

地上走行時の超大型航空機荷重に対するライフサイクルコストを 考慮した空港舗装の設計・補修に関する研究

国土技術政策総合研究所空港研究部空港施設研究室
航空局飛行場部建設課
新東京国際空港公団空港計画室
中央大学理工学部土木工学科
エアバス・ジャパン株式会社

1. はじめに

空港舗装施設は従来より航空機の静止状態を対象として整備されてきている。しかし、空港用地の地盤沈下や航空機荷重の繰返し載荷等に起因する舗装変状が進行すると、その上を航空機が高速走行するときには静止時よりもはるかに大きな荷重が加わることが考えられる。また、航空機制動時ならびに曲線走行時においては、過大な荷重が鉛直方向のみならず水平方向にも加わるほか、着陸時においてもきわめて大きな衝撃荷重が載荷される。

このような航空機走行時の動的荷重により舗装が受けるダメージは、現在開発中で2005年就航予定の超大型航空機が導入されることによりますます大きくなることが想定される。このため、空港舗装の抜本的な構造強化が必要となることは明らかであり、航空機地上走行時の運動特性の解明、航空機走行時に舗装構造に加えられる荷重特性の解明、そしてこの荷重に対する舗装構造の動的力学特性の解明が急務となっている。

これに加えて、変状の生じた空港舗装上を航空機が走行する場合には、航空機の振動が大きくなり、パイロットの操縦性は大きな影響を受けるので、地上走行時における航空機事故の発生も懸念される。これを防止するためには、舗装変状がパイロットの操縦性に及ぼす影響を解明することが必要になる。

そのため、航空機走行の安全性を確保するための空港舗装施設の構造設計ならびに補修規準の策定方法として、以下に示す3項目について研究している。

GPS (Global Positioning System) を使用した舗装縦断プロファイルの高精度高速計測方法

空港舗装走行時における航空機パイロットの操縦性ならびに航空機応答特性
航空機の静止・走行時における空港舗装の応答と舗装構造へ及ぼす影響

2. 空港舗装縦断プロファイルの高速計測方法

2.1 概要

わが国では、現在97の公共用飛行場により国内航空交通のネットワークが図られ、空港における旅客利用者数、貨物取扱量、そして飛行機の離発着回数等は年々増加の一途をた

どり、その需要は今日でも予想以上のペースで増大している。まさに航空輸送は社会経済にとって欠くことのできない重要な交通機関となっている。

舗装の縦断プロファイルの変化は車両の乗り心地や航空機の操縦性に多大な影響を及ぼすことから、この測定方法が多くの機関により開発されている。各々の装置に特有な評価指標も数多くあり、これら多くの指標を共通化するための努力が世界銀行が中心になって行われ、その結果としてIRI (International Roughness Index) が提案された。このIRIを算出するためには、縦断プロファイルの測定が不可欠である。しかし、縦断方向のプロファイルを水準測量により求めることは交通の妨げとなるばかりでなく、多くの人手と時間、費用を要する。そのために、効率よくかつ高精度で縦断プロファイルを測定する装置の開発が望まれていた。

ここで使用したプロフィロメータは相対的に廉価で、車両が通常道路を走行する程度の速度で測定可能であり、多量のデータを迅速に処理できる非接触型プロフィロメータである。縦断プロファイルの測定間隔はマクロテクスチャレベルの解析にも利用できるように1mm間隔の計測が可能であり、「逐次二点真直度測定法」の使用により、間隔が1mmで精度が ± 1.2 mmの測定値を得ることができる。この装置により取得されたデータは、舗装の幾何学的特性を評価することのための基礎的な素材として使うことができ、種々の問題を解決するための広範囲にわたる取り組みが可能となった。

2.2 供用中の空港におけるプロファイル測定

2.2.1 測定方法ならびに結果

上記の高速・高精度プロフィロメータを用いて、供用中の空港滑走路においてプロファイル測定を実施した。

具体的には、滑走路中心と、そこから左右に、1.92m、4.65m、5.50m離れた7つの測線を設け、南側を起点(0m)とし、北側を終点(3,000m)とした(図-1)。この7測線は、B747およびB767の脚配置をもとに決定したものである。

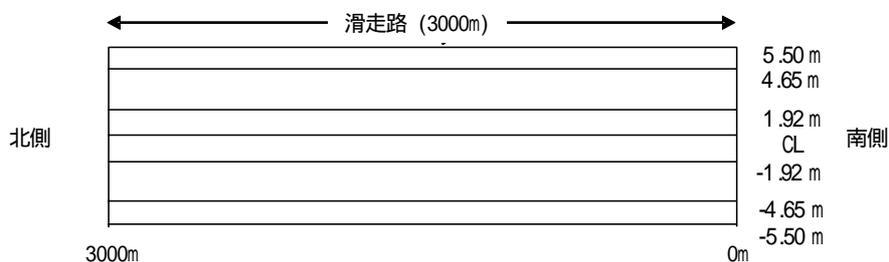


図-1 滑走路における測線位置

測定例として、測線 について、滑走路端部の100m区間のものを図-2に示す(プロファイルの往復の測定結果)。往復の測定結果はおおよそ一致していると思われる。

縦断プロファイルの測定は、従来より3mプロフィロメータを用いて1.5m間隔で行われている。これと今回開発した測定装置による結果、すなわち、絶対縦断プロファイルと従来型の計測器によるプロファイルの比較を行った(図-3)。従来型プロファイルの長波長成分の誤差が次第に累積していくのがわかる。

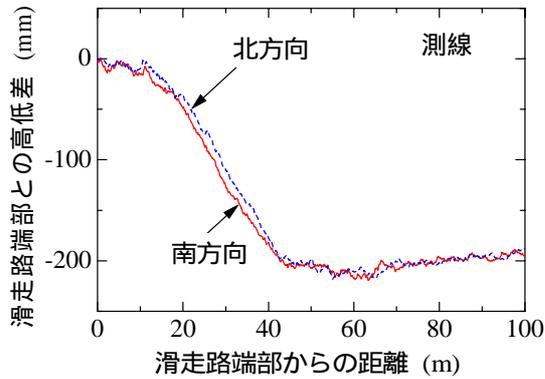


図-2 滑走路端部におけるプロファイル測定値の比較

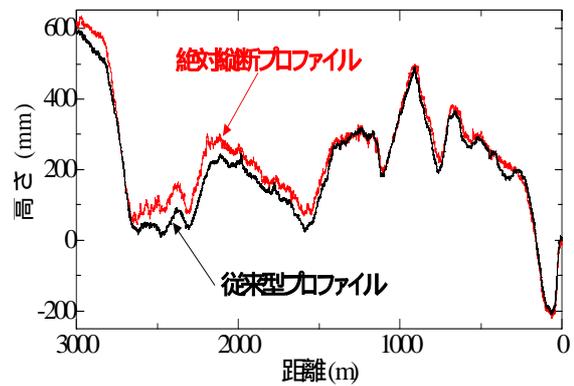


図-3 絶対縦断プロファイルと従来型プロファイルの比較

2.2.2 縦断プロファイルの評価

測定結果の評価として、IRIによるものとスペクトル解析によるものの2種類を実施した。IRIは世界各国において舗装のサービス性能を乗り心地で評価する際の指標として用いられており、クォーターカーを一定速度で舗装上を走行させたときに車両が受ける上下方向の運動変位の累積値と走行距離との比で定義したものである。今回の測定結果から算出したIRIを滑走路全長に渡って示したものが図-4である。両起点より500m地点周辺が大きくなっていることがわかる。

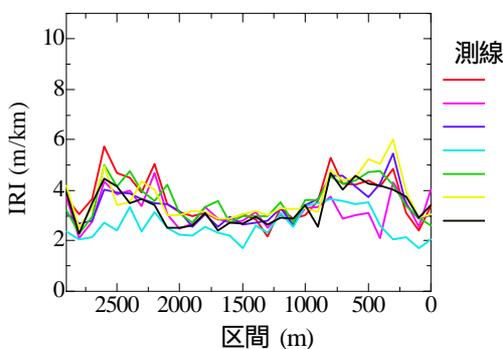


図-4 各測線におけるIRI

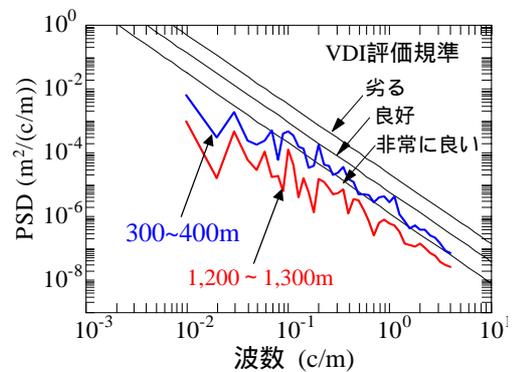


図-5 パワースペクトル密度による縦断プロファイルの評価

スペクトル解析は、連続不規則変動をそれぞれの波長成分に分解して各波長成分に凹凸の強さを示したものである。ここでは区間や測線間の比較をするための指標として、ドイツ技術者協会（Verien Deutscher Ingenieure）の道路評価規準を用いた。図-5はIRIで大きな値を示した地点（300～400m）と小さな値を示した地点（1200～1300m）を比較したものである。IRIで大きな値を示した地点のほうがパワースペクトル密度（PSD）も全体的に大きな傾向を示している。

3. 航空機パイロットの操縦性ならびに航空機応答特性

3.1 概要

航空機に対して安全な走行面を提供するという空港舗装の機能を確認するために、その表面状態については定期的に調査を行う必要がある。しかし、空港舗装の利用者たる航空機の乗員・乗客の立場からの機能評価については現状では明確になっていない。そのため、乗員・乗客のうちで航空機の地上走行に直接関わるパイロットの空港舗装に対する主観的評価を行ない、乗り心地および安全性に影響する表面性状について調査した。その結果に基づき、航空機の地上走行挙動に影響を与える滑走路の平坦性評価を汎用シミュレーションソフトAPRAS（Aircraft Pavement Roughness assessment software）および路面プロファイルモデルを用いて理論的に実施し、航空機の応答特性に基づく滑走路の平坦性評価値についてまとめた。

3.2 空港舗装の表面性状に関するパイロットの意識調査

3.2.1 アンケート調査

主に国内空港を利用しているパイロットに対して、航空機を舗装上に走行させている際に感じる表面性状に関する事項についてアンケート調査を実施した。その結果、62名から回答を得ることができた。調査項目は、航空機の乗り心地に関する評価と走行安全性に関する評価であり、それぞれ、滑走路、誘導路、エプロン別に調査した。

これらについては、舗装表面における8項目の影響因子（段差、わだち掘れ、波状路面、舗装のひび割れによる破片、走行方向の勾配、湿潤路面、雪氷路面、航空灯火の凹凸）に対する影響程度について、良し悪しの程度を5段階で評価してもらった。評価の回答としては、影響なし、あまりない、普通、ややある、大いに影響の5段階である。

3.2.2 調査結果

表面性状を支配する8項目の影響因子について、舗装施設別の影響程度を「影響なし」1点～「大いに影響」5点とし、数値化によって比較した結果を図-6、図-7に示す。

乗り心地に関しては「波状路面」（3.88）が全ての舗装施設において最も影響が強く現れており、次いで「段差」（3.63）、「航空灯火の凹凸」（3.41）であった。舗装施設別では、滑走路・誘導路に比して、エプロンでの影響は小さい。

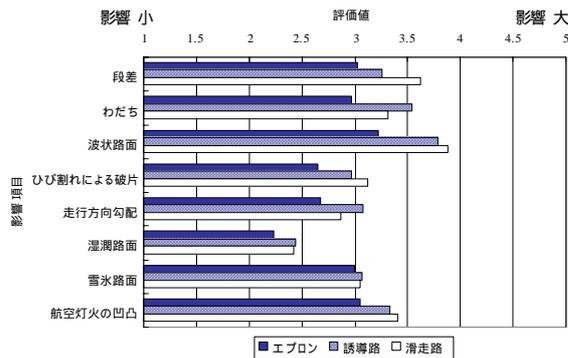


図-6 乗り心地評価（舗装施設別）

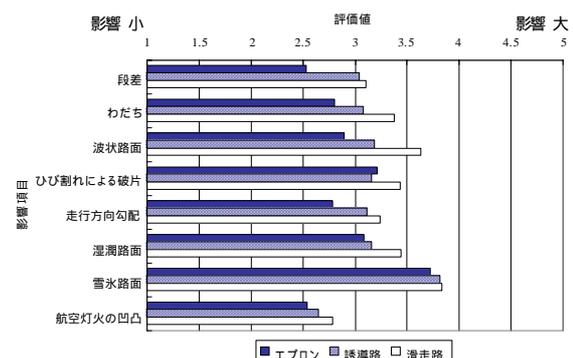


図-7 安全性評価（舗装施設別）

一方、安全性について検討すると、「雪氷路面」(3.83)が全ての舗装施設において最も影響が強く現れており、次いで「波状路面」(3.63)、「ひび割れによる破片」(3.44)である。舗装施設ごとの影響の違いでは、乗り心地同様、エプロンにおいては、誘導路・滑走路に比べ「ひび割れによる破片」以外は、全体的に影響の程度が低く、誘導路よりも滑走路で表面性状の影響が大きいことがわかった。

3.3 航空機の走行シュミレーションによる舗装プロファイル評価

これまでの調査結果に基づき、表面性状が航空機の地上走行挙動に及ぼす影響を理論的に解明することを目的として、航空機の運動モデルの検討を行った。検討に際しては、汎用性の高い既存のシミュレーションソフトであるAPRasを使用し、離着陸時、滑走時において路面が航空機の乗り心地に及ぼす影響についてシミュレーションを行った。

APRasとは、滑走路面のプロファイルデータを入力することにより、離着陸時の航空機のパイロット座席における上下方向加速度 (PSA : Pilot Station Acceleration) と重心位置における上下方向加速度 (CGA : Center of Gravity Acceleration) を算出するシミュレーションソフトウェアである。安全性・快適性を評価するには、パイロットの座席における上下方向加速度 (PSA) が重要となり、値が0.4g以内である時に快適であると評価できる。

これまでの調査により、舗装表面の特定周波数 (波長) が航空機の乗員の乗り心地に関係のあることがわかった。ここでは、波状特性を加味したプロファイルを作成し、APRasを用いてPSA, CGA, 走行速度, 平坦性の相関について分析を行った。

図-8に航空機の走行挙動と舗装波状特性に着目したシミュレーション結果を示す (パイロット位置)。20knots定速走行時の図-8a)より、定速走行時では航空機に作用する上下方向加速度に関して、20m以下の波長の影響が大きく、10m付近にそのピークが見られ、振幅の増加とともにその値は増加する。これに対して、図-8b), c) (離着陸時) から、離着陸時は航空機の走行速度が大きいため、PSAでは50m付近や70m以上の長波長に関しても値が大きくなることがわかる。このことは、50mの波長が0.02c/mの空間周波数に相当することから、パイロットの意識調査で示された結果と合致している。また、定速走行時の加速度波形にピークが3箇所見られるのは、航空機モデルの共振周波数に対応しているためと思われる。走行速度を考慮するとこれらはおおむね1.5Hz以下となっている。

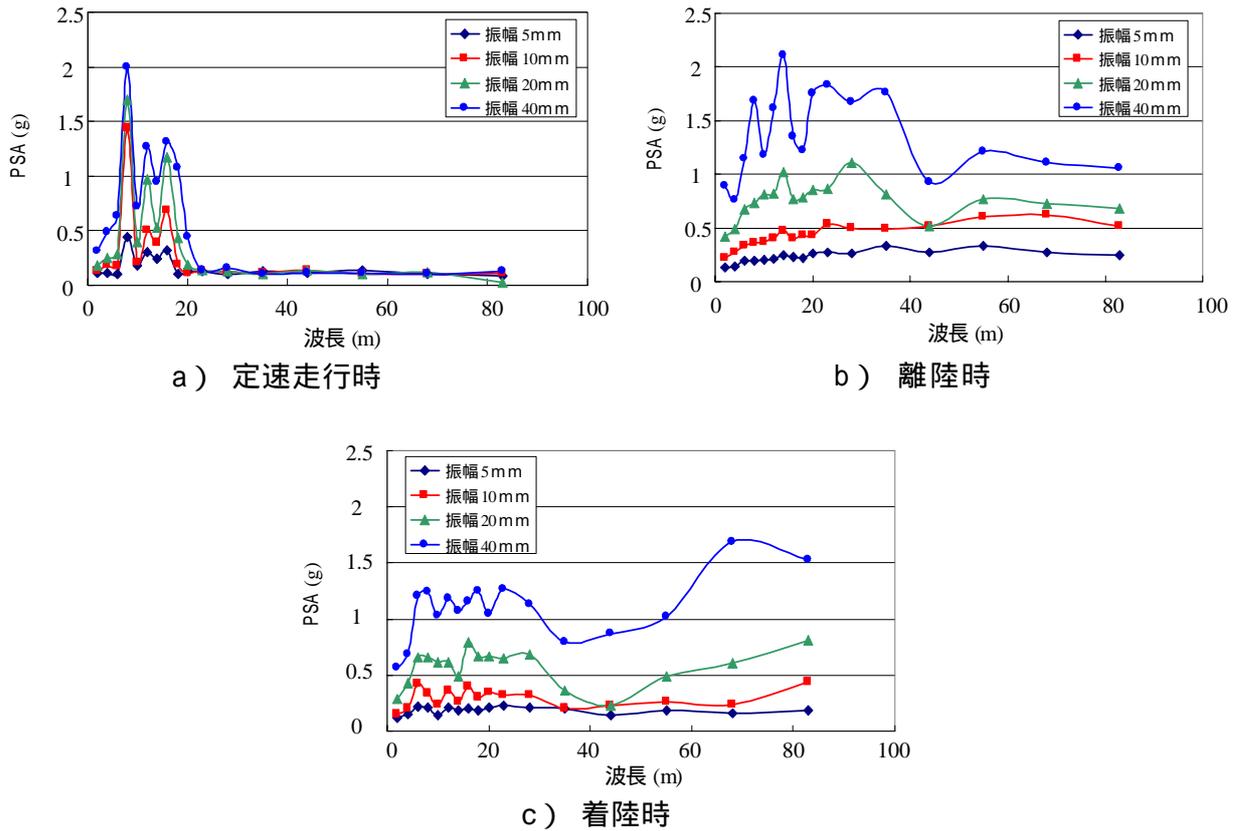


図-8 航空機の応答特性

以上で得られた振幅，波長と航空機の上下方向加速度の関係から，乗り心地の観点から舗装の平坦性評価基準を求めることができる．APRAsでは，乗員に作用する上下加速度の限界値を $\pm 0.4g$ に設定しているため，ここでもその値を使用して平坦性の新しい評価基準を検討することにする．図-9は，限界値に達したときの振幅と波長を表したものであるが，図より離陸時においては広範囲の波長域にわたって12~16mm程度であること，定速走行時においては5~16mの波長域で8mm程度であることがわかる．

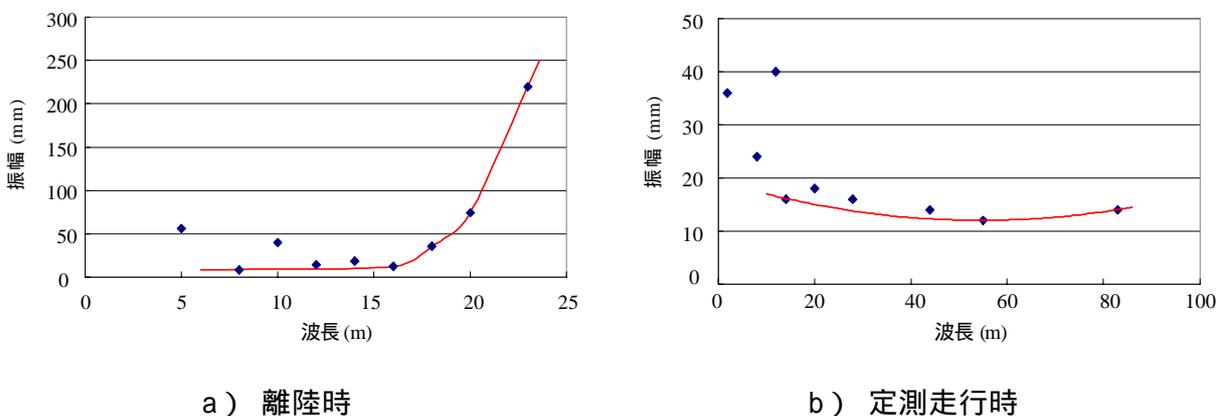


図-9 航空機応答から見た舗装平坦性評価

4. 航空機荷重に対する空港舗装の応答と舗装構造へ及ぼす影響

4.1 概要

航空機が変状のある舗装上を高速走行するとき、制動・曲線走行・着陸時には、空港舗装は静止時よりも大きな荷重を受けることが懸念される。そのため、航空機地上走行時の運動特性の解明、航空機走行時に舗装構造に加えらるる荷重特性の解明、そしてこの荷重に対する舗装構造の動的力学特性の解明が急務となっている。

このような課題を解決するために、移動荷重に対する空港舗装の応答解析、静的ならびに動的解析による空港舗装構造の評価について研究を行っている。

4.2 移動荷重に対する空港舗装の応答解析

航空機が走行する場合の舗装の動的応答について解析した。具体的には、移動する航空機タイヤの作用する要素と節点を効率的に検出し、舗装の挙動を解析できる3次元FEMプログラムを開発している。タイヤ接地圧は表面に鉛直に分布する荷重として処理している。8節点アイソパラメトリック要素を用いて滑走路をモデル化している。本プログラムの特徴は複雑な荷重条件と自由度が70,000以上になる大きな問題を、PCを用いて効率的に計算できることである。このプログラムを用いて、移動する航空機の輪荷重に対する応答を算出し、移動荷重の速度、アスファルトコンクリート層の厚さ、車輪配置が応答に及ぼす影響について考察した。

空港舗装構造が一定の速度で移動する輪荷重の作用を受けている場合を想定して解析を行った。解析対象区間は長さ20m、幅20m、深さ10mである。幾何学的な対称性を考慮して、図-10のように解析領域の半分を有限要素で離散化して、移動荷重を受ける滑走路の動的解析を行っている。車輪が通過する位置にある要素の長さとは幅は、舗装とタイヤの接地面を長方形で近似した長さとは幅に等しい。解析で考慮した車輪配置は図-11a)に示すような単軸荷重である。解析には8節点ソリッド要素を用いている。解析に使用する全節点数は22,540、全要素数は18,720となる。ここでは、表面たわみおよび図-11b)に記したタイヤ中心位置に沿ったアスファルト要素 E_A における ε_{xx} と ε_{yy} 、脚中心位置すなわちモデルの対称軸に沿った路床要素 E_S の ε_{zz} を求めた。

等速度 $V=36\text{km/h}$ で単軸荷重が移動するとき、解析領域中央の荷重図心点での表面たわみ、AC層要素 E_A と路床要素 E_S のひずみ応答履歴は図-12のようになる。アスファルト層下面の荷重走行方向のひずみ ε_{xx} は引張と圧縮の状態が発生する。最大引張ひずみは 248×10^{-6} 、圧縮ひずみは最大引張ひずみが発生する前後で起こり、最大圧縮ひずみは 43×10^{-6} である。これと直交する水平方向のひずみ ε_{yy} は、引張ひずみだけが発生し、荷重の中心点直下で最大で、その値は 170×10^{-6} となる。路床上面の鉛直方向の垂直ひずみ ε_{zz} は、移動荷重により常に圧縮ひずみが生じ、移動荷重の中心点が直上にあるとき圧縮ひずみは最大になり、その値は 287×10^{-6} である。

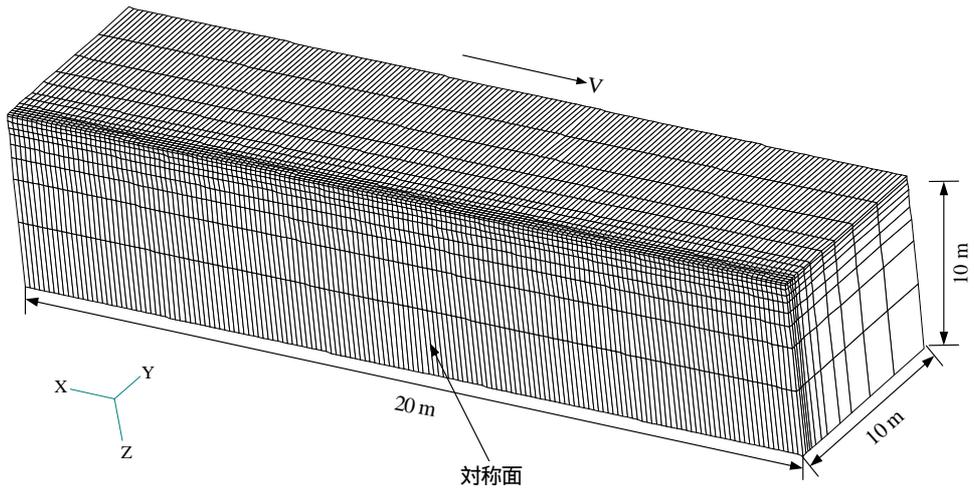


図-10 空港舗装の3次元有限要素分割

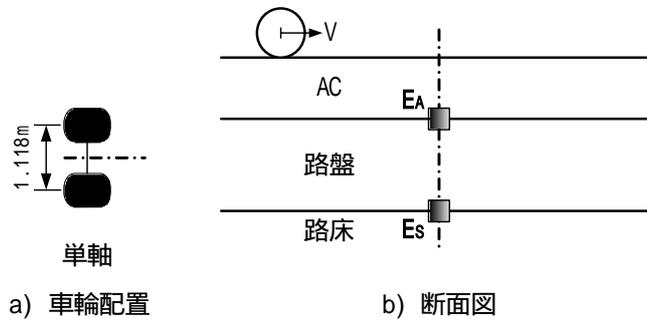


図-11 車輪配置と着目した要素の位置

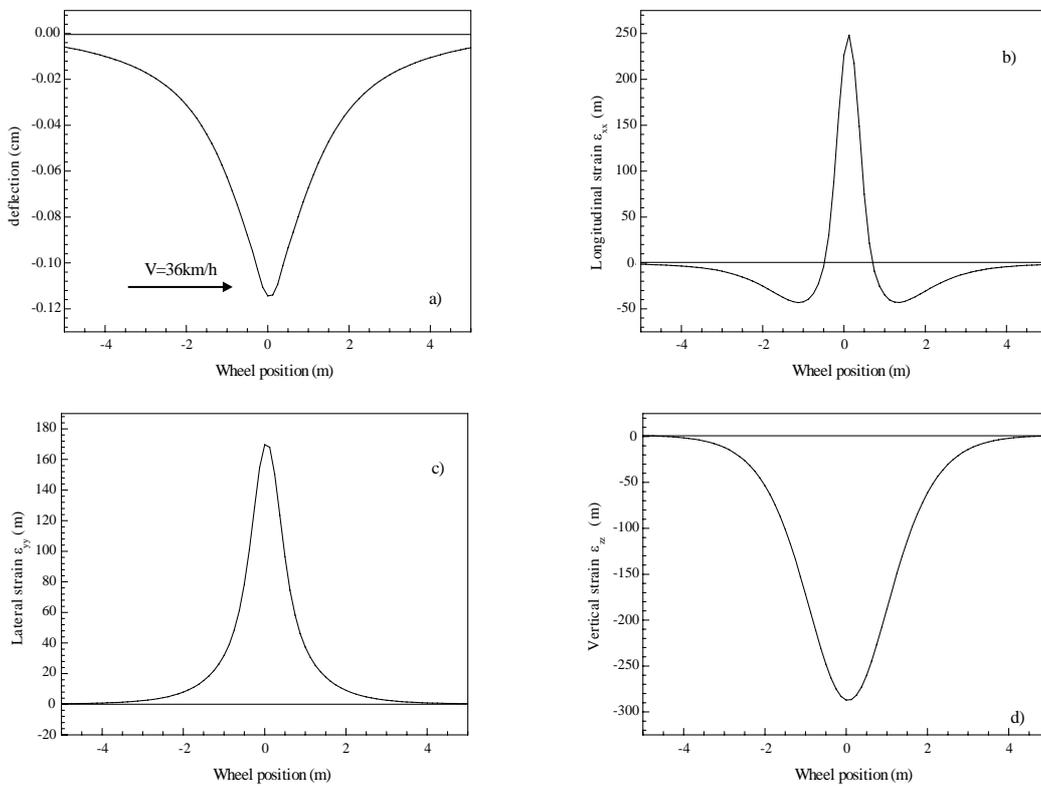


図-12 単軸荷重による着目点の表面たわみとひずみの変化

a) たわみ; b) AC要素 E_A のひずみ ε_{xx} ; c) AC要素 E_A のひずみ ε_{yy} ; d) 路床要素 E_S のひずみ ε_{zz}

4.3 静的ならびに動的解析による空港舗装構造の評価

載荷試験，解析方法の違いによる滑走路・誘導路走行時の表・基層，上層路盤，路床の評価について，次の4方法による違いを調べた．

走行載荷試験の走行荷重逆解析弾性係数を用いた走行荷重対応解析

FWD載荷試験の動的逆解析弾性係数を用いた走行荷重対応解析

FWD載荷試験の静的逆解析弾性係数を用いた静止荷重対応解析

静的載荷試験の静的逆解析弾性係数を用いた静止荷重対応解析

アスファルト舗装構造の理論的構造設計における研究成果を総合して定めた破壊規準により，載荷試験，解析方法による構造評価の違いに関して比較を行う．載荷速度としては，空港舗装を対象とした米国の設計法で用いられている周波数10Hzを使用している．

滑走路走行時に対応した破壊回数を図-13，図-14，図-15，表-1に示す．

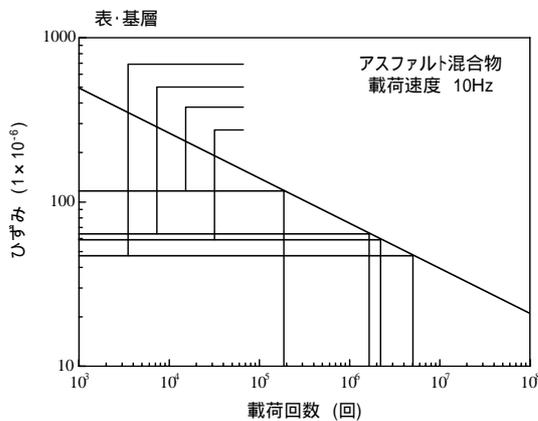


図-13 表・基層の破壊回数

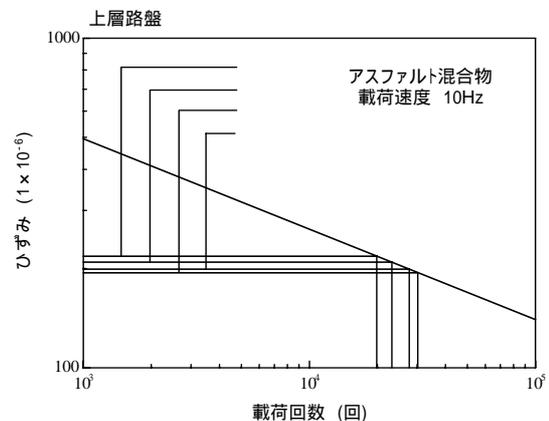


図-14 上層路盤の破壊回数

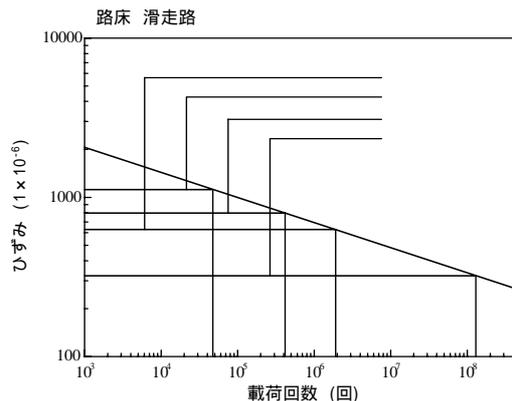


図-15 路床の破壊回数

表-1 滑走路の破壊回数

表・基層	5.0×10^6	1.5×10^6	2.0×10^5	2.0×10^6
上層路盤	2.0×10^4	2.2×10^4	3.0×10^4	2.8×10^4
路床	2.0×10^6	5.0×10^4	4.0×10^5	1.2×10^8

その結果、～ のいずれの方法においても、路床よりは上層路盤において少ない載荷回数で破壊が生ずること、すなわち、ひび割れが卓越することがわかる。また、評価方法の違いとして、FWDを対象に考えると、動的逆解析を行う場合が厳しい評価となることがわかる。また、走行載荷と静的載荷をみれば、走行載荷のほうが厳しい評価となることもわかる。

5. 結論

本研究は次のようにまとめられる。

空港舗装縦断プロファイルの高精度高速計測方法

舗装縦断プロファイル測定時の問題解決、多量データの迅速処理を目標に全自動化を計った測定装置を開発した。また、縦断プロファイルの測定間隔はマクロテクスチャレベルの解析にも利用できるような1mm間隔の計測を可能とした。さらに、プロファイル測定において、逐次二点真直度測定法の原理を採用し、その適用性を確認した。

航空機パイロットの操縦性ならびに航空機応答特性

航空機の地上走行挙動に着目した空港舗装に対するパイロットの主観的評価については、半数近くのパイロットが乗り心地・安全性に対する影響を感じていること、舗装表面からの主要影響因子は乗り心地と走行安全性で異なっていることがわかった。

航空機荷重に対する空港舗装の応答と舗装構造へ及ぼす影響

空港舗装に対する載荷試験により動的解析と静的解析の相違点ならびに構造評価の違いについて検証した。また、三次元有限要素法による空港舗装構造の荷重応答の解析方法ならびに逆解析方法について研究するとともに、移動荷重に対する舗装構造の応答についても検討した。

6. おわりに

本研究では、航空機が空港舗装上を走行するときに、航空機が舗装の表面形状から受ける影響、反対に航空機の静止、走行の違いによる舗装への影響についてまとめた。今後は、データの蓄積等、研究の熟度を高めることにより、空港舗装施設の構造設計ならびに補修に関する規準を策定することとしたい。

なお、本研究の成果には運輸施設整備事業団「運輸分野における基礎的研究推進制度」による共同研究のものも一部含まれている。運輸施設整備事業団ならびに関係各位に謝意を表する。

災害時における情報提供手法に関する研究

大臣官房技術調査課電気通信室
国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報研究官・情報基盤研究室
関東・中部・近畿地方整備局河川部電気通信調整官・電気通信課
独立行政法人土木研究所水工研究グループ水理水文チーム

1 はじめに

昨年度は、主に情報提供主体としての国土交通省の立場から、防災情報提供を行う各メディアの分析及びウェブサイトをはじめとする様々な防災情報提供手法の検討を行った。一方、潜在的には被災者にもなり得る情報の利用者である住民の立場に立ち、いつ、どこで、どのような情報を必要としているかを把握し、その視点から防災情報提供のあり方を議論することは、情報提供手段が多様化する状況のなか非常に重要であると考えます。

本稿では、まず昨年度の成果の概略を述べ、防災情報を提供する各メディアの特徴と過去の事例から利用者がどのように防災情報を入手しているかについて示す。

次に、新たにユーザビリティ（「有効さ」・「効率」・「満足度」の観点から利用者の利便性の高さを測る指標）という視点を導入し、この視点で防災情報提供のあり方を論ずる。最後に、最新技術の動向を鑑み、防災情報の利用者である住民の視点から、どのような防災情報の提供手法があり得るかについて検討する。

2 防災情報を提供する各メディアの特徴と問題点について

本章では、昨年度の成果を再構成し、利用者である住民の視点も考慮に入れ、防災情報を提供する各メディアの特徴と問題点を抽出する。

表 - 2 . 1 防災情報を提供する各メディアの特徴

2.1 情報提供手段の特徴と分類

防災情報提供者が住民向けにリアルタイムの防災情報等を提供する手段には、テレビ・ラジオ等の放送メディア、インターネット、携帯インターネットが主に挙げられる。一方、その手段により利用者数、情報量、検索機能等の特性

メディア	情報の特徴	アクセスの特性	利用状況	地域性	災害時の信頼性
テレビ	映像・音声により情報にリアリティを持たせられる	放送型であるため、利用者制限無し	殆どの世帯に普及。利用率も高い	サービスエリアが広く、地域性の高い情報伝達は困難	停電時に使用出来ない
ラジオ	音声のみの情報伝達	放送型であるため、利用者制限無し	殆どの世帯に普及。利用率は比較的低い	サービスエリアが広く、地域性の高い情報伝達は困難	電池式のものは、停電時も利用可能
インターネット	映像から文字情報まで詳細な情報提供可能	アクセスが集中するとスポンスが下がる	6割の世帯に普及。テレビより利用率が低い	情報提供者の意図により地域性の高い情報提供も可能	ダイヤルアップ接続の場合、輻輳の心配あり
携帯インターネット	表示サイズが小さいため、簡易グラフィックと文字が中心	アクセスが集中するとスポンスが下がる	約5,500万契約に達している(H15.7現在)	情報提供者の意図により地域性の高い情報提供も可能	輻輳の心配あり。停電時も利用可能

が違いため、表 - 2 . 1 に示す「防災情報を提供する各メディアの特徴」を考慮した上で、各特性に沿った情報を作成し、かつ、各手段を相互に補完するような情報提供を行う必要がある。

2 . 2 災害時における利用者の情報入手手段

平成 1 2 年 9 月の東海豪雨災害の事例より、災害時におけるメディアの役割を整理した（表 - 2 . 2 放送研究と調査 2 0 0 1 / 0 2 : 放送文化研究所より）。9 月 1 1 日の気象情報の収集源はテレビ、ラジオの割合が他に比べ高く、気象情報の入手は放送メディアが中心であったといえる。

表 - 2 . 2 東海豪雨災害時の気象情報の収集源

情報源	回答割合 (%)
NHKテレビ	56.2
民放テレビ	55.1
NHKラジオ	7.4
民放ラジオ	11.2
インターネット(ホームページ)	1.7
携帯電話(PHSなど)	0.6
iモードなど	0.2
市町・消防署の広報車	1.7
消防署員・消防団員・市町の職員の連絡	2.4
自治会役員の連絡	2
自主防災組織の人の連絡	0.7
防災無線	0.2
家族・親戚からの連絡	5.3
隣り近所の話	3.3
その他	4.6
覚えていない	1.8

複数回答

一方、別の調査結果から、実際に避難行動を起こす「避難勧告」、「避難指示」等の情報の情報源については、自治会役員の連絡等、自治会や市町村・消防等の機関の口コミによる情報伝達の果たす役割が大きかったことが分かっている。

なお、この調査は平成 1 2 年時点のものであり、その後の急速なパソコン・携帯インターネットの普及に加え、xDSL 等のブロードバンド回線の普及を鑑みると、現在では情報入手手段の形態はかなり変化していると思われる。また、インターネットはテレビやラジオでもカバーしき

れない、身近できめ細かい情報を提供できる数少ないメディアの一つであり、今後、情報提供者の工夫と利用者のリテラシーの向上により、災害時の利用頻度は大きく高まる可能性がある。

2 . 3 利用者の視点から見た各メディアの問題点

以下に、住民が各メディアから災害情報を入手する際の問題を整理した。共通の問題点として、外国人、視覚障害者（色覚障害も含む）等、情報弱者への配慮が十分なされていないことが挙げられる。また、商用電源を必要とするテレビ、インターネットは停電時には使用できない、インターネット及び携帯電話・携帯インターネットは輻輳により利用が制限される場合がある等の問題があることも留意しなければならない。

2 . 3 . 1 放送メディア(テレビ・ラジオ)

放送時間の制約から、ポイントを絞った内容になり、住民は即時に詳細な情報を収集できない。また、避難勧告や避難経路など、狭い範囲内に限定して情報を収集する手段としては有効ではない。

2 . 3 . 2 インターネット

2 . 2 節より、平成 1 2 年時点では、住民が災害情報を収集する手段としては、十分活用されているとは言えない。理由としては、インターネットを主情報源とする習慣が定着していないこと、パソコンを立ち上げてから当該サイトにアクセスするまでに時間を要す

るため、概略情報を得るにはテレビの方が速いこと、防災情報等を提供するサイトのユーザビリティが低いこと等が挙げられる。一方、最近ではテレビの番組内でより詳細な情報を提供するURLを表示する等、テレビとインターネットの連携が図られており、成果を上げている（多摩川に出現したアゴヒゲアザラシのテレビ報道で京浜工事事務所のURLを紹介したところ放送直後にそのサイトへのヒット数が激増した。）

2.3.3 携帯電話

2.2節より、インターネットと同様、住民が防災情報を収集する手段としては十分活用されているとは言えない。理由としては、取得できる情報が知人・家族の安否確認等、限られたものになることが挙げられる。

2.3.4 携帯インターネット

2.2節より、インターネットと同様、平成12年度時点では、住民が災害情報を収集する手段としては、十分活用されているとは言えない。理由としては、携帯電話のディスプレイサイズの制約から文字・数字・簡易グラフィック主体の情報となり、一度に入手できる情報量にも制限があること、URLが検索しづらい等が挙げられる。しかしながら、利用者は常に携帯しており、通話圏内であればどこでも様々な情報を入手できる利便性がある上、メールによる情報入手も可能であることから、潜在的には非常に有用なメディアである。

2.4 まとめ

本章では、昨年度の検討をもとに防災情報を提供するメディアの特徴を述べ、利用者の視点から問題点を抽出した。

今般、より深く利用者の視点から防災情報提供のあり方を検討するため、利用者の利便性の向上について考察する必要がある。次章において、インターネットのホームページの評価方法として使われている「ユーザビリティ」の視点を導入し、各メディアのうち、昨年度の検討において防災情報を提供する手段として有効なメディアと位置付けたテレビとインターネットについて評価する。

3 ユーザビリティの観点から見た情報提供手法

3.1 ユーザビリティ

ユーザビリティとは、「有効さ」・「効率」・「満足度」の観点から利用者の利便性の高さを測る指標である（池谷義紀著：「Webデザインユーザビリティ」より）。ここでは「有効さ」を「住民が必要とする情報を入手出来たかどうか」、「効率」を「住民が必要とする情報を入手するためにどれだけ労力を要したか」、「満足度」を「住民がどれだけストレスを感じずに情報を入手できたか」とそれぞれ定義する。

一方、ユーザビリティに関連する概念としてアクセシビリティがある。アクセシビリティとは、目的に到達するための容易度を表し、主に体の不自由な人や高齢者に対する配慮についての指標とされている。本稿では、特にアクセシビリティを「情報弱者」に対する配慮に関する概念と定義し、ユーザビリティの一部としてとらえることとする。

表3-1. に、テレビとインターネットについて、住民に対し防災情報を提供する上で

のユーザビリティ向上に必要となる条件についてまとめる。

表3 - 1 . テレビとインターネットのユーザビリティ向上に必要となる条件

	有効さ	効率	満足度	アクセシビリティ
テレビ	<ul style="list-style-type: none"> ・概略情報はテロップ等で、即時に流す。 ・ユーザの必要とする情報をリサーチする 	<ul style="list-style-type: none"> ・簡潔な表現で、多くの情報を盛り込めるようにする。 ・情報の重要度と信頼性を明確にする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時にはL字型枠などを利用し、メインの画面以外からでも住民が情報を得られるようにする。 ・災害時には短時間災害情報ニュースを繰り返し放送する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・視覚弱者に対する配慮（色調、文字サイズ）を行う。 ・災害時のニュースは、2カ国語放送を行う。
インターネット	<ul style="list-style-type: none"> ・提供する情報の目的をはっきりさせる。 ・ユーザの必要とする情報をリサーチする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・必要な情報が適切な場所にあるようにする。 ・ユーザの視点から提供する情報のカテゴリズをする。 ・全体像がtopページで把握できるようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・アクセス集中時に対応できるようにサーバの処理能力に余裕を持たせる。 ・新技術を使う場合、代替表示方法も盛り込む。 ・ユーザが迷わずに必要な情報に行き着けるようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・複数言語対応にする。 ・色弱者対応の色使いを考慮する。 ・音声表示に対応する

3.2 ユーザビリティを考慮した映像の事例

ユーザビリティを考慮した映像に関する事例を図 - 3.1 に示す。図では、地図、場所及び時間の情報が映像に加えられており、いつどの場所での映像であるかが容易に分かるよう考慮されている。より狭い地域を限定した地図を表示する場合には、カメラの撮影方向を示すことで現場の状況がさらにイメージし易くなると考えられる。



図 - 3.1 NHKでの画面表示例

一方、国土交通省では施設管理用カメラの映像を報道機関に提供しているが、映像は行政側が必要とする管理用のアングルで撮影したものであり、必ずしも住民が必要な情報とはなっていないものが多い。住民の視点でどのような情報提供が有効であるかを十分考慮する必要がある。例えば、量水標の映像だけでは河川がどのような状況であるのかは判断できない。水位に対し、橋桁、周辺の住宅や道路の高さとの関係が判断できるような情報を付加する等、工夫が必要である。

図 - 3 . 2 に、映像と河川横断図を組み合わせた事例を紹介する。河川横断図にも現在水位がリアルタイムで表示されており、ただ単に水位を示したのものや映像だけを提供しているものと比べると、格段に河川の状況がイメージしやすくなっている。



図 - 3 . 2 映像に付加情報を加えた例

3.3 防災情報提供センターの事例

国土交通省では、気象情報や河川情報、道路情報、地震情報などを集約して提供する防災情報のポータルサイトとして、「防災情報提供センター」を平成 15 年 6 月 12 日に開設した。このサイトのオリジナルコンテンツは「リアルタイム雨量」及び「リアルタイムレーダ」の 2 つであり、その他については既設コンテンツのリンク集となっている。

このホームページの「ご意見・ご感想」に寄せられた内容によれば、「有効だ」、「こんなページを待っていた」等といった感想が多数あり、様々な情報に容易にアクセスできるページの開設により、既設ページだけの場合に比べユーザビリティが向上したと言える。

その一方、ユーザビリティに関する改善の意見等も寄せられていることから、以下に意見、実施された改良点等を紹介する。

3.3.1 指摘された問題点等

1024×768 ピクセルの表示画面を標準としてページを作成していることに対し、旧機種ユーザ等のため 800×600 ピクセルの画面での表示を考慮すべきとの意見があった。リアルタイムレーダ、リアルタイム雨量の情報提供が画像によるものであるため、異なる画面サイズで見やすい構成とすることが今後の課題となっている。

フォントサイズがブラウザで変更できないことについての指摘（視覚弱者や高齢者に対する配慮）があり、修正がなされた。

各コンテンツの操作性の統一として、

リアルタイム雨量とリアルタイムレーダの操作性を統一してほしい旨の意見があった。

リアルタイムレーダの雨量階調の色が分かりづらい旨の意見があった。色覚弱者への対応も含め使用色については更なる工夫の余地があるが、雨量階調が 10 段階となっているため、採択できる色にも限界がある。

なお、リアルタイム雨量については、文字情報の付加による対応も考えられる。

ページが重たい、表示に時間がかかる等、災害時のアクセス集中の懸念も含め意見があった。開設時に比べ改善がなされている一方、分かりやすさや機能とのトレードオフの点もある。

関連リンク先等も含め、地域を指定した後など下位ページでのコンテンツの連携を要望する意見があった。各コンテンツの下位ページでの相互リンクの充実等によりユーザビリティの向上が見込まれる。

3.3.2 その他の主な改善点

コンテンツの充実として、「道路事前通行規制区間」及び「防災知識リンク」を追加した。

ユーザビリティの向上として、災害情報リンク及びサイトマップを追加した。

携帯電話向けのサイトを開設した。

3.4.3 その他

開設以来、アクセス数は順調に推移しており、8月の台風 10 号では 270 万ページビューを記録している。防災サイトであるため、災害時のアクセス集中に対する懸念が意見に寄せられている。このページは、500 万ページビュー/日に対応できるように設計されて



図 - 3.3 トップページ画面

いるが、台風10号のアクセス集中時には一部コンテンツサーバに対するアクセス集中でつながりにくい現象も報告されており、これに対応するシステム増強等も今後、検討が必要である。

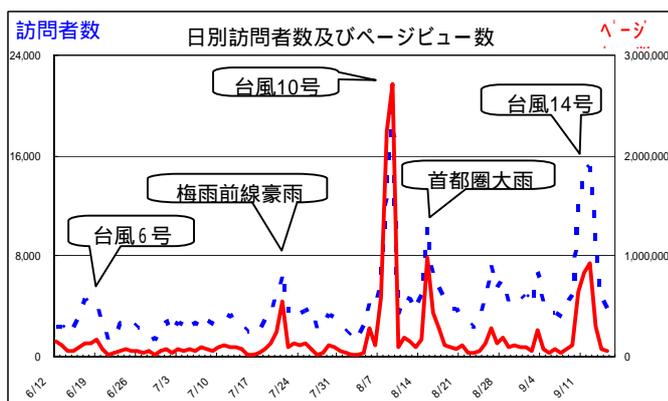


図 - 3 . 4 アクセス数の推移

4 新技術導入による情報提供手法の提案

情報公開を前提としたコミュニケーション型行政の推進や、携帯電話やインターネットの普及により情報を入手できる手段が多様化したことを踏まえ、今まで以上に、防災情報をいかに迅速に、わかりやすく国民に提供するかという課題が顕著になってきた。

昨今の最新技術を取り入れることにより、ユーザビリティの向上を図ることが可能となっており、情報の利用者の視点から、新たな防災情報の提供手法について提案する。

4 . 1 メタデータの付加による映像提供

情報技術の分野では、情報を説明する基本情報のことをメタデータと呼んでいる。情報の内容、作者、作成日、位置、目的、用途といった基本情報を当該情報と併せて提供することで、情報の中身を全て読まなくても選択や収集などの処理を効率的に行えるようになる。特にインターネットにおいては、ネットワークに分散して存在する様々なコンテンツから目的の情報だけを容易に検索、抽出する技術として、メタデータの活用が注目されている。

このメタデータの技術を映像情報に適用する場合、幾つかのアプローチが考えられる。

第一に、利用者が目的の映像を探し出す際に活用するアプローチがある。図 - 4 . 1 は、省内のイントラネット上で試行している監視カメラ検索の事例である。設置場所(住所、緯度経度)や設置目的(設置者、路線名、河川名等)に加え、そのカメラの撮影対象となる近傍のランドマークをメタデータとして登録し、その情報を用いて検索するものである。



図 - 4 . 1 映像ソースの検索にメタデータを活用する例

第二に、メタデータ自体を映像ソースの説明情報として積極的に使うアプローチがある。図 - 4 . 2 は、試行サービスでの事例である。単に動画を表示するだけでなく、表示中の映像の説明を同一画面上に示している。また、画面に表示しきれない詳細内容は、説明用のパンフレットを別に表示あるいは印刷できるようにしている。



図 - 4 . 2 映像ソースの説明情報にメタデータを活用する例

将来的な活用策として、時々刻々と変化する現場の状態を利用者にリアルタイムで伝え、あるいは録画時に一緒に記録し後に過去映像を検索する際に活用するというアプローチもある。

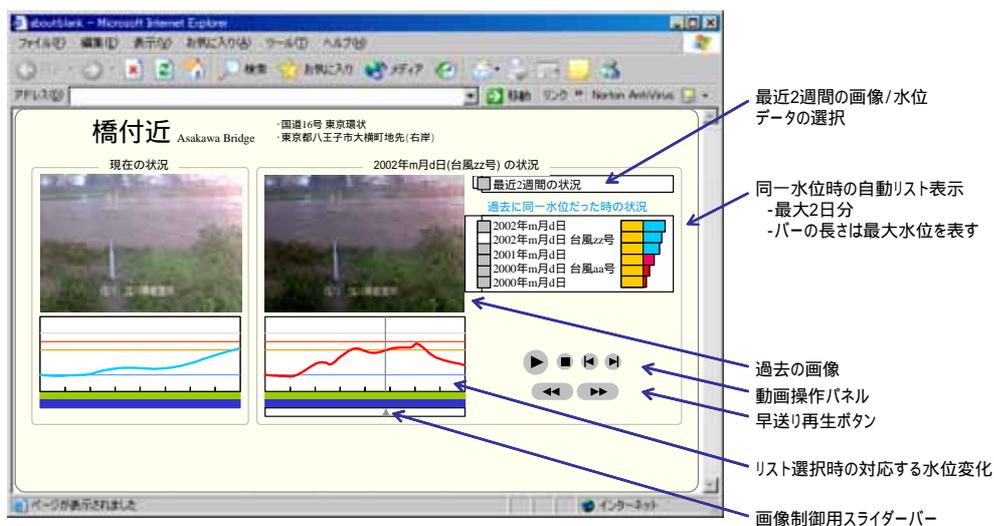


図 - 4 . 3 時々刻々と変化するデータを映像と組み合わせた例

図 - 4 . 3 は、ある地点における過去の洪水時の記録映像や水位データと、現在の状況を併せて表示し、比較できるようにした場合の表示イメージである。映像に水位グラフを並べて示し、過去の類似の事象との比較で、現状把握をよりの確にすることを目的とするものである。

4 . 2 CG (コンピュータ・グラフィック) 技術の活用

最近、放送分野では、カメラ撮影技術を駆使し、ライブ映像にCG画像を重ね合わせて視聴者に対しさらに分かりやすい映像を提供している。具体的には、水泳競技中継での世界新記録線の挿入、ゴルフ中継でのカップからの距離表示、サッカー中継での選手プロフィール紹介画像表示等が挙げられる。

4 . 2 . 1 CG付加技術

競技中継等で見られるライブ映像とCG画像の合成では、「バーチャルスタジオ」技術が用いられている。当該技術はカメラの動きに対応し自動的にCGの画像位置調整を行うことにより、CG物体が実際にその場所に存在するように表示するものである。

図 - 4 . 4 は、映像にCG技術で選手紹介画像や記録データをはめ込んだ例である。視聴者に対し、より分かりやすい表現となっている例と言える。

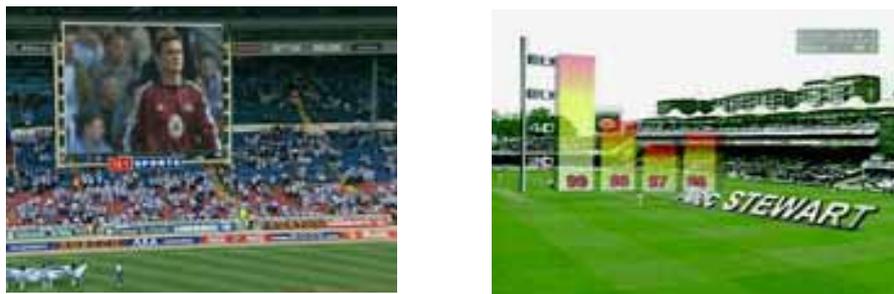


図 - 4 . 4 実映像に選手紹介画像及び記録データを挿入した例 (Orad社HPより引用)

4 . 2 . 2 防災映像へのCG技術活用

上記のCG技術を現状のライブ映像等に活用することにより、以下のような住民の視点に立った分かりやすい防災映像提供が期待できる。

集中豪雨や台風接近時等の河川状況の映像に、時間経過により河川水位が上昇した場合の河川敷状況の様子をCG技術により描画し、危険状況のイメージを深める。

ハザードマップの背景に観測地点のライブ映像や降雨量履歴グ



図 - 4 . 5 映像にCG技術を組合せた水位表示の例イメージ

ラフ、雨量、水位データ等を重ね合わせて、危険箇所等の現状を分かりやすく示し、受け手側に危機管理意識を向上させる。

さらに、上流の雨量と水位及び河川断面と流速等により下流の水位等を予測できれば、下流の周辺地域の洪水のシミュレーションをCG技術により行うことが可能となる。

4.3 携帯電話と地上波デジタル放送による災害情報提供

携帯電話においては、インターネット接続サービスの利用者数が、人口全体の5割を超え、いつでもどこでも情報入手できる手段として欠かせないものとなってきている。携帯電話は、固有のIDを基地局に向け発射しその存在を登録することによって通話ができる仕組みになっている。このため、GPSには劣るものの、都市部においては半径100m程度の精度にて端末の位置特定が可能であり、例えば、ある携帯電話事業者では、「iエリア」という現在のおおまかな位置の周辺情報を提供するサービスを行っている。この仕組みを利用すれば、地域住民はもちろんのこと、登山、海水浴等のレジャー客をはじめ、地下街等においても狭域かつ詳細な情報伝達が期待できる。携帯電話事業者と行政間において連携を図ることにより、非常災害時において各種警報、避難勧告、避難指示等が発令された際、当該地区への携帯電話所持者に対し情報提供が可能となる。

しかしながら、音声による情報提供は輻輳をはじめとするトラフィックの著しい増加が否めなく、携帯メールについてもトラフィックが増加した場合は即時性が損なわれる場合がある。

そこで、本年12月より試験的にサービスが開始される地上波デジタル放送を活用し、位置登録は携帯電話、情報取得は放送により行う携帯電話とデジタル放送が一体となったシステムを提案する。

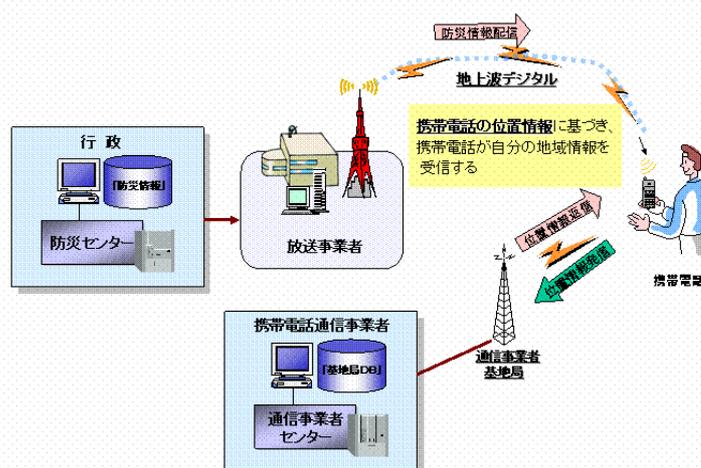


図 - 4.6 携帯電話を活用した双方向放送サービスのイメージ

地上波デジタル放送の特徴は以下の通りであり、携帯電話を活用することにより、通信が有する双方向性を活用した放送サービスが実現する。

一定の伝送帯域幅のもとで複数番組の伝送が可能

映像の効率的な圧縮や変調方式の採用により、一定の伝送帯域幅のもとで、多くの情報量を伝送することができ、映像の精細度に応じて複数の番組の伝送(多チャンネル化)が可能となり、例えば特定の地域に限定した番組を複数放送することが可能となる。

サービスの統合化や柔軟な編成が可能

伝送容量を映像、音声、データ等へ柔軟に配分でき、多様な情報の統合化や柔軟な編成が可能となり、例えば映像へのメタデータ(名称、位置、映像主体等)付加が容易となる。

デジタル化された通信メディア等との接続が容易

通信ネットワークやコンピュータなど他のデジタル化したメディアと放送の接続が容易となる。

5 おわりに

本研究では、ユーザビリティの視点で防災情報提供のあり方を明らかにするとともに、新技術を活用した各種の情報提供手法について提案した。ここで取り上げたものは、更なる技術的検討に加え、事業者との費用分担、運用形態、法的側面での整理等、課題は多い。

しかしながら、インターネットや携帯電話の爆発的な普及に見られるように、数年前では思いもつかなかったことが現実となる社会になりつつあり、IT技術の加速的な発展がそれを支えている。

今後、提案した各種手法について、実際の利用を考慮した具体的なシステム構成の検討を行い、各地方整備局等の利用に資する所存である。

参考文献

1 池谷義紀：Webデザインユーザビリティ,2003年3月

2 放送研究と調査 2001/02：放送文化研究所

参考サイト

1 防災情報提供センター(<http://www.bosaijoho.go.jp>)

2 同 携帯電話向けのサイト(<http://www.bosaijoho.go.jp/i-index.html>)

工事の実施による大気環境に係わる環境影響評価に関する研究

総合政策局建設施工企画課
 北海道開発局事業振興部機械課
 各地方整備局道路部機械課
 独立行政法人土木研究所技術推進本部

1. 研究概要

1. 1 目的

環境影響評価法(平成9年6月公布)に対応した省令において「工事の実施」による大気環境(大気質・騒音・振動)が標準項目として新たに評価の対象となった。このため土木研究所において調査、予測、評価を行う標準的な技術手法^{※1}が平成12年度にとりまとめられたが、技術手法については、知見の進展に伴い見直すことが必要とされている。「工事の実施」に係る環境影響評価については、新たな評価対象となってから以降の実務者からの意見も得られ、組み合わせ機械を単位として予測する方法についても多少の課題が残っている。本研究は、これらの課題に対する対応策を示すことで、円滑かつ適正な環境影響評価の実施を支援することを目的としている。

1. 2 内容及びスケジュール

本研究は総合政策局建設施工企画課を主務として、北海道開発局事業振興部機械課、各地方整備局道路部機械課および独立行政法人土木研究所技術推進本部先端技術チームが共同で、平成14年度から15年度の2カ年で実施している(表1-1)。平成14年度は道路とダムの環境影響評価の事例調査および工事現場における大気質、騒音、振動の実態調査を行い、平成15年度は「技術手法の適用範囲の拡大」「環境保全措置の検討」「測定方法の検討」に関し個別課題への対応策を検討した。

表1-1 本研究の実実施計画

項目	14年度	15年度
環境影響の実態調査	■	
検討課題のまとめ		■
予測方法の適用範囲の拡大の検討		■
環境保全措置の検討		■
測定方法の検討		■
検討結果のまとめ		■

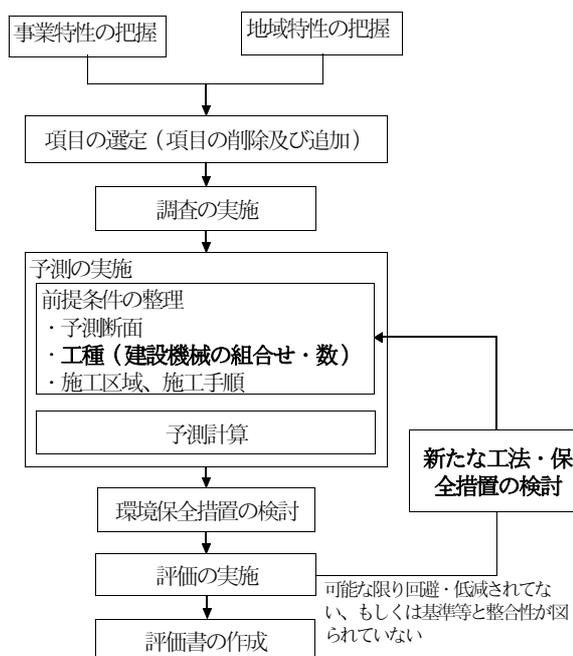


図2-1 調査・予測・評価の手順

※1 「道路環境影響評価の技術手法」(平成12年10月建設省土木研究所)、「ダム事業における環境影響評価の考え方」(平成12年3月 (財)ダム水源地環境整備センター)など

2. 環境影響評価の概要と課題

2. 1 環境影響評価の概要

環境影響評価の調査・予測・評価の手順を図2-1に示す。これらは「工事の実施」以外の項目と同様に図2-1の手順で行われているが、多種多様な工法へ対応しなければならない点が「工事の実施」に係る環境影響評価の特徴となっている。

2. 2 課題

「工事の実施」に係る環境影響評価について実務担当者から寄せられた主な要望を表2-1に示す。

前述した今回の検討課題のうち「予測可能な適用範囲の拡大に関する検討」は、類似ユニットのデータを使用することによる予測を少なくし、予測精度の向上にもつながるもので、「予測可能なユニットの充実」、「ユニットの内訳、機械別の値の提示」の要望に対応する。「環境保全措置の検討」は環境に配慮した工事施工を実現する上において重要であり「環境保全措置の定量評価」に対応する。

表2-1 実務担当者からの要望例

No.	環境要素	意見・要望	備考
①	全般	予測可能なユニットの充実	意見多数
②	全般	環境保全措置の定量評価（低騒音型・低振動型建設機械、透過損失、仮囲いの降下ばいじん抑制効果等）	意見多数
③	全般	ユニットの内訳、機械別の値の提示	意見多数
④	全般	予測値の検証	
⑤	大気質	裸地の影響の評価方法の提示	検討中
⑥	騒音	猛禽類への影響の評価方法の提示	検討中
⑦	騒音・振動	トンネル発破時の予測手法の提示	
⑧	低周波音	低周波音の予測についての記載	事例あり

2. 3 技術手法の適用範囲の拡大に関する検討

技術手法の適用範囲の拡大は、実測調査を継続し、ユニット別の予測用データを増やすことが基本となる。今回は、①現地測定における予測用データの拡充、②計算から求める機械騒音の分解・合成における検討を行った。

2. 4 環境保全措置の検討

環境影響評価における環境保全措置で代表的なものは、①環境影響の少ない施工方法の選択、②低騒音型・低振動型の建設機械の使用、③遮音壁、防振溝などの伝搬経路の対策があるが、データが不足しているため対策効果を定量的に示すことが困難な場合がある。今回、これらの対策のうち代表的なものについて検証を行った。

2. 5 測定方法の検討

「工事の実施」に係る大気質・騒音・振動の予測手法に関しては、各ユニットの予測用データの信頼性を向上させることが重要であるが、工種が多岐にわたるため1ユニット当たりの予測用データの数は少ない。このため、測定をできるだけ合理的に行うことでデータ数を増やすことが予測精度向上につながる。今回の調査では、大気質と騒音を取り上げ測定精度を担保しながら合理的に測定する方法について検討した結果を報告する。

3. 技術手法の適用範囲の拡大に関する検討

技術手法の適用範囲の拡大については予測可能ユニットを増やすことが求められており、ユニットを増やす方法としては、実測データを充実させる方法が基本である。一方で、土木施工の工種は、現行の技術手法記載のユニットよりはるかに多く多岐にわたっており、技術の進歩に伴って変化しつつ種類も増大している。

今回は、①現地測定における予測用データの拡充（現状の実測測定・拡充及び、具体事例の検証）②計算から求める機械騒音の分解・合成における検討（ユニット分解リセプターモデル^{※2}の検討及び、検証実験と実測データの適用）を行った。

3. 1 現地測定による予測用データの拡充

3. 1. 1 現状の実測測定・拡充

国土交通省では北海道開発局事業振興部機械課、各地方整備局道路部機械課、各公団および独立行政法人土木研究所が協力して平成10年度から現場での実測調査を継続している。図3-1は実測調査の手順である。平成14年度までの現場測定の結果、平成15年9月には現行技術手法の騒音に関する部分が改訂され予測用データのユニット数が39件から44件に拡充されている。

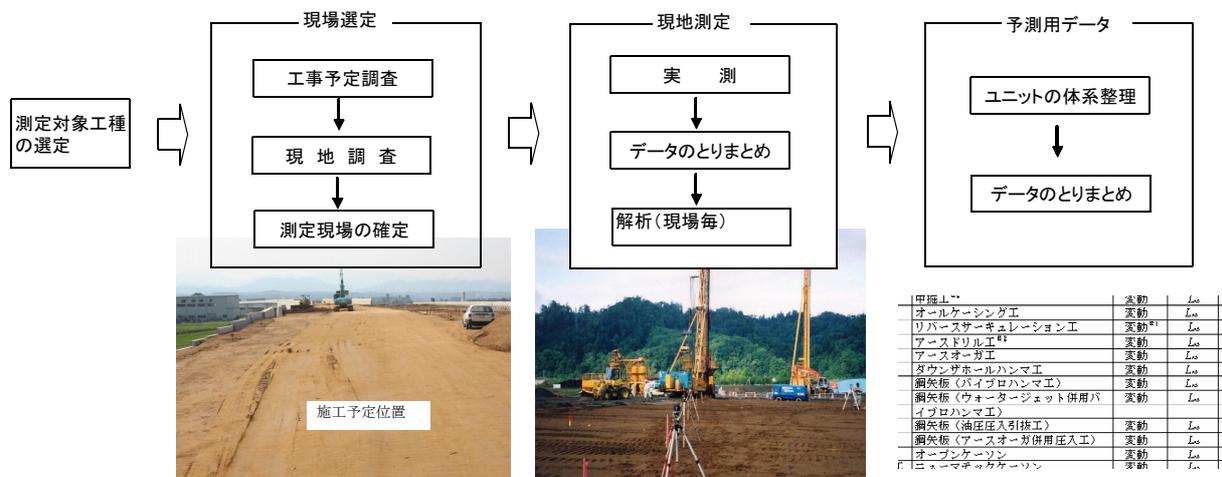


図3-1 実測調査の手順

3. 1. 2 予測値と実測値の比較による精度向上の検証

ここでは、平成15年度9月に予測用データを改訂した鋼管井筒基礎工の騒音を例として、予測計算と実測結果を比較し、予測用データの拡充による効果を検証する。

ここで取り上げる例は、写真3-1のように、国道バイパスが人家連担地域に沿って通

※2 浮遊粒子状物質の解析に用いられているリセプターモデル（リセプター（受け手）で得られる粒径、化学組成等の情報に基づいて汚染物質の発生源別の寄与率を計算するモデル）の考え方をユニットの騒音分析に応用したもの



写真 3-1 現地周辺状況

過することが予め明確になっており、環境影響に特に配慮した施工方法を実施することが前提条件となったものである。平成12年の技術手法に基づく計算①のユニットは油圧ハンマ打撃による鋼管井筒基礎工である。平成15年改訂版の技術手法に基づく計算②では、鋼管井筒基礎工の予測用データが「油圧ハンマ」と「中堀工法」として細分されることから、中堀を採用する。鋼管井筒基礎工（中堀）実測③は、転石混じりの硬質地盤における中堀工法による施工現場での実測結果を用いる。

3. 1. 3 検証結果

実測に対する予測値の比較を図3-2に示す。油圧ハンマのデータでの予測値①は中堀工法の実測値③より約12 dB 大きな値となるが、実測と同じ中堀工法での予測値②では約1 dB の差となり予測精度が向上する。ここでは1例を示したが、様々な予測の前提条件に的確に対応するためには、予測用データを豊富に準備しておく必要があることが示された。

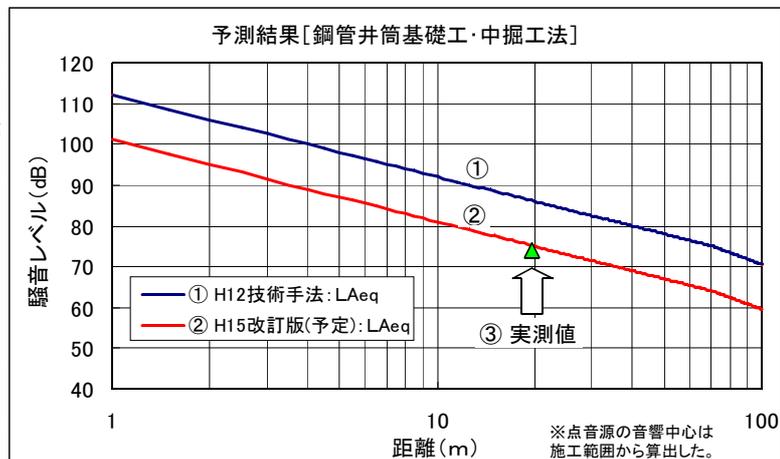


図 3-2 工事境界における①、②の計算値、③実測値

3. 2 単体機械の騒音とユニットの騒音

ユニット分解リセプターモデルは、大気質のリセプターモデルの考え方をユニットの騒音に適用したもので複数の測定点での騒音の測定値からユニット内の機械別の発生量を算出する。工事積算で機械を組み合わせたものについて工事費の計算ができるように多種多様なユニットの騒音予測が機械の組み合わせで可能になる。

3. 2. 1 ユニット分解リセプターモデル

騒音予測対象ユニット数を拡大する方法として、ユニット分解リセプターモデルを検討する。ユニットは、図3-3に示すように最終的には個別機械に分解することができる。すなわち、ユニットの騒音が、個

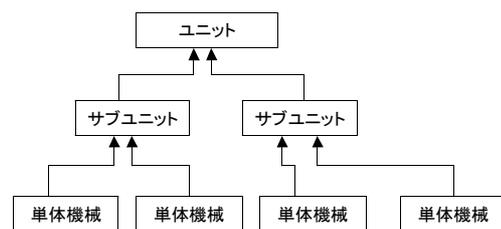
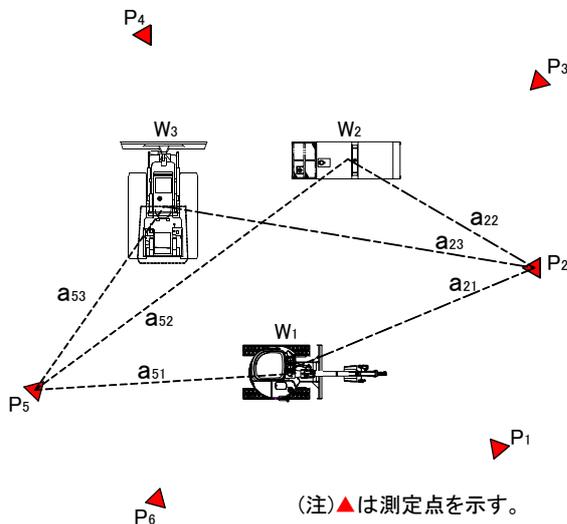


図 3-3 ユニットと個別機械の関係

別機械の騒音の合成として設定できれば、個別機械の騒音データを元にユニットの騒音を合成して算出することが可能となり、騒音予測対象ユニットを大幅に拡大することができる。また、逆にユニットの騒音測定データから個別機械の音響パワーレベルを算出することができれば、現場での騒音測定データから効率的に機械単体の騒音データを収集することが可能となる。



ユニット分解リセプターモデルは、図3-4 ▲P₃ に示す数学モデルで記述され、ユニットの騒音への合成および個別機械騒音への分解を計算によって行う。

$$\frac{1}{2\pi} \begin{bmatrix} 1/a_{11}^2 & 1/a_{12}^2 & \cdots & 1/a_{1n}^2 \\ 1/a_{21}^2 & 1/a_{22}^2 & \cdots & 1/a_{2n}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{m1}^2 & 1/a_{m2}^2 & \cdots & 1/a_{mn}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_m \end{bmatrix}$$

音源と受音点の距離の逆数の2乗 音源のパワー 測定点の音の強さ

図3-4 音源、測定点配置の例とリセプターモデルの基本式

3. 2. 2 ユニット分解リセプターモデル検証実験と適用範囲

モデルの検証実験では、表3-2に示す3種類の建設機械を用い、工事現場での測定を想定して音源・測定点の配置を9ケース設定し、個別機械の音響パワーレベルの推定可否及びその誤差について検討した。

図3-5に、個別機械の音響パワーレベルから合成した各測定点での騒音レベルと、実際に測定した騒音レベルの関係を示す。図中、Y=Xとなる直線および±1.5dBの範囲を示すが、ほとんどの測定データがこの範囲に入っており、個別機械の音響パワーレベルからユニットの騒音へ合成できることがわかる。

一方、表3-3は、8測定点の内、4点以上を選択する全ての組合せ(163通り)を対象にリセプターモデルによって分解した時の成功確率を示すものである。なお、最小二乗法を適用して個別音源のパワーを推定した時、推定値の一つ以上が負の値となった場合を失敗と定義している。表3-3から、音源が集中している場合

表3-2 使用機械と音響パワーレベル

機械名	規格	PWL(dBA)
ブルドーザ	湿地3ton級	101.5
バックホウ	ミニバックホウ	97.2
発動発電機	9.9kVA	91.1

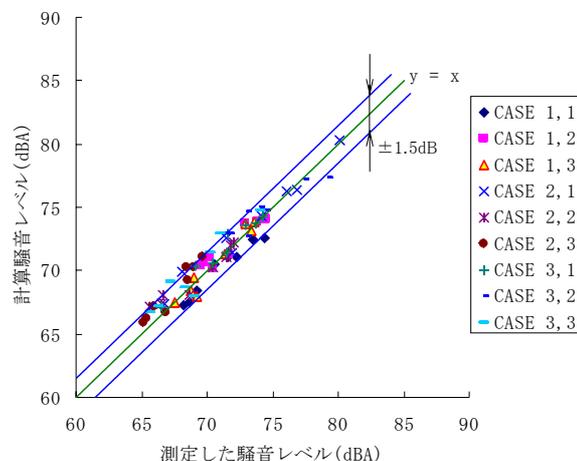


図3-5 実測値と合成による騒音レベルの比較

では、個別音源のパワーレベル推定が難しいこと、また騒音測定点の配置が音源領域の特定方向に偏っている場合では、成功確率が小さくなる場合があることがわかる。なお表において、音源「集中」は、機械と機械の間隔がほとんどない場合、「分散」は、機械と機械の間に音源を点とみなせるような空間があるようなケースであり、通常の工事では分散配置となるものと思われる。

実験の結果から、(1) 騒音測定現場が平坦で障害物が少ないこと、(2) 音源となる機械がある程度拡がりをもって配置されていること、(3) 音源全体を取囲むような騒音測定点配置が可能であること、の条件が満たされれば、リセプターモデルの適用が可能であることがわかる。

表 3-3 分解の成功確率(%)

測定点配置の方法	音源配置の方法		
	普通	分散	集中
取囲み	38.7	25.2	49.7
近接	26.4	81.6	0.0
偏り	4.3	69.9	0.0

3. 2. 3 工事現場における実測データへの適用例

実現場での騒音測定結果にリセプターモデルを適用し、個別機械の音響パワーレベルの分解を行った。写真 3-2 に現場での機械の配置を示す。現場は、リバース工法による橋梁基礎工事であり、クローラクレーン、パワージャッキおよび発動発電機によってユニットが構成されている。推定結果を表 3-4 に示す。なお、測定対象機械のパワーレベルが未知であるため、推定結果の精度に関する検討はできないが、これまでの個別機械の騒音データと比較して妥当な推定結果と判断される。



写真 3-2 現場測定状況

表 3-4 推定計算結果

機械名	PWL(dBA)
クローラクレーン	98.5
パワージャッキ	100.2
発動発電機	100.5

3. 3 効率的な適用範囲の拡大

技術手法の適用範囲の拡大は、環境影響評価を適正に予測評価するうえで重要であり、今後も継続して現地測定していく必要がある。また、今後も現場測定を行うとともに、計算による合成などの手法も併用することでより合理的に予測用データを整備していく予定である。

4. 環境保全措置の検討

4. 1 環境保全措置の概要

環境影響評価の技術手法において記載されている環境保全措置のうち代表的なものを表4-1にまとめた。定量評価については、工法の変更のように予測用データの整備で対応するものと、仮囲いの効果の

ように計算で対応するものに大別できるが、定量評価が困難なものがいくつか残されている。低騒音・低振動型建設機械については指定基準により機械としての騒音振動の抑制効果は確認されているが、実工事における抑制効果は工事の条件等により異なるため定量評価が困難である。これら以外にも粉じん等の対策として防塵ネットの設置、路面の改善、界面活性剤の散布、騒音対策として遮音シートの設置、防音ハウスの設置、消音装置の設置、振動については防振溝の設置などの対策事例がある。

今回、定量評価の観点から環境保全措置として典型的と考えられるものを選定し、①施工方法による対策に関しダンプトラックの走行速度を低下することによる効果の実測、②低騒音・低振動型建設機械の使用による対策に関し低騒音型建設機械の使用効果の実測、③伝搬経路対策に関し音源高さの実測と遮音壁、防振溝の効果の試算を下記の点に着目して行った。

4. 1. 1 施工方法による対策（現場内運搬工に関する環境保全措置の検討）

交通騒音・振動の予測の技術手法においては、走行速度とエンジン由来の浮遊粒子状物質、騒音・振動の関係が示されている。しかし、これは舗装路におけるものであり、工事用道路については未舗装のため、路面からの粉じんの影響が大きいこと、騒音・振動の発生量が舗装路と異なると考えられること、同一車両で速度を低下した場合の効果が不明であることなどから工事用道路と同様な条件での実測を行った。

4. 1. 2 発生源対策（低騒音型建設機械の使用）

建設機械の稼働に伴う騒音対策としては、騒音発生源の対策が最も確実な方法であり、現場においては先ず低騒音型建設機械の使用が検討されている。低騒音型建設機械は、「低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程」（平成9年建設省告示第1536号、以下、指定に関する規程）に適合したものとして国土交通大臣が指定した建設機械であって、機種ごと機関出力ごとに定められた基準値を達成している必要がある。同規程は、建設機械自身が発生する騒音を評価することに主眼がおかれているため、機種によっては土砂などの作業対象物を扱うことのない模擬作業を試験条件とするものもある。

今回、代表的な汎用機械であるバックホウで実作業を行い騒音を比較した。

4. 1. 3 伝搬経路対策

表4-1 環境保全措置のまとめ

環境保全措置	粉じん等	騒音	振動
環境影響の小さい工法への変更	◎	◎	◎
仮囲い等の設置	○	◎	
機械配置の変更	◎	◎	◎
施工方法による対策	○	○	○
散水	◎		
低騒音・低振動型建設機械の使用		○	○

◎、○：環境保全措置。うち◎は現行において定量評価可能

伝搬経路対策として、騒音については遮音壁の検討が一般的であり、地盤振動に対しては、実施例は少ないが防振溝の理論がある。

遮音壁の適用を検討する際は、音源、遮音壁、受音点の幾何的な配置、特に高さの設定が重要であるが、建設機械の音源高さが測定された例は少なく、概ねエンジンの中心高さとして1.5mを用いているのが実情である。ここでは、仮締切工のバイブロハンマによる矢板打ち込みと、最も多く普及している建設機械であるバックホウについてそれぞれ騒音源分布を測定し、音源高さを1.5mとした場合と実際の騒音源分布を適用した場合の遮音壁の効果をそれぞれ計算し、遮音壁による騒音対策効果の予測を行う場合の留意点について検討した。

防振溝については、文献調査により振動遮断の理論と、一定の効果を得るために必要な溝の深さの求め方について整理した。

以下、これらの調査結果について報告する。

4. 2 施工方法による対策（現場内運搬工に関する環境保全措置の検討）

4. 2. 1 走行速度と騒音レベル

現場内運搬でのダンプトラックの走行速度は、走行路面の状況から30km/hを超えることは少ない。この範囲では、ダンプトラックの騒音は、エンジン音（回転速度）に支配される。したがって、ダイレクトトランスミッション車両では、走行可能な範囲でエンジン回転速度を低く抑えられる高い変速段を選択した方が音響パワーレベルが小さくなる。図4-1は、このことを示しており、走行速度が15km/hで4速の場合に音響パワーレベルは最小となっている。

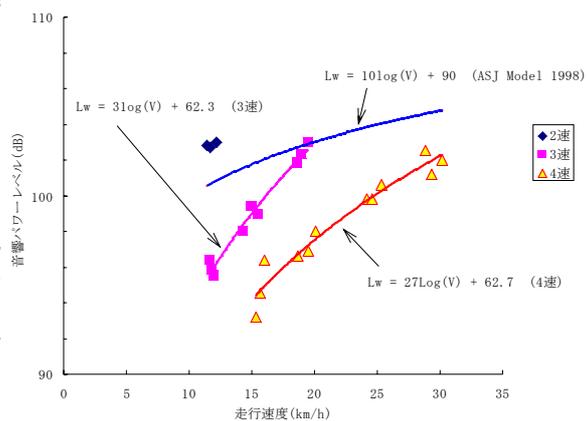


図4-1 走行速度と音響パワーレベル

ASJ Model 1998^{※3}で示されている走行速度と音響パワーレベルの関係式（舗装路）によれば、走行速度30km/hと15km/hでは音響パワーレベルは約3dB低減することが推定される。これに対し、今回の結果では、未舗装路であるが約8dB低減している。

なお、ASJ CN-Model 2002^{※4}では、走行速度と音響パワーレベルのデータが示されているが、異なる現場のデータであり、今回のような同一の現場、車両での異なる走行速度の音響パワーレベルのデータではない。また、ASJ Model 1998では走行速度段と発生騒音の関係も示されているが、速度低減による騒音低減効果を予測するためには選択する速度段を仮定する必要がある。

※3 1998年・日本音響学会道路交通騒音の予測モデル

※4 2002年・日本音響学会建設工事騒音の予測モデル

4. 2. 2 走行速度と振動レベル

図4-2に走行速度と振動レベルの関係を示す。走行速度と振動レベルは回帰関係が認められ、走行速度が10km/h速くなると振動レベルは約5dB上昇している。また、積荷の積載質量の影響はみられない。技術手法の予測式（舗装路）によれば、走行速度30km/hと15km/hでは、振動レベルは約4dB低下することが推定される。これに対し、今回の結果は、未舗装路であるが約6dB低下している。

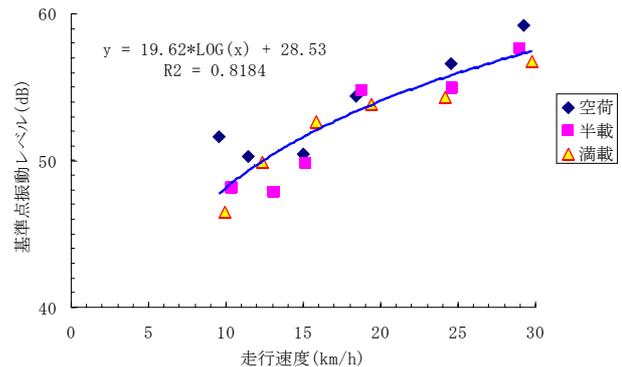


図4-2 走行速度と振動レベル

4. 2. 3 走行速度と粉じん発生量

図4-3に走行速度と粉じん濃度の関係を示す。粉じん濃度は、走行速度が速くなると高くなる傾向を示している。

技術手法では、走行速度の低減を粉じんに関する環境保全措置として取り上げていない。

しかし、今回の調査では、3~10m地点

の粉じん濃度でみると、走行速度30km/hと15km/hでは、粉じんの発生量は約1/10に低減している。今後は、粉じんに関する環境保全措置を検討する場合、走行速度の低減も有効な手段として考えられる。

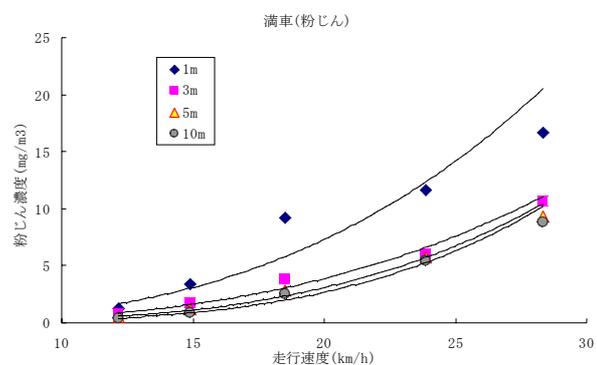


図4-3 走行速度と粉じん濃度

4. 2. 4 施工方法による環境保全措置の提案

走行速度低減が現場内運搬工の環境保全措置として非常に有効であることが分かった。騒音、振動および粉じん等を全般的に考慮すると、今回の実験の範囲では、走行速度を15km/hに制限することが有効な環境保全措置と考えられる。

4. 3 発生源対策（低騒音型建設機械の使用）

4. 3. 1 低騒音型建設機械の実作業における騒音レベルの測定

低騒音型建設機械を使用することによる実作業における定量的な騒音対策効果を構内実験で確認した。実験対象機械は山積みバケット容量0.8m³のバックホウで非対策型、低騒音型、超低騒音型（騒音レベルが低騒音型の基準値より6dBを超えて低減しているもの）の3種類とした。運転条件は、(1)定置ハイアイドル、(2)模擬作業（溝掘削→90度左旋回→排土→戻り旋回を3回繰り返す）、(3)実作業①（通常の実作業で、動作は模擬作業に準じる）、(4)実作業②（実作業①と同じ動作を比較的ハードに運転）の4条件とした。騒音の測定は「指定に関する規程」で定める方法で行い、音響パワーレベルを求めた。

4. 3. 2 実験結果

音響パワーレベルの測定結果を図4-4に示す。実作業②を除いて、超低騒音型、低騒音型、非対策型の順に音響パワーレベルの値が大きくなり、対策型の効果が明らかである。しかし、実作業②に関しては、超低騒音型であっても作業機（バケット）から衝撃音が発生すると騒音対策効果が半減してしまうことを示している。

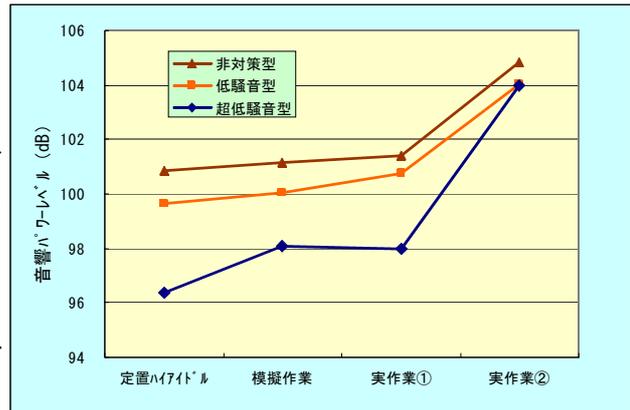
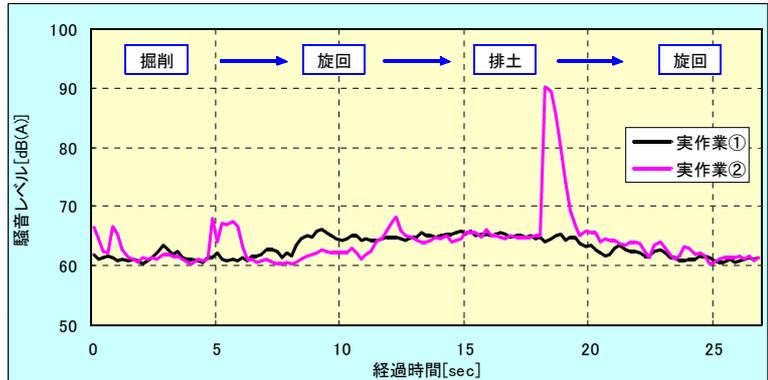


図4-4 音響パワーレベルの比較

図4-5は、超低騒音型について機械

中心から20mにおける実作業①と実作業②の騒音レベル波形を示すもので、実作業②では、ベースとなる騒音レベルはほぼ実作業①と同じであるが、排土工程でバケットから発生する衝撃音が突出していることが分かる。



これらは、バケット操作に起因するものであり、環境保全措置対策上はこのような操作を回避することが望ましい。また、回避することにより大きな保全効果が得られることがわかる。

4. 4 伝搬経路対策

4. 4. 1 遮音壁

(1) 遮音壁による回折効果の計算方法

建設工事の騒音に関しては、点音源を前提に、建設機械騒音スペクトルの広帯域性、類似性に着目して代表周波数スペクトルパターンを用いた簡易計算方法が用いられる(ASJ CN-Model 2002)。実際の計算は、図4-6の幾何関係から行路差を求められれば、計算によらずに回折効果の算出ができる。ただし、回折効果の計算式では、壁を透過する騒音はないものとして取り扱っており、壁の遮音性能(透過損失)が小さい場合には、壁を透過して来る騒音と、壁を回折して来る騒音の合成が必要となる。

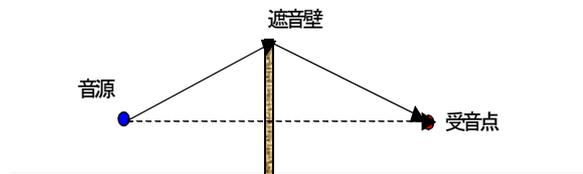


図4-6 音源、壁、受信点の模式図

(2) 音源分布の実測

電動バイブロハンマによる矢板の打ち込み時と、バックホウの定置ハイアイドル時の騒音源分布を測定した。騒音レベルの測定は、機械の表面から1~2m離れた位置に測定面を設定し、測定面を格子に区切って各格子の中央で行った。測定面の位置(機械からの距

離)では、音波が平面波となっている必要があるので、予め音響インテンシティ測定によりこれを確認した。

図4-7は、電動バイプロハンマの騒音レベル分布図である。図において横軸は、矢板の露出長さであり、実験開始が10mで、終了時には露出長1mとなっている。すなわち、矢板は9m打ち込まれている。縦軸は、測定点の高さを示したものであり、矢板の露出長に関係なく、どの場合も地上1mから10mまで、1m間隔で測定している。図から明らかのように、矢板の露出長が短くなるに従って、騒音の大きい測定点が下方に移動していることが分かる。

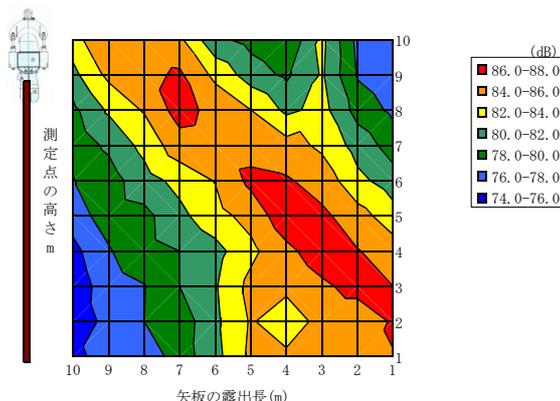


図4-7 電動バイプロハンマの矢板打ち込み時騒音レベル分布図

当初、矢板からの騒音放射が音源となると考えられたが、この場合はバイプロハンマが主たる音源であることを示している。

図4-8は、バックホウのハイアイドル時の騒音レベル分布図である。エンジンルーム上部に騒音レベルの高い領域がある。ここは、排気管、冷却風の通路などが配置されている。最も騒音レベルの高い領域の中心高さは地上約3.8mである。

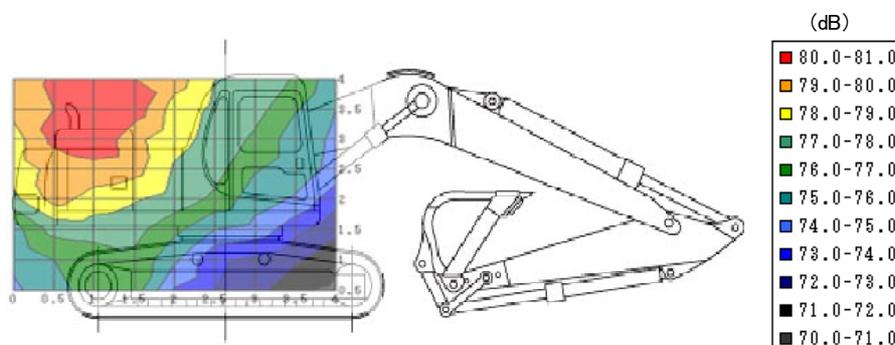


図4-8 バックホウハイアイドル時の騒音レベル分布図

(3) 遮音壁の効果試算

図4-9は、音源高さを1.5mと設定した場合と実際の騒音源分布を測定した電動バイプロハンマの音源分布を入力して計算した場合との差で表している。計算条件は次のとおりである。

- ・音源と遮音壁の距離 5m
- ・遮音壁の高さ 3m
- ・透過損失は考慮しない

実際の音源高さで計算した場合は、この遮音壁の効果は小さなものであり、確実に回折減衰効果を期待するならば、遮音壁高さをさらに高くする必要がある。しかし、遮音壁を

高くすることについては、構造的に強固な基礎が必要、日照・通風阻害・電波障害など様々な弊害も考慮しなければならない。
 建設工事の場合は、騒音源が移動するものが多く、音源高さも一定ではないので、遮音壁での対策では十分な効果が得られない場合もあり、代替工法による機械の変更など音源となる機械で確実に騒音低減を図ることが重要となる。

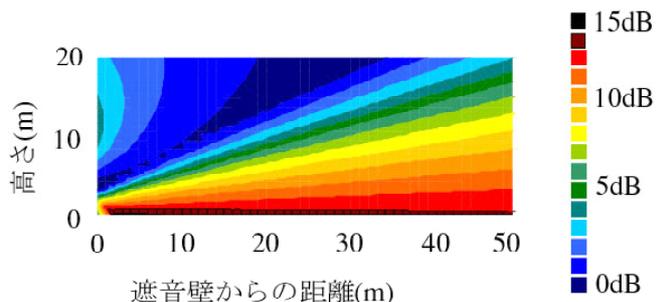


図4-9 電動パイプロハンマの計算結果比較図
 (音源高さ8mと1.5mの差)

4. 4. 2 防振溝

防振溝によって地盤表面を伝搬する波動(レーリー波)を遮断しようとする試みとその効果に関する考察は、色々な分野で試みられている。その中で、おおよそ結論づけられていることは、次の通りである。

- ① 表面を伝搬する波動は基本的にレーリー波と考えてよい。
- ② 振動レベルを6dB 低減(振幅を1/2に低減)するためには、波長の1/4の溝の深さが必要である。
- ③ 溝の幅は、振動低減にあまり効果がない。
- ④ 空溝でない場合は、音響インピーダンス比による波動の透過を考慮する必要がある。

防振溝の効果としては、溝の深さままでに分布する振動が遮断されるとする考えである。この効果を 図4-10に示す。

図4-11に、振動レベルを6dB程度低減するために必要な溝の深さの計算結果を示す。周波数および表面の伝搬速度によって必要となる溝の深さは異なる。関東ロームでは、表面波速度がほぼ90m/sであり、20Hz 付近の周波数成分では約1mの深さの溝となる。

今後、実用に向けては実測による効果の検証や施工法の確立などの課題を解決する必要がある。

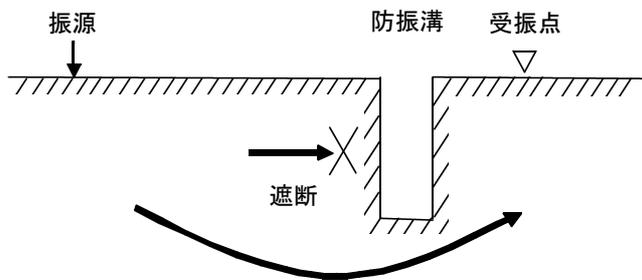


図4-10 防振溝の効果

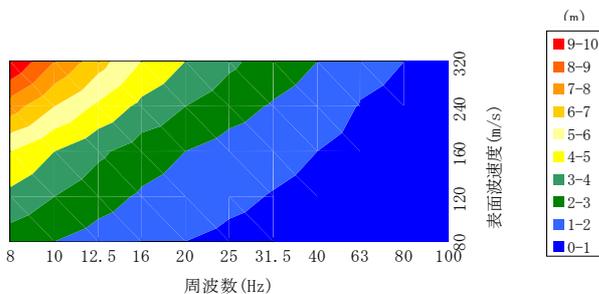


図4-11 振動レベルを6dB程度低減するために必要な 溝の深さの目安

5. 測定方法の改善検討

5. 1 大気質測定方法の改善案

予測可能なユニットを充実させ予測精度を向上させるためには予測用データを増やすことが必要であるが、建設工事から発生する粉じん等の測定は、現場条件や気象条件の制約が多いため騒音振動と比較して測定データが少ない。今回、降下ばいじんの測定について測定時間の短縮によるデータ数の増大と測定位置の適正化による測定精度の向上を目的として過去の測定データの整理、気象データとの比較を行った。

5. 1. 1 降下ばいじんの測定方法に関する検討

測定時間の短縮においては測定精度を担保しておく必要がある。大気質測定要領では、最小秤量単位を0.1mgとしているが、この場合、2%の精度(分解能)で降下ばいじん量を把握するためには、最低5mgのばいじん捕捉量がなくてはならない。

図5-1は、平成10年から13年度に測定された63現場(8時間以上連続測定)1451点での降下ばいじんの捕捉量の分布を示したものである。捕捉量の最頻値は、4mgであるが、中央値は、19mgとなっている。ばいじん発生量は工種によっても異なるが、アセスメントの視点では発生量の大きいユニットについてのデータ蓄積が重要である。この視点からすると、1日測定で、測定精度を保つ上で必要なばいじん捕捉量の3倍以上の量が捕捉されており、このことから、半日測定によって測定効率を向上させることができるものと考えられる。

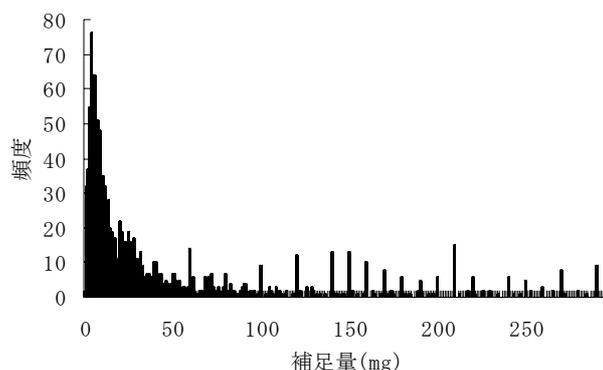


図5-1 降下ばいじん補足量の頻度分布

5. 1. 2 風向の予測

測定位置を適正化するためには風向の予測を適切に行う必要がある。現場での風向の予測を(1)当日の気象、(2)前日までの気象、によって行う方法を比較した。(1)は、測定当日の朝の風向・風速から主風向を設定する方法、(2)は、前日または2日前の主風向を基に測定日の風向を予測する方法、である。

図5-2は、過年度(H11～H14)の複数測定日のデータを基に、測定期間中の1日または2日の差における風向の違いと、当日の測定開始時刻と当該現場での最多風向の関係を示したものである。X軸の数値0は、実際の風向が一致している場合を意味する。また、数値の1は、16分割方位の1つ(22.5°)の違いを意味する。

設定風向と測定中の風向が90°以内で一致した確率は、(1)の方法では64.5%、(2)の方

法では前日が59.6%、2日前が56%である。(1)の方法の方が風向設定の誤差は小さいが、それでも半数は外れる可能性があるということになる。これは、陸風・海風の関係で早朝と日中では風向が逆転する場合があることなどを原因としている。このことから、風向の設定精度向上のためには、少なくとも測定前日の風向・風速を観測し、測定時間中の主風向を見極めることが必要である。

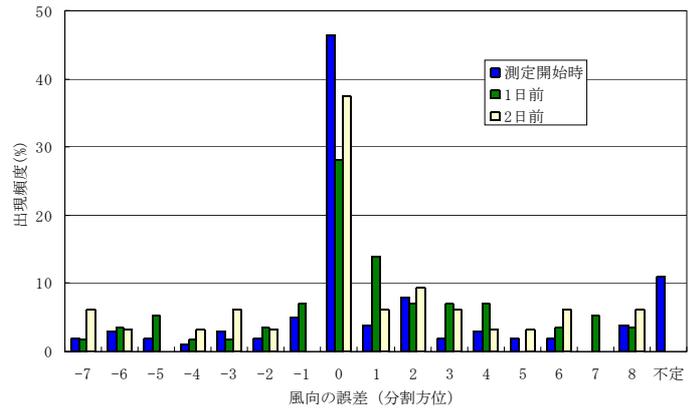


図5-2 測定開始時・前日・2日前の主風向と当日の風向の差

5. 1. 3 現場における気象観測

測定要領では、現場での風向風速の測定を地上高さ1.5mと10mの2点で行うことが規定されている。しかし、切り通しなどの現場の条件によっては、高さ10mでの気象観測にこだわらない方が良い場合もある。測定高さ1.5mと10mにおける風速の関係を図5-3、風向差を図5-4に示す。

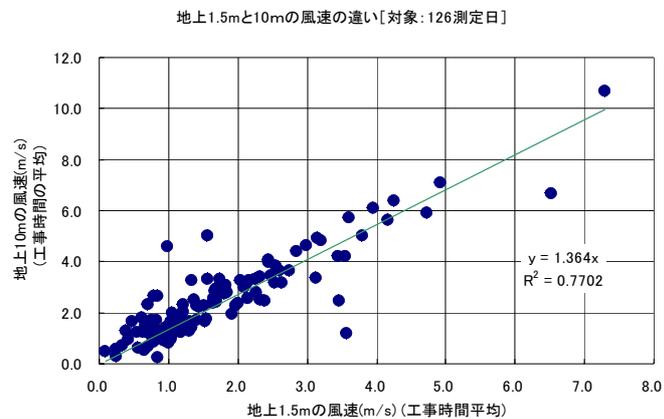


図5-3 風速測定高さ1.5mと10mの風速の関係

高さ方向2点で風向風速を測定することによって、風速の高さ方向の勾配が把握される。風速の高さ方向の分布については、高さのベキ乗となることが分かっている。これまで、工事現場で測定された地上1.5mと10mの風速の比は、およそ1.4倍となっており、これからベキ係数は、1/5.6程度となり、ほぼ【郊外(ベキ係数1/5)と平坦値(ベキ係数1/7)の中間値】に該当する値である。気象観測では、風速の高さ方向の分布を求める必要があるが、地上1.5mと10m

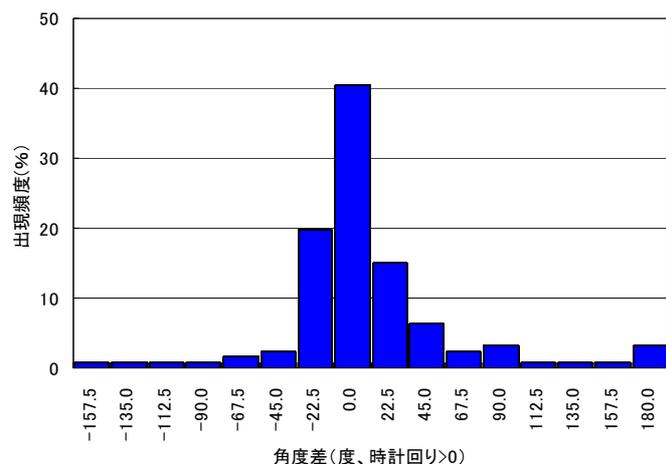


図5-4 地上1.5mと10mの風向差

では風速に比例関係があることから、測定の簡素化を試行した場合、地上10mの設置が困難なときは、10mより低い位置(5mないし7mなど)でも測定は可能と判断される。

この場合、降下ばいじんの解析およびその予測では、地上10mの風速データを使用す

るわけであるから、2カ所の高さでの測定値から風速の高さ勾配ベキ係数を算出し、10m高さでの風速を推定するという手順になる。

風向についても、1.5mと10mの風向の角度差を示す図5-4より、-22.5度~22.5度の範囲内で一致するものが約75%であるから、5mないし7m高さの測定で10m高さの風向を推定することは十分可能と考えられる。

5. 1. 4 大気質測定方法簡素化の提案

検討結果をまとめて、測定方法簡素化の提案とする。

- ① 事前調査として、少なくとも測定前日の1日間での風向、風速データを取得し、これによって測定点の配置方法について検討する。
- ② 測定時間は、粉じんの補足量が5mg以上得られる、最低4時間以上とする
→平成14年度から測定要領を改訂し4時間単位の測定とした。
- ③ 測定点の距離範囲は、想定される風速を考慮して設定する。風速が速いと想定される場合は、拡散するので発生源の近くに設定する。
- ④ 風向風速の測定は、地上10mでの測定が難しいような場合には、高さを1.5mと5~10mの2点とすることを許容する。

5. 2 騒音測定方法の簡素化

「建設工事の騒音測定要領（案）」（以下、測定要領）は、測定対象となる工事現場が比較的平坦で、しかも周囲に音の伝搬に関する障害物が存在しない広い敷地（半自由音場）であることを前提としている。しかし、実際の工事現場は、建物あるいは土木構造物などが存在することもあり、測定要領の適用が困難な場合がある。

ここでは、橋梁架設工事の現場を例として、大きな構造物等の音の伝搬に関する障害物が存在する場合において、適切に建設機械の音響パワーレベルを求めるための測定点のあり方について検討する。

5. 2. 1 橋脚などの障害物がある場合の音の伝搬

実際の橋梁架設現場においてトラッククレーンの騒音がどのように伝搬しているか、視覚的にとらえるため音線法（音が直線的に伝搬することを利用して、音源から球面状に音の拡散経路を求め、障害物による反射、吸収、回折を逐一計算する方法）によるシミュレーションを行った。図5-5の左図は現場の地形および構造物を配置しての計算結果を表わしたもので、実測値（白い数字）と良く整合していることがわかる。また、右図は構造物が無い場合との騒音レベルの差を表している。図中に騒音測定点をマークしているが、特に音源に対して構造物の裏側の測定点では、反射や遮蔽の影響を受けた複雑な音場となり、騒音レベルに大きな差が現れ不適切と判定される場所があることがわかる。

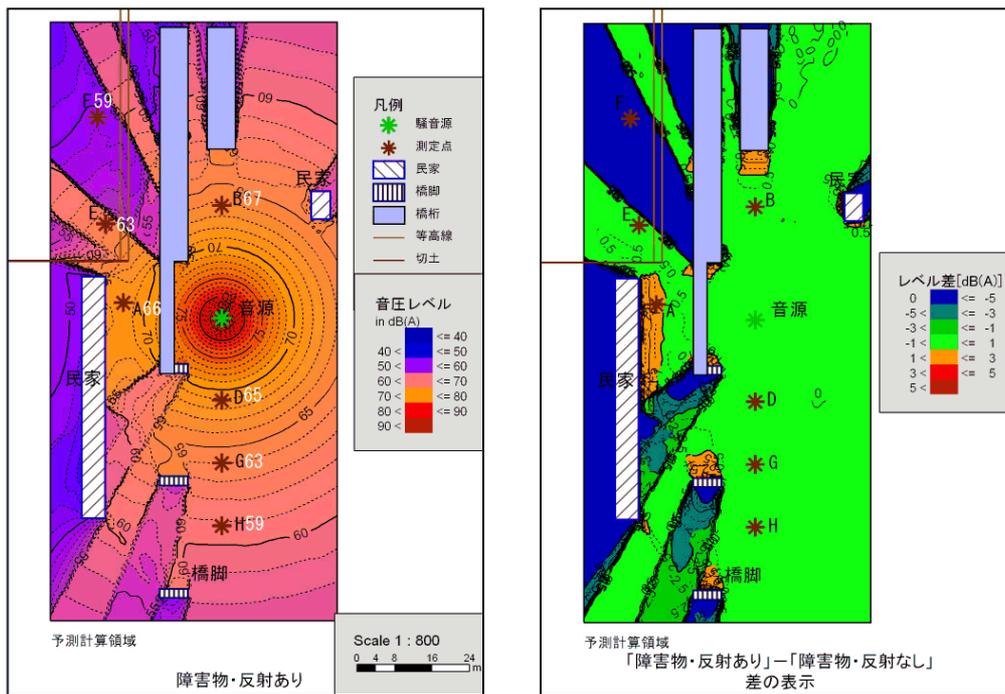


図5-5 橋梁架設工事現場での騒音伝搬

5.2.2 適正な測定点の設定方法

反射壁がある場合の音源と受音点の位置関係を図5-6とすると、壁の反対側には虚音源が存在するものとして考えることができる。受音点では、実音源からの直接音と虚音源からの反射音が合成されて測定値となる。反射音の影響度合いは、合成音と直接音の差として表される。反射音の影響度合いが一定となる領域は、図5-7のように示される。反射壁は、図のX軸に沿って存在し、音源は座標(0m, 30m)にあるものとしている。この場合に、反射音の影響度合いを1dB以内とすると、設定可能な測定領域は、中心座標を(0m, 47.9m)、半径を37.4mとする円の範囲ということになる。この場合、壁に最も近い測定点は、壁から10m以上音源側とする必要がある。

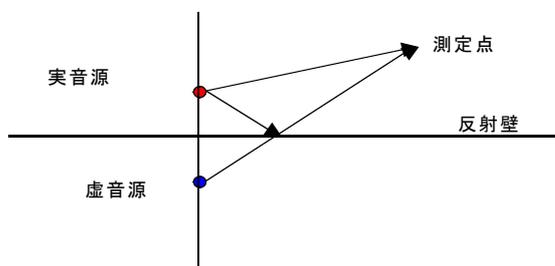


図5-6 音源・反射壁・測定点と音の伝搬

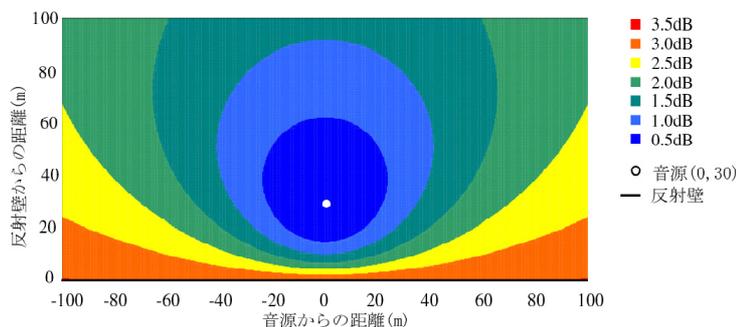


図5-7 反射音の影響度合いの試算例

すなわち、反射音の影響度合いを1dB以内とする測定点の位置は、実音源からの距離と

虚音源からの距離の比が1：2以上の関係となっているかチェックすることで設定可能である。

上記検討に基づく測定点の設定を行うことにより、音響パワーレベル推定の精度向上、及び現行測定要領の測定点数を減らすことができ、騒音測定の簡素化が可能となる。

5. 2. 3 「指定に関する規程」の判定基準値の利用

クレーン作業に伴う騒音レベル値を「低騒音型・低騒音型建設機械の指定に関する規程」の判定基準値で代用できないか検証した。クレーン作業の騒音レベルは、作業状況に応じてエンジン回転速度を調節するため大きく変動する。

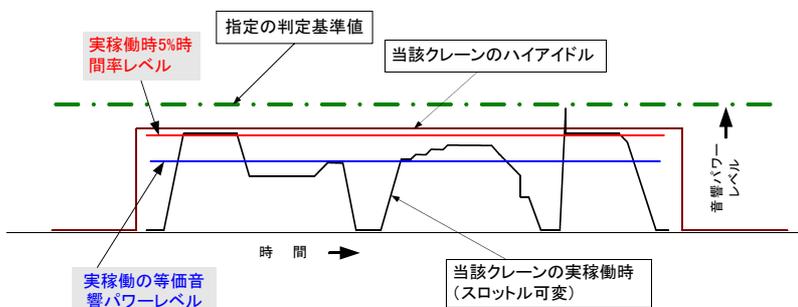


図5-8 クレーン作業の騒音レベル変動模式図

一方、「指定に関する規程」での騒音レベル測定は、クレーン作業時の最大騒音レベルを模擬したエンジンハイアイドル時と規定している。この測定条件の違いがどの程度騒音レベル（評価値レベル）差となっているかを5機種の実測データを基に検証した。

図5-8は音響パワーレベル変動模式図で、クレーン実稼働時、ハイアイドル時、「指定に関する規程」の判定基準値を一括して表している。5機種の実測データによれば、クレーン個々のハイアイドル音響パワーレベルは、「指定に関する規程」の判定基準値を平均で4dB下回っていたが大きな差はないことがわかった。低騒音型クレーンの普及が進んでいる現在では、予測対象クレーンの音響パワーレベルとして、「指定に関する規程」の判定基準値を用いることが可能であるといえる。

6. 結論

平成15年度は、以下の結果が得られた。

- ①技術手法の適用範囲の拡大の検討では、ユニットデータの拡充が必要であること、および、数値解析により単体機械の合成から必要なユニットの騒音発生量が推定できることが確認できた。
- ②環境保全措置の検討では、施工方法による対策として、現場内運搬のダンプトラック（ダイレクトトランスミッション車両）において、適切な変速段を選択することで音響パワーレベルの低下が可能となること。低騒音型建設機械による対策では、対策型建設機械の効果が明らかになったが、丁寧な操作が騒音対策に大きく貢献することも確認された。伝搬系路対策の遮音壁については、音源の位置が高い場合には音源となる機械等で確実に騒音低減を図ることが重要であることが確認出来た。
- ③予測方法の検討のうち、大気質測定方法では、風向風速を把握することにより高さ方向の測定点を簡素化できる改善案を提案し、騒音測定方法の簡素化については、実際の橋梁架設現場において障害物がある場合の測定点の設定方法について具体案を提示

した。

7. おわりに

「工事の実施」による大気環境への影響は、様々な施工法や建設機械の複数使用に伴って発生するため、対象となる施工法や建設機械により様々な特徴を示し、その様々な特徴を持った発生源が複数存在することとなるため非常に複雑である。また、建設技術の進展に伴い新たな工法や建設機械が開発されることにより変化していくことが予想される。このため、今後も新たな課題が出てくることが考えられ、継続的な実態の調査と予測方法の研究を続けていくことが必要である。

さらに、今後はこれらの継続的な研究に加えて、環境保全措置の具体的な方法、実例について調査検討し、環境対策に直面する現場対応の参考となるようとりまとめていきたい。

最後に、現地測定にあたりご協力いただいた北海道開発局及び各地方整備局工事担当の方々並びに施工会社の方々に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

【遮音壁関係】

- 1) 久野和宏、野呂雄一：前川チャートの複素表示のその応用、日本音響学会 騒音・振動研究委員会資料 N-2001-15、日本音響学会、2001
- 2) 田中武雄、古賀正輔、日本ガイシ株式会社：クーリングタワー用防音壁、日本音響学会騒音研究会資料 N-91-06、日本音響学会、1991
- 3) 伊藤雅夫、石井栄一、前川純一：土木建設工事用防音エンクロージャ、日本音響学会騒音研究会資料 N-91-05、1991

【防振溝関係論文】

- 4) 北村泰寿：防振溝・防振壁による振動制御、日本騒音制御工学会、「防振溝・防振壁による新ドア制御」第3回研究会論文集、日本騒音制御工学会、pp. 1-10、1997
- 5) 鈴木次郎、石垣昂：衝撃波の最大振幅が色々な溝によって減少する度合いについて、地震、第2輯、第12巻、第3号、地震学会、pp. 130-136、1959
- 6) 塩田正純：地盤振動の伝搬経路における対策、騒音制御 Vol. 2、No. 2、騒音制御工学会、pp. 20-28、1978

「既存官庁施設のグリーン改修技術の検証・有効性に関する調査研究」(概要版)

国土交通省大臣官房官庁営繕部設備課
課長補佐 村上 幸司
電気設計第二係長 太田 和宏

1. はじめに

官庁営繕部では、官庁施設の整備を行う中で、高度情報化する社会情勢への対応をはじめ高齢化社会等への対応、環境問題等の施策について、積極的に取り組んでいるところがあります。特に環境問題については、既存の建築物が大量に消費する資源及びエネルギーを低減化する方策が急務と考えています。

研究は、官庁施設整備を行うに必要な設計データを既存施設から収集し、技術手法等及びデータ分析を行い、その有効性を検証することとしました。すなわち、官庁施設整備における建築電気設備の環境負荷低減に関する運用面での技術手法等の提案や電力使用量等の検証を行い、建築電気設備技術の充実を図るものであります。

2. 研究概要

2.1 研究内容

研究は、事前研究を含め2ヶ年にわたって行い、一年目の前年度は、文献等による調査、施設の実態調査・データ収集を行った。

今年度は、データの追加収集を行い既存官庁施設に適用する場合の問題点等を検討し、今後の計画・設計業務に役立つ提案を行った。

2.2 研究体制

本テーマの研究・実施にあたっては、各地方整備局等において次のようにサブテーマを設定し、グループ毎に調査研究を進めた。

照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究

個別のグリーン(改修)技術に関する実証面から見た有効性の調査研究

グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究

高効率変圧器による(グリーン改修技術)の検証・有効性に関する調査研究

積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証

地方合同庁舎等における変圧器容量選定手法に関する調査研究

3. 研究結果

3.1 各サブテーマの研究結果を以下に示す。

3.1.1 照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究

- ・高効率照明器具のみによる環境負荷低減効果及び照明制御技術との組み合わせによる環境負荷低減効果について検証された。
- ・トイレの照明器具を人感センサにて点滅する場合の設定時間による環境負荷低減効果について検証された。
- ・高効率照明器具を採用し照明制御を行うにあたっては、その運用形態について適切な保全指導やアドバイスが必要であると考ええる。

3.1.2 個別のグリーン（改修）技術に関する実証面から見た有効性の調査研究

- ・空調機のインバータ導入による環境負荷低減効果が検証された。今後は、負荷の種類に応じてインバータ導入の有無を判断するために、多くのデータを収集し、その検証を行うことが必要と考える。

3.1.3 グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究

- ・既存施設における太陽光発電設備の設計手法の提案がされた。
- ・設置地域による年間発電量の比較を行った。
- ・今後、多くのデータを収集し、その検証が必要と考える。

3.1.4 高効率変圧器による（グリーン改修技術）の検証・有効性に関する調査研究

- ・既存施設における高効率変圧器（モールド形）の採用による環境負荷低減効果について改修手法による比較、最適な変圧器の運用方法について検証された。
- 高効率変圧器のイニシャルコストは多少高価となるが、変圧器の寿命を考慮したランニングコストの縮減効果が明かとなった。

3.1.5 積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証

- ・積雪寒冷地域施設における照明制御、太陽光発電設備設、風力発電設備等において設計手法の提案及び環境負荷低減効果が検証された。
- ・照明制御については、窓側二列のみを行った場合の環境負荷低減効果について検証された。
- ・今後もさらに詳細なデータ収集を行い、日本海側における想定電力削減量算出時のための補正係数及び太陽光発電備設と風力発電設備の組み合わせの有効性について検証が必要と考える。

3.1.6 地方合同庁舎等における変圧器容量選定手法に関する調査研究

- ・建築設備設計基準に基づいた変圧器（モールド形、油入形）の容量算定手法に関して、その容量の検討、変圧器容量選定手法の提案がされた。三相変圧器については、

今回収集された母集団のばらつきが大きかったため、今後もさらに詳細なデータ収集を行い引き続き調査を行なう必要があると考える。

3.2 それぞれの既存官庁施設のグリーン改修技術による庁舎あたりの電気の使用量から見たCO₂削減率は、次のとおりとなった。

照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究

・照明制御による場合 8.19%

・便所のスイッチを人感センサによる場合 0.27～0.39%

個別のグリーン（改修）技術に関する実証面から見た有効性の調査研究

・空調機のインバータ制御による場合 5.4%

グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究

・太陽光発電設備による場合 0.06～5.50%

高効率変圧器による（グリーン改修技術）の検証・有効性に関する調査研究

・高効率変圧器による場合 1.2%

積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証

・照明制御による場合 0.90～0.12%（窓側二列のみ）

・風力発電設備による場合 0.1%

4. 今後の課題

建築電気設備の環境負荷低減に関する技術手法等について、実質運用面での具体的な提案や電力使用量等の分析・検証による設計に必要なデータ等が示され、建築電気設備技術の充実が図られた。今後は、本研究成果を官庁施設整備に反映させるため、有効な手法や提案について、更に技術的、経済的に検討を進め、建築設備設計基準等の各基準類に取り入れていきたい。

目 次

「既存官庁施設のグリーン改修技術の検証・有効性に関する調査研究」

国土交通省大臣官房官庁営繕部設備課 村上 幸司 太田 和宏

「照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究」

中部地方整備局 営繕部設備課 柳沢 和史 白金 秀俊
近畿地方整備局 営繕部設備課 橋本 力 山口 貴之
北海道開発局 営繕部設備課 本間 一紀 酒井 達志

「個別のグリーン（改修）技術に関する実証面から見た有効性の調査研究」

四国地方整備局営繕部設計課 石川 雅己

「グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究」

関東地方整備局営繕部設備第一課 折茂 邦彦
関東地方整備局営繕部設備第二課 黒岩 雄二
関東地方整備局営繕部移転機関設計課 市川 勝四郎
九州地方整備局営繕部設備課 志手 克教 白木原 史明
沖縄総合事務局開発建設部営繕課 伊集 守昭

「高効率変圧器による（グリーン改修技術）の検証・有効性に関する調査研究」

中国地方整備局営繕部設備課 岡林 晃二 井上 弘美

「積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証」

東北地方整備局営繕部設備課 村上 修一 斎藤 勝
北陸地方整備局営繕部設計課 阿部 宣 柴山 浩

「地方合同庁舎等における変圧器容量選定手法に関する調査研究」

筑波研究学園都市施設管理センター 峯村 高志 宮原 照人

「照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究」

1. はじめに

本研究では各整備局、開発局管内の3施設を調査対象とし、照明器具の効率化及び制御技術の効果を実測データから検証し、CO₂削減効果、費用対効果からグリーン改修技術の有効性を確認するものである。

2. 施設概要と照明制御手法

施設の概要及び採用照明制御技術を次表に示す。

施設	用途	構造階数	延べ面積	採用照明制御技術		
				初期照度補正	昼光利用	人感センサ
A	合同庁舎	SRC-8-2	24,378m ²			
B	単独庁舎	SRC-4-1	2,955m ²			
C	合同庁舎	SRC-18-2	53,030m ²			

測定にあたってはA・C各施設毎に改修前、改修後の消費電力量を測定し比較検証を行った。また、B庁舎は新築のため照明制御技術の導入におけるその効果の検証を行った。

3. 各施設におけるコストからの検証

高効率照明器具の採用と照明制御技術について、工事費と1年間の消費電力量、CO₂発生量からその効果と費用効果分析を行う。なお、工事費については従来型の改修からグリーン改修へ変更した場合の差額にて算出している。

施設	工事費 (円)		1年間 運用削減 電力量 (kWh/年)	1年間 庁舎全体 電力量 (kWh/年)	1年間 CO ₂ 削減量 (kg- CO ₂ /年)	庁舎あたり のCO ₂ 削減率 (%)	投資 効果 (円 / kg- CO ₂ / 年)	初期投資 回収年 (年)	
	A	(Hf+調光:750lx) - (従来型改修:500lx)	10,081,050	76,890	3,076,532	39,214	2.50	13	10.9
B	(Hf+調光) - (Hf)	2,447,710	18,743	228,864	9,559	8.19	13	10.9	
B	(人感センサ) - (従来型改修)	257,040	設定時間:10秒)	2,093	228,864	1,067	0.91	12	10.2
B			設定時間:1分)	1,451	228,864	740	0.63	17	14.8
B			設定時間:3分)	903	228,864	461	0.39	28	23.7
C			設定時間:3分)	19,770	5,983,710	10,083	0.33	12	10.3
C	設定時間:6分)	2,450,000	16,440	5,983,710	8,384	0.27	15	12.4	
C	設定時間:20分)		10,390	5,983,710	5,299	0.17	23	19.7	

上表から、高効率型照明器具の採用と照明制御技術の採用はグリーン化の目的であるCO₂削減に対し効果があることが分かる。また、それぞれの技術において計画更新年数である20年以内に投資を回収することができていることが確認できる。

4. 総括

上記の結果からグリーン診断・改修における高効率照明器具の採用、照明制御技術の導入は環境負荷低減に対して、有効であることが確認できた。また、これらは照明器具等の更新に合わせて行うことでコスト面においても有利である。ただし、運用形態(効率的な自然採光、ブラインドの影響など)によりその効果が左右されるため、効率的且つ積極的な省エネルギーに資するための適切な保全指導やアドバイスが必要である。

「個別のグリーン(改修)技術に関する実証面から見た有効性の調査研究」

1. 研究概要及び調査施設概要

当整備局において、グリーン改修工事によりインバータ制御とした空調機について、電力消費量から見た導入効果の検証を行った。

A 合同庁舎(改修内容)(高知県A市 鉄筋コンクリート造3階建 延べ面積 2,417㎡)

- ・熱源：リングユニット(75kw) + ボイラー(2.45kw)
直たき吸収冷温水機(8kw) (熱源は都市ガス)
- ・空調機：ACU-1(南系統)(19kw)、ACU-2(北系統)(15kw)
ACU-1(南系統)(18.5kw)、ACU-2(北系統)(15kw) (共にインバータ制御を実施)

2. 測定結果及び検証

一般的に、空調機器の風量は、より負荷の大きい夏期を基に選定されており、冬期については空調負荷が少ない分だけ、風量に低減の余地があることに着目し、インバータの比例制御を実施した。(夏期はインバータを固定周波数とし、室内温度による三方弁の比例制御を行なった)

結果は、空調起動後、30分程度で設定下限値に至り、以後空調終了時まで変動は無かった。安定した時間帯における空調機の入力電力は、ACU-1(南系統)では、定格容量18.5kwに対し実効容量12.6kw(電動機特性より(以下同じ))低減量は5.9kw~約32%)、ACU-2(南系統)では、定格容量15kwに対し実効容量8.8kw(低減量は6.2kw~約41%)と大きな効果が得られた。

なお、夏期については固定周波数(各53Hz,48Hz)ではあるが、ACU-1では定格容量18.5kwに対し実効容量16.3kw(低減量は2.2kw~約12%)、ACU-2(南系統)では、定格容量15kwに対し実効容量12kw(低減量は3kw~約20%)と、一定の効果をあげている。

3. 導入効果

運用段階における削減電力量を試算すると(計算条件：冷房期間は75日、暖房期間は100日、運転時間は冬期の立ち上がりの1時間を除外)

- ・夏期 ACU-1： $2.2\text{kW} \times 8\text{時間} \times 75\text{日} = 1,320\text{kWh}$
ACU-2： $3.5\text{kW} \times 8\text{時間} \times 75\text{日} = 2,100\text{kWh}$ 小計 3,420kWh
- ・冬期 ACU-1： $5.8\text{kW} \times 7\text{時間} \times 100\text{日} = 4,060\text{kWh}$
ACU-2： $8.8\text{kW} \times 7\text{時間} \times 100\text{日} = 6,160\text{kWh}$ 小計10,220kWh
- ・年間 + = 13,640kWh

改修前の庁舎の全電力使用量と比較すると

$$13,640\text{kWh} / 254.080\text{kWh} (\text{前年度実績値}) = 5.4\%$$

また、CO₂削減量(年間)に置き換えると

$$13,640\text{kWh} \times 0.51\text{kg-CO}_2/\text{kWh} = 6,956\text{kg-CO}_2 \cdot \text{年}$$

の効果が得られることとなった。

ちなみに、この削減量を投資効果という視点から整理すれば、インバータ導入のための初期工事費が約1,930千円であるから

$$1,930\text{千円} / 6,956\text{kg-CO}_2 \cdot \text{年} = 277\text{円} / \text{kg-CO}_2 \cdot \text{年}$$

の結果であった。

「グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究」

1. 目的

本研究は、グリーン化技術の一つである太陽光発電設備を設置した庁舎を調査、検証し、施工上の問題点などを整理することにより、今後のグリーン改修工事における太陽光発電設備工事の設計技術の充実を図ることを目的とする。

2. 調査方法

改修工事で太陽光発電設備を施工した実績が少ないため、新築工事で施工実績のある業者及びメーカーに、上記設置方式における施工上の問題点や設置方式による特徴などのヒアリング調査を行うと共に計測できる施設において年間電力量調査を行った。

3. 調査結果

3.1 設置方式の選定方法

業者及びメーカーからのヒアリング結果より太陽光発電設備を取り付ける際の優先順位を検討し、太陽光発電設備の方式選定シートを提案した。

3.2 既存庁舎における太陽光発電設備の検証

関東、九州、沖縄の5施設の太陽光発電設備の調査を行い、地域差による年間発電量の比較及び環境負荷低減効果（CO2削減率等）について検証を行った。

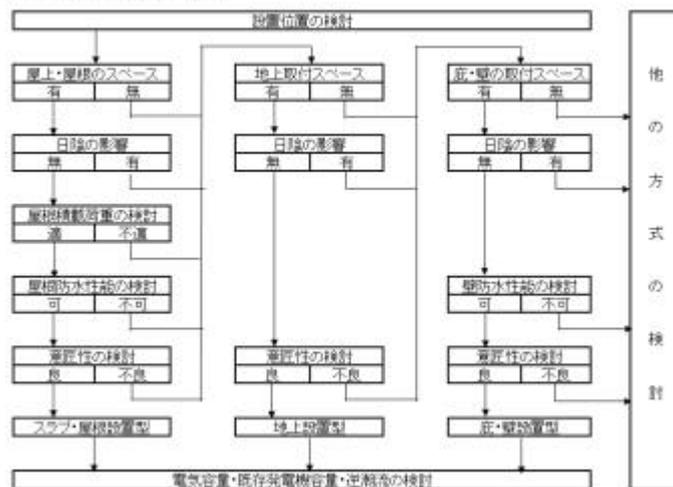
3.3 改修工法の検討

太陽光発電設備の方式選定シートに基づき主としてスラブ・屋根設置型の場合の改修工法の検討を行った。

4. 今後の検討

今回は、メーカー及び施工業者へのヒアリングを行い検討の結果、太陽光発電設備の方式選定シートの提案及び既存の太陽光発電設備の検証を行い、主としてスラブ・屋根設置型について検討を行った。検討を行い条件を満たせばグリーン改修工事において既存建物に太陽光発電設備を設置することが可能であり二酸化炭素の削減に貢献することが可能となる。従って、小規模のものでも積極的に検討をしていくことが重要であると思われる。今後もさらに検討を行い、太陽光発電設備の設計手法の充実を図りたい。

太陽光発電設備の方式選定シート



「高効率変圧器による（グリーン改修技術）の検証・有効性に関する調査研究」

1. 要旨

「グリーン診断・改修計画指針及び同解説」に基づく受変電設備の配電用高効率変圧器によるグリーン改修技術の検証・有効性に関する調査研究を行う。

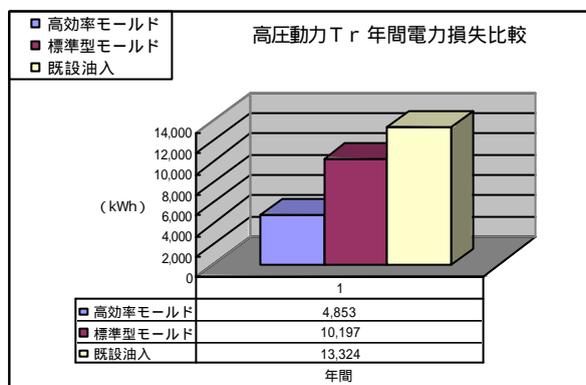
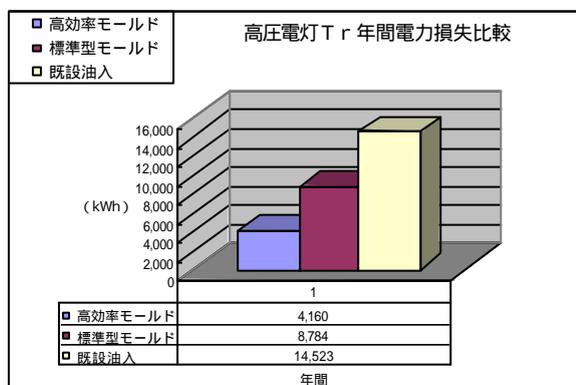
2. 研究概要

高効率変圧器での運用時における電力使用量等の基礎データを収集し、高効率変圧器（グリーン改修）と標準変圧器（従来型）の電力損失量を比較し、環境負荷低減手法（グリーン改修）の運用時における効果検証等を研究する。

3. 考察 3.1 改修手法による比較

環境負荷低減手法（グリーン改修）による高効率変圧器で改修する場合と標準型（従来型）の変圧器で改修する場合とを比較検討する。

・省エネルギー効果 ・LCCO₂（二酸化炭素排出）の削減量 ・経済的評価



高効率モデル変圧器と標準型モデル変圧器との比較表 注記) 既設油入は参考に算定した。

削減効果項目	電灯変圧器 300kVA	動力変圧器 300kVA
損失比較 (%)	47	48
年間省エネ電力量(kWh)	4,623	5,344
年間CO ₂ 削減量(kg・CO ₂ /kWh年間)	2,358	2,725
LCCO ₂ 削減率 (%)	0.72	2.17
電灯・動力変圧器 総合LCCO ₂ 削減率 (%)	1.20	

比較表及び電力損失グラフにより、高効率変圧器による改修が省エネ・環境負荷低減効果が高いことが認められる。また、高効率変圧器のイニシャルコストは多少高価となるが、省エネ・節電効果により約12年で、初期投資分の回収が可能となり、変圧器の寿命を考慮したランニングコストの縮減効果が認められる。

4. 今後の課題及びまとめ

配電用変圧器は、省エネ法の特定機器適用が、2006年度からとなっています。

今後、従来型（旧式）の変圧器を高効率変圧器に改修することにより、大きな省エネ、環境負荷低減に寄与できるものと考えられます。最後に、高効率変圧器が設計基準等へ早期に反映され、設計においてスタンダードなものとして採用できることを期待します。

「積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証」

東北・北陸地方整備局では日本海側地域に位置する施設を対象に、各グリーン化技術の採用による、運用時の削減電力量を、導入前の想定値と比較することにより、環境負荷低減効果とその気象特性による影響を検証した。

1. 調査施設概要

調査施設を「表 - 1」に示す。太陽光発電においては、気象特性の違う太平洋側施設と比較した。

表 - 1 施設概要

側面	施設名	本荘地方合同	小松地方合同	
	日本海側	所在地	秋田県本荘市	石川県小松市
構造規模		RC-5-1 4,669㎡	RC-7-1 7,878㎡	
工事種類		新営	新営	
竣工時期		H14.9	H14.12	
採用手法		昭太ヒ風	昭太	
太平洋側	施設名	宮城労災介護施設	民間施設A	民間施設B
	所在地	宮城県富谷町	神奈川県横浜市	宮城県仙台市
	構造規模	RC-3 3,929㎡	RC-4 13,000㎡	RC-4 6,900㎡
	工事種類	新営	新営	改修
	竣工時期	H12.1	H14.8	H13.2
	採用手法	本	本	本

照：照明制御 太：太陽光発電 ヒ：ヒートパイプ融雪 風：風力発電

2. 検証結果

1). 照明制御

消費電力量をもとに年間省エネルギー率を算出し理論値と比較した結果（表 - 2）実測値が理論値を下回っていることがわかった。これは理論値を算出する際の全天空照度の値が全国平均であり、日本海側との地域差があったためと推測される。

今後データ数を増やし、補正の必要性を検討していきたい。

2). 太陽光発電設備

発電電力量と傾斜面日射量の実測値より総合設計係数（発電効率）を求めると、当初想定値を0.7としたのに対し実測では概ね0.75～0.8と上回っていることがわかった。（表 - 3）また、日本海側施設では冬期に値が低下しており、アレイへの積雪の影響があったものと考えられる。

表 - 2 年間省エネルギー率(%)

	実測値	理論値
本 荘	21	40
小 松	18	25

理論値は（社）日本照明器具工業会技術資料 130「照明制御装置による消費電力削減効果の評価手法」より

3). 風力発電設備

計画時の年間発電電力量が約700(kwh)であったのに対し、実測から求めた値が約324(kwh)であった。これは平均風速が予測を下回っていたためである。

表 - 3 総合設計係数（発電効率）

	冬期	中間期	夏期	年間
本 荘	0.74	0.82	0.79	0.79
小 松	0.71	0.76	0.73	0.74
宮城労災	0.72	0.64	0.61	0.66
民間A	0.9	0.84	0.7	0.83
民間B	0.78	0.8	0.73	0.78

値は設計基準の予想発電電力量算出式を利用し求めた。

なお、アメダス等気象データと実測値では風速

の値に違いがみられたため、風況調査を行い設置場所における風の影響を詳細に把握する必要があると感じた。

4). ヒートパイプ融雪設備

本荘地方合同では地中熱を利用したヒートパイプ融雪設備を試行的に導入している。検証の結果、圧雪や直接風雪が吹き付けることが無い場所では、融け遅れが見られたものの融雪の効果が確認できた。

3. 環境負荷低減効果

実測値から年間CO₂排出削減量を求めると「表 - 4」のとおりとなった。

表 - 4 環境負荷削減効果算出

算出条件 0.51kg-CO₂/kwh

	照明制御		太陽光発電		風力発電	ヒートパイプ融雪
	本荘	小松	本荘	小松		
電力削減量(Kwh/年)	3,444	7,164	9,631	9,264	324	3,576
庁舎電力使用量に対する割合	0.9%	1.2%	2.6%	1.6%	0.1%	4.6%
LCCO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ /年)	1,756.4	3,653.6	4,911.8	4,724.6	165.2	1,823.8

「地方合同庁舎等における変圧器容量選定手法に関する調査研究」

1. 研究手法

17の地方合同庁舎変圧器データを収集し、以下の地方合同庁舎等の変圧器データを収集、変圧器容量の妥当性を検討、変圧器容量選定手法の提案、考察を行なった。

合同庁舎の規模は、4,460m²～24378m²となっている。

2. 延べ床面積と合計変圧器容量の相関関係

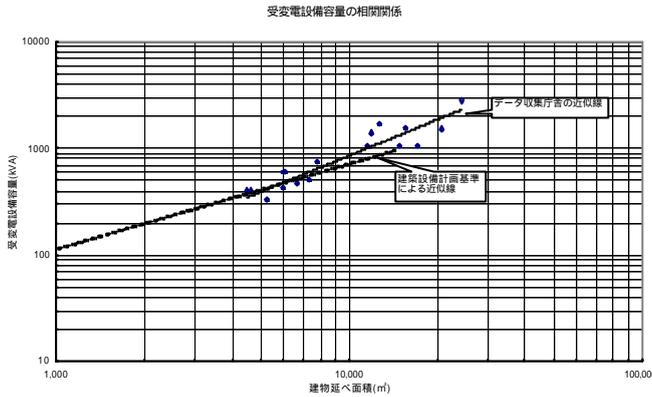


図 - 1

庁舎の建築延べ面積と受変電設備容量の相関関係については、建築設備計画基準に示されているが、今回データを収集した地方合同庁舎の相関関係を電灯変圧器、動力変圧器合計のもの、電灯変圧器のみのも、動力変圧器のみのもので三種類を比較検討し、それぞれの相関関係は、単位面積あたり計画基準とほぼ同等の機種が選定されて

いることがわかった。電灯変圧器、動力変圧器合計のもの比較グラフを図 - 1 に示す。

3. 変圧器の利用率

データ収集をおこなった庁舎の各変圧器ごとに、年間最大となった月間最大電流値をもとに変圧器の利用率を算出した。モールド形単相変圧器の結果を以下に示す。

変圧器容量 (kVA)	容量別平均値 (%)	モールド形単相変圧器平均値 (%)
50	30.0	54.2
75	55.7	
100	40.0	
150	59.4	

表 - 1

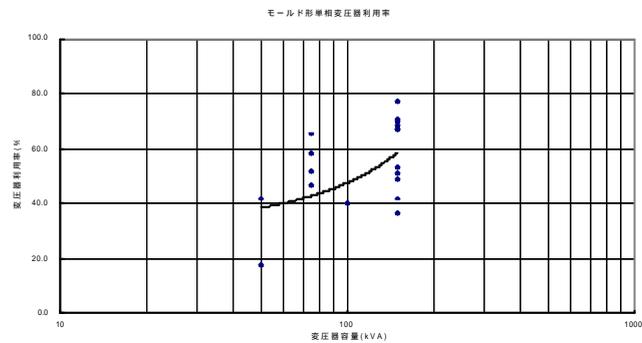


図 - 2

4. 既存の変圧器容量算定手法の妥当性

電灯変圧器については、従来用いているf値は、過負荷にならず、比較的高い平均値を示すことができ、変圧器を安全かつ効率的な変圧器容量選定につながっていることを示すことができた。一方、三相変圧器の利用率は、モールド形変圧器で50%前後、油入形変圧器で40%前後の平均値を示している。しかし、個々のデータは分散しており、統計的な判断を下しにくい状況となっているほか、データ個体の最大値が90%以上を示しているものもあり、単に算出容量を切り下げた場合、過負荷に陥る変圧器も見られる。したがって、三相変圧器については、今回のデータによる考察は難しいため、引き続き調査を行なう必要がある。