

# 積み付けパターンと3次元配置決定方法 第1報

## (同形製品の積み付け登録の場合)

島田哲夫\* 山崎潔\*\*

Loading Pattern Registration and 3-D Shape Determination Scheme

Tetsuo SHIMADA\*, Kiyoshi YAMASAKI\*\*

This paper describes a scheme of three dimensional loading pattern registration and determination. Concerning the loading of packages in the field of distribution, the authors investigated the way for incorporating experienced operator's know-how with restrictive conditions. As the result, an expert rulebased system had already been developed for obtaining the optimum area efficiency on a plane under applicable restrictions on loading.

In this report, we derive a scheme to register new patterns automatically and apply it to 3-dimensional loading patterns making as the next step. The results of this study show that the loading operators in distribution can add and modify loading patterns table with care and ease.

Keywords: Loading pattern, Expert system, Pattern registration, Three Dimensional pattern, Restrictive condition

包装物流に関わる問題に積み付けパターンの決定がある。パレタイザおよびデパレタイザが工場や物流センターの随所に見受けられる状況になってきている現在、熟練技術者に代わって人間の知的作業を自動化するため、この種の問題は非常に重要となりつつある。そこで筆者らは、包装品に関する積み付けパターンを決定するために、平面上(2次元)の積載効率と制約条件などの積み付けに関するノウハウを勘案して平面エキスパートシステムを構築している。本稿では、さらに積み付けパターンに関する3次元配置問題を解くため、包装物流分野での制約条件を整理し、現状に合致した論点の設定を試みた。その結果、同形の製品を積み付ける場合、扱う製品の変更等を考慮して操作性のよいパターンの追加登録が可能である3次元配置決定方法を提案した。

キーワード：積み付けパターン、エキスパートシステム、パターン登録、3次元パターン、制約条件

\* 流通科学大学商学部経営学科 (〒651-21 兵庫県神戸市西区学園西町3-1) : University of Marketing & Distribution Sciences, 3-1, Gakuen-nishimachi, Nishi-ku, Kobe, Hyogo 651-21 \*\*兵庫県立工業技術センター (〒654 神戸市須磨区行平町3-1-12) : Hyogo Prefectural Institute of Industrial Research, 3-1-12, Yukihiro, Suma-ku, Kobe, Hyogo 654

## 1. 緒言

一般に定められた面積（多くの場合長方形）および体積（多くの場合直方体）に対して要求仕様にあった最適なブロックの配置方法を見いだすことが種々の分野で問題となる。たとえば、ボイラーを製作する場合、定尺物と呼ばれている一定の鉄管から長短取り混ぜて切り取り加工するが、どんな組み合わせにすれば費用が少なくすむかが問題である。造船などでは一定の板金から必要な長方形の板金を無駄なく切り取る必要がある<sup>1)</sup>。また各企業における製造工程において機械・搬送具などの設備のレイアウトが問題となる。部品、製品、仕掛品などの置場とコンテナ数、パレット数など搬送具、フライス盤、ボール盤、組立ロボットなどの生産設備のレイアウトは時間的・原価的ロスを最小限に抑えることができるよう決定しなければならない<sup>2)</sup>。包装物流の分野で船や航空機を経て海外に向け出荷したり、トラック等に荷積みして国内輸送に回したりする場合、工場において生産したものをコンテナ内に格納するという作業が不可欠となる。コンテナは多くの場合、一定形状ではあるが、格納すべき包装品の形状は製品しだいで形状自身を特定することは不可能であり、さらに個数も需要しだいで変動するため、決まったアルゴリズムを構築することは非常に難しい課題である。このように、配置決定の問題は、一次元の比較的大きな線分をより小さな線分の組に分割する問題、同じく2次元の長方形を小さな長方形の組に分割する問題、さらに3次元の大きな直方体を小さな直方体の組に分割する問題の3つに分けることができ、また各種の分野に

特有の制約条件を満たさなければならない。

包装物流に関わるもうひとつの問題に積み付けパターンの決定がある。パレット上に同一の形状をした多数の包装品を連続して積み付ける自動機器（パレタイザ）および積み付けられたまとまりを順序よく荷解きする自動機器（デパレタイザ）が工場や物流センターの随所に見受けられる状況になってきている。現在、熟練技術者に代わって人間の知的作業を自動化するため、この種の問題は非常に重要となりつつある。包装ラインを経た製品はユニットロードとしてまとめられ、さらにパレット上に比較的整ったパターンになるよう積み付けられる。流通の合理化を図る意味から、JISでは平面寸法について詳しく規定されている<sup>3)</sup>。すなわち輸送効率をあげるためのパレットへの積み付け方法として輸送包装系列寸法では、採用頻度の多いブロック積み、レンガ積み、ピンホイール積みの各パターンが規定され、各企業における標準化の指針となっている。しかし必ずしも記述されているパターンのみですべての作業を覆いきることができないのが現状である。そこで以下積み付けパターンについて検討を加える。

## 2. 積み付けパターン

各企業においてはJISの基本を参考にしつつも、それぞれの物流の情勢および開発製品の独自性を考慮し、積載効率の良い積み付けパターン決定のアルゴリズムを作成し、ソフト開発を行っている例もある<sup>4)</sup>。しかし、積み付けパターンは積載効率ばかりでなく、包装物流のノウハウと密接に絡み、それがパレット積み付けの制約となっている場合があ

る。すなわち荷造り時の荷崩れを極力避けたい時には、ブロック積みなどの荷崩れをおこす可能性の高い積み付けパターンを採用しない。また作業効率を優先する時には、ピンホール積み等の煩雑な積み付け方法は採用しない等がその例である。さらにロボット、パレタイザーおよび人手など作業主体の相違、作業者に限定しても熟練度の相違によって、採用する積み付けパターンを臨機応変に変更するのが全体の効率から見て妥当であると思われる。そこで筆者らは、包装品に関する積み付けパターンを決定するために、すでに積載効率と制約条件などの積み付けに関するノウハウを勘案してエキスパートシステムを構築している<sup>6)</sup>。

これは2次元の比較的大きな長方形をより小さな長方形の組で分割する配置決定の問題に包装物流分野のもつ制約、すなわち荷割れ・荷崩れなど保管状況や経験や勘といった熟練度等に関する要素を加え、さらに作業性を考慮して左右対称とか回転対称などの比較的整った組み合わせのうちから最適なパターンを決定する問題と位置づけることができる。

本稿では、積み付けパターンを3次元の大きな直方体を小さな直方体の組に分割する問題としてとらえ、加えて包装物流分野のもつ制約を考慮した配置決定問題を検討する。

一般に2次元平面から3次元空間の問題を考える場合、組み合わせの数が増加するため、大型のコンピュータを用いても非常に時間がかかる問題となる。しかも積載効率のみをターゲットとすると、解としてでてきた組み合わせ形状は包装物流分野では使用することができない場合も起こり得る。そこで問題

をもう少し整理分析し、次の2課題、すなわち

- (1) パレット上に同じ形状の包装品を載せる場合
- (2) パレット上に異なった形状の包装品を載せる場合(混載を許す場合)

に分けて検討する必要がある。今日物流センター等においては各種の標準化が進み、同形の包装品大量に積み付けることを基本としているが、一方消費者ニーズの多様化に伴い多品種少量生産および流通は今後避けられない方向にある。

そこで順次検討を加えることが必要であるが、本稿ではまず(1)について述べる。

### 3. 同形製品の積み付けパターン

一定パレット上に同形製品を積み付ける方法は、積み付け高さが対象となる包装品の深さ分だけ一律に変化することを別にすれば、2次元平面の問題として捉えることができる。逆にいうと2次元のパターンに深さ方向を加え、さらに奇数段目と偶数段目とのパターンを左右対称および回転対称に交互に入れ換える必要がある。パレット積み付けの最大高さは、通常作業性を考慮して作業者の目の高さ(約1.5m)、および倉庫全体の容量、製品の重量等から決まる。さらにパレット積みされた荷姿全体の積み段数などの考慮が、実際問題としては必要である。

#### 3.1 積み付けパターンの登録

Fig. 1は実際の工程においてよく見られる積み付けパターンである。調査によれば、ここにあげた14個のパターンによって約95%の積み付け作業を覆うことができるが、パレタ

イザーとデバタイザーさらにはロボットなどによる自動化を考えた場合、たとえ発生頻度が極端に少ない場合であっても設備機器を止めて人手に切り替えることは作業性を著しく損なう結果となる。そこで扱う製品の変更等を考慮して操作性のよいパターンの追加登録ができるシステムを作成することにする。

Fig. 1のパターンうち(7)を取り上げFig. 2に示す。包装品ひとつの形状 (Fig.2 (1)) はまちまちであっても (すなわちWとLが異なる値をとっても)、一定パレット上でパターンとしてFig. 2 (2) になる可能性は無数にあるので、位相的なつながりに注目し、包装品の長さおよび幅を単位としてマトリクスデータを構成することでパターン作成からcmという実際の単位を除き汎用性を高めることとする。Fig. 3に示したデータは積み付けパターンという図形を数値化したマトリクスデータのファイルである。しかし、積み

付けパターンを登録する立場からすると、ひとつの新しいパターンを、Fig. 3に示すデータに展開することは非常に難しい作業となる。登録すべき図形パターンはわかっている、ソフトウェア側のデータに書き表すことは非常に難しい。そこで図形パターンを記述するだけで、自動的にマトリクスデータを作成する方法について検討する。

### 3.2 登録の自動化

新規の積み付けを登録するとき、通常のCAD (コンピュータ支援製図システム) を用いて図形パターンを描画することは比較的簡単である。一番簡易な方法は、Fig. 2 (1) に表わされた形状とFig. 2 (1) を90度回転した形状を部品として登録しておき、これを張り合わせるように、たとえばFig. 2 (2) といったパターンを作成すればよい。図形の描画や移動といった操作をメッシュ単位におこな

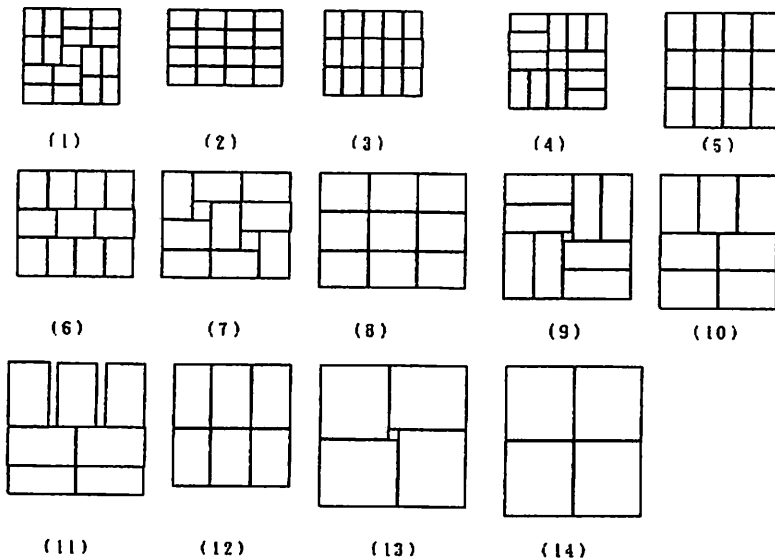


Fig. 1 Various loading patterns

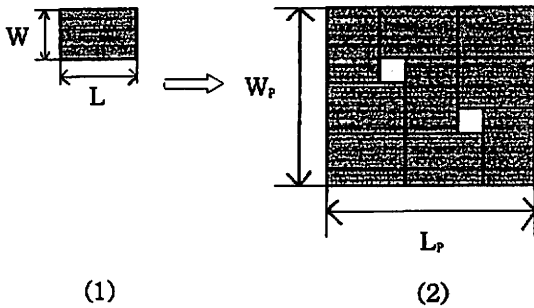


Fig. 2 Pattern making  
(1) Package (2) Pattern

16								
1	(D-I)							
4								
1	0	0	0	0	1	0	0	1
2	1	0	0	0	2	0	0	1
3	0	0	0	1	1	0	0	2
4	1	0	0	1	2	0	0	2
2	(D-II)							
4								
1	0	0	0	0	0	1	1	0
2	0	1	0	0	1	1	0	1
3	1	0	0	1	1	1	1	1
4	0	0	1	0	1	0	1	1
.								
.								
.								
14	(P-II)							
16								
1	0	0	0	0	0	1	1	0
2	0	1	0	0	0	2	1	0
3	0	0	1	0	0	1	2	0
4	0	1	1	0	0	2	2	0
5	0	2	0	0	1	2	0	1
6	1	2	0	0	2	2	0	1
7	0	2	0	1	1	2	0	2
8	1	2	0	1	2	2	0	2
9	2	0	0	2	2	1	1	2
10	2	1	0	2	2	2	1	2
11	2	0	1	2	2	1	2	2
12	2	1	1	2	2	2	2	2
13	0	0	2	0	1	0	2	1
14	1	0	2	0	2	0	2	1
15	0	0	2	1	1	0	2	2
16	1	0	2	1	2	0	2	2
99	99							

Fig. 3 Matrices corresponding to loading patterns

うように指定すれば、より簡単にパターン作成作業をおこなうことができる。このような操作を繰り返すことでFig. 2 (2) といったパターンなら初心者では1分以内で作成することも可能である。(ただし、Fig. 3のマトリックスデータを作成するためには登録者に若干のプログラムの知識が必要であり、しかも登録に約30分以上かかる場合もある)。次に一旦作成したパターンをアスキー形式のファイル(文字として認識することができるファイル)に登録する。これはあとのファイル変換を可能とし、最終的に目的とするFig. 3のデータに変換するためである。

このようにして、新規パターンを登録しようとする担当者は、直接Fig. 3の形式のデータをファイルに追加するかわりに、CADで図形パターンを描くことでより簡単な登録作業ができるようになる。

### 3.3 登録のアルゴリズム

CADで作成したパターンをアスキーデータに変換すると、原点を軸とする線分(line  $X_s, Y_s, X_e, Y_e, C, I$ )の集まりとして表されている。データの内容はそれぞれ、lineという線分を示す命令、始点( $X_s, Y_s$ )と終点( $X_e, Y_e$ )および色(C)、線種(I)の順である。このようファイルのデータは長方形の各の辺に対応して以下のような

- line  $X_{1s}, Y_{1s}, X_{1e}, Y_{1e}, C_1, I_1$
- line  $X_{2s}, Y_{2s}, X_{2e}, Y_{2e}, C_2, I_2$
- line  $X_{3s}, Y_{3s}, X_{3e}, Y_{3e}, C_3, I_3$
- line  $X_{4s}, Y_{4s}, X_{4e}, Y_{4e}, C_4, I_4$

4つのグループ単位に構成されている。複雑なパターンになればなるほどグループ数が多くなり、原点から離れることになる。すなわ

ち、パターンを表示するための始点（または終点）は単位となる包装品の長さとの幅の複雑な組み合わせとなる。逆に言えば、この長さの倍数と幅の倍数の組がパターンを決める要素である。

Fig. 2 (2) に示すように、パターンの長さ方向を $L_P$ 、幅方向を $W_P$ 、包装品の長さ $L$ 、幅を $W$ と置く。積み付けパターンの長さ方向( $L_P$ )に注目すると、包装品の長さ $L$ の零を含めて整数倍( $m_L$ )と、同じく包装品の幅 $W$ の零を含めて整数倍( $m_W$ )の和で、 $L_P$ を割った値(ただし $m_L$ と $m_W$ がともに零である場合は除く)を求める。

$$L_A = \text{INT} \left[ \frac{L_P}{(m_L \cdot L + m_W \cdot W)} \right] \dots\dots (1)$$

$$L_M = L_P - L_A \cdot (m_L \cdot L + m_W \cdot W) \dots\dots (2)$$

この値の整数部分が $L_A$ (式(1))であり、余りの部分が $L_M$ (式(2))となる。ここで完全にパターンの一辺が包装品の長さとの幅のそれぞれの整数倍の組み合わせで一致するか、もしくは整数倍になれば $L_M$ は零となる。すなわち、余り部分 $L_M$ が零となるような倍率 $m_L$ と $m_W$ を求めればよい。また積み付けパターンの幅方向についても同様である。このようにして図形パターンから得られたCADデータから式(1)、式(2)を経て倍率 $m_L$ と $m_W$ を求めることで、 $m_L$ 、 $m_W$ からなるマトリックデータを導出することが可能となる。

#### 4. 結果と考察

積み付けパターン登録の例としてピンホール積みの例をあげる。Fig. 4はCADを用

いて作成したパターンである。CADには部品登録機能があり、この場合長方形ABCD(またはEFGH)を部品1、長方形BIFL(またはDKHJ)を部品2として登録する。たとえば長方形ABCDの一辺ABを35cm、BCを25cmとして5cmおきのメッシュ上で部品を作成する。長方形BIFLについても同様に長方形ABCDを90度回転することにより得られ異なった部品として登録しておく。

原点(0, 0)を左上でXの正方向は右側、Yの正方向が下側になる。そこで原点に部品1のAがくるように部品呼出しをおこない、順次XおよびYの小さい順に部品1と部品2を部品呼出しする。最終的にFig. 4になったところで、このパターンデータをアスキー形式のCADデータとして保存する。

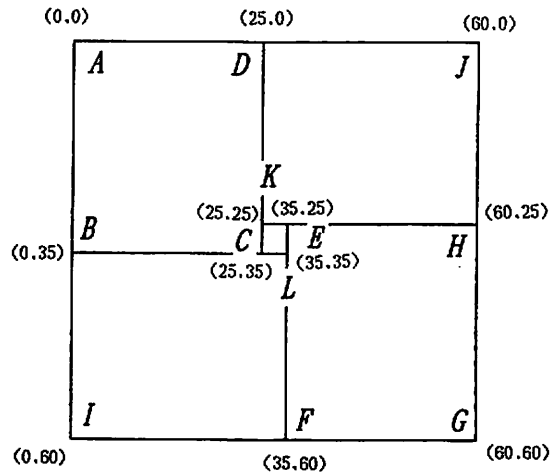


Fig. 4 Example of pattern registration

Fig. 5の右のデータは図形パターンのCADデータである。それぞれ長方形ABCDの辺AD、辺DC、辺CB、辺BA、長方形DKHJの辺DJ、辺JH、辺HK、辺KD、さらに長方形BIFLの辺BL、辺LF、辺FI、辺IB、長方形

	Start Point (X <sub>S</sub> , Y <sub>S</sub> )	End Point (X <sub>E</sub> , Y <sub>E</sub> )	Color C	ID I	[Start Pt. of Rect.]				[End Pt. of Rect.]			
					X-value		Y-value		X-value		Y-value	
					m <sub>L</sub>	m <sub>W</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>W</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>W</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>W</sub>
line	0, 0	25, 0	1, 0	}	0	0	0	0	0	1	1	0
line	25, 0	25, 35	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	25, 35	0, 35	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	0, 35	0, 0	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	25, 0	60, 0	1, 0	}	0	0	0	0	0	1	1	0
line	60, 0	60, 25	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	60, 25	25, 25	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	25, 25	25, 0	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	0, 35	35, 35	1, 0	}	0	0	0	0	0	1	1	0
line	35, 35	35, 60	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	35, 60	0, 60	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	0, 60	0, 35	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	35, 25	60, 25	1, 0	}	0	0	0	0	0	1	1	0
line	60, 25	60, 60	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	60, 60	35, 60	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0
line	35, 60	35, 25	1, 0		0	0	0	0	0	1	1	0

Fig. 5 Example of matrix transformation

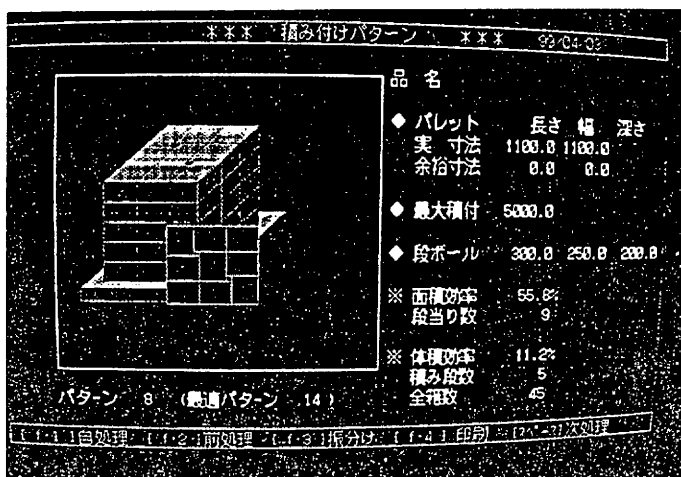


Fig. 6 Example of 3-D loading pattern

EFGHの辺EH、辺HG、辺GF、辺FEに対応する。

Fig. 5の左のデータは変換されたマトリックスデータを示す。上述したアルゴリズムを用いて、右のCADデータに対し長さと幅のそれぞれの倍数 ( $m_L$  と  $m_W$ ) を見だし、変換したのがマトリックスデータである。右4つのデータから長方形の対角線上の2端点(長方形の始点と終点)を決め、部品の長さや幅の倍数 ( $m_L$  と  $m_W$ ) を用いて表現している。このようにして、図形パターンをCADを用いて作成するという作業のみで、Fig. 3に示した積み付けパターンに対応するマトリックスデータを自動的に生成することができるようになり、しかもプログラミングの知識のない作業員でも業務変更等に伴った積み付けパターンの新規登録作業をおこなうことができる。

## 5. 結 論

本稿は包装物流における積み付けパターン決定方法の自動化について検討した。同形の

包装品を扱う場合、CADシステムの部品登録機能を使用して新規パターンを描画することにより、登録作業を自動化する方法を導出した。

なお、混載を許す場合の積み付けパターンについて検討を加えていく予定である。

### <参考文献>

- 1) 小林竜一、“OR概論”、共立出版、p.173 (1970)
- 2) 大崎紘一、藤原豊、赤木文男、菊池進、“生産システム技法”、p.160 (1981)
- 3) 都島功、天満正、システム制御情報学会誌、34 (6)、332 (1990)
- 4) JIS規格Z0105、“輸送包装系列寸法”、p.141 (1985)
- 5) 川上浩三、“第28回全日本包装技術研究大会研究事例発表資料”、p.70 (1990)
- 6) 島田哲夫、山崎潔、包装技術、29 (3)、50 (1991)

(原稿受付 1993年3月 2日)

(審査受理 1993年5月14日)