

振動騒音問題解決の定石への TRIZ応用試行

動力学理論とTRIZ原理の関連付け

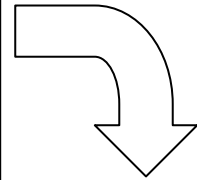
石濱 正男

神奈川工科大学・自動車工学センター長・教授

乗客から寄せられる症状

言語表現

こもる
圧迫するような
ゴロゴロ感
ゆらゆらする
キンキン音
チッチツ音



お客様言葉から
技術用語へ
の変換表

一般化された振動騒音問題

周波数領域別

低、中、高

時間に対する依存性

一定周波数

連続的にゆっくりと周波数変化

間欠的

音質による分類

モトーン

高調波成分を含む

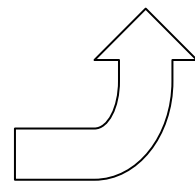
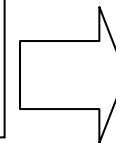
ランダム音

運転条件による分類

車速

エンジン速度

エンジン負荷



声を使った真似

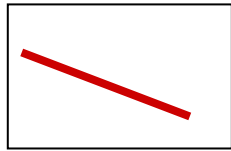


Whooooon

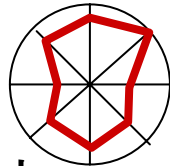
Ti_Ti_Ti_Ti

Kuuuuuuuu

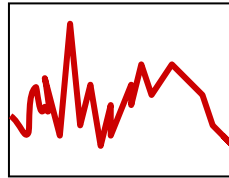
目標性能



トレンド

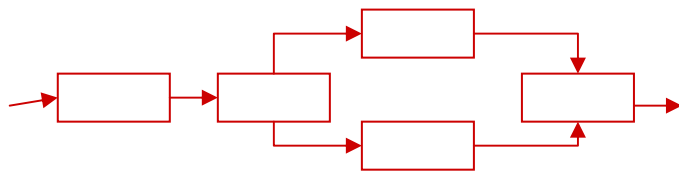


レー
ダー
チャート



スペクトル

現象モデル



予測方法

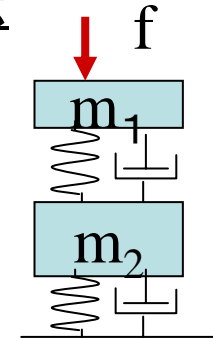
- 計算(マスばね、有限要素etc.)
- データベース

投入技術・対策手法

剛性・減衰・重量

加振力低減

モードチューン



実験評価方法

単品・サブアッセンブリ加振

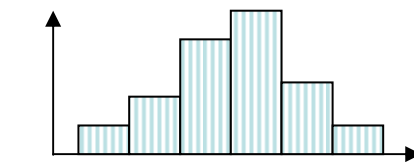
ユニット実機台上

実車走行

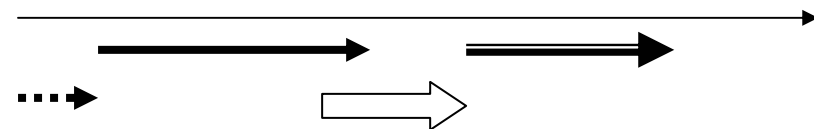
開発資源

¥

大日程



投入人員推移

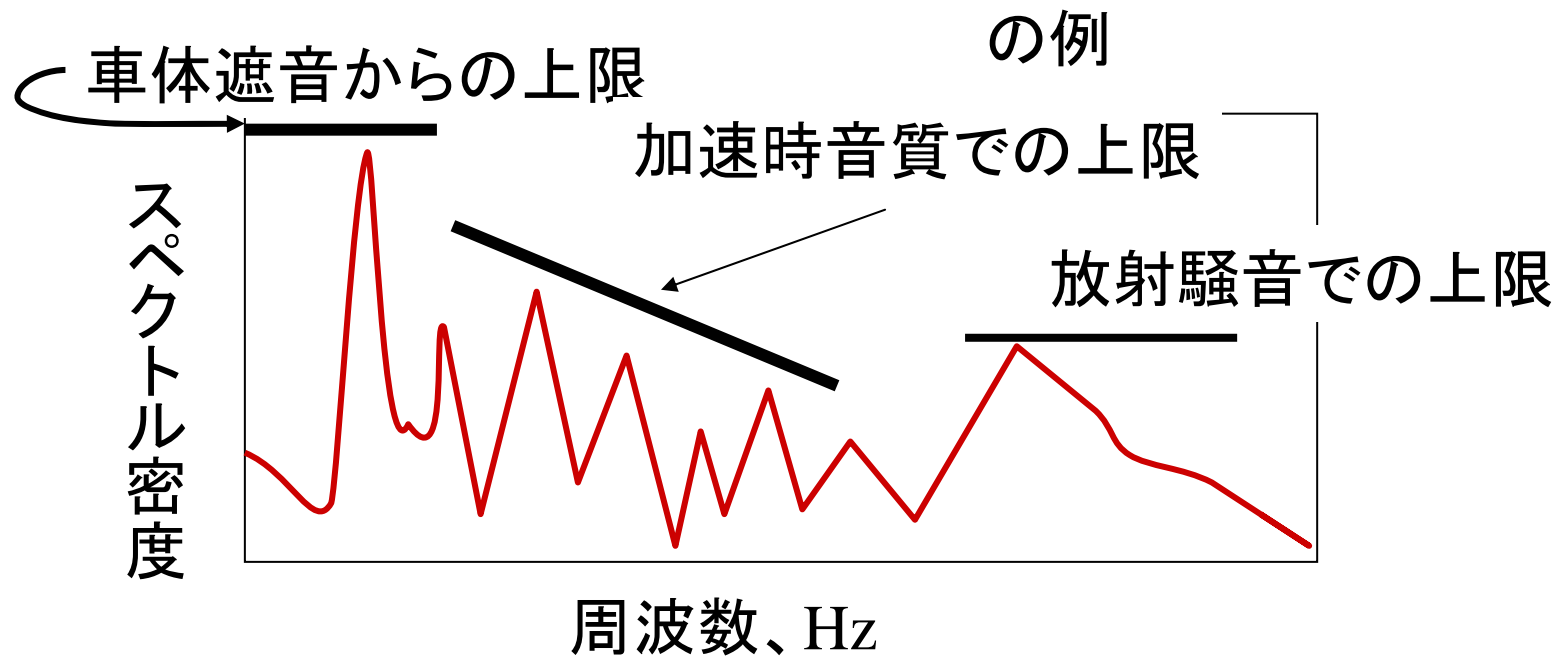


性能計画図

主要な現象毎に作成

目標性能の例 (エンジン騒音)

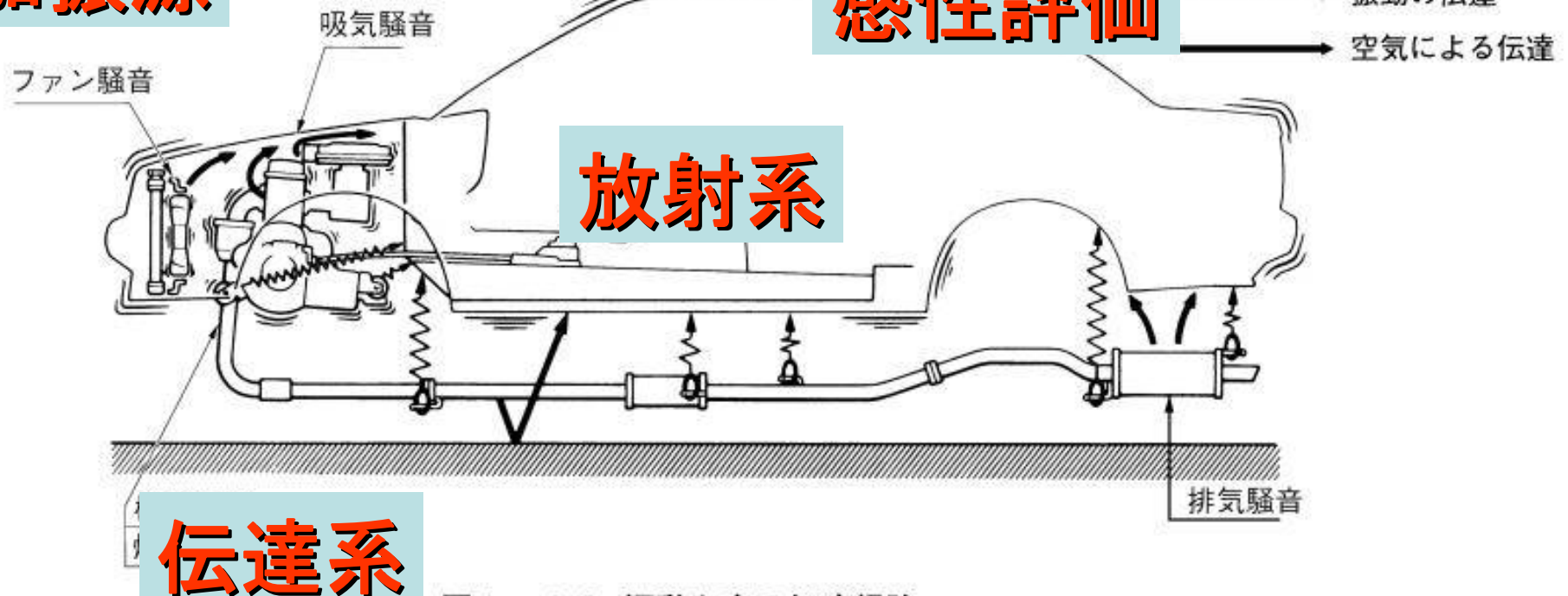
- 色々な運転状況に応じて、人間の振動・音響感覚と関連して決める。



振動騒音現象のモデリング例

加振源

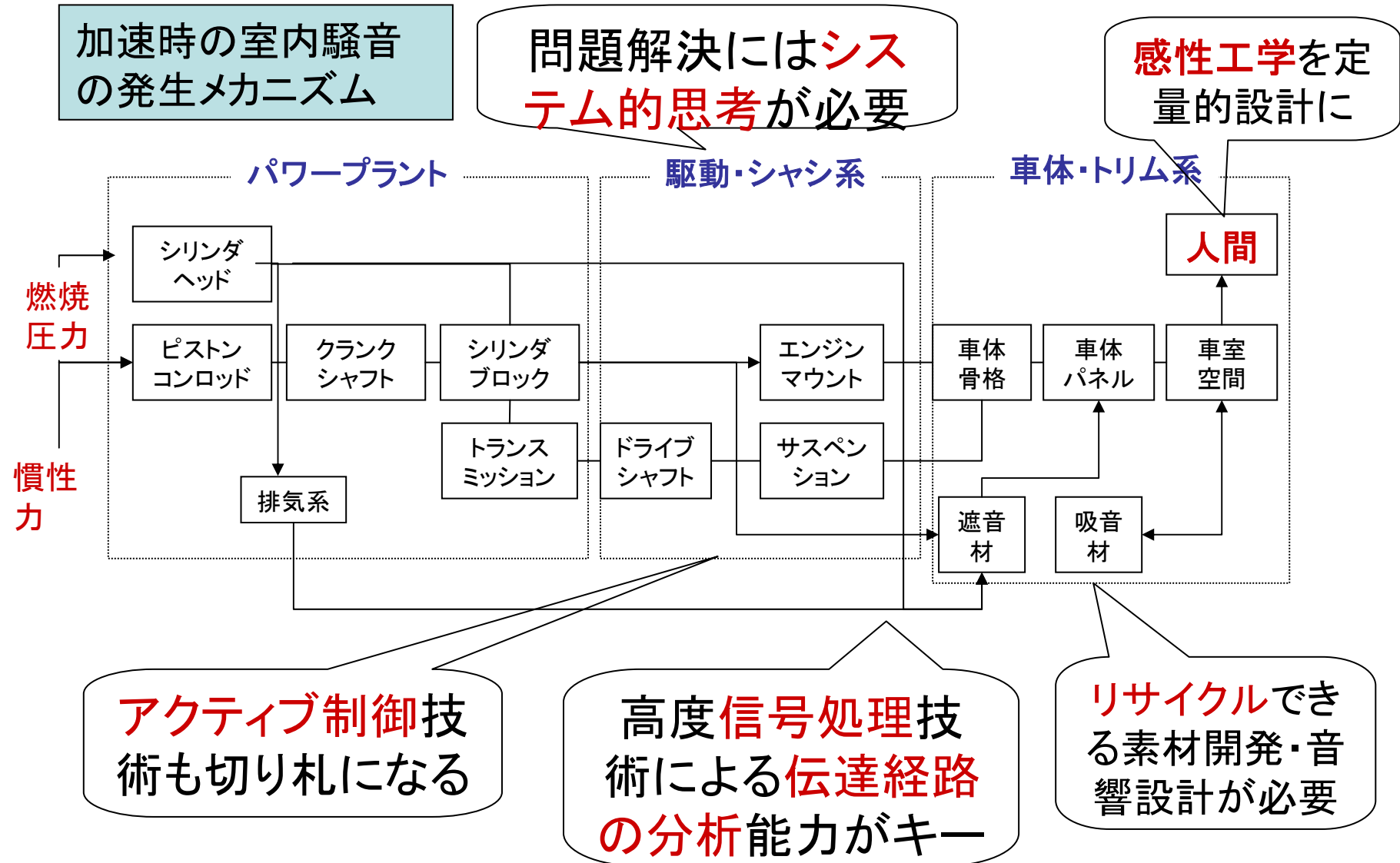
感性評価



伝達系

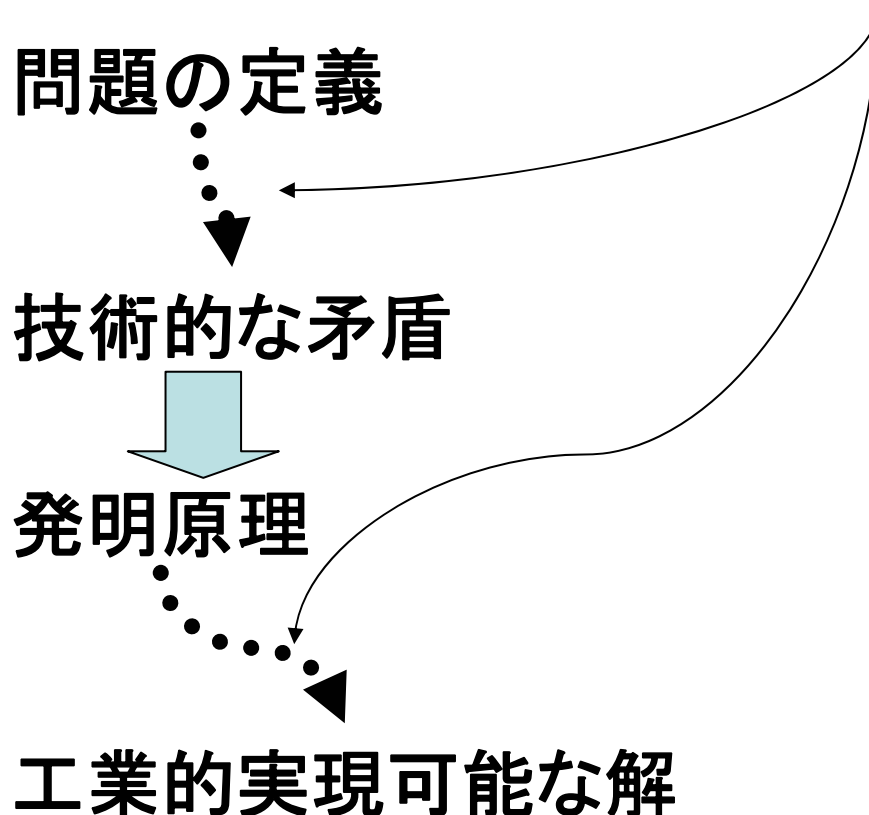
- エンジン振動から乗員の耳までの振動騒音システムモデル

加振源から人間までの長い連鎖



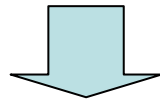
オーソドックスにTRIZを振動騒音問題解決に使ってみたときの問題

- 次の2箇所が難しい。
 - 1) 問題(現象)から技術的な矛盾への絞り込み
 - 2) 発明原理から具体的な解の導出

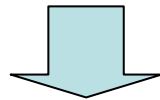


TRIZを振動騒音問題へ適用するとき のちょっとした修正

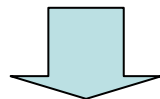
振動騒音特有の枠組みに、症状によって問題を
分類する



問題を「伝達関数」によって一般化して再定義



振動騒音特有の一般解（応用例による説明付き）



エンジニア（発明者）による具体的解決案

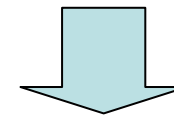
振動騒音特有の枠組みに、症状によって問題を分類する

- 次のような質問に答えることにより、問題を分類する。

1. 振動問題か音響問題か？
2. 周期性の有無？
3. 連続的または間欠的現象？
4. 周波数は一定？
5. 対象は剛体か柔軟性あり？
6. 系から系への伝達問題？
7. 主観的な評価を含むか？



7 x 2 = 14カ
テゴリーに分
類される



一般化された振動
騒音問題

伝達関数による 一般化振動騒音問題の記述

$$Y(\omega) = H_{man}(\omega) \{ H_{machine}(\omega) F(\omega) + G(\omega) Y_{initial}(\omega) \}$$

$$H_{machine}(\omega) = \left(\frac{1}{K} \right) \frac{\varphi_i \varphi_o}{1 - (\omega/\omega_r)^2 + j2\zeta(\omega/\omega_r)} = \left(\frac{1}{M\omega_r^2} \right) \frac{\varphi_i \varphi_o}{1 - (\omega/\omega_r)^2 + j2\zeta(\omega/\omega_r)}$$

$\varphi_i \varphi_o$

局所パラメータ： 入力点、応答点のモード関数

$$M\omega_r^2 \left\{ 1 - (\omega/\omega_r)^2 + j2\zeta(\omega/\omega_r) \right\}$$

グローバルパラメータ： 入力点の等価質量、固有振動数と入力振動数の比、減衰比によって決まる

振動騒音問題の一般解の分類

グローバル

1. 質量、減衰などのパラメータ設計

2. 自由度の増加

3. モード形変更

4. バランシング

5. 干渉

6. 加振力の立ち上がり

局所

構造設計関連

加振力の修正

7. 加振周波数

8. 回転の利用

9. 加振力振幅減少

システム間の結合

10. 音響放射効率

11. 伝達損失

感性工学

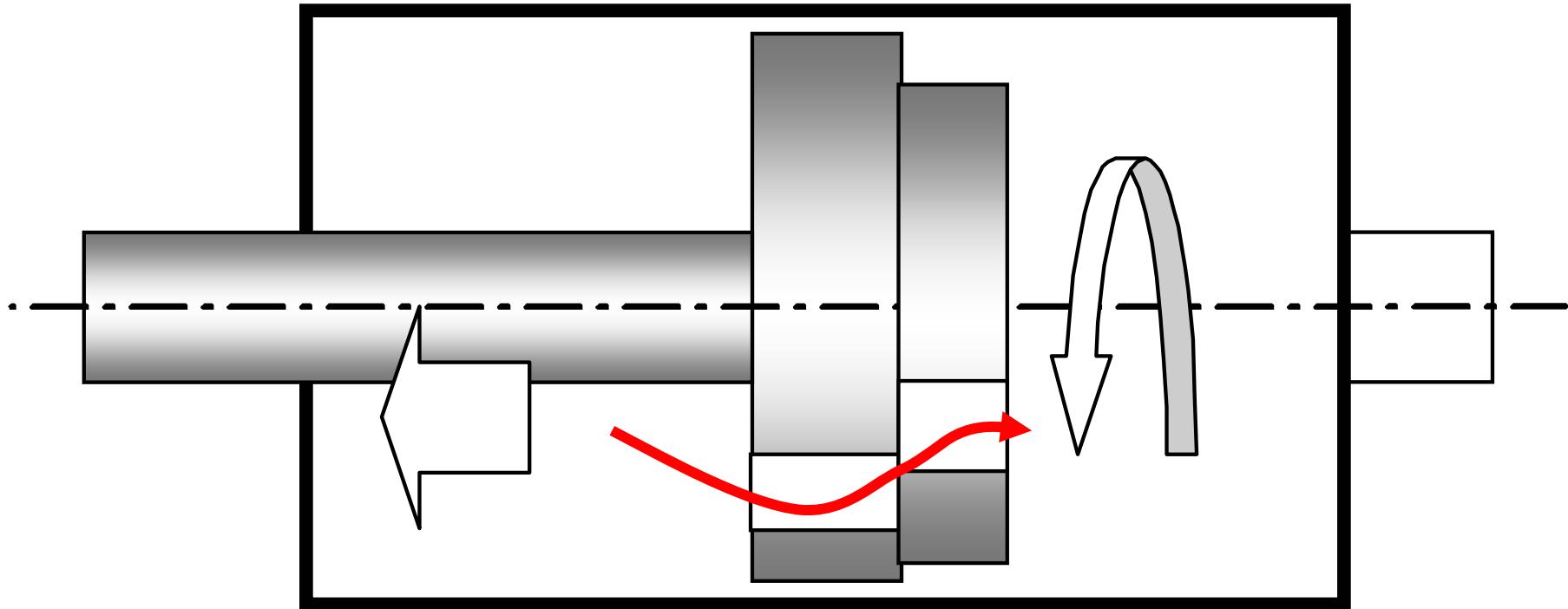
12. 心理音響

振動騒音一般解の例

- 分類1: 1自由度振動系(またはその等価系)の
パラメータ変化に着目した解.

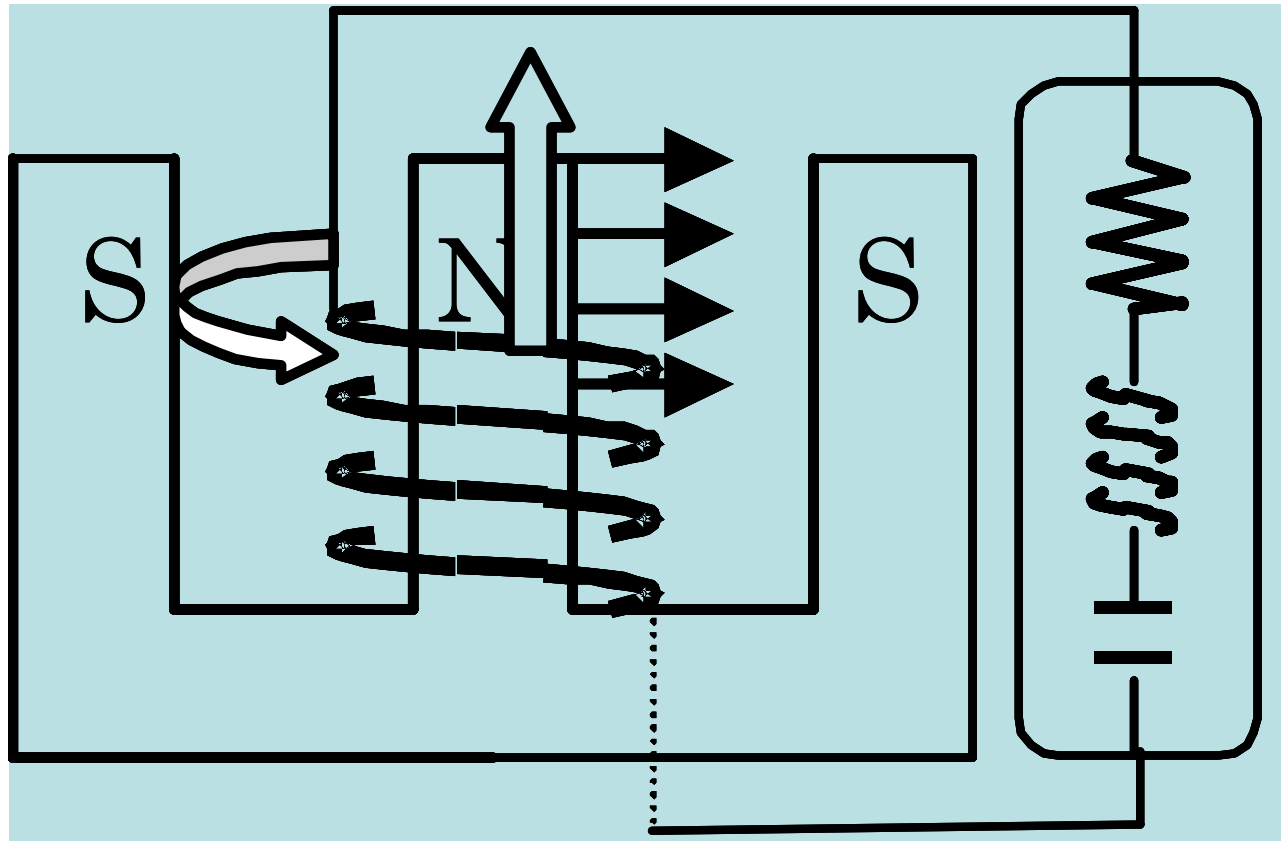
No.	振動騒音問題の一般解	応用例
1	1自由度振動システムとしてのパラメータ修正	
1-1	流体の粘性を利用した可変減衰	自動車用サスペンションに組み込まれた回転バルブ式可変オリフィス
1-2	電気粘性流体の利用	オリフィスに正負の電極を配置した流体封入エンジンマウント
1-3	電気回路と組み合わせて、ある周波数にチューニングされた電磁ダンパー	耐震減衰機、自動車用アクティブ動吸振器
1-4	構造のサイズ縮小による剛性向上と固有振動数構増加	2分割プロペラシャフト、フライホイールをばねで分離したクランク軸.
1-5	皿ばねによる、荷重の支持と低ばね定数の実現	自動車用サスペンションの車体への取付け

一般解 1-1 の応用例



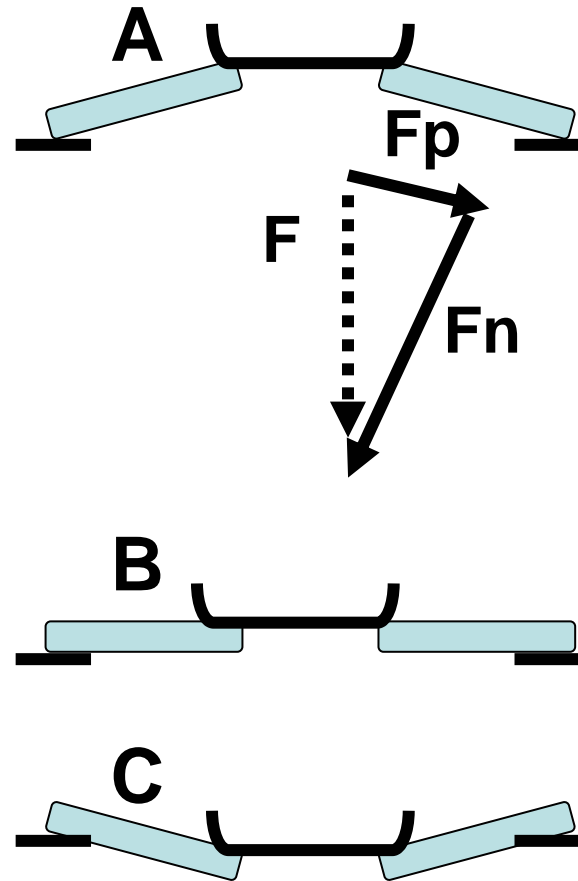
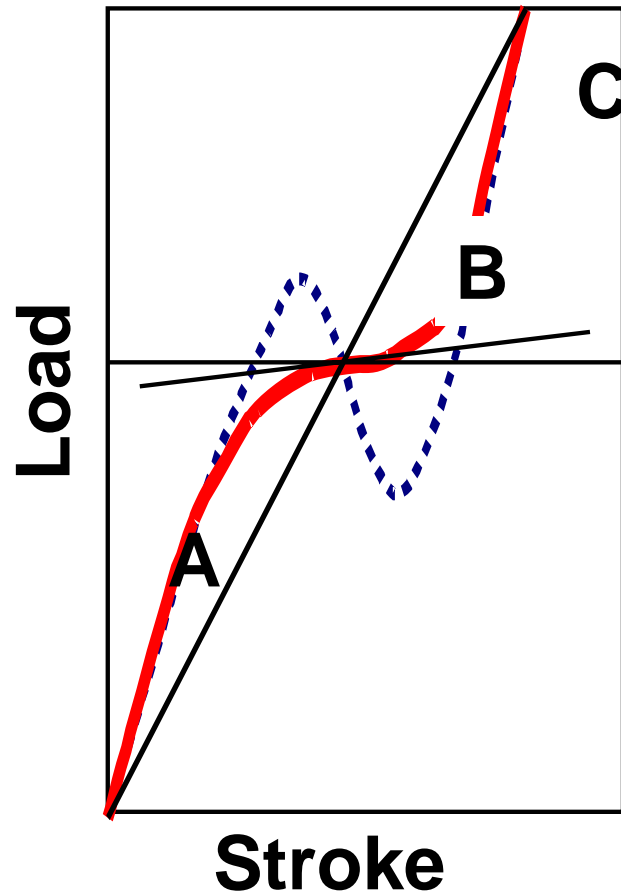
- 可変オリフィス断面積による流体減衰の制御

一般解 1-2 の原理



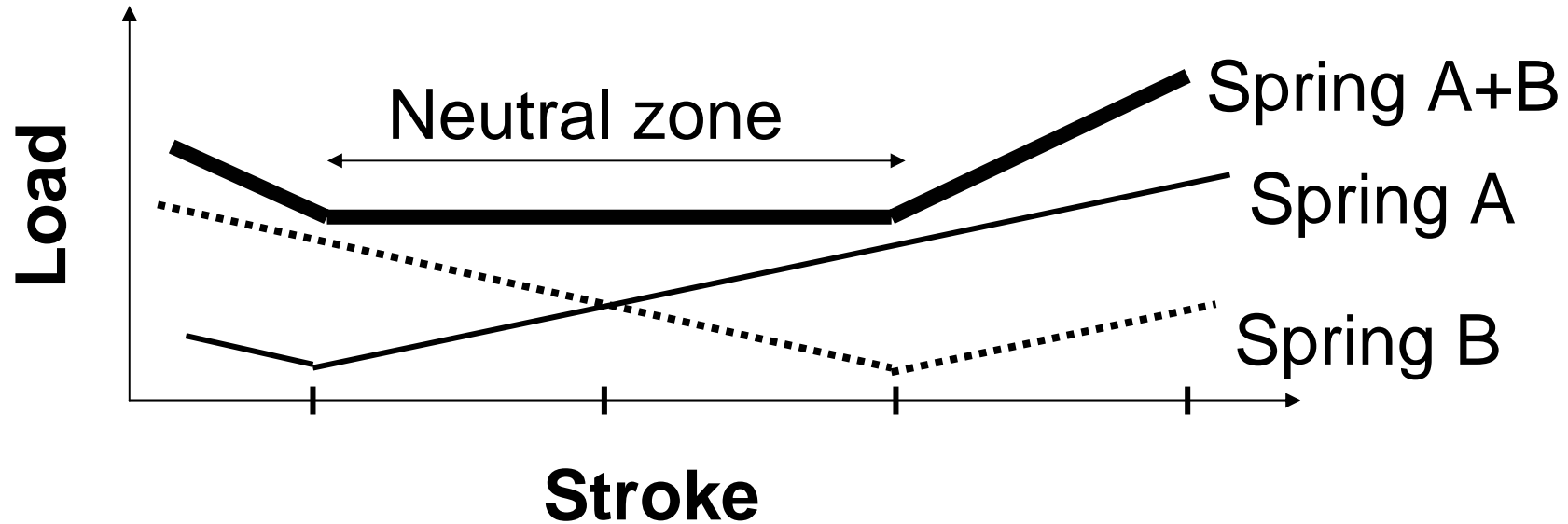
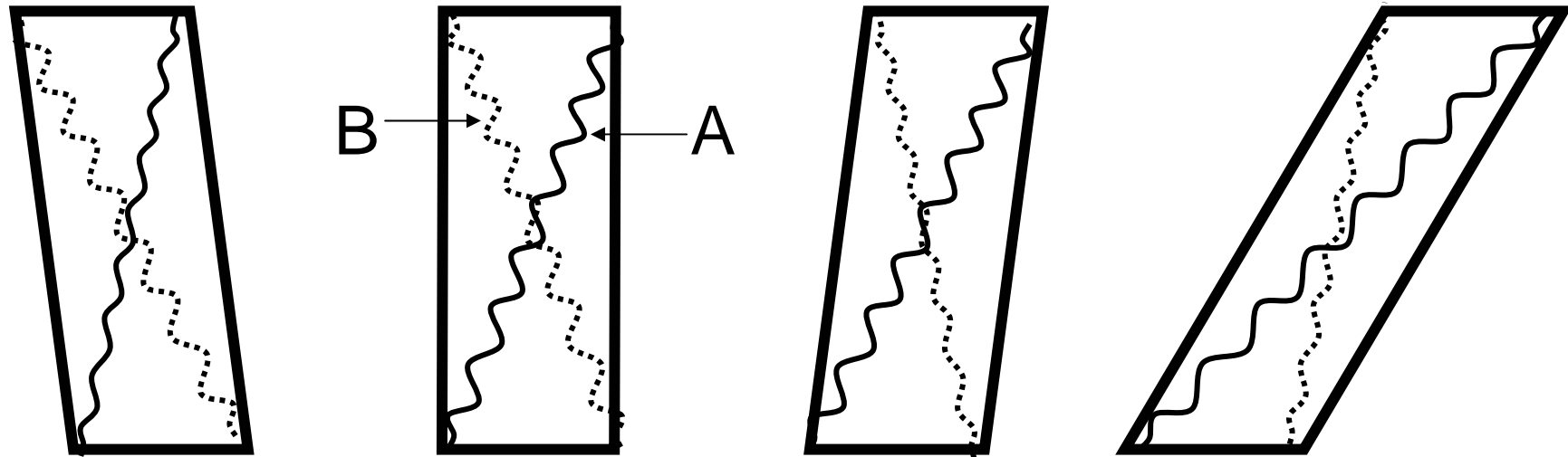
- 電磁誘導による減衰力発生と、同調のための電子回路

一般解1-5 の原理

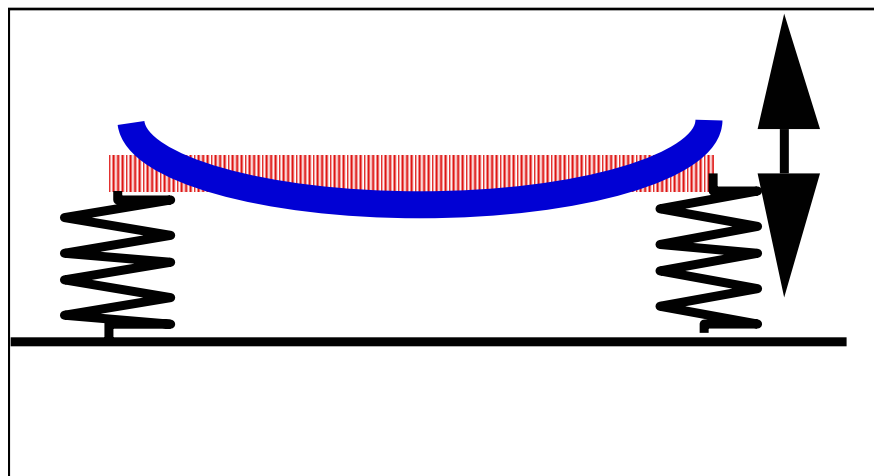


- 皿ばねにより、荷重を支持しつつ、低いばね定数を得て、防振効果を得る

一般解 1-6 の原理

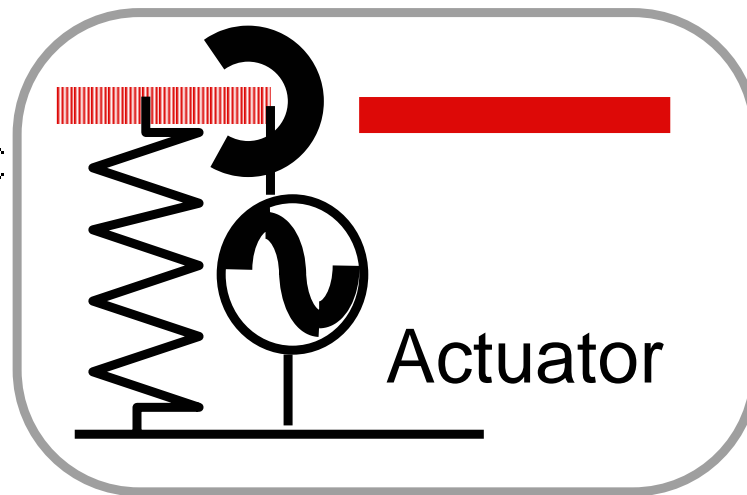
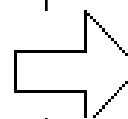
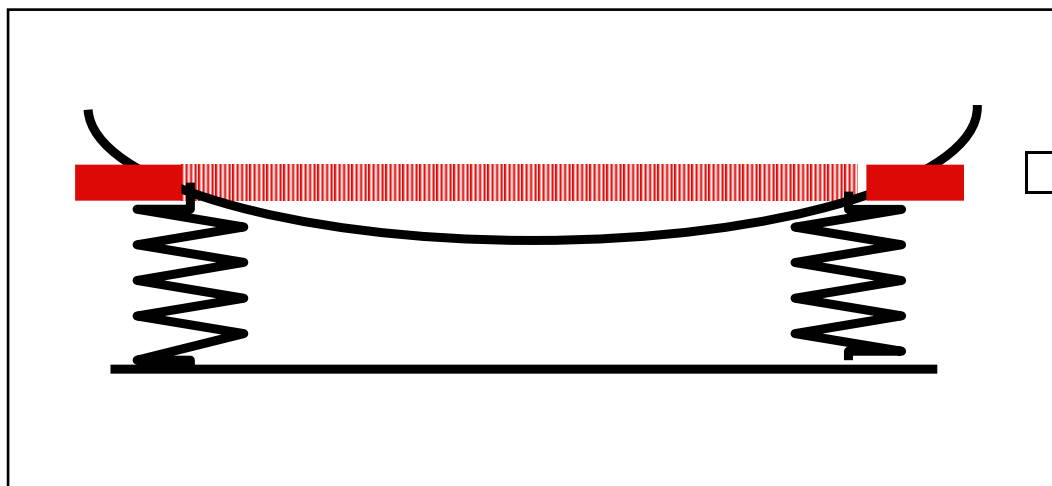


パンタグラフとばねの組み合わせで、低ばね特性を得る



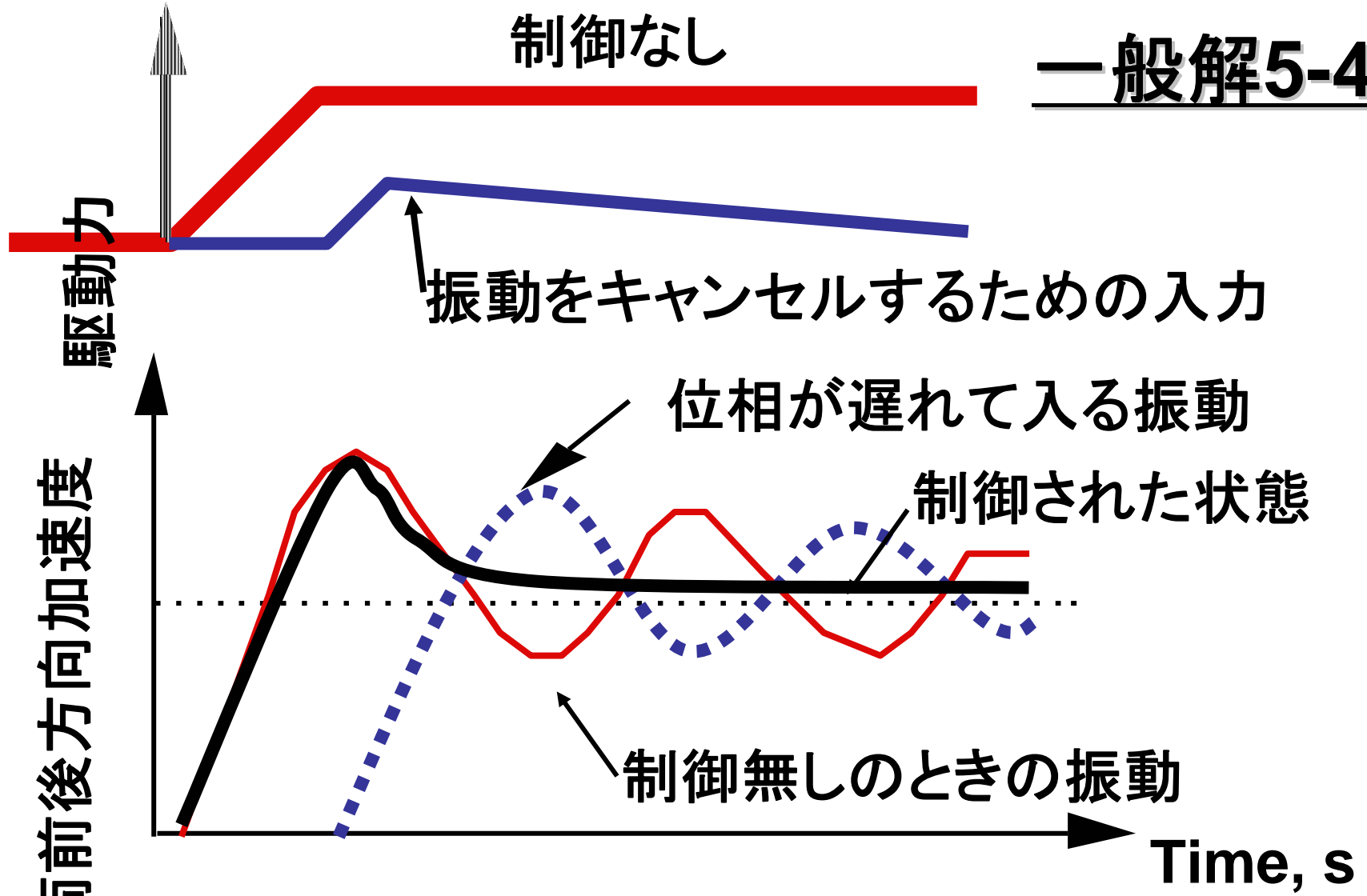
一般解 3-1の原理

By extending the member the overhanging gives reaction force as if there were an actuator.



Moving vibration nodes to supporting points

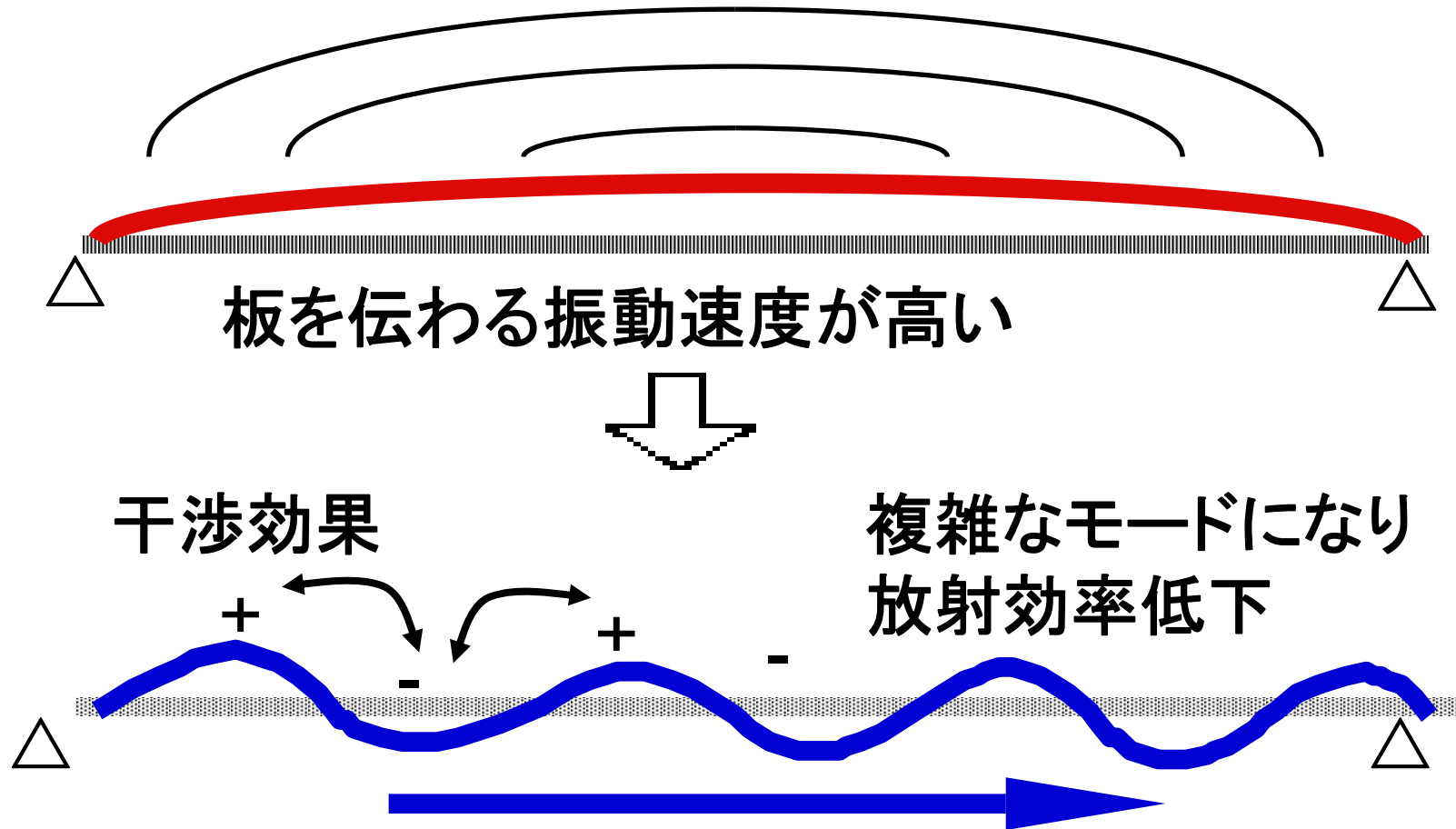
一般解5-4



位相を遅らせた入力を加えて、アクセル踏み込み時の前後振動を抑制

一般解 10-1 の原理

単純な振動モードでは音響放射効率が高い



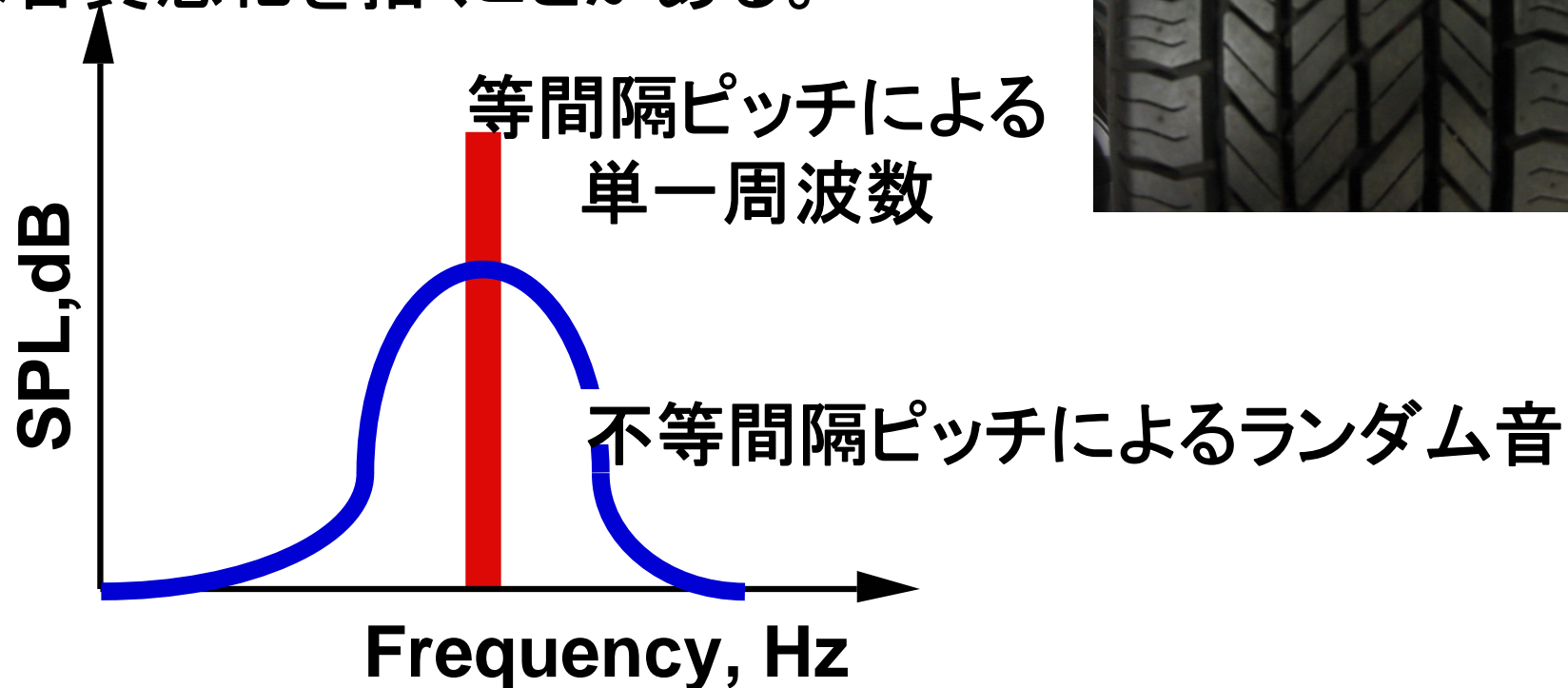
板を伝わる振動速度を遅くする

一般解 12-2 の応用例

単一周波数の音からランダムな音への変更

タイヤのトレッドパターンをランダムピッチに変更

周期的成分の強さ「トーンリティ」
は音質悪化を招くことがある。



結論

- 従来からの振動・音響理論を整理し、TRIZの原理と組み合わせ、効率よく振動騒音問題の一般解に到達する方法を考案した。
- 振動理論でよく使われる「伝達関数」で問題を整理すると、加振源対策、伝達系（構造系）、放射系、人間系のように分けて対策案導きやすい。
- 振動騒音問題の一般解を12分類に分けて整理し、将来の逆引き事典の基礎を築いた。