

研究

チタンの陽極酸化を用いた時計用回転錘の開発

石蔵 明子, 村住 拓也*, 新輪 隆

セイコーインスツル株式会社研究開発センター, 千葉県松戸市高塚新田 563, 〒270-2222

*同 ムーブメント事業部時計設計部, 千葉県千葉市美浜区中瀬 1-8, 〒261-8507

(2013年9月26日受付, 2013年11月6日再受付, 2013年11月10日採録)

Development of titanium oscillating weight colored by anodic oxidation

Akiko ISHIKURA, Takuya MURAZUMI*, and Takashi NIWA

Research and Development Center, Seiko Instruments Inc., 563, Takatsuka-Shinden, Matsudo-shi,
Chiba 270-2222, Japan

*Watch Movement Division, Movement R&D section, Seiko Instruments Inc., 1-8, Nakase, Mihama-ku, Chiba-shi,
Chiba 261-8507, Japan

(Received September 26, 2013, Revised November 6, 2013, Accepted November 10, 2013)

ABSTRACT

We have used anodic oxidation of titanium for the first time to develop an oscillating weight in order to improve the decorative effect of mechanical watch. It was found that the coloring behavior of titanium anodization was strongly influenced by the surface condition caused by machining. The presence of the affected layer on the surface prevents the uniformity of color. We derived the etching conditions for removing the affected layer. As a result, it was possible to realize the designed color with high repeatability.

1. はじめに

近年, 機械式時計においては, 機械加工による模様付けと共に色彩付与を行い, 外観品質を向上させることが行われている. 時計部品への色彩付与技術としては, 従来, めっきやイオンプレーティングなどが利用されているが, 金色, 銀色, 黒色, 青色等の限られた色しか発色させることができていない. そこで, 金属光沢を有し, 様々な色を発色させることが可能な方法として, チタンの表面に酸化膜を形成し, その干渉色を利用する手法の時計部品への適用について検討を行った. その際, チタン表面に酸化膜を形成する方法としては陽極酸化法を利用した. 近年, このような酸化膜による干渉色で色彩付与したチタン材は, カラーチタンとして建材等にも応用さ

れているが¹⁻³⁾、著者らが知る限りでは、時計部品および精密部品分野に適用した例は報告されていない。

陽極酸化により、チタン表面には屈折率の高い無色透明な酸化膜が形成され、入射した光が酸化膜表面とチタン表面でそれぞれ反射し干渉することで、特定の波長の光が強め合い発色する。色合いは酸化膜の膜厚に依存しており、膜厚は電圧の値で制御することが可能である。従って、電圧制御のみで様々なバリエーションの色合いを得ることができる。一方、チタンの陽極酸化においては、色ムラが発生しやすく、均一な発色を得ることが困難であるというデメリットもある。陽極酸化の際に、チタン表面の一部に加工変質層や自然酸化膜などが存在すると、その部分は酸化膜の成長速度が他と異なるため、酸化膜の厚みにバラつきが生じ、結果として色ムラとなってしまう。本稿では、陽極酸化の前処理条件を最適化することで、色ムラの発生を抑制し、Fig. 1に示すように機械式時計の回転錘として量産に適用することができたので報告する。なお、今回開発した回転錘では、高級感を付与するため、熱処理によりチタンの結晶を目視可能なレベルまで粗大化させる処理も合わせて実施している。

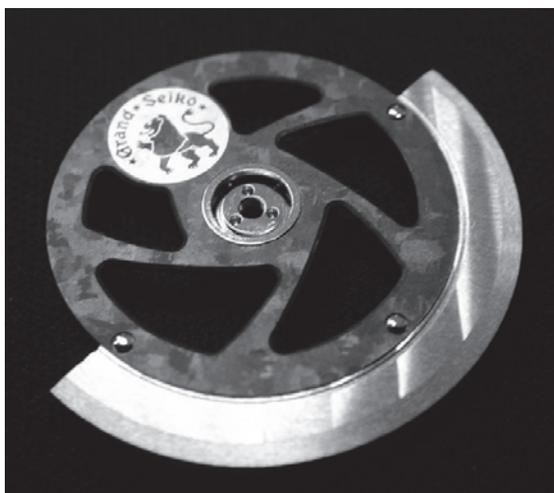


Fig. 1 Anodized blue titanium and tungsten rotor.

2. 時計部品への陽極酸化法の適用

機械式時計の回転錘は、最終の表面仕上げの前工程において、表面の平滑性向上と部品の寸法精度確保を目的とした研磨が行われている。この研磨工程により、部品の最表層には加工変質層が生成するのに加え、研磨加工後、時間が経過するにつれ、表面には自然酸化膜も生成してくる。陽極酸化を行う際に、加工変質層や自然酸化膜が存在すると、その部分の酸化膜の形成速度が遅くなるため、色ムラが生じてしまう。このため、安定した発色を得るためには酸洗処理による前

処理で、加工変質層や自然酸化膜を完全に除去しておくことが重要である。しかしながら、一般に時計部品は、他の機械部品と比較して厚みが薄く、加工後の寸法にも高い精度が求められるため、前処理による除去量は必要最小限に抑える必要がある。そこで研磨工程後の加工変質層の厚みを集束イオンビーム (FIB) による断面加工と観察で精密に測定を行って、最適な除去量を把握し、それに合わせた酸洗処理の条件を設定することで、色ムラ発生の抑制と寸法精度の両立を図った。また、酸洗処理を行うことにより、陽極酸化処理で得られる発色の範囲が広がることも確認した。

3. 実験方法

回転錘の原材料には、JIS 2 種に相当する工業用純チタン板材を使用し、彩色に加えて高級感を付与するため、板材のチタン材を熱処理し、チタンの結晶を目視可能なレベルまで粗大化させた。熱処理後は、板厚が所定の厚みとなるよう両面研磨を施した。これらの加工条件を一意に決定した後、板材の加工変質層の厚みを FIB による断面加工と観察により精密に測定した。

酸洗処理には、フッ酸を含む酸を用い、処理後の表面粗さが要求仕様に合致するよう組成を調整した。酸洗処理は、溶剤により機械加工で生じた汚れを除去した後、前出の加工変質層の厚み分だけ除去される処理温度と時間で実施した。これを多数のサンプルで繰り返し行い、除去量のバラつきが許容範囲内に抑えられるかどうかを確認した。

陽極酸化は、電解液としてリン酸を用い、対極に純チタン板を用いて室温にて定電圧下で行った。得られた酸化膜については、分光測色計 (コニカミノルタ製 CM-2022) を用いた色調測定に加え、FIB による断面加工・観察、および透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察による厚み測定を実施した。

4. 結果と考察

4. 1 加工変質層の厚み測定と酸洗による除去量のバラつき

両面研磨後のチタン板材の FIB 断面加工および観察結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 において、最表層は FIB の加工精度を向上させるために形成したカーボン層である。断面画像から、その下には総厚 $2.6\ \mu\text{m}$ の層と、 $4.6\sim 12\ \mu\text{m}$ の層が存在していることがわかる。両者を TEM 観察、オージェ分析などで組成分析を行った結果、前者は自然酸化膜、後者は研磨工程で生じた加工変質層であることがわかった。多数のサンプル

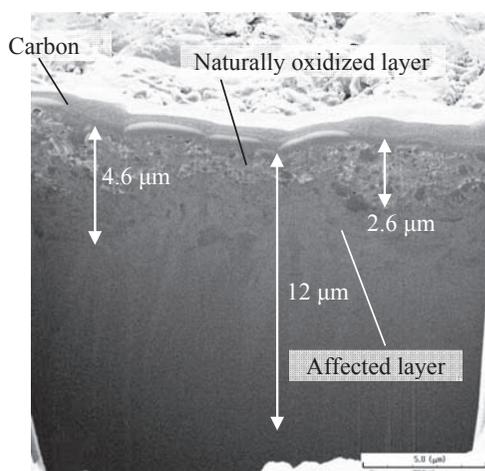


Fig. 2 Cross-sectioning of Ti by FIB.

を観察したところ、加工変質層の最大厚みは $12\ \mu\text{m}$ であり、それを超えるものはなかった。研磨では多数個をバッチ処理しており、同一バッチの加工物は、ほぼ同様の厚みの加工変質層が形成されていると推測される。また、研磨は両面で行われているため、反対面にも同様の厚みの自然酸化膜、加工変質層が形成されていると考えられ、陽極酸化で均一な発色を得るためには、これらの層を表面から完全に除去する必要がある。即ち、片側 $12\ \mu\text{m}$ 以上を酸洗で除去する必要がある。

その一方で、酸洗処理後も時計部品に要求される厚み等の寸法精度は維持されている必要がある。そこで、溶液の組成、温度、処理時間を一定とした場合の除去量のバラつきを測定した結果を Fig. 3 に示す。横軸が処理サンプル番号、縦軸が酸洗処理による片面の除去量である。ここでは、片面除去量の狙い値を $15.5\ \mu\text{m}$ として処理を行い、80 個のサンプルのうち、No.1~30 の全数と No.31~80 で 5 個置きにサンプリングしたものについて、酸洗処理の前後での片面あたりの厚み変化量を測定した。その結果、片面除去量の平均値 $15.6\ \mu\text{m}$ 、標準偏差 $1.9\ \mu\text{m}$ という結果が得られた。これより、片面除去量の狙い値を $15.5\ \mu\text{m}$ とすることで、加工変質層をほぼ完全に除去できると推定できる。また、酸洗での除去量におけるこの程度のバラつきは、部品の厚みが $200\sim 500\ \mu\text{m}$ （製品によって異なる）であることを考えると、後の組立工程でも十分許容できる範囲である。

4. 2 酸化膜の厚みと色調

陽極酸化時の印加電圧と得られた陽極酸化膜の厚みを TEM 観察で求めた結果を Fig. 4 に示す。印加電圧と酸化膜の厚みは比例関係にあり、また、チタンの陽極酸化では、酸化膜の厚みは電圧印加時間を延ばしてもほとんど変化しないことから、電圧により膜厚の制御が可能であることが分かる。なお、干渉色が発現する酸化膜の厚みはおおよそ $200\ \text{nm}$ 以下であるため、酸化膜の形成による厚み変化は、時計部品の要求寸法精度に全く影響しない。

次に、得られた酸化膜に対し、分光測色計を用いて色調の測定を行った結果を Fig. 5 に示す。Fig. 5 は明度を L^* 、色相と彩度を示す色度を a^* 、 b^* とし、光源を D65（色温度が $6504\ \text{K}$ の色調測定における標準光源の一つ）とした時の $L^* a^* b^*$ 表色系色度図である。 $L^* a^* b^*$ 表色系色度図で

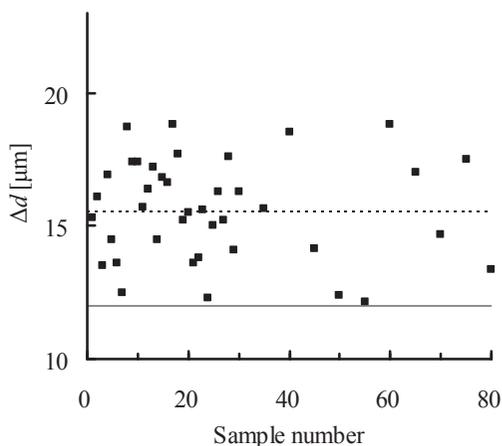


Fig. 3 Variation of thickness Δd removed by etching process.

は、 a^* 、 b^* がそれぞれ色の方向を表しており、 a^* で赤色～緑色、 b^* で黄色～青色の色味の強さを表している。また、数値の絶対値が大きくなるほど（色空間の外側に行くほど）鮮やかな色になり、逆に数値の絶対値が小さくなると（色空間の中央に行くほど）くすんだ色になる。図中の領域 A は、発色の再現性確認のため、同一電圧にて作製したサンプル 6 点の測定を行った結果を示している。サンプル 6 点は、ほぼ重なっており、これらのサンプル間における色差を ΔE^*_{ab} として確認した結果、一つのサンプルを基準として D65 光源で $\Delta E^*_{ab} < 0.33$ ($L^* = 31.6$, $a^* = 27.2$, $b^* = -44.3$) であった。

比較のため、前処理の酸洗処理を行っていないチタン材を陽極酸化した場合の印加電圧と色調の関係も示した。図から明らかなように、酸洗処理の有無によって、同じ電圧で陽極酸化処理をした場合でも発色する色は異なっている。また、酸洗処理を行わないよりも、行った場合の方が、印加電圧の変化に対して L^* a^* b^* の変化量が大きくなっており、酸洗を行うことでチタンの発色バリエーションが増えるという効果もあることが分かった。

さらに、陽極酸化で酸化膜を形成したチタン材について、紫外線照射機（フェードメーター）を用い、高温高湿環境下で 200 時間の紫外線照射による耐光性試験を行った結果を Fig. 6 に示す、試験前後での各サンプルの色差は $\Delta E^*_{ab} < 0.45$ であり、紫外線による酸

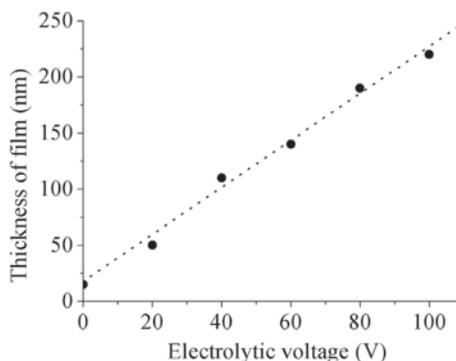


Fig. 4 Relationship between thickness of film and electrolytic voltage.

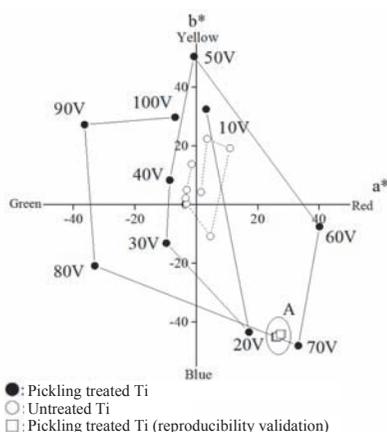


Fig. 5 L^* , a^* , b^* chromaticity diagram of anodized Ti.

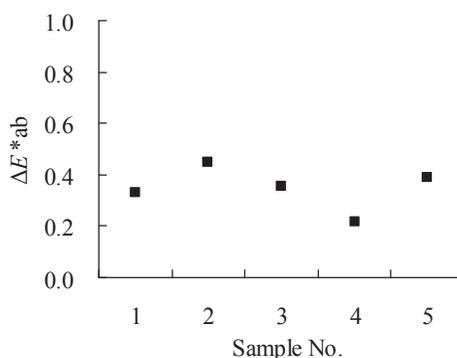


Fig. 6 Evaluation of color change by UV irradiation.

化膜の劣化は生じないものと考えられる。

5. まとめ

チタン材に陽極酸化で酸化膜を形成することにより色彩付与を行う際に、前工程の研磨過程で生じた加工変質層の厚み分のみを酸洗処理で除去することにより、色ムラのない発色と高い寸法精度の確保を両立できることを示した。酸洗処理を行うことで、形成された陽極酸化膜の色差 ΔE^*ab は、0.33 未満と安定した発色が得られており、目視で色ムラや発色の個体差は全く分からないレベルとなっている。さらに、紫外照射による耐光試験を行った結果、 ΔE^*ab の変化量は 0.45 以下と問題ないレベルであった。これらの結果から、本法が機械式時計部品の色彩付与に適用できるレベルであると判断され、実際に量産モデルの回転錐として採用された。今回は回転錐のみに色彩付与を行ったが、今後はこれ以外の部品への展開も検討していく予定である。

参考文献

- 1) 佐藤廣士：チタン建材とその表面処理, 表面技術, Vol. 43, pp. 1014-1019 (1992).
- 2) 木村欽一：チタンと意匠性-チタン建材の需要と意匠性, 表面技術, Vol. 51, pp. 803-806 (2000).
- 3) 屋敷貴司, 上窪文生：チタンの表面処理技術, 軽金属, Vol. 50, pp. 577-583 (2000).

拮抗駆動機構の位相条件を考慮した 軌道追従制御

小松 智広, 奥山 淳*, 小林 拓磨*

東海大学大学院工学研究科, 神奈川県平塚市北金目 4-1-1, 〒259-1292

*東海大学工学部, 神奈川県平塚市北金目 4-1-1, 〒259-1292

(2013年9月23日受付, 2013年11月23日再受付, 2013年11月25日採録)

Trajectory Tracking Control Considering Phase Condition for Antagonistic Driven Mechanisms

Tomohiro KOMATSU, Atsushi OKUYAMA*, and Takuma KOBAYASHI*

Graduate School of Engineering, Tokai University, 4-1-1, Kitakaname, Hiratsuka-shi, Kanagawa 259-1292, Japan

School of Engineering, Tokai University, 4-1-1, Kitakaname, Hiratsuka-shi, Kanagawa 259-1292, Japan

(Received September 23, 2013, Revised November 23, 2013, Accepted November 25, 2013)

ABSTRACT

This paper proposes a new control method for a lower-leg robot with antagonistic driven mechanisms. The proposed control method has following two features: (1) the controller is designed according to a frequency response, and (2) both steady-state error and phase delay are compensated. As a result, the proposed control method significantly improves the tracking performance to a reference trajectory. The effectiveness of the proposed control method was confirmed by numerical simulations of the lower-leg robot with antagonistic driven mechanisms.

1. 緒言

近年, 生物の四肢の制御機能を明らかにする研究が盛んに行われている. その中でも, 生物特有の筋骨格構造である二関節筋を取り入れたロボットにおいて, その先端出力・剛性・位置制御に関する解析がなされてきた^{1),2),4)}. 従来, その位置制御方式として, 各関節や先端位置の途中経路を指定せずに駆動させる PTP(Point to Point)制御が中心となってきた. 本研究では, さらに安定した動作を実現するため, 与えた目標の軌道に対して誤差なく追従する CP(Continuous Path)制御を実現することを目的とする. 本論文では, 二関節筋を取り入れた 3 対 6 筋モデルを扱う前段階として, 一関節筋を拮抗配置させた 1 リンク構造を対象とする. そして, その軌道追従性を向上するために, 制御系設計に周波数特性を考慮した制御方式を提案する. 提案方式の有効性は, シミュレーション検討を行うことにより確認する.

2. 制御対象モデル

2. 1 運動方程式

Fig. 1 に本論文で対象とする拮抗駆動機構を示す．下肢ロボットの拮抗駆動機構として，腰部から膝関節に一関節筋を拮抗配置させた 1 リンク構造とする．拮抗する筋肉を収縮させることで，膝関節を軸に下腿部を目標の角度まで駆動させる．ただし，股関節は固定し，重力の作用は考えないものとする．

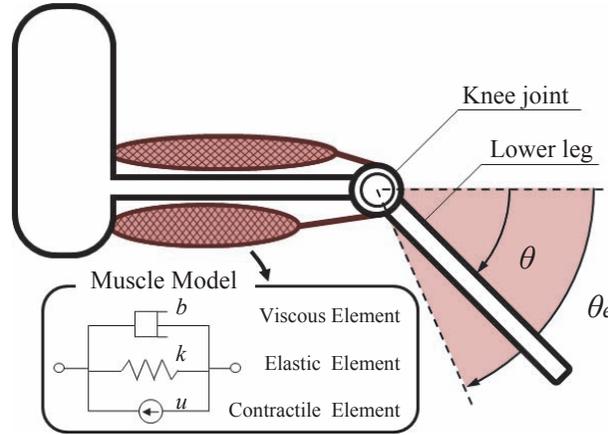


Fig. 1 Antagonistic driven mechanism with visco-elastic muscle.

筋肉のモデルとして，粘弾性を考慮した式(1)を用いる³⁾．

$$F = u - kux - bu\dot{x}. \quad (1)$$

F は筋肉の張力， u は筋肉の収縮力， k ， b は正の定数， x は筋肉の収縮量（収縮方向を正とする）， \dot{x} は収縮速度である．入力である収縮力 u によって，筋肉の粘弾性が変化するという特徴を持っている．

下肢ロボットの膝関節まわりに関する回転の運動方程式は，次式のように表される．

$$I\ddot{\theta} = r(F_f - F_e) = r(u_f - u_e) - r^2(u_f + u_e)(k\theta + b\dot{\theta}). \quad (2)$$

ただし， I は下腿部の慣性モーメント， r は関節半径， θ は関節角度（時計回りの回転を正とする），添字 f は屈筋， e は伸筋を表す．文献を参照して決定した各パラメータ値を Table 1 に示す^{3),4)}．ここで，拮抗する筋肉の収縮力 u の和と差を次のように定義する．

$$W = u_f + u_e, \quad D = u_f - u_e. \quad (3)$$

このとき、式(2)は式(3)を用いて、以下のように書き換えられる。

$$I\ddot{\theta} = rD - r^2W(k\theta + b\dot{\theta}). \quad (4)$$

式(4)から制御対象である下肢ロボットに指定する入力信号は W と D の2つとなる。従って、この W と D をどのように決定するかが課題となる。本論文では、 W の設計を行い、その上で D を決定する。

W は、式(4)において

$$k' = r^2Wk, \quad b' = r^2Wb \quad (5)$$

と置くことで

$$I\ddot{\theta} = rD - k'\theta - b'\dot{\theta} \quad (6)$$

のように書き換えることができる。つまり、 W により、剛性と粘性を変えることが可能となる。ここで、 W を一定値にすると、式(4)の入力信号を D のみとすることができる。この結果、入力を D 、出力を θ とする伝達関数表現が可能となる。

Table 1 Parameters of plant.

k	0.40 [1/m]	I	0.30 [kg·m ²]	θ_e	1.0 [rad]
b	0.20 [s/m]	r	0.10 [m]		

2. 2 周波数特性

W を一定値として求めた式(4)の伝達関数表現を次式に示す。

$$P(s) \equiv \frac{\theta(s)}{D(s)} = \frac{g\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}. \quad (7)$$

ここで、 s はラプラス演算子兼微分演算子である。このとき、 g 、 ω_n 、 ζ は以下のようになる。

$$g = \frac{1}{rWk}, \quad \omega_n = r\sqrt{\frac{Wk}{I}}, \quad \zeta = \frac{rb}{2}\sqrt{\frac{W}{kI}}. \quad (8)$$

W の設計方法の一つとして、減衰係数 ζ の観点から設計することが考えられる。式(8)より、 ζ

の値を定めることで、 W の値を決定することができる。Fig. 2に各 ζ ($= 0.125, 0.25, 0.5, 1, 1.5$)の値における制御対象の周波数特性を示す。

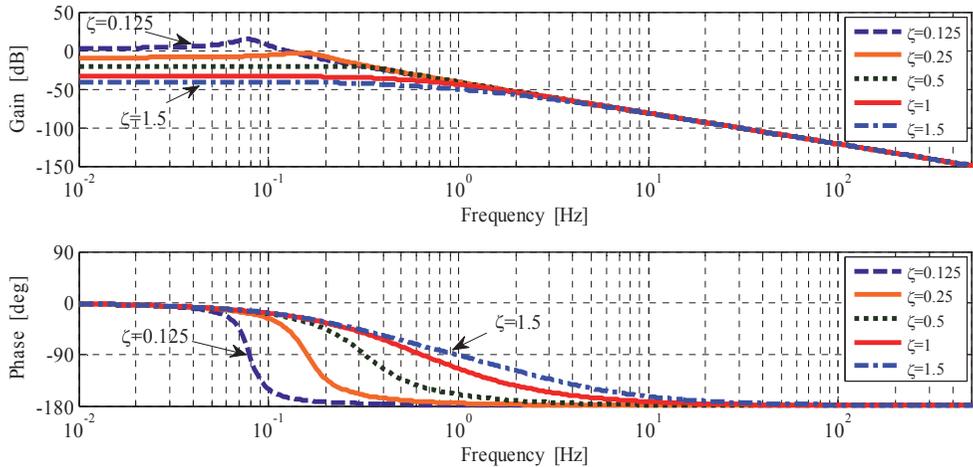


Fig. 2 Frequency responses of plant.

Fig. 2より、制御対象のゲインと位相が減衰係数 ζ に応じて変化する。目標軌道への追従性は制御対象の位相遅れに関係しており、位相の遅れが追従性の劣化に繋がるため改善が必要となる。

本検討では、臨界制動となるように減衰係数 $\zeta = 1$ とし、式(8)より W を求めた。この結果、本条件では $W = 4kl / (b^2 r^2) = 1200$ [N]となった。 W が決定したので、次に D の設計を行う。

3. 従来の制御方式

従来の制御方式は式(4)を直接用いて平衡点を指定し、関節角度をその平衡点に収束させるものであった⁴⁾。これはPTP制御として分類され、関節角度の途中経路を指定することはできない。また、従来の制御方式は式(4)を直接用いるため、制御性能の評価は時刻歴応答の観点からしか行われていなかった。一方、2.2節で述べたように提案する制御方式を用いることで制御対象を伝達関数として表現することが可能となる。そこで、制御対象を伝達関数として表現すると、従来の制御方式は目標軌道 r_{ref} から関節角度 θ までの定常ゲインを1にする方式と等価となる。以下ではこの従来の制御方式をゲイン補償と呼ぶことにする。Fig. 3に制御対象にゲイン補償を行った場合のブロック線図を示す。

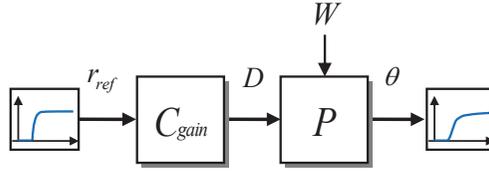


Fig. 3 Conventional control system.

制御対象の入力 D として単位ステップ信号を与えた場合，関節角度は最終値の定理より以下となる．

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \theta(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s\theta(s) = g. \quad (9)$$

これより， $t \rightarrow \infty$ で $\theta = \theta_e$ とするためには入力 D を $(1/g) \times \theta_e$ とすればよい．従って，コントローラ C_{gain} は以下のように $1/g$ となり，目標値 r_{ref} として θ_e を与えることになる．

$$C_{gain} = \frac{1}{g}. \quad (10)$$

このゲイン補償により目標値 r_{ref} から関節角度 θ までのゲインは 1 となるが，制御対象が有する位相遅れを補償することはできない．この位相遅れは追従性の劣化に繋がるため，コントローラに位相進み要素を加えることで改善を図る．

4. 提案する制御方式

制御対象が有する位相遅れを 0 にする観点から D を設計する方式を提案する．従来方式であるゲイン補償に加えて，位相進み補償を行う．位相進み補償は式(11)で表される⁵⁾．

$$C_{phase}(s) = \prod_i \frac{1/\beta_i \cdot s + 1}{1/\alpha_i \cdot s + 1}, (\alpha_i > \beta_i). \quad (11)$$

Fig. 4 に提案する制御系のブロック線図を示す．従来方式のゲイン補償に加え，位相進み補償を加えたコントローラとなっている．

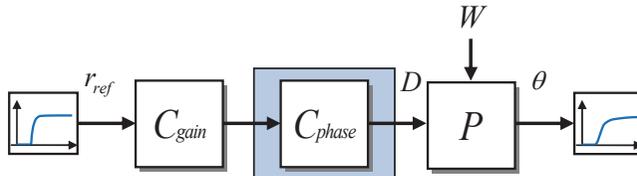


Fig. 4 Proposed control system.

本検討では，位相進み補償を 2 つ適用した．位相進み補償における α ， β の値は Fig. 2 の周波数

特性を指標にして調整した. 本シミュレーションにおける α , β の値を Table 2, コントローラの周波数特性を Fig. 5 に示す.

Table 2 Parameters of proposed controller.

C_{gain}	$1/g$	48		
C_{phase}^1	α_1	$2\pi \times 90$	β_1	$2\pi \times 0.68$
C_{phase}^2	α_2	$2\pi \times 120$	β_2	$2\pi \times 0.60$

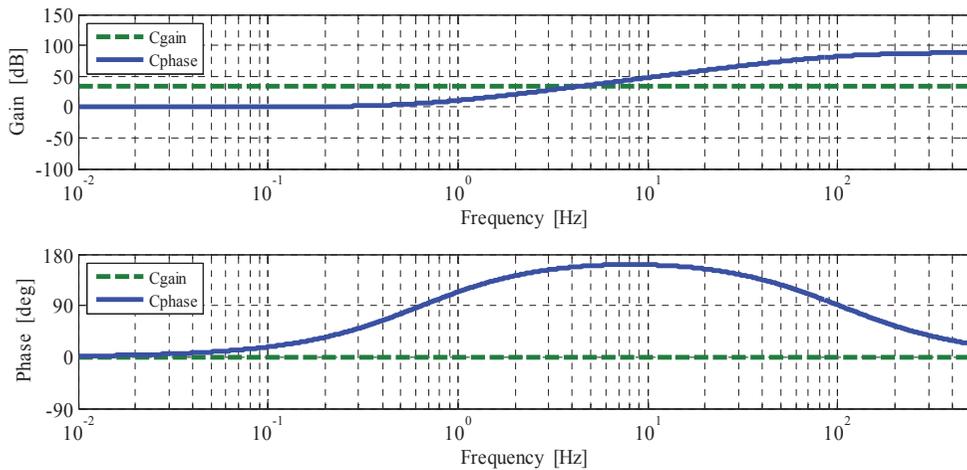


Fig. 5 Frequency responses of proposed controller.

5. シミュレーション検討

提案方式による軌道追従性能を評価するにあたり, 周波数応答と時刻歴応答のシミュレーション検討を行った.

5. 1 周波数応答

Fig. 6 に周波数応答のシミュレーション結果を示す. ここで, P は制御対象, PCg は従来の制御方式 (ゲイン補償), PCgp は提案する制御方式 (ゲイン補償 + 2つの位相進み補償) である.

ゲイン補償を行うことにより定常ゲインが補償され, ゲイン特性が 0 [dB] となっていることがわかる. しかしながら, ゲイン補償では制御対象の位相特性に変化が見られず, 位相遅れが改善されていない. 一方, 提案する位相進み補償を適用することにより, 制御対象の位相遅れが大きく改善されていることがわかる. 位相が 0 [deg] となる帯域を比較すると, ゲイン補償では 0.01 [Hz] 程度であり, それが位相進み補償を適用することで 1 [Hz] 程度まで向上している. また,

ゲインが 0 [dB]となる帯域を比較すると、ゲイン補償では 0.6 [Hz]程度であり、それが位相進み補償を適用することで 100 [Hz]程度となった。以上より、位相進み補償を適用することで、位相特性とゲイン特性両方の帯域を向上できる結果が得られた。

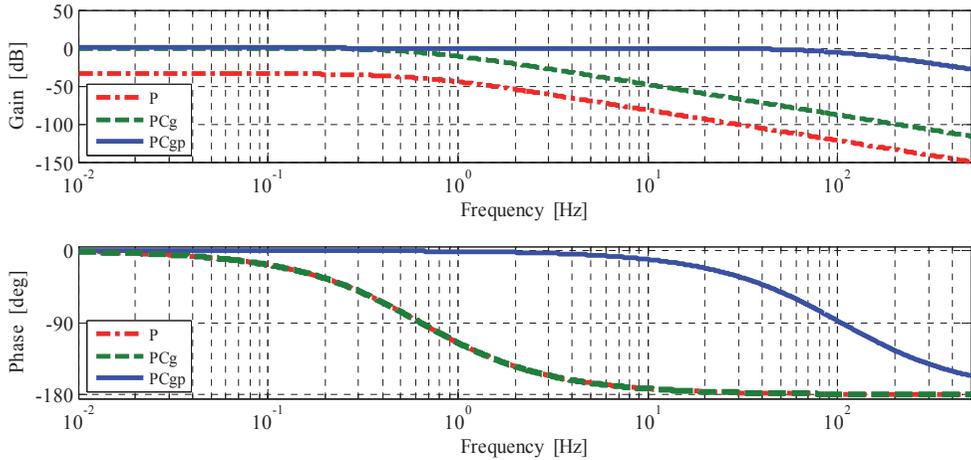


Fig. 6 Frequency responses of P, PCg and PCgp.

5. 2 時刻歴応答

Fig. 7(a) ~ (d)に時刻歴応答のシミュレーション結果を示す。シミュレーションでは、式(4)の微分を差分で近似し、式(11)の位相進み補償は双一次変換で離散化した。なお、サンプリング周期 T_s は 1.0 [ms]とした。

r_{ref} は制御系に与えた目標軌道、PCg は従来の制御方式（ゲイン補償）を適用した場合の関節角度、PCgp は提案する制御方式（ゲイン補償 + 2つの位相進み補償）を適用した場合の関節角度である。このとき、目標軌道は、初期角度 $\theta_0 = 0$ [rad]、初期角速度 $\dot{\theta}_0 = 0$ [rad/s]とし、振幅 $\theta_e = 1.0$ [rad]のステップ信号にカットオフ周波数 10 [Hz]のローパスフィルタを通した信号を $t = 0.2$ [s]から与えている。Fig. 7(b)の追従誤差は、各サンプリングにおける目標値と関節角度の差である。

Fig. 7(a)(b)より、従来方式では定常誤差が 0 となるが、与えた目標軌道に対して追従性が不足しており、大きな追従誤差が生じている。一方、提案方式では目標軌道と関節角度がほぼ重なっており、追従誤差も減少し追従性能が大幅に改善されていることがわかる。

Fig. 7(c)(d)より、従来方式では制御入力 D が定常値(48 [N])へと速やかに収束している。一方、提案方式では D の値は瞬間的に増加し、定常値へと変化している。これはゲイン特性が目標値に

対して、ゲイン補償では $1/g = 48$ 倍、位相進み補償では最大 $\alpha_1\alpha_2/(\beta_1\beta_2) = 2.65 \times 10^4$ 倍されるためである。つまり、インパルス的な D の変化を抑えるには、位相進み量に制限を設ける必要がある。

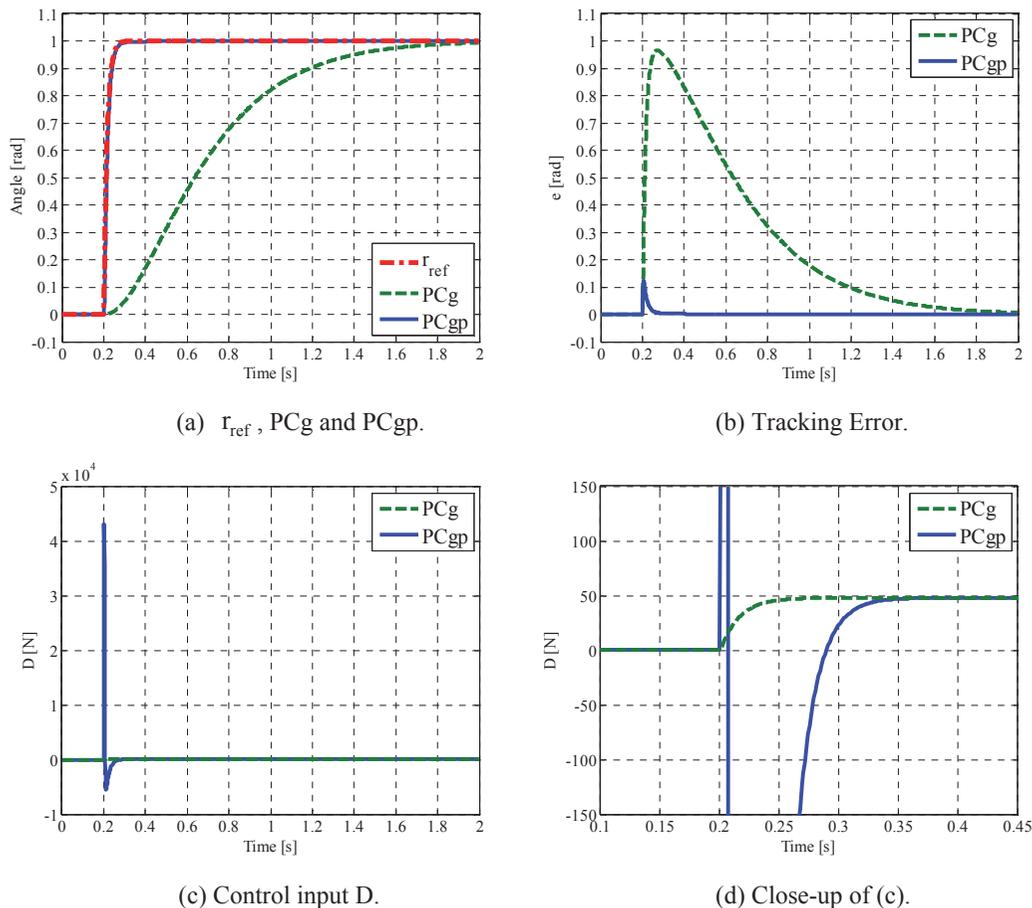


Fig. 7 Time responses.

6. 結言

今回、拮抗駆動機構を有する下肢ロボットの軌道追従性を向上するため、その制御系設計に周波数特性を考慮した制御方式を提案した。そこで、提案方式の有効性を検討するために、周波数応答・時刻歴応答の観点からシミュレーション検討を実施した。

周波数応答では、制御対象に提案方式（ゲイン補償 + 位相進み補償）を適用することで、位相特性とゲイン特性両方の帯域を向上できる結果が得られた。また、時刻歴応答では、提案方式（ゲ

イン補償 + 位相進み補償)により目標軌道と関節角度がほぼ一致しており, 従来方式(ゲイン補償のみ)に比べ追従性能が大幅に改善されていることを確認した.

この結果, 制御対象のゲイン・位相特性, 及び制御帯域の観点から制御系を設計することが可能となり, また, 目標軌道への追従性を従来よりも大幅に向上することが可能となった.

今後は, 制御入力 D の制限範囲を考慮した制御系の設計, W を可変とする設計を行う予定である. また, 二関節筋を取り入れた 3 対 6 筋モデルに対応するように提案方式を拡張していく.

参考文献

- 1) Minayori Kumamoto, Toru Oshima, and Tomohisa Yamamoto: Control properties induced by existence of antagonistic pairs of bi-articular muscles-Mechanical engineering model analyses, Human Movement Science, Vol. 13, No. 5, pp. 611-634 (1994).
- 2) Tomohiko Fujikawa, Toru Oshima, and Minayori Kumamoto: Proposal of A Humanlike Two-joint Link Mechanism Provided with the Bi-articular and the Mono-articular Actuators, Part2: Trajectory Control: Contact Task was Dissolved, Proc. of 5th Franco-Japan Congress & 3rd European-Asian Congress of Mechatronics, pp. 154-159 (2001).
- 3) 伊藤宏司, 辻敏夫: 筋骨格系の双線形特性と義肢制御への応用, 電気学会論文誌 C 編, Vol. 105, No. 10, pp. 201-208 (1985).
- 4) Kengo Yoshida, Naoki Hata, Toshiyuki Uchida, and Yoichi Hori: Novel FF Control Algorithm of Robot Arm Based on Bi-articular Muscle Principle – Emulation of Muscular Viscoelasticity for Disturbance Suppression and Path Tracking, IEEE IECON07 (2007).
- 5) 足立修一: MATLAB による制御工学, 東京電機大学出版局, 東京, pp. 198-199 (1999).

分割分銅の振動モータについて

小松 良有

IC ファン V-TECH 株式会社, 神奈川県大和市中心林間 1-5-7, 〒242-0007

(2013年9月17日受付, 2013年11月19日再受付, 2013年11月19日採録)

About Vibration Motor with Divided Weights

Yoshinao KOMATSU

ICFAN V-TECH CO.,LTD, 1-5-7 Chuuo-Rinkan, Yamato-shi, Kanagawa 242-0007, Japan

(Received September 17, 2013, Revised November 18, 2013, Accepted November 18, 2013)

ABSTRACT

Vibration motors are used to generate vibration in portable equipment such as cellular phones and watches. In order to control the direction of vibration, we divided the eccentric rotor of the motor into two pieces. This structure of the vibrating motor gives effective vibration transmission from the equipment into the user's body.

1. はじめに

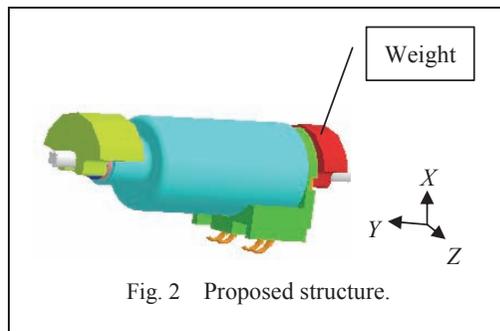
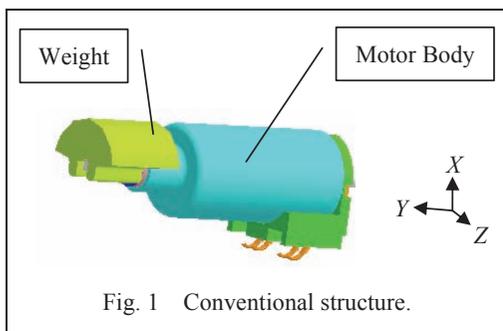
振動モータとは、モータ軸に偏重心の重り（以下、分銅と略す）を配置し、回転により振動を発生させるモータである。腕時計や携帯電話においてユーザーに振動による体感で情報を通知する等をその代表的用途として挙げる事ができる。

振動モータに関する近年の傾向としては、振動にて通知させることの他に、モータの消費電流（電力）への要求も高くなっており、使用用途及び商品コンセプトによって要求が多様化している¹⁾。それらの要求にフレキシブルに対応するため、筆者らは、振動モータの偏心分銅を2つに分割して振動方向をコントロールする方法を考案した。

2. 構造比較

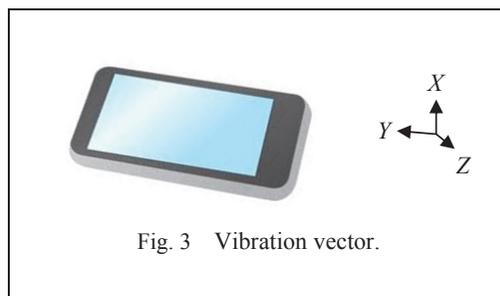
振動機能を発生させる小型モータにおいて、従来の構造は、モータ本体の片側のみに分銅を配置 (Fig. 1) していた。この構造では、発生する振動はモータ径方向 (X および Z 軸) 成分の他に、軸方向 (Y 軸) 成分をもつ。

本稿で提案する構造ではモータ本体の両側に分銅を分割配置 (Fig. 2) した。その結果、発生する振動方向を径方向の X 軸と Z 軸に集約することができた。



携帯電話に対する振動モータの搭載方向は、一般に Fig. 3 のベクトル関係にあり、ユーザーの体に振動エネルギーが最も効率的に伝わるのは体表に垂直な X 軸成分である¹⁾。

提案する構造では、振動方向を径方向成分に集約することで、従来よりも大きな体感振動を得ることができる。



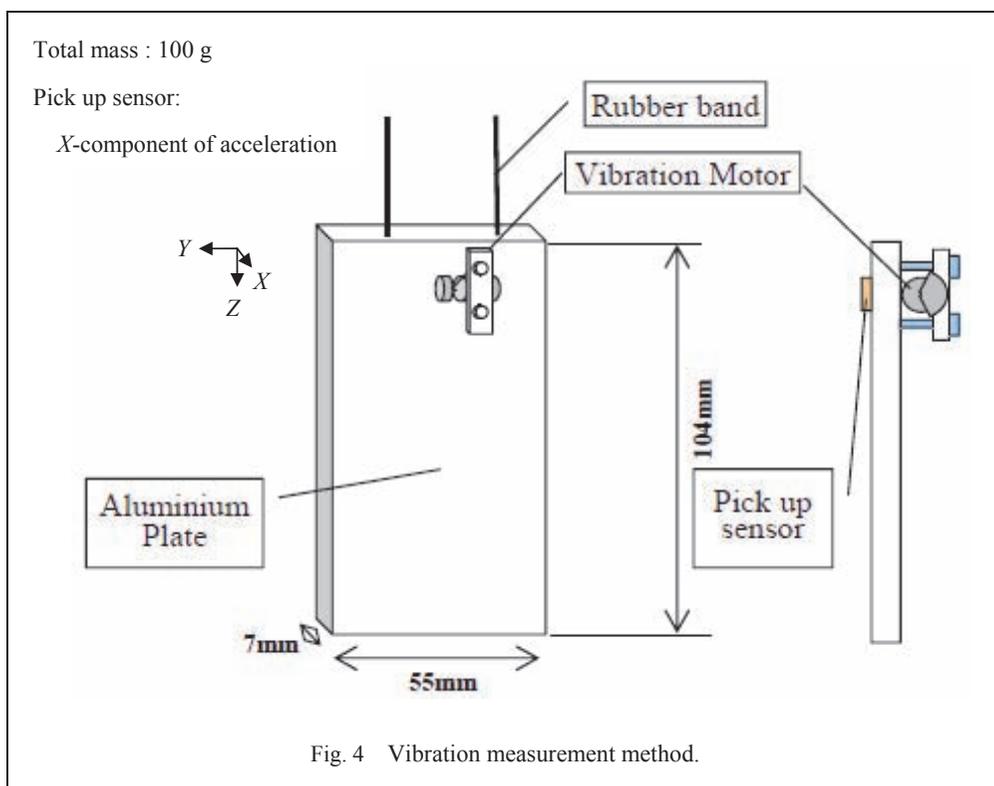
3. 振動比較

単独分銅 (Fig. 1) と分割分銅 (Fig. 2) のモータに関して、下記の条件にて比較実験を行った。JIG (Fig. 4) の X 軸方向の振動量 (加速度の X 軸方向成分の最大片振幅 (peak) で示す) の測定結果を Fig. 5 に示す。同図に示すように、振動量のモータ本体の径方向成分が 2 倍となる結果を得た。

【条件】

- ① モータ本体は同一
- ② 分銅の総重量は同一
- ③ 振動量は、JIG(アルミの平板)にモータを固定し、平板面の振動値を測定 (Fig. 4)

単独分銅と分割分銅のモータが発生する振動エネルギーは変わらないが、単独分銅の場合、 X 軸と Z 軸以外に Y 軸側にも振動が発生しているが、分割分銅にした場合、振動をスムーズに径方向の X 軸と Z 軸へ伝達することができる (Fig. 6)。



【結果】

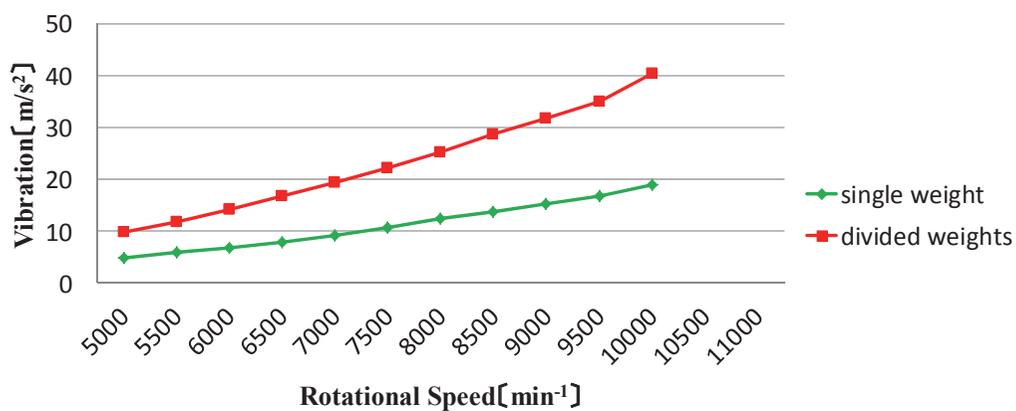


Fig. 5 Vibration of the X-vector of JIG.

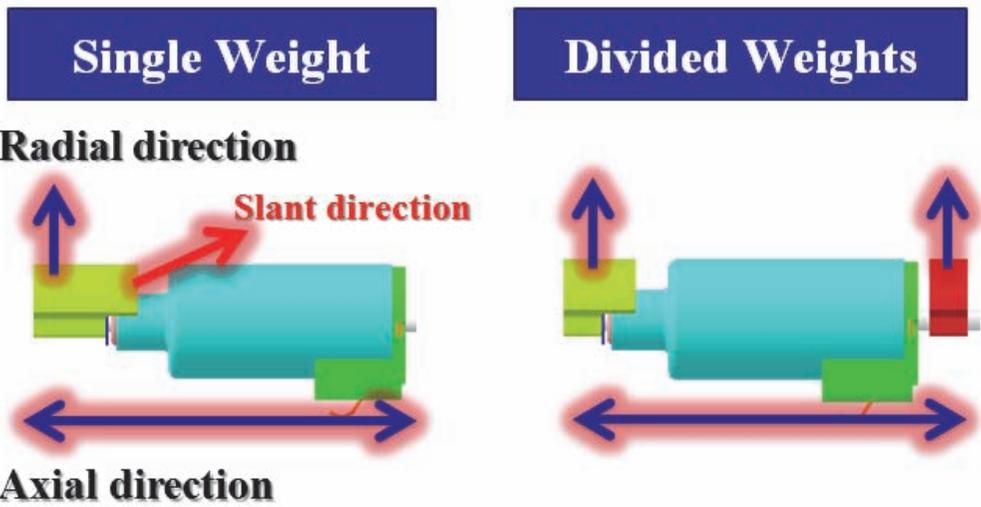


Fig. 6 Vibration force vector.

4. 設計自由度

従来品でも振動量は要求を満足しているため、振動量を従来品と同等に設定した場合、別の性能を向上させることが可能になった。

A : 印加電圧を低くする

Table 1 Low voltage design,

	Unit	Single Weight	Divided Weights
Vibration	m/s^2	18	18
Voltage	V	3.0	2.0
Current	mA	8.0	6.0
Power	mW	24	12

B : モータ電流を低くする

Table 2 Low current design.

	Unit	Single Weight	Divided Weights
Vibration	m/s^2	18	18
Voltage	V	3.0	3.0
Current	mA	8.0	5.0
Power	mW	24	15
Size of coil		-	Smaller

C : モータ全長を短くする

Table 3 Short length design.

	Unit	Single Weight	Divided Weights
Vibration	m/s^2	18	18
Voltage	V	3.0	3.0
Current	mA	8.0	11
Power	mW	24	33
Length	mm	13	9.0

5. 最新設計

従来構造は、片側の偏重心を大きくしようと点線囲い部の箇所 (Fig. 7) に関してケースを逃げるような複雑な形状をしており寸法を費やしていたが、分割構造のメカニズムを採用することで、偏重心の影響要素に拘らず、分銅部の寸法を短縮することも可能になった。

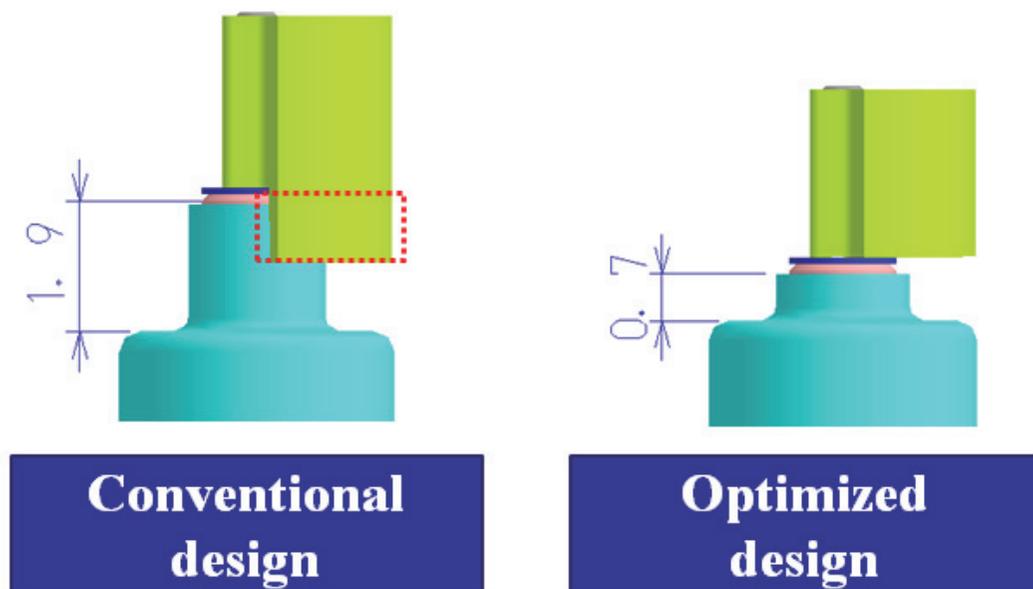


Fig. 7 Weight shape comparison.

分銅形状を簡易化し、モータ電流を低くすることを重視し設計すると、振動機能が発生させる小型モータとして、世界最小の電流値を得る設計が可能になった。

従来品との性能比較表を Table 4 に示す。

Table 4 Optimized design.

	Unit	Single Weight	Divided Weights
Vibration	m/s ²	18	24
Voltage	V	3.0	3.0
Current	mA	8.0	5.0
Power	mW	24	15
Size of coil		-	Smaller
Length	mm	13	17

6. おわりに

近年, 市場要求は多様化していることより, その要求によりフレキシブルに対応できるように, 今後も更なる進化を目指して開発を進め, 各分野へ貢献できるように努める.

7. 参考文献

- 1) 下垣好文: マイクロ振動モータの開発動向, 精密工学会誌, Vol. 69, No. 11, pp. 1538-1541 (2003).

研究会報告

高速表面形状計測技術

講師 石原 満宏 株式会社高岳製作所 エレクトロニクス装置事業本部技術開発部

参加者 13名 (正会員 8名, 賛助会員 5名)

シチズン平和時計株式会社	2名 (賛助会員)
シチズン時計株式会社	1名 (正会員)
セイコーエプソン株式会社	1名 (正会員)
セイコーインスツル株式会社	2名 (正会員 1名, 賛助会員 1名)
セイコークロック株式会社	3名 (正会員 1名, 賛助会員 2名)
中央大学	1名 (正会員)
東京大学	1名 (正会員)
横浜国立大学	1名 (正会員)
リズム時計工業株式会社	1名 (正会員)

司会 今村 美由紀 セイコークロック株式会社 技術本部開発部

*2013年4月19日 中央大学 後楽園キャンパス 新2号館7階2735号教室にて開催

1. はじめに

物体の立体形状を計測する、いわゆる表面形状計測は、従来その計測に多大な時間を要するのが一般的であった。しかしながら、半導体製品に代表されるように、大量生産工業製品の微細化・高精度化が進むのに伴い、高速計測の要求は高まってきている。

このような背景のもとに、本稿では高速性の観点から表面形状計測をまとめている。高速性の観点から考えれば、各種の表面形状計測手法の中でも光応用計測に的が絞られる。以下では光表面形状計測全般を概観し、その中から現在実用に供せられている実用性の高い高速計測手法をピックアップして解説する。その後、高岳製作所で開発した高速計測手法およびその製品について紹介する。

2. 光表面形状計測概論

高速性の観点から考えれば、光に勝る手法は現状考えられない。30万 km/s もの速度で何物をも介することなく空間中を伝播する光の、その高速性と非接触性、並列性という優れた特長は、触針法や走査プローブ顕微鏡などでは得られない大きな魅力であり、これまで多くの手法が提案されてきた。

Fig. 1は、光による表面形状計測の各種手法を原理別に分類したものである。数多くの手法が存在するが、原理的には大きく4つに分けることができる。以下ではこの4つの計測原理それぞれについて、簡単に解説する。

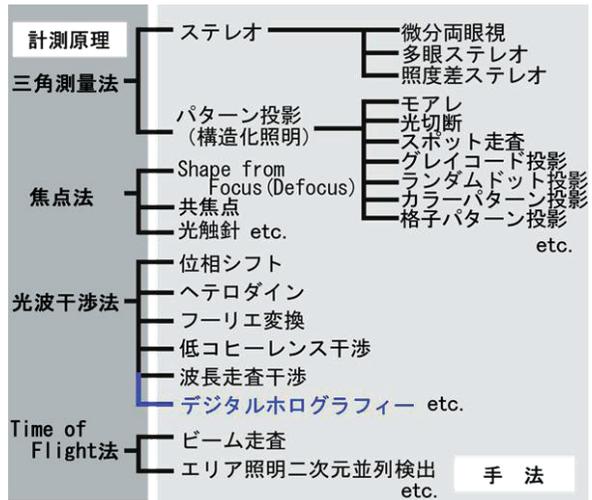


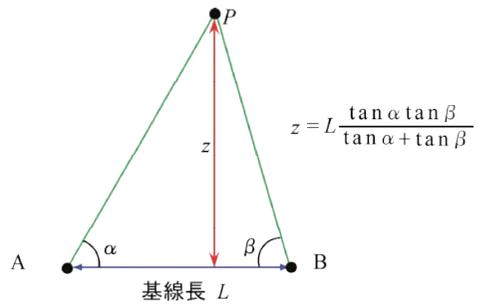
Fig. 1 光表面形状計測の原理

2.1 三角測量法

三角測量法は、Fig. 2に示すように位置関係L（基線長）が既知の2点（2つの三角点A,B）から注目点Pを見込む角度 α, β が計測されれば、注目点Pの空間的な位置が特定できるというもので、距離の計測手法として広く利用されている。既知の2点の一方を、スポットあるいはスリットなどのパターンを物体に投影する照明系とし、もう一方にカメラ、PSD (Position Sensitive

Detector) などの検出器を置いて、検出器により得られるパターン光の物体表面反射像を解析すれば、上記三角測量の原理により物体表面の位置を求めることができる。投影するパターンの違いにより数多くの異なる手法が提案されている。

パターンを投影する手法のうち、現在最も実用的に用いられている高速計測手法は格子パターン投影法¹⁾である。Fig. 3にシステム構成例を示す。縞解析の手法である位相シフト法を導入することで、従来の三角測量法では得られなかった μm オーダの高い精度と数百万点/s の高速計測が実現できる。



光切断法、格子パターン投影法、モアレ法、ステレオ法 etc.

Fig. 2 三角測量法の原理

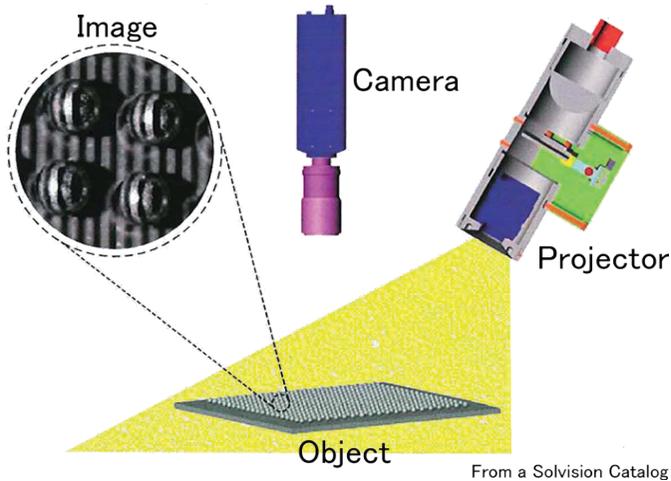


Fig. 3 格子パターン投影法 (Solvision 社カタログより)

2.2 焦点法

焦点法はレンズのピントを合わせることで物体表面の位置を計測する手法である。代表的な高精度計測手法として共焦点法がある。Fig. 4は共焦点法の計測原理である。点光源の像を物体に投影し、点光源と光学的に同等な位置に置かれたピンホールにより物体で反射した光を受光し、ピンホールを通過した光の強度を検出器で検出する。ピント位置（点光源の像ができる位置）に物体表面があるときは、ピンホール位置に点光源の像が再形成され多くの光がピンホールを通過できるが、物体表面位置がピント位置からはずれるとピンホールを通過できる光は少なくなってしまふ。物体あるいは光学系を光軸方向に移動させて最も検出器出力が大きくなる位置を探索すればピント位置を求めることができ、それはすなわち物体の表面位置が特定できることになる。

共焦点法は精度・信頼性が高く非常に有用であるが、計測に多大な時間がかかってしまう欠点を有している。高岳製作所ではこの共焦点法を高速化し、半導体関連部品の全数検査用測定器として製品化している。その高速化手法については後述する。

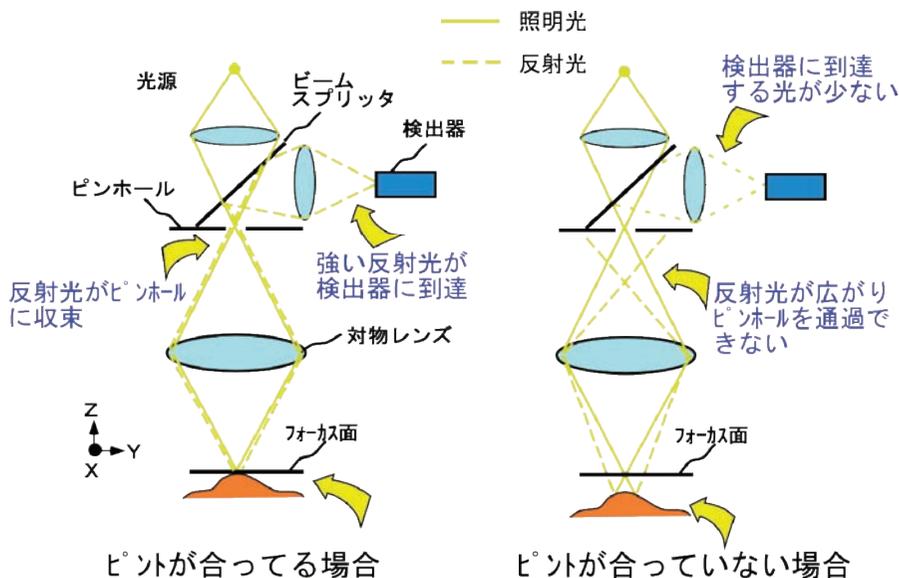


Fig. 4 共焦点法の原理

2.3 Time of Flight 法

Time of Flight 法は、射出照明光が物体表面で反射し戻るまでの時間を計測することで物体までの距離を求める手法である。しかし、30 万 km/s もの速度で伝播する光を用いて、物体表面の高々な凸凹による伝播時間の差を評価することは容易ではない。そのため精度的には現段階では決して高くない。

Fig. 6 に高速なシャッタ機構と、市販の高解像度二次元 CCD を組み合わせることで汎用性の高い高速計測を実現した例²⁾を示す。LED 照明により減少（増加）変調光を射出し、反射光に高速シャッタで時間ゲートを掛けることで、物体表面の起伏による反射光の時間的なズレが受光光量の差となって現れる事を利用している。

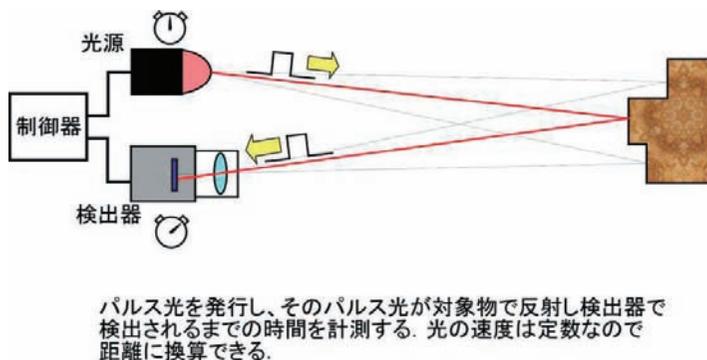
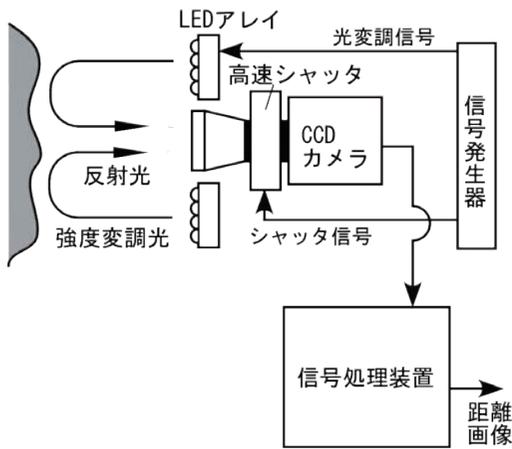


Fig. 5 Time of Flight 法



LEDにより減少光を作りだし物体からの反射光を高速シャッターで撮像する。物体の反射率が一樣と考えると、得られた像の明暗が、物体の起伏を表すことになる。減少光と増加光で計測すれば、対象物の反射率の影響を受けない計測が可能。

減少光、増加光：
時間的に(非常に短時間)減少・増加する照明光

Axi-vision(NHK)

Fig. 6 高速 Time of Flight 法の例 (Axi-vision)

2.4 光波干渉法

光波干渉法は、前述の3手法と異なり、光本来のもつ波動性を積極的に利用した手法である。互いに可干渉な複数の光波を重ね合わせると、その位相のズレ量に従って合成振幅が変化する。検出器で検出することでこの合成振幅(の自乗の時間平均)に比例する信号を得ることができる。この位相のズレに従って発生する検出強度の変化は干渉縞と呼ばれている。2つの可干渉な光波を生成し、一方を参照光としてミラーで反射させ、一方を被検物で反射させ、再び重ね合わせれば、被検物の起伏に応じて参照光と被検物

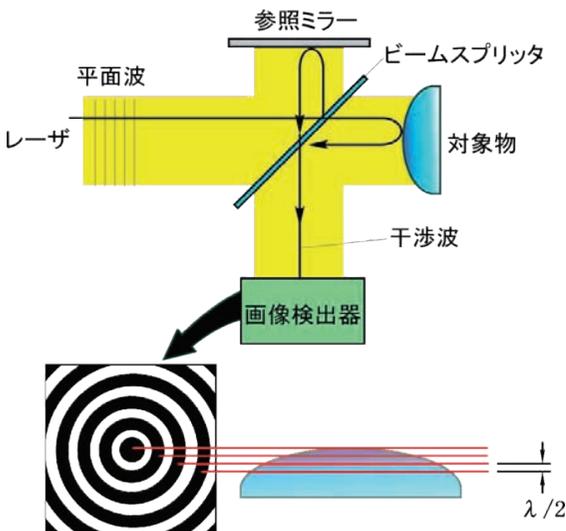


Fig. 7 干渉計

反射光との間に位相差が発生し、干渉縞として観測される。この干渉縞を解析し、位相差を決定して物体の起伏を求めるのが光波干渉法である。

前述の3手法と比べ圧倒的に高い分解能・精度を有することが最大の特徴である。しかしその計測範囲は、不連続な起伏変化がないという被検物形状への制約がない限り、波長の1/2に制限されてしまうのが一般的である。

白色光干渉法はこのような計測範囲の制限が無い手法であり、近年急速に普及して

きた。Fig. 8 に白色光干渉法の原理を示す。通常の干渉計では、干渉性の高い光つまり単色性の高い光を用いるが、白色光干渉法は敢えて干渉性の低い光を用いることで干渉縞を局在化し、干渉縞が最も強く現れる（つまり干渉光間の光路差がゼロの）位置を見つけることで物体表面の位置を特定する手法である。干渉縞が最も強く現れる位置の探索は、物体（あるいは参照ミラー）を光軸方向に移動させながら観測することで実現される。

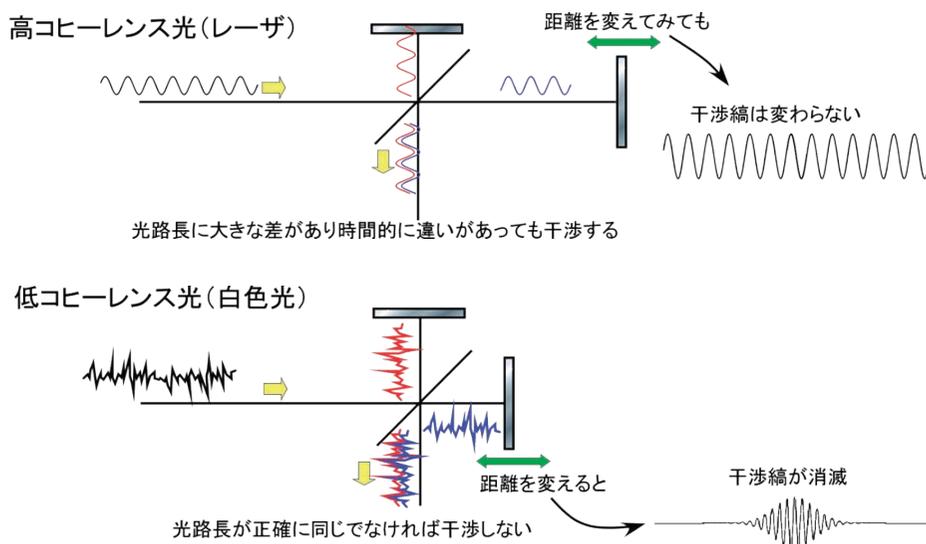


Fig. 8 白色光干渉法

3. 共焦点法的高速化 —高岳製作所計測器原理—

ここでは、高岳製作所で開発した高速表面形状計測器³⁾について、その原理を紹介する。

共焦点法において計測時間を要する理由は、三次元計測空間全てにわたり走査を必要とするためである。そこでXY方向の走査をなくすための技術として非走査共焦点撮像系を、Z方向の走査を高速化する技術として高速合焦位置推定演算および光学的焦点移動機構を開発した。

3.1 非走査共焦点撮像系

従来の共焦点撮像系はレーザ走査あるいはNipkow盤走査などのXY走査が必要であり、走査時間が高速化の制限となっていた。新たに開発した非走査共焦点撮像系は、XY走査が全く必要のない高速な撮像系である。

非走査共焦点撮像系の構造をFig. 9に示す。ピンホールを2次的に配列してピンホールアレイとし、検出器も2次的な検出器(カメラ)とすることで、XY走査をすることなく同時並列に2次的なデータを取得可能とした。

3.2 高速合焦位置推定演算

従来の共焦点法では、Z テーブルを移動 (Z 走査) しながら計測分解能ピッチで画像を取得し、画素毎に、画素値が最大となる画像 (Z テーブル位置) を探索することにより計測していた。この手法を改良し、Z テーブルの移動ピッチを従来に比べ 10 倍以上大きくとることで必要な画像の枚数を減らし、計測分解能は補間法を用いて確保するようにした。

この手法は、入力画像の枚数を減らすことによる高速化が主要な目的であるが、精度的にも従来の共焦点法より優れていると考えられる。

3.3 光学的焦点移動機構

高速合焦位置推定アルゴリズムによりテーブル移動の回数は減らすことができるが、機械的なテーブル移動に伴う限り十分な高速化は不可能である。そこで機械的な移動に拠らない Z 走査の手法を開発した。

Fig. 11 に示すように、対物レンズの光路中に平行平面ガラスを挿入すると対物レンズと物体間の光路長が変化し焦点位置が移動する。倍率変化の伴わない焦点移動は、物体の機械的な Z 方向移動と等価である。この現象を利用して、厚さの異なる複数の平行平面ガラスを円盤の円周上にならべ、対物レンズの光軸をその円周上に配置して円盤を高速に連続回転させることで高速な光学的焦点移動を実現する。実際の機構を Fig. 11 に示す。CCD カメラの撮像周期毎に異なる平行平面ガラスが光軸と交差するように円盤の回転速度を設定すれば、異なる焦点位置の画像を撮像周期毎に得ることができるようになる。

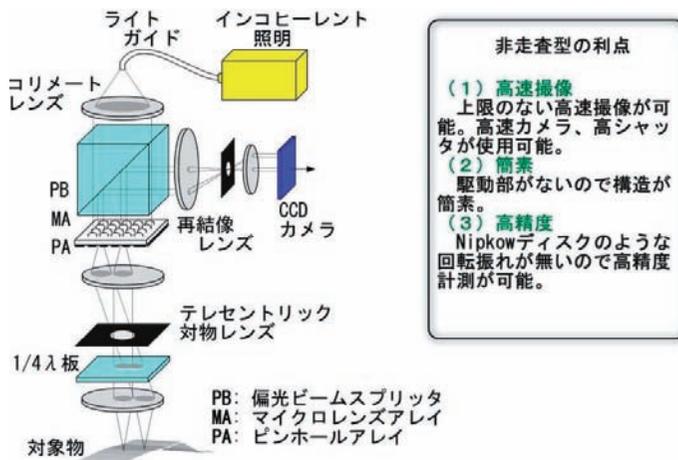


Fig. 9 非走査共焦点撮像系

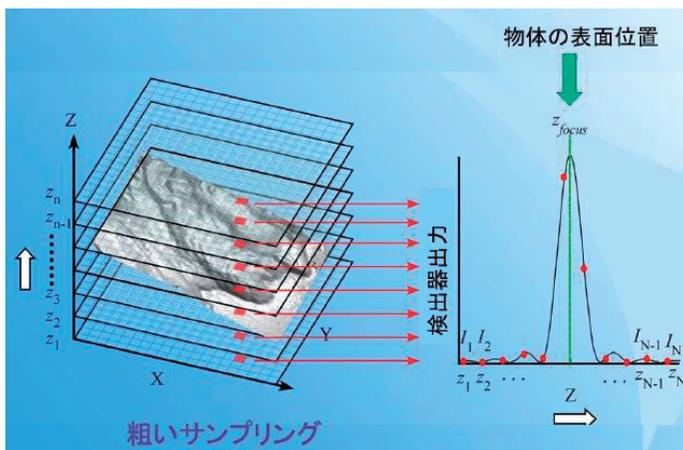


Fig. 10 高速合焦位置推定演算

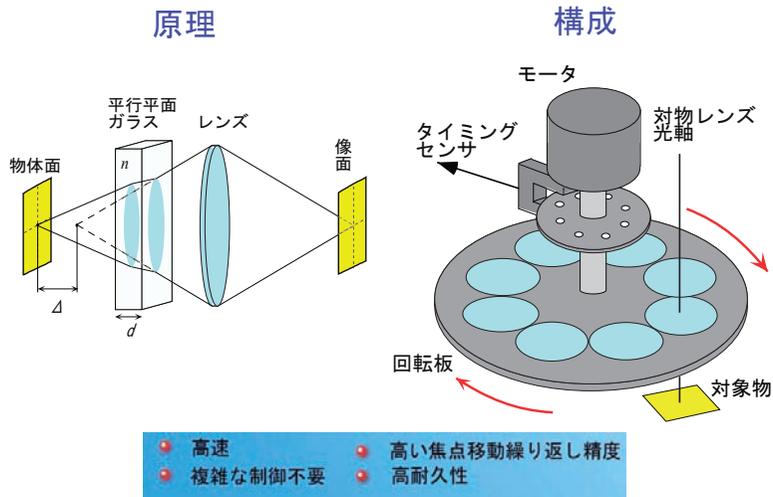


Fig. 11 光学的焦点移動機構

3.4 計測器全体構成

Fig. 12 に計測器の構成図を示す。計測範囲は対物レンズの交換および平行平面ガラスの数によって変えることができる。1視野約300万点の表面形状データを0.2sサイクルで得ることができる。計測分解能は $0.1\mu\text{m}$ レベルである。

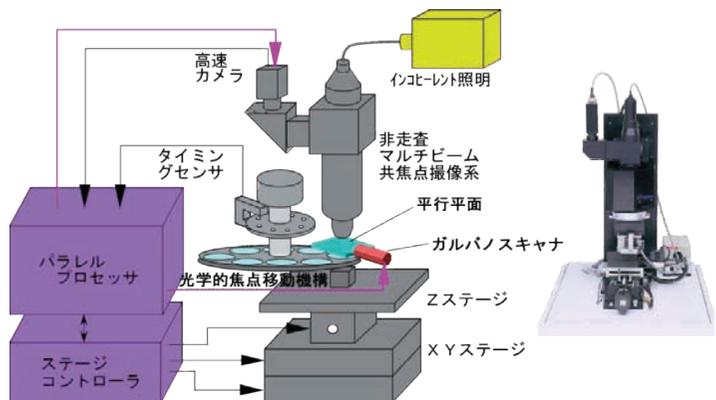


Fig. 12 装置の基本的な構成

3.5 形状計測例

Fig. 13 に計測例を示す。共焦点法は汎用的な手法であり、様々な対象物の計測が可能である。

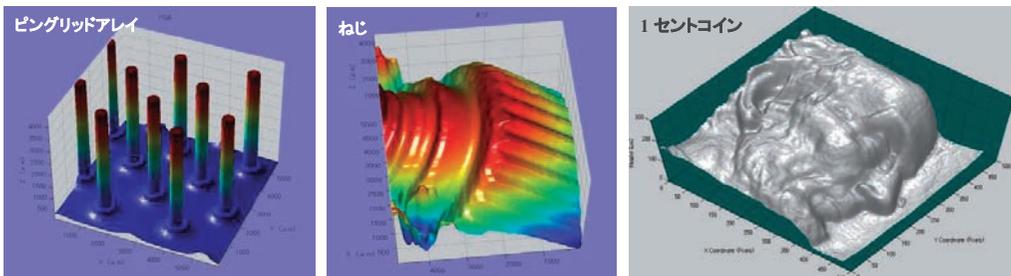


Fig. 13 形状計測例

4. 実用例 –バンプ高さ計測–

高岳製作所では、前記の計測技術を用いてバンプ検査装置を製品化している。バンプとは半導体シリコンチップと高密度配線基板とを接続する球状の微小電極のことである。CPUのようなハイエンド半導体部品であれば、1パッケージあたりのバンプ数は10000個を超える。接続不良を防ぐためにはこれらのバンプ全数をミクロンレベルの精度で寸法計測する必要があり、かつ大量生産品であることから1パッケージあたり数秒レベルの計測速度が求められる。高速かつ高精度の計測であり、前記の高速共焦点技術が非常に適している。

高岳製作所では、Fig. 15に示すようなバンプ検査専用装置を製品化しており、多くの納入実績を有している。

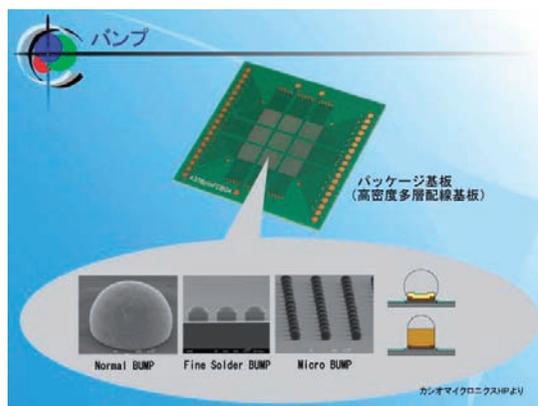


Fig. 14 バンプ



Fig. 15 高岳製作所バンプ検査装置

5. 最近の技術 –高温時基板反り計測–

スマートフォンやタブレットなど可搬コンピュータの急速な普及にともない半導体パッケージの微細化・薄型化が加速している。そのため半導体パッケージ基板（高密度多層プリント基板）のわずかな反りがLSIの実装性や製品の信頼性に大きく影響を与える状況となっており、半導体パッケージ基板の反り評価（計測）の重要性が年々高まっている。半導体パッケージ基板は複雑な材料構成であるためハンダ熔融時の高温状態では常温時とは異なる反り特性を有することから、常温のみならず高温での反りも正確に把握できる計測手法・装置が必要とされている。



Fig. 16 装置外観

従来高温での半導体パッケージ基板反りの計測はシャドウモアレ法と呼ばれる表面形状計測手法を用いた装置が市場において主流であった。しかしこれらの装置では計測前にバンプを取り除くこと、および塗装することが正確な計測のために必要とされており、計測の効率性の面でも、計測値の信頼性の面でも不十分なものであった。

そこで、前記の高速共焦点技術を用いて加熱機構を有する高温半導体パッケージ基板反りの計測装置を新たに開発した。この装置ではバンプの除去や塗装などの前処理が一切不要であり、正確かつ効率的に計測が可能である。Fig. 16 に装置外観を、Table 1 に主な仕様を示す。

測定器仕様	視野サイズ	6.0×6.0 mm
	画素分解能	6.15 μm
	Z計測レンジ	Max. 3.0 mm
	Z計測分解能	0.1 μm
	Zスキャンスピード	Max. 1.0 mm/s
装置仕様	計測範囲	Max. 315×135 mm
	計測速度	1.0 min/tray (バンプ領域10×10mm、14枚/トレイのとき)
	加熱温度	Max. 260°C
	加熱速度	Max. 1.0°C/s
	冷却速度	Max. 0.35°C/s

Table 1 主な仕様

6. おわりに

最後に高速表面形状計測の今後についての私見を述べて結言としたい。

- ・半導体業界は1年半で集積度が2倍になるという、大変なスピードで進歩している。
- ・それに用いられる計測にも、当然高精度化・高速化が求められる。
- ・しかし、新たな光学デバイスが次々出現し、従来高価で使えなかった技術が手の届くレベルになり、既存デバイスはますます性能向上している。
- ・高速化に関しては今後を悲観的に見る必要はないと考えている。

参考文献

- 1) 山谷謙, 山本将之, 藤田宏夫, 勝呂彰, 大谷幸利, 諸川滋, 吉澤徹: 液晶格子パターン投影による3次元形状計測, 精密工学会誌, 67, 5 (2001) 786-790.
- 2) 河北真宏, 飯塚啓吾: 距離検出による三次元カメラ～Axi-vision cameraの開発とその応用～, 第11回三次元工学研究会資料集, (2000) 1-8.
- 3) M.Ishihara: A confocal surface measurement system improved in the measurement accuracy for rough surface and the measurement speed, Journal of Robotics and Mechatronics "Recent Advances in Robot Vision", 15, 3 (2003) 331-340.

第2部 質疑応答

質問1 三次元の高速計測技術を二次元計測にも応用可能か？

回答1 走査型であれば通常の光学顕微鏡の画像と同じレベルであり、画像処理の手法によっては1/10画素の精度を出すことも可能であるが、二次元の寸法計測をするだけであれば光学顕微鏡を推奨する。

質問2 最新の走査型に関し、縦と横で分解能は異なるか？ また画像の作成に要する時間は？

回答2 縦横分解能に大きな差はなく、通常の光学顕微鏡と同様である。分解能は検出器（カメラ）の性能に依存する。ZスキャンとXYスキャントータルで画像の入力時間が約0.2秒、処理時間が約0.2秒程度である。通常複数視野を移動しながら計測するケースが多く、移動中に処理を行う事により0.4～0.5秒サイクルで計測している。

質問3 Z方向のスキャンの方法は？

回答3 走査型の場合、Zテーブルを使いスキャンする方式だと、XY走査中にZ方向が変化するので計測上好ましくない。我々は、厚みが異なる複数の並行平面ガラスを回転板上に配置し、ガラスを切替える事で光学的に焦点を移動しZ方向のスキャンを実現している。ガラスが対物レンズの下を通過する間に露光してXYスキャンするのでZ方向が変化することは無い。

質問4 マイクロレンズアレイを使うことでピンホールアレイの効果（感度）は低下しないか？

回答4 Z方向の感度は全て対物レンズ側で決まる。ピンホールアレイの像をそのまま撮ると飛び飛びの値になってしまうが、マイクロレンズアレイで平行光にして連続分布にしている。また、マイクロレンズアレイには光を集めて効率よく照明する効果もある。

質問5 段差の立上り部分を正確に測定する事は可能か？

回答5 共焦点法では斜めの光を用いるため、段差が影となりエッジの部分が正しく測定できない場合がある。開口数の低い、すなわち斜めの光が少ないレンズを用いればこのような問題はある程度解決できるが、その場合Z方向の計測精度は低下する。

質問6 処理に使用しているプロセッサのマシンスペックは？

回答6 以前は複数のDSPで並行処理していたが、現在はDELL Xeon デュアル8コア

など市販PCの最速マシンを用いている。

質問7 CPU以外にGPUは使っているか？

回答7 現状ではGPUを使わなくても処理が間に合っている。将来的にはGPUを汎用目的に使用するGP GPUなどの導入が必要になってくるかもしれない。

質問8 基板を加熱する際に温度変化の途中の画像を撮ることは可能か？

回答8 複数箇所の計測にはそれなりに時間を要するので、通常は温度プロファイルの平坦な部分で計測している。一箇所に限定して連続的な画像を取得して動画のように再生するのも面白いかもしれない。

質問9 断熱層と対象物の距離は？ また断熱の効果は？

回答9 距離は4 mm、熱の影響を低減するために距離を長くすると空気の擾乱が問題となる。260℃の対象物に対してレンズ側の温度は常温プラス2℃までに抑えられている。

質問10 マイクロレンズアレイのレンズの数は？

回答10 ピンホールアレイのピンホールと同数。またCCDの画素数以上なので最近では数百万のオーダーとなる。

見学会報告

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 筑波宇宙センター

小池 邦夫

セイコーエプソン株式会社

見学先： 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構(Japan Aerospace Exploration Agency)
筑波宇宙センター
〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

日 時： 2013年6月28日(金曜日) 13:00～14:30

スケジュール：

13:00 集合

13:10～13:30 QZSS(準天頂衛星システム)概要講演

13:30～14:25 A/B班に分かれて筑波宇宙センター構内を見学(構内は大型バスで移動)

- ・ 試験センター見学・・・衛星試験用の大型設備等の見学
- ・ QZSS運用室見学・・・準天頂衛星施設見学

14:30 総合案内所にて解散

※今回の見学エリアはセキュリティーエリアであるため、事前に身分証コピーを提示いたしました。なお、お預かりした個人情報等は、本見学会目的に必要な範囲でのみ利用し、利用後は速やかに廃棄いたしました。

参加者数： 37名

本年も、日本時計学会見学会が上記の要領で開催された。

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構(JAXA) 筑波宇宙センターは、筑波研究学園都市の一角にあり、1972(昭和47)年に開設した。約53万平方メートルの敷地に、研究学園都市にふさわしい緑ゆたかな環境と最新の試験設備を備えた総合的な事業所である。ここでは、人工衛星やロケットなど将来の宇宙機の研究開発や開発試験、そして打ち上げた人工衛星を追跡管制するわが国のネットワークの拠点としての役割を担っている。

見学会は、総合開発推進棟での、衛星利用推進センターの河手様によるご挨拶と見学会の説明から始まった。その後、若林様より準天頂衛星「みちびき」についての講演をいただいた。「みちびき」は、GPS 衛星による測位を補完するための準天頂衛星システム(QZSS)の衛星として、2010年に初号機が打ち上げられた。今後、2017年～2018年にかけて3～4機の衛星が打ち上げられ、10～30cmの測位精度のサービスエリアが拡大されるとのことである。これにより車線の識別が可能になり交通システムへの利用のほか、農業、建築分野等、幅広く産業への応用が期待されている。日本全土で高い測位精度が実現されることで得られるメリットは計り知れないものがあり、今後の発展の可能性を実感した講演だった。講演に続き、河手様と若林様のご案内により、宇宙センターの見学を行った。見学は、2つの班に分かれて、衛星試験センターと準天頂衛星(QZSS)の運用室を見せていただいた。

試験センターでは、衛星試験用の大型設備等を見学した。ここでは、日本最大の衛星の組立から試験全般を一貫して実施している。組立エリア、振動試験設備、真空中での熱試験を行うφ13mのスペースチャンバーなど、いずれも普段は目にすることができない巨大な設備を見学し、驚きと感動を覚えた。準天頂衛星(QZSS)の運用室では、「みちびき」の軌道制御を行っている管制室を見学することができた。最先端の設備を導入し、日本の衛星の中でも最も精密な軌道制御を行っている現場に、見学者一同、大いに興味をそそられた。いずれの見学においても多くの質問があったが、所員の方に丁寧にお答えいただき、その場で理解を深めることができた。

今回の見学会では、通常の見学では見られないセキュリティーゾーンを見せていただき、参加した会員はいずれも高い満足度を得られたものと思う。参加者一同、今後の宇宙航空研究開発機構の取り組みに注目していくとともに、準天頂衛星システム(QZSS)の発展に大きな関心と期待を寄せるきっかけとなった見学会だった。

最後に、この場をお借りして今回の見学会で定員を超える見学者を受け入れいただき、見学内容を工夫し手配いただいた河手様、ご説明いただいた若林様、筑波宇宙センターの所員の皆様に感謝申し上げます。

付記

宇宙航空研究開発機構（JAXA）筑波宇宙センターは、一般に公開されている。

開館時間：10:00 ～ 17:00

定休日：年末年始、施設点検日

入場料：無料

TEL:029-868-2023

詳細は、公式ホームページを参照 <http://www.jaxa.jp/visit/tsukuba/>

技術はスゴイ。でもよくわからない。

—日本の時計に足りているもの、足りないもの—

渋谷 康人

すでにお目にかかったことのある方もいらっしゃると思いますが、そうではない皆様、はじめまして。

男性ライフスタイル誌や時計専門誌、ファッションの業界紙（週刊）等に時計を中心に原稿を書いております、時計ジャーナリストの渋谷です。

大学を出て出版社に入って編集者になり、30歳のとき、モノ情報誌の編集部員になったのをキッカケに、1994年から時計の取材と記事執筆を本格的に始め、翌1995年から今年2013年まで19年間、ジュネーブサロンやバーゼルフェア、そして国内でもずっと時計の取材を続けて来ました。

時計以外にもいろいろなジャンルのモノや人を取材させて頂くのですが、記事を書く量は時計がいちばん多いですね。最近ではファッション業界紙の「WWD ジャパン」でジュネーブやバーゼルの速報、その年の新作や時計業界の動きを解説した特集記事を特約ジャーナリストとして書いたり、ウェブマガジンの「オウプナーズ」にブランドごとにフェアの新作をご紹介したりしています。

19年間の間に、スイスの主要な時計ブランドのファクトリーや本社はほとんど訪問・取材させて頂きました。時計業界の知り合いも増えました。私が心がけているのは、新作の時計そのものばかりでなく、時計業界全体をウォッチすること。それもブランドビジネスの視点で数字の裏付けを取りながら、世界の時計業界がどうなっているのかを見続けているつもりです。

そして、素敵な時計の登場と世界の時計産業の発展を、特に日本の時計産業の発展を心から願っています。世界の時計市場が拡大する中で、日本の時計には、まだまだもっと発展の可能性があると思っています。ですから、ご協力できることは出来る範囲で何でもしたいと思っております。

つまり私は、皆様に応援したい。皆様の味方です。

1. スイスは日本の実力を認めている

さて、今回は事務局の方から「日本の時計はスイスからどう見られているのか」を講演の希望テーマとして頂きました。そこで、私が20年近くの間、スイスにおける取材で感じた、現地での日本の時計に対する評価と印象を申し上げたいと思います。そして、なぜスイスの人たちがそう思っているのか。その理由を推測した上で、日本の時計作り、時計ビジネスに「足りないもの」について、私の考え、提案をさせて頂いて、皆さんに元気になって頂きたいと思います。

日本の時計はスイスからどう見られているか？

一言で申し上げれば、付けさせて頂いた講演のタイトル通り「技術はスゴイ。でもよくわからない。」だと思います。日本の時計、特に技術に対する評価は、1995年にスイスに初めてジュネーブサロンに行ったときから、とても高いと感じました。時計ブランドで設計や開発をされている技術者の方々は、静かに認めている方々が多い。親しくなると「あれはスゴイね」と褒めてくださる。日本人として誇らしい気持ちになります。

営業系の方々だと、初対面なのにいきなり絶賛、というパターンが多い。バーゼルのレストランでいきなり話しかけられて、「ムーブが手に入らないか」「売ってもらえないか」と相談された経験が何度もあります。そして、自分からは語りませんが「日本の時計を、あの技術をどう思うか？」と質問してみると、また違った褒め方をして下さるのが、経営者クラスの人々。「スイスでは、あんな技術開発、あんな低コスト&高品質は無理だよ！」というのが、一般的な回答です。誰もが基本的には絶賛です。

ただ同時に、経営者クラスの人々には「よくわからない」と言われます。いったい何が「わからない」のでしょうか。

- ・ブランドのプロフィールが、わからない。
- ・製品のパーソナリティーが、わからない。
- ・デザインのフィロソフィーが、わからない。
- ・誰がビジネスのリーダー、開発の責任者か、わからない。
- ・誰がデザイナーなのか、わからない。
- ・未来にどんなブランドになりたいのか、わからない。

と彼らは言います。

中でも親しくなった人には、こう言われます。

- ・なぜあの素晴らしい技術をもっと活用しないのか？
- ・新しい世界に、なぜ挑戦しないのか？
- ・なぜ、外部のアイデアや人材を活用しないのか？
- ・なぜ「安く」売ることなのか？（なぜ利益を取らないのか）
- ・なぜブランドイメージを積極的に発信しないのか？
- ・なぜ、機能一辺倒のアプローチを続けるのか？

こんな質問、意見が返ってきます。

「自分ならもっと上手くやる。10倍売る、利益を出すことだってできる」

そんなことまで断言する人もいます。

では、日本の時計の国際的な地位をデータで見てください。

日本の時計会社は2011年の売上高ですが、シチズンが5位、セイコーが7位、カシオが9位と世

界の時計会社トップ10に3社も入っています。ところがブランド別の売上を見ると、トップ10にはひとつも入っていません。ブランドとしての魅力、アピールが残念ながら十分ではない。彼らはおそらく、この点を指摘しているのです。

日本の時計ブランドとその製品は、他にない特別な技術や魅力を十分に備えている。私は1994年に時計の取材を本格的に始めてから現在まで、ずっとそう思ってきました。製品の實力、価値にふさわしい成功をしているか。市場で適切な値付けが行われて十分な利益を得ているか。

残念ながら、そうとは言えないと思います。ブランドイメージも利益も、本来の「實力」からは十分だと思うのです。スイスの経営者クラスの人々が指摘しているように、何かもっと良いやり方があるのではないか。特にブランドのマネジメントやデザインのやり方を変えれば、もっと高い評価が得られるのでは、もっと大きな利益が出せるのでは。私はそう考えています。同業者にも、同様の考えの人が多いいと思います。

2007年に日本国内の時計の売上高が一度ピークを迎えて市場が飽和。2008年のリーマンショック以降は市場希望が縮小する一方だった日本に居ると実感できませんが、私はスイス時計産業の驚くべき発展を、好景気を実感してきました。何しろこの10年、この20年の成功は驚異的です。この10年間でスイス時計産業の海外総輸出額は約100億スイスフラン（約一兆円）から2倍の200億スイスフラン（約2兆円）を超えました。20年前から比べれば約4倍。つまり、世界の時計市場の規模は爆発的に拡大。そして彼らは、数字で見ればかつて「黄金時代」と言われた1950年代、1960年代を超える、史上空前の好景気を謳歌しているのです。この時計市場の爆発的な拡大、成長の中で、日本の時計ブランドはその果実を十分に得たでしょうか。残念ながらそうは思えません。

それは技術以外に、日本の時計ブランドには何か足りないものがあるからです。スイスの時計ブランドにあって、日本の時計ブランドにないもの。それは何かを自覚して、その点を改善すればもっと日本の時計は世界でもっと売れるし、利益ももっと上げられる。そして、時計産業に関わる方々がもっと幸福になれる。私はずっと、そう考えています。この点について、私が考えるところをお伝えしたいと思います。

2. まず足りないのは「自信と夢」、そして何よりも、パワフルなリーダー！

では日本の時計に「足りないもの」の前に、「足りているもの」を考えてみましょう。

・作り手としての誠実さ

手を抜かない、誠実なモノ作り

・開拓心

「世界初」を目指したモノ作り（ただし、外から見えない）

・技術力

特に電子デバイス技術を背景にした最先端の電子技術 ※本日発表のあった革新技術の数々

・品質（精度と信頼性、耐久性）

ムーブメントが象徴する、低価格でも高品質

以上の点は、個々の製品はともかく、産業、時計作りを行う会社全体として見れば、どれもスイスの時計ブランドと比較しても、まったく遜色がないと私は思います。

では反対に「日本の時計に足りないもの」は何でしょうか。それは、

①ブランドの顔＝発信力

②夢と勇気（と遊び心）

③社外（スイス）、他分野への好奇心

④外部からの人材登用と交流

私は、以上の4つにまとめられるのではないかと考えています。現状は、ひとこと言えば「もったいない」。もっと、高い評価と利益を得てしかるべきではないでしょうか。まず、今の状態を変える勇気を持ち、足りないものを充実させれば、日本の時計はもっと魅力的に強くなる。さらなる発展ができると思います。

それでは、4つのひとつひとつについてご説明したいと思います。

まずいちばんに「足りないもの」。それは、

①ブランドの顔＝発信力 だと思います。具体的には、

1) 明確なイメージ、製品コンセプト

ブランド、商品名から喚起されるイメージ、強いアイデアとデザイン

2) 顔の見えるビジネスリーダー、責任者

責任者、開発者、デザイナーの「顔」がない

この2つだと私は考えています。

これが、日本の時計ブランドがスイス時計産業の人々から「よくわからない」と言われてしまう最大の理由であり、軽んじられる、特に高級品という同じ土俵で勝負ができない最大の原因だと思います。スイスの時計ブランドがすべて優れているわけではありませんが、現在成功しているところはどこでも、明確なブランドコンセプト、キャラクターを掲げ、業界ばかりでなく消費者にも強烈に発信し続けています。それも、志が高いものを、消費者にスローガンや製品のかたちで・・・

・ウブロは、スイス高級時計と最先端技術の融合。

・リシャール・ミルは、時計界のF1マシン。

・タグ・ホイヤーは、スポーツウォッチ、特にモータースポーツとどこよりも親密な関係にあるク

ロノグラフの最先端ブランド。

・ブライトリングは、プロのための、腕に着ける“計器”。

そして成功しているスイスの時計ブランドには、製品ばかりでなく自らが看板、広告塔となってブランドや製品を売り込む「顔の見える人」が居ます。

ウブロ（LVMH グループ）では会長のジャン・クロード・ビバー氏、そして技術開発責任者のマティアス・ビュッテ氏。リシャール・ミルでは代表取締役 CEO のリシャール・ミル氏。タグ・ホイヤーでは前 CEO のジャン・クリストフ・ババン氏。そして技術担当上級副社長：ギィ・セモン氏（なお、ババン氏はこの春にブルガリに転籍、そちらの CEO に出世しました）。

日本の時計メーカーは、メンズからレディース、ジュエリーまでさまざまな時計を作る総合時計メーカーであり、その製品全部をカバーするブランドコンセプトをまとめることは無理でしょう。しかし、製品ラインごとにブランドコンセプトを明確にして、もっとアピールすることはできますし、絶対に必要だと思います。また、日本の時計事業は、時計専門の会社が担っているスイスとは違い、巨大な電子デバイスメーカーの、小さな一部門でしかありません。だから、現状ではリーダーが顔を出すのは難しいかもしれません。しかし、時計事業が小さな一部門だからこそ、もっと思い切った体制を取ることができるのではないのでしょうか。

時計事業だけ、社内で完全に独立した部門、たとえば完全に時計だけを担う子会社にしてしまう、などの体制変革をしてしまう。そうすれば、経営者にせよ技術開発責任者にせよ、デザイナーにせよ、製品作りのリーダーの顔をはっきりさせ、その人たちが自ら陣頭に立って顔を出し、責任を持ってブランドを売り込むこともできるはずです。

時計ビジネスは一種のブランドビジネスです。そして、腕時計はスマートフォンなどの普及で「時を知る道具」から「腕に着けるアクセサリ」の正確をますます強めています。その視点で考えると、こうした「製品と人」ふたつの面で、かつてとは違い、ハッキリした顔を作ることが必要になっていると思います。ですから、日本の時計ブランドも今後は、スイスの時計ブランドと同様に、明確なブランドコンセプト、メッセージを掲げ、ビジネスリーダーが顔を出して前面に立って、コンセプトのはっきりした製品を自ら売り込む体制に変革する時期を迎えているのではないのでしょうか。2000 年以降、私はそう考えるようになりました。

そして、日本の時計に「顔」の次に足りないもの。それは、

②夢と勇気（と遊び心）です。

「夢」というのは、現時点で実現できるかできないか、製品化できるかどうかはともかく、ブランドとして「こんな腕時計をいつか作りたい」というスケールの大きな「夢の腕時計」の呈示、提案。今の腕時計の常識に囚われない「挑戦するコンセプトモデル」の立案などのことです。しかもこれは、

社内でコンペティションをやる、というような内向きのものではありません。つまり、ブランドコンセプトに加えて、作り手として消費者など外部に大々的に「自分たちの夢」を堂々と語る。消費者にブランドの未来を予感させる、ブランドへの期待をかきたてるイメージを大々的に発信する、ということです。いわば、未来に向けてのイメージ作り、とも言えるでしょう。

こうしたイメージの発信は、皆さんが想像以上に消費者に強烈にアピールして、消費者のブランドへの興味をかきたて、また評価も高めます。消費者は時計ブランドに夢を求めている。日本の時計ブランドも、無理にとは申しませんが、もっとそんな「夢」の発信を積極的に行っているのではないのでしょうか。こうした仕掛けやプロジェクトは、時計技術者やデザイナーなど、作り手の意欲をかきたてるはずで。近年、勢いのあるスイスの時計ブランドは、そんな「夢の時計」の開発に積極的で、ブランドのイメージの拡大と向上を実現しています。

たとえば、

● タグ・ホイヤー

ベルトドライブ、超高速クロノ、磁性振動子・・・一連のコンセプトモデル ※その一部が製品化

● カルティエ

「ID1」「ID2」、2つの未来的なコンセプトモデル・・・例えば「ID2」はケース内の真空化、ガラスファイバー製ゼンマイの採用による超ロングリザーブモデル ※プロトタイプ

● ブレゲ

磁性軸受け、磁力を使ったガバナー ※製品

● ヴァン クリーフ&アーペル

物語を複雑時計で紡ぐ「ポエティック コンプリケーション」 ※製品

などが挙げられるでしょう。

中でもタグ・ホイヤーは、最先端技術を熟知したスーパーなエンジニアを副社長に迎えて機械式時計の常識にとらわれない視点で開発を続けている点、限定でも思い切って製品化してしまう点など、通常の製品ラインとは別のスペシャルラインを展開するという、日本では考えられない開発戦略を採っています。

たとえば、機械式でベルトドライブ、1/1000秒以上の細かな単位まで計測できるクロノグラフ機能付きのモデルなどがあります。たとえば、クロノグラフ計測ができる時間は数十分間なので、日本では私たちは「そんなモデルに実用性や価値があるのか？ クォーツの時代に価値はない」と、実用性やコストパフォーマンス、さらに信頼性や後のメンテナンスの問題を考えて、私たちは「意味のない開発」「そんなものを売るなんて良くない」と片付けてしまいがちです。

しかし世界には、こうしたモデルを購入する顧客も居ますし、仕掛け方次第ではありますが、メディアでもこうしたモデルは大きなニュースになる。開発費もそれなりにかかるでしょうが、イメージ

アップ効果は絶大です。広告宣伝費と総合して考えたら、将来の投資として考えたら、決して損はしていないと思われます。

またコンセプトモデルに加えて、「日本にしかできない、超絶的なコンプリケーション（複雑時計）」への挑戦も考えるべきでしょう。「スイスとは棲み分ける」つまり、スイス勢の得意なこの分野には、わざわざ進出しないというのも、確かにひとつの方針ではあります。ですが、これは消費者には、この事情は理解できません。結果として「日本にはできないのだな」と誤解され、その代わりに「スイス時計はすごい」という評価になるだけです。

ブランドのイメージを正當に「格上げ」するために、また高額品の世界で独自の存在感をアピールするためには、この「棲み分け」戦略は、腕時計が実用品ではなくなった今、もはや賢明とは言えないと思います。コレクター向けにごく少数でも、たった1点だけのユニークピースでもいいですし、販売しないコンセプトモデルでもいいと私は思います。重要なのは看板を掲げ、強烈にアピールすることです。

また、パテック フィリップがジュネーブ・シールではなく、独自の「パテック フィリップシール」を作って掲げる、また一部の時計ブランドが人の動きのシミュレーションも加えた究極の精度テスト企画「フルリエ・シール」を作って掲げているように、機械式でもクォーツでも、日本独自の新しい精度規格を作って共同でアピールすることも、検討していい施策のひとつだと思います。

さらに値付けの面では「少しでも安い方がいいだろう」というこれまでの考え方を脱する勇気も必要だと思います。特に超高額品、高額品では「適性価格」を掲げる勇気が、ブランドイメージの格上げ、向上には欠かせません。日本の時計産業の方々とお話していると、作り手にも売り手にも「スイス勢は自分たちとは別格の存在だから」という、スイスブランドに対する一種のコンプレックスを感じます。しかしそんなコンプレックスが、自らの可能性を、利益を狭めていること。また大変に失礼ながら、スイス勢と競争する分野に乗り出さない一種の言い訳になっていることも事実であり、こうしたコンプレックスはもう克服する、捨ててしまうべきではないでしょうか。なぜなら日本の時計には、最先端の技術に加えて、すでに100年を超えた歴史があるわけですから。

また「スイス時計＝職人の手作り」という「スイスブランドの神話」は、ごく一部の高額品の話であること、イメージとしてかなりの部分が戦略的、意図的に作られたものであることも、おそらくみなさんをご存知のはずです。こうしたイメージに対して、日本独自の「夢」や「勇気」でポジティブに対抗する。そんな気概と戦略をぜひ持って頂きたい、と私は思います。

3. 時計作りの活力アップのために

外部からの人材やアイデアの登用も不可欠

また、①顔、②夢と勇気に加えて、今の日本の時計に足りないもの。

それは③スイスの時計や他の分野への好奇心、だと思えます。

具体的に欠けていると思うのは2つあります。ひとつは、スイス時計への積極的な興味と関心、研究心です。もしかしたら、開発・製造の皆さんは十分に調査・分析しているのかもしれませんが、しかし、フェアの現地でお目にかかる日本の時計ブランドの広報宣伝部門の皆さんはフェアでの顧客・取材対応に手一杯のようで、スイスの最新の時計について、そのメカニズムやデザインについて、徹底的にリサーチして、裏の裏まで研究している方は残念ながらいらっしゃいません。また日本の時計メーカーのデザイナーで、スイス時計のデザインやそのトレドについて、自分の言葉で語れる方には、残念ながらほとんどお目にかかったことがありません。社内にはそのような方がきちんといらっしゃるのではあればいいのですが、もし、“棲み分け”戦略を前提に、「自分たちとは違う、別格の世界のこと」として、研究を怠っておられるとしたら、それは大きな問題です。

スイスの時計ブランドはビジネスのライバルであり、また、世界の時計ビジネスと一緒に盛り上げていく仲間でもあると思います。その相手の戦略を徹底分析することは、将来の戦略立案を考えると、絶対に不可欠なことだと思うのです。

また、もうひとつは、時計以外への他の文化への興味と関心です。日本の時計ブランドのコラボレーションや支援活動は、ほとんどが常識的で、失礼ながらあまり新鮮なものはありません。予想を良い意味で「裏切る」ものであってこそ、話題になり、結果的にブランドや製品のプロモーションになります。

たとえばスポーツや選手へのスポンサーです。スポーツ選手の広告的価値が高まる今、日本の時計ブランドのスポーツ選手の利用の仕方は、どこかあいまいなところがあります。ただ、広告ビジュアルやカタログに登場させるだけでなく、もっとしっかりと、ブランドやコレクションの哲学やコンセプトを伝える看板として、もっと活用すべきではないでしょうか。成功しているスイスの時計ブランドは、スポーツへの支援・協賛活動を、ブランドやコレクションの格上げ、肯定的なイメージ作りに積極的に利用して、成果を挙げています。異業種、異分野との大胆なコラボレーションも同様です。

こうした、ブランドのイメージを世界に伝えるためのプロモーションの内容やその仕掛け方についても、もっと明確な戦略が必要です。スイスのライバルに学ぶことは多くあるのではないのでしょうか。

そしてさらに、③スイスの時計や他の分野への好奇心と同様に足りないものが、もうひとつあると私は考えます。

それは、④外部からの人材登用と交流、です。

具体的には、

- 1) 外部に居る人材の積極的な登用体制
- 2) 外部の技術、アイデアを受け入れる体制

です。

スイスの時計ブランド、またそのコンプリケーションモデルの開発製造を担う工房を訪ねると、スイスはもちろん、フランス、イギリス、オランダ、アメリカ、そして日本など、さまざまな国から時計作りに熱意のある人が集まっているのに驚かされます。現在、スイスもヨーロッパのご多分に漏れず、雇用については排外主義的な傾向が強まっています。それでも時計産業では、隣国のフランスからスイスの時計ブランドの工場に通う人々、いわゆる“フロンタリエ”がかなりの割合を占めるように、普通のワーカーからトップエンジニアまで、「外部からの人材」を積極的に受け入れる体制があります。この背景にはもちろん、日本とは違う分業化され細分化され、人材を受け入れやすいスイス時計産業の伝統的な構造があります。しかし、この体制がスイス時計産業の大きな活力になっていることは間違いありません。

ひるがえって、日本ではどうでしょうか。日本では、時計作りに熱意のある人を積極的に受け入れる体制は、残念ながら私の知る限り、ありません。たとえば「時計を設計したい」と思ったら、時計部門のある大手電子デバイス、機器メーカーである日本の大きな会社やその関連会社に入社するしかありません。本社の場合は時計部門への配属を希望するしかありませんし、時計部門の関連会社に入社しても、希望の設計ができるかはわかりません。

「時計作りがしたい」と、時計を組み上げる技能者になっても、日本の技能者はあくまで組み立て調整を任されるだけで、さらに先のクリエイティブな立場、スイスにおける時計師的なポジションを得ることは難しいのです。そのため日本人で時計作りに熱意のある人材は、たとえば時計師的な仕事を最初からしたい、時計の設計・開発をやりたいという意志をはっきり持っている人は、かなりの割合でスイスに流出してしまいます。そしてスイスで何人も活躍している方もいらっしゃいます。

今後、スイス時計と「棲み分ける」のではなく、良きライバル関係を築くのであれば、そうした方を受け入れて登用する、彼らの知識と経験を取り入れる体制がぜひとも必要ではないでしょうか。日本人ばかりでなく、日本の時計技術を高く評価し、日本の時計ブランドで働いてみたい、時計に関する自分の夢を実現したいと考える外国の方も、門戸が開かれていれば、少なからず出てくると思います。また、雇用してほしいとまで望まなくても、日本の時計ブランドで自分のアイデアを実現したい、というエンジニアやデザイナーは、日本にも海外にも潜在的に多数居るはずで。

そうしたアイデアを積極的に受け入れる窓口はあるでしょうか。もしすでにあるなら、もっと「見える形」で掲げるべきですし、もしないのであれば、設けることも必要です。前にも申しましたが、もはや時計は道具を超えてファッションアイテム的な要素が強まる一方です。ですから、少なくともデザイナーだけでも、ファッション業界やクルマ業界のようにもっとアイデアが自由に流通する体制を整えるべきだと思うのです。

さてこれまで、数えきれないほど時計の取材はしてきましたが、時計作りをしたことのない“門外漢”として、「日本の時計に足りないもの」とその状況を改善するためのご提案を、勝手ながら述べさせて頂きました。

改めて申し上げますと、足りないと思うものは、

- ①ブランドの顔＝発信力
- ②夢と勇気（と遊び心）
- ③社外（スイス）、他分野への好奇心
- ④外部からの人材登用と交流

です。

そして、このどれかひとつでも、改善されれば、今よりももっと魅力的な「腕時計作り」が実現できる、と私は確信しています。腕時計に求められているものが、純粋な機能性よりもデザイン性、ファッション性、新しいステータス性に移りつつあります。ひと言で言えば「機能アイテムからファッションアイテムへ」という大変革が起きているのです。今こそ日本の時計メーカーは、その状況に積極的に対応するために、一歩前に踏み出す時ではないでしょうか。

以上、皆様の貴重なお時間を頂きながら、時計ジャーナリストとして感じてきたこと、考えてきたことを一方的に述べさせて頂きました。改めて申し上げますが、私は皆様のお仕事、日本の時計作りには心から敬意を抱いており、また誇りにも思っております。また、スイスの時計作りとそれを担う人々にも同様の敬意を抱いています。そして、日本とスイスで時計を作る人々が、互いに切磋琢磨し、今よりもさらに豊かな関係を築いて、時計の世界がさらに豊かになることを期待しています。

そのためにはまず、日本の時計産業がもっと自信を持ち、積極的、意欲的にクリエイティブな活動を展開する必要があると考えています。ですから日本の時計の未来、その価値向上のために、自分ができることは何でもしたい、と思っております。そして大変僥越ですが、私自身が時計の取材を本格的に始める前にお亡くなりになられていた、山口隆二先生(1903～1993)の志を少しでも継承したい、と勝手ながら考えております。

先生は、スイスと日本の時計産業の架け橋となって、両者が交流し共に発展することを望まれ、そのためにさまざまな活動を行われていたと聞いております。私にはまだ、両国の時計に関する十分な教養も人脈もありません。が、先生の志の価値、その重要性は、私ながらに理解し、また共感しております。これからも、スイスと日本で取材と勉強を続け、少しでも時計産業のお役に立ちたいと思います。皆様、ぜひ時計作りをがんばってください。

本日はありがとうございました。

●改善提案

あくまで外部ウォッチャーとしての意見であり、事実誤認や誤解等がある点がもしございましたらご容赦ください。

①ブランド全体、各製品ラインの明確な再定義

明確なブランドイメージ作りのために、全製品に共通するブランドポリシーや、「わが社の時計はこの点は必ず満たす」という“公約”を作る。さらに、社内だけではなく、公式に掲げる。

②経営におけるゼネラルディレクター制の導入

統一感のあるブランドイメージ作り、総合的な製品戦略のために、ブランド全体を強力にマネジメントする権限と責任を持つゼネラルディレクター制度を作る。※現状は混乱。製品ラインの位置付け、棲み分けを明確にして、製品ライン自体のモデル数も削減。消費者に分かりやすく。

③クリエイティブディレクター制の導入

消費者から見てもわかりにくい、混乱するデザインイメージ。その解消、統一のために、全製品、あるいは製品ラインのプロダクトデザインを統括するクリエイティブディレクター制を導入して、デザイナーの顔を明確にする。※クルマに近い、デザイン開発体制を

④“未来”を体現する、コンセプトモデルの開発

ブランドの“夢”をアピールする、ブランドの個性と未来への技術を明確に可視化するためには、これが一番。しかも製品化を前提にしなくてもいい。

⑤新しい時計のアイデア、デザインの、国際的な公募コンペティションの開催

社内以外の、外部のパワーを活用。時計業界に限らず、広く新製品のアイデア・デザインを募集。持てる技術の活用を推進する。

⑥外部との窓口、多様な人材登用制度の新設

「日本の技術を活用して新しい腕時計を作りたい」と考えている意欲ある人々に門戸を開く。例えば、海外での時計開発を経験した、海外で働いた経験のある日本人、外国人の時計技術者が期間限定でも、短期でもいいから働ける体制を整備する。

解説

「時計技術解説」クォーツ時計

—IV. カレンダー表示—

長尾 昭一*

1. はじめに

腕時計のカレンダー表示は、その多くがディスクに印刷された日付もしくは曜日の文字を、文字板に設けた窓穴から覗き見るものです。この他に、ディスクではなく文字板に印刷された目盛を針で指し示すものもありますが、ここでは一般的な前者の方式について紹介します。カレンダー表示は機械時計の時代から継続する既知の機構のためか、初期の日本時計学会誌（現マイクロエレクトロニクス）では取り上げられていないようです。ここでは、機械時計とクォーツ時計で一般的に使用されている機構を中心に説明します。

2. 基本構造

Fig.1 は、3時位置に日付と曜日を表示し、りゅうずを1段引出し一方に回すと日付が、他方に回すと曜日が修正できるという一般的な時計です。今では見慣れた仕様ですが、一つの窓穴から日付と曜日を表示する、りゅうずを左右に回転して日付と曜日を修正するという仕様は、それぞれ機械時計の時代に日本で発祥し世界へ普及したものです。

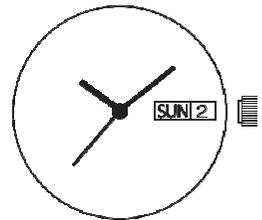


Fig.1 腕時計の表示

日付と曜日の文字は、Fig.2 の日車と曜車という部品に印刷されます。日車はリング形状で31枚の内歯があり、曜車は曜日を印刷した薄板とその裏側に14枚の外歯を持つ歯車が一体化されています。1週間は7日間ですから、曜車の歯数は7枚で良いはずですが、日本語と英語など2か国語の表現ができる利点があり数多く採用されています。曜修正で一方の言語を選択すると、毎日2歯ずつ送られていきます。もちろん、歯数7枚の製品もあります。カレンダー表示の機構には、次の3つの機能が必要になります。

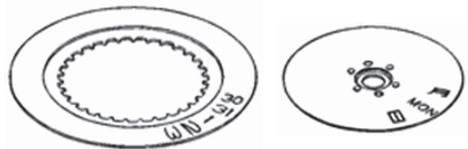


Fig.2 日車と曜車

- ①日・曜送り機能（日付・曜日を毎日1日分進める）
- ②日・曜修正機能（任意の日付・曜日に切替える）
- ③フルブールーフ機能（どんな修正操作でも壊れない）

以下、これらについて説明します。

* セイコーエプソン(株)

2-1. 日・曜送り機能

Fig.3 はカレンダー機構の主要部品を記載した平面図で、中央に曜車の14枚の歯車、それを取り囲んで日車が配置されます。それぞれは、ばね性を持つ日ジャンパーと曜ジャンパーで歯の位置が規制され、通常的位置が決めます。図中の四角で囲んだA部が日・曜送りする部分で、Fig.4 はその断面になります。日回し車は、時計が取り付けられ12時間で1回転する筒車と噛合い、歯数比から24時間で一回転します。日回し車はプラスチック製で、Fig.5 のように日車を送る爪と曜車を送る爪を持っていて、その爪が各歯車と噛合い1日分回転させます。日車は1歯、曜車は2歯となります。日車を送る爪は爪先までの半径が小さく曜車と平面的に逃げていて、曜車を送る爪は平面的に日車と重なりますが厚み方向で逃げるようになっています。

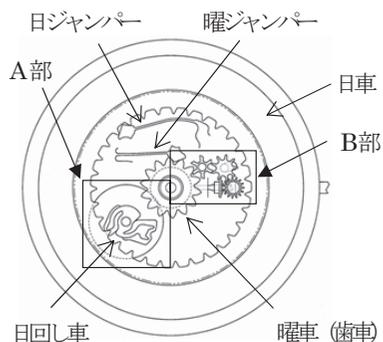


Fig.3 カレンダー機構平面図

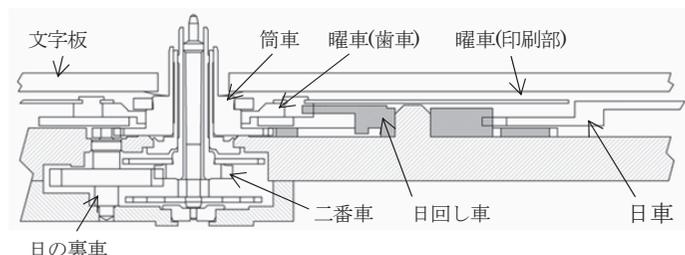


Fig.4 日・曜送り断面図

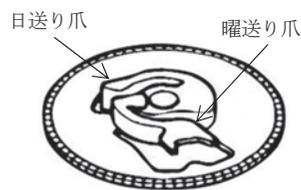


Fig.5 日回し車斜視図

2-2. 日・曜修正機能

Fig.3 のB部が日・曜修正部で、それを拡大した図が Fig.6 です。また、その巻真部断面が Fig.7 となります。つづみ車のa部は歯車で、りゅうずを1段引き出すと、つづみ車が修正伝え車側へ移動しa部が修正伝え車と噛合います。つづみ車は巻真の角部と嵌合しているので、りゅうずの回転で修正伝え車を動かせるようになります。

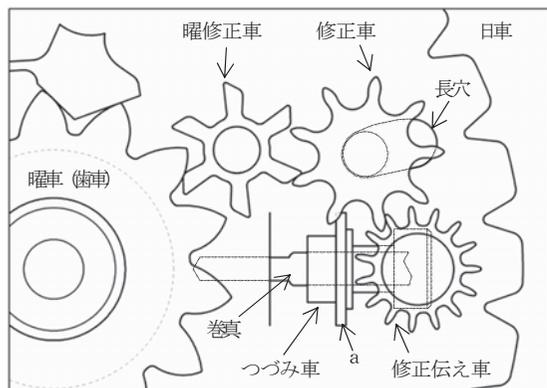


Fig.6 日・曜修正平面図 (りゅうず0段目)

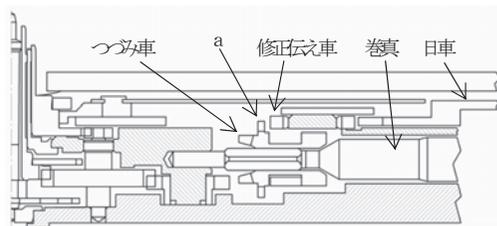


Fig.7 巻真部断面図 (りゅうず0段目)

修正伝え車は修正車と噛み合いますが、修正車は地板などの長穴で軸が案内されていて、長手方向に移動することができます。Fig.8は修正車の動きを示していますが、(1)日修正では修正伝え車が右回転するようにりゅうずを回すと、修正車は左回転しながら日車に近づき、日車と噛合って日修正します。(2)曜修正では、逆方向にりゅうずを回すと、修正伝え車が左回転し修正車が曜修正車に近づき噛合い、曜車を回転し曜修正します。

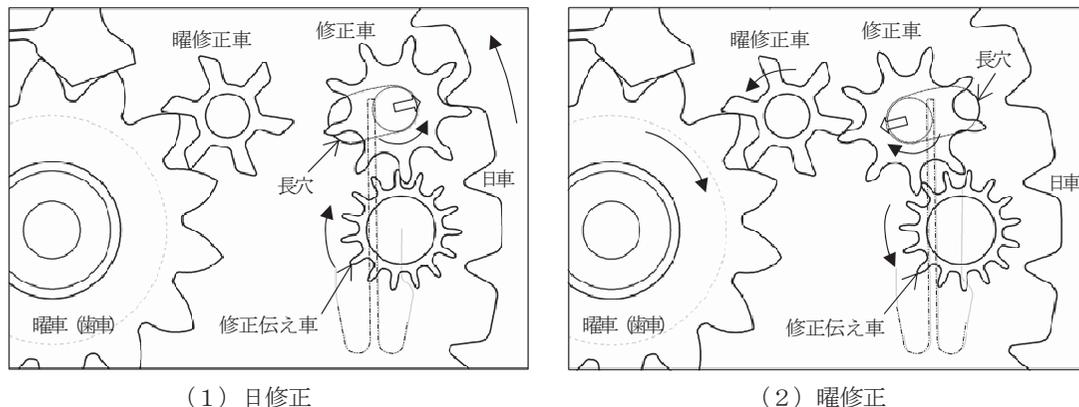


Fig.8 修正車の動き (りゅうず1段目)

2-3. フールプルーフ機能

時計の取扱説明書を読むと、カレンダー合せをしてはいけない時間帯などの記載があります。これは日車・曜車を送る日回し車の爪先がどの位置にあるかが関係しますが、時間帯に関わらずカレンダー修正、時刻合せ等の操作で破壊しないことが求められます。

Fig.9は日車を日回し車の爪で送る図ですが、図中 θ は爪先端が日車の回転軌跡内に入っている範囲です。この位置で日修正された場合を想定し、爪を変形可能(二点鎖線)なばね形状にすることで、日車、爪、その他部品が壊れないようにしています。爪の位置により変形量が変わりますが、 θ 範囲では爪を変形させる力が発生するので、修正で違和感が生じます。また、日車の位置を日ジャンパーで決めています。日車の歯が爪と当たり正規の位置にならず、文字位置ずれになることがあります。日回し車は24時間で一回転するので図の場合、5時間弱の範囲でこの現象が起りますが、部品が破壊されることはありません。爪を変形させる力が強いと、修正するときに部品の破壊や削れが発生するので、本例では弱い弾性係数のプラスチックを利用しています。金属製の場合には、弱い力で爪が日車・曜車の軌跡から逃げる機構が必要となります。

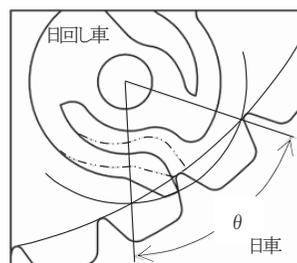


Fig.9 日送り爪

3. 他の修正機構

日・曜送りとフルプルーフは同じですが、日・曜修正については別の手段もあります。Fig.10はレバーを使って修正する機構です。修正レバーはガイドピンで案内され、位置決めばねで右図位置に保持されます。巻真を回すと、つづみ車外周の突起が修正レバーの先端と噛合い、修正レバーを上下方向に動かします。修正レバーの動く方向は巻真の回転方向で異なり、下方向に動いて日車を、上方向で曜車を送ります。送った後、修正レバーは位置決めばねによって初期位置に戻されます。部品点数が少なく低コスト化に有利ですが、前述の歯車の噛合いに比べると心地よい修正感の作り込みが難しくなります。また、この修正レバーは直線的な動きでしたが、往復回転する修正レバーを採用しているものもあります。

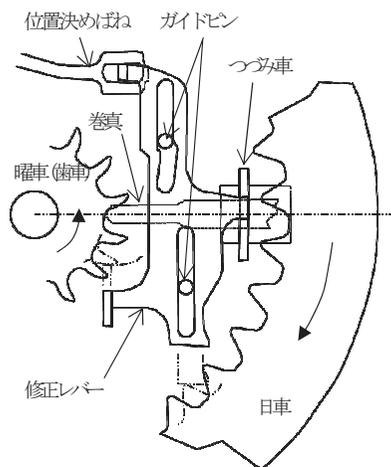


Fig.10 レバー修正方式

次は Fig.11 の、つづみ車で直接日車を修正する方式です。つづみ車の日車側端面がのこぎり状になっていて、りゅうず1段目で直接日車と噛合います。巻真を一方に回した時には日車を回転させ、他方に回したときはつづみ車端面の斜面上で下図左側へつづみ車を押し出し、日車とつづみ車の噛合いを外します。つづみ車は、かんぬきの比較的弱いばねで日車側へ押し付けられているので、大きな負荷なく噛合いを外すことができます。この方式は、曜日のない日付表示だけの仕様で主に使用されます。つづみ車で直接修正するので、部品点数が少なくスペースも小さくて済むという利点があります。前述のレバー修正方式と組み合わせると、曜修正付も可能になります。

最初の修正車による修正方式を含め、これら3つの方式がカレンダー修正の代表的なものと思われませんが、メカ機構は配置や構成に自由度があるので、各社で様々な工夫が加えられて数多くの形態が存在しています。

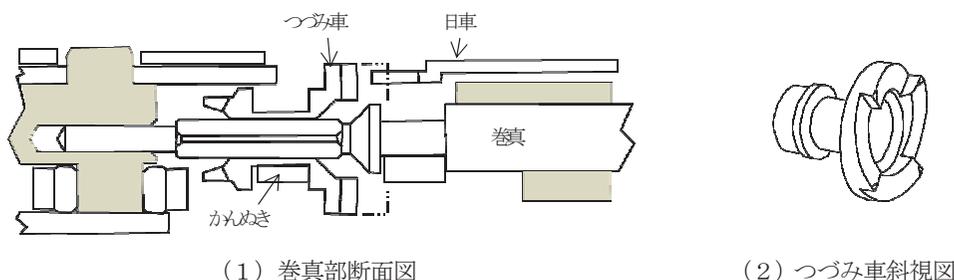


Fig.11 つづみ車修正方式

4. 高機能化

ここまで、カレンダー表示の代表的な機構について説明しましたが、ここでは付加価値を高くしたカレンダー表示を紹介します。

まず、カレンダーの瞬間送りについてです。前述の日回し車で日・曜送りすると、送り始めてからジャンパーで所定の位置へ飛ばされるまでに、それぞれ2時間前後の時間が必要になります。日車と曜車を同じタイミングで送ると運針負荷が大きくなるので、一般的には日車を送った後で曜車を送り始めます。従って日付・曜日表示のある時計は、カレンダー送りが開始して終了するまでに、5時間前後かかっていることとなります。これを、ばねの力で目にもとまらぬ間に日・曜送りしてしまうのが瞬間送りです。方式は多種

多様ですが、一例を Fig.12 に示します。日曜送り爪と連動する作動カムがあり、それをFの力を持つ作動レバーでたたくという方式です。図は日・曜送り直後の状態ですが、送り前は作動カムの径大部aで作動レバーを持ち上げていて、送り時にカム形状で日曜送り爪を急速回転させるというものです。

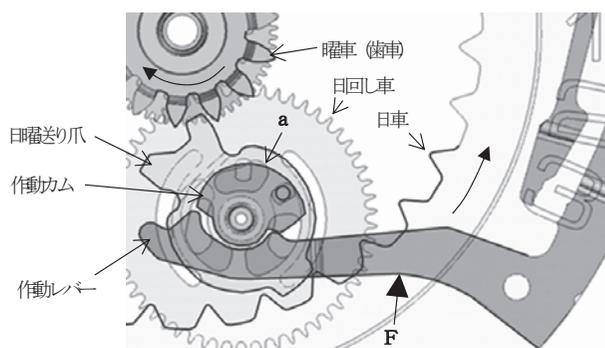


Fig.12 瞬間送り方式

次は、ビッグデイトについてです。日車に31日の日付を印刷すると、日車径にもよりますが文字が小さく見えにくくなります。ガラスにレンズをつけて文字を拡大しているモデルもありますが、これは日付の10の桁と1の桁を別々のディスクに印刷し、それを組み合わせて表示させるものです。これも数多くの方式がありますが、一例を Fig.13 に示します。大きいディスクには0~9までの数字31個が、小さいディスクには0~3までの数字4個が印刷され、文字板の穴から見える組合せの数字で日付を表します (図は29日を表示)。10の桁を表示する小さいディスクは、大きなディスクの外周に設けられた突起で10日ごとに桁上げされますが、月末は30→31→01に切換える必要があります。そのため大きなディスクの外周突起は、10の桁を2→3に桁上げた突起から2日後の位置に10の桁を3→0にする突起があり、合計4個となっています。また、1の桁の印刷もその部分だけ0→1→1と1を連続して印刷してあります。



Fig.13 ビッグデイト

最後は月末無修正についてです。曜日は一度合わせれば、動き続ける間修正は必要ありませんが、日付は月末に修正が必要になります。日修正をしなくても正しい表示をするのが月末無修正ですが、大の月、小の月には対応するが2月には修正が必要となるもの、1~12月の1年には対応するがうるう年には修正が必要になるもの、うるう年を含めて修正を必要としないものなど様々なものが存在します。Fig.14 は「マイクロメカトロニクス Vol.50 No.194」に投稿されているもので、4年周期のうるう年表示、月表示、日付表示（ビッグデイト）を持ち、1個の超音波モーターで駆動する月末無修正時計です。この例はクォーツ時計ですが、機械時計でも歯車列とカムを複雑に組み合わせ、うるう年を含め月末に日付修正を不要にした高級時計があります。まさに、カレンダー表示の究極の機構と言えます。

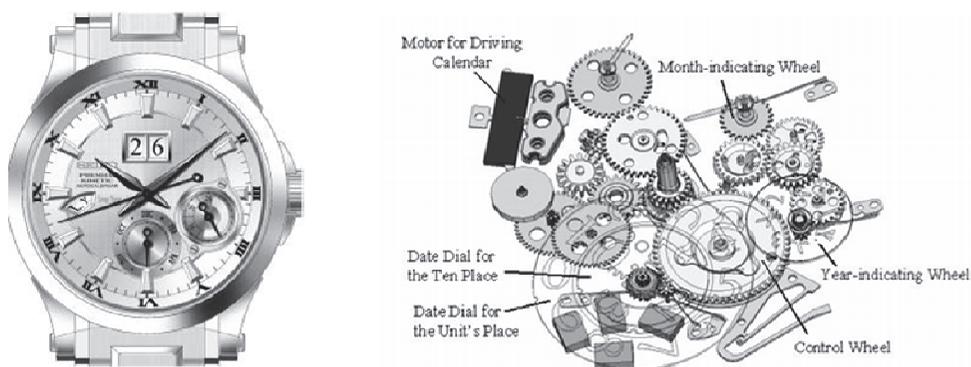


Fig.14 月末無修正

5. おわりに

後半で高機能化製品について触れましたが、世界的には日車・曜車による一般的なカレンダー表示が圧倒的に多くを占めています。この機構は、機械時計からクォーツ時計に開発が移行していくなか、ノウハウを継承しつつ技術確立されてきました。すでに、月末修正を全く必要としない電波修正時計もありますが、本稿では普段当たり前と思っているカレンダー表示が、どのように行われているかを知っていただけるよう、基本的な構成と動作について説明しました。

参考文献

宮坂 護, カレンダー時計の日付曜日修正装置, 実用新案公告 昭46-21509 (1971年)

澤田 明宏, 北原 丈二, 川口 孝, 新開発薄型超音波モーターによる KINETIC パーペチュアルカレンダーの商品化, マイクロメカトロニクス Vol. 50 No. 194 (2006年)

トピックス

BASEL WORLD 2013 レポート

野間 陽介

シチズン時計株式会社 製品開発事業部 製品開発部

1. はじめに

世界最大の宝飾見本市である BASEL WORLD 2013 (通称: バーゼル・フェア) が、展示会場の改装を行い、4月25日から5月2日の計8日間開催された (Fig.1、Fig2、Fig.3)。

展示会場は昨年から一新され、展示総面積: 141000 m² (最大ブース: 1625 m²、最小ブース: 6 m²) であり、来場者数: 122000 名 (昨対比: 117%)、メディア関係者数: 3610 名 (昨対比: 109%) と昨年までの来場者数が数%の増加率に対し、大幅に増加し過去最高となった。

多くのブランドは昨年より華やかにブースを改修し、商品の見せ方など新たな手法を取り入れ、全体的に商品単価が上がっており、ユーロ危機からの回復を実感させるものであった。

また、昨年に引き続き新興国からのお客様の来場増加傾向は止っておらず、女性客の増加が目立つ印象を受けた。

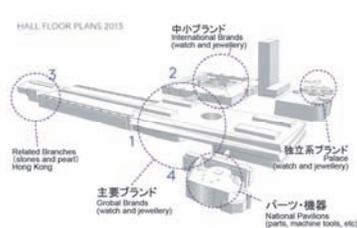


Fig. 1



Fig. 2

Fig. 3

2. 全体の傾向

デザインの傾向として、全体的に大型化の流れが止まり、ケース径φ40mm前後が一般的でスタンダード及びクラシック化、各ブランドの歴代モデルのリバイバルは継続されていたが、それに加え機械式ムーブメントの複雑機構化が目立ち、ムーブメントを見せるためのデザインが顕著に現れてきた。

また、例年以上に宝石 (ダイヤ・ルビー等) を付加したモデルが男女とも増加しており、大規模ブランドでは豪華絢爛という表現が合うモデルが多数見られた。

スタンダード化は2極化しており、シンプル且つ薄型でバンドも含め場面を選ばないデザインのものやケースヘッドはシンプルだが、バンドは2種類以上の材質の組合せを採用したものや裏材やステッチ等に鮮やかな色彩を採用したものなど、シンプルの中に遊び心のあるデザインだと感じた。

3. シチズン時計としての取り組み

展示会場の改修のため、昨年の Hall 1.0 から Hall 1.1 に移動になり、ブースも今注目の建築家 DGT による光と時を演出、地板によるインスタレーションは、5万個の地板が浮遊する静止した時計の空間「Frozen Time（氷ついた時間）」と名付け、注目されるブースに一新された（Fig. 4、Fig. 5）。

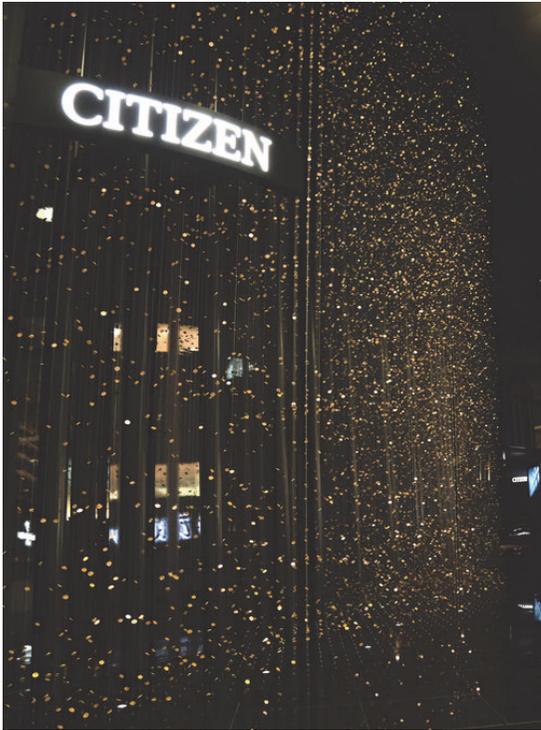


Fig. 4



Fig. 5

また、「技術と美の融合」を企業理念に掲げ、2009年よりシチズンの最先端の「技術」と新しい「美しさ」を併せ持つ製品としてコンセプトモデルを発表してきたが、新しくシチズン エコ・ドライブ フラッグシップモデルと位置付けた。

今年フラッグシップモデルとして【エコ・ドライブ サテライト ウェーブ エア】と【エコ・ドライブ アルティクロン シーラス】を発表した。

【エコ・ドライブ サテライト ウェーブ エア】

流線型や翼の構造、ジェットエンジンのイメージを取り入れたデザインで、2011年に導入されたエコ・ドライブ サテライト ウェーブに比べ、人工衛星からの時刻信号の受信感度は劇的に向上し、人口衛星から時刻を受信する光発電衛星電波時計としては世界初のフルメタルケースの実現に成功すると同時に、最も早いスピードでの時刻修正を可能にした (Fig. 6、Fig. 7)。



Fig. 6



Fig. 7

【エコ・ドライブ アルティクロン シーラス】

シーラスとは、高度1万mから見える巻雲の意味で、25年前に発売された高度計搭載ウォッチ「アルティクロン」のコンセプトをさらに進化させたモデル。方位、高度の計測において比類ない正確さを実現するセンサーの計測範囲は、地球上のあらゆる山の高度を上回る1万mから海拔300mで、時刻表示を常に保ちながら、高度や方位をそれぞれ計測することが出来る (Fig. 8、Fig. 9)。



Fig. 8



Fig. 9

4. 最後に (所感)

原点回帰の流れが止らない今、ブランド新作のイメージは毎年大きくは変わらない。しかし、自社ムーブや新規材質の採用など確実にブランド力は高まっているよう感じる。日本の時計メーカーとして個性と存在感を出すことが世界へ発展・成長していくために必要と感じた。

Bluetooth® v4.0 対応の腕時計

スマートフォンの音楽プレイヤーをコントロールできる“G-SHOCK”

奥山 正良*

1. はじめに

G-SHOCK は、1983 年にデビュー、その誕生から今日まで常に性能進化・機能進化をし続け、世界の皆様に愛されるブランドの一つとなりました。今年、G-SHOCK 誕生 30 周年にあたり、今流通では、その記念モデルが店頭を賑わせております。

今回は、その G-SHOCK30 周年の節目に相応しく、また皆さまに新たな価値をご提供できる新製品として、Bluetooth® v4.0 対応 G-SHOCK 『GB-6900B/GB-X6900B』を紹介させていただきます。

2. カラーバリエーション、価格、発売日

GB-6900B/GB-X6900B



[Big size]



GB-6900B-1JF



GB-6900B-1BJF



GB-X6900B-1JF



GB-X6900B-2JF



GB-6900B-7JF

18,000円 (税込 18,900円)
9月21日発売



GB-X6900B-4JF

20,000円 (税込 21,000円)
9月21日発売

<図 1>

GB-X6900B は、GB-6900B を一回り大きくした製品で、Big size のトレンド、海外ユーザーを意識したラインアップです。

*カシオ計算機(株) 時計事業部 モジュール開発部

3. BLUETOOTH G-SHOCK GB シリーズの経緯

BLUETOOTH G-SHOCK のデビューは、2012年3月です。第1弾は、MEDIAS ブランドのスマートフォンとの連携を実現したモデルで、当時大きな反響を頂きました。

現在も基本の機能としている「携帯着信のお知らせ」「メール受信のお知らせ」「携帯探索機能」「リンク切れ警告」「自動時刻修正機能」を実現しています。

第2弾は、日本国内向けには、GB-6900AA/GB-5600AA を2012年10/11月に発売、連携するスマートフォンも iPhone、AQUOS PHONE に拡大を致しました。

特に、iPhone との連携は、カシオ計算機が開発・提供するアプリケーション『G-SHOCK+』で機能を実現しており、UPDATE によって SNS 系新着のお知らせなどの機能拡張も実現しています。

そして、第3弾となる2013年9月発売の『GB-6900B/GB-X6900B』は、“第二世代エンジン”として、時計モジュールのハード構成を一新、RF-IC/センサーデバイスなどの省電力化を更に行ない、双方向の通信機能の拡張を行なっています。また、連携するスマートフォンに GALAXY S4 が加わりました。



< 図 2 >

4. 第二世代エンジン - 進化した機能

第二世代エンジンとなる本モデルには、2つの大きな特徴があります。

一つ目は、時計からスマートフォンを操ることができます。スマートフォンのミュージックアプリケーションの再生/一時停止、曲の送り戻し、音量のアップダウンを時計のボタン操作で行なうことができ、また、楽曲名をアルファベット/数字/半角カタカナで確認することができます。

二つ目は、スマートフォンから時計を操ることができます。時計にもワールドタイム/アラーム/タイマーといった機能が搭載されていますが、その設定をスマートフォンのアプリケーションから行なうことができます。アプリケーションから時計の設定ができることによって、ユーザビリティが飛躍的に向上しています。

第二世代エンジン - 進化した機能

BLUETOOTH WATCH
Bluetooth® LE enabled G-SHOCK
Bluetooth® LE enabled G-SHOCK

BLUETOOTH WATCH
「第2世代エンジン」搭載
次世代型G-SHOCK
新たなステージへ

GALAXY S4 SC-04F (Android 4.2.2)
iPhone 5 / iPhone 4S (iOS 6~6.1)

GB-X69008

時計でスマートフォンを操る

ミュージックコントロール
スマートフォンの音楽プレイヤーを、時計でリモートコントロール。再生/一時停止や音量を時計のボタンで操作できます。

スマートフォンで時計を操る

かんたん時計設定
ワールドタイム、アラーム、タイマーなどの時計機能を簡単に設定することができます。

<図 3>

■ミュージックコントロール

時計の右上・右下・左上の3つのボタン操作で、ミュージックの操作を行なうことができる機能です。アプリケーション『G-SHOCK+』のコントロール機能[ミュージック]をタップ、画面に現れた時計のシルエットのボタンのそれぞれに、お客様ご自身が役割を設定することができます。お使いのヘッドフォンで、普段から良く使われる操作や少し複雑な操作などを割り当てると大変便利です。また、時計が表示できるフォントの楽曲であれば、スマートフォンを取り出さなくても手元で見ることができます。



<図 4>

■時計設定機能

アラーム機能・タイマー機能・ワールドタイム機能・通知機能・その他機能に関する設定を行なうことができます。アプリケーション『G-SHOCK+』の機能設定から時計設定をタップ、変更したい項目を画面内容に沿ってタップすることで、簡単に変更することができます。アプリケーションの操作中の画面には、時計に設定されている内容が表示されますので、現在の時計の設定を確認することもでき、また、時計の取扱い説明書が手元に無い時でも簡単に使うことができます。

例 1 : <アラーム機能の設定>



<図 5>

例 2 : <ワールドタイム機能の設定>



<図 6>

4. モバイルリンク基本機能／時計の主な仕様

モバイルリンク基本機能および時計の主な仕様については、以下の7図/8図/9図の通りです。


BLUETOOTH WATCH
Bluetooth® は Apple 社の登録商標です。Apple 社のサービスと互換性がない場合があります。

モバイルリンク機能

対応するスマートフォン、OSバージョンにより、機能が異なります。

Style#1：電話着信をお知らせ 大切な電話を逃さずキャッチ

電話の着信を、時計が電子音やバイブレーションでお知らせ。
携帯電話がバッグの中でも着信がすぐわかり、大切な電話を逃しません。
※iPhoneでは、電話発信者情報は表示されません。



Style#2：メール受信をお知らせ メール到着が手元で分かる

メールの受信を時計に通知し、手元で確認可能。こまめにメールチェックしたい人に便利です。
※iPhoneは、専用アプリ「G-SHOCK+」に登録したメールアドレスに対応。SMSや通信事業者のメールアドレスには対応していません。



Style#3：SNS新着をお知らせ Facebook/Twitter/Weiboがさらに楽しく

Facebookの友達リクエスト、メッセージ、お知らせ、Twitterの@ツイート、タイムラインの更新、Weiboの@Me Weiboに新着内容があると時計がお知らせします。情報チェックやコミュニケーションに新たなスタイルが加わり、SNSの楽しみ方がますます広がります。



Style#4：カレンダー通知 大事な予定を時計がお知らせ

iPhoneのカレンダーで設定したイベント通知日時になると、時計が電子音やバイブレーションでお知らせします。スケジュール管理の気づきとして便利です。
※iPhoneのみ対応



<図7>


BLUETOOTH WATCH
Bluetooth® は Apple 社の登録商標です。Apple 社のサービスと互換性がない場合があります。

モバイルリンク機能

対応するスマートフォン、OSバージョンにより、機能が異なります。

Style#5：リマインダー通知 リマインダーメモを時計がお知らせ NEW

iPhoneのリマインダーに登録した内容を、時計が電子音やバイブレーションでお知らせします。日時の指定はもちろん、場所を指定して知らせることもできる便利な機能です。
※iOS 5.1.1は非対応



Style#6：携帯電話探索 iPhoneやスマートフォンがすぐ見つかる

時計のボタン操作で携帯電話の音を出すことが可能。マナーモードでも機能するので、バッグの中や散らかったデスクに埋もれて所在不明になった携帯電話を探すのに役立ちます。
※iPhoneは、アプリ内サウンドまたはiPhone内のミュージックを再生。



Style#7：リンク切れ警告 端末から離れるとお知らせ

時計と携帯電話との無線接続が切れそうになると、時計が振動や電子音などで通知。家やお店を出るときなど、スマートフォンが手元にないのがすぐにわかり便利です。
※通知方法は端末による。



Style#8：時刻修正 時刻合わせの手間がいらす

携帯電話の時刻情報を受信し、自動的に時刻を修正。タイムゾーンの異なる国や地域に移動しても、面倒な時刻合わせの手間がいらす。出張や海外旅行に役立ちます。
※時計は、携帯電話の時刻が修正されたタイミングで自動的に修正します。通信事業者によっては、自動的に現地の正しい時刻に修正されないことがあります。



<図8>

主な仕様



構造	耐衝撃構造	
防水性能	20気圧防水	
通信仕様	通信規格	Bluetooth® v4.0
	通信距離	通信距離 ～2m (環境により変化)
時計機能	ワールドタイム	世界100都市 (35タイムゾーン、サマータイム設定機能) +UTC (協定世界時) の時刻表示
	アラーム	時刻アラーム5本 (ワンタイム/デイリー切替付き、1本の みすヌズ機能 付き)、時報
	ストップウォッチ	1/100秒計測、 1000時間計 、スプリット付き
	タイマー	セット単位：1秒、最大セット： 100時間 、1/10秒単位で計測
	ライト	LEDバックライト(オートライト機能、スーパーイルミネーター、残照機能、1.5秒/3秒残照時間切替付き)
	その他の機能	モバイルリンク機能; バイブレーション機能、タップ機能、フルオートカレンダー、12/24時間制表示切替、操作音ON/OFF切替、電池切れ予告機能、パワーセービング機能※ ※一定時間放置すると、モバイルリンク機能をOFFにして節電状態にします。
常温摂帯精度	平均月差±15秒	
使用電源	CR2032	
電池寿命	約2年 (モバイルリンク機能を1日に12時間使用した場合)	
大きさ	53.2×50.0×18.7mm (GB-6900B)	
	57.5×53.9×20.4mm (GB-X6900B)	
質量	約65g(GB-6900B-1BJF/GB-6900B-7JF)、約70g(GB-6900B-1JF)、約82g(GB-X6900B)	

< 図 9 >

5. 終わりに

はじめに書きましたが、G-SHOCK は今年が 30 周年であり、この間絶え間なく、性能進化・機能進化をし続けてきました。我々は、お客様に、G-SHOCK の機能性・利便性・性能の強さといった時計としての商品価値をお伝えすると同時に、G-SHOCK を通じてライフスタイルを創造し、共感を頂けるようブランドコミュニケーションを図っています。

ライフスタイル コミュニケーション



是非一度、弊社 G-SHOCK サイト (<http://g-shock.jp/>) をご覧頂ければ幸いです。

今後も G-SHOCK をよろしくお願い致します。

製品紹介特集

PROMASTER アルティクロン

金田 宣治

シチズン時計株式会社 シチズンブランド事業本部

1. はじめに

*企画の背景

PROMASTER ブランドのスポーツ商品は、1989年に誕生し過酷な環境下でも耐える事が出来る高い信頼性と、各専門分野で要求される機能性を持つプロフェッショナルウォッチです。これまで全世界で支持され続けており「陸・海・空」のあらゆる領域をカバーするスポーツブランドです。

スポーツ商品としては、近年健康志向を背景にランニングや登山、トレッキングと盛んで高齢化社会に於いても手軽に取り組む事が出来る事からアクティブにアウトドアスポーツに取り組む人口は増え続けています。そんなジャンルに対応出来る商品として「陸」のカテゴリーについて、最新の高度気圧センサーを内蔵しシチズンが訴求する光発電駆動「エコ・ドライブ」技術(Fig.1)を併せ持つ登山に対応した商品の開発を行いました。



Fig.1

2. プロマスターとしての新しい価値観

高度計測時計としては 1989年に全世界に向け発売された初代アルティクロン(Fig.2)が有ります。アナログ3針、デジタルディスプレイ搭載。この当時はまだ「エコ・ドライブ」技術を使って様々な機能を満たす事は出来ませんでした。機能としては高度-300m~5000m迄の計測範囲、デジタル機能として登山時刻メモリー、登山用タイマー等も搭載していました。

そしてそれから24年経過し、新生アルティクロンの誕生です。私達が目指したものはまず、腕時計として完璧である事。デジタルを多用した機能訴求は簡単ですが、幅広いユーザーの情緒的満足感が得られる様に搭載される機能は全てアナログ表示を行う事に拘り、その事で予測される視認性の阻害等は十分な検討を行いました。新たな機能としては高度計以外にシチズンで初めての「方位センサー」も搭載する事で、高度と方位を併せ持つ登山に相応しい実用的な商品を開発する事が出来ました。

そこには「エコ・ドライブ」技術の上に成り立つ新たなスポーツ商品の確立という意義が有ります。



Fig.2

3. 商品コンセプト

2013年 BASEL WORLD でこのアルティクロンは発表されました。新規開発 Cal.でしたのでこの Cal.に相応しい更にデザイン性の高いアルティクロン「CIRRUS」(Fig.3)というモデルも同時に発表されました。こちらは外装にも凝り価格も25万前後というものです。一方アルティクロンは一般ユーザーが購入し易いデザインとなっています。6本の針を持つアナログ時計として大切な事は操作性も勿論ですが、まず視認性が挙げられます。機能に即した色使いを行い、個々の機能を際立たせ、尚且つ見易く配慮する事で登山のシーンで活用する事が出来ます。夜光やリュースの操作性等、全てに於いて実使用に配慮した商品となっています。シチズンの持つ技術と時計の新しい価値観を具現化したデザイン、それこそがシチズンの掲げるプロダクトポリシー「技術と美の融合」を現していると言えます。プロマスターは自らの可能性を思い求める人にそこに向かって進む力と、その為の最先端の機能を提供しているのです。



Fig.3

4. 商品の特徴 1— アルティクロン(Fig.4)が持つ機能

*高度計測：実際には地球上には存在しない高度 1万メートル迄対応。そこにアルティクロンを使うユーザーの未知なものへの憧れ、期待感等を込めました。計測範囲(-300m~10000m)、-300m~6000m迄は2.5m毎の表示、6000m以上 10000m迄は5m毎表示。気圧変動等による実高度と測定高度との差を補正する「高度補正機能」も搭載。

*方位計測：電子コンパスによる精度有る計測
計測角度3度 磁場等の使用環境が変化した事で起こるずれに「方位計補正機能」搭載。

- ・各センサー精度保証範囲 -20℃~40℃
- ・時計作動温度範囲-20℃~60℃

*外装機能：文字板の回転内リングに配された高度目盛で方位計測や高度計測に役立てる事が出来ます。現在の高度でセットし、目的地にたどり着いた時点の高度の差で 移動高度を求める事が出来ます。

また方位計測時は北を内リングの目印に合わせる事で、各方位を簡単に認識する事が出来ます。



Fig.4

5. 商品の特徴 2 — アルティクロン機能の使い分け

*アナログ表示

各機能 全て針式表示。機能によってその針の役割も変わります。高度表示は主高度針、方位針、副高度針の 5 本によってそれぞれ 10m、100m、1000m 単位の表示に対応します。また時刻表示を行いながら各機能も表示出来るのが特徴です。方位針は高度計測時、方位計測時にその役割を変えて機能表示を行います。

例) 通常時刻に於いて、連続高度計測開始(表 Time)。高度計測中は主高度針、方位針、副高度針はそれぞれの単位の高度を指し示す(表 Time/Altimeter)。

その途中、方位計測ボタン(10 時位置)を押す事で瞬時に方位針が方位を示し(表 Compass/Time)、30 秒後に自動で連続高度計測モードに戻る(Fig.5)。



Fig.5

6. 商品の特徴 3 — アルティクロン機能解説

アナログ針を機能で使い分け、機能ごとに針、PB の色に統一性を持たせ 複雑な機能も感覚的に使い易くなる配慮がされています。登山時に不用意に回転リングが回らない様にネジロック式内レジリュースも採用されています(Fig.6)。



Fig.6

■ センサーの配置

気圧センサーは時計本体 9 時側に配し、方位センサーは時計内部に 3 時側に配置する事で基本性能を確保しています。

7. プロモーション展開

*WEBによる訴求

アルティクロンは全世界へ発売モデルなので Web の訴求も統一されたイメージで行います。

PROMASTER の販売の強い地域、弱い地域も同じ訴求方法で強いメッセージと共に訴求しています (Fig.7)。



Fig.7

*ビジュアル訴求

カタログ、イメージビデオもそれぞれ世界統一のイメージで展開されます。世界中どの地域にも同じ PROMASTER の世界観がユーザーに届けられ正しく商品コンセプトが伝わる様に配慮しています (Fig.8)。



Fig.8

8. 製品情報

ケース: チタニウム

防水: 20 気圧

直径: 49.5mm

厚み: 15.7mm

ガラス: 無反射コートクリスタル

バンド: シリコンバンド

機能: 光発電 エコ・ドライブ (フル充電 11 か月)

精度 月差 15 秒 J280(m表示)、J290(フィート表示)

 **PROMASTER**



68000 円(税抜)

79000 円 (税抜)

79000 円(税抜)

会 報

一般社団法人 日本時計学会 平成 25 年 (2013 年) 4 月度 理事会議事

(記録：竹中 雅人 2013 年 4 月 19 日)

1. 開催日時：2013 年 4 月 19 日 (金) 16:00-17:00
2. 場所：中央大学理工学部 (後楽園キャンパス) 新 2 号館 7 階 2735 室
3. 出席者：<理事>佐々木, 中島, 梅田, 増田, 岩倉, 今村, 竹中 (以上 7 名)
理事総数 13 名の過半数に付き理事会成立
<運営委員>渡辺, 小池, 吉澤, 重城, 土肥, 後藤 (以上 6 名)
<監事>佐藤(以上 1 名)
4. 審議事項
 - (1) 運営委員の退任, 就任について (竹中理事説明)
 - (2) 出版編集関係 (別紙資料配布：増田理事説明)
 - (3) 見学会について (別紙資料配布：小池委員説明, 幹事会社：セイコーエプソン)
 - (4) 青木賞について (別紙資料配布：重城委員説明)
 - (5) 春季研究会報告 (今村理事報告)
 - (6) 新入会員の承認
 - (7) 次回理事会：2013 年 6 月 28 日 (金) 17:00～ (見学会後) 中央大学理工学部 (後楽園キャンパス)
5. 報告事項等
 - (1) 会員数状況 (2013 年 4 月 19 日承認後)
 - (2) 平成 25 年 2 月度理事会議事録

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成 25 年 (2013 年) 6 月度 理事会議事

(記録：竹中 雅人 2013 年 6 月 28 日)

1. 開催日時：2013 年 6 月 28 日 (金) 17:00-18:45
2. 場所：中央大学理工学部 (後楽園キャンパス) 新 2 号館 2221 号室
3. 出席者：<理事>佐々木, 中島, 窪田, 大隅, 大谷, 楢林, 増田, 岩倉, 今村, 竹中 (以上 10 名)
理事総数 13 名の過半数に付き理事会成立
<運営委員>渡辺, 渡井, 小池, 吉澤, 重城, 土肥, 藤田, 馬場 (以上 8 名)
<監事>出席なし
4. 審議事項
 - (1) 出版編集関係 (資料配布：岩倉理事, 増田理事, 楢林理事説明)
 - (2) 学術講演会について (別紙資料配布：土肥事業委員説明)
 - (3) 青木賞について (重城委員説明)

- (4) 学会HPの更新管理について (別紙資料配布：竹中総務担当説明)
- (5) 春季研究会実施報告 (別紙資料配布：今村理事説明)
- (6) 見学会実施報告 (小池委員報告)
- (7) 新入会員の承認
- (8) 次回理事会：2013年9月10日(火) 学術講演会昼休みに実施，中央大学後楽園キャンパス

5. 報告事項

- (1) 会員数状況 (2013年6月28日承認後)
- (2) 平成25年4月度理事会議事録

以上

一般社団法人 日本時計学会 平成25年(2013年)9月度 理事会議事

(記録：竹中 雅人 2013年9月10日)

- 1. 開催日時：2013年9月10日(火) 12:20-13:00
- 2. 場所：中央大学理工学部 (後楽園キャンパス) 5号館 5236号室
- 3. 出席者：<理事>佐々木，中島，梅田，大谷，榎林，増田，岩倉，今村，竹中 (以上9名)
理事総数13名の過半数に付き理事会成立
<運営委員>渡辺，小池，吉澤，重城，土肥，藤田，馬場 (以上7名)
<監事>日野，佐藤 (以上2名)

4. 審議事項

- (1) 青木賞表彰について (別紙資料配布：大谷青木賞表彰委員長説明)
- (2) 出版編集関係 (別紙資料配付：榎林理事，増田理事説明)
- (3) 新入会員の承認
- (4) 見学会実施報告 (別紙資料配布：小池委員報告)
- (5) 秋季研究会の開催 幹事会社 シチズン時計 2013年11月15日(金) 中央大学後楽園キャンパス
- (6) 学術講演会 講演論文集について
- (7) 次回理事会：2013年11月15日(金) 秋季研究会後 中央大学後楽園キャンパス

5. 報告事項

- (1) 会員数状況 (2013年9月10日承認後)
- (2) 平成25年6月度理事会議事録
- (3) 科研費について

以上

平成 25 年 9 月 17 日

第47回 青木賞表彰委員会報告

第 47 回青木賞選考は、マイクロメカトロニクス Vol.55, No.204–No.205 及び Vol.56, No.206–207 に掲載された研究論文 8 編に対して行なわれた。選考は、選考委員による一次審査と表彰委員による二次審査との二段階で行なわれた。

選考に先立ち、選考委員 8 名、表彰委員 5 名の選出を行なった。

一次審査は、各選考委員がそれぞれ与えられた 3 編の論文を査読し、その評価を集計し数値化した。二次審査は、表彰委員による第 1 回の表彰委員会を開催し、一次審査の結果を基に議論し、二次審査対象論文 3 編を決定した。

この 3 編の論文を、表彰委員 5 名全員が査読し、その評価を一次審査と同様に集計し数値化した。この結果を基に、第 2 回表彰委員会を開催し議論した結果、最高点の評価を得た下記の論文を第 47 回青木賞表彰論文として推薦することに決定した。この結果を、後日開催された日本時計学会理事運営委員会で報告し、下記の論文が第 47 回青木賞表彰論文に決定した。

第 47 回青木賞表彰論文：分光画像計測のための可変波長マイクロ光フィルタの設計，マイクロメカトロニクス，Vol.56, No.207, pp.10–21 (2012)

執筆者：土肥 徹次*，松本 潔**，下山 勲** 所属：* 中央大学、** 東京大学

推薦理由：独創性、「有用性(貢献度)」、「困難性(努力度)」という3項目に関して評価が行われ、各項目及び総合評価として、A, B, Cの3段階で採点された。その結果、有用性、困難性という項目において高い評価を受け、表彰委員全員一致で、総合評価 A を得た。

第 47 回青木賞の受賞式は、2013 年 9 月 10 日に開催された日本時計学会、マイクロメカトロニクス学術講演会会場で行なわれた。
(委員長 大谷 幹事 重城)



2013年度 マイクロメカトロニクス学術講演会

主催：(社)日本時計学会

協賛：(社)エレクトロニクス実装学会, (社)応用物理学会, (社)計測自動制御学会, (社)精密工学会, (社)電気学会,

(社)電子情報通信学会, (社)日本磁気学会, (社)日本機械学会, (社)日本ロボット学会, (社)日本設計工学会

期 日：2013年9月10日(火)	学術講演会	9:20~15:00
	製品紹介セッション	15:20~16:20
	特別講演	16:40~17:40
	懇親会	18:00~19:30

会 場：中央大学工学部校舎 5号館 5233号室(後楽園キャンパス)

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

交 通：東京メトロ丸の内線・南北線「後楽園」駅下車徒歩3分, 都営三田線・大江戸線「春日」駅下車

徒歩5分, JR中央線(総武線直通各駅停車)「水道橋」駅下車徒歩12分

参加費：学術講演会(製品紹介, 特別講演会)：

正会員 2,000円 非会員 4,000円 学生 1,000円(いずれ

も予稿集代金)

(会員は個人会員に限ります。協賛学会員は正会員価格です。)

懇親会：2,000円

マイクロメカトロニクス講演会 プログラム

講演番号	時 間	講 演 題 目
第1セッション(9:20~10:40)		司会 増田純夫(横浜国立大)
1.	9:20-9:40	自走型6自由度モーションベースの静力学解析とキャリブレーション 東京高専 ○多羅尾進, 清野大樹
2.	9:40-10:00	PDMS中の封入流体を用いたディスプレイ用素子 中央大学 ○日野了介, 土肥徹次
3.	10:00-10:20	不減衰多自由度系の変位振動伝達率応答解析式を用いた各種共振曲線と 固有モード線図の作成 東海大学 ○尾崎晃一, 楢林達雄

4. 10:20-10:40 弾性棒と弾性梁の衝突特性 (1回衝突の場合の梁端部の影響)
東海大学 ○榎林達雄, 奥山 淳, 元治孝文, 山本悠輝

10:40-11:00 休 憩

第2セッション(11:00~12:20) 司会 榎林達雄(東海大)

5. 11:00-11:20 FEM解析における圧電ポンプの最適設計条件の探索
東海大学 ○山本康太, 槌谷和義
大阪工業大学 上辻靖智
6. 11:20-11:40 拮抗駆動機構の位相条件を考慮した軌道追従制御
東海大学 ○小松智広, 奥山 淳, 小林拓磨
7. 11:40-12:00 3軸加速度センサー搭載ウオッチの開発
セイコーインスツル ○清水 洋, 井橋朋寛, 津端佳介
8. 12:00-12:20 レーザー共焦点顕微鏡用液晶光学補正モジュールの開発
シチズンホールディングス ○横山正史, 田辺綾乃, 松本健志, 栗原誠, 橋本信幸, 北海道大学 日比輝正, 一本嶋佐理, 根本知己

12:20-13:10 休 憩

13:10-13:20 青木賞授賞式

第3セッション(13:20~15:00) 司会 中島悦郎(カシオ計算機)

9. 13:20-13:40 両側分銅の振動モータについて
IC FAN VTEC 小松 良有
10. 13:40-14:00 スプリングドライブ ミニッツリピーターの開発
セイコーエプソン ○茂木正俊, 中田克美, 広瀬信行
11. 14:00-14:20 アナログ式Bluetooth光発電腕時計の開発について
シチズン時計 ○松王大輔, 荒木将之, 北嶋泰夫
12. 14:20-14:40 心拍機能搭載ウオッチの開発
セイコーインスツル ○小山和宏, 長谷川貴則
13. 14:40-15:00 GPSソーラーウオッチの開発
セイコーエプソン ○本田克行, 柳澤利昭

15:00-15:20 休 憩

時計製品紹介セッション(15:20-16:20) 司会 岩倉良樹(シチズン時計)

- A-1. 15:20-15:35 セイコーインスツル(株) 木村 正幸 氏

A-2.	15:35-15:50	シチズン時計 (株)	金田 宣治 氏
A-3.	15:50-16:05	セイコーウォッチ (株)	古城 滋人 氏
A-4.	16:05-16:20	カシオ計算機 (株)	奥山 正良 氏

16:20-16:40 休 憩

特別講演(16:40-17:40) 司会 重城幸一郎 (セイコーインスツル)

16:40-17:40 技術はスゴイ、でもよくわからない。
 (日本の時計作りに足りているもの、足りないもの)
 講師 時計ジャーナリスト 渋谷康人 氏

懇親会

18:00-19:30 理工学部5号館地下1階 生協食堂

講演募集

日本時計学会では毎年9月に学術講演会を開催しております。会誌発行が年2回のため適切な時期に講演の会告ができず、これまでは小範囲の方だけにお知らせして募集してまいりました。今後は常時講演募集を致しますので、研究発表を希望される方は下記へお申し込みまたはお問い合わせください。

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 精密機械工学科 大隅 久
Tel : 03-3817-1824 Fax : 03-3817-1820 E-mail Address : osumi@mech.chuo-u.ac.jp

編集後記

今年は、猛暑と台風で翻弄され気が付けば早くも年末を迎えようとしています。大人であれば誰もが口にする「年をとるほど1年が早い！」現象は、ジャンネーの法則というそうで、生涯のある時期における時間の心理的長さは年齢の逆数に比例するとか。つまり50歳の方は1年が人生の50分の1ほどなのに対して5歳の子には5分の1に相当するそうです。逆数が実感かというところでもありません。50歳あたりを過ぎると急加速するように感じますいかがでしょうか？法則の真偽のほどは別としてこれを時計の小針で表現したらどうでしょう。人生をどのように目盛るか、たとえば対数とか、さらに人生の加速度を針で表現するなど、想像するだけで楽しくなります。等間隔の人生時計はどこかで製品になっているかもしれませんがジャンネーの法則時計はみたことがありません。メカで製品化して世代を超えて使っていただく。親から子へ渡るときに小針がリセットされるのが重要なポイントです。どこか国内メーカーで製品化を検討しませんか？ (中島)

複写される方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(社)日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の方でない限り、著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル (中法)学術著作権協会

Tel : 03-3475-5618 Fax : 03-3475-5619 E-mail : jaacc@mtd.biglobe.ne.jp

著作物の転載・翻訳のような複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

日本時計学会誌「マイクロメカトロニクス」 Vol.57, No. 209 2013年12月10日 発行

印刷所 ニッセイエプロ株式会社 Tel : 03-5733-5151

〒105-0004 東京都港区新橋 5-20-4

学会事務局 三浦 敦子

〒102-0073 東京都千代田区九段北 1-9-5 朝日九段マンション 902

Tel : 03-3288-5160 Fax : 03-3288-5175 E-mail : tokei@hij-n.com

ホームページ <http://www.hij-n.com>