OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	環境音の評価に及ぼす植栽の効果-音と映像の相互作用-
Author(s)	小松, 正史
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/481
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

環境音の評価に及ぼす植栽の効果
－音と映像の相互作用－

平成十三年

小 松 正 史

目　次

序　論　1

第１章　音環境を機軸とした沿道計画の検討　3
１．１　道路交通騒音の現状と対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3
１．１．１　道路交通騒音の現状・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3
１．１．２　道路交通騒音の対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
１）発生源対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
２）交通流対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
３）道路構造対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
４）沿道対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
１．１．３　植栽を用いた道路交通騒音対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
１）緑の効用と緑に対する意識・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
２）道路緑化樹木の使用状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10
３）植栽の物理的減音効果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10
４）植栽の心理的減音効果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12
１．１．４　自然音を用いたマスキング現象・・・・・・・・・・・・・・・・・・13
１．１．５　環境音と景観の相互作用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14
１．２　樹木葉擦れ音と音環境デザイン・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・16
１．２．１　葉擦れ音の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・16
１．２．２　自然音に対する日本人の好み・・・・・・・・・・・・・・・・・・16
１．２．３　葉擦れ音を活かした環境計画事例・・・・・・・・・・・・・・・・19
１．２．４　葉擦れ音に関する先行研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・21
１．２．５　音環境デザインの考え方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22
１．３　第１章のまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・24
（第１章の参考文献）　26

第２章　樹木葉擦れ音の音響特性　31
２．１　はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・31
２．２　測定概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・31
２．２．１　測定樹種・場所・時間帯・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・31
２．２．２　葉擦れ音の測定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・33

２．２．３　風速の測定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・33
２．２．４　樹木形状の定量把握・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・38
２．３　測定結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・40
２．３．１　葉擦れ音の周波数特性とデータの信頼性・・・・・・・・・・・・40
２．３．２　葉擦れ音レベルの分析結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・40
２．３．３　測定樹種形状の物理特性と葉擦れ音の対応関係・・・・・・・・47
２．３．４　距離減衰に伴う音圧レベルと周波数の変化・・・・・・・・・・47
２．３．５　音圧レベルと風速の関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・・49
２．４　葉擦れ音の重畳による道路交通騒音のマスキング試算・・・・・・・・54
２．４．１　マスクトラウドネスの計算手法・・・・・・・・・・・・・・・・54
２．４．２　マスキング試算の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・55
１）マスキング試算の場面設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・55
２）試験音・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・55
２．４．３　マスキング試算の結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・56
１）道路交通騒音の受音点差によるマスキング量の違い・・・・・・・・・56
２）樹木葉擦れ音の受音点差によるマスキング量の違い・・・・・・・・・60
３）結果の考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・60
２．５　第２章のまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・61
(第２章の参考文献)　62

第３章　樹木の視聴覚情報が道路交通騒音の印象に与える影響　63
３．１　はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
３．２　実験１（映像の付加による樹木葉擦れ音の印象評定)・・・・・・・・63
３．２．１　実験１の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
１）目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
２）樹種の選定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
３）音刺激・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
４）映像刺激・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65
５）実験装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65
６）実験手続き・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65
７）練習・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65
８）被験者・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・69

３．２．２　実験１の結果と考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・69
１）提示条件ごとのプロフィール・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・69
２）因子分析結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・78
３）提示レベルと「快い - 不快な」評定尺度値との対応関係・・・・・・・・・80
４）葉擦れ音の周波数特性と「快い - 不快な」評定尺度値との対応関係・・・80
３．３　実験２（沿道景観映像の付加による道路交通騒音の印象評定）・・・・・82
３．３．１　実験２の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・82
１）目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・82
２）音刺激・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・82
３）映像刺激・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・82
４）実験装置・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・85
５）実験手続き・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・85
６）練習・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・85
７）被験者・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・85
３．３．２　実験２の結果と考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・87
１）提示条件ごとのプロフィール・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・87
２）因子分析結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・94
３）各提示条件内における沿道景観４パタンの分析結果・・・・・・・・・・97
４）通過交通がもたらす視覚的喧騒感・・・・・・・・・・・・・・・・・・・97
５）葉擦れ音重畳による道路交通騒音の不快感緩和効果・・・・・・・・・・98
６）緑のイメージ付与による交通騒音の印象変化・・・・・・・・・・・・・・98
３．４　第３章のまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・100
（第３章の参考文献）　102

第４章　葉擦れ音を効果的に活用するための適応条件　103
４．１　葉擦れ音を活用した沿道植栽計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・103
４．１．１　葉擦れ音を効果的に活用するための適用条件・・・・・・・・・・103
１）植栽と受音点の位置条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・103
２）沿道構造を考慮した植樹帯条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・103
３）風速条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・104
４）季節条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・104
４．１．２　葉擦れ音のマスキング効果を活かす樹種選定・・・・・・・・・・105
４．１．３　葉擦れ音のマスキング効果を活かす植栽剪定・・・・・・・・・・105

４．２　景観に配慮した沿道植栽計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・109
４．２．１　葉擦れ音を活かすための景観条件・・・・・・・・・・・・・・・・109
４．２．２　緑のゾーニング計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・109
４．２．３　街路樹の緑量条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・111
４．３　第４章のまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・112
(第４章の参考文献)　113

第５章　沿道植栽計画のケーススタディ　115
５．１　景観領域に係わる環境影響評価法の現状と課題・・・・・・・・・・・・115
５．１．１　景観領域に係わる環境影響評価法の現状・・・・・・・・・・・・115
５．１．２　景観領域の予測と評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・116
５．１．３　景観領域に係わる環境影響評価法の課題・・・・・・・・・・・・117
５．２　音環境に配慮した沿道植栽計画のケーススタディ・・・・・・・・・・118
５．２．１　音環境に配慮した植栽計画のプロセス・・・・・・・・・・・・・118
１）計画段階・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・119
２）設計・施工段階・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・119
３）管理段階・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・119
５．２．２　音環境を切り口にした沿道植栽計画の配慮指針・・・・・・・・・119
５．２．３　当該地域の概況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・122
５．２．４　当該地域の流れ場の変動シミュレーション・・・・・・・・・・・124
５．２．５　シミュレーション対象エリアの設定・・・・・・・・・・・・・・124
５．２．６　当該エリアの流れ場の特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・125
５．２．７　各対象エリアごとの沿道植栽計画・・・・・・・・・・・・・・・127
１）北東部の低層住宅エリア・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・127
２）北中央部の教育施設と公園エリア・・・・・・・・・・・・・・・・・・127
５．２．８　景観資源への感性的アプローチ・・・・・・・・・・・・・・・・129
５．３　第５章のまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・131
(第５章の参考文献)　132

第６章　研究のまとめ　135

謝　辞　139

序 論

我々は日常生活のなかで種々の騒音に暴露されている。とくに道路交通騒音については論をまたないであろう。近年では道路交通騒音の音源対策が行われており、道路交通の単体走行については騒音レベルの低減効果が表れている。だが、連続走行に対するレベル低減は多大な困難を伴っており、住民への影響が依然として大きいのが現状である。そのため、道路交通騒音の音源対策が種々の観点から行われており、騒音源の量的側面とともに質的側面にも配慮した低減方法が考慮されつつあるものの、いずれの場合も多くの問題を伴っている。本研究では道路交通騒音の質的な制御の検討を取り上げ、音環境だけでなく視覚的領域の景観分野にも踏み込んで、環境全体のバランスに配慮した望ましい音環境空間の実現を模索する。

道路交通騒音の音源対策例には、発生源対策・交通流対策・道路構造対策・沿道対策がある。その中でも道路構造対策や沿道対策に用いられる植栽は、騒音の物理的低減効果だけでなく、心理的な騒音低減効果をもつ環境構成要素として活用されている。なかでも、緑の視覚効果による道路交通騒音の不快感緩和効果が先行研究で確かめられており、沿道環境における音と景観（映像）との相互作用についてのメカニズムを詳細に検討することによって、植栽の有効な活用が期待される。

本論文はこうした流れを汲み、樹木の景観資源を視聴覚領域の両側面から取り上げた。具体的には、樹木の物理測定と葉擦れ音の音響測定・マスキング量試算・音と映像の相互作用に関する心理実験を行い、沿道計画に植栽を導入するための方策を実際の都市開発計画を例に検討した。今回、植栽を用いた道路交通騒音の心理的な不快感低減効果を明らかにするため、従来では行われなかった葉擦れ音についての連続的な研究を網羅させた。新たに取り上げた対象項目は（１）樹木葉擦れ音の音響測定、（２）樹木葉擦れ音による道路交通騒音のマスキング効果の検討、（３）道路交通騒音と沿道景観の相互作用効果の検討、の３つであり、最終的には、沿道空間の音環境の質的な向上に資するための配慮指針を提案した。

論文は6章から構成されている。

第1章では、音環境を機軸とした沿道計画を検討する。道路交通騒音の現状と対策、植栽の効用、音と景観の視聴覚相互作用に関する研究を概観し、音環境デザインについての現状を検討しながら、本研究の目的を明らかにする。

第2章では、6種類の樹木葉擦れ音の音響測定の結果を報告する。各樹種の周波数分析、レベルの変動特性、レベルと風速の関係を示し、葉擦れ音の音響特性についての基礎的考察を行う。そして、葉擦れ音の重畳による道路交通騒音のマスキング試算を行う。

第3章では、葉擦れ音と樹木映像、道路交通騒音と沿道景観の刺激を用いた印象評定実験の結果を考察する。その際、現実の沿道空間を想定し、視覚要素（沿道景観）と聴覚要素（道路交通騒音・葉擦れ音）の相互作用に関する心理実験を行い、映像の付加による音刺激の印象変化を調べながら、視聴覚の相互作用を考慮した植栽の効用を明らかにする。

第4章では、葉擦れ音を活かした沿道植栽計画の基本的な考え方を示し、既存の沿道植栽計画や景観計画の内容をふまえながら、植栽を利用した沿道空間の質的向上に資するための提案を行う。

第5章では、既存の環境影響評価（環境アセスメント）に音環境あるいは景観計画に柔軟な対応が可能なように、戦略的環境アセスメントのエッセンスを盛り込んだ方策を提案し、具体的な都市開発地域をケーススタディとして、望ましい沿道植栽の提言を行う。

第6章では、本論文の総括を行う。

第１章　音環境を機軸とした沿道計画の検討

１．１　道路交通騒音の現状と対策

道路交通騒音の現状を法規制を含めながら概観し、その対策について、道路植栽の活用を中心に、具体的な技術手法を踏まえながら論じる。

１．１．１　道路交通騒音の現状

道路交通は国民生活の向上や経済の発展を支える基盤となっている。その一方で、道路交通がもたらす騒音をはじめとした交通公害が各地域で深刻な問題を引き起こし、道路の拡張や延長に伴い騒音の影響範囲が広がる現状にある。

1998年度末におけるわが国の自動車保有台数は約7,400万台であり、1965年度末の約810万台に比べ約9.1倍に達している[1)]。自動車交通による輸送量は旅客・貨物ともに増加しており、旅客では全輸送交通機関（航空・船舶・鉄道・自動車）のうちの51.8％（1977年度）から60.5％（1997年度）に増加し、貨物では全輸送交通機関のうちの37.0％（1977年度）から53.7％（1997年度）に増加している[1)]。

道路交通騒音の現状を把握するために、全国の自治体が1998年度に実施した測定結果の例を、図1.1を示す。それによると、全国の4,688の測定地点のうち4つの時間帯（朝・昼間・夕・夜間）すべてで環境基準が達成されたのは619地点（13.2%）である。また、5年間継続して測定を行っている2,944地点を対象とした環境基準の達成状況の推移を図1.2に示す。それによると、4つの時間帯すべてで環境基準が達成された測定地点は1998年度で370地点（12.6％）であり、1997年度では369地点（12.5％）と同様の水準に留まっており、低い水準で移行している[2)]。これらのデータから、道路交通騒音の環境基準の達成率は低く、依然として非常に厳しい状況が続いていることがわかる。

騒音に係る環境基準については、閣議決定により環境基本法第16条の規定に基づいた「騒音に係る環境基準」が、1971年に定められた。その後、環境基準の評価法が中央値（L_{50}）から等価騒音レベル（L_{Aeq}）に改訂する動きがみられるようになった。その理由として、桑野[3)]は、L_{Aeq}はL_{50}と比較して主観的印象と対応が特によいことを挙

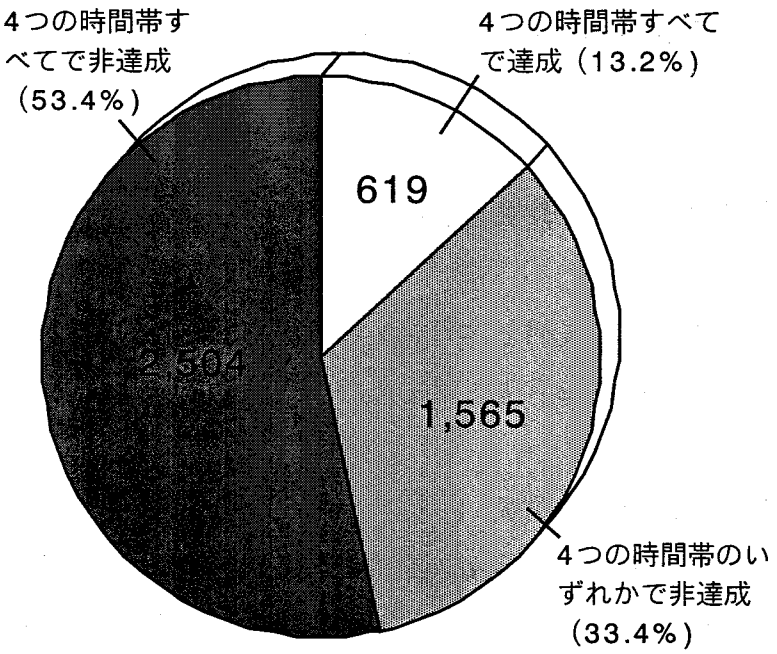


図1.1　自動車騒音に係わる環境基準の達成状況（1998年度）[2)]

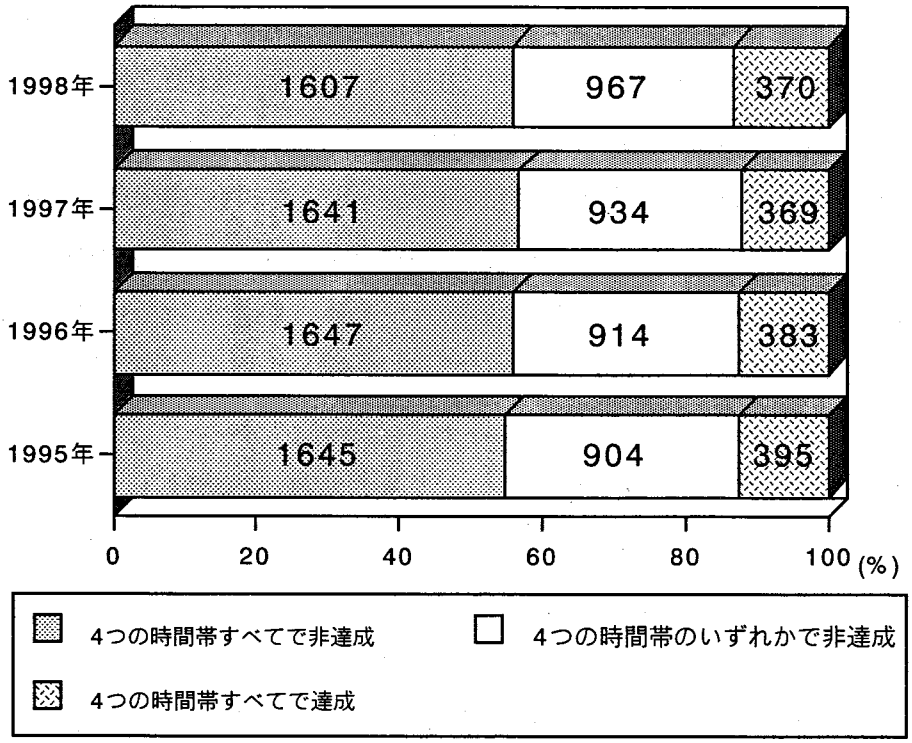


図1.2　継続測定地点における自動車交通騒音の環境基準の達成状況（2,944地点）[2)]

出典：環境庁，平成12年版環境白書（各論），ぎょうせい，東京，2000.

げている。その根拠として、現実の自動車交通騒音や自動車交通騒音を模擬した音を用いて大きさの印象と種々の評価法との対応についての検討を行っており[4)5)6)]、L_{Aeq}と大きさとの間で特によい対応がみられる。また、L_{Aeq}はL_{50}に比べ、多種の音源に適用可能なことや、エネルギー量であるために物理的な加算性があり予測が容易なこと、さらに周波数分析を必要としないことや時間適応がよいことなどが利点として挙げられている[5)]。こうした流れをふまえ、1996年7月、中央環境審議会に対し「騒音の評価手法等の在り方について」が諮問され、1998年5月に中央環境審議会により答申がなされ、等価騒音レベル($L_{Aeq,T}$)に評価手法を変更することが提案された[2)]。これを受けて、騒音に係わる環境基準の改定（同年9月告示）が行われ、1999年4月1日に施行された。

1．1．2　道路交通騒音の対策

道路交通騒音対策は、音の伝搬過程により、発生・伝搬・受音の3つに区分され、さらにそれぞれの要因や関与する要素に対して「発生源対策」「交通流体対策」「道路構造対策」「沿道対策」の4項目が挙げられている[1)]。図1.3は道路交通騒音対策の体系図であり、各発生源対策における具体的な対策事例が網羅的に示されている。

1）発生源対策

自動車構造の改善によって、自動車単体から発生する騒音の大きさそのものを減らす対策である。具体的には、加速走行騒音規制の強化や近接排気騒音規制の導入、電気自動車等の低公害車の開発が挙げられ、近年では電気とガソリンを利用して効率良く走行する量産ハイブリッドカーが普及しはじめた。また、騒音レベル低減といった量的側面だけでなく、質的側面として位置づけられる道路交通騒音の音質を改善する動きもみられるようになった。

2）交通流対策

交通規制や道路網の整備、物流合理化による交通流の分散・円滑化といった、交通ネットワークの改善を測る対策である。従来では道路交通自体が対象であったのが、住区内街路や住工混在地域をケーススタディとして、人と車が共存できる道路の利用計画・管理手法が研究されている[8)]。

3）道路構造対策

道路構造の改善によって、自動車から発生する騒音を物理的に減衰する対策である。具体的には、遮音塀（防音壁）、吸音板、街路樹（植樹）、環境施設帯の設置や、低騒

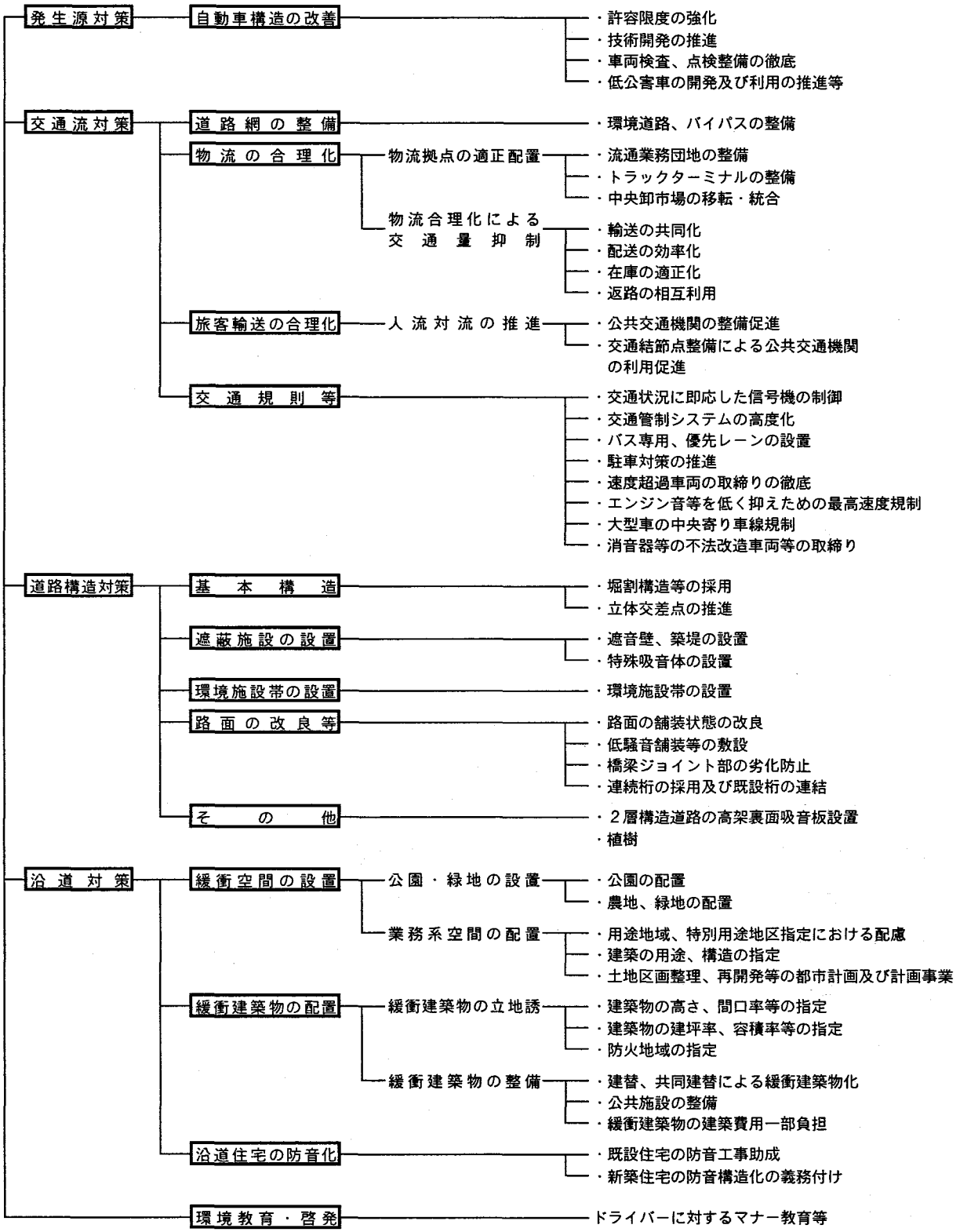


図1.3　道路交通騒音対策の体系図[12)]

出典：中島宏監修，道路緑化ハンドブック，山海堂，東京，1999.

音舗装の実施などである。防音壁による心理的不快感緩和効果を把握するために、矢野ら[9]は高速道路沿線で社会調査を行い、60dB(A)以上の騒音レベルで防音壁の効果が大きく、その効果を上げるには視覚的に優れたものにすることが重要であると指摘している。また、沿道の景観デザインに配慮した遮音対策として高さ1m程度の低遮音塀が開発され、6～7dB(A)程度の騒音低減効果が得られている[10]。大西ら[11]は、排水性舗装の吸音による騒音低減効果についての実験及びシミュレーションを行い、走行速度が40～100km/hの範囲で、乗用車は全体の減音効果は3.6～5.3dB、大型車は同範囲内で4.5～5.2dBになることを示している。植樹（街路樹）については、道路法2条によって道路の付属物、つまり、道路の機能を補完する役割としての位置づけがなされている[12]。街路樹の基本配置は幅員が1.0～2.0m、植栽間隔が6～10mと定められており[13]、通過交通あるいは歩道利用者の通行の妨げとならない設置計画となっている。環境施設帯については植栽地として植樹帯を確保し、植樹帯の幅員が10mの環境施設帯では3m以上の植栽地を、20mの環境施設帯では7m以上の植栽地を確保することが定められている[12]。このように植栽計画は道路の構造上、利用面積等が限定されているものの、次項に示す沿道対策と併せた複合的な計画を策定しながら、効果的な植栽利用の提案が必要であろう。

4）沿道対策

緩衝空間や緩衝建築物の配置、沿道住宅の防音化などのハード的側面と、沿道地区計画の策定などのソフト的側面の双方の対策がある。なかでも本研究と関連する“公園・緑地の配置”は緩衝空間の設置に含まれており、各対策項目中に挙げられている緑地関連の実施例をトータルに洗い直すことによって、道路緑化の質が連鎖的に向上する可能性がある。例えば、沿道空間に広範囲な植栽地が設けられる場合には、道路側と居住地側の両方の景観のつながりを考慮した計画によって、沿道空間の面的なゾーニング計画が実現されるきっかけになろう。

1．1．3　植栽を用いた道路交通騒音対策

1）緑の効用と緑に対する意識

緑は生産財であるとともに、機能材としての効用を人間の生活環境に提供し、我々はその恩恵を多大に受けている。井手は「単機能を単独で最高度に発揮する工学的材料に比べ、生物材料は美観や環境保全等の多機能を複合的に有する点で優れている」[14]

と述べ、緑のもつ複数の機能が有効に発揮される緑化計画を創出することによって、緑の効果を一層高めることが期待される。

道路緑化技術基準によれば、道路植栽の機能として、(1) 景観向上機能（装飾・遮蔽・景観統合・景観調和）、(2) 生活環境保全機能（交通騒音低減・大気浄化）、(3) 緑陰形成機能、(4) 交通安全機能（遮光・視線誘導・交通分離・標識・衝撃緩和）、(5) 自然環境保全機能（防風誘風・浸食防止・乾燥防止）、(6) 防災機能（飛砂防止・吹雪防止・火災延焼防止）、の6つを挙げている[13]。道路植栽の機能とその具体例を図1.4に示す。このように多機能を有する緑は、沿道空間の交通騒音対策として多くの効果を発揮し、生活環境の保全や改善に寄与するものと考えられる。なかでも高木類は植栽の中でも最上層部を構成し、道路植栽としての機能のほとんどを有している[13]。

住民がもつ緑への意識の傾向について網藤ら[15]は、緑の多面的機能の特徴と緑の構成要素の認知特性を、意識調査と土地利用メッシュデータを用いて分析した。その結果、緑がもつ多面的機能を十分に発現するためには、受益者に緑の多様な効用を周知すべきであることを述べている。また山本ら[16]は都市緑地の存在効果を明らかにした。その結果、緑地の存在効果に対する効果圏域の概念を導入するとともに、緑地の存在効果を直接享受できる範囲は50m圏域にも及び、騒音軽減効果もそのゾーンに含まれるとしている。この結果は、緑を利用した音環境計画を実施するには、広域な範囲の土地利用計画を考慮する必要があることを示唆している。

緑に対する住民の意識を広く対象にした報告として、渡辺は、国民の近年の緑意識動向についての考察を行った[17]。1983年～1985年にかけて実施された緑に関する世論調査を解析した結果、大都市地域では自然志向に見合う緑を創出する手だてが必要で、なかでも街路の重要度が高いことを示した。

金炳ら[18]は、自然（緑）と音に着目した居住環境のアメニティ向上の手法についての実地・アンケート調査を行い、道路から見える沿道部の緑量を増加させることが居住環境のアメニティ向上につながると論じ、緑量ポテンシャルの高い地区ほど住民は道路空間に親密さを感じ、自然音の聞こえる頻度も高いことを報告している。また根本らによる緑の意識調査結果でも、住宅の庭木や生け垣などの沿道部の緑が身近な緑として感じられることを示し、まとまりのある緑地帯の形成が必要であると論じている[19]。

以上の報告から、緑の効果を活かした音環境計画を行うには、沿道近傍の街路樹を

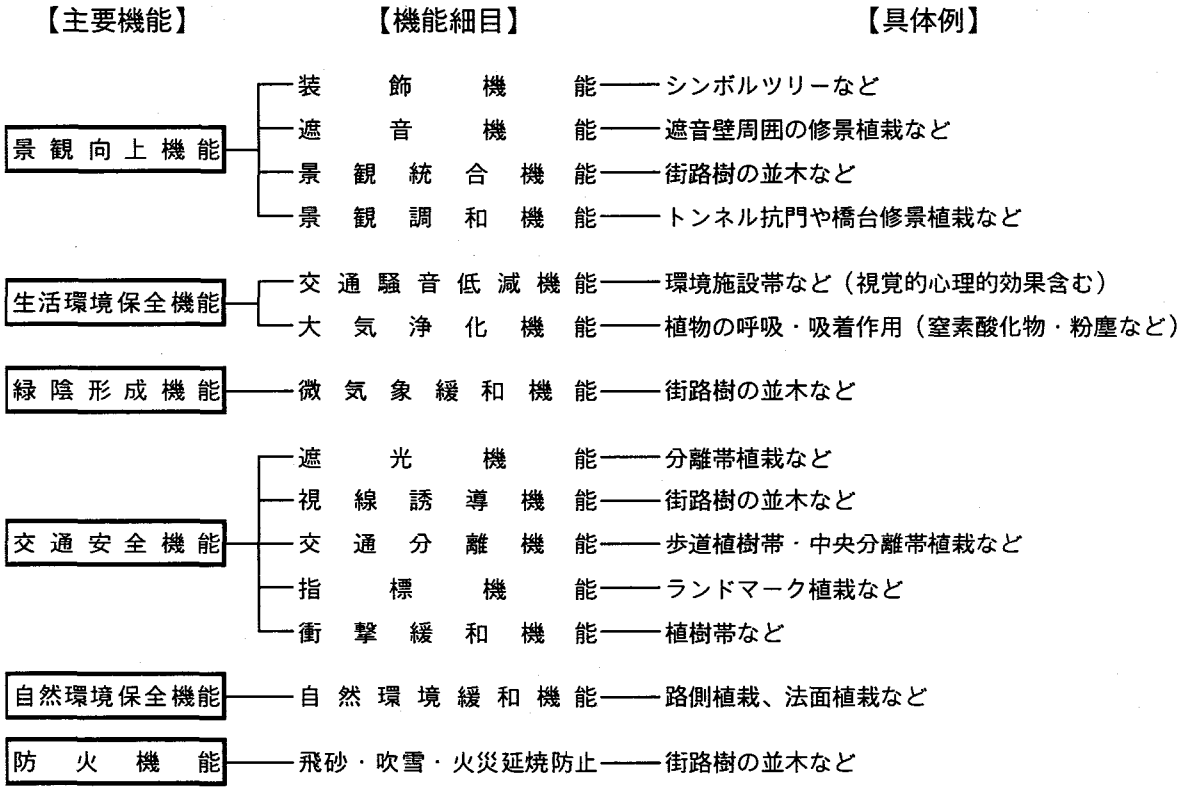


図1.4　道路植栽の機能とその具体例[12)]

出典：中島宏監修，道路緑化ハンドブック，山海堂，東京，1999.

基本にした緩衝緑地帯などの接道部の処理や、住宅内部の緑地にまで配慮した広範囲な緑化計画の実現をはじめとして、住民への緑に対する意識啓発が重要であると考えられる。

2）道路緑化樹木の使用状況

街路樹の樹種変遷は、戦後から現在にかけて、多種類の樹木が用いられるようになり、同時に本数も大幅に増加し、量質ともに充実した傾向を示すようになった（表1.1）。半田ら[20]の報告によれば、日本における道路緑化樹木の総樹種数は、1991年現在で高木が約500種存在し、上位からイチョウ（11.5%）、サクラ類（7.2%）、ケヤキ（6.4%）となっている。地域別にみると、関東ではイチョウやハナミズキ、関西ではクスノキが上位を占めており、高木の使用本数は1986年度では371万本だったのが、1991年度では478万本となり、5年間で107万本の増加となっている[20]。樹種選定の傾向は、緑化促進のために成長の早い落葉樹を植えたり常緑樹種が多用された時代（昭和10～40年代）から、現在では落葉樹種を重視する傾向にあり、花や実を楽しめるなどの質を重視した樹種も導入され、多様化の時代を迎えるようになった[12]。この傾向を示すデータとして、各調査年の街路樹20種類の構成比の合計を比較すると、1954年では96.4%だったのが1992年では70.9%に減少し、樹種の多様化が進んでいることがわかる。このような樹種の多様化が進むなかで道路交通騒音の低減に向けた樹種選定を行うには、遮断効果を図る必要のある接道部では常緑樹の使用を基本とし、それ以外の影響域では多様な樹種を効果的に使用するなどの多角的な樹種選定に配慮することが重要であろう。

3）植栽の物理的減音効果

植栽の物理的減音効果は、1940年代にEyringがジャングルで行った調査を皮切りにさまざまな調査が行われ、近年では、鹿島ら[21]が現実の植樹帯を用いた減音効果の物理測定を実施した。その結果、植樹帯はローパスフィルタであり、2,000Hz以上の高周波数域では周波数が高くなるに従い大きく減衰すること、樹高の増加は挿入損失が生じる領域を拡大することを確認した。その後鹿島ら[22]は無響室内で植樹帯模型による物理測定を行い、高域では挿入損失が周波数とともに増大するという上述の現場実験と同様な結果を得た。現時点でこれらの結果を概観すると、(1) 植栽を使用した場合の音の減衰は2,000Hz以上で周波数とともに増大するが、葉の散乱効果が大きな要因であること、(2) 植林地などでは1,000Hzにおいて20dBにも及ぶ大きな減衰が得ら

表1.1　街路樹の樹種変遷表(1954年と1992年)[12)]

順位	1954年			1992年		
	樹種	本数	構成比	樹種	本数	構成比
1	プラタナス	88,930	31.2	イチョウ	552,407	11.5
2	イチョウ	59,854	21.0	サクラ類	345,563	7.2
3	シダレヤナギ	21.745	7.6	ケヤキ	305,007	6.4
4	ソメイヨシノ	21,724	7.6	トウカエデ	281,427	5.9
5	ニセアカシア	21,354	7.5	プラタナス類	251,399	5.6
6	アメリカヤマナラシ	11,685	4.1	クスノキ	193,060	4.0
7	アオギリ	11,440	4.0	ナナカマド	162,067	3.4
8	クロマツ	7,412	2.6	日本産カエデ類	139,881	2.9
9	シンジュ	4,609	1.6	モミジバフウ	119,852	2.5
10	エンジュ	4,459	1.6	マテバシイ	112,422	2.3
11	トウカエデ	3,108	1.1	ハナミズキ	109,529	2.3
12	ケヤキ	2,977	1.0	ナンキンハゼ	106,012	2.2
13	ナンキンハゼ	2,548	0.9	シダレヤナギ	100,258	2.1
14	トチノキ	2,366	0.8	エンジュ	98,541	2.1
15	カロリナポプラ	2,262	0.8	ユリノキ	97,032	2.0
16	クスノキ	2,138	0.8	ニセアカシア	93,482	2.0
17	イタヤカエデ	1,932	0.7	マツ類	83,028	1.7
18	ユリノキ	1,612	0.6	ヤマモモ	80,255	1.7
19	ヤマモミジ	1,542	0.5	イブキ類	77,830	1.6
20	ヤマザクラ	1,138	0.4	クロガネモチ	69,419	1.5
	小計	274,835	96.4	小計	3,378,471	70.9
	その他	9,785	3.6	その他	1,406,231	29.1
	合計	284,620	100.0	合計	4,784,702	100.0

出典：中島宏監修，道路緑化ハンドブック，山海堂，東京，1999.

れるが、音源からの直接音と地表面からの反射音との干渉に起因する過剰減衰であり、植栽の直接的影響ではないこと、(3) 騒音を5dB減衰するためには奥行き30m以上の森林を確保する必要があり、草丈の高い草原や樹高が高く密に茂った森林ほど効果が大きいこと、(4) 植樹による小規模な植樹帯や生垣の物理的減音効果は数dBであるが、その心理的効果は無視できないこと、(5) 植生の防音機能を発揮するまでにには長年の生育が必要であるため、既在の森林はなるべく保存すべきであること、とまとめられる[23]。

以上の報告から、植栽のみで騒音の物理的な低減を図るには相当量の植栽と敷地の確保が必要であることが示唆される。林帯による減衰量は林内距離30mで4～8dB程度という報告[24]もあるように、都市地域の沿道空間といった土地の確保が困難な場所では、植栽のみによる騒音レベルの減衰は物理的な限界を生じる。したがって、「植栽の物理的低減機能は視覚的心理的な低減効果も含めた総合的な効果として評価されるもの」[13]と指摘されるように、緑の物理的減音効果だけでなく、他の機能も併用した植栽計画の策定が必要になると考えられる。

4）植栽の心理的減音効果

植栽の心理的減音効果は一般的に、騒音源（通過交通等）と受音者との間に植栽が存在する場合、植栽によって騒音源が遮蔽されると騒音に対する不快感が小さくなる現象を指す。

鈴木ら[25]は、一般道路に沿った歩行者空間において道路交通騒音の喧騒感が植樹帯によってどの程度緩和するかの検討を行い、田村ら[26]は、歩行者境界に設置された植樹帯や宅地の接道部に設置された生垣を対象とした心理実験を行った。その結果、植樹帯には喧騒感を緩和する効果を有し、緩和量は3～6dB(A)程度であることを示し、その効果を発揮させるためには、植栽の最適量やバランスが存在し、「美しさ」や「やわらかさ」等のイメージを維持させる配植計画が必要だと指摘している。

大野ら[27]は、脳波反応からみた道路植栽の心理的減音効果に関する研究を行っており、道路植栽の緑量を変化させ、一定の騒音レベルを提示した状態で、被験者の脳波反応から植栽の騒音緩和効果を確認する実験を行った。具体的方法は、緑量の異なる沿道空間で撮影した画像（提示画像の緑視率は0%・32.4%・89.4%・100%）を視覚刺激として、72dB(A)のホワイトノイズを音刺激として提示した。脳波の分析は人間の緊張感の度合いをみるためにα波を解析した。その結果、緑視率0%の場合に比べ緑

視率が89.4％の場合にα波が増加することや、画像中に花が存在する場合、緊張感を緩和する効果がより高くなることが明らかになった。

三沢ら[28]は、樹木のもつ心理的防音効果の定量把握を行うために、現実の沿道空間において大規模な現場実験を行った。具体的方法は、幹線街路と公園との間に存在する高さ4.1m、幅1.2mの植樹帯の背後と隣接する空地において、距離減衰の予測式で推定した客観的騒音レベルと、被験者の感じる主観的騒音レベルの差を求めた。その結果、空地の沿道空間では実レベル以上の主観的騒音レベルを感じるが、植樹帯が存在する沿道空間では主観的騒音レベルが減少し、その緩和量は3～5dB(A)程度であることを示した。

白子ら[29]は、沿道植栽地の概観が異なる2地区を対象として、居住環境と交通騒音との関係を明らかにするための意識調査を実施した。その結果、沿道植栽地の緑量の違いが住民の騒音に対する感じ方に影響を及ぼすことを示した。その後、ビデオを用いた実験室実験の結果を加えて沿道植栽地の心理的減音効果を検討した結果、緑視率50％の沿道植栽地では約2dB(A)、緑視率93％では約5dB(A)の緩和量があることを示した。また、2dB(A)程度の緩和量では約15％の住民が騒音の緩和効果を認めるにすぎないが、約5dB(A)の緩和量があると約40％もの人がその効果を認めることが明らかになった。

以上の報告から、植栽のもつ心理的減音効果が定量的に示され、その緩和量が5dB(A)前後であることがわかった。このことは、植栽による物理的減音効果が困難な場所、つまり、土地利用の制約が大きい都市地域の沿道空間においても、植栽のもつ心理的減音効果が重要な役割を果たすことを示唆する結果といえよう。

１．１．４　自然音を用いたマスキング現象

マスキングとは、ある音の最小可聴値が、他の音の存在によって上昇する現象、あるいは、ある音の大きさが他の音の存在によって減少する現象である[30]。近年、道路交通騒音のレベル低減が困難を迎える中で、望ましい音環境空間を創出するために、難波ら[31]は、不快感を与えないマスキング音を使用して騒音のうるささを低減する方法を提案し、道路交通騒音のようなレベルの大きな音にも有効であると論じている。小林は、こうしたマスキング現象を造園手法の借景をあしらって「音の借景的効果」と呼称し、同じ音であっても、別の音が付加されると音のイメージが増幅される事例を

挙げ、その効果の重要性を述べている[32]。そこで、聴取環境に相応しいマスキング音として、操作容易な自然系音の水関連音を中心とした研究が従来から行われてきた。具体例には、親水水路の流水音[33][34]や砂防ダムの流水音[35][36]、波音[37]、人工滝や噴水音[38][39]、雨音[40]などがある。

自然音の水音を心理実験の刺激に用いた報告には、山本ら[41]のせせらぎ水路の視聴覚複合刺激に対する評価実験があるものの、「良い - 良くない」についての5段階の評定尺度しかなく、各刺激ごとの多様な印象を把握するまでには至っていない。また、小田ら[36]は砂防ダムから流れる水音を刺激に心理実験を行い、快適な水音の条件として非定常性を挙げている。上野ら[42]は、波音を刺激に用い、波音の心理イメージは音量とリズム性の2因子により構成され、音量の因子は平均最大音圧レベル（L_{Max}）、リズムの因子は音圧レベルの変動幅（ΔL）と相関が高いことが示された。

三沢[43]は、樹木葉擦れ音のマスキングの効用を早くから提唱した第一人者であり、「緑はそれ自体が音の発生源となる。すなわち、風に騒ぐ葉擦れの音、緑に集まる小鳥や虫の鳴き声等々である。これらの音は一般に好ましい音であり、これによって望ましくない音をマスキングするという効果も無視できない」と述べている。こうした音環境計画は、対象地域の文化的／社会的脈絡を活かした音環境の積極的創造、いわゆるサウンドスケープ（音風景）を切り口とした音環境デザインに大きく関連している。これらの活動は、居住者の音に対する意識をもとに音の質的側面である音の有意味性を把握し、現実の音環境計画に反映する方策を採用しており、特に対象地域の自然環境が発生する自然音の有効活用を提案している。

こうした考えを沿道空間に即して考慮すると、心地よい音と認識されている樹木葉擦れ音を道路交通騒音のマスキング音として沿道の音環境計画に導入すれば、道路交通騒音の不快感が心理的に減少し、音環境の質が向上する可能性がある。

1．1．5　環境音と景観の相互作用

我々が日常的に行う感性経験は複合的なものであり[44]、視覚情報だけでなく様々な感覚器を通して環境情報を受容している。景観に対する印象形成に関しても、同様な傾向がある。藤沢[45]が「景観の良し悪しの基準は、五感から得た情報を分析して判断される」と述べているように、各感覚間の相互作用について詳細に分析する必要がある。その中でも視聴覚間では相互作用が生じやすく、環境音と映像の調和を扱った研

究[46)47)48)49)]や、音源情報の付加による音の印象変化を扱った研究[50)51)]、さらには、緑などの特定の環境要素を扱った研究[52)53)54)]などの事例がある。

環境音と景観の調和を調べた事例として、Anderson et al.[46)]は、環境音と景観の組合わせを変えて提示する実験を行い、鳥などの自然的な音は提示された5景観全てで調和を高めるが、車などの人工的な音は繁華街沿道といった特定の景観でしか調和を高めないという結果を報告した。岩宮ら[47)]も同様の実験を行い、オルゴール音と自然公園景観のように、音と景観が調和しない組合せの場合、自然景観のもつ多様な印象がオルゴール音という人工音の影響によって単調になることを示した。Carles et al.[48) 49)]は、環境音と景観の組合せが被験者の予測と合致すれば、刺激の単独評価よりも総合評価が高くなることを示した。以上の報告から、視聴覚間の調和度が高くなるのは、現実の環境に即した、違和感のない視聴覚の組合せの場面であることがわかる。

音源情報の付加による音の印象変化を調べた事例として、安倍ら[50)]は、環境音を知覚する際に、音源情報を付加しない場合と言語や映像によって音源情報を付加した場合とでは、環境音に対する美的評価が変化することを示した。同様な研究として、宮川[51)]らは音源特定の難しい音に視覚情報を付加すると、音の印象が変化することを示した。

特定の環境要素に絞った視聴覚間の研究事例には、緑がもつ交通騒音の喧騒感緩和効果に注目したものが多い。Mullgan et al.[52)]は、騒音に与える緑の効果を考察し、画面中の緑量の違いだけでは刺激間で音の評価に有意差は現れず、場所の違いが音の評価に大きく影響することを示した。緑が存在し、かつ地区条件が適切な場合、騒音の不快感が心理的に低減される結果を報告している。緑を対象とした騒音緩和効果に関する研究には、田村ら[53)]の沿道空間の植樹帯に関するものがあり、植樹帯によって3～6dB(A)程度の心理的減音効果が生じることを示した。

このように先行研究の結果から、環境音と景観の間では密接な視聴覚相互作用の関係があることがわかる。特に緑は人々に快いイメージを与え、騒音の心理的不快感を視覚的に緩和する環境要素として位置づけることができる。

1．2　樹木葉擦れ音と音環境デザイン

ここでは本研究の主対象である「樹木葉擦れ音」について、日本人の自然音に対する好みの傾向を含めながら、葉擦れ音の位置づけとまとめを行う。その際、葉擦れ音が環境計画の中で配慮された例や、葉擦れ音の物理測定についての先行研究を概観する。そして、音環境デザインに関する基本的な考え方をまとめ、本論文の方向性を明らかにする。

1．2．1　葉擦れ音の定義

環境音は人間の活動に伴って生じる「人工音」と、人間以外の動物や植物、さらには気象条件などによって生じる「自然音」などに大きく分けることができる。とくに自然音は、音源の種類と発生のしくみに従って、表1.2に示すように5通りの分類基準が設けられている[54)]。その中で大庭は、葉擦れ音の定義を「植物受動音は植物体が風などの外力によって揺り動かされて生じる音」と述べている[54)]。葉擦れ音は文字どおり解釈すると「葉同士が擦れ合って発生する摩擦音」であるが、マツ類が発生する松風や松籟と呼ばれる音は葉の摩擦音でなく、風が枝葉等に当たって生じる風切り音であると考えられる。よって、本研究では風切り音なども含めた植物受動音の総称を葉擦れ音と定義したい。

1．2．2　自然音に対する日本人の好み

「秋来ぬと目にはさやかに見えねども風のおとにぞおどろかれぬる　藤原敏行」

上の歌は、「古今集」秋歌（立秋）に含まれているもので、この歌が詠まれたのは立秋、旧暦の7月1日（太陽暦では8月8日前後）である。視覚ではなく聴覚的世界をきっかけに、うつりりかわりゆく季節変化の微妙な気配を鋭敏に察知した日本人の独特な環境観を現代に伝える歌として興味深い。

このような日本人の音に対する好み（感性）の変遷を概観する手法として、日本人独特の文学世界である和歌や俳句等に詠み込まれた音記述についての定量／定性的な分析がある。小林は、和歌に詠み込まれた音の分析を行い、日本人の自然音に対する繊細な感覚や心情を指摘した[32)]。表1.3に示すように、葉擦れ音は気象現象や植物に関わるカテゴリーに多数含まれることがわかる。また、永幡ら[55)]は俳句に詠み込まれ

表1.2　自然音の分類[54)]

○無機的な音

・地形音：川の流れや池の漣など、特定の地形があるために生じる音

・気象音：風・雨・雪・氷などの気象現象に由来する音

・潮汐音：潮汐による波などの音

○有機的な音

・植物音: 植物の生命活動に関わって生じる音

植物体音: 熟した実が乾燥してはじけたり、枝が落下したり
することによって生じる音

植物受動音：植物体が風などの外力によって揺り動かされて生じる音

・動物音：動物の生命活動に関わって生じる音

動物能動音：鳥のさえずりのように、特別な発音器官、
または体の一部分を使ってつくり出す能動的な音

動物福次音：身動きなどに伴って生じる副次的な音
飛ぶ・歩く・走る・泳ぐ・水遊び・採食などの動作
の結果、棲息環境内の基質や物が動いて生じる音

出典：大庭照代，“生態圏における池岸と照葉樹林内の音環境，”
千葉中央博自然誌研究報告特別号1, 1994.

表1.3 『万葉集』『古今和歌集』『新古今和歌集』の中から音響景観を詠み込んだ133種の内訳（抜粋）[32)]

鳥に関わるもの（時鳥・雁・鴛・鶴・千鳥など32種）
気象現象に関わるもの（松風・嵐・秋風・雷・時雨など23種）
水に関わるもの（川の波・海の波・滝・潮騒・川瀬など18種）
非楽音に関わるもの（泣き声・櫂や櫓の漕音・砧打ちなど18種）
植物に関わるもの（笹の葉擦れ・荻の葉擦れ・群竹のざわめき・雪折れ竹の音など16種）
楽音に関わるもの（入相の鐘・琴・弓弦の爪弾き・鈴の音・歌声・笛など12種）
昆虫に関わるもの（蝉・きりぎりす・松虫・こおろぎなど6種）
獣に関わるもの（鹿・馬・犬など5種）
小動物に関わるもの（蛙や河鹿など1種）
その他（山彦・噴火口の音など2種）

出典：小林亨，移ろいの風景論，鹿島出版会，東京，1993.

表1.4 好ましい音についての回答[56)]

（総数：N=1365）

1位：鳥の声（86.6%）
2位：虫の声（62.7%）
3位：川のせせらぎの音（55.4%）
4位：木の葉が風でそよぐ音（49.2%）
5位：風鈴の音（34.9%）
6位：静寂でしんと静まり返った状態（29.6%）
7位：海の波の音（27.6%）
8位：お寺、教会の鐘（21.1%）
9位：雨だれの音（19.3%）
10位：祭の音（17.5%）
11位：音楽・歌声（17.5%）
12位：動物の声（11.2%）
13位：船の汽笛（10.7%）
14位：街のざわめき（6.7%）
15位：その他（6.6%）
16位：無回答（1.5%）

出典：環境庁，音環境モデル都市事業 - 生活騒音対策モデル都市推進事業報告書 -，1998.

た音環境を統計的に分析し、江戸時代では自然音を季節の象徴として敏感に読みとり情緒を感じる傾向があったが、時と共にそのような文化が廃れる傾向にあることを示した。このことからも日本人は古来から葉擦れ音をはじめとする自然音に対する鋭い感性を形成し、音の背景に潜む地域性を歌に詠み込むといった、人と自然の関わりの深さを垣間みることができる。

続いて、現代日本人の音の感性を比較するために、環境庁が行った音環境のアンケート[56]を概観する（表1.4）。これは音環境保全に向けた資料作成のために、1995年の6月～7月にかけて音環境についてのアンケート調査を行ったものである。好ましいと感じる音については上位4位までが自然系の音で占め、「木の葉が風でそよぐ音」は49.2%（複数回答）という結果になっている。このように日本人の葉擦れ音を含む自然系の音に対する感性は時代を経てもなお、深い関心と愛着をもつ傾向があるといえよう。

環境庁は1996年6月、残したい日本の音風景100選を公表した[57]。これは、地域の音環境の実態や価値を見直すための意識啓発事業の一貫として行われたものであり、騒音低減などのマイナス要素の除去だけでなく、好ましい音の見直しや活用といった積極的な音環境の創造に寄与するための事業として位置づけられる。緑に関連する音風景については14箇所が選定されており（表1.5）、そのなかで樹種名が特定され得る高木類には、マツ（能代市・竹田市）、ケヤキ（武蔵野市）、タケ（京都市）、クスノキ（長崎市）などがある。緑の音風景を支えるものは植物受動音だけでなく、緑を生息地とする鳥や虫の鳴き声などの動物能動音や副次音も含まれており、自然環境全体を保全することの必要性が本事業で強調されている。

1．2．3　葉擦れ音を活かした環境計画事例

日本では造園分野において聴覚的側面を重視した環境計画／設計が盛んに行われ、水工施設や植栽等が発する音響効果に配慮した施行例が多く見受けられる。水琴窟、鹿おどし、添水、水入れ、雨落などの造園上の装置や、笹の葉音を発生する竹林、松籟を発生する松林などの植栽の配置計画がその例であり、自然系の音に対する日本人の繊細な感覚を空間の意匠に反映させていることがうかがえる。こうした、感性資源の配置計画は、従来から重視されている視覚的景観資源と他感覚の資源を組み合わせることによって、景観体験を、強い印象をもった実感の湧く経験に昇華させることが

表1.5　残したい音風景100選中の緑に関連した事例[57)]

1. 小川原湖畔の野鳥（青森県三沢市）
2. 北上川河口のヨシ原（宮城県北上町）
3. 風の松原（秋田県能代市）
4. 福島市小鳥の森（福島市）
5. 三宝池の鳥と水と樹々の音（東京都練馬区）
6. 成蹊学園ケヤキ並木（東京都武蔵野市）
7. 富士山麓・西湖畔の野鳥の森（山梨県足和田村）
8. 塩嶺の小鳥のさえずり（長野県岡谷市・塩尻市）
9. 東山植物園の野鳥（名古屋市）
10. 本多の森の蝉時雨（金沢市）
11. 京の竹林（京都市）
12. 山王神社の被爆の楠（長崎市）
13. 岡城跡の松籟（大分県竹田市）
14. 後良川周辺の亜熱帯林の生き物（沖縄県竹富町）

出典：山下充康，“残したい日本の音風景100選，”音響学会誌52, 1996.

可能となる。

曽和[58]は對龍山荘庭園（京都市）の環境音調査を行い、調査対象である日本庭園が水音などの聴覚体験によって視覚体験の印象が補強される「水音の庭園」であることを示した。ただし、樹木葉擦れ音を直接扱った事例を日本庭園に求めることは難しいものの、近年ではサウンドスケープの概念を導入した音環境調査と計画手法[59]のなかで、地域固有の音資源を活かした施工例をみることができる。

1992年に開設された大分県竹田市の瀧廉太郎記念館内庭園整備計画では、土地が本源的にもつ音環境資源を引き出すためのソフト／ハード両面の計画が行われ、モウソウチクの響きを体験できる植栽配置に配慮した「響きの庭づくり」の設計が行われた[60]。また1997年には、埼玉県環境部大気保全課が設置主体となって、埼玉県大宮市内に「彩の国 音かおりの里」と呼ばれる公園施設設計事業が行われ、園内に配植された竹林の葉擦れ音等を聴きながら休憩するための「聞き耳のイス」と呼ばれる集音器付きの椅子が設置された[61]。

以上の事例には、本来の環境がもつ自然音の響きの積極的聴取をとおしながら、環境全体の空間を身体のはたらきかけを能動的に行うことによって再認識するという共通のコンセプトが流れており、音の環境教育や音への意識啓発の効果をもたらすための計画的配慮につながる施工例として意義深いものである。

１．２．４　葉擦れ音に関する先行研究

葉擦れ音を扱った先行研究には、野外行楽地（国立公園や森林地帯等）のNatural Quiet（自然本来のもつ静けさや音の響き）を考慮した固有環境音の現状把握に関する調査や、葉擦れ音をマスキング音に利用するための基礎的な物理測定がある。

葉擦れ音の音圧レベルと風速値との関係について、M. Sneddon et al.は針葉樹林内の音環境を計測し、林内での固有環境音レベルは風で発生する群葉のノイズで決定することを報告し、音圧レベルL[dB]と風速値V[m/s]の関係をL=2.78V+37.4で表している[62]。V=5m/sの場合L=51.3dB(A)となり、この値は遠方の航空機騒音をマスクできる量であると述べている。

竹岡ら[63]は、マサキ・スギ・イネ・オギ・アズマネザサといった低木類やグラウンドカバー類を対象に、葉擦れ音の周波数特性や、音圧レベルと風速の対応関係を分析している。発生する音のレベルの初期値は各植物の面密度によって変化し、オギやア

ズマネザサなどのイネ科植物は、枝葉のしっかりした植物よりも大きな音を発生すると報告している。三沢[43]は自然風の測定例として、風速値が4～5m/sのときケヤキ(7月・樹高20m直下)の音圧レベルは57dB(A)、竹林では50～62dB(A)、風速値が5m/sのとき、ササ類60dB(A)、イネ55dB(A)という結果を示している。

葉擦れ音の周波数分析に関しては、三沢[43]がススキの葉擦れ音を人為的に発生させ、6,300Hz付近にピークがあることを示している(測定時の音圧レベルは75dB)。また竹岡ら[63]は人為的に発生させたマサキの葉擦れ音と、風によって自然に発生したアズマネザサの葉擦れ音の周波数分析を行った結果、100Hz付近と4,000～8,000Hzのレベルが高いことを示し、こうした植栽が発生する音はマスキングに適することを考察している。松山ら[64]は、仙台市域の自然林内での音環境計測を試みているものの、鳥類をはじめとしたトータルな自然音を採取しているため、純粋な葉擦れ音のデータ抽出を行うまでには至っていない。

以上の先行研究については測定対象が低木類が中心であり、沿道植栽に利用される高木類の葉擦れ音に関わるデータは僅かしか得られていない。また、高木類から発生する葉擦れ音の距離減衰や周波数変化といった物理特性に関するデータの蓄積も少ないために、沿道空間の植栽計画に葉擦れ音を利用するにはこうしたデータの補完が不可欠である。

1．2．5　音環境デザインの考え方

もともと「景観」という言葉の定義には、視覚的環境を対象にするという暗黙知が流れているが、日常我々が行う環境の知覚や体験は、五感全体を使ったり、過去の記憶等を動員して総合的な判断を行うと考えるのが自然である。そのような視覚重視の方向を是正する動きのひとつとして、サウンドスケープ(音風景)概念の普及や活動が台頭してきた。日本では1986年にR. Murray Schaferの著書のThe tuning of the world (邦題: 世界の調律)が鳥越ら[65]によって翻訳され、1993年にはサウンドスケープ協会 (Soundscape Association of Japan) が設立された。1993年から5ヶ年にわたって環境庁が中心となり“音環境モデル都市事業”が実施され、1994度版の環境白書にサウンドスケープという言葉が新たに登場した。1996年には“残したい日本の音風景100選”が環境庁によって実施され、音環境の意識啓発事業がひとつの到達点を迎えるまでになった。これらの事業に共通するコンセプトは、従来から環境行政で行

われてきた騒音のマイナス要素の低減だけでなく、音環境という包括的な視点から、その場に相応しいと認識される音資源を積極的に保全する方向が加えられたことであり、いわゆる「音環境デザイン」[66]の概念が一般的に普及するきっかけとなった。

音環境デザインの考え方は「音環境のあり方に影響を与える様々な領域を総合的に見直す視点から、音環境のバランスを創造していくこと」と定義される[66]。ここでのデザインの意味を「従来から行われている環境づくりや施設づくりのなかで、総合的な音のバランスをデザインすること」と位置づけ、「気持ちづくり」「運動づくり」「人づくり」「環境づくり」「音づくり」といったソフト的なインフラストラクチャーにも価値をおき、環境設計の対象となる諸要素や諸要因を同時に操作するといった、「人間 - 生活環境系」の切り口[67]を盛り込んだアプローチとなっている。

また、従来から行われてきた騒音対策の考え方に付加する内容を明確にするために、「音環境デザイン」では、次の7つの基本方針を挙げている[63]。

(1) 環境・施設づくりの参加者すべてがそれぞれの立場で音環境に配慮する。
(2) 音の量だけでなく音の内容や意味も含めて音環境をとらえる。
(3) 市民の耳の感覚を尊重し、それを計画に反映させる。
(4) 地域らしさをもった音の風景づくりをめざす。
(5) 自然や人の活動から立ち現れる音を重視する。
(6) 自然の音を生み出す環境を積極的に保全・育成する。
(7) 五感のトータルバランスを常に考慮する。

本論文で対象とする樹木葉擦れ音を用いた沿道の植栽計画の流れを上記項目と照応して述べる。(2)については、日本人好みの葉擦れ音を道路交通騒音のマスキング音として利用すること。(5)については、従来から行われている「音源の物理的制御」だけでなく、環境計画施行後の対象地域の長期的な変化を予測すること、いわゆる環境アセスメントの検討が重要であること。(6)については、計画地域に存在する自然植生を基本とする「自然音を生み出す環境基盤」の積極的な保全や育成、さらには復元を施すことによって、土地本来がもつ自然音を引き出すというプラス要因を付加すること。(7)については、音環境デザインの最終的な着地点は音のみに対象を絞るのでなく、視覚をはじめとした五感分野とのバランスを考慮し、計画を進める必要がある。

以上を考慮し、本研究では都市地域の沿道環境を想定し、音環境をはじめとした沿道空間の景観をトータルに改良するための沿道植栽計画の提案を行うことを目的とした。具体的には、植栽が発生する葉擦れ音の物理測定・環境音と景観についての視聴覚相互作用実験を行った。そして、現実の沿道空間に上記の植栽計画を導入するためのケーススタディを設定し、開発初期からスコーピングの対象項目を縦横的に網羅させた戦略的環境アセスメントを利用した配慮指針を模索し、長期の開発にわたる具体的提案を行った。

１．３　第１章のまとめ

本章では、音環境を機軸とした沿道計画の検討として、道路交通騒音の現状とその対策をまとめ、緑の効用を活かした沿道対策を中心に示した。そして、樹木葉擦れ音に対する日本人の意識や既往研究等をまとめ、音環境デザインとの関わりに言及した。その成果を以下に要約する。

（１）わが国の道路交通騒音の環境基準達成率は低く、都市地域をはじめとして非常に厳しい状態が続いている。その対策として、音の伝搬過程により、発生源対策・交通流対策・道路構造対策・沿道対策等が進められており、騒音源自体のレベル低減が困難になる現状では、道路構造対策や沿道対策の植栽計画を主軸とした沿道空間のゾーニング計画が重要であることを指摘した。

（２）道路植栽に利用する緑は景観向上機能や生活環境保全機能などの様々な効果を有し、沿道空間の交通騒音対策として多くの効果を発揮するものと考えられる。その中でも植栽の心理的減音効果は大きく、その緩和量も5dB(A)程度という定量的な報告を既往研究から示した。そして、土地利用の制約が大きい都市地域の沿道空間においては植栽が重要な役割を果たすことを指摘した。また、環境音と景観の間では密接な視聴覚相互作用の関係があり、特に緑は人々に快いイメージを与え、騒音の心理的不快感を視覚的に緩和する環境要素として位置づけることができる。

（３）日本人は、樹木葉擦れ音をはじめとする自然音に対し、過去から現在にわたり深い関心と愛着を持つことをまとめ、造園分野において水音や植栽音などの聴覚的側面を重視した環境計画が行われてきたことを示した。樹木葉擦れ音の物理測定に関

しては研究報告等は少なく、街路樹等に使用する高木類に関するデータが十分に揃っていないことを指摘した。

（4）音のバランスを総合的に配慮する「音環境デザイン」の重要性を述べた。このコンセプトには、対象地域に存在する音資源を積極的に保全する方向性が組み込まれている。本研究をこの流れに即して考えると、樹木葉擦れ音自体の調査だけでなく、その発生に影響を及ぼす風速や樹木形状などの様々な要因を定量化することによって、自然音の発生のしくみをはじめとした音資源を積極的に保全するための基礎的データが明確になると考えられる。よって、第2章では、樹木葉擦れ音の物理測定を重点的に行うよう試みた。

第1章の参考文献

1) 道路交通騒音対策検討会, 道路交通騒音対策の充実強化について (中間とりまとめ), 環境庁 (2000).
2) 環境庁, 平成12年版環境白書 (各論), 46-57 (ぎょうせい, 東京, 2000).
3) 桑野園子, "道路交通騒音の評価手法," 環境技術 Vol.27 No.10, 19-24 (1998).
4) 難波精一郎, 桑野園子, 加藤徹, "Leq, L_α と大きさの関係について," 日本音響学会誌34, 301-307 (1978).
5) 難波精一郎, 桑野園子, "種々の変動音の評価法としてのLeqの妥当性, 並びにその適用範囲の検討," 日本音響学会誌38, 774-785 (1982).
6) 加藤徹, 加来治郎, 桑野園子, 難波精一郎, "複合騒音の大きさ判断に関する一考察," 日本音響学会講演論文集, 651-652 (1998.3).
7) 難波精一郎, 桑野園子, 音の評価のための心理学的測定法 (コロナ社, 東京, 1998).
8) 住区内街路研究会, 人と車 おりあいの道づくり (鹿島出版会, 東京, 1989).
9) 矢野隆, 泉清人, "防音壁による道路交通騒音の不快感の緩和効果に関する調査," 日本建築学会計画系論文集第493号, 1-7 (1997).
10) 鉢嶺清範, 上坂克巳, 大西博文, "低層遮音壁の騒音低減効果とその設計," 土木技術資料41-8, 20-25 (1999).
11)大西博文, 近藤升, 高木興一, "排水性舗装の吸音による騒音低減効果," 日本音響学会2000年秋季研究発表会講演論文集, 591-592 (2000).
12) 中島宏監修, 道路緑化ハンドブック (山海堂, 東京, 1999).
13) 日本道路協会, 道路緑化技術基準・同解説書 (丸善, 東京, 1989).
14) 井手久澄, "都市緑化の目的と課題," 都市計画 No.128, 12-16 (1983).
15) 網藤芳男, 村川三郎, 西名大作, 関根範雄, "緑の多面的機能の評価と緑の構成要素の認知との関係," 日本建築学会計画系論文集 Vol.526, 91-98 (1999).
16) 山本聡, 増田昇, 下村靖彦, 安部大就, 坂田健太郎, "居住環境形成に係わる緑地の存在効果に関する研究," 造園雑誌56(5), 259-264 (1993).
17) 渡辺達三, "世論調査にみられる近年の国民の緑意識の動向について," ランドスケープ研究60(5), 437-440 (1997).
18) 金炳哲, 藤本一寿, 中村洋, "緑と音を基調にした住宅地の居住環境のアメニティ

向上の手法，" 日本建築学会計画系論文集 Vol.458, 35-42 (1994).
19) 根本泰人，"住宅地街路景観の緑化計画手法の開発に関する研究，" 第20回都市計画学会学術研究発表論文集，361-366 (1985).
20) 半田真理子, 飯塚康雄, "全国道路緑化樹木現況について," 交通工学 Vol.30 No.2, 21-31 (1995).
21) 鹿島教昭, 田村明弘, "植樹帯による減音効果- 実存する植樹帯の挿入損失-，" 音響学会誌47, 729-737 (1991).
22) 鹿島教昭，田村明弘，"植樹帯による減音効果（第2報）- 幼木を用いた尺度模型実験-，" 音響学会誌49, 711-720 (1993).
23) 鹿島教昭, 田村明弘, "植樹帯による騒音低減効果," 騒音制御 Vol.21 No.3, 175-178 (1997).
24) 河合英二，"森林と生活とのかかわり - 第22回騒音防止-，" 森林総合研究所所報 No.124, 3p (1999).
25) 鈴木弘之，田村明弘，鹿島教昭，"街路に沿う歩行空間の喧噪感に及ぼす緑の効果，" 日本音響学会誌45, 374-384 (1989).
26) 田村明弘，鈴木弘之，鹿島教昭，"植樹帯による喧噪感の緩和，" 日本音響学会誌48巻，776-785 (1992).
27) 大野由起子，田畑貞寿，"脳波反応からみた道路植栽による騒音感の緩和に関する研究，" ランドスケープ研究59(3), 214-222 (1996).
28) 三沢彰，斉藤庸平，"樹木の騒音に対する心理的減音効果に関する実験的研究，" 造園雑誌 Vol.48 No.5, 85-90 (1985).
29) 白子由起子，田畑貞寿，"交通騒音に関する住民意識と沿道植栽地の心理的効果に関する研究，" 造園雑誌48(5), 324-329 (1985).
30) 日本工業標準調査会，音響用語（聴覚・音声・音楽）Z8109, 日本規格協会，p3 (1991).
31) 難波精一郎, 桑野園子, "人間の感性と音環境, "日本騒音制御工学会誌13(4), 24-28 (1989).
32) 小林亨，移ろいの風景論 (鹿島出版会，東京，1993).
33) 土屋十圀，中村良夫，"親水水路にみる流水形態と音環境の特性，" 造園雑誌56(5), 229-234 (1993).
34) 筒井義富，山本徳司，福原博篤，"せせらぎ水路の視聴覚複合刺激に対する評価

と音の物理特性，”日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集，69-72 (1996).
35) 小田晃，阿部彦七，水山高久，“床固め，砂防ダムの流れの音に関する研究，”砂防学会誌48(3), 6-13 (1995).
36) 小田晃，水山高久，阿部彦七，“砂防施設などから流れる水の音の心地よさの条件に関する研究，”砂防学会誌49(5), 3-11 (1997).
37) 灘岡和夫，玉嶋克彦，“海岸環境要素としての波の音の特性について，”海岸工学論文集，土木学会，36, 869-873 (1989).
38) 吉村道彦，塩田正純，“水によって発生する環境音についての一検討，”騒音制御工学会技術発表会講演論文集，133-136 (1992).
39) TAYA K, ARAI K, "Labratory experiment on the impressin of river flow sound," Rroc Inter Noise 97(2), 795-798 (1997).
40) 菅広見，“自然降雨による降雨音の実測例と人工降水装置との特性比較，”日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学), 3-4 (1996).
41) 山本徳司，筒井義富，“せせらぎ水路の視聴覚複合刺激に対する評価と音の物理特性，”農業工学関係研究成果情報，1-2 (1996).
42) 上野成三，灘岡和夫，浜田幸雄，大山能永，“波の音の快適性に関する基礎的研究，”大成建設技術研究所報第25号，339-346 (1992).
43) 三沢彰，“沿道空間における環境緑地帯の構造に関する基礎的研究，”千葉大学園学報第30号，87-174 (1982).
44) 寺西立年，“視覚と聴覚，”騒音制御第13巻5号，3-7 (1989).
45) 藤沢和，景観論 (あまのはしだて出版，京都，1994).
46) Anderson L .M., Mullgan B. E., Goodman L. S., Regen H. Z., "Effects of sounds on preferences for outdoor settings, " Environment and Behavior, Vol.15 No.5, 539-566 (1983).
47) 岩宮眞一郎，細野晴雄，福田一昭，“音環境と景観の相互作用 - 景観の印象に及ぼす音環境の影響と音環境の印象に及ぼす景観の影響，”生理人類誌11(1), 51-59 (1992).
48) Carles J. L., Bernaldez F. G., De Lucio J. V., "Audio-visual interactions in soundscape preferances," Landscape Res. 17(2), 52-56 (1992).
49) Carles J. L., Barrio I. L., De Lucio J. V., "Sound influence on landscape values," Landscape and Urban Planning 43, 191-200 (1999).

50) 安倍幸治, 小澤賢司, 鈴木陽一, 曽根敏夫, “言語による音源情報の予知が環境音の知覚に与える影響,” 音響学会誌55, 697-706(1999).

51) 宮川雅充, 鈴木真一, 青野正二, 高木興一, “視覚情報が種々の環境音の印象に与える影響について,” 音響学会誌56, 427-436(2000).

52) Mullgan B. E., Lewis S. A., Fraupel M. l., Anderson L.M., "Enhancement and masking of loudness by environmental factors -vegetation and noise-," Environment and Behavior 19(4), 411-443 (1987).

53) 田村明弘, “場の喧噪感に及ぼす緑の効果,” 空気調和・衛生工学第68巻11号, 31-39 (1994).

54) 大庭照代, “生態圏における池岸と照葉樹林内の音環境(1991.4-1993.3): 自然の音源の構成の研究およびその方法の検討,” 千葉中央博自然誌研究報告特別号1, 277-332 (1994).

55) 永幡幸司, 前田耕造, 岩宮眞一郎, “歳時記に詠み込まれた音環境の時代変遷の統計的分析,” 音響学会誌52巻2号, 77-84 (1996) .

56) 環境庁, 音環境モデル都市事業 - 生活騒音対策モデル都市推進事業報告書 - (環境庁大気保全局企画課大気生活環境室, 東京, 1998).

57) 山下充康, “残したい日本の音風景100選,” 音響学会誌52, 805-811 (1996).

58) 曽和治好, “對龍山荘庭園の水音と環境音,” ランドスケープ研究62(5), 661-664 (1999).

59) 古井亮太, 鳥越けい子, “音環境調査と計画手法の新たな展開 - サウンドスケープ概念導入の意義と有効性をめぐって -,” 環境技術21(7), 29-33 (1992).

60) 鳥越けい子, サウンドスケープ (鹿島出版会, 東京, 1997).

61) 埼玉県, 平成8年度環境庁委託業務結果報告書 生活騒音対策モデル都市推進事業 かおり環境都市モデル事業 - 音・かおり環境対策推進事業 - (1997).

62) M. Sneddon, L. Silvati, K. S. Pearsons, S. Fidell : Measurements and analyses of the indigenous sound environment of coniferous Forests, BBN Report No.7210 (National Park Service, U. S. Department of the Interior Forest Service, USA, 1994).

63) 竹岡貞哉, 伊吹文夫, 山田伸志, “風によって植物が発生する音とそれによるマスキング効果,” 音講論集, 483-484 (1976).

64) 松山正将, 鈴木博司, 花淵健一, “音環境の観測と情報づくりのこころみ,” 土木

情報システムシンポジウム講演集, Vol.21, 60-64 (1996).
65) R. マリー・シェーファー (鳥越けい子ほか訳), 世界の調律 (平凡社, 東京, 1986).
66) 大阪府公害監視センター, 音環境デザインマニュアル (大阪府, 1996).
67) 窪田陽一, “生活環境設計方法論の枠組みとは何か, ” 第3回生活環境設計シンポジウム講演論文・討論集, 日本学術会議・社会環境工学連絡委員会, ・生活環境設計専門委員会, 11-16 (2000).

第２章　樹木葉擦れ音の音響特性

２．１　はじめに

本章では樹木葉擦れ音を利用した沿道計画に向けての基礎データを得るため、物理測定結果を報告する。樹木葉擦れ音の物理測定は従来から行われているものの、低木類が中心であるために、高木類の物理データが不十分である。そこで、街路樹や既存植栽として活用頻度の高い高木類を対象に測定を行った。高木類から発生する葉擦れ音の周波数やレベル分析、距離減衰に伴うレベル変化などの物理測定結果を述べる。さらに物理測定で得られたデータをもとに、葉擦れ音の重畳による道路交通騒音のマスキング効果の試算を行った。

２．２　測定概要

２．２．１　測定樹種・場所・時間帯

道路植栽として利用実績のある樹種[1)]と“残したい日本の音風景100選”で環境庁が選定した樹木葉擦れ音[2)]の中から高木類6種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク・ケヤキ・クロマツ・シラカシ）を選んだ。対象樹木は均整な樹冠を有する樹高5m以上の成木である。樹木周辺には十分な空間の余裕があり、風を遮る構造物がなく、都市地域の中でも暗騒音の影響が少なくなるような条件を備えた測定地を選んだ。

測定場所は大阪府郊外の都市計画公園及び周辺緑地である。対象樹種ごとの調査対象地及び同樹種における比較対象地を表2.1に示す。都市近郊を設定した理由は、本研究の対象が都市近郊地域の沿道植栽計画を想定したためで、その条件に近い場所として公園や緑地内の人為植栽を対象にした。森林などの自然植生を対象にした収録は行わなかった。

測定時間帯は海風が内陸部まで侵入しやすい時間に設定した。江口[3)]は、大阪市の地上風は海風が吹き始める10時頃から次第に増加し、14時前後に最大値（4m/s）に至り、その後ゆっくり減少して20時頃には2m/sになり、その後陸風（2m/s以下）に変化することを報告している。このことから測定時間帯は午前10時～午後8時が中心

表2.1　測定場所の詳細

対象樹種	調査対象地		比較調査対象地	
ポプラ	千里北公園	(吹田市藤白台5丁目)	千里北公園	(吹田市藤白台5丁目)
クスノキ	万博公園	(吹田市千里万博公園)	大阪大学構内	(吹田市山田丘)
モウソウチク	大阪大学構内	(吹田市山田丘)	春日神社	(箕面市小野原西5丁目)
ケヤキ	万博公園	(吹田市千里万博公園)	大阪大学構内	(吹田市山田丘)
クロマツ	万博公園	(吹田市千里万博公園)	大阪大学構内	(吹田市山田丘)
シラカシ	万博公園	(吹田市千里万博公園)	千里北公園	(吹田市藤白台5丁目)

である。測定期間は1998年12月～2000年1月で、測定時の天候条件は晴天または曇天であった。

２．２．２　葉擦れ音の測定

葉擦れ音の測定方法は、防風スクリーン装着の騒音計（ONO SOKKI LA-5110: 測定可能周波数範囲20Hz～20,000Hz)を樹冠上部に向けて地上1.2ｍの高さに設置し、騒音計のAC出力をDAT（SONY TDC D-100）に接続した。そして、音の発生のタイミングを見計らい、葉擦れ音の測定や収録を行った。騒音計のマイクは防風スクリーンによって突発的な風切り音でもかなりの程度まで抑えられることが風洞実験によって確認されている[4]。今回測定した風速値は1～2m/sであるため、直接マイクに吹き込む風の影響はきわめて少ないと考えられる。その後収録したテープを再生して、音圧レベルや周波数の分析を研究室内で行った。図2.1に測定系列、図2.2に測定状況の概観、図2.3に6樹種の測定場所概観を示す。

収録時間は1回10分以上とした。設定理由は、気象観測における風速は通常10分間の平均値であること[5]、都市地域でも自然音のサンプル単位が6分間で90%以上聴取され得るという報告[6]に基づいている。また、葉擦れ音レベルと風速の関係をみる測定時間も10分としたが、これは1分と3分の時間で分析した結果音圧レベルと風速の相関は低く、10分に延長すると両者の相関が高くなったためである。受音点は樹幹から5m離れた場所に設けた。この位置は、枝幅の広い樹種（ポプラ・クスノキ・ケヤキ）であれば樹冠下部となる。距離減衰の受音点は、樹幹から5, 10, 15, 20, 25, 30m離れた6地点を設けた。

２．２．３　風速の測定

風速の測定にはクリモマスター風速計（KANOMAX 6521）もしくはビラム式風速計を使用した（ビラム式風速計は葉擦れ音レベルと風速の関係の測定時のみ使用)。クリモマスター風速計はＲＳ２３２Ｃを介してノート型パーソナルコンピュータ(PC9801NS/T)と連動しており、1秒毎の風速値データが記録される仕組みになっている。ビラム式風速計は測定時間中の風車の回転数から風程（風の進む距離）を記録し、測定時間で除して平均風速値を求めるもので、換算に必要な校正実験は風洞で実施し校正直線を得た（図2.4)。風速計は受音点近傍に設置し、風向に対し常時垂直に

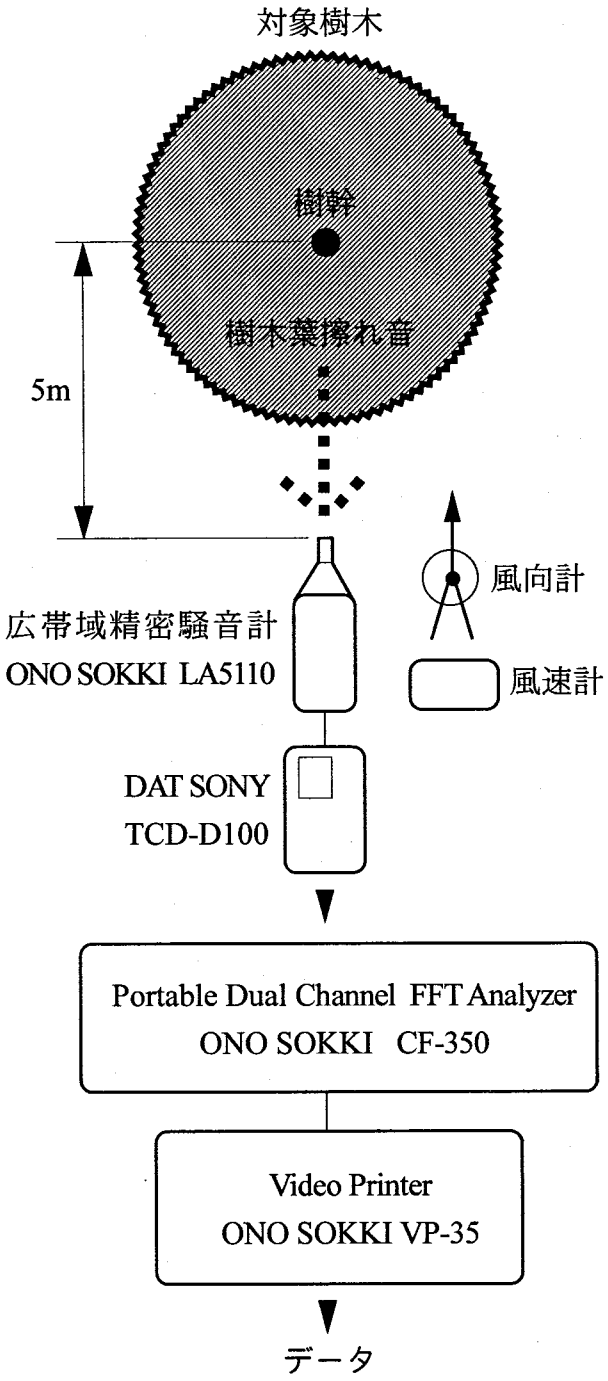

対象樹木
樹幹
樹木葉擦れ音
5m
風向計
広帯域精密騒音計
ONO SOKKI LA5110
風速計
DAT SONY
TCD-D100
Portable Dual Channel FFT Analyzer
ONO SOKKI CF-350
Video Printer
ONO SOKKI VP-35
データ

図２.１　測定系列

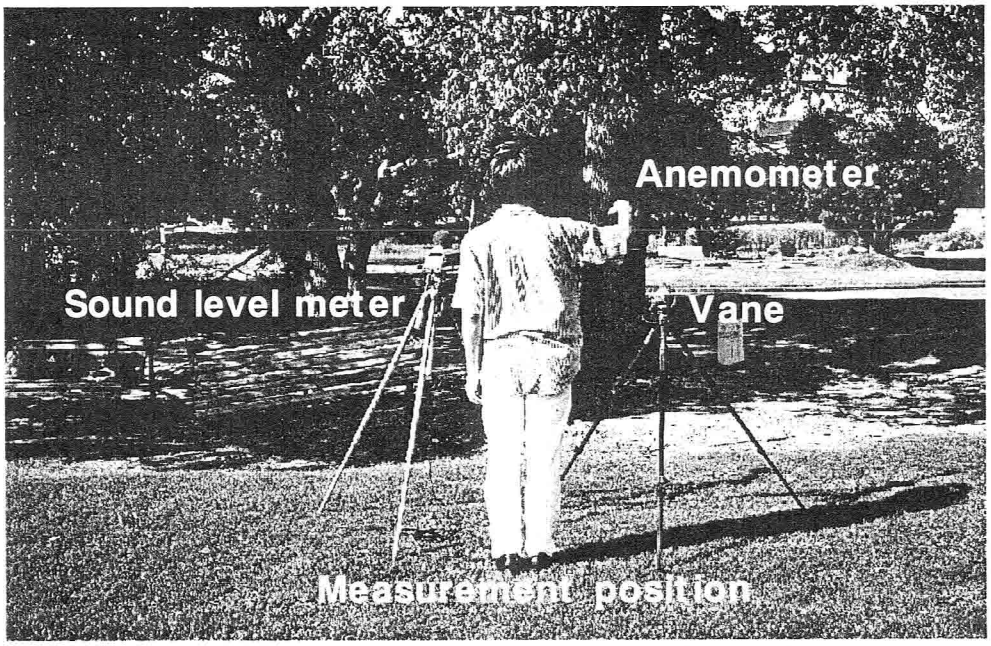
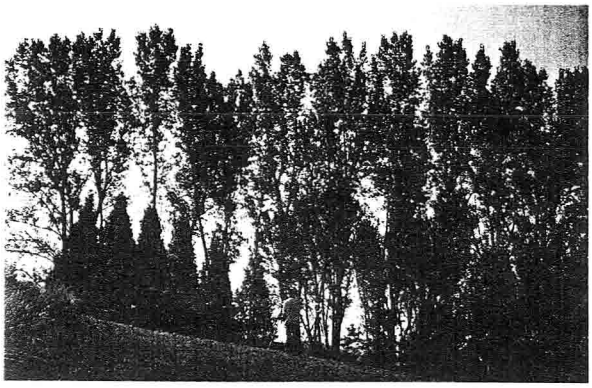
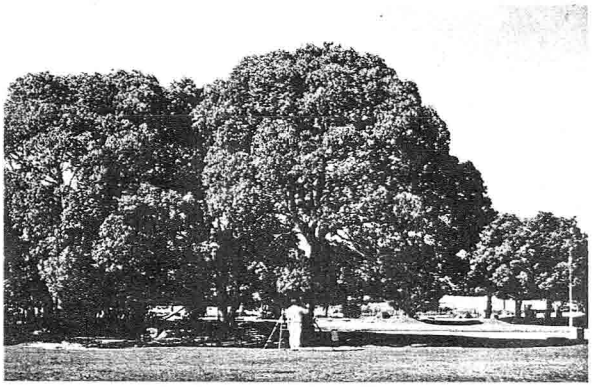


図 2.2　測定状況の概観

測定者は右手にビラム風速計を持ち、風向を確かめながら風向に対し
風速計を常時垂直になるように調整し続けている

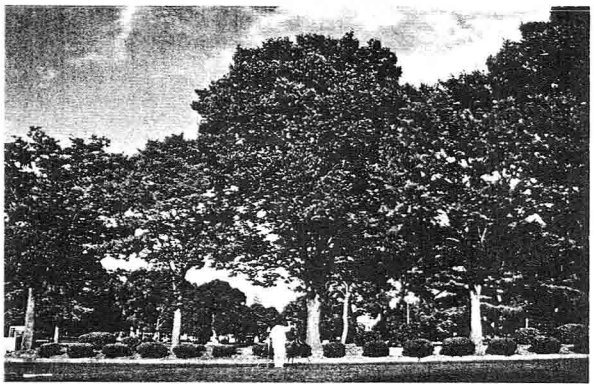


ポプラ（千里北公園）

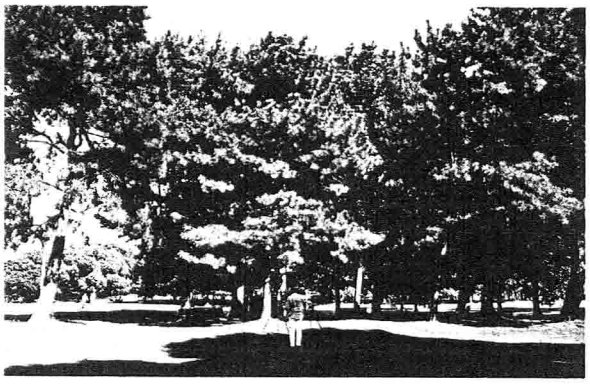


クスノキ（万博公園）

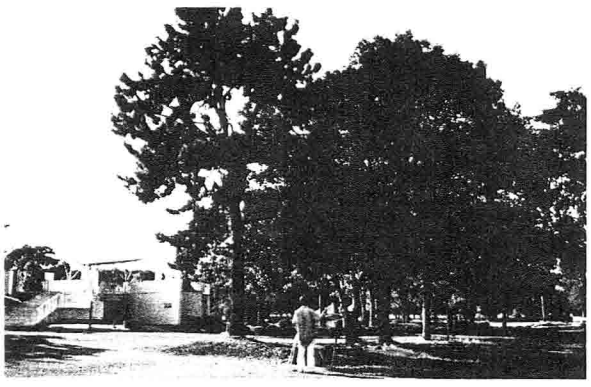
モウソウチク（大阪大学構内）



ケヤキ（千里北公園）



クロマツ（万博公園）



シラカシ（万博公園）

図2.3　6樹種の測定場所概観

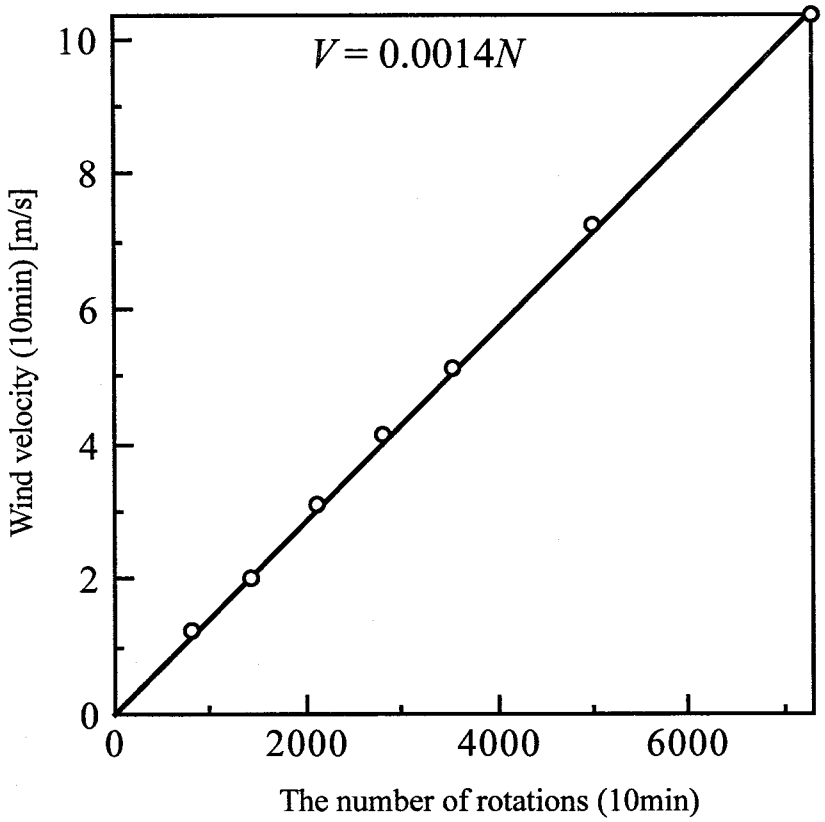


図 2.4　ビラム風速計の校正直線

図中の N はビラム風速計の回転数、
V は 10 分間の風速値を示す

調整した。なお、葉擦れ音の物理分析に採用した測定区間の風向は、音源から受音点へ向かう場合を原則とした。ビラム式風速計については作動音が測定に影響しないことを確認した。風速0.7m/sおよび1.1m/sのときの風速計の有無によるレベル差は0.2dB(A)であった（いずれも静穏時に野外で風速計の有無の2条件で、L_{Aeq}をそれぞれ10回ずつ計測し、平均値の差をとった)。

2．2．4　樹木形状の定量把握

対象樹木の立面緑量を測定するために、地上1.4mの高さに垂直にセットしたPC(Perspective Control; あおり量制御）付き28mmレンズ装着の35mm一眼レフカメラ（Nikon F4S）を用いて1樹種につき10回の立面撮影を行った（撮影位置は樹木周辺を1周するように設定)。あおり量制御付きレンズを用いた理由は、カメラと被写体が平行に保たれない場合に生じる歪みを補正するためである。また、すべての対象樹木に対し構図の規準化を行った。この方法は樹冠頂部及び樹幹下部が方眼マット式ファインダースクリーン（E型）の天地2本の規準線に丁度収まるようカメラ位置を調整するもので、各撮影毎に樹幹から撮影点までの距離を計測した。

後日スライドをスキャナで読み込んでデジタル化を行い、樹冠の輪郭内の枝葉部分（黒）と間隙部分（白）を分割するために2値化によって抽出した後[7]、葉部分の画素(ピクセル)数を求め、測定した撮影距離を用いて実面積に換算した。実面積換算用のため、事前に1m四方の正方形をカメラ垂直に位置させ、測定距離と画素数を求める校正測定を行った。

樹冠平面上の空隙率の測定方法は、地上1.0mの高さにカメラを仰向き状態で設置し、ファインダーに樹冠内部が収まるよう構図を調整して、場所を変えて50回の撮影を行った。図2.5は、2値化後の各樹種の樹冠の処理画像である。そして、前述の画像処理方法によって平面上の空隙率(葉以外の隙間部分の画素数／処理画面の全画素数)の平均値を求めた。枝葉の形状に関する測定については現場で葉の採取が難しいために、樹木の標準データを網羅する佐竹らの文献[8]を参考にした。

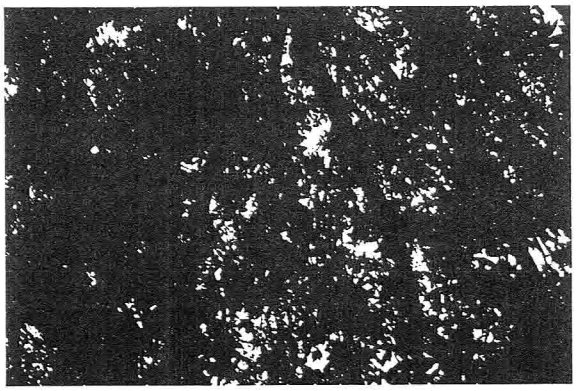
ポプラ（落葉樹: 1999 年 9 月）

クスノキ（常緑樹: 1999 年 8 月）

モウソウチク（常緑樹: 1999 年 9 月）

ケヤキ（落葉樹: 1999 年 8 月）

クロマツ（常緑樹: 1999 年 8 月）



シラカシ（常緑樹: 1999 年 8 月）

図 2.5　樹冠平面上の空隙率算定に使用した樹冠の 2 値化画像（抜粋）

2．3　測定結果

2．3．1　葉擦れ音の周波数特性とデータの信頼性

録音したDATテープを用いてFFTアナライザ(ONO SOKKI CF-350)による葉擦れ音の1/3オクターブバンド分析を行った。分析区間は音圧レベルが定常的で暗騒音の少ない箇所を選び、10回の時間平均化処理を施した。

6樹種葉擦れ音の周波数特性を図2.6に示す。1,000Hz以上で樹種間の相違が顕著にみられることが分かる。また、各樹種に100Hz～1,000Hz付近の成分が含まれており、この結果は1,000Hz付近に周波数特性のピークをもつ自動車の定常走行騒音に類似する（図2.7)。各樹種に共通して100Hz以下の周波数成分が多いが、その成分を特定するためにクスノキとモウソウチクついて、同一測定場所で風速条件が異なる3区間の周波数の分析結果を図2.8に示す。図2.8の周波数成分(d)は測定日とは別の日に同一場所・同一時間帯の暗騒音を分析した結果である。風速の上昇に伴い葉擦れ音の音圧レベルと高域成分が増加するものの、低域成分が一貫して確認される。騒音計の風雑音レベルが風速5m/sで約45dB(A)発生するという報告[4]や、受音点では風速が樹冠部に比べて弱いこと、および図2.8の(d)の暗騒音の測定結果と照らし合わせると、低域成分は暗騒音と推測される。

続いて周波数分析結果（図2.6）の信頼性を確認するため、同一樹種で同一の測定場所において、時間帯を変えて、樹種毎に風速値と音圧レベルが近似する3区間の分析を行った（図2.9)。図2.10は分析に使用した3区間の音圧レベルの時間変動を示している。各区間ともレベルが定常的で突発音等が入らない箇所を採用した。さらに同一樹種において、対象樹木を変えて2区間のデータ比較を行った（図2.11)。その結果、風速値が近い場合、測定区間や測定場所に関係なく、樹種ごとに類似する葉擦れ音の成分が確認された。

2．3．2　葉擦れ音レベルの分析結果

風速が0.7～1.9m/sの葉擦れ音が頻繁に発生する条件のもとで、樹幹から5m離れた受音点で葉擦れ音レベルを測定した。15～50回分の$L_{Aeq,10min}$の平均値と標準的な葉の形状図（各葉ともに同縮尺で作図）を表2.2に示す。その結果、ポプラのレベルが最も高く、次いでクスノキ，ケヤキ，シラカシ，クロマツ，モウソウチクの順に小

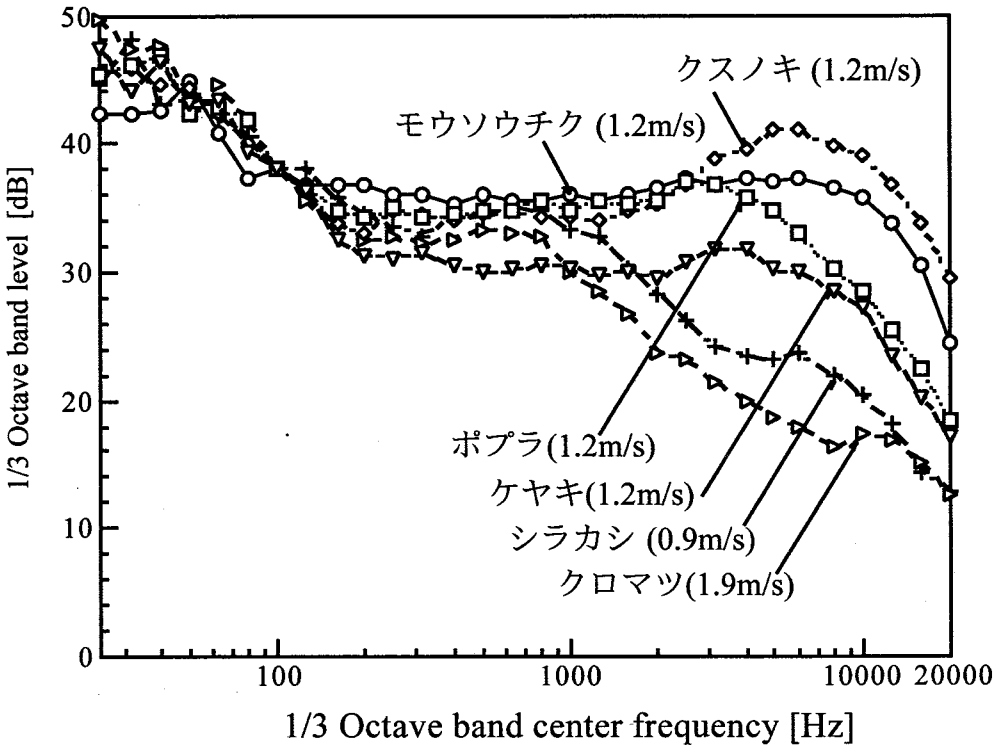


図2.6　樹木葉擦れ音の周波数特性

オーバーオール値によって各数値を規準化した値

樹種名右側の(　)内は風速値を示す

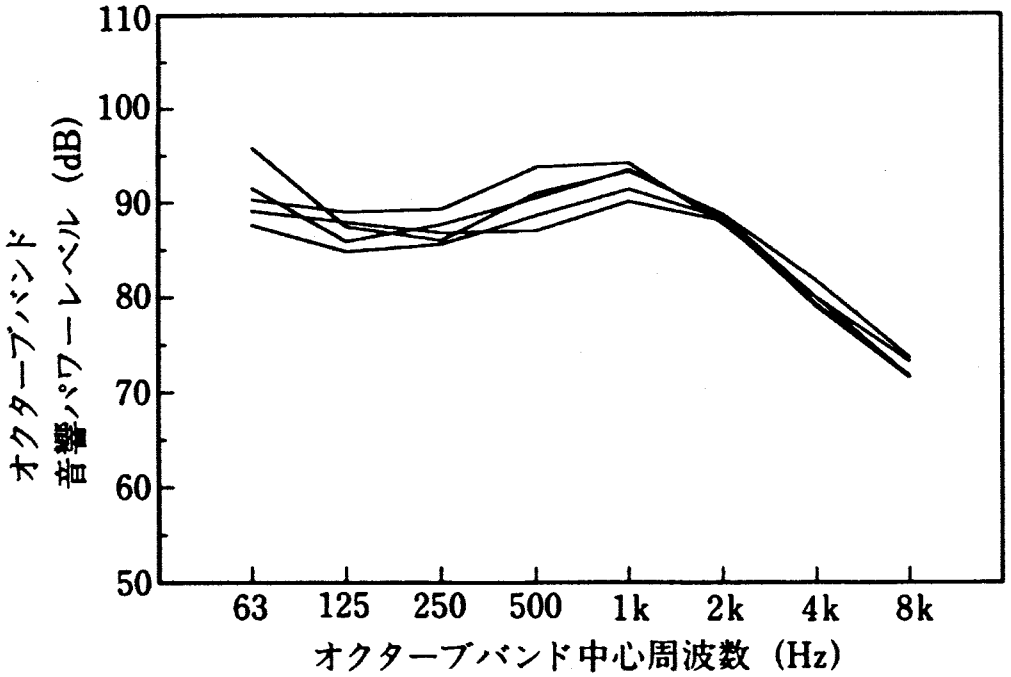


図2.7　車両単体騒音の周波数特性（乗用車，定常60Km/h）

出典：地域の音環境計画，技法堂出版，1997[8)]

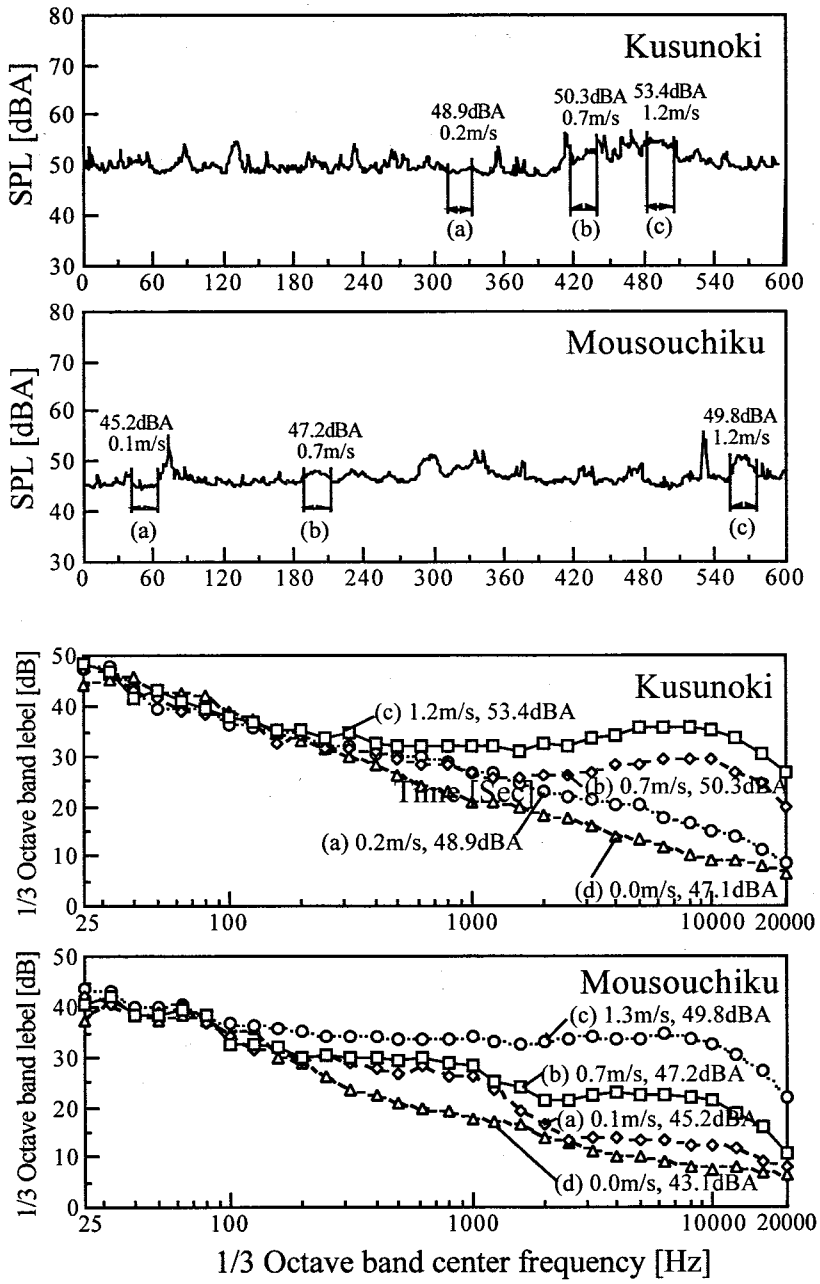


図 2.8　風速の異なる条件での葉擦れ音のレベル変動と周波数特性

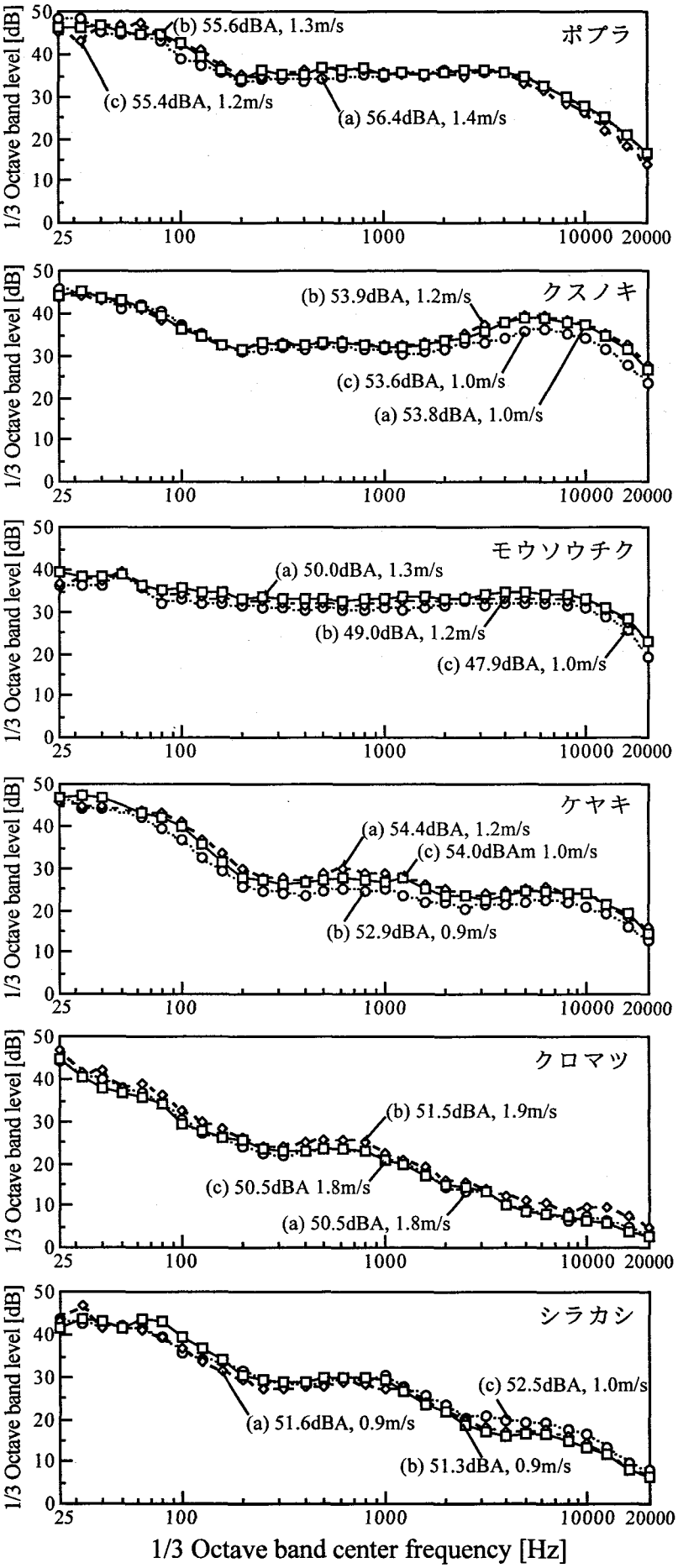


図2.9　同一測定場所で測定時間帯を変えた場合の周波数特性比較

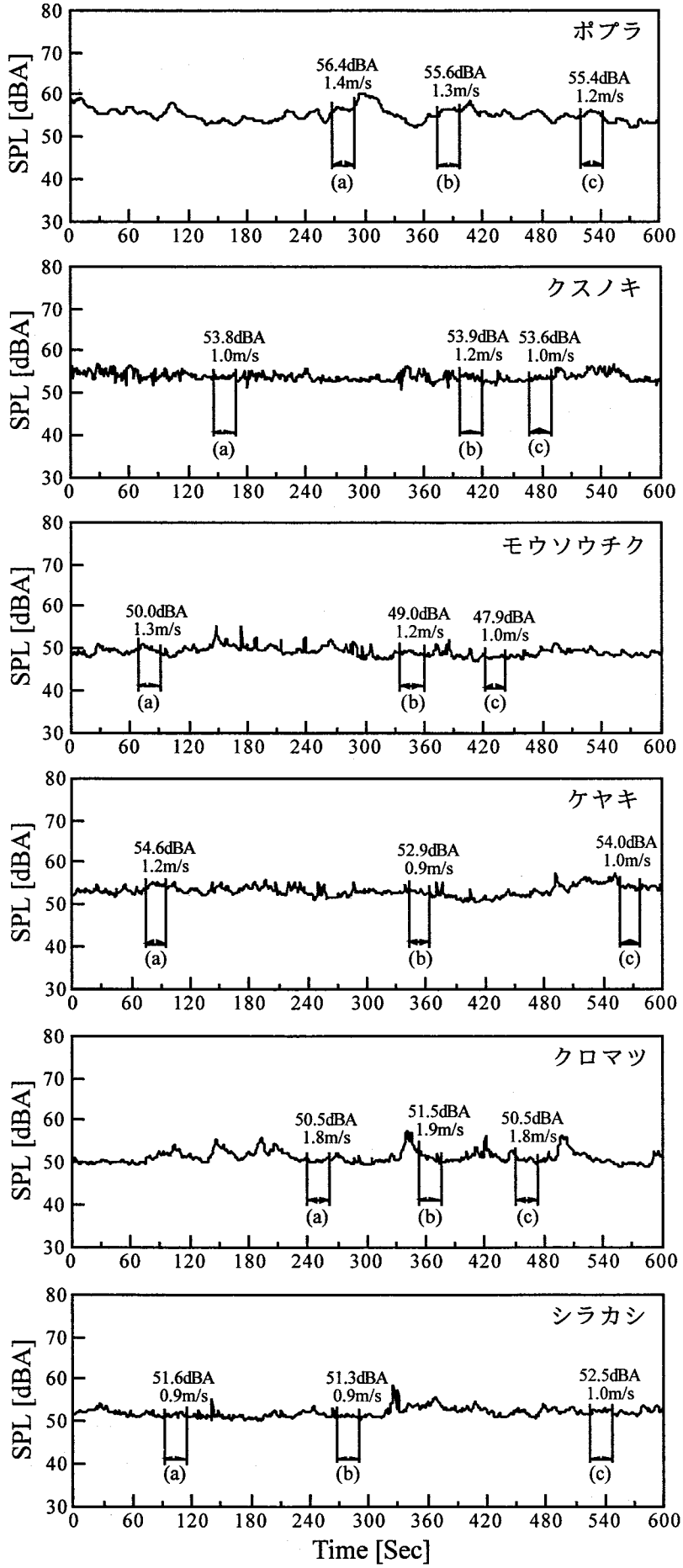


図2.10　音圧レベルの時間変動（10sec.）

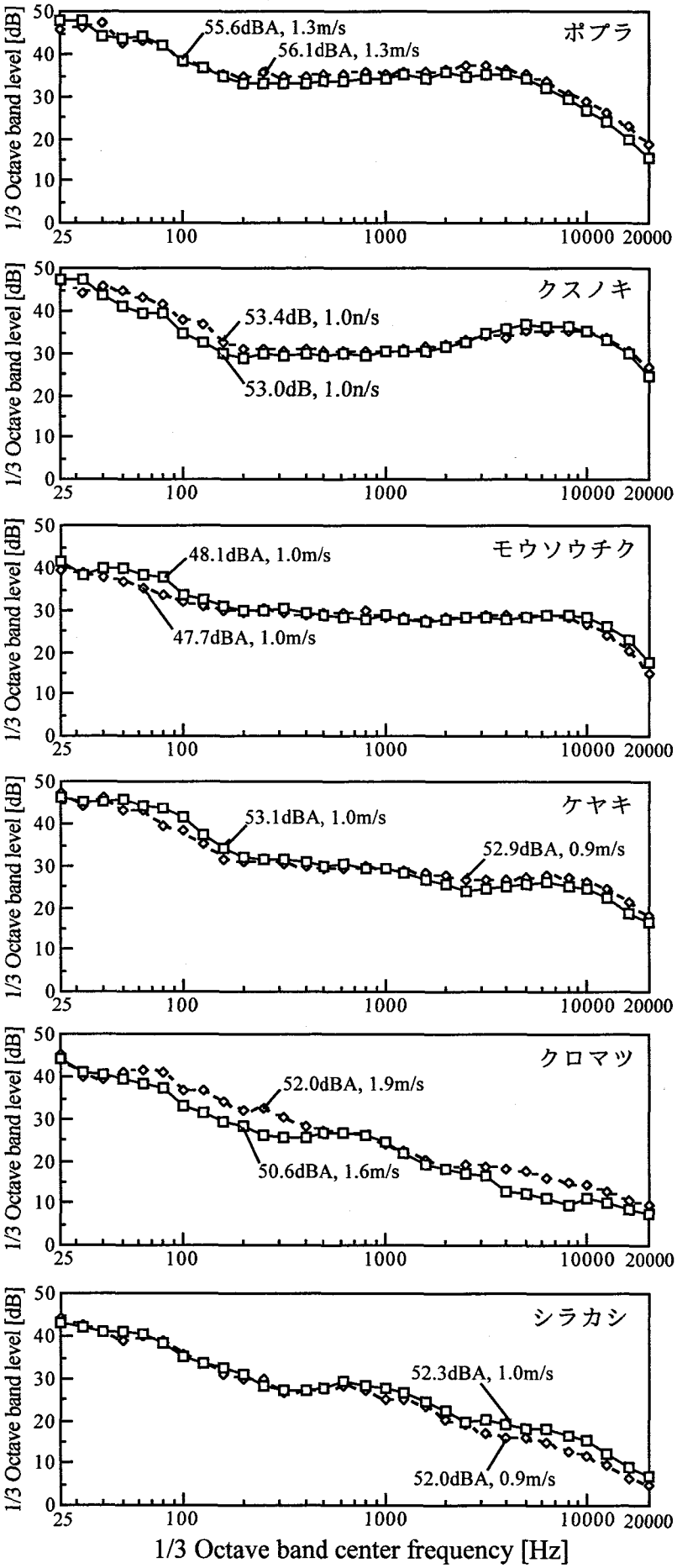
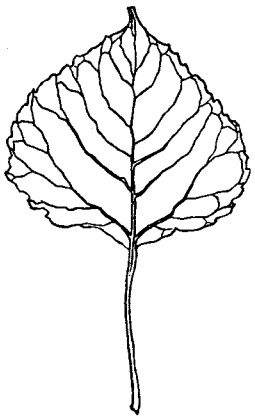


図 2.11　同一樹種で対象樹木を変えた場合の周波数特性比較

表2.2　葉擦れ音レベルと葉の形状（葉の形状は、各樹種とも原寸大を等倍縮小）

樹種名 学名	ポプラ *Populus nigra var. italica*	クスノキ *Cinnamomum camphora*	モウソウチク *Phyllostachys heterocycla*
$L_{Aeq,10min}$ の平均値	55.5	54.4	49.0
$L_{Aeq,10min}$ の最大値	56.9	57.7	52.5
$L_{Aeq,10min}$ の最小値	53.4	50.5	45.8
風速値$_{(10min)}$の範囲	0.9～1.6	0.8～1.5	0.7～1.7
$L_{Aeq,10min}$ の標準偏差	1.03 (n=50)	1.87 (n=50)	1.76 (n=50)
葉の形状			

樹種名 学名	ケヤキ *Zelkova serrata*	クロマツ *Pinus thunbergii*	シラカシ *Quercus myrsinaefolia*
$L_{Aeq,10min}$ の平均値	53.3	51.5	52.0
$L_{Aeq,10min}$ の最大値	55.2	52.0	54.0
$L_{Aeq,10min}$ の最小値	51.6	50.6	51.1
風速値$_{(10min)}$の範囲	0.8～1.5	1.6～1.9	0.8～1.4
$L_{Aeq,10min}$ の標準偏差	0.84 (n=50)	0.40 (n=15)	0.71 (n=15)
葉の形状			

さくなることが示された。特にクスノキやモウソウチクは標準偏差が大きく、レベルにばらつきのあることが分かった。クロマツに関しては、他樹種に比べ高い風速値（1.6m/s前後）で葉擦れ音の初期値が観察され、葉（針葉）の性質上、葉擦れ音が鳴りにくいことを示唆する結果が得られた。

2．3．3　測定樹種形状の物理特性と葉擦れ音の対応関係

現場で実際に測定した項目は、樹高・枝下高さ・最大枝張幅・胸高直径・緑量・平面上の空隙率・樹木数・配植の形状・地表面・葉縁硬度であり、文献[9]の引用項目は、葉柄・葉長・葉幅である。こうした樹種形状と前述した葉擦れ音の特徴を明瞭にするために、各樹種の物理形状の特徴を表2.3に示す。葉擦れ音レベルの高い樹種（ポプラ・クスノキ・ケヤキ）に共通する特性を表2.3から読み取ると、葉柄（枝葉間の接続部）が長いことや平面上の空隙率が高いこと、葉面積や緑量が多いことが挙げられる。こうした樹種は受風感度が高いために風で葉が揺れやすく、さらに発音部位の樹冠の緑量が多いためレベルの高い音が発生すると考えられる。同様に、高域の周波数成分を多く含む樹種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク）に共通した特性を表2.3から読み取ると、葉縁部の硬度が高い。モウソウチクは各項目とも低い程度だが、高域成分を多く含む。これは硬化した葉縁部の影響が大きいと考えられ、類似の形状をもつイネ科植物の結果[10]に符合する。一方でクロマツとシラカシは葉縁部の硬度が高いにもかかわらず、葉柄が短く平面上の空隙率も低いために葉が揺れにくく高域成分が発生しにくいと予想される。ただし、葉擦れ音の発生は樹木個々の物理形状や風速値などの自然条件が複合的に絡み合うため、今回の分析から両者の関係を明確にすることは困難であった。

2．3．4　距離減衰に伴う音圧レベルと周波数の変化

ポプラ（22本が直線状に配植）、クスノキ（1本が単独で配植）、モウソウチク（竹林の状態で面的に配植）といったレベルの高い葉擦れ音を発生する3樹種を対象に、ほぼ一定の風速条件下で受音点を5m毎に移動し、葉擦れ音の距離減衰に伴う周波数変化を調べた。測定時の概観図を図2.12に示す（図2.12は背景の竹林と測定場所が近接した構図になっているが、背景の竹林は遠方にあるため実際の影響はない）。測定時の風速値は、ポプラで1.3～1.5m/s（音源から受音点に向かってほぼ垂直な風向）、ク

表2.3　測定樹種の物理特性

種　名	ポプラ	クスノキ	モウソウチク	ケヤキ	クロマツ	シラカシ
葉の形状	落葉樹	常緑樹	常緑樹	落葉樹	常緑樹	常緑樹
最大樹高 (m)	27.5	10.5	12.9	15.3	13.8	13.1
枝下高さ (m)	6.8	3.9	3.2	3.9	3.4	3.4
最大枝張り幅 (m)	11.4	12.5	2.1	11.4	9.2	8.2
胸高直径 (m)	0.47	0.69	0.08	0.54	0.29	0.36
緑　量 (　)	209.3	64.3	58.4	95.9	57.9	40.5
平面上の葉の空隙率 (%)	36.8	27.7	15.1	17.1	17.4	11.3
一観察地点の樹木数	22	1	多数	5	13	1
配植の形状	直線状配植	単一配植	面状配植	直線状配植	面状配植	単一配植
地表面	草地	草地	土壌	草地	草地	草地
葉縁硬度	程度中	硬	硬	柔	硬	硬
葉柄長 (cm)*	3～7	1.5～2.5	—	0.1～0.3	—	—
葉長(cm)*	4～8(～14)	6～10	4～8	3～7(～12)	10～15	7～14
葉幅 (cm)*	3～7(～14)	3～6	0.4～1	1～2.5(～5)	0.15～0.2	—

* 出典：佐竹，原，亘理，冨成: 日本の野生植物木本1[9)]

スノキで1.0～1.2m/s（音源から受音点に向かう風向）、モウソウチクで0.9～1.1m/s（音源から受音点に向かう風向）であった。分析の結果、3樹種ともに音源から離れるにつれ高域成分が多く減衰することが示された(図2.13)。ただしポプラは減衰の程度が小さい。

次に上記の分析区間を含むデータを用いて、距離減衰に伴う3樹種のレベル分析を行った（$L_{Aeq,10sec}$ 4回の平均)。結果を図2.14に示す。3樹種ともに樹木から離れるにつれ、音圧レベルが緩やかに減衰することが分かる。ここでもポプラのレベルは高く、他の2樹種に比べ減衰量の少ないことが観察された。

２．３．５　音圧レベルと風速の関係

3樹種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク）を対象に、樹幹から5m離れた受音点で、葉擦れ音発生の初期値における風速値（0.1m/s前後）から1.5m/sまでを中心に、葉擦れ音の$L_{Aeq,10min}$と平均風速値を30回前後計測した。結果を図2.15に示す。風速値Vと$L_{Aeq,10min}$の間に対応がみられ、風速の増加に伴って葉擦れ音レベルが上昇することが確認された。ポプラとクスノキは葉擦れ音レベルが高いが、両樹種は葉柄が長く受風感度が高いために風速値が低い場合でも音が発生しやすいことや、発音部位の樹冠緑量が大きいことが原因として考えられる。また、モウソウチクは直線の傾きが小さい。その原因として、モウソウチクの受風感度が弱く平面上の空隙率が低いために、葉が揺れにくいことが考えられる。

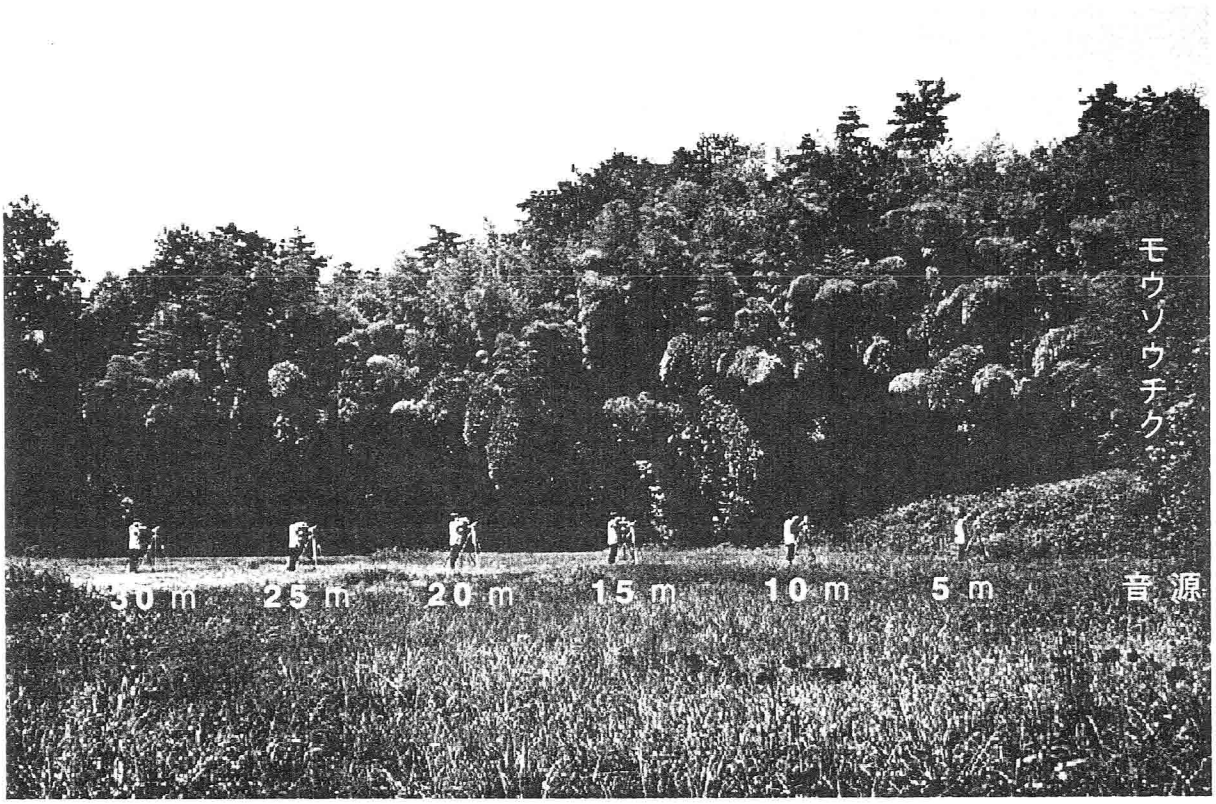


図 2.12　距離減衰測定の概観（モウソウチクのデータ収録時）
概観写真は背景の竹林と測定場所が近接した構図になっているが、
背景の竹林は遠方にあるため、実際の影響はない

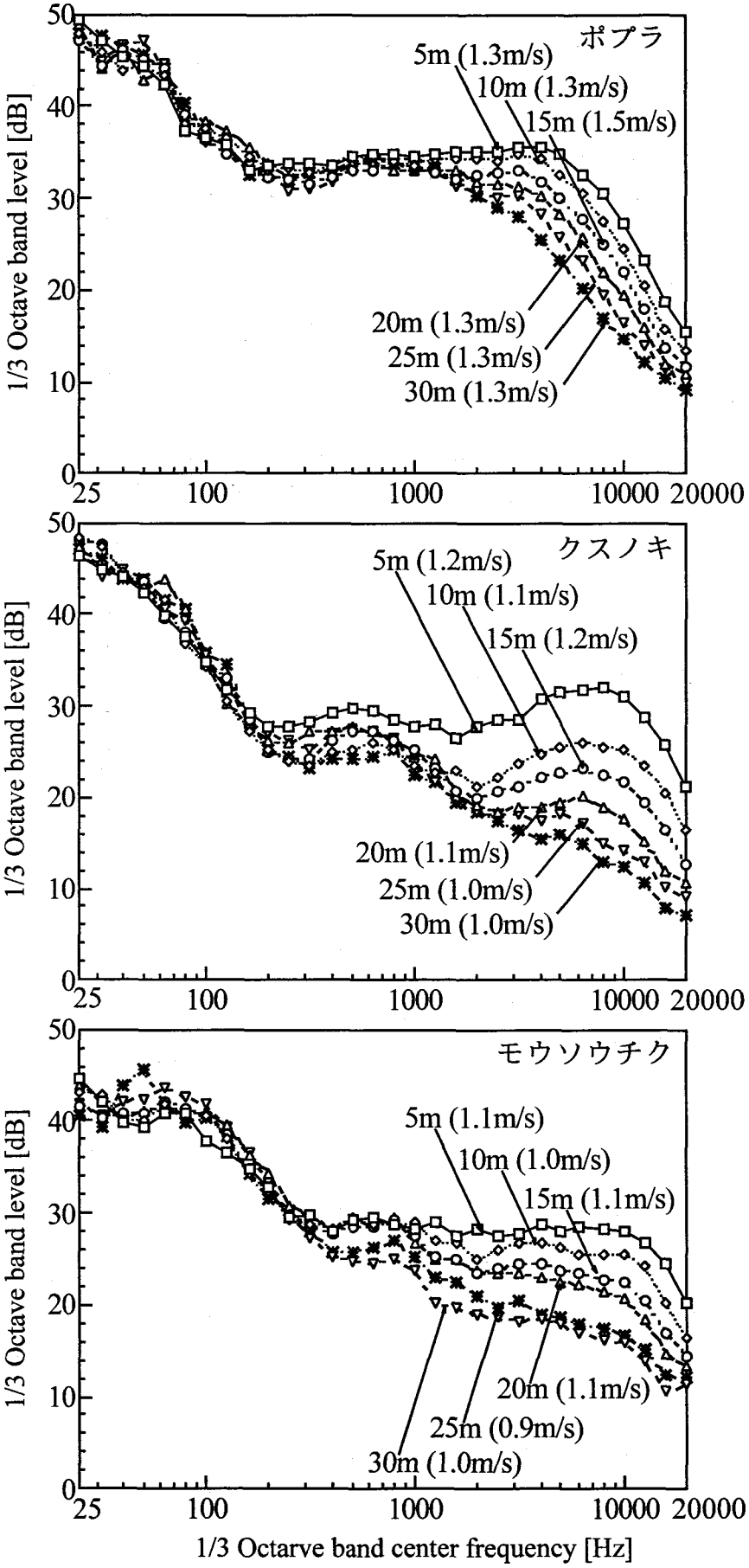


図2.13　距離減衰に伴う周波数変化

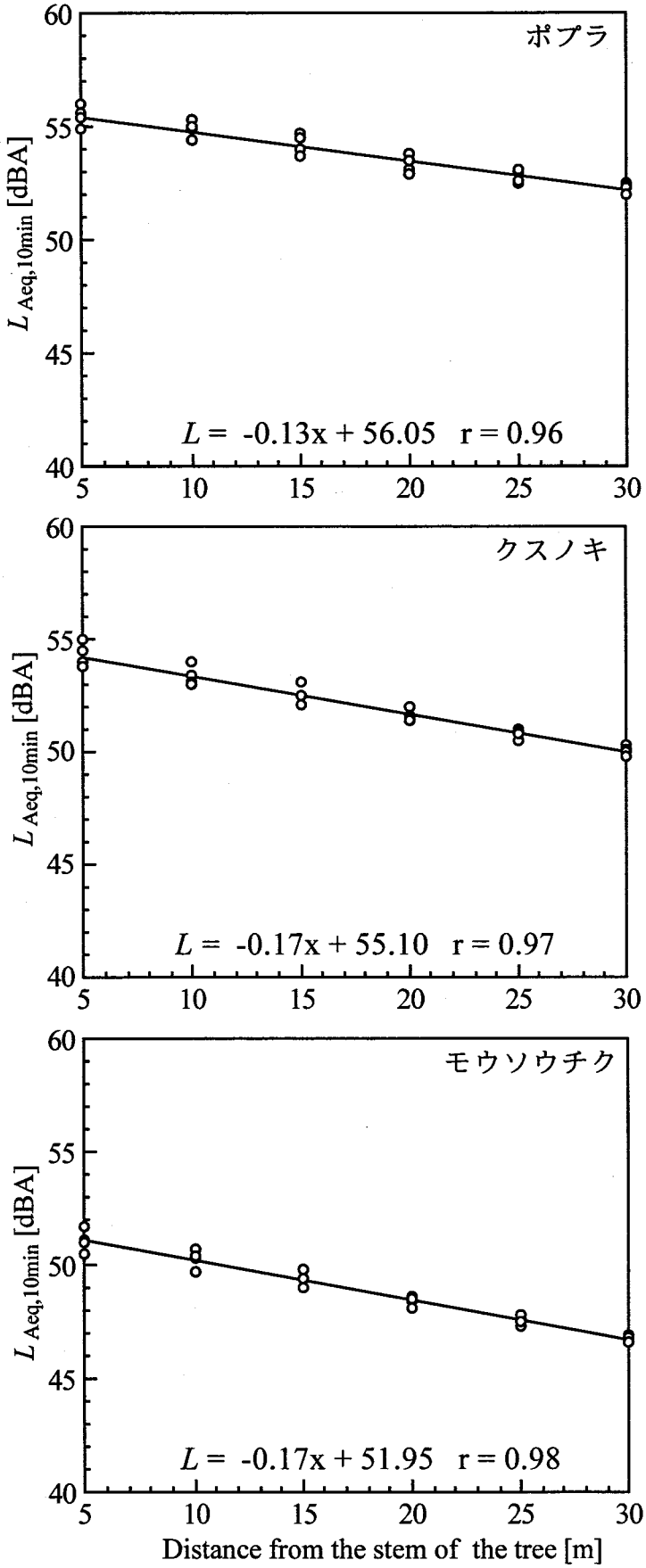


図2.14　距離減衰に伴うレベル変化

L は葉擦れ音の $L_{Aeq,10min}$ を、x は樹木(樹幹)からの距離を示す

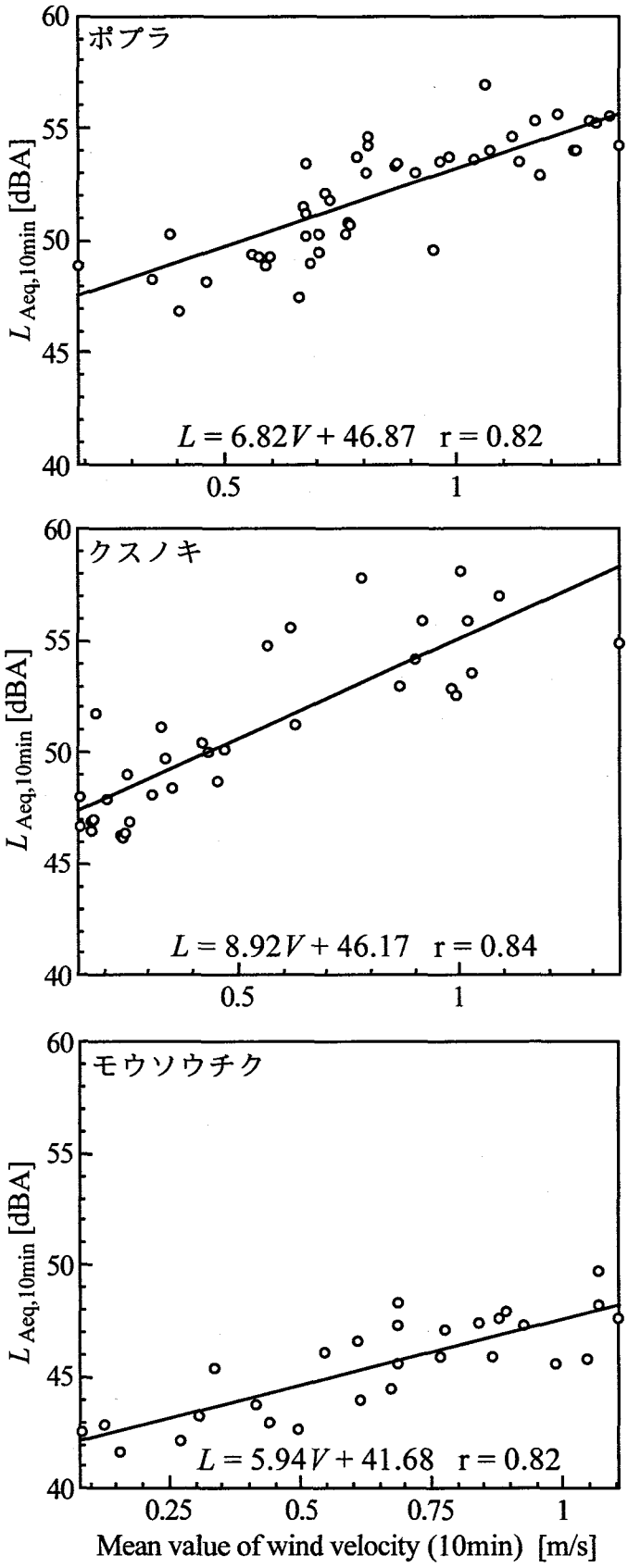


図2.15　葉擦れ音レベルと風速の関係

図中の V は10分間の風速値を、L は葉擦れ音の $L_{Aeq,10min}$

2．4　葉擦れ音の重畳による道路交通騒音のマスキング試算

道路交通騒音の2受音点（歩道区域と住居区域）を想定し、その場所で葉擦れ音の重畳による道路交通騒音のマスキング効果がどの程度得られるかを、マスクトラウドネス評価によって予測した。

2．4．1　マスクトラウドネス評価の計算手法

2.3.1で得られた樹木葉擦れ音の周波数特性結果もとに、葉擦れ音と道路交通騒音を重畳した場合のマスクトラウドネス評価を行った。その際、樹種の違い、あるいは、道路と樹木の配置関係や受音点によるマスキング量の違いから、道路端から1m受音点（歩道付近）と40m受音点（住居あるいは緑地帯等）の2地点を例として、道路交通騒音に対する葉擦れ音のマスキング効果を求めた。マスクトラウドネス評価は建物の遮音設計を行う場合に多く用いられており、外部から侵入する騒音のレベルが受聴室内でどれだけ抑えられるかを予測する手法である。受聴室の暗騒音が小さい場合、対象騒音および暗騒音（マスカー）の物理量から、実際に聴取者が聞いている対象騒音のラウドネスを予測するもので、本研究では、対象騒音を道路交通騒音、暗騒音（マスカー）を葉擦れ音と想定して試算を行った。

マスキングとは、ある音の最小可聴値が、他の音の存在によって上昇する現象、あるいは、ある音の大きさが他の音の存在によって減少する現象であり、後者を「部分マスキング(partial masking)」という[11]。この現象を道路交通騒音と葉擦れ音に適用すると、葉擦れ音（マスカー）によって道路交通騒音（対象騒音）の聴取が妨害され、心理的に道路交通騒音の聴取が困難な状況を示しており、このときの道路交通騒音（対象騒音）のラウドネスをマスクトラウドネスと呼ぶ。この現象は、暗騒音（マスカー）の負荷によって対象騒音に対する閾値が上昇し、結果的に対象騒音のラウドネスが減少すると説明できる。

マスクトラウドネス評価の方法はLLm(Z)[12], PLm[13], Lm(63-4k)[14]などが提案されている。増田らの実験結果では、物理量と心理量の最も対応の良い評価量はLm(63-4k)と報告されている[15]。この評価量は、低域から高域にかけて負の勾配の周波数特性をもつ騒音に対するラウドネスと良く対応することが報告されており[14]、道路交通騒音の周波数特性の形状もこれに準じているため、今回のマスクトラウドネス評価とし

て、Lm(63-4k)を採用した。計算方法を示す[12]。

$$L'(f) = 10\log \{10^{L(f)/10} - (10^{\{L_{BGN}(f) + \alpha(f)\}/10} + 10^{L_{thr}(f)/10})\}$$

$L'(f)$　：マスキング試算後のオクターブバンドレベル

$L(f)$　：対象騒音のオクターブバンドレベル

$L_{BGN}(f)$：暗騒音（マスカー）のオクターブバンドレベル

$\alpha(f)$　：閾値を補正する際の補正値（図2.15を参照）

$L_{thr}(f)$　：暗騒音が存在しない場合の閾値のオクターブバンドレベル

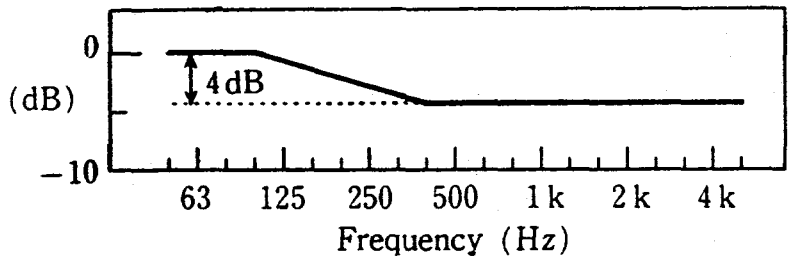


図2.16　暗騒音（マスカー）から閾値を補正する際の補正値[15]

2．4．2　マスキング試算の概要

1）マスキング試算の場面設定

試算を行う際の場面は、道路端から1m受音点（歩道付近）と、40m受音点（住居あるいは緑地帯等）の2地点を設定した。道路交通騒音は間欠的な騒音性状の一車両分（普通自動車）を採用し、交通量の少ない閑静な住宅街を走行する交通騒音が聴取される状態を想定した。交通騒音に重畳する樹木葉擦れ音は、2.2.1で示した6樹種（5m受音点）を採用し、うち3樹種については30m受音点のデータも含めて採用した。交通騒音と葉擦れ音は受音点に向かって同方向から伝搬する場面を想定している。

2）試験音

実験に使用した試験音の仕様を以下に示す。なお、葉擦れ音の測定については2.2.2（葉擦れ音の測定）に示したとおりで、道路交通騒音についても同一機器系列（騒音計: ONO SOKKI LA-5110, DAT: SONY TDC D-100）を用いて収録した。

・樹木葉擦れ音

0.9～1.9m/sの風速時に葉擦れ音が発生する条件下で、樹幹から5mと30mの2

地点で葉擦れ音を録音したDATテープを用いて、6樹種（うち3樹種は5mと30mの2受音点)、合計9試験音をオクターブバンド分析した。分析区間は音圧レベルが定常的で暗騒音の少ない箇所を選び、10回の時間平均化処理（処理時間: 約22秒）を施した。試算に採用した葉擦れ音の周波数特性値は、図2.6と図2.13で得られた分析結果の区間を採用した。

・道路交通騒音

大阪府吹田市青山台3丁目の府道箕面摂津線（2車線）の道路端から1m（歩道区域）と40m（住居区域）の2地点において、地上1.2mの高さで2種類の普通車走行音を収録した。両地点ともに道路端から受音点までの間に建物などの障害物がない箇所を選定した。両地点ともに平坦な道路面を一定間隔で通過する普通自動車一台分の走行音をオクターブバンド分析した。分析区間は車両一台が通過する立ち上がり～ピーク～立ち下がりまでを採用し、両地点とも所要時間が約15秒であったため、7回の時間平均化処理（処理時間: 約15秒）を施した。

図2.16に試算に使用した道路交通騒音のレベル変動を、図2.17に周波数特性を示す。分析区間のL_{Aeq}は、道路端から1m（歩道区域）で74.5dB(A)、道路端から40m（住居区域）で55.5dB(A)であった。図2.18の周波数特性はオクターブごとにエネルギーを平均して表示したものである。

２．４．３　マスキング試算の結果

2種類の道路交通騒音と9種類の樹木葉擦れ音の試験音を重畳した場合のマスキング試算値を表2.4に示す。ここで算出するマスキング量とは、マスクトラウドネス評価量（Lm(63-4k)）から対象騒音（道路交通騒音）を引いた値を用いた。この値は、道路交通騒音に葉擦れ音が重畳される場合の対象騒音の心理的な不快感減少効果を示す指標と考えられる。マスキング量の値が上昇すれば、葉擦れ音による道路交通騒音のマスキング効果が高くなる可能性があると解釈できる。

１）道路交通騒音の受音点差によるマスキング量の違い

道路交通騒音の2受音点（1mと40m）における6樹種のマスキング量のまとめを図2.18に示す。道路交通騒音の受音点が1m地点においては、6樹種のマスキング量が0.5dB以下と全体的に少なく、樹種による差もみられない。それに比べ、道路交通騒音の受音点が40m地点においては、クロマツを除く5樹種のマスキング量が1.0dB

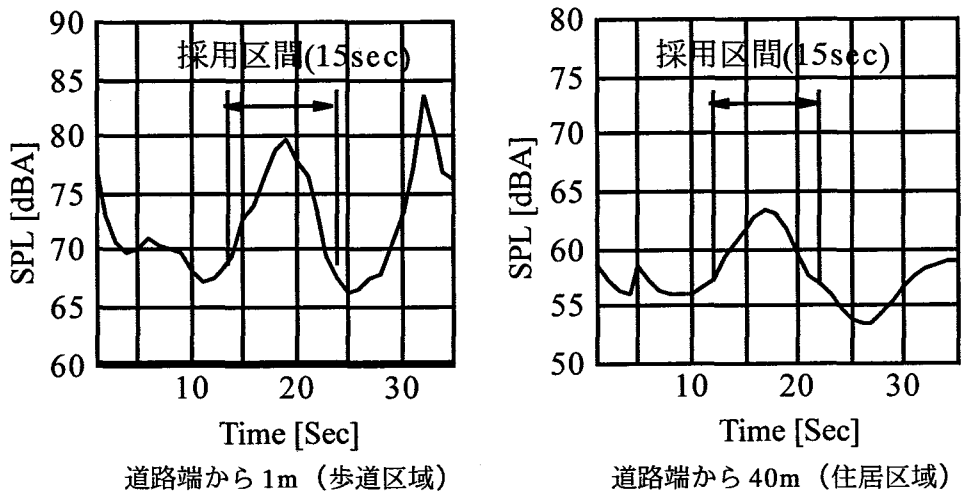


図2.16　道路交通騒音のレベル変動

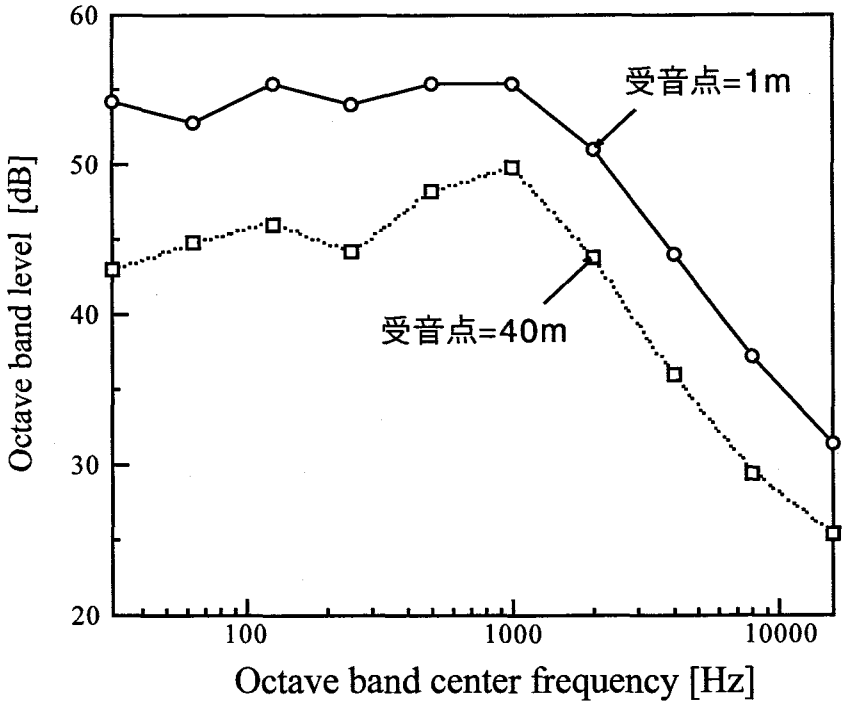


図2.17　試算に用いた道路交通騒音の周波数特性

表2.4　道路交通騒音と樹木葉擦れ音のマスキング試算値

単位：dB

対象騒音：道路交通騒音 (受音点1m)

暗騒音：樹種葉擦れ音 (受音点5m)	ポプラ	クスノキ	モウソウチク	ケヤキ	シラカシ	クロマツ
a: 道路交通騒音のLm(63-4k)	54.18	54.18	54.18	54.18	54.18	54.18
b: 樹木葉擦れ音のLm(63-4k)	36.81	35.29	35.29	31.26	27.66	24.37
c: マスクトラウドネス評価量(63-4k)	53.94	53.95	54.04	54.10	54.13	54.15
d: マスキング量（d=a-c)	0.24	0.23	0.14	0.09	0.05	0.03

対象騒音：道路交通騒音 (受音点40m)

暗騒音：樹種葉擦れ音 (受音点5m)	ポプラ	クスノキ	モウソウチク	ケヤキ	シラカシ	クロマツ
a: 道路交通騒音のLm(63-4k)	45.71	45.39	45.39	45.39	45.39	45.39
b: 樹木葉擦れ音のLm(63-4k)	36.81	35.29	35.29	31.26	24.37	27.66
c: マスクトラウドネス評価量(63-4k)	42.83	43.12	43.48	44.01	44.95	44.27
d: マスキング量（d=a-c)	2.88	2.50	1.92	1.47	0.44	1.12

対象騒音：道路交通騒音 (受音点1m)

暗騒音：樹種葉擦れ音	ポプラ		クスノキ		モウソウチク	
樹種葉擦れ音の受音点	5m	30m	5m	30m	5m	30m
a: 道路交通騒音のLm(63-4k)	54.18	54.18	54.18	54.18	54.18	54.18
b: 樹木葉擦れ音のLm(63-4k)	36.81	33.34	35.29	25.43	35.29	28.42
c: マスクトラウドネス評価量(63-4k)	53.94	54.08	53.95	54.12	54.04	54.11
d: マスキング量（d=a-c)	0.24	0.11	0.23	0.06	0.14	0.08

対象騒音：道路交通騒音 (受音点40m)

暗騒音：樹種葉擦れ音	ポプラ		クスノキ		モウソウチク	
樹種葉擦れ音の受音点	5m	30m	5m	30m	5m	30m
a: 道路交通騒音のLm(63-4k)	45.71	45.39	45.39	45.39	45.39	45.39
b: 樹木葉擦れ音のLm(63-4k)	36.81	33.34	35.29	25.43	35.29	28.42
c: マスクトラウドネス評価量(63-4k)	42.83	43.33	43.12	43.58	43.48	44.01
d: マスキング量（d=a-c)	2.88	2.23	2.50	1.84	1.92	1.43

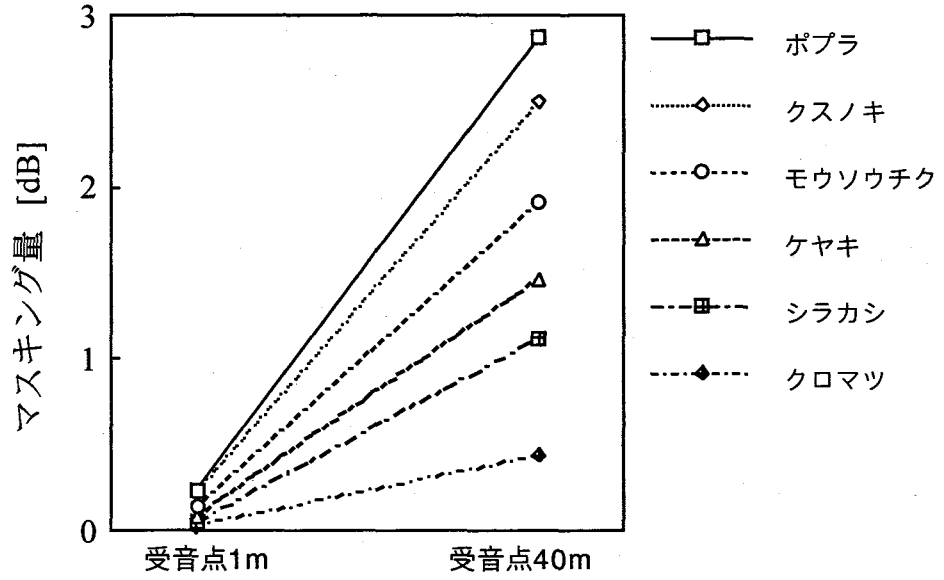


図2.18　2受音点における6樹種のマスキング試算

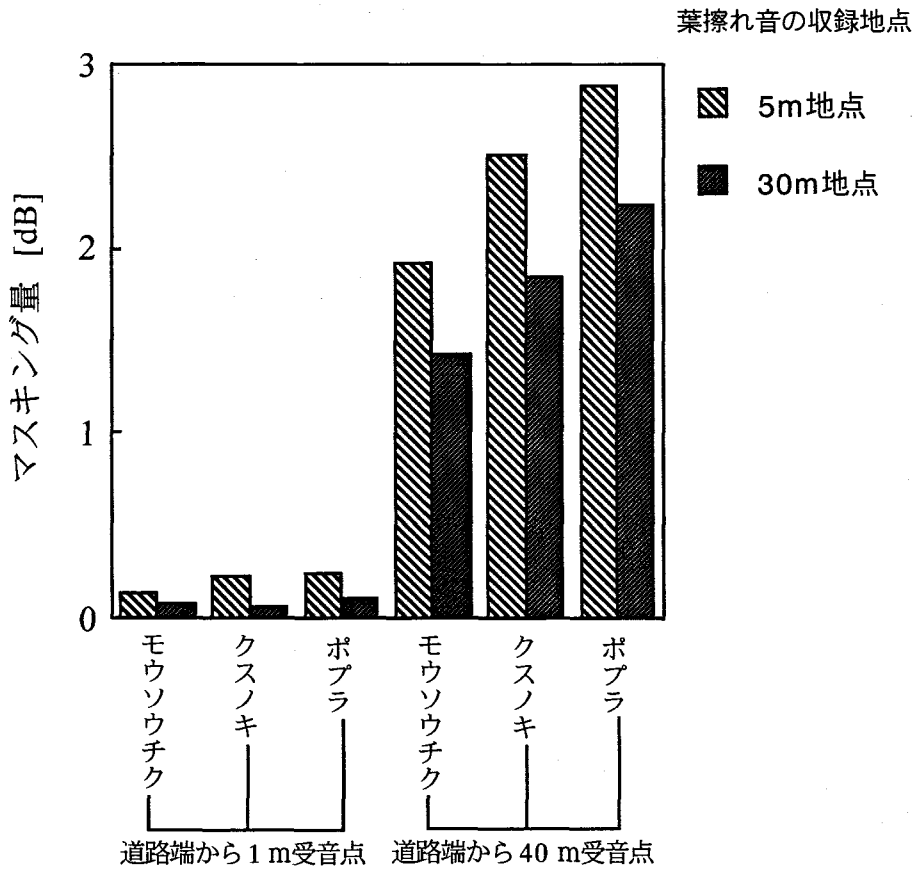


図2.19　道路交通騒音の2受音点における3樹種のマスキング量

以上に増加し、樹種による差が現れている。とくにポプラやクスノキなどの樹種では2.5dB以上の値を示している。しかしながら今回のマスキングの試算値は多くても3dB以下であり、葉擦れ音によるマスキング量は多くないことが確認された。こうしたことから、道路端から40 m以上離れ、樹木が受音点から近い箇所（5m 以下）に植樹されている場所で、マスキングが量がようやく得られるものと予想される。

2）樹木葉擦れ音の受音点差によるマスキング量の違い

道路交通騒音の2受音点（1m と40m）における3樹種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク）の2受音点（5m と30m）のマスキング量のまとめを図2.19に示す。道路交通騒音と葉擦れ音の2音源は、同方向から受音点へ伝搬する場面を想定した。道路交通騒音の受音点が1m 地点では、葉擦れ音の樹種や受音点に関係なく、各葉擦れ音ともにマスキング量が0.5dB以下と全体的に少ない。それに比べ道路交通騒音の受音点が40m 地点では、3樹種ともにマスキング量がわずかに増加し、葉擦れ音が30 m離れた場所から受音される場面では、1.4dB以上の値を示している。この結果は、道路から40 m以上離れた場所では、受音点から30m 離れた場所で発生する樹木葉擦れ音でも、道路交通騒音のマスキング効果が現れる可能性があると考えられる。

3）結果の考察

道路交通騒音の受音点が40m の地点において、樹木葉擦れ音（5m 受音点）による道路交通騒音のマスキング量がわずかに得られることが示唆された。この結果は、道路から比較的遠く離れた場所において道路交通騒音が聞こえる場合、葉擦れ音が定常的に発生する状況であれば、道路交通騒音をマスキングする可能性があることを示唆している。また、同受音点においては、30m 離れた場所から発生する樹木葉擦れ音でもマスキング量の減少は比較的小さいことが示され、遠方の樹木が発生する葉擦れ音もマスキング量が確保できる可能性があろう。

以上の物理的マスキング試算の結果から、道路近傍付近では樹木葉擦れ音によるマスキング量はほとんど期待できないと考えられる。しかしながら、遠方から道路交通騒音が受音される場所では、樹木の積極的な植樹や保全、さらには緑量が確保された緑地の広範囲なゾーニング計画（植栽の面的な配植）を行うことによって、緑のもつ視覚的効果（緑のイメージの向上）が上昇し、それに連動して樹木葉擦れ音をはじめとした聴覚資源が質的に向上する可能性があると考えられる。

２．５　第２章のまとめ

本章では植栽を利用した沿道の音環境設計に資するため、道路交通騒音のマスキング音として活用する樹木葉擦れ音の物理測定や、樹木葉擦れ音と道路交通騒音を重畳した試算を行った。その結果、以下のことが示唆された。

（１）周波数分析の結果、1,000Hz以上の成分は樹種によってばらつくが、1,000Hz付近の成分は、受風感度の高い樹種が1.2m/s前後の風速を受ける場合に安定して発生する。この結果は、1,000Hz付近にピークをもつ自動車走行音の周波数特性に類似している。

（２）各樹種に共通して存在する100Hz以下の成分は、暗騒音の可能性が考えられる。

（３）音圧レベルの高い樹種は、葉柄が長く、緑量が多く、平面上の空隙率が高い。また、高域の周波数成分を多く含む樹種は、葉縁部の硬度が高いことが示唆された。

（４）3樹種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク）の 距離減衰に伴う葉擦れ音の変化は、音源から離れるにつれ高域成分の減衰量が増加し、音圧レベルが緩やかに減衰することが示された。

(5) 3樹種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク）の風速値と葉擦れ音の$L_{Aeq,10min}$に対応がみられた。これは葉擦れ音の音圧レベルが、風速の増加に対応して上昇することを示している。

（６）樹木葉擦れ音による道路交通騒音のマスキング試算によって、道路交通騒音の受音点が40mの地点でマスキング量が若干上昇し、同受音点では、30m離れた場所から発生する樹木葉擦れ音でも、ある程度のマスキングの存在が確認された。この結果は、広範囲な緑地のゾーニング計画を支持するものである。ただし、葉擦れ音による道路交通騒音のマスキング量は十分でないため、今後、音の質的変化を考慮する側面、つまり、音の印象に大きく影響を及ぼす視覚領域にも目配りをする必要があると考えられるため、第３章では、樹木映像が（葉擦れ音や交通騒音等の）環境音に及ぼす影響を調べるための心理実験を行う。

第２章の参考文献

1) 山本紀久, 街路樹 (技報堂出版, 東京, 1998).

2) 山下充康, 残したい日本の音風景100選, 音響学会誌52, 805-811 (1996).

3) 江口恒夫, “大阪市の海陸風について - 地上風データの統計解析 -,” 天気24, 23-30 (1977).

4) 福原博篤編, 環境測定実務者のための騒音レベル測定マニュアル（丸善, 東京, 1998).

5) 新田伸三, 東集成, 石井昭夫, 環境緑化における微気象の設計 (鹿島出版会, 東京, 1981) .

6) T. Oba, “Sampling methoods for the study of the natural sound environment in Japan,Consideration of the sample time unit.” Nat. Hist. Res. 3(1), 27-32 (1994).

7) 大津展之, “判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値測定法,” 電子通信学会論文誌J63-D, 349-356 (1980).

8) 日本騒音制御工学会編, 地域の音環境計画 (技法堂出版, 東京, 1997) .

9) 佐竹義則, 原寛, 亘理俊次, 冨成忠夫編, 日本の野生植物 木本1 (平凡社, 東京都, 1989).

10) 竹岡貞哉, 伊吹文夫, 山田伸志, “風によって植物が発生する音とそれによるマスキング効果,” 音講論集, 483-484 (1976).

11) 日本音響学会編, 音響用語辞典 (コロナ社, 東京都, 1988).

12) E. Zwicker, “Procedure for calculating partially masked based on ISO 532B”, Proc. inter-noise ‘87, 1021-1024 (1987).

13) Y. Suzuki, T.Sone, H. Kanasashi, Y. Mafune, and J Soma, “The optimum level of music listened to in the presence of noise”, J Acoust. Soc. Jpn. (E) 3, 55-65 (1982).

14) 橘秀樹, 畑中尚, 村石喜一, “壁の透過音に対するラウドネス評価 - 電気的合成音を用いたシミュレーション実験,” 日本建築学会計画系論文報告集358, 1-8 (1985).

15) 増田潔, 村石喜一, 青木ふみ, “暗騒音下における界壁からの透過音に関するラウドネス評価について,” 大成建設技術研究所報第26号, 303-310 (1993).

第３章　樹木の視聴覚情報が道路交通騒音の印象に与える影響

３．１　はじめに

本章では、緑がもたらす道路交通騒音不快感緩和効果を明らかにするために、2種類の視聴覚相互作用に関する心理実験を行った。この背景としては、第２章で葉擦れ音による道路交通騒音の物理的なマスキング効果が十分確認されず、音の質的変化に影響を及ぼす環境要因である視覚領域に焦点を当てる必要があるためである。

実験１では、樹木を対象として、樹木の動画映像の付加による樹木葉擦れ音の印象変化を調べた。実験２では、現実の沿道空間における緑の効用を確認するために、植栽による道路交通騒音の不快感緩和効果の検討を行った。その際、樹木葉擦れ音の重畳によって、道路交通騒音が心理的にマスキングされるかどうかの検討も行った。

３．２　実験１（映像の付加による樹木葉擦れ音の印象評定）

３．２．１　実験１の概要

１）目的

音源特定の難しい樹木葉擦れ音の印象が樹木映像の付加によってどのように変化するかを検討した。

２）樹種の選定

２．２．１で選定した高木類６種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク・ケヤキ・クロマツ・シラカシ）を採用し、同受音点で葉擦れ音と樹木動画を収録した。各樹種の葉擦れ音の受音点は5m 地点を基本として、３樹種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク）については30m にも受音点を設け、収録受音点の違いによる評定差も調べた。

３）音刺激

全９刺激の詳細を表3.1 に示す。葉擦れ音の収録は２．２．２の説明のとおりである。音刺激は、暗騒音の影響が少なくレベルの変化が少ない箇所を選択し（レベル変動のダイナミックレンジは1.3～3.6dBAの範囲内)、Macintosh 上のSound Edit を用いて、それぞれ１分間に編集したものを刺激音とした。提示レベルは実験を行った

表3.1　実験1に用いた刺激

樹　種　名	受音点 (m)	L_{Aeq} (dBA)	ダイナミックレンジ(dBA)
ポプラ(1)	5	55.5	1.3
ポプラ(2)	30	52.3	2.3
クスノキ(1)	5	54.3	3.6
クスノキ(2)	30	50.0	2.6
モウソウチク(1)	5	51.5	2.5
モウソウチク(2)	30	47.1	2.4
ケヤキ	5	53.3	2.4
クロマツ	5	51.5	2.9
シラカシ	5	52.0	3.3

部屋の中央付近において、収録時のL_{Aeq}が再現されるように調整した。なお、実験は集団で行ったが、被験者の席によるレベルの相違は最大で2.9dB(A)であった。本実験に用いた葉擦れ音の周波数特性は第2章の図2.6のとおりである。特に、1,000Hz以上の周波数領域で樹種間の違いがみられる。

4）映像刺激

ビデオカメラレコーダ(SONY CCD-TR900)を三脚に固定し、6樹種の樹木動画の遠景（樹木全体像）と近景（枝葉部分の拡大像）の2構図で撮影した。図3.1に6樹種の映像刺激（遠景・動画の一部）を、図3.2に6樹種の映像刺激（近景・動画の一部）提示刺激を示す。5m受音点の映像刺激は、遠景を10秒提示した後近景に切り替え、提示の合計時間を1分間にした。30m受音点の映像刺激は、遠景のみを1分間用いた。画面中に占める樹木以外の景観要素は、空・草地・山・道である。

5）実験装置

音刺激はDAT（SONY TDC D-100）で再生し、アンプ（TOA EQUALIZER AMPLIFIER TE-121）で増幅し、スクリーンを挟んだ2本のスピーカ（VICTOR WT-1802）で提示した。映像刺激はOHP上に設置したカラー液晶表示ユニット（UCHIDA LP-48C2）でスクリーン（2.4×2.0m）に拡大投影した。被験者は画面から6～15mの範囲に着席した。

6）実験手続き

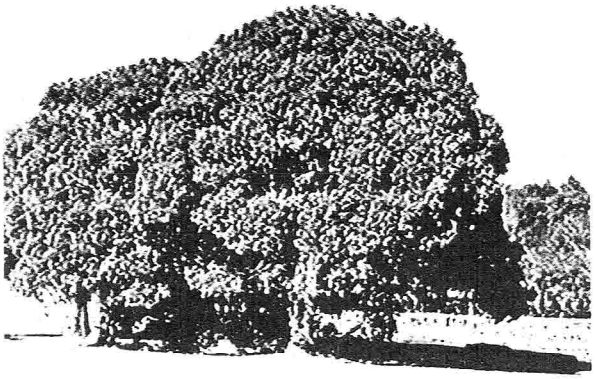
SD法に用いる評定尺度対を選定するために、本実験に参加しない被験者に音と映像刺激を提示し、連想する言葉を自由に記述させた。この結果と先行研究[1]で使用されたものを参考に22の評定尺度対を選択した。表3.2に実験2で使用した評定尺度対を示す。評定用紙は各条件ごとに評定尺度対の順序を変えたものを2種類ずつ用意し、各条件でほぼ同数の被験者が使用するように用紙を配布した。

提示条件として、(A)「音のみ」、(B)「映像のみ」、(C)「音＋映像」、(D)「音＋映像(音のみ評定)」の4条件を設けた。(A)～(C)の3条件では、被験者には環境全体を評定させ、(D)「音＋映像」の条件では音のみを評定するよう求めた。評定はSD法を用いて、教室で集団実験として実施した。各提示条件ともに1分間の刺激提示後に、印象を7段階尺度で評定させた。被験者に音源情報に関する説明は行わなかった。

7）練習

本実験に先立ち、2種類の音刺激（on timeとoff timeが各750msの500Hz純音

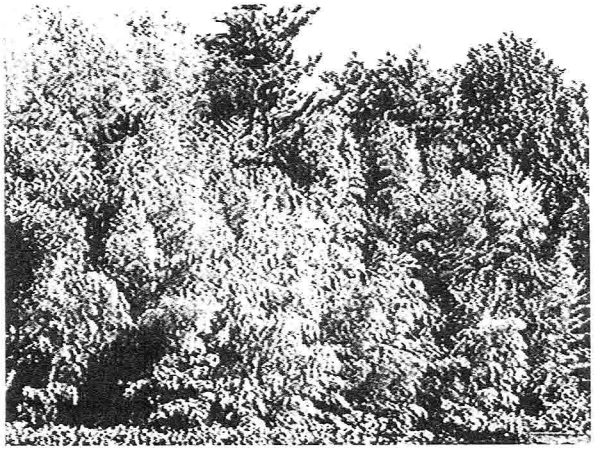
【ポプラ】



【クスノキ】

【ケヤキ】

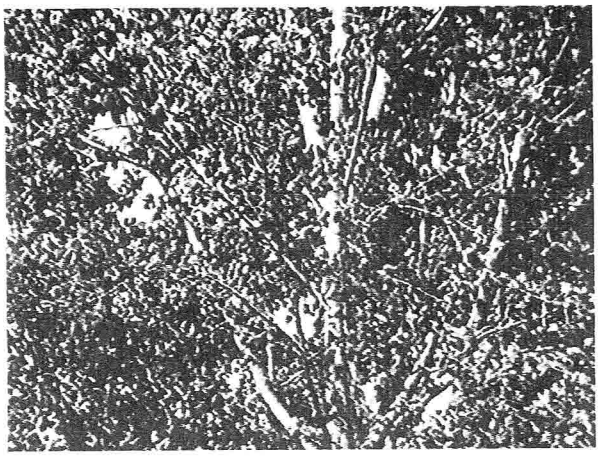
【シラカシ】



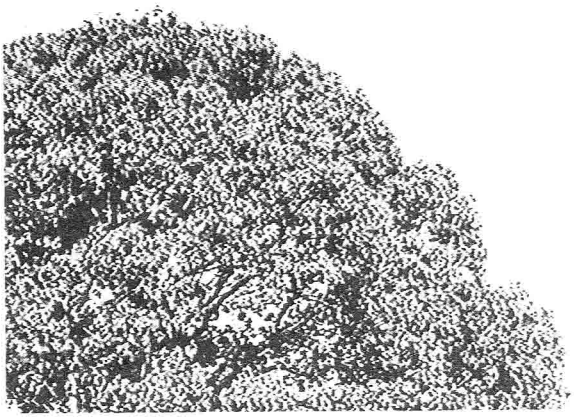
【モウソウチク】

【クロマツ】

図 3.1　６樹種の映像刺激（遠景・動画の一部）

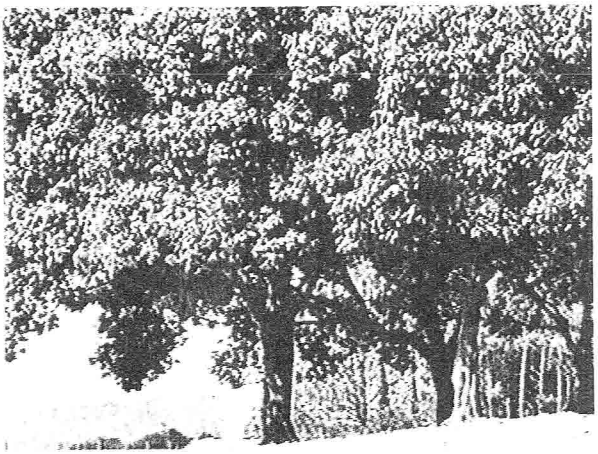


【ポプラ】



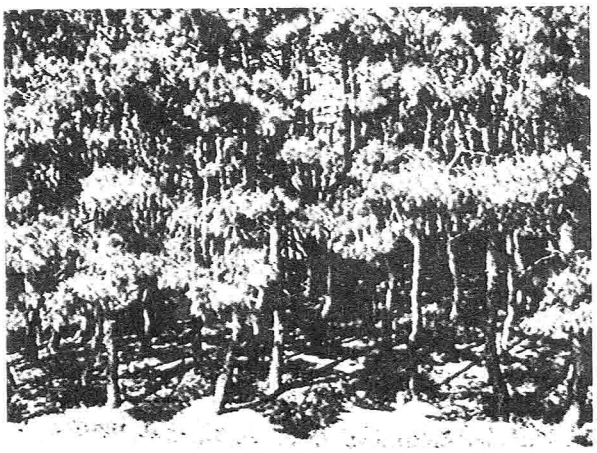
【クスノキ】

【ケヤキ】



【シラカシ】

【モウソウチク】



【クロマツ】

図3.2　６樹種の映像刺激（近景・動画の一部）

表3.2　実験1で使用した評定尺度対リスト

騒々しい　—　静かな
鋭い　—　にぶい
快い　—　不快な
自然な　—　人工的な
甲高い　—　落ちついた
暑苦しい　—　涼しい
きたない　—　美しい
ざらざらした　—　なめらかな
落ちついた　—　いらいらする
やわらかい　—　かたい
大きい　—　小さい
金属性の　—　深みのある
きめの細かい　—　きめの粗い
安定した　—　変化のある
ものたりない　—　迫力のある
規則性のある　—　規則性のない
さわやかな　—　さわやかでない
テンポが速い　—　テンポが遅い
重い　—　軽やかな
その場にいたい　—　その場にいたくない
臨場感がない　—　臨場感がある
情景が思い浮かぶ　—　情景が思い浮かばない

を4回繰り返して全提示時間を6秒にした音刺激と、on timeとoff timeが各250msの4,000Hz純音を6回繰り返して全提示時間を3秒にした音刺激）と、2種類の視覚刺激（建築物大小2種類）の計4種類の評定データを用いて練習を行った。なお、各提示条件ごとに示した練習刺激は全く同じものである。

8）被験者

被験者は18～41歳の学生104名（男性24名・女性80名）で、平均年齢は19.9歳であった。各提示条件ごとの人数は、(A)32名、(B)28名、(C)30名、(D)14名であり、各提示条件で被験者の重複はなかった。

3．2．2　実験1の結果と考察

1）提示条件ごとのプロフィール

練習4刺激についての提示条件ごとのプロフィールを図3.3(a)～(d)に示す。4刺激ごとに練習の評定結果を用いて4提示条件と22評定尺度条件による2元配置の分散分析を行った結果、2刺激全てが提示条件間で有意水準5％で有意差は現れなかった。つまり、(A)～(D)に割り当てた被験者の評定に有意な差はみられなかった。

4条件の36刺激平均評定尺度値のプロフィールを図3.4(a)～(d)に示す。全体の評定結果を概観すると、各提示条件内では刺激の種類が異なるにも関わらず、9刺激の平均評定尺度値が類似している。ただし、各条件内の刺激間の評定差を詳細に検討するため「快い - 不快な」の評定値をデータとした1元配置の分散分析を行うと、(A)「音のみ」と(D)「音＋映像（音のみ評定）」では有意差が認められ、(B)「映像のみ」と(C)「音＋映像」では有意差が認められなかった（(A); $F(1, 2700)=6.11$, $p<.001$), (D); $(1, 2700)=5.73$, $p<.001$))。このことは、(A)や(D)の“音のみ”を評定する場合、音刺激の提示レベルのばらつき（L_{Aeq}=47.1～55.5の範囲）によって評定差が現れた可能性があるとともに、高域の周波数成分音源の違いによって評定差が現れた可能性もあると考えられる（p.79に記述）。また、提示条件間の傾向を比較すると、A→D→C→Bの順に「快い - 不快な」の評定データの平均値が快い方向に変化している。以上から、(A)「音のみ」は音源情報が得られず不快な評定を行う。(B)「映像のみ」は樹木景観の視覚情報の影響によって快い評定を行う。(C)「音＋映像」は(B)に類似する。(D)「音＋映像（音のみ評定）」は提示刺激が同一条件の(C)「音＋映像」に比べて不快であるが、評定刺激が同一条件の(A)に比べて快い評定傾向が確認された。知覚対象が不快感を伴う音

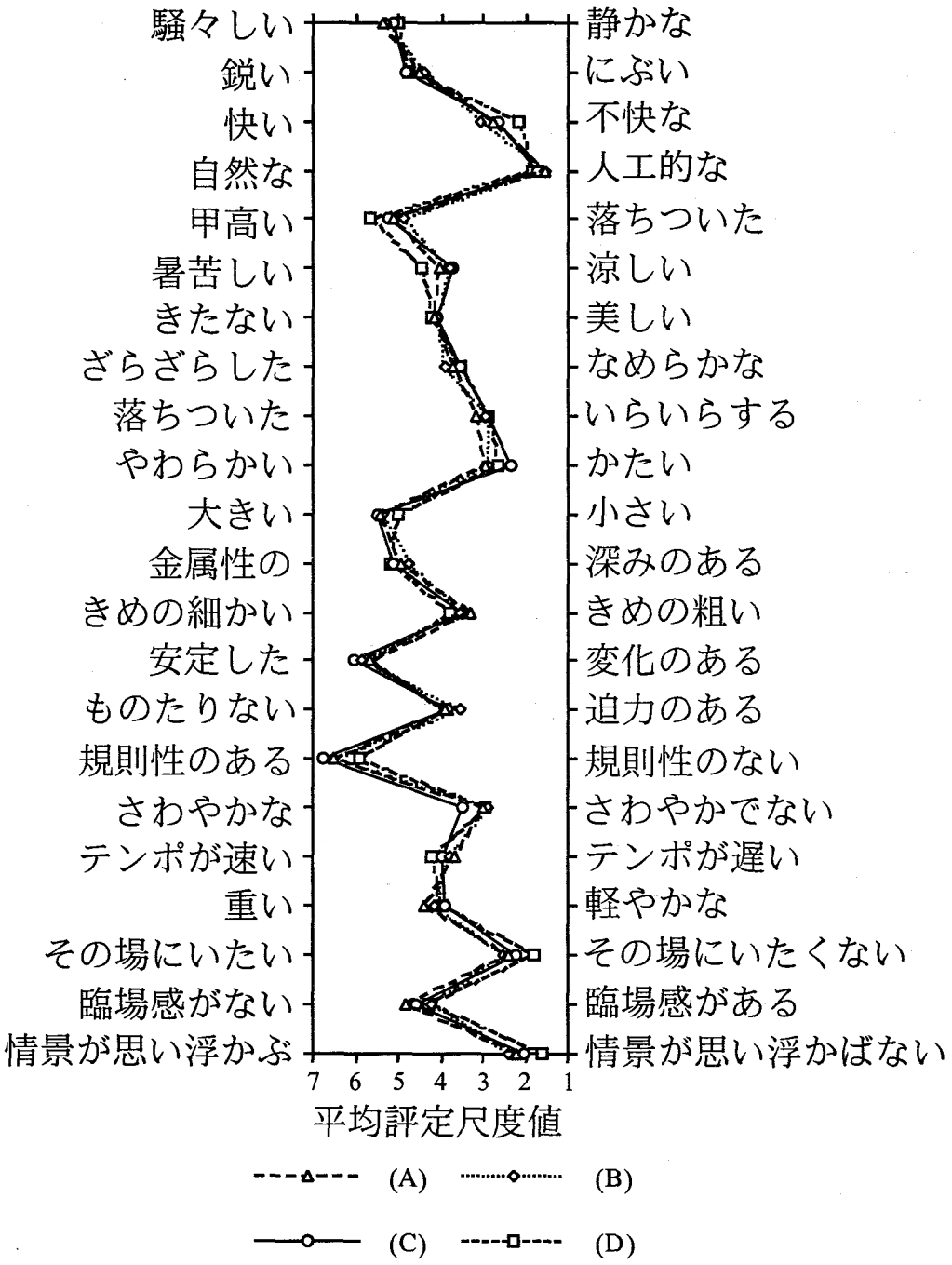


図3.3(a)　実験１「練習刺激１」の平均評定尺度値

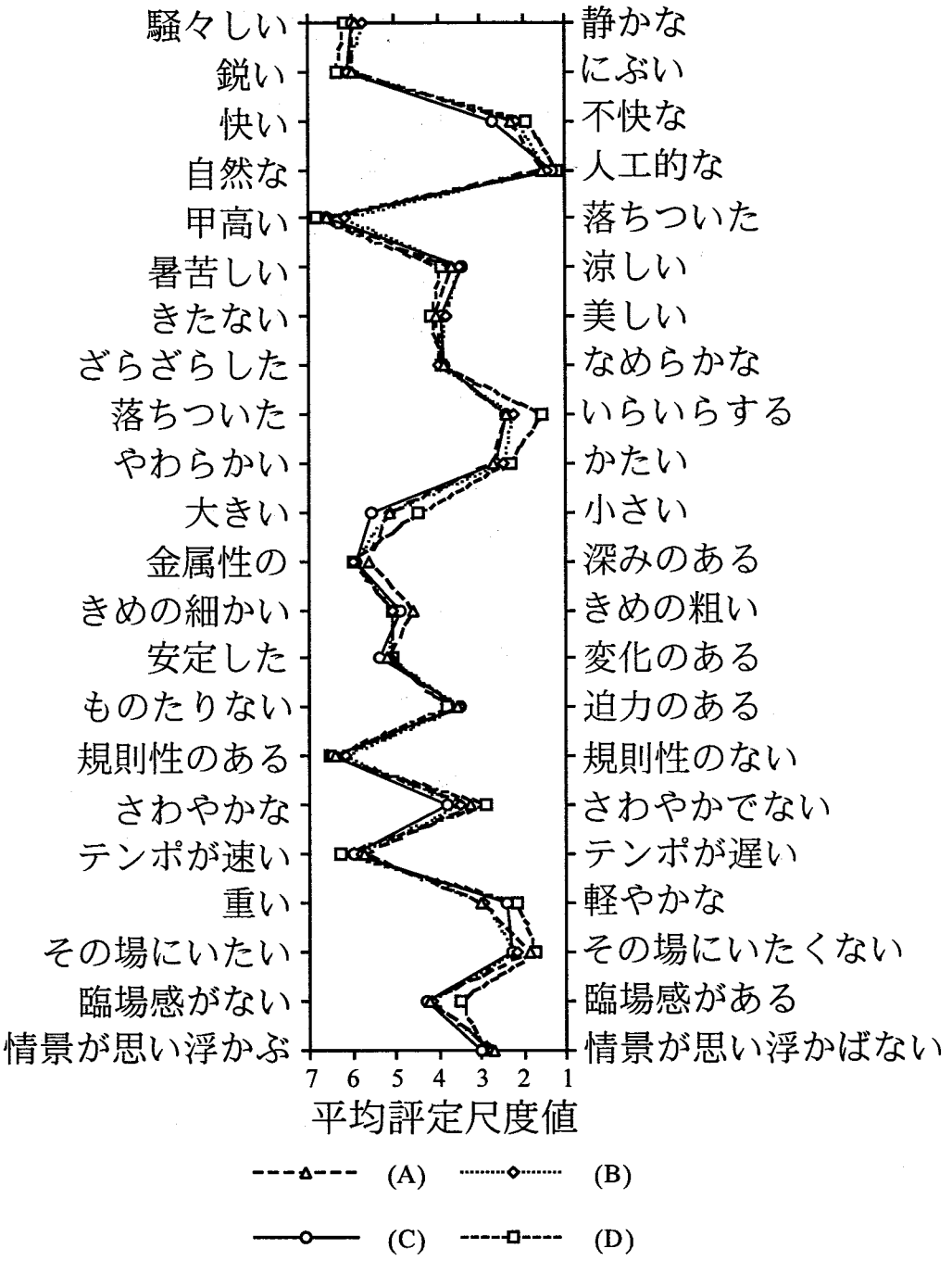


図 3.3(b)　実験１「練習刺激２」の平均評定尺度値

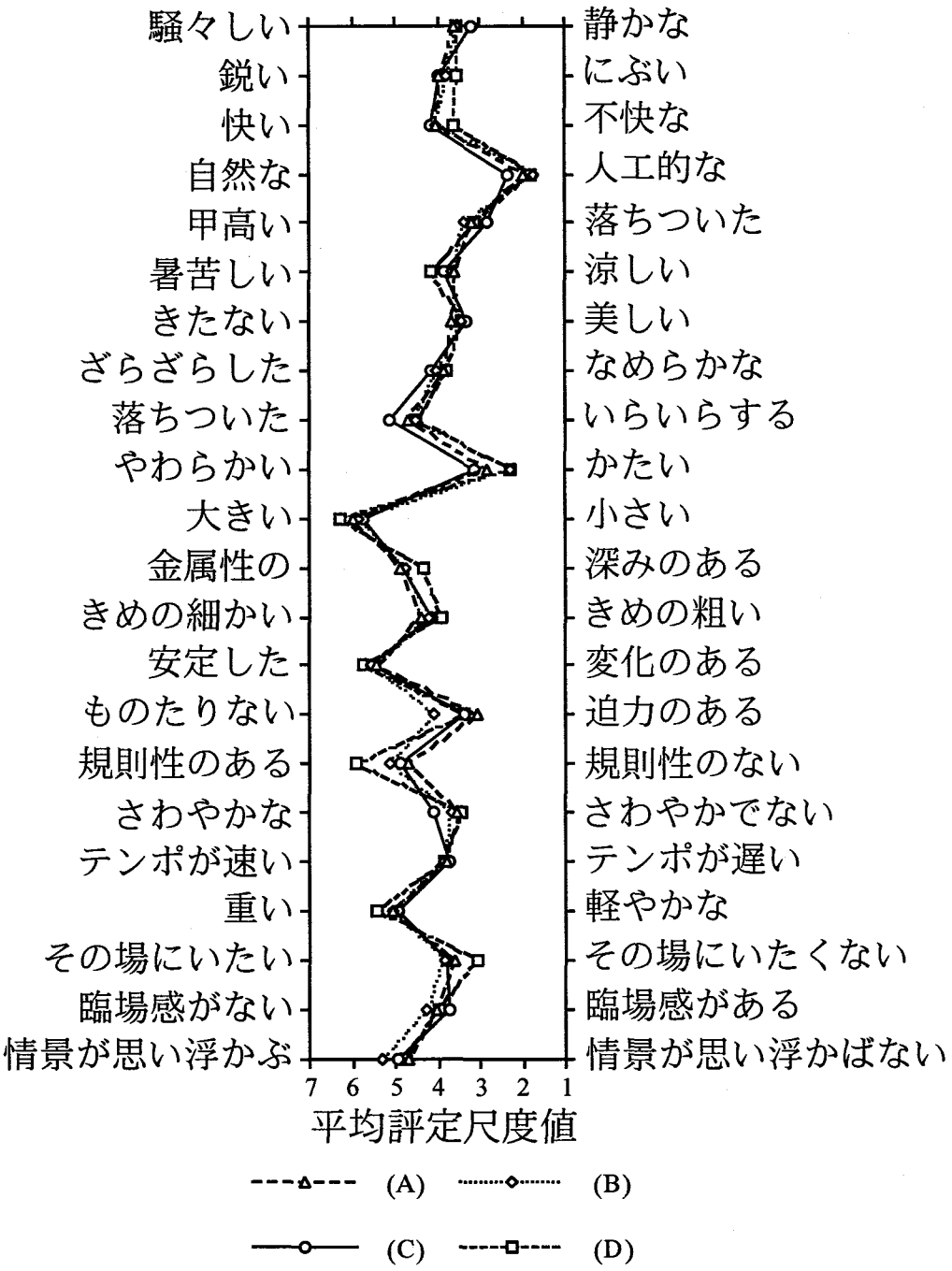


図3.3(c)　実験1「練習刺激3」の平均評定尺度値

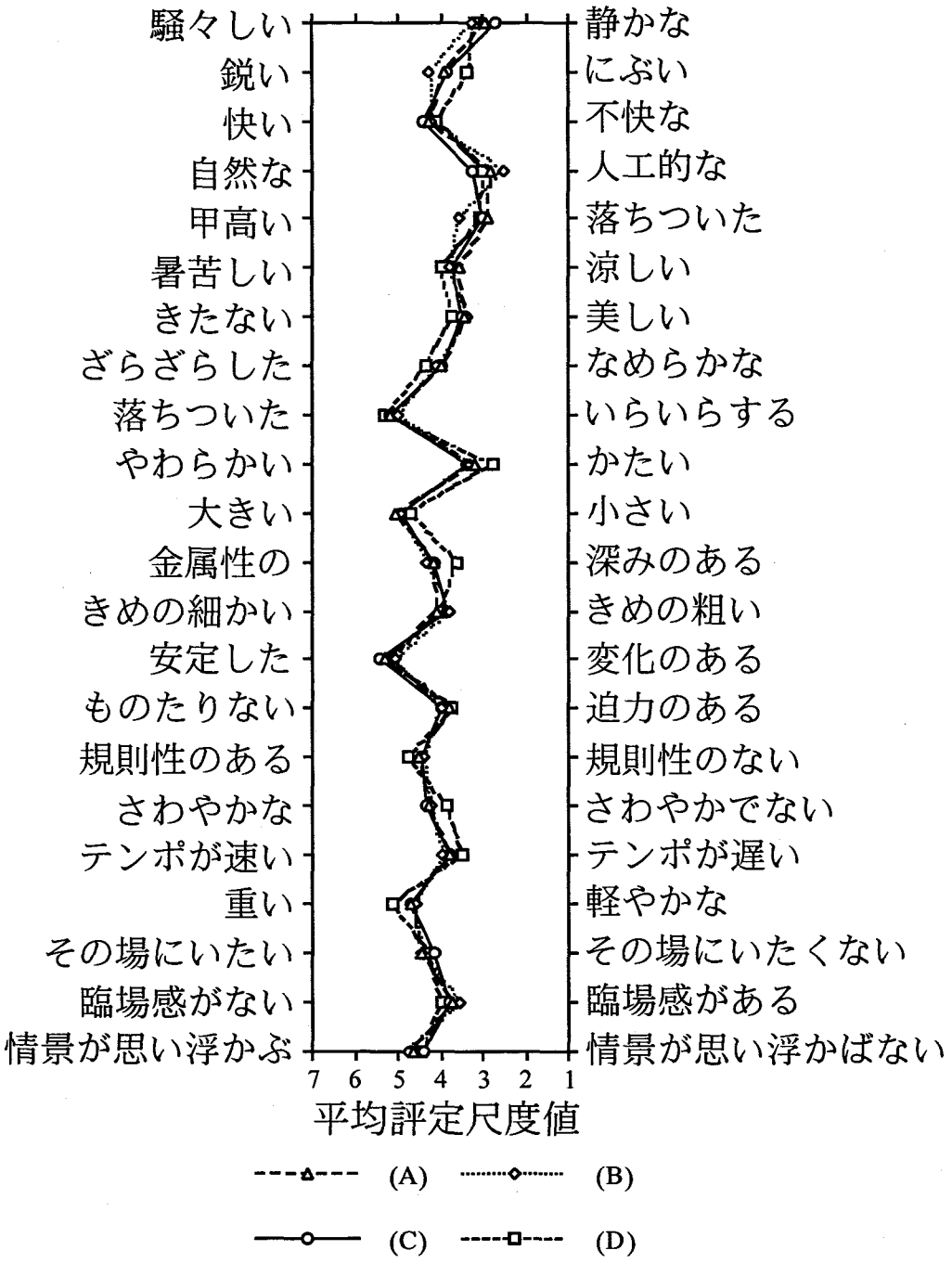


図3.3(d)　実験１「練習刺激４」の平均評定尺度値

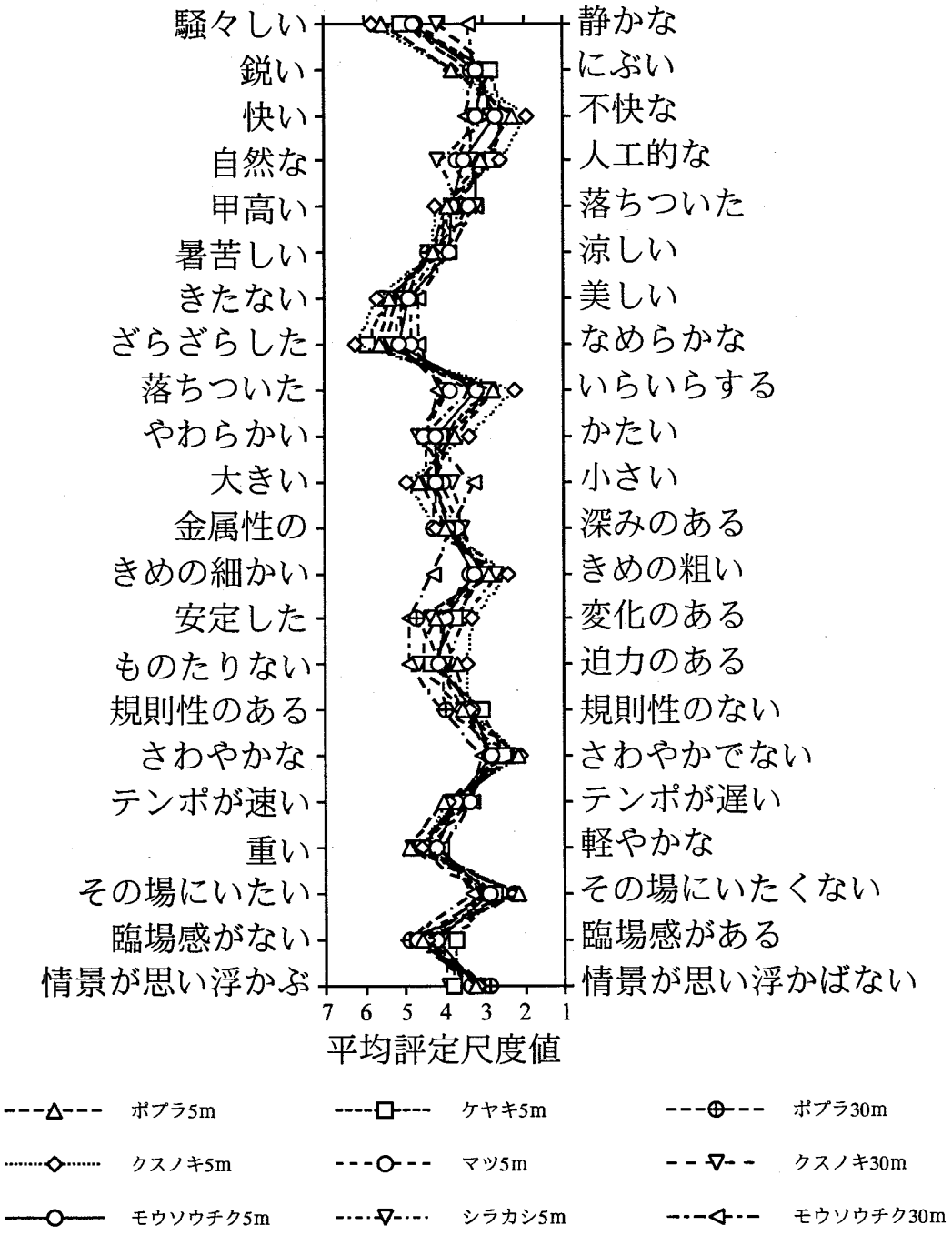


図3.4(a)　実験1「(A)音のみ条件」平均評定尺度値

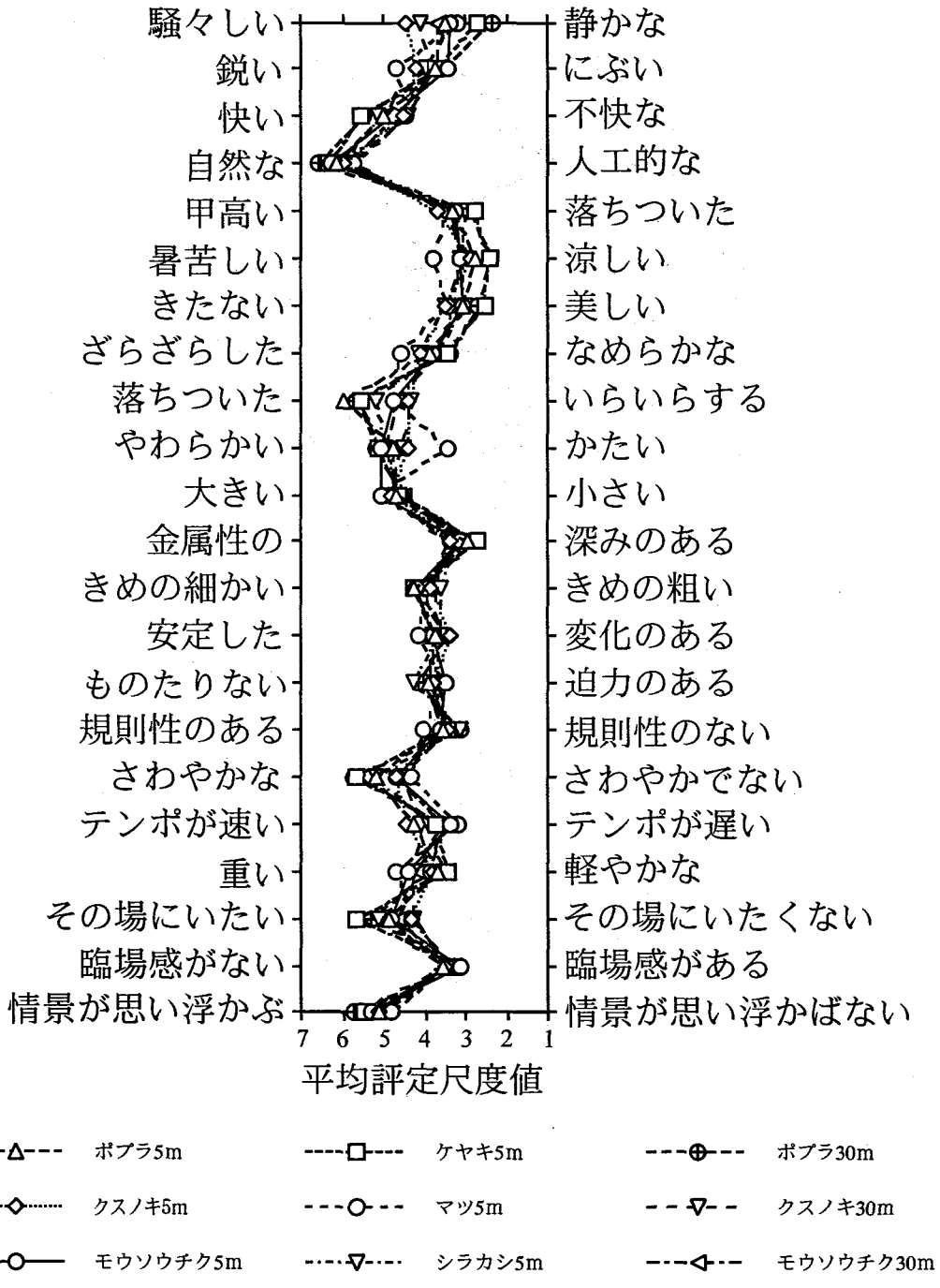


図3.4(b)　実験１「(B)映像のみ条件」平均評定尺度値

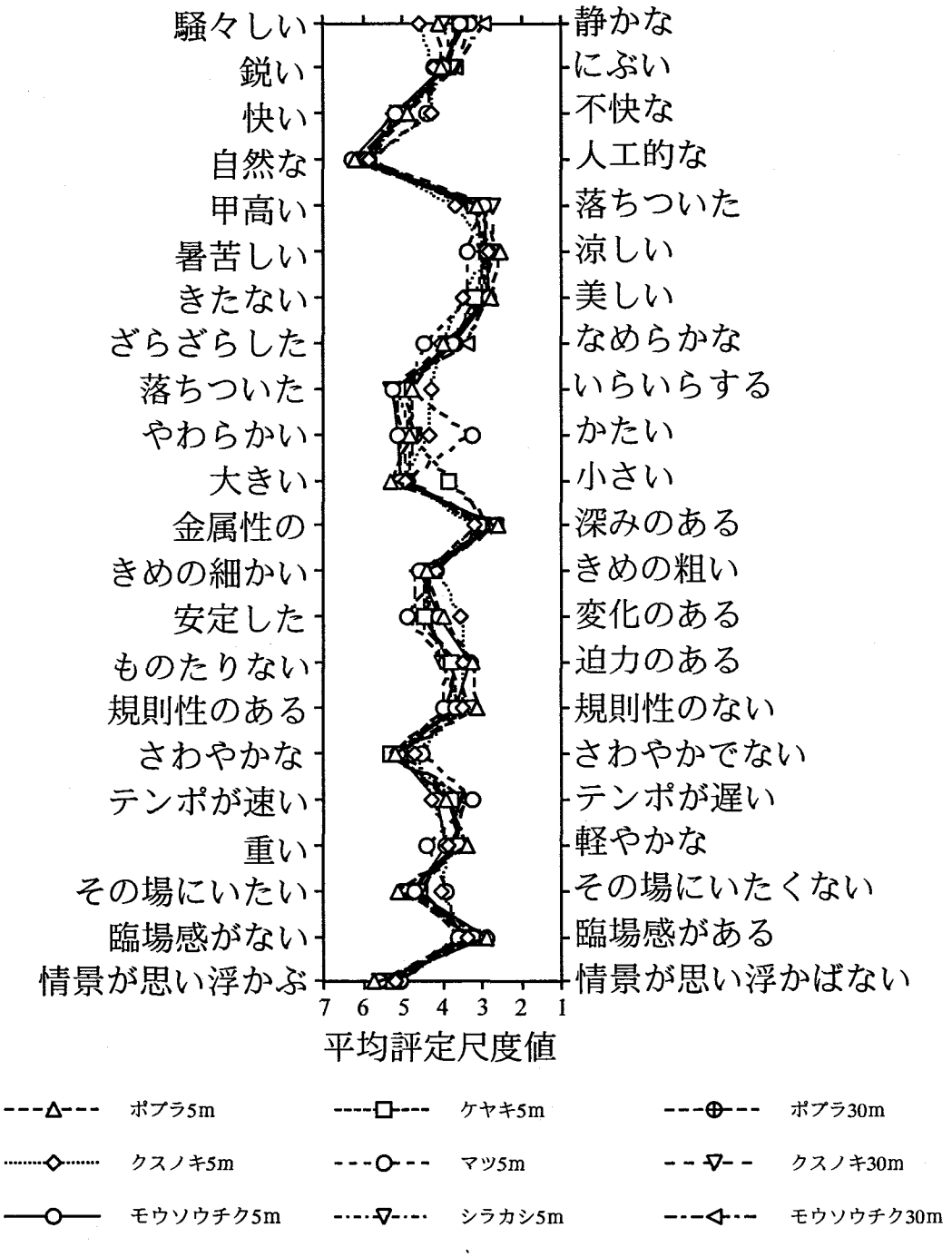


図3.4(c)　実験１「(C)音＋映像条件」平均評定尺度値

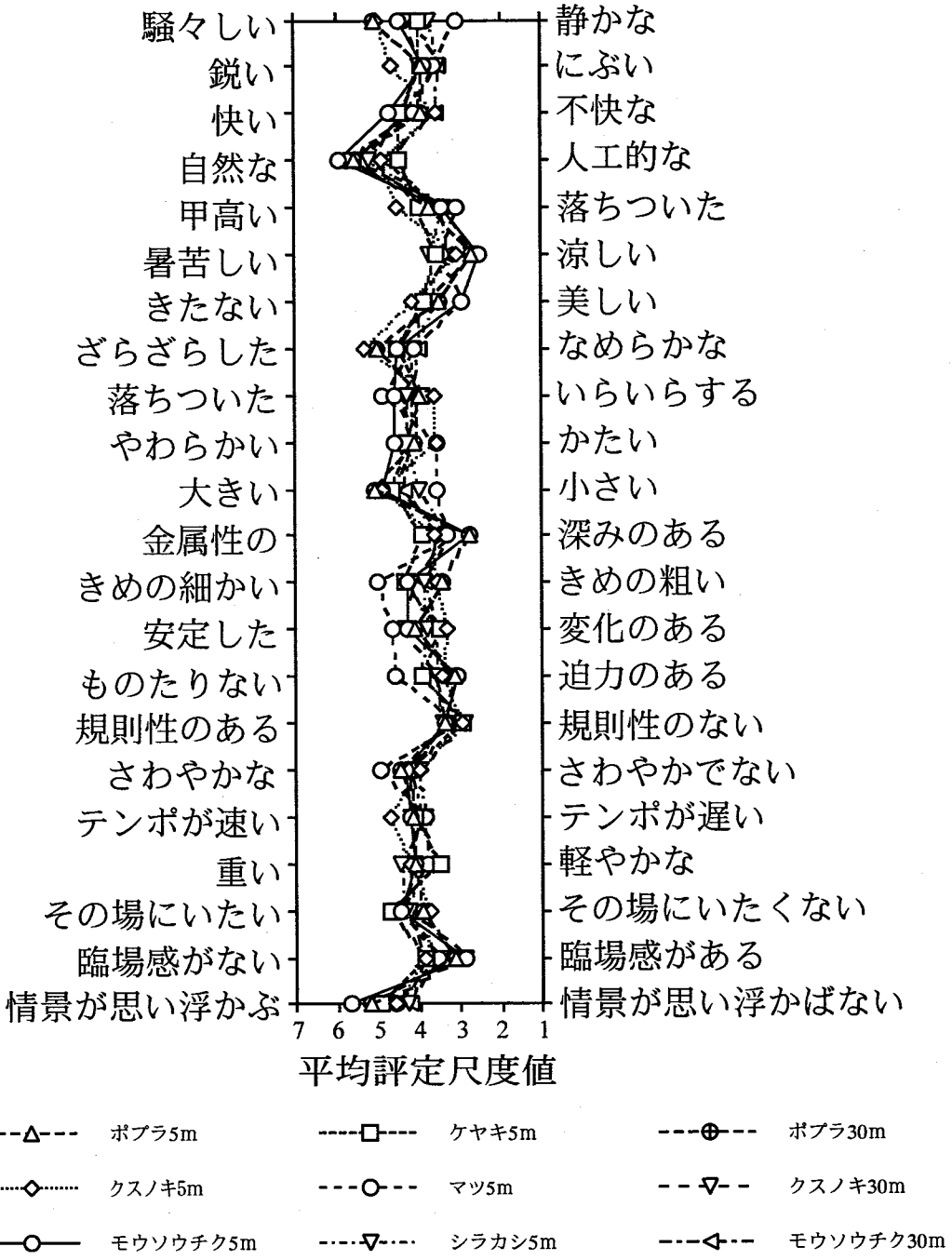


図3.4(d)　実験1「(D)音＋映像（音のみ評定）条件」平均評定尺度値

刺激から快い要素を含む映像刺激に移行するにつれて、環境全体の不快な印象が減少する変化は、被験者の視覚と聴覚に対する選択バランスの変換によって生じたものと考えられる。

音源情報の有無による印象評定の違いについては、安倍ら[2)]は言語情報を付加した場合の環境音知覚の変化を調べ、渓流のせせらぎ・滝・波などの水音系環境音については、音源情報の付加によって美的評定が変化することを明らかにした。被験者が抱く音のイメージは音源情報に影響され、この現象を聴覚におけるラベリング効果と位置づけている。本実験においても、映像の付加によって被験者に樹木イメージがラベリングされ、葉擦れ音のイメージも改善されたと考えられる。このような映像付加の影響による音の印象変化は、宮川ら[3)]の実験で、滝などの自然系環境音でも確認されている。

2）因子分析結果

1)では各尺度対ごとに評定傾向を検討したが、2)では全体の評定データから提示条件間でどれだけの評定差があるかを詳細にみるため、全被験者の評定データを繰り返しとみなして、評定尺度を変量とした主因子法による因子分析を行った。因子は固有値が1.0以上を採用した。その結果、3因子が抽出された。表3.3はVarimax回転後の因子負荷量を示している。第1因子の固有値は7.6、寄与率は33.2%、第2因子の固有値は1.4、寄与率は6.8%、第3因子の固有値は1.0、寄与率は5.8%であった。この結果は第1因子の寄与が絶対的に大きく、残り2因子の寄与が弱いと解釈できる。また、評定尺度の中で、因子負荷量の絶対値が小さかったり、複数の因子にまたがって同程度の値を示す2つの評定尺度対は3因子のカテゴリーから除外して解釈した。

第1因子は「快い - 不快な」「さわやかな - さわやかでない」などの因子負荷量が高く、“美的因子”と解釈した。第2因子は「テンポが速い - テンポが遅い」「甲高い - 落ちついた」「鋭い - 鈍い」などの因子負荷量が高く、“活動因子”と解釈した。第3因子は「物足りない - 迫力のある」「大きい - 小さい」などの因子負荷量が高く、“迫力因子”と解釈した。

次に各因子中の因子負荷量の絶対値が最も高い3つの評定尺度語の評定値(表3.3のアンダーラインを施した評定尺度の評定値）をデータとして、提示条件（A～D)、刺激音条件（9種類)、評定尺度条件（3種類）について3元配置の分散分析を行った。その結果、提示条件($F(3, 2700)=32.80, p<.001$)と、評定尺度条件($F(2, 2700)=102.80,$

表3.3　実験１の因子分析結果(Varimax 回転後)

評定尺度語	1	2	3
快い―不快な	0.887	0.104	0.064
さわやかな―さわやかでない	0.877	0.030	0.098
きたない―美しい	-0.869	-0.045	-0.104
自然な―人工的な	0.791	0.032	0.254
ざらざらした―なめらかな	-0.761	0.044	0.159
その場にいたい―その場にいたくない	0.741	0.092	0.138
暑苦しい―涼しい	-0.692	0.076	-0.062
騒々しい―静かな	-0.689	-0.295	0.159
落ちついた―いらいらする	0.660	0.271	0.115
情景が思い浮かぶ―情景が思い浮かばない	0.593	0.094	0.447
金属性の―深みのある	-0.552	-0.408	-0.210
重い―軽やかな	-0.542	0.237	0.130
やわらかい―かたい	0.507	0.212	-0.245
きめの細かい―きめの粗い	0.484	0.037	0.027
テンポが速い―テンポが遅い	-0.038	-0.627	0.052
甲高い―落ちついた	-0.395	-0.618	-0.102
鋭い―にぶい	0.223	-0.438	0.236
ものたりない―迫力のある	-0.091	0.031	-0.509
臨場感がない―臨場感がある	-0.402	-0.047	-0.482
大きい―小さい	0.141	-0.057	0.437
規則性のある―規則性のない	0.112	-0.013	-0.128
安定した―変化のある	0.103	0.250	-0.187
寄与率（%）	33.2	6.8	5.8

p<.001)では有意差が認められたものの、刺激音では有意差が認められなかった。この結果は、提示条件間では評定に差が現れることを示している。

3）提示レベルと「快い - 不快な」評定尺度値との対応関係

L_{Aeq}と「快い - 不快な」評定尺度値の関係を、(A)「音のみ」、(C)「音＋映像」の提示条件別にまとめ、図3.6に示す。L_{Aeq}の増加に伴って、映像を提示しない(A)では、不快感増加の程度が高い。ただし、L_{Aeq}の提示レベルが低い50dBA付近での葉擦れ音の評定尺度値は3.5前後で、葉擦れ音から受けるマイナス効果は僅少であり、被験者は葉擦れ音を中立的な印象で捉えているといえる。葉擦れ音に映像を提示する(C)では、葉擦れ音の提示レベルが50dBから約5dB上昇しても「快 - 不快」評定値がほとんど変化しないことがわかる。

また、提示音のL_{Aeq}が同じであれば、映像の付加によって不快の程度が抑えられている。両提示条件の評定平均値間で両側のt検定を行ったところ、0.1%の有意水準で差がみられた(t=- 10.95, p<0.01)。この結果は、葉擦れ音に樹木映像を付加することで、不快な印象が有意に減少することを意味している。

提示レベルと平均評定尺度値をもとに算出した相関係数を(A)(C)間で比較すると、(A)がr=0.88、(C)がr=0.43で、(A)の方が高い値を示した。この理由は、(A)では音源が特定されないために、音の物理量であるL_{Aeq}が直接評定に強く影響する一方で、(C)では選択対象が多様な映像刺激に向けられ、音の物理的特性の影響が希薄になったためと考えられる。

以上から、音源情報が付与されない葉擦れ音は僅かながらもマイナス効果が存在するものの、緑の視覚効果が存在すれば、聴覚的なマイナス効果が減少し、視覚的なプラス効果が聴覚領域に大きく影響することがわかった。

4）葉擦れ音の周波数特性と「快い - 不快な」評定尺度値との対応関係

葉擦れ音の周波数特性（図2.6）と「快い - 不快な」評定尺度値の関係を把握するために、(A)「音のみ」と(C)「音＋映像」の提示条件別に、各評定尺度値と5m受音点の刺激6樹種の評定データを検討した。検定方法は、6樹種の全評定値をもとに1元配置の分散分析を行った。

その結果、(A)「音のみ」条件で有意差が認められた（F(5, 186)=6.12, p<0.01)。図3.5を検討すると、不快な順と提示レベルの大きい順がほぼ対応しているものの、音源ごとに詳細に検討すると、ポプラ1（L_{Aeq}=55.5dBA)とクスノキ1（L_{Aeq}=54.3dBA)で

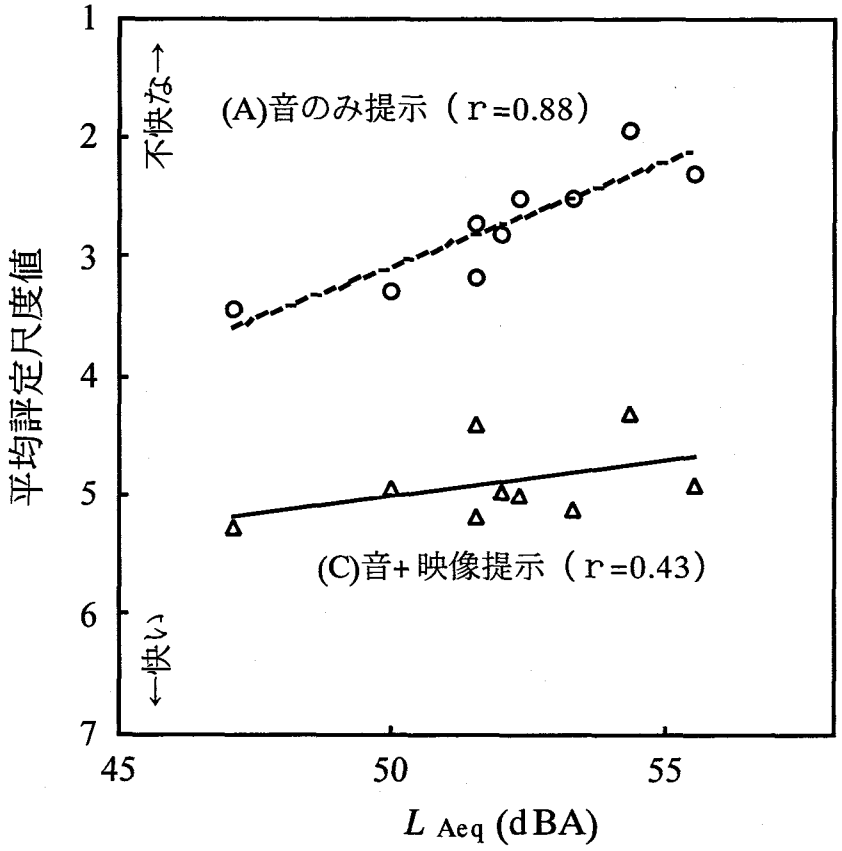


図3.5 「快い - 不快な」平均評定尺度と L_{Aeq} との対応

は、提示レベルの小さいクスノキの方がクスノキ1に比べて「快い - 不快な」の平均評定尺度値が0.34高くなっている。また、ポプラ2（L_{Aeq}=52.3dBA)とケヤキ（L_{Aeq}=53.3dBA)では、ケヤキの方がポプラ2に比べて提示レベルが高いにもかかわらず、両者とも「快い - 不快な」の平均評定尺度値が2.5である。さらに、モウソウチク1とクロマツは同じ提示レベル(L_{Aeq}=51.5dBA)であるにもかかわらず、モウソウチクの「快い - 不快な」の平均評定尺度値が0.44高くなっている。これらの音源比較から、不快な印象が高い音源は1,000Hz以上の周波数成分がより多く含まれることがわかる。

3．3　実験2（沿道景観映像の付加による道路交通騒音の印象評定）

3．3．1　実験2の概要

1）目的

植栽による道路交通騒音の不快感緩和効果についての視聴覚相互実験を行った。提示刺激は植栽の有無・遠景／近景の4パタンの景観条件を基本に、通過交通や葉擦れ音有無の条件を設け、被験者の印象がそれぞれの状況でどれほど違うのかを考察した。

2）音刺激

全刺激の詳細を表3.4に示す。2～4車線の道路端から1m（近景）及び45m（遠景）離れた場所に騒音計(ONOSOKKI LA-5110)を設置し、道路交通騒音をDAT(SONY TDC D-100)に収録した。葉擦れ音はクスノキ(L_{Aeq} = 55.0dBA）を使用した。音刺激の作成は、Macintosh上のSound Editを用いて道路交通騒音のみ（4種類)、葉擦れ音のみ（1種類)、道路交通騒音と葉擦れ音を重畳させたもの（4種類）を各15秒に編集し、提示レベルは収録時のL_{Aeq}に調整した。音刺激は映像刺激と同期した箇所を用いた。

3）映像刺激

デジタルビデオカメラレコーダ(SONY DCR-TRV900)を三脚に固定し、道路に沿った歩道を直進歩行する人の目線を想定して、道路端から約1m離れて地上1.5mの高さから道路景観を見た“近景”と、道路端から約40m離れて沿道空間を俯瞰する場面を想定した“遠景”の2構図を基本に撮影を行った。植栽については2条件（“植栽あり”“植栽なし”）を設け、合計4条件の沿道景観を動画撮影した。景観4条件の映像刺激を図3.6に示す。映像情報はWindows上のPremiere5.1に取り込んで編集し、提示

表3.4　実験２に用いた刺激

	略号	植栽	構図	通過交通	葉擦れ音
A（音のみ）	Ae	—	—	○ (66.5dBA)	×
	Af	—	—	○ (55.5dBA)	×
	Ag	—	—	○ (65.1dBA)	×
	Ah	—	—	○ (54.2dBA)	×
	Ae'	—	—	○ (66.5dBA)	○
	Af'	—	—	○ (55.5dBA)	○
	Ag'	—	—	○ (65.1dBA)	○
	Ah'	—	—	○ (54.2dBA)	○
	Bi	—	—	—	○

	略号	植栽	構図	通過交通	葉擦れ音
B（映像のみ）	Ba	○	近景	×	—
	Bb	○	遠景	×	—
	Bc	×	近景	×	—
	Bd	×	遠景	×	—
	Be	○	近景	○	—
	Bf	○	遠景	○	—
	Bg	×	近景	○	—
	Bh	×	遠景	○	—
	Bi	○	—	—	—

	略号	植栽	構図	通過交通	葉擦れ音
C,D（音＋映像）	Ca, Da	○	近景	×	○
	Cb, Db	○	遠景	×	○
	Cc, Dc	×	近景	×	○
	Cd, Dd	×	遠景	×	○
	Ce, De	○	近景	○ (66.5dBA)	×
	Cf, Df	○	遠景	○ (55.5dBA)	×
	Cg, Dg	×	近景	○ (65.1dBA)	×
	Ch, Dh	×	遠景	○ (54.2dBA)	×
	Ce', De'	○	近景	○ (66.5dBA)	○
	Cf', Df'	○	遠景	○ (55.5dBA)	○
	Cg', Dg'	×	近景	○ (65.1dBA)	○
	Ch', Dh'	×	遠景	○ (54.2dBA)	○
	Ci, Di	○	—	—	○

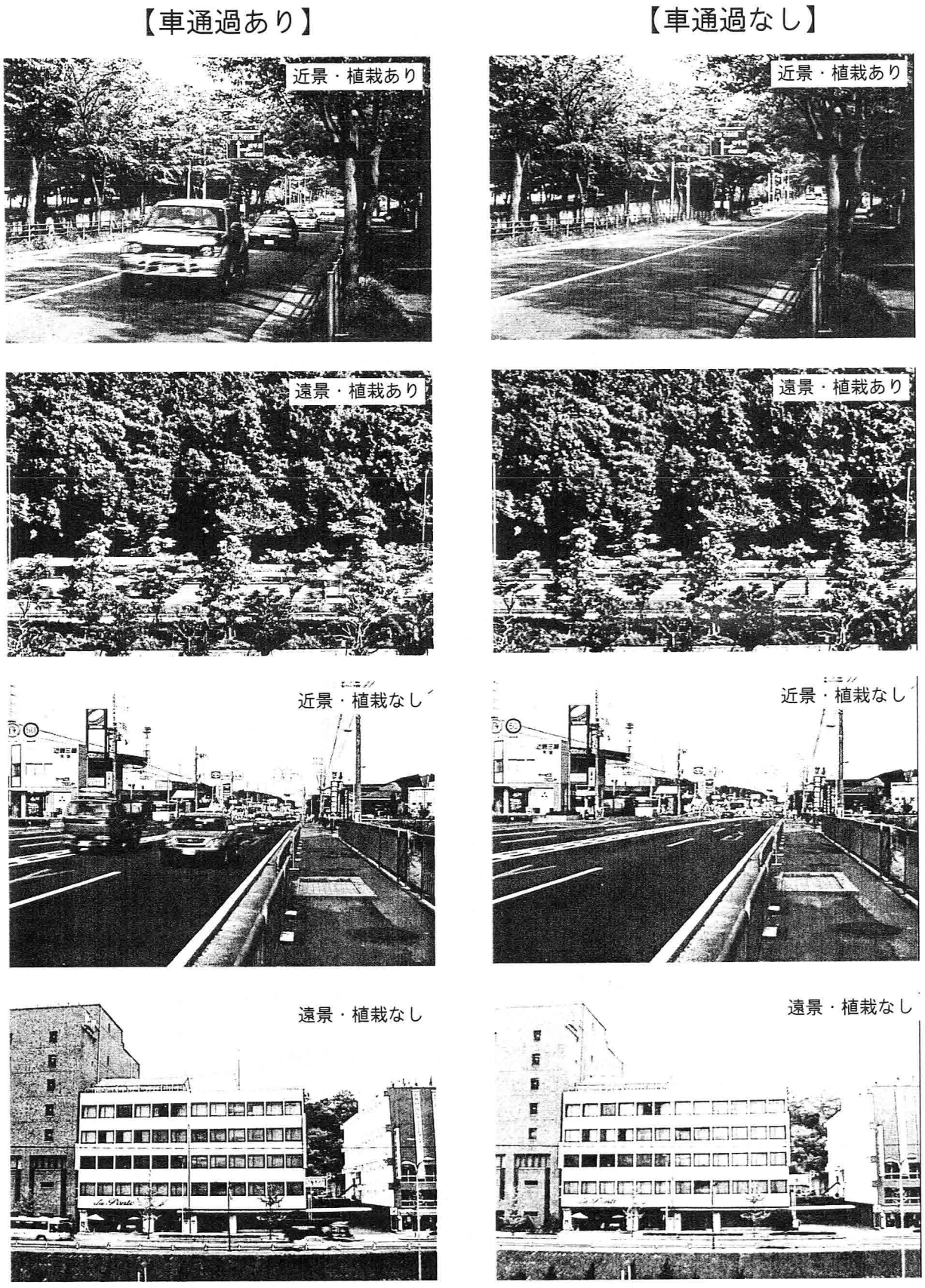


図 3.6　映像刺激の一例（沿道景観条件４パタン）

時間を15秒に揃えた。4パタンとも道路交通が存在する条件では、車が通常走行している箇所を採用した。遠景と近景の構図は植栽ありと植栽なしの各条件で類似させた。植栽ありの動画については、車通過の有無に関わらず、枝葉が風（風速＝1m/s前後）で適度に揺れる箇所を採用した。車なし動画景観の作成には、道路交通が走行しない映像（1～2秒前後）をPremiere5.1に取り込み、その一部分を使って再生と逆再生を繰り返し、背景の樹木枝葉が自然に動くよう15秒に編集した。

4）実験装置

音刺激はDAT（PIONEER DIGITAL AUDIO TAPE DECK D-07）で再生し、アンプ（RAMSA AP-450）で増幅し、スクリーンを挟んだ2本のスピーカ（SONY SRP-S400）で出力した。映像刺激は液晶データプロジェクタ（TOSHIBA DATA PROJECTER TLP670）でスクリーン（2.4×2.0m）に拡大投影した。被験者は画面から6～13mの範囲に着席した。

5）実験手続き

SD法に用いる評定尺度対を選定するために、実験1で使用した語の中で因子負荷量の絶対値が高いものと、実験2に参加しない被験者に音と映像刺激を提示し、連想する言葉を自由に記述させた。この結果から14の評定尺度対を選択した。表3.5に実験2で使用した表現語対のリストを示す。評定用紙は各条件ごとに評定尺度対の順序を変えたものを2種類ずつ用意し、各条件でほぼ同数の被験者が使用するように用紙を配布した。

(A)「音のみ（9種類）」、(B)「映像のみ（9種類）」、(C)「音＋映像（13種類）」、(D)「音＋映像（Cと同じ）」の4条件を設けた。(A)～(C)の3条件では環境全体を評定させ、(D)では音＋映像刺激提示後、音のみを再度提示し音のみを評定するよう求めた。評定はSD法を用いて、教室で集団実験として実施した。各条件ともに15秒間の刺激提示後に印象を7段階尺度で評定させた。被験者に音源情報に関する説明は行わなかった。

6）練習

本実験に先立ち、音刺激（on timeとoff timeが各750msの500Hz純音を4回繰り返して全提示時間を6秒とした音刺激）と視覚刺激（建築物）の計2種類を用いて練習を行った。なお、各提示条件ごとに示した練習刺激は全く同じものである。

7）被験者

被験者は18～22歳の学生200名（男性176名・女性24名）で、平均年齢は18.7

表3.5　実験2で使用した評定尺度対リスト

騒々しい　—　静かな
快い　—　不快な
うるおった　—　かさついた
生き生きした　—　生気のない
甲高い　—　落ちついた
さわやかな　—　さわやかでない
きたない　—　美しい
のびのびした　—　狭苦しい
ものたりない　—　迫力のある
鋭い　—　にぶい
大きい　—　小さい
緑が豊かな　—　緑が乏しい
変化に富んだ　—　単調な
親しみやすい　—　よそよそしい

歳であった。提示条件ごとの人数の詳細は、(A)が52名、(B)が47名、(C)が62名、(D)が39名であった。各条件に被験者の重複はなく、実験１の被験者との重複もなかった。

３．３．２　実験２の結果と考察

１）提示条件ごとのプロフィール

練習２刺激についての提示条件ごとのプロフィールを図3.7(a)～(d)に示す。練習の評定結果を用いて４提示条件と14評定尺度条件による２元配置要因の分散分析を、有意水準5％で２刺激ごとに行った結果、２刺激全てで提示条件間で有意差は現れなかった。つまり、(A)～(D)に割り当てた被験者の評定に有意な差はみられなかった。

4条件の31刺激平均評定尺度値のプロフィールを図3.8(a)～(d)に示す。(A)「音のみ」は、近景／遠景条件の違いで「快い - 不快な」「大きい - 小さい」などの平均評定尺度値に差が現れている。これは道路交通騒音の提示レベルの相違（約10dBの差）が影響していると考えられる。また、騒音に葉擦れ音を重畳した場合、騒音の提示レベルの小さい遠景条件をはじめとした３景観条件で、より不快な印象が上昇している。(B)「映像のみ」は、植栽の有無で「騒々しい - 静かな」「快い - 不快な」「美しい - きたない」などの美的関連尺度値に差が現れている。(C)「音＋映像のみ」は、(B)と類似した評定傾向を示し、道路交通騒音の不快感が植栽によって大きく緩和されている。(D)「音＋映像（音のみ評定）」は、画面中に植栽が存在する場合に、提示刺激が同一条件の(C)「音＋映像」に比べて不快であるが、評定刺激が同一条件の(A)「音のみ」に比べて快い評定傾向がみられる。つまり、植栽が含まれる視覚情報によって音源のイメージが付加されると、音の印象が向上することを示している。

同一の景観条件内で提示条件間の比較をすると、植栽が存在する場合は知覚の選択対象が視覚刺激に多く向けられる条件のA→D→C→Bの順に、「快い - 不快な」「きたない - 美しい」などの美的関連尺度の平均値が快いイメージに変化している。ただし、(B)「映像のみ」に音が付加された(C)「音＋映像」の評定がほとんど変化しないのは、映像が強く影響することを示唆する結果である。

次に、映像刺激の付加による音の印象変化を把握するために、(A)(C)条件間で評定差の検定を行った。方法は沿道景観４パタンの全評定データ（近景植栽あり・遠景植栽あり・近景植栽なし・遠景植栽なし）を対象に、提示条件（AC2種類）、評定尺度条件（14種類）について２元配置の分散分析を行った。その結果４パタン全てで、提示

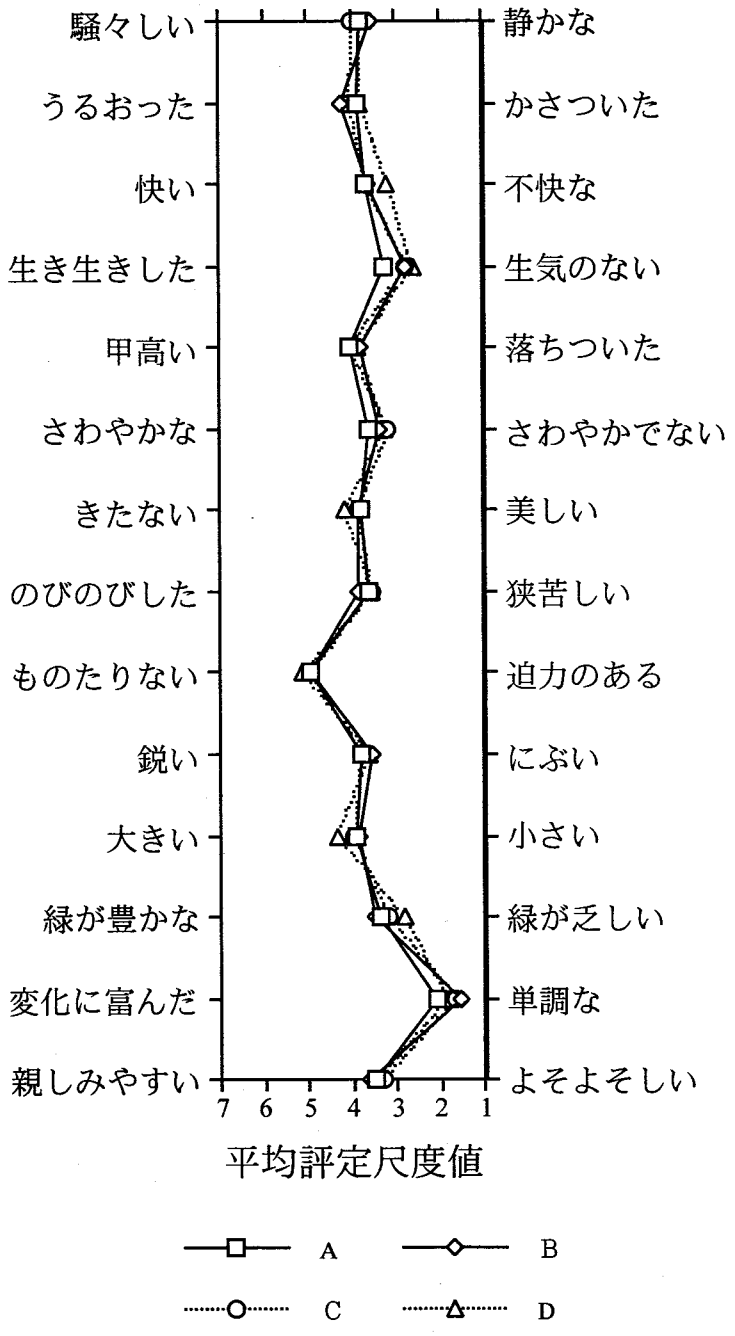


図3.7 (a)　実験2「練習刺激1」の平均評定尺度値

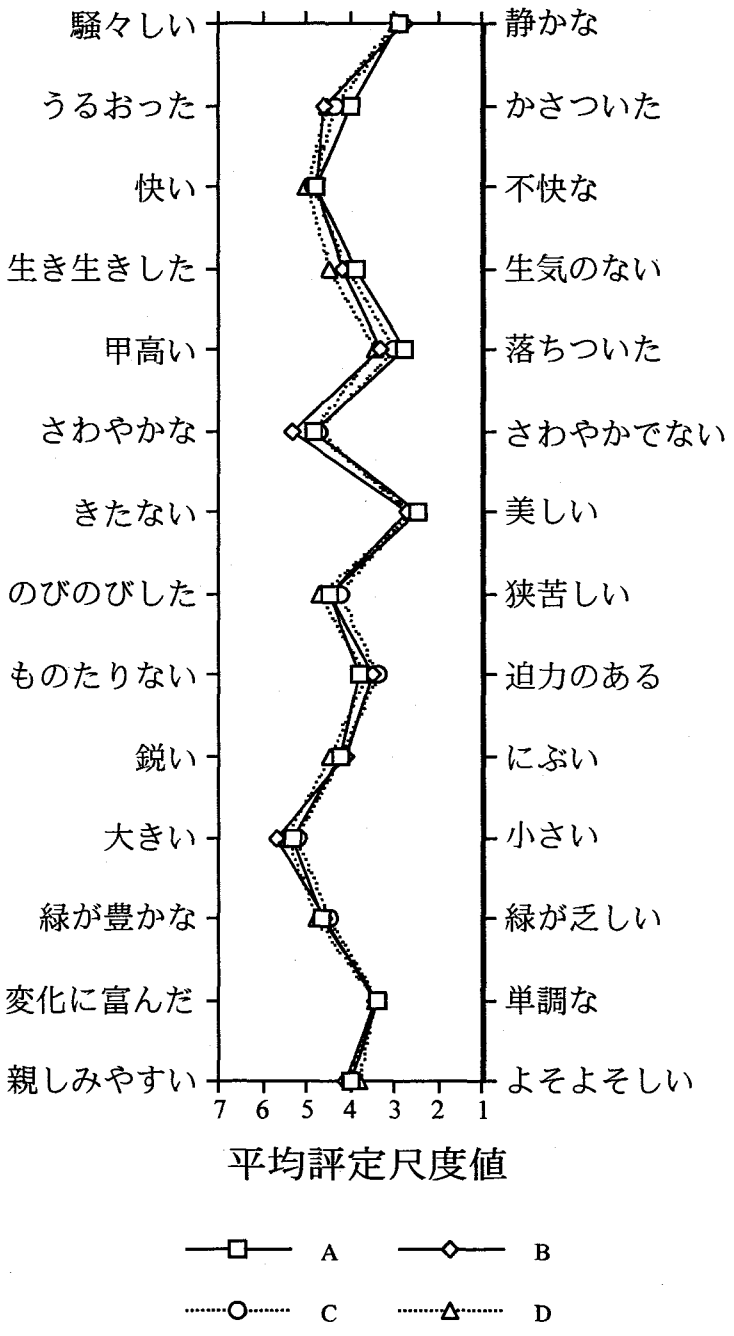


図3.7 (b)　実験２「練習刺激２」の平均評定尺度値

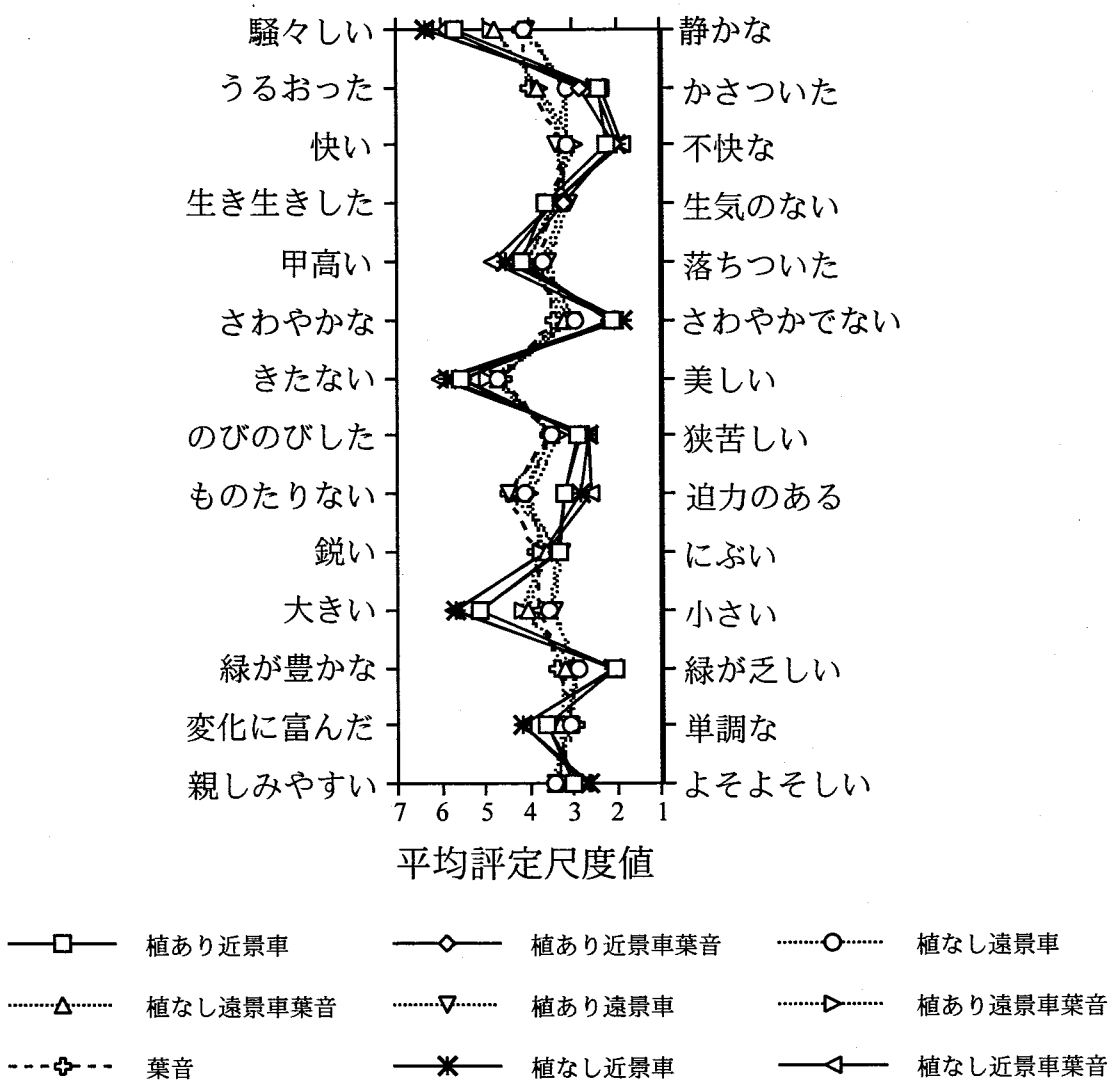


図3.8 (a)　実験２「(A)音のみ条件」平均評定尺度値

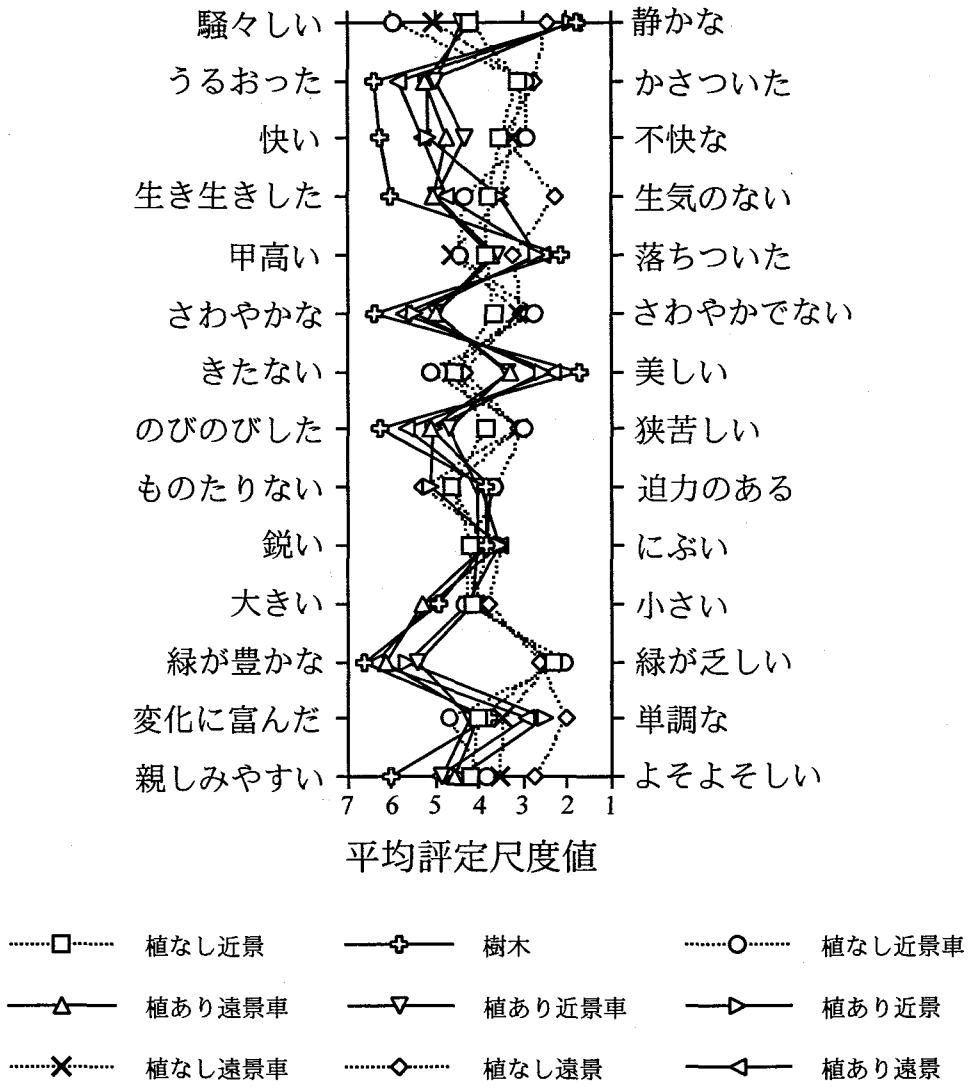


図3.8 (b)　実験2「(B)映像のみ条件」平均評定尺度値

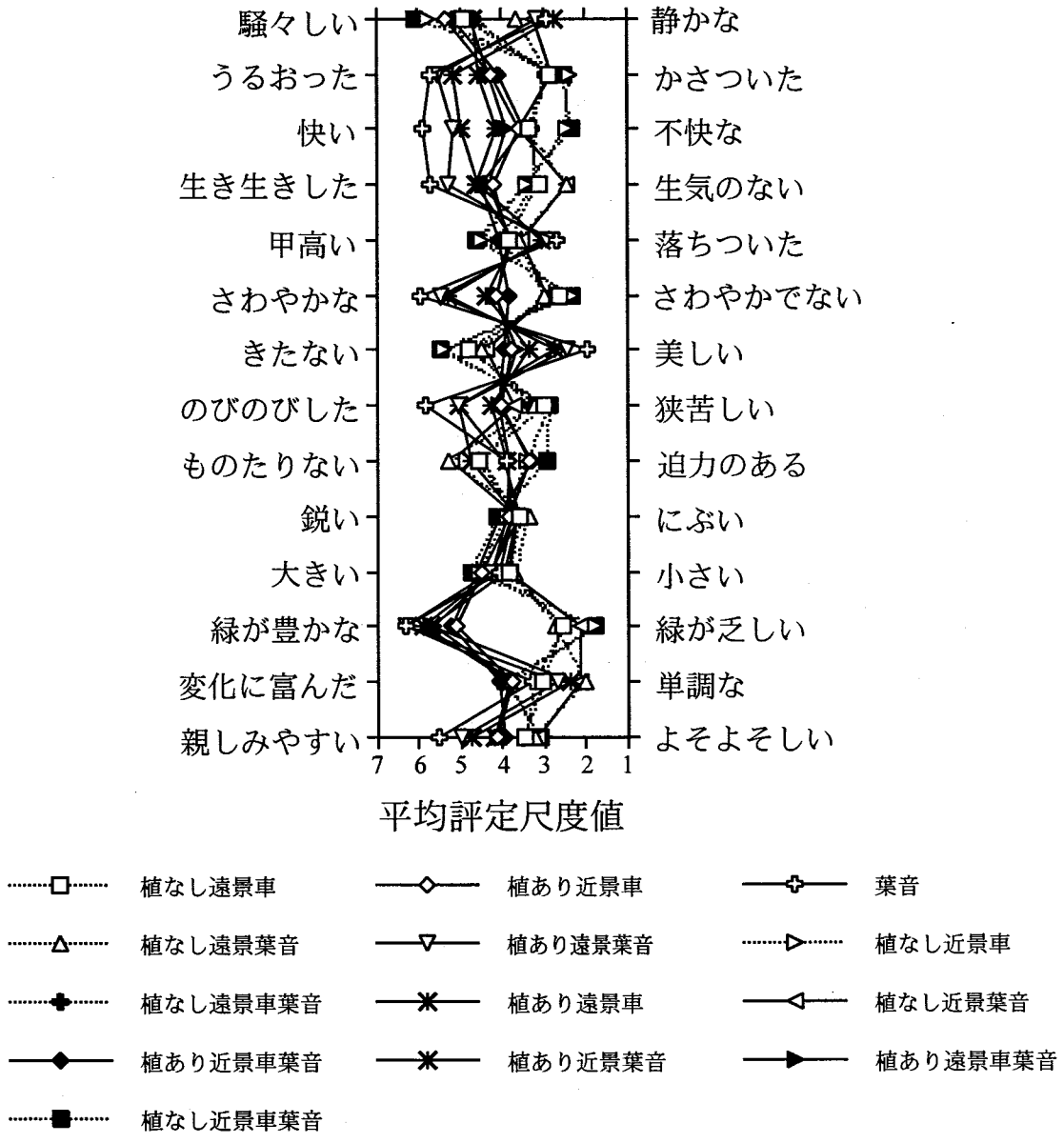


図3.8(c)　実験２「(C)映像のみ条件」平均評定尺度値

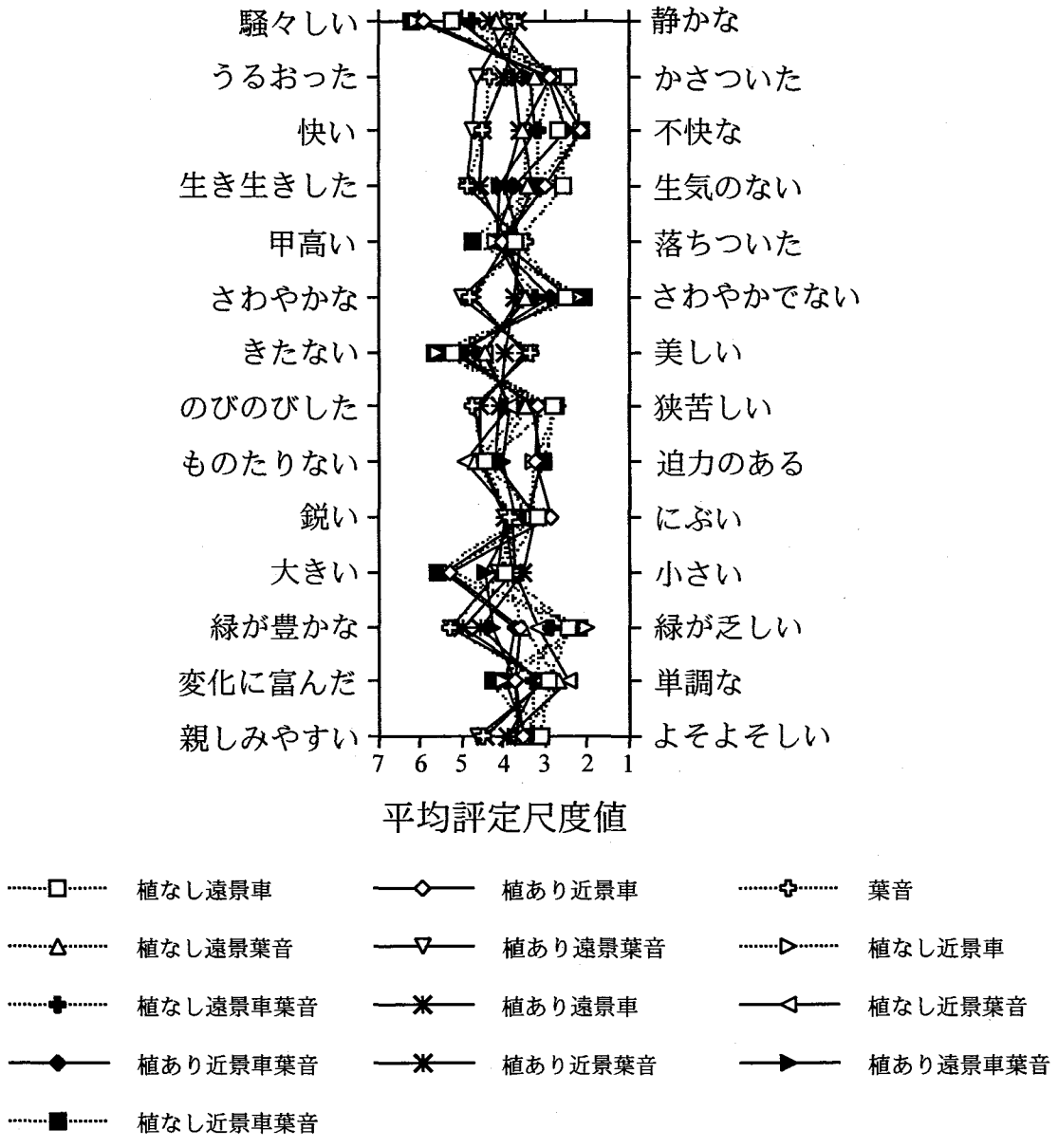


図3.8 (d)　実験２「(D)音＋映像（音のみ評定）条件」平均評定尺度値

条件(近景植栽あり:(F(1, 1357)=287.87, p<.001), 遠景植栽あり:(F(1, 1357)=401.03, p<.001), 近景植栽なし:(F(1, 1357)=18.53, p<.001), 遠景植栽なし:(F(1, 1358)=15.35, p<.001))と、評定尺度条件に有意差が認められた。特に植栽あり条件の2パタンのF値が高く、景観の構成要素に植栽が存在する場合、快さを伴う方向に大きく変化することを示していると考えられる。

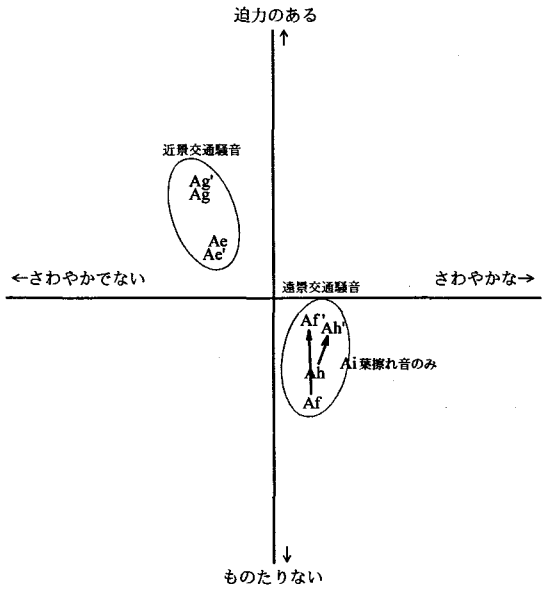
2）因子分析結果

1)では各尺度対ごとに評定傾向を検討したが、ここでは全体の評定データから提示条件間でどれだけの評定差があるかを詳細にみるため、全被験者の評定データを繰り返しとみなして、評定尺度を変量とした主因子法による因子分析を行った。因子は相関行列の固有値が1.0以上を採用した。その結果、2因子が抽出された。表3.7はVarimax回転後の因子負荷量を示している。第1因子の固有値は6.2、寄与率は43.5%、第2因子の固有値は1.6、寄与率は12.4%であった。第1因子は「さわやかな - さわやかでない」「きたない - 美しい」などの因子負荷量が高く、“美的因子”と解釈した。第2因子は「ものたりない - 迫力のある」「大きい - 小さい」などの因子負荷量が高く、“迫力因子”と解釈した。

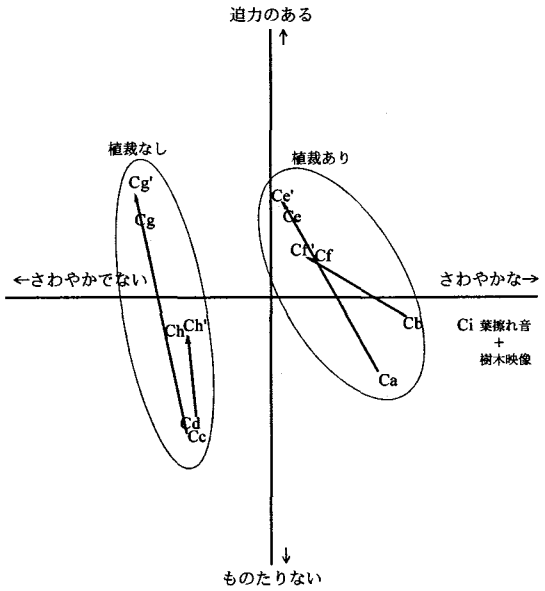
次に、4提示条件において、植栽の有無・葉擦れ音の有無・通過交通の有無・遠景／近景などの刺激条件による評定差を視覚的に概観するため、各刺激ごとに算出した全被験者の因子得点を平均し、その値を2軸平面に布置した。図3.9に実験2の因子得点布置図を示す。4条件ともに、横軸が美的因子、縦軸が迫力因子を示し、被験者の全データから得られた各因子中で因子負荷量が最も高い評定尺度対を代表して付記した。ただし迫力因子に関しては「迫力のある - 物足りない」という表記があるが、実質的には「大きい - 小さい」の意味に代表されるような、ニュートラルな印象で捉えるのが妥当と考えられる。(A)「音のみ」は、“近景交通騒音”と“遠景交通騒音”の違いで布置が分離している。これは、音源の種類によらず、音刺激の提示レベルの違いによって評定に差があることを示している。また、近景（4刺激）が遠景（4刺激）と葉擦れ音に比べて迫力因子得点が高くなっている。この原因も音刺激の提示レベルの違いによって生じたものと考えられる。葉擦れ音の重畳による評定変化は、遠景交通騒音（2刺激）で迫力因子得点が増加し、近景交通騒音（2刺激）では変化はみられなかった。(B)「映像のみ」は、植栽の有無で布置が大きく分離しており、植栽情報が景観の美的評価に大きく影響を及ぼすことがわかる。また、同一の景観条件内では、動画に通過

表3.6　実験2の因子分析結果(Varimax 回転後)

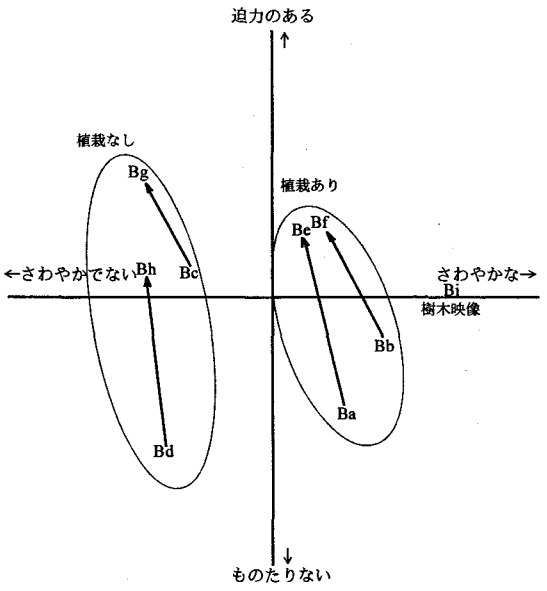
表現語	1	2
さわやかな—さわやかでない	**0.908**	-0.087
きたない—美しい	**-0.873**	0.175
快い—不快な	**0.871**	-0.207
うるおった—かさついた	**0.841**	0.005
のびのびした—狭苦しい	**0.832**	-0.017
緑が豊かな—緑が乏しい	**0.816**	0.015
親しみやすい—よそよそしい	**0.766**	0.073
生き生きした—生気のない	**0.699**	0.350
騒々しい—静かな	**-0.581**	0.578
甲高い—落ちついた	**-0.478**	0.384
ものたりない—迫力のある	0.087	**-0.688**
変化に富んだ—単調な	0.089	**0.558**
大きい—小さい	-0.078	**0.481**
鋭い—にぶい	0.157	**0.228**
寄与率（%）	43.5	12.4



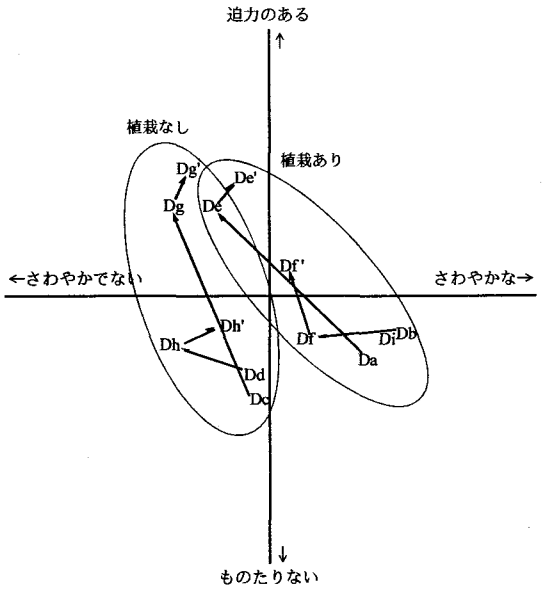
(A)音のみ提示（9種類）
【始点：騒音、終点：騒音＋葉擦れ音】



(C)音＋視覚提示（13種類）
【始点＝通過交通なし＋葉音、途中＝通過交通あり＋騒音、
終点＝通過交通あり＋騒音＋葉音)】



(B)視覚のみ提示（9種類）
【始点：通過交通なし、終点：通過交通あり】



(D)音＋視覚提示（13種類）
【始点＝通過交通なし＋葉音、途中＝通過交通あり＋騒音、
終点＝通過交通あり＋騒音＋葉音)】

図3.9　実験2の因子得点布置図

交通が加わると、迫力のある評定に変化している。ただし、通過交通が付加しても美的評定に大きな変化はみられなかった。(C)「音＋映像」は、(B)「映像のみ」と類似し、植栽の有無で布置が分離している。(B)「映像のみ」に道路交通騒音や葉擦れ音が加えられた条件が(C)「音＋映像」の評定結果と考えることもできるため、植栽の存在が道路交通騒音の不快感を大きく緩和することを示す結果と解釈することもできる。しかしながら、葉擦れ音重畳による評定の変化はほとんどみられなかった。(D)「音＋映像提示（音のみ評定）」は、同提示条件の(C)「音＋映像」に比べて植栽の有無による布置差が減少している。これは評定対象が不快と考えられる道路交通騒音に移行したことに起因するものと考えられる。ただし、同評定条件の(A)「音のみ」に比べ、植栽のイメージが音の印象にも影響を及ぼすために、(A)と同じ音刺激を評定しても快い印象をもつことがわかる。道路交通騒音に葉擦れ音を重畳した場合の評定結果についても、(A)に比べて不快感の増加する程度は少ないことがわかった。

３）各提示条件内における沿道景観４パタンの分析結果

各提示条件内での沿道景観4パタンの評定の差を検討するために、4パタンの全評定データ（近景植栽あり・遠景植栽あり・近景植栽なし・遠景植栽なし）を対象に、図3.9を詳細に確認した。その結果、提示映像の中に植栽が含まれると、沿道景観の構図によらず、美的関連の評定が快い方向に高くなっている。この結果は、視覚情報から得られる植栽要素の存在が景観の美的評価に大きく影響を及ぼすことを示しており、2)の分析結果にも類似している。

４）通過交通がもたらす視覚的喧騒感

(B)「映像のみ」について、通過交通の違いによる評定の差を検討するために、図3.9を詳細に確認した。その結果、植栽の有無によらず、画像中に通過交通が存在すれば印象が不快な方向へ変化することがわかる。「映像のみ」の提示条件は、音刺激が提示されないにもかかわらず、景観中に通過交通の要素が含まれると、喧騒感を誘発することが確認された。田村[4]は、場の喧騒感が、視覚的喧騒感と聴覚的喧騒感の平均化によって決まる実験結果を示しており、通過交通という視覚的喧騒感を引き起こす要素が映像中に存在するとき、場の喧騒感が上昇することが実験２から改めて確認された。このことからも、騒音の不快感を低減するためには、騒音そのものの改善だけでなく、景観中に存在する通過交通の景観状況を積極的に改良するアプローチも有効なことが、本実験結果から示された。

5）葉擦れ音重畳による道路交通騒音の不快感緩和効果

(A)「音のみ」, (C)「音＋映像」, (D)「音＋映像提示（音のみ評定）」の沿道景観4パタンにおける葉擦れ音重畳による評定差を検討するために、図3.9を詳細に確認した。

その結果、(A)「音のみ」では、交通騒音の提示レベルが小さい遠景条件では、交通騒音に葉擦れ音が重畳されることで提示レベルの増加が大きく感じられ、迫力のある方向へ変化することがわかった。また、提示レベルが大きい近景条件では、交通騒音と葉擦れ音の提示レベルがほぼ同一であることからも、葉擦れ音の重畳による違いはほとんど認められなかった。(C)「音＋映像」では、道路交通騒音の評定は葉擦れ音を重畳してもほとんど変化しないことがわかった。(D)「音＋映像提示（音のみ評定）」においても、葉擦れ音の重畳による道路交通騒音の印象変化はほとんど認められなかった。

以上の結果から、道路交通騒音に樹木葉擦れ音を重畳しても、視覚刺激に植栽が存在すれば評定差はほとんど現れず、葉擦れ音の重畳による道路交通騒音のマスキング効果は確認されなかった。この原因として、葉擦れ音がクスノキの1種類であり、提示レベルも55dB(A)と比較的高かかったため、上記の結果が得られたとも考えられる。

さらに、自然音としてマスキング効果の可能性が考えられる水音と比較すると、葉擦れ音は水音に比べて、音圧レベルの変動幅が大きく安定性に欠ける傾向があり、マスキング効果が十分に発揮されなかった可能性が考えられる。

6）緑のイメージ付与による交通騒音の印象変化

音のみを評定する条件の(A)「音のみを評定」と(C)「音＋映像提示後、音のみを再提示し音のみを評定」について、植栽の含まれた景観の事前提示の有無による交通騒音の評定差の検討をするため、図3.10に植栽あり条件における景観条件別「快い - 不快な」評定尺度値の一覧を示した。植栽の存在する景観を事前に提示することは、植栽景観の直接的な視覚情報の影響を受ける評定ではなく、映像情報から形成される「緑のイメージ」に影響を受けて音の評定を行うことを意味している。その結果、すべての条件で、植栽あり映像の事前提示があれば、交通騒音の不快感が減少することが示された。特に遠景条件の場合と葉擦れ音が重畳している場合に、共通して騒音の不快感が減少している。これは、植栽が存在する情報から形成される「緑のイメージ」によって、不快感の程度が抑えられることを示唆しており、夜間緑が見えない状態や、住居内で緑が直接視認されない条件であっても、緑の存在が住民の認識として定着していれば、交通騒音の不快感が少しでも緩和されることを示している。こうしたことか

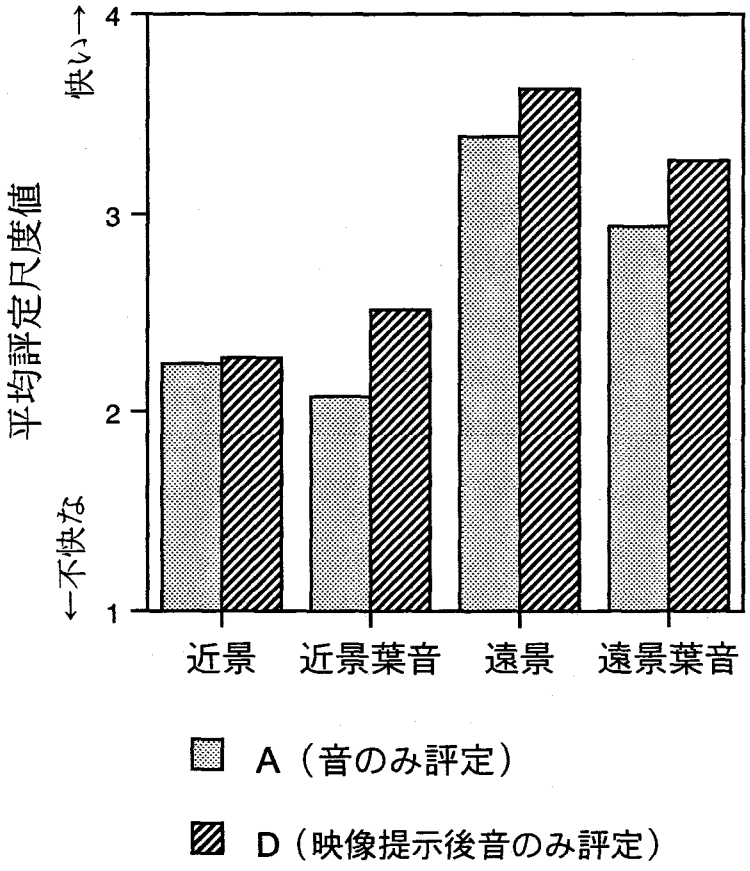


図3.10　植栽あり条件における景観条件別「快い - 不快な」評定尺度値

ら、特に遠景領域における植栽計画において、住民に緑の存在が十分に認識されるような方針を盛り込む必要があると考えられる。

３．４　第３章のまとめ

本章では、樹木や沿道景観を用いて視聴覚相互作用に関する２種類の心理実験を行い、検討した。その成果を以下に要約する。

（１）実験１において、葉擦れ音のみの提示条件では、被験者は共通して不快な評定を行うが、映像の付加により美的関連の評定が快の方向へ変化することがわかった。各提示条件内における評定差は、音を評定する「音のみ」と「音＋映像（音のみ評定）」で大きな変化が現れた。この原因は音刺激の提示レベルの違いや周波数成分の違いであることが推測される。一方で「映像のみ」と「音＋映像」では大きな違いが認められなかった。この原因として、音源よりも視覚情報が与える緑のイメージが被験者に強く喚起され、評定に作用したものと考えられる。よって音源特定が困難かつ良いイメージを与える樹木葉擦れ音の美的評価を高めるには、樹木の音源情報の提示が必要である。

（２）実験２において、道路交通騒音のみを提示した場合、被験者は不快な評定を行うが、植栽が存在する映像を付加することで美的関連尺度が快い方向へ大幅に変化し、植栽による道路交通騒音の不快感緩和効果が確認された。「音のみ」では提示レベルの違いによる評定差が現れ、「映像のみ」や「音＋映像」では、植栽の有無によって評定差が現れることを確認した。さらに、遠景／近景の構図条件に関わらず、植栽が存在することで沿道空間の美的印象が大きく形成されることも示され、植栽の視覚情報の影響が改めて確認された。

（３）実験２において、葉擦れ音の重畳による道路交通騒音の不快感緩和効果は確認されず、植栽の視覚情報の影響が大きいことがわかった。また、音の提示レベルや構図条件の違いによらず、画像中に植栽が存在すると、道路交通の視覚的喧騒感と聴覚的喧騒感の双方を緩和することも示された。よって、沿道空間で道路交通騒音の不快感を低減するためには、植栽のもつ視覚的効果を十分に生かした植栽計画を行う必要がある。

（４）２つの実験に共通した特徴は、美的関連尺度値が、(A)「音のみ」→(D)「音＋映像（音のみ評定）」→(C)「音＋映像」→(B)「映像のみ」の順に快い方向に増加していることである。この方向は騒音に対する注意が減少し、植栽の含まれる映像に対する注意が増加する順であり、被験者の視覚と聴覚に対する注意配分が変化することで生じると考えられる。また、(A)「音のみ」と(D)「音＋映像（音のみ評定）」では、両方とも同じ音を評定しているにもかかわらず、(D)の方が快い評定を行っており、視覚刺激の影響を間接的に受けていることを意味している。この提示条件は屋内で聴取される環境音の評定を想定しており、環境の視覚イメージ（ここでは緑のイメージ）に道路交通騒音の評定が影響される可能性を示す結果である。言い換えれば、樹木の含まれる映像から形成される直接的な視覚情報だけでなく、樹木の存在から形成される緑のイメージによって、騒音の不快感が緩和される可能性があると考えられる。

第３章の参考文献

1) 難波精一郎, 桑野園子, 音の評価のための心理学的測定法 (コロナ社, 東京, 1998).
2) 安倍幸治, 小澤賢司, 鈴木陽一, 曽根敏夫, “言語による音源情報の予知が環境音の知覚に与える影響,” 音響学会誌55, 697-706(1999).
3) 宮川雅充, 鈴木真一, 青野正二, 高木興一, “視覚情報が種々の環境音の印象に与える影響について,” 音響学会誌56, 427-436(2000).
4) 田村明弘, “場の喧噪感に及ぼす緑の効果,” 空気調和・衛生工学第68巻11号, 31-39 (1994).

第４章　葉擦れ音を効果的に活用するための適用条件

本章では、葉擦れ音を活かした沿道植栽計画の基本的な考え方を示し、既存の沿道植栽計画や景観計画の内容をふまえながら、植栽を利用した沿道空間の質的向上に資するための提案を行う。

４．１　葉擦れ音を活用した沿道植栽計画

４．１．１　葉擦れ音を効果的に活用するための適用条件

１）植栽と受音点の位置条件

葉擦れ音重畳による道路交通騒音のマスキング試算から、葉擦れ音の影響範囲を考慮した植栽と受音点の位置条件を第２章で検討した。その結果、道路端から1m の受音点では交通騒音のレベルが74.5dB(A)と高くマスキング量は僅少であったが、道路端から40m になると55.5dB(A)に減衰するため、マスキングが生じる可能性がある。また、40m の受音点では、5m 離れた樹木が発生する葉擦れ音だけでなく、30m 離れた葉擦れ音であっても、マスキングが僅かながら生じる可能性があることも推測された。しかしながら、葉擦れ音のみで道路交通騒音を十分にマスキングすることは困難であることに変わりはない。三沢が「樹木葉擦れ音は騒音発生源から離れた場所で心理的効果を発揮する」[1]と述べているように、視覚的情報による緑の良いイメージの形成を考慮しつつ、沿道から離れた住居近辺等の敷地内の植栽計画を十分に踏まえながら、居住地に近い場所で葉擦れ音が効果的に発生するような植栽計画を行うことが望ましいと思われる。

２）沿道構造を考慮した植樹帯条件

植樹帯の幅員については、住居専用地域などの良好な生活環境の確保が必要な幹線道路区間であっても「縁石等の外側線間1.5ｍを標準とする」との規定があり[2]、一列程度で配植された樹木から発生する葉擦れ音では、道路交通からの位置関係が近いことも含めて、十分なマスキング量はほとんど期待できないと考えられる。ただし10ｍの環境施設帯（幹線道路沿道で生活環境保全を目的とする緑地）では、幅３ｍ以上の用地を、20ｍの環境施設帯では幅７ｍ以上の用地を植栽用に確保することが望まれて

いるため[2]、歩道などの受音点側に葉擦れ音の鳴りやすい樹種をまとめて植樹するなどの工夫を行えば、条件によっては葉擦れ音を用いた騒音のマスキングが生じる可能性がある。

3）風速条件

第2章の葉擦れ音の物理測定において、3樹種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク）を対象に葉擦れ音$L_{Aeq,10min}$と風速値Vとの関係を調べた結果、風速の増加に伴って葉擦れ音レベルの上昇が確かめられた。回帰式をもとに50dB(A)の葉擦れ音が発生するときの風速値Vを算出すると、ポプラで0.46m/s、クスノキで0.43m/s、モウソウチクで1.40m/sとなり、葉擦れ音が55dB(A)では、ポプラで1.19m/s、クスノキで0.96m/s、モウソウチクで2.24m/sとなった。マスキング試算で用いた葉擦れ音サンプルのレベルは55dB(A)程度であり、風速が1～2m/s程度の見込みがあれば、葉擦れ音によるマスキング量を引き出せる可能性があると考えられる。この値は、全国の平均風速が3～4m/sと照らし合わせると[3]、適応可能な数値である。また、一日の風速値変化については、大阪市の地上風データの統計解析をもとにした陸海風の算出結果をみると、午前10時～午後8時を中心に海風が内陸部まで侵入している[4]。この時間帯は人の活動等によって環境騒音レベルが上昇する時期と重なるため、葉擦れ音による交通騒音マスキングの可能性があると考えられる。また、夜間においては昼間に比べて風速値が減少し、葉擦れ音の発生が少ないものと考えられる。ただし、夜間の環境騒音レベルは昼間よりも減少するために、葉擦れ音の発生が低下しても、大きな損失にはならないものと考えられる。このように、風速条件の違いによる葉擦れ音のマスキング効果の大小は、時間帯によって変化する可能性がある。

4）季節条件

季節による植栽の形態変化、つまり、落葉樹と常緑樹の違いによる葉擦れ音のマスキングについては、葉擦れ音の安定発生のためには樹冠全体がまとまって落葉しない常緑樹を用いるのが有効である。しかしながら、植栽適温帯の気温が低い土地適性条件地域や、冬季に日差しの確保が必要な地域では、樹種選定が落葉樹に限定されることがある。そうした場合、落葉時には葉擦れ音が発生しないので、季節を通して葉擦れ音を発生させるには、常緑樹と落葉樹の併用を考慮する必要がある。涼味を感じることが望まれる夏季には、落葉樹は豊かな陰樹を提供し、冬には落葉して暖かい陽射しを確保することが可能である。また、冬季には、常緑樹が発生する荒涼な葉擦れ音

を避ける必要のある場合、落葉樹を積極的に導入することが望ましいこともある。一方で、植栽による通過交通の視覚的な遮蔽機能が要求される沿道付近では、常緑樹を使用することが望ましい場合もあり、場所条件を見合わせて、常緑樹と落葉樹を効果的に植栽する工夫が求められよう。

４．１．２　葉擦れ音のマスキング効果を活かす樹種選定

山本[5]によると、街路樹の樹種選定には「土地適性」「空間適性」「施工適性」「管理適性」の４項目を満たす必要があると指摘している。ここでは４つの選定条件に加え、聴覚的側面に配慮した植栽計画に資するため、音圧レベルの高い葉擦れ音を発生する樹種や葉擦れ音の発生頻度、さらに葉擦れ音の音色に配慮した樹種の選定を検討する。

まず、葉擦れ音の音圧レベルの高い樹種は、ポプラ（レベル平均値＝55.5dB(A)）、クスノキ（レベル平均値＝54.4dB(A)）、ケヤキ（レベル平均値＝53.3dB(A)）、シラカシ（レベル平均値＝52.0dB(A)）が挙げられる。これらの樹種葉擦れ音は、比較的高い音圧レベルで葉擦れ音の及ぶ範囲も広い。特にポプラは葉面積が広く安定した受風構造をもつために受風感度が高く、葉擦れ音レベルも比較的高いために、定常的なマスキング効果が必要な道路交通騒音源に近い沿道地域に適していると考えられる。逆に、交通騒音レベルが低く静穏の確保が必要な場合には、モウソウチク（レベル平均値＝49.0dBA）等の、低いレベルの葉擦れ音を発生する樹種の選定が望ましいと考えられる。

音色に配慮した樹種選定については、実験１と２の結果から、樹木の映像情報が与えられない場合は音そのものに意識が向けられやすくなり、音色への特段の配慮が望まれる。特に実験１の結果から「快い - 不快な」評定を詳細に考察すると、音源が同等の提示レベルである場合、1,000Hz以上の周波数成分を多く含む樹種（クスノキ・モウソウチク・ポプラ）は不快な印象を誘発する可能性もあり、そうした樹種の配植を計画する場合、音源が明確に特定されやすい視景観の検討を行う必要があると考えられる。

４．１．３　葉擦れ音のマスキング効果を活かす植栽剪定

2.3.3で、比較的音圧レベルの高い葉擦れ音を発生させる樹種の特徴は、葉柄が長く、緑量が多く、平面上の葉の空隙率が高い傾向があることを指摘したが、ここでは

空隙率と植栽剪定の関わりに着目し、効果的に葉擦れ音を発生させるための方法を模索した。測定樹種の中で空隙率の高い樹種は、ポプラ（36.8%）とクスノキ（27.7%）であり、他の樹種形状の物理特性の要因はあるものの、両樹種ともに葉擦れ音レベルが高い値となっている。こうしたことから、葉擦れ音を効果的に発生させるための要因の一つとして、空隙率の高い樹種形状を剪定の際、人工的に形成することが考えられる。

街路樹の剪定は大きく分けて夏期剪定と冬期剪定がある[6]。夏期剪定（整姿剪定）は、樹の姿を整える目的で行われる弱めの剪定である。対象となる枝は、本年の春から伸びた枝の先端部分や樹冠の内部で混みすぎた伸びのよい新梢であり、樹冠の乱れを整えるとともに、台風対策としても行われている[6]。また、冬期剪定（整枝剪定）は根系の負担緩和のために樹勢を殺ぎ、樹形の骨格をつくる目的で行われる強めの剪定である。空隙率に直接関係するのは夏期剪定であり、葉擦れ音を効果的に発生させるためには、適切な空隙率を確保する剪定方法が望まれる。具体的には、樹冠内の風通しを良好にする空隙率（30%前後）を作り出し、葉と葉が微妙に擦れ合うような枝葉の粗密状態を保つ剪定が有効と考えられる。

また、景観向上や陰樹形成を主要な機能とする街路樹（並木）では、統一的樹形の形成や枝下空間を確保するための切り詰め剪定を必要とする。具体的には、高木の枝下高を2.5 m以上にすれば歩行者等の目線を遮ることがなくなり、閉鎖感を解消できるとの記述がある[6]。しかしながら、樹冠の枝下部分を多く剪定すると、受音点の近い場所で葉擦れ音の発生頻度が少なくなり、マスキングも減少すると考えられる。さらに、枝下部分における過度の枝葉剪定によって樹木のもつ遮音効果が減少する可能性もある。そこで、住居内に配植される庭木等の植栽に着目すると、そうした植栽は道路緑化規格に限定されることが少ないために、枝下部分の枝葉を残存させる剪定方法も有効と考えられる。図4.1に葉擦れ音の発生に効果的な空隙率をもつ高木の提案図を、図4.2に葉擦れ音の発生に効果的な枝下部分をもつ高木の提案図を示す。

さらに街路樹の良好な景観形成のあり方について、田中[7]は、シルエットによる100種類の樹木パタンから、好悪感に関する印象評定実験を行い、葉形がシルエットに反映し端整な樹形を示している樹木が好まれ、特徴のない樹木は評価が低いという結果を得た。このような傾向を踏まえて、樹木のもつ潜在的な視聴覚効果を発揮させるような剪定方法が望まれる。

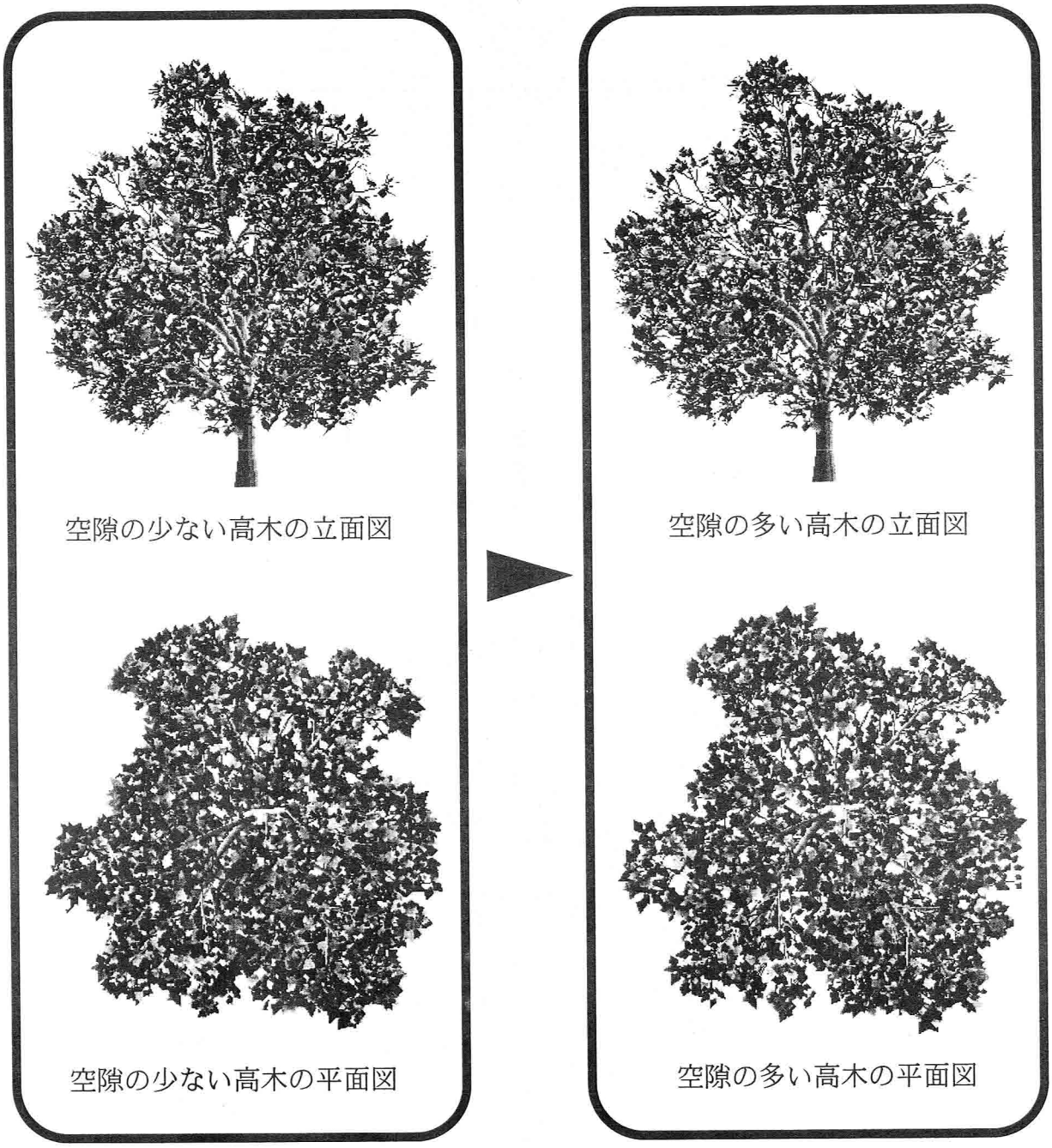
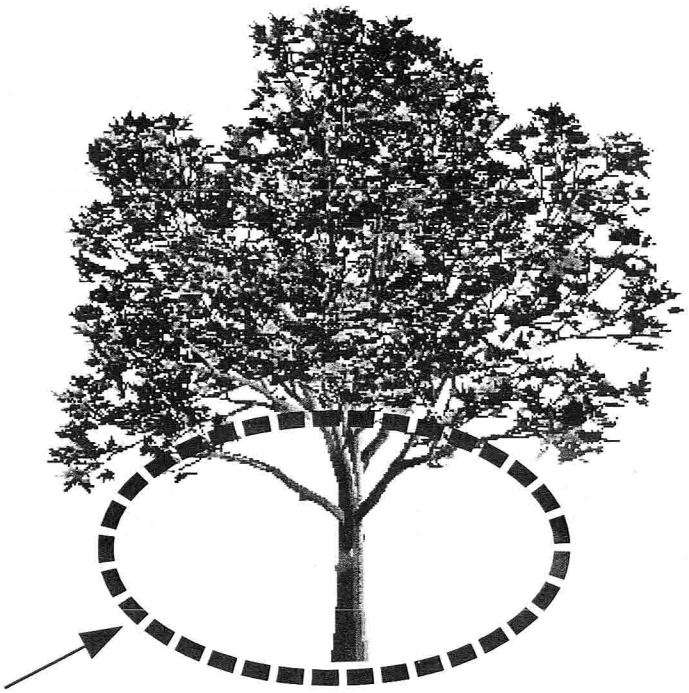
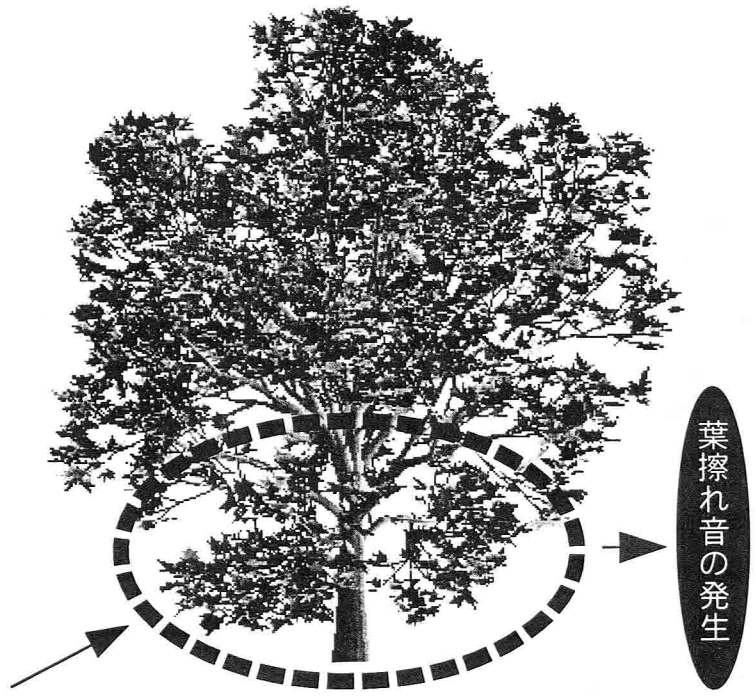


図４．１　葉擦れ音の発生に効果的な空隙率をもつ高木の提案図

樹木作成ソフト Tree Professional (Onyx Computing, Inc.) で出力。
クスノキの形状をアルゴリズムに設定し作成を行った。



枝下部分を伐採した高木の立面図（街路樹の規格に準拠）



枝下部分を伐採しない高木の立面図（街路樹以外の住居周辺の植栽に応用）

図４．２　葉擦れ音の発生に効果的な枝下部分をもつ高木の提案図

樹木作成ソフト Tree Professional (Onyx Computing, Inc.）で出力。
クスノキの形状をアルゴリズムに設定し作成を行った。

4．2　景観に配慮した沿道植栽計画

4．2．1　葉擦れ音を活かすための景観条件

音源の特定が難しい樹木葉擦れ音は、音のみを単独提示するだけでは良い音として認知されず、被験者は不快な印象を持つことが実験1の結果から示された。そして、樹木動画映像の付加により樹木葉擦れ音の不快な印象が改善されることも示された。以上の結果から、音環境の評価は景観情報の影響を直接的／間接的に受けるため、良い視覚イメージの形成を与える植栽計画が必要である。都市空間のイメージ形成に関して「都市空間の全体像は、部分的で具体的な経験に基づく視覚情報が記憶・蓄積された上で心的に一つにまとめられる」という記述があり[8]、景観の眺望が難しい場所や時間帯であっても、居住環境周辺に緑が多く存在すれば、日常の景観体験から得られる緑の環境イメージが形成される度合いが高まり、視覚をはじめとした環境体験が総合的に向上する可能性がある。つまり、緑の視覚環境が視認されない場合でも、あらかじめ経験された緑の環境イメージが強く存在すれば、環境音評価に良い影響を及ぼす可能性が高くなるものと考えられる。

4．2．2　緑のゾーニング計画

実験2から、十分な緑量の確保があれば、遠景／近景の景観条件双方で、植栽の視覚効果による道路交通騒音の不快感緩和効果が確かめられた。そして、植栽の存在によって、道路交通の視覚的喧騒感と聴覚的喧騒感の緩和効果も遠景／近景の双方で確かめられたため、沿道空間や居住地空間などの局所的で微視的な場所での植栽計画とともに、対象地域全体の広範囲にわたった巨視的な植栽のゾーニング計画の充実が有効であると考えられる。そして、近景域から遠景域にまたがる連続的な植栽計画が、対象地域の音／視覚環境の質的向上につながると考えられる。

近景域については、植栽の面的配植の充実を図り、沿道周辺部では植栽の垂直方向の配植の検討が必要であろう。交通量が多く騒音レベルが高い場所はもとより、それ以外の場所であっても、葉擦れ音による道路交通騒音のマスキング量は僅少だったため、植栽によって道路交通の視覚的喧騒感を緩和させる方向が一義的に有効である。一例としては、高木・中木・低木の各樹木層に分けて配植を行い、各層で各目的に応じて樹木の役割を明確に分けることが望まれる。高木層（樹高3m 以上）では葉擦れ

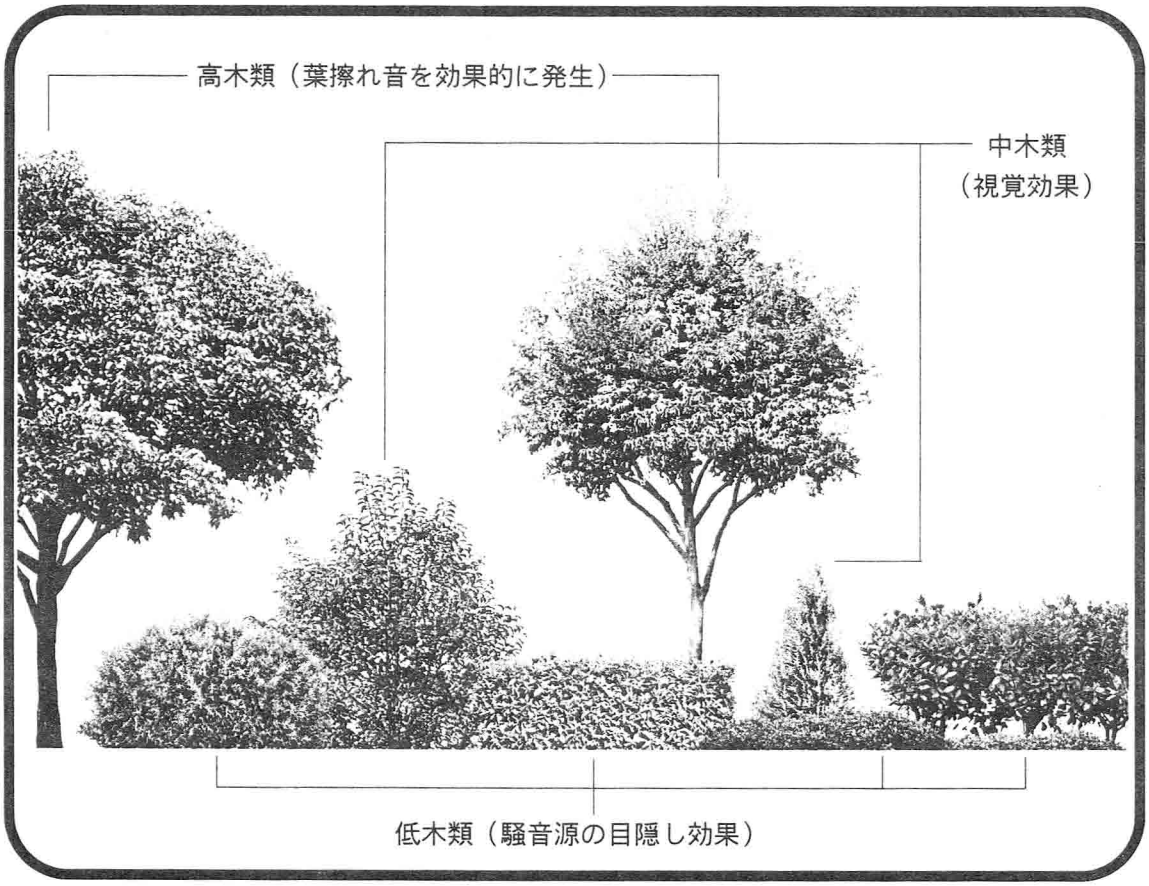


図４．３　近景域における植栽計画の提案図

音が発生しやすい植栽を配置し、中木層（樹高1～3m未満）では視覚的に最も目立つ高さ（人の目に最も近い高さ）であるため、緑量が十分確保して視覚効果を高めるような植栽を配置し、低木層（樹高1m以下）では騒音源である通過交通の遮蔽（目隠し）効果を高め、騒音の視覚的な不快感が減少されるような植栽の配置が望まれる。図4.3に近景域における植栽配植の提案図を示す。

遠景域については先述のとおり、連続した配植計画により景観の質的向上を図ることが有効であろう。その一例として、緑地のネットワークづくりを提案したい。これは、居住緑地と沿道部の環境施設帯を連接する方法で、従来、環境施設帯（バッファゾーン）は、道路の付属施設として定義されていたが、広大な面積を確保しているこの施設帯を、むしろ沿道住宅側の緑地として捉えることによって、その効用の多様性を有利に展開できると考えられる。具体的には、沿道地域に点的に存在する都市公園や緑地を、このバッファゾーンの緑を利用して系統的にネットワーク化させることが可能である。竹市ら[9]は、関越自動車道（埼玉県鶴ヶ島市）に設置された環境施設帯が鳥類の生育空間の一部となっていることを報告しており、緑量が確保された植栽には葉擦れ音を発生する機能を有するだけでなく、鳥の声などの複合的な自然音発生効果が期待され、アメニティの質的向上に貢献するものと思われる。そして、沿道植栽や環境施設帯だけでなく、住宅の庭やベランダの植栽などの住民の生活空間に身近に触れる緑も、緑地と連鎖的に繋ぐ緑のネットワークのひとつとして組み込み、聴覚と視覚景観を質的に向上することが望まれる。

４．２．３　街路樹の緑量条件

金炳ら[10]は、緑化と音に着目した居住環境のアメニティ向上手法についての調査を行い、道路から見える沿道部の緑量を増加させることが居住環境のアメニティの向上につながることを論じ、緑量が多い地区ほど住民は道路空間に親密さを感じ自然音もよく聞こえると報告している。しかしながら、一定の緑量を超えた配植状況になると不快感が発生する可能性があるために、街路樹の適切な緑量の程度を、垂直方向と水平方向に分けて検討する。

垂直方向状況について、田村ら[11]は、歩車道境界に設置する低～中木類の植樹帯の好ましい高さを調べるための実験を行った。その結果、静けさ等の緑の効果を保持し、圧迫感を与えない高さは0.5～1.5m程度であり、提示景観の場面ごとに最適な高さは

若干異なるものの、空間の広がりを重視する場合は低めに、空間の静けさを重視する場合には高めに植栽計画を行うことが望ましいと考察している。また、水平方向状況について、平手ら[12]は、高木類の植樹帯の最適植樹間隔を調べるための実験を行った。その結果、一定の樹高では樹種間に差はなく、樹高6mの樹木の最適植樹間隔は9～19mの範囲で、10mを若干越える付近にあることを示した。

次に、街路樹の季節変化に伴う緑量変化について検討する。高野[13]は住区内街路を対象に緑視状況に関する実験を行い、緑量の多い夏季だけでなく、落葉後の樹木も街路景観体験評価に大きな影響を及ぼすことを示した。

また、松浦ら[14]は、樹種や季節の違いによる街路景観に関する実験を行い、秋の紅葉が全景観中で美的評価が最も高い反面、緑量の違いだけで好みを知るのが困難であることを示した。これらの結果から、景観形成の際に樹木のもつ質的側面を考慮すると、一定の緑量が確保される常緑樹だけでなく、季節ごとに葉の形態が変化する落葉樹の景観形成効果の重要性も認識した植栽計画の実施が望まれる。

４．３　第４章のまとめ

本章では、樹木葉擦れ音を効果的に活用するための検討を行った。その成果を以下に要約する。

（１）葉擦れ音を活用するための適用条件として、面的広がりのある植栽計画を行う必要性を述べた。季節条件については、常緑樹と落葉樹を効果的に植栽する工夫が求められる。道路近接地域では葉擦れ音を定常的に発生させる樹種を、静穏の確保が求められる地域では低いレベルの葉擦れ音を発生させる樹種の選定が望ましいと考えられる。また樹冠剪定の際には、適切な空隙率を保つことが有効なことを提案した。

（２）音環境評価は景観情報の影響を受けるため、良い視覚イメージの形成につながる植栽計画、つまり、近景域から遠景域にかけて連続的に植栽を配置することにより、対象地域の音／視覚環境の質的向上につながると考えられる。また、季節ごとに葉の形態が変化する落葉樹も変化のある景観形成効果をもたらすことを提案した。

第４章の参考文献

1) 三沢彰，”沿道空間における環境緑地帯の構造に関する基礎的研究，”千葉大学園学報第30号，87-174 (1982).

2) 日本道路協会，道路緑化技術基準・同解説書 (丸善，東京，1989).

3) 日本気象協会，気象年鑑1999年版，大蔵省印刷局発行 (1999).

4) 江口恒夫，“大阪市の海陸風について - 地上風データの統計解析 -，” 天気24, 23-30 (1977).

5) 山本紀久，街路樹 (技法堂出版，東京都，1998).

6) 中島宏監修，道路緑化ハンドブック (山海堂，東京，1999).

7) 田中平八，“樹木パターンに対する好悪感と分類の試み - 樹木イメージの探索的研究 -，”総合都市研究第67号，79-94 (1998).

8) 篠原修編，景観用語辞典 (彰国社，東京，1998).

9) 竹市幸恵，有田一郎，“沿道生態環境復元のための鳥類検査，”生態計画研究所年報(1), 生態計画研究所 (1992).

10) 金炳哲，藤本一寿，中村洋，“緑と音を基調にした住宅地の居住環境のアメニティ向上の手法，”日本建築学会計画系論文集第458号，35-42 (1994).

11) 田村明弘，大塚弘之，”都市における緑の心理的効果，”日本騒音制御工学会誌13(5), 12-16 (1989).

12) 平手小太郎，安岡正人，“街路樹のある都市街路景観の評価に関する研究 - 白黒合成スライド写真による実験的研究 -，”日本建築学会計画系論文集第362号，35-42 (1986).

13) 高野歩,“住区内街路における緑視状況に関する研究,”ランドスケープ研究59（5），157-164 (1996).

14) 松浦立，永山知見，山田由紀子，“街路景観における樹木の視覚的効果―樹種，季節の相違が主観的評価に与える影響,”日本建築学会大会学術講演梗概集, 797-798 (1999).

第５章　沿道植栽計画のケーススタディ

本章では、既存の景観計画や環境影響評価の内容を検討し、植栽を利用した沿道空間の質的向上に資するための提案を行う。続いて「水と緑の健康都市（大阪府箕面市止々呂美地区）」を沿道植栽計画のケーススタディとして取り上げ、本提案を具体的な対象地域に導入する場合の方策の検討を行う。

５．１　景観領域に係わる環境影響評価法の現状と課題

５．１．１　景観領域に係わる環境影響評価法の現状

環境影響評価法（以下アセス法と略）は、事業の実施が環境に及ぼす影響について、環境の構成要素に係わる項目ごとに調査・予測・評価を実施し、環境保全措置を検討し、その措置が講じられた場合の環境影響の総合的な評価を行うものである[1)]。1999年に施行されたアセス法は、1984年に閣議決定されたアセス法で取り上げられている景観・野外レクリエーション項目に、触れ合い活動の場の内容が付加された。つまり、自然環境領域だけでなく、地域住民にとって身近な景観資源等も評価対象に含まれるようになったわけである。

アセス法の対象項目の範囲は、典型７公害（大気汚染・水質汚濁・騒音・振動・悪臭・地盤沈下・土壌汚染）と自然環境５要素（動物・植物・地形・地質・景観と野外レクリエーション地）に加え、「環境自然的構成要素の良好な状態の保持」「生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全」「人と自然との豊かな触れ合い」「環境への負荷」の４項目が盛り込まれている[2)]。景観領域を十全に網羅するには「人と自然との豊かな触れ合い」項目だけでなく、対象項目を縦横的・総合的にブラウジング（概観）し、組み直すことが必要である。音環境分野の対象項目を考慮すると、従来の騒音分野に加え、音の印象に影響を及ぼす視覚景観の整備や自然音発生の母体となる自然環境の体系的保全など、複数対象を網羅することが重要である。こうした対象項目を設定する手続きとして、アセス法では「スコーピング」と呼ばれる段階が設けられている[3)]。これは、事業者が調査開始の前段階として、関連情報を地方公共団体・住民・専門家に提供し、意見を幅広く聴取した後に対象項目を設定する仕組みで[2)]、事業内容に即

してメリハリのある調査を行うことが可能となった。

アセス法で扱う景観は「景観を見る場所（主要な眺望点)」と「見られる対象（自然的景観資源)」が対象となっている[3)]。自然環境については地域によって価値づけが異なるものの、自然環境の重要度を3～4段階で評価することが多い。しかしながら、自然植生度が低い場所であっても、自然との触れ合い活動の観点からすれば、人為空間の中でも重要な景観資源が存在する可能性もある。従って、自然環境の有無にかかわらず、調査区域内の触れ合い活動の場を抽出し、その利用頻度等を詳細に調査する必要があろう。

5．1．2　景観領域の予測と評価

景観領域の予測的手法には、定量的に予測する方法（定量的手法）と定性的に予測する方法（定性的手法）がある。閣議アセスでは景観領域の予測や評価についての記述はないものの、公害防止に係わる項目では定量的予測が行われており、自然環境の保全等に係わる項目では定量的・定性的な予測が慣例的に執られている[2)]。

景観領域の予測は「景観を見る場所（主要な眺望点)」と「見られる対象（自然的景観資源)」を対象とすることは先述したが、景観を見る場所と触れ合い活動の場は関連が高く、重ね合わせて考慮することが必要である。音環境を考慮する際は聴取点周辺で発生する音の現状把握が重要である。「見られる対象（自然的景観資源)」に関しては、事業実施後の景観変化の視認のために視覚的表現方法（景観シミュレーション手法）を用いることが多い。コンピュータ・グラフィクス(CG)やパース・スケッチ、模型撮影などによる完成予想図の作成がその例である。景観の場所や資源の複合領域にまたがる要素を定量化する方法については、藤沢らの開発した景観測量と呼ばれる画像処理法[5)]や、河村の景観変化を複雑系の原理に基づいて確率論的に処理した予測方法[6)]があるものの、景観変化に関する情報をクライアント（地方公共団体・住民・専門家）に提供して内容を共有する場合、いかにリアリティをもたせて提示できるかどうかが重要である。

景観領域の評価については、感覚的な嗜好を扱うために、事業が及ぼす影響範囲を客観的もしくは定量的に示すことに困難が生じる場合がある。とはいえ、他地域の景観対象にも適用可能な尺度等を使用して景観変化を評価しない限り、実際の計画や設計の参考になる理論的な根拠を提示することは難しいと思われる。よって、定性的な

表現とともに、心理学的手法を用いた対象景観の定量的測定の発展が求められる。本研究では、第３章で行った２つの心理実験が、このような景観領域の感覚的嗜好の予測や評価の一端を担うものとして位置づけられよう。人間の感性や感覚に与える影響を定量的に評価する手法として「人間の感性に基づいた心理的評価」を多用し、景観予測で作成された完成予想図や音環境のシミュレーション等を刺激とした心理実験を行うという「予測 → 評価 → 分析 → 計画 → 施工」を一連の流れとして、効率的・実践的な環境アセスを行うことが肝要と考えられる。

５．１．３　景観領域に係わる環境影響評価法の課題

環境アセスにおいて景観領域を対象にする場合、その評価項目は自然景観の構成要素（地形・地質・植物・動物・水・大気等）が中心となるが、その場合、定量的な把握が難しい場合が多く、定性的な方法を併用せざるを得ない。従って、各手法の特徴を活かした適切な選択や組み合わせを行い、得られた結果の妥当性と限界点を正しく解釈することが重要と思われる。現在のアセス法においては「人と自然との触れ合い活動の場」との兼ね合いからも、自然環境が評価の中心となっている。しかしながら、景観の快適性を考慮する場合、普段の生活空間に存在する要素が大きく影響を及ぼすと考えられるため、今後のアセス項目に積極的に組み入れる必要がある。これらの実状を踏まえ、景観領域における対象の範囲・目標・判断基準等を十分に検討する必要がある。

景観を見る場所（主要な眺望点）については、景観資源のポテンシャルを発揮する対象として、景観資源と同等の価値として評価することが重要である。この内容を音環境領域に関連づけると、環境音を積極的に享受する場所の「聴音点」の設定が、評価項目に挙げられる。続いて、アメリカの国立公園ではレクリエーション活動に必要不可欠な要素として、野外における自然の静けさ（Natural Quiet）の確保が挙げられる[7]。この動きは、景観資源だけでなく眺望点や聴音点が持つクオリティを発揮させる評価法でもあり、良好な聴覚景観の形成につながる方法論といえよう。つまり、従来から行われている劣化要素を除去するだけの環境保全ではなく、現存する有意味な環境資源を最大限に肯定し、その価値を積極的に評価するという意味で、上記の記述は参考になろう。また景観領域のアセスでは、景観資源と受容者との「関係」を評価することも重要である。Agnes 他[8] は、職業・地域属性が異なる被験者間で自然景観の

美的評価に違いが生じる報告を行っており、受容主体（住民・来訪者等）のもつ属性の影響を考慮した評価項目を導入できる可能性がある。

音源特定が難しい環境音の評価は、音源の視覚情報が必要なことが実験1と2で示されたため、音の評価に影響を及ぼす視覚資源を対象項目に入れることも期待される。こうした景観構成要素や相互関係を総合的に評価する手法は、生態系分野の研究で多くの実績を上げており[9]、自然環境調査を各項目の単独調査の集積体として捉える方法論を採用している。このように、対象要素間を複合的に評価することの重要性は認められるものの、現状アセス法におけるスコーピング設定だけでは困難が生じる場合がある。そこで、対象項目間の複合評価を行うための制度的枠組みとして、戦略的環境アセスメントの事例を用いて検討したい。

戦略的環境アセスメントはStrategic Environmental Assessment（以下SEAと略）と呼ばれ、事業に先立つ上位計画や政策などのレベルで、十分な環境情報をもとに環境への配慮を意志決定に統合するための仕組みである[10]。SEAは従来のアセス制度に比べ、特にスコーピング段階を重視しており、検討範囲の設定や問題の絞り込みについて柔軟に対応する仕組みを採用している[9]。その例として、青森県で計画された「むつ小川原開発」ではSEAをもとに対象要素間の複合評価が積極的に行われた[10]。具体的には地域を10区分し、学術的価値・景観的価値・野外レクリエーション機能を有する自然環境の希少性・固有性・特異性を自然環境の対象項目として複合評価を実施し、現況評価が行われた。こうした方法を本研究に導入する場合、音環境や景観領域についての対象項目を設定すれば、景観を総合的に向上させるための計画策定が可能となり、事業の意志決定過程の初期段階から総合的な景観領域に配慮した事業の実施が可能になると予想される。

5．2　音環境に配慮した沿道植栽計画のケーススタディ

5．2．1　音環境に配慮した植栽計画のプロセス

これまで述べてきた沿道植栽計画の提案を現実の開発場面のケーススタディの中に導入するには、具体的な導入手順を時間軸をもとに明らかにする必要がある。そこで、景観計画として通常行われているプロセス項目を参照しながら[11)12)]、音環境に配慮した植栽計画の提案型フローを図5.1に示す。

1） 計画段階

上位計画としては、アセス法のスコーピング段階における複合評価を重視する必要がある。これまではスコーピングの対象が各項目で独立して評価されてきた傾向があるため、計画初期の段階において景観・植栽・音環境にまたがる項目をピックアップし、各要素の相互作用効果に十分配慮した評価を行うことが望ましい。調査の段階では、特に景観を支えるハード・ソフト面要素の現状を詳しく把握する必要がある。単に「見え」の景観ばかりでなく、景観を形成する自然条件にも十分に目配りをした調査が必要である。個別計画の段階では、個別調査で得られた結果と上位計画をつねに照応し、開発コンセプトの効果的発揮の実現に努める。

2）設計・施工段階

景観の検討段階では、視聴覚領域双方に配慮した景観デザインの良策を模索するため、予備景観設計として一般体験者などによる心理実験評価を行い、好ましい印象を現実の計画に活かす手立てを取る必要がある。実施設計の決定段階では、実験結果をもとにしながらも、数種の代替案を公表し、住民の意見を施工に反映させる。施工段階では、既存植栽がもつ能力を活かす配慮が必要である。

3）管理段階

音環境や景観の質的維持や向上を行うには、施工後のメンテナンスが必須条件となる。季節ごとの植栽管理はもとより、対象地域在住者への音環境や景観に対する意識の向上を図るなど、ハード・ソフト面双方の充実に配慮する。

5．2．2　音環境を切り口にした沿道植栽計画の配慮指針

図5.2に音環境を切り口にした沿道植栽計画の配慮指針を示す。これは、図5.1のフローの各段階について、「保全」「創造」「防除」の切り口から再度検討を行ったものである。

「保全」については、計画の初期段階で、保全すべき対象となる植栽や景観資源を特定することが必要である。そして、既存の樹木・樹林等の取り扱いについては「極力その保全に努め道路緑化の計画に取り入れ、敷地内に存置して保存することが望ましい」[13]とあるように、葉擦れ音保全の立場からも既存植栽が発生する聴覚資源の活用が必要である。設計・施工・管理の段階では、既存植生の保全や整備によって、葉擦れ音をはじめとした景観資源の有効な活用を行うことが望まれる。そして、環境教育や

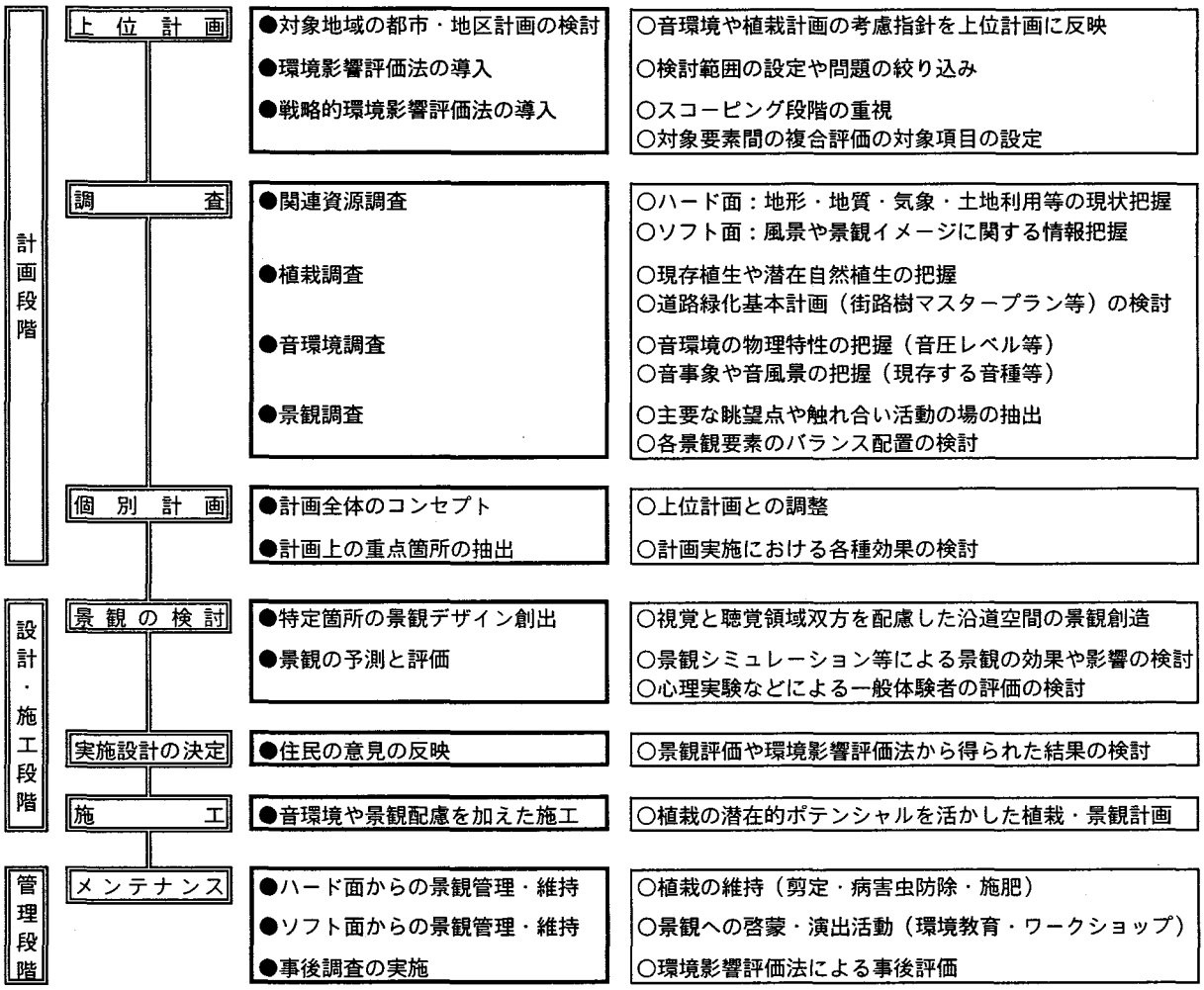


図 5.1　音環境に配慮した植栽計画の提案型フロー

	保　　全	創　　造	防　　除
計画段階	○地域に特有な自然音を調査し、道路環境整備の際にこられの音の保全に留意する。 ▼保全すべき既存植栽の把握・調査 ▼保全すべき植物・動物音の把握・調査 ○音の印象に影響する視覚景観を調査する。 ▼保全すべき景観資源の特定	○自然音や自然景観の新たな誘致の可能性を検討する。 ▼葉擦れ音が影響する範囲を予測 ▼当該地域の風速値等の調査・予測 ▼緑のネットワークづくりの提案	○道路交通に対するハード面対策（発生源・交通流・道路構造・沿道対策）。 ○道路交通に対するソフト面対策（速度規制・交通取締・自動車使用の自粛要請等）。
設計・施工段階	○地既存植生や生態系を重視し、開発後も自然音を享受できる自然型整備を実施する。 ▼ルート設定の検討 ▼既存植生を活かした環境施設帯の設置 ▼葉擦れ音を発生する樹種の保全・再生	○自然音が生み出され、有効に活用されるようなすような沿道空間を創造する。 ▼葉擦れ音の鳴りやすい樹木を積極的に植樹 ▼誘鳥木（実のなる木）の植樹 ▼居住地近隣に積極的な植樹 ○景観資源感受施設・場所の設置・選定 ▼自然音を積極的に受容するための場所整備 ▼視点場と聴音点の双方を考慮した場所整備	○騒音源対策を考慮する。 ▼低公害自動車の普及促進 ▼低騒音タイヤ等の改善促進 ○道路構造対策を考慮する。 ▼防音壁や築堤の設置 ▼低騒音舗装の実施 ○既存景観の質的向上を図る。 ▼音の印象の悪化につながる景観資源の除去
管理段階	○植栽のハード面的管理（剪定・施肥等）。 ○植栽のソフト面的管理（啓蒙・演出）。 ▼環境教育的アプローチからの意識啓発 ▼自然観察会	○緑のワークショップ活動を実施する。 ▼自然観察会 ▼新規植樹に向けた勉強・相談会	○景観資源を継続的に調査する。 ○植栽の維持管理（病害虫防除）。 ○植栽の維持管理（余剰な自然音の防除）。 ▼過剰な葉擦れ音発生を防ぐための管理方策の実施

図 5.2　音環境を切り口にした植栽計画の配慮指針

自然体験学習などの意識啓発を行うことにより、住民自らが主体的に景観資源を育成する手立てをもつことにつながると考えられる。

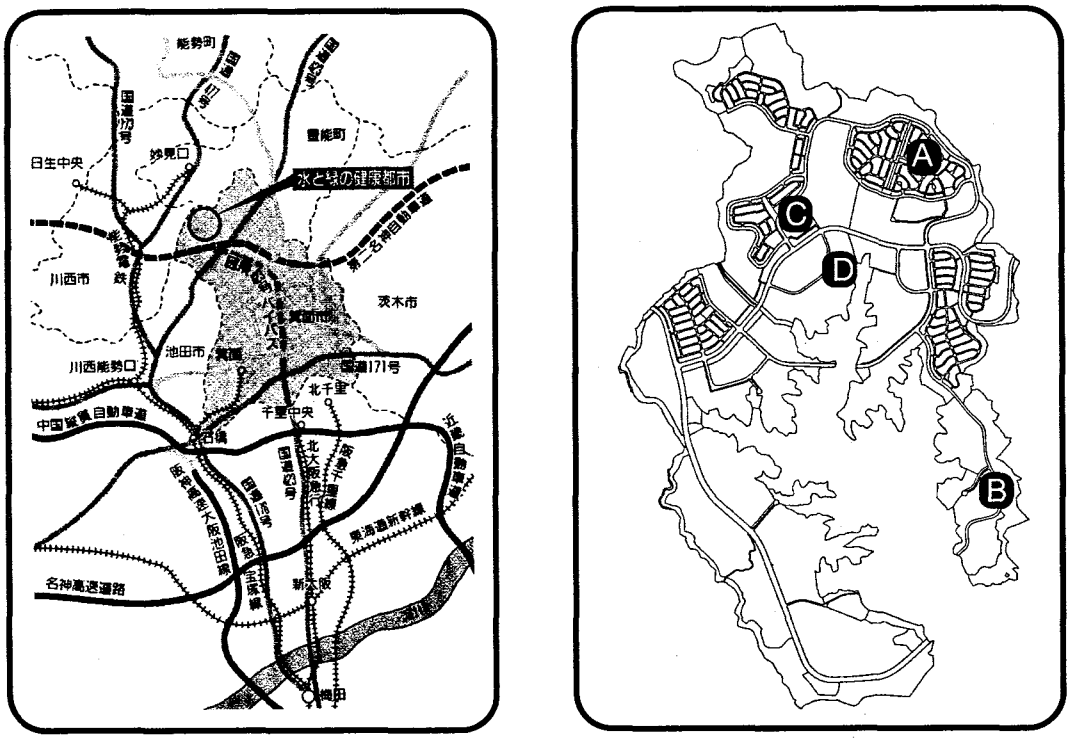
「創造」については、自然音や自然景観を新たに誘致する方策として、点在する植栽の配植状況を改善するために、構造的・骨格的に広範囲を対象として緑地を保全する「緑のネットワークづくり」を提案したい。これは、まとまった緑量の確保によって安定した葉擦れ音確保の実現や、近景から遠景に至るまでの連続した緑地景観の形成により、視覚的に良好なイメージが音の評価にも良い印象を与えると考えられる。山本ら[14]は、緑地の存在効果に対する効果を50～500mの範囲で設定し、50m圏域で緑地の騒音低減効果が直接享受されることを論じており、こうしたことから「緑のネットワークづくり」は、特定地域に集中・散在する植栽配置ではなく、居住地周辺にまで緑地を密生させた面的連接を行うことが重要になるだろう。

「防除」については、従来から行われてきた騒音発生源の低減事業に加え、鳥越の提案する「土地や空間が本来もつ音環境資源を引き出すためのサウンドスケープデザイン[15]のアプローチが有効と思われる。これは、対象地域が潜在的あるいは自律的に有する聴覚的景観資源を最大限に享受するための積極的な音環境計画を実施するために、騒音源を抑えることによって、葉擦れ音をはじめとした地域固有の自然音を立ち現わせようとする試みである。このような計画指針を当該地域でも積極的に活用することが望まれる。

5．2．3　当該地域の概況

大阪府箕面北部（止々呂美地区）を対象に、箕面北部丘陵住宅地区開発事業（水と緑の健康都市開発事業：大阪府が施主）が計画されており[16]、音環境に配慮した沿道植栽計画のケーススタディとして取り上げた。図5.3に水と緑の健康都市の概況を示した。左図は計画位置図、右図は計画位置詳細図を示している。詳細図のなかの(A)～(D)は、次項（5．2．4）での流れ場（風が流動する特定空間を意味し、風向と風速をベクトルとして示す)の変動シミュレーションとして取り上げた位置を示している。

この事業は環境共生型都市の実現を目的として、余野川ダムの水際空間や周辺の豊かな自然を活かし、高齢社会に対応したニュータウンを建設するもので、開発面積は313.7haである。事業施行期間は1996年度～2008年度までとし、事業費は2,011億円、計画戸数約5,000戸、計画人口約16,500人を見込む特定土地区画整理事業として



計画位置図　　計画位置詳細図

図 5.3　水と緑の健康都市の概況

出典：大阪府企業局水と緑の健康都市開発推進室編，
水と緑の健康都市まちづくりの考え方について，1994.

進められている。1997年度に準備工事に着手、1998年度には北東部約62haの造成工事が実施された[17]。

この建設計画は「水と緑のまちづくり」を重視しており、法面緑地の保全・再生、公園・緑地の有機的ネットワークに配慮した計画的配置、充実した植栽空間をもつ道路や歩行者専用道路の整備といった、緑あふれるまちづくりの開発方針を執っている[17]。本事業では、既存植栽の有効的活用方法を模索しており、計画道路幅員に対し植栽地が十分確保できること、周辺景観に自然要素が多い場合は、自然式植栽を採用するとよいことから[17]、自然植栽が発生する樹木葉擦れ音を有効に活かした緑化計画が模索できると考えられる。

よって、植栽を道路交通騒音対策として有効に活用する場合、当該地域をケーススタディに取り上げることが適切と判断した。以下から、具体的な内容を検討する。

5．2．4　当該地域の流れ場の変動シミュレーション

呉ら[18]は、当該地域において、植栽及びダム水面の温熱環境に対する緩和機能を評価するため、地域開発領域（約2～3km^2）の一日の流れ場の現状再現が可能な数値シミュレーションの開発と精度の検討を行った。具体的には、当該地区の地域開発領域において、夏季／冬季、1時間ごと（1地点につき24個）の風向と風速の変遷データを120mのメッシュ単位で試算を行うものである。本章で提案する植栽計画のケーススタディに必要な流れ場のシミュレーションデータは、上記の研究成果[18]のオリジナルデータから、必要な箇所を利用した。

5．2．5　シミュレーション対象エリアの設定

今回の提案において、開発地域の中でも植栽計画のシミュレーション対象としたエリアは、(1) 静穏が特に求められる場所、(2) 道路交通騒音に対する葉擦れ音のマスキング効果が発揮されやすい場所（沿道から40m以上離れた領域が中心）、(3) 人々のくつろぎ欲求を満たす必要のある地区を満たす箇所を設定した。用途地域は開発計画概要[17]をもとに、A：低層住宅1（北東地域で既存＋新規植栽を想定）、B：低層住宅2（南西地域で植栽は新規植栽を想定）、C：教育施設（北中央地域で新規植栽を想定）、D：基幹公園（北中央地域で新規植栽を想定）の4地点を設け（図5.3を参照）、各地点が含まれるメッシュデータ（U1: 高さ1.5mにおける東西方向の風速値, V1: 高さ

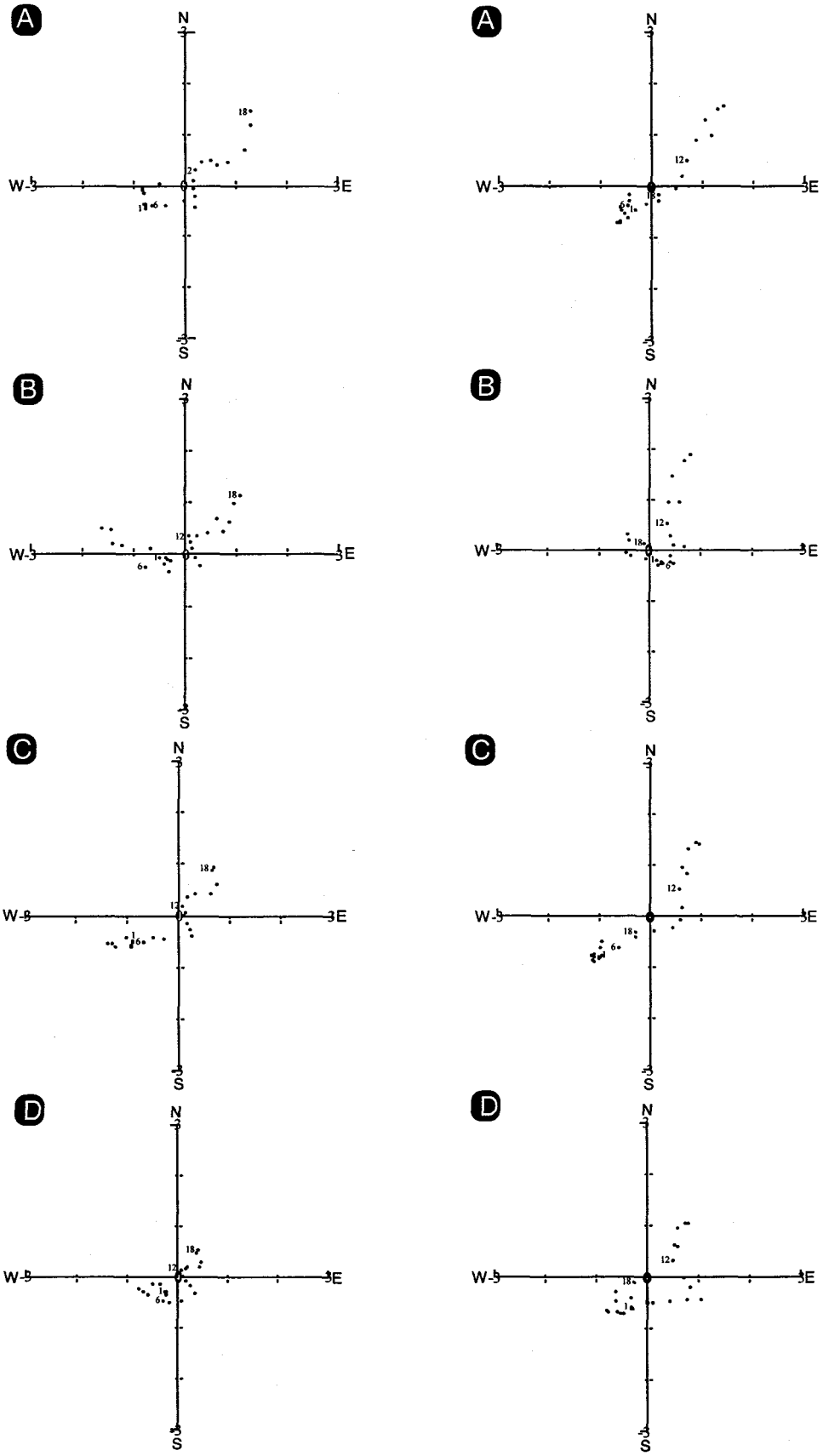
1.5mにおける南北方向の風速値）をもとににして、夏季／冬季のホドグラフ（4地区2季節計8図）を作成し、葉擦れ音をはじめとした植栽計画の検討を行った。図5.4に8つの図を示す。

5．2．6　当該エリアの流れ場の特徴

流れ場の試算結果を8種類のホドグラフを用いて、図5.4に示す。ホドグラフは、ある地点において海陸風や山谷風の日変化をベクトルとして1点から発するベクトルの先端をつなぐ線で表す図形であり、ベクトルの先端を時とともに追っていくと楕円状の軌跡を描くことが知られている[19]。ホドグラフの横軸は風の東西方向のベクトル成分（W-E）を、縦軸は風の南北方向のベクトル成分（N-S）を表しており、図中にプロットされている点は原点を起点とする風向とその絶対値を示している。図中に付記されている1, 6, 12,18の数字は時刻を示している。また、図中の第1・2象限は海風（大阪湾方面から流れる風）を、第3・4象限は陸風（山側方面から流れる風）を表している。流れ場の地点や季節の違いにより、風向に多少のばらつきがあるものの、4地点ともに夜半から朝方にかけて陸風が吹き、昼にかけて風速が弱まって海風が吹き始め、夕方から再び陸風に転換するといった、大阪湾周辺地域に特有の流れ場の傾向が現れている[3]。風速の絶対値は陸風よりも海風の方が大きくなっている。4地点の24hの風速全平均は、夏季で0.7m/s（範囲: 0.1～1.9m/s）、冬季で0.9m/s（範囲: 0.2～2.1m/s）であり、季節間で違いをみると、夏季に比べ冬季の方が風速の絶対値が若干大きくなっている。

また、高木類の樹冠部に相当する高さ10mの場合の流れ場の特徴を参考に挙げると、風向については高さ1.5mの同一地点のデータと連動しており、風速については夏季で1m/s（範囲: 0.1～2.9m/s）、冬季で1.3m/s（範囲: 0.3～3.6m/s）となっており、高さ1.5mの同一地点の風速と比べて、0.3～0.4m/s程度大きな値を示している。これらの値を検討すると、当該エリアは、樹木等の植栽が葉擦れ音を発生するのに十分な風速値を発生するポテンシャルを保持していると考えられる（第2章を参照）。また、時間帯によって風向が変化するために、葉擦れ音を効果的に発生させるには、流れ場の変動を考慮した植栽計画の立案が求められよう。

道路開設などの地域開発において風向や風速が変化する例として、工藤ら[20]は、高速道路開設前後の近傍林地の風向と風速の関係を調べており、道路に接する林縁付近で路線走行方向から吹く風が開設前に比べ約0.7m/s前後大きくなったことを報告した。こ



【夏季】　　【冬季】

図5.4　当該4地域の流れ場の試算結果（1目盛りは1m/s）

高さ1.5mの地点でのデータからホドグラフを作成
図中の方向は原点を起点とする風向を示す
図中の1,6,12,18は時刻を示す

の結果は林地伐採後の植栽計画、つまり、地域開発後に葉擦れ音発生に効果のある樹木を植栽し、道路交通騒音等のマスキングに貢献する可能性をもたらすものといえよう。

５．２．７　各対象エリアごとの沿道植栽計画

開発地域の中で2箇所に焦点を当て、大阪府企業局が提案する「開発コンセプト」「まちづくり計画」[17]に基づきながら、音環境に配慮した植栽計画の配慮指針を白地図上に示した。以下に詳細な説明を記す。

１）北東部の低層住宅エリア（図5.5）

騒音源の発生場所である道路と、住民の生活空間である住居を、植栽で分離するコンセプトに基づいて植栽計画を提案した。具体的には、山際斜面に現存する既存植栽を有効に活用し、住区域外道路から発生する交通騒音の不快感を低減させるための緩衝緑地帯を20～40mにわたって設け、住戸敷地内には高木類を中心とする植栽を多用した。以上の植栽効果を高めるために、連続した面的植栽配置計画を行った。つまり「既存植栽」「緩衝緑地帯」「敷地内植栽」を、ひとまとまりの緑として一体化することにより、緑のネットワークの実現を図ろうとする計画である。その効果として、住民がもつ緑のイメージ形成が十全に行われ、道路交通騒音の不快感低減につながる可能性がある。また、住宅から道路側に面する敷地に植栽を積極的に配置することにより、葉擦れ音による道路交通騒音のマスキング効果はもとより、視覚的効果も相俟って、不快感の低減に貢献するものと思われる。住居周辺の植栽計画については、冬季の日差しの確保、あるいは、冬期に葉擦れ音が直接聴取されることによる不快感の誘発を防止するために、住居の南側に落葉樹を配植する試みを行った。また、家の近くで葉擦れ音が過剰に発生すると不快感を与える可能性もあるので、適度な距離を置いて高木類を植樹することも考慮する必要がある。既存植栽の活用方法としては、樹木葉擦れ音をはじめとした音環境資源を積極的に受容するための「聴音点」の形成、つまり「環境感受施設」を尾根筋周辺に設置することによって、環境教育的アプローチからの意識啓発活動に貢献できると考えられる。

２）北中央部の教育施設と公園エリア（図5.6）

当該地域は新規植栽が中心である。学校施設の植栽計画については、静穏環境を確保することを第一の条件として考慮し、敷地の道路隣接部を中心に幅員の広い大規模の緩衝緑地帯を設けた。この計画は、周辺住居地域への校内騒音の流出低減にも効果

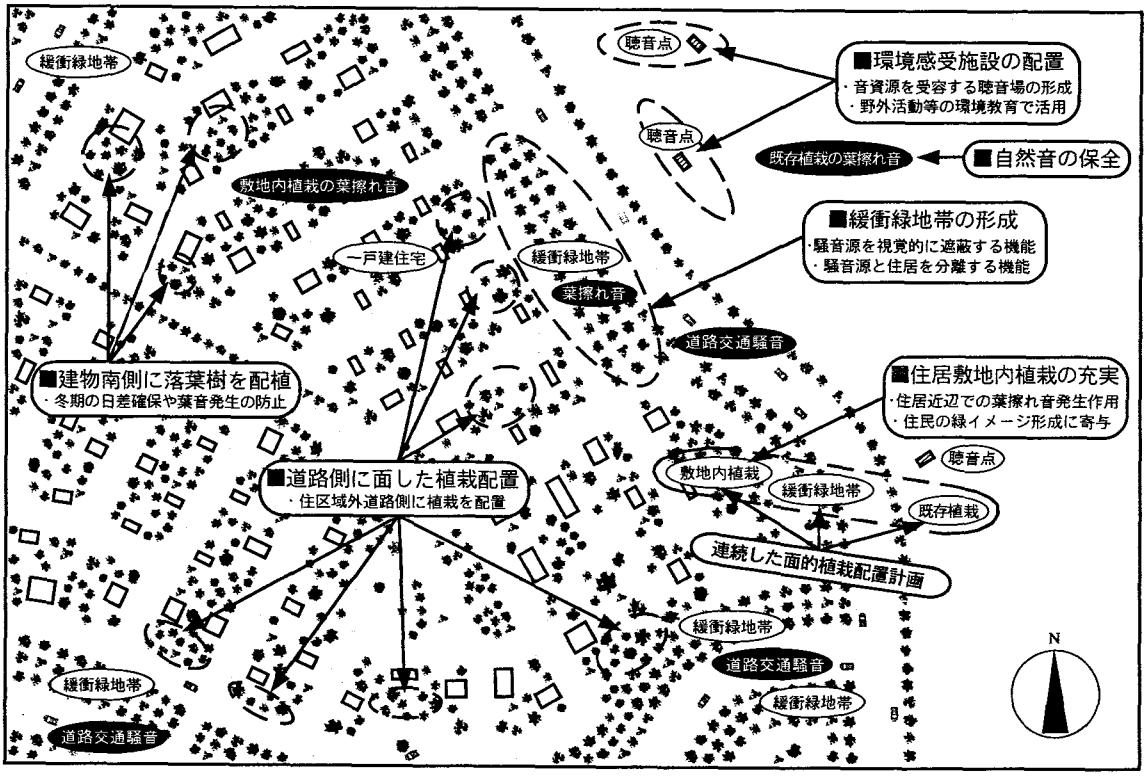


図5.5　北東部の低層住宅地域の植栽計画

があるものと考えられる。また、教育施設内の中庭等には巨木や大木などの大型樹木形成を目指した長期植栽計画を行い、学校のサウンドマーク（標識音）やランドマーク（陸標）といったシンボル的な景観設計に配慮した。学校内の建物配置については、学年別に分離することによって、騒音発生の影響を抑えるようにした。

公園施設の植栽計画については、周辺道路からの騒音を回避するための植栽を周辺に設け、園内を静穏な状態にするよう試みた。そして、聴覚的な環境資源である自然音を積極的に享受するための聴音点である「環境感受施設」を設けた。その周辺には葉擦れ音の鳴りやすい高木類を集中的に配植し、園内に流れる人工渓から発生する水音も聴取が可能なようにした。水音は定常的に発生するために園内の地的な基調音（background sound）としての役割を果たしている。葉擦れ音は間欠的に発生するため、図的な標識音（sound mark）としての役割を担い、両者の自然音が対照的に響き合うような音要素の配置になるものと予想される。

学校施設と公園施設を隣接して計画する理由は、自然要素の存在する大規模な公園が静穏環境と学習環境双方の効用を学校にもたらせるからである。こうした公園を周辺施設として積極的に活用する土地利用計画は学校の他にも、病院やレクリエーション場といった、騒音に対して敏感であり自然要素を十分に取り入れる必要のある施設にも有効であると考えられる。

５．２．８　景観資源への感性的アプローチ

これまで本研究で扱ってきた樹木葉擦れ音は流動的な性質をもつために、実際の景観計画に応用する場合、多くの制約を受けると考えられる。つまり葉擦れ音は、自然条件に影響され、音の発生が間欠的であるがゆえに、道路交通騒音のマスキング効果の観点からすると、不安定な聴覚資源として受け止められる可能性がある。

しかしながら、樹木葉擦れ音をはじめとした自然音は時々刻々移り変わるからこそ、時間や気象等の自然条件に呼応して変化する景観を大切にしてきた日本人の繊細な感性に、うまく溶け込む可能性がある。小林[21]は、時間や気象などの変動要因が景観に及ぼす影響を「景観の移ろい効果」と定義し、日本人がもつ特有の風景解釈の感覚を環境計画に活かすことが重要であると指摘した。こうした「景観の移ろい効果」を扱うとき、景観体験者の感覚や心理と深く結びつくため、定量的に取り扱うことは難しい。とはいえ、景観経験を充実させるための方策（景観への見立て様式の確立）を行うことによって、特に聴覚的な景観資源の魅力が十分に発揮されるものと思われる。

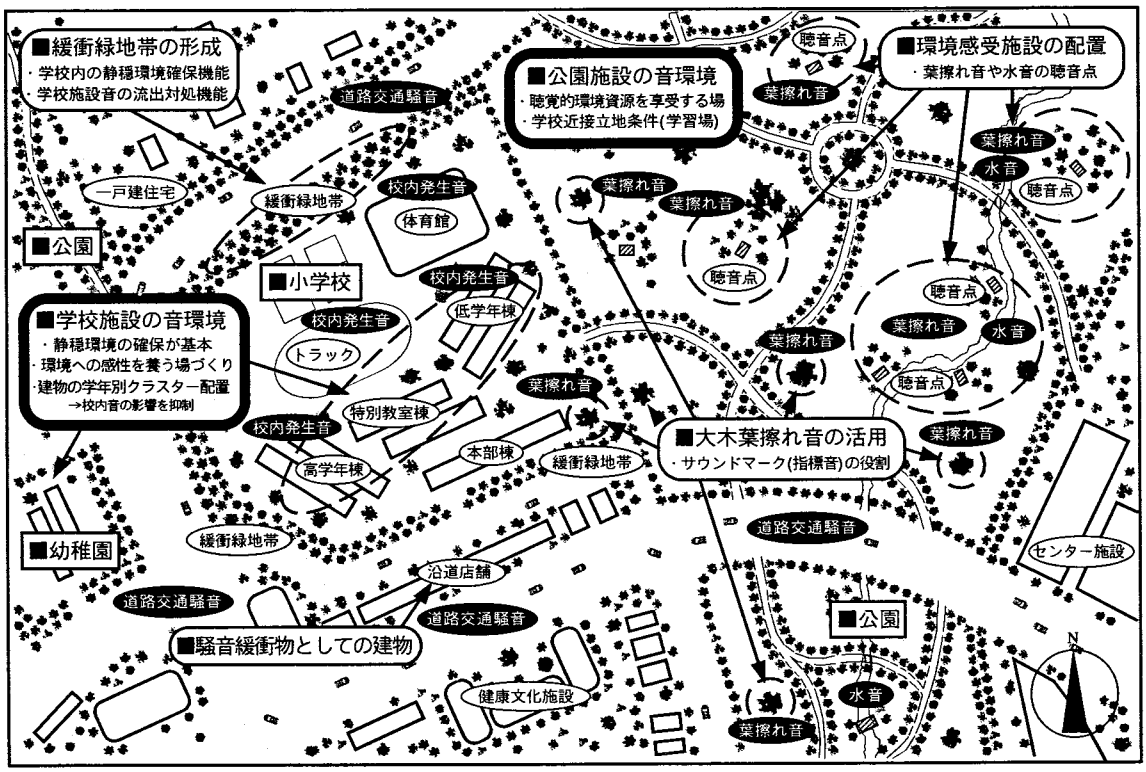


図5.6　北中央部の教育施設と公園地域の植栽計画

そして、景観を直接的または物理的に操作することに加えて重要なことは、体験者の景観体験を巧みに演出する計画手法、つまり「モノづくり」から「コトおこし」への景観操作の感性的アプローチの導入である。その具体的な方法は、対象地域の直接的な景観計画の実施後に、居住者の感性の研ぎ澄ます活動を支援するソフトプログラムを実行することである。自然や緑に親しんだり、環境音を聞く態度を培う環境教育など、環境や公共意識への啓発活動の実施が一例に挙げられる。つまり、景観計画後の心象内容を規定する意味論的操作を、景観計画の一つの段階として導入することである。

特に音環境分野では、従来の騒音防除型の対策だけでなく、現存する音を積極的に捉え、再解釈する態度が必要である。大井[22)]が「住民の意向に沿った風景設計は机上の思案で分かることではなく、実際の設計の経験を積み、設計の手続きが人々に支持されるかが問題である」と指摘するように、住民の環境に対する意識を、実際の計画に反映させる双方向型の（音）環境計画が、今求められている。

５．３　第５章のまとめ

本章では具体的なケーススタディを対象に、葉擦れ音を活かした総合的な沿道植栽計画を提案した。その成果を以下に要約する。

（１）景観に考慮した環境影響評価法を有効に行うには、対象項目を総合的に組み直し、景観資源のポテンシャルを十全に発揮することが重要である。具体的には、対象項目間の複合評価を行うための戦略的環境アセスメントを導入し、音環境や景観領域を考慮した対象項目設定を行い、環境音を積極的に享受する場所である聴音点の設定も有効であることを提案した。

（２）水と緑の健康都市開発事業（大阪府箕面市）をケーススタディとして取り上げ、沿道植栽計画を提案した。住宅地域については、道路と住居を緩衝緑地帯によって分離し、植栽効果を高めるために「既存植栽」「緩衝緑地帯」「敷地内植栽」を連続した面的植栽として配置する計画を提案した。学校施設の植栽計画については、静穏環境確保のために道路隣接部に大規模な緩衝緑地帯を設け、校内にサウンドマークとなる植栽の配置を提案した。公園施設の植栽計画については、自然音を積極的に享受するための聴音点の形成を提案した。

第５章の参考文献

1) 上西周子，“環境影響評価の概要と環境に配慮した道路づくり，”環境技術 Vol.29 No.10, 8-17 (2000).
2) 環境庁企画調整局編，環境影響評価制度の現状と課題について (環境庁，東京，1996)
3) 渡辺綱男，“環境影響評価の施行について，”ランドスケープ研究 63(2), 158-159 (1999).
4) 藤原宣夫，田代順孝，“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 (1984).
5) 藤沢和，小松正史，“パソコンを用いた地域景観特性の抽出と創造，”農業土木学会誌 61(1), 13-16 (1993).
6) 河村廣，“複雑系の原理に基づく人間-環境システムの基本モデルを目指して，”第３回生活環境設計シンポジウム講演論文討論集，日本学術会議・社会環境工学研究連絡委員会・生活環境設計専門委員会，17-20 (2000).
7) M. Sneddon, L. Silvati, K. S. Pearsons, S. Fidell, "Measurements and analyses of the indigenous sound environment of coniferous Forests," BBN Report No.7210 (National Park Service, U. S. Department of the Interior Forest Service, USA (1994).
8) Agnes E. B., Charles A. J., Frederick Coeterier, "Group differences in the aesthetic evaluation of nature development plans: Multilevel approach, " Journal of Envionmental Psychology 18, 141-157 (1998).
9) 中越信和，日笠睦，“環境アセスメント法における生態系評価手法，”日本緑化工学会誌第 24 巻第３・４号，10-16 (1999).
10) 環境アセスメント研究会編，戦略的環境アセスメント総合研究会報告書，(中央法規，東京，2000).
11) 土木学会編，街路の景観設計 (技法堂出版株式会社，1985).
12) 大阪府公害監視センター，音環境デザインマニュアル (大阪府，1996).
13) 日本道路協会，道路緑化技術基準・同解説書 (丸善，東京，1989).
14) 山本聡，増田昇，下村靖彦，安部大就，坂田健太郎，“居住環境形成に係わる緑地

の存在効果に関する研究，”造園雑誌56(5), 259-264 (1993).
15) 鳥越けい子，サウンドスケープ (鹿島出版会，東京，1997).
16) 箕面市，箕面都市計画土地区画整理事業水と緑の健康都市土地区画整理事業に係わる環境影響評価準備書案 (大阪，1994).
17) 大阪府企業局水と緑の健康都市開発推進室編，水と緑の健康都市まちづくりの考え方について (大阪，1994).
18) 呉銀珠, 近藤明, 山口克人, 水間健二, “地域開発スケールの流れ場の日変動シミュレーション，”空気調和・衛生工学会論文集No.76, 29-39 (2000).
19) 荒川正一，局地風のいろいろ（成山堂，東京，2000).
20) 工藤哲也，田中夕美子，藤原滉一郎，“高速道路建設による林地の風の変化，”北海道大学農学部演習林研究報告第44巻第2号，723-732 (1987).
21) 小林亨，移ろいの風景論 (鹿島出版会，東京，1993).
22) 大井紘，“風景の設計をめぐって，”環境技術，Vol.22, No.6, 49-52 (1993).

第6章　研究のまとめ

本研究は、都市地域の沿道環境における道路交通騒音の不快感を心理的に低減し、質的向上に貢献することを目的に、沿道環境における音と景観（映像）との相互作用効果や沿道植栽が発生する樹木葉擦れ音に着目し、物理測定・マスキング量試算・視聴覚相互作用に関する心理実験を行った。そして、沿道植栽がもつ機能を効果的に発揮させるために、現在開発中の環境共生型都市（水と緑の健康都市）をモデルプランの素材に取り上げ、樹木葉擦れ音や樹木の視覚的効果を活かした総合的な道路植栽計画を模索し、景観資源の質的向上に資するための配慮指針を提案した。本研究のまとめを主要項目別にまとめ、以下に記す。

（1）樹木葉擦れ音の物理的特徴

樹木葉擦れ音の周波数分析は、1,000Hz以上では樹種によってばらつくが、1,000Hz付近では受風感度の高い樹種が1.2m/s前後の風速を受ける場合、各樹種に共通して発生し、1,000Hz付近にピークをもつ自動車走行音のマスキングする可能性があることが示唆された。そして、音圧レベルの高い樹種は、葉柄が長く、緑量が多く、間隙率が高い形状をもつものであり、高域の周波数成分を多く含む樹種は、葉縁部の硬度が高いことが示唆された。また、3樹種（ポプラ・クスノキ・モウソウチク）について風速値と葉擦れ音の$L_{Aeq,10min}$の関係を検討した結果、葉擦れ音の音圧レベルが風速に対応して上昇することが示された。樹木葉擦れ音による道路交通騒音のマスキング試算については、40mの道路交通騒音受音点でマスキング量が多少現れるものの、樹木葉擦れ音による道路交通騒音のマスキング量は僅少であることが確認された。

（2）樹木葉擦れ音を用いた印象評定

樹木葉擦れ音と樹木映像を用いた視聴覚相互実験では、樹木葉擦れ音だけを単独に提示した場合不快な印象で受け止められるが、樹木動画映像の付加により、美的関連評定が快い方向へ有意に変化することが示された。この原因としては、視覚情報によって被験者は音源を特定し、緑の好ましいイメージを強く喚起し、音源特定の難しい葉擦れ音に快い印象を感じる評定に変化したものと考えられる。こうしたことから、

樹木葉擦れ音の美的評価を高めるには、樹木の音源情報を同時に提示することが必要であることが示唆された。

また、道路交通騒音や樹木葉擦れ音と沿道景観映像を用いた視聴覚相互実験では、道路交通騒音のみを提示した場合、不快な印象で受け止められるが、植栽が存在する映像を付加することで道路交通騒音の美的関連尺度が快い方向へ変化し、植栽の視覚刺激による道路交通騒音の不快感緩和効果が確認された。そして、画像中に植栽が存在すれば、近景／遠景ともに、道路交通の視覚的喧騒感と聴覚的喧騒感の両方が緩和されることも示された。

樹木葉擦れ音の重畳による道路交通騒音の不快感緩和効果に関しては、すべての条件において「快い - 不快な」の評定尺度値が変化しないか、あるいは僅かながらも不快な方向へ変化することが示された。このことは、今回の実験結果では樹木葉擦れ音による道路交通騒音のマスキング効果が確認されなかったことを示すものである。

しかしながら、上記の２実験に共通して「音のみを提示・評定」する条件と「音＋映像提示後音のみを評定」する条件を比較すると、両条件ともに同じ音だけを評定しているにもかかわらず、植栽を含んだ映像の影響を受けた場合の葉擦れ音や交通騒音の印象は、快い評定が行われている。これは、提示した樹木映像が音の評定に影響することを示す結果であり、環境情報が直接視認されない条件であっても、提示前に形成された環境の視覚イメージ（緑のイメージ）が、音の評定（樹木葉擦れ音や道路交通騒音評定）に影響を及ぼすと解釈できる。沿道空間の計画策定を行う場合、緑のイメージが環境評価にどの程度影響するかを検証することが重要である。

我々が緑に対してもつよいイメージは、我々の目に触れやすい葉や幹部分の視覚情報、特に樹冠の大きさが適切で緑量が多い樹木から形成されることが多い。本論文中で行われた実験では、沿道景観の樹木自体の有無による印象の違いを求めたため、落ち葉等の生成物は由来が同じ緑であっても、悪いイメージを形成する可能性が十分に考えられる。従って、緑のイメージを住民に強く想起し保持させるには、緑の量や質ともに適切な植栽の確保や落ち葉処理などの配植後のメインテナンス作業にも配慮することが大切である。

また、緑のイメージの形成過程を実験手順から鑑みると、沿道景観を用いた実験条件の「音＋映像刺激提示後、音のみを再度提示し音のみを評定」は、映像によって緑のイメージが形成された直後に音の印象を評価を行うので、直前に提示された音源を

取り巻く環境のイメージが時間を置かずに保持され、緑の強いイメージにより騒音の不快感が大きく緩和されたと考えられる。こうした意味からも、日常の生活レベルでは常時緑を視認することは難しいことから、音の印象に影響を及ぼす程度の環境イメージを保持するためには、質の高い植栽を数多く確保することが必要になるものと考えられる。

（3）葉擦れ音を活かした沿道植栽計画の提案

本研究で得られた結果をふまえ、現実の沿道植栽計画に適用するための各種条件を検証した。実験結果を概観すると、マスキング音として活用が期待される葉擦れ音自体が騒音源になる危険性があるため、視聴覚相互作用の観点から、樹木のもつ視聴覚双方の景観資源を組み合わせた葉擦れ音の活用法を模索する必要があろう。特に第3章の実験1から、葉擦れ音に映像が同時に提示される場合、提示レベルが上昇しても不快感の増加がほとんど現れなかった結果を見ると、葉擦れ音の認知を助長させる樹木の視覚情報の提示は必要不可欠である。植栽のもつ視聴覚の複合的効果を生かした植栽計画の具体的な事例としては、居住空間の近くに樹木の配植を積極的に行い、面的広がりのある範囲を対象に、近景域から遠景域にわたる連続的な配植を行うことが考えられる。それによって、居住者の環境イメージが改善され、葉擦れ音の効用が高まるとともに、道路交通騒音の不快感が低減されると思われる。

また、住宅地等で自動車走行音車が聞こえた場合でも、住区域内での緑のイメージが事前に形成されていれば、周波数特性が類似する葉擦れ音によって、交通騒音が心理的にマスキングされる可能性もあるため、今後そのような効果の活用が期待されよう。さらに、遠方から聞こえる交通騒音が葉擦れ音と誤認される場合、騒音の不快感が減少する可能性がある。これは、樹木のイメージに起因する心理的マスキング効果がかなり大きく現れる場合である。

景観に考慮した環境影響評価法の有効な導入方法については、対象項目を総合的に組み直す必要がある。さらに対象項目間の複合評価を詳細に設定する場合には、戦略的環境影響評価法を導入し、音環境や景観領域を考慮した対象項目の柔軟な設定が必要である。

住宅地域では道路と住居を緩衝緑地帯によって明確に分離し、植栽効果を高めるために「既存植栽」「緩衝緑地帯」「敷地内植栽」をひとまとまりの緑のネットワークと

して配植する計画を、学校や公園施設では静穏環境の確保を基本的な条件として道路と施設を大規模緩衝緑地帯で分離し、施設内にはサウンドマーク（標識音）となる植栽を整備し、自然音を積極的に感受する「聴音点」形成の有効性を提案した。

本研究では、葉擦れ音が道路交通騒音をマスキングする効果は確認されなかったものの、樹木のイメージによって騒音の喧噪感を十分に緩和することが視聴覚の相互作用実験によって明らかになった。樹木葉擦れ音は、我々日本人が古来から育んできた景観資源に対する繊細な感性を喚起させるが、それは、葉擦れ音そのものがもつ音色によってではなく、自然現象の結果として立ち現れる緑の良いイメージに起因するものと考えられる。本研究から、そうした植栽の持つ総合的な効果を有効に発揮するような環境計画を、視聴覚の両側面から行う必要があることが示唆された。

謝　辞

本論文は、筆者が1998年から2001年の3年間にわたって大阪大学大学院工学研究科博士課程環境工学専攻に在籍した間に行った研究の成果をまとめたものである。

本研究を進めるにあたって、貴重な機会と多大な御指導を戴きました大阪大学大学院人間科学研究科 桑野園子教授に敬意と謝意を表します。

本研究を進めるにあたって、指針となるべき貴重な御助言を戴きました宝塚造形芸術大学 難波精一郎教授（大阪大学名誉教授）に感謝致します。

本論文の取りまとめに関して貴重な御助言を戴きました大阪大学大学院工学研究科 鳴海邦碩教授、山口克人教授、大阪大学大学院人間科学研究科 青野正二助教授に感謝致します。

本研究の全般的な問題について有益な御教示を戴きました追手門学院大学 加藤徹教授、研究活動にあたり御援助戴きました大阪大学大学院人間科学研究科 山崎晃男助手（現大阪松蔭女子大学助教授）に感謝致します。

風速測定の実施や風速データの整理、さらに樹木形状の定量把握に際し、多大な御協力を戴きました大阪大学大学院工学研究科 山口克人教授・近藤明講師・井上義雄助手・合田恵理子氏、京都市立芸術大学芸術学部 藤原隆男助教授に感謝致します。

風速計の校正に際し、多大なご協力を戴きました大阪大学風洞実験棟 五十嵐一孝氏、樹木測定に際し貴重な助言を戴きました伊丹市役所 芦田裕文氏に感謝致します。

提案型ケーススタディに際し貴重なデータを戴きました大阪府企業局宅地課 水間健二氏に感謝致します。

本研究の技術面に関して御指導戴きました小林理学研究所 加来治郎博士に感謝致します。

実験刺激の編集にあたって御協力戴きました宝塚造形芸術大学大学院 林勇気氏に感謝致します。

葉形状図面の原版作成にあたって御協力戴きました京都芸術センター 本位田美穂氏に感謝致します。

最後に、さまざまな面から御協力戴きました大阪大学人間科学部環境心理学研究室の皆様に厚く御礼申し上げます。

2001年10月31日

小松正史