

第25回センシングフォーラム 投稿原稿

テーマ: 質量センサの高性能化と小型化

(C-SHSの構成要素と天びん性能について)

(英題: Compact-Super-Hybrid-Sensor for New Balances)

発表者: (株)エーアンドデイ 設計開発本部 出雲直人

SICE

主催: (社)計測自動制御学会計測部会

協賛: 応用物理学会、次世代センサ協議会、電子情報通信学会、電気学会、日本機械学会、精密工学会、日本ロボット学会、日本リモートセンシング学会、システム制御情報学会、情報処理学会、化学工学会、日本鉄鋼協会、日本非破壊情報学会、日本生体医工学会、日本技術士会、ヒューマンインターフェース学会、SICE九州支部、センシングR技術応用研究会

期日: 2008年9月25日(木)、26日(金)

会場: 佐賀大学・本庄キャンパス(佐賀市)

質量センサの高性能化と小型化

(C-SHS の構成要素と天びん性能について)

(株)エー・アンド・ディ 第一設計開発本部 ○出雲直人

Compact-Super-Hybrid-Sensor for New Balances

Naoto Izumo A&D Company Limited

Higashi-Ikebukuro, Toshima-ku, Tokyou 170-0013 Japan

Abstract

We developed a new weighing sensor construction which we named C-SHS for the new

electronic balance FX-i series. The construction of C-SHS is a Compact Super-Hybrid-Sensor(SHS) which means smaller size SHS. C-SHS has the greater stability, faster response and high performance. We report the principle of the C-SHS and Japanese original technology that we call “monotukuri”

Keywords

Precision press, Precision Diecast, Plastic molding, High ratio lever, Faster response ,

Weighing Sensor for Product line, High stability, High Sensitivity

1) はじめに

精密な天びんに使用される質量計の最新技術について発表します。あらゆる技術は過去から未来への積み重ねにより発展しており、高精度質量計も例外ではありません。特に最近の天びん市場では新興国が積極的に市場へ参入しており、長年の技術蓄積を持ち業界をリードして来た欧州、日本を代表する既存メーカーもその脅威にさらされている現状があります。また、過去 30 年、高精度質量センサの分野は電磁平衡式に限定されていましたが、音叉振動式で 60 万分の 1 の性能を持つ製品が市場に出るなど、新たな方式の提案もされています。



Fig.1 C-SHS 搭載汎用天びん

(FX-i シリーズ) *2

一方、電磁平衡式の中でも単一材料に重加工をほどこし、皿の荷重を受けるロバーバル構造体の一体化を目指した提案が、約 10 年前に複数社からなされ生産されています。この様な状況下で、弊社独自技術として約 8 年前に開発した SHS(*1) : スーパー ハイブリット センサの二世世代センサとして、C(コンパクト)・SHS を 2 年の歳月をかけて開発し、汎用天びん FX-i シリーズ(Fig.1)に搭載しました。このセンサでは生産技術を利用した高精密化により、SHS の特長となる重要部品の複合化(ハ

イブリット化)を進めることで、高性能化と一層のコストダウンを同時に達成しました。このセンサの開発に成功した技術的背景と特徴を簡単にまとめ、また質量センサの開発を通して見た日本の技術のあるべき方向性について、紙面の許される範囲で報告します。

2) C-SHS の開発背景について

2000年に汎用天びんに搭載したSHSは、現在でも世界最速の応答性を維持し、その高速応答は潜在的な需要であった生産ラインへの汎用天びんの導入を加速しました。また、SHSを分析天びん相当の性能を持つライン専用高速計量センサに利用した結果、その高速応答により新たな市場形成に成功し、特に微量量の測定が必要となる先端技術分野の生産ラインで、当然のように高精度&高速応答となる質量センサが使われる状況を生みました。しかし、天びん用質量センサをそのまま利用することは、生産現場に高価格な商品導入を強制することとなり、改めて一層のコストダウンとそれに必要となる小型化技術に対する要求を表面化させました。

SHSでは弊社既存センサ比で60%強のコストダウンを行いました。今回新たに開発したC-SHSではSHS比でさらに40%の材費削減を実現しました。この結果当社の質量センサの生産コストは約8年間で1/4へと圧縮されました。一般的に電磁平衡式は高価と思われていますが、その原因は質量のセンシング方式によるのではなく、製品の作り方、つまり設計によると判断されます。C-SHSで達成した大幅なコストダウンは、今までの殻を破った製品設計を採用し、また、それを実現可能とする日本独自の“もの作り”の技術に支えられています。良く言われている事ですが、現在の日本に繁栄をもたらした技術力は、元々大企業にあった訳では無く、日本人が本来持っている職人的“繊細さ”と“こだわり”により、現在でも維持されていると考えます。この歴史的背景を理解して設計生産された製品は、商品としての価値を生み、最終的には、その恩恵をエンドユーザーに配布できる競争力の強いものになると考えられます。

3) C-SHS の構造

C-SHSの具体的構造について説明します。Fig.2を参照してください。やや構造が複雑に見えますが、2重てこ方式となり、小型化されていますのですべての部材が混み合って配置されています。全長が約145mm、左端の丸い磁気回路がΦ25mmの寸法となります。



Fig.2 C-SHSの全体構造

このセンサ構造には精密プレス部品、精密ダイカスト部品、複合化された樹脂モールド部品を多用しており、磁気回路を小型化する為にテコ比を300以上と高くしています。

特徴は ①ロバーバルを構成するフクカンとフクカン板バネが精密プレス成形で一体化され1部品となっている ②2次テコが平面構造となり精密プレス部品で一体化されている ③ウキワクとフレームが生産性の高い高

精度ダイカストにより、効率良く成形されている ④電磁力発生部となるフォースコイルが樹脂モールドされ同時に磁気回路を構成するヨークと共に高テコ比により極端に小

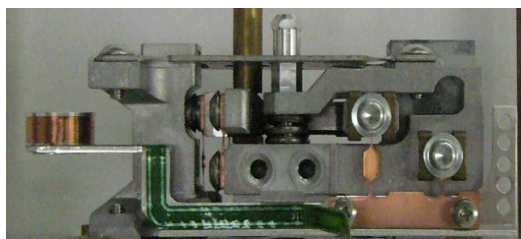


Fig.3 C-SHS の構造(側面)



Fig.4 C-SHS のてこ構造

上:C-SHS 構造、下:SHS 構造



Fig.5 SHS/C-SHS センサ構造比較



Fig.6 既存製品/C-SHS 搭載製品比較

型化されている ⑤同じく電磁力発生部を極端に小型化した事で、磁気回路の構成要素がすべて精密プレス化されたなどとなり、これらの技術はすべて権利化されています。実施状況の詳細については Fig.3,4 を参照してください。以上を実現した結果、天びんとしての性能を維持したまま、既存の SHS センサ部の質量 930g を約半分の 460g へと軽減し、天びん外寸も小さくできました。ここで Fig.3 はセンサのテコ構造、Fig.4 がビームとフォースコイル、磁気回路部の構成比較、Fig.5 が SHS と C-SHS の全体比較と Fig.6 はそれぞれのセンサを内蔵した汎用天びんの外観となります。

加工精度に対する要求レベルの高いこれらのセンサ部品について、C-SHS では多くの発案による新規設計を行い、また日本独自の水平分業体制を利用する事で、高精度部品の導入に伴う小型化と大幅な材費削減、また高性能化と言う一見相反する内容を同時に達成することができました。

4) C-SHS の性能

○スパン値の経時変化について

現在 C-SHS を汎用天びん FX- i シリーズ(Fig.1)に採用し商品化しています。

FX- i シリーズでは、最小表示 0.2 mg、最大分解能 60 万分の 1、1 mg 表示の天びんで世界初の防塵・防滴構造 IP65 適合などを実現している WP シリーズなどがありますが、その最大の特徴はスパン値(ひょう量表示)の安定性と高速応答に表れています。

Fig.7 を参照してください FX-3000 i (ひょう量 3 kg×最小表示 0.01g)の機種に 20°C /30°C /10°C /20°C の温度変化を繰り返し各温度にて 24 時間、合計で約 9 日間放置した時のスパン値の安定性を表したデータとなります。グラフは上からスパン値&ゼロ点/左目盛、天びんを設置した環境温度の変化/右目盛 をモニターしたものとなります。特にスパン値の変化は 9 日間(3 サイクル)を通して 2 dig /30 万となり、ゼロ点とともに変化は僅かで、国際勧告となる OIMLR76 に規定される CLASS II のスパン安定性 ±15dig に、内蔵分銅の利用なしで十分適合できるレベルに達しています。

温度変化を含む経時での計量値が安定しているのは、2 次テコの一体化とフォースコイルの樹脂モールド化が貢献していると判断されます。

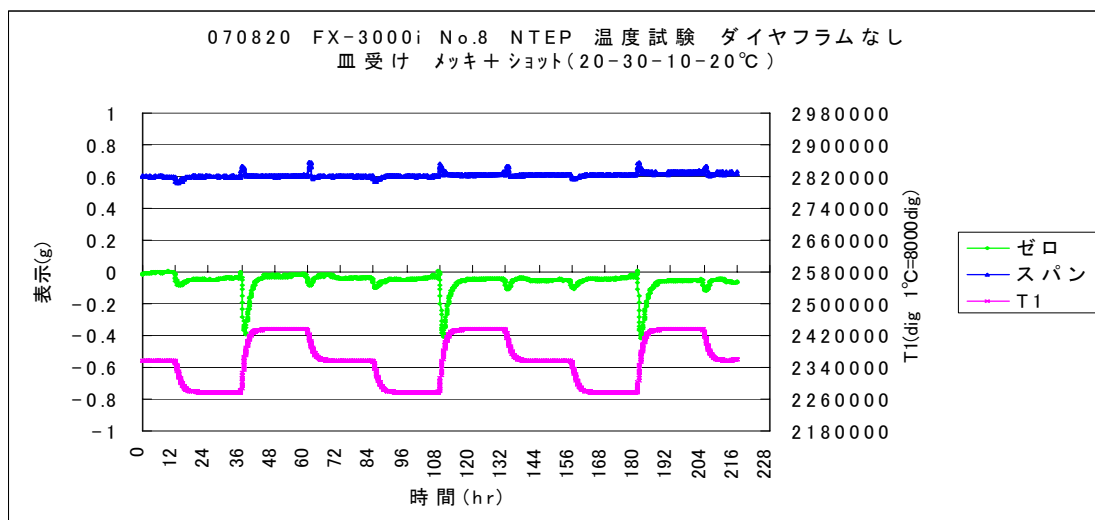


Fig.7 FX - 3000 i の温度×経時安定性

○応答速度について

FX3000 i に 3kg の分銅を自動機により昇降させ、分銅を降ろした時の応答を表したデータが Fig.8 となります。このグラフでは計量値が 3 kg から 0 kg に減少していますが、分解能が 30 万分の 1 と高い為、グラフから 1 dig の安定時間を読む事は困難です。そこで天びん自身の安定検出機能により応答速度を判定しています。

FAST/MID/SLOW の表示は天びん内部の環境設定と呼ばれ、安定した環境で応答の速

い設定から、不安定な環境で表示をより安定させる設定までを意味しています。グラフから C-SHS では最速で 1.1 秒の応答性能のある事が理解されます。天びんの高速応答はセンサ機構部と電気ハード部、それを制御するソフトウェア技術の最適化により達成され、この技術背景から C-SHS では SHS 技術を踏襲し、世界最速となる約 1 秒応答を達成していることが理解されます。

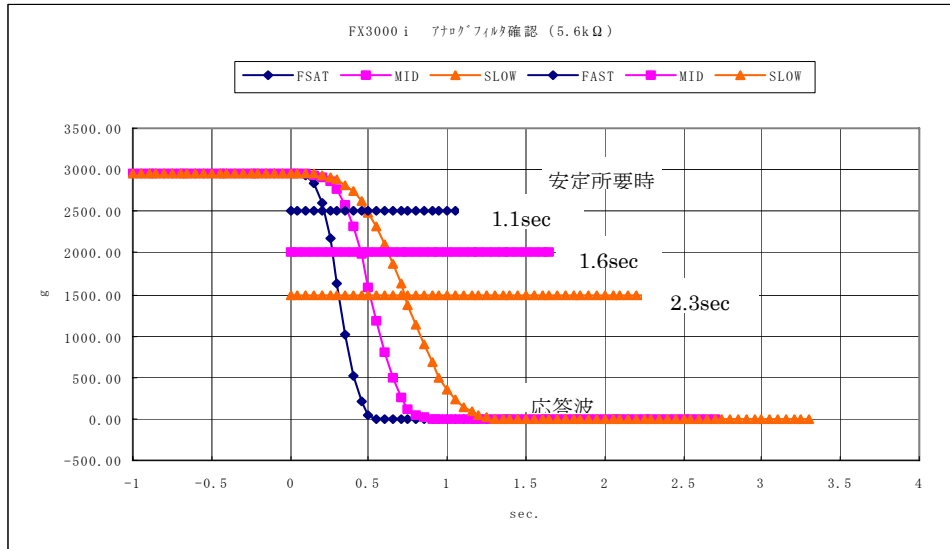


Fig8 FX - 3000 i の応答速度

○表示の安定度について

Fig.9を参照してください。このグラフは180分間の安定度を天びんの内部カウントで測定したものです。縦軸の1目盛りは2mgとなり、ひょう量3kg×最小表示2mgとなっています。計量値には3時間を通して幅で4mgの揺らぎが見られますが30万×5=150万カウント表示で±1digの感度で安定していることが確認されます。

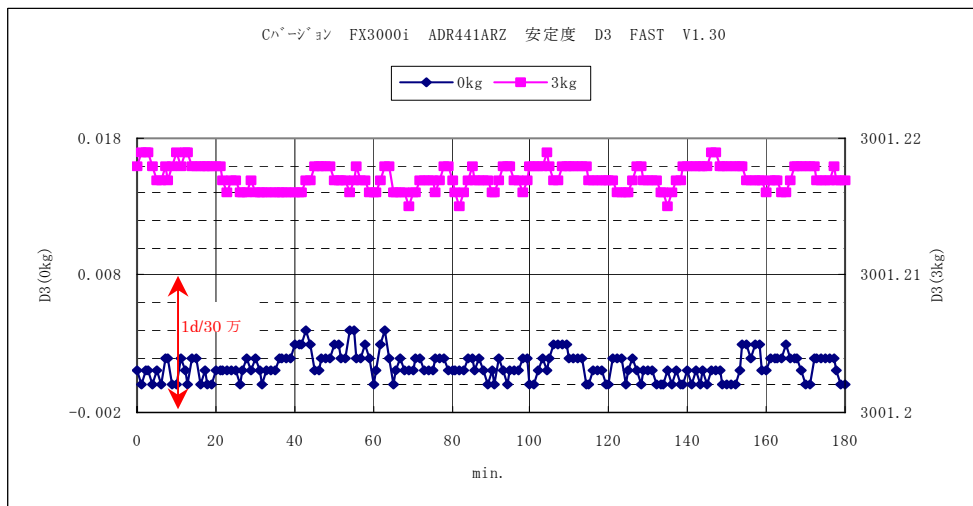


Fig9 FX - 3000 i の感度

5) 考察とまとめ

独自の設計技術を確立し、また高い生産技術力を持つ部品メーカーの協力を得て、コストパフォーマンスの高い新質量センサ：C-SHSを開発しました。C-SHSの開発過程では多くのアイデア出しを行い、実験による試行錯誤が約2年続きました。しかし、最終的には多くの部品メーカーの努力と貢献を基本とした協力を得て、新しく提案されたセンサとして実現できました。このような展開の中で、結果的にC-SHSのコストは大幅に削減され、当社比で歪ゲージ式ロードセルに近いレベルに到達しました。このセンサを分解能60万分の1となる汎用天びんFX-iシリーズに採用し、製品化しました。

完成した天びんでは高いスパンスタビリティ、高速応答と小型化を実現できました。今後は本技術を応用して自動化ライン用精密質量センサを開発し、また本技術の延長線上で分析天びんの開発を予定しています。これらの成果をエンドユーザーに低価格、高精度&高速応答、高安定性となる計量機器として提供していく予定です。

一般的に高性能はともかく、コストダウンについて提案してもユーザーの共感を得ず、新製品としての魅力に乏しいとの意見が聞かれます。しかし、世界規模で多くの商品が競合している状況は今後もあらゆる製品市場に拡大し、先進国では市場規模の縮小が、新興国では一層の価格競争が進むことは明らかなです。この状況下では最終的に顧客に還元される高性能と低価格を実現することは、メーカーにとって至上命令であると考えます。また、品質とコストのほとんどが設計により決まる事実からも、コストパフォーマンスは商品にとっては最も重要な性能であると認識されます。

現在、多くの業種でコストダウンと言えば、経済的に有利な立場を利用した部品メーカーへの圧迫と発展途上国の低賃金の利用が主な手法となった感があります。しかし、これらの手法は自由主義経済の欠点となる力をベースにしており、長い目で見た持続的発展には繋がらないことが懸念されます。そこで今後は日本の持つ製品企画力とそれを実現するアイデア出しを行い、同時に日本人が本来持っている緻密なもの作りの技を融合させ、商品としての完成度をあげて世界へ発信していくべきと考えます。

C-SHS開発に当たり、センサを構成する重要部品を製作していただいたメーカー*3及び製作担当者に感謝すると共に、日本の特徴となる高品質部品を生産できるメーカーとの共存共栄体制を今後も発展させ、計量器として完成度の高い製品作りを続けて行きます。またこれらの製品が、日本のもの作りの現場で使用され、生産性向上、品質改善などに貢献できる事を希望しています。

参考文献、その他

*1 ○APMF2000 2000年11月 『SUPER-HYBRID-SENSOR FOR NEW BALANCES』

○第17回センシングフォーラム 2000年10月『新しい質量センサーを使用した汎用天びん』

* 2 株式会社アアンドデイ : <http://www.aandd.co.jp>

* 3 (有)薩摩製作所様、(株)サンキャスト様、(株)村松製作所様、その他