

マルチエージェント手法によるコミュニティセキュリティシステムのモデリングとその評価

勝将万[†] 井手口哲夫[†] 奥田隆史[†] 田学軍[†]

[†]愛知県立大学 情報科学部

1. はじめに

近年、通信ネットワーク技術の進化とともに、ユビキタス環境下で実現される、様々なアプリケーションの提案がなされている。そこで我々は、その一例として、人々が生活する地域社会を対象としたセキュリティサービスを提案している[1][2]。具体的には、モバイル通信技術によって実現されるMPB(Mobile Police Box)システムを提案し、システム要件とその実現性についての検討を行っている。本稿では特に、マルチエージェント手法を用い、コミュニティ内で織り成される各構成要素間インタラクションのモデリングとシミュレーションを行うことにより、システム要件の検討・考察を行う。

2. コミュニティセキュリティシステム

2.1 セキュリティとして求められる機能

まず、地域社会内の人々の安全を脅かすトラブルを「事象」と呼ぶこととする。このような事象に対する安全化策は、事象発生前後から解決に至るまでの推移によって定義することができる。各時点において、具体的に求められる機能を文献[3]を参考に考える。(図2-1参照)

- ① コミュニティセキュリティシステム起動

この時点においては、いかにして事象の発生を防ぐかを検討すべきである。そこで、システムをこの時点で稼働状態とする。具体的には、システムの執行者がコミュニティ内を巡回する。これにより、事象の発生を抑制し、かつ事象の発生にも迅速に対応可能となる。この機能を「予防機能」と呼ぶ。
- ② 事象発生

事象の発生とは、意図的・偶発的に関わらず、ある人間が発生させた事象によってコミュニティ内の私的所有物、公的所有物、もしくはそこに存在する人・モノ・情報が危険な状態(トラブル)に陥った状態をいう。
- ③ 事象の発生をシステムに通知

事象の発生後、いかに早く、正確に事象が発生したことをシステムの執行者に通知するかが課題となる時点である。そこで、事象の発生後、その近接にいた住民によって事象の発生者の情報がシステムの執行者に通知する機能を組み込む。この機能を「通報機能」と呼ぶ。
- ④ システムによる事象の解決

事象を出来る限り早く解決すべき時点である。そこで、通報を受信したシステムの執行者は直ちに通報場所に向かい、その過程で事象の発生者を視認した場合、これを追跡/捕捉する機能を組み込む。これを「追跡機能」と呼ぶ。

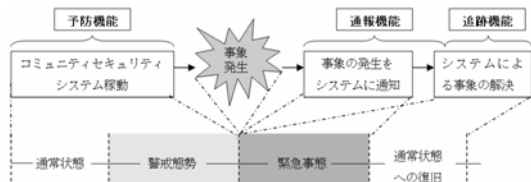


図2-1: 安全化策

2.2 共通プラットフォーム

前述した機能を実現するために、共通プラットフォームを導入する。その上に予防・通報・追跡の3機能をアプリケーションとして実現させることにより、機能の追加や拡張が容易となる。

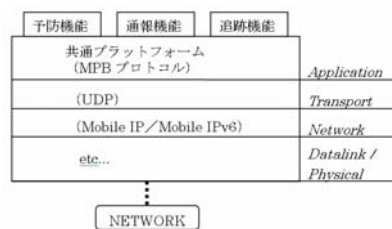


図2-2: 共通プラットフォーム

3. MPB システム

以上の共通プラットフォームをシステム化したものがMPB(Mobile Police Box)システムである。システムの構成要素と動作概要を述べる。

3.1 構成要素

家宅や建築物のように人の出入りを管理できる空間を「閉空間」、地域社会(コミュニティ)のように人の出入りが自由に行われ、その管理が困難な空間を「開空間」と呼ぶ。

- ・ **コミュニティ(Community)**: 開空間ネットワーク
- ・ **VCS(Virtual Closed Space)**: 閉空間ネットワーク

コミュニティを開空間としてマッピングした、5km×5kmの大きさの道路網である。形態は、最もポピュラーな格子(碁盤の目)型道路網とし、交差点を200m間隔で設置する。
- ・ **MPB(Mobile Police Box)**: 事象解決ノード

VCSに一台設置され、VCS内を移動しながら、予防・通報(受信)・追跡の3機能を実現する。自動車程度の移動速度を想定する。
- ・ **追跡対象者「TO(Traced Object)」**: 事象発生ノード

コミュニティ内で事象を発生させる。事象発生後、VCS内を逃走する。MPBの追跡対象である。歩行者程度の移動速度を想定する。
- ・ **住民「LR(Local Residence)」**: TO検知/通報発生ノード

コミュニティ内に分布し、事象及びTOを視認すると、その通報場所の位置情報を通報メッセージとしてMPBに送信する。

3.2 動作

MPBシステムの動作過程を時系列的に分けると、以下の3ステップに切り分けることができる。

- (1) 事象発生前

予防機能が実行される。MPBはコミュニティ内を巡回し、事象の発生を抑制する。
- (2) 事象発生後～追跡機能前

事象発生後、事象発生場所の最も近接にいた住民が最初の通報を行う。図3-1に示すように、通報メッセージの内容としては、事象発生場所の位置情報、事象の内容、TOの識別情報などを想定している。MPBはこれを受信し、通報機能に移行する。

A modeling of community security system using multi-agent simulation and its evaluation

Masakazu Katsu[†], Tetsuo Ideguchi[†], Takashi Okuda[†], and Xuejun Tian[†]

[†] Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

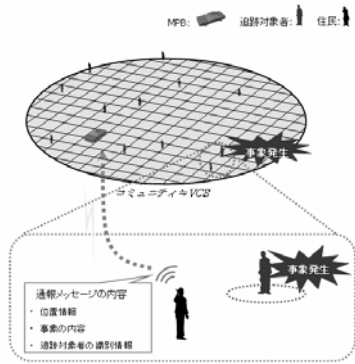


図 3-1：通報機能

通報を受信した MPB は、VCS 内の全住民に向けて、通報メッセージ内の内容（位置情報、事象の内容、TO の識別情報）を配布する。同時に MPB は通報場所に向かう。

ここで、MPB が通報場所に向かう間に、TO が通報場所から逃走してしまうことが考えられる。

しかし、最初の通報直後の MPB の TO 情報配布により、別の住民が移動後の TO を視認し、新たな位置情報を付加した通報を MPB へ向けて送信する。そして、以降も TO が逃走する場合にも、このような通報が連続することにより、MPB は着実に TO の近接に移動できる。

(3) 追跡機能～事象解決

通報の連続によって MPB が TO の近接に移動したとする。この結果、MPB は TO を視認でき、追跡機能に移行する。そして MPB は TO を捕捉、事象解決に至る。

4. シミュレーション

4.1 シミュレーション環境

以上のように、MPB システムはコミュニティ内の住民との通報の連続によって成立する。しかし、通報の発生に際しては、様々な問題が関わることが考えられる。具体的には、TO の識別情報の信憑性や具体性の不備によって、住民が TO を TO であると一意に識別できない状態などが考えられる。このような問題により、MPB システムが適切に動作せず、事象解決に要する時間が増大してしまうことも考えられる。

そこで本稿では、通報の発生頻度と事象解決に要する時間の関係を考察する。通報発生頻度を表す値として、パラメータ“通報確率”を以下のように定義する。

$$\text{通報確率} = E \times \text{基礎通報確率}$$

E「住民密度係数」：

逃走中の TO 付近の住民の密度である。この値が大きければ大きいほど、TO を認識できる住民が多数いて、通報が発生する確率が向上することを表す。コミュニティ内の中心部に人口が集中するように分布させる。

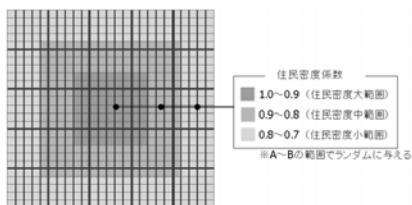


図 4-1：住民密度分布

基礎通報確率：

以下の 5 パターンを与える。通報発生頻度の秒数は基礎通報確率の逆数で表される。

表 4-1：基礎通報確率

基礎通報確率	通報発生頻度（一秒分布）
0.100000	平均 10 秒に 1 通報
0.033333	” 30 ”
0.020000	” 50 ”
0.014286	” 70 ”
0.011111	” 90 ”

以上のパラメータを与え、マルチエージェントシミュレータ artisoc[4]上にモデリングする。マルチエージェント手法とは、エージェント（＝構成要素）同士の相互作用により、やがてシステム全体の流れが創発され（ボトムアップ）、その流れが逆にエージェントにフィードバックされて、また個々のエージェントの振る舞いを決定していくという循環により成立する概念である。エージェントを 3.1 節で述べた構成要素に、システムをコミュニティ内で動作する MPB システムに適用し、モデリングを行う。通報確率の値はシミュレーション毎ステップ判定させ、TO が事象を発生させてから MPB が TO を捕捉するまでのシミュレーションステップ数によって評価する。

4.2 シミュレーション結果

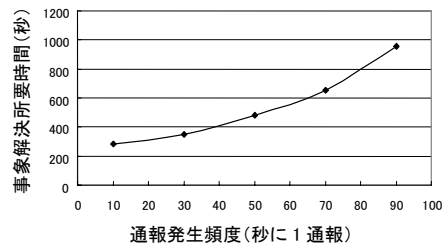


図 4-2：シミュレーション結果

事象解決所要時間は通報発生頻度の値が大きいくほど短くなる。これは、通報発生頻度の値が大きき場合には通報の連続が円滑になされ、これによって MPB は逃走する TO の移動軌跡を的確に取得でき、迅速に TO の捕捉に至ったためと考えられる。

通報発生頻度の値が小さい場合は、通報の連続が欠落してしまい、その結果 MPB は TO の動向を見失ってしまい、事象解決所要時間も増大する場合が多くなってしまふと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本稿ではコミュニティセキュリティを実現する MPB システムを提案し、マルチエージェントシミュレータによってシステム要件を検証した。その結果、MPB システムのセキュリティシステムとしての信頼性向上には、コミュニティ内に存在する住民によってなされる、通報の連続が必要であることがわかった。これはすなわち、MPB システムが地域社会に存在する MPB - 複数住民間のインタラクションによって実現されるものであることを表す。

現状で今後考慮すべき点としては、実地域社会との整合性を考慮した各エージェントの定義の詳細化、及び実地域社会自体の形態の再現といったことが挙げられる。

さらに、構築したシミュレーションモデルを拡張・応用し、他のユビキタス環境下アプリケーションのシステム要件検証手法として適用していきたい。

参考文献

- [1] 渡邊利晃, 井手口哲夫, 奥田隆史, 田学軍：コミュニティセキュリティにおけるサービス処理手順の検討と評価, WiNF 論文集, pp. 165-170, 愛知県立大学(2006-9)
- [2] 勝将万, 井手口哲夫, 奥田隆史, 田学軍：コミュニティセキュリティの実現に向けたエージェントベースモデルによる評価, WiNF 論文集, pp. 171-176, 愛知県立大学(2006-9)
- [3] 油原直弘：安全学の構築に向けて, 電子情報通信学会論文集, 平成 17 年 5 月 Vol. 88 No. 5 pp. 379-386
- [4] MAS コミュニティ「<http://mas.kke.co.jp/index.php>」