

## 出稿スペースを考慮した新聞広告最適化問題

帝塚山大学経営情報学部

関西学院大学総合政策学部

(株) 電通

関西大学総合情報学部

伊佐田 百合子(Yuriko Isada)

Faculty of Business Administration  
Tezukayama University

井垣 伸子(Nobuko Igaki)

School of Policy Studies  
Kwansei Gakin University

山川 茂孝(Shigetaka Yamakawa)

Dentsu Inc.

仲川 勇二(Yuji Nakagawa)

Faculty of Informatics  
Kansai University

## 1. はじめに

1980年代は、Metheringham [1]により提案された露出分布の推定方法を用いたメディアプランニングが盛んに行われていたが、1990年代後半には、オプティマイザが広く用いられるようになった[2]。オプティマイザとは、あらかじめ定められた予算内で、できるだけ効果的に広告を露出することができる広告媒体の組合せを求めるシステムである。現在に至るまで、メディアプランニングの現場では、様々な改良が加えられたオプティマイザが活用されているが、それに採用されているアルゴリズムは、遺伝的アルゴリズム (GA) やグリーディーアルゴリズムを用いた近似解法が一般的であり、厳密解法は用いられていない。伊佐田ら[3]は、新聞広告に関する最適化問題を予算制約下で販売部数を最大化する問題として定式化し、仲川[4]の開発したモジュラー法を用いて厳密に解く方法を提案した。また、得られた解の挙動を分析することにより、広告媒体の単価変更の影響が各媒体の占有率に与える影響の把握が可能であることから、新聞社との価格設定・交渉において有益な情報を与えうることを示した。一方、現実の広告計画の策定では、広告の効果を新聞の販売部数のみではなく、広告のサイズ、色、掲載面などの様々な要素から検討する必要がある。

本研究では、新聞広告最適化問題を、新聞閲読数と面別接触数を広告効果の評価指標とした多目的最適化問題として非線形のナップザック問題ととらえ、仲川[4]の開発したモジュラー法に基づく標的アプローチ[5]を適用して厳密なパレート最適解を求めることを試みる。

## 2. 新聞広告最適化問題

## (1) 新聞広告の評価指標

新聞広告の効果を示すデータには、「媒体の到達」「媒体への接触」「広告への接触」「広告内容の記憶や理解」「広告を見た後の消費行動」などの様々な段階のものがある[6]。「媒体の到達」を示すデータとしては販売部数が用いられ、媒体が実際に読まれたかどうかは閲読率や閲読時間で示される。「媒体への接触」や「広告への接触」は各新聞社が独自に調査を行っている面別接触率や広告接触率が用いられているが、「広告を見た後の消費行動」に関する定量的なデータを各新聞社において直接把握することが困難であることから、この種のデー

タは多くは存在しない。伊佐田ら[3]は、新聞広告に関する最適化問題を販売部数の最大化の観点から議論した。販売部数は、媒体の到達を示す指標であり、媒体が読まれたかどうか、更には、広告が見られたかどうかを保証しない。そこで、本論文では、新聞広告の到達レベルとしてより深い段階である閲読率と面別接触率を新聞広告の評価指標として用い、閲読数と接触数の最大化問題として議論する。

## (2) 対象新聞社と対象広告面

今回対象としたのは、中央紙 A 新聞、B 新聞、C 新聞、D 新聞の 4 社である。各新聞社には、いくつかの本支社が存在し、そのそれぞれが別の新聞をもっている。たとえば、A 新聞社には、東京本社、大阪本社、名古屋本社、西部本社があり、B 新聞社は、東京本社、大阪本社、中部本社、西部本社、C 新聞社と D 新聞社には、東京本社、大阪本社がある。したがって、広告を載せる新聞社を選ぶとき、その新聞社の、1 つまたは複数の本支社版に載せるか、全国版に出稿するかを選択しなければならない。全国版に出稿するということは、すべての本支社版に広告を掲載することである。この場合、ボリュームディスカウントが適用されるので、すべての本支社版個々に出稿依頼するよりも広告料金が安くなる。

また、それぞれの本支社が発行する新聞は、いくつかの紙面で構成されているので、出稿に際して紙面を選択することもできる。広告の掲載紙面は、ここでは、政治、国際、経済、スポーツ、暮らし、商況、テレビ、第 1 社会、第 2 社会、教育の 10 種類の紙面を対象とする。ただし、同一新聞社の同一版の複数の紙面に同じ広告が出稿されることはない。したがって、新聞社のある版についての広告出稿は、10 種類の紙面のいずれかに出稿するか、紙面を指定せずに出稿するか、出稿しないかの 12 種類の選択肢の中から決定することとなる。

閲読率は、全新聞社のどの本支社版、あるいは、全国版に出稿するかを決定することにより変化し、面別接触率は、新聞社のどの本支社版、あるいは、全国版のどの紙面に出稿するかにより変化する。広告料金は、ある新聞社では、どの本支社版、あるいは、全国版に出稿するかにより決定するが、ある新聞社では、広告掲載紙面別に広告出稿料金が決まっており、新聞社のどの本支社版、あるいは、全国版のどの紙面に出稿するかにより決定する。すなわち、新聞社は、紙面別料金体系を採用している場合とそうでない場合が存在する。

## (3) 問題の定式化

モノクロの新聞広告を、 $X$  円の予算で、中央紙 4 紙の本支社と紙面を選んで、6 ヶ月以内に 1 段出稿する契約を想定する。今、表 1 の変数欄に書かれているように、中央紙 4 紙の本支社版についての意思決定変数を  $x_1, x_2, \dots, x_{16}$  とおき、それらの値については、以下のよう

$$x_i = \left\{ \begin{array}{l} 0 : \text{その版に出稿しない} \\ 1 : \text{紙面を指定せずに出稿する} \\ 2 : \text{政治面を指定して出稿する} \\ 3 : \text{国際面を指定して出稿する} \\ 4 : \text{経済面を指定して出稿する} \\ 5 : \text{スポーツ面を指定して出稿する} \\ 6 : \text{暮らし面を指定して出稿する} \\ 7 : \text{商況面を指定して出稿する} \\ 8 : \text{テレビ面を指定して出稿する} \\ 9 : \text{第1社会面を指定して出稿する} \\ 10 : \text{第2社会面を指定して出稿する} \\ 11 : \text{教育面を指定して出稿する} \end{array} \right.$$

予算の範囲内で、どのようにこれら 16 個の意思決定変数の値を決めたら、高い閲読数や高い接触数を得ることができるかというのが、今回我々が考える最適化問題である。

さて、ある新聞社で全国版に出稿する場合は、その新聞社においてすべての本支社版に出稿したのと同じことになり、広告料金面でもボリュームディスカウントが行われるため、同一新聞社内では全国版と同時に本支社版が選択されることはない。したがって、全国版が選択された場合には、同じ新聞社の本支社版が選択されることはない。したがって、たとえば、 $x_1$  と  $x_2$  が同時に正の値をとることはできない。そこで、そのようなことがおきないように、この最適化問題を表 1 にあるように 16 個の小問題に分割して考えることにする。各小問題においては、どの新聞社についても、全国版の変数と本支社版の変数が同時に含まれることはない。

さて、各意思決定変数  $x_i$  に対して、その効果として出てくる閲読数を  $f_{1,i}(x_i)$ 、接触数を  $f_{2,i}(x_i)$ 、広告料金を  $g_i(x_i)$  をとっておく。すると、我々の最適化問題は、次のような多目的非線形離散型ナップザック問題として定式化することができる。

$$\begin{aligned} \text{Max.} \quad & \sum_{i=1}^{16} f_{1,i}(x_i), \\ & \sum_{i=1}^{16} f_{2,i}(x_i), \\ \text{subject to.} \quad & \sum_{i=1}^{16} g_i(x_i) \leq X. \end{aligned}$$

ここで、各意思決定変数  $x_i$  において、とりえない値がある場合には、その値に対する閲読数、接触数をゼロに設定しておく。また、表 1 の可能な変数の組合せに沿って、変数の値をゼロに設定すると、この最適化問題が各小問題になる。たとえば、 $x_1 = x_6 = x_{11} = x_{14} = 0$  と

固定したものが、問題1である。

表 1 各新聞社の全国版と本支社版への出稿の組合せ(○：出稿)

新聞社	版	変数	問 題															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	全国 (A0)	$x_1$		○	○					○	○	○				○	○	○
	支社1 (A1)	$x_2$	○			○	○	○				○	○	○				○
	支社2 (A2)	$x_3$	○			○	○	○				○	○	○				○
	支社3 (A3)	$x_4$	○			○	○	○				○	○	○				○
	支社4 (A4)	$x_5$	○			○	○	○				○	○	○				○
B	全国 (B0)	$x_6$		○		○			○			○	○		○	○		○
	支社1 (B1)	$x_7$	○		○		○	○		○	○			○				○
	支社2 (B2)	$x_8$	○		○		○	○		○	○			○				○
	支社3 (B3)	$x_9$	○		○		○	○		○	○			○				○
	支社4 (B4)	$x_{10}$	○		○		○	○		○	○			○				○
C	全国 (C0)	$x_{11}$		○			○			○		○		○	○		○	○
	支社1 (C1)	$x_{12}$	○		○	○		○	○		○		○			○		
	支社2 (C2)	$x_{13}$	○		○	○		○	○		○		○			○		
D	全国 (D0)	$x_{14}$		○				○			○		○	○		○	○	○
	支社1 (D1)	$x_{15}$	○		○	○	○		○	○		○			○			
	支社2 (D2)	$x_{16}$	○		○	○	○		○	○		○			○			

### 3. 解法アルゴリズムについて

今回の問題のような変数が離散値をとる多目的非線形ナップザック問題は、解くことが難しい問題とされており厳密解法はほとんど開発されていない。標的アプローチ[5]は、多目的の非線形離散型ナップザック問題のための厳密解法であり、非常に高速に厳密なパレート最適解を求めることができる。標的アプローチ[3]は、仲川[4]の開発したモジュラー法と呼ばれる単一制約単一目的の非線形離散型ナップザック問題の解法アルゴリズムを基にしている。表 1に示したように各新聞社の全国版と本支社版の同時に選択可能な組合せは 16 通り存在し、それぞれが多目的の非線形離散型ナップザック問題となっている。そこで、それぞれの組合せを標的アプローチを用いて解き、得られた解によって与えられる原問題の目的関数値の優越操作を行い、パレート最適解を得る。

### 4. 実行結果

テストデータは、2001年1-6月期の新聞の販売部数を基に各新聞社のホームページ上で公開されている面別接触率、閲読率[7, 8, 9, 10]を用いて算出した接触数と閲読数、2001年1-6月期の新聞の新聞広告基本料金を使用した。テストは、CPU433MHz、メモリー384MBのDOS/Vコンピュータを用いて実行された。表 2は、予算を100万円から1000万円まで100万円刻みで変化させた場合の厳密なパレート最適解と計算時間を示したものである。

例えば、予算800万円では、次のような2つの厳密なパレート最適解が得られる。

- ① A0(A 新聞全国版)テレビ面, B1(B 新聞東京版)第1社会面, B2(B 新聞大阪版)第1社会面, D2(D 新聞大阪版)第1社会面に広告を出稿する
- ② A0(A 新聞全国版)テレビ面, B0(B 新聞全国版)スポーツ面, D2(D 新聞大阪版)第1社会面に広告を出稿する

このとき、①の場合の総接触数は16,311,400、総閲読数は14,824,500、必要なコストは7,967,000

円、②の場合の総接触数は16,037,200、総閲覧数は15,727,800、必要なコストは7,802,000円になる。

また、新聞社と版の組合せのうちで固定されない変数が最も多くなる場合(変数 12、項目案数 12)でも、計算時間は1sec以下であり、実用的な時間内で解を求めることができる。

表 2 広告予算と広告掲載スペースの変化と計算時間

予算 (万円)	接触数	閲覧数	広告料金	パレート最適解(掲載紙・版・面)				計算時間 (sec)※
100	1423850	1277900	990000	A3テレビ	D2第1社会			<1
200	4095670	3751220	1944000	A1テレビ				<1
300	5889550	5298870	2953000	B1第1社会	B3第1社会			<1
400	8334030	7595880	3985000	A0テレビ	D2第1社会			<1
	7703140	8131870	3817000	B0スポーツ				
500	10189900	9274880	4986000	A1テレビ	A3テレビ	B1第1社会		<1
	9821740	9510750	4997000	A0テレビ	B2スポーツ	B4面指定なし		
	9786430	10053300	4956000	A2テレビ	B0スポーツ			
600	12350800	11983600	5998000	A0テレビ	B1スポーツ	B3スポーツ		<1
700	14149500	13913300	6949000	A0テレビ	B1スポーツ	B2スポーツ		<1
800	16311400	14824500	7967000	A0テレビ	B1第1社会	B2第1社会	D2第1社会	<1
	16037200	15727800	7802000	A0テレビ	B0スポーツ	D2第1社会		
900	18343900	16852700	8980000	A0テレビ	B0第1社会	C2面指定なし	D2第1社会	<1
	17683200	17488400	8997000	A0テレビ	B0スポーツ	C2テレビ	D0面指定なし	
1000	19725200	17925000	9857000	A0テレビ	B0第1社会	C0第2社会		<1
	19046300	17932900	9964000	A0テレビ	B1第1社会	B2第1社会	C0面指定なし D2面指定なし	
	18799200	18156100	9944000	A0テレビ	B0スポーツ	C1第2社会	C2テレビ D2第1社会	

※新聞社と版の組合せのうちで固定されない変数が最も多くなる問題を解くのに要した時間

5. 広告料金の感度分析

(1) 広告費増加に伴う閲覧数、接触数の変化

図 1は、広告予算に対する接触数と閲覧数の変動を示したものである。広告費の増加に伴い閲覧数、接触数ともにほぼ一次関数的に増えていることがわかる。

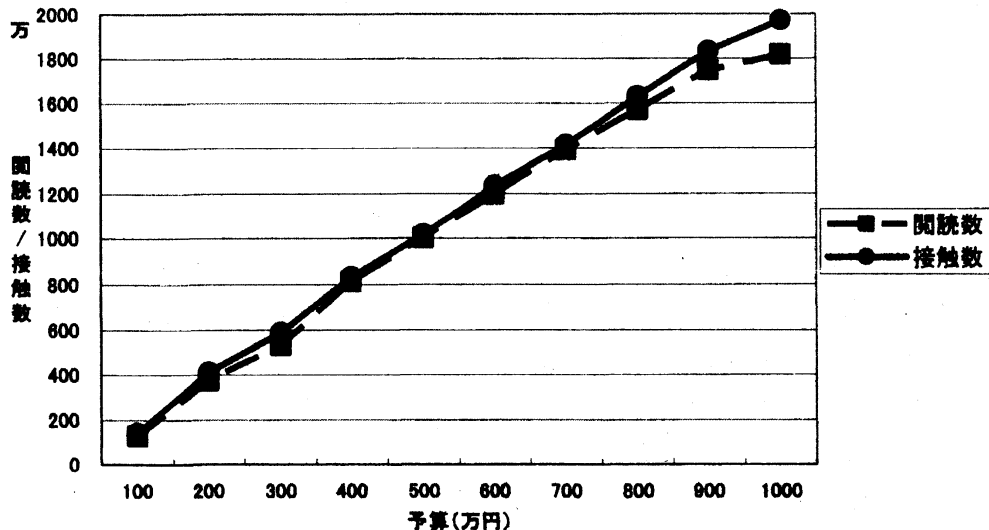


図 1 広告予算に対する総接触数と総閲覧数

## (2) 広告費増加に伴う閲読数、接触数の感度

図 2は、図 1において予算を 100 万円ずつ増加したときの広告予算と閲読数、接触数の増分をプロットしたものである。閲読数、接触数の増加には、広告予算の 100 万円に対して広告掲載部数に見られた[3]と同様の強い周期性がみられる。特に、予算 400 万円のところで感度の高い箇所が見られるが、予算 800 万円を超えると感度は低くなり、800 万円を超える広告予算を投じてても閲読数、接触数は大きく伸びない。

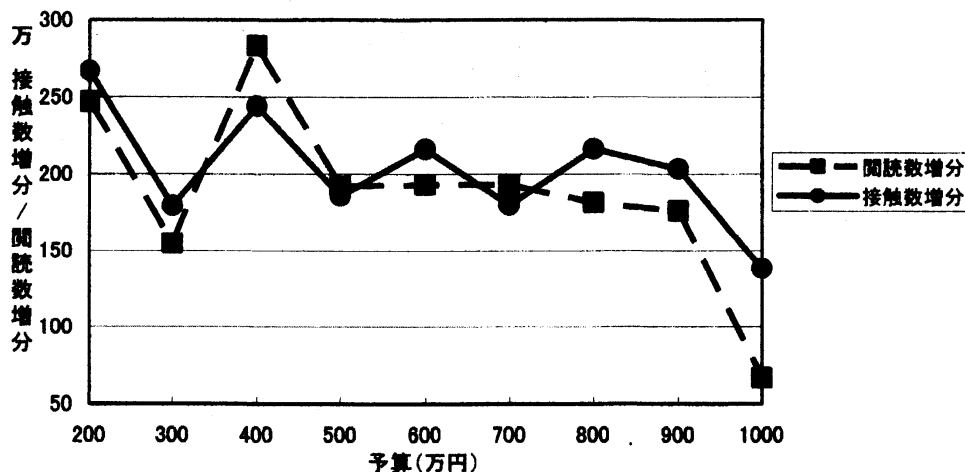


図 2 広告予算に対する総接触数と総閲読数の増加の推移

## (3) 最適な掲載紙面

図 3は広告予算に対する広告掲載スペース(採用新聞社・版・掲載紙面)の変化を閲読数最大化の観点から示したものであり、図 4は接触数最大化の観点から示したものである。予算の変化によって、採用新聞社・版・掲載紙面が大きく変化する。図 3では、予算 300 万円と 400 万円、500 万円と 700 万円、800 万円と 1000 万円では類似の掲載紙面構成となるが、それ以外では大きく異なり、図 4では、600 万円と 700 万円、900 万円と 1000 万円では類似の掲載紙面構成となるが、それ以外では大きく異なる。また、総接触数を最大にする案と総閲読数を最大にする案では広告を掲載すべき新聞社・版・紙面が全く異なることがわかる。

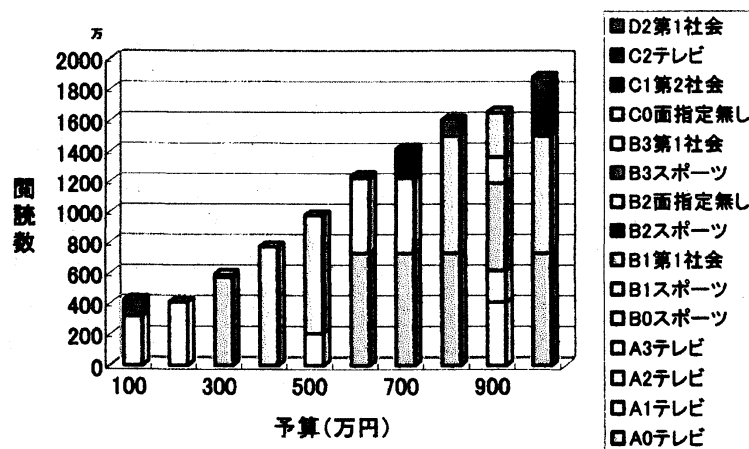


図 3 閲読数を最大化する広告予算に対する広告出稿紙面の推移

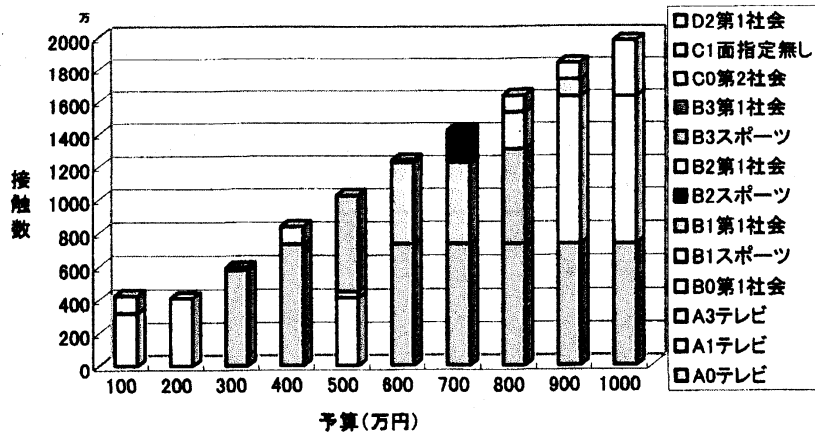


図 4 接触数を最大化する広告予算に対する広告出稿紙面の推移

総閲読数、総接触数を最大にする案において、掲載新聞社の構成を明確にするために、掲載新聞社に焦点をあて検討を行う。図 5は閲読数を最大化する解において予算に対する掲載新聞社のシェアを示したものであり、図 6は接触数を最大化する解において予算に対する掲載新聞社のシェアを示したものである。閲読数を最大化する解においても接触数を最大化する解においても、ほぼすべての予算帯でC、D新聞社が大きく採用されることはなく、広告掲載の中心はA、B新聞社が占めていることがわかる。しかし、200万円以下の予算では、A新聞社が採用されるのに対し300万円以上では多く採用されているB新聞社はこの予算帯では全く採用されない。一方、A新聞社は、ほぼどの予算帯でも採用されるのだが、閲読数最大化の観点では300~400万円の予算、接触数最大化の観点では300万円の予算の場合に採用されていない。このように、予算に対する掲載新聞社の構成に焦点をあてることにより各新聞社の価格戦略上のウィークポイントを明確にすることが可能となり、価格戦略策定における有益な情報を与えることができる。

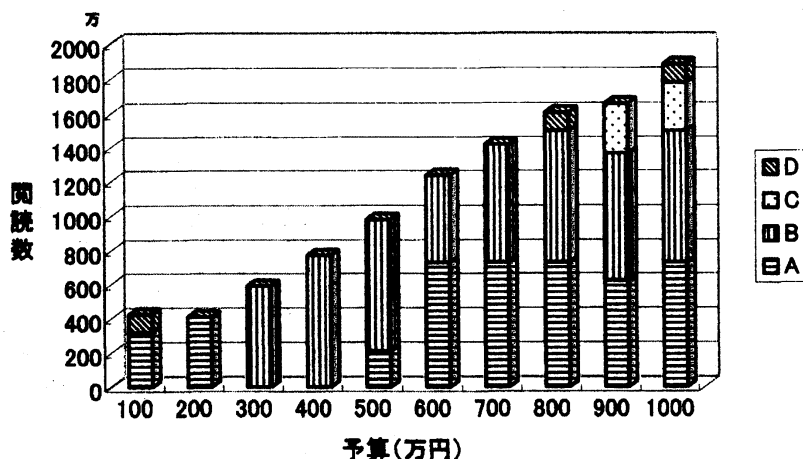


図 5 閲読数を最大化する広告予算に対する新聞社構成の推移

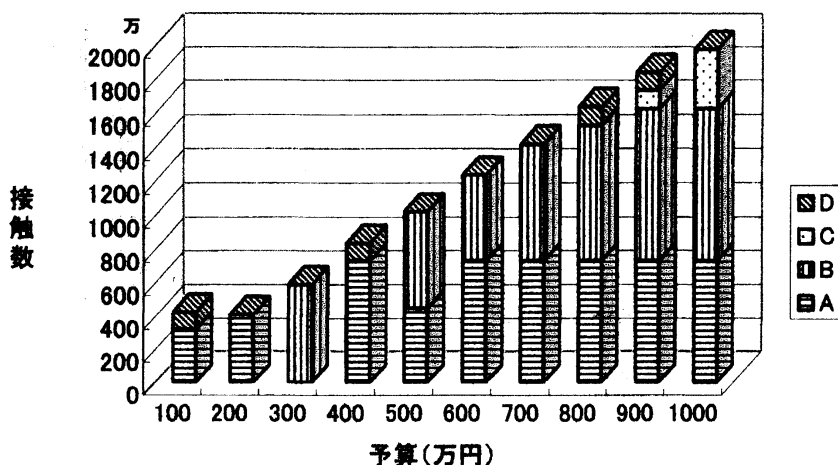


図 6 接触数を最大化する広告予算に対する新聞社構成の推移

図 7、図 8は広告が掲載された版に焦点をあてたものであり、広告掲載誌が読まれる地域を示している。図 7の閲読数を最大化する解において、300 万円以下の広告予算ではどの新聞社の全国版にも掲載されることはなく、掲載地域が限定されることが読み取れる。したがって、全国に告知する必要がある広告の場合、400 万円以上の予算を投入する必要がある。また、図 8の接触数を最大化する解において、500 万円と 300 万円以下の広告予算ではどの新聞社の全国版にも掲載されることはなく、掲載地域が限定されることが読み取れる。したがって、全国に告知する必要がある広告の場合、できるだけ低予算でその要件を満たすためには 400 万円の広告予算でよく、逆に、500 万円の予算を投入した場合には、広告への接触数を最大化しつつ、全国に告知することが困難となることがわかる。

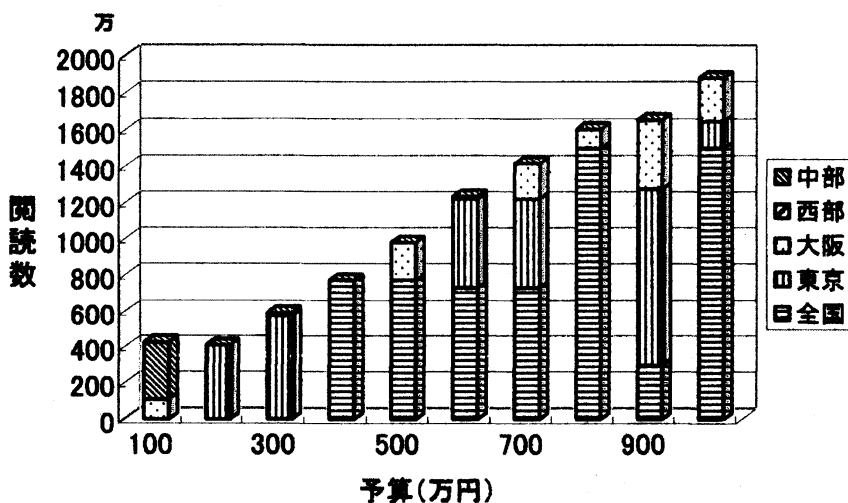


図 7 閲読数を最大化する広告予算に対する地域構成の推移



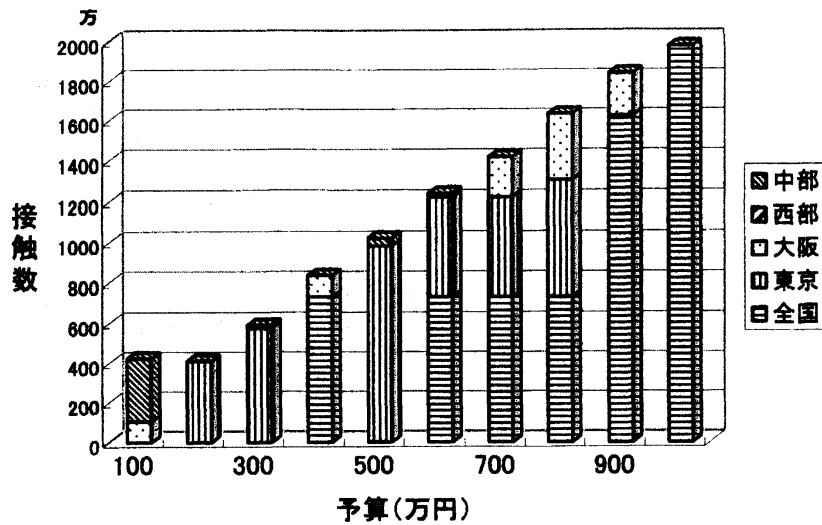


図 8 接触数を最大化する広告予算に対する地域構成の推移

## 6. むすび

新聞広告の到達レベルとして販売部数よりも深い段階である閲読率と面別接触率を新聞広告の評価指標とし、広告の出稿スペースを考慮した新聞広告最適化問題として定式化し、厳密なパレート最適解が実用的な時間内で得られることを示した。販売部数の最大化問題として解いた場合と同様に、予算の増加に対する接触数や閲読数の増加に周期性が見られ、価格設定や価格交渉の場面で有益な情報を与えることが可能であることが確かめられた。一方、掲載される新聞の版に焦点をおき検討した結果、予算毎に広告が掲載される地域に偏りが発生していることが明らかになった。また、今回は中央紙4紙に絞ってテストを行ったが、国内にはブロック紙や地方紙などの中央紙以外の新聞が存在し、対象地域を絞った広告の必要性も存在する。今後は、対象新聞社を拡大し、地域の重複や欠落を考慮した現実の問題の特性を詳細に反映した定式化が必要である。

## 【参考文献】

- [1] Metheringham, R. A. (1964) "Measuring the Net Cumulative Converge of a Print Campaign." *Journal of Advertising Research*, 4, pp.23-28
- [2] Kiley, D. (1998) "Optimum target," *Brandweek*, 39 (20) May 18, U38-U42.
- [3] 伊佐田百合子, 井垣伸子, 山川茂孝, 仲川勇二 「新聞の販売部数最大化問題における広告費の影響度」 京都大学数理解析研究所講究録 掲載予定
- [4] 仲川勇二 (1990) 「離散最適化問題のための新解法」, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J73-A, No.3, pp.550-556
- [5] Y.Isada, R. J. W. James, Y.Nakagawa: "An approach for solving nonlinear multiobjective separable discrete optimization problem with one constraint", to appear in EJOR
- [6] <http://adv.asahi.com/2003/guide/index.html>
- [7] <http://adv.asahi.com/2003/circulation/index.html>
- [8] <http://adv.yomiuri.co.jp/m-data/index.html>
- [9] <http://macs.mainichi.co.jp/>
- [10] <http://www.sankei-ad-info.com/evalua/index.php>