



図 1 特許機器本社

Gravure & Interview 精密工学の最前線

振動制御のパイオニアとして トータルソリューションを提供

特許機器株式会社



図 2 空圧アクティブ微振動制御ユニット



図 3 アクティブ型制振装置

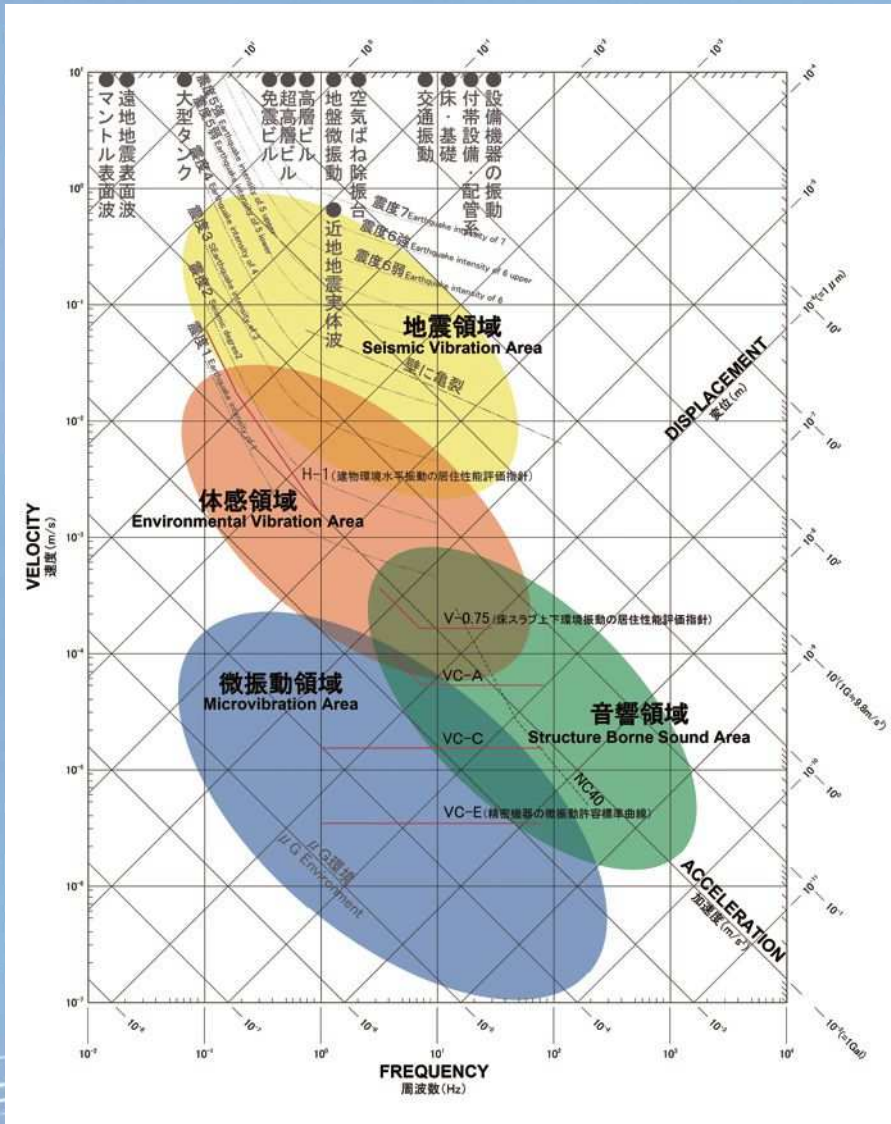


図 4 トリパタイト図と振動制御の領域

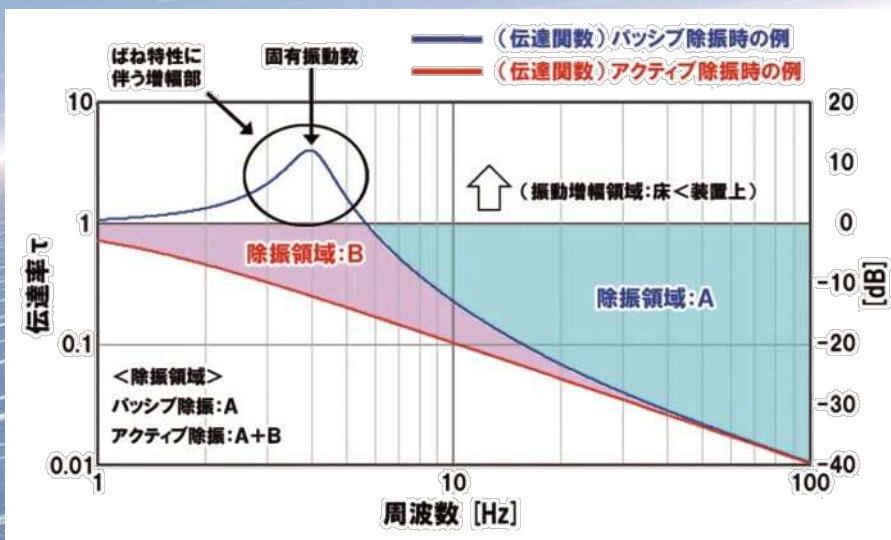


図 5 パッシブ除振とアクティブ除振

Q1 御社の主な事業内容を教えてください。

当社は1969年に兵庫県尼崎で創立し、「振動を科学する会社」として事業を広げてきました。創業以来、振動制御を専門とし、防振・除振・制振を軸に、建築設備から精密機器まで幅広い産業に携わっています。その根底には、企業理念である「存在するモノはすべて振動する」という考え方があります。どんな対象にも振動は必ず存在し、それを正しく捉え、適切に制御することが当社の事業全体を支える出発点です。

現在の事業は五つに大別されます。一つ目は、ポンプや空調設備、発電機などを対象とした建築設備向け防振装置で、当社の原点です。二つ目は、半導体製造装置や電子顕微鏡など外乱に敏感な精密機器を振動から守る除振装置で、パッシブ方式とアクティブ方式の両方を扱っています。三つ目は、建物や橋梁といった構造物の揺れを抑える制振装置です。四つ目は、設備機器に振動センサを設置して状態監視や異常検知を行う振動監視システム、五つ目が現場計測から解析・提案までを担う振動・騒音の測定およびコンサルティング事業です。

Q2 「防振」「除振」そして「制振」という単語が使われていましたが、これらの三つの違いは何ですか。

「防振」は加振源対策で、ポンプ・発電機・空調などが動作することで発生する振動を床へ伝えないようにすることです。「除振」は受振側対策で、半導体製造装置や顕微鏡など精密機器が設置床からの微振動を受けないようにすることを指します。「制振」は対象そのものの動特性を改善し、建物や橋の揺れを抑える技術です。

Q3 創業当初から一貫して振動制御事業をされている御社の強みはどういったところでしょうか。

当社の強みは、まず“現場で解決までやり切る力”にあります。製品を納めるだけでなく、設計・組立、搬入設置、現場での最適化、さらに運用後の保守までを一貫して担当します。期待どおりの性能が出ない場合には、原因を調査し改善につなげます。振動問題は現場ごとに大きく異なるため、机上の想定に頼らず、現場で最適解に到達するという姿勢が重要だと考えており、こうした姿勢を貫いてきたことが、お客様から信頼いただける理由だと考えています。

もう一つの強みは扱う振動領域の幅広さです。当社では、周波数を横軸として、振動現象を位置(変位)とその時間変化(速度・加速度)で捉え、これを一つのグラフにまとめた「トリパタイト図(図4)」を用いて振動を整理しており、長年の知見から振動を地震・体感・微振動・音響(固体音)の四領域に分類しています。当社はこのすべての領域に対応する技術をもち、用途に応じて最適なアプローチを選択できます。

さらに近年は、電子顕微鏡などが特に影響を受けやすい磁場のゆらぎにも対応しています。電車・エレベータなどの磁性体移動や電気設備に起因する交流成分などによって周囲の磁場が変動すると、電子ビーム装置では画質の

乱れや測定精度の低下が生じます。こうした磁場変動をセンサで捉え、その変化を打ち消す向きの磁場を人工的に発生させて相殺する「磁場変動キャンセルシステム」も提供しています。基本的な考え方は振動制御と同じで、測定・信号処理・逆作用という当社のアプローチを磁場にも応用したものです。

単に除振装置を作るだけでなく、振動そのものを総合的に扱えること、そして現場で最後の一步まで寄り添えることが、創業以来変わらない当社の強みです。

Q4 振動問題の診断方法について教えてください。

最も大切なのは、振動を正しく測定し、“何が起きているか”を把握することです。周波数分析で「どの周波数の振動がどれくらい出ているか」を確認し、許容値との比較を行います。心当たりのある周波数があれば照合します。その後、ハンマリングやモード解析で固有振動数・モード形状・減衰を確認し、必要に応じて多点計測で伝達関数を取得し、どこで増幅しているかを可視化します。こうした仮説と検証を繰り返して、問題を切り分けていきます。

Q5 微振動分野で御社の主力製品であるパッシブ除振とアクティブ除振の違いを教えてください。

パッシブ方式(図5)は、ばねと減衰の物理特性を利用して振動を減衰させる方法で、数十 Hz 以上の中高周波領域に適しています。構成がシンプルのため、アクティブ方式に対して大きなコストメリットがあります。ただし固有振動数付近では振動が増大しやすく、10 Hz 以下の低周波振動の除振や位置静定精度には限界があります。

一方、アクティブ方式は、センサで振動を検知し、コントローラで信号処理したうえでアクチュエータが逆向きの力を発生させて振動を打ち消す方式です。固有振動数付近の“山”を制御で抑え込み、低周波から中高周波まで幅広く減衰できることが特徴です。

高速ステージを備えた装置では、加減速時の反力が除振台側に作用することで台が揺れます。パッシブ方式では柔らかい支持が環境振動には強い一方、この反力には弱くなります。アクティブ方式では、ステージの変位・加速度信号を除振台に取り込み、反力を先読みして逆力を与えるフィードフォワード制御が有効です。これにより、動作中でも除振台を“その場にとどめる”高い位置静定性能を確保しつつ、停止時には“柔らかく揺れを吸収する”性質も保ち、相反する要求を両立できます。

Q6 御社は世界初のアクティブ除振装置を開発されましたが、その開発ストーリーをお聞かせください。

当社がアクティブ除振装置の開発に取り組んだ1980年代半ばは、半導体産業の微細化・高速化が進み、振動が

装置性能を制限するボトルネックとして顕在化し始めた時期でした。当時は、「アクティブ制御には電磁式アクチュエータ(ボイスコイル)を使うしかない」という考え方が一般的でしたが、電磁式は大きな力を出そうとすると装置が大型化し、発熱や消費電力も増えるため、精密装置には適しにくいという問題がありました。

そこで当社が着目したのが空気ばねです。ただし、空気ばねには、「空気の出入りが遅い」「圧縮性の影響で非線形になりやすい」といった課題がありました。一方で、空気ばねには荷重支持とアクチュエータの役割を一つで兼ねられるという大きな利点があり、電磁式とは異なる新しいアクティブ方式を実現できる可能性がありました。

当社は、空気ばねの特性を改めて分析し、空気を“ためる”過程は確かに遅いものの、一定量を封入した状態で微小な圧力変化は非常に速く伝わることに注目しました。アクティブ除振で扱うのは微小振幅であり、この応答性は十分活用できると判断しました。また、圧縮性に伴う非線形性については、バルブの流量特性や応答帯域を解析し、応答性と線形性を両立させた空圧制御技術を構築することで克服しました。

さらに、当時の多軸アクティブ方式は多数のアクチュエータを必要とし、構成が複雑でコスト・据付性・調整工数の面で課題を抱えていました。そこで当社は、アクチュエータの配置を工夫し、対角配置の合力で水平・回転をまとめて制御する構成を採用すること

で、アクチュエータ数は大幅に減り、構造の標準化、据付性、調整工数、コストが大きく改善され、空気ばね式アクティブ除振装置を世界に先駆けて実用化することができました。

Q7 今後の振動制御技術はどのように進化していくとお考えでしょうか。御社が注目している技術領域や研究テーマがあれば教えてください。

装置の高精度化と高速化が進む現在、振動制御にはこれまで以上に広いダイナミックレンジへの対応が求められています。そのため、メカ・電気・ソフトを統合した総合的な設計が必要になりつつあります。また、今は振動解析やパラメータ調整が担当者の経験に依存している部分もあり、今後はAIを活用した自動調整や省力化を進め、だれが扱っても安定した性能を引き出せる属人化しない振動制御が重要になると考えています。

さらに、装置の高精度化に伴い、振動以外の外乱、すなわち音、熱、磁場といった周辺環境の影響も無視できなくなっています。すでに音や磁場の対策には取り組んでいますが、今後はこれらの外乱をリアルタイムにセンシングし、必要に応じて制御するようなスマートシステムの重要性が高まってくると考えています。

御社の理念、そして振動制御に関して理解が深まりました。本日は貴重なお話を聞かせていただき、誠にありがとうございました。