

テレビ番組 CM の割付に対する 数理的アプローチ

大西 浩志, 石田 健仁, 青山 浩之, 猿渡 康文, 猪飼 美羽

テレビ広告計画の実務において、広告主企業が購入した CM チャンスに対して、複数の制約条件を満たすように、自社 CM 素材を割付ける CM 割付問題を解くことが、日常的な業務となっている。本論文では、CM 割付問題を 0-1 整数計画問題として定式化し、この問題に対する近似解法を提案する。また、提案する解法を基礎に、ビデオリサーチが構築した CM 割付を効率的に行うソフトウェアの概要を示す。

キーワード：テレビ番組広告, CM 割付問題, ターゲット GRP (TRP) 最大化, 0-1 整数計画, スケジューリング

1. はじめに

今日、多くの企業が多様なメディアを通して、自社製品やサービスの広告を行っている。特に、テレビ媒体における広告 (CM: Commercial Message) は、自社製品を幅広い視聴者ターゲットに、視覚的にアピールできるため、広告戦略の一つとして重視されている。

一方、テレビ局では、複数の CM を順次放送できる時間帯 (CM チャンス) を準備し、広告会社を仲介して、広告を行いたい企業 (広告主) へ販売している。購入した CM チャンスに対しては、広告主は自由に自社製品の CM を出稿することができる。

CM 割付問題とは、広告主企業が購入した複数の CM チャンスに対して、視聴者に対する広告の到達指標であるターゲット GRP (TRP) やリーチが最大となるように自社 CM を割付けする問題である。ただし、広告主企業が設定した、広告主固有の複数の制約条件を満足しなければならない。

(株)ビデオリサーチは、全国 27 地区のテレビ視聴率データを収集し、広告主企業や広告会社に対して、そ

のデータを提供するとともに、視聴率データを利用した CM 割付を実現する効率の良いソフトウェアを構築している。本論文では、CM 割付問題を 0-1 整数計画問題として定式化し、この問題に対する近似解法を提案する。また、提案する解法を基礎に、ビデオリサーチが構築した CM 割付を効率的に行うソフトウェアの概要を述べる。

2. 既存研究

広告管理の実務において、CM 割付は広告主企業の宣伝担当や広告会社の営業担当、またはマーケティング担当の日常的な業務の一つとなっている。出稿する CM の種類や購入した CM チャンスの数が少ない広告主企業の場合、CM 割付は手作業によることが多い。その一方で、CM 割付を自動化している広告主企業も多い。それら個別企業で開発された CM 割付の方法は公表されていないが、後述するとおり CM 割付問題は大規模な最適化問題となるため、ヒューリスティックな解法や遺伝的アルゴリズムを基礎としたものが多いようである。

CM 割付問題は、スケジューリング問題、特にタイムテーブルリング問題の一つとみなすことができる。スケジューリング問題の視点から、CM 割付もしくは、テレビ番組の編成に関連する研究は大きく次の二つに分類することができる。

- (1) テレビ局が有する CM 枠を、複数の広告主企業に配分する方法に関する研究。
- (2) テレビ局の視点で、他局との関係から、自テレビ局が有する番組の放送日、放送時間帯の割付に關す

おおにし ひろし, いしだ けんじ, あおやま ひろゆき
(株)ビデオリサーチ

〒104-0042 中央区入船 2-1-1

さるわたり やすふみ

筑波大学

〒112-0012 文京区大塚 3-29-1

いかい みわ

東京工業大学 (現職(株)システム計画研究所)

〒152-8550 目黒区大岡山 2-12-1

る研究。

(1)に関する研究として、Bollapragada, et al. [3]は、テレビ局が広告主企業に販売する年間のCMチャンスの配分を求める解法を提案している。そこでは、予算目標や視聴者属性、番組の組合せ、CM枠の長さ、放送週など、広告主企業が有する制約条件のもと、テレビ局自身の資源として利用する良質なテレビ番組の時間帯を効率化してCMに配分している。また、Bollapragada, et al. [2]では、広告主企業が利用可能なCMチャンスに対して、同一のCMを放送する間隔ができる限り一定となるCMの放送日を決定する問題を扱っている。彼らは、この問題を混合整数計画問題に帰着させ、ラグランジュ緩和を用いた近似解法とヒューリスティックな解法を提案している。

(2)に関する研究としては、テレビ視聴率やテレビ局間の視聴者の重複などを考慮し、より多くの視聴者を獲得する番組スケジュール(放送日や放送時間帯)の立案を目的とした研究がある。Headen, et al. [4]やHoren [5]は、この分野における研究の先駆けとして知られている。また、Reddy, et al. [6]では、Horen [5]のモデルの一般化を行い、プライムタイム(1日のうち、特に視聴者の多いと言われている19時から23時の時間帯の俗称)におけるテレビ番組スケジューリングを行う“SPOT”モデルを提案している。SPOTは、第一に、回帰分析や専門家の判断により対象となる番組の潜在能力を推定し、第二に、その推定値をもとに、混合整数計画問題としてモデル化した番組スケジューリング問題を、ネットワークフロー問題に帰着させることで解いている。

3. CM割付問題

テレビ媒体で取り扱うCM時間枠は、「番組(タイム)」と「スポット」と呼ばれる二つの取引形態によって売買されている。番組(タイム)とは、番組と一体で売買されるCM時間枠であり、これを購入した広告主企業は、購入したCM時間枠を含む提供番組の放送時間枠に自由に自社CM素材を放送する権利を保有する。一方、スポットは、テレビ局が(番組に依存することなく)独自に有するCM時間枠であり、逆L型、コの字型といったパターンをもとに設定されている。

本稿では、ある単一の広告主企業が購入した番組のCMチャンスを対象とし、そのCMチャンスの集合は既知であるとする。また、その期間は1か月とする。

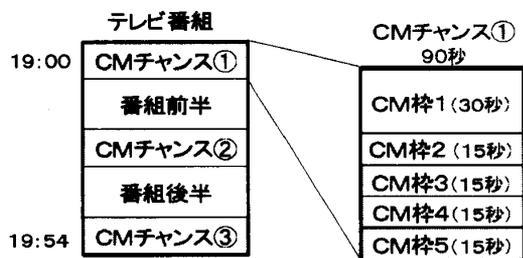


図1 番組(タイム)CMの割付単位

一般に、テレビ番組には、複数のCMを連続して放送する時間帯が複数箇所設定されている。この放送時間帯をCMチャンスと呼ぶ¹⁾。CMチャンスは、例えば、90秒といった時間幅を持ち、さらに、15秒や30秒といった細分化された時間枠からなる。この細分化された時間枠をCM枠と呼ぶ。例えば、図1の55分番組には、三つのCMチャンスが設定されており、最初のCMチャンスの時間幅は90秒である。また、このCMチャンスは、30秒のCM枠一つと、15秒のCM枠四つに細分化されている。

広告主企業は、CMチャンスを購入する対価として、テレビ局(あるいは、広告会社)に対して、購入料金を支払う。この料金は番組ごとに1か月単位で計算できる(図2)。また、ビデオリサーチでは、放送される各番組における1分単位の視聴率を性別、年齢層別に計測している。ここで計測されるデータを用いることによって、広告到達指標として各視聴者層における後述の番組平均視聴率を算出することが可能となる。

さらに、広告主企業は、複数の自社製品(ブランド)を持ち、それぞれのブランドに依存したCMを有している。また、各ブランドのCMは、「〇〇編」のように複数のCMからなることが多い。例えば、図3のように、トヨタ自動車のPRIUSのテレビCMには、鉄腕アトムをキャラクターとして登場させる「アトム編」と、環境保護を主張する「エコ編」が存在する。このようなCMの各編をそれぞれCM素材と呼ぶ。各CM素材は、15秒といった長さを持つ。

一方、各ブランドは、広告効果を上げたいと考える消費者層(ターゲット)を持ち、各消費者層に対するターゲットウェイトを有する。同時に、各ブランドには、それぞれ広告予算が設定されており、この予算に合わせて、当該ブランドのCM素材の出稿を行っている。

¹⁾ 同じCMチャンスの中には、当然、他の広告主企業のCMも放送される。自社CMと他社CMの放送順序はテレビ局が決定しており、広告主が操作することはできない。

番組名	番組料金 (15秒単価)	局(関東) 放送時間	提供日	チャンス (秒数)	番組平均視聴率		
					個人全体	男性 20~34歳	女性 20~34歳
どっちの料理ショー	2,700万円 (150万円)	日本テレビ (木)21:00 ~21:54	2003/2/6	①(30秒)	7.2%	8.4%	8.3%
				②(60秒)			
			2003/2/13	①(30秒)	8.2%	6.6%	10.1%
				②(60秒)			
			2003/2/27	①(30秒)	7.4%	7.7%	8.9%
				②(60秒)			
東京国際マラソン	3,800万円 (600万円)	フジテレビ (日)12:07 ~14:35	2003/2/9	①(30秒)	6.6%	7.8%	7.0%
				②(30秒)			
				③(30秒)			

図2 テレビ番組入力データ例

ブランド名	ブランド 予算	CM素材名	素材 秒数	素材 予算	ターゲット (ウェイト)		
PRIUS	1,500 万円	アトム編	30秒	500 万円	男性 20~34歳 (0.6)	女性 20~34歳 (0.3)	個人全体 (0.1)
		エコ編	15秒	1,000 万円			
WILL CYPHA	1,000 万円	知らない街編	30秒	500 万円	女性 20~34歳 (0.5)	女性 35~49歳 (0.3)	男性 20~34歳 (0.2)
		車が敬える編	15秒	500 万円			
ist	3,000 万円	アクアバージョン編	30秒	2,000 万円	男性 35~49歳 (0.5)	男性 50歳以上 (0.3)	男性 20~34歳 (0.2)
		アクアバージョン編	15秒	1,000 万円			

図3 ブランド・CM素材入力データ例

番組名	番組料金 (15秒単価)	チャンス (秒数)	2003/ 2/6	2003/ 2/9	2003/ 2/13	2003/ 2/27
どっちの料理ショー	2,700万円 (150万円)	①(30秒)	PRIUS30	/	WILL30	WILL15
			WILL30		ist30	PRIUS30
			ist15		PRIUS15	WILL15
		②(60秒)	WILL15		WILL15	ist15
東京国際マラソン	3,800万円 (600万円)	①(30秒)		ist30		
		②(30秒)		PRIUS15		
		③(30秒)		ist15		

図4 CM枠へのCM素材割付の例

広告主企業は、CM素材を出稿することによって、自社ブランドの消費者における認知や購入意向を高めたいと考えている。CM割付の組合せに対する効果の指標として、ターゲットGRP (Target Gross Rating Point (TRP))がある。TRPは、CM素材が割付けられたCM枠の番組平均視聴率と広告主企業が設定した各ブランドに対するターゲットウェイトを掛け合わせ、それを視聴者層で足し合わせたものである。ただし、番組平均視聴率は、番組の放送時間内の毎分の視聴率を足し上げて、放送分数で割ったものであり、

視聴者層 (ターゲット) ごとに算出したものである。

TRPは、広告主企業にとって、自社の持つブランドのCMが累積的にどれだけの視聴者に到達したかを示しており、広告到達効果を表す指標の一つとして広く一般に利用されている。図4のようにCM素材をCM枠に割付けした場合、PRIUSのTRPは、男性20~34歳と女性20~34歳、個人全体のそれぞれのターゲットウェイトに割付けされたCM枠の番組平均視聴率を掛けて、足し上げた396.8%となる。さらにPRIUSの予算消化額は、各番組の15秒単価料金

を使って、150万円×6か所(30秒2か所+15秒2か所)+600万円×1か所(15秒1か所)で1,500万円となり、初期に設定されたブランドの広告予算をちょうど消化している。

以上をまとめると、CM割付問題は次のように記述することができる。

CM割付問題

広告主が提供するテレビ番組すべてに対して、自社ブランドのTRPが最大となるような、各CM枠へのCM素材の割付を求める。

ここで、次の記号を定義する。

$$TRP_{is} = \sum_{t \in T} w_{bt} Rate_{it} \quad (s \in S_b)$$

：番組*i*のCM素材*s*に対するTRP,

$$x_{ijs} = \begin{cases} 1, & \text{番組 } i \text{ の CM 枠 } j \text{ に CM 素材 } s \text{ を} \\ & \text{割付ける時,} \\ 0, & \text{それ以外の時,} \end{cases}$$

I：番組全体の集合,

CG_i：番組*i*のCMチャンスの集合,

B：ブランド全体の集合,

S_b：ブランド*b*のCM素材の集合,

T：ターゲットの集合,

Rate_{it}：ターゲット*t*に対する番組*i*の平均視聴率,

w_{bt}：ターゲット*t*に対するブランド*b*のウェイト。

このとき、CM割付問題の目的関数は、次のように定式化することができる。

$$\max TRP = \sum_{i \in I} \sum_{j \in CG_i} \sum_{b \in B} \sum_{s \in S_b} TRP_{is} x_{ijs}$$

4. CM割付における制約条件

CM割付においては実務上の要請によって、各番組やブランドが持つ固有の条件や予算上の制約が付加される。次にその代表的な条件とその定式化を示す。

条件1. 番組における制約条件

条件1-1. 番組の予算制約(絶対条件)：番組ごとに設定された予算のすべてを消化する。すなわち、すべての番組*i*∈*I*に対して、

$$\sum_{j \in CG_i} \sum_s L_s \cdot x_{ijs} = L_i.$$

ただし、*L_i*は番組*i*の予算、*L_s*はCM素材*s*の予算である。

条件1-2. 番組のCM枠制約(絶対条件)：番組に設定されたすべてのCM枠を、適切なCM素材の集

合で必ず埋める。すなわち、すべてのCM枠*j*∈*CG_i*に対して、

$$\sum_{s \in S_b(b \in B)} x_{ijs} = 1.$$

条件2. ブランド(CM素材)に対する制約条件

条件2-1. ブランドの予算制約(考慮条件)：ブランドごとに設定された予算のすべて(±*a*%)を消化する。すなわち、すべてのブランド*b*∈*B*に対して、

$$(1-a) \cdot L_b \leq \sum_i \sum_{j \in CG_i} \sum_{s \in S_b} COST_i \cdot x_{ijs} \leq (1+a) \cdot L_b.$$

ただし、*COST_i*は番組*i*の15秒枠単価、*L_b*はブランド*b*の予算である。

条件2-2. CM素材の予算制約(考慮条件)：CM素材ごとに設定された予算のすべて(±*a*%)を消化する。すなわち、すべてのCM素材*s*∈*S_b*(*b*∈*B*)に対して、

$$(1-a) \cdot L_s \leq \sum_i \sum_{j \in CG_i} COST_i \cdot x_{ijs} \leq (1+a) \cdot L_s.$$

条件2-3. ブランドと番組の組合せ制約(絶対条件)：ブランドと番組の組合せには、割付不可のものがあ、そのような組合せとなるCM素材の割付を行ってはならない。すなわち、番組*i*にブランド*b*のCM素材を割付不可のとき、番組*i*の任意のCM枠*j*とブランド*b*に含まれるCM素材*s*に対して、

$$x_{ijs} = 0.$$

条件2-4. ブランドと時間帯の組合せ制約(絶対条件)：ブランドと番組の放送時間帯の組合せには、割付不可のものがあ、そのような組合せとなるCM素材の割付を行ってはならない。すなわち、時間帯*h*にブランド*b*のCM素材を割付不可のとき、時間帯*h*に放送される番組*i*の任意のCM枠*j*とブランド*b*に含まれるCM素材*s*に対して、

$$x_{ijs} = 0.$$

条件2-5. CM素材のキャンペーン期間制約(絶対条件)：指定されたCM素材キャンペーン期間以外に当該CM素材の割付を行ってはならない。すなわち、*CG_i*をキャンペーン期間に含まれない番組*i*のCMチャンスの集合とすると、すべての番組*i*に対して、

$$\sum_i \sum_{j \in CG_i} x_{ijs} = 0.$$

絶対条件とは、必ず満たさなければならない条件である。逆に考慮条件は、ある一定の許容幅に収まれば良いという条件である。また、この他にもCM素材の割付順序やブランドの優先順序など、広告主企業独自のCM割付に対するルールが多数存在する。クラ

イアントとの関係上、ここには記述していない制約が他に8個存在する。

5. CM 割付問題の解法

CM 割付問題は、大規模な最適化問題である。例えば、30 番組の 5 CM チャンスを購入し、各 CM チャンスが 6 CM 枠からなり、各番組が 5 曜日 4 週放送される場合、総計 18,000 の CM 枠を有することになる。また、30 ブランドを持ち、各ブランドに対して 3 CM 素材を有するとすると、割付可能な CM 素材の総数は、90 となる。このとき、CM 枠と CM 素材の割付の組合せは、単純には、90 の 18,000 乗となる。実際に、ある広告主企業では、番組 CM 割付システム導入前まで、専門の担当者 1 名が手作業で 1 週間かけて割付作業を行っていた。本節では、この問題の最適解の近似解を効率的に求める解法を提案する。

上述のとおり、本論文で扱う問題が大規模であること、また、制約条件が複雑であることから、問題を分割し、二つの Phase からなる 2 段階の最適化を基礎とした解法を提案する。提案する解法のフレームワークは、図 5 に示すとおりである。各 Phase で取り扱う制約は、その制約が放送日に依存するか否かによっ

て区別する。制約条件の分類を表 1 に示す。Phase 1 では、番組の放送日に依存する制約のみを条件として取り上げ、CM 枠と CM 素材の割付をパターン (CM 割付パターン) として複数求める。また、Phase 2 では、Phase 1 で得られた CM 割付パターンの集合から、放送日に依存しない条件を満足するように、CM 割付パターンを選択する。ここでは、TRP の最大化を目的関数として導入する。このように、問題を分割することによって、より良い近似解をより高速に求めることが期待できる。

Phase 1: CM 割付パターンの列挙

Phase 1 では、問題サイズを縮小するために、広告主が有する番組を期間 (1 週間単位) に分割し、それぞれの期間に含まれる番組に対して TRP を最大化する CM 枠と CM 素材の割付を求める。この問題は厳密には、0-1 整数計画問題となる。提案する解法では、この問題を線形計画問題に緩和し、最適解においてある変数が実数値を取る場合には丸めを行うことで、近似解を算出している。

Input: 放送日に依存する制約条件, 番組平均視聴率, ターゲットウェイト,

Output: CM 割付パターン {CM 素材, CM 枠}, {CM 素材, コスト} の集合と各 CM 割付パターンの TRP.

Step 1. 広告主企業が購入した 1 か月間の番組すべてを、1 週間単位に分割し、週ごとに、CM 割付パターンを複数列挙する。

Step 2. 列挙したすべてのパターン列について、それぞれの CM 素材の総コストを計算する。

※実行不可能な場合は、制約を調整して実行可能な CM 割付パターンを列挙する。

Phase 2: 最適パターンの組合せの選択

Phase 2 では、Phase 1 で得られた各期間に対応する複数の CM 割付パターンをもとに、予算制約など放送日に依存しない制約を満たし、かつ、TRP の総和が最大となる割付パターンの組合せを選択する。

Input: 放送日に依存しない制約条件, Phase 1 の {CM 素材, コスト} の集合, 各 CM 割付パターンの TRP.

Output: TRP を最大化する CM 割付パターンの集合.

Step 1. 予算制約など放送日に依存しない制約条件を満たす CM 割付パターンを、集合分割問題をもとに算出する。ここでは、TRP の最大化を目的関数

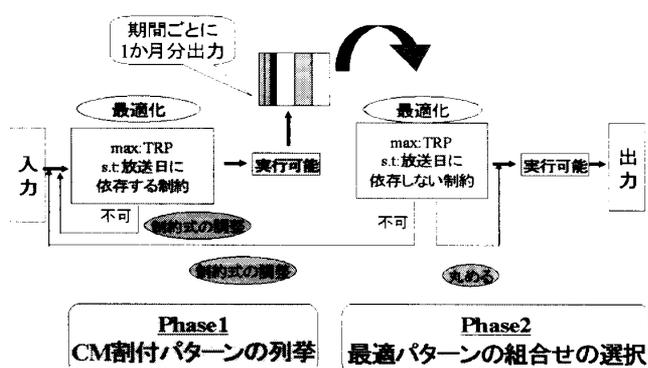


図 5 CM 割付問題解法のフレームワーク

表 1 制約条件の分類

条件	制約	放送日に依存
1-1	番組の予算制約	×
1-2	番組の CM 枠制約	○
2-1	ブランドの予算制約	×
2-2	CM 素材の予算制約	×
2-3	ブランドと番組の組合せ制約	○
2-4	ブランドと時間帯の組合せ制約	○
2-5	CM 素材のキャンペーン期間制約	○

とおく。

この問題が実行可能で、得られた最適解が整数解ならば終了する。

実行可能で、得られた解が整数解でない場合、解を丸めて近似解として出力し、終了する。

問題が実行可能でない場合、Step 2へ。

Step 2. 現在のCM割付パターンの集合では、予算制約を満たすことができない。予算を超えるCM素材の一つを求め、その出稿回数に制限を加える制約条件を作成する。Phase 1へ戻り、新たに加えた制約条件を満足するCM割付パターンを生成する。

6. 構築したソフトウェアの概要

ビデオリサーチでは、節5で提案した解法をエンジンとして持つ、CM割付を効率的に行うソフトウェアを構築した。対象とするプラットフォームは、実務上の要請から、Microsoft Windowsである。また、入力として必要なテレビ視聴率データをデータベース化しており、解法エンジンとインターフェースを通じて連携している。さらに、意思決定者である広告主や広告会社がテレビ番組情報やCM素材、予算などの個別情報を入力するユーザインターフェースを構築し、その画面上で、最適化の結果を確認、再計算ができるように工夫している。このソフトウェアを利用することによって、より効率的なCM割付作業の実施が可能である。

CM割付ソフトウェアの利用概要は、図6のように、[提供番組設定]、[CM素材設定]、[制約条件設定]という3種類の入力から解法エンジンによるCM割付問題の最適化を行い、画面上に[CM割付結果]を表示

する。意思決定者は必要に応じて、CM素材を入れ替えるなどの再指定を行って再計算を実行することが可能である。最終的なCM割付結果は、広告主企業の社内管理用や広告会社とテレビ局への指示書として帳

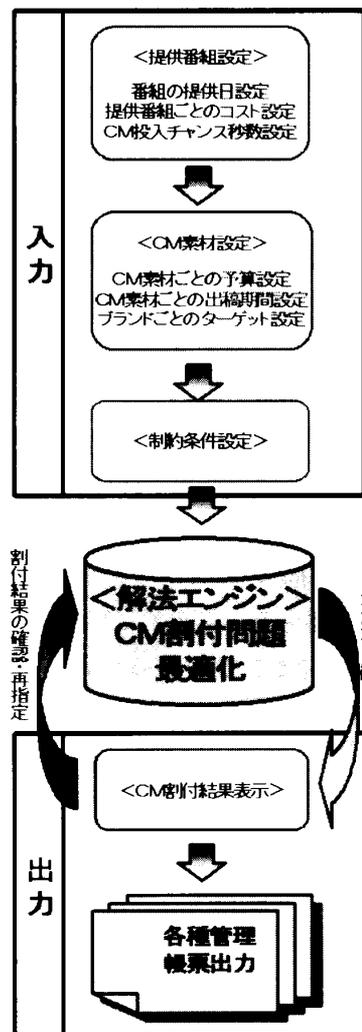


図6 CM割付ソフトウェアの利用イメージ

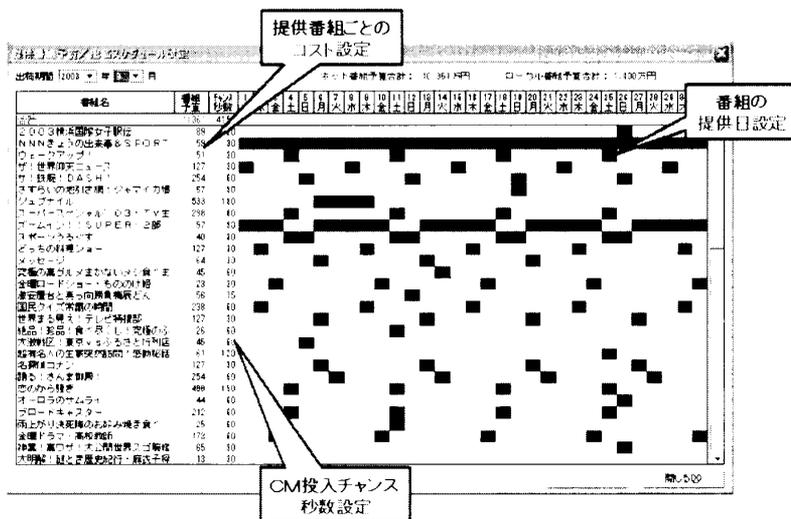


図7 提供番組設定画面例

ように工夫されており、より効率的にCM割付作業を実行可能となっている。

最後に、今後の課題について述べておく。第一に、本論文では、列挙法を基礎としたCM割付問題に対する解法を提案した。その一方で、CM割付問題の問題構造を解析することで、CM割付問題をネットワーク上の最適化問題としてモデル化することも可能である[1]。このモデル化にしたがった解法を構築することで、さらなる効率化と高速化が可能であると思われる。第二に、まだ実装していない広告主企業独自のCM割付に対するルールが存在する。それら未実装の割付ルールを0-1整数計画問題として定式化する必要がある。特に、現時点の解法による解は、CM素材が特定の番組や時間帯に偏る傾向があり、解をばらつかせる制約を導入することが必要であると思われる。第三に、目的関数としてTRPの最大化に加え、ターゲット・リーチ（CMに1回でも接触する視聴者の割合）を同時に最大化することが実務において要請されている。ただし、リーチの計算も一次関数で表現できるため、本研究と同様の定式化が可能だと考えられる。最後に、本研究は提供番組の放送時間枠の中で放送される番組CMのみを対象としていたが、スポットCM（テレビ局が定めたCM時間枠に放送されるCM）への拡張が課題である。広告主企業にとって、両者は取引形態が異なるだけで広告としての効果は同

一である。全体的な広告管理を目標とすると、この両方を同時に最適化させることは有益である。

参考文献

- [1] 猪飼美羽:「テレビ番組のCM割付問題に対する解法」, 東京工業大学修士論文, 2004.
- [2] S. Bollapragada, M. R. Bussieck, and S. Mallik: "Scheduling Commercial Videotapes in Broadcast Television", *Operations Research*, Vol. 52, No. 5, pp. 679-689, 2004.
- [3] S. Bollapragada, H. Cheng, M. Phillips, M. Garbiras, M. Scholes, T. Gibbs, and M. Humphreville: "NBC's Optimization Systems Increase Revenues and Productivity", *Interfaces*, Vol. 32, No. 1, January-February, pp. 47-60, 2002.
- [4] R. S. Headen, J. E. Klompmaker, and R. T. Rust: "The Duplication of Viewing Law and Television Media Scheduling Evaluation", *Journal of Marketing Research*, Vol. 16 (August), pp. 333-340, 1979.
- [5] J. H. Horen: "Scheduling of Network Television Programs", *Management Science*, Vol. 26, No. 4, pp. 354-370, 1980.
- [6] S. K. Reddy, J. E. Aronson, and A. Stam: "SPOT: Scheduling Programs Optimally for Television", *Management Science*, Vol. 44, No. 1, January, pp. 83-102, 1998.