

ロボット動作監視安全ユニット「Cubic-S」による 人に安全な生産システムの実現

A Robot Operation Safety Monitoring Unit, Cubic-S, Realizes Production Systems That Are Safe for Human Beings



亀山 篤① Atsushi Kameyama
 田頭 毅② Tsuyoshi Tagashira
 中田 武志③ Takeshi Nakada
 高見 宏規④ Hiroki Takami
 山守 啓文⑤ Hirofumi Yamamori
 間瀬 祥平⑥ Shohei Mase
 橋本 誠志⑦ Satoshi Hashimoto
 上野 高廣⑧ Takahiro Ueno

ロボット動作監視安全ユニット「Cubic-S」を開発した。これによりソフトウェアを使用した安全機能の利用が可能になり、従来の産業用ロボットでは実現できなかった人との協調運転をはじめ、より効率的で安全な生産システムを構築することが可能になった。

We have developed a robot operation safety monitoring unit, Cubic-S. This enables us to use safety functions using software, perform collaborative operations that were not realized by conventional industrial robots, and build more efficient and safer production systems.

まえがき

昨今、先進国を中心とする少子高齢化などの要因による労働力低下、また新興国の人的コストの増加などの要因で、ロボットによる自動化が積極的に進められてきている。

1 背景

既に自動化されている生産システムについてはさらなる効率化のために、新しい適用分野についてはその実現のために、従来よりも柔軟にシステムに対応できる安全装置が求められている。

ロボットについての安全規則を定めたISO10218-1：2006において以下のような変更があった。

① ソフトウェアによる安全監視

従来は機械あるいは電気ハードウェアによる安全監視しか認められていなかったが、ソフトウェアによる安全監視も可能になった。

② 動作制限方法の緩和

従来は機械あるいは電気ハードウェアによる軸制限のみであったが、ソフトウェアによる軸制限や空間制限も可能になった。

③ 人間との接近距離の緩和

従来は自動運転中にはロボットの動作範囲内に人間が入ることはできなかったが、動作速度が低速(250mm/s

以下)の場合は動作範囲内への侵入が可能になった。

改訂後には、空間による制限機能(空間監視)を備えていることを納入条件にする顧客も出てきた。改訂後の規格に適合するためには、安全に関する重要部分が信頼できて、かつ十分な評価試験が実施され、さらに第三者機関もしくは機器製造者自身により認証された機器(ソフトウェア含む)が必要となる。これらの要求に対応するために、ロボット動作監視安全ユニット「Cubic-S」を開発した。

2011年の「Cubic-S」の最初のリリース後も、機能安全規格IEC61508に基づいた安全通信機能(ネットワーク安全入出力機能)や、当社の人共存型双腕スカルロボット「duAro」のためにロボットの外力を監視する力監視機能などの安全機能をさらに追加している。

2 「Cubic-S」

「Cubic-S」はSupervise, Safety, Smartの3つの意味から名付けており、ソフトウェアを使用して従来では実現することができなかった高度な安全機能を提供することで、生産ラインを低コストで柔軟に構築することを可能にしている。

「Cubic-S」は空間監視、ネットワーク安全入出力、力監視、軸監視、速度監視、停止監視、ツール方向監視、保護停止、非常停止、安全状態出力の10個の安全機能を有している。

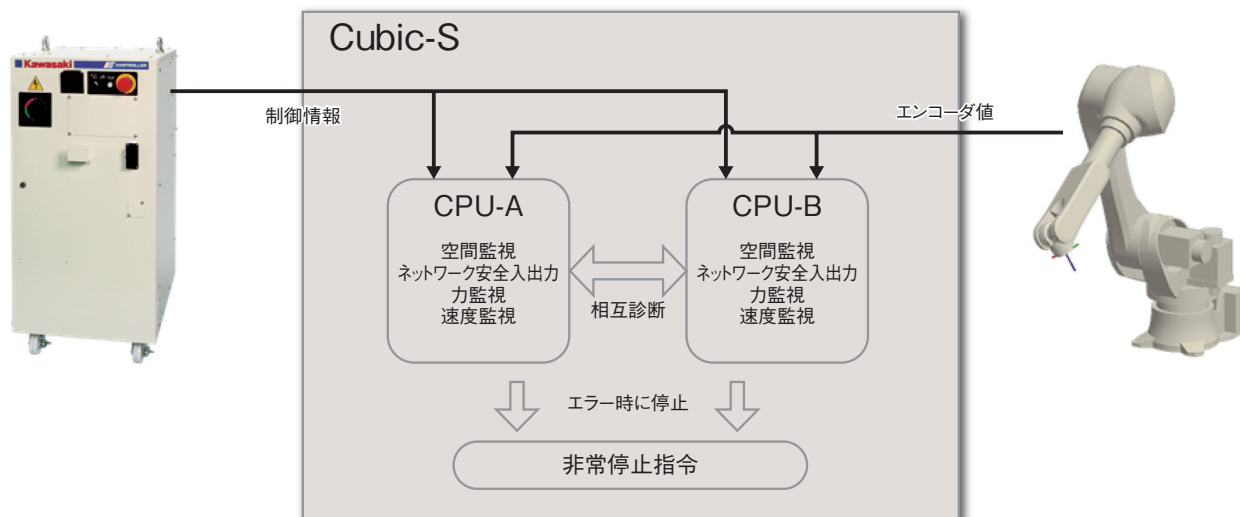


図1 「Cubic-S」の基本構成図
Fig. 1 Basic configuration of Cubic-S

これらの安全機能は、図1に示すように2つのCPUを使用して冗長性を持たせることで、機能安全規格IEC61508のSIL 2およびISO13849-1のPLd/カテゴリ3の安全性能を実現し、第三者認証機関のTÜV SÜDによって規格適合の認証を取得している。

(1) 空間監視機能

ロボットの動作範囲を指定した空間に制限する機能である。ロボットアームの種類ごとに定められた監視点が、指定した空間の中にあるかどうかを監視する。

これによりロボットの動作範囲を必要最小限に制限できるため、安全柵の設置スペースを小さくすることができる。

図2に示すように、従来の安全柵はロボットの可動範囲である赤色のエリアすべてを含めるように設置する必要があった。しかし、「Cubic-S」の適用によりロボットの動作

範囲自体を緑色のエリアに限定することができるため、黄色線に示すように安全柵を設置すればよくなり、従来に比べて安全柵の設置スペースを大幅に削減することができる。

(2) ネットワーク安全入出力機能

業界団体ODVAにて管理されているフィールドネットワーク通信規格「EtherNet/IPのSafety拡張(CIP Safety)」に基づいて、安全信号の授受を安全PLCと行うことができる。この規格に対応することで「Cubic-S」が直接安全信号のやり取りを行うことができるため、安全リレーなどの部品を削減できるようになる。

CIP Safetyでは冗長化された通信パケットを冗長性のあるシステムで解析する必要があるため、そのために「Cubic-S」では2つのCPUを使用している。

(3) 力監視機能

当社が販売している「duAro」のために開発した機能であり、ロボットが発生させる外力を監視し、指定した力以上の外力が発生した場合にロボットを安全に停止させるものである。

図3に力監視機能の処理の流れを示す。「Cubic-S」は、ロボットコントローラにて計算したロボットの動作から推定されるモータ推定トルク値と、ロボットからはモータ実トルク値とを、それぞれ受け取る。これらの差から、ロボットにより発生している外力を計算する。その外力を監視し、人とロボットとの接触を判定した時には、ロボットを速やかに停止させることができる。

この機能については、人協働ロボットについての技術仕様ISO/TS15066に基づいて開発および評価しており、第三者認証機関のTÜV SÜDによって認証を受けている。

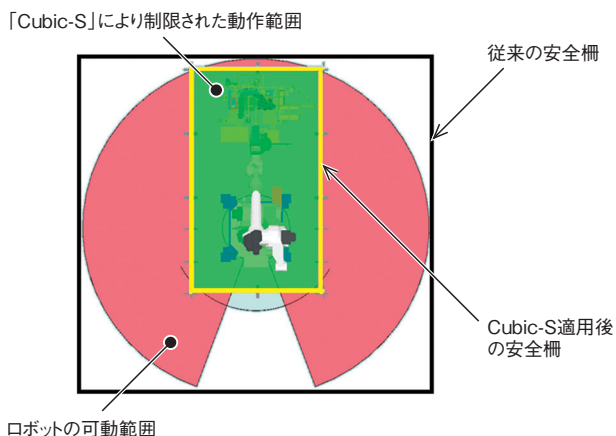


図2 「Cubic-S」による安全柵設置スペースの削減
Fig. 2 Reduction of safety fence installation area by Cubic-S

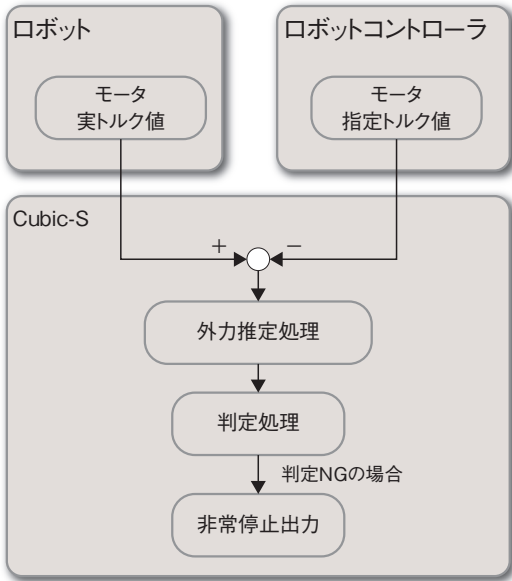


図3 力監視機能の処理の流れ
Fig. 3 Process flow of force monitoring function

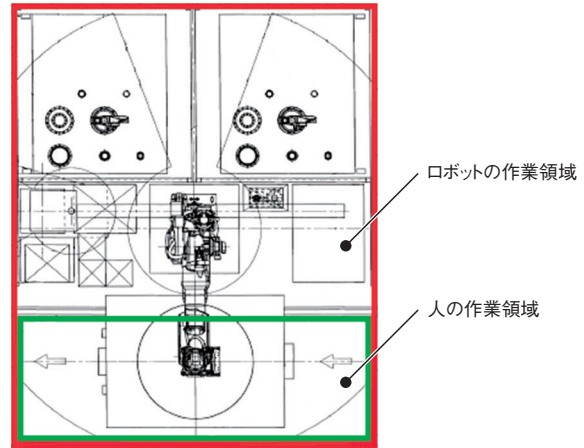


図4 組立工程のレイアウト
Fig. 4 Layout for assembly process

3 人に安全な生産システム事例

(1) ロボット生産ライン

2016年度から、中国蘇州市にてロボットの生産を開始している（本号、PP.10～13参照）。この工場では、ロボットによる自動化を積極的に進めているが、組立工程の一部にロボットと人が共存しながらそれぞれ作業するエリアがある。

このような工程では、従来は人が工程内にいる場合にはロボットを停止させる必要があり、人とロボットが同時に作業することができなかった。しかし「Cubic-S」を使用することで、ロボットの自動運転を維持しつつ人の安全を確保できるようになった。

図4に組立工程のレイアウトを示す。この工程では同図に示すようにロボットの作業領域（同図の赤枠内）の中に人が作業する領域（同図の緑枠内）が存在している。同図の緑枠内に人がいない場合は通常の自動運転を行い、緑枠内で人が作業をしているときには「Cubic-S」の空間監視機能を有効にすることで人の作業領域へのロボットの侵入を禁止している。これに加えて、速度監視機能を有効にすることでさらなる安全性を確保している。

(2) 複動式フリクションスポット接合（FSJ）

FSJ（Friction Spot Joining）は、アルミ合金など軽合金の重ね継手に使われている当社独自の接合技術である。この技術の適用例として、主に「ロボットシステム」と「定置式システム」の2種類のシステムがある。図5に示すように、「ロボットシステム」はガンをロボットの先端に取り付けてロボットにて接合するシステムで、「定置式シス

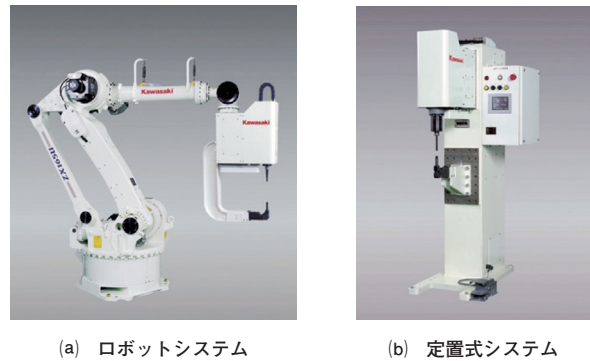


図5 FSJシステム
Fig. 5 FSJ System

テム」は接合ツール（ガン）を固定して人がワークを把持して接合するシステムである。

「ロボットシステム」として運用する場合は、図6のように通常のロボット動作を行う。一方、「定置式システム」として運用する場合は、ロボットがFSJの溶接ガンを固定台に置いた上で、「Cubic-S」の空間監視機能と停止監視機能を使用してロボットを以下の図7の姿勢で停止させ、使用者の安全を確保している。

通常これらは別のシステムとなるが、「Cubic-S」を使用することで、一つのシステムの中で「ロボットシステム」と「定置式システム」を切り替えながら運用することができるようになる。

(3) 人共存型双腕スカラロボット「duAro」

「duAro」は、図8に示すように組立作業などを人と共存して行うことができるロボットである。

人との共存作業を実現する場合、ISO10218-1にも人とロボットが共存作業を行う場合の規定があるように、ロボッ

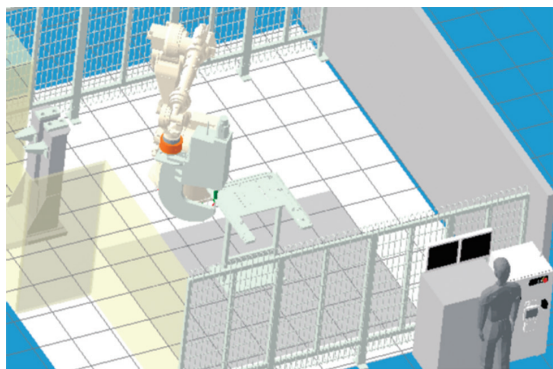


図6 「ロボットシステム」としての運用
Fig. 6 Operation as robot system

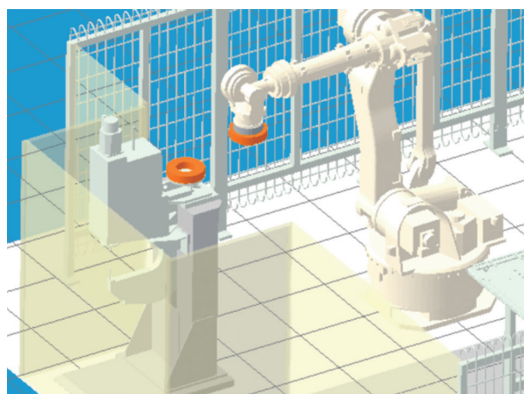


図7 「定置式システム」としての運用
Fig. 7 Operation as stationary system



図8 人との共存作業イメージ
Fig. 8 Image of collaborative work

トと人が接触した場合でも人に危害が及ばないように対策を行う必要がある。

このため、まず、人との接触の状態を、図9に示すように接触時に人体が移動することができる状態である「衝突」と人体が移動することができない状態である「挟まれ」の2つに定義した。その上で、「衝突」の危険は速度監視機能で、「挟まれ」の危険は力監視機能と速度監視機能の組み合わせで回避するようにしている。具体的には、挟まれる可能性がある領域を「duAro」の操作タブレットで定義し、

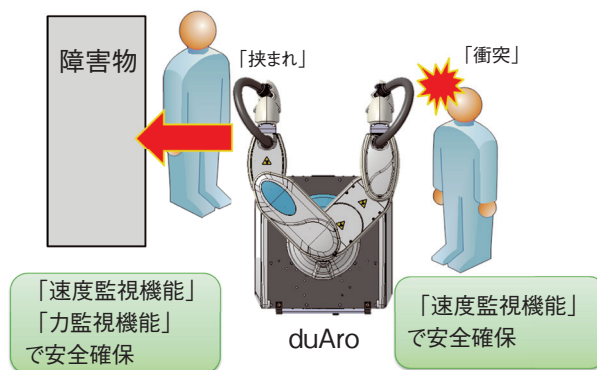


図9 人共存型双腕スカラロボット「duAro」と人の接触
Fig. 9 Integrates with a collaborative dual-arm SCARA robot duAro

その領域については力監視機能と速度監視機能が、それ以外の領域については速度監視機能が有効になるようにしている。

あ と が き

「Cubic-S」の開発により、従来よりも高度な安全機能を利用できるようになり、より効率的で省スペースなロボットシステムの構築が可能になった。

今後もロボットが適用される分野はますます拡大し、人との共存作業も増えていくと予想される。それに伴い機能安全が要求される状況も増えていくが、引き続き世の中のニーズに応え、当社ロボットの安全性の向上を図っていく。



亀山 篤



田頭 毅



中田 武志



高見 宏規



山守 啓文



間瀬 祥平



橋本 誠志



上野 高廣