

## 会話形式による設備配置計画システム

FUKUMA, Toshiko / YAMAMOTO, Masaaki / 山本, 正明 / 福馬,  
敏子

---

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Bulletin of the Technical College of Hosei University / 法政大学工学部研  
究集報

(巻 / Volume)

21

(開始ページ / Start Page)

27

(終了ページ / End Page)

42

(発行年 / Year)

1985-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004068>

# 会話形式による設備配置計画システム

福馬敏子\*・山本正明\*

## An Interactive Computerized Plant Layout System

Toshiko FUKUMA\*, Masaaki YAMAMOTO\*

### Abstract

In the proposed Interactive Computerized Plant Layout System, the facilities that have any rectangular blocks are located on a rectangular plant space.

The layout problem is solved to minimize the total relationship and distance value of the layout pattern by using an improved method, by which the calculation time is decreased than the one of Max-Min method.

After getting an initial layout design by the hand or by the computer with the proposed algorithm, the planner can rearrange the layout by using interactive procedures of the system.

He can make a more efficient layout plan rapidly with this system.

### 1. はじめに

ある工場が能率的に運営されるためには、その工場内に設置されている諸設備（施設、装置、治工具、容器、職場）が適切に配置されている必要がある。配置の適切さが定量的に評価できれば、この評価値を最適にするような設備配置を求める問題が得られる。これを工場レイアウト問題という。

この問題を取り扱うための数理計画的な技法の一つに、決められた制約のもとで、配置されるべき設備相互の関係の深さと距離の積の総和を目的関数として、これを最小化する方法がある。この問題に対する最適解法（完全列挙法、ブランチ・アンド・バウンド法）が開発されているが、いずれも計算に多大な時間を要するために、実用的には近似解法の利用が考えられ、MAX-MIN法<sup>(2)</sup>、MAT法<sup>(5)</sup>などが発表されている。これ等の解法において計算の結果得られた解は、そのままの形では必ずしも工場のレイアウトを満足するとは限らず、より実用的な解を導出するためには人間による経験と判断を取り入れて、これを修正することが望ましいと考えられる。

以上の観点から、近似解が得られた後に、これを初期解として、グラフィック・ディスプレイ

---

\* 法政大学工学部経営工学科

上で必要な再配置ができるシステムを開発した。このシステムの特徴は次の通りである。

#### 初期解の誘導にあたって

- (1) 二つの距離（直交，直線）のいずれを用いても，目的関数の評価値を計算することができる。
- (2) 一つの設備を配置するときの許容位置の個数を増すことにより，検討の幅を広げる。
- (3) (2)により生じる探索回数の増加に対応するために，CORERAP<sup>(1)</sup>，CAPLAS<sup>(2)</sup>の両システムの手法を取り入れた改良法を考案して利用する。

#### 人間の判断による改良

- (1) 初期解によるレイアウト案をもとに，タブレットを利用して会話形式により再配置することができる。
- (2) 11種類の再配置処理機能をメニュー方式で選択できる。
- (3) 評価値を見ながら設備を敷地内に再配置できる。

## 2. レイアウト問題

レイアウト案は，対象となる工場の設備の面積や形状が与えられたとき，各設備間の物の運搬量や関係の度合，及び設備相互間の距離などから定まる評価値を最小化することにより得られるものである。工場の敷地は，設備が配置されていく段階で考慮に入れなければならない重要な制約条件である。そこで問題を次のように定義する。

### 2.1 問題の要素と尺度

#### (1) 敷地及び設備について

与えられた大きさを持つ矩形状の工場敷地に，面積や形状の異なる  $n$  個の矩形の設備を配置する。

#### (2) 設備間の関連の深さについて

設備間で材料，製品などの運搬が行われる場合，一定時間内の運搬量で関連の深さを与えるため，From-To Chart（設備  $i$  から設備  $j$  への運搬量を要素としたテーブル）を用いる。また熱効率や衛生上の理由などにより近くに配置されるべきことを示す近接度，あるいはその逆に，互いに離すことが要求される度合を定量化した値を設備間の関連の深さとして，Relationship Chart で表示することもできる。

#### (3) 設備間の距離について

配置の評価を行うためには，設備間の運搬距離を考慮する必要がある。距離は設備の重心間で測定するものとし，Fig. 1 のような直交距離と直線距離の 2 種類を用いることができる。

#### (4) 設備の配置可能な場所

敷地内で既に配置した設備と重複しなればどこにでも配置できるわけだが、配置選択の数を少なくするために、矩形の角と、一辺の midpoint の合計 8 か所に接した場所とする。

### 2.2 レイアウト案の評価

レイアウト案は(1)式で表わされる目的関数により評価される。

$$C = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n r_{ij} \cdot d_{ij} \quad (1)$$

ただし

$C$  : 評価値

$n$  : 総設備数

$r_{ij}$  : 設備  $i$  と設備  $j$  との関連の深さ

$d_{\ell(i)\ell(j)}$  : 設備  $i$  の位置  $\ell(i)$  と設備  $j$  の位置  $\ell(j)$  との間の距離

(1)式の右辺は総運搬労力を表わすもので、計画、立案されたレイアウト案の良否に従って大きく変化する。

### 2.3 解法

この研究で用いる近似解法は、R. C. Lee, J. M. Moore 氏等によって開発されたシステムである CORELAP<sup>(1)</sup>と、河原、久保氏等によって開発された CAPLAS<sup>(2)</sup>の中で用いられている MAX-MIN 法の応用型の特徴を取り入れて、後者の探索回数を少なくしようとしたものである。その解法及び手順は次のようになる。

解法は近似解法であり、(2)で与えた評価値を各設備ごとに合計し、この値の大きい設備順に、他設備との部分的な評価値が最小になる位置に設備を逐次配置していくものである。

この近似解法では、設備配置の順を決めるため、まず全設備の総関係値  $TCR_i$  (Total Closeness Rating) を計算し、この値の大きい順に逐次その位置を決定していく。

$$TCR_i = \sum_{j=1}^n r_{ij} \quad (i \neq j) \quad (2)$$

今すでに配置されている設備の集合を  $P$  としたとき、未配置のすべての設備に対して、

$$N_{ik} = \sum_{p \in P} r_{ip} \cdot d_{k\ell(p)} \quad \forall k \quad (3)$$

を計算し、この値の最も小さくなる位置  $k$  にこれを配置する。ここで

$p$  : すでに配置されている設備の番号集合  $P$  の要素

$i$  : 配置されていない設備の番号集合  $I$  の要素

$k$  : 配置の候補場所集合  $K$  の要素

$\ell(p)$  : 設備  $p$  の配置されている場所の番号

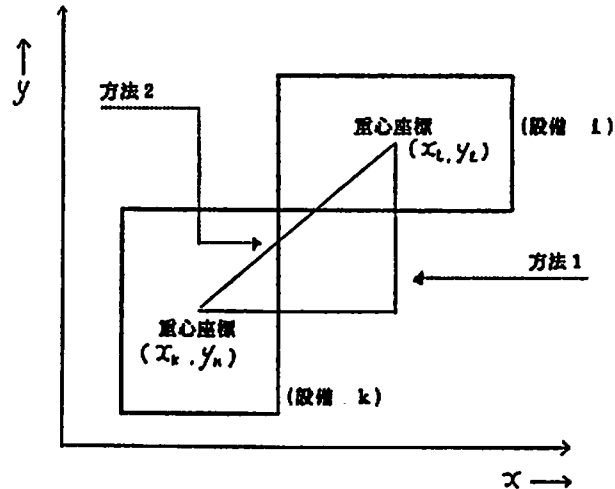


Fig. 1 設備間距離の計算方法：方法1 直交距離  
方法2 直線距離

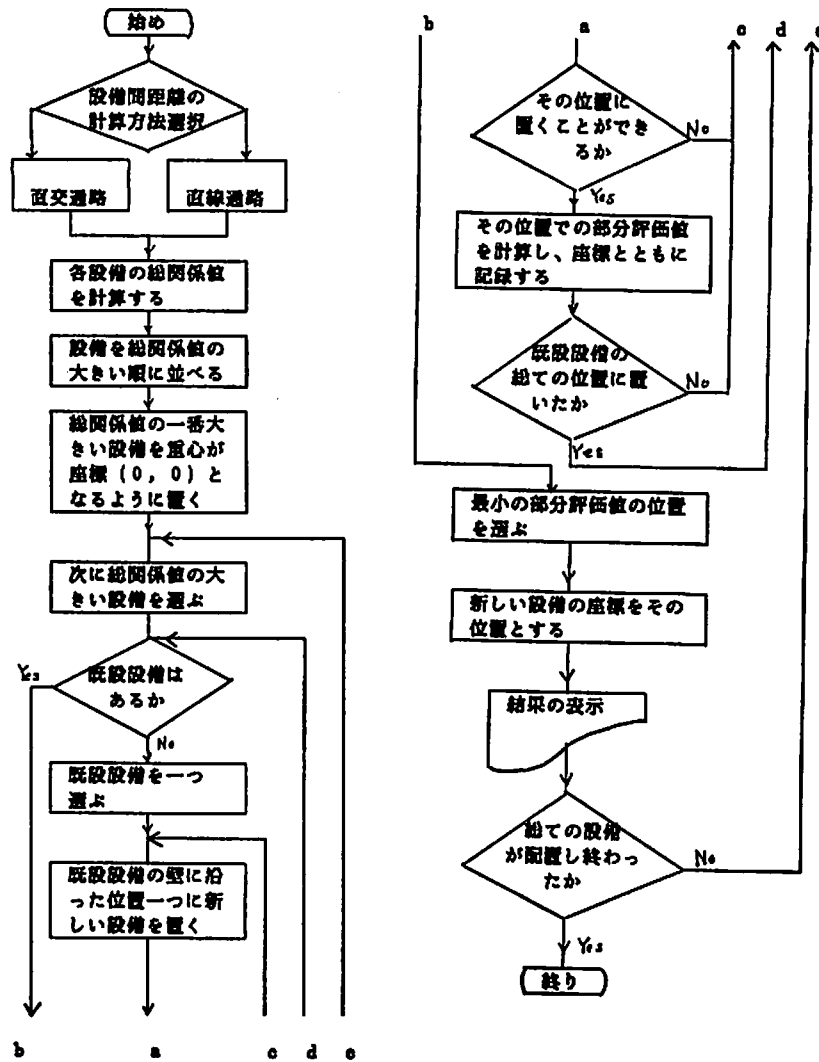


Fig. 2 初期配置案作成過程

$r_{ip}$  : 設備  $i$  と設備  $p$  との関連の深さ

$d_{ik(p)}$  : 設備  $i$  を場所  $k$  に配置したときの設備  $i$  と設備  $p$  の距離

近似解法の手順

手順Ⅰ : すべての設備  $i$  について  $TCR_i$  を求める。

手順Ⅱ :  $TCR_i$  を大きい順に並べ、配置順位を求める。

$$TCR_{m(1)} > TCR_{m(2)} > \dots > TCR_{m(n)}$$

手順Ⅲ :  $TCR_{m(1)}$  の設備  $m(1)$  を、あらかじめ与えられた指定場所に配置する。

手順Ⅳ : 次に  $TCR_i$  の大きい設備  $i$  を、すべての配置可能な場所  $k$  に配置するものとして  $N_{ik}$  を計算する。

手順Ⅴ :  $N_{ik}$  が最少となる場所を求め、設備  $i$  を場所  $r$  に配置する。

手順Ⅵ : 手順Ⅳ, Ⅴを、すべての設備が配置されるまで繰り返す。

Fig. 2 は、解法手順の詳細を示したものである。

### 3. システムの概要

システムの機能は次の通りである。

- レイアウトの対象となる敷地情報，設備情報，設備間の関連の深さの情報を入力する。
- 近似解法により，評価値を最小にするレイアウト案を得ること。
- その案を初期解として，人間の手による再配置を行い，さらに現実的な案を得ること。

以上の初期解を用いなくて，人間の手による配置操作も可能である。この場合には，キーボード，タブレット，ファイルからデータを入力後，会話形式によって，操作者がレイアウト案を作成し，それを修正，改良していく。

システムは Fig.3 に示すように，次の3段階から構成されている。

#### (1) データの入力

入力データは次の通りである。

(総設備数) ……………最小2設備から，最大50設備まで入力することが可能である。

(距離単位) ……………入力する距離は4桁まで可能とし，次の単位を選択できる。1) km

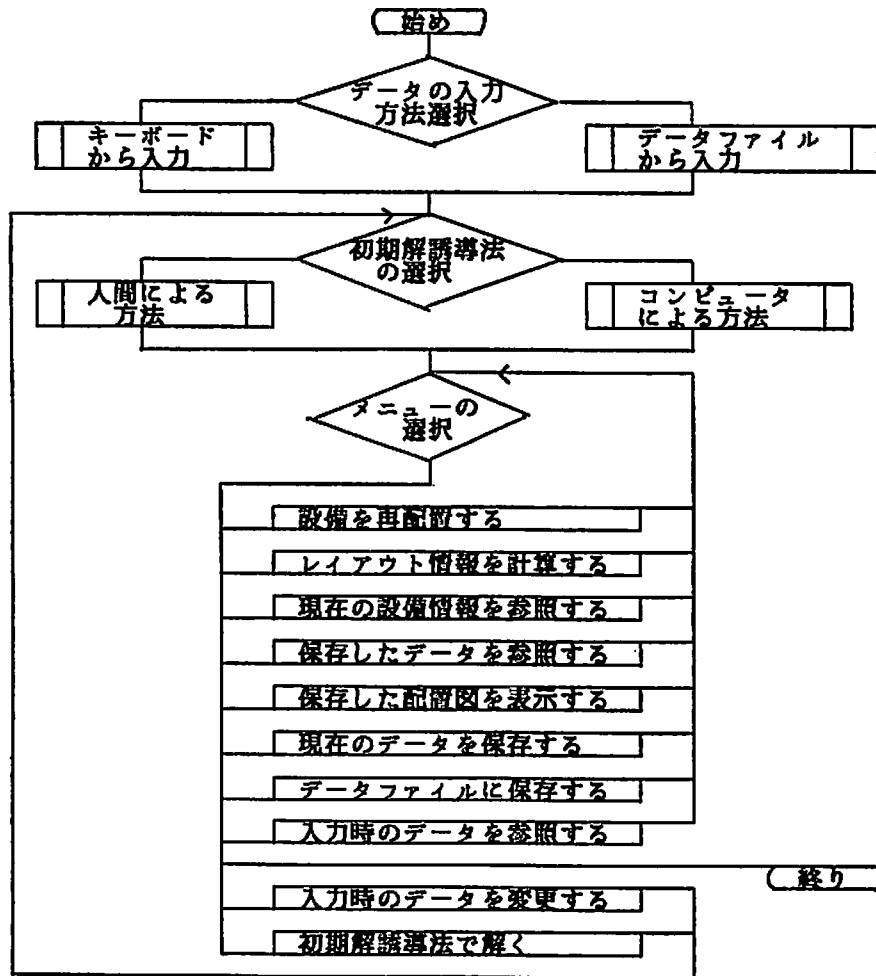


Fig.3 システムの概要

## 22 (昭和60. 3) 会話形式による設備配置計画システム

2) 100m 3) 10m 4) m 5) 10cm 6) cm

(敷地, 設備) ……各々, 矩形状の横の長さとの縦の長さ

(関連の深さ) ……設備間の関連の深さの表現形式で, 次の3種類の中から選択する。

- 1) From-To Chart I
- 2) From-To Chart II (対角要素の和をとったもの)
- 3) Relationship Chart (評定値の段階は, 1から24まで可能)

(関連の深さの値) …3桁までの数値で入力

データの入力には, キーボード入力とデータファイル入力の2種類がある。前者の場合には, グラフィック・ディスプレイ上に表示された質問にそって会話形式で実行できる。

### (2) 初期解誘導法

初期解誘導法には2種類あり, 一つは, 2.3で述べた近似解法の解を初期解とするコンピューターによる方法であり, もう一方は人手による方法である。このとき次の選択が可能である。

- コンピューター解法の中間段階で, 人間の判断により再配置を行う機能を使うか否かの選択
- 距離の計算方法の選択

### (3) 初期解の改良

#### 3.1 初期配置案作成後の機能

初期配置案作成後は, 次の機能をメニュー方式で選択でき, これを参照することにより初期配置案の改良が可能である。

- 1) 設備の再配置をする。……………タブレットを用いて敷地内の任意の場所へ, 任意の敷地を再配置する。
- 2) レイアウト情報を計算する。……現在得られている配置案のレイアウト情報を見ることができる。情報とは, 評価値A (直交通路の距離で計算したもの), 評価値B (直線通路の距離で計算したもの), 配置図の設備の横の最大長さ, 縦の最大長さ, 総設備面積, 凹凸の割合, 占有率, 余裕面積などである。
- 3) 前から保存してある配置図を表示する。
- 4) 現在のレイアウト情報をファイルに保存する。
- 5) 保存したレイアウト情報を参照する。
- 6) 入力データを参照する。
- 7) 入力データを変更する。
- 8) 再度, 初期解誘導法で解く。……………縦, 横の長さの入れ替えや, 面積一定の変形による再配置も可能である。
- 9) データファイルに保存する。……………保存したすべてのデータを, ファイルに永久保存するものである。

10) 実行を終了する。

### 3.2 再配置方法

再配置方法には6通りあり、いずれもメニュー方式で選択することができる。

- 1) カーソルによる配置……指定した設備の指示した位置（9通り）が、クロスヘア・カーソルで指示した点に合うように配置する。
- 2) 他設備への点指定配置……指定した設備の指示した位置（8通り）が、他の設備の指示した位置（8通り）に合うように配置する。
- 3) 他設備への辺指定移動……指定した設備の辺（4通り）が他の設備への指示した辺（4通り）と同じ位置になるように平行移動し配置する。
- 4) カーソル点指定移動……指定した設備の指示した辺（4通り）が、クロスヘア・カーソルで指示した点と同じ位置になるように平行移動して配置する。
- 5) 面積一定の変形配置……指示する設備の指定した辺（4通り）が、他設備の点またはカーソルによる点の2点に合うように、面積一定の条件のもとで変形し配置する。
- 6) 横と縦の長さの入替え……指示した設備の横と縦の長さを入れ替えるものである。

## 4. 実験例及び結果

このシステムの基本的性能を明らかにするため、文献2によるデータを用いて実験を行った。

### 4.1 入力情報

入力情報は以下に示すものである。

総設備数 : 19

Relationship Chart : Table 1

敷地及び各設備の縦横長 : Table 2

### 4.2 初期配置案及び再配置案の作成過程

初期配置案は、近似解法により直交通路による距離を用いて得られたものであり、これをFig.4に示す。この初期配置の段階では全体の形状に凹凸が多く、また使用不可能な無駄な空間が生じている。そこで各設備の再配置と、面積一定のもとに縦と横の長さを変えることにより改良解を得た結

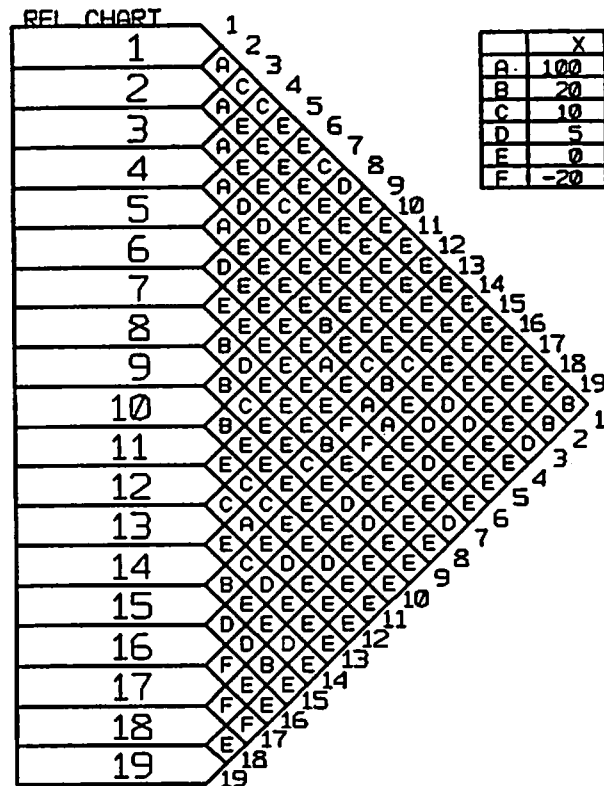
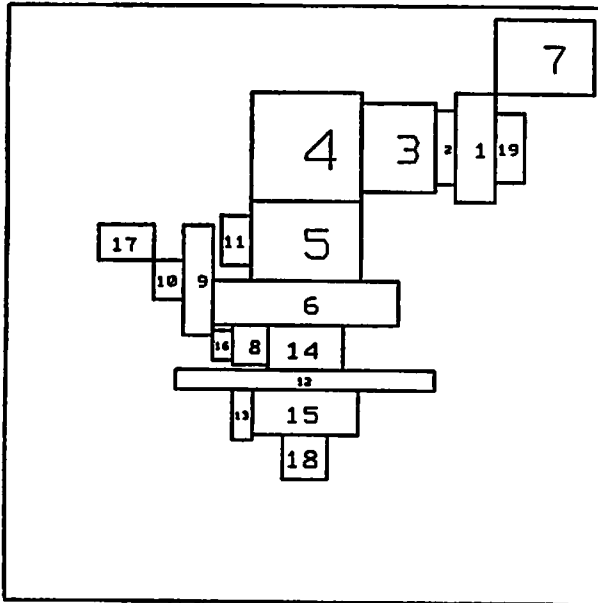


Table 1 設備間相互の関連性  
(Relationship Chart) X : 近接性  
A, B, C, D, E : 尺度記号



NO.	YOKO	TATE	MENSEKI
SS	6000	6000	36000000
1	400	1100	440000
2	200	750	150000
3	750	900	675000
4	1100	1100	1210000
5	1100	800	880000
6	1850	450	832500
7	1000	750	750000
8	350	400	140000
9	300	1100	330000
10	300	400	120000
11	300	500	150000
12	2600	200	520000
13	200	500	100000
14	750	450	337500
15	1050	450	472500
16	200	300	60000
17	550	350	192500
18	450	450	202500
19	300	700	210000

Table 2 設備及び敷地の縦, 横, 面積情報



	HYOKA CHI A	672000.00
	HYOKA CHI B	698097.86
NO.	YOKO NO NAGASA	4975.00
1	TATE NO NAGASA	4650.00
	SO SHOKUBA MENSEKI	7772500.00
	OUTOTSU NO WARIAI	33.60
	SENYU RITSU	21.59
	YOYU MENSEKI	28227500.00

Fig. 4 初期解誘導法によって得られた配置案

場合の計算機メモリー使用量は 580 KB である。

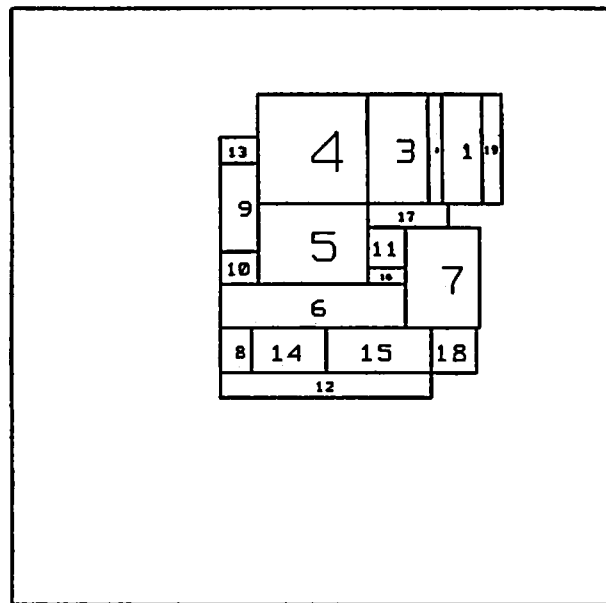
#### 4.4 システムの評価

採用した近似解は50以下の設備数の場合、端末操作者の許容待ち時間内にレイアウト案を提示でき、会話型のシステムに見合った計算方法と言えよう。グラフィック画面上での初期解の修正、改良は、操作者が一定の習熟に達すれば、組込まれた諸機能を使用してかなり効率良く、レイアウト案を修正していくことができた。

果をFig. 5に示す。配置案の評価値は初期解において672000.00であり、凹凸の割合は  $\text{凹凸} = \text{総設備面積} / (\text{配置図の横の最大の長さ} \times \text{縦の最大の長さ})$  としたときに、33.6%である。再配置後は、評価値が増大しているものの、凹凸の割合が90.61%となり、かつ隣接関係が Relationship Chart による情報に見合った範囲内であることから、より実用的な解が作成されたものである。

#### 4.3 プログラム及び計算に関して

FACOM M 360 AP をホストコンピュータとし、その表示端末として、UNIVAC の AGS 2400 E グラフィック・ディスプレイを使用した。使用言語は FORTRAN であり、グラフィック・コントロール・サブルーチン・パッケージ GCSP-II E (日本 UNIVAC 社製) を用いた。プログラムは、GCSP-II E を含めて約6000ステップから構成されている。また端末使用時間は、ファイルによるデータ入力、人間による判断を取り入れた再配置をした場合も含めて、約20分である。その場



	HYOUKA CHI A	1082236.25
	HYOUKA CHI B	946197.30
NO.	YOKO NO NAGASA	2815.91
5	TATE NO NAGASA	3046.32
	SO SHOKUBA MENSEKI	7772500.00
	OUTOTSU NO WARIAI	90.61
	SENYU RITSU	21.59
	YOYU MENSEKI	28227500.00

Fig. 5 タブレットを利用した再配置，または面積一定のもとで変形後再配置して得られた案

## 5. おわりに

工場設備配置問題を取りあげ，指定された大きさの矩形設備を矩形敷地内に配置する会話型レイアウト計画システムを開発した。このシステムにおいては，グラフィック上でレイアウト案を作成でき，コンピューターとの会話形式でこれを再配置していくことができる。初期解の誘導にあたっては，設備配置の許容位置の数を増し，それにともなって生じる探索回数の増加に対応するために，改良法を考案し，システムに導入した。また再配置にあたっては，必要とするすべての情報を参照して効率的に配置案を考えられるようにした。このシステムを用いて工場レイアウト設計者はリアルタイムで実用的な配置案を得ることができる。

今後の研究課題としては，次の点を考慮している。

- 1) 敷地内に，通路や柱などのより複雑な制約条件を取り入れた上での目的関数最小化を行い，さらに実用的な配置案を求める。
- 2) 既定の配置設備の図面を用いて，その形状を考慮に入れたレイアウト計画が実行できるようにする。

参 考 文 献

- (1) Robert C. Lee and James M. Moore: "CORELAP—Computerized Relationship Layout Planning", The Journal of Industrial Engineering, pp. 195~200, Vol. XVIII, No. 3, (1967, 3).
- (2) 河原巖・久保章: "工場レイアウト設計技法に関する研究", 日本経営工学会誌, pp. 350~358, Vol. 33, No.5, (1982).
- (3) Nugent, C. E., Vollmann, T. E., and Ruml, J.: "An Experimental Comparison of Techniques for the Assignment of Facilities", Operations Research, pp. 150~173, Vol. 16, No. 1, (1968).
- (4) Michael Scriabin and Roger C. Vergin: "Comparison of Computer Algorithms and Visual Based Methods For Plant Layout", Management Science, Vol. 22, No. 2, October 1975.
- (5) Edwards, H. K., Gillett, B. E., AND Hale, M. E.: "Modular Allocation Technique (MAT)", Management Science, pp. 161~169, Vol. 17, No. 3, (1970).