

# 空隙・気泡を含んだ柔らかい食品のテクスチャー測定法の新提案

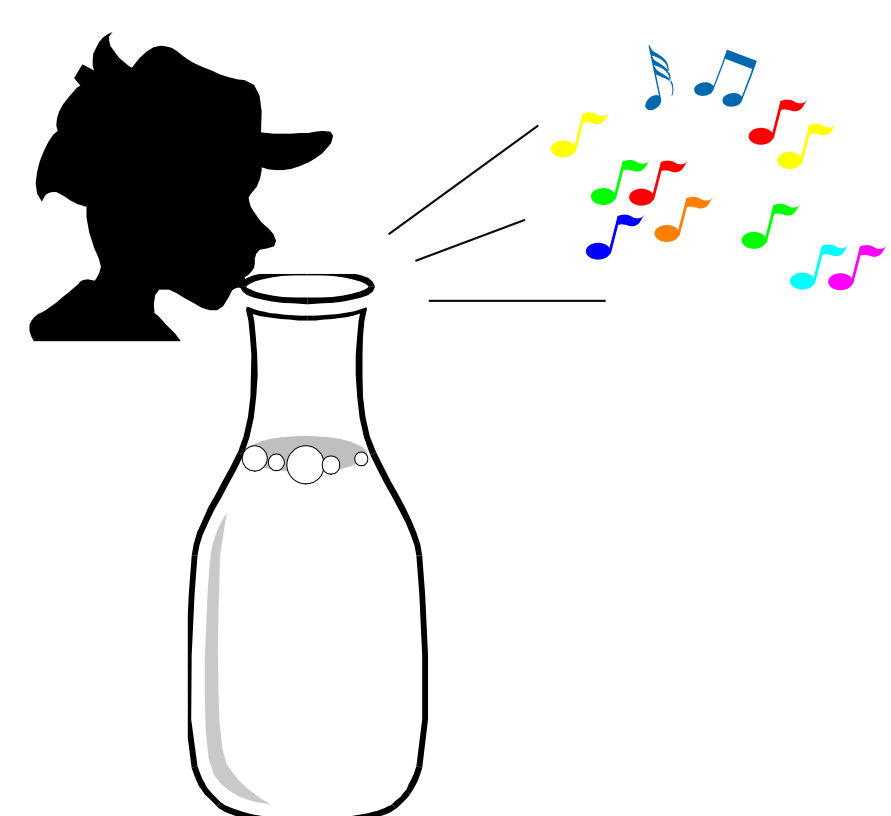
## ビールの泡のテクスチャー評価はどうしたらいいの？

岐阜大学 応用生物科学部 食品加工学研究室  
 教授 西津貴久  
 TEL&FAX : 058-293-2888 E-mail : nishizu@gifu-u.ac.jp

ビールや抹茶の泡はきめ細かい方が良くとされています。これは個々の気泡が小さく、その大きさにばらつきのない泡沫ということです。きめとは、肌や木地の細かいパターン、そのパターンから生じる感触の滑らかさのことです。泡でいえば、細かいとは「**気泡の大きさ**」が小さいことであり、滑らかさとは「**泡沫の物性**」ということになります。気泡の大きさは顕微鏡で観察できますが、**前処理が必要で手間**がかかります。硬さは押し刺し突き刺ししたときの抵抗の大きさで評価しますが、この方法では**泡沫が壊れてしまいます**。

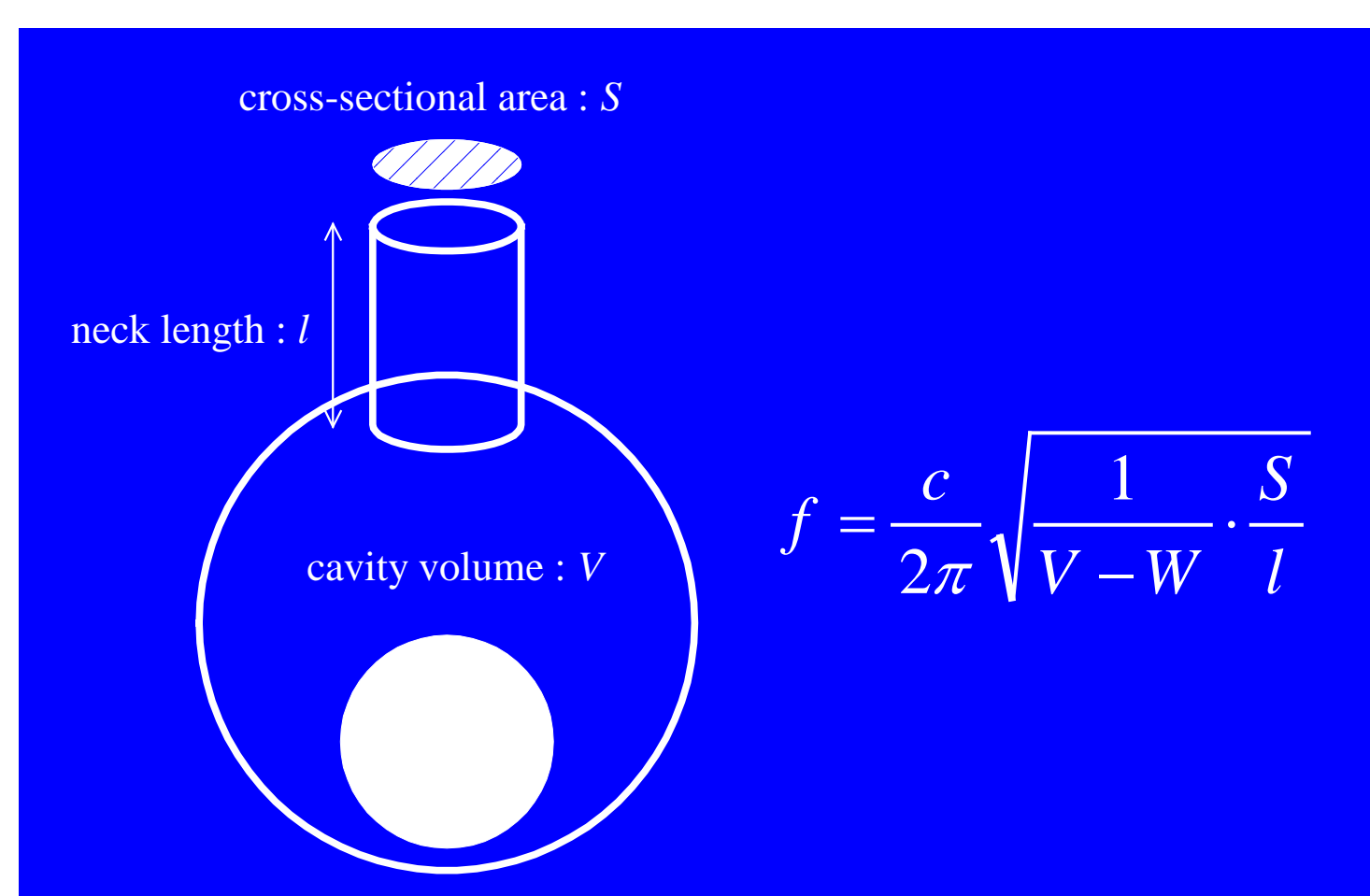
そこでビールの泡やホイップクリームのような空隙・気泡を含んだ柔らかい食品のテクスチャーを、「**音**」を使って測定しようと考えました。

### ヘルムホルツ音響共鳴現象

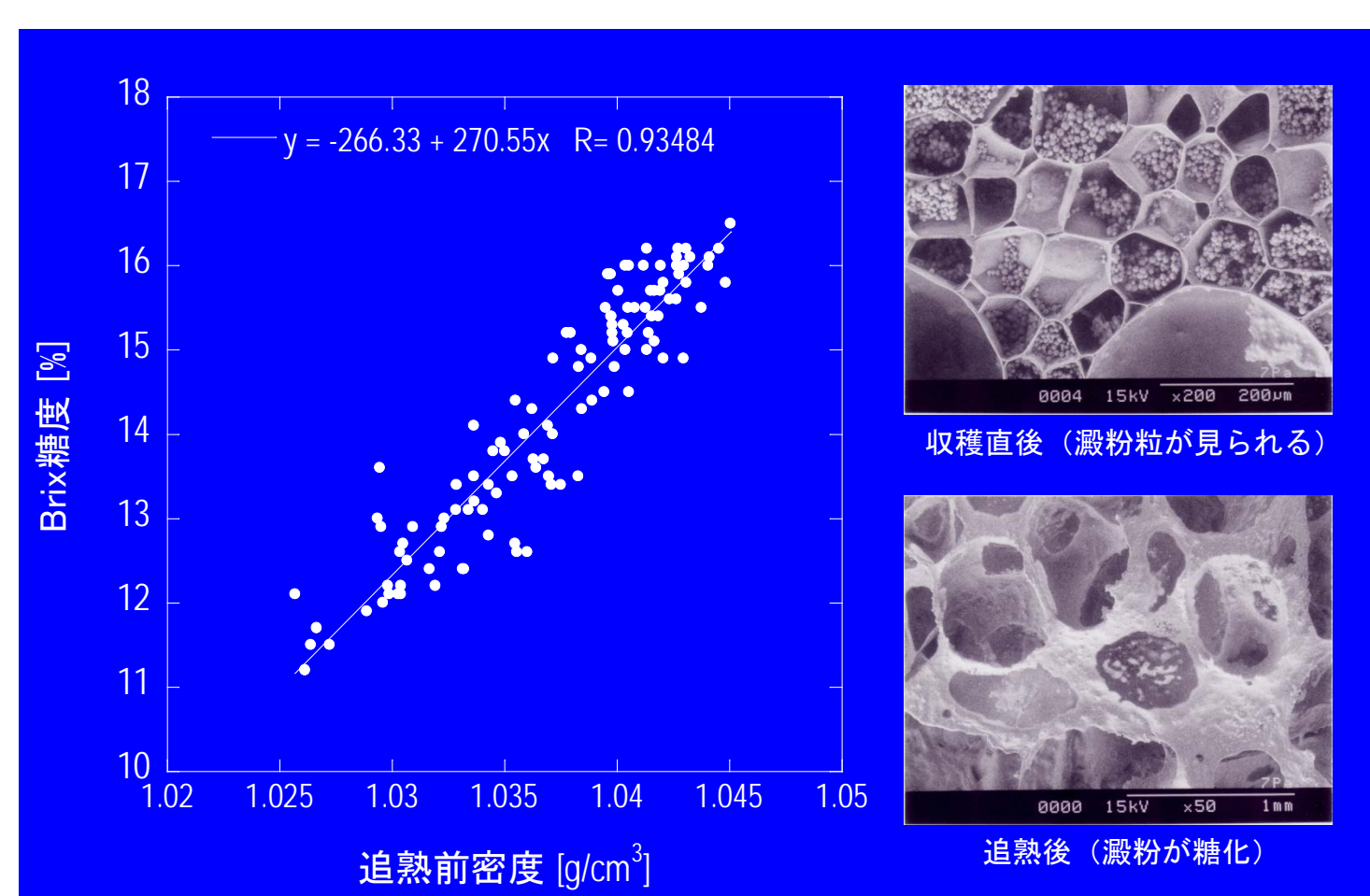


瓶の口を吹くと...

牛乳瓶に口を吹くと音が出ます。これはヘルムホルツ共鳴と呼ばれ、よく知られた物理現象です。能舞台の下や教会の壁に壺が仕込まれますが、これはこの現象による吸音効果を利用したものです。



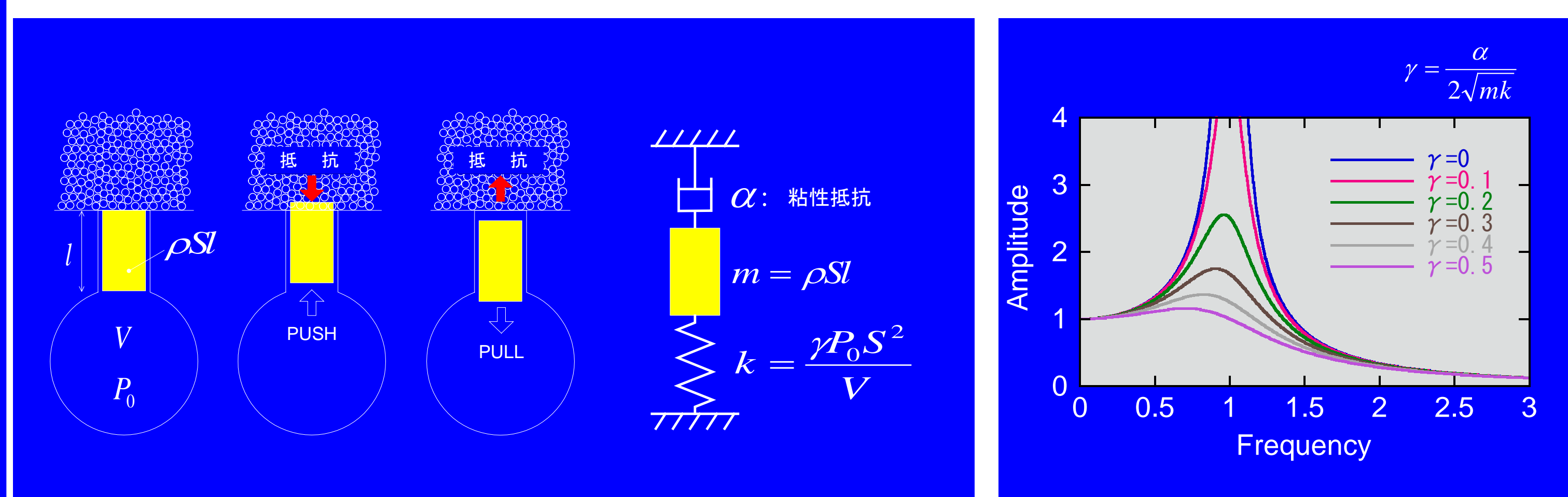
ヘルムホルツ共鳴周波数の理論式



ヘルムホルツ共鳴周波数の理論式

キウイフルーツは収穫直後には澱粉が分解しておらず甘くありません。追熟操作により澱粉が糖化して甘くなります。電子天秤と共鳴器を合体させた装置を試作し、収穫直後の密度を測定したところ、追熟後の糖度と直線相関が得られました。

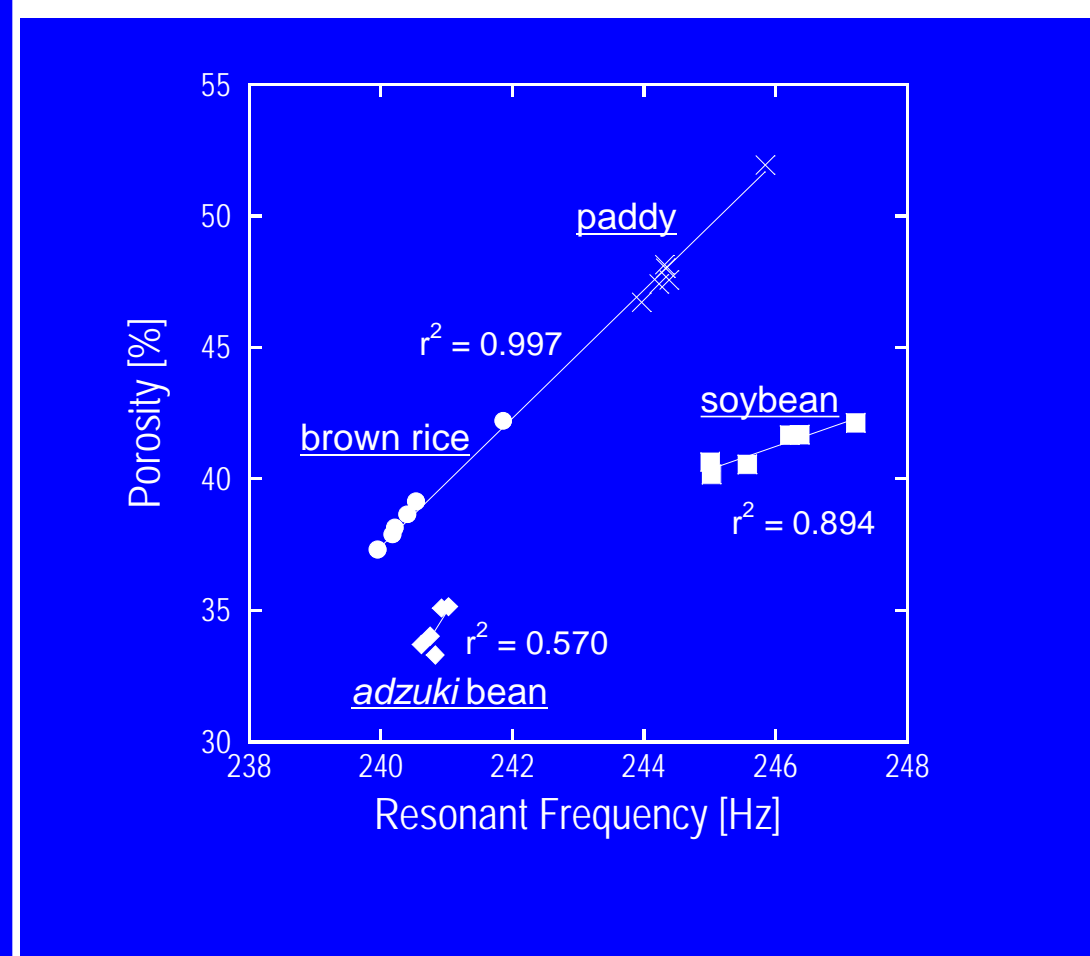
### 空隙率と共鳴周波数



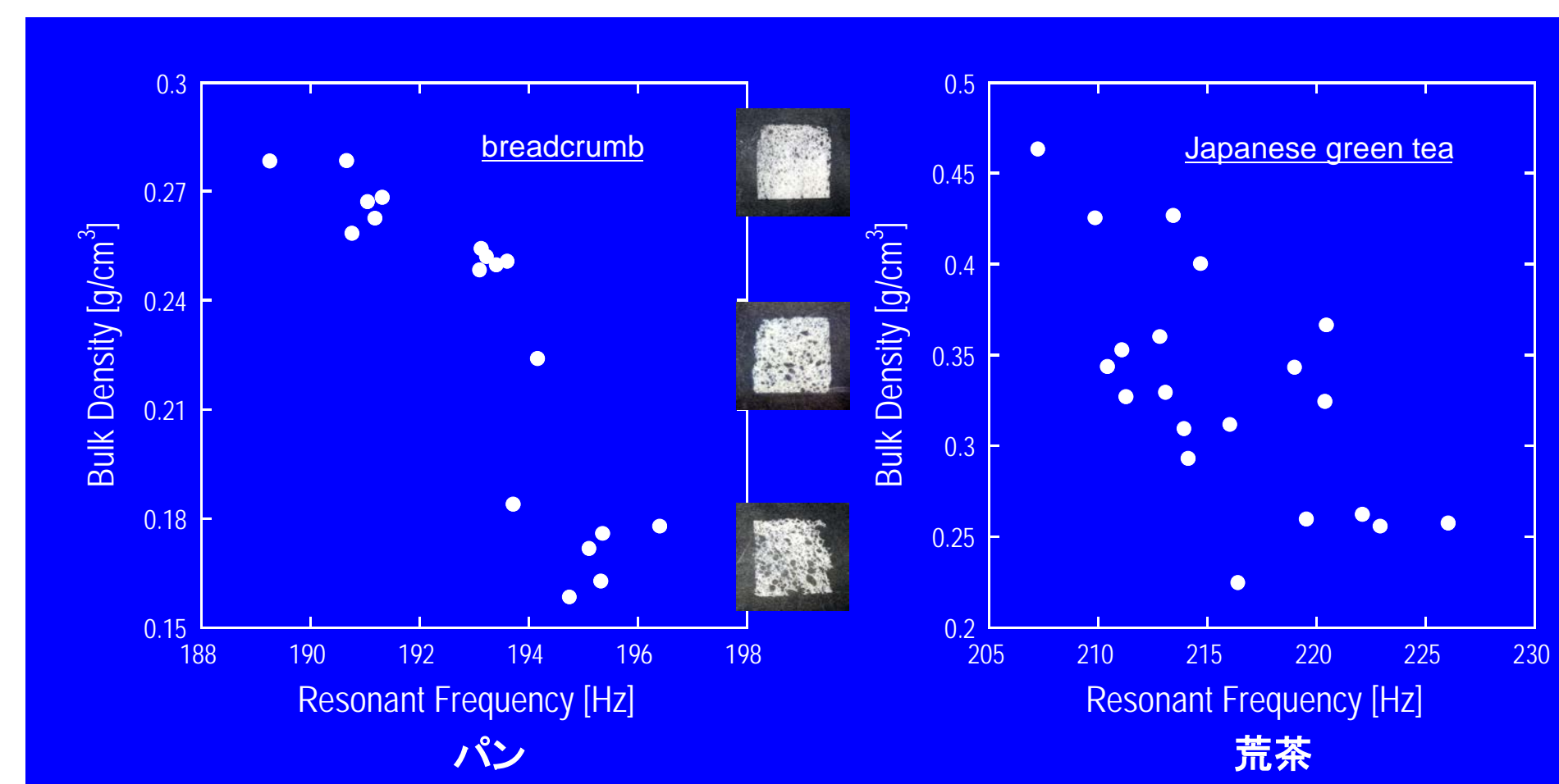
粒体堆積物とヘルムホルツ共鳴等価モデル

左図モデルの振動スペクトル (粘性項が大きいほどピークが低周波側へシフト)

共鳴器の口をふさぐように多孔質体を置いてみます。そうすると振動によって共鳴器ネック部の空気の塊の一部が口からはみ出て多孔質体を突いたり、逆向きに引き込んだりします。このときの振動のは「ばね」と「粘性抵抗体」のモデルで表すことができます。その振動スペクトルから、**粘性抵抗が増すほど共鳴周波数が低下**することがわかります。



玄米・モミ・小豆・大豆の堆積物の空隙率と共鳴周波数



パン・荒茶のかさ密度と共鳴周波数

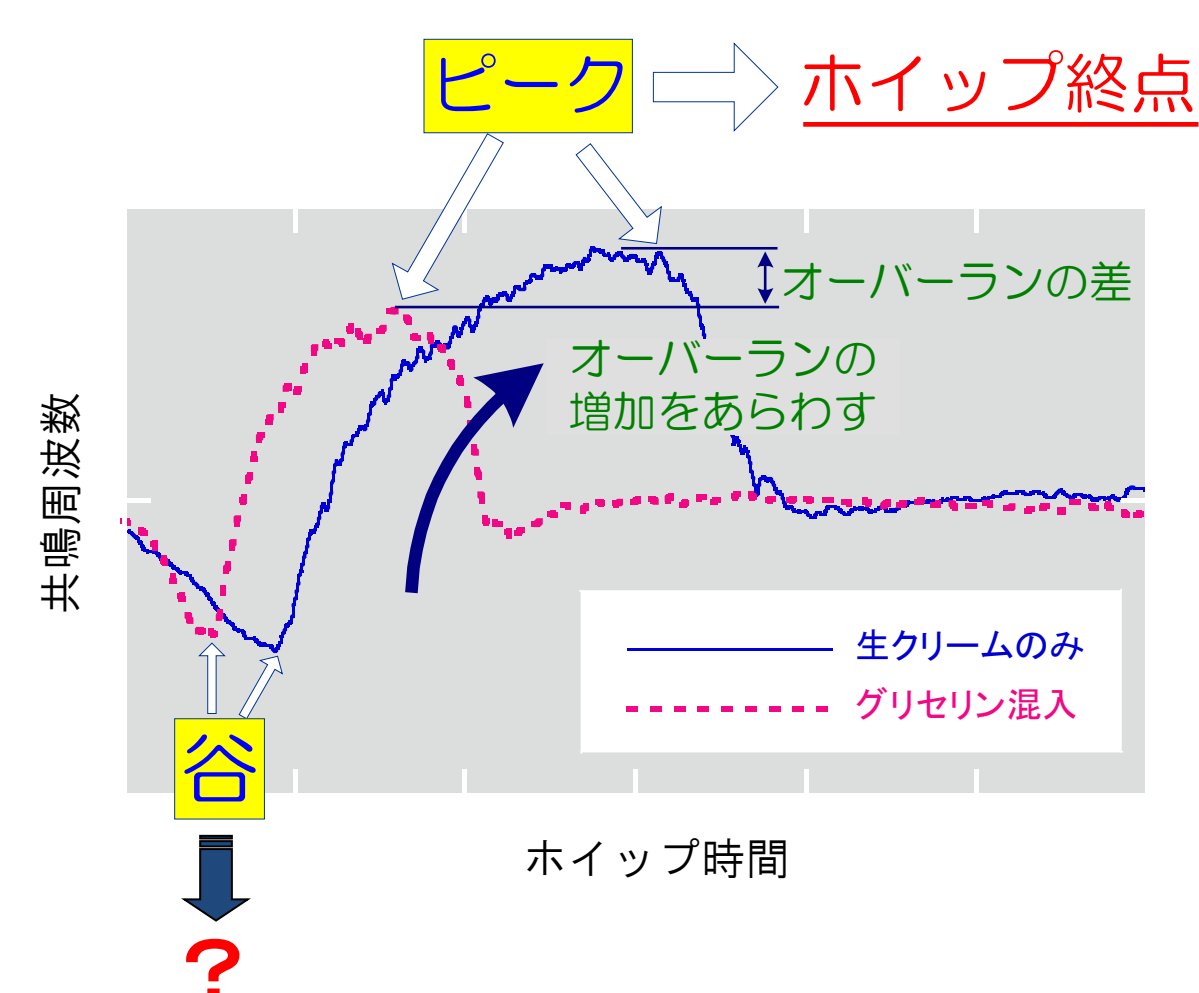
玄米、粉、小豆、大豆を体積させたもので共鳴周波数を測定し、空隙率との関係を取ったところ、種別に正の相関が得られました。

パン、荒茶の堆積物でかさ密度との関係をみたところ、いずれも負の相関にあることがわかります。つまりパンのような気泡を含んだ食材の「**きめ**」の評価に使えることがわかります。

### 多孔質体と共鳴周波数シフト

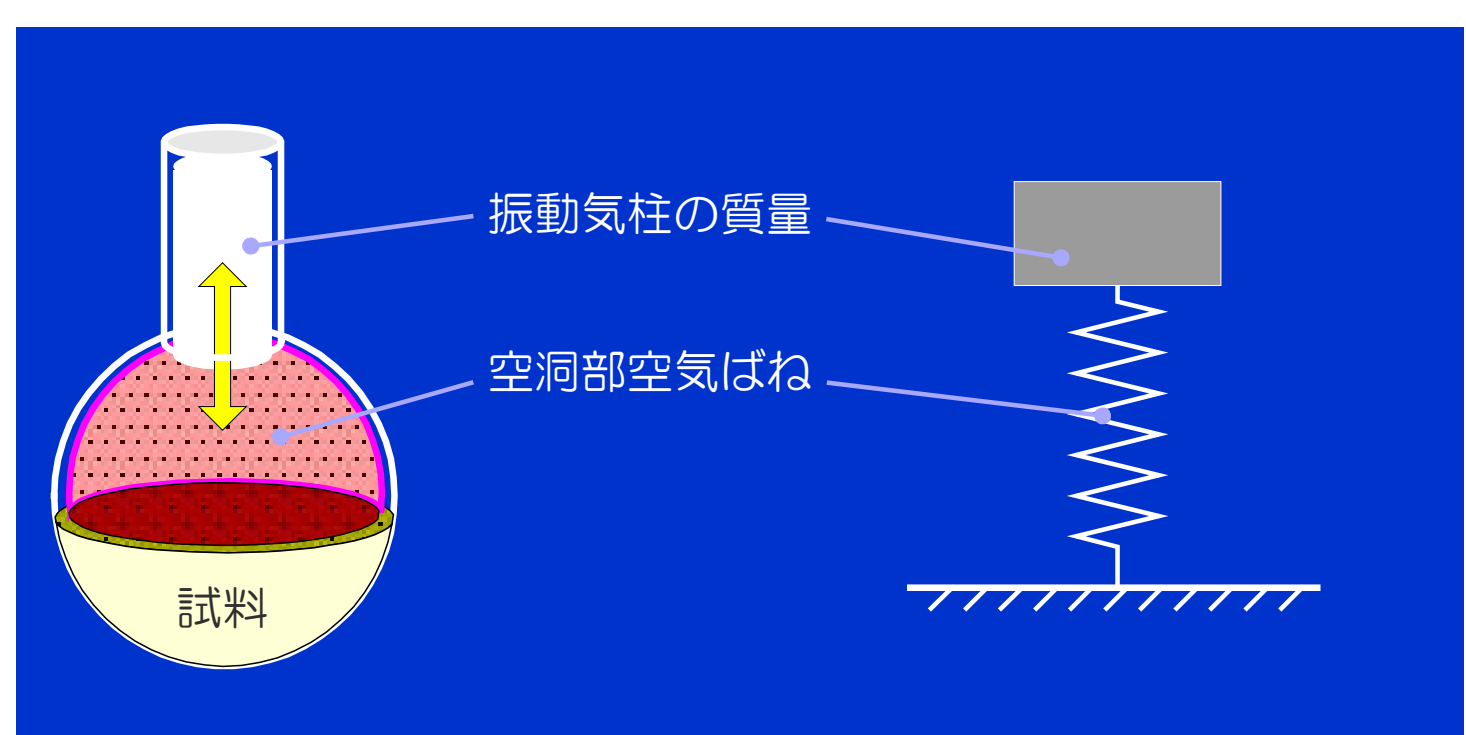


ホイップ中の共鳴周波数の変化



ホイップの進行とともに共鳴周波数は増加し、クリーム分離により周波数が減少し始めました（ホイップ終点）。オーバーランとの相関もあることが確かめられています。

しかしホイップ初期に谷間があります。これは体積が減少したことを示すはずですが、クリームが消えてなくなることはありません。

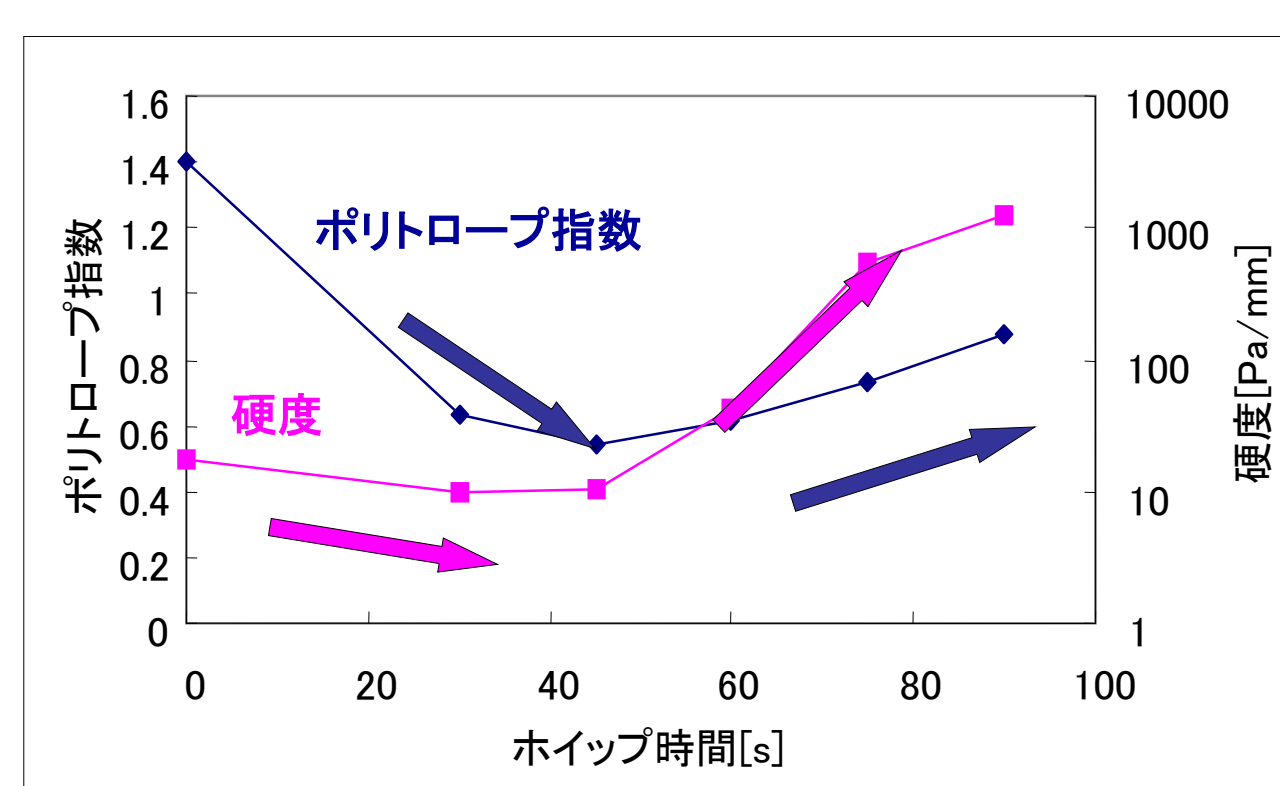


共鳴時のばねモデル

共鳴時、容器内の空気は膨張・収縮を繰り返しています。容器内の空気は「ばね」であり、「ばね」のかたさから共鳴周波数が決まります。しホイップクリーム中の「泡」は、「ばね」を弱めるために、共鳴周波数が減少してしまうのです。

つまり、この共鳴周波数シフトは「泡」の情報を持っている訳です。

### 泡沫の硬さを測定できる？



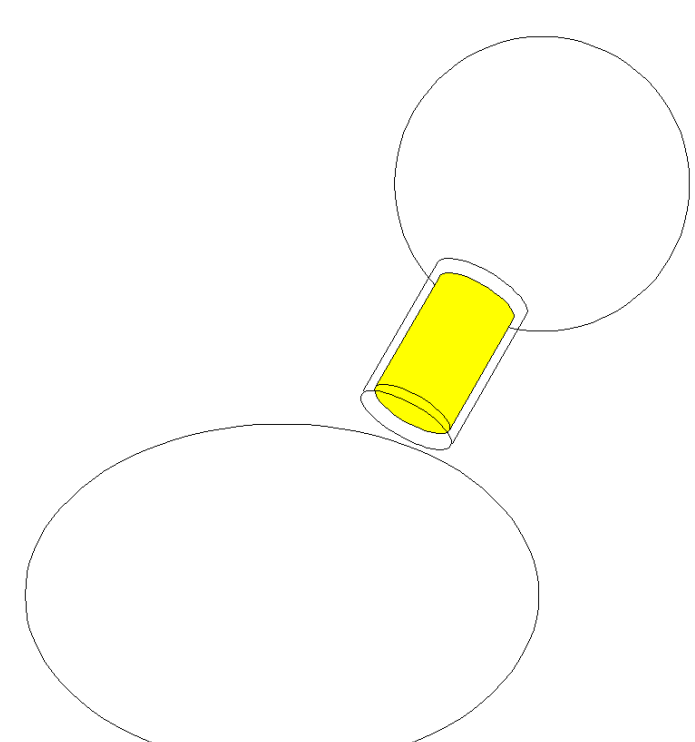
クリームホイップ中クリーム硬度とポリトロピー指数の変化

泡沫を入れた時の「ばね」の強弱を共鳴周波数から計算できるポリトロピー指数で表すことにしました。

ホイップ初期は泡沫が大きく、空気ばねを弱くする作用が強く作用するためにポリトロピー指数は低下します。

脂肪球ネットワークが形成されて硬くなるにつれて空気ばねを弱くする作用が弱くなり、ポリトロピー指数は増加に転じます。この関係は**貫入抵抗試験の結果とよく一致**します。

壊れやすい泡沫の評価に      パンのきめ評価に



数秒しかもたない泡沫も測定できます。測定のご希望がありましたら連絡先までお気軽にお問い合わせください。