

## P2P 環境における注視領域の並列抽出手法の提案と評価

井東 大<sup>†</sup> 坪井 新治<sup>†</sup> 平山 雅夫<sup>†</sup> 大西 真晶<sup>†</sup> 上島 紳一<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 関西大学大学院総合情報学研究科 〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1

<sup>††</sup> 関西大学総合情報学部 〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1

E-mail: †{fb6m124,fb6m126,fb6m127,fa4d001}@edu.kansai-u.ac.jp, ††ueshima@res.kutc.kansai-u.ac.jp

あらまし 本研究では、イベント会場などの同一時刻に近隣地域に存在する複数のカメラ付き情報端末による即席の動画共有システムを提案する。特に注目すべき事象が存在する領域(注視領域)の探索を想定し、その処理を近傍の端末によりアドホックに構成された P2P オーバレイネットワーク上で実行する手法について述べる。また、各カメラの位置とその撮影領域を管理する為の基盤として P2P ドロネーネットワークを用いる。P2P ドロネーネットワークは、アドホックに作成された簡便なネットワークから分散的な構築アルゴリズムにより構築できる。この為、本提案システムは専用の計算機資源を用いない。本研究で提案する手法は、環状ネットワークの構築手法、P2P ドロネーネットワークの構築手法、各カメラの撮影領域情報のノードへの分配手法、各ノードで求めた共通撮影領域情報から分散的に注視領域を求める手法、全参加ノードに対して最終的な領域を通知する手法から成る。各カメラ付き情報端末は、GPS、電子コンパスなどにより、自身の撮影領域の情報を求める。次に各ノードは撮影領域内を管理する他のノードに対して、フラッディングにより撮影領域情報を転送する。各ノードは受け取った撮影領域情報元、自身の管理領域内の注視領域についての計算を行う。その後、環状ネットワーク上で分散的に領域を撮影しているカメラ台数の最大値を求めることにより、最も注目されている領域を求める。また、シミュレーションにより各ノードに対する計算負荷、通信負荷についての評価を行う。

キーワード 映像集約, P2P, ドロネーネットワーク, マルチメディア, 並列計算

### A P2P algorithm for extraction of Gazing Area

Dai ITOH<sup>†</sup>, Shinji TSUBOI<sup>†</sup>, Masao HIRAYAMA<sup>†</sup>, Masaaki OHNISHI<sup>†</sup>, and Shinichi UESHIMA<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Informatics, Kansai University Ryouzenji-tyo 2-1-1, Takatsuki-shi, Osaka, 569-1095 Japan

<sup>††</sup> Faculty of Informatics, Kansai University Ryouzenji-tyo 2-1-1, Takatsuki-shi, Osaka, 569-1095 Japan  
E-mail: †{fb6m124,fb6m126,fb6m127,fa4d001}@edu.kansai-u.ac.jp, ††ueshima@res.kutc.kansai-u.ac.jp

**Abstract** This paper proposes the method for extracting the area which exists attractive objects, events, or happenings, from the projected direction of multiple video cameras nearby. To do so, the authors use P2P Delaunay Network, in which nodes and edges refer to as computers and their connections, processing the computation distributively. The proposed method first divides the plane nearby the camera and allocate to multiple computers using P2P Delaunay Network. Then, each camera forwards its projected area for necessary nodes, and each node thus processes distributively. The node which has received multiple information of projected area, computes and manages the attractive areas only within its own Voronoi region. Moreover, we proposed a method which can construct P2P Delaunay Network by cellular phones with location information. Thereby, a P2P Delaunay network can be constituted, without using the computer resource of other settlements. Finally, the mostly focused region is determined, from the managed regions among all nodes by the circular network generated a priori. The authors also evaluate the computational load and network load of each node through numerical simulation.

**Key words** Video aggregation, P2P, Delaunay network, Multimedia, Parallel computation

## 1. はじめに

近年、映像機器が発達し、誰でも気軽に映像を撮影できる環境が整ってきている。そのため、サッカーやラグビー、文化祭などのイベントに対しても、携帯電話などの簡易な装置でも撮影することができ、多数のユーザにより大量の映像が生成されている。また、その様に個人的に撮影した動画を共有、交換する利用方法も広まりつつある。そのような形で映像を活用するための、映像検索技術に関する様々な研究がなされている [1]~[3]。また、ファイル共有の際に位置を検索のキーとして検索を行うことも考えられる。そこで、位置情報付きのファイルなどを P2P ネットワーク上で管理する手法として、P2P ネットワークに属するノードにより平面を分割管理する手法についても提案されている [4], [5]。

本研究ではイベントの参加者によって撮影された映像を P2P ネットワークを用いて共有することを想定し、イベント会場におけるカメラの位置、画角、方向から生成される撮影領域が最も集中する領域 (注視領域) を分散的に求める手法を提案する。本システムの利用者もつ携帯情報端末は、イベント会場周辺の携帯情報端末により構成されるアドホックネットワークに参加する。その後カメラを持つ携帯情報端末による撮影領域の情報を受け取り、注視領域を求める処理に参加し、その結果を受け取る。このように利用者の持つ携帯情報端末のみでシステム構築を行うことにより、固定の別の計算資源を用いる必要がない。

ところで、我々は P2P ネットワークにより平面領域を自律分散的に管理する機構として P2P ドロネーネットワークを提案している [6]。P2P ドロネーネットワークでは、各ノードがドロネー辺でつながる近傍ノードのみと通信経路を生成する。また、双対図形であるポロノイ領域を近傍ノードの位置情報のみによって自律的に生成し、平面空間を動的に分割、管理することができる。さらに、P2P ドロネーネットワーク構成アルゴリズムは、連結グラフ状の接続関係のネットワークであれば、必ずドロネーグラフ状の接続関係のネットワークに組み替えることが可能である。

そこで本稿では、この P2P ドロネーネットワークを簡便な環状のアドホックネットワークから生成し、そこに所属する各ノードに処理を配布し注視領域を求める手法を提案する。まず、各カメラ付き携帯情報端末から得られる撮影領域の情報を、その撮影領域を管理するノードに送信する。この時、P2P ドロネーネットワークの管理領域が接するノード同士が必ず接続されているという特徴を利用している。各ノードは受信した撮影領域を基に自身の管理領域内の共通撮影領域を求め、更にそこを撮影しているカメラ付き携帯情報端末のリストも作成する。その後、最初に作成した環状ネットワークを複製し、それを用いて最も多くのカメラに共通に撮影されているノードを分散的に求める。また生成した環状ネットワークを用いて全ノードに対して注視領域の情報を送信する。

次章以降では、2 章で本提案手法の準備について述べ 3 章への足がかりとする。3 章で提案手法におけるアルゴリズムの詳細を述べ、4 章では本手法のシミュレーション評価を行い、その

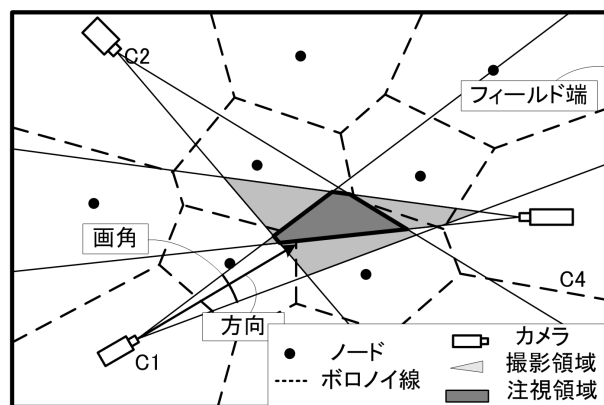


図 1 モデル化された撮影領域と注視領域

Fig. 1 Projected area and gazing area in 2D

有用性を調べる。5 章では本論文に関連する文献を紹介し、6 章で本手法の適用例と今後の課題について述べる。

## 2. 準備

本章では、分散注視領域計算手法における前提について述べる。本研究では、映像集約におけるユーザの興味の高い領域の抽出を目的としており、それに用いるものとして、集約に用いるデータを取得できる撮影機器、映像共有および並列計算に用いる P2P ドロネーネットワークがある。ここではそれらを説明すると共に、本手法によって求める注視領域の定義について述べる。

### 2.1 P2P ドロネーネットワーク

P2P ドロネーネットワークとは、平面上に与えられた点 (母点という) をノード、母点間のエッジを通信経路とみなしたドロネー図構造をもつ P2P ネットワークである [6]。また、隣接ノードの位置情報を用いてドロネー図と双対関係にあるポロノイ領域を自律的に生成することができ、この性質から各ノードがそれぞれポロノイ領域を生成することによって、平面全体を被覆することができる。本手法では、分散的に処理を行う為の即席の計算基盤として P2P ドロネーネットワークを用いており、このネットワークの平面全体を被覆できるという特徴を生かした平面空間を管理する分散的なデータベースを構築する。各ノードは、各携帯情報端末が GPS によって取得した位置座標に基づいて P2P ドロネーネットワークを構成する。その際、各母点の持つポロノイ領域を各ノードの管理領域とし、処理を分散して割り当てる際に用いている。

### 2.2 利用想定及び撮影機器

利用想定：本手法は、GPS 機能を有するネットワークに接続可能な携帯端末を持った一般ユーザが様々なイベントに参加した際の使用を想定している。イベントにおける注視領域を取得を望むユーザは、近傍の他の利用者の携帯情報端末によるオーバレイのアドホックネットワークに参加する。その後、本システムにより有用な映像を撮影しているカメラを見つけ出し、そのカメラから映像を取得することを想定している。

撮影機器：本手法で用いる撮影機器は、GPS、電子方位計を備えたカメラであり、単位時刻毎の GPS による位置情報、電子方

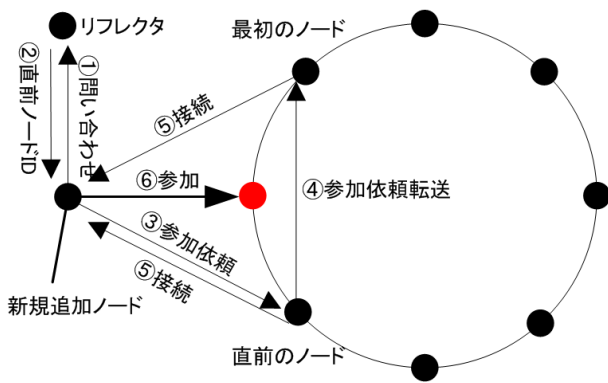


図 2 環状ネットワークの生成  
Fig.2 Generation of ring-like network

位計による方向情報を取得する。具体的には、現在販売されている、位置情報、方向情報を付与した写真を撮影できる機能を持った携帯電話などを想定している。各センサーに基づき、各カメラは自身の撮影している領域（撮影領域）の情報を生成することができるものとする。また、カメラについて問わない端末を表すノードについては単にノード、カメラ付きの端末を表すノードは、カメラノードと呼ぶ。

### 2.3 注視領域の定義

本研究では、多数のユーザにとっての有用な映像の取得を目的としており、その為、最も多数のユーザに撮影されている領域を注視領域として定義し、価値あるコンテンツが存在する領域と位置づける。本研究において、1台以上のカメラの撮影領域の共通部分を共通撮影領域と呼び、平面領域全体の中で撮影領域の重複が最も多い部分を注視領域と定義する（図1）。

## 3. 提案手法

本提案手法は、以下の5つの手法から成る。

- (1) アドホックネットワークの生成
- (2) 撮影領域情報の送信
- (3) 各ノードにおける共通撮影領域計算
- (4) 複製環状ネットワークによる注視領域探査
- (5) 全参加ノードに対する注視領域の通知

本手法では、イベントが行われている地域に相当する平面領域全体を管理するアドホックな P2P ネットワークを作成し、各カメラ付きノードの撮影領域をネットワーク上のノードに分配し、各ノードの管理領域内部での共通撮影領域を計算し、その後、分散的に注視領域を求め、最後にその結果を全てのノードに送信する。

### 3.1 アドホックネットワーク生成

まず本手法における即席の計算基盤としての P2P ネットワーク生成を行う。本手法では、ノードが一次元に接続された環状ネットワークと平面領域の分割管理の為に P2P ドロネーネットワークを用いている。P2P ドロネーネットワークでは各ノードのボロノイ領域を各ノードの管理する領域としており、各々の領域内における注視領域を求める。環状ネットワークでは各ノードにおける注視領域の中からネットワーク全体での注視領

域を求める。以下では本手法で用いるネットワークの生成手順について述べる。

#### 3.1.1 環状ネットワークの作成

ドロネーネットワークを生成するためには連結グラフが必要である為、まず環状のオーバーレイネットワークを生成する。ここで生成した環状ネットワークは後のネットワーク全体での注視領域を求める処理と、求めた注視領域を全てのノードに送信する処理にも利用される。

まず、あらかじめネットワーク参加への入り口としてリフレクタを用意しておく。各ノードは、環状ネットワークにおいて右回りの方向に参加していき、右側に隣接しているノードを右ノード、左側に隣接しているノードを左ノードとする。新規ノードがネットワークに参加する場合、リフレクタにアクセスしてひとつ前にアクセスしたノードの ID を左方向の隣接ノードとして受け取る。ここで ID とはネットワークにおけるアドレスとしての役割も果たし、ID を指定することで、任意のノードにアクセスできるものとする。新規ノードは受け取った ID を持つノードにアクセスして自分のノードが右方向の隣接ノードであることを伝える。最後に参加したノードはリフレクタにアクセスし、最初にアクセスしたノードに対して左方向の隣人ノードが自分であると伝える。この結果、新規に参加されたノードは環状ネットワークにおいて、最初に参加したノードの左側に追加されることになる。ノード参加の処理を図2を用いて以下に記す。

- (1) 新規ノードはリフレクタに問い合わせる
  - (2) リフレクタは新規ノードに対して直前に参加したノードの ID と最初にネットワークに参加したノードの ID を伝える
  - (3) 新規ノードは直前に参加したノードに対して参加依頼を送る
  - (4) 直前に参加したノードは右ノードである最初に参加したノードに新規ノードの参加依頼を転送する
  - (5) 依頼を受けた直前に参加したノードと最初に参加したノードが新規ノードと接続する
  - (6) 以上の処理の結果、新規ノードは環状ネットワークにおいて最初に参加したノードの左側に参加する事になる
- 初期状態において各ノードは環状ネットワークの左右のノードと接続している。各ノードが持つ情報は、自身の位置座標、処理の対象となるイベント会場の領域の範囲に関する情報、左側ノード ID、右側ノード ID である。また、ノードが映像を撮影している場合、以上に加えて撮影領域情報を持つ。ノードの位置座標は、GPS により取得した各端末の位置座標であり、イベント会場などに与える座標の範囲と一致させるものとする。

#### 3.1.2 P2P ドロネーネットワークの作成

本研究では、各ノードが分散的に平面領域上の共通撮影領域を求める。そこで、[6]の手法を用いて環状ネットワークとは別に、P2P ドロネーネットワークとしての接続関係を生成する。

#### 3.2 撮影領域情報の送信

各ノードが自身の管理領域内における共通撮影領域を計算する為に、各カメラノードはその撮影領域を管理領域内に含む全てのノードに送信する必要がある。そこで各カメラノードは、そ

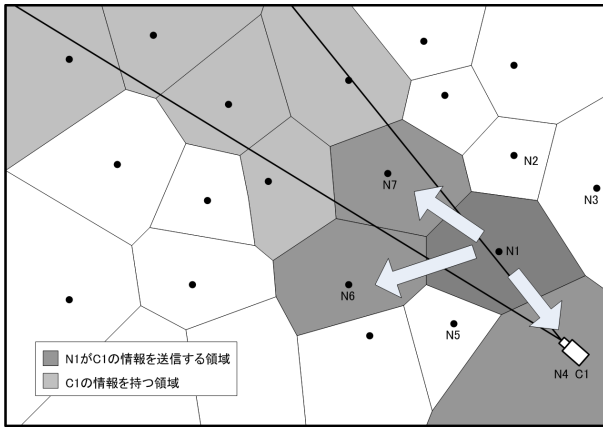


図 3 撮影領域情報を受け取るノード

Fig. 3 The Nodes that receive an information of shooting area

のカメラの撮影領域内の領域を管理するノードに対するフラグgingを行う。撮影領域情報を受け取ったノードは近傍ノードの管理領域を取得し、その領域に自分の持つカメラの撮影領域が重なっているかを判定し、カメラの撮影領域に入っている領域を持つノードにのみ撮影領域情報を送信するようにする。図 3 のノード N1 において、近傍ノード N2-N7 の中でカメラ C1 の情報を送信すべきノードはカメラ C1 の撮影領域を含む N4, N6, N7 の三つであり、N2, N3, N5 には送信しない。以上のデータ送受信の手順を以下に記す。

- (1) 自ノードのボロノイ領域内にカメラが存在するか調べ、存在した場合は自分のカメラリストにそのカメラを格納する
- (2) 近傍ノードにアクセスして近傍ノードが管理するボロノイ領域を取得する
- (3) 自ノードの所有しているカメラノード  $C_i$  の撮影領域が近傍ノードの管理する領域と重なっているか判定する
- (4) カメラノードが撮影範囲に含んでいたノード  $N_j$  にそのカメラノードの撮影領域情報を送信する
- (5) 撮影領域情報を受信した場合、3-4 を繰り返す
- (6) 一度取得したカメラノードの撮影領域情報が 2 度以上送られてきた場合は破棄する。

P2P ドローンネットワークでは、管理領域が接するノード同士は接続されている為、以上の手順により、撮影領域内を管理領域として持つ全てのノードに撮影領域情報を送信することが可能である。図 3 では、カメラノード C1 の情報は色の付いている領域を持つノードに送信される。

### 3.3 各ノードにおける共通撮影領域計算

ここでは、各カメラノードから送信した撮影領域情報を元に各ノードが、その管理領域内の共通撮影領域及び、その領域を撮影している端末の ID のリストを求める処理について述べる。各ノードは、これまでの処理により、それぞれの管理領域を撮影しているカメラノードの撮影領域情報を保持している。それを基に管理領域内の共通撮影領域を求め、各共通撮影領域を撮影しているカメラノードをリスト化する。この処理を全てのノードで行い、自ノード内の管理する領域での注視領域を求める。

尚、この処理に用いる為に各ノードは、

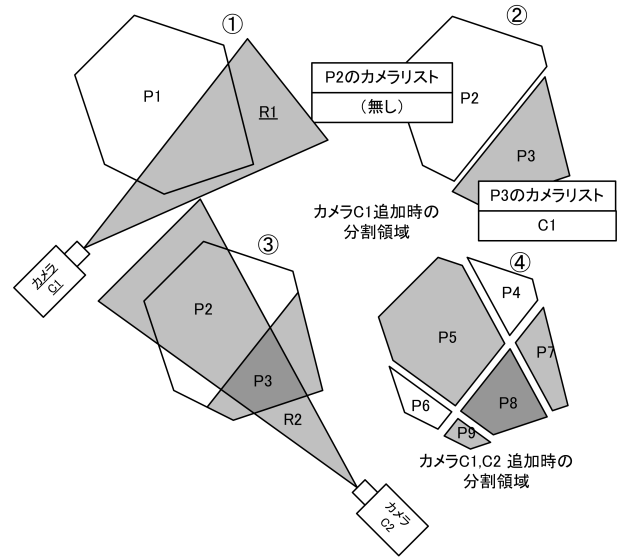


図 4 ボロノイ領域の分割

Fig. 4 Division of Voronoi area

- 隣人情報から求めた管理領域を示す多角形領域情報  $P_1$
- 自ノードの管理領域を撮影領域として持つカメラノードの撮影領域情報  $C_x$  ( $x$  は自然数) のリスト
- 共通撮影領域の位置と形を現す多角形領域  $P_x$  ( $x$  は自然数) を格納する為のリスト
- 共通撮影領域を表す多角形領域  $P_x$  毎に動的に用意される、その領域を撮影する為のカメラノードを格納できるリストを持っている。

以上の領域分割の手順を図 4 を用いて以下に記す。

- (1) まず  $P_1$  を  $C_1$  の領域と重ね合わせるにより、二つの領域の共通部分による連続領域と、非共通部分からなる連続領域を新たな領域として生成し、共通撮影領域のリストに追加する (図 4 では、2 において  $P_2$  と  $P_3$  が生成されている)。
- (2) 新たに生成された共通撮影領域のリストの要素一つ一つに、その領域を作成する元となった領域を撮影していたカメラノードの ID リストのコピーを付加し、更に  $C_1$  で撮影されている領域には、 $C_1$  のカメラノードの ID も追加する。
- (3) 更に  $C_2$  により、共通撮影領域のリスト内にある多角形領域を同様に分割し、新たな領域に対する撮影しているカメラノードの ID のリストを付加する (図 4 では、 $P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9$  が生成されている)。
- (4) 同様にして、 $C_3, C_4, C_5, \dots$  による、領域の分割とそれによる新たな共通撮影多角形領域の生成を繰り返し、全ての撮影領域情報によって行い、最終的な共通撮影領域のリストと、その各領域を撮影しているカメラノードの ID のリストを生成する。
- (5) この共通撮影領域のリストの中で、最も多くのカメラノードに撮影されている領域を、そのノードの管理領域における注視領域とする

### 3.4 複製環状ネットワークによる注視領域探査

各ノードが自分の管理領域においての注視領域を求めた後、全てのノードの中での注視領域を求める。各ノードは、環状ネットワークの複製を利用して、ネットワーク全体で分散的に、この

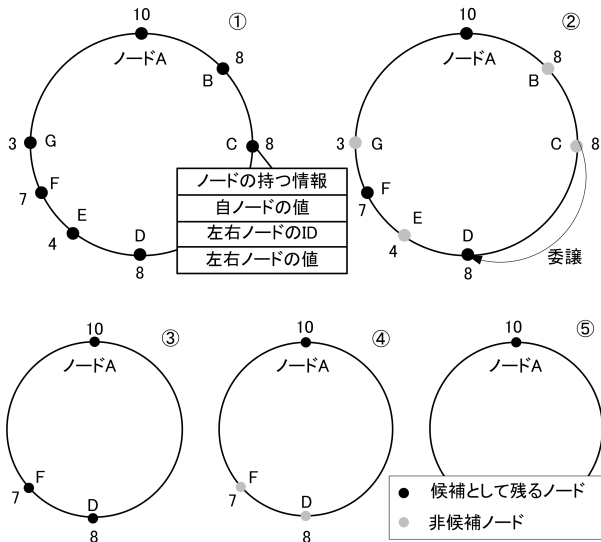


図 5 オーバーレイネットワーク生成手順  
Fig. 5 Procedure of generation of an overlay network

処理を行う。

複製された環状ネットワーク上の各ノードは自身と隣人ノードの注視領域の撮影カメラ台数を比較し、他のノードより小さい台数の注視領域を持つノード（以降、このようなノードを非候補ノードと呼ぶ）は順次、環状ネットワークから脱退する。これらを環状ネットワークの各所で分散的に行い最終的に残ったノードが持つ領域をネットワーク全体における注視領域とするものである。なお、これは複製された環状ネットワーク上で行い、元々あった環状ネットワークの接続関係は変化させない。各ノードは左右のノードの値と自分の値を比較し、左右より値が小さかった場合に自身を除いたオーバーレイネットワークの生成処理（以下脱退処理）を行う。また、左右のノードの値が自ノードと等しかった場合は自ノードにおける最大領域のデータを右ノードに預けた上で脱退処理を行う。以上の方針によりオーバーレイネットワークを構築しネットワーク全体の注視領域を求める。手順を以下に示す。

### 3.4.1 手順

最大ノード探査の手順を図 5 とともに説明する。

(1) 左右ノードのデータと自分の持つデータを比較する（図 5 においては、全てのノードが左右のノードと比較を行っている）。

(2) 比較の結果、自分より大きな値が左右のどちらかに存在した場合、そのノードは非候補ノードとなり、ネットワークからの脱退処理を行う（図 5 においては、ノード B, C, E, G が脱退している）。

(3) 左右のノードの値が自ノードと等しかった場合、そのノードは非候補ノードとなり、自ノードのデータを右のノードに預けた後ネットワークからの脱退処理を行う。

(4) 入れ替えた隣人ノード情報を基にオーバーレイネットワークを生成する（図 5 では左下の環状ネットワークが新たなネットワークである）。

(5) 1-4 を繰り返し、更に小さなオーバーレイネットワーク

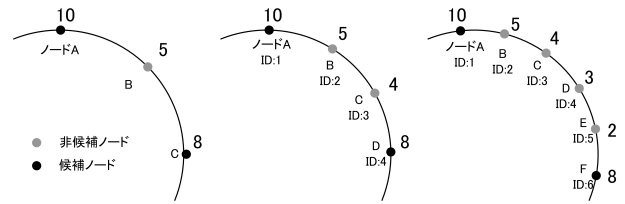


図 6 ノードがネットワークから抜ける処理  
Fig. 6 Procedure that nodes leave the network

### Algorithm 1 最大値探査アルゴリズム

```

1: List myID, rightID, leftID
2: int myMean, rightMean, leftMean
3: while rightID != myID or leftID != myID do
4:   Get rightMean
5:   Get leftMean
6:   if rightMean > myMean or leftMean > myMean then
7:     Lock(MyID, leftID, rightID)
8:     connect(leftID, rightID)
9:     leave
10:  else if rightMean == MyMean and leftMean == myMean
11:    then
12:      Lock(MyID, leftID, rightID)
13:      SendData(rightID)
14:      connect(leftID, rightID)
15:      leave
16:  end if
17: end while
18: if rightID == myID and leftID == myID then
19:   return myID
20: end if

```

を生成していく。

(6) ネットワーク上に 1 ノードしか存在しなくなった時点で、そのノードの隣人は左右共に自ノードとなるので、その 1 ノードは、自身以外のノードが全て脱退した事を認識でき、自身の管理領域における注視領域をネットワーク全体としての注視領域と認識して終了する。

また左右のノードの注視領域の撮影カメラノード数が等しい場合、ID が大きい方のノードは残り、小さい方のノードは脱退する。この時、ID の小さなノードは、自身の管理領域内の注視領域情報を自身より、ID が大きなノードに渡して脱退する。注視領域情報を受け取ったノードは、まず受け取った注視領域が自ノードの持つ注視領域と連続領域であるかを判定する。そのため、自ノードの最大領域を撮影しているカメラノードリストと受け取ったデータのカメラノードリストを比較し、カメラノードリストの内容が等しかった場合に受け取った領域は連続領域であると判定し、自ノードの最大領域に受け取った領域を合成して保持する。比較した結果、カメラノードリストが等しくなかった場合は、別の場所に注視領域が存在する可能性があるため、受け取ったデータを別領域として保持しておく。

### 3.4.2 ノードの脱退処理

非候補ノードとなり、ネットワークから脱退する処理につい

て図 6, Algorithm1 とともに説明する。図 6 において灰色のノードは非候補ノードとなったノードであり、黒のノードは処理実行中のノードである。

a) ノードひとつが抜ける場合 (図 6. 左)

ネットワークから脱退する非候補ノード B はネットワークから脱退する際に、自ノード (B), 左ノード (A), 右ノード (C) の順にロックし (7,11 行目), ノード A と C の接続を確認した後 (8,13 行目) ロックを解放して離脱する (9,14 行目)。一つのノードは一つのロック処理のみを受け付ける。このため、ロックしようとしたノードが他のノードにロックされ、ロックが行えなかった場合は、処理を中断しロック開放の通知が来るまで他のロックも開放しておく。

b) 二つ以上のノードが同時に抜ける場合 (図 6. 中央)

非候補ノード B, C はそれぞれ自身を脱退ノードとしてロックしているため、B は C を、C は B をそれぞれロックすることができない。その為、この場合にはデッドロックが生じる。それを回避するため、同時にネットワークからの脱退処理が行われた場合は、ノード ID の大きいノードのロック要請を優先し、図 6 においてノード B は C のロック要請に応じ、C の脱退処理が行われた後に B の脱退処理を行う。

c) 多数のノードが同時に抜ける場合 (図 6. 右)

ID の大きいものから順に処理が行われる為、ノードが 1 つずつしか脱退することができず、ネットワーク脱退処理に遅延が生じる。この原因は ID の大きいノードのロック要請を受け入れる為、ID が最大のノード以下のすべてのノードがロックされてしまう為である。これを回避するため、ロック中に他のロック要請が来た場合、要請をキューとして保持しておき、ロック解放後通知し、キューにあるノードの脱退処理を行う。ID が最大のものからのロック要請を受け隣のノードが脱退すると決まったとき、脱退が決定したノードが所有するキューとして保持してある ID が下位のノードからのロック要請を受け入れ、下位のノードの接続組み換えを行う。この場合、ノード E の要請を受けた D が F と D との接続更新を行うためロックされると同時に C のロックを解除し、ノード C がキューとして保持していた B からのロック要請を受け入れ、A と C との接続更新を行う。

### 3.5 全参加ノードに対する注視領域通知

前述の方法で、注視領域を得たノードは、環状ネットワークを利用し、ネットワークに属する全てのノードに注視領域情報を配布する。環状ネットワークを順に伝播する方法により伝達する方法が考えられるが、環状ネットワークのサイズが大きい場合には、Chord 環のようなマルチキャストに適したネットワークの直径を下げる接続を常に作成しておき利用する方法が考えられる。

## 4. シミュレーションによる評価

本手法の有効性を検証するため、提案アルゴリズムを用いた注視領域の抽出をシミュレーションにより評価する。カメラ台数を 10 台, 50 台, 100 台, 総ノード数を 1, 10, 100, 1000 と変化させた場合の各ノードの計算負荷と通信負荷について考察する。

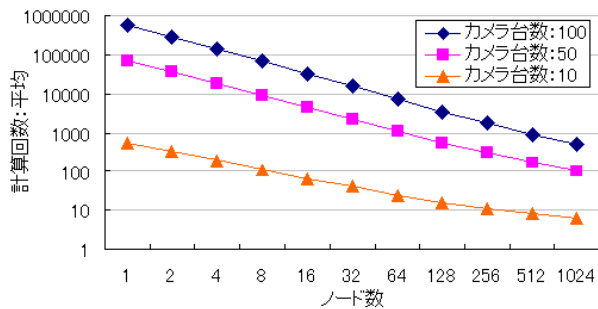


図 7 ノード数ごとの計算回数平均

Fig. 7 Average of the number of the calculation to total node number

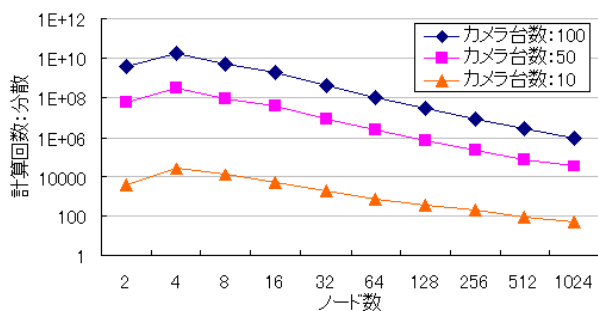


図 8 ノード数ごとの計算回数分散

Fig. 8 Variance of the number of the calculation to total node number

### 4.1 計算負荷

領域分割処理回数を計算回数とする。ノードごとの計算回数を計測した結果を図 7, 8 に示す。図 7 は総ノード数ごとの計算回数の平均を表し、図 8 は分散を表している。平均ではカメラ台数がいずれの場合も総ノード数が増加するに従い計算回数は減少している。また、分散も総ノード数が増加するに伴い小さくなっている。

管理領域は重複する撮影領域の境界線によって分割されるため、計算回数はその境界線数に依存する。管理領域が小さくなれば、撮影領域の境界線と交差する割合が減少する。総ノード数が増加すると各ノードの管理領域は小さくなる。そのため、総ノード数の増加に従い計算回数が減少したと考えられる。また、多数の撮影領域の境界線と交差するノードの割合も減少するので、平均と同様に分散も低くなったと考えられる。

これらの結果より、本手法では総ノード数の増加により計算負荷の分散ができる。

### 4.2 通信負荷

撮影領域情報送信処理回数を通信回数とする。ノードごとの通信回数を計測した結果を図 9, 10 に示す。図 9 は総ノード数ごとの通信回数の平均を、図 10 は分散を表している。通信回数の平均はノード数に対しては大きな増減は見られないが、カメラ台数によって通信回数が異なる。また分散に関しては、ノード数が小さい 4, 8 などの場合では顕著に変化が見られノードごとの通信量に差が生じるが、ノードが多数の場合にはノード数の変化に対して分散は一定となっている。

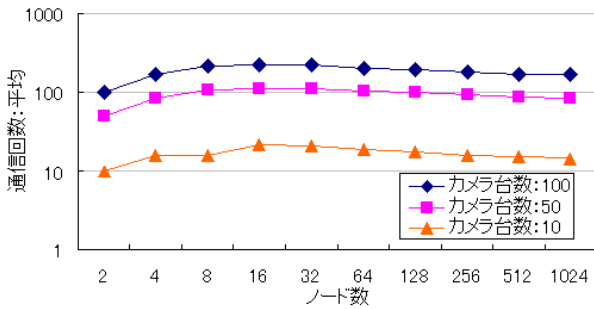


図9 ノード数ごとの通信回数平均

Fig.9 Average of the number of the communications to total node number

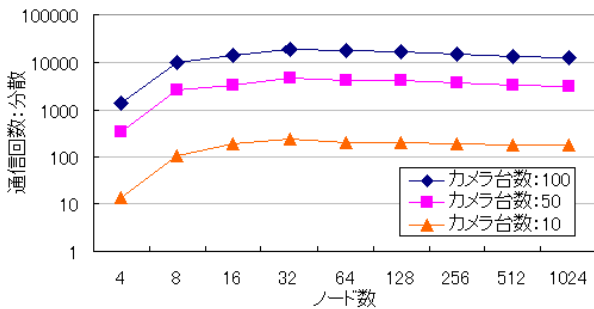


図10 ノード数ごとの通信回数分散

Fig.10 Variance of the number of the communications to total node number

撮影領域情報はフラッキングにより、管理領域と撮影領域が重複するノードに伝播される。総ノード数が増加して各ノードの管理領域が変化しても撮影領域と重複する割合はあまり変化しない。そのため、撮影領域情報が伝播される割合もほとんど変化しない。よって、通信回数は、総ノード数の変化に対して平均、分散ともにほとんど変化しなかったと考えられる。

この結果より、通信負荷はノード位置によって偏りがあるが、総ノード数の変化に対してほぼ不変であり、総ノード数が増加するごとに総通信回数は増加する。

## 5. 関連研究

### 多視点映像に関する研究

稲本ら [1] は、多視点の映像から、任意の視点の映像を生成する手法を提案しており、ある地点に関する複数のセンサーからの情報を集約して処理を行う計算モデルである。このような計算モデルである場合、本研究手法を応用することにより撮影範囲内のノードに対して映像情報などのマルチキャストを行い、演算処理を各ノードに分散的に割り振ることができる。また、その結果を、そのまま各ノードに保持させ問い合わせに対応させることも可能である。

兵ら [3] は、映像に対して、それを取得したカメラの時刻、位置、向きと予め用意された地理データベースに基づいて索引付けを行う手法を提案している。対して本研究では、動的な映像情報に寄ってのみ、注視点を検出しようとしている。また、スケラブルな P2P ネットワーク上の各ノードの保存領域に対

して未整理な情報を蓄積する。各ノードが未整理な情報の関係性について常時演算処理を行い二次的な情報を生成し続けデータベース化するという利用方法が考えられる。

### 空間充填曲線

Shu [4] ら, Xu [5] ら はヒルベルト曲線, z 曲線などの空間充填曲線により対象空間の部分領域に対して 1 次元 ID 付けを行い, この ID に基づいて Skipnet によりオーバレイネットワークを構成している。これにより  $O(\log N)$  の部分領域内のデータアクセスを可能にしている。しかし, ID の近接関係が必ずしも地理的な近接関係に一致せず, 平面上における範囲問合せなどに利用する場合は, 通信路が問い合わせ範囲の外のノードを経由することもある。この為, 近傍のノード間で常に協調的な計算を行う計算モデルを利用する際に, 通信負荷が問題となる可能性がある。

### 注視点検索に関する研究

[7] では, 視差画像を用いた注目物体領域の自動切り出し手法について述べている。カメラから撮影対象までの距離情報を表す視差画像から x 座標, y 座標, 視差のデータを取得し, それを用いて物体領域を表す適切なモードを選択することで, 注目物体領域を決定している。提案手法では, 注目する領域をいくつかの複数のカメラの撮影範囲が最も集中している範囲としている。

### メタデータに関する研究

[8] では, カメラの位置や撮影方向, 画角, カメラに設置した GPS や電子方位計を用いる点は本研究と類似しており, 撮影位置近くに存在する地理オブジェクトを特定し, その重要性を定義したものから映像集約を行なっている。[9] では, 映像オブジェクトに関するメタデータを格納, 管理するデータベースシステムのアーキテクチャを提案している。

### 携帯情報端末向け共有仮想空間システムに関する研究

[10] では, 携帯情報端末を用いて座標系に基づいて情報を管理する共有仮想空間に対してアクセスするシステムを提案している。携帯情報端末が GPS で取得した座標情報を元に利用者のメッセージを共有仮想空間を管理するサーバに対して格納している。本研究は, このような共有仮想空間システムの P2P オーバレイネットワーク上への構築を目指している。

## 6. おわりに

### 今後の展望

本提案手法では, イベント会場などにおいて, 即席のアドホックネットワークによって利用者達に注目されている領域を求める手法の提案を行った。シミュレーション評価においては, 注視領域に近い位置にあるノードほどカメラの撮影領域に含まれる割合が高く, そこに位置するノードの通信回数は多くなるために通信量の負荷が集中していることが分かった。そこで, 今後, 通信数やデータ密度の偏りを解消できるようなネットワーク構造もしくはノード配置方法を考えたい。また, 実機による実環境を想定した検証も必要である。

### 文献

- [1] 稲本菜穂 and 斉藤英雄, “多始点スポーツ映像からの自由視点映像合成と提示,” 電子情報通信学会論文誌, vol.88, no.8,

pp.1693–1701, 4 2005.

- [2] 西岡欣亮, 住野優, 井東大, and 上島紳一, “人気領域を考慮した映像切り替え方式の提案,” 電子情報通信学会データ工学ワークショップ, 3 2006.
- [3] 兵清弘, 天笠俊之, 吉川正俊, and 植村俊亮, “Mpeg-7 を利用したウェアラブルカメラ映像の索引付け手法,” 電子情報通信学会データ工学ワークショップ (DEWS2002), 3 2002.
- [4] Y. Shu, B.C. Ooi, K.L. Tan, and A. Zhou, “Supporting multi-dimensional range queries in peer-to-peer systems,” IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, pp.155 – 164, 2005.
- [5] Z. Xu, M. Mahalingam, and M. Karlsson, “Turning heterogeneity into an advantage in overlay routing.,” IEEE INFOCOM, 2003.
- [6] 大西真晶, 源元佑太, 江口隆之, 加藤宏章, 西出亮, and 上島紳一, “ノード位置を用いた p2p モデルのためのドロネー図の自律分散生成アルゴリズム,” 情報処理学会論文誌：データベース, no.47, pp.51–64, 3 2006.
- [7] 孟洋, 出原優一, 佐藤真一, and 浜田喬, “視差画像を用いた画像検索のための注目物体領域抽出手法,” 電子情報通信学会論文誌, no.6, pp.1006–1015, 6 2002.
- [8] 上田隆正, 天笠俊之, 植村俊亮, and 吉川正俊, “位置情報と地理情報を用いたウェアラブルカメラ映像のダイジェスト作成,” 情報処理学会論文誌：データシステム, no.70, pp.177–184, 7 2001.
- [9] 黎亜和 and 田中譲, “メタデータの管理に基づくビデオデータベースの構成,” 情報処理学会論文誌, vol.39, pp.1137–1145, 4 1998.
- [10] 垂水浩幸, 鶴身悠子, 横尾佳余, 西本昇司, 松原和也, 林勇輔, 原田泰, 楠房子, 水久保勇記, 吉田誠, and 金尚泰, “携帯電話向け共有仮想空間による観光案内システムの公開実験,” 情報処理学会論文誌, vol.48, pp.110–124, 1 2007.
- [11] 秦淑彦, 中西吉洋, 廣瀬竜男, and 田中克己, “カメラメタファによる他視点映像の検索,” 情報処理学会論文誌：データベース, no.42, pp.14–26, 3 2001.
- [12] 中西吉洋, 廣瀬竜男, and 田中克己, “多視点映像データ概念モデリングと代表映像検索,” 情報処理学会論文誌：データベース, no.43, pp.54–65, 6 2002.
- [13] H. Kato, M. Ohnishi, T. Eguchi, and S. Ueshima, “Autonomous generation of spherical p2p delaunay network for global internet applications,” 3rd Proc Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing (C5), pp.39 – 46 (IEEE CS Press), 2006.