

ミリ波による糖度測定装置の開発*

小田 誠^{*1}・室屋 秀峰^{*2}・江藤 誠彦^{*1}

Development of sugar content measurement system by millimeter wave sensing technology

Makoto ODA, Hidetaka MUROYA and Masahiko ETO

近年注目されてきたミリ波は、光と電波の両方の性質を有していることから、この性質を活用したセンサへの応用が期待されている。本研究では、物体から放射されるミリ波を計測するミリ波パッシブ技術を用いて、果実の糖度を測定する装置を開発する。ミリ波パッシブ技術による糖度測定装置は、果実から放射されるミリ波を計測するので、非破壊測定が可能であり、またシステムが簡素化できることから、小型で安価な装置が期待できる。

平成16年度までの研究で、微弱な信号を測定することができるディック方式によるミリ波受信装置を開発し、その性能評価を行った。またショ糖水溶液の測定を行い、受信機で受信されたミリ波強度とショ糖水溶液の濃度との間に高い相関係数が得られた。

そこで、平成17年度はミリ波受信機で果物（マンゴー）の測定を行い、ミリ波強度と果物の糖度の関係を調べた。その後、実際に果物の栽培現場で使うことを考慮して、ミリ波受信機の小型・軽量化を目指し、試作機の製作を行った。

キーワード：ミリ波強度、糖度、小型・軽量化

1 はじめに

果実栽培農家より、水の量を調整するためや出荷時期の目安とするために、栽培中の果物の糖度を把握したいとの要望があり、

- ①栽培現場で使用可能
- ②非破壊測定が可能
- ③正確な測定
- ④小型・安価

を満たす糖度計の開発が望まれている。

今回著者らは、ミリ波パッシブ技術を用いた糖度計についての研究を行った。果物から放射されるミリ波を測定するため、非破壊測定が可能であり、システムが簡素化できるため、小型で安価な装置が期待できる。

これまでの研究において、システム内部のノイ

ズの影響を受けにくく、微弱な信号を測定することができるディック方式のミリ波受信機を開発した。この受信機は、図1のような構成となっており、出力は相対的な電圧値（測定信号と基準信号の差）として得られる。

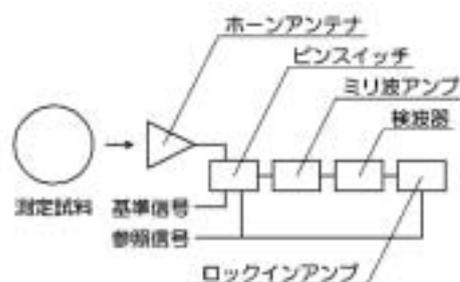


図1 受信機の構成

また、この受信機を用いてショ糖水溶液の濃度とミリ波強度の相関関係を解明するため、濃度の異なるショ糖水溶液のミリ波強度を測定した。測定は、周囲からのノイズの影響を受けないように、

* 経済産業省 地域新生コンソーシアム研究開発事業

*1 機械電子・デザイン部

*2 現 宮崎県企業局

アンテナをシヨ糖水溶液に沈めた状態で行った。その結果、シヨ糖水溶液の濃度とミリ波強度の間に高い相関係数が得られた。

これらの結果をもとに、平成17年度の研究ではミリ波受信機で果物の測定を行い、果物の糖度とミリ波強度の関係を調べた。実際に果物の栽培現場で使うことを考慮して、小型・軽量のミリ波受信装置の試作機を製作し、その性能評価を行った。

2 研究方法

2-1 ミリ波受信機によるマンゴーの測定

今回は、宮崎県の特産物であるマンゴーをターゲットとした。まず、ミリ波受信機でミリ波強度を測定した。その後、マンゴーをすりつぶした果汁の正確な糖度を屈折式糖度計で測定することにより、ミリ波強度とマンゴーの糖度との間の関係を調べた。

測定は、周囲からのノイズの影響を防止するため、マンゴーにアンテナを直接接触させた。また、ミリ波受信部が周囲の温度の影響を受けるため、今回は室温で測定を行った。その結果を図2に示す。

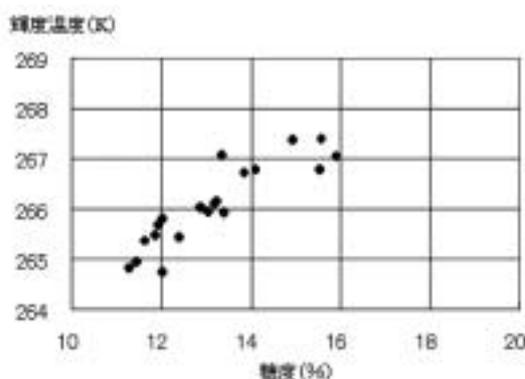


図2 マンゴーの測定結果

グラフの縦軸は、ミリ波受信機でマンゴーを測定した時のミリ波強度（輝度温度）であり、横軸は、屈折式糖度計で測定したマンゴーの糖度である。この結果から、ミリ波強度を測定することにより、果物の糖度が計れる糖度計への応用の可能

性が高まった。

2-2 試作機の仕様の検討・製作について

栽培現場で使用可能な糖度計にするために、ミリ波受信機を小型・軽量にした試作機の仕様の検討・製作を行った。小型化によりミリ波受信部の性能が落ちず、人が片手で持つことができ、そして長時間使用可能であることを目標として仕様を決定した。その後、その仕様を基に試作機を製作した。その外観を図3に示す。



図3 試作機外観図

電源は、単三電池6本が下の土台のところに収納されており、連続8時間使用可能である。

またアンテナ部の改良も行った。今までは、矩形導波管を使用していたが、矩形導波管の穴の部分を細くした導波管や円形導波管なども検討し、再現性実験で比較してみた。再現性実験とは、同じマンゴーの同じ場所を数十回測定して、出力がどれだけ変動するかを調べる実験である。その結果、円形導波管の出力の変動が最も小さかった。これは、マンゴーと円形導波管とのすき間からノイズが入りにくくなっているためと考えられる。その後、円形導波管の穴の大きさについても検討した結果、穴の大きさが直径8mmの円を採用することにした。

また、ミリ波受信部側から接触面を介して果物に熱が伝わらないようにするため、導波管の材質についても検討した。その結果、熱が伝わりにくく、超伝導の分野でも用いられているステンレスを使用することにした。図4に製作したステンレス製円形導波管の外観を示す。



図4 ステンレス製円形導波管

2-3 試作機による測定

製作した試作機で、実際に果物（マンゴー）の測定を行った。図5のように果物とアンテナを接触させて測定を行い、ミリ波受信部が周囲の温度の影響を受けないようにするため、恒温槽内を17℃一定とした。また測定する果物を長時間恒温槽に入れておき、すべての果物の温度が一定であると仮定した。測定結果を図6に示す。



図5 マンゴーの測定

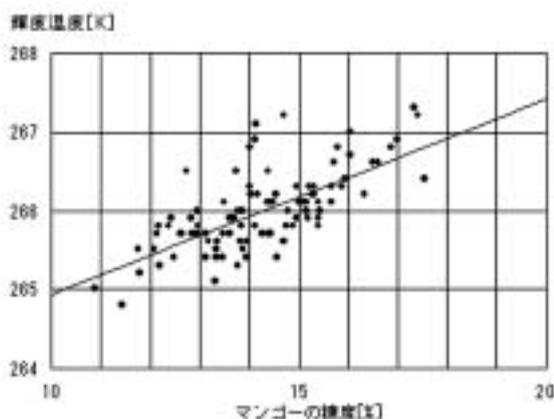


図6 マンゴーの測定結果

グラフの縦軸は、試作機でマンゴーを測定した時のミリ波強度（輝度温度）であり、横軸は、マンゴーの果汁を屈折式糖度計で測定した糖度である。その2つの相関係数は約0.7だった。

3 結果および考察

今回の結果から、ミリ波パッシブ技術による小型糖度計の実用化の可能性があることがわかったが、今後、解決すべき課題がいくつかある。

一つ目の課題としては、約0.7であった相関係数をもう少し改善する必要があるということである。その対策として、果物自体の温度も同時に測定し、その温度値から出力値を補正することが考えられる。

二つ目の課題としては、恒温槽内での測定だけでなく、一般的な環境でも測定できるようにする必要があるということである。その対策として、ソフトウェア補正（多数のデータからの補正）とハードウェア補正（小型恒温箱にミリ波受信部を収納する）の2つが考えられる。

他にも小型化により、若干性能が落ちている面もあり、今後これらの課題を解決していけば、実用化の可能性も高まると考える。

4 まとめ

- 1) 単三電池6本で、8時間連続運転可能である小型のミリ波受信装置を開発した。
- 2) 開発した小型ミリ波受信装置でマンゴーを測定したところ、ミリ波強度と屈折式糖度計で測定したマンゴーの糖度の相関係数は約0.7であった。
- 3) 果物の温度による出力の補正や受信部の温度対策を実施すれば、実用化の可能性は高いと思われる。

5 参考文献

- 1) K.Mizuno, "Imaging Technologies in the Millimeter Wave Region (Invited)," The 3rd MINT MWIS, Seoul, Feb.2002.
- 2) 手代木 扶, 米山 務 編著; 新ミリ波技術, オーム社(1999)