■研究論文

生態系サービス評価値の提示は住民の樹木の保全・維持管理意識に影響を与えるか？

Does presentation of ecosystem services affect residents' perception to tree maintenance?

末　歩美*　寺田　徹*　平林　聡**

Ayumi SUE　Toru TERADA　Satoshi HIRABAYASHI

Abstract: Old residential areas in Japanese suburbs have challenges in maintaining planted trees due to current residents' aging and new residents' less interest in tree maintenance. As a solution to the problem, the present study considers increasing residents' motivation for maintaining trees by demonstrating the value of trees as ecosystem services using i-Tree. The quantified value was presented to residents through the questionnaire (n=782), and their perception change in the tree was analyzed. The result shows an overall positive perception change by offering quantified ecosystem services. However, there is a difference depending on the type of perception: necessity, amount, and motivation to further maintenance. Furthermore, although the whole perception change was positive, there was a group whose perception change was negative. The group was characterized by older, retired, longer residence length, and high tree maintenance motivation. Those people may have felt that the quantified ecosystem services were not worth the effort that they made for a long time.

Keywords: *ecosystem service, i-Tree, suburban residential neighborhoods, community, questionnaire survey*
キーワード：生態系サービス，i-Tree，郊外住宅地，コミュニティ，アンケート調査

１．背景と目的

近年，緑地の生態的・社会的価値の評価基準として生態系サービスがよく用いられており[1), 2)]，中でも樹木を対象とする生態系サービスの定量化が，i-Tree により進められている。i-Tree は都市全体，街路，流域，庭等のさまざまなスケールにおいて高木，低木，草地の構造を分析し，それらにより提供される生態系サービスを定量化するアプリケーション群の総称である[3)]。1990 年代以降，米国農務省フォレストサービスで研究が進められ，2006 年に全米の一般ユーザーが利用可能とするための社会実装が行われ，以後，世界各地で活用されている[3)]。

i-Tree を用いた樹木の生態系サービス評価の研究は，開発元である米国では早くから進められている[4), 5)]。一方日本でも，大阪府吹田市の街路樹を対象とした研究[6)]，京都府京都市の樹木を対象とした研究など[7)]，近年，i-Tree を用いた生態系サービスの評価研究が増えつつある。

i-Tree による生態系サービスの評価値の活用方法として，第一には行政による活用，すなわち評価値を自治体のアーバンフォレストに関わる施策の根拠とすることが考えられ，主に欧米諸国の都市行政において多数の例が見られる[8), 9)]。一方本研究では，新たな試みとして，住民向けに i-Tree の評価値を活用することを考えたい。具体的には，住民にとっての身近な樹木を対象に生態系サービスの評価を行い，その値を住民に提示することで樹木の価値を伝え，保全や維持管理に関わる意識の向上を促すことを検討する。

緑地の価値認識に関わる関連研究によれば，住宅地の緑地の価値が高く評価される場合，住民は緑地保全のための支払い意志額を高める[10)]とされる。従って樹木の価値を i-Tree により生態系サービスとして具体的に住民に提示し，その価値が高く評価される場合には，樹木の保全や維持管理に関わる意識に正の影響を与える可能性がある。しかし，樹木の価値認識は住民により様々である上[10), 11)]，価値認識が樹木の保全・維持管理意識に影響を与えるかどうかについても，価値が十分に認識されなければ負の影響を与える可能性もあり，慎重な検討が必要である。

以上の認識から，本研究では，住民向けの i-Tree 活用に向け，i-Tree により住宅地内の身近な樹木の価値を生態系サービスとして定量化し，住民にその値を示すことが，住民の樹木保全・維持管理意識をどのように変化させるか解明することを目的とする。

２．方法

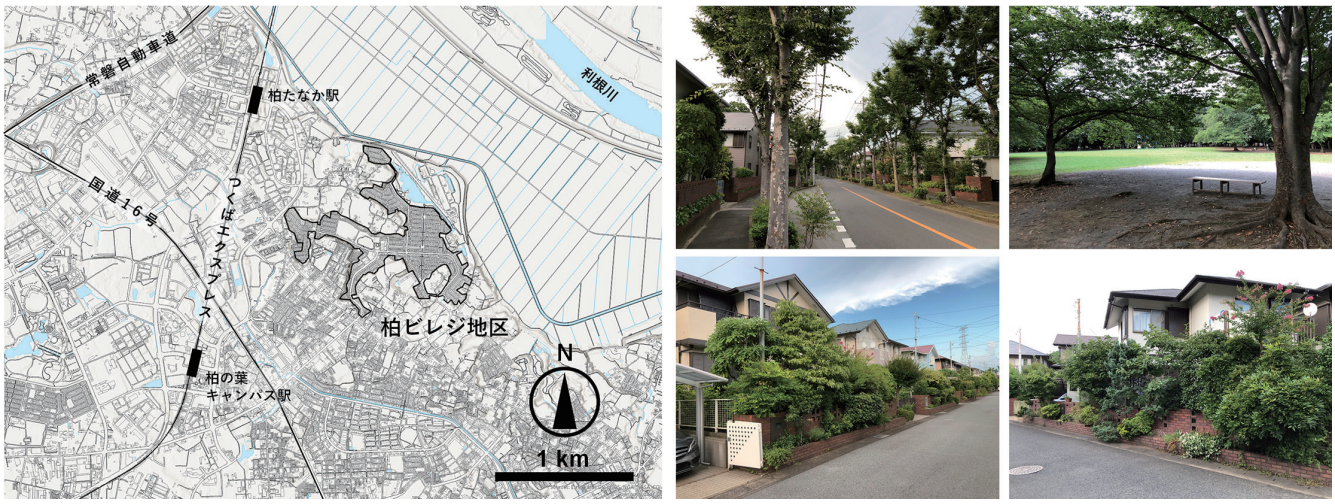
（１）対象地

対象地は，千葉県柏市大室と千葉県柏市花野井にかけて広がる郊外戸建て住宅地の柏ビレジ地区とした。同地区は 1980 年に東急不動産によって開発された 1514 戸の戸建て住宅地区で，地区内では建築協定と緑地協定が締結されており，植栽が充実している（図－ 1）。同地区の緑地協定では，決められた樹種から樹木 1 本以上の植栽，接道面の生垣化，樹木の剪定・病害防除の実施（年 1 回），等が決められている[12)]。その一方高齢化や建て替えが進行するなどして，庭の管理頻度の低下，建て替え時の植栽面積の減少など，樹木の管理不足や量の減少に関わる課題がみられるようになってきている[13)]。このような課題を抱える住宅地において，i-Tree の活用による住民の樹木保全・維持管理意識向上の可能性を検討することは有意義であると考えられ，また協定により緑地の充実を図っておりかつ建築後 30 年以上が経過している住宅地は全国に多数存在しており[14)]，本研究の成果が一定の参考になると考えられる。

（２）i-Tree による樹木の生態系サービスの定量化

i-Tree には目的に応じて複数のシリーズが存在する。本研究では i-Tree シリーズのモデルの根幹をなし，世界の各地域に対する汎用性や樹木個体群を対象とした生態系サービス評価に特徴を持つ理由から，i-Tree Eco を利用した。i-Tree Eco により定量化が可能な生態系サービス[16)]のうち，本研究では，樹木個体の樹種，形状特性から推定が可能であること，気象データなどの

*東京大学大学院新領域創成科学研究科　**米国農務省フォレストサービス／ The Davey Tree Expert Company



図－1　対象地の位置図と代表的景観（位置図は基盤地図情報を用いてArcGIS Pro 2.5.0により作成。写真は筆者撮影）

表－1　樹木台帳の作成に関するデータ取得方法（調査は2019年9月，2020年7月から8月に実施）

	樹高	樹冠幅	胸高直径	樹種
庭木	樹高3m以上の個体に対し、デジタル空中写真を用いたステレオ実体視[a]により把握（0.5m単位で測定）（n=5679）	樹高を計測したすべての個体に対して、デジタル空中写真を用いてGIS[b]により南北、東西2方向の樹冠幅の平均値を測定	推定された樹冠幅（R）からDBHを推定（Lee et al，2016）[17]	開発時期の異なる10支部から代表性のある街区をそれぞれ1街区抽出し、街路から視認可能な樹木（樹高3m以上）について樹種を記録[c]。得られた樹種割合にもとづき、支部ごとに樹種を任意に割り当て
公園樹木	樹冠が識別可能な個体に対し、デジタル空中写真を用いたステレオ実体視[a]により把握し平均値を算出し使用（0.5m単位で測定）（n=553）		樹高を計測したすべての個体に対して、ダイアメーターテープ（KDS社製）eTrex30xJ（GERMIN社製）を用いた毎木調査で把握（1mm単位で測定）	対象とする全樹木個体に対し、樹種を特定
街路樹	樹冠が識別可能な個体に対し、デジタル空中写真を用いたステレオ実体視[a]により把握し平均値を算出し使用（0.5m単位で測定）（n=909）			対象とする全樹木個体に対し、樹種を特定

a）国土地理院2008年5月27日撮影の空中写真（地上画素寸法20cm）およびPHOTEC社製Stereo Viewer pro ver.2.10を使用。樹高は樹木位置における地表面と梢端部分との差とし，地表面標高データとして，国土地理院5mメッシュ数値標高モデルを使用。
b）Stereo Viewer proの線分測定機能およびEsri社製ArcMap10.6を使用。
c）各支部はそれぞれ10～15程度の街区（道路に囲まれた一区画）の集合となっている。各支部における代表的な街区は，敷地面積に対する庭の割合が概ね支部を代表しており，樹種についても特別な傾向のない街区を，空中写真および現地調査（目視）の判断により選定。

表－2　公園樹木，街路樹の樹木台帳の作成に関する追加データ取得方法（i-Tree Eco v.6.0 Field Manual19）を基に作成）

樹冠枝葉欠損率	樹冠健全度	樹冠露光方向数
・対象樹木の根元から樹冠頂点までを確認出来る位置に立ち，枝葉が全体均一に充分生育した対象樹木を仮定した場合の樹冠に対する，剪定・落葉・不均一な樹冠の影響による枝葉の欠損割合を推定 ・推定値の幅は5(%)刻みとし、本研究では公園樹木・街路樹で5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,80(%)の値を記録。庭木は適切な位置での確認が困難なため，公園樹木・街路樹の推定値の平均値18(%)を使用	・対象樹木の根元から樹冠頂点までを確認出来る位置に立ち，枝葉が全体均一に充分生育した対象樹木を仮定した場合の，対象樹木の樹冠を100とした場合の枯れ枝が占める割合を｛100-“枯れ枝の割合”｝として樹冠健全度を記録 ・推定値の幅は5刻みとし，本研究では，公園樹木・街路樹で30,40,50,60,65,70,80,85,90の値を記録．庭木は適切な位置での確認が困難なため，公園樹木・街路樹の推定値の平均値77を使用	・対象樹木の樹冠を真上から見た場合の樹冠頂点面が1面，樹冠頂点面を除き対象樹木の樹幹を中心に90(度)×4分割した樹冠側面が計4面とする ・測定者は合計5面のうち周囲の樹木（主に樹冠）や建造物の影響なく，対象樹木まで直射日光が届く面の数(0～5)を記録．本研究では1,2,3,4,5の値を記録 ・庭木では樹冠全体の確認が困難なため，公園樹木・街路樹の樹冠露光方向数の平均4を使用

環境データが入手可能であることの2点を条件とし，1）年間での炭素固定量，2）現在の炭素蓄積量，3）吸収による二酸化窒素年間除去量，4）雨水流出抑制量（樹冠遮断量）の4つの生態系サービスを対象とした。

i-Tree Ecoを用いて上に示した樹木の生態系サービスの定量化を行うためには，評価対象樹木の樹種，胸高直径，樹高，樹冠幅のデータが基礎情報として必要とされる。従って，まず，研究対象地において，これらのデータを個体ごとに整理した「樹木台帳」を作成する必要がある。研究対象地には，個人が所有・管理する「1）住宅地内の庭木」，公共部局が所有・管理する「2）公園樹木」，「3）街路樹」の3種類の樹木が存在する。所有・管理

表－3　i-Treeの推定に用いたパラメーター一覧

分類	項目	設定値・ソース
場所関連	緯度	35.902（柏ビレジポリゴンのcentroid （重心点）の緯度）
	経度	139.969（柏ビレジポリゴンのcentroid （重心点）の経度）
	標準時との差	9
樹木関連	着葉日	Apr.10（銚子のイチョウ発芽日平年値）
	落葉日	Dec.13（銚子のイチョウ落葉日平年値）
		気象庁　生物季節観測累計表 https://www.data.jma.go.jp/sakura/data/index.html
	土地面積	802422.77 m^2 （ArcGISで計算した柏ビレジ地区の面積）
気象	時別気象データ	Station name "SHIMOFUSA"のデータを使用 NCDC（National Climatic Data Center） https://gis.ncdc.noaa.gov/maps/ncei/cdo/hourly
		我孫子観測所（45061）のデータを使用 気象庁　過去の気象データ http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php
	時別降雨量	我孫子観測所（45061）のデータを使用 気象庁　過去の気象データ http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php
	時別全天日射 時別放射収支	松戸根本測地局（12207010）のデータを使用 幸スポーツセンター（14132060）のデータを使用 国立環境研究所　環境数値データベース https://www.nies.go.jp/igreen/index.html
大気質	時別CO濃度	柏旭（車）測地局（12217510）のデータを使用
	時別NO_2濃度 時別O_3濃度 時別$PM_{2.5}$濃度 時別SO_2濃度	柏大室測地局（12217030）のデータを使用
		国立環境研究所　環境数値データベース https://www.nies.go.jp/igreen/index.html

主体の違いや，樹木に期待される機能の違いにより，樹木に対する認識に差が生まれる可能性が考えられるため[10), 11)]，本研究では，この３種類に樹木を分類し，現地測定の可・不可を考慮し，表－１に示す方法でデータを取得した。

i-Tree Eco を用いた生態系サービスの定量化は，表－１の基礎情報に加え，枝下高，樹冠枝葉欠損率，樹冠健全度，樹冠露光方向数（上部と４分割した側面の合計最大５面において日射を受ける面の数）のデータが入手可能であれば精度が高まる。従って現地での実測が可能な公園樹木，街路樹については，これらのデータについても表－２に示す方法で取得した（調査は樹木医からの指導を受けた専門性を有する調査員（主著者）が１名で行った）。

以上で得られたデータを用いて，４つの生態系サービスについて定量化を行った。定量化の基本的な考え方は，調査で得たデータを推定式（炭素蓄積量推定であればアロメトリー式等）に入力して，推定値を得るというものである。公開されている i-Tree Eco は，調査実施時点では日本の樹木評価には対応していなかったため，本研究では可能な限り国内での利用に対応させた，i-Tree Eco の互換性・拡張性を実現する樹木構造解析システムの研究[18)] の手法を基に推定を行った。具体的には，表－

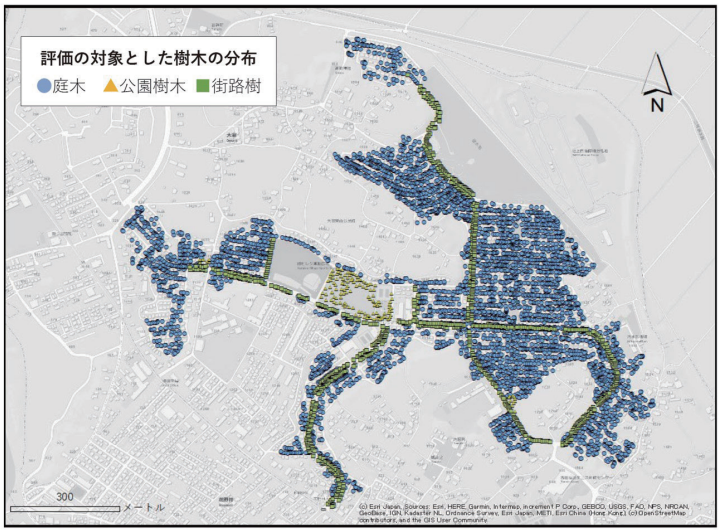
表－４　アンケート項目一覧

構成	質問番号	質問内容	選択肢 （個人属性に回答割合を示した。未回答を含むため総和が100%になるとは限らない）
庭木の管理・認識	1	自宅の庭の草花及び樹木の種類	1-9種類/10種類以上/20種類以上/植えていない分からない
	2	自宅の庭の管理を担う主体[複数]	自分や家族/親戚/ビレジサポート/造園業者/行っていない/その他
	3	自宅の庭の管理のための２年間にかかる費用	0円/5000円以下/1万円以下/3万円以下/5万円より上
	4	庭の管理を行う動機[複数]	庭を管理することは私の楽しみであるから/地域の人にも楽しんで貰いたいから/周囲の庭がよく管理されており、プレッシャーを感じるから/隣人に迷惑を掛けたくないから/緑地協定により管理の義務を感じているから/庭木は資産の1つであり資産価値を高めたいから/その他
	5	自宅の庭の管理頻度(4月～9月/10月～4月)	ほぼ毎日/週2-3回/週1回/週1回より少ない/しない
	6	庭の管理を行う上での課題[複数]	時間の余裕がない/金銭的負担が多い/体力に余裕がない/特にない
	7	庭木からの生態系サービス享受 昆虫や鳥の生息場となるため必要である 洪水の緩和に貢献している 害虫が集まり管理に手間がかかる 温暖化の緩和に貢献している 大気をきれいにしてくれる 景観の美化に貢献している	そう思う/少し思う/あまり思わない/思わない
	8	自宅の庭木に対する認識 暮らしの中で欠かせない存在である 増やしたい 積極的に手入れを行いたい	そう思う/少し思う/どちらでもない/あまり思わない/思わない
公共緑地の利用・認識	9	柏ビレジ地区内の公園利用頻度	ほぼ毎日/週にに3回以上/週に1回以上/月に1回以上/それ以下
	10	自宅が 公園 に面している	はい/いいえ
	11	自宅が 緑道 に面している	はい/いいえ
	12	自宅前に街路樹（４ｍ以上の高木）が植栽されている	はい/いいえ
	13	緑地協定の内容を知っている	内容まで知っている/内容は知らないが存在は知っている/存在も知らない
	14	柏ビレジの公園樹木と街路樹からの生態系サービス実感 昆虫や鳥の生息場となるため必要である 洪水の緩和に貢献している 害虫が集まり管理に手間がかかる 温暖化の緩和に貢献している 落ち葉の掃除にストレスを感じる 柏ビレジのシンボルとなっている 大気をきれいにしてくれる 枝が自宅の庭まで伸び、困ることがある 景観の美化に貢献している	そう思う/少し思う/あまり思わない/思わない
	15	柏ビレジの 公園樹木　に対する認識 暮らしの中で欠かせない存在である 増やしてほしい 行政が行う維持管理活動に協力したい	そう思う/少し思う/どちらでもない/あまり思わない/思わない
	16	柏ビレジの 街路樹 に対する認識 暮らしの中で欠かせない存在である 増やしてほしい 行政が行う維持管理活動に協力したい	そう思う/少し思う/どちらでもない/あまり思わない/思わない
	17	関連ある知識（地球温暖化/光合成/雨水涵養/酸性雨/生物多様性/生態系サービス）	説明が出来る/内容を知っている/名前は知っている/知らない
定量値提示後の認識と活動参加意欲	18	各樹木の種類数と樹木数に対する量感	予想よりも多い/予想と変わらない/予想よりも少ない
	19	庭木・公園樹木・街路樹 に対する認識（提示後） 暮らしの中で欠かせない存在である 増やしたい(庭木)/増やしてほしい(公園樹木・街路樹) 積極的に手入れを行いたい(庭木)/行政が行う維持管理活動に協力したい(公園樹木・街路樹)	そう思う/少し思う/どちらでもない/あまり思わない/思わない
	20	自宅の庭木を対象とした 樹木機能の定量化活動への参加意欲	是非行いたい/興味はある/行いたくない
	21	柏ビレジの公園樹木・街路樹を対象とした 樹木機能の定量化活動への参加意欲	是非行いたい/興味はある/行いたくない
個人属性	22	性別	男性[52.1%]/女性[47.6%]/答えたくない[0%]/その他[0%]
	23	年齢	10代[0%]/20代[0.4%]/30代[3.1%]/40代[5.3%]/50代[7.5%]/60代[29.6%]/70代[45.9%]/80歳以上[7.4%]
	24	同居のご家族構成	一人暮らし[8.9%]/夫婦[57.1%]/親と子(未成年の子のみ)[8.0%]/親と子(成年の子がいる)[20.8]/二世帯以上同居[3.4%]
	25	現在のお仕事	会社員・公務員など常勤の仕事[13.9%]/パート・アルバイトなど非常勤の仕事[13.5%]/自営業・自由業[5.3%]/専業主婦・家事手伝い[24.9%]/自治会等の地域活動[3.8%]/現在仕事はしていない[34.8%]/その他[1.4%]
	26	所有する車の台数	１台[74.8%]/２台[16.4%]/３台[0.9%]/それ以上[0.4%]/持っていない[7.5%]
	27	みどりに関する知識・経験[複数]	専門学校や大学等で生物・環境・造園に関する専門教育を受けた[2.6%]/生物・環境・造園を主な業務とする企業や公共団体で働いている、又は過去に働いていた[1.8%]/その他[6.3%]/いずれも該当しない[85.7%]
	28	居住継続年数	1年未満[0.8%]/1年以上3年未満[2.3%]/3年以上5年未満[2.3%]/5年以上10年未満[4.1%]/10年以上20年未満[9.1%]/20年以上30年未満[21.2%]/３0年以上[58.6%]/その他[0.1%]
	29	居住継続意思（今後も柏ビレジ地区に住み続けたいと思うか）	終の棲家として住み続けたい[56.1%]/10年以上住み続けるつもりだ[12.0%]/転出を検討している[3.3%]/未定[24.8%]/その他[1.3%]
	30	柏ビレジに関わる役割を担っている、担った経験[複数]	自治会の役員[56.8%]/ビレジサポートの運営スタッフ[7.5%]/緑地協定委員[15.3%]/担っていない、経験していない[20.4%]

下記の表をみた上でのあなたの考えをお聞かせください。

樹木には、人の役に立つ様々な機能があります。その中には、「樹木がつくる影により日差しが和らげられる」といったように、人が実際に感じられる機能もあれば、「二酸化炭素の吸収」など、目には見えない機能も多くあります。
今回、柏ビレジ内の庭木・公園樹木・街路樹について、現地調査と航空写真の判読により、どのようなサイズの樹木が何本あるかを調べました。そして、「i-Tree」という米国で開発された評価ツールを使って、樹木がもつ機能のいくつかを、調査によって得られたデータから計算しました。結果は以下の表のとおりです。

	庭木	公園樹木	街路樹
評価対象	航空写真を使用した目視で判別可能な3m以上の樹木	2019年9月現地調査で測定した樹木	2019年9月現地調査で測定した樹木
樹木の数	5679本	553本	909本
樹木の種類	37種類以上	約22種類	4種類
主要な樹種	ハナミズキ・ハクモクレン・イタヤカエデ・サルスベリ・サンゴジュ・ヤブツバキ…	コナラ・クヌギ・ソメイヨシノ・マテバシイ・シラカシ・アカシデ…	ケヤキ・トウカエデ・イチョウ・プラタナス
1年間に吸収する二酸化炭素(CO_2)の量	年間26.0 t	年間35.7 t	年間33.4t
1世帯当たりの二酸化炭素排出量でいうと	6.8世帯分	9.4世帯分	8.8世帯分
現在蓄積している炭素の量(CO_2換算)	合計47 t	合計445 t	合計390 t
1世帯当たりの二酸化炭素排出量でいうと	約12世帯分	117世帯分	103世帯分
大気汚染物質(二酸化窒素 NO_2)の年間除去量	合計7.63 kg/年	合計9.96 kg/年	合計2.52 kg/年
自家用車の二酸化窒素(NO_2)年間排出量でいうと	約49台分	約64台分	約16台分
雨水の流出抑制量	合計515 ㎥/年	合計660 ㎥/年	合計211 ㎥/年



図－2　アンケートにおける生態系サービス評価結果の説明（左）と調査対象樹木の図示（右）（右図はArcMap10.6により作成）

1，2のデータを統合し樹木データベースを作成し，樹木個体ごとの樹種，樹高，胸高直径などのパラメータを設定したのち，同研究[18]によりi-Tree Ecoとの互換性が確認された国内樹木データ向けの葉面積，葉乾燥重量，木質部乾燥重量推定式を使用して樹木構造を算出した上で，生態系サービスへの変換を行った。二酸化窒素年間除去量，雨水流出抑制量の推定に対しては，研究対象地に近い観測所で測定された気象データ，大気質データを使用した（表－3）。

（3）住民による樹木の認識

i-Treeによって評価された生態系サービスの値をアンケート調査にて住民に提示し，値を示す前後での認識の変化について分析を行った。

1）アンケート調査の概要

アンケート調査の対象者は，研究対象地内アパートを除く全世帯（1554世帯）の各一人（今回のアンケート内容をよく知る人物）とした。配布はポスティング，回収は返信用封筒による郵送とした。ポスティングは2020年10月7日から8日にかけて行い，回収期限を2020年10月19日とした。回答数は798，有効回答数782，有効回答率は50.3%であった。本研究では得られたすべての有効回答を分析に用いた。

質問紙の頁数は12頁，質問項目を全42問とし，「コロナ禍における生活意識と生活の変化」「庭木の管理・認識」「公共緑地の利用・認識」「定量値提示後の認識と活動参加意欲」「個人属性」の順で提示した。このうち「コロナ禍における生活意識と生活の変化」は，別の研究目的に関連するものであるため，本研究では，残りの質問項目のうち，本研究に関連の深い計30問（表－4）の結果を分析に用いた。

なお樹木の保全・維持管理に関わる認識については，「樹木は暮らしの中で欠かせない存在と思うか（樹木の「必要性」に関する認識）」「樹木を増やしてほしいか（樹木の「量」に関する認識）」「庭木を積極的に手入れしたいか／公園樹木・街路樹の行政による維持管理活動に協力したいか（樹木の「維持管理」に関する認識）」の3つを設定し，5件法（そう思う，少し思う，どちらでもない，あまり思わない，思わない）で回答を求めた（提示前：質問8，15，16，提示後：質問[19]）。

2）生態系サービス評価値の提示

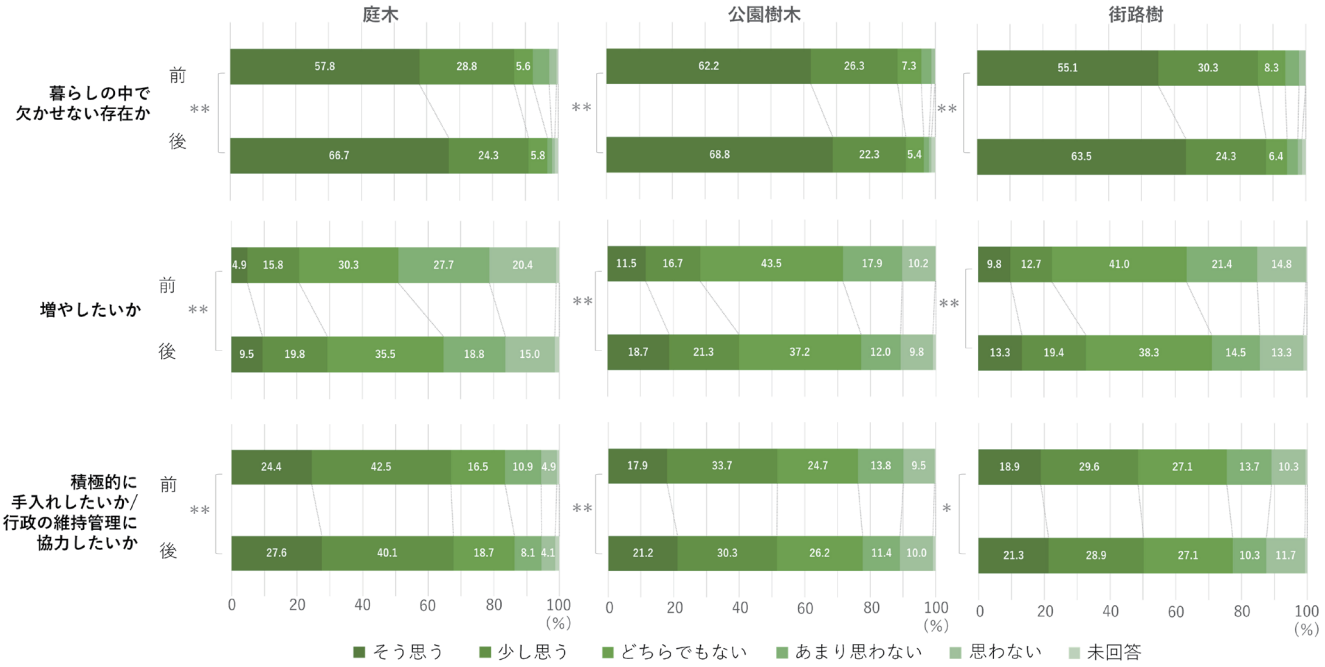
生態系サービスの評価値を提示するにあたり，被験者にその値を正しく理解させる必要がある。そこで本研究では，年間炭素固定量，炭素蓄積量については，関東地方の1世帯あたりの炭素排出量（3.825 t-CO_2）[20]を，二酸化窒素の年間除去量については自家用車1台あたりの二酸化窒素排出量（0.0244 g/km・台）[21),22)]を用いて値を換算し，身近な排出量との比較により，値のもつ意味を理解できるようにした。これらの値は質問紙の8頁目に図－2（左図）のように説明書きとともに分かりやすく提示し，直後に図－2（右図）も合わせて提示し，評価対象樹木の分布・総量も直感的に理解可能となるように工夫した。

また本研究では，事前質問，評価値の提示，事後質問の流れとなるよう，正しいタイミングで評価値を提示する必要がある。そのため，アンケート冒頭に，質問1からすべての質問に順番に回答するよう注意を付したほか，事後質問（質問19）のリード文に「8頁の表を見た上での，柏ビレジの庭木・公園樹木・街路樹のそれぞれに対するあなたの考えを，改めてお聞かせください」と示し，評価値を見た上での回答となるよう誘導した。

3）結果の分析

被験者の基本属性は，関連する質問（質問22，23，25，28，30）の結果を単純集計し解明した。

評価値提示前後の樹木の認識変化を解明するにあたり，まずは，評価値提示前の認識を分析した。具体的には，庭木，街路樹，公園樹木の3つの樹木パターン毎に，必要性，量，維持管理の3つの認識についての回答を集計し，それぞれの特徴を考察した。



図－3　生態系サービス定量値提示前後の樹木認識の回答分布
（それぞれの認識について，上が提示前，下が提示後の回答を示す（=p <0.01，*=p <0.05，n=782））**

次いで，値の提示前後で認識が有意に変化したかを確認するため，5件法を順序尺度とみなし，ウィルコクソンの符号付き順位検定により前後の差を検定した。その上で，認識変化の特徴について考察を行った。

ここで，認識の変化は個人の生態系サービスの捉え方に依るため，肯定的な方向のみならず，否定的な方向へと変化することも考えられる。そこで本研究では，変化の方向によって被験者を2群に分け，それら2群の特徴を分析することで，変化の要因を双方向から推察することとした。

まず，回答前後の変化量について，一段階認識が強まった場合を+1，弱まった場合を-1としたヒストグラムを作成し，その特徴を考察した。その上で，肯定的な方向へ変化した被験者群を「ポジティブ変化群（以下P変化群，変化量が+1，+2，+3，+4）」，否定的な方向へ変化した被験者群を「ネガティブ変化群（以下N変化群，変化量が-1，-2，-3，-4）」と分類し，被験者全員と比較した際の両群の特徴を解明し，考察を行った。具体的には，表－4の質問項目のうち，樹木の認識に関わるもの（質問8，15，16，19）以外を変数の候補とし，P変化群と被験者全員，N変化群と被験者全員のそれぞれについて二群の差に関わる統計検定（対応のない二群の差の比較）を行い統計的に有意な変数を決定し，その変数の特徴にもとづき両群の特徴を考察した。回答が順序尺度（5件法）の場合はマンホイットニーのU検定，名義尺度の場合は，データが2×2の分割表で示される場合や期待度数が5未満のデータが全データの20%以上ある場合にはフィッシャーの正確確率検定を，それ以外の場合はピアソンのカイ二乗検定を行った。結果には，p 値および効果量（U検定の場合は r，カイ二乗検定およびフィッシャーの正確確率検定の場合は φ）を示した。上記に関わる統計検定にはIBM SPSS 26を使用した。

4．結果と考察

（1）生態系サービスの定量化

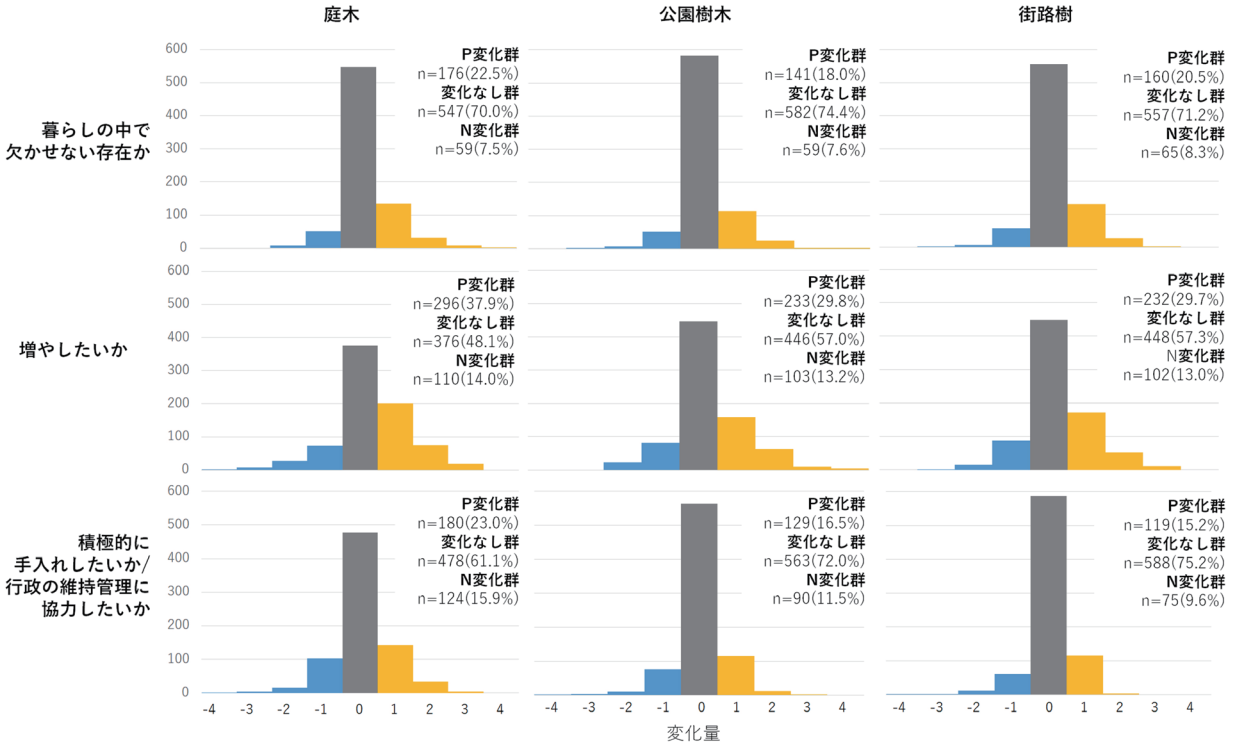
評価結果はアンケートに示した通り，図－2（左）のようになった。まず，年間での炭素固定量については，CO_2 換算で，庭木26,000 kg-CO_2，公園樹木35,700 kg-CO_2，街路樹33,400 kg-CO_2 となった。次に，現在の炭素蓄積量については，庭木は47,000 kg-CO_2，公園樹木は445,000 kg-CO_2，街路樹は390,000 kg-CO_2 となった。二酸化窒素の年間除去量については，庭木は7.63 kg/年（6.01～13.26 kg/年），公園樹木は9.96 kg/年（7.93～18.46 kg/年），街路樹2.52 kg/年（1.86～5.35 kg/年）となった[23)]。最後に，雨水流出抑制量については，庭木は合計515 m³/年，公園樹木は合計660 m³/年，街路樹合計211 m³/年となった。

（2）アンケート被験者の基本属性

被験者の性別比は，男性52.8%，女性46.9%であり，男性がやや多いものの性別比は男性，女性で半数ずつとなった。被験者の年齢は20～80代以上まで幅があったが，60代が29.6%，70代が45.9%と，60代と70代が75.5%を占め，対象地の世帯年齢が高齢化している状況と一致した。居住継続年数は30年以上が58.7%，仕事は現在仕事をしていないが35.3%，自治会の役員等コミュニティの役割を担った経験が79.6%であった。以上より，被験者の代表的属性は，高齢者が多い，居住継続年数が長い，コミュニティの役割を担った経験があるといったものであり，住宅地開発当初から入居しており，コミュニティ活動への参加経験もあるリタイア層が被験者の多くを占めている。

（3）生態系サービス評価値提示前の樹木に対する認識

図－3は，樹木に対する保全・維持管理に関わる認識（「必要性」「量」「維持管理」）の変化を，樹木パターン（「庭木」「公園樹木」「街路樹」）ごとに集計したものである。同図で評価値提示前の回答分布を確認すると，樹木パターンによる認識の差はほぼ見られないことから，住民は樹木の所有や形状によらず同じような認識を持つと考えられる。ただし，維持管理行動に対しては庭木とそれ以外の樹木パターンで若干の違いがみられ，庭木ではそう思う，少し思うの回答の合計が66.9 %である一方，公園樹木では51.6%，街路樹では48.5%と，肯定的な回答の割合が低くなった。この違いの理由は，庭木は住民自身に対する管理責任が



図－4　樹木に対する認識の変化量についてのヒストグラム
（オレンジ色がP変化群，灰色が変化なし群，青色がN変化群）

明確であることから，管理への義務や責任の意識がより強く働き，維持管理行動に肯定的な回答が多くなり，公園樹木と街路樹では，住民ではなく行政が管理に対する義務や責任を担っているという意識から，肯定的な回答への選択が抑えられたためと考える。

一方，必要性，量，維持管理の3つの認識間では認識の強さに差が見られ，庭木，公園樹木，街路樹ともに，認識の強さは必要性，維持管理，量の順となった。必要性が最も強く認識された理由は，維持管理や量と異なり，行為を伴わない認識であるためと考えられる。一方維持管理と量は，その実現に向けて行為やコストが生じる認識であり，それらを加味し認識が弱くなったと考えられる。これは心理学や行動経済学の分野で取り上げられるAttitude-Behavior Gapの考え方（ある事象に対する態度と実際の行動との間には乖離がある）[25]とも整合する。量の認識が最も小さい理由は，対象地では樹木が充実しているため，住民が既に量に満足しており，質に関連する維持管理により強い認識が働いたためと考えられる。

（4）評価値提示前後の認識の変化

同じく図－3に関して，評価値提示前後の変化について分析する。認識変化の方向をみると，全体として肯定的な方向へ変化しているといえる。

ただし，必要性と量に比べ，維持管理の認識は変化量が微小であった。今回の生態系サービスの提示は樹木の価値を示すものであるため，樹木の必要性については直接的に意識向上につながりやすく，また量の増加も樹木の量を増やし価値を高める行為と位置付けられるため，変化がみられたものと考えられる。一方，樹木の価値が認識されてもそれが維持管理意識の向上に直接つながるとは言えず，維持管理の認識については，変化が微小であったと考えられる。

（5）認識変化の方向

図－4に，樹木に対する認識の変化量について，認識の種類，樹木パターンで分類したヒストグラムを示した。同図から，回答分布は概ね正規分布を示し，被験者の認識の変化は，肯定的な方向へ変化（+1，+2，+3，+4），変化なし（0），否定的な方向へ変化（-1，-2，-3，-4）の3種類があることが分かる。ここで，被験者を変化の種類により3群（P変化群，変化なし群，N変化群）に分け，以降の議論を進める。3群の被験者数は，人数の多い順に変化なし群，P変化群，N変化群であり，変化なし群が全体の48～75%を占めている。定量値の提示は，大多数の住民の認識を変化させる程の影響はないと考えられる一方，P変化群が全体の15～38%を占め，N変化群の割合（8～16%）に比べて高いことから，両群を合算した場合には肯定的な方向への認識変化が見られると理解できる。

P変化群が認識を肯定的なものへ変化させた理由は，生態系サービスの提示により，これまで意識してこなかった樹木の価値が認識されたためと考えられる。一方，N変化群については，なぜ否定的な認識変化がみられたのか理由を追求する必要があるため，以下さらに分析を進める。

（6）属性からみるP変化群，N変化群の特徴

まず，P変化群，N変化群それぞれについて，生態系サービス提示前にどのような認識をもっていたのかを整理する。図－5に両群の評価値提示前の回答を示す。P変化群は提示後に最低でも1段階認識を肯定的な方向へ強めた群であるため，もっとも肯定的な「そう思う」の回答は取り得ない。逆にN変化群はもっとも否定的な「思わない」の回答を取り得ない。このこととも関係するが，P変化群は「あまり思わない」「思わない」の否定的な回答が2～6割程度を占めているのに対し，N変化群では2割以下に収まっている。一方，N変化群はその逆で，「そう思う」「少し思う」の肯定的な回答が4～9割を占めるのに対し，P変化群では1～6割となっている。つまり，定量値提示前のP変化群はやや否定的な認識を有していた群であり，逆にN変化群はやや肯定的な認識を有していた群とみなせる。

これを踏まえた上で，全被験者と比較した際にP変化群，N

変化群それぞれを特徴づける変数から，両群の特徴を考察する。3つの認識のうち，必要性の認識については統計的に有意（p<0.05）な変数が32変数存在したが，量の認識では4変数，維持管理の認識では12変数に留まった。以下では変数が統計的に有意であり，認識変化の理由が解釈可能な場合に絞って議論する。

必要性の認識（表－5）について，P変化群は，庭管理について，樹木種数が少ない（p<0.05），管理主体が自分や家族（p<0.05），管理動機が個人の楽しみ（p<0.01），周囲の行き届いた庭管理にプレッシャーを感じること（ピアプレッシャー）（p<0.05），管理頻度が低いこと（p<0.01）に特徴がある。公共緑地の利用については，公園の利用頻度は低い（p<0.01）。生態系サービスの実感については，樹木パターンに関わらずあまり感じていない（多くの変数で p<0.01。詳細は表－5）。個人属性については，比較的年齢が若く，居住年数が浅い，少なからず転居意向を持ち，現在も仕事をしていることに特徴が見られた。以上から，必要性の認識に対するP変化群の特徴は，「若い世代で現在も仕事をしている人が多く，庭への関心があるものの，庭の管理や公園で緑に触れる時間や機会が少ない。このため，生態系サービスをあまり実感することがない」と解釈することができる。この特徴から，P変化群は，緑に触れる機会が少なく樹木の必要性に関わる認識がやや弱かったが，樹木の価値を具体的に知り，必要性を強めたと考えられる。

一方N変化群は，庭管理について，管理動機が地域の人に楽しんで貰うこと（p<0.05），管理課題を時間と体力について感じていること（p<0.05）に特徴がある。生態系サービスの享受については，公園樹木と街路樹からはあまり感じていない（半数程度の変数で p<0.01 もしくは p<0.05。詳細は表－5）。個人属性については，環境や緑に関わる知識が少ない（光合成，地球温暖化で一部 p<0.01，生物多様性で一部 p<0.05），現在仕事をしていないこと（p<0.05）に特徴が見られた。以上から，必要性の認識に対するN変化群の特徴は，「リタイア層が多く，庭への関心があり，時間面・体力面に課題を感じつつも長年庭管理を行ってきた。環境や緑を知識として理解する傾向は弱い」と解釈することができる。この特徴から，N変化群は，庭との関わりが強く樹木の必要性を強く感じていたが，管理労力に対して生態系サービスの量が見合わないと感じた，もしくは知識（数値）として樹木の価値を捉えることに興味がわかなかったため，必要性を弱めたと考えられる。

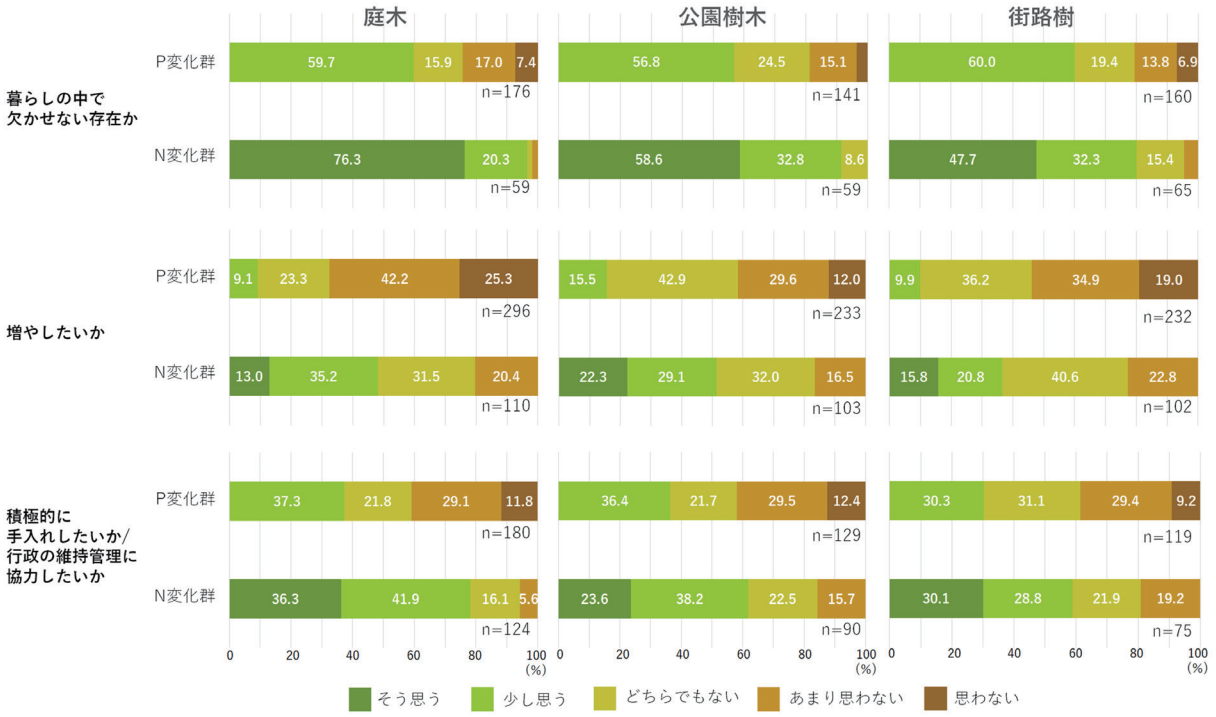
量の認識については，数項目で有意な差が見られるが，結果から各群の明瞭な特徴は見いだせなかった（表－6）。

維持管理行動の認識（表－7）については，街路樹に対する認識のN変化群にのみ有意な変数がある程度みられ，その他については明瞭な特徴は見いだせなかった。街路樹に対する認識について，N変化群は，生態系サービスの享受について，とくにディスサービスに関連して，害虫が集まることによる管理の手間，落ち葉の掃除にストレスをあまり感じていない（p<0.05），環境や緑に関わる知識が少ない（光合成で p<0.01），住宅地内の庭木剪定を行う互助組織（NPO法人）に所属していること（p<0.01）に特徴が見られた。以上から，街路樹の維持管理に対するN変化群の特徴は，「所有する樹木以外の管理にも積極的で，コミュニティ内の樹木の維持管理に関心があり，日頃管理する中ではディスサービスをあまり感じていない。環境や緑を知識として理解する傾向は弱い」と解釈できる。こうした特徴から，同群は，樹木の維持管理への関心が強く，街路樹の維持管理への意識も高かったが，生態系サービスの量が見合わないと感じた，もしくは知識（数値）として樹木の価値を捉えることに興味がわかなかったため，維持管理の認識を弱めたと考えられる。

4．結論と課題

本研究では，研究対象地である千葉県柏市柏ビレジ地区での分析を通じて，以下の点が明らかとなった。

1．住民による樹木の保全・維持管理に対する認識は，樹木パターン（庭木，公園樹木，街路樹）によってはほとんど差が見られないが，認識の種類（必要性，量，維持管理行動）によって差がみられる。認識の強さは，必要性，維持管理



図－5　P変化群とN変化群の生態系サービス定量化結果提示前の回答分布

表－5　全被験者（n=782）とP，N変化群の差の検定結果（必要性の認識）

評価項目	P変化群						N変化群					
	庭木 n=176		公園樹木 n=141		街路樹 n=160		庭木 n=59		公園樹木 n=59		街路樹 n=65	
	*p*値	効果量	*p*値	効果量	*p*値	効果量	*p*値	効果量	*p*値	効果量	*p*値	効果量
樹木種数	0.02*	-0.08					0.67	-0.01				
管理主体												
自分や家族	0.04*	0.07					0.25	—				
管理動機†												
個人の楽しみ	0.00**	0.16					0.58	—				
地域貢献	0.03*	0.07					0.04*	0.07				
ピアプレッシャー	0.04*	0.07					0.56	—				
管理頻度	0.00**	-0.09					0.47	-0.03				
管理課題†												
時間	0.28	—					0.05*	0.07				
体力	0.11	—					0.02*	0.08				
庭木からの生態系サービスの実感‡												
生息場	0.00**	-0.11					0.75	-0.01				
害虫	0.00**	-0.10					0.09	-0.06				
温暖化	0.00**	-0.11					0.27	-0.04				
大気浄化	0.00**	-0.10					0.13	-0.05				
景観	0.00**	-0.10					0.12	-0.05				
公園利用頻度			0.00**	-0.14					0.90	—		
緑地協定の内容の理解	0.02*	-0.07					0.04*	-0.07				
公共の樹木からの生態系サービスの実感‡												
生息場			0.00**	-0.11	0.00**	-0.09			0.02*	-0.08	0.02*	-0.08
洪水緩和			0.02*	-0.08	0.02*	-0.08			0.56	-0.02	0.69	-0.01
害虫			0.05*	-0.06	0.22	-0.04			0.59	-0.02	0.03*	-0.07
温暖化			0.00**	-0.11	0.00**	-0.10			0.17	-0.05	0.37	-0.03
落ち葉ストレス			0.35	-0.03	0.66	-0.01			0.50	-0.02	0.00**	-0.13
柏ビレジのシンボル			0.00**	-0.16	0.00**	-0.14			0.00**	-0.11	0.23	-0.04
大気浄化			0.00**	-0.16	0.00**	-0.11			0.01*	-0.09	0.19	-0.04
枝が伸びて困る			0.83	-0.01	0.71	-0.01			0.89	0.00	0.47	-0.02
景観			0.00**	-0.18	0.00**	-0.16			0.00**	-0.18	0.11	-0.05
知識‡												
地球温暖化	0.30	-0.03	0.80	-0.01	0.92	0.00	0.62	-0.02	0.07	-0.06	0.00**	-0.09
光合成	0.27	-0.04	0.38	-0.03	0.90	0.00	0.18	-0.05	0.00**	-0.10	0.00**	-0.11
生物多様性	0.66	-0.01	0.65	-0.01	0.66	-0.01	0.65	-0.02	0.83	-0.01	0.05*	-0.07
生態系サービス	0.04*	-0.07	0.75	-0.01	0.50	-0.02	0.35	-0.03	0.43	-0.03	0.71	-0.01
年齢	0.00**	-0.12	0.00**	-0.09	0.02*	-0.08	0.64	-0.02	0.87	-0.01	0.83	-0.01
家族構成†												
親と子（未成年の子のみ）以外	0.04*	-0.07	0.32	—	0.30	—	0.11	—	0.22	—	0.11	—
住み続けたいか†												
転居意向がある（終の棲家以外）	0.00**	0.12	0.00**	0.11	0.00**	0.10	0.77	—	0.47	—	0.44	—
仕事†												
現在仕事をしている	0.02*	0.08	0.91	—	0.02*	0.08	0.05*	-0.07	0.23	—	0.93	—

†＝フィッシャーの正確確率検定，‡＝マンホイットニーのU検定，無印＝カイ二乗検定。**=p<0.01, *=p<0.05。効果量（effect size）は平均値の差を標準化したもので，U検定の場合はr，正確確率検定およびカイ二乗検定の場合はφで示される。比較対象に対する差の方向を示すため正負の符号を付した。

表－6　全被験者（n=782）とP，N変化群の差の検定結果（量の認識）

評価項目	P変化 群						N変化群					
	庭木 n=296		公園樹木 n=233		街路樹 n=232		庭木 n=110		公園樹木n=103		街路樹 n=102	
	*p*値	効果量	*p*値	効果量	*p*値	効果量	*p*値	効果量	*p*値	効果量	*p*値	効果量
庭木からの生態系サービスの実感‡												
大気浄化	0.65	-0.01					0.03*	-0.08				
公共の樹木からの生態系サービスの実感‡												
温暖化			0.04*	-0.06	0.51	-0.02			0.78	-0.01	0.58	-0.02
知識‡												
光合成	0.48	-0.02	0.410	-0.03	0.15	-0.05	0.44	-0.03	0.03*	-0.07	0.74	-0.01
仕事†												
現在仕事をしている	0.68	—	0.960	—	0.440	—	0.04*	0.07	0.86	—	0.56	—

†＝フィッシャーの正確確率検定，‡＝マンホイットニーのU検定，無印＝カイ二乗検定。**=p<0.01, *=p<0.05。効果量（effect size）は平均値の差を標準化したもので，U検定の場合はr，正確確率検定およびカイ二乗検定の場合はφで示される。比較対象に対する差の方向を示すため正負の符号を付した。

表－7　全被験者（n=782）とP，N変化群の差の検定結果（維持管理行動の認識）

評価項目	P変化群						N変化群					
	庭木 n=180		公園樹木 n=129		街路樹 n=119		庭木 n=124		公園樹木 n=90		街路樹 n=75	
	p 値	効果量	*p* 値	効果量	*p* 値	効果量	*p* 値	効果量	*p* 値	効果量	*p* 値	効果量
草花種数	0.03	-0.07					0.61	-0.02				
管理動機†												
個人の楽しみ	0.00**	0.12					0.98	―				
管理頻度	0.04*	-0.07					0.27	-0.04				
公共の樹木からの生態系サービスの実感‡												
害虫			0.33	-0.03	0.71	-0.01			0.12	-0.05	0.03*	-0.07
落ち葉ストレス			0.27	-0.04	0.28	-0.04			0.09	-0.06	0.04*	-0.07
柏ビレジのシンボル			0.32	-0.03	0.04*	-0.07			0.63	-0.02	0.89	0.00
枝が伸びて困る			0.04*	-0.07	0.26	-0.04			0.11	-0.05	0.40	-0.03
知識‡												
光合成	0.54	-0.02	0.91	0.00	0.62	-0.02	0.11	-0.05	0.05*	-0.07	0.00**	-0.10
年齢	0.23	-0.04	0.93	0.00	0.34	-0.03	0.04*	-0.07	0.04*	-0.07	0.09	-0.06
経験†												
いずれも該当しない	0.75	―	0.32	―	0.15	―	0.73	―	0.70	―	0.02*	-0.08
コミュニティでの役割経験†												
ビレジサポート	0.71	―	0.18	―	0.62	―	1.00	―	0.00**	0.10	0.00**	0.10
緑地協定委員	0.07	―	0.04*	-0.07	0.19	―	0.31	―	0.44	―	0.11	―

†＝フィッシャーの正確確率検定，‡＝マンホイットニーのU検定，無印＝カイ二乗検定。**=p<0.01, *=p<0.05。効果量（effect size）は平均値の差を標準化したもので，U検定の場合はr，正確確率検定およびカイ二乗検定の場合はφで示される。比較対象に対する差の方向を示すため正負の符号を付した。

行動，量の順で強い。

2．生態系サービス提示後には，全体として肯定的な方向へ樹木の認識が変化する。ただし，認識の種類によって変化量は異なり，必要性と量の認識と比較して維持管理行動の認識は変化量が微小である。

3．認識変化には，肯定的な方向へ変化する群（P変化群），認識が変化しない群，否定的な方向に変化する群（N変化群），の3群がみられ，変化しない群が最も多く全体の48～75%を占める。一方P変化群の割合は15～38%，N変化群は8～16%であり，これらの合算の結果として限定的ではあるものの全体として肯定的な方向へ認識が変化している。

4．必要性の認識に関わるP変化群は，若い世代で就業者が多く，庭への関心があるものの，庭の管理や公園で緑に触れる時間や機会が少ない。このため，生態系サービスの享受をあまり感じることがなく，評価値提示前の必要性の認識もやや弱い。評価値提示により，これまでそれほど享受していると感じてこなかった樹木の生態系サービスの程度を具体的に知り，必要性を強めた可能性がある。

5．必要性の認識のN変化群は，リタイア層が多く，庭への関心があり，時間面・体力面に課題を感じつつも長年庭管理を行ってきたため，評価値提示前の必要性の認識は強い。一方，環境や緑を知識として理解する傾向が弱く，また，管理労力に対して便益が見合わないと感じ，評価値提示後に必要性を弱めた可能性がある。

以上のように，本研究では，i-Treeによる生態系サービス評価値の提示が住民の樹木の保全・維持管理認識に対して具体的にどのような影響を与えるかについて，一定の知見が得られた。上記2が示すように，条件付きではあるが，生態系サービスを具体的に示すことにより保全や維持管理に関わる意識の向上がみられた一方，必要性の認識について，住民の属性によって認識が肯定的にも否定的にも変化することが明らかになった点は，i-Treeによる評価結果を今後の住宅地の緑地マネジメントにどのように活用するかを考える上で示唆的である。

本研究の対象地であれば，緑地協定の順守による緑空間の維持に向け，比較的年齢の若い新規入居者に対して樹木の価値を理解してもらうことが重要であるが，こうした層に対しては評価値の提示が相対的に有効であるため，積極的に樹木の価値を科学的に解明し示していくべきであろう。一方，樹木の維持管理に課題（時間，体力）を抱える高齢者世帯に対して同様に評価値を提示すると，認識が否定的な方向へ変化する可能性がある。例えば，回覧板や自治会のホームページ等を使用したコミュニティの構成員全員に対する情報提示は，特定の層に対しては否定的な方向への認識変化を招く可能性があり，注意が必要である。これを避けるためには，樹木に関する親子向け環境教育ワークショップといったように，特定の年代（この場合は比較的年齢の若い子育て世代）の参加が促されるようなイベントを開催し，その中で生態系サービスの評価値を提示することが一案として考えられる。i-Treeの普及に向けたワークショップは既に開催実績があるため[26]，これを参考にし，樹木の維持管理が課題となっているコミュニティにおいて，専門家，行政，住民の協働によりこうしたイベントを企画・実施していくことが望ましい。

本研究では，データの制約から定量化する生態系サービスの種類を限定している。i-Treeでは，例えば調整サービスの一部としての微気象緩和機能を冷暖房使用削減量で評価することができる。今後は，こうした住民にとってより実感の湧きやすいサービスの提示が樹木の認識変化にどのような影響を与えるかについて，知見を深めていく必要がある。既往研究でも，本研究では扱えなかった文化的サービスについて，その認知が市民の保全行動意図へつながりやすいことが具体的に指摘されている[27]。こうした知見を参考にしつつ，どのような生態系サービスの提示が住民の樹木保全・維持管理意識の向上に向けて効果的であるかを総合的に解明することを，今後の重要な研究課題としたい。

謝辞：柏ビレジ自治会の皆様，筑波大学土地利用研究室の皆様にはアンケートの実施に関してご協力を頂きました。本研究はJSPS科研費JP19K06106の成果の一部です。関係各位に感謝申し上げます。

補注及び引用文献

1) Larondelle, N., & Haase, D. (2012): Valuing post-mining landscapes using an ecosystem services approach−An example from Germany: Ecological indicators 18, 567-574
2) 佐野晃一・伊藤元己（2014）：生態系サービスの概念を用いた都市住民の環境に対する意識測定：人間・環境学会誌 17(1)，1-10
3) 平林聡（2021）：i-Tree の日本における活用と普及方策：グリーン・エージ 2021 年 3 月号，16-20
4) McPherson, E. G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., & Rowntree, R. (1997): Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago urban forest climate project: Urban ecosystems 1(1), 49-61
5) Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006): Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States: Urban forestry & urban greening 4(3-4), 115-123
6) 川口将武・平林聡・平瀬耕・加我宏之・赤澤宏樹（2021）：大阪府吹田市の樹木健全度調査を用いた i-Tree Eco による街路樹の貨幣価値推定 . : ランドスケープ研究（オンライン論文集）14，1-12
7) Tan, X., Hirabayashi, S., & Shibata, S. (2021): Estimation of ecosystem services provided by street trees in Kyoto, Japan. Forests 12(3), 311
8) McPherson, G.E., Simpson, J.R., Peper, P.J., Maco, S.E., Gardner, S.L., Cozad, S.K., Xiao, Q. (2005): City of Minneapolis, Minnesota municipal tree resource analysis: Technical report of the center for urban forest research, 35 pp
9) Rogers K., Jaluzot A., Neilan C. (2012): Green benefits in Victoria business improvement district - an analysis of trees and other green assets in the Victoria business improvement district: Victoria business improvement district, UK. 23 pp
10) 浦山益郎・松田浩紀・松浦健治郎（2012）：民有地の樹木群が形成する緑景観に対する住民の価値意識からみた地域管理の可能性に関する研究　名古屋市東部の低層住宅地の場合：都市計画論文集 47(3)，247-252
11) Zhang, Y., Hussain, A., Deng, J., & Letson, N. (2007): Public attitudes toward urban trees and supporting urban tree programs: Environment and behavior 39(6), 797-814
12) 柏市柏ビレジ緑地協定：柏ビレジホームページ <http://kashiwa-village.com/wp-content/uploads/2015/10/37fa09c19b4d0c270386bbe766d7ad1e.pdf>，更新日不明，2022.07.01 参照
13) 住民へのインタビュー調査にもとづく（2020 年 9 月 15 日）。
14) 2017 年 3 月現在で全国に 1093 件の緑地協定締結住宅地（宅地開発事業に伴い締結したもの）が存在しており，うち 505 件が 1989 年以前の締結であり，建築後 30 年以上が経過している。
15) 緑地協定：国土交通省公園緑地・景観課ホームページ <https://www.mlit.go.jp/crd/park/joho/database/toshiryokuchi/ryokuchi_kyoutei/index.html>，2017.03.31 更新，2022.07.01 参照
16) 供給サービスとして，酸素生成。調整サービスとして，炭素貯留・固定量，大気汚染物質除去とそれに伴う医療費削減，雨水流出量削減，冷暖房使用量削減，紫外線軽減，野鳥の生息地・多様性[3]。
17) Lee, J. H., Ko, Y., & McPherson, E. G. (2016): The feasibility of remotely sensed data to estimate urban tree dimensions and biomass: Urban forestry & urban greening 16, 208-220
18) 中谷美紗子・平林聡・難波結希（2020）：i-Tree Eco との互換性・拡張性を実現する樹木構造解析システム . : 日本緑化工学会誌 46(1)，71-74
19) i-Tree Eco v6.0 Field Manual <https://www.itreetools.org/documents/274/EcoV6.FieldManual.2020.07.23.pdf>，2020.07.23 更新，2021.01.22 参照
20) 住環境計画研究所（2013）：家庭用エネルギーハンドブック（2014 年版）：住環境計画研究所，54pp
21) 東京都：平成 30 年度第 2 回大気環境モニタリングに関する検討会資料 5 大気環境の現状 <https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/basic/conference/air/monitoring/monitoring2_2018.html>，2019.02.15 更新，2021 年 1 月 17 日参照
22) 国土交通省：排出係数一覧表（計算用）<https://wwwtb.mlit.go.jp/chubu/jidosya/haisyutukeisuuitiran.pdf>，更新日不明，2021.01.17 参照
23) 文献[24] より得られる典型的な乾性沈着速度（Vd）の最小値，最大 値（NO2: Vd,min=0.001（m/s），Vd,max=0.005），O3: Vd,min=0.001，Vd,max=0.008，SO2: Vd,min=0.002，Vd,max=0.01，PM2.5: 風速により異なり，最小値は風速が 0 m/s の時 Vd,min=0，最大値は風速 13 m/s 以上の時 Vd,max=7.367）を利用して大気汚染物質削減量の最小値，最大値を算出した。
24) Hirabayashi, S., Kroll, C.N., Nowak, D.J.(2015): i-Tree Eco dry deposition model descriptions: <http://www.itreetools.org/eco/resources/iTree_Eco_Dry_Deposition_Model_Descriptions.pdf>, 2015.2.27 更新 , 2022.04.27 参照
25) Gupta, S., & Ogden, D. T. (2009): To buy or not to buy? A social dilemma perspective on green buying. Journal of consumer marketing 26 (6), 376-391
26) 立教大学：理学部・大学院理学研究科ホームページ <https://science.rikkyo.ac.jp/news/2022/a3o1t30000000u2j.html>，2022.09.14 更新，2022.10.15 参照
27) 今井葉子・角谷拓・上市秀雄・高村典子（2014）：市民の生態系サービスへの認知が保全行動意図に及ぼす影響 - 全国アンケートを用いた社会心理学的分析：保全生態学研究 19(1)，15-26

（2022. 7. 31 受付，2023. 3. 1 受理）