

既存地下広場改善への行動観察， 人流シミュレーション技術の応用

大西 道隆^{1*}・浜田 朋之²・粕谷 太郎³

^{1*}非会員 大阪ガス（株）行動観察研究所（〒541-0046大阪市中央区平野町4-1-2）

* E-mail: o-michitaka@osakagas.co.jp

²非会員 （株）日立製作所 機械研究所

³フェロー会員 都市地下空間活用研究会

都市地下空間活用研究会大阪分科会が研究対象としているJR大阪駅近くの「阪神百貨店前地下広場」において、歩行者の安全性や快適性の向上を目的とした調査・分析を行った。同様の調査においてはこれまで、事前に検討した仮説をアンケート等のデータから検証する形が多かったが、大阪ガス行動観察研究所の独自の手法によって、実際に人の行動を観察し、人間工学や社会心理学等の科学的分析によって課題を明らかにし、空間の構造やデザインに関する改善案を抽出した。さらにこれら改善案による効果を定量的に評価するために、（株）日立製作所の人流シミュレーション技術を応用した。

平日夕方に広場で待ち合わせをする人が多く、通行の妨げとなることが課題の一つとして挙げられたが、待ち合わせ場所を新たに設置した場合の人の流れをシミュレーションし、異なる時間帯や待ち合わせ場所のパターンによって動線の交差割合がどの程度現状より改善するか検証を行った。

Key Words : behavior observation, service sciences, ergonomics, psychology, pedestrian-flow simulation

1. 背景と目的

地下街・地下通路の交通結節点には、地下広場が計画・整備され、地下鉄道の利用者をはじめ多くの人が行き来し、また待ち合わせ場所としても利用されている。しかし既存地下広場では、動線が交錯し、利用者にとって利用しやすい空間になっているとは言い難く、改善すべき課題が多い。

一方、サービスを科学的に分析し、サービスを改善或いは新しいサービスを開発するサービスサイエンスの取り組みが近年加速している。大阪ガス行動観察研究所によるサービスサイエンスは、例えばイベント会場での人の行動を観察し人間工学や社会心理学等の科学的知見に基づき分析し、動線改善や売り上げアップにつなげることができる。（株）日立製作所による人流シミュレーション技術では空間のレイアウトなどを元に、変容・複雑化する人の流れを定量的に予測・適正化することができる。

本研究では、これら2つの技術を用いて、既存地下広場の改善方法を検討し、検証を行うものとする。

(1) 研究対象とする地下広場

本研究では、都市地下空間活用研究会大阪分科会が研究対象としているJR大阪駅近くの「阪神百貨店前地下広場」での調査を行った。図-1のとおりJR大阪駅南側で大阪市営地下鉄御堂筋線の南改札付近で、7つの路線の駅が集積した交通結節点となっている。床面積は約82,000㎡であり、この周辺に訪れる人々の重要な歩行者ネットワークになっている。7つの路線の1日の乗降客数は240万人（平成19年都市交通年報より）で、研究対象地下広場には1時間あたり2万人もの利用者が6方向から流入する世界でも珍しい地下広場である。

(2) 地下広場の概要

対象の既存地下広場は、混雑がひどく、利用者にとって歩行しづらくストレスを感じる場所になっている。混雑する理由としては、地下広場周辺に7つの駅が点在しており、核鉄道駅に乗り換える場合にこの地下広場を介して目的方向へ向かうルートが、最短ルートであることから、大阪駅周辺でも非常に多くの通行量のある空間になっている。

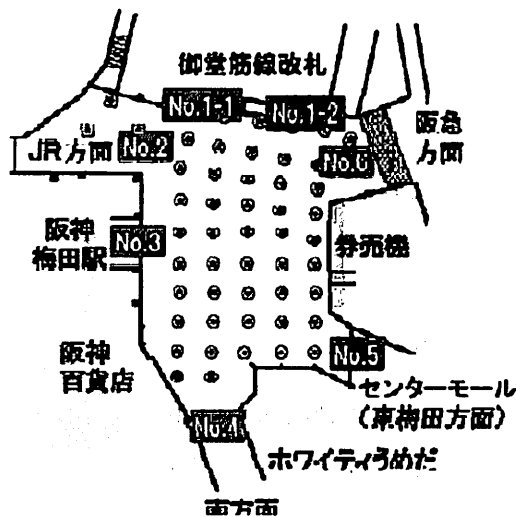


図-1 対象とする地下広場

2 大阪ガスによるサービスサイエンスの概要と手法

サービスサイエンスはこれまで勘と経験を頼りにしてきたサービスという分野に科学的手法を導入し、生産性を上げ、イノベーションを促進するためのものである。サービスサイエンスは発展途上の学際的領域であり、その定義や方法論はまだ確立されていない。大阪ガスでは実用的な見地から独自の方法論を構築し、サービスサイエンスに取り組みはじめた¹⁾。

(1) サービスサイエンスとは

日本やアメリカでサービス業の就業者数や国内総生産に占めるサービス業の比率は伸びている。このようにサービスの重要性が高まるにもかかわらず、サービス業では製造業における生産性向上のような科学的な取り組みはされてこなかった。サービスが「無形、保存できない、作られると同時に使われる²⁾」という特質を持っているため、これまで情報として捕らえることがあまりされてこなかったのが理由のひとつである。

サービスサイエンスは2002年、米IBMアルマデン研究所が提唱したもので、本来は、Service Sciences, Management and Engineering、略してサービスサイエンスと呼ばれる。サービスサイエンスは「これまで勘と経験を頼りにしてきたサービスという分野に科学的手法を導入し生産性を上げ、イノベーションを促進する学際的な学問領域」といわれている。サービスサイエンスのポイントは以下の二つといえる。

- ーサービスに科学的手法を導入し改善すること
- ー多様な分野の専門家で推進する学際的分野であること

(2) 方法論

サービスサイエンスで扱うデータをここではサービスデータと呼ぶ。サービスデータは、顧客が家庭で商品を使う、イベント会場はどう行動しているか、従業員がオフィスや現場でどう作業しているかなど人間の行動に起因するデータである。本節ではサービスサイエンスの方法論を構成する三つのステップについて述べる。

a) サービスデータの収集

サービスを根本から見直すためには、サービスの現場を徹底的に観察しなければならない³⁾。観察手法は人の動線、動作などを人間工学の専門知識をもとに解析する技術である。観察手法は心理学やエスノグラフィー（民族誌学）の専門知識をもとにしたインタビュー手法と組み合わせて用いることが多い。従来のアンケート手法は人の顕在化したニーズや問題点を調査するものであるのに比べ、この観察手法では人の潜在的なニーズや問題点を発見できることが特徴である。例えば米国先進IT企業のIBM、マイクロソフト、インテルではエスノグラファー（民族誌学者）や文化人類学者を採用し、オフィスや生活場面での顧客の観察調査とインタビュー調査を行い、全く新しいIT機器やサービスの開発を行っている。

そこで、人間工学手法を導入してサービスデータを収集することを考えた。すなわち人間工学専門家がサービスの現場に出て、観察手法とインタビュー手法を組み合わせ、映像、音声、メモなどのサービスデータを収集する手法である。

b) サービスデータの分析

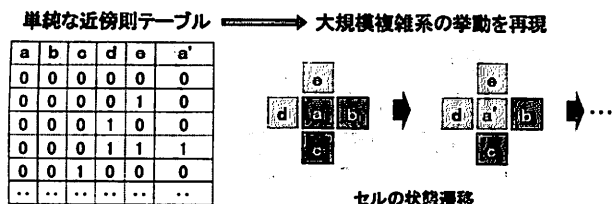
サービスデータの分析は、1)ファインディング（発見）の抽出、2)定性的な仮説の抽出、3)定量分析による仮説の検証、の順で行う。本研究では3に当たる部分で人流シミュレーション技術を応用している。

c) サービスの改善

サービスデータの収集、分析のあと、三番目のステップとしてサービスを改善するソリューションを提供する。イベント会場での展示方法などのノウハウを抽出した場合、イベントノウハウデータベースを開発し、イベント担当者間でノウハウを共有する仕組みを構築する場合がある。

3. 行動観察による調査結果

本章では、「阪神百貨店前地下広場」における行動観察調査結果を紹介する。調査の概要は以下のとおり。



セルの状態で人の有無を表現し、数万人規模の人間行動解析に応用



図3 人流シミュレーションの計算モデル

(2) 計算アルゴリズム

本シミュレーション技術では、複雑で多様な人の動きを再現するため、セルオートマトンと呼ばれる計算モデルを用いている。セルオートマトンは、図3に示すように格子状に区切られたセルの状態をその周囲のセルの状態に応じて変化させることで群集の動きを再現する。具体的には、セルに人がいる／いないという状態を割り当て、あるセルにいる人が次にどちらに移動するかを周囲のセルの状態と人の行動特性に基づく状態遷移規則によって決定する。このように人の行動を単純化することで、数万人規模の群衆行動を短時間で計算可能としている。

(3) シミュレーションの入力と出力

人流シミュレーションでは、まず通路や壁、階段などの空間レイアウトを設定し、そこに案内サインなどの誘導情報、店舗やイベントなど人を引き寄せるアトラクタなどを配置していく。このような形で設定された空間に流入量として指定した群衆が流れ込んだ時の人の流れをシミュレーションによって再現する。

再現された人の流れは、直観的なアニメーションとして、あるいは空間の各領域における混雑度や、人と人との交差頻度を示す動線交差度などの数値指標で評価する。人流シミュレーションでは、開発対象地域に予想される人の流れや、様々な改善案に対する人の流れの変容をこれらの指標をもとに定量的に比較評価することで、動線を阻害することのない空間レイアウトや、収益性を最大化する店舗配置などを検討することができる。

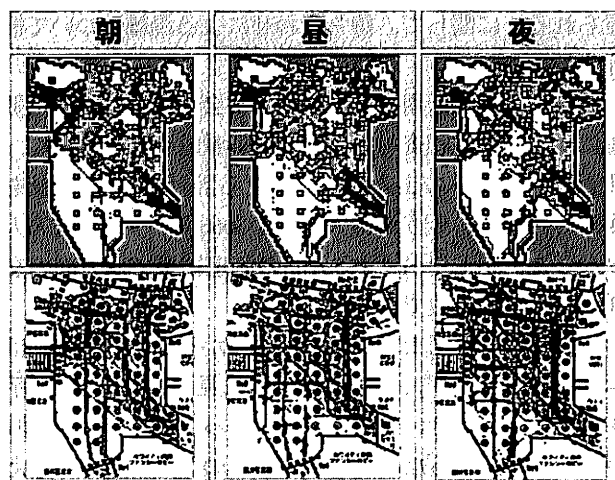
効果を人流シミュレーションを用いて検証した。観察結果では、待合せをする人が広場に広く分散することが通行の妨げとなっており、待合せ場所を新たに設けて人を集約することにより、歩きやすさを改善することが検討された。そこで、待合せ場所を広場の中央に設けた場合と、広場の中で比較的人通りの少ない南寄りと北寄りの部分に設けた場合の効果を検証した。

(2) シミュレーションによる動線分布の再現

改善効果を検証するに際して、まずシミュレーションによる広場の動線の再現性を検証した。図4は、シミュレーションによって再現した動線密度の分布と実際の動線密度の分布を比較したものである。ここで、動線密度とは広場内の各領域を一定時間内に通過した人の人数を表すものである。

シミュレーションでは、広場の出入り口毎の通行量調査に基づいて流入量と目的地の配分を設定した。また、実測値は歩行者のサンプル追跡調査によって得られた軌跡をもとに推定したものである。

シミュレーション結果と実測値では、細かな分布に相違が見られるものの、JR方面（図の左上）、阪急方面（同右上）、東梅田方面（同右下）の付近の動線密度が高くなっていること、南方面（同左下）が空いていること、JR方面と東梅田方面を結ぶ斜めの動線が幾筋か見られることなどの傾向はほぼ一致している。



■ 動線密度の高い上位10%領域 ■ 上位30%領域

図4 動線分布の再現結果(上段)と実測(下段)

5. 人流シミュレーションによる分析結果

(1) シミュレーションによる改善検討

行動観察の手法によって見出された課題をもとに抽出した改善案の中で、特に待合せ場所の問題に対する改善

(2) 待合せ場所の集約による効果

待合せ場所を広場の中央に設置した場合と南北2箇所に設置した場合の効果について検証した。ここでは、改善効果の指標として動線交差の最大値と動線交差率を用いることとした。動線交差とは、図-5に示すようにシミュレーションにおいて人が異なる方向から一つのセルに同時に移動しようとする状態を表し、動線交差の最大値は個々のセルにおいて発生した動線交差の回数の最大値であり、動線交差率とは動線交差の回数の総和を流入量で割って正規化したものである。このような交差が多発することは、歩行者同士の衝突の危険が増し、歩きづらい状況であることを示す。

図-6にシミュレーション結果を示す。広場中央に待合せ場所を設置した場合は、朝昼夜のいずれのケースにおいても現状より動線交差率が下がっており、動線交差の最大値も昼のケースを除いて下がっている。これに対して、南北に待合せ場所を設置した場合は、現状と同等かやや悪化している。

動線密度の分布を見ると、広場の中央に待合せ場所を設置した場合は、JR方面と東梅田方面を結ぶ斜めの動線が分散されることで、東梅田方面付近の混雑が緩和されている。これに対して、南北に設置した場合はこのような効果は得られず、逆に阪急方面付近の空間が狭くなることでこの付近の混雑が悪化していると考えられる。但し、いずれの場合も差は僅少であり、抜本的な改善のためには、広場に流入する人の数を減らすなどの対策が必要と思われる。

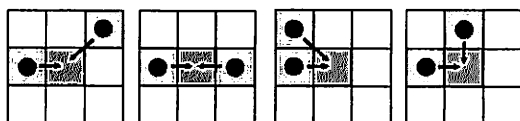
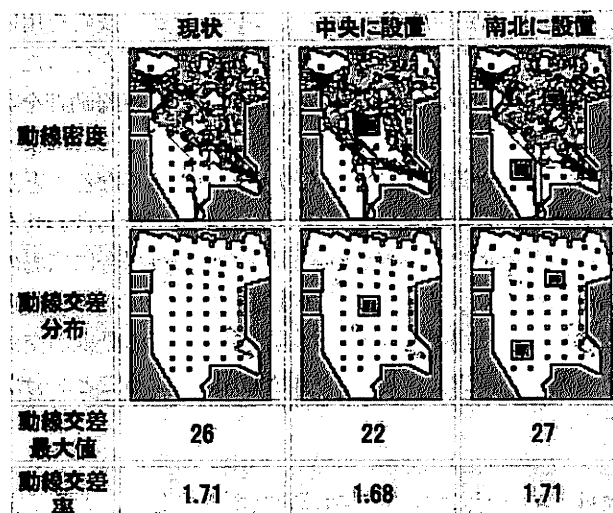
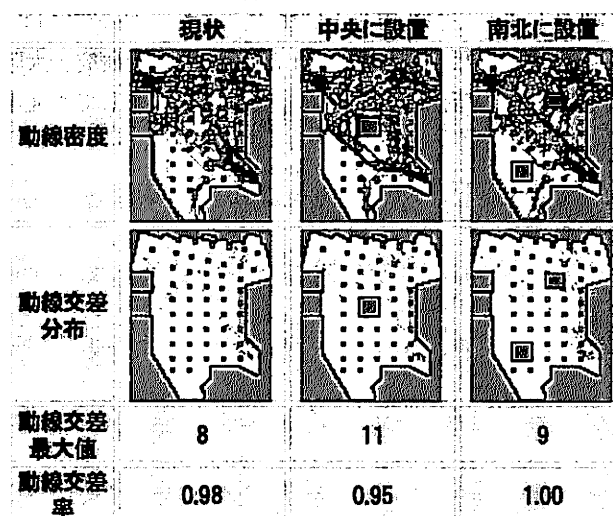


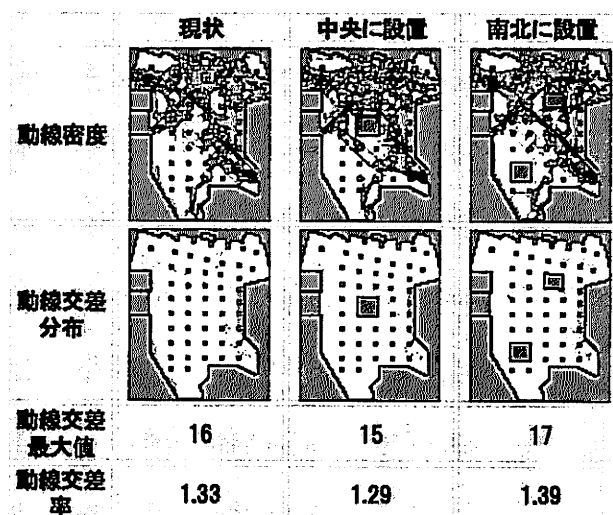
図-5 シミュレーションにおける動線交差の例



(a) 朝の時間帯



(b) 昼の時間帯



(c) 夜の時間帯

図-6 待合せ場所の設置位置による動線の変化

6. まとめ

本研究では、大阪ガス（株）の行動観察手法、及び

(株) 日立製作所の人流シミュレーション技術を用いて、既存地下広場の改善方法を検討し、検証を行った。JR大阪駅近辺の調査対象広場において行動観察調査を実施した結果、夕方に広場で待ち合わせをすることによって、通行できる領域が狭くなり歩行しづらくなることが分かった。人流シミュレーションによって待ち合わせをする人が新たな待ち合わせ場所へ移動した場合に広場の通行がどのように変化するか検証を行い、広場中央付近に待ち合わせ場所を設置した場合、歩行者の動線が交差する割合が減少し、通行の危険性が低くなることが分かった。

謝辞：本研究においてご指導いただきました、大阪工業大学 リエゾンセンター長：村橋正武教授に、この場をお借りしましてお礼申し上げます。また、本研究においてご指導いただきました、都市地下空間活用研究会大阪分科会会員の皆様にも、この場をお借りしましてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 松波晴人：行動観察を用いたサービスサイエンスによるサービスの視覚化，論文集「計測と制御」第 48 巻 5 号， pp.405-410， 計測自動制御学会 (2009)
- 2) Sasser, W Earl, Olsen, R Paul and Wyckoff, D Daryl., 1978, : Management of Services Operations, Massachusetts: Allyn & Bacon
- 3) Tom Kelley, 2005, The Ten Face of Innovation, p25, Currency/Doubleday
- 4) Hall,E.T. : The hidden dimension. New York: Doubleday, 1966
- 5) Hamada, T., et al. : A Tree-dimensional Pedestrian-flow Simulation for High-rising Buildings, In Umeo, H., et al. (eds.) ACRI2008 LNCS, vol. 5191, pp.417-424, Springer, Heidelberg, 2008.
- 6) 浜田朋之, 岡田祐子, 森下信, 梅津充幸, 大釜みち代 : 公共空間における滞留行動評価のための大規模群集シミュレーション, 情報処理学会第 72 回全国大会公演予稿集(第 2 分冊), pp.83-84, 2010.