

# ドアの操作音の評価法の開発

令和2年度JKA共同研究

徳島県立工業技術センター  
電子・情報技術担当 麻植 雄樹



消費者のニーズの多様化



製品品質の2極化

ユーザーの**満足感**を得られる  
製品の付加価値の向上が必要

高付加価値



低価格  
追求

魅力品質  
付加価値

当たり前品質  
機能性

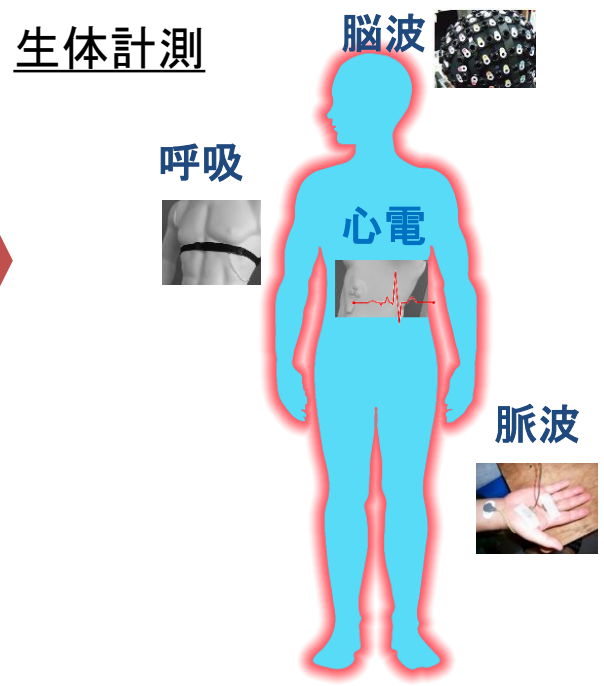
室内ドアをはじめとする内装建具  
様々な製品から音が発生する



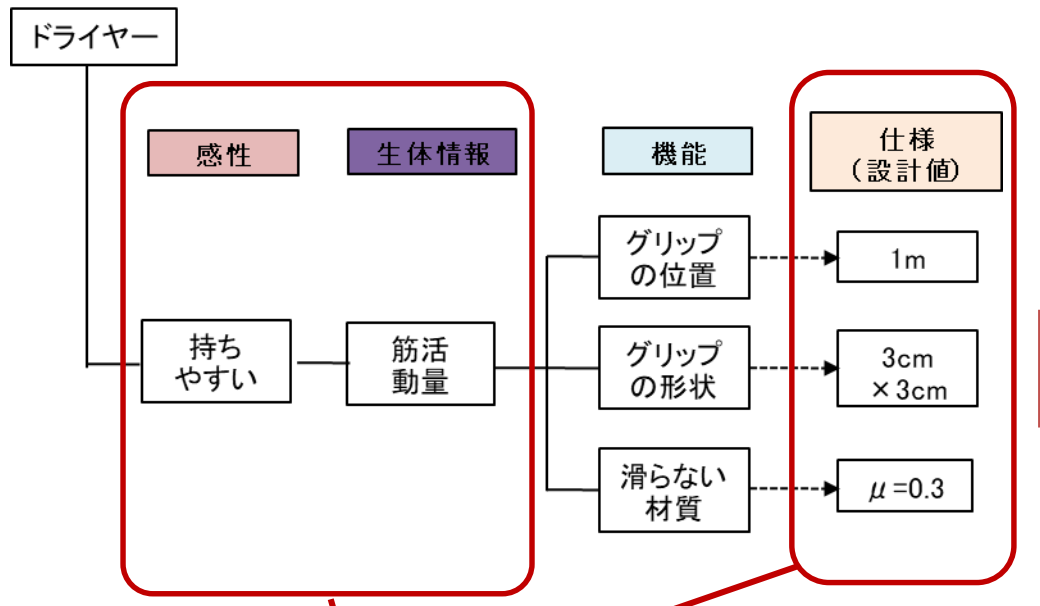
製品から生じる音は  
重要な品質要素

## 本研究

- ✓ 生体計測に基づいた客観的な評価技術の開発



## エンジニアリングデザイン・プロセスの例



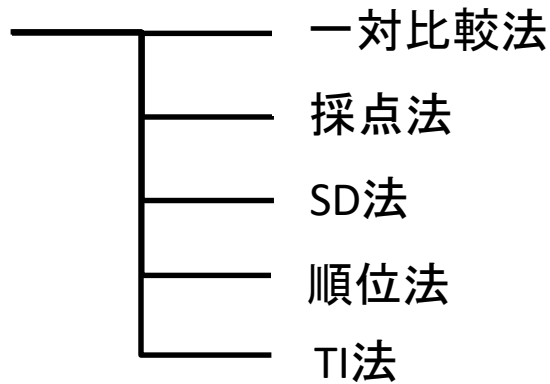
出典: 別府 俊幸, “エンジニアリング・デザインの教科書”, 平凡社

**設計値と感性・生体情報との対応付けが必要**

- ✓ ドアの操作音の評価を行うための計測環境の構築

感性・心理

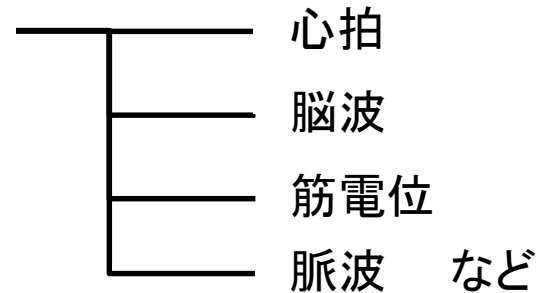
官能評価



	非常に	やや	どちらでもない	やや	非常に	
好きな						嫌いな
冷たい						熱い
硬い						柔らかい
きれいな						汚い
強い						弱い

生体情報

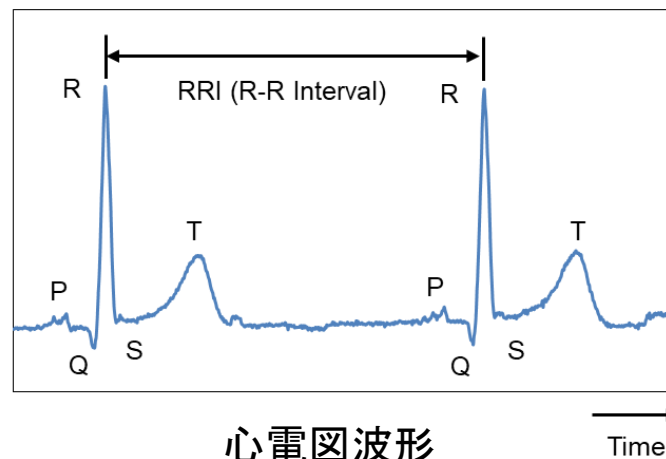
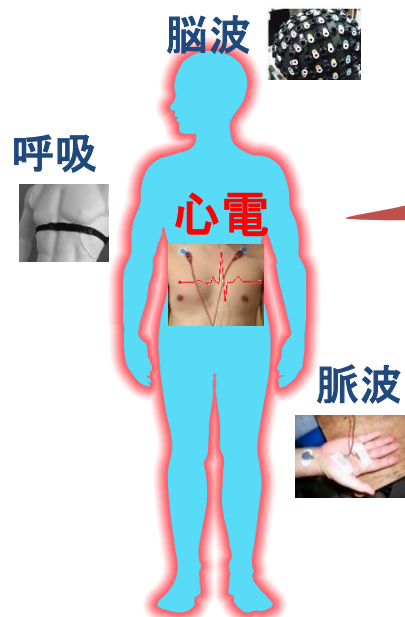
生体計測



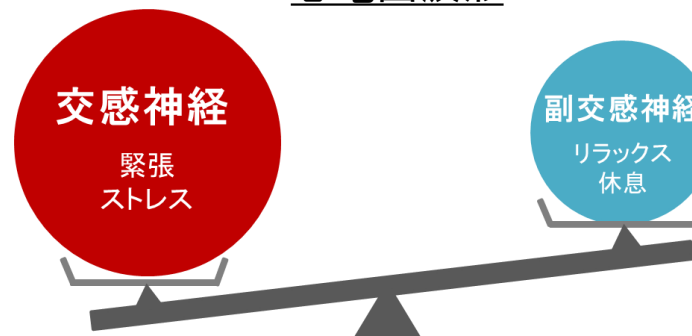
双方のアプローチで評価・計測システムの構築を行った

# 生体計測を用いた評価法の事例紹介

## 生体計測の種類



心電図波形



実施事項

心電計測で交感神経・副交感神経  
の活動バランスがわかる

### ✓ 音質評価法の確立

評価①: 定常音(モータ音など)

評価②: 瞬発音(ドアノック音など)

### ✓ ポータブル式評価システムの開発

## ✓ 実験条件

### ✓ 評価プロトコル



実験の様子

✓ 課題 : 暗算課題(2桁)(20項目/分)

✓ 対象音 : 快音(協和音), 不快音(不協和音) ※ モータ音などを模擬

音質	ピークの音階	$f_1$ [Hz]	$f_2$ [Hz]	$f_3$ [Hz]	音圧[dB]
快音	C-E-G	523	659	784	58
不快音	C-C#-D#	523	554	622	

基準  
(音楽のC4に相当)

✓ 温度 : 24~26°C

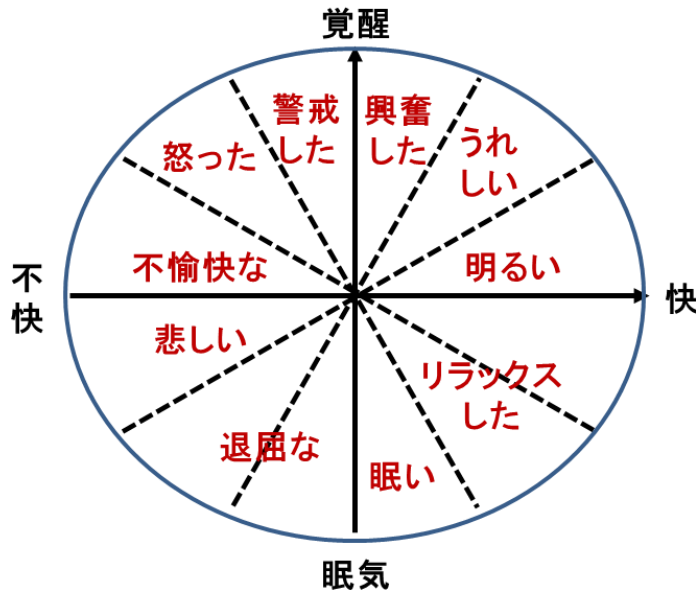
✓ 暗騒音 : 43dB以下

✓ 実験参加者 : N=6

## ✓ 計測・評価項目

### ✓ 官能評価

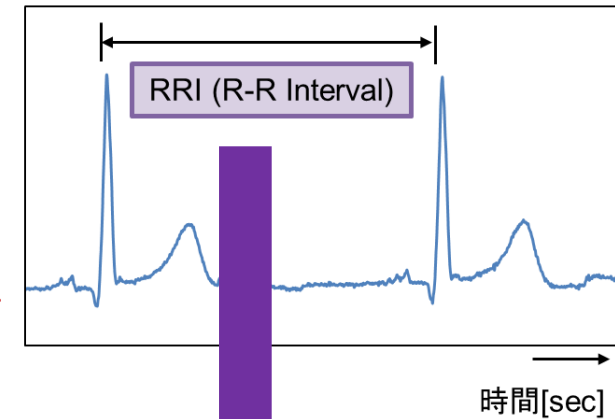
Russelの感情円環モデルによるVAS評価



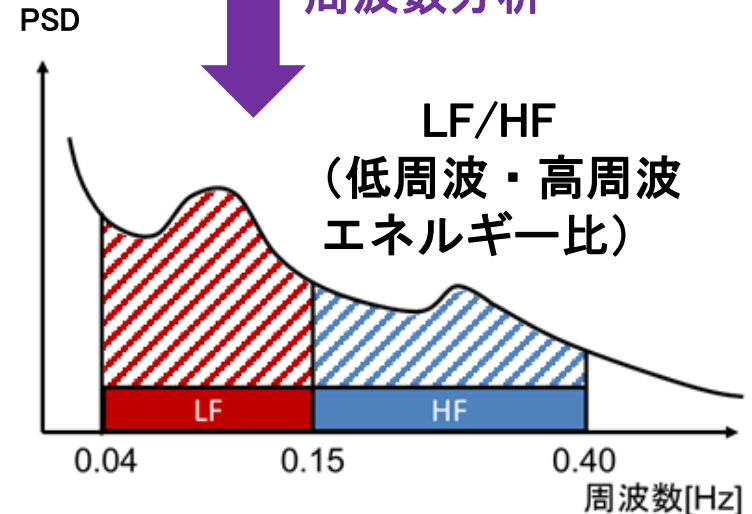
相関分析

### ✓ 生体計測(心電)

LF/HFによる評価



周波数分析



今の身持ちを記入してください。

うれしい	全く感じない	<input type="text"/>	非常に感じる
明るい	全く感じない	<input type="text"/>	非常に感じる

VAS評価アンケート



- ✓ 不快音条件は快音条件よりLF/HFが大きく、ピークに達する傾きが大きい
- ✓ 「怒った」(いらいら)の感情は、LF/HFが最も相関がある

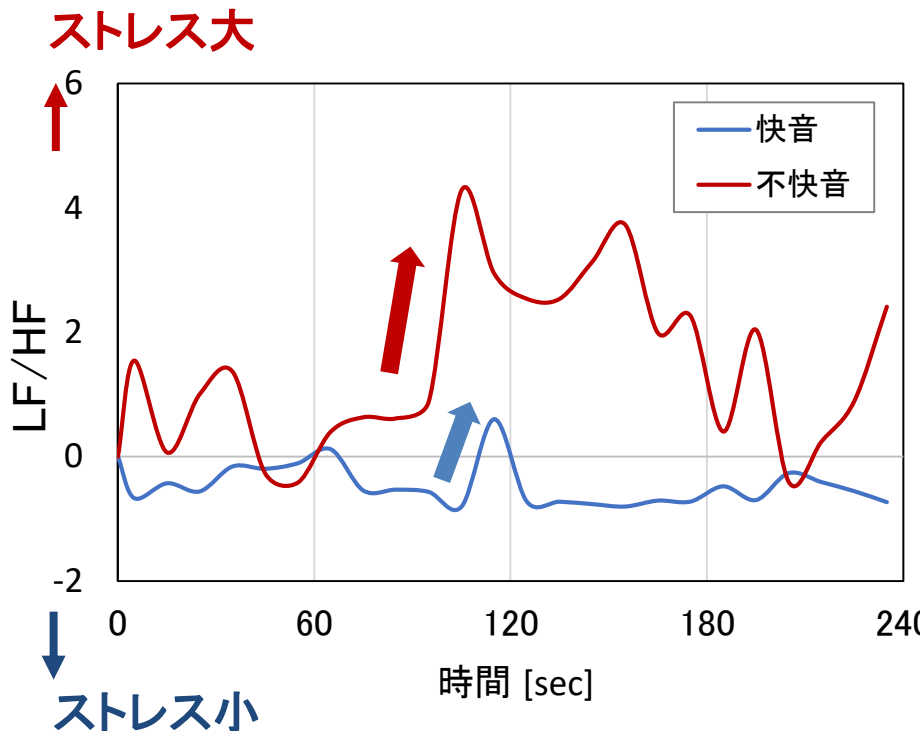


図1 LF/HFの時系列変化(音暴露中)

※ 音暴露前を0とし正規化

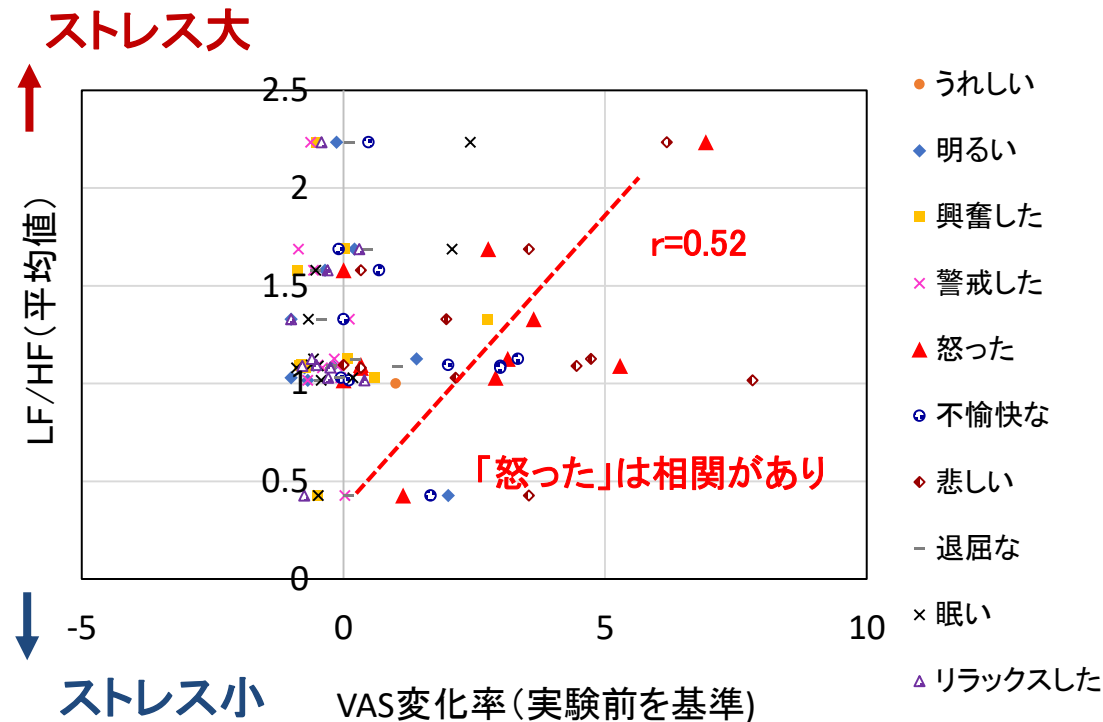
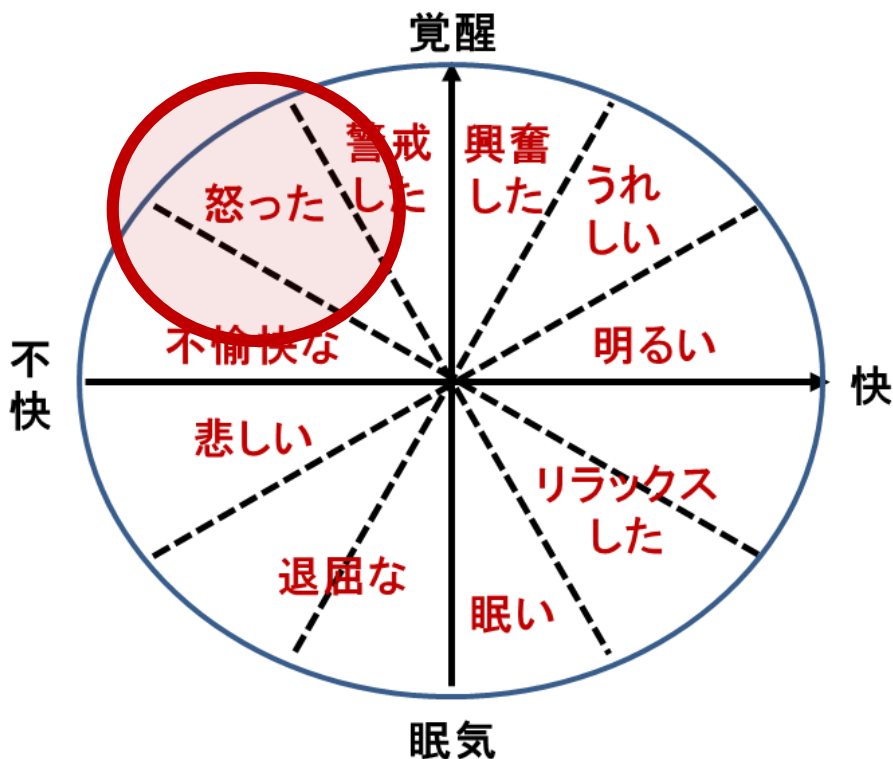


図2 LF/HFとVAS評価結果の関係(平均値)

- ✓ 不快音条件は快音条件よりLF/HFが大きく、ピークに達する傾きが大きい
- ✓ 「怒った」(いらいら)の感情は、LF/HFが最も相関がある



不快音はより不快かつ覚醒度が  
やや高い感情が大きくなる

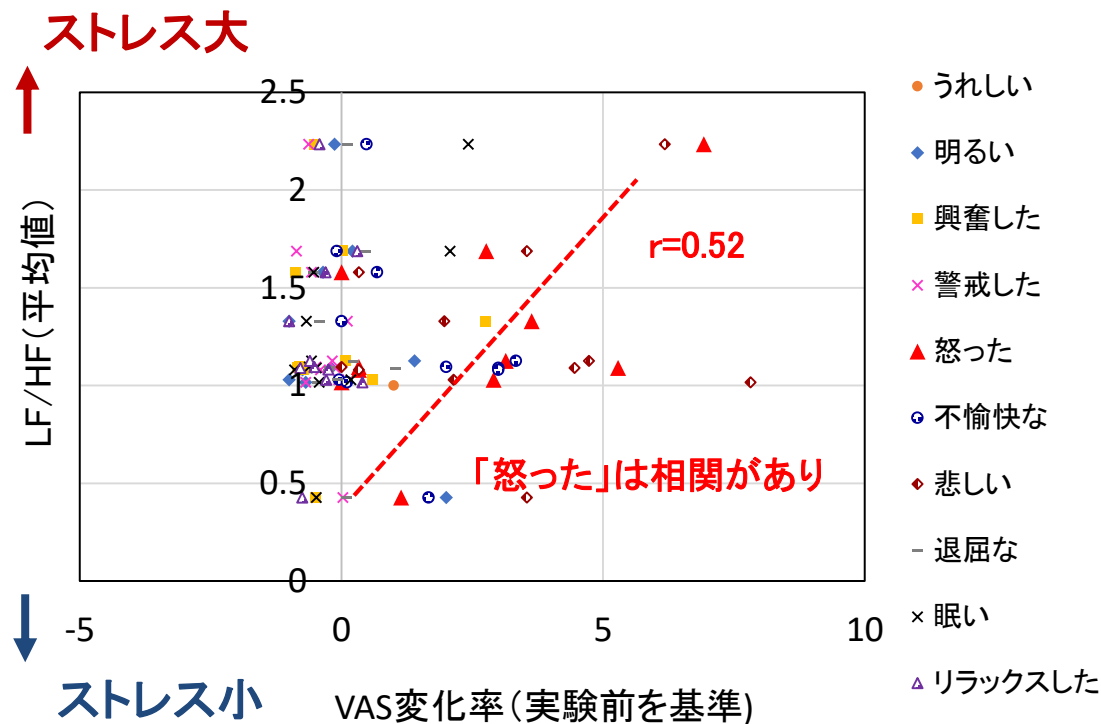


図2 LF/HFとVAS評価結果の関係  
(平均値)

## 技術的課題

一瞬の音刺激に対する反応の違いの把握



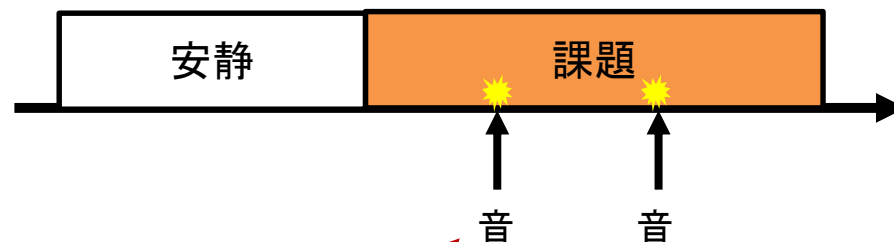
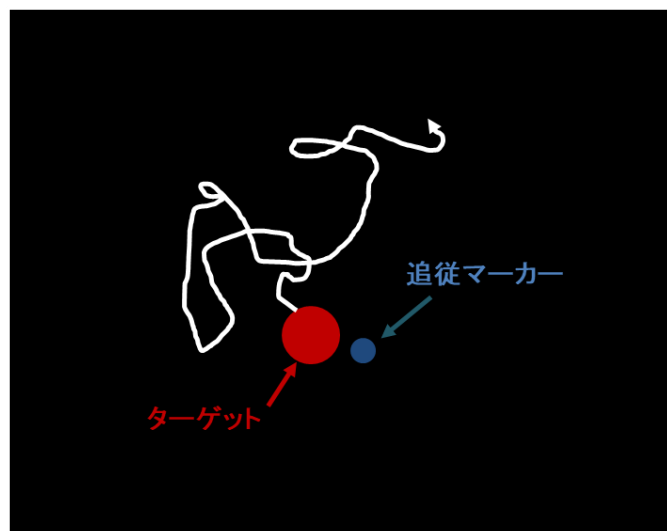
実験心理学的アプローチ

メンタルワーク(精神的作業)でストレス状態にさせて  
音刺激を付与した際の作業成績を評価



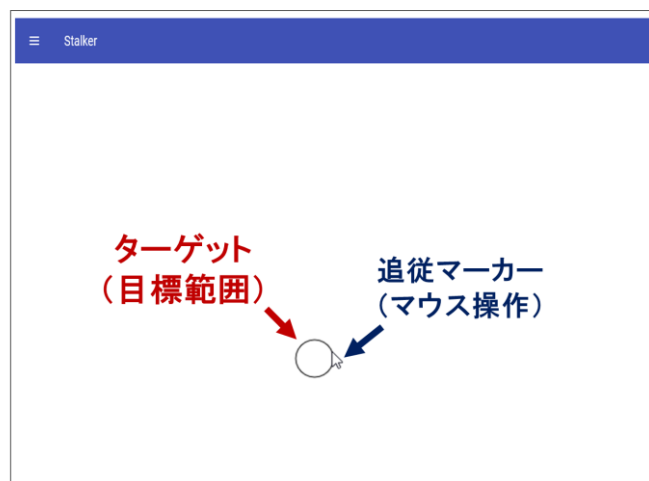
## 視覚追従課題

✓ 評価方法



追従マーカーのターゲットからのずれ量  
への影響を評価

- ✓ 視覚追従課題の評価システムの開発を行い、タスク成績の計測評価を可能にした



開発したシステムの  
インターフェース

(Dart(Google社製言語)にて製作)

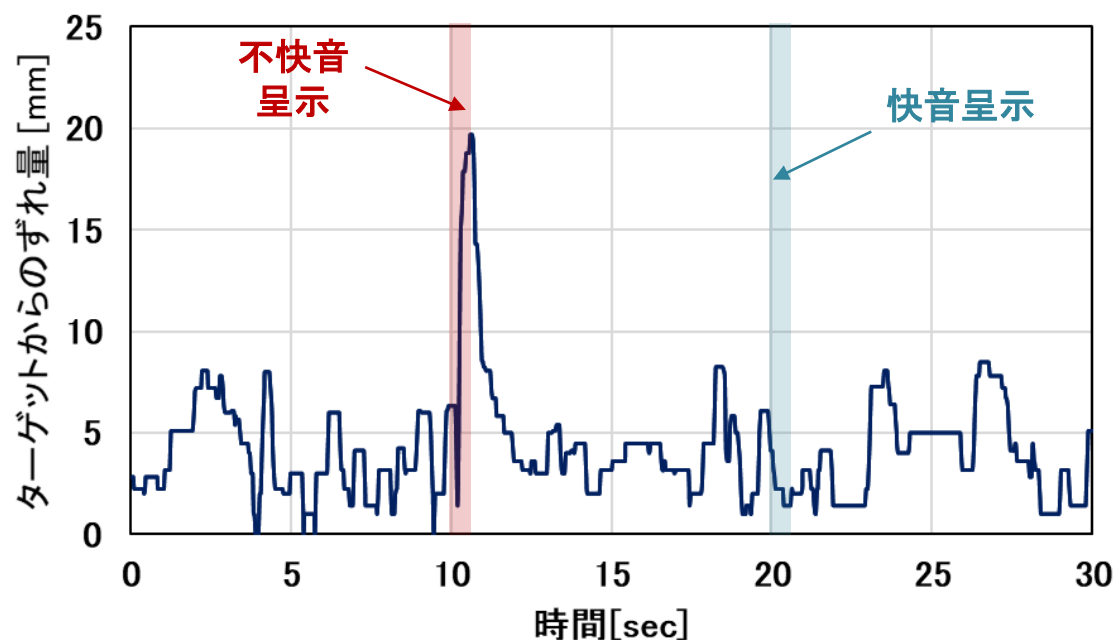
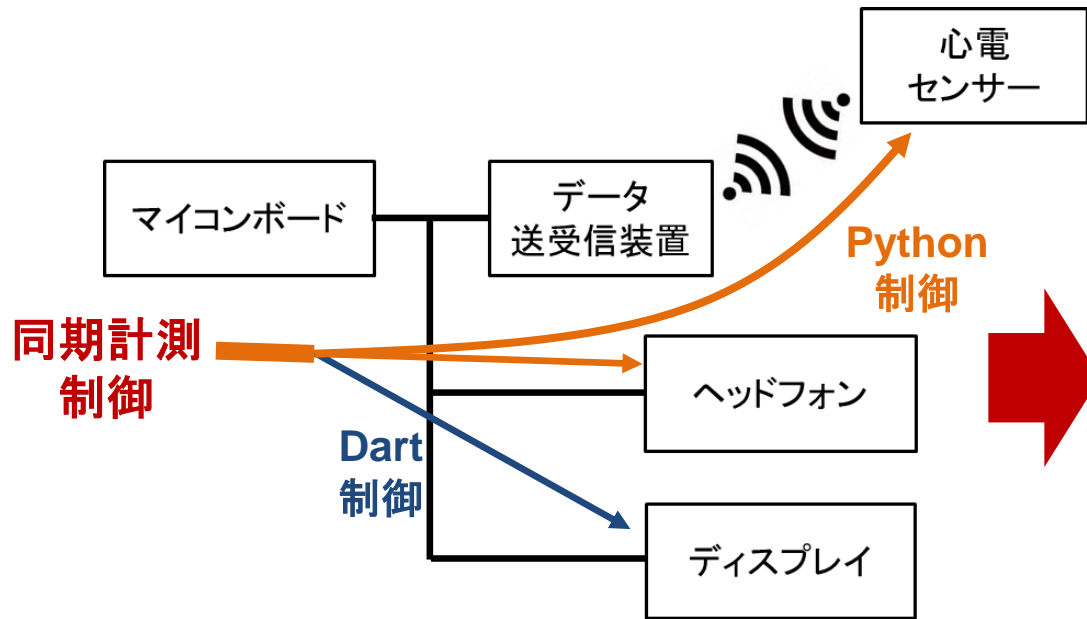


図3 計測結果

- ✓ 確立した評価法を組み込んだ小型評価システムの開発を行った



システム構成図



評価システム

**企業の開発・製造現場での適用を可能にした**

# 主観評価の計測環境構築の事例紹介

- ✓ 操作音を収録するための音響計測の環境整備を行った

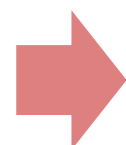
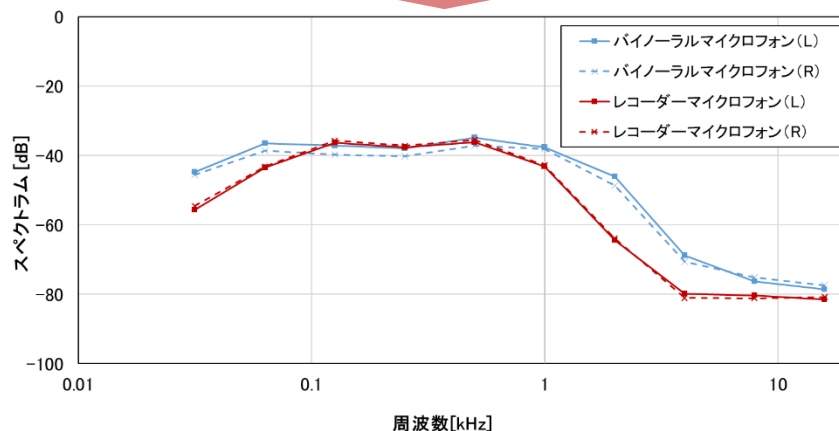


PCMレコーダー  
(SONY製PCM-D100)

バイノーラルマイクロフォン  
(Adophox製BME-200)

出典: adophox社ホームページ  
<https://adphox.co.jp/microphone/>

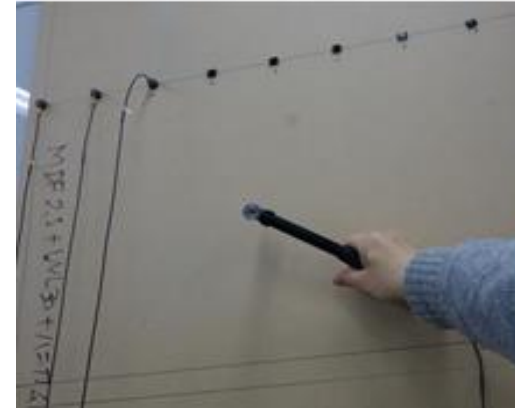
分析



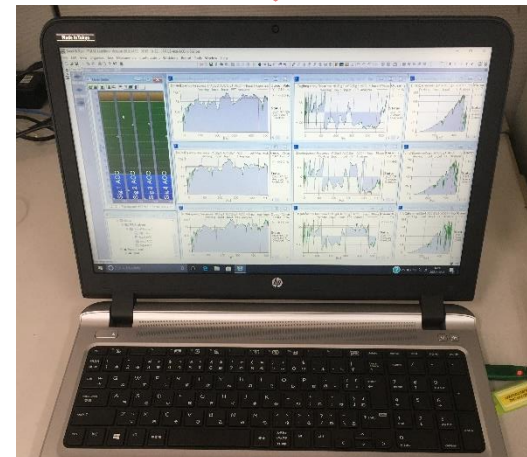
ダミーヘッドマイクを  
用いた計測

バイノーラル録音の周波数特性 ≠ レコーダー録音の周波数特性

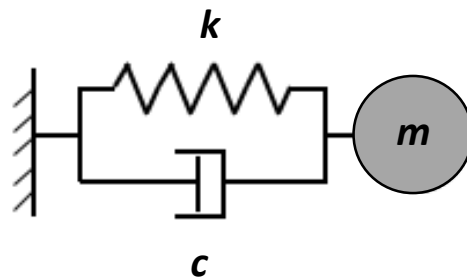
- ✓ ドアを操作した際に生じる振動計測・評価の環境整備を行った



インパクトハンマーを用いた振動計測



周波数伝達関数の算出可能なプログラムの作成



バネ・マス・ダンパ系  
で表現が可能





- ✓ 官能評価システムにより、評価を効率的に行うことが可能となった

	非常に -3	かなり -2	やや 2	どちら でない 3	やや +1	かなり +2	非常に +3	
割れた								繊細な
鼻にかかった								張りのある
つやのない								つやのある
薄い								生々しい
キンキンした								あまい

||

官能評価シート



官能評価システム  
(メディア・アイ製 J-SEMS)

## まとめ

- ✓ 定常音について、心電に基づく評価と主観評価の結果との比較を行い、これらの整合性について確認できた
- ✓ 瞬発音の評価を可能とする視覚追従課題による計測評価システムの構築を行った
- ✓ 評価法をマイコンボードに組み込み、企業でのフィールド適用を可能にした
- ✓ 室内ドアの操作音の向上を行うため、操作音の音響特性, 物理特性, 官能評価の関連性を把握を目指した計測評価環境の構築を行った

## 今後の予定

- ✓ 本研究のシーズ技術を製品開発に活かし、製品化を目指した開発を行っていく