Journal of the Korean Institute
of Industrial Engineers
Vol. 1 No. 2 December 1975

中間在庫點 最適位置選定에 關한 硏究

(A Study on the Optimal Location of Physical Distribution Centers).

The problem treated is that of locating distribution centers(depot) in a network, so as to minimize the total cost which is the sum of transportation cost, (from factory to centers and from centers to demand points), construction cost, inventory cost and traffic increasing cost. This problem is mathematically an integer program and a non-linear model. This study avoids various inefficient aspects, which many studies have shown, by introducing a matrix notation, node and link function.

An algorithm, for determining the optimal location of distribution center which has zone in which demand points are located at some node of a network, is presented.

Finally this paper describes a numerical example and discusses its results.

金 滿 植*

1. 序 論

現在 物流 system의 問題는 國家水準의 產業構造面에 있어서, 또는 企業水準의 收益面에 있어서도 硏究가 必要하게 되었다. 經濟成長에 따르는 物流量의 增加, 物流構造의 複雜性, 將次의 勞動力의 省力化, 機能化, 景氣低下에 따르는 業界壓迫의 觀點에서 物流問題의 total system化가 要求되며, 이의 科學的 解法이 要求된다.

本硏究는 物流 system (Physical distribution system)의 部分 system인 中間在庫點(distribution center)의 位置選定에 關한 硏究이다.

從來의 硏究에서 Gomory[1], Balinski[2]의 LP 解法, Baumol[3]의 NLP解法, Kuehn[4]의 Heuristic法, Lawer[5]와 Mitten[6]의 Branch-bound法, Shycon[7]의 simulation法 等이 있으나, 이들 一聯의 硏究는 條件設定의 不合理, algorithm의 計算處理上의 煩雜性, 또는 定式化課程에서의 無理 等이 있어, 아직 硏究의 餘地가 許多하다. 本論文에서는 上述한 諸 硏究에서의 缺點을 是正하기 위하여 node量 函數와 link 函數概念을 導入한 matrix 表示에 의한 解法을 考察한 것이다.

記 號

Q: 全 node群

A_f: f工場의 供給能力

P_i: 配送群(zone)

D_i: P_i群의 需要量

j: 需要地點($j=1\sim M$)

D_j: j地點의 需要量

$ij*$: P_i群의 center 候補地 또는 center位置

$C_{f,ij*}$: f工場에서 $ij*$까지의 單位量輸送費

$C_{ij*,j}$: $ij*$에서 j까지의 單位量輸送費

$X_{f,ij*}$: f工場에서 $ij*$까지의 輸送量

$x_{ij*,j}$: $ij*$에서 j까지의 輸送量

F_{ij*}: 各 候補地點에서의 單位需要量當 建設固定費

Z_{ij*}: $=1\cdots ij*$에 建設하는 경우
$=0\cdots$ 〃 하지 않은 경우

N: 設置할 center 數

D_{ij*}:各 候補地點에서의 單位需要量當運營費

$R_{ij*,j}$: $ij*$에서 j까지의 輸送路停滯比(註 1)

a_{ij*j} : $ij*$에서 j까지의 輸送制限容量比(註 2)

T_{ij*} : P_i群의 候補地 $ij*$에서의 全費用

(註 1) 輸送路停滯比 : $R_{ij*,j}$

大都市에 있어서 物量過密化現象은 今後 더욱 甚해갈 것이며, 從來 大都市에 集中되는 傾向에 있는 中間在庫點으로 부터의 輸送機能은 物流量의 增加에 따라서 交通混雜에 依한 輸送停滯가 생겨, 이 現象이 位置選定에 미치는 影響을 考慮하여야 할것이다. ij_*, j사이에 停滯가 생긴경우(總輸送費×停滯比)의 費用을 機會損失을 合하여增加費用이라고 假定한다.

$$R_{ij*,j}=\frac{(ij_*,\ j)\text{間의 總停滯時間}}{(ij_*,\ j)\text{間의 總輸送時間}}$$

(註 2) 輸送制限容量比 $a_{ij*,j}$

物流量의 增加에 따르는 輸送路容量의 制限이 앞으로 크게 影響을 미친것으로 생각하여, 輸送路容量不足에 因하여 所要需要量을 輸送하지 못하는 경우(總輸送費×輸送制限容量比)의 增加費用을 假定한다.

$$a_{ij*,j}=1-\frac{\text{輸送容量}}{\text{輸送量}}$$

* 漢陽大學校 工科大學 工業經營學科

2. 定式化

各 center群의 需要量의 合은 工場으로 부터의 供給制限內에 있어야 하며, 各群內의 需要地의 需要量의 合은 center의 供給制限內에 있어야 한다. 따라서 全地域內에서 全需要量을 充足시켜야 할 條件下에서

i) 工場에서 各 center까지의 輸送費

ii) 各 center에서 各群內需要地까지의 輸送費

iii) 各 center에서의 建設固定費

iv) 各 center에서의 運營費

v) 各 link 間의 輸送路停滯에 따르는 增加費用

vi) 各 link間의 輸送路容量에 따르는 增加費用

의 總和가 最小가 되게끔 位置選定을 하여야 할 것이다. 上述의 條件을 數式化하면 다음과 같이 (1)의 條件式下에서 式(2)의 最小化를 滿足하는 群을 求하게 된다.

$$\left.\begin{array}{l} \Sigma_i D_i \leqq \Sigma_f \Sigma_i X_{f,\,ij*} \leqq \Sigma_f A_f \\ \Sigma_j D_j \leqq \Sigma_j\ x_{ij*,\,j} \leqq D_i \\ X_f, ij* \geqq 0,\ x_{ij*,\,j} \geqq 0 \\ \Sigma_i Z_i \leqq N,\ Z_{ij}*=1 \text{ or } 0 \end{array}\right\} \quad (1)$$

$$\left.\begin{array}{l} T=\Sigma_f \Sigma_i \boldsymbol{C}_{f,\,ij*} \cdot X_{f,\,ij*} \\ \quad +\Sigma_i \Sigma_{j\epsilon P_i} C_{ij*,\,j} \cdot x_{ij*,\,j} \\ \quad +\Sigma_i (F_{ij*} \cdot Z_{ij*}+O_{ij*})\, D_i \\ \quad +\Sigma_i \Sigma_j (R_{ij*,\,j}+a_{ij*,\,j}) \cdot C_{ij*,\,j} \cdot x_{ij*,\,j} \end{array}\right\} \quad (2)$$

여기서 F와 O는 位置와 數量에 따라서 決定되는 node量函數 R과 a는 link와 時間에 따라서 決定되는 link函數, z는 記號函數, $\boldsymbol{C}$와 C는 link와 量에 따라 決定되는 link量函數이다. 以上과 같이 各函數量을 定義함으로써 非線型 model를 LP化하여 matrix 表示로서 計算處理를 可能케 할 수 있다.

3. 알고리즘

最適化된 center의 位置는 式 (1), (2)를 滿足하여야 할 것이며, 따라서 알고리즘도 이의 順序에 따라서 計算된다. 各 center가 擔當하여야 할 區域은 小集合(配送分割區域)으로 分割되며, 이 集合의 重心(center의 位置)는 式(2)에 의하여 計算된다. 初期條件에서 P_i, $ij*$를 決定하는데 求解條件으로서의 費用函數는 LP性이 期待되지 못함으로 從來의 一般輸送配分問題가 適用되지 못하여 matrix表示(Fig. 1)에 의한 새로운 方法을 Fig. 2의 順序에 따라서 最適解(最適性置)를 求한다. 但 本알고리즘은 工場數가 1의 경우이다(Fig. 1, Fig. 2).

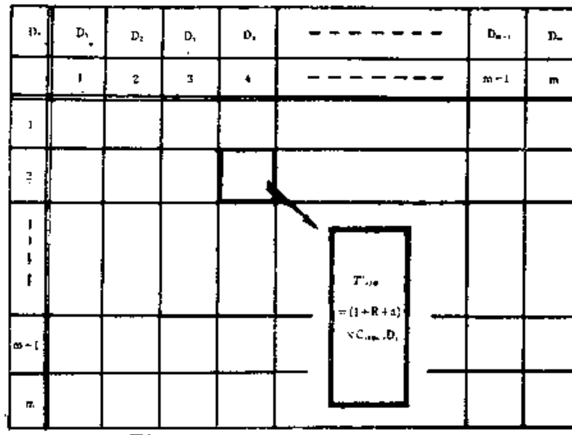

Fig. 1 Matrix formation

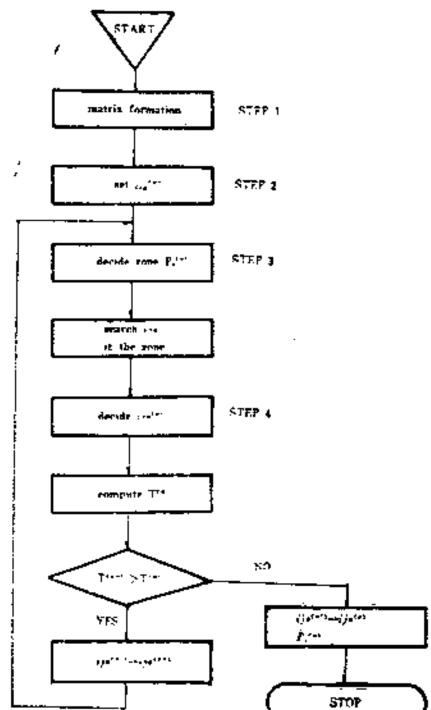

Fig. 2 Flow diagram of depot location

step 1. node의 site no. 의 欄外行에 D_j, matrix의 各 block에 T'_{ij*}를 式(3)에 의하여 記入한다.

$$\begin{aligned} T'_{ij*} &= C_{ij*} \cdot D_j + (R_{ij*,\,j}+a_{ij*,\,j}) C_{ij*,\,j} \cdot D_j \\ &= (1+R_{ij*,\,j}+a_{ij*,\,j}) \cdot C_{ij*,\,j} \cdot D_j \qquad (3) \end{aligned}$$

step 2. network Q에서 既知인 center를 含

合하여 Q上의 位置, 需要量을 감안하여 第1次候補位置 $ij*^{(1)}$를 N個 初期値로서 設定한다.

step 3. $ij*^{(1)}$에 所屬시킬 j群은 matrix의 各 $ij*$行에서 $T'ij$의 값이 적은 j의 一群이다. 따라서 $ij*^{(1)}$에 對하여 $P_i^{(1)}$의 分割區域(zone)이 決定된다. 이 때에 D_j로부터 $\Sigma_{j\epsilon P_i} D_j$가 決定되고, 이어서 $X_{f,ij*}$, $C_{f,ij*}$가 決定된다. 이 때에 P_i群內의 j數에는 制限이 없다.

step 4. 各 P_i의 j에 對하여 다음式 (4)를 計算하여 T_{ij}의 最小値를 가지는 j를 $ij*^{(1')}$라고 한다. 이리하여 式(2)에서 $T^{(1)}$이 決定된다 다음의 第2段階에서는 step 5에 따라서 計算된다.

step 5. $ij*^{(1')}$를 $ij*^{(2)}$로 놓고 step 3, step4를 反復하며 $T^{(2)}$가 計算되며 $T^{(1)}$과 $T^{(2)}$를 比較하여 $T^{(1)}>T^{(2)}$이면 다음 段階에서 step 3, step 4를 反復하며 $T^{(n)}\leqq T^{(n+1)}$가 될 때까지 step를 反復한다. $\min T^{(n)}$일 때의 一群이 $P_i^{(n)}$의 配送區域을 表示하며 이 때의 $T^{(n)}$가 network Q의 最小 cost, $ij*^{(n)}$가 最適位置를 表示한다.

$$T_{ij*}=\Sigma_f C_{f,ij*}\cdot X_{f,ij*}+\Sigma_{j\epsilon P_i}C_{ij*,j}\,x_{ij*,j}+(F_{ij*}\cdot Z_{ij*}+O_{ij*})D_i+\Sigma_{j\epsilon P_i}(R_{ij*,j}+a_{ij*,j})C_{ij*,j}\cdot x_{ij*,j} \quad \cdots\cdots(4)$$

以上의 step過程은 n의 段階에서의 $T^{(n)}$가 決定되면 더욱 最適인 分割區域 $P_i^{(n)}$의 探索을 繼續하는 것이며, $ij*^{(n)}$ 및 P_i의 決定過程은 最小化 process의 過程을 表示하는 것이다 $T^{(n)}\leqq T^{(n+1)}$의 段階에서는 以後의 最小化는 存在하지 않는 것을 意味한다. 즉 $T^{(n)}\leqq T^{(n+1)}$의 條件은 $ij*$ 또는 P_i가 이 以上 變化되지 않음을 理解할 수 있다.

以上의 알고리즘은 다음과 같이 쉽게 證明된다. 지금

$T_{P_i}{}^{(n)}$: n次 zone決定에 따르는 全費用.

Δt_{P_i}: zone 變動에 따르는 費用減少額

Δt_{ij*}: 候補地移動에 따르는 費用減少額

Δt: $\Delta t_{P_i}+\Delta t_{ij*}$라고 하면

$$T_{P_i}{}^{(1)}=\max[\Sigma_i\Delta t_{P_i(n=1)}+T^{(1)}]$$

$$T^{(2)}=\max[\Sigma_j\Delta t_{ij*(n=2)}+\max(\Sigma_i\Delta t_{P_i(n=1)}+T^{(1)})]$$

$$\vdots$$

$$T_{P_i}^{(n-1)}=\max[\Sigma_i\Delta t_{P_i(n-1)}+T^{(n-1)}]$$

$$T^{(n)}=\max[\Sigma\Delta t_{ij*(n)}+\max(\Sigma_i\Delta t_{P_i(n-1)}+T^{(n-1)})]=\max[\Sigma\Delta t_{(n-1)\to(n)}+T^{(n-1)}]$$

따라서 最適化條件 $T^{(n-1)}-T^{(n)}\leqq 0$ 일때는 당연히 $\Sigma\Delta t_{(n-1)\to(n)}\leqq 0$ 즉 $\Delta t_{P_i}\leqq 0$, $\Delta t_{ij*}\leqq 0$이며, 最適化過程의 移動은 일어나지 아니한다.

4. 數値解析의 例

(1) 中間在庫點數가 주어지는 경우

上記의 알고리즘에 따라서 數値解析을 하기 위하여 例로서 Fig. 3와 같은 12個의 需要地($j=12$)를 갖이는 network에서 4個 地點의 中間在庫點의 最適位置選定問題를 考察한다. (Fi.3) 그림에서 j는 需要地點, D_j는 需要量을 表示한다. f는 工場位置, j間의 link는 輸送可能經路를 意味한다. Table 1은 C원/톤, F원/톤, Z, O원/톤의 data file이며 Table 2는 C원/톤, R, a(non-dimension)의 data이다. (Table 1, Table 2)

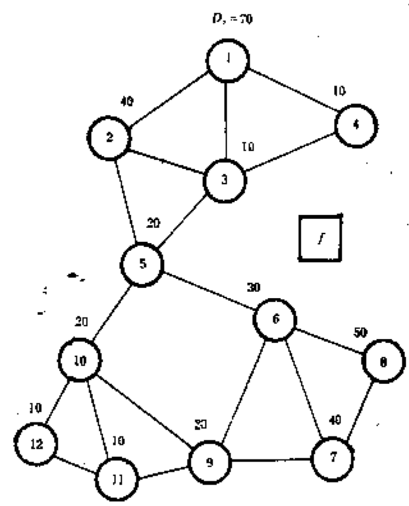

Fig. 3 Net-Work

以上의 data로서 center候補地의 初期値를 $j=1,2,3,4$로 設定하여 step 1~step 5의 計算을 UNIVAC 9400로 實施한 結果를 Table 3 및 Fig. 4에 表示하였다. (Table 3, Fig. 4)

Table 3에서 本알고리즘은 stage 3에서 最適解에 到達하며, 이때의 最適位置로서 $J=2, 4, 5, 8$이며, 配送區域으로서 各各 (2, 3) (4), (1, 5), (6~12) 임을 알 수 있다. 이때의 總費用은 7,390,000원이다. stage 4로 移動할 때는 $T^{(3)}<T^{(4)}$이며 費用增加를 볼 수 있다.

Table 1. Data of each value C won/ton, F won/man, O won/man, Z_{ij*} 1 or 0)

Z_{ij*}	ij^* \ D_j		1∼9ton/man	10∼49	50∼99	100∼199	200∼399	400≤
1	1	C	5,000	4,500	4,000	3,500	3,000	2,500
		F	200,000	170,000	140,000	110,000	70,000	40,000
		O	40,000	35,000	30,000	25,000	20,000	10,000
1	2	C	5,500	5,000	4,500	4,000	3,500	3,000
		F	120,000	100,000	86,000	66,000	40,000	20,000
		O	25,000	20,000	15,000	12,000	8,000	4,000
1	3	C	5,500	5,000	4,500	4,000	3,500	3,000
		F	100,000	90,000	80,000	60,000	40,000	20,000
		O	20,000	18,000	16,000	12,000	8,000	4,000
1	4	C	4,000	3,700	3,500	3,000	2,000	2,000
		F	80,000	70,000	60,000	50,000	40,000	20,000
		O	16,000	14,000	12,000	10,000	8,000	4,000
1	5	C	7,000	6,500	8,000	5,500	4,500	3,500
		F	100,000	96,000	80,000	60,000	40,000	20,000
		O	20,000	18,000	16,000	12,000	8,000	4,000
1	6	C	3,000	2,800	2,500	2,200	2,800	1,500
		F	120,000	100,000	80,000	60,000	40,000	20,000
		O	25,000	20,000	16,000	12,000	8,000	4,000
1	7	C	4,000	3,700	3,500	3,000	2,500	2,000
		F	150,000	130,000	110,000	80,000	60,000	30,000
		O	30,000	26,000	22,000	16,000	12,000	6,000
1	8	C	2,000	1,800	1,600	1,300	1,000	800
		F	100,000	90,000	80,000	60,000	40,000	20,000
		O	20,000	18,000	16,000	12,000	8,000	4,000
1	9	C	5,000	4,500	4,000	3,500	3,000	2,500
		F	100,000	90,000	80,000	60.000	40,000	20,000
		O	20,000	18,000	16,000	12,000	8,000	4,000
1	10	C	8,000	7,500	7,000	6,000	5,000	4,000
		F	100,000	90,000	80,000	60,000	40,000	20,000
		O	20,000	18,000	16,00	12,000	8,000	4,000
1	11	C	9,000	8,500	8,000	7,000	6,000	5,000
		F	100,000	90,000	80,000	60,000	40,000	20,000
		O	20,000	18,000	16,000	12,000	8,000	4,000
1	12	C	9,000	8,500	8,000	7,000	6,000	5,000
		F	80,000	70,000	60,000	50,000	40,000	20,000
		O	16,000	14,000	12,000	10,000	8,000	4,000

(2) 最適中間在庫點數와 位置選定을 求하는 경우

network가 定해져 있을때 中間在庫點을 政策에 따라서 旣知數로 하여 그의 位置選定만 要求되는 前項問題에 對하여, 評價 項目을 費用最小로 하여 最適中間在庫點數와 그의 位置選定을 決定하는 問題가 있다. Fig. 3의 network와 Table 1, Table 2의 data로서 center 候補地의 初期値設定을 Table 4와 같이 定하였을 때의 各在庫點數와 그의 最適位置및 總費用을 Fig. 5에 圖示하였다. (Table 4, Fig. 5)

Fig. 6은 center 運營費, 建設費, 工場에서 center까지의 輸送費, center에서 各群의 需要地까지의 輸送費의 內譯을 圖示한 것이다. (Fig. 6)

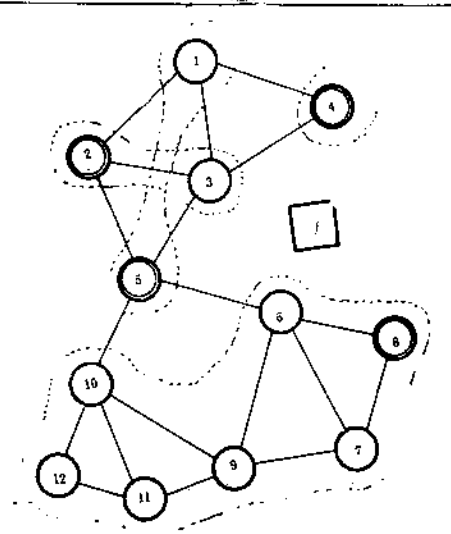

Fig. 4 Optimal location of the distribution centers and its zones

Table 2 Data of each value C won/ton, R, a (non-dimension)

J	1 A	1 B	1 C	2 A	2 B	2 C	3 A	3 B	3 C	4 A	4 B	4 C	5 A	5 B	5 C	6 A	6 B	6 C
1				2.0	1.5	1.0	2.5	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0	5.5	4.5	3.5	10.0	8.0	6.0
2	R 0.5	a 0					2.0	1.5	1.0	5.0	4.0	3.0	5.0	4.0	3.0	10.0	8.0	6.0
3	0.4	0		R 0.1	a 0.6		R	a		4.0	3.0	2.0	3.0	2.5	2.0	8.0	6.0	4.0
4	0.1	0		0.4	0		R 0.1	a 0.4					7.0	5.5	4.0	12.0	10.0	8.0
5	0.4	0		0.1	0.6		0.3	0		R 0.3	a 0.4					5.0	4.0	3.0
6	0.5	0		0.3	0.6		0.4	0		0.4	0.4		R 0.2	a 0		R	a	
7	0.6	0		0.4	0.6		0.4	0		0.4	0.4		0.3	0		0.2	0	
8	0.5	0		0.3	0.6		0.4	0		0.4	0.4		0.2	0		0.1	0	
9	0.6	0		0.6	0.6		0.5	0		0.5	0.4		0.4	0		0.3	0	
10	0.4	0		0.2	0.6		0.2	0		0.3	0.4		0.1	0		0.3	0	
11	0.4	0		0.2	0.6		0.2	0		0.3	0.4		0.1	0		0.3	0	
12	0.4	0		0.2	0.6		0.2	0		0.3	0.4		0.1	0		0.3	0	

Table 3 Proceeding of the Optimal Location

stage	ij^*	$j \epsilon P_i$	total cost
1 (Initial set)	1	1	
	2	2	
	3	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	
	4	4	₩8,724,000.00
2	1	1	
	2	2	
	4	4	
	8	3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	₩8,189,000.60
3	2	2, 3	
	4	4	
	5	1, 5	
	8	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	₩7,390,000.00
4	2	1, 2, 3	
	4	4	
	8	6, 7, 8, 9, 11	
	12	5, 10, 12	₩7,439,000.00

5. 解析結果

本計算의 結果, center數를 4個로 定하였을 때 stage 3까지의 計算過程에서, stage 2에서 最適解에 到達하였다. 이 結果를 보면 center 位置 4는 需要地와 一致하며, 이 地區 $ij*=4$ 는 工場에서 直送하는 것이 有利하며, cente 位置 8의 需要地 zone이 $j=6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$ 이며 管轄需要地가 많아 全體 network를 볼때 不均衡한 感이 없지 않으나 이것은 data의 값에 起因하며, network上 輸送不可能한 經路, 輸送費過多經路, 또는 地域에 따르는 建設費,

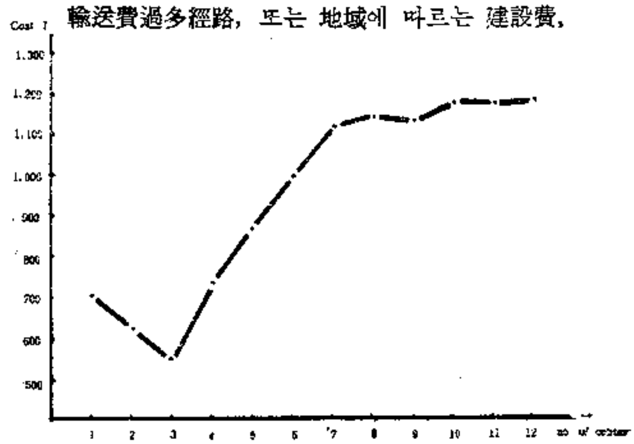

Fig. 5 Total cost of each number of distribution center.

A : 20ton/man, B : 21~50ton/man, C : 51~ton/man

7			8			9			10			11			12		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
12.0	10.0	8.0	11.0	9.0	7.0	14.0	11.0	8.0	10.0	8.0	6.0	15.0	12.0	8.0	15.0	12.0	8.0
13.0	11.0	8.0	12.0	10.0	6.0	14.0	11.0	8.0	9.0	7.0	6.0	14.0	11.0	8.0	14.0	11.0	8.0
11.0	9.0	7.0	10.0	8.0	6.0	13.0	11.0	8.0	7.0	5.0	4.0	12.0	10.0	8.0	12.0	10.0	8.0
15.0	12.0	8.0	14.0	11.0	8.0	17.0	15.0	12.0	11.0	9.0	7.0	16.0	14.0	12.0	16.0	14.0	12.0
8.0	6.0	4.0	7.0	5.5	4.0	10.0	8.0	6.0	4.0	3.0	2.0	9.0	7.0	5.0	9.0	7.0	5.0
3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.0	4.0	3.0	2.0	9.0	7.5	5.0	10.0	8.0	6.0	10.0	8.0	6.0
			3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.0	10.0	8.0	6.0	5.0	4.0	3.0	7.0	5.0	3.0
R 0	a 0					5.0	4.0	3.0	11.0	9.0	7.0	8.0	6.0	4.0	10.0	8.0	6.0
0.1	0		R 0	a 0					8.0	6.0	4.0	3.0	2.5	2.0	5.0	4.0	3.0
0.2	0		0.1	0		R 0.1	a 0.4					5.0	4.0	3.0	5.0	4.0	3.0
0	0		0.1	0		0.1	0.4		R 0.1	a 0					2.0	1.5	1.0
0	0		0	0		0	0.4		0.1	0		R 0.1	a 0.3				

Table 4 Initial set of j and numbers of distribution centers

Numbers of centers	1	2	3	4	5	6
Initial set	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5, 6
Numbers of centers	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Initial set	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

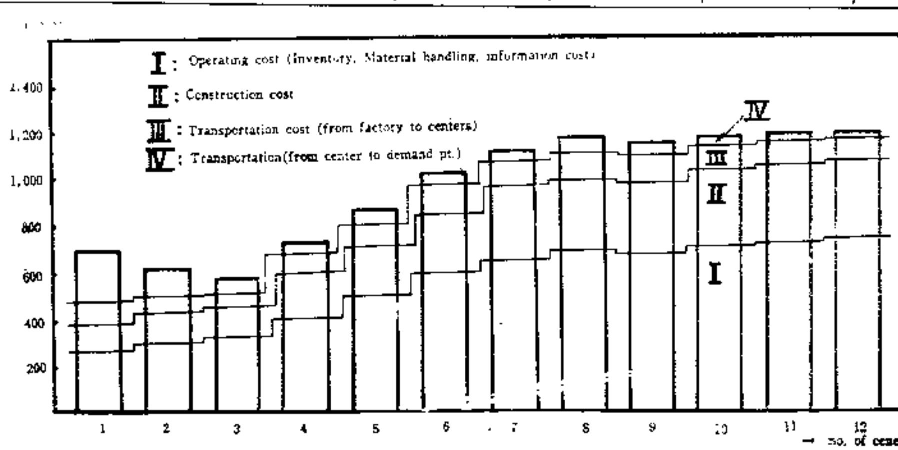

Fig. 6 Cost Portion

運營費의 差異와 輸送經路의 特性에서 오는 結果이다. 本例에서는 center 候補地의 初期設定으로서 $j=1,2,3,4$를 設定하였으나, network上 合理的이라고 思料되는 適切地點을 初期値로 定할 때는 計算過程이 더욱 短縮될을 짐작 할 수 있다.

最適 center數 決定의 計算에서 center數 3個 즉 center 位置 및 管轄需要地點이 2(1,2,3), 4(4), 8(5,6,7,8,9,10,11,12)로 決定되었다.

兼하여 各 center數에 對한 各費用 즉 工場으로부터 center까지의 輸送費, center로부터 各區域內需要地點까지의 輸送費, 各 center의 在庫運營費, 建設費의 比率이 明示되었다. center數의 增加에 따라서 工場으로부터의 輸送費, 運營費 및 建設費는 增加되고 反對로 center 부터의 輸送費가 減少됨은 Hypo Co.의 研究[8] 結果와 같은 傾向을 나타내고 있다

6. 結 論

物流 system의 管理는 ① 在庫 service의 最大化 ② 物流費用의 最小化 ③ 情報 feed back의 最大化를 目標로 하는 하나의 total system로서 把握하여야 한다. 本研究는 ②의 subsystem에서 問題가 되는 流通據點으로서의 最適中間在庫點位置決定의 알고리즘을 考察한 것이다.

從前에 發表된 一連의 研究는 다음의 不備한 結果가 指摘되고있다.

(1) LP 또는 LP 近似化에 의한 數式 model의 不適性에 의하여 誤差가 적은 特殊한 問題를 除外하고는 解가 最適解에서 멀어진다.

(2) 線型分數型(Linear fraction type) 또는 凸型 計劃法(convex programming)을 含合하는 一般的인 非線型問題에 對하여는 알고리즘의 複雜性에 因하여 定性的인 一般解法은 實際問題를 解決하는데는 대단히 非能率的이다.

(3) 流通機構의 複雜化, 輸送機關의 多樣化, center의 在庫管理를 含合하는 運營管理方式에의 適應性에 缺如되어 計算의 煩雜을 免치 못하고 있다.

이러한 觀點에서 本研究에서 試圖된 解法은 다음 事項이 滿足됨이 立證되고 있다.

(1) 非線型 費用函數를 node 量函數 및 link 函數로서 matrix表示를 함으로서 線型函數로서 定式化하여 計算過程을 機械化시켜 計算時間을 短縮시킬 수 있다.

(2) 輸送機關의 多樣化에 따르는 機關選定의 複雜性도 本解法에서는 알고리즘의 過程에서 吸收되어 計算의 煩雜을 回避시킬수 있다.

(3) 앞으로의 流通機構의 複雜性에 따라서 將來에 計上이 豫見되는 各種費用函數要素를 쉽게 本알고리즘에 導入시킬수 있어 適用範圍가 擴大된다.

本解法은 評價項目으로서 費用條件만 取한 sub-system의 model이며, 여기서는 企業政策으로 決定되는 確率水準의 service概念은 除外되고 있다. 또 本解法이 數理計劃法(Mathematical Programming)中의 混合整數計劃法(Mixed Integer Programming)에 所屬되어 있어 大部分의 MIP에서 볼 수 있는 바와 같이 數學的인 最適解라는 嚴格한 保證은 保留되고 있으나 알고리즘의 單峰性은 立證되고 있다.

本論文은 筆者의 物流시스템에 關한 一連의 研究中 一部[9]를 數値計算을 하여 補完시킨 것이며, 本研究를 뒷받침 하여 준 本大學 産業科學研究所 및 電子計算室 金周均氏에게 感謝의 뜻을 表한다.

參 考 文 獻

〔1〕 Gomory, R.E. "An Algorithm for Integer Solution to Linear Programming" *T. Rep. No. 1 Princeton Univ.*

〔2〕 Balinski & Mill "A Warehouse Problem" *Mathematica* (1960)

〔3〕 Baumol & Wolfe "A Warehouse Location Problem" *Opes. Res*, Vol. 6 (1958)

〔4〕 Kuehn & Hamburger "A Heuristic Program for Location Warehouse" *Management Science* Vol. Ⅸ, No. 4 (1963)

〔5〕 Lawer & Wood "Branch and Bound Method" *Opes. Res.* Vol. 14, (1966)

〔6〕 Mitten, L.G. "Branch and Bound Method" *Opes. Res.* Vol. 18 (1970)

〔7〕 Shycon & Maffei "Simulation-tool for better distribution" *Harvard business Review* (1960)

〔8〕 A.M.A "Marketing Precision and Executive Action" *American Marketing Association* Summer (1962)

〔9〕 金滿植 "物流システムに關ね研究第1報" 日本工業經營學會 1971年秋季研究豫稿集(1971)

Appendix

```
SOURCE   STATEMENT
C        PROGRAM FOR OPTIMIZATIVE LOCATION OF DISTRIBUTION CENTER
          DIMENSION  D(12),CF(12,6),F(12,6),O(12,6),C(12,12,3),R(12,12),A(12,12),NG(12),T
          A(12,12),NMG(12),MG(12,12),TT(12),DX(12),TM(12),Z(12)
C        INPUT
          IR=1
          IW=3
          READ(IR,99) NN
          READ(IR,9)  (D(I),I=1,NN),(Z(I),I=1,NN)
          READ(IR,9)  ((CF(I,KK),KK=1,6),I=1,NN)
          READ(IR,9)  ((F(I,KK),KK=1,6),I=1,NN)
          READ(IR,9)  ((O(I,KK),KK=1,6),I =1,NN)
          READ(IR,19)  (((C(I,J,K),K=1,3),J=1,NN),I=1,NN)
          READ(IR,8)  ((R(I,J),J=1,I),I=1,NN)
          READ(IR,8)  ((A(I,J),J=1,I),I=1,NN)
     99   FORMAT(I3)
     19   FORMAT (13F6.1)
      9   FORMAT (12F6.1)
      8   FORMAT (20F4.1)
          DO 102 I=1,NN
          DO 102 J=1,NN
          DO 102 K=1,3
          C(J,I,K)=C(I,J,K)
    102   CONTINUE
          DO 103 I=1,NN
          DO 103 J=1,I
          R(J,I)=R(I,J)
          A(J,I)=A(I,J)
    103   CONTINUE
          DO 1 ND=1,NN
          ICT=1
          TZ=10000000.
          DO 10 IX=1,ND
     10   NG(IX) =IX
     68   DO 20 IX=1,ND
          I=NG(IX)
          DO 20 J=1,NN
          IF(D(J)-50.) 21,22,22
     22   K=3
          GO TO 25
     21   IF(D(J)-20.)23,23,24
     23   K=1
          GO TO 25
     24   K=2
     25   CONTINUE
          X1=C(I,J,K)
          X2=D(J)
          X=1.+R(I,J)+A(I,J)
          TA(I,J)=X1*X2*X
     20   CONTINUE
          DO 32 IX=1,NN
     32   NMG(IX)=0
          DO 30 J=1,NN
          TMIN=10000000.
```

```
      DO 31 IX=1,ND
      I=NG(IX)
      IF(TMIN-TA(I,J)) 31,33,33
33    TMIN=TA(I,J)
      MGX=I
      JJJ=IX
31    CONTINUE
      K=NMG(JJJ)+1
      MG(JJJ,K)=J
      NMG(JJJ)=K
30    CONTINUE
      DO 40 IX=1,ND
      TT(IX)=0.
      DX(IX)=0.
      DO 41 J=1,NN
      K=NMG(IX)
      DO 38 JJ=1,K
      IF(J-MG(IX,JJ)) 38,82,38
38    CONTINUE
      GO TO 41
82    TT(IX)=TT(IX)+TA(I,J)
      DX(IX)=DX(IX)+D(J)
41    CONTINUE
      I=NG(IX)
      IF(DX(IX)-400.) 42,43,43
43    KK=6
      GO TO 37
42    IF(DX(IX)-200.) 44,45,45
45    KK=5
      GO TO 37
44    IF(DX(IX)-100.)46,47,47
47    KK=4
      GO TO 37
46    IF(DX(IX)-50.) 48,49,49
49    KK=3
      GO TO 37
48    IF(DX(IX)-10.) 35,36,36
36    KK=2
      GO TO 37
35    KK=1
37    CONTINUE
      TT(IX)=TT(IX)+(CF(I,KK)+F(I,KK)*Z(I)+O(I,KK))*DX(IX)
      TMIN=TT(IX)
      NO=NG(IX)
      NMGZ=NMG(IX)
      DO 50 K=1,NMGZ
      I=MG(IX,K)
      TC=(CF(I,KK)+F(I,KK)*Z(I)+O(I,KK))*DX(IX)
      DO 51 L=1, NMGZ
      J=MG(IX,L)
      IF(D(J)-50.) 71,72,72
72    KL=3
      GO TO 75
71    IF(D(J)-20.) 73,73,74
73    KL=1
      GO TO 75
74    KL=2
```

```
 75    CONTINUE
       TC=(1.0+R(I,J)+A(I,J))*C(I,J,KL)*D(J)+TC
 51    CONTINUE
       IF(TC-TMIN) 53,53,50
 53    TMIN=TC
       NO=I
 50    CONTINUE
       TT(IX)=TMIN
       NG(IX)=NO
 40    CONTINUE
       TX=0.
       DO 60 IX=1,ND
 60    TX=TX+TT(IX)
       IF(ICT-1) 250,251,250
251    WRITE(IW,200)
200    FORMAT (1H1)
250    WRITE(IW,201) ND,ICT
201    FORMAT(1H0,11HSTEP RESULT,5X,1H(,I2,1H-,I2,6HSTAGE)
       WRITE(IW,202) NN
202    FORNAT (1H,5X.18HSHOO OF DEMAND PT=,I3)
       WRITE(IW,203) ND
203    FORMAT (1H,5X,15HSHOO OF CENTER=,I3)
       DO 300 IX=1,ND
       K=NMG(IX)
       WRITE(IW,204)IX,NG(IX),K
204    FORMAT (1H,10X,3HCHE,I2,7HCENTER(,I2,29HZONE) SHOO OF DEMENDSH ARE,I2)
       WRITE(IW,205)(MG(IX,KK),KK=1,K)
205    FORMAT(1H,14X,15HZONE DEMAND PT,5X,12 I5)
300    CONTINUE
       WRITE(I W,206) (I,I=1,NN)
206    FORMAT (1H0,5X,15HTABLE OF T DASH//10X,12I9)
       DO 252 I=1,NN
       WRITE(IW,207) (TA(I,J),J=1,NN)
207    FORMAT(1H,17X,12F9.0)
252    CONTINUE
       DO 500 IX=1,ND
       WRITE(IW,208) TT(IX)
208    FORMAT (1H,5X,10HTOTAL COST,5X,F15.0)
500    CONTINUE
       IF(TZ-TX) 61,61,62
 62    TZ=TX
       ICT=ICT+1
       DO 501 I=1,NN
       DO 501 J=1,NN
501    TA(I,J)=0
       GO TO 68
 61    TW(ND)=TX
       WRITE(IW,200)
       WRITE(IW,209)
209    FORMAT(1H0,19HOPTIMIZATION RESULT)
       WRITE(IW,202) NN
       WRITE(IW,203) ND
       DO 301 IX=1,ND
       K=NMG(IX)
       WRITE(IW,204)IX,NG(IX),K
       WRITE(IW,205)(MG(IX,KK),KK=1,K)
301    CONTINUE
```

```
      WRITE(IW, 210) TX
210   FORMAT(1H, 5X. 10HTOTAL COST, 5X, F15. 0, 8HCHUN-WON)
  1   CONTINUE
      TMIN=100000000.
      DO 63 ND=1, NN
      IF(TW(ND)-TMIN) 64, 64, 63
 64   TMIN=TW(ND)
      NX=ND
 63   CONTINUE
      WRITE (IW, 200)
      WRITE(IW, 211)
211   FORMAT(1H0, 13HFINIAL RESULT)
      WRITE(IW, 202) NN
      WRITE(IW, 203) NX
      WRITE(IW, 210) TMIN
      STOP
      END
```