

Ultra Hi-Fi PC の開発: 高再現性データの高品位再生

片岡 裕

kataoka@res.otani.ac.jp

大谷大学 文学部 人文情報学科

原資料の共有化を目的とした高精度デジタル画像・音声データが、NTSC や CD のフォーマットを超えるハイビット・ハイサンプリングレート・データとして作成されている。これらのデータのフル・フォーマットでの再現には、PC が必須である。しかし、PC の再現性は低く、資料を正しく再現できない。PC での再生品位の劣化の物理的な原因を追求した結果、エラーの原因（電源供給線からの電磁波輻射、振動による発電、CPU 等への電流不足によるエラーの蓄積遅延、機械的遅延など）を詳細に特定した。同様の現象は、専用再生装置でも起こっている。この原因の対策を発見し、特殊な高品位専用装置を越える品位で、静止画、動画、音声を再生する PC を容易かつ安価に開発・作成する指針と方法を示した。

Development of The Ultra Hi-Fi PC for the highest quality digital data

Yutaka Kataoka

kataoka@res.otani.ac.jp

Otani University

In order to share the originals, high quality digital data have been created. The formats of the high quality data are higher frequency and/or higher bit/sampling rate than NTSC/CD. Using a PC is essential to play the higher format data as full-format graphics/movie/sound. But it is very known that the fidelity of PCs is quite lower than the requirements. By the new approaches to finding out the noises and the errors in PCs, the causes of low quality – radiation from power lines, vibration electric noises, delay by accumulation of errors by lack of electric power current to CPUs/VLSIs and mechanical delay – were detected pointedly. The same errors are founded in specific high quality players also. The simple modifications to reduce the errors and the noises that we found easily bring the highest fidelity PC with small costs by our path and method shown in this paper.

1. はじめに

高精度デジタル静止画像データは、マイクロフィルムや印刷より分解能・明度・色調で、より高い再現性を保証可能である[1、2、3]。同様に、96KHz24Bit 以上のデジタル音声データは、44.1/48KHz再生で誤差が含まれる波形推測を必要

とせずに、4KHz 以上の周波数において高精度再生が可能である。デジタル・ハイビジョンは、1920×1080 ピクセルの基本分解能を持つ。このような高精細・高精度データは、PC を用いて再生する以外に、フル・フォーマットでの再生が不可能である。すなわち、誤読や誤聴をとまわずにデータを共有・評価するためには、極めて高い再現能力

を持つPCが必須なのである。

しかし、PCでは、内部の電氣的ノイズ及び冷却FANやモータの振動・騒音により、高再現性を実現し得ないと言われてきた。そのため、PC内の種々のノイズの影響を検証[4]して排除し、同時に高安定化する研究を行った。

PCでの再生はCPU負荷が劇的に変化するため、動画や音声、または動画と音声の同時再生に対して既存の静的評価手法では、正確な評価が不可能であった。特にMPEG2 movie再生は、Main CPU、Graphics BoardのCPU(GPU)、Sound CardのCPUが同時に動作し、負荷変動によって画質と音質が、静止画再生時と比較して激烈に劣化する。動的な負荷変動におけるエラー検出を行い、静止画のみならず、Decompression過程を含む動的な変動状態でのノイズとエラーの原因を究明した。

その結果、出力信号の計測で、静止画では下位1ビット未満、1920×1080ピクセル(72Hz)のMPEG2動画再生画像¹で誤差が上位8bitで下位1.5bit以下、48KHz24Bit音声デジタルアウトは0.5n秒以下のジッタ、機械的騒音は10dB以下の、Ultra High Fidelity PCを開発した。なお、CRT上での、1920×1080ピクセル(72Hz)での隣接ピクセルの重なりは、光量換算で15%以下となった。さらに、このUltra Hi-Fi PCを、容易かつ安価に作成する方法を確立した。なお、計測と測定値の詳細は、紙面の都合上、別論文で発表する予定である。

2. 通常(無対策)PCの再生誤差

そのまま構成部品を組み上げただけの無対策PCでは、PC内のノイズと供給電流変動によって出力誤差は極めて大きい。RGB各256段階の8Bit-DACの画像出力は240以下には誤差が含まれ、正しい暗部色調は望めない。ピクセルの位置の揺らぎは、近接2ピクセルの重なり合いとして、横方向1920ピクセルでは60%を超える。Sync信号(輝度基準・掃引時間基準)の電圧は±10%以上揺らぐ。48KHz16Bitデジタル出力音声では、最大で10n秒を越えるジッタであり、高再現性再生に必要な最

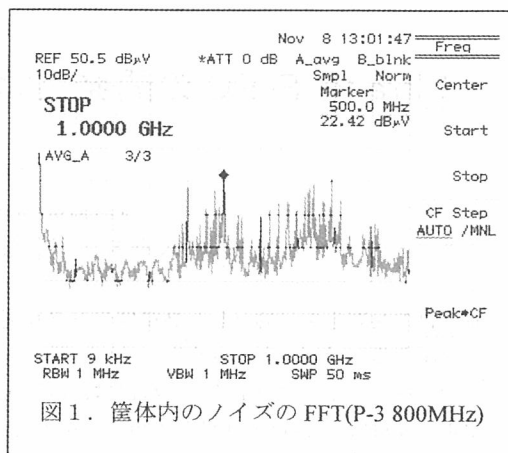


図1. 筐体内のノイズのFFT(P-3 800MHz)

大で1n秒以下にはならない。ジッタが1n秒では、それでもマルチチャンネル音声再生での各音声チャンネルの相関は、聴感上明らかなほど劣化する。なお、Dolby Digital信号では、出力装置が時間管理のマスターとなるため、AVアンプによってジッタの排除はできない。そのため、PCのデジタル音声信号のジッタは、最後まで再生品位に影響を与えてしまう。PC内のDACを使用した場合、特殊な製品を除き24Bit再生では下位4Bitに相当する誤差を含み、さらに電氣的ノイズが混入してS/N比が劣化し、評価に必要な品位を持ち得ない。

また、PCの再現性だけでなく、PCからの画像と音声信号の再生装置の再現性も、極めて重要である²。図書館や博物館は、実測数値を示せる精度を持った再生環境を設置すべきである。

3. PCの電氣的ノイズの原因

PCの出力信号の劣化は、電氣的ノイズが原因である。しかし、PCのノイズの原因と対策をPC全体にわたって追求した研究はないが、ノイズの主因は、スイッチング電源(SW電源)のリプル電圧とデジタル信号路が輻射するノイズであると考えられてきた。図1は、無対策PCのサイド・パネルを外し、その外側約2cmでのノイズのFFT(0~1GHz)である。明らかにSW電源とデジタル信号経路からの輻射だけではないことがわかる。

電氣的ノイズは、コモンモードとノーマルモー

¹ ATI社のGraphics CPUでは、RGB各10BitのDACを内蔵し、静的基本的精度が高い。

² CRT/Projectorの再生能力検定に関しては、<http://www.hifi-pc.com>を参照されたい。

ドに分類され、どちらも輻射と考えれば、電流量の増減の絶対値に比例する[5]。電流の実測値は、LSI間のデジタル信号が5mA程度なのに対しCPUやI/Oチップ、メモリへの電源電流は約0.5Aから最大40A(P-4)程度で約100KHz～数GHzの断続的電流である。HDDやDVDドライブへの電源電流も、0.5Aから最大12Aに達する断続的電流である。これら高周波の断続的大電流の経路からのノイズはノーマルモードノイズであり、周波数の2乗に比例し、デジタル信号やSW電源由来のノイズより1000倍以上大きい。同様にFANやモータには、逆起電力吸収用と火花放電防止用のキャパシタが無く、12V駆動であるため強いノイズを発生している。図1は、これらのノイズが主であることを明確に示している。これらのノイズは、デジタル信号にジッタを加え、多大な回数のエラーとリトライをチップ内とチップ間で発生させる。さらにアナログ回路の混変調歪を極端に増加させ、リニアリティを減少させている。

マザーボード上のCPUは、800MHz駆動のPentium-3で平均約15Wを消費する。実際の使用時では、平均負荷はDVD再生などでも50%(P-3@800MHz)を超えることは稀であるが、上述のように消費電流の短時間の増減は極めて大きく20Aを越えほぼ短絡状態である。メモリおよびNorth Bridge(CPU、AGP、メモリ、PCIへのデータ転送機構)も同様の電流消費パターンである。これらのVLSIへの給電系は、1500 μ F程度のアルミ電解コンデンサで瞬間的なインピーダンス低下に対応しているが、消費パターンの分析から数GHzにまで及ぶことが判り、ESRが大きく150KHz程度の周波数までしか効果がないアルミ電解コンデンサでは十分ではない³。このため、AGPおよびPCI給電系の電流不足とリップル電圧が発生する。電流不足とリップル電圧は、DACに対し、ハイインピーダンス状態を発生させて伝送異常を起こし、画質・音質が激烈に低下させ、加えて大きなクロック揺らぎを起こし、ピクセルが重なり合って画像の明度・彩度を下げ、デジタル音声出

力の波形の時間的揺らぎを増加させる。

Graphics Boardのメモリは64MBの高速メモリであり、GPUも大電力を消費するので、Mother Board上のキャパシタ総量も不足している。同様に、高精度Sound Cardも消費電流量の大きいVLSIを搭載しており、挿入してあるPCIの位置にキャパシタによる電流供給の安定化と電圧変動の抑制が必要である。

PC内は給電電流路が長く、振動に由来するノイズは、数10mVに達する低周波成分である。これは、直接的に画像信号のSync信号の時間軸上と電圧(明度基準信号)のジッタとなり、同時にデジタル音声出力のジッタとなる。

さらにこれらのノイズ源はPC内に広く分散し、それぞれの輻射が空間で合成され極めて大きいノイズとなる。この合成ノイズは、繰り返しの無いパルス状となり、画像に霜降りノイズを発生させる(FFTアナライザでの確認は困難である)。また、磁性体は全て、入力周波数より高い周波数で、強く2次輻射することが判明し、PC筐体内の鉄やステンレスまでがノイズ源となっている。

4. データ転送遅延による再現性の低下

上述の輻射系ノイズに加え、再現性低下の要因にデータ転送遅延がある。

HDD(ハード・ディスク・ドライブ)は、動作中に共振点を持ち、リードエラーが多発する記録領域がある。この領域では、ヘッドのサーボが振動によって激しく動作し、消費電流も増加している。このような領域は、HDD内に数箇所あり、HDDの固定方法によっては、リード速度が20分1以下にまで低下する。従って、ハイビット・ハイサンプリングレートの音声・動画再生では、データ転送遅延が発生する。リード時間の遅延は、デバイスドライバのスピンロック時間を延長し、CPU負荷を上昇させ、画像・音声用のデバイスドライバの処理時間を圧迫する。結果、画像信号と音声信号の遅延揺らぎとして現れる。

DVDD(DVDドライブ)も、HDD同様に機械的な共振点を持ち、DVDメディアの偏心によって、レーザー・ヘッドが読み出しに時間を要する領域ができてしまう。このような領域は、DVDメディア上

³ DDレギュレータ部の時定数は500KHz程度で内部抵抗も高くリップル減少には役に立たない。

で非常に多数あり、画像のデコード時間を奪い、画像を極端に劣化させ、さらに音声も画像に同期しているため、音声までがジッタを含んでしまう。DVDD は、再生中加減速を繰り返し、そのための歳差運動も大きい。DVDD の機構のほとんどは、ゴムによるダンパーで揺れるように支持されるため、この運動によるリードエラーは無視できない。遅延時間は毎時 1 秒から数秒に達し、聞き取れる音質差になる。このような機械的な共振と機構そのものが原因となるエラーは、時間軸上の誤差だけでなく、サーボ電流を激増させ、Graphics Board と Sound Card への給電電圧を変動させ、S/N 比を劣化させる要因でもある。

最も頻発している遅延は、South Bridge の電流不足による IDE 通信エラーである。このエラーによって、DVD 再生では、垂直同期周波数内の 1 フレーム生成が間に合わなくなる。この結果の音声の遅延劣化は、DVD 再生専用機でも多発しているが、PC では非常に大きい。この遅延も可聴である。

5. ノイズへの対策方針

上述のように、PC のノイズは給電路、輻射、振動、高周波給電能力および遅延由来であることが判明した。従って、次の方針と手法でノイズを減少させ精度を向上した。

1. ノイズ対策が可能で、その結果が反映される高精度・高品位部品を選択する⁴。
2. 磁性体を排除し、100Hz 以上の電波・磁場を遮蔽する AI 板で、電源、ドライブ、マザーボード、ドータ・カードを分離する。
3. 硬度の異なる AI 板による制振合板を、振動モードにあわせて作成して筐体内部を補強し、ドライブから振動の発生と伝達を阻止する。
4. HDD と DVD ドライブの内部に制振処理をしてサーボ量を減らし、電流消費を下げる。
5. 大電流かつ断続電流消費部品・チップの近傍に低 ESR 大容量コンデンサを接続し、給電路の電流・電圧変動を減少させる。
6. Mother Board に AGP/CPI 給電経路を増設し、

並列に高域特性の良いコンデンサを複数付加し、リップル・フィルタとする。

7. 電源・給電路の高周波インピーダンスを上げ、さらに給電ケーブルは全てツイスト⁵し、高周波の輻射を相殺させる。

8. エアフローを設計し、FAN(コンデンサ付き)を電源内のみとし、FAN 振動を遮断し、サイレンサーを設け、振動・風切り音を取る。

9. 筐体内の Graphics、Sound card 部では、近傍のケーブルを排除する。

さらに、2 次輻射の無い非磁性体輻射吸収剤(開発中)で、給電路と AI 板表面のノイズ反射を吸収し、シールド効果を高める必要がある。

6. 部品の選択方針

Ultra Hi-Fi PC の開発は、部品の選択によって始まる。前項で述べたように、基本的に高精度の部品を使用しなければ、改造・改良後にも良い結果を得られない。

PC 筐体

筐体の選択基準は、インナー・ケースの剛性が比較的高く、改造に適した構造であること、全体が AI 合金でできており、2 次輻射が少ないことによる。Silent Master(Japan Value 社)が優れる。

電源

電源は、300W 以上の静音電源で、ファンが 1 個で輻射が少なく、改造が容易である製品を選択した。電源は公差が大きく、全体の部品の組み合わせで最適のものを選択し選別すべきである。

マザーボード

CUV4X-E(Asus Tech 社)を選択した。本マザーボードは、CPU と North Bridge への給電が最も良い。また、輻射が激しい素子とコネクタ類が、出力信号を生成する部品が挿入される AGP および PCI から離れている。さらに、安全性・安定性が高く改造に最適な構造である。

グラフィックス・ボード

RADEON64MBVIBO(ATI 社)を選択した。このボード上の DAC は、10Bit で、静止画で使用さ

⁴ 部品によって、100 倍程度ノイズ量が異なり、数 10 倍程度精度も異なる。

⁵ PC ではグラウンド電流が 3A 程度流れるので、グラウンド・シールドすると輻射が増加する。

れる上位8Bitの誤差が極めて少ない。また、MPEG2再生では、カラーマップが10Bit分あり、動画部のDA変換は10Bitを使用できる。このため、全て8Bitである他のグラフィクス・ボードより高再現性を考慮した設計となっている。なお、比較的公差が少ないボードであるが、飛び込みノイズの影響を受けやすい。

サウンド・カード

RME DIGI 96/8 PST(RME社)を選択した。本カードは、最大96KHz24Bit再生と記録が可能であり、アナログ入出力機能を持っている。本カードは、高再現性を目標に設計されており、電源の安定化で最も高い性能を示す製品の一つである。特にデバイスドライバの性能が良く、CPUの負荷が極めて小さい。

DVDドライブ(DVDD)

最も動作音と振動が小さい製品を選択する。DVDDは、動作音を除いて、機種ごとの大きな精度上の差は少ないが、構造から公差が大きい。従って、複数から選別することになる。

HDD

最適なHDDは、低電流小振動で、流体軸受けの2.5インチのモバイルPC用を選択した。

HDD ケース

HDDの振動と輻射を遮断するためにPH-35B PRO(Japan Value社)を使用した。

IDE ケーブル

フラットケーブルでは、輻射の反射と輻射が大きいため、丸型ケーブルのGCWF-100S(Justy社)の29cmを選択した。

CPU

動画再生の品位に着目した場合、ピーク電流の大きなCPUを選択できず、Celeron633(cC0コア)をFSB=100MHzとし950MHzで駆動させた。

CPU ヒートシンク

高さ85mm幅60mm長さ80mmの特殊なヒートシンク(サーマルコンポーネント社)を選択した。ヒートシンクが高いと輻射が大きくなるが、輻射吸収材で輻射防止が可能となり、電源のファンの排気流量で冷却可能な熱交換能力である。

メインメモリ

256MBのSDRAM(Winbond社)で、リップル防

止のため、低消費電力の選別品を選択した。

ネットワーク・カード

基板が小さく、高周波の輻射が比較的小さいので、EtherExpress Pro100+(Intel社)を選択した。

その他

FDD(フロッピー・ディスク・ドライブ)は、OSにWindows2000(SP2)を選択したため、接続していない。

電源環境

部品ではないが、電源環境が良くなくては、高再現性再生は不可能である。壁の電源コンセントは、低抵抗のUS Hospital gradeを使用し、第1種アースに近い接地抵抗のアースを接続した。

7. ノイズ対策加工

部品を選択し、組み合わせてもUltra Hi-Fi PCにはならない。

PC 筐体

インナー・ケース全体を制振板板化した。振動の激しいHDDとDVDDの取り付け部は、側板部に剛性の低いAl板で制振板板化し、ダンブ機構付き板バネ構造とし、振動エネルギーを積極的に摩擦熱に変換すると共に捻れの反動を吸収した。HDDとDVDDは高周波振動の吸収を行った。3.5インチベイに無共振煉瓦を硬質スポンジで浮かせて固定し、共振周波数をずらし、Qを分散し、振動エネルギーの伝達を減少した。

マザーボードの取り付け板に対し、Al板2枚を取り付け、間にCu箔を挟み、グラウンド電流をCu箔に通すと共に、表面輻射抑制と制振板板化を行った。

電源部、ドライブ部、マザーボード部をAl板で分離し、輻射の影響を除いた。純銅は、輻射の反射が大きく使用できない。

結果、ほとんどの振動が吸収され、マザーボードには伝達されなくなった。

なお、振動防止のため、冷却ファンを除去した。磁性体およびステンレスは全て2次輻射が大きく、画質・音質に大きく影響するため全て排除し、ネジなどは、黄銅とポリカーボネートとした。

電源

ケースへ3ターンのコイルグラウンドとしグラ

ドへの高周波ノイズの伝達を防止した。冷却ファンにキャパシタを付け、防振のためケースから分離した。ケースの内側、外側、コンデンサおよびヒートシンクを非磁性体の輻射吸収材で覆い、輻射を 20dB 下げ、振動を押さえた。150KHz までの給電量を計 5000 μ F のケミコンの増設で増加した。

給電配線

給電ケーブルは、最も大きな輻射の原因である。ループ面積を最小とすると同時に、全てツイストし約 15dB ノイズを下げた。給電ケーブルは、マザーボードから離して全て固定し、振動による発電を避けた。

HDD

HDD の制振合板が薄いための共振であるので、制振材を貼り、共振を防止して、HDD ケースに取り付けた。結果、振動が抑制され消費電流が最大 1A 近く減少した。

DVDD

ヘッドとモータを制振した。結果、リードエラーが極めて減少した。当然消費電流が減少し、発生する電氣的ノイズも騒音も激減した。

ドライブ用給電ケーブルフィルタ

HDD と DVDD は、有機半導体固体電解コンデンサ(佐賀三洋工業株式会社)、積層セラミックコンデンサ(日本ケミコン)を取り付けた高周波フィルタを介して給電ケーブル(5V/12V ライン)に接続した。なお、有機半導体固体電解コンデンサの容量は、ドライブの消費電流によるが、500 μ F 前後で良い。積層セラミックコンデンサは、50V10 μ F である。この高周波フィルタによって、約 25Hz ~15MHz 程度までの断続的な電流消費によるノイズを抑制可能である。

マザーボード

CPU と North Bridge への電流供給用 1500 μ F のアルミ電解コンデンサを 1500 μ F の有機半導体固体電解コンデンサ(佐賀三洋工業株式会社)と各 1 本の 2200 μ F のアルミ電解コンデンサ(HD 型:ニチコン株式会)に置換した。有機半導体固体電解コンデンサを多用すると、インピーダンスが低下しすぎ、AGP と PCI への給電能力が低下する。そのために、HD 型の高性能アルミ電解コンデンサを並列に使用している。アルミ電解コンデンサには、

特性向上のため、10 μ F50V の積層セラミックコンデンサ(日本ケミコン)を並列接続した。

AGP 給電部のアルミ電解コンデンサ(1000 μ F)を 560 μ F の有機半導体固体電解コンデンサ(同上)に置換した。この置換で、グラフィクス・ボードへの給電能力が増加すると同時に電圧リップルが 40mV から 1mV に減少し、極めて画質が向上する。

PCI のサウンド・カードへのスロット部にあるスルーホールに 560 μ F(4V)と 390 μ F(6V)を付加し、サウンド・カードへの給電能力を上げ、リップル電圧を 1mV 以下に減少した。この付加で、デジタル音声出力のジッタが激減した。5V 系は、直接受電コネクタから配線した(5 段フィルタ構造)。

これらの加工で、North Bridge と South Bridge のエラーも減少し、タスクマネージャ示す CPU 負荷が劇的に低下した。

CPU とヒートシンク

非磁性体の輻射吸収材のダクトに入れ、CPU 近傍の 1.5GHz までのノイズが約 40dB 減少した。

IDE 配線

非磁性体の輻射吸収材で覆い、振動を防止して接続した。

その他

非磁性体輻射吸収材で筐体内全体を覆い、外部からの輻射ノイズの遮断と、ボード上の素子間でのノイズの影響を避けた。この輻射吸収材は研究途上のものである。良い輻射吸収材を使用すれば、その効果は劇的である。しかし、一般的な特定の周波数用の磁性体を主とした輻射吸収材では、2 次輻射のため、かえって高域ノイズが増加する。

8. 結果

騒音は 10dB 以下となり、ほとんど無音である。振動は、DVD が不定速回転中でもほとんどない。振動の影響は、サウンド・カードのアナログ出力電圧の変動で計測できるが、測定値には現れなくなった。アナログ入出力は一般に使用しない。

画像計測は、静止画は 1920×1440 ピクセル(垂直同期周波数 60Hz)で計測した。動画は、1920×1080 ピクセル(同 72Hz)で計測した。

静止画は、直線性のある階調範囲が 3.5D を越え、さらに黒(RGB 各 0)と、3.7D の差が識別可能となっ

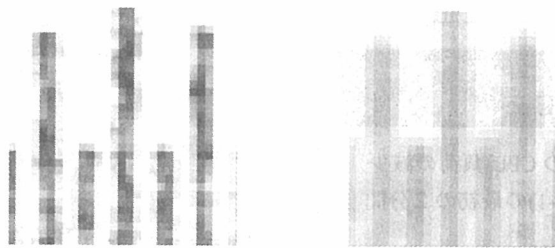


図2. 1920×1440での静止画の再現性の差による画質の低下(左: Ultra Hi-Fi PC、右: 通常 PC)

た(CCD 光度計測)。100%白 0%黒比較で近接ピクセルの重なりは、15%以下まで減少した。ピクセルジッタは、ピクセル表示(72Hz)で、ピクセル間の重なり合いとして 15%以下になり、1 ピクセル幅の黒と白を完全にほぼ分離可能となった。伝送系での波形変化により信号の直接測定は正確ではないので、G90 プロジェクタを直接撮影して、重なり合いを計測した。図2は、肉眼でみた感覚に近づけるため、撮影結果を投影ピクセルサイズで平均化した結果である。静止画だけでなく、最もノイズに影響される DVD 動画でも、色相・分解能・明度共に極めて高精度となり、ほとんど物理的誤差を含まない結果となった(図3)。MPEG2 動画再生中の音声デジタルアウトでは、0.5n 秒以下のジッタとなり、デジタル再生の専用機器として使用可能である。なお、外部同期可能データでは、ワードクロックジェネレータを使用でさらにジッタが減少し、録音・再生マスターに匹敵する。

DVD 再生の音声は、動画が同期マスターであり、通常では動画再生の速度が、コマによって時間内に再生されず、大きなジッタを持つ。この改造によって、全体にわたって遅延が消滅し、コマ遅延は全く起きず、またボード上のクロックジッタも

極めて少なくなったため、高級 DVD 専用再生機より良い結果となった。図4は、改造の結果、リード遅延が原因で生じるCPU 負荷のピークの消失を示す。なお、図2～4は、同一構成部品で、改造の有無のみの差である。

上記の改造の結果、CPU の負荷率と電流消費が低下し、PC の出力信号劣化は、デジタル信号自身の輻射や DAC の直線性の低さではなく、給電ケーブル由来のノイズ、振動、マザーボード上の給電不足、リップルであることが証明された。すなわち、始めから精度の高いグラフィックス・ボードとサウンド・カードを選択し、ノイズ対策を行えば、それらの回路の変更は、ほとんど不要である。

不可逆的圧縮データの再現性では、CD におけるオーバーサンプリングと同様に問題がある。すなわち、失われた情報は補間しても生じることはないため、物理的な再現性と復元方法の再現性を、分離しなければならない。本研究は、復元方法の再現性を問う前に必須である物理的再現の過程の精度に着目した研究である。MEPG2 Movie では、復元手法以前に、上述のような多数の問題が起きており、専用機に本手法を応用して、物理的な精度を大きく向上することができた。



図3. 1920×1440 ピクセル動画の再現性の差(左: Ultra Hi-Fi PC、右: 通常 PC)

CPU 使用率の履歴

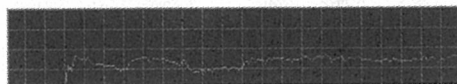


図 4. DVD 再生での CPU 負荷の減少
Shakespeare in love(R-1)の最初の 2 分間

9. 結語

ノイズとエラーを特定して排除し、Ultra Hi-Fi PC の作成を実証した。ノイズの排除には、給電部で電流消費変動の大きい能動素子の直近で、電流変動を吸収することが最大の効果を示すことが証明された。結果として PC からの輻射もバックグラウンドに近づいた。方針を明示した事により、安価に Ultra Hi-Fi PC の作成が可能となった。

本研究の成果は、開発中の輻射吸収材による部分が大きい。古典的なシールド手法は、高周波では位相差のため効果が低い。図 5 は、使用した輻射吸収材の CPU からの輻射の吸収を示す(1GHz プローブであるため、1GHz 以上は減衰している)。この素材によって、輻射発生源を特定できた。

本指針および改造は、他のデジタル機器の高品位化にも応用可能であった。特に、AV アンプ等のように、輻射と消費電流の大きい LSI を使用した機器での向上は非常に大きい。そのため、再生装置全体の高再現性の研究を開始した。

オーバーオールで高再現性を実現した研究および教育の効果は、極めて大きく研究と教育の範囲そのものを変えてしまう。例えば、NTSC 再生では、細部の消失のため、映画の撮影技法などを正確に示せないが、1920×1080 ピクセルでの DVD の再生では可能である。データの精度のみならず、再生環境全体の精度向上が切望される。

10. 謝辞

本研究は、大谷大学が所蔵している北京版大蔵経等の貴重図書のデジタル化による可読性を保証した資料共有データベースの作成研究から支援されており、草野教授、山本講師、松川講師、箕浦研究員以下、学生諸君に感謝する。特に、京都国立博物館の主任研究員赤尾氏に深く感謝する。

株式会社ナナオの宮保氏および研究開発の方々、

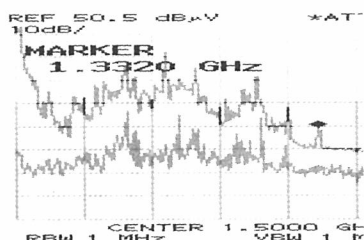


図 5. CPU での輻射吸収材の効果

カナレ電気株式会社、株式会社トーキン、TDK、日立金属の皆様に深く感謝する。

特に本研究に関しては、有機半導体固体電解コンデンサ特性に関して、佐賀三洋工業株式会社の喜多川氏と三洋電子部品(株)の三好氏、高性能アルミ電解コンデンサに関しては、ニチコン株式会社の藤馬氏(技術部)同社営業統括部 4 課の湯地氏と平地氏、有機半導体固体電解コンデンサと積層セラミックコンデンサ等の並列接続に関しては、日本ケミコンの山口氏(技術開発部)に御教示と御協力を頂き深く感謝する。最後に、関西松下システム株式会社の佐藤氏と非破壊検査株式会社の宮部氏にノイズ測定に関して多大の御教示と御協力を頂き、深く感謝する。

11. 参考文献

- [1] 柴田, et al. 北京版チベット大蔵経の高デジタル画像化: 写真撮影過程. 文部省科学研究費重点領域研究「人文科学とコンピュータ」第 6 号, pp.72-79, 1998 年 10 月.
- [2] 柴田, et al. 北京版チベット大蔵経の高再現性デジタル画像化: 高精度スキャニング過程, 情報処理学会「人文科学とコンピュータ研究会」第 43 回, 「人文科学とコンピュータ」, 43-6, pp.43-50, 1999 年 7 月 16 日.
- [3] 片岡, Hi-Fi デジタル画像の作成: 明度と色調の 1 段階での補正, 情報処理学会, 「じんもんこん 2000」2000 年 12 月 15-16 日.
- [4] 片岡, 高精度デジタル画像の高再現性表示, 京都大学大型計算機センター第 64 回研究セミナー, 口頭発表及び報告書 (ISSN 0910-3201), pp.74-85, 2000 年 3 月 (24 日).
- [5] トランジスタ技術 SPECIAL No.64, 1998 年, CQ 出版社.