

都市空間データセットを活用した バーチャル銀座の開発

日本電信電話株式会社 新ビジネス推進室
サービスイノベーション部

いけだ だいぞう 池田 大造
ゆぐち まさひろ 湯口 昌宏
おさだ ともあき 長田 和明
やまぞえ たかふみ 山添 隆文

ドコモは、“Wellbeing Society”の実現を目指したライフスタイル共創ラボの取組みの一環として、バーチャル空間上に銀座を「バーチャル銀座」という名称で再現し、周遊体験やゲーミフィケーションを通じて地域活性化を中心とした3D空間の提供価値の検証を進めている。

docomo Open House'22では、ドコモOICにバーチャル銀座をクラウドゲーミングシステムとして構築し、5G SAの高速・大容量・低遅延の通信を用いて端末にユーザが操作するアバター視点のバーチャル空間の映像を送信するシステム構成を実現した。これにより、ユーザの利用端末の処理性能に依存することなく、広大な銀座のフィールドを舞台とした没入感・爽快感のあるゲーミフィケーション体験を提供可能とした。

1. まえがき

ドコモは、“Wellbeing Society^{*1}”の実現を目指したライフスタイル共創ラボの取組みの一環として、バーチャル空間上に銀座を再現（以下、バーチャル銀座）し、地域活性化を中心とした3D空間の提供価値の検証を進めている。

近年では、コミュニケーションを行うためのバー

チャル空間はメタバース^{*2}と呼ばれており、3D空間データ、3Dアバターや地物をはじめとしたオブジェクト、センサデータの投影、シミュレーションの実行、3Dアバターとオブジェクト間などのインタラクションの定義などによって構成される。国内では、実世界を仮想世界に投影したデジタルツイン^{*3}の開発の促進およびユースケース開拓を目的に、国土交通省が「Project PLATEAU」として全国の3D

©2022 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

本誌に掲載されている社名、製品およびソフトウェア、サービスなどの名称は、各社の商標または登録商標。

^{*1} Wellbeing Society：ドコモR&Dが目指す、1人ひとりが輝き、寄り添いながら、あらゆる可能性が広がっていく社会。

^{*2} メタバース：コンピュータネットワークに構築された3次元の仮想空間およびそれを利用したサービス。

都市モデルのデータセット整備を主導しオープンデータとして提供している [1]。この3D都市モデル*4と呼ばれる都市空間データセットは、国際標準データフォーマットであるCityGML (Generalized Markup Language)*5 [2] に準拠し、ベースである都市計画の用途で整備した平面地図としての建物に関する基礎データに、航空画像による3D情報が加えられ、生成されたものである。ポリゴンデータのような都市空間の形状情報だけでなく、建物や街路などの地物をオブジェクト単位で生成・定義することができるため、それらの名称、種類、建築年などの属性データを保持することが可能となっている。そのため、3D都市モデル上で、デジタルツインに欠かせないシミュレーションや3Dアバターを通じたインタラクションを効率的に実装することができる。

また、3D都市モデルは、LOD (Level Of Detail)*6 という概念で都市空間の詳細度が規定されており、

東京23区エリアとしてLOD2と呼ばれる建物の屋根形状が表現されたデータセットを活用することができる (2022年3月時点)。

バーチャル銀座では、銀座の再現にあたって、銀座の中心を走る晴海通り、銀座通りを含む約1km四方の区画に該当する3D都市モデルを活用した (図1)。また、バーチャル銀座ではゲーミフィケーション*7の体験を提供することから、LOD2の3D都市モデルをパステルカラー調に変更した上で用いることとし、銀座4丁目交差点周辺の建物の一部については、詳細なモデルを作成した上で配置した (図2)。銀座の広大なフィールド上での3Dアバター間のコミュニケーション空間として、5G SA (Stand Alone)*8のモバイルネットワークのクラウドダイレクト*9を用いてマルチプレイシステムを構築することで、高速・大容量・低遅延な通信を可能としている。また、クラウドレンダリング*10技術を適用することで、

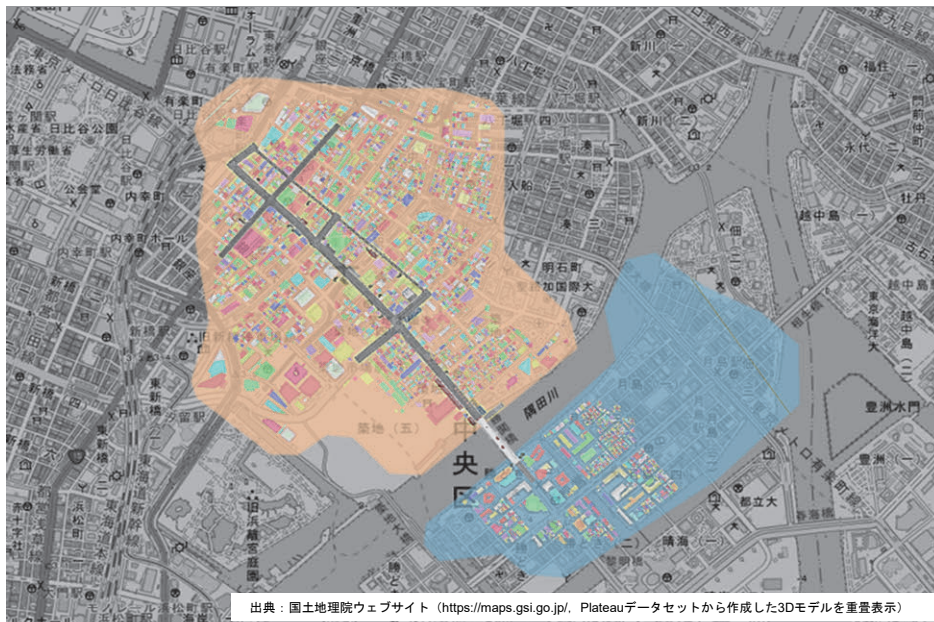


図1 CGで再現した銀座の範囲

*3 デジタルツイン：現実世界に存在する場所、モノや事象を、さまざまなデータを基にデジタル空間上に双子のように再現する技術。
*4 3D都市モデル：国土交通省がProject PLATEAUの一環として整備する、実世界（フィジカル空間）の都市を仮想的な世界（サイバー空間）に再現した3次元の地理空間データ。

*5 CityGML：地理空間情報分野における国際標準化団体であるOGC (Open Geospatial Consortium) が国際標準として策定した3D都市モデルのデータフォーマット。
*6 LOD：3DCGにおいて段階分けされたモデリングの詳細度を表す。
*7 ゲーミフィケーション：ゲームのデザインルールをゲーム以外の分野に応用すること。



図2 CGで再現した銀座の街並み

デバイス側のアプリケーションのインストールを不要とし、Webブラウザ経由でのリアルタイムコミュニケーションを実現した。さらに、3D都市モデルとモバイル空間統計^{*11} [3] を活用し、NPC (Non Player Character)^{*12}群を生成することで、銀座の賑わいを再現している。

本稿では、バーチャル銀座の概要、設計および docomo Open House'22に出展した5Gを活用した検証システムについて解説する。

2. バーチャル銀座の概要

銀座は歴史・文化をもち、また観光・エンターテインメント・ショッピングなど多様な側面をみせる、近代的な魅力にあふれた国際都市であり、昨今の新型コロナウイルス感染拡大の影響を大きく受けた街の1つである。バーチャル銀座は、3D都市モデルを活用してバーチャル空間上に銀座を再現し、さまざまな体験を通じてニューノーマル^{*13}時代の地域活性化に繋げることを目的として開発されたもので、

2021年3月に実証実験が開始された。

バーチャル銀座では、ゲーミフィケーションを中心とした3Dアバターによる周遊体験、競争ゲーム体験を提供している。銀座の歴史・文化の象徴である銀座発祥の地・歌舞伎座などのスポットを、詳細なモデルを作成した上で配置し、歴史・文化スポットを巡りながらかつて銀座でつくっており名称の由来ともなった銀貨を集めるゲーミフィケーション体験を導入することで、歴史ある街並みが残る銀座の魅力度の向上を図ることを狙いとしている。また、銀座の活気ある街の様相を表現するため、モバイル空間統計を活用し、人流データが示す銀座の来訪者数に応じた群衆をNPCとして配置した。モバイル空間統計は、24時間365日全国の人口統計を生成できるものであり、新型コロナウイルス感染拡大前の銀座の人口に基づいた賑わいの再現や、リアルタイムの人口に追随したNPCの配置などが可能である。

3Dアバターによる周遊体験では、歴史・文化スポットを訪れるだけでなく、いくつかの屋内空間スポットを訪問し、デジタルアイテムの購入、アバ

^{*8} 5G SA：SA方式による5Gサービス。4Gの装置を流用したNSA（^{*23}参照）に対して、5G専用設備と5G基地局を組み合わせて提供される。

^{*9} クラウドダイレクト：ドコモの5G回線においてインターネットから分離された閉域通信を提供するサービス。

^{*10} クラウドレンダリング：ネットワーク上のサーバで描画（レン

ダリング）されたCG映像を遠隔地で利用すること。

^{*11} モバイル空間統計：モバイルネットワークの運用データから生成される人口統計であり、日本全国にわたり24時間365日生成することができる。

^{*12} NPC：ユーザが操作しないゲームキャラクターを指すゲーム用語。

ターの衣装替えを体験することができる。屋内空間スポットの1つであるドコモショップでは、歌舞伎にまつわるグッズなどの銀座を代表するモノをデジタルアイテムとして購入することができ、3Dアバターの走るスピードが向上するなど、3Dアバターの能力の向上に繋がる。ほかにも、歌舞伎座、ポーラギンザ、NISSAN CROSSINGなど銀座を代表するスポットを訪れることができ、ブランドの魅力の認知度向上や購買機会の創出、実店舗への送客に繋げていく。

このようなゲーミフィケーションを通じてバーチャル銀座は、銀座に関連したモノのプロモーションに繋げる効果も担う。例えば、銀座の街を走る通りには、大きなディスプレイを搭載したアドトラックを複数配置し、3Dアバターからアドトラックまでの距離や視点により聞こえてくる音量を変化させることで、バーチャル空間上でのデジタルサイネージ^{*14}を実現している（図3）。この3D音響効果により、3D空間を活かした臨場感を体験しながらユーザーの見えない範囲にある映像による広告に気付くことが

できる。

競争ゲームでは、二人一組のバディによるパルクールを導入し、ゴールを目指して銀座の街を駆け巡る体験をユーザーに提供している（図4）。道具を使わずに駆け巡る、よじ登る、飛び降りるなどのダイナミックなスポーツであるパルクールを、銀座を舞台にプレイすることで、非日常的な爽快感を演出する。また、二人が同時にジャンプ台に飛び乗ることで発射する、二人が揃うことでゴールできるなどの共同体験や、ボイスチャットなどのリアルタイムコミュニケーションを織り交ぜることで、銀座という街を通じて交流できる空間を形成している。

3. 都市空間表現の実現

バーチャル銀座では、3D都市モデルと建物に関するメタ情報、モバイル空間統計といった統計情報、3D空間でのゲーミフィケーションの実現を目的としたアイテムデータや、NPC、イベントスクリプトを合わせて都市空間データセットと定義し、ゲー



図3 フィールドに設置されたアドトラック

*13 ニューノーマル：社会の環境や情勢の変化に伴い、不可逆的に新たな常識が定着した状態。

*14 デジタルサイネージ：デジタル技術を用いた広告媒体のこと。ディスプレイやプロジェクタを用い、時間や場所などに応じて表示する広告内容を変化させることが可能であり、従来のポスターなどとは異なる広告メディアとして注目されている。



図4 競争ゲームのマルチプレイの様子

ムエンジン^{*15}上での表現に利用している。近年、ゲームエンジンは、ゲームやVR（Virtual Reality）コンテンツの開発に限らず、建築ビジュアライゼーションや映像制作などの幅広い分野への応用が始まっている。本施策では、高度なグラフィック表現が可能なゲームエンジンであるUnrealEngine 4を用いた広大な都市空間の表現と、クラウド経由・ローカルネットワーク環境双方でのマルチプレイを実現し、マルチプレイ環境による周遊体験、ゲーミフィケーションの検証を行った。

3.1 3D都市モデル

バーチャル銀座の3DCGでの表現にあたっては、国土交通省のProject Plateauでの3D都市モデルデータセット（以下、Plateauデータセット）を活用した。Plateauデータセットは、都市単位での建物の3DCGデータとメタ情報がオープンデータとして順次公開されており、2022年3月時点で全国56都市のデータセットが公開されている。ただし、Plateauデータセットは、衛星写真の情報から3DCG

が生成されており、地上からの一人称視点での利用においてテクスチャ^{*16}の解像度に課題があるため、一部の建物についてはドコモが独自に3DCGデータを作成した。また、都市空間を用いたイベントの検証のために、一部建物の内観のデータも作成した（図5、6）。

3.2 モバイル空間統計による人流データのビジュアライズ

モバイル空間統計では、日本全国の人流データが500mメッシュ^{*17}などのエリアごとの人口統計として生成される。バーチャル銀座では人流を通行人NPCの量として表現しているが、表示量が増えるほど描画処理負荷の増大に繋がる。そのため、ユーザ視点における視界の範囲のみを描画対象としたいが、人流データのメッシュとユーザの視界に相当する3D空間の描画の範囲の大きさが一致していない。

そこで、ユーザ視点での125mメッシュの範囲を通過する通行人の表示量を N （人・時：街を行き交う人数（流動人口）） $\times t$ （秒：NPCがユーザ視点の

*15 ゲームエンジン：さまざまな形態のゲームを実現するためのフレームワーク。近年では、マルチプラットフォーム化や異業種への応用利用が進んでいる。

*16 テクスチャ：3D形式のデータにおいて、物体表面の質感を表現するために物体表面に貼り付ける画像のこと。

*17 メッシュ：緯度・経度に基づき、国土を網の目状に分けた区画。

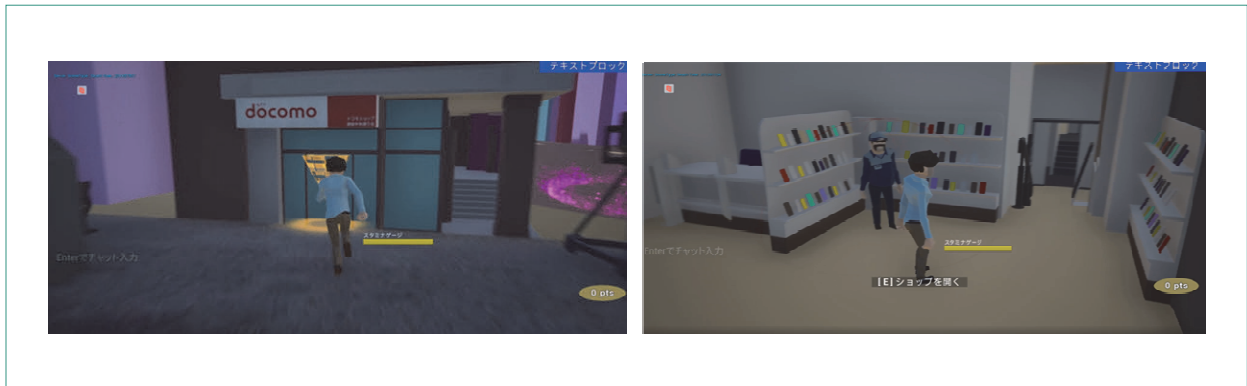


図5 ドコモショップの外観・内観

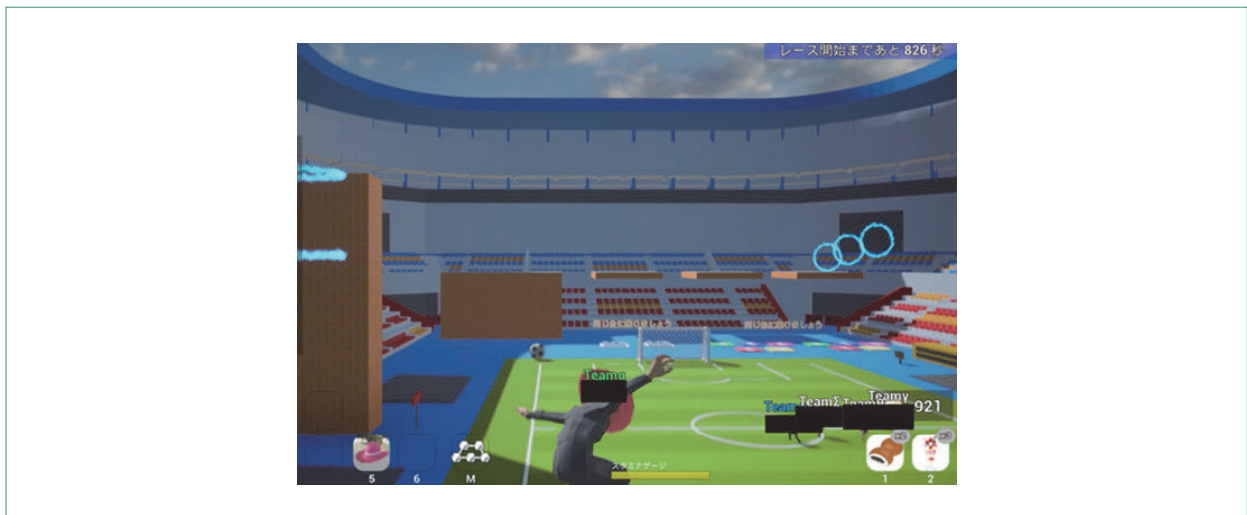


図6 銀座のフィールドから移動できるスタジアム（仮想の建物）の内部

範囲のメッシュを横断するのにかかる時間)として算出した。例えば、125mメッシュ当りの1時間(3,600秒)の流動人口 N が2,000人、NPCの125mメッシュの通過時間 t を90秒(時速5km相当)とした場合、同時に描画すべき人数は $2,000/3,600 \times 90 = 50$ 人となる。また、移動する通行人とは別に、静止した群衆(動きの計算を行わない軽量モデル)も設定にあわせてランダムにユーザ視点の歩道などに配置することもできる設計としているので、処理負荷をかけずに描画人数を増やすことができる(図7, 8)。

3.3 周遊体験・ゲーミフィケーションの効果検証

バーチャル銀座の実証実験では、国土交通省の2020年度Plateauプロジェクトにおけるユースケース開発施策[4]の一環として、延べ40人の被験者を対象にゲーミフィケーションを通じた地域の魅力向上の有効性検証を行った。被験者アンケートのほか、プレイログ、インタビューによりユーザ体験の評価を行い、その結果デジタルアイテム獲得やパークールなどのゲーミフィケーションを通じてバーチャル空間における周遊体験の価値を向上させ、さ

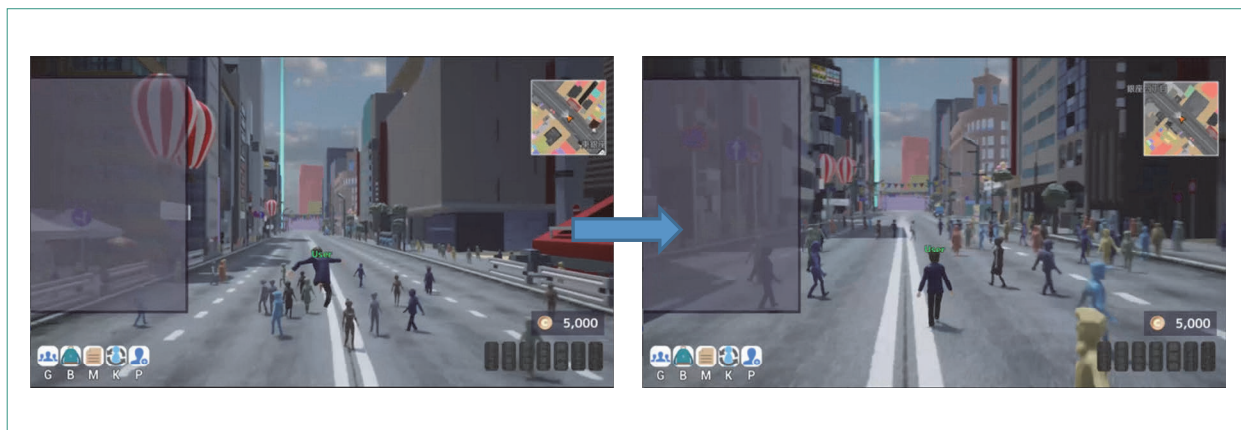


図7 通行人NPCの変動の様子



図8 通行人NPCと静止しているNPC

まざまな場所を回遊するきっかけを生むことが明らかとなった。また、バーチャル空間での周遊体験を通じて銀座の現地訪問への関心を喚起する可能性があることも示唆された。

4. ドコモOICを活用したクラウドゲーミング

2022年1月に開催されたdocomo Open House'22では、5G SAの実運用環境での低遅延性と安定性の実

証のために、5G回線直結のMEC (Multi-access Edge Computing)^{*18}環境であるドコモオープンイノベーションクラウド^{*} (以下、ドコモOIC) を活用したクラウドゲーミング^{*19}方式で、バーチャル銀座のデモンストレーションを実施した。

4.1 Webブラウザ上でのシームレスなオープンワールド体験の実現

バーチャル銀座のように、3DCGで構成された広大なフィールドをシームレスに移動できる体験が提

^{*18} MEC：移動通信網において、ユーザーにより近い位置にサーバやストレージを配備する仕組み。

^{*19} クラウドゲーミング：クラウドレンダリングされた映像を遠隔から操作する形でゲームを実現するシステム。

※現在のdocomo MEC。

供されているオープンワールドゲーム*20でのコンテンツは、一般的に精密なレベルデザイン*21や動的な各種データのローディングなどユーザーの手軽な体験に向けた設計がなされている。一方で体験にはゲーミングPCと呼ばれるGPU (Graphics Processing Unit)*22搭載の高スペックPCの利用が推奨されることが一般的である。

特にモバイル環境の場合、3DCGの処理能力やメモリ使用量の制約があり、広大なフィールドをシームレスに移動する体験の提供は、制作にかかる負担が大きい。また、コンテンツの設計によっては利用開始時にデータローディングに長時間を要する状況が生まれてしまい、ユーザーが気軽にコンテンツを利用することへの障壁となる。さらに、ブラウザベースの場合、データのローディングだけでなくWebアプリケーションとしての起動時間の解決も考慮した設計・開発が必要となる。

本施策では、利用デバイスの制約やアプリケーションのインストールなどのユーザーの障壁を軽減しつつ、銀座の広大なフィールド上で3Dアバターを介したリアルタイムのコミュニケーション体験ができる環境の提供を目指し、クラウドレンダリング技術を用いたクラウドゲーミング方式によりWebブラウザ経由でのリアルタイムコミュニケーションを実現した。

クラウドゲーミングでは、サーバサイドで各種処理を行い、コンテンツを操作する端末では入力と表示のみを行うため端末側で高度な処理能力を必要とせず、端末と高性能なGPUを利用するサーバ環境との間での通信品質の安定性と低遅延性を確保することができれば、コンテンツを利用する端末の性能に依存せずに豊かな3D空間表現が可能となる。

4.2 ドコモOIC環境と5G SAの活用

docomo Open House'22時点では、バーチャル銀座は商用サービスではなく検証システムとして構築

されており、5G SAも一部ロケーションでの限定的な法人ソリューション提供（クラウドダイレクトでのクローズドな接続環境での提供）となっている。そのため、展示会などの設置できる機材が限られた環境では、5G SAが利用できない外部環境と接続するための一般的な有線インターネット環境や、ドコモOIC環境でのマルチプレイ・クラウドゲーミング、ボイスチャットを組み合わせて実現する必要がある。そこで、それぞれインターネットとドコモOIC間の通信、ドコモOICと5G端末間の通信（5G SAでのクラウドダイレクト接続）、インターネットと5G端末間の通信（クラウドダイレクトとインターネットを繋ぐ通信路バイパス）とレイヤの異なる通信を組み合わせることでシステムを実現した（図9）。これらの構成によりdocomo Open House'22では、同一ロケーションでの複数台の長時間運用も安定して実施できた。

クラウドゲーミングに関しては、LTE、現行の一般的な5G環境である5G NSA (Non-Stand-Alone)*23、5G SAでの応答時間を比較し、それぞれ5～10ミリ秒程度ずつの遅延の差があったことから5G SAの低遅延性を確認した。なお、クラウドゲーミングの操作における体感遅延はいずれの通信方式でも特に感じることはなかった。

クラウドゲーミングでは、高価かつ高性能なGPUの利用が前提であり、1時間あたり3GBの通信量を必要とする状況であることから、運用および利用（主に映像伝送による通信量）の両面でコストが課題となる。一方で、上記の5Gの閉域網接続を用いた構成では、ローカルPCでアプリケーションを動かす場合と比較して建築ビジュアライゼーションにおける大容量データの最適化やマルチプレイでのセキュリティ設計などが容易であり、短期的・限定的なコンセプトの実現やスポットのイベント運用での有効性が確認できた。コンテンツ制作においては稼働量とのトレードオフで上記構成の検討ができるものと考えられる。

*20 オープンワールドゲーム：3DCGで構成された広大なフィールドをシームレスに移動できる体験を提供するタイプのコンピュータゲーム。

*21 レベルデザイン：もともとはコンピュータゲームにおける難易度設計を指す言葉で、ゲームエンジンではCG空間における処理・挙動や、CG表現の詳細度の設計を含んだ言葉となっている。

*22 GPU：並列的な計算処理に優れたプロセッサ。並列計算を要する深層学習と相性が良い。

*23 NSA：LTE (eLTE (enhanced LTE)) との併用を前提とした5Gの無線アクセスネットワーク。

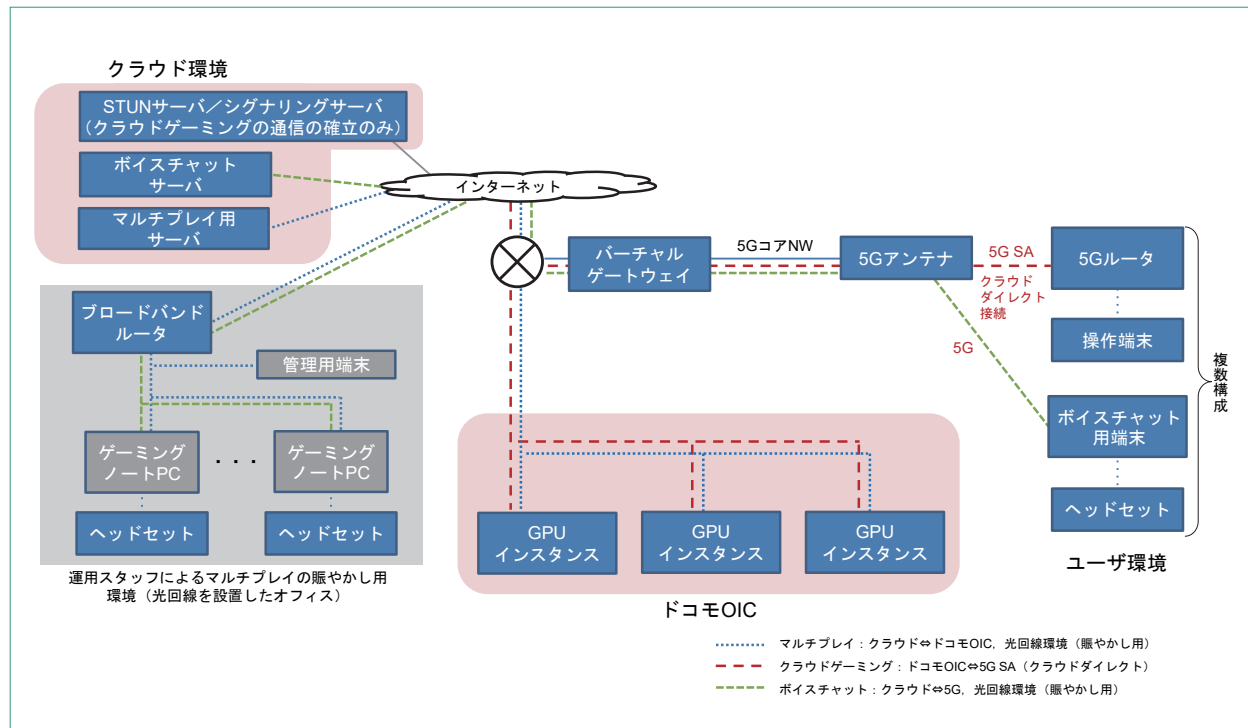


図9 docomo Open House'22におけるシステム構成

5. あとがき

本稿では、バーチャル銀座について、マルチプレイでの広大な3DCGのフィールドを活用したゲーミフィケーションによる地域活性化と、docomo Open House'22での5G SAユースケースとしてのシステム構築の観点から解説した。

検証を通じて提供価値の確認を行うことができたので、今後はパートナー企業との連携および銀座以外の地域でのユースケース開拓を進め、“Wellbeing Society”の実現に貢献していく。

また、システム課題としてはクラウドゲーミングにおけるコスト効率化があるが、単純なデータの軽

量化ではなく、MECでの処理最適化など5G環境を活用することで課題を解決し、より手軽に試行錯誤や運用が可能な設計の実現を目指す。

文献

- [1] 国土交通省：“PLATEAU by MLIT.”
<https://www.mlit.go.jp/plateau/>
- [2] 岡島，ほか：“携帯電話ネットワークからの統計情報を活用した社会・産業の発展支援 —モバイル空間統計の概要—,” 本誌, Vol.20, No.3, pp.6-10, Oct. 2012.
- [3] Open Geospatial Consortium：“CityGML,” May 2022.
<https://www.ogc.org/standards/citygml>
- [4] 国土交通省：“3D都市モデル活用サービス事例.”
<https://www.mlit.go.jp/plateau/new-service/>