

B-1-215

# MIMO センサ – アンテナ高による侵入検出特性評価 –

MIMO Sensor – Performance Evaluation on Intrusion Detection due to Antenna Height –

西森 健太郎<sup>†</sup> 本間 尚樹<sup>††</sup> 小出 悠太<sup>†</sup> 桑原 大輝<sup>†</sup> 山田 寛喜<sup>†</sup> 牧野 秀夫<sup>†</sup>  
 Kentaro Nishimori Naoki Honma Yuta Koide Daiki Kuwahara Hiroyoshi Yamada Hideo Makino

<sup>†</sup> 新潟大学工学部  
 Faculty of Engineering, Niigata University

<sup>††</sup> 岩手大学工学部  
 Faculty of Engineering, Iwate University

**1. まえがき** 近年, SIMO チャネルにおける受信信号の固有ベクトル相関による侵入検出手法 [1] や, MIMO チャネルによる固有モード直交性を用いた侵入検出法 [2] が提案されている. 本報告では, 屋内実伝搬において, 送受信固有ベクトル相関を用いた屋内侵入の検出特性を示す. 人が移動する際の 2x2MIMO-OFDM 伝搬チャネルの屋内実測定により, 送受信のアンテナ高が屋内侵入検出特性に大きな影響を与えることを明らかにする.

**2. 送受信固有ベクトル相関による屋内侵入検出法** 本手法では, MIMO チャネルの行列を  $H$  とすると, 特異値分解で得られる送信側と受信側の固有ベクトル  $V, U$  の変動を観測することで侵入検出を実現する. 侵入がない場合における送信側固有ベクトルの要素を  $v_{no,ij}$  ( $i = 1 \sim N, j = 1 \sim M$ ), 時間  $t$  における送信側固有ベクトルの要素を  $v_{ij}(t)$  とすると, 送信側における時間相関  $\rho_T(t)$  を以下の式で与えることができる.

$$\rho_T(t) = \frac{\left| \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M v_{no,ij}^* v_{ij}(t) \right|}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M |v_{no,ij}|^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M |v_{ij}(t)|^2}} \quad (1)$$

ここで,  $M, N$  は送受信アンテナ数である. 同様にして, 受信側固有ベクトル  $U$  を用いて受信側における  $\rho_R(t)$  を求めることができる. 最後に, 送受信のいずれかで変動が検出された際にその影響が反映されるよう,  $\rho(t) = \rho_R(t)\rho_T(t)$  を出力結果として用いる.

**3. 測定環境** 2. の方法を用いて, 図 1 に示す部屋 (7.8x6.3x3m) で人の侵入による検出特性を評価した. 図 1 に示すように, 本測定では, 部屋の対角線上に, 送信 (Tx) と受信 (Rx) 用アンテナをそれぞれ 2 素子ずつ配置した. すなわち, 本測定では 2x2MIMO の特性を評価できる. RF 周波数は 2.4GHz 帯, 帯域幅は 10MHz とした. 素子間隔は 1.5 波長とした. また, OFDM 信号を送信しており, サブキャリア数は 56 である (間隔 156.25KHz). また, 伝搬チャネルは 0.152ms 間隔で取得できる. 本測定では, 図 1 に示すように, A~D の間をそれぞれ人が移動する場合を測定し, その変動特性を, 人が存在しない場合のチャネル行列と比較することで評価した. 本測定における被験者は 2 名で, アンテナ高は 0.65, 1.2, 1.7, 2.35m の 4 種類で測定を行った.

**4. アンテナ高による侵入検出評価** 図 2 に測定コース A において, アンテナ高による時間相関特性を示す. 図において, 実線が MIMO (送受信固有ベクトル) による特性で, 点線が SIMO (受信側の固有ベクトルのみ) による特性 [1] である. 図から明らかなように, 何れの方法でもアンテナ高が低くなると相関が大きく低下していることがわかる. すなわち侵入検出を容易にできることが確認できる. また, 送受の両方に固有ベクトルを用いることで, 送受信ダイバーシティ効果により, MIMO 構成が SIMO 構成よりも相関値を低くすることができる.

図 3 に測定コース A~D に対して, アンテナ高を変化させた場合の侵入検出確率を評価した. 検出するための

しきい値は, SNR に対して得られる相関値の誤差の期待値より求めた. 図から明らかなように, アンテナ高が 0.65m の場合は, SNR が約 8dB で 100% の検出を実現している. 一方, アンテナ高が 2.35m の場合は, SNR 12dB としても 25% 程度の検出確率となっていることがわかる.

**5. まとめ** 本稿では, 送受信固有ベクトルの時間相関による屋内侵入検出のアンテナ高依存性を評価した. その結果, アンテナ高が被験者よりも低い場合, 屋内侵入検出精度を大きく向上できることを明らかにした.

**参考文献**

- [1] S. Ikeda et al., IEICE Trans. Commun., vol.E92-B, no7., pp.2406-2412, July 2009.
- [2] 杉浦, 本間, 西森, 2010 年信学総大 B-1-224.

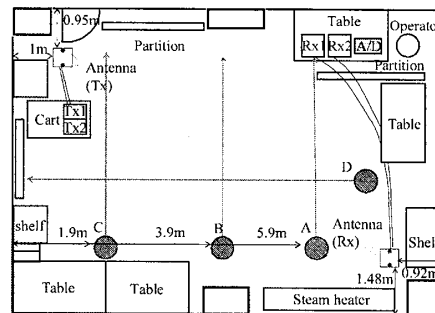


図 1 測定環境.

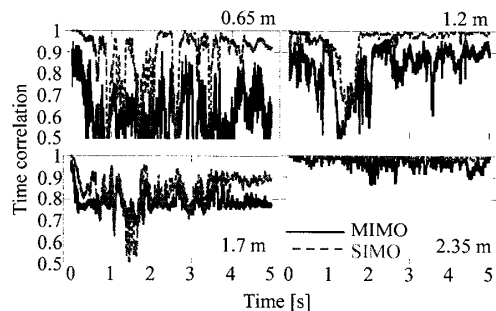


図 2 測定コース A における時間相関特性.

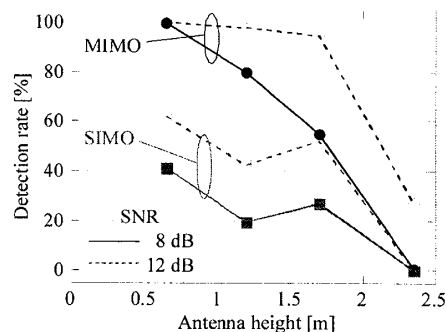


図 3 アンテナ高に対する侵入検出確率.