

## 浮かぶLED “Luciola”

Levitating LED “Luciola”



たかみやまこと  
高宮真<sup>1)</sup>

かけひやすあき  
笠康明<sup>2)</sup>

かわはらよしhiro  
川原圭博<sup>3)</sup>

キーワード：LED、超音波、浮遊、無線給電

### 1. はじめに

空中に3次元映像を投影する空中ディスプレイは、ディスプレイの究極の姿として近年様々な方式の研究開発が進められている。これまで鏡を利用した光学方式が主流で、3次元映像を手で触れない点が、視聴者がリアルな体験をする上での課題であった。

そこで、3次元空間中を自由に移動でき、自ら発光し、そして手で触れられるという三つの要件を備えたミリメートルサイズの「浮かぶLED」を開発した(写真-1)。これは蛍のように光って飛び回ることからゲンジボタルの学名より「Luciola(ルシオラ)」と命名した。

### 2. 浮かぶLED “Luciola” の実現方法

Luciolaを実現するためには、物体の空中浮遊・移動技術と、浮遊したLEDへのエネルギー供給技術の二つが必要である。今回、物体の空中浮遊・移動技術として超音波集束ビーム<sup>1)</sup>を用い、エネルギー供給技術として無線給電を用いた。図-1にLuciolaの全体システムの概念図を示す。写真-2にLuciolaの全体システムの写真を示す。人間の耳には聞こえない40kHzの超音波スピーカを17個×17個の2次元格子状に並べた17cm四方の超音波アレーを2台、20cm距離を離して対向して設置し(写真-3(a))、各超音波スピーカを駆動する電気信号の位相を制御することにより、2台の超音波アレーの間の空間の1点に超音波ビームの焦点を集める

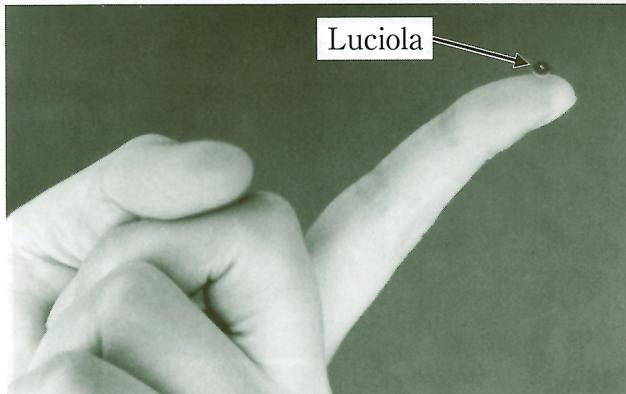


写真-1 浮かぶLED “Luciola”

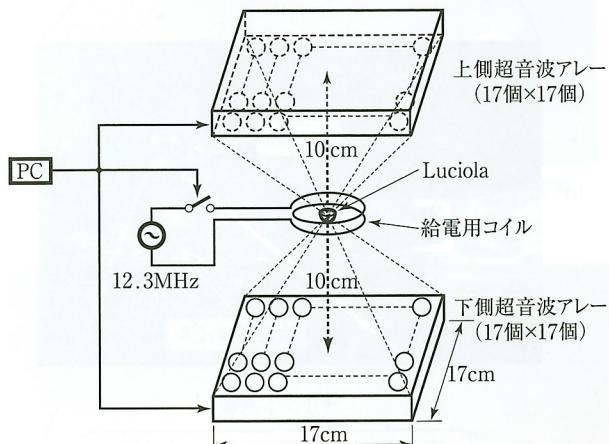


図-1 Luciolaの全体システムの概念図

(図-1)。この超音波ビームの焦点に物体を差し入れると、物体が空中浮遊する<sup>1)</sup>。さらに、超音波スピーカの電気駆動信号の位相を制御して超音波ビームの焦点を動かすと、物体をミリメートル単位の高精度で空中を移動させることができる。

空中移動と無線給電をオンオフするタイミングをPC

東京大学

1) 大規模集積システム設計教育研究センター准教授(写真)

2) 大学院情報学環准教授

3) 大学院情報理工学系研究科准教授

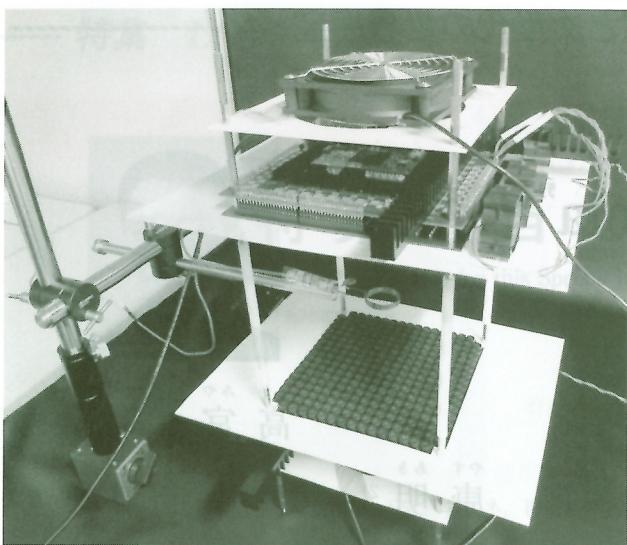


写真-2 Luciolaの全体システム

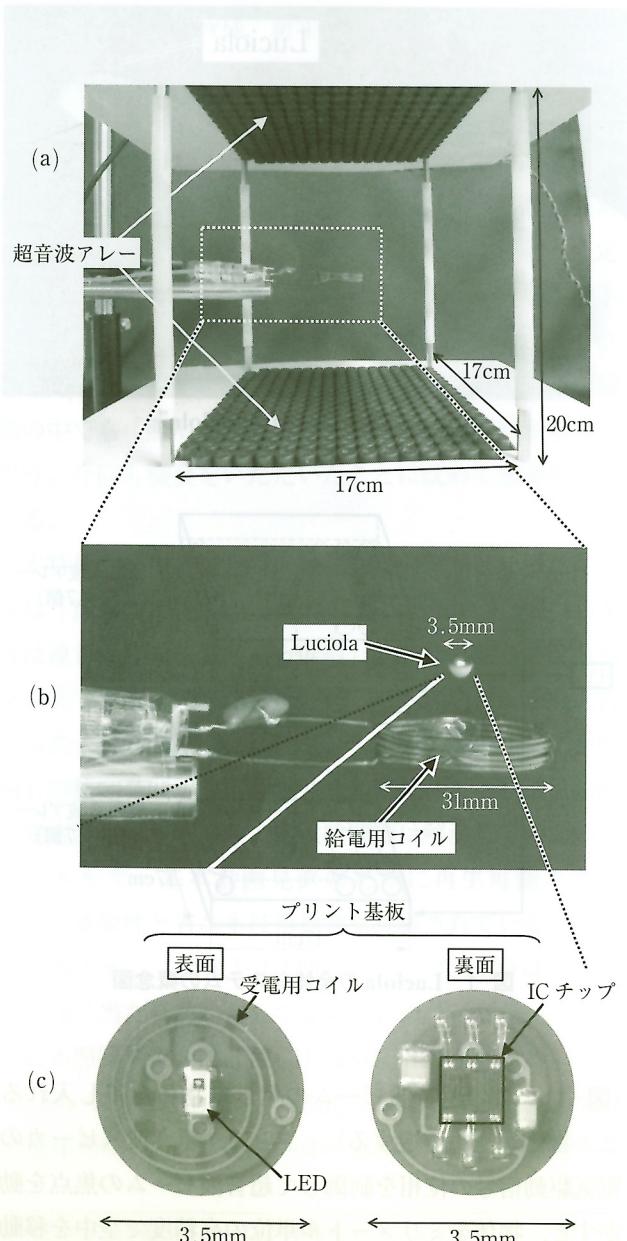


写真-3 (a) Luciolaの超音波アレー, (b) 無線給電により空中で点灯するLuciola, (c) Luciolaの内部

で同期制御することにより、空中の位置に応じてLEDを点灯・消灯することができる。これをを利用して、空中ディスプレイの機能を実現する。

超音波で浮遊させる物体は、小型、かつ、軽量である必要があるため、従来は直径数mm以下で、発泡スチロール球のようにごく軽く、電子回路をもたない物体に制限されていた<sup>1), 2)</sup>。浮遊物体を発光させるため電池を搭載すると、大きく、重くなってしまうため、超音波で物体を浮遊させることができないという課題があった。

今回、無線給電による電池の不要化とLED点灯に必要な電子回路の専用IC化の2点の工夫により小型・軽量化を実現し、直径3.5mmの半球形状で、重さ16mgの空中移動する「浮かぶLED」の作製に成功した<sup>3)</sup>(写真-3(b))。この「空中移動する小型電子回路内蔵発光体」の実現は、世界初の成果である。

エネルギー供給は、発光体の近くに設置した直径31mmの無線給電用コイルから、「浮かぶLED」に内蔵されたフレキシブルプリント基板上に形成した無線受電用コイルに対して、12.3MHzの磁界共振結合型の無線給電により行った(写真-3(b), (c))。無線給電では送受電コイルの位置関係で値が大きく変動する交流電圧を、LED点灯に必要な約3Vの直流電圧へと整流・電圧調整する必要がある。これを市販の汎用ICを組み合わせて実現した場合、回路が大型化し、超音波で物体が浮遊しないという問題があった。そこで、今回新規に開発した1mm角のICチップに全ての電源回路を集積することで、小型・軽量化に成功した(写真-3(c))。

### 3. 浮かぶLED “Luciola” の評価

Luciolaの3次元空間内での動作範囲に関する実測結果を紹介する。3次元空間内での動作範囲は超音波による空中浮遊・移動と無線給電の二つによって決まる。

図-2に超音波による空中浮遊・移動範囲の実測結果を示す。x軸方向とy軸方向には±52mm、z軸方向には±27mmの範囲で空中移動が可能である。

図-3に無線給電範囲の実測結果を示す。x軸方向に±15mm、z軸方向には±8.3mmの範囲で無線給電によるLED点灯が可能である。今回開発したICチップには蓄電機能と電圧検出機能が内蔵されているので、無線給電の送信コイルと受信コイルの距離が遠い場合はLEDを間欠点灯させることにより、無線給電によるLED点灯範囲をz軸方向に38%拡大できた。

以上により、今回開発したLuciolaでは3次元空間内

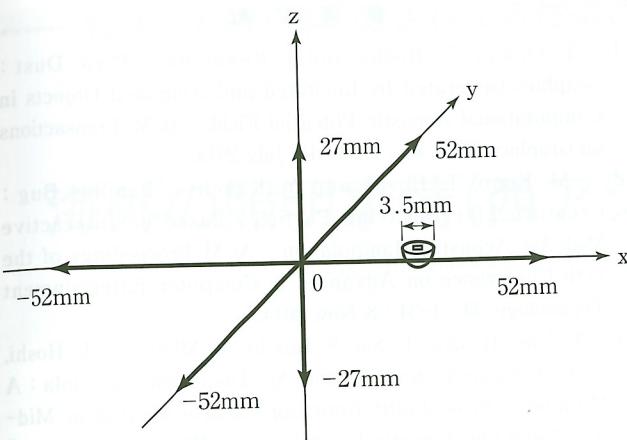


図-2 超音波による空中浮遊・移動範囲

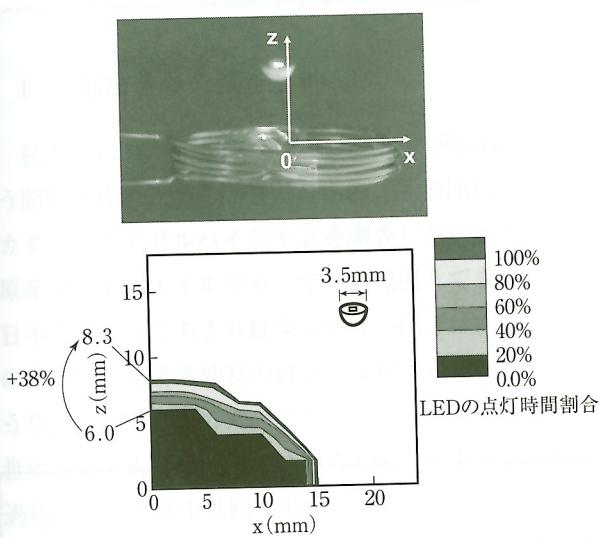


図-3 無線給電範囲

での動作範囲は超音波による空中浮遊・移動ではなく、無線給電で制限されていることが分かる。今後、無線給電用のコイルのQ値を高めることにより、無線給電範囲の拡大に取り組む予定である。

#### 4. 浮かぶLED "Luciola" のアプリケーション

Luciolaの特長を活かし、手で触れる空中ディスプレイの実現に向けた「浮かぶLED」のデモとして、写真-4に示す空中での文字描画を行った。これは長時間露光(約20~30秒)写真である。空中移動と無線給電をオンオフするタイミングを同期制御することにより、"LUCIOLA"の文字を空中に描画している。

写真-5に机上の紙の上を浮遊するLuciolaで文字描画したデモを示す。この場合、1台の超音波アレーを机に対向させて設置し、超音波ビームの焦点を机の表面から約4mmの場所に形成し、Luciolaを空中浮遊・移動させている。無線給電用の送信コイルは紙の裏側に設置

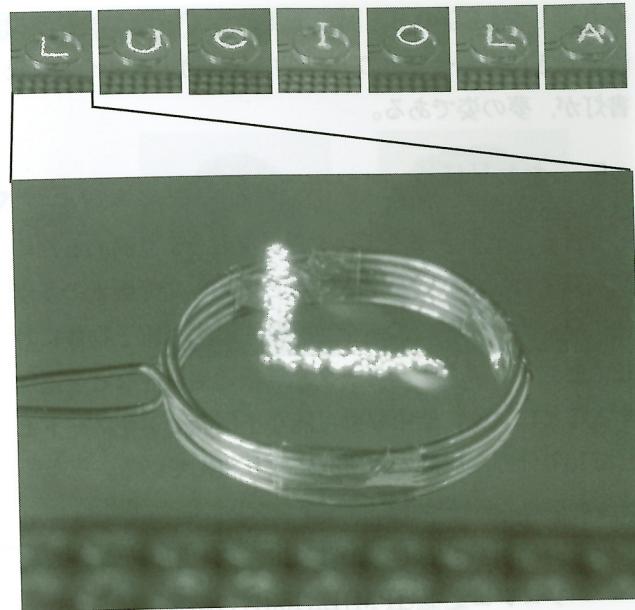


写真-4 Luciolaによる空中での文字描画

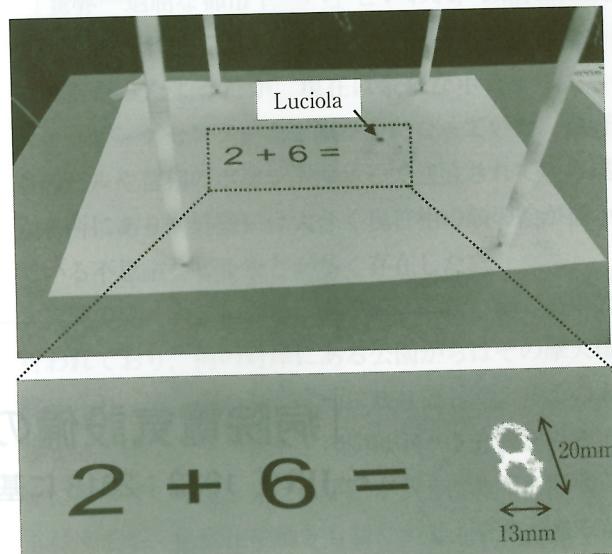


写真-5 紙の上を浮遊するLuciolaによる文字描画

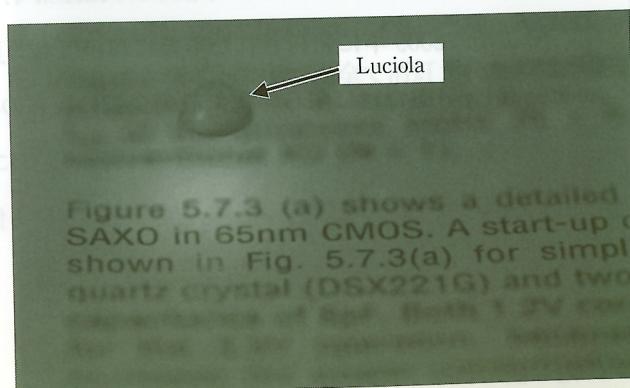


写真-6 Luciolaによるマイクロ読書灯

されている。

写真-6にLuciolaを用いたマイクロ読書灯のデモを示す。写真-5と同様のセットアップで、Luciolaをひっ

くり返してLEDのある面を下側にしている。読者の視線の動きに合わせて本の上の空中を移動するマイクロ読書灯が、夢の姿である。

## 5. おわりに

今後は、空中ディスプレイの表現力をより高めるために、発光物体の個数を増やすことによる発光画素の多点化に取り組む。さらに、空中移動する小型電子物体に対してセンサ、アクチュエータ、無線通信機能などを追加することにより、空中移動可能な小型のセンサノードとしてIoT分野へ展開する研究に取り組んでいる。

謝辞：本成果の一部は、JST ERATO川原万有情報網プロジェクト(JPMJER1501)の結果、得られた。

## 参考文献

- 1) Y. Ochiai, T. Hoshi, and J. Rekimoto : "Pixie Dust : Graphics Generated by Levitated and Animated Objects in Computational Acoustic-Potential Field," ACM Transactions on Graphics, 33, 4, 85 : 1-85 : 13, July 2014.
- 2) M. Kono, T. Hoshi, and Y. Kakehi : "Lapillus Bug : Creature-Like Behaving Particles Based on Interactive Mid-Air Acoustic Manipulation," ACM Proceedings of the 11th Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, 34 : 1-34 : 8, Nov. 2014.
- 3) Y. Uno, H. Qiu, T. Sai, S. Iguchi, Y. Mizutani, T. Hoshi, Y. Kawahara, Y. Kakehi, and M. Takamiya : "Luciola : A Millimeter-Scale Light-Emitting Particle Moving in Mid-Air Based On Acoustic Levitation and Wireless Powering," Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, Volume 1, Issue 4, Article No. 166, 17 pages, Dec. 2017.

## 「病院電気設備の設計・施工指針」 ～JIS T 1022：2018に基づく病院電気設備のあり方～

医用室における電気設備のあり方について規定したものがJIS T 1022「病院電気設備の安全基準」です。

今回JIS T 1022：2006が約12年振りに大改正が行われ、JIS T 1022：2018となります。

そこで、2009年に発刊された本書においても、JIS T 1022：2018の作成に携わった専門家が本書の内容を見直し、JISだけに限らず電気設備全般の現在の法や規格・基準等についても再確認を行い、医用室における電気設備を計画・設計・施工する上で、現在に沿った内容となるように再編集しました。また、今回より病院関係者の方々にも参画いただき、電気設備を使用する立場からの内容も盛り込み、より広い方々にとって役に立つ本となることを目指しました。

定 價：4600円(消費税、送料共別)

体 裁：A4判 210ページ

申込先：一般社団法人 電気設備学会 ホームページよりお申込みください。<https://www.ieiej.or.jp>