

II - 18

風によるリンゴ果樹の枝揺れについて

八戸高専 正員 ○田中 博通
八戸高専 正員 金子伸一郎
八戸高専 正員 藤原 広和

1. はじめに

台風 9119号により、青森県では収穫期間近いリンゴが 345,000トンの落果し、倒木や亀裂の入った果樹が実に 567,000本に達し、総額 741億円もの甚大な被害が生じた。青森県では、洞爺丸台風はじめ過去の台風においても大きなリンゴ災害が発生している。

リンゴ落果の現象は、流体中の物体の挙動と果樹の力学的特性に関係しており、過去2年間にわたりリンゴ落果原因について研究してきた。^{1) 2)} その結果、強風時にリンゴが受ける力として考えられる、①リンゴから発生したカルマン渦による振動の加速度に起因する力、②リンゴ前後の圧力差による抗力、③枝の揺れによって生じる慣性力の中で①、②の力はさほど小さくなく、リンゴ落果の主因は枝の揺れであることを定量的に解明した。本研究は、枝の揺れが枝の力学的特性に直接関係していることから、リンゴ果樹の枝の位置（上部か下部か）と状況（垂れ枝か立ち枝か）にある枝のヤング率を求め、大型送風機と自然風による実測から風速特性と枝の揺れの関係を明らかにしようとするのもである。

2. リンゴ果樹の枝のヤング率

図-1 は使用した記号の説明である。枝の全長を L 、枝の付け根の径と高さをそれぞれ D_0 、 H_0 、枝の中間の径と高さをそれぞれ D_1 、 H_1 とする。測定は枝の中間点に取り付けた釣り糸をバネ秤で引っ張り、そのときの変位を読み取る手法で行った。これは枝の付け根を固定端とした片持ちばりと見なされ、引っ張った力を F 、変位を h とし、枝が D_0 から D_1 に直線的に変化しているとする、ヤング率 E は次式となる。

$$E = 64 F (L/2)^3 / 3 \pi D_0^3 D_1 h$$

測定は現在多く栽培されている樹種であるマルバとわい化について行った。

図-2 は枝の高さとヤング率との関係である。これよりマルバ種において枝の位置が高くなるほど E が若干大きくなる傾向があるがそれほど有為な差でない。わい化種においては枝の高さに関係なく E はほぼ一定となった。図-3 は枝の勾配とヤング率との関係である。これからマルバ種において枝の勾配が正・負とも大きくなるとヤング率が若干大きくなる傾向がある。わい化種においては勾配に関係なくほぼ一定となった。

一般に立ち枝は強く、垂れ枝は柔らかいといわれ、従ってリンゴ落果防止のために立ち枝を剪定するよう指導しているようだが、今回の測定から枝の勾配によるヤ

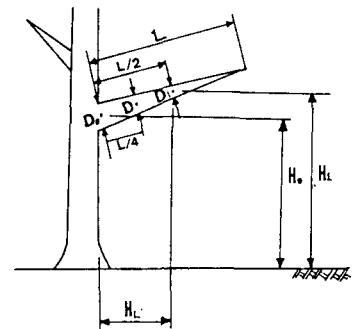


図-1 記号の説明

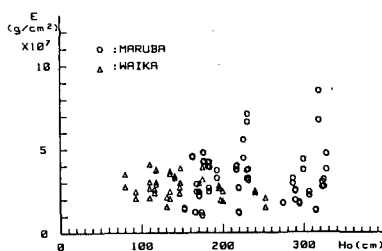


図-2 枝の高さと E の関係

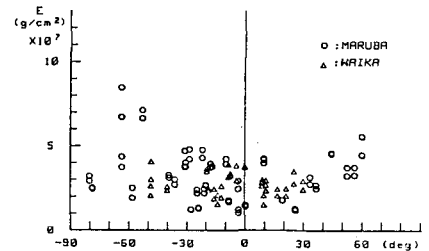


図-3 枝の勾配と E の関係

ング率の相違は顕著でない。また、枝の太さや枝の向いている方位に関してもヤング率は変わらなかった。これらの結果から、マルバ種とわい化種についてヤング率の平均値を求めるとそれぞれ、 $E = 3.27 \times 10^7 \text{ g/cm}^2$ 、 $E = 2.70 \text{ g/cm}^2$ となり、わい化種の方が若干柔らかいことがわかる。檜、松、杉のヤング率はそれぞれ $1.4 \times 10^9 \text{ g/cm}^2$ 、 $1.25 \times 10^9 \text{ g/cm}^2$ 、 $5 \times 10^8 \text{ g/cm}^2$ であり、果樹の枝に関しては山本³⁾による試験結果があり、梨の廿世紀、晩三吉、洋梨それぞれ $E = 4.8 \times 10^7$ 、 7.0×10^7 、 $4.3 \times 10^7 \text{ g/cm}^2$ 、柿は $E = 3.3 \times 10^7 \text{ g/cm}^2$ 、桃は $E = 4.0 \times 10^7 \text{ g/cm}^2$ である。これから、リンゴのヤング率は他の果樹と同様な値となった。

3. 送風機による枝揺れ

風によるリンゴの揺れに関する実測は、果樹全体を 30m/sまでの風速で送風できる可変翼軸流送風機(φ1700)を使用して行った。リンゴの揺れは予めカメラ系とリンゴの位置関係が測量してある場所に設置した2台のCCDカメラにより画像の同定を正確に行えるよう工夫して撮影した。同時に、リンゴ果樹の幹と送風機の送風口の中間地点に設置した風速計で風速を記録した。測定はマルバ種、わい化種とも平均風速が約 25m/sまでの4段階の風速で行った。

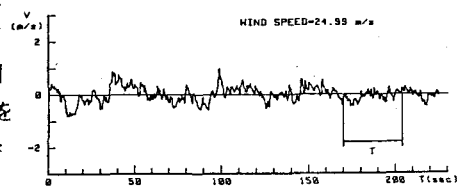


図-4 風速変動の時系列

図-4はわい化種における平均風速が25.0m/sの時の風速の時系列である。図中のTの区間がVTRで撮影した画像を処理した部分を示す。なお、サンプリング周波数は 20Hzである。図-5は図-4に示した風速変動のスペクトルである。低周波領域に自然風によるものと考えられるピークが存在する。高周波領域においては慣性小領域の-5/3乗で減衰している。図-6、図-7はそれぞれX、Y軸方向の画像から読み取った変位である。高周波の振動がみられる。

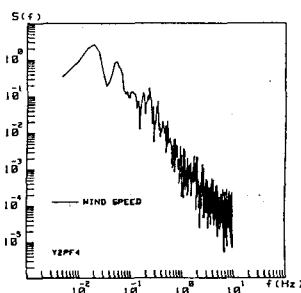


図-5 風速変動スペクトル

4. おわりに

リンゴ落果の主因は枝の揺れであるといった観点から、枝の力学的特性を把握した上で、送風機と自然風によるリンゴの揺れをステレオ撮影した画像から解析した。強風時には離層部に繰り返し受ける揺れも観察され、更に検討する必要がある。なお、画像データについては解析中であるので発表時に報告する。

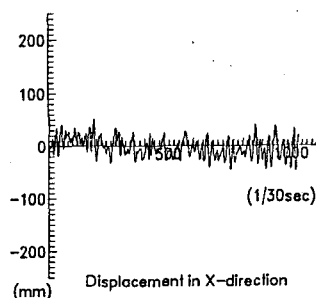


図-6 X-軸方向の変位

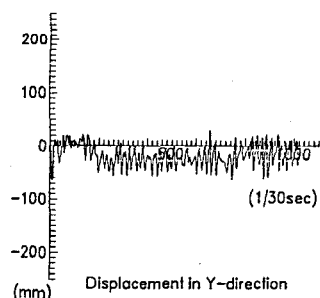


図-7 Y-軸方向の変位

研究を行うに当たり協力していた青森県畑作園芸試験場、㈱ミツヤ送風機製作所、㈱コサカ技研の方々に感謝いたします。また、測定・解析に協力して下さった八戸高専学生 葛西哲郎、川口晋五、川原幸之助、久保田英樹、白川博之の諸氏に感謝致します。なお、本研究は文部省科学研究費(試験研究(B))の援助を受けて行ったものである。

【参考文献】

- 1) 田中博通, 金子伸一郎, 藤原広和: リンゴ果実に及ぼす風による流体力と枝の揺れによる慣性力について, 土木学会東北支部, pp.118~119, 1993
- 2) 田中博通, 金子伸一郎, 藤原広和: リンゴ落果の解析, 地域文化研究, 第2号, pp.61~68, 1993
- 3) 山本良三: 果樹や林木における風倒被害対策について, 農業気象, 35(3), pp.177~187, 1979