コンピュータによる自動板取りネスティング

吉海 達喜・井上 雅仁

1. 要　約

多数の部材の寸法と枚数を与えて，これらの部材をいくつかの大きい素材から切り出すネスティングの問題には，一般的解法はまだ発表されていない．

ネスティング問題は，部材形状は線形か矩形かまたは一般図形か，素材寸法は定尺かそれとも範囲指定か，部材および素材の数量制限，等によって種々のケースがあり，解法もそれに応じて種々の方法に分れる．

ネスティング問題を解くには，普通のアルゴリズム的方法だけでは困難であり，試行錯誤をとりいれたアルゴリズムによる必要がある．

当社の橋梁現図システムのプロジェクトで新しく開発されたネスティングプログラムの中の6つの実例と，ネスティングに関するいくつかのトピックスを紹介する．

2. 経緯と概要

当社プロジェクトの橋梁現図システムに必要なネスティングプログラムの開発を担当することになり，見通しのわからない問題にとりくんだのは1981年の夏だった．ネスティングは，種々の橋梁部材の形状寸法を与えて，それらを効率よく切り出せる部材配置，および素材注文寸法数量を求める問題であり，歩留り向上，省力化，工期短縮はもちろん，素材発注管理および材料加工関連各部の自動化の要となる技術である．

さっそくJICST検索によりネスティングの文献を調べてみた．与えられた寸法の矩形板または帯板から，プレス機械によって同形部材を多数枚切り抜く場合にどのように詰め合わせて切り抜けば，最も多くの部材が取れるかといった文献が多く見つかった．種々の寸法の多数の矩形を何枚かの素材から切り出す問題をとり扱っている文献もないことはなかったが，これから開発する橋梁システムに利用できそうなものはほとんどなかった．

大小種々の寸法の矩形カードを多数枚作り，よく混ぜてその中から約半数を抜き出し，そのカード全部をいくつかの大きい矩形になるように並べることを何回も試み，ネスティング問題の解法の手がかりを探した．わずかながら見つかったノウハウにもとづき，いくつかのテストプログラムが作られては捨てられたが，他のいくつかのプログラムは育てられ改良され実用化されていった．

そのほかに，ネスティングをやっているという聞き込みで，社内各所および少数の他社から，ネスティングに関するいろいろな相談があった．驚いたことに，それらのほとんどすべてが，それぞれ別種のネスティング問題であり，開発中のプロ

よしかい　たつき，いのうえ　まさひと
日本鋼管㈱　鋼構造建設部橋梁設計室
〒230　横浜市鶴見区末広町2―1

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

グラムを流用すればよいといった話にはほど遠く，ネスティング問題の多様性を痛感させられた．

以上のような少しばかりの経験ではあるが，ネスティングプログラムの開発に当って感じていることを述べ，新しく開発されたプログラムの実例を紹介する．読者諸賢の御批判または御賛同を得て，さらに多くの優れたネスティングノウハウがこの世に掘り出され，広く利用される一助になれば筆者の望外の喜びである．

3. ネスティング問題の分類

ネスティング問題を概略下記のように分類してとらえてみた．

(注文素材型と在庫素材型)

ネスティング問題は，素材寸法を入力として与える在庫素材型と，素材寸法の範囲だけを与えて，実際の寸法を決定して出力する注文素材型とに大別される．在庫素材型の場合には，素材種類が1種類しかない場合と，多種類あってそれらのどれを使っても良い場合とに分れ，さらに多種素材の場合には，素材枚数が無制限の場合と，枚数制限のある場合とに分れる．

(部材形状)

部材形状はまず線形と平面形に分れ，後者はさらに矩形と一般図形に分れる．

〈線形〉

- 型鋼，パイプ等のほか，インゴットの割り当て問題等がこれと同等と見なされる．型鋼，パイプ等の場合で切口が直平面でない場合は，さらに複雑度が増す．

〈平面形〉

- 矩形，または組み合わせて矩形となり，これを一体としてネストするもの．
- 一般図形(直線図形または曲線図形)

(全数型と繰り越し型)

表 1 ネスティング問題の分類と既成プログラムの位置づけ

部材＼素材	注文素材型	在庫素材型		
		1種素材型	多種素材型	
			枚数制限なし	枚数制限あり
線形		VINEST (特殊切口)	X2NEST	
矩形	RONEST EONEST BONEST	HINEST $ (特殊の) (素材形状)		
一般図形				

(備考) 以上のそれぞれのケースについて全数使用型と繰り越し型がある．$印は繰り越し型，無印は全数使用型を示す

与えられた部材を全数板取りする条件の場合と，全数を板取りしなくてもよい場合とがある．後者は，納期のせまっている部材に，納期に余裕のある部材を混ぜて板取りする場合，または，多くの部材を普通に板取りする前に半端素材を利用して取れる部材を取っておくといった場合におこる．

以上の分け方を表にまとめ，本文に紹介されているネスティングプログラムを当てはめると表1のようになる．

表1に掲げる既成プログラム以外の分類に該当するネスティング問題の例を，実際に相談を受けた話の中から，いくつか下記に挙げる．

(1) 多種素材矩形ネスティング(通常型)

中小規模の工場の場合であるが，多数の注文主から，種々の鉄鋼製品の製作依頼を受け，いろいろの寸法の矩形部材を大きい素材から切り出す仕事が頻繁にある．素材の鋼板は，サブロク，シハチ，ゴトウ，ゴニジュウ(それぞれ3×6，4×8，5×10，5×20，各フィートの寸法の意味)の大きさが標準であり，そのどれかにしたいが，どの寸法のものを何枚ずつ使えば足りるかまたは最も詰合せ率がよくなるかにいつも苦労するとのことである．以前の工事の残材を使いたい場合もあるかもしれないし，問屋の在庫がない場合も考慮して，枚数制限可能の多種素材矩形ネスティングがあれば都合がよいと思われる．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

(2) 多種素材矩形ネスティング(特殊型)

大規模のシヤリング工場の場合であるが，橋梁部材等製作の仕事を多数の注文主から常時受注しており，納期に余裕のない場合にそなえて常に鋼板の在庫を準備している．長年の経験から在庫の板の寸法は，長さ13mで幅の異なるものを3種類（2m，2.438m，3m）用意しているとのことである．今までは，長さを1種類しか準備していなかったが，歩留まり向上に効果が上がるなら在庫管理の問題はあるが，2種類準備することも考慮してもよいというような話もうかがった．これは多種素材矩形ネスティングのケースであるが，長さが1種類しかない場合は，その点を利用して，簡単で効果的な特殊の解法があると考えている．

(3) 注文素材型線形ネスティング

これは当社の話であるが，外国の特殊な建築物の建設用に，大量のH型鋼が必要となった．必要な型鋼の断面寸法は皆同じであるが，長さはまちまちで長短いろいろある．揃った長さの物が，何グループかある一方，徐々に長さの変わっている不定寸法のグループもいくつかある．これらを切り出す素材は早急に圧延して作り出す計画であるが，圧延工場の都合があって，作れる素材の長さには上限があり，かつ型鋼の長さは2種類か3種類におさえたい．短い部材は，うまく組み合わせて，1素材から何本か組み合わせて取るが，長いもので寸法の揃ったものは，ちょうどその長さの素材を作るという手もある．実際に製作する数百本の型鋼の寸法リストをもらいグラフを描いて検討したが，なかなかむずかしい問題である．残念ながらネスティングプログラムが間に合うどころか，解き方の見当もついていない．

4. ネスティング解法の特徴

ネスティング問題では，計算結果の評価はきわめて簡単であるが，解法は決して簡単ではない．見かけは似ている問題でも，少し条件が変わると解き方を変えなければならないようなケースが多いが，種々のネスティング問題の解法に共通して概略次のような特徴があるように考えている．

4.1 試行錯誤型アルゴリズム

ネスティング問題は一般に，一発勝負的な，スマートなアルゴリズムだけで考えては，どうしてもうまくいかないように思われる．

［初めの一部分だけを，ある法則で取っ替え引っ替えくりかえして詰め合わせてみて，最もよく詰まった配置を仮採用して次の部分へ進み，またそこでくりかえし詰合せ試行計算を行ない，最もよく詰まったものを仮採用して次へ進む，というやりかたをくりかえして全体の仮配置を求め，全体の詰合せ率を計算する］といったことを，条件を変えて何回かくりかえして計算を行ない，そのうち詰合せ率の一番よかったものを本採用する，といったような方法が，ネスティングにはきわめて効果的な場合が多いように思われる．

すなわち，試行錯誤によるくりかえし計算を取り入れることを前提として解き方を発想することが，ネスティングプログラムの第1の要点ではないかと考える．

4.2 準ベスト解

ネスティング問題では，詰合せ率を上げようとして試行錯誤のくりかえしを多く採用すると，たちまち3重4重のくりかえしループとなり，計算回数が急激に増加する．通常の計算の場合には難なく短時間で終わりそうなループ計算であっても，ネスティングの場合には部材種類数の増加とともに，試行錯誤の回数が，順列組合せ的に急激に増加するので，高速を誇る電子計算機をもってしても，時間がかかりすぎて失敗に終わりやすい．

部材数が多い場合に対して詰合せ率の上がるチャンスを逃がさないようにしたいのはもちろんであるが，チャンスがあるからといって，ベスト解を狙って，すべての可能なケースを試行するような安易なプログラムを書くと，しばしば計算時間で失敗に終わる．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

したがって，比較的少ない回数で詰合せ率向上に効果の上がるところを注意深く選んで，そこだけを試行計算し，そのほかの計算を捨てて，準ベスト解で我慢するというやり方がどうしても必要となる．

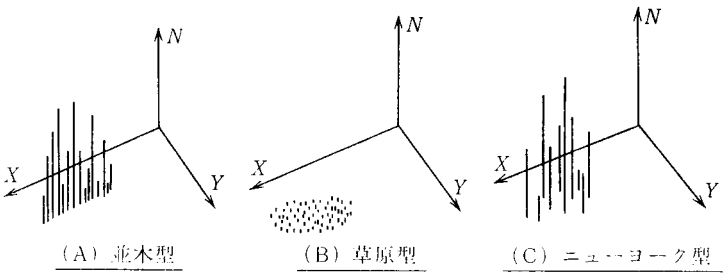

図 1　煙突村チャート

4.3　煙突村チャート

問題を矩形に限り，与えられた部材の寸法分布を表現する方法として次に述べるようなチャートを考えてみる．

今，X_i＝部材長，Y_i＝部材幅，N_i＝部材数，i＝部材種類番号として（X，Y）座標空間を考え（X_i, Y_i）の点に高さ N_i の鉛直線を立てる．すべての部材種別番号 i についてこのような鉛直線を書いたものが図1に示す煙突村チャートである．

(A)図は，各部材の幅が皆等しい場合の例であり，B0NEST はこのような場合のネスティングを行なう．(B)図は，各部材寸法が縦横ともにランダム分布の場合を示しており，R0NEST はこのような場合に向いている．(C)図は，同寸法のものが何枚もある場合を示しており，E0NEST 向きの部材寸法分布である．

煙突村チャートの形は下記のようにネスティング解法と密接な関係がある．

(1) 煙突村の形にくせがある場合はそのくせをうまくとらえて解法を組み立てれば，詰合せ率よくかつ計算時間の短いプログラムを作れるチャンスがある．しかし，ある特定のくせに適合するように作られた解法では，そのくせから外れた煙突村に対しては，計算不能になったり，またはピント外れの計算をくりかえすばかりで効果が上がらない，といったことになりやすい．

(2) どんな形の煙突村に対しても対応できる解法はなかなか考え難いが，もしあったとしても，特定のパターンの煙突村に対しては，その煙突村向けに作られたプログラムに，詰合せ率と計算時間で負けるのではないかと思われる．もしそうなら，どんな煙突村に対しても効率よく適用できるプログラムを作るためには，いくつかの特定の煙突村用のサブルーチンをあらかじめ内蔵しておき入力部材の煙突村の形をプログラムで判断して，それにふさわしい解き方のサブルーチンに渡して計算させるやり方がよい方法になる．

(3) 部材データが大量の場合には，何個かの異なるタイプの煙突村に分割してそれぞれに向いたサブルーチンを使うのも効果的であろう．またどちらのくせともわからない煙突村の場合には，近いタイプの2種類または3種類のサブルーチンで計算させて，詰合せ率の最良のものを採用するという方法も実用的と思われる．

4.4　素材と部材の寸法比

今，注文素材型の矩形ネスティングを例にとり，次の量を考えてみよう

長さ比＝(素材最大長)/(部材平均長)

幅　比＝(素材最大幅)/(部材平均幅)

これらの寸法比が1—3くらいかまたは4—5くらいより大きいかによってプログラムの考え方のポイントが変わってくる．

一般にこの寸法比が大きい場合には，歩留りが98%か，98.2%かといった勝負となり，下手をしてもそんなに歩留りは落ちないが，一般に計算時間が大幅に増える危険がある．これは，どちらかといえば，計算機向きの計算であり，人間は苦手なケースである．逆に，これらの比が小さい場合には歩留りが85%か，90%かといった勝負となり，計算時間が増大する危険はないが，下手をすると詰合せ率が落ちてしまう．このタイプのネス

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

ティングは人間の判断では比較的容易に最適解がわかるのに，計算機にこれをやらせようとすると，プログラムプラン発想の苦心を強いられる割には，なかなか効果が上がらなくなる．

ネスティングプログラムは，これらのいずれのケースに対しても，うまく処理できるように作る必要があるが，ネスティング計画の段階ではこういったことを見落としがちであり，しばしばプログラム作成期間が大幅に延びる原因となる．

5. ネスティングの実例報告

5.1 X2NEST 多種素材線形ネスティング(図2)

多数の線形部材の長さを与え複数の素材長さを与えてネスティングする．このネスティングでは，詰合せ率は1素材上の部材数の平均値に大きく依存し，部材数約40の多数回のテストの結果では，切り代をゼロとした場合の詰合せ率の概略の見当は表2のとおりである．ただしこれは部材寸法がランダムな場合であって，同寸法のものが多数ある場合には詰合せ率は表2の値より悪くなる．

5.2 B0NEST 等幅矩形ネスティング(図3)

幅の等しい多数の矩形を与え素材の寸法範囲を与えてネスティングする．このネスティングも，上記のX2NESTとほぼ同様の詰合せ率となるが，注文素材型であるので，最大残材長の考え方はない．

(入力データ)
切り代，素材長＝　0　8000 10000 12000
部材数＝　2　7　6　1　7　7　6　5
部材長＝　2876　2370　1812　1778　1019　2548　2037　2831

(ネスティング計算結果)

素材番号	長さ	余り	切り代	<部材配置>					
1	8000	28	0	2876	2548	2548			
2	8000	28	0	2876	2548	2548			
3	8000	26	0	2548	2370	2037	1019		
4	8000	2	0	2831	2370	1778	1019		
5	10000	35	0	2831	2548	2548	1019	1019	
6	10000	156	0	2370	1812	1812	1812	1019	1019
7	12000	1363	0	2831	2370	1812	1812	1812	
8	12000	2	0	2831	2037	2037	2037	2037	1019
9	12000	22	0	2831	2370	2370	2370	2037	

必要素材数(長さ*数＝計)
8000　*　4 ＝　32000.
10000　*　2 ＝　20000.
12000　*　3 ＝　36000.

9　88000.
部材合計長＝　86338.　歩留り＝　.9965

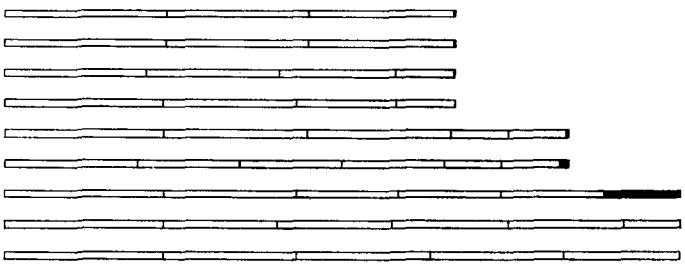

図 2　X2NEST 多種素材線形ネスティング

5.3 R0NEST 巴型配置矩形ネスティング(図4)

ランダムな寸法分布の多数の矩形部材を与え，素材の寸法範囲を与えてネスティングする．この配置は後述のように切断加工に難点があるが，寸法分布が充分乱数的で部材数が多い場合には詰合せ率はきわめて良い．乱数で作ったデータによる多数回のテストの結果では，部材数100枚以上，素材数約3枚，かつ部材最小長／部材最大長および部材最小幅／部材最大幅がともに0.5以上の場合，切り代をゼロとした場合の詰合せ率が0.98程度は充分可能と思われる．

表 2　素形ネスティングの詰合せ率の概略値

1素材上の平均部材数	2	3	4	5以上
詰合せ率の概略値	0.92	0.98	0.995	0.999

ただし詰合せ率は，最大の残材長をXとするとき次式で求めるものとする．詰合せ率＝(部材合計長)/(素材合計長－X)

5.4 E0NEST 1列配置矩形ネスティング(図5)

注文素材型の矩形ネスティングを行なうもので，同寸法の部材が多い場合

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

向きに作られている．同寸法の部材を縦横に格子状に並べた部分と，寸法の同形異形にかかわらず部材を1列に棒状に並べた部分との2タイプの配置で構成されるのが特徴である．

詰合せ試行回数を指定してその回数だけ，初期条件の異なるネスティング計算を行ない，最もよく詰まった配置を採用するようにして，詰合せ率と計算時間の折り合わせを選択できるようにしており，もし配置が気に入らないケースがあれば，試行回数を増したり，素材寸法指定範囲を変更して再計算することにより別の配置を求め得る．

詰合せ率は，実データでは入力部材によって大きい開きがあり簡単には表現できないが，乱数で作ったデータによるテスト結果の一例を挙げれば，(素材最大長/部材平均長) および(素材最大幅/部材平均幅) がともに約8.0，(部材最小長/部材最大長) および (部材最小幅/部材最大幅)がともに約0.6，部材種類数10，素材数約8枚，1ケース当りの試行計算5回の場合，切

```
(入力データ)
切り代、部材幅、部材レーン数=     0  200    8
部材数   =    2    6    2    2    7    7    7    4
部材長   =  933 1040 1333  809 1463  690 1407 1210

(ネスティング結果)
素材枚数、幅、長さ=     1 1600 5299
レーン 余り 切り代 <部材長>
   1    87     0    1463 1210 1040  809  690
   2    53     0    1407 1407  933  809  690
   3    38     0    1407 1407 1407 1040
   4    36     0    1463 1210 1210  690  690
   5    19     0    1407 1210 1040  933  690
   6     9     0    1463 1407 1040  690  690
   7     0     0    1463 1463 1333 1040
   8     0     0    1463 1463 1333 1040
歩留り=  .9943
```

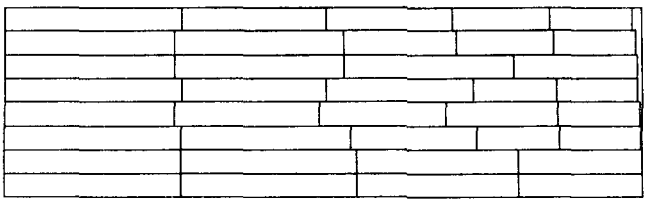

図 3　BONEST 等幅矩形ネスティング

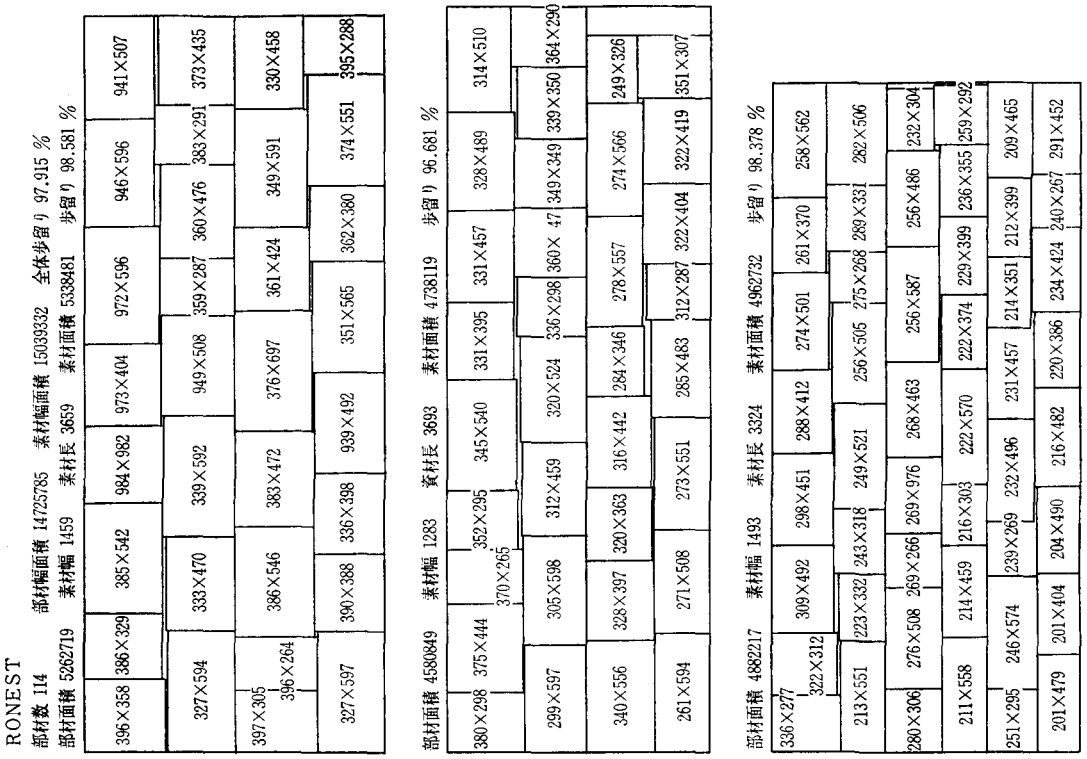

図 4　RONEST 巴形配置矩形ネスティング

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

```
(入力データ)   ( 1)DNAME=TEST1.EON
 切り代、余裕代  (縦合計、横合計) =     0    0    0
 素材 寸法 範囲   (U1,U9,V1,V9) =    600012000 1500 2000
 部材番号    = M=    1    2    3    4    5    6    7    8    9   10
 部材総数    = B=   18    2    7   15   43    9   23   37   17   52
 部材長さ    = X=  709  757  868  541  778  578  941  867  857  911
 部材 幅     = Y=  244  313  252  262  343  294  317  211  265  385

(ネスティング計算結果)   N/S=素材 番号/枚数, F=ブロック数, I/J=部材 縦/横 枚数
 N S  縦    横   歩留り A素材 A部材  F  M I J  M I J ... (ﾏｲﾅｽ M は同列に並べる)
 1 1 6377 1925 1.0000 12.28 12.28  1 10 7 5
 2 1 6381 1775  .9836 11.33 11.14  6  1 9 2  9 1 1 -4 7 1 -8 2 1 10 7 2  3 7 1
 3 1 9427 1996  .9729 18.82 18.31  6  911 1  710 1  512 3 10 3 1 -5 7 1 -7 1 1
 4 1 9537 1532  .9757 14.61 14.26  9  811 3  9 4 1 -4 8 1 -8 2 1  7 2 1 -2 2 1
                                     -6 9 1 -9 1 1  710 1
 平均 歩留り= .9816    素材 面積= 57.029   部材 面積= 55.978  限界 歩留り=1.0000
```

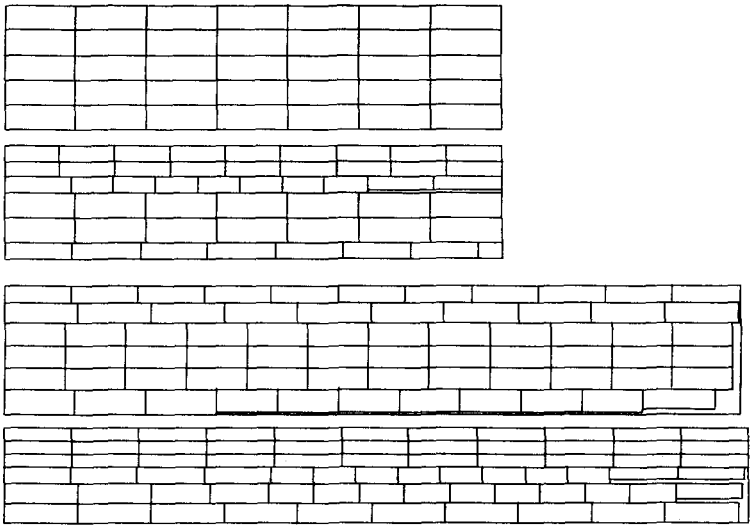

図 5　EONEST 1列配置型矩形ネスティング

り代をゼロとした場合の全体平均詰合せ率が，0.98—0.992程度である．

計算時間の一例を挙げれば，上記の条件の乱数データによるテスト10ケース連続計算に要した時間は(PC-9801)にて約5分であった．

なお，このテスト結果の一覧表を表3に示す．

5.5　H1NEST 穴詰め型矩形ネスティング（図6）

任意形状の4辺形の4隅に任意寸法のRのかかった形の素材から，与えられた寸法，枚数の部材のうち任意数を板取りする．Rの大小にかかわらず，うまく矩形をはめ込むのが特徴である．

5.6　V1NEST斜め切りスチフナーネスティング（図7）

端数の斜めに切れたスチフナー状部材を，同じ幅の定尺素材から1列に並べた形にネスティングする．端部切口形状は任意の角度に切れていてもよく，また直角に切れた爪先部分のある形でもよい．

6.　ネスティングに関するトピックス

ネスティングプログラム作成に当って気がついたちょっとした点を以下に挙げてみた．

6.1　切り代

切り代がある場合は，一見事態が複雑になりそうに思えるが，切り代のない場合に対するプログラムがあれば，切り代のある場合の計算は簡単にできる．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

表 3　E0NEST 詰合せ率テスト成績

計算番号	ファイル名	部材			素材		歩留り率	(素材／部材)	
		種類数	総数	面積	総数	面積		長さ比	幅比
1	A0101.E0	10	293	66.14	7	66.91	.9886	8.41	8.24
2	A0102.E0	10	291	73.74	6	74.76	.9863	8.42	7.58
3	A0103.E0	10	318	98.46	11	99.38	.9907	7.43	7.02
4	A0104.E0	10	415	92.24	10	93.43	.9873	8.65	8.18
5	A0105.E0	10	320	67.80	7	68.62	.9881	9.06	8.18
6	A0106.E0	10	328	80.86	7	82.44	.9808	7.91	8.18
7	A0107.E0	10	444	96.41	9	97.28	.9911	8.61	8.60
8	A0108.E0	10	328	76.00	7	76.93	.9879	7.91	8.85
9	A0109.E0	10	434	93.67	10	94.34	.9929	8.27	8.95
10	A0110.E0	10	307	58.28	7	59.10	.9861	9.33	8.97

[H1NEST]

(INPUT DATA)

<HOLE SHAPE>

X1	Y1	R1	X2	Y2	R2	X3	Y3	R3	X4	Y4	R4
0.00	0.00	.70	.70	3.30	.80	3.50	3.80	1.10	4.30	0.00	.70

<BUZAI SUNPOO>

BUZAI	HABA	<NAGASA>					<MAISUU>				
A	.305	.800	1.000	1.100	1.250	1.600	5	5	5	5	5
B	.356	.750	.970	1.050	1.130	1.550	5	5	5	5	5
C	.423	.880	.950	1.200	1.380	1.650	5	5	5	5	5
D	.469	.700	.820	1.020	1.080	1.300	5	5	5	5	5
E	.508	.900	1.080	1.260	1.360	1.500	5	5	5	5	5
F	.555	.950	1.010	1.300	1.500	1.620	5	5	5	5	5

(NESTING RESULT)

<BUZAI HAICHI>

LAYER	BUZAI	LENG	MAISUU	LENG	MAISUU
1	A	1	1	2	2
2	A	1	3	4	1
3	E	2	1	4	2
4	F	1	1	3	2
5	F	2	2	3	1
6	F	2	3	5	0
7	A	3	1	5	1
8	A	2	2	0	0

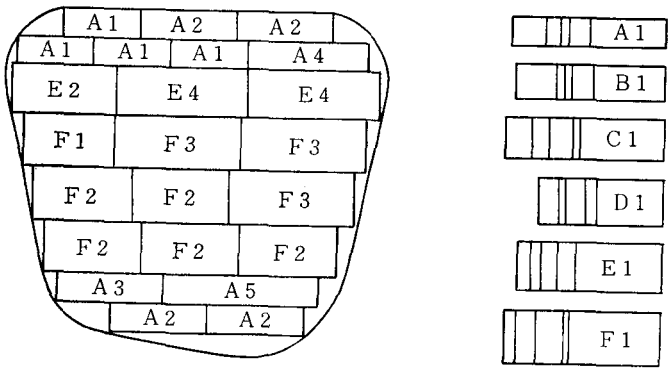

図 6　H1NEST 孔詰型矩形ネスティング

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会. 無断複写・複製・転載を禁ず.

すなわち，入力された正味の部材寸法に片方だけの切り代を加算したものを改めて部材寸法として，切り代ゼロのネスティング計算を行ない，得られた素材寸法から，片方だけの切り代を引算したものを，改めて素材寸法とすればよい．

ただしこの考え方は，直角切りの線形ネスティングと，矩形ネスティングの場合しか適用できない．たとえば，斜め切りスチフナー用プログラム V1NEST の場合には，部材と部材の間隔は，切り代よりも斜めになった分だけ大きくなり，これを無視すれば，その誤差は，僅少ではあるが，危険側に出る．

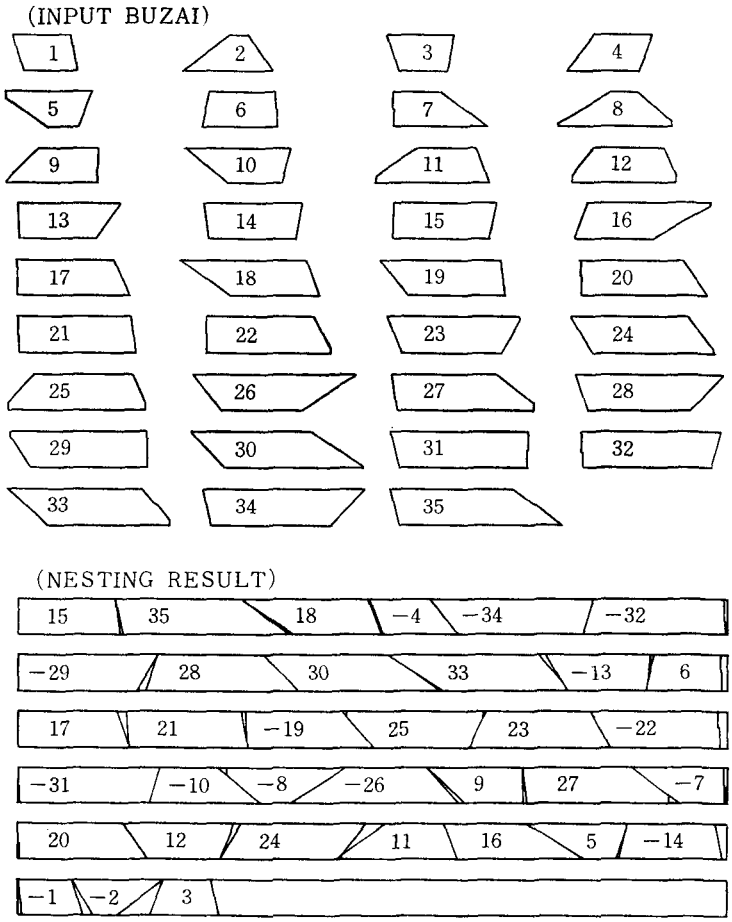

図 7　V1NEST 斜め切りスチフナーネスティング

6.2　半端素材

定尺線形ネスティングにおいて，定尺より短い半端素材を使用する必要がある場合には，次の方法でうまく計算できる．

たとえば，定尺長10mの素材を使う線形ネスティングで，7.2mの半端素材を1本だけ使いたい場合には，(10−7.2)=2.8mのダミー部材を1本だけ，入力部材リストに加えておいてネスティングを行ない，ダミー部材の含まれる素材は，ダミー部材を除いて半端素材を使えばよい．

6.3　在庫素材の枚数制限

多種素材の在庫型ネスティングにおいて，枚数制限のない場合のプログラムがあれば，次のような方法で，枚数制限のある場合の計算ができる．

たとえば線形ネスティングで，長さ8m，10m，12mの3種の素材があり，8mと12mの素材は何本でも使ってよいが，10mのものは2本以下しか使えない場合を考える．

(1) まず，8m，10m，12mの各素材を無制限に使ってよい条件で，与えられた部材を全部ネスティングする．

(2) このとき10mの素材を3本以上使っていたら，そのうちどれか2本だけを採用し，その他の素材に配置された部材を全部御破算にして，改めて8m，12mの2種素材の条件でネスティングをやり直す．

6.4　巴型配置

図8(A)または R0NEST プログラムのように部材を巴型に配置すると詰合せ率は上がるが，シームが4すくみになってガス切断作業ができなくなる恐れがある．図8(B)に示すように，隅の切れている部材を，長方形に置き換えてネスティン

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

(A) 切断困難な例　　(B) 切断可能な例

図 8　巴型配置とガス切断

グしている場合は見かけは巴型に並べられていても，実際は4すくみになってはいないので，切断作業にさしつかえないが，正味の長方形部材をネスティングする場合は，巴型の部材配置の採用に当って，部材の間隔を少し余分にとっておく等の処置が必要と思われる．

6.5　全自動型とハンドネスティング型

ネスティングの機能は，次の3つから成ると考えられる．

(1) 割り当て…どの部材をどの素材に割り当てるかを決める．

(2) 配置……各部材をその素材のどこに配置するかを決める．

(3) 詰合せ……各部材の詳細位置を決める．

全自動型では，上記の3機能を全部そなえているが，ハンドネスティング型では第3の機能だけをもち，前の2機能は人間が行なうことになる．

ネスティングの実際の方法としては，

(1) 完全自動型

(2) 全自動型＋応急ハンド型

(3) 概略自動型＋仕上げハンド型

(4) 完全ハンド型

といったタイプが考えられる．

在庫素材型線形ネスティングの場合には完全自動型が充分可能である．

矩形ネスティングの場合には，とり扱う部材の煙突村の形によっては完全自動型が充分可能であるが，一般には(2)か(3)のいずれかになると思われる．

一般図形のネスティングの場合には，自動型のプログラムは相当困難と思われるので，ディスプレイ画面を使った完全ハンド型になっても，やむを得ないであろう．

ハンドネスティングの場合には，ホストでは，今まではグラフィックディスプレイとライトペンが多く使われていたが，ミニコンまたはパソコンに最近よく使用されているマウス（画面指示器）が，ライトペンに代わって利用できるようになれば，図形移動指示が，きめ細かく，かつ速やかに行なえるので，ハンドネスティング操作はさらに便利になる．

さらに昨今の技術の進歩の速さから見れば，現在ハンドでしかできないネスティングが，全自動でできるようになる日も近いかも知れない．

7.　結　言

本プロジェクトは鋼構造建設部，津製作所重工部および情報システム部の関係者の協力によって1985年10月本稼働となった．

現在のE0NESTは，1列並びの配置しかできないので，これをズボン型に1レーンで2段積みまたは3段積みができるように現在グレードアップ改正中である．その次は在庫素材型の矩形ネスティング，マウスを使ったハンドネスティング，曲がり板用，大板用，と未解決の問題が山積している．

●ご利用ください●さしあげます●

下記の雑誌は，交換等によって，日本OR学会にほぼ定期的に送られてきているものです．学会事務局で保管しておりますので，どうぞご利用ください．下記のもの以外にも大学の論叢等があります．なお，1985年中に発行のものは，ご希望があれば，さしあげますので(原則として郵送はいたしません)事務局までお申し出ください．（会員の方を優先とさせていただきます．）

(1)運輸と経済
(2)ENGINEERS
(3)技術と経済
(4)JMAジャーナル
(5)計測と制御
(6)高速道路と自動車
(7)産業能率
(8)数理科学
(9)テレトピア
(10)電子通信学会誌
(11)土木学会誌
(12)日本機械学会誌
(13)標準化ジャーナル
(14)標準化と品質管理
(15)理論経済学

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．