

## ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト事後評価（予備評価）報告書

【研究総括】 五十嵐 健夫（東京大学 大学院情報理工学系研究科 コンピュータ科学専攻／教授）

【評価委員】（五十音順）

岸野 文郎（委員長；関西学院大学理工学部人間システム工学科／教授）

須永 剛司（多摩美術大学情報デザイン学科／教授）

田所 諭（東北大学大学院情報科学研究科応用情報科学専攻／教授）

中島 秀之（公立はこだて未来大学／学長）

### 評価の概要

現在、一般ユーザにとって、情報技術や日常使う身の回りの多くの道具は、主として与えられた環境や製品を利用するという受け身での関わりあいである。また、日本の技術力が先行していると思われるロボットについては、ハードウェアだけではなく、どのように動作を指示するかといった使う側の視点に立った研究が不足している。人間がより豊かな生活をおくるためには、自らの感性と想像力によって何かを創り出し、それらを自己表現として発信していく手段が求められるとともに、ロボットを使う側に立ったロボットとのインタフェースの観点からの研究開発力も求められる。

ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクトは、このような背景のもと、一般ユーザが、3次元CGやアニメーションなどを駆使したメディア表現を行ったり、自分が使う衣服や家具などの道具をデザインしたり、ロボットの行動を自分用にデザインすることを可能にするため、などのソフトウェア技術基盤を創出することを目指している。この技術基盤が、個人が手軽、かつ、自由に個性や感性を生かした自己表現や、道具や生活用品のデザインや製作する創造活動を行うためなどのツールや環境をコンピュータ技術で実現することにつながることを期待される。

本プロジェクトは、五十嵐総括のリーダーシップのもと、映像表現、生活デザイン、ロボット行動デザインの3つのグループが、一般ユーザにとって簡易に利用可能なインタフェースデザインの実現のため連携し、効果的に研究活動が実施されている。これまでにない新しいヒューマンインタフェースがいくつも提示されるなど、研究成果も順調に生まれていると評価できる。さらに、この分野の成果の利用シーンは多岐にわたることから、産学的・社会的価値の創出に大きく寄与することが期待できる。残る研究期間で、一般ユーザや社会が求めるインタフェースは何か、という観点を加えて研究を推進し、これまで以上にイノベーション創出への流れを提示することを期待する。

本プロジェクトは個々人が創造力を発揮できる社会の実現のためのビジュアルコミュニケーションやソフトウェアの技術基盤を創出し、斬新なインタフェースを提示するなど、将来の情報通信技術に新たな局面を示した。以上の点から、本プロジェクトが卓越した研究水準にあることが認められ、戦略目標「メディア芸術の創造の高度化を支える先進的科学技術の創出」に資する成果が得られると評価する。

## 1. 研究プロジェクトの設定および運営

### 1-1. プロジェクトの全体構想

今日、一般のユーザは、デジタル放送の視聴や Web のブラウジングなど、受け身で情報技術を使い、日常使われている身の回りの多くの道具は、プロのデザイナーがデザインした大量生産商品を消費することで我々の生活が成り立っている。しかし、人間にとって真に豊かな生活の実現のためには、自らの感性と想像力によって何かを創り出し、それらを自己表現として発信していく手段が求められることが想定される。また、日本の技術力が先行していると思われるロボットについては、いかに安定して動作させるか、いかに賢くするか、など作る側の立場からの研究開発が主流であり、どのように動作を指示するかといった使う側の視点に立った研究が不足しており、使う側に立った技術開発を行い、ハードウェアだけでなく、ロボットとのインタフェースの観点からもわが国の研究開発力を高めることが必要である。

そのような背景のもと、本プロジェクトでは、「これまでにない高度なビジュアルコミュニケーションおよび自己表現を手軽に行うことを可能にするソフトウェア技術基盤を築き、個々人が創造力を発揮できる社会を実現すること」を目指して研究開発を実施している。具体的には、一般ユーザが、3次元CGやアニメーションなどを駆使したメディア表現を行ったり、自分が使う衣服や家具などの道具をデザインしたり、ロボットの行動を自分用にデザインすることを可能にすること、などの技術基盤を創出することである。この技術基盤が将来的には、個人が手軽、かつ、自由に個性や感性を生かした自己表現を行ったり、道具や生活用品のデザインや製作をしたりする創造活動を行うためのツールや環境をコンピュータ技術で実現することにつながることを目的としている。

一般ユーザが自らの感性に従ってデザインできることは、新規性が高く、豊かな生活の実現・維持のために、重要性が増してくると考えられる。「映像表現」、「生活用品」、「ロボットの行動」のデザインは、挑戦的な課題であるが、「ユーザインタフェース研究の立場から、高度なビジュアルコミュニケーションと自己表現を可能にするソフトウェア基盤技術を構築する」という目標は、これからの社会に求められる技術の射程であり、10～20年後には一般的となる可能性が高いと期待できる。そのため、この分野において先端的な科学技術を研究開発することは、我が国の産業競争力という観点から、重要な項目の一つであることは間違いない。以上から、本研究プロジェクトの全体構想は ERATO にふさわしいものである。

### 1-2. プロジェクトの枠組みや研究体制、および研究活動の状況

本プロジェクトの研究は、東京都文京区小石川に設けた事務所で実施されており、主だった設備を本事務所に設置している。ビルのワンフロアを見通しよく設計されたレイアウトは研究交流を円滑に実施できるものであり、事務所の広さ（373m<sup>2</sup>）も本プロジェクトの研究分野を考慮すると十分である。一部慶應義塾大学においても研究を実施しているが、定期的な会議に加え、必要に応じて TV 会議等で意思疎通を図りつつ研究を実施しており、プロジェクト運営はスムーズに行われていると言える。

本プロジェクトでは、計算機上での 2D あるいは 3D 表現とその操作という技術の中核にしながら、映像表現、生活デザイン、ロボット行動デザインという三つのグループをまとめている。これらのグループは本プロジェクトの存在なしではバラバラの研究集団であったと思われるが、それを研究総括のリーダーシップのもと、非熟練ユーザが容易に使いこなせるデザインを目指したインタフェースデザインの思想を横串として連携させつつ、

効果的に運営されていると評価できる。また、個々の具体的テーマは多岐にわたっており、表面的には総花的との印象を与えてしまうこともありうるが、その裏には研究総括の一貫した思想が通っており、将来的にこれらがまとまると大変良いものになると考える。技術的、研究的な成果は卓越しており問題ないと評価できるが、今後社会へどのように展開されていくかのビジョンを示すことも重要であり、残りの期間で是非とも検討して欲しい。

また、プロジェクトに参加した若手研究員が研究実施期間中にすでに新たなポストに就いてステップアップしている。国内のみならず、海外の研究員も母国でキャリアアップしており、本プロジェクトの研究成果が、国内外で高く評価されていることを示唆していると言えよう。

## 2. 研究成果

### 2-1. 映像表現グループ

映像表現グループは、3次元形状表現やアニメーション表現などを手軽に行うための技術の研究を行い、最適化手法を利用した局面生成アルゴリズムの応用や社会生活におけるさまざまな場面での視覚的情報伝達を豊かにするツールの開発を目指しており、これらの研究は五十嵐総括が従来行ってきた研究が中心となっている。曲面からなる3次元形状のCG表現は、従来は非常に困難な作業の基に実現されていたが、これを解決するための新しいCGデザインの方法論を提案している。また、スケッチによる入力によるCGデザインを容易に行えるヒューマンインタフェースは、オリジナリティが高い研究開発成果である。肝臓の病変の説明、心臓手術の手順の説明への応用展開などは新規性があり、インパクトのある研究であり、同時に、実用的な利用をプロジェクトの中で推進していることは、たいへん意義深く、産業・社会的にも、適用が進んでいくと容易に想像される。

成果の一例を挙げると、「コミック表現を用いたヒューマンモーションデータの可視化、ブラウジング検索、システムの提案」は、スクリーングラフィックスを応用する認識の拡張という観点で、ユーザインタフェースの技術研究所産としていずれも興味深い。そのシステムを利用してみたいと希望するポテンシャルユーザとの協働によって、さらに現実の表現ツールになる可能性が感じられる。さらには、プロジェクト内で発展させ、コミック表現によるモーションデータの可視化など、新しい方向性への適用を図っていることも、高く評価される。実時間のシミュレーションを伴うデザインインタフェースの技術は他に例を見ず、一般の人が様々な情報発信を手軽にできるようになることを期待させる成果であり、世界に誇れるものである。

一方で、これらの成果を人々にどのように受け止められ、利活用する道具として形作られ使われていくかが非常に必要であり、ユーザインタフェース・デザインを展開することが求められる。その際には、現時点での成果の利用（実験）において、ユーザがどのようにそれらを利用するのか、どのように操作を遂行するのか、その遂行からユーザがいかに意味と価値を手に入れているのかなどを明らかにすることが必要となり、それらの利用においてユーザの経験とその質を捉え、どの程度の有効性を発揮するかを定量的に評価することが、今後の課題として重要と考える。

### 2-2. 生活デザイングループ

生活デザイングループは、実際の世界に存在する事物のデザインのため、重さ、慣性、柔軟性、大きさ、などを物理シミュレーションに取り込む研究や、デザイン作業の支援に

特化した必要最低限のシミュレーションに焦点をあわせ、これまで不可能と思われていたデザインを行う研究などにより、日常で使用する道具や生活用品を自らデザインできることを目指している。

慣れないユーザにも使い易いインタフェースを提供するという目標のもとに、技術オリエンテドではない研究開発が進められ、これまで不可能と思われていたデザインを行うための新しい CAD ヒューマンインタフェースを提案している。スケッチにより 3 次元形状を入力する方法、それに対して有限要素法などの物理シミュレーションをリアルタイムに併用しながら設計を改善していく手法、また、座り心地やバランスのシミュレーションを行いながら設計を進めていく方法、など、インタラクティブに CAD デザインを進めていく方法論は、大変オリジナリティが高い研究開発成果である。コアとなる技術をもとにして、物理ベースのインタラクティブなインタフェースデザインという新しい方法論に大きく発展させたものと考えられ、斬新で革新的な成果が得られつつあると評価でき、「未来を見ながら設計を行う」というデザインパラダイムを具体的に見いだしている点も、ユーザインタフェースの研究成果としても興味深い。これらを実際にヘアスタイリングの支援や、鉄琴の設計、いすの設計など、身近にある生活用品のデザインに適用していることは、本技術の産業的・社会的価値を実証している。

新規の技術提案で終わらせないためにも、示された研究成果がデザイナー等によってどのように使われていくか、そのために必要なユーザインタフェース・デザインは何かという視点での研究も深めていくことが必要である。そのための課題として、本プロジェクト発足の原点の 1 つでもある「日常で使用する道具や生活用品を自らデザインできる」の中に示されている「自らデザインできる」こととは何かを深く考察することが求められ、有効性のユーザ評価が今後の課題である。例えば、実装した技術の利用により、「ユーザによるデザインができた」ことではなく、「ユーザが何をどのように表現したかったのか」などについても研究者が考察することも重要で、これらの技術の利用に関心をもつユーザの行為と認識についての考察や調査に関連した研究等が加わるとさらに現実に即した成果に近づくことが期待できる。

### 2-3. ロボット行動デザイングループ

ロボット行動デザイングループは、今後家庭でも広く使われることが期待されているロボットに対して、一般ユーザが行動を指示する方法についての研究を行い、ユーザへの負担が少なく操作が容易な方法の開発や、ロボットと人間との間で情報をやり取りするための方法の提案を目指している。

ロボットの行動を指示するための方法論は、ティーチングペンダントによる方法、ロボットを外力によって動かしながら教示する方法、運動を見せてロボットがそれをまねる方法、力などを与えてロボットがそれをまねる方法などがこれまで提案され、実用化されてきた。今後、ロボットが人間に身近な生活空間で広く使われるようになると予測されているが、そのためには、より容易にロボットが行って欲しい動作を伝える手段が必要である。この問題に対しては、いろいろな試みがなされているものの、未だ実際の生活内で使えるレベルには至っていない。本プロジェクトでは、これらの現状を踏まえた上で、人間の生活空間を主たる対象として、ロボットの行動をより直感的に教示し、プログラミングすることに主眼を置いた、オリジナリティの高い方法論を提案している。また、携帯電話やインターネット端末をはじめとする IT 機器は、その操作性が非日常的であるため、老人などの情報弱者や一般ユーザの人がそれらの可能性を広く認識できていないという問題がある。本プロジェクトはこのようなインタフェースのデザインを根本から変えようとするものであり、その社会的影響の大きさは計り知れない。

成果の一例を挙げると、カードによる作業の指令や写真による物体配置の指示は、静止映像を利用した新しいインタフェースである。ペンストロークやレーザーポイント軌跡によるコマンド、天井カメラ映像上でのドラッグ&ドロップ、指の擬人操作による操作指示、CG 重畳表示によるタッチ式指令などは、運動を利用した新しいインタフェースである。また、それらを実現するために、プッシング計画、ケーブル交差を避ける経路計画アルゴリズムなど、基礎研究にも同時に取り組んでいる。これらはいずれも本プロジェクト内での発展研究であり、新しい方向性が見いだされたものと考えられる。

さらには、これらの成果を基にして家電品の操作インタフェースに発展させ、ロボットの普及を待たずして、より近い将来に実用化が図られるような研究開発を行っていることも、産業・社会的観点から高く評価される。本研究成果の最も大きな意義は、将来の可能性のある様々な手法を非常に多数試行しているところにある。このようなボトムアップ的な試行から、はじめて、将来に決定版となる方法論がデファクトスタンダードとして成立していくと思われる。その観点から、本研究は極めて革新的で意義深いと考える。

提案した方法論が実際の生活空間で、ユーザにどのように使われていくか、それによってどのように人間の生活を変革していくか、など、社会実装面からの定量的評価が、今後の課題である。例えば、プロジェクトの次なる課題として、「一般のユーザが行動を指示するための方法について研究する」とあるが、「行動を指示する」こととは何かを深く考察することが重要である。

以上ここまで、本プロジェクトの根幹である3つの大きなテーマの研究成果について述べてきた。

3つのグループについて、それぞれが高い研究開発成果を上げ、ERATO 制度にふさわしいユニークなものであり、良好な研究活動を実施していると評価できる。また、研究の過程で新しい方向性への発展も見られ、有益な作用をもたらしていると考えられる。特に、これまでにはない新しいヒューマンインタフェースを提案し、実用化を図ろうとしていることが意義深い。デザイン、CAD、ロボット運動設計の分野は今後ますます重要になると期待されているが、決定打と言えるような方法論は未だ存在せず、本プロジェクトにより新しい流れが創られると期待できる。加えて、五十嵐総括をはじめプロジェクトに参画している各員の研究成果を積極的に応用しようとしているところも高く評価できる。この分野は産業的にもますます重要となることから、産業的・社会的価値を生み出していくことは間違いないと思われる。

そのためには、一般の人々が何を創造したいと考えているのか、一般の人々が希望するビジュアルコミュニケーションとは何かを把握すること等のデザイン研究への展開や、研究成果が生活空間などにどのような変革をもたらすかなどについてのユーザの定量的評価については現時点ではなされていない。残りの研究期間では、社会的インパクトを重視した活動を期待したい。全チームで一つのシステムをくみ上げることに注力すれば更なる成果が生み出されることが期待できる。

### 3. 総合評価

本プロジェクトは、スケッチによる入力によるCG デザインを容易に行えるヒューマンインタフェース、非人工物の物体の設計を行うための新しいCAD ヒューマンインタフェース、ロボットに行動をより直感的に教示するためのインタフェースなど、これまでにならぬ新しいデザインインタフェースの技術基盤を確立しつつあり、今後の実用化へ向けた潮流を生み出すところまで研究が進んでいると評価できる。

本研究分野におけるトップカンファレンスであるSIGGRAPH,CHI,UIST にすでに論文が掲載されるなど、学術レベルにおいて高い研究成果を出していることに疑念はなく、ま

た、テレビ等のメディアに再三取り上げられるなど、学术界のみならず、一般利用者からの関心が非常に高く、社会・産業的成果につながることを期待できる。

本プロジェクトに人文社会や芸術分野の研究者等の参加やアドバイスを受けることで、一般の人々の利活用にさらに接近する成果を導出することができるはずである。残る研究期間でプロジェクトの範囲をそこまで拡張するとともに、プロジェクト成果全体をどのように社会還元につなげるかの観点を今以上に研究に加えることで、イノベーション創出に近づくことを期待する。

以上、ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクトは、卓越した研究水準を示し、戦略目標「メディア芸術の創造の高度化を支える先進的科学技术の創出」に資する成果が得られるであろうと評価できる。

以上