

平成 21 年 5 月 26 日現在

研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18360079
 研究課題名 (和文) サービス評価をするために連続数理表現を導入したサービス設計支援システム
 研究課題名 (英文) Service design support system for service evaluation by introducing continuous-time systems modeling
 研究代表者
 川田 誠一 (KAWATA SEIICHI)
 産業技術大学院大学・産業技術研究科・教授
 研究者番号：20152960

研究成果の概要：サービスを工学的に捉え、工業製品と同様に工学的に設計する対象として、その設計支援システムを構築することを目的とした。「場面遷移ネット (Scene Transition Nets)」を拡張・導入することにより、離散・連続混在システムとしてのサービスをシミュレーションにより評価可能とするサービス評価支援ツールを開発し、レンタル DVD ビジネスなどを事例としてサービス設計の有用性を示すことができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	6,100,000	1,830,000	7,930,000
2007 年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2008 年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：サービス工学, 設計工学, シミュレーション工学, システム工学

1. 研究開始当初の背景(サービスの設計)

総務省統計局は「サービス業」を『情報通信業, 不動産業, 飲食店, 宿泊業, 医療, 福祉, 教育, 学習支援業, 複合サービス事業, その他』として定義している。このようにサービスの提供分野は極めて多岐に渡っており、現代社会における重要な産業分野であることは明らかである。しかしながら従来「サービス」という概念は経営学等の分野で取り扱われることはあっても、以下に述べるサービスの特性により、工学分野において正面から取り扱われることは極めて稀であり、学問的にも重視されることが無かった。すなわちサービスの本質として、提供されるサービスの評価が個人的主観に強く支配されるため、顧客を特定しサービスに対する要求仕様を明確にする必要があること、生産と消費を分

離することができないこと、それ故在庫を蓄えることが不可能に近いことなど、いわゆる製造業が作り出す商品とは異なった特性を有することが一般に指摘されている。その結果、サービスの合理的な創出に関する研究は現状殆ど存在しないと言っても過言ではない。

以上の背景のもと、本研究では、その対象とするサービスをレストラン、旅行代理店などのいわゆる第3次産業によって提供されるものに限定せず、製品の製造、製品に付随する保守なども含め提供者が顧客から対価を得て供給する無形の価値であると定義した上で、このようなサービスを工学的に捉え、工業製品と同様に工学的に設計する対象として、その設計支援システムを構築することを目的とした。

2. 研究の目的(サービス設計のためのシミュレーション)

上記で述べたように本研究の目的は、サービスを工学的に設計する対象として、その設計支援システムを構築することである。本研究ではこの目的を達成するためのより具体的な目標を設定するにあたり、サービスの設計において極めて重要な段階であると考えられるサービスの評価段階に着目した。そして以下の3つのタスクを実行することにより、顧客の要求とその充足方法との関係を記述可能とし、サービスの評価支援ツールを開発することを本研究の具体的目標として設定した。

(i)既存のサービスの開発事例を調査分析することにより、サービスに対する評価を計算可能とする方法を確立する

(ii)市場ニーズを解析した上で、現状提供されているサービスが本当にニーズを充足しているかを測定し、ニーズと要求充足方法の間の写像関係を数理的にモデル化する

(iii)以上の数理モデルに基づくサービスの評価支援ツールを構築する

サービスの主たる構成要素であると考えられる人の活動は、一般に合理的経済活動と、その個人が遭遇するイベントへの反応活動として表現することが可能であり、かつ、その反応は一定時間継続する。それ故、市場において求められる価値に合致し、高い付加価値を有するサービス設計を可能とするサービスの評価支援ツールを実現するためには、離散表現に加え、時間的に変化する価値と環境のモデルを合理的な連続システムとして表現する枠組みを導入することが不可欠である。本研究では、研究代表者らが先行して開発した離散事象システムと連続システムを混在して表現できるハイブリッドシステムである「場面遷移ネット(Scene Transition Nets)」を拡張・導入することにより、離散・連続混在システムとしてのサービスをシミュレーションにより評価可能とするサービス評価支援ツールの開発を目指した。

3. 研究の方法

3.1 STNを用いたサービスフローシミュレーション

3.1.1 STN GUI Simulatorの開発

本研究では、STNによるモデリングとシミュレーションを容易に行うためのツールとして、STN GUI Simulatorを開発する。図1に、シミュレータの概観を示す。本シミュレータは、GUIによってSTNの構築とシミュレーションの実行が可能となっている。シミュレーション実行時には、アニメーションによるアクタの状態遷移と、グラフウィンドウに表示されるアクタ変数の時間的変化を同時に観測することが可能である。

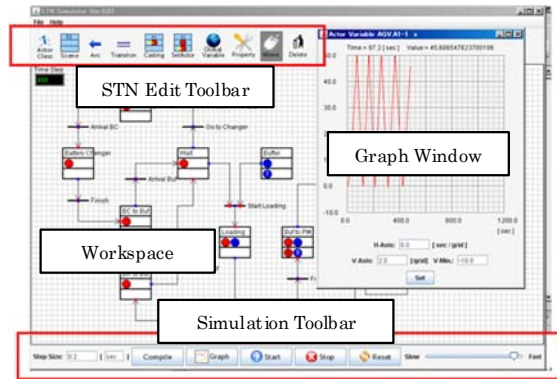


図1. STN GUI Simulator

3.1.2 STNを用いたマルチエージェント・サービスフローシミュレーション

本研究では、複雑なサービスをマルチエージェントシステムとしてとらえ、STNによってモデリングを行い、その動作をシミュレーションによって検証し、評価を行う手順を提案する。ここでは、レストランサービスを例題として用いる。本サービスは、供給者側のエージェントとしてコックとウェイター、受給者側のエージェントとして顧客を定義する。顧客はレストランに入り、料理を注文し、食事を行い、代金を支払い、店を出る。コックは注文された料理を作成し、ウェイターは顧客の席への誘導、注文の受付、料理の運搬及び会計処理を行う。サービスの評価は、離散事象システムとしてのサービスの流れ(デッドロックや不適切な流れの有無)と、顧客の満足度の値によって行う。レストランサービスの評価項目としては、料理の味、店員の態度、店の雰囲気等、さまざまなものが考えられるが、ここでは待ち時間の長さに対する顧客満足度のみを算出し、サービスの評価に用いることとする。本サービスでは、顧客の視点では下記の4種の待ち時間が存在する。

(i)顧客が入店してから席に案内されるまでの待ち時間： t_1 、(ii)注文する料理を決定後、ウェイターがテーブルに到着し、注文を受け付けるまでに要する時間： t_2 、(iii)料理を注文後、到着するまでに要する時間： t_3 、(iv)会計のために顧客がレジに行き、ウェイターがそこに到着するまでに要する時間： t_4

これらの待ち時間は、ウェイター、コック、顧客の人数(店の込み具合)やそれらのエージェントの行動に依存して変化する。図2に、構築したSTNモデルを示す。図の左側には顧客、中央にウェイター、右側にコックのネットワークが配置されている。それぞれのネットワークの間に位置する、キャストイングが2体あるシーンは、異なるアクタが相互作用を行うシーンであり、サービス・エンカウンターと呼ばれる。本モデルのシミュレーションは、複数の顧客を初期シーンである「Start」に配置させた状態からスタートし、全ての顧

客が店を出て終了シーンである「End」に到着した時点で終了とする。

本実験では顧客の待ち時間に対する満足度を算出し、サービスの評価を行うこととする。顧客 i の満足度は、前述した4種の待ち時間 (t_1, t_2, t_3, t_4) を引数とした下記に示す満足度関数によって算出されることとする。

$$S_i = \frac{1}{\frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 w_k t_k} \quad (5)$$

ここで、 w_k は待ち時間 t_k に対する重みである。実験では、全ての重みを1とした。なお、待ち時間の単位は [step] であり、各待ち時間は顧客アクタが保持するアクタ変数とし、各シーンに記述された更新式によって更新される。実験は、顧客の数を10人、コックの数を1人とし、ウェイターの数が1人の場合と2人の場合についてシミュレーションを行い、ウェイターの数の変化がサービスの流れや顧客満足度にどのように影響するかを観察した。本研究で開発したシミュレータでは、各アクタの状態遷移を観察することにより、サービスの流れを視覚的に確認することが可能である。ウェイターが1人、2人のそれぞれの場合の満足度の平均値は、それぞれ0.098と0.158となった。これらの結果から、ウェイターを2人に増加させることは、顧客の待ち時間を削減させ、顧客満足度を増加させるために有効な手段であることがシミュレーションで示されたといえる。

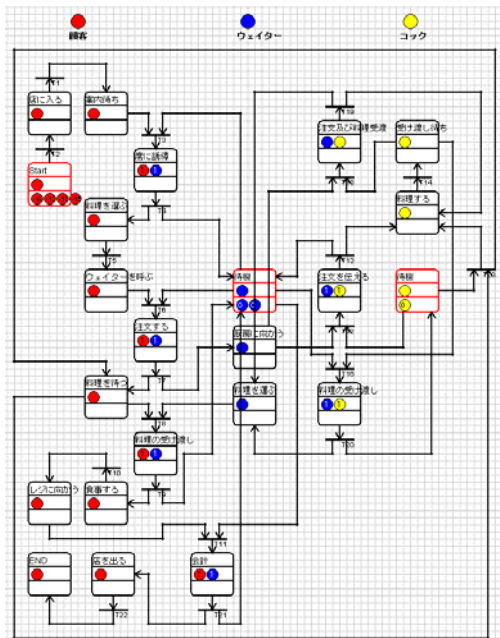


図 2. レストランサービスの STN

3. 1. 3 アンケート調査を導入した STN によるサービスフローシミュレーション

本研究では、サービスを受給する際の顧客の行動や、サービスの内容に対する顧客満足度に関するアンケート調査を行い、その結果

を STN に記述して確率的なシミュレーションを行う手法を提案する。これにより、より現実に沿ったシミュレーションを行うことが可能となる。本研究では、DVD レンタルショップを例題として取り上げる。

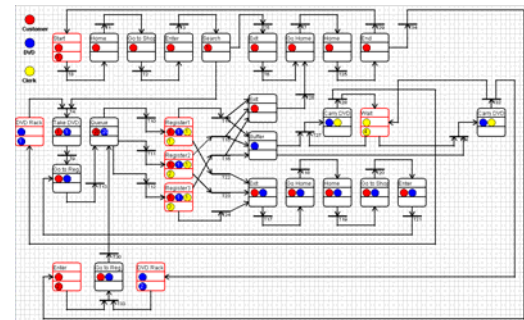


図 3. DVD レンタルショップの STN

図 3 は、DVD レンタルショップサービスを STN でモデル化したものである。図中の赤丸で示される顧客のアクタは、自宅からレンタル店舗に向かい、店舗内で DVD を探し、棚から引き出してレジに行き、順番を待ち、代金を支払って自宅に戻る。そして数日後、DVD を返却するために再び店舗に行き、返却手続きをして自宅に帰る。青丸で示されているのは店員のアクタであり、レジでの貸出/返却手続き及び返却された DVD を棚に戻す作業を行う。黄丸で示されているアクタはある映画タイトルの DVD であり、在庫数 (= DVD アクタ数) に限りがあるとする。シミュレーションに反映させる顧客アンケートの項目の例を下記に示す。なお、本研究の顧客アンケートは 413 人に対して Web 上で行った。

○レジの平均的な待ち時間と満足度：待ち時間と満足度の関係を得るために用いる(例えば、1分程度の場合には顧客の67%が「待ち時間としては普通」と感じるなど)。シミュレーション上での待ち時間は、店舗内の客の数、レジと定員の数、定員の貸出/返却手続きに要する時間などによって決定され、その時間の長さに応じて満足度が確率的に決定される

○平均的な貸出期間：顧客が DVD を持ち帰り、返却するまでの期間を確率的に決定するために用いる(例えば、7%が当日返却、33%が6泊7日など)。シミュレーション上では、貸出可能である DVD の在庫数に影響する

○価格とその満足度：価格とその満足度の関係を得るために用いる。シミュレーション上では、価格はサービス設計値として決定され、その値に対する顧客の満足度が確率的に決定される(例えば、1タイトルあたり200円以上250円未満の場合、71%が「価格としては普通」と感じるなど)

○その他：顧客の自宅と店舗との距離、レジの待ち時間、価格の重要度、顧客が店舗に行く曜日、時間帯、頻度など

上記のようなアンケート調査の結果を

STN モデル上に記述することにより(STN GUI Simulator では、確率的要素を容易に記述・シミュレート可能)、時間帯、レジと定員の数、価格、立地条件などを設定し、より現実に近いサービスの流れをシミュレートすることが可能となる。

3.2 バネモデルに基づくサービス可視化分析手法の開発

3.2.1 研究概要

本研究では、バネモデルを用いて性別、年代別で、どのようなサービスを想定しているか、各年代の選択 RSP 項目の特徴と構造を分析する。さらに、SOM を用いてクラスタリングを行い、学習の結果、得られた各クラスター内のデータの類似性を議論するために、バネモデルを用いて特徴を分析する。

3.2.2 バネモデルによる可視化分析

本研究では、2次元平面でバネモデルを用いた可視化手法を提案する。各ノードの位置は、2次元平面で4次のルンゲクッタ法(RK4)を用いることにより計算される。二つのノードはお互いに仮想的なバネで結合されていると仮定する(図4)。図中のノードは、データのラベルとして表現されている。

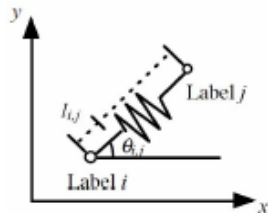


図4 2点間のバネ関係

次に、ノードの加速度を計算する。ここでは、仮想的なバネ・マス・ダンパ系を用い、ノード*i*の加速度は*i*と他のノードのダンパ係数で計算した加速度の和で決められる。

$$y_i'' = -\sum_{j=1}^n y_{i,j}'' - C \cdot y_i' \quad (1)$$

$$y_{i,j}'' = (k_{i,j} l_{i,j} \cos \theta_{i,j}, k_{i,j} l_{i,j} \sin \theta_{i,j}) \quad (2)$$

y_i'' と y_i' はそれぞれノード*i*の加速度と速度である。 C をダンパ係数とし、簡単化のため、ノードの質量を1と仮定する。このシステムでは、さらに、全く同じデータがノードとして表現されている場合は、ノードが二次元平面上で衝突するため、フジールールに基づいた衝突回避方法を用いる。

3.2.3 可視化分析の手順

まず、アンケートの調査結果において、年代別の*n*項目についての満足度の度数に関する可視化を以下の手順で行う。

1) 年代別の RSP 項目の中での選択割合を下の式のように計算する。

$$a_{k,i} = A_{k,i} / N_k \quad (3)$$

$A_{k,i}$ は*i*項目を選択した*k*年代の数である。 N_k はその年代の人数である。

2) 同年代の各項目の中での選択割合によっ

て色付けを行う。0%から90%以上まで、明るい緑色から薄い灰色まで13段階の色付ける、その上に選択率を数字で表示している。3) 次に、自然長とバネ定数を決定する。年代*k*の*h*番目の人の*i*番目の項目のアンケート結果を $x_{k,h,i}$ とすると、各項目間の*i*と*j*に基づき、自然長 $r_{k,i,j}$ は

$$r_{k,i,j} = \alpha \sum_{h=1}^{N_k} (x_{k,h,i} - x_{k,h,j})^2 + \beta \quad (4)$$

となる。ここで α を係数、 β をオフセットとする。したがって、二つのデータの類似度が高いほど、二次元平面上で二つのラベル間の距離が短くなる。また、簡単化のため、同じバネ定数を用いる。

3.2.4 レンタル店舗・DVD 配送サービス・インターネット映像配信サービスの可視化分析結果

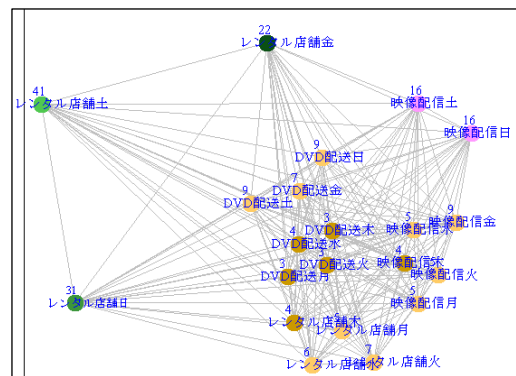


図5. 各サービスを利用する曜日の相関関係(全体)

ここでは、レンタルDVD及び動画配信に関する調査結果(2008.12)を用いる。この中で、各サービスを利用する曜日選択のデータを例として用いる。今回のアンケートに412人、男性が216人、女性196人が参加。レンタル店舗・DVD配送サービス・インターネット映像配信サービスの各曜日項目の相関関係、または性別、世代別で分析する。

図5はアンケート参加者全体における、レンタル店舗・DVD配送サービス・インターネット映像配信サービスを利用する曜日項目の相関関係と選択度数を表している。図で分かるようにレンタル店舗・DVD配送サービス・インターネット映像配信サービスがそれぞれはつきり分かれ、相関が低く、利用者が分かれている。選択度数によるとレンタル店舗の土・日・金曜日は高く、その次はインターネット映像配信サービスの土・日曜日は高く、その他は低い。

また、レンタル店舗は、土・日・金曜日の選択度数が高く良く利用されている。しかし、相関関係が低く利用者が分かれている。平日の選択度数が低く、平日にはあまり利用されない。DVD配送サービスは、全体的に選択度数が低く、あまり利用されていない。土・日・金曜日は高めで平日より少し多く利用さ

れ、相関が高く、同じ利用者が多い。インターネット映像配信サービスは、土・日曜日は選択度数が高く相関も高く、同じ利用者によく利用されている。しかし、平日は低く、あまり利用されていない。男性全体は全体とほぼ変わらない。DVD 配送サービスの土・日曜日とインターネット映像配信サービスの金曜日の選択度数が高めになり、ある程度の利用者がいるのが分かる。女性全体は全体との変化が少ない。各年代において、レンタル店舗の土・日・金曜日の選択度数が高い。20代前半と30代前半では全体的に選択度数が高めでよく利用されている。特にそれぞれの土日の選択度数が高く相関が高い。50代から60代において、映像配信サービスの選択度数が全体的に高めである。

3. 2. 6 SOM を用いた可視化分析結果

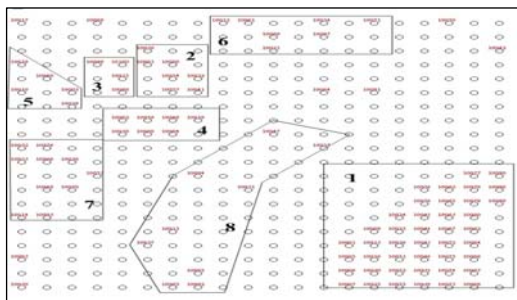


図6 SOM のクラスタリングによる分割

座席の座り心地において快適と感じた項目データを利用する。SOM を用いて入力層に100人分データの16次元のデータを入力して近傍領域は6近傍を用いて、2次元の出力層に射影してクラスタリングして、次にそれぞれ人数が多いクラスをクラスごとにバネモデルで各項目の快適に対する満足度を分析した。図4のように100人分のデータを、SOM で解析して、複数のクラスに分けて、バネモデルで分析した。クラス1のデータをバネモデルで分析した結果である。100人中42が「座り心地が快適と感じたことがない」だけを選択しているのが分かる。同じように、クラス2では座面の高さだけ選択している。クラス3では、背面のホールド感だけ選択されている。クラス4では、主に座面のホールド感を選択して、他にも背面のホールド感と座面の硬さを選択している特徴がある。クラス5では、主にリクライニング角度を選択して、他にも、アームレストの位置、座面のホールド感、座面のホールド感、リクライニング角度などを選択している特徴がある。クラス6では、主に座面の高さ選択した特徴がある。クラス7では、座席の質感を選択している。リクライニングの操作クラス8では、主に背面の硬さを選択した特徴がある。

4. 研究成果

本研究では、まず既存のサービスの開発事例を調査分析することにより、「サービスを工学的に捉え、工業製品と同様に工学的に設計するためには、どのようにサービスを見るのか」という視野・視点に関する情報を含む形でサービスの表現を可能とする統合的なサービスのモデル化手法を提案した。具体的には、サービスをレシーバの状態変化として捕らえた関数関係を場面遷移ネットにおける時間変化システムとして数理的に記述する方法を提案し、さらに本モデルに基づく基本的なオブジェクトをシミュレータ開発用コンピュータ上に実装し、離散・連続混在システムとしてのサービスをシミュレーションにより評価可能とするサービス評価支援ツールの開発を実現した。

次に開発したサービス評価支援ツールを実際のサービス設計に適用することにより、その有効性を検証した。まず、サービスの具体的な実行シナリオを設計した後、同シナリオをサービス評価支援ツール上のモデルとして記述し、レシーバの状態変化を場面遷移ネットにおける時間変化として確認可能であること、加えて、モデル上の設計パラメータの変更が同レシーバの状態変化に及ぼす影響を視覚的に把握可能であることを確認した。新しいサービスの創出には、先に述べたサービスの特殊性を考慮する必要があるものの、新商品の開発と大きな類似点がある。すなわち、消費者のニーズにマッチしたものでなければ市場性に欠け、単なる経験に依存するだけではおのずから限界がある。その意味で本研究はその合理的な開発が望まれているサービスの創出分野に対して、サービスを工業製品と同様に工学的・合理的に設計するための一つの可能性を提示したものであると考えることができる。

また本研究では、高い現実性と創造性を有しながら、工学において今後一層重要になると考えられる新しい問題領域を提案することが出来た。すなわち本研究は、従来必ずしも工学的に扱われてこなかったサービス開発の分野に、設計工学と呼ばれる工学における本質的な研究の知見を導入し、新たな学際領域を切り開いたと言える。欧米を中心にモノの供給からサービスの供給へ視点をシフトすることによる高い付加価値の実現と、モノを供給するために製造時に必然的に発生する環境に対する負荷を低減することへの期待が高まっているが、本研究はそのようなモノの供給からサービスへ視点をシフトする具体的な方法論を提供できる研究である。本研究を通じて我が国が同分野の先駆となる可能性を示したことにも大きな意味がある。さらに本研究がサービスの評価手法の開発にあたって導入した離散・連続ハイブリッドモデルは、製品の疲労、劣化、ニーズ変化、

保守技術の向上などサービスの設計で考慮すべき時間的要因を数理表現により合理的に導入することを可能としており、サプライ・チェーン・マネジメントのボトルネックの発見につながるなど柔軟なサービス設計のためのシステムが構築でき、今後その発展に大きな期待をすることができる。即ち、本研究がサービスの評価支援システムの開発を通じて、製造業が「価値実現」の方法論を確立し「時宜を得たサービスのコンテンツの適切な供給」を実現するための一つの基点を示したことの意義は極めて大きいと考える。

本研究の成果であるサービス設計支援システムの有力な応用分野として、環境配慮設計がある。製品の環境配慮設計を行う場合、製品の付加価値の向上とライフサイクルに渡る環境負荷の削減を高いレベルで両立する必要がある。その有力な実現方法として、ハードウェアとサービスの組合せによりユーザの要求を満足させる「プロダクト・サービス・システム (PSS)」という考え方がある。PSS の設計方法論はいまだ確立された分野ではないが、本研究の成果物であるサービス設計支援システムは、以下の点で PSS の設計支援に有効である。

(i) これまで表現が困難であった「サービス」を実現する過程を明示的にモデル化できる。
(ii) サービスを実現する過程で必要となるハードウェアもモデル化し、サービスを実現する過程におけるハードウェアの役割、ユーザとのインタラクションを明示的にモデル化できる。

(iii) シミュレーションにより、設計した PSS が機能することの検証やボトルネックの発見が行える。

一方、開発したサービス設計支援システムを PSS の設計支援に活用するために残された課題として、以下の点が挙げられる。

(i) 環境負荷の評価が行えない。この点については、開発した SSTN のシミュレーション結果に基づき、ライフサイクルアセスメント (LCA) を実施可能であることを、本研究の範囲内で確認した。

(ii) PSS の設計案を導出する過程自体は本研究の成果だけでは行えない。この点については、本研究の先行研究であるサービス CAD を活用することにより有効な支援が行える。また、本研究の成果の一部であるエコビジネス設計支援手法により、支援することができ、また、この手法では既存のエコビジネス事例を収集したデータベースを備えているので、この点からも有効な支援が行える。すなわち、サービス CAD、エコビジネス設計支援手法と SSTN を組み合わせることにより、PSS の設計を有効に支援可能である。

以上のように、本研究の成果を展開する方

向として、現在注目されているがその方法論が未確立な PSS の設計支援という方向があり、この課題の解決は社会的な重要性も高い。本研究成果はこの方向への展開の可能性を十分に備えていることを明らかにすることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

[1]川田誠一、舘山武史、下村芳樹、新井民夫、梅田 靖、久保田直行: 場面遷移ネット GUI シミュレータによるマルチエージェントサービスフローシミュレーション, 産業技術大学院大学紀要, 査読有, 第 2 巻, pp.101-108(2008).

[2]Naoyuki Kubota, Hiroyuki Kojima, Naohide Aizawa, Dalai Tang, Dynamic Topological Visualization Of Change In Perceptual Information Of Partner Robots, International Journal of Information Acquisition (IJIA), 査読有, Vol.5, Issue.3, pp.247-258(2008). 他 4 件

[学会発表] (計 40 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川田 誠一(KAWATA SEIICHI)

産業技術大学院大学・産業技術研究科・教授

研究者番号: 20152960

(2) 研究分担者

下村 芳樹(SHIMOMURA YOSHIKI)

首都大学東京・システムデザイン学部・教授

研究者番号: 80334332

新井 民夫(ARAI TAMIO)

東京大学・工学(系)研究科・教授

研究者番号: 40111463

梅田 靖(UMEDA YASUSHI)

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号: 40242086

久保田 直行(KUBOTA NAOYUKI)

首都大学東京・システムデザイン学部・准教授

研究者番号: 30298799

舘山 武史(TATEYAMA TAKESI)

首都大学東京・システムデザイン学部・助教

研究者番号: 70336527

(3) 連携研究者

なし