

# 人物の行動計測技術の開発とサービス産業への応用

渡辺 博己      山田 俊郎      浅井 博次      棚橋 英樹

## Development of Measurement Technology for Human Behaviors and Application to Operations Analysis in Service Industry

Hiroki WATANABE    Toshio YAMADA    Hirotugu ASAI    Hideki TANAHASHI

あらまし 日本経済の7割近く（GDP・雇用ベース）を占めているサービス産業は、一層の市場拡大が期待されているが、製造業に比べ低い生産性が課題となっている。こうした中、「経験と勘」に頼るサービスに「科学的・工学的手法」を導入することにより、サービスやその提供プロセスにおいて、生産性を高めるための研究開発が活発に行われている。しかし、サービス産業は中小企業の比率が高いこと、地域に密着した事業を展開する企業が多いことなどから競争力・競争性の意識が低い傾向にあるため、「科学的・工学的手法」の必要性の動機づけを高めることが重要となっている。そこで、本研究では、「科学的・工学的手法」の導入を促進するために、容易に人物の行動をセンシングすることが可能な行動計測システムを開発するとともに、システムから得られるデータを視覚的に捉えやすくするための可視化技術について検討した。また、本研究の導入事例として、サービスの現場で本システムを活用した作業改善を実施した。その結果、改善効果が明瞭となり、本システムを用いた「科学的・工学的手法」の有益性が示された。

キーワード サービス, 科学的・工学的手法, 画像センサ, 加速度センサ, 行動計測, 可視化, 改善

### 1. はじめに

#### 1.1 サービス産業を取り巻く状況

日本経済の7割近く（GDP・雇用ベース）を占めているサービス産業は、今後も、少子高齢化などの社会構造の変化に伴うサービス需要の増大、業務のモジュール化の進展によるアウトソーシングの拡大が期待されるなど、一層の市場拡大が見込まれている<sup>[1]</sup>。しかし、生産性の伸び率が製造業と比べて低く、欧米諸国と比べても低いという課題があり、今後の経済成長を考えていく上で競争力の強化が不可欠な産業とされている。

こうした状況の中、2006年7月に政府より発表された「経済成長戦略大綱」<sup>[2]</sup>では、生産性向上で出遅れているサービス産業の革新が欠かせないとされ、その生産性を向上させることにより、製造業と並ぶ「双発の成長エンジン」を創ると明言している。また、同大綱では、「サービス産業生産性協議会」の創設（財団法人社会経済生産性本部（現：日本生産性本部）に2007年5月設立）と「サービス研究センター」の設置（独立行政法人産業技術総合研究所にサービス工学研究センターとして2008年4月設立）が提言された。

これを機に、「経験と勘」に頼るサービスから「科学的・工学的手法」によるサービスへの実現に関する重要性が注目されている。特に、サービス工学<sup>[3,4]</sup>あるいは

サービスサイエンス<sup>[5]</sup>と呼ばれる分野では、サービス提供の効率化や付加価値の向上、提供するサービスに最適なバックヤードの構築に関する研究開発が急速に拡大している。

#### 1.2 「科学的・工学的手法」の導入方法

これまで、自動車や家電をはじめとする工業製品については、製造プロセスなども含め、様々な研究開発を繰り返すことにより技術革新を続け、生産性を高めてきた。一方で、サービスは、工業製品が有形物であるのに対して、見たり触れたりすることができない「無形性」、生産と消費が同時に起こり、同時に終了する「同時性」、終了と同時に消え、蓄積しておくことができない「消滅性」、サービスの受け手あるいは顧客（以下、受容者）や提供者、場面、状況等により品質が違ってくる「異質性」などの特性を持ち<sup>[6]</sup>、これらの特性から来る背景が生産性の低さの要因の一つと考えられている<sup>[1]</sup>。そのため、提供プロセスなどを含め、サービスの生産性を高めるためには、これらの特性を踏まえた上で、「科学的・工学的手法」を導入する必要があると考えられている。

こうした状況を打開するために、経済産業省は、これまでに成功している企業の技術やビジネスモデルについて分析した上で、一つの共通的な傾向として、「サービスの受容者や提供者に関する情報を取得・分析し、サービスの内容や提供方法に反映させることで、サービスの付

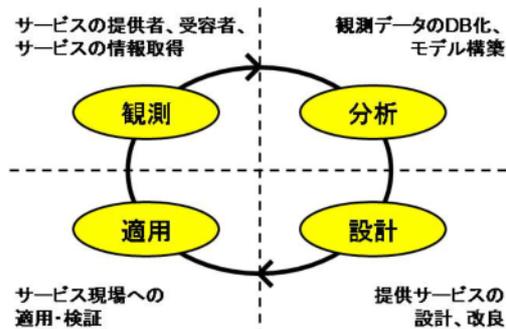


図1 最適設計ループ<sup>[7]</sup>

加価値や効率性を高めている」という手法を確認し、これを踏まえた研究開発の方法論を「技術戦略マップ」<sup>[7]</sup>に示した。

したがって、これまで「経験と勘」に頼ってきたサービスに、「科学的・工学的手法」を導入し、生産性を高めていくためには、サービスの現場で、受容者や提供者の行動などを「観測」し、それを「分析」して得られる客観的根拠に基づいてモデルを「設計」し、それを現場に再び「適用」するという「最適設計ループ」(図1)を繰り返すことが重要である<sup>[8]</sup>と言える。

### 1.3 本研究の背景と目的

2009年3月に岐阜県が策定した「岐阜県長期構想」では、サービス産業の経営力の強化・革新を支援するために、「ITを活用した新サービスの展開や生産性向上を支援する」と、県が取り組むべき政策の方向性として掲げており、本研究所では今年度より、県内サービス産業の生産性向上を目的として、従来の「経験と勘」によるサービスから、「科学的・工学的手法」に基づいたサービスの実現に取り組んでいる。

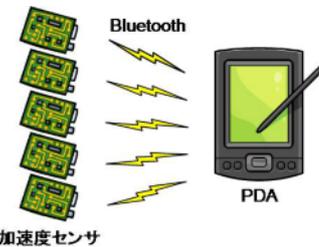
しかし、サービス産業は、研究開発を行わないと生き残ることができない製造業と比べ、少しの工夫で事業が成り立ってきたという背景があるため、「科学的・工学的手法」の導入への積極性が低い傾向がある。また、サービス産業は中小企業の比率が高いこと、地域に密着した事業を展開する企業が多いことなどから、競争力・競争性の意識が低い傾向にあるため、「科学的・工学的手法」の必要性の動機づけの高まりが鈍い側面がある。

そこで、本研究では、「最適設計ループ」において重要となる「観測」技術、特にセンシング技術に着目し、簡易な構成となるシステムを開発することで、「科学的・工学的手法」の導入を促進する。具体的には、種類の異なる複数のセンサを用いた人物の行動計測システムを開発し、サービスの現場の状況やニーズに応じたシステム構成が可能であることを示唆するとともに、導入による効果を視覚的に捉えやすくするための可視化技術について検証する。

また、本稿では、「科学的・工学的手法」の導入効果について検討するために、実際のサービスの現場に「最適設計ループ」を適用した事例について紹介する。



(a) 画像計測部



(b) 動作計測部

図2 行動計測システムのプロトタイプ

## 2. 行動計測システムの構築

「最適設計ループ」において、「観測」するデータは非常に重要な意味を持つ。「観測」データの量が少なければ、規則性や関係性などの「分析」が困難となり、適切なサービスモデルの「設計」・「適用」に支障が出るためである。

そこで、本研究では、画像センサ(フレームレート: 30fps, 画素数: 30万画素)と加速度センサ(サンプリングレート: 1000Hz, 軸数: 3軸)を使用することにより、大容量の「観測」データの取得が可能なシステム構成とする。図2に、構築した行動計測システムのプロトタイプを示す。プロトタイプシステムは、画像計測部と動作計測部から構成され、それぞれ独立して動作させることが可能である。そのため、サービス現場の状況に応じて、計測の継続・中断が可能なシステム構成となっている。画像計測部については、全体的な人物の動きや流れを計測し、サービスの受容者への配慮が必要な場合は計測を中断する。動作計測部については、サービスの提供者が装着することで、個々の動きや振る舞いを計測することが可能であり、受容者へのサービス提供中でも計測を継続することが可能である。また、動作計測部は、受容者の協力が得られる場合は、受容者へ装着することも想定している。

### 2.1 画像計測部

画像計測部は、安価かつ簡単な機器構成とするために、1台のPCと1台のカメラから構成されている(図2(a))。しかし、サービスの現場では、様々なイベントが同時に発生することが考えられるため、広い空間の「観測」が可能な魚眼レンズ(水平画角110度, 垂直画角81.57度)を使用した。カメラからの入力画像は、キャプチャボード(Ituner Network Corp製 Spectra8)を通じてPCに接続されており、非圧縮AVIファイルとして保存する。



(a) 原画像



(b) 補正画像

図3 取得した原画像と歪みを補正した補正画像

画像計測部では魚眼レンズを用いているため、取得する画像が歪曲しているが、情報量の多さから歪曲画像をそのまま保存している。そのため、取得画像を「分析」する場合は、目的に応じて画像を補正する必要がある。その際、歪曲率 $D$ は実際の像高（画像中心からの距離） $Y$ と理想像高 $H$ から、

$$D = (Y - H) / H \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

で表すことができる<sup>[9]</sup>。

高い精度で補正が必要な場合は、格子模様などを撮影した画像を用いて歪みを補正する必要があるが、本研究では、一般的な魚眼レンズモデル $y = f \tan \theta$ （ $y$ : 像高,  $f$ : 焦点距離,  $\theta$ : 光線の入射角度）として、通常のレンズモデルである $y = f \tan \theta$  に対する歪曲率を算出した。この時、式(1)は、

$$D = (f \theta - f \tan \theta) / f \tan \theta \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

と表すことができ、原画像 $F$ の光軸と画像中心座標 $(u_0, v_0)$ が一致していると仮定すると、原画像の画素 $F(u, v)$ は補正画像 $G$ に対して、

$$G \left( u_0 + \frac{u - u_0}{1.0 + D \times 100}, v_0 + \frac{v - v_0}{1.0 + D \times 100} \right) \quad (3)$$

と表すことができる<sup>[10]</sup>。図3に、取得した原画像と歪みを補正した補正画像を示す。

## 2.2 動作計測部

加速度データは、人物の動きを「観測」する上で最も

表1 加速度センサ (WAA-004) の主な諸元

分類	項目	内容
機能	サンプリングレート	MAX1000Hz
	送信レート	MAX1000Hz
	加速度検出範囲	$\pm 2.5g, \pm 3.3g, \pm 6.7g, \pm 10g$
	加速度分解能	0V ~ 3V 10ビット
	使用時間	約4時間
	通信レート	230kbps
Bluetooth	スレーブ	可能
	マスター	可能
	通信距離	約10m
	自動接続	可能
機構	サイズ (W×H×D)mm	38mm×39mm×10mm
	重量	17g

効果的なデータである。計測機器が小型軽量であるため、装着により日常動作を妨げることなく計測が可能であり、医学・工学分野などで数多くの研究が行われている。

本研究では、より携帯性を高めるために、小型3軸加速度センサ(ワイヤレステクノロジー(株)製 WAA-004)をPDA(OS: Microsoft Windows Mobile 6)に無線で接続する構成とする(図2(b))。また、PDAに実装するデータの取得及び記録プログラムを開発したことで、最大5台の加速度センサが接続可能である。表1に、加速度センサの主な諸元を示す。

動作計測部は、計測対象となる身体部位に加速度センサを装着し、PDAを携帯することにより使用する。加速度センサからは、各部位のmg単位(非SI単位)の3軸加速度データとミリ秒単位の測定時刻が近距離無線通信規格の1つであるBluetoothによりPDAに送信される。PDAでは、受信したデータを個々の加速度センサに対応させたファイルに保存することで、詳細な身体動作の測定が可能となっている。

## 2.3 「観測」実験

本研究で構築した行動計測システムは、製造業をはじめ、様々なシーンで使用することが可能であるが、サービス産業における生産性向上が主目的であることから、実験は、サービスの現場を対象に行うこととした。対象とする現場については、県内サービス産業の中で多くの従業員を抱える旅館・ホテル業とし、特に、サービス提供のバックヤードにあたる宴会・食事会場における下膳・配膳業務とした。なお、計測する作業は、畳上に設置された膳に対して、宴会・食事で使用する備品(箸、グラス、椀、料理など)の準備・片付け動作とした。

実験では、部屋の隅に画像計測部を配置し、部屋全体が撮影できるように、カメラを約2mの高さから下方約40度を向くよう設置した。また、動作計測部は、着物姿の従業員1名の背部にある帯結びにPDAと加速度センサ、頭頂部、両前腕部及び右下腿部、それぞれに加速度センサを装着し、計5箇所の身体部位の加速度データを計測した。なお、計測にあたっては、画像計測部及び動作計測

部ともに50msでデータを保存するよう設定した。

約2時間程度、連続してシステムを稼働させたが、問題なくデータの収集が可能であった。また、従業員からは、特に違和感なく、普段と変わらない作業が可能であるとの感想が得られた。これらの結果から、本システムの行動計測における有用性が示された。

### 3. 「観測」データの可視化

「最適設計ループ」において、規則性や関係性などを「分析」するためには、「観測」により得られたデータの可視化（認識）が、データの取得と並んで重要な役割を担っている<sup>[11]</sup>。例えば、画像データからは、動物体追跡や動作認識など<sup>[12]</sup>、また加速度データからも、動作認識<sup>[13]</sup>や身体活動量測定<sup>[14]</sup>など、サービス工学を対象とした取り組みではないが、見方によっては可視化と称すべき様々な研究開発が行われている。

本稿では、画像データから人物の位置を特定し、連続して得られるデータから移動経路を可視化する方法について述べる。また、加速度データの効果的な可視化方法については、検討している段階であるが、頭頂部に装着した加速度センサのデータを簡易的に可視化したので、その結果を示す。

#### 3.1 人物位置の特定

画像計測により物体の位置を特定する方法としては、複数のカメラを用いる方法が一般的であるが、システム構成が複雑となるというデメリットがある。そこで、本研究では、人物の足元の位置を特定することとし、対象とする人物は同一平面上を移動するという拘束条件により、単眼カメラで位置を特定する手法を用いる。

一般的に、画像上の点 $m(x, y)$ と空間上の点 $M(X, Y, Z)$ との間には、

$$s \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

が成り立つ<sup>[15]</sup>。ここで、 $s$ はスケールファクタ、 $p_{ij}$ で表される行列はカメラパラメータと呼ばれており、このパラメータを求めることをキャリブレーションという。

本研究では、2.3節における畳面のみを人物が移動すると仮定するので、畳面を $Z=0$ とおけば、式(4)は、

$$s \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

と表すことができる。

また、全ての畳の大きさは同一で、サイズも既知(860mm×1580mm)であるため、ある畳の角を原点とおけば、画像上の座標も特定できる。そこで、 $p_{34}=1$ とおくことにより、式(5)を展開すると、



図4 人物位置特定ツール

$$\begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1 X_1 & -x_1 Y_1 \\ 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & 1 & -y_1 X_1 & -y_1 Y_1 \\ \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_n X_n & -x_n Y_n \\ 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & 1 & -x_n X_n & -y_n Y_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{11} \\ p_{12} \\ \vdots \\ p_{31} \\ p_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ \vdots \\ x_n \\ y_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

となる。

したがって、4個の基準となる点を用いれば、8個の $p_{ij}$ を求めることが可能であることが分かる。しかし、キャリブレーションの精度を高めるためには、4点以上の基準点を用い、最小2乗法によってパラメータを同定するのが通常である。

そこで、式(6)を

$$B \cdot P = b \quad (7)$$

と表し、最小2乗法により展開すると、

$$P = (B^t B)^{-1} B^t b \quad (8)$$

となる。

カメラパラメータがキャリブレーションできれば、式(5)から、平面上の点 $M'(X, Y)$ は、

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = s \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{34} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

により求めることができる。

#### 3.2 移動経路の可視化

人物の移動経路を求めるためには、「観測」した画像データから、連続して人物の足元位置を特定する必要がある。画像処理技術に関する研究開発では、これを自動的に行うことを目的に様々な研究が行われているが、確実に人物領域を抽出し、足元位置を特定する技術は確立されていない。そこで本研究では、手動で足元位置を指定し、移動する平面上の位置を算出するツールを作成することで、人物位置を特定する。図4に、作成した人物位置特定ツールを示す。

本ツールでは、歪曲画像を補正した画像から人物位置を特定する。人物位置を特定するにあたっては、前節で述べたキャリブレーションを行う必要がある。キャリブレーションにおける基準点は、まず、「位置情報登録」ボックスにチェックを入れ、画像中から確認可能な畳の隅を指定する。次に、指定した点の平面座標を入力し、「キャリブレーション」ボタンを押す。カメラパ

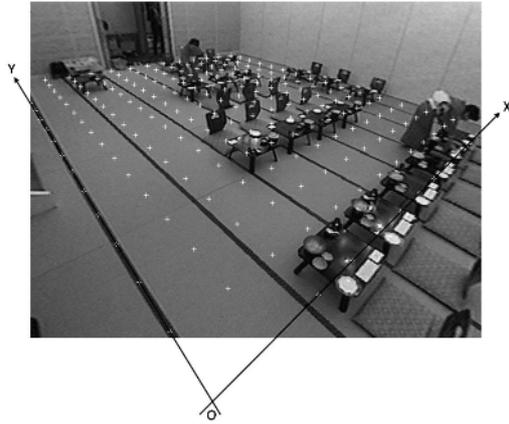


図5 キャリブレーションの結果

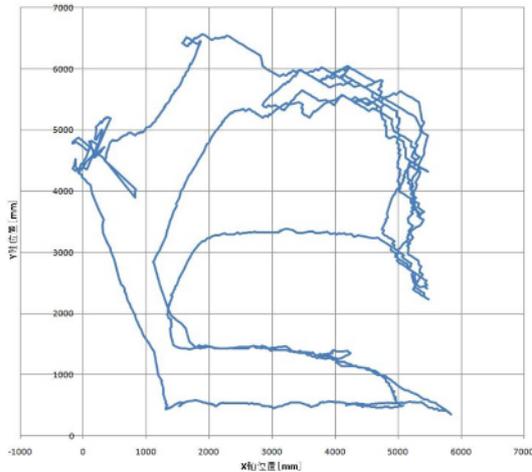


図6 画像データから得られる移動経路

ラメータは、 から を4点以上繰り返した後、「位置情報登録」ボックスのチェックを外し、「キャリブレーション」ボタンを押すことにより求めることができる。図5に、 から の操作により求めた座標系を示す。なお、基準点は6点与えた。白色の+点は500mm間隔で表示しており、右奥に向かってX軸、左奥に向かってY軸となっている。

カメラパラメータが求めれば、映像を再生し、移動経路を求めたい人物の足元位置で、マウスの左ボタンを押下し続けることにより、連続した平面座標がファイルに書き込まれる。図6に、得られた座標データから作成したグラフを示す。2.3節で得られた画像データから、約5分間の移動経路を抽出した結果であるが、同じ経路を繰り返し移動しながら、長い距離を移動していることが分

かる。なお、この時間内に移動した距離は約77.7mであった。

### 3.3 加速度データの可視化

取得する加速度データはX軸、Y軸、Z軸における数値データであり、長時間データを取得し続けると、その量は膨大となる。そのため、如何に効率よく可視化するかが非常に重要になると考えられる。

2.3節で得られた加速度データの一部を図7に示す。横軸が時間方向で、縦軸は加速度の大きさ(単位:mG)を表す。なお、例として挙げた作業状態は、同時刻における画像データから確認したものである。約1分間の数値データをグラフ化したものであるが、様々な姿勢変化を読み取ることが可能である。

そこで、これらのデータから作業者の姿勢を推定し、どのような作業を行っているかなどの作業工程を分類する技術の開発を、今後行う予定である。特に、サービス産業においては、「経験と勘」に頼り、製造業のような「科学的・工学的手法」に基づいた工程管理が行われていないため、作業分類による工程把握は、「最適設計ループ」を活用していく上で、重要な意味と持つと考えている。

## 4. 「最適設計ループ」の適用

本章では、サービスの現場にセンシング技術を活用した「観測」技術を適用することにより、サービス工学の導入によるバックヤードの効率化を目的とした「最適設計ループ」の実践例を示す。対象とする作業は、2.3節と同様に宴会・食事の準備作業とし、実際の準備作業に模倣したシミュレーションとして実施した。

### 4.1 「経験と勘」による作業工程の「観測」

シミュレーションは、10客分の膳について、12種類の備品を配膳する作業として行った。図8にシミュレーションにおける作業完了後の1客の膳の状態を示す。図中、コンロ・板が2組あるが、通常でも、準備作業の開始前には既に準備されているため、同じ条件としている。

従来の「経験と勘」による作業工程を表2に示す。従来の工程では、作業者は1種類の備品が入ったトレーを片手に持ち、備品ごとに1客ずつ配膳しながら各膳を回っている(図9)。そのため、表2の工程に対しては、1客の膳に対して12回配膳することになる。なお、シミュレーションでは、10客分と数が少なかったため、トレーではなく、備品をそのまま片手に10客分持ち配膳した。これを「観

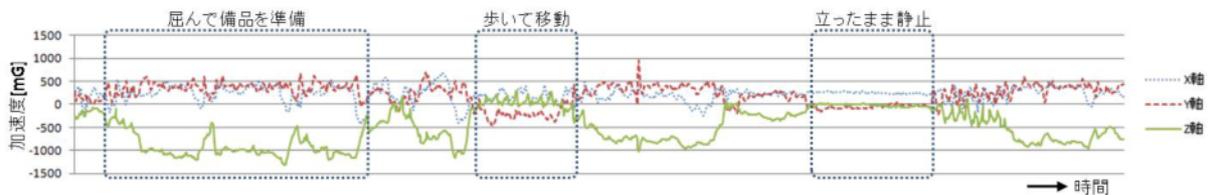


図7 取得した加速度データと作業状態の例



図8 シミュレーションにおける作業完了状態

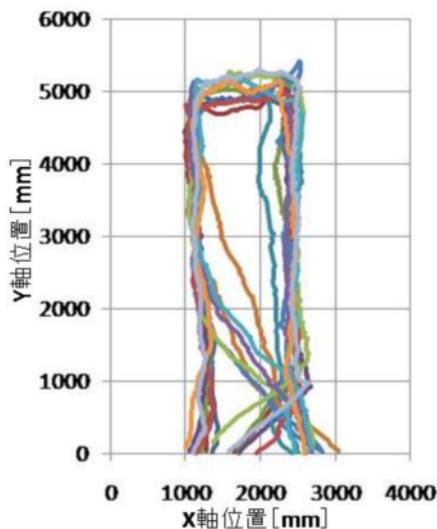


図10 従来の作業工程の移動経路



図9 従来の配膳作業の様子



図11 セル生産方式に基づいたトレー中の備品の様子

表2 従来の作業工程

工程
燃料(ロウ)を配る
お品書きを配る
箸置きを配る
箸を配る
グラスを配る
お猪口を配る
スプーンを配る
小皿1を配る
小皿2を配る
小皿3を配る
小皿4を配る
大皿を配る

表3 新たな作業工程

工程
燃料(ロウ), お品書き, 箸置き, 箸, スプーン, 小皿1~4, 大皿を配る
グラス, お猪口を配る

測」し,得られた画像データから移動経路を可視化した。図10に,従来工程の移動経路を示す。移動距離は163.1mであった。

#### 4.2 従来工程の「分析」と新たな工程の「設計」

移動経路の可視化により,「観測」データを視覚情報として理解しやすくなるため,「分析」工程が容易となる。つまり,図10から直感的に考えられるのは,非常に多くの同経路における配膳数である。そのため,最後の膳に備品を配膳してから,次の備品の入ったトレーを取りに行くまでの「カラ搬送」が,工程の数だけ発生している。これを効率化する場合,有効と考えられる方法の一つとして,製造業で行われている「ムダ取り」による改善がある。そこで,従来工程の「ムダ取り」を図るために,

セル生産方式の導入により新たな作業工程を「設計」し,移動経路・距離を削減した。

セル生産方式とは,1人,または少数の作業チームで製品の組み立て工程を完成(または検査)まで行う製造における生産方式である。この考え方を配膳作業に適用した。本シミュレーションでは,5または10などの倍数管理が容易な客数からなる膳を1組のセルと見立て,1組のセルに配膳する備品をできる限り少ないトレーにまとめ,それを台車に乗せ1客ずつ配膳するという方法をとった。図11に,10客を1組のセルと見立てた場合のトレー中の備品と,図12にトレーを台車に乗せた配膳の様子を示す。また,表3に,セル生産方式に基づいた新たな作業工程を示す。なお,製造管理ノウハウをサービス産業へ導入することについては,「科学的・工学的手法」の一つとして重要視されており<sup>[1]</sup>,本シミュレーションにおいては,サービスの現場にセンシング技術の導入とセル生産方式による提供プロセスの改善という二つの「科学的・工学的手法」の導入を図ったことになる。また,提供プロセスの改善において「観測」技術を適用することは,より視覚的に捉えやすい改善効果が得られるものと期待できる。



図12 台車を使った配膳作業の様子

#### 4.3 「科学的・工学的手法」による作業工程の「適用」と「最適設計ループ」の繰返し

本シミュレーションでは、10客を1組のセルとし、一つのトレーに10種類の備品（グラス、お猪口を除く）を10客分入れ、1客ずつ配膳する方法を工程1とした。また、グラス、お猪口については、それぞれの専用ケースを同時に台車に乗せ、工程1と同様に配膳する方法を工程2とし「適用」した。

これを、再度「観測」した結果、図13に示す移動経路が得られた。当然の結果ながら、同経路の配膳数は激減し、移動距離も37.1mと77.3%減少した。

最終的に、セル生産方式に基づいた配膳を3回繰り返したが、1回ごとに効率性を「分析」し、トレー中の備品の並べ方を「設計」し直すという行為を、作業者が自発的に繰返した。図14、15に2、3回目のトレー中の備品の様子をそれぞれ示す。1回目は10客分の備品を入れただけだったが、2回、3回と繰返すことにより、配膳する順番、向き、組み合わせなどを「分析」し、「設計」していることが分かる。

表4に、本シミュレーションにおける従来の作業工程と新たに「設計」した作業工程との移動距離と作業時間の比較を示す。結果として、「最適設計ループ」を繰返すことで、作業が最適化されていくことが分かる。

## 5. まとめ

サービス産業への「科学的・工学的手法」の導入を促進するために、「最適設計ループ」における「観測」技術の確立を目的として、サービスの現場の状況やニーズに応じて人物の行動をセンシングすることが可能な行動計測システムを開発した。これにより、画像データと加速度データを収集することで、大規模なデータ量の確保が可能な「観測」技術を確立することができた。その反面、それらのデータをどの様に可視化するかといった課題が残るが、画像データからは、取得画像内で移動経路を視覚的に提示することにより、サービスの現場で内在する問題の把握が可能なことを示唆した。

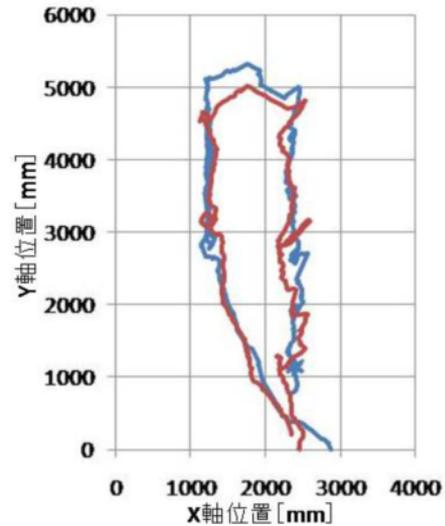


図13 新たな作業工程の移動経路



図14 2回目のトレー中の備品の様子

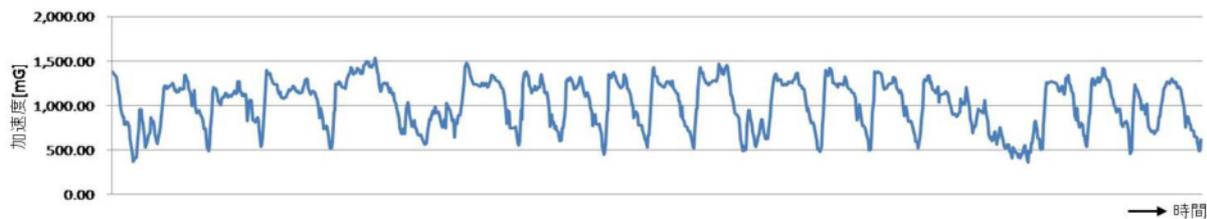


図15 3回目のトレー中の備品の様子

表4 「最適設計ループ」の繰返しによる結果の推移

項目	従来の作業工程	新たな作業工程		
		1回目	2回目	3回目
移動距離[m]	163.1	37.1	35.0	32.7
作業時間[秒]	382	360	338	321

また、サービスの現場に「最適設計ループ」を適用した事例を示すことで、その効果による有効性を示した。特に、「ムダ取り」などによるサービスの提供プロセスを



(a) 従来の作業工程における加速度の推移



(b) 新たな作業工程における加速度の推移

図16 シミュレーションで取得した加速度データの例

改善する場合において、その効果を可視化することは重要であり、サービスの現場の動機づけに有効であると考えられる。

今後の課題としては、加速度データの可視化手法について検討する必要がある。4章におけるシミュレーションで得られた加速度データのうち、頭頂部の加速度ベクトルの大きさをグラフ化したものを図16に示す。なお、グラフの横軸は時間、縦軸は加速度ベクトルの大きさである。グラフからは、頭部の動きが読み取れるが、従来の作業工程と新たな作業工程との間で頭部の動きが全く異なっており、興味深いデータが得られている。そのため、3章でも述べたが、当面は加速度データからの姿勢推定により、作業工程の分類に利用することを目指す予定である。また、様々な作業における身体活動量に関する知見を得ることができれば、作業負担や疲労などの保健医療分野への応用も可能であると思われ、幅広い応用が期待できる。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたり、開発した行動計測システムの実験及び「最適設計ループ」の検証のために御協力を頂きました株式会社高山グリーンホテルの新谷尚樹代表取締役社長をはじめ、従業員の皆様に深く感謝いたします。また、「ムダ取り」など作業改善に御指導・御鞭撻を頂きました株式会社JPECの山田直志代表取締役、株式会社IICの松本正憲代表取締役社長に深く感謝いたします。

## 文 献

[1] 経済産業省, サービス産業におけるイノベーションと生産性向上に向けて(報告書), 2007, <http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g70411b03j.pdf>.

[2] 経済産業省, 経済成長戦略大綱, 2006, <http://www.meti.go.jp/topic/data/e60713aj.html>.

[3] 下村芳樹, 原辰徳, 渡辺健太郎, 坂尾知彦, 新井民夫, 富山哲男, “サービス工学の提案”, 日本機械学会論文集(C編), Vol.71, No.702, pp.315-322, 2005.

[4] 吉川弘之, “サービス工学序説”, Synthesiology, Vol.1, No.2, pp.111-122, 2008.

[5] 日高一義, “サービス・サイエンスにまつわる国内外の動向”, 科学技術動向, No.57, 文部科学省科学技術政策研究所科学技術動向研究センター, 2005, [http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt057j/0512\\_03\\_feature\\_articles/200512\\_fa01/200512\\_fa01.html](http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt057j/0512_03_feature_articles/200512_fa01/200512_fa01.html).

[6] 上林憲行, サービスサイエンス入門, オーム社, 2007.

[7] 経済産業省, 技術戦略マップ2009, 2009, [http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu\\_kakushin/kenkou\\_kaihatu/str2009.html](http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkou_kaihatu/str2009.html).

[8] 内藤耕, サービス工学入門, 東京大学出版会, 2009.

[9] 岸川利郎, 光学入門, オプトロニクス社, 1990.

[10] 富永将史, 本郷仁志, 輿水大和, 丹羽義典, 山本和彦, “人物行動把握のための複数人物追跡システムの構築”, 動的画像処理実用化ワークショップ2004(DIA2004)講演論文集, pp.79-84, 2004.

[11] 三樹弘之, 細野直恒, 山本栄, “サービスサイエンスにおける視覚化の動向と展望”, 計測と制御, Vol.48, No.5, pp.391-398, 2009.

[12] 松山隆司, 久野義徳, 井宮淳, コンピュータビジョン, 新技術コミュニケーションズ, 1998.

[13] 澤田秀之, 橋本周司, “加速度センサを用いたジェスチャー認識と音楽制御への応用”, 電子情報通信学会論文誌(A), Vol.J79-A, No.2, pp.452-459, 1996.

[14] 杉本淳, “身体活動量の測定 - 最近の進歩 -”, 日本リハビリテーション医学会誌, Vol.37, No.1, pp.53-61, 2000.

[15] 徐剛, 辻三郎, 3次元ビジョン, 共立出版, 1998.