■ 研究論文

東京都における街路樹ハナミズキ (*Cornus florida*) の樹勢と道路空間構造の関係

Relationship between the tree vigor of dogwood (*Cornus florida*) street trees and street configuration in Tokyo

山田 大稀* 内田 圭* 土屋 一彬* 市川 薫**
原 祐二*** ブライアン ヘンリー**** 大黒 俊哉*
Daiki YAMADA Kei UCHIDA Kazuaki TSUCHIYA Kaoru ICHIKAWA
Yuji HARA Brian P. HENRY Toshiya OKURO

Abstract : Street trees, which play a certain role in alleviating problems in urban areas, are experiencing the poor growth due to the stress in the urban environment. Therefore, it is necessary to grasp the environmental factors that affect the growth of street trees. In this study, we analyzed the relationship between the degree of decline and street configuration among 2,615 dogwoods planted along the streets in Tokyo. As a result of our analysis, in the area where the buildings were tall, the tree vigor tends to be poor and in the area where the planting type was planting zone rather than planting pot, the tree vigor was tend to be good, in whole Tokyo area. Outside Tokyo 23 wards, there was a tendency for good tree vigor in the area where the road width was wide and the street trees were facing south. In Tokyo 23 wards where tree vigor has deteriorated since 2006, the buildings were tall and the roads width was also narrow. The results of this study show the possibility the effects of sunshine on the dogwood tree vigor are large in the wide areas. In particular, the height of the buildings and road width were regarded as significant factors where the tree vigor was actually degraded.

Keywords : *planting environment, planting planning, tree vigor, decline class, urban greening*

キーワード：植栽環境，植栽計画，樹勢，衰退度，都市緑化

1. はじめに

世界的に都市の人口増加や集中が顕著に引き起こされており、人口過密や自然と切り離された季節感の消失が人間生活へ負の影響を与えていると考えられている^{7), 9)}。そのような都市域において「緑化」は、微気象の緩和や、緑による人間の心理的な福利向上によって、問題緩和に寄与することが期待されている^{3), 13), 9), 32)}。都市部では、街路や広場などの空間が樹木を植栽するのに利用可能な唯一の場所であることが多く、植栽樹木は、多様な機能を担っているとされている²⁰⁾。

しかしながら、街路樹などの都市部の植栽樹木は、乾燥や排気ガス、コンクリート構造物からの輻射熱、日照不足、水分不足などによるストレスを恒常的に受けており^{4), 21), 28)}、ヨーロッパや北米、アジアなどの様々な地域において生育不良や枯死が頻発している^{5), 10)}。そのため、植栽樹木の機能を維持するため、生育に影響を及ぼす環境要因を把握したうえで、目的に応じた適切な樹種と植栽場所の選定が不可欠である。

街路樹に求められる機能や樹種は時代背景により変化し、日本では、1980年代～2000年に都市のアメニティ向上を目的として、花木が利用されるようになった^{27), 31)}。街路樹に花木として多用されている樹種にはハナミズキ (*Cornus florida*) があり、剪定頻度が低くて良いことや、樹高が高くなりづらいこと、開花により季節性を感じることなどからその利用が急速に広まった (図-1)。現在日本では、街路樹として利用されているハナミズキの本数は約36万本に及び、樹種別で4位となっている¹¹⁾。ところが最近、ハナミズキの街路樹は特定の環境下で生育不良が起きていることが報告され始めている^{6), 14), 15)}。

市川ほか⁶⁾は、東京都23区内に植栽されたハナミズキの生育

状況と、植栽環境として、植栽形式、道路幅員、道路種別、および国土地理院発行の細密数値情報を用いた周辺土地利用との関係性を分析した。その結果、道路種別および幅員との関係から、道路規模が大きくなるにつれてハナミズキの生育が悪くなる傾向ならびに、区道において周辺の土地利用が「一般低層住宅地型」で

図-1 植樹帯のハナミズキ (*Cornus florida*)

* 東京大学大学院農学生命科学研究科 ** 熊本市都市政策研究所 *** 和歌山大学システム工学部

**** City of Menlo Park, California

図-2 車道側方位を示した模式図

ある場合、ハナミズキの生育が良好となる可能性を示した。また、高架道路や隣接敷地の樹木等の陰になっている箇所ではハナミズキが枯死していたことも報告されている。前田ほか^{14), 15)}は、鳥取駅前の南北方向に伸びる道路と、東西方向に伸びる道路においてハナミズキの生育状況（樹冠形状、着花状況）と日照条件との関係を分析した結果、南北方向に伸びる道路では、建築物が隣接していない側の方位（図-2）（以後、車道側の方位とする）が西のハナミズキで特に生育不良が起きていること、東西方向に伸びる道路では車道側の方位が南の位置に植栽されたハナミズキで特に生育が良好であることを確認した。この結果から街路樹として植栽されたハナミズキの生育には、日照条件が影響を及ぼしていることが推測されている。また、街路樹における日照条件の影響について、Kjellgren and Clark¹²⁾は、シアトルの都市部において、日照不足が原因でモミジバフウ（*Liquidambar styraciflua*）の光合成効率が低下したことを報告している。

そこで本研究では、東京都において、街路樹として植栽されたハナミズキの生育状況と、道路の日照条件を規定すると考えられる、周辺の建築物の高さ、道路幅員、街路樹の車道側の方位との関係を広域において調べることで、日照条件に関係があると推測する道路空間の構造とハナミズキの樹勢の関係を模索することを目的とする。また、街路樹ハナミズキの生育へは前田ほか¹⁵⁾や市川ほか⁶⁾で、灌水の影響も示唆されており、街路樹の生育へは土壌水分などの土壌環境が影響している可能性もあるため、植栽基盤の連続性の違いについても考慮する。

また、これまでの街路樹の生育状況を調べた研究では、一時期のみの調査によるものが多く、複数時期にわたっての生育状況の変化を実際に評価した例は少ない。そこで本研究では、市川ほか⁶⁾において2006年に調査された東京都23区内のハナミズキを対象に、再度評価を行うことで、2006年から2019年までの期間での生育状況の変化を評価し、その生育状況の変化と道路空間の構造の関係性についても明らかにすることで、道路空間の構造の違いが実際にハナミズキの生育状況の変化をもたらしているかについても確認する。

2. 研究手法

(1) 調査対象

調査は、東京都23区内および23区外に街路樹として植栽されているハナミズキを対象に実施した（図-3）。23区内の個体については、2006年に市川ほか⁶⁾によって調査された49地点において、2019年の調査時にも生育していた個体（1,074個体）に加え、2006年以降植栽された個体（223個体）を対象とした。23区外の個体については、「TOKYO 道路のみどり2018（街路樹マップ2018）」³⁰⁾を参考にして、地域全体に分散するように調査地を46地点設定し、1,318個体を対象とした。

(2) 調査方法

1) 衰退度調査

衰退度調査は、2019年8月26日から9月30日にかけて、全個体に対して1名で実施した。なお、評価者は衰退度評価に関連する資格は有していない。衰退度評価は、Metzger et al.¹⁹⁾に準拠し、市川ほか⁶⁾が枯死のカテゴリを統一して用いたものを参考とし、以下の1～6の6段階を基準とした。

- 1： 樹冠に比較的小数の枯枝が混じる。葉の量（密度）及び色は適正。樹冠の上部に小さい枯れ枝や、幹の上部に大きい残枝³³⁾が存在することもある。
- 2： 樹冠の上部に時々大きな枯枝がある。葉の量（密度）は適正以下。樹冠頂部にいくらかの小さな枯枝、幹の上部に大きい残枝³³⁾が存在することもある。
- 3： 中程度の枝枯れが見られる。樹冠上方にいくらかの大きな枯れ枝や葉のついていない小枝が現れ始める。残枝³³⁾が幹の上部や中部にいくらか存在する。
- 4： 樹冠の約半分が枯れている。
- 5： 半分以上の樹冠が枯れている。
- 6： 枯死している。

なお、衰退度評価により衰退度が大きい個体は樹勢が悪く、衰退度が小さい個体は樹勢が良いと判断する。

2) 道路空間の構造と植栽基盤の連続性の調査

道路空間の構造としては、植栽基盤の連続性、街路樹の車道側方位、道路幅員、周辺建築物の推定高の4つの要素を用いた。

植栽基盤の連続性は、現地調査時にハナミズキが植栽されている状況を確認し、各個体がそれぞれ単独の植栽基盤に植栽されて

図-3 調査対象地の位置図

図-4 植樹柵と植樹帯がブロックを隔てて接続しているタイプ

いる場合を植樹柵、長さのある1つの植栽基盤に複数個体が植栽されている場合を植樹帯として記録した。なお、植樹柵と植樹帯がブロックを隔てて接続しているタイプ(図-4)については、構造上植樹柵に類似しているため、植樹柵として扱った。

街路樹の車道側方位は、街路樹から車道に向かって、車道と直角に交わる方向の方位(図-2)を8方位で記録した。

道路幅員は、車道と歩道を合わせた長さとし、国土地理院の電子国土基本図(電子地形図25000)のズームレベル18上で、1m間隔で値を取得した。

周辺建造物の推定高は、対象道路の両側において、10m、50m、100mの3通りの範囲内における建造物を対象に、ゼンリンZmap TOWN II(2008年度版、2016年度版)の階数情報から、階高を東京都23区の平均階高3.5m²⁾として推定し、その平均値を用いた。階数情報は一部欠損していたが現地調査時の情報や近隣の階数データを参考にして補正を行った。

(3) 解析方法

2019年時のハナミズキの樹勢と道路空間の構造の関係性を調べるため、ハナミズキの衰退度を応答変数とし、植栽基盤の連続性(植樹柵または植樹帯)、街路樹の車道側方位(車道側方位が南の個体が、他の方位の個体よりも状態が良好である傾向¹⁵⁾)を本研究でも検証するために、8方位のうち、南、南西、南東を1、それ以外を0)、道路幅員、周辺建造物の推定高(道路からの距離10m以内、50m以内、100m以内、の3通り)の4つの道路空間の構造を説明変数とした、一般化線形モデル(順序ロジットモデル、多項分布、ロジットリンク)による解析を行った。解析は、東京都全体、23区内のみ、23区外のみに分けて行った。

さらに、2006年時から2019年時にかけての樹勢の変化と道路空間の構造の関係性を調べるため、2006年時の調査対象個体において、2019年時に2006年時よりも衰退度が大きい(つまり状態が悪化した)個体を1とし、それ以外を0とした応答変数を用い、一般化線形モデル(二項分布、ロジットリンク)による解析を行った。説明変数は、植栽基盤の連続性(植樹柵または植樹帯)、街路樹の車道側方位(8方位のうち、南、南西、南東を1、それ以外を0)、道路幅員、周辺建造物の推定高、および周辺建造物高の変化(ゼンリンZmap 2016年度版から2008年度版を減した値)の5要素を用いた。なお、2019年調査時に、2006年調査時

以降、道路工事等が行われたと認められた箇所の個体や、同調査地の他の個体よりも若く、2006年調査時以降、植え替えが行われたと認められた個体は、2006年調査時とは異なる個体であると判断し、本解析対象から除外した。

上記の2モデルのどちらにおいても、説明変数間で多重共線性が存在しないことをVariance Inflation Factorで確認した後に、解析を行った。なお、統計解析は統計ソフトR(ver3.6.1)²³⁾を用いて実施した。

3. 結果

(1) 街路樹ハナミズキの生育状況

東京都全体で、衰退度が1の個体は1459個体(約55.8%)、2の個体は702個体(約26.8%)、3の個体は309個体(約11.8%)、4の個体は47個体(約1.8%)、5の個体は48個体(約1.8%)、6の個体は50個体(約1.9%)であった(図-5)。

23区内では、衰退度が1の個体は670個体(約51.7%)、2の個体は385個体(約29.7%)、3の個体は153個体(約11.8%)、4の個体は26個体(約2.0%)、5の個体は33個体(約2.5%)、6の個体は30個体(約2.3%)であった(図-5)。2006年時と比較して、衰退度が大きくなった個体は、349個体であった。

23区外では、衰退度が1の個体は789個体(約59.9%)、2の

図-5 ハナミズキの衰退度(調査結果の生データ)

表-1 ハナミズキの衰退度と各説明変数との関係

説明変数		周辺建造物範囲:100m			周辺建造物範囲:50m			周辺建造物範囲:10m		
		推定量	標準誤差	P 値(注3)	推定量	標準誤差	P 値(注3)	推定量	標準誤差	P 値(注3)
東京都全体	植栽基盤の連続性:植樹帯(注1)	-0.251	0.080	0.002	-0.241	0.081	0.003	-0.207	0.081	0.010
	道路幅員	-0.004	0.005	0.433	-0.007	0.006	0.225	-0.009	0.006	0.117
	車道側方位:南側方位(注2)	-0.101	0.079	0.200	-0.095	0.079	0.229	-0.107	0.079	0.174
	周辺建造物の推定高	0.050	0.009	<0.001	0.050	0.008	<0.001	0.045	0.007	<0.001
23区内	植栽基盤の連続性:植樹帯(注1)	-0.161	0.117	0.170	-0.162	0.117	0.166	-0.145	0.118	0.218
	道路幅員	0.010	0.006	0.114	0.010	0.006	0.132	0.007	0.007	0.295
	車道側方位:南側方位(注2)	0.033	0.108	0.758	0.034	0.108	0.751	0.032	0.108	0.769
	周辺建造物の推定高	0.030	0.012	0.012	0.023	0.010	0.023	0.026	0.010	0.008
23区外	植栽基盤の連続性:植樹帯(注1)	-0.408	0.115	<0.001	-0.387	0.115	0.001	-0.346	0.115	0.003
	道路幅員	-0.067	0.013	<0.001	-0.070	0.013	<0.001	-0.064	0.012	<0.001
	車道側方位:南側方位(注2)	-0.380	0.120	0.001	-0.359	0.120	0.003	-0.412	0.120	0.001
	周辺建造物の推定高	0.068	0.015	<0.001	0.085	0.014	<0.001	0.062	0.012	<0.001

(注1) 植樹柵基準の係数、(注2) 南側以外の方位基準の係数、(注3) 太字は5%有意水準を満たしている値

表－2 衰退度の変化（2006-2019）と各説明変数との関係

説明変数	周辺建造物範囲:100m			周辺建造物範囲:50m			周辺建造物範囲:10m		
	推定量	標準誤差	P 値(注3)	推定量	標準誤差	P 値(注3)	推定量	標準誤差	P 値(注3)
植栽基盤の連続性: 植樹帯(注1)	0.094	0.158	0.553	0.087	0.164	0.597	0.169	0.170	0.321
道路幅員	-0.025	0.009	0.006	-0.026	0.009	0.007	-0.029	0.010	0.004
車道側方位: 南側方位(注2)	0.154	0.148	0.299	0.152	0.149	0.307	0.148	0.148	0.317
周辺建造物の推定高	0.048	0.017	0.006	0.036	0.014	0.012	0.036	0.015	0.015
周辺建造物の推定高の変化	-0.036	0.162	0.826	-0.042	0.139	0.764	0.098	0.136	0.471

(注1) 植樹帯基準の係数, (注2) 南側以外の方位基準の係数, (注3) 太字は5%有意水準を満たしている値

図－6 衰退度と建造物推定高, 植栽基盤の連続性の関係 (全体解析)

図－7 衰退度と道路幅員, 車道側方位の関係 (23区外)

図－8 2006年以降の衰退と道路幅員, 建造物推定高の関係

個体は317個体(約24.1%), 3の個体は156個体(約11.8%), 4の個体は21個体(約1.6%), 5の個体は15個体(約1.1%), 6の個体は20個体(約1.5%)であった(図－5)。

(2) 解析結果

1) 東京都全体での解析結果

東京都全体で解析を行った結果, 道路からの距離(10~100m)に関わらず一貫して, 周辺建造物の推定高が高い箇所ほど衰退度が大きい(樹勢が悪い)傾向がみられ($P < 0.001$) (表

－1, 図－6), 植栽基盤の連続性では植樹柵よりも植樹帯のほうが, 衰退度が小さい(樹勢が良い)傾向がみられた(範囲が100m, 50m, $P < 0.01$; 10m, $P < 0.05$) (表－1, 図－6)。

2) 東京都23区内での解析結果

東京都23区内のみで解析を行った結果, 道路からの距離(10~100m)に関わらず一貫して, 周辺建造物の推定高が高い箇所ほど衰退度が大きい傾向がみられた(範囲が100m, 50m, $P < 0.05$; 10m, $P < 0.01$) (表－1)。

3) 東京都23区外での解析結果

東京都23区外のみで解析を行った結果, 道路からの距離(10~100m)に関わらず一貫して, 周辺建造物の推定高が高い箇所ほど衰退度が大きい傾向がみられた($P < 0.001$) (表－1)。植栽基盤の連続性では植樹柵よりも植樹帯のほうが, 衰退度が小さく(範囲が100m, $P < 0.001$; 50m, 10m, $P < 0.01$) (表－1), 道路幅員が広く($P < 0.001$), 車道側方位が南の植栽($P < 0.01$)で, 衰退度が小さい傾向がみられた(表－1, 図－7)。

4) 東京都23区内の2006年時との比較

2006年時と2019年時の比較解析の結果から, 道路からの距離(10~100m)に関わらず一貫して周辺建造物の推定高が高い箇所(範囲が100m, $P < 0.01$; 50m, 10m, $P < 0.05$)と, 道路幅員が狭い箇所($P < 0.01$)で, 樹勢が悪化している傾向がみられた(表－2, 図－8)。

4. 考察

研究結果から, 総じて周辺建造物の推定高が高いほどハナミズキの樹勢には負の影響を与えていると考えられた。また23区外では, 道路幅員が広いことや車道側方位が南であることで樹勢が

良好である傾向が確認された。23 区内で 2006 年時と 2019 年時の衰退度を比較した結果では、周辺建造物の高さが高く、道路幅員が狭い箇所ではハナミズキの樹勢が悪化した傾向が認められた。

菴木・大澤¹⁾では、道路の沿道の建物の高さが高くなるにつれて、路面に占める日向の割合が減少することが示されている。佐藤ほか²⁴⁾では、隣棟間隔が狭い箇所が多い、密接した商業ビル間などでは、天空率が低いことや、幅員が約 30m の幹線道路に接した箇所では天空率が高い傾向が示されており、道路において隣棟間隔ともいえる道路幅員が狭い箇所は、日照条件が悪くなることが示唆されている。前田ほか¹⁵⁾では、日照時間が短い箇所ではハナミズキの枯死率が高いことが分かっており、本研究の、周辺建造物の高さが高い箇所や、道路幅員が狭い箇所ではハナミズキの樹勢が悪いという傾向は、日照条件の悪化により生育不良を起こしている可能性が考えられた。また、街路樹の車道側方位が南側 3 方位である箇所では樹勢が良い傾向がみられた点は、前田ほか¹⁵⁾の結果とも一致しているため、街路樹の車道側方位の違いが日照条件を左右し、ハナミズキの樹勢に影響を及ぼしている可能性が確認された。

特に 23 区内では高層化が進み、建造物の密度が高いため、他の要因にくらべて周辺建造物の影響を受けやすいことが推察された。23 区外では中・低層の建造物が増えることで影響が緩和され、道路幅員や、街路樹の車道側方位が影響したと考えられる。つまり、植栽箇所の周囲の建造物の高さや密度が低い場合は、道路幅員や方位を考慮することで、ハナミズキの植栽に適した環境を詳細に検討できる可能性がある。

道路幅員は、23 区外においては有意な傾向がみられ、道路幅員が広い箇所ほどハナミズキの樹勢が良いという結果であった。一方、23 区内での解析結果では、有意ではないが、係数の符号に着目すると、道路幅員が広い箇所ほどハナミズキの樹勢が悪いという傾向があり、この結果は市川ほか⁶⁾の結果と同様の傾向にある。道路幅員が広い箇所では樹勢が悪くなる要因は、市川ほか⁶⁾で推測されている交通量や、日照条件が考えられる。日照条件については、Takagi and Gyokusen²⁶⁾で、福岡市の都市部と郊外を比較すると、郊外の日照条件ではむしろクロガネモチ (*Ilex rotunda*) にとって強光環境となることが推測されている。本研究でも同様に、道路幅員が広い箇所では、ハナミズキの樹勢や生育は強光環境による影響を受けている可能性がある。

しかし本研究では二時期間の比較を実施しており、その結果から、23 区内において道路幅員が狭い箇所では樹勢が悪化している傾向が認められた。二時期間での比較では、一時期のみの調査では把握の難しい、生育状況の変化についても定量化することができ、衰退度の変化からハナミズキの樹勢と道路幅員において有意な関係性を検出した。道路幅員が広い箇所ほどハナミズキの樹勢が悪いという傾向を否定することはできなかったが、2006 年時からの樹勢の変化を扱ったことで、道路幅員が狭い箇所では樹勢が悪化している傾向を検証できた。ハナミズキは自生地において、下層植生を構成する耐陰性の高い樹種である¹⁸⁾と言われているが、樹冠開空度が低い箇所でも多くの個体が衰退している事例もある²²⁾。つまり、ハナミズキの樹勢への道路幅員の影響は、道路幅員が広いことよりも、狭いことによる影響が大きく、その要因は日照不足である可能性が推測された。今回の研究では、2006 年から 2019 年の約 13 年で樹勢の変化を検討したが、今後も、樹勢の推移を評価していくことで、より詳細な動向を把握することができるだろう。経年変化を用いた検討は、都市環境が植物へ与える影響の知見を蓄積するために重要となる。

東京都全体と 23 区外とでは、植栽基盤の連続性の影響も認められ、本研究の結果では植樹帯よりも植樹帯のほうが、樹勢が良い傾向がみられた。結果から、明確な要因を特定することはでき

ないが、一般的に街路樹の根系は、狭小で浅い植栽基盤では、形態を植栽基盤の形状に適用させながら伸長するため、歪な根系形状となり、生育不良が起こる危険性が指摘されている⁷⁾。そのため、植樹帯と植樹帯における根系伸長領域の違いが影響している可能性がある。地下で十分に根を張れない場合に、地表部に生長領域を広げるため、根上がりが起こることが指摘されており¹⁶⁾、瀬古ほか²⁵⁾では、連続帯（植樹帯）と単独帯（植樹帯）で根上がり発生割合に違いがみられるとしている。一方、ハナミズキは、根系が浅いため、極端に乾燥している場所では生育ができいないと言われている¹⁸⁾ため、植樹帯と植樹帯の構造上の違いに起因する土壌水分の違いが影響している可能性もある。ハナミズキは自生地において、湿度のある土壌から、排水性の高い土壌まで、広く生育可能である¹⁸⁾ため、土壌水分の影響は少ない可能性もあるが、道路沿いでは適応範囲を超える極端な乾燥状態が引き起こされている可能性も否定できない。このように、ハナミズキの樹勢は、日照条件以外に、植栽基盤における土壌環境の影響を受けている可能性も考えられる。

5. おわりに

本研究では、街路樹の生育環境である道路空間の日照条件を規定する要因として、周辺建造物の推定高、道路幅員、街路樹の車道側方位を取り上げたが、解析の結果、これらの要因とハナミズキの樹勢の間に有意な関係性がみられた。結果より、ハナミズキの樹勢には、建造物の高さなどの道路空間の構造が影響していることが広範囲においても示唆され、日照条件や土壌環境の違いがその要因として推測された。特に、建造物の高さや道路幅員は、実際に樹勢が悪化したと認められる箇所において、有意に関係性が認められたため、これらの要因がハナミズキの樹勢を悪化させる可能性が推察された。

本研究の結果は、今後の街路樹植栽の計画や、樹種選定に大きく寄与するものであると考えられる。都市域において、ハナミズキのような魅力的な花を咲かせる樹種は、季節感の演出など、都市のアメニティ向上のために利用が進められているが、生育状態が良好に維持できなければ、植栽後の維持管理の負担は大きくなる。故に、街路樹を新たに植栽する際には、周辺の建造物の高さや道路幅員、方位などに着目し、日照条件を充分考慮したうえで、植栽の可否を検討することが、植栽後の街路樹の維持管理の負担を軽減するだろう。

しかし、本研究は、道路空間の構造について着目したため、日照条件、根系の伸長領域や土壌水分、さらには、剪定等の維持管理や植栽時の樹齢の違いなどの要因については検討ができていない。今後、ハナミズキを含め、街路樹の樹勢衰退要因を明らかにするには、様々な環境要因の複合的な影響を検討する必要がある。

一方で、本研究のような広範囲での検証は、土壌水分や、日射量など、時間変化を伴う要因の測定は難しい。広範囲での検証の際には、時間変化の少ない道路空間の構造、植栽基盤の構造、維持管理の状況、樹齢などの多くの要因と、樹勢の関係を検討し、時間変化を伴う要因については、植栽基盤の構造や道路空間の構造、維持管理の状況などの、時間変化の少ない要因の情報を元に議論、もしくは算出する必要がある。

街路樹などの、道路の辺縁 (road verges) は適切に管理されることで、分断化された都市環境と自然をつなげる重要な役割を担っている^{8), 17)}。都市部においては、市民の緑への関心を高め、緑化を促進する重要な要素であると考えられている²⁹⁾。今後の適切な管理は、街路樹のみならず、多様な「緑」への関心、緑地保全において重要な課題である。

謝辞：本研究は、東京大学 CSIS 共同研究 (No.929) による成果

である（利用データ：Zmap TOWN II（2016年度 Shape版）東京都 データセット，Zmap TOWN II（2008/09年度 Shape版）東京都 データセット（株式会社ゼンリン提供））。また，本研究を行うにあたって，東京大学緑地創成学研究室の橋本禪博士，当時同研究室の松岡達也博士や在籍者の皆様には，有益な意見交換をしていただいた。査読者の方々には原稿に対して貴重なご意見を頂いた。この場をお借りして，皆様に心より御礼申し上げます。

補注及び引用文献

- 1) 菴木嶺・大澤義明（2010）：都市内道路における日向経路と日陰経路：都市計画論文集 45(3)，595-600
- 2) 足永靖信・東海林孝幸（2006）：東京 23 区における用途毎建物高さの集計—航空機レーザー計測データを活用した場合—：空気調和・衛生工学会論文集 115，51-54
- 3) Bolund, P. and Hunhammar, S. (1999): Ecosystem services in urban areas: Ecological Economics 29, 293-301
- 4) Dobbertin, M. (2005): Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review: European Journal of Forest Research 124, 319-333
- 5) Foster, R.S. and Blaine, J. (1978): Urban trees survival: trees in the side-walk: Journal of Arboriculture 4(1), 14-17
- 6) 市川 薫・原 祐二・ヘンリー ブライアン・ストアー アンドルー・武内和彦（2007）：東京 23 区における街路樹ハナミズキの植栽環境と生育状況：ランドスケープ研究 70(5)，527-532
- 7) 飯塚康雄（2009）：街路樹の根系と植栽基盤の現況：日本緑化工学会誌 35(2)，262-266
- 8) IPBES (2016): The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production: Secretariat of the IPBES, Bonn, Germany
- 9) 岩崎 寛（2019）：人への健康効果からアプローチする新しい都市緑化の方向性 —健康先進国へのパラダイムシフト—：日本緑化工学会誌 44(3)，447-450
- 10) Jim, C. Y. (1987): The status and prospects of urban trees in Hong Kong: Landscape and Urban Planning 14, 1-20
- 11) 国土交通省（2018）：国土技術政策総合研究所資料 我が国の街路樹Ⅷ：国土交通省 国土技術政策総合研究所，218pp
- 12) Kjellgren, R.K. and Clark, J.R.(1992): Photosynthesis and leaf morphology of Liquidambar styraciflua L. under variable urban radiant-energy conditions: International Journal of Biometeorology 36, 165-171
- 13) MA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005): Ecosystem & Human Well-being: Synthesis: Island Press, Washington, D.C.
- 14) 前田雄一・河合隆行・小山 敢（2011）：道路を挟んで東西に植栽されたムクゲとハナミズキの生育状況：樹木医学研究 15(4)，147-154
- 15) 前田雄一・河合隆行・土屋竜太・小山 敢（2016）：ハナミズキの生育に及ぼす日照条件について：樹木医学研究 20(3)，138-142
- 16) 野村徹郎（2009）：美しい街路樹景観と植栽基盤：日本緑化工学会誌

35(2)，271-276

- 17) Matsuba, M., Nishijima, S. and Kato, K. (2016): Effectiveness of corridor vegetation depends on urbanization tolerance of forest birds in central Tokyo, Japan: Urban Forestry & Urban Greening 18, 173-181
- 18) McLemore, B.F.(1990): USDA agricultural handbook 654. Volume 2: Hardwoods: USDA, Washington, D.C., USA, 278-283
- 19) Metzger, J.A., Witter, J.A. and Storer, A.J. (2004) : Michigan ash monitoring plot system field methods protocol handbook. version 1.0.: Center for Exotic Species web page <<http://ces.mtu.edu/ash/publications/AshMonitoringProtocolHandbook.pdf>>, 2004.11.10 更新，2020.7.29 参照
- 20) Pauleit, S. (2003): Urban street tree plantings: identifying the key requirements: Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer 156, 43-50
- 21) Percival, G.C. (2005): The use of chlorophyll fluorescence to identify chemical and environmental stress in leaf tissue of three oak (*Quercus*) species: Journal of Arboriculture 31(5), 215-227
- 22) Pierce, Aaron R., Bromer, William R. and Rabenold, Kerry N. (2008) : Decline of *Cornus florida* and forest succession in a *Quercus-Carya* forest : Plant Ecology 195, 45-53
- 23) R Core Team: R: A Language and Environment for Statistical Computing: The R Project for Statistical Computing web page <<https://www.R-project.org/>>, 2020.6.22 更新，2020.8.3 参照
- 24) 佐藤理人・村上暁信・梅干野 晁（2008）：3D-CAD モデルを用いた荷重・法規制・日照条件に基づく緑化可能空間の抽出：ランドスケープ研究 71(5)，763-768
- 25) 瀬古祥子・福井巨・水島真（2015）：京都市における街路樹の根上がりと植樹坑，舗装，日照条件との関係について：ランドスケープ研究 78(5)，501-504
- 26) Takagi, M. and Gyokusen, K. (2004): Light and atmospheric pollution affect photosynthesis of street trees in urban environments: Urban Forestry and Urban Greening 2, 167-171
- 27) 武内和彦・米瀬泰隆（1996）：東京における街路樹の樹種変遷と環境思想：国際交通安全学会誌 22(1)，24-31
- 28) 田中（小田）あゆみ・福田健二（2017）：都市の環境と街路樹のストレス応答：樹木医学研究 22(1)，44-47
- 29) 東京都（2000）：緑の東京計画：東京都環境局，122pp
- 30) 東京都建設局公園緑地部計画課（2018）：TOKYO 道路のみどり 2018：東京都生活文化局広報広聴部都民の声課，2pp
- 31) 豊原 稔・藤原宣夫・田中 隆・村上暁信・渡辺達三（2001）：わが国における街路樹種の近年の動向：ランドスケープ研究 64(5)，793-796
- 32) 土屋一彬・斎藤昌幸・弘中 豊（2013）：都市生態学序説：「まち」の社会生態プロセスを理解する：日本生態学会誌 63，179-192
- 33) 「残枝」とは，枯死などの原因により剪定された枝の残った部分，剪定の痕のことを指す。

（2020.3.30 受付，2020.12.17 受理）