UDC 621.311.4 : 621.316.57

電鉄変電所用直流サイリスタ遮断器

* 重政　猛征(しげまさ たけゆき)・* 新井　隆(あらい たかし)・** 荒井　研一(あらい けんいち)・*** 吉川　春樹(よしかわ はるき)
**** 金田元四郎(かねだ もとしろう)

1　まえがき

電鉄用直流変電所の直流遮断器は，主器，き電線の故障・事故を検出し保護するという極めて重要な役割を担っている。

従来，電鉄変電所の直流遮断器としては，高速度気中遮断器が採用されている。高速度気中遮断器は長い歴史を持っており，性能の優秀性，安定性については全く問題が無いが，直流大電流の遮断を気中で行うため接点・アークシュートの点検・保守，清掃を十分に行う必要があり，かつ調整が必要なため保守性に関してはこれが最善のものであるとは言い得ない。これに対し，富士電機は超小形直流高速度気中遮断器を開発し，保守性に関しても大幅な改善を図ってきた。しかし，最近になって電鉄変電所用機器のメンテナンスフリー化が進み，制御保護装置の静止化が実用化されたことに伴い，直流遮断器についてもより一層の保守性に対する改善要求が高まってきた。この要求を満たすものとして，サイリスタ遮断器が注目を集めている。

サイリスタ遮断器は，電流の開閉と通電を強制消弧回路と組み合わせたサイリスタで行うもので，原理的にはチョッパ装置と全く同じ動作原理でサイリスタのオン・オフを行うものであるが，以前は寸法的な問題，その他から実用化には至らなかった。しかし，最近サイリスタ素子及び周辺デバイスの技術進歩により，従来の気中遮断器と同程度のキュービクル寸法とすることが可能となった。

本稿では，富士電機のサイリスタ遮断器について，試験結果を含めて概要を紹介する。

2　サイリスタ遮断器の概要

2.1　特　長

サイリスタ遮断器は，従来の気中遮断器に比べ多くの特長があるが，主なものを以下に述べる。

(1)　無接点のため，接点の保守などが全く不要であり，保守が極めて容易である。

(2)　事故発生時，瞬時に検出・遮断するため損傷を軽微にでき，事故の拡大を防ぐことができる。

(3)　投入電源が不要であるため，蓄電池などの変電所用電源装置を小形にできる。

以上は，サイリスタ遮断器の一般的特長であるが，富士電機の遮断器には，更に以下の特長がある。

(1)　主サイリスタは，電鉄変電所用フロン冷却シリコン整流器で十分実績のある浸漬式密封構造（沸騰冷却）とし，パネル形放熱器を使用している。これにより，メンテナンスフリー化を図っている。

(2)　構成部品を取り付けたフレームは，引出構造となっているため，点検が容易に行える。

(3)　事故検出には，二重化されたディジタルリレーを採用し，しかも自動点検を行っているため極めて信頼性が高い。

(4)　遮断器本体とディジタルリレー間は，光ファイバケーブルで接続しているため，ディジタルリレーは遮断器本体と完全に絶縁され，しかもノイズの影響を受けない。

適用する回路条件，負荷条件に合わせてディジタルリレーが動作する電流の値及び変化率を設定できるため，適切な保護特性を容易に得られる。

2.2　動作原理

サイリスタ遮断器の動作原理は非常に単純であり，主サイリスタを点弧することにより投入及び通流を行い，主サイリスタと並列に接続された転流補助サイリスタを点弧し，転流コンデンサに蓄積されたエネルギーで主サイリスタを消弧することにより遮断を行うものである。

図 1 に動作原理を示す。

2.3　構成と機能

サイリスタ遮断器は，**図 2** に示すように，①主回路部，②制御装置部から構成される遮断器本体と，③ディジタルリレーから成る。

2.3.1　主回路部

主回路部はサイリスタ遮断器の基本部であり，動作原理に述べた主要機能を果たす部分である。

Ari は，電流遮断時の電源側蓄積エネルギーを吸収するサージアブソーバ，Aro は負荷側から侵入してくるサージ電圧から遮断器を保護するサージアブソーバである。

CMD は，無負荷あるいは小電流遮断時に転流コンデンサの蓄積エネルギーを放出させ，全遮断時間を短縮させるためのものである。

DCCT は，故障・事故検出用として使用するもので，過渡特性の優れた特殊なものを使用している。

2.3.2　制御装置部

制御装置は，ロジックプリント板，ディジタルリレーとのインタフェースプリント板，電源装置，サイリスタ点弧用パルストランス，その他から構成される。

本体とディジタルリレーとの間は，光伝送によって接続される。インタフェースプリント板は，光信号と電気信号の変換（O/E，E/O），パラレル信号とシリアル信号の変

* 輸送特機事業部 技術部　** 千葉工場 設計部　*** 電子・制御技術センター 強電電子開発部
**** 電子・制御技術センター 電力系統開発部

換（P/S，S/P），DCCT 二次の電圧信号のレベルに応じた周波数の信号を出力する部分（V/F），及び二重化されているディジタルリレーからの信号をつき合わせ照合をとる部分などから構成される。

その他としては，操作スイッチ，状態表示器，切換スイッチ，ディジタル温度表示器，電源入力ブレーカなどがある。

2.3.3 ディジタルリレー

ディジタルリレーは，負荷電流の値及び電流変化率を常時100 μs ごとに検出・演算している。演算結果が整定値を2回続けて超えると，遮断器本体に対し遮断指令を出力するが，演算直後に整定値を超えるような最もタイミングの悪い場合でも，出力処理時間を含めて数百 μs 以内に遮断指令が出力される。また，事故電流の値及び変化率が遮断器の遮断能力を超えた場合には，遮断器本体に対しトリップロック信号を出力する。トリップロック信号は，電流の値が遮断能力以下のロック解除レベルとなり，かつ電流変化率が負の場合に解除される。遮断器本体では，トリップロック信号を受けると，ATH のパルス入力回路をロックし，外部に対し上位電源側の遮断指令信号を送出する。

図3 にディジタルリレーの動作特性を示す。

2.3.4 その他

上記のほか，転流コンデンサの補充電回路，電圧監視回路，各種センサなどがある。

図2　全体構成図

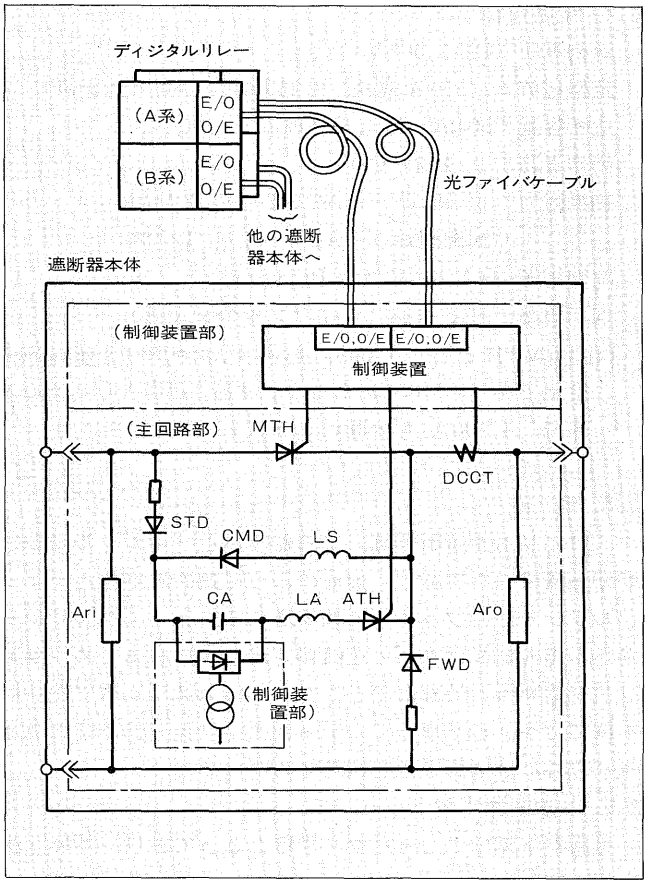
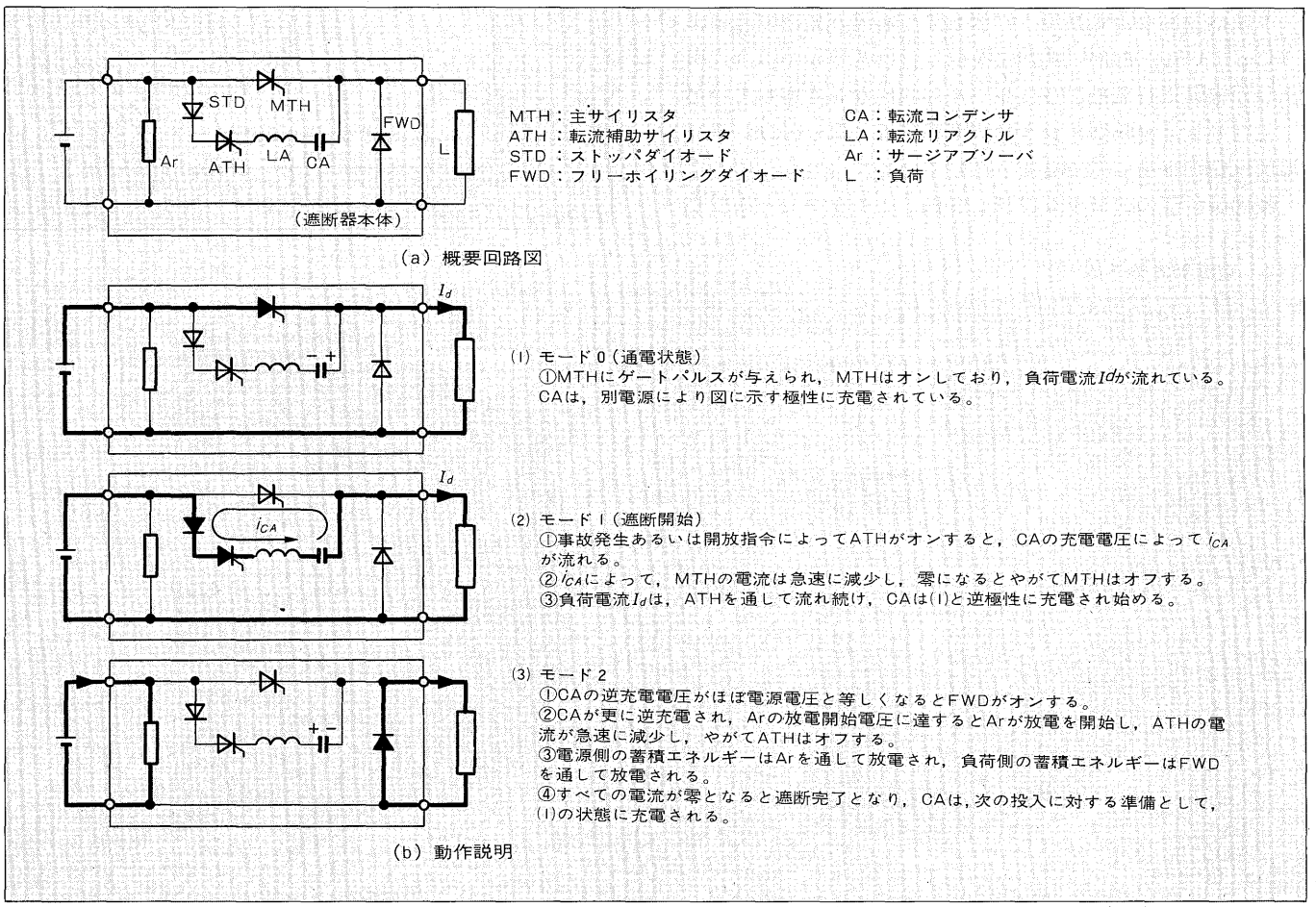


図1　動作原理



MTH：主サイリスタ　　CA：転流コンデンサ
ATH：転流補助サイリスタ　　LA：転流リアクトル
STD：ストッパダイオード　　Ar：サージアブソーバ
FWD：フリーホイリングダイオード　　L：負荷

(1) モード0（通電状態）
①MTHにゲートパルスが与えられ，MTHはオンしており，負荷電流 I_d が流れている。
CAは，別電源により図に示す極性に充電されている。

(2) モードI（遮断開始）
①事故発生あるいは開放指令によってATHがオンすると，CAの充電電圧によって i_{CA} が流れる。
② i_{CA} によって，MTHの電流は急速に減少し，零になるとやがてMTHはオフする。
③負荷電流 I_d は，ATHを通して流れ続け，CAは(1)と逆極性に充電され始める。

(3) モード2
①CAの逆充電電圧がほぼ電源電圧と等しくなるとFWDがオンする。
②CAが更に逆充電され，Arの放電開始電圧に達するとArが放電を開始し，ATHの電流が急速に減少し，やがてATHはオフする。
③電源側の蓄積エネルギーはArを通して放電され，負荷側の蓄積エネルギーはFWDを通して放電される。
④すべての電流が零となると遮断完了となり，CAは，次の投入に対する準備として，(1)の状態に充電される。

2.4 定格仕様

定格電圧：DC 1,500 V
定格電流※：1,500 A 連続，2,250 A 1分間（代表値）
遮断容量：50 kA（推定短絡電流最大値）
動作責務：0-10秒-CO
絶縁耐力：主回路 AC 5,500 V 1分間
制御回路 AC 2,000 V 1分間
制御電源：AC 210 V 及び DC 110 V
適用規格：JEC-188（サイリスタ変換装置）
（注）※MTH として 1,000 A 形サイリスタ素子3並列時の定格であり，2,000 A 形などとすることにより 3,000 A 連続，4,500 A 1分間となる。

2.5 構造

サイリスタ遮断器は，遮断器本体とディジタルリレー盤から構成されており，前述のように遮断器本体とディジタルリレーは光ファイバで接続される。ディジタルリレーからの出力信号はすべて遮断器本体に送られるため，サイリスタ遮断器と外部とのインタフェースは，すべて遮断器本体で行う。したがって，ディジタルリレー盤には光ファイバ以外には制御電源を接続するだけである。

2.5.1 遮断器本体

遮断器本体はキュービクル構造となっており，外形寸法は幅：800 mm，奥行：2,500 mm，高さ：2,350 mm である。前面には監視窓を設け，扉を開けずに状態表示，主サイリスタ収納タンク冷媒液温，本体故障の有無が確認できるようにしている。内部収納器具を取り付けたフレームは，引出しが容易に行えるようにレール形状ほかを考慮している。

主サイリスタ収納タンクは背面扉付近に取り付け，最高温度確認が容易にできるようにしている。

制御装置部のロジックプリント板，インタフェースプリント板，電源装置は専用きょう体に収納し，内部フレームに取り付けている。一部のユニットの前面パネルには，故障表示用 LED を取り付け，故障内容が容易に判断できるようにしており，更に前述の監視窓部に各個別故障を集合した本体故障表示を行っている。

なお，遮断器本体は完全自冷式である。

図4 に遮断器本体の外観及び内部フレーム外観を示す。

2.5.2 ディジタルリレー盤

ディジタルリレー盤は，他の保護継電器盤と列盤化することを考慮して別置形とした。原則的には保守性の点から二組のディジタルリレーを1ユニットとして2フィーダ分の遮断器を保護するようにしている（No.1 の A 系と No.2 の A 系，及び No.1 の B 系と No.2 の B 系を A，B 2台の遮断器に接続する）。

図3 ディジタルリレー動作特性

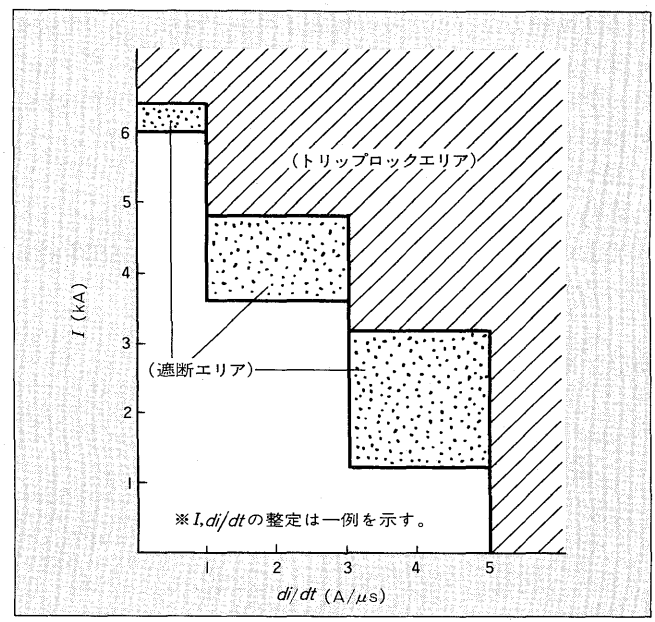


図4 遮断器本体外観

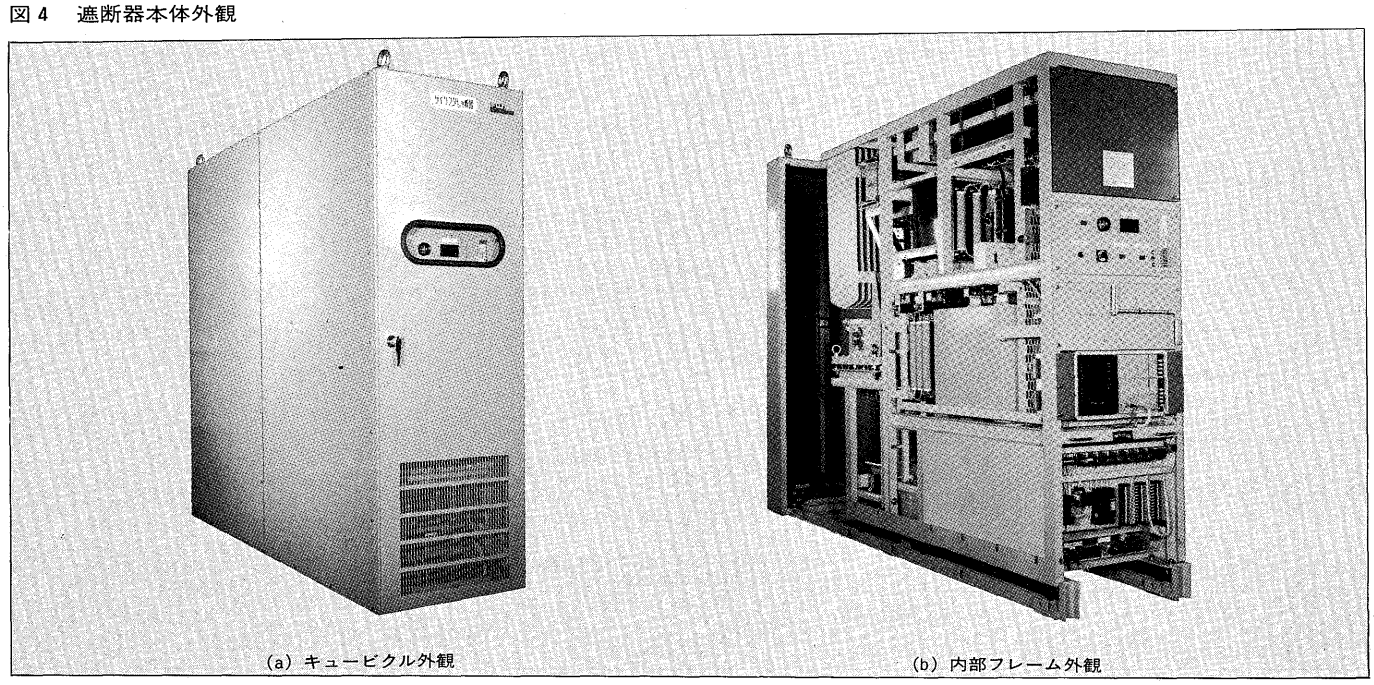
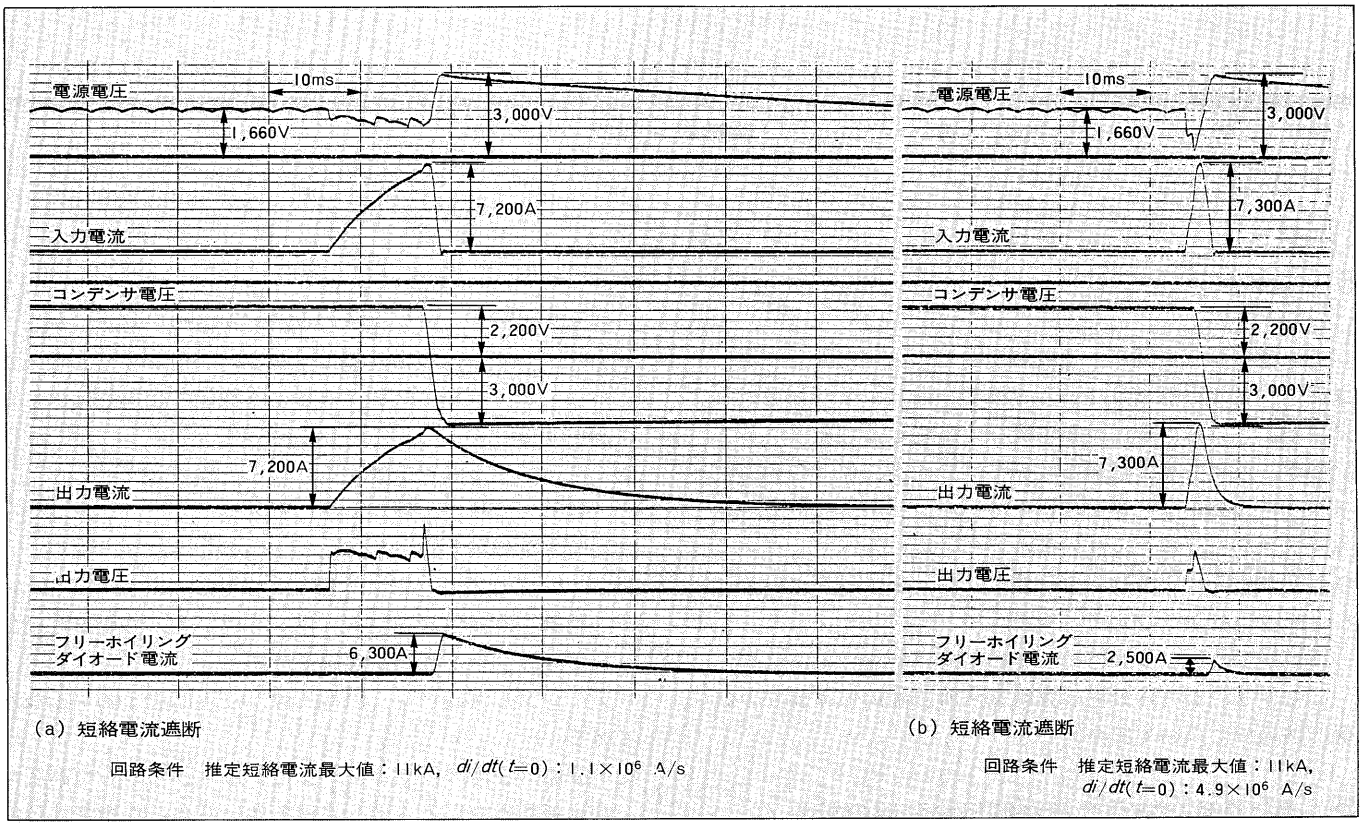


図5　試験結果



動作目盛は，各リレーユニットの前面にある整定・表示部で容易に変更することができる。

2.6　適用にあたっての変電所システム設計

サイリスタ遮断器は，主要部に半導体素子を使用していることでもあり，適用に際しては回路条件，負荷状況を吟味することにより最適のものとなる。また，き電回路の構成，運用方法などによってはサイリスタ遮断器構成要素の一部を共用化することも可能であり，経済性を高くすることができる。

したがって，サイリスタ遮断器の適用にあたっては従来の概念にとらわれずに，き電システムとしてのシステム設計が必要であり，富士電機としても柔軟に対応する考えである。

3　試験結果

本器についてはJEC-188のほか，JEC-152（電気鉄道変電所用直流高速度遮断器）に基づき試験を行い，非常に良好な遮断性能を確認している。

図5に試験結果の一部を示すが，誌面の都合でその他のデータは割愛する。

4　あとがき

電鉄変電所用機器も日進月歩であり，ますます高信頼性化，保守省力化，自動化されるものと考えられ，その意味でサイリスタ遮断器も大きな役割を果たすものと確信している。

本稿は概要紹介であるが，変電所設計の参考になれば幸いである。

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。