

## 近赤外分光法によるリンゴ果実の糖度推定

上田 仁悦・大隅 専一・水野 昇

(秋田県果樹試験場鹿角分場)

Estimation of Sugar Content in Apple Fruit by Near-infrared Reflectance Spectroscopy

Jin-etsu UETA, Sen-ichi OSUMI and Noboru MIZUNO

(Kazuno Branch, Akita Fruit-Tree Experiment Station)

### 1 はじめに

近年、モモやリンゴでは近赤外分光分析法 (NIR 法) による果実糖度の非破壊測定が可能な選果システムが開発され、現場では既に一部導入されている。

しかしながら、リンゴについてはこれらの試験報告が少なく、NIR 法の精度評価も含め基礎的な研究が必要と考えられる。

今回、県内 2 箇所に導入された NIR 法による糖度選別が可能な選果機を使用する機会を得、若干の知見を得たので報告する。

### 2 試験方法

1993年産 ‘つがる’ の果実を 9月20日に収穫し、10月5日に A社製の製果機に300果をランダムに流し果実糖度を推定した。

供試果の糖度測定は、果実赤道面の日当りの良い所 (陽向面) と悪い所 (陰向面) からそれぞれ果皮直下 5mm の厚さで切片を取り、手で搾って果皮部の糖度サンプルとし、残った部分は搾汁器で一個まるごと搾汁し、それぞれデジタル糖度計 (アタゴ社製) で測定した。

また、同年産 ‘ふじ’ の果実を11月10日に収穫し、予めマジックインキで果実梗あぶを90度ずつ4分割してマークした果実を11月19日に A社製に87果、翌年4月21日に B社製の選果機に100果、各分割部分が測定できるように4回流して糖度推定を行った。

供試果の糖度測定は ‘つがる’ と同様、図1のように果実赤道面の果皮切片をマークに従い4方向から得ると共に、果肉部も同様に4分割し、果芯を除いた後 1/4 個ごとに搾汁し、それぞれデジタル糖度計で測定した。

### 3 試験結果及び考察

‘つがる’ の 1 果平均糖度と NIR 法による推定値との関係は、相関係数 (以下 r) 0.64\*\*、標準誤差 (以下 Se) 0.81であり、推定糖度から実測糖度を差し引いた偏差の分布は、偏差平均1.1%、偏差平均の95%信頼区間は  $1.09 \leq \bar{x} \leq 1.11\%$  と、図1に示すよう実測糖度よりも高めに推定さ

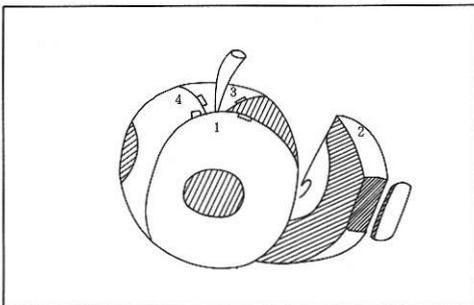


図1 リンゴ果実の糖度搾汁部位

れる傾向がみられた。

また、果皮部糖度と推定値の関係は、陽向面  $r=0.49^{**}$ 、 $Se=0.92$ 、陰向面  $r=0.66^{**}$ 、 $Se=0.80$ 、陽陰向面平均  $r=0.65^{**}$ 、 $Se=0.81$ であった。

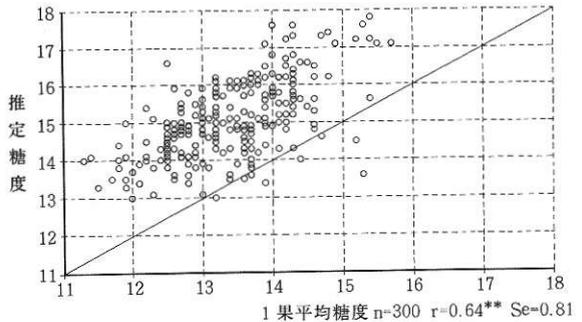


図2 リンゴ ‘つがる’ の 1 果平均糖度と NIR 法による測定値との関係

‘ふじ’ の果実糖度と NIR 法による推定値との関係を表1、2に示した。

糖度センサーと実測糖度の測定箇所を一致させた場合、相関係数は果皮部  $0.81^{**} \sim 0.84^{**}$ 、果肉部  $0.75^{**} \sim 0.78^{**}$  と ‘つがる’ に比べて高まる傾向がみられたが、測定部位を限定せずランダムに 1 果実平均糖度を推定した場合、相関係数は  $0.53^{**} \sim 0.67^{**}$  と ‘つがる’ 同様、低下した。

しかし、糖度センサーの測定箇所を対角 2 方向にした場合、相関係数は  $0.81^{**} \sim 0.77^{**}$ 、標準誤差 0.33、4 方向では、 $0.83^{**}$  であり、標準誤差は 0.30 となり、標準誤差は著しく低下した。

こうした結果を踏まえ、リンゴ果実内の糖度分布を検討したのが図3～5と表3である。

‘ふじ’ の同一ブロック内果皮部糖度から果肉部糖度を差し引いた偏差の分布は、図3のように収穫直後では最大で 2.9%、平均値の95%信頼区間が  $0.95 \leq \bar{x} \leq 1.03\%$  と果皮部の糖度が果肉部に比べ約 1% 高いという関係がみられている。

しかし、収穫約 5 ヵ月後の貯蔵果実では、平均で 0.5%、95% の信頼区間は  $0.49 \leq \bar{x} \leq 0.51\%$  とその差は小さくなった。

また、4 分割した果実の方位別の糖度を最低糖度を先頭に配列させると、図4のように果皮、果肉部とも対角部に向かって増加し、減少するという規則性がみられた。

更に、これを 1 果平均糖度との差のばらつきでみたのが図5である。1 果平均糖度との差は、果皮、果肉部とも図4同様、対角に向かって増加し、減少する傾向がみられた。

以上のことから、1 箇所の測定では平均糖度との誤差が生じることが確認されたため、測定箇所を対角の 2 箇所とし、予測精度の比較を行った。

結果は表3に示すように、果皮部、果肉部とも偏差平均、

表1 NIR法によるリンゴ‘ふじ’の果実糖度推定

1993年11月10日

センサーの測定箇所	糖度実測部	供試果数	相関係数	標準誤差
赤道部1方向	果皮部(限定) <sup>z</sup>	348	0.84**	0.49
〃	果肉部(限定)	348	0.75**	0.61
〃	果実全体(ランダム) <sup>y</sup>	348	0.53**	0.78
赤道部対角2方向	〃	174	0.77**	0.41
〃 4方向	〃	87	0.83**	0.33

z: センサーの測定部位と実際に糖度を測定する部位が一致する  
 y: 〃 一致しない

表2 NIR法によるリンゴ‘ふじ’の果実糖度推定

1994年4月21日

センサーの測定箇所	糖度実測部	供試果数	相関係数	標準誤差
赤道部1方向	果皮部(限定) <sup>z</sup>	400	0.81**	0.40
〃	果肉部(限定)	400	0.78**	0.42
〃	果実全体(ランダム) <sup>y</sup>	400	0.67**	0.50
赤道部対角2方向	〃	200	0.81**	0.33
〃 4方向	〃	100	0.83**	0.30

z, y: 表1と同じ

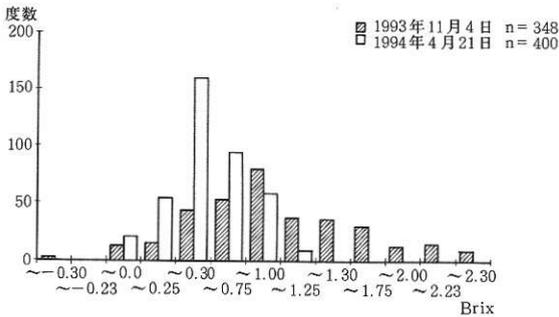


図3 リンゴ‘ふじ’の果皮糖度と果肉糖度の偏差分布

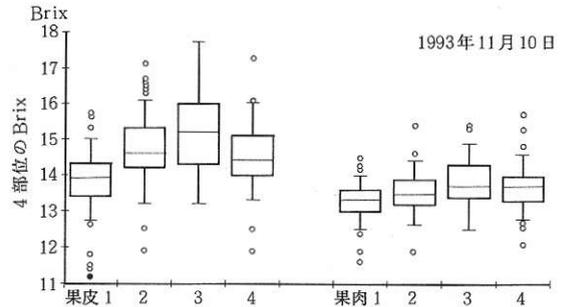


図4 リンゴ‘ふじ’の部位別の糖度分布

標準偏差が小さくなり予測精度が向上することが判明した。これは、相関係数がセンサーの測定箇所を増やすことにより向上した表1, 2の結果の裏づけになると思われる。

4 まとめ

現在の NIR 法による糖度選果システム (果実赤道面を一方から縦20mm, 横40~50mm, 深さ5~7mmの範囲を推定) でリンゴの1果平均糖度の予測を行った場合, 相関係数は0.53\*\*~0.67\*\*と, 必ずしも予測精度が高いとはいえなかった。これは, リンゴ果実内の糖度分布の変動に糖度センサーが対応できないのが大きな原因と考えられる。

リンゴの1果平均糖度の予測を NIR 法で行う場合は, 糖度センサーの測定箇所を赤道部1方向のみでなく, 最低でも対角の2箇所に増やすなどハード面の改良が望まれる。

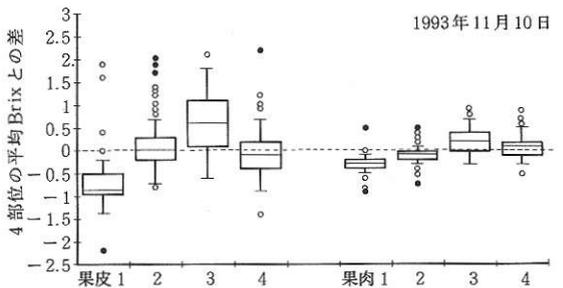


図5 リンゴ‘ふじ’の部位による平均糖度との差の分布

表3 リンゴ‘ふじ’の1果平均糖度を推定した場合の測定箇所数による推定糖度の比較 (点線上段は1993年11月10日, 下段は1994年4月21日調査)

測定箇所	n	(測定部の平均値) - (一果平均糖度) の絶対値の分布					
		果 皮 部			果 肉 部		
		レ ン ジ	平 均 値	標 準 偏 差	レ ン ジ	平 均 値	標 準 偏 差
1	348	0~3.20	1.05	0.73	0~0.93	0.24	0.19
対 角 2	174	0~2.10	1.00	0.40	0~0.35	0.07	0.06
1	400	0~1.40	0.31	0.25	0~0.78	0.18	0.15
対 角 2	200	0~0.35	0.10	0.08	0~0.20	0.05	0.04