

通勤時間最小化のための最適配員方法

門坂治雄・大庭敏彦

はじめに

銀行業務へのMS(経営科学)の適用は、各種予測、企業評価、マーケティング、投資決定等、多岐にわたっているが、人事管理に関するものはその性格上、人事政策シミュレーション、退職者予測モデル等を除いては、あまり見受けられないようである。ところで、銀行をはじめ一定地域内に多数の店舗を有する業種においては、多数の社員をいかに合理的に配属するかが頭痛の種となっている。そこで、本稿では、こうした多店舗への最適配員問題を、MS手法の適用によって、より少ない資源投入(人手+時間)で、よりよく解く方法を模索してみた。

1. 問題の定義

多店舗への最適配員問題は、限られた資源(ここでは行員)を、後述する一定の目的と制約条件を満たすよう配分する問題であるから、なんらかの線形計画法(LP)問題であることは疑いない。ただし、1人の行員を0.5人分宛2カ店に分けて配置するなどということは許されないで、係数が整数のみという特殊な型のLP問題である。

この種の問題に適したMS手法としては、整数計画法(またはその近似解法である有効利益勾配法等)および輸送型LP手法が考えられる。こ

かどさか・はるお、おおば・としひこ 三菱銀行
総合企画部ORグループ

では、主としてコンピュータ演算時間の短縮という実用上の観点から、後者に沿って問題を定義してみよう。

1.1 目的関数

まず、目的関数は、通勤費用の最小化、またはその代理変数としての通勤時間の最小化が考えられる。ただし、通勤費用の最小化は、運賃改訂の結果に左右される等の欠点がある。そこで、本稿では、「行員1人1人の自宅から支店までの通勤時間の合計の最小化」を図ることにした。もちろん、長期的にみれば、これが必ずや通勤費用の最小化につながるはずである。

1.2 制約条件

つぎに、考えられる制約条件のうち、比較的MS手法になじみやすいものを列挙すると、つぎのようになろう。

①各人の通勤時間を一定範囲(たとえば20分以上90分未満)に収める。

ここで、通勤時間に下限を設ける理由は、支店に近すぎることの弊害を避けるためである。

②都心方向に通勤させる。

これは、女性を中心に、文化的生活面で疎外されたくないという願望がある点に配慮した結果である。

③多少なりとも鉄道を利用させる。

④通勤路線の分散を図る。

これは、交通ストなどに対処するためである。

⑤支店別の能力水準平均化を図る。

⑥特別の事情がある人は、それを優先する。

ただし、実用面からいうと、こうした制約条件をすべて満たすよう輸送型LPを解くことは、演算時間の点で不可能に近い。しかも、上記制約条件の中には、④の路線分散、⑤の能力平均化のように、なりゆきに任せても、そう極端に片寄った解は出ないと考えられるものがある。

そこで、本稿では、上記6制約のうち、⑥の特別の事情がある人をまず手作業で配員し、残りの人についてのみ、①～③を制約条件にして解くのが実用上最善と考えた。すなわち、「各人の通勤時間を一定範囲に収め、かつ鉄道で都心方向に通勤させるという制約条件のもとで、総通勤時間が最小になるよう配員する」というように、問題を簡略化して定義することとした。

1.3 定式化の説明

①通勤時間制約および鉄道利用・都心方向制約を設けない場合

まず、通勤時間の上下限および鉄道利用・都心方向に通勤させる、という制約を設けない、最も単純な場合の定式化を行なうと、つぎのようになる。(nカ店にm人を配属させる)。

$$\text{目的関数 } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \text{MIN}$$

制約式

$$1 \text{ 人 } 1 \text{ カ店制約 } \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

$$\text{支店 } i \text{ の人数制約 } \sum_{j=1}^m x_{ij} = n_i \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$x_{ij} = 0, 1$$

(第j番目の行員がi支店に配属される。)
Yes=1, No=0

c_{ij} ; 第j番目の行員のi支店への通勤時間。

n_i ; i支店の必要人数。

②通勤時間制約および鉄道利用・都心方向制約を設ける場合

制約条件を解法に組み込む方法としては、つぎの2つの方法が考えられる。

①制約式を増やす。

②目的関数の係数を変える。

①の方法によれば、制約を明示的に式に組み込むことができるが、制約式が増えるために、解を得るための演算時間が大幅に増加する。

一方、②の方法によると、制約式をまったく増やさずに、①とほぼ同等の効果が得られるが、目的関数、シャドウ・プライスは正しく算出できなくなる欠点を伴う。ここでは、②の方法により制約を組み込むこととしよう。

具体的には、

- 通勤時間が20分未満、90分以上のルート of 時間を無限大 (実際には999分というようなきわめて大きな時間) に置き換える。

- 鉄道を利用しないルート、都心に逆行するルート of 時間も無限大に置き換える。

という操作を加えることにより、これら「好ましからざるルート」を選ばないようにするのである。

2. 本方式の手順

前章で、定式化を示したが、これを実際の問題に適用する場合の手順について述べる(図1)。

手順1: 駅対駅タイム・テーブルの作成

総通勤時間を最小にする問題を解くためには、ある人が各支店に通勤するのに要する時間がわからなくてはならない。このための第1段階として、まず「ある駅からある駅までゆくの」に要する最短時間を求める必要がある。これはいわゆる「最短経路を求める問題」であり「行列演算法」[1]により、駅対駅タイム・テーブル (関東地区で74路線、1500駅×1500駅)を作成することができる。

手順2: 駅対支店タイム・テーブルの作成

駅対駅タイム・テーブルから支店最寄駅を抽出し、これに支店最寄駅から支店までの所要時間を加えることによって、駅対支店タイム・テーブル (1500駅×400駅)を作成する。

手順3: 都心方向制約組み込み後、駅対支店タイム・テーブルの作成

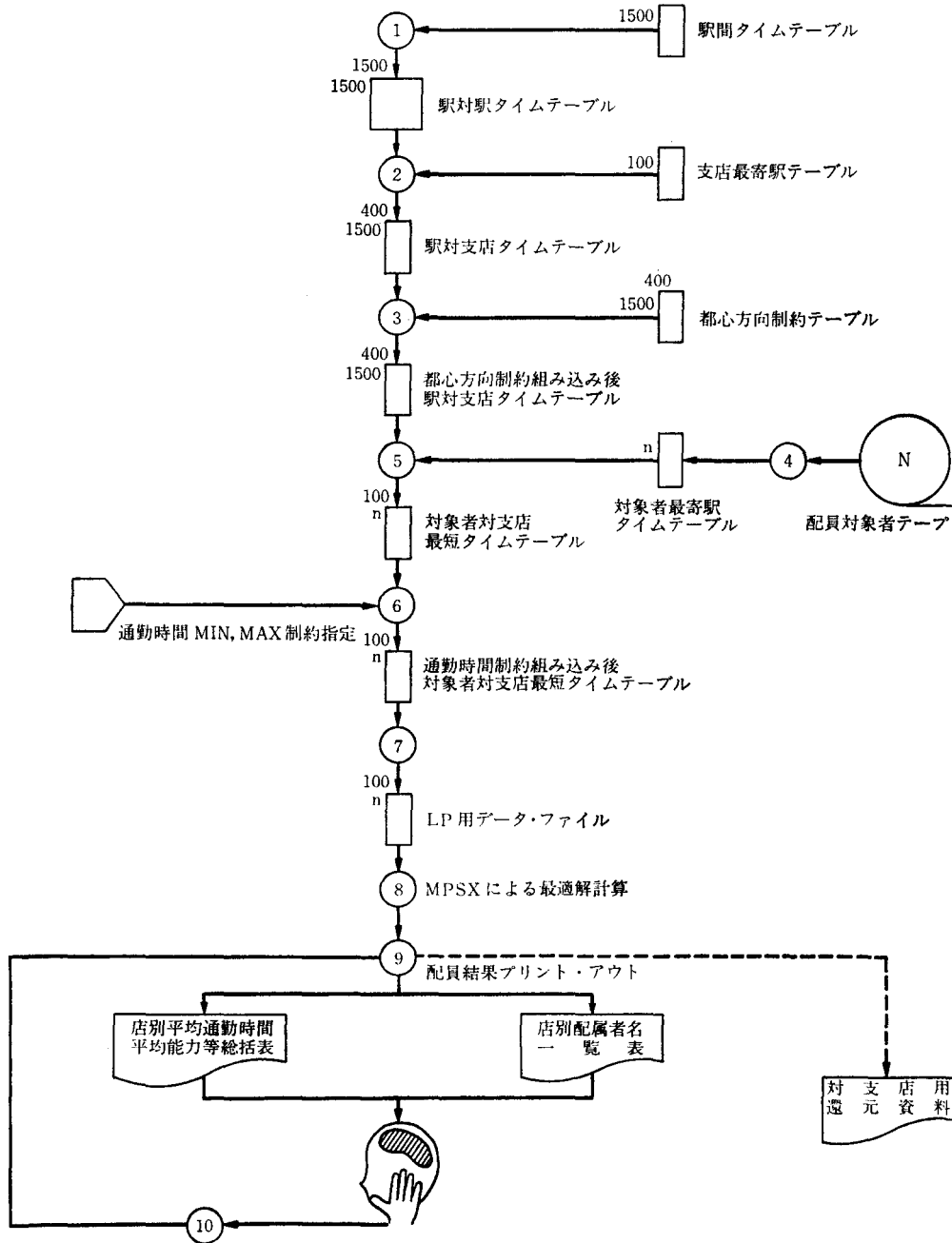


図 1 行員配属先決定システム

駅対支店タイム・テーブルに都心方向制約を組み入れるための時間変更をほどこす。つまり、逆方向となるルートの時間を無限大に置き換える(表1)。

手順4：本方式による配属先決定対象者の抽出

全配員対象者の中から、特別の事情がない人を抽出する。

手順5：対象者対支店最短タイム・テーブルの作成

各対象者について、最寄駅から各支店までの最

表1 駅対支店タイム・テーブル例
(都心方向制約付) (単位:分)

路線	支店名		阿佐ヶ谷	高円寺	中野駅前	中野	東中野
	駅名	支店名					
中央線	新宿	宿野	999	999	999	999	999
	中野	野	999	999	1	999	9
	高円寺	寺	999	3	4	999	11
	阿佐ヶ谷	谷	1	5	6	999	13
	荻窪	窪	3	7	8	17	15
	西荻窪	窪	6	10	11	20	18
	吉祥寺	寺	8	12	13	22	20
三鷹	鷹	11	15	16	22	23	
総武線	新宿	宿野	999	999	999	999	999
	大久保	保	999	999	999	999	999
	東中野	野	999	999	999	999	1
	中野	野	999	999	1	999	4
	高円寺	寺	999	3	3	999	6
	阿佐ヶ谷	谷	1	5	5	999	8
	荻窪	窪	3	7	7	17	10
	西荻窪	窪	6	10	10	20	13
吉祥寺	寺	8	12	12	22	15	
三鷹	鷹	11	15	15	25	18	

短ルートを選び出し、これに自宅から最寄駅までの時間を加え、対象者対支店最短タイム・テーブルを作成する。

手順6: 通勤時間制約・鉄道利用制約組み込み後、対象者対支店最短タイム・テーブル

許容範囲外および鉄道を利用しないルートの通勤時間を無限大の値に置き換える(表2)。

手順7: LP用データ・ファイル作成

通勤時間制約組み込み後タイム・テーブルのデータをMPSX (IBMのLPプログラム) 入力型

表2 対象者対支店最短タイム・テーブル例
(通勤時間制約・鉄道利用制約付)
(単位:分)

支店 対象者	支店名										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	61	52	59	55	64	999	999	76	999	67	999
2	57	48	55	51	60	999	999	72	999	63	999
3	999	60	67	63	72	70	999	76	67	75	999
4	70	40	52	48	57	59	89	65	53	60	999
5	38	66	999	69	999	999	999	999	999	999	75
6	999	45	55	51	60	75	999	72	74	63	999
7	62	63	70	66	75	999	999	87	999	78	999
8	64	65	72	68	77	999	999	89	999	80	999
9	999	20	999	999	22	999	54	34	999	25	69
10	999	45	55	51	60	75	999	72	74	63	999
11	999	62	72	68	77	88	999	89	87	80	999
12	999	56	66	62	71	74	999	80	73	74	999
13	67	26	38	34	43	66	75	55	64	46	999
14	62	999	29	25	34	58	66	46	61	37	999
15	68	999	25	21	30	54	62	42	67	33	999

式に編集する。

手順8: LPプログラムによる最適解の計算
MPSXにより、最適解を計算し、暫定配属先を決定する。

手順9: 暫定配員結果のプリント・アウト
配員結果にもとづき、つぎの2表をプリント・アウトする。

①店別平均通勤時間・平均能力等総括表(表3)。

②店別配属者名一覧表(表4)。

手順10: 暫定配員結果の修正

手順9の①②の資料を使って、支店の平均通勤

表3 店別平均通勤時間・平均能力等総括表例

店名	人数	通勤時間			能力(A)			能力(B)		
		AV	MAX	MIN	AV	MAX	MIN	AV	MAX	MIN
A	6	37.7	70	20	127.5	140	114	99.0	94	86
B	3	47.3	61	36	125.7	135	112	90.3	96	82
C	4	28.6	48	20	137.0	154	126	92.5	99	85
D	2	31.8	50	20	139.0	162	122	95.2	102	84
E	3	33.1	59	20	120.4	153	85	87.6	100	76
F	3	29.9	40	21	126.1	152	103	90.5	105	80
G	4	46.0	69	33	119.3	128	106	85.4	90	78

表4 店別配属者名一覧例

店名	名前	路線	駅名	通勤時間			能力	
				自宅⇄駅	駅⇄支店	計	(A)	(B)
A	ミツビシタロウ	セイブシンジユク	コダイラ	10	43	53	140	92
	イトウ ヒロシ	ヤマノテ	メグロ	10	11	21	121	91
	フルカワハルオ	ヤマノテ	ハラジユク	15	5	20	129	94
	ユアサ マリコ	ケイオウ	ダイタバシ	10	10	20	139	90
	イケダ タカコ	セイブシンジユク	タナン	5	37	42	122	86
	オクダ マチ	トウジョウ	シンガン	10	60	70	114	87
B	サカイ ヒデヒロ	セイブシンジユク	クメガワ	10	51	61	135	93
	ヒサバヤシノゾム	セイブシンジユク	シモイグサ	8	28	36	130	96
	オオバ サチコ	メカマ	ニシコヤマ	10	35	45	112	82

時間や能力の片寄りを検討し、問題があると認められた場合は、手作業により暫定配属結果に修正を施し、最終配属先を決定する。

本方式による配属の対象とならなかった者について、手作業で配属先を決定し、コンピュータにインプットすることにより、全対象者の配属結果をアウトプットすることもできる。

3. 本方式による配属結果

本方式の有効性を判断するために、当行でかつて行なわれたある配属（対象者数100と仮定しよう）を事例に、もし仮にその時、本方式を採用していた場合の配属結果を算出し、実績と比較してみよう。

本方式の採用に当たっては、制約条件の付加により解がどの程度悪化していくかをみるために、つぎの3種類の配属を行なった。

①無制約最小化

なんらの制約も設けずに、通勤時間を極力短くするケース。

②時間制約付最小化

通勤時間に下限20分、上限89分の制約を設けて、最小化を図るケース。

③時間制約・都心方向通勤制約付最小化

②に加えて、鉄道利用・都心方向通勤制約を

採用した。

①通勤時間に関して

1人当たりの平均通勤時間は、実績の42分から、①の無制約最小化で36分（通勤時間短縮率：14%、乗車時間短縮率：20%）、②の時間制約付最小化で37分（11%、16%）、③の時間制約・都心方向通勤制約付最小化で39分（7%、10%）と、かなりの短縮を図ることができた。通勤費用削減の代理指標である乗車時間短縮率でみると、③の場合でさえ10%の削減が可能であることになる。

②および③の解き方によると、当然のことながら、通勤時間のバラツキを小さくすることができる。すなわち、実績では20分未満の人が8人、90分以上の人が2人いるのに対し、②、③ではこの範囲の人は皆無になった。

②都心逆方向ならびに鉄道非利用者数に関して 実績では、都心逆方向者3人、鉄道非利用者2人、計5人の「好ましくない配属」がみられるが、本方式③によれば、都心逆方向者・鉄道非利用者は皆無となった。

③店別能力平均化に関して

店別能力平均値の分布を比較すると、実績と新方式①、②、③には大きな差が認められない。したがって、本方式によって、店別能力平均化を、おのずと達成できることがわかった。

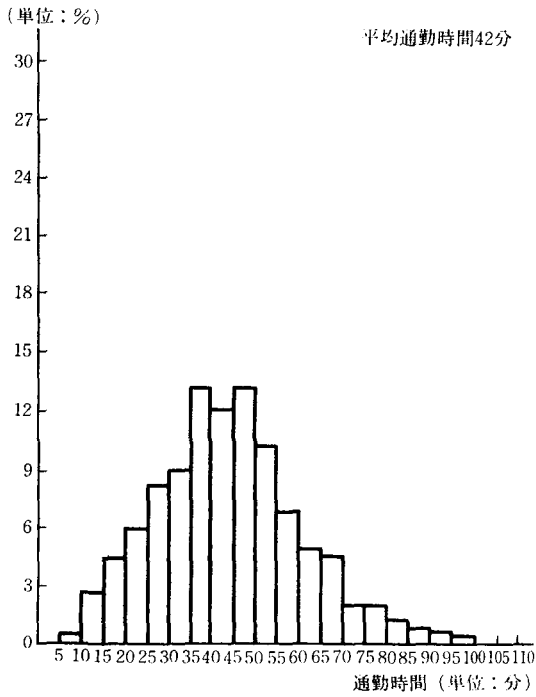


図2 配員対象者の通勤時間分布 (実績)

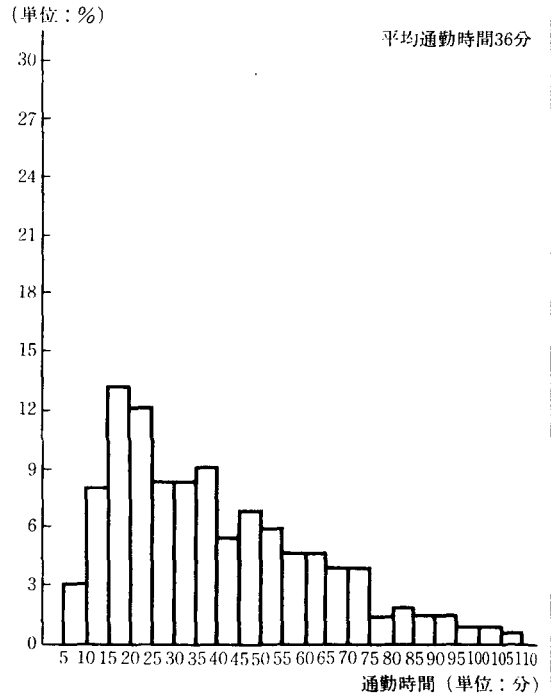


図3 配員対象者の通勤時間分布 (本方式㊶)

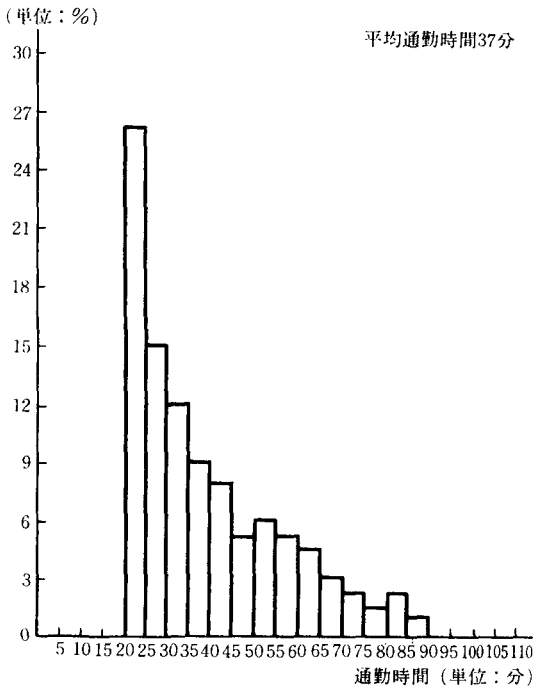


図4 配員対象者の通勤時間分布 (本方式㊷)

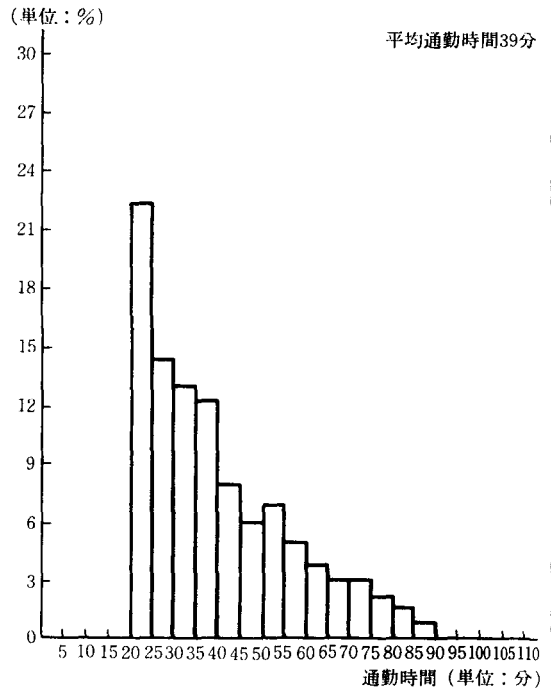


図5 配員対象者の通勤時間分布 (本方式㊸)

4. 本方式の実用化方法

2章で、本方式による配属先決定のための10にわたる手順を紹介した。実際に本方式によって配属先を決めようとする場合には、ここ当分は、手順4から行なえばよい。

すなわち、本方式による配員対象者を選び、それらの最寄駅の路線名と駅名をコード化しさえすれば、短期間で配員を決定することができよう。

駅対駅タイム・テーブルは、新路線がいくつか開通した段階で、2～3年に1度作り直せばよいであろう。

また、新店舗ができた時には、駅対支店タイム・テーブルを作り直す必要があることはいうまでもない。

おわりに

以上から、本方式は、通勤時間の短縮が図れる一方、その他の考慮点をもかなり良く満足させるすぐれた配員方式であることが明らかとなった。

また、おのおののタイム・テーブルは1度作成すればわずかのメンテナンスで再利用できるので、作業時間もかなり短くてすむ。

さらに、本方式の副産物として、各種統計表、支店への還元資料、各人宛の配属先決定通知状等のコンピュータ処理が可能となり、この面での省力効果も大いに期待できると考えられる。

したがって、輸送型LP手法を用いた本方式は、「より少ない資源投入で、多店舗への最適配員問題をよりよく解くことができる」という当初の目的にかなった方法であるということができよう。

もちろん、実際の人事は、もっと多面的な事項に慎重な配慮を加えて行なわれているものと考えられる。

言いかえれば、本方式は、配員に際して考慮されている諸要因のうち、ごく一部分をMS的に解いたものであり、その点で限界があることを忘れてはならないのである。

参 考 文 献

- [1] 守谷栄一 詳解演習オペレーションズ・リサーチ
日本理工出版会 1976
- [2] プレン, マクミラン共著 黒田充他訳
整数計画法入門 培風館 1976