

空間的特徴量の時間拡張動画検索方式に関する検討

児玉 明[†] 池田 朋二[‡] 高橋 秀和[†]

[†] 広島大学 地域共同研究センター

[‡] 株式会社 佐竹製作所

〒 739-0046 東広島市鏡山 3-10-31

〒 739-0046 東広島市鏡山 3-13-26-303

TEL : (0824) 21-3646

TEL : (0824) 20-0545

FAX : (0824) 21-3639

FAX : (0824) 20-0503

E-mail : mei@hiroshima-u.ac.jp

あらまし 我々はマルチメディアスケーラビリティパッケージ(MSP)という機能化データのパッケージ化によるマルチメディアサービスの概念を提案している。本稿では、MSPデータを用いた交換型画像検索システムの実現について検討した。特に、MSP検索システムを実現する際の、画像の空間的特徴量を利用した検索手法及び処理手順について考察した。そして、空間的特徴量を利用したマッチング手法を時間方向に拡張し、動画検索を実現するためにシミュレーション実験を行い、その有効性を示した。また、処理量についても検討し、空間スケーラビリティを利用することの有効性を示した。

キーワード マルチメディアスケーラビリティパッケージ, 画像検索システム, 空間的特徴量
特徴量算出, スケーラビリティ

A Study on the Video Matching Methods using Spatial Characteristics in Temporal Domain

Mei KODAMA[†] Tomoji IKEDA[‡] Hidekazu TAKAHASHI[†]

[†]Center for Technology Research and Development,
HIROSHIMA University

[‡]SATAKE Corporation

3-10-31, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima,
739-0046 JAPAN

3-13-26-303, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima,
739-0046 JAPAN

TEL : +81-824-21-3646

TEL : +81-824-20-0545

FAX : +81-824-21-3639

FAX : +81-824-20-0503

E-mail : mei@hiroshima-u.ac.jp

Abstract We had indicated communication services using multimedia scalability packages(MSP), which can provide multimedia information according to functionality and availability for users. In this paper, we propose the MSP video search system as one of the MSP multimedia services. It is that users can retrieve searching results using exchanging MSP data through network.

In this paper, searching video data, we indicate the effective searching features and methods of spatial and temporal extension. After we also consider the methods from the viewpoints of the process time and matching numbers by experimental results, they shows that video search is able to be realized efficiently by temporal extension method. Finally, we show the flexibility of our search system as video searching systems.

key words Multimedia Scalability Packages, Image Searching System, Spatial Features,
Image Feature Analyzer, Scalability

1. はじめに

我々は、機能化パッケージデータによる統合的な情報交換方式を用いたマルチメディアサービスの概念を提案している [1]。本サービスにおけるマルチメディア情報はスケーラビリティの概念を基本構造として用いており、このような機能を備えたパッケージデータを MSP (マルチメディアスケーラビリティパッケージ) と呼んでいる。現在、マルチメディアサービスとして、情報検索機能に着目し、その中でも特に、画像検索を中心に検討している [2]。

本稿では、MSP 検索システムを実現する際の、画像の空間的特徴量を利用したマッチング方式について、マッチングの精度と処理量に関して検討し、動画像検索を実現するための時間方向への拡張方式について提案する。

2. 検索処理器

本稿で利用する画像検索エンジンについて説明する。本検索エンジンは、画像の特徴量として、一枚の画像フレーム内の空間的特徴量と、それを連続するフレーム間で利用することにより、動画像検索へ拡張することが可能である。ただし、本研究において開発した検索エンジンは、データベース中の動画像コンテンツの検索を実現するエンジンである。

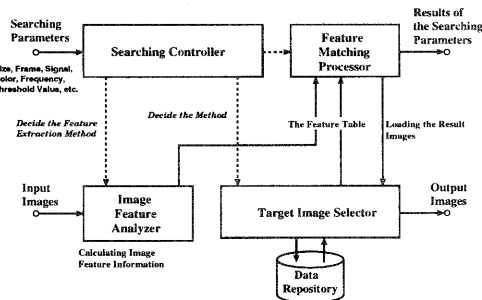


図 1: 検索処理手順

図 1 は、本検索方式において開発した MSP 検索処理器の処理手順を示したものである。本処理器は、検索処理制御器、画像特徴量算出器、特徴量マッチング判定器、対象画像選択器の 4 つから構成される。

検索処理制御器は、検索用のパラメータとして入力データのサイズや検索処理を実行する際のしきい値

などの情報を入力として検索手法を決定する。そして、それらの入力情報をもとに、どの特徴量を抽出するかを決定し、画像特徴量算出器を動作させる。

画像特徴量算出器は、検索処理制御器の指令を受けて、入力画像よりその特徴量を算出する。そして、算出結果として特徴量テーブルを出力する。

また、検索処理制御器の指令を受けた対象画像選択器は、データベース側からマッチング処理に適した特徴量テーブルを選択し、両特徴量テーブルを特徴量マッチング判定器に引き渡す。

特徴量マッチング判定器は、検索処理制御器よりしきい値等のパラメータを取得し、両テーブルを利用してマッチング処理を行う。そして検索結果により対象のコンテンツデータを決定し、それをデータベースから出力させる指令を出す。また検索処理の結果、生成されたマッチング数やマッチング処理時間等のパラメータを出力する。

次に、本研究で検討した空間的特徴量を利用したマッチング手法について説明する。

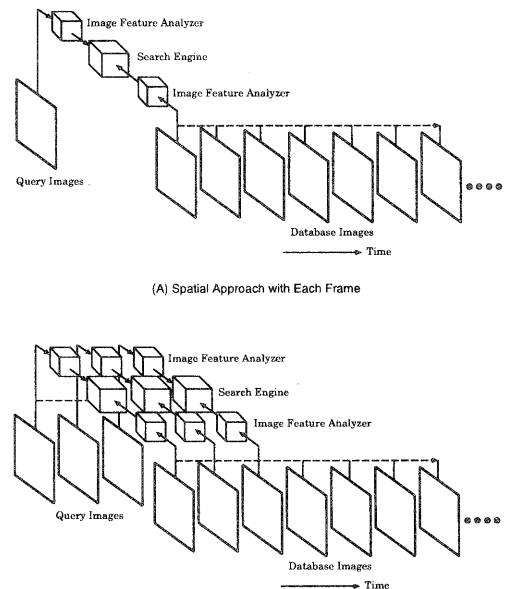


図 2: 空間的特徴量を利用したマッチング手法

図 2 に示すように、本検索エンジンは空間的特徴量を 1 フレーム毎に比較する方法と、その空間的特徴量を時間方向に拡張する方法とでマッチングを行うことが可能である。

画像の空間的特徴量におけるマッチング判定式では、入力画像とデータベース中の情報との空間的特徴量テーブルで比較マッチング処理を行った。判定式としては式(1)を利用した。

$$(M_i - N_k)^2 \leq th_1 \quad (1)$$

ここで、 M_i はデータベース画像の特徴量を、 i はそのフレーム番号を表し、 N_k は入力画像の特徴量を、 k はそのフレーム番号を表す。次に、各空間的特徴量において、しきい値誤差を考慮して、さらに空間的特徴量を時間方向に拡張しマッチングを行う方法を検討した。その比較判定式を式(2)に示す。

$$\frac{\sum_{k=1}^n (M_{i+k} - N_k)^2}{n} \leq th_2 \quad (2)$$

ここで k は1フレームから n 枚のフレームを表し、複数フレーム間で特徴量比較を行う。このように空間的特徴量を連続するフレーム間で利用することにより、動画像の検索へ拡張する方式を検討した。但し、本研究では、画像特徴量として、輝度値の平均値、分散値、色数に着目して検討を行った。

次に図3に空間的特徴量を利用したマッチングの処理手順を示す。ここで、手順Aは、空間的特徴量を利用したマッチング手順を、手順Bは時間方向へ拡張したマッチング手順を示す。このように、本検索エンジンは、空間的特徴量を利用したマッチングと、1フレームを利用した検索処理からの拡張により動画像検索を実現する。

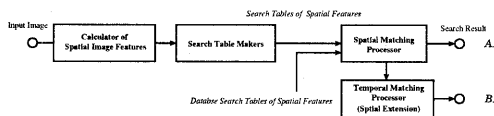


図3: マッチング処理手順

3. シミュレーション実験

3.1 実験条件

ここで、シミュレーション実験を行うためのデータベース用と入力画像用のシーケンスの緒元を表1と、表2に示す。

シミュレーション実験には、データベースとして、画像のフォーマット: ITU-R BT.601 4:2:0 704[pe]x480[line] の90,750枚から算出された特徴量テーブルを利用した。また、静止画像検索には1

フレーム、動画像検索には最大90フレームの部分シーケンスを入力画像として利用した。シミュレーション実験には、Fujitsu GP7000SM25 400MHz UltraSPARC-2 メモリ 512MB を利用した。

表1: データベース用画像シーケンス緒元

シーケンス名	アニメーション, スポーツ 1 スポーツ 2, 音楽 1, 音楽 2 映画, ニュース, スポーツ 3 スポーツ 4, スポーツ 5 Bus, Flower Garden, Mobile & Calendar, Popl Table Tennis
フレーム数	各9,000枚 (先頭より10シーケンス) 各150枚 (後尾より5シーケンス) 合計 90,750枚
画像フォーマット	ITU-R BT.601 4:2:0 704[pe]x480[line] (フルサイズ)

表2: 入力用画像シーケンス緒元

入力シーケンス数	15シーケンス
画像フォーマット	ITU-R BT.601 4:2:0 704[pe]x480[line] (1)フルサイズ 縮小画像サイズ (2)352[pe]x240[line] (3)176[pe]x120[line] (4)88[pe]x60[line]
符号化レート (MPEG-2符号化)	(1)約3, 6, 9 [Mbps] (2)約2.5 [Mbps] (3)約2.0 [Mbps] (4)約0.4 [Mbps]

3.2 検索精度からの考察

まず、本シミュレーション実験において1フレームを入力した時と、その縮小画像を入力した時のマッチングを行った。その実験結果を表3に示す。ここでは、入力データとして原画像サイズの画像データを用いて平均値(Ma), 分散値(Mv), 色数(Mc)という特徴量テーブルと、データベース側のテーブルとでマッチングを行った。ここで、色数については、YCbCr色空間からRGB色空間に変換し、フレーム内に存在している色の数を利用した。また、スケーラビリティを利用することの有効性を検証するために縮小画像と符号化画像に対してのシミュレーション実験を行った。

表3より、原画像を入力した場合は、精度の観点

から考えると分散値が最も精度が良く、続いて色数を用いた場合の精度が良いことがわかる。しかし、どの特徴量を用いても入力フレームを特定するだけの精度はない。また入力画像を縮小画像として扱った場合、その精度がさらに低下することが判る。

符号化画像を入力した場合のマッチング結果を、表4に示す。表より符号化レートが低くなると、どの特徴量を用いたマッチングにおいてもそのマッチング精度が低減している。これは符号化縮小画像を入力した場合も同様と言える(表5)。

以上の結果より、各特徴量のしきい値処理だけで特定ができない。なぜなら、各特徴量を算出する際、その精度を考慮する必要があり、このような誤差の存在する環境下において、画像検索を実現するために空間方向の特徴量を時間方向へ拡張する方法について提案し、その有効性を検証した。

次に、表6に時間方向に拡張したマッチング手法のシミュレーション結果をに示す。ここで、フレーム数は、時間方向へ拡張した枚数を示し、 ∞ は入力フレーム90枚では対象シーケンスを特定できなかったことを示す。

時間方向に拡張した場合、平均値、分散値、色数の各手法において、フルサイズでは2フレームを用いることで、入力シーケンスを特定することができる。また、画像サイズが小さくなると、平均値を用いた手法が有効であることがいえる。これは、画像が縮小されることにより、画素情報の分散が小さくなることが理由といえる。

次に、表7に、符号化画像におけるマッチング結果を示す。入力90フレーム内に特定できないシーケンスも存在するが、一番誤差伝搬を受けにくい平均値手法が利用できると考えられる。しかし、縮小画像の場合と比較すると、マッチングに要するフレーム数が多くなっている。これは、符号化による量子化幅により、各特徴量の分散が平滑化されることが考えられる。

表8に、符号化縮小画像におけるマッチング結果を示す。ここでは、画像サイズ、符号化レートによる誤差により、検索マッチング精度は低下する。しかし、本シミュレーション実験においては、1/16サイズまで縮小した符号化画像に対して、平均値手法を用いることが可能であることを示した。よって、MPEGデータなどでのDCT係数のDC成分抽出が検索情報の一つとして利用でき、また、マッチング数を絞り込む観点から、低解像度のスケラビリティ画像の利用が有効であると考えられる。

3.3 マッチング時間からの考察

ここで、マッチングにおける処理時間について検討する。空間方向のマッチングにおいて、1フレーム当たりのマッチング時間は 2.028×10^{-6} [s]であったこれに対して、入力画像用90フレームの特徴量テーブルを作成する時間を表9に示す。

表9: 特徴量テーブル算出時間 [s/90 Frames]

画像サイズ	FUJITSU GP7000S MODEL 25		
	Ma	Mv	Mc
704[pe]lx480[line]	9.883	13.929	51.020
352[pe]lx240[line]	2.819	3.838	13.054
176[pe]lx120[line]	1.068	1.308	4.149
88[pe]lx60[line]	0.545	0.715	1.576

表9より、画像サイズを小さく扱うことで、特徴量テーブル作成処理を高速化できるといえる。よって、空間的特徴量を利用する際、処理量の大きい特徴量算出処理には空間スケラビリティの利用が有効であるといえる。

4. まとめ

本稿では、MSP検索システムにおいて、空間的特徴量に着目した画像検索について検討した。画像の空間的特徴量を用いたマッチングにおいて、その算出精度を考慮すると、時間方向に拡張することで、誤差環境下でのマッチング精度の向上を実現することを検証した。また、縮小画像と符号化画像を用いてマッチングを行うことで、空間スケラビリティの有効性を実証することができた。加えて、特徴量算出処理時間からの観点では、低解像度のスケラビリティ画像が利用可能であれば、検索処理時間の短縮を実現することができるといえる。

今後の課題として、特徴量算出精度を考慮した誤差環境下でのマッチング精度についての検討、複数の特徴量を利用した検索方式の検討が挙げられる。

参考文献

- [1] 児玉 明, 笠井 裕之, 村井 正人, 富永 英義: “マルチメディアプロシーディングとその情報構成に関する検討”, 信学技報, IN 96-122, OFS 96-10 (1997).
- [2] M. KODAMA and T. IKEDA: “A Study on the Video Matching Methods in MSP Searching System”, PV2000, 19, pp. 19.1-19.6 (2000).

表 3: 画像サイズにおけるマッチング結果比較 [Frame]

画像サイズ 検索手法	704[pe]×480[line]			352[pe]×240[line]			176[pe]×120[line]			88[pe]×60[line]		
	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc
アニメーション	14	1	1	164	37282	45827	53	37418	65355	38	37508	69673
スポーツ 1	11	2	2	356	12262	67512	127	26589	67321	64	51869	67310
スポーツ 2	9	1	1	252	2149	80498	94	4788	83084	44	7299	84028
音楽 1	14	1	5	288	564	58805	80	1346	59409	54	3809	59549
音楽 2	2	1	4	43	10963	51977	16	1348	63560	2	16800	66015
映画	4	2	2	92	13606	28855	24	12199	44685	12	13497	51891
ニュース	5	1	3	180	2450	33877	51	3161	36319	24	7783	37252
スポーツ 3	23	2	2	549	8619	60243	228	17077	61471	135	22472	61646
スポーツ 4	7	1	2	211	4446	70613	80	12725	73424	51	26848	74793
スポーツ 5	11	3	4	238	30481	66903	87	36457	71572	53	38509	73276
Bus	2	1	1	123	21114	73282	43	35717	74818	25	50054	75350
Flower Garden	11	1	1	222	10253	90495	75	26377	90680	42	46649	90685
Mobile & Calendar	9	1	1	227	7479	90622	77	26707	90667	51	50296	90668
Popl	10	1	2	192	11573	85612	90	23666	85875	47	30825	85915
Table Tennis	8	2	2	311	22639	74053	104	26904	77139	40	29445	78455

表 4: 符号化レートにおけるマッチング結果比較 [Frame]

符号化レート 検索手法	非圧縮			約 9.0[Mbps]			約 6.0[Mbps]			約 3.0[Mbps]		
	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc
アニメーション	14	1	1	122	367	1876	196	782	2937	367	2006	8797
スポーツ 1	11	2	2	363	1931	11185	515	2595	22228	1130	7232	50022
スポーツ 2	9	1	1	290	326	6438	341	565	7525	642	1273	24748
音楽 1	14	1	1	333	158	8157	293	236	9003	511	482	17200
音楽 2	2	1	4	39	528	14213	51	1059	20599	138	4880	44176
映画	4	2	2	50	234	12534	57	522	14345	138	1271	24615
ニュース	5	1	3	161	171	12689	216	187	13891	335	270	26560
スポーツ 3	23	2	2	668	2135	18328	867	2902	29675	2241	6260	54422
スポーツ 4	7	1	2	206	437	11724	401	916	18250	718	1794	39082
スポーツ 5	11	3	4	337	4183	13656	385	7319	28697	662	10493	67656
Bus	2	1	1	111	3736	13180	193	7407	30174	647	12848	76671
Flower Garden	11	1	1	458	1647	101	476	2613	131	565	6267	4081
Mobile & Calendar	9	1	1	700	1257	270	882	2332	309	1176	4416	345
Popl	10	1	2	390	2881	5581	405	4447	7091	332	11214	18994
Tabl Tennis	8	2	2	826	6789	33728	925	11572	51904	884	21879	66417

表 5: 符号化縮小サイズにおけるマッチング結果 [Frame]

画像サイズ 目標符号化レート	704[pe]×480[line] 約 9.0[Mbps]			352[pe]×240[line] 約 2.5[Mbps]			176[pe]×120[line] 約 2.0[Mbps]			88[pe]×60[line] 約 0.4[Mbps]		
	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc
アニメーション	14	11	2	429	37356	46152	122	37345	64889	4498	36187	69608
スポーツ 1	11	2	2	734	15611	67586	210	29501	67399	11730	52335	67355
スポーツ 2	9	1	1	501	2445	79542	324	4822	82593	12561	8651	83847
音楽 1	14	1	5	459	696	58689	220	1515	59740	4608	9674	59604
音楽 2	2	1	4	110	10968	53466	59	12059	63534	2263	24428	65893
映画	4	2	2	177	13782	30459	104	13675	45268	1248	12539	51743
ニュース	5	1	3	296	2523	32512	67	3235	36085	2515	16105	36889
スポーツ 3	23	2	2	1406	9457	60394	815	17201	61365	3854	19904	61587
スポーツ 4	7	1	2	631	4681	69470	184	12801	73478	5632	29392	74835
スポーツ 5	11	3	4	851	31317	67537	435	36447	71825	6246	40639	73291
Bus	2	1	1	422	25267	75509	133	36093	74812	5305	49773	75350
Flower Garden	11	1	1	602	13281	90495	343	27096	90680	7585	37953	90686
Mobile & Calendar	9	1	1	990	11442	90611	303	28895	90622	19014	72283	90671
Popl	10	1	2	451	12378	85831	239	23672	85868	6341	34930	85921
Tabl Tennis	11	2	2	778	23444	73318	172	26920	77286	9370	32782	78492

表 6: 画像サイズにおけるマッチング結果比較 (時間拡張手法)[Frame]

画像サイズ 検索手法	704[pe]×480[line]			352[pe]×240[line]			176[pe]×120[line]			88[pe]×60[line]		
	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc
アニメーション	2	1	1	2	∞	∞	2	∞	∞	2	∞	∞
スポーツ 1	2	2	2	4	∞	∞	4	∞	∞	2	∞	∞
スポーツ 2	2	1	1	9	∞	∞	3	∞	∞	3	∞	∞
音楽 1	3	1	2	20	34	∞	4	57	∞	5	77	∞
音楽 2	2	1	2	4	54	∞	3	55	∞	2	57	∞
映画	2	2	2	3	∞	∞	2	∞	∞	2	∞	∞
ニュース	2	1	2	13	∞	∞	4	∞	∞	3	∞	∞
スポーツ 3	3	2	2	4	63	∞	3	∞	∞	3	∞	∞
スポーツ 4	2	1	2	10	26	∞	3	∞	∞	3	∞	∞
スポーツ 5	2	2	2	7	∞	∞	3	∞	∞	3	∞	∞
Bus	2	1	1	5	∞	∞	2	∞	∞	2	∞	∞
Flower Garden	2	1	1	5	∞	∞	3	∞	∞	3	∞	∞
Mobile & Calendar	2	1	1	9	∞	∞	4	∞	∞	3	∞	∞
Popl	2	1	2	10	81	∞	4	∞	∞	3	∞	∞
Table Tennis	2	2	2	10	∞	∞	5	∞	∞	3	∞	∞

表 7: 符号化レートにおけるマッチング結果比較 (時間拡張手法)[Frame]

目標符号化レート 検索手法	非圧縮			約 9.0[Mbps]			約 6.0[Mbps]			約 3.0[Mbps]		
	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc
アニメーション	2	1	1	2	2	18	2	2	19	2	3	74
スポーツ 1	2	2	2	6	46	90	8	47	∞	14	78	∞
スポーツ 2	2	1	1	6	51	88	7	54	∞	18	∞	∞
音楽 1	3	1	2	33	9	61	33	18	59	32	34	89
音楽 2	2	1	2	4	5	78	4	5	80	10	18	∞
映画	2	2	2	5	5	86	6	10	∞	8	20	∞
ニュース	2	1	2	4	4	59	6	6	∞	13	7	∞
スポーツ 3	3	2	2	5	23	∞	5	29	∞	33	55	∞
スポーツ 4	2	1	2	7	16	28	16	16	89	16	16	∞
スポーツ 5	2	2	2	10	9	61	10	13	46	10	17	∞
Bus	2	1	1	5	13	∞	5	27	∞	10	75	∞
Flower Garden	2	1	1	11	52	∞	12	63	90	11	∞	∞
Mobile & Calendar	2	1	1	15	∞	∞	20	∞	∞	35	∞	∞
Popl	2	1	2	19	57	∞	19	68	∞	19	∞	∞
Table Tennis	2	2	2	28	39	∞	30	48	∞	28	∞	∞

表 8: 符号化縮小サイズにおけるマッチング結果比較 (時間拡張手法)[Frame]

画像サイズ 目標符号化レート 検索手法	704[pe]×480[line] 約 9.0[Mbps]			352[pe]×240[line] 約 2.5[Mbps]			176[pe]×120[line] 約 2.0[Mbps]			88[pe]×60[line] 約 0.4[Mbps]		
	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc	Ma	Mv	Mc
アニメーション	2	1	1	2	∞	∞	2	∞	∞	4	∞	∞
スポーツ 1	2	2	2	9	∞	∞	4	∞	∞	∞	∞	∞
スポーツ 2	2	1	1	16	∞	∞	12	∞	∞	∞	∞	∞
音楽 1	3	1	2	30	34	∞	10	58	∞	∞	∞	∞
音楽 2	2	1	2	9	54	∞	4	55	∞	43	79	∞
映画	2	2	2	10	∞	∞	11	∞	∞	76	∞	∞
ニュース	2	1	2	20	∞	∞	4	∞	∞	80	∞	∞
スポーツ 3	3	2	2	21	65	∞	8	∞	∞	51	∞	∞
スポーツ 4	2	1	2	16	26	∞	6	65	∞	∞	∞	∞
スポーツ 5	2	2	2	10	∞	∞	10	∞	∞	32	∞	∞
Bus	2	1	1	10	∞	∞	5	∞	∞	83	∞	∞
Flower Garden	2	1	1	13	∞	∞	5	∞	∞	∞	∞	∞
Mobile & Calendar	2	1	1	32	∞	∞	8	∞	∞	∞	∞	∞
Popl	2	1	2	12	81	∞	16	∞	∞	∞	∞	∞
Table Tennis	2	2	2	29	∞	∞	6	∞	∞	∞	∞	∞