# シミュレーションを用いた歩行空間における街路樹間隔の認知特性

**岩井心哉*・田中一成****

# Cognitive Differences Based on Variations in Street Tree Placement Along Sidewalks Using Simulation Footage

Shinya IWAI*, Kazunari TANAKA**

**Abstract:** Street trees play important roles in urban environments, and species are often selected to withstand severe conditions. However, appropriate planting intervals are not always established. Only a limited number of municipalities have prepared master plans for street tree management, and spacing varies by region. Many trees that appear healthy are affected by environmental factors, causing internal decay and removal, which results in irregular spacing. This study aimed to clarify suitable planting patterns of street trees by focusing on pedestrians' gaze behavior. A survey experiment was conducted using simulation, and pedestrians' cognitive structure toward street trees was analyzed with multivariate analysis. The results showed that tree spacing strongly influences pedestrians' comfort and recognition through gaze behavior.

**Keywords:** 街路樹 (Street trees), シミュレーション (Simulation), 歩行空間 (pedestrian space), 間隔 (spacing), 認知 (cognitive)

## １．はじめに

日本における街路樹の本数は 2002 年までは増加傾向にあったが，現在は大径木化による伐採などの課題もあり，横ばいの状態が続いている．街路樹にはさまざまな役割があり，夏の日差しを遮断するだけでなく，排気ガスや騒音をやわらげ，道路沿いの環境を守ることにも寄与している．また，ヒートアイランド現象などの都市全体に関係する現象の緩和にも貢献している．樹種は選定の際にさまざまな劣悪な環境にも耐えうるよう考慮されているが，適切な植樹の間隔が設定されていない場合も多い．実際，街路樹の管理に関するマスタープランを策定している自治体は限られており，地域によって街路樹の間隔が一定していないのが現状である．また，外観上は健全な樹木であっても環境に作用され，内部が腐敗してしまい伐採せざるをえない状況になってしまった樹木も多く，伐採されることで間隔が一定でなくなる場合もある．

自動車と歩行者が共存している道路空間において，両者は互いに影響を与え合っている．歩行者は，速度の速い自動車が視界に入ると，自動車に自然と目がいき，不快感やストレスを感じることは体験的にもよく知られている．そのため，今後拡大していくと考えられる都市における緑化の推進や，自動車と人の共存できる都市計画などに対応して歩行者の視線に着目した新たな街路樹間隔のあり方を考える必要がある．

## ２，研究目的

街路樹の間隔に関する学術研究では，吉田らが都市の街路における歩行者の快適性を緑視率に基づいて評価し，緑視率 25%のときに最も快適に感じられることを示している．川口らは，VR を用いた実験により，街路樹間隔が 20m 以上になると評価項目の内の 6 項目が低下し，「開放感がある」が向上することから 15m までの間隔で更新することが望ましいとしている．また，鈴木らはゆらぎ理論を用いて植樹間隔の快適性を評価し，5-17m, 5-20m などの適度な密度感と，1/f　ゆらぎを持つ間隔が魅力度の向上に寄与していることを明らかにしている．

以上のように，街路樹間隔の快適性については一定の知見が蓄積されているものの，歩行者の視線行動と評価の関係に着目した研究は十分ではなく，また VR を用いた歩行空間の研究も限られている．そこで本研究では歩行者の視線行動に着目し，適切な街路樹の間隔を明らかにすることを目的とする．

*　学生会員　大阪工業大学大学院工学研究科建築・都市デザイン工学専攻 (Osaka Institute of Technology)
〒535-8585　大阪府大阪市旭区大宮 5 丁目 16－1　E-mail：m1m24104@oit.ac.jp
**　正会員　　大阪工業大学工学部都市デザイン工学科（Osaka Institute of Technology）

## ３．モデルの作成

本研究では街路 70m の範囲においてビジュアライゼーションソフトの Twinmotion を用い，街路樹の間隔を 5m，10m，15m，20m，ランダムの 5 種類に設定した 20 秒間の映像を作成した．「ランダム」間隔は，Microsoft Excel によりランダムな数列を生成し，街路樹間隔としてモデルを作成した．映像内では自動車の速度を 50km/h，歩行速度を 1.38m/s，視点の高さを地面から 1.5m とし，空間内には人物や動物を配置した．街路樹の樹種は国内で街路樹として最も多く使用されているイチョウとした．また，本調査では建物の色彩による影響を低減するため白や淡色で統一した．さらに，作成した 3 次元歩行空間モデルは Unreal Engine にインポートし，VR 調査に用いる歩行空間を作成した．

## ４．調査方法

### ４.１　映像視聴による調査

本調査では Twinmotion で作成した５種類の映像を用いて，大学生および大学院生 30 名を対象にアンケート調査を実施した．映像の長さは 20 秒としている．歩行時を想定するため被験者には立位で各映像を視聴してもらい，「街路樹」「速度」「歩道」「自動車」「人」「建物」「動物・鳥」「空」の８項目について５段階評価のリッカード尺度で映像を視聴した後に回答させた．評価軸は「気にならない －気になる」とした．また，映像提示順序は被験者ごとにランダムに設定し，連続提示による学習効果や疲労の影響を軽減するよう配慮した．

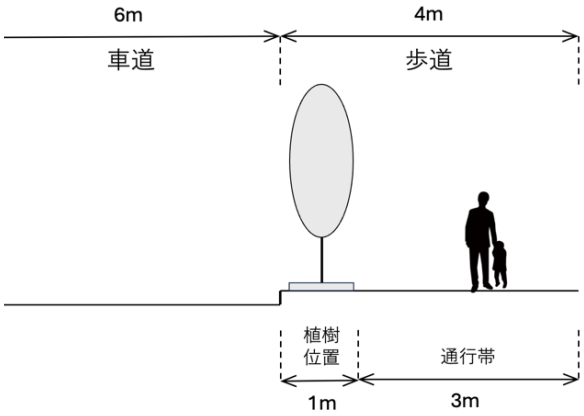



図１　樹木の配置と道路断面図

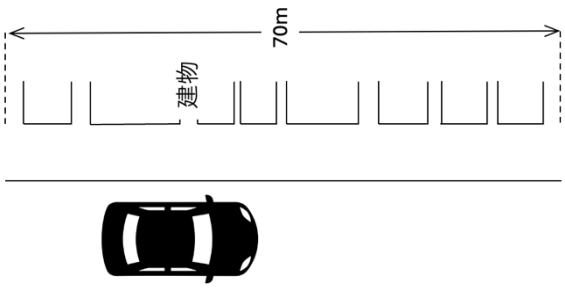



図２　道路平面図

### ４.２　VR シミュレーションによる没入型調査

VR 環境を用いたシミュレーションを通じて歩行空間の評価をおこなった．本調査ではヘッドマウントディスプレイ（HMD）として VIVE FOCUS VISION を使用し，被験者には立位で装着してもらい，その場で足踏みをおこなわせることで実際の歩行感覚を再現した [1]．



図３　調査の様子（HMD 着用）



図４　作成したモデルのイメージ（樹間：10m）

## ５．調査結果

調査の結果，街路樹間隔が広くなるにともなって「速度」「自動車」「歩道」の項目が増加し，「街路樹」の評価は減少することが明らかとなった．また，「空」「建物」「人」の項目に関しては評価値の差はあるものの，各間隔で大きな変化は見られなかった．しかし，「人」の項目は評価値が 3.00~4.00 と高く，歩行者は街路樹間隔にかかわらず，歩行空間における人の存在を強く知覚していることがわかる．「空」より「歩道」などの評価値が高いことから歩く際に目線より下の周囲環境を意識している傾向が読み取れる．「生物・鳥」の項目では 10m 以下になると数値が低下しており，より動きの大きい自動車による影響されている可能性が考えられる．

さらに．ランダムな間隔に関しては，樹間が 5-20m に収まっているため被験者は街路樹のおおよその本数を把握していることが示された．しかし，他の規則的な間隔と比較して「速度」では大きく増加，「自動車」や「歩道」に関しても増加していることがわかる．すなわち，規則的に整備された間隔においても樹木が一本撤去されることで歩行者からの印象が大きく変化し，ランダムな間隔では快適性が十分に高くならないことが明らかとなった．

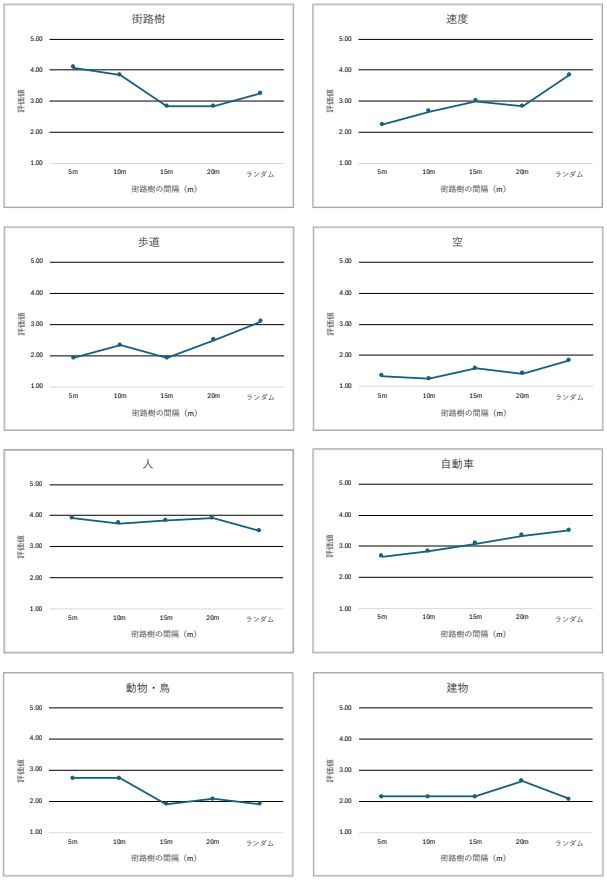



図５　各項目の評価値

## ６．因子分析

アンケート調査の結果を統計解析ソフトの IBM SPSS Statics を用いて因子分析（直行バリマックス回転）をおこなった．その結果を表１に示す．因子分析の結果，評価尺度を４つの因子で説明することができた．因子１では車道側の要素，因子２では空と地面に関する要素，因子３では歩道の右側に位置する各要素が対応しており，因子４は人の存在が関係していることが明らかとなった．これらの因子は歩行者が街路空間をどのように分節的に知覚しているかを示すものであり，視覚的注意が空間内で偏在している可能性を示唆している．

因子１に着目すると，街路樹の因子得点が低い傾向にある．このことは，歩行者が街路樹を直接的に注視し，認知しているのではなく，車両の存在や移動速度といった要素と結びつけるかたちで，間接的に街路樹を認知している可能性を示唆している．また，歩行空間においては間隔が広がるほど映像の左側からの影響が強くなると考えられ，空間全体のバランスに大きく作用していると考えられる．さらに等間隔で配置された街路樹よりも，ランダムな間隔で配置された場合に因子１，因子２の得点が高くなった．これは，街路樹の間隔が不規則になることで，車体やその速度に起因する視覚的リズムが乱され，歩行者の注意が惹きつけられ，より強く認知したためと考えられる．

表１　回転後の成分行列

| 評価尺度 | 成分 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 因子１ | 因子２ | 因子３ | 因子４ |
| 速度 | 0.803 | 0.006 | -0.161 | -0.120 |
| 自動車 | 0.764 | 0.027 | -0.198 | 0.154 |
| 街路樹 | 0.493 | -0.290 | 0.385 | -0.390 |
| 歩道 | 0.068 | 0.821 | -0.168 | 0.223 |
| 空 | -0.100 | 0.760 | 0.311 | -0.339 |
| 建物 | -0.058 | 0.086 | 0.815 | 0.190 |
| 動物・鳥 | -0.241 | -0.042 | 0.550 | -0.019 |
| 人 | 0.003 | -0.011 | 0.182 | 0.901 |
| 寄与率（%） | 19.331 | 16.814 | 16.712 | 15.032 |
| 累積寄与率（%） | 19.331 | 36.145 | 52.857 | 67.889 |

因子抽出法: 主成分分析
回転法: Kaiser の正規化を伴うバリマックス法

図６～図９に示す各因子の因子得点の平均に着目すると，ランダムな間隔では因子１および因子２の値が等間隔のものと比較して相対的に大きくなる傾向が確認された．因子１は車道側に対応しており，因子２は空や地面といった上下方向の要素に関連していることから，街路樹の間隔が不規則となることで，歩行者は車両や速度，さらには空間全体の上下方向の広がりをより強く意識するようになると考えられる．一方で，因子３（歩道の右側）および因子４（人）に関しては，いずれの間隔においても大きな変化は見られなかった．これは，歩行者が通行する際に自らの進行方向や周囲の歩行者に対しては街路樹間隔の影響を受けにくく，むしろ安定した認知傾向を示すことを意味していると考えられる．

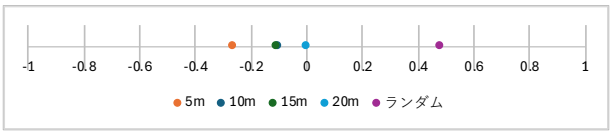



図６　因子１における各樹間の因子得点の平均

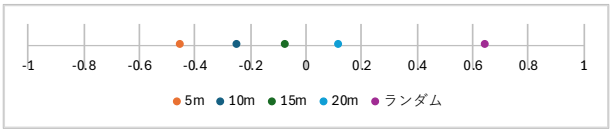



図７　因子２における各樹間の因子得点の平均

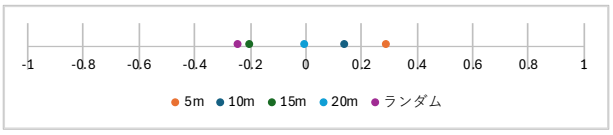



図８　因子３における各樹間の因子得点の平均

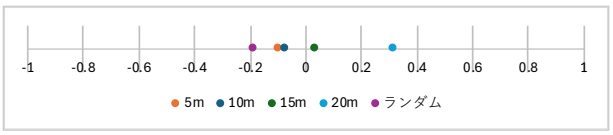



図９　因子４における各樹間の因子得点の平均

## ７．おわりに

本調査では，歩行者の視線行動に着目した適切な街路樹の間隔を明らかにすることを目的とし調査をおこなった．調査結果に対して因子分析をおこなうことで４つの因子を抽出することができ，間接的に街路樹を認知している可能性を示唆した．このことから，街路樹の快適性への影響は街路樹間隔によるものではなく，間隔の違いによって変化する自動車の印象や視覚的リズムにあると考えられる．

今後は，アイトラッカーを活用した視線行動の詳細な分析をおこなう必要がある．また，本調査では樹種や樹高が統一されていたが，これらの違いによって歩行者の見え方が変化するため，今後はそれらの差異についても比較検討する必要がある．

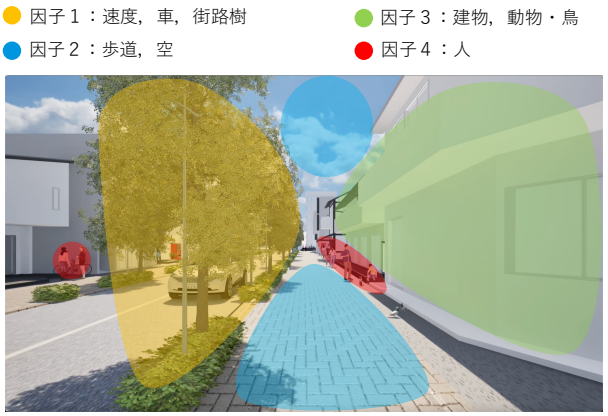



図 10　各因子の影響範囲

## 注

1) 実験は，VR 体験に伴う酔いやめまい，軽微な事故の可能性について事前に説明し，同意を得た上で調査をおこなった．調査中は安全管理者を配置し，被験者の状態を常時監視することで安全性を確保した．体調不良が生じた場合には VR 体験を即座に中止した．

## 参考文献

飯塚康雄・船久保篤（2018）「日本の街路樹VIII」．国土技術政策総合研究所資料，技術資料第 1050 号，<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1050pdf/ks1050.pdf>.（アクセス日：2024 年 8 月 21 日）

浜松市土木部（2022）「浜松市街路樹再整備方針」．<https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/documents/136495/hamamatsushigairojusaiseibihoushin.pdf>.（アクセス日：2024 年 8 月 26 日）

川口将武・加賀浩之・赤澤宏樹（2024）「視点移動 VR を用いた街路樹景観と植栽間隔の評価」『日本造園学会誌』87(5)，477–480

鈴木慎一・小林祐司・姫野由香・佐藤誠治（2008）「ゆらぎ理論と CG シミュレーションによる街路樹の植樹間隔の快適性評価に関する研究」『日本建築学会技術報告集』14(27)，275–280

吉田実丈・大明翔子（2023）「都市の街路緑視率における緑の量と質が歩行者に与える快適性に関する研究」『都市計画論文集』58(3)，774–781