

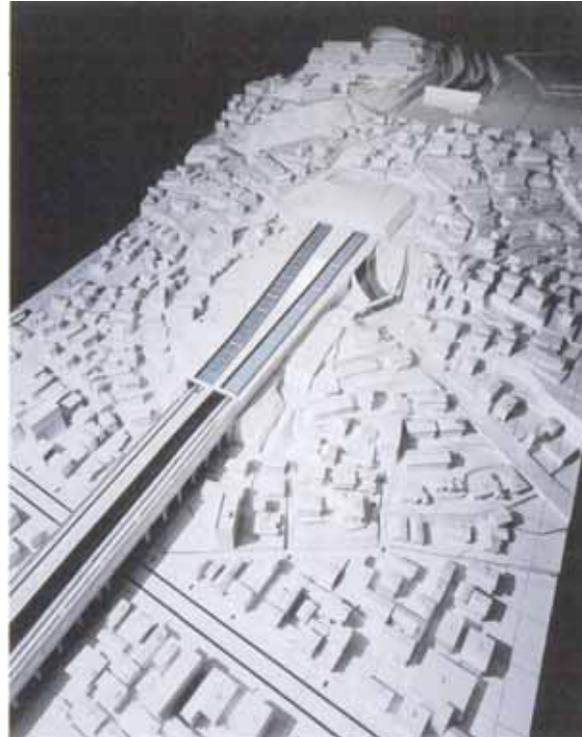
# 騒音・振動分野における 現場測定の実例・成功例



土肥 哲也(小林理研)

# 自己紹介

## (一財)小林理学研究所

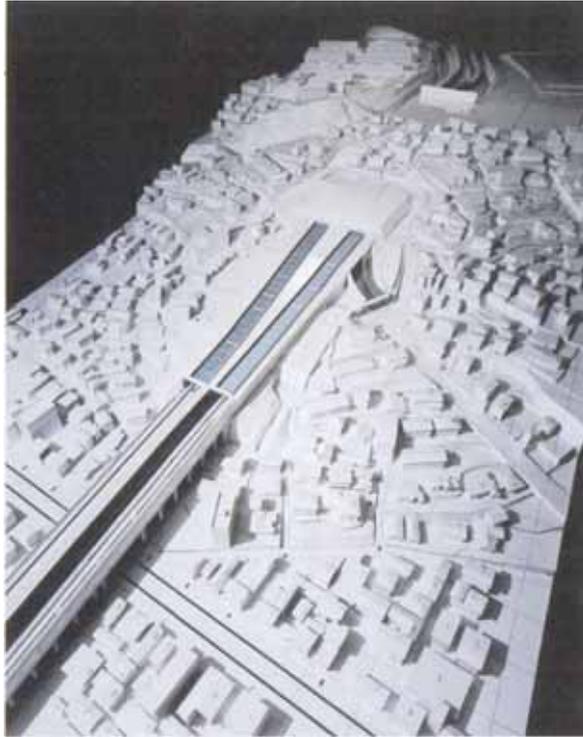


- 東京国分寺
- 昭和15年設立
- 昭和19年小林理研製作所 (リオン)
- 音の研究機関？
- 研究&受託&教育  
(騒音振動・建築音響・圧電)  
20人

- 鉄道 低周波音

# 騒音・振動分野とは

## • 交通騒音 (振動)



## • 機械騒音 (振動)



- 騒音・振動の発生メカニズムの解明
- 騒音・振動の伝搬の理論的解析, 予測モデルの構築
- 騒音・振動の低減方法・装置の開発
- 吸音・遮音材料, 防振/制振材料の開発
- 騒音・振動に対する人間の生理・心理的・社会的反応の研究
- 快適音環境の創造

## • 低周波音

# 騒音・振動の測定



騒音計



スマホでは駄目？

# 騒音計とスマホの違い

騒音計



- 計量法
- IEC/JIS

- ×高価
- ・型式承認（検定）

スマホ



- ×計量法
- ×IEC/JIS

- 手軽・安価
- 絶対値・周波数特性

スマホでは駄目？ 目的によってはOK

# 計量法とは？

物象の状態の量について、法定計量単位により取引又は証明における計量をする者は、正確にその物象の状態の量の計量をするように努めなければならない。

「取引」とは、有償であると無償であるを問わず、物又は役務の給付を目的とする業務上の行為をいい、「証明」とは、公に又は業務上他人に一定の事実が真実である旨を表明する

表



裏



ビール瓶



丸正マーク



出典：経済産業省HP

ドイツではグラスに線が！

- 環境計量士（資格）
- 計量証明事業所
- 5年毎に検定

研究や社内データは適用外  
測定機器は使い分ける！

# 研究目的であれば

- ・ スマホや、秋月電子の500円マイク、MEMSマイクも利用可  
（性能を各自で把握する必要がある）

性能：絶対値、周波数特性、自己雑音、線形性、位相差など

500円マイク例



出典：秋月電子通商HP

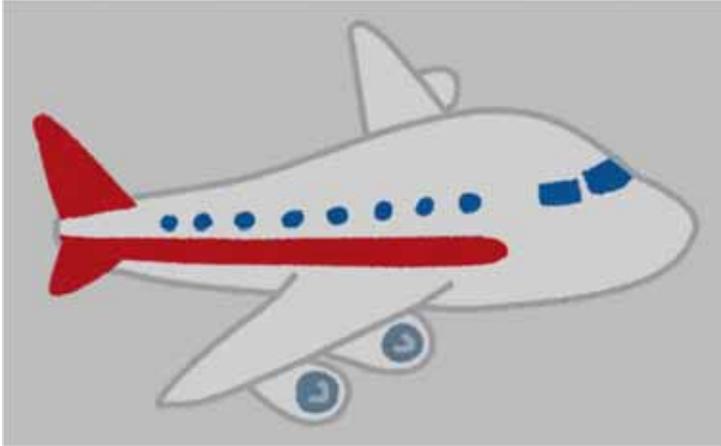
マイクロホンアレイ



低域感度を調べる必要・・・

音の到来方向推定用

# 交通騒音の測定位置



騒音計



騒音計

高さ1.2 ~ 1.5m

交通騒音は計測方法がマニュアル等で決まっている

# 騒音の計測位置



# 騒音の計測位置

×



○

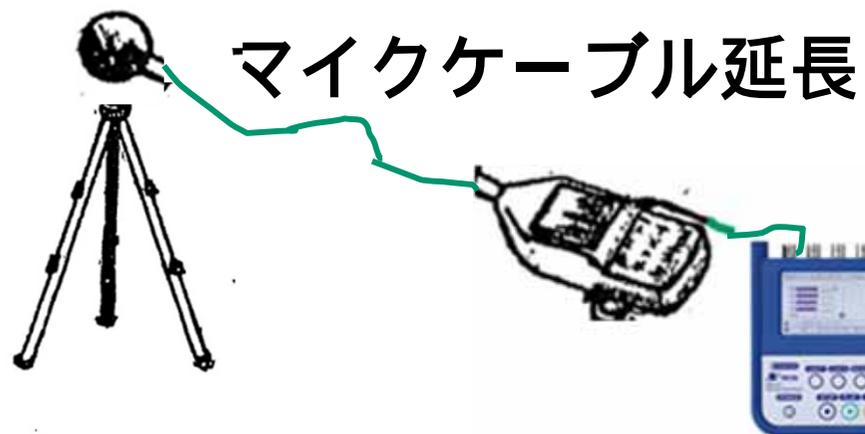


反射物から3.5m以上

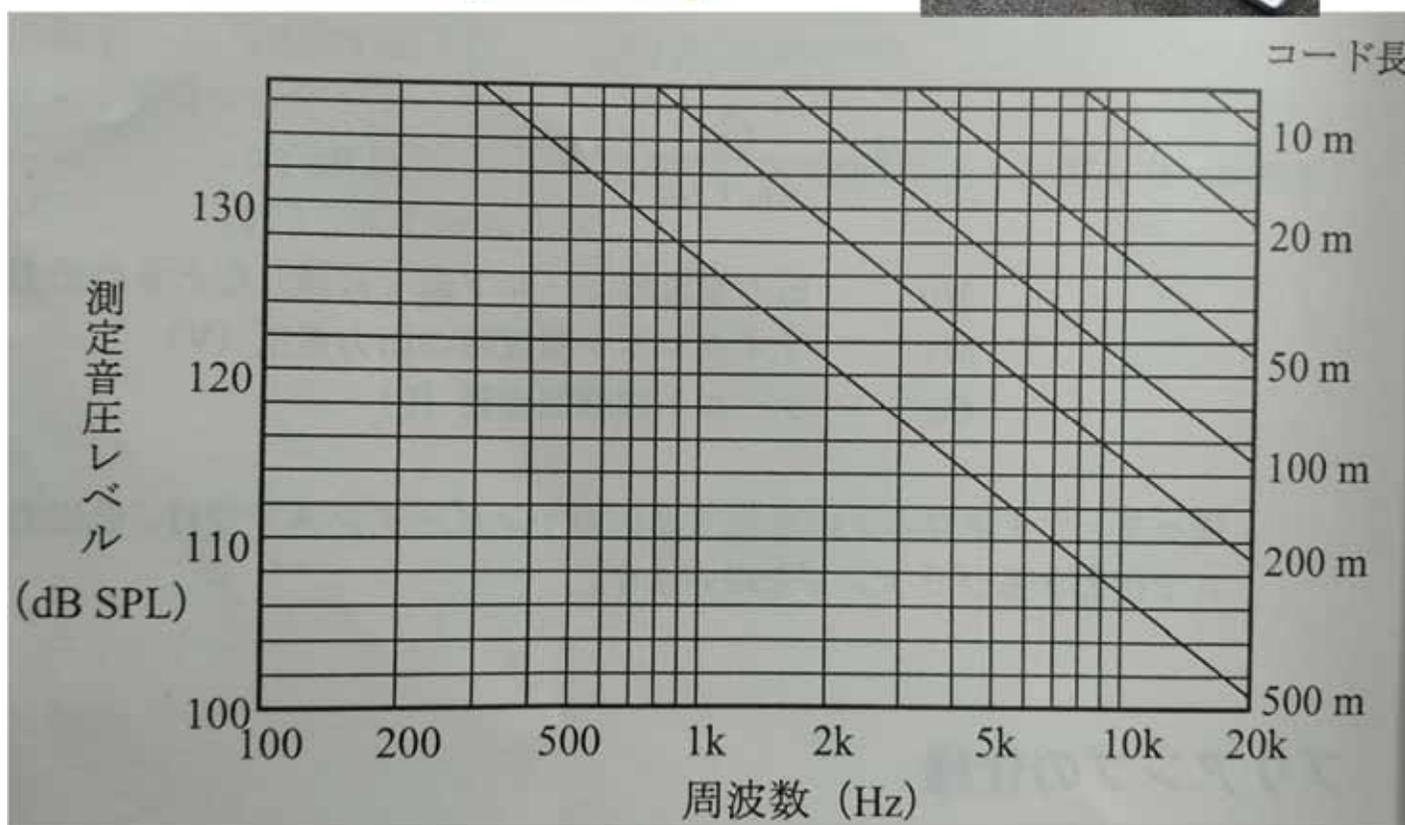
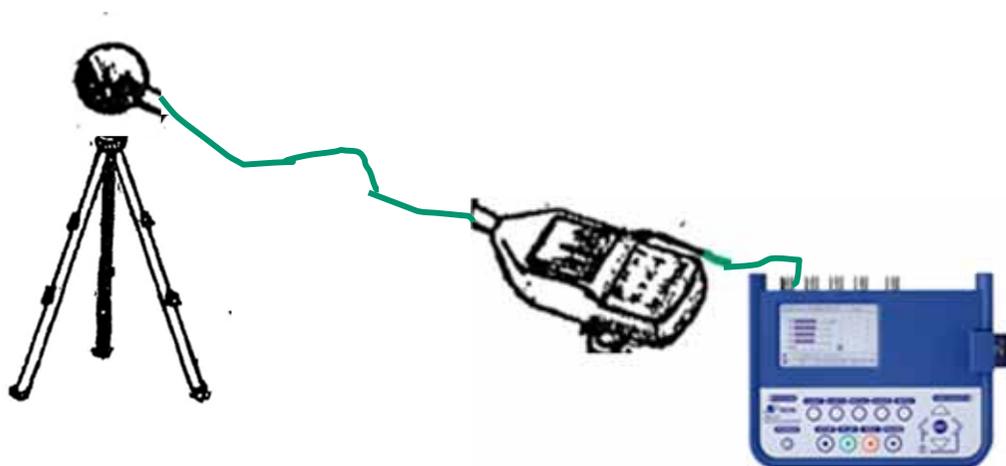
内部録音 →できない場合

# ケーブルの影響

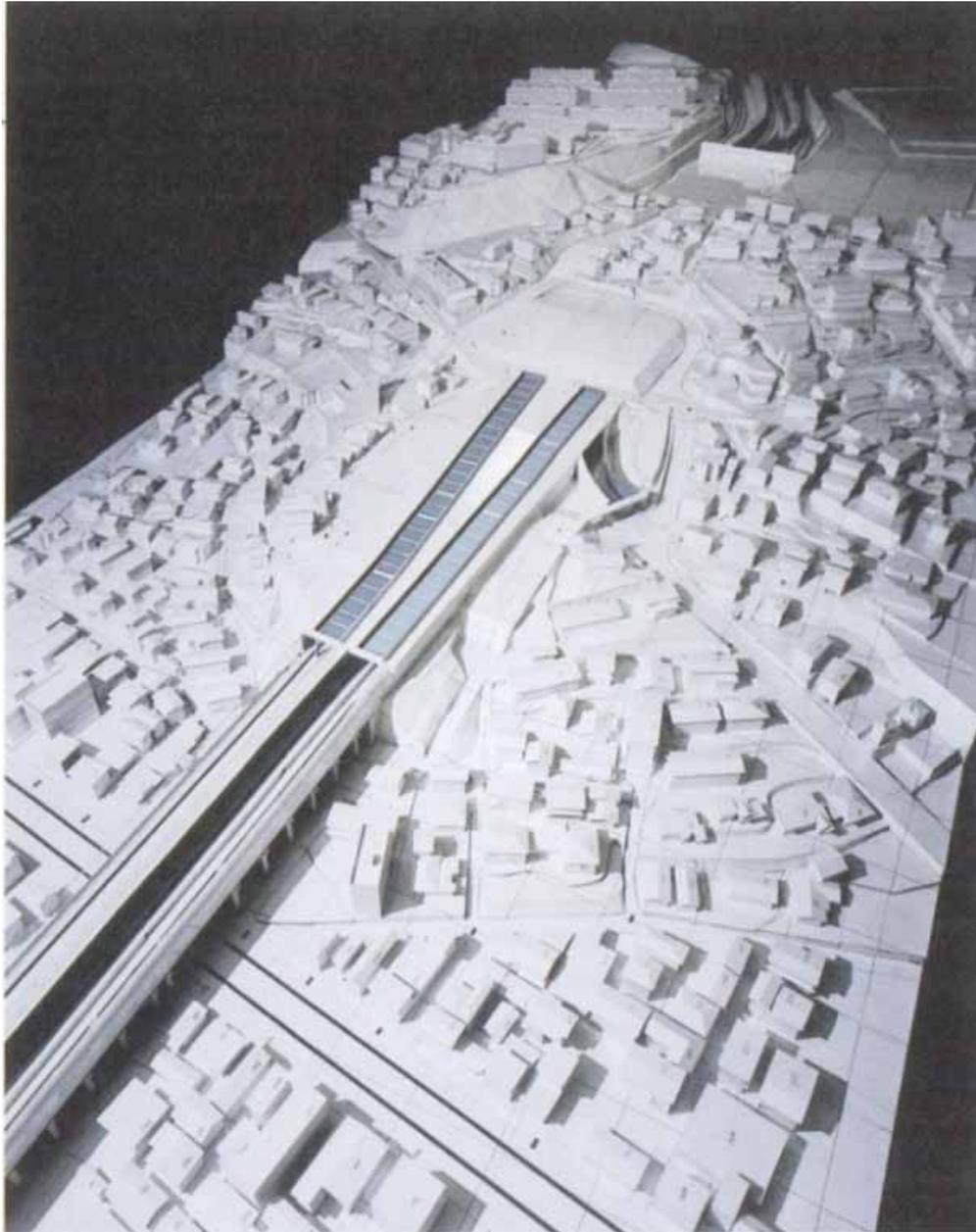
## 基本



# マイク延長ケーブルの影響



# 事例：音響模型試験→超音波帯域



1 : 4 0 模型

周波数帯域 4 0 倍

マイク延長ケーブルの影響

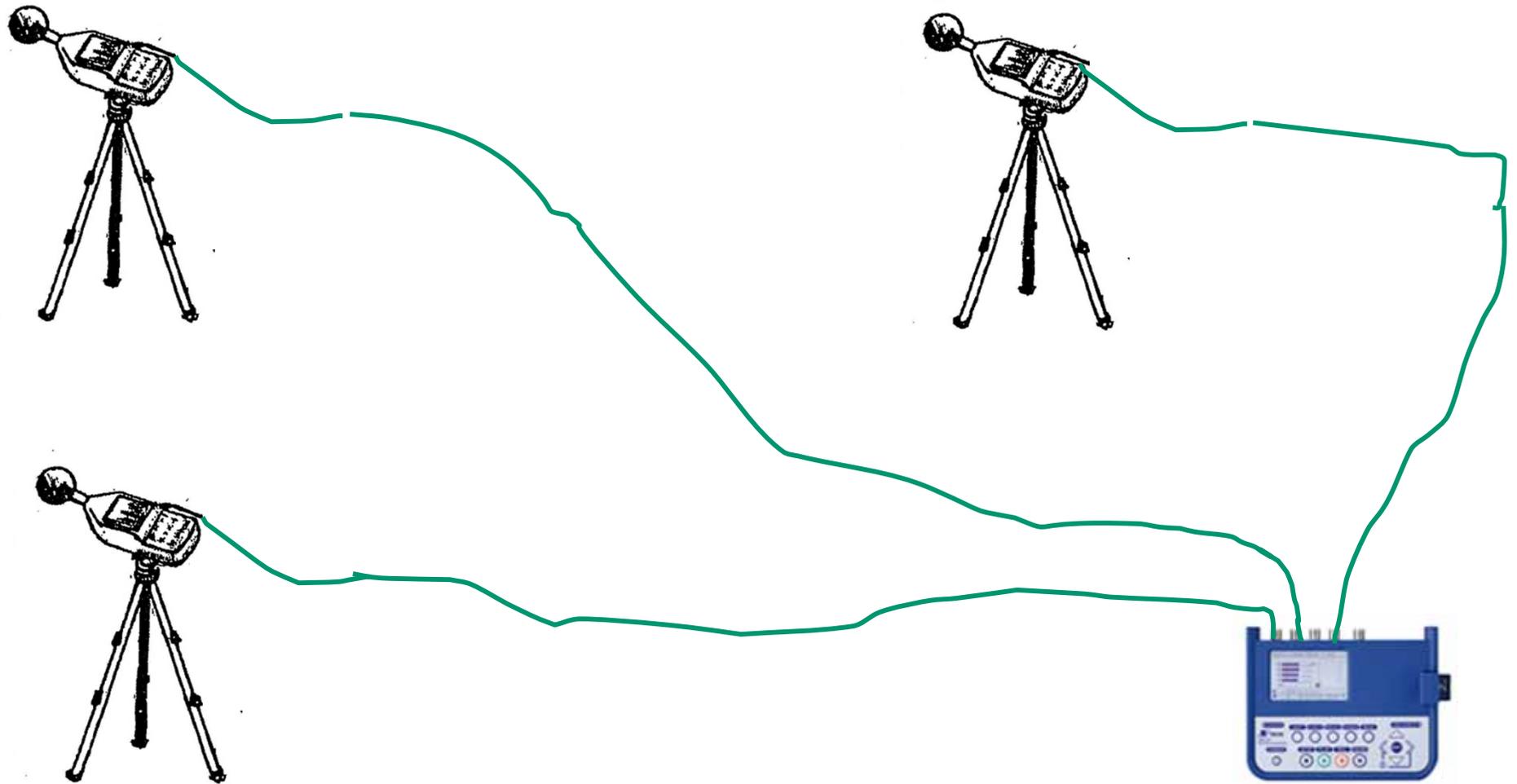
マイク アンプ 周波数分析器



短くする必要！

(空気吸収も注意)

# 出力ケーブルの影響



計測点とデータロガーの距離が長い場合

# 出力ケーブルの影響(例)



10 kHz

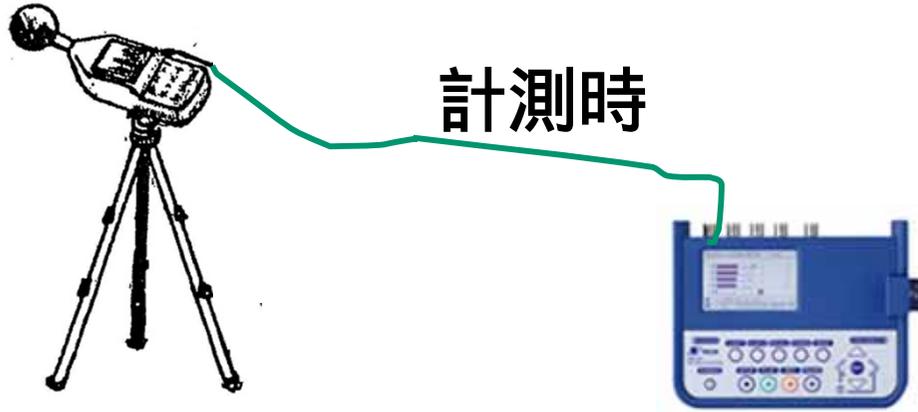
- 1 m-----89.7 dB
- 100 m-----88.8 dB   **-0.9 dB**
- 300 m-----87.2 dB   **-2.5 dB**
- 300 m※-----89.6 dB   **-0.1 dB**

**バッファアンプ有**

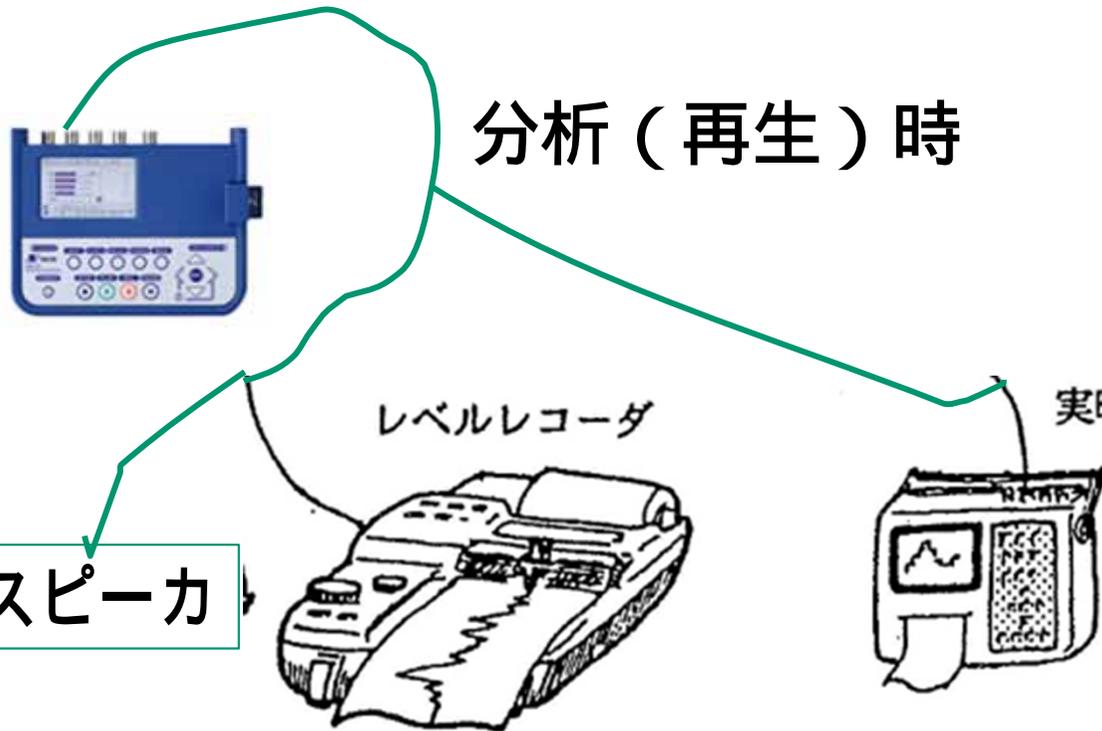


**長い場合、高域信号が減衰  
バッファアンプが必要**

# 出力ケーブルの失敗例(昔)

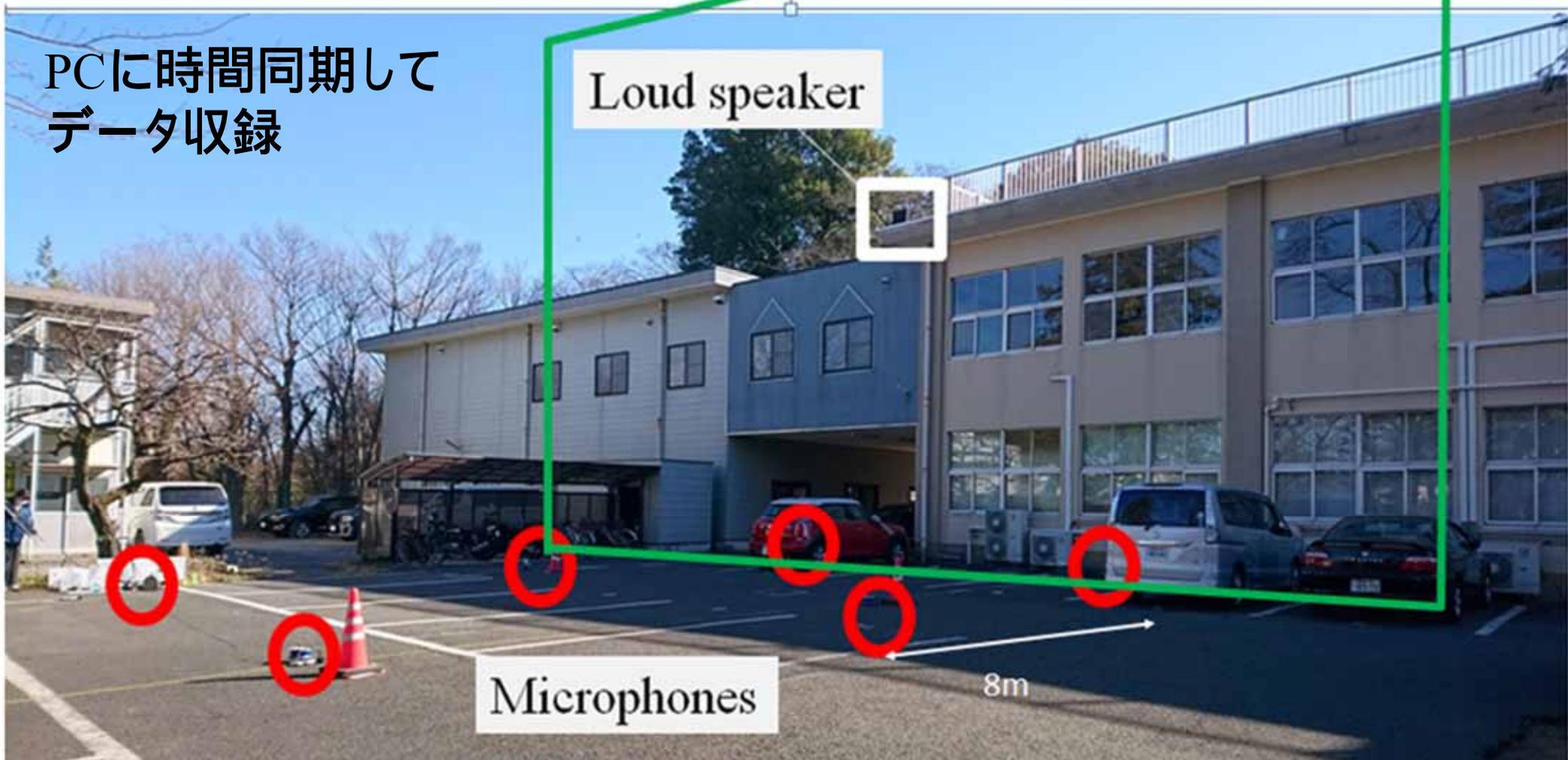


近年はデジタルデータをPC等で分析するが・・・



昔は、それぞれの機器の抵抗(入力インピーダンス)などによって分析結果が変わることがあった。

# コラム：無線化

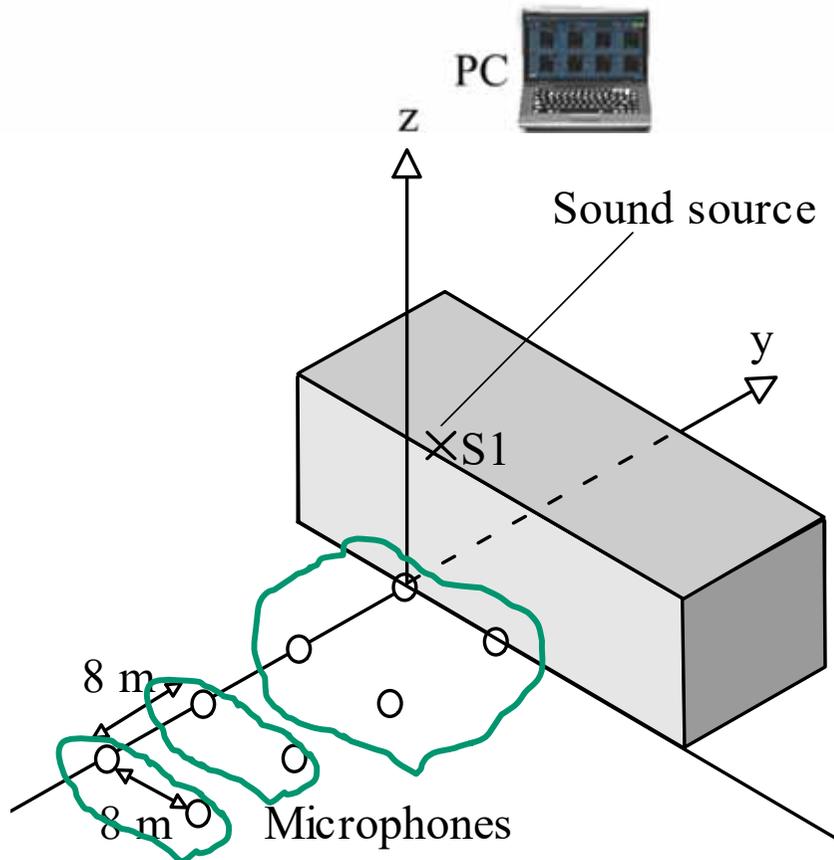


8個のマイクロホンアレイ→有線測定→準備が大変

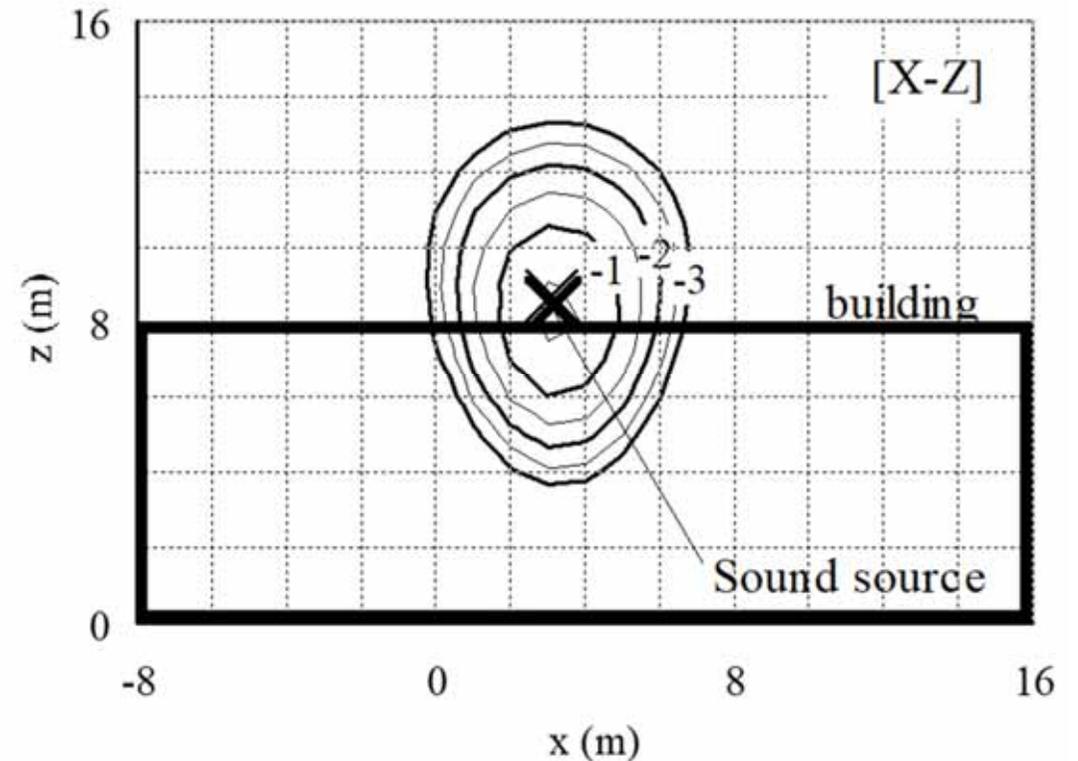
# コラム: 無線化



PCに時間同期して  
データ収録



音源推定位置



# コラム: エッジコンピューティング

- ・ 音の到来方向識別



SEEED社, USB Mic Array

+

ラズパイ  
ポケットwifi



到来方向をWebに送信



リアルタイムにマップに表示

# 鳥の位置の推定



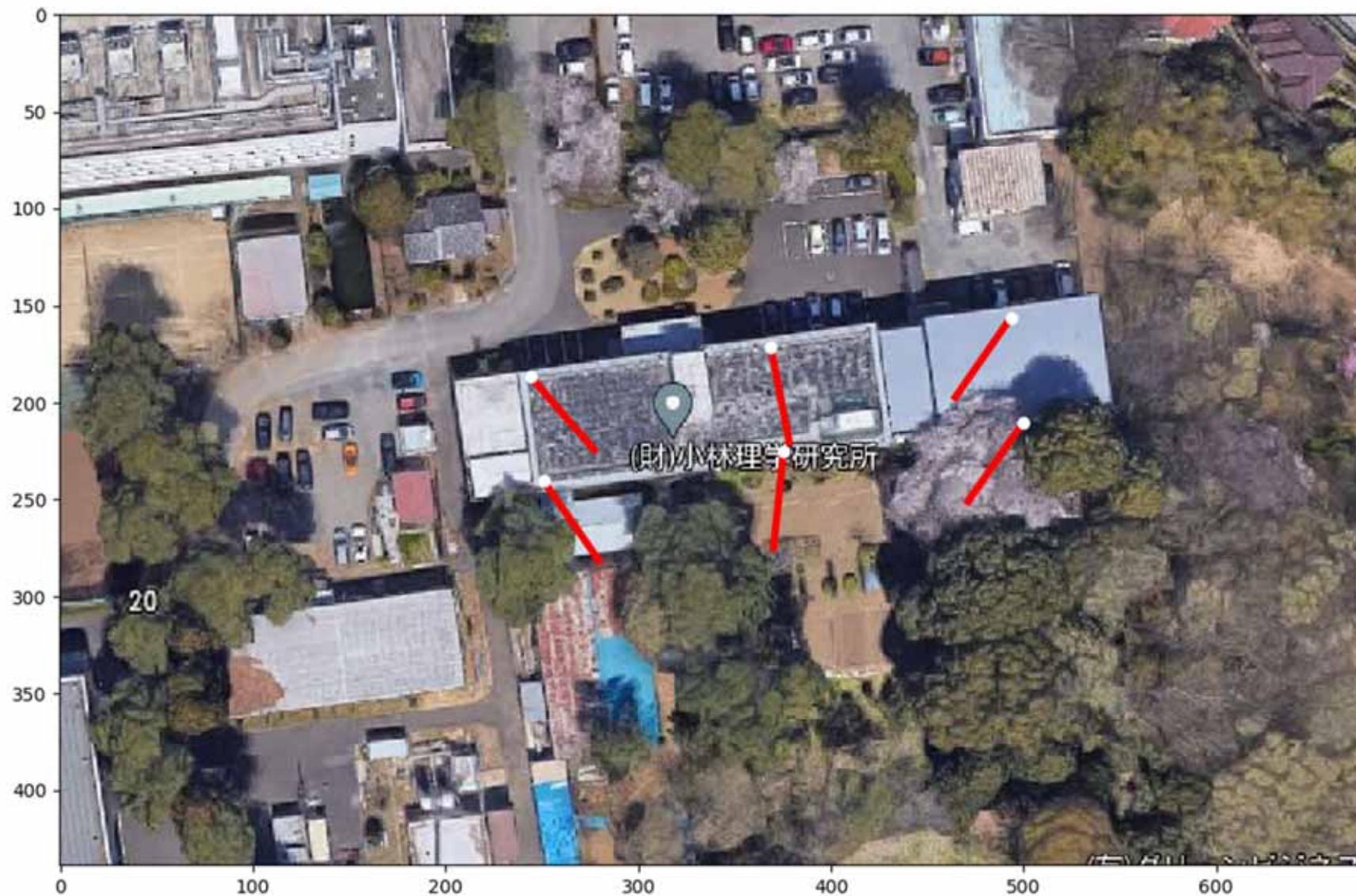
# 鳥の位置の推定



# 鳥の位置の推定



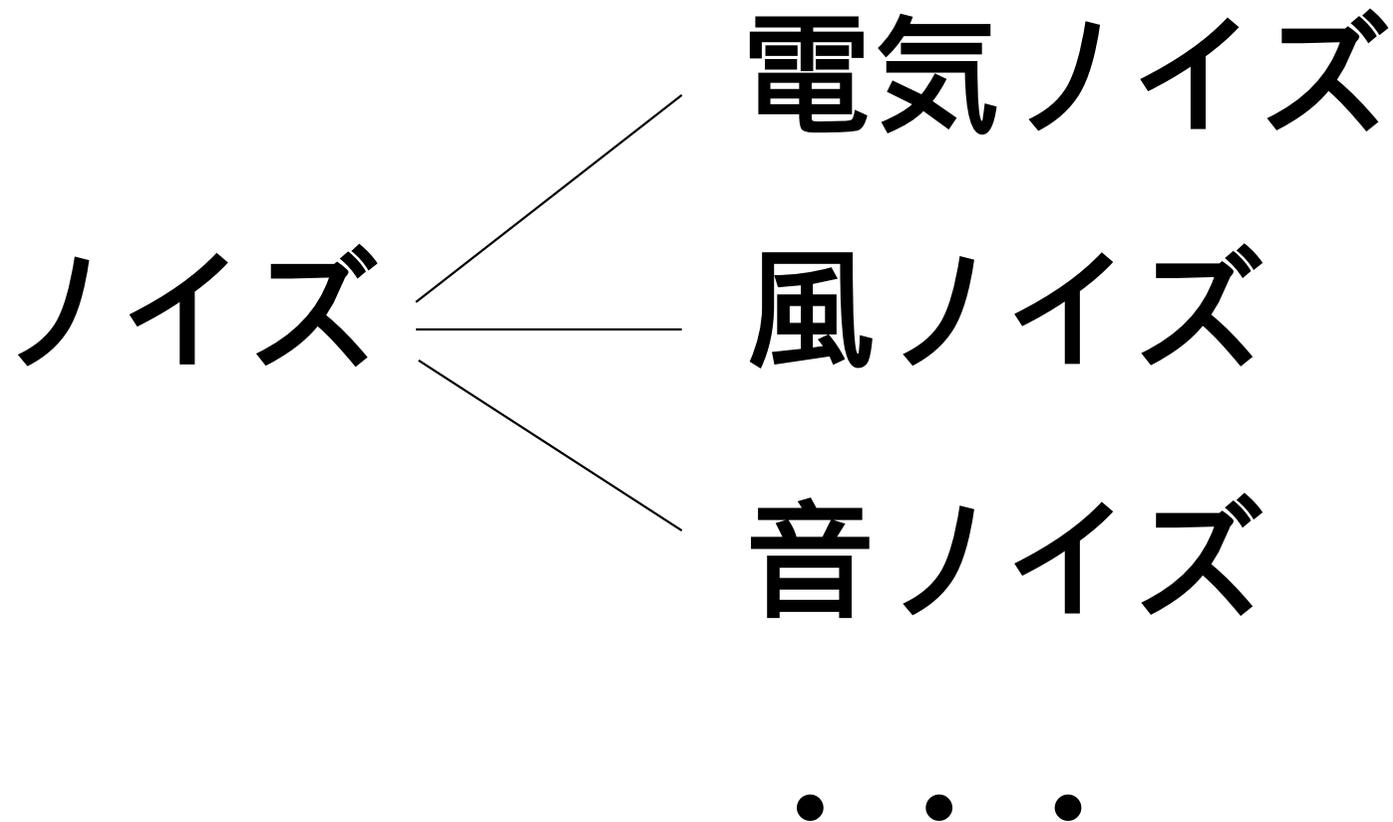
# 鳥の位置の推定 (リアルポケモンGO?)



カラスなどの有無と位置がリアルタイムに把握→生態数把握などに

# 現場測定のリイズ対策

様々な現場測定では、色々なノイズ対策が必要になることも



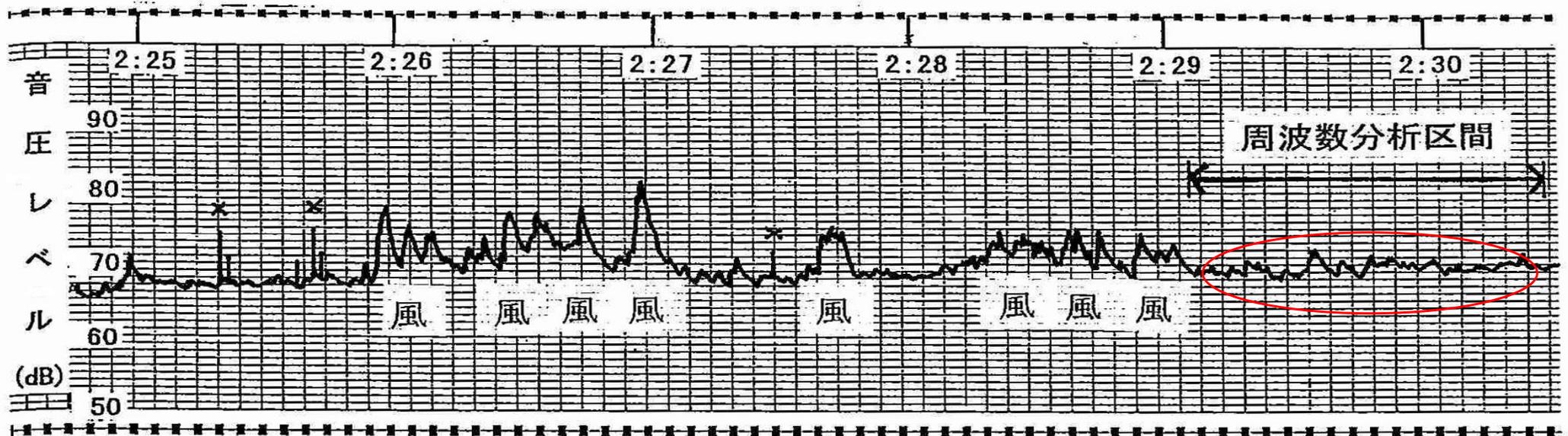
# ノイズ(風雑音)



## 風がある場合の計測結果例

特に低周波音の測定では、風による影響を受けやすい

耳で感じるポアポアという音→騒音制御工学会秋(2022)



風速計の使用や、人の体感で風を判断？

# 風雑音の低減・判別

様々な風防が検討



落合ら

橘ら

土肥ら

2重スクリーンや大型化により風雑音は低減

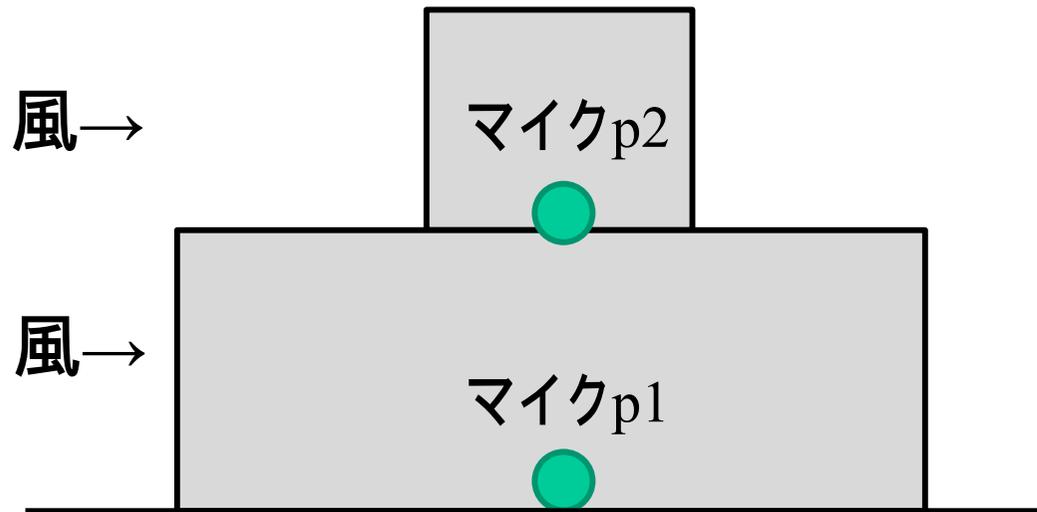
補正・除去

・長船等  
補正方法

・Betke等  
除去方法

・土肥等  
判別方法

# 風雑音の自動判別方法<sup>1)</sup>(土肥ら)



低域に特化→風防大

直径の違い→風防内で風速差  
→2つのマイクの音圧レベル差に着目

(例えば)

1dB未満 → 風雑音なし  
1dB以上 → 風雑音あり



風雑音の判別

1) 土肥 哲也, 岩永 景一郎, 中山 紬, 中島 康貴, “風防内部に生じる風速差を利用した風雑音の簡易識別手法(超低周波音を対象とした屋外検証試験)”, 日本機械学会論文集, Vol. 88, No. 906 (2022), pp. 1-10.

# 低周波音モニタリング装置例

風雑音判別

マイクロホンアレイ



低周波音のモニタリング装置例

土肥ほか、音響学会研発、2022秋

風ノイズ終

# ケーブルによる電気ノイズ



※必須ではない

# ケーブルによる電気ノイズ

出力ケーブル(100mリール)



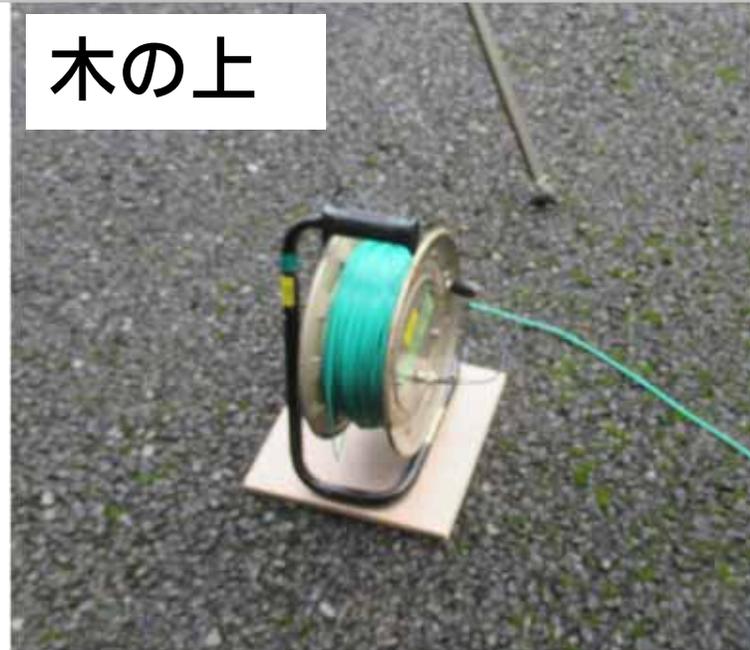
地面にリールを置く



雨の日等電源ノイズ  
が混入する場合…

(ビニール袋なども必要)

木の上



向きを変える?



# 良い電源、悪い電源

現場の100V電源を使うと計測データにノイズが混入する可能性がある

→アースや安定化電源？

→ポータブル電源や、バッテリーなどを使う

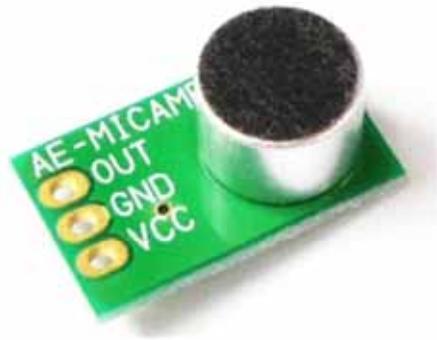


# 良い電源、悪い電源

自作マイクロホン用の電源にモバイルバッテリーのUSB 5Vを使用

→USBなどだとノイズが発生する場合有

→乾電池にするとノイズが低減する場合有



出典：秋月電子通商HP



# 良い電源、悪い電源

カーバッテリー12VからDC-ACコンバータで100Vに変換した

→ノイズが発生する場合

→正弦波出力するコンバータに変えるとノイズがなくなる場合も



# 配線ケーブル

計測器から数百m以上離れて位置にデータロガーを配置したい

→ノイズがのりやすい

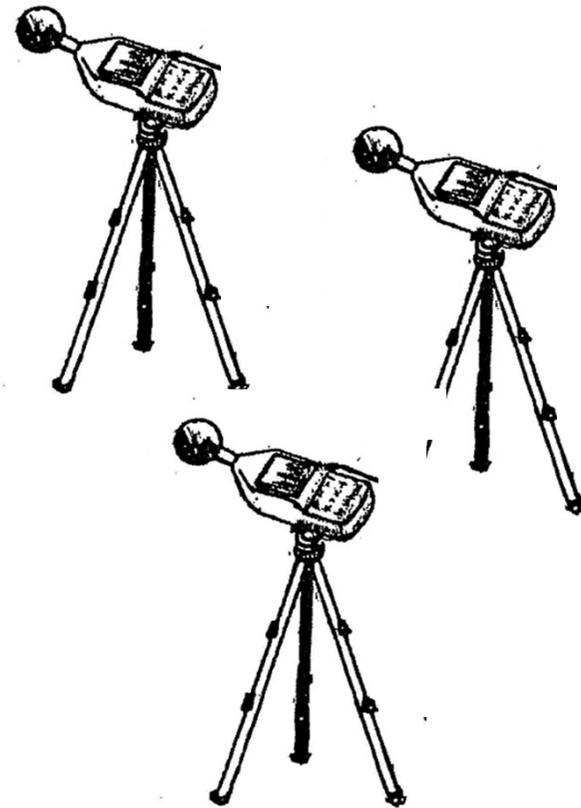
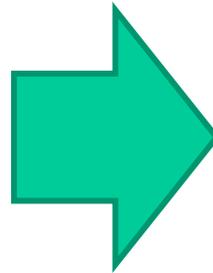
・ケーブルを鉄管に入れる or メディアコンバーターの使用

・シールドケーブルを使うなど

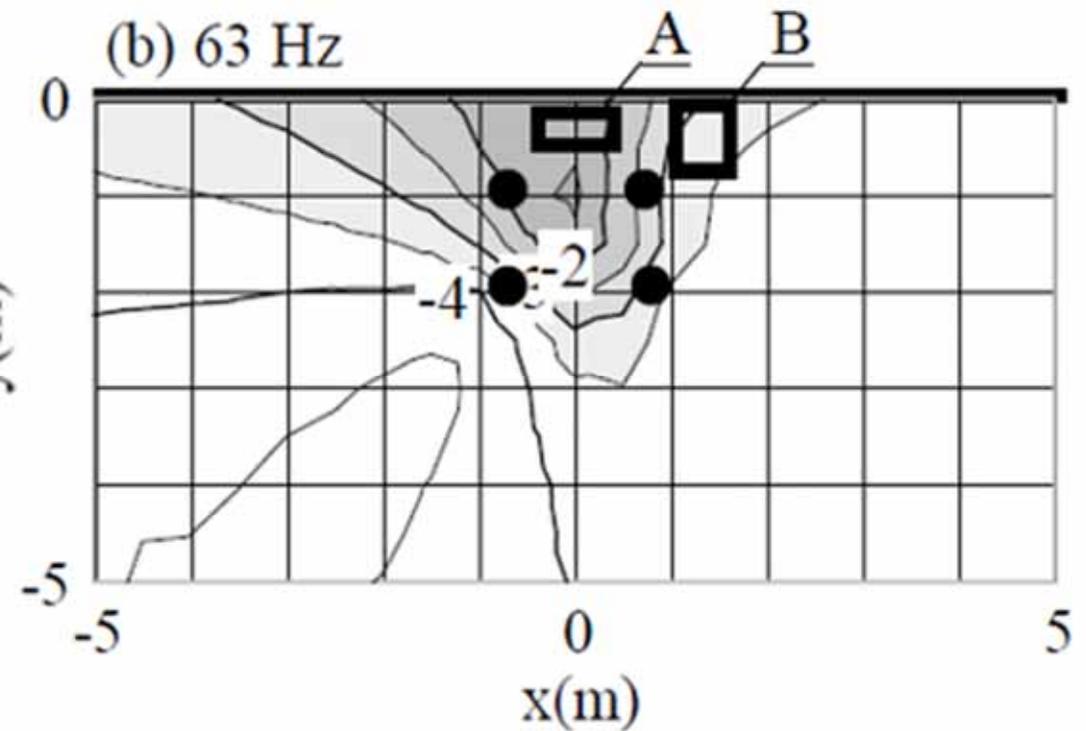
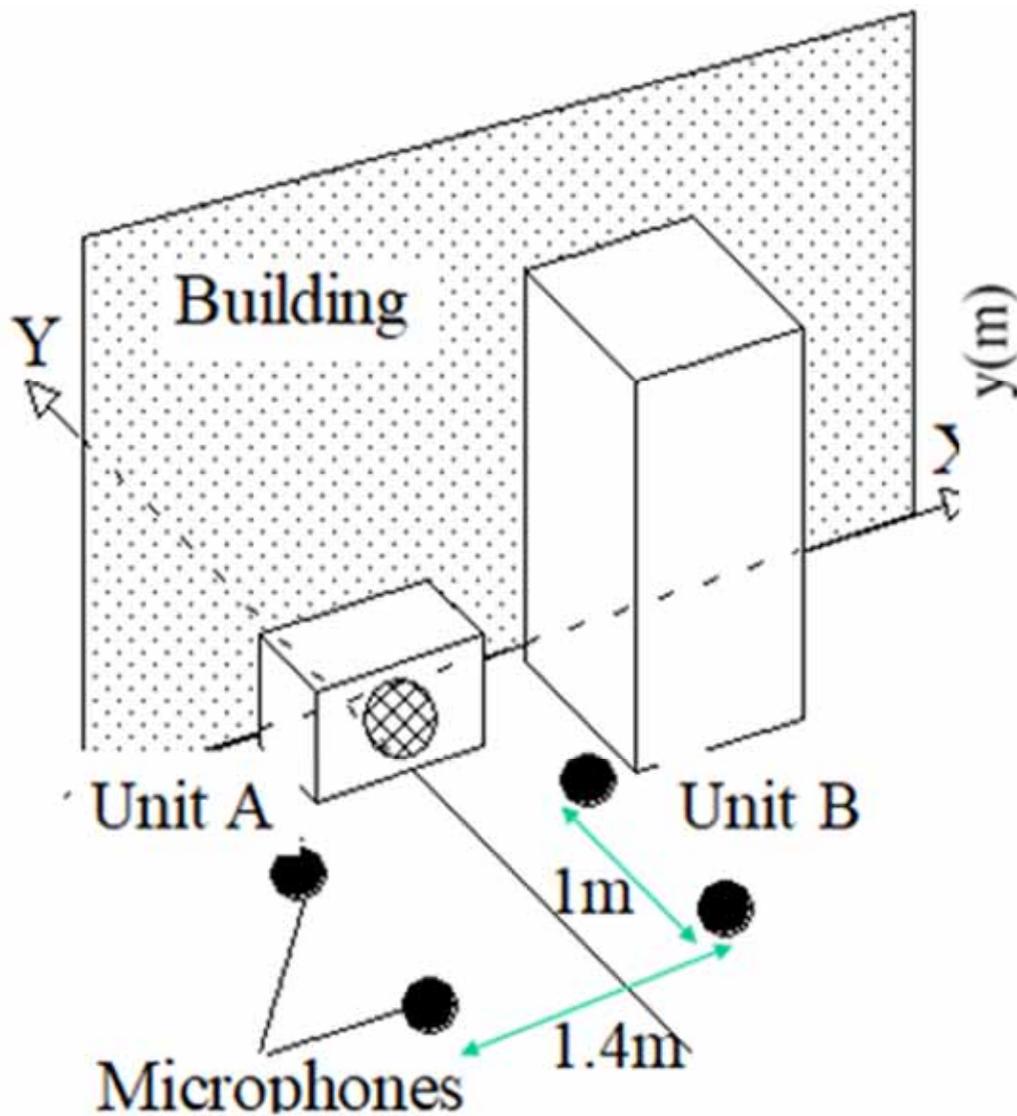
※フレキ管に入れる(狸との闘い)



# 複数マイクのメリット

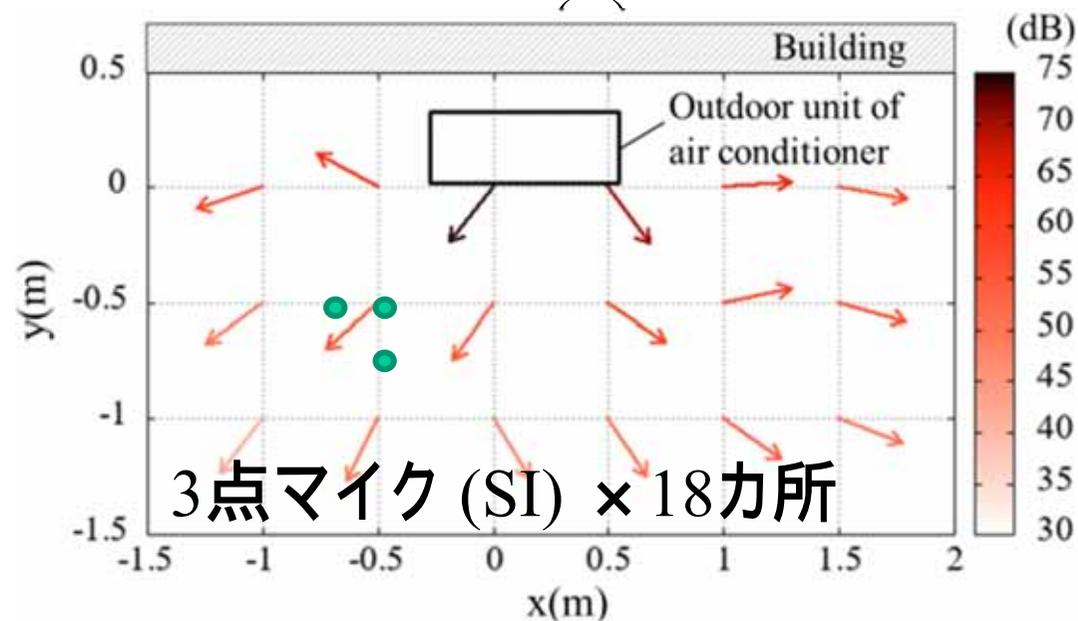
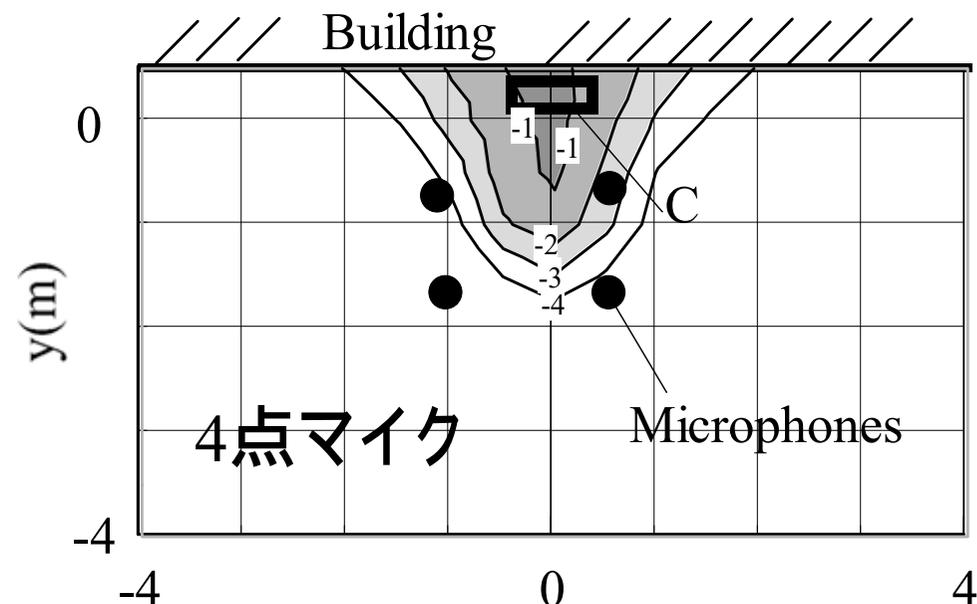
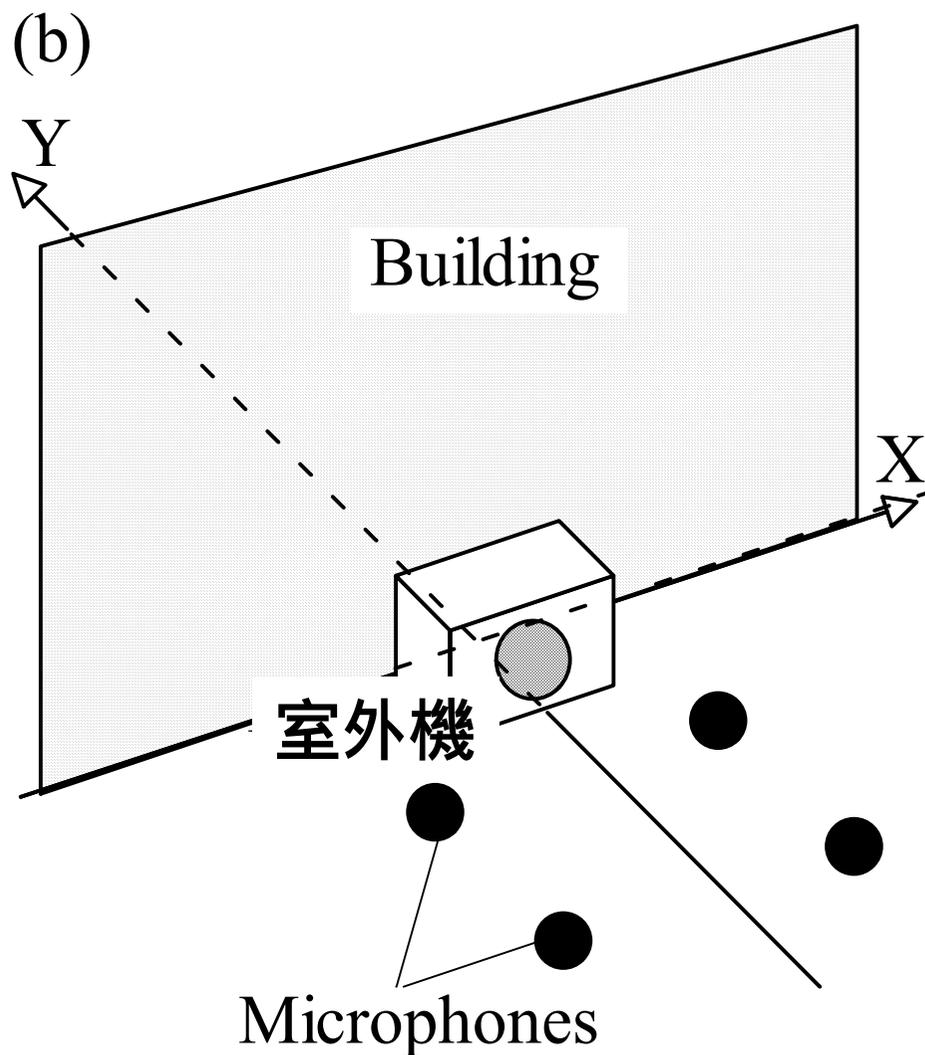


# 室外機等の低周波音計測例



複数マイクの使用  
・音源位置推定  
・ノイズ除去

# 室外機等の低周波音計測例

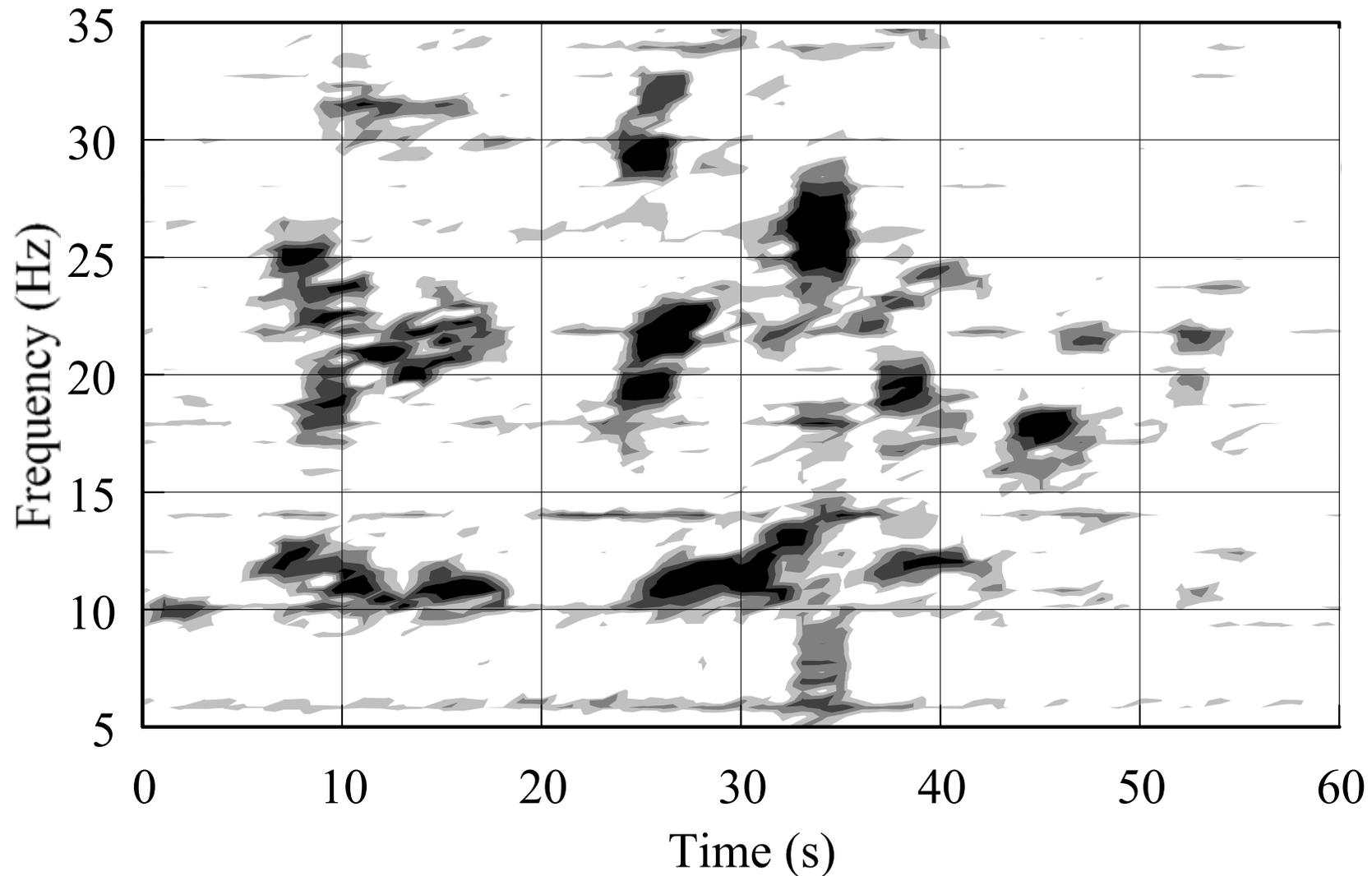


# コラム：ゾウの低周波音声

## 市原ぞうの国(12頭)



# ゾウの低周波音声



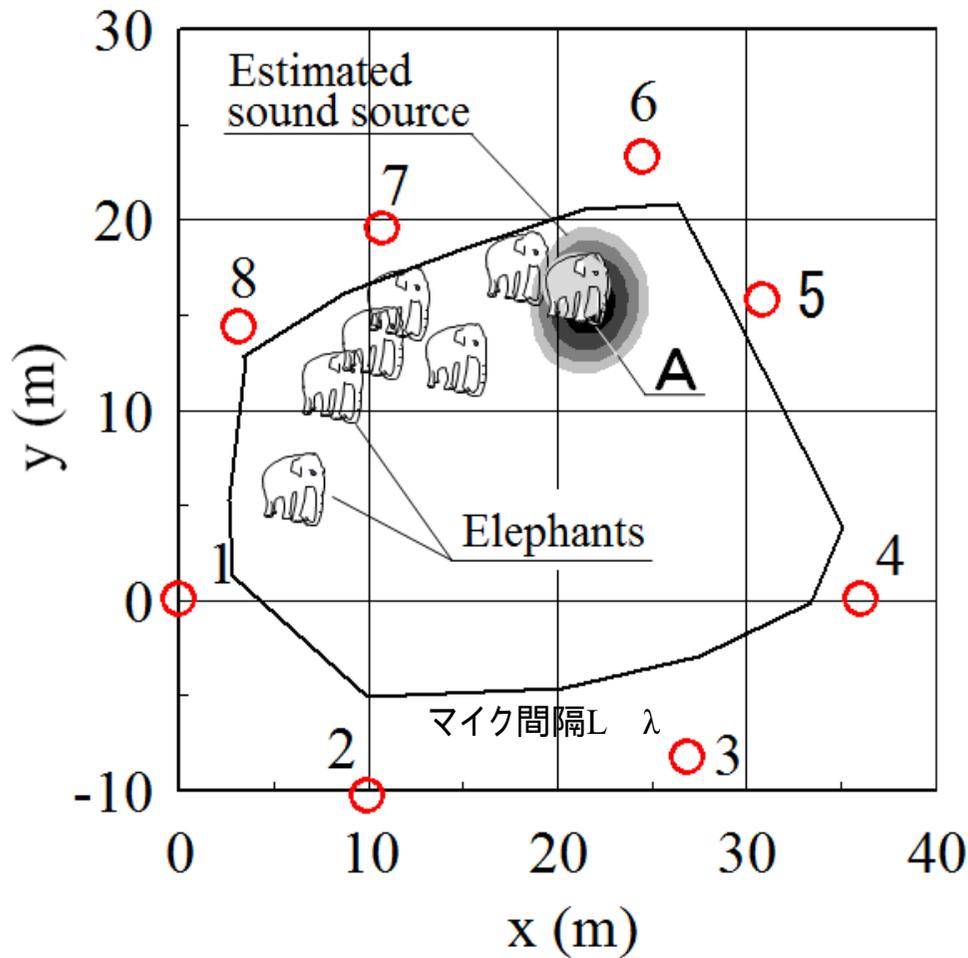
10~35Hz, 約70dB → 聞こえない  
10倍速なら… 聞こえる化大事

# 複数マイクロホンを配置

囲う方法→遅延和法→マイク間隔=λでも可



# 発話したゾウの特定



Aの位置が音源(推定)

↓  
Aの位置にいたゾウ(洋子)



会話の理解  
会話

※騒音・振動分野?  
楽しいかどうか

見える化大事



# 振動加速度の測定

## 公害振動レベル計



自動車・電車・建設機械・  
大型機械などの地盤振動

例：新幹線 70dB

## 振動加速度ピックアップ



機械など振動している物体の  
振動を把握

# 地盤振動測定の実例



# 地盤振動測定の実例

×



○



# 地盤振動測定の実例

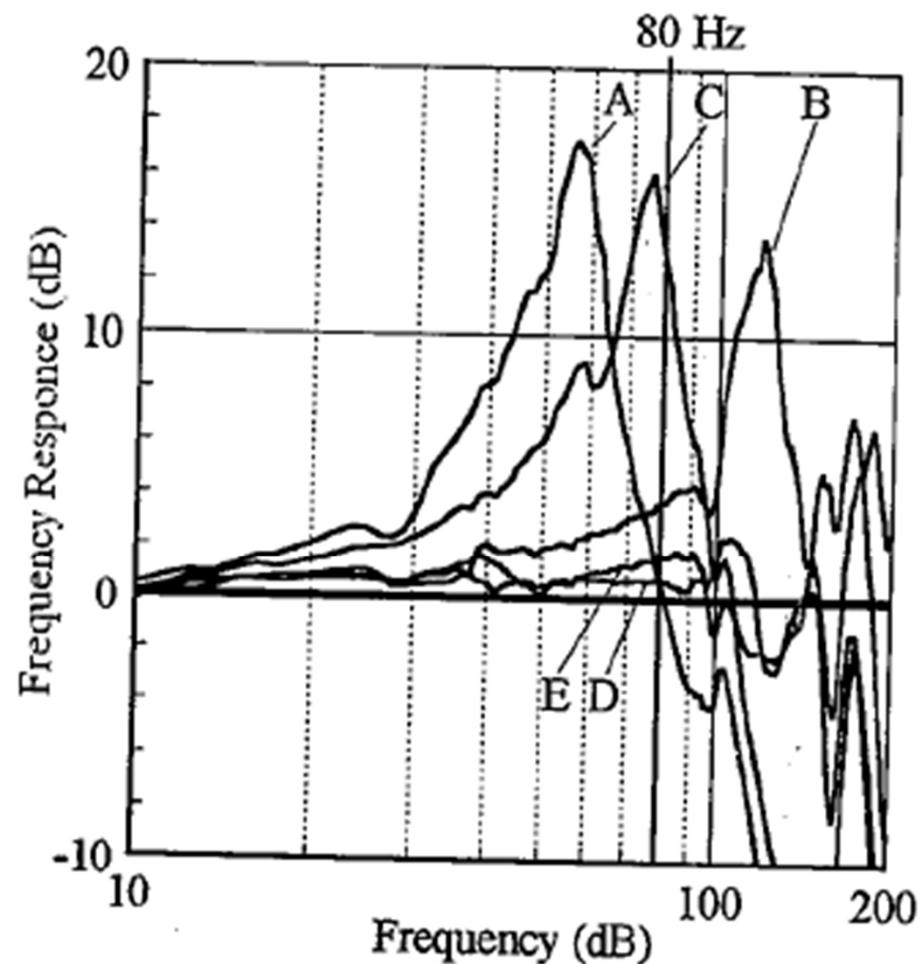


図8 約350 gの振動ピックアップの  
設置共振特性

設置方法で結果が変わる！

# 地盤振動測定の実例→成功

×



○



# 振動加速度ピックアップの設置失敗例

## 取り付け方による違い

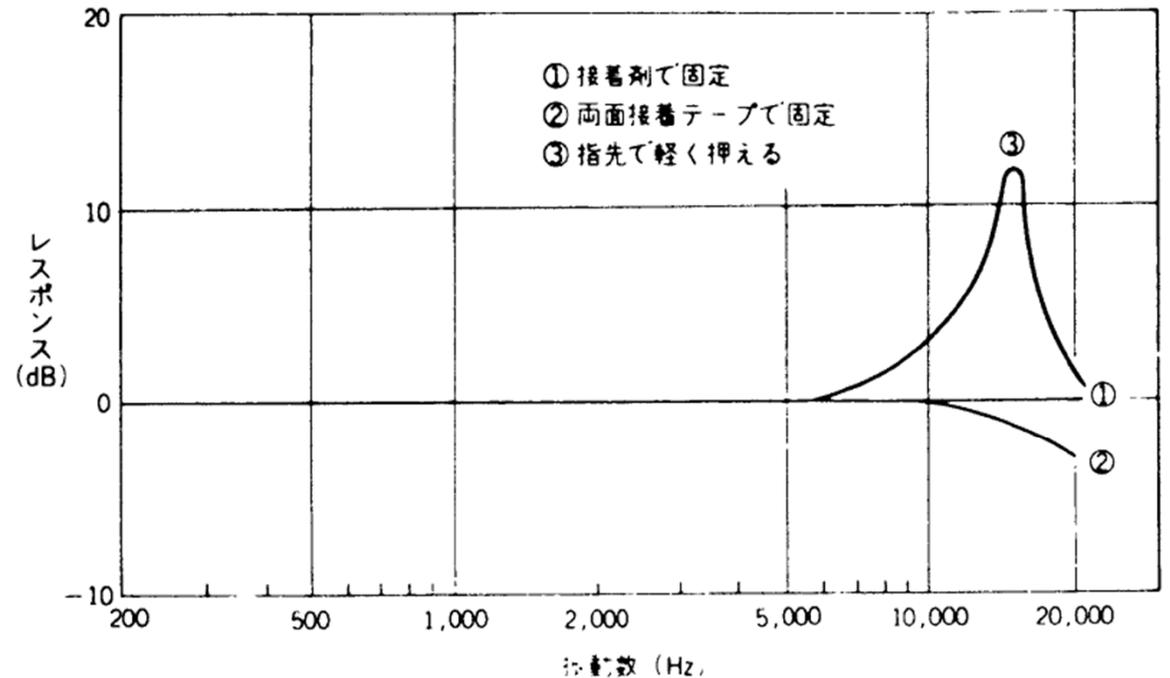
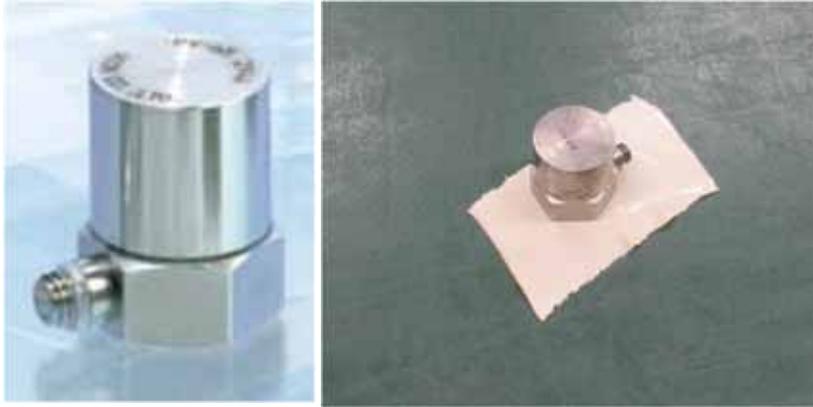


図-4 超小型加速度ピックアップの接触共振

(RION PV-11)

ピックアップの固定方法で設置共振が変化  
ボルト固定、接着剤、粘着テープ  
計測したい周波数特性と設置共振を意識する必要

# 振動感度と音感度

マイクが振動を受けるとノイズとして観測されてしまう場合有

- ・ 振動感度は機器により異なる  
床や設置面から浮かして  
手で持つ（低域は逆効果）



振動感度

加速度ピックアップが大音圧を受けると  
ノイズとして観測されてしまう場合有

地中に埋める？  
重くする？



音感度

# コラム：現場で使える便利な機器

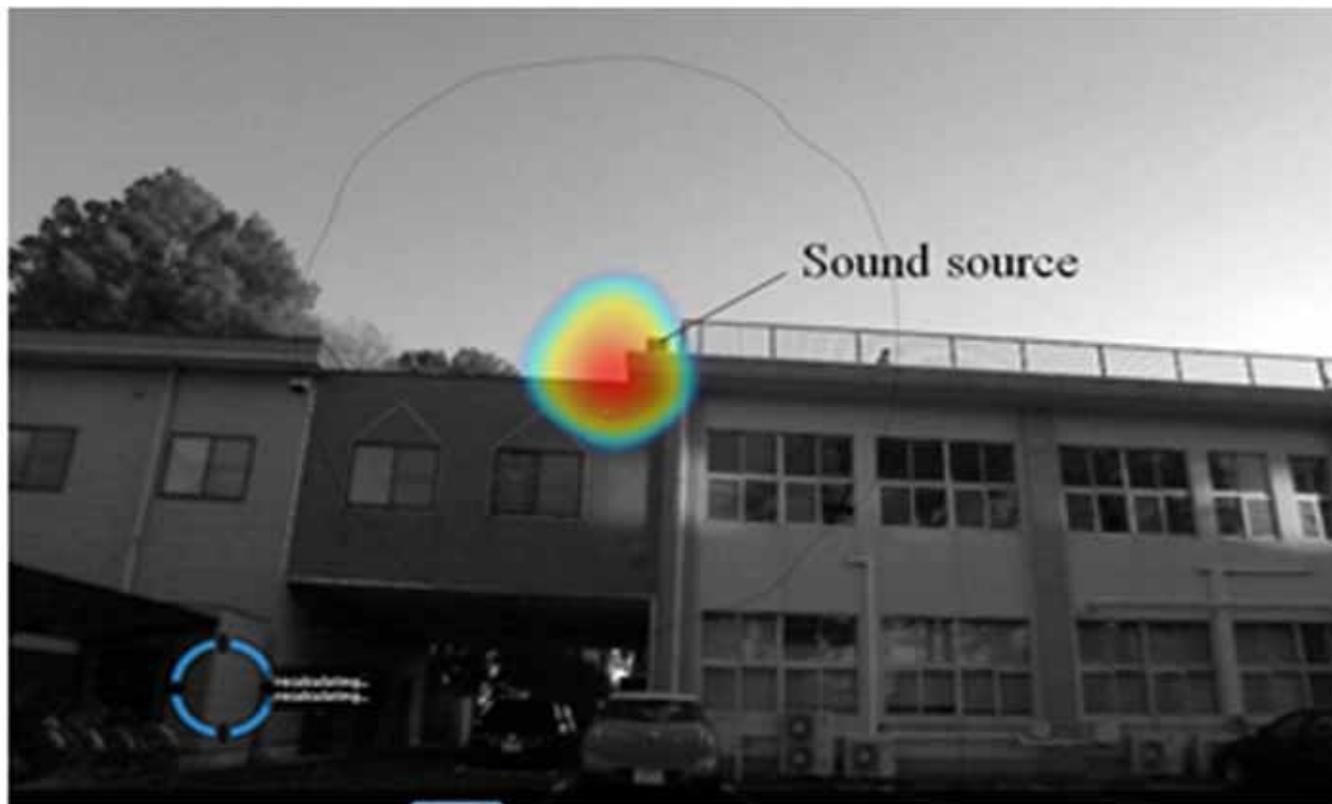
## ・音カメラ



MEMSマイクロフォンアレイ

Norsonic社製

出典：キャテック社HP



小林理研での計測例

現場での音源位置特定などに便利

他：ガンマイク、SIマイク

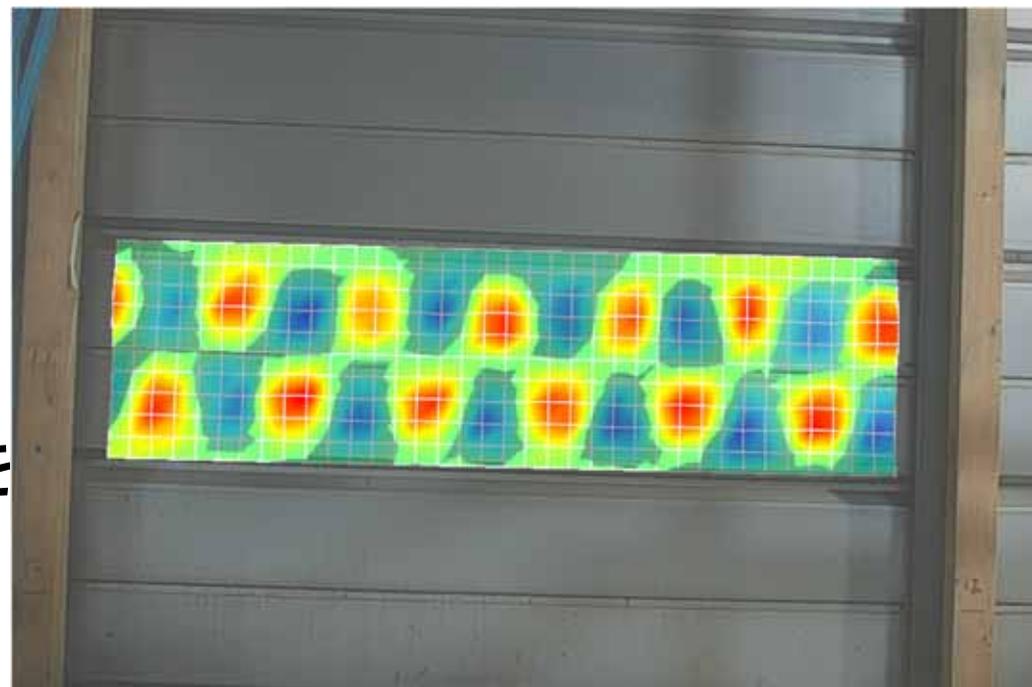
# コラム：現場で使える様々な機器

- ・ 平面レーザー



ポリテック社

これまでは振動加速度ピックアップを  
使い多点計測  
→平面レーザー・自動計測



# 最後に

## 騒音・振動分野における現場測定の実例・成功例



測定機器は使い分ける！

ノイズ対策は知識・経験・勘（**好奇心**）

見える化・可聴化（その場で現象把握 対策）