

# サーマルリレー「TK12シリーズ」の小型化技術

Miniaturization technology in the TK12 series of thermal overload relays

森下 文浩 MORISHITA Fumihiro

古畑 幸生 FURUHATA Yukinari

近年、省資源化・省エネルギー化が進む中で、生産設備などに使用する制御盤や機械装置には、省電力化に加えて省スペース化が求められている。これらの装置の構成部品であるサーマルリレーにも、小型化・消費電力低減の要求がますます高まっている。富士電機はこれまで培った技術を生かして、部品点数の削減や筐体への熱可塑性材料の適用、ヒータ設計の改善などで小型化を追求し、サーマルリレー「TK12シリーズ」を開発した。安全性・操作性のグローバル対応を行い、IEC 60529 に準拠した端子カバーを標準で装備した。

Efforts to better use resources and energy continue to progress, and there are demands to reduce the size and improve the energy efficiency of the control panels and machinery used in production facilities and other industries. There is also an increased demand to reduce the size and power consumption of the thermal relays in these devices. Fuji Electric applied its store of technology to the development of the TK12 series of thermal relays; it reduced part quantity, implemented thermoplasticity material for the housing, and improved the design of the heating section in pursuit of miniaturization. To meet global demands for safety and operability, the relays have terminal covers that conform to IEC 60529 as standard.

## 1 まえがき

低圧誘導電動機の過負荷継電器には、熱動形、電磁形、誘導形、静止形などの方式がある。さらに、近年、インバータなどによる電動機の電子制御が進み、過電流保護の電子化も進んでいる。

熱動形過負荷継電器（サーマルリレー）は他の方式よりも経済的であるだけでなく、通電電流による発熱を利用しているため、電動機の熱特性の近似として協調が取りやすいといった特徴を持つ。このため、現在でも各種設備・装置で電磁接触器と組み合わせて、各種設備の自動化、省力化に不可欠な機器である。

サーマルリレーは、内蔵するヒータ各相の通電電流を熱に変換してその変化量を検知する方式である。3極のR・

T相のみにヒータを持つ2素子品と、R・S・T相全てにヒータを持つ3素子品がある。漏電遮断器が普及し、産業用には200Vと低い電圧の国内では、2素子品のサーマルリレーが主流であった。国内製造業のグローバル化に伴い、産業機器、生産設備が海外で使用される場面が増加しており、サーマルリレーにも、高い安全性とさまざまな場面を想定した使用環境への対応、取扱い性の向上が要求されている。

## 2 開発の狙いと製品の特徴

### 2.1 開発の狙い

サーマルリレー「TK12シリーズ」は、ミニコンタクタ「SKシリーズ」と組み合わせて電磁開閉器を構成できるようにしている。近年の省資源化・省エネルギー化の流れ



図1 「TK12シリーズ」

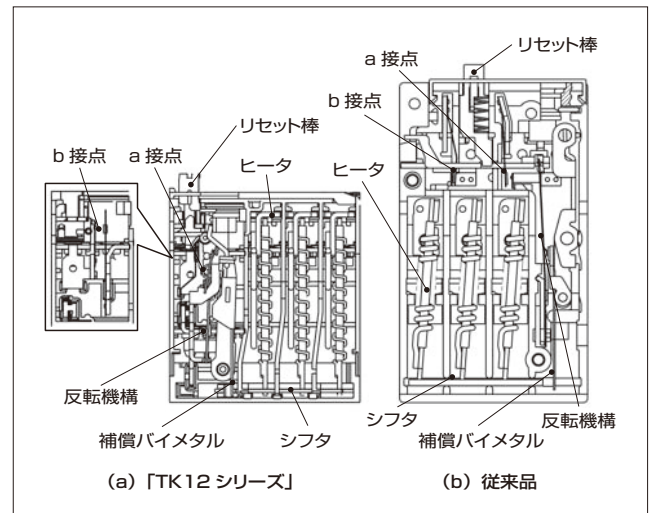


図2 製品構造の概要

の中で、生産設備などに使用される制御盤や機械装置は小型化・省電力化が進んでいる。これらの装置に使用される電磁開閉器や、これを構成するサーマルリレーにも、小型化やヒータによる電力損失の低減を図ることが要求される。また、電動機保護の安全性に対する意識の高まりや、より効率的な設備稼動のために、電動機負荷率を上げて運転する場面が増えていることもあり、サーマルリレーの過負荷検出精度の向上が期待されている。

TK12シリーズは、これらの要求に応えるため、世界最小サイズ、動作特性精度の向上、電力損失の低減、安全性、取扱い性の向上を目指して開発した。図1にTK12シリーズの外観を、図2に製品構造の概要を示す。

## 2.2 製品の特徴

安全性が重要視される近年の状況において、グローバル

表1 平衡回路における動作特性

規格	限界動作		過負荷時 (ホット)	拘束時 (コールド)
	不動作	動作		
IEC 60947-4-1	105% $I_e$ (2h 未済)	120% $I_e$ (2h 以内)	150% $I_e$ 2min未済	720% $I_e$ 2~10S
JIS C 8201-4-1				

表2 不平衡回路における動作特性

規格	不動作	動作 (ホット)
IEC 60947-4-1	2相: 100% $I_e$ (2h未済)	2相: 115% $I_e$ (2h未済)
JIS C 8201-4-1	1相: 90% $I_e$	1相: 0

表3 「TK12シリーズ」のヒートエレメント定格

三相標準電動機全負荷電流 (参考値)				ヒートエレメント定格 (A)		
4P 400V 50Hz		4P 200V 50Hz		電磁開閉器		
容量 $P$ (kW)	電流 $I_e$ (A)	容量 $P$ (kW)	電流 $I_e$ (A)	SK06*W	SK09*W	SK12*W
				0.1 ~ 0.15	0.1 ~ 0.15	0.1 ~ 0.15
				0.13 ~ 0.2	0.13 ~ 0.2	0.13 ~ 0.2
				0.18 ~ 0.27	0.18 ~ 0.27	0.18 ~ 0.27
0.1	0.34			0.24 ~ 0.36	0.24 ~ 0.36	0.24 ~ 0.36
				0.34 ~ 0.52	0.34 ~ 0.52	0.34 ~ 0.52
0.2	0.7	0.1	0.68	0.48 ~ 0.72	0.48 ~ 0.72	0.48 ~ 0.72
				0.64 ~ 0.96	0.64 ~ 0.96	0.64 ~ 0.96
0.4	1.2			0.8 ~ 1.2	0.8 ~ 1.2	0.8 ~ 1.2
		0.2	1.3	0.95 ~ 1.45	0.95 ~ 1.45	0.95 ~ 1.45
0.75	1.8			1.4 ~ 2.1	1.4 ~ 2.1	1.4 ~ 2.1
		0.4	2.3	1.7 ~ 2.6	1.7 ~ 2.6	1.7 ~ 2.6
				2.2 ~ 3.4	2.2 ~ 3.4	2.2 ~ 3.4
1.5	3.1	0.75	3.6	2.8 ~ 4.2	2.8 ~ 4.2	2.8 ~ 4.2
2.2	4.6			4 ~ 6	4 ~ 6	4 ~ 6
		1.5	6.1		5 ~ 7.5	5 ~ 7.5
3.7	7.5				6 ~ 9	6 ~ 9
		2.2	9.2			7 ~ 10.5
5.5	11					9 ~ 13

に商品展開するサーマルリレーに対して、国内使用環境はもとより世界中の配電回路条件でも、従来にも増して保護機能の確実性に対する要求が高まっている。これまでサーマルリレーは、主回路3極で2素子品、3素子品、3素子欠相保護品の3種類のバリエーションを品ぞろえしてきた。TK12シリーズは、バリエーションを全て包含した高機能の3素子欠相保護品の1種類に集約し、世界のあらゆる用途でも電動機回路の過負荷保護、欠相保護が可能である。TK12シリーズは、グローバル化に対応する一方で、日本市場での主要な要求にも対応している。例えば、国内で多く適用されている、丸形圧着端子による配線性を考慮した端子形状と端子カバー構造を備え、日本のユーザにとって、使い勝手の良い製品としている。

さらに規格認証の面でも、UL, TÜV, CE, CCCなどの世界の主要な認証を標準で取得しており、真のグローバルスタンダードとなり得るサーマルリレーである。

## 2.3 仕様と定格

表1に平衡回路における動作特性、表2に不平衡回路における動作特性を示す。

TK12シリーズのヒートエレメント定格と、三相標準電動機容量に対するヒートエレメント定格の標準適用を表3に示す。

## 3 「TK12シリーズ」の小型化技術

サーマルリレーの小型化には、新反転機構の採用、部品

の固定方法、筐体（きょうたい）の熱可塑性、ヒータ設計という四つの手法がある。

### 3.1 新反転機構の採用

TK12シリーズは、小型化とともに、高性能の動作特性安定化を図るために、図3に示すように反転機構には引張りスプリングによるトグル反転機構を採用した。既存の板ばね方式は、一枚の板でばね特性を得られるというメリットがあるが、小型化を追求するTK12シリーズにおいては、入出力特性を得るための板ばねサイズに限界があった。この課題を解決するために、反転機構には引張りスプリング方式を採用した。荷重・変位の入出力特性、スペース効率の最適化を行うため、反転機構を形成する十数か所に及ぶ寸法や荷重などのパラメータ解析を行うことで、動作特性の安定化と省スペース化を実現した。

### 3.2 部品の固定方法

外形最小寸法を実現するためには、部品単位での小型化や部品点数の削減が必要である。

全ての使用部品を極小化するために、金属部品をモールドに圧入して固定する方式を採用した。しかし、圧入構造を採用するに当たっては、各部品を固定する位置の精度の確保が課題となった。これを、図4に示すように、各部品の圧入位置を最適化することで解決した。さらに各金属部品は、モールドへの固定箇所を余分に設けることなく、必要な機能形状だけの部品とすることで小型化を実現するとともに、組立工数を大幅に削減することに成功した。同型現行品と比較した場合、部品点数にして25%削減することができた。

### 3.3 筐体への熱可塑性材料の採用

圧入構造を採用するために不可欠なのは、筐体の材質選

定である。圧入後の保持力を確保するために、筐体は靱性（じんせい）のある熱可塑性材料を採用した。従来の熱硬化材では靱性がないため、圧入構造を採用することが不可能であった。部品を固定するために、リベット、ねじ締結などの追加部品が必要であり、部品固定スペースによる製品外形の増大と部品点数の増加を招いていた。また、熱可塑性材料は再生可能であり、環境性能への配慮のため他のモールド部品も全て熱可塑性材料を採用した。これにより筐体の体積比は同型現行品と比較し、図5に示すように55%となった。サーマルリレーの筐体への熱可塑性材料適用は国内初となる。

熱応力に対して変形しやすい熱可塑性材料の使用に当たり、成形部品の変形や反りが生じないように成形材の肉厚の均一化と金型ゲート位置の最適化を行った。また、自己発熱するヒータ周囲においてはクリープ変形を考慮する必要がある。そのためTK12シリーズにおいては、設計段階での応力解析はもとより、図6に示すように射出成形時の変形解析を行い、ゲート位置の最適化と変形量の最小化を事前検証した。

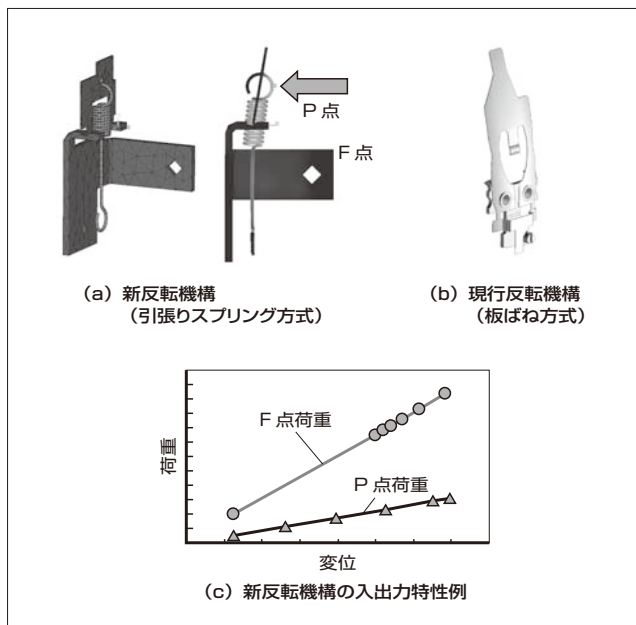


図3 反転機構

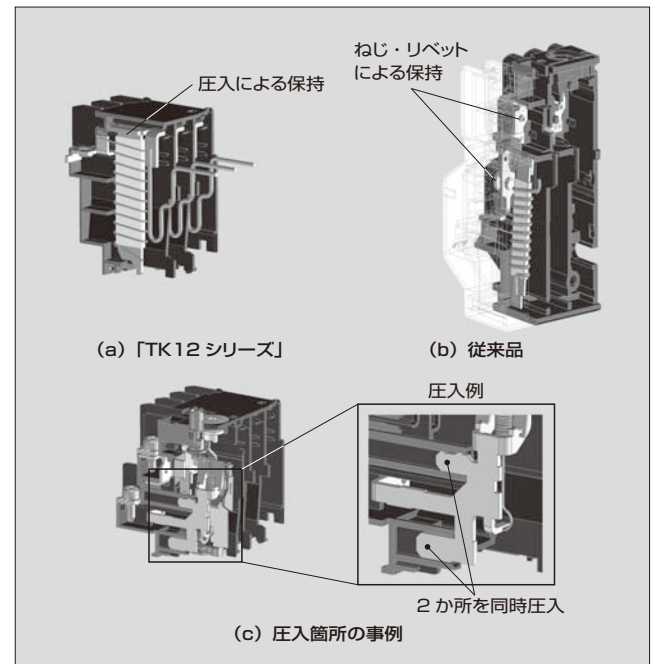


図4 圧入部品事例

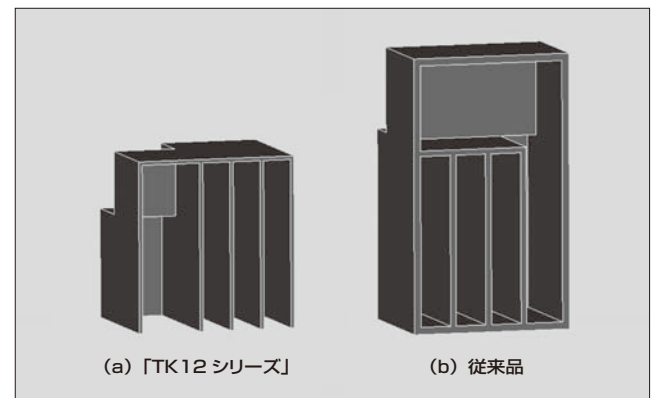


図5 筐体の体積比較

### 3.4 ヒータ設計

サーマルリレーの小型化を進める場合、出力エンジンともいえるヒータの小型化・高効率化と、筐体が小型であるため、外部への放熱を促進して相間の熱干渉を少なくすることが課題であった。

これを実現するために、図7に示す電流-電熱-バイメタル湾曲量の連成解析を行い、ヒータの発熱量を最小限に抑えるとともに効率的にバイメタルを加熱して、湾曲量を確保できる構造にした。

さらに、バイメタルを小型化して湾曲量を極大化するために、ヒータ構造はバイメタルと保持部品をレーザー接合した(図8)。これにより、既存構造のバイメタル有効長と比較し、7%の効率アップを達成した。

## 4 ユーザインタフェース

### 4.1 顧客の設置・配線

一般的なサーマルリレーは、盤表面側に補助回路端子があり、その奥側に主回路端子がある。端子の配置には日本方式と欧州方式があり、主回路配線を図9に示す。

海外では、主回路配線を行った後に制御回路である補助端子の配線を行うことが一般的である。日本においては、各種盤メーカーが制御系の配線を行い、主回路は現地配線するケースが多い。そのため上述のような欧州方式の端子配

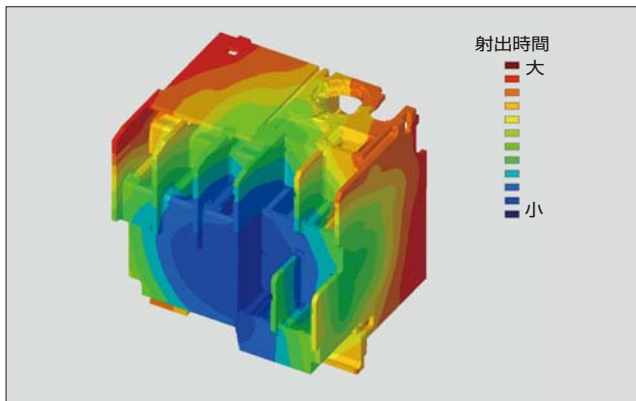


図6 筐体の成形流動解析例

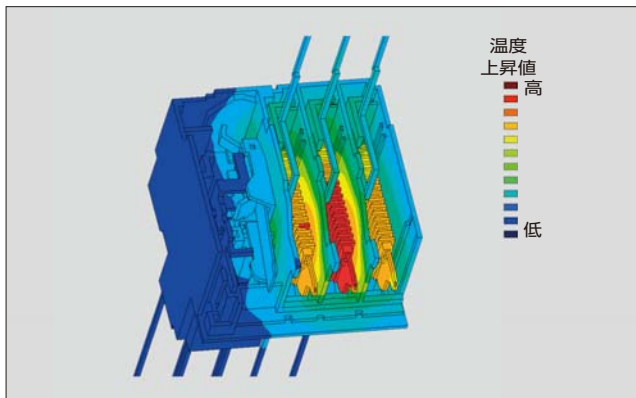


図7 電流-電熱-バイメタル湾曲量の連成解析例

列では主回路が制御回路配線の奥になってしまうため、工具が届きにくく、配線ダクト近傍にサーマルリレーを配置している場合などは配線作業がしにくかった。この課題を解消するために、TK12シリーズでは主回路と補助回路を左右に配置し、どちらの配線方式においても配線作業を容易にできる構造にした。また、主回路と制御回路の配置に段差を付け、主回路・制御回路間の誤配線を防止する配置にしている。

制御回路の接点配置は、一般的に電磁接触器の自己保持回路として必要となるb接点(NC接点)を盤面側に配置している。

### 4.2 安全性・操作性

TK12シリーズは、グローバル対応の安全性を確保するために、IEC 60529に準拠した端子カバーを標準で装備した(図10)。また、製品正面には開閉可能な透明カバーを装着し、調整ダイヤルの電流整定値の誤操作防止機能と、リセット棒の手動と自動の切換の誤操作防止機能を追加している。また、この透明カバーには、不用意にカバーを開

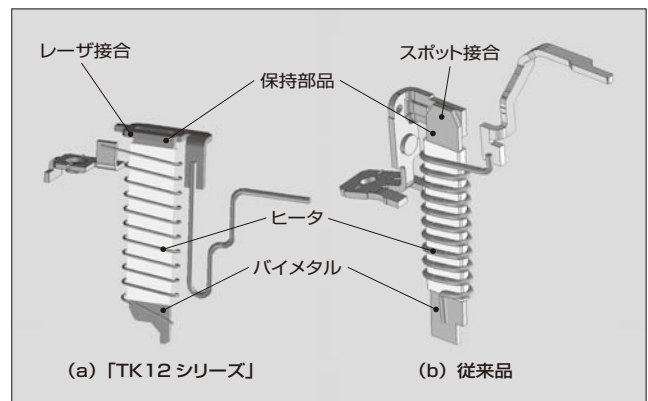


図8 ヒータ接合方法

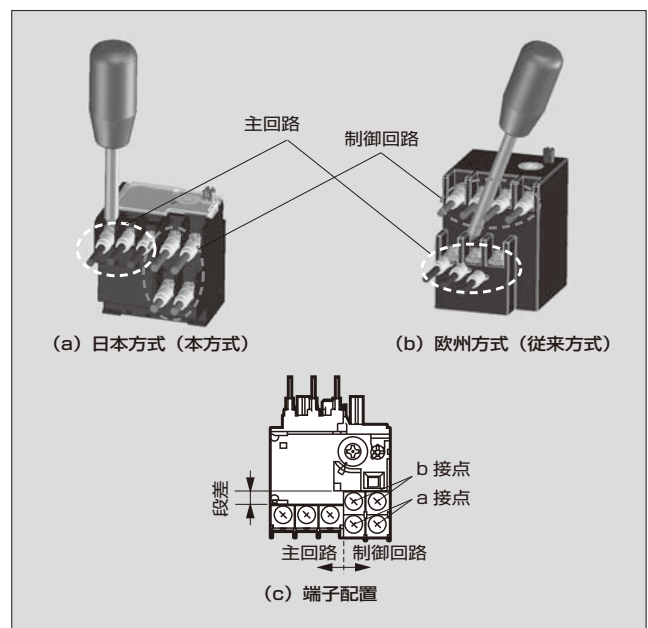


図9 主回路配線のイメージ図

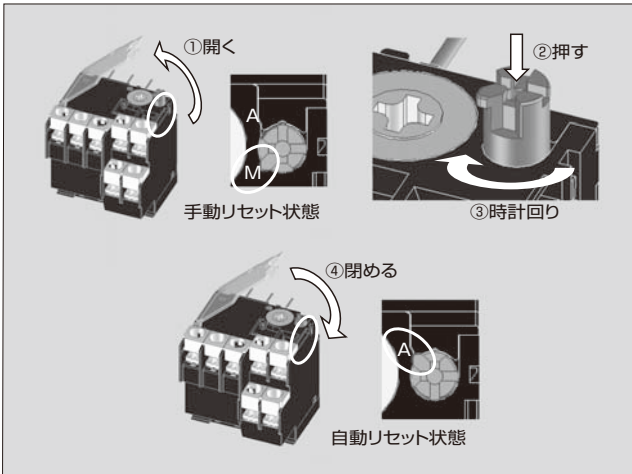


図10 自動復帰モードの切換え方法

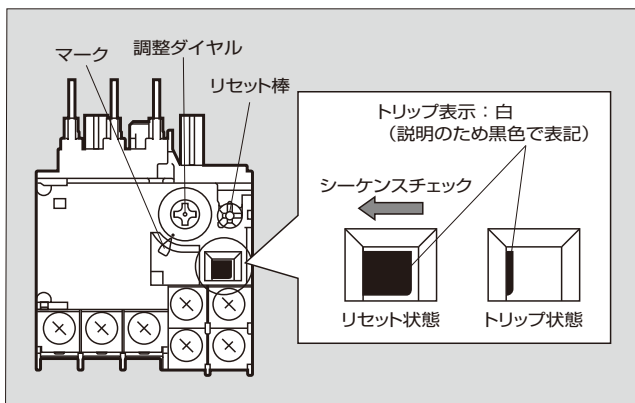


図11 シーケンスチェック

閉させないための封印用の穴も設けている。

図11に示すように、動作状態は本体正面から識別可能であり、この表示部を使用してシーケンスチェックが可能である。

### 5 製品トレーサビリティ

本製品の生産においては、生産トレーサビリティを管理するため、銘板のQRコードを使って個体ごとの生産履歴を記録するシステムを導入した(図12)。

- 製造ロット、個体番号
- 日々生産状況、不良率
- 個体調整履歴

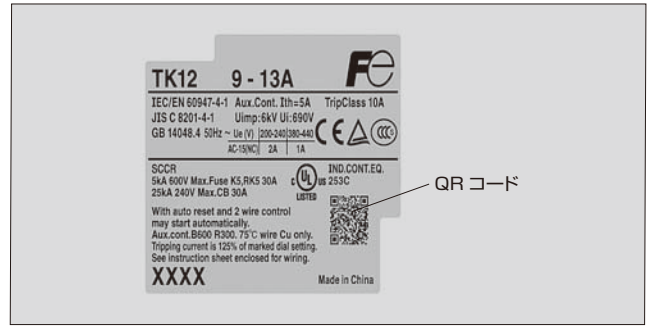


図12 銘板

これらの情報は社内で一元管理をしているので、不具合品が発生した場合の生産履歴を調査する際に、QRコードにより個体調整履歴を即座に確認することが可能であり、顧客対応の迅速化を図ることができる。

### 6 あとがき

グローバル市場化した産業機器分野においては、競合他社との差別化を図る手段として、機器の小型化、高性能化の動向がますます高まっている。電磁開閉器を構成するサーマルリレーにおいても例外ではない。この背景を受け、本稿では新開発のサーマルリレーにおける小型化技術について概要を述べた。

今後も市場要求にマッチした技術開発を行い、需要家各位の要求を満足し得る製品開発に臨む所存である。



森下 文浩

電磁開閉器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社技術・開発本部開発部マネージャー。



古畑 幸生

電磁開閉器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社技術・開発本部開発部アシスタントマネージャー。



\*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。