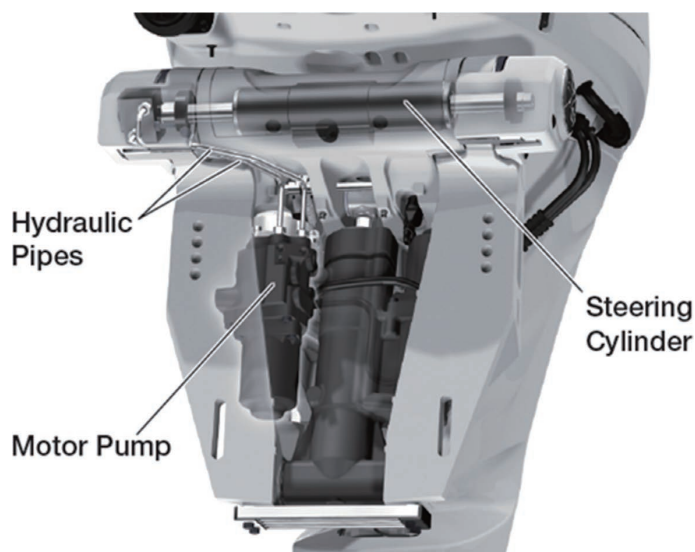


「F200」船外機用ブラケット内蔵ステアリングユニット

Bracket-internal Steering Unit for "F200" Outboard Motor

高木 秀明 野村 晃平 松永 卓真



Abstract

Yamaha Motor Hydraulic Systems Japan, Inc. (YHSJ) develops and manufactures electro-hydraulic products such as power tilt and trim (PTT) for outboard motors for Yamaha Motor (YMC) as well as hydraulic products such as shock absorbers for four-wheel and two-wheel vehicles. YHSJ also offers a wide range of products, including electro-hydraulic products that can contribute to the mechanization of agriculture to customers. In 2014, we introduced the product of the platform PTT for the "F115" outboard motor^[1]. PTT is a component part consisting of a motor pump unit and a cylinder. In the marine market, needs are diversifying as the market size expands, and expectations are growing for simple and inexpensive products that allow boats to be steered comfortably and easily through integrated control.

This paper introduces a bracket-internal steering unit developed by applying PTT technology to meet the above market needs.

1 はじめに

ヤマハモーターハイドロリックシステム株式会社(以下、YHSJ)は、ヤマハ発動機(以下、YMC)向け船外機用パワーチルト&トリム(以下、PTT)に代表される電動油圧製品、四輪・二輪のショックアブソーバなどの油圧製品を開発製造している。また、農業の機械化に貢献できる電動油圧製品など、幅広い商品をお客さまへ提供している。

2014年には船外機「F115」用プラットフォーム PTT の製品紹介をした^[1]。PTT はモータポンプユニットとシリンダで構成されたコンポーネント部品である。

マリン市場では、市場規模の拡大とともにニーズの多様化が進み、シンプルで安価な製品から船を統合制御により快適に簡単に操船できる製品への期待が高まっている。

本稿では、上記市場ニーズに応えるべく PTT 技術を応用して開発したブラケット内蔵ステアリングユニットについて紹介する。

2 開発の狙い

本モデルの開発コンセプト“150/200馬力に普及できる内蔵SBW(ステアバイワイヤ)船外機”を実現するため、YMCとYHSJの共同開発でステアリングシステムを新設計することとし、システムサプライヤーとして以下の4項目を開発の狙いとして定めた。

- 価格競争力を持つ内蔵 SBW を開発する
- リギング性/省スペース性を実現するため、軽量・コンパクトなブラケット内蔵ステアリングユニットを開発する

- ・SBW／手動油圧ステアリングシステム、どちらのシステムにも対応できるユニットを開発する
- ・PTT 技術を応用し、信頼性の高いステアリングユニットをいち早くお客さまに提供する

3 商品の特徴

3-1. ブラケット内蔵ステアリングシステム

既存の300馬力帯以上の大型船外機で採用している電動SBWシステムでは、モータを含むアクチュエータとSCU(ステアリングコントロールユニット)を一体化して船外機のブラケット内に収めている。

対して、本システムでは従来3本シリンダタイプとしていたPTTを新設計により200馬力帯で初めてシングルPTT化することで、生み出したスペースにステアリング用モータポンプをレイアウト可能にした。またSCUも新設計、別体としてカウル内に収めることで、旧モデル(6DV)に対して高さを変えずセットバックのみでSBW化を実現している(図1)。

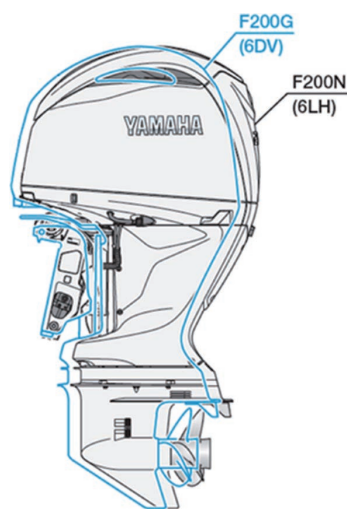


図1 F200船外機 外形比較

新規開発したSCUにおいては、既存の四輪EPS(エレクトリックパワーステアリング)用コントローラと基本設計を同一にしつつ、他モデル、他商材への展開が可能な汎用性を持たせることで信頼性確保と数量効果によるコスト低減を実現している。

また、エンジン ECU(エレクトロニックコントロールユニット)や既存の各船側コントローラ(電子ヘルム、リモコン ECU、BCU(ボートコントロールユニット))、と相互通信が行えるようにすることで、ヤマハ独自の次世代ボート制御システム「HELM MASTER EX」*の各機能を使用可能とし、独自のフェールセーフ機能も実現している。ステアリングシステム全体図を図2に示す。

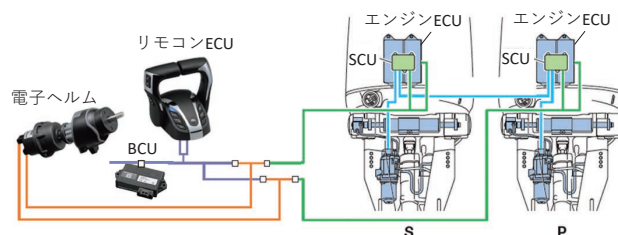


図2 ステアリングシステム全体図

さらに、ヤマハ船外機としては初めてステアリング制御も自社開発を行い、油圧を介さない上位の電動SBWモデル同等のステアリング応答性を達成した。これら一連の制御開発にあたってはオートコーディング手法を活用したことで、開発効率向上と制御モデルの可視化に貢献している。

ステアリングのリンク構造は、電動油圧SBW仕様と手動油圧仕様でリンク比を変えることでそれぞれ最適な転舵トルクと転舵速度を出せる設計とした。

SBWモデルでは隣接する2つのリンク軸部に舵角センサを配置し、互いの差を制御値として使用することでノイズや温度ドリフトによる影響を排する構造とした。

手動油圧モデルではリンク部にボルトオンでタイバーを接続できる構造とすることで、2機掛けを可能としている(図3)。

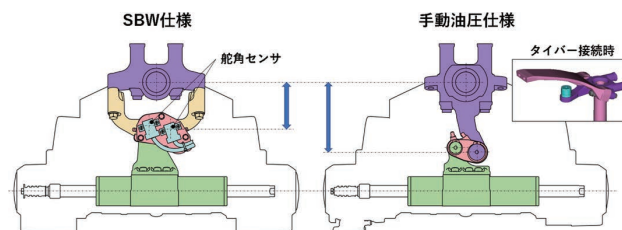


図3 リンク仕様

ステアリングの性能目標値を設定するにあたっては、既存の200馬力船外機で様々な航走パターンにおける必要な転舵トルクと転舵速度をSCUの制限電流値内で実現できると置き、これを達成している(図4)。

また、低温時でも電流制限を満足することや市場での入手性を考慮してオイル選定を行い、Shell テラス S2V15を推奨オイルとして設定した。

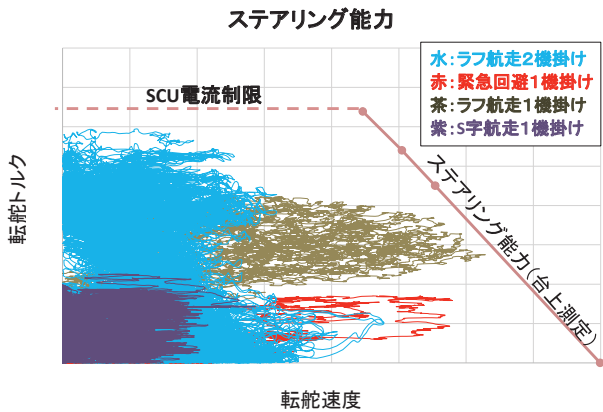


図4 ステアリング能力

※ ヘルムマスターEX - マリン製品 | ヤマハ発動機
<https://www.yamaha-motor.co.jp/marine/lineup/outboard/helmmasterex/>

3-2. 油圧ステアリングシリンダ

油圧ステアリングシリンダは、船側の手動ステアリングポンプからくる油圧ホースと接続することで手動油圧ステアリングシステム(図5-1)として、SCUとモータポンプを接続することで電動油圧 SBW システム(図5-2)として機能する。

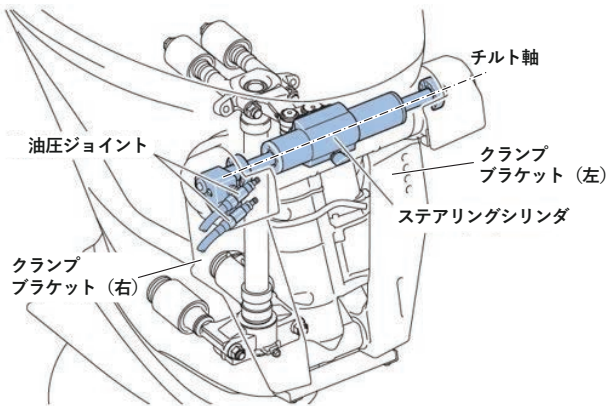


図5-1 手動油圧ステアリングシステム

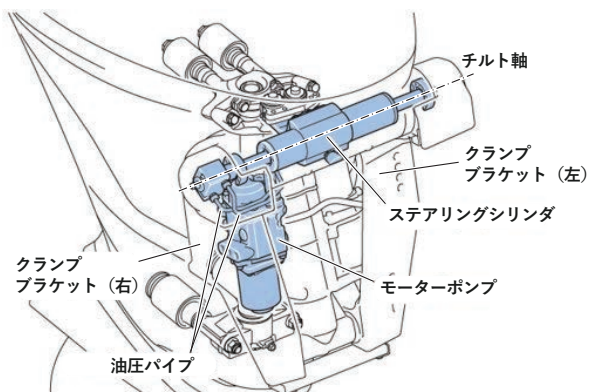


図5-2 電動油圧 SBW システム

下記にステアリングシリンダに織り込んだ新技術について説明する。

- 船外機の高さを変えないようチルト軸にレイアウトした(図5-1、図5-2)。
- ロッド内を複筒化し、ロッドとパイプの隙間、パイプ内のオイル通路とすることで、油圧ポートを片側のジョイントに集約した(図6)。
- シリンダとジョイントの相対回転を可能にすることでチルトアップや転舵時にホースが動かなくなり船尾スペースを広く確保した(図6)。
- スルーロッド化により、転舵力/転舵速度の左右差をなくし、自然な操作感を実現した(図6)。
- シリンダ上部に溜まるエアを吸って吸う機能を持つプレートを設定することで、転舵するだけで自動的にエアが抜ける構造とした(図6)。
- ピストンシールを新設計することで、従来のシールに対して最大で50%のフリクション低減を実現した(図7)。

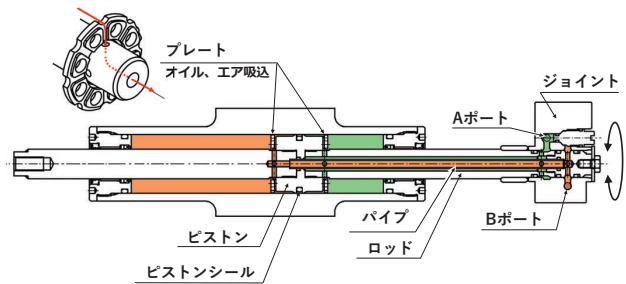
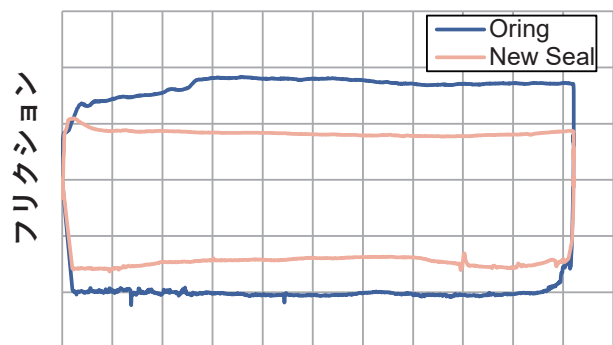


図6 ステアリングシリンダ構造

往復作動中の摩擦特性



変位

図7 往復作動中のフリクション特性

3-3. 電動油圧ステアリングモータポンプ

電動油圧ステアリングモータポンプは、油圧ステアリングシリンダにパイプとジョイントを介し接続することで作動を可能とする(図8)。

下記に電動油圧ステアリングモータポンプに織り込んだ新技術について説明する。

- ・電流制限と低温作動性を満足するために圧力損失を低減する必要があり、低粘度オイル Shell テラス S2V15を採用したが、背反として内部リークにより高圧化が難しくなるという課題がある。そこで、内部リーク低減と抵抗低減を高次元で実現するポンプ精度とした。
- ・メンテナンス性を考慮し、オイルタンクを最上部に配置し、材質にはオイル量の視認を可能とする半透明樹脂を採用した(図8)。
- ・モータ過熱保護は、PTTのバイメタルスイッチによるメカニカルな保護からソフトサーマル保護に変更し、安定性とコストダウンを両立した(図8)。
- ・モータ、ポンプ等(図8)の構成部品は既存品を流用し、ものづくりを共通化することでコストダウンを実現した。
- ・他商材、他モデルへの展開を意識し、汎用性を持たせるため、二点締結構造とした(図8)。

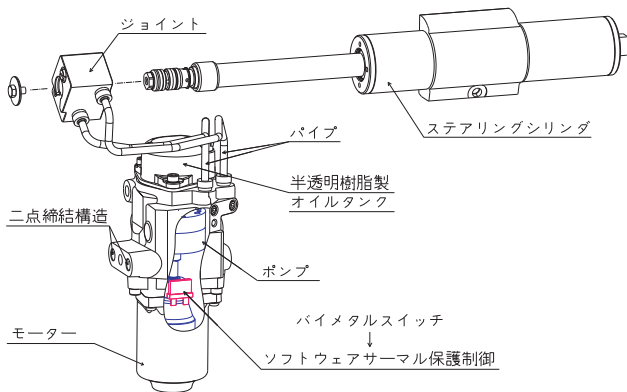


図8 電動油圧ステアリングモータポンプ接続図

3-4. 静粛性

ステアリングは、エンジン音が小さい着岸離岸時での使用やオートパイロットなどが意図せず動作するシーンが多いため、PTT に対して作動音が目立ちやすい。そのため、以下のような作動音低減に対する取り組み(図9)を行った。

- ・ポンプとハウジングへのノックピン追加による芯合わせ
- ・ポンプ閉じ込み溝形状変更による閉じ込み圧低減
- ・モータとポンプのカップリングを樹脂化することによる接触音低減

- ・ギヤポンプの歯数を20→12歯に変更し、かみ合い周波数を下げることによる聴感改善
- ・モータ内のウェーブワッシャを追加し回転子と与圧することでガタを無くし低周波音低減(図10)

しかし、上記項目の採用にあたっては、構造の中でどの要素が効いているのか暗中模索からのスタートであった。

また、音圧や周波数を数値の上で低減しても狙い通り官能評価で評点が良くならない場合があった。目指すべき音、作動音メカニズムは今後の課題として設定し、静音技術を向上し強みと言えるよう要素開発を進めていく。

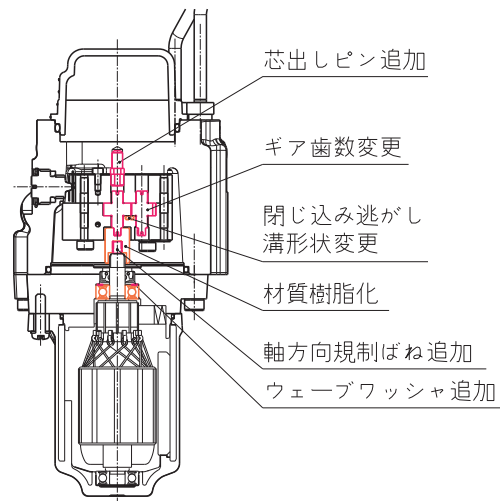


図9 作動音低減対応

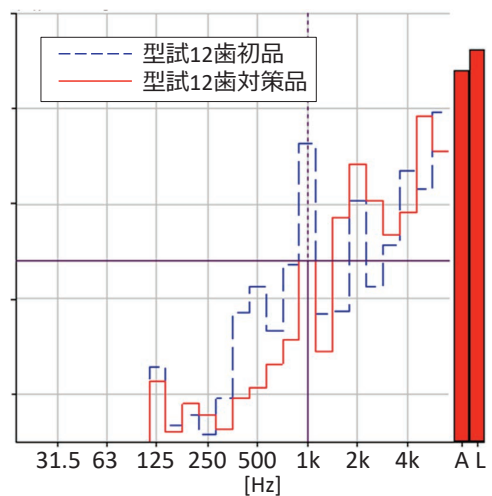


図10 静音化効果確認

3-5. 信頼性

信頼性に対する取り組みを下記に説明する。

- PTT のシリンダ製法では鋳造を使用することが多い。
鋳造では鋳巣が内在する可能性があり、鋳造方案の工夫や検査にて実害ないレベルに管理している。今回のステアリングシリンダでは、異形アルミ押出成形を採用したことにより、鋳巣による漏れの可能性を排除し、強度の向上も実現した。
- モーターポンプユニットが異常停止した場合でも、マニュアルバルブを開閉することで船外機を手動転舵で帰港可能とするフェールセーフを設定した。
- 筐体ごとにシリアルナンバーを与え、個々のユニットと船外機をトレーサビリティ管理システムに連動させることで、トレースバック、トレースフォワードを可能とした。

4 おわりに

手動油圧ステアリングと電動油圧 SBW を同一ブラケット内で作り分けることができるシステムは業界初であり、この構造によって機能や価格帯ごとの多様なニーズに柔軟に応えることが可能となった。

本開発においては、油圧ステアリングシリンダ、電動油圧モーターポンプ、シングル PTT といった YHSJ 製油圧部品と、BRKT クランプやスイベル、SCU などの YMC 船外機部品の新規同時開発が必要であった。これまで経験がない分野で、かつ技術的・日程的にも非常に難度の高い開発であったが、単なる会社対会社の協業関係を超えて助け合い、互いの開発領域にも積極的に関与し合う融合関係を築けたからこそ、成し遂げることができたと感じている。

本ブラケット内蔵ステアリングユニットは、ヤマハ発動機サプライヤーの中で2023年技術開発賞を受賞することができた。これは“新しい価値への挑戦”に対する取り組みへの評価と捉えている。

今後もお客さまの期待を超え、感動を提供できる製品を YHSJ、YMC 一体となって継続して開発していく予定である。

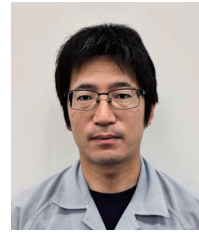
■参考文献

- [1] 浦野 真樹:「船外機用 PTT(F115用)プラットフォームモデル」、ヤマハ発動機技報 2014-12 No. 50

■著者



高木 秀明
Hideaki Takagi
ヤマハモーターハイドロリック
システム株式会社
技術戦略部



野村 晃平
Kohei Nomura
マリン事業本部
開発統括部
システム開発部



松永 卓真
Takuma Matsunaga
ヤマハモーターハイドロリック
システム株式会社
開発部