

住友重機械技報 No. 156 2004 パワートランスミッション・コントロール小特集

巻頭言

「Sumitomo Drive Technologies」

高橋直樹

最近の歯車強度・性能に関する研究を展望して

吉田彰

パワートランスミッション・コントロール小特集

論文・報告	サイクロ 減速機 6000 シリーズの開発	山本章	1
	3次元モデルを活用したハイポイドギヤの設計システム	重見貴夫, 山本章	5
	減速機用低騒音ハウジング	山崎泰正	9
	高精度PWMドライバ SDPHシリーズの開発	白石貴司, 伊東匠	13
技術解説	小形高性能インバータ HF-320 シリーズ	小松幹生	17
	インバータ搭載ギヤモータ IV-DRIVE	池上雅人, 小松幹生	19
	ギヤモータ用ブレーキ	永易卓也	21
	ギヤモータの海外安全規格	裾野元久, 飯田博文	23
新製品紹介	サイクロ 減速機 FシリーズCタイプ		25
	ACサーボギヤモータ GS-100シリーズ		26
	ハイボニック減速機 NEOシリーズ拡大		27
	ドア開閉用, 電動車椅子走行用およびエレベータ昇降用ハイボニック減速機		28
	バルブ用減速機		29
	エスカレータ用HEDCON ウォーム減速機		30

論文・報告

低温可塑化スクリュー スミメルトスクリュー	杉山智, 数面博義	31
立体剛結橋脚の隅角部疲労損傷に対する補強	佐々木靖彦, 小西拓洋	35

新製品紹介

全電動高速射出成形機 SED-HPシリーズ		39
全電動ロータリー2材射出成形機 SR30-CI		40
放射性薬剤投与器(M130)		41
新型バッテリーフォークリフト FB60-75		42

On Publishing Special Section of Power Transmission & Controls

Naoki TAKAHASHI

Akira YOSHIDA

Special Section of Power Transmission & Controls

T/PAPER	Development of CYCLO 6000# Series	Akira YAMAMOTO	1
	Design System of Hypoid Gear with 3D Model	Takao SHIGEMI, Akira YAMAMOTO	5
	Low Noise Housing for Gear Reducer	Yasumasa YAMASAKI	9
	Development of High Precision PWM Driver SDPH Series	Takashi SHIRAISHI, Takumi ITO	13
T/Invitation	High Performance Compact Inverter HF-320 Series	Mikio KOMATSU	17
	Inverter Mounting Gearmotor IV-DRIVE	Masato IKEGAMI, Mikio KOMATSU	19
	Brake for Gearmotor	Takuya NAGAYASU	21
	Overseas Safety Standards for Gearmotor	Motohisa SUSONO, Hirofumi IIDA	23
NEW PRODUCT	CYCLO Drive F-Series C-Type		25
	Servo Gearmotor GS-100 Series		26
	Hyponic Drive NEO Series Expansion		27
	Hyponic Drive for Door Drive, Electric Wheelchair Drive and Elevator Drive		28
	Speed Reducers for Valve		29
	HEDCON for Escalator Drive		30

T/PAPER

Low Temperature Plasticizing Screw "Sumi-Melt Screw"	Satoshi SUGIYAMA, Hiroyoshi SUMEN	31
Reinforcement for Fatigue Damage on Beam-Column Connection of 3D Shear Bridge Pier	Yasuhiko SASAKI, Takuyo KONISHI	35

NEW PRODUCT

High Speed All Electric Injection Molding Machine SED-HP	39
All Electric Rotary Double-shot Injection Molding Machine SR30-CI	40
FDG Autoinjector (M130)	41
Battery Forklift FB60-75	42

パワートランスミッション・ コントロール

小特集

パワートランスミッション・コントロール小特集号発行にあたって
「Sumitomo Drive Technologies」



取締役 専務執行役員
パワートランスミッション・コントロール事業本部長 高橋直樹

「パワートランスミッション・コントロール（PTC）小特集号」の発行にあたり，日頃当社の変減速機事業発展に対しご支援・ご協力を頂いている皆様に心より御礼と感謝の意を表します。

動力伝達装置の代表とも言える歯車は紀元前から存在しており，人類の長い歴史のなかで連綿とその技術進化がなされ，今日に至っても技術開発に各社が技を競っています。殆どの機械設備の重要なコンポーネントとしての変減速機は，産業の発展とともにそのユーザの要求に応え改良され進化してきました。戦後のわが国の復興，発展のリーディング産業であった，鉱業，製鉄業，化学・繊維産業および造船業などにおいては比較的大型で頑丈なものが，その後産業の主役としての確固たる地位を築いている自動車産業においては中小型で寿命の長いものが，また，近年その事業規模を急速に拡大し主力産業に発展している液晶・半導体製造装置およびロボットなどにおいては極めて高い精度が求められ，これらに応えるべく技術開発を推進してきました。さらに，省エネルギー，低騒音・低振動およびクリーン対応など環境への配慮が不可欠となっており，今後この傾向はますます強くなっていくと思われます。我々としては，広範なお客様のニーズにお応えして，同軸タイプから直交タイプまで，汎用から精密まで等幅広い品揃えを有す変減速機は勿論，駆動用各種電動機および電気的速度制御システムの開発と製造を通じて変減速に関するシステムソリューションを提供すべく住友重機械グループの力を結集して開発を進めていますが，本小特集号にてご紹介する報告や技術解説はこの趣旨にて実施してきた活動の一部です。

当社の変減速機事業は，世界に視点を定め，グローバルサプライチェーンを構築し，グローバルなマーケットに商品を提供していますが，国内外31社のグループ会社が一丸となって変化する市場，激化する競争に勝ち抜くべく，2003年10月1日より，Sumitomo Drive Technologies ブランドを導入しました。このブランドの下，お客様により良い商品とサービスを提供することによって，圧倒的なご信頼を頂ける様不断の努力を重ねていきます。

お客様の率直なご意見を聞かせて頂き，これからの商品開発に生かしていきます。どうか一層のご指導・ご鞭撻をお願い致します。

最近の歯車強度・性能に関する研究を展望して

岡山大学教授 吉田 彰



近年の機械の高強度，高性能，高信頼度，軽量・コンパクト，省エネルギー，低環境負荷化のすう勢の下，歯車や伝動装置の強度・性能の向上および高信頼度化のため，材料開発とともに種々の熱処理，加工，表面処理法が研究・開発され，これらの各種歯車等への適用により成果を収めている。また，歯車の強度・寿命の予測・評価は，従来より，種々の経験的關係式でなされているが，最近では，破壊力学的アプローチが試みられている。しかし，他分野で盛んなこの種のアプローチの適用に比して，歯車分野ではまだあまりなく，確度の高い強度・寿命評価法の確立に向けてのこの種の研究の進展が期待される。金属材料の寿命はき裂発生寿命とき裂伝ば寿命から成り立っており，歯車の強度・寿命評価に関しても，運転歯車のき裂発生を検出技術およびき裂伝ば寿命の破壊力学等に基づいた理論的アプローチによる評価技術の確立，さらに歯車損傷の予知・診断技術の確立が，有効利用技術・ライフサイクルの観点より肝要で，残存寿命予測，極限設計にも役立つものといえる。

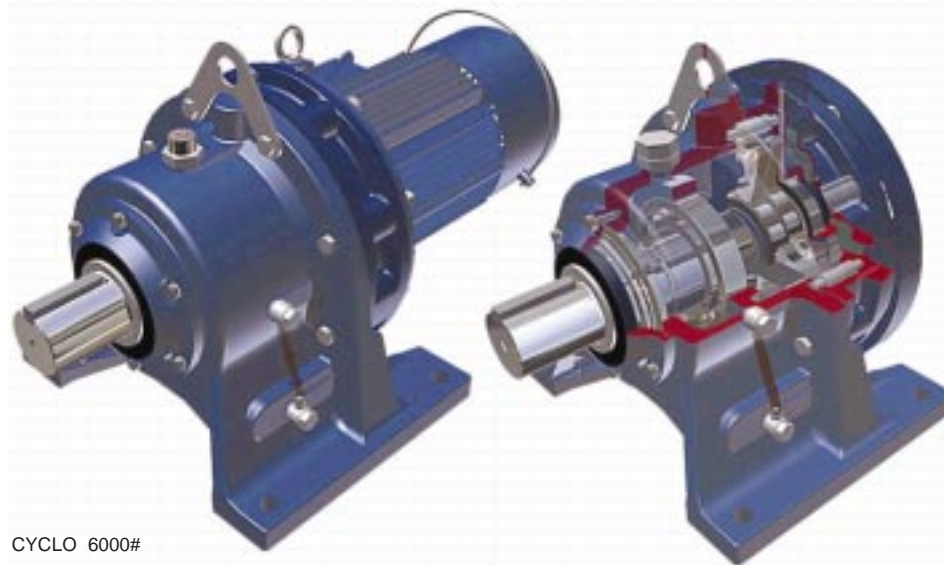
一般に，機械の設計・開発は理論則と経験則の両者によりなされる。理論則は純粹で，これのみでは実用上の多くの不確定要因を考慮するのは困難な場合が多いので，簡単な歯車対や減速機に対する理論的アプローチにおいても，単にMachine DesignのみならずMechanical Design, さらにEngineering Designの立場より総合的に検討することが肝要である。一方，経験則は人や組織の永年の技術の積み重ねにより得られるもので，機械の製品化には不可欠で，理論的アプローチや評価にも勝るとも劣らず正確で，重みのあることも多く，この技術の積み重ね過程で技術的伝統が築かれる。この技術的伝統と当該分野における新しい理論的アプローチの融合が技術の刷新，革新を発現する。

歯車や変・減速装置は機械に不可欠な重要な要素や装置であり，これらに関する技術は社会への貢献度も高い基盤技術であることは今後も変わらない。今日，あらゆる分野で，ハード，ソフトの両面より，新技術の導入が叫ばれている。成熟技術の範疇にあるとも言われている歯車や伝動装置の分野ではドラスチックな革新技術の発現は容易ではないが，上述のような刷新技術の個々の積み重ねでさえ，それが重要な基盤技術分野であるが故に，社会，産業界への積分的波及効果は絶大であり，技術の刷新が革新への道筋を付けることもある。今日の社会における省エネルギー化，低環境負荷化，産業界における高コストパフォーマンス（高付加価値：低コスト）化に傾注しつつ，さらに，フロンティア（宇宙，海洋）分野など特殊環境における歯車強度・性能が，限られた領域ではあるが，今後の課題となることも考慮して，企業，研究者が相互にそれぞれの伝統，得意分野をさらにブラシアップすることが世界をリードする道と思える。

サイクロ 減速機 6000 シリーズの開発

Development of CYCLO 6000# Series

山本 章*
Akira YAMAMOTO



CYCLO 6000#

サイクロ 減速機は、内接式遊星歯車機構と等速度内歯車機構を組み合わせた K - H - V 型の動力伝動装置である。優れた性能・信頼性により、これまでに1000万台以上の生産実績を有するサイクロ 減速機であるが、市場要求の多様化、高機能化に 대응べく、(1) 減速機を使用する機器全体の小型化、軽量化に対応したより一層のコンパクト化・軽量化、(2) 市場の省エネルギー化要求に対応した高効率化および(3) 人に近い環境での使用に耐える低騒音化の3点を狙いとして、新たに6000#シリーズの開発に取り組んだ。

本報では、これらの開発の概要とキーテクノロジーについて述べる。

The CYCLO Drive is a K-H-V type of power transmission system combining an internal planetary gearing mechanism and an even-speed internal gearing mechanism. With the high performance and reliability, more than 10 million units of the CYCLO Drives have been produced. To meet the market requirement for diversification and higher performance, we have additionally developed the 6000# series of the CYCLO Drive with a view to the following three features.

- 1) Further downsizing and weight reduction to address smaller and lighter design of the entire equipment using the reducer
- 2) Increased efficiency to respond to the market need for energy saving
- 3) Reduced noise to allow use in an environment close to humans

This report describes an overview of the new development and the technological keys to achieve these purposes.

1 まえがき

サイクロ 減速機CYCLO Driveは機構学的には平歯車を利用した内接式遊星歯車機構で、その歯形曲線にサイクロイド系曲線を使用していることからサイクロ 減速機と命名され、当社の登録商標となっている。本機はドイツ人Lorenz Brarenが完成した減速機で、1931年ミュンヘンにCyclo Lorenz Braren GmbHを創設して生産を始めた。日本では1939年当時の当社（住友機械工業株式会社）がCyclo Lorenz Braren GmbHと技術提携して生産を開始し、その後独自の理論的実験的研究によって発展させた。

2 サイクロ 減速機の概要

2.1 サイクロ 減速機の原理

6000#シリーズについて述べる前に、サイクロ 減速機の基本的な機構について説明する。サイクロ 減速機は原理的には、歯数差 1 枚の内接式遊星歯車装置と等速度内歯車機構との二つの機構を組み合わせたものである。（現在では歯数差 2 以上の多数歯数差も採用されている）

2.1.1 歯数差 1 枚の内接式遊星歯車装置

図1のような簡単な遊星歯車装置では、遊星歯車および固定太陽内歯車の歯数をそれぞれ Z_p および Z_s 、クランクおよび遊星歯車の回転速度を ω_1 （公転）および ω_2 （自転）とすれば、一般に、

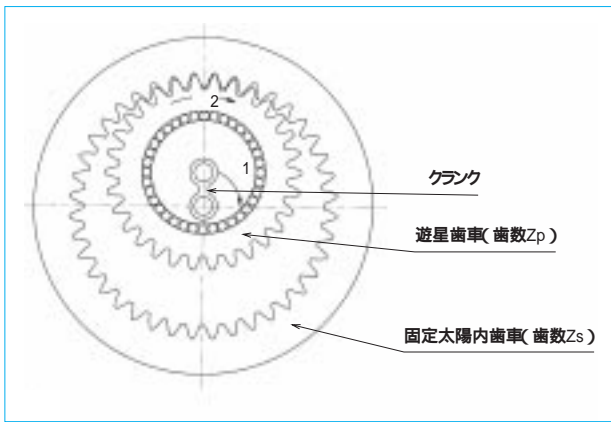


図1 内接式遊星歯車機構
Principle of internal planetary gearing

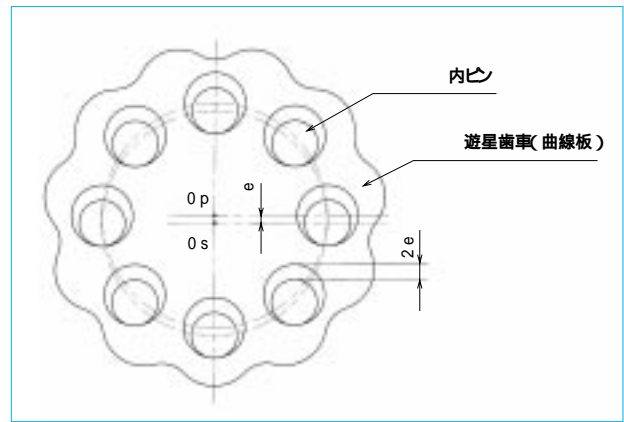


図3 等速度内歯車機構
Constant speed internal gearing

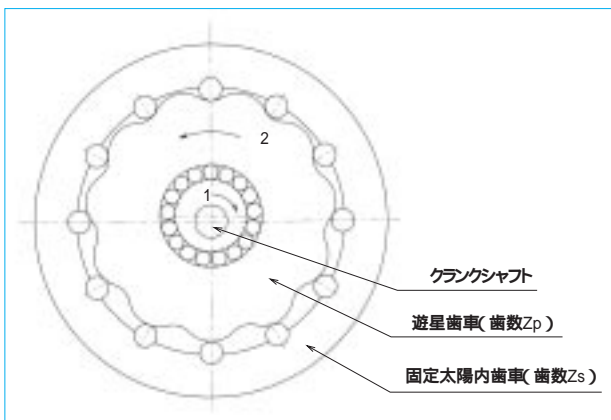


図2 1枚歯数差遊星歯車機構
Epitrochoid planet gear tooth

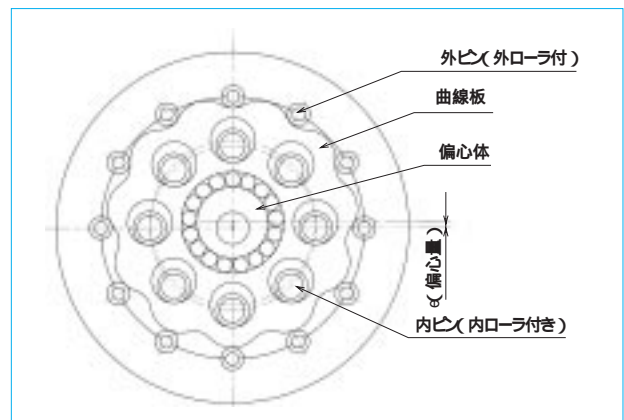


図4 サイクロ 減速機の構造
Structure of CYCLO Drive

$$2 / 1 = 1 - Zs / Zp = - (Zs - Zp) / Zp \dots\dots\dots$$

となる。式において、固定太陽内歯車の歯数と遊星歯車の歯数との差を1枚、すなわち $Zs - Zp = 1$ とすればもっとも大きな減速比が得られる。そこで $Zs - Zp = 1$ を式に代入すれば

$$2 / 1 = - 1 / Zp \dots\dots\dots$$

となり、減速比は遊星歯車の歯数に等しく、符号より分かるようにその回転方向はクランク回転方向と逆になる。いま、固定内歯車の歯形に円弧歯形を使用すれば図2のように遊星歯車の歯形はエピトロコイドの平行曲線となる。これらの歯形曲線を使用すればインポリュート曲線を使用する場合に生ずるような歯先干渉なしに歯数差1枚の内歯車が得られ、しかもすべての歯は同時に接触し、理論的に同時かみ合い数は内歯車の歯数の1/2という大きなものとなり、極めて有利である。

2.1.2 等速度内歯車機構

遊星歯車は自転と公転とを同時に行っており、これから減速された自転のみを取り出す機構が等速度内歯車機構である。すなわち、図3のようにクランク軸中心 O_s と同心円上にある等ピッチのピンと、遊星歯車と同心円上にある等ピッチで、しかも相手のピン径より軸間距離(偏心量 e)の2倍

だけ大きい直径の円孔とをかみ合わせ遊星歯車の自転のみをピンにより取り出すものである。図2と図3を組み合わせたサイクロ 減速機の機構を、図4に示す。

2.2 特長

1段で大きな減速比が得られる。現在、1段で最大1/180程度までのものが生産されている。また、多段形に組み合わせた場合は数百億分の1という大きな減速比も容易に得られる。

機構上動力伝達部分にすべり接触がないので効率がよく、運転が円滑で振動騒音が少ない。

極めて小形でまた軸が同心であるので、取付け・取外しが容易で、据付けに場所を要しない。

同時かみ合い数が多いなど、すぐれた機構によってオーバーロードやショックロードに強い。

分解組立ては非常に簡単で、保守も容易である。

2.3 機種と用途

サイクロ 減速機は現在1段形としては減速比1/6から1/180程度まで、容量で0.1kWから132kWまでのものが生産されている。構造上からはモータ直結形、両軸形、精密制御用およびサイクロ・モータブリーなどの種類がある。なお、本機はモータの高速回転を減速してトルクの大きい低速回転を必要とするあらゆる機械に使用され、その用途はほとんど全産業に及んでいる。

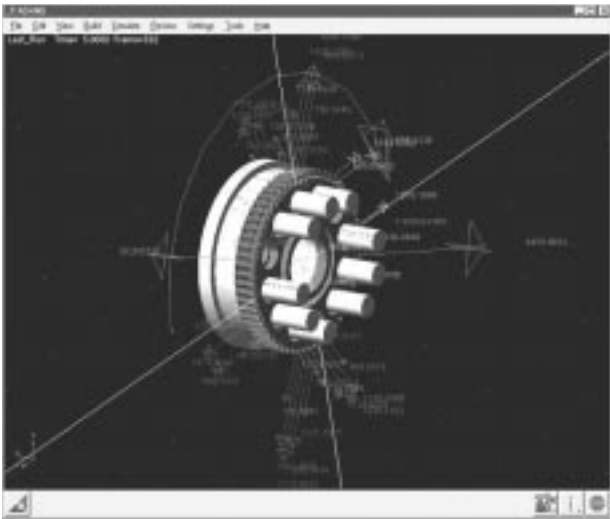


図5 3Dモデルによる荷重解析
Load analysis by 3D model

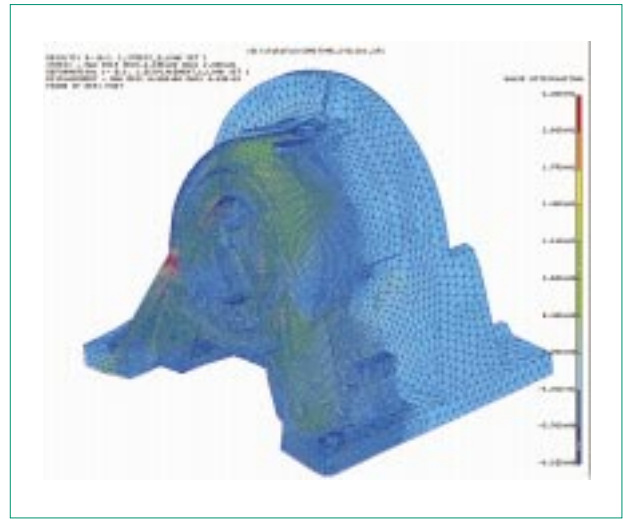


図7 3Dモデルによる構造解析
FEM analysis by 3D model

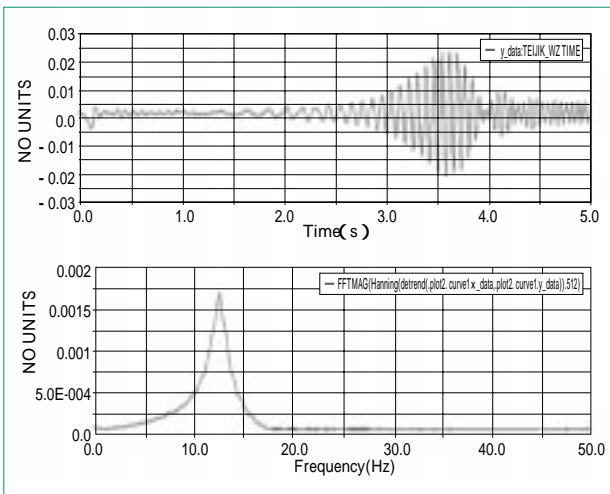


図6 3Dモデルによる振動解析
Vibration analysis by 3D model

2.4 サイクロ 減速機の基本設計

サイクロ 減速機のかみ合い各部における荷重状態は歯数、偏心量（心間距離）および外ローラ（外ピン）径などの歯車諸元と負荷トルクにより、機構学的条件から計算することが可能であり、基本設計はこの荷重を基本に行われる。ただし、このような計算から得られる荷重は、各部の誤差やクリアランスを無視した理論的な値であり、最適設計を進めるには実際の製品が持つこれらの誤差やクリアランスを考慮したより詳細な検討が必要である。各部に発生する荷重を決定する基礎となるのが、歯車諸元から求められる曲線板の歯形とその修整法である。

3 6000#シリーズの開発

3.1 歯形の設計

サイクロ 減速機の歯形はトロコイド系歯形を用いており、各部誤差や弾性変形による悪影響を回避するため一般的なインポリュートギヤと同様に歯先と歯元に歯形修整が施されているが、修整量は過大であればかみ合い率の低下を招き、滑らかなかみ合いを阻害する。この歯形修整法については、

当社では40年以上前から詳細かつ高度な研究がなされており、かみ合いはじめの打撃速度、滑り/転がりの速度および歯面応力などを考慮して各々の機種に適した修整が決定される。このような修整を施した曲線板（歯車）の動のかみ合いをシミュレートして、誤差の影響の最小化とかみ合い率の確保をバランスさせる設計を施している。6000#シリーズの開発では、従来より一段上の高精度歯車加工技術を適用することで、一層高いレベルで荷重の低減と荷重配分の適正化が可能となった。またかみ合いの動的解析については、3Dモデルによるシミュレーションを活用し、最適値の追求に大きな効果を上げている（図5、図6）。

3.2 3Dモデルによる解析と形状最適化

加工の高精度化と動のかみ合いを考慮した歯形設計により各部の荷重の配分の見直しを図った上で、これらの荷重による軸、軸受およびケーシングなどの各部の応力を3Dモデルで解析し、形状の最適化を行った（図7）。これらの開発技術の適用により、6000#シリーズでは従来比最大40%の軽量化および最大6dB の低騒音化を実現している。

4 モータのパリエーション

4.1 高効率ギヤモータの開発

サイクロ 減速機はそのほとんどが電動モータを動力源としており、減速機とモータを一体化したモータ直結形（ギヤモータ）として使用される場合がほとんどである。前記のかみ合いの平準化により減速部の伝達効率を向上させるとともに、高効率モータと組み合わせて使用することで一層の高効率運転（電力消費量の低減）が可能である。当社では、世界に先駆けて各国の規制に適合した高効率モータとサイクロ 減速機6000#シリーズを直結した高効率ギヤモータを開発し、発表した。高効率ギヤモータの採用により、全負荷時で概略5～7%の効率改善を実現している（図8）。

4.2 モータ容量の追加

特に小形容量領域においては、モータ容量の飛びが大きく、ギヤモータ選定時に不必要に大きなモータ容量を選定せざるを得ない場合があった。6000#シリーズでは、モータの容量がほぼ2倍の飛びでシリーズ化されていた従来の4000#シリ

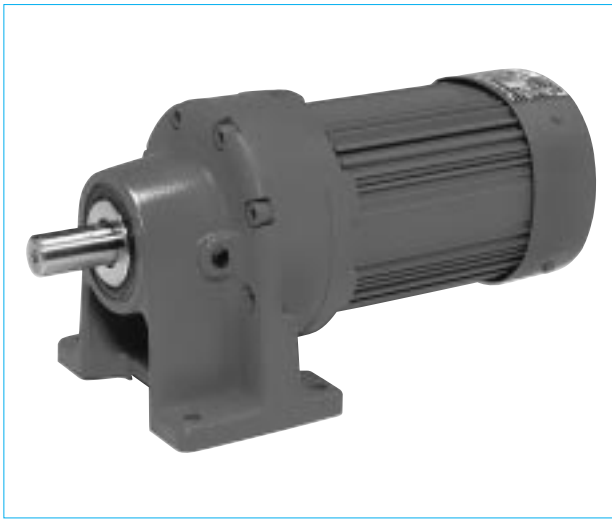


図8 高効率モータ直結形サイクロ 減速機
High efficiency CYCLO Drive

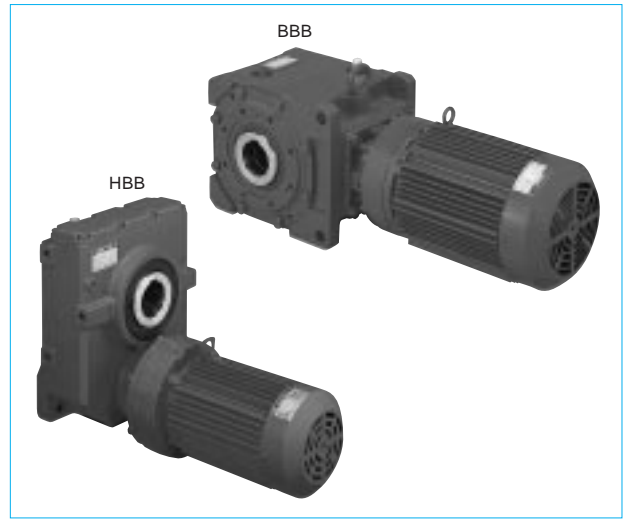


図9 サイクロ 減速機の応用機種 HBBおよびBBB
HBB and BBB, parts of CYCLO series

表1 6000 シリーズのモータ組み合わせ（4Pモータ / 1段型）
Combinations for 6000# series (4P motor / single reduction)

kW	減速比															
	6	8	11	13	15	17	21	25	29	35	43	51	59	71	87	119
0.1	6060	6060	6060	6060	6060	6060	6060	6060	6060	6060	6065	6070	6070	6080	6085	6090
0.2	6060	6060	6060	6060	6060	6060	6065	6070	6070	6070	6075	6085	6085	6085	6090	6100
0.25	6065	6065	6065	6065	6065	6065	6070	6075	6075	6075	6085	6090	6090	6095	6095	6105
0.4	6075	6075	6075	6075	6075	6075	6075	6085	6085	6085	6090	6095	6100	6105	6105	
0.55	6080	6080	6080	6080	6080	6080	6085	6090	6090	6090	6095	6100	6105	6110	6110	
0.75	6085	6085	6085	6085	6085	6085	6090	6095	6095	6095	6100	6105	6110	6115	6115	
1.1	6090	6090	6090	6090	6090	6090	6095	6100	6100	6105	6110	6115	6120	6125	6130	
1.5	6095	6095	6095	6095	6095	6095	6095	6105	6105	6115	6115	6120	6125	6130	6135	
2.2	6100	6100	6100	6100	6100	6105	6105	6115	6115	6120	6125	6135	6135	6145	6160	
3.0	6110	6110	6110	6110	6110	6110	6115	6120	6125	6130	6135	6145	6145	6160	6165	
3.7	6115	6115	6115	6115	6115	6115	6125	6125	6130	6135	6140	6145	6160	6165	6165	

6000 シリーズより追加したモータ容量

ーズに対して0.25, 0.55, 1.1, 3.0kWの4容量を標準シリーズに追加し、負荷に合わせて最適な容量のギヤモータを選定できるようにした（表1）。高効率モータと合わせ、これらのモータの商品化によりギヤモータとしてのコンパクト化と消費電力の削減に寄与し、地球環境の保全の一助となることを期待するものである。

5 サイクロ 応用製品

サイクロ 減速機は単体では入出力が同軸の動力伝動装置として使用されるが、より広範囲な要求に応えられるよう、入出力軸が直交または平行となる減速機の入力ユニットとしても使用され、これらはパディボックスシリーズとして商品化されている。入力ユニットであるサイクロ 減速機が6000#シリーズとして小形化・軽量化を実現することで、これらの商品群もより多くの顧客ニーズに応えられるものへと進化している（図9）。

6 むすび

本報では最新の減速機・電動機技術を投入し、市場のニーズに対応すべく開発したサイクロ 6000#シリーズの概要を述べた。

高精度加工技術と、3Dモデルを用いた最適化設計により、減速機の軽量化と低騒音化を実現した。

高効率モータ、小形容量域でのモータ容量の追加により、ギヤモータとしての消費電力削減とコンパクト化を実現した。

サイクロ 減速機のコンパクト化により、これを応用したパディボックスなどの商品群も同時にコンパクト化を図ることが可能となった。

（参考文献）

伊藤新太郎．サイクロ減速機に就いて．四国機械工業株式会社，二六会誌，1948．

近藤行雄．サイクロ・ギヤの機構学的特性に就いて．四国機械工業株式会社，二六会誌，1948．

M. Kondoh and S. Ogata. Mechanical Analysis of Epitrochoid Plant Gear-Reducer. The JSME International Conference on Motion and Power Transmissions, 1991.

H. Nakamura and A. Yamamoto. Development of Cyclo 6000# Series. The JSME International Conference on Motion and Power Transmissions, 2001.

カタログ サイクロ6000 シリーズ．C2001 5.1, 2004.

3次元モデルを活用したハイポイドギヤの設計システム

Design System of Hypoid Gear with 3D Model

重見 貴夫* 山本 章*
Takao SHIGEMI Akira YAMAMOTO

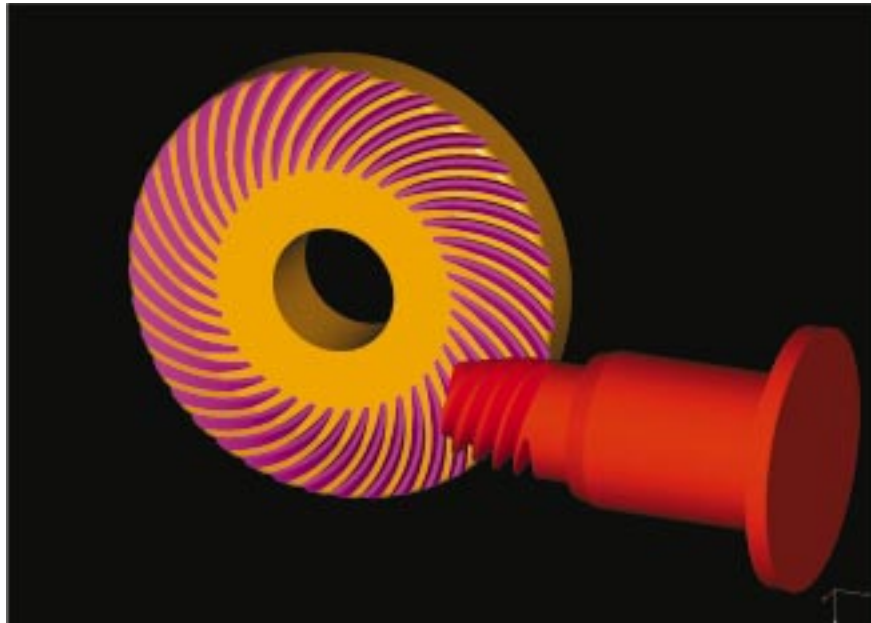


図1 ハイポイドギヤの3次元モデル
3D model of hypoid gear

本設計システムは、開発期間の短縮とコスト削減を目的として、歯車諸元計算、歯切りおよび歯当たりのプロセスに対して、現実に加工された歯車と同様の形状を有する3次元モデルを用いることでシミュレーションの実行を可能とする設計システムである。歯切りシミュレーションプログラムおよび歯当たりシミュレーションプログラムを兼ね備えている。

この設計システムを用いることで、時間がかかっている現場での歯切りおよび歯当たりの工程のトライ＆エラーを全廃できることから開発期間を短縮することが可能であり、また設計・製造におけるノウハウを数値化できることから独自の歯車開発技術を蓄積することが可能となる。

本報では、それら特長と効果を記述し、3次元モデルを活用した設計システムの概要を紹介する。

This system for hypoid gear design enables simulations of the processes such as dimension calculation, gear generation and tooth contact modification by using 3D model with an actual shape of the gear. It leads us to shorten the development period as well as reducing the cost for development. This system has two functions, the program of gear generative simulation and the program of tooth contact modified simulation. This system leads us to shorten the development period by preventing the failure in the process of gear generation and tooth contact modification at a workshop. Moreover, we can accumulate original gear development technologies by quantifying the know-how in the process of designing and manufacturing. This report describes features and effects of the system and presents the summary of the design system of a hypoid gear with a 3D model.

1 まえがき

ハイポイドギヤとは、図1および図2に示す通り、ベベルギヤとウォームギヤの中間に位置する機構であり、自動車のディファレンシャルギヤに採用されていることでよく知られている。当社直交ギヤモータであるハイポニック減速機にも、このハイポイドギヤが採用されている。利点としては、次の3点があげられる。

ベベルギヤよりも1段減速で高減速比が取れることから、コンパクト設計が可能であること。

ウォームギヤよりも効率が優れていること。

ウォームギヤ並みの静音であること。

近年、福祉機器・民生機器市場への拡大に伴い、我々の身近な場所で使用されるギヤモータの需要が多くなってきており、コンパクト化・静音化というニーズが高まってきている。この静音化の要求に対応するには、ハイポイドギヤの静音化

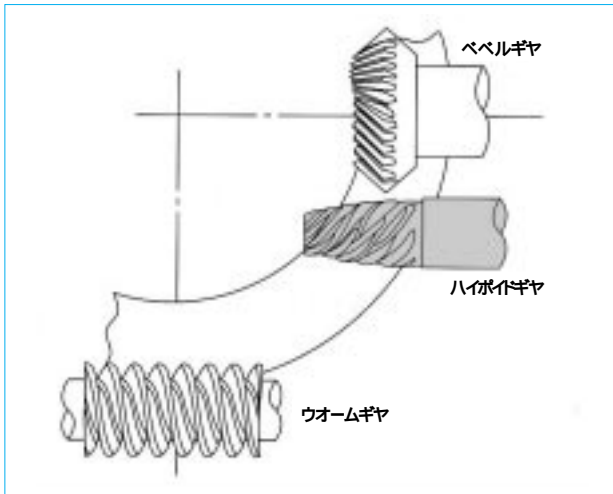


図2 直交減速方式
Method of right-angle reduction

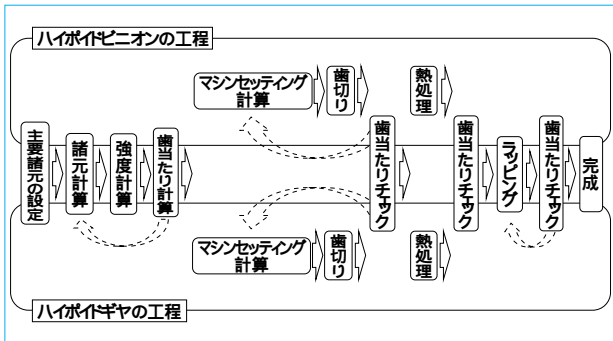


図3 ハイポイドギヤの設計・製造工程
Design and manufacture process of hypoid gear

が不可欠で、ハイポイドギヤの製作には、以下のような問題点がある。

ハイポイドギヤの性能は歯当りに大きく左右され、特に騒音に対する影響が大きい。

目標とする歯当たりを得るために少しずつセッティングを変えて何度も歯切りをする必要があり、開発に時間がかかっている。

歯車精度の測定が困難であり、歯当たりによる品質管理に頼らざるを得ない。

そこで、これらを改善するために設計段階において歯当りをシミュレートすることを検討し、開発を進めてきた。

本報では、これら歯当たり解析への技術的取組み、シミュレーションの内容および効果について報告する。

2 ハイポイドギヤの設計・製造工程

2.1 概要

図3に、現状のハイポイドギヤの設計・製造工程を示す。大きな流れとしては、諸元計算・強度計算・マシンセッティング計算、歯切り、熱処理およびラッピングの四つの工程があり、各工程において歯当りの確認が必要となる。諸元計算・強度計算・マシンセッティング計算の工程においては、諸元計算、強度計算および歯当たり計算をし、目標とする歯当たりが得られるまで cutter 径、cutter 圧力角およびバ

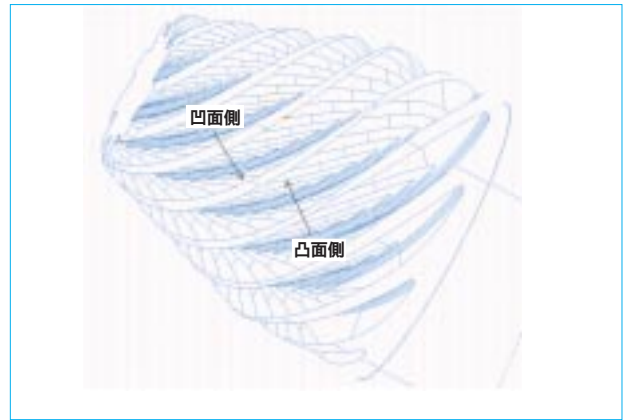


図4 ピニオンの歯面形状
Tooth surface of hypoid pinion



図5 カッターの構造
Structure of cutter

イアスなどの修正を繰り返し、歯車を加工するマシンセッティングを得る。歯切り工程においては、まず計算されたマシンセッティングで歯切りをし、その歯当たりが目標とする歯当たりに対して乖離があれば、目標とする歯当たりが得られるまで現場にてマシンセッティングの修正を行う。熱処理およびラッピング工程においては、熱処理歪みの影響で、歯が変形し歯当たりが移動するので、歯当たり確認をし目標とする歯当たりと異なっていれば、目標とする歯当たりが得られるまでラッピングのマシンセッティングの修正を行う。各工程におけるマシンセッティングの修正は、現場作業者の経験と勘を頼りに、何度もトライ&エラーを繰り返す。これにより、目標とする歯当たりを得るまでに膨大な時間がかかっている。

2.2 ギヤモータ用ハイポイドギヤの歯切り

図4に、ピニオンの歯面形状を示す。一般に、ハイポイドギヤはピニオンの凹面側と凸面側の歯面を別々に歯切りするため、歯当たりについても各々の歯面で別々に調整することが可能である。

ところが、ギヤモータ用のハイポイドギヤはモジュールが小さいため、前述のような別々の歯切りはできず、ピニオンの両歯面を同時に歯切りする必要があり、また、cutter 径が小さいため、微調整が不可能な一体型のソリッドカッター(図5)を用いなければならない。このため、両側歯面ともに目標とする歯当たりを得るためには高度な技術と経験が必要となる。

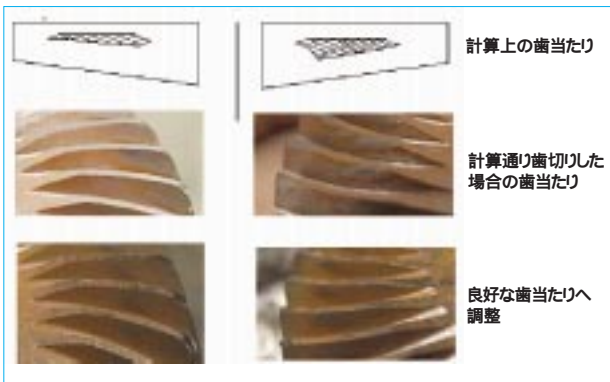


図6 現状のハイポイドギヤ歯当たり調整
Current tooth contact modification of hypoid gear

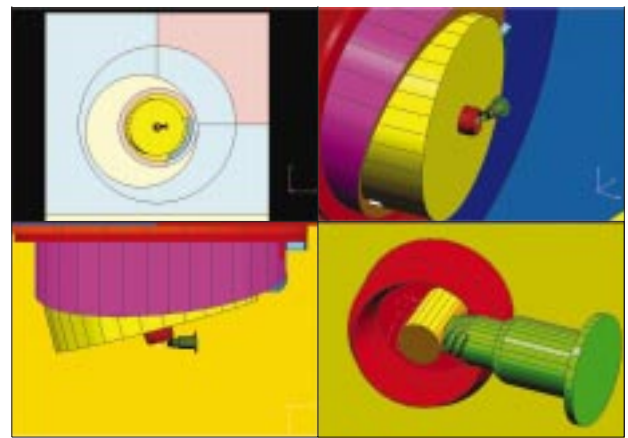


図8 歯切りシミュレーション
Gear generative simulation

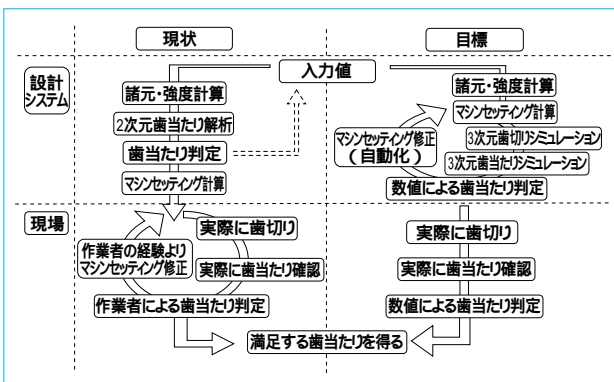


図7 ハイポイドギヤ設計システム
Design system of hypoid gear

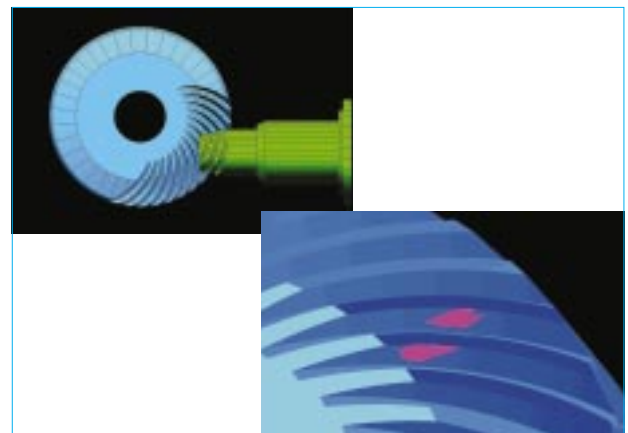


図9 歯当たりシミュレーション
Tooth contact simulation

図6に、現状のハイポイドギヤ歯当たり調整の例を示す。通常、ここに示すように計算された歯当たりとそのマシンセッティングに従って歯切りされた歯当りは、一致していない。そこで、図3で述べたように、この歯当りを基に現場でのマシンセッティング修正および歯当たり調整のトライ＆エラーを繰り返す、良好な歯当たりを得ている。

3 ハイポイドギヤ設計システム

3.1 概要

本設計システムは、特に時間がかかっている現場での歯切りおよび歯当たりの工程を短縮することを目的とし開発したシステムである。図7に、ハイポイドギヤの設計システムの現状と目標を示す。現場にて行っていた歯当たり調整を設計段階である上流において検討することで、現場作業の負担を軽減するとともに、現場作業者の経験と勘に頼っていた作業を歯当たりシミュレーションで把握・管理することが可能となり、歯当たりの品質管理が向上し、騒音などの性能の安定が図られることとなる。

3.2 歯切りシミュレーションプログラム

図8に、歯切りシミュレーションプログラム実施例を示す。歯車ブランクモデル、カッターモデルを歯切盤モデルに取り付け、マシンセッティングに従って歯切り加工をシミュレートする。実際の歯車ブランク、カッターおよび歯切盤を3次元モデルとしており、忠実なシミュレーションが可能となっている。

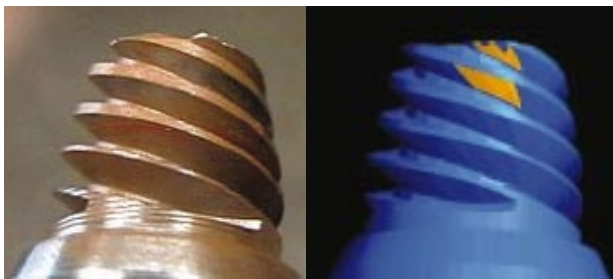
また、このプログラムは、歯車諸元とマシンセッティングを入力すれば、歯車ブランクモデルとカッターモデルは歯切り盤モデルに自動的にアセンブリ拘束され、歯切りシミュレーションを実施するようになっており、汎用性の高いプログラムとして作成した。

このプログラムにより、歯車モデルを作成できるようになったことから、今まで歯切り後にしか確認できなかった歯車形状を設計段階で確認でき、歯車として成立し難い異常な歯車の製作をなくすことが可能となった。

3.3 歯当たりシミュレーションプログラム

図9に、歯当たりシミュレーションプログラム実施例を示す。歯切り加工シミュレーションで得られた歯車モデルを用いて歯当たりチェックをシミュレートし、得られた歯当たりと目標とする歯当たりとの補正量をマシンセッティングへフィードバックし、再度シミュレートする。目標とする歯当たりが得られるまで、3次元モデル上で繰り返し検討する。これにより、実際の歯切り加工におけるトライ＆エラーを全廃することが可能となる。歯当たり表示は、ピニオンおよびギヤの両部品に対して表示可能である。

また、このプログラムも前述のプログラムと同様、歯車モデルを選定し歯車諸元と組立条件を入力すれば、歯車モデル



実機 3次元シミュレーション

図10 ハイポイドピニオンの歯当たり比較
Tooth contact comparison of hypoid pinion

は歯当たり試験機モデルに自動的にアセンブリ拘束され、歯当たりシミュレーションを実施するようになっており、汎用性の高いプログラムとして作成した。

さらに、このプログラムには、各組立方向の誤差を与えることができ、組立誤差の歯当たりへの影響を評価することが可能である。

このプログラムにより、歯当たり接触点軌跡（バイアス角や歯先歯元への強い当たりの確認が可能）や瞬時のかみ合い状況（瞬時の歯当たり面積やかみ合い率の確認が可能）という詳細な情報を得ることが可能となったので、今まで歯当たり全体に対してしか評価できなかったものに対して、より高度な性能、強度の追求が可能となった。

今回紹介した設計システムを含めた歯車加工シミュレーション全体に関する特許を出願済みである。

4 効果

4.1 歯当たり比較

本設計システムで得られた歯当たりを、図10および図11に示す。図10はハイポイドピニオンの歯当たり比較であり、図11はハイポイドギヤの歯当たり比較である。これらより、ピニオンギヤとともに実際に歯切りされた歯当たりの傾向と一致することが確認できた。

歯当たり長さや大きさはシミュレーション上で想定している歯面塗料（例えば光明丹）の厚さにより変化する。歯当たりの強さや圧力分布についても上記の歯面塗料の厚さを段階的に変化させてシミュレートすることで確認可能である。

図10および図11において、歯当たりの一部が抜けているように見えるが、歯当たりシミュレーションの計算時間の短縮を図り、途中の計算を省略していることによる。また、図10において、歯面が多角形状となっているが、歯切りシミュレーションの計算時間の短縮を図り、計算精度を歯当たりの傾向を確認する上で問題ないレベルとしていることによる。

4.2 開発期間の短縮

本設計システムを採用することで、作業者の経験と勘に頼っていた歯当たり出し作業を設計段階で把握することが可能となり、現状の約1/10の工数で、目標とする歯当たりを得ることが可能となった。最終的には、現場での歯当たり出し作業は1回のみとなる。現場における歯当たり出し作業は、目標とする歯当たりを得ることを目的とするトライ＆エラーの一部ではなく、本設計システムを用いた歯当たり解析結果の確認作業という位置付けになる。



実機 3次元シミュレーション

図11 ハイポイドギヤの歯当たり比較
Tooth contact comparison of hypoid gear

5 今後の課題

歯車諸元計算・強度計算・マシンセッティング計算の精度向上

現在までに蓄積された実機およびシミュレーションによる加工・歯当たり調整の技術に基づいて、当社独自の歯車諸元計算・強度計算・マシンセッティング計算プログラムを開発することで、ギヤモータに最適な歯車を設計することが可能となる。

歯当たりの数値化

目視にて判定していた歯当たり判定を数値化することで、設計者の技量に頼らず、安定した品質の歯車を開発することが可能となる。

マシンセッティング修正の自動化

上記を基にして、目標とする歯当たりが得られるまで設計者が繰り返していたマシンセッティング修正のトライ＆エラーを自動化することで、短時間で目標とする歯当たりを得ることが可能となる。また、この自動化により、より汎用性の高いプログラムを築くことにもつながる。

歯車精度の測定と管理

3次元モデルを用いて、インポリュートギヤと同様に、歯車精度の測定および管理をすることで、間接的な管理である歯当たり判定よりも、より高精度な管理体制を築くことが可能となる。

6 むすび

本報では、3次元モデルを活用した設計システムの紹介とそれによって得られた効果について記述した。

3次元モデルと実機の歯当たり傾向の一致を確認した。

歯切りおよび歯当たりをシミュレートすることにより、大幅な試作回数の削減につながることを確認した。

現場作業者の経験と勘に頼ることなく、高い精度において設計段階での歯当たり予測が可能となった。

（参考文献）

住友重機械工業株式会社. ハイポニック減速機 . カタログ集, No.N2201-2.0 (2004-5). 7.

減速機用低騒音ハウジング

Low Noise Housing for Gear Reducer

山崎 泰正*
Yasumasa YAMASAKI



低騒音ハウジング
Low noise housing

減速機における低騒音の要求は、公共施設に近い場所での用途において、高まりつつある。減速機の騒音は歯車の振動が軸および軸受を伝播し、最終的にハウジングに伝わり、ハウジングの振動特性に応じた固体音を放射する。起振源である歯車に関しては、対策がなされてきたが、ギヤボックスのハウジングについてはこれまで検討されてこなかった。

本報では、FEM解析による低騒音ハウジングの設計手法および試作品にて得られたその効果を紹介する。

The demand of low noise in a reducer is increasing in the use in the place near a public facility. A reducer generates noise as vibrations of its gears propagate to the shaft, bearings and ultimately to the housing, which then radiates solid noise according to its vibration characteristics. For the gears, which are the source of vibrations, preventive measures have already been taken. However, no measures have been studied to prevent the gearbox housing from radiating noise. This report describes the method for designing a low-noise housing based on FEM analysis and the effect of the new housing obtained with a trial product.

1 まえがき

減速機の騒音は、歯車の振動が、軸・軸受を伝播し、ハウジングに伝わり、ハウジングの振動特性に対応して、放射される。これまで、起振源である歯車に関しては、対策が講じられてきたが、ハウジングに関しては、経験に頼る傾向があり、科学的な検討がなされてこなかったのが現状である。本報では、減速機における騒音発生機構について述べ、実験モード解析を用いて、現象面から騒音寄与部位の推定および騒音と振動の関係を紹介する。また、FEM解析により騒音低減形状を提案し、試作品にて得られたその効果事例を紹介する。

2 減速機における騒音発生機構

減速機における固体音の発生機構を次に示す。

「まず歯車を、歯をばねとし歯車本体を質量とする振動系と考えると、歯のばねこわさの周期的な変化と歯車誤差あるいはトルク変動などの外部的な要因による起振力によって、円周方向にねじり振動が生じる。この円周方向振動は、軸、軸受および軸受台のたわみ、あるいは歯すじ方向誤差などを介して、半径および軸方向振動を誘起する。歯車の半径、軸方向振動は同時に軸受台のたわみ振動となり、これがハウジング側壁に固体音となって伝播し、ハウジングに振動を生じさせる。固体音として伝達されて生じたハウジング振動が空

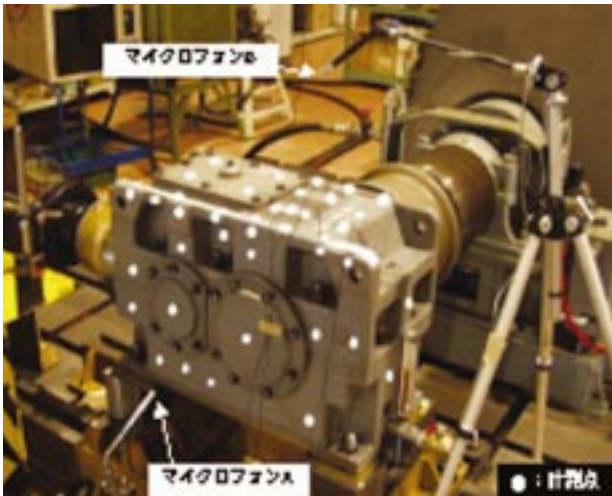


図1 実験状況
Experiment

表1 各試験条件
Experiment conditions

	拘束条件			拘束条件	
	内部アセンブリ	据付け穴固定	入出力軸連結	振動加速度	音圧
ハンマリング試験				あり, - なし	-
負荷運転試験					

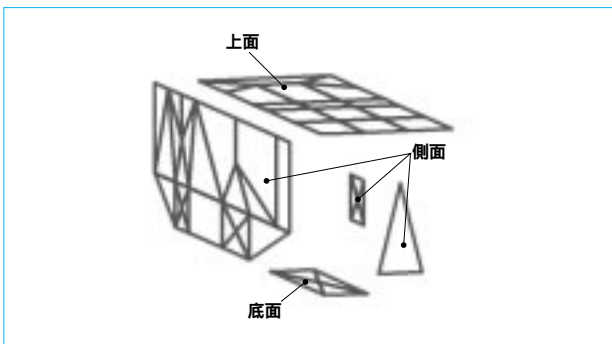


図2 形状定義
Form definition

気中に放射されて騒音となる」。つまり、騒音低減に対して、振動低減が対策の一つであり、最終伝播経路であるハウジングの動特性が減速機の振動に影響を与えるものと考えられる。

3 実験モード解析と騒音

実験モード解析は構造物の振動特性を把握する上で有効であり、しばしば用いられる。機械構造物を加振実験し、測定された振動時系列波形から構造物の動特性であるモード特性を抽出するプロセスを実験モード解析と呼ぶ。

本研究では、直交2段減速機用ハウジングを取り扱うこととする。なお、入力段歯車の歯数は14枚とした。図1、表1に示す条件でハンマリング試験および負荷運転時の音圧および振動加速度の測定を行った。振動モード形状を調べるために、図1に示すように上面、側面および底面にそれぞれ測定



図3 モード形状の一例
Example of mode form

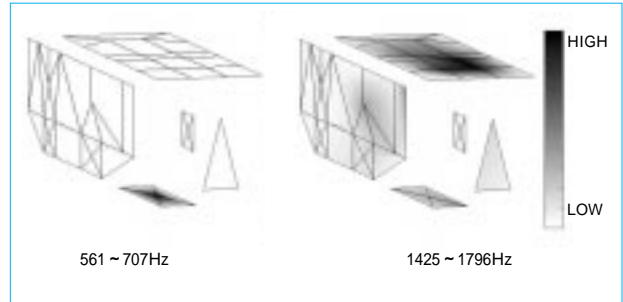


図4 振動速度エネルギー分布
Vibration energy distribution

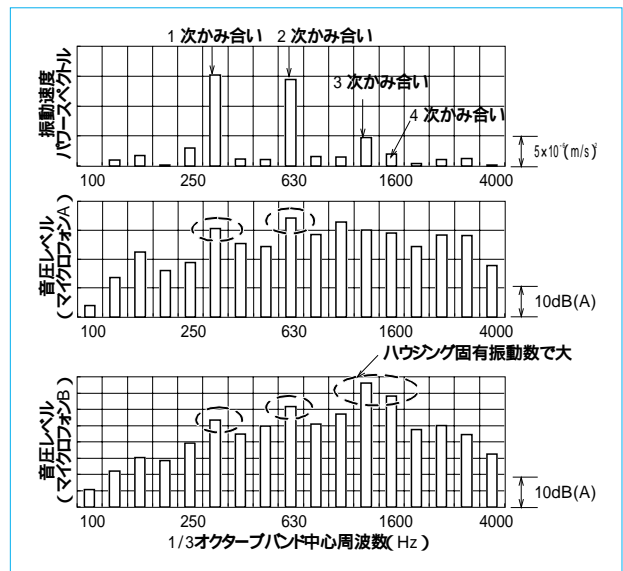


図5 1/3オクターブバンド分析結果 (入力回転数1500r/min)
1/3 octave band analysis (Input rotation, 1500r/min)

点を設け、図2のようにハウジングを形状定義した。各面においては、加速度計により面外方向成分のみを計測した。したがって、以下に示すモード形状においては、面外方向のみの変形を各面ごとに示している。ハンマリング試験より1400~1600Hz付近に固有モードが存在することが推定された。図3に、カーブフィットから得られたモード形状の一例を示す。主にハウジングの上面および底面の曲げモードが見られ、対策部位は上面および底面であると考えられる。図4に、負荷運転時の振動速度エネルギー分布を示す。ハンマリング試験同様、主に上面および底面において大きい値を示した。図5に、

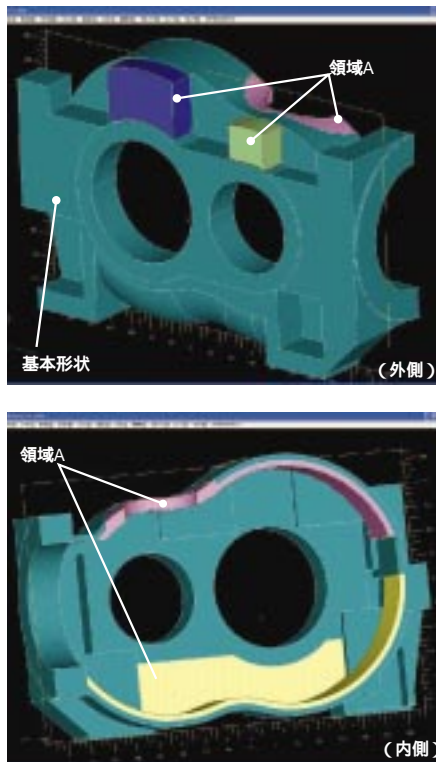


図6 基本形状と最適化領域
Basic shape and optimization domain

1/3オクターブ分析結果を示す。振動速度および音圧レベルは入力歯車のかみ合い1次, 2次周波数を含むバンドで高くなる傾向がある。また, 上面の音圧レベルはハンマリング試験で推定されたハウジングの固有振動数を含むバンドで高くなっている。

4 低騒音化対策指針

ハウジングの低騒音化には, 次の三つの振動特性を考慮する必要がある。

- a. 入力特性 起振源(歯車のかみ合い)に対する振動特性
- b. 構造特性 伝播経路としての振動特性
- c. 出力特性 音の放射に対する振動特性

初めに, 上述 a. の特性に必要なことは, 起振源である歯車のかみ合い周波数との共振を避けることである。しかしながら, 歯車のかみ合い周波数は, 歯数と入力回転数の組み合わせにより多数想定される。加えて, 歯車が発生する外力にかみ合い周波数の2倍, 3倍, 4倍という高調波成分を含んでいることから, その周波数で騒音レベルは大きくなる。一方, ハウジングは単純平板とは異なり, 各面に凹凸を持った6面体構造であることから, 固有振動数が多数存在する。したがって, これらすべての共振を避けることは困難と言わざるを得ない。しかし, 騒音放射に最も寄与すると推定される曲げモードの固有振動数に関しては, 3章より, 現状, 3, 4次のかみ合い周波数付近にあるので, これを越えるまでハウジングの固有振動数を増加させることで対策となりうると考えられる。また, 歯車による加振力のエネルギー特性の観点からも固有振動数の増加は低減対策となり得る。歯車のかみ合いによる加振力のように周波数特性を持つ場合, 加振力のエネルギーは低周波域に比べ, 高周波域ほど小さくなる。この

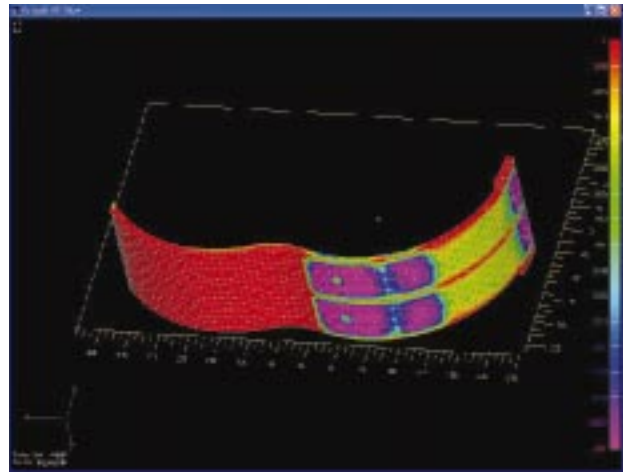


図7 最適化解析例(底面)
Example of optimization analysis (Bottom)

特性により, 振動速度エネルギーの総和は固有振動数の増加とともに減少する。

固有振動数を増加させる方法は, 剛性増加と質量減少である。剛性増加については, 曲げ剛性に対して,

断面2次モーメントの増加

である。また, 構造的な見地から, 外力に対し, 平板構造は面外の曲げで抵抗するのにに対し, 曲板構造は面内の軸力で抵抗し, より剛な構造となることから,

曲面化

があげられる。一方, 質量減少については,

小型化

である。

次に, 上述 b. の特性に対して, ハウジングそのものにつき, より振動しにくい構造, すなわち高剛性化があげられる。方法としては上述の通り, および である。

次に, 上述 c. の特性に対して, 放射面積を減少させることおよび音を放射しやすい曲げモードを生じにくくすることが考えられる。方法としては, 上述の および の方法で達成可能と思われる。

以上のように, いずれの対策も固有振動数を増加させることを一つの評価指標として捉えられる。

5 FEMモデルによる振動低減検討

FEM上で形状を検討し, 固有値解析を行った。減速機の機能上必要部位を最低限確保しつつ, 前章で記載の および に基づき, トライ&エラーを繰り返し, 図6に示す通り基本形状を決定した。

また, 図6中の領域Aに対し, 前章記載の を達成すべく位相最適化(株式会社くいんと製Optishapeおよび株式会社エヌ・エス・ティー製FEMAP)を行い, リブ配置および肉厚分布を探索した。位相最適化とは, 対象とする領域において, 幾何学的位相を自由に変化させながら最適形状を探索する最適化手法である。本研究では, 密度法による位相最適化を採用したが, 密度法では, 要素の密度を設計パラメータとし, 剛性や固有振動数などの目的関数を最大化(もしくは最小化)することにより, 最適化を図る。結果においては, 密度の高

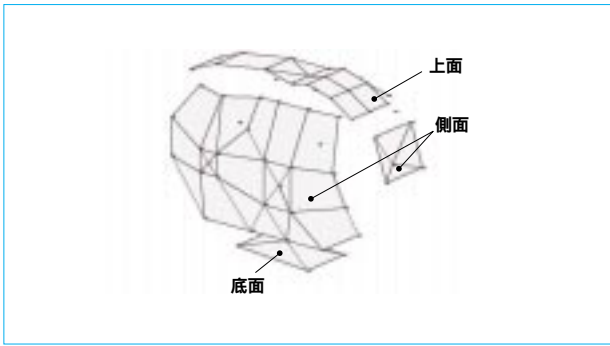


図8 対策ハウジング形状定義
Form definition of modified housing

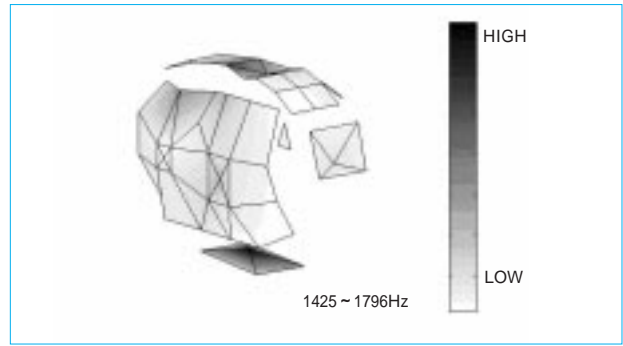


図10 対策ハウジングの振動速度エネルギー分布
Vibration energy distribution of modified housing

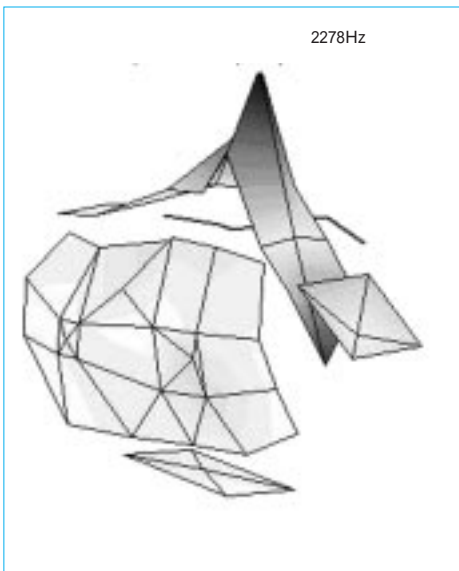


図9 上面の曲げモード
Bending mode of upper surface

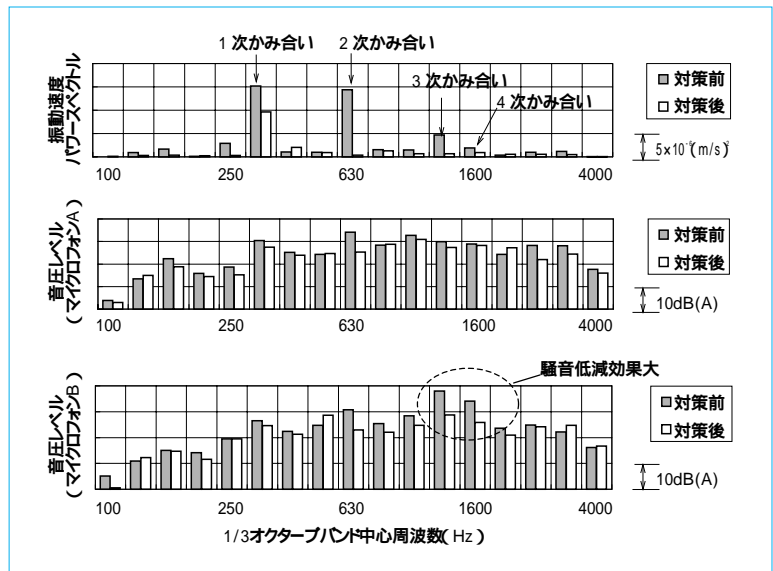


図11 対策ハウジング1/3オクターブバンド分析結果(入力回転数1500r/min)
1 / 3 octave band analysis of modified housing (Input rotation, 1500r/min)

い部分を残し、低い部分を削除することで、最適形状を判断する。ここでは、領域Aを設計領域、A以外の部位を非設計領域として最適化を試みた。領域Aの中で、側面に相当する部分に対しては、軸受に作用する静荷重を考慮した静解析を行った。また、領域Aの内、上面および底面に相当する部分については、固有振動数を考慮した動解析を行った(図7)。

最適化後のモデルにおいて再度固有値解析を行い、対策前のモデルに対し、固有振動数の増加および対策前比10%強の質量減少を確認した。

6 試作品による効果確認

5章で提案したモデルを試作し(冒頭の写真), 3章同様に、図8のように形状定義し、ハンマリング試験および負荷運転試験を行った。ハンマリング試験の結果、図9に示す上面が振動する固有振動数は大幅に増加した。図10に対策ハウジングの振動速度エネルギー分布を示すが、ハンマリング試験の結果同様、かみ合い3次, 4次の周波数では、上面の曲げモードは表れていない。また、図11に負荷運転試験による1/3オクターブ分析結果を示す。振動速度エネルギーは歯車のかみ合い周波数を含むバンドでいずれも低減した。また、音圧レベルも特に上面において全体的に低減した。

7 むすび

ハウジングにおいて、騒音放射部位を推定できた。

ハウジングの対策前比10%強の質量減少および剛性増加による騒音低減効果が得られたことにより、低騒音の要素技術が蓄積できた。

今回ハウジング単体の構造対策により、ある程度低騒音化の効果が得られたが、今後の課題として、運転中の荷重条件(歯車のかみ合いによる起振力)および拘束条件を考慮した最適化があげられる。

本研究は、東京都立大学大学院工学研究科機械工学専攻吉村研究室との共同研究によって遂行された。

(参考文献)

- 仙波正荘. 歯車 第5巻(新版) p.173,p.181, 日刊工業新聞社, 1987.
- 長松昭男. モード解析入門. コロナ社, 1993.
- 須磨達也. 日本機械学会関東支部学生員卒業研究発表講演会 講演前刷集. p.121 ~ 122, 2004.
- 桑村仁. 建築の力学. 技報堂出版, p.225, 2001.
- 藤井大地. パソコンで解く構造デザイン. 丸善, 2002.

高精度PWMドライバ SDPHシリーズの開発

Development of High Precision PWM Driver SDPH Series

白石 貴司* 伊東 匠*
Takashi SHIRAIISHI Takumi ITO



SDPHシリーズ
SDPH series

昨今フラットパネルディスプレイ (FPD) の大型化に伴い、より大型のステージを高精度で駆動するリニアモータ向けドライバが要求されている。住重制御システム株式会社では、この要求に応じて大容量化と高精度化の相反する要素を同時に実現したリニアモータ向け高精度PWMドライバSDPHシリーズを開発、市場投入した。SDPHは500～3000Nクラスのリニアモータに対応し、出力最大電流により9～60Aピークまで全6シリーズをラインナップする。現在、第4および第5世代FPD検査装置向けを中心に量産中である。

本報では、SDPHの高性能化技術について、そのバックグラウンド技術と高性能化を支える機能について紹介する。

According to the size increase of flat panel displays (FPDs), the drivers for linear motors capable of actuating larger XY-stages with high precision are required. SHI Control Systems, Ltd. has developed SDPH series driver for the high precision linear motor driver which can solve conflicting problems between larger capacity and high precision. SDPH series drivers are suitable for 500 to 3000 [N] classes of linear motors and consist of 6 models by current output ratio on 9 to 60 [A_{peak}]. Now, it is mainly shipped out for the 4th and the 5th generation FPD inspection machines. This report describes the background technologies for the high performance of SDPH series and the functions that support the high performance.

1 まえがき

住重制御システム株式会社 (SCS) は、精密ステージ制御用として超高精度リニア/PWM切換え方式ドライバSDLNシリーズを市場に投入している。半導体露光装置およびFPD製造装置などのサブナノ級超精密用途では一定のシェアを誇るが、検査装置などのサブミクロン級用途においてはオーバースペックであり、コストがマッチしない。また、大型化が顕著なFPD製造・検査装置に使用する高推力リニアモータには容量が不足してしまう。一方、従来型中・大容量ドライバではコスト・容量ともに適合するが、性能面で未達であるという問題を生じる。

このような理由により、大容量かつ高精度のPWM型ドライバSDPHシリーズの開発を行うこととなった。

2 高精度PWM型ドライバSDPHシリーズ

SDPHシリーズは500～3000Nクラスの中～大型リニアモータ向けに開発した高精度PWM型サーボドライバで、出力電流9～60Aの全6シリーズをラインナップしている。モータはボイスコイル型や回転型にも対応し、位置センサは各社省配線型インクリメンタル/アブソリュート型エンコーダにも対応している。電流制御部は、デジタル方式よりも高利得化が可能なアナログフィードバック方式を採用した。上位制御装置とのI/Fは、位置指令パルス列入力、速度アナログ入力、

表1 SDPHシリーズドライバのラインナップ
Specifications of SDPH series driver

	SDPH-004	SDPH-009	SDPH-018	SDPH-027	SDPH-045	SDPH-060
電源電圧	3相AC170~242Vrms					
出力電圧(線間)	最大141Vrms以下					
定格出力電源(Arms)	2.1	2.1	4.2	6.4	10.6	14.1
瞬時最大出力電流(Arms)	3.2	6.4	12.7	19.1	31.8	42.4
瞬時最大出力電流(Apeak)	4.5	9.0	18.0	27.0	45.0	60.0
推力応答周波数	500Hz以上					
適応モータ	3相リニアモータ, VCM, DCサーボモータ, ACサーボモータ					
エンコーダ入力	ラインドライバ形式(RS-422) 標準仕様 最大カウント周波数 2MHz(4通倍後) 高速エンコーダ対応仕様 最大カウント周波数 40MHz(4通倍後) インクリメンタルエンコーダ, アブソリュートエンコーダ対応					
エンコーダ電源供給	5V, 最大350mA					
通信機能	RS-232C通信によるパラメータ設定					
表示	7segLED2桁表示(動作状態表示, アラーム表示)					
モニタ出力機能	2CHアナログモニタ(推力(トルク), 速度他) ±10V, 8bit分解能					
入力信号	RDY/RST, +OT, -OT, LS信号入力(パラメータで機能選択可能)					
出力信号	アラーム出力, ドライブレディ出力, ブレーキ解除出力					
指令入力形式	アナログ指令入力(推力(トルク)/速度指令) デジタル指令入力(位置パルス列) デジタル指令入力(推力(トルク)/速度指令)					
位置出力信号	A相, B相, Z相出力, ラインドライバ形式(RS-422, パルス分周機能なし) エンコーダがA/B相方式入力の場合のみ対応					
保護機能	制御電源電圧低下, エンコーダ断線, 過負荷, 過電圧 低電圧, 過電流, 回生抵抗過熱, オーバーヒート他					
その他機能	ダイナミックブレーキ, 相検知(センサレス磁極位置検出)機能, デジタルフィルタを2段装備(ノッチ/ローパスを任意設定可能)					

推力アナログ入力, 速度デジタル入力および推力デジタル入力の5系統を標準装備し, 様々なアプリケーションに柔軟に対応可能となっている。SDシリーズドライバ専用の調整支援アプリケーションSDSAにより, メンテナンス性も大幅に向上した。表1に, SDPHシリーズドライバラインナップおよび概略仕様を示す。

2.1 SDPHの性能

ナノオーダの高精度を要求される半導体・液晶製造装置用途向けのリニアモータドライバでは, 停止時の振動幅や動作中の微小な推力リプル成分などが性能評価項目となる。しかし, これらの評価基準はユーザごとに異なり, また実機に適用した状態でなければ測定することはできない。リニアモータを使用した位置制御系において, 位置検出器の分解能が十分に高い場合, 停止時の振動や微小推力リプルの発生要因は電流制御部の性能が支配的となる。SDPHの開発では, 電流制御部の性能に影響を与える要素を抽出し, 定量的に把握することにより高精度化を行った。図1に, SDPHの電流制御部ブロック図を示す。

2.1.1 電流制御系の周波数応答特性

一般的にフィードバック制御系において, 低域でのループゲインが不足すると停止精度に悪影響を及ぼし, 高域での周波数特性が悪いと指令追従特性が悪化することが知られている。高精度および高応答を要求されるアプリケーションにおいては, 電流制御の特性が必要な帯域までフラットに伸びた周波数特性が必要とされる。図2は, SDPH-045と住友重機械工業株式会社製リニアモータを組み合わせた場合の周波数応答特性例である。

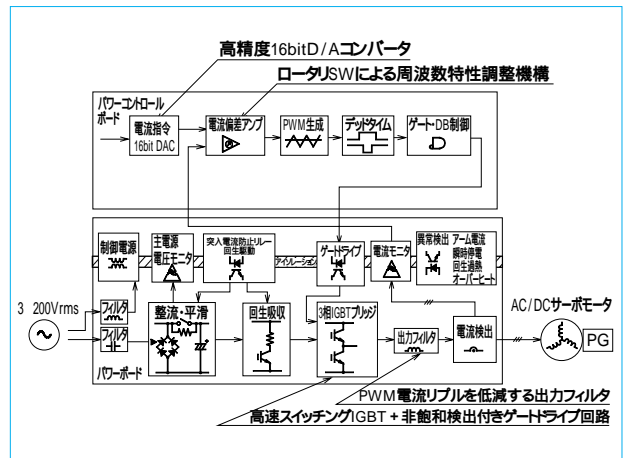


図1 SDPHの電流制御部ブロック図
Current control block diagram of SDPH

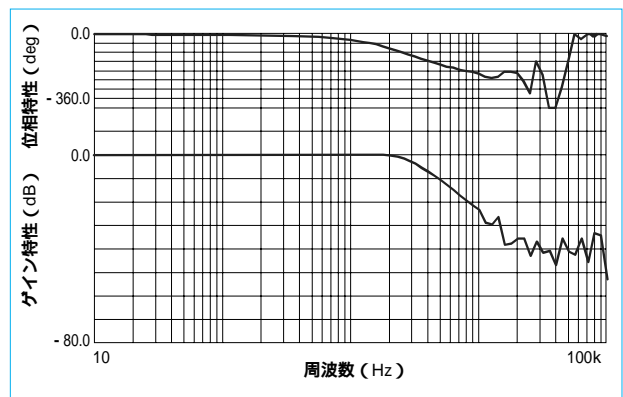


図2 周波数特性例 SDPH-045 + リニアモータ
Example of frequency response, with SDPH-045 and linear motor

2.1.2 電流スペクトラム分析

基準となる正弦波電流指令を入力し, 出力電流に含まれる高調波成分を分析した。出力電流 = 入力指令となり, 基本波成分以外はゼロとなるのが理想である。しかし, 実際のシステムでは出力電流に様々な要因(制御的要因および外乱など)によるノイズ成分が含まれるため, 基本波成分以外の周波数成分が測定されることになる。PWM型ドライバの高調波成分は, スイッチングによる電流リプルやゼロクロス歪みが主要因となって発生する。SDPHでは, スイッチング周波数の高速化およびPWM出力フィルタの採用により, 不要高調波成分をSCS製従来機に比較して大幅に低減した。

2.1.3 電流歪み率

前述の電流スペクトラム分析において, 基本波以外の成分は外乱成分であることを説明した。本報における電流歪み率とは, 外乱成分と基本波成分の比を示す数値であり, 式で示される全高調波歪み率 Total Harmonic Distortionのことである。

$$T.H.D = \frac{\sqrt{D_2^2 + D_3^2 + \dots + D_n^2}}{D_1} \times 100 [\%] \dots\dots\dots$$

Dn n次高調波電流実効値

式のD1は, 基本波, D2~Dnは高調波成分を示す。した

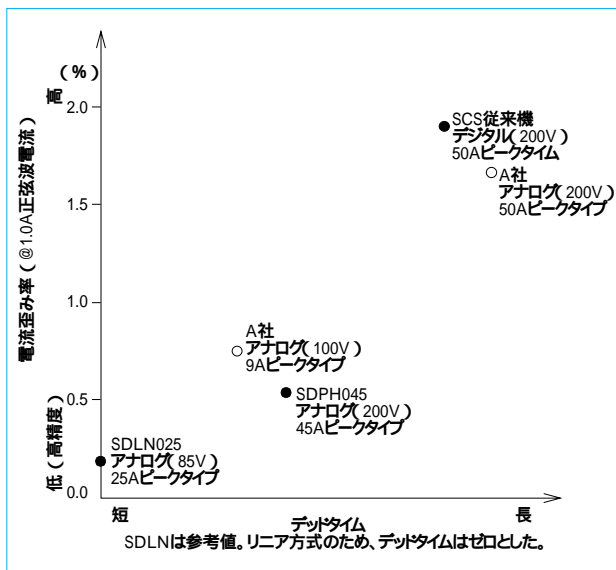


図3 各PWM型ドライバの電流歪み率（デッドタイムとの関係図）
Current distortion ratio of PWM drivers

がって電流歪み率が小さい程、高調波成分が少なく、制御精度が高いことを表している。

PWM型ドライバにおいては、デッドタイムによる不感帯の影響が電流歪み率の主要因となる。デッドタイムとは、最終段パワー素子が同時ターンオンにより短絡することを防ぐ目的で挿入する休止時間のことである。デッドタイムが設定されている電圧出力部の特性は、ゼロクロス点で不感帯を持ったものとなる。この不感帯による影響で出力電流もゼロクロス点で歪むが、電流制御系のDCゲインを高くすることにより、この影響を小さくすることが可能である。

$$F = K_t \times i_a [N] \dots\dots\dots$$

K_t 推力定数 [N/A]
 i_a 電機子電流 [A]

式に、リニアモータを含む永久磁石型モータにおける推力と電流の関係式を示す。式に示すように、発生推力Fは可動子コイル=電機子に流れる電流に比例する。

このためドライバ出力電流の歪みはそのまま推力の歪みとなり、特にゼロクロス歪みは停止精度を悪化させる要因となる。

SDPHでは、高速スイッチング化技術とデッドタイム設定の最適化および十分なDCゲインの確保により電流歪み率1%以下(1.0A正弦波電流指令時)を達成した。図3に、SDPH、SDLNおよびA社製PWM型ドライバの電流歪み率を示す。

2.1.4 実機による停止精度測定

住友重機械工業株式会社製ステージシステム(X05型超精密XYステージ, 位置検出器0.6nm/pulse)を使用し、SDPH、SDLNおよび従来型デジタルPWMドライバを比較実験した。図4は各機種における停止精度の時間プロットで、位置偏差の3値を併記してある。図4c.と図4d.の比較では、従来機(同容量デジタルPWM方式)と比較し、約300%の改善を実現している。また、図4a.と図4b.の比較では、リニア方式超高精度ドライバSDLNの性能に迫る結果となった。

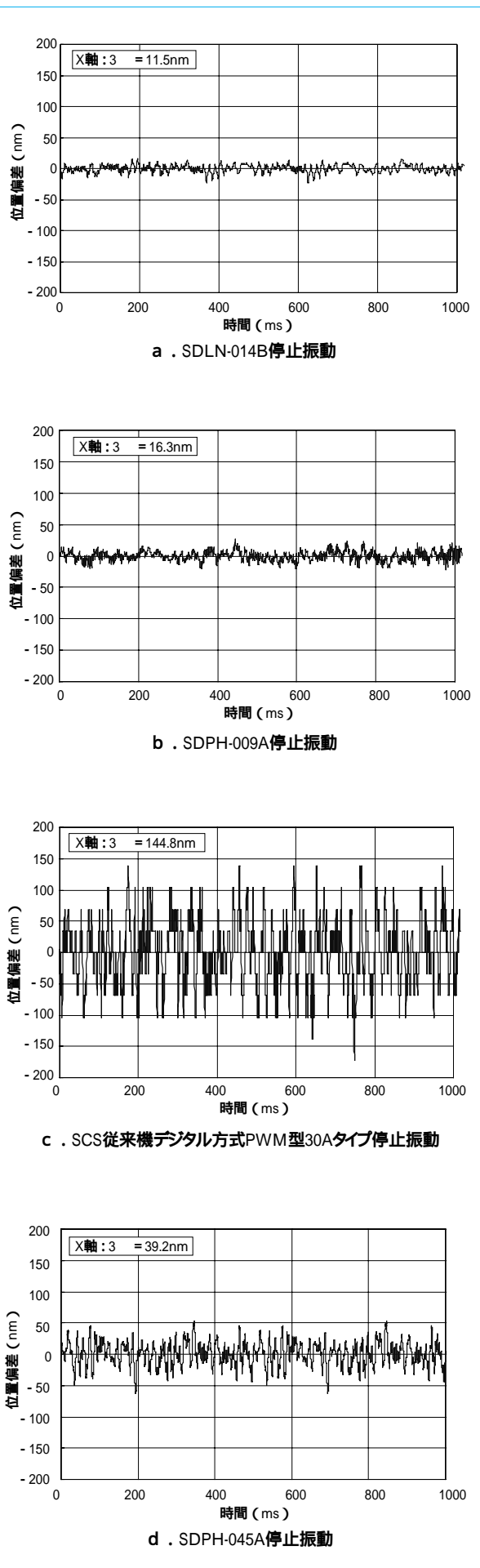


図4 SDPHとSCS従来機の停止振動比較
Comparison between SDPH and SCS's current model at level of stop vibration

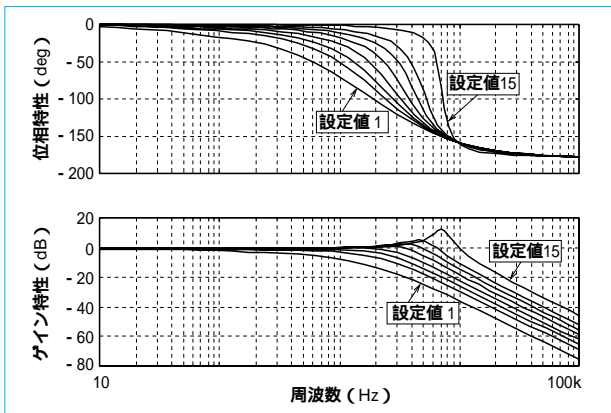


図5 電流ゲイン調整ロータリースイッチ変更時の周波数特性シミュレーション
Frequency response by adjusting current feedback loop gain select rotary switch

2.2 SDPHの高性能化技術

2.2.1 高速スイッチング化技術

第4世代IGBTと、高速ゲートドライバICの採用によりPWM周波数を従来機種比で2倍とした。これにより、電流リップルおよび電流応答帯域を改善した。

信頼性の面では、高速スイッチング素子は短絡耐量がトレードオフとなるため非飽和検出方式による短絡・地絡電流検出付きのゲートドライブ回路を採用した。さらに素子の温度特性に適應した電子サーマルにより、瞬時過電流保護を強化した。

2.2.2 デッドタイム設定の最適化

電流歪み率特性に大きく影響するデッドタイム（上下アーム休止時間）を、高速スイッチング技術の採用により50AクラスPWM型ドライバでは従来機と比較し66%短縮した。これにより、電流歪み率を大幅に低減した。

2.2.3 PWM出力フィルタの標準採用

モータ出力フィルタ回路を標準装備し、出力電流リップルを低減した。これにより、電流検出精度が向上しかつ周辺機器に影響を与えるエミッションノイズの放出が低減した。

2.3 SDPHのユーザビリティ向上機能

2.3.1 電流ゲイン設定変更用ロータリースイッチの採用

従来、アナログ電流制御器ではモータとの組み合わせによって変化する周波数特性を最適化するためには、制御ゲインと位相特性を決める偏差増幅器に使用される帰還回路部品の定数変更が必要であった。SDPHでは独自のゲイン調整機構によるロータリースイッチを利用して、周波数特性を16段階に設定できる機能を搭載した。図5に、ロータリースイッチ設定に対する周波数応答特性の変化をプロットした例を示す。

本機能によりモータとのマッチングが容易となり、さらにユーザが簡単に微調整を行うことが可能となった。

2.3.2 電流オフセット自動キャンセル機能の搭載

SDPHの電流制御系は、アナログ回路によって構成されている。回路構成の最適化および出荷調整により内部で発生するオフセットは最小化されているが、高精度アプリケーションにおいては調整限界以下の微小な電流オフセットによる推カリップルが問題になる場合がある。

SDPHは、稼働中でもユーザにて簡単に3相電流の微小オフセットキャンセルできる機能を搭載した。図6は、電流オフセット自動キャンセル機能のブロック図である。電流制御部が各ブロックに持つオフセット成分の影響をD/Aコンバー

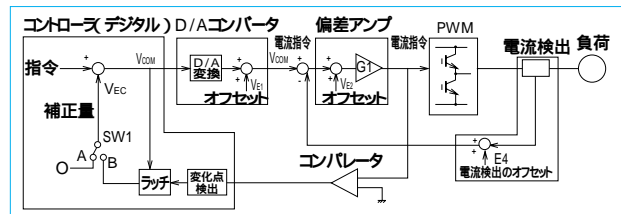


図6 電流オフセット自動キャンセル機能
Function block diagram of automatic current offset cancellation

タ出力データにオフセット値を加算することにより、キャンセルする機構である。電流偏差アンプ部の出力を利用してゼロポイントを検出することにより、電流制御回路内すべてのオフセットの影響を高感度で検出可能な方式となっている。

本機能により、高精度アプリケーションにおける推カリップルを解消し、さらにメンテナンスの簡略化およびシステムの長期安定動作が可能となった。

2.3.3 調整支援アプリケーションソフトウェア SDSA

SDSAは、SCS製SDシリーズドライバに共通で使用可能なWindowsアプリケーションソフトウェアである。

リアルタイム波形モニタ機能

速度および推力などの検出値および内部演算値を、リアルタイムにグラフ表示する機能を搭載した。この機能により、オシロスコープなどの測定器を使用することなくサーボ調整が可能となった。

高速データサンプリング機能

検出値および内部演算値を最高10kHzでサンプリングし、CSVファイルとして保存することが可能である。一般的な表計算ソフトなどに読み込み可能な形式であり、データ解析などに利用可能となっている。

ローカル運転機能

SDSAでは、モータと位置検出器のみ接続されていれば他にI/O信号を接続しなくても簡単に試運転が可能である。この機能により、出荷調整時や上位装置が非稼働状態での立上げ時などで効率的な作業が可能となる。

上記機能の他に、パラメータ編集機能、I/Oモニタ機能、メモリダンプ機能およびアラーム履歴参照機能などを有しており、メインテナンス作業を強力にサポートする。

3 むすび

SDPHは、市場から要求されている高精度化、高速化および高推力化に対応したリニアモータドライバである。

精密ステージに使用されるリニアモータドライブ技術は、半導体の微細化や新しいプロセスへの対応および液晶パネルの生産性向上などを実現するためのコアコンピタンスとなっている。

今後はより高性能化するための技術開発を継続するとともに、装置全体まで含めたより広範囲の最適化に貢献するコンポーネント開発にも積極的に取り組んでいく所存である。

(参考文献)

- 最新モータ・インバータの回路設計、International Rectifire社。
- 電流アンプ回路のオフセット調整方法及びオフセット調整機能を持つ電流アンプ回路（特願2001-380267）。

小形高性能インバータ HF-320 シリーズ

High Performance Compact Inverter HF-320 Series

小松 幹生*
Mikio KOMATSU



図1 HF-320 シリーズ
HF-320 series

1 はじめに

汎用インバータは、低価格化、小型化および高性能化に伴い、一般産業機械用途のみならず民生用途へと、その適用分野が拡大している。特に、小型機種においてはこの傾向が顕著であり、さらなる低価格化および小型化の要求が強い。また、一般用途への拡大に伴い、操作性・メンテナンス性の向上および発生ノイズの低減などが要求される。

当社では、こうした市場ニーズの変化に対応して、小形高性能インバータの新シリーズHF-320 を2004年8月に発売した(図1)。

本報では、HF-320 の制御方式と当社製ギヤモータと組み合わせた場合の特性および機能面での特長を中心に紹介する。

2 製品のラインナップ

HF-320 は、小形高性能インバータの位置付けとして、次の電圧・容量範囲をカバーしている。

- 単相200V入力 0.2~2.2kW
- 3相200V入力 0.2~7.5kW
- 3相400V入力 0.4~7.5kW

3 制御方式

HF-320 では、制御方式として、V/f制御とセンサレスベクトル制御をパラメータで選択することができる。

V/f制御は制御の簡便さとモータを選ばない汎用性という面で利点があるが、低周波数領域でモータの1次巻線抵抗による電圧降下の影響が無視できなくなり、トルクが低下する。また、負荷が変動すると、モータのすべりにより速度が変動するという欠点がある。

センサレスベクトル制御では、前記V/f制御の欠点が改善されている。センサレスベクトル制御の制御ブロック図の簡易的な一例を図2に示す。モータの1次巻線抵抗での電圧降下の影響については電圧ベクトル演算部で補償され、周波数や負荷によらずモータの磁束が常に一定になる様に制御される。また、すべり演算部で、モータのすべりを演算して補償することにより、すべりによる速度変動を抑えている。通常これらの補償値の演算にはモータの回路定数の設定が必要となるが、HF-320 では、モータの銘板値およびテストレポート値(定格回転数、定格電流および無負荷電流)を設定することで対応可能となっている。また、微調整用のパラメータとして、自動トルクブースト量とすべり補償ゲインを準備しており、センサレスベクトル制御使用時の調整を簡略化している。さらに、オートチューニングによる自動調整も可能となっている。

出荷時は、当社のインバータ用モータ(AFモータ)に合わせた調整となっている。当社のAFモータと組み合わせる場合は、調整なしでセンサレスベクトル制御による高性能運転が可能となる。図3に、HF-320 と当社AFモータを組み合わせた場合の速度・トルク特性を示す。低速域でも定格の200%以上のトルクを出力しており、負荷による速度変動も1%以下となっている。

4 特長

4.1 ノイズフィルタ内蔵

汎用インバータの一般用途への普及とインバータで使用している主回路スイッチング素子の高速化に伴い、インバータから発生するノイズが周辺機器に与える悪影響が問題となってきた。既にヨーロッパでは、EMC(Electromagnetic

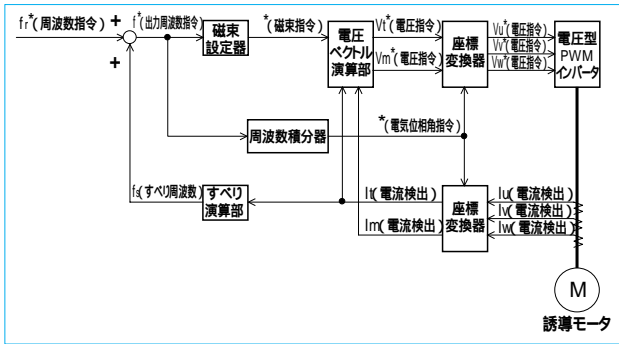


図2 センサレスベクトル制御の制御ブロック図の例
Example of block diagram in sensorless vector control

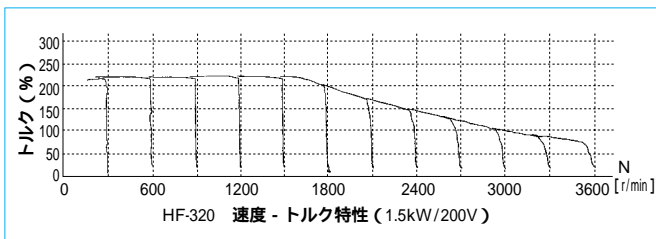


図3 速度 - トルク特性
Speed-torque characteristics

Compatibility) 指令により、インバータなどの電子機器から発生するノイズに規制がかけられている。

これらの状況を配慮し、HF-320 は、当社で初めて標準でノイズフィルタを内蔵した。(単相200Vと3相400V機種は高減衰型EMCフィルタを内蔵、3相200V機種は標準のノイズフィルタを内蔵)

ノイズの発生量は、電源端子妨害電圧(電源線を通して他の装置へ伝播する妨害電圧)と放射電界強度(ケーブルおよび筐体から放射される妨害波)を測定することにより評価できる。HF-320 において、両者を測定した結果を図4に示す。図より、ヨーロッパのEMC規格EN55011(Class A)に適合していることが確認できる。(単相200V、3相400V機種)なお、測定はEMCテスト専用のテストラボ(シールドルームおよび電波暗室)で実施した。

また、ノイズフィルタを内蔵することにより、設置面積および配線の削減も可能となる。

4.2 メンテナンス性の向上

従来、小型インバータは使い捨てという発想で設計されており、メンテナンス性についてはあまり考慮されていなかった。しかし、近年は地球環境問題などへの配慮から、小型インバータにおいても、メンテナンス性が要求されるようになってきた。

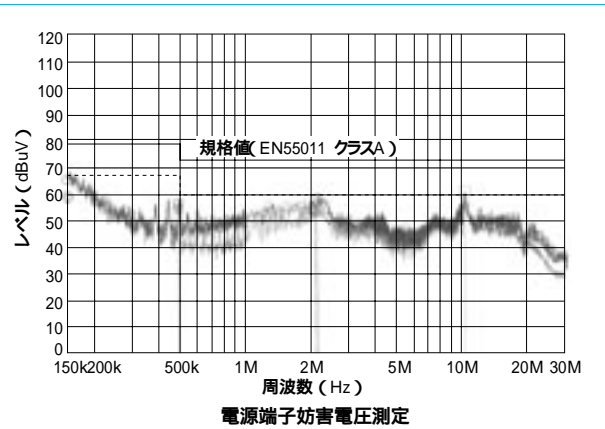
HF-320 では、これらの要求に対応して、メンテナンス性を考慮した設計となっている。

冷却ファンをワンタッチで交換できる構造とした。

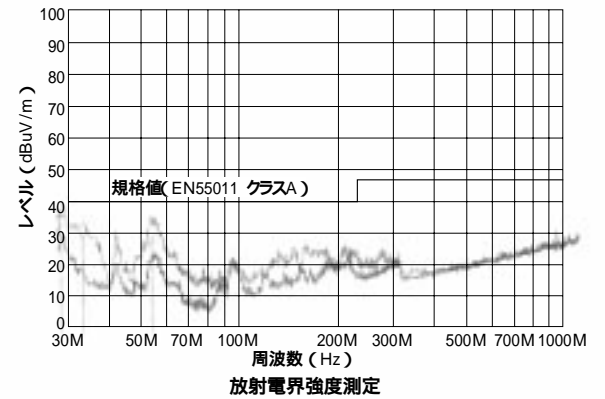
主回路コンデンサの設計寿命を従来の5年から10年に長寿命化した。(メンテナンスフリー化)

寿命部品(冷却ファン、主回路コンデンサおよび制御基板上の電解コンデンサ)の寿命を推定計算して、警報を出す機能を追加した。

着脱式制御端子基板を採用し、制御配線を外さずにインバータ本体を交換できる構造とした。



電源端子妨害電圧測定



放射電界強度測定

図4 EMCテスト結果
EMC test results

異常発生時の詳細運転状況を4回前まで記憶でき、異常時の原因究明を容易とした。

4.3 グローバルスタンダード対応

HF-320 は、グローバルスタンダードモデルとして、世界の主要規格(CEマーキング、ULおよびCSA)に標準ユニットで適合している。また、シーケンス入出力端子も、シンク/ソースのロジック切換えが可能となっている。

5 おわりに

インバータの用途拡大による市場ニーズの変化に対応して、小型高性能インバータHF-320 シリーズを発売した。

HF-320 は当社のインバータ用モータに最適な調整がなされており、客先での調整なしでセンサレスベクトル制御による高性能運転が可能である。

ノイズフィルタの内蔵およびメンテナンス性の向上が図られており、環境にやさしく、ユーザフレンドリーなインバータである。

インバータの市場は今後も拡大していくものと思われるが、多様化する市場ニーズに対応して、製品およびサービスの改良に努める所存である。

(参考文献)

- 日本電機工業会. 伸びゆくインバータ 2004年版. p.1 ~ 6 .
- 藪部忠, 千々岩敏彦. センサレスベクトルインバータ. 省力と自動化, 12月号, p.72 ~ 75, 1993.

インバータ搭載ギヤモータ IV-DRIVE

Inverter Mounting Gearmotor IV-DRIVE

池上 雅人* 小松 幹生*
Masato IKEGAMI Mikio KOMATSU



図1 IV-DRIVE

1 はじめに

従来、機械装置と制御装置についてはインバータなどの制御装置を制御盤内に収めて集中制御するシステムが主流であった。近年、海外を中心に、産業用オープンネットワークの普及、スピード、柔軟性およびシンプル性が要求される情報化時代のニーズにより、インバータなどの制御装置を機械装置側に分散配置するようになった。制御装置間をネットワークで接続して制御するという分散制御システム化へ移行しつつある。

インバータ搭載ギヤモータ (IV-DRIVE) は、分散制御システムのキーコンポーネントとして、注目されてきている。当社では、これらの市場ニーズに対応して、機械・制御・情報の融合化を目的に、IV-DRIVEの開発を行ってきた (図1)。

本報では、今回開発したIV-DRIVEの設計面および性能面の特長を中心に解説する。

2 設計のコンセプト

IV-DRIVEの設計には、次のような特長がある。

従来、インバータ用モータは同容量において標準モータより1枠大きいモータ (AFモータ) となるが、IV-DRIVEでは標準モータを使用している。

モータの冷却ファンの風をインバータの冷却にも活用することでインバータの薄型専用設計を可能にし、小型化およびデザイン性の向上を実現している。

モータへのインバータ搭載を可能にするため、アダプタプレートを使用している (図2)。なお、アダプタ

プレートは、モータの冷却ファンの風を効率よくインバータの冷却に活用できるよう設計している (図3)。

インバータとモータの接続にコネクタ方式を採用することで、インバータの取付け・取外しを容易にしている。

3 制御方式の改善

IV-DRIVEに搭載されているインバータの制御方式について、以下に解説する。

従来IV-DRIVE用インバータでは、モータに与える電圧と周波数の比が一定になる様に制御するV/f制御が使われていた。V/f制御は制御の簡便さという利点があるが、低周波数領域で、モータの1次巻線抵抗による電圧降下の影響が無視できなくなり、トルクが低下する。また、負荷が変動すると、モータのすべりにより、速度が変動するという欠点があった。

今回のIV-DRIVE用インバータでは、自動トルクブースト機能とすべり補償機能を内蔵させることにより、前述のV/f制御の欠点を克服した。

自動トルクブースト機能は、モータおよび負荷条件に合わせてモータの1次巻線抵抗による電圧降下分を自動補償することにより、出力電圧を常に最適に制御する機能である。

すべり補償機能は、電流検出値とモータ定数からモータすべりを推定して、補償することにより、負荷による速度変動を抑える機能である。

どちらの機能も、正確な補償をするには、モータの回路定数が必要となり、使用モータに合わせてインバータの制御パラメータを調整する必要がある。今回のIV-DRIVEでは、組

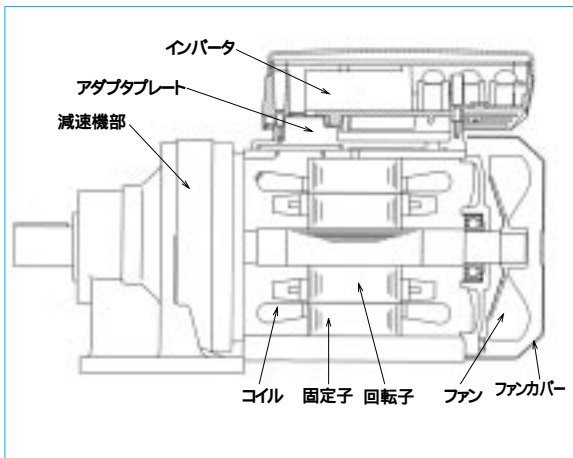


図2 IV-DRIVEの構造
Structure of IV-DRIVE

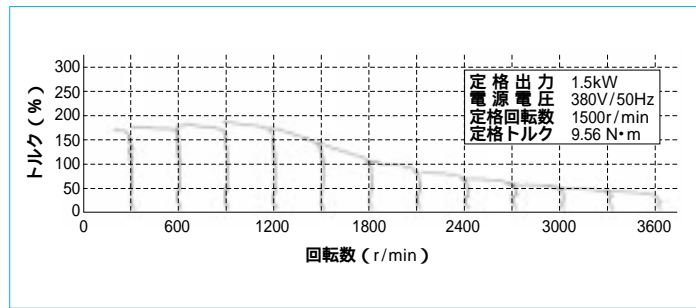


図4 速度 - トルク特性
Speed-torque characteristics

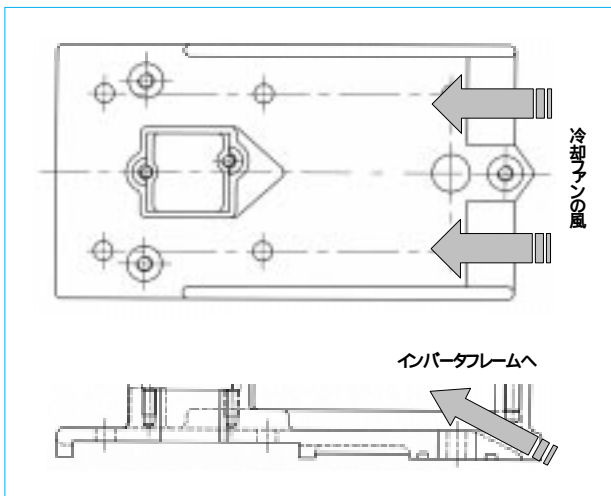


図3 アダプタプレートによる風の流れ
Flow of air by adaptor plate

み合わせるモータに合わせて、インバータ側はマッチング調整されており、面倒な調整は不要となっている。

図4に、今回のIV-DRIVEの速度 - トルク特性を示す。低速域でも定格の150%以上のトルクを出力しており、負荷による速度変動も低く抑えられている。

4 主要仕様と特長

4.1 主要仕様

- 電源電圧 3相380～480V ± 10%
- 容量 0.55～3.0kW
- 速度精度 ± 5%
- 始動トルク 150%以上
- 保護機能 過電流, 過電圧, 不足電圧, 過負荷, 地絡, 出力短絡, 温度異常および欠相 他
- 保護構造 IP55
- 耐熱クラス F

4.2 特長

コンパクトでデザイン性に優れている。(当社の豊富なギヤと直結可能な専用設計インバータである)
インバータ部をギヤモータに搭載することにより、イ

ンバータとモータ間の配線が不要となる。また、複数のインバータ間をオープンネットワークなどで接続することにより、簡単に分散制御システムを構築でき、設備の変更および増設などに柔軟に対応できる。

海外規格 (CE, UL) に標準対応している。

ノイズフィルタを標準で内蔵している。(欧州EMC規格EN55011 クラスAに対応している)

オプションのコントロールパネルによる運転操作、パラメータ設定および状態表示が可能である。また、コントロールパネルはパラメータコピー機能を内蔵しており、パラメータ設定の作業工数を大幅に削減できる。

外部運転指令 (正転 / 逆転) および外部周波数指令 (0 - 10V, 4 - 20mA) による運転操作が可能である。

RS-485シリアル通信機能を標準装備しており、通信による運転操作およびパラメータ設定が可能である。

オプションでオープンネットワークPROFIBUSに対応可能である。

自動トルクブースト機能およびすべり補償機能を内蔵している。

キャリア周波数を1.5～14.0kHzの範囲で変更でき、モータの静音化が可能である。

5 おわりに

薄型専用設計インバータを採用することで、コンパクトでデザイン性に優れたインバータ搭載ギヤモータ (IV-DRIVE) を開発した。

複数のインバータ間をオープンネットワークなどで接続することにより、簡単に分散制御システムを構築でき、設備の変更および増設などに柔軟に対応できる。

今後も、容量拡張およびブレーキ付きなどの市場ニーズを満足する製品の開発に努める所存である。

(参考文献)

国峰尚樹. エレクトロニクスのための熱設計完全入門. 日刊工業新聞社, p.254, 1997.

ギヤモータ用ブレーキ

Brake for Gearmotor

永 易 卓 也*
Takuya NAGAYASU



FBブレーキ
FB brake

1 はじめに

ギヤモータが使用される用途には、機械装置の制動停止や位置決め時の保持にブレーキが使用される場合が多い。また、停電や非常時の事故の未然防止にブレーキが使用される場合もある。これらのブレーキは、一般的に高く安定した制動力が要求されるが、その他各種用途により耐久性、メンテナンス性および静音性など様々な要求がある。これらの要求に応える形で様々なブレーキが発売されている。

本報ではギヤモータ用ブレーキについての基本的な事項を述べるとともに、当社ブレーキの概要を説明する。

2 種類

一般に、ギヤモータ用ブレーキは電磁摩擦ブレーキを使用することが多い。これはブレーキ作動源がモータと同じことから、改めて作動源の準備をする必要がないからである。

電磁摩擦ブレーキは構造や目的により種々の方式があるが、ギヤモータ用途に関連するブレーキの種類について説明する。

2.1 励磁作動形と無励磁作動形

電磁摩擦ブレーキは、電磁石に通電した時に制動する励磁作動形と、通電を切った時に制動する無励磁作動形に分かれる。停電の時に制動が働くことが安全上望ましいので、無励磁作動形を用いるのが一般的である。

2.2 単板式と多板式（複板式）

摩擦面が1面の構造を単板式、摩擦面が2面以上の構造を多板式という。（多板式のうち、特に2面のものを複板式と呼ぶ場合もある）単板式は構造が比較的簡単なことから、小型ギヤモータ領域で用いることが多い。

一方、多板式は同一の制動力を得る場合、単板式よりも小型にできること、制動力が安定していることから中・大型のギヤモータで用いられている（図1）。

2.3 制動用と保持用

制動用は耐摩耗性に優れた摩擦材を用いて総摩擦仕事量と許容制動仕事率を大きくして、高回転からの摩擦制動を頻繁に行う用途で使用する。

一方、保持用は停止位置での保持を目的とし、高摩擦係数の摩擦材を用いて、同一の制動力を持つ制動用ブレーキに比べて小型にできている。保持用は非常停止用として用いる場合もあるが、一般的には高回転からの制動には不向きで、頻繁に使用すると摩擦材の急速な摩耗や摩擦熱による損傷を引き起こすことから、使用には注意が必要である。

3 動作原理

電磁摩擦ブレーキは、摩擦による制動と保持の役割も持つブレーキ機構部（ブレーキライニング、固定板、可動鉄心およびスプリングなどで構成）と、ブレーキを解放する役割を担う電磁石部で構成される（図2）。

ブレーキライニングはボスを介して軸方向に摺動可能な状態でモータ軸に連結されており、解放時はモータ軸と一緒に回転している。このブレーキライニングを挟み込むことにより、ギヤモータの制動・保持を行う。無励磁形電磁摩擦ブレーキの解放と制動の動作原理を、次に示す。

3.1 解放

コイルに通電すると固定鉄心と可動鉄心の間に電磁力が発生する。電磁力がスプリングのばね力に打ち勝つと可動鉄心が固定鉄心側に吸引され、今まで接触していたブレーキライニングと固定板・可動鉄心との間に隙間が生じて、ブレーキが解放される。

3.2 制動

電源を切ると電磁石の磁気吸引力が消失し、スプリングのばね力によって可動鉄心がブレーキライニング側に押し戻され、ブレーキライニングと固定板・可動鉄心間で発生した摩擦力で制動・保持される。

4 結線と注意点

電磁摩擦ブレーキ用の電磁石は、直流式が主流となっており、交流を直流に整流するための整流器がギヤモータの端子箱内に設置されている場合が多い。電磁摩擦ブレーキを使用する場合、整流器と入力電源の結線方法によってブレーキの動作遅れ時間が異なるので、用途にあった結線をする必要がある（図3）。

その他、ブレーキを使用する場合の注意点を次に示す。

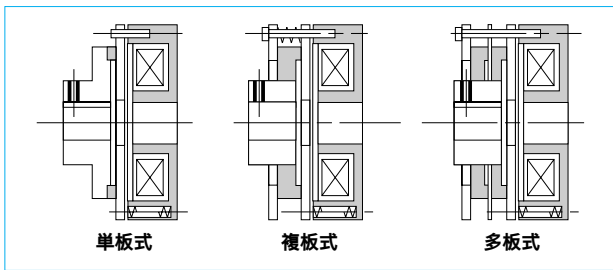


図1 無励磁作動形電磁摩擦ブレーキの構造例
Structure example of electromagnetic friction brake (Spring actuated type)

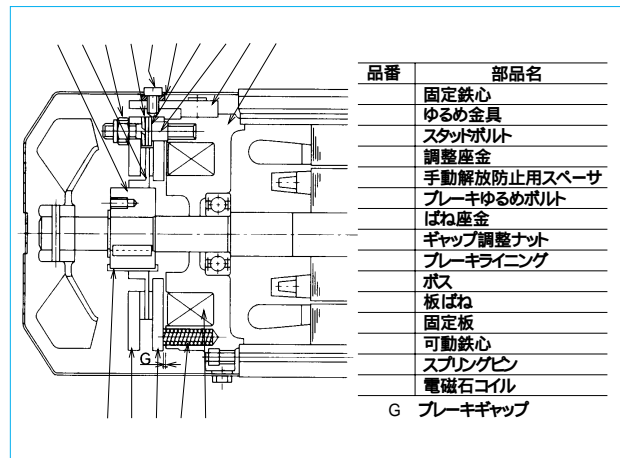


図2 FBブレーキ構造図 (FB-5B)
Structure of FB brake (FB-5B)

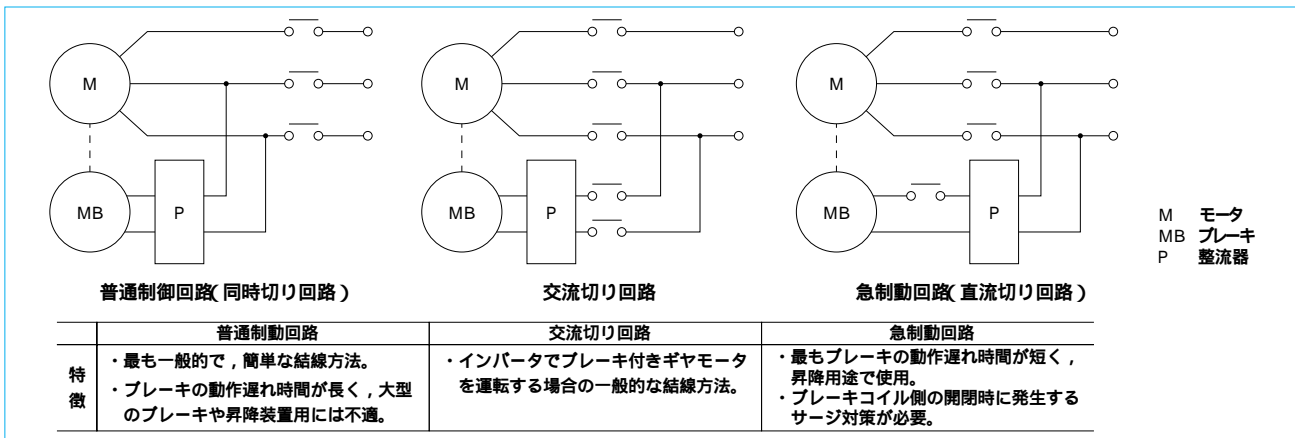


図3 ブレーキ結線例
Connection example for motor with brake

インバータなどによりモータを低速で使用する場合、ブレーキの冷却効率が低下することから、時間定格運転や負荷トルクを低減して連続使用するなどの対策が必要になる場合がある。

ブレーキライニングが摩耗し、固定鉄心と可動鉄心間のギャップが限界値以上に広がると、最終的にブレーキ解放不良となる恐れがあるため定期的な点検を実施する。

海外で使用する場合、海外の電圧事情に合った定格電圧のブレーキを選定する。

5 主要仕様と特長

当社は40年以上のブレーキ付きギヤモータの製作実績を有し、サイクロ 減速機をはじめ数百万台ものブレーキ付きギヤモータを製作してきた中で、多くの技術を蓄積している。現在ブレーキ付きギヤモータの製作容量範囲は15W～37kWと広範囲にわたるが、この中で当社の主要ブレーキシリーズである、FBブレーキの概要を紹介する(冒頭の写真)。

- 形式 FB-01A～FB-30 (計13種)
- 適用モータ容量 0.1kW～22kW (4極)
- 定格電圧 DC90V, DC180V (FB-20,30はDC90Vのみ)
- 耐熱クラス B, F
- 方式 制動用乾式複板無励磁作動形

特長を次に示す

ブレーキ電磁石部とモータ接合部を一体設計にし、ブレーキ付きギヤモータとしてコンパクト設計が可能である。

標準ブレーキトルクをモータ定格トルクの150%とし、昇降用途に対応可能である。

停電時や装置据付け時の無電状態の場合でも、手動でブレーキが解放できる手動解放装置付きである。

UL規格およびCCC規格などの各種海外規格に対応可能である。

屋外仕様、静音仕様、特殊ブレーキトルクおよび特殊電圧など、様々な特殊仕様に対応可能である。

6 おわりに

ギヤモータ用ブレーキでは、安全面と作動源の確保のしやすさから、無励磁作動形の電磁摩擦ブレーキが広く用いられている。

電磁摩擦ブレーキを使用する際の注意事項は、目的用途に適したブレーキの選定と、定期的なメンテナンスを行うことである。

当社のギヤモータ用であるFBブレーキシリーズは、コンパクトで様々な要求に対応可能なブレーキである。今後は、ギヤモータに対するユーザーニーズの高度化および多様化に対応できるよう、さらにブレーキの仕様の充実に努めていく所存である。

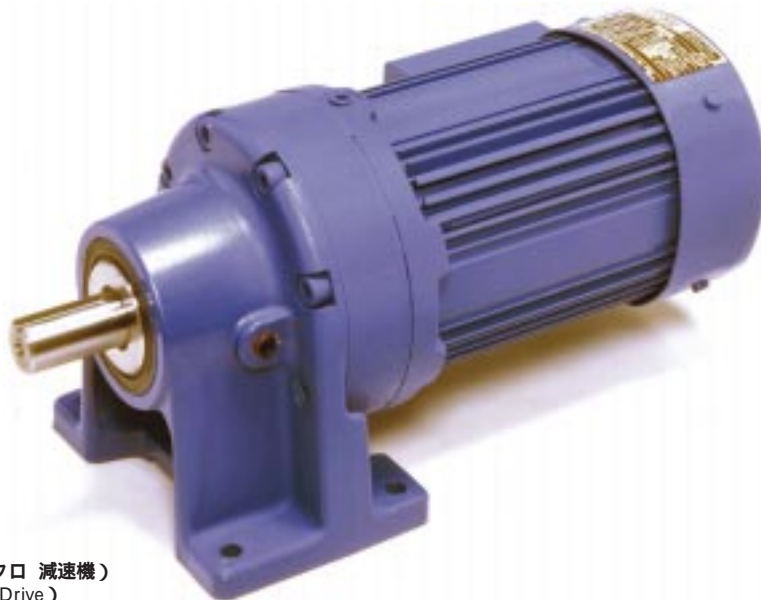
(参考文献)

日本工作機器工業会. TES 1109-1983 無励磁作動形乾式電磁ブレーキ(摩擦形), 1983.

ギヤモータの海外安全規格

Overseas Safety Standards for Gearmotor

裾野元久* 飯田博文*
Motohisa SUSONO Hirofumi IIDA



CCC認証のギヤモータ（サイクロ 減速機）
Gearmotor for CCC (CYCLO Drive)

1 はじめに

ギヤモータは、駆動装置として機械に組み込まれ、国内および海外市場へ広範囲に供給されている。最近、民生用機器にもギヤモータが適用されていて、その安全性は重要な要素である。

製品の安全性を確認する方法として国、地域ごとの安全規格があり、ギヤモータも海外安全規格を認証取得することが必須となってきた。

当社は、多様化する市場ニーズに応じて、ギヤモータの海外安全規格の認証取得を推進している。ここでは、代表的な安全規格である米国のUL規格、カナダのCSA規格、欧州のCEマーキングおよび最近注目されている中国のCCCについて、ギヤモータに要求される技術的なポイントについて解説する。

2 UL規格（米国）

UL規格は、米国の民間の試験機関であるUL (Underwriters Laboratories Inc.) が人命にかかわる火災・災害に関し、科学的調査・研究・実験を行い、それらの防止のために制定した安全規格である。

米国の州・都市によっては、条例により消費生活用製品にUL規格の取得が義務付けられていることから、ギヤモータを米国市場に輸出する場合に、モータ本体およびモータ製造工場のUL認定が必要となる。

当社は、国内工場と海外工場（米国および中国）がUL認定を受けているので、UL規格対応のギヤモータのグローバルな対応が可能である。

モータに関するものは、UL1004（モータの構造全般に関する規定）であり、マグネットワイヤおよびユニスなどの絶縁システムのUL認定を取得する必要がある。その方法には、絶縁システムを構成するコンポーネントを選定し、試験機関にてテストを受ける方法と、システムコンポーネントとして認定されている絶縁システム（UL1446）を利用して認定を受ける方法がある。

表1に、当社製のUL規格のギヤモータ仕様を示す。

3 CSA規格（カナダ）

CSA (Canadian Standard Association) は、カナダ政府の諮問によって設立されたカナダ規格協会であり、そこで作成された規格がCSA規格である。カナダでは、州内で販売される電気機器および電気部品などにCSA認定を法制化している。モータに関するものは、C22.2 No.100（モータの一般的な要求事項を規定）である。

カナダでは、1999年10月に単速度の用途のギヤモータに対してもエネルギー効率規制が実施されたことから、1～200HP（90枠以上）のギヤモータをカナダに輸出する場合、CSA規格と合わせて高効率モータの認証が義務付けられている。なお、可変速モータはエネルギー効率の規制対象外となっている。

当社では、カナダ天然資源省（NRCan）で認証された高効率モータ付きのギヤモータをシリーズ化し、NRCanとCSAマークをモータ銘板に表示している。

表2に、当社製のCSA規格のギヤモータ仕様を示す。

表1 UL規格のギヤモータ仕様
Gearmotor specifications of UL standards


モータ項目	単相モータ	3相モータ	高効率モータ	AFモータ (インバータ駆動用)	ULマーク(部品) (米国)
モータ容量	1/50 ~ 1HP	1/50 ~ 15HP	1 ~ 10HP	1/4 ~ 10HP	
電源電圧・周波数	115/230V 60Hz / 230/460V 60Hz				
耐熱クラス	A, F	A, F	F		
極数	4P				
ブレーキ・保護方式	ブレーキなし IP55 / ブレーキ付き IP54 (1/8 ~ 7.5HP)				

表2 CSA規格のギヤモータ仕様
Gearmotor specifications of CSA standards



モータ項目	3相モータ	高効率モータ	CSA, NRCan (カナダ)
モータ容量	1/8 ~ 1HP	1 ~ 50HP	CSA  NRCan 
モータ種番	F-63S ~ 80M	FA-90S ~ F-200L	
電源電圧・周波数	230/460V, 575V 60Hz		
耐熱クラス	B	F	
極数	4P		
ブレーキ・保護方式	ブレーキなし IP55 / ブレーキ付き IP54 (1/8 ~ 20HP)		

表3 CEマーキングのギヤモータ仕様
Gearmotor specifications of CE marking


モータ項目	単相モータ	3相モータ	高効率モータ	AFモータ (インバータ駆動用)	CEマーキング (欧州)
モータ容量	0.1 ~ 0.4kW	15 ~ 90W	0.1 ~ 55kW	1.1 ~ 11kW	0.2 ~ 22kW
電源電圧・周波数	220, 230V 50Hz		230/400V 50Hz		
耐熱クラス	B	E	F		
極数	4P				
ブレーキ・保護方式	ブレーキなし IP55 / ブレーキ付き IP54				

表4 CCCのギヤモータ仕様
Gearmotor specifications of CCC

モータ項目	単相モータ	3相モータ	AFモータ (インバータ駆動用)	CCCマーク (中国)
モータ容量	15 ~ 90W	100 ~ 750W	40 ~ 90W / 100 ~ 1100W	100 ~ 750W
電源電圧・周波数	200/220V 50Hz		220/380V 50Hz	
耐熱クラス	E	B	E	F
極数	4P			
ブレーキ・保護方式	ブレーキなし IP44, 55 / ブレーキ付き IP44, 55			

4 CEマーキング (欧州)

EU (欧州連合) 域内では、1995年1月からCEマーキングのない機械製品の輸入が規制されている。(CEは、European Communityに相当するフランス語の略号)

CEマーキングは、EC指令に適合している製品に表示することにより、製品の品質、安全性の証明となりEU域内での商品の流通を保証するものである。

モータに関係するEC指令は、機械指令と低電圧指令とEMC指令 (Electromagnetic Compatibility) がある。

機械指令は、人の健康と安全を損なわないような機械を市場に供給させるもので、機械、電気および作業者の安全性の要求事項を定めている。

低電圧指令は、電機機器 (AC50 ~ 1000VまたはDC75 ~ 1500Vで動作する機器) に対する安全水準および要件について定めている。

EMC指令は、機器に用いる制御装置、電気品の全てを含めた機器全体が対象となっているので、ギヤモータ単体で特にEMC対策の必要はない。

EC指令の安全要求事項を具体化したものが、EN規格である。モータに関するものは、EN60034 (モータの一般的な要求事項を規定) である。当社は、認証機関により規格認定されたギヤモータをCEに適合していることを宣言し、CEマーキングをモータ銘板に表示している。

表3に、当社製のCEマーキングのギヤモータ仕様を示す。

5 CCC (中国)

中国は、WTO (World Trade Organization) の加入に伴い従来から実施されていた製品の安全に関する二つの認証制度を統一化し、CCC認証制度 (China Compulsory Certification) として2003年8月1日から強制を実施した。

CCC認証の製品対象品目は、19種類132品目に拡大され中

国国家認証許可管理委員会 (CNCA) による製品と工場の認証が必要となり、CCCの対象品目で認証取得していない製品に対して、単品での中国への輸出および中国国内での販売が禁止されている。

1.1kW以下の小型モータがCCCに該当し、中国国家規格のGB規格 (GB12350 小型モータの安全要求) が適用され、認証製品には中国語の銘板が必要となり、CCCマークまたはシールの表示が義務付けられる。

当社では、対象品目である小型モータのCCC認証取得を業界に先駆けて実施し、豊富な減速機と組み合わせたギヤモータとして2003年11月から発売を開始した。

表4に、当社製のCCCのギヤモータ仕様を示す (冒頭の写真)。

世界の工場として急成長する中国市場向けに、CCC対応のギヤモータとして幅広い分野に適用できる。

6 おわりに

ギヤモータの海外安全規格について、主要規格であるUL規格、CSA規格、CEマーキングおよび中国のCCCに関する要点を述べた。

機械を海外に輸出する場合は、駆動装置に各国の安全規格を取得したギヤモータを採用することが必須である。

当社の豊富なギヤモータは、世界の主要な安全規格を取得していることから、海外市場での客先ニーズに幅広く対応できる。

(参考文献)

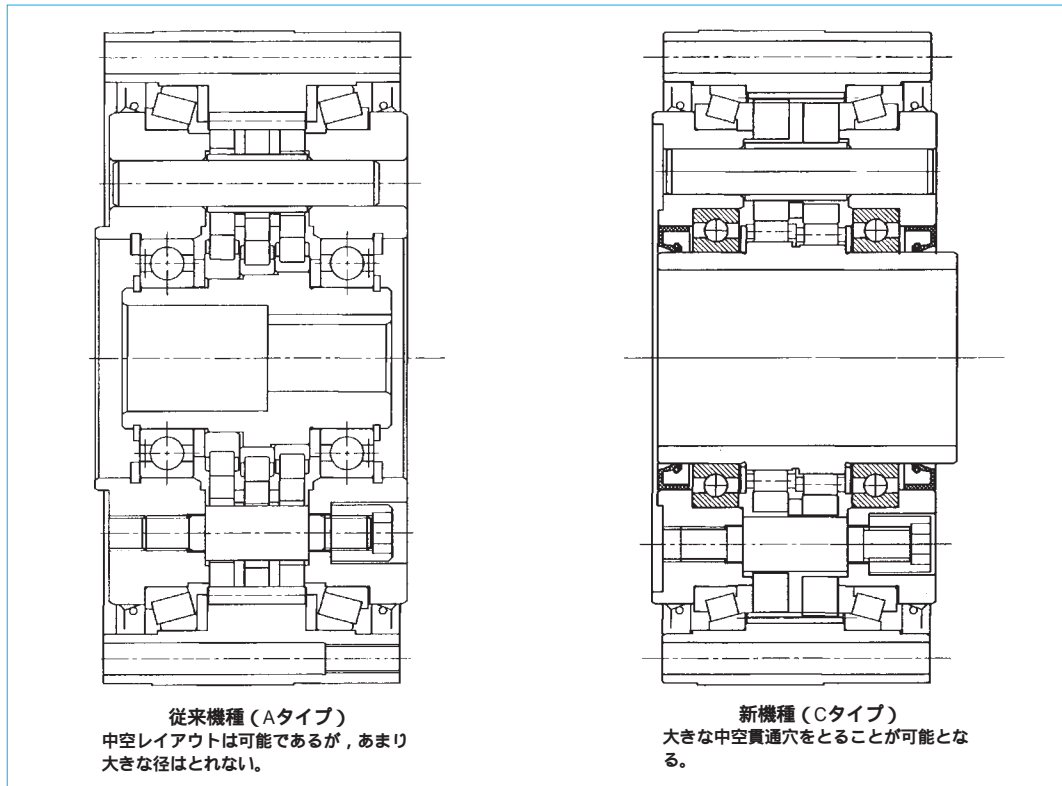
日本規格協会. UL規格の基礎知識. p.7 ~ 11, 1993.

坂下栄二. 世界の安全規格・認証便覧. 日本規格協会, p.579 ~ 598, 1996.

裾野元久. CCC認証のギヤモータシリーズ. 産業機械, no. 643, p.64, 2004.

サイクロ 減速機 FシリーズCタイプ

CYCLO Drive F-Series C-Type



各種産業機械において、FA関連機器に代表されるような、サーボモータ制御により繰返し位置決め精度が必要とされる用途に対し、当社ではMC (Motion Control) ドライブという製品群を用意し、顧客ニーズに対応している。

MCドライブの製品構成は、

F (Fine) シリーズ (ファインサイクロ 減速機)

ロストモーション0.5 ~ 1 分以内

LB (Low Backlash) シリーズ (サーボ用サイクロ 減速機)

バックラッシュ 6 分以内

IB (Intermediate Backlash) シリーズ (IB遊星減速機)

バックラッシュ 3 分 (オプション), 10分

となっており、客先要求精度に合わせ、これら 3 シリーズより最適な機種を選定し、提案を行っている。

今回は、このうちFシリーズに新たにCタイプが追加されたので紹介する。Fシリーズはその機構および特徴により、

Tタイプ 2 段減速機構、ロストモーション0.5分以内

Aタイプ 1 段減速機構、ロストモーション 1 分以内

の二つに分類される。

このFシリーズは主にロボットアーム駆動、工作機械およびポジションナなどの精密制御向けに適用される製品であるが、近年スペース効率のアップやケーブル寿命向上などの目的で、ケーブル類を内蔵するための中空貫通穴をもつ減速機

の要求が増えてきている。

中空レイアウト形状はAタイプ構造により成立させることができるが、客先要求に見合うだけの十分な大きさの中空径を取ることができないことから、新たに専用設計を行い、新機種として追加発売することとした。

主要仕様

枠番, 減速比

枠番 C15, C25, C35, C45, C55, C65の 6 枠番

減速比 59, 89, 119, 149 (枠番により異なる)

定格トルク範囲

167N・m (C15) ~ 3139N・m (C65)

ロストモーション 1 分以内 (C15 ~ C65)

中空径 (枠番 (減速機外径/中空径) の表記)

C15 (151/ 35) C25 (186/ 48) C35 (226/ 59)

C45 (256/ 73) C55 (293/ 90) C65 (331/ 102)

潤滑方式

グリース潤滑 (標準グリースを封入出荷)

中空径が大きく取れるCタイプの追加により、今まで以上に幅広い市場ニーズに対応することが可能となった。

(PTC事業本部 常世田聡)

ACサーボギヤモータ GS-100シリーズ

Servo Gearmotor GS-100 Series



サーボドライブは従来工作機械やロボットの用途を中心に発展してきたが、高性能化、小形・軽量化および操作性の向上といったサーボ技術の進歩により、一般産業機械の分野でもサーボの採用が急速に進んでいる。近年は省エネルギーなどの高効率化や環境への対応ニーズも加わって、磁石モータの採用が進むなど、その市場の裾野が拡大してきている。

このような市場の広がりに対応するため、当社では一般産業用途（搬送物流および簡易位置決め）に適した、応答性および操作性のよいギヤ直結のサーボドライブを製品化した。

主要仕様

容量範囲	3相200V 0.1～3.7kW (2000r/min)
速度制御範囲	1：2000
速度周波数応答	100Hz以上
制御モード	速度制御，位置決め制御
位置検出器	省配線インクリメンタルエンコーダ
構造	ベースマウント形

特長

サーボモータをギヤに直結することにより、全長が非常に短くなりコンパクトである。また、サーボモータをギヤに直結することにより、サーボモータとの芯出しや、

カップリングのメンテナンスが不要となる。

豊富なギヤヘッドモジュール（サイクロ減速機およびハイボニック減速機）で、あらゆる用途に対応が可能である。

インバータでは性能不足、サーボは操作が難しいというユーザーのニーズに対応し、汎用インバータの操作性とサーボの性能を両立した製品となっている。

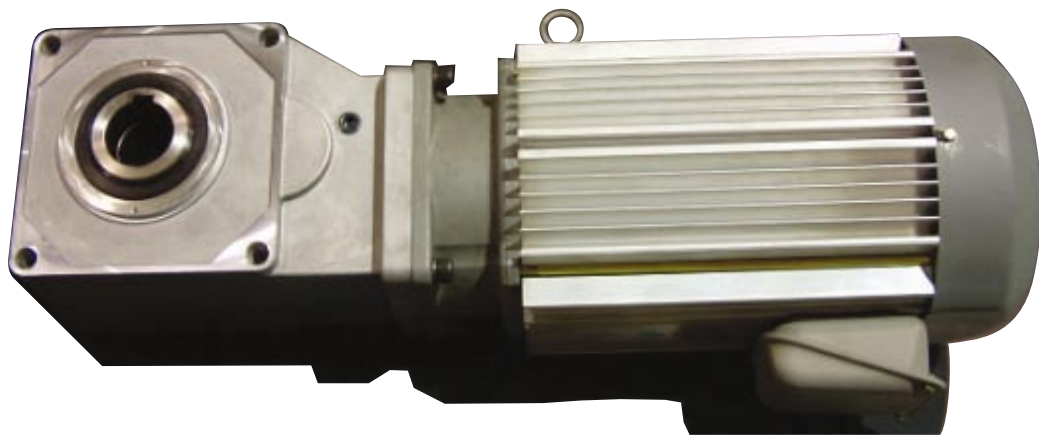
- デジタルオペレータを標準装備しており、必要なパラメータの呼出しおよび設定が簡単である。
- 6桁2色LEDにより、パラメータNo.と設定値を同時に確認することが可能である。
- ソケットタイプの制御端子台の採用により、専用コネクタによる半田作業をなくし、配線作業を簡略化している。
- 性能は汎用サーボと同等の高応答性および高トルクを実現している。

主な用途は、コンベア、搬送物流システム、印刷機械、食品機械、繊維機械および包装機械である。

(PTC事業本部 鷹野勝彦 技術本部 佐藤 崇)

ハイポニック減速機 NEOシリーズ拡大

Hyponic Drive NEO Series Expansion



ハイポニック減速機 は1988年の発売以来、軽量、コンパクト、低騒音、高効率およびメンテナンスフリーなどの特長を生かし、産業分野を中心に、搬送および物流機器などの動力伝達装置として好評を得ている。

2002年1月には、中空軸タイプをモデルチェンジ、国内客先の要望を満足しながら、海外客先への対応力を強化、NEOシリーズとして発売した。

今回、NEOシリーズにハイポニック減速機 としては大型の機種を追加発売、シリーズ拡大を行った。

主要仕様

形 式	中空軸 (RNYM) タイプ	
モータ	3相モータ付き	3.7, 5.5kW
	インバータ用モータ付き	2.2, 3.7kW
減速比	5 ~ 60	

特 長

減速機部とモータ部の分離可能な構造により、組み合わせに自由度が広がり、様々な仕様を短納期対応可能とした。また、のサービスファクタ対応も容易にしている。

同一容量、減速比で2サイズの減速機部を用意し、使用条件により減速機部とモータ部の組み合わせを選択可能とした。特に、負荷条件の厳しい用途にも使用される大型機種にはこのニーズが多い。

内部ギヤおよびケーシングの最適設計により減速機部のサイズダウンを実現した。また、ケーシングはFEM解析の活用により、材質変更(鋳鉄からアルミへ)を可能とし、強度を維持しながら大幅な軽量化を実現した。これらにより、従来機と比較し、26~53%の軽量化を実現している。

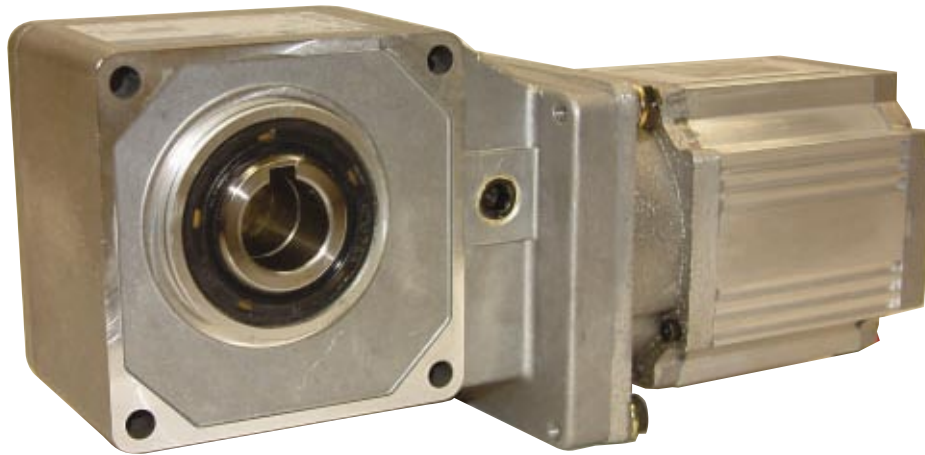
減速機初段にハイポイドギヤを用い、独自の解析技術により、低騒音および高効率を実現している。また、専用特殊グリースの採用により大型機種でありながらメンテナンスフリーを実現している。

本製品は競合製品に優位性を持った商品であり、物流搬送機器の駆動用はもちろん幅広い用途に採用されることが期待される。

(PTC事業本部 峯嶋 靖)

ドア開閉用、電動車椅子走行用およびエレベータ昇降用ハイポニック減速機

Hyponic Drive for Door Drive, Electric Wheelchair Drive and Elevator Drive



ハイポニック減速機は、直交ギヤモータが有するコンパクト性およびハイボイドギヤの特長である低騒音・メンテナンスフリーなどの特長が評価されて、産業用機械の分野を中心に搬送および物流機器などの動力伝達装置として好評を得ている。

近年、福祉機器や住宅設備などの民生機器の機械化および自動化の拡大に伴い、我々の身近な場所で使用されるギヤモータの需要が多くなってきている。これに伴い、顧客のニーズも多様化しているが、こうしたニーズを満足するためには、産業機械向けのギヤモータでは対応できなくなっている。

そこで、顧客ニーズを満足させるために新たな技術を付加してアプリケーションに適したギヤモータを供給している。

本報では、その一例を紹介する。

ドア開閉用ハイポニックギヤモータ

主要仕様

入力容量 0.05～0.1kW

減速比 8～12

特長

ドア開閉用ギヤモータに対する顧客ニーズは、駆動音の静かさ、起動時の高応答性および制限された空間に収まるコンパクト性である。これらの客先要求に応じて、高応答型専用設計のブラシレスDCモータを静音設計のハイボイドギヤ減速機に直結した商品を開発した。

電動車椅子走行用ハイポニックギヤモータ

主要仕様

入力容量 40～60W

減速比 20～30

メカニカルクラッチ内蔵

特長

電動車椅子走行用ギヤモータに対する顧客ニーズは、バッテリー寿命を延ばすために高効率で消費電力が小さいこと、低騒音、軽量およびコンパクトであること、さらに電動・手動の切替用メカニカルクラッチ機構が求められる。これらの客先要求に応じて、高効率専用設計のDCモータをハイボイドギヤ減速機に直結した商品を開発した。ギヤヘッドには専用のメカニカルクラッチ機構を内蔵させた。

エレベータ昇降用ハイポニックギヤモータ

主要仕様

入力容量 2.2～11kW

減速比 12～40

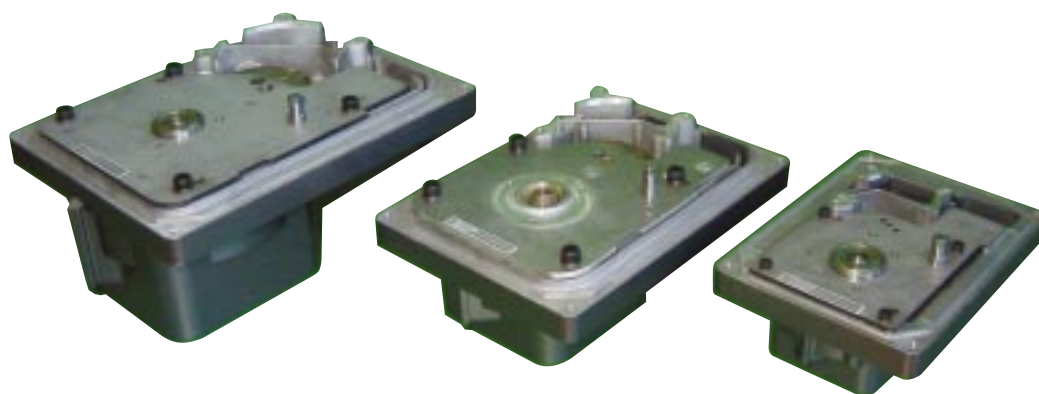
特長

エレベータ昇降用ギヤモータに対する顧客ニーズは、高ラジアル荷重対応および静音性である。これらの客先要求に応じて、FEM解析を用いたケーシング・継力バーの専用設計、ギヤ最適諸元設計およびギヤ特殊仕上げ加工方法を施した静音型ギヤモータを開発した。従来の駆動装置と比べ、5dB(A)<7.5kW>程度の騒音低減となっている。

(PTC事業本部 重見貴夫)

バルブ用減速機

Speed Reducers for Valve



バルブ用減速機は、生産ライン自動化などのニーズで堅調な伸びを示している自動弁市場へ参入するために開発されたサイクロ 減速機の新しい分野での新商品である。

減速部出力段にサイクロ 減速機を使用したクォータータンバルブ（90°開閉バルブ）専用の減速機である。ボールバルブ駆動用には高効率シリーズ 4 機種を、バタフライバルブ駆動用には流体から受けるバルブの逆転トルクを保持できるセルフロック機能付きシリーズ 3 機種を商品化した。いずれも高強度かつ軽量コンパクトを達成している。

2004年 1 月より発売を開始した。

主要仕様

型番	V070～V100	
	ボールバルブ用	3 型番 4 機種
	バタフライバルブ用	3 型番 3 機種
出力トルク	9.8～589Nm	
減速比	829～4803	
据付け	出力軸下向きから水平まで	
入力方式	モータ入力および手動ハンドル入力	

特長

サイクロ 減速機の歯形には低速・高負荷トルクの仕様に最適な専用設計の歯形を採用した。また、サイクロ 減速機とモータをオフセットさせることにより高減速比でありながら薄型偏平な減速機を実現した。高強度・軽量コンパクト化を可能にしている。

バタフライバルブ駆動用には流体から受けるバルブの逆転トルクを任意の開度で保持することができるセルフロック機能をサイクロ 減速部に備えた。これによりウォーム減速機と同じ機能を備えながらサイクロ 減速機の高い信頼性を兼ね備えている。

出力軸の一方はバルブ駆動用に使用し、もう一方は開閉操作を制御するための開度信号取出し用に使用することが可能である。バルブの開度をダイレクトに検知し、バックラッシュの影響を受けない高精度な制御を可能にする構造となっている。

モータでの駆動機構のほかに、手動ハンドルでの駆動機構を装備している。ビルやプラントへの配管など据付け作業時に電源が準備できていない場合や停電時の応急作業の場合でも手動でバルブ開閉操作をすることが可能である。

手動ハンドルでのバルブ開閉操作時や予期せぬ事態でも、減速機内部に装備したメカニカルストッパにより、出力軸は90°の操作範囲を超えることのないフェイルセーフ設計となっている。これにより、バルブ本体と配管を保護することが可能である。

(PTC事業本部 為永 淳)

エスカレータ用HEDCON ウォーム減速機

HEDCON for Escalator Drive



HEDCON ウォーム減速機は当社の開発した特殊歯形の鼓形ウォームであり、ウォーム減速機として最高水準の負荷容量と高効率を誇る。本機はこの特長を生かし、エスカレータ用に専用設計した減速機である。

近年、中国では急激なインフラ整備拡充に伴い、エスカレータの需要が急増している。

エスカレータ駆動用減速機としては、静音性およびコンパクト性の点から、世界的にウォーム減速機が用いられている。我が国では省エネルギーの観点が重視され、ヘリカル減速機が用いられている。ヘリカル減速機はウォーム減速機と比べ高効率ではあるが、構造が複雑であり、特殊な騒音対策が必要となることから、コスト的に高価になるという欠点を持つ。中国で用いられるエスカレータ駆動用減速機は、ウォーム減速機が主流である。

本機は、ウォーム減速機の静音性およびコンパクト性という特長を維持しつつ、ヘリカルギヤボックスに次ぐ高効率を実現し、中国市場をメインターゲットとして、投入を図るものである。また、本機は、歯車以外の部品調達および組立を中国で行う予定である。

なお、日本市場においても、高効率を生かし、ヘリカル減速機からの置換えを進めていきたい。

主要仕様

入力容量	7.5kW (1000r/min)
減速比	19.5
連続許容出力トルク	2300N・m (機械定格)
専用モータ用連結板付き	モータ軸下向き

特長

円筒ウォーム減速機に比べ、約10%の効率アップが可能である。ヘリカル減速機と比較しても、多くの場合、モータ容量の変更なしで置換えが可能と考えられる。

エスカレータ用として専用設計を行い、無駄のないコンパクトな形状を実現している。

歯車の負荷容量が高いことから減速機の小型化が可能であり、同様に専用設計された円筒ウォーム減速機に比べ約30%の質量削減となっている。

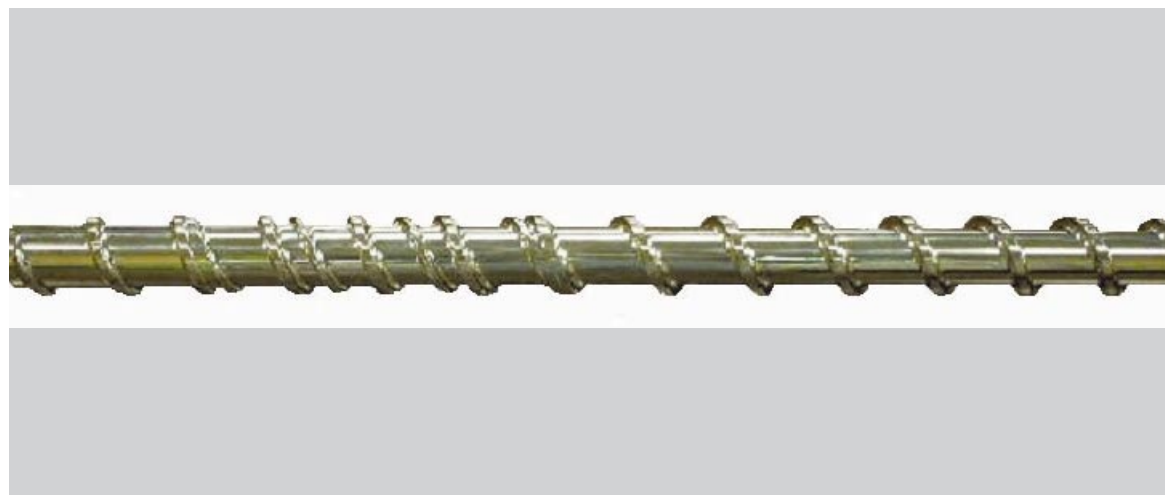
モータと減速機の結合は、中空入力軸にモータ軸をマウントする方式を採用している。カップリングを使用しないことから制限の大きい高さ方向の寸法を短く抑えることができるとともに、部品点数削減による信頼性の向上が期待できる。

(PTC事業本部 加地孝敏)

低温可塑化スクリュー スミメルトスクリュー

Low Temperature Plasticizing Screw "Sumi-Melt Screw"

杉山 智* 数面 博義*
Satoshi SUGIYAMA Hiroyoshi SUMEN



SMスクリュー
SM screw

射出成形市場においては、コスト削減のため、成形のハイサイクル化および歩留まり性向上が要求される。しかしこの要求に応じてスクリュー回転数を上げる、シリンダ設定温度を下げるという成形条件の変更を行うと、樹脂の発熱、混練不良およびスクリューや加熱シリンダの摩耗などの問題が発生する場合がある。スミメルトスクリュー（SMスクリュー）は、シリンダ内の樹脂圧力の上昇を緩和させる形状によりこれらの問題を解決する。そして可塑化能力向上と成形樹脂温度の低下によるハイサイクル成形、および樹脂焼けの低減による歩留まり性向上とスクリューメンテナンス周期の延長が期待できる。

本報ではSMスクリューの特長および効果について報告する。

In the injection molding market, higher cycles and higher yields of molding are required for cost reduction. However, changing the molding conditions such as increasing the screw rotation speed or decreasing the cylinder set temperature to meet this demand may cause problems such as heat generation from resin, poor kneading, and wear of the screws and the heating cylinder. The "Sumi-Melt Screw" solves these problems through its shape, which reduces the increase of resin pressure inside the cylinder. In addition, the new screw is expected to perform high-cycle molding with an increased plasticizing capability and decreased mold resin temperature, and increase the yield and extend the screw maintenance interval through reduced resin burning. This report describes the features and effects of the "Sumi-Melt Screw."

1 まえがき

射出成形において、成形サイクルの短縮すなわちハイサイクル化は成形品 1 個当たりのコストを削減するために有効な手段である。

また成形品のコスト削減のためには、高温で焼けた樹脂が成形品に混入することに起因する不良率の低減が求められる。焼けを成形品に混入させないために、通常定期的なスクリューの分解清掃が行われるが、スクリューのメンテナンス周期の延長も不良率の低減と同時に要求される。特に、食品キャップなどの容器成形業界では、焼けの混入防止が最重要

課題である。

上記の要求に対応するスクリューとして、スミメルトスクリュー（SMスクリュー）を開発した。本報では、SMスクリューの特長および効果について報告する。

2 開発の経緯

図 1 に、射出成形の成形サイクルを示す。スクリューによって可塑化・計量された樹脂は金型内に充填され、保圧・冷却工程を経て成形品として取り出される。また冷却工程中に次のショットのための計量が同時に行われる。成形サイクルを短縮するためには、それぞれの工程にかかる時間を短縮す

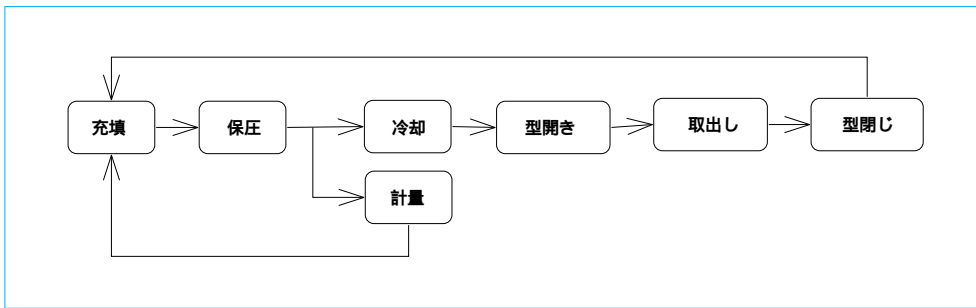


図1 射出成形の成形サイクル
Molding cycle of injection molding

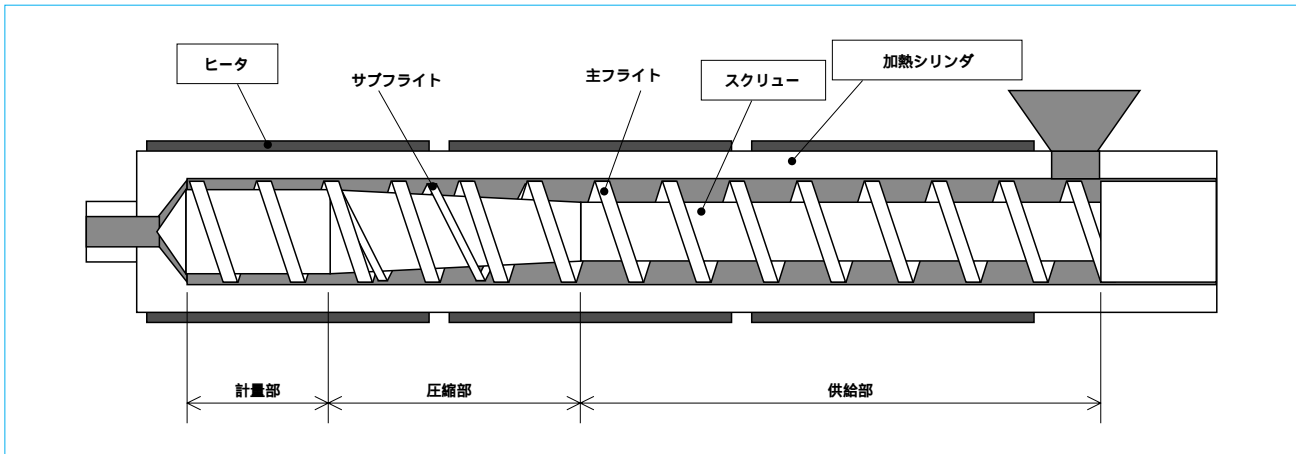


図2 射出成形機のスクリーアセンブリ
Screw assembly of injection molding machine

ればよいが、充填・保圧時間は成形品の形状に依存し、取出し時間は成形機の型締装置や取出し機的能力によって決定される。一方、計量時間はスクリーを含めた可塑化装置の能力で決定され、冷却時間は可塑化された樹脂の温度に依存する。したがって成形サイクルを短縮する場合、上記を考慮して検討する必要がある。

射出成形機のスクリーは、図2に示すように異なった機能を持つ三つの部分から形成される。すなわち、供給部、圧縮部および計量部である。供給部は、ホッパから投入される成形材料である樹脂を加熱シリンダ内に送り込むと同時に、シリンダに取り付けられたヒータからの伝熱および樹脂ペレットとシリンダ内壁との摩擦熱で樹脂を溶融する。圧縮部は、予熱された樹脂を圧縮しながらせん断をかけて溶融させる。また、樹脂が溶融することによる体積変化を補い、ここで樹脂から脱気されたガスは供給部を通りホッパに抜ける。計量部は、溶融した樹脂を混練し均一化しながらスクリー前方に送り出す。

さらにサブフライトスクリーでは、主フライトより若干高さが低いサブフライトを設けることにより、溶融樹脂と未溶融樹脂を分離し、効率よく溶融することによって、樹脂の混練性、均一性および脱気性を向上させている。

樹脂を溶融するために加えられるエネルギーすなわち熱は、ヒータからの伝熱とスクリー回転によるせん断熱の和である。この両者の配分および加えられる全エネルギーは、スクリー回転数の操作条件により以下ようになる。

スクリー回転数が低い場合

スクリー回転数が低いと、樹脂にかかるせん断力が小さい。また、樹脂はヒータからの伝熱で時間をかけて十分に予熱され、温度が高くなる。一般的に樹脂の粘度は温度に依存し、温度が高くなると粘度が低くなるので、樹脂にかかるせん断力はより小さくなる。したがって樹脂に加えられる全エネルギーは、ヒータからの伝熱が支配的になり、温度制御も容易になる。

スクリー回転数が高い場合

スクリー回転数が高いと、樹脂にかかるせん断力が大きい。また、樹脂は十分に予熱されずに粘度が高いまません断がかかるので、せん断発熱はますます大きくなる。したがって、樹脂に加えられる全エネルギーは、せん断発熱が支配的になり、温度制御が困難になる。

計量時間を短縮することを目的としてスクリー回転数を上げる、また冷却時間を短縮するあるいは樹脂焼けを減らすことを目的として、加熱シリンダの設定温度を下げるような条件の変更が一般に行われる。しかし、これらの条件変更とスクリーの樹脂を溶融させる能力とのバランスがとれていない場合にいくつかの問題が発生する。この事例を以下に紹介する。

冷却時間の延長、焼けによる不良率の増加

計量時間を短縮するためにスクリー回転数を上げると、樹脂がより速く下流に送られるのでヒータからの伝熱量が少なくなり、樹脂が十分に予熱されないままスク

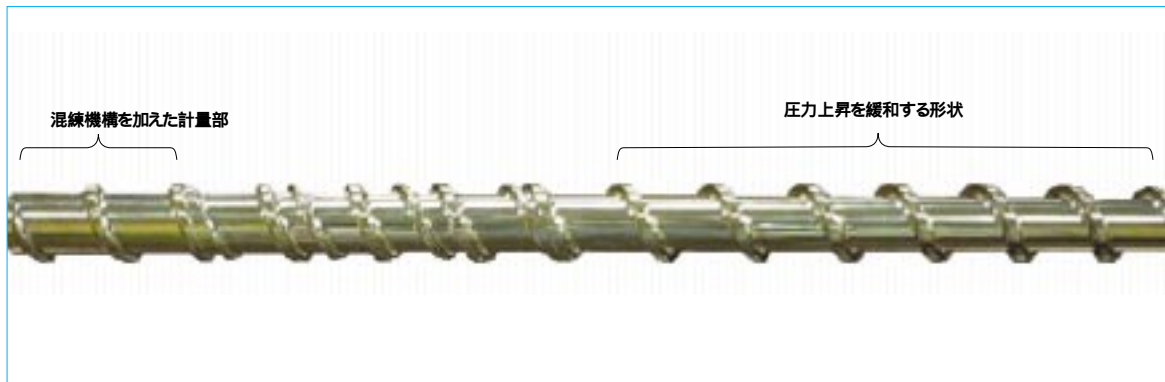


図3 SMスクリューの形状
Design of SM screw

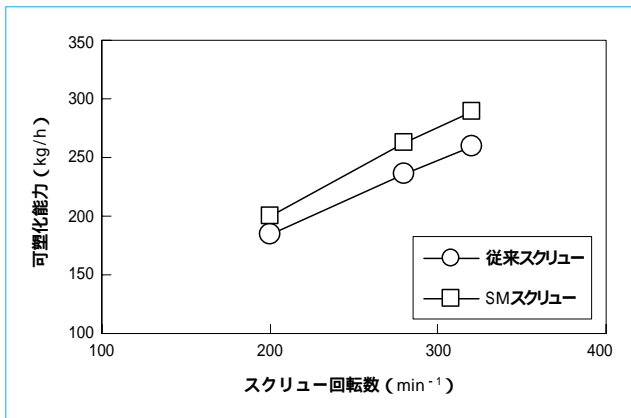


図4 可塑化能力の比較
Comparison of plasticizing capacity

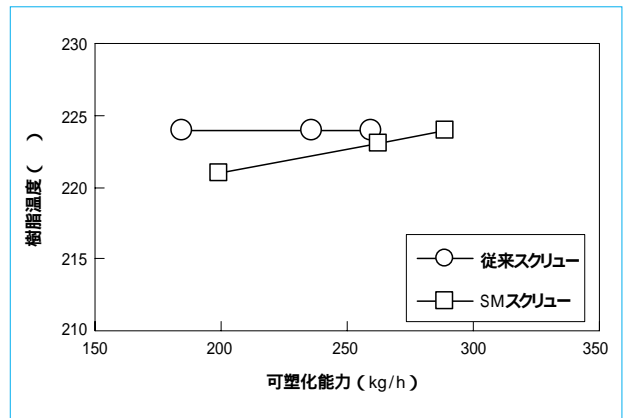


図5 樹脂温度の比較
Comparison of resin temperature

スクリューの圧縮部に達することになる。樹脂の温度が低いと粘度が高くなって圧縮部でより大きいせん断がかかることになり、樹脂は圧縮部で局部的に発熱する。冷却時間を短縮するために加熱シリンダの設定温度を下げて同様の結果となる。また計量部においても溶融樹脂にかかるせん断が大きくなるので、発熱してシリンダ設定温度より高い温度に達し、温度制御が不可能になる。

これらの発熱は、樹脂温度を所望の温度よりも過剰に高くさせて冷却時間を延ばすだけでなく、樹脂が焼けるほどの高温になった場合には、成形品に黒条および黒点などとして混入して不良率を上げる原因となる。

混練不良

スクリュー回転数を上げる、あるいはシリンダ設定温度を下げることで樹脂が低い温度のまま下流に送られると、十分に溶融して混練されないまま計量される可能性が高くなる。未溶融樹脂にせん断をかけて溶融させる形状にも限界があり、融けきらなかった樹脂が成形品に混入したり、マスタバッチなどで成形品に色を着けている場合には成形品の色むらが発生することがある。

スクリューフライトと加熱シリンダの「かじり」

スクリュー回転数を上げる、あるいはシリンダ設定温度を下げることで樹脂が低い温度のまま下流に送られると、圧縮部やサブフライト部で樹脂の圧力が局部的に高くなり、スクリューをシリンダ内壁に押し付ける力が発

生ずる。通常スクリューフライトとシリンダ内壁との隙間には樹脂膜が存在し、潤滑剤の役割を果たしているが、スクリュー押付け力が高くなると、スクリューフライトとシリンダ内壁が金属接触し、フライトを早期に摩耗させたり、極端な場合は「かじり」に発展する。

SMスクリューは、樹脂に過剰なせん断が作用するのを防止する形状を採用することにより、上記の問題を解決するものである。

3 SMスクリューの特長

図3に、SMスクリューの形状を示す。前記のような問題を引き起こすのは、主にスクリューの供給部から圧縮部にかけての樹脂圧力の上昇により過大なせん断が発生することによるものである。SMスクリューは、シリンダ内の圧力の上昇を緩和させることでこれを防止している。さらに計量部に混練機構を設けることで、より混練性を上げる構造としている。

4 SMスクリューの効果事例の紹介

成形サイクルの短縮

PP樹脂の成形において、従来のスクリューに比べ成形サイクルが6%短縮できた。

PP樹脂を同条件で可塑化したときの従来スクリューとSMスクリューの可塑化能力の比較を図4に、樹脂温度の比較を図5に示す。SMスクリューは、従来スクリ

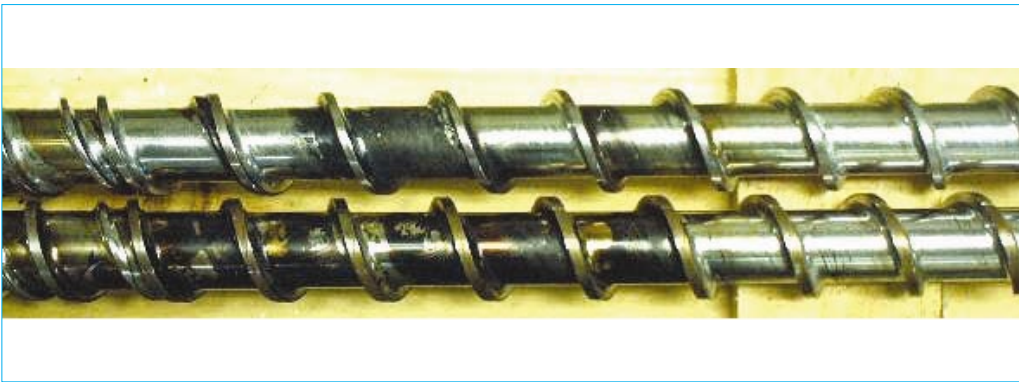


図6 炭化樹脂附着量の比較 (上: SMスクリー 下: 従来スクリー)
Comparison of quantity of burned resin (Top: SM screw Bottom: current screw)

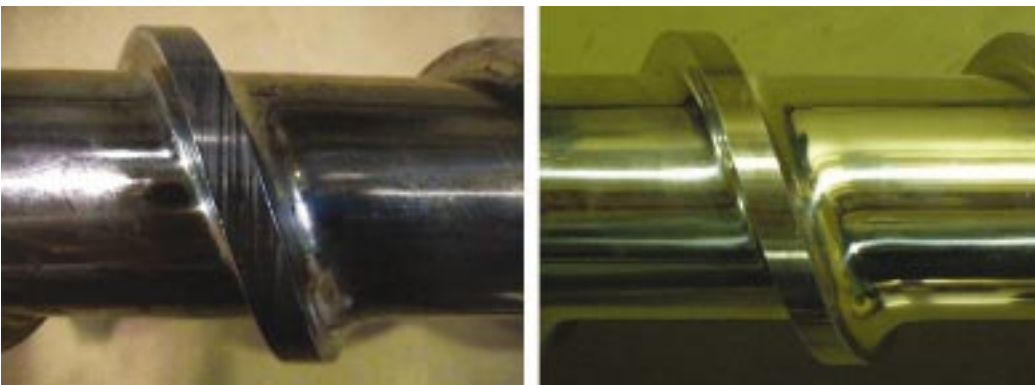


図7 スクリューフライト表面の比較 (左: 従来スクリー、右: SMスクリー)
Comparison of surface of screw flight (Left: current screw Right: SM screw)

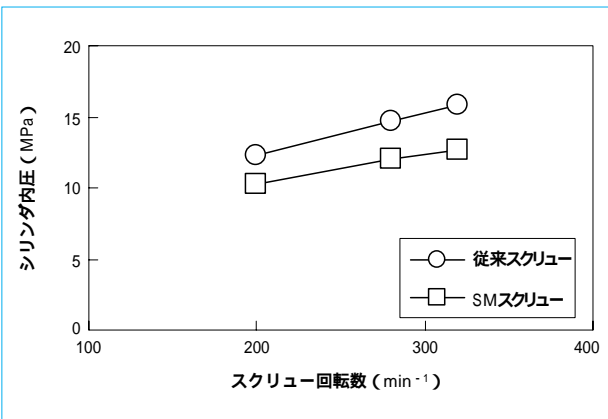


図8 シリンダ内樹脂圧の比較
Comparison of resin pressure in plasticizing cylinder

ューに比べて熔融樹脂温度が低い。これが成形サイクル短縮の理由である。

樹脂焼けの低減

図6に、同条件で同一期間PE樹脂の成形を行った後のスクリー表面の状態の比較を示す。炭化してスクリー表面に附着した樹脂の量は約1/5に減少している。(成形品への焼け混入率も大幅に減少)これは、可塑化時のせん断発熱低減の効果である。

スクリーフライトと加熱シリンダの摩耗低減

図7は、一定期間成形後のスクリーフライト表面の

状態の比較である。SMスクリーでは、フライト表面にシリンダとの当たり傷が発生していない。

SMスクリーの方がシリンダ内圧が低いことが、この違いの発生する理由である(図8)。

5 むすび

本報では、低温可塑化スクリーであるSMスクリーの特長と効果事例について説明した。

可塑化能力の向上と成形樹脂温度の低下により、ハイサイクル成形が可能になる。

樹脂焼けを低減できる。

ハイサイクル成形におけるスクリーと加熱シリンダの摩耗を低減できる。

これまで効果を確認しているのは、主に容器・キャップ成形の分野で使用されるオレフィン系の樹脂である。今後、他の分野に展開していく所存である。

(参考文献)

数面博義. SFスクリー(高機能パリア型スクリー)について. 住友重機械技報, vol.38,no.112,Apr.,1990.

Tadmor, Z., and Klein I.. Engineering principles of plasticating extrusion, Van Nostrand Reinhold, 1970.

瀬戸正二. 射出成形(第8版)プラスチック・エージ, 1986.

立体剛結橋脚の隅角部疲労損傷に対する補強

Reinforcement for Fatigue Damage on Beam-Column Connection of 3D Shear Bridge Pier

佐々木 靖彦* 小西 拓洋*

Yasuhiko SASAKI

Takuyo KONISHI



図1 標準的な補強構造
Standard reinforcement structure

首都高速道路において、鋼製橋脚隅角部の疲労損傷が数多く報告されており、当社はその補修補強に取り組んでいる。補強構造は、一般的な形状を有する橋脚の隅角部については標準化されており、それによって設計を行うことができるが、応力性状が複雑な橋脚は個別に検討を行っているのが現状である。

本報では、複雑な応力性状を有する橋脚と主桁が剛結された構造を対象に、FEM解析と応力計測により応力性状を明らかにし、補強構造を検討したのでその概要を報告する。

In Metropolitan Expressway, many fatigue damages on beam-column connection of the rigid frame steel pier are reported. We have been working to repair and reinforce the damaged areas. For the connection of bridge piers with ordinary shapes, reinforcement structures are standardized and they can be designed in accordance with the standards. However, for those bridge piers with complex stress properties, reinforcement measures have been individually studied. We have identified the stress properties of a structure in which a bridge pier with complex stress properties is rigidly joined to the main girder, and then studied a reinforcement structure, through FEM analysis and stress measurement. This report describes an overview of the study and its result.

1 まえがき

首都高速道路の鋼製橋脚の隅角部において、活荷重の繰返しが原因と考えられる疲労損傷が数多く報告されている。首都高速道路公団では鋼製橋脚補修検討委員会を設置し、この問題に取り組んでいるが、当社においても2002年12月に同公団から受注した「鋼製橋脚隅角部補強工事1-1(東京)」において、隅角部の疲労損傷に対する補修補強に取り組んでいる。

橋脚の断面が矩形で、応力性状が一般的な隅角部に対しては、損傷原因の一つとして考えられるせん断遅れによって生じる応力集中の低減を目的に、柱・梁の寸法と板厚に応じた当て板を設置する補強が標準化されている(図1)。一方、応力性状が複雑となる円形断面の橋脚や、橋脚と主桁が剛結され、立体的な挙動を示す橋脚(立体隅角)では、FEM解析などによって個別に力学的挙動を把握し、その上で補強方法を検討していく必要がある。

本報では、立体隅角を有し、複雑な応力性状となる高速3号渋谷線の橋脚(渋・407橋脚)に対して、FEM解析と荷重車

による応力計測を実施して、応力性状を明確にし、適切な補強構造を立案することができたので、その検討内容を報告する。

2 橋脚構造

渋・407橋脚は、1971年に竣工した首都高速3号渋谷線の2層ラーメン構造の橋脚で、田園都市線三軒茶屋駅付近に位置する。本橋脚は、図2に示すように上層に首都高速道路が4車線、下層に国道246号線が2車線の合計6車線の重要幹線道路を支えており、上層桁は支承を介して橋脚に支点支持され、下層桁は橋脚に剛結されている。今回の検討対象は、図2のa部に示す隅角部である。この隅角部の特徴として、下層桁が橋脚と剛結されており立体的な挙動を示すことが予想されること、国道の壁高欄が脚柱に近接しており、補強部材の設置に支障があることの二つがあげられる。

3 損傷状況

本隅角部の損傷状態を、マクロ試験および磁粉探傷試験によって調査したところ、隅角部のカドに47mmのキズが検出

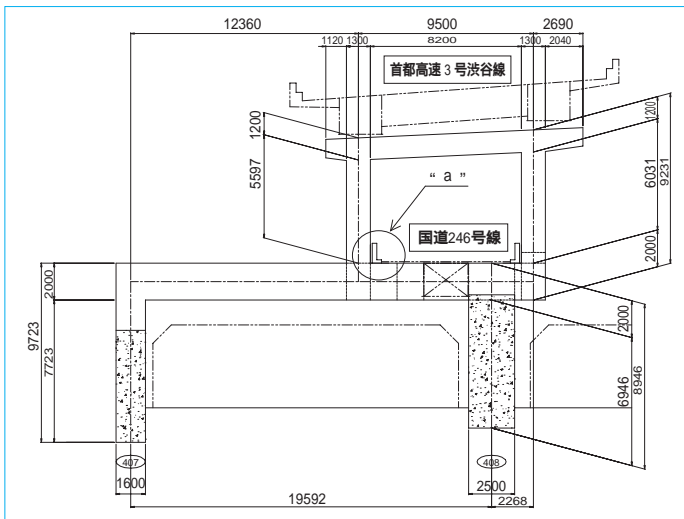


図2 渋-407橋脚の構造
Shibu-407 Bridge pier structure

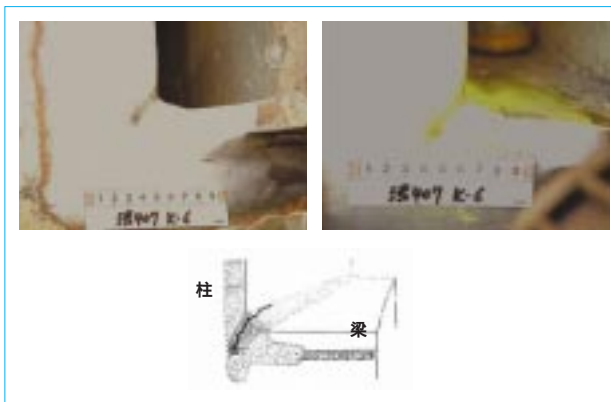


図3 亀裂状態
Crack state

された(図3)。このようなキズは、橋脚を正面からみて柱と梁のフランジの板コバ面が見えるような板組み(FF)でよく検出されるキズである。活荷重により発生する隅角部の応力頻度を測定した結果、最大応力範囲は柱軸方向が57MPa、梁軸方向が41MPa、主桁方向が36MPaと他の高速3号渋谷線の橋脚と同様に比較的高い応力が計測され、検出されたキズは疲労き裂の可能性が高いと判断された。このような疲労き裂は進展性があり、このまま供用を続けることは危険であると判断されたため、当該箇所の耐荷性・耐久性を向上させる補修・補強を行うこととなった。

4 応力性状

本隅角部を補強するに当たっては、実際の応力性状(主応力の大きさ・方向)を把握し、き裂の原因と考えられる応力を特定するとともに、その応力を低減させるような補強を行うことが重要である。このため、まず着目点の応力性状をFEM解析で予測し、荷重車による動波形を計測して、解析値と実測値の整合性をとり、解析モデルの妥当性(実橋を再現できたこと)を確認した上で、FEM解析による補強設計を行った。

4.1 FEM解析

疲労設計は、道路橋示方書に規定されたT荷重(200kNの自動車荷重)を車線に対して移動載荷し、得られた応力範囲

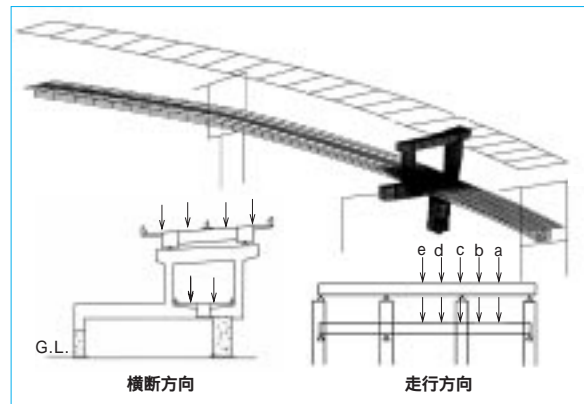


図4 FEM解析モデルと荷重載荷位置
FEM analysis model and loading position

を使用して行う。これは疲労耐久性が車輛の走行に伴う応力範囲と、その繰返し回数に依存するためである。応力計測では、できるだけ大きな応力を計測し、測定精度を高めるよう、特殊車輛通行許可申請を必要としない最大荷重245kNの荷重車を載荷荷重とした。

FEM解析のモデルと荷重載荷位置を、図4に示す。橋脚隅角部の立体的な挙動を把握する目的で、解析モデルは橋梁全体(3径間連続鋼床版箱桁)をモデル化した。FEM解析のモデルは、対象橋脚と橋脚に剛結される主桁をシェル要素で、その他は棒要素でそれぞれモデル化を行った。応力伝達部材ではないが、隅角部に近接する壁高欄についても、着目点への影響を考慮してモデル化した。着目点付近の最小メッシュ幅は12.5mmとした。

荷重載荷位置は、車輛走行による着目部の応力変動を把握するため、図4に示す10ケースとした。すなわち、走行方向の載荷位置は起点側支間中央、起点側支間の1/4、横梁直上、終点側支間の1/4、終点側支間中央の5点とし、横断方向の載荷位置は、対象隅角に対して最も影響の大きい下層上り車線()と上層下り車線()とした。

4.2 応力計測

応力計測は、車輛重量245kNの荷重車を走行させて同時性(車輛の走行とそれに伴う応力変動の同時性)を考慮した動波形を計測して行った。計測には車輛通過時の波形変化を逐次記録し、モニタリングできるシステムを使用した。

本橋は2層構造であるため、例えば荷重車が下層を走行するケースでは、上層の一般走行車輛の影響を受けることが懸念された。また、荷重車の走行時に重車輛が併走して、その影響を受けることも考えられた。このような影響を除外するため、計測は本路線の交通量が最も少ない日曜日の深夜から未明にかけて行った。また荷重車を国道上り車線と高速下り車線をそれぞれ数回走行させてデータを収録し、着目部が荷重車のみの影響を受けたケースを採用した。

応力計測の計測点を、図5に示す。隅角部のフランジ方向は、応力分布を調べるため複数の計測点を設け、板の表裏の応力計測を基本としたが、フランジ中央付近は下層桁の壁高欄が近接するため、外側にはゲージを貼付することができなかった。点Aと点Dには3軸ひずみゲージを貼付け、主応力の計測を行った。点Hと点Iは梁の公称応力、点Jは主桁の公称応力として計測を行った。

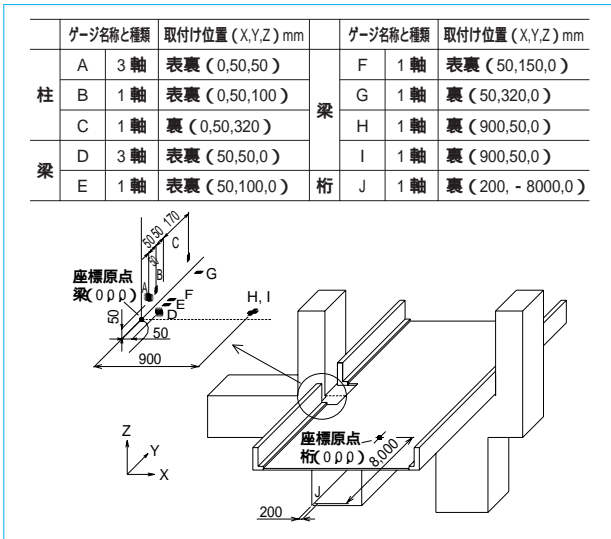


図5 応力計測の計測点
Measuring point of stress measurement

4.3 FEM解析の妥当性の検証

FEM解析と応力計測の比較を行い、FEM解析モデルの妥当性を検証した結果を以下に示す。

4.3.1 梁および主桁の公称応力

荷重車が国道走行時の点H, I (梁応力) と点J (主桁応力) の実測波形に、FEM解析で得られた応力値をプロットしたところ、応力値および波形形状とも同様の傾向となった。応力計測は、補強効果を確認するため補強完了後にも実施予定であるが、その際は、同じ計測点で解析と実測値のキャリブレーションを行う。

4.3.2 隅角部の応力変動

荷重車が高速上を走行する場合と国道上を走行する場合の実測波形にFEM解析で得られた応力値をプロットした結果をそれぞれ図6、図7に示す。図には実測波形のピーク時の主応力も併記する。図6と図7より、荷重車の高速走行時と国道走行時では応力性状が大きく異なることが分かる。主応力の方向が国道走行時は荷重車の移動に伴い90°近く回転し、上層走行時には変化しないことが分かった。

4.3.2.1 高速走行時

柱側の応力

波形は解析と実測でほぼ同様の傾向を示すが、波形のピークが時間的に少しずれており、ピーク応力は大きく異なる。最小主応力の方向は柱軸方向に対して約10°傾いた圧縮応力が支配的であり、その応力は -21MPaである。

梁側の応力

波形の傾向およびピーク時の応力とも解析と実測でほぼ一致している。最小主応力の方向は、梁軸方向に対して約20°傾いており、やはり圧縮応力が支配的である。

4.3.2.2 国道走行時

柱側の応力

波形は解析と計測でほぼ同様の傾向を示すが、ピーク応力が大きく異なる。荷重車が -aから -eに移動すると、主応力は -23MPaから18MPaに変化し、方向は約80°回転する。245kNの荷重車1台の走行で、41MPaの大きな応力範囲が計測されたが、首都高速道路では700kNにも及び過積載車輦が走行しているとの報告もあり、そのような荷重車が走行した場

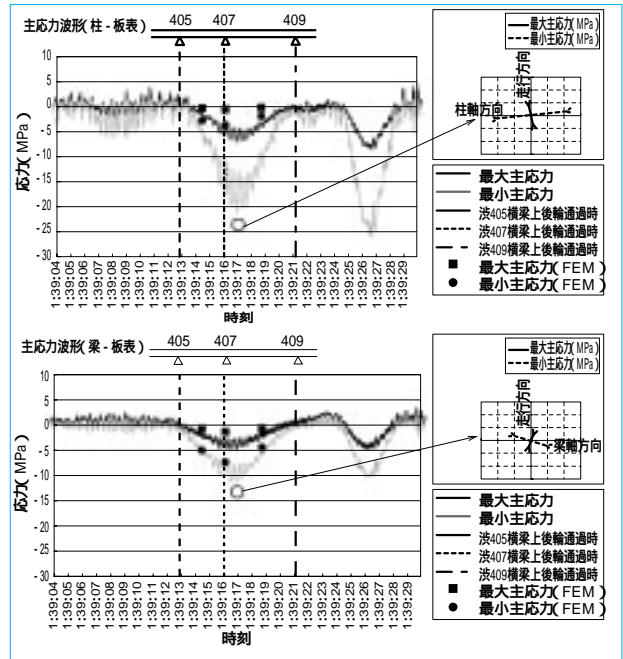


図6 主応力 (高速道路走行)
Principal stress (Metropolitan Expressway run)

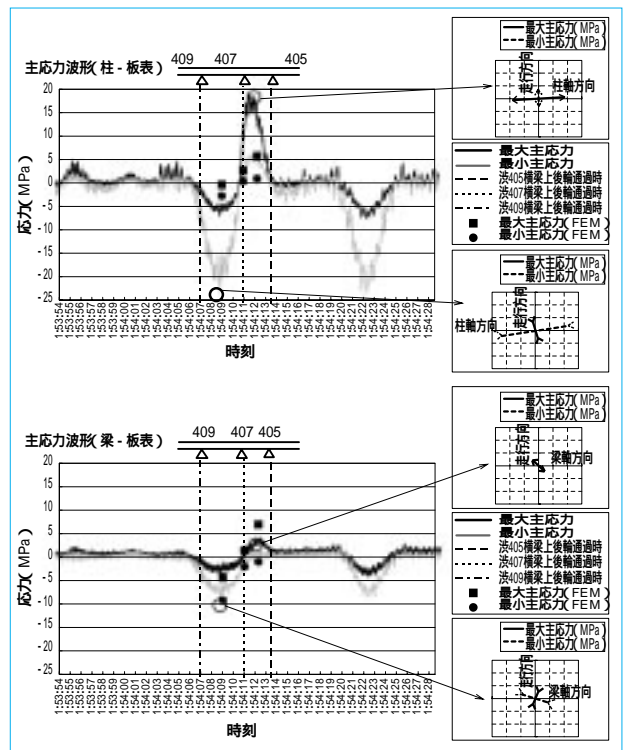


図7 主応力 (国道走行)
Principal stress (National Highway run)

合は、非常に大きな応力範囲が発生しているものと推定される。

梁側の応力

波形は解析と実測値でほぼ同様の傾向を示し、ピーク応力も同程度である。主応力の変化は、柱側ほど顕著ではないが、やはり -aから -eに荷重車が移動すると圧縮力から引張力に変化し、方向は約70°回転する。

このように主応力の方向が90°近く回転するのは、荷重車の移動で下層の梁がねじられることにより起こる現象である。

4.3.3 隅角部の応力分布

FEM解析による隅角部の応力分布に実測値をプロットした結果を、図8に示す。図4で示した荷重車荷位置すべてに

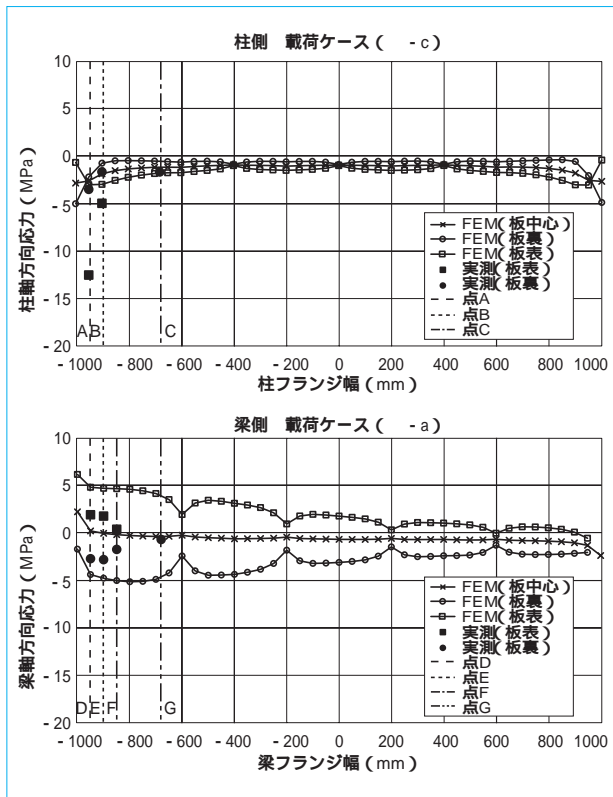


図8 応力分布
Stress distribution

について比較したが、ここでは特徴的な応力分布を示したケース(柱側は -c, 梁側は -a)について考察する。

4.3.3.1 柱側

柱裏面の応力は実測値とほぼ一致しているが、板表面の応力は50mm位置(点A)では実測値と大きく異なり、100mm位置(点B)では同程度となる。これは他の荷重載荷位置でも同様な傾向であった。FEM解析では車輦走行に伴う衝撃の影響を考慮していないため、ある程度実測値が大きくなることを予想していたが、その差は予想以上に大きなものであった。これは、実構造物のフランジ端部のせん断遅れや溶接部近傍のホットスポット応力などの応力集中、または局所的な板曲げに対してシェル要素によるモデル化ではうまく再現できていないことによるものと考えられる。

4.3.3.2 梁側

荷重を載荷した側の板の表裏の応力差(板曲げ)が大きい。近接する壁高欄の影響が大きいと考え、壁高欄のないモデルで解析を行ったところ板曲げが発生しなかった。これは、梁のねじれ現象に対して、着目点(壁高欄と柱フランジの間)付近の剛性が壁高欄の存在で急激に変化し、着目点が局部的に変形したためと考えられる。フランジ中央付近は板の表面にひずみゲージを貼付できなかったため、実測値との比較はできないが、板の表裏を計測したフランジ端部ではFEM解析値と実測値のオーダーはほぼ一致していた。

5 補強

補強部材の性能として、隅角部に発生する活荷重応力を補強前の50%程度以下に低減することが要求された。これは、鋼溶接部の疲労損傷度が応力範囲の3乗に比例するため、応力範囲の低減により疲労耐久性を大幅に向上できるからである。

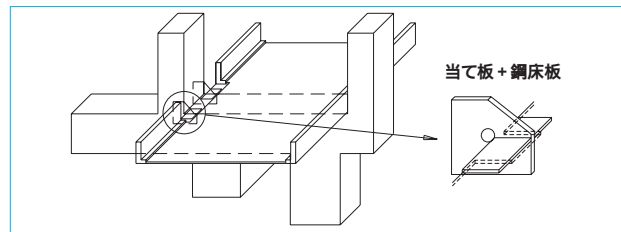


図9 補強構造の概念
Reinforcement structure concept

また、応力計測の結果から補強設計をするに当たって、以下の挙動に留意しなければならなかった。

柱側のフランジ端部の板表面応力が大きい。

車輦が国道の支間中央にある場合、梁側のフランジの板曲げが大きい。

国道走行時に梁がねじられる。

の改善には構造系全体の見直しが必要であり、補強自体も大規模になることから、今回の検討では と の挙動を考慮した補強構造を検討することとした。これは、 と の挙動を抑え、柱と梁の軸方向応力を半減させるとともに、き裂の除去により疲労耐久性の大幅な向上が可能であると判断したからである。

この効果を得るための補強構造は、壁高欄の一部を撤去し、通常の当て板補強で可能となるが、当て板を設置するには下層桁の鋼床版が障害となった。そこで、鋼床版を部分的に撤去し、鋼床版と当て板を一体化した補強部材を設置することとした(図9)。この補強構造により、柱の軸方向応力で60%、梁の軸方向応力で40%の応力低減効果が得られることをFEM解析で確認している。補強後に再度応力計測を行い補強効果の確認を行う予定である。

現在補強設計中であるが、本補強構造の施工では、重要幹線道路の交通を供用させながら、主構造である鋼床版の一部を一時的に撤去するという厳しい施工条件が要求されることから、安全性の確保には特に留意して検討を進めている。

6 むすび

本報では、立体隅角を有する特殊な渋・407橋脚の補強検討について詳述した。

立体隅角構造の応力性状を、FEM解析と荷重車応力計測により明らかにすることができた。

橋脚に剛結された主桁上を車輦が走行すると、横梁がねじれて隅角部の主応力方向が90°近く回転する。

FEM解析の結果から、壁高欄の影響は無視できないことが分かった。本橋脚のような構造を解析する際は、壁高欄もモデル化することが望ましい。

立体隅角部を有する橋脚の補強構造を実施した例は少なく、本報が今後同様な構造の検討の一助となれば幸いである。

最後に、多大なる指導を頂いた東京工業大学三木千壽教授、法政大学森猛教授、首都高速道路公団および首都高速道路技術センター緊急補強対策室に感謝の意を表す。

(参考文献)

- 鋼製橋脚補修検討委員会報告書. Mar., 2004.
- 財団法人首都高速道路技術センター. 鋼製橋脚隅角部の補強設計施工要領(案). July, 2003.
- 財団法人日本道路協会. 鋼道路橋の疲労設計指針. Mar., 2002.

全電動高速射出成形機 SED・HPシリーズ

High Speed All Electric Injection Molding Machine SED・HP



近年、情報通信機器分野での部品の小型軽量化、小型記憶メディアの普及およびスピーカコーンやコイルボビンでは性能向上のための軽量化や磁気ギャップ短縮などの必要性から、薄肉形成品の需要は急速に高まっている。成形品の薄肉・軽量化への対応として従来成形法に対し、射出速度を高めた高速充填成形法がある。当社では油圧機のSGM・HPシリーズを1996年に発売開始し、薄肉品の生産に寄与してきた。

一方、環境への関心の高まりに伴い省エネルギー、低騒音、クリーンな電動式射出成形機の要求が高まり、高速射出成形分野でも成形機の電動化という要求項目があげられる。

このようなニーズに応じて、今回全電動高速射出成形機としてSED・HPを開発した。SED・HPは全電動成形機SEDシリーズをプラットフォームとし、高速成形用に進化させた最新技術とSGM・HPで培った成形ノウハウを投入している。

主要仕様

型締装置

電動ダイレクト駆動・ダブルトルク式

最大型締力 490～1760kN

射出装置形式 C125S, C360M

電動ダイレクト駆動式

最大射出速度 800mm/s

最大射出圧力 343MPa (超高压スクリーアセンブリ選択時)

特長

SEDの低イナーシャ、ダイレクトドライブ機構を生かし、さらに射出速度高速化のため新開発の高速・高応答サーボモータを搭載している。

高速充填においては、射出装置に速立ち上り性能が求められる。射出装置の低慣性と高速・高応答サーボモータによって射出速度800mm/sまでの立ち上り応答時間20ms(10～90%)を達成している。

高速射出を行った場合、射出圧力が高くなるので従来よりも耐圧の高いスクリーアセンブリが必要となる。SED・HPシリーズでは耐圧が350MPaのスクリーアセンブリを18～28mmまでラインナップし、高速高压成形に対応できるようにした。

成形品のバリ防止のために型締装置に高剛性プラテンを採用している。高速高压成形特有の高い射出圧力でも金型のPL面が開くことを防止する。

最新鋭のヒューマンインターフェースコントローラおよび高速機専用のサーボドライバを搭載、設定器には12.1インチの大型カラー液晶・タッチパネルを採用し、操作性・視認性を高めたユーザフレンドリーなインターフェースとしている。

(プラスチック機械事業部 平野智裕)

全電動ロータリー 2 材射出成形機 SR30-CI

All Electric Rotary Double-shot Injection Molding Machine SR30-CI



近年、プラスチック部品において高付加価値製品の開発および低コストの量産製造技術のニーズがますます増大している。

当社においても、これらのニーズに対応して、全電動式 2 材射出成形機 SE-D-CI シリーズや全電動式 2 材射出成形機 SR シリーズを販売してきた。前者は 2 組の射出装置を持ち、複数の材料や色で構成される成形品を 1 サイクルの工程で成形でき、後者は設置面積の少なさや自動化対応性などの利点を持つ。

最近の製品の低価格化に伴い、さらなる生産性の向上が求められており、その要求に応えるべく両者の特徴を合わせ持つ全電動式 2 材射出成形機 SR30-CI を開発した。

SR30-CI はロータリーテーブルを装備して下金型を 3 面設置し、それぞれの金型において射出工程とインサート・成形品取出工程を 1 サイクルで行うことにより、生産率の向上を実現している。

SR30-CI は SR シリーズで培った 2 材射出成形機機構を採用し、高い速度および回転精度を確保している。

また、SE-D シリーズにて採用している最新型のコントローラを搭載し、タッチパネル式カラー大型液晶画面により画面が見易く、優れた操作性を実現するとともに、豊富なアプリケーションが使用可能である。

主要仕様

最大型締力	290kN
型開閉ストローク	220mm
デールライト	520mm
金型厚さ	200 ~ 300mm
最大搭載金型サイズ	150 × 200mm
最大射出速度	300mm/s
スクリー最高回転速度	430min ⁻¹

特長

ロータリーテーブルの駆動にサーボモータを採用し、高速かつ低振動のスムーズな動作、高い回転停止精度を実現している。

1 次、2 次側射出中でも製品取出しやインサートなどの同時作業が可能である。

下金型を 1 型、2 型、3 型と変更でき、生産量に応じた金型面数で成形可能で、金型コストの低減が可能である。

機械操作側にエリアセンサを標準装備し、安全性および操作性の向上を図っている。

(株式会社 住重ブラテック 三品成一朗)

放射性薬剤投与器(M130)

FDG Autoinjector (M130)



2002年4月から ^{18}F FDG薬剤を用いたPET検査が保険の適用を受けることが可能になって以来、PET検査設備の導入が相次ぎ、検査を受ける1施設当たりの患者も急増してきた。

FDG-PET検査では、患者に放射能を有している ^{18}F FDG薬剤を投与（静脈注射）する必要がある、今までは大量の ^{18}F FDG薬剤原液から患者一人分の量を注射器に抜き取り、その放射エネルギーを測定し、これを患者に投与していた。

これらの作業は全て医療スタッフが手作業で行ってきたことから、この作業時に受ける ^{18}F FDG薬剤からの放射線の被曝を避けることができなかった。

検査を受ける患者が増加するにつれ医療スタッフの被曝も増加し、これらの作業における医療スタッフの被曝低減が課題となっていた。

本放射性薬剤投与器(M130)は、この問題を解決するために開発された装置である。複数患者分の ^{18}F FDG薬剤原液を装置にセットすることにより、投与する患者ごとにその必要な量を自動で抜き取り、その放射エネルギーを正確に計測し、順次患者へ投与することができるものである。

これにより、医療スタッフは、大量の ^{18}F FDG薬剤原液からの患者一人分の量の抜き取り作業、放射エネルギー測定作業および患者への投与作業などから解放され、これらの作業による被曝が、低減されることになった。

本装置は、2004年6月に医療用具製造承認を受け、既に本装置が導入され使用されているPET施設も多く、今後も各施設で本装置の導入が予定されている。

使用目的は、PET検査に使用される放射性薬剤 ^{18}F FDGを分注・投与することに使用することにある。

主要仕様

外形寸法	900(W)×640(D)×900(H)mm (突起部除く)
重量	485kg
定格	AC100V 50/60Hz 1.5A
最大原液放射エネルギー	18500MBq
最大原液放射エネルギー濃度	1500MBq/mL
放射エネルギー分注範囲	100～740MBq
投与速度範囲	0.08～1mL/s
投与液量範囲	15～28mL

性能

バイアル内の ^{18}F FDG薬剤原液から、あらかじめ設定された放射エネルギーを自動で抜き取り、放射エネルギーを測定し、患者に投与する。投与条件として、投与量、放射エネルギーおよび投与速度を設定することができる。

投与終了時に自動的に測定日、測定時刻、核種、放射エネルギー、投与液量、放射性薬剤使用液量および投与速度がプリントアウトされる。

放射線遮蔽構造を有しており、医療スタッフの被曝が低減できる。

(量子先端機器事業センター 佐々木基仁)

新型バッテリーフォークリフト FB60-75

Battery Forklift FB60-75



本機は、飲料業界でのエンジン車からバッテリー車への代替え需要に対応した、大型荷役可能なバッテリー車として、神鋼電機株式会社と共同開発した、6.0～7.5トンシリーズの新電気車である。

新規開発したACコントロールで、作業スピードおよび操作性の改善を実施し、さらに防水対策を充実して、雨天作業への対応も可能とするとともに、従来のエンジン車からの代替えのネックを解消し、顧客要求にマッチした車両としている。

運転席周りは、市場で好評を得ているFBEシリーズを踏襲し、居住性および操作性を改善している。

また、本クラスでは他社に先駆け、オールACモータコントロールとし、モータのメンテナンスフリー化を実現して、各部へのサービスアクセスの向上と合わせ、サービス性を大きく改善した。

主要仕様

FB70 (シンプルレックスマスト5.3M付き)

定格荷重	7000kg
揚 高	5300mm
走行速度 (無負荷時)	15km/h
走行速度 (全負荷時)	11km/h
上昇速度 (無負荷時)	350mm/s
上昇速度 (全負荷時)	260mm/s
最小旋回半径	3600mm
全長 (フォーク付き)	4810mm

全 幅	1960mm
ヘッドガード高さ	2500mm
ホイールベース	2240mm
車両重量	11500kg
制御方式	インバータ
電 動 機	誘導電動機
バッテリー	120V × 935Ah
充 電 器	準定電圧方式

特 長

足元スペースを確保し、キャビンおよびヘッドクリアランスの拡大により居住性を改善した。また、ACモーターコントロールの採用により加速性能の向上、応答性の向上を図るとともに、操舵はノブずれ防止機能付きとして違和感のない操作性を実現した。なお、屋外での作業も考慮し、電装品カバーの防水性も向上させた。

オールACモータの採用によるモータのメンテナンスフリー化を図り、整備性を向上させた。また、頻繁に行われるバッテリーの積替えを容易にすることを目的に、従来の左右方向に加え、後方からの積替えも可能にした。

内燃車のマストを採用し、信頼性の確保およびアタッチメントの互換性を持たせた。

(住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社 村上 智)

主要営業品目

変減速機,インバータ

機械式減速機 : [同心軸]サイクロ減速機,サイクロギヤモータ
アルタックス, 精密制御用サイクロ減速機,プレストギヤモータ,コンパワー遊星歯車減速機, [平行軸]バラマックス減速機,ヘリカルパディボックス,[直交軸]バラマックス減速機,ハイボニック減速機,ベベルパディボックス,ライタックス減速機,HEDCONウォーム減速機,小形ウォーム減速機
変速機 : [機械式変速機]バイエル無段変速機, バイエル・サイクロ可変減速機,[電気式変速機]インバータ,インバータ搭載ギヤモータ,**サーボドライブ,DCドライブ**
サイクロ,アルタックス,コンパワー,バラマックス,パディボックス,ハイボニック減速機,ライタックス,HEDCON,バイエル及びバイエル・サイクロは,住友重機械工業株式会社の登録商標です。

プラスチック加工機械

プラスチック加工機械 : 射出成形機,射出吹込成形機,ディスク成形機,セラミックス成形機
フィルム加工機 : 押出機,フィルム製造装置,ラミネート装置
IC封止プレス
ガラスプレス
成形システム・金型 : 射出成形用金型,PETシステム,インジェクションフロー成形システム,インモールドラベリング成形システム
シート成形機 : 圧空真空成形機,真空成形機,パンチャ,その他周辺機器

レーザ加工システム

レーザドリルシステム
レーザアニーリングシステム
YAGレーザと加工システム
エキシマレーザと加工システム
YAG高調波レーザと加工システム

半導体・液晶関連機器

イオン注入装置
放射光リング・AURORA,放射光ビームライン
成膜装置 : (液晶フラットパネル用)プラズマ薄膜形成システム
精密XYステージNanoplaneシリーズ
リニアモータNanoplaneシリーズ
マイクロマシン
エキシマレーザアニーリングシステム
ウエハ研削装置
ウエハ洗浄装置

AURORA及びNanoplaneは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

環境施設

環境・エネルギー関連プラント : 都市ごみ焼却施設,リサイクル施設,流動層ガス化熔融炉,産業用廃棄物処理施設
大気関連プラント : 電気集塵装置,灰処理装置,乾式脱硫・脱硝装置
水関連プラント : 上水処理施設,下水処理施設,浸出水処理施設
し尿処理施設
産業廃水処理装置

加速器 , **医療機器** , **精密機器** , **極低温機器** , **超電導磁石**

イオン加速器 : サイクロトロン,ライナック,シンクロトロン
電子線照射装置
医療機器 : PET診断用サイクロトロン・CYPRIS,標識化合物合成装置,がん治療用陽子サイクロトロン,治療照射装置
精密XYステージNanoplaneシリーズ
リニアモータNanoplaneシリーズ
冷凍機 : バルスチューブ冷凍機,4KGM冷凍機,スター

事業所

本社	〒141-8686	東京都品川区北品川5丁目9番11号(住友重機械ビル)	新居浜製造所	〒792-8588	愛媛県新居浜市惣開町5番2号
関西支社	〒541-0041	大阪市中央区北浜4丁目7番26号(住友ビル2号館)	東予製造所	〒799-1393	愛媛県西条市今在家1501番地
北海道支社	〒060-0042	札幌市中央区大通り西7丁目1番地(千代田生命ビル)	技術開発センター	〒237-8555	神奈川県横須賀市夏島町19番地
東北支社	〒980-0811	仙台市青葉区一番町3丁目3番16号(オー・エックス芭蕉の辻ビル)	技術開発センター	〒792-8588	愛媛県新居浜市惣開町5番2号
中部支社	〒461-0005	名古屋市東区東桜1丁目10番24号(栄大野ビル)	(新居浜)		
中国支社	〒730-0015	広島市中区橋本町10番10号(広島インテスビル)	技術開発センター	〒188-8585	東京都西東京市谷戸町2丁目1番1号
四国支社	〒760-0023	高松市寿町2丁目3番11号(高松丸田ビル)	(田無)		
九州支社	〒810-0801	福岡市博多区中洲5丁目6番20号(明治安田生命福岡ビル)	海外事務所	London, New York, Singapore , 上海	
田無製造所	〒188-8585	東京都西東京市谷戸町2丁目1番1号			
千葉製造所	〒263-0001	千葉市稲毛区長沼原町731番地1			
横須賀製造所	〒237-8555	神奈川県横須賀市夏島町19番地			
名古屋製造所	〒474-8501	愛知県大府市朝日町6丁目1番地			
岡山製造所	〒713-8588	岡山県倉敷市玉島乙島新湊8230番地			

リング冷凍機,クライオポンプ用冷凍機,MRI用冷凍機
人工衛星搭載観測装置冷却システム
超電導磁石 : ヘリウムフリー超電導マグネット

CYPRIS及びNanoplaneは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

物流システム

自動倉庫システム
高速自動仕分システム
FMS/FAシステム
無人搬送システム

金属加工機械

鍛圧機械 : フォージングプレス,油圧プレス,フォージングロール,超高压発生装置
工作機械
SPS(放電プラズマ焼結機)

運搬荷役機械

連続式アンローダ,港湾荷役クレーン(コンテナクレーン,タイヤマウント式ジブクレーン,タイヤマウント式LLC),トランスファクレーン,ジブクレーン,ゴライアスクレーン,天井クレーン,製鋼クレーン,自動クレーン,ヤード機器(スタッカ,リクレーマ,スタッカノリクレーマ),シップローダ,ベルトコンベア及びコンベアシステム

船舶海洋

船舶 : 油槽船,撒種運搬船,鉱石運搬船,鉱油兼用船,コンテナ船,自動車運搬船,LPG船,LNG船,カーフェリー,ラッシュ船,作業船,大型洋式帆船,巡視船,他
海洋構造物 : 海洋石油生産関連構造物,浮体式防災基地,浮体式海釣施設,その他海洋構造物
海洋開発機器 : 各種ブイ,船用環境機器

インフラ整備関連

橋梁 : 一般橋,長大橋
水門 : 各種ゲート
海洋・港湾構造物 : 沈埋函,ケーソン
シールド掘削機
生活関連設備 : 機械式駐車場,動く歩道
空港関連設備

化学機械 , **プラント**

一般プラント : 紙・バルブ製造装置,化学装置,原子力装置
発電設備 : 循環流動層ボイラ
圧力容器 : リアクタ,塔,槽,熱交換器
攪拌混合システム : マックスブレンド攪拌槽,スーパブレンド(同心2軸型攪拌槽)バイボラック(横型2軸反応装置)

マックスブレンド及びバイボラックは、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

製紙機械

抄紙機,ワインダ,各種製紙関連設備

建設機械,産業車輛

油圧式ショベル,移動式環境保全及びリサイクル機械,クローラクレーン,トラッククレーン,ホイールクレーン,杭打機,道路舗装機械,フォークリフト

その他

航空用機器,精密鑄鍛造品,防衛装備品(各種機関銃,機関砲及びシステム)

技報編集委員

委員	渡辺哲郎	委員	李瑞彦
	小林克行		松崎敏彦
	増田雅之		小島宏志
	玉井文次		太田朝也
	平田徹		井辻孔康
	高倉一香		佐渡賢治
	西原秀司		土居砂登志
	野原彰人		日南敦史
	川井浩生	事務局	技術本部
	村野賢一	アシスト	SNBC
	荒居祐基		千代田プランニング

住友重機械技報

第156号 非売品

2004年12月10日印刷 12月20日発行

発行
住友重機械工業株式会社

〒141-8686 東京都品川区北品川5丁目9番11号
(住友重機械ビル)

お問い合わせ電話
横須賀(046)869-2300

発行人
吉井明彦

文章中のソフトウェア等の商標表示は、省略しております。

無断転載・複製を禁ず