都市における情報空間構造の検討

—複合現実感技術を中心として—

A STUDY ON INFORMATIONAL SPACE STRUCTURE OF WIDE RANGE AREA

—Based on mixed reality—

伊藤 泉*

Sen ITO

In the Both fields of Urban Planning and Mixed Reality to blend the virtual and the real world, computer vision technology will play an important role in urban space generation. Vision-based methods by mutual action and reaction between the mobile and the fixed of spatial communication would turn up the anti-predictive meanings, the general symbolic functions of urban spaces. In this paper, spatial organization model of standard time, space structure for the link between virtual space and real world is proposed to realize the positioning-free activities, which enables the previous mapping of informational resources for the dynamic space positioning programmed in.

Keywords: mixed reality, real world blending, standard TS structure, dynamic/static system, selective information

複合現実感、実世界融合、標準時空間体系、動的静的組込み、選択的情報

1. はじめに

今世紀の都市は施策決定の上位から規定されるものではなく、主体的意志を持つ個々の活動の総体によって形作られるものとして捉えることができる。「離散的」という言葉を「空間における個別的活動の、自由かつ等価なあり様」と定義するならば、都市における個々の活動が情報を通じた一つの意志発現として等しくみなされ、それらの遂行がまとまり次第に繋がらう事で、諸部分の連関が形づくられる空間の全体は、「離散的都市」と呼ぶ資質を持つ。本稿では主体的思索者としての個人とその自由活動の総体による「離散的都市」の実現を、長期的将来に向けての志向的目的とする。現代都市は著しい人や物の移動のため都市自体が絶えず状況を遷移させ、秩序だった図式化が困難である。日々の活き活きた現実感を知覚に再現する複合現実感(MR)は、単に個人活動を支援する道具に留まらず、こうした複雑な混成都市にいかに関心を共有するまとまりを形作るかという都市的課題に、ひとつの解決の手法を与えるものとして可能性を持つと期待される。自由移動を前提とする個別の活動が、人間主体の活動の場として機能するようデザインされた都市固有空間に、活き活きと連携し、新たな空間意味を増幅し表出させるような、MRの都市組込み方法を検討する。

本稿はそれを以下の方法で論述する。(1) MR が都市の部分空間の固有性にどのように関わるかを考察するため、都市空間を多層モデルに整理し、そのひとつである「固有空間の意味」「人のアクティビティ」との関わりを論考する。(2) MR の情報入力(空間への参加)と情報出力(空間での提示)を、ツールを用いて選択的に行う場合と、非選択的に公共ゾーンに公開されて行う場合の、展開可能性を考察する。そして、(3) 従来の物理的空間に対する空間デザインと、MR による空間デザインの

差異を整理し、特徴と利点を分類する。

技術進展に伴い複合現実感分野では、情報空間が実世界に装置として組み込まれ、「可視化された情報が実世界と融合して、新たな視界を生成する」という広域都市空間における実用化の展開が期待されている¹⁾。屋外広域空間を対象とした複合現実感分野の研究では現在、屋外領域展示実験²⁾やビル頂上に LED を取り付けてウェアラブルの視線位置を認識するマーカ³⁾を始めとする各種マーカやマーカレスの実験⁴⁾、視覚障害者の屋外歩行支援実験等が行われ、実用化が目指されている。情報技術の著しい高性能化小型化と位置記述の志向的發展により、携帯電話などの画面に情報が表示されるものから次第に、身体周りの現実の都市空間に融合して表示されるものに移行すると考えられる。位置情報は、情報空間が実世界に動的装置として組み込まれ、人の諸動作に追従して情報空間と物理的事物の融合により新たな世界を生成する、広域実空間における次世代空間構築に必要な要素である。複合現実感分野のような可視化情報と現実空間の融合には、情報空間と実空間の厳密な位置擦り合わせによる視覚世界の再構築が必要であり、屋内の実験空間で可能な特殊マーカによる位置認識や、個々の物体に対する前後の遮蔽関係、光線環境に対する影を解決した描画について、これらの広範な都市域応用には、特殊マーカの非限定広範な都市領域への無数の物理的マーカ貼付や多数のオブジェクト描画や遮蔽関係・光線環境に対する計算コスト等多数の問題が予想される。

実世界融合とは、無数の可動設置型情報機器が都市空間のあらゆる場所で連携するという静的組み込みに留まらず、将来的には非限定的広域を移動する身体に自由活動に連係して情報空間が五感に提示される動的組込みまで、都市空間で広義に展開すると期待される。

* 学博

BE in Faculty of Architecture, ME and Ph.D. in Information Studies from Tokyo Univ.

2. 都市空間と情報

2-1. 構成モデルの視点

「固有空間」という言葉を、都市部分を構成する空間のまとまりの意味で用いる時、「固有空間—意味本質—情報」に関わる視点を以下に説明する。

□「言説、諸現象、意味表出としての情報」

空間と情報の関係性は、「目に顕われる形は形相であって本質ではない」^{注1)}という、F. Saussure の言語表現の差異に対する見方に端的に表される。差異に着目してその本質の同一性に触れた F. Saussure の変形文法への志向を参照すれば、a) 空間に関しては、看板なり貼紙なり、ある表示された情報に対して様々な表れ方があるが、その多様性を貫いて目には見えず実体化が不可能な、現前世界の意味を構成する空間固有性や本質がある、b) 情報を含む都市要素の様々な顕われは意味の派生である、という「固有空間—その意味本質—意味の体現としての情報」への一つの視点が導かれる。

都市空間に実在する様々な情報は、一つずつを注視すれば個別でばらばらな都市要素の一片に過ぎない。しかし様々な表現多様性や受け手の側の多様性、知覚の個性を超えた広い視点から捉えれば、情報は、その従属する空間の固有な意味から出でてそれぞれの環境で受肉した、空間固有性の具象と考えられる。それは多くの人に「そこはあれだ」と共通に認識される特定空間への絶対性を前提とし、「そこ」という空間の固有な本質や、「そこはそういうところだ」と多くの人が共通に抱く空間の普遍的意味を内包して、目に見える形として提示されているものと捉えられる。

それら情報は、その根源から空間本質に支配されてそこに実在しているというよりも、自らの集まり群がった市街地での集合の様相「全体」から、本質の意味を「それぞれの個別の事象」が与えられる、という表現が適切である。つまり、トルコの商店街では、トルコ趣向の看板が様々に集まるが、その一つ一つは「トルコ風であるべきだ」と規定されて恣意的にかくある姿に表示されているのではなく、そのような看板が無数に集まることで、「トルコ風な」と形容されるある種の特殊な景観を提示するのである。集積全体として眺めれば、ある街全体の独特の存在感や、街区全体の社会背景、より広くは所属する国や文化が把握され、そこから個々へ視点を移すと、その各々の看板が、時間的経過による独自性に支えられた空間固有性の特徴を体現したものとわかる。また看板同士は似た文化を背景とする一つの志向を共有し、相互に影響し合ってさらに似たものが寄り集まり増幅して存在する。見た目の差異に抛らず、内在する同一の意味世界が知覚される形で情報に具体化され、相互に増幅して磁場の働きを為し、次第に独自の固有性を高めるといえよう。ここで「言説」とは固有空間の意味に対して共通に持たれるイメージ、諸現象とは意味から派生し、都市空間に現れる事象や状況とする。

□「公共空間」 情報結節点生成の場

一般に公共空間は、様々な人が自由に通過、往来、滞留する事でコミュニケーションが可能な空間である。情報に関しては、都市で活動する無数の人々による固有空間に即した情報取得と提示の諸事象が集中的に発生し得る情報結節点生成の場である。

都市では、ネットを通じて人の思考と応答する小型情報ツールを、人々が大量に往来する公共空間に組み込むことにより、公共施設の機能の一部を再生する事が可能である。具体的には、歩行空間や他の公共空間と連結した街路、交通の主要施設や周辺、公共施設や大

規模集客施設、広場や公園等である。

2-2. 構成モデル

MR に関して固有空間が果たす独自の働きを示すために、本来実体化が不可能な意味を分解し、便宜的に多層にモデル化して考察する。目に見える都市は、物理的事物で構成される世界(①②)、意味本質(③)、そこから派生する都市の様々な諸相(④⑤⑥)、人のアクティビティ(⑦)、の重なりの上に成立していると考えられる。都市でのアクティビティは、必然的に身体が位置する固有空間の、物理的実空間・意味本質やそこで生じる様々な諸相に支持される。MR はアクティビティに追隨して身体周りあるいは遠隔の都市空間に生成され、次のアクティビティの展開に影響や相互増幅を及ぼす。

- ① 物理的実空間 事物で構成される現実世界、
 - ② 公共空間 (①に含まれ物理的なコミュニケーションや都市活動が公共の場として行われ得る部分)、
 - ③ 固有空間の言説(人間的経験全体、従って実空間の広がり以外延され事物の領域に重なる意味世界(多様な意味の重合))、
 - ④ 都市に関わる諸現象 (実空間に内在する意味本質からその具象、受肉として都市に現れる事物や状況の諸現象)、
 - ⑤ 特異点 (物理的実空間では「ランドマーク」が目に見える顕著な特異点であるが、MR 世界では固有空間の意味上の特化を目的として人為的に設ける事ができる特異点)、
 - ⑥ 固有空間の意味表出 (MR を含む、空間の固有な意味から生じた情報で、本稿では看板のような現前する情報を含む)
 - ⑦ 人のアクティビティ、
- ⑥に含まれる MR は、①-④を基本として⑤の特異点で相互増幅され、⑦のアクティビティを支持する。

離散的都市(移動と通信によるコミュニケーション・アクティビティ)

図1. 情報に関わる都市空間多層モデル

2-3. MR を空間設計に用いる意義と展開可能性

2-3-1. 都市の特異点形成

携帯電話などに表示されるような、テキストや記号による簡易化情報は、目的を機能に特化して、目的遂行に必要な情報の意味核のみを機能集約的に伝達する。一方 MR は意味核の周辺部まで含めてあたかも現前するかのように情報を身体周りに知覚として再現し、空間を「表現」する。このような優れた特徴から MR は、現実の都市空間に重ね合わせ、予めの設定に应答して身体動作に自然に追従したり、必要情報を視野に溶け込むように自然に提示し、「立体的な展示」や「立体情報の設置」、「空間映像の応答」などを都市空間に表現可能である。MR に関する既往研究からは、MR の都市組み込みによるデザインとして、図 2 のような展開可能性が考えられる。

図 2. MR の空間組み込み展開可能性 (研究例: 上から文献 4), 3), 8))

図 2 の「表層位置関係」では、公共空間で MR により情報化された点・面の配置の類型を示す。「既存の都市情報」では MR を用いない現在の情報表示例として、上から、街に設置された小パネル／ビル表層での商業広告／フロアに敷設された LED パネル、を示す。

- ①「個別事物情報化」 既往研究⁴⁾では、屋外空間の特定幾何形状のマーカをプログラムが抽出して、その位置に情報が立体表示される。市街地の特定点に主題を持った立体情報の提示を組み込まれる空間設計が期待される。
- ②「街区表層情報化」 既往研究³⁾では、屋外遠隔地点から遠方の LED をマーカとしてプログラムが抽出して、その位置に継ぎ目なく情報の立体表示を行うための屋外位置検索を試みている。溶け込むビル壁面の商業広告板や広告塔など、既存の表層情報提示に等しい働きをする MR を、情報提供者や提示方法に対する社会的なルールと管理の下に行う応用も考えられる。
- ③「特定街区情報化」 既往研究⁸⁾では、CCD カメラで撮像した身体動作に応じて映像情報の計算処理が行われ、計算結果と元の映像を合わせてインタラクティブな映像を身体周りに投影する。これを都市空間で展開させるとき、例えば、公共の福祉に貢献する情報の、公共空間における展示や設置を、限定領域で市街地の主題に沿って、情報提供者や提示方法に対する社会的なルールと管理の下に行う空間設計等が期待される。

図 3 には、公共空間への特異点設置により、それを磁場のように働かせて、周辺空間の情報が相互増幅するダイアグラムを示す。

図 3. 公共空間への特異点布置

図 4. 市街地における特異点形成の例

図 4 の上段は、将来的に個人の身体携行が可能になると期待される立体都市再現の簡易な MR ツールである。掌上のマーカを指標に表示される MR 立体都市から、個人がスケールを変えて情報を自由に入出力し、図 4 の中段に例示し、図 2 に類型を示す、都市空間に設けられた「MR 生成場」に遠隔からアプローチする事を想定する。

都市の部分空間は、街区や町、丁などのある種の規模で、共有される独特の存在感がある。その特有性は、長年の経過によって、それぞれの空間に次第に独自の現れ方を醸成し、社会的に共有されるある街の趣きとして定着したものである。一方、規模が大きく移動が活発な都市では、人々が持つ空間のイメージは多元的かつ流動的で、恒常的に変化し、異なる時間の推移を経た領域が混在し複雑に文脈が錯綜する。このような空間では、情報の特化した点や面を布置して新たな都市の特異点を設け、情報空間の磁場に働かせる手法が有効であると考えられる。大規模な変革や再構築を加える事なく、変化成長する個々の部分空間の高い自由度を確保しながら、空間の持つ意味の再生（歴史的に保有している場所の独自性を見える形に掘り起こす）や領域のまとまり創出に適当に機能する可能性を持つ。

2-4. 個人の活動における MR の活用

主体的意思による個人の情報アクティビティに関連し、移動する身体と空間の関係が提起される。Merleau-Ponty の身体²⁾は象徴的構成の主体である意識に代替し、現実を知覚し表現する現象の場としての身体を通して、知覚される世界の秩序を総覧しながらその言語的表現と意味を規定する。一方 MR では空間に应答する身体が、都市空間を意識表現の場として主体的思索を空間に記述し表現する媒体である。身体と情報取得／提示の関係は、動:Dynamic と静:Static が提起され、身体移動しながらの携行ツールを用いた情報入出力は「動:D」、ツールを用いず情報受容者を選ばないで情報が公開される入出力は「静:S」と表記すると、組み合わせは表 1 になる。

表 1 情報取得・提示(動:Dynamic/静:Static)

SS	静的独立 (入/出)	可動非動情報源の空間設置による情報の静的取得提示
DD	動的独立 (入/出)	空間動的動作に追従する情報の動的取得提示
SD	動的連携 (入/出)	情報の静的取得(位置に依存しない)・動的提示
DS	静的連携 (入/出)	情報の動的取得(位置に依存する)・静的提示

3. 動的データ取得提示(DD/SD/DS)を可能にする基礎構造の提案

空間と情報の関係は、物理的実空間における特定地点位置と情報空間における位置指定とのリンクや写像の相関性が基本となるが、現在基本となる空間体系は発展途上にあり、構造が未定である。

現実世界における個人の移動自由については、高精度な標準空間の社会的制度の確立が実現視される段階にあり、広域空間において都市全体を被覆する電子基準点と GPS との連携、モバイルによる簡易で高精度な位置情報取得の実現化が進展して、将来的に個人の 3 次元不規則行動に身体追従の情報機能が可能となる見込みにある。

現行カーナビゲーションでは低精度な GPS による空間記述を DM: DigitalMap の線幾何集合に写像させる事で、移動に追従する位置情報精度を補完してきた⁵⁾が、2008 年までに世界規模で衛星数を約 70 確保され、地上どの位置からも複数衛星が視認される事により、複数間位相格差による高精度な空間記述が可能な複数同期受信 GPS 体系が確立しつつある⁶⁾。位相を用いた高精度な GPS 位置情報取得を、モバイルや身体装着 ID 装置の携行と連携する事で、個人の 3 次元不規則移動の記述を可能にする方向性にある。

人の歩行移動では、雨宮らによる RFID の 1.2m×1.2m グリッド配置による電子タグ実験²⁾は、GPS の数 m 誤差で実用不可な段階での GPS に拠らない位置情報認識手法として設定されたが、グリッド配列上を RFID tag reader を身体装着システム面上の移動を行うモードは、標準時空間体系の基本的概念を示すものである。

個人の都市活動に対する 3 次元不規則移動の簡易な情報取得が可能になれば、日常生活において超軽量小型化した位置情報取得の機器を身体装着し、ID や必要自己情報を指定して歩行する事で、都市の実空間に組み込んだ様々な機器に移動に対して連鎖的に応答させ、適切な情報取得と環境応答が可能になる。このように広域屋外都市空間における必要情報の簡易な取得と、空間固有の公的情報の選択的取得の、社会的実現を視野に入れた情報の都市空間組込みの検討が必要である。

現在複合現実感技術は屋内実験を主として、広域都市空間で自由移動のうちに可視化空間を実空間に組込むには、光線や遮蔽を含む物体の位置関係、周辺機器の軽量化やデータ重さを始めとする数多い問題が生じる。特に位置検索はセンサを計測可能な屋内設置の限定空間で用いる現行の 3 次元位置検索手法と別に、屋外での色指定特殊マーカ貼付⁷⁾やマーカレスな形状認識⁸⁾、マーカに代替する発光 LED の研究⁹⁾等、屋内実験での限定された空間と異なる条件での研究が行われているが、特殊マーカの環境貼付自体が、広域自由移動を許容しない、領域限定的な性質を免れない。屋外自由移動には、

視点の高精度な 3 次元位置情報取得と、視線対象点の視野内位置取得のために画像処理によるマーカ追跡を利用したハイブリッド手法の併用が現段階では期待されるが、広範な移動が課題である。

特殊マーカの環境貼付に代替される、松下らの視線目標点の視野内位置確定を目的とする LED 等、広義な物理的マーカ貼付は、領域限定的な性質は免れない上、天候が悪く雨や霧で視界が遮られたり、遠距離による光の減衰や環境光の時間的推移等状況変化により検索困難となるため、広域都市空間の実用化には克服すべき問題点も多い。実際広範な都市空間に物理的マーカを貼付する事を想定すると、社会的に無数のマーカの新規および更新回収時の技術と時間、人手における莫大なコストの問題も生じると考えられ、環境要素としてのリサイクル問題も対応が必要である。

A. 複合現実感における広域空間位置情報

既存の位置検索手法の長所・短所は簡略的に表 2 に纏められる。

従来の振動ジャイロや地磁気センサを用いた姿勢センサでは精度が粗く、画像処理だけでは、①屋外でマーカ貼付や証明条件調整のような環境操作が困難であり、②装着可能な機器構成に計算資源が期待できない、という問題があった¹⁰⁾。現段階では屋外広域空間の位置情報取得は、前出のように視点の高精度な 3 次元位置情報取得と、視線対象点の視野内位置取得のために画像処理によるマーカと追跡を利用したハイブリッド手法の併用が考えられる一方、物理的マーカの領域非限定な環境貼付は実現困難な問題がある。

将来的に GPS による高精細な 3 次元位置情報の空間体系が確立した段階では、視点位置は GPS を用いた三次元位置情報に連携し、視線目標点位置は、HMD 付属のジャイロと GPS による視野内特定点位置情報の併用、または LED のような遠方からの視線を許容する環境貼付マーカと GPS による視野内特定点位置情報の併用が考えられる。

Kouroggi らによる多数の地点での予め撮影し蓄積したパノラマ画像と撮影画像とのパターンマッチングの研究¹¹⁾から、デジタルアース構想¹²⁾に基づき地理上のどの領域に対しても 3 次元 DM(digital map)システムが確立した想定において、視点位置と方位を得て 3 次元 DM 情報空間と実空間を一致させることにより、理屈の上では身体を取り囲む広域空間の視野内情報が取得可能と考えられる。(現実には視点を確定してネット経由で取り込んだ 3 次元 DM 画像と現実空間との比較で視野位置を確定する事は、判定の画像容量やシースルー映像の回転等で計算コストが莫大になる等、問題が生じる可能性が高いと予測される。)

表 2 複合現実感の位置情報

	長所	短所
位置姿勢センサ (機械式センサ、 磁気センサ、 超音波センサ 等)	・視点位置、姿勢計測に手軽可能	・精度に比例してコスト大に ・移動可能範囲がセンサ計測範囲に限定される ・フレキシビリティが低い (情景認識をイベントのトリガとする処理が行えない) ・オフセットやアライメントの設定が必要で、キャリブレーションが煩雑・困難
画像処理 (CV) 画像処理 (CV)	・低コスト/シースルー映像を直接利用可 ・映像処理により、見た目ずれが少ない ・視点移動範囲に計測範囲による限定が無い ・情景認識をイベントのトリガとし視野と親和性が高い	・誤検出、誤認識によるアルゴリズムの破綻がある ・実時間性の欠如、高精度・ロバストな手法は計算コストが大 ・現実には移動可能範囲限定(予定された域内移動となる) ・人為的な環境へのマーカ貼付が許容されない場合がある

B. 標準時空間構造の提起

空間と情報の関係性は、物理的実空間における位置と情報空間における位置指定との写像的相関性、そのリンク各段階で入出力される伝達情報の性質と実空間の連関性において基本が説明され、リンクにおける必要不可欠な構造が標準時空間と筆者は考える。高精細な標準時空間体系化が確立されれば、予め現実空間に情報を時間の自由度を持たせながら埋蔵させ、かつプログラムで簡便に移動させることが可能となり、その実現は莫大な新たな可能性を生むだろう。

位置情報については、可能な限りの国土細分化と均等価値な基準点配置を行い、各国による衛星数の補強と連携させる事で、相対的大気遅延誤差、衛星軌道誤差を補正しながら、誤差数 mm という指先や視点の位置を確定する精度確保が可能となり、細かな身体動作を情報取得に反映させ、広範なリソース(条件を満たせば動作するよう予め組み込まれるプログラム群)の応用が可能となる。これをモバイルに連携させて、人の3次元自由移動や動作を高精度に記述し、かつ予め空間にリソースを貼付して過去や未来に対する時間自由を獲得しつつ、現実空間の位置から必要なリソースに入るシステムを実現すれば位置に固着した新たな空間展開が可能となる。現在は地理情報の流通に関する開発は活発であるが、時間を含まない空間標準化はトップドメイン使用の不適切を理由にGeoVRMLがIETFで却下され、標準時空間は必要不可欠な構造と考えられるが、現在検討外である。実現には空間を三次元のセルに分割して効率よくアクセス可能な体系化や、ポイントの距離半径が個別に指定可能等の自由度が必要となる。このような位置指定のアドレスのwebにおけるIPアドレスと等価な適用が、空間体系構築の基本となるだろう。

C. リソースの実空間マッピング

上記のような標準時空間体系は、標都市に物理的情報機器を大量に埋め込むことなく、個別の形式で情報を取得可能である。

① リソースの動的マッピング

目的地を入力すると自由移動においてプログラムにより経路探索が恒常的に行われ、リアルタイムで適切なリソースの位置組換えが移動に即して行われる。多様な個人それぞれのニーズと装着ツールに応じて、寄り道を含む多様なアクティビティの自由度を確保しながら、移動追跡のリソースにアクセス可能である。

② リソースの静的マッピング

固定位置に予め貼付している、時間自由度高い情報を自在に取得可能であり、現在地の位置情報をモバイルで取得し、その位置にリソースを貼付する等、位置を固定的に扱う。個人の記憶の場所を空間に取り付けたり、移動履歴保存などに用いる。

③ 多様な地点へのリソースの同時マッピング

同種 ID 入力(同じ目的行動)者の多数移動地点へ類似情報を一度に分配可能で、同種情報のニーズに対し同時大量散布可能。

予め空間に情報を埋め込むリソースのマッピングは、現在開発進行中のLED発光ID標識(ビル頂部に貼付)等物理的マーカの環境貼付に対して、次の利点が考えられ、実現の場合は物理的マーカーに比較して圧倒的に有利である。

- ① 建造物表層に貼付せず情報空間上で設置と内容更新、技術更新が可能(環境設置のための莫大なコストと回収を回避)
- ② 距離や天候に抛らず、精緻な情報獲得が可能
- ③ 256種等をはるかに上回る桁数の識別が可能
- ④ 建造物表層貼付の情報に限らず、空間内部情報も得られる
- ⑤ 位置アドレスに即した体系により、LED設置の不可能な場所や個人のHP開設による手軽なリソースのネット登録が可能
- ⑥ 移動に即して無数の地点でリソース取得が可能

4. 都市空間への可視化情報提示

個人の情報選別と提示機器携行性の有無により、都市空間への情報提示の関り方は分類される(表3)。DD・SD 選択的/SS・DS 非選択的は、個人の携行情報機器の有無に関わり、情報提示の非公開/公開の型と同義である。

A DD・SD 選択的情報提示 モバイル・ウェアラブル等身体携行機器を用い、個人の目的と志向に従って個別のニーズに合わせた多様な形式で情報を取得する。情報は身体周りに形成される私的空間の個人携行機器に提示される。

B. SS・DS 非選択的情報提示 特定空間を通過する全ての一般行人を対象に公共空間で情報提示が公開に為される。

前者はセキュリティを除き進歩が個人活動の範疇を拡大する社会的発展と容易に理解されるが、後者は非選択的に公共空間に情報が提示される場合は借景に人為的な固有空間の意味性の書き込みを行う点で、その有意性に対する社会的評価の分かれるところである。

図5. 都市空間位置に即したリソース・マッピングと個人身体装着機器への情報

表3 都市空間への情報提示(動:Dynamic/ 静:Static)

	DD・SD(出力D) 選択的信息提示	SS・DS(出力S) 非選択的信息提示
情報取得	主体的意思を持つ個人が、個別の活動目的に沿う情報機器を身体携行して、実空間の行動で選択的に情報を取得する。	特定空間を通過する不特定無数の一般通行者が、非選択的に固有空間に従属する情報提示を享受する。
空間形成	他者と提示情報を共有しない、個別のための私的空間が、公的空間の中に入れ子のように形成される。街を移動する時パブリックゾーンを歩行しながら、個人が欲する情報を、公的空間に表出する事なく、自ら選択した情報を私的に閲覧する。	移動する個人に追従して、提示対象の人を問わない公的表示が行われ、それら情報提示によって形づくられる身体スケールの公的空間が、街ヴァイドである広域な公的空間の随意的な地点に顕現する。
主目的	個人の活動支援	物理的実空間を媒体とした不特定多数のコミュニケーション形式
情報の性質	端的に核となる部分の抽出を遍く多数に伝達する。簡易に記号化されたコミュニケーションの形式、機能的な合理性、機械的な効率性、関数における記述性	固有空間に従属する意味構造表現、活き活きた体験に基づく生の包括的世界表示、
補強対象	個別のニーズに従う、五感を補強する情報提示による。聴覚、視覚、触覚等。視覚の触覚による代替も検討されている。	主に可視化された情報空間の実空間組込みによる。主に視覚。
伝達	必要な情報が端的に必要な部分のみで構成されて効率良く大量に伝達される事が重視される。共通理解に必要な不可欠な部分を簡易な言語に記号化して伝達される。	効率良い伝達を目的とするのでなく漠然とした空間様相に関わる情報提示。イメージにより多くの人が共通に認識する固有空間形象の共通了解を形成する。
障害者支援	多様な形式で可能。現行研究では、指点字インターフェース ⁽⁶⁾ 、視覚センサによる模様識別を指腹部に伝達する触覚ディスプレイ ⁽⁷⁾ 、視覚障害者の杖を用いた屋外歩行誘導等がある。	公衆一般に弱者特定の形で情報提示が為される事を回避するならば、公的空間に露出した障害者支援には不適当な場合が多い。

Aは、現象的な都市全体を俯瞰し、全体の現象布置の中に自己のIDを投入するシステムであって、例えば、モバイル(HMD)携行により、その場にいる人は必要な情報を現場即応に、遠隔の人もその場の風景をそこにいるかのようにライブで確認しながら、自らの入力や情報を遠隔の街(遠隔にある物理的実空間)に投入する事が可能である。一方Bは、都市に生じる様々な諸事象に物理的実空間に滞在することにより人が関わるシステムといえる。

これらの相互の関係性における、個人の主体的な活動の総体が、広義な意味での情報都市を生成すると考えられる。

図6 動的・静的システムの相互関係(動:Dynamic/ 静:Static)

表3理解のための具体的例を表5に例示する。米国社会学の理論的主柱であるParsons, T.によれば、社会システムとは、複数の人間の相互行為であり¹³⁾、複数の行為者は「欲求充足の最適化」への傾向によって動機付けられ、各自の状況に対する関係は、文化的に構

造化され分有化されたシンボル体系によって規定、媒介される¹⁴⁾。

現行の複合現実感技術における位置情報取得と情報表示から可能な情報入出力による実空間組込みの手法を表6および表6の模式として表7に示す。入力と出力の可能な組み合わせをクロスすると表6・7に示される以上の分類(表4)があるが、広範な都市空間において3次元の自由移動を原則に複合現実感の都市的役割を考察すると、表6・7に記述する位置取得の手法では限定領域に限られるため、表5では過渡的段階での将来的参照のための例示とする。

表4 入力・出力分類(動:Dynamic/ 静:Static)

表5 都市空間に関わる情報空間組込み具体例

選択的信息提示 (個別機器使用)	非選択的信息提示 (可動機器設置)	非選択的信息提示 (非可動機器設置)
例: HMD 使用—モバイル連動の立体地図	例: 都市固有空間の記憶装置 (歴史情報)	例: 都市空間コミュニケーション装置

表6 位置情報入力+表示システム

タイプ	Type-1	Type-2
位置情報入力	HMDに付いたIDカメラの撮像により、遠隔に設置されたLED等のマーカIDを抽出し、オブジェクトが表示される。	HMDに付いたIDカメラの撮像により、市街地に設置された特殊形状マーカIDを抽出し、オブジェクトが表示される。
表示	GPS + LBS + ID認識システム(オブジェクトに所属) + IPアドレス	特定パターンを含む特殊マーカによる判定
ID(IP)認識	Wearable / Portable を用いた映像提示	Wearable を用いた映像提示
技術的な特徴	特定: LBSを備えたモバイル・ツールと固有ID(IP)を持つ人が被体験・参加可能である 物理的・仮想的な入力デバイス無しに、入力しなくても、現実世界の人の動きに対応して、位置情報を自動的に生成可能【文献A2】 LBSは人の行動を支援する位置情報を提供する: 現実世界の地図情報も必要とする【文献A2】 誤差2~100m精度の範囲まで技術的に可能となっている【文献A2】	CV技術を用いるため、位置検出が比較的安価である一方、インタラクティブな映像が高精度に確保される。 情景認識をインタラクティブな入力情報とする処理に向いている【文献A1】 CV技術を用いるため、計算コストが大きく、現実世界に対して仮想世界の動きが遅延する可能性が高い (現実的には) 視点の移動可能範囲が狭い。移動可能な領域は、人為的に準備された狭い領域であることが多い。従って屋外環境では、誤認識が生じやすい。 安定性や実時間性を向上させるために現実の環境中に人為的なマーカを配することを、アプリケーションが許さないことが多い。【文献A1】
実施条件	地理情報に関する国際/国内標準化の開発を行い、位置情報に関する一般市民の利用可能なインフラ整備が整うことが必要とされる【文献A2】 個人の位置情報を扱うため、プライバシーや安全を確保する手法の確立や法的整備が必要とされる【文献A2】	都市・街区・建築設計が行われた後に、必要なインフラを後置する事が可能
移動可能範囲	広域を一貫性を持って支持する【文献A2】	マーカを含む視覚範囲
提示内容	映像、2D、3Dを、Wearable/Portableデバイス・ディスプレイに表現する 位置に依存しない、必要な情報が自由に得られる	映像、2D、3Dを、Wearableデバイス・ディスプレイに表現する
空間の位置関係	建築でなく、身体移動に機能が付随する	建築と関係性はない
部材との関係	建築に設備を組み込む必要はない 都市・街区・建築設計が行われた後に、必要なインフラを後置する事が可能	都市・街区・建築設計が行われた後に、必要なインフラを後置する事が可能
タイプ	Type-3	Type-4
位置情報入力	GPSにより人の知覚位置が検出され、オブジェクトが表示される。情報を遠隔と交換する。	GPSにより人の知覚位置が検出され、オブジェクトが表示される。情報を遠隔と交換する。
表示	GPS + LBS (Location Based Service) + ID認識システム(オブジェクトに所属) + IPアドレス	約1.2m間隔で格子状に配列された電波タグ(RFIDタグ): 体験者が装着するRFID受信機が反応する。
ID(IP)認識	Wearable / Portable を用いた映像提示	Wearable / Portable を用いた映像提示
技術的な特徴	特定: LBSを備えたモバイル・ツールとIDを持つ人が被体験・参加可能 複数の人間間で、仮想空間を共有し、3Dオブジェクトを含む情報を相互交換する事ができる 物理的・仮想的な入力デバイス無しに、入力しなくても、現実世界の人の動きに対応して、位置情報を自動的に生成可能【文献A2】 LBSは人の行動を支援する位置情報を提供する: 現実世界の地図情報も必要とする【文献A2】 誤差2~100m精度の範囲まで技術的に可能となっている【文献A2】	特定: RFIDタグを装着した人が情報を得る RFIDタグが配列された領域内を歩行すると、30cm程度の精度で位置同定が可能である。【文献A3】 サンプル例の場合、各RFIDタグはそれぞれ固有のIDを0.2秒周期で発信 / 発信周波数は303.825MHz / 各RFIDタグは専用のケースに格納される。 現行例では、ネットワークカメラについて、10台のカメラが常時稼働 / それぞれイーサネットにより接続されている / 各カメラはサーバになっており、最大30fpsの転送速度 / 38万画素の1/3インチCCDカメラ【文献A3】 サンプル例の場合、無線LANについて、アクセスポイントが9箇所である / IEEE802.11b規格に準拠した2.4GHz帯(最大11Mbps)【文献A3】
実施条件	地理情報に関する国際/国内標準化の開発を行い、位置情報に関する一般市民の利用可能なインフラ整備が整うことが必要とされる【文献A2】 個人の位置情報を扱うため、プライバシーや安全を確保する手法の確立や法的整備が必要とされる【文献A2】	RFIDタグが配列される範囲に限定される
移動可能範囲	広域を一貫性を持って支持する【文献A2】	映像、2D、3Dを、Wearable/Portableデバイス・ディスプレイに表現
提示内容	映像、2D、3Dを、Wearable/Portableデバイス・ディスプレイに表現する 位置に依存しない、必要な情報が自由に得られる	RFIDについては、建築との一体化が必要である 建築に大規模な設備を組み込む必要はないがRFIDタグを埋め込む必要がある 都市・街区・建築設計後に、タグ等必要なインフラの後置が可能
空間の位置関係	建築でなく、身体移動に機能が付随する	
部材との関係	建築に設備を組み込む必要はない 都市・街区・建築設計後に、必要なインフラの後置が可能	
タイプ	Type-5	Type-6
位置情報入力	街に固定設置されたCCDカメラの撮像により、身体動作の形状を抽出し、計算処理した映像が合成され表示される。	街に固定設置された埋め込みセンサにより、身体動作を抽出し、計算処理した映像が合成され身体周辺に表示される。
表示	カメラ撮像によるComputerVision技術	磁気センサ
ID認識	プロジェクターを用いた映像提示	プロジェクターを用いた映像提示
技術的な特徴	不特定(公的表示型): 一般通行人に携行機器を必要としない情報提示 CV技術を用いるため、位置検出が比較的安価である一方、インタラクティブな映像が高精度に確保される。 情景認識をインタラクティブな入力情報とする処理に向いている CV技術を用いるため、計算コストが大きく、現実世界に対して仮想世界の動きが遅延する可能性が高い	不特定(公的表示型): 一般通行人に携行機器を必要としない情報提示 磁気センサにより、入力情報を低精度/低コストに得る 情景認識をインタラクティブな入力情報とする処理を行えないため、フレキシビリティが低い【文献A1】。 機械的に反応するため、安定性が確保され、CV技術のような誤判定によるアルゴリズムの破綻がない
実施条件	屋外での光線環境: 映像が可視化される工夫が必要 対象の影と投影映像の位置関係に留意する	屋外での光線環境: 映像が可視化される工夫が必要 裏側からの投影のため、対象の影と投影映像の位置関係に留意する必要無し
移動可能範囲	制限有り: プロジェクター設置範囲に限定される	制限有り: プロジェクター設置範囲に限定される
提示内容	映像、2D、3Dを面的に(2次元面投影)表現する 不特定多数が映像を被体験する	映像、2D、3Dを面的に(2次元面投影)表現する 不特定多数が映像を被体験する
空間の位置関係	床・壁(天井)等、空間境界に裏側から面投影する	床・壁(天井)等、空間境界に裏側から面投影する
部材との関係	一体型: 建築と一体に、設計・施工する必要がある 大規模な設計プロジェクトの一環として、事前に周到な計画が必要である 将来の頻繁な技術更新に対し、部材交換可能な設定が必要: プロジェクタ等 部材取り付け支持材の、取り外しと交換を可能に設置する	一体型: 建築と一体に、設計・施工する必要がある 大規模な設計プロジェクトの一環として、事前に周到な計画が必要である 将来の頻繁な技術更新に対し、部材交換可能な設定が必要: プロジェクタ等 部材取り付け支持材の、取り外しと交換を可能に設置する
タイプ	Type-7	Type-8
位置情報入力	街に固定設置された埋め込みセンサにより、身体動作を抽出し、屋外液晶ディスプレイ等に必要情報が表示される。	街に固定設置された埋め込みセンサにより、身体動作を抽出し、大型特殊スクリーン等に必要情報が表示される。
表示	磁気センサ	磁気センサ
ID認識	LEDを用いた映像提示	プロジェクターを用いた映像提示
技術的な特徴	不特定(公的表示型): 一般通行人に携行機器を必要としない情報提示 磁気センサにより、入力情報を低精度/低コストに得る 情景認識をインタラクティブな入力情報とする処理を行えないため、フレキシビリティが低い【文献A1】 機械的に反応するため、安定性が確保され、CV技術のような誤判定によるアルゴリズムの破綻がない	不特定(公的表示型): 一般通行人に携行機器を必要としない情報提示 磁気センサにより、入力情報を低精度/低コストに得る 情景認識をインタラクティブな入力情報とする処理を行えないため、フレキシビリティが低い【文献A1】 機械的に反応するため安定性が確保され、CV技術のような誤判定によるアルゴリズムの破綻がない
実施条件	大規模多数にLEDを設置する場合の平行処理を確保する LEDに対する耐荷重の透明被覆を確保する	屋外での光線環境: 映像が可視化される工夫が必要 裏側からの投影のため、対象の影と投影映像の位置関係を問わない
移動可能範囲	制限有り: LED設置範囲に限定される	制限有り: プロジェクター設置範囲に限定される
提示内容	映像、2D、3Dを面的に(2次元面投影)表現する 不特定多数が映像を被体験する	映像、2D、3Dを面的に(2次元面投影)表現する 不特定多数が映像を被体験する
空間の位置関係	床・壁(天井)等、空間境界に裏側から面投影する	床・壁(天井)等、空間境界に裏側から面投影する
部材との関係	一体型: 建築と一体に、設計・施工する必要がある 大規模な設計プロジェクトの一環として、事前に周到な計画が必要である 将来の頻繁な技術更新に対し、部材交換可能な設定が必要とされる: プロジェクタ等 部材取り付け支持材の、取り外しと交換を可能に設置する	一体型: 建築と一体に、設計・施工する必要がある 大規模な設計プロジェクトの一環として、事前に周到な計画が必要である 将来の頻繁な技術更新に対し、部材交換可能な設定が必要とされる: プロジェクタ等 部材取り付け支持材の、取り外しと交換を可能に設置する

図7. 位置情報入力 + 出力システム 2

4. おわりに

表 6,7 では D(Dynamic): 身体携行モバイルを用いた動的な個人意志の都市空間投入と、S(Static): 静的に都市に設置された情報提示機器の組み立て、現行の諸研究に基づき技術進展と共に更新される前提で抽出的に例示した。D は個別のニーズに合った身体装着機器に、選択的に空間と連携する情報を取得・発信するという、Alan Kay に始まる PC の個人能力支援の延長である。個別の自由で多動的な意志を前提に、個人活動を主体とした空間形成が期待される。

一方 S の働きは、多様雑多な文脈が交錯し動的に状況を推移させる都市に、大規模な変革や再構築を加えることなく、変化成長する個々の部分空間の高い自由度を確保しながら、空間の持つ意味の再生や領域のまとまり創出に適当に機能する可能性を持つ。例えば、遠隔入力可能な MR 生成場を街具として都市の複数個所に組み込む事で、その意味と力を特定の地域、特定領域に限定されることなく、独特の方法で行使する事が可能である。大掛かりな都市変革なく、むしろ MR 技術と連携した時空間を越える情報ネットワークの直接的な凝集を都市のミニマムな拠点に投入する。そしてその場の固有な意味を含む現存在と出来事を、超時空に多様な世界を連携させ、それ自体が固有の独自意味の発進点となるように全体へ拡充する拠点として働かせる方法である。楔を打ち込むように都市の多数の場所に情報特異点を設定する布置により、そうでない領域の自由度が高まり、境界存続と両義性の均衡を保ちながら、むしろ異なる他領域との共存を許容する道具として空間で機能すると期待する。表 7 に現実都市と MR の特徴を示す。

表 7. 現実の都市空間設計と MR による空間設計

Phase	Primary Cause 主因	Principle 方針	Methods 方法	Action 施策
Actual Urban Planning 現実の都市設計	Physical Problems for Public Use 公共用途への物理的問題	Ordering of Actual Circumstances 現実に対する序列付け	Decision of Format for Existence 現存の枠組み決定	Decision of Public Works for Construction 建設への公共政策決定
MR Planning MRによる空間設計	Meaning Structure 空間固有意義への付加	Aggregation of Activities 活動の集積	Addition to Existence 現存への付加	Elucidation of MR 情報空間におけるMR生成場の明示

図8. S: 可視化情報生成場

参考文献

- 1) 廣瀬通孝: 屋外型ディスプレイとMR技術-空間型コンピュータの展開-: MRクリエイティブセミナー2002 資料/佐藤 田村著: 複合現実感 - 仮想と現実の融合はどこまで進んだか: MRクリエイティブセミナー2002 資料, 2002
- 2) 雨宮智浩, 檜山敬, 広田光一, 廣瀬通孝著: バリアフリー実験のためのユビキタス空間の構築, 2002年/東京大学先端科学研究所 廣瀬通孝・広田光一 編による愛知万博のウェアラブルを用いた屋外領域展示
- 3) Nobuyuki Matsushita, Daisuke Hihara, Teruyuki Ushiro, Shinichi Yoshimura, Jun Rekimoto, Yoshikazu Yamamoto: "ID CAM: A Smart Camera for Scene Capturing and ID Recognition": The Second IEEE and ISMAR ISBN 0-7695-2006-5, p227-236 2003
- 4) AI. Comport, E. Marchand, F. Chaumette: "A Realtime tracker for markerless augmented reality": The Second IEEE and International Symposium on Mixed and Augmented Reality ISBN 0-7695-2006-5 p36-45 2003年
- 5) 有川正俊著: 位置情報サービスとサイバー空間の融合: 日本バーチャルリアリティ学会誌第7巻3号p14-19 2002
- 6) 藤林林著: 「GISの原理と応用」 日科技連出版社: 2003年
- 7) 佐藤 内山, 田村複合現実感における位置合わせ手法日本VR学会論文誌vol.8 No.2 2003
- 8) H.Kato, T.Naemura, and H.Harashima: "Graphic Shadow Augmenting Your Shadow on the Floor": The Second IEEE and ISMAR ISBN 0-7695-2006-5
- 9) 佐藤秀, 穴吹まほろ, 山本裕之, 田村秀行著: 屋外型複合現実感のためのハイブリッド位置合わせ手法: 日本VR学会論文誌p129-137 vol.7, no.2 2002
- 10) M.Kourog, T.Kurata, K.Sakae, and Y.Muraoka: A realtime panorama-based technique for annotation overlay on video frames, Web Proc. IWAR99, Oct.1999. (<http://augmentedreality.org/iwar99/WebProceedings/Kourog/>)
- 11) 1998年米国国家情報統計より発表された全世界的なデジタル地理情報基盤の構想
- 12) Parsons, T.: "Toward a General Theory of Action", p23, 1951 邦訳書p37
- 13) Parsons, T.: "The Social System" p5, 1951 邦訳書p11
- 注1) F.Saussure: Cours de linguistique generale, Wiesbaden, 1967 (fasc.1,2)
- 注2) Merleau-Ponty, M., Phenomenologie de la Perception, 1976,

(2004年7月7日原稿受理, 2004年12月20日採用決定)