

# ライブ・エンタテインメントコミュニケーションシステム「LumiConne (ルミコネ)」の開発経緯と実装技術

平川新吾<sup>†</sup> 末光智彦<sup>†</sup> 小林威晴<sup>†</sup>  
佐藤皇太郎<sup>†</sup> 大久保明<sup>†</sup>

本稿では我々が開発したライブ・エンタテインメントコミュニケーションシステム「LumiConne(ルミコネ)」の開発経緯とその実装技術に関して述べる。LumiConneは無線通信機能を有したペンライト型端末数千本を、同期動作を行うことができる。ライブ・エンタテインメントでは曲に合わせて発光色を制御可能な他、アンケートや抽選といった機能も有しており、ユーザーはLumiConneを持ちながら参加することで、これまでにないエンタテインメント空間との一体感を得ることが可能である。

## Live-Entertainment communication system "LumiConne" Development history and packaging technology

Shingo Hirakawa<sup>†</sup> Tomohiko Suemitsu<sup>†</sup>  
Takeharu Kobayashi<sup>†</sup> Kotaro Sato<sup>†</sup> Akira Okubo<sup>†</sup>

We developed "LumiConne" Live-Entertainment communications device. "LumiConne" may seem like a pen light, has a wireless communication capability, synchronous operation can be carried out at several thousand. In Live-Entertainment, it has a function capable of controlling the emission color with the music, in addition to "survey" or "lottery" can provide such applications. Users be to join in live entertainment with "LumiConne", it is possible to get a sense of oneness with an unprecedented entertainment space. This paper describes the history and purpose of development and prospects of "LumiConne".

## 1. はじめに

### 1.1 ゲームエンタテインメントでの変化と仮説

余暇産業としてのエンタテインメントはその姿を大きく変貌し続けている。弊社の主力事業であるゲームエンタテインメントにおいては、ネットワークの進化により、図1に示すようにモバイル・オンラインコンテンツ（携帯端末への音楽・ゲーム配信）はその市場規模を順調に拡大しているが、家庭用ゲームのようなパッケージビジネスは年々その市場規模を縮小している[a]。[1][2][3][4][5]

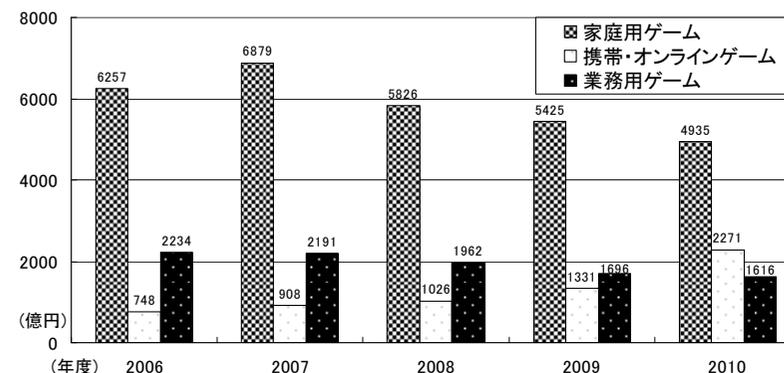


図1 ゲームエンタテインメントの市場規模

しかし、業務用ゲームにいたっては市場規模が小さくなっていくにもかかわらず、図2のように来店者数はむしろ増加傾向にある[6]。これはアミューズメント施設でしか体験できない大型ビデオゲーム筐体の出現とターゲットを絞った出店計画による影響が大きい。施設運営側・機器メーカー側のリアル空間におけるエンタテインメント性の強調が客足を再び増大させたとされている。また、近年ではゲーム筐体を安価で販売し、ユーザーがゲームプレイした回数に応じて施設運営側が機器メーカー側へ利用料を支払う従量課金制度をとっている。

<sup>†</sup> 株式会社バンダイナムコゲームス  
NAMCO BANDAI Games Inc.

a) 家庭用ゲームはハード・ソフトの売上高、携帯・オンラインゲームはソフトウェア・追加アイテムなどの売上高、業務用ゲームはゲーム筐体の売上高を記している。

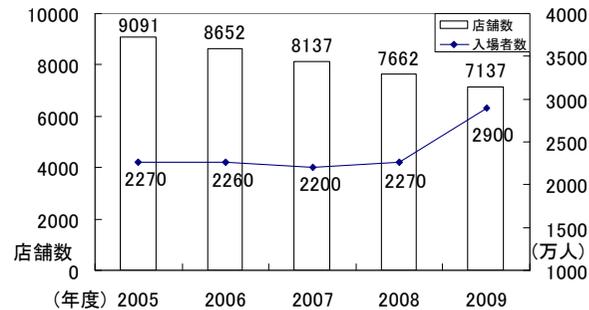


図 2 アミューズメント施設の店舗数と入場者数

これらの情報から我々は“ネットワークの進化により、パッケージビジネスは縮小しているが、その一方で「リアル空間におけるエンタテインメント」はむしろニーズが強調されているのではないか。”という仮説を立てた。

そして、その仮説を元に同じようにパッケージビジネスが縮小している他のエンタテインメント業界に注目をし、新たなエンタテインメントを創出できるのではないかと考えた。

## 1.2 音楽業界への着眼

前節で述べた仮定した内容を元に、注目したのは音楽業界である。音楽業界もネットワーク技術の進化に伴い、図 3 に示すように携帯電話を始めとした楽曲の有料配信によるダウンロードビジネスはその市場規模を拡大する一方で、楽曲を収めた CD などのパッケージビジネスのそれは縮小し続けている。[4]

しかしながら、ライブ・エンタテインメントにいたっては図 4 のように市場規模、観客動員数は共に堅調な成長を示している。これは来店者数が復調傾向にある業務用ゲーム市場と同等の環境であるといえる。[7][8]

そこで我々はアミューズメント施設での大型ビデオゲーム筐体の出現と同じようにライブ・エンタテインメント業界における、リアル空間でのエンタテインメント性をより強調するためには何が必要かを検討することとした。

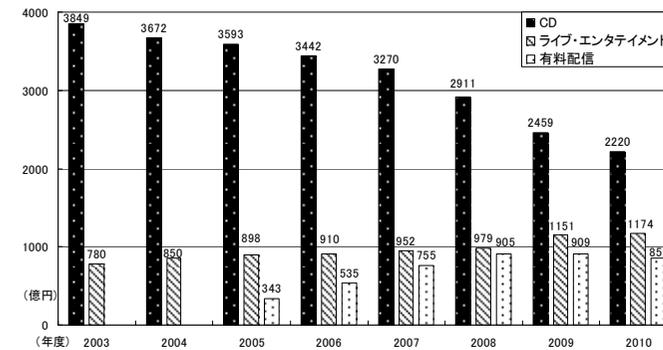


図 3 国内ポップスにおける各ジャンルの市場規模

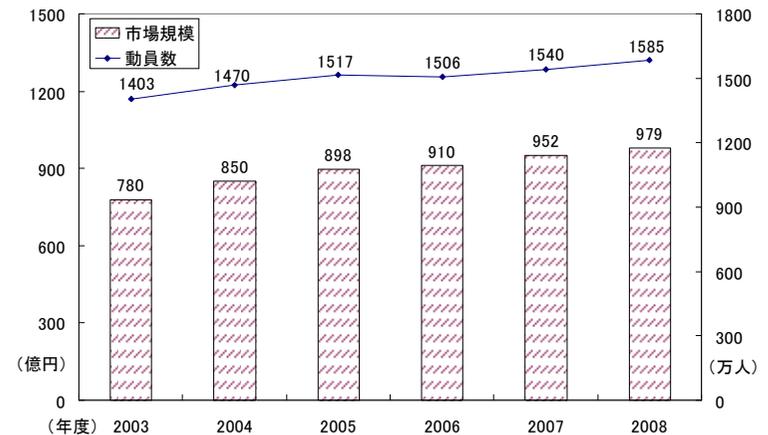


図 4 国内ポップスにおけるライブ・エンタテインメントの市場規模と動員数

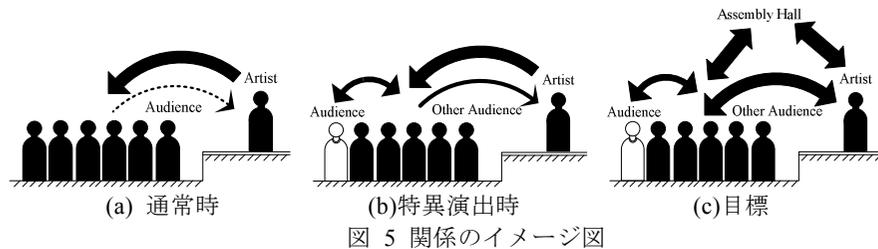
## 2. 開発経緯

### 2.1 特異演出からのコミュニケーションニーズ

音楽業界において昨今伸びてきたのは、いわゆるアニソンや声優・アイドルの歌、といった「オタクジャンル」である。そのジャンルにおけるライブ・エンタテインメン

トにおいて、他ジャンルには無い顕著な特色に我々は注目した。

それは観客が自発的に示し合わせて用意した「ケミカルライト」である。それを曲や歌手によって持ち替え、会場全体が幻想的な、華やかな演出に包まれる。これは一般的なライブ・エンタテインメントが図 5 (a)のように観客と歌手の関係性だったのに対し、このような演出は図 5(b)のような観客側の「会場一体感をもって歌手を応援したい、盛り上げたい」というニーズの現れである。ここでの「一体感」を具体的には表現すると「歌手と自分（観客）」「自分（観客）と他の観客」の関係で共通感覚を得たいということであり、その達成には双方向コミュニケーション、本稿ではそれを「つながる感」とキーワード化し、これを増幅するためのシステム開発を目指すこととした。



## 2.2 “つながる感”の増幅

では、目指すべき「つながる感」はどういったものであるべきかを整理する。先述のとおり、「歌手と自分（観客）」「自分（観客）と他の観客」の関係における共通感覚の構築であるが、我々はこれらのほかに、図 5 (c)のように「会場と観客」「会場と歌手」を加え、歌手・観客・会場を1つのものとしてできないかと考えた。

既に「会場と歌手」という関係は従来であれば照明・音響装置や効果機など会場設備と歌手側が密に連携を取るもので構築されていた関係であるが、この関係に観客は加わっておらず、一方向的な演出になっている。「会場と観客」という関係を加えることによって、本当の意味で「会場との一体感」が創出され、これまでのライブ・エンタテインメントにおける「つながる感」がより増幅されるのではないかという仮説を立て、次節より述べるライブ・エンタテインメントコミュニケーションシステム「LumiConne」を開発した。

## 3. LumiConne システム概要

### 3.1 構成概要

本研究において開発したライブ・エンタテインメントシステム「LumiConne」は図 6 のように、観客が使用するペンライト型端末(図 7)、それへ無線通信をするための基地局、さらに基地局を管理するホスト局の3つから構成されており、その機能は「シンクロライト」と「エモーションリンク」の二つから成り立っている。

ペンライト型端末が多数密集している状態でも正確に同期動作し、ホスト局とペンライト型端末との間での低容量での双方向通信を行うことができる。ホスト局から基地局へは PoE (Power over Ethernet) の有線 LAN で通信をし、基地局からペンライト型端末へは 2.4GHz 帯での無線通信を行う。1つの基地局は最大で 500 個の端末局を管理下に置くことが可能であり、基地局の個数により稼働可能な端末局数が増える。

また、ペンライト型端末には後述する LumiConne 用無線通信モジュール、三つの押しボタンと 3 軸加速度センサ、外部機器接続用コネクタが装備されている。

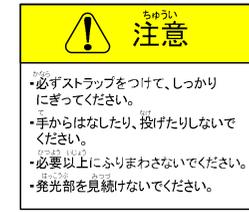
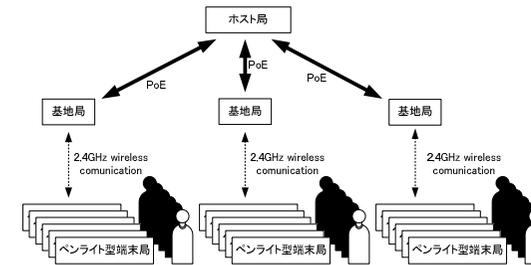


図 7 ペンライト型端末

なお、ペンライト型端末は「誰でも握りやすいように」というコンセプトから、市販されているペンライトよりも握り手の部分が大きく設計されている。また、安全配慮の面からストラップが装備されており、図 7(c)のような注意事項をペンライト型端末本体に記している。

### 3.2 機能概要

#### 3.2.1 シンクロライト

シンクロライト機能はホスト局の管理下にあるペンライト型端末が同期しながら発光動作を行う。サービスとしてはライブ・エンタテインメントにおいて、音楽と連携した発光動作をすることが可能となる。この際の発光色は 24 ビットカラーであり、動作タイミングの誤差は理論上においては±5msec 以内に収まる。これを可能とした無線通信に関しては後述する。

また、ペンライト型端末にはユニーク ID が割り振られているため、この ID を利用しての分割動作を実現することが出来る。たとえば、全体を 12 分割し、その 1 グループと残りの 11 グループに別々の発光指令を送ることが可能である。

#### 3.2.2 エモーションリンク

エモーションリンク機能は観客からステージへ情報伝達を行うために用意された機能群である。主なアプリケーションとしてはペンライト型端末に装備されたボタンによるアンケート機能、じゃんけん大会、抽選機能など、一部のライブ・エンタテインメントでは手動で行われていることを自動的に行うことが可能である。この情報のやり取りはシステムで把握することになるので、演出面へのフィードバックを行うことも可能となる。

### 3.3 無線通信部

#### 3.3.1 無線通信方式の選定

開発段階において、先述の 2 つの機能を実装するため、我々は無線通信手法の選定を行った。選定を行ううえで重要視したものは以下に列挙した要素である。

- ・ 双方向通信が可能
- ・ 電波法免許が不要
- ・ ノードの同時接続数が数千個
- ・ 同期誤差が 1/60 秒以下
- ・ 無線通信部の量産コストが 1000 円以下

まず、コンセプトの基礎となる「つながる感」を創出するために無線通信の双方向性は必須要件となる。そのため、家電のリモコンシステムのような赤外線通信による一方通信は真っ先に候補から外れる。

次に、電波法免許に関しては最終製品への誘導をスムーズにするためである。双方向無線通信を行うためにはペンライト型端末をもつユーザーが個々に無線局免許状を保有しなければならず、使用環境にも登録が必要であるため、現実的ではない。

同時接続数を数千個と暫定したのは東京近郊のライブハウス・ホールの収容人数が

らである。また、オタクジャンルのライブ・エンタテインメントに限定すれば一部を除いて 4000 人規模が上限数値となる。そのため、本システムでは最終的に 4000~5000 人を上限数値として目標設定をした。

次に同期誤差であるが、これは先述のとおりシンクロライトを行ううえで最も重要な課題である。ホスト局から基地局経由でペンライト型端末へ指令を送り、その指令に全体が同期動作を行う。そこでのペンライト型端末で行われる同期動作とは LED の発光であり、同期が僅かにずれただけでも比較対象が周囲に多いため、目立ってしまう。同期動作を欠いては会場との一体感、「つながっている感」が阻害されてしまうため、技術仕様としては最重要な点である。そこで映像ベースで一般的に扱われている NTSC 規格におけるフレーム数を基準に目標を 1/60 秒とした。

同期接続数と同期誤差の面で Bluetooth や ZigBee は候補から外れることとなる。Bluetooth は同期誤差の面では優位だが、ノード接続数が 16 個と要件を満たしていない。また ZigBee は同時接続数が 65535 個とされているが、それを実現するためにはコネクション構成が多数段に及んでしまう。さらにメッセージがホッピングされて通信される特性を考慮すると同期誤差を目標値にするには難しいと判断した。

また、量産コストに関してはあくまでも暫定的な目標値ではあったが、製品化に与える大きな障壁である。これに関してはビジネスモデルを立てていく上で算出された数値である。その点からは UWB や Wi-Fi は選択肢から除外されることとなる。

以上の内容をまとめたものを表 1 に示すが、必要項目のすべてを達成する既存の無線通信手法がないことが分かる。

表 1 各無線通信方式の評価

	UWB	Zigbee	Bluetooth	Wi-Fi	赤外線
双方向性	○	○	○	○	×
免許不要	△	○	○	○	○
周波数	3.1GHz~ 10.6GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz	-
同時接続数	○	◎	×	○	◎
ノード同期性	○	×	◎	△	△
コスト	×	◎	△	×	○

#### 3.3.2 独自無線通信手法開発

前節で述べたように、既存の無線通信手法では目標を達成することができないことを確認できた。残された方法は独自無線通信モジュールの開発である。

そこで我々は 2010 年 10 月より無線通信モジュール開発に実績をもつ上田日本無線

株式会社と多人数密集無線通信システムの共同研究を立ち上げ、LumiConne 用無線通信モジュールの開発を行うこととなった。

共同研究を進める上で提案されたシステムが前述のようなホスト局、基地局、ペンライト型端末の3段階で構築される LumiConne のシステムである。最上位であるホスト局は汎用 PC と PoE ハブから構成されており、それと有線接続される基地局は 2.4GHz 無線通信によってペンライト型端末を制御下におく。基地局は図 8 のような外観をしており、会場内に設置する際には床面より 2m 上方に設置する。これは使用無線が 2.4GHz と遮蔽物に弱く、特に想定実環境においては人間が密集しているケースが考えられ、ユーザー自身が遮蔽物となる可能性が高いため、電波を遮蔽物の比較的少ない頭上から届けるためである。2.4GHz 無線通信の通信距離は約 30m が公式スペックではあるが、人体の電波吸収による通信距離の減少を懸念したため、通信距離は長めに設定をしている。

なお、ペンライト型端末と基地局の組み合わせはプリセットされておらず、ペンライト型端末に電源が投入されると、どの基地局に属するかを決めるシーケンスに移行し、接続が確立される。



図 8 無線基地局

基地局の管理下に入るペンライト型端末は図 9 のようなハードウェア構成であり、ここには共同開発された無線通信モジュール(図 10)が搭載される。

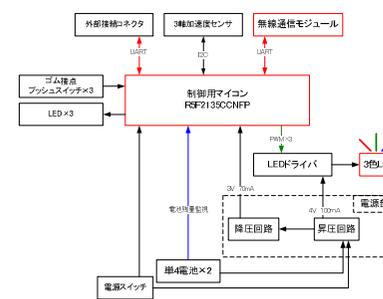


図 9 ハードウェア構成



図 10 無線通信モジュール

### 3.3.3 同期動作

前述の通り、LumiConne にとって同期動作は非常に重要な要素である。通常、無線通信を利用した動作指令を行う際は指令コマンドを直接送信し、動作側は受け取ったと同時に動作を行う。この際に指令コマンドを受け取るタイミングが異なると動作タイミングが個々にずれてしまう。

これまで LumiConne の「シンクロライト機能」と同じコンセプトの製品は存在していた。しかし、それらの多くは赤外線通信による制御であり、指令コマンドを受けとってすぐに動作を行うものであった。

これらに対して我々は各ペンライト型端末へ指令コマンドを前もって 10 数指令分送信すると同時に、時間情報をも同一パケット上で送信している。各ペンライト端末は受信した指令コマンドをバッファリングし、同時に受信した時間情報で内蔵タイムカウントを補正する。各ペンライト型端末は内蔵タイムカウントに従って動作し、動作時間・動作種類・発行色の記述がされている指令コマンドを参照することで発光動作を行う。

つまり、ペンライト型端末が一度受信に失敗してもバッファデータを読みこんで動作を行うことができるため、同期動作は途切れることなく、目標としていた「つながる感」のひとつの要素を達成することができた。

### 3.3.4 ペンライト型端末からの情報収集

次に、「つながる感」の大きな要素であるエモーションリンク機能を実現するためのペンライト型端末からの情報収集に関して述べる。先に述べたように LumiConne は 1 つの基地局が最大 500 台のペンライト型端末を制御下においている。情報収集を行う際には基地局からペンライト型端末に一斉に情報要求を行い、ペンライト型端末からの情報がぶつかり合わないようスロット分けをしながら、基地局へ情報送信を行う。この際に通信エラーを発生することは十分にありえるため、エラーが発生したペ

ンライト型端末には再送信命令を送信し、再送信上限回数はありつつも、送信を繰り返していくことによって情報収集率を上げていく手法をとっている。

そのため、端末数が増える毎に情報収集には時間を要することになるが、我々が想定している使い方（アンケート、じゃんけんなど）では、即時性は要求されない。

## 4. 実環境試験

### 4.1 通信試験

これまでに述べたシステムを実装した試作品を作成し、実際にライブ・エンタテインメントが開催される環境において稼働試験を行った。

2011年3月4日にパシフィコ横浜国立大ホール（1階席）にて、基地局からペンライト型端末への無線通信に関する実験を行った。実験中は客席に人間は座っていない状態であり、ホールが階段状になっている空間で通信試験を行っている。

実験環境であるパシフィコ横浜国立大ホール（1階席）は舞台から最後方席までは約54mであり、ひとつの基地局の通信範囲は半径30mであるため、客席中央に基地局を設置すれば、大多数の席をカバー可能であるが、同ホールは1階席だけで3260席であるため、基地局は最少でも7台必要であり、基地局が複数局存在する場合にペンライト型端末がどの基地局とコネクションを構築するかも実験項目となった。なお、ペンライト型端末は基地局からの電波強度をスキャン可能であり、基地局が複数ある場合は電波強度の高い基地局とコネクションを構築するため、図11(a)のようにペンライト型端末の簡易な位置推定が可能でないと仮定した。

しかし、結果として位置推定が出来るレベルには達せず、図11(b)のようなイメージとなった。

原因としては、ホールの床・壁面への電波の乱反射によるものと考えられる。

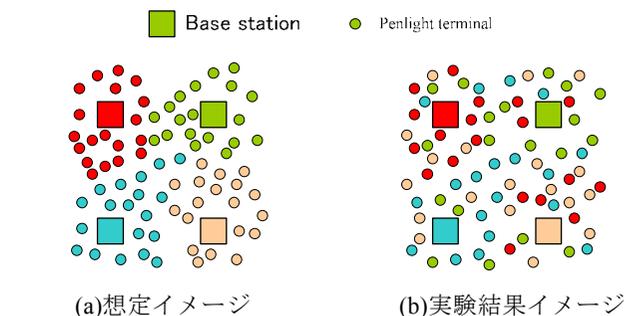


図 11 基地局へのペンライト型端末への登録イメージ図

### 4.2 運用試験

2011年3月11日に弊社本社未来研究所内のファンシアター（220名収容）にて弊社社員（150名）を被験者としてアプリケーション運用試験を行った。試験で用いたアプリケーションはシンクロライト機能とエモーションリンクの抽選機能である。

この試験において、各端末は想定通りの動作が可能であることを確認することが出来た。

## 5. 今後の展望

無線通信に関して、現在は2.4GHz帯を使用しているが、同周波数帯は様々な機器が混在する帯域であるため、様々なエラーリスクをはらんでいる。そのため、通信内容の簡素化と同時に新たな周波数帯域を今後、検討していく。

さらに、様々なライブ・エンタテインメントで試験導入を行い、ユーザーにフックするポイントを絞った仕様へブラッシュアップを行う計画である。

## 6. おわりに

本稿ではライブ・エンタテインメント・コミュニケーション・システム「LumiConne」の開発経緯を述べ、試作機に対する試験結果を述べた。

**謝辞** 本研究におきまして、試作機開発に協力いただきました上田日本無線株式会社様、株式会社シャイン様、緑屋電気株式会社様、試験運用にご協力いただきました株式会社ランティス、株式会社バンダイナムコライブクリエイティブ様、株式会社VIBE様に謹んで感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) ファミ通ゲーム白書 2011、エンターブレイン、2011
- 2) モバイル・コンテンツ・フォーラム調査、総務省、2009
- 3) デジタルコンテンツ白書（2011）、財団法人デジタルコンテンツ協会、2011
- 4) 情報メディア白書 2011、電通総研、2011
- 5) アミューズメント産業界の実態調査報告書、日本アミューズメント産業協会、2009
- 6) レジャー白書、日本生産性本部、2009
- 7) ぴあライブ・エンタテインメント白書 2009、ぴあ総研、2009
- 8) 平成 22 年 基礎調査報告書、一般社団法人 コンサートプロモーターズ協会、2010