

平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「3次元画像認識による自動錠剤識別機と錠剤識別技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成25年3月

委託者 関東経済産業局
委託先 株式会社つくば研究支援センター

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.....	4
1-3 成果概要.....	5
1-4 当該研究開発の連絡窓口.....	6
第2章 本論.....	7
2-1 錠剤識別に適した装置および光学系の開発.....	7
2-1-1 照明装置および錠剤整列機構の開発.....	7
2-1-2 光学系の開発.....	14
2-2 3次元画像認識による錠剤識別技術の開発.....	15
2-2-1 錠剤識別ソフトウェアの開発.....	15
2-2-2 モデル照合技術の開発と錠剤識別データベースの作成.....	22
最終章 全体総括.....	27

第1章 研究開発の概要

薬局や病院では、錠剤自動分包機を用いて、患者の服用単位で複数の錠剤を分包し、服用時の誤飲を減らしているが、分包後、専門の薬剤師により錠剤種類・数の目視確認をする錠剤識別作業が常時必要で、作業負担や見逃しが問題となっている。分包内では、多種の錠剤（色、形状等）が複雑に重なり、2次元画像処理単体での錠剤識別自動化は困難なため、2次元画像処理の高度化に加えて3次元画像処理技術を高度化し、立体情報等も利用した錠剤自動識別機の実現を目指し、実際の試作への展開を見据えた開発を行った。

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

(1) 研究開発の背景

錠剤自動分包機による複数錠剤の一包化により、飲み残しや配合障害を防ぎ、患者の安全・安心が確保される。しかしながら、分包後の錠剤確認の自動化は、2次元画像処理のみではできておらず、薬剤師に緊張を強いる目視確認作業が必須となっている。この負担を少しでも減らすためには、錠剤の計数のみを行う機能に限定するといった方法があるが、医薬分業の進展に伴い、薬剤師による服薬指導等の本来の高度作業の必要性は増す一方であると同時に、多種多様な錠剤の一包化の流れも今後ますます進展すると考えられる。結果、分包内錠剤の種類・数を確認する「錠剤識別」の自動化が患者・薬剤師双方にとって、より高度で重要なニーズとなっている。

(2) 研究目的

本研究開発の最終目的は、薬局や病院で使用されている錠剤自動分包機により分包された一包中の中身に、どのような種類の錠剤がどれだけ入っているかを識別するのに必要な技術を確認することである。この方法の確立により、薬剤師が目視によって識別する負担を低減することが可能になる。



(市販されている一包化する装置)

(3) 研究目標

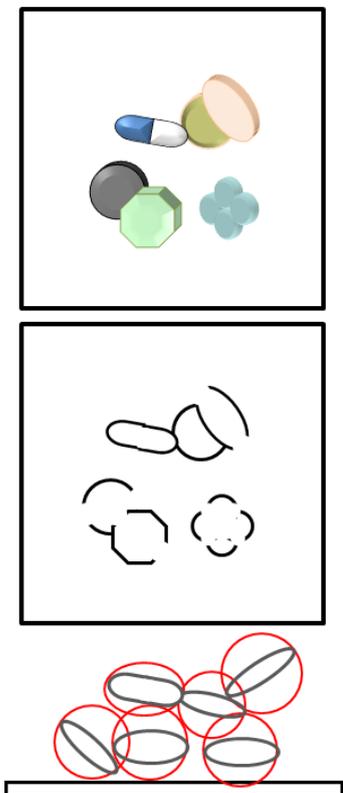
① 組込みソフトウェアに係る技術において達成すべき高度化目標

A) 安全性の確保

川下製造業者が薬局および病院向けに出荷している自動錠剤分包機によって、患者の服用単位ごとに複数種の錠剤を分包し処方することができる。しかしながら、現在は錠剤種類と個数の確認を、薬剤師によりすべて分包後に目視で行っており、この専門作業者の負担軽減と見逃しをなくすことが緊急の課題となっている。薬局ヒヤリ・ハット事例（財団法人日本医療機能評価機構 集計報告）によると、平成 21 年半期で、参加薬局数 1,774 から 1,285 件の報告があり、そのうち調剤時のミスが 9 割以上を占める。項目では数量間違いが一番多く、次に、規格・剤形間違い、薬剤取り違いといったものが続く。これら事例の発生要因は、「確認作業を怠った」というのが他の原因より 4~10 倍程度と圧倒的に多いのが現状である。すなわち、「確認作業」の代替機能を実現することが極めて重要となっており、分包後、分包内の錠剤種類と個数を調べ、正しく分包されているかを自動識別でき、目視作業の代替となりうる装置、患者により安全な処方を提供する新たな検査システムの構築が求められている。

B) 高性能化・機能の向上

上記課題を克服するため、分包後の分包内錠剤を自動識別する装置を新たに開発する。錠剤には、素錠や糖衣錠などの通常の円状以外に、カプセルや複雑な形状のものも多数あり、2次元画像処理では錠剤計数すら困難である。この問題解決のため、2次元画像処理の高度化に加え、個々の錠剤の3次元立体特徴が得られる3次元画像処理手法を導入し高度化して、分包中の錠剤認識結果（形状、色、数他）を得る技術を確認し、既知の錠剤入力情報と照合することで、錠剤自動識別を行う技術の確立を目指す。



<特 徴>

2次元、3次元画像処理で錠剤識別

・錠剤位置、特徴を2次元、3次元計測し、色情報も使って、錠剤の位置によらず識別する

単純形状は、高速で識別可能

・複雑な形状・姿勢は、3次元モデルと照合する

多種多様な錠剤種類を識別可能

② 技術的目標値

A) 3次元画像認識による錠剤識別技術の開発

A)-1. 錠剤識別ソフトウェアの開発

形状識別技術の開発：円、カプセル等の形状抽出による重なりに対応した錠剤基本データの抽出を行う。形状識別技術の改良、色識別技術の導入により、識別率の向上を実現する。これらの成果を踏まえ、2次元画像処理を主体とした一層の識別技術の性能向上と、形状の当てはめ技術を拡張し、異型錠剤等への対応を確立する。また、複数の異なる照明での撮影結果を用い、透明錠剤への対応を試みる。

ソフトウェア動作の統合と検証：各種ソフトウェア技術を統合し、錠剤識別及び光学系開発機器への搭載を行い、検証する。また、動作テストを行い、安定動作を保証する。

実験サンプルとして、数十種の錠剤から、一包中に最大5種類の錠剤を最大10個まで入れたものを用い、識別技術は5種類の判別率95%以上を目指す。特に錠剤種類が2、最大5個までの場合は、識別率98%以上を目指す。

A)-2. モデル照合技術の開発と錠剤識別データベースの作成

モデル照合技術の開発：22年度においてはモデル照合技術の適用を行い、23、24年度ではA-1で対応できない複雑な姿勢を持つ円形錠剤の識別性能向上を行った。
錠剤識別データベースの作成：照合技術に必要なデータ取得技術を開発する。

分包中の錠剤の姿勢が複雑になると、錠剤の簡易情報（例：大きさ）だけでは錠剤の特定は極めて難しくなる。A-1で照合できない姿勢が複雑な円形錠剤（糖衣錠、素錠）を対象とし識別率95%以上を目指す。

B) 錠剤識別に適した装置および光学系の開発

B)-1. 照明装置および錠剤整列機構の開発

20錠程度まで錠剤を整列できる機構を開発する。また、反射光と透過光（赤外）による照明を併用することができるようにする。品質、省スペース、価格を考慮した開発を行い、動作異常率1%以下を目指す。また、電気試験、環境試験を実施し、安全性、耐久性を備えた機構とする。

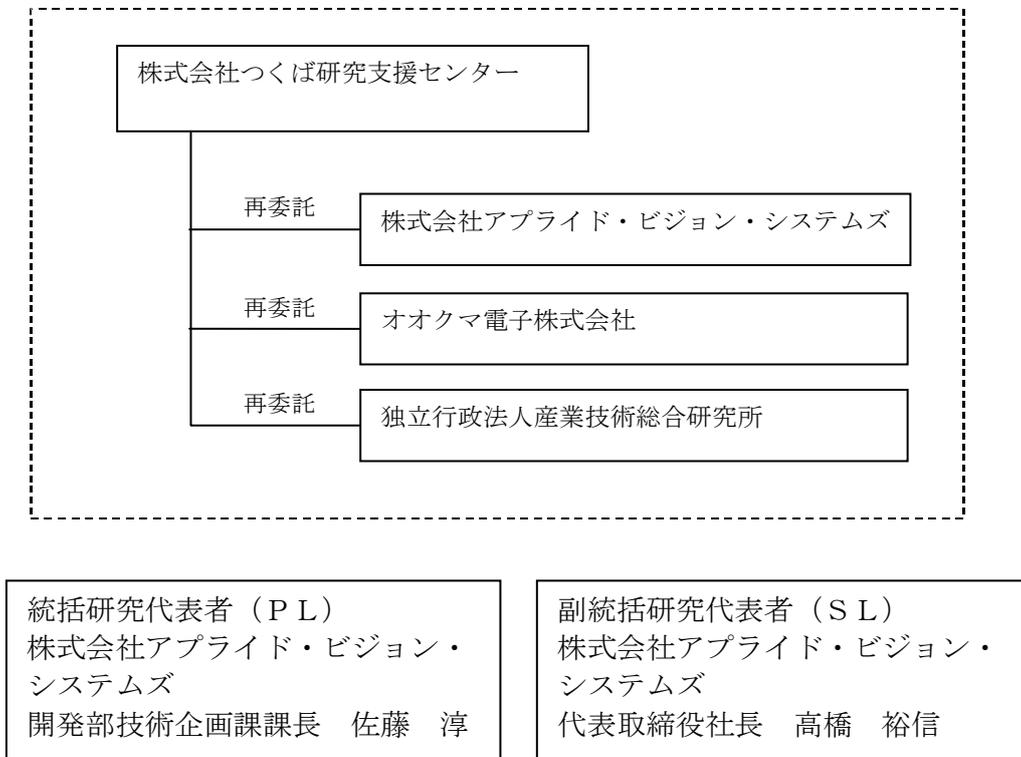
B)-2. 光学系の開発

トータルの処理速度向上に向けて、錠剤整列機構及び搬送機構のスピードを上げるための開発も行い、目標処理速度1秒以下を目指す。

1-2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

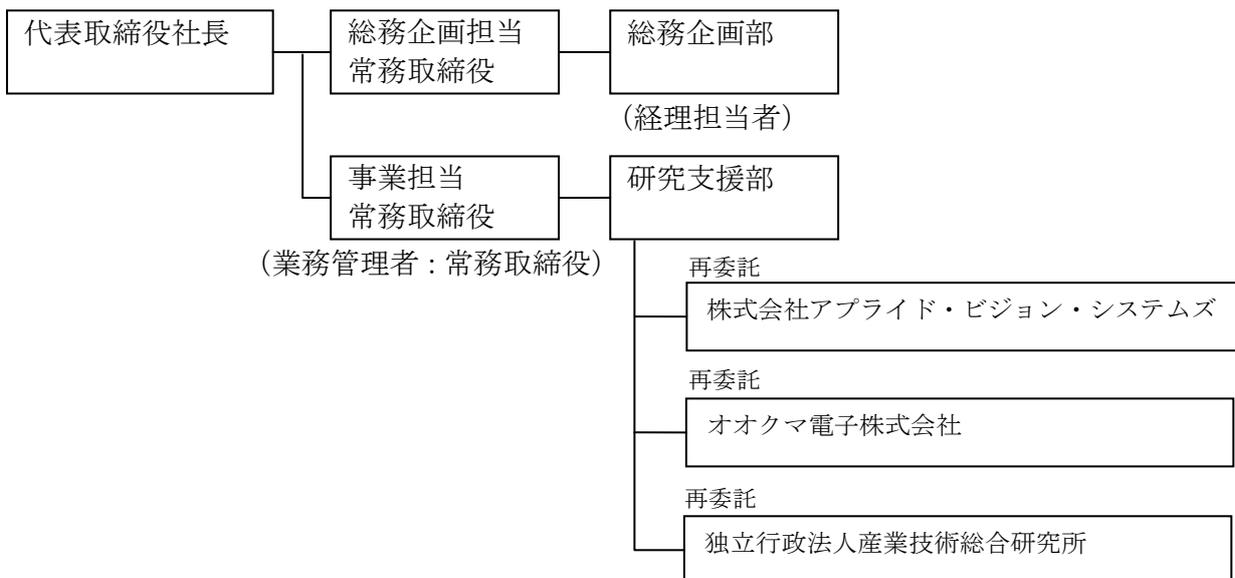
① 研究組織（全体）



② 管理体制

【事業管理機関】

株式会社つくば研究支援センター



1-3 成果概要

本事業においては、要素技術の確立を 22、23 年度で行い、24 年度ではそれらの一層の向上や統合、付加価値を高める開発を行った。

22 年度は、ハードウェアは馴染み機構の開発を主体とし、その他、照明の開発を行った。ソフトウェアは円形錠剤やカプセルの検出を行い、錠剤識別をするための基本データの抽出を実現した。また、モデル照合技術の適用を行った。

23 年度は、ハードウェアでは、20 錠程度までに適用できる馴染み機構の実現、引き続き照明の開発等を行った。ソフトウェアは、形状識別技術の改良と色識別技術の導入を行い、2次元画像処理の高度化を押し進め、さらなる性能の向上をはかった。また、複雑姿勢への対応を行った。

24 年度は、統合作業を行い、検証や各種試験を行うと同時に商品化を見据えた開発を行った。ハードウェアは、各種試験を行い、低い動作異常率の他に原価低減、小型化を実現し、商品化に耐えるものであることを確認すると同時に、照明等の開発により原価低減を実現した。ソフトウェアは、これまでの成果を統合して実装し、識別性能が所定の性能を満たしていることを確認するとともに、異型錠剤や透明錠剤への対応等、付加価値を高める開発も行った。また、複雑姿勢に関しては一層の性能向上を実現した。

上記の結果、必要な技術目標はすべて達成し、商品化への道が開けたと考え、事業化に向けての要求をほぼ満たすことができた。さらに、ハードウェアとしては大幅な原価低減ができており、ソフトウェアは付加価値のある透明錠剤や異型錠剤への対応、複雑姿勢への対応が実現でき、より魅力的な商品への道が開けた。分包の搬送から識別までの処理時間も約 1.3 秒を達成したことから、運用上も問題ないレベルでの速度であると判断している。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

【事業管理機関】

名称：株式会社つくば研究支援センター

住所：茨城県つくば市千現 2-1-6

連絡担当者所属役職・氏名：研究支援部次長 高田 青史

Tel: 029-858-6000 Fax: 029-858-6014

E-mail: tci-is@tsukuba-tci.co.jp

第2章 本論

以下、本論は成果物が理解しやすいよう、ハードウェア→ソフトウェアの順になるように内容を整理した内容をプロジェクトリーダー（PL）が記述した。また、本報告書は各グループで行った検討を1つにまとめた報告書の形式を採用した。

2-1 錠剤識別に適した装置および光学系の開発

2-1-1 照明装置および錠剤整列機構の開発

（主担当：オオクマ電子株式会社，副担当：株式会社アプライド・ビジョン・システムズ）

(1) はじめに

22年度に、錠剤の輪郭取りに必要な照明・整列機構の基本部分の開発を行った。

23年度では、錠剤の識別率向上のため反射照明の開発を行い、整列機構では、最大20錠の錠剤に対して重なった状態ができない機構を開発、機構としての完成度を高め、かつ識別率の向上を目指した。

24年度において、複数の反射照明を配置できる構造の開発と、整列機構では、各種試験を行い、動作異常率1%以下の安全性、耐久性に優れた、品質、省スペース、価格を考慮した商品化に向けた製品の開発を目指した。

(2) 照明の開発

反射光と透過光（赤外）の照明を併用することで、錠剤の輪郭、色等の情報を取得する。

① 反射照明

反射照明は左右2ヶ所の配置とし、固定金具を変更する事により、更に照明を追加することを可能とした。また、照明位置を安易に調整する事が可能である（図2-1-1）。

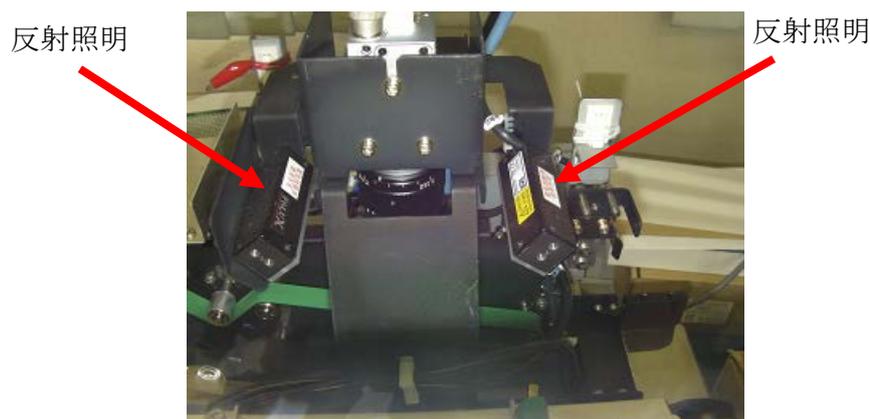


図 2-1-1 反射照明

② 透過照明

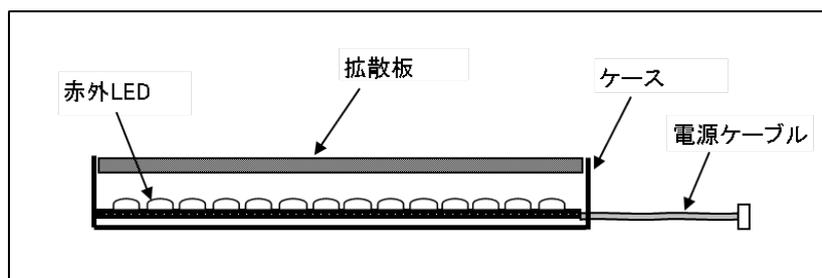


図 2-1-2 透過照明の構造

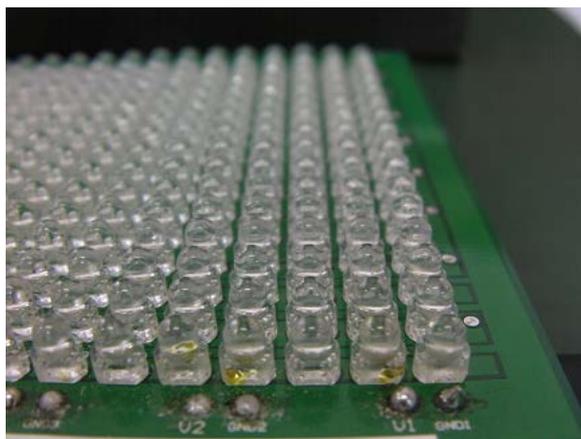


図 2-1-3 赤外 LED

(3) 錠剤整列機構の開発

22 年度においては、10 錠程度の錠剤に対して重なりが出ない機構を開発し、22, 23 年度で最大 20 錠の錠剤に対して重なった状態ができない機構の開発および各種試験を行った。

錠剤整列機構は図 2-1-4 の通り、3 つで構成されている。

- ・叩き機構 (①)
- ・均し機構 (②)
- ・ローラー (③)

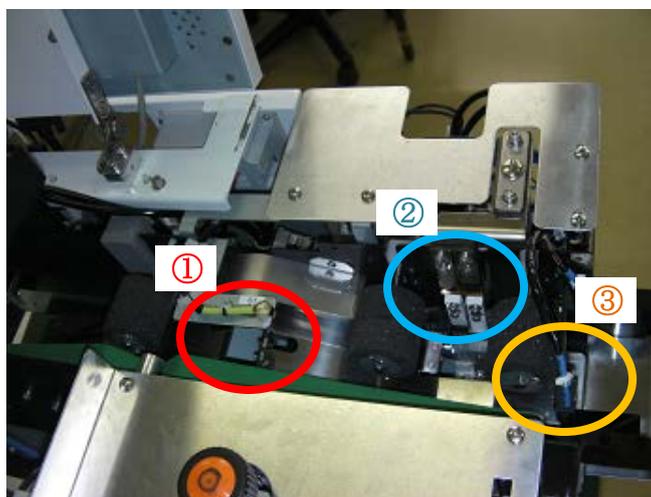


図 2-1-4 整列機構全体



図 2-1-5 叩き機構初年度開発



図 2-1-6 叩き機構改良型

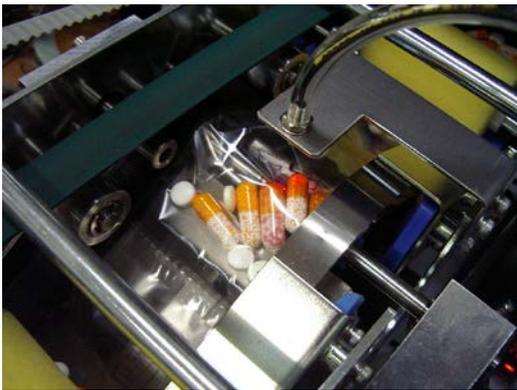


図 2-1-7 均し機構初年度開発

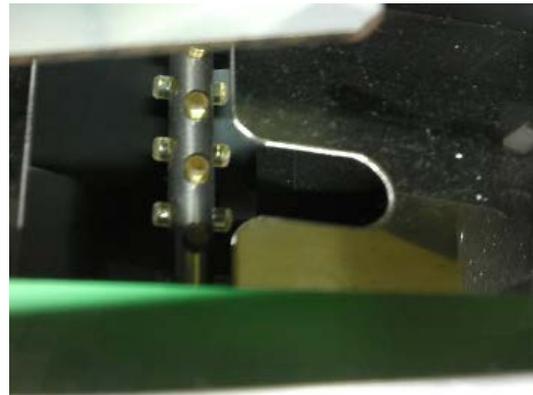


図 2-1-8 均し機構改良型

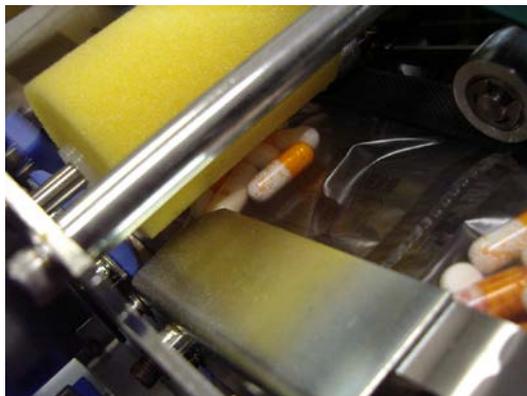


図 2-1-9 ロールー初年度開発



図 2-1-10 ロールー改良型

(4) 装置の省スペース、価格低減

① 省スペース化

PLCの代わりに新規設計のコントロール基板を採用した。この部分のエリアで1/3程度の省スペースを実現することができた（図 2-1-11）。

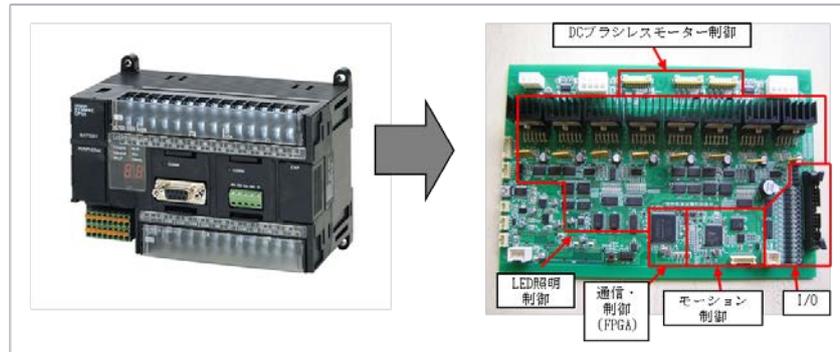


図 2-1-11 省スペース化

② 価格低減

市販 LED 照明は 30 万円と非常に高価（装置原価の 30%）であったため、赤外線 LED 照明を自社製作し、原価を約 10 万円程度に低減した。

また、赤外 LED は A～E にランクが分かれており、同じランクでも放射強度が異なる（D ランクで 16.8～33.6mW/sr）。これらのバラツキにより赤外線の色ムラが生じるという課題があるが、社内で新たに赤外 LED 発光量選別装置を開発し、光量が同等レベルの物で赤外 LED 照明を内製した。



図 2-1-12 赤外 LED 選別機

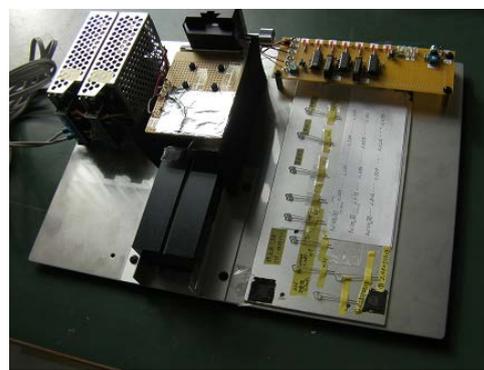


図 2-1-13 自社製赤外照明

また、LED を選別して使用することにより、発光ムラを抑えることが実現できた。

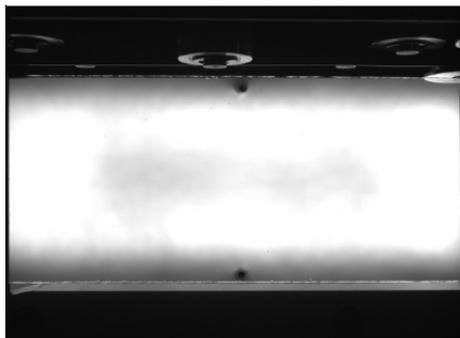


図 2-1-14 通常照明

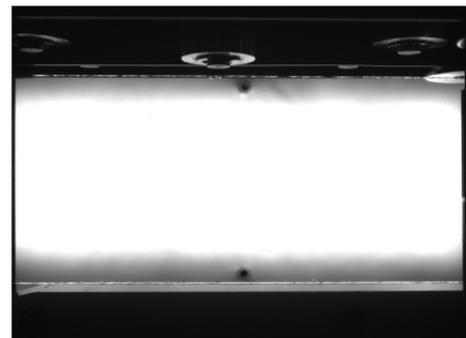


図 2-1-15 LED 選別照明

(5) 異常動作率の低減

評価実験機（図 2-1-16）を用いて分包の監査動作を実施し、目標である 1%以下を達成していることを確認した。



図 2-1-16 評価実験機

① 試験方法

分包紙詳細：

分包紙	ダイヤモンド	分包数	3 包/日×60 日=180 包
処方内容	エビオス錠 5 錠		
監査回数	45 回	監査包数	180 包×45 回=8100 包

② 試験結果

エラー内容	エラー包数	エラー発生率
分包領域判別エラー	8	0.99%

(6) 電気試験、環境試験の実施

表 2-1-1 の内容で、電気試験、環境試験を実施し、問題がないことを確認した。

表 2-1-1 評価試験項目

No.	試験項目	試験内容	結果
1	電圧変動特性	始動時特性、±10%運転	OK
2	絶縁性能	消費電力試験	OK
3	漏電伝電流特性	漏電流試験	OK
4	雑音の強さ	運転・不運転時、連続性雑音、放射雑音試験	OK
5	電子部品の短絡及び開放	パワードライブ部品中心	OK
6	モーター結束	モーターの結束試験	OK
7	接地接続性	接地接続性試験	OK
8	残留電圧試験	電源インレット	OK
9	電磁妨害に対する許容度	静電容量、雷サージ容量、ライノイズ、瞬時停電、放射無線放射 試験	OK
10	温度	低温・高温外見、構造、動作、絶縁抵抗、耐電圧試験 温度サイクル試験	再実験
11	異常使用	異常周波数試験。倍電圧印加後の絶縁試験	OK
12	構造一般	耐アーク、防湿、稼動部保護、耐衝撃、難燃、電動部取付 試験	OK
13	充電部	充電部状態確認	OK
14	空間・沿面距離	絶縁抵抗計測	OK
15	電気絶縁物	電気絶縁物確認	OK
16	配線・接続端子の固定強度	配線・接続端子試験	OK
17	アース端子及びアース線	アース端子、及びアース線確認	OK
18	電源プラグ	電源プラグ確認	OK
19	傾き試験	床傾き 15%、机上 10%	OK
20	落下試験	落下試験	OK
21	振動試験	トラック振動 1 時間	OK
22	電線の屈曲耐久試験	電線の屈曲耐久試験	OK

(7) 耐久試験

①叩き部について、表 2-1-2 の内容で耐久試験を実施し、すべての項目で合格した。

表 2-1-2 叩き部耐久試験項目

No.	ユニット	試験項目	試験方法	測定方法	判定基準	カウント回数	試験速度	試験日数	判定
1	叩き部	ゴムの寿命	叩き部ゴムを袋に連続で当て、ゴムの磨耗具合を測定する	ゴムの厚みをマイクロメーターにて測定する	初期値-2mm		通常	モーターの動作速度 (0.75±0.3s)/1回転 1日23時間稼動 60×60×23 = 82,800sec 1日あたりの回転数 82,800/1.05 = 78,800回転	OK
		板パネの寿命	上記試験と同じ条件で板パネの破損を調べる	目視にて確認する	パネにクラックがないこと	6,000,000包想定 モーターの回転速度 0.75s/1回転 業包装の通過速度 1.5s/1包 業包装1袋あたりのモーター回転 2回転/1包 想定カウント数 = (2回転/1包) × (6,000,000包) = 12,000,000回転	通常	試験日数 = (12,000,000回転)/(78,800回転) = 155日	
		モーター寿命	1回転あたりの動作時間を測定する	TPに表示された回転時間を記録する	反り10°		加速	モーターの動作速度 0.4s/1回転 1日23時間稼動 60×60×23 = 82,800sec 1日あたりの回転数 82,800/0.4 = 207,000回転	加速

②電気機構部について、表 2-1-3 の内容で耐久試験を実施し、すべての項目で合格した。

表 2-1-3 電気機構部耐久試験項目

No.	ユニット	試験項目	試験方法	判定基準	カウント回数	試験速度	試験日数	判定
1	透過照明(強)	印加電圧	制御基板から規定された電圧が印加されていることを確認する	計算値±**%以内	6,000,000枚想定	通常	撮影時間 0.5s/1枚 1日22時間稼働 60×60×22=79200sec 1日あたりの撮影数 79200/0.5 =158,400枚 試験日数 = (6,000,000枚)/(158,400枚) ≒ 40日	OK
		電流	照明回路に規定の電流が流れていることを確認する	初期値±**%以内				
		印加時間	規定時間印加されていることを確認する	設定値±**%以内				
		立上り・立下り時間	立上り・立下り時間が初期と変化のないことを確認する	初期値±**%以内				
		透過状況	薬包装袋を置き印字を透過していることを確認する	印字が消えていること				
カウント	薬が正常にカウントされることを確認する	正常にカウントすること						
2	透過照明(弱)	印加電圧	制御基板から規定された電圧が印加されていることを確認する	計算値±**%以内	6,000,000枚想定	通常	撮影時間 0.5s/1枚 1日22時間稼働 60×60×22=79200sec 1日あたりの撮影数 79200/0.5 =158,400枚 試験日数 = (6,000,000枚)/(158,400枚) ≒ 40日	OK
		電流	照明回路に規定の電流が流れていることを確認する	初期値±**%以内				
		印加時間	規定時間印加されていることを確認する	設定値±**%以内				
		立上り・立下り時間	立上り・立下り時間が初期と変化のないことを確認する	初期値±**%以内				
		輝度変化	照明の輝度に変化がないことを確認する	初期値±**%以内				
ミシン目	ミシン目を識別できること	ミシン目を識別できること						
3	反射照明	印加電圧	制御基板から規定された電圧が印加されていることを確認する	計算値±**%以内	6,000,000枚想定	通常	撮影時間 0.5s/1枚 1日22時間稼働 60×60×22=79200sec 1日あたりの撮影数 79200/0.5 =158,400枚 試験日数 = (6,000,000枚)/(158,400枚) ≒ 40日	OK
		電流	照明回路に規定の電流が流れていることを確認する	初期値±**%以内				
		印加時間	規定時間印加されていることを確認する	設定値±**%以内				
		立上り・立下り時間	立上り・立下り時間が初期と変化のないことを確認する	初期値±**%以内				
		輝度変化	照明の輝度に変化がないことを確認する	初期値±**%以内				

(8) メンテナンス性の向上

照明、電源、CPU、モーター、印字機構、整列機構部、プリンター等、メンテナンスが必要な部品及び修理が予想される機構部は交換が行いやすいような部品配置とした(図 2-1-17)。

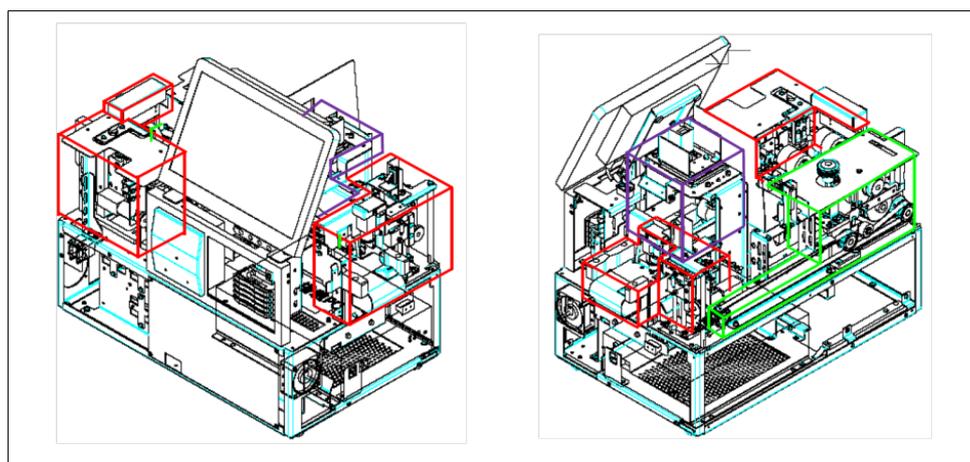


図 2-1-17 部品配置

(9) まとめ

24年度の課題として、事業化に向けた製品仕上がりを目指とする。その為には品質、省スペース、価格、安定稼働、安全性、耐久性に優れた製品に仕上げて行く必要がある。

22, 23年度の開発で基礎的な機構の開発は完了し、24年度は商品化に向けた取り組みを行った。その結果、電気試験、環境試験は問題ないことが確認でき、安全性、耐久性も十分製品化に対応できたことが実証された。

今後は、量産に向けて品質が安定し、また市場の要求に応えられるほどの生産体制を整える必要がある。

2-1-2 光学系の開発

(主担当：オオクマ電子株式会社，副担当：株式会社アプライド・ビジョン・システムズ)

(1) はじめに

光学系の開発では、22年度にカメラの仕様を決定し、23，24年度で画像データの高速度伝送および錠剤整列機構、搬送機構と合わせたトータルな処理速度向上に向けて、開発を行った。

(2) カメラの仕様

初年度において決定したカメラの仕様は表 2-1-4 の通り。

表 2-1-4 カメラ仕様

画素数 (Pixel)	1296×966
センサー	Sony ICX445
センサータイプ	Progressive Scan CCD
ピクセルサイズ	3.75um(H)×3.75um(W)
フレームレート	30fps
モノクロ/カラー	カラー
ビデオ出力タイプ	Gigabit Ethernet
ビデオ出力フォーマット	8,12bit
同期モード	外部同期またはフリーランモード
露光制御	プログラマブルモード
外形サイズ(L×W×H)	29mm×29mm×42mm
レンズマウント	Cマウント

カメラの高精細を行うことにより、カメラのコストが大幅に上がる。よって、現段階ではより速度を上げる試みよりも、コスト低減の方を優先とする。

(3) 処理速度の向上

24年度において、以下の4項目について時間短縮を行った。

- ・搬送系…ワーク搬送の駆動源には、ステッピングモーターを採用
- ・データ転送…必要最小限のデータのみ保存
- ・撮影時間…撮影回数の最適化
- ・蛇行検出…対象ワークが蛇行していないか事前に検出し、装置停止を防止

(4) 処理時間

上記対策により、現状処理速度が1.3秒まで達成できている。市場の要望、装置の安定稼働の状況を考慮し、これ以上の速度UPは必要ないと判断した。

(5) まとめ

トータルの処理時間は一包あたり約1.3秒であり、安定稼働、識別の正確さ、コスト低減等総合的に判断し、現段階で十分製品化に耐えられると判断できる。

2-2 3次元画像認識による錠剤識別技術の開発

2-2-1 錠剤識別ソフトウェアの開発

(主担当：株式会社アプライド・ビジョン・システムズ)

(1) はじめに

本節では、錠剤識別ソフトウェアの基本となる識別技術の確立のための開発を記す。

22年度においては、円形やカプセル等の錠剤の中でも基本とってよい対象にたいして形状データの抽出を行うための基本技術（輪郭抽出等）を開発し、個々に正しく分離することが可能になるような技術開発を行った。

23年度においては、前期技術の発展に加え、色情報を付加してより一層の識別性能の向上を実現した。

24年度には、22、23年度において確立した技術をより一層発展させるとともに、付加価値となる透明錠剤や異型錠剤への対応を行った。さらに識別ソフトウェアのライブラリ化を行い、識別性能のテストを行った。

(2) 錠剤識別のための形状抽出

二値化処理等を組み合わせることで、物体の輪郭抽出を可能にした。抽出した画像をもとに、錠剤の形状を判定する基礎技術を開発した。以下に、印字されてある分包中に様々な形状の破片を封入した撮影画像（図 2-2-1～2）と処理結果（図 2-2-3）を示す。



図 2-2-1 反射光による撮影画像
(分包中に破片を封入)



図 2-2-2 透過光による撮影画像
(印字も取得されている)

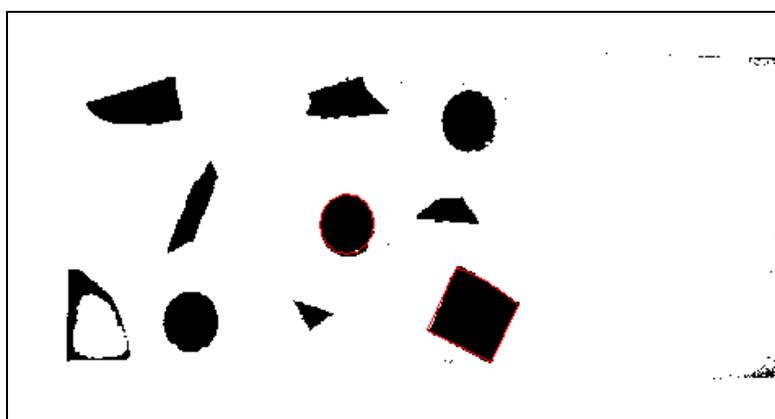


図 2-2-3 画像処理後の抽出画像

図 2-2-3 にあるように、二値化処理等、複数の処理を組み合わせることで、印字がそのまま残っている状態の画像に対しても物体形状の輪郭が正しく抽出できている。

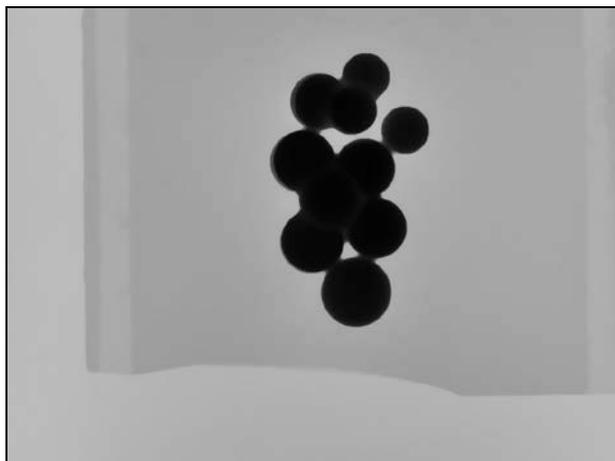


図 2-2-4 重なりのある錠剤の撮影画像

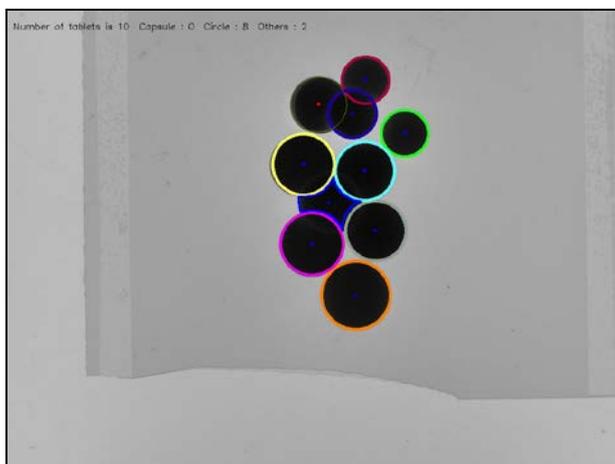


図 2-2-5 撮影画像と判別された錠剤形状（個々に輪郭の色を変更）



図 2-2-6 円形錠剤とカプセルが重なった状態での撮影画像



図 2-2-7 撮影画像と錠剤判別（個々に輪郭の色を変更）

錠剤基本情報として、以下の情報を取り出せるようにした。

- 円 : 円半径、円中心位置
- 楕円 : 長半径、短半径、楕円中心位置
- カプセル : 半円部分の半径、長短軸方向、中心位置
- その他 : 面積、位置

錠剤検出については、重なりのある錠剤の状態に対しての円形、カプセルの違いを分離できるようにした（図 2-2-4～7）。

(3) 色識別技術の導入による識別率の向上

色を抽出し、色情報に基づく判別を行った。なお、白色の円形状である 4 種類（デパス、チラージン、オパールモン、アストミン）は対象外とし、プルゼニド（黄赤）、ムコダイン（白）、エクセラーゼ（橙）、タフマック（白+茶色の混ざったつぶつぶ）、ドプス（橙+白）の 5 種類について確認した。その結果、検出できた 1172 錠中、正しく色を判別できたのは 1013 錠で、色判別率は、86.4%であった。



図 2-2-8 色の判別例（18 錠）
同一色には同じ番号が打たれている

大きさ違いの識別実験結果：

5種類の大きさの違う錠剤の識別実験の結果、全111包について、新規アルゴリズムにより形状種類と大きさと色による識別結果を目視確認した。その結果、合計1110錠中、正しく識別できたのは1051錠であった。識別率は、94.7%であった。

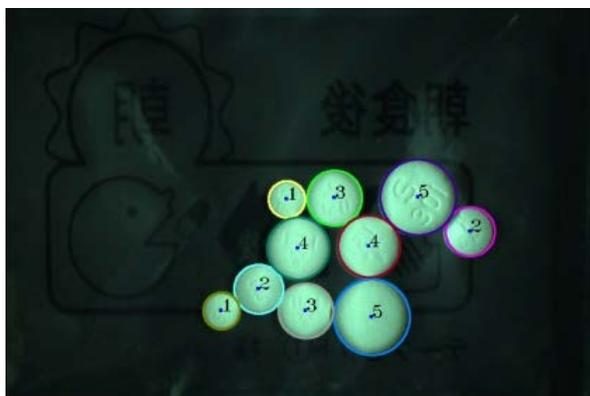


図 2-2-9 大きさ違いの識別例 (10錠)

色違いの識別実験結果：

2種類、2セットの色の違う錠剤の識別実験の結果、セット1が全140包、セット2が全101包について、新規アルゴリズムにより形状種類と大きさと色による識別結果を目視確認した。その結果、セット1では、合計1400錠中、正しく識別できたのは1372錠であった。また、セット2では、合計1010錠中、正しく識別できたのは974錠であった。結果、識別率は、それぞれ98.0%、96.4%であった。



図 2-2-10 色違いの識別例 (10錠)

(4) 識別性能の向上

24年度においては識別性能の一層の向上に努めた。例えば、錠剤数が多くなった場合に、密接することで、これまでの錠剤分割アルゴリズムを単純に適用しただけでは、正しく検出できない場合があった。これらを改良することで、正しく検出できるようになった。図 2-2-11 にその改善例を示す。(a)の白丸が密集部分であり、19番が未分割となっているのに対し、(b)の19番、20番で分割されている。

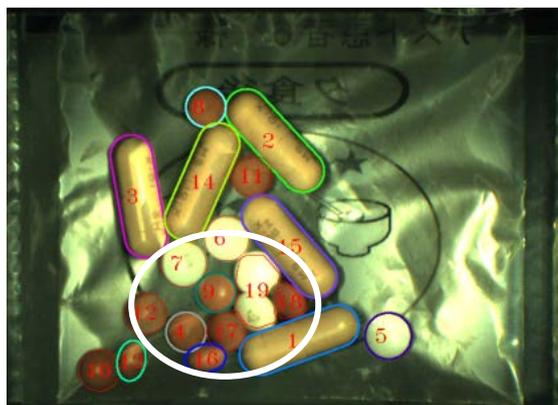
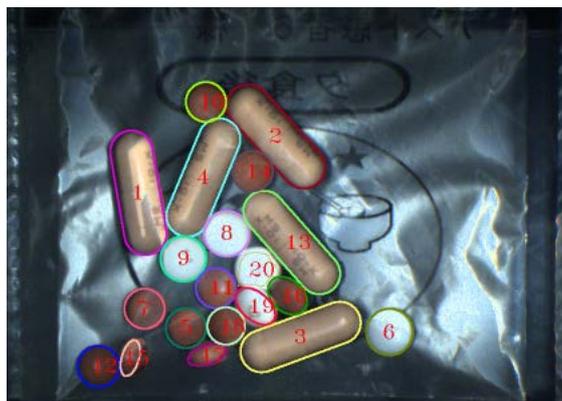


図 2-2-11 (a) 従来アルゴリズムの結果
(20錠あるのが、19錠としてしかカウントされない)



(b) 新アルゴリズムの結果 (20錠カウントされている)

(5) 多角形錠剤への対応

多角形などの異型錠剤への対応を試みた。これらは、数は少ないが、基本である円や楕円、カプセルにはあてはまらない形状をしている。そこで、輪郭を直線として検出し、連結解析することで多角形錠剤に対応できるソフトウェアを開発した。下記に、四角形、六角形の錠剤例を示す。

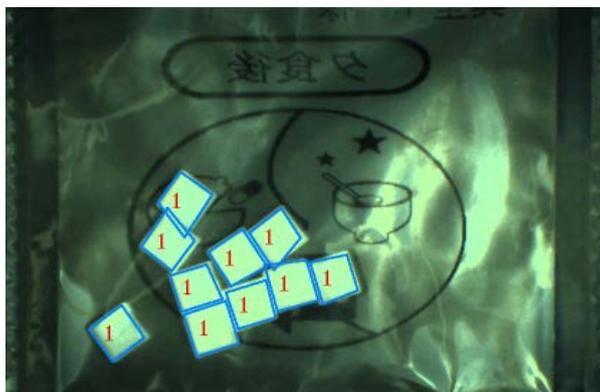


図 2-2-12 四角形錠剤検出例

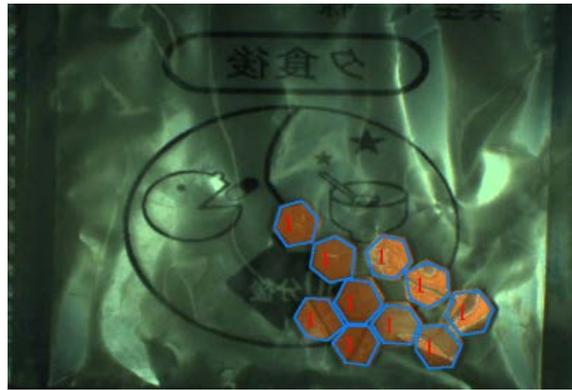
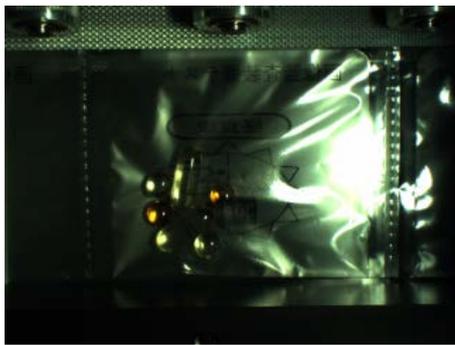


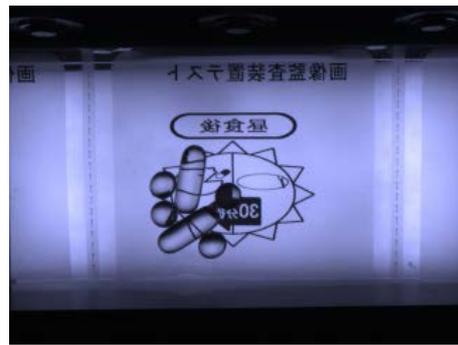
図 2-2-13 六角形錠剤検出例

(6) 透明錠剤への対応

透明錠剤は、図 2-2-14 に示すように、これまで形状検出に使用してきた強透過画像に、錠剤のシルエットがほとんど映らないため、その他の画像（反射画像（カラー））を用いて検出するアルゴリズムを新たに開発した。下記に撮影画像（反射、透過）と、途中処理した透明錠剤の画像と識別結果画像（図 2-2-15）を示す。

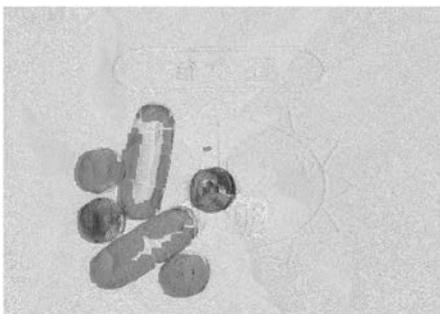


反射画像



透過画像

図 2-2-14 透明錠剤撮影画像例



反射画像他から合成した画像



識別結果画像

図 2-2-15 結果画像

(7) ソフトウェア動作の統合と検証

22, 23, 24 年度の成果により円形、楕円形、カプセル形の形状錠剤における、大きさ、色、糖衣の情報による識別に加え、多角形の異型錠剤、透明錠剤の識別が可能となった。実用化に向けて、全体を統合したライブラリを作成し、処理速度が高速になるように高速化を行った。それらの結果、全体で 10 錠の分包の搬送から識別までの処理時間 1.3 秒以内という川下製造業者の要求を達成した。

5 種 10 錠の実験として、最も一般的な円形（色違い）とカプセル形（大きさ違い、色違い、粒ありなし）の錠剤として、5 種類の錠剤を用意した。一包あたり、各錠剤は 2 錠ずつで、合計 10 錠である。この錠剤を 10 包用意し、撮影用の試作機で何度も連続的に撮影し、合計 100 包分の画像を取得し、使用した。

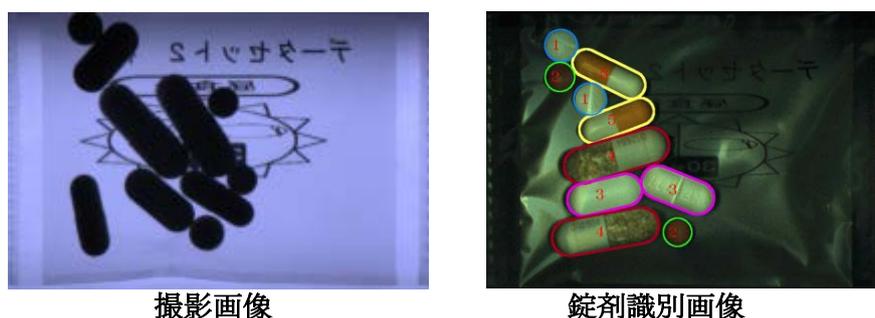


図 2-2-16 結果画像

統合プログラムにより識別した結果を目視確認した結果、5 種 10 錠に対しては、100 包中 98 包が識別成功であった。つまり、識別成功率は、98%であった（目標 95%以上）。また、色違い、大きさ違いのものについて錠剤種類が 2、最大 5 個までの場合での場合で同じく 100 包について識別実験を行ったが、両方とも 100%であった（目標 98%以上）

(8) まとめ

数十種の錠剤から、一包中に最大 5 種類の錠剤を最大 10 個まで入れたものを用い、識別技術は 5 種類の判別率 95%以上、特に錠剤種類が 2、最大 5 個までの場合は、識別率 98%以上を目指し、錠剤識別に必要な識別を行う技術のブラッシュアップを行った。その結果、最も一般的な円形（色違い）とカプセル形（大きさ違い、色違い、粒ありなし）の錠剤 5 種 10 錠の実験において識別率 98%を、大きさ違い、色違いの各 2 種 5 錠の実験においては、いずれも識別率 100%を達成した。さらに、付加価値を高める（異型・透明錠剤等）ための技術を確立した。透明錠剤の識別はその性質から他より多少落ちるが、錠剤の使用頻度自体が大幅に少ないことから実運用上は大きな影響はないと考える。また、プログラムを統合しライブラリ化と高速化を行った。結果として、全体で 10 錠の分包の搬送から識別までの処理時間 1.3 秒以内という川下製造業者の要求を達成した。

2-2-2 モデル照合技術の開発と錠剤識別データベースの作成

(主担当：独立行政法人産業技術総合研究所，副担当：株式会社アプライド・ビジョン・システムズ)

2-2-2-1 モデル照合技術の開発

(1) はじめに

本節では、全体識別率向上のため、「2-2-1 錠剤識別ソフトウェアの開発」において識別できない錠剤の識別を行う技術開発を行った。

分包中の多くの錠剤は円形やカプセル形状であり、これらは前節の錠剤識別ソフトウェアの開発にて照合されるが、わずかに存在する複雑な形状への適用が困難である。そこで、22年度においては円形やカプセル形状ではない形状の錠剤を対象に、ステレオカメラから得られる画像を解析して得た3次元情報と3次元モデルデータとの照合技術の開発を行った。

23，24年度においては、22年度の開発結果、システムの簡易化、及び、川下の企業の要望などを鑑み、開発方針を変更し、前節の方法では照合できない、重なっていたり、立っていたりする状況の錠剤を単一カメラ画像と3次元モデルデータとの照合技術の開発を行った。また、開発した技術が、角に丸みを有する五角形や六角形の異型錠剤の照合にも適用可能かどうかを検討した。

(2) ステレオ画像解析に基づくモデル照合技術の開発

円形やカプセル形状ではない形状を有する錠剤を対象に、ステレオカメラから得られる画像を解析して得た3次元情報と3次元モデルデータとの照合技術の開発を行った。

① 対象錠剤

図2-2-17に示す2種類の錠剤を対象として選定し、主として三角錠剤を対象に実験を行った。



図2-2-17 実験対象物（左：三角錠剤、右：六角錠剤）

② 錠剤照合システム

複雑な形状を計測するため、実機的设计情報を元に錠剤照合システム（図2-2-18）を開発した。



図2-2-18 錠剤照合システム（左：全体、右：ステレオカメラ部分拡大）

③ 照合処理

ステレオ画像から復元した3次元輪郭線と、3次元錠剤モデルを照合することにより、錠剤の位置姿勢を計測し、さらに計数を行う。まず、ステレオ画像からエッジを抽出し、エッジの対応付けにより3次元輪郭線を復元する。3次元輪郭線に直線、円弧をあてはめることにより、特徴量（頂点と円弧）を生成する。また、提供された錠剤の3次元形状か

ら、照合のために必要な特徴量を生成する。復元した3次元輪郭線の特徴量とモデルの特徴量の照合により大まかな錠剤の位置姿勢を計測し（初期照合）、モデルの詳細な情報を用いた位置姿勢の高精度化処理（微調整）により錠剤の3次元位置姿勢を計測し、照合を行う（図2-2-19）。

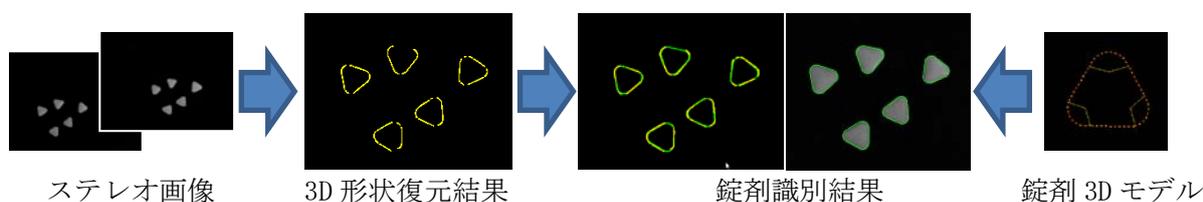


図 2-2-19 錠剤照合処理の流れ

④ 実験結果

三角錠剤のみ、三角錠剤とその他の錠剤、六角錠剤の実験結果を図2-2-20に示す。

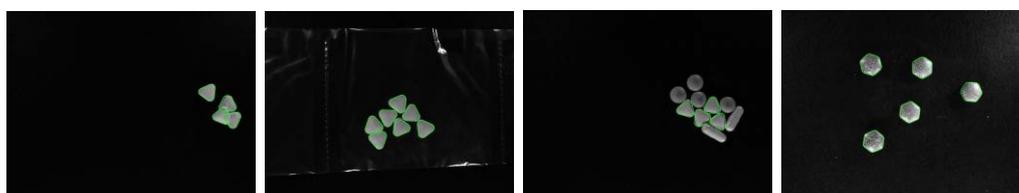


図 2-2-20 錠剤照合処理

⑤ まとめ

ステレオ画像解析に基づく錠剤モデルとの照合技術を開発した。実験結果から、様々な状況において、良好に照合できていることがわかる。しかしながら、立ち状態や重なりのある場合には3次元輪郭線の復元が思わしくなく、照合できない場合も多い。2次元画像処理との併用化などが有効であると考えられる。

(3) 単一画像と見え方モデル照合技術の開発

(2)の結果、システムの簡易化、及び、川下企業の要望などを鑑み、開発方針を変更した。重なっていたり、立っていたりする状況の錠剤を単一カメラ画像と3次元モデルデータとの照合技術の開発を行い、最終目標として、「2-2-1 錠剤識別ソフトウェアの開発」では照合できない姿勢が複雑な円形錠剤（糖衣錠、素錠）を対象とし、識別率95%以上を目指した。ここで、「姿勢が複雑」とは、円形錠剤が直立あるいは斜めの姿勢となり、見た目の形状が円やカプセルとは異なるものとする。また、角に丸みを有する五角形や六角形の異型錠剤への適用も検討した。

① 対象錠剤

処理対象データとして、素錠および糖衣錠で構成された分包を対象とし、2種類の錠剤からなるデータセット2つを利用した。一例を図2-2-21に示す。また、対象とした角に丸みを有する五角形や六角形の異型錠剤を図2-2-22に示す。

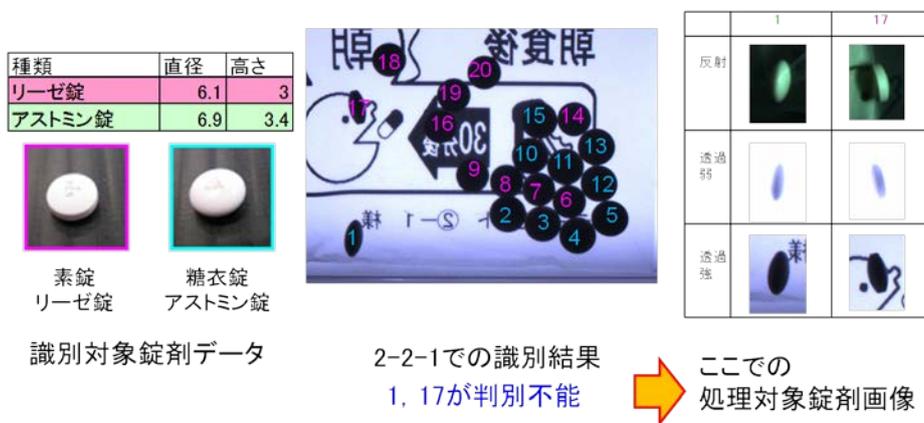


図2-2-21 処理対象（リーゼ、アストミン）

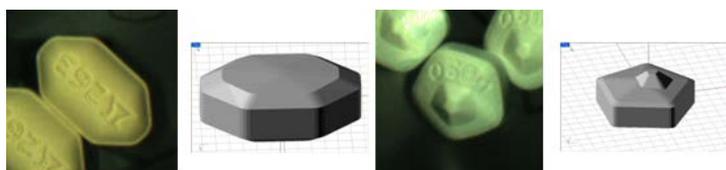


図2-2-22 異型錠剤（ジェニナック、レキップ）

② 照合処理

照合処理は、図2-2-23に示すように、見え方モデル生成、モデル照合の2つのステップからなり、モデル照合においては、反射、透過弱、透過強の3種類の画像の中で、透過弱および反射画像を用いている。

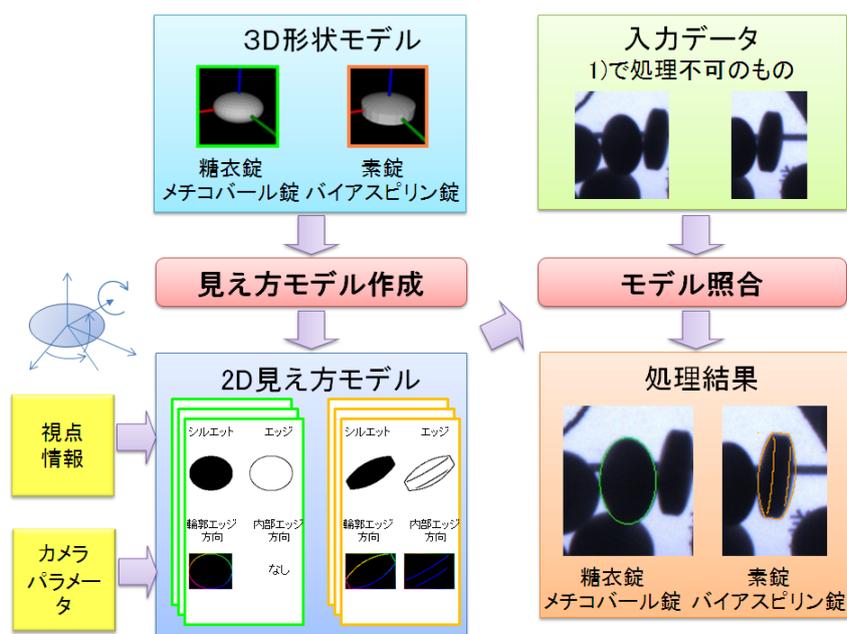


図2-2-23 モデル照合処理の流れ

見え方モデル生成：

物体の撮影データから、生成された3次元形状モデルデータとカメラパラメータにより、撮影距離における2次元見え方モデルを作成する。見え方モデルとして、シルエット画像、内部エッジを含んだテンプレートエッジ画像、輪郭線勾配方向テンプレート画像、内部エッジ勾配方向テンプレート画像の4種類の画像を作成する。

モデル照合：

透過弱画像を対象にした輪郭線勾配方向テンプレート画像を用いる手法1(図2-2-24)と、反射画像を対象にした輪郭線および内部エッジ勾配方向テンプレート画像を用いる手法2(図2-2-25)を開発した。まず手法1を適用し、失敗したものに対して手法2を適用する。

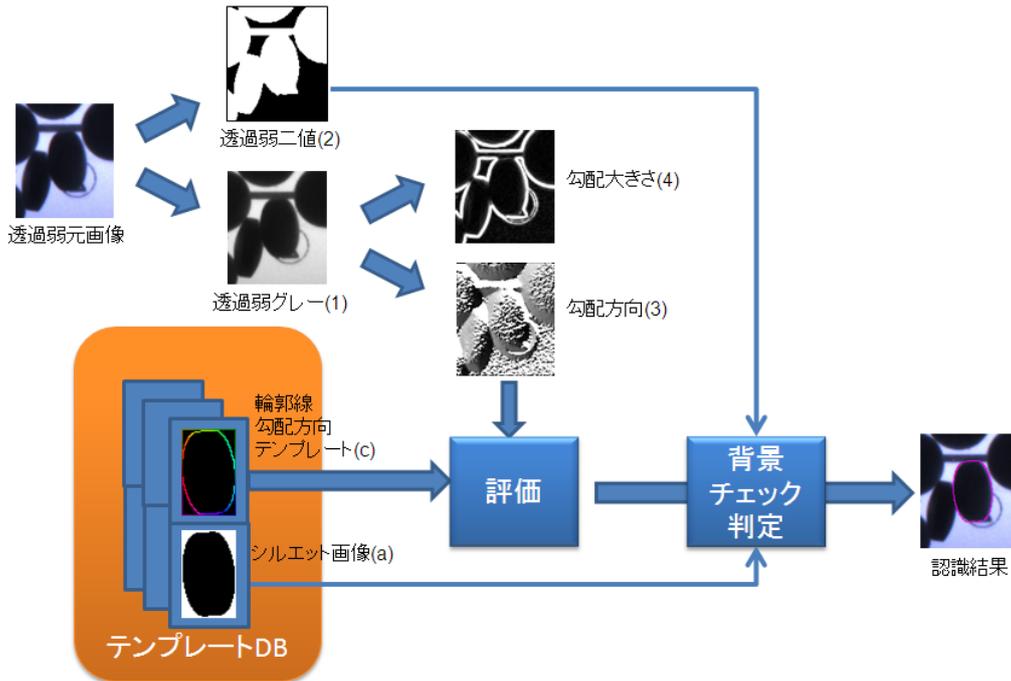


図 2-2-24 モデル照合手法 1 の処理の流れ

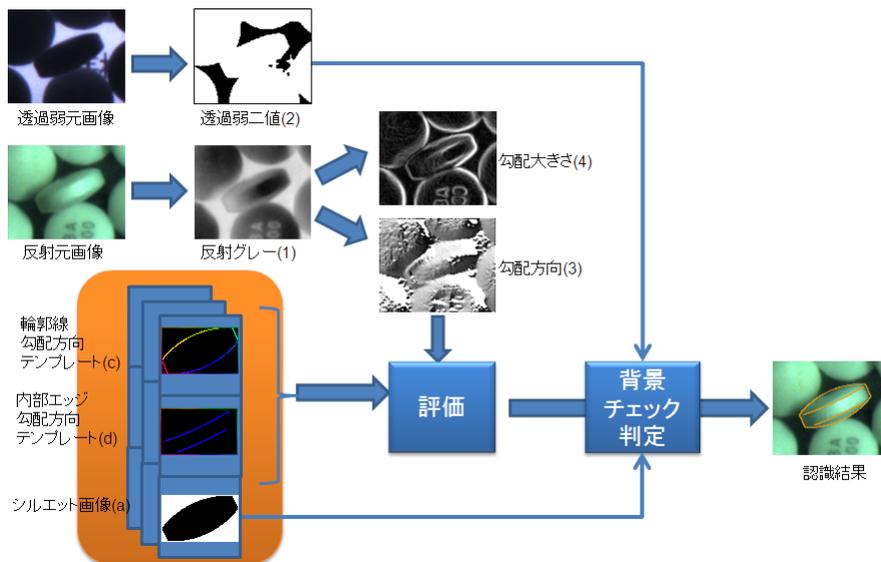


図 2-2-25 モデル照合手法 2 の処理の流れ

③ 実験結果

開発した手法を適用した結果を表 2-2-1、及び、図 2-2-26～27 に示す。

表 2-2-1 照合結果

セット名	錠数	小計1	小計1 (%)	小計2	小計2 (%)	合計	合計 (%)
データセット1	10	26/26	100%	99/103	96.1%	201/208	96.6%
	20	73/77	94.8%				
データセット2	10	53/54	98.1%	102/105	97.1%		
	20	49/51	96.1%				
異型錠剤(2種類)						102/111	91.9%

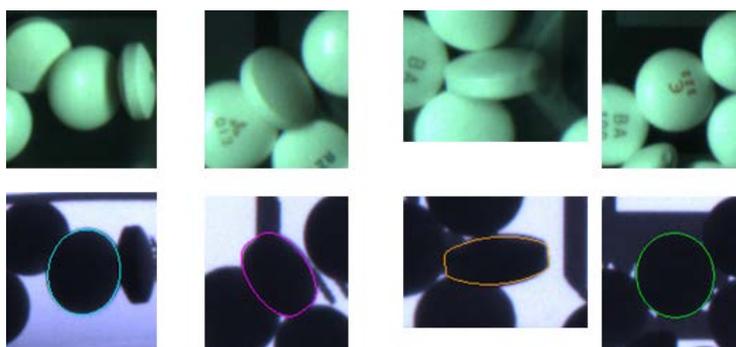


図 2-2-26 照合成功例 (手法 1)

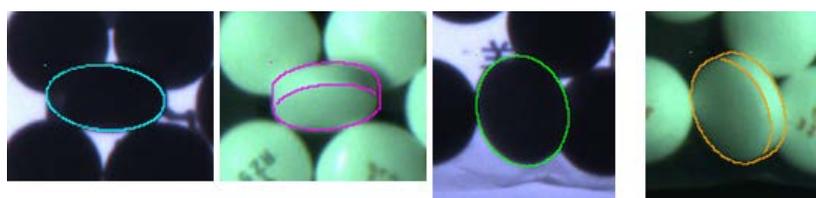


図 2-2-27 照合成功例 (手法 1 で失敗、手法 2 で成功)

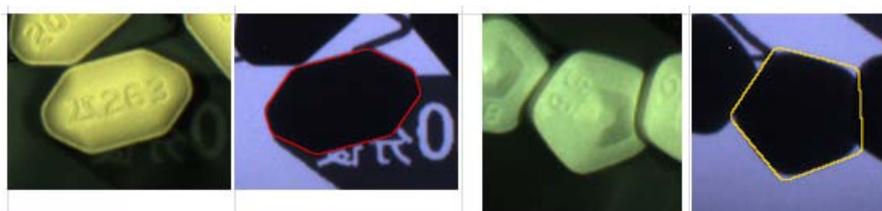


図 2-2-28 照合成功例 (異型錠剤)

④ まとめ

姿勢が複雑な錠剤に対して、透過画像と反射画像を対象にした 3 次元形状モデルを用いた照合により、目標を上回る 96.6%を達成した。また、異型錠剤に対しても高い確率 (91.9%)で識別ができた。

今後、透過画像と反射画像の両用において、画像の補正、照合手法を切り替える判定基準の確立、処理時間の軽減等を解決し、実用化に向けた開発を行う予定である。

2-2-2-2 錠剤識別データベースの作成

データベース作成用に錠剤の形状を 3 次元的に正確に取得する必要があり、位相シフト法を応用し、3 次元的なモデルデータを取得できるような開発を行った。

最終章 全体総括

本事業により、事業目標である錠剤識別技術の確立を達成することができた。

最終年度である 24 年度においては、ハードウェアの異常動作率 1%以下を達成でき、大幅な原価低減も LED 光源等を開発することで実現できた。一方、錠剤識別のソフトウェアは、実装しライブラリ化した上で検証を行ったが、目標の識別率 98%以上を達成できた。また、姿勢が複雑な錠剤に関しては、目標の 95%を上回る識別率を達成し、錠剤の形状を取得する技術も開発できた。

全体総括として、本事業の基礎的な開発は、22, 23 年度で終了し、最終年度である 24 年度ではより付加価値を高める技術開発や、商品化に向けての性能や環境試験等を行った。これらにより、ほぼ商品化に必要な技術開発や検討が終了し、商品化に必要な性能を基本的に満たしたと考えている。

本事業は、川下企業や潜在的な需要がはっきりしている事業ではあったが、今現在、市場においては実用的な製品を計数という機能のみに絞っても実現できていないというのが現状であり、技術的な難易度は非常に高いものであった。このような課題に対して、当初は要素技術の確立を目指し、ハードウェアでは主として性能の良い馴染み機構の実現を 22, 23 年度で行い、ソフトウェアでは、カプセルや円形の単純形状を精度良く識別するための技術開発、複雑姿勢に対する技術開発を同様に 22, 23 年度に行った。これらの結果、基礎技術が 22, 23 年度で確立したことで、最終年度では、これらを発展させつつ、技術の統合や付加価値の高い技術開発を行った。本事業ではソフトウェアをアプライド・ビジョン・システムズと産業技術総合研究所、ハードウェアをオオクマ電子が担当し、それぞれが得意な分野で力を発揮することができたおかげで商品化への道筋をつけることができたと考えている。

今後、事業化をする上ではさらなるブラッシュアップが必要であり、機能の切り分けや実運用を想定した開発も行う必要がある。ただし、本事業は市場からの引き合いが非常に強い商品であると感じており、早期に市場への投入を行いたいと考えている。そのために、開発と並行して展示会等への出品も積極的に行う予定である。また、事業化を見据えてオオクマ電子における生産力の増強も行った。これによって月 60 台程度の生産は可能であり、将来的にはさらなる原価低減を行いつつ、増産時には外部に生産を委託する予定である。