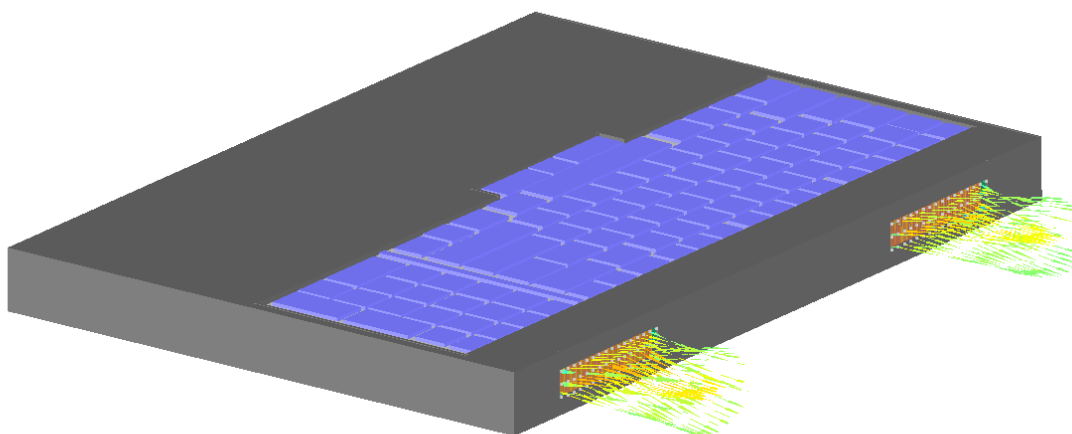




# Precision 7510、7710 Mobile Workstation で スムーズな通気を

作成者: Travis North

以下は、デルの最適化された冷却パスが前世代に比べて20%の静音化を実現し、システムのエアフローのパフォーマンスを 7% 向上させながら、粉塵による汚れを抑えているかを述べたものです。



## Precision まさにぴったりの品質

消費者向けの大量の使い捨て型電化製品の世の中で、高品質な職人技への渴望とパフォーマンスと静音性の限界に挑む製品への競争があります。デルはこれを真摯に受け止め、Precision 製品はシステムのあらゆるレベルにおいて信頼性とパフォーマンスに重点を置いて開発されています。さらに Intel® Turbo Boost Technology 2.0 の出現により、モバイルワークステーションのユーザーはコンピューティングパフォーマンスの最先端を追求し続けることができます。このパフォーマンスに対する副作用として、コンポーネントおよび接触面の温度上昇、またコンピュータを冷却するためのシステムファンからのシステムノイズがあります。Dell Precision 7000 シリーズモバイルワークステーション

(7510 と 7710) では、最も小さな動作音で最高のコンピューティングパフォーマンスを提供できるよう、確実に最適化するための包括的な熱冷却流路 (パス) を分析してきました。以下の記述では、デルがそのワークステーションに注いでいるエンジニアリングへの深い理解と、Dell Precision モバイルワークステーションがなぜ業界のベンチマークと考えられるかの理由をお伝えします。この記述で、通気パフォーマンスにおけるシステムレベルの通風の影響と、吸入と排出の両方を合理化することで粉塵の吸入を最小限に抑えるシステムレベルのエアフロー設計のバランスをどのように取っているかを解説します。更に、デルのワークステーション冷却テクノロジーがどのようにして、これまでのワークステーションと比べて最大 7% の通気の増加と 20% の静音性を実現したかを解説します。

デルは傑出したワークステーションを供給するために努力しており、Dell Precision 7000 シリーズモバイルワークステーションのレベルを向上させてきました。以下の詳細なホワイトペーパーで、私たちが製品に注いでいる分析とエンジニアリングの深さを解説し、原理に則ることがどのようにして業界最高のワークステーション提供に繋がっているかを解説します。

デルはシステムの  
通気を最大限にし、  
粉塵の吸入を最小限  
にしながらか通気  
パフォーマンスを最適化し  
てきました。

システムの冷却と静音性を最大限にするために、底辺の吸気口からヒートシンクの排熱まで、あらゆる段階のシステムレベルの通気流路 (パス) が分析されました。この文書ではシステムの通気パフォーマンスについて述べ、どのようにして排気を最適化することで、自由な排気を 14% 上昇させたかを解説します。

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_1 V_1^2 + \rho_1 g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_2 V_2^2 + \rho_2 g h_2 + \frac{1}{2}\rho_f F V_2^2 . \quad (2)$$

方程式2の末項が、気流の制限による小さなエネルギー損失を表します。

$$P_{loss} = \frac{1}{2}\rho_f F V_2^2 . \quad (3)$$

#### 多孔板による通気の物理学

詳細を述べる前に、皆さんがシステムパフォーマンスを検証できるよう、原理の基本をお伝えする必要があります。システムの穿孔は、シャーシを支え、システム全体に吸気と排気ができるようにするために通気流路 (パス) に作られた構造です。制限のある中で空気が流れることによるエネルギー損失 (圧力損失) を完全に分析するために、基本的なことから見に行きましょう。

制限の中でのエネルギー損失の間で根底にある関係は、制限の中での気流の全体的な速度と、それに関する摩擦損失 (小損失) に直接関係付けられます。この関係はエネルギーの形式での流れに沿ってベルヌーイ方程式によって定義されます。

$$E_1 = E_2 + E_f . \quad (1)$$

基本的なエネルギー方程式は更に、基本的な形式に分割できます。

制限による圧力損失は、プレート上での気流を乗じた速度と、制限の形態による損失係数  $F$  に関連付けられることを方程式3は示しています。制限内での速度は、制限そのものの自由空気率 (FAR) から計算できます。例えば多孔板が排気の制限であるとすると、FAR つまり通気出来るエリアの大きさとプレート上での全体的な気流の容量が、制限内での全体的な圧力損失を計算するのに利用できます。エネルギーバランス方程式のこの部分は "小さな" 損失とされていますが、大変重要です。この摩擦によるエネルギー損失がシステムファンで最もエネルギーを消費するものであり、システム内でどれだけの気流が実現可能かを決定する重要項目なのです。

制限があることによる、決まった気流の実際の圧力やエネルギー損失は3つの主要な要因によっています。

1. 多孔板のあるエリアの大きさ



2. 多孔板の開いているエリアの比率
3. 多孔板のタイプによる損失係数

これらのパラメータの各々についてデルは更に研究を行いました。次のセクションではこれらがどのように考慮され、どのような制限があり、またデルが通気の出入りのバランスを取ることによってどのようにパフォーマンスを最大限にしたかを解説します。

### Dell Precision 7000 シリーズ (7510 と 7710) で多孔板を最適化

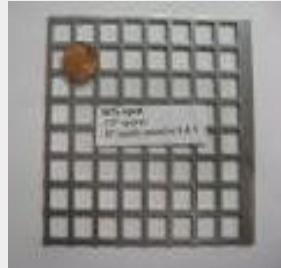
モバイルワークステーションで通気と速度、FAR がどのように圧力損失に影響するかが分かったところで、これがどのようにエアフローとシステムパフォーマンスに影響するかを考えてみましょう。様々な通気のパーセンテージによるシステムの影響を決定する最初のステップは、全体的なシステムのエアフローと圧力損失での様々な FAR の影響を決定することです。様々な通気率のテストが、排気時の圧力損失での FAR と速度の影響を計測するために開発されました。図2がこの研究で使われたテストの多孔板で、FAR のサンプルは 40% から 80% までありました。方程式3から、制限内でのエアフローの速度がシステムの障害物の最大の要因となることが分かりました。今度は進入速度を決定するために、断面の部分と予測されるレベルの CFM を使用します。通常はシステムの運用条件によって様々な速度が観測されますが、分かっているレベルの流れの容積率から速度を決定するのに以下の方程式を用いることができます。

$$V = \frac{\text{Volumetric Flow}}{\text{Total Area}} \quad (4)$$

40%多孔板



56%多孔板



64%多孔板



80%多孔板



新しいデルの 7510 は、業界トップであった以前の機種に比べて、同じシステムファンの速度でも更に 7% 以上の通気を実現しています。

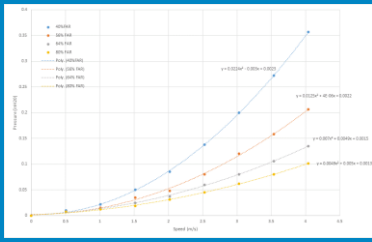


図3: 通気圧力と  
フローパフォーマンス

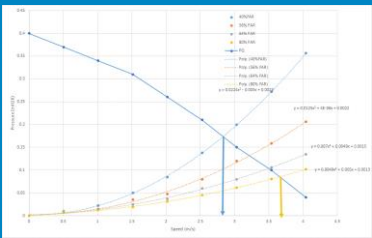


図4: 通気パフォーマンスとファンの  
PQ パフォーマンス



図5: 7710 システム排気の近接図

この文書において、考慮すべき予測される速度は 0m/s ~ 4m/s (792LFM) です。図2に示した様々な多孔板に関連する損失係数を決定するため、多孔板を通じた気流と気流の速度を計測する、フローベンチテストが行われました。ACMA スタンダード 210-99 に従って設計されたフローベンチが、40% 多孔板から 80% 多孔板までの様々な各サンプルから障害 (圧力損失) を求めるために使われました。テストデータの要約は図3に紹介されています。

図3から、あらゆる速度 (気流速度) でシステムの換気による圧力損失の総量を直接求めることができます。図に示されているように、1m/s 未満の遅い気流速度では、異なる換気パーセンテージ間での影響はほとんどありません。同様に、モバイルワークステーションに負荷がかかっている場合など、気流速度が速い場合は、FAR パーセンテージによる圧力の違いは顕著なものになることをデータは示しています。利点を説明するために、決まったファンパフォーマンス曲線で 40% FAR と 80% FAR の2つの極端な場合を考えてみましょう (圧力と気流)。

図4では可能なファンパフォーマンス曲線 (気流と圧力) と様々な障害曲線を組み合わせています。二つの曲線が交差するところが、システムの動作点と呼ばれています。図4が示すように、40% FAR の場合はファンが生み出せる気流速度は 2.8m/s だけなのに対し、80% FAR の場合は、ファンは 3.7m/s の気流速度を生み出せます。つまり気流が 32% 以上増加しているということです。

図のように、FAR を最大化出来れば、システムレベルの気流に大きな利益が得られます。7510 および 7710 Precision Mobile Workstation の両方のシステム排気は、システムの構造的整合性を保つ一方で、FAR を拡大することに焦点を置いて開発されています。図5ではシステムの新しい気流の排気について詳しく説明しています。図にあるトリムリングは高強度のアルミニウムで作られています。システムの通気流路 (パス) をサポートするために厳密に設計され、基本的な強度を与えており、排気 FAR を最大にするためにマテリアルを除去できるサポートも提供します。

更に、チャンネルの開口部をより拡大するためにベースマグネシウムシェルが設計され、ヒートシンクフィン サイズをより大きくし、更にシステムの開口部を大きくしています。これらの全ての試みによって、デルは業界で初めてのトリムリングに支えられた 80% FAR 排気パスを開発できました。以前の M6800 とこの新しい排気のイノベーションを比較すると、システムレベルの冷却へのこのアプローチが持つ主な利点に分かります。M6800 は業界トップの二重ファン設計を持ったユニボディシャーシソリューションでしたが、背面での排気は 64% FAR に留まりました。7710 と M6800 の FAR が分かると、図4における各々の決まった動作点において、ファンによる速度アウトプットを直接比較することができます。図4から分かるように、サンプルのシステムファン曲線を用いると、新しい 7510 と 7710 は業界トップであった以前の機種に比べて、同じシステムファンの速度でも更に 7% 以上のエアフローを実現しています。

#### 粉塵の吸入を最小限に抑える

高い FAR と低い速度でどれだけシステム圧力を低下できるかを解説しましたが、究極的に考慮すべきことは、システムを通じた冷却空気増加とエアフローだけではありません。開口部のサイズと、最終的にパフォーマンスを落とすことになる長期的なシステムの粉塵の集積とのバランスを考慮しなくてはなりません。デルは、システムパフォーマンスをテストし、製品の寿命にわたって粉塵の集積を予測できる分野の顧客システムの分析から、粉塵の粒子のプロプライエタリな混合を実現しました。デルはすべてのワークステーション製品に、テスト室に粉塵が強制的に注入される16時間の加速テストを行い、システムパフォーマンスと製品寿命のバランスを測っています。





再び図5を見てみると、システムのエアフローへの吸入は排出よりも大幅に少ないことが分かります。デルの通気口パターンの開発では、排気のテストから穴の大きさはエアフローパフォーマンスのバランスを取りながら、システムに進入する粉塵を最小限にするように開発されました。図6と図7は 7510 および 7710 と比較した従来型システムの通気口の違いを示しています。ご覧のように、穴の大きさと穴の数が、システムへの粉塵繊維の進入を最小限にするよう最適化されています。同様に、図8と図9はヒートシンクの吸入での加速寿命テストの最後における全体的な粉塵集積の減少を示しています。デル独自の通気口構造では、従来型の通気口構造に比べて 50% 以上粉塵の集積が減少している一方、製品の全寿命にわたっての最大限のパフォーマンスを可能にしています。

### 静音性能

7510 と 7710 のシステム排気の改善による全体的な静音性の効果を調べるため、システムレベルのパフォーマンスを測り、一世代前のワークステーションである M4800 および M6800 と直接比較する静音性テストが行われました。更に、直接の比較対象を与えるため、コンピューティング負荷レベルは CPU と GPU 両方で利用できるターボを同時にフルロードした状態でテストされ、2つのシステムでのパフォーマンスの違いを見るために音圧が計測されました。ISO 3744 の条項4の要件を満たすため、全てのテストは半無響室で行われました。更に、ISO 7779 の仕様を満たす標準的なテスト表が、0.5m の距離に両耳のヘッドがあるシステムをサポートするために使われました。表1では各システムで計測されたシステム電力と計測された音量を示しています。表1のデータを見てみると、正確に同じロード条件において、7510 および 7710 は M4800 および M6800 に比べて 20% 以上の静音化を実現しています。

ヒートパイプによる冷却ソリューション、最適化された冷却フィン、新しいコントロールアルゴリズムを含めた更なるシステム改良が 7510 および 7710 には行われ、これらの主要なイノベーションが全体的なシステムの音響ノイズレベルの低減に貢献しているであろうことを付け加える必要があります。これらの追加的な改良点について述べた2つ目のホワイトペーパーも用意されています。システムの静音性への、大きく進化したこの改良点は、デルが Precision Workstation に注いでいるエンジニアリングにおける厳格さの証しであり、Precision Mobile Workstation 7510 および 7710 は、世界で最も静かでパワフルなモバイルワークステーションを求める方々の期待に応えるワークステーションなのです。

### 結論

新しい 7510 および 7710 Precision Mobile Workstation の通気についての詳細説明は以上で終わりです。通気をマネージするこの新しい革新的なアプローチが、システムでのオープンエリアを 14%、システム全体の通気を 7% 向上させ、そしてそれがシステムレベルの静音性を 20% 向上する主要な要因となっていることをお伝えしました。更にデルの開発した吸気システムが製品のライフサイクルにわたって、粉塵の集積を従来の手法に比べて、どのようにして最大 50% 低減させているかについてもお伝えしました。これらの革命的な改良は、エンジニアリングに重点を置きながら、デルがシステム設計にしっかりフォーカスしていることの証しです。デルは一丸となって、違いを生み出すソリューションを開発しており、7510 および 7710 Precision Mobile Workstation を誇りを持って皆様にお届けしています。



図6: 従来型の通気口構造

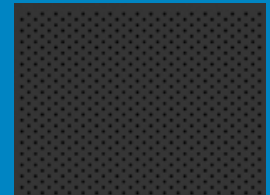


図7: Dell 7710 の通気口構造



図8: 従来型通気口構造でのテスト後の粉塵集積



図9: デルが新たに独自開発した吸入通気口でのテスト後の粉塵集積

表1 静音性比較

Platform	M6800	7710	M4800	7510
CPU Stress	70W	70W	67W	62W
VGA Stress	103W	105W	57W	63W
Acoustics	3.5S (41.5dBA)	2.8S (39dBA)	3.5S (41.5dBA)	2.8S(39dBA)

