

## 車載情報通信のメディア適応化について — 制約充足問題を用いた適応化手法の検討 —

笹木 美樹男<sup>†</sup> 難波 秀彰<sup>†</sup> 粉川 貴至<sup>‡</sup> 小川 均<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 株式会社デンソー 基礎研究所 〒470-0111 愛知県日進市米野木町南山 500-1

<sup>‡</sup> 立命館大学情報理工学部 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

E-mail: † { msasaki@rlab.denso.co.jp, HIDEAKI\_NANBA@denso.co.jp }

‡ { kona@airlab.cs.ritsumei.ac.jp, ogawa@is.ritsumei.ac.jp }

あらまし 本稿では車載情報通信のメディア適応化について論じた後、コンテンツ配信スケジュールの適応化を応用例に取り上げ、制約充足問題を用いて定式化する。次に要求ベクトルという概念を独自に定義し、配信ジャンルの適応化手法を提案する。最後に、実験による配信スケジュールの適応化例を示す。

キーワード 車載情報通信、メディア適応化、制約充足問題、要求ベクトル

## Media Adaptation in In-Vehicle Information Communication

### — Investigation on Adaptation Method using Constraint Satisfaction Problem —

Mikio SASAKI<sup>†</sup> Hideaki NANBA<sup>†</sup> Takashi KOKAWA<sup>‡</sup> and Hitoshi OGAWA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Research Laboratories, DENSO CORPORATION 500-1 Minamiyama, Komenoki-cho, Nisshin-shi, Aichi, 470-0111 Japan

<sup>‡</sup> Faculty of Information Science, Ritsumeikan University, 1-1-1 Noji Higashi, Kusatsu-shi, Shiga, 525-8577 Japan

E-mail: † { msasaki@rlab.denso.co.jp, HIDEAKI\_NANBA@denso.co.jp }

‡ { kona@airlab.cs.ritsumei.ac.jp, ogawa@is.ritsumei.ac.jp }

**Abstract** Firstly we discuss media adaptation in In-Vehicle information communication. On the basis of that, we take content delivery schedule adaptation as an application example and formalize it. Secondly we originally define the notion of demand vector and propose an adaptation method for genre of content to be delivered. Finally we will show some results of adapted delivery schedules generated by our experimental system.

**Keyword** In-Vehicle Information Communication, Media Adaptation, Constraint Satisfaction Problem, Demand Vector

### 1. はじめに

近年の車載環境においては、カーナビを含む複数の情報端末を持ち、放送受信のみならず外部との双方向通信も行うということが一般的になりつつある。しかし、現状の無線通信インフラと機器の処理能力に加えて人間側の情報処理能力を鑑みると、移動する車室内でほしい情報をほしいタイミングでしかもドライバーや同乗者を煩わせずに獲得して最適手段で提示するには、さまざまな適応化が要求される。また、一端上で扱える機能が人間の処理限界を超えて急増していることも適応化への要求に拍車をかけている。本稿では、車載情報通信システムにおける適応化について考察し、これらへの技術的解決手段のひとつとしてコンテンツ配信スケジュールの適応化手法を提案する。

### 2. 車載情報通信における適応化とは何か

車載情報通信システムのようにモバイルを主体とする環境では端末の性能は場所、移動速度、時間帯、

周囲の建造物、要求コスト、通信路ビットレートなどに強く影響を受け、さらにそれらはコンテンツの配送形式、メディアの変換、そして通信インフラ(無線 LAN、携帯電話、PHS、ADSL 他)の選択や制御に影響を与える。同時に、コンテンツの意味やメディアタイプがユーザの嗜好や使い勝手を通じて通信制御に影響を与える場合も多い。中でも、移動速度と通信路ビットレートおよび利用コストは支配的であり、これらを自動的に考慮して適応化できるシステムが望まれている[1-3]。これらをさらに具体的に考えるために次のユースケースシナリオを考えてみよう。

#### 2.1. ユースケースシナリオ

(1) シナリオ 1 : 高速道路を運転する場合

まず、高速道路を運転するユーザの場合を例に取り、適応化のうれしさを考察する。

「運転中に野球の結果を知りたいとしても、ディスプレイ凝視は危険だ。静止画表示は可能だが音声のみのハイライト情報が望ましい。こんな時は低コストの狭帯域無線通信で十分であろう。信号やスタンドで一瞬

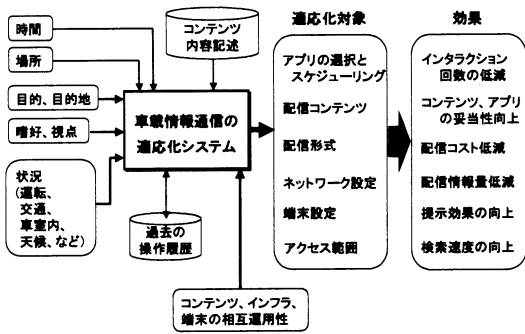


図1 車載情報通信における適応化の考え方

停車しているとき、エージェントが高品質映像をDSRCでダウンロードしておけば、休憩時に要約映像やビデオメールが見られるし、最新の音楽や周辺地図も得られる。ルートが決まっているならコーヒーを飲んでいる間に、エージェントが交通シーンをダウンロードし、状況（事故、天候、渋滞など）をチェックできる。地域情報やユーザ嗜好を用いれば、映像付きのショッピング・レストラン情報もすぐに見られる。」

(2) シナリオ2：一般道路を運転する場合

次に一般道で交差点に差し掛かる前の適応化について考察する。ここでは、特に交差点でどちらに曲がってどこに向かうかに応じてコンテンツの配信計画が変わってくるという事例を下記に述べる。

「Aさんは会社から自宅に向かうルート上にある交差点Cにさしかかろうとしている。おりしも女子バレーボールのオリンピック予選が開催されており、今、TVで実況中継が放送されている。Aさんはバレーボールの大ファンであるが、運転中のためそれを見ることができない。いつもならまっすぐ自宅に帰るので交差点を直進し、交差点から5分のところにある自宅でTVを見ればよい。ところが今日は途中で妻から頼まれた買い物しなければならぬので右折してショッピングセンターに寄る。その場合はダウンロードを開始し、ショッピングセンターの駐車場で見ればよい。あるときは、C交差点を左折して帰りに高速を通過してスポーツクラブに通うときもある。そのときは高速を通過の時間を使って携帯電話でハイライト映像音声ダウンロードし、スポーツクラブの駐車場で見るか、途中で音声だけを再生してもよい。もちろん、バレーボールにまったく関心のない人には中継放送の配信スケジューリングは必要ないが、何か興味のあるコンテンツを早急に見たい場合はそれに合わせた同様の適応化が必要になるだろう。」

2.2. システムを構成する環境要素

上記の2つのシナリオから考えられる技術的構成要素は、次の5つに大別される。

(1) 通信環境

使用できるシステム、使用できる通信路、通信トラフィック、電力、タイムゾーン、地域条件、中継局、配信時刻などが含まれる。

(2) メディア環境

デバイス、メディア処理手法（符号化、検索、フ

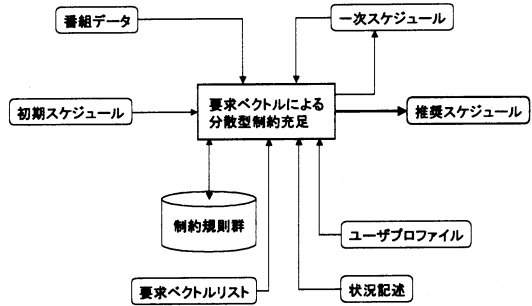


図2 コンテンツ配信スケジュール生成の考え方

ィルタリング、記述、多重化、認識、合成、表示、探索)、コンテンツ、データベース、サイト、サイズ、信号様式、ジャンル、人気度、アクセス性が含まれる。

(3) ユーザ環境

時間、場所、速度、周囲（人間、交通、天気、ビル、山々、車両、他）、状況、情報、要求、計画、行動、嗜好などが含まれる。

(4) 端末環境

端末能力、表示能力、ヒューマンインタフェースが含まれる。

(5) 適応制御におけるシステム挙動

通信、ユーザ、端末およびメディアの環境に関する現在のデータセット（過去の値や予測値を含む）に従って、システム制御部は次の時刻のパラメータを計算し、それらを通信処理部やメディア処理部に送る。次に、通信処理部はシステム状態を記述するメタデータを用いて次の時刻のタスクを達成し、関連する要求データを通信環境に送出する。

2.3. 適応化の効果

また、上記シナリオから推定される適応化の効果は次のような多面的尺度で評価されるであろう。

- E1) ユーザとのインタラクション回数の低減
- E2) 検索したコンテンツ、選択したアプリ、制御内容などに関する妥当性の向上
- E3) 情報配信コストの低減
- E4) 配信する情報量の削減
- E5) 情報提示効果の向上
- E6) 検索スピードの向上

2.4. 適応化対象

システム実現の観点から、適応化の対象は次のようなものであると考えられる。

- T1) アプリの選択、実行スケジューリング
- T2) 配信コンテンツの内容（ジャンル、嗜好性、クエリに対する妥当性など）
- T3) コンテンツの配信形式（メディアのモダリティ、符号化形式など）
- T4) ネットワークの設定（インフラ、データレート、暗号化、誤り訂正の選択など）
- T5) 端末の設定（表示能力、メモリ割り当てなど）

## 2.5. システム化における考慮事項

上記の適応化機能を車載情報システムとして実現する際に考慮すべき事項を列挙する。

- S1) ホーム、オフィス、インターネット、放送との相互運用性
- S2) PC、携帯電話、PDA および関連コンテンツとの相互運用性
- S3) 時間や場所への適応化
- S4) 使用リソースへの適応化
- S5) 個人特性、嗜好性への対応

## 2.6. 適応化動作の入出力

適応化動作に必要な入力には下記の情報群がある。

- 11) 時間依存性と時間情報（ニュース、イベント、スキー、マリンスポーツ等の情報検索）
- 12) 場所依存性と場所情報（地域情報、地図、銀行・郵便局・駅などへの案内）
- 13) 嗜好依存性と嗜好情報（レストラン、ショッピング、映画、スポーツ関連情報、放送チャンネルの選択）
- 14) 状況依存性と状況情報（料金所情報、緊急情報、天候情報、音楽情報、通信制御など）
- 15) ある属性の重み付け情報（視点情報）

一方、適応化動作の出力は上述の適応化対象 T1)~T5) を制御するための制御データとなる。

## 2.7. 適応化を実現する手段

以上、システム構成要素、適応化効果、適応化対象、入出力、をまとめると図1のような構成になる。このように規定される適応化システムを実現するにはいくつかの方法があるが、実際に自動車で行く際にはすべてを完全に満たす最適解を実時間で得ることは困難である。また、ユーザの嗜好や状況に応じて動的かつ静的に評価基準も変わっていく。そこで我々は、適度に制約を満足する方法として制約充足問題（constraint satisfaction problem: CSP）に着目した。小川らは達成度の概念を導入した重み付き制約充足問題（CSP）を用いて学生の嗜好を考慮した受講科目選択システムを定式化し、マルチエージェント方式で実現した<sup>[4]</sup>。最近ではさらにこれを、ネットワーク環境を考慮した経路探索システムに応用している<sup>[5]</sup>。ここでは料金と移動時間を制約条件として最適な移動経路を選択するという実験が報告されている。本稿ではこれらの考え方を踏まえ、コンテンツジャンルの選択と配信スケジュールを適応化するという課題を例に取り、その解決手法を次章以降で提案する。

## 3. コンテンツ配信問題の定式化

### 3.1. 制約充足問題（CSP）

CSP は、その問題空間に対する事象を、変数、変数の取りうる範囲および制約の組で表現し、それらの制約を満足する値を解として獲得することを目的とする。CSP は一般的に以下のように定義される。

given :

- (1) 与えられた問題空間  $P : P=(V,D,C)$
- (2)  $n$  個の変数の集合  $V : \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$
- (3) 可能な値の集合  $D :$  各変数  $v_i \in D_i$

- (4) これらの変数の値が満足すべき制約条件を  $C : \{C_i (\dots v_i \dots)\}$

find :

与えられたすべての制約条件を満足するすべての変数の組み合わせ

### 3.2. コンテンツ配信問題へのマッピング

コンテンツ配信問題は上記の CSP をさらに部分問題に分割して、次のように表現することができる。

given:

- (1) 与えられた問題空間  $DVP : DVP = (P_i, P_i, P_{opt})$
- (2) 各時間帯（コマ） $T_i$  でのジャンル順位を求める問題  $P_i : P_i = (G_i, D_i, C_i) \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$
- (3) 各コマで配信するコンテンツジャンルの集合  $G_i : \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$
- (4) 各コマで受信可能なコンテンツジャンルの集合  $D_i : d_{im}$  をジャンル集合  $D_i$  中の  $m$  番目のジャンルとすると、 $d_{im} \in D_i$
- (5) 各コマもしくはジャンルに対する制約条件  $C_i : \{C_{ik} (\dots v_j \dots)\}$
- (6) 配信スケジュールを求める問題  $P_i : P_i = (G_i, D_i, C_i)$
- (7) センターが配信するジャンルの集合  $G_i : \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$
- (8) ユーザが受信するジャンルの集合  $D_i :$  各変数  $d_{im} \in D_i$
- (9) 全体に関する制約条件  $C_i : \{C_{ik} (\dots v_j \dots)\}$
- (10)  $P_i, P_i$  それぞれの評価構造  $S : S = (E, \Sigma, Q)$
- (11)  $P_i, P_i$  それぞれにおいて、制約とコンテンツに評価値を与える評価関数  $\phi_i : C \rightarrow E$
- (12) 価値の集合  $E : E_{max} \in E, E_{min} \in E$  ( $E_{max}$  は  $E$  の最大値、 $E_{min}$  は  $E$  の最小値)
- (13)  $E$  における全順序  $Q$
- (14) 値を総計する  $\Sigma$
- (15) 複数の制約を考慮して配信スケジュールを最適化する問題  $P_{opt} : P_{opt} = (V_i, D_i, C_i, S_i, \phi_i)$   
 $P_{opt}$  は  $P_i$  と同じ評価構造  $S$  を持ち、評価関数  $\phi_i$  が定義される

find :

与えられたすべての制約条件をできるだけ満足するすべての変数  $V_{opt}$  の組み合わせ

ここで、求める変数  $V$  の組み合わせを要求ベクトル  $V$  と定義する。すなわち、

$$V = (V_1, V_2, \dots, V_N) \quad (1)$$

要求ベクトル  $V$  の各成分は後述するように、各ジャンルに対応するユーザの要求度に相当する。

また、評価構造  $S$  は、価値  $E$  を演算  $\Sigma$  で獲得することによって得られた要求ベクトルを用いて、各基底ベクトルに対する射影値（要求度に相当する）で定義する。全順序  $Q$  はその射影値（内積値）が大きいほど評価が高いという順序関係であるとする。

## 4. 問題の具体化

### 4.1. 時間帯の表現

ユーザが1年間にコンテンツを視聴する時間帯を次のように表現する。時間帯の各コマ  $T_i$  の総数はユーザの視聴可能なコンテンツ数とする。各コマの識別子は(季節、曜日、1日の時間帯の識別子)で表現される。

季節：{春、夏、秋、冬}

曜日：{月曜、火曜、水曜、木曜、金曜、土曜、日曜}

1日の時間帯：{早朝、朝、午前中、昼、午後、夕方、夜、深夜}

したがって  $T_i$  の総数は、 $4 \times 7 \times 8 = 224$  となる。

### 4.2. コンテンツジャンルの表現

配信コンテンツのジャンルとして、以下のジャンル名を定義した。

映像系：{ニュース、お天気、交通状況、イベント、スポーツ}

音楽系：{クラシック、ジャズ、ロック、ポップス}

Web系：{目的地情報、レジャー、施設、レストラン、TV番組、地図}

これらを順に  $G_m$  ( $m=1, \dots, 15$ ) に対応付ける。即ち、 $G_1 = \text{”ニュース”}$ 、 $G_2 = \text{”お天気”}$ 、……、 $G_{15} = \text{”地図”}$  とする。

### 4.3. 制約の表現

#### 4.3.1. コンテンツジャンルに関する制約

##### (1) 選択範囲の制約

これはコンテンツ配信における配信側の制約であり、番組情報に相当する。

ある時間帯  $T_1$  において、

$D_1$ ：ユーザに配信可能なコンテンツの集合とすると、たとえば、時間帯  $T_1$  では

$D_1 = \{\text{ニュース、スポーツ、音楽}\}$

と書ける。この場合、ユーザの要求が“イベント”であったとしても受信できないことになる。

なお、番組情報は公的なスケジュールデータであるため、今回の実験においては簡単のため1週間単位で繰り返される構造とする。

##### (2) 受信できるコンテンツ数の制約

各時間帯中で受信できるコンテンツ数は1とする。

##### (3) 各ジャンルへの要求度に関する制約

平均的ユーザの持つ要求度の設定に関して、時間帯に依存したモデルや規則が存在すると仮定する。個人の嗜好特性については次節で扱う。

#### 4.3.2. コストの制約

各コンテンツのコストが配信側で設定されているとする。たとえば、音楽では1曲あたりの料金(例えば、1曲200円)がその設定値に相当する。次に、受信するユーザ側で、ある時間帯  $T_1$  において許容できるコスト範囲が定められているとする。その設定範囲は例えば次のようなものである。

- ・コマあたり1000円以内
- ・一日あたり3000円以内
- ・一週間あたり1万円以内
- ・一ヶ月あたり2万円以内

・一年あたり10万円以内

通信コストも同様に考えられるが、今回の実験では省略する。

### 4.3.3. ユーザの嗜好

#### (1) ジャンルの制約

ジャンルの制約は  $k$  番目のジャンル  $G_k$  に対する要求度  $v_k$  の重み付けで表現される。すなわち、

$$\text{diag}(w_1, w_2, \dots, w_k, \dots, w_N) \mathbf{v} = \mathbf{v}' \quad (2)$$

ただし、平均的ユーザに対する要求ベクトル  $\mathbf{v}$  を次式で表す。

$$\mathbf{v} = (v_1, \dots, v_k, \dots, v_N) \quad (3)$$

また、重み付けされた要求ベクトル  $\mathbf{v}'$  を次式で表す。

$$\mathbf{v}' = (v'_1, \dots, v'_k, \dots, v'_N) \quad (4)$$

#### (2) コンテンツ間の制約

たとえば、音楽については次のような種類の制約規則を考えることができる。

- M1) 一度聞いた曲はしばらく聞かない
- M2) 同じアーティストの曲をまとめて聞く
- M3) 同じジャンルの曲をまとめて聴く
- M4) 今最も気に入っている曲は繰り返し聞く
- M5) 気に入っている曲は毎日聞く

これらの各制約に対してユーザ毎の嗜好に基づく重み  $w_{Mi}$  ( $i=1, \dots, L$  ただし、 $L$  は制約の数) は動的に設定できる。その適用方法は規則間の論理関係を考慮すると単純ではない。本報告では重みの大きい規則を優先的に採用して要求ベクトルに反映させることにする。

#### 4.3.4. 状況

これにはユーザ側の制約と配信側の制約の両方が考えられる。

##### (1) 時間帯に関する付帯状況

時間帯はすでに述べたように1年ならば(季節、曜日、1日の時間帯)で分類表現できる。さらには何月かという情報も必要な場合もあるかもしれない。これらをどこまで記述するかは時間に関する制約規則に用いる時間の分解能と状況への反映され方による。時間帯に関してはユーザ側の制約と配信側の制約の両方が存在する。

##### (2) 運転状況

運転状況をユーザ側の制約と考えると、たとえば下記の語彙に相当する状況が考えられる。

運転状況：{加速、定常運転、減速、停止、停車、駐車}

一方、通信インフラという観点から考えると運転状況における走行速度や周囲事物、走行道路などからも影響を受けるため、これらの要因は配信側の制約と考えることができる。

### 4.4. 評価構造

上記の各制約  $C_i$  で独立に得られた要求ベクトル  $\mathbf{v}_i$  を累算する ( $\Sigma$ ) ことにより全体でほぼ最適化された要求ベクトル  $\mathbf{V}_{opt}$  を算出することができる。その際も評価構造  $S$  は変わらず、評価値の全順序関係もそのまま適用される。すなわち、評価値が大きいジャンルの方が各コマへの配信の優先度が高い。一方、価値の最大値や最小値は要求度の設定値や適用する制約規則の個数、およびベクトル累算結果に応じて変わってくる。しかし、それらは逐次正規化処理を行うことで解決す

ることができるし、実際にはあえて最大値と最小値を固定化する必要もない場合が多い。

本方式の評価構造を支える要求ベクトルは各次元がコンテンツジャンルに対する要求度に対応しているが、さらに一般的な要求ベクトル  $V_g$  を定義することができる。この場合は各次元が具体的なコンテンツジャンルへの要求度ではなく、より普遍的な要求属性を潜在変数として表現することになる。この場合、適応化の対象はアプリケーション行列  $A$  を用いて

$$V = A V_g \quad (5)$$

により自在に設定することができる。この普遍的な要求ベクトルについては今後の検討課題とし、本稿ではその可能性を示す程度にとどめる。

## 5. 配信スケジュールの適応化

本報告では、1週間分のコンテンツ配信スケジュールをめざすシステムの出力とする。図2に配信スケジュールの適応化に関する考え方を示した。以下、それらを詳細に説明する。

### 5.1. スケジュールの定義

本報告におけるスケジュールとは各時間帯  $T_i$  に対して  $N$  個のコンテンツジャンルの評価順位と評価値を生成できるデータであると定義する。そして  $N$  個のうちで評価値が最も高いコンテンツジャンルが実際に配信されるコンテンツのジャンルとなる。ただし、一次スケジュールは最終解ではなく、スケジュール全体の制約に基づく評価（次節）とそれに基づく調整を経て最終的な配信スケジュールとなる。なお、この評価値は上述の要求ベクトル  $v$  を用いて算出する。

### 5.2. 一次スケジュールの作成

上記の問題表現と制約のもとでユーザに推奨するコンテンツ配信スケジュールを作成する。入力をまとめると以下のようになる。

入力1：番組データ

入力2：初期スケジュール

入力3：制約規則群

入力4：制約規則に対応する要求ベクトルリスト

入力5：状況記述（時間帯  $T_1$  の記述を含む）

入力6：ユーザプロフィール

以上から各時間帯  $T_i$  について上位  $N$  個のジャンルを設定する。そのためには事前に上記入力に基づいて  $N$  個のジャンルの評価値が計算できていなければならない。この  $N$  個の評価値を前述の要求ベクトルを用いて計算する。即ち、各時間帯  $T_i$  において  $k$  番目のジャンル ( $k=1,2,\dots,N$ ) の各々に対する要求度を  $V_{ik}$  とし、

$$V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{iN}) \quad (6)$$

を各時間帯  $T_i$  における要求ベクトルであると定義する。この  $V_i$  は次のようなステップで生成される。

#### (Step-1) 初期スケジュールの読み込み

平均的ユーザの1週間分の配信スケジュールデータ  $V_{0i}$  が統計的に求められているならば、まず、それを初期スケジュールとして読み込む。すなわち、

$$V_i = V_{0i} \quad (i=1, \dots, M_{\text{week}}) \quad (7)$$

ただし、 $M_{\text{week}}$  は1週間に含まれる時間帯の数である。

#### (Step-2) 時間帯に関する制約規則を用いた修正

時間帯  $T_i$  の情報から時間帯の制約規則群を駆動

し、初期スケジュールを修正する。これを個々のルール  $R_j (j=1, \dots, J)$  に対する要求ベクトル  $v_i (R_j)$  を加算することで表現する。すなわち、

$$V_i = V_i + \sum_{j=1}^J v_i (R_j) \quad (8)$$

ここで、この時間帯に関する制約規則には番組データによる制約が必ず入るものとする。たとえば、時間帯  $T_i$  に存在する番組のジャンルについて要求度の重みが高くなるように設定する。

#### (Step-3) ユーザプロフィールに関する制約規則を用いた修正

ユーザプロフィール中に記述される属性値の条件から制約規則群を駆動し、要求ベクトルを修正する。これは(8)式と同じプロセスで行われる。

#### (Step-4) 状況制約に関する制約規則を用いた修正

ユーザプロフィール以外の状況記述データ（センシングや通信で獲得したデータ群）に記述される属性値の条件から制約規則群を駆動し、要求ベクトルを修正する。これは(8)式とまったく同じプロセスで行われる。

このようにして一連の制約規則群による変更を受けた  $V_i$  をもとに時間帯  $T_i$  で配信可能なジャンルの各々について評価値を計算し、上位  $N$  個を出力すれば良い。すなわち、出力は“各コマにおける  $N$  個のジャンルの評価順位と評価値”となる。

## 5.3. スケジュールの評価・修正

### 5.3.1. コンテンツの妥当性の評価

コンテンツの妥当性の評価は上記のコンテンツ間の制約に基づいて行う。たとえば、上位  $N$  個中で現在1位のジャンルがあったとしても、それにマクロな制約規則を適用した結果、2位以降のジャンルが最終的に配信スケジュールに選ばれることが起こりうる。

### 5.3.2. スケジュール全体に対する評価

#### (1) コンテンツ間の制約の評価

ユーザの少しマクロな移動スケジュールに応じて制約規則を駆動し、評価する。

#### (2) 状況制約に関する評価

ユーザの少しマクロな状況に対応して制約規則を駆動し、評価する。

#### (3) 配信可能性（番組）の制約

番組の制約は各時間帯  $T_i$  について一次スケジュール生成時に考慮されているが、特に緊急性を要しないジャンルについては、近傍の時間帯  $T_j (i \neq j)$  で要求ジャンルを満たすものが番組中に存在するならば、 $T_j$  で配信しても良いと考えられる。ただし、すでに  $T_j$  で No.1 にあがったジャンルについての要求度が非常に高い場合はその置き換えは却下される。

## 5.4. 要求ベクトルを用いた制約規則の駆動

以上の各制約では、個人の嗜好や状況に応じて

① 特定の制約規則を特に重要視する

② 特定のジャンルを特に重要視する

といった重みづけを導入することがより効果的である。この重みは、CSPの定義に基づくとすべての制約の集合  $C$  からすべての価値の集合  $E$  への対応付けを行う評

表1 番組データと初期スケジュール

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
月曜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火曜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水曜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
木曜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金曜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
土曜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
日曜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

価関数  $\phi_i: C \rightarrow E$  に反映されなければならない。ただし、従来の重み付け制約充足問題における“重み”の定義とは区別するため、本稿ではこの重みを“依存性”と呼ぶことにする。したがって、この依存性の初期値をベクトル表現した依存性ベクトル  $W$ 、すなわち、

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_N) \quad (9)$$

を設定することで上記①、②を達成することにする。さらに、状況に関する  $W$  は状況依存性ベクトル、個人嗜好に関する  $W$  は嗜好依存性ベクトルと呼ぶことで区別する。

この依存性を要求ベクトル  $v$  に対する演算処理として解釈すると、「ある制約  $C$  が条件節  $C_c$  で駆動され、その条件節が満たされるときにジャンルに対する依存性が考慮された要求ベクトル  $v'$  を1個獲得する、あるいは累算する」と考えることができる。この要求ベクトルは(2)式とまったく同様に、

$$\text{diag}(w_1, w_2, \dots, w_N) v = v' \quad (10)$$

で表現される。

## 6. 実験

以上により、本報告では制約充足問題で表現されたコンテンツ配信スケジュールの適応化問題を、制約規則に基づく重み付きベクトル加算処理（ベクトルスコアリング）を用いて解くことにする。

### 6.1. 実験条件

#### (1) 時間帯の設定

季節：夏に設定する

曜日：{月曜、火曜、水曜、木曜、金曜、土曜、日曜}

1日の時間帯：{早朝、朝、午前、昼、午後、夕方、夜、深夜}

#### (2) ジャンルの設定

ジャンルは以下の15種類で表現する。

{ニュース、天気、交通状況、イベント、スポーツ、クラシック、ジャズ、ロック、ポップス、目的地情報、レジャー、施設、レストラン、TV番組、地図}

#### (3) 番組データの設定

上記の時間帯およびジャンル設定をもとに構成した番組データを表1に示す。各欄の中で塗りつぶされた箇所には番組が存在する。空欄箇所には配信できるコンテンツが存在しないとする。

#### (4) 初期スケジュール

上記の時間帯およびジャンル設定をもとに構成した初期スケジュールを表1に示す。各欄の番号がジャンルの優先順位である。番組との対応を把握するために番組データをオーバーレイした。

#### (5) ユーザプロフィール

3名のユーザを想定して下記のユーザプロフィールを作成した。

<ユーザ1>

分類：会社員 A

現在時刻：7月12日（月）午前6時

目的地：空港

目的：海外出張

趣味：ドライブ、ニュース

<ユーザ2>

分類：学生 B

現在時刻：7月22日（木）午前11時30分

目的地：伊勢志摩保養所

目的：研究室の合宿

趣味：音楽、TV番組

<ユーザ3>

分類：教員 C

現在時刻：7月30日（金）午後6時20分

目的地：ショッピングセンター、自宅

目的：買い物、帰宅

趣味：スポーツ、音楽

これらのプロフィール中の属性値は後述の制約規則を駆動し、別途テーブル化して格納してあるスコアリングベクトル（各制約毎に設定した部分的な要求ベクトル）を駆動する。

#### (6) 運転状況

運転状況は{加速、定常運転、減速、停止、停車、駐車}の6クラスで記述する。これに基づき、次の制約規則を設定することが考えられる。

① 加速、減速時には緊急情報以外のコンテンツ変更（新規提示も含む）は行わない

② 停止時には停止場所（交差点、渋滞道路、横断歩道、など）に応じて提示方法を変更する。

③ 停車、駐車時には選択するジャンルに制約を設けない。

④ 定常運転時には音楽に関しては制約が無く、{ニュース、天気、交通}については音声のみ可能とする。

今回の時間帯に応じたジャンル選択に影響を及ぼす規則は③と④である。

#### (7) 制約規則



番組の有無も考慮する必要があるがここでは省略する。表4に対して式(14)の算出結果は次式のようになる。

$$S_1^{\wedge} = 30.4 \quad (15)$$

(Case-B) 初期スケジュールをそのまま用いる場合

この場合、多くのユーザの平均的特性しか考慮されていないので、その良否は母数や平均の取り方に依存する。ここでは簡単化のため、

$$S_1^{\wedge} = 50 \quad (16)$$

とする。

## 7. 考察

表5の各ユーザについての総合評価値は、(11)式に基づいてジャンル切り替えに起因する評価値の下落が存在するにもかかわらず、いずれも50点を上回っている。したがって上述の2つの場合((15)、(16)式)と比較すると、システムが算出した推奨スケジュールとしてはまずまずの快適度であると考えられる。一方で、現実問題としては、ジャンルレベルで強い要求が出るのはその時間帯になったときであり、本実験で生成したものはあくまでもユーザプロファイル以外には能動的なユーザ要求が示されていないような場合にシステムが提示する推奨スケジュールに過ぎないという限界がある。しかしながら、ラジオを聴くような受動的なコンテンツ視聴の場合には、個人の嗜好性に反しない程度に適度な快適性が得られる機構であればよい。すなわち、適度な快適性が統計的に保証されれば、運転中の手動操作によるディストラクションも低減できると考えられる。さらには推奨スケジュールを利用した通信特性の事前適応化も可能になるであろう。

## 8. おわりに

車載情報通信システムにおける適応化とは何かについて定式化した。そして、その一応用としてコンテンツ配信スケジュールの適応化という課題を取り上げ、分散型制約充足問題にベクトルスコアリングを導入したスケジュール生成手法を提案した。結果として生成されたスケジュールは初期値やルールの設定に依存するところも大きいのが、ほぼ納得できる評価が得られた。今後は、ジャンルのみならずコンテンツの内容と個人の動的な嗜好特性を考慮したスケジュール生成と通信特性の事前適応化を検討していきたい。

## 文 献

- [1] "ISO/IEC 21000-7 FDIS Part 7: Digital Item Adaptation", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N6168, 2004-03-15
- [2] Neil Day, Shun-ichi Sekiguchi and Mikio Sasaki, "21 Mobile Applications" in *Introduction to MPEG-7* edited by B.S.Manjunath et al., pp.353-361, WILEY, 2002
- [3] M.Sasaki, H.Nanba, K.Matsugatani, "Adaptive Communication Using Metadata", Technical Report #21-02, October 2000 (This document is available on the DVD included in *Introduction to MPEG-7*, WILEY, 2002)
- [4] 粉川、羽尻、小川、"分散重み付き制約充足を用いた受講登録コンサルタント", 電子情報通信学

表4 ジャンル間の主観的相関度

	ニュース	天気	交通	イベント	スポーツ	クラシック	ジャズ	ロック	ポップス	目的地	レジャー	施設	レストラン	TV番組	地盤
ニュース	100	50	50	40	40	10	10	10	10	20	20	10	30	10	10
天気	50	100	30	30	10	10	10	10	20	20	20	20	10	10	10
交通	50	30	100	20	10	10	10	10	40	40	40	30	10	40	40
イベント	40	30	20	100	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
スポーツ	40	10	10	20	100	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
クラシック	10	10	10	20	10	100	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ジャズ	10	10	10	20	10	10	100	10	10	10	10	10	10	10	10
ロック	10	10	10	20	10	10	10	100	40	20	20	10	20	10	10
ポップス	20	20	40	20	10	10	10	40	100	20	20	40	30	40	20
目的地	20	20	40	20	10	10	10	20	20	100	60	40	30	40	20
レジャー	20	20	40	20	10	10	10	20	20	60	100	40	30	40	20
施設	10	10	30	20	10	10	10	10	10	40	40	100	40	40	40
レストラン	30	10	10	20	10	10	10	10	30	30	30	40	100	30	50
TV番組	10	10	40	20	10	10	10	10	40	20	20	30	30	100	20
地盤	10	10	40	20	10	10	10	10	20	10	10	40	40	20	100

表5 推奨スケジュールの評価結果

時間帯	推奨ジャンル	評価値	コスト (円)	切り替え後のジャンル	最終評価値 (円)	最終コスト (円)	合計コスト (円)	総合評価	
ユーザ1	月曜の早朝	ニュース	60	50	---	60	50	2250	58
	月曜の朝	ニュース	100	50	---	100	50		
	月曜の午前中	イベント	60	50	---	60	50		
	月曜の昼	ニュース	70	50	---	70	50		
	月曜の夕方	交通状況	50	50	---	50	50		
	月曜の夜	TV番組	60	0	---	60	0		
	月曜の深夜	スポーツ	60	50	ニュース	48	50		
	火曜の早朝	ニュース	50	50	---	50	50		
	火曜の朝	ニュース	70	50	---	70	50		
	火曜の午前中	イベント	70	50	---	70	50		
	火曜の昼	ニュース	70	50	---	70	50		
	火曜の午後	イベント	50	50	---	50	50		
	火曜の夕方	交通状況	60	50	---	60	50		
	火曜の夜	TV番組	50	0	ニュース	38	50		
	火曜の深夜	スポーツ	60	50	---	60	50		
	水曜の早朝	ニュース	50	50	---	50	50		
	水曜の朝	ニュース	60	50	---	60	50		
	水曜の午前中	イベント	60	50	---	60	50		
	水曜の昼	ニュース	70	50	---	70	50		
	水曜の午後	イベント	70	50	---	70	50		
水曜の夕方	交通状況	50	50	---	50	50			
水曜の夜	TV番組	40	0	ポップス	28	100			
水曜の深夜	スポーツ	70	50	---	70	50			
木曜の早朝	ニュース	60	50	クラシック	45	100			
木曜の朝	ニュース	70	50	---	70	50			
木曜の午前中	イベント	50	50	---	50	50			
木曜の昼	ニュース	50	50	---	50	50			
木曜の午後	イベント	60	50	---	60	50			
木曜の夕方	交通状況	30	50	TV番組	18	0			
木曜の夜	レストラン	40	0	---	40	0			
木曜の深夜	スポーツ	50	50	---	50	50			
金曜の早朝	クラシック	50	100	ジャズ	38	100			
金曜の朝	ニュース	70	50	---	70	50			
金曜の午前中	イベント	60	50	---	60	50			
金曜の昼	ニュース	60	50	---	60	50			
金曜の午後	ポップス	70	100	---	70	100			
金曜の夕方	交通状況	70	50	---	70	50			
金曜の夜	レストラン	70	0	---	70	0			
土曜の早朝	交通状況	60	50	---	60	50			
土曜の朝	レジャー	70	0	---	70	0			
土曜の午前中	施設	60	0	目的地的情報	49	0			
土曜の昼	目的地的情報	70	0	ニュース	54	50			
土曜の午後	施設	70	0	---	70	0			
土曜の夕方	レストラン	70	0	---	70	0			
土曜の夜	施設	70	0	---	70	0			
土曜の深夜	スポーツ	50	50	ニュース	39	50			
日曜の早朝	イベント	60	50	施設	48	0			
日曜の朝	レジャー	70	0	---	70	0			
日曜の午前中	目的地的情報	70	0	---	70	0			
日曜の昼	ニュース	60	50	施設	84	0			
日曜の午後	施設	70	0	---	70	0			
日曜の夕方	レストラン	70	0	---	70	0			
日曜の夜	ニュース	70	50	---	70	50			
日曜の深夜	ジャズ	50	100	---	50	100			
ユーザ2	水曜の午前中	イベント	50	50	---	50	2200	53	
ユーザ3	金曜の夕方	交通状況	70	50	---	70	2250	58	

会総合大会 2003年3月

- [5] 粉川、小川、"人の嗜好を扱う意思決定システムに関する研究", 信学技報 Vol.104 No.133 p.1-6