

自然林内の音環境の観測について

A basic study for observation of sound environment in natural forest

松山 正将* 鈴木 博司** 花渕 健一*
菊地 清文* 佐伯 吉勝*

Tadamasa MATSUYAMA*, Hiroshi SUZUKI**, Kenichi HANABUCHI*,
Kiyonori KIKUCHI* and Yoshikatsu SAEKI*

【ABSTRACT】 We are thinking "sound" as the environmental resources with the precious property for the human being and other creatures to keep a better living environment and habitat environment and to raise it. Therefore, it is caught as not only a point of view that the environmental sound which occurs in our surrounding space is noise but also a living environmental sound (it is classified roughly in the "natural environmental sound" and the "living environmental sound") again, and it proceeds with the examination.

In the concrete, the natural environmental sound is analyzed on the rich space of the natural environment, and it is to clear the condition of the characteristic sound of that area (For example, in such cases as the forest and a slope and the waterfront part of the swamp). Then it tries whether the fixed quantity value made classification can become one measure that the preservation condition of the natural environment can be evaluated.

We try to grasp the acoustic structure (velocity and direction of the wind, topography and vegetation) on an observation point and the fixed point observation of the natural environmental sound inside the natural forest in Sendai City. In this report, it is mentioned about the knowledge which could get it from there.

【KEYWORDS】 natural environmental sound, noise, equivalent sound level, soundscape

1、はじめに

著者等は、種々の計画の基盤となる地図作製の前段階、即ち開発行為に先立って行なわれる現況把握の現地測量において、これまでの地物に対する角度と距離の観測に加え、現地調査の機会を最大限に生かし、実地の環境資源を工学的、地理学的に収集記録して、大縮尺の地形図とともに活用するシステム（環境測量データベースシステムと呼称）の構築を進めている。このことは、環境を構成する資源を抽出しその特性を分析し評価することによって、今後の環境保全型社会資本整備の空間計画や設計に還元できる知見を得ることを目的にしているとも言える。

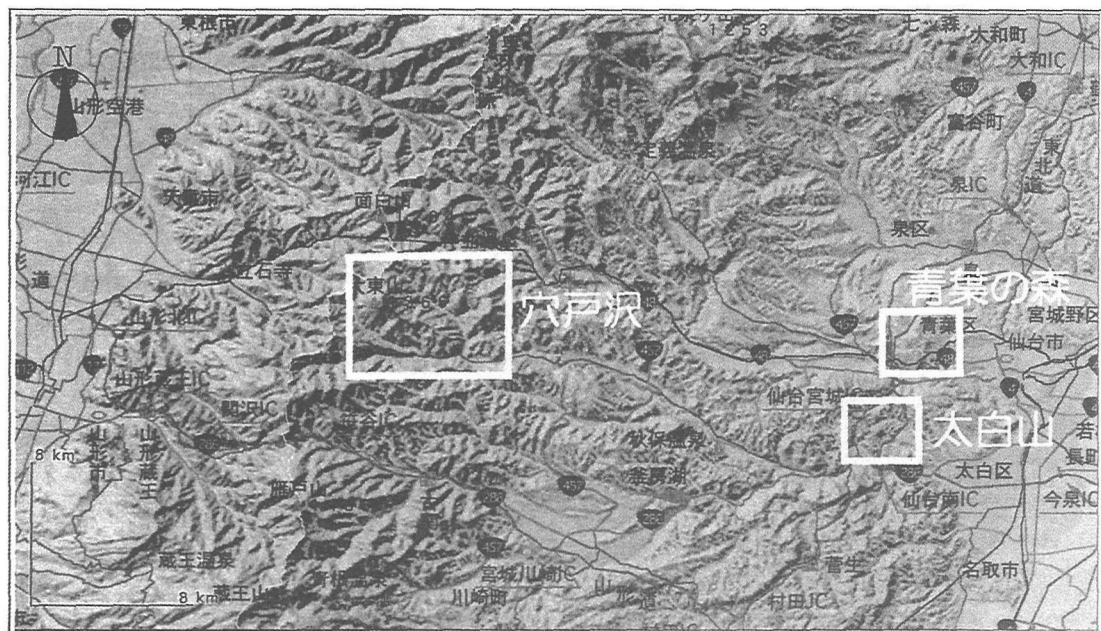
いま、環境資源としての「音」を人間にも他の生物に対しても、より良い生活環境と棲息環境を守り育てて行くための貴重な資産と考え、私達周囲の空間に発生する音を騒音という視点ばかりではなく、環境音（大きくその音源により、「自然環境音（非人工的音源）」と「生活環境音（人工的音源）」に分類）としてとらえ直し検討を進めている。具体的には、自然環境豊かな空間の「自然環境音」を観測分析し、音環境の状況を明らかにすることで、自然環境の保全状態を評価し得る一つの尺度になり得るのか試みようとするものである。

本報告は、このような研究背景に基づき調査を進めている仙台市域において、自然林内の「自然環境音」の定点観測と観測地点の音響構造（地形・植生・風向・風速・湿度・温度等）把握の試みで得られた知見について述べるものである。

2、調査対象地域

調査対象地域は、図-1に示すように生活環境音（騒音）の影響が少ないと思われる3（穴戸沢・太白山・青葉の森）地域とした。

* 東北工業大学 工学部 土木工学科 環境測量研究室 Department of Civil Engineering, Tohoku Institute of Technology
** 東北工業大学 工学部 建築学科 建築環境研究室 Department of Architecture, Tohoku Institute of Technology



図ー1 観測対象地域（穴戸沢地域・太白山地域・青葉の森地域）

穴戸沢地域は仙台中心街より約25km程離れた山形県境にあり、東に標高853mの高倉山、西に標高1365mの大東岳などがある奥羽山系内で、猿や日本カモシカが出没する自然環境豊かな地域である。人工的音源としては、希に林道を走行する自動車と飛行機やヘリコプターの飛行音程度である。観測点は、林道沿いに11点設置して定点観測に供している。

太白山地域は、市街地より約5km余離れたところに位置する標高320mの独立峰太白山を中心とする地域で、太白自然の森散策道と山麓付近の林道に観測点を設置している。しかし、東側には東北縦貫道があることから、落葉期や風向の変化で自動車走行音の影響がでてくる地域である。定点設置数は11箇所である。

青葉の森地域は、最も市街地に近く標高は200m以下の定高性の丘陵地域（青葉山丘陵）で、二次林的植生が繁茂している。東側に生活道路が通っており、やはり風向や落葉期には自動車の走行音の影響を受ける。定点設置数は3箇所である。

3、観測及び分析方法

3-1 自然環境音

観測対象地域の自然環境音の把握という目的では、長時間の観測が望ましいことは明らかであるが、測定機器と労力等限定された条件から次のように行なった。まず、事前に対象地域内で4時間～6時間の連続実測を行い、レベルレコーダーによる実波形観測を通して変動幅等を考慮して測定に臨んだ。¹⁾

観測対象地域の自然環境音の測定は、普通騒音計のマイクロホン高を三脚を用いて測点地表上150cmに据え付け、録音は人間の聴覚に近似化した聴感補正回路を組み込んでいるA特性で、デジタルオーディオテープレコーダー（DAT）に録音した。

観測季節は、おもに植物や昆虫・使用動物の活動が活発となる夏とその逆の冬の二シーズンとし、観測時間帯は、8:00～16:00の間に設定した。実測時間は1観測点で10分間とし、測定時には音源情報を可能な限りフィールドノートにメモしておき、分析値の参考に供した。

分析は、現在の騒音分析指標に則って行い、自然環境音を評価する指標として等価騒音レベル（ L_{Aeq} ）を用いている。観測地点で録音された10分間のデータはサンプリングタイム0.2秒で5分間ずつ数値化（0.2秒間隔で1500個）し、計算に供した。分析項目は、実波形と比較する時間波形、騒音レベルの度数分布と累積度数、周波数バンド（1/1オクターブバンド）の中心周波数別パワー平均値、そして等価騒音レベルなどである。

また、青葉の森地域では、自然林内の音域を考慮してヘッド&トルソーによる両耳録音（F特性）を、普通騒音計（A特性）録音と同時に実施した。自然環境音の観測・分析ブロックダイヤグラムを図ー2に示す。

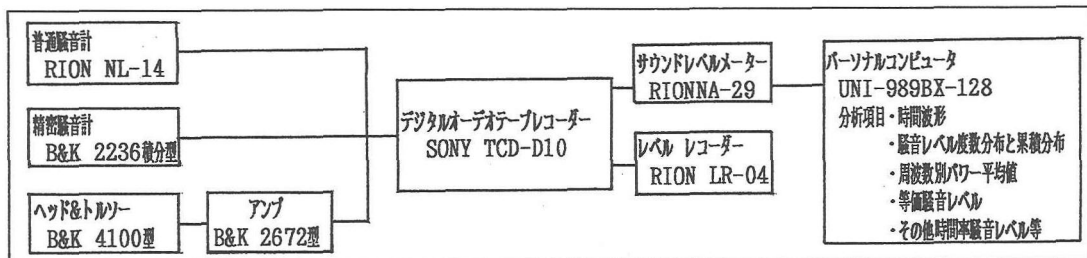


図-2 自然環境音の観測・分析ブロックダイアグラム

3-2 微地形と風向・風速

自然環境の音響構造把握について、その構成要素が空間的にも時間的にも大変多く複雑なことから、先ず自然環境音に関わりが大きいと思われる地形と樹木、風向・風速の測定を行なった。

観測点を中心とした地形と樹木の詳細測定は、環境音の等価線表示（等価騒音レベルが等しい事）の研究から¹⁾、測点から半径25m内の地形測量（縮尺1/100の地形図作製）を行い自然環境音との関係を検討した。

風向・風速については、観測点近傍の同じ高さに微風計（KADEK-KAZE:KONA System）を設置し、平均風速、最大・最小風速を求め各項目の風向をレーダーチャートで表現した。

写真-1は、青葉の森地域の観測点A〇-3の観測状況である。一番手前が普通騒音計で、隣接してヘッド&トルソー（南向）、微風計は北側を向いて写っており、その下に設置しているのは磁北測定のコンパスである。

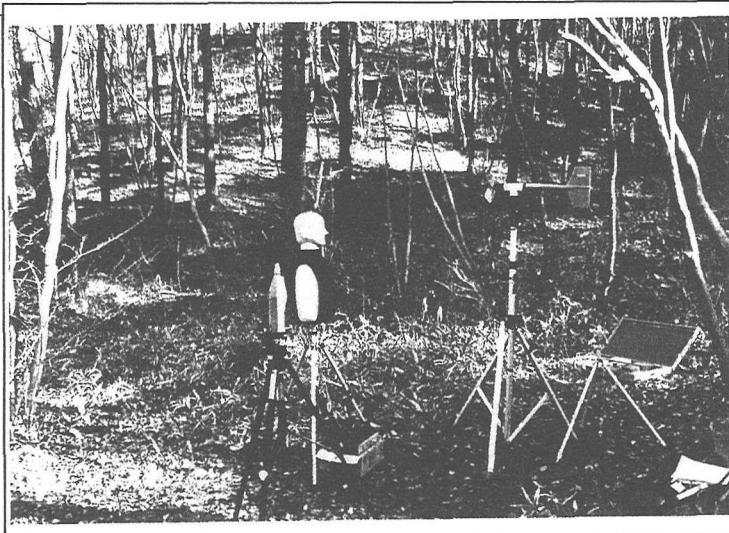


写真-1 青葉の森：測点A〇-3の観測風景

表-1 自然環境音の定点観測値(1996年～1998年：—は未設置と欠測定記号)

観測地域	測点	測定年度		
		等価騒音レベル (dB)		
		1996	1997	1998
穴戸沢流域 (夏)	AT-1	45	—	39
	AT-2	61	—	70
	AT-3	57	—	53
	AT-4	66	—	69
	AT-5	53	—	58
	ATOR-2	—	—	—
	ATOR-3	—	—	69
穴戸沢流域 (冬)	AT-1	39	—	36
	AT-2	59	—	67
	AT-3	48	52	49
	AT-4	62	—	65
	AT-5	52	58	55
	ATOR-2	—	64	57
	ATOR-3	—	71	62
太白山	T-6	—	34	38
	T-7	—	35	35
	T-9	—	32	40
青葉の森散策 道	A〇-2	—	44	48
	A〇-3	—	41	46

4. 結果及び考察

4-1 自然環境音の定点観測

各地域の定点で観測された、自然環境音の等価騒音レベルの値を表-1に示す。これらの値は、観測測点で10分間録音されたデータを5分間ずつ分析した値の平均である。ここで言う夏の期間とはおおよそ7月から樹木の紅葉前までで、冬とは落葉した11月中旬から降雪の始まる時期までをさしている。

自然環境音の定点観測は、1996年穴戸沢の測点AT-1～AT-5が最初であるが、天候と人工的音源の影響と測定機器操作の

トラブル等があり、断続した観測値となっている。いま夏冬の値を比較すると、冬場の値が夏場の値よりも低い値となっている。これは夏場の主な音源の一つであった昆虫の活動が終わり野鳥も減少し、また落葉樹は葉を落とし林床の草本も枯れてしまい、音源が少なくなることに起因しているものと思われる。AT-2、AT-4の両観測点は穴戸沢砂防ダム設置箇所右岸測点で、等価騒音レベルが約61dB～70dBと観測された。この騒音レベルは相当高い値であるが、観測者にとっては騒々しく感ずることなく、むしろ草木の緑と落水の響き等が加わり心地良さを感じた。このことは、騒音レベルと音の感じ方の関係にまだまだ問題が残さるように推察された。

穴戸沢におけるこの3年間の定点観測で、自然林内の等価騒音レベルの範囲は約36dB～58dB、沢沿いでは約59dB～70dBという値を得ることができた。これらの観測値は一地点10分間の実測データに基づく値であり、その地点の音環境をすべて反映しているとはいいがたいが、図-3のように同時に連続実測された騒音レベルの変動状況等から判断すると（高いレベルは野鳥の鳴声）、穴戸沢の「地の音」すなわち「自然環境音」のレベルを示していると思われる。

他の定点観測地域についても、同様な傾向を示しているが、更に観測と分析の継続が必要と考えている。

4-2 微地形と風向・風速

自然林内の自然環境音と音響構造の関わりについて、青葉の森地域A O-3測点の観測結果を例示する。図-4は測点を中心に半径25mの範囲の地形と、胸高直径5cm以上の樹木位置を示した縮尺1/100の地形図である。

地形の特徴を述べると、南から北へ向かって下りの斜面で平均-8.8%、東側へ向かっては最も急な上り斜面で+28.0%、西側にはおよそ20mまで上り勾配だがそれ以後は下り勾配に変化していることが分かる。図-5は、その地形把握を容易にするために三次元表示したものである。

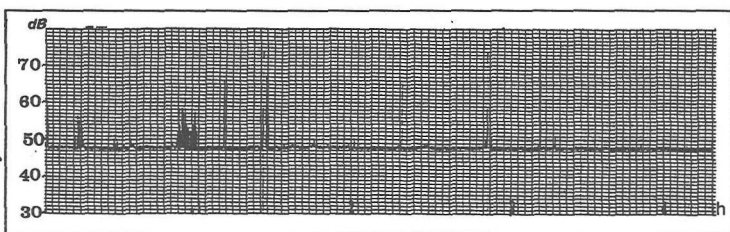


図-3 穴戸沢 AT-3近隣の林道沿い騒音レベル実波形(連続4時間分を提示)

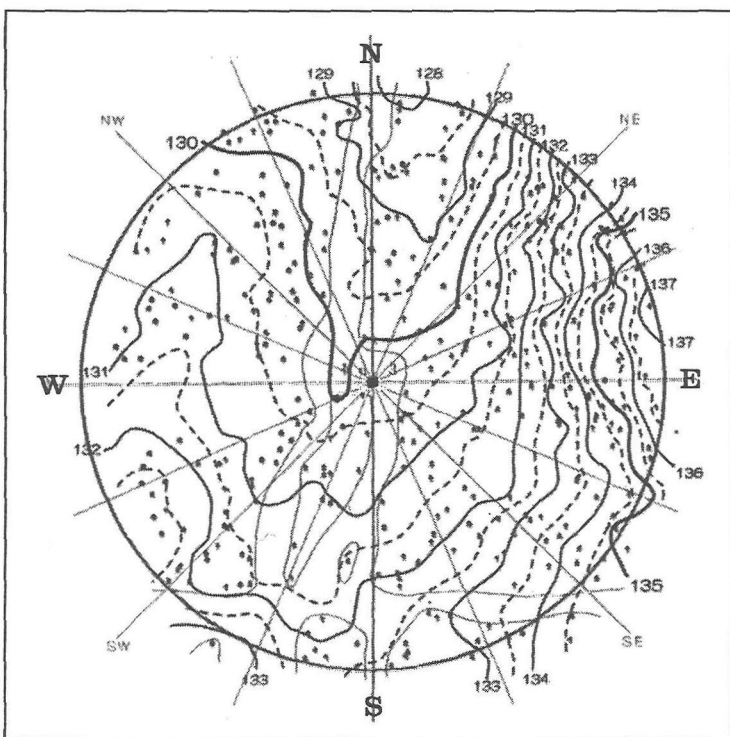


図-4 青葉の森A O-3半径25m地形図(縮尺1/100を縮小)

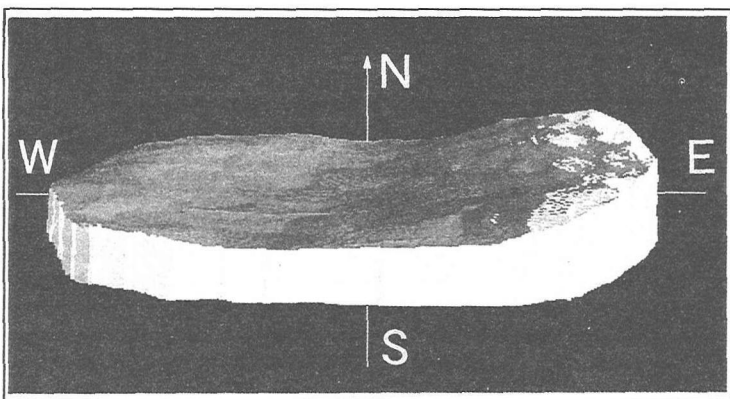


図-5 青葉の森A O-3地形図の三次元表示

観測された樹木
総本数は 313本(広
葉79本、針葉234本)、
樹高10m未満の樹
木は 136本、10m
以上は 177本であ
る。樹木は北から
東、南にかけて多
く、西側は少ない。
また、広葉樹は西
側に多く見られ、
針葉樹は北から東
、南にかけて多く
見られる。樹高が
高い樹木は、東か
ら南、西側にか
けて比較的多く見
られる。表-2に観
測点を中心に8方
位で分割した集計
結果を示す。

同林内の微風計
による風向と風速
の観測結果を図-
6と図-7に示す。
風向はNNE~N方
向に卓越しており、
林内の風道はこの
方向へ流れている
と判断された。

この方向を地形
図に重ね合わせた
場合、散策道が形
成されており斜面
勾配が変化する谷
線とほぼ一致して
いる事がわかる。

また、樹木の疎
密度合から見ると
NNE~NE、S
SW~SW方向の
樹木数はそれぞれ
19本と18本で
、平均本数20本
以下で下枝の少な
い樹高の高い樹木

が分布していることから理解される。図-6の風向レーダーチャートは、最大風速、最小風速、平均風速についてそれぞれの風向を、16方位の頻度分布で表したもので数値軸は頻度を表している。

次に、自然界の音域に配慮して、本年度11月から普通騒音計と同時観測に導入したヘッド&トルソーによる分析結果を、図-8に時間波形を図-9には1/1オクターブバンドパワー平均値を示す。地形と樹木との関わりで右耳と左耳のレベルを比較すると、西側遠方の生活道路からの自動車走行音が落葉した広葉樹を通して、右耳が左耳よりやや高く観測されている。また、左耳には斜面に落葉した枯葉が風によって舞い散る音や野鳥の鳴声等が入って(オクターブバンドパワー平均値の周波数4kHz、8kHzが高くなっている)いることも理解される。このようにヘッド&トルソーで観測した場合、音源の方向などある程度特定できる資料を得られるということが確認された。普通騒音計との比較では、ヘッド&トルソー

表-2 青葉の森AO-3 八方位の樹木(胸高直径5cm以上)測定数

樹木及び樹高	N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
広葉樹 10m 未満	8本	1本	0本	2本	0本	0本	5本	12本
広葉樹 10m 以上 20m 未満	2本	1本	0本	3本	6本	15本	14本	10本
針葉樹 10m 未満	24本	21本	14本	16本	10本	6本	12本	4本
針葉樹 10m 以上 20m 未満	15本	26本	31本	19本	15本	9本	2本	10本
総本数	49本	49本	45本	40本	31本	30本	33本	36本
胸高直径での樹木面積(m ²)	1.07	0.917	0.746	0.583	0.596	0.586	0.789	0.822

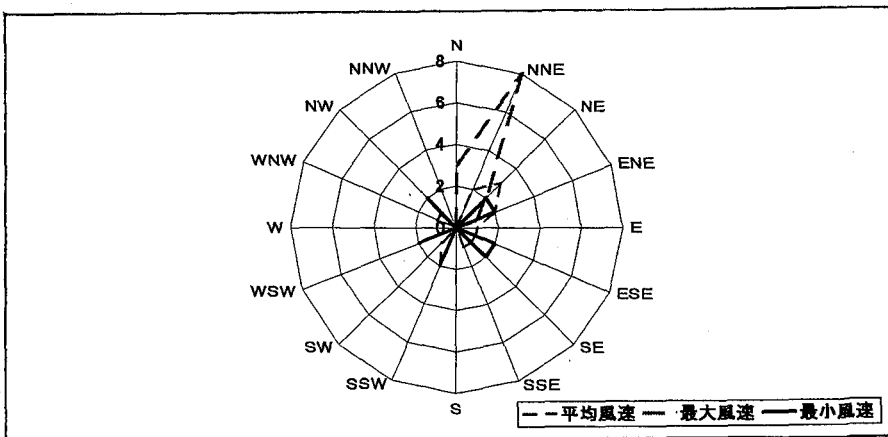


図-6 青葉の森 AO-3 微風計による風向(最大・最小・平均風速)

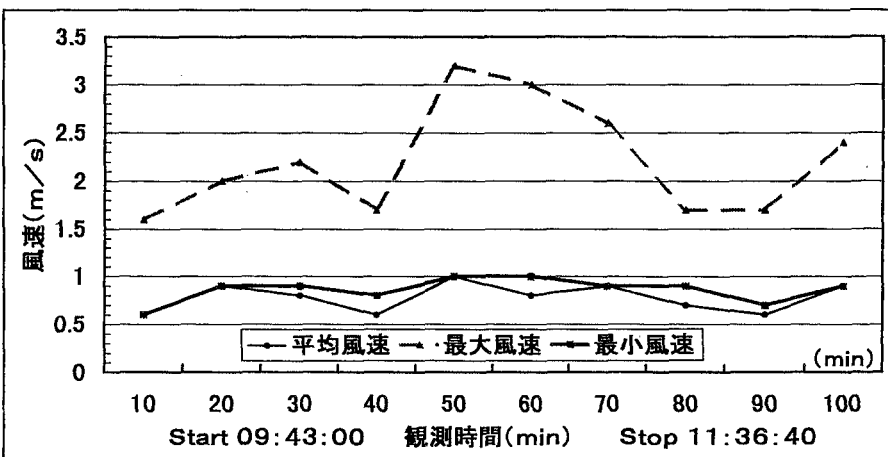


図-7 青葉の森 AO-3 微風計による最大・最小・平均風速

一はF特性録音であるために数値化プロセスでA特性変換を行なうことと、両耳のマイクには防風カバーがないことから風を切る音などが録音され、普通騒音計のモノラル録音よりも約3 dBほど高い値となっている。

5、おわりに

これまで自然環境音の定点観測は、人間の聴覚を意識して普通騒音計のA特性で測定し、騒音分析手法を用いて等価騒音レベルをその指標値としてきた。しかし、人間の可聴域のみを自然環境音と考えるのは不自然でもあり、人間に聞こえない音が他の生物に与える影響を無視することはできない。今回導入したヘッド&トルソーはそれを補強する観測機器として有効であると判断され、今後はこれらを加えて自然環境音の分析を進めたいと考えている。指標としての等価騒音レベルは、自然環境音と生活環境音(騒音)を結びつける値として重要でありこのまま用いて行くつもりである。

観測地点の音響構造把握については、先ず地形と樹木位置等の数値化測定を進め、市販の地理情報システムソフト(駐地、ArcView GIS等)を用いて斜面の方位、傾斜角等の統計量や地形の三次元表示を行い、自然環境音との関わりの検討を進めたい。樹木については、樹高ごとの樹冠投影図、天空及び全周囲の空隙率の把握を、四季を通じての観測が必要と考えている。林内気象についても、微風計の四季を通じた観測方法(定点観測等)の導入が必要と思われる。

今後もこのような手法を用い、観測地域をより人工的音源の影響の少ない地域に拡大し、継続観測を通して林内や水辺等の特徴を類型化し、自然環境の保全状態の評価に関する情報づくりを進めたい。

6、参考及び引用文献

- (1)松山他、「環境音の観測と表現のこころみ」、応用測量論文集、Vol. 7、1996年6月、pp. 75~80
- (2)松山他、「自然林内の音環境観測のこころみ」、応用測量論文集、Vol. 10、1999年6月、pp. 33~38
- (3)日本騒音制御工学会編、「地域の音環境計画」、技報堂、1997年4月
- (4)日本建築学会編、「騒音の評価法」、彰国社、1981年1月
- (5)日本音響材料協会編、「騒音対策ハンドブック」、技報堂、1974年6月
- (6)土木学会関西支部編、「騒音・振動公害」、日本印刷出版、1968年3月
- (7)東北工業大学 工学部 土木工学科 環境測量研究室 卒業論文、岸野・小林、「環境音の測定と分析の試み」、1996年3月
- (8)同 上、笠水上、「自然環境音の観測のこころみ」、1997年3月
- (9)同 上、玉木・内藤、「自然環境音の観測について」、1998年3月
- (10)同 上、虻川・西条・吉田、「自然環境音に関する基礎的調査」、1999年3月

付記：本研究は、文部省科学研究費補助金(研究課題番号10650542:「自然環境音の観測に基づく自然環境保全状態の評価に関する研究」)による研究の一部をまとめたものである。

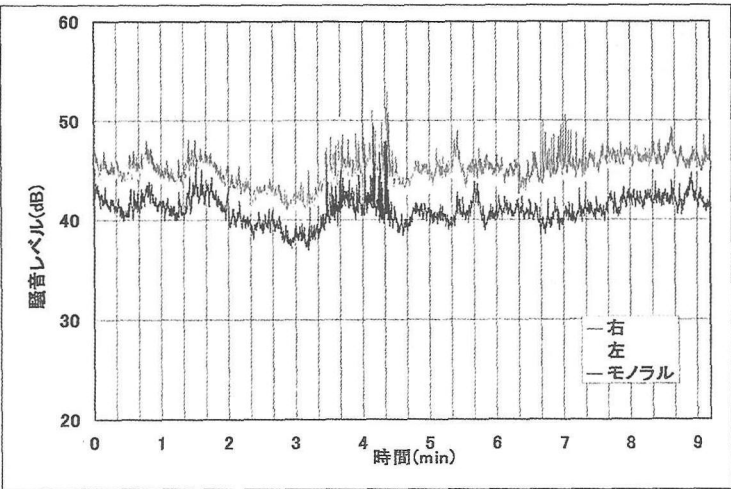


図-8 青葉の森A0-3のヘッド&トルソーと普通騒音計の同時時間波形

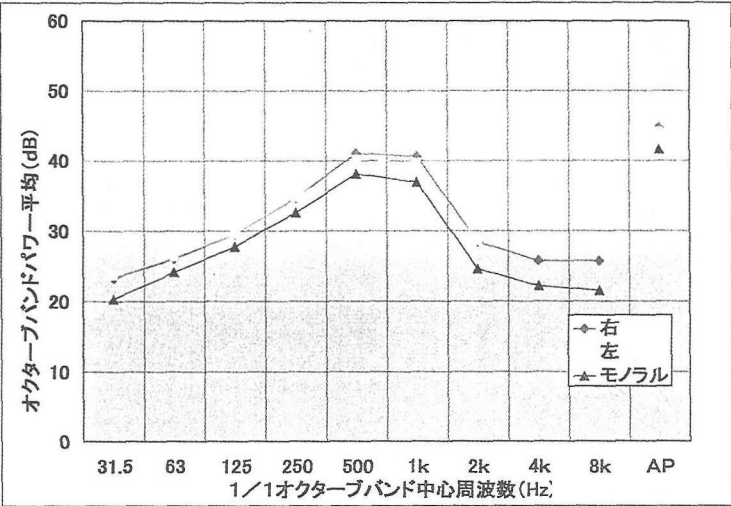


図-9 青葉の森A0-3のオクターブバンドパワー平均値