

研究報告書

住宅の防犯性能評価技術に関する研究

視認性の数値化・見える化



旭化成ホームズ 住宅総合技術研究所
暮らしノベーション研究所
明治大学 都市計画研究室

今回の取り組みについて

住宅の防犯性能評価技術に関する研究の意義……………2

- **自然監視性確保の重要性**
 - 1) 住まいの安全性の向上…………… 2
 - 2) 自然監視性確保の重要性…………… 2
 - 3) 開口部リスクの数値化の現状…………… 2
- **旭化成ホームズにおける防犯研究への取り組み**
 - 1) 防犯設計手法「3つのディフェンス」の提案…………… 3
 - 2) 明治大学との共同研究による侵入被害箇所の調査・研究…………… 3
 - 3) 自然監視性を中心とした防犯性能評価への発展…………… 3
- **住宅の防犯性能評価技術に関する研究の概要**
 - 1) 外構実験：『自然監視性』を数値化…………… 4
 - 2) 防犯性能評価シミュレーション：『自然監視性と開口部種類別のリスク』を『見える化』…… 4

自然監視性に関する外構実験

実大モデル実験による影響因子の基礎検討……………5

- **外構実験で『自然監視性』を検証**
 - 1. 昼間の『自然監視性』の実験…………… 5
 - 1) 「視認区間」…………… 6
 - 2) 「フェンスの種類（フェンス透過率、形状、色）」…………… 7
 - 3) 「視距離（歩行者－侵入者間、フェンスの介在位置）」…………… 8
 - 4) 外構実験による昼間の『自然監視性』についての考察…………… 10
 - 2. 夜間の『自然監視性』の実験…………… 11
 - 1) 「照明の照射方向」…………… 12
 - 2) 「照明と侵入者の距離」…………… 12
 - 3) 「照明照度」…………… 13
 - 4) 外構照明実験による夜間の『自然監視性』についての考察…………… 13
- **外構実験による『自然監視性』の条件**
 - 1. 昼間の自然監視性の条件…………… 14
 - 2. 夜間の自然監視性の条件…………… 15

自然監視性と開口部リスクの見える化

住宅の防犯性能評価シミュレーション……………16

- **実験における『自然監視性』の再現性を確認**
 - どこまで見えているか（視認状況）を視覚化（光源投射法）…………… 16
- **『自然監視性』と『開口部リスク』の見える化**
 - 1) 防犯性能評価シミュレーションの構成…………… 18
 - 2) 開口部の防犯対策効果…………… 18
 - 3) 防犯性能評価シミュレーションの計算事例…………… 19
- **研究報告に関連する発表論文リスト……………20**

住宅の防犯性能評価技術に関する研究の意義

■自然監視性確保の重要性

1) 住まいの安全性の向上

- ・住まいは、最もホッとする場所です。その暮らしの舞台が帰宅して何者かに荒らされていたとすると、ゾッとします。経済的な損失にとどまらないショックは、経験者でなければ知り得ないものといわれます。
- ・最近、住宅侵入盗は減少の一途を辿っています。それは、様々な防犯対策の成果といえるでしょう。被害は弱いところに集中します。侵入盗からの安全性の向上にはゴールはありません。安全で安心して暮らせるための不断の取り組みが求められています。

2) 自然監視性確保の重要性

- ・侵入盗からの安全性を高めるには、「防犯環境設計」が効果的です。そのことは世界的に知られており、日本でも定着しています。
- ・4つの基本的手法のうち、「被害対象の強化」は伝統的な方法ですが、最近、官民が共同して「防犯性能の高い建物部品（CP部品）」の普及が進められているところです。
- ・「自然監視性の確保」は近所の人や通行者による敷地内への視線により、犯罪の予防を図る考え方で、「防犯環境設計」における最も基本的な手法であり、諸外国でも、その効果と普及に対して異論がほとんどありません。問題があるとするれば、監視という言葉やそれに伴うプライバシーの侵害が挙げられます。後者はトレードオフ（二律背反）の問題ですから、自然監視性とプライバシーの両者を考慮した上で対応することが求められています。

■防犯環境設計の基本的手法



■オランダにおける防犯環境設計の事例



①中央の道路を↑方向に進むと ②沿道のフェンス内側の庭は見えにくい

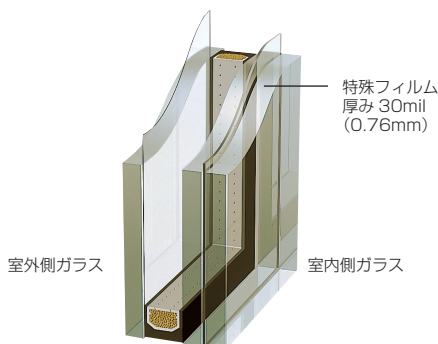


③フェンス正面からは見通すことができる ④フェンス門扉は施錠されている

3) 開口部リスクの数値化の現状

- ・住宅の防犯性能は、2006年以降降確法（住宅の品質確保の促進等に関する法律）に基づく住宅性能表示制度の評価基準のひとつに位置づけられています。
- ・その評価基準は、防犯環境設計の「被害対象の強化」と「接近の制御」に関する基準です。すなわち、「被害対象の強化」は開口部における一定の侵入抵抗能力を持つ「防犯性能の高い建物部品（CP部品）」の使用の有無であり、「接近の制御」は開口部の大きさと侵入の足場からの距離（地盤面等からの高さ2m以上）です。
- ・「自然監視性の確保」は防犯上重要ですが、数値化した研究成果がなかったことから導入が見送られました。

■特殊フィルムを挟み破壊に強い「防犯合わせ複層ガラス」



CP部品の認定マーク

室外側ガラス

室内側ガラス

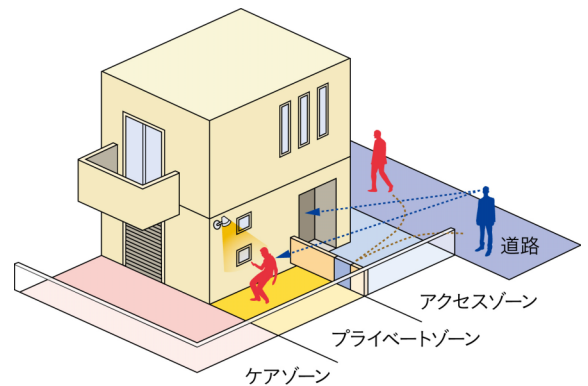
旭化成ホームズにおける防犯研究への取組み

1) 防犯設計手法「3つのディフェンス」の提案

旭化成ホームズでは、住宅性能表示制度の取組みに先駆け2003年より防犯ガラス等の「ハードディフェンス」と呼ばれる防犯仕様を導入し、住宅の敷地内を3つのゾーンに分けて防犯環境設計を行なう「ゾーンディフェンス」、居住者の用心をサポートする「ソフトディフェンス」の3つを防犯配慮設計ASDS (Asahikasei Secured Defense System) として提案しています。

- ・アクセスゾーン：立入り範囲の明確化
- ・プライベートゾーン：見通しの確保
- ・ケアゾーン：ハードディフェンスの強化

■ゾーンディフェンスの概念図

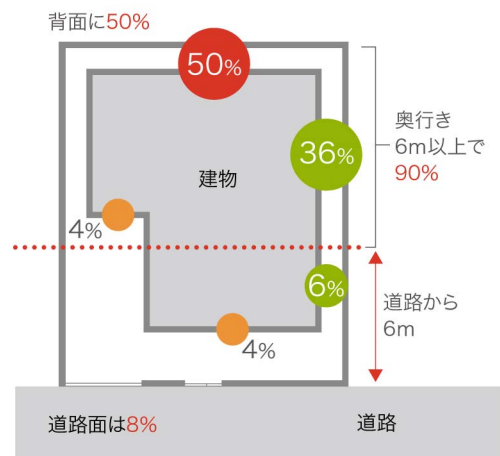


2) 明治大学との共同研究による侵入被害箇所の調査・研究

- ・旭化成ホームズと明治大学都市計画研究室は、2005年から共同でアフターサービスにおける修理記録と保管図面を利用した調査研究を開始し、2004-05年の2年間の被害について「戸建て住宅の侵入被害開口部に関する実態調査」として2006年に記者発表を行いました。
- ・また、2008年には単身女性の防犯ニーズに応えセキュリティを強化した賃貸住宅「サフォレ」の発売と同時に「低層集合住宅の侵入被害部位に関する実態調査」も記者発表しています。それらの成果は日本建築学会にも発表し、警察庁をはじめとする防犯関係各方面から高い評価を得ています。

被害の9割は敷地奥に集中し、背面が約半分を占めている
「戸建て住宅の侵入被害開口部に関する実態調査」より

■被害開口部と前面道路との関係



3) 自然監視性を中心とした防犯性能評価への発展

- ・これらの共同研究は自然監視性を中心とした防犯性能評価へと発展し、「戸建て住宅の防犯性能評価シミュレーションに関する技術開発」として2007年から3カ年間、国土交通省の住宅・建築関連先導技術開発助成事業に選定されました。
- ・本報告書で紹介する自然監視性の外構実験、光源投射法を応用したシミュレーション技術の開発と共に、2003年以降の防犯対策の効果を検証するため2006-09年の4年間の戸建て住宅における侵入被害の調査を実施し、防犯性能を数値化された指標で評価できるような体系の構築を行いました。これにより、防犯性の弱い部分を重点的に強化するバランスの取れた防犯設計が可能となりました。

住宅の防犯性能評価技術に関する研究の概要

今回の技術開発では、「ゾーンディフェンス」をよりの確な設計手法とするために、自然監視性（通行者による敷地内への視線）を、定性的な評価から客観的、定量的に評価できるように、数値化する取り組みを行いました。

1) 外構実験：『自然監視性』を数値化

- ・実大サイズの建物開口部と外構フェンスを構築し、『通行者による、住宅開口部前に立つ侵入者への視線量』がどう変化するのか、被験者実験を行って視認性に影響を与える要素の整理と抽出を行いました。
- ・実験の結果から、昼間と夜間それぞれの「どんな条件ならどこまで見えるのか」を数値化しました。



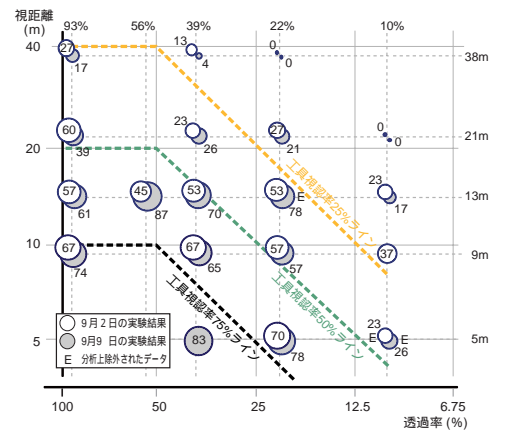
実験で使用了建物



昼間の実験



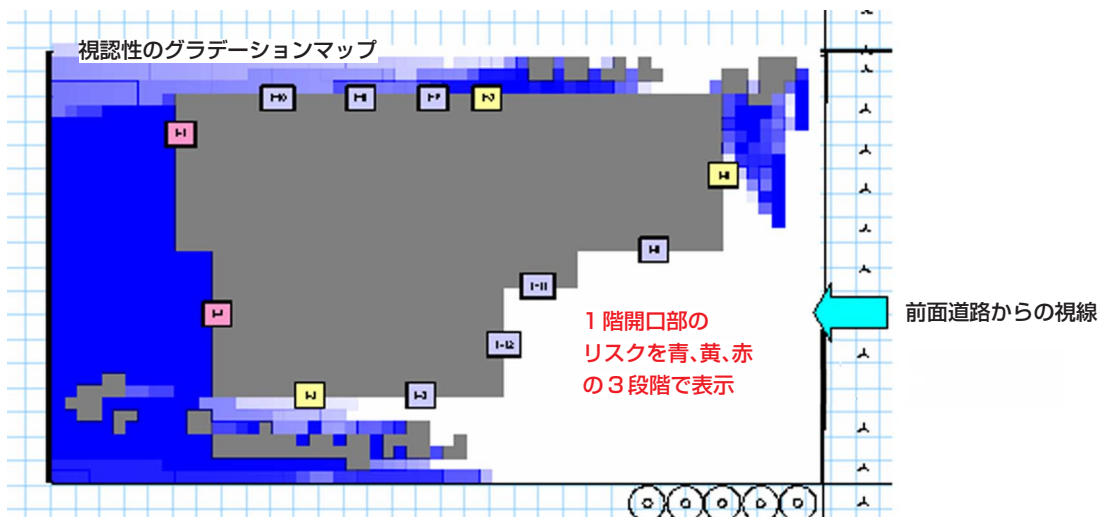
夜間の実験



「どんな条件ならどこまで見えるのか」を数値化（昼間）

2) 防犯性能評価シミュレーション：『自然監視性と開口部種類別のリスク』を『見える化』

- ・外構実験から得た知見を基に、前面道路から敷地内のどこまで視線が届いているかをグラデーション表示するシミュレーションシステムを開発。さらに、侵入被害住宅の修理記録から算定した「開口部種類別のリスク」係数を考慮して、開口部単位のリスクを3段階に色分け表示し、リスクの高い開口部については、CP 部品や面格子、シャッターなどで開口部の強化対策を行った場合のリスク軽減効果の検討も可能となりました。
- ・この防犯性能評価シミュレーションにより、旭化成ホームズの提唱するゾーンディフェンスを用いた防犯環境設計を定量的に評価できるようになり、設計者の経験や感覚だけに頼らない、より具体的な「防犯環境設計」を提案することが可能となりました。



実大モデル実験による影響因子の基礎検討

■外構実験で『自然監視性』を検証

1. 昼間の『自然監視性』の実験

・侵入盗の抑止力として効果のある『自然監視性』を定量的に評価するために、道路を歩く人の視線特性を実験的に検討しました。

①実験概要

・実物大の戸建住宅の外構モデルを建設し、自然監視性に関わる3つの環境因子に着目して実験条件を設定。外構フェンスに沿った道路を歩く歩行者（被験者）が、外構フェンス越しに敷地内（窓前）にいる人物の状況をどこまで確認できるかを、4回（実施概要参照）にわたり実験。

②設定した条件と評価項目

・1) 視認区間、2) フェンスの種類（フェンス透過率、形状、色）、3) 視距離（歩行者－侵入者間、フェンスの介在位置）の3つの環境因子を変えて、6つの視認性（回答シート参照）を評価。



1) 視認区間、2) フェンスの種類、3) 視距離の3つの環境因子を変えて一定の歩行速度で評価



敷地内（建物外部）の人物が侵入者だと確認できるかを評価

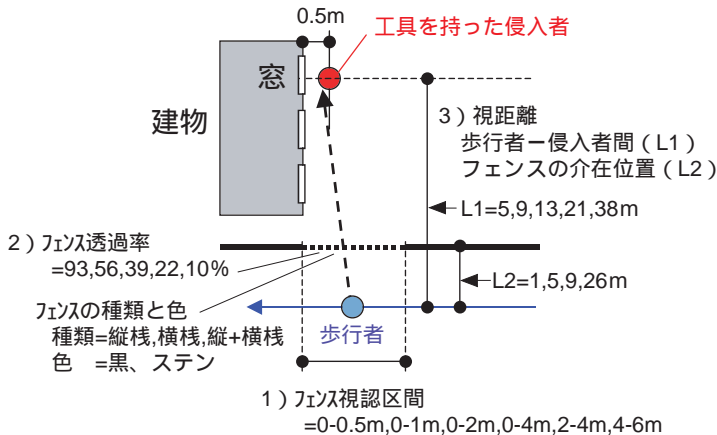


工具を持った侵入者



使用した工具

■実験条件



■実施概要

	実験日	天候	被験者数	時間
第1回	2008年	8月29日	19名	15時 ~17時
第2回		9月4日	18名	
第3回	2009年	9月2日	30名	
第4回		9月4日	23名	

■評価した視認性の項目（回答シート）

評価の記入はゴール後をお願いします

建物外部に人が	いた	いない	わからない
	(次問以降は無回答)		(次問以降は無回答)

人がいるのが	はっきり	まあまあ	どちらとも	あまり	まったく
	見えた	見えた	見えな	見えな	見えな

その人の姿勢は

立っていた	しゃがんでいた	わからない
-------	---------	-------

その人の手の位置は

頭の高さ	胸の高さ	腰の高さ	わからない
------	------	------	-------

手に持っていたものが

はっきり	まあまあ	どちらとも	あまり	まったく
見えた	見えた	見えな	見えな	見えな

持っていたものは

ドライバー	パール	バーナー	わからない
-------	-----	------	-------

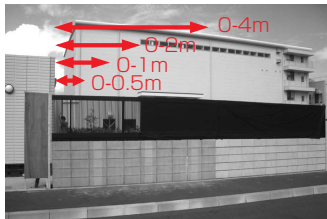
③工具視認率を自然監視性の評価指標と設定

・歩行者から侵入者の手に持っている工具が分かることが、不審者の判定に重要と考えました。そこで、歩行者（被験者）の視認性評価において侵入者の手に持っていたもの（破壊工具）が「はっきり見えた」と評価した割合（工具視認率）を侵入リスクに関する安全な指標として位置づけ、上記1)～3)の環境因子との相関性について分析しています。

1) 「視認区間」

・視認区間の視認性への影響を調査しました。視認区間とは、歩行者が歩行中にフェンス越しに敷地内部を視認できる区間のことで、窓のある外壁の位置を0としています。例えば視認区間0-2mは、窓のある外壁の2m手前から外壁位置までの区間でフェンス越しに敷地内を視認できる状態のことです。4-6mは、同じく窓のある外壁の6m手前から4mまでの区間でフェンス越しに敷地内を視認できる状態のことです。フェンスに黒幕をかぶせて視認区間の調節を行い、視認区間の長さは0-0.5m、0-1m、0-2m、0-4mについて、位置は0-2m、2-4m、4-6mについて実験しました。

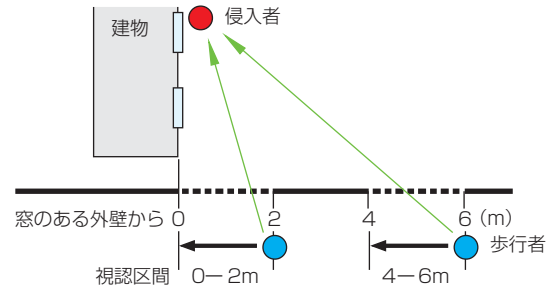
■視認区間の調節



長さの調節 (写真は0-2m)



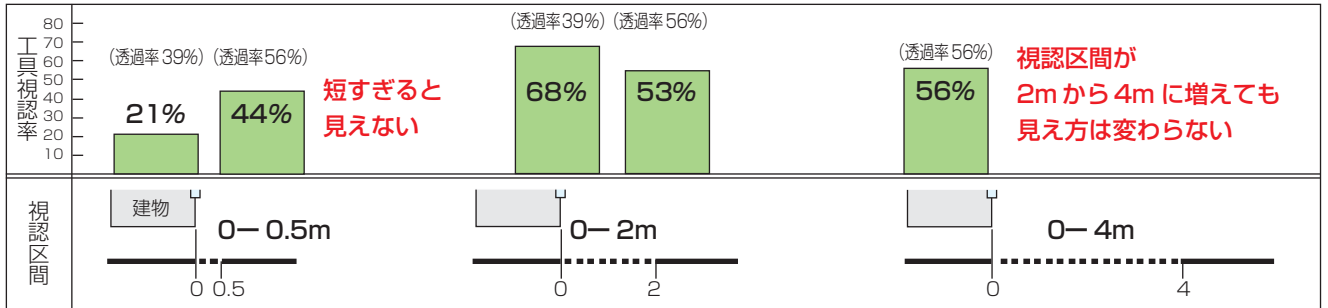
位置の調節 (写真は4-6m)



①視認区間の長さ

- ・視認区間0-0.5mでの工具視認率は透過率39%で21%、透過率56%で44%でした。0-2mでの工具視認率と比較して低く、見逃しが生じる可能性があることが分かりました。
- ・視認区間0-2mでの工具視認率は透過率39%で68%、透過率56%で53%と高く、侵入者の持つ工具は充分視認できることが分かりました。一方、視認区間が0-4mになれば敷地内を見る機会が増えて工具視認率は上がると思われましたが、ほとんど相違が認められなかったため、2m以上の視認区間があれば、歩きながらの監視が可能であると考えました。

■視認区間に対する工具視認率 (視認区間の長さによる違い)



長さ0.5mでは見逃す可能性がある



長さ2mで充分視認できる

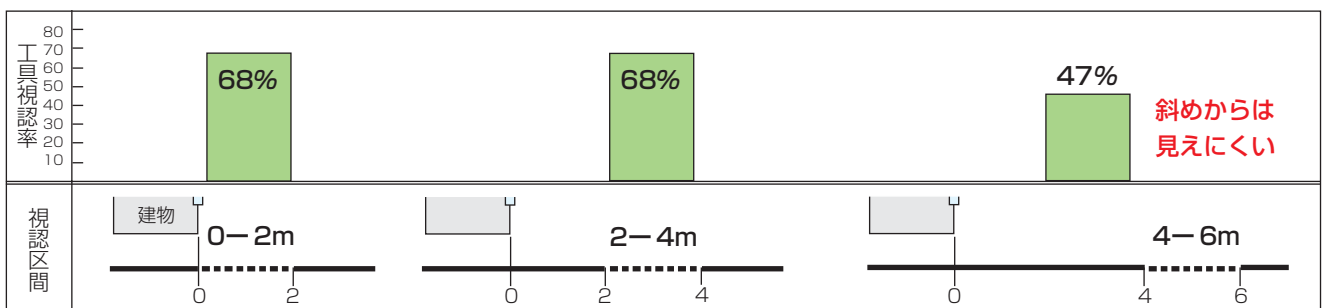


長さが4mに増えても2mの時と大きな違いはない

②視認区間の位置

- ・視認区間の位置による違いを見てみたところ、0-2mと2-4mでは工具視認率は変わりませんでした。4-6mでは約20%低くなりました。縦柵フェンスでは柵の見込み幅 (奥行) との関係で、見る角度によって透過率が変化すること (透過率の角度依存性) が影響しており、視認性はフェンスに対して90度 (正面) に近いほど良くなることが分かりました。

■視認区間に対する工具視認率 (視認区間の位置による違い: フェンス透過率39%)

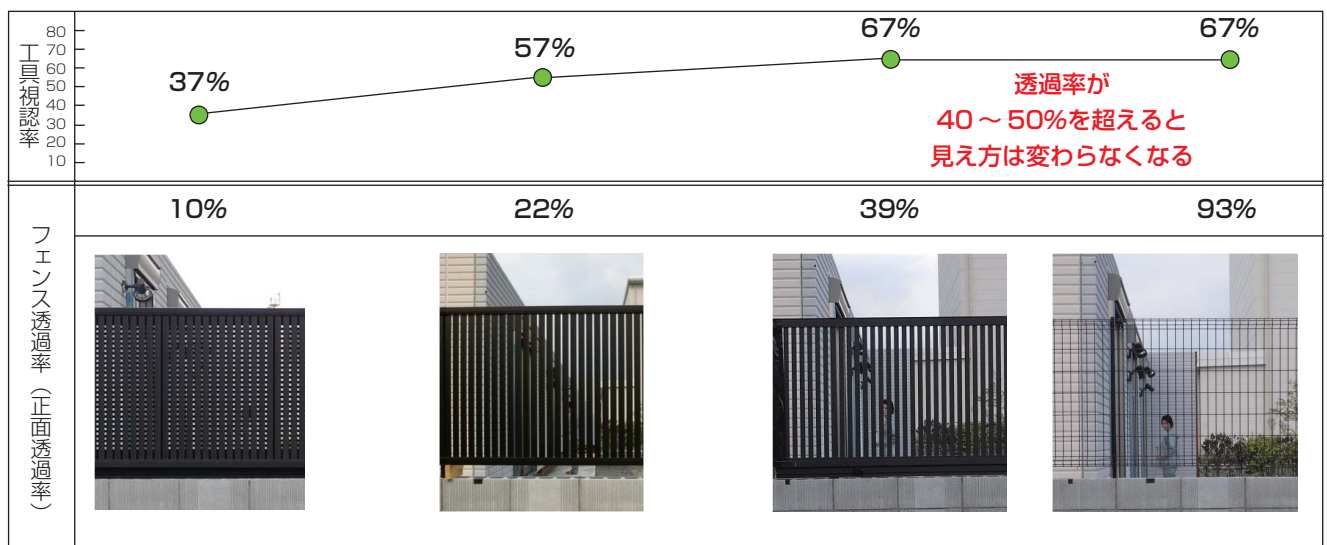


2) 「フェンスの種類（フェンス透過率、形状、色）」

①フェンス透過率

- ・フェンス透過率の視認性への影響を調査しました。
- ・透過率の角度依存性を除いて比較するために、視認区間を0～2mとし、市販されているフェンスを用いて、正面透過率は10%、22%、39%、93%の4パターンについて工具視認率を評価しています。視距離は9mに固定しました。
- ・フェンス透過率が10%、22%、39%と増加するにつれ、工具視認率が增大することが分かります。
- ・一方フェンス透過率39%と93%では、工具視認率がどちらも67%と変わらない結果となり、ある程度（フェンス透過率40～50%）以上のフェンス透過率では、工具視認率に影響しないことが分かりました。
- ・視距離を変化させた一連の実験結果から、フェンス透過率50%以上では工具視認率が横ばいとなることが分かりました。

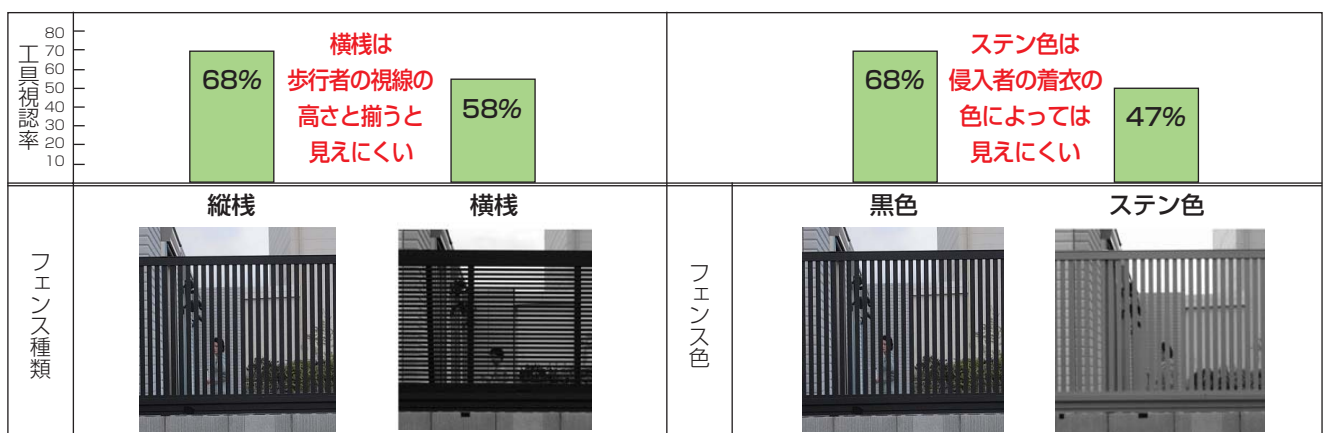
■フェンス透過率に対する工具視認率の違い（視距離9m）



②形状と色

- ・フェンス形状と色の違いによる視認性への影響も調査しました。形状については縦棧と横棧フェンス、色に関しては縦棧フェンスを用いて、黒色とステン色で実験しました。
- ・まず、フェンス形状による違いを見てみると、横棧の工具視認率が縦棧より低くなり、実際に縦棧より横棧の方が識別しにくいとの歩行者からの意見も得ることができました。縦棧では、歩きながら見える範囲と見えない範囲が常に入れ替わることで視認しやすいという結果に繋がったと思われます。（横棧は歩行者の視線の高さによって視認できる範囲が異なるため、縦棧に比較して個人差が大きく視認性の低下につながったと判断しました。）
- ・色に関しては、ステン色の工具視認率が黒色に比べて低くなりました。これは侵入者の着衣がフェンスのステン色と近似のグレーであった影響が大きく、つまり、この色の組合せでの色調の差が小さかったことによると判断しました。

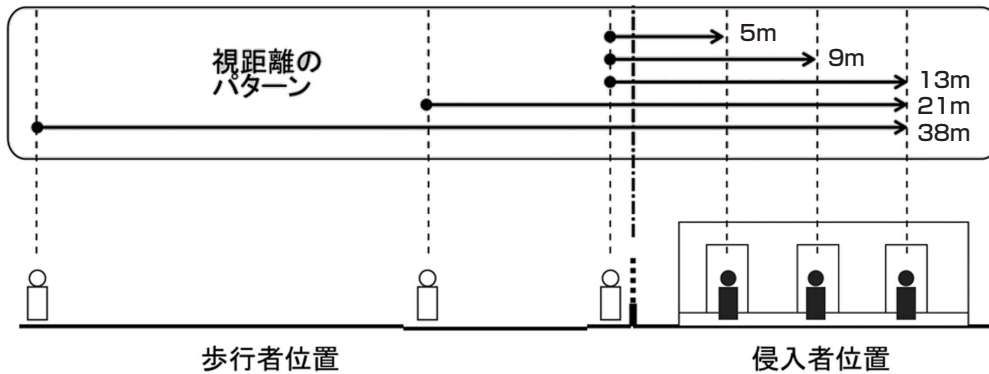
■フェンスの種類や色に対する工具視認率の違い（フェンス透過率 縦棧39%・横棧45%、視距離9m）



3) 「視距離（歩行者－侵入者間、フェンスの介在位置）」

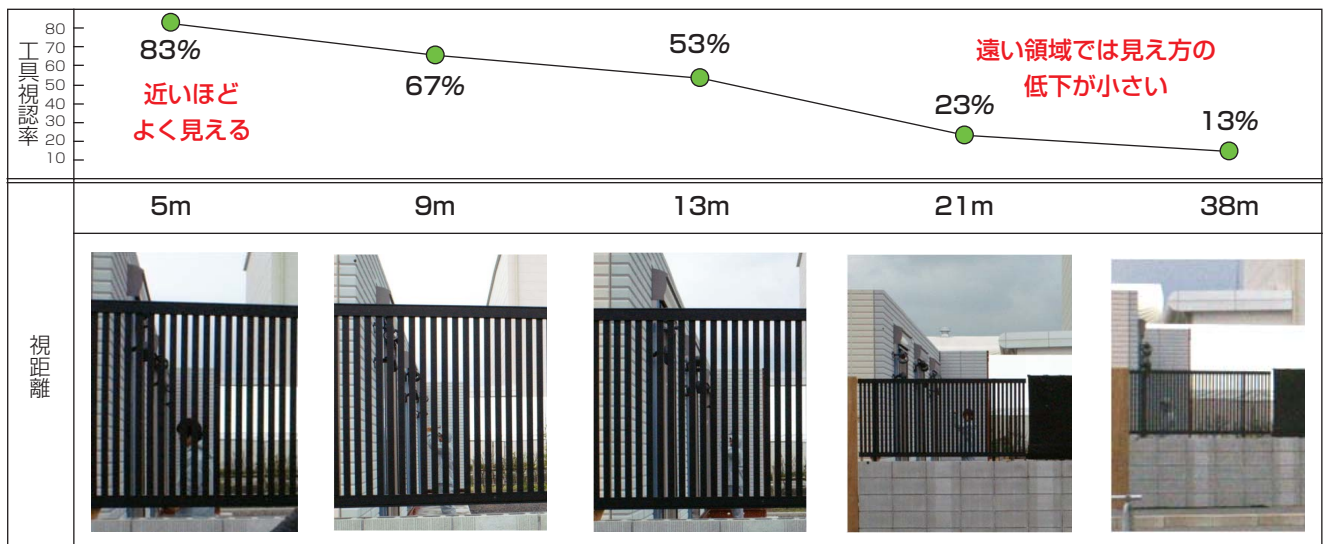
① 歩行者－侵入者間の距離

・ 視距離（歩行者－侵入者間の距離）の視認性への影響を調査しました。視距離は5 m、9 m、13 m、さらに視距離の視認性の限界を評価するため21 mと38 mを加えた5パターンで工具視認率を評価しています。フェンス透過率を39%、視認区間は0－2 mに固定しました。



・ 視距離が近いほど工具がよく見え、視距離が長くなるに従って工具視認率が下がる傾向が見られました。
 ・ 但し、視距離5～21mの範囲では視距離が4m伸びるごとに工具視認率が約15%低下するのに対し、21～38mの範囲では17mの伸長に対して工具視認率は10%の低下にしかならず、視認率の低下は視距離に必ずしも比例しないことが分かりました。

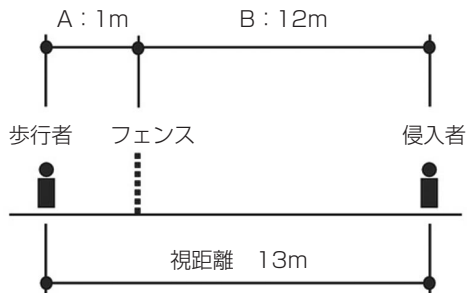
■ 視距離に対する工具視認率の違い（フェンス透過率39%、視認区間0－2m）



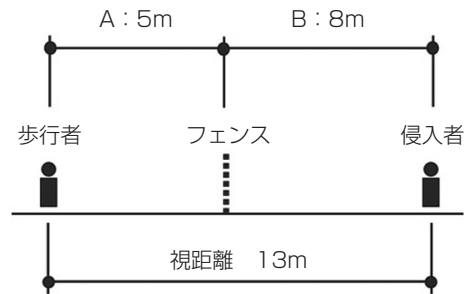
②フェンスの介在位置

- また、同じ視距離でも、歩行者と侵入者間のどの位置にフェンスが介在するかによって工具視認率が変わるかどうかを検証しています。視距離 13m の場合で、A：歩行者からフェンスまでの距離と、B：フェンスから侵入者までの距離を、①「A：1m、B：12m」、②「A：5m、B：8m」の2パターンについて、フェンス透過率 39% と 56% で実験しました。

パターン①



パターン②



- 実験では、フェンス介在位置が侵入者寄りでも、歩行者寄りでも、大きな差は見られませんでした。
- このことから、道路からの視認性はフェンス透過率と視距離（歩行者－侵入者間の距離）で決まることが分かりました。

■フェンスの位置に対する工具視認率の違い

透過率	39%		56%	
工具視認率	39%	33%	41%	44%
フェンス位置パターン	① A : 1m B : 12m	② A : 5m B : 8m	① A : 1m B : 12m	② A : 5m B : 8m

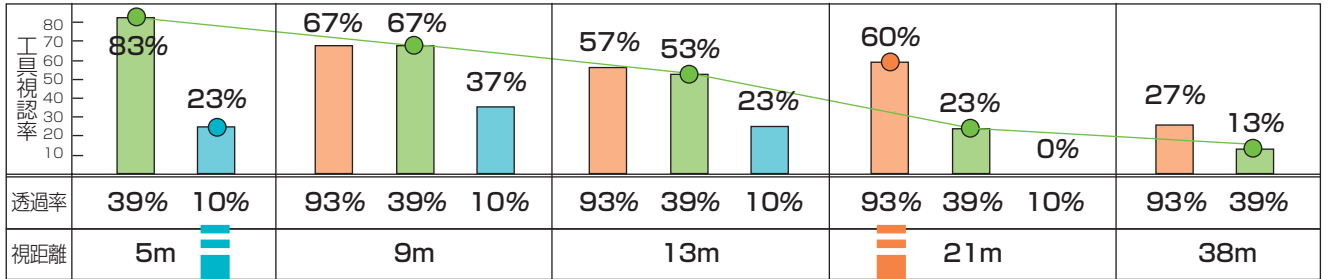
フェンスの位置がかわっても見え方は変わらない

4) 外構実験による昼間の『自然監視性』についての考察

① フェンス透過率と視距離の関係

- ・ここまでの実験でフェンス透過率と視距離の間に関連性が見えてきました。
- ・フェンス透過率39%が変わらなければ、視距離が増えるほど工具視認率は下がり、視距離21mで工具視認率は23%と視認が困難になります(表中●—●)。ところが視距離21mでも、フェンス透過率が93%あれば工具視認率は60%となり十分に視認することができました(表中○)。また、視距離が5mと近くてもフェンス透過率が10%では工具視認率は23%(表中●)と低下し、視距離21m・フェンス透過率39%と同等でした。

■フェンス透過率と視距離の関係



視距離 5m



透過率：39%



透過率：10%

視距離 5m・透過率 10%と
視距離 21m・透過率 39%の
工具視認率は同等

視距離 21m



透過率：39%



透過率：93%

透過率が低いと、視距離が近くても見えない

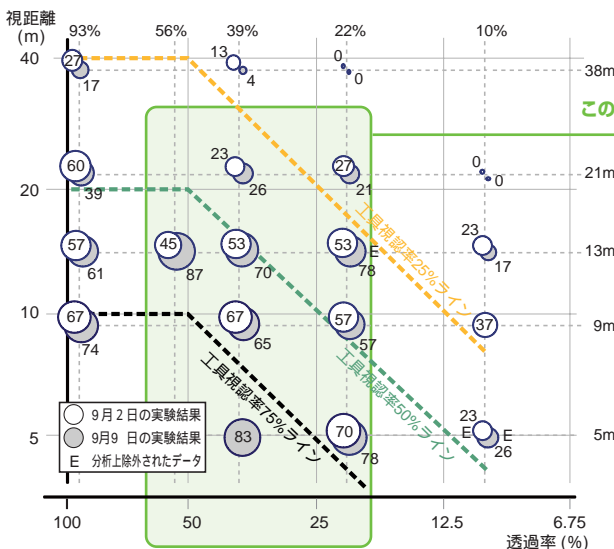
透過率が高いと、視距離が遠くても見える

② フェンス透過率及び視距離と、工具視認率との関係

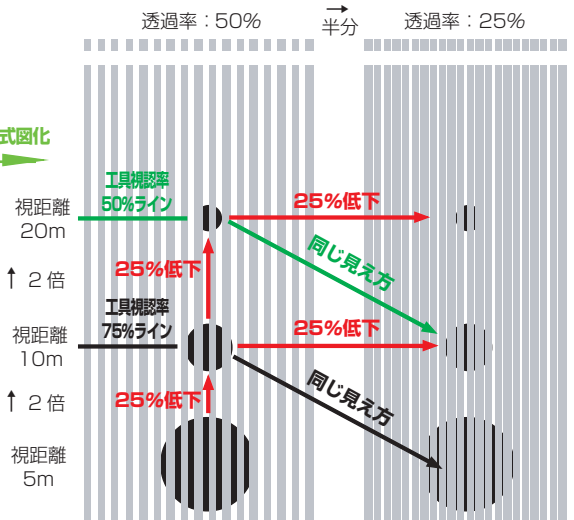
- ・視認区間0-2mの条件で、フェンス透過率10、22、39、56、93%の5パターンと、視距離5、9、13、21、38mの5パターンの組合せで、実験から得られた工具視認率の大きさをプロットサイズで図示化し、多少のバラツキを許容した上で、工具視認率の等高線を引いたところ、工具視認率75% (黒の線)、50% (緑の線)、25% (黄色の線) が等間隔に並ぶ平行な線で表されることが分かりました(同じライン上の工具視認率は同じ)。この図から以下のことが読み取れます。

- ① 透過率 50% までは、視距離が一定なら工具視認率はほとんど変化しない。
- ② 透過率 10% ~ 50% では、視距離が一定なら透過率が半分になると工具視認率は約 25% 低下する。
- ③ 透過率が一定であれば、視距離が 2 倍になると工具視認率は約 25% 低下する。

■「視距離」と「フェンス透過率」の関係



■「視距離」と「フェンス透過率」による見え方の模式図



2. 夜間の『自然監視性』の実験

・夜間における『自然監視性』の定量的評価のために、外構に照明を設置して視認実験を行いました。

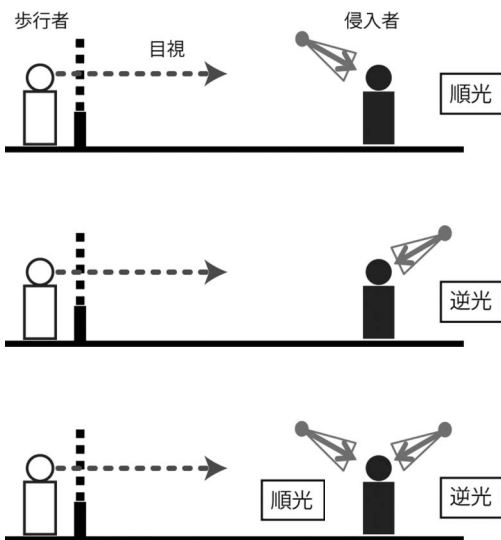
① 実験概要

・実物大の戸建住宅の外構モデルに照明を設置し、照明に関わる環境因子に着目して実験条件を設定。歩行者が、外構フェンス越しに敷地内（窓前）にいる人物を視認できるかどうかを、4回（実施概要参照）にわたり実験。

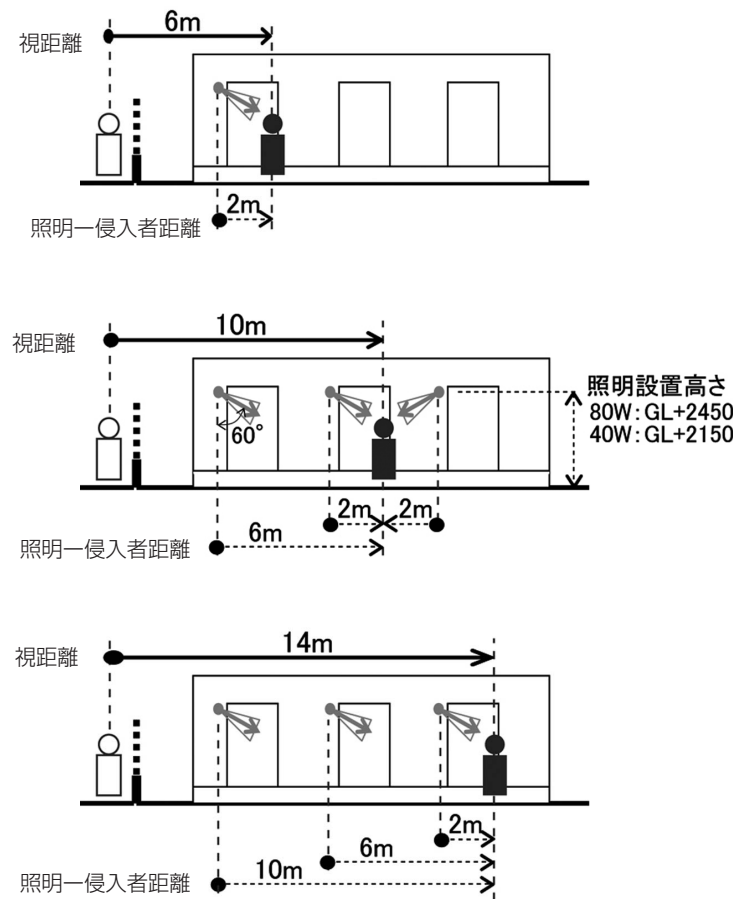
② 設定した条件

- ・ 1) 照明の照射方向、2) 照明と侵入者の距離、3) 照明照度 の3つの環境因子を変えて実験しました。
 - 1) 照明の照射方向は、順光、逆光、順光+逆光の3パターン
 - 2) 照明と侵入者の距離は2、6、10mの3パターン
 - 3) 照明照度については40Wと80W、及び照明なしの3パターンで、通行者の視線の高さに該当するGL+1.5mにおける鉛直面照度で考察を行っています。測定した鉛直面は照明と正対するようになっています。

■ 照明の照射方向（順光、逆光、順光+逆光）



■ 照明と侵入者の距離（2、6、10m）



■ 実施概要（昼間の実験の同日夜に実施）

	実験日		天候	被験者数	時間
第1回	2008年	8月29日	晴れ	16名	19時 ~20時半
第2回		9月4日	晴れ	17名	
第3回	2009年	9月2日	晴れのち曇り	30名	
第4回		9月4日	曇り一時雨	23名	

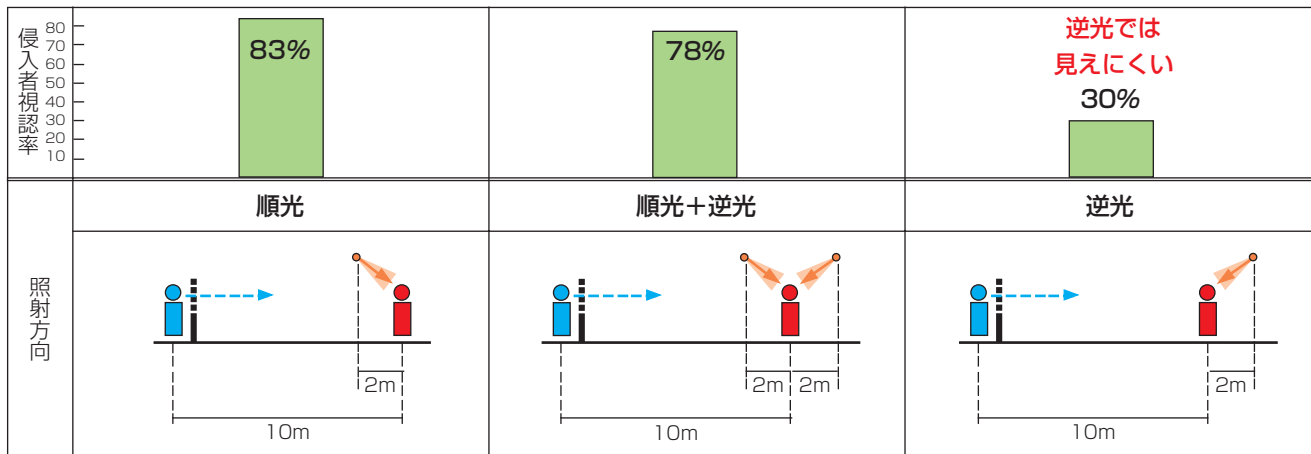
③ 評価項目

・夜間においては敷地内の人を視認できれば不審者の発見に繋がると考えられます。そこで、侵入者の持つ工具ではなく、侵入者自身が見えたかどうかに着目しました。さらに、5段階評価（①はっきり見えた、②まあまあ見えた、③どちらともいえない、④あまり見えない、⑤全く見えない）のうち、侵入者を「①はっきり見えた」と評価した割合（侵入者視認率）を侵入リスクに関する安全な指標として位置づけ、上記1)～3)の照明に関わる環境因子との相関性について分析しています。

1) 「照明の照射方向」

- ・まず、照明の照射方向が視認性に与える影響を調査しました。
- ・歩行者に対し順光となる条件では高い侵入者視認率がありました。一方、歩行者に対し逆光となる条件では侵入者視認率は非常に低くなる事が分かりました。また、順光+逆光ではほぼ順光と同程度の侵入者視認率が確保できる事が分かりました。

■照明の照射方向に対する侵入者視認率の違い (40W、フェンス透過率 39%、視距離 10m、照明 - 侵入者距離 2m)



順光：侵入者の存在が分かる

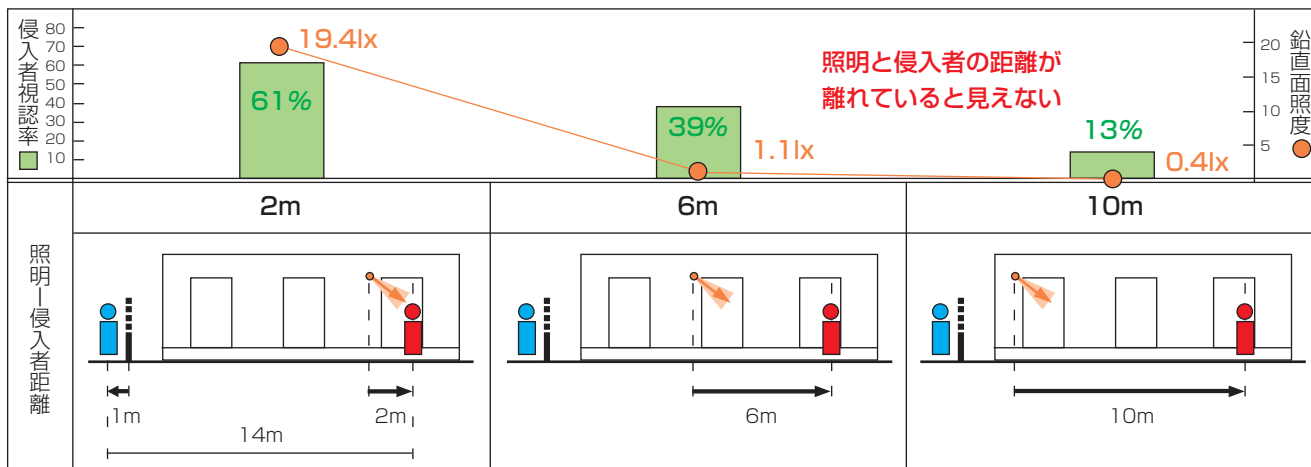


逆光：侵入者の存在が分かりにくい

2) 「照明と侵入者の距離」

- ・次に、照明と侵入者の距離が視認性に与える影響を調査しました。
- ・視距離（歩行者—侵入者の距離）が同じでも、照明—侵入者距離が大きくなるほど鉛直面照度は小さくなり、侵入者視認率が下がることが確認できました。

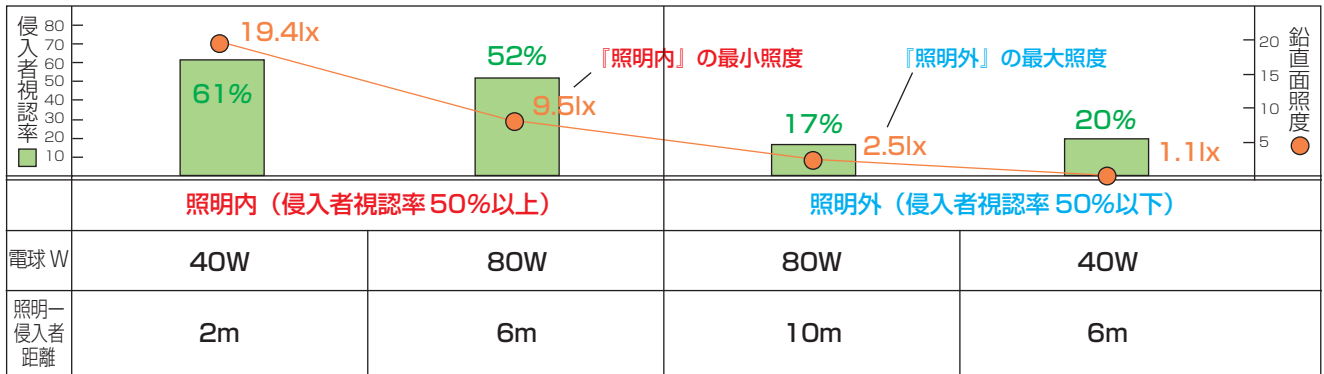
■照明と侵入者の距離に対する侵入者視認率の違い (40W、フェンス透過率 39%、視距離 14m)



3) 「照明照度」

- ・夜間の侵入者視認率が50%以上では歩行者の半分以上が侵入者に気づくと推測できるので、この領域を自然監視性能上、必要な照度のある『照明内』と定義しました。
- ・『照明内』とそれ以外の領域『照明外』の照度を比較すると、『照明内』の最小照度は9.5lx (80W・照明—侵入者距離6m) となり、『照明外』の最大照度は2.5lx (80W・照明—侵入者距離10m) でした。『照明内』と『照明外』の境界となる照度は、2.5lxと9.5lxとの間に存在すると推定できます。

■照明照度に対する侵入者視認率の違い (フェンス透過率39%、視距離14m)



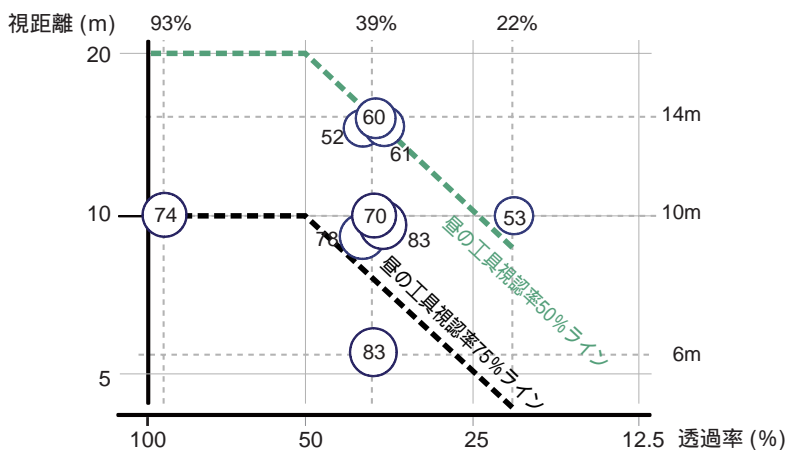
4) 外構照明実験による夜間の『自然監視性』についての考察

○フェンス透過率及び視距離と、侵入者視認率との関係

- ・侵入者視認率50%以上におけるフェンス透過率と視距離の関係は、昼間と同様の関係性があるとして、昼間の工具視認率のグラフにプロットしたところ、侵入者視認率が70～80%の条件は、昼間の工具視認率75%ライン上にほぼ一致し、侵入者視認率が50～60%のプロットも、昼間の工具視認率50%ラインとほぼ一致していることが分かりました。
- ・つまり結果的に、夜の防犯に有効な視線である侵入者視認率のフェンス透過率および視距離に対する影響は、『照明内』の条件であれば、昼の工具視認率と同じ関係性として扱えることが分かりました。

■「視距離とフェンス透過率」グラフ上での「侵入者視認率」の分布

(グラフ内の円の大きさが侵入者視認率)



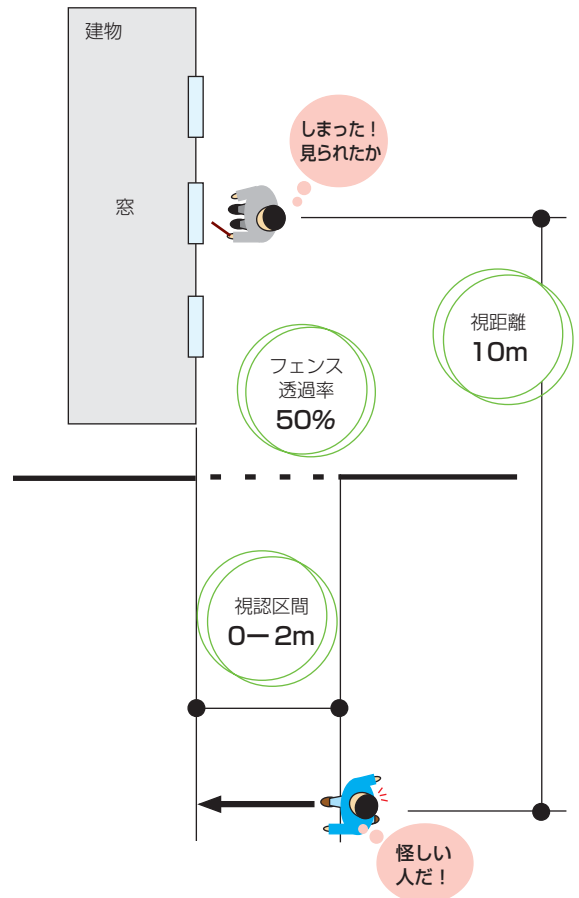
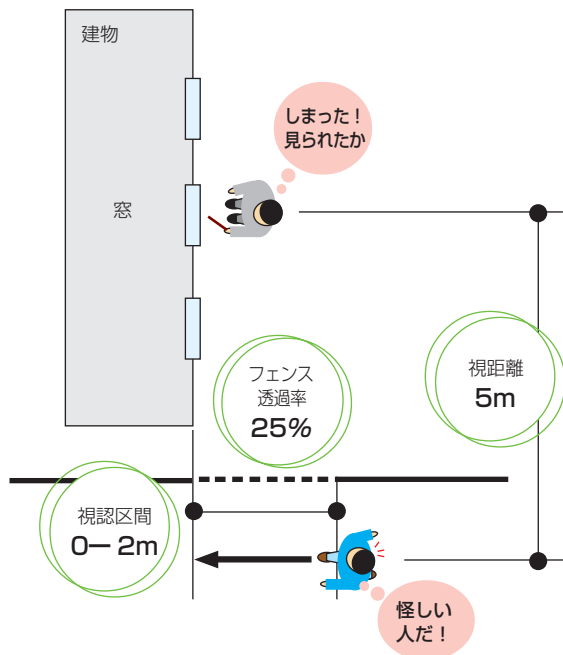
照明内 (侵入者視認率 50%以上) の条件を満たせば、夜間も昼間と同等の自然監視性が得られる。

外構実験による『自然監視性』の条件

1. 昼間の自然監視性の条件

- 自然監視性（工具視認率）は『視距離』と『フェンス透過率』の関係が下記の条件を満たしていれば自然監視性として十分な視認量（工具視認率75%）を確保できる。

視認区間	フェンス透過率と視距離の関係	
0-2m	25%	5m
	50%	10m



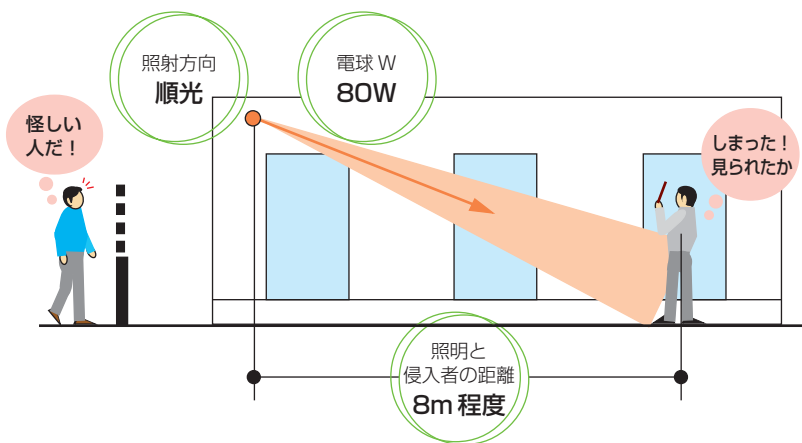
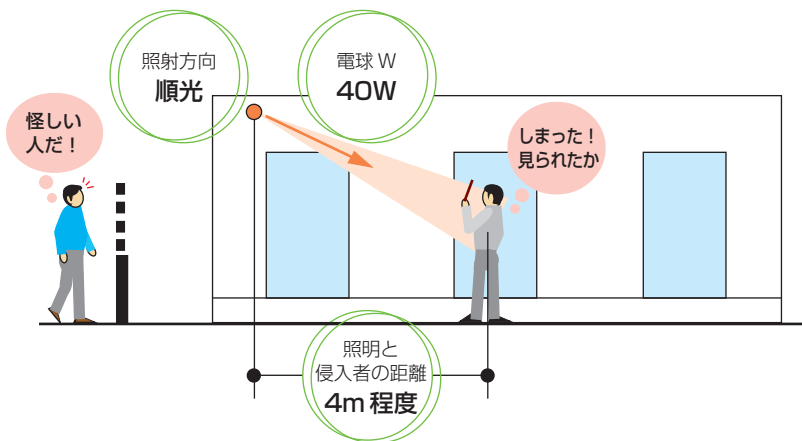
□その他

視認区間	長さが0-0.5mと極端に短くなると見逃しが発生する。 長さが0-4mと長くなっても工具視認率はあまり変わらない。 位置は2-4mでは変わらないが、4-6mでは影響が出る場合がある（縦柵フェンスの角度依存性）
フェンス形状	縦柵のフェンスでは、視線の入射角に対してフェンス透過率が変化する（角度依存性） 横柵のフェンスでは、視線の高さによって常に見えない視界が生じ、個人差が大きい。
フェンス色	侵入者の服装の色との色調の差による影響が大きい。
フェンス介在位置	視距離の中間に介在するフェンスの位置による影響はない。
視距離とフェンス透過率の関係	透過率50%までは、視距離が一定なら工具視認率はほとんど変化しない。 透過率10%~50%では、視距離が一定なら透過率が半分になると工具視認率は約25%低下する。 透過率が一定なら視距離が2倍になると工具視認率は約25%低下する。

2. 夜間の自然監視性の条件

- 夜間の自然監視性に必要な鉛直面照度の境界を 2.5 ~ 9.5lx の中間と推定。下記の照明条件を満たせば夜間の自然監視性（侵入者視認率）は昼間の自然監視性（工具視認率）と同等の視認率になる。

照射方向	電球Wと照明－侵入者の距離の関係	
順光	40W	2～6m程度まで
	80W	6～10m程度まで



□その他

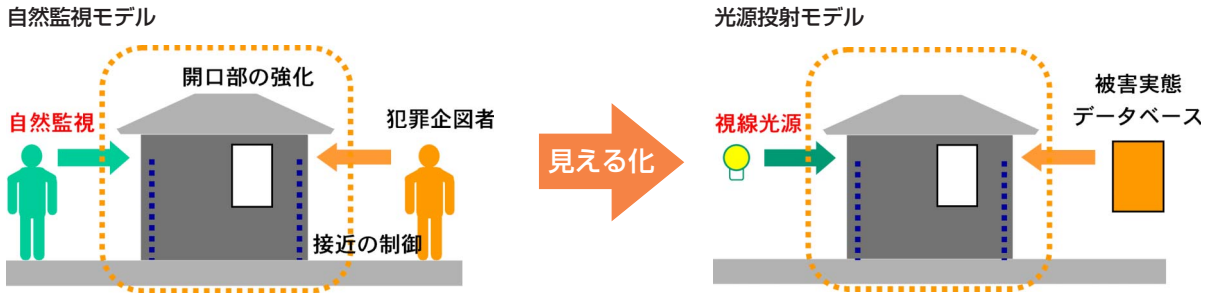
照射方向	歩行者に対し逆光となる照明では侵入者視認率が低く、防犯に有効ではない。
有効な照度	侵入者視認率50%以上となる鉛直面照度2.5～9.5lx以上を、防犯に有効な照度とした。
視距離とフェンス透過率の関係	夜間、侵入者視認率が50%以上となる条件下では、昼間の工具視認率とほぼ同じの関係性になる。

住宅の防犯性能評価シミュレーション

■実験における『自然監視性』の再現性を確認

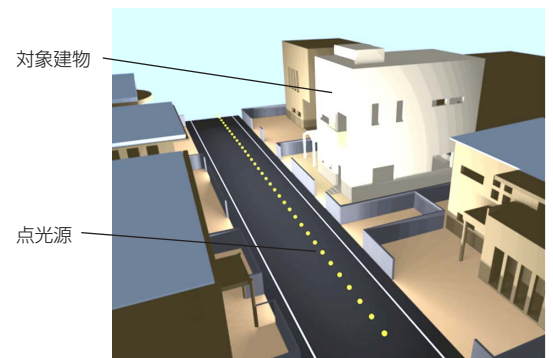
□どこまで見えているか（視認状況）を視覚化（光源投射法）

- ・外構実験により数値化した『自然監視性』をより客観的に評価できるように、どこまで見えているか（視認状況）を視覚的に明示する光源投射法を用いたシミュレーションシステムを開発しました。



- ・光源投射法とは、人の視線を点光源に置き換えることによって、その点光源から発する光線の届く領域を視線が届いた領域とするコンピュータシミュレーション上でのモデル技法です。従来は、都市計画等で市街地モデル内にあるランドマークの可視領域を表現するために使われているこの手法を、道路からの歩行者の可視領域を求める手法として応用しました。

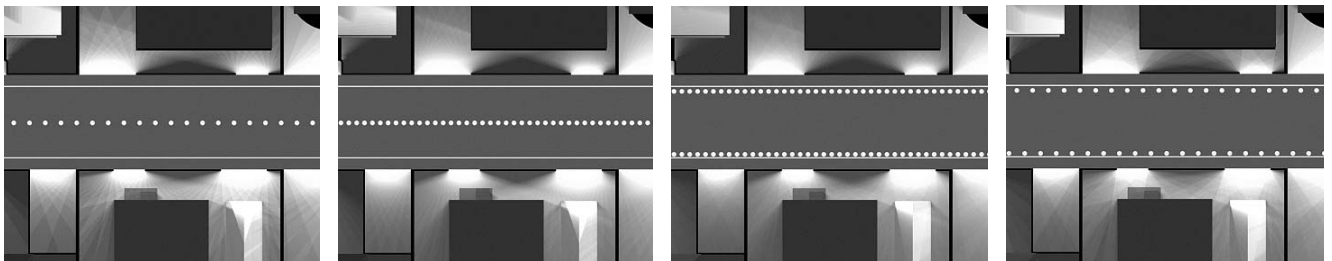
- ・まず、市販のCADソフトとレンダリングソフトを組み合わせ、防犯評価に適した光源投射法の基準条件を検討しました。



市販ソフトを用いた光源投射法の検討事例

- ・次に、点光源の配置方法について4通りの方法を検討しました。光源の間隔を広げると死角ができないこと、光源数が増えると計算負荷が大きくなることを理由に、道路両端部に1m間隔に千鳥配置になるように並べることを基本条件としました。

■光源設置パターンによる光の広がり方（見え方）の違い



道路中央部に1m間隔で配置
(狭い敷地の再現性が不足)

道路中央部に0.5m間隔で配置
(実際に歩いた見え方の再現性が不足)

道路両端部に0.5m間隔で並行配置
(再現性は高いが設置量が増える)

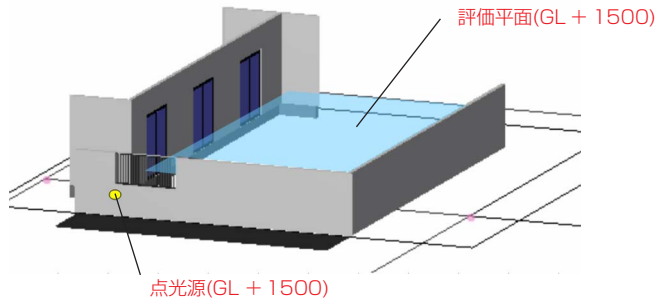
道路両端部に1m間隔で千鳥配置
(少ない量で高い再現性：今回採用)

- ・さらに、シミュレーション上で下記の3点を可能とするために、独自の光源投射シミュレーションの開発を行いました。

- ①視線量として点光源に実験で得られた関数を適用できること。
- ②敷地の任意の高さ平面で視認性評価ができること。
- ③視認性評価から、リスク評価への後処理ができること。

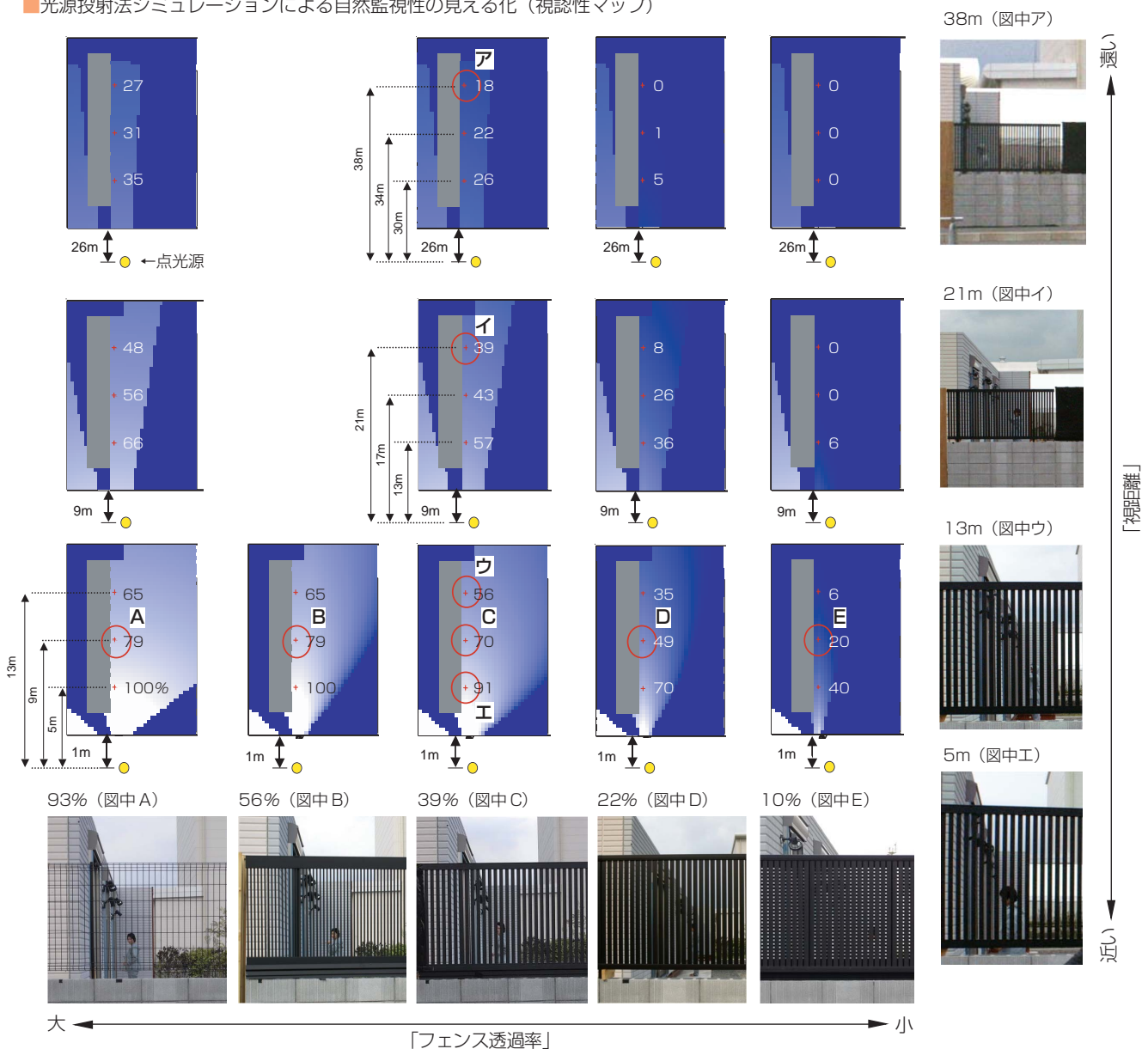
- 外構実験で使用した外構モデルをコンピューター上の3次元モデルとして作製し、独自に開発した光源投射シミュレーションを用いて視認区間0-2mで行った外構実験結果の再現性を確認しました。
- シミュレーションでは、外構実験から得られた人の視線の特性（視距離およびフェンス透過率に対する影響）を点光源（道路からの視線）に關数として与えました。縦棧のフェンス透過率については、正面透過率だけでなく使用したフェンスの種類に応じて棧のピッチや見込み幅を入力し、角度依存による透過率変化も考慮しています。

■外構実験の3次元モデル



- 外構実験での諸条件を模した光源投射シミュレーションを実施した結果、視距離の影響、フェンス透過率の影響、フェンス角度依存性について、実験結果の工具視認率を許容できる誤差範囲で再現することが分かりました。

■光源投射法シミュレーションによる自然監視性の見える化（視認性マップ）

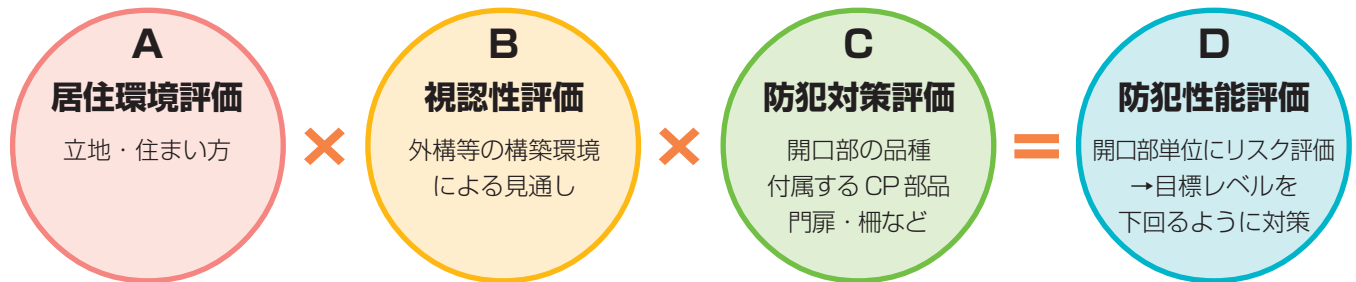


『自然監視性』と『開口部リスク』の見える化

1) 防犯性能評価シミュレーションの構成

・防犯性能を総合的に評価する仕組みとして、道路からの視線を評価する光源投射シミュレーションで得られた視認性評価（B）に、居住環境評価（A）と防犯対策評価（C）を重み付け計算する防犯性能評価シミュレーションを作製しました。

- A：立地する街区の犯罪レベルや居住形態（共働き、二世帯など）による居住環境評価
- B：光源投射シミュレーションから得られた視認性評価
- C：開口部の種類や付属するCP部品、門扉・柵などの防犯対策



2) 開口部の防犯対策効果

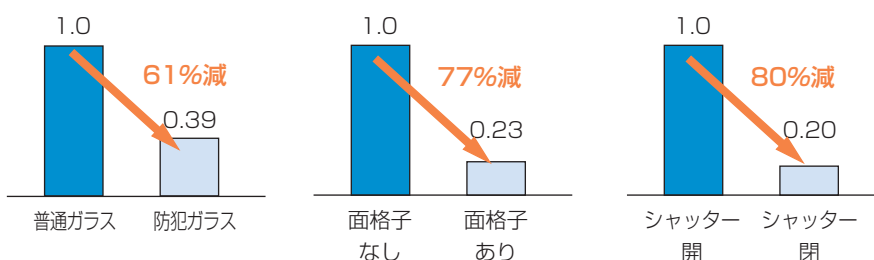
・自社修理記録から2006～2009年4年間分の侵入被害住宅を抽出し、被害建物の特性や被害開口部の仕様等を集計しました。さらに、防犯仕様を導入した2003年以降の住宅について、図面調査を行い、防犯仕様導入によるリスク減少率として防犯対策効果を算出しました。

■ 侵入被害住宅の集計(2006 - 2009年の4年間合計)

侵入被害件数	(内) 図面調査数
1021 戸	221 戸

※図面調査は防犯仕様を導入された2003年以降の竣工物件とした。

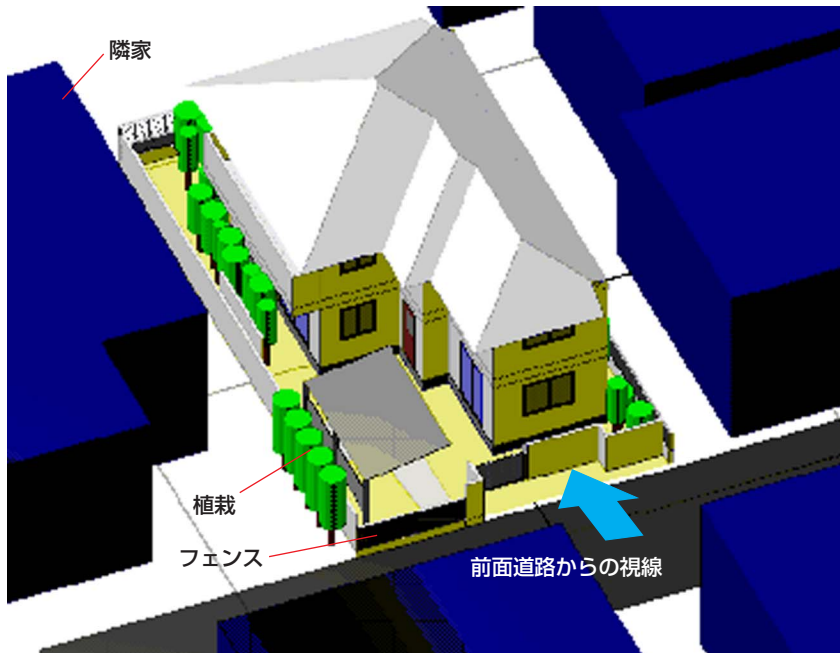
■ 被害調査から分かった侵入リスク軽減効果の例



3) 防犯性能評価シミュレーションの計算事例

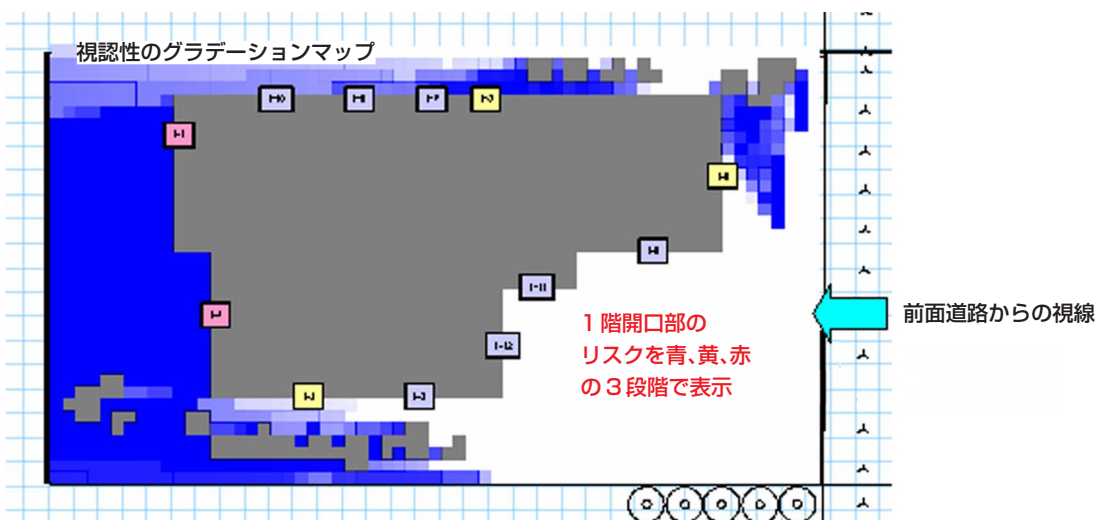
- ・この防犯性能評価シミュレーションを市街地に立つ戸建住宅のモデルに適用しました。
- ・戸建住宅のモデル構築では、評価対象住宅の外構にある塀、フェンス、植栽、カーポートなどの条件入力と併せ、隣家も四角柱状の簡単なモデルとして入力できるようにし、実際の環境に近いモデル条件を設定できるようにしました。

■戸建住宅の3次元モデル



- ・これにより対象とする住宅において、「敷地内のどこまで視線が届いているか」の変化をマップ化できるようになりました。従来の3次元CAD上では、ある地点から眺めた視認性しか評価できませんでしたが、今回開発したシミュレーションでは、道路全般からの視認性を、敷地内平面を俯瞰した分布表示として『見える化』できます。
- ・さらに、侵入被害住宅の修理記録から算定した「開口部種類別のリスク」係数を組み合わせてリスクを算定、開口部単位のリスクを3段階に色分け表示することが可能となりました。リスクの高い開口部については、CP部品への変更や面格子やシャッターなどの開口部への強化対策を行うことで、リスク軽減が可能となります。

■自然監視性と開口部種類別のリスクの見える化



- ・今回の研究活動を通じて得られた新たな防犯指標や知見を基に、旭化成ホームズが提唱してきたゾーンディフェンスを再評価・再構築し、新しい『防犯設計指針』として提案することになりました。

研究報告に関連する発表論文リスト

No.	タイトル	著者	雑誌名	発行年
【技術報告集】				
1	外構フェンスに関する自然監視性の評価実験	小池博・山本俊哉・松本吉彦 柏原誠一	建築学会 技術報告集	第34号 P.1149 2010年10月
2	低層集合住宅における侵入被害窓の 自然監視性と接近制御性に関する実態調査	山本俊哉・松本吉彦・柏原誠一 高橋浩介・森田歩	建築学会 技術報告集	第30号 P.553 2009年6月
3	光源投射法を応用した自然監視性モデルの 開発の試み	小池博・山本俊哉・松本吉彦 柏原誠一・山岸秀之・美濃部圭太	建築学会 技術報告集	第27号 P.311 2008年6月
4	接道条件と周囲の土地利用から見た戸建住宅の 侵入リスクに関する調査	山本俊哉・松本吉彦・柏原誠一 大串秋穂	建築学会 技術報告集	第26号 P.741 2007年12月
5	戸建て住宅における侵入被害開口部の 位置に関する調査	山本俊哉・松本吉彦・柏原誠一	建築学会 技術報告集	第24号 P.277 2006年12月
【学術講演梗概集 その1】				
6	防犯シミュレーションシステムの開発(7) 専用シミュレーションソフトの開発	柏原誠一・山本俊哉・松本吉彦 小池博・池辺英紀	日本建築学会 講演梗概集	2010年, F-1分冊, p.1337
7	防犯シミュレーションシステムの開発(6) 夜間の然監視性の評価に関する外構実験	小池博・山本俊哉・松本吉彦 柏原誠一・池辺英紀	日本建築学会 講演梗概集	2010年, F-1分冊, p.1335
8	防犯シミュレーションシステムの開発(5) 視認性と視距離・透過率に関する実証実験	山本俊哉・小池博・松本吉彦 柏原誠一・池辺英紀	日本建築学会 講演梗概集	2010年, F-1分冊, p.1333
9	防犯シミュレーションシステムの開発(4) 自然監視性に関する評価ソフトの開発	柏原誠一・松本吉彦・山本俊哉 小池博	日本建築学会 講演梗概集	2009年, F-1分冊, p.1345
10	防犯シミュレーションシステムの開発(3) 自然監視性の評価に関わる外構実験	小池博・山本俊哉・松本吉彦 柏原誠一	日本建築学会 講演梗概集	2009年, F-1分冊, p.1343
11	防犯シミュレーションシステムの開発(2) 自然監視性モデルと実地調査データとの比較	柏原誠一・小池博・山本俊哉 松本吉彦・山岸秀之・美濃部圭太	日本建築学会 講演梗概集	2008年, F-1分冊, p.1233
12	防犯シミュレーションシステムの開発(1) 光源投射法を応用した戸建住宅における自然監視性のモデル化	小池博・山本俊哉・松本吉彦 柏原誠一・山岸秀之・美濃部圭太	日本建築学会 講演梗概集	2008年, F-1分冊, p.1231
【学術講演梗概集 その2】				
13	低層集合住宅のセキュリティ(2) バルコニー窓の向きに着目した侵入被害事例の分析	森田歩・高橋浩介・松本吉彦 柏原誠一・山本俊哉	日本建築学会 講演梗概集	2008年, F-1分冊, p.1237
14	低層集合住宅のセキュリティ(1) 実地調査による侵入被害事例の実態把握	高橋浩介・森田歩・松本吉彦 柏原誠一・山本俊哉	日本建築学会 講演梗概集	2008年, F-1分冊, p.1235
【学術講演梗概集 その3】				
15	戸建住宅のセキュリティ(8) 複数の道路に接する敷地の侵入リスクに関する研究	山本俊哉・松本吉彦・柏原誠一 大串秋穂	日本建築学会 講演梗概集	2007年, F-1分冊, p.1485
16	戸建住宅のセキュリティ(7) 周囲の土地利用から見た中間画地の侵入リスクに関する研究	大串秋穂・松本吉彦・柏原誠一 山本俊哉	日本建築学会 講演梗概集	2007年, F-1分冊, p.1483
17	戸建住宅のセキュリティ(6) 被害住宅の侵入リスクに関する実地調査	松本吉彦・柏原誠一・大串秋穂 山本俊哉	日本建築学会 講演梗概集	2007年, F-1分冊, p.1481
18	戸建住宅のセキュリティ(5) 侵入被害開口部に関する実態調査 その2	山本俊哉・柏原誠一・松本吉彦	日本建築学会 講演梗概集	2006年, E-2分冊, p.391
19	戸建住宅のセキュリティ(4) 侵入被害開口部に関する実態調査 その1	松本吉彦・柏原誠一・山本俊哉	日本建築学会 講演梗概集	2006年, E-2分冊, p.389
20	戸建住宅のセキュリティ(3) 日常生活における防犯配慮の実態	松本吉彦	日本建築学会 講演梗概集	2005年, E-2分冊, p.441
21	戸建て住宅のセキュリティ(2) 住居侵入盗発生数と環境設計の関係	都祭俊一郎・篠原聡子・松本吉彦	日本建築学会 講演梗概集	2004年, E-2分冊, p.45
22	戸建住宅のセキュリティ(1) 住居侵入盗侵入箇所の特性調査	松本吉彦・柏原誠一	日本建築学会 講演梗概集	2004年, E-2分冊, p.43

論文No.20~22については、明治大学との共同研究以外の発表です。

研究報告書

住宅の防犯性能評価技術に関する研究
視認性の数値化・見える化

旭化成ホームズ 住宅総合技術研究所
くらしノベーション研究所
明治大学 都市計画研究室

発行 2011年4月21日
発行所 旭化成ホームズ株式会社

〒160-8345 東京都新宿区西新宿1-24-1
エステック情報ビル
電話 03-3344-7115