

透過光を利用する同期走査式判別システムの基礎的検討

A Consideration on Discrimination system by Synchronous Scanning Using transmitted Light

○神田和也, 松島隆明

○Kazuya Kanda, Takaaki Matsushima

鶴岡工業高等専門学校

Tsuruoka National College of Technology

キーワード: 透過光(transmitted light), 判別システム(discrimination system), 近赤外(near-infrared), 食品生地(food materials), 同期走査式(synchronous scanning)

連絡先: 〒997-8511 鶴岡市井岡字沢田104 鶴岡工業高等専門学校電気電子工学科神田研究室
神田和也, Tel.: (0235)25-9095, Fax.: (0235)24-1840, E-mail: kanda@tsuruoka-nct.ac.jp

1. はじめに

消費者より食品への安心が求められ, 特に, 包装後の最終工程では, 総合的に全品検査しなければならない。目視検査の過酷さ, 労働者の高齢化などの課題があり, 検査の自動化が急がれる。しかし, 工業製品と異なり定形であることが極めて少なく, 検査項目が多様多様であるため非常に困難とされてきた。

検査項目の中で, 規格違反になりかねないプラスチックフィルムで包装された重畳する食品生地の枚数, 面積充足度, 割れの有無に着目する。これらの検査項目に対して, 従来の画像処理式方法では, 包装フィルムからの反射光がノイズとして作用する恐れがあり, また, 表面情報のみで下側に位置する生地の状態を確認できなかった。また, 重量計測では, 食品のゆらぎに対応できない場合がある。

そこで, 本研究開発で提案する良否判別装置は,

透過光の変化量で, 重畳数および面積充足度(例えば欠けの有無, 重なり合った食品生地の合計面積である延べ面積など)を計測後, 計算結果を基に判定し, 搬送ラインを止めることなく良否を判別することを目的とする。本研究では特に, 神田等¹⁾が本研究開発の基礎検討を行っているが, 透過光の明瞭化, 高精度計測, 高速処理化などの点で課題を残しており, これらの課題を改善することを目的としている。具体的には, 食品生地内で光は吸収散乱を繰り返しながら進み, 出射する透過光には多くの散乱成分を含んでいる。生地の厚みなどの情報を精度よく取り出すには, 散乱成分から直進成分のみを抽出する必要がある。

食品生地と生体における光透過の様子は極めて似ており, 近年, 生体情報に関する研究が盛んな光CTの分野でも近赤外光の有効性, 直進成分を抽出する光ヘテロダイン検出法など²⁾多くの事例^{3, 4, 5, 6)}が報告されている。これらを参考に本研究

開発では、光に近赤外光を用いることにする。また、直進成分の抽出には、装置の簡便化を図るため、発光・受光素子に発光ダイオード（以下、LEDと呼ぶ）、フォトダイオード（以下、PDと呼ぶ）を用い、1対1の同期制御で走査し、2次元情報を取得する方法を採用している。

2. 実験

2.1 近赤外光の有効性

2.1.1 実験方法

本研究開発で対象としている食品生地は米粉（100 μ m）やデンプン類（十数 μ m）、大小様々な空乏層から成り、光学的には吸収散乱体である米菓生地を指す。形状は円形、棒状、四角形、長楕円形など様々あるが、ここでは、便宜上、丸みのある円形生地とする。また、開発を進めるにあたり、参照値を求めるため、食品生地に光学的性質が酷似している人工大理石（デュボン社製、コーリヤン、グレーシアンホワイト）を厚さ3.0[mm]、半径40[mm]の円形状に切削し、供試材料として用いることにする。（以下、ダミー生地と呼ぶ。）

次に、透過光計測実験について述べる。

生体情報を知る方法として研究が盛んな光CTの分野で近赤外光800[nm]が最も透過しやすい波長とされている。このことを食品生地で確認するため、赤色LEDと近赤外LEDを用いて、透過光の計測を行う。実験方法は、発光部の赤色発光LED（STANLEY社、EFR3863）あるいは、近赤外LED（STANLEY社、DNP319）を受光部のPD（TAOS社、TSR252R）の65[mm]上方に光軸は合わせた状態で置く。なお、PDの直上にダミー生地进行を1枚置くこととする。赤色LEDと近赤外LEDの光出力が同一になるように、調整し、PDに入射する光の電気信号波形を観測する。

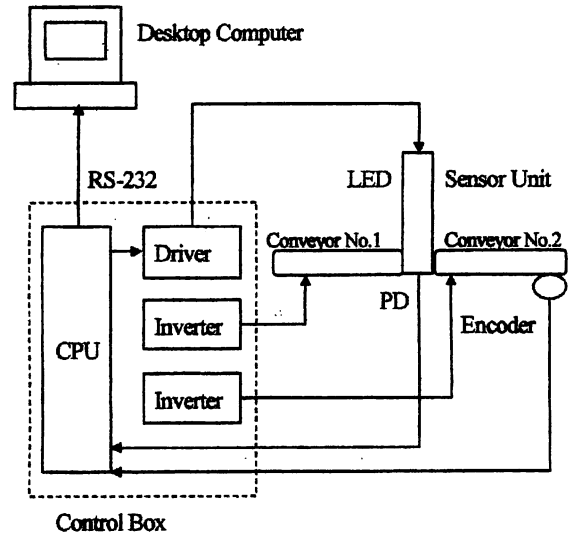


Fig. 1 Structure of the discrimination system

2.2 透過式面積計測

2.2.1 実験装置の概要

本研究開発において、要素技術を確立するため、実験装置として光透過式面積計測装置AD2003（以下、AD2003と呼ぶ。）を設計製作した。装置の構成および外観はFig.1, Fig.2に示す通りである。

センサユニット部、搬送部、制御および演算処理部、操作および表示部が構成されている。

センサユニット部は、60[mm]の距離を置き、光軸を合わせたLED（STANLEY社製、DNP319）とPD（TAOS社製、TSR252R）を5.0[mm]間隔に16個を線上に並べたものである。また、LED先端には、スポット光を作り出すため、5.0[mm]長のパイプ機構にしてある。また、PD上部には、飽和防止および透過光減衰を一律にするため、人工大理石（デュボン社製、コーリヤン、グレーシアンホワイト）、厚さ3.0[mm]を設置している。搬送部は、2本のコンベアから成り、コンベア間につなぎ部分にセンサユニットを設置できるようにしてある。

制御および演算処理部は、主にコンベアの速度制御とLEDの発光ドライブ、PD信号のサンプリング、PD信号の増幅回路、CPU演算回路から成って

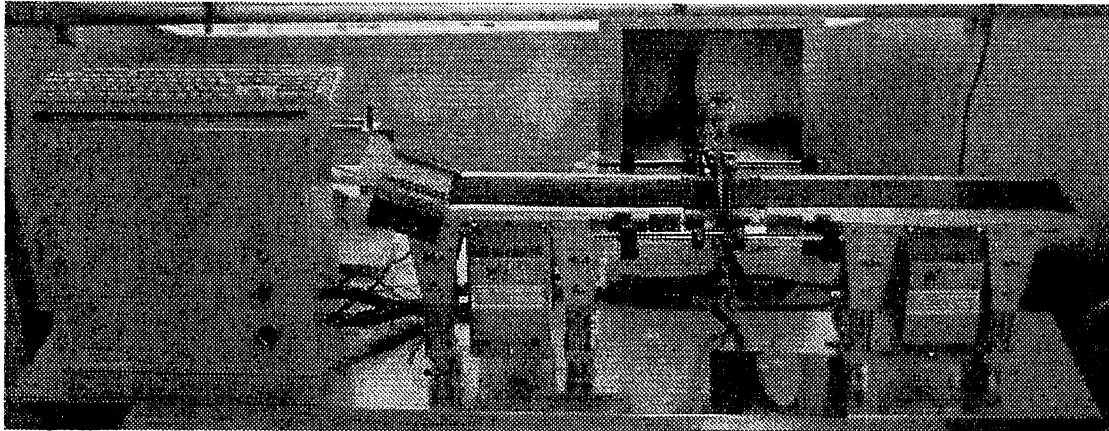


Fig. 2 Overview of the experimental system

いる。特に、発光ドライブとPDのサンプリングは同期しており、1[kHz]の周波数で動作している。また、CPU回路では、1024階調(10bit)の入力信号を16階調(4bit)に変換し、判別分析法による2値化、面積計測等の演算処理および判別処理を行っている。ここで、判別分析法とは、画像の2値化処理における閾値決定方法の一つである。画像信号(本論の場合、透過光信号群)にある程度明瞭な差異があるときは、固定値法、p-タイル法、モード法などが有効である。しかし、判別分析法は、ヒストグラムが山をもつ(谷がある)ときモード法として働き、山がないときにも閾値が求まるという便利さを有する⁷⁾。

信号処理のブロック図をFig.3に示す。信号処理の流れは、PDによる入力信号が一定のレベルを下回るまで発光・受光の同期制御でフリースキャンを続け、ワーク通過と同時にコンベアに取付けてあるエンコーダよりパルスを入力し、進行方向に対し、5.0[mm]間隔で走査し、信号を取り込む。

操作および表示部は、パソコンの中央演算処理部(CPU)とディスプレイから成っており、センサユニット部のLEDとPDの発光およびサンプリングの操作、PDの受光量モニタリング機能を有する。さらに、通過したワークの2値化処理結果、2値化の閾値、面積計測値を表示す。

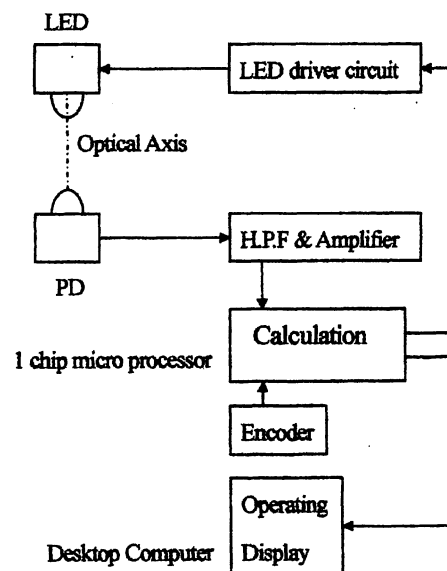


Fig. 3 A block diagram of the optical signal processing for discrimination system

2.2.2 2値化妥当性評価実験

重畳する食品生地1枚部と2枚部を識別するため、入力信号を2値化しなければならない。2値化の基準値設定方法として、様々な方法がある中で判別分析法を採用した。本方法が有効であるかを評価するための実験を行う。1枚、2枚部を区別しやすいようにダミー生地1枚の中心を20[mm]ずらし重ね合わせたものをワークとし、AD2003上を通過させる。文字表示された16階調の信号がディ

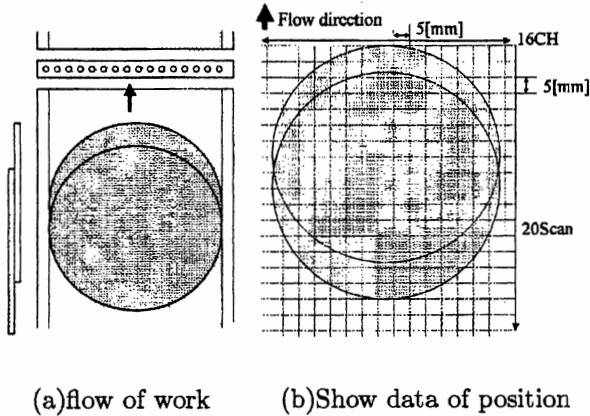


Fig. 4 Method of measurement

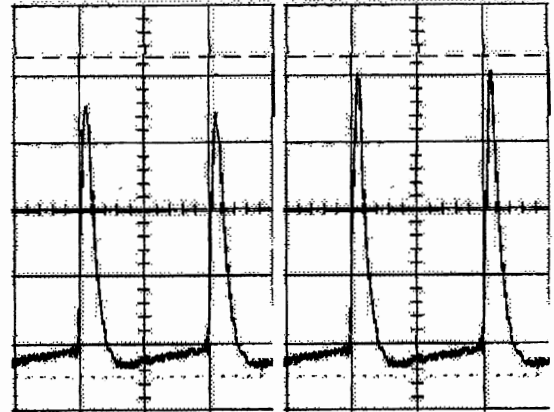
スプレイ上にマッピングされ表示される。その値と位置について実ワークと照合する。さらに、16階調の信号が判別分析法により2値化され、1枚部と2枚部を示す表示"1", "2"と実ワークとの位置関係について照合し、その妥当性を評価する。

信号取込方法の模式図をFig.4(a),(b)に示す。(a)はセンサユニット上を重畳したダミー生地が通過する様子を示し、16CHの全てから信号を取得することが見てとれる。また、(b)は、ワークに対して縦横の信号取得位置を示し、いずれも5.0[mm]ピッチで信号を取り込む。

3. 実験結果および考察

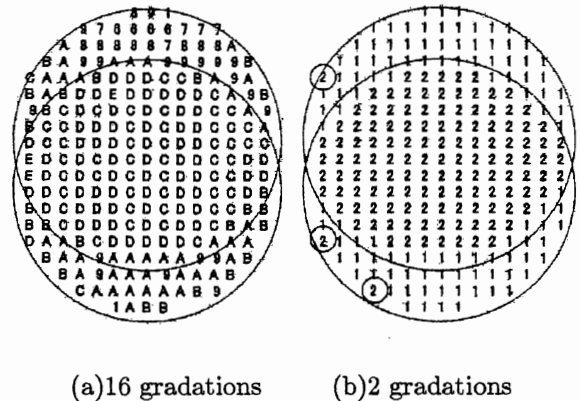
3.1 近赤外の有効性

実験結果をFig.5に示す。(a)は赤色LED、(b)は近赤外LEDを光源に用いた時のPDの出力波形図を示す。なお、1[kHz]のパルスによりLEDは、発光している。横軸は時間50[μsec]/DIV.、縦軸は電圧値50[mV]/DIV.を示している。また、上方が暗、下方が明である。波形から明らかなように僅かながらではあるが、近赤外光は赤色に比べ透過性があることがわかる。



(a)red LED (b)near-infrared LED

Fig. 5 Experimental results of measurement for transmitted light signal depending on LED type



(a)16 gradations (b)2 gradations

Fig. 6 Comparison of 2 gradations and 16 gradations

3.2 透過式面積計測値、2値化妥当性評価実験

Fig.6にディスプレイ上に表示された2値化と16階調の配置結果を示す。Fig.7には、2直線で欠けているダミー生地と良品ダミー生地を2枚重畳させ、実験装置を通過させた時に得られる結果を示す。図中、"1"は1枚部、"2"は2枚部、"9"は1枚部外周、"5"は2枚部外周をそれぞれ示す。また、Fig.8には、ワークに対して取得された信号を16階調で表示した際のヒストグラムを示している。横軸は16階調を、縦軸は頻度を示す。この結果から、ダミー生地を用いた実験では、判別分析

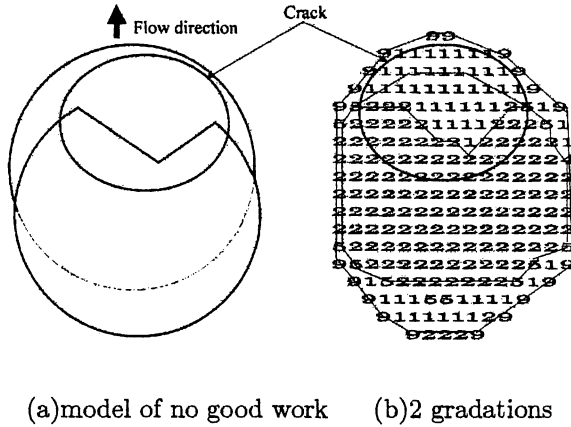


Fig. 7 Experimental results of work having crack

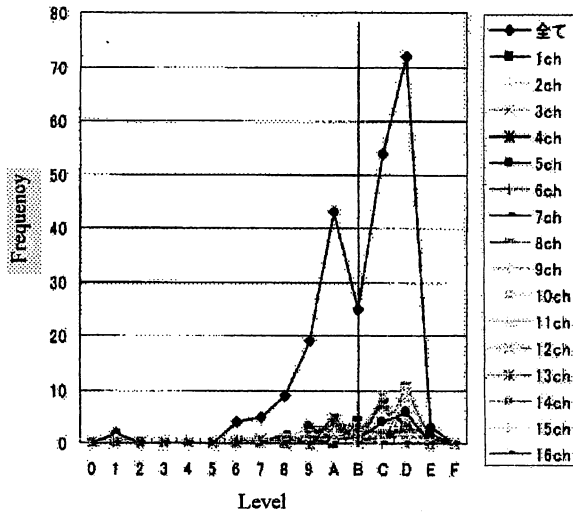


Fig. 8 Histogram of 16 gradations image

法が有効に2値化の基準値を決定していることがわかる。このことから、2値化の基準値決定方法として判別分析法は妥当と言える。

また、判別分析法を用いる場合、それぞれにワークより得られるデータ群からその都度ヒストグラムを生成し、基準値を決定するため、経時変化、照度変化、温度変化、食品生地 of 厚み、色合い等のゆらぎに対応できるという利点を有する。Fig.6中の○印で囲んだ部分が2値化の誤判定部となっているが、これらは、影および周辺部の光量低減が原因と考えられる。

4. まとめ

光学的に吸収散乱体である食品等から有効な内部情報を得るため、直進成分を効率よく抽出する方法として、発光・受光の1対1同期制御で走査する方式を採用した。また、得られた1024階調のデータを16階調に変換し、判別分析法により2値化基準値を決定することで、2値化を行うことができた。

2次元情報において5[mm]ピッチの解像度であったが、今後は、さらに、ピッチを狭め解像度を高めたい。また、本報告では、食品生地を対象としたが、光を透過する物体について応用展開を図りたい。

参考文献

- 1) 神田和也, 岡田徳次, 伊藤和雄: 透過量を利用する包装食品良否判別システム, 計測自動制御学会論文集, Vol.37, No.10, 926/933(2001)
- 2) 福地圭介, Balasigamani DEVARAJ, 宇佐史, 小林正樹, 陳建培, 稲葉文男: 光ヘテロダイン検出法を用いた模擬生体試料(イントラピッド10%)の可視部から近赤外域における分光透過特性の測定, 光学, Vol.17, No.1, 40/47(1998)
- 3) 山田幸生, 高橋修一, 谷川ゆかり: 散乱性媒質中の放射エネルギーの伝搬と生体医用光学, 光学, Vol.26, No.12, 649/656
- 4) 市村勉, 武田雅雄, 船場忠幸, 遠藤茂, 丹野直弘: 光散乱媒質を透過した物体の光波コヒーレンス映像法, 光学, Vol.26, No.11, 599/607(1997)
- 5) 市村勉, 仲本秀和, 水野崇, 保坂浩司, 丹野直弘: 光散乱媒質を透過した物体の位相補正光波コヒーレンス映像法, 光学, Vol.29, No.5, 308/315(2000)
- 6) 岩井俊昭: 光散乱計測, 光学, Vol.30, No.2, 136/143 (2001)
- 7) 田中秀行他: コンピュータ画像処理入門, 総研出版(1985)