

ベイジアンネットワークへの時間的概念導入方式 —観測計画決定支援への適用とその基本評価—

澤田 めぐみ[†] 尾崎 敦夫[†] 渡部 修介[†]

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所[†]

1. はじめに

ベイジアンネットワーク(BN: Bayesian Network)[1]は「確率的な事象」を「事象間の因果関係」によって結んだグラフ構造でモデル化する手法であり、ある事象の観測結果が得られた場合に他の事象の確率値を推定することができる。そこで、状況把握(医療診断、敷地内侵入者監視等)における観測エリアの決定支援に、BNによる状況推定モデルを適用するアプローチが有望視されている。各観測エリアにおいて、状況把握の対象(病気、侵入者の行動意図等)に関わる事象の発生有無は、時間に伴い変化する。しかし、BNは時間的に確率が変化する事象を扱う仕組みが無いという課題があった。そこで、観測エリア決定支援のためのBNに時間的概念を導入する方式を提案した[2]。本稿では、提案方式により、BNに敷地内侵入者監視の応用例を実装し、基本動作の確認を行った結果を示す。

2. 提案方式

BNは有向非循環グラフであり、ノードは確率変数、アークは事象間の因果関係を示す。また、各ノードには条件付き確率の表(CPT: Conditional Probability Table, 親ノードが与えられた場合の自ノードの確率の表)が付与される。提案方式では、“対象シナリオの一連の場面(以後、フェーズと呼ぶ)”を示すノードの値として“時間的な状態(例: 未実施/実施中/完了)”を設定する。そして、“前後のフェーズの時間的な状態”と“観測情報の取得時刻・内容”に基づき、各フェーズの“時間的な状態”の確率値を変化させることで、シナリオの時間進行を推定する。提案方式によるBNの推定結果は、「実施中の確率が高いフェーズの観測エリア」を「優先的に観測すべきエリア」としてユーザーにリコメンドするといったように、活用することができる。この利点を以下に示す。

- 状況把握の対象に関連する事象が発生していると推測されるエリアが「優先的に観測すべきエリア」としてユーザーに提示できる。
- フェーズの時間的な状態の推定結果が曖昧な場合は、無理に「優先的に観測すべきエリア」の絞り込みを行わない。
- フェーズの実施中の確率値を提示することで、時間的な観測優先度を定量的に示すことができる。

3. 敷地内侵入者監視への応用例

3.1 構築手順

提案方式により構築した敷地内侵入者監視のためのBNを図1に示す。図1のBNは以下手順で構築した。

- Step1: 状況把握の対象(侵入者の目的)に関わる事象が発生し得る観測エリア(敷地裏口、建屋A近辺等)とシナリオのフェーズの対応付けを行なう。
- Step2: ノードは“状況把握の対象”, “フェーズ”, “観測エリア”であるとし、次のようにアークを引く。
 - “フェーズ”から“そのフェーズに対応付けられた観測エリア”へ
 - “フェーズ”から“そのフェーズの次フェーズ”へ
 - “フェーズ”から“状況把握の対象”へ
- Step3: ノードの値として、“フェーズ”には“取り得る時間的な状態”を設定する。例えば、図1では、“フェーズ”には「未実施/実施中/完了」を設定している。“観測エリア”には、通常のBNと同様に“取り得る状態”を設定するが、簡単化のために「未実施/実施中」を設定する。ここで、“観測エリア”への観測結果の入力は、観測ログからルールベースで算出された確率値を入力することとする。
- Step4: “フェーズ”の値の確率値の変化が、表1の条件に従うようにする。ここで、表1の“塗り潰しで示す条件”は、CPTの設定により処理1, 2を実現可能であるが、その他の条件はBNに処理1, 2を追加する。
 - 処理1: 表1の条件判定処理
 - 処理2: 条件が満たされた場合に、“フェーズ”の確率値を変化させる処理

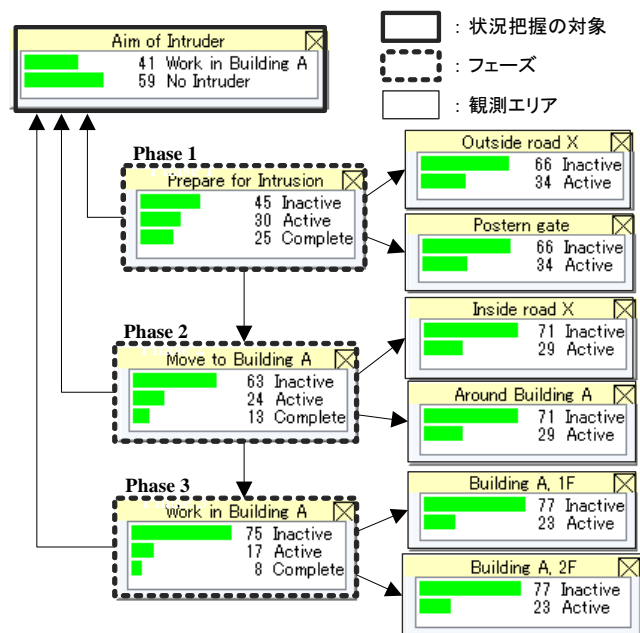


図1 提案方式により構築した敷地内監視のためのBN

Basic Evaluation of Introducing the Time Concept to Bayesian Network for Selecting Observation Areas
Megumi Sawada[†] Atsuo Ozaki[†] Shusuke Watanabe[†]
[†] Mitsubishi Electric Corporation, Information Technology R&D Center

表1 フェーズの値の確率値の変化条件

フェーズの確率変化	変化条件
未実施の確率：減少 実施中の確率：増加	(1) 観測エリアの実施中の確率が増加
未実施の確率：増加 実施中の確率：減少	(2) 前フェーズの完了の確率が増加
未実施の確率：減少 完了の確率：増加	(3) 観測エリアの実施中の確率が減少
実施中の確率：増加 完了の確率：減少	(4) 自フェーズの実施中の確率が閾値以上となつてから所定の最大時間に近づく
未実施の確率：減少 完了の確率：増加	(5) 自フェーズの実施中の確率が閾値以上となつてから所定の最小時間が経過し、かつ、観測エリアの実施中の確率が減少
未実施の確率：増加 完了の確率：減少	(6) 自フェーズの完了/完了間近を示す観測情報を取得
未実施の確率：減少 完了の確率：増加	(7) 次フェーズの実施中の確率が増加
未実施の確率：増加 完了の確率：減少	(8) 観測エリアの Active の確率が増加
未実施の確率：減少 完了の確率：増加	(9) 自フェーズの完了/完了間近を示す観測情報を取得
未実施の確率：増加 完了の確率：減少	(10) 次フェーズの実施中の確率が増加
未実施の確率：増加 完了の確率：減少	(11) 前フェーズの未実施/実施中の確率が増加

3.2 評価結果

提案方式のプロトタイプとして図1のBNを、Hugin (HUGIN EXPERT A/S 社製のBN作成支援ツール) [3]を用いて実装した。CPTは、表1に基づき、著者の主観的な確率を設定した。図1はプロトタイプの初期状態(すなわち、観測結果の入力が無い場合の推定結果)を示す。

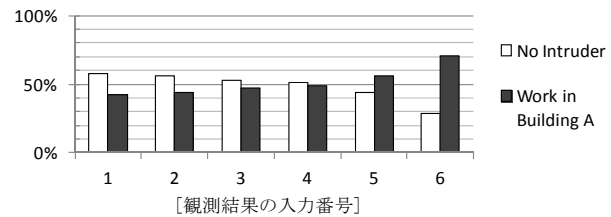
表1の条件(1), (2), (6)の動作を確認するために、観測結果の確率値として表2に示す値をプロトタイプに順次入力した。図2(a)~(d)に、これらの入力に対するBNの推定結果を示す。入力1~4は「敷地近辺道路Xに不審車両が駐車」等の観測結果を想定している。入力1~4は条件(1)を満たしており、「Outside road X」の親ノードである「Phase 1=Active」の確率増加が確認された。入力5は「敷地裏口の鍵が壊された」という観測結果を想定している。入力5も条件(1)を満たしており、「Postern gate」の親ノードである「Phase 1=Active」の確率増加が確認された。また、「Phase 1=Active」の確率が増加するほど、状況把握の対象である「Aim of Intruder = Work in Building A」の確率が増加することも確認された。ここで、入力5の「敷地裏口の鍵が壊された」という観測結果は「Phase 1」の完了間近を示す。よって、入力5は条件(6)を満たすが、Huginには表1の塗り潰していない条件を判定し、フェーズの確率値を変化させる機能が無い。そこで、入力6で「Phase 1 = Complete」の確率値として100%を入力した。入力6は条件(2)を満たしており、「Phase 2 = Active」の確率増加が確認された。また、これに伴い、「Aim of Intruder = Work in Building A」の確率がさらに増加することも確認された。

図2の推定結果から、例えば、下記の条件 α , β を用いて「優先的な観測エリア」を抽出することが考えられる。条件 α を利用する場合、入力2~5では「Phase 1」に接続された観測エリアが抽出され、入力6では「Phase 2」に接続された観測エリアが抽出される。

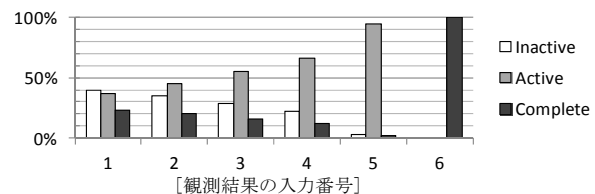
- 条件 α : フェーズの Active の確率が Inactive と Complete よりも大きい
- 条件 β : フェーズの Active の確率が所定値以上である

表2 プロトタイプへ観測結果の確率値の入力

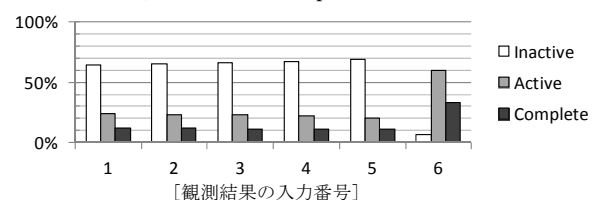
入力番号	対象ノード	入力確率値
1	Outside road X	Inactive = 40%, Active = 60%
2	Outside road X	Inactive = 30%, Active = 70%
3	Outside road X	Inactive = 20%, Active = 80%
4	Outside road X	Inactive = 10%, Active = 90%
5	Outside road X	Inactive = 10%, Active = 90%
	Postern gate	Inactive = 0%, Active = 100%
6	Outside road X	Inactive = 10%, Active = 90%
	Postern gate	Inactive = 0%, Active = 100%
	Phase 1	Inactive = 0%, Active = 0%, Complete = 100%



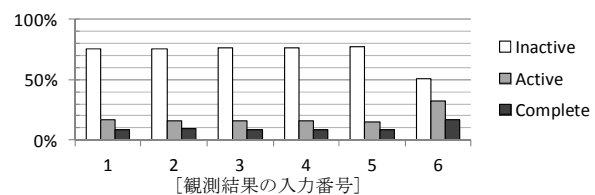
(a) Aim of Intruder



(b) Phase 1: Prepare for Intrusion



(c) Phase 2: Move to Building A



(d) Phase 3: Work in Building A

図2 観測結果の確率値の入力に対するBNの推定結果

4. むすび

観測エリア決定支援のための時間的な概念を導入したBNを実装し、観測結果(確率値)の入力に対して、フェーズの時間的な状態の確率値が想定どおり推移することを確認できた。今後の課題は、詳細評価(本稿で対象外とした表1の条件等)を実施することである。

参考文献

[1] Stuart Russell and Peter Norvig : 「エージェントアプローチ人工知能 第2版」, 共立出版 (2008)
 [2] 澤田他: 「ベイジアンネットワークを用いた観測エリアの決定支援」, 信学技報, Vol.113, No.466, MSS2013-90 pp.83-87 (2014)
 [3] Hugin, <http://www.hugin.com/>