

小型情報端末用 DataSlim2 の空間光通信方式

林 新[†] 伊藤 日出男^{†‡}

概要 空間光通信は、空間を伝播する光のエネルギーの一部を利用して信号を伝える通信方式である。従って、伝送用の光エネルギーが空間に存在する無線伝送の特徴と情報伝送媒体として光を使う光ファイバ通信の特徴を合わせ持つと言える。我々は、このような空間光通信技術と位置に基づく通信技術を使って、近距離閉空間での情報サービスによる行動支援できる携帯通信端末 MyButtonTMと室内レーザレーダ i-lidarTMについての研究を進めている。一方、DataSlim2 は反射型液晶ディスプレイを有する名刺サイズの PDA である。この PDA は、アドインアプリケーションソフトウェアを開発することにより、所望のプログラムを実行できる。そこで、液晶ディスプレイの光散乱反射板を、再帰光反射シートに変更して、画面をプログラムで制御すれば、空間光反射率変調機能を実現することができる。また、DataSlim2 は情報環境の中で、極めて低い消費電力で長時間動作できるため、室内レーザレーダ通信システム用の携帯情報端末 MyButton として用いることが考えられる。

キーワード: DataSlim2, 空間光通信, 反射率変調, データ伝送

Spatial optical communication technique of the DataSlim2 for compact information terminal

Xin LIN[†] and Hideo ITOH^{†‡}

Abstract: Spatial optical communication is a signal transmission technique by using optical energy. It not only has characteristics of wireless transmission, but also has characteristics using optical fiber communication. Based on the spatial optical communication technique and the location-based information service technique, an indoor laser radar communication system, i-lidarTM and its terminal equipment, MyButtonTM has been developing for human information support. On the other hand, the DataSlim2 is a compact Personal Data Assistant (PDA) with a liquid crystal display. It is used as a handheld communication terminal, MyButtonTM for data uploading in the indoor laser communication system. The spatial optical modulation function of the DataSlim2 has been achieved by using a software development kit, and changing its light-scattering-reflection sheet of the liquid crystal display into a corner-reflection liquid crystal display. Data transmission characteristics and reflectivity modulation characteristics of the DataSlim2 as a communication terminal are measured and evaluated.

Keywords: DataSlim2, optical communication, reflectivity modulation, data transmission.

[†] 産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センター, Cyber Assist Research Center, AIST
E-mail: x.lin@aist.go.jp, hideo.itoh@aist.go.jp

[‡] 科学技術振興事業団 CREST, CREST, JST (Japan Science and Technology Corporation)

1. はじめに

将来には人間生活スタイルの個性化、多様化や高齢化などの問題の顕在化に伴い、データや画像中心の高度情報化社会が到来すると考えられている。このようなマルチメディア社会において神経網の役割を担う通信システムには、高い信頼性と多彩なサービスが可能で、人間個人を柔軟に支援する端末とその端末を支える情報環境の実現が期待されている。

そこで、我々は空間光通信技術と位置に基づく通信技術を使うことにより、近距離閉空間での情報サービスによる行動支援できる携帯通信端末 MyButton™ とその情報環境装置となる室内レーザレーダ i-lidar™ についての研究を進めている[1-4]。

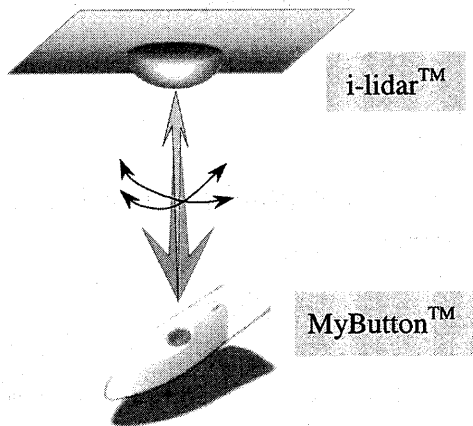


図 1.1 室内レーザレーダ測位通信システム

図 1.1 に室内空間光通信システムの構成の例を示す。MyButton によって環境とユーザから得られた情報データを i-lidar にアップロードし、i-lidar は、マイボタンの位置を搜索し、その位置を取得・追跡するとともに空間光通信によりデータ通信を行うことで情報サービスを実現する。

このような通信システムの端末装置となる MyButton としては、基本的な次の機能を持つ

必要がある。すなわち、①再帰光反射機能、②反射率変調機能、③低消費電力で長い時間動作、④小型低価格。そこで我々は、図 1.2 に示されている DataSlim2 (DS2) を MyButton として実装することとした。

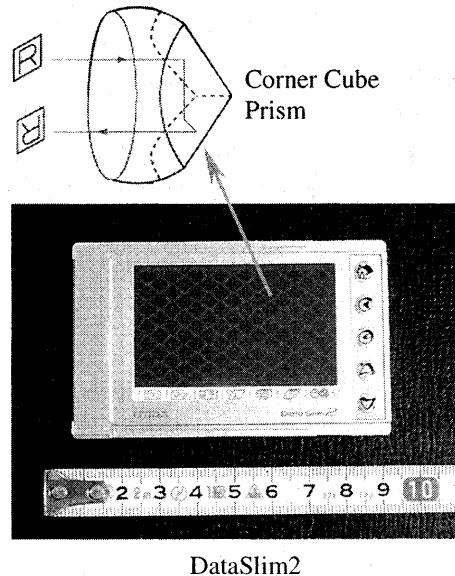


図 1.2 再帰光反射シートを装着した DataSlim2

DS2 は反射型液晶ディスプレイを有する名片サイズ・低価格の PDA である。この PDA は、アドインアプリケーションソフトウェアを開発することにより、所望のプログラムを実行できる。また、液晶ディスプレイの光散乱反射板を、コーナーキューブアレイ（入射光がいかなる角度で入射しても入射角度と平行に反射する素子）からなる再帰光反射シートに変更して、画面をプログラムで制御すれば、空間光反射率変調機能を実現することができる。さらに、DS2 は情報環境の中で、極めて低い消費電力で長時間動作できる装置である。

本報告では、DS2 を小型情報端末 MyButton として、空間光反射率変調機能をソフト的に実現する手法と空間光通信特性について述べる。

2. 空間光通信機能の実現

DS2 による空間光通信機能を実現するために、アドインアプリケーションソフトウェアを開発する必要がある。

2.1 受光画面の制御

情報環境とユーザから得られたデータを DS2 の画面点滅によって送信するため、DS2 の受光画面制御、すなわち、白黒画面 (1010...) の繰り返し変換機能をプログラムで実現した。図 2.1 はプログラムを実行することにより得られた画面制御の例である。図 2.1(a) に示すように、「画面反転」或いは「画面変換」ボタンを押すと、受光画面が、白→黒、或いは黒→白に変化できる。画面変換の周波数はプログラムにより制御することができる。明滅中の反射光強度変化の例を図 2.1(b) に示す。

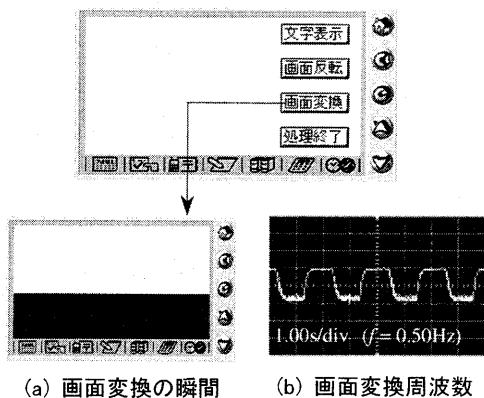
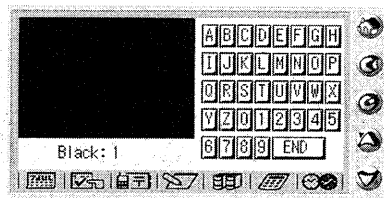


図 2.1 DS2 受光画面制御の例

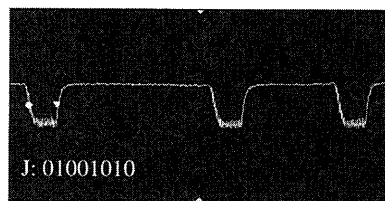
2.2 文字コードにより画面制御

時系列文字コードを DS2 から室内レーザーレーダ通信システム i-lidar™へアップロードするため、DS2 の画面上にソフトキーボードを作って、このキーボードで入力した文字列によって、画面反射率の変調機能を実現した。ソフトキーボードを利用することによって、DS2 の

画面が繰り返し変換している例を図 2.2 に示す。例えば、「J」キーを押すことによって、画面が「J」を表す 8 ビットコード列の明滅をしていることがわかる。はっきり表示するために、ここで、各パルスは「白」レベルに一度戻る単極性 R Z (Return to Zero) 符号形式を使った。



(a) ソフトキーボードを持つ画面変換の瞬間



(b) 「J」に対応する出力信号波形

図 2.2 文字コードにより画面制御の例

2.3 ユーザ ID により画面制御

ユーザ ID などの固定されたメッセージを DS2 により i-lidar に送信するため、DS2 自身の五つのキーを利用することによって、キータッチの同時にメッセージコードを取得し、コード内容に従って、DS2 の画面反射率の制御機能をプログラムで実現した。ユーザメッセージによる画面制御の例を図 2.3 に示す。プログラムを実行する開始画面から、「Start」ボタンを押すと、想定メッセージの選択画面が表示されている (図 2.3(a))。この選択画面の指示により、例えば、「Where are you?」を伝えたい時、上から 3 番目のキーを押すことにより、所望のメッセージが送信されることができる。図 2.3(b) はメッセージを伝送するとき、画面変換

のある瞬間である。対応するメッセージの出力信号波形を図 2.3(c)に示す。

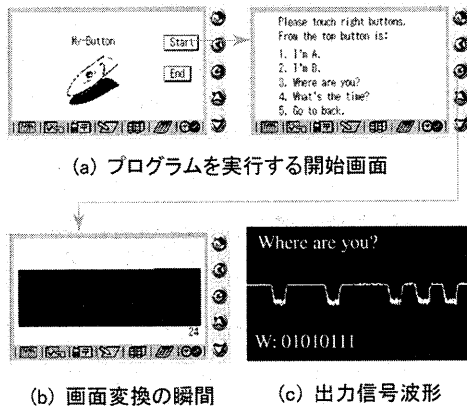


図 2.3 ユーザメッセージによる画面制御の例

3. 空間光通信特性

DS2 による空間光通信を行う通信品質を調べるために、DS2 の空間光通信における諸特性についての測定と評価を行った。

3.1 空間光反射強度の角度依存性

DS2 の反射光強度についての角度依存性を測定する光学系を図 3.1 に示す。赤色半導体レーザーで励起された 50mw, 1.06 μ m の YAG レーザを使って、DS2 の白黒両画面をそれぞれ受光可能な角度内に回転させ、反射光強度を測定した。

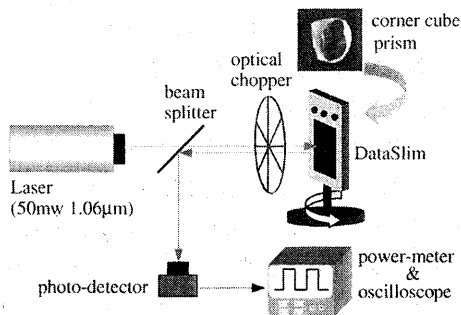


図 3.1 空間光通信特性の測定系

また、DS2 の反射率を求めるために、ある反射率既知のコーナークューブを同じ光路に置き、回転させて、反射光出力強度を調べた。測定結果を図 3.2 に示す。横軸は被測素子の回転角度であり、縦軸は規格化反射光強度を表す。この図によると、次のことがわかる。

- ① DS2 の反射率値：コーナークューブの反射率は 92% であるので、DS2 の白黒両画面の反射率最大値は、それぞれ約 40% と約 35% と測定された。
- ② DS2 利用可能の範囲：DS2 の白画面は約 $\pm 20^\circ$ ，黒画面約 $\pm 15^\circ$ の範囲内で、30% 以上の高反射率を持って、利用可能であることを確認した。

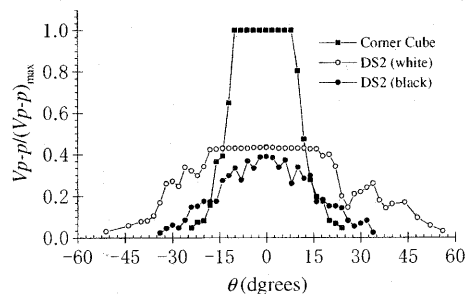


図 3.2 空間光反射強度の角度依存性

3.2 空間光反射率変調特性

DS2 の反射率変調特性を調べるため、図 3.1 に示される光学系 (optical chopper を取り外す) を使って、周期的に変化しているパルス列 (0101... コード) を DS2 に書き込んで、パルス列の伝送周波数を変化させ、オシロスコープに検出された反射光出力強度により、その周波数依存性を検討した。周波数の制御はプログラムにより行われた。

一方、オシロスコープに表示された反射光強度の電圧値は、測定環境などの影響で、一つのデータ伝送周波数に対して、ばらつきがあるので、ヒストグラムを使って測定値を求める。ここでのヒストグラムは、一つの測定周期内での

数回の波形データから作成された。図 3.3 に測定周波数 $f = 0.5\text{Hz}$ の場合に得られたヒストグラムを表す。この図を見ると、測定周期内で、電圧値 $V_{p-p} = 0.78\text{V}$ の回数が一番多いので、この電圧値は 0.5Hz 周波数の測定値となった。

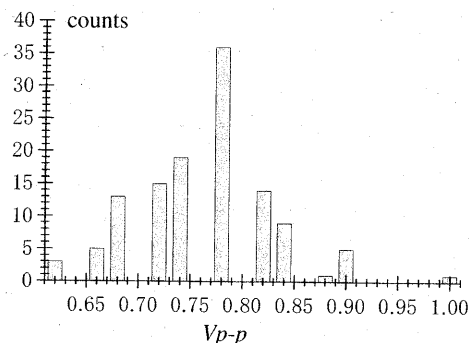
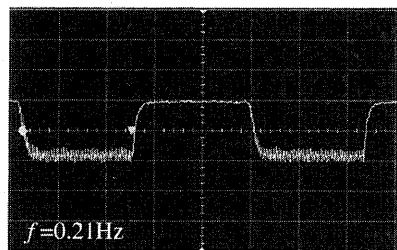
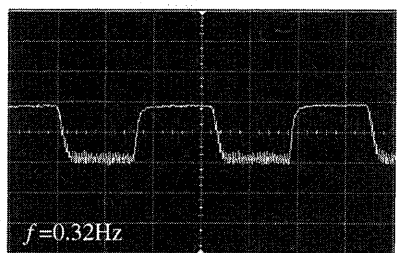


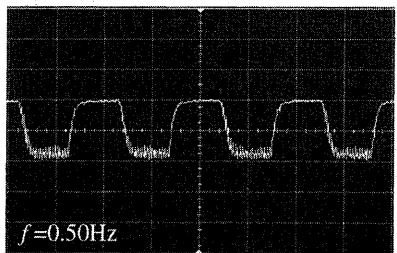
図 3.3 測定された電圧値のヒストグラムの例



(a)



(b)



(c)

図 3.4 検出された反射光強度電圧波形

測定結果として、3つの周波数と対応するオシロスコープに検出された反射光強度の電圧波形を図 3.4 に示す。また、反射光出力強度の周波数依存性を図 3.5 に示す。横軸はデータ伝送周波数の対数であり、縦軸は規格化反射強度を表す。反射光規格化強度の半値幅(電圧の 0.71 値幅)となる -3dB 周波数帯域幅として、約 1.5Hz と測定された。また、この結果によると、DS2 は、低ビットレートの領域で動作することがわかる。

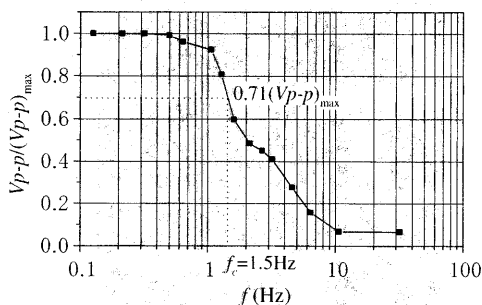


図 3.5 反射光出力強度の周波数依存性

3.3 データ伝送特性

データ伝送によって、特に伝送速度が高い場合、波形は次第に形状がなまり、一つの波形がその隣接する波形にまで影響を与える。この影響で、伝送信号のビット間に干渉を起こして、通信品質が悪くなる。このような受信波形のひずみが発生する原因は、いくつかあるが、その一つは受信側の伝送信号にビット幅のばらつきによると考えられる。

DS2 における伝送ビット幅のばらつきの大きさを調べるために、 $1.06\mu\text{m}$ のレーザを光情報伝送媒体として、データの符号列を DS2 に書き込んで、オシロスコープ上で、受信波形を重ねて観測した。この観測波形に見える波形の開き、いわゆるアイ・パターンが大きく開口するほど、伝送特性が良いと判断することができる。

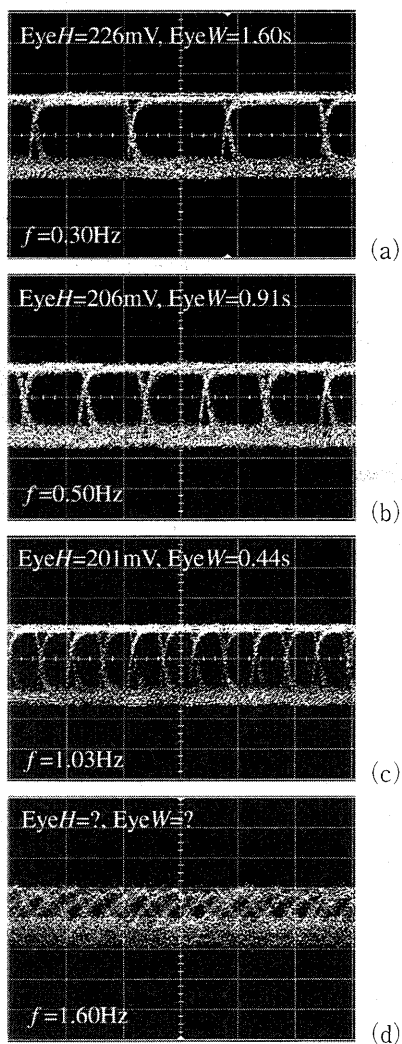


図 3.6 受信波形のアイ・パターン

図 3.6 にデータ伝送周波数がそれぞれ 0.3, 0.5, 1.03 と 1.6Hz ときに、受信波形のアイ・パターンを表す。低い周波数の場合（図 3.6(a), (b), (c)）、いずれにきれいなアイを持っていることが見られた。このことによると、これらの周波数の領域で、通信可能になることと判断できる。一方、周波数が 1.6Hz 以上になると（図 3.6(d)）、ジッタの影響で、アイ・パターンの立上がりエッジと立下がりエッジとの交差点の位置が大きく分散になって、アイが

つぶれてしまって、通信不可能になる。また、この結果は 3.2 に測定した 1.5Hz の -3dB 周波数の結果とほぼ一致することもわかった。

一方、受信信号のビット誤り率（BER）は、データ伝送品質におけるもう一つの評価基準である。BER はランダムなデジタルデータを伝送する際に、送った 0 と 1 のデータ信号の中で誤りデータの比率であり、デジタルデータが正確に伝送されるかの尺度として定義されている。BER が発生する原因はノイズによると考えられる。

DS2 における BER を調べるために、図 3.7 の測定系を使って、多数のデータを DS2 に書き込んで、オシロスコープから出力したアナログ信号を A/D コンバーターで変換する。受信された文字をコンピュータ画面に表示させて、その中で誤って受信された符号の個数を調べることにより BER が得られる。

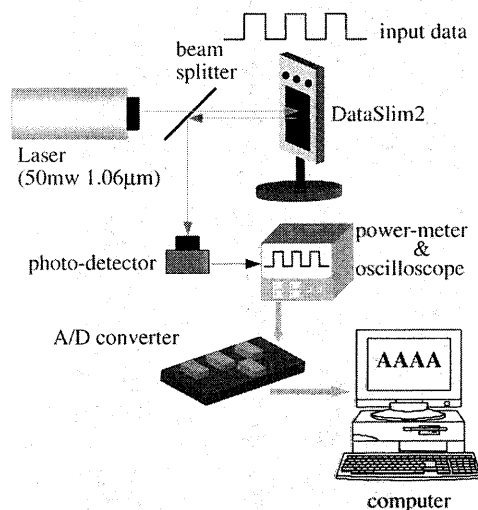


図 3.7 DS2 の BER 測定系

BER 特性の詳細は、ここでは述べないが、DS2 はデータ伝送速度があまり高くない場合（1Hz 以下）、通信システム用の情報端末として使用可能であることがわかった。

4. おわりに

本報告では、DS2 を室内空間光通信端末 MyButton としての光反射変調機能を実現する方法について述べた。また、DS2 の光反射変調特性およびデータ伝送特性などの空間光通信特性の測定と評価を行った。得られた結果により、DS2 は低ビットレートの領域で、所望の機能を実現することができる。

この研究の一部は科学技術振興事業団 CREST により行われた。

謝辞

DS2 の使用にあたり、技術的に支援いただいたシチズン時計(株)に感謝いたします。

参考文献

- [1] 伊藤日出男, 山本吉伸, 山本幸子:HV ターゲットとの位置同定および通信のための室内レーザレーダシステム, Proc. of Optics Japan'99, pp.377-378 (1999).
- [2] H. Itoh, S. Yamamoto, M. Iwata, and Y. Yamamoto: Guest guiding system based on the indoor laser radar system using HV targets and a frequency shifted feedback laser, Proc. of CPT2000, Tc-23, pp.117-118 (2000).
- [3] 伊藤日出男: i-lidar™: 位置計測と通信の同時実現による情報サービスシステム, 情処研報 Vol.2001, No.83, pp.181-187 (2001).
- [4] 林新, 伊藤日出男: 空間光通信端末用 DataSlim2 のデータ伝送特性, Proc. of Optics Japan'02, pp.398-399 (2002).