

視認性に基づいた包含関係による監視位置決定

三栗 寛之 向 直人 渡邊 豊英
名古屋大学大学院 情報科学研究科 社会システム情報学専攻
〒 464-8603 名古屋市千種区不老町

近年、犯罪の増加に伴い情報技術を活用した防犯対策が様々な側面から進められている。本稿では、複数台の監視カメラを用いた施設管理システムを対象とし、施設領域内に、死角がない完全な監視状態を実現する。その際、必要となるカメラ台数を最小化とする効果的なカメラ配置を算出する。任意形状の領域に対してこの問題は NP 困難であり、効率的な解法は存在しない。提案手法では、対象領域内の部分領域間で相互に監視可能かどうかを示す視認性に基づき、ネットワーク構造を構築する。そして、ネットワーク内のノード間に生ずる包含関係に着目することで、カメラ配置に常に適したノードを抽出することが可能となる。

Arrangement of Monitoring Cameras Based on Inclusive Relation of Visibility

HIROYUKI MIKURI NAOTO MUKAI TOYOHIDE WATANABE
DEPARTMENT OF SYSTEMS AND SOCIAL INFORMATICS,
GRADUATE SCHOOL OF INFORMATION SCIENCE, NAGOYA UNIVERSITY
FURO-CHO, CHIKUSA-KU, NAGOYA, 464-8603, JAPAN

Recently, owing to the increase of crimes, anticrime measures utilizing information technologies have been in common use. Our research target is a facility management system utilizing plural security cameras, and our research objective is to search the monitoring arrangement that requires the minimum number of security cameras and has no dead zones in the target facility. To search such an arrangement for a general target space is NP-hard. Therefore, there is no efficient solving method. In our proposed method, the target space is divided into partial regions based on the visibility concept, and a network is constructed. Utilizing the inclusive relations among nodes in the network enables extracting nodes which are always valid for monitoring arrangement.

1. はじめに

近年、犯罪の増加に伴って情報技術を活用した防犯対策が様々な側面から行われている。具体的には、監視カメラから得られる動画を自動解釈したり、ネットワーク接続されたセンサー群を用いて侵入者を検知するシステムが、実用化されている。また、住居やオフィスの出入口で生体情報を用いた個人認証システムの設置も進められている。

このような背景の中、我々は複数台の監視カメラを用いた施設管理システムを研究対象とする。対象とする施設が安全な状態であることを保障するためには、施設内の領域に死角なく監視カメラを設置することが

必要となる。一方、施設管理に必要なコストを抑えるためには、設置する監視カメラの台数をできるだけ少なくする必要がある。我々は安全な状態を保障すると同時にコストを抑えた効率的な施設管理を実現するため、監視カメラの配置決定手法を研究する。

一般にこの問題は、*Art Gallery Problem* として知られている [1],[2]。 *Art Gallery Problem* では、各監視カメラは全方位性、すなわちそれぞれが設置地点の周囲を 360° 監視可能と仮定する。そして、対象領域内に死角が発生しないように監視カメラを配置し、さらに必要な最小カメラ台数及びその配置を求めることが目的である。しかし、任意の形状を持つ領域に対してこれらを求めることは NP 困難であると証明さ

れており [3], 近似アルゴリズムによる解法を用いなければならない。また, 問題の性質として n 個の頂点を持つ任意の多角形領域に対しては, $\lfloor \frac{n}{3} \rfloor$ 台の監視カメラを設置すれば常に十分であるが, 対象領域の形状によっては $\lfloor \frac{n}{3} \rfloor$ 台を必要とする場合が存在することが証明されている [4]. また, $\lfloor \frac{n}{3} \rfloor$ 台の監視カメラを設置する $O(n \log n)$ のアルゴリズムも提案されている [5].

我々は, 対象領域内には監視カメラの設置位置として明らかに相応しくない部分領域が存在することに着目し, 設置候補位置を徐々に限定するアプローチを採用。提案手法では, 始めに対象領域を分割し, 分割によって得られた各部分領域をノードとし, 部分領域間で監視が可能かどうかをリンクで表現した, 視認性に基づいたネットワーク構造を構築する。そして, ネットワーク内の各ノードが持つリンクノード集合間に生じる包含関係を用いて, 該当ノードが監視カメラの設置位置としてネットワーク構造内の他のノードと比較して優れているかどうかを評価する。この評価に基づいて設置候補のノードを限定することで, 常に有効なカメラ設置位置のみを抽出することが可能となる。

本稿の構成は以下の通りである。2章では, 対象領域, 各監視カメラが持つ視野領域をそれぞれ形式化し, 本問題における目標を定める。3章では, 本問題に対する我々のアプローチとして, 対象領域の分割及び視認性に基づいたネットワーク構造の構築と, ネットワーク構造を用いた監視カメラ設置候補位置の決定手法を述べる。そして, それぞれの具体的な手法を4章, 5章でそれぞれ述べる。6章では, 提案手法の有効性をシミュレーションによる実験結果で示す。最後に, 7章でまとめと今後の課題を述べる。

2. 形式化

2.1 対象領域

ある施設の対象領域 $Target$ は, 2次元平面上にそれぞれ表現される自由領域 $Free$ と占有領域 $Occupied$ から構成される (式 (1)). 自由領域 $Free$ と占有領域 $Occupied$ は, それぞれグリッドの集合として表現され (式 (2), 式 (3)), 各グリッドは要素としてグリッド中央の x, y 座標を持つ (式 (4)).

$$Target = (Free, Occupied) \quad (1)$$

$$Free = \{grid_{f1}, grid_{f2}, \dots\} \quad (2)$$

$$Occupied = \{grid_{o1}, grid_{o2}, \dots\} \quad (3)$$

$$grid = (x, y) \quad (4)$$

簡略化した対象領域の例を図 1 に示す。

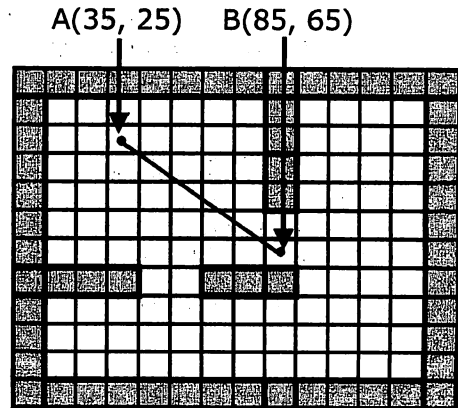


図 1 対象領域例

Fig. 1 Example of target space

図 1 は, 各グリッドの一辺の長さを 10 とした場合の対象領域の例である。自由領域 $Free$ は白いグリッドで, 占有領域 $Occupied$ は灰色のグリッドでそれぞれ表現されている。また, 各グリッドはそれぞれ式 (4) で定める x, y 座標を中心として 10×10 の面積を持つ。

2.2 監視カメラの視野領域

監視カメラはその周囲全方向への視野領域を持つ。あるグリッド $grid_i = (x_i, y_i)$ に監視カメラを設置した場合の視野領域を $Capture(grid_i)$, ある x, y 座標を含むグリッドが自由領域 $Free$ であれば真を返す関数を $is_Free(x, y)$ でそれぞれ表現する。このとき, あるグリッド $grid_j = (x_j, y_j)$ が $Capture(grid_i)$ に含まれるかどうかは, $x_i \neq x_j$ であるときは式 (5), $x_i = x_j$ であるときは式 (6) をそれぞれ用いて判定する。

$$\forall ((x_i \leq x \leq x_j) \cup (x_j \leq x \leq x_i)) \quad (5)$$

$$\left(is_Free(x, \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}(x - x_i) + y_j) \right) \quad (5)$$

$$\forall ((y_i \leq y \leq y_j) \cup (y_j \leq y \leq y_i)) \quad (6)$$

$$(is_Free(x_i, y)) \quad (6)$$

式 (5) または式 (6) が真であるとき, グリッド $grid_j = (x_j, y_j)$ は $Capture(grid_i)$ に含まれる。す

なわち, $grid_i$ と $grid_j$ 間を結ぶ直線上に占有領域 *Obstacle* が存在しなければ $grid_i$ から $grid_j$ が監視可能であり, $grid_j$ から $grid_i$ についても同様に成立する. 図 1 では, *AB* 間を結ぶ直線上に占有領域が存在しない. 故に, *A* から *B* が監視可能であり, *B* から *A* についても同様である.

2.3 目 標

本問題では, 対象領域内に死角が発生しないように監視カメラを配置する場合に, 必要となる最小カメラ台数及びその配置を求める. 対象領域に死角が発生しないように監視カメラを n 台配置した状態は, カメラが設置されたグリッドを $grid_{c1}, grid_{c2}, \dots, grid_{cn}$ とおくと, 式 (7) で表現される.

$$\forall (grid_i \in Free) \\ (grid_i \in (Capture(grid_{c1}) \cup \dots \cup Capture(grid_{cn}))) \quad (7)$$

すなわち, 本問題は式 (7) を満たす最小の n 及び n を最小とするカメラ配置 $grid_{c1}, grid_{c2}, \dots, grid_{cn}$ を求めることに対応する.

3. アプローチ

1 章でも述べたように, 任意の形状を持つ対象領域に対して必要な監視カメラの最小台数及びその配置を求めることは *NP* 困難であり, 効率的に解を求めるアルゴリズムは存在しない. これは, 2 章で定めたように対象領域を多面体とみなし, その内角が全て 90° である場合にも同様である. しかし, 対象領域における監視カメラの配置 $grid_{c1}, grid_{c2}, \dots$ を必ずしも全組合せに対して試す必要はない. 対象領域内に監視カメラを設置する際には, あるグリッドより他のグリッドを設置位置として選ぶ方が明らかに良い場合が存在する. この具体例を示すために, 図 2 を挙げる.

図 2 は, 対象領域の一部である. 図 2 において, *A* が含まれる矩形領域内を監視するためには *A* が含まれる矩形領域内, もしくは *B* が含まれる矩形領域内に監視カメラを設置する必要がある. ここで, *A* と *B* のどちらかに設置位置を限定すると, *B* に設置した場合に監視可能な領域が *A* に設置した場合の領域を完全に包含するため, 明らかに *B* に設置すべきである. また, この関係は *A* が含まれる矩形領域内のグリッドと *B* が含まれる矩形領域内のグリッドでどのような組合せの場合にも成立する. すなわち, 図 2 の場合, *A* を含む矩形領域内のどのグリッドに監視カメラを設置するとしても, *B* を含む矩形領域内のいずれかのグリッドに監視カメラを設置する方が常により有効であ

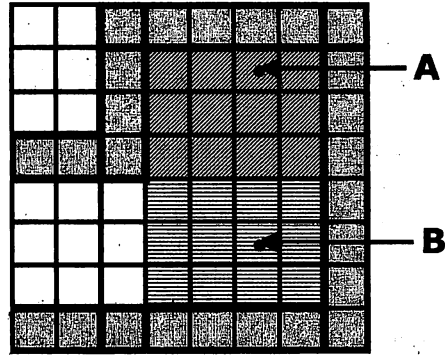


図 2 監視カメラの設置位置を明らかに判定可能な例
Fig. 2 Example of target facility in which one grid is definitely better than the other in setting cameras

る. この関係が成立するとき, 対象領域内の部分領域間に視認性の包含関係が存在すると定める.

我々は, 以上で述べた部分領域間における視認性の包含関係に着目し, 常に成立する一定の判定基準で解決可能な部分を抽出し, 問題を簡略化するアプローチを採り, 以下の手法を提案する.

(1) 視認性に基づいたネットワーク構造の構築

対象領域を分割し, 各部分領域をノードと設定する. そして, 部分領域間で監視可能であるかどうかを判定基準にリンクを設定してネットワーク構造を構築する. これにより, 部分領域間が持つ視認性の包含関係がリンクノード集合に表現される.

(2) ネットワーク構造を用いた監視カメラの設置位置決定

ネットワーク内の各ノードが持つ, リンクノード集合間に生じる包含関係を用いて, ノード間の監視カメラの設置位置の優劣を評価し, 設置候補のノードを限定する. この限定処理により, 設置候補位置が限定されることによって必ず監視カメラを設置しなければならないノードが生じ得る. この場合, 該当ノードへ監視カメラを設置し, そのカメラによって監視されるノードを除いて, 更に限定処理を進める. この手順を繰り返すことにより, 常に有効なカメラ設置位置のみを抽出する.

4. 視認性に基づくネットワーク構造の構築

本章では, 2 章で定めた対象領域を入力として, 視認性に基づいたネットワーク構造を構築する手法を述べる. 我々が提案するネットワーク構造において, 各ノードは対象領域内の部分領域を表現し, ノード間を

接続するリンクはノード間に相互に監視可能な関係が存在することを意味する。以下で、領域分割によるノード設定及び視認性に基づいたリンク設定を順に述べる。

4.1 領域分割によるノード設定

対象領域を分割する際には、 x, y 軸方向それぞれに対して自由領域 $Free$ に属するグリッドがいくつ連結しているかを分割の判断基準として用いる。

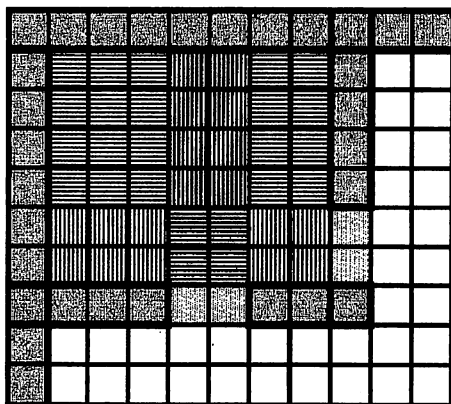


図 3 領域分割例

Fig. 3 Example of dividing target space

図 3 の A では、 x 軸方向には 7 個、 y 軸方向には 6 個の自由領域 $Free$ に属するグリッドがそれぞれ連結している。これに対し、 A の右側のグリッドでは、 x 軸方向には 7 個、 y 軸方向には図中で 9 個がそれぞれ連結している。同様にして、各グリッドに対して x, y 軸方向にそれぞれいくつの自由領域 $Free$ に属するグリッドが連結しているかを求める。そして、 x, y 軸方向へのグリッドの連結数に、連結するグリッドの左端及び上端の位置を加えた 4 項目が完全に一致するグリッドをまとめ、それぞれを一つの部分領域とする。これにより、図 3 のように、矩形領域が自由領域 $Free$ 内に隙間なく生成される。我々は、これらの各矩形領域をそれぞれノードと定め、式 (8) のように、グリッドの集合で表現する。

$$Node_i = \{grid_{i1}, grid_{i2}, \dots\} \quad (8)$$

4.2 視認性に基づいたリンク設定

本節では、視認性に基づいた接続を持つノード間に対してリンクを設定し、視認性に基づいたネットワーク構造を完成させる。ノード間の視認性に基づいた接続は、グリッド間における相互の監視関係を拡張して定める。すなわち、式 (9) が真である場合に $Node_A$

と $Node_B$ の間に視認性に基づいた接続が存在すると判定する。

$$\begin{aligned} &\forall (grid_{Ai} \in Node_A) \quad \forall (grid_{Bj} \in Node_B) \\ &(grid_{Ai} \in Capture(grid_{Bj})) \end{aligned} \quad (9)$$

式 (9) 及び先に述べたグリッド間の関係より、 $Node_A$ と $Node_B$ の間にリンクが存在する場合には、 $Node_A$ を構成する全てのグリッドは $Node_B$ を構成する全てのグリッドに対して相互に監視可能である。

以上で述べた、領域分割によるノード設定及び視認性に基づいたリンク設定を図 1 に対して適用すると、図 4 のネットワーク構造を得る。

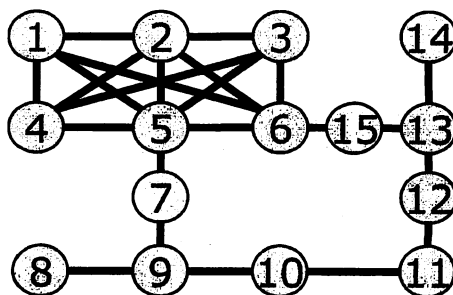


図 4 視認性に基づいたネットワーク構造例

Fig. 4 Example of network based on visibility

図 4 は、対象領域の形状を表現する視認性に基づいたネットワーク構造である。図 4 では、ノードは円で、リンクはノード間を結ぶ線分でそれぞれ表現されており、円の中の数字はノードの番号を表している。また、反射律と x, y 軸に関して同方向のリンクには推移律が働く。すなわち、全ノードが自ノードに対するリンクを持つ。また、ノード 8 とノード 9、及びノード 9 とノード 10 の間に x 軸方向のリンクが存在するため、ノード 8 とノード 10 の間にはリンクが存在し、相互に監視可能な関係を持つ。

5. ネットワーク構造を用いた監視カメラ配置決定

本章では、4 章で構築した視認性に基づいたネットワーク構造を用いた監視カメラの配置決定手法を述べる。視認性に基づいたネットワーク構造においては、同一ノード内に存在するどのグリッドに監視カメラを設置しても、その監視カメラから完全に監視可能なノードの集合は同じである。この性質を用いて、以後ではネットワーク内のどのノードに監視カメラを配置

すべきかを検討する。

我々は、目標とする監視カメラ配置において常に有効なノードを抽出するために、以下の手順を繰り返し適用する手法を提案する。

- (1) 候補ノード，不要ノードの設定
ネットワーク内のノードを，監視カメラの効果的な設置位置候補となり得る候補ノードと，なり得ない不要ノードのどちらかに振り分ける。
- (2) 必須ノードの検出
候補ノード中に設置位置を限定したことにより，必ず監視カメラを設置しなければならない必須ノードが存在すれば，該当ノードへの監視カメラを設置する。
- (3) ネットワークの限定
設置された監視カメラによって監視されるノードをネットワークから除くことで，監視カメラ設置の対象となるノードを限定する。

以下で，これらについて順に詳しく述べる。

5.1 候補ノード，不要ノードの設定

本節では，3章で述べた部分領域間における視認性の包含関係に着目し，ネットワーク構造内の全ノードを候補ノードと不要ノードのどちらかに振り分ける。候補ノードは監視カメラの効果的な設置位置になり得るノードであり，不要ノードはなり得ないノードである。

ネットワーク構造内に存在するノードAが持つリンクノード集合を式(10)で表現する。このとき，ノードAが候補ノード及び不要ノードであるかどうかはそれぞれ式(11)，式(12)で定義する。

$$Link_A = \{node_{L1}, node_{L2}, \dots\} \quad (10)$$

$$\forall node_i (Link_A \not\subseteq Link_i) \quad (11)$$

$$\exists node_i (Link_A \subseteq Link_i) \quad (12)$$

視認性に基づいたネットワーク構造では，部分領域がノードとして表現され，ノード間で相互に監視可能な関係が存在する場合にのみ，ノード間のリンクが存在する。このため，部分領域間における視認性の包含関係は各ノードが持つリンクノード集合間の包含関係として表現される。これにより，式(11)及び式(12)のように，リンクノード集合が他ノードのリンクノード集合に包含されないものを候補ノードとし，包含されるものを不要ノードと設定できる。候補ノード集合 *Candidate* 及び不要ノード集合 *Unnecessary* は，それぞれ式(10)，式(13)，式(14)のように該当する

ノードの集合で与える。各ノードのリンクノード集合間に存在する包含関係を用いて，図4のネットワーク構造における，候補ノード及び不要ノードの設定の具体例を示す。

$$Candidate = \{node_{C1}, node_{C2}, \dots\} \quad (13)$$

$$Unnecessary = \{node_{N1}, node_{N2}, \dots\} \quad (14)$$

図4のネットワーク構造において，ここではノード8とノード9のリンクノード集合に着目する。それぞれ，式(15)及び式(16)で表現される。

$$Link_8 = \{node_8, node_9, node_{10}, node_{11}\} \quad (15)$$

$$Link_9 = \{node_2, node_5, node_7, node_8, node_9, node_{10}, node_{11}\} \quad (16)$$

式(15)及び式(16)より，ノード8のリンクノード集合に含まれる全てのノードはノード9のリンクノード集合に含まれている。このため，先に述べたようにノード8を不要ノードと設定できる。この処理を図4のネットワーク構造における，ノードの全組合せに対して適用すると，候補ノード集合 *Candidate* 及び不要ノード集合 *Unnecessary* はそれぞれ式(17)，式(18)でそれぞれ表現できる。この結果を，候補ノードを濃い色で，不要ノードを薄い色でそれぞれ表現すると，図5を得る。

$$Candidate = \{node_5, node_9, node_{11}, node_{13}\} \quad (17)$$

$$Unnecessary = \{node_1, node_2, node_3, node_4, node_6, node_7, node_8, node_{10}, node_{12}, node_{14}, node_{15}\} \quad (18)$$

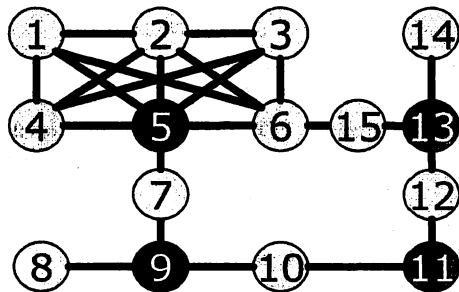


図5 図4における候補ノードと不要ノード
Fig. 5 Candidate nodes and unnecessary nodes in Fig. 4

以下では、不要ノードに対する監視カメラの設置を考えず、候補ノードのみを監視カメラの設置位置候補として扱う。

5.2 必須ノードの検出

本節では、候補ノード集合 *Candidate* から必須ノードを検出する方法を述べる。

前節で不要ノードを監視カメラの設置位置候補から除き、候補ノードのみを設置位置候補とした。このため、候補ノード集合 *Candidate* には、監視カメラを設置しなければ対象領域内に監視不可能な領域が必ず生ずる候補ノードが存在し得る。我々はこれを必須ノードと呼び、式 (19) で定義する。

$$\begin{aligned} & \exists (node_i \in (Link_A \cap Unnecessary)) \\ & \forall ((node_B \in Candidate) \cap (node_B \neq node_A)) \\ & (node_i \notin Link_B) \end{aligned} \quad (19)$$

この判定を図5に対して適用し、必須ノード検出の具体例を示す。まず、候補ノードであるノード5に着目する。ノード5のリンクノード集合及び不要ノード集合 *Unnecessary* の双方に含まれるノード1は、ノード5以外の候補ノードとの間にリンクを持たない。このため、ノード5以外のどの候補ノードに監視カメラを設置しても、ノード5に監視カメラを設置しなければ常に監視不可能な領域となる。故に、ノード5は必須ノードであると判定できる。次に、候補ノードであるノード9に着目する。ノード9のリンクノード集合及び不要ノード集合 *Unnecessary* の双方に含まれるノードは、全て他の候補ノードとの間にリンクを持つ。このため、ノード9に監視カメラを設置しないとしても、必ずしも監視不可能な領域が生じない。故に、ノード9は必須ノードではないと判定できる。同様にして、ノード11及びノード13はそれぞれ必須ノードではないと判定できる。すなわち、図5における必須ノードはノード5のみである。

5.3 ネットワークの限定

前節で設置が確定された必須ノードの監視カメラで監視される不要ノードは、それ以後の監視カメラ配置において考える必要ない。該当するノードは、必須ノードのリンクノード集合中の不要ノードに対応する。このため、必須ノードのリンクノード集合中の不要ノードを除くことで探索対象の空間であるネットワーク構造を限定する。ネットワーク構造を限定すると、先に定めた候補ノード集合 *Candidate* の中で監視カメラの設置位置として不適切なものを新たに発見することが可能となる。また、これにより新たに必須ノードを

検出することも可能である。以下で、具体例を示す。

図5において、必須ノードとして定めたノード5及びそのリンクノード集合中の不要ノードをネットワーク構造から除くと、図6のネットワーク構造を得る。

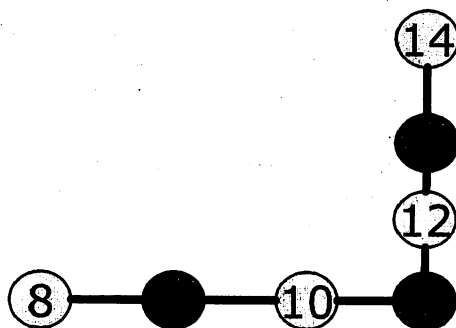


図6 図5からノード5及びそのリンクノード集合中の不要ノードを除いた図

Fig. 6 Figure made by eliminating node5 and its link nodes by Fig. 5

図6を新たなネットワーク構造と捉えて、候補ノード及び不要ノードの設定、必須ノードの検出、ネットワークの限定の処理を順に繰り返す。図6における、ノード9、ノード11及びノード13はネットワークを限定する前の時点での候補ノードである。しかし、ネットワーク構造を限定したことで、ノード9及びノード13がそれぞれ持つリンクノード集合は、ノード11のリンクノード集合に包含される。このため、ノード9及びノード13は新たに不要ノードとなり、候補ノードはノード11のみと判定できる。これにより、ネットワーク構造内で唯一の候補ノードである、ノード11を必須ノードとして監視カメラの設置を確定することが可能である。これより、図1の対象領域の場合には、図4のネットワーク構造を構築した上で、ノード5とノード11に監視カメラを設置すれば良いと言える。

また、対象領域の形状の複雑さによっては監視カメラの配置を一意に決定不可能な場合も生じる。この場合、必須ノードが存在しなくなるまで提案手法を繰り返し適用する。

6. 評価実験

提案手法の有効性を確かめるために、シミュレーションによる評価実験を行った。実験手順は以下の通りである。

- (1) ランダムな形状を持つ対象領域を生成する。
- (2) 対象領域を表現する視認性に基づいたネットワーク構造を構築し、含まれるノード数を測定

する。

- (3) 5章で述べた監視カメラの配置位置決定手法を、必須ノードが検出されなくなるまで適用する。
- (4) 終了時点での候補ノード数を測定する。

手順2で測定したノード数と手順4で測定したノード数を比較することで、監視カメラ配置を求める組合せ問題としてどの程度簡略化することができるかを評価する。以上の手順を20回繰り返した結果を、図7に示す。

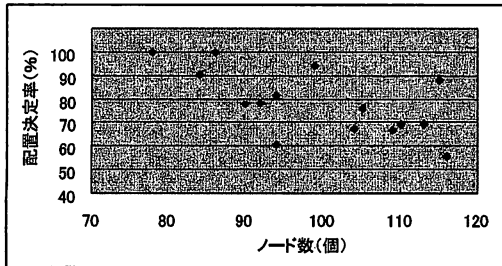


図7 実験結果

Fig. 7 Experimental Result

図7において、横軸は手順2で測定されるネットワーク構造内のノード数を表し、縦軸は配置決定率を表す。配置決定率とは、手順2で測定されたノード数に対する手順4で測定されたノード数の比率である。

20回の試行において、生成されたノード数の平均は約107個であり、配置決定率の平均は約75%である。配置決定率が100%である場合には、対象領域全体を監視するために必要な監視カメラの配置を、提案手法が完全に決定可能であることを意味する。

また、図7では生成されるノード数が増えるのに従って、配置決定率が下がるという傾向が読みとれる。これは、生成されるノード数が多い場合には対象領域が複雑な形状を持つことが多いことに起因すると考えられる。すなわち、この場合には各ノードのリンクノード集合間に包含関係が成り立たないことが増え、比較的多数のノードが候補ノードとされるために必須ノードを検出できない場合が起こる。

7. おわりに

本稿では、複数台の監視カメラを用いた施設管理システムを対象とした、対象領域内に死角のない監視状態を実現する際に、必要な監視カメラ台数を最小化すること及びその配置を求めることはNP困難な組合せ問題である。最初に計算機上で問題を扱うために対象領域や各監視カメラが保持する視野領域の形式化を

行った。その後、我々が提案する、対象領域内に監視カメラの設置位置として明らかに相応しくない部分領域が存在することに着目し、設置候補位置を徐々に限定するアプローチを述べた。アプローチを実現する手法として、視認性に基づいたネットワーク構造の構築とネットワーク構造を用いた監視カメラ設置位置決定手法を提案した。最後に、シミュレーション実験を行い、提案手法の有効性を示した。

今後の課題は、監視カメラを備えて対象領域内を移動可能な、ロボット群を活用したシステムへの拡張である。移動可能なロボット群を用いて対象領域内が安全な状態であることを保障する問題は、一般にPursuit-Evasion問題として知られており、これもNP困難な組合せ問題である。本稿で提案した、視認性に基づいたネットワーク構造と対象領域の形状から得られるロボット間で同期した動きの制約を用いて、各ロボットに対する監視タスクの割当て手法を確立したい。

謝 辞

本研究は名古屋大学21世紀COEプログラム「社会情報基盤のための音声・映像の知的統合」の援助を受けた。

参 考 文 献

- 1) J. O'Rourke. Art Gallery Theorems and Algorithms. Oxford University Press, New York, August 1987.
- 2) T. Shermer. Recent results in Art Galleries, Proc. of THE IEEE, Vol. 80, No. 9, September, 1992.
- 3) D. T. Lee, and A. K. Lin. Computational Complexity of Art Gallery Problems. IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 32, pp. 276-282, 1986.
- 4) V. Chvátal. A combinatorial theorem in plane geometry. Journal of Combinatorial Theory (Series B), pp.39-41, 1975.
- 5) D. Avis and G. T. Toussaint. An Efficient Algorithm for Decomposing a Polygon into Star-Shaped Polygons. Pattern Recognition, Vol. 13, No. 6, pp. 395-398, 1981.