

その常識は本当か
これだけは知っておきたい

実用オーディオ学

岡野 邦彦 著

コロナ社

まえがき

音響学とオーディオは、非常に深い関連はありますが、同じではありません。オーディオは趣味性が高い世界なので、必ずしも物理学に支配される必要はなく、個人が良い音と感じればそれでよいし、第三者による再現性さえ要求されないこともあります。そこが学問としての音響学と異なります。だから、オーディオを探求することは、オーディオ学よりオーディオ道の名がふさわしいかもしれません。

例えば、部屋の照明を変えたら音が良くなったと感じたとしましょう。それはそれでよいと思います。音響学的、物理学的には考えにくいですが、オーディオ道としてはよくあることですし、否定される必要は何もありません。実は、昨今の科学では、このような人の感じ方も科学的に解析することは可能になっていて、むしろ重視されつつあるのですが、そんな難しいことを言わず、「趣味としてのオーディオ道は科学だけでは語れない」ということになっておいても別に構わないのです。

長年、趣味としてオーディオ道を楽しんできた筆者も、もちろんそれでよいと思っています。他人が良いと思う音に異論をはさむ気持ちはありませんし、私自身が良いと思った音が、他人にも良いとは限らないことはよく理解しています。しかし、それでも、私が科学者であるがゆえ、時としてオーディオに関しても、こう思うことがあるのです。「それは論理性がおかしくないか、人を惑わせていないか」と。

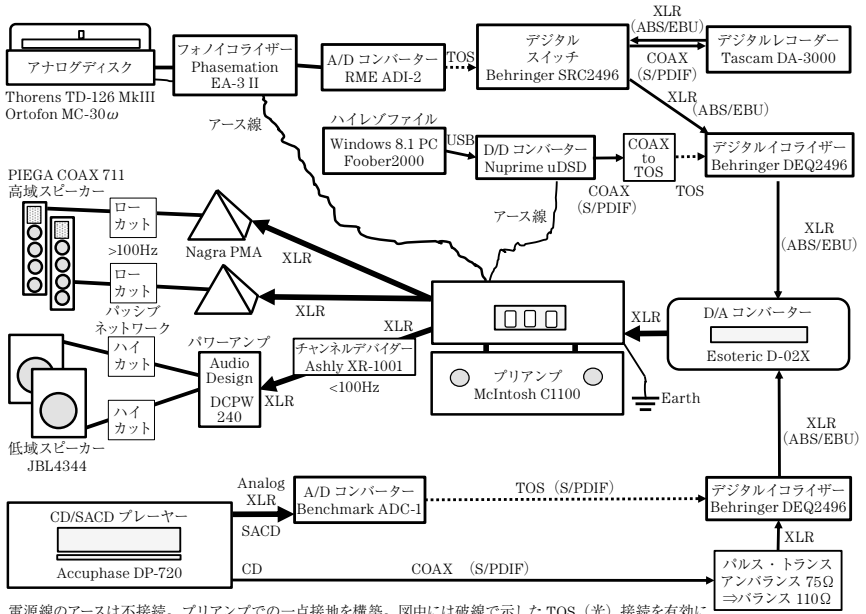
オーディオ道を楽しむのに必ずしも科学はいりませんが、他人にとっては一般性のない経験則に支配されたり、未確認なことを確認済と錯覚したりしてしまうことで、もっと近道があったのに、遠回りしてしまうなら、それは「趣味だから問題ない」とばかりは言えないのではないのでしょうか。

科学的なオーディオというと、人に聞こえない 20,000 Hz (20 kHz) 以上を再生するハイレゾは意味がない、とか、高価なオーディオ機器でも数値特性は同じだから、音が良いと思うのは錯覚であり科学的ではない、などの論調を想像されてしまうかもしれません。しかし、本書の趣旨はそういうものではないことを最初にお断りしておきたいと思います。安くても良いものはあるにしても、高価な機器でなければ絶対に聴けない驚愕の音も確かにあるのです。オーディオは割とお金のかかる趣味だと言わざるをえません。どうしてもそれなりの資金の投入が必要になってしまいます。そこで、限られた資金と時間で、効率的に良い音を手にするには、科学的発想は、少なくとも「便利」だ、というのが本書の趣旨なのです。

筆者の提案は、論理に沿った「科学の作法」の導入です。例えば、音が変わったなら、科学的な理由を考えてみましょう。その変化は条件を変えても再現できるか、あるいはできないか、も重要です。ある説について、「それは迷信だ」と思う前に、「本当なのだとしたらなぜか」と考えてみるのも大切です。頭から否定しないのも科学の作法だと思います。昨今は測定器も安くなりましたし、できれば測定もしてみましょう。仮説でもよいので、理由の説明を考えるうちに、科学的思考が身についていくように思います。

本書が、みなさんがより効率よくオーディオを改善していくための一助にでもなれば、大変にうれしく思います。

最後に、参考として、筆者のオーディオシステムの概要を図示しておきました。本書は、これらのシステムを紹介するのが目的ではないので、個々の説明はしませんが、どのようなオーディオ感を持った人物かは、その装置構成を見ればある程度わかると思いますし、本書の読者ならきっとそこを知りたいと思うので、機材と接続方法だけは示しておくことにしました。アナログディスク、CD、SACD、ハイレゾファイルの音源が聞けます。アナログディスクとSACDもA/Dコンバーターでいったんデジタル化していて、上記の4音源はすべて、デジタルイコライザーとD/Aコンバーターを通した同じ経路で聞くという、かなり特殊なシステムになっています。接地の仕方も工夫していますが、これ



筆者のオーディオシステム概要

については本文でも解説したいと思います。

2018 年 11 月

岡野 邦彦

1. アースと電源配線の科学

1.1	アースとは何だろう	1
1.2	アースに関する Q&A	2
1.3	信号線のアースと電源のアース	5
1.3.1	つなぐなら基本は一点接地	5
1.3.2	アースと信号線の両方がループを形成する例	8
1.3.3	電源プラグのアースはつなぐべきか	11
1.3.4	電源配線はタコ足配線がよいかも	16
1.3.5	家庭用交流電源の屋内配線	18
1.4	人間を接地する	19
1.5	アースと電源配線のまとめ	21

2. CD とハイレゾの科学

2.1	CD とハイレゾとは	22
2.2	CD とハイレゾに関する Q&A	23
2.3	CD に関する不可解な「常識」	24
2.4	サンプリングレートと信号の再現精度	26
2.5	D/A コンバーターの波形は可聴域でも意外と異なる	30
2.6	サンプリング定理との関係	36
2.7	CD のエラー訂正への誤解	40
2.8	CD のパーフェクトリッピング	41
2.9	CD のエラー訂正の原理	44

2.9.1	ビット, 符号, フレーム	44
2.9.2	エラー訂正のステップ	45
2.9.3	エラー訂正のイメージ	46
2.9.4	再生プロセス	48
2.9.5	読み出しドライブによるエラー	51
2.10	CDとハイレゾのまとめ	52

3. SACDの科学と高音質の秘密

3.1	SACDとDSD	54
3.2	SACDとDSDに関するQ&A	54
3.3	1ビットDSDによるA/D変換の概念	55
3.4	なぜSACDは良い音なのか	58
3.5	SACDとDSDのまとめ	62

4. 室内音響の科学

4.1	音響調整が必要なわけ	63
4.2	室内音響に関するQ&A	64
4.3	定在波の特性	65
4.4	補正してもよい節といけない節	71
4.5	スピーカー配置や聴取位置による周波数特性変化	76
4.6	周波数特性の測定方法と測定機材	84
4.7	イコライザーの種類	87
4.8	イコライザーの接続	92
4.9	共鳴ピークの除去	95
4.10	オーディオにおけるdBの話	97
4.10.1	dBの定義	97
4.10.2	音圧を考えるとときのdB	99
4.10.3	アンプ類の入出力や増幅率(ゲイン)を考えるとときのdB	99

4.11	ダイナミックイコライザーの効用	101
4.11.1	音楽鑑賞中に聞こえるダイナミックレンジ	101
4.11.2	写真の世界ではダイナミックレンジ調整は常識	102
4.11.3	聴感上のダイナミックレンジ拡大	104
4.12	スピーカーグリルによる特性変化の実測	106
4.13	室内音響のまとめ	109

5. 接続ケーブルの科学

5.1	接続ケーブルの役割	110
5.2	接続ケーブルに関する Q&A	110
5.3	インピーダンスとは	111
5.4	接続ケーブルの種類と特徴	114
5.5	アナログ接続のインピーダンス	119
5.6	デジタル接続のインピーダンス	120
5.7	光デジタルケーブル	123
5.8	デジタル接続での信号ロスと補間の可能性	126
5.9	接続ケーブルのまとめ	127

6. あると役立つ測定機材

6.1	リアルタイムアナライザー (RTA)	128
6.2	マルチチャンネル オシロスコープ	129
6.3	赤外線温度計	130
6.4	レーザー式精密距離計	131

参 考 文 献	132
あ と が き	133
索 引	134



1. アースと電源配線の科学

1.1 アースとは何だろう

オーディオ機材を買って最初にしなければならないのは、機材同士の信号線の接続と、電源の配線だろう。そこで、まず電源とそれに伴うアースを、科学の作法に沿って考えていくことにしよう。

アース (Earth) とは英語で地球のことだ。地球はあまりに大きく、どんなに電流が流れ込んでも、どんどん飲み込むことができる巨大なコンデンサーなので、無限に電流を吸い込む「絶対的なゼロ電位点」と考えることができる。地面って電気が流れるの？と思う方がいらっしやるかもしれないが、そう、地面は電気がよく流れるのだ。実際に、長い金属棒を地面に打ち込んでアース線を作ることができる。

オーディオにおいて「機材をアースにつなぐ」と言うときは、二種類の場合がある。一つは機材間のアース端子同士をつなぐことで機材間の基準電位をそろえること。同軸ケーブルで信号線をつなげば、機材間のアースも自動的につながると言える。

もう一つは、機材を本当のアース (地球、つまり地面) につなぐことだ。部屋にアース端子が出ているなら、それがこの本当のアースにあたる。洗濯機用の壁コンセントなどには必ずアース端子がついているだろう。電気工事が正しくなされているのは前提だが、ここにつなげば、正真正銘、アースは地球につながり、その電位はゼロボルトになる。

以下では、この正しく配線された本当のアース接続用端子 (地球につながっている端子) のことを「接地端子」、そこにつなぐことを「接地」と呼び、アンプなど信号線のアース同士をつなぐこととは、「アース同士をつなぐ」と呼

んで、区別することにしよう。

1.2 アースに関する Q&A

Q：コンセントが普通の2ピンのAC100Vプラグ用で、接地端子がないのですが、オーディオが聴けませんか。

A：接地端子が壁になくても、そのままコンセントに2P電源プラグ（普通のACプラグ）を接続し、アース線は無視して聴いていて大丈夫です。3P電源プラグ（アースピンがある米国仕様のACプラグ、**図 1.1**）の場合には、3Pを2Pに変換するアダプターを使って2Pに変換し（**図 1.2**），コンセントにつながります。アダプターから出ているアース線は無視しておいて大丈夫です。



図 1.1 3P電源プラグ

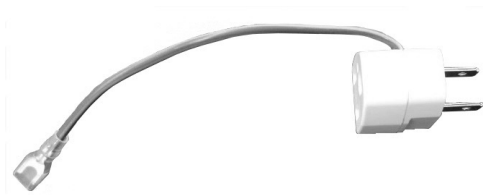


図 1.2 2P/3P変換アダプター

機材を正しく接地すればノイズに強くなることがあるけれど、接地しないと聴けないわけではありません。正しい接地の仕方は、後で説明しますが、間違った接地の仕方をするよりは、接地をしないほうがましです。だから、よくわからなければ、接地につながなくてよいのです。

Q：オーディオ用アースをひくにはどうすればよいですか。

A：戸建てなら電気工事業者に頼んで接地端子を作ってもらえることができます。既存のもの以外にオーディオ用に新たに接地端子を作ることもできるでしょう。集合住宅でも必ず接地端子はあるはずです。例えば、洗濯機用コン

セントとか、エアコン用コンセントなどには接地端子があります。ただし、集合住宅の場合、他人がどんな接続をしているか皆目わからない点がすこし心配です。アース線を接地端子につながずに使って支障がなければ、そのままのほうがよいでしょう。なお、接地端子を作る場合にも、素人が勝手に配線を変えるのは違法なので、必ず業者に頼みましょう。

Q：海外製の機材は3P電源プラグが付いています。この3Pの中央のアース端子は、必ず接地端子につなぐ配線になっていたほうがよいですか。

Q：アース端子が背面にあるオーディオ機器があります。これらは接地端子につないだほうがよいですか。

A：機材のアース端子は、接地端子につないだほうがよい場合、つないでいけない場合、どちらでもよい場合、の三つの場合があります。その判定方法は、以降に説明しますが、よくわからない場合の推奨の選択肢は以下です。

- 部屋に接地端子がある場合： 戸建てなら、「プリアンプまたはプリメインアンプのみ」の「3P電源プラグのアース」または「機材背面のアース端子」の「どちらかのみ」を接地点につなぐ。他の機材は接地点に何もつながないこと。集合住宅なら、ビンテージオーディオのアースのみをつなぎ、その他はつながないこと。
- 部屋に接地端子がない場合： 3P電源プラグのアース端子も、機材背面のアース端子も、とにかく何もつなぎません。

Q：私の部屋には接地端子があります。せっかくあるので、すべての機材のアース端子や、3P電源プラグのアース端子をすべて接地端子に接続しました。これは正しいですか。

A：かなり高い確率で間違っています。前述のとおり、機材のアース端子は、接地端子につないだほうがよい場合、つないでいけない場合、どちらでもよい場合、の三つの場合があります。その区別をつける方法は、後で説明し

ますが、もし、よくわからなければ、間違った接続をするよりは、まったく接地端子につながらないほうがましです。

Q：たこ足配線はいけないと聞くので、部屋中のいろいろな場所のコンセントを使って、各機器にばらばらに配線しています。これは正しいでしょうか。

A：大変ノイズに弱い配電です。容量を超えない範囲で、1か所またはできるだけ近い位置のコンセントから配電したほうがよいと思います。

表 1.1 は、アースの接地端子への接続可否について、結論だけまとめたものです。その理由は、1.3 節以降をご覧ください。機材から電源線以外は外し、**図 1.3** のように 3P 電源プラグのアースと信号線の外側のアースの間の抵抗値をテスターで測ることで表に沿って判断できます。

表 1.1 アースの接地端子への接続可否

テスターで測った 3P 電源プラグと信号線アースの間の抵抗値	3P 電源プラグ中央端子（アース）の接地端子への接続可否（あくまでノイズの視点から）
テスターがないので測定できない	→わからないならつながらないことを推奨
集合住宅である	→ピンテージ品以外はつながらないのが無難
以下は 戸建の場合	
リアンプまたはプリメインアンプ 導通あり（ほぼゼロオーム）	→つないだほうがよい
リアンプ、プリメインアンプ以外 導通あり（ほぼゼロオーム）	→つながらないほうがよい（ピンテージ品はつなぐ）
導通なし（抵抗値が無限）	→どちらでもよい（ピンテージ品はつなぐ）
導通わずかにあり（1メガオーム以上）	→どちらでもよい（ピンテージ品はつなぐ）

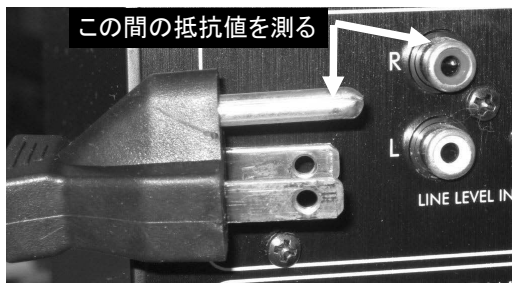


図 1.3 筐体アースと信号回路アース間の抵抗値の測り方

1.3 信号線のアースと電源のアース

1.3.1 つなぐなら基本は一点接地

接地端子へのアース線の接続は、漏電時に感電しないためには非常に重要である。一方、オーディオにおけるアースは、感電防止というよりは、ノイズ防止の役割が大きい。感電防止なら、とにかく触りそうな機材は接地しておくほうが安全だが、ノイズ制御の視点でいうと、接地につなげばつなぐほどノイズが減るというものではなく、間違った接地端子への配線をすれば、かえってノイズは増える。一方、集合住宅の場合には、ちょっと別の心配がある。部屋に出ている接地端子（洗濯機用のコンセントなど）は、感電防止という意味では間違いのない接地がなされていると思うが、他の家でどんな使い方をしているかまったくわからないのが、オーディオ用としてはいささか不安だ。非常に大きなノイズを流してしまっていないとも言いきれない。その場合でもつないで危険なことなどはないが、オーディオのノイズの視点では、つながないほうが無難なこともありえる。

まず解説を始める前に、図 1.4 におけるアースの定義を決めておく。図中に接地点の記号もあるので覚えてほしい。

機材には筐体があり、その中に回路がある。回路のアースは、信号線のアース、すなわちラインケーブル（同軸型のシールド線）の外側線につながっている。筐体のアースは、もし筐体の裏パネルのアース端子があれば、それには間

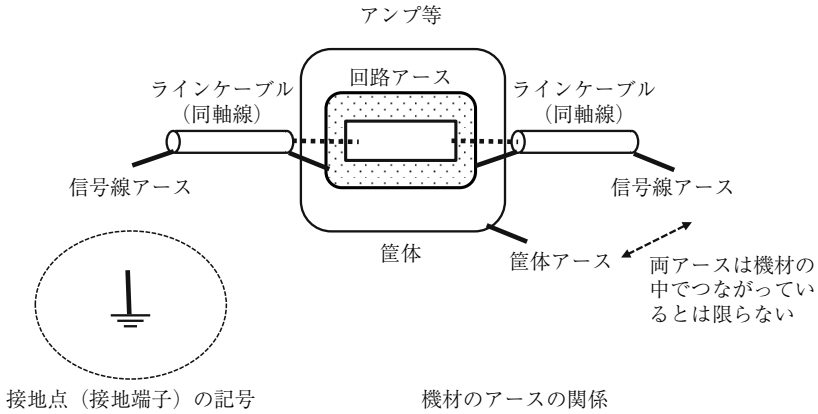


図 1.4 機材内のアースの関係と接地点の記号

違いなくつながっている。3P 電源プラグの真ん中につながっていることもある。ここで「こともある」と書いた点に注意。国産機には、本体の電源コード受け口が 3P 型ソケットになっていても、中央のアースピンがない、あるいは、ピンはあっても中央のアース端子には何もつながっていない（筐体もつながっていない）ただのダミーであることもあるので注意がいる。

筐体のアースや、海外製品にある電源ケーブルにあるアース（3P 電源プラグの真ん中）については、後で考えることにし、いまは、回路のアースだけ考えていく。

オーディオのノイズを減らすという視点での正しい接地へのつなぎ方は、とにかく「一点接地」である。すなわち、機器同士のアースは相互につながっているわけだが、その線が地面に接地されるのは一点のみ、つまり、部屋の接地端子には一点でつなぐ、ということだ。図 1.5 を見てほしい。

この例では、プリアンプの回路アースだけが接地されている。正しく一点接地が実現しているわけである。

一方、図 1.6 のように、全機材のアース線を接地した場合を考える。感電防止ならこれも悪くないのだが、この場合、図のようにアース線が取り囲んだ大きな面積が現れる。これを「アースループができる」と言う。

あ と が き

英語で「音響学」にあたる単語は「acoustics」で、「audio」は「再生機器」や「音声信号」という意味になります。これからもわかるように、音響学とオーディオはかなり違うものです。しかし、関係は深いので、その橋渡しになるような解説を書いてみようと思いつつ執筆したのが本書でした。

筆者の専門分野は環境エネルギー学とプラズマ理工学で、環境騒音制御として音に関係した研究もしていますが、音響学の専門家ではありません。だから、本書の内容は、音響学ではなく、オーディオユーザーのための解説書に徹したつもりでいます。その目標をどこまで実現できたかは、読者に評価をお願いするしかありませんが、効率的で科学的なオーディオ道の探求に、多少でも役に立ったと思っていただいたなら、筆者としてこれほど嬉しいことはありません。

なお、本書の内容には間違いがないよう、細心の注意を払いましたが、万が一、誤った記述があったなら、その責はすべて筆者にあります。

あ		コモンモードノイズ	116	中性線	19
		コンダクタンス	111	直流抵抗	111
アースループ	6, 14	コンパクトディスク	22	て	
アナログ式発振器	95	さ		定在波	64, 76, 95
アンバランスアンプ	118	最低共振周波数	66, 76	デコード	45
アンバランスケーブル	114, 117	サンプリング点数	38	デジタルイコライザー	92
い		サンプリングレート	24	デジタル式発振器	95
一点接地	6	し		デジタルフォーマット	24
インダクタンス	111	ジッター	9	デジタル録音	26
インターリーブ	45	集中電源ボックス	17	デシベル	97
インピーダンス	111	出力インピーダンス	112, 120	デルタシグマ変調	55
インピーダンス変換		冗長度	48	電源極性	16
トランス	121	常用対数	98	と	
インピーダンスマッチング	112	信号線アース	13	特性インピーダンス	111
え		す		トーンスイープ方式	84
エラー訂正	24	スクランブル	45	な	
エラー訂正機能	40	スピーカーの感度	99	ナイキストのサンプリング	
エラー訂正符号	25	せ		定理	26
エンコード	45	石英ファイバー	124	に	
か		接地端子	1, 2	入力インピーダンス	120, 112
可聴帯域	26, 34	た		の	
き		ダイナミックイコライザー		ノイズシェーピング	58
			89, 101, 105	は	
基本周波数	66	ダイナミックレンジ	101	ハイパーソニック	
く		多点接地	8	エフェクト	36
グラフィックイコライザー		ターミネーター	122, 130	ハイレゾオーディオ	22
	63, 71, 87	単相 2 線式	18	パスカル	99
クロストーク	10	単相 3 線式	18	バーストエラー	50, 51
こ		ダンピングファクター	120	バスレフポート	80, 82
コピーガード	40	ち		パラメトリック	
		中心周波数	89	イコライザー	87, 89

バランスアンプ	118
バランスケーブル	114, 117
パリティ	127
バリディティ	127
半値幅	89
バンドパスフィルター	79
ひ	
光ケーブル	9
光端子	120
光デジタルケーブル	9, 123
ビット	44
ビット数	24
ビットストリーム	55
ピュアリード	41
ピンクノイズ	84, 128
ふ	
ファラド	111
符 号	44

A ~ C	
A/D コンバーター	26, 94
AES/EBU	120, 126
BNC ケーブル	114
BNC 端子	121, 123
CD	22

D	
DAT	25
DAW	62
D/A コンバーター	27, 94
dB	97
DEQ	92
DSD	25, 55, 60
DYN	89, 105

F, G	
FPGA	33

符号同士の最小距離	48
浮動小数点	65
フレーム	44
へ	
ヘッドマージン	100
ヘンリー	111
ほ	
補間	40, 42
ホワイトノイズ	84
ま	
マルチビット型 DSD	35
よ	
横長配置	83
ら	
ラウドネスコントロール	90

◇	◇
GEQ	63, 71, 87, 97
P	
PCM	25, 60
PEQ	87, 89, 97
PSE 法	15
PureRead	41

R	
RCA/XLR 変換アダプター	111
RCA ケーブル	114
RCA 端子	111, 120
Real Time Analyzer	85
RTA	85, 85, 100, 128

S, T	
SACD	25
S/PDIF	120, 126
Stndwave2	69

り	
リアルタイムアナライザー	128
リアルタイムスペクトラム	
分析	84
離散数	25
リップング	40
リード・ソロモン符号	41
リニア PCM	25
リミッター	104

れ	
レーザートリミング	36

ろ	
ローパスフィルター	28, 34

ST 規格	125
TOS	120, 123

X	
XLR ケーブル	114
XLR 端子	111

数字	
2P 電源プラグ	2, 11
3P 電源プラグ	2, 11
3 相交流電源	18

ギリシャ文字	
ΔΣ 変調	55

— 著者略歴 —

1984年東京大学大学院工学系研究科博士後期課程修了(原子力工学専攻),工学博士。株式会社東芝,電力中央研究所を経て,2013年慶應義塾大学特任教授,2017年慶應義塾大学理工学部機械工学科教授。

中学生時代からオーディオを愛好し,デジタル録音,CD,SACD,ハイレゾの登場を体験してきた。同じく中学生時代にはじめて天体写真では,本書のなかでも少し触れているデジタル現像や,露出時間を大幅に短縮できるLRGB合成カラー撮影法を開発した天体写真家として知られている。

おもな著作に,「デジタル・アイー冷却 CCD でとらえた深宇宙」地人書館(1998),「冷却 CCD カメラによる天体撮影テクニック」誠文堂新光社(2002),「プラズマエネルギーのすべて(共著)」日本実業出版社(2007),「天文年鑑(冷却 CCD・デジタル一眼レフの項を執筆)」誠文堂新光社(2008年版以後),「冷却 CCD カメラ・テクニック講座」誠文堂新光社(2009),「人類の未来を変える核融合エネルギー(共著)」シーアンドアール研究所(2016),などがある。

その常識は本当か これだけは知っておきたい 実用オーディオ学

Is the common wisdom correct? Truth what you must know
Audio Science for Practical Use

© Kunihiko Okano 2019

2019年1月25日 初版第1刷発行



検印省略

著者	おか の くに ひこ
発行者	株式会社 コロナ社
代表者	牛来真也
印刷所	壮光舎印刷株式会社
製本所	株式会社 グリーン

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-00919-4 C3054 Printed in Japan

(新宅)



ICOPY < 出版者著作権管理機構 委託出版物 >

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は,そのつど事前に,出版者著作権管理機構(電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。

本書のコピー,スキャン,デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は,いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。