

1. 基本原理

TL (Transmission Line : 伝送管方式) は Martin J. King が 2002 年に著した以下の URL で詳細を確認できます。

<http://www.quarter-wave.com/>

基本的には $\lambda/4$ 波長の共鳴管構造になります。Web タイトルも「Quarter Wavelength Loudspeaker Design : 1/4 波長スピーカー設計」となっている事からも頷けます。

当初、ユニットを開放円筒管の片端を塞ぐ (固定端にする) ように取り付けたものから検討を始め、これをクラシックトランスミッションライン (Classic Transmission Line) または Straight End-Loaded Lines (単に Straight TL) と呼んでいました。

その後バリエーションとして、① 開放端に向かって断面積が増える「テーパー」、② 変わらない「ストレート」、③ 徐々に減る「逆テーパー」、④ 開放端にダクトを取り付けたもの ($\lambda/4$ 共鳴? バスレフとどう違う?) が考えられました。

ユニットが固定端 (節) に位置しますので、この円筒気柱の 1 次 (基本) 共振周波数はストレートの場合には管の長さが $1/4$ 波長 (0.25λ) になる周波数と等しくなります。

シミュレーションと試作検討バリエーションの中から効率の良い条件を見つけて、データ検証と理論的な裏付けを行っていき、ユニットを共鳴

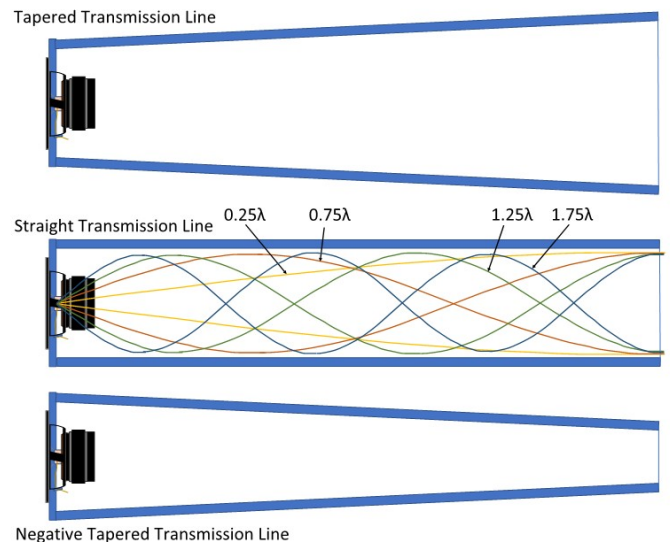
管の途中に取り付けた TQWT (Tapered Quarter Wave Tube : $\lambda/4$ 共鳴管方式) が生まれました。これはテーパー管の開き方 (固定端の断面積と開放端の断面積とで決まる) で共鳴効率の良いユニットの取り付け位置が決まります。

また、共鳴管ですので、3 次 (0.75λ)、5 次 (1.25λ)・・・(開放端で腹になる) 高調波でもインピーダンスの山谷と音圧の山谷が生じます。これは、ユニットからの正面放射と干渉し、F 特にうねりを生じ、同時に波形歪も生じます。

http://www.quarter-wave.com/TLs/TL_Theory.html

Web 資料では、チューブの音圧や位相特性もシミュレーションしていますが、高次共鳴周波数ポイントも含めて位相は 180° 大きく変化しています。と言うことは、時間領域で考えた場合には各共鳴ポイントで不整合が起きてしまうということです。

周波数領域では低域の増強ができるというメリットだけが強調されますが、群遅延特性 ($d\phi/dt$) に敏感な聴覚ではトランジェント歪として認知されてしまいます。



トランスミッションラインで特徴的なのが、チューブに吸音材を詰める条件（軽く詰めた時と、ぎっしり詰めた時）を変えてシミュレーションを行っていることです。

結論を先に記してしまうと、詰めることで共鳴の Q がダンプされます。ぎっしり詰める
と密閉箱の特性に近づきます。

King が Web に掲載した資料では、吸音材の充填量を 100g、200g、300g の 3 条件でシミュレーションしていますが、きれいに山谷が潰れていきます。位相についても急激な変化が段階的に減っていきます。群遅延特性も改善されるということです。

吸音材の詰め方を細かくコントロールすることで、低域まで帯域を伸ばしつつ、且つ不要な高次共振を防ぐことができます。

(下図の赤色実線が吸音材無し、茶色破線が吸音材でダンプされた特性のイメージ)

