

博士論文

LED ピクセルマッピングによる
デジタルアートの心理効果

(The psychological effects of digital art
using LED pixel mapping)

2025 年 3 月

坂本 眞一

山口大学大学院創成科学研究科

概要

人類の歴史上、アート文化は、予てからあらゆる人々の感性を視覚や聴覚などの感覚刺激を介して揺れ動かし続け、高揚や沈着、意欲、多様な喜怒哀楽などの情感を励起させてきたが、DX（デジタルシフト）が進む現代において、感性技術の開発方向性も大きく変化している。例えば人のアクティビティをセンサー検知し映像や音声を制御したり、仮想現実（VR）や拡張現実（AR）を取り入れるなど、感性空間の在り方が再定義されている。アート空間はそこでしか相互作用することができず、人類の歴史上過去から受け継いだ各人が共有する遺伝子に刻まれる感覚・運動・情動・認知などの機能と、新たに生まれる新しい概念空間への橋渡しにより、人類進化の方向性を大きく決定づける要素、とも考えられる。

本研究では、デジタル演出照明技術の一つとして、シリーズ接続されている制御 IC 付 LED 球（ピクセル LED）を使用し構造物の稜線上あるいは表面の一部を覆ってマップ状にレイアウトし、各 LED にアドレスを付与し個別制御を行う「LED ピクセルマッピング制御技術」により、大規模に広がる空間演出として光と音をプログラミング制御したデジタルアート作品を制作、二つの異なるフィールドを対象に実際に設置し、各既存の環境材を活かしながら非日常性を促した上で各人の個性を超えた多数の人への共通な感性励起作用を検証し、さらにその生物学的基盤を考察することで今後の応用技術への拡張性に関する検討を行った。

【フィールド検証 1：地域観光イベントの来場者向上に寄与するイルミネーション技術要素】

山口県宇部市にあるときわ公園遊園地にて、LED ピクセルマッピング制御技術を活用したデジタルイルミネーション作品を制作・実施した。会場遊園地にある既存建物の稜線上あるいは一部を覆うようにピクセル LED を設置、また遊園地内プロムナード上の樹木にもピクセル LED を設置し、PC プログラミングソフトウェアを用いてオブジェクト単位やそのグループ同期により音楽に合わせた制御を行った。このイベントは毎年決まった時期に行われているが、そのうち 2017 年から 2019 年の 3 年間にわたり同様の手法

による作品（ただし内容は3年間で1つのストーリーとして構成）として展示したところ、平均来場者数を連続し増加に導くことができた。この成功の要因を定量的かつ客観的な要素から振り返り評価を行ったところ、LED球そのものの数ではなく、LED照明で作成したオブジェクト単位の「モデル」やその集合で同期単位と定義した「グループ」数の増加に依存している可能性があることが推量された。さらに、この作品は、冷たい強風が吹き荒れる厳しい冬季屋外環境にもかかわらずデジタルと自然の融合に重点を置いたデザイン力点にも多数の来場者を動員することができた原因が推察される。今後の応用展開につながる有効な技術要件や概念を提示することができ、LEDピクセルマッピングと音楽の同期制御による演出を介して大多数の人々の感性を共に活性化させることのできる基本技術として次世代開発への有効性を確認した。

【フィールド検証2：老人ホーム居住者の向社会性を導くデジタルアートと生物基盤】

多様化かつ複雑化する不確実な現代社会において、高齢者が自分らしく生きるための方法を見つけ、それを生涯にわたって実現し続けることを支援するシステムの実現が重要であるが、解決策の探索として、2023年12月に前章で感性の活性化機能における大規模実証で有効性確認を経たデジタル演出照明技術、とりわけ自然環境を基盤とし光による演出に焦点を当てたLEDピクセルマッピングイルミネーションを日本の高齢者住宅（軽費老人ホームタイプA）の中庭にて約2か月間開催を試みた。その結果、約97%の入居者が本制作物により気分が良くなったと感知することが会期直後のアンケートで回答を得た。また、普段は居室で過ごす時間が長い入居者が、食事や館内行事の際に食堂に集まる以外自室に戻りこもって過ごすことが多いところ、イルミネーション開催の時間帯には、イルミネーションが設置された場所へ移動したり設置場所の窓際でショーを鑑賞するなど、自発的な外出行動、すなわち向社会性の意欲の向上が確認された。本フィールド検証では高齢者の生活空間に対し温かみを持つ光を提供したいとの企画意図から黄色を帯びた白色光を中心に焦点を当てたが、これにより高齢者の視覚機能シフトに沿う色波長や双極性障害に効果が知られる同視覚生体分子機と情緒機能との生体基盤との関わりが示唆された可能性がある。

【2つのフィールド検証を繋いだ今後の展開の可能性】

以上2つのフィールド検証において、LEDピクセルマッピングイルミネーションが向精神効果をもたらす技術要素の包含を確認することができ、今後より詳細な要因と基盤解明を伴う支援技術開発を進めることが期待される。増加の一途を辿る生涯世代の精神機能障害の問題に対して、向精神薬治療や療育介入法の導入が国際的に進められているが、これらはあくまでも対処法にしかすぎない。これは精神機能の複雑性に対する客観かつ定量的評価術の未確立が最大の理由に挙げられるところ、LEDピクセルマッピング演出照明技術を活用することで、精神機能障害増加に対する課題を克服する糸口となる可能性がある。

目次

概要.....	iii
---------	-----

目次.....	vi
---------	----

第 1 章 包括緒言.....	1
-----------------	---

1.1 精神疾患症例増加の顕著な現代日本の情報化社会	1
----------------------------------	---

1.2 主要構成：二つの感性活動の向上が期待される具現化プラットフォーム課題検証	2
--	---

1.3 高齢者ホームのカテゴリー	3
------------------------	---

第 2 章 地域遊園地における冬季大規模 LED イルミネーションイベントにおける 3 年間の来場者増効果.....	5
--	---

2.1 緒言	5
--------------	---

2.1.1. イルミネーションイベント.....	5
--------------------------	---

2.1.2 冬季イルミネーション「TOKIWA ファンタジア」	5
---------------------------------------	---

2.1.3. 空間演出におけるピクセルマッピング技術とプロジェクションマッピングとの違い.....	6
---	---

2.1.4 仮説と目的.....	7
------------------	---

2.2 方法	8
--------------	---

2.2.1 TOKIWA ファンタジアへの作品展示	8
---------------------------------	---

2.2.3 電源および信号ケーブルの設置.....	10
---------------------------	----

2.2.4 ピクセル制御 LED の構成要素.....	11
-----------------------------	----

2.2.5 ライティング・ショー作成ソフトの選択.....	14
-------------------------------	----

2.2.6 LED コントロールドライバー	17
2.2.6 定常ストーリー設定	17
2.2.7 ライトショーの実際のセットアップ	19
2.2.7.1 初年度の 2017 年	19
2.2.7.2 2 年目の 2018 年, 2 年間の審査項目	20
2.2.7.3 3 年目の 2019 年—おとぎ話のようなストーリーと大きなツリー ..	23
2.3 結果	27
2.4 考察	30
2.5. 結語	32
第 3 章 介護施設の庭園における季節ごとの LED ピクセルマッピング	
グエンターテイメントによる高齢者の自発的な外出への促進効果. 33	
3.1 緒言	33
3.2 方法	35
3.2.1 軽費老人ホーム南庭の 3 つの異なるエリアのレイアウトデザイン	35
3.2.2 スケジュールとデザイン概要	36
3.2.3 三本桜のシャンパンゴールド電飾による単色演出	37
3.2.4 デジタル・ホリデー・ライトショー	40
3.2.5 高齢者とスタッフへのアンケート	42
3.3 結果	43
3.3.1 予定された期間中の実施達成度	43
3.3.2 高齢居住者からスタッフが聞き取ったアンケート回答	43
3.3.3 スタッフへのインタビュー	44

3.4 考 察	47
3.4.1 結果の概要.....	47
3.4.2 視物質など視覚生体基盤の関わり	47
3.4.3 気分障害と視覚および光療法.....	48
3.4.4 先行研究の酸化還元分子基盤との関連.....	49
3.4.5 高齢者気分障害からの回復効果への検討.....	49
3.5 結言	52
第4章 全体結言.....	53
謝辞.....	57
利益相反 COI に係わる開示.....	58
参考文献.....	59

第 1 章 包括緒言

1.1 精神疾患症例増加の顕著な現代日本の情報化社会

国際的な情報ネットワーク化社会への劇的な変化は、日常的に加速を続けている[1]。第 1 次から第 4 次産業革命に至る科学技術の変遷にかかる歴史の中で、現代の革新の鍵として猛烈な開発進化を続ける中核がデジタル技術である[2]。生涯世代の異なる多様な世代が相互に協力しながら産み出す創造的な社会づくりは、長寿化した日本に留まらず、国際的な重要課題である[3]。若齢世代のデジタル技術への理解と普及は非常に柔軟に進み続ける一方、現役中齢世代、特に高齢世代はその扱いの困難さから活用は遅れ、各世代間のギャップが進んでいる[4]。デジタル技術やデジタル技術を経て得られた情報というリソースが地球上を覆い、社会環境に大きな影響力を与える中、各世代間が分離しながらも相互作用し劇的な変化を続けている[5]。また、特に近年における生活環境の激しい変化は、デジタル技術の短期間による進化が最も大きな要因に他ならない、と考えられる[6]。

一方で、デジタル社会の進化—デジタルがもたらす情報の深化と積算は、単純性と複雑性とのギャップを埋めることができず、人工的に創造し豊かな生活機能の支援を提供するはずの機械が地球の自然への負の影響を与えてしまうという「進化への矛盾」が生じてしまっている[7]。単純性と複雑性のギャップに対して、その相互の連絡をデジタル技術がバランスよく橋渡しすることができれば、進化したツールが自らその課題を解決する“生成”を達成する可能性があり、科学技術の革新をもたらした生成 AI の幕開けの時代において、重要な概念となる可能性がある[8]。進化には、その過程で以前の状態と新規の状態が融合できずにしばしば分離し葛藤を起こすことがあるが、本来ある情報のまま人類が捉え続けているアナログ概念に対し、必要な情報だけを抽出するデジタル

概念の特性こそが DX（デジタルシフト）の過程における葛藤を呈しているのであろう[9]。これ迄は扱うことが諦められていた異なる多様な情報の多次元的な構造化は、その解決方向のひとつだと思われる。

1.2 主要構成：二つの感性活動の向上が期待される具現化プラットフォーム課題検証

著者は1998年より25年以上にわたり、マルチメディアエンジニアとして音と光による空間演出を生業として行ってきた経験を有する。これまでに蓄積した専門的知見を活用し、大規模及び中規模2か所で行ったデジタル・イルミネーションアートを通じたフィールド検証について報告する。各概要は次の通りである。

【冬季屋外で感性向上を導いた LED イルミネーションイベントの効果】

一つ目の課題は、地方の自然公園併設遊園地において、LED を用いたピクセルマッピングイルミネーション技術を駆使し、冬の夜のイルミネーションイベントにおけるメインエンタテインメント作品を企画・制作した。地域の代表的なイベントの担い手として、地域遊園地の既存建物や樹木にLEDを設置し、それらを表現するユニットやオブジェクト群を PC プログラミングで同期制御した。2017 年から 2019 年までの 3 年間で、この成功の理由を定量的・客観的な要素から見出すための振り返り評価を実施したところ、LED ライトによって生み出された多数のモデルやグループに依存する可能性があることがわかった。寒風吹きすさぶ厳冬期にもかかわらず多くの来場者を集めた本作品は、今後の展開につながる効果的な要素を提示することができ、デジタルと自然の融合による感動を向上させることができた。

【高齢者ホーム居住者の向社会性を促した LED ピクセルマッピング・エンターテインメント】

人間は加齢に伴い、ゆっくりと心身の機能を司る生体メカニズムの衰退が進み、その相互の機能低下が感覚・運動・認知などのあらゆる生体機能抑制を促すが、相互に影響を与え合う生体ネットワークで複合的に機能抑制が影響を与え、いつの間にか元気に生きる意欲を失ってしまうことがあり、気が付かないうちに慢性的な気分障害などの精神症状を自他ともに生んでしまうケースがある。多様化・複雑化する先行き不透明な現代社会の中では、高齢者が自分らしく生きる方法を見つけ、それを生涯にわたって支援し続けることが重要である。本検証では、2023 年 12 月に日本の有料老人ホーム（A 型）の中庭で、LED ピクセルマッピングを中核としたデジタル制御によるイルミネーションの企画・制作を実施した。その結果、同施設の入居者の約 97%が、当該イルミネーション作品を鑑賞したのち気分が良くなったことを実感した。また、同施設の入居者の多くは、食事や施設内行事で食堂に集まる以外は、普段は居室で過ごすことが多かったが、光のショーの時間帯には、イルミネーションが設置された場所に出向いたり、その場所の窓際に移動してショーを見たりするなど、自発的な外出が多く見られた。

1.3 高齢者ホームのカテゴリー

1.3.1 本研究の対象機関：軽費老人ホームと特別養護老人ホーム

ここで、本研究のご協力を頂いた社会福祉法人いずみ福祉会が擁する定員 50 名の A 型軽費老人ホーム「いずみ苑」と、別棟として最大 109 名が利用可能である特別養護老人ホーム「第二いずみ苑」について、施設種類の参考を交えて紹介する。

公的認定を受けた老人ホームにはいくつかの種類がある。前者「軽費老人ホーム」は、家庭環境や住宅事情の理由により、自宅で生活することが困難な 60 歳以上の人で、自分の身の回りのことができ、共同生活に適応した人を対象と

した公的施設である。食事付きの「A 型」、自炊型の「B 型」、食事と生活支援サービスがセットになった「C 型」（ケアハウス—自立型・介護型）がある。また、厚生労働省により平成 22 年度に創設された施設形態として、地価が高い都市部での整備を目的とした「都市型軽費老人ホーム」もあり、軽費老人ホームとしては 5 類型が存在する（表 1-1）。

一方、特別養護老人ホームは要介護 3～5 の認定を受けている者を入居対象とし、「終の棲家」となる生活の場と 24 時間の介護サービスの提供を目的とした公的施設である。

表 1-1 軽費老人ホームおよび特別養護老人ホームの全国基礎データ
(平成 4 年 10 月 1 日現在)

		施設数	定員総計	在所要者数	従業者数
軽費老人ホーム	A 型	188	11, 100	10, 206	2, 511
	B 型	13	568	362	40
	ケアハウス(自立型・介護型混在)	2, 038	82, 444	74, 888	19, 295
	都市型	91	1, 581	1, 536	592
特別養護老人ホーム		880	58, 864	50, 641	15, 539

(<https://www.mhlw.go.jpContent/12201000/000656699.pdf>)

フィールド検証 2 は、以上のようなカテゴリーに設定されている高齢者ホームの施設において、A 型軽費老人ホームと特別養護老人ホームの二つの機能を利用される居住者およびそのケアスタッフの研究協力により実施した。なお、本研究調査は対象者の居住の日常性を阻害することがないように考慮され、居住者に対する最小限のアンケートを従業支援員等による支援のもとに日常性範囲を逸脱しないように進められたものである。

第2章 地域遊園地における冬季大規模 LED イルミネーションイベントにおける3年間の来場者増効果

2.1 緒言

2.1.1. イルミネーションイベント

娯楽としての近代的なイルミネーションの歴史上最も古い例は、16世紀のドイツ宗教改革者マルティン・ルターのアイデアと考えられている。彼は、夜の森を歩いているときにきらめく星を見てインスピレーションを受け、木の枝にろうソクを飾ってその光景を再現しようと思い立った、とする記録が遺されている[10]。また、電球の発明者であるトーマス・アルバ・エジソンは、自分の発明を売り込むために実験室の周囲を電球で飾ったことが、イルミネーションそのものの始まりだともいわれている[11]。

現代の照明はLEDや有機ELなどの多様な光源[12]の出現により飛躍的な長寿命化を実現したほか、それら光源の波長特性も活かされ、多様化している[13]。人工衛星からの照明も地球上の人間の活動の一つとして地球外から見ることができ、波長成分分析までできる時代になった[14]。

このように高度に照明技術が発達した現代において、夜間の照明制御による集客効果はよく知られている[15][16]。また、エンターテインメントを通じたテーマパークへの反復来園を促進する効果的な手法など、人類の感性励起への効果がよく知られるようになった[17]。

2.1.2 冬季イルミネーション「TOKIWA ファンタジア」

山口県宇部市にあるときわ（常盤）公園は、江戸時代の1698年、新田開発に伴う灌漑用の人造湖として造られた。地域を代表する景勝地として1925年に開

園し、2008 年には「日本の都市公園 100 選」に選定された。同年の 2008 年には、市民有志が 20 日間にわたって冬のイルミネーションフェスティバルを開催し、期間中に一般公募で作品を展示した。これをきっかけとし、毎年規模や企画を変えながら続いているのが「TOKIWA ファンタジア」である。当初は会期中 3 万人弱の来場者でスタートしたが、現在は会期を 40～60 日程度に延長し、来場者数はおおむね 10 万人を超えている

(https://en.wikipedia.org/wiki/TOKIWA_Park)。

2.1.3. 空間演出におけるピクセルマッピング技術とプロジェクションマッピングとの違い

空間演出における「ピクセルマッピング」 [18], [19] とは空間演出における技法の一つであり、LED などの発光素子（ピクセル）を建物の稜線や間仕切りに沿ってシリーズ状に配置し、各ピクセルに固有のチャンネルを割り当て、シーケンスソフトウェアなどを利用しあらかじめプログラムされたシーケンスに従い、音楽や他の映像等と同期して発光させる技法をいう。現在、大規模集客施設の屋内外で開催されている代表的なマルチメディア空間演出手法として「プロジェクションマッピング」が挙げられるが、これは対象となる建物の形状と同一に有効映像エリアを区切り、1 台もしくは複数台の映像プロジェクターを使用してシームレスに映像を投影する技法であり、建物側から発光するピクセルマッピングとはほぼ正反対に位置する演出技術である。ピクセルマッピングで制作される演出作品はどうしても抽象的な表現に留まり、映像など高次元かつ大容量の感性情報を直接的に対象者に伝達するものではないため、映像情報として整合されたプロジェクションマッピングと比較すれば拡張現実性こそ乏しい。しかし、ピクセルマッピングでは設置したピクセルを自由に制御し、独立したピクセルを自在に発光させることができるため、対象者はこうしたピクセルの色や強弱を見ながら自由な情景（シーナリー）を想像することができる可能性を有する。

言い換えれば、プロジェクションマッピングが対象者にとって高次かつ多量の情報を受動する空間演出手法であることに對し、ピクセルマッピングは抽象的な表現から得られた情報により対象者が何らかの情景を想起し、感性を励起させる可能性を持つ能動的空間演出手法であるともいえる。

2.1.4 仮説と目的

前項で、「プロジェクションマッピングが対象者にとって高次かつ多量の情報を受動する空間演出手法であることに對し、ピクセルマッピングは抽象的な表現から得られた情報により対象者が何らかの情景を想起し、感性を励起させる可能性を持つ能動的空間演出手法」と述べたが、これは仮説である。

そこで、本研究では、この仮説を統計分析によりその信頼性評価を行うことで論拠を求めた。

プロジェクションマッピングは本研究では直接扱わないが、来場者は言うなればプロジェクションマッピングイベントにも行くことができた人々が、プロジェクションマッピングではなくピクセルマッピングの本イベントを選択した人々とすることができるかもしれない。本研究では、来場者数を上げることができた、すなわち、ピクセルマッピングにより感性を励起させる効果が3年間で上昇した、と仮定する現象に、相関解析によってより高い相関係数を示す指標を探し出すことで、感性励起向上に寄与した可能性のあるピクセルマッピングの構成要素を見出し、結果を導くことができた原因の可能性を推量することを目的とした。なお、可能性のある指標として、

- ・モデル数 Model Count
- ・グループ数 Group Count
- ・円錐ツリー高さ Conical Tree (Height [M])
- ・円錐ツリー直径 Conical Tree (Diameter [M])
- ・使用LEDピクセル数 Used Bulbs

の5つの要素が候補因子に考えられたので、各年設置実績数データを対象に、感性励起向上結果を示す来場者数と最も高い相関係数を示す指標因子の探索を行うことを試みた。

2.2 方法

2.2.1 TOKIWA ファンタジアへの作品展示

ときわ公園遊園地の既存アミューズメント施設の中で、人々を魅了する戦略的な企画ツールとして、またイルミネーションイベントである「TOKIWA ファンタジア」のメインイベントエリアとして、既存の建物「おとぎの城（2019年「呪われた城」に改称）」をピクセルマッピングのターゲットに選んだ。補足として、このメインの建物だけでなく周囲の12本の公園に点在する木々も同じLEDピクセルマッピングで装飾し、当該建物と連動させた。

このイベントは毎年11月下旬より翌年1月上旬までの間行われ、合計3年間にわたり制作を行った。この期間、デジタルイルミネーション演出の内容やスケールを毎年少しずつ変更しながら、3年間の実践検証による来場者数の変化を振り返ることで、来場者数の増減に影響を与えたと思われる作品の要素とその効果を推察した。なお、これらの検証は「ときわファンタジア」の第10回（2017年）から第12回（2019年）まで合計3回にわたり主要なイルミネーション作品の企画・実施を宇部市より受託した上で行った。

2.2.2 大規模ピクセルイルミネーションのデザイン構成



図 1 「おとぎの城」ピクセルマッピング演出の構想 CG

図 1 は、イルミネーションの計画段階で作成した CG である。既存建物である「おとぎの城 / 呪われた城」の建物をベースに、その稜線に沿って LED を配置する計画を行った。さらに、高さ 6 メートルの木（公園所有）も個別に制御することにした。以下に電気制御回路計画とその概要を記述する。

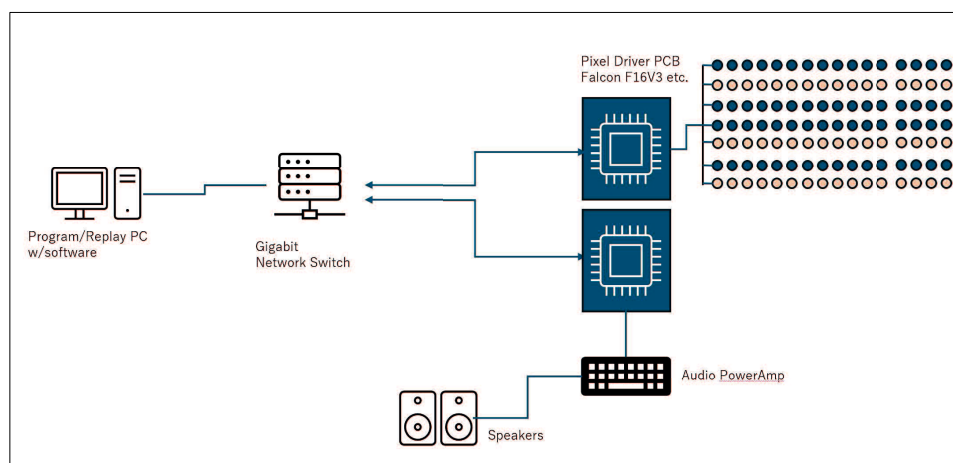


図 2 大規模 LED 照明ネットワークのブロック図

ときわ遊園地の大型シンクロイルミネーションとして、「メルヘンチックな建物」「6mの大木」「周辺の12本の木」を同一ネットワーク環境下で制御した。多数配置されたLEDを個別に制御するため、制御可能なICを搭載したLED（画素制御LED）を使用した。また、適切な制御基板を使用し（図2）、シーケンスソフトを使った音と光のコンビネーションショーである。

2.2.3 電源および信号ケーブルの設置

下図は、「おとぎの城 / 呪われた城」の建物と12本の木すべてを同期演出するためのネットワーク敷設図である。各エリアに対してCat.6ケーブルがとスピーカーケーブルを敷設するインフラ工事が事前に行われた。（2017年8月～9月）

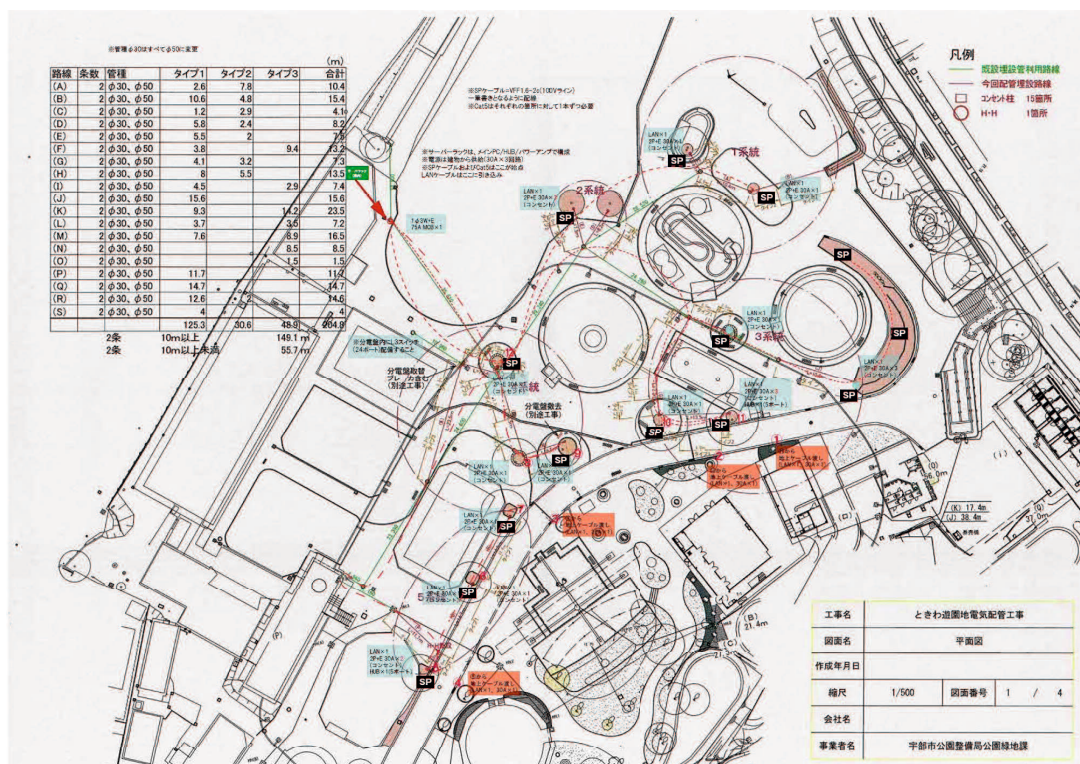


図 3 ときわ遊園地LED照明設置配線図

2.2.4 ピクセル制御 LED の構成要素

画素制御 LED とは、LED を個別に制御するために必要な「アドレス」情報を持つ制御回路を内蔵した LED、あるいは制御 IC+LED を不可分の回路として構成した LED のことである。最終的な製品の形態は、弾丸状の画素制御 LED をケーブルに沿って一定間隔で直列に接続した「ストリング・モデル」（図 4、5）か、テープ状のフレキシブル基板に画素制御 LED を一定間隔で実装した「LED ストリップモデル」（図 6～8）が市場で主に流通している。今回のプロジェクトでは、この 2 種類の LED を使用した。

2.2.4.1 ピクセル制御 LED ストリング・モデル

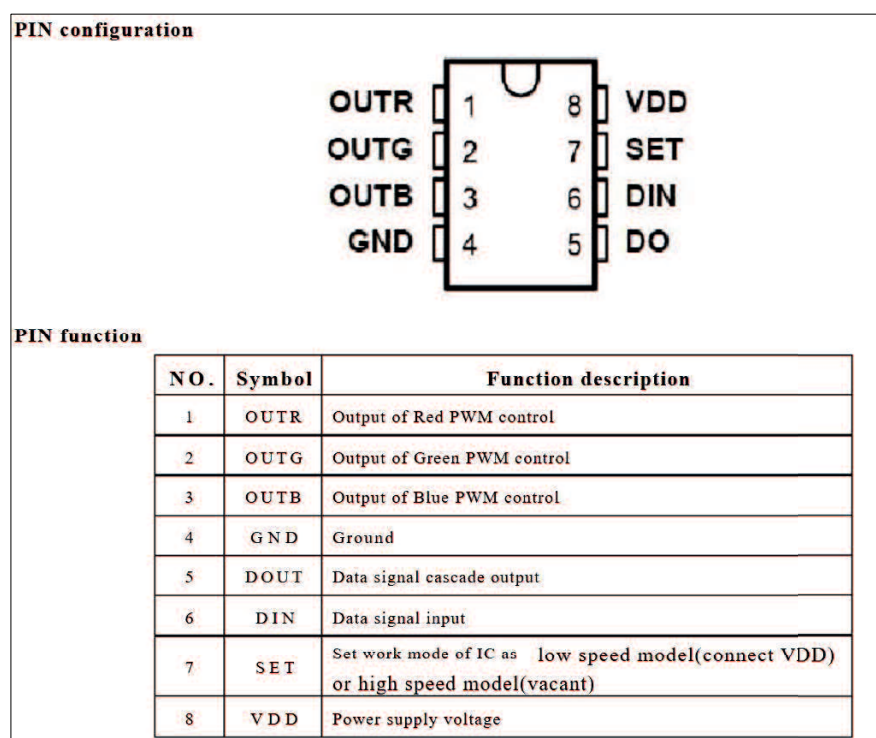


図 4 WS2811 のピン配置と機能

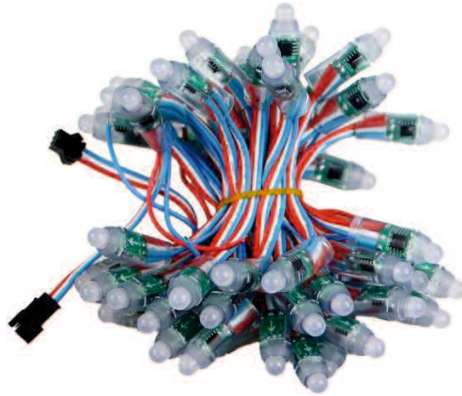


図 5 ピクセル LED ストリング (50 個, 70mm ピッチ)

図 4 と図 5 は, LED 画素制御 IC (World Semi CO., LTD WS2811) のピン配置と機能を示している

(<https://www.alldatasheet.jp/htmlpdf/1132633/WORLDSEMI/WS2811/1137/2/WS2811.html>)。LED を同一基板上に実装し, 長さ 7cm のケーブルで直列に接続することで「LED ストリング」を構成している。本製品は, 木や雪の結晶など平面的なものや立体的なものに使用した。

2.2.4.2 ピクセル制御 LED ストリップモデル

画素制御 LED のもう一つの形態は, 通常のパッケージ LED デバイスに制御 IC を追加したものである。

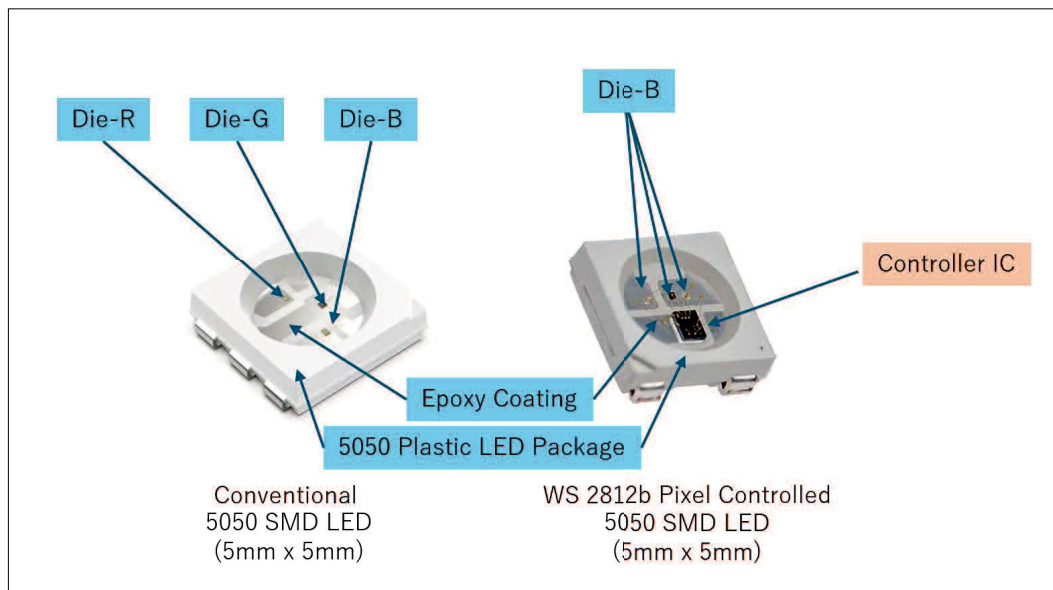


図 6 従来のパッケージ LED とピクセル制御 LED の比較

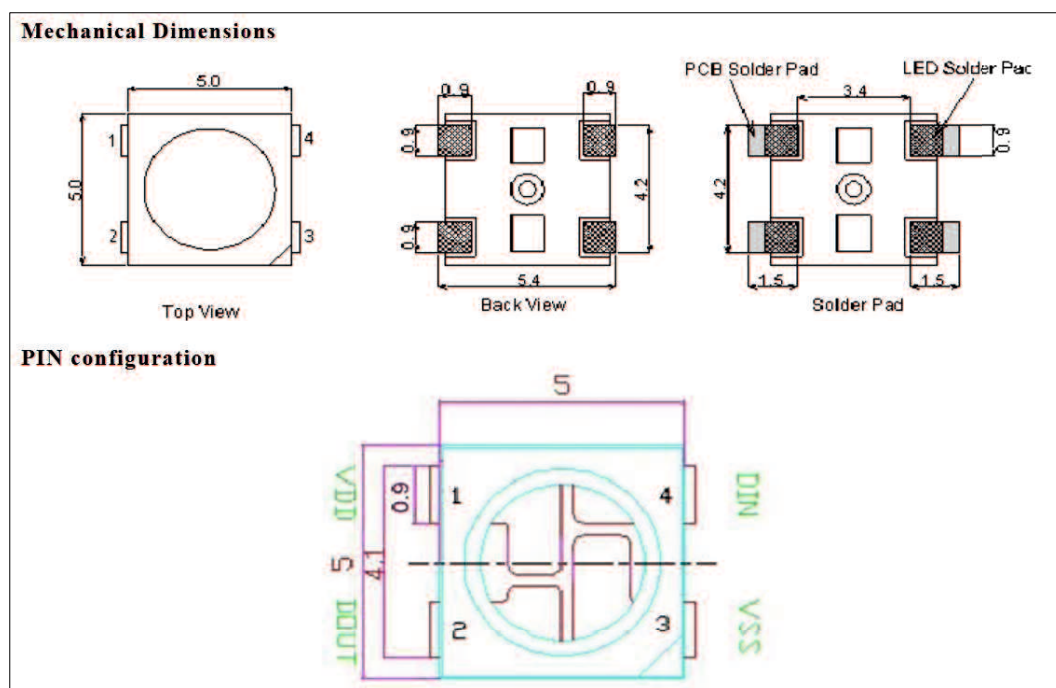


図 7 WS2812B の寸法図

(<https://www.alldatasheet.jp/html-pdf/1179113/WORLDSEMI/WS2812B/1139/2/WS2812B.html>)



図 8 WS2812B 5m ストリップライト

図 6, 図 7, 図 8 は複数の LED メーカーから発売されているもので, 今回は状況に合わせて, 株式会社ワールドセミ製の 5050 パッケージ型 LED「WS2812B」を搭載した 5mLED テープライトを使用した。

2.2.5 ライティング・ショー作成ソフトの選択

ショープログラムの制作にあたり, 2017 年現在, ピクセルライティングでショーを作成し, 商用・非商用を問わず実用性の高い 3 つのシーケンスソフトを比較した。

【マドリックス (MADRIX) 】

MADRIX は, 主に映像をピクセルに変換して再生するソフトウェアで, Art-Net (イーサネットネットワークの UDP/IP を利用して DMX, RDM, タイムコードなどの信号を送る規格。DMX が 1 回線あたり 1 ユニバース (512 チャンネル) まで伝送できる規格に対し, Art-Net4 では 32, 768 ユニバース (16, 776, 216 チャンネル) まで伝送できる) に対応している。主に舞台関係, 特に映像を扱うユーザーがイベント等で即興的に使用することが多い。カレンダーオートメシ

ョンやトリガーイベント（あるきっかけで演出が始まるなど）には対応していない。



図 9 MADRIX の GUI

(<https://www.colordreamer.com/colordreamermadrix-software-agent-now/>)

【ライト・オー・ラマ (LOR) 】

Light-O-Rama (LOR) は、市販のクリスマスイルミネーション DIY ソフトである。現在、日本においても多くのイルミネーション企画施工会社がこのソフトを商用ベースで使っていることで知られている。

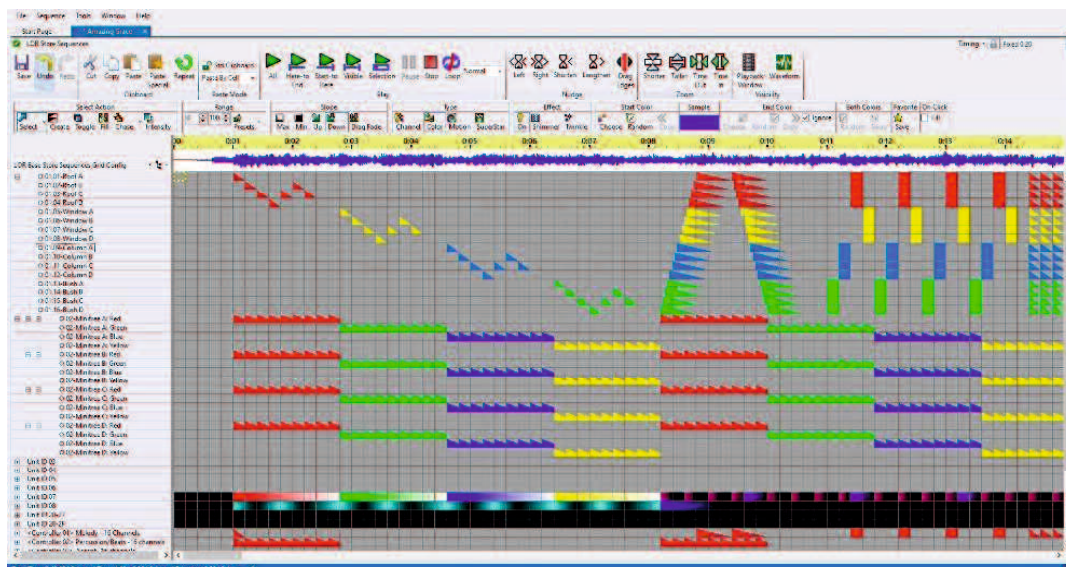


図 10 Light-O-Rama (LOR) の GUI

【エクスライツ (Xlights)】

Xlights は、前述 LOR ユーザー向けの “寄付型ソフト” である。LOR との互換性を保ちつつ、外部からのコントロールが可能であったり、プレビュー画面が秀逸であるなど、LOR と比較して優位な点が多く見受けられる。

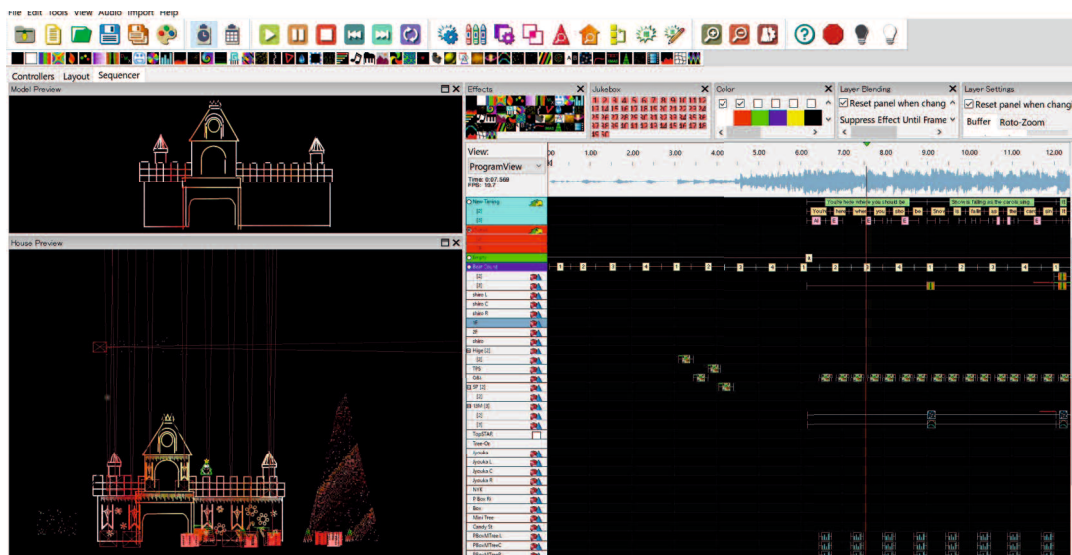


図 11 Xlights の GUI

以上の3つのソフトを比較検討した結果、操作が簡単なXlightsを選んだ。

2.2.6 LED コントロールドライバー

ピクセル制御モデルとして市販されているLED制御ドライバーのほとんどは、表面実装部品がすでに実装されたベアボードとして販売されている。今回のプロジェクトでは、実際の制御基板としてPixel Controller社（アメリカ合衆国）が販売している「Falcon F16V3」を使用した。

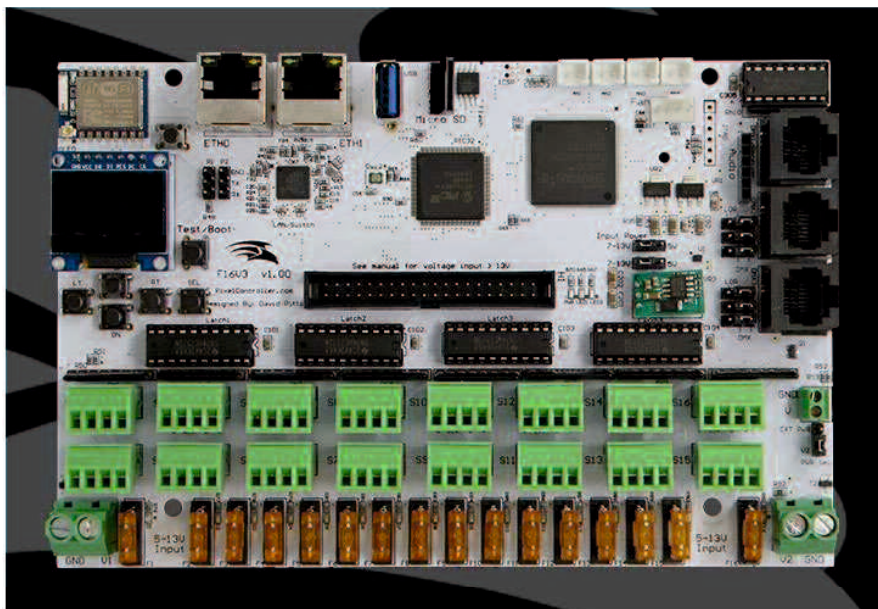


図 12 Falcon F16V3 制御ボード

2.2.6 定常ストーリー設定

ストーリー性を持たせるため、翌年以降に蓄積・改良できるよう3年計画とし、テーマは「イマジネーション」とした。約15分のメインショーと約5分のミニショーを組み合わせ、毎日以下の時間に流した。

表 2-1 は、約 15 分のメインショーと約 5 分のミニショーを組み合わせたスケジュールで、期間中、1 月 1 日を除いて毎日演出が行われた。このスケジュールは変更されることなく 2018 年と 2019 年に引き継がれた。

表 2-1 ライトショーの 1 日のスケジュール

時間	内容	時間	内容
17:00	イルミネーション点灯	19:30	ミニショー
18:00	ミニショー	20:00	メインショー（2 回目）
18:30	ミニショー	20:30	ミニショー
19:00	メインショー（初回）	22:00	イルミネーション消灯

2.2.7 ライトショーの実際のセットアップ

2.2.7.1 初年度の 2017 年

2017 年は 3 年間、LED ピクセルマッピングの主要なインスタレーションと基本的なイルミネーション作品を制作・提供した。

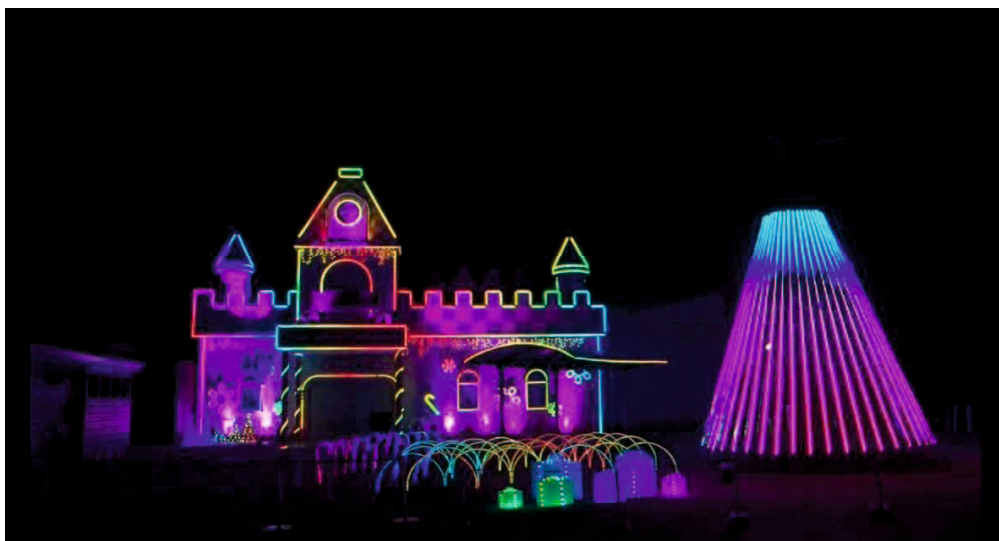


図 13 「おとぎの城」イルミネーション全景



図 14 「おとぎの城」LED 群と同期演出している 12 本の木に取り付けられた

デジタル RGB ストリング LED

2.2.7.2 2年目の2018年，2年間の審査項目



図 15 2年目となる2018年作品の演出情景

2017年の開催に続き，2年目の今年は「ときわエシカルクリスマス」と題した。倫理や道徳を表現する言葉として「エシカル」という考え方が日本でも徐々に浸透しつつあり，その流れを受けて持続可能なイルミネーションイベントとはどのようなものかを考え，以下の3点に着目した。

1. 電球の数（規模）やギミック的な演出にこだわった例が多いが，統一感に欠け「毎年使い捨て」を期待させる印象。競争の方向性（質）が問題。
2. 全体的に統一されたテーマがなく，何がテーマなのか来場者に正しく伝わらなかった。サステナビリティの問題。

3. 社会全体を席卷したウインターイルミネーション現象の裏で、中国製を中心とした機器の故障や廃棄物の増加が問題となっていた。環境への配慮の必要性。

こうした反省点から、機材をグレードアップしたり、LED 電球を増やすという方向性ではなく、2018 年のこのイベントに何が必要かを考えることにした。

〔ときわファンタジアは“技術要素”である。〕

- ① 今後も続く市民参加型のイルミネーション。
- ② 限られた資源を有効活用する再利用可能なイルミネーション。
- ③ 年齢を問わず楽しめ、喜びを分かち合えるイルミネーション。
- ④ 官民協働の資金調達により実施されるイルミネーション。



〔こうすれば面白いかもしれない。〕

- ① 市民主導のコンテスト形式の全国イルミネーション。合計数百万個の LED ライトが華やかに使われ、統一感のある装飾を作り出している。
- ② 全国規模のデジタルイルミネーション（音と光と映像を駆使した照明ショー）が毎日開催されている。メインショーのほか、1 時間ごとにミニショーも開催。
- ③ クリスマス・フェスティバル（週末のイベント例：ワールド・キッチン、声楽コーラス・コンサートなど）
など、さまざまなイベントが年末年始を盛り上げる。

図 16 初年度の結果を振り返っての課題と解決策のまとめ

技術的な改良として、初年度にムービング YORK ライトが導入されたが、同期演出していたのは一部だけだった。これらのムービング YORK ライトの動きをそのまま Xlights のシーケンスに組み込み、連動できるようにした（計 10 台）。

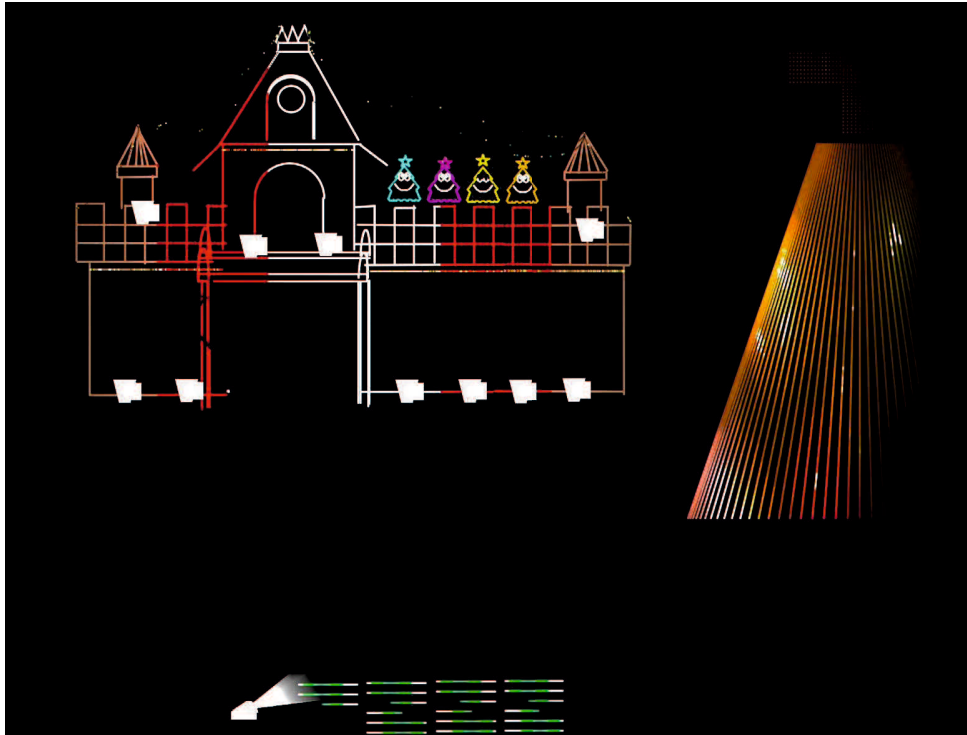


図 17 Xlights ハウスレビュー (2018)



図 18 XLIGHTS-2018 メインショーのシーケンスデータ

2.2.7.3 3年目の2019年ーおとぎ話のようなストーリーと大きなツリー



図 19 アップグレードされた円錐ツリーの大きなフレーム

3年間の集大成となる2019年の演出では、“進化する演出の集大成のイメージ”を重視し、装置をレイアウトした。加えて、時計の中の人形を連動させることも試みた。この建物は2018年まで「おとぎの城」という名称で運営されていたアトラクションだったが、2019年に「お化けの城」としてリニューアルオープンした。この建物を探索すると、上部に時計仕掛けのような仕組みを発見した。時計の下側にある開き戸の中に王様とお姫様の人形が収納されており、かつては決められた時間になると施設内に設置された特殊なコンプレッサーが作動して自動的に扉が開き、王様とお姫様が登場（油圧で前方に押し出される）していた。故障のため長年使用されていなかったが、演出チームによる調査の

結果、モーター駆動部やヒンジ部の損傷が進み長期間の使用には耐えられないものの一定期間のみなら作動させることができると判断した。コンプレッサーを遠隔操作できればシステム自体は動く判断し、DMX を使った接点制御でコントロールすることとした。また、ショーのストーリーとして、王様とお姫様が登場するシーンを作った。

従来は高さ 6m のツリーに画素 LED を配置していたが、同じ遊園地内の別の場所で使用していた高さ 13m のツリーを更新することになった。その結果、使用画素数が 5,300 から 12,000（使用チャンネル数：15,900Ch から 36,000Ch）へと大幅に増加した。ツリーのサイズを大きくすることで、迫力ある映像や画像を映し出すことが可能になった。



図 20 Xlights のハウスレビュー (2019)



図 21 Xlights-2019 メインショーのシーケンスデータ

表 2-2 3 年間の材料物量情報

	2017	2018	2019
モデル数	182	195	252
グループ数	16	24	30
円錐形のツリー（高さ[M]）	6	6	13
円錐形のツリー（直径[M]）	6	6	7
使用 LED ピクセル数	28, 163	35, 873	35, 424

イルミネーション作品の設計において、1本のツリーやオブジェとしてのモチーフなど、装飾の単位で連携するLED電球とRGBの3原色を「機種」と定義し、複数の機種をまとめて制御する「グループ」の数を2017年、2018年、2019年ごとにまとめたのが表2-2である。LEDピクセルマッピングが一単位とするオブジェクトのモデル数およびグループ数は、3年間で少しずつ増加させるデザイン戦略となった。LEDチャンネル数は2017年より年順に28,163, 35,873, 35,424個

で、2017 年より 2018 年に約 1.4 倍に増やしたが、2019 年には少しの減弱方向をとった。円錐形のツリーに関しては、2017 年と 2018 年は同じものに対して、2019 年に大きなサイズのツリーに変更した。

2.3 結果

各年度のイルミネーション・エンターテインメント作品は、期間中途切れることなく発表され続け、その実施した作品の記録動画は以下の URL アドレスからアクセスし確認することができる。

2017: https://youtu.be/Ul-j6P08lo4?si=9CCy-6l_SZHvpYF-

2018: <https://youtu.be/EquYU0wBRe0?si=SWizJERQeszZJbVq>

2019: <https://youtu.be/LIa4cfVPul8?si=a0upG6NRtACSzqLE>

各年の開催期間中に TOKIWA ファンタジア実行委員会（宇部市）が行ったアンケート調査では、制作物の内容について以下のような結果が得られた。

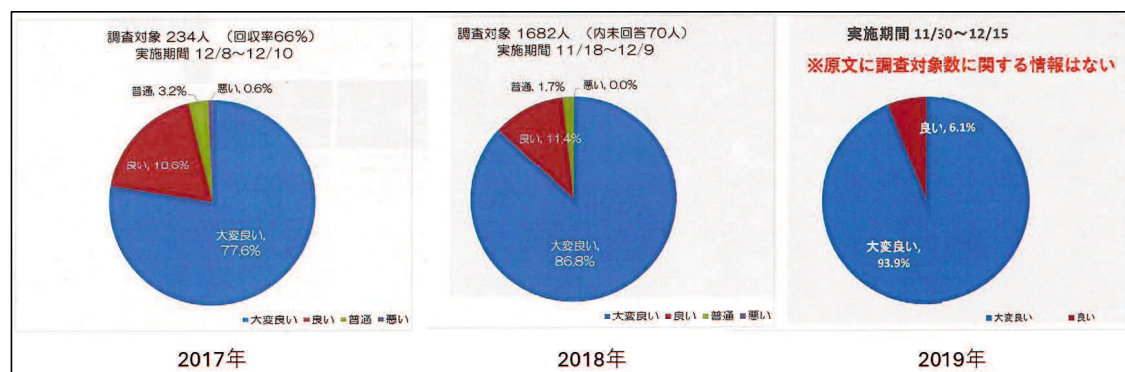


図 22 TOKIWA ファンタジアライトショーに関する評価

(TOKIWA ファンタジア実施報告書 2017, 2018, 2019(宇部市), 一部筆者加筆)

これによれば、1 年目ではコンテンツの内容的に「悪い」「普通」と答えた人が 3.8%であったのに対し、2 年目は同様の回答は 1.7%に、3 年目で 0%となり、3 年目では回答者すべてが「良い」「大変良い」と評価した。

次に、開催期間中の各年の総入場者数を日数で割って算出した1日あたりの平均入場者数を調べたところ、2017年から2019年までの3年間で連続して大幅に増加した（表2-3、図23）。

表 2-3 3年間の来場者数

	2017	2018	2019
総来場者数 [人]	120,700	114,800	118,000
期間 [日]	56	49	44
1日の訪問者数	2155	2343	2682

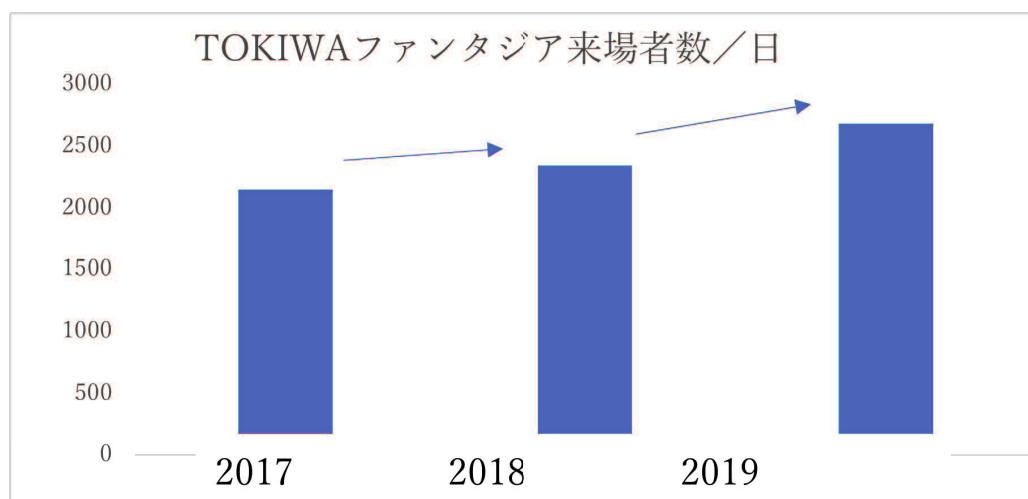


図 23 平均入場者数の記録的推移

上記の来場者数の増加は、単に制作物で提供したコンテンツの内容のみにとどまらず、広告等別の効果が働いている可能性があったため、各年開催期間の平均気象情報を調べたところ、以下のものであった。

	降水量計(mm)	平均気温(℃)	最高風速(m/ s)
2017	1,315	16.1	14.5
2018	1,558	16.1	18.6
2019	1,402	16.8	21.4

表 2-4 宇部市における 12～1 月平均気象データ

また，感性励起向上結果を示す来場者数と最も高い相関係数を示す指標因子の探索として，先述した 5 つの要素について相関関係を調べたところ，以下の結果が得られた。

表 2-5 LED ピクセルマッピングの構成要素と来場者数の経年相関関係表

	モデル数	グループ数	円錐ツリー (高さ[M])	円錐ツリー (直径[M])	使用 LED ピクセル 数	1 日当 たり来場者 数
2017	182	16	6	6	28,163	2,155
2018	195	24	6	6	35,873	2,342
2019	252	30	13	7	35,424	2,681
相関係数 R	0.983337	0.969501	0.9365	0.9365	0.737919	

2.4 考察

宇部市の歴史あるときわ公園遊園地で 2008 年から開催され、地域最大級のイルミネーションイベントとして知られていた「TOKIWA ファンタジア」は、2017 年の第 10 回から 2019 年の第 12 回まで、毎年来場者数を伸ばしていた。来場者数の漸増傾向は、2017 年から 2018 年よりも、2018 年から 2019 年の方が顕著であった（表 2-3，図 22）。来場者数増加の最大の要因は、イベントのメインである当デジタルイルミネーション作品制作展示であったといえる。

次に、これらの来場者がおそらく繰り返し来場し、イベントについて他の人に伝えることで新たな来場者を呼び込んだという客観的かつ定量的な理由について考えてみたい。来場者数の増加には、音楽[20] [21]や気候[22]などさまざまな要因が寄与したと考えられるが、LED 電球の数は特段の相関こそしていなかったものの、LED 電球を 1 つのオブジェクトとしてまとめて使用する作品数【モデル数】およびそれらのモデルを同期制御して 1 つのセットとして扱う【グループ数】が毎年増加していることが主な要因である可能性がある。これらの LED 電球を使用した作品のモデル数とグループ数の増加は、作品の複雑な制御・調整機能を増加・多様化させ、より細やかなイメージ表現への移行につながったと考えられる。本研究で設定した目的通り、統計的推測に基づく因子候補が見つかったことから、プロジェクションマッピングよりもピクセルマッピングの優位性を上げるためには、単なる LED 球数を徒に上げるような SDGs に反する対策よりも、モデル数やグループ数を上げることに焦点をあてたほうが効率よく複雑性の向上効果獲得を進められる目標が確認された。なお、先行研究において、デジタル照明アートでは、この多様性と複雑性の拡大が最も効果的に感情を高める方法であると考えられている[23]，[24]。

さらに、1年目から2年目への来場者増加数よりも2年目から3年目への来場者増加数の方が大きな理由は、作品の要素である円錐形のツリーの高さが6mから13mに高くなったことや、LEDライトの追加と表現のバリエーションの増加（表2-2下半分の円錐形のツリーのデータ）によるものと考えられる。このツリーは、ウィンターシーズンの典型的な屋外モチーフである。

本研究の限界は、来場者個人の感情への影響、新規来場者数やリピーター数の追跡、イルミネーションやサウンドなどの作品のより詳細な要素の影響については調査していないことであるが、心理状態を定量的に評価することは困難である。一方で、40～60日間の期間に10万人規模の来場者数というスケールの検証データに基づいている点が、この研究の強みである。実際、この研究において、実施し得られた結果を見直す良い機会を得ることができた。もし、作品の状態によってはこれほど多くの来場者が集まらないという結果になっていた場合、見直すことはできなかったかもしれない。毎年着実に集客数を伸ばす確かな実績を得ることができたことに感謝し、この作品の中で成功要因を探る評価を行った。

また、筆者が所属する研究室にて、当イベントで創り出す小規模な投影作品が認知症高齢者の認知症予防に有効であることを別に先行する実証実験で確認している[25]。光と自然[26]をデジタル制御で融合した世界観は、子供から高齢者まで、あらゆる年齢層の人間の本能的な感情を向上させ、促進する可能性がある[27]。外界からの複雑な環境情報を五感で認知しながら、視覚と聴覚を複合的に刺激する作品の効果は、発達[28]、[29]、[30]脳科学にも有効であることが示されている。今後は、高齢者の認知症予防など、より日常生活に役立つピクセルマッピング技術の応用を検討していく予定である。

2.5. 結語

地域の歴史ある公園で、2017年から2019年までの毎年、冬のイルミネーションフェスティバルのメインイベントを企画・開催し、約40日から60日間の期間で実施した。ピクセルマッピング技術を用い、遊園地内の既存の建物や樹木に個別アドレスを付与してプログラミング制御した多数のLEDピクセルを設置し、毎晩光と音の作品を上演した。イベント期間中の厳冬の環境下でも無事に実施でき、来場者数は年々増加し、10万人以上を動員することができた。来場者数増加に影響を与えた技術的要因を調査したところ、LED照明の機種の複雑さや多様性、モデル数、モデルをグループ化したグループの数との相関が強い可能性が高い。また、冬のイベントの象徴であり、作品のアクセントともなっていた円錐形のツリーの大きさも影響している可能性がある。

もっとも、本研究の限界として、広報効果など他要素の寄与が考えられることは否めない。その検証は別途の研究を要するものである。

本研究の重要な点は、この困難な来場者数向上が達成できている点である。来場者数の向上は主催者らや地域における多数の方々の絶対的な期待であり、この指標向上は毎年全注力で実施されている。補足までに、この3年間だけ特別な広報に関わる変化についての情報は特に得ていなかった。

この困難な向上結果を得た指標に基づくあらゆる要因分析を行うことは、ひとつの論拠に基づく推論となり、今後の活動における原因と結果の統計分析に基づく予測情報を活かした新たな活動を支える重要な仮説を得たことになる。さらに、この重要性を博士論文研究として振り返りと定量分析評価を通して確認することができたと考える。

この検証を通じて、大規模な来場者アンケートを基に、今回のイルミネーションイベントの成功要因を概説し、今後の展開のヒントとなることを期待する。

第3章 介護施設の庭園における季節ごとのLEDピクセルマッピングエンターテイメントによる高齢者の自発的な外出への促進効果

3.1 緒言

世界保健機関（WHO）の報告によると、世界で最も早く高齢化が進む日本では、最近、社会から引きこもる高齢者が増えている [31] [32]。厚生労働省の「ひきこもりの評価と支援のためのガイドライン」（2010 年 5 月）によると、ひきこもりの厳密な定義は以下の通りである [33]。ひきこもりとは、様々な要因によって、就学、就労、家庭外での交流などの社会参加を避け、原則として半年以上自宅などに引きこもる（他人と交流せずに外出することは可）現象を指す。

内閣府のひきこもり実態調査によると、15～39 歳の若い世代では 1.57%（2015 年）、40～64 歳の中高年世代でも 1.45%（2018 年）とほぼ同水準であった [34], [35] (<https://www.mhlw.go.jpContent/11601000/000779362.pdf>)。

さらに、老年期のうつ病のリスクが高まる背景として、社会の複雑化・多様化による社会的寛容性の欠如 [35] から、社会的適応力の低下があると考えられている [36] [37]。高齢者が生涯を通じて学び、成長し続けることを奨励する社会が理想的であるべきであり [38] [25]、このような動機付けは認知症の予防に非常に効果的であると考えられている [39]。

老人ホーム等に入居している高齢者のうち、本人の認知機能の低下により支援者なしで外出しない（できない）生活を送っているケース [40] がみられるが、これは外出を拒み、仕事や学校などの社会活動への参加を拒否するタイプのひきこもりとは異なる。しかし、一人で部屋から出られないと、他人に助けを求めることにためらいを感じ、それが二次的な要因となって社会から引きこもりがちになることもある。このように、様々な背景事情から家に閉じこもりがち

になり、その結果ネガティブな交流が引きこもり状態をさらに深刻化させることがある。そこで、高齢者やその周囲の人々の外出意欲を喚起することを目的に、高齢者施設の中庭に設置したプログラム制御型LED照明アートの技術が、すべての人々に外界への関心を喚起し、外出を促す技術として有効であることを施設で生活する高齢者の協力を得て検証した。

今回、社会福祉法人いずみ福祉会の協力のもと、軽費老人ホーム「いずみ苑」においてイルミネーションイベントを実施し、入居者の行動にどのような変化があったかを調査した。

著者らが介入するまでは、当該施設では職員が手作りのイルミネーションイベントを毎年開催していた。しかし、市販のイルミネーション素材を購入して飾り付け点灯するだけであり、入居者が大きな感動を得たり生活が明るく活発になったりすることはなく、職員の負担が増えるだけだったため、今後の新たなイルミネーションイベントのあり方を模索していた。

以上のような背景があり、本研究の目的について、イルミネーションイベントにおける光の利用が軽度認知障害者を含む介護施設入居者の心理的健康維持に有効かどうかを調査し、介護施設入居者のQOL向上に寄与するかどうかを検証することとした。さらに、制作立案に関しては、これまでのLEDイルミネーションイベントにおいて様々な世代の集客に成功した手法である屋外の自然樹木や地面を利用したLED装飾をプログラミングで制御する作品をデザインするという戦略を選択した。

LEDのデザインカラーを選ぶ際には、高齢者に優しく、刺激が強すぎない波長に関する文献を参考にし、白に黄色味を加えた「シャンパンゴールド色」を主の色味として選択した [41]。

3.2 方法

3.2.1 軽費老人ホーム南庭の3つの異なるエリアのレイアウトデザイン

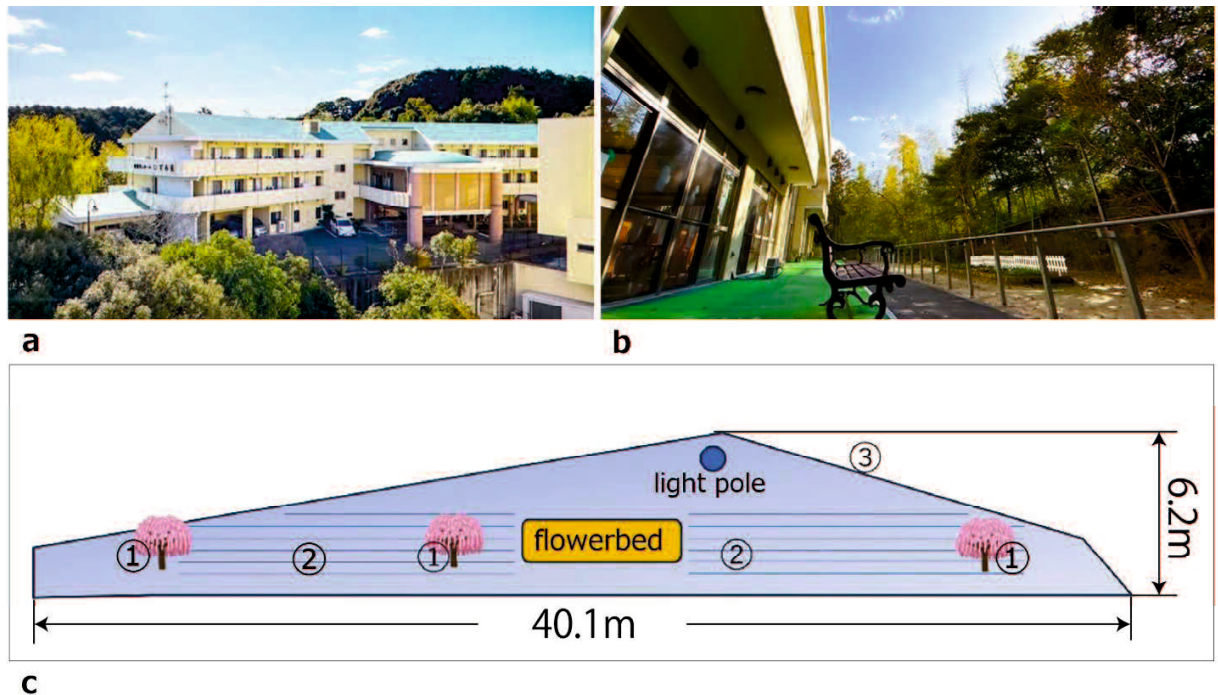


図 24 軽費老人ホーム「いずみ苑」施設の詳細

a. いずみ苑ビ建物全景

b. 南庭

c. 南庭のイルミネーション配置

(1. 3本の桜の木, 2. 地面に一定間隔で並んだ照明 3. 裏山)

イルミネーションは例年通り、いずみ苑の南側にある中庭で行われた（図 23）。このプロジェクトでは、中庭を大きく 3 つのエリア（図 23c, 1～3）に分け、それぞれに異なる LED 照明器具を設置するように設計した。当施設におけるイルミネーション計画では、後述の 3.2.4 で紹介する「デジタル・ホリデー・ライトショー」の形式を採用した。

3.2.2 スケジュールとデザイン概要

開催期間は12月1日から1月31日までの2ヶ月間。

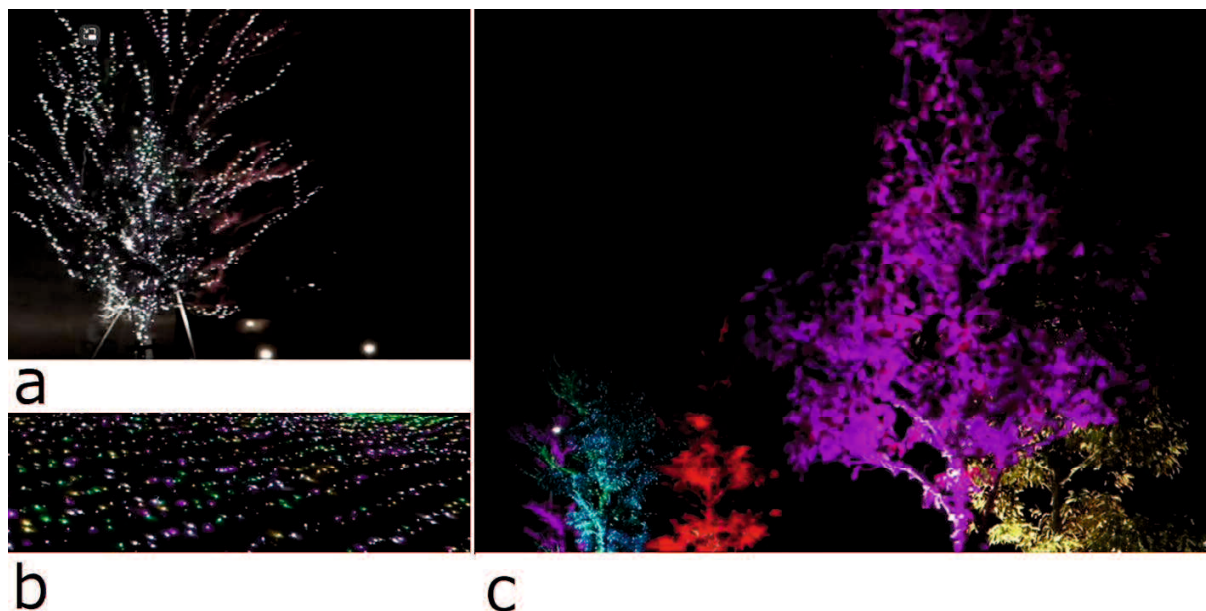


図 25 木と地面のピクセル LED の例

- a. シャンパンゴールドの LED で彩られた 3 本の木（メインシンボル）
- b. フルカラーのピクセル LED を地面に配置して波紋を表現
- c. フルカラー制御の LED 投光器の光を反射する裏山

まず、メインのオブジェとして、中庭の3本の木（図 23c1, 図 24a）には、中央にシダレザクラ（*Cerasus Ito Sakura* (Sieb.) Masami. & Suzuki f. *Ito Sakura*），左右にソメイヨシノ（*Prunus × yedoensis* 'Somei-yoshino' cherry）が2本ずつ植えられている。これらにはシャンパンゴールドの LED ストリングが取り付けられ、枝先まで輝いている。この光源について測定された情報は、次のサブチャプター2.3に示されている。

次に、表面積として、中庭の床に3つのフルカラー砲弾型 LED を格子状に配置し、各格子は紐の幅 7.5cm、紐と紐の間の深さ 20cm とした(図 23b)。

立体的な奥行き感を演出するため、DMX プロトコルで制御できる LED 投光器を使い、中庭の奥にある雑木林の枝葉を彩った(図 23c)。

これら 3 つのエリアの各照明グループは制御ボードに接続され、3.2.4 章で説明する Xlights プログラムソフトウェアによって同時に制御された。制御方法は基本的に 2 章にて述べた内容と同様の設定を行った。

3.2.3 三本桜のシャンパンゴールド電飾による単色演出

高齢者の落ち着いた感性状態を引き出すことを目標とした色特性を予め先行研究にて検討を行った[42]。同研究方法と同じ手法で実計測を次のように行った。UPRTek 製「MK350」(分光器)を用いて、200 個連結したシャンパンゴールド色の LED ストリングを下図のように並べて測定した(図 25a)。シャンパンゴールド色 LED の可視画像カメラで撮影した画像例、および、同実測値、および波形特性のグラフを図 25b-d に示す。

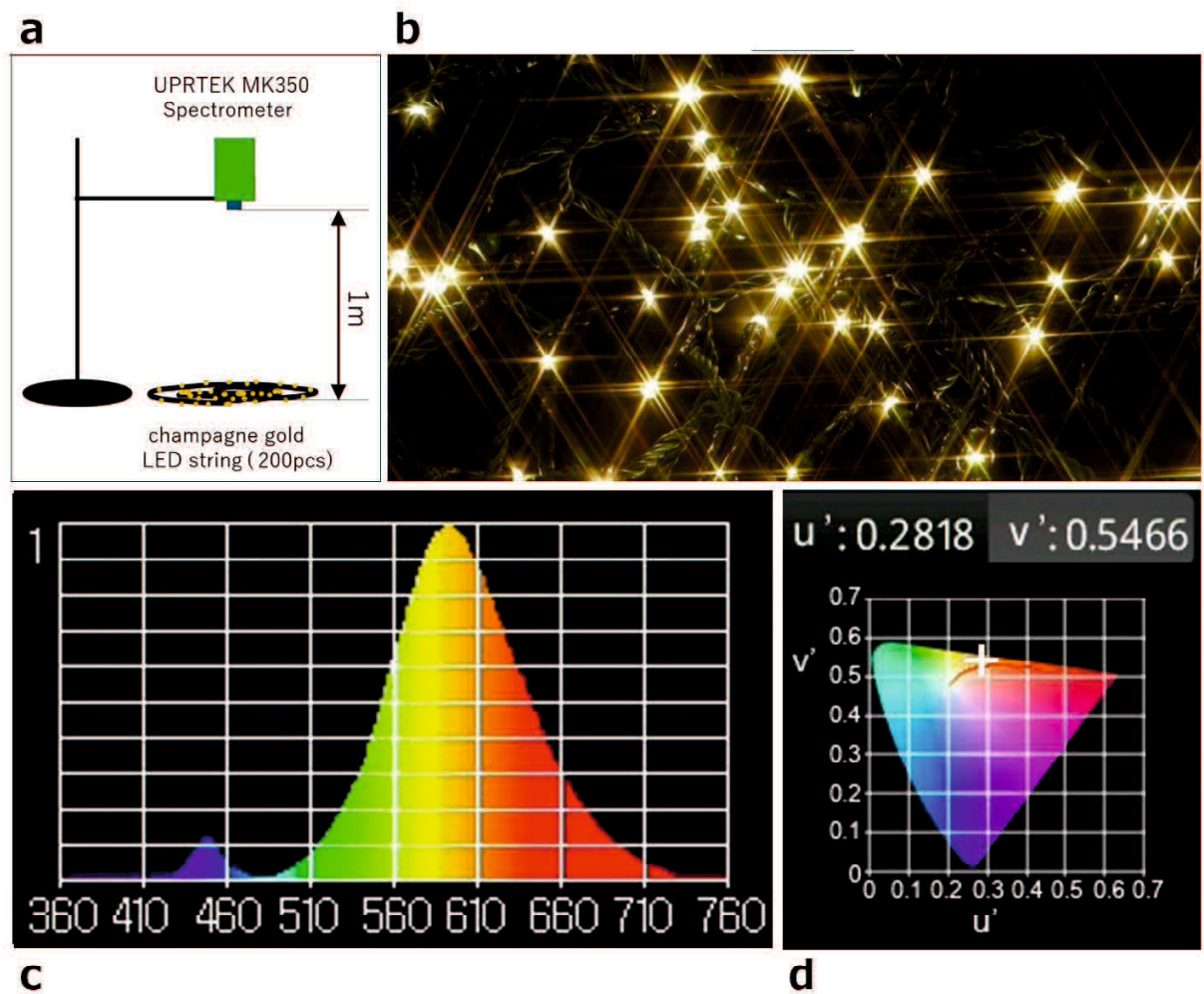


図 26 シャンパンゴールド LED の色光情報

- a. ストリング LED の光学特性測定の様式図
- b. シャンパンゴールド LED の写真例
- c. 使用 LED の光源スペクトル
- d. CIE1976 色空間

実際に使用した LED ストリング照明器具の色光学特性は、分光測定データとして予備的に取得した文献と同様と確認し [43]表 3-1 にまとめた。

カラーインデックス	測定値
1. 色温度 (CCT)	2306 k
2. 演色評価数 (CRI)	53.0
3. 照度@ 1 m	79.10 ルクス (lm/m ²)
4. 中心波長 (λ_p)	592 nm (図 2 d)
5-1. CIE1976 色空間 (u')	0.2818 (図 2 d)
5. 2. CIE1976 色空間 (v')	0.5466 (図 2 d)

表 3-1. 分光計で測定したシャンパンゴールド LED の色指数データ

色温度 (CCT) (表 3-1(1)) は、光源が発する光の色を定量的に表す尺度 (単位) である。単位は熱力学的温度の単位であるケルビン (K) である。一般照明の場合、白熱灯の色温度は 3000K 前後、自然白色は 4000K 前後、昼白色は 5000K 前後、昼光色は 6500K 前後 (いずれも中心値)。サンプルは 2306K と著しく暖かく、シャンパンゴールドを連想させる数値で表された。

CRI (Color Rendering Index) (表 3-1 (2)) とは、CIE (Commission International LED Eclairage Le Claire : 国際照明委員会) が定めたもので、自然光源と対象とする人工光源の光質を比較したものである。0~100 の値で計算され、この値が 100 に近いほど自然光 (太陽光) に近いということになる。サンプルはほぼ中間の値を示した。

基本的な光特性指標である照度 (表 3-1 (3)) と光波長の最大ピーク中心値 (表 3-1 (4), 図 25c) を測定した。

CIE1976 色空間は、CIE が 1976 年に定義した統一色空間の一つである。それまで色空間として使われていた CIE1931 XYZ 色空間を使いやすくすることで、式差の均一化を図る目的で定義された。この色空間は、照明用の LED 光源のほか、ディスプレイなどにも使用されている。

図 25d では、x 軸 (u') が緑から赤 (表 3-1 (5-1)) , y 軸 (v') (表 3-1 (5-2)) が青から黄を表している。また、色空間の赤線は黒体軌跡 (色温度を示す基準線) を表している。

3.2.4 デジタル・ホリデー・ライトショー

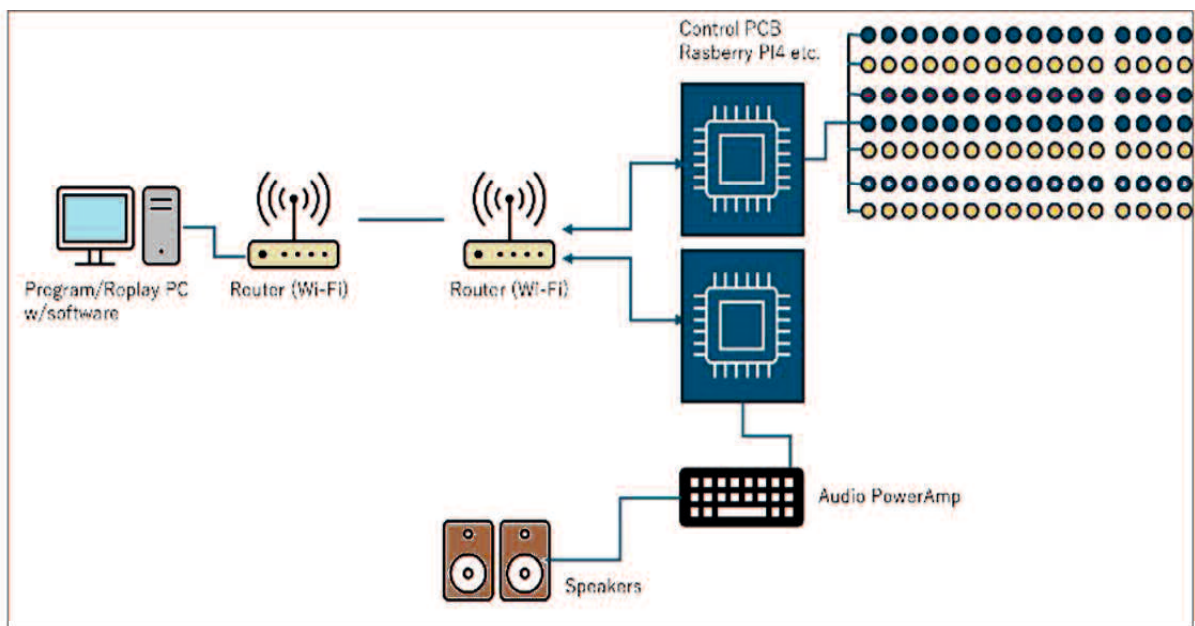


図 27 デジタル・ホリデー・ライトショー」の機器制御ネットワーク図

このプロジェクトでは、寄付ベースの照明ソフトウェア「Xlights」[44]を使い、タイマーで波が動くアニメーションを制作・演出した。中庭の背後の雑木林は、フルカラーLED 投光器で彩られている(図 26)。これらの LED は、デジタル制御 IC (World Semiconductor Co., LTD 社製 WS2812B) を搭載し、2009 年に ESTA/ANSI によって標準化されたオープン仕様プロトコルのひとつである「sACN」(E1.31) プロトコルを使用して動作し、TCP/IP ネットワーク上で照明制御プロトコルである DMX データを伝送する。物理的な奥行き感を演出するため、DMX プロトコルで制御可能な LED 投光器を使い、中庭の裏にある雑木林の枝葉を彩った。これらはコントロールボードに接続され、Xlights で LED ピクセルと同時に制御

された。また、施設が購入したイルミネーション（サンタクロース人形やドレープライトなど）は、昨年とほぼ同じ場所に設置された。

著者が属する技術者チームが繰り返し制作している「デジタル・ホリデー・ライトショー」は、音楽などをシンクロさせ、建物、樹木、構造物、地面などを個別に制御できる IC 内蔵の LED ライト（ストリングスやストリップス）や、舞台などで使用される照明機器を使用し、完全に制御されたイルミネーションイベントである[42]。コンピュータ技術やネットワーク技術を駆使した最新の照明手法のひとつであり、現在の舞台照明の最先端分野といえる。欧米では一般家庭や近隣コミュニティでもこの手法を用いたイルミネーションイベントが開催されており、筆者は 2017 年から日本国内の施設への制作業務に携わっている（図 27）。

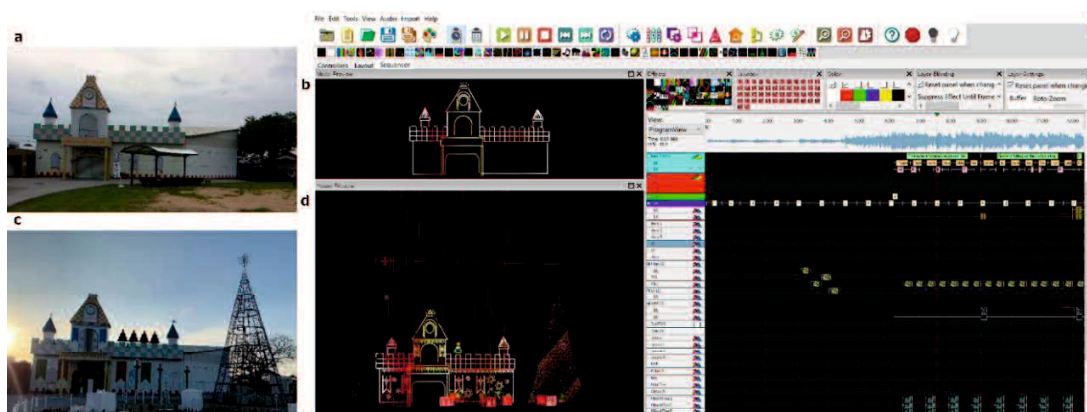


図 28 演出に使用した実際の建物と

Xlights ソフトウェアにおけるシーケンス画面

- a. 装飾される建物の元の状態
- b. XLIGHTS のモデルプレビュー画面
- c. 同じ建物の装飾状態
- d. XLIGHTS でプログラムされたオブジェクトのプレビュー画面

イルミネーションを制御したり，音楽や映像と連動させたりするプログラムは多くの費用を要し，複雑と思われがちだが，本検証にあたっては入手が容易なイルミネーション制御機器やドネーションウェア（寄付型ソフト）を利用して行った。知識さえあれば，事業者でなくてもイルミネーションイベントを自由に企画・実行できる。イルミネーションは，物理的なタイマースイッチで午後5時から7時に点灯・消灯するよう制御した。

3.2.5 高齢者とスタッフへのアンケート

発表後，高齢者を特定しない簡単なアンケートを実施し，二者択一（良い印象か悪い印象か）と自由記述を求めた。また，9ヶ月後に介護スタッフ2名から自由記述による感想を聴取した。本研究計画書は，山口大学非医学的研究審査委員会の承認を得た（承認ID：2023-064）。

3.3 結果

3.3.1 予定された期間中の実施達成度



図 29 日中に撮影された中庭照明の設置状況

南側の中庭に設置された展示（図 28）は，12 月 1 日から 1 月 31 日までの 2 ヶ月間，事故もなく，毎日午後 5 時から 7 時まで自動的に演出を行うことに成功した。試行期間中，音楽は必要ないという施設側の要望により，この作品は音楽同期を行わず，ライトシーケンスのプログラミングのみによって制御されるイルミネーション照明システムのみで構成された。

3.3.2 高齢居住者からスタッフが聞き取ったアンケート回答

イルミネーション終了後，軽費老人ホームと特別養護老人ホームの入居者にアンケートを実施した。その結果，回答した 85 人のうち 82 人（97％）が「イルミネーションを見て気分が良くなった」と答えた（図 29）。

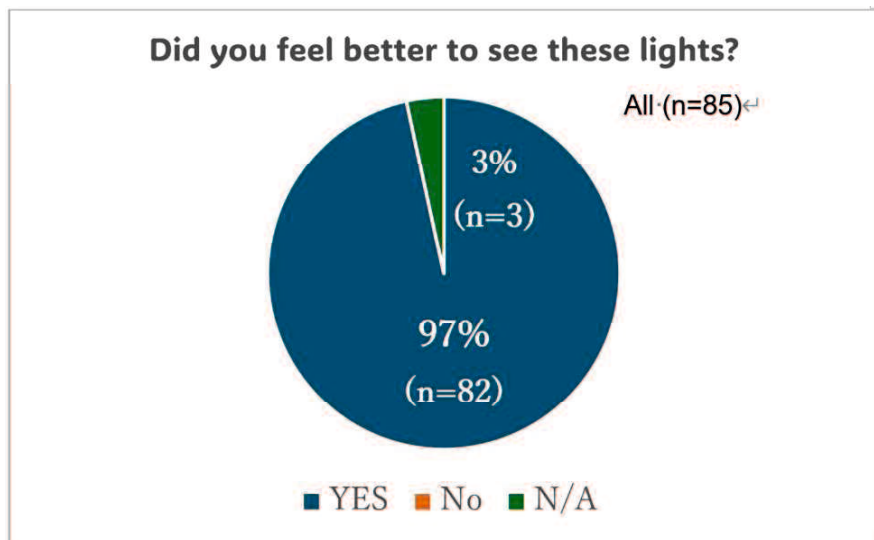


図 30 高齢者のアンケート回答結果

また、高齢者個人のコメントには次のようなものがあった：

- ・ 素晴らしい，見たことのない光景だ。
- ・ 過去の自分を思い出した。
- ・ 気分が落ち着く。家族に会いたい。
- ・ イルミネーションをもっと長くやってほしい。

3.3.3 スタッフへのインタビュー

イルミネーションイベント終了から9カ月後の2024年9月25日，入所者のサポートとケアにあたったスタッフ2人に30分間のインタビューを行った。

質問1（Q1）：会期中の住民の移動は？

回答1（A1）：食堂で中庭を眺めながら食事をしながらイルミネーションを楽しむというコンセプトだったのですが，予想以上に好評でした。普段は食事を終えて部屋に戻る人が多いのですが，会期中は夜7時まで点灯

していたので、その時間まで食堂にいたり、イルミネーションの近くに行ったりする人が多かったです。

Q2：他の介護職員は、このイルミネーションイベントをどう思いますか？

A2：開催前はあまり注目されていませんでしたが、ライトアップされた後は、そのダイナミックな照明に驚いて、家に帰って家族を連れて見に来る人も多かったようです。

Q3：施設で暮らす人々の思い出に貢献しましたか？

A3：施設に入所している人たちにとって、高い刺激になったと思います。施設に入所されている方の中には、このイベントを覚えている方も多く、「今年もやるのですか」という質問をたくさんいただきました。軽度の認知症の方でも同じような質問をしている方がいると思うと、刺激によって脳が活性化され、イベント自体が記憶に残っているのだと思います。以前、うちの施設では既製品の電飾をつけるだけのイルミネーションイベントをやっていましたが、このイベント自体を覚えている人はほとんどいませんでした。また、他のイルミネーションイベントにもお出かけとしてお連れしたのですが、そこでも帰りに行ったことすら忘れてしまう方がいて、そんな方でも新しいイルミネーションイベントを覚えていたのは驚きでした。

また、認知症の人にとっても、毎日イルミネーションを見ることで何らかの影響を受け、忘れては刺激されることを繰り返す、つまり毎日「スイッチ」が入ったり切れたりすることで、リフレッシュされる人もいるようだ。そういう意味では、否定的な意見を言う人は皆無で、スタッフの間でもイベントに対する好感度は非常に高かった。

さらに、認知症でない人の中には、こうしたイベントに興味がない（まったく行かない）人もいたが、そうした人たちも積極的に会場を訪れていた。

Q4：ある刺激を与えられた結果、住民の生活は変わりましたか？

A4：（前の質問と重複する部分もあるが）本人たちも明るくなったし、スタッフもその変化に気づいている。彼らの生活にメリハリがついたようです。

3.4 考 察

3.4.1 結果の概要

老人ホームの中庭に設置した LED イルミネーションの制作物は、予定された展示期間中、高齢の入所者に好評を博し、入所者の自発的な外出を促した[45]. 著者らは、文献調査に基づいて、高齢者が既存の高齢者介護施設の自然環境を受容するであろうことを予備的に予測した[46]。

毎日夕方 5 時になると、中庭床に設置された約 1,200 個のピクセル LED が波のような情景効果を緩やかに演出、3 本の木に巻かれているシャンパンゴールドの LED は、黄色がかった白色である[41]。また、木立の前にデジタル制御フルカラー LED 投光器を設置、奥側にある木々を投影し、空間に奥行きを持たせつつ床面のピクセル LED と同期演出を施した。

点灯中、多くの高齢者が居室を出て、社交の場であるダイニングスペースに向いたり、実際のイルミネーション設置場所に近づくなどして、社交性を高める結果となった。

3.4.2 視物質など視覚生体基盤の関わり

このイルミネーションショーには音楽が伴わなかったので、視覚を通じて高齢者の機能を促進するという観点から、その生物学的メカニズムについて考察を試みたい。光色素は、オプシンというタンパク質とビタミン A 誘導体（レチナール）の複合体である。光色素タンパク質には、桿体に含まれるロドプシン、青、緑、赤の錐体にそれぞれ含まれる青オプシン、緑オプシン、赤オプシンの 4 種類がある[19]。[47]. このうち、ロドプシンと青オプシンはともに 348 個のアミノ酸から構成されており、これらをコードする遺伝子はそれぞれ第 3 染色体と第 7 染色体にある [48]. 一方、ロドプシンと緑オプシンをコードする遺伝子は、

いずれも X 染色体の長腕 (Xq28) に位置している [49] ロドプシン遺伝子の 1 コピーの下流に、グリーンオブシン遺伝子の 1~数コピーが隣接している。

先行研究に関わる Nir Erdinest らなどの総説[72]において、加齢に伴い、黄色と青色の反対色に関わる視覚機能で、青色識別機能の抑制が生じ、結果的に黄色識別側にシフトすることが知られている。

3.4.3 気分障害と視覚および光療法

視覚・聴覚機能は加齢とともに低下するだけでなく、これらの機能の活性が抑制されると負のスパイラルが起きて低下が進行し、社会心理機能にも悪影響を及ぼすと考えられている[50]。加齢が視覚に及ぼす影響に関する研究報告によると、視覚の黄変に対する自覚的反応は、75 歳以上の日本人高齢者で顕著な傾向が見られた [51]。また、色覚診断法を用いた最近の報告では、高齢者における青-黄の色知覚の著しい変化が示唆されており、青色視覚物質の不活性化に生物学的メカニズムが関与している可能性が示唆されている [24] [52]。高齢者治療のための照明デザインのレビューでは、照明が精神生理学的側面に与える影響は、睡眠覚醒概日周期の統合において報告されており、あらゆる精神医学と強く関連している[53, 54]。高齢の認知症患者の間では、青色強化光によって昼夜サイクルの改善に有効とされる [55]。さらに、うつ病治療に関する多くの報告で、うつ病高齢者における高強度青色強化光の利用が成功することが示唆され、患者宅の照明システムを気分向上剤として機能するように変更できると結論づけられた [56]。一方、双極性障害の治療では、ブルーライト遮断治療が有益な役割を果たす可能性がある [57]。別の研究では、ブルーライト療法の有効性が報告されている。多くの出版物にわたって、季節性大うつ病性障害 (MDD) および非季節性大うつ病性障害 (MDD) に対するブルーライト療法の有効性と安全性を検証したランダム化比較試験 (RCT) のメタアナリシスでは、すべての世

代において、非活動的な条件と比較したブルーライト条件の有効性の証拠は見つからなかった [58]。

これらの研究論文の結果が収束しない理由の一つは、うつ病のような精神疾患とその原因を診断する方法を確立することが極めて困難であることである。

3.4.4 先行研究の酸化還元分子基盤との関連

これらの光療法と私たちの照明システムとの決定的な違いは、私たちのシステムが芸術性と娯楽性を持ち、複雑で多様な光の要素をプログラミング制御して自然環境を利用するように設計されていることである。その結果、図に示すような 2 ヶ月間の光療法プログラムを 85 人の高齢者施設入居者に提供することに成功し、入居者は高い満足度を得ることができ、さらに外界に出る意欲を与える効果もあったといえる。以前、高齢者施設における室内光エンタテインメントの研究において、プロジェクションマッピングを用いて植物などの自然環境を映像化したところ、認知レベルに関わらず、入居者の意欲が向上するという結果を得ることができた[10] [25]。高齢者のメンタルヘルス改善に関与するライティング以外のメカニズムを調べた先行研究では、生体分子の親油性酸化還元反応の効果 [59]、網膜とオプシンからなる複合体であるロドプシンなどの視覚還元酸化 (RedOx) 分子と相互作用するはずである生体分子の親油性酸化還元反応の影響が捉えられていた[60]。

3.4.5 高齢者気分障害からの回復効果への検討

本研究が改善を提言した高齢者のひきこもり問題を考えてみると、全国ひきこもり家族会連合会の「KHJ 調査報告書」によれば、2010 年には 40 歳以上の割

合は10%程度であったが、2021年には30%を超えている。また、内閣府が2018年に実施した調査では、40歳から64歳の人口の1.45%にあたる61.3万人がひきこもり状態にあると推計されたと報告されている[61]。

高齢になるとうつ病のリスクが高まることが知られているが、その背景として高齢者の精神機能に関する2つの特徴が挙げられている。まず、通常に加齢過程では、認知機能が全般的に鈍化する一方で、抽象的な話題に関してはスピードや類推能力が保持され、論理的思考よりも「印象」や「直感」に基づいて判断する傾向がある。流動的な知識（素早い反応、暗記、問題解決能力など）は低下する傾向にあるが、結晶化された知識（知識や原理原則）は維持される[62]。高齢者にとっては、論理的な説明をするよりも、エピソードを交えたストーリーで理解を助ける方が簡単で効果的なものかもしれない。イルミネーション・アートへの親近感を説明するために、庭を複数のイルミネーションのモチーフで飾る高齢者の認知状態の背景には、このような傾向があるのかもしれない。

第二に、コミュニケーションの流暢さが低下し、高齢者が話題から逸れたり、脱線したりする傾向がある[63]。そのため、間違いを指摘してストレスを与えるよりも、高齢者が慣れ親しんでいる感情表現を用いて、ゆっくりと話を聞き、やさしく話し方を直し、要点を絞って話す方が、高齢者の緊張をほぐすことができる。この研究の庭のイルミネーション自体が、高齢者のストレスからの解放をもたらしている可能性が高い。社会的引きこもりの背景疾患として知られるうつ病の高齢者には、次のような特徴が見られる。診断しやすいうつ病の典型的な症状を示す高齢者は1/3～1/4程度といわれ、特に強い症状があったり、逆に悲しみの訴えが少なく、気分の落ち込みや抑うつ思考などの症状が目立たなかったり、抑うつ状態であったりと、症状がすべてではないため、気づきにくく、診断が見落とされることが多い。一方、意欲や集中力の低下、精神運動遅滞などが目立つ。高齢で健康状態が悪く、気分の低下、認知機能障害、意欲の低下を示す患者では、うつ病を疑うべきといわれている[64]。また、認知症外来を受診する患者の5人に1人はうつ病性障害であるといわれている。[65]。

もう一つの特徴として、心身症的な訴えを持つ患者が多く、「以前のように物覚えが悪くなった」「物忘れが多くなった」などと記憶力の低下を訴える患者が多く、このようなうつ病に関する主観的な訴えと記憶力には強い関連性がある。特に 65～75 歳の比較的「若い」高齢者にその傾向が強い。軽度のうつ病はしばしば身体的な不調と関連しており、認知障害だけでなく意欲や集中力の低下を伴うことが多い [66]。高齢者のうつ病は、一見軽症に見えても、中核性うつ病に匹敵する機能低下まで進行することが多く、症状が軽症に見えるからといって、うつ病を過小評価してはならないと言われている。また、器質的・薬物的原因によるうつ病は、若年者よりも高齢者に多い。脳血管障害に関連した「血管性うつ病」の存在も考えられており、脳血管障害患者はうつ病を合併している可能性が高いため、気分の悪化と器質的障害が相乗的に進行する危険性がしばしばある [67]。不安症状が高頻度で共存することが多いため、不安が前面に出ているときに背景に潜んでいるうつ病を見落とさないように注意する必要がある。双極性障害（躁うつ病）に伴う遅発性うつ病は通常若年で発症するため、脳の器質的障害の存在を疑う必要がある [68]。気分障害と器質的障害が相乗的に進行する可能性が高いことを考えると、本研究の庭園におけるイルミネーションが気分を改善し向社会性に導く効果は、気分障害だけでなく脳の器質的障害の回復にも寄与する可能性がある。双極性障害の躁状態を、概日リズムや季節を考慮した庭のイルミネーションに応用した場合、過度の興奮につながる危険性よりも、高齢者とその家族、介護者の豊かな社会的交流につながる向社会性が、気分制御機能の治療教育を促進する可能性がある [69]。

一般に高齢者の生活は、死別や身体機能の低下など、大小さまざまな喪失体験に囲まれており、これらを避けることは困難であることが多く、うつ病要因になり得る。老年期のうつ病の誘因は、大きなライフイベントと慢性的ストレスの2種類に大別される。うつ病の引き金となるライフイベントの例としては、大切な人の喪失、死別、病気、家族や友人との喧嘩、急性の身体疾患、住み慣れた家を離れること（介護施設への入居や子どもとの同居など）、深刻な経済的危機などがある [70]。

社会療法では、非常に集中的に数回訪問するよりも、短い会話の間に何か困っていることはないかと尋ねるなど、頻繁に接触することで、患者がサポートされていると感じるようにすることが期待されている[71]。しかし、親密になりすぎると精神的な問題を相談することをためらわせることになるため、複数の相談窓口があることを伝えることも必要である。本研究における庭のイルミネーションは、高齢者に他者の思いやりの存在を理解させるとともに、イルミネーションを通じて他者と交流するソーシャルサポートの手法であると考えられる。例えば、生きている木に光を当ててコントロールすることで、精神的な対話の感覚が生まれたのかもしれない。

より長い期間、より大きなサンプル数で、光治療のパラメーターを標準化するためのさらなる試験が必要である。

3.5 結言

入居者の多くが 85 歳以上の高齢者であったため、詳細な質問をすることが難しく、また質問数も限られていたため、定量的なデータを得ることはできなかった。しかし、介護スタッフへのインタビューを補足すると、照明自体はおおむね好評で、一人ひとりの心に良い影響を与えるよう配慮されていた。

職員へのインタビューでは、高齢入所者の心理的安定や QOL の向上に十分応えられているとの語りかけがあり、職員の負担が軽減され、介護施設内でのコミュニケーションが活発になった可能性が示唆された。

今後は、入居者の年齢、持病、認知症の有無などを考慮し、イルミネーション鑑賞後の気分の変化、イルミネーション終了後の自発的行動の有無、その程度などを定量的・客観的に捉えることを試みる。また、ボタンを押すとランダムに音楽と光のショーが始まる自動制御やインタラクティブな光のショーなど、心理的フィードバックを通じて高齢者のメンタルヘルス向上に寄与する技術の開発もさらに検討されるべきである。

第4章 全体結言

「2つのフィールド・スタディが実証した LED ピクセルマッピングのポジティブな心理・向社会性を亢進させる効果」

本研究では、LED ピクセルマッピングプログラミング技術により、中規模から大規模に広がる空間演出として光と音とを自在にプログラミング制御をすることのできるデジタル技術に基づくエンターテインメント先進技術の一つを二つの社会フィールドに実践的に設置し、異なる世代が集う相互作用の場面で、その心理的効果を、協力者への研究負荷を下げる考慮の元に検証した。

糸状に繋がる LED 球（LED ピクセル）を使用し、構造物に対して多量に使用しながら、計画的なマップ状配置としてレイアウトし、各 LED に制御用チャンネルと位置情報としてのアドレスを設定することで、中・大規模なデジタルアート作品を企画・制作、この作品を2つの異なるフィールドで展示し、効果検証を行った。これらのフィールドは、いずれも多数の人が生活空間のなかで自身の意志で往来する空間であり、本作品の視（聴）体験を自らやめることができる設定であった。なお、制作物は、いずれも各既存の環境材を活かしながらも、本来の状態から拡張した非日常性をもたらすデザインであった。この作品が、各人の個性を超えた多数の人への共通な心理状態、特にポジティブな感性励起作用があるかにつき、フィールド1では視聴を行った参加動員数に関することとして、フィールド2では参加者自身並びに日常的に観察を続ける支援者（職員）のアンケート回答やインタビューにより検証した。さらには、その生物学的基盤を考察することで、今後の応用技術への拡張性検討を行った。

【フィールド検証 1：地域観光イベントの来場者向上に寄与するイルミネーション技術要素】

歴史ある地域を代表する宇部市ときわ公園で、毎年実施されている、冬季の代表的なイベントである「TOKIWA ファンタジア」において、LED 照明によるピクセルマッピング制御技術を活用したエンターテイメント作品を企画・実施した。地域を代表するイベント全体の先導的活性化を図るため、会場の遊園地既存の建物表面を覆い、また生きている樹木に沿い線状の LED ロープを設置し、PC プログラミングで、オブジェクト単位やそのグループ同期により音楽に合わせた制御を行った。その結果、2017 年から 2019 年の 3 年間で冬季ごとに繰り返しながら、年 10 万人を超える平均来場者数を連続し増加に導くことができた。この成功の要因を定量的かつ客観的な要素から振り返り評価を行ったところ、少しずつ企画デザインの改良を施す中で、LED 球そのものの数ではなく、LED 照明で作成したオブジェクト単位のモデルやその集合で同期単位と定義したグループ数の増加に依存している可能性があることが推量された。これらの数はより緻密なプログラミング制御をもたらした構造要素であった。さらに、この作品は、冷たい強風が吹き荒れる厳しい冬季屋外環境にもかかわらず、デジタルと自然の融合に重点を置いたデザイン力点にも、多数の来場者を動員することができた原因が推察された。今後の応用展開につながる、既存環境からの非日常性への拡張のデジタル効果とエンターテイメント性に関わる有効な技術要件や焦点とすべき概念を提示することができ、LED ピクセルマッピングと音楽のプログラミング制御における、大多数の現代の本地域文化背景に共有される感性を共に活性化させることのできる基本技術として、次世代開発への有効性を確認することができた。

【フィールド検証 2：老人ホーム居住者の向社会性を導くデジタルアートと生物基盤】

世界的な高齢化大国として WHO で統計的報告がなされている日本において、高齢者のウェルビーイングを導く技術開発の検討を行った。加齢に伴い、身体や精神の機能を司る様々な脳神経など全身の生体メカニズムが衰え、感覚、運動、認知などの機能が低下し、無意識下でそれらが複合的に作用して、生きる意欲

を失う気分障害発症の負のスパイラルが進む傾向にある。この生物基盤の負荷をおった高齢者が心身機能衰退の予防や回復は極めて困難であり、うつなど気分障害への発症から相乗的に困難さが進むことが知られている。難治性疾患のひとつである、高齢者認知症においても、意欲を失うことの予防は根源的な予防目標概念となる。多様化・複雑化する不確実な現代社会において、高齢者が自分らしく生きるための方法を見つけ、それを生涯にわたって実現し続けることを支援するシステムの実現が重要である。その解決策の探索として、2023 年 12 月に、前章で感性の活性化機能における大規模実証で有効性確認を経たデジタル制御技術の、特に自然環境を基盤とし光による演出に焦点を当てた LED ピクセルマッピングによる照明演出を日本の高齢者住宅（タイプ A）の中庭で 2 か月間開催を試みた。その結果、約 97% の入居者が当該演出により気分が良くなったと感じることが、会期直後のアンケートで回答を得た。また、普段は居室で過ごす時間が長い入居者が、食事や館内行事の際に食堂に集まる以外は、自室に戻りこもって過ごすことが多いが、ショー開演の時間帯には、イルミネーションが設置された場所へ向かう人や、設置場所の窓際でショーを観賞する人など、自発的な外出行動、すなわち向社会性の意欲の向上が確認された。黄色を帯びた白色光（シャンパンゴールド色）を中心に焦点を当てたことは、高齢者の視覚機能シフトに沿う色波長や双極性障害に効果が知られる同視覚生体分子と情緒機能との生体基盤との関わりが示唆された可能性がある。

高齢者の視覚機能シフトに沿う色波長や双極性障害に効果が知られる同視覚生体分子と情緒機能との生体基盤との関わりが示唆された可能性がある。

【2 つのフィールド課題検証を繋いだ今後の展開の可能性】

以上の、数十～数十万人を対象とする大中規模のフィールド実証において、LED ピクセルマッピングによるアートワークが、その最も困難な可能性のあった結果として向精神効果をもたらす技術要素の包含を実証的に確認することができた。各検証条件としてデザインした、制御オブジェクト単位であるモデルの

数やそのグループ数の多さ、高齢者視覚機能特性を考慮したLED色波長の選択デザインの可能性については、その反例条件検証を本研究では実施していないものの、単一条件だけではない多様性と複雑性の変化要素も寄与した可能性がある。さらには、いずれも生活の場のフィールド検証であったこと、既存環境や自然環境材を活かしたLEDピクセルマッピング照明による拡張性が本効果の要素因子であった可能性を示唆した。

本研究を通じた詳細な要因と基盤解明を伴う支援技術開発を進めると共に、多世代で異なる要因によるひきこもり人口の増加は、生涯世代の精神機能障害のリスクを全人類が有している可能性があり、この困難をしなやかに乗り越え回復する力であるレジリエンスを備えるべき解決策のひとつを本研究は示唆することができた。

向精神薬治療や療育介入法の開発検討が国際的に進められているにも関わらず、21世紀の最大課題のひとつであり、本研究では精神疾患の生物基盤との係わりを考察する視覚や情動心理中枢ネットワークのメカニズムの理解を試みた。薬理治療の代替法としての可能性のみならず、薬理治療開発上の課題である精神機能の複雑性に客観定量的評価術の未確立が理由に挙げられることから、デジタルプログラミング構造の量的相関性が示唆されたこのLEDピクセルマッピング技術の活用により、薬理治療と視聴覚療育を包括的に制御する新規包括制御治療技術開発を探索する糸口となる可能性がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたり，多くの方々のご指導，ご協力を賜りました。ここに心より感謝の意を表します。

まず，本研究の指導教員である小柴満美子先生には，研究の構想から論文執筆に至るまで，多大なるご指導と貴重な助言をいただきました。先生の的確なご指導と温かい励ましがなければ，本研究を完遂することはできませんでした。深く感謝申し上げます。

また，論文副査をお務めいただいた中村秀明先生，大木順司先生，間普真吾先生，森田実先生には，貴重なご意見と建設的なご指導をいただきました。先生方のご助言は，本研究の完成度を高めるうえで大きな助けとなりました。心より御礼申し上げます。

さらに，本研究の実施に際し，多大なるご協力を賜りました TOKIWA ファンタジア実行委員会の皆様，演出技術チームメンバーであった株式会社 S.E. I，グラフィカ株式会社，ブルーウェーブテクノロジーズ株式会社のスタッフの皆様，社会福祉法人いずみ福祉会役職員の皆様に深く感謝申し上げます。皆様のご理解とご支援があったからこそ，本研究を進めることができました。

最後に，長期間にわたり私の研究を支え，励ましてくれた家族に心から感謝します。皆の支えがあったからこそ，研究に専念し，本論文を完成させることができました。この場を借りて，深く御礼申し上げます。

本研究に関わってくださったすべての皆様に，改めて感謝申し上げます。

利益相反 COI に係わる開示

本原稿に関連する利益相反はないことを宣言申し上げます。

参考文献

1. Firth, J. ; Torous, J. ; Stubbs, B. ; Firth, J.A. ; Steiner, G.Z. ; Smith, L. ; Alvarez-Jimenez, M. ; Gleeson, J. ; Vancampfort, D. ; Armitage, C.J. ; et al. The “Online Brain” : How the Internet May Be Changing Our Cognition. *World Psychiatry* **2019**, *18*, 119-129, doi:10.1002/wps.20617.
2. Goertzel, B. Human-Level Artificial General Intelligence and the Possibility of a Technological Singularity. A Reaction to Ray Kurzweil’ s The Singularity Is Near, and McDermott’ s Critique of Kurzweil. *Artif Intell* **2007**, *171*, 1161-1173, doi:10.1016/j.artint.2007.10.011.
3. Negi, S.K. ; Rajkumari, Y. ; Rana, M. A Deep Dive into Metacognition: Insightful Tool for Moral Reasoning and Emotional Maturity. *Neuroscience Informatics* **2022**, *2*, 100096, doi:10.1016/j.neuri.2022.100096.
4. Hara, K. ; Kuroki, M. ; Shiraishi, S. ; Matsumura, S. ; Ito, S. ; Kurasawa, K. ; Arimoto, A. ; Matsuzaki, Y. Evaluation of Planned Number of Children, the Well-Being of the Couple and Associated Factors in a Prospective Cohort in Yokohama (HAMA Study): Study Protocol. *BMJ Open* **2024**, *14*, doi:10.1136/BMJOPEN-2023-076557.
5. Dhana, K. ; Evans, D.A. ; Rajan, K.B. ; Bennett, D.A. ; Morris, M.C. ; Alzheimer’ s Disease Center, R. Healthy Lifestyle and the Risk of Alzheimer Dementia Findings from 2 Longitudinal Studies From the Rush Institute for Healthy Aging (K. **2020**, doi:10.1212/WNL.00000000000009816.

6. Miguel, P.M. ; Meaney, M.J. ; Silveira, P.P. New Research Perspectives on the Interplay Between Genes and Environment on Executive Function Development. *Biol Psychiatry* 2023, *94*, 131-141.
7. Williams, E. ; Sadler, J. ; Rutter, S.M. ; Mancini, C. ; Nawroth, C. ; Neary, J.M. ; Ward, S.J. ; Charlton, G. ; Beaver, A. Human-Animal Interactions and Machine-Animal Interactions in Animals under Human Care: A Summary of Stakeholder and Researcher Perceptions and Future Directions. **2024**, doi:10.1017/awf.2024.23.
8. García-Peñalvo, F.J. ; Vázquez-Ingelmo, A. What Do We Mean by GenAI? A Systematic Mapping of The Evolution, Trends, and Techniques Involved in Generative AI. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence* **2023**, *8*, 7-16, doi:10.9781/ijimai.2023.07.006.
9. Pershina, R. ; Soppe, B. ; Thune, T.M. Bridging Analog and Digital Expertise: Cross-Domain Collaboration and Boundary-Spanning Tools in the Creation of Digital Innovation. *Res Policy* **2019**, *48*, doi:10.1016/j.respol.2019.103819.
10. Nelson, K. *Symbols of Christmas*;
11. *The_Life_and_Inventions_of_Thomas_Alva_E*.
12. Sanderson, S.W. ; Simons, K.L. Light Emitting Diodes and the Lighting Revolution: The Emergence of a Solid-State Lighting Industry. *Res Policy* **2014**, *43*, 1730-1746, doi:10.1016/j.respol.2014.07.011.
13. Sudheendran Swayamprabha, S. ; Dubey, D.K. ; Shahnawaz; Yadav, R.A.K. ; Nagar, M.R. ; Sharma, A. ; Tung, F.C. ; Jou, J.H. Approaches for Long Lifetime Organic Light Emitting Diodes. *Advanced Science* 2021, *8*.

14. Yin, Z. ; Chen, F. ; Dou, C. ; Wu, M. ; Niu, Z. ; Wang, L. ; Xu, S.
Identification of Illumination Source Types Using Nighttime Light
Images from SDGSAT-1. *Int J Digit Earth* **2024**, *17*,
doi:10.1080/17538947.2023.2297013.
15. Lee, S. ; Jeong, E. ; Qu, K. Exploring Theme Park Visitors'
Experience on Satisfaction and Revisit Intention: A Utilization of
Experience Economy Model. *Journal of Quality Assurance in
Hospitality & Tourism* **2020**, *21*, 474-497,
doi:10.1080/1528008X.2019.1691702.
16. Bayang, M. ; Mohd Anuar, N.A. ; Mohi, Z. ; Amir, A.F. ; Mohd Azemi, K.
Examining the Visitors' Experience of Theme Park Services and Its
Influence on Their Revisit Intention. *International Journal of
Academic Research in Business and Social Sciences* **2022**, *12*,
doi:10.6007/ijarbss/v12-i11/15638.
17. Ruan, W.Q. ; Jiang, G.X. ; Li, Y.Q. ; Zhang, S.N. Night Tourscape:
Structural Dimensions and Experiential Effects. *Journal of
Hospitality and Tourism Management* **2023**, *55*, 108-117,
doi:10.1016/j.jhtm.2023.03.015.
18. Karpenko, V.E. Augmented Reality and Virtual Reality in Light
Installations and Night Urban Environment. *Light & Engineering*
2022, 47-55, doi:10.33383/2022-033.
19. M Arbáizar Rovirosa Videomapping.
20. Bolier, L. ; Abello, K.M. Online Positive Psychological
Interventions: State of the Art and Future Directions . In *The
Wiley Blackwell Handbook of Positive Psychological Interventions*;
Wiley, 2014; pp. 286-309.

21. Chen, X. ; Ibrahim, Z. A Comprehensive Study of Emotional Responses in AI-Enhanced Interactive Installation Art. *Sustainability (Switzerland)* **2023**, *15*, doi:10.3390/su152215830.
22. Peng, L. ; Wang, J. ; Zheng, N. ; Guo, X. Traversing Emotional Spaces: Social Media Affordances and Emotion Regulation in Times of Physical Isolation. *Social Media and Society* **2024**, *10*, doi:10.1177/20563051241237273.
23. Joshi, D. ; Datta, R. ; Fedorovskaya, E. ; Luong, Q.-T. ; Wang, J. ; Li, J. ; Luo, J. Aesthetics and Emotions in Images. *IEEE Signal Process Mag* **2011**, *28*, 94-115, doi:10.1109/MSP.2011.941851.
24. Smith, W. ; Wadley, G. ; Webber, S. ; Tag, B. ; Kostakos, V. ; Koval, P. ; Gross, J.J. Digital Emotion Regulation in Everyday Life. In Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems; ACM: New York, NY, USA, April 29 2022; pp. 1-15.
25. Tao, T. ; Sato, R. ; Matsuda, Y. ; Takata, J. ; Kim, F. ; Daikubara, Y. ; Fujita, K. ; Hanamoto, K. ; Kinoshita, F. ; Colman, R. ; et al. Elderly Body Movement Alteration at 2nd Experience of Digital Art Installation with Cognitive and Motivation Scores. *J - Multidisciplinary Scientific Journal* **2020**, *3*, 138-150, doi:10.3390/j3020012.
26. Tomoto, F. ; Iwashiro, K. ; Ota, M. ; Watanabe, H. ; Omameuda, H. ; Senda, M. ; Akita, T. ; Mizukami, Y. ; Kawasaki, T. ; Sakurai, H. ; et al. Human Motion Tracking AI Revealed That a Hand-Made Swing in Nature LED to the Emergence of Children' s Cooperative Society. *Stress Brain and Behavior* **2023**, *3*, 1-5, doi:10.34417/sbb.3.1.1.
27. Tomoto, F. ; Ota, M. ; Akita, T. ; Hariyama, M. ; Koshiba, M. Online Complementary Interventions for the Development of Social Communication in Children during the Early Stage of the COVID-19

- Pandemic. *Journal of Clinical and Basic Psychosomatics* **2024**, *0*, 4221, doi:10.36922/jcbp.4221.
28. Koshiba, M. ; Karino, G. ; Mimura, K. ; Nakamura, S. ; Yui, K. ; Kunikata, T. ; Yamanouchi, H. Psycho-Cognitive Intervention for ASD from Cross-Species Behavioral Analyses of Infants, Chicks and Common Marmosets. *CNS Neurol Disord Drug Targets* **2016**, *15*, doi:10.2174/1871527315666160413121613.
 29. Koshiba, M. ; Karino, G. ; Senoo, A. ; Mimura, K. ; Shirakawa, Y. ; Fukushima, Y. ; Obara, S. ; Sekihara, H. ; Ozawa, S. ; Ikegami, K. ; et al. Peer Attachment Formation by Systemic Redox Regulation with Social Training after a Sensitive Period. *Sci Rep* **2013**, *3*, doi:10.1038/srep02503.
 30. Koshiba, M. ; Nakamura, S. ; Mimura, K. ; Senoo, A. ; Karino, G. ; Amemiya, S. ; Miyaji, T. ; Kunikata, T. ; Yamanouchi, H. Socio-Emotional Development Evaluated by Behaviour Output Analysis for Quantitative Emotional State Translation (BOUQUET): Towards Early Diagnosis of Individuals with Developmental Disorders. *OA Autism* **2013**, *1*, 1-8, doi:10.13172/2052-7810-1-2-671.
 31. Yamada, M. ; Arai, H. Long-Term Care System in Japan. *Ann Geriatr Med Res* 2020, *24*, 174-180.
 32. Kitamura, A. ; Seino, S. ; Abe, T. ; Nofuji, Y. ; Yokoyama, Y. ; Amano, H. ; Nishi, M. ; Taniguchi, Y. ; Narita, M. ; Fujiwara, Y. ; et al. Sarcopenia: Prevalence, Associated Factors, and the Risk of Mortality and Disability in Japanese Older Adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* **2021**, *12*, 30-38, doi:10.1002/jcsm.12651.
 33. Kato, T.A. ; Tatenno, M. ; Shinfuku, N. ; Fujisawa, D. ; Teo, A.R. ; Sartorius, N. ; Akiyama, T. ; Ishida, T. ; Choi, T.Y. ; Balhara, Y.P.S. ; et al. Does the “hikikomori” Syndrome of Social

- Withdrawal Exist Outside Japan? A Preliminary International Investigation. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* **2012**, *47*, 1061-1075, doi:10.1007/s00127-011-0411-7.
34. Hasegawa, Y. ; Sakuramoto-Sadakane, A. ; Nagai, K. ; Tamaoka, J. ; Oshitani, M. ; Ono, T. ; Sawada, T. ; Shinmura, K. ; Kishimoto, H. Does Oral Hypofunction Promote Social Withdrawal in the Older Adults? A Longitudinal Survey of Elderly Subjects in Rural Japan. *Int J Environ Res Public Health* **2020**, *17*, 1-11, doi:10.3390/ijerph17238904.
 35. Iijima, K. ; Arai, H. ; Akishita, M. ; Endo, T. ; Ogasawara, K. ; Kashihara, N. ; Hayashi, Y.K. ; Yumura, W. ; Yokode, M. ; Ouchi, Y. Toward the Development of a Vibrant, Super - aged Society: The Future of Medicine and Society in Japan. *Geriatr Gerontol Int.* **2021**, *21*, 601-613, doi:10.1111/ggi.14201.
 36. Kino, S. ; Stickley, A. ; Nishioka, D. ; Ueno, K. ; Saito, M. ; Ojima, T. ; Kondo, N. Suicidal Ideation and Suicide Attempts among Older Recipients of Public Welfare Assistance in Japan. *J Epidemiol Community Health (1978)* **2022**, *76*, 873-879, doi:10.1136/jech-2022-218893.
 37. Kawachi, I. ; Aida, J. ; Hikichi, H. ; Kondo, K. Disaster Resilience in Aging Populations: Lessons from the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami. *J R Soc N Z* **2020**, *50*, 263-278.
 38. Chen, Y. ; Hou, L. ; Li, Y. ; Lou, Y. ; Li, W. ; Struble, L.M. ; Yang, H. Barriers and Motivators to Promotion of Physical Activity Participation for Older Adults with Mild Cognitive Impairment or Dementia: An Umbrella Review. *Int J Nurs Stud* **2023**, *143*.
 39. Hertzog, C. ; Kramer, A.F. ; Wilson, R.S. ; Lindenberger, U. *Enrichment Effects on Adult Cognitive Development Can the*

Functional Capacity of Older Adults Be Preserved and Enhanced?; 2009;

40. O' Neill, M.; Ryan, A.; Tracey, A.; Laird, L. 'Waiting and Wanting' : Older Peoples' Initial Experiences of Adapting to Life in a Care Home: A Grounded Theory Study. *Ageing Soc* **2022**, *42*, 351-375, doi:10.1017/S0144686X20000872.
41. Shinichi SAKAMOTO, M.K. An Approach to the Alleviation of Psychological Stress in Nursing Home Residents Using LED Illumination. *International Neuroscience and Biological Psychiatry Regional Conference Asia* **2024**, *17*, 1-4.
42. Shinichi Sakamoto, M.K. The Three-Year Effect of the Large-Scale Winter LED Illumination Event at a Local Amusement Park on Increasing the Number of Visitors. *Stress Brain and Behavior* **2024**, *3*, 1-19.
43. Fadzil, I.I. bin A.; Ghazali, A.S.; Jasni, F.; Hafizalshah, M.H. bin Enhancing Mental Health Through Ambient Lighting. In; 2024; pp. 19-31.
44. Olson, R. The Stretch of Holiday Decorations. *Grassroots Writing Research Journal* **2018**, 19-29.
45. Ivan, L.; Duduciuc, A.; Girishan Prabhu, V.; Maalouly, E.; Nishio nishio, S.; Hirano, T.; Yamazaki, R.; Nishio, S.; Ishiguro, H. *OPEN ACCESS EDITED BY Encouraging Prosocial Behavior from Older Adults through Robot Teleoperation: A Feasibility Study*;
46. Liu, J.; Sun, X.; Chen, H.; Yang, Z. Passive Nature Exposure Positively Predicts Prosocial Behavior by Alleviating Perceived Crowdedness. *J Environ Psychol* **2023**, *91*, doi:10.1016/j.jenvp.2023.102146.

47. Kawamura, S.; Tachibanaki, S. Molecular Bases of Rod and Cone Differences. *Prog Retin Eye Res* 2022, *90*.
48. Athanasiou, D.; Aguila, M.; Bellingham, J.; Li, W.; McCulley, C.; Reeves, P.J.; Cheetham, M.E. The Molecular and Cellular Basis of Rhodopsin Retinitis Pigmentosa Reveals Potential Strategies for Therapy. *Prog Retin Eye Res* 2018, *62*, 1-23.
49. De Silva, S.R.; Arno, G.; Robson, A.G.; Fakin, A.; Pontikos, N.; Mohamed, M.D.; Bird, A.C.; Moore, A.T.; Michaelides, M.; Webster, A.R.; et al. The X-Linked Retinopathies: Physiological Insights, Pathogenic Mechanisms, Phenotypic Features and Novel Therapies. *Prog Retin Eye Res* 2021, *82*.
50. Kleinlogel, S.; Vogl, C.; Jeschke, M.; Neef, J.; Moser, T. Emerging Approaches for Restoration of Hearing and Vision. *Physiol Rev* 2020, *100*, 1467-1525.
51. Ishihara, K.; Ishihara, S.; Nagamachi, M.; Hiramatsu, S.; Osaki, H. *Age-Related Decline in Color Perception and Difficulties with Daily Activities—Measurement, Questionnaire, Optical and Computer-Graphics Simulation Studies*; 2001; Vol. 28;.
52. Trukša, R.; Fomins, S.; Jansone-Langina, Z.; Tenisa, L. Colour Vision Changes across Lifespan: Insights from FM100 and CAD Tests. *Vision* **2024**, *8*, 53, doi:10.3390/vision8030053.
53. Karino, G.; Senoo, A.; Kunikata, T.; Kamei, Y.; Yamanouchi, H.; Nakamura, S.; Shukuya, M.; Colman, R.J.; Koshiba, M. Inexpensive Home Infrared Living/Environment Sensor with Regional Thermal Information for Infant Physical and Psychological Development. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 6844, doi:10.3390/ijerph17186844.

54. Kalueff, A. V; Hauser, J.; Koshiba, M.; Watarai-Senoo, A.; Karino, G.; Ozawa, S.; Kamei, Y.; Honda, Y.; Tanaka, I.; Kodama, T.; et al. A Susceptible Period of Photic Day-Night Rhythm Loss in Common Marmoset Social Behavior Development. **2021**, doi:10.3389/fnbeh.2020.539411.
55. Shikder, S.; Mourshed, M.; Price, A. Therapeutic Lighting Design for the Elderly: A Review. *Perspect Public Health* 2012, *132*, 282-291.
56. Terman, M.; Terman, J.S. Light Therapy for Seasonal and Nonseasonal Depression: Efficacy, Protocol, Safety, and Side Effects. *CNS Spectr* 2005, *10*, 647-663.
57. Mylona, I.; Floros, G.D. Blue Light Blocking Treatment for the Treatment of Bipolar Disorder: Directions for Research and Practice. *J Clin Med* 2022, *11*.
58. Do, A.; Li, V.W.; Huang, S.; Michalak, E.E.; Tam, E.M.; Chakrabarty, T.; Yatham, L.N.; Lam, R.W. Blue-Light Therapy for Seasonal and Non-Seasonal Depression: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Canadian Journal of Psychiatry* 2022, *67*, 745-754.
59. Ota, M.; Hariyama, M.; Colman, R.; Koshiba, M. The Effects of Ubiquinol Intake and Sociophysical Training on the Activation of Psychological and Infrared Camera-Measured Body Temperature Physiology and Blood Molecular Markers: A Pilot Study among Healthy Female Older Adults. *Applied Sciences (Switzerland)* **2024**, *14*, doi:10.3390/app14062366.
60. Sari, N.P.W.P.; Manungkalit, M. The Best Predictor of Anxiety, Stress, and Depression among Institutionalized Elderly. *Int J Publ Health Sci* **2019**, *8*, 419-426, doi:10.11591/ijphs.v8i4.20359.

61. Kubo, H.; Urata, H.; Sakai, M.; Nonaka, S.; Saito, K.; Tateno, M.; Kobara, K.; Hashimoto, N.; Fujisawa, D.; Suzuki, Y.; et al. Development of 5-Day Hikikomori Intervention Program for Family Members: A Single-Arm Pilot Trial. *Heliyon* **2020**, *6*, doi:10.1016/j.heliyon.2019.e03011.
62. Zeilig, H. Dementia as a Cultural Metaphor. *Gerontologist* **2014**, *54*, 258-267, doi:10.1093/geront/gns203.
63. Paul Hoffman*, E.L.A.R. Poor Coherence in Older People' s Speech Is Explained by Impaired Semantic and Executive Processes. *Elife* **2018**, doi:https://doi.org/10.7554/eLife.38907.
64. *Depression in Later Life: A Diagnostic and Therapeutic Challenge – American Family Physician*; 2004;
65. Devita, M.; De Salvo, R.; Ravelli, A.; De Rui, M.; Coin, A.; Sergi, G.; Mapelli, D. Recognizing Depression in the Elderly: Practical Guidance and Challenges for Clinical Management. *Neuropsychiatr Dis Treat* **2022**, *18*, 2867-2880.
66. Mukku, S.S.R.; Dahale, A.B.; Muniswamy, N.R.; Muliya, K.P.; Sivakumar, P.T.; Varghese, M. Geriatric Depression and Cognitive Impairment—An Update. *Indian J Psychol Med* **2021**, *43*, 286-293.
67. Jellinger, K.A. Pathomechanisms of Vascular Depression in Older Adults. *Int J Mol Sci* **2022**, *23*.
68. Wu, Y.; Mai, N.; Weng, X.; Liang, J.; Ning, Y. Changes of Altruistic Behavior and Kynurenine Pathway in Late-Life Depression. *Front Psychiatry* **2020**, *11*, doi:10.3389/fpsy.2020.00338.
69. Zou, H.; Zhou, H.; Yan, R.; Yao, Z.; Lu, Q. Chronotype, Circadian Rhythm, and Psychiatric Disorders: Recent Evidence and Potential Mechanisms. *Front Neurosci* **2022**, *16*.

70. George S Alexopoulos Depression in the Elderly. *Lancet* **2005**, *365*:, 1961-1970.
71. Zhai, K.; Dilawar, A.; Yousef, M. S.; Holroyd, S.; El-Hammali, H.; Abdelmonem, M. Virtual Reality Therapy for Depression and Mood in Long-Term Care Facilities. *Geriatrics (Switzerland)* 2021, *6*.
72. Vision (Basel).2021 Sep 30;5(4):46. doi: 10.3390/vision5040046
Vision through Healthy Aging Eyes
Nir Erdinest 1, Naomi London 2,*, Itay Lavy 1, Yair Morad 3, Nadav Levinger 1,4