

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04409

研究課題名(和文)実空間統合形態に基づくユーザー没入型エネルギー情報伝達環境の整備手法の研究

研究課題名(英文) Research on the design method of immersive energy communication environment for user based on equipments integrated spatial form

研究代表者

石田 壽一 (Ishida, Toshikazu)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：20284581

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年「見える化」というキーワードが多くのフィールドで注目されている。建築・都市分野では、主に環境工学・エネルギー分野等で、不可視情報を可視化する目的で使用されており、ユーザーにエネルギー情報等の提供を行い、省エネルギーや居住快適性につながる行動喚起を目的としている。本研究の成果は実空間統合形態に基づくユーザー没入型エネルギー情報伝達環境の整備手法を研究することにより、都市・建築環境のユーザーに省エネ行動を喚起し、再生可能エネルギー利用の促進など、省エネルギーや居住快適性に対するリテラシー向上と脱炭素社会実現に資する環境整備手法を検証する点にある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、低炭素社会の実現に連携した都市・建築環境のスマート化に伴い、利用者の環境配慮行動を促すためのエネルギー情報可視化技術の普及が希求されているが、同技術の適用事例の多くは利用者属性や建築空間の特性とは独立した情報端末の設置に留まる。本研究の意義は、技術発展と共に凡常化し、建築空間で無意識化されたエネルギーと人のインターフェース・デザインに着目し、建築空間とエネルギー情報可視化の統合設計によって再構築をはかるべく、実環境設計を通じてこれを検証し、次世代型の脱炭素型社会実現に資する設計方法論上の新たな知見獲得を目的とする点に認められる。

研究成果の概要(英文)：In recent years, the keyword "visualization" has been attracting attention in many fields. In the fields of architecture, it is mainly used in the fields of environmental engineering and energy to visualize invisible information, and it is used to provide energy information to users for the purpose of encouraging actions that lead to energy saving and living comfort. There is. The result of this research is to encourage users in urban and building environments to take energy-saving actions by researching methods for improving user-immersive energy information transmission environments based on the form of real-space integration, and to promote energy conservation by promoting the use of renewable energy. The point is to verify the environment improvement method that contributes to the improvement of literacy for living comfort and the realization of a carbon-free society.

研究分野：都市・建築デザイン

キーワード：見える化 エネルギー情報可視化 エネルギーマネジメント アンビエントサイネージ カーボンニュートラル社会実装 省エネ行動変容 暗黙知

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

近年、「見える化」が多くのフィールドで注目されている。建築・都市環境においては、主に環境工学・エネルギー分野等で、不可視情報を可視化する目的で使用されており、利用者へ建物や都市に関するエネルギー情報等の提供を行い、省エネや居住快適性につながる行動を喚起する有用なリテラシー啓蒙機能が指摘されている。近年、再生可能エネルギーの利用に関連して、マイクロ・グリッド整備（以下 MG）に連携したエネルギー・マネージメント・システム（以下 EMS）の一部として、エネルギー情報可視化設備が併設されている。EMS は、天候・温度・湿度センサ等の情報や発電量と負荷変動の予測及びモニタリングによる再生可能エネルギーの効率的利用等を可能とするが、その機能の一部にエネルギー情報可視化を含めることで、ユーザーの主体的な省エネ行動変容を喚起し、エネルギーの効率的利用や居住快適性の向上に資する環境整備が求められる。しかし、現状はデジタル・サイネージなどの平面的なユーザー・インターフェース（UI）による情報ツールに限定されている。

「見える化」は本来、企業活動の経営管理手法を示すツールとして開発されたが、エネルギー消費における CO2 排出制御等の目に見えない情報に対する社会需要が増大した点や、情報通信技術の進化がエネルギー情報マネジメントの可能性を拡大し、東日本大震災後は、切実な実体験を通してエネルギーの持続性・冗長性が謳われ、再生可能エネルギーの推進や節電等の社会的意識が高まる中で、エネルギー情報可視化へのニーズは増加している。

従来、電力エネルギーは電力会社が一括して生産を行い、消費サイドは、生産者から電気を購入して使用するものであるが、近年、再生可能エネルギーの促進に伴って生産者と消費者の状況に変化が見られる。特に注目されるのは、生産者と消費者を組み合わせた「プロシューマー（A.トフラー）」の台頭である。産業革命以降、生産者と消費者が役割を明確に分離した結果、大量生産・消費行動が生まれた 20 世紀中葉までの状況に対して、トフラーは、情報化社会の未来では、生産者と消費者の技能の差が汎用的技術によって埋められることで、「プロシューマー」が生まれることを既に 1980 年代に予測していた。昨今、CO2 排出権取引制度や電力自由化を受け、節電量を「ネガワット」と考えることで発電設備を持たない消費者も「プロシューマー」の一部と考えられている。「プロシューマー」は、エネルギー制御だけでなく、生活の快適性や停電・災害時における備えに至るまで、自身で判断を行う。その際、主体性を持ったエネルギー・マネジメントを必要とすることからエネルギー情報をリアルタイムに制御する新技術やエネルギー情報の可視化は、専門知識を具備する従来のエンジニア・ターゲットに対して、専門性に依拠しない匿名的な「プロシューマー」の育成を促進し、カーボンニュートラル社会実現に不可欠なマス・ユーザーの創成に資する技術と見なされる。本研究は上記背景から、エネルギー情報に対する主体性を揺るプロシューマー層や、その反対に情報デバイスとの関与が脆弱な消費者など、広範なマス・ユーザーの省エネ行動を促進する啓蒙教育的な機能を有する「見える化」環境の最適化について新たな設計手法の必要性を想定し、本研究課題の着想に至った。

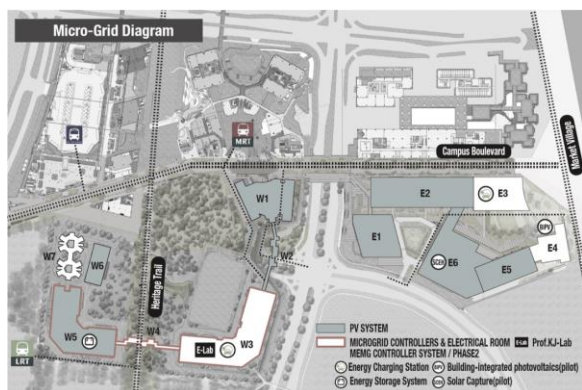
2. 研究の目的

本研究の目的は、実空間統合形態に基づくユーザー没入型エネルギー情報伝達環境（EIUICE: Energy Information User Immersive Communication Environment）の最適設計手法の検証である。

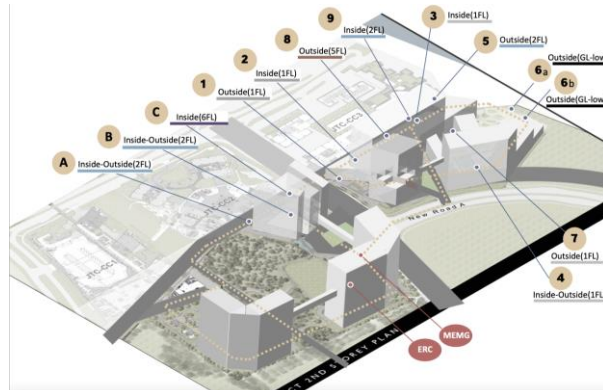
特に、アンビエント・サイネージ(AS: Ambient Signage)を対象に、マス・ユーザーの日常的なエネルギー・リテラシーの向上や緊急時のリスク対応の情報を固有の視聴覚体験を媒介に伝達するユーザー没入型の情報環境デザイン手法について、実際の都市街区への AS 設置を想定した計画設計手法の検証を行う。具体的な調査フィールドとして、シンガポール本島北部に計画されているシンガポール工科大学(SIT) プンゴル新キャンパス (PGC) 内に整備予定の MG / EMS に連携した EIUIICE を対象とする。同環境を対象とする理由は、同国が「見える化」技術に対してエネルギー需給状況のみならず、サイバー・テロ等の公共空間全般のリスク・マネジメント上の観点から日常的にマス・ユーザーのリテラシー向上や意識づけを高める課題に国家を挙げて取り組んでおり、MG連携型のEIUIICE | ASの検証は、カーボンニュートラル社会の実現に向けて高度な有用性が認められると考える。

3. 研究の方法

第一段階として SIT-PGCに整備予定の既存の MG 計画を把握し、エネルギー情報可視化設備に関する現行計画について実態把握を行う。次にAS 環境の最適配置について対象となる室(ルーム)・動線(コリドー)・公共滞留空間(アトリウム)・都市空間(スクエア)のスケール別に最適な環境を想定した設計手法の検証を行う。同時にスケールを上げて AS の設備機器設置スペース、居住者や来訪者等の一般マス・ユーザーのための見学スペース、エネルギーの見える化スペースの空間構成及び特定防火設備の配置計画の最適化などを検証し、SIT-PGC 内 MG におけるAS 配置最適化に関する全体構成案のドラフトを作成する(図1 a,b)



(図1a) マイクログリッド構成 | AS 配置案



(図1b) キャンパス内 AS 配置案

第二段階として AS を構成する設備の中で、特に AC/DC ハイブリッド制御システム切換盤の可視化仕様想定、AS 環境のコアとなる蓄電モジュール筐体の可視化仕様想定、EMS 設備(可視化・隠蔽用各種デバイス装置のレイアウトについて(1) 汎用プロジェクション装置 (2) 複数プロジェクター作動のシンクロ AS 配置 (3) 幾何学補正ソフトウェア (4) オートメーションプログラム用センサー配置の最適化を検証する。同時に AS用コンテンツ構成及びネットワーク連携として(1) 電力需給情報 (2) 天気情報 (3) 蓄電料と消費情報 (4) エリア内各所の消費電力 (5) DC/AC 制御システムの構成 (6) 各種インフォグラフィックスの詳細構成について検証する。

第三段階として上記各段階の各項目の実態仕様の把握及び想定配置の検証結果を基に、SIT-PGC内 MG 連携型 AS プロトタイプ案を作成し、実施設計に反映した際の有効性を検証する。

上記三段階の実態環境の最適化手法の検証を経て、AS環境の情報発信に対するユーザーの知覚形態構造に関する考察を加える。視環境の特徴に基づきユーザーの場面知覚形式を類型化するとともに、視環境毎に最適な UI デバイスの類型について考察を加える。検証においては、以下の知覚形態に関わる4軸を仮説的に導入し考察を加える。

(1) エネルギー情報を獲得する主体＝ユーザーは、ユーザー自身の視点移動によって視覚情報をモンタージュ(場面の統合)することで、探索的な情報獲得を通じた主体的観測を生成し、主観によって時間や意味が統合される暗黙的なエネルギーの理解する。

(2) エネルギーに対する理解には、ユーザが建築・都市空間に散在するアクティビティと集約的に提供されるエネルギー情報を結合する能力が求められる。その場合、必要となる結合子は、時間的結合子と翻訳的結合子である。

(3) 時間的結合子としてはユーザの視点が情報デバイスに固定される「独立的な時間」だけではなく、ユーザの視点移動によって出来事とエネルギー情報が混合する「継続的な時間」が必要になる。

(4) 翻訳的結合子に対しては、主に記号情報による情報デバイス上のコンテンツに重きを置いた「鑑賞者の固定的視点」だけではなく、物理的情報である「出来事」と記号情報としての情報がユーザーのシークエンス上にユーザー自身によってモンタージュされる「観覧者の移動的視点」を持ったハードウェア形態を検討する。

4. 研究成果

本研究を通じて、実空間統合型形態に基づくユーザー没入型エネルギー情報伝達環境に関する設計手法の最適化および知覚形態構造について以下の新規知見を獲得した。

エネルギー情報伝達環境が提示する知覚の構造の弁別性は、空間表象の4象限に分類され、それぞれは視聴覚情報環境の空間構成的特徴に符合する。

(1) 「独立的な時間(占有・没入)」と「鑑賞者の固定的視点」による象限は、ユーザーのシークエンスにおける断片的に占有された場面を示すことから、現状のエネルギー情報可視化の主流を占めるディスプレイ型と位置付けられる。

(2) 「独立的な時間(占有・没入)」と「観覧者の移動的視点」による象限は、ユーザーのシークエンスにおける、ひとかたまりに占有された場面の連続を示すことから、没入型と位置付けられる。

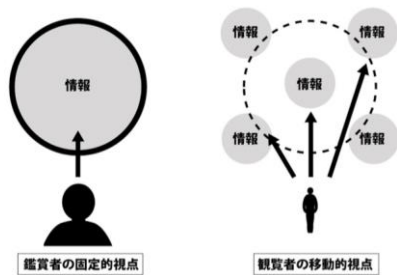
(3) 「継続的な時間(点在・探索)」と「鑑賞者の固定的視点」による象限は、ユーザーのシークエンスにおける、断片的な場面に埋め込まれた情報であるから、アクター型と位置付けられる。

(4) 「継続的な時間(点在・探索)」と「観覧者の移動的視点」による象限は、ユーザーのシークエンスにおける、ひとかたまりの連続した場面に対して重ねられる情報であるから、マルチプル空間型と位置付けられる。

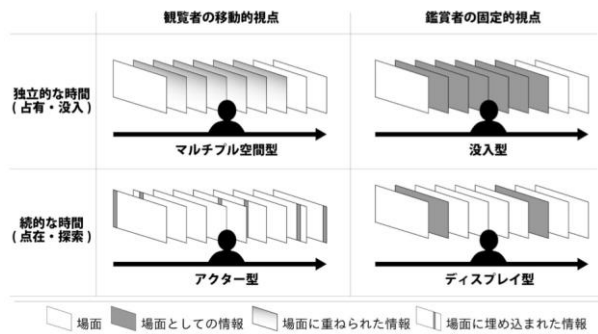
この空間表象の4類型において、「ディスプレイ型」は、ユーザーの視点が情報デバイスに固定されることで、環境から独立した断片的な時間として記号情報による概念的な観察を可能とする。現状においてエネルギー情報可視化の主流形態である。本研究では、現状に対して情報伝達環境を拡張するASを考察する上で、建築・都市空間に散在するアクティビティと集約的に提供されるエネルギー情報をユーザー自身が探索的に結合する情報表示環境を提示するASを「没入型」と分類する。同類型は、環境から独立しながらもユーザーが情報環境に没入することで、ユーザの主体的な運動によって

情報観測が行われる結果、情報が個人の主観でモンタージュされることを可能とする。「アクター型」は、環境の一要素として、断片的にユーザから観測される存在であり、「出来事」とエネルギー情報を生活風景に混合することで、比較的な観測を可能とし、情報が個人の主観でモンタージュされることを可能とする。「マルチプル空間型」は、日常における連続した風景をスイッチングで切り替え、空間の照度環境や色環境の変化等によって情報を暗示的に重ねることが可能になる。

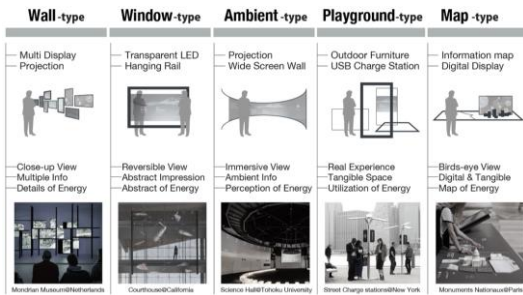
以上より、エネルギー情報可視化環境に関する知覚形態の構造化が可能になるとともに、それぞれの視環境の特徴に対応する視聴覚装置の類型も明らかにすることができた。実空間であるSIT-PGC内MGにおけるAS配置を想定することで、ASの配置検討以前に様々な現実的予見に対応することが必要であることも明らかになり、設置環境に応じたデザイン手法の進化的応答の可能性についても有用な知見を獲得することができた。



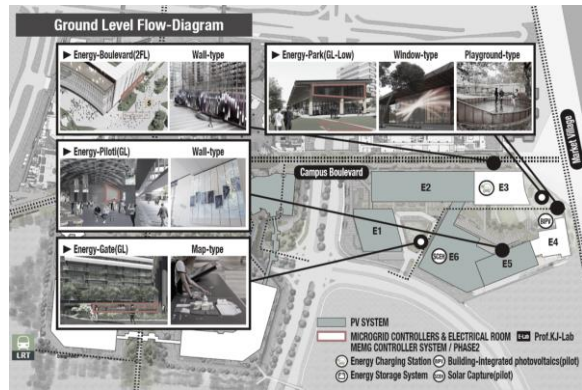
(図2) 情報表示形態と観測者の関係



(図3) 空間表象の4類型



(図4) 知覚構造の差異によるASの類型



(図5) MGとの連携を想定したASの配置案

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 岩田周也、藤山真美子、石田壽一
2. 発表標題 表象の展開 『写真のような仮想現実空間』の提案
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sayed Ahmad Mohammad, 石田 壽一, 藤山 真美子
2. 発表標題 Syntactic Spatial Analysis of the Corridor in Montessori School Delft and Nagele School
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤山真美子、石田壽一
2. 発表標題 シンガポールにおける集約的な緑化都市空間形態に関する研究 ” Skyrise Greenery ” 整備状況の特徴について
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mamiko FUJIYAMA, Toshikazu ISHIDA
2. 発表標題 Spatial Form for Intensive Urban Greenery in Singapore: Possibility of Skyrise Greenery as Social Capital for Non-energy Benefits toward a Low-Carbon Society
3. 学会等名 Urban Tropicality 2019, 7th meeting of the International Network of Tropical Architecture (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	藤山 真美子 (FUJIYAMA MAMIKO) (40638425)	東北大学・工学研究科・助教 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------