

## 複数カメラ間の役割委譲による協調的画像データ取得手法\*

東京電機大学理工学部情報システム工学科<sup>†</sup>  
千明 陽 河合 竹広 桧垣 博章<sup>‡</sup>

### 1 はじめに

通信機能とセンサデバイスを備えた多数のセンサノードからの取得データをシンクノードを介して集約することを目的としたセンサネットワークの研究開発が活発となっている。ここでは、多地点に設置されたセンサノードからのセンサデータを無線マルチホップ通信技術などを用いて配送する。Web カメラ等の画像データ取得デバイスの低価格化と高画質化により、監視カメラ群や動植物の生態観測、プラント等の監視などを目的とした画像データ取得ネットワークの構築が容易になりつつある。ここで、観測対象が観測領域を経時的に移動する場合、この観測対象を観測目的にできるだけ適応したカメラノードによって撮影することが望まれる。すなわち、対象を観測する役割を対象の移動とともにカメラノード間で委譲する協調的画像データ取得が必要となる。本論文では、複数の観測対象が観測領域内を移動する場合を対象とした、カメラノード間の役割委譲手法について検討する。

### 2 関連研究

複数のカメラを利用し、複数の観測対象を追跡、撮影する手法が研究されている。論文 [1], [3] の研究では、複数のカメラをネットワーク接続し、単数または複数存在する観測対象の 3 次元情報 (位置情報) の取得と追跡を可能にしている。また、論文 [2] では、プライバシーや広大な人間の活動空間などの社会的な問題から、カメラを密に設置できない環境を想定し、設置されたカメラ群がフィールド上の一部しか撮影できない状況において、人物の行動を推定、追跡するための研究を行なっている。

しかし、いずれの研究も監視カメラのような不審人物を追跡するアプリケーションを想定しており、位置情報の取得と大まかな行動の把握を目的としているため、これらカメラから取得できる映像は、観測者が要求する撮影距離や撮影角度を必ずしも満たすとは限らない。要求を満たす映像が取得可能な場合でも、複数のカメラによって単数の観測対象を捕捉しているため、機器コストが増大する問題がある。

### 3 提案手法

#### 3.1 システムモデル

図 1 のように、画像データ取得機能と通信機能を備えたカメラノードを観測領域にある程度高密度に配置し、領域内を移動する複数の観測対象を撮影するアプリケーションを対象とする。各カメラノードは、自身の位置を取得しているものとする<sup>1</sup>。また、カメラノードの撮影方向は任意に変更することが可能であり、取得される画像データとカメラノードの撮影方向から撮影対象の位置を推定することが可能であることを仮定する。各カメラノード間では、制御メッセージの交換が可能であるとする。ただし、通信デバイスを限定することはしない。各カメラノードが有線固定ネットワークに接続されているために任意のカメラノード間で通信することが可能である環境や、無線ネットワークに接続されているためにブロードキャスト通信により隣接カメラノードとのみ通信可能である環境などを想定する。

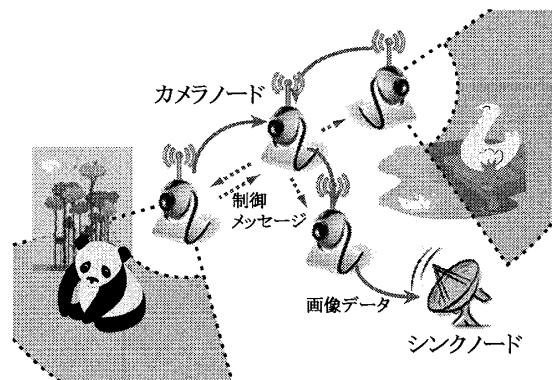


図 1: カメラノード群による観測対象群の画像取得

#### 3.2 役割とその委譲

観測対象の撮影においては、観測対象と画像データの取得目的に応じて、カメラノードと観測対象との間の望ましい距離や望ましい角度が存在する。対象  $O$  を距離  $d$ 、角度  $\theta$  で撮影したときに取得される画像データの価値が  $V(d, \theta)$  であるとき、 $role(O, V(d, \theta))$  を観測の役割と呼ぶ。役割  $role(O_j, V_j(d, \theta))$  を担うカメラノード  $C_i$  が取得した対象  $O_j$  の画像データの価値は、 $C_i$  と  $O_j$  との間の実際の距離  $d_{ij}$  と角度  $\theta_{ij}$  によって

<sup>1</sup>本論文では、カメラノードは移動しないことを仮定している。ただし、本論文での議論は、カメラノードが移動する場合へと拡張することが可能である。

\*Cooperated Image Data Acquisition by Role Delegation among Multiple Camera Nodes

<sup>†</sup>Tokyo Denki University

<sup>‡</sup>Yo Chigira, Takehiro Kawai and Hiroaki Higaki

変化する。一般的には、理想的な距離  $\bar{d}_j$  と角度  $\bar{\theta}_j$  との差  $|d_j - \bar{d}_j|$  および  $|\theta_j - \bar{\theta}_j|$  が大きくなるほど、取得画像データ価値が低下する。

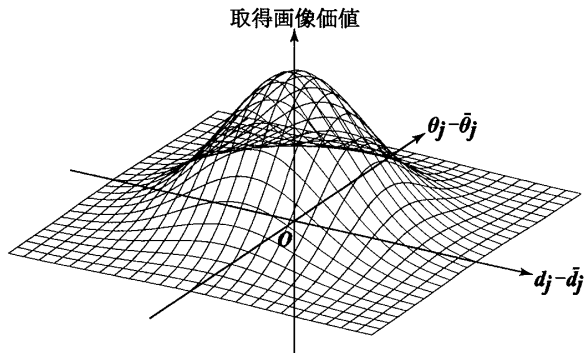


図 2: 取得画像の価値の変化

カメラノードが移動できない場合や観測対象の移動に対してカメラノードの移動速度が低い場合には、価値の高い画像データを取得することは困難である。そこで、本論文では、複数カメラノードの協調によって、対象の移動に対して、役割を担うカメラノードを切り換えることによってより価値の高い画像データを取得する手法を考案する。カメラノード  $C_i$  が取得している対象  $O_j$  の画像データの価値  $V_j(d_{ij}, \theta_{ij})$  が閾値  $ReqVal$  以下となったならば、 $C_i$  は  $O_j$  の近隣に位置すると推定される他のカメラノード群に価値評価要求メッセージ  $EVreq(role(O_j, V_j(d, \theta)), Loc(O_j))^2$  を送信する。これを受信した  $Loc(O_j)$  の近隣カメラノード  $C_k$  は、自身からみた  $Loc(O_j)$  の距離  $d_{jk}$  と角度  $\theta_{jk}$  とから取得画像価値  $V_j(d_{jk}, \theta_{jk})$  を計算し、これを含む価値評価応答メッセージ  $EVrep(V_j(d_{jk}, \theta_{jk}))$  を  $C_i$  へ返信する。 $Loc(O_j)$  の近隣カメラノード群から  $EVrep(V_j(d_{jk}, \theta_{jk}))$  を受信した  $C_i$  は、最も高い価値の画像データを取得可能なカメラノード  $C_{j'}$  へ委譲要求メッセージ  $Dreq$  を送信することで、役割  $role(O_j, V_j(d, \theta))$  の  $C_{j'}$  への委譲を依頼する。ただし、すべての近隣カメラノードが取得可能な画像データ価値が  $C_i$  が取得可能な価値以下である場合には、 $C_i$  は役割の譲渡をせずに  $O_j$  の画像データ取得を継続する。そして、一定時間経過後に  $V_j(d_{ij}, \theta_{ij})$  を再評価し、必要であれば委譲の手続きを再開する。

ここで、提案手法の適用環境を再考すると、観測領域には多数のカメラノードが設置されており、それぞれの対象を観測する複数の役割が同時に存在する状況を想定している<sup>3</sup>。そのため、 $Dreq$  を受信した  $C_{j'}$  が既に他の役割  $role(O_l, V_l(d, \theta))$  を担っていることが考えられる。このとき、 $C_{j'}$  が  $role(O_j, V_j(d, \theta))$  の委譲を受けて  $O_j$  の画像データを取得するためには、 $role(O_l, V_l(d, \theta))$  を  $Loc(O_l)$  の近隣カメラノードに委譲することが必要である。そこで、 $C_i$  と同様に  $C_{j'}$  が  $EVreq$ 、 $EVrep$ 、 $Dreq$  の交換を行なうことで、 $role(O_l, V_l(d, \theta))$  の委譲

<sup>2</sup>  $Loc(O_j)$  は  $O_j$  の推定位置。

<sup>3</sup> 同一の対象について複数の役割が存在することもある。

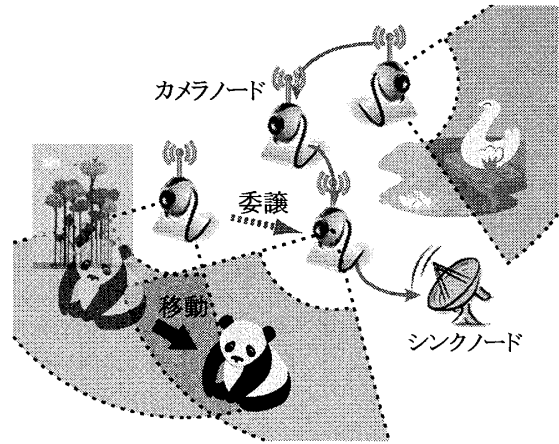


図 3: 観測対象の移動とカメラ間の役割委譲

先カメラノードを探索する。そして、 $role(O_i, V_i(d, \theta))$  の委譲を受けることによる  $O_j$  の取得画像データの価値の上昇と  $role(O_l, V_l(d, \theta))$  を委譲することによる  $O_l$  の取得画像データの価値の低下とを評価し、委譲の可否を決定する。なお、委譲可能なカメラノードは、委譲肯定応答メッセージ  $Dack$  を返信し、委譲不可能なカメラノードは、委譲否定応答メッセージ  $Dnack$  を返信する。

このような再帰的な委譲先探索では、その再帰が深くなると応答時間が延長される。観測対象が高速に移動する場合には、委譲の決定が遅延し、取得画像データの価値が低下することが考えられる。このため、観測対象の移動速度と取得画像データ価値の変化を考慮して、再帰的探索の深さを調節する必要がある。

#### 4 まとめと今後の課題

本論文では、複数の対象を観測する役割を複数のカメラノードからなる画像データ取得ネットワークにおいて、対象の移動に対して、より高い価値を持つ画像データを取得するために、対象と価値評価の対からなる役割を近隣カメラノード間で委譲する手法を提案した。再帰的な委譲を行なうためには、委譲のための制御メッセージ交換プロトコルの実行による取得画像価値の低下を考慮することが必要である。今後は、プロトタイプシステムの開発を通して、再帰の深さによる画像価値の低下等を評価し、提案手法の有効性と問題点を明らかにする。

#### 参考文献

- [1] 浮田, 松山, “能動視覚エージェント群による複数対象の実時間協調追跡,” 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. SIG11, pp. 64-79 (2002).
- [2] 小林, 佐藤, 杉本, “視野を共有しない疎分散カメラ群を用いた人物行動軌跡の推定,” 情処研報, Vol. 2005, No. 88, pp. 169-176 (2005).
- [3] 中澤, 日浦, 加藤, 井口, “分散観測エージェントによる複数人物の追跡,” 電子情報通信学会総合大会講演論文集, pp. 399-400 (2000).