

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月11日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500193

研究課題名（和文） ジェスチャ操作と図形描画を区別できる
スケッチ入力インターフェースの開発研究課題名（英文） Development of a sketch-input interface that distinguishes
between gesture operations and figure-drawing operations

研究代表者

佐賀 聡人（SAGA SATO）

室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90270793

研究成果の概要（和文）：我々は、実用的なスケッチ入力作図システムの実現を目指し、描画時における曖昧を情報として活用するというユニークで一貫したコンセプトに基づいたスケッチ入力インターフェースの研究を継続的かつ統合的に行っている。本研究課題では「ジェスチャを表現する描画動作」と「図形を表現する描画動作」を区別するアルゴリズムを確立した。またこれを利用することにより、ジェスチャ操作と図形描画を区別できるスケッチ入力インターフェースを実現した。

研究成果の概要（英文）：We have been continuously and comprehensively conducting research on sketch-input interface, aiming for practical sketch based drawing system, based on unique and consistent concept of making use of vagueness information while sketching. In this study, we established an algorithm that distinguishes between drawing strokes to be recognized as gestures and drawing strokes to be recognized as figures. Furthermore, utilizing the algorithm, we realized a sketch-input interface that distinguishes between gesture operations and figure-drawing operations

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性インターフェース、ユーザインターフェース、手書き入力、図形認識、CAD

1. 研究開始当初の背景

ペンによる描画動作を直感的な図形入力に活用しようというスケッチ入力IFの研究が従来から進められてきた。しかし、手書き曲線認識技術に重きをおいた研究が行われていないため、CADで用いられる多様で精

密な幾何立体モデリングを行うことは困難であった。これに対し、我々は15年前から手書き曲線認識技術の重要性に着目し、ただ一貫して書き続けるだけで、CAD図形の基本構成要素である7種類の基本幾何曲線（線分・円・円弧・楕円・楕円弧・閉自由曲線・

開自由曲線)の全てを認識させ、さらにこれらを幾何曲線列として配置できる、高度な手書き曲線認識法「FSCI」を開発してきた。そして、FSCIを図形認識エンジンとするスケッチ入力IFを構築することで、これが市販CADシステムと連携できる精密で実用的なスケッチ入力IFとなりうることを実証的に示してきた。

手書き入力による幾何曲線列の認識を実現するためには、手書き曲線を「分割」、「認識」、「スナッピング」する機能、さらに手書き曲線の重ね書きに応じて、これらを「修正」する機能が必要となる。ここで、通常の手続き型IFの場合には、機能ごとにそれぞれ独立に開発されたIFを単純に組み合わせることで全体のIFを構築できる。しかし、一筆ごとの描画動作に応じて一気に全ての機能の動作を完了させ、結果をまとめてユーザに提示する非手続き型の手書き入力IFを実現するには、これらの機能が一貫したコンセプトの下に調和的に動作することが肝要であり、さもなくばユーザが操作結果を予測することが困難になる。そこで、我々は以下のような一貫性のある一連の研究を展開することで、非手続き型手書き図形入力IFの実用化を図ってきた。

(1) 手書き曲線のファジーモデル化: 一連の研究の全てのベースとして手書き曲線の内部表現法「ファジースプライン曲線(FSC)」を提案した。これにより、手書き曲線の「形状」に加え、その描画の「雑さ/丁寧さ」の程度に応じた描画の「曖昧さ/厳密さ」の程度までも、連続量として数式表現することが可能となった。

(2) 一貫性のある認識アルゴリズム群の開発: FSCをベースに、描画の「曖昧さ/厳密さ」の程度を意図表現の「象徴性/具体性」に結び付ける一貫したコンセプトに基づいた認識アルゴリズム群FSCIを開発した。これにより手書き図形入力IFの構築に必須となる機能群が実現された。

(3) 手書き図形入力インタフェースの実現: タブレットPC環境および没入型VR環境を用いてFSCIアルゴリズム群を中核とした2次元および3次元の手書き図形入力IFを実現し、FSCIアルゴリズム群が調和的に動作することを確認した。

(4) 実用手書き図形入力CADの実現: 2次元/3次元の手書き図形入力IFをフロントエンドプロセッサ(FEP)化した「SKIT」/「BlueGrottoFEP」を実現し、これらを実用CADと連携動作させることで実務的な手書き作図システムを実現した。

(1)～(4)の遂行で、「幾何曲線列の入力・配置」という作図作業の基本機能に限っては「ただ書き続けるだけ」で達成できる技術を実現した。しかし、一般に本格的な作

図作業を行う際には、必ず幾何図形そのものの入力の他に、種々のコマンド操作(例えば、「コピー」、「属性の変更」、「文字入力」など)を行う必要が生じる。研究開始当初の状況では、これらについては、メニュー選択型のIFに頼る必要があった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、従来までの図形入力に加えて、コマンド操作までもを一貫した手書きで行える2次元および3次元の「ジェスチャ操作可能な手書き図形入力IF」を実現することであった。そのための具体的な遂行目標として以下の3点を設定した。

(1) 文字や記号を意図して書く「書ストローク」と幾何曲線形状を意図して描く「描ストローク」を描画運動だけから区別するアルゴリズム「書描弁別法」(2次元/3次元)を確立する。特にここでは「ファジースプライン曲線分割法」を基盤に、形状だけでは弁別不可能なストロークの弁別を実現する。

(2) 「書ストローク」を文字認識エンジンで「文字/ジェスチャコマンド」として認識させ、一方「描ストローク」をFSCIで「幾何曲線列」として認識させることで、ジェスチャ操作と図形描画を併用できるスケッチ入力IF(2次元/3次元)を構築する。

(3) 上記(2)のスケッチ入力IFをSKITとBlueGrottoFEPに実装し、実務的な作図作業におけるジェスチャ操作併用の有用性を検証する。

3. 研究の方法

手書きジェスチャ認識には一般的な手書き文字認識技術を利用すればよい。一方、図形のスケッチ入力は我々のFSCIが実現している。しかし、これらの機能をひとつのスケッチ入力IFの中で調和的に共存させるには、ユーザが手書き入力する一本一本のストロークを、ジェスチャを意図したもの(書ストローク)と図形を意図したもの(描ストローク)とに弁別する技術が不可欠となる。手書き描画を文字と図形に判別する技術として、紙面上における文字ストローク長と図形ストローク長の統計的分布を手がかりにするものがあるが、このようなアプリケーション依存の背景知識に頼るアプローチは汎用に適さない。

そこで、本研究ではまず、描画ストロークの一本一本について、その描画運動情報だけを手がかりに、それが「書ストローク」か「描ストローク」か、判別するアルゴリズム「書描弁別法」(2次元/3次元兼用)を確立する。次に、「書描弁別法」と「FSCI図形認識エンジン」および既存の「文字認識エンジン」を組み合わせることで「ジェスチャ操作可能なスケッチ入力IF」を試作する。さらに、このIFを、

我々の開発した SKIT (2次元平面描画) および BlueGrottoFEP (3次元空中描画) に実装することで実務的な作図を行えるジェスチャ操作可能スケッチ入力 IF を実現し、その有効性を作図実験を通して検証する。具体的な研究方法を以下に示す。

(1) 書描弁別法の確立:

本研究では書ストロークと描ストロークの違いを以下のように捉える

【書ストローク】習慣化した描画動作の機械的再現で、空間的広がりに対して素早く曖昧な描画となる。

【描ストローク】形状特徴を表現する描画動作で、空間的広がりに対してゆっくりと厳密な描画となる。

これは直感的には描画速度の違いによる弁別で簡単に実現できそうである。しかし多様な描画ストロークを「空間的な広がり」の指標と「描画速度」との陽な関係という観点から単純に区別するのは困難で、実際そのような手法は知られていない。

我々は、この違いを検出する合理的な方法として「ファジースプライン曲線分割法 (FSC 分割法)」を応用する。FSC 分割法は、元来、一筆のストロークを FSC で表現した上で、描画の一時停止部分を検出し、それらを区切りにしてストローク全体を複数の幾何曲線区間に分割するアルゴリズムである。ここで例えば文字`0`を意図する「書ストローク」と図形`楕円`を意図する「描ストローク」の各々に FSC 分割法を適用すると、形状がほぼ同じでも FSC の特徴に違いが現れ、多くの場合、書ストロークは全体が到る所で停止している一つの「塊」(曖昧な「点」の概念ともいえる)として認識される。FSC 分割法は空間の次元数やスケールに依らず動作可能であり、本研究ではこの FSC 分割法を基盤にすることで2次元/3次元兼用のスケールフリーな汎用的書描弁別法を確立する。

(2) サイズ効果償時間伸縮モデルの構築:

書描弁別法自体は本質的には描画サイズに依存しない。しかし、同じタイミングで描画しているつもりでも描画サイズが大きくなるに従い、人の実際の描画スピードは遅れ気味になる。このようなサイズ効果による書描弁別法の見掛けの特性の変化を補償するために、サイズに応じて描画時間を仮想的に伸縮するモデルをニューラルネットで実現する。

(3) ジェスチャ操作可能スケッチ入力 IF の実現:

(1) と (2) の成果をベースに、「書描弁別法」、「図形認識エンジン FSCI」、および既存の「文字認識エンジン」を中核とするスケッチ入力 IF を試作する。ジェスチャコマンドの類型としては、単純コマンド(Type 1)、対象操作コマンド(Type 2)、およびモード変

更コマンド(Type 3)の3種類を想定する。ここで、Type 2の対象検出には「ファジースプライン曲線修正法」の重ね書き検出アルゴリズムを応用する。

(4) 視覚フィードバック系の最適設計:

ジェスチャ操作による機能充実に従い操作状況が多様化し、ユーザの混乱を招く恐れがある。特に操作がただ一種類「描画」だけに限られる本 IF ではこの傾向が強い。その対処として、ユーザが直感的に操作状況を把握できる視覚フィードバック系の設計を行う。

(5) ジェスチャ操作可能な SKIT の開発:

(4) に基づき (3) の IF を SKIT に実装し、実務的な2次元作図を行えるジェスチャ操作可能2次元スケッチ入力 IF を実現する。

(6) ジェスチャ操作可能な BlueGrottoFEP の開発:

(4) に基づき (3) の IF を BlueGrottoFEP に実装し、実務的な3次元幾何立体モデリングを行えるジェスチャ操作可能3次元スケッチ入力 IF を実現する。

(7) ジェスチャ操作併用の有効性評価:

(5) および (6) で開発したシステムを用いて実務的な作図作業におけるジェスチャ操作可能スケッチ入力 IF の有効性の定量的評価を試みる。また、Web 公開あるいは展示会への出展などを通して一般ユーザや専門家の意見を広く収集し、本格的な実用化に向けての準備を進める。

4. 研究成果

本研究課題の遂行により、「ジェスチャ操作可能な SKIT」(2次元 IF) および「ジェスチャ操作可能な BlueGrottoFEP」(3次元 IF) を実現した。

本研究は、一連の FSCI 関連研究と同様、個別の CAD アプリケーションに依存する背景知識を一切利用せずに、描画運動のみからユーザの描画意図を認識することで、様々な CAD アプリケーションに応用できる高い汎用性を徹底的に追求しているところに大きな特色がある。また、「ファジー点」の概念をベースにした体系的な FSCI アルゴリズム群を基礎とし、描画動作の曖昧さの程度を描画の象徴性と結びつけることで、描画形状だけでは弁別不可能な「図形描画」と「ジェスチャ操作」の区別を実現するところが独創的である。本研究の成果は、単なる「お絵描きアプリ」の開発などではなく、既存の様々な実用作図システムと連携する基盤的スケッチ入力 IF の実現に繋がることに大きな意義がある。

(1) 書描弁別法の確立:「書ストローク」と「描ストローク」の違いを検出する合理的な方法として「ファジースプライン曲線分割

法」を応用し、2次元/3次元兼用のスケールフリーな汎用的書描弁別法を確立した。

(2) サイズ効果償時間伸縮モデルの構築：書描弁別法は基本的には描画サイズに依存しないが、同じタイミングで描画しているつもりでも描画サイズが大きくなるに従い、人の実際の描画スピードは遅れ気味になる。このサイズ効果による書描弁別法の見掛けの特性の変化を補償するためのニューラルネットモデルを実現した。

(3) ジェスチャ操作可能スケッチ入力 IF の実現：(1) および (2) の成果をベースに、「書描弁別法」、「図形認識エンジン FSCI」、および既存の「文字認識エンジン」を中核とするジェスチャ操作可能なスケッチ入力 IF を試作し、2次元環境および3次元環境の両方で「幾何曲線入力」と「コマンド入力」を描画動作だけで区別して入力できることを確認した。

(4) ジェスチャ操作可能な S K I T の開発：(3) で実現した「ジェスチャ操作可能スケッチ入力 IF」を我々が既に開発している2次元手書き作図システム「S K I T」に実装し、実務的な2次元作図を行えるジェスチャ操作可能2次元スケッチ入力 IF を実現した。

(5) ジェスチャ操作可能な BlueGrottoFEP の開発：(3) で実現した「ジェスチャ操作可能スケッチ入力 IF」を我々が既に開発している3次元手書き立体モデリングシステム「BlueGrottoFEP」に実装し、実務的な3次元幾何立体モデリングを行えるジェスチャ操作可能3次元スケッチ入力 IF を実現した。

(6) ジェスチャ操作併用の有効性評価：(4) および (5) で開発したシステムを用いて、実務的な作図作業におけるジェスチャ操作可能スケッチ入力 IF の有効性の定量的評価を試みた。その結果視覚フィード系の調整およびパラメータの学習最適化をさらに進める必要があるという知見を得た。

(7) スケッチ入力 IF のブラッシュアップ：定量評価結果に基づいて視覚フィードバック系の調整およびパラメータの最適化を以下のとおりに進め、IF の使用感のブラッシュアップを行った。

①ジェスチャ／図形描画の弁別状況をユーザが直感的に理解できるよう表示方法を検討し、実装した。

②認識された図形に対する多重解像度のスナッピングの状況をユーザが直感的に理解できる表示方法を検討し、実装した。

③実際に用いるジェスチャパターンに対して弁別率が向上するように弁別アルゴリズムのパラメータの最適化を行った。

(8) 成果の公開：

①「ジェスチャ操作可能な S K I T」(2次元

IF) については、その成果の一部をダウンロード／実行可能なプログラムとして Web で公開した。

<http://sagaweb.csse.muroran-it.ac.jp/skit/>

②「ジェスチャ操作可能な BlueGrottoFEP」(3次元 IF) については、展示会(情報処理学会シンポジウム Interaction 2012, 於日本科学未来館)に出展した。また、これにより一般ユーザや専門家の評価を広く収集し、本格的な実用化に向けての知見を得た。

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4件)

①佐藤和彦, 倉重健太郎, 岡田吉史, 佐賀聡人 : VRソフトウェア開発環境「仮想現実工房」の構築と問題解決型演習への活用, JSET, 日本教育工学会論文誌, 査読有, 35, 2012, pp. 389-398

②佐藤和彦, 倉重健太郎, 岡田吉史, 佐賀聡人 : 学生のやる気を引き出す「見える」ソフトウェア開発演習の実現と評価, CIEC, コンピュータ&エデュケーション, 査読有, 31, 2011, pp. 94-99

③ H. Matsumoto, F. Kichikawa, S. Sasazaki, J. Maeda, Y. Suzuki: Image compression using vector quantization with variable block size division, IEEEJ Trans. EIS, 査読有, 130, 2010, pp. 1431-1439

④西川玲, 佐賀聡人, 前田純治: 手書き曲線同定法 FSCI における幾何曲線列認識性能の改善, 情報処理学会論文誌, 査読有, 51, 2010, pp. 380-390

[学会発表] (計6件)

①櫻庭 康紘: 協同作業可能な三次元手書きモデリングインタフェースの実現, 情報処理学会シンポジウム Interaction 2012, 2012-3-15, 東京

②櫻庭康紘: 協同作業可能な三次元手書きモデリングインタフェースの実現, 平成23年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2011-10-23, 函館

③金子輝良: 制御点に対して平均操作を行うファジィスプライン曲線融合法の提案, 平成23年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2011-10-23, 函館

④山崎貴仁: 三次元手書き作図インターフェースにおける手書き曲線推論ルール自動学習の実現, 平成22年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2010-10-24, 札幌

⑤渡部聡朗: 部分的な幾何学特徴に基づく手書き自由曲線整形法の提案, 平成22年度電

気・情報関係学会北海道支部連合大会，
2010-10-23, 札幌

⑥藤永芳弘：多様な OS 上での動作が可能な
三次元手書き作図インタフェース
BlueGrotto の試作，平成 21 年度電気・情報
関係学会北海道支部連合大会，2009-10-17，
北見

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://sagaweb.csse.muroran-it.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐賀 聡人 (SAGA SATO)

室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90270793

(2) 研究分担者

前田 純治 (MAEDA JUNJI)

室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：00002311

鈴木 幸司 (SUZUKI YUKINORI)

室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：00179269