

船外機用フューエルマネジメントシステムの開発

Development of Fuel Management System for Outboard Motor

菅野功*

Isao kanno

要旨

近年、オフショアボートにおいてはエンジンのモニターとしての、正確な燃料消費量計の要求が高くなっている。これは、外洋を長距離航海するためにエンジンの状態を一目で把握でき、かつトラブルによる燃費悪化を未然に防ぐためである。

このためには、トローリングから全開まで適合する広いダイナミックレンジの燃料流量センサをいかに開発するかが重要なポイントであり、これを低コスト／高信頼性で実現する必要がある。またセンサの特性のズレを補正できるメータを併せて開発することにより、より正確な測定が可能となる。

そこで本文では、マリンエンジン用燃料流量センサとして羽根車式と容量式を取り上げ、検討要因として(1)精度、(2)圧力損失、(3)ダイナミックレンジ、(4)動対策などについて両者の比較を行った。さらにそれぞれの特性の向上を追求したうえで、大型2ストローク船外機用として、特性補正付デジタルメータに羽根車式センサを組み合わせたシステムの開発を行った。

1 はじめに

オフショアボートにおいては、エンジンの調子を常に把握するために、モニターとしての正確な燃料消費量計の要求が高くなっている。これは、外洋を長距離航海するためにエンジンの状態を一目で把握でき、かつトラブルによる燃費悪化を未然に防ぐためである。

しかし、マリンエンジンの常用回転レンジはトローリングから全開まで幅広く、これを高精度で検出・表示するのは容易ではない。このためには、トローリングから全開まで適合する広いダイナミックレンジの燃料流量センサをいかに開発するかが重要なポイントであり、これを低コスト／高信頼性で実現する必要がある。

センサの種類は大別すると容量式と羽根車式がありそれぞれ特徴を持っている。よって、センサの特徴を十分把握した上で、マリンエンジンのシステムを決定し開発する必要がある。

燃料流量センサの特性を以下に述べる。

2 流量センサの基本構造

2.1 羽根車式センサ

燃料配管中に羽根車を付けて燃料の流速を測定する方式。流速により羽根車回転数が決まるため、羽根車の回転数と通路面積から流量が測定できる。羽根車は流速に敏感に追従するために、軽量化

が図られており、回転数は羽根車のスリットでフォトカプラを遮光する回数で測定する。

図1に構造図を示す。

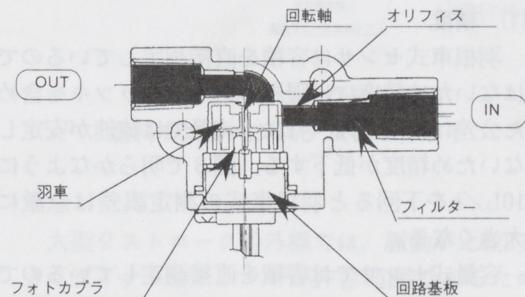


図1 羽根車式燃料流量センサ

2.2 容量式センサ

燃料配管中にオーバルギアポンプを取り付けて燃料容積を測定する方式。逆駆動されるポンプの1回転当たりの容積が一定のため回転数から流量が測定できる。

ハウジング部のリードスイッチが、回転するギアに埋め込まれた磁石に感応する、その回数を測定することにより回転数が求められる。

オーバルギアとハウジング間のクリアランスは精度上精密な管理が必要であり一般的に加工仕上げされる。図2に構造図を示す。

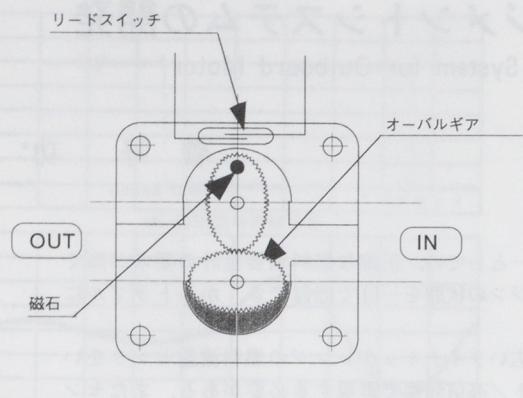


図2 容量式燃料センサ

3 各センサの特徴

羽根車式、容量式の各センサを下記項目について比較してみる。

- (1) 精度
- (2) 圧力損失
- (3) ダイナミックレンジ
- (4) 脈動特性

(1) 精度

羽根車式センサは容積を直接測定しているのではないため精度には限界がある。バラツキを含めた公差は約±3%。特に小流量では流速が安定しないため精度が低下する。図3で明らかなように10L/hを下回ると羽根車式の測定誤差は急激に大きくなる。

容量式センサでは容積を直接測定しているのでかなり精度を向上できる。漏れ量を管理しなければならないため、寸法精度管理が必要ではあるがバラツキを含めた公差は約±1%。更に低流量側での精度低下も羽根車式よりは、はるかに少ない。

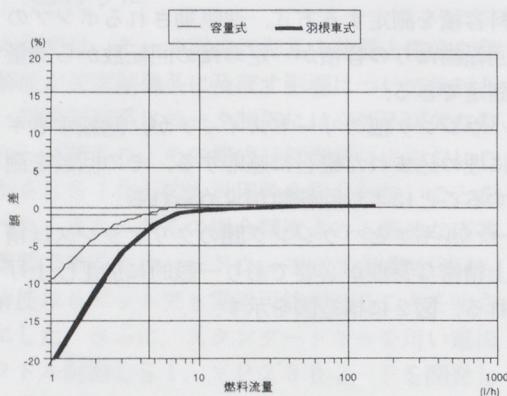


図3 センサ流量精度比較

(2) 圧力損失

羽根車式センサは羽根車部での流速を安定させるためにオリフィスを設ける必要がある。低流量側のダイナミックレンジを広げるためには、オリフィス径を小さくすればよいが、この場合、圧力損失は増大するという相反する特性があるためにオリフィス径の選定は総合的に判断しなければならない。図4、図5にはオリフィス径の精度への影響と圧力損失特性を示す。

容量式センサでは通路面積が比較的大いため、精度の割に圧力損失は大きくない。

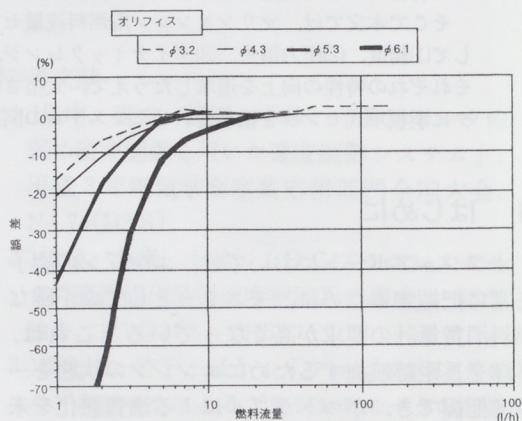


図4 オリフィス/精度特性

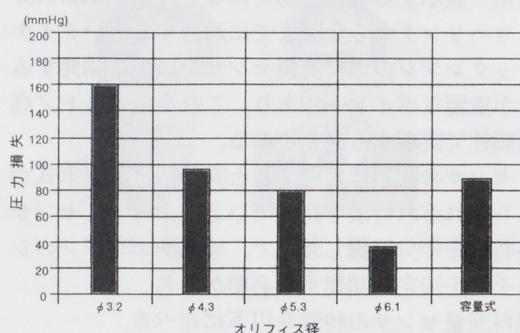


図5 センサ圧力損失比較

(3) ダイナミックレンジ

羽根車式センサでは、精度/圧力損失を考慮すると実使用範囲は、5~150 L/h。

容量式センサでは、3~300 L/h. と広範囲をカバーできる。

(4) 脈動特性

羽根車式センサは羽根車部での流速が安定して

いる必要がある。このため脈動が大きいと精度が低下する。

容量式センサでは通過流体容積を直接測定しているので脈動の影響は少ない。原理的には、流れの反転が含まれない限り脈動の影響はないはずである。

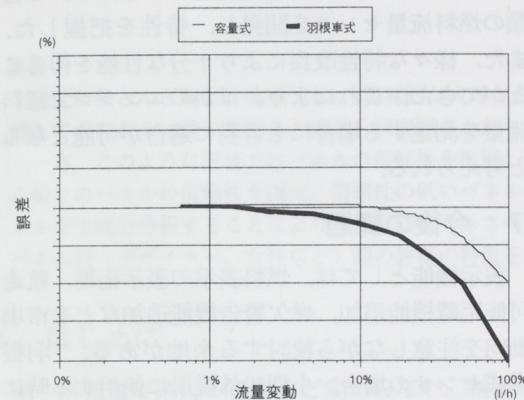


図6 脈動-精度特性グラフ

4 羽根車式センサ特性の向上

これまでの説明の通り羽根車式センサは特性面で容量式には劣る面が多いが、コストや製造の効率上、及びゴミの詰まりにくさなどでは圧倒的に有利である。そこで羽根車式センサの特性を向上するため、下記の対応を行った。

(1)通路抵抗の削減

通路内の流速が安定するように、また圧力損失を低減させるため、断面積形状や曲げR寸法などを改良した。

(2)羽根車の形状

流速を効率よく受けるために、羽根の枚数や形状などを改良した。また、薄肉化により軽量化を極限まで追求した。この時、重量バランスが崩れない制作方法を確立した。

(3)軸受けの抵抗削減

回転ロスを低減させるために、軸受け部の形状や材質などを改良した。

これにより、バラツキを含めた公差は約±2%に向上した。その他にも

(4)アルコール含有ガソリン対応

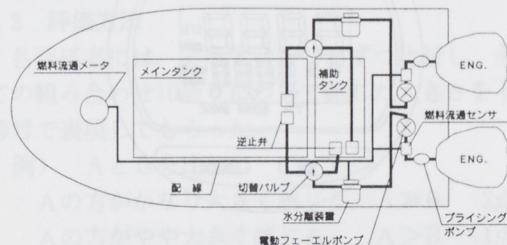
フォトカプラのレンズの耐薬品性を向上しアルコール含有ガソリンでも透か性の劣化を防止した。

センサの精度の向上方法として、メータ側でセンサ精度を補正する方法がある。センサの小流量時のマイナス特性をメータ側でプラス側に補正するものであり、これにより、羽根車式センサのシステムとしてのバラツキを含めた公差は約±1%に向上した。

これにより、羽根車式センサは性能面ではダイナミックレンジと脈動特性以外では容量式センサと大きな差が無くなり、低コストで十分な性能を持つことができた。

5 エンジンへの適合

以下に、大型2ストローク船外機に搭載した、燃料流量モニターシステムを紹介する。

図7 2ストローク船外機用
燃料モニターシステムレイアウト

大型2ストローク船外機では、脈動が比較的小さくダイナミックレンジが許容範囲であるため、羽根車式センサが使用できる。以下に主要項目を記載する。

表1 2ストローク船外機用
燃料モニターシステム諸元

項目	仕様内容
使用エンジン	2ストローク船外機
適用馬力	115~250Ps
適用燃料	ガソリン
流量範囲	3~150L/h
精度	±1%
圧力損失	0.07kgf/-以下(at 150L/h)

メータの表示内容は、燃料流量に加え、燃料消費量積算、航走燃費、更には燃料フィルタ内の水入り警告、エンジンシンクロナイザを搭載している。1つのメータで2機掛け(2センサ)まで対応している。表示内容を表2に示す。

表2 2ストローク船外機用
燃料モニターシステム表示諸元

項目	仕様内容
燃料流量	左右エンジン切り替え表示 (L/h, GPH切り替え)
燃料消費積算	不揮発目盛りにてバックアップ (liter, gallon切り替え)
走行燃費	スピードメータとデータ通信 (km/l, mpg切り替え)
水入り警告	一定以上の水検出で点滅表示
シンクロナイザー	回転数の差をグラフィックに表示

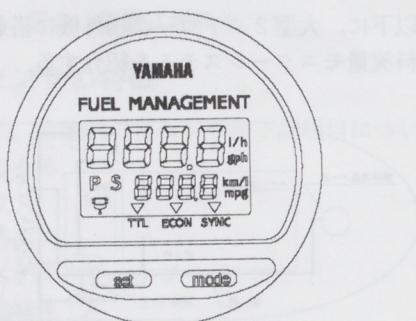


図8 燃料モニターシステムメータ

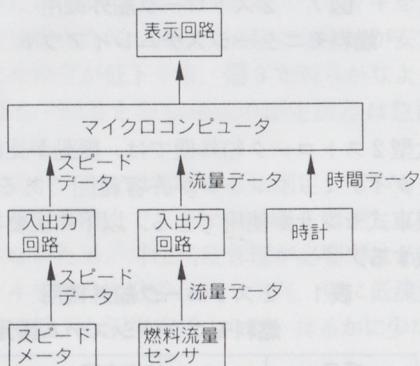


図9 メータ内部ダイアグラム

6 まとめ

エンジン燃料モニターシステムの特徴をまとめると以下のようになる。

- (1)燃料流量が運転中にモニターできるため、エンジンの状態を一目で把握できトラブルによる燃費悪化などを未然に防止できる。
- (2)航走燃費機能搭載により、最高燃費での航走が可能。
- (3)消費量積算データは不揮発メモリ採用により、バッテリバックアップが不要でデータの記憶

が可能。

- (4)フューエルフィルタ内水入り警告機能により、総合的な燃料系のモニターが可能。
 - (5)高精度／低コストの流量センサとメータの補正機能により、コストパフォーマンスの優れたシステムとなった。
- 異なるエンジン／用途にも適合するため、2種類の燃料流量センサを開発し、特性を把握した。また、様々な特性改良により十分な性能を得ることができた。これにより、ほかのエンジンで燃料流量を測定する場合にも容易に適合が可能となると考えられる。

7 今後の課題

表示機能としては、燃料表示の表示桁増、航走可能距離機能追加、燃欠警告機能追加などを市場動向を注意しながら検討する余地がある。羽根車式センサの場合、小型船外機用に使用する時には、脈動を抑制する機能が必要なため、新たにセンサを開発する必要がある。

容量式センサの場合、市場を拡大するにはコストの低減が必要であり、コスト開発が必要である。

8 おわりに

羽根車センサの開発に当たっては株京浜精機殿、デジタルメータの開発に当たっては森山工業株の多大な協力をいただきました。紙面を借りてお礼申し上げます。

■著者



菅野 功