夏季における剪定方法の異なるケヤキ街路樹の生理・心理的機能

細野哲央[1]・粕谷修之[2]・藤井英二郎[3]

[1] 千葉大学大学院園芸学研究科
[2] 豊國工業株式会社
[3] 千葉大学
e-mail：hosono@chiba-u.jp

Physiological and Psychological Functions of Japanese Zelkova (*Zelkova Serrata*) Street Trees with Different Prunning Methods in the Summer

Tetsuo HOSONO[1], Nobuyuki KASUYA[2] and Eijirou FUJII[3]

[1]*Graduate school of Horticulture, Chiba University*
[2]*Houkoku Kogyo Co.,Ltd.*
[3]*Chiba University*

Summary

This research was aimed at analyzing physiological and psychological functions of Japanese zelkova (*Zelkova serrata*) street trees with light pruning to remove diseased or dead branches at Nakasugi St. in Tokyo. Eye movement, heart rate and heart-rate-variability and semantic differential method were used for measurement of functions of trees with light pruning against them with heavy pruning. As a result, trees with light pruning was evaluated more humid ($p < 0.01$), comfortable($p < 0.05$), placid ($p < 0.01$), refreshing ($p < 0.01$), harmonious ($p < 0.05$), beautiful ($p < 0.05$) and liked ($p < 0.01$) than trees with heavy pruning. Eyes of participants on the street with light-pruning-trees suggested to move more calmly than them on the street with heavy-pruning-trees. Because the average eye-fixation-time of male participants was longer ($p < 0.01$), and the number of eye fixations of female participants was larger ($p < 0.05$) on the street with light-pruning-trees. Beats rate of participants on the street with light-pruning-trees was lower ($p < 0.05$) than them on the street with heavy-pruning-trees. LF/HF and LF / (LF+HF) of participants on the street with light-pruning-trees tended to be lower than them on the street with heavy-pruning-trees. That suggested participants relaxed on the street with light-pruning-trees.

Keywords : Eye movement, heart rate, heart-rate-variability, semantic differential method
眼球運動，心拍，心拍変動性，SD法

緒言

日本全国で植栽されている高木の街路樹は約 675 万本あり（国土技術政策総合研究所，2014），都市生活者にとって極めて身近な緑の一つである。一方でクレームや剪定技術の低下等のために，枝を切り詰め樹冠を小さく仕立てる強剪定が実施されて樹形が悪化し，緑量が低下した街路樹が増えていることも指摘されている（日本造園建設業協会，2007）。

強剪定された街路樹は，自然成長仕立て（枝透かしを基本とする必要最小限の剪定にとどめて樹木本来の樹形特性を生かす剪定方式）の街路樹に比較して樹冠が小さくなり緑量が少ない。街路樹の緑量を増加することが心理的評価を高める基本条件であることを明らかにした研究（藤原・田代，1984）や，緑視率の高い街路は生理的な緊張感の緩和効果が高いことを明らかにした研究（大野ら，1995）からすれば，緑量の少ない強剪定された街路樹よりも自然成長仕立ての街路樹の方が生理･心理的な機能が優れていると推察される。しかし，これまでに剪定手法と街路樹の生理・心理的機能の発揮との関係性を直接的に検証した実験はほとんどみられない。また，上述の先行研究は，検討されている指標が少なく生理・心理的機能を同時に測定した実験ではない。スライド写真やビデオ映像を利用している点でも，多田ら（1996）が森林の生理・心理的効果がスライドと実物で異なることを指摘していることからすれば，現地実験によって結果を検証する必要があると考える。

以上のことから，本研究では，自然成長仕立てと強

2015 年 10 月 13 日受付．2016 年 4 月 2 日受理.

剪定の街路樹における生理・心理的機能の差異について，現地実験を実施し複数の指標を測定することによって明らかにすることを目的とする。

材料および方法

1．樹種および実験対象地

樹種は，街路樹として一般的に植栽される樹冠の大きな高木であり，先行する街路樹に関する研究（藤崎ら，2000；Hosono ら，2010）でも対象とされているケヤキ（*Zelkova serrata*）とした。

実験対象地は，道路構造，沿道の土地利用や道路進行方向の方位等の道路環境が同一で，自然成長仕立ての街路樹の区間と強剪定の街路樹の区間が存在していた東京都道 427 号瀬田貫井線（通称「中杉通り」）のケヤキ並木が整備されている区間（杉並区役所（青梅街道）～阿佐谷北六丁目（早稲田通り）間）を選定した（第 1 図）。中杉通りのケヤキ並木は，1954 年，建物強制疎開により撤去された建物の跡地を利用して道路が整備されたとき，地元住民が資金を募りケヤキの苗木 119 本を植えたのが始まりとされる。現在では，延長 1500m，270 本のケヤキが植栽されており，東京都内でも有数のケヤキ並木として（武田，2013）杉並区を代表する「杉並百景」にも指定されている。道路区分は道路構造令第 4 種第 2 級で，片側二車線、道路幅員約 20m，歩道幅員約 4 m，植樹帯幅員約 1 m である。周辺の民有地の土地利用は商業地で建築物が歩道に近接しているため，民有地側への枝張りは狭い。また，下枝高が高く，通常のケヤキの自然樹形からするとやや細身といえる。中杉通りのケヤキ並木は，もともと自然成長仕立てであったが，JR 阿佐ヶ谷駅南側のケヤキ並木については 2012 年度に「樹形を整え良好な生育環境をつくり，美しい並木にしていくため」（中杉通りケヤキ並木連絡会，2012），強剪定が実施された。JR 阿佐ヶ谷駅北側のケヤキ並木については，実験実施時は従来の樹形が維持されていた。

Fig 1. Locations for experiments.
第1図. 実験対象地.

2．測定場所

測定場所の位置（第 2 図）は，道路利用者の通行を妨げずに実験を行うことができる空間であること，民有地に特に目を引く施設がないこと，人通りがあまり多くないことを条件として決定した。

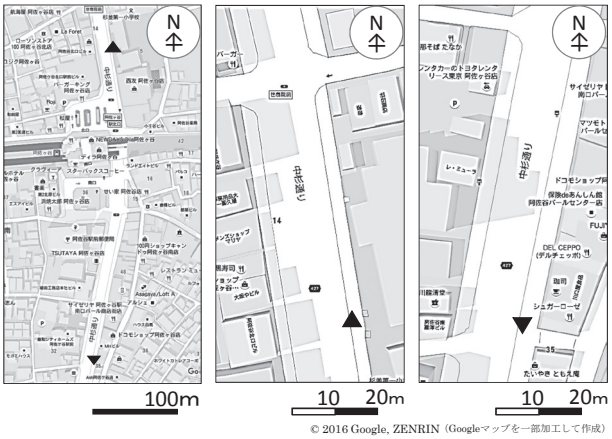

Fig 2. Locations for measurement.
第2図. 測定場所の位置（▼:強剪定区間,▲:自然成長仕立て区間）.

自然成長仕立て区間として阿佐ヶ谷駅北側を，強剪定区間として阿佐ヶ谷駅南側を選定した。ケヤキ並木の実験当時の樹高（目測）および目通り幹周（平均値（± 標準偏差））は，自然成長仕立て区間では 17 − 18m および 163（± 28）cm，強剪定区間では約 15m および 172（± 44）cm であった。なお，自然成長仕立て区間については，阿佐ヶ谷駅（阿佐ヶ谷駅北口信号機）から早稲田通りまでの区間に植栽されている 153 個体の測定値，強剪定区間については，阿佐ヶ谷駅から都道四号線（杉並区役所前信号機）までの区間に植栽されている 67 個体の測定値である。自然成長仕立て区間および強剪定区間の測定場所において被験者が見ている景観について第 3 図に示す。

3．測定項目

本研究では，心理的反応指標としてよく用いられる SD 法による印象評価に，生理的反応指標として眼球運動，心拍変動性および心拍数を加え，意識的および無意識的な心理・生理反応を計測した。

眼球運動は，人が対象を見るときの停留と，他に視点を移す移動からなる。対象を意識的に捉えるためには眼球が 0.2 秒以上停留する必要があるとされる（麦島, 1969）ことから, 0.2 秒以上停留する視点を停留点，一定時間内に検出された停留点の数を停留点数，それらの停留時間の合計と平均を総停留時間，平均停留時間とした。眼球運動の測定は，角膜・瞳孔反射法を利用した非拘束式型のアイマークレコーダ（EMR- 9 ：ナックイメージテクノロジー社）を用い，実験参加者が座位（座面高さ約 60cm）で頭を動かさずに正面に見える景観（第 3 図参照）を自由に見たときのデータ

Fig 3. Streets seen by participants at a location for measurement.
The above photo is of the street with street trees pruned slightly.
The below photo is of the street with street trees pruned naturally.
第3図. 測定場所において参加者の見ている景観(上:強剪定区間,下:自然成長仕立て区間).

を測定した。データ解析は,計測データからノイズ(視点を捉えられていない時間，通過した走行車両に視点が引き寄せられている時間，低速運転の大型車両が視野の大部分を占めている時間）の時間帯を外し，各実験参加者１分間のデータを利用した。

心拍変動性は，心拍一拍ごとの変動であり，その周波数領域によって低周波数成分 VLF（０-0.05Hz)，中間周波数成分 LH（0.05-0.20Hz)，高周波数成分 HF（0.20-0.35Hz）に区分される。VLF は主として交感神経活動の影響を受け，一部副交感神経活動の影響を受けるとされ，LF は交感神経と副交感神経活動，HF は副交感神経活動の影響を受けるとされる（日本自律神経学会，1995)。本研究では，アクティブトレーサー AC-301A（アームエレクトロニクス社）を用い，交感神経活動（LF/HF および LF/（LF+HF))，副交感神経活動（HF)，心拍数（HR）を測定した。

SD 法は,「好き－嫌い」などの相反する形容詞対を複数用いて対象の印象評価を行う方法で，本研究では関連する既往研究を参考に，24 項目の形容詞対について７段階の評価を求めた。印象評価は,眼球運動,心拍変動性および心拍数の測定後，同じ景観を見ながら立位で行った。

４．実験参加者

実験参加者は，10 代から 30 代の千葉大学の学生である。また，裸眼もしくは矯正視力（ソフトレンズ）で 0.1 以上の視力があり，色覚異常のないことを参加条件とした。実験参加者の人数は，男性 11 名，女性９名（合計 20 名）である。ただし，実験時にデータを計測できなかった参加者がいたため，結果の解析に用いた人数は第１表に示すとおりである。なお，実験参加者には実験対象地の沿道住民はおらず，いずれも実験対象地を訪れたのは初めてであった。

Table 1. The number of participants.
第1表. 解析の対象とした参加者数.

	全参加者	男性参加者	女性参加者
SD法	20*	11	9*
眼球運動	13	8	5
心拍変動性および心拍数	20	11	9

＊「涼しい-暑い」については，未記入者がいたため，全参加者は19名，女性参加者は9名.

５．実験の日時および手順

前述の先行研究（藤原・田代，1984；大野ら，1995）の結果によれば，緑量の要素が街路樹の生理・心理的機能に影響すると考えられた。そこで，実験は自然成長仕立てと強剪定の街路樹の緑量の違いが最も顕著となる夏季，2013 年の９月７日（土）および８日（日）に実施した。

実施時間は，陽射しの方向など測定場所の光環境に大きな変化が出ないよう，午前中の７時から 11 時までに限定した。実験時の天気はいずれも曇り時々晴れであった。測定は ,順序効果を考慮して被験者を等分し，自然成長仕立て区間から測定を始めるグループと強剪定区間から測定を始めるグループに分けて実施した。具体的には，まず自然成長仕立て区間でグループ A の半数を測定後 , 強剪定区間に移動し，グループ A の残りの半数およびグループ B の半数を測定した。そして再び自然成長仕立て区間に戻り , グループ B の残りの半数を測定した。各区間における具体的な実験手順については第２表に示す。

Table 2. The process of experiments.
第2表. 具体的な実験手順.

内容		所用時間
↓	アクティブトレーサー装着後，測定場所設置の椅子（座面高さ約60cm）に着席（以後，眼球運動および心拍変動性・心拍数測定まで座位姿勢）	–
	注意事項説明	1分間
	アイマークレコーダ装着	5分間
	安静状態（前面の褐色遮蔽板を見ている状態）で待機	1分間
	眼球運動および心拍変動性・心拍数測定	2分間
	アイマークレコーダを外し，立位で，上記測定と同じ景観を見ながら印象評価	1分間

６．統計処理

印象評価についてはマンホイットニーのＵ検定を行い，心拍変動性および心拍数と眼球運動についてはｔ検定（両側検定）を行った。解析にはエクセル統計2012（株式会社社会情報サービス）を使用し，統計的有意水準は５％未満とした。

７．倫理的配慮

本研究は千葉大学園芸学部ヒト研究倫理審査委員会の承認を受けて実施した。実験参加者には研究趣旨と方法，研究への参加の任意性，予想される危険性及び不利益，個人情報の保護等について口頭と書面で説明し同意を得た。

結果および考察

１．印象評価（第４図）

実験参加者全体では、自然成長仕立て区間が強剪定区間に比べて，「涼しい」（$p < 0.05$）、「潤いのある」（$p < 0.01$），「快適な」（$p < 0.05$），「好きな」（$p < 0.01$），「美しい」（$p < 0.05$），「すがすがしい」（$p < 0.01$），「落ち着く」（$p < 0.01$），「暗い」（$p < 0.05$），「調和のとれた」（$p < 0.05$）と評価された。したがって，自然成長仕立ての街路樹は，強剪定の街路樹よりも，街路に「潤いのある」，「快適な」，「落ち着く」，「すがすがしい」，「調和のとれた」という評価を与え，「美しい」，「好きな」といった空間の総合的な評価も向上させると考えられる。なお，「涼しい」，「暗い」という評価は，街路樹の枝葉が道路上空を覆い道路空間に緑陰をつくっている自然成長仕立て区間の環境が影響したと推察される。

実験参加者を男女別に検討すると，男性には自然成長仕立て区間が強剪定区間に比べて，「涼しい」（$p < 0.01$），「潤いのある」（$p < 0.01$），「親しみやすい」（$p < 0.01$），「快適な」（$p < 0.05$），「好きな」（$p < 0.05$），「落ち着く」（$p < 0.05$），「自然な」（$p < 0.01$）と評価された。女性には自然成長仕立て区間が強剪定区間に比べて，「落ち着く」（$p < 0.05$），「暗い」（$p < 0.05$），「調和のとれた」（$p < 0.05$）と評価され，強剪定区間が自然成長仕立て区間に比べて，「やぼったい」（$p < 0.05$）と評価された。男性は自然成長仕立て区間を女性よりも多くの要素において高く評価し，「好きな」という空間の総合評価も高いことから，男女では印象評価の基準が異なることが示唆される。一方，自然成長仕立て区間の方が強剪定区間に比べて「落ち着く」という評価については，実験参加者全体ならびに男女に共通してみられた。

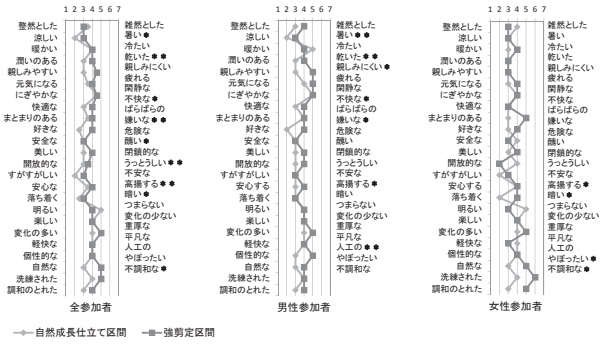

Fig 4. Results of the semantic differential method.(Mann-Whitney U test:*p<0.05,**p<0.01)
第4図. 印象評価の結果.（マンホイットニーのU検定:*p<0.05,**p<0.01）

２．心拍変動性および心拍数（第５図）

心拍数については，実験参加者全体で自然成長仕立て区間の方が強剪定区間よりも有意に低かった（$p < 0.01$）。また，男女別に検討した結果においても同様の結果であった（$p < 0.05$）。

心拍変動性については，全実験参加者において，自然成長仕立て区間と強剪定区間とで有意差は見られなかった。また，男女別に検討した結果においても有意差は見られなかった。ただし，全参加者，男性，女性，いずれの場合も，自然成長仕立て区間で交感神経活動（LF/HF および LF/（LF+HF））が低い傾向が認められた。このことから，自然成長仕立て区間の方が強剪定区間よりも，生理的にリラックスした状態にあったことが示唆される。

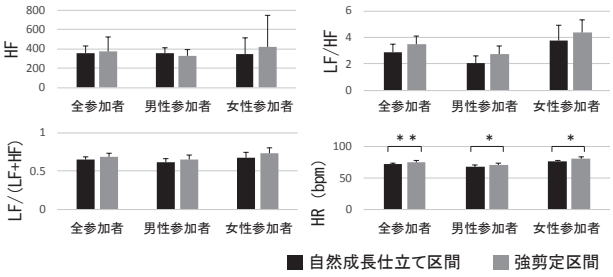

Fig 5. Results of heart rate and heart-rate-variability.(t test:*p<0.05,**p<0.01)
第5図. 心拍変動性および心拍数の結果.（t 検定:*p<0.05,**p<0.01）

３．眼球運動（第６図）

実験参加者全体では，停留点数，総停留時間，平均停留時間について，自然成長仕立て区間と強剪定区間で有意差は見られなかった。一方，男性の場合は平均停留時間について（$p < 0.01$），女性の場合は停留点数について（$p < 0.05$），自然成長仕立て区間の方が強剪定区間よりも有意に多かった。すなわち，自然成長仕立て区間においては，強剪定区間よりも，男性では平均的な視点の停留時間が長くなり，女性では視点の停留が増えることが明らかとなった。性別によって眼球運動に違いがあることは，先行する研究（金ら，1994；須田ら，2009）の結果と同様の傾向を示すものといえる。

眼球運動の移動を解析した結果，強剪定区間では街

路樹の一本一本の幹と輪郭に停留点が集まる垂直的な分布が特徴的にみられた。これに対して，自然成長仕立て区間では，隣接する街路樹の重なり合った樹冠全体に停留点が水平的に分布する傾向がみられた。この結果は，樹木を見た時の眼球運動の停留点の分布が樹冠の形状に影響されることを指摘した依田ら（1991）の結果と類似する。

藤井（1995）は，ドライバーの眼球運動の停留時間は，街路樹のない道路よりも街路樹のある道路で長くなり，街路樹が片側にしかない場合よりも両側にある場合の方が長くなることを明らかにした。そして，沿道の建物や広告などの様々な視覚刺激が街路樹によって遮蔽されることによって眼球運動がゆったりと落ち着いたものになると指摘している。この指摘からすれば，本実験で眼球の動きが緩やかになった理由は，自然成長仕立ての街路樹が人の視線を上方の樹冠部分へ誘導し，車道の走行車両や向かい側歩道の歩行者の動き，沿道に存在する人工物がもつ様々な情報からの視覚刺激が緩和されたことにあると考えられる。

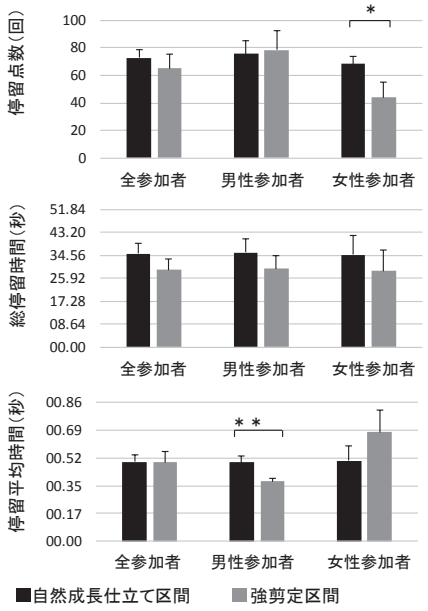

Fig 6.　Results of eye movement.（t test:*p<0.05,**p<0.01）
第6図.　眼球運動の結果.（t 検定:*p<0.05,*p<0.01）

4．総合考察

印象評価の結果からは，自然成長仕立ての街路樹は，強剪定された街路樹に比べて，街路に「潤いのある」，「快適な」，「落ち着く」，「すがすがしい」，「調和のとれた」というポジティブな印象を与え，「美しい」，「好きな」といった空間の総合的な評価も高める効果がみられた。

眼球運動の結果からは，自然成長仕立ての街路樹は，強剪定された街路樹に比べて沿道からの視覚刺激を緩和する効果があると考えられた。先行研究によって植物を見ることで視覚疲労が緩和されることが明らかとなっている（浅海ら，1995 など）。このような植物の視覚疲労緩和効果の理由として，本研究の結果は植物を見たときに眼球の動きが緩やかになることが関わる可能性を示唆しており，今後の研究課題と考える。

心拍変動性および心拍数の結果からは，自然成長仕立ての街路樹は，強剪定された街路樹に比べて，人を生理的なリラックス状態に導く効果があることが示された。

本研究の結果から，夏季の中杉通りにおける自然成長仕立ての街路樹は，街路の評価を高め，沿道からの視覚刺激を緩和し，人をリラックスさせることが明らかとなった。同時に，街路樹の強剪定は，それらの機能を阻害する管理であることも指摘することができよう。今後は，異なる樹種や樹形を対象とする実験や季節を変えての実験などを実施することにより，本研究の結果を検証していくことも必要であると考える。

摘要

本研究では，夏季の中杉通りにおいて複数の指標を測定することによって自然成長仕立てのケヤキ街路樹の生理・心理的機能を明らかにした。実験対象地は，道路構造，沿道の土地利用や道路進行方向の方位等の道路環境が同一で，自然成長仕立ての街路樹の区間と強剪定の街路樹の区間が存在していた東京都道 427 号瀬田貫井線のケヤキ並木が整備されている区間を選定した。本研究では，心理的反応指標として SD 法による印象評価，生理的反応指標として眼球運動と心拍変動性および心拍数を加え，意識的および無意識的な生理・心理反応を計測した。その結果，自然成長仕立ての街路樹は，強剪定された街路樹に比べて「快適な」，「落ち着く」，「すがすがしい」，「調和のとれた」というポジティブな印象を与え，「美しい」，「好きな」といった空間の総合的な評価も高める効果がみられた。また，沿道からの視覚刺激を緩和し，人を生理的なリラックス状態に導く効果があることが示唆された。

謝辞

本研究は，公益財団法人都市防災美化協会の平成 26 年度調査研究事業「緑の防災ネットワークと都市美化のための街路樹のあり方に関する調査研究」の一部として実施された。ここに記して謝意を表する。

引用文献

浅海英記・仁科弘重・中村博文・増井典良・橋本康. 1995. 観葉植物を見ることがVDT作業に伴う視覚疲労に及ぼす影響. 植物工場学会誌7(3):138-143.

藤井英二郎. 1995. 都市景観と植物. pp.155-163. 工業技

術会（編）. 都市景観におけるデザインと材料. 研修社・工業技術会. 東京

Fujii, E., M. Tada, K. Mishima, and Kim, E. 2000. Eye movement of highway drivers and visual effects of roadside plantings. Abstr. Proceedings of 10th Road Engineering Association of Asia and Australasia, CD.

藤崎健一郎・津久井敦士・勝野武彦. 2000. 剪定方法の異なる街路樹に対する住民意識の差異.ランドスケープ研究63(5):679-682.

藤原宣夫・田代順孝. 1984. 好ましさからみた道路植栽の形状に関する考察. 造園雑誌47(5):263-268.

Hosono, T., Y. Nishi and E. Fujii. 2010. A Study of Planning and Management of Roadside Trees by an Analysis of the Consciousness of Residents at "Keyaki Dori" (Zelkova Street) in Matsudo. Journal of Landscape Architecture in Asia 5:243-248.

依田治朗・安蒜俊比古・藤井英二郎. 1991. 樹形と眼球運動の関係に関する研究：樹冠と幹の形態による比較. 千葉大学園芸学部学術報告44:181-190.

金恩一・藤井英二郎・安藤敏夫. 1994. 植物の色彩と眼球運動及び脳波との関わりについて. 造園雑誌57(5):139-144.

国土交通省国土技術政策総合研究所. 2014. 国土技術政策総合研究所資料No.780 わが国の街路樹Ⅶ. 国土交通省国土技術政策総合研究所. 茨城

麦島文夫. 1969. 眼球運動. pp670-680. 和田陽平・大山正・今井省吾（編）. 感覚・知覚ハンドブック. 誠信書房. 東京

中杉通りケヤキ並木連絡会. 2012. 「中杉通りケヤキ並木保護管理」取り組みのお知らせ 2. 東京都建設局第三建設事務所. 東京

日本自律神経学会. 1995. 自律神経機能検査第2 版. 文光堂. 東京

日本造園建設業協会. 2007. 美しい街路樹をつくる 都市緑化ハンドブック（街路樹編）. 環境緑化新聞. 東京

大野由起子・田畑貞寿・田代順孝. 1995. 緑量と脳波の出現量との関係からみた騒音感の緩和に関する研究. 千葉大学園芸学部学術報告49:45-51.

須田歩・趙炫珠・李宙営・藤井英二郎. 2009. イタリアンサイプレスの対植による幾何学式庭園に対する眼球運動の変化に関する研究. ランドスケープ研究72(5):465-470.

武田晃昌. 2015.5.1 （調べた日付）. 中杉通りケヤキ並木維持管理の新たな取組について（国土交通省関東地方整備局平成25年度スキルアップセミナー関東発表要旨）http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000079845.pdf