

動線解析による実験室と実験者行動の関係性

2021年3月修了 環境システム学専攻 吉本 一貴(47-196672)

指導教官：大島義人 教授

キーワード：実験者動線、実験室レイアウト、モニタリング、障害物

1. 緒言

屋内環境の改善は、産業活動や経済活動など様々な活動の発展に繋がると考えられており病院や学校、住宅等多くの場面で取り込まれている。屋内環境を改善する手法の一つとして、動線解析がある。動線解析とは、人や車両などの移動を追跡、記録し、その経路を分析することで行動パターンの解明やその動線経路の効率化などに利用する技術のことを指し、具体的には売上向上を目指した大型家電量販店での顧客行動分析⁽¹⁾や、看護サービスの能率性向上を目指した看護動線の解析⁽²⁾等で、様々な場面・目的で利用されている。動線解析によって、室内環境の快適性、作業の効率性、安全性の向上を目指した、適切なレイアウト設計やリアルタイムでの効果的な室内情報の提供が可能になるとされており、動線解析は多くの分野において注目されている技術である。

大学実験研究の現場では、研究の推進を目指し、創造的で自由度の高い行動が日々行われており、創造性や快適性を損なうことなく、合理的に研究を進めることは重要な命題であると言える。しかし現状として、多くの実験室では、限られたスペースの中に機器や什器を配置する際、作業を行う場所を中心に配置を考慮し、さらにモノを置きたい、置かなければならない実験室の実情では、移動に関する指針についての通路幅のガイドラインはあるものの、配置場所の方が優先されてしまっている。そのため、移動についての考慮は優先順位が低くなり、移動まで考えられた全体の最適な配置・レイアウト設計までは現状として至っていない。実際の実験現場においては、実験室内で同時に複数の人が作業することが多いことや、実験作業の約10~15%は移動している⁽³⁾という既往の研究からも、移動の合理性についても同様に考慮する必要があると考えられる。

このような自由度の高い実験研究現場において、創造性や快適性、合理性等について複合的に議論するためには、実験室という場の中にある人やモノ、情報などをエレメントとする一つのシステムとして捉え、システム全体の最適化問題として総合的に評価することが重要であり、そのためには実験研究現場で起こる事象のモニタリングと定量的な解析を通じて、実験室内の人やモノ、場の複雑な関連性を論理的に整理し、明らかにする必要があると考えられている⁽⁴⁾。

そこで本研究は、動線解析を切り口に大学実験室という多様で複雑な「場」の状態を把握し、合理的な実験室設計に向けた基礎的知見を得ることを目的とする。具体的には、実際の実験室のレイアウトを模した対称性の高い模擬実験室での被験者実験から得られる動線データと、実際の実験室における動線データを整理し、比較する中で、そこから見える実験室や実験者行動の特徴について検討する。研究全体の流れを図1に示す。本要旨では、図1における、模擬実験室と実際の実験室(指示あり)に関する検討について述べる。

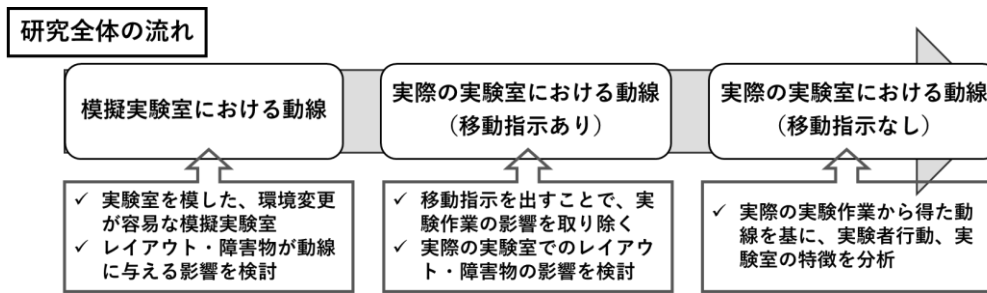


図 1.研究全体の流れ

2. 実験手法

a) 模擬実験室における動線

実際の実験室を模した模擬実験室(3.0m×4.5m)を立方体型の木製ブロック(1辺30cm)を用いて作成し、図2のように実験室を9分割した。この実験室において、7名の被験者に対して、「1→6→7→…」といった形で計30地点、移動の度にルートを選択が必要となるような連続的な移動の指示を出した。加えて、「6」の場所に障害物として、椅子に座った人(幅50cm程度)を配置した状態で同様の指示を出し、動線の記録を行った。動線データの計測は直接的な観察記録を行い、データの解析にあたってはPython3を用いた。各地点間の移動パターンは、ルート選択率の形で整理した。ルート選択率とは、移動に際して、それぞれの道の選択された割合を表す。例えば「1→6」への移動

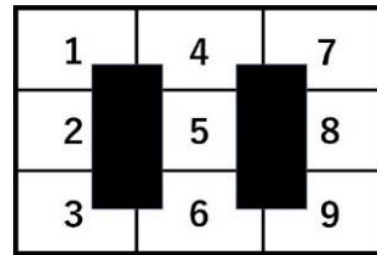


図 2. 模擬実験室

においては最短距離のルートで①1236ルート(8回)と②1456ルート(6回)が存在し、この場合のルート選択率は、各ルートが選択された回数を全回数で除した値(表1)となる。

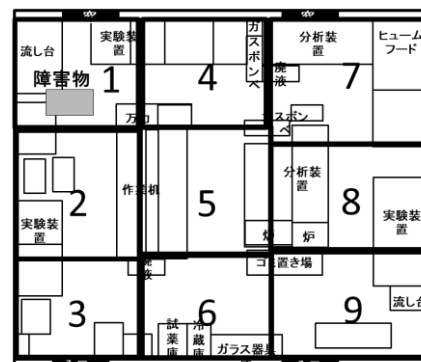
表 1. 「1→6」ルート選択率

ルート	ルート選択回数	ルート選択率
1→2→3→6	8	57%
1→4→5→6	6	43%

b) 実際の実験室における動線 (移動の指示あり)

実際の実験室(7.2×8.5×3.0m)においても模擬実験室と同様に9分割し(図3)、4名の被験者を対象に計30地点の移動毎にルートを選択が必要となるような連続的な移動の指示を出し、動線データを記録した。ここでも、各地点間の移動パターンをルート選択率の形で整理し、レイアウトが動線に対して与える影響に加え、障害物の影響で道幅が狭くなっている箇所(通路幅50cm程度)の影響についても分析した。

図 3. 実際の実験室



3. 実験結果・考察

a-1) レイアウトが動線に与える影響について

模擬実験室における移動指示の中で、「1→9」「3→7」等の3×3マス分のエリア間の移動

において、最短距離で目的地に向かう場合における各ルートが選択された割合の結果を表2に示す。「5」を経由するルート選択割合が5%と低いことから、右左折必要の回数が多いルートほど選択されにくくなることが分かった。

表 2. ルート選択(3×3マス)

3×3マスの移動	選択率
右回り	55%
5経由(右左折2回)	5%
左回り	40%

a-2)障害物が動線に与える影響について

「6」に障害物としての座っている人がいる状態において、3×3マス、2×3マス分の移動における、「6」を経由するルートと「6」を経由しないルートの選択割合についてそれぞれ表3に示す。障害物を避けることの出来る別の同距離のルートが存在する場合は、障害物(椅子に座る人)を避けるルートを選択するということが示された。

表 3.ルート選択割合(障害物あり)

「6」に障害物	2×3マス	3×3マス
「6」を経由	0%	0%
「6」を非経由	100%	100%

また「2→9」「5→9」のように、「6」を経由しなければ最短距離のルートが選択できない場合について、その最短距離が2マス分の移動の場合、3マス分の移動の場合の2パターンについて、ルートの選択率の結果を表4に示す。同じ最短距離で目的地に到達できる障害物がないルートがない場合、障害物を避けず最短距離を選ぶか、障害物を避け遠回りするかで比較考量しルートを選択していることが分かった。また、ルートと比較する上で追加分にあたる移動距離が最短距離にとって相対的にどれ程の大きさになるのかという点についてもルート選択において重要であることが示された。

表 4.ルート選択率(最短距離)

「6」に障害物	ルート選択率
最短距離2マス(6経由)	80%
遠回り4マス(6非経由)	20%
「6」に障害物	ルート選択率
最短距離3マス(6経由)	32.5%
遠回り5マス(6非経由)	67.5%

b-1) 実際の実験室におけるレイアウトが動線に与える影響

実際の実験室(図3)における移動指示の中で、3×3マス分のエリア間の移動において、最短距離で目的地に向かう場合における各ルートが選択された割合の結果を表5に示す。「5」を経由するルート選択割合が0%となり、右左折必要回数が多いルートほど選択されにくくなることが示された。実際の実験室と同じ通路構造を持つ模擬実験室においても同様の傾向がみられた(a-1)ことから、実際の実験室において通路を構成するレイアウトが実験者動線にとって重要な意味を持つことが考えられる。

表 5. ルート選択(3×3マス)

3×3マスの移動	選択率
右回り	50%
5経由(右左折2回)	0%
左回り	50%

b-2) 実際の実験室における障害物が動線に与える影響

図4の位置におけるエリア「1」と「2」の間には、障害物があり通路幅が約50cmの箇所がある。ここではこの障害物が動線に対して与える影響について検討した。移動の指示において、障害物の横を経由するルートと経由しないルートの選択率について計算した結果は

表 7 なり、障害物を經由するルートを選択率が約 50%であることが分かり、障害物の影響が小さいことが分かった。ここで、障害物が近くで見える障害物と隣接したエリアの「1」または「2」からスタートした場合のルートを選択率についてのみ抽出した結果を表 8 に示す。この結果から、障害物が隣接する位置から出発する場合、障害物を經由するルートを選択率が 25%と低くなっていることが示された。マクロ的に動線データを解析した場合、障害物の影響は小さい結果となり、障害物と隣接する時のみを抽出した場合は障害物の影響は大きい結果となった。この結果から、実際の実験室においては、障害物との距離感が実験者動線にとって重要な意味をもつことが示された。また、模擬実験室における障害物(人)を配置した場合の実験と比較すると、障害物が人である場合の方が、障害物がモノである場合よりも障害物を避ける傾向にあることが分かった。

表 7.ルート選択割合(全ての移動)

ルート	ルート選択率
障害物を經由	56%
障害物を非經由	44%

表 8.ルート選択割合(隣接する場合)

ルート(1,2を出発)	ルート選択率
障害物を經由	25%
障害物を非經由	75%

4. 結言

本研究では、合理的な実験室設計を目指し、実験室のレイアウトを模した対称性の高い模擬実験室と、実際の実験室における動線データを解析し、比較する中でそこから見える実験室や実験者行動の特徴について検討した。

模擬実験室における実験では、実験室における通路を構成するレイアウトや、障害物としての椅子に座る人が動線に対して与える影響について調べた。その結果として、ルート選択において、右左折の必要回数や、障害物を避けることと遠回りをする事についての検討が行われていることが示唆された。

実際の実験室における実験(移動の指示あり)でも同様に、レイアウトや障害物が動線に対して与える影響について調べた。その結果として、ルート選択において、右左折の必要回数や、移動の際の出発地点と障害物との距離感がルート選択に対して影響を与えているということが示唆された。

これらの結果を比較することで、模擬実験室と実際の実験室において、通路構成が動線に対して与える影響(右左折の必要回数)に同じ傾向があるということ、また障害物が人であるかモノであるかによってそれを避ける割合が異なることが示された。実際の実験室には多くのモノが配置されており、動線に対して影響を与えている要因を特定することは容易ではない。実験室理解を深めるためにも、実験室環境における複数の要素に加え、人の個性や実験内容なども含めた複雑な関連性について、定量的な解析を通じて各要素を複合的に分析し、論理的に整理する中で明らかにしていく必要がある。

<参考文献>

- (1) 北上真二, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, **1**, 2016, 11-12
- (2) 谷口元, 日本建築学会論文報告集, **344**, 1984, 116-125
- (3) 飯塚啓太郎, 合理的な実験室計画のための実験者動線の解析, 東京大学, 2019
- (4) 大島義人, 環境と安全, **8(3)** 2017, 83-89