

共鳴振動を用いた青果物の 非破壊熟度判定技術と装置の開発

美味しい食べ頃をピタリ！



果実や野菜の熟度判定

因子	測定手段
甘味（酸っぱい→甘い）	近赤外光（非接触）
色（緑→赤）	画像解析（非接触）
硬さ（硬→軟）	非破壊法は未開発
食感（シャキシャキ）	未開発
鮮度（張り）	未開発
匂い（芳香）	開発中

既存の技術の長所と欠点

センサー	長所	短所
光センサー	速い	光不透過の果実 (メロン、キウイフルーツなど)
色センサー	速い	色の変わらない果実 (スイカ、アボカドなど)

硬度による熟度の測定は上記のセンサーを補完するものである。

これまでの果物の硬さの計り方 (マグネス・テイラー硬度計)



皮をむいて、果肉に棒を突き刺す力を読み取る
破壊法で測ると売れない、食べれない



1. 全品検査できない
2. 原始的・物理学にあっていない

本日のテーマ

果実の熟度を非破壊で知る

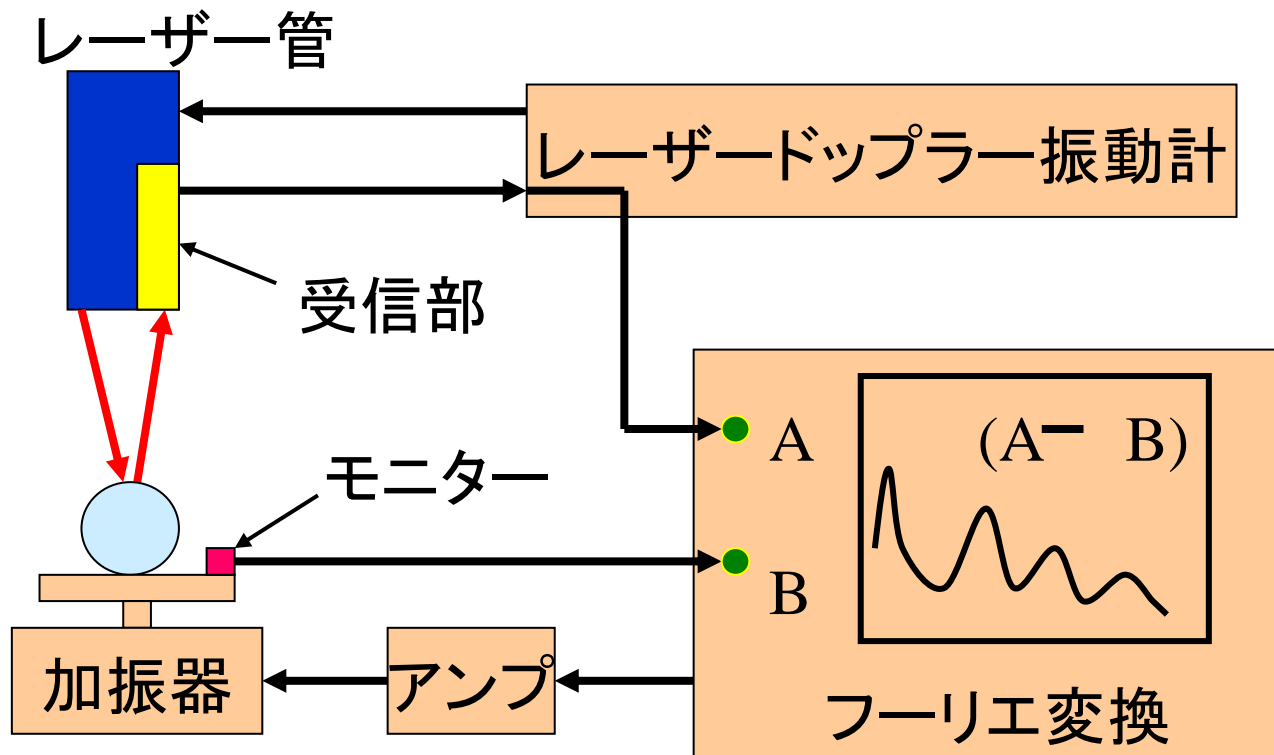
果実の熟度が非破壊で分かると

- ① 食べ頃が分かる
- ② 取り頃が分かる
- ③ 全品検査できる

果実硬度測定装置の開発

レーザードップラー法(長所 正確、短所 大型・高価)

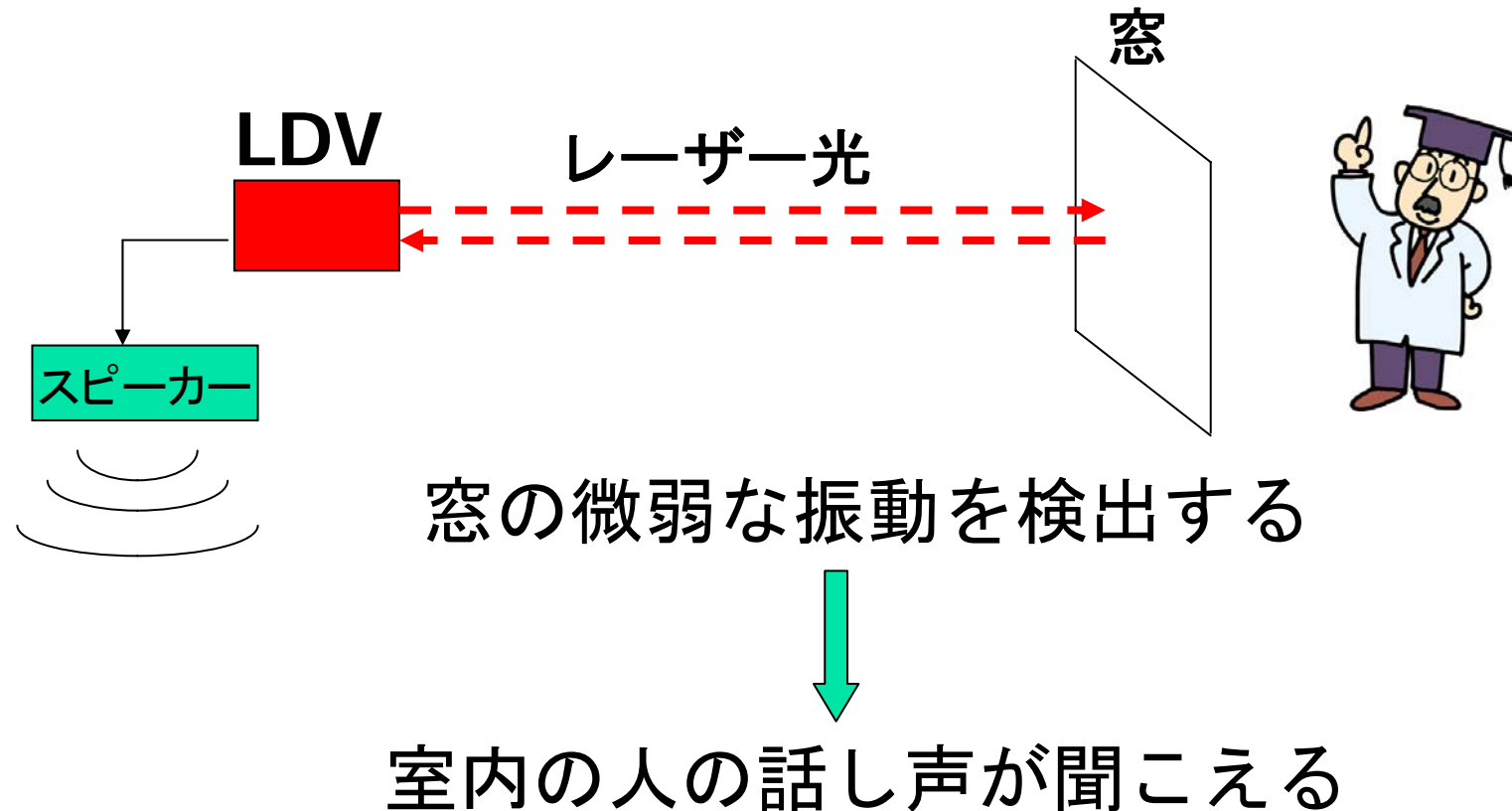
(特許3062071、発明人 桜井直樹・山本良一・和田直樹)



微弱な振動を与えて果物の振動を測定する

レーザードップラー法 (LDV)

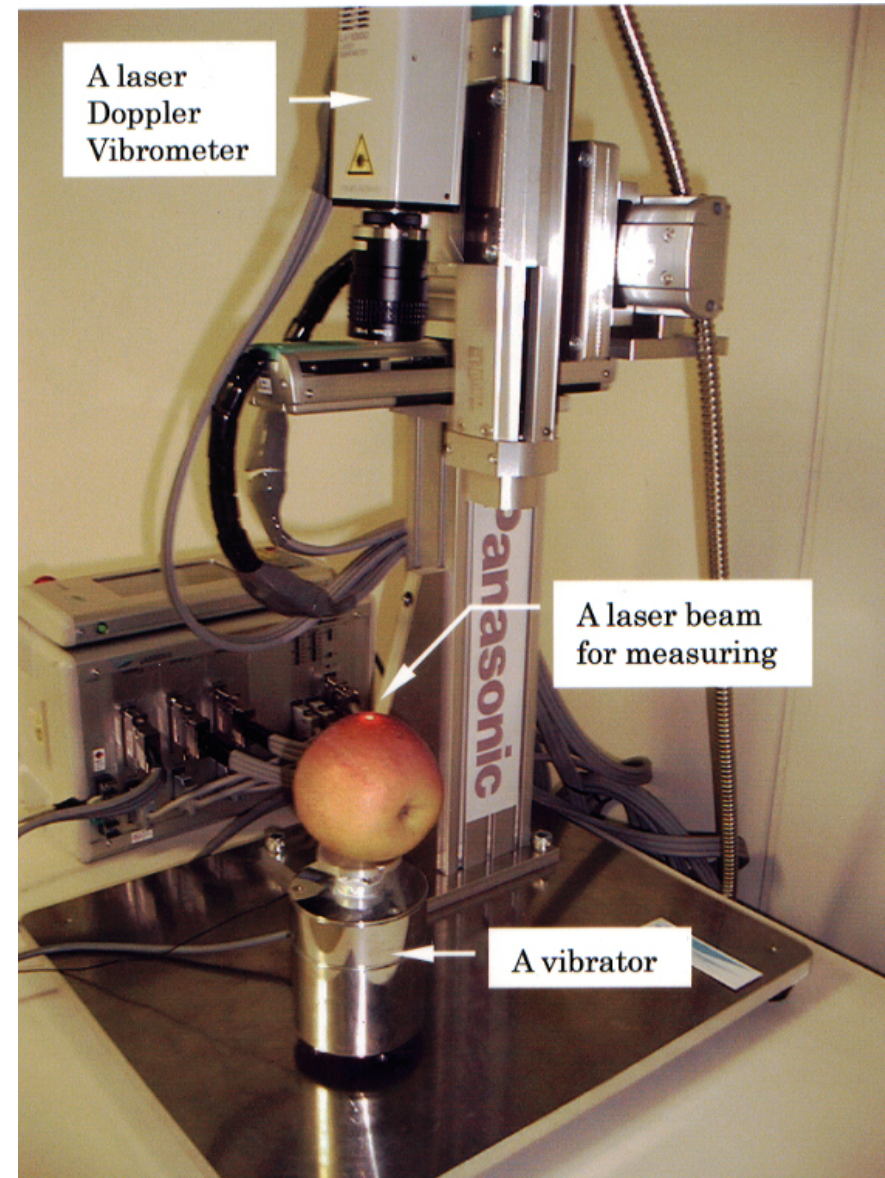
・・・でスパイができる？



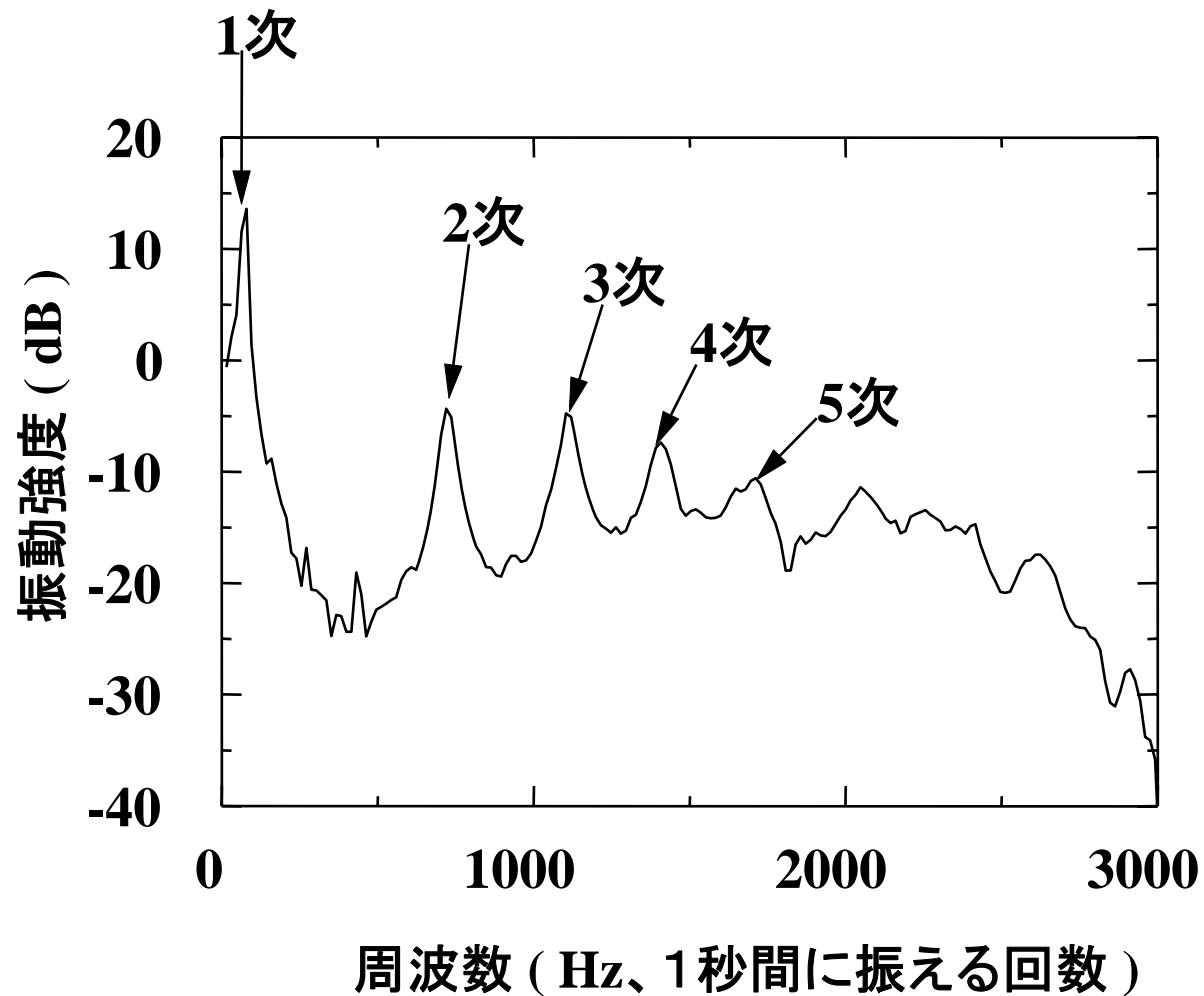
(2011年11月2日放送TV「ホンマでっか！？TV」で紹介)

レーザードップラー装置 〔旧松下寿電子工業提供〕

装置	小野測器
振動	スイープ法 〔低振動100Hz⇒ 高振動3000Hz〕
検出限界	5nm
振動台	エミック社製
解析部	高速フーリエ変換

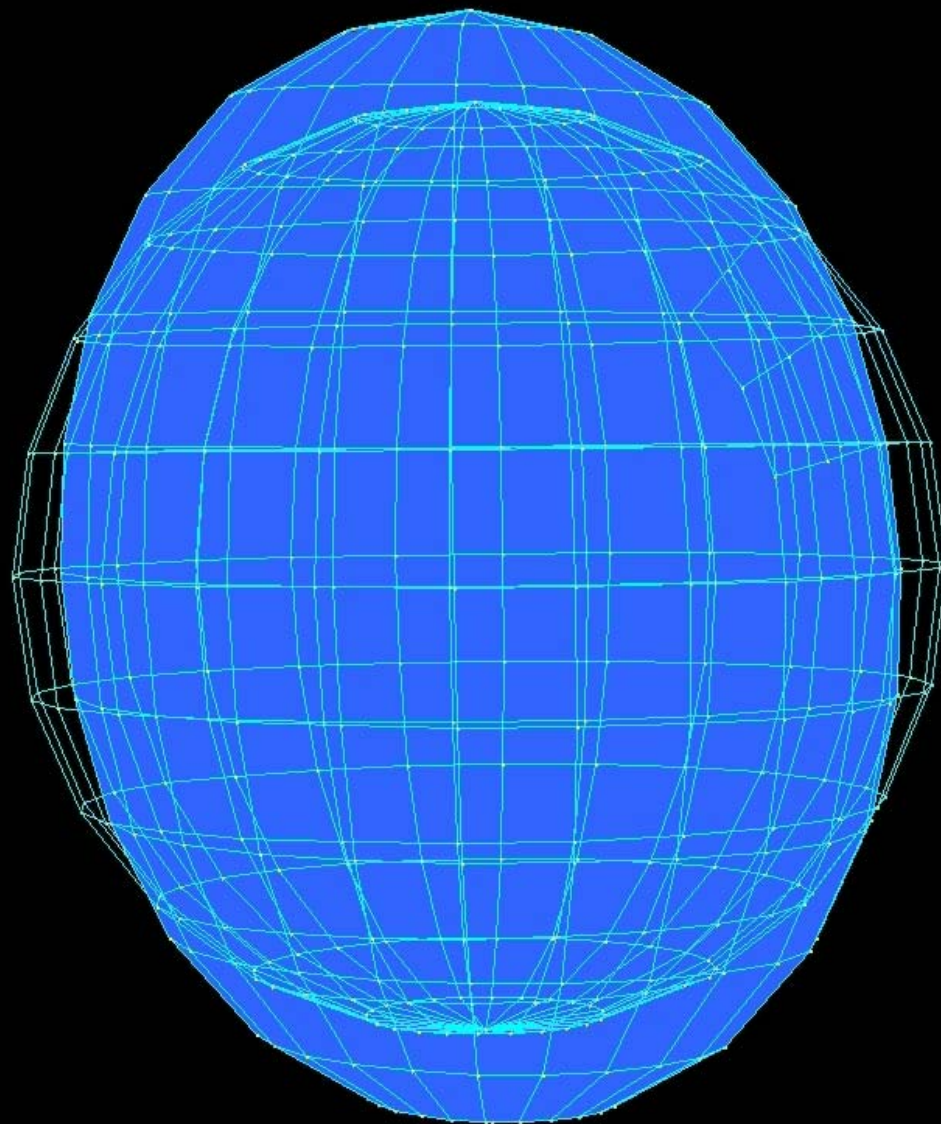


リンゴ〔フジ〕の振動スペクトル

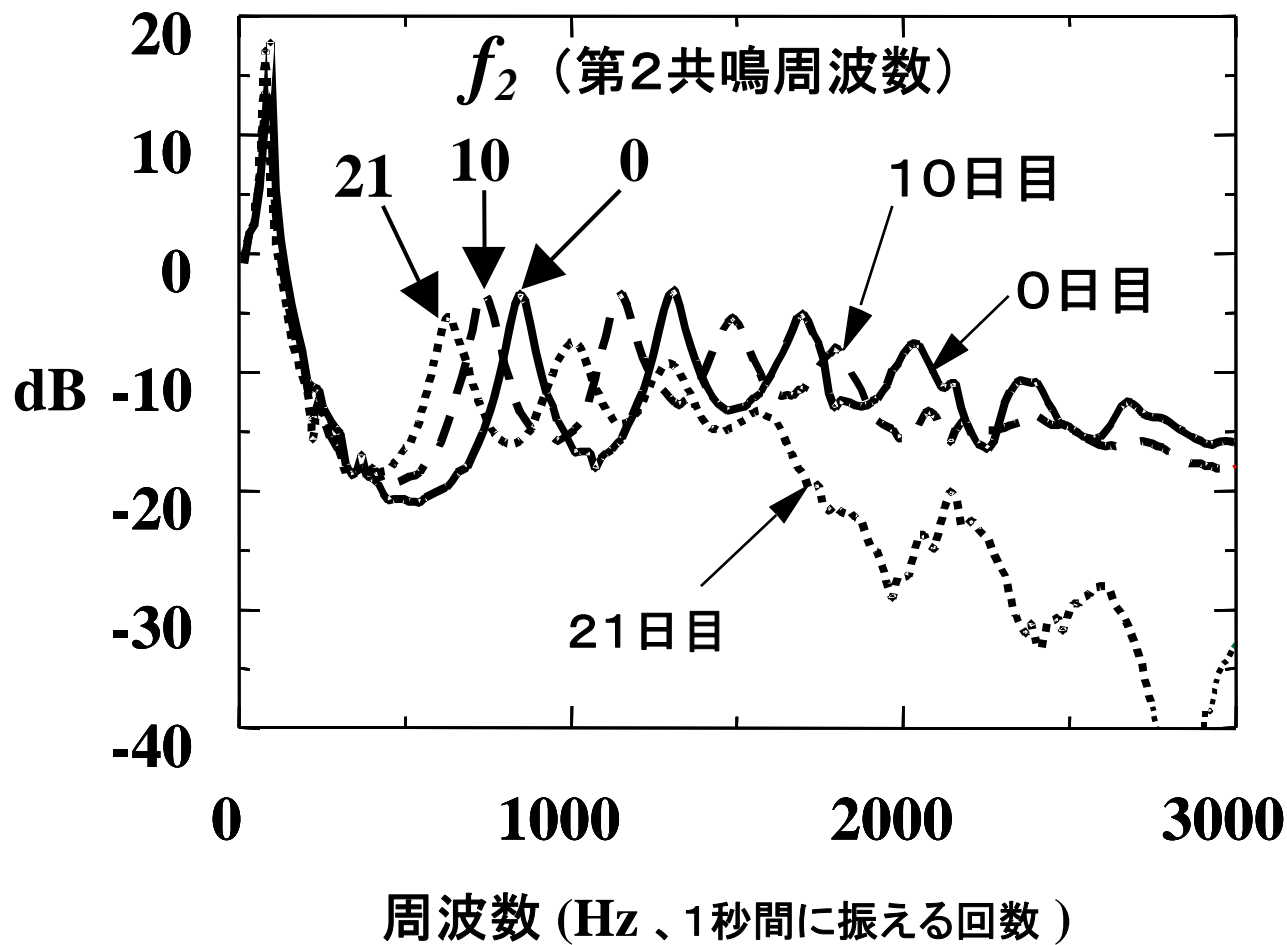


果実を振動させると特定の周波数で共鳴がおこる。

第2共鳴振動をしている果実の振動パターン (有限要素モデルを用いた誇張表示)

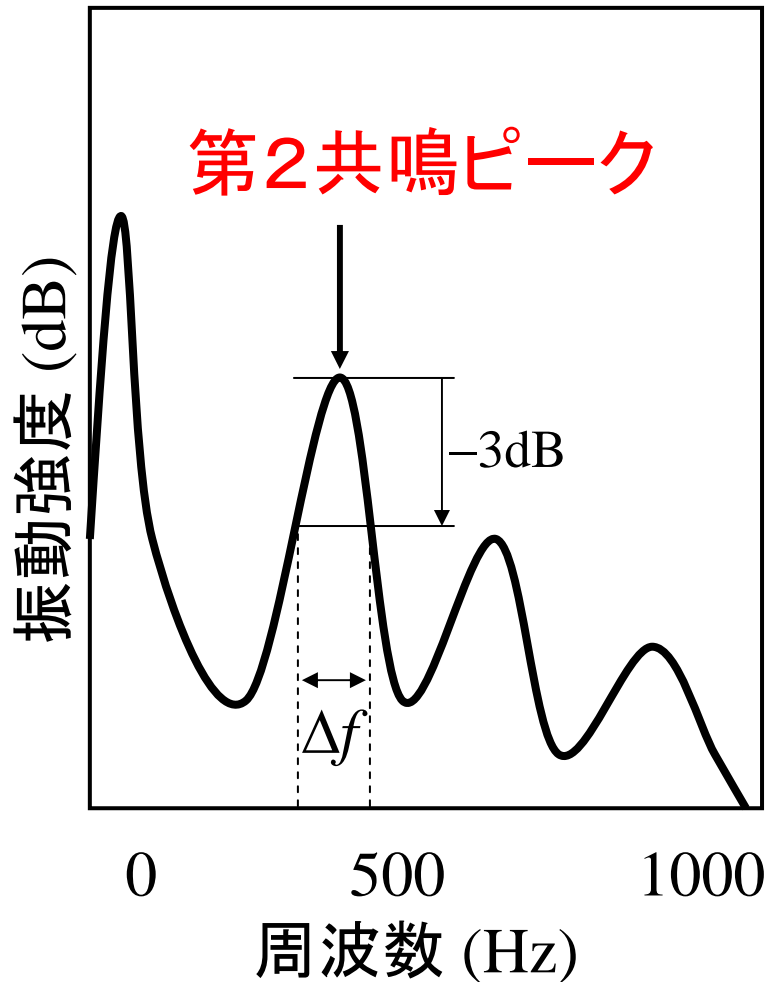


リンゴの振動スペクトルの貯蔵後の日変化



軟化が進むと共鳴周波数が低くなる。
日にちが経つと高周波の振幅が小さくなる

弾性率と粘性率の計算



- 弾性率 (Cooke, 1972)

$$E = m^{2/3} \rho^{1/3} f^2$$

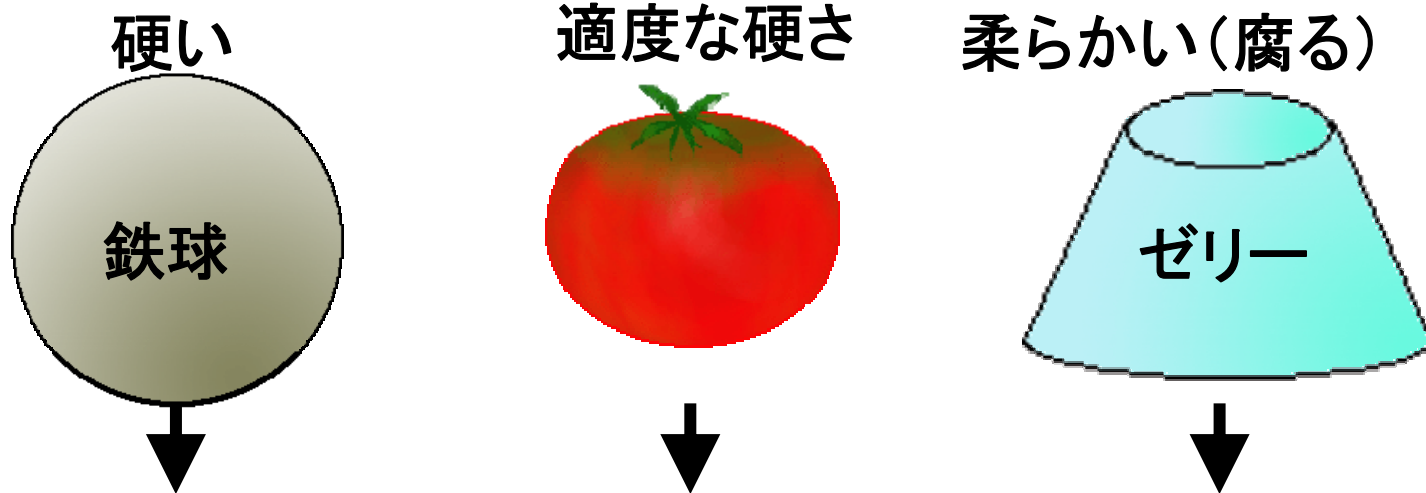
m, 質量; ρ , 密度;
f, 第2共鳴周波数

- 粘性率 (Drake 1962)

$$c = 2\pi m * \Delta f$$

Δf , 3 dB下のピーク幅

振動で熟度が分かる理由



共鳴
振動数

高い

調度良い

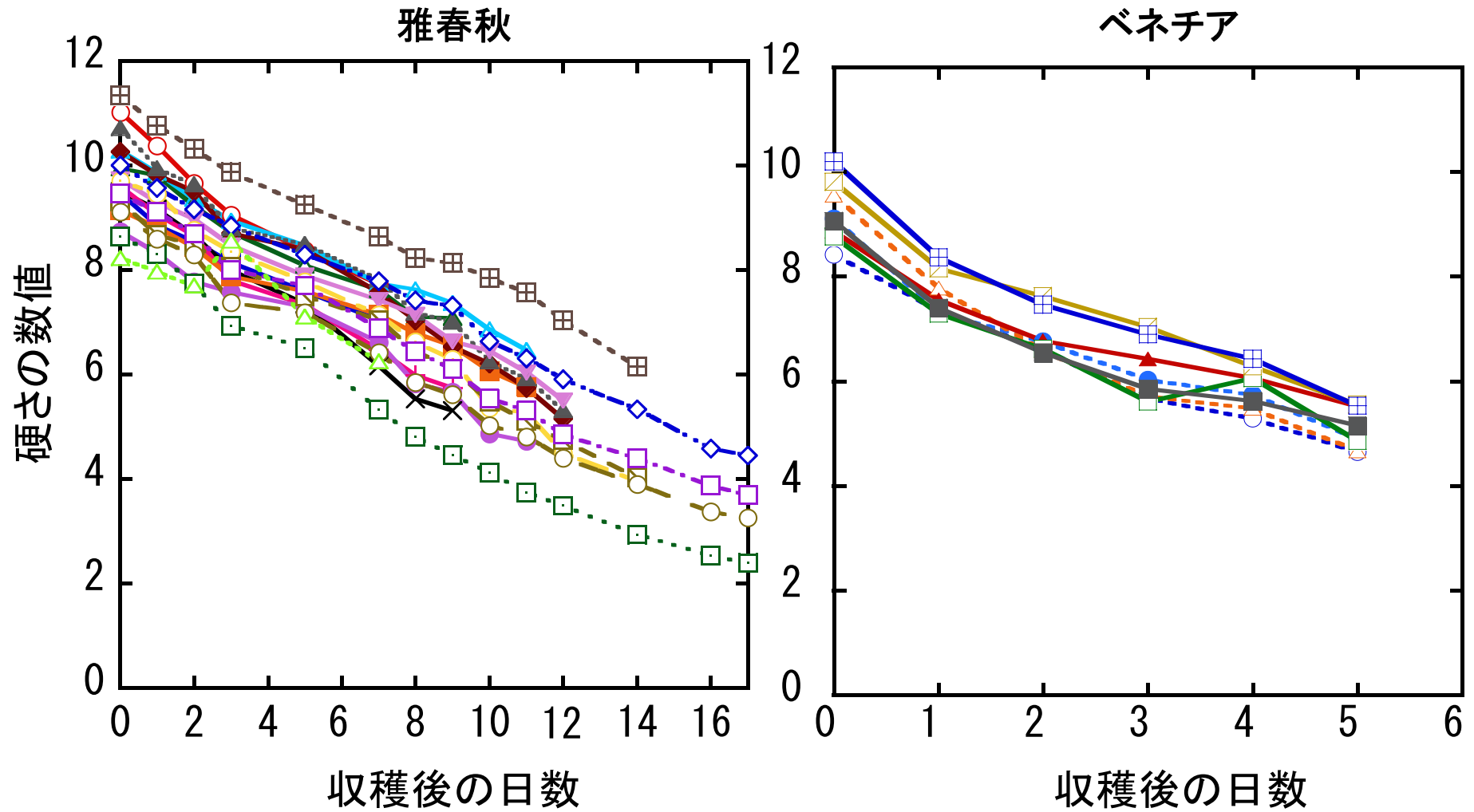
低い

物理式

$$\text{硬さ} = \text{振動数}^2 \times \text{重さ}^{2/3}$$

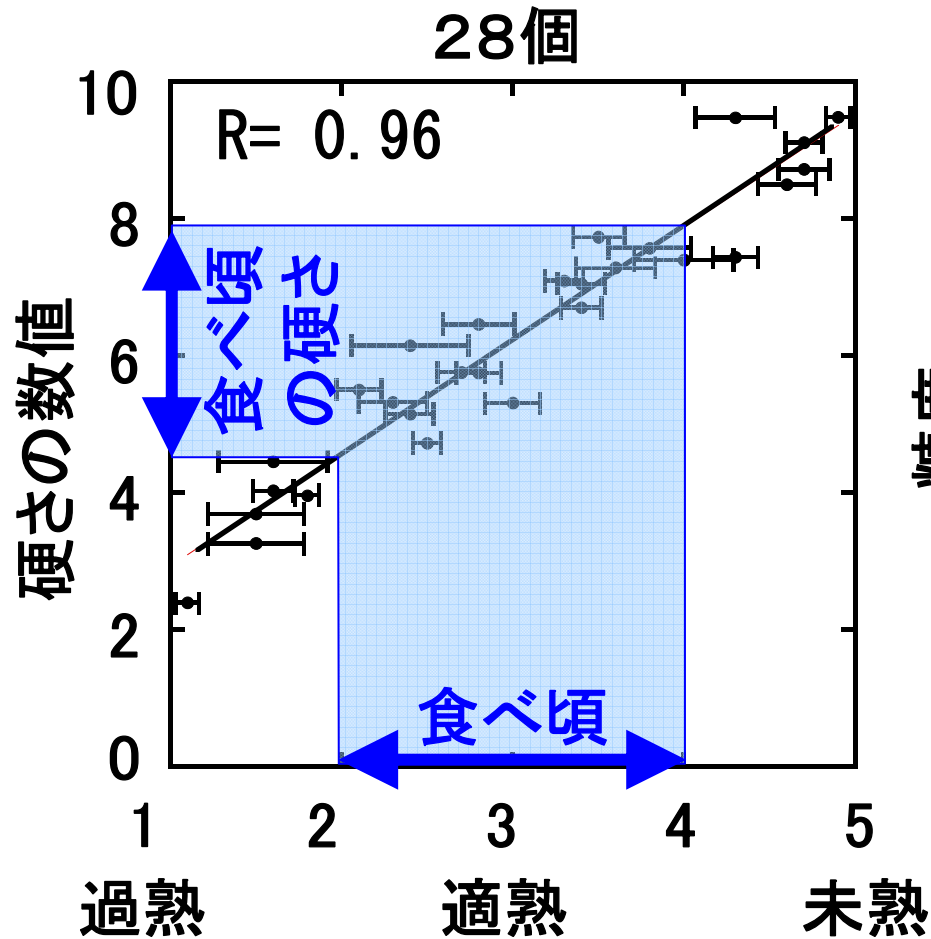
振動数で硬さが測れるので熟度が分かる

メロン収穫後の硬さの変化

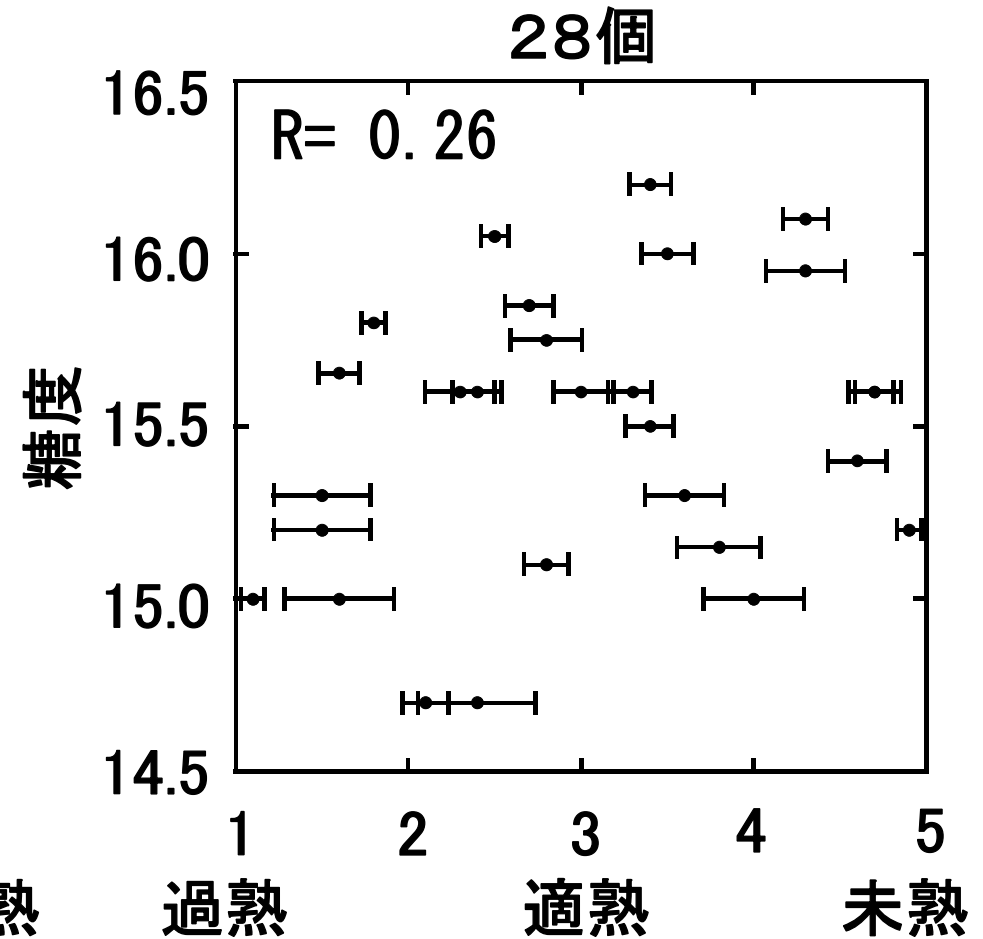


硬さにバラツキがあるが、品種ごとに同じ速度で軟化している

硬さと熟度には密接な関係がある

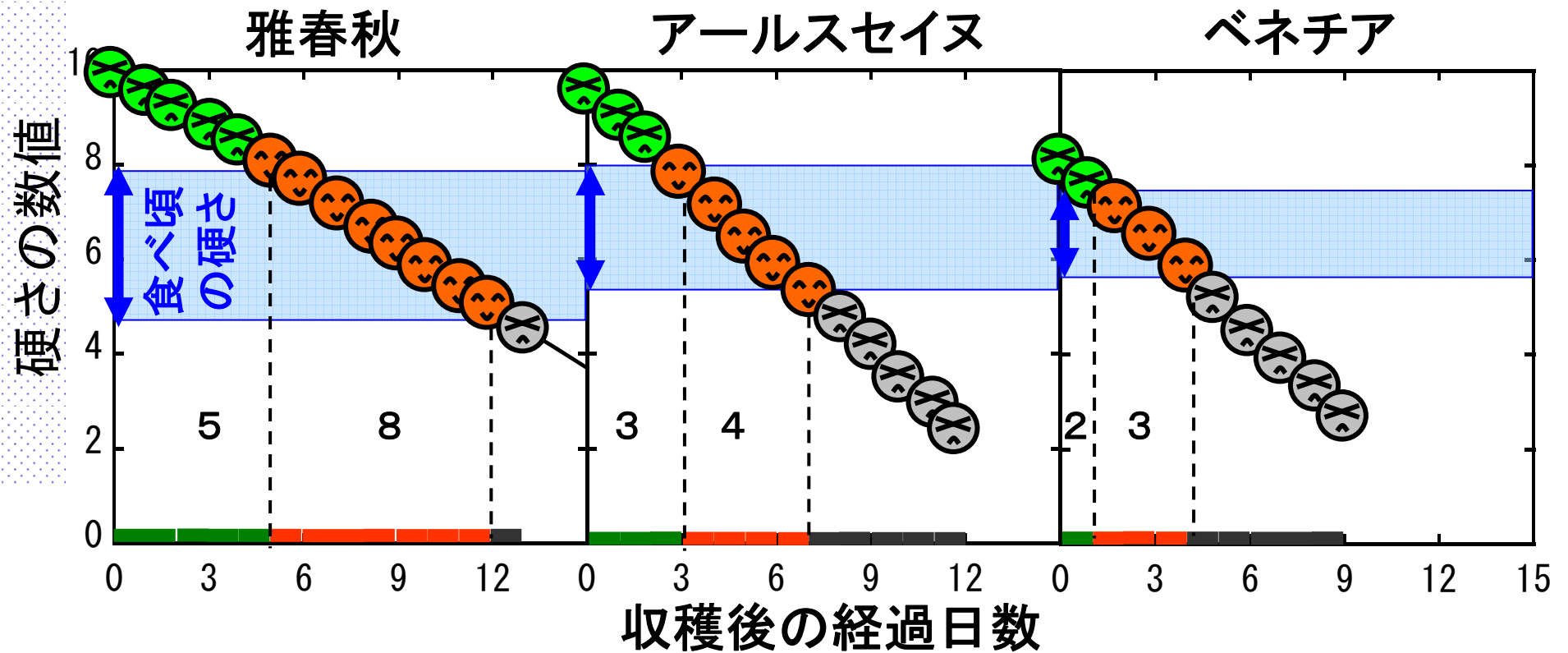


硬さで熟度が
分かる



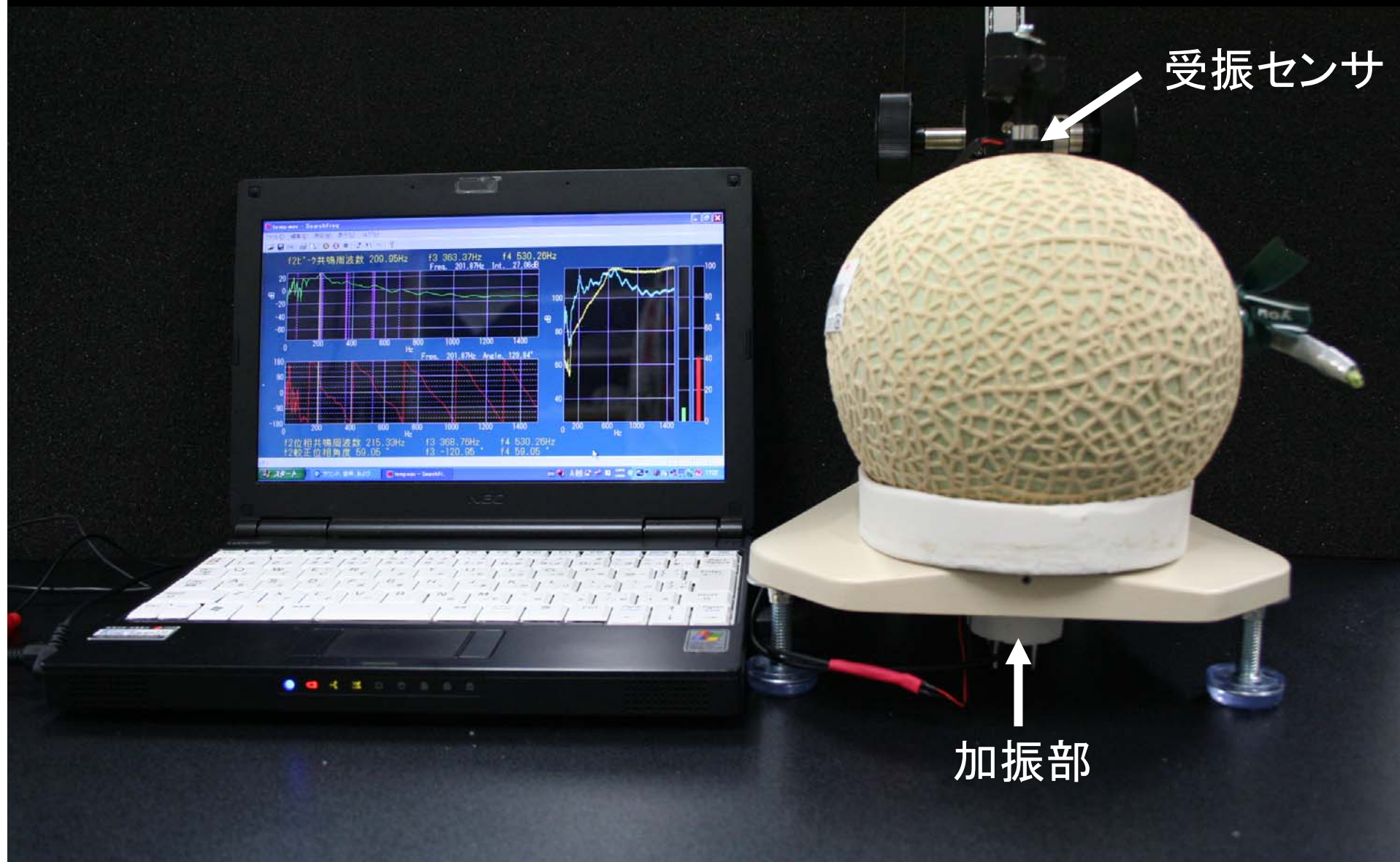
糖度では熟度は
分からない

メロンの品種によってデータは異なる



	雅春秋	アールスメイヌ	ベネチア
食べ頃まで	5日後	3日後	2日後
おいしい期間	8日間	4日間	3日間

「食べ五郎 III号」 メロンの熟度を非破壊ではかれる装置



これまでの研究果実

共鳴周波数から非破壊で熟度が予測できるようになった果実

- ・メロン
 - ・アボカド
 - ・キウイフルーツ
 - ・スイカ
 - ・カキ
 - ・セイヨウナシ
-

熟度の予測が難しいもの

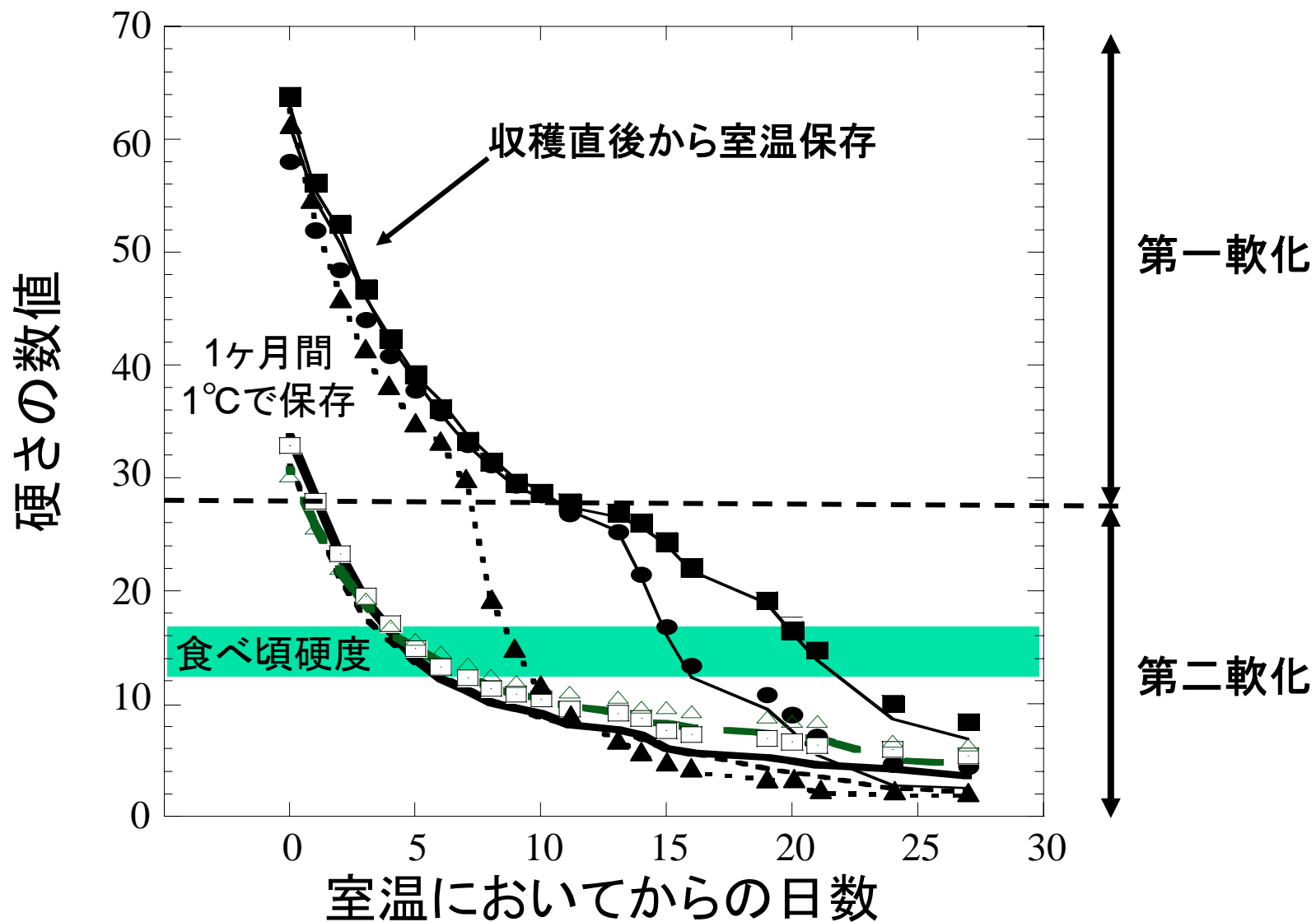
- ・ブドウ
-

研究中

- ・モモ
 - ・ウメ
 - ・マンゴー
 - ・プルーン
-

非破壊で測ることで1個の果実の軟化過程を
“連続”して測定できるようになった。

キウイを一個ずつ測ると予想外のことが分かった (Terasakiら 2001年)



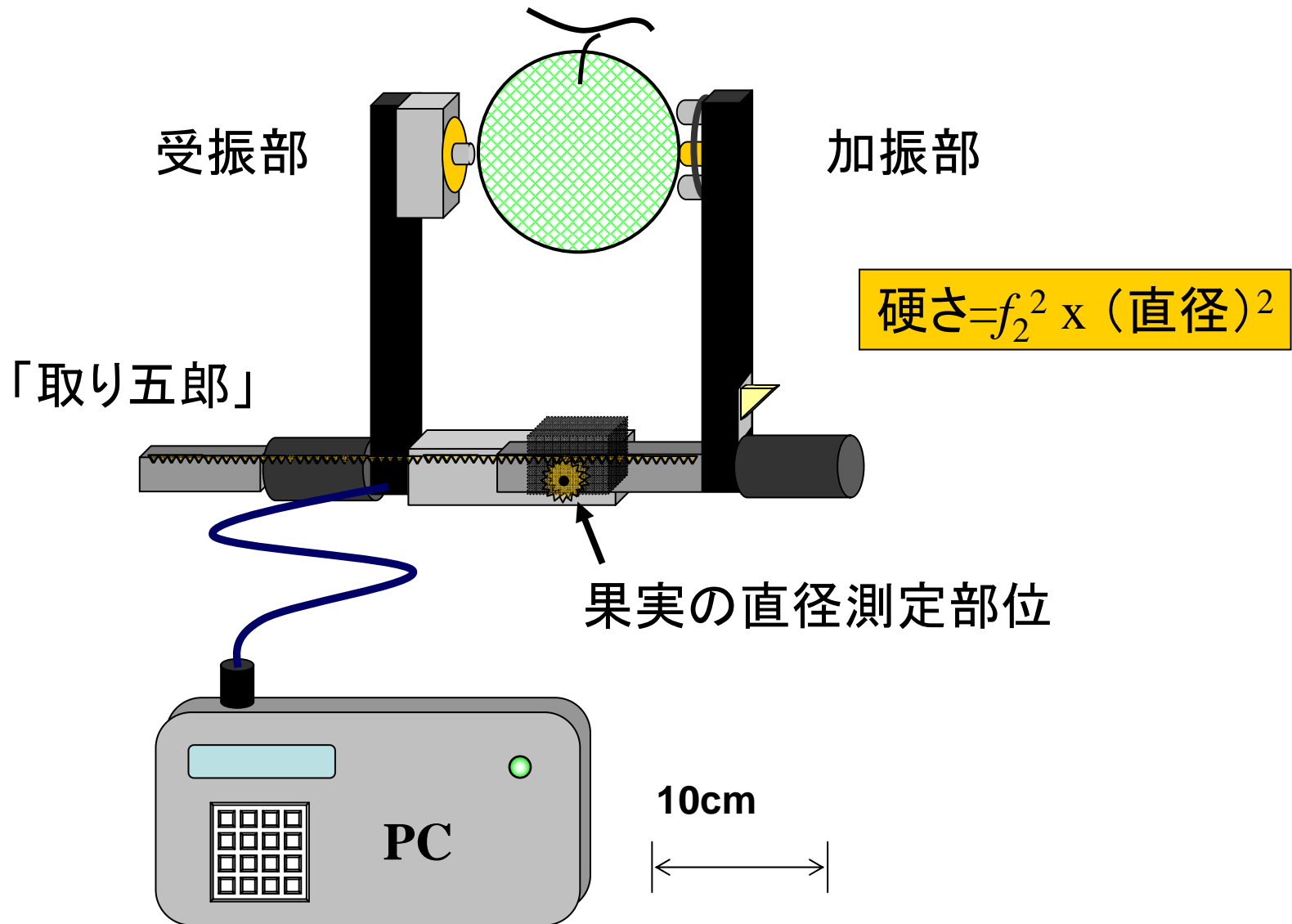
だから・・・

- キウイは収穫してすぐに市場に出荷すると・・・
 - 食べごろがバラバラ (*-*)
- 低温で保蔵してから出荷すると・・・
 - おいしい時期がそろおう(^-^)v

畑で使える装置が欲しい

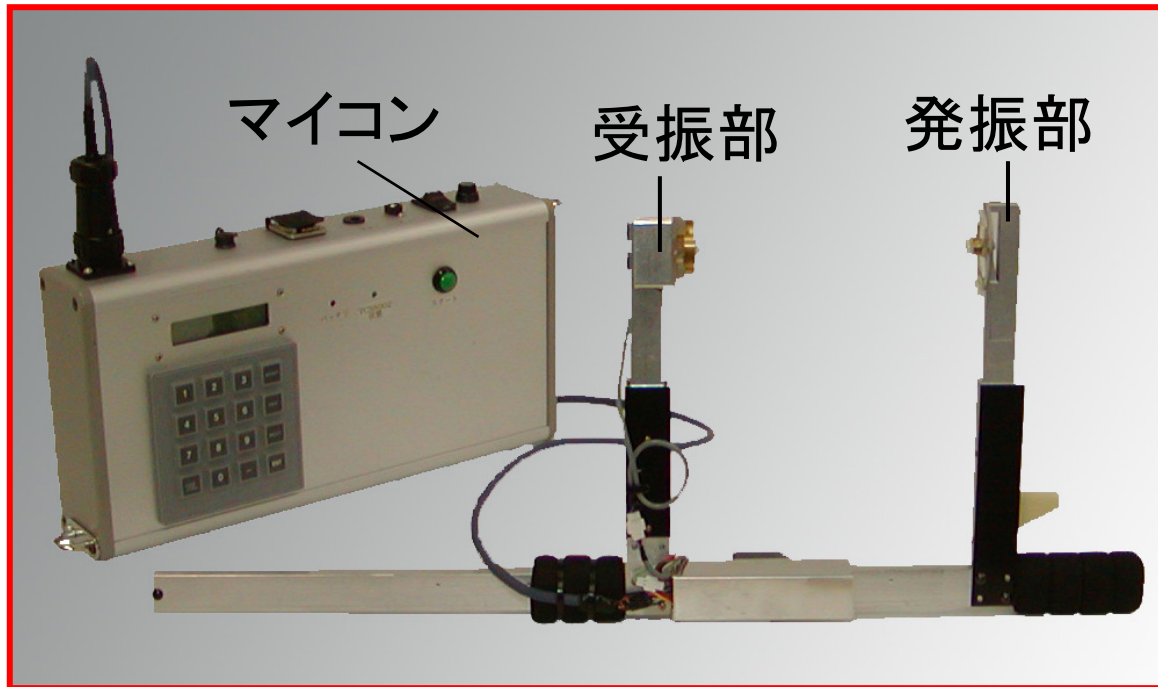
1. 果実の硬さから取り頃を知る
2. 果実の生育状況を知る

畑で使える携帯型の小型装置を作りました



小型装置（プロトタイプ）

（特許3927996 発明人 桜井直樹・山本良一・藤路陽）



$E = f^2 \times d^2$ 但し、 E :弾性、 f :第2共鳴周波数、 d :直径

ひとつの温室内のメロンの熟度の分布

6月18日



6月24日



この辺り硬い

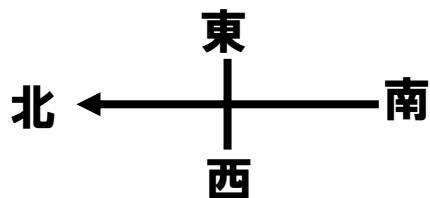
7月3日



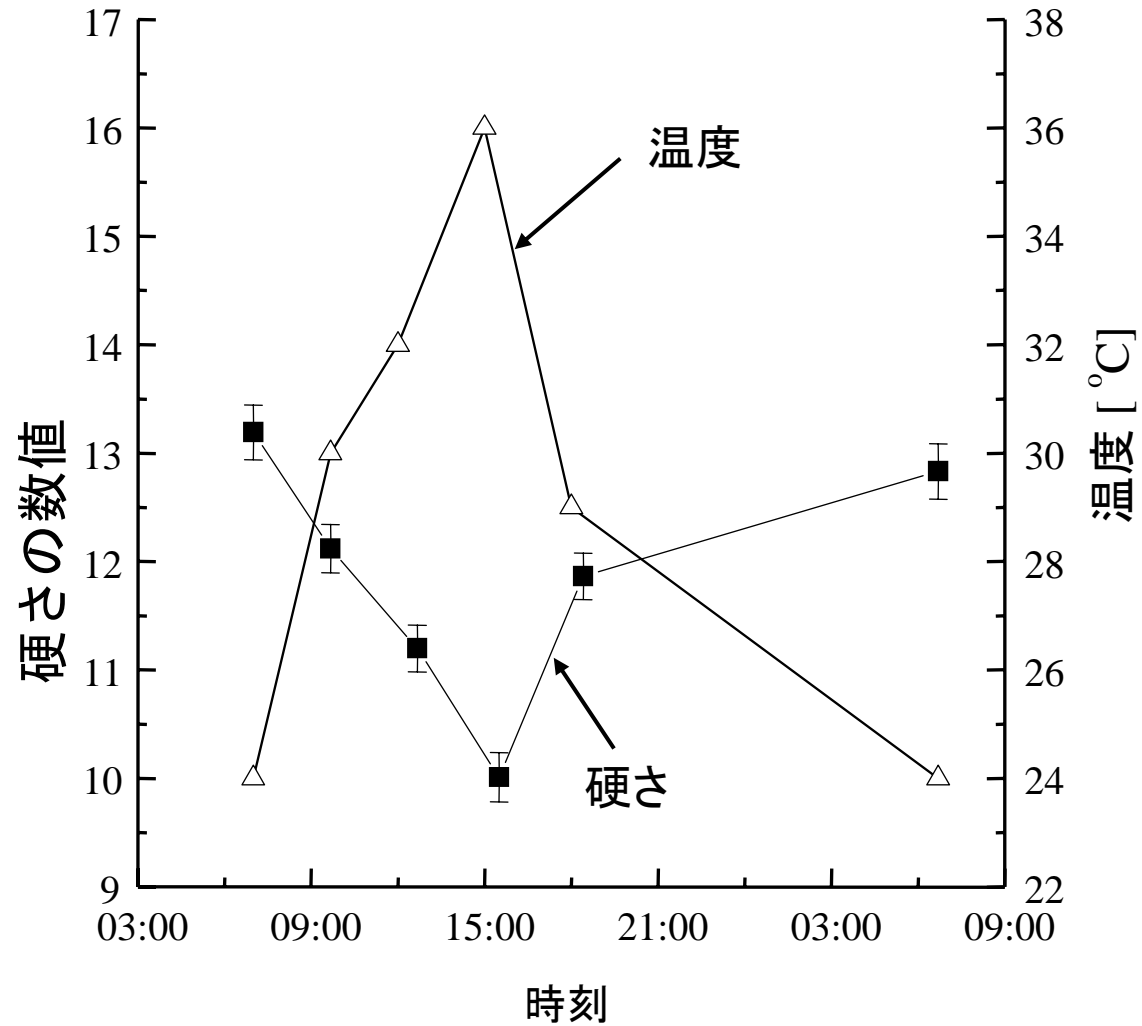
7月15日



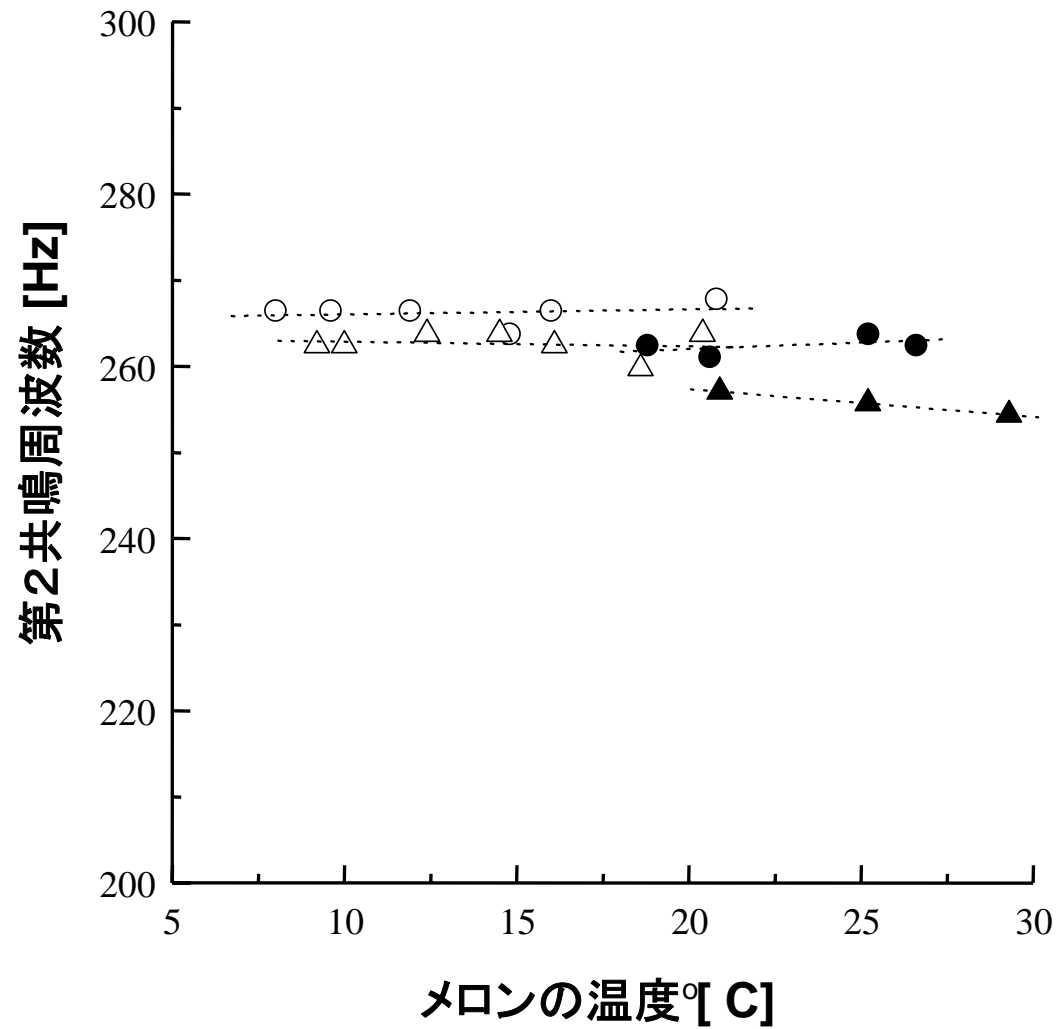
7月24日



メロンの硬さは1日の間に大きく変わる



温度が変わってもメロンの硬さにはほとんど影響ない

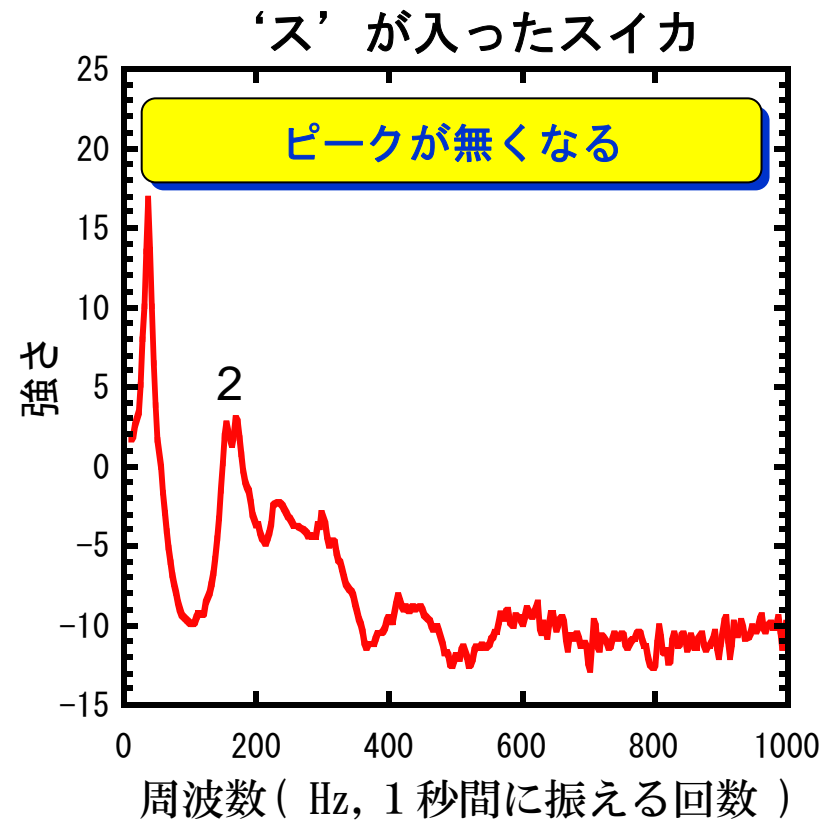
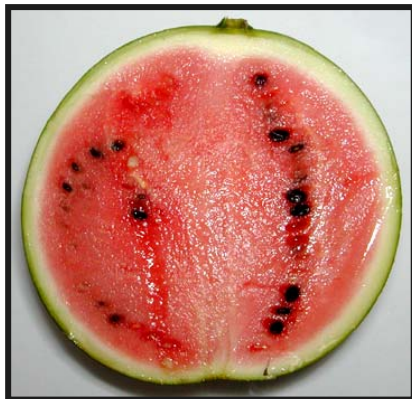
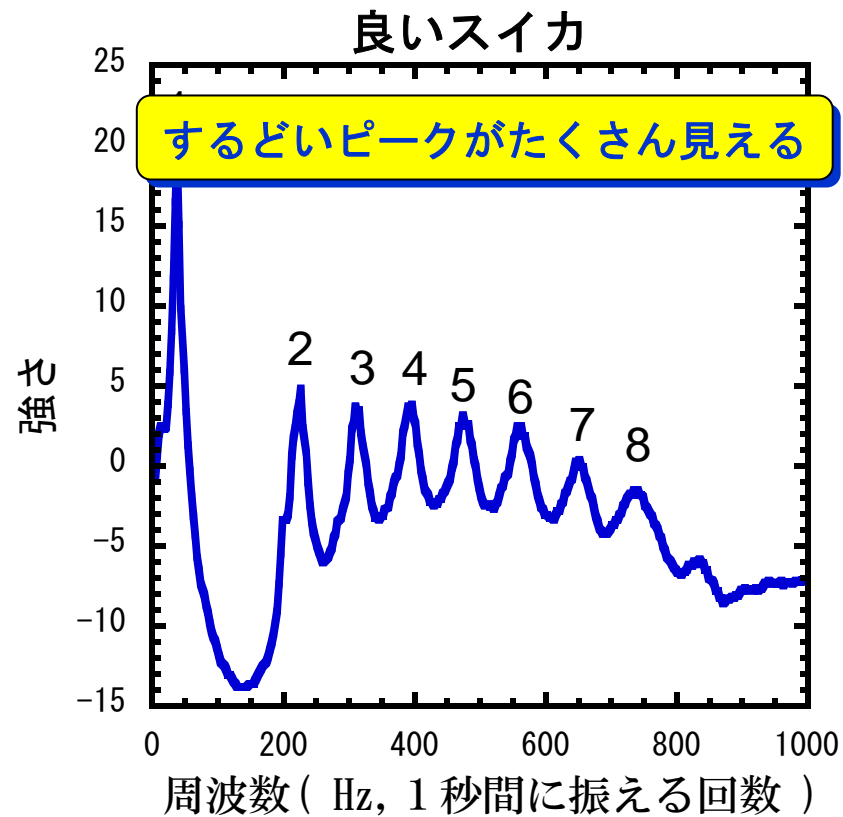


スイカ選果時の問題点

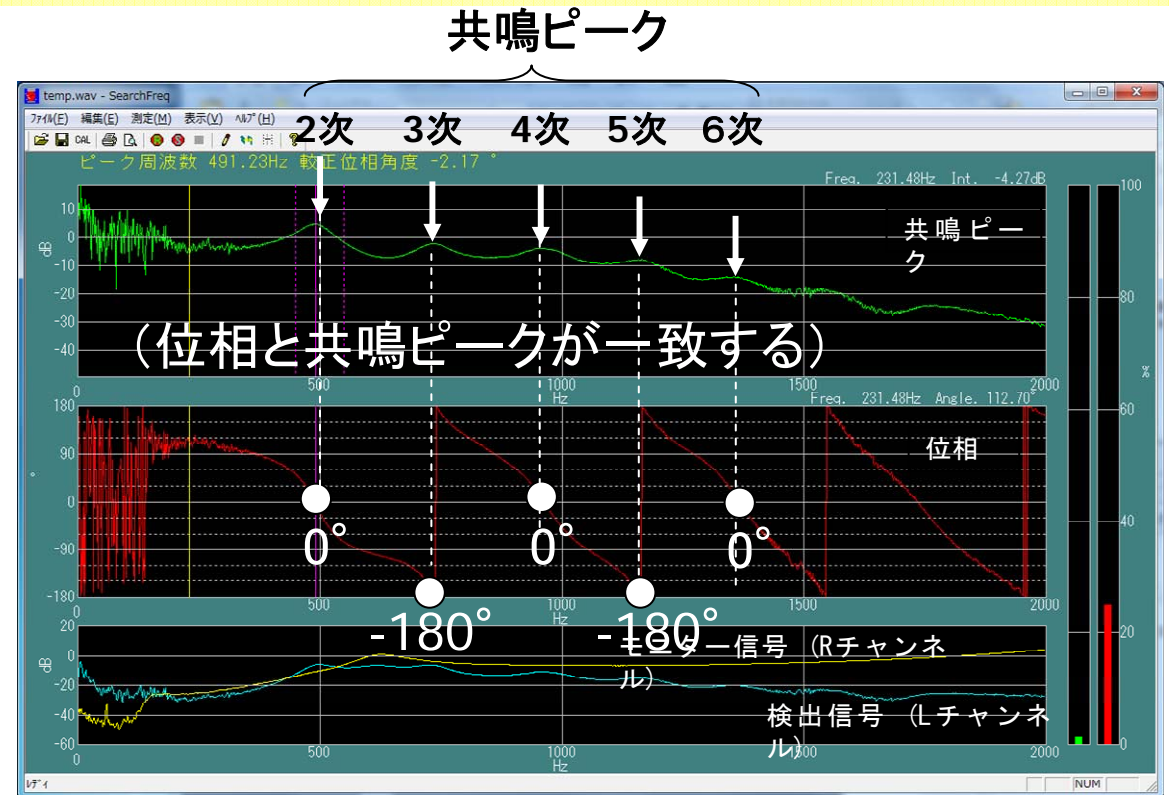
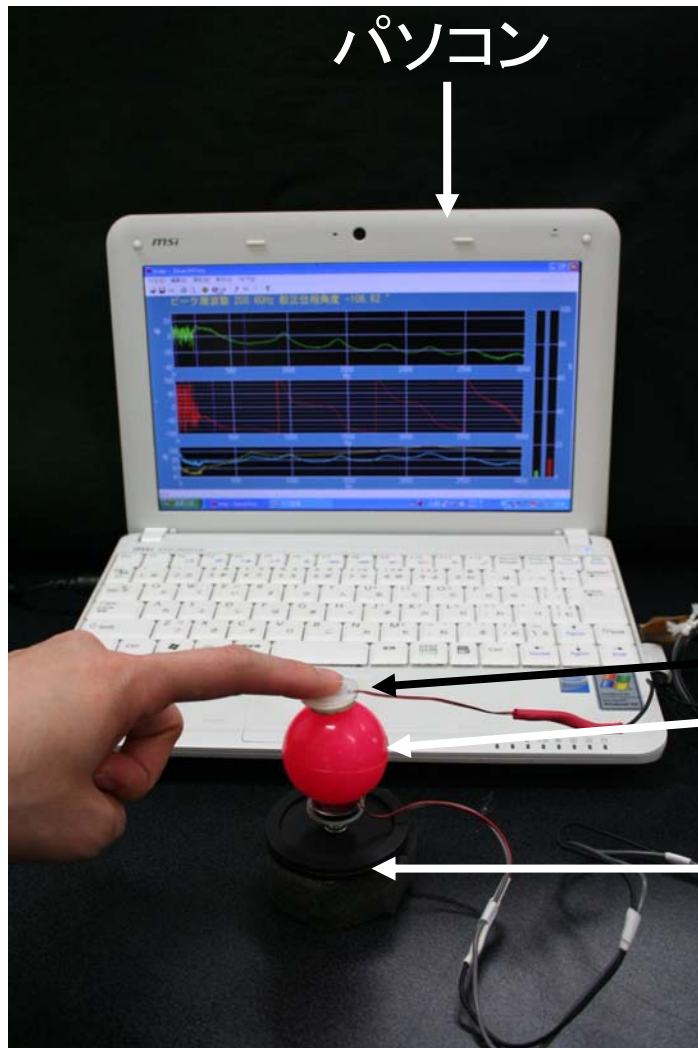
- ・ 一部の人（スイカ名人）しか判定できない
- ・ 判定技術を簡単に継承できない
- ・ 判定は、生産農家の収入に直結する
- ・ 誰が判定するのか？

2004年7月22日

良いスイカと‘ス’があるスイカの違い



小さい果実から大きな果実まで測れる小型装置（聴振器）



受振器

スーパーボール

(ウメ、ブドウ、ナシからメロン、スイカまで)

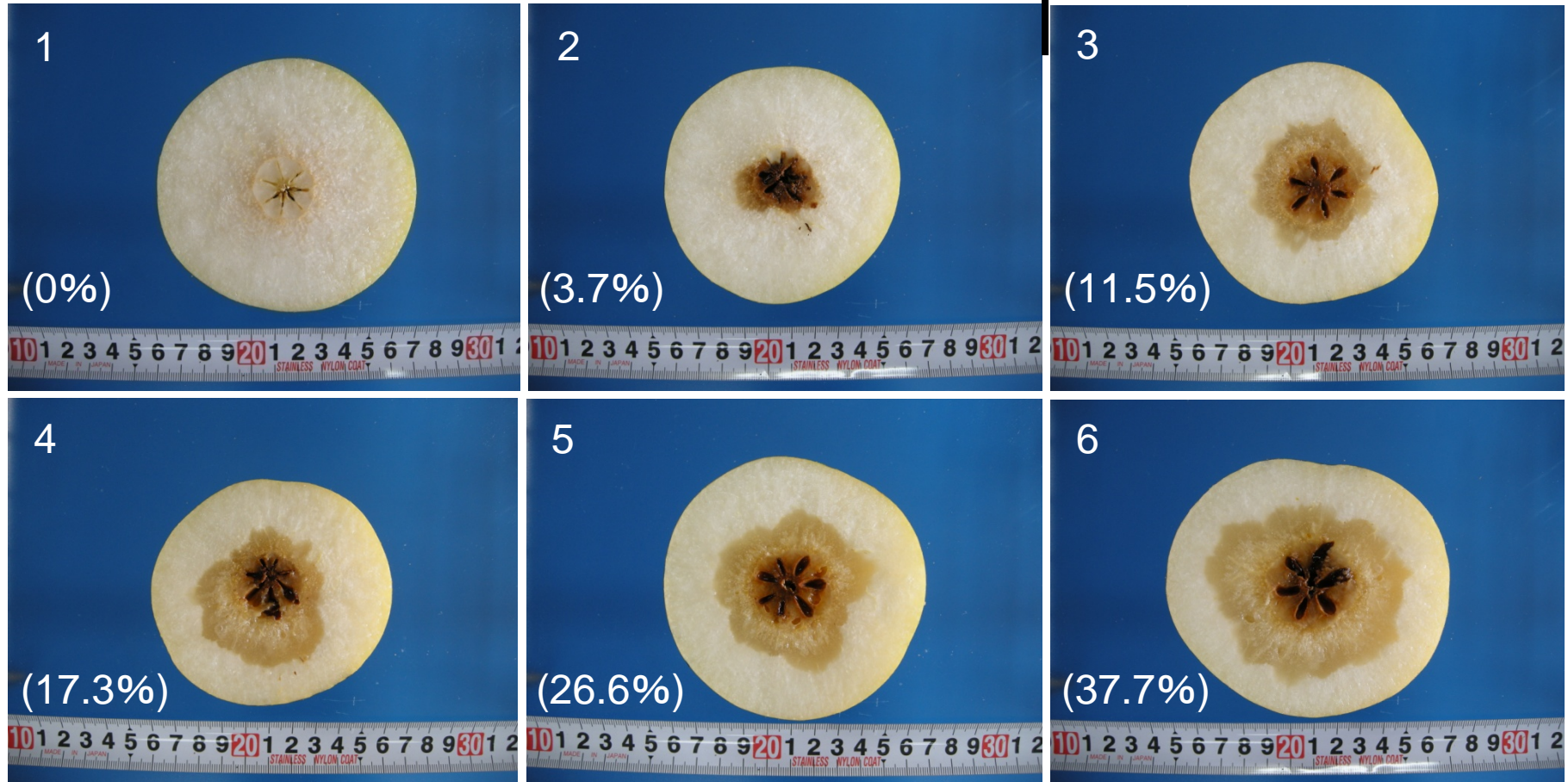
加振器



幸水ナシの芯腐れ症の判別

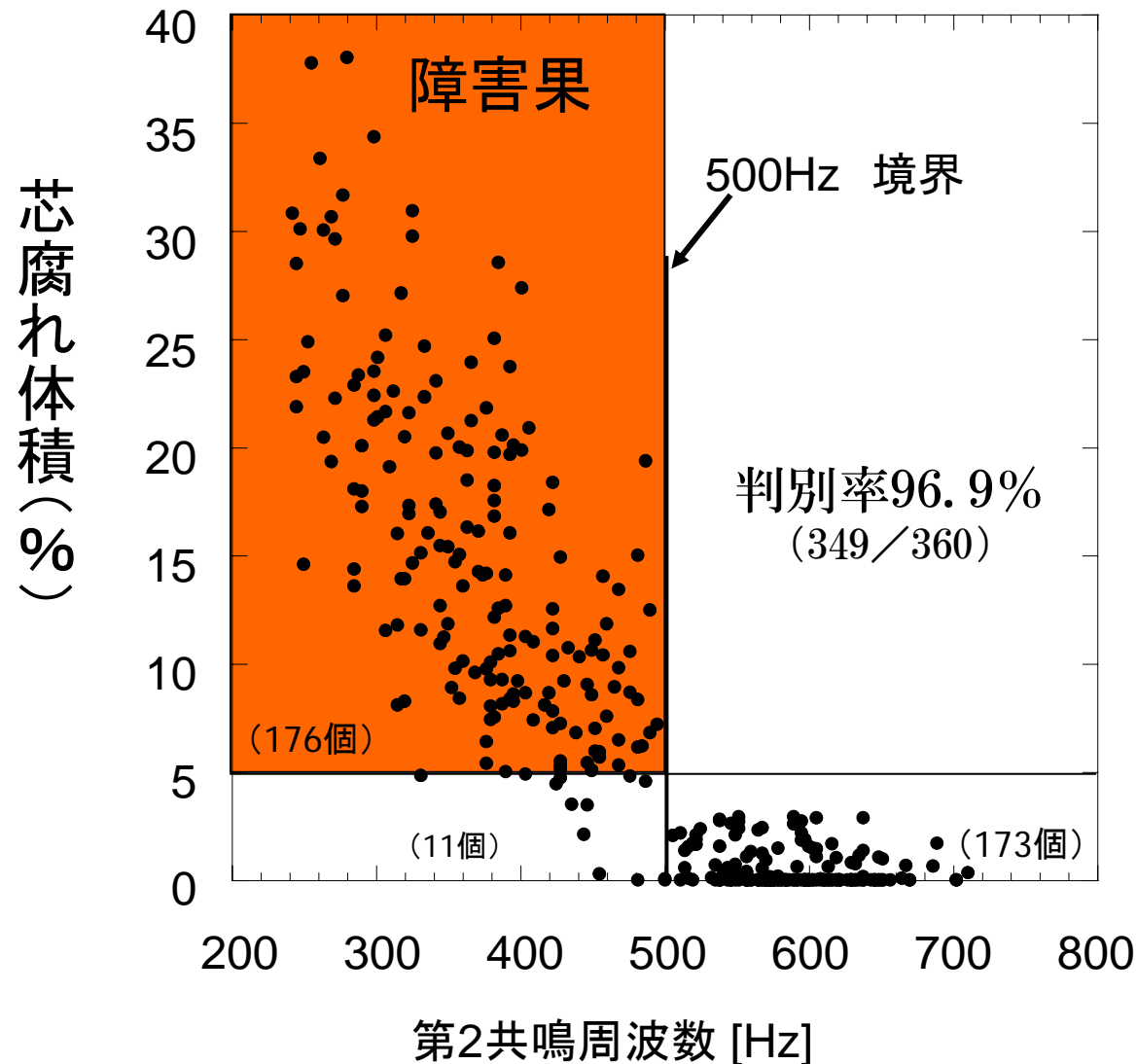
クレーム対象外 ←

→ クレーム対象



果実の尻から病原菌が入るので、外からの見た目では分からない

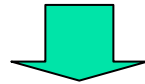
芯腐れの程度（体積％）と第2共鳴周波数の関係



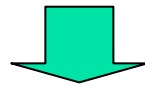
第2共鳴周波数が500Hz以上なら
芯腐れ体積が5%以下(種子部分に限定)である。

まとめ

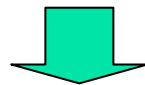
- ・音響振動により青果物の硬さを非破壊で測れる
- ・硬さは食べ頃や取り頃を示す熟度指標となる



- ・非破壊で青果物の熟度や欠陥を判定・予測できる



- ・高品質の青果物が消費者に届けられる



- ・消費者満足（当たり外れがなくなる）
- ・小売業満足（廃棄率の低減、クレーム減少）
- ・生産農家満足（作ったものが正当に評価される）

ご清聴ありがとうございました