

平成 2 3 年度第 3 次補正予算戦略的基盤技術高度化支援事業

「パン等の画像識別による POS システム組込みソフトウェアの開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 5 年 3 月

委託者 近畿経済産業局

委託先 株式会社ブレイン

目次

第1章 研究開発の概要.....	1
1 - 1 研究開発の背景・研究目的及び目標.....	1
1 - 2 研究体制.....	2
1 - 3 成果概要.....	5
1 - 4 当該研究開発の連絡窓口.....	8
第2章 本論.....	9
2 - 1 識別能力の向上.....	9
2 - 1 - 1 色情報を活用した領域分割による判定.....	9
2 - 1 - 2 識別に有効な特徴量の選択.....	10
2 - 1 - 3 商品マスタのクラスタリングによる自動分割登録.....	11
2 - 2 - 1 テンプレートマッチングによる分離.....	12
2 - 2 - 2 誤分割領域部分の結合による識別.....	13
2 - 2 - 3 3次元情報の活用.....	14
2 - 3 学習機能.....	15
2 - 3 - 1 自動学習情報の整理.....	15
2 - 4 POSシステムへの組み込み開発と評価.....	16
2 - 4 - 1 既存 POS システムとの連携仕様.....	16
2 - 5 実環境での試作機評価と改良.....	17
第3章 全体総括.....	19
3 - 1 3年間の研究開発成果.....	19
3 - 2 研究開発後の課題と対応策.....	22
3 - 3 事業化展開.....	22
付録.....	23
付録1. 専門用語等の解説.....	23
付録2. 参考文献.....	24
付録3. 研究成果発表と展示会出展.....	25
付録4. 知的財産権の状況.....	26

第 1 章 研究開発の概要

1 - 1 研究開発の背景・研究目的及び目標

焼きたてパンの販売店におけるパンの種類は約 200 種類にのぼり、焼き上がると直ちに店頭で陳列されるため個別包装は行われず。そのため、商品を管理するためのバーコードや RFID (Radio Frequency Identification) の取り付けが不可能であり、店員が目視によって商品種別を判断し、レジに入力している。店員は、約 200 種類にのぼるパンの名称と価格を覚える必要があるが、これらの商品情報を覚えるためには通常 2 ~ 3 ヶ月以上を要し、レジに誤りなく入力するためには、さらに熟練を要している状況である。

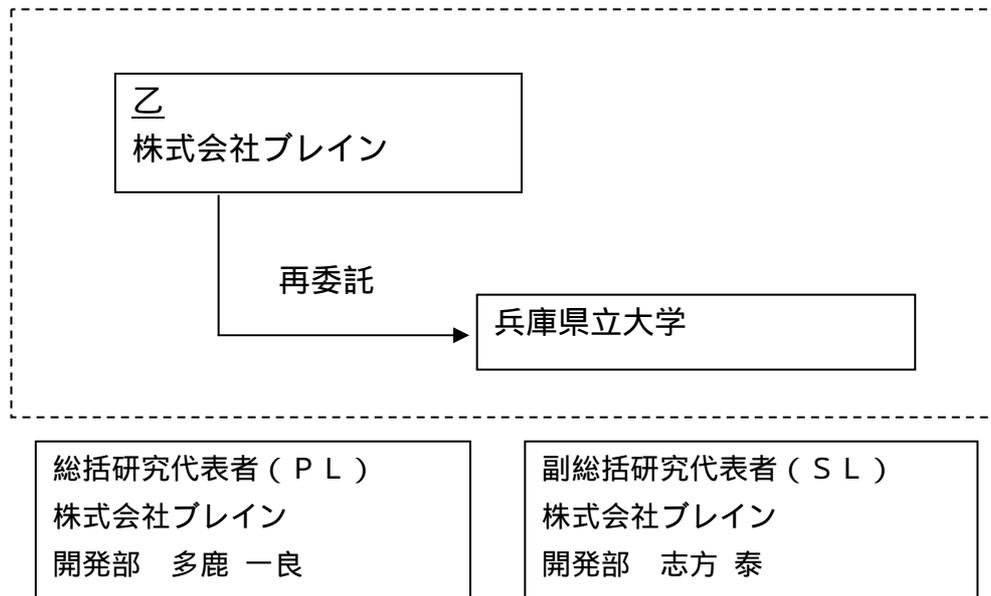
また、客のレジ待ち時間を減らすために、レジには商品名を入力せず価格だけを入力するように簡素化されている場合が多い。このため、どの商品をいつ、どれだけ売り上げたかを把握することが困難であり、閉店後の廃棄ロスを増大する原因にもなっている。さらに価格の入力間違いは、後で追跡することができないなどの課題がある。

このような状況を解決し、熟練していない店員であっても速く、正確に商品情報の入力を可能にする事を目的とする。

1 - 2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

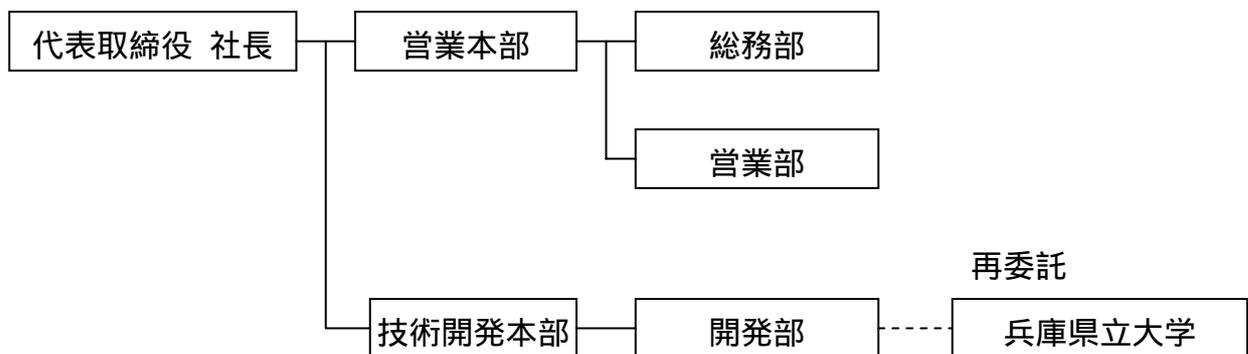
1) 研究組織 (全体)



2) 管理体制

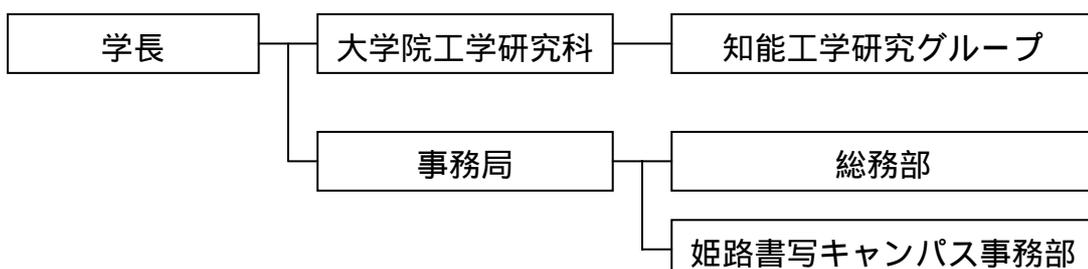
事業管理機関

株式会社ブレイン



再委託先

兵庫県立大学



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 株式会社ブレイン

管理員

氏名	所属・役職
神戸 壽	代表取締役 社長
原 進之介	営業部 部長
山下 美帆	営業部

研究員

氏名	所属・役職
多鹿 一良	開発部 部長
志方 泰	開発部 研究員
初田 真幸	開発部 研究員
中道 護仁	開発部 研究員
松田島 真吾	開発部 課長
橋本 孝章	開発部 研究員
神戸 壽	代表取締役 社長

【再委託先】 兵庫県立大学

氏名	所属・役職
森本 雅和	大学院 助教 工学博士

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

【事業管理機関】 株式会社ブレイン

担 当	所属・役職	氏 名
経理担当者	総務部 経理担当	林 愛規
業務管理者	営業部 部長	原 進之介

【再委託先】 兵庫県立大学

担 当	所属・役職	氏 名
経理担当者	姫路書写キャンパス事務部 総務課長	楠見 清
業務管理者	工学研究科長	畠山 賢一

(4) その他

アドバイザー

機関名又は氏名	所在地又は住所
東芝テック株式会社	埼玉県さいたま市中央区上落合 5-20-30
富士通株式会社	神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1
日本電気株式会社	東京都港区芝五丁目 34-2
株式会社寺岡精工	東京都大田区久が原 5-13-12
株式会社ドンク	兵庫県神戸市東灘区田中町 3-19-14
株式会社神戸屋	大阪市東淀川区豊新 2-16-14
敷島製パン株式会社	兵庫県神戸市西区高塚台七丁目 2 番地 1
株式会社ダスキン	大阪府吹田市芳野町 5-32 ミスタードーナツ事業本部

1 - 3 成果概要

(1) 識別能力の向上

【実施内容】

同種のパンであっても個体によって焼き色や形状および具材の状態が少しずつ異なる。また異種のパンであっても、個体の形状や使われている具材およびその配置により全体的な印象が類似しているものがある。

識別能力向上のため、下記の研究を実施した。

色情報を活用した領域分割による判定

識別に特有な特徴量の選択

商品マスタのクラスタリングによる自動分割登録

【成果概要】

パン画像をRGB、HSV、Lab色空間で3～5の領域分割を行い識別率がどのように変化するか実験を行った。その結果、組み合わせにより大きな違いは見られなかったが、現状のままRGBによる分割を行った方が良い結果となった。

輪郭Huモーメント、彩度Huモーメント、最頻値(領域)の特徴量を除外する事で識別率が良くなる事がわかった。また、面積円形度、平均分散(領域)の特徴量は識別のための重要な特徴である事がわかった。

包装されているパンやサンドイッチは置き方により、形状や色が大きく変化して、無包装のパンより識別率が低下する。そこで、同一パン内で識別結果(特徴量)のクラスタリング処理を行い、グループ分けを行う事で表向きに置かれたパンと、裏向きに置かれたパンを内部的に別々のパンとして学習する事で識別率が向上する事を確認した。

(2) 接触したパンの分離

【実施内容】

これまで、円形や棒状のパン形状を前提にして、パンの全体を陰影化した上で輪郭に注目し、鋭角なくびれが検出された部分は隣のパンと接触していること示すものとして、分割処理を行ってきた。しかし、パンの一部に鋭角な形状を持つものに対しては、1個のパンをさらに分割する誤分割が発生していた。これが、識別率低下の一因となっている。

誤識別防ぐために、以下の研究を実施した。

マッチング手法による分割

誤分割領域部分の集合化による識別

3次元情報の活用

【成果概要】

接触したパンの分離を行う前に、マッチング手法を用いて処理する事で、ベーコンエピ等の複雑な形状をしたパンでも誤分割せずにパン領域を抽出する事ができた。

誤分割した領域を1つのパン領域に結合させる条件を決めて検証を行った。あらかじめ過分割されたパンを十分に学習させておく必要があり、過分割されたものと類似したパンが存在する場合は、類似パンとして誤識別する事がわかった。

距離センサーから得られた距離画像を利用してパン領域の抽出と接触パンの分離に成功した。今後、安価で高解像度な距離センサーが販売されれば、バックライトや半透トレイを使用せずにパン領域の抽出や分離ができる事を確認した。

(3) 学習機能

【実施内容】

正解とする情報を自動学習によって蓄積することによって、識別性能の向上が期待できる。しかしオペレータの指示誤りにより、誤った情報を学習し続けると識別精度が低下する。

自動学習した情報の分析を行い、誤学習したと考えられる情報を排除する研究を実施した。

【成果概要】

学習に不適切な特異なデータを排除する。

これにより、誤学習による識別率の低下を防ぐことができた。

(4) POS システムへの組み込み開発と評価

【実施内容】

POS システムが稼動している PC 上で識別システムを入れて、PC 内で連携する機能の設計及びソフトウェアの開発を行った。

【成果概要】

POS システムと識別システムを同一 PC で稼動させる為、画面切り替えを制御する機能を実装した。識別システムの起動、終了を制御する機能を作成した。識別開始、識別結果を送受信する仕様の策定及び開発を行った。

また、POS システムで商品を追加した際には、POS 側から識別システムの追加学習が行える機能の実装を行った。

2 種類の POS システムで動作検証を行った結果、問題なく動作する事を確認した。

(5) 実環境での試作機評価と改良

【実施内容】

POS システムとの連携を可能にした試作装置を用いて、店舗での実証実験を実施した。実証実験で得られた成果をもとに、総合的な試作装置の改良を図った。

【成果概要】

実証実験店 の実証実験では約半月のレジ連携実験を行い、識別率は第 1 位が 94.4%、第 3 位までが 97.3%という結果となった。カメラの位置を高くして、店員とお客様との視線に入らないように改良した。

実証実験店 の実証実験では 1 週間のレジ連携実験を行い、識別率は第 1 位が 93.0%、第 3 位までが 97.3%という結果となった。実証実験店 と比べてサンドイッチの識別率が低かったため、全体的に識別率を下げる要因となった。

実証実験店 でのレジ連動実験の結果、識別率は今まで実施した実証実験と同程度だが、新商品のパンが追加するほど識別率が低下する傾向があった。対策として店頭に並んでいない商品を候補から外し、識別率を向上させる仕組みを研究した。この店舗ではバックライトとカメラ支柱を一体化したモデルの試作機によって実証実験を実施した。

1 - 4 当該研究開発の連絡窓口

(1) 事業管理機関

株式会社ブレイン 本社（最寄り駅：JR 加古川線比延駅）

〒677-0033 兵庫県西脇市鹿野町 1 3 5 2 番地

問い合わせ担当者

開発部 部長 多鹿 一良

TEL : 0795-23-5510 FAX : 0795-23-6357

E-mail : info@bb-brain.co.jp

(2) 研究実施場所

株式会社ブレイン 本社（最寄り駅：JR 加古川線比延駅）

〒677-0033 兵庫県西脇市鹿野町 1 3 5 2 番地

兵庫県立大学 大学院工学研究科（最寄り駅：JR 山陽本線姫路駅）

〒671-2201 兵庫県姫路市書写 2 1 6 7

第2章 本論

2 - 1 識別能力の向上

2 - 1 - 1 色情報を活用した領域分割による判定

(1) 色相を利用した領域分割

前年は具材を考慮した領域分割方法として色相を利用した領域分割を行った。

(2) 明度を利用した領域分割

パンによっては色相に差異があまりなく、分割が成功しないことがある。

色相に差異がなくても、明度に差異がある場合がある(その逆の場合もある)。

明度による領域分割を行った。明度の値により4つに分割すると以下ようになる。

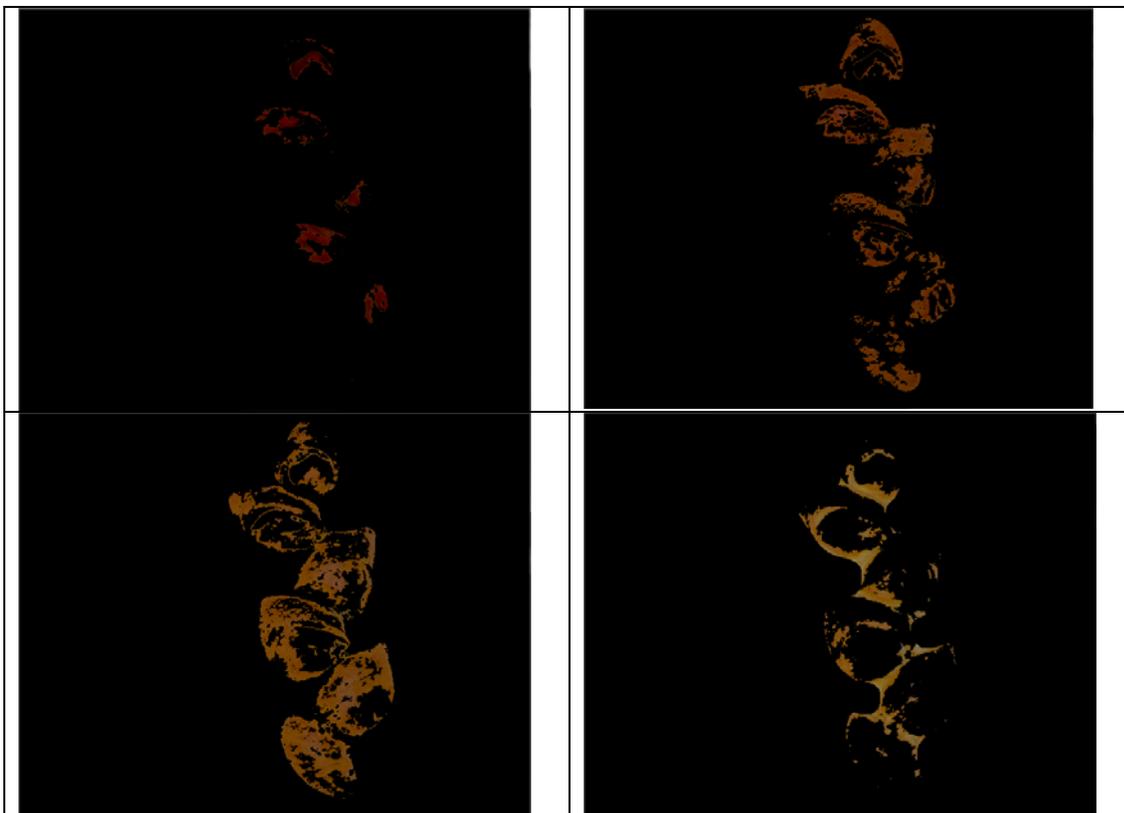


図 2-1 : 明度値により4つに分割した画像

(3) ヒストグラムによる分割

クラスタリングによる分割を行うと、処理の時間を要する。処理時間を短縮するためヒストグラムによる分割を行った。

ヒストグラムを3つに分割する場合、分割対象とする範囲を均等に3つに分割すると、ほとんどデータが存在しない領域ができることがある。これを防止するためにヒストグラムの面積を用いて分割を行った。

(4) 実験結果

初年度は、領域を3分割する手法を考案した。本年度はヒストグラムを利用して領域の分割を行った。使用する色情報はRGB、色相(HSV)、明度(Lab)使用し、それぞれの組み合わせで識別率がどのように変わるか実験を行った。組み合わせにより大きな違いは見られなかったが、RGB又は明度による分割を行った方が比較的良好な結果が得られた。

2 - 1 - 2 識別に有効な特徴量の選択

(1) 特徴量の取舍選択による識別率

グループ化した特徴量を取捨選択することで識別率がどのように変化するか検証した。あるグループを含まずに識別したときに識別率が低下した場合はそのグループは有効な要素であることがわかる。逆に識別率が上昇する場合、もしくは変わらない場合はそのグループは有効な要素ではない可能性が高い。

(2) グループ別に除外した検証結果

実証実験によって採取した画像(2012年4月20日~5月8日までの19日間に採取した画像)を用いて検証を行った。

除外しない場合と比較すると、輪郭Huモーメント、彩度Huモーメント、最頻値(領域)の特徴量を除外すると識別率がよくなる傾向にあった。したがって、この3つの特徴量のグループは除外することで識別率の向上することが考えられる。ただし、第3位までの識別率では大きな変化が確認できなかった。

面積円形度、平均分散(領域)の特徴量は除外すると識別率が低下する傾向にあった。この特徴量は識別に関して有効に機能していると考えられる。

(3) 特徴量の分布の検証

マイナー成分分析を用いた学習方法では、主成分分析を用いるため特徴量は正規分布を仮定している。正規分布していない特徴量の場合でも主成分分析を行なうことで識別することは可能であるが、特徴量のデータの分布を検証することは有効な特徴量を取捨選択するために重要である。その為、特徴量の分布の検証を行った。

2 - 1 - 3 商品マスタのクラスタリングによる自動分割登録

(1) 置き方により見え方が大きく変わるパンの問題

同じパンでも、置き方により見え方が大きく変わるパンがある場合、例えば表面と裏面どちらの方向にも置かれる可能性があるパンでは、表裏両方の画像を、同じパンとして学習させると特徴量にばらつきが出てしまうため識別精度が低下する。



図 2-2 : パンの裏表



図 2-3 : 裏面の識別

(2) 事前クラスタリングを利用したマスタ登録

表裏両方の画像どちらも同じパンとして学習すると、特徴量にばらつきが出て識別率が低下する。これを防止するため、表裏の画像を別のマスタとして登録する。表裏の判定を自動で行うため、クラスタリングを利用した。

(3) 実験結果

学習用データとして表裏混在した画像を使用した。

表裏混在する画像に対して識別を行ったがマスタを分割して登録することにより識別精度の向上が見られた。

2 - 2 接触したパンの分離

2 - 2 - 1 テンプレートマッチングによる分離

(1) 分割アルゴリズムの問題点

前年までの研究により、接触したパンは形状のくびれ情報を利用した分割が有効であることが判明した。

しかし、くびれ情報を利用しているためベーコンエピのように特徴的なくびれがあるパンは誤分割してしまうという問題が発生した。



図 2-4 : ベーコンエピの誤分割

(2) 解決方法

誤分割を防止するため、パン領域全体の中からあらかじめ特殊な形状のパン領域を探索し、分割対象から除外する。

特殊な形状のパンについての形状はある程度安定していると仮定する。対象となる形状の雛形をあらかじめ用意しておき、パンの領域に対して雛形と一致する形状の探索を行う。一致する場所が発見された場合、そこには特殊な形状のパンが存在しているものと判断する。発見された領域を分割対象から除外することにより誤分割を防止する。

2 - 2 - 2 誤分割領域部分の結合による識別

(1) 誤分割後の再結合化の条件

くびれ情報を用いて分割すると、前述のとおり分割に失敗して誤分割が発生する場合がある。この場合、分割を抑制するのではなく、誤分割したものを再結合することにより識別できないか検証した。

結合する条件として以下が考えられる。

境界線によって分割された2つの領域である。

その2つの識別結果が同じ種類である。

それぞれの領域による識別結果スコア（もしくは信頼度）が低い。

(2) 識別結果

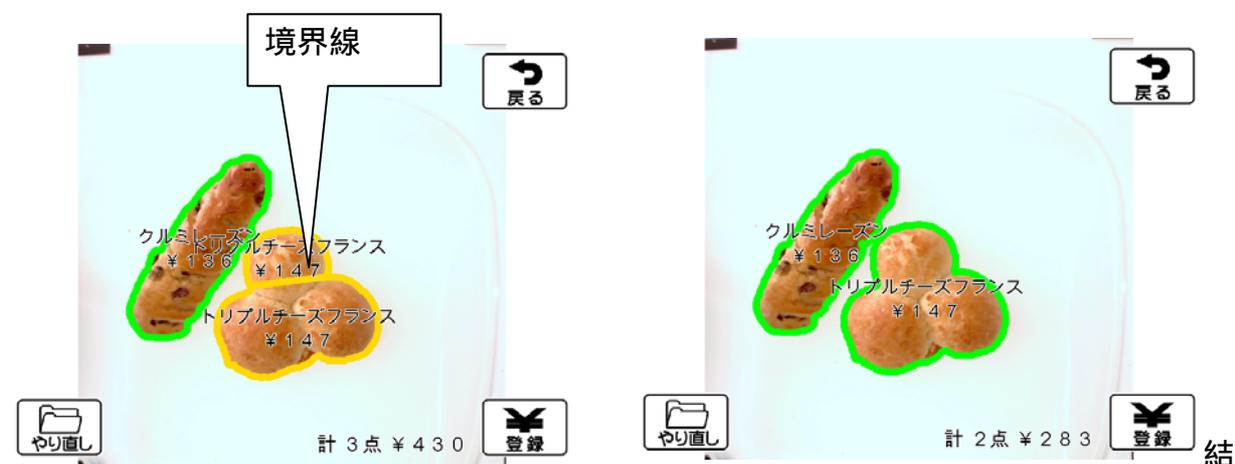


図 2-5 : 過分割の集合化

この場合、あらかじめ分割されたパンを十分に学習しておく必要があり、かつ正常に領域抽出をしたデータを学習させておく必要がある。また、誤分割されたものと類似するパンが存在する場合は誤識別する可能性が高くなる。

2 - 2 - 3 3次元情報の活用

(1) 距離センサーの利用

前年までの研究では、RGB 情報によるパン領域の抽出、分割を行ってきた。

RGB 情報によるパン領域抽出、分割では背景色に類似した色のパンが抽出しづらい、くびれのあるパンを誤分割してしまうという問題がある。

そこでパンの領域抽出、分割に有効な情報として3次元情報に注目する。近年、距離センサーをもつカメラは比較的安価に市販されており、装置の入手も容易となっている。2010年11月にMicrosoftから発売されたKinectではRGB画像とカメラからの距離画像を得ることができる。RGB情報と3次元情報の両方を組み合わせることで、より正確なパン領域の抽出、分割が可能になる。



図 2-6 : 距離センサーから得られた距離画像

(2) 3次元情報を利用したパン領域の抽出、分割

背景であるトレイ面が平らな平面であると仮定し、3次元情報を用いたパン領域の抽出、分割を行う。

平面からの距離の取得

背景平面のみが映った状態のカメラからの距離画像を取得する。

この距離画像から法線ベクトルを求め、カメラからの距離画像を平面からの距離画像に変換することが可能になる。

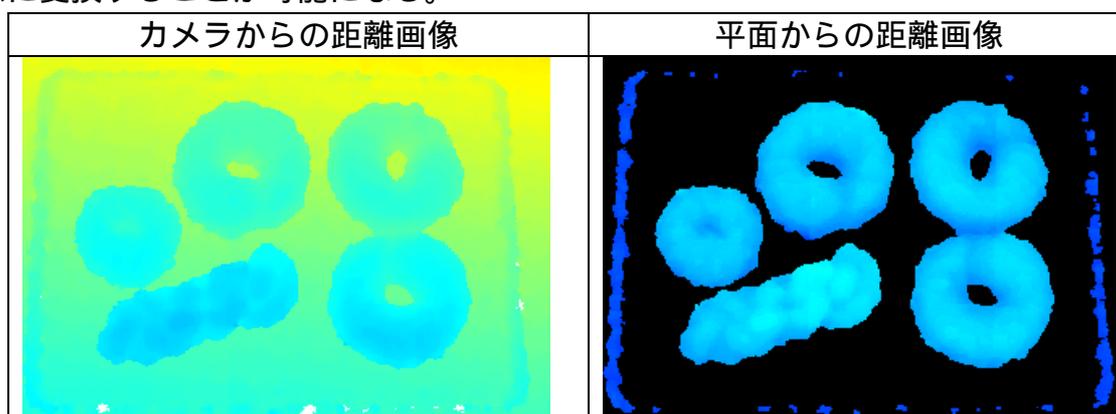


図 2-7 : 平面からの距離画像への変換

2 - 3 学習機能

2 - 3 - 1 自動学習情報の整理

(1) 自動学習

前年までの研究で、学習データ数が多いほどパンの識別精度が向上することがわかった。学習データ数が増えると、それに伴い処理時間は増大する。

処理時間を短縮するために、学習期間および学習個数を定める手法が適切である。

(2) 誤学習データの排除

自動学習を行う場合、追加されるデータ全てが正解であれば問題ないが、オペレータの操作ミスなどで誤ったデータが含まれることがある。又、正解のデータであっても例えばトレイの端に置かれているため、パンの一部が映っていないなど学習データとしてはふさわしくないデータも含まれていることがある。

このようなデータを排除するための手法を検討、考案した。

2 - 4 POSシステムへの組み込み開発と評価

2 - 4 - 1 既存 POS システムとの連携仕様

(1) POS システムとの内部連携

識別システムには識別結果の表示、訂正を行うための画面が必要である。また、POS システムにも売り上げ商品一覧を表示する画面が必要である。前年は識別システムと POS システムをハード的に完全に独立し、LAN を経由することによりデータをやりとりする外部連携構成を策定した。本年はユーザーの使いやすさを重視した内部連携の仕様を策定した。

(2) 識別システムと POS システムの画面切り替え

識別システムと POS システムを内部連携する場合、識別システムと POS システムそれぞれで画面が必要となる。店舗で会計を行う際の手順は以下のようになる。

トレイを識別システムに載せ、パンの識別を行う。

識別結果に誤りがあった場合は訂正を行う。

識別システムから POS システムに識別結果を送信する

識別結果を受け POS システムは売り上げ商品一覧を更新する。

識別対象商品以外(バーコードつき商品など)を POS システムから追加する。

POS システムで精算を行う。

～ は識別システム、～ は POS システムの画面上で行う操作である。同時に両方の画面を必要とするタイミングは存在しないため、～ では識別システムの画面を表示し ～ では POS システムの画面を表示するという切り替えができれば十分であることがわかる。

2 - 5 実環境での試作機評価と改良

(1) 実施場所

下記店舗で POS システムと本システムを連携し精算業務の実証実験を行った。

店名	所在地	期間
(実証実験店) ナポレオン 社店	兵庫県加東市	準備：2012/4/20～5/8 テスト：2012/5/9～5/14 実験：2012/5/15～5/28
(実証実験店) ドミック・ジュン アイトラス落合南長崎店	東京都豊島区	準備：2012/7/10～7/19 テスト：2012/7/20～7/23 実験：2012/7/24～7/28
(実証実験店) ドンク nonowa 西国分寺店	東京都国分寺市	準備：2012/9/10～9/12 実験：2012/9/13～12/28
(実証実験店) ベーカリー研究所 グラウン	熊本県熊本市	準備：2012/11/14～11/20 実験：2012/11/21～12/28

(2) 実験装置 (試作機)



図 2-8: 実証実験店 (ドンク nonowa 西国分寺店) の実験装置

(3) 実験方法

商品の学習データ作成用の画像撮影とユーザートレーニング

レジに設置した撮影装置を用いて、商品の画像撮影を行った。

識別装置の上にトレイに載せたパンを置き、操作モニタの撮影ボタンを押して撮影・学習を行った。

作成した学習データを用いて実際に会計する商品を識別するかテストを行った。

レジ連動テスト

レジと連動した画像識別システムを用いて会計を行った。

と同様に、操作モニタの撮影ボタンを押して識別結果を表示させた。識別が間違っているものは候補から選択することで訂正し、再学習を行った。精算ボタンを押して会計データをレジに送信し、レジで送信したデータを読み込んだ後に会計を行った。

精算したデータは随時学習し識別能力の向上をはかった。

第3章 全体総括

3 - 1 3年間の研究開発成果

(1) 識別能力の向上

【平成22年度】

パンの識別方式を最近傍法から、識別精度向上に最適な手法へ移行するために新たなソフトウェアの開発を行った。実証実験店で実施したパン画像撮影で得られた、約9万枚のパン画像を識別した結果、最近傍法の識別率は88.6%、新たな手法は89.8%であり識別率の向上に成功した。また、第3候補まで含めると97.4%という結果が得られた。

【平成23年度】

形状や色の似たパンを識別するため、形状、色以外にテクスチャの特徴の特徴量を追加するソフトウェア開発を行った。

実証実験店で実施したパン画像撮影で得られた、約6千枚のパン画像を識別した結果、追加前で88.5%、追加後で91.0%となり識別率の向上に成功した。また、第3候補まで含めると98.9%という結果が得られた。

パンの色に関する特徴量は、パンを3領域に分割して抽出していたが、色相で領域分割を行い抽出する方法へ改良を行った。また、カラーチャートによる色補正機能を追加した。

上記の改良により識別率は改良前の91.0%から96.2%へと大幅に識別能力が向上した。

【平成24年度】

パンにトッピングしたコーンやソーセージ等の具材を色で判別する研究を行った。RGB、HSV、Lab色空間で3～5の領域に分割したが識別率に大きな変化は見られなかった。

サンドイッチ等の置き方により形状や色が大きく変化するパンの識別率を向上させる研究を行った。クラスタリングで同一パンを分類して別のパンとして学習させる事で識別率が向上した。

(2) 接触したパンの分離識別

【平成22年度】

2値化画像を用いて輪郭抽出を行った。パンの影は彩度、明度の平均、分散値から陰らしい領域を抽出した。

上記の初期情報を元にパンとトレイの領域分割を行い、トレイからパンの抽出する事に成功した。しかし、トレイと区別が付かないぐらいの同じ色のパンや、影に似た特徴を持つパンの領域分割ができない課題があった。

接触した丸いパン、楕円状のパンの分離に成功した。境界線スコア（境界線長さ、くびれ深さなどを求め、評価することでパン分離の判断を行った。

【平成23年度】

バックライトと半透明トレイを利用して、下からパンを照らす事で、白いパンでも正常に領域分割する事が可能になった。

境界線スコアの各係数を調整する事でくびれたパン、棒状のパンの分離に成功した。また、従来直線で分離していた手法を、輪郭に沿って分離する手法に変更することで多様な形状のパンに対応することが可能になった。

【平成24年度】

複雑な形状のパンを検出する事が可能になった。これにより、誤識別していたベーコンエピの識別が可能になった。

また、距離センサーを用いてパン領域の抽出と接触パンの分離に成功した。

(3) 照明の影響を抑えた識別能力の安定化

【平成22年度】

従来法であれば高価な産業用カメラが必要であったが、特徴抽出部などの高精度化と独自のキャリブレーションアルゴリズムを実装したことにより、安価なWebカメラでの識別に成功した。

リング照明を用いることにより画像の安定化、影の除去に成功した。また、バックライトによる画像の安定化とトレイとパンを分離する手法について研究を行った。

【平成23年度】

識別に最適なカメラの評価・選定を行った。実証実験店でバックライトの撮影実験を行った結果、影の発生が少ない、識別に最適な撮影環境の構築に成功した。

(4) 誤識別の修正と自動学習

【平成23年度】

第1位の候補でも誤っている場合がある為、類似度を店員が視覚的に判別できるようにした。比較的確度が高い判定はパンの輪郭を緑色で囲むようにし、確度が低い場合は黄色、識別が不可能な場合は赤色で囲むようにした。

また、誤識別した場合や黄色で表示された場合は、識別結果を訂正できる機能を追加した。これにより、誤学習を防ぐことが可能になった。

【平成24年度】

パンが黄色の輪郭で表示された識別確度が低い場合は、店員がチェックし誤識別があった場合は訂正を行う。しかし、会計業務が忙しいなどで店員のチェック漏れにより誤学習が発生していた。

学習時に特異なデータを排除し、適切な学習を行うことにより、識別率の低下を防止することが可能になった。

(5) 使いやすい識別機構およびインターフェースの研究開発

【平成23年度】

商品訂正を補助する機能として識別状況にあわせた画面表示を実装した。識別結果の最終判断は人が行う。誤った識別が行われている場合はユーザーによる商品訂正が必要となる。訂正商品を直感的に、素早く指定できるようにタッチパネルでの操作を実装した。また、撮影したパンと候補一覧が比較できるようにした。訂正候補の一覧は正しいと判断される順番で表示するようにした。

(6) POSシステムとのシステムインターフェースの研究開発

【平成22年度】

店舗に設置済みのPOSシステムとシステム連携するためのインターフェース設計を行った。POSシステムには多様なOSが採用されており、多種のPOSとの連携が可能にするためLANを経由した方式を採用した。

【平成23年度】

識別結果をPOSシステムに通知する機能のソフトウェア開発を行い、POSシステムと連携実験を行った。その結果、問題なく連携できることを確認した。

また、POSシステムが保有する商品マスターデータを共有化するためにソフトウェアを開発した。

(7) POSシステムへの組み込み開発と評価

【平成24年度】

POSシステムが稼動しているPC上でパン画像識別システムを動作させて連携する機能のソフトウェア開発を行った。POSシステムからのパン画像識別システムの起動、終了、識別、学習の命令を行う事が可能になった。パン画像識別システムはPOSシステムと画面を切り替えることによって、POSシステムのタッチパネルで操作が行えるようにした。

(8) 実環境での試作機評価と改良

【平成24年度】

実証実験用の試作機の製作し、4店舗での識別精度の検証と運用の方法を検証した。

導入前に識別に必要な学習データを登録する事で、POSシステムとパン画像識別システムの連携初日から安定した動作が確認できた。その結果、会計に要する時間を短縮する事ができた。

撮影装置のカメラと支柱は設置場所や高さは実施店舗にヒアリングを実施して、接客の障害にならないように設置した。バックライトカメラ支柱と一体化して、撮影装置単体で自立できるように改良を行った。また、バックライトを1cm程度の薄いものを利用することでコンパクトな装置を製作した。

実環境の識別率は無包装パンで約95%、第3位までを含めると約98%という結果が得られた。

3 - 2 研究開発後の課題と対応策

(1) 識別能力の向上

パン領域の抽出、接触したパンの分割では3次元情報を取り入れることにより抽出、分割精度の向上が見られている。識別にも3次元情報のデータ(高さや、高さの変化量など)を取り入れることにより精度向上が見込まれる。

識別精度を低下させる要因として、誤学習が問題となっていた。研究によりある程度自動で誤学習データを排除することは可能となったが、さらに改良の余地があると考えられる。学習の完全自動化および、オペレータ介在による学習手法など、複数手法について継続的に研究を行う予定である。

(2) 接触パンの分離能力の向上

3次元情報は2次元情報に比べて精度が低くなる傾向があるため、3次元で得られたデータを2次元データで補完することにより精度の向上が見込まれる。また、3次元情報の利用により2次元では不可能であった重なったパンの分離も可能と考えられる。重なったパンであっても識別が可能になればレジの効率は、さらに向上する。しかし、現在はの手法では、パンの全体が見えていること前提にしての識別を行っているため、パンの一部分のみで識別を可能にする研究を実施する予定である。

3 - 3 事業化展開

本事業ではPOSシステムの大半のシェアを持つ主要POSメーカーにアドバイザーとして参画を頂き具体的なアドバイスをもらっている。

POSメーカーにとってパンや青果など同一品種間の個体差が大きく、バーコードを添付できない類の商品の取り扱いが長年の共通課題となっている。

POSメーカーと協力して行った実証実験では、実際に利用した店舗の評価は高く、精算業務を効率化するためには不可欠なシステムである事を確信した。

事業化ではPOSメーカーと共同で既存ユーザーを中心とした販売を推し進める。同時に各POSメーカーとの連携強化の為にソフトウェア開発を行う。

2013年に保守販売体制を整え製品販売を開始する。

また、本システムをベースに、共通の課題を抱える製造、流通、小売業界等への展開を推進する計画である。

付録

付録 1 . 専門用語等の解説

No.	用語	解説
1	焼きたてパンの販売	店舗にパン焼き釜を設置し、自店で小麦粉などの材料から製パンまでを行ったり、大手メーカーより仕入れた冷凍パン生地を利用して焼きたてパンを販売している。
2	POSシステム	Point of Sales System の略。 店舗で商品を販売するごとに商品の販売情報を記録し、集計結果を在庫管理やマーケティング材料として用いるシステムのこと。本提案では、店舗において会計を行うために、店舗内に設置されるレジスタの意味を含む。
3	RFID	Radio Frequency IDentification の略。 微小な無線チップにより人やモノを識別する仕組み。流通業界でバーコードに代わる商品識別技術として普及している。ラベル型、カード型、コイン型など様々な形状がある。
4	API	Application Programming Interface の略。 特定のOSやミドルウェア向けのソフトウェアを開発する際に使用できる命令や関数の集合。また、それらを利用するためのプログラム上の手続きを定めた規約の集合。
5	キャリブレーション	ディスプレイ、プリンタ、スキャナなどの色を入出力する機器において、色を正確にかつ安定して再現させるために調整すること。
6	CCDカメラ	ビデオカメラ、デジタルカメラなどに広く使用されている半導体素子。他の撮像素子に比べて相対的に感度が高くノイズが少ないという特徴を持つ。
7	セルフチェックアウト	商品の購入者自身が専用のセルフレジ機器で代金精算を行うこと。
8	OS	Operation System の略。 コンピューターの基本的な機能を提供し、アプリケーションソフトから共通して利用される。

付録 2 . 参考文献

No.	著 者	出版年	書 名	出版社
1	石井 健一朗 上田 修功 前田 英作 村瀬 洋	1998	わかりやすいパターン認識	株式会社 オーム社
2	白井 良明 谷内田 正彦	1998	新コンピュータサイエンス講座 パターン情報処理	株式会社 オーム社
3	C.M.ピショップ 監訳 元田 浩 栗田 多喜夫 樋口 知之 松本 裕治 村田 昇	2007	パターン認識と機械学習 上 ベイズ理論による統計的予測	シュブリン ガー・ジャパ ン株式会社
4	C.M.ピショップ 監訳 元田 浩 栗田 多喜夫 樋口 知之 松本 裕治 村田 昇	2007	パターン認識と機械学習 下 ベイズ理論による統計的予測	シュブリン ガー・ジャパ ン株式会社
5	麻生 英樹 津田 浩治 村田 昇	2003	パターン認識と学習の統計学 新しい概念と手法	株式会社 岩波書店

付録 3 . 研究成果発表と展示会出展

(1) 研究成果発表：6件

No.	発表タイトル	学会名	開催日
1	パンの画像識別に関する研究	平成 22 年 兵庫県立大学シンポジウム	2010 年 9 月 27 日
2	パンの画像識別における環境光変化の影響	平成 22 年 電気関係学会関西支部連合大会	2010 年 11 月 13 日 ~ 14 日
3	マイナー成分分析を用いたパンの画像識別	電子情報通信学会論文誌	2011 年 7 月 1 日
4	パンの画像識別における領域分割の一検討	第 10 回 情報科学技術フォーラム(FIT2011)	2011 年 9 月 7 日 ~ 9 日
5	距離センサを用いた物体の分離・識別に関する検討	第 11 回 情報科学技術フォーラム(FIT2012)	2012 年 9 月 4 日 ~ 6 日
6	距離センサを用いた物体の分離・識別に関する検討	平成 24 年 電気関係学会関西支部連合大会	2012 年 12 月 8 日 ~ 9 日

(2) セミナー・講演会：2件

No.	発表タイトル	セミナー・講演会名	開催日
1	パン画像識別システム	第 14 回「自動認識総合展」受賞者公演	2012 年 9 月 12 日 ~ 14 日
2	パン画像識別システム	第 10 回「自動認識総合展大阪」セミナー	2013 年 2 月 13 日 ~ 14 日

(3) 展示会出展：5件(主なもの)

No.	展示会名	場所	開催日
1	リテールテック JAPAN 2012	東京ビックサイト	2011 年 3 月 8 日 ~ 11 日
2	国際フロンティア産業メッセ 2011	神戸国際会議場	2011 年 9 月 21 日 ~ 22 日
3	関西機械要素技術展 2012	インテックス大阪	2012 年 10 月 3 日 ~ 5 日
4	リテールテック JAPAN 2013	東京ビックサイト	2013 年 3 月 5 日 ~ 8 日
5	モバックショウ 2013	インテックス大阪	2013 年 3 月 6 日 ~ 9 日

(4)受賞：2件

No.	受賞・出品名	テーマ名	主催
1	第14回「自動認識システム大賞」2012 優秀賞受賞	パン画像識別システム	一般社団法人 日本自動認識 システム協会
2	第25回「中小企業優秀 新技術・新製品賞」2013 一般部門 奨励賞	パン画像識別システム BakeryScan	公益財団法人 りそな中小企業 振興財団

付録4 . 知的財産権の状況

No.	発明の名称	出願番号 (出願日付)	出願人
1	パンの識別装置とそのプログラム	特願 2010-35842 (2010年2月22日)	株式会社ブレイン 兵庫県
2	物体識別装置	特願 2011-63991 (2011年3月23日)	株式会社ブレイン
3	物体識別装置	特願 2012-005112 (2012年1月13日)	株式会社ブレイン
4	OBJECT IDENTIFICATION APPARATUS	米国:13/717717 (2012年12月18日)	株式会社ブレイン