生活行動シミュレーションを用いた人間適合型生活空間設計支援システム －行動生成モデルの検証－

○保手浜勝 ((株) 大阪ガス)

A Residential Space Design Support System by Simulation of Human Behavior
- Experimental Verification of a Behavior Generator -
Masaru Hotehama (Osaka Gas Co., LTD)

1. はじめに

現在、工場などの空間の設計時に人間と空間の適合性を事前に評価するためのツールとしてコンピュータマネキンがある。これは、コンピュータの画面上に3次元の仮想空間を作りそこで人間のモデルに様々な姿勢や行動を取らせて人間と空間の適合性を事前に評価するものである。これによりにいろいろなタイプの人間や空間を生成し、製品試作の時間・コストを軽減できるものである。しかし、既存のコンピュータマネキンでは、コンピュータマネキン自身が「手が届かないから歩く」等、行動をするための判断を行うことはできない。また、マウス操作やモーションキャプチャリング等で一度姿勢・行動を生成しても人間の身長や空間の配置・高さ等を変えると手が届かなくなるなどの問題が生じ、再度姿勢・行動を生成する必要がある。そこで本研究では、上記問題を解決するために、人の身長や空間の配置に左右されずコマンドで簡易に操作できるコンピュータマネキンの行動自動生成システムを開発した。

2. システム概要

図1に本システムの概略図を示す。本システムの特徴は、以下のとおりである。

- 1) 煩雑なマウス操作やモーションキャプチャリングなどでなく、“Watch”や“Reach”など簡単な行為コマンドで行動生成が可能
 - 2) 同じ目的の行為であれば、異なる人間モデルや空間のレイアウトでも同じコマンドで行動生成が可能
 - 3) MODAPTS 法¹⁾をコンピュータマネキンに適用しており動作時間の予測が可能
- 行為コマンドとは、以下に示す11つの基本動作関数を時系列に羅列したものでそれを実行することにより1つの行為をなすコマンドである。

- ①Reach 関数 (物に触れるまでの動作)
- ②Grasp 関数 (物を握る動作)
- ③Move 関数 (物を動かす動作)

- ④Put 関数 (物を置く動作)
- ⑤Release 関数 (物を離す動作)
- ⑥Posture 関数 (特定の姿勢)
- ⑦Watch 関数 (物を見る動作)
- ⑧Pull 関数 (物を体に引き寄せる動作)
- ⑨Fire 関数 (コノを点火する動作)
- ⑩Lock 関数 (指定した方の手を固定する)
- ⑪Unlock 関数 (手の固定を解除する)

ここで、Reach 関数、Put 関数、Fire 関数は、人DBからその人の筋力レベル、身体寸法を呼び出し、物DBから対象物の質量、持ち方(両手か片手)、位置情報等の特性を呼び出す。これをもとに、空間と自分との関係を条件判断式により判断し、手が届かなければ移動・姿勢変更を自動的に行う。これにより従来ユーザがその都度判断していた次に行うべき動作をコンピュータマネキンが判断、実行することを可能とした。条件判断式は、被験者実験により導出した(身長153~180cmの男子学生5名および主婦10名)。また、Posture関数は、予め関節角度情報として姿勢DBに登録された姿勢を形成する関数である。これら各関数によりコンピュータマネキンの行う動作を決定し、可視化部によりアニメーションを作成、実行する。

図1：システム概略図

MODAPTS 法では、観察者が作業者を観察してどの部位が動いたかを記録し、それに対応した動作時間を算出する。コンピュータマネキンはどの部位が動いたか関節角度より判断できるので、MODAPTS 法を動作時間推定用に本モデルに組み込んだ。これにより、従来のようにユーザが動作時間を入力することなく自動的に動作時間の予測が可能となった。

3. モデルの検証および考察

実際の調理行動を想定して姿勢予測および動作時間予測の精度を検証した。

方法

被験者：30～40代の主婦5名（41.4±2.5歳）

行為：姿勢変化の大きい20の調理行為（表1）

計測：動作時間および姿勢（ビデオカメラ）

表1 計測した行為

持ち方	場所		場所		組合せ
片手 または 両手で	上戸棚	から鍋を 取り出し	調理台	に置く	2×5 =10通り
	下戸棚				
	冷蔵庫				
	冷凍室				
	野菜室				
片手 または 両手で	調理台	の鍋を つかみ	上戸棚	に入れ る	2×5 =10通り
			下戸棚		
			冷蔵庫		
			冷凍室		
			野菜室		

結果

図2に実測した行為時間とシミュレーションにより得られた行為時間の比較結果を示す。平均誤差率は8.4%であった。最も誤差率の大きかった行為はNo.9の「片手で冷蔵庫を開けて鍋を取り出し、調理台に置く」行為で20%の誤差率と

図1 実験結果とシミュレーション結果の比較

なった。この主な原因は、実験では扉に当たらないように遠くに立って開けた後に1歩踏み込んでいたのが、シミュレーションでは避ける動作を行えないため始めから近くに立っているため実験結果より動作時間が短くなったものと考えられる。

次に、姿勢に関して検証を行った。姿勢は実験結果とシミュレーション結果のOWAS法²⁾による姿勢評価の一致率を指標とした。今回実施した20行為中に以下に示す4つの瞬間について各被験者で43箇所比較した（違う行為でも同じ姿勢の場合、重複して評価することは避けた）。

- ・ 扉を開ける直前
- ・ 鍋をつかんで運ぶ直前
- ・ 扉を閉め終わった瞬間
- ・ 鍋を置いた瞬間

その結果、姿勢評価一致率は92.9%と高い結果が得られた。最も誤差の生じた行為はNo.20の「片手で調理台の鍋をつかみ冷凍室に入れる」行為であるが、冷凍室（冷蔵庫最下段）に鍋を入れるときおよび扉を閉めるときに、「しゃがむ」人と「かがむ（中腰）」の人がいたためである。

4. おわりに

コンピュータマネキンの行動生成技術（行動生成モデル）の概要とその検証結果について報告した。5名の主婦により実験結果とシミュレーション結果を比較したところ、動作時間の平均誤差率は8.4%、OWAS法による姿勢評価一致率は92.9%といずれも実験結果とシミュレーション結果がよく一致した。

今後の課題としては、①障害物を自動的に避ける、②複数人で同時に作業する、③介護など人に対する行為、などを可能とするアルゴリズムの改良が挙げられる。

参考文献

- 1) 日本モダプツ協会編：「モダプツ法実践マニュアル」，技報堂出版，1995，2000
- 2) OWAS: Ovako 式作業姿勢分析システム ,<http://homepage2.nifty.com/aseo/owas.htm#owas7>