

全天周画像からの要約動画生成 Creating Summary Movie from a Single Omnidirectional Image

金谷 龍暁[†] 原 健二[†] 井上 光平[†] 浦浜 喜一[†]
Tatsuaki Kanadani[†] Kenji Hara[†] Kohei Inoue[†] Kiichi Urahama[†]

1. はじめに

映像要約は、情報量が膨大であったり視聴に時間を要する長時間映像から特徴的なフレームを抽出してハイライトを生成したり、全体のストーリーを把握するのに必要最小限のフレームを抽出してダイジェスト版を作成することを指す場合が多い。このような映像要約技術はこれまでも多数提案されており、一部では実用化もされている。これに対し、本報告では全天周画像から広域シーン中の重要領域をカバーする通過領域を持つ最短経路を探索し、これを視点経路とする仮想動画を合成することにより、全天周画像から要約動画を自動生成する手法を提案する。

全天周画像とは、広視野角レンズカメラで 360 度全方向をくまなく撮影した複数枚の多視点画像を球面上に展開・統合した画像データである。しかし、一般の狭視野画像と比べ歪みが大きく、前景領域が背景領域に比べて小さいため、特に携帯端末などの小画面では画像内容の視認が困難になることが多い。全天周画像の重要な領域を少数の連続画像集合でカバーすることにより、全天周画像の内容を保ちつつ短時間の動画に要約する手法を開発することが本稿の目的である。提案手法では、まず入力された全天周画像から顕著領域[1,4]を抽出し、これらの全てをカバーする通過領域をもつ最短経路を探索する問題を範囲付き球面セールスマン問題[5]として定式化する。この最適化問題を近似的に解いて得られた経路を仮想視点経路とみなして動画を生成することにより、全天周画像を要約動画に変換する手法を提案する。

2. 提案手法

提案手法は、(1) 球面 TSP を用いた初期経路生成処理と、(2) 範囲付き球面 TSP を用いた経路改善処理の 2 段階から構成される。本章ではこれらの処理について順に述べる。

2.1 球面 TSP を用いた初期経路生成

初期経路生成処理では、まず入力として与えられた全天周画像における顕著度の極大値付近の球面領域を顕著領域として抽出し、各顕著領域の重心を球面上に投影した点を訪問点とする球面巡回セールスマン問題(球面 TSP)を近似的に解く。巡回セールスマン問題(TSP)は、複数の訪問点が平面上に与えられたとき、それら全ての訪問点を一度ずつ巡った巡回路の中で総移動コストが最小のものを探索する組み合わせ最適化問題である[2]。初期経路生成処理では、この球面 TSP に対し、TSP の最も簡単な近似解法のひとつである 2-opt 法を用いる。

2-opt法は、まず初期巡回路をランダムに生成し、以下の手続きを収束するまで繰り返す。現在得られている経路における2つの辺ABとCDを削除してACとBDを追加することを考える。このとき、巡回路の総移動コストが減少すれば

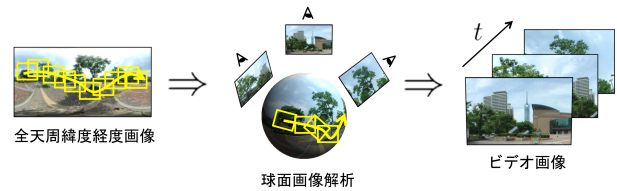


図1 提案手法の流れ

新しいものに交換する。すなわち、AB間の移動コストを $Cost(A,B)$ とするとき (図2) ,

$$Cost(A,B)+Cost(C,D) > Cost(A,C)+Cost(B,D) \quad (1)$$

であれば、AB と CD をそれぞれ AC と BD に入れ替える。この手続きを総移動コストを減少させる交換が見つからなくなるまで繰り返す。

ただし、全天周画像のデータは平面上ではなく球面上に展開されているため、ここでは球面に拡張された 2-opt 法を適用する。例えば、図 3(a)は、平面画像上の点 P, Q, R を巡回点とする見かけ上の最短経路であるが、この全天周画像を中心を O とする単位球面上に展開すると(図 3(c)),

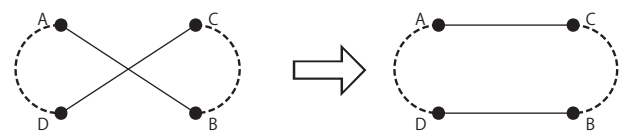
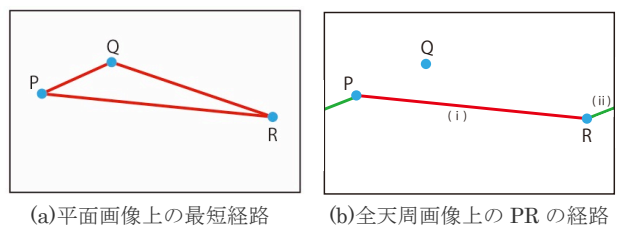
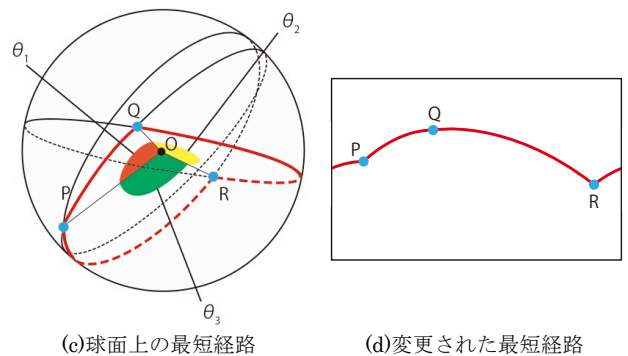


図2 2-opt 法による巡回路の改善



(a)平面画像上の最短経路

(b)全天周画像上のPRの経路



(c)球面上の最短経路

(d)変更された最短経路

図3 球面 TSP

[†]九州大学大学院芸術工学研究院

PQ, QR, RPの最短経路長はそれぞれ $\angle POQ(=\theta_1)$, $\angle QOR(=\theta_2)$, $\angle QOR(=\theta_3)$ をなす角とする弧の長さ $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ となる. したがって全天周画像上の球面TSPの解経路は図3(d)の赤線となり, 図3(a)とは異なる結果となる. このように球面TSPを解くことで巡回路が得られるが, 本手法が扱う問題では必ずしも最初と最後の訪問点と同じである必要はない. そこで, その巡回路からコスト最大の辺を削除する.

2.2 範囲付き球面 TSP を用いた経路改善

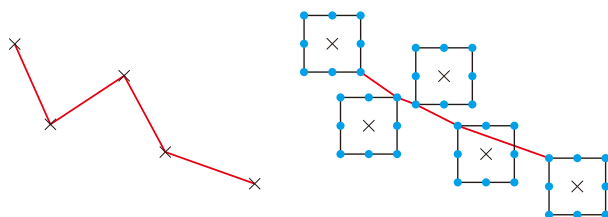
経路改善処理では, 範囲付き球面TSPを用いて, 前節で得られた球面上経路を修正する. 範囲付きTSP[3]は, TSPに加えて集合被覆を考慮した問題であり, 与えられたすべての訪問点を訪問エリアに拡大し, 訪問エリアを通過するとき, 訪問点を通過したものとみなす[5]. ここで範囲付きTSPを採用する理由は, 最終的に生成される経路上に多数の分割点を与え, 球面画像解析により各分割点を中心とする部分画像列を仮想動画とする処理では, 部分画像の中心に顕著領域の重心が一致する必要はなく, いずれかの部分画像内に顕著領域の重心が入れば, 全天周画像の内容を保ちつつTSPよりさらなる経路長の削減が見込めるためである.

経路改善処理では, 訪問エリアを単位球面上の2本の経線と2本の緯線で囲まれた球面正方形領域に設定し, その範囲内であればどこを通過しても訪問点を通過したものとみなす範囲付き球面TSPを解く. ここでは, 計算負荷のため範囲付き球面TSPの解経路が通過する有限個の候補点を各訪問エリア内に設定する. 各訪問エリアの候補点の数は多ければ多いほど経路の精度は高くなるが, 計算負荷が上がる. 本手法では各訪問エリアの候補点を球面正方形の頂点と各辺の中点を球面に投影した点の8つに設定し(図4), 訪問エリアの候補点を更新しながら反復的に探索する.

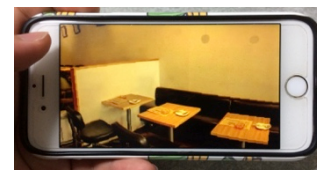
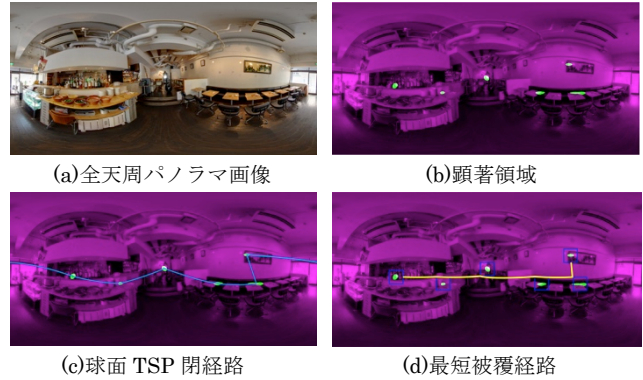
最終的に得られた範囲付き球面 TSP の解経路に多数の分割点を与え, 球面画像解析により各分割点を中心とする部分画像からなる動画として再生する.

3. 実験結果

提案手法を用いて, ある屋内環境の全天周画像を要約映像に変換し, これを携帯端末画面に動画表示した例を図5に示す. 図5(a)は入力された全天周画像, 図5(b)の緑の領域は入力画像の顕著領域である. 図5(c)の青線は顕著領域の重心を訪問点とした球面 TSP を解いて得られた巡回路, 図5(d)は図5(c)の経路の一番長いパスを削除し範囲付き球面 TSP を解いて得られた開経路であり, 図5(c)の球面 TSP のみの経路より格段に経路長が短縮されたことがわかる.



訪問点を巡回する最短経路 訪問エリアを巡回する最短経路
図4 訪問エリアの設定による最短経路の変化



(e)小画面における動画表示

図5 実験結果

最後に, 図5(d)で解いた経路に多数の分割点を与え, 球面画像解析により各分割点を中心とする部分画像列を仮想動画を生成した. この実験では, 各訪問エリアを顕著領域の重心を中心とした 100×100 画素の正方形に設定し, 部分画像のサイズは 400×225 画素に設定した. これを小画面である携帯端末で再生したものが図5(e)である. 全天周画像内の内容を保ちつつ小画面内でも確認できる短時間の動画に要約することができた.

4. おわりに

本稿では, 従来の映像要約技術を拡張して, 全天周画像から要約動画を自動生成する手法を提案した. その結果, 全天周画像内の広域シーンを要約動画に変換して小画面でも視認すること可能となった.

参考文献

- [1] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur, "A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.20, no.11, pp.1254-1259, 1998.
- [2] A. Behzad, and M. Modarres, "A new efficient transformation of generalized traveling salesman problem into traveling salesman problem," *Proceedings of the 15th International Conference of Systems Engineering*, 2002.
- [3] Y. Noguchi, A. Takemura, H. Ohta, M. Nakamamori "A heuristic algorithm for the region covering salesman problem," *IPSSJ SIG Technical Report*, vol.2012-MPS-91, no.18, vol.2012-BIO-32, no.18, 2012.
- [4] I. Bogdanova, A. Bur, and H. Hugli, Visual attention on the sphere, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol.17, no.11, pp.2000-2014, 2008.
- [5] J.R. Current, and D.A.Schilling, "The covering salesman problem," *Transportation Science*, vol. 24, pp.208-213, 1989.