

# テレビ番組への CM 割付問題に対する解法の研究

若林 貴紀 (沼田 一道 教授 松浦 隆文 助教)

## 1. 研究背景

### 1.1. はじめに

近年、日本経済は不況の最中にあり、多くの企業は経費の削減に努力している。経費の中で、広告宣伝費は削減の対象として上位に挙がる。一方、企業は利益（売上げ）を増やすため、自社商品やサービスをより多くの消費者に認知させる（広告効果を得る）必要がある。その手段の一つとして、テレビコマーシャル（以下、CM）がある。多くの消費者に自社商品やサービスを効率よく宣伝する CM は、広告戦略の一つとして非常に重要である。ここで、広告を出稿する企業（以下広告主）の商品群を考えたとき、商品によって購買確率の高い消費者層は異なる。また、テレビ番組の視聴率も消費者層によって異なる。つまり、テレビ番組に CM を無作為に出稿しても効率的に広告効果を得ることが出来ない。広告効果をより大きくするために、どのテレビ番組に、どの商品の CM を割付けるかは、広告主にとって非常に重要である。

### 1.2. 問題概要

広告主は複数の商品とその CM 素材を有している。テレビ局は複数のテレビ番組と番組内の CM 素材を流す時間枠（以下、CM 枠）を有している。広告効果を最大とするように、番組の CM 枠に商品の CM 素材を割付ける問題を、「テレビ番組への CM 割付問題」と言う。

出稿する CM の数が少ない場合、CM 割付は手作業で行うことが多いが、多数の CM を抱える広告主はその割付け業務をプログラム化している。プログラムの核となる割付アルゴリズムは公表されていないが、ヒューリスティックな解法が使われている[1]。

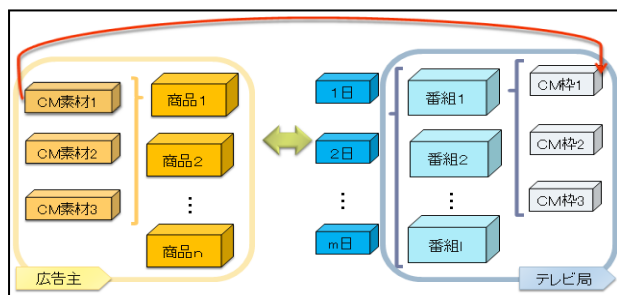


図1:全体のイメージ図

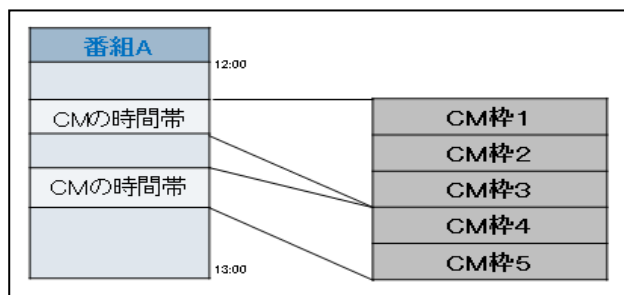


図2: CM 枠の構成例

### 1.3. 研究目的

文献[1]では広告効果の最大化を最優先して CM 素材を割付けた後、制約式を満たすように一度割付けた CM 素材の入れ替えを行って調整している。しかし、制約を満たす解が存在するかどうかの判定が十分でなく、(良い) 解が求まらない可能性がある。本研究では、より厳密な判定を行い効率的に良い解を求める発見的解法を提案する。

## 2. 問題と前提条件

### 2.1. 広告効果

テレビ番組に対する評価基準の一つとして視聴率がある。同じように、CM にも GRP (Gross Rating Point) と呼ばれる定量的な広告効果評価指標がある。GRP は、広告主が商品毎に、各消費者層 (以下、ターゲット) に対して事前に定めている重みと、各番組のターゲット毎の視聴率との積和で与えられる。

## 2.2. 問題設定

本研究では広告主は一家とする。広告主が出稿する全ての広告効果の合計である総 GRP が最大となるように、自社商品の CM 素材を提供番組の CM 枠に割付ける問題を考える。また一つの番組に対し、出来るだけ多種類の CM 素材を割付けるようにする。

広告主は、提供番組に CM を放送するための対価をテレビ局に支払い、支払った金額に応じてテレビ局から番組毎に割付けることが出来る複数の CM 枠を確保する。ただし、広告主は確保した CM 枠を全て使用しなければならない。また、日を跨ぐ番組はないものとする。

広告主は、各商品、各 CM 素材に使用できる予算を定めている。各商品の予算合計、各 CM 素材の予算合計は、広告主が提供する各番組に支払った金額の合計に等しい。ある番組の CM 枠に、ある CM 素材を割付ける時にかかる金額は、当該番組の対価を CM 枠数で割った額である。

## 3. 定式化

提案する解法の定式化に使う記号を、以下に定義する。

### 【定数】

$G = \{1, 2, \dots, m\}$  : 商品の集合

$I_g = \{1, 2, \dots, n\}$  : 商品  $g$  の CM 素材の集合 ( $g \in G$ )

$D = \{1, 2, \dots, o\}$  : 放送日の集合

$B_d = \{1, 2, \dots, p\}$  :  $d$  日の番組の集合 ( $d \in D$ )

$J_{bd} = \{1, 2, \dots, q\}$  :  $d$  日の番組  $b$  の CM 枠の集合 ( $b \in B_d$ )

$T = \{1, 2, \dots, r\}$  : ターゲットの集合

$L_{db}$  :  $d$  日の番組  $b$  の対価 (CM 枠購入金額)

$\widehat{C}_g$  : 商品  $g$  の広告宣伝費の予算

$C_{gi}$  : 商品  $g$  の CM 素材  $i$  の広告宣伝費予算 ( $i \in I_g$ )

$M_{db}$  :  $d$  日の番組  $b$  の CM 枠に CM 素材を流すのにかかる金額

$U_{db}$  :  $d$  日の番組  $b$  の CM 枠に同一商品の CM 素材を割付ける上限可能個数

$GRP_{gidbj}$  : 商品  $g$  の CM 素材  $i$  を  $d$  日の番組  $b$  の CM 枠  $j$  に割付けた時の GRP ( $j \in J_{bd}$ )

$GRP_{gdb}$  : 商品  $g$  の CM 素材を  $d$  日の番組  $b$  の CM 枠に割付けた時の GRP ( $GRP_{gidbj} = GRP_{gdb}$ )

### 【決定変数】

$x_{gidbj} = \begin{cases} 1 & \text{商品 } g \text{ の CM 素材 } i \text{ を } d \text{ 日の番組 } b \text{ の CM 枠 } j \text{ に割付ける} \\ 0 & \text{商品 } g \text{ の CM 素材 } i \text{ を } d \text{ 日の番組 } b \text{ の CM 枠 } j \text{ に割付けない} \end{cases}$

$y_{gdb}$  : 商品  $g$  の CM 素材を  $d$  日の番組  $b$  の CM 枠に割付ける個数

CM 割付問題は上記の記号に用いて、次のように定式化される。

$$\text{maximize} \quad \text{総 GRP} = \sum_{g=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{d=1}^o \sum_{b=1}^p \sum_{j=1}^q GRP_{gidbj} x_{gidbj} = \sum_{g=1}^m \sum_{d=1}^o \sum_{b=1}^p GRP_{gdb} y_{gdb} \quad (1)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{g=1}^m y_{gdb} = q \quad (\forall b \in B_d, \forall d \in D) \quad (2)$$

$$\sum_{d=1}^o \sum_{b=1}^p y_{gdb} = 0 \quad (\exists g \in G) \quad (3)$$

$$\sum_{g=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^q M_{db} x_{gidbj} = L_{db} \quad (\forall b \in B_d, \forall d \in D) \quad (4)$$

$$\sum_{d=1}^o \sum_{b=1}^p y_{gdb} \leq U_{db} \quad (\forall g \in G) \quad (5)$$

$$\sum_{d=1}^o \sum_{b=1}^p M_{db} y_{gdb} \geq (1-0.075) \widehat{C}_g \quad (\forall g \in G) \quad (6)$$

$$\sum_{d=1}^o \sum_{b=1}^p M_{db} y_{gdb} \leq (1+0.075) \widehat{C}_g \quad (\forall g \in G) \quad (6')$$

$$\sum_{d=1}^o \sum_{b=1}^p \sum_{j=1}^q M_{db} x_{gidbj} \geq (1-0.075) C_{gi} \quad (\forall i \in I_g, \forall g \in G) \quad (7)$$

$$\sum_{d=1}^o \sum_{b=1}^p \sum_{j=1}^q M_{db} x_{gidbj} \leq (1+0.075) C_{gi} \quad (\forall i \in I_g, \forall g \in G) \quad (7')$$

(1)式は広告主が有している各商品の GRP の合計を最大化する目的関数である。(2)式は1つの番組に

各商品の CM 素材を割付ける合計個数は決まっていることを示す（確保した CM 枠を全て使用する）。（3）式は禁止されている番組と商品の組合せでは、CM 割付を行えないことを示す。（4）式は広告主が各番組に支払った対価とその番組に各 CM 素材の広告宣伝費を充てる金額合計は等しいことを示す。（5）式は各番組に同一商品の CM 素材を各番組の上限個数よりも割付けてはいけないことを示す。（6）（6'）（7）（7'）式は広告主が各商品、各 CM 素材に定めている予算を全て使用することを示す。（ただし、±7.5%は許容範囲とする。）また、定数は既知とする。

#### 4. 解法

##### 4.1. 既存解法

既存解法はテレビ番組への CM 割付問題が 0-1 整数計画問題に定式化出来ることを利用している。また、制約式が複雑であることから、二段階の最適化を基礎としている。ここでポイントになるのが、制約式を放送日に依存するか否かで二つに分類することである。

まず一段階目では、放送日に依存する制約式を用いて、放送日毎に GRP が高い順にどの CM 枠にどの CM 素材を割付けるかを示した割付けパターンを複数出力させる。次に二段階目では、一段階目で出力された結果の中で放送日に依存しない制約式を満たし、かつ総 GRP が最も高くなるパターンの組合せを見つける。もし満たす解が見つからなければ、予算を超えている CM 素材の出稿回数に制限を加える制約条件を放送日に依存する制約式の集合に加え、再度一段階目に戻り解きなおす。

##### 4.2. 提案解法の概要

広告主が定めている各ターゲットの重みは商品によって決まり、CM 素材には依存しない。同様に、各ターゲットの視聴率は番組によって決まり、CM 枠には依存しない。つまり、GRP の値はどの CM 枠にどの CM 素材を割付けるかには左右されず、どのテレビ番組の CM 枠にどの商品の CM 素材を割付けるかで決まる。この点に着目し、制約式を CM 素材に関係するか否かで分類する。提案する解法はこの分類に基づく二段階法である。

まず phase1 では、CM 素材に関係しない制約式を用いて、どのテレビ番組にどの商品の CM 素材を何個ずつ割付けるのが最適化なのかを計算する。phase1 の最適化により、総 GRP の最大値が求まる。次に phase2 では、phase1 の出力結果を基に CM 素材に関係する制約式を用いて、どの CM 枠にどの CM 素材を割付けるかを示す割付けパターンを求める。

##### 4.3. 提案解法の求解手順

- ① テキストファイルに用意した定数データを読み取り、汎用の混合整数計画問題ソルバー Gurobi[4] を用いて求解する。その際のモデルファイルは手で作成し、データは乱数で作成している。
- ② テキストファイルに用意された定数のデータ、①の出力結果を Delphi6[2]で作成したプログラムで読み取り、各テレビ番組に各 CM 素材を何個ずつ割付けるかを求解する。
- ③ 各テレビ番組の CM 枠全てに商品毎の CM 素材を、②の出力結果を基に順番に一個ずつ割付ける。
- ④ 制約式(7)を満たさない CM 素材  $k$  を抽出する。制約式(7)(7)を満たし、かつ同一商品の CM 素材  $h$  があるならば、CM 素材  $h$  と CM 素材  $k$  の入れ替えを、CM 素材  $k$  が制約(7)を満たすまで行う。上記の条件を満たす同一商品の CM 素材がなければ実行不能となる。全ての CM 素材が制約式(7)(7)

表 1：制約式の種類（放送日に依存する）

式番号	制約	放送日に依存する
2	CM枠を全て使用する制約	○
3	商品と番組の組合せ制約	○
4	各番組に充てる金額制約	×
5	上限個数制約	○
6	商品の予算制約（下限）	×
6'	商品の予算制約（上限）	×
7	CM素材の予算制約（下限）	×
7'	CM素材の予算制約（上限）	×

放送日に依存する場合：○，しない場合：×

表 2：制約式の種類（CM 素材に関係する）

式番号	制約	CM素材に関係する
2	CM枠を全て使用する制約	○
3	商品と番組の組合せ制約	×
4	各番組に充てる金額制約	○
5	上限個数制約	×
6	商品の予算制約（下限）	×
6'	商品の予算制約（上限）	×
7	CM素材の予算制約（下限）	○
7'	CM素材の予算制約（上限）	○

CM 素材に関係する場合：○，しない場合：×

を満たせば終了となる。

## 5. 実験結果と考察

表 3 : 各日程の GRP と総 GRP の結果(単位:  $10^2$ GRP)

日程\解法	既存解法	提案解法
1	301.14	301.33
2	256.56	256.92
3	301.25	301.12
4	301.18	300.90
5	298.30	307.68
合計	1458.42	1467.95

今回実験で扱ったデータは、商品が 7 個、商品毎の CM 素材が 3 個、日程は 5 日間、各日程の番組数は 30 個、番組毎の CM 枠数は 30 個である。実験の結果、既存解法は制約式(6)(6')(7)(7)を満たしていないが、提案解法は全ての制約式を満たす割付けになっている。既存解法は、費用が予算+7.5%を超過する CM 素材に対して、上記の条件を満たせば入れ替えをしている。しかし、費用が予算-7.5%を下回る CM 素材に対して何も処理していない。予算超過の CM 素材の入れ替えを行うことで、全ての CM 素材が制約式(7)(7)を満たす仮説であったが、その仮説は間違いであると解かる。表 3 から、目的関数である総 GRP は提案解法の方が大きい値を得ることが出来ている。また、表 4、表 5 を比較してみると、一つの番組に対して多種類の CM 素材を採用しているのは提案解法である。既存解法は、1 日目の CM 枠から順番に GRP が高くなる CM 素材を割付けているため、5 日目の CM 枠への割付けは制約式(7)(7)を優先して CM 素材の割付けを行っている。そのため、両解法の 5 日目の GRP の差が大きくなり、また既存解法は連続して同じ CM 素材を割付けられていると考えられる。

表 4 : 既存解法の CM 素材の割付

番組番号	CM 枠番号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
2	21	21	21	21	21	1	1	1	1	1
3	11	11	10	11	10	14	14	14	14	14
4	11	10	11	10	11	10	10	11	11	11
5	4	4	4	4	4	11	12	11	12	11
6	10	10	10	10	10	10	10	10	3	3
7	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	2	2	2	2	2	2	2	2	19	19
10	10	10	10	10	10	10	10	10	14	14

表 5 : 提案解法の CM 素材の割付

番組番号	CM 枠番号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	11	12	13	14	15	19	20	21	10
2	1	2	3	7	9	10	11	12	13	14
3	1	2	3	4	5	7	9	10	11	12
4	1	2	3	7	8	9	10	11	12	1
5	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
6	1	2	3	10	11	12	13	14	15	16
7	10	11	12	13	14	15	19	20	21	10
8	4	5	6	10	11	12	13	14	15	4
9	1	2	3	13	14	15	16	17	18	19
10	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

割付結果は情報量が多いため、部分的な結果を記載する。(1日-10番組-10CM 枠)

## 6. まとめと今後の課題

本研究ではテレビ番組への CM 割付問題を、各テレビ番組に各商品 (の CM 素材) を割付ける個数を求めた後、各番組の CM 枠に (その商品の) CM 素材を割付ける解法を提案した。文献[1]で紹介される既存解法との比較を行った結果、phase1 では番組毎に各商品の CM 素材を割付ける個数を求めることで、既存解法よりも大きい総 GRP の値を求めることができた。また phase2 では、各 CM 素材を順番に一個ずつ CM 枠に割付けることで、各番組に対して割付ける CM 素材の多様性を確保することができた。提案した解法は CM 割付問題の解法として既存解法を上回る可能性があると考えられる。

しかし、現実問題では前後に放送される CM の種類によって得られる広告効果は異なる。本研究では前後に放送される CM の組合せによる広告効果を考慮していない。現実的な問題にも適応できるようにするために、モデルの改良を行うことは今後の課題である。

## 7. 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」平成 15 年度東京工業大学大学院 情報理工研究科 数理・計算科学専攻 修士論文, (2003)
- [2] 掌田 津耶乃 : 「Delphi パーソナルプログラミング」, 毎日コミュニケーションズ, (2002)
- [3] 加藤 直樹 : 「数理計画法」, コロナ社, (2007)
- [4] 「Gurobi Optimization resources」, <http://www.gurobi.com/doc/40/quickstart/node3.html>, 最終閲覧日(2010/01/05)