機器製品密着型設計解析

Analysis Closely Related to Product Development

牧	野	徹 *	秋	Ш	修*
Mak	kino,	Tohru	Aki	yama,	Osamu

要旨

近年の画像出力機器においては、デジタル化に伴う高 精度化とともに開発期間短縮や低コスト化の要請も強 い。このため重要な機能をもつ部品、アセンブリについ ては設計に深く関連した解析が行われている。

本稿では製品性能上特に重要な課題として、回転駆動 の高精度化のためのグロメットダイナミックダンパの開 発、低コスト・軽量・小型化と十分な機械的強度の実現 のための樹脂部品の解析、および温度分布の均一化を目 的とした面状発熱体の配熱分布設定について紹介する。

Abstract

Shorter lead time, lower cost, and, most recently, greater accuracy in digital imaging, are major concerns in the development of imaging apparatus. To address these concerns, analysis is key to the design of various critical parts and assemblies. This paper emphasizes the use of analysis in addressing three essential factors of product performance: high imaging quality, strength analysis, and thermal design.

1 はじめに

画像情報機器の製品化に開発期間短縮が求められる状 況では、設計、試作、性能評価と実験検討、設計変更と いう従来の方式では対応が難しくなっている。このた め、開発、生産部門との協調のもと、製品化プロセスの 諸段階にさまざまな解析手法の適用をステップとして組 込み、性能確保を図っている。更に、製品化プロセスの 各フェーズにおける確実な検証の手段として、解析手法 を用いることにより、設計解析をプロセス移行要件に組 込んで、設計品質の向上を進めようとしている。

2 グロメットダイナミックダンパを用いた 回転体の制振と回転精度の向上

2.1 背景と課題

従来から特定周波数の回転方向の振動(速度変動)を吸収 するダイナミックダンパが市販されているが、コストが





Fig.3 Effect of Decreasing of Velocity Fluctuation

高く、また設計上の自由度が少ないなどの問題がある。 そこでイナーシャ部同士を粘弾性体のグロメットで連 結することを考案、検討し、新規のグロメットダイナ ミックダンパを開発、高精度が要求されるデジタル複写 機のスキャナ、ドラム駆動、デジタルミニラボのスキャ ナ、露光部の紙搬送駆動等に採用されている。

2.2 構成、原理

Fig.1に新規ダンパの構成を示す。回転軸と結合する連結部とイナーシャ部を、粘弾性体からなる円筒状のグロメットを介して段付きネジもしくはスタッドで結合する。この構成の等価振動モデルをFig.2に示す。駆動系のネジリバネ定数をK1、駆動系と連結部のイナーシャをI1、ダンパ部のイナーシャをI2、グロメットの回転方向の合成バネ定数をK2、減衰係数をCとすると、ダンパの回転方向の固有振動数fd次の式で表される。

f = $(K 2 \angle I 2)^{1/2}/2 \pi$

この固有振動数近傍の速度変動を動吸振器の原理を用 いて低減することができる。

2.3 速度変動特性

この新規ダンパの固有振動数をステッピングモータで 発生する特定周波数に合致するよう設計、試作し、速度 変動低減効果の確認を行った。結果をFig.3に示す。

^{*}コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株) 品質保証統括部 製品評価部

モータ軸に負荷イナーシャがない場合、200rpmから 100rpmに向かうに従い、速度変動は大幅に増加する傾向 があるが、新規ダンパを付加した場合、速度変動は従来 のダンパと同等以上に低減される。また同じイナーシャ をもつフライホイールでは120rpmで速度変動の増大が見 られるが、新規ダンパではこの増大も解消されている。

このような広い周波数帯域での速度変動低減効果は、 倍率変更を回転数変更で行うスキャナモータに適する。

2.4 デジタルミニラボ R1 SUPERの紙搬送駆動の高 精度駆動化

デジタルミニラボはイメージデータやフィルム画像な どを印画紙に出力する装置で、画像形成は印画紙を搬送 しながら露光する方式を採用している。高画質を確保す るため、この搬送駆動の高精度駆動化が求められている。

搬送駆動系の構成をFig.4に示す。ステッピングモータ からの駆動力をタイミングベルトとプーリで減速し、印 画紙を紙搬送ローラA、B、Cで搬送する。この間に露光 ヘッドで画像を形成する。

画像上、濃度変動が目視で認識されないことを目標と した場合、要求される速度変動は、周波数によっては0.4% (P-P)以下の場合もある。従来の技術としては、金属 やゴムの平ベルトで駆動する方法がある。しかし平ベル トの場合、すべりが発生しない程度まで張力を高める必 要があり、駆動部の大型化、高剛性化、組立の繁雑化、 ベルト自体の高価格化などの問題があった。

そこで本製品では、はすばタイミングベルト駆動を採 用するとともに、タイミングベルトで発生する特定周波 数の速度変動成分を、新規ダンパにより解消することを 検討した。新規ダンパはプーリと一体的に構成し、ロー ラAの軸に配置した。このような構成をとることにより、 高精度駆動化、低コスト化、コンパクト化および組立性 改善を達成している。

Fig. 5 に新規ダンパの有無による伝達関数の違いを示 す。伝達倍率が広範囲な周波数領域で大幅に低減してい る。この結果、速度変動は目標値以内に収束した。

2.5 まとめ

新規のグロメットダイナミックダンパを開発し、デジ タル複写機およびデジタルミニラボへの適用検討を進 め、駆動系全体の高精度化と低コスト化の両立を実現で きた。



Fig.4 Configuration of Paper Carrier Drive



Fig.5 Improvement Effect of Transfer Function

3 機器製品の強度解析(複写機のADFに おける樹脂骨格の強度解析)

3.1 背景と課題

低コスト化、機械的強度の信頼性向上の両立のため、 複写機の自動原稿送り装置(ADF)の骨格の材料を従来 の板金から樹脂へ変更する提案がなされ、開発初期段階 から強度確保のため検討を実施した。

3.2 構成

Fig. 6 に本体に搭載されたADFの略図を示す。プラテンガラス上に原稿を置いてコピーする場合とADFを使う場合とで、①の閉時と②の閉時の状態があり、この動作に伴い、回転中心であるヒンジとの結合部に大きな負荷が加わる場合が予想される。

3.3 解析条件

解析は実使用上想定される以下の荷重条件の強度を確 保することを目的とし、特に高い応力が集中するネジ締 結部分に着目して詳細な検討を行った。



Fig.6 Configuration of ADF

Fig.7 Reaction Force Calculation Model

Fig.8 Stress Analysis Model



Fig.9 Initial Model (Stress Distribution)

- 1) 開閉動作による繰返し疲労強度
- 2) 開状態②からユーザーによりさらに開方向に荷重 を加えられた場合に破損しない静的強度
- 3) 閉時①のクリープ破壊強度
- 3. 4 解析モデル

実際の解析においては、ヒンジと樹脂骨格を取り付け る全てのネジ部について、これに加わる3次元的な荷重 の大きさと方向をそれぞれの条件で正確に算出するとと もに大規模な計算を効率的に行う必要がある。そこで解 析は、ネジ締結部における反力計算用の骨格全体シェル モデル(Fig.7)、および応力計算用ソリッドモデル(Fig.8) に分けて実施した。

3.5 解析および対策検討結果

Fig.9に初期形状の応力解析結果の一例を示す。これは 開閉動作時の応力分布で、ネジ締結部のボス近傍に応力 集中が認められ、疲労限度を超えた応力が発生してい た。また、その他の条件においても、強度不足が認めら れたため、対策を実施した。

まず、開閉による負荷条件と荷重方向の変化に対応す るため、応力集中部へのR付加とネジ締結箇所の追加を 行った。さらに、Fig.10に示すように成形性に配慮しつ つ、円筒状および放射状のリブの追加を施して応力分布 の均一化を図り、またネジ締結に関しては、当初材料が 引張り方向荷重を受ける構成だったものを、圧縮方向荷 重となるよう変更した。

以上の対策についての応力解析結果の例をFig.10に示 す。応力は最大約1/10以下に低減し、疲労強度、静的強 度、クリープ破壊強度のいずれも目標強度を達成した。

3.6 まとめ

ADF骨格の樹脂化にあたり、目標強度を達成し、低 コスト化と強度確保との両立を実現した。

熱現像ドラムの表面温度均一化 4

4.1 背景と課題

ドライイメージャは、CT、MRなどの診断装置から



Detail Drawing of Screw Joint

Fig.10 Modified Model (Stress Distribution)





Fig.11 Configuration

のデジタル画像を出力する医療用ドライプリンタで、医 療診断という用途上、高度な画像品質が要求される。画 像形成はフィルムへのレーザ露光と熱現像によるもの で、装置内部には直径140mmの中空円筒の内側にシート 状熱源が配置された熱現像ドラムを有する(Fig.11参照)。

近年の市場ニーズである低コスト・コンパクト化を促 進する上で、ドラム径縮小と薄肉化は必須事項である。 しかし、これがドラム表面温度変動の増大を招き、フィ ルム濃度変動を悪化させる。すなわち、シート状熱源を ドラム内側に配置するため、ドラムには熱源のない"継 ぎ目"が存在し、温度変動を招く。さらに、薄肉化に伴 うドラム熱容量の減少が、継ぎ目の影響を顕著にする。

今回、試作機において継ぎ目の温度変動に起因する画 像の濃度ムラが認められたため変動抑制が急務となっ た。本検討では、熱現像ドラムの配熱分布設定手法を提 案し、その有効性を示すとともに濃度変動を所定範囲に 収めることを目的とする。

4. 2 配熱分布設定手法

4. 2. 1 計算モデル

Fig.12に示すドラムはフィルム通過領域のメインヒータ 部と、端部領域のサブヒータ部2カ所を個別に温度制御す る系で構成される。本検討の目的がメインヒータ部の温 度分布を均一化することであり、また、サブヒータも温 度制御がなされることから、ドラム支持部への熱伝導を 省略する。解析にあたっては、Fig.12右図の様に、ドラム を展開した平板モデルを採用した。モデル図の上下端は 計算上連続である。また、フィルムなしの定常状態で温 度分布の均一化が達成できれば、フィルム有りの非定常 状態でも良好な結果が予想されるので、前者の定常解析 で計算を行った。

Fig.13に改善対策前の実験値と、上述モデルの計算結果 を示す。実験値の分解能は0.1degである。**Fig.13**より、モ デルは、継ぎ目による現象をよく捉えていると判断され るので、計算モデルの妥当性を明確にできた。

4. 2. 2 配熱分布設定

本手法の発想は次の2点から説明できる。第一に、系 の特徴としてドラムの肉厚が薄いため、ドラムの内側と 外側の温度差は微小である。すなわち、外側の温度分布 を均一化するという目的は、内側の温度分布の均一化に よって達成される。第二は、計算の境界条件であるが、

Fig.14右図の様に、離れた熱源にディリクレの条件(温度 一定)を設定すると、熱源の存在しない部分を補う熱流束 分布が得られる。左図は現行機種の場合でノイマンの条 件で表現される。

上記2点を考慮すれば、内側の配熱設定領域に、ディ リクレの条件を設定することで、表面温度一定となる熱 流束分布が得られることが推定される。

この手法を用いた計算結果も**Fig.14**に示す。改善前と比 較し、著しい改善が期待できる。

4.3 検証実験

前項で得られた配熱分布を設計値としたドラムを用い た検証実験結果をFig.15に示す。左図はフィルムを実機で 連続熱現像している際のローラ温度推移、右図はフィル ム中央部での濃度推移である。Fig.15の対策前後の結果か ら、温度・濃度ともに変動幅は大幅に減少したことが確 認され、製品の目標値も達成することができた。

4.4 まとめ

ここで開発された配熱分布設定手法はドライイメージャ開発において重要な設計過程となっている。

5 おわりに

最近の機器製品においては開発に密着した解析的アプ ローチがますますその重要性を高めている。

今回報告した事例は、いずれも製品化プロセスの上流 において課題設定され、組織的に展開・検証される「機 器製品密着型設計解析」と呼ぶにふさわしいものと考え ている。

今後はこれら解析的アプローチのさらなる拡大と製品 開発へのより早期の適用を図ってゆく所存である。







Fig.13 Temperature of Drum Surface at Exist Model



Fig.14 Results of Simulation



Fig.15 Experimental Results