横の長さを短くし、実験室通路を狭くした。L×W×H: 7.5×5×2.7m(図2)。

照明ラボ(ラボ3)：ラボ1のうち、半分の面積の照明を消した(図3)。

色彩ラボ(ラボ4)：ラボ1をベースに、1つ実験台上の薬品瓶のフタの内側を赤く塗り、コーナーの台車の一部を赤く塗った(図4)。

安全ラボ(ラボ5)：ラボ1に、実験室の安全に関するルールに違反する状態(表1)を意図的に11個配置した。

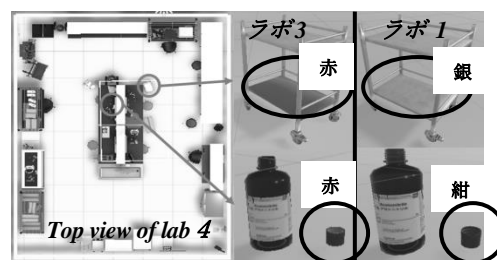


図4.色彩ラボ(ラボ4)

表1. 安全ラボ中の危険性のある物(ラボ5)

- 1, 床上的水漏れ
- 2, 棚上固定されていない箱
- 3, 固定されていないボンベ
- 4, たたんでいない梯子
- 5, 通路上のケーブル1
- 6, ヒュームフード中蓋のない薬品瓶
- 7, ヒュームフード使用中の注射器
- 8, ロックされていない薬品棚
- 9, 落下する可能性のある万力
- 10, 通路上のケーブル2
- 11, 実験台上の私物(カバン)



図1.標準ラボ(ラボ1)



図2.狭限ラボ(ラボ2)



図3.照明ラボ(ラボ3)

## 2-3 被験者実験

被験者は、東京大学大学院柏キャンパスの学生11名(B4:2, M1:1, M2:5, D1:2, D2:1、いずれも化学系実験の経験がある者)と、衛生管理者の視覚を持ち、職場巡視などの安全管理を業務とする安全管理者(3名)である。具体的な実施手順は、以下の通り。

Step 1: 被験者には、視線追跡機能を持つVRメガネを装着してもらい、キャリブレーションしてから仮想空間に入り、VR設備と実験環境に慣れるため、1分間自由に歩かせる。

Step 2: ラボ5に入り、被験者は「この実験室で実験室の安全上問題があるかどうか」の観点で歩かせる。

Step 3: ラボ1~4の順で、被験者にVR実験室内を歩かせる。

## 2-4 データの処理

被験者がラボ1~5を訪れると、注視点の座標(x, y, z)と時間が記録され、Excelシートに保存される。データを処理する際、座標データを「rinary graph 3d」に入力し、視点を空間分布に変換した。これにより、注視点の座標にあったモノ(注視されたモノとして定義)ごとの注視時間を算出した。

### 3. 結果と考察

#### 3-1 場やモノの条件変化による注視行動の変化

学生 11 名の被験者について、ラボ 2、ラボ 3 の実験室と標準ラボの結果を比較することにより、通路の広さや部屋の明るさが視線分布に及ぼす影響について調べた。また、部分的にモノの色を変化させたラボ 4 の結果をもとに、色が視線に及ぼす影響を調べた。

##### (1) 通路の広さの影響

実験室での通路の広さが注視行動に与える影響について、通路幅が異なるラボ 1 とラボ 2 の結果を解析した。その際、被験者の視線の高さを上：実験台棚から天井まで（1.8～2.7m）中：実験台から実験台棚まで（0.8～1.8m）下：床から実験台まで（0～0.8m）として分類した。

各被験者の歩行中の視線の高さの割合を図 5 に示す。また表 2 は、図 5 の結果をもとに、通路幅が狭くなったことによる視線の高さの変化の傾向を、人数で示したものである。これらの結果から、進路が狭くなると、全体として視点の分布が上向きになる傾向があることがわかった。

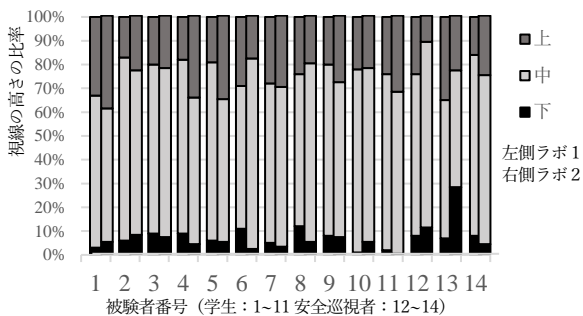


図 5. 通路幅が視点の高さ分布に与える影響

表 2. ラボ 1 と比較し、ラボの 3 部分の視線分布率の人数変化 (学生)

人数	増加	一致	減少
上	7	1	3
中	2	2	7
下	3	0	8

通路幅に関しては、労働安全衛生規則によって、機械間又はこれと他の設備との間に設

ける通路幅を 80 cm 以上取ることが定められている<sup>[3]</sup>。これは通路における人同士の接触回避や、作業におけるスペース確保といった、安全性向上のための直接的な対策が主な目的である。今回の結果は、通路の幅が変化することによって、視線の高さが変わるという間接的な影響があることを示唆するものであり、実験室計画において有用な知見となる可能性がある。但し、今回の実験では、作業台と壁等の幅を通路幅と定義しているのに対し、実際の実験室で、床にモノが置かれている等の理由で通路が狭くなるケースも多く、この場合には、むしろその障害物を見る行為が増えるのではないかと予想されるため、通路幅の変え方に関するさらなる検討が必要であると考える。

##### (2) 部屋の明るさの影響

実験室での明るさが注視行動に与える影響について調べた。具体的には、ラボ 1 の半分の面積の明るさを落としたラボ 3 について、明るさを落としたエリアにある 10 個のモノを選び、ラボ 1 とラボ 3 で被験者がそれぞれの物体を見る時間の長さを記録した。結果を図 6 に示す。

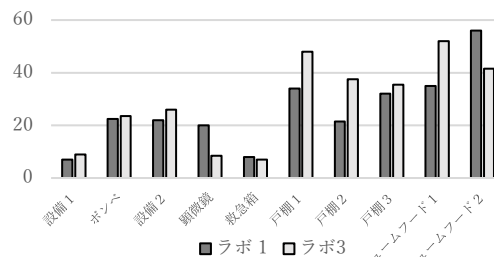


図 6. 全学生が各物を見た時間の合計



図 7. 戸棚 1、2、3；ヒュームフード 1、2

図 6 より、全体として、モノごとの注視時間の長さは明るさが変わっても大きくは変化せず、長く見られるモノは明暗に寄らず長く見られるし、注視時間の短いモノは、明暗によらず短い傾向を示した。但し、部屋が明るい時に比較的好く見られていたモノの方が、部屋が暗くなった時により長く見られている

傾向があることがわかった。また、部屋が暗くなった場合に注視時間の増加が比較的顕著であった戸棚やヒュームフード（図 7）は、モノが中に入っているように配置しているため、暗くなった際に中のモノをよく見ようとして、注視する時間が長くなったのではないかと推測している。

### (3) モノの色による影響

ラボ 1 において、床に置いてある台車（銀色）と実験台の上に置いてある試薬瓶のキャップ（紺色）の色を、個々赤色に変化させ、これらのモノを注視した人数と全員の注視時間の合計を算出した。結果を図 8 に示す。

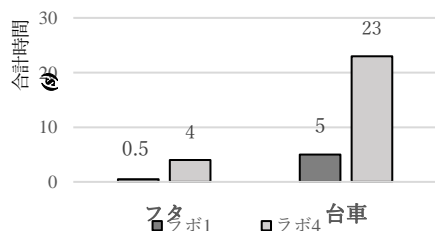


図 8. 物体の色が注視動作に与える影響

この結果より、台車のような通路に置かれている大きなモノは、色を付けることによって、より注視されやすくなる傾向がわかった。一方で、試薬瓶のキャップのように、小さくて目立たないモノに関しては、色を付けることによって注視する人数は増えてはいるが、必ずしも多くの人が見るとは限らないことがわかった。今回の実験では、キャップは黒い実験台の上に置かれていたので、大きさだけではなく色のコントラストも目立ちやすさに影響があることが予想されるため、今後は色を様々に変化させて、注視行動への影響を調べる必要があると考えている。

台車のように比較的大きいモノについては、色を変えたことでほとんど全ての被験者が見るようになった。このことを拡張して考えると、実験室のエリア全体に色づけを行うことで、作業車の視覚を通じた行動への影響があることが期待され、実験室計画に有用な知見となる可能性が期待される。

### 3-2 被験者の身分による注視行動の変化

ラボ 5 に配置されている 11 個の危険な状態（表 1）を注視する時間を、学生と安全管理者で比較した。各箇所についての平均注視時

間の比較を図 9 に示す。

安全管理者の被験者数が少ないことは考慮に入れる必要はあるが、この図より、安全管理者は学生よりも危険な状態を注視する時間

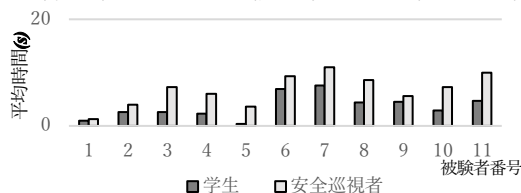


図 9. 危険物を見ていた平均時間

が明らかに長くなることが示された。この 11 箇所以外のモノについては、注視時間に学生と安全管理者で系統的な違いがないことを確認している。但し、3-1(1)で学生を対象に行った実験では、通路を狭くすると視線が上に向く傾向が見られたが、安全管理者については必ずしもこのような傾向は見られなかった。安全管理者が実験室を見る場合、モノの危険性を抽出する観点で見るために、学生の目線とは違う傾向を示したと考えられる。

## 5. 結論

本研究では、VR 技術とアイトラッキング技術を組み合わせ、実験室の環境や人の立場の違いが注視行動に及ぼす影響を検討した。VR 技術をもちいた仮想実験室は、実際の実験室で容易に変更することが難しいレイアウトや照度、色などを容易に変化させることができるため、実験者行動に対する様々な条件の依存性を調べるための有効な手段となることが示された。また、今回の研究を通じて、これまで詳細に解析されていなかった影響要因に関する知見が得られたことから、実験室の安全性向上のための具体策が提案できる可能性が示された。

今後は、各項目についてのより詳細な検討を進めるとともに、被験者の数や種類を増やすことによって、実験室設計や安全教育・管理に活きる知見として展開することが期待される。

[1]大島, 義人, 実験研究の安全構造に関する科学的アプローチの重要性—環境と安全—Vol.8, No.3, 83-89, 2017  
 [2]加藤, 宏, 「視覚は人間の情報入力 of 80%」説の来し方と行方—筑波技術大学テクニカルレポート, Vol.25 (1), 95-100, Dec. 2017  
 [3]e-GOV 法令検索 労働安全衛生規則 <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=347M50002000032> (2022.1.20 アクセス)