

空間的な情報システムの設計における視認性検討機能

大森 拓郎^{†1} 中西 泰人^{†2,†3}

近年、空間的な設計要素を踏まえた情報システムへの期待が高まっている。空間的な情報システムの設計開発支援システムである CityCompiler において、情報システムの視認性検討を行いにくい、実空間に沿った視認性検討が出来ないという2つの問題があった。本研究ではこれらの問題を解決するため、CityCompiler で情報システムの視認性を検討出来るようランドルト環を使用した視認性検討機能を実装した。実装した3つの機能によって得られる視認性について検証を行った。

Optical examinational function in design of spatial information system

TAKURO OHMORI^{†1} and YASUTO NAKANISHI^{†2,†3}

Recently, the expectation for the information system that bases a spatial factor has risen. In CityCompiler that is the design development support system of a spatial information system, there were two problems that the visibility of the information system was not examined easily, and we cannot examine the visibility along a real space. To solve these problems, we develop visibility examination function by using Randolt ring to examine the visibility of the information system with CityCompiler. we verified the visibility by using three visibility examination functions.

^{†1} 慶應義塾大学大学院政策メディア研究科
Graduate School of Media and Governance Keio University
^{†2} 慶應義塾大学環境情報学部
Faculty of Environmental Information Keio University
^{†3} 科学技術振興機構 さきがけ
JST PRESTO

1. はじめに

1.1 CityCompiler

近年、実空間と情報システムが一体となった空間的な情報システムが広まりつつある。人の接近や動作をセンサで感知し状況に応じて動的な情報提示を行うデジタルサイネージシステム¹⁾²⁾ やグループウェア³⁾ などが提案されるようになってきており、これからもそうした空間的な情報システムの期待は高まっていくものと思われる。

情報システムを開発している環境と実際にシステムを動作させる空間とでは、表示するディスプレイの大きさや周囲の状況が異なることが多い。例えばコンピュータのディスプレイと実空間に設置されるディスプレイとでは、その大きさや設置される場所によって、提示される情報の見え方や周囲の環境に差が生じる。そのため、周囲の光やテクスチャ、場所の文脈やディスプレイの大きさといった空間の設計の要素を情報システムの設計の要素としても考慮しなくてはならない。このような空間的な情報システムの設計においては、情報システムの設計と実空間での検証を往来的に行い、情報システムが動作すると想定した空間の中での動作に近づけていく必要がある。

しかしながら、設計時に実空間での動作確認を行うことが困難な場合や移動のコストが高い場合などには、頻繁なプロトタイピングやテストを行うことは困難であるといった問題がある。そこで筆者らは、空間的な設計の要素を踏まえた情報システムの開発を行うことができるよう、

- 簡易な空間モデリングソフトとソフトウェア統合開発環境を併用できる
- モデリングした空間の中でソフトウェアを実行した様子をシミュレーションできる
- ソフトウェアの実行中に空間的な要素のパラメータを変更することができる

といった機能を備えた設計開発支援システムである CityCompiler を提案・実装してきた⁴⁾。CityCompiler は、Google SketchUp でモデリングした空間の内部で、Java によるインタラクティブなソフトウェアのプロトタイピングに利用されることの多い Processing を動作している様子を、仮想空間内で確認しながら情報システムの開発ができるシステムである。Java の 3D ゲームライブラリである Java Monkey Engine を拡張することでモデリングした空間の内部で Processing を動作させ、情報システムが空間内で動作する様子シミュレーションすることができる。

1.2 CityCompiler の問題点

CityCompiler では、情報システムを表示することを想定した実空間のかたちをモデリン

グし、その仮想空間の中に設置された情報システムの視認性を検討することが出来た。しかしこれまでの CityCompiler では情報システムの視認性を検討する際に問題がある。例えば CityCompiler 内でディスプレイを作成し文字を表示させた場合、表示する文字のサイズと仮想空間に存在する人や建物といったオブジェクトとの大きさを比較することによって空間内での存在感、視認性を判断しなくてはならない。大きすぎず、小さすぎない状況にあった見やすい文字の大きさはどれ程のものか、実空間ではどのように見えるかを考慮する必要があるが、情報の視認性検討を支援する機能はない。また実空間で空間的な情報システムを実装した際、目視する位置と情報システムが表示される位置との距離が離れる程、視認性は低下していく。しかし仮想空間上で表示されるオブジェクトは、距離に関わらず一定の視認性を確保したまま表示される。仮想空間上では視認出来る大きさの文字と判断しても、実空間上に表示した際、距離によっては文字をより大きいものにしないと視認出来ないといった問題が考えられる。すなわち CityCompiler は情報システムの視認性を検討する際、

(1) 情報システムが表示する絵や文字などの大きさの把握がしにくく、情報の視認性を検討しづらい

(2) 実空間における視認性の変化を考慮した視認性の検討を行うことができないという2つの問題がある。

1.3 問題解決方法の提案

そこで本研究では、CityCompiler の仮想空間の中で視力検査に利用されるランドルト環を表示し、情報の視認性の検討をする機能を実装した。視力検査では目で二つの点を区別する能力を検査しており、ランドルト環は環の切れ目を視認することに用いられている。ランドルト環の大きさが直径 7.5mm、太さ 1.5mm、環の切れ目 1.5mm のものを視力 1.0 と定められており、この大きさのランドルト環の切れ目を 5m 離れて視認する際の視角が 1/60 度となっている。視力が良いほどより小さなランドルト環の切れ目を視認することができる。ランドルト環を視認する距離を変更する際は、5m での検査時と同じ視角比になるよう、ランドルト環を縮小、拡大すればよい。CityCompiler で情報を視認する際にランドルト環を同時に表示出来れば、仮想空間内の情報とランドルト環を比較することが出来、情報の視認性を把握しやすくなり、上で述べた問題を解決出来るようになる。

以下の章で実装した機能の説明と、実空間との視認性を比較した検証を行い、機能の考察を述べる。

2. 研究のアプローチ

2.1 サイン計画からみる視認性の提示

文字や絵といったサインを効果的に表示するよう計画することはサイン計画と呼ばれている。空間的な情報システムを設計する際もサイン計画と同様に、実空間に適應するように考慮する必要がある。aboc 社⁵⁾ はサイン計画の戦略を利用者、配置、情報形態に分け、サインが有効に機能するためのデータを提示している。田中ら⁶⁾⁷⁾ は駅に設置されたサインと場所の関係を調査し、サイン計画が有効に行われている場所、行われていない場所、両者の特徴を考察している。木多ら⁸⁾ も同様に大学キャンパス内に設置されたサインの効果を調査している。この研究では設置されているサインの問題点を分析し、その改善案がもたらす効果を長期的に調査を行った。上記に挙げた研究から、空間を構成する要素の一つのサインが人間に与える影響を調査することや、問題のあるサインの改善提案を行う意義は十分に認められる。文字や絵の表示形態やその見え方といった情報システムの視認性を検討することはサイン計画を検討することと同じであると考えられる。しかし、本研究が対象とする情報システムは実空間の状況によって動的に表示が変化する。よって、従来のサイン計画の知見をそのまま動的な情報システムへ適用することが出来ないと考えられる。これまでのサイン計画の検討手法に加え、動的な情報表示の視認性を把握する手法が必要である。

2.2 仮想空間を利用したシミュレーション

仮想環境を利用した情報システムの設計に中島、中西らの研究⁹⁾¹⁰⁾がある。中島、中西らは屋外で広範囲に存在する利用者が、システムによって互いに影響しあうような大規模社会情報システムの開発支援を行っている。大規模社会情報システムの分析は非常にコストがかかるため、仮想現実と拡張現実を利用、人工言語で記述された行動をとるアバターの作成によって少人数の被験者で大規模社会情報システムを検討する試みである。情報システムの動作を検討する際、仮想環境内でそのシミュレーションをすることは有効な手法であると考えられる。しかし、仮想空間と実空間では情報システムの視認性が異なるため、シミュレーションで検討した情報システムが実空間でそのまま動作するとは限らないという問題がある。情報システムの視認性を検討する場合、ディスプレイに表示された情報システムの視認性を実空間の視認性に沿ったものにしないと、情報システムを完全に検討出来ない。実空間の視認性を検討する手法を提案する必要がある。

2.3 提案する機能

そこで本研究は、視認性を検討するツールとしてランドルト環を取り入れ、情報システム

の視認性を視力を単位として把握する視力性検討機能を実装した。実装した視力性検討機能は

- (1) 視力に基づいた視認範囲の可視化機能
- (2) 視力の出力による視認性検討
- (3) ガウシアンブラーによる視認性のシミュレーション機能

の3つである。(1)と(2)の機能は CityCompiler のユーザーに視認するために視力がどの程度必要であるかを提示し、(3)の機能は実空間で情報システムが距離に応じてどのように見えるかを提示する。これらの機能により CityCompiler で表示される仮想空間内の情報システムの視認性を検討することが可能になる。次章で各機能の説明を述べる。

3. 実装した視認性検討機能

3.1 視力に基づいた視認範囲の可視化機能

視認性を検討する機能として、視力の範囲を表現することによる検討機能を実装した。この機能は視力に応じた範囲を仮想空間内に描画し、視認対象を見た際の視力を表現する。機能が動作する様子を図1に示す。この機能はランドルト環表が表示されているディスプレイとそれを視認するオブジェクトを対として使用する。ランドルト環表を使用する距離を引数として与えると、その距離に適合した大きさのランドルト環が生成される。例えばランドルト環表を使用する距離を5mとしてディスプレイを生成する際、視力1.0のランドルト環の大きさが75mmになるように生成される。

視力による範囲分けは、視力が0.0から2.0の範囲を表示する。視力が0.2変化するごとにその範囲を描画する。視力の範囲は色が付いており、視力が低い順に、灰色、ピンク色、青色、水色、緑色、黄色、橙色、赤色、白色と変化していく。視力を表現する範囲はランドルト環表を視認する対象オブジェクトが、視力1.0を表す範囲である緑色の範囲にあるよう生成される。また視力1.6から2.0の間が一纏まりの範囲になっている理由は、日本では視力が1.2から1.5がものがよく見るとされる健常視力とされており、1.5を超える範囲はモノを見る能力が過剰であることを表すためである。図1上段の図では5m用のランドルト環と文字が映っているディスプレイとそれらを視認する人間が表示されている。文字が写っているディスプレイのサイズはそれぞれ130cm×34cmと280cm×60cmとなっている。図1下段はそれぞれ視認範囲を表示がある場合と表示がない場合の様子である。2つを比べることで、視認範囲の表示が視認しやすい距離と視認に必要な視力を把握することを支援することが分かる。ディスプレイに表示した文字の視認性を具体的な視力で検討することが

出来る。

この機能によって、システムを動作させる空間内でオブジェクトを視認する際の視力がどれほど必要であるか、必要な視力の範囲を俯瞰することが出来る。

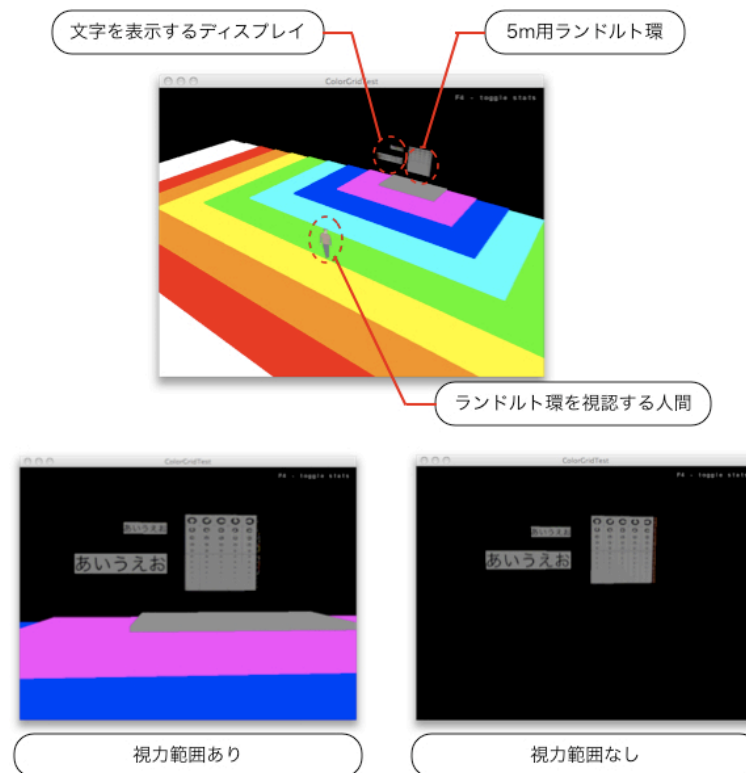


図1 視力の範囲表現機能

Fig.1 Range expression function of eyesight value

3.2 視力の出力による視認性検討

次に、ランドルト環表が表示されたディスプレイを視認する対象物に設定し、仮想空間を表示するウィンドウを表す仮想空間内のカメラとの距離と視力を出力する機能を実装した。

機能が動作する様子を図 2 に示す。この機能で使用するランドルト環表を表示するディスプレイは、視力に基づいた視認範囲の可視化機能で使用するディスプレイと同じ機能を持つものである。ランドルト環表を使用する距離を与えると、その距離に応じた大きさのランドルト環を生成する。この機能は設定したランドルト環表を使用する距離と、カメラとランドルト環表との距離関係から視力を算出し表示する。画面右下にカメラとランドルト環表との距離を表示し、画面左下に視力を表示する。視力はウィンドウが表示している地点から見てランドルト環の見やすさがどれほどかを示している。視力表に近づけば近づくほど、ランドルト環を視認するのに必要な視力は低下するので、出力される視力値は低くなる。逆に視力表から離れるほど視力が要求されるため、出力される視力の値も増加していく。

図 2 では 5m 離れて使用するランドルト環表を用いて視力出力機能を使用した例である。図 2 の左の図はウィンドウを表示するカメラとランドルト環表との距離が約 5m の状態であるので、出力される視力も約 1.0 になっている。カメラとランドルト環表との距離が 4 倍の約 20m になったとき、視力も同様に 4 倍の約 4.0 という値が出力される。

すなわち、視認する対象との距離が大きくなったため視認に必要な視力も増加したことを表している。この機能によって、仮想空間内を通してオブジェクトの見やすさを確認することが出来る。PC に表示されるランドルト環の大きさが、実際に実空間で表示した際の大きさであるので、オブジェクトの大きさや文字の視認性等を CityCompiler で検討することが出来る。

3.3 ガウシアンブラーによる視認性のシミュレーション機能

この機能は CityCompiler 内の仮想空間において、人間の視力に応じて画像を変化させる機能である。ここで扱う視力は、目及び対象物が静止している場合の視力である静止視力を指す。静止視力を測定する方法としてランドルト環が広く用いられている。視力が高ければより小さなランドルト環の隙間を視認することができ、視力が低ければランドルト環の隙間を視認するために大きなランドルト環が必要になる。

人間が視認をするとき、近くのもののははっきりと見ることができ、遠くのもののはぼやけてしまう。人間の目はカメラレンズと同じ構造をしているといわれる。カメラのピントが合っていない、いわゆるボケた映像と遠くのものを見るときにぼやけて視認される状態は似ていると考えられる。ガウス分布による画像の平均化をよる表現がピントのズレを表現することに使用されていることから、ガウシアンブラーを使用することで擬似的な視認的表現が出来ると考える。

ガウシアンブラーの強度は 1 から 50 まで設定することが出来、数字が大きい程ぼかしの

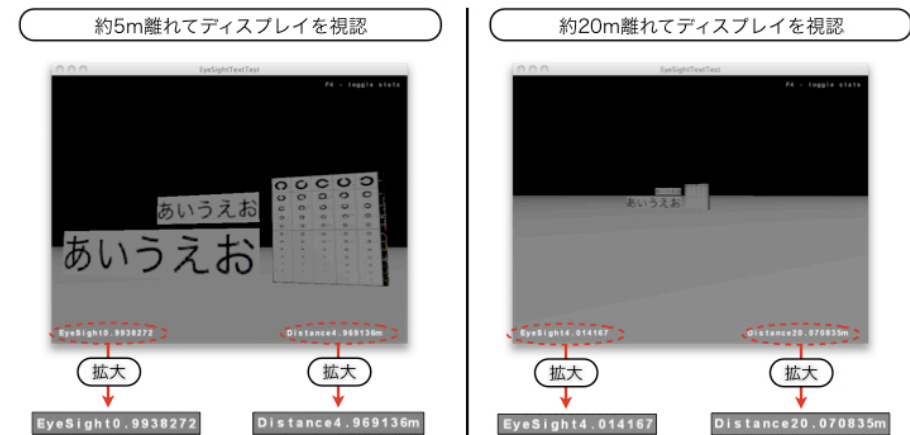


図 2 視力の出力による視認性検討機能
Fig.2 function of visibility by output of eyesight value

強度が強くなる。CityCompiler 内で提供されているカメラ機能にガウシアンブラーをかける処理を行う。視力が高い、視認する対象物が近い場所にある設定であれば、ぼかしの強度を弱くする。逆に視力が低い、視認する対象物が遠い場所にある設定であれば、ぼかしを強くする。ぼかしを掛ける基準は実際に CityCompiler 内の仮想空間に表示された検査用ランドルト環を使用して、実空間にて視力検査を行うことで決定した。視力 0.6 の筆者が 0.5 の視力を要するランドルト環に対しぼかしをかけていく。ぼかされたランドルト環の隙間が視認出来なくなった際のぼかし強度を、視力 0.6 程度の強さと設定した。同様に視力 0.5 程度、視力 0.4 程度を決定した。視力 0.6 程度であるぼかしの強度が 8、視力 0.5 程度の強度が 15、視力 0.4 程度の強度が 27 となった。CityCompiler 内で機能が動作している様子を図 3 に示す。図 3 は視力 0.6 の視認性を表したもので、5m 用の視力表を地点 A、地点 B から視認した際の様子を表している。地点 A からの視認性は視力 0.6 程度の視認性を表現しており、地点 B からの視認性は視力 0.3 程度の視認性を表現している。

この機能によってプロジェクターやディスプレイといった情報システムの視覚的な出力を考慮する際、表示する場所と視認する場所に対応したスケールを CityCompiler で検討することが可能になる。

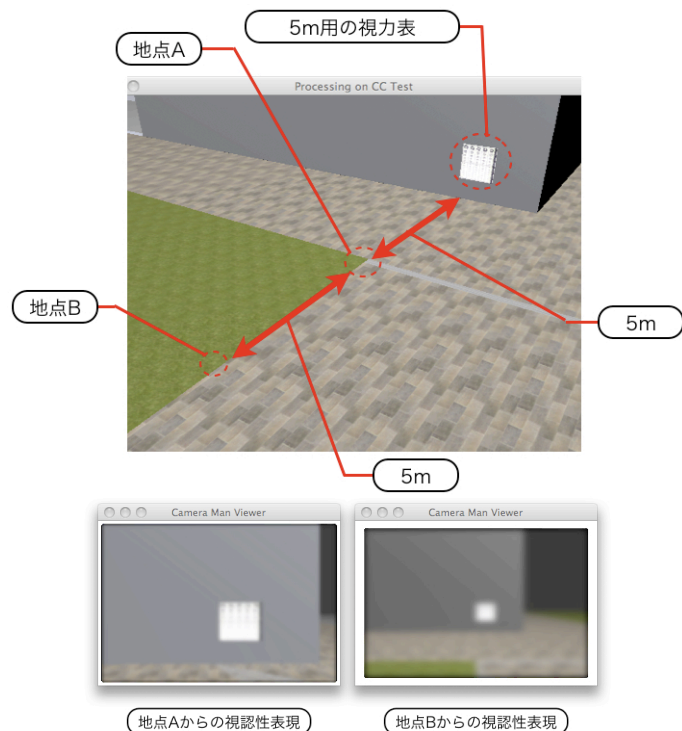


図 3 ガウシアンブラーによる視認性のシミュレーション機能
 Fig.3 Simulation of visibility by Gaussian Blur

4. 視認性検討機能の検証

4.1 検証の方法

実装した3つの機能が実空間上における視認性をどの程度表現しているか検証を行う。検証は文字、図と共にランドルト環を実空間に表示したものと、その様子を3Dモデル化しCityCompilerに表示したものを比較することで行う。検証に使用する文字は平仮名の文字を、図として道路標識を使用する。検証に使用したランドルト環と文字、道路標識を図4に表す。文字と標識を視認する距離を3m,6m,9m,12mと設定し、その距離に応じたランドルト環を同時に表示した。文字の大きさは交通エコロジー・モビリティ財団が提唱する大きさ¹¹⁾を元に設定し、それぞれ12mm,24mm,36mm,48mmとした。道路標識は標準の寸法が600mm×600mmと設定されており、大きさが定まっている身近なものの例として使用した。道路標識は視認する距離に関わらず大きさを一定に表示した。検証は慶応義塾大学湘南藤沢キャンパスメディアセンターの側にある広場で行った。ある程度の広さが確保されており、柱状のオブジェクトが文字、標識、ランドルト環を表示するために利用できたためである。視力検査を行う上で環境の明るさの条件があり、ランドルト環が描かれた視力表だけが明るい状況では見かけの視力が低下してしまうことが知られている。ランドルト環を視認する空間の明るさは50lux以上、視力表が500±125lxと定められている。一般的に視力検査を行う際の視力表の明るさは1300lux程度で行われている。検証を行った日の天候はくもりでありランドルト環が描かれた視力表付近の明るさは1790lux、ランドルト環を視認する位置の付近の明るさは2660luxであったので、ランドルト環を用いた視力検査を行うには十分な空間と判断した。

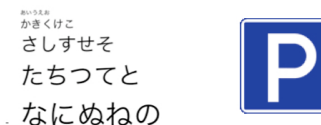


図 4 検証に使用した文字と道路標識
 Fig.4 character and road traffic sign used for this verification

4.2 視認範囲可視化機能の検証

視認範囲可視化機能によって、表示した文字を視認できる距離を検討する。図7の左は文

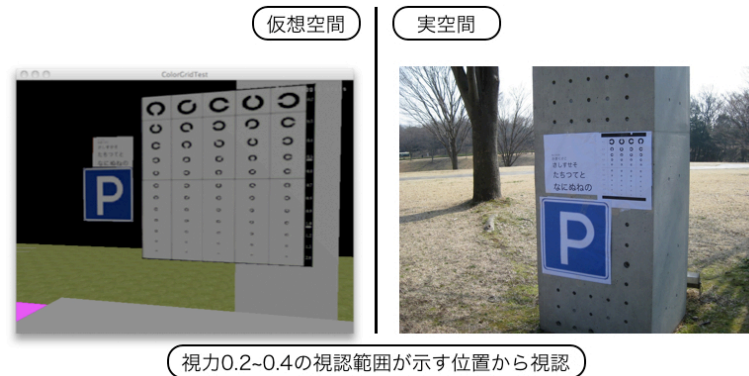


図 5 視認範囲可視化機能によって視認性を検討する様子
Fig. 5 Comparison between virtual space and real world
with range expression function of eyesight value

字の視認性が確保出来る位置を検討している様子である。検討の結果、表示した文字を視認しやすい範囲は、灰色、ピンク色の範囲であることが分かった。図 7 に示されている程の視認性を得るために視力が 0.2~0.4 程必要であることがわかる。そこで、視認範囲可視化機能から得られた距離をもとに、実空間で文字を再度視認した。視認範囲可視化機能が表示する範囲はランドルト環から 120cm~240cm 離れた場所である。実空間でランドルト環から 240cm 離れた場所から文字を視認した様子が図 7 の右の図である。視認範囲可視化機能で検討した距離から視認すると、文字の視認性が確保出来たことが分かる。視認範囲可視化機能を使用することで実際に文字が見やすい距離を求めることが出来た。

4.3 視力出力機能の検証

実空間で文字と標識を設置した様子と CityCompiler で再現した様子を比較する。6m 離れて視認した際の様子を図 6 に表す。図 6 左下段の図では、道路標識の視認性が十分確保されているが、文字の視認性は低く、サイズをより大きくする必要があることが分かる。視力 0.2, 0.3 ほどのランドルト環が視認出来ることから、文字のサイズをそのランドルト環と同じ大きさに合わせると十分な視認性が確保されるということが把握出来る。図 6 右下段の図は、文字が視認出来るまで接近した様子である。文字の視認性が確保されるには、ランドルト環までの距離が約 1.8m になるまで接近する必要があることが分かる。また、その際の文字を視認するための視力は約 0.3 程度であることが把握出来る。

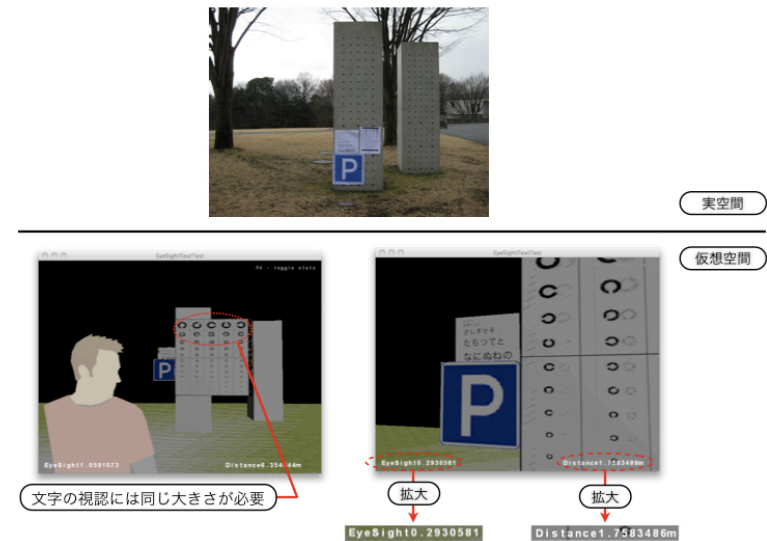


図 6 視力出力機能によって視認性を検討する様子
Fig. 6 Comparison between virtual space and real world
with function of visibility by output of eyesight value

4.4 検証結果から視認性の再検討

以上の結果から、現状では表示した文字を視認することは困難であり、視力 0.2, 0.3 前後の視力でも視認出来るように検討する必要があることが分かった。そこで視力 0.2 を指すランドルト環とほぼ同じ大きさとなるよう、表示されている文字のな行の大きさが 26cm となるよう設定して再度表示した。文字の大きさを変える前と、変えた後を比較した様子を図 7 に表す。再検討前では、文字の大きさが足りず視認性が確保出来ていなかった。再検討後では、視認性が確保されているランドルト環をもとに文字の大きさを設定することで、その視認性が確保出来ていることが分かる。視認範囲可視化機能と視力出力機能を使用することにより、情報システムの視認性を検討し、改善を行えることが分かる。

4.5 視認性のシミュレーション機能検証

次に、ガウシアンブラーによる視認性のシミュレーション機能を用いた検証を行った。検証の様子を図 8 に表す。視力 1.0 を有する人間が 3m 離れて使用する視力表を 6m 離れて視認を行い、見かけの視力が 0.5 に低下して視認する様子を表現した。図 8 の上段はランド

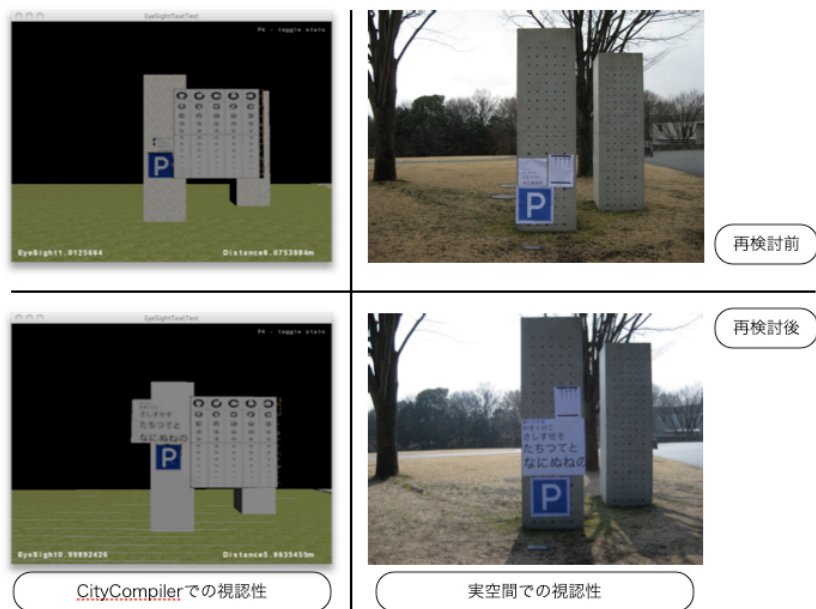


図7 文字の大きさを変更する前と変更した後の比較

Fig. 7 Comparison between before change size of character and after change size of character

ルト環を 3m 離れて視認している様子である。下段は 6m 離れて視認している様子であり、それぞれの距離で使用するランドルト環を表示される。視力が 0.5 まで低下すれば文字の視認が困難であることが分かる。従来の CityCompiler の表現では、視認性が低下しているのにも関わらずランドルト環を視認出来るように表示している。一方視認性シミュレーション機能は人間の視力が低下する様子を表現しようとしているが、しかし表示されているランドルト環の視認性は全段において悪くなっており、今回実装した視認性のシミュレーション機能が表現する視認性は実空間におけるものよりもぼかしの強度が強くと表示されていると考える。

4.6 実装した機能についての考察

本研究で実装した 3 つの機能について考察を行う。視認範囲可視化機能と視力出力機能によって、CityCompiler 内のオブジェクトの視認性を検討する事が可能になった。ランドルト環と表示するオブジェクトを比較することで、生成したオブジェクトの視認性をランドル

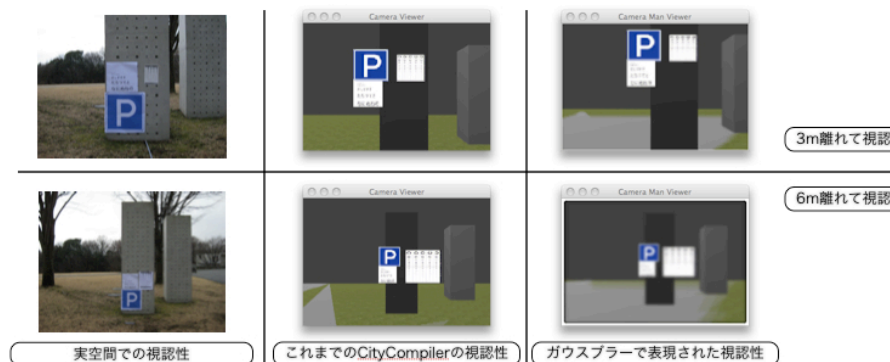


図8 ガウシアンブラーによる視認性のシミュレーション機能の様子
 Fig. 8 Appearance of Simulation of visibility by Gaussian Blur

ト環という具体的な例をもとに検討することが可能である。CityCompiler が動作する PC のディスプレイから見るランドルト環をもとに、視認範囲可視化機能が表示する範囲から視認しやすい位置、範囲を知ることが出来る。視力出力機能は同時に表示したランドルト環を視認するために必要な視力を表し、表示する情報システムの視認性をランドルト環と比較することでその視認性を視力で把握することが出来る。これらの機能によって従来の CityCompiler の問題であった視認性の把握がしづらいという問題が解決出来ると考える。

また、視認性のシミュレーション機能は実空間で情報システムを表示した際の視認性を表現する。検証によりこの機能は正確に人間の視認特性表現を再現していないため、視認性シミュレーション機能によって表現された視認性を元にして情報システムを設計することには利用出来ないということが分かった。一方、表示した道路標識に描かれた文字は分からないが色合いは把握出来るといったような、情報システムがどの程度まで視認出来るかを確認出来た。情報システムの設計において、実空間で見えにくくなる可能性のある箇所を調査したり、動的な情報システムを設置する際に変化のわかりにくさを調べるといったような利用ができる可能性があると考えられる。

5. まとめ

空間的な設計要素を踏まえた情報システムの設計開発支援システムである CityCompiler において、情報システムの視認性検討を行う手法が限られていたこと、実空間と仮想空間

で得られる視認性に差があり視認性のシミュレーションが出来ないことという2つの問題があった。本研究ではそれらの問題を解決するためにランドルト環を利用した視認性検討機能として、視認範囲可視化機能、視力出力機能、視認性シミュレーション機能の3つの機能を実装し、各機能の検証を行った。検証の結果、視認範囲可視化機能、視力出力機能を使用することで CityComopiler で表現された情報システムの視認性がどれほどのものであるかを検討出来ることが分かった。視認範囲可視化機能は情報システムを視認しやすい位置や範囲を把握することを支援し、視力出力機能は表示する情報システムの視認性を視力で把握することを出来る。視認性シミュレーション機能が表現する人間の視力特性は、実際の視認性を表現しているものではないが、情報システムの設計においてどの程度まで視認出来るか調査するものとして利用できる可能性がある。実装した機能によって CityCompiler 内で表現される情報システムの視認性を検討する事が可能になったが、実空間上での視認性をシミュレーション出来ないという問題は解決出来なかった。今後は正確に実空間上での視認性をシミュレーション出来る機能を提案したい。また実装した機能を利用して情報システムの設計を行い、本研究が提案する機能がもたらす効果がどれほどのものであるかを調査を行いたい。

謝 辞

本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業さきがけの一環として行われたものである。

参 考 文 献

- 1) 深澤 哲生, 福地 健太郎, 小池 英樹. 壁型ディスプレイを用いた非接触対話型電子広告システム. 第14回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2006) 論文集 pp.65-70, 2006.12
- 2) 根本 博明, 西本 一志, 山下 邦弘, 広告主・閲覧者間コミュニケーションを促進するコミュニティ向け電子広告システムの提案, 情報処理学会論文誌, pp.115-126 20050115
- 3) 山下 淳, 葛岡 英明, 井上 直人, 山崎 敬一, コミュニケーションにおけるフィードバックを支援した実画像通信システムの開発 ((特集) コラボレーションの「場」とコミュニティ) の編集にあたって (共有技術), 情報処理学会論文誌, pp.300-310 20040115
- 4) 三浦 稔隆, 中西 泰人, City Compiler: 情報空間と実空間の統合的な設計/開発ツールの構想と設計, 電子情報通信学会技術研究報告. AI, 人工知能と知識処理 107(353) pp.5-10 20071119
- 5) Aboc.co,ltd, <http://www.aboc.co.jp/sign/plan/plan.pdf>
- 6) 田中 遵, 菅原 史明. 移動用サインと屋内広告サインとの混在環境が利用者に及ぼす影

- 響, JR 東日本東京駅をケーススタディーとした場合: 交通公共施設のサイン計画に関する基礎的研究 その1, 日本建築学会計画系論文集, pp.47-54 20041130
- 7) 田中 遵, 大塚 真, 日高 單也. 移動用サインと屋内広告サインとの混在環境が利用者に及ぼす影響, 駅構内に於けるサイン計画の違いについて: 交通公共施設のサイン計画に関する基礎的研究 その2, 日本建築学会論文集, 第597号, 23-30, 2005
 - 8) 木多 道宏, 李 華, 李 斌, 船橋 国男, 鈴木 毅. 大学キャンパスにおけるわかりやすさ評価と改善に関する実践的研究: 大阪大学吹田キャンパスの経路探索とサインシステム整備の事例を通して. 社団法人日本建築学会計画系論文集 45(1) pp.59-66 20040530
 - 9) 中島 悠, 椎名宏徳, 服部宏充, 八幡博史, 石田 亨. マルチエージェントシステムを用いた避難誘導実験の拡張. 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.1954-1961, 2008
 - 10) 中西英之, 石田 亨, 小泉智史. 大規模実環境実験のためのマルチエージェントシミュレーション. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.12, No.4, pp. 509-517, 2007
 - 11) 交通エコロジー・モビリティ財団 (1998). 交通拠点のサインシステム計画ガイドブック-鉄道ターミナル駅を例とした人にやさしい情報提供の考え方と計画手法-, 交通エコロジー・モビリティ財団