

同期にGPS・室内照明を利用した1bit記録再生システム

早稲田大学 大学院 武岡 成人・岡崎 正倫・山崎 芳男

1. まえがき

1982年のCDの発売に代表されるように近年オーディオ機器においても急速にデジタル技術が普及し、いまだその発展途上にある。CD自体も当時の先端技術であったレーザー技術を取り入れた革新的なメディアであり、その後のデータ保存メディアとしての流用やDVDの登場などからもその重要性が伺える。

このようにデジタルオーディオ技術を牽引してきたCDであるが、44.1kHz・16bit・2chというフォーマットは必ずしもオーディオに求められる音質をすべて満足するとは限らず、また現在のメディア技術の向上により大容量の収録が可能となったこともあり、SACD^[1]やDVD-AUDIO^[2]に代表される新しいフォーマットの提案・実用がなされつつある。5.1chのようなマルチチャンネル再生も普及段階にあり、メディアや機器の多様性からさまざまなチャンネル数、符号化手法およびビットレートでの再生環境が広まっているが、それらはプレイヤー間での互換性の観点からは望ましい状態にあるとはいえない。

そのような背景のもと、われわれは高速1ビット信号処理に基づきWSDファイルフォーマットを規定してきた^{[3][4]}。高速1ビット信号処理は量子化ビット数は1ビット、2値のみであるが、標本化周波数を充分高くとることにより広帯域においてダイナミックレンジを確保するものである^[5]。デジタル信号でありながらアナログ信号のスペクトルをそのまま保存している。原理的にはD/A変換器を必要としないなどの特徴を持つ。またWSDファイルフォーマットのもう一つの大きな特徴として標本化周波数やチャンネル数を限定しない拡張性の高いフォーマットであることが挙げられる。

一方、収録現場においては常に高品質での録音が

求められ、また特に合唱や演奏などの無形文化財の収録に際して多チャンネル収録が当たり前となった現状では、いかにして演者に配線や録音機器そのものの存在を意識させずに行うかが重要となっている。そこで屋外においてはGPS、屋内においては照明を利用して同期をとり、位置情報などの諸情報を記録する収録システムの開発を進めている^[6]。本システムにはそれぞれの結線を必要とせず、必要に応じてチャンネル数をいくらかでも増やすことができるという特徴がある。本稿では高速1ビット信号処理の特徴を生かし半導体メモリーおよび制御部のみで構成される小型軽量かつ高性能な収録・再生システムを試作し、統合制御の基礎実験を行ったので報告する。またWSDフォーマットで記録することにより環境に応じた収録・再生が可能となる。

2. WSDファイルフォーマット

われわれは高速1ビット信号処理を提案し、高速1ビット録音機を各種録音や測定などに実用供給してきた。近年計算機の能力向上が著しく通信環境も整ってきた結果、高能率符号化されたファイルによる音楽の配信も盛んに行われるようになってきている。高速1ビット信号処理においても計算機を用いた収録、再生、リアルタイム伝送の報告がなされており、高速1ビット信号のファイルを統合的に扱うことを可能とする環境が整ってきた。

そこで高速1ビット信号の保存・伝送のファイルフォーマットとしてWide band Single bit Data (wsd) ファイルフォーマットを提案および規定してきた。wsdフォーマットは本システムにより得られたGPS、電波時計などによる高精度絶対時刻や地理情報を記録することにより、対応機器においての同期再生を可能とする。また、さまざまな録音機で録音され蓄

MEMBERS PLAZA

積された音源データをファイル化し保存、再生することが可能で、ファイルをCDやDVDといったメディアに記録することにより対応機器での再生を可能とするものである。

wsdフォーマットは大きく分けてファイルの記録条件などを記録するヘッダ領域と実信号を記録するデータ領域からなる。ヘッダ領域はさらにファイルの管理情報を保存する部分と再生に必要なパラメータを保存する部分、文字情報を記録する部分に分かれる。図1にwsdファイルの構成を示す。

データ領域は高速1bit信号を1バイト、すなわち8bitにMSBから順に納めたものをチャンネル順に1バイトアラインで並べるものとする。

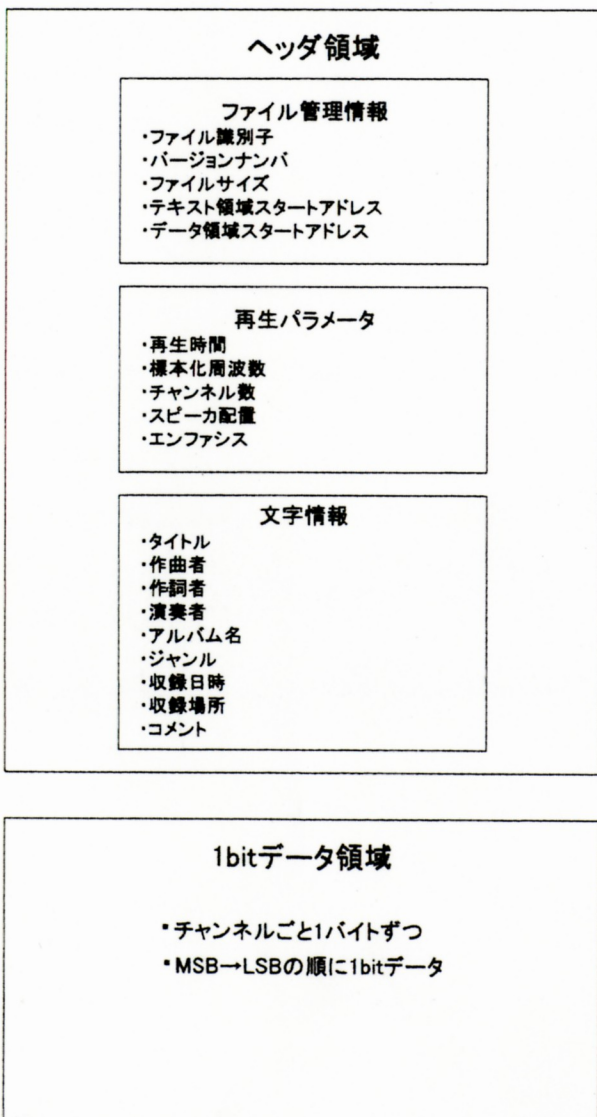


図1 wsdファイルフォーマット

3. 分散収録システム

通常の放送局やスタジオにおいては録画機と録音機あるいは録音機同士の時間軸を管理する、いわゆるHouse Syncシステムが採用されている。各機器間はタイムコードケーブルで結ばれ、スタジオなどそれぞれの録音地ごとの時刻が記されている。このようなシステムにおいてはマルチトラックレコーダーと各録音点はケーブルで結ばれている必要があり、長距離間での同期録音が困難なばかりではなく、収録においてはしばしば演者の妨げとなり内容に影響を与えてしまう。

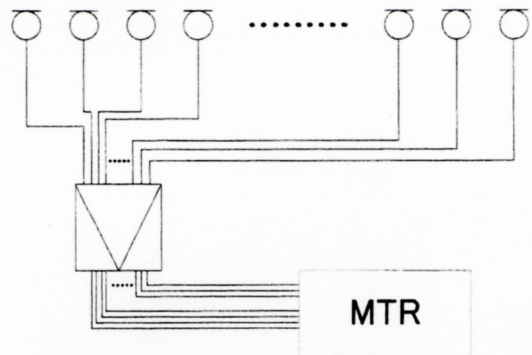


図2 通常のマルチチャンネルシステム図

そこで図3に示すようにそれぞれが独立した小型かつ高性能なレコーダーを多数配置し何らかの方法で統合制御することにより、それぞれを結線することなく同期運転するマルチチャンネル収録手法を提案・開発しており、われわれはこれを「アンサンブルシステム」と呼んでいる。

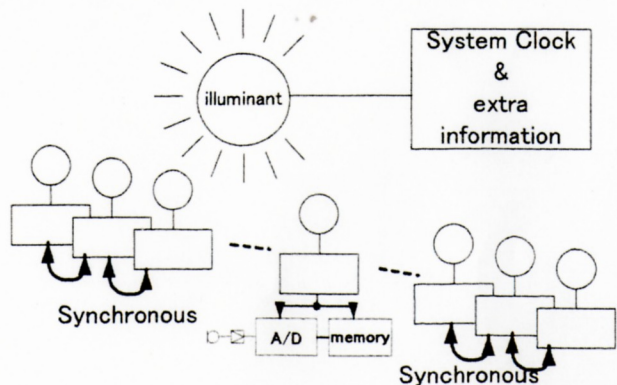


図3 分散収録システム図

MEMBERS PLAZA

本システムにおいてはそれぞれが独立したレコーダーであるが、それぞれに絶対時間に準ずるものを同時に収録する。それによりマルチチャンネル収録と同じとみなすことが可能となり、それぞれのレコーダーでの同期再生はもとより前述のwsdファイルフォーマットで保存することにより、事後的に統合編集環境にて同期再生が可能となる。また、このような収録システムであることからチャンネル数に制限が無いという特徴を持つ。

屋外においてはGPSあるいは電波時計を利用することにより絶対時間の取得が可能となり、各収録系においてそれらを音情報と同時に記録する。特にGPS利用時は時間情報に加え位置情報を得ることができ、屋外での大規模空間における測定時などでは有用な情報が得られる。またGPS信号が受信不可能となることも多い屋内においては、省エネルギーの観点からも照明に用いる光源を利用してシステムクロックと収録に必要な諸情報を提供する。

これら各収録系には図4に示すように1bit A/D、半導体メモリとその制御系のみを用いたできる限り簡便かつ小型なレコーダーを用い、受信素子から得た情報をもとに制御する。機器間の同期およびタイムコードの結線が必要なくなり、演者への影響のみではなく設営および撤収作業の大幅な節減も期待できる。

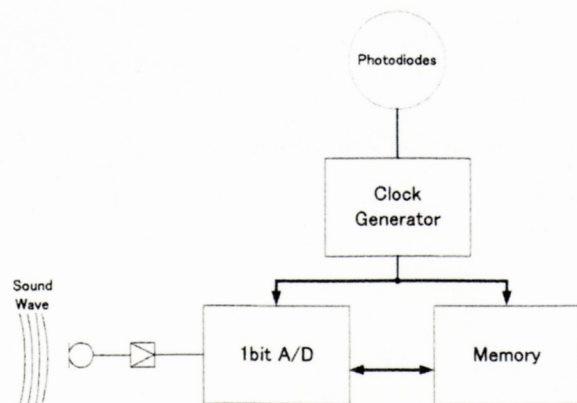


図4 分散収録システム単体

また屋内においては光源をタイムコードに用いることによりワイヤレスマイクなど他の機器で用いら

れる無線と干渉することなく、それでいて壁を隔てた区域とは全く情報が錯綜することのない非常に局地的で統一された制御システムを構築することができる。

4. 小型半導体レコーダー

提案する分散収録システムにおいて各機器はできる限り小型で演者にその存在を意識させないことが望ましい。そこで高速1bit信号処理の音質を保ったまま小規模な回路で構成できるという特徴を生かし、できる限り小型・簡便な録再生機を試作した。

試作した収録系単体における動作に必要な最低限のメモリおよび制御系を写真1に示す。メモリには半導体メモリ（スマートメディア）を用いることにより駆動系によるノイズの発生しない録再生機を実現した。半導体メモリ2枚を交互に書き込むことにより、いわゆるバッファメモリも省略している。電池動作での約2.8Mbit/sでの録再生が可能である。

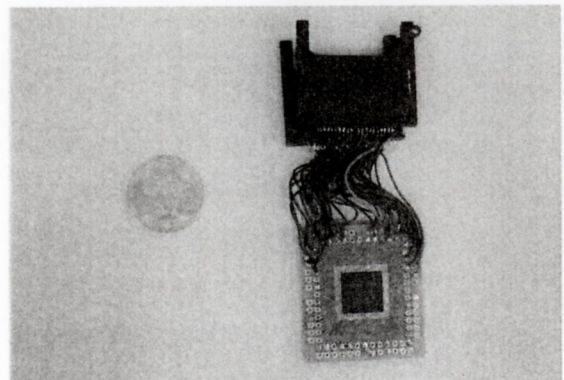


写真1 メモリおよび制御部

これらのシステムにA/D変換回路およびエレクトリックコンデンサーマイク、アンプを加え、スタンドアロンでの高速1bit収録を可能とした試作機を写真2に示す。1bit信号の特徴を生かし、いわゆるD/Aコンバータを用いずに音情報の再生が可能であり、スピーカーをつなぐことにより任意の場所での再生が可能である。汎用のComplex Programmable Logic Device (CPLD, ALTERA社 MAX7256)

MEMBERS PLAZA

を用いた録再生機でアンプ、マイクの消費電力を加えたシステム全体の消費電力として0.4W、再生のみの消費電力としては0.12Wを実現した。ポケットに入る大きさで、アンサンブルシステムにおいてはこれらを光信号やGPS信号により統合制御する。

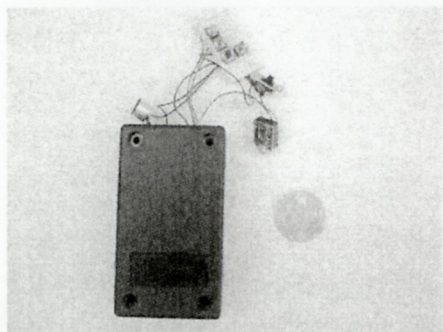


写真2 1bit半導体レコーダー（スマートメディア）

収録現場においては単一チャンネルのみではなく複数チャンネルの収録が可能であることが望ましいこともある。そこでコンパクトフラッシュを4枚使い、4または8チャンネルでの収録が可能な応用機の試作も行った。写真3に外観を示す。8ch時には約4.2MHz(96fs)、4ch時には約8.4MHz(192fs)までの収録が可能である。

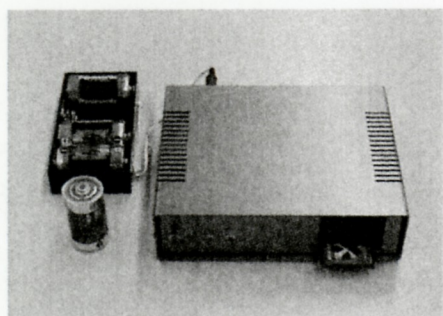


写真3 1bit半導体マルチチャンネルレコーダー（コンパクトフラッシュ）

5. 制御信号

屋外、屋内を想定した基礎実験としてGPS、LEDそれぞれを用いた制御実験を行った。クロック生成過程を図5に示す。基準信号はできる限りマスタークロックそのものに近い信号とする。

5.1 屋外におけるGPSを用いた制御

GPSの情報から2chの同期収録・再生を行うアンサンブルシステムの試作機を写真4に示す。記録する高速1bit信号のトラックごとの先頭および終端にそれぞれの絶対時間情報、また先頭に位置情報を記録する。GPS受信機にはSPA社の「ジュピター」を用いた。GPSが受信不可能な条件下においては内部クロックから自走可能である。

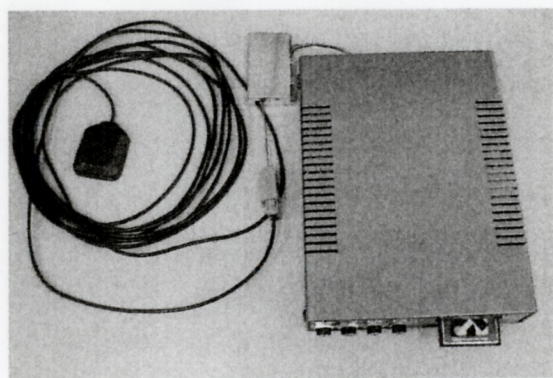


写真4 GPSを用いた分散収録システム

制御信号の中心であるクロック信号は電波時計やGPSの信号からPLLなどの制御により得ることはできるが、ジッターの問題などからできる限りマスタークロックに近い信号を制御信号とすることが望ましい。そこで短波放送などの放送電波のキャリアを利用することも検討している。

照明もしくは電波など
制御信号

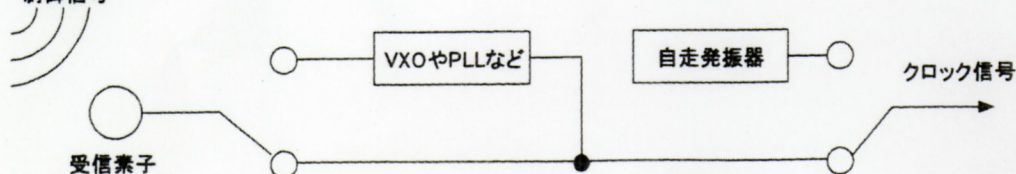


図5 クロック生成過程

MEMBERS PLAZA

5.2 屋内におけるLEDを用いた制御

屋内における分散収録システムの基礎実験として、今回は制御信号の供給源として照明代わりにLEDを用いて実験を行った。写真5に制御信号発生機の外観を示す。スタンレー社製赤外LED (EN324U・EN318U) にクロック信号約11MHz (256fs) を変調し、同社PINフォトダイオード (PPF601) を用いて受信した。システムクロック信号そのものを変調し、受光側でPLLなどの操作を一切行わないシステムの実現を目指した。省エネルギーあるいは各種利便性の観点から将来的には照明の電力そのものを起電力として録再生を行うことを目標としている。

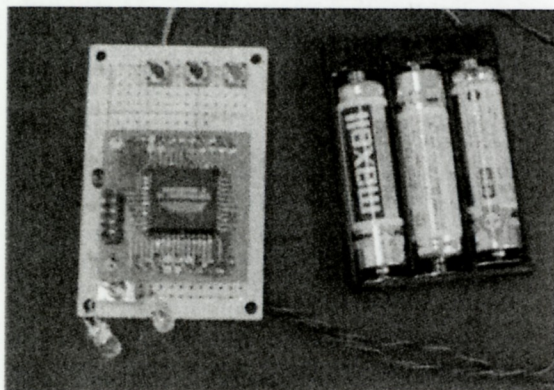


写真5 LEDおよび制御信号発生機

写真5の制御信号発生機に指向性の鋭いEN318U 9個をアレイ状に接続し信号を送受信したところ、60cm程度の距離でのシステムクロックの伝送が可能であることを確認した。

6. むすび

以上分散収録システムに基づきそれぞれを結線することなくマルチチャンネル収録を行う小型半導体レコーダーについて報告した。分散収録システムにおいてはチャンネル数という概念が存在せず任意のチャンネル数を必要に応じて必要な場所で同期録音することができる。今後は制御信号システムの充実をはかり、多様な録音現場で実用していく所存である。

前述のように一般にも機器およびチャンネル数、

ファイル形式の多様化が進んでいる。いずれの規格にせよユーザー側ではすべてが再生できることが望ましい。規格の枠を取り払い、状況に応じたビットレートで収録できるフォーマットが適している。CD1枚で100曲聴くことも、CD1枚を使い切って高音質な1曲を聴くこともできるような収録・再生技術の実用化を目標に今後も活動を展開していく。

【参考文献】

- [1] Philips and Sony : Super Audio CD System Description, Philips licensing, Eindhoven, The Netherlands (2002)
- [2] Bike H.Suzuki, Norihiko Fuchigami and J Robert Stuart : DVD-Audio Specifications, IEEE Signal Processing Magazine Vol.20.No4 (2003)
- [3] 服部永雄, 及川靖広, 山崎芳男 : 1ビットオーディオ録音再生システムの開発, JAS journal vol44 No4 pp.53-57 (2004)
- [4] 原口幸慶 : DVD-R/RWによる1ビットデータの記録再生, 1bitフォーラム2002国際シンポジウム(2002)
- [5] 山崎芳男, 太田弘毅, 西川明成, 野間政利, 飯塚秀幸 : 広帯域音響信号の高速1bit信号処理, 信学技報, EA93-102, (1994)
- [6] 服部永雄, 武岡成人, 山崎芳男 : 高速1bitアンサンブルシステムの構築, 音講論集 pp.789-790 (2003)