

# 作業効率に特化した近赤外分光装置

青木宏道

株式会社デュナミスト

Convenience type NIR collection system

Hiromichi Aoki

DUNAMIST co ltd.

## 1. はじめに

高度な計測技術の集合体ともいえる近赤外分光計測システムをラボの外に持ち出し、産業現場で運用する為には各種の工夫が必要になってくる。デュナミストでは生産現場における煩雑な環境の中で効率的に近赤外計測を実現するべくグローブ型近赤外計測装置を開発した。グローブ型近赤外計測装置は携帯型の近赤外計測装置を屋外で運用した場合に重要なポイントとなるプローブの計測配置を迅速且つ確実に実現することを目指して開発された。

産業工程の中での実用的な分光計測を想定した場合、計測対象物は環境光に暴露された状態での計測が多くなり、環境光の影響への対策が重要になる。携帯型の計測装置の場合、環境光の進入を防ぐことが大切な要素の1つであり、そのためにプローブと計測対象物との接触が確実になされていることが重要になる。プローブとサンプルの密着が不十分で間隙から環境光の侵入があった場合は正常な応答を得ることができなくなる。このような不具合を避けるためにプローブをサンプルに過度に押し付けた際にサンプルに接触痕(圧迫痕)が発生してしまう場合もあり、桃や日本梨などのデリケートな果実では事後になってこれらが顕在化し障害となる事例も確認されている。これらの問題を避けるには光計測に十分な遮光が得られる程度に強く、かつ計測対象にダメージを与えない程度の適度なプローブ接触が必要になる。更に作業効率を考えた場合、これらの適度な接触状態を迅速かつ簡便に確立できることが求められる。デュナミストではこれらの課題を解決する為の手法として、作業グローブに計測プローブを内蔵したグローブ型の近赤外計測装置を開発した。

### 2-1. グローブ装置の特徴

グローブ型近赤外分光計測装置ではグローブ装置は作業用のグローブに小型の計測プローブを内蔵しており、作業者がこのプローブを装着した片手で計測対象を掴んだ状態において近赤外分光スペクトルを計測する方式とした。グローブ装置による計測はオペレーターが装着したグローブ型のプローブにより、“片手で対象物を掴む操作”のみで実施可能となっており、従来多くの場合に必要であった対象果実に対する“支える操作”が不要になったことで極めて迅速に計測を行うことが可能となった。

また、これらの計測のためのプローブ配置が対象物を”掴む操作”の内に完了できるため、作業者は自身の“手の感触”として果実とプローブの密着状態を認知できることが特徴となっている。作業者はプローブと対象物の接触状態を“手の感触”として知覚することができるため、接触が不十分な場合にも瞬時にこれを認識し、握り直すことにより直ちに適切な接触状態を実現できる。また、接触状態を“手の感触”として認識できることにより接触状態のきめ細かな制御が可能であり、接触不足と同様に“押しすぎ状態”も、その発生を回避することができる。

グローブ装置の概観を次に示す( Figure 1 )。



Figure 1. グローブ装置の概観

グローブ型のプローブは作業者の手の感触を拠り所にした直感的な計測配置が可能であり、実際の観測作業においても高所に手を差し上げた状態での計測や枝葉に隠れた状態に於いて対象果実とプローブの接触状態が目視し難い状態でも迅速かつ的確に計測配置を確立し計測を行うことができる。

また、計測操作に必要ななくなったもう一方の片手により、作業者は身体の姿勢保持や計測対象周辺の障害物(枝葉)を一時的に退ける操作を行うことも可能となり、更にマーカーやハサミ等の別の装具を同時操作することも可能となったことなどもグローブ装置の利点と考える。

### 2-2. システムの構成

作業グローブに内蔵させた計測プローブは計測対象上の微小区間約20mmを拡散透過計測(インタラクタンス計測)するように光路設計されており、10msから1000msの測光時間で625nmから1025nmの波長範囲における近赤外分光スペクトルを計測する。

Wave length bands	625-1025nm
Steps	2nm
Collection time	Min. 20ms
Detector	SIPD
Power supply	DRY Battery
Weight ( probe )	120g
Weight ( total )	1050g

Table 1. グローブ装置の主な仕様

また、グローブ装置の分光計測ユニットは屋外運用を想定して独自に開発した高振動耐久型の専用の分光ユニットを搭載している。同ユニットは浜松ホトニクス製のシリコンフォトダイオードアレイ(256/512/1024ch)を受光素子として、入射部から受光素子までが同一光軸上に配置した内部に光軸反射面を持たない直線光軸方式となっている。一般的な分散型分光装置と直線光軸型分光装置の構造比較を次に示す。(Figure 2)

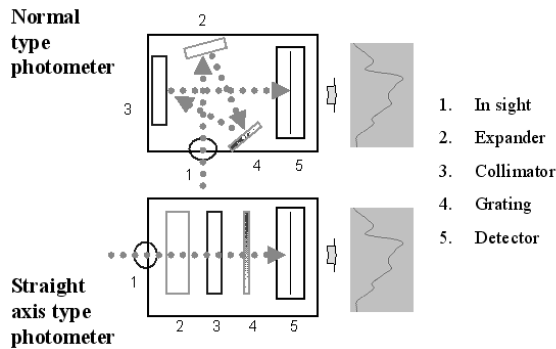


Figure 2. 分散型分光装置と直線光軸型分光装置の比較

一般的な分散型分光装置に於いては内部に配置されたミラーや回折格子などの光学素子間で光軸が反射される為、これらの素子は向き合い位置、角度などが極めて厳密に配置される必要があり、これらは外部からの振動や衝撃に対して影響を受けやすい要素となっている。同要素はラボ用の高品位な分光計測装置などにおいて水平が確保された免振台などへの設置が求められる理由にもなっている。これに対して直線光軸方式の分光装置は入射位置から受光素子面までが同一直線上に配置されており、反射界面(角度制御面)をなくすことでそれらが振動や熱歪などから受ける影響を少なくすることを課題として設計されている。

### 3. 運用の事例について

グローブ装置は同分光ユニットを電源等と共に縦15cm、横17cm、高さ8cm、の本体ケースに収納しており、作業者は総重量1kgの同装置を肩又は腰部に取り付けた状態でプローブのみを手先に装着した状態で計測を行う。グローブ装置の圃場での運用状態を次に示す。(Figure 3)



Figure 3. グローブ装置による樹上果実計測の様子

また、計測データの事例として、開放環境にて計測されたキウイ(ルビーレッド)のスペクトルデータを次に示す(Figure 4 & Figure 5)

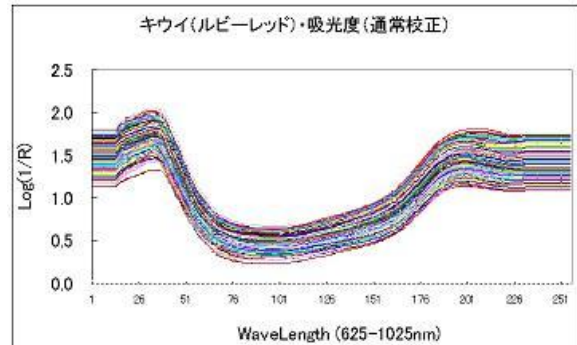


Figure 4. グローブ装置によるキウイの吸光度スペクトル

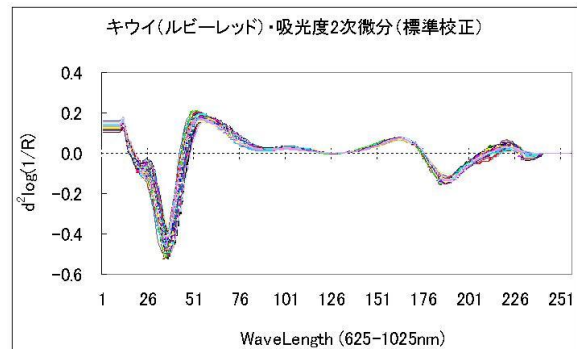


Figure 5. 同・吸光度2時微分スペクトル

### 4. まとめ

- I. 作業現場での機動性と効率向上を目指したグローブ型の近赤外分光計測装置を構築した。
- II. グローブ型の計測プローブにより、迅速に確実なプローブ配置が可能になった。
- III. 作業者の“触感”に基づいた目視に頼らない直感的な計測配置が可能になった。
- IV. 上記の効果により、生産現場における近赤外分光計測の作業効率が向上した

### 5. 謝辞

本発表の遂行に当たり、静岡県農林技術研究所・果樹研究センター殿より多大なるご協力を頂いた。特に、主任・村上覚氏には特段の協力を頂いたことをここに記して御礼申し上げる。