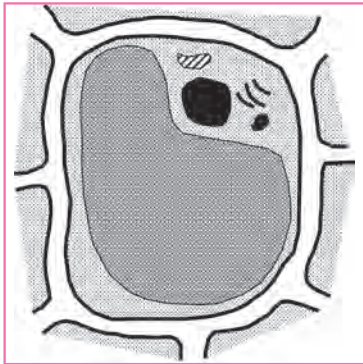


# 第3部 世界は回路に見えてくる！ NanoVNA 超活用



## 第1章 果物や野菜に求められる非破壊品質チェックの研究

# リンゴやバナナも等価回路… 品種/品質のインピーダンス解析

知念 幸勇 Koyu Chinen

果物や野菜などの身近にある植物の品種の違いや品質の変化を解析する方法として、さまざまな化学分析法や物理分析法があります。ここでは電氣的な解析法の一例として、(写真1, 図1)ベクトル・ネットワーク・アナライザ(Vector Network Analyzer; VNA)を使ったインピーダンス解析法を紹介します。

### 果物や野菜の品種/品質はインピーダンスで定量的に測定できる！

● 植物のインピーダンス測定の世界…NanoVNAが便利  
VNAを用いて果物や野菜に電気信号を入力すれば、電気回路と同様に反射や透過した電気信号が測定できます。例えば、図1に示すように、品種の違いはインピーダンスやアドミタンスの差異となって表れます。果物や野菜には抵抗素子やコンデンサ素子が含まれているわけではありませんが、果物や野菜を疑似的な電気回路とみなすことで、測定結果の詳細な解析が可能になります。

● VNAでインピーダンスを測定するしくみ  
VNAは、低インピーダンス(50Ω)の高周波伝送システム系で構成されているため、広帯域/低雑音の差動増幅器が使える、高周波測定に優れています。

ポケット型VNAは、方向性結合器やシンセサイザの構成/機能を大幅に簡略化して、価格をベンチトップ型の1/100以下にしています。本稿で使用した携帯型VNAによる測定の基本構成を図2に示します。

信号発生器(シンセサイザ)からの信号は、結合器(抵抗ホイートストン・ブリッジと2連のバランで構成)を経て、測定試料(DUT)に送られます。DUTで反射した信号( $V_r$ )は結合器とSW<sub>3</sub>を経てミキサに送られ、シンセサイザからのLO信号とヘテロダイン検波されて12 kHzの信号にダウン・コンバージョンされます。12 kHzの低周波信号は、OPアンプと12ビットのA-D変換を経て、マイコンにおいて大きさと位相の情報(Sパラメータ)に変換されます。これを用いて、計算でインピーダンスに変換します(コラム1参照)。

シンセサイザから結合器を経由して生成される基準

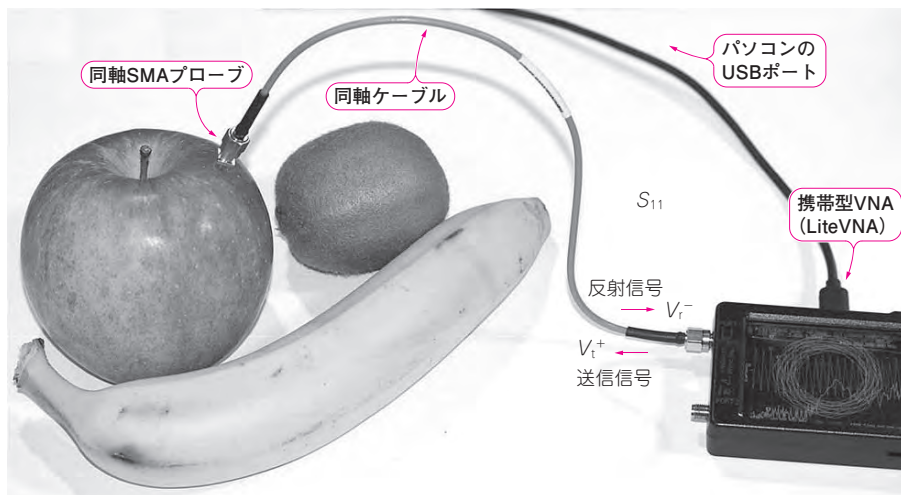


写真1 何ごとも等価回路としてNanoVNAで測れる  
LiteVNAで果物のSパラメータを6 GHz対応測定しているようす。品種や品質、味や成分などを調べるのにもVNAによる電気計測が役立つ！