ＬＥＤ照明の設置によるコンビニエンスストアにおける人間工学特性の評価と効果

河合 誠*[1]，三輪 尚範*[1]，井上 武士*[1]，中野 智之*[1]，錦 朋範*[1]

Ergonomic evaluation and positive effect of LED illuminated lighting control in Convenience Stores

Makoto Kawai*[1], Hisanori Miwa*[1], Takeshi Inoue*[1], Tomoyuki Nakano*[1], Tomonori Nishiki*[1]

Abstract - In consideration of global warming, convenience stores are aggressively introducing LED lighting which can save energy by 40% compared to fluorescent lamp lighting. LED lighting has more flexibility in control than fluorescent lamp lighting, such as (1) color control (wavelength and color temperature), (2) brightness control, (3) illumination area control. Consequently, LED lighting can produce cool and warm atmospheres and control the brightness according to the season or time of the day. We present their features and installation examples.

Keywords: LED, CVS, Lighting, Illumination, Ergonomy

1. はじめに

ＩＤＥＣでは、2008 年 3 月に、世界で初めて全館ＬＥＤ照明の建屋を、新大阪駅近郊の公園緑地に隣接した土地に竣工した。この建屋は、テクノロジー・イノベーション・ビルと位置づけており、ＬＥＤ照明等を活用する等の新しい試みにより、地球環境課題解決等に積極的に取り組み、新たな制御技術を開発し、社会的に実証していくことを目的に建設されている。既に竣工後、1 年半近く経過したが、ＬＥＤ照明のもとで働く社員にとって、良好なオフィス環境として継続的に使用されている。

元々ＩＤＥＣは制御機器メーカとして、ＬＥＤ等の光学デバイスを活用した表示技術開発を 1970 年代から推進し、1981 年に産業用分野の省エネを目的としたＬＥＤ表示機器を開発し、様々な製造現場の省エネ化に大きく貢献してきた。[1],[5]その後も、フォトニクス技術の開発を行ってきており、高輝度ＬＥＤ照明技術は、その延長線上で開発されたものである。

ＣＯ２削減に貢献することはＩＤＥＣの社会的責任であると考え、このような、実証実験の場としてのテクノロジー・イノベーション・ビルにおいてＬＥＤ照明の光学特性測定ならびに感性評価を行ってきたところ、われわれの取組みを高く評価頂き、株式会社ローソン殿（以下ローソンと記す）が展開する、地球環境に配慮したコンビニエンス店舗の照明に、ＩＤＥＣのＬＥＤ照明が採用され始め、多くの店舗で導入が進んでいる。

本報告では、コンビニエンスストアでのＬＥＤ照明導入による効果や、人間工学的な感性データの評価や検証と共に、省エネルギー化への基本的な事項についての考察を行う。

2. ＬＥＤ照明の建屋への導入状況

2.1 ＩＤＥＣ全館ＬＥＤ照明建屋の様子

図１に我々の実証実験の場でもある全館ＬＥＤ建屋の概観写真を示す。ここでは 2,517 ㎡の敷地面積にＬＥＤチップ数に換算して約 250,000 チップのＬＥＤを照明に利用しており、2008 年 3 月竣工後、翌月から各部屋の照度の測定や、ＬＥＤ照明に対する感覚調査等のアンケートを、来訪者にも行い続けている。図２に２階オフィスの照明の様子を示す。主照明はロの字型のシステム天井用ＬＥＤ照明を採用しており、我々が市松照明と呼称する、温白色と白色のＬＥＤモジュールを交互に市松模様に配置した構造を特徴とするＬＥＤ照明である。[2],[3],[6]

図１ 全館ＬＥＤ照明の建屋の外観写真

Fig.1 Photograph of all-LED

図２ ２階オフィスのＬＥＤ照明の様子

Fig.2 Photograph of the office with LED lighting

*1: IDEC 株式会社
*1: IDEC CORPORATION

図３　地球環境配慮型コンビニエンス店舗の外観と内部の様子

Fig.3 Externals of global environment consideration type convenience store and internal appearance

2.2　ローソン環境配慮型店舗へのＬＥＤ照明の導入

ローソンでは、今後、新設するコンビニエンスストア（以後ＣＶＳと呼称）を、地球に優しい環境配慮型店舗とする事を展開中であり、その中で店舗照明を従来の蛍光灯からＬＥＤ照明へ切替えている。

2008 年秋に、広島県呉市の広公園内に環境配慮型店舗の第 1 号店としてオープンした店舗では、ＩＤＥＣのＬＥＤ照明機器を採用しており、温白色と白色のＬＥＤモジュールを交互に配置したスケルトン照明が使用されている。図３に、(a)店舗の外観写真、(b)店内の製品陳列とＬＥＤ照明の様子、そして(c)ＬＥＤ照明部の拡大写真を示す。

3.　ローソンの目指す快適空間を演出させる照明

ローソンの目指す店舗としての快適空間の演出、並びにエコロジーに対応した次世代店舗用照明システムとして、①調光制御、②色温度制御、③配光制御の３つの機能を満足するＬＥＤ照明システムをＩＤＥＣでは開発し、既に店舗に導入している。

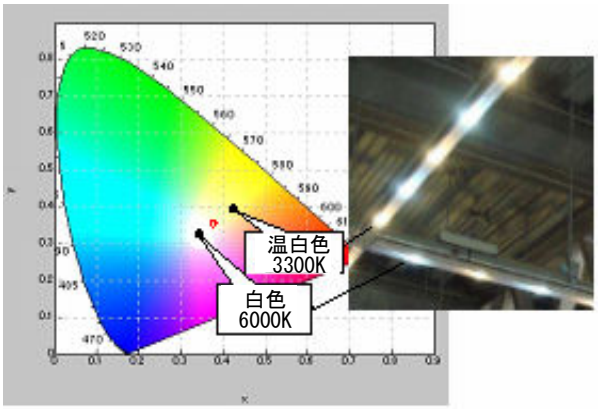

図 4 色空間座標における白色と温白色の座標空間

Fig.4 Checkered Illumination and Chromaticity Distribution

調光制御及び色温度制御には、6000 ケルビンの白色ＬＥＤと、3300 ケルビンの温白色ＬＥＤを用い、1 時間毎の出力を 0～100%内で任意の明るさ／色温度に設定出来るようにした。それにより、季節や時間帯に応じた最適な色温度と照度が任意に設定可能となった。図４に、色空間座標における白色と温白色の座標空間を示す。実際には、JIS 基準推奨の店内照度設定やローソンの考える照度並びに色温度を配慮して行った。

現状のＣＶＳ店内は 1000 ルクス以上の明るさがあり、また、店内全体がほぼ均一の照度となっており、演出性が十分でない状況となっており、現状のＣＶＳ店舗照明環境は、まだまだ進化させる余地があり、人に優しい環境を実現していくことが非常に重要である。

そこで、ベース照度を 900 ルクス、その時の色温度は 3300～6000 ケルビンで可変できるような制御システムを構築した。[4]

3.1　①調光制御と②色温度制御について

ローソンの店舗では、通常、店舗の一面から外光が入射することから、本来は、店舗内の照明すべてが均一照度での照明である必要はなく、外光を利用できる昼間は、照明輝度を低くする方が省エネの観点でも効率的である。そのため、店内のＬＥＤ照明を複数区画に分割し、調光制御する為のブロックに分け、外光の影響なども踏まえ、店内環境や時間帯に応じて個々のブロック毎にＬＥＤ照明の出力値を設定する事で最適な環境となるようにした。その時の制御ブロック区分の様子を図 5 に示す。

このようにグループ別に細分化する事で、常時点灯する場所や調光制御する場所を分ける事ができ、調光制御ブロック毎に窓側と壁側で時間帯に応じて個々に違う設定値で制御する事によって、メリハリ感を与える事ができ、同時に省エネ化も実現でき、まさに時代の流れを先取りすることができている。

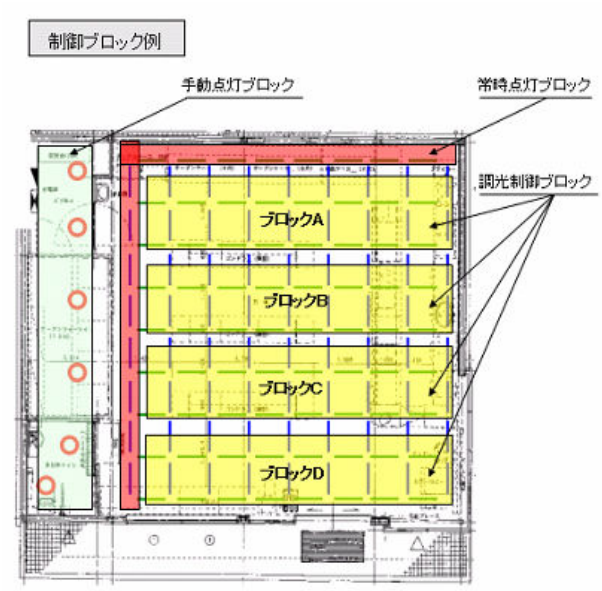

図５ 調光制御のブロック配置

Fig.5 Block layout of illuminated lighting control

実際に、図５に示す調光制御ブロックＡ，Ｂ，Ｃ，Ｄに対しての制御システムのブロック外略図を図６に示す。

図からわかるように、ＰＬＣ（プログラマブル・ロジック・コントローラ)、タッチパネル式のプログラマブル操作表示器、電源等でシステム構成され、ＰＬＣからの調光用アナログ信号をＬＥＤ用定電流電源に送ることで、ＬＥＤへの印加電流を0～100%の範囲で制御可能となっている。店舗の管理者は、タッチパネル式のプログラマブル表示器を操作することで、最適な照度や色温度に可変設定することができる。また、一日の設定をプログラム化することで、自動で調光制御が可能である。

図７に、ＬＥＤ照明の色温度を変化させた時の店舗の照明の様子を写真で示す。色の情報であるため、白黒印刷された状態では識別しにくいが、カラー印刷で見た場合、実際に店舗の照明の様子が、際立って変化していることがわかる。

また図８に、実際の、調光制御ブロックＡ，Ｂ，Ｃ，Ｄの温白色ＬＥＤ部と白色ＬＥＤ部の、24 時間の範囲で

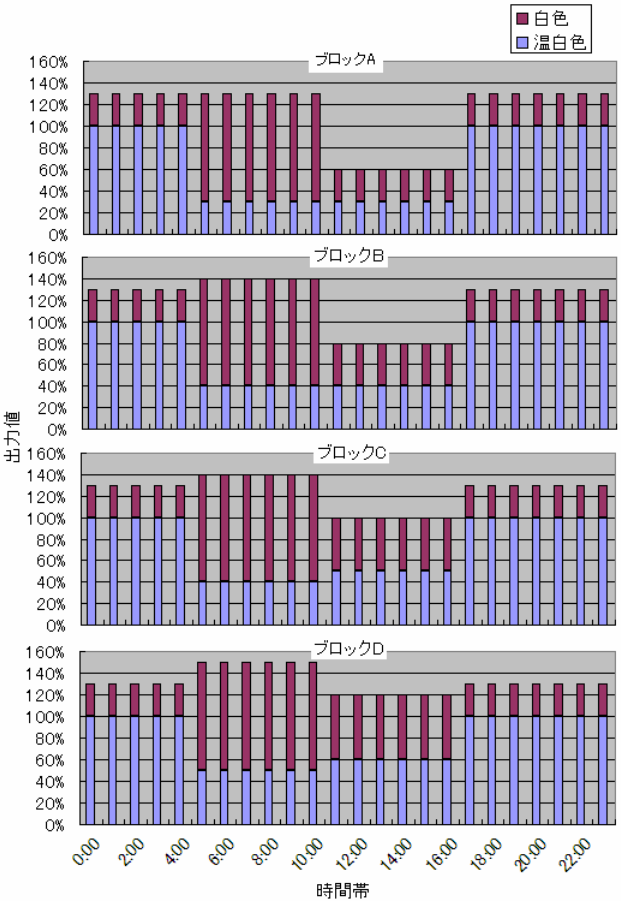

図８ 24 時間店舗内ブロック別調光制御の実態

Fig.8 Light control situation for each block

の制御信号出力値を示す。調光制御に加え、ＬＥＤ照明の色温度も変化させ、店内の雰囲気を 24 時間のうち、1 時間ごとに、外部の状況等に応じて変化させる事を可能にしてあり、図８は、以下のことを特徴としている。

１）昼間 11:00－17:00 までは、窓側（ブロックＡ側）は十分な外光が入ることから、ＬＥＤの照度を、半分以下に落としているが、それでも照明として十分良好である。

２）早朝から午前中 5:00－11:00 は、白色ＬＥＤを主体

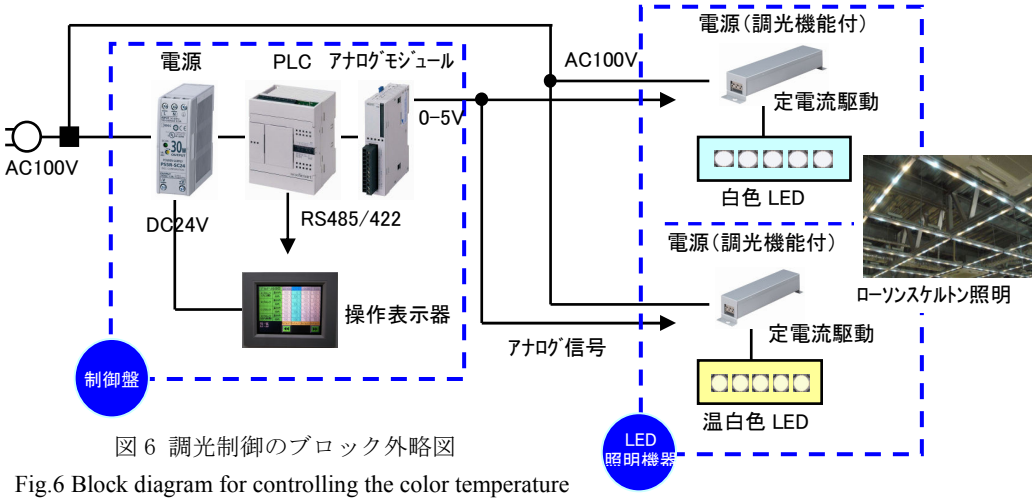

図６ 調光制御のブロック外略図

Fig.6 Block diagram for controlling the color temperature

図７　色温度変化による店内・店外からの様子

Fig.7 Inside/outside view of the store by color temperature changes

的に照明するようにし、どちらかといえばシャープな冷たい感じの照明となっている。これは、人間工学的に、白色の方が人を覚醒させる効果があると言われている為であり、すっきり感を持たせている。

３）夕方から夜中にかけては、温白色を主体とした柔和な感じの色合いに設定することで、安らぎを感じやすいように演出している。

このように、ＬＥＤ照明を用いることで、時間・空間どちらも非常にきめの細かい設定が可能であり、それだけで店舗の雰囲気やイメージを変えやすいことが明らかとなった。

また、店舗内にも、外部の季節感に応じて、照明に変化をもたらす事も可能であり、夏季（5 月～10 月）の夜間は 6000 ケルビンの白色ＬＥＤを主体に照らし、冬季（11 月～4 月）の夜間は 3300 ケルビンの温白色を主体に照らす事で、外気温に応じて色温度を変化させるような拡張性を備えている。すなわち、夏は涼しくなるような雰囲気を顧客に与え、一方寒い冬には、暖かいイメージを顧客に与える事ができ、季節や時間帯に応じて店舗の雰囲気を変える事も今後可能になる。

今回構築したＬＥＤ照明システムは、このように色温度の変化も容易に設定でき、ＬＥＤ照明の色温度を変える事でＣＶＳ店舗ごとに独自の特色も出すことができる。

3.2　③ＬＥＤ照明の配光制御について

今までのような画一的に全体を照らす蛍光灯による店内照明ではなく、ＬＥＤの特徴の１つである光の指向性を最大限に活用し、光束の方向制御を行い、陳列商品の必要なところに十分な明るさを提供する為に、ＬＥＤ照明器具本体にも工夫を行った。これにより、更なる省電力化とともに、今までにない空間を演出する事が可能となった。

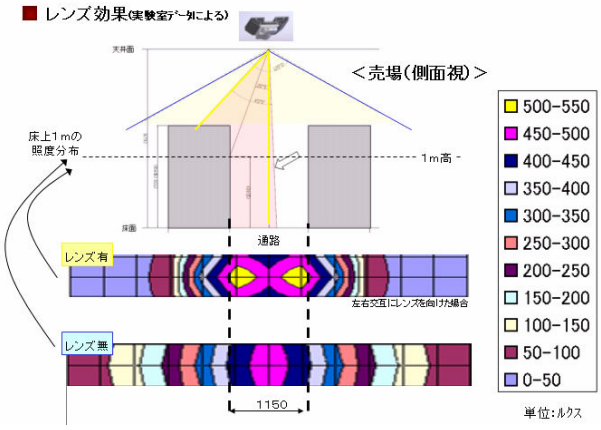

図 9　レンズ効果の実験結果

Fig.9 Result of the experiment on lens effect

◆メリハリ演出の為の“器具本体の工夫”

レンズで方向を設定

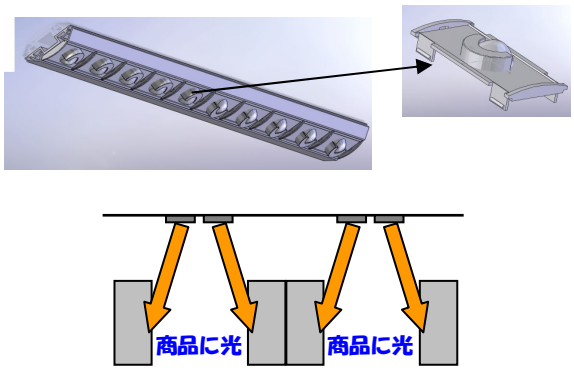

図 10　配光制御の一例

Fig.10 An example of light distribution control

我々はＬＥＤ照明に新たに設計した光学レンズ系を付加し、レンズ設置の角度を変える事で、商品棚に効率よく全体の光束を制御し、様々な部分でメリハリのある光

空間を演出する事を実現した。図９にレンズ効果の実験結果を示す。この図は、天井部にＬＥＤ照明を設置し、床上 1m での照度をレンズ系あり（上図）の場合と、レンズ系無し（下図）の場合で比較をしている。明らかにレンズ系ありの場合の方が、望ましいエリアに照度を集中させることができている。実際に、図１０に、レンズを付加したＬＥＤモジュールの外観図と配光制御のイメージ図を示す。メリハリの利いた演出ができるイメージを示している。

以上のように、ＬＥＤ照明にレンズ系を付加することで指向性を制御し、レンズの角度調整によって、所望の部分に集中的に光束を合わせる事が可能となる。 従って、商品棚の形状や商品種別により、どの色の光をどのくらいの量どの部分に当てるか等の調整が可能になり、メリハリのつけた照明演出が可能となる。

3.3　LED 照明導入店舗の効果

店舗にＬＥＤ照明を導入することで、今まで説明した①調光制御、②色温度制御、③配光制御の３つの制御を実現すると共に、従来の蛍光灯を使用する場合と比較して、照明に必要な電力量を、年換算で 34%省エネ化することができている。

また、このような新しい照明を導入することは、一般顧客にとってどのような反応を示すか、すなわち顧客の感性にマッチするかどうかが一番重要なポイントとなる。実際、先に述べたとおり、ＩＤＥＣの新設した全館ＬＥＤ照明オフィスでは、約１年半に亘って人間工学的な感性データを取り続け、非常に良好な反応を得ているが、不特定多数の顧客が買い物に短時間訪問してくるコンビニエンスストアでは、心理状況も異なるため、どのような受け止め方をされるのかは、非常に興味深い。

図１１に、実際店舗にて、蛍光灯照明と比較してＬＥＤ照明をどのように感じるのかに対して、顧客アンケートした結果を示す。一般店舗と比較しても違和感なく概ね好評な結果となった。以下に代表的な回答として、２例を示す。

まず、コンビニエンスストアの一番重要な顧客への商品アピールの点において、顧客が「商品が見えやすかったか？」という質問に対し、ＬＥＤ照明を用いることで、見づらいという否定的意見は 7%あるものの、90%の顧客が見やすい、ＬＥＤ照明のことが気にならない、といった肯定的意見や違和感の無い意見であった。このことは、蛍光灯からＬＥＤ照明に変更することが、省エネのみならず、良い効果を生んでいると考えられる。

また、ＬＥＤ照明モジュールの構造上、ＬＥＤモジュールが円状に発光していることから、従来の蛍光灯と全く異なるが、それに対して「ＬＥＤ照明に対するまぶしさはあるか？」の質問に対して、88%の方が、まぶしさを感じないという肯定的意見であり、2%の方のみが、まぶしさを感じるという否定的意見であった。

以上のように、コンビニエンスストアの顧客は、非常にポジティブな反応をＬＥＤ照明にしていることが明らかになった。これは、当社が従来より調査してきた、オフィス環境や、機械操作の工場環境での反応と基本的には同じであると結論付けることができる。

実際のところ、図１２に、当社において、6000 ケルビンの白色ＬＥＤ照明と、3300 ケルビンの温白色のＬＥＤ照明を、人はどのように感じるのかを調査したデータの一部を示す。

予想されるように、6000 ケルビンの白色は、涼しさや緊張感、また季節的には寒々としたイメージを人に与え、一方、3300 ケルビンの温白色は、和やかさや暖かさを与えることから、コンビニエンスストアなどでは、これからも新しい照明として、新たな視点を顧客に提供していくことが容易に想像することができる。

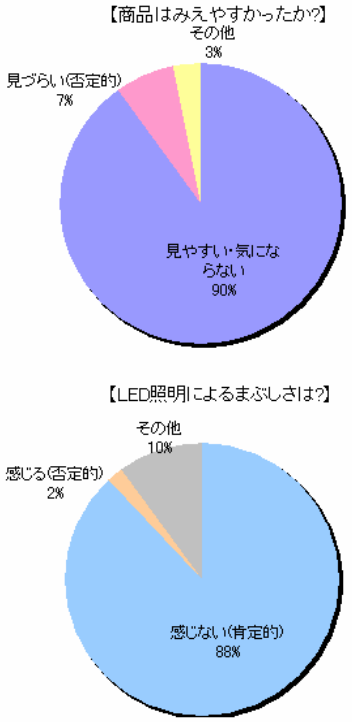

図 11　実証店舗のアンケート結果

Fig.11 Result of the questionnaire at the convenience store

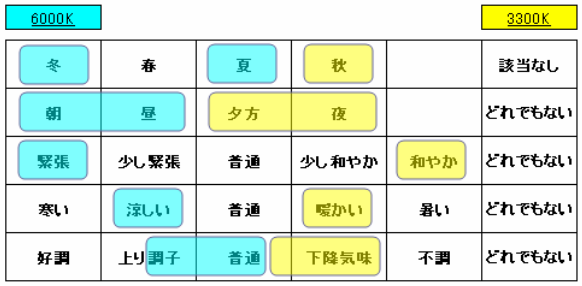

図 12　色温度に対するアンケート結果

Fig.12 Result of the questionnaire of color temperature

謝辞

この論文を作成するにあたり、株式会社ローソン殿には、店舗照度測定などの実験やアンケートなどの情報提供にご協力頂きました。ここに厚く感謝の意を表すると共に、ローソンにおけるこのような先進的なＬＥＤ照明導入が、世界のコンビニエンスストアにおける環境対策の先駆的モデルとしてその名を残されることに、心より敬意を表します。また、ＩＤＥＣセールスオフィスにて従事している社員の皆様にも様々な実験やアンケートに協力して頂き、深く感謝いたします。

参考文献

[1] 間宮 勝　他：青色ＬＥＤ励起による波長変換表示技術の開発 ; 計測自動制御学会ヒューマン・インタフェース部会，第 13 回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集，pp.493-500 (1996)

[2] 錦 朋範：世界初全館ＬＥＤ照明建屋の構築と現状 ; LED 2009 －最新技術と市場動向－ ,pp.114-123 (2008)

[3] 錦 朋範, 他：世界初全館ＬＥＤ照明建屋の光学特性と感性評価に対する考察 ; OPTICS & PHOTONICS JAPAN 2008 IN TSUKUBA 講演予稿集,pp.70-71 (2008)

[4] 花田 裕一：ＬＥＤ照明を活用した環境配慮型のシンボル店舗について ; 次世代照明技術展 2009 発表資料

[5] 池田 昌順, 他：ＬＥＤ照明による工作機械の操作安全性の飛躍的向上 ; ヒューマン・インタフェース学会, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 発表予定

[6] 福田吉人, 他：世界初全館 LED 照明建屋の感性評価と色温度に対する快適性の考察 ; ヒューマン・インタフェース学会, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 発表予定