

# UnifiedGeoMap：2D地図と3D地図の組み合わせによる空間情報の把握

早川 達也<sup>1,a)</sup> 石黒 祥生<sup>2</sup> 大谷 健登<sup>1</sup> 西野 隆典<sup>3</sup> 武田 一哉<sup>1</sup>

**概要：**空間情報を平面的に表す2D表示の地図は、建物の位置関係を把握しやすいが、立体的な位置関係や実際の景観を把握することは難しい。一方で、空間情報を立体的に表す3D表示の地図は、建物の立体的な位置関係や実際の景観を把握しやすいが、手前にある建物で奥にある道や建物が隠れてしまい、建物の場所や道順などの平面的な位置関係を把握するのは難しい。このため、平面的な位置情報を知るために2D表示の地図を使い、立体的な位置情報を知るために3D表示の地図に切り替えて使う必要があり、同時に平面的な位置情報と立体的な位置情報を把握することはできない。そこで、本研究では2D表示の地図と3D表示の地図を同時に見ることで平面的な位置情報と立体的な位置情報を把握することができる情報提示手法の提案をする。2D表示の地図の中心部分に3D表示の地図の領域を作り、2D表示の地図から得られる平面的な位置情報と中心部の3D表示の地図から得られる立体的な位置情報を同時に把握できるユーザーインターフェースを設計した。また、3D表示の地図をより見やすくするために、3D表示領域には裸眼立体視ディスプレイ ELF-SR1を使用した。

## 1. はじめに

Google マップなどの地図アプリケーションで目的地を検索する場合、メルカトル図法などにより空間情報を二次元平面で表示する手法（以降、2D表示）（図1）と、立体的に表示する手法（以降、3D表示）（図2）を切り替えて使用する。2D表示では建物の位置関係が分かりやすく、目的地やその周囲の位置関係や地点間の道順を把握することができる。しかし、2D表示からでは目的地の平面的な位置情報（以下、平面情報）は把握できるが、立体的な位置関係や目的地の実際の景観を把握することはできない。3D表示では建物が立体的に見えるため、立体的な位置関係や目的地の実際の景観などの立体的な位置情報（以下、立体情報）を把握することができる。しかし、例えば斜め上からの視点（図2）では、隠れ（オクルージョン）の問題があり、見えない部分が存在する。また、離れた2点間の距離や位置関係は、斜めから見ることで距離感を掴みづらく、2D表示に比べ把握が難しい。目的地の場所のような平面情報と実際の景観のような立体情報を知りたいときは、2D表示で位置を把握してから3D表示で景観を確認する切り替え作業が必要であり、平面情報と立体情報を同時

に把握することはできない。そこで、本研究では、それぞれの地図の長所を組み合わせ、同時に二つの地図を見ることで、平面情報と立体情報を同時に把握することができる手法を提案する。このような情報提示における複数のモダリティを併用する例として、「虫眼鏡」のメタファが利用されている[2][3]。グラフィカルユーザーインターフェース（以下、GUI）上の一部を虫眼鏡を利用したように拡大することで、画面の全体像と一部分の詳細情報を同時に把握することができる手法である。そこで、本研究では、画面を2D表示領域と、3D表示領域に分け、ユーザが表示位置を操作するだけで、3D表示領域に入った情報が立体的に表示されるユーザーインターフェース（以下、UI）を設計した（図3）。さらに3D表示領域を裸眼立体視ディスプレイ[4]にすることで、単に立体的に表示されるだけではなく、実際に立体物として見ることができる構成を実現した。これにより、ユーザは空間情報の全体的な位置関係を把握しつつ、注目したい領域を3D表示領域に合わせるといった操作だけで、立体的に把握することができる。二つの地図を同時に見ることで、平面情報と立体情報を把握しやすくなり、その結果、例えば遠隔地にいる自動運転車両やドローンなどをオペレータが監視したいような場合、車両や飛行体が町のどこを移動しているか、という情報を2D表示で確認しつつ、切り替え操作なく、移動体と障害物など周辺の情報を立体的に把握することが期待できる。

<sup>1</sup> 名古屋大学

<sup>2</sup> 東京大学

<sup>3</sup> 名城大学

a) hayakawa.tatsuya@g.sp.m.is.nagoya-u.ac.jp



図 1 2D 表示の地図 [1]

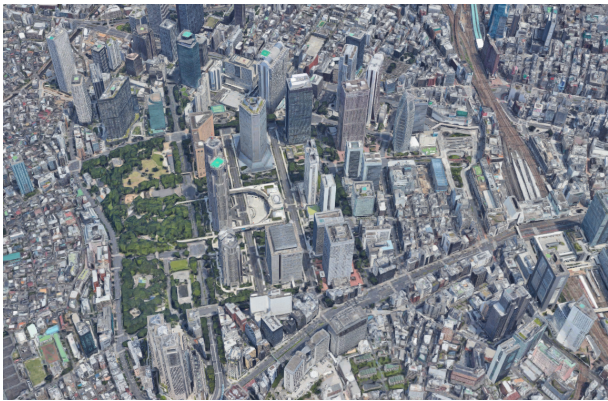


図 2 3D 表示の地図 [1]

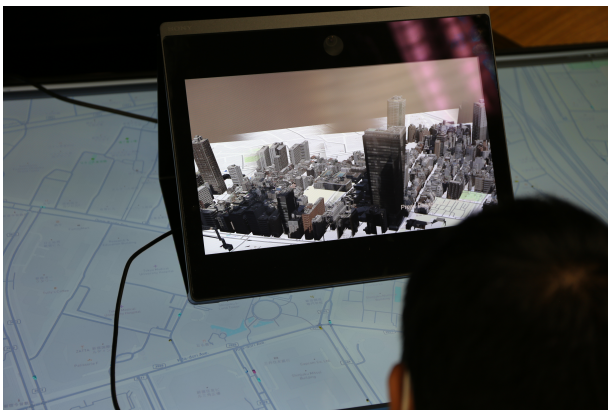


図 3 2D 表示の地図と 3D 表示の地図を組み合わせた UI

## 2. 関連研究

### 2.1 地図情報提示手法

ディスプレイに表示されたものをより詳しく見たいとき、表示画面を拡大できるようなユーザーインターフェースが開発されてきた [5]。しかし、縮小された画面と拡大された画面にはそれぞれ欠点があり、縮小された画面ではページの構造はわかるが、小さい文字は読めない。拡大された画面では文字は読めるが、ページのどこが表示されているかわからない。このように、画面を拡大することで、コンテキストが失われてしまう。そこで、画面拡大の問題に対処する研究が行われてきた。Pook ら [6] や Hornbæk ら [7]

は、画面を拡大したとき、自分がデータ全体のどこを見ているのかを追加で提示し、データの全体像と拡大された画面の詳細情報を同時に把握することが可能となった。「虫眼鏡」のメタファとして、Käser ら [2] は、地図の指定した範囲を拡大して表示することで、地図の全体的な位置関係と拡大された地図の詳細を同時に把握することを可能とした。これにより、正確な地点の選択、移動操作において従来の情報提示手法を上回った。Ma ら [8] は、地図上を移動可能なレンズを使い、レンズ内の地点の地理情報を表示する手法を提案した。これにより、地図の全体的な位置関係とレンズ内のテキスト情報を同時に把握ことができ、関心のある場所を見つけやすくなり、その地点の地理情報の探索も容易に行えるようになった。

### 2.2 地図の 3D 化

都市環境の 3D モデルの開発・利用が進んできており [9]、空間情報をより把握しやすくするために、平面情報を扱う 2D 表示の地図だけでなく、立体情報を扱う 3D 表示の地図が利用されてきている。Chang ら [10] は、3D 表示の地図と住んでいる人種などの都市データのグラフを組み合わせ、都市データを直感的に理解できるようなツールを提案した。Vuckovic ら [11] は、気象や自然災害のような環境情報のグラフと建物や地形の 3D モデルを組み合わせた可視化手法を提案した。これらにより、空間情報を立体的に把握することのできる 3D 表示の地図を使うことで、都市環境が把握しやすくなることが示された。

都市設計においても 3D 表示の地図を使う提案がされてきた [12][13][14]。3D 表示の地図を使った都市計画モデルは、従来の 2D 表示の都市計画モデルより非専門家にとってわかりやすいとされたが、3D 表示の都市計画モデルは計画区画外の建物に注意を奪われてしまうという意見もあった。このことから、3D 表示は目的地の建物を立体的に表示することで建物の形を伝えやすい一方で、目的地以外の 3D 表示の建物は邪魔になることがあるという欠点も示された。

### 2.3 3D モデルの立体表示

3D モデルを実際の立体物として見ることで技術として、ヘッドマウントディスプレイ (以下、HMD) を利用した Augmented Reality (以下、AR) が挙げられる [15][16]。また、HMD を装着することなく、裸眼で立体映像を見ることが出来るディスプレイも開発されている。SONY は HMD などのディスプレイを通さずに、裸眼でスクリーンから物体が飛び出ているように知覚させることができる裸眼立体視ディスプレイ ELF-SR1 (以下、SR1) を発表した [17] (図 4)。これは、視線認識技術を使い、使用者を認識することで、仮想物体やシーンの空間レンダリングをおこなっている。これにより、HMD をかける煩わしさや映像



図 4 裸眼立体視ディスプレイ ELF-SR1[20]

を見たときの酔いを解決することができる。また、Ariwara [18] は HMD を利用した AR と SR1 で 1.0m 以内に表示される 3D-CG モデルの観察誤差を検証した。その結果、HMD では 0.29~1.92mm, SRD では 0.02~0.59mm の誤差が計測された。これにより、SR1 は近距離で高精度が要求される場面では優位性を示した。Lazzarotto ら [19] は圧縮された 3D の点群データを用い、SR1 と平面液晶ディスプレイの視覚品質スコアを比較し、また体感品質に関するアンケートを行った。その結果、SR1 の没入感や自然さが平面液晶ディスプレイと比べて高いスコアとなった。これにより、没入型アプリケーションにおいて裸眼立体視ディスプレイを使用することの利点があることを示した。

### 3. UnifiedGeoMap

#### 3.1 システムコンセプト

本研究のコンセプトは、平面情報と立体情報を同時に把握するために、平面情報を扱う 2D 表示と立体情報を扱う 3D 表示を一つの地図に統合させることである。2D 表示の中心に 3D 表示の領域を作ることで、空間情報の全体的な位置関係を 2D 表示から把握しつつ、立体的な位置情報を 3D 表示から把握することができると考えた。これにより、ユーザが 3D 表示で見たい領域に地図を動かすという操作だけで、建物の位置関係のような全体的な位置情報を把握しやすい 2D 表示と建物の立体的な情報を把握できる 3D 表示を同時に見ることができる。

#### 3.2 実装

2D 表示には平面の液晶ディスプレイを使用し、3D 表示には裸眼立体視ディスプレイ ELF-SR1 を使用した。裸眼立体視ディスプレイを使用することで、建物を実際の立体物のように、ユーザの視点に応じた角度から見ることができる。また、HMD などの装置を装着する必要もないため、事前の準備が必要ない。

システムの構成を図 5 に示す。3D 表示として使われる建物の 3D モデルは、国土交通省が主導する日本全国の 3D

表 1 実行環境

|             |                            |
|-------------|----------------------------|
| OS          | Windows 10 Pro (64-bit)    |
| CPU         | AMD Ryzen 9 5900X          |
| GPU         | NVIDIA GeForce RTX 3080 Ti |
| Memory      | 64.0 GB                    |
| 液晶ディスプレイ    | 43 インチ 3840×2160 ピクセル      |
| 裸眼立体視ディスプレイ | 15.6 インチ 3840×2160 ピクセル    |

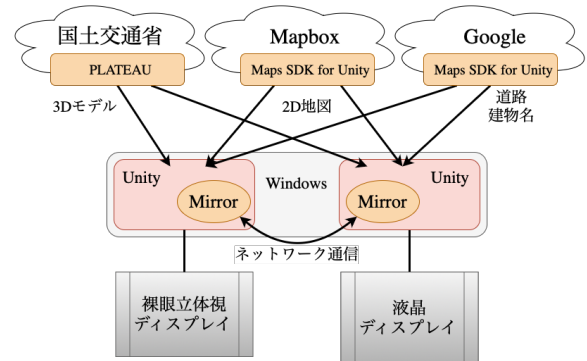


図 5 システム構成

都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクトである PLATEAU[21] の新宿の 3D モデルを使用し、2D 表示の地図画像は Mapbox の Unity 2019 用の SDK[22] を使用した。また、Google の Unity 2019 用の SDK[23] を使用し、実際の街の様子に近づくために道路に車を走らせた。ELF-SR1 と平面液晶ディスプレイ用にそれぞれアプリケーションを起動し、平面液晶ディスプレイの 2D 表示はマウスのドラッグで移動できるように実装し、ネットワーク通信で 2D 表示の地図と ELF-SR1 に表示された建物の 3D モデルの位置を同期させた。これらを表 1 の環境で実行した。

### 4. 結果

新宿周辺の地図を表示し、注視点を移動した様子を図 6 に示す。液晶ディスプレイに表示されている 2D 表示の地図の移動に連動して、裸眼立体視ディスプレイの 3D 表示の地図が変化することを確認できた。SR1 と平面液晶ディスプレイ用のアプリケーションはどちらも解像度は 4K、フレームレートは 30 で動作した。

### 5. デモンストレーションの説明

インタラクティブ発表（デモ）では、平面液晶ディスプレイと裸眼立体視ディスプレイ ELF-SR1 を使用し、地図の移動操作や移動車両への追従を行い、平面情報と立体情報を同時に把握することを確認してもらう。

### 6. まとめ

2D 表示の地図では立体的な位置関係や景観の把握が難しく、3D 表示の地図では離れた 2 点間の距離や位置関係

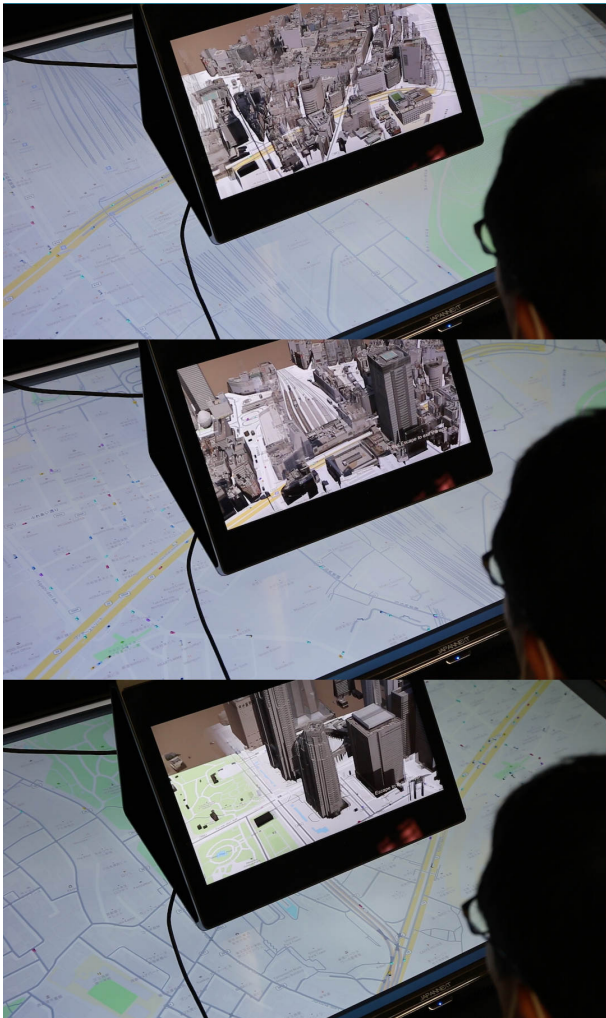


図 6 注視点を移動した様子

の把握は難しい。そこで、本研究では、平面ディスプレイの2D表示の地図と、その中心に置いた裸眼立体視ディスプレイの3D表示の地図から、平面情報と立体情報を同時に把握することのできるUIを設計し、実際に動作するデモを作成した。その結果、2D表示の地図と3D表示の地図を同時に見ることが可能となった。今後は平面情報や立体情報の把握能力を従来の2D表示の地図や3D表示の地図と比較する評価実験を行う。また、遠隔地の車両やドローンの周辺環境を把握するために、移動体に追従させて地図の表示ができるように実装を行う。

## 参考文献

- [1] Google: Google Maps.
- [2] Käser, D.P., Agrawala, M. and Pauly, M.: FingerGlass: efficient multiscale interaction on multitouch screens. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1601-1610 (2011).
- [3] Han, S. and Park, J.: A study on touch & hover based interaction for zooming. *CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2183-2188 (2012).
- [4] SONY: ソニー ELF-SR1,

入手先 (<https://www.elsa-jp.co.jp/products/detail/sony-elf-sr1/>) accessed (2022.11.27)

- [5] Bederson, B.B. and Hollan, J.D.: Pad++ a zooming graphical interface for exploring alternate interface physics. *Proceedings of the 7th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 17-26. (1994).
- [6] Pook, S., Lecolinet, E., Vaysseix, G. and Barillot, E.: Context and interaction in zoomable user interfaces. *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, pp. 227-231 (2000).
- [7] Hornbæk, K., Bederson, B.B. and Plaisant, C.: Navigation patterns and usability of zoomable user interfaces with and without an overview. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 9, No. 4, pp. 362-389 (2002).
- [8] Ma, C., Zhao, Y., AL-Dohuki, S., Yang, J., Ye, X., Kamw, F. and Amiruzzaman, M.: GTMapLens: Interactive Lens for Geo-Text Data Browsing on Map. *Computer Graphics Forum*, pp. 469-481 (2020).
- [9] Shiode, N.: 3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions. *GeoJournal*, Vol. 52, No. 3, pp. 263-269 (2000).
- [10] Chang, R., Wessel, G., Kosara, R., Sauda, E. and Ribarsky, W.: Legible cities: Focus-dependent multi-resolution visualization of urban relationships. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Vol. 13, No. 6, pp. 1169-1175 (2007).
- [11] Vuckovic M., Schmidt J., Ortner T. and Cornel D.: Combining 2D and 3D Visualization with Visual Analytics in the Environmental Domain. *Information*, Vol. 13, No. 1, p. 7 (2022).
- [12] Wanarat, K. and Nuanwan T.: Using 3D visualisation to improve public participation in sustainable planning process: experiences through the creation of Koh Mudsum plan. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 91, pp. 679-690 (2013).
- [13] Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S. and Çöltekin, A.: Applications of 3D city models: state of the art review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol. 4, No. 4, pp. 2842-2889 (2015).
- [14] Judge, S. and Harrie, L.: Visualizing a Possible Future: Map Guidelines for a 3D Detailed Development Plan. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, Vol. 4 (2020).
- [15] Azuma, R. T.: A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators & virtual environments* Vol. 6, No. 4, pp. 355-385 (1997).
- [16] Billingham, M., Clark, A. and Lee, G.: A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction* Vol. 8, No. 2-3, pp. 73-272 (2015).
- [17] Aoyama, K., Yokoyama, K., Yano, T. and Nakahata, Y.: Eye-sensing light field display for spatial reality reproduction. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, Vol. 52, No. 1 (2021).
- [18] Ariwa, M., Itamiya, T., Koizumi, S. and Yamaguchi, T.: Comparison of the Observation Errors of Augmented and Spatial Reality Systems. *Applied Sciences*, Vol. 11, No. 24, p. 12076 (2021).
- [19] Lazzarotto, D., Testolina, M. and Ebrahimi, T.: On the impact of spatial rendering on point cloud subjective visual quality assessment. *International Conference on Quality of Multimedia Experience* (2022).

- [20] SONY: Spatial Reality Display ELF-SR1 Technical Background,  
入手先 ([https://www.sony.com/en/SonyInfo/sony\\_ai/siggraph2021/assets/img/event\\_session04-01.pdf](https://www.sony.com/en/SonyInfo/sony_ai/siggraph2021/assets/img/event_session04-01.pdf))  
accessed (2022.09.23)
- [21] 国土交通省: PLATEAU,  
入手先 (<https://www.mlit.go.jp/plateau/>) accessed  
(2022.12.19)
- [22] Mapbox: Maps SDK for Unity: 3D worlds, AR, & POIs  
- Mapbox,  
入手先 (<https://www.mapbox.com/unity>) accessed  
(2022.12.19)
- [23] Google: Maps SDK for Unity Overview - Google Developers,  
入手先 ([https://developers.google.com/maps/documentation/gaming/overview\\_musk](https://developers.google.com/maps/documentation/gaming/overview_musk)) accessed (2022.12.19)