(18) 風力発電事業の推進におけるメタバースを活用した可視化技術の導入提案

原田　紹臣[1]・石原　孝雄[2]・星本　真秀[3]・黒木　利幸[4]・松尾　智征[5]・武井　千雅子[6]

[1]正会員　三井共同建設ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ株式会社　MCC 研究所（〒552-0007 大阪市港区弁天 1-2-1-1000）
E-mail: harada@mccnet.co.jp

[2]非会員　三井共同建設ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ株式会社　MCC 研究所（〒141-0032 東京都品川区大崎 1-11-1）
E-mail: isihara@mccnet.co.jp

[3]非会員　三井共同建設ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ株式会社　MCC 研究所（〒552-0007 大阪市港区弁天 1-2-1-1000）
E-mail: hoshimoto-masahide@mccnet.co.jp

[4]非会員　三井共同建設ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ株式会社　環境・地域デザイン事業部（〒141-0032 東京都品川区大崎 1-11-1）
E-mail: kuroki@mccnet.co.jp

[5]非会員　三井共同建設ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ株式会社　港湾・空港事業部（〒141-0032 東京都品川区大崎 1-11-1）
E-mail: matu@mccnet.co.jp

[6]非会員　株式会社フォーラムエイト（〒108-6021 東京都港区港南 2-15-1）
E-mail: chikako@forum8.co.jp

近年，再生可能エネルギーの導入が世界的に進んでいる中，我が国における風力発電事業の推進は重要な使命の一つである．その際，事業に関係するステークホルダーや地域住民等と合意を図ることは重要であり，特に，事業によって生じる環境変化の予測やそれらの可視化は重要な技術的課題である． 一方，PLATEAU 建物等のデジタル技術を活用した DX の推進が期待されている．本稿では，近年のメタバース技術を活用した可視化資料による事業説明の手法について提案している．なお，円滑に合意を図るため，メタバースに関する多大な仮想空間情報を同時に更新できるシステムを提案するとともに，これらの可視化技術の活用として，施設により生じる影予測や施工方法の説明に関する内容について具体的に例示した．

Key Words: *climate change, metaverse, shadow flicker generation, VR, wind power*

1. はじめに

気候変動への対応などを受けて，再生可能エネルギーの導入が世界的に進んでいる中，我が国における脱炭素社会あるいはエネルギー分散型社会の転換に向けた牽引役として位置づけられる風力発電事業の推進（例えば，**図-1**）は，重要な使命の一つである[2]．その際，事業に関係するステークホルダーや地域住民への合意を図ることは重要[3]であり，特に，事業において生じる環境変化の予測やそれらの可視化は重要な技術的課題である[4]．

一方， 1992 年に出版された Neal Stephenson の小説「Snow Crash[5]」で使用された「メタバース」（訳：もう一つの世界）は，現在，ネットワーク上に展開した VR 世界の代名詞として，一般的に利用されるようになった[6]．なお，今後の技術革新や**図-2** に示すメタバース空間の分類[7]等により，更なる発展が考えられる．特に，近年では PLATEAU[8]建物等の詳細な三次元モデル・データの普及に伴い，今後，更なるデジタル技術を活用した DX の推進が期待されている[9]．そこで，本稿では，こ

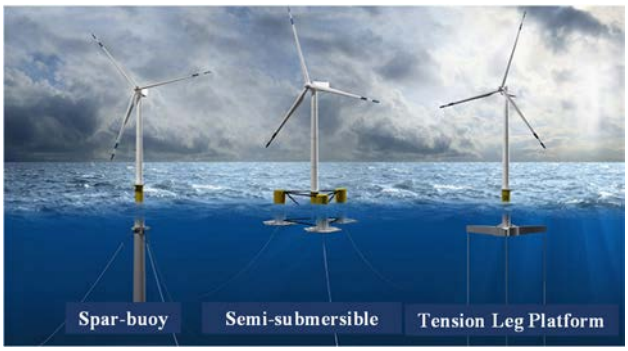


図-1 近年において着目されている浮体式洋上風力[1]

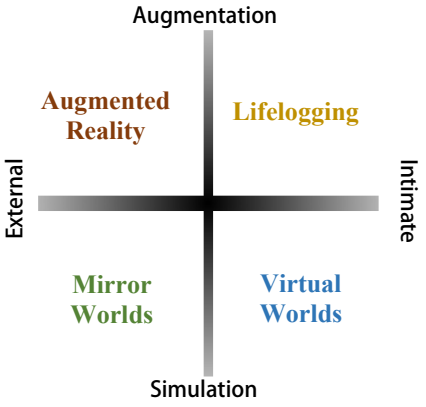


図-2 メタバース空間の分類[7)]

れにおいて有効と考えられるメタバース技術や，可視化資料による事業説明の手法について新たに提案する．

2. クラウド上での複数のメタバース利用に向けた高度化

現実空間では再現が困難な事象（例えば，事前の大規模な風力発電施設の設置に伴う景観影響予測）に対して仮想空間内で表現し，これらの結果をユーザが体験できるメタバース環境の構築が可能となった[10)]．一方，三次元データ活用による遠隔・非接触での情報の共有化[9)]についても試行的に実施されるようになった．また，COVID-19 の影響により，高機能な端末機器を用いた web 会議や遠隔地からの関係者会議による情報共有が望まれている．その際，インターネットを介した情報処理の負荷を軽減させた円滑なシステムの構築が望まれる．さらに，仮想空間情報を共有しながら，空間内の環境変化（例えば，日照や気象変化）やユーザ間のコミュニケーションに関するデータを逐次に更新するとともに，相互に情報を共有できるシステムの構築が有効であると考えられる．これらの技術的な要求に対応するため，以降に，風力発電事業の説明時におけるメタバースを活用した可視化技術（例えば，**図-3**）の導入に際して，複数のユーザが相互に円滑な情報共有が可能なメタバース環境の構築に向けたシステムを提案する．

三次元の情報を相互に共有するための仮想空間情報システム[11)]の全体構成の概要を**図-4** に示す．**図-4** に示すとおり，本システムは仮想空間情報を保有するデータベース等に接続された同期サーバを中心に，インターネット等の通信網を介して，複数のクライアント装置が相互に通信が可能となる．さらに，各クライアントには，ユーザが用いる情報処理端末を介して接続させる．なお，各ユーザ端末は一般的な PC やスマートフォンのモバイル端末等が対象となり，仮想空間を表示可能なディスプレイや可視化ツール（独立型 VR デバイス：例えば，**図-5**）と操作を行う入力装置である．これらにより，表示される仮想空間に対して詳細な空間内のデータ取得や新たなデータの作成，更新，削除が可能となる．例えば，仮想空間内で自らのアバターを操作して移動するとともに，他のユーザのアバターとチャットやビデオ会議による円滑なコミュニケーションが可能となる．

各クライアントの役割として，データベースが保有する仮想空間情報を取得し，これらをユーザ端末へ遅延無



図-3 風力発電施設による景観影響予測例（上:近景，下:遠景）

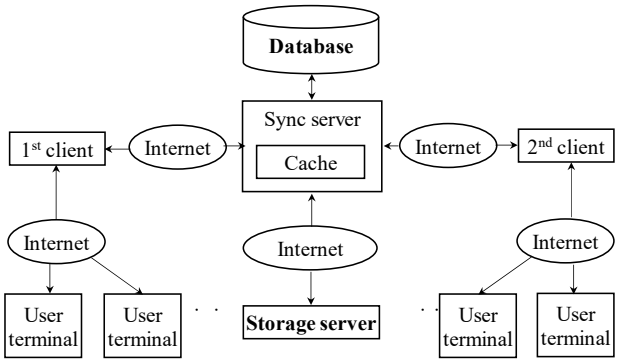


図-4 円滑なメタバース環境の構築に向けたシステム概要図



図-5 使用する可視化（メタバース）ツールの例

く配信させる必要がある．また，クライアントはユーザ端末からの要求の操作に応じて仮想空間情報の処理を行う必要があるため，直接処理が可能な主記憶装置にモジュール化されたプログラムを構築する．その際，同期サーバは各クライアントからの要求を受信し，当該要求に応じてデータベースに保存されている情報を配信したり，各クライアントで処理した情報を受信して，データベース内の仮想空間情報を更新する機能を有している．これにより，地域住民への事業説明時に受けた意見や指摘に対しても，即時に変更した内容の可視化が可能となる．

これらの提案により，クラウド上において，複数のユーザ間で相互に情報を共有することが可能となるとともに，多大なデータ量のメタバースに関する仮想空間情報をリアルタイムに更新することが可能となる．さらに，インターネットを介した各ユーザの情報処理端末へ遅延することなく配信することが可能となる．これらのシステム環境を提供することにより，今後，メタバース等のデジタルツイン技術を活用した更なる円滑な関係者協議の運営や情報共有における高度化が期待される．

3. メタバースを活用した可視化技術の特徴

風力発電事業を新規に立ち上げる場合，対象となるステークホルダーや地域住民などへの丁寧且つ理解しやすい事業説明が重要である [2),3)]．そこで，これらの説明時におけるメタバースを活用した可視化資料により期待される利点や特徴について，以降に例示して提案する．

(1) 風力発電施設で生じる影予測とその可視化の提案

近年，風車の大型化などの理由により，騒音やシャドー・フリッカー（太陽光が風車のブレードに遮られ，地上部に明暗が生じる現象）といった社会影響が問題となる事例が増えている [4)]．これらの影響がどの様な条件下において発生するかについての知見は十分でなく，環境影響評価方法についても提案が求められている．なお，現場でのヒアリング調査等に基づく既往報告によると，特に，沿岸域においてシャドー・フリッカーによる影響が大きく，不快認知が高まる可能性が指摘されている [4)]．

一方，PLATEAU プロジェクトにより，全国の詳細な 3D 都市モデルが整備されてきている [8)]．これにより，従来まで公開されていた情報量の限られた建物モデル [12)]から，新たに，建物高さの情報（LOD 1[13)]：例えば，**図-6** や建物内部情報（LOD 4[13)]）までモデル化されたデータを利用することが可能となり，今後，これらのデータを有効に活用した詳細な検討が期待されている．

これらの背景より，新たな PLATEAU の 3D 建物モデル [13)]（ただし，LOD 1 レベル）を用いたシャドー・フリッカーの影響予測例を**図-7** に示す．**図-7** に示すとおり，予測されたシャドー・フリッカーによる建物への影響が詳細に可視化されている．なお，今回提案する可視化モデルでは，対象地（緯度・経度）における太陽高度の季節や時間的変化を予測できるため，詳細な影響の評価が可能となる．また，今後，建物内部までの PLATEAU モデル（LOD 4）が普及した場合，部屋内部における影響（例えば，窓位置の違いによる部屋内部への影響有無）などについても詳細な検討が期待される．本稿では，紙面の関係より示さないが，風力発電施設で発生する騒音 [4)]に対しても概略的な予測やその可視化が可能である．



図-6 建物モデルの変化（上：従来建物モデル[12)], 下：PLATEAU[13)]）

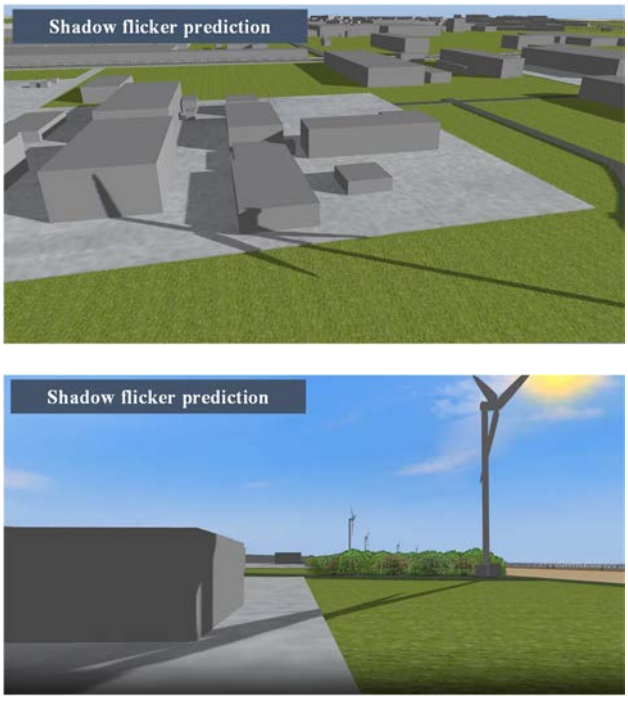


図-7 シャドー・フリッカーの影響予測例（上: 上空, 下: 地上）

(2) 洋上風力発電施設の施工に関する可視化資料の提案

現在，潜在的なポテンシャルと発電コストの有意性 [2]などから，洋上風力発電が欧州を中心に整備が進んでおり，我が国においても導入が進んでいる．しかしながら，洋上での風力発電建設は陸上での施工と異なり，克服すべき多くの課題が存在する [14]．一方，前述の景観や騒音による影響 [4]が少なく，安定した強い風が期待される浮体式洋上風力発電施設（例えば，**図-1**）については，我が国においては施工事例が少なく，施工に関する関係者間における調整等において，可視化による情報の共有化が有効であると考える．

そこで，これらの課題を解決するため，施工方法に関する四次元データ構築による可視化手法（例えば，**図-8**）を提案する．なお，本稿では可視化結果を静止画として示しているが，**図-8** に示すとおり，浮体式洋上風力施設の設置方法（起き上がりこぼし）を動的に表現している [15]．さらに，**図-4** に示す可視化ツールを用いることにより，様々な視点場での可視化が可能となり，詳細な施工の検討や確認ができる．また，**図-8**（最下段）に示す洋上でのブレードの取り付け時におけるクレーン操作シミュレーションによる作業訓練や環境変化の適用可能条件（例えば，波高や風）についても可視化ツールにより予測が可能となり，高度な施工計画の立案が可能となる．

4. おわりに

今後の我が国における脱炭素社会あるいはエネルギー分散型社会の転換に向けた風力発電事業の推進に向けて，近年のメタバース技術を活用した可視化資料による事業説明や各予測手法について，提案した．今後，様々な予測技術（例えば，気象予測）の高度化や，詳細な地形モデルによる更なる可視化の高度化が期待される．

参考文献

1) 織田洋一：世界で急拡大する浮体式洋上風力発電と我が国の課題，第 1 回海洋技術フォーラムシンポジウム，2022.
2) 錦澤滋雄：風力発電における地域的受容問題，計画行政，Vol.42，No.2，pp.21-26，2019.
3) 小林正典：洋上風力発電を巡るステークホルダー分析と合意形成に向けた課題，環境情報科学 学術研究論文集，Vol.35，pp.268-273，2021.
4) 半田哲也，錦澤滋雄，村山武彦：沿岸域の丘陵地帯における風力発電施設による社会影響の発生要因，環境情報科学 学術研究論文集，Vol.28，2014.
5) Stephenson, N.: Snow Crash, 576p.，1992.
6) Lohmann, G.: Volumetric image analysis, *Born digital*, 216p.，2009.
7) Acceleratain Studies Foundation: Metaverse road map <http://metaverseroadmap.org/>（入手 2023.6.6）.
8) 内山裕弥：国土交通省による Project PLATEAU(プラトー)の取組について：3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクト，区画整理，Vol.64，No.5，pp.14-20，2021.
9) 田中洋介：国土交通省が推進するインフラ分野の DX，建設マネジメント，Vol.529，pp.8-11，2022.
10) 房前和朋：建設分野のメタバース･デジタルツインの活用, 建設マネジメント, Vol.529，pp.51-55，2022.
11) フォーラムエイト：UC-win/Road，<https://w ww.fo-rum8.co.jp/>，（入手 2023.6.6）.
12) 国土地理院：地理院地図，<https://www.gsi.go.jp/>，（入手 2023.6.6）.
13) 国土交通省：PLATEAU，<https://www.mlit.go.jp/plateau/>，（入手 2023.6,6）.
14) 島谷 学，力石大彦，佐々木慎，中井崇斉，山口祐一郎：洋上風力発電施設の施工管理について，土木学会論文集 B3, Vol.69, NO.2, pp.I_114-I_119, 2013.
15) 原田紹臣：DX 技術の活用事例，<https://www.youtube.com/watch?v=5Oxn6BkjlZ8>，（入手 2023.6,6）.

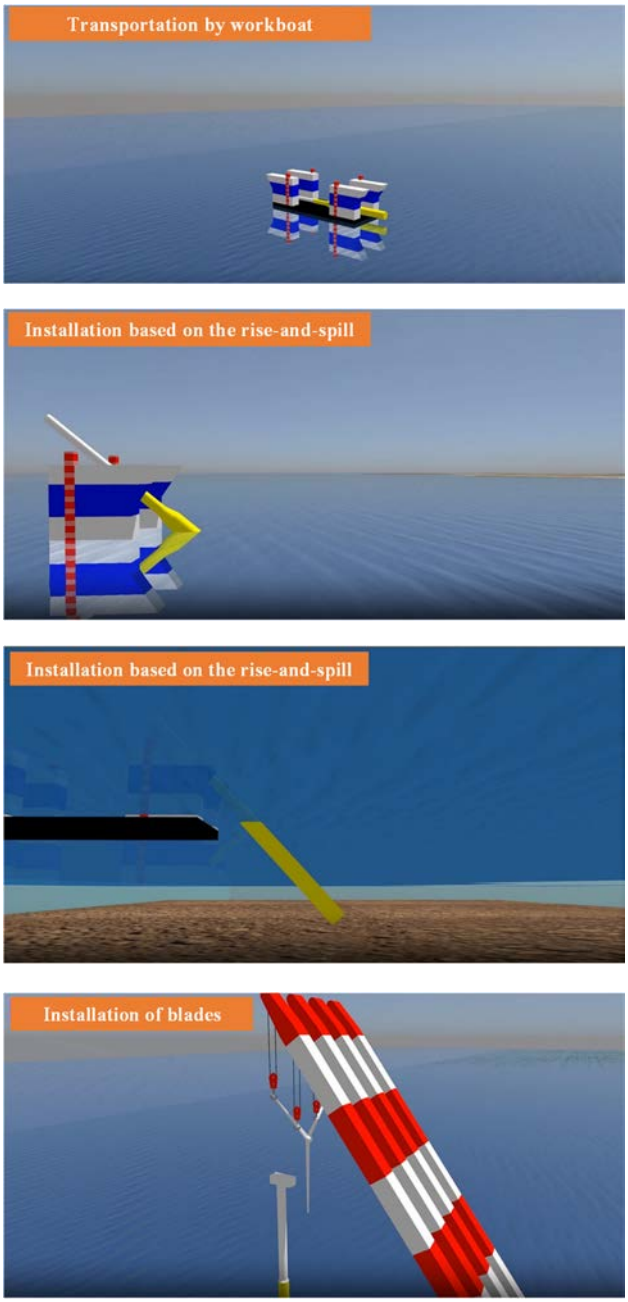


図-8 浮体式洋上風力施設の施工状況に関する動画資料 [15]