生体情報の工業製品への応用に関する調査研究

阿部　淑人[*]　長谷川　直樹[**]　林　成実[**]　中部　昇[*]　菅家　章[*]　馬場　大輔[***]　木嶋　祐太[****]

A Research Report of Homeware Development Based on Biocybernetics

ABE Yoshito[*], HASEGAWA Naoki[**], HAYASHI Narumi[**], NAKABE Noboru[*],
KANKE Akira[*], BABA Daisuke[***], KIJIMA Yuta[****]

抄　　録

本調査研究では生体情報を利用しての製品開発の効率化や製品の高付加価値化を目論んで，技術動向および産業動向を調べた。健康・快適・安全に関連する産業として医療福祉産業があるが，医療福祉産業は薬事法の適用を受け参入障壁が高いため，その適用を受けないような生活用品や，スポーツ用品・衣料品の快適性向上に繋がる技術開発を主な対象にして調査を行なった。調査の結果，県内企業の多くにおいて生体情報を利用した製品開発や，快適性，健康増進などをキーワードにした高付加価値化に興味をもつことが分かった。今後はツールの開発などをとおして開発支援を行っていく必要があると考えられる。

1．緒　　言

生体情報工学は，生体情報の計測・処理・制御を対象とする工学の分野である。本調査研究では，生体情報を利用しての製品開発の効率化や製品の高付加価値化を目論んで，技術動向および産業動向を調べた。バブル崩壊以後産業構造は急変し，労働集約産業は BRICs（Brazil, Russia, India, China）地区にその勢力の大半を奪われ，設備集約産業は大企業でも合弁などの構造改革策を伴う資金調達力の強化策なしには維持できないほどに設備投資額が高騰するようになってきた。そのような背景のもとで中小企業が生き残るためには，大企業以上に知識集約を進め製品やサービスの高付加価値化を図らないといけない状況となった。21 世紀は心の世紀といわれるように，人々の健康や快適に関心が集中するようになってきたため，「健康・快適・安全」は高付加価値化のキーワードとして検討する余地が十分にあると考えられる。そこで，高付加価値化のキーワードにつながる技術シーズとしての生体情報を活用した製品開発について調査を行なった。以下，第 2 章では，本調査研究の関連技術分野について述べる。また第 3 章では，関連の深い日用品等製造業の動向について述べる。第 4 章では，今後の方針を含めてまとめる。

* 研究開発センター
** 下越技術支援センター
*** 県央技術支援センター
**** 上越技術支援センター

2．関連技術分野の概略

以下に，関連の深い 4 つの技術分野について説明する。

2.1　生体情報工学

生体は非常に優れた情報処理システムを持っている。生体情報工学(Biocybernetics)とは，「生物から学ぶ」という観点から生体システムの計測・処理・制御の解析について工学的手法によりアプローチし，そのシステムを工学的および医学的に応用することを目的とした学問である [1)]。生体情報は，生体の形質および諸機能を計測し数値として得られたものである。生体諸機能の計測目的は，最終的には人間の生活や作業環境における安全性，快適性の追求にある。

生体情報の対象としては身体の構造と機能つまり情報システムとしての脳・神経系や形態構造物としての骨格，稼動組織としての骨格・筋肉，各種感覚器，生体としての生理反応，などが主としてあげられる。またそれ以外にも疲労度合いや，作業効率，性格知能，主観評価値，周辺環境なども測定対象として重要である。生体情報工学は，「これらの情報を如何に測定するか」から始め，「それをどう理解するか」，「どう活用し，生体を制御するか」などについて探る学問分野である。生体情報工学は医学，心理学，電子工学，計算科学，機械工学，などの幅広い分野にわたる知識を必要とする分野である。

生体情報の計測に当たっては，主に生体から発せられる微弱電気信号を用いる場合が多く，それ以外に，機械的なセンシング手段や光学的なセンシング手段によるものがある。生体を扱うために，無侵襲もしくはできるだけ低侵襲であることが望ましく，機械的・化学的・電気的な破壊を起こさないことは絶対条件である。

2.2　感性工学

感性工学（Kansei Engineering）は，感性（主観）と工学（客観）を結びつけることを目的とする学問である[2)]。人間の感性を分析し，それを工業製品の設計に取り込むことで，より満足をもたらすモノづくりをサポートする技術分野の学問である。生活者にとって必要なモノがあふれる現代社会においては，“必要”を超えて“欲しい”という気にさせなければ購買意欲をそそることができない。感性は，辞書的には「外界の刺激に応じて何らかの印象を感じ取るその人の直感的な心の働き」という説明がなされている。そして感性は，社会的歴史的側面もあれば個人的側面もあり，また総合的に統合された知覚であるために，それをいかに工学的尺度で評価し，さらに商品設計につなげるかが大きな課題となっている。昨今の商品開発の現場においては，シーズ主導のいわゆるプロダクトアウト型からニーズ主導のいわゆるマーケットイン型の設計開発へとパラダイムをシフトする企業も多くみられ，自企業の価値をどう位置づけ，それをプロダクトやサービスとして実現するという課題の中で，人の感性に対する深い理解が必要となっているため，今後重要度が増してくる学問分野である[3)-5)]。

2.3　人間工学

人間工学（Ergonomics/Human Factors Engineering）は，第二次世界大戦以後急速に発展してきた学問であり，機器やシステムや環境がいかに人に優しいかを評価し，それをどう実現するかについて研究する[6)]。初期の段階では，機械要素的なヒトへの負荷などについて扱われることが多かったため，現在でも誤解が多いようであるが，人という生体は，生理的，論理的，心理的，社会的，などさまざまな側面を持ったシステムであり，現在は，より心理的・感覚的側面に関心の中心が移りつつある。ヒトと機械とのインターフェースをさまざまな側面から改善することが人間工学の目的である。関連分野として生体計測，認知科学，生体制御，人工知能，感性工学，意匠設計などがある。その守備範囲は，工業製品のみならず，システム，作業環境（工程）などにおよび，生活や産業の広い場面をカバーしようという方向に進んでいる。

2.4　ユニバーサルデザイン

ユニバーサルデザイン（Universal　Design）は，「多様なニーズを持つユーザに，公平に満足を提供できるように商品（製品，サービス，環境や情報）を設計すること」と定義されているように，商品のアクセシビリティとユーザビリティの改善を設計に反映することが目的である[7)]。 その提唱者であるロン・メイスがまとめたユニバーサルデザインの 7 原則は

a) 誰にでも公平に使用できること
　（Equitable Use）
b) 使う上での自由度が高いこと

（Flexibility in Use）

c) 簡単で直感的にわかる使用方法となっていること（Simple and Intuitive Use）
d) 必要な情報がすぐ理解できること（Perceptible Information）
e) うっかりエラーや危険につながらないデザインであること（Tolerance for Error）
f) 無理な姿勢や強い力なしで楽に使用できること（Low Physical Effort）
g) 接近して使えるような寸法・空間となっていること（Size and Space for Approach and Use）

とされ，これによって，その方向性を規定してはいるが，どのようにしてその実現を図るか，というアプローチや方法論については，触れていない。原則 1 の「誰にでも」の部分がユニバーサルという用語の由来でもあり，「誰にでも公平に使用できること」という目標を提示することによって，デザインの方向性についての理念を提示したものである。ただし「誰にでも」を考える際に，共用品的な考え方でなく，専用品としての考え方が必要なケースもあることに注意が必要である。

3．県内関連製造業の動向

健康・快適・安全に関連する産業として医療福祉産業があるが，医療福祉産業は薬事法の適用を受け参入障壁が高いため大多数の企業にとって狭き門となっている。「にいがた産業活性化戦略策定事業」に係わる医療機器産業創出基礎調査報告によれば，薬事法の改正により製造者の責任は，全般的に重くなる。一方で低リスク医療機器への参入や製造外注の受託といった面では，県内医療機器産業の創出に向けた機会は広がっているとみられている[8]。また産学官連携による医療機器産業創出に向けた支援戦略を構築していく上では，現状の産業の創造と育成に関する県の施策・制度・インフラなどを把握し，その成果や機能を評価する必要がある。新潟県には，技術シーズと治験の場として新潟大学医学部など複数の医療関係教育研究機関が存在し，産業技術開発の側面においては，様々な県の政策・制度とあわせて工業技術総合研究所が大きな役割を果たしている事により産学連携の進みやすい環境にあると考えられている。しかしながら大多数の中小企業にとって狭き門であることには，変わりがない。前述のように本調査研究では，薬事法の適用を受けないような生活用品やスポーツ用品・衣料品の快適性向上に繋がる技術開発を主な対象にして調査することにした。以下，本調査研究の対象である新潟県内の代表的な既存製造業の状況[9)10)]と課題を記す。

3．1　家具装備品製造業の現状および課題

県内の家具製造業は，婚礼タンスなどの箱物家具を得意とし，桐タンスから洋タンスまで幅広く生産し，最盛期には，全国 3 位の生産額を占めていた。しかし，住宅様式の変化や阪神淡路大震災などの地震をきっかけに置き家具から住設家具への移行が進み，タンス等箱物家具の出荷額は落ち込んだ。さらに，韓国から始まり数年前からは，中国から安価な家具が大量に輸入され，現在，量産品については，価格的に太刀打ちできない状況となっている。建具製造業については，従業員 3 人以下の零細事業所が全体の約 6 割を占めている。家具同様に住宅・生活様式が変わり，主力であった襖や障子は徐々に姿を消し始めている。枠付きドアなども生産していたが，一般住宅に関しては，日本の大手企業が中国工場で大規模に量産したことを契機に，中小零細企業は太刀打ちできなくなった。ただし，県内外のマンションについては，取付設置込みで県内企業が請け負うケースもある。

大半の企業は，生産量は上がっているにも関わらず，出荷額に結びつかない例が多い。つ

まり付加価値額が低いことが最大の問題点と言える。そこで，付加価値を高くし，差別化を図った特徴のある製品開発が求められている。現状では，上記のように「和」，「伝統」を基調とした製品や自然志向・環境に配慮した製品，高齢化社会を背景とした介護・福祉製品，電化製品との融合を図った製品など様々な種類がある。これらに関して，強度性能やホルムアルデヒド放散量などの環境データについては，数値化しユーザにも伝えることが可能である。しかし，木の「温もり」や「暖かみ」，「自然」，「使いやすさ」，「和」といった性能については，感覚や伝統的な判断のみが支配的なため，ユーザの関心は，高いにもかかわらず需要拡大には，結び付きにくいのが現状である。そこでこれらの性能を数値化または，定量化が可能になれば，製品の性能を客観的に伝えることが可能となり，製品開発もとより市場拡大が図られると考えられる。

3.2　日用雑貨・食卓用品製造業の現状および課題

全国のプラスチック製日用雑貨等製造業事業所の 6%程度が新潟県内に存在しており，ある程度の産業集積があると考えられるが，事業所あたりの付加価値などでは，全国平均と比べて下回っており，単純製造下請け構造から脱出仕切っていないことがわかる。

この事業分野についても，使い勝手などの定量化にもとづく訴求ができれば，付加価値の増加や市場拡大に大きく貢献することが期待される。

3.3　洋食器・厨房用品等製造業の現状および課題

最近の陶磁器業界の動向をみると，主力の台所・食卓用品は，料亭やホテルの購買意欲が乏しく，法人向け業務用割烹食器の受注は，引き続き減少している。個人向けの一般食器も，生活スタイルの変化や安価な輸入品の増加などから，依然として低調な動きが続いている。また，洋食器について述べると，高額な贈答品用といったような付加価値の高い製品を取り扱う一部の企業で原材料価格の上昇を価格転嫁できているものの，ほとんどの企業では，鋼材価格上昇分を転嫁ができない状況である。

今後の課題としては，高級品のプレミア化の一方で，旧来の一般品についてコスト低減と同時にデザイン・機能に付け加えて快適性や安全性の訴求による高付加価値化が必要不可欠となっている。

3.4　運動用具等製造業の現状および課題

H8 年度から H16 年度にかけて事業所数，従業員数とも大幅に減少しており（39 事業所 1,300 名→14 事業所 888 名），製造出荷額ベースで 288 億円から 168 億円と 40%以上の減少がみられる。これは児童数，若年者数の減少に起因するところが大きく，今後の高齢化社会の進行に伴い，さらに厳しい状況に置かれると考えられる。このような状況下においては，競合他社との差別化を図るために，継続的に新材料の適用など機能的な優位性をユーザに訴求し，市場を確保する必要があり，常に新しい付加価値が切望されている。

生産拠点の多くが海外に進出した現状では，価格面での競争は，困難であり，市場確保のためには価格面以外での差別化が必要となる。その方策として，これまでもデザイン性や機能性の向上に努めているが，後者では，前述のように新材料の開発に依存することがほとんどで，その結果，市場への訴求が散発的になる傾向がある。以上のことから，今後は新材料に依存しない，かつ継続的に市場へ訴求することが可能な新たな付加価値の導入が大きな課題となると考えられる。

これに関連して，運動用具は，ユーザが直接身につけて使用することから，製品の機能がユ

ーザの身体的負担や快適性に直接影響を及ぼしやすい。したがって，感性・生体情報によるユーザの応答を基にした製品開発は，負担軽減，使いやすさ，快適性の向上など，新たな付加価値として有用と考えられる。

企業調査の結果によれば，新材料の開発に依存した機能向上の訴求については，限界があり，近年において，ユーザビリティ（使い易さ），あるいはユーザの負担軽減や快適感向上が新たな付加価値として注目されている。例えば，ゴルフクラブにおいては，従来，飛距離向上を目的とした高反発性の発揮が最重要項目とされてきた。しかしながら，H20 年の SLE ルール施行（高反発クラブの規制）にともない，反発性による他社との差別化が困難となるため，市場優位性を得るための新たな付加価値が求められている。そこで，打感・打音など，使用者の感性（快適性）や生体情報に関連した技術開発が新たな高付加価値化のキーワードとして注目されている。実際に，一部企業において，筋電図などの生体情報を基にした製品開発を試みているようであるが，未だ確実なアピールポイントに結び付けるまでには，至っていないようである。

3.5　業務用衣服製造業の現状および課題

H8 年度で 48 事業所，従業員数 1,457 名であったのが，H16 年度 20 事業所，従業員数 445 名と激減しており，製造出荷額も 93.2 億円から 46.7 億円と半減している。これは，生産拠点の海外移行がさらに進行していることによるものと思われる。

他業種と同様，市場確保のためには，他者との差別化，すなわち新たな付加価値の訴求が求められる。例えば，当該品目は，一般の衣服に比べ，特に長時間着用して作業，運動することが要求されることから，その際に，いかに身体への負荷を軽減し，かつ快適に作業することができるかは，付加価値のひとつとして有用と思われる。生体情報を基にした開発により，動作時における関節可動域や，力仕事，スポーツなどで筋力を発揮する際の筋力，関節のサポート性などの機能向上を図ることが可能と思われる。

3.6　民生用電気機器製造業の現状および課題

民生用電気機器製造は，ここ数年で，事業所数，出荷額，従業員数ともに減少傾向である。しかし，出荷額における付加価値額の割合は増えている。H14 年と H16 年を比べてみると，事業所数と従業員数は，減っている。しかし，内訳をみてみると，空調・住宅関連機器部分は，事業所数，従業員数，出荷額は，増えている。空調住宅関連機器として床暖房があり，今回は，製造している何社かを調査した。各社とも付加価値をつけるための取り組みに力を入れていた。自社製品を増やすところや，開発に力を入れ，特許をとっているところもあった。通信機器製造は，事業所数，従業員数，出荷額，ともに減っている。内訳をみると，減っているのが電気音響機械器具製造業で，有線，無線通信機械器具製造業は，それほど減ってはいない。開発型企業が多く，新たなシステムやデバイス開発に意欲のある企業が多い。電子部品デバイス製造は，H8 年から事業所数は，減っているが，その他は変わっていない。抵抗器やコンデンサなどの素子製造は，わずかに減少している。海外進出の影響と思われる。プリント回路製造業，その他の電子部品製造業の出荷額は，伸びている。おそらく，電子デバイスが好調であるのが要因である。

以上総括すると，最終製品の設計，開発に携わっている所が，競争に勝ち生き残っている印象を受ける。全体として事業所数が減っていて，付加価値額が上がる傾向にある。付加価値が低かった所が，海外との競争に負けて淘汰された結果であると考えられる。

インターネット普及によるユビキタス時代への移行などにより，電子デバイス，通信器具の

製造は，非常に盛んである。様々な製品に，電子デバイスがとりいれられ，付加価値の高い製品が生み出されている。電子デバイスが，高性能化，小型化，低価格になっており，応用範囲が広くなっている。東南アジアには，各国の様々な企業が進出してきており，それにともない技術もそこへ集約し，グローバル化により，取引自体も従来よりも容易になり競争相手もまた増えてきている。韓国では，国を挙げてユビキタス時代に備えている。このような状況下で，県内企業の課題としては，①単なる下請けから脱却し，設計・開発力強化，製造技術強化などに力を入れなければならない。②優秀な人材が不足している。③技術水準が上がってくる海外との差別化要因が必要になる。などがあげられる。

3.7　暖房装置等製造業の現状および課題

この分類に含まれる製品は，ガス・石油を使う暖房用・調理用機器およびその部分品・附属品である。県内では，ほとんどが石油ストーブ（しん式，ファンヒータを含む）およびその部分品・附属品が占める。事業所数は，平成 10 年から平成 16 年で約 100 事業所から 60 事業所に減少しているが，従業員数は 2,500 人，出荷額は 600 億円前後でほぼ横ばいである。また，付加価値額は，近年減少傾向にある。製品の低価格化が影響していると考えられる。なお，平成 11 年から平成 13 年にかけて，出荷額は 1,000 億円前後で一時的に増加した。これは，石油ストーブの 2000 年問題特需と県外大手撤退の影響であるとみられる。

平成 17 年の状況は，寒波，停電などに対応する需要と県外大手の更なる撤退により，出荷額を大幅に伸ばしている。県内シェアは 80%が見込まれている。企業調査の結果，現在の最大の課題は，製造コスト低減であることが分かった。その一方，消臭性能向上や輻射熱併用の高級機種の市場投入も行っている。石油暖房機器は，技術面では，ほぼ成熟した製品である。今後の開発課題は，ユーザの使い勝手や快適性の追求にあると感じているが，その評価方法が確立されておらず，模索している状態である。

ファンヒータなどの開放式暖房機は，換気の必要性，結露発生の問題から，近年増加傾向にある高気密高断熱住宅には，向かないと言われている。一方，送風出口温度が高いため，暖をとることができ，局所的な暖房が可能であるという利点がある。人が感じる快適性の評価手法として，気温，湿度，風速などを基にする PMV （Predicted Mean Vote）値があるが，暖房機の評価に適用しても，人が感じる暖かさ，心地よさを評価することができない。この快適性を客観評価する手法を確立し，利点をアピールしていく必要がある。石油ストーブ，ファンヒータは，技術的には，ほぼ成熟した製品であるが，製造コストの低減，省エネルギー，消臭性能，安全性などの性能の一層の向上が望まれている。輸出を視野に入れると，国によって異なる石油品質に対応した製品開発が必要となると思われる。この他，石油枯渇，地球温暖化，他分野模索（他家電，エコキュート，燃料電池）の課題なども挙げられる。

4．結　　言

(1) 生体情報工学は，生体情報の計測・処理・制御を対象とする工学の分野である。本調査研究では，生体情報を利用しての製品開発の効率化や製品の高付加価値化を目論んで，技術動向および産業動向を調べた。調査の結果，県内企業の多くにおいて，生体情報を利用した製品開発や，快適性，健康増進などをキーワードにした高付加価値化に興味をもつことが分かった。しかしながら，中小企業単独での製品化などについては，多くの困難が伴うために，今後はツールの開発などをとおして開発支援を行っていく必要がある

と考えられる。

(2) 健康・福祉・医療などについては，「新潟県健康・福祉・医療新産業ビジョン」[11]が策定され，これにより「健康福祉医療」ビジネス連峰の活性化が積極的にすすめられることとなったため，本研究調査での結果に基づき，今後の開発案件などについて本庁との連携を深めてゆく必要がある。

(3) 生体情報を利用した製品開発や快適性などをキーワードにした高付加価値化の産業応用は，端緒についたばかりであり，今後も継続して情報調査を初め製品開発への適用を行う必要がある。

(4) 今後の方策としては，まず H18 年度の共同研究での製品開発（ここちよい打音打感のゴルフクラブ）を通してわれわれの経験を深めるとともに，他の案件との連携を模索してゆくこととしたい。また，感性の定量化のみならず生体情報の常時計測デバイスなどについても，今後は市場が増大すると考えられるため先行調査および引き続き研究開発が必要であると考えられる。

参考文献

1) 山越憲一，戸川達男，“ 生体用センサと計測装置 ”，日本エム・イー学会 編コロナ社，2000.
2) 辻三郎，“ 感性の科学―感性情報処理へのアプローチ ”，サイエンス社，1997.
3) 長町三生，“ 快適科学 ”，海文堂，1992.
4) 長沢伸也，“ 感性をめぐる商品開発―その方法と実際 ”，日本出版サービス，2002.
5) 原島 博，井口征士，“ 感じる・楽しむ・創りだす 感性情報学 ”，工作舎，2005.
6) 福田忠彦，“ 人間工学ガイド―感性を科学する方法 ”，サイエンティスト社，2004.
7) 日本人間工学会編，“ ユニバーサルデザイン実践ガイドライン ”，共立出版，2003.
8) 日本総合研究所，「にいがた産業活性化戦略策定事業」に係わる医療機器産業創出基礎調査報告書，2004.
9) 新潟県総合政策部統計課，“ にいがた県の工業～工業統計調査結果報告～ ”，1996～2002.
10) 新潟県，にいがた産業創造機構，“ 第１回スポーツ・健康増進・健康食品に関する研究会資料 ”，2006.
11) 新潟県産業労働部，“ 新潟県健康・福祉・医療新産業ビジョンについて ”，2006.