

フラックスメータ 480 型

特長

- 5 3/4 桁表示
- 低ドリフト
- 自動ドリフト補正 (2 段階)
- 高速ピーク捕捉 (~ 2 μ秒立ち上がり)
- GPIB・RS232C・リレー・アナログ出力
- カスタムコイル 10 個のパラメータを登録可
- DC および AC 磁界計測 (~ 50kHz)
- 磁気モーメント (Wbcm)・磁位 (A) の測定
- コンパレータ機能内蔵



概要

480 型は様々なセンシングコイルに対応できる、マイクロプロセッサ制御の高精度積分型フラックスメータです。本機のアナログ積分器は、柔軟度が高く、仕様のにも優れており、高速パルスからゆっくりとした立ち上がりの測定まで、様々な磁石の磁気測定で効果を発揮します。内蔵のマイクロプロセッサで積分器の動作を最適化することにより、ドリフトの大幅低減に成功しました。さらに 480 型は、「マニュアル操作」でも、高速応答が求められる「自動計測システム」にも十分対応できます。フラックスメータは、ガウスメータの機能を補完する計測器です。ガウスメータはピンポイント部分の磁束密度を計測しますが、フラックスメータでは、巻いたコイルの内部を通過する磁束量を測定します。コイル面積の入力により、ガウスメータと同様に磁束密度の測定もできます。

■ 測定原理

磁束 (Φ) がコイルに近づくとコイルの両端に瞬間電圧 (V_{coil}) が発生します。この瞬間電圧 (V_{coil}) はコイルの巻数 (N) に磁束の時間変化率 ($d\Phi/dt$) をかけた値に比例します。

$$V_{coil} \propto N (d\Phi/dt) \quad \text{(第 1 式)}$$

しかし、この場合磁束の変化が止まってしまうと、電圧が消失してしまうため DC 測定には不向きです。そこで、もし V_{coil} が積分され面積として表現されれば、上記の問題は解決します。つまり、積分器の出力は磁束のトータル変化量に比例するからです。

$$\int V_{coil} dt \propto N \Phi \quad \text{または} \quad \Phi \propto 1/N \int V_{coil} dt \quad \text{(第 2 式)}$$

この式を利用することで、コイルを通過している磁束が変化しない場合でも、その磁束を算出することができます。

■ ドリフト補正

コイル部分で磁束変化がない場合でも、アナログ積分器の入力部分に加わる誤差電圧により測定値がドリフトします。これらは、コイルが発生する電圧ノイズ、内部回路や温度変化により発生します。ドリフトの補正およびキャンセルにはとても時間がかかるため、積分型フラックスメータは使いづらいと考えられていました。LakeShore では、従来型フラックスメータに搭載されている「ドリフト補正用ポテンシオメータ」の代わりに、マイクロプロセッサ制御の補正用 DAC (デジタル-アナログ変換器) 2 台を搭載することで、ドリフト補正を自動化し、積分器のドリフトを「 $\pm 1 \mu V/s$ 」以内に抑えることに成功しました。480 型では、計測器とコイルがアイドル状態のとき、内蔵の「ドリフト補正アルゴリズム」が、継続してドリフトを補正し、高精度の計測を行える体制を整えます。もちろん、手動のドリフト補正も可能です。

● 自動ドリフト補正 (DC と DC ピークモード)

磁束変化のない状態で、単位時間当りの読み値の変化量を測定し、補正用 DAC の最適な出力量を計算し、大まかなドリフト補正を行います。ほとんどのアプリケーションでは、この機能のみでも良好なドリフト性能が得られます。

● ドリフト・トラック (DC と DC ピークモード)

ドリフト・トラックは LakeShore のフラックスメータ特有のドリフト制御アルゴリズムです。DC モードにて、磁束変化のない状態であればアイドル状態にして読み値の変動を継続して監視し、ドリフト分を算出し、もう 1 台の DAC 出力によりドリフト量の微調整を加えます。上記の自動ドリフト補正と併せますと更に効果が得ます。このアルゴリズムでは、磁束測定開始に伴い読み値が内部算出した値あるいは入力した「しきい値」を超えた瞬間、この機能を OFF にしますのでピーク値の測定結果に影響しません。

■ 交番磁界測定

センシングコイルは交番磁界に敏感ですが、多くの積分型フラックスメータでは交番磁界を測定できません。480 型には、簡単なセンシングコイルを用いて、広帯域の磁界を計測できる「AC モード」を装備しています。このモードは、コイルの面積と同じ、あるいは、それよりもやや広い範囲の磁界計測に限定されます。この方法は、低ドリフトの交番磁界測定を安価に行う 1 つの手段です。

■ コイルとプローブ

自作や他メーカーのコイルやプローブが、480 型に接続してお使いいただけます。480 型では、最大 10 種類のコイル/プローブのパラメータを登録でき、それら呼び出すことで、素早くコイルを交換・利用できます。LakeShore では、480 型と共にお使いいただける数種類のセンシングコイルとプローブを用意しています。それらのコイルの確度と互換性は、出荷前に校正および補正されています。校正データは、プローブコネクタ内のメモリへ登録されていますので、特性データを手入力いただく必要がありません。また、「特注コイル」もお客様のご要求仕様に応じて設計いたします。

■ 材料分析

480 型の高分解能および低ドリフト特性により、分析測定にも利用できます。ノイズフロアが低いため、480 型の高分解能が活かされます。設定自在のフィルタにより、読み値を安定に保つことができます。オートおよびマニュアルのドリフト補正機能により、積分器の低ドリフト特性を最適化します。さらに、標準装備の GPIB および RS232C インターフェースにより、自動データ収録/コントロールが可能です。

仕様

■ 測定部仕様

入力数：1
 入力形態：2線式、グラウンドリファレンス
 入力抵抗：100kΩまたは10kΩ選択可（高抵抗コイル利用の場合、0Ωも設定可）

注）大部分のアプリケーションでは100kΩが最適です。入力抵抗100kΩの時、ドリフト性能がより向上します。10kΩの時には、測定感度が高くなります。

最大入力電圧：60V

入力耐電圧：100V

警告）60～100Vの入力では計測器を破壊しませんが、他の計測器を損傷したり、作業者に怪我を負わせる可能性があります。

読みの更新レート：5回/秒（ディスプレイ上）、30回/秒（GPIO、RS232C）

■ DCモード（静磁界の計測など）

測定分解能： $5^{3/4}$ 桁以内

積分器静電容量：1μF（公称値）

レンジ	100kΩ		10kΩ	
	300mVs	30mVs	30mVs	3mVs
分解能	0.001mVs	0.0005mVs	0.0005mVs	0.0005mVs

精度：オフセット精度：±10μVs ± DC 積分器ドリフト
 ゲイン精度：読みの±0.25%（最大変動率<10Vs/秒）

最小dΦ/dt：20μVs/分

最大dΦ/dt：60Vs/秒

積分器ドリフト：±1μVs/分、0.0004%フルスケール/分（300mVsレンジにて）（100kΩ入力抵抗で温度一定の場合）

■ DCピークモード（永久磁石の磁力評価、着磁パルスのピーク値計測など）

測定分解能： $4^{3/4}$ 桁

積分器静電容量：1μF（公称値）

レンジ	100kΩ		10kΩ	
	300mVs	30mVs	30mVs	3mVs
分解能	0.01mVs	0.001mVs	0.001mVs	0.001mVs
最小読み値	0.05mVs	0.005mVs	0.005mVs	0.005mVs

精度：オフセット精度：±100μVs ± DC 積分器ドリフト

ゲイン精度：読みの±5%（最大変動率<10Vs/秒）

最大dΦ/dt：60Vs/秒

読みの更新レート：通常レートの $1/4$ に減少

■ ACモード（交番磁界の実効値計測など）

測定分解能： $4^{3/4}$ 桁以内（30μVレンジでは $3^{3/4}$ 桁に減少）

積分器静電容量：0.1μF（公称値）

入力抵抗：100kΩ

レンジ	30mVs	3mVs	300μVs	30μVs
	分解能	0.001mVs	0.0001mVs	0.01μVs
最小読み値	3.000mVs	0.3000mVs	30.00μVs	3.00μVs

周波数応答：2Hz～50kHz

精度：読みの±1% ± 10μVs（サイン波で10Hz～10kHz）

読みの±5% ± 10μVs（サイン波で2Hz～50kHz）

積分器ドリフト：該当しない

■ ACピークモード（モータ磁束の正・負ピーク値、高速着磁パルス計測など）

測定分解能： $3^{3/4}$ 桁

積分器静電容量：0.1μF（公称値）

入力抵抗：100kΩ

レンジ	30mVs	3mVs	300μVs
	分解能	0.01mVs	0.001mVs
最小読み値	0.01mVs	0.001mVs	5μVs

精度：読みの±5% ± 10μVs（サイン波で10Hz～10kHz）

読みの±10% ± 10μVs（サイン波で2Hz～50kHz）

読みの更新レート：通常レートの $1/4$ に減少

■ フロントパネル

ディスプレイ：20文字2行、蛍光表示管

ディスプレイ分解能：± $5^{3/4}$ 桁以内

ディスプレイ更新レート：5回/秒

表示単位：Vs, MxN, WbN, VsΦ, MxΦ, WbΦ, G, T, Wbcm, A, %
 単位の乗数：p, n, μ, m, k, M, G

アナシエータ：AC AC入力信号
 DC DC入力信号
 ΔV 正・負のピーク
 R リモートモード
 ♪ アラームON

キーパッド：21個のフル動作キー

■ インターフェース

GPIOB：SH1, AH1, T5, L4, SR1, RL1, PP0, DC1, DT0, C0, E1

RS232C：DA-9コネクタ, ボーレート9600

外部リセット形式：接点を閉じる

アラーム

アラーム数：2

設定：Hi, Lo点を設定、Hi-Lo内か外かを判定、可聴音出力可
 アクチュエータ：ディスプレイ・アナシエータ, 発音音, リレー

リレー

リレー数：3

接点：ノーマルオープン(NO), ノーマルクローズ(NC), コモン(C)

接点定格：30VDC (@ 2A)

動作：3番目のリレーは、HiとLoのアラームに連動。アラームの状態は表示しない。手動操作可能。

コネクタ：脱着式端子ブロック

モニタ・アナログ出力

スケール：±3V = ±Vsレンジのフルスケール

精度：読み値の±1% ± 10mV (DC～10kHz)

読み値の±5% ± 10mV (10kHz～50kHz)

最小負荷抵抗：1kΩ

コネクタ：脱着式端子ブロック

コレクト・アナログ出力

スケール：任意設定

レンジ：±10V

分解能：0.3mV

精度：±2.5mV

最小負荷抵抗：1kΩ

コネクタ：脱着式端子ブロック

■ 一般仕様

使用時周囲温度：15～35℃（規定精度を保証）、5～40℃（精度仕様を減じる）

電源仕様：100, 120, 220, 240VAC, +5%～10%, 50または60Hz, 20W

大きさ：217mm（幅）×90mm（高）×317mm（奥）、ハーフラックサイズ

重量：3kg

承認：CEマーク

■ アクセサリー

RM-1/2 ラックマウントキット

（フラックスメータ1台を482.60mmラックにて）

RM-2 ラックマウントキット

（フラックスメータ2台を482.60mmラックにて）

106-739* メイティングコネクタ付き端子ブロック（8ピン, 2個組）

■ プローブ・コイル（別売）

FNT-6R04-100 磁界測定用プローブ（100cm²）

FNT-5P04-30 磁界測定用プローブ（30cm²）

FH-2.5 ヘルムホルツコイル（直径63.5mm）

FH-6 ヘルムホルツコイル（直径152.4mm）

FCBL-6 PROM付きケーブル（183mm長）

特注のプローブおよびコイルを製作いたします。ご相談ください。

* 480型本体に添付されています。

アプリケーション例

■磁石の手動特性試験

480 型では、表示の更新スピードが速く、明るく見やすいディスプレイを採用しているため、手動による磁石の試験や選別に最適です。特長の低ドリフト性能により、頻繁にドリフトの補正を行う必要がなく、しかも、リモート用端子にフットペダルを接続し、それを踏むだけで読み値をリセットできるため、両手を計測器ではなく、作業に充てることができ、生産性を大幅に向上できます。さらに、アラーム（コンパレータ）機能により、Go/NoGo を判定し、発信音により通知したり、リレーの開閉を連動させ、他の機器を駆動することができます。

■磁石の自動特性試験

自動試験では、試験時間を最小に抑えることが求められます。480 型では、標準装備の GPIB と RS232C インターフェースにより、ほとんどの機能をコンピュータ制御できます。インターフェース使用時の読みの更新レートは 30 回/秒と速く、セッティング時間も高速で、しかも、読みのリセット状態から素早く復帰して新規の測定サイクルを開始できるなど、スループットを向上させる様々な機能を装備しています。また、リレーやアナログ出力により、コンピュータインターフェースを使わずに、自動試験システムを構築できます。

■着磁パルスの磁界計測

着磁装置およびそのコイルフィクスチャは、着磁する磁性材料とその形状を考慮して、材料を完全に磁化できる「磁界の強さ」が得られるように設計されます。しかし、着磁装置が必要磁界を発生できる最小の電圧で運転される場合、着磁周期の最短化と着磁コイルの長寿命化が図れます。480 型の高速度ピーク捕捉機能により、同一着磁パルスの正・負両方のピーク磁界を捕捉・表示できるため、着磁装置設計時の必要最小電圧の決定に役立ちます。広帯域のモニタアナログ出力により、着磁パルスの波形を記録することもできます。また、着磁コイルフィクスチャの老朽度や温度変化、巻線間のショートなどの問題もピーク磁界を定期的に計測することで、品質管理上のコイルの健全性を判定することができます。着磁の瞬間に高電圧が入力の両端に発生しますが、480 型では、それらの発生電圧に対しても保護されています。

■モータの磁束測定

ステータ部分に永久磁石を使用しているモータの磁束測定には、ロータ部分に巻線しそれをサーチコイルとしてフラックスメータに接続して測定を行います。ロータ部分に磁石を使用しているモータには、ステータコイルをサーチコイルとして磁束測定を行います。測定はそれぞれ、ステータやロータを回転させて行います。480 型

の高速度ピーク捕捉機能により、回転時の正と負のピーク値をホールドできます。

■磁気モーメントの測定

ヘルムホルツコイルと 480 型フラックスメータにより、永久磁石の磁気モーメントが測定できます。ヘルムホルツ定数がわかれば、モーメントは正確に決定できます。未校正のヘルムホルツコイルでも、コイルパラメータの入力により信頼性の高いデータが得られます。VSM でも磁気モーメントを測定できますが、それらははるかに小さい値に限られます。

●磁気モーメントとは

磁気モーメント (m) は、平面の電流ループまたは磁化された物体によって、空間のある点において発生する磁界の強さ (H) の測定値です。CGS 単位系では、磁気モーメントは emu で表され、S と N 極間の距離と永久磁石の極の強さをかけたもので定義されます。多くの場合、双極子モーメント ($j = Wbm$) で定義されます。SI 単位系ではモーメントは (Am^2) で表され、導電ループ内の電流値にループ面積をかけたもので定義されます。

$$1 \text{ emu} = 103 \text{ Am}^2$$

磁気モーメントは、永久磁石の様々な特性要素の決定のために測定されます。例えば、磁化率 (M) は磁気モーメントを磁石の体積で割って算出できます。

■磁位の測定

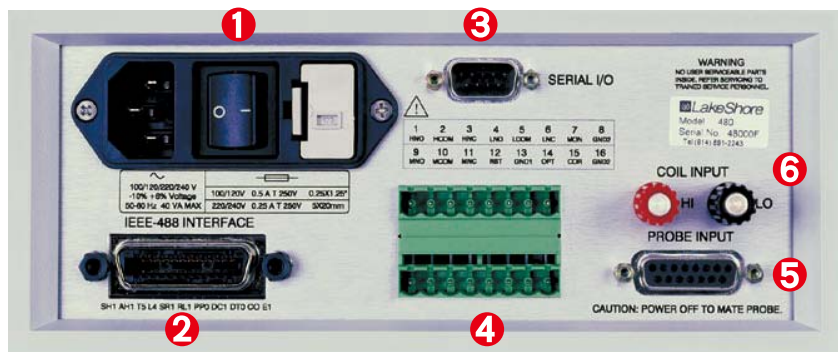
磁位は、永久磁石の内部磁界の強さ (H) を表します。電流が流れていない 2 点間の磁位差は、磁界の強さ (H) と比例します。ポテンシャルコイルによって測定された「磁界の強さ」と他の方法で測定された磁束密度により、磁石の第 2 象限内の動作点が決定されます。

480 型フラックスメータにポテンシャルコイルを取り付けて、永久磁石上の 2 点間の磁位差を測定できます。このポテンシャルコイルには一般に、長くて薄いソレノイドが使われます。コイルの反対側をほぼゼロ磁界の状態にして、コイルのチップを磁石の極に対して垂直に置きます。2 極間での読み値の差が磁位差となります。

●磁位とは

磁位は、磁界中にある 2 点間の磁化力の線積分値です。電気回路内の電圧と類似するスカラー値です。磁位のシンボルは U で、CGS 単位系では、磁位をギルバート (Gb) または ($Oe \cdot cm$) で表します。SI 単位系では、A で表します。

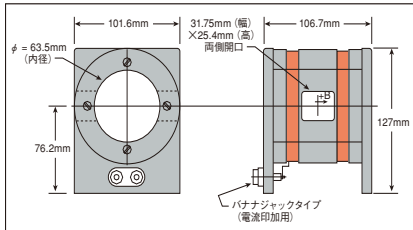
480 型 リアパネル



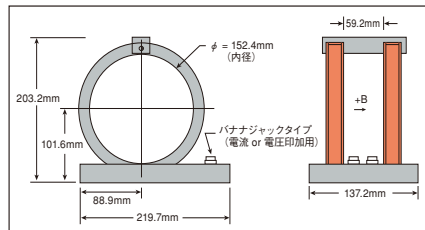
- 1 電源入力部
- 2 GPIB インターフェイス
- 3 RS-232C インターフェイス
- 4 端子ブロック (リレーとアナログ出力)
- 5 プローブ入力部 (LakeShore 製プローブ用)
- 6 ユーザコイル入力部

フラックスメータ用コイル

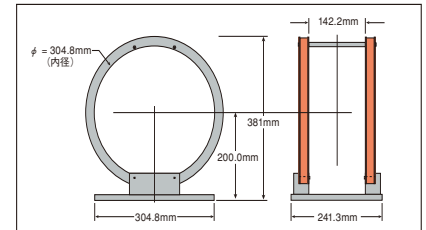
	FH-2.5		FH-6		FH-12	
内径	63.5mm (2.5")		152.4mm (6")		304.8mm (12")	
コイル抵抗 (概算値)	35 Ω		110 Ω		140 Ω	
使用温度	0 ~ 60°C					
コイル定数 (概算値)	0.013 weber · cm/volt · sec		0.016 weber · cm/volt · sec		0.047 weber · cm/volt · sec	
入力抵抗	10 kΩ	100 kΩ	10 kΩ	100 kΩ	10 kΩ	100 kΩ
レンジ (概算値)	390 μWb · cm	3.9mWb · cm	480 μWb · cm	4.8mWb · cm	1.4mWb · cm	14mWb · cm
	39 μWb · cm	390 μWb · cm	48 μWb · cm	480 μWb · cm	140 μWb · cm	1.4mWb · cm



FH-2.5

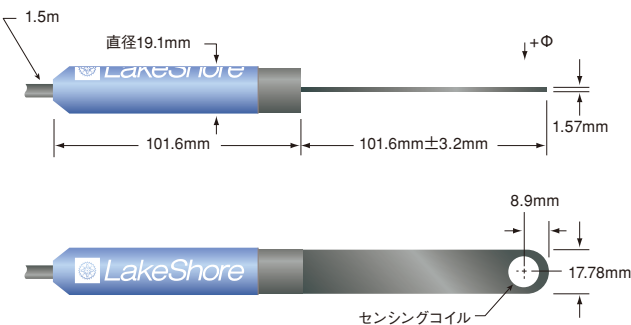


FH-6



FH-12

	FNT-6R04-100		FNT-5P04-30	
エリア・ターン (概算値)	100cm ²		30cm ²	
コイル抵抗 (概算値)	6.5 Ω		110 Ω	
平均コイル直径	10.4mm		3.9mm	
周波数レンジ	10 kHz			
使用温度	0 ~ 60°C			
入力抵抗	10 kΩ	100 kΩ	10 kΩ	100 kΩ
DC レンジ	30mVs (3 テスラ)	300mVs (30 テスラ)	30mVs (10 テスラ)	300mVs (100 テスラ)
	3mVs (300m テスラ)	30mVs (3 テスラ)	3mVs (1 テスラ)	30mVs (10 テスラ)

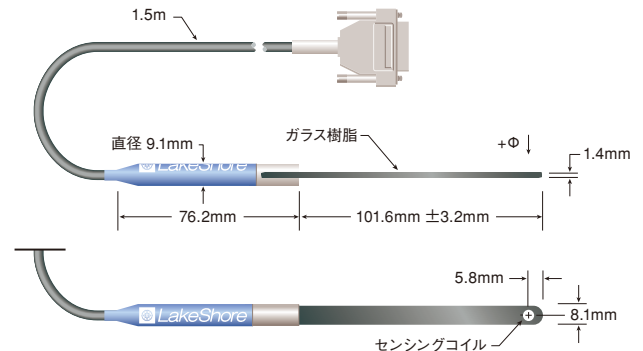


FNT-6R04-100

100cm² 磁界測定プローブ

ほとんどの磁界計測で用いることができます。

注) プローブの付け根にプリントされている LakeShore の商標の側へ向かって、磁束がコイルを貫く場合、「+Φ」と読み取ります。



FNT-5P04-30

30cm² 磁界測定プローブ

狭いギャップまたは磁界勾配が大きい場所では、コイル径の小さいプローブを使います。

注) プローブの付け根にプリントされている LakeShore の商標の側へ向かって、磁束がコイルを貫く場合、「+Φ」と読み取ります。

カスタムコイル製作の目安

コイルの感度は、コイル部分の磁束変化 ($d\Phi/dt$) により発生する瞬間電圧 (V_{coil}) で決定されます。コイルの巻数も感度を決定する上で大変重要で、巻数の増加に伴いコイル感度も上昇します。感度の高いコイルの製作は可能ですが、発生する瞬間電圧 (V_{coil}) が積分器の許容入力電圧 (60V) を超えないように設計してください。着磁器の磁束測定のアプリケーションでは、急激な磁束変化により、過大な瞬間電圧がコイル両端に発生しますのでご注意ください。磁束の最大変化率がわかれば簡単に瞬間電圧が計算できます。

$$V_{coil} \propto N (d\Phi/dt) \text{ と } B = \Phi/A \text{ より } V_{coil} \propto NA (dB/dt)$$

この場合、 V_{coil} : 瞬間電圧 (V)、 N : 巻数、 A : コイル面積 (cm²)、 t : 磁束の変化時間 (s)、

$$dt V_{coil} = NA (dB/dt) \times 10^{-8} \text{ となります。}$$

例: ある着磁器の磁束密度が 0 ~ 3T (30,000G) まで 1ms の時間で変化する場合、コイルの面積が 1cm² で、巻数が 100 ターンとすると、

$$V_{coil} = (100 \times 1\text{cm}^2) \times (30,000\text{G}/0.001\text{s}) \times 10^{-8} = 30\text{V}$$

と計算できます。入力電圧の変化率が 20 μVs/分 ~ 60Vs/秒以内で設計してください。コイルの大きさも重要で、特に低磁界計測用のコイルは発生電圧を測定できるレベルへ上昇させるために、直径 1m 以上になる場合もあります。特に磁束密度を測定する場合には、コイルの面積に対して均等な磁界がかかることが求められます。磁界勾配が急である場合には、コイルの口径をできる限り小さくする必要があります。均一な磁界でない場合には、コイル部分の平均磁束密度を表示します。



株式会社 東陽テクニカ 営業第1部

〒103-8284 東京都中央区八重洲 1-1-6 TEL. 03-3279-0771 FAX. 03-3246-0645
<http://www.toyo.co.jp>



大 阪 支 店 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 1-6-1 (新大阪ブリックビル) TEL. 06-6399-9771 FAX. 06-6399-9781
名 古 屋 営 業 所 〒465-0095 愛知県名古屋市名東区高社 1-263 (一社中央ビル) TEL. 052-772-2971 FAX. 052-776-2559
茨 城 営 業 所 〒305-0031 茨城県つくば市吾妻 2-8-8 (つくばシティアビル) TEL. 029-851-1366 FAX. 029-852-3421
電子技術センター 〒103-8284 東京都中央区八重洲 1-1-6 TEL. 03-3279-0771 FAX. 03-3246-0645
テクノロジーインターフェースセンター 〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町 1-1-2 TEL. 03-3279-0771 FAX. 03-3246-0645