

言語表現と描画表現の省察プロセスに着目した 設計概念生成支援ツール

Design Concept Generation Support System Focusing on Reflection of Verbal and Drawing Expression

野間口 大*¹ 小寺 裕子*¹ 藤田 喜久雄*¹
Yutaka Nomaguchi Yuko Kotera Kikuo Fujita

*¹大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻
Department of Mechanical Engineering, Osaka University

Sketching activity plays an important role in design concept generation. Many researchers have asserted that design is an iterative process of reflective interaction between thinking design concepts within designers' mind and externalizing them in verbal and drawing expression. Superposition of drawing is the typical operation in concept generation. Designers gradually shape an image by superposing, while concepts are gradually clarified. This paper proposes a knowledge-based sketch tool which manages a draw layer that is a unit of superposition and associates it with expressed design concepts. The sketch tool incorporates a concept network model, which integrates verbal and drawing expression. The tool automatically organizes alternatives of design concepts as well as alternatives of drawing so as to help a designer easily compare with each other and flexibly change an alternative. Those features facilitate designers to reflect the verbal and drawing expression. Its prototype is implemented by a knowledge-based design support framework named DRIFT which we have been developing. An example of coffee maker design is demonstrated in order to show the facility of the proposed tool.

1. はじめに

スケッチは、設計者が持っている各種のアイデアを手短かに表現し、各種の概念を生成していくための重要な手段である。設計者は自分の思考の中に存在する曖昧な概念のイメージをスケッチを用いて外在化し、その内容に省察を加えて「気付く」ことによって言語的表現が可能な概念として具体化し、新しい概念を生成する [Schön 83, 石井 03]。このような概念生成のためのスケッチにおいては重ね描きによって徐々に形状情報を具体化していく操作が一般的に行われる。

本研究の目的は、スケッチと言語表現との相互作用に着目して設計概念生成を支援するための計算機ツールを開発することである。本報ではそのプロトタイプとして、スケッチの重ね描きを柔軟に行うためのレイヤー機能を備え、言語によって表現された概念と各レイヤーのスケッチとを概念ネットワークモデルを用いて関連付けて管理するスケッチツールを提案する。このツールは、スケッチ操作および言語表現に対する操作をすべて記録し、代替案の構造を自動的に生成、管理する機能を備えており、設計者は代替案の比較検討やそれらの切り替えを柔軟に行うことができる。これらの機能により、スケッチと言語表現に対する省察とそれに伴う気づきを促進させることができる。プロトタイプシステムは、著者らのグループが開発を続けている知識管理型設計支援フレームワークである DRIFT [野間口 10] に基づいて開発を行う。コーヒーメーカーの設計例を通じて、提案したシステムの機能の検証を行う。

2. 設計概念生成プロセスの支援に関する課題

2.1 概念について

本研究では「概念」という単語の意味する内容について、吉川らの一般設計学 (General Design Theory; GDT) [吉川 79] における定義に従い、設計解の特徴を表す実体や機能、属性な

連絡先: 野間口大, 大阪大学, 〒 565-0871 大阪府吹田市
山田丘 2-1, Tel: 06-6879-7324, Fax: 06-6879-7325,
noma@mech.eng.osaka-u.ac.jp

どについての設計者の認識や知識という意味で用いる。設計プロセスが進むにつれて設計者は知識を獲得し設計解を特徴づける概念の数が増え、設計解空間が絞られていくことになる。図 1 上部は、コーヒーメーカーの水タンク的设计プロセスにおいて概念の数が増加していく様子を例示したものである。水タンク的设计解が“水を貯める”、“水を供給する”のようないくつかの抽象概念の積集合として表わされている。

2.2 スケッチと言語表現の相互作用

図 1 上部に示すように、設計の概念は最終的には言語表現によって記述することができる。しかしながら、設計プロセスの途中において、多くの概念は言語によって明示的には表現されず、設計者の思考の中で曖昧なイメージとして捉えられている状態に留まっている。そのため、それらのイメージは図 1 下部に示すように、言語表現の代わりにスケッチによって表現されることになる。設計者は、自分の思考の中に存在する曖昧な概念のイメージをスケッチを用いて外在化し、その内容に省察を加えて「気付く」ことによって言語的表現が可能な概念として具体化し、新しい概念を生成していくのである。このようなスケッチと言語表現の相互作用のサイクルによる概念生成のプロセスの様式は Visual thinking と呼ばれる [Goldschmidt 94]。

図 2 は、Visual thinking のサイクルを図式化したものである。このサイクルは、設計者の思考の中にある概念の言語情報およびスケッチによる外在化 (図 2-(1))、外在化された表現に対する省察と気づき (図 2-(2))、概念の更新 (図 2-(3))、の 3 つの行為から構成される。例えば、図 1 に示した水タンク的设计においては、設計者は“水を貯める”、“本体へ水を供給する”といった機能概念から構成される設計解の形状イメージのスケッチを描いた後、穴から水がこぼれないようにストッパーを付ける必要があることに気づき、その結果として、水をこぼさないためのストッパー機構の概念を新たに生成している。

2.3 支援システムの課題と本研究のアプローチ

前節までの議論を踏まえると、概念生成支援システムを構築するにあたっては、図 2 に示した 3 つの行為を支援するために、下記の 2 点が課題となる。

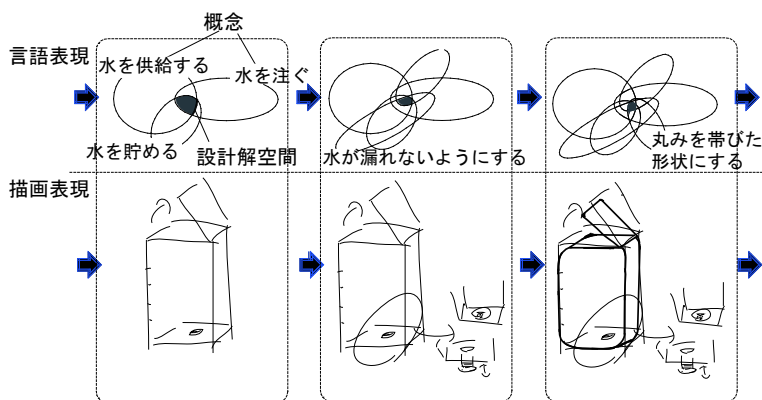


図 1: 概念生成とスケッチのプロセスの例

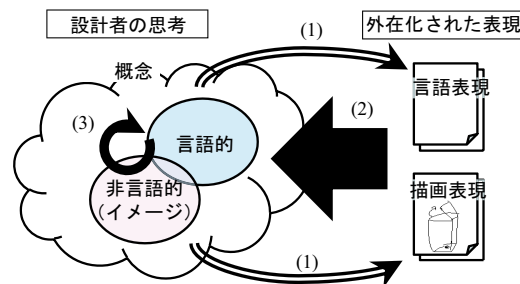


図 2: 言語表現・描画表現と概念との相互作用

1. スケッチ表現と言語表現の両方を取り扱う枠組みの構築
2. 外在化された表現に対する省察を促進する枠組みの構築

従来、概念生成支援のための様々なスケッチツールが開発されている。例えば、スケッチの描画と並行して言語情報によるアノテーションを付加できるユーザーフレンドリーなインターフェースを備えたツール [Zurita 08], 省察を促進するためにスケッチの代替案や議論構造を管理するツール [Bracewell 04], スケッチの履歴を管理して案の切り替えや後戻りを柔軟に行えるツール [Demian 09] などが提案されている。しかしながら、上記 2 点の課題の包括的な解決には至っていない。

本研究ではこれらの課題に対して次のアプローチを取る。まず課題 1 に対して、概念の言語表現を行うためのバリューグラフや機能構造展開図といった概念設計支援ツールと統合されたスケッチツールを開発する。このスケッチツールはレイヤー管理機構を備え、概念生成のためのスケッチのプロセスに特徴的な重ね描きを柔軟に行えるようにし、レイヤーに描かれたスケッチと概念の対応関係を管理できるようにする。スケッチツールと概念設計支援ツールの統合に際しては、概念ネットワークモデルの枠組みを利用する。次に課題 2 に対して、省察と気づきの促進のためには複数案の比較検討が有効であることを踏まえ、スケッチツールに代替案の管理機構を備える。具体的には、概念生成プロセスにおける代替案の構造を gIBIS(Graphical Issue-Based Information System)[Conklin 88] の形式を用いて表現する。

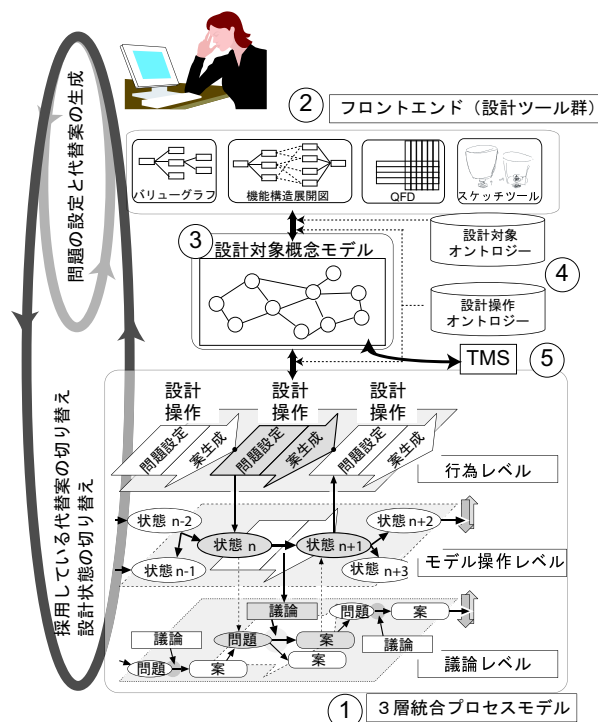


図 3: DRIFT に基づくスケッチシステムの概要

3. システム化の方法論

3.1 概念生成過程の管理フレームワークとしての DRIFT

スケッチによる概念生成を支援するシステムに関して前章までに議論した要件を実現するにあたり、著者らのグループで開発を進めている DRIFT の枠組みを利用する。DRIFT は種々の概念設計ツール (図 3②) が統合された環境で設計者が行う作業のプロセスを自動的に記録、構造化し、そこで検討された代替案を管理して、その柔軟な切替えや代替案選択の根拠の記述を支援するものである。記録された情報の構造化においては取り扱われる概念の関係性をネットワークを用いて表現し、一元的に管理する設計対象概念モデルを用意している (図 3③)。これにより、ある設計ツール上での入力に対し、関連する情報を扱った他のツール上の表現が自動的に更新される。

また、設計者の負担をかけずに設計プロセスを記録するために、行為・モデル操作・議論の 3 層統合プロセスモデル (図 3①)

を備えている。3 層統合プロセスモデルでは、まず、何らかの問題に対して代替案を設定する操作の単位として設計操作を定義する。設計プロセスは問題の設定と案の生成との繰り返しであることから、そのような設計操作の履歴を記録すれば、設計プロセスが表現できるようになる。それと同時に、問題と代替案の対応関係を明示的に把握できるようになり、これを gIBIS モデルを用いて記録する。さらに、設計操作を実行する前後での設計状態を記録することにより、設計状態の推移も記録できるようにする。ここで、設計操作を実行する階層を行為レベル、設計状態の推移を管理する階層をモデル操作レベル、問題・案の構造を議論レベルと呼ぶ。DRIFT では、これらを相互に対応付けることによって、素朴な設計作業の実施と同時に設計プロセスの構造が獲得できるようにする。

3.2 スケッチと言語表現の情報モデル

スケッチは画面上にレイヤーを重ねていきながら線を描くことによって構成される。このようなスケッチの情報を、関連す

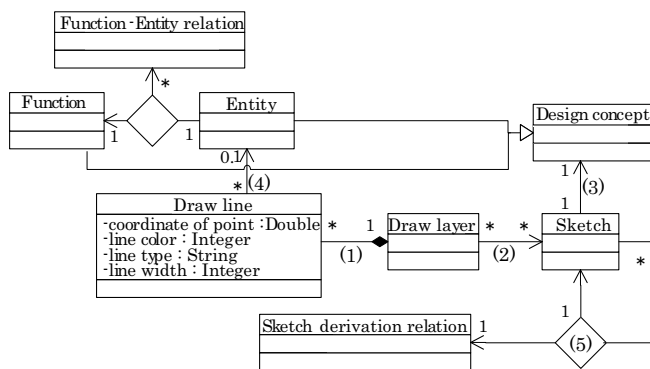


図 4: 概念クラスと関係の定義

表 1: スケッチプロセスにおける設計操作

No.	Issue	Position
1	[Function] のイメージは?	[Sketch]
2	[Entity] のイメージは?	[Sketch]
3	[Sketch] を構成するレイヤーは?	[Draw layer]
4	[Sketch] に描かれている実体は?	[Entity]
5	[Entity] の詳細スケッチは?	[Sketch]
6	[Entity] の別視点スケッチは?	[Sketch]

る言語表現を含め図 4 に示す情報モデルにより管理する。

スケッチの最小単位は線であり、キャンバス上に描かれた全ての線に対して、その色や線種、座標とともに保存する。線はそれぞれレイヤーに属しており (図 4-(1)), そのレイヤーからスケッチが構成される (図 4-(2)). また、テーマとなる概念要素とスケッチを関連付ける (図 4-(3)). 描いたスケッチにはある実体を表している部分もあり、その場合は、対応する線群を選択して実体と関連付ける (図 4-(4)). さらに、あるスケッチ案から詳細化および別視点のスケッチを行った場合にはその関係を図 4-(5) のように表現する。

3.3 スケッチプロセスにおける設計操作の定義

DRIFT における設計プロセス管理の仕組みを用いるにあたっては、スケッチツール上の操作を問題と案の組み合わせの形式のもとで定義しておく必要がある。概念の言語表現に関する設計操作については著者らの既存研究 [野間口 10] であらかじめ定義されているものを利用することとし、本研究では前節で述べたスケッチ情報モデルの定義に基づいて表 1 に示す操作を定義する。すなわち、テーマとなる言語的概念に対するスケッチの設定 (1, 2), スケッチを構成するレイヤーの設定 (3), スケッチに含まれる言語的概念の設定 (4), スケッチと関連するスケッチの設定 (5, 6), の操作を用意する。例えば、対象製品の機能に表現するスケッチを描く場合は、「[機能] のイメージは?」という問題の案としてスケッチ情報を生成する操作 1 が用いられる。なお、表 1 中の [] は操作の対象となる概念であり、それぞれ図 4 で定義した概念名で示されている。

4. プロトタイプシステムの実装と実行例

前節までの内容に基づいて概念生成支援システムのプロトタイプを実装し、コーヒーメーカーの概念設計を行った。システム上で行った設計プロセスの概要を図 5 (a) に示す。その具体的な内容は下記の通りである。

1. コーヒーメーカーの顧客ニーズや機能、構造について設計者が理解している内容を、バリューグラフなどの概念設計支援ツール上で言語表現を用いて記述した (図 5 (a)-(1)).
2. スケッチツール上でコーヒーメーカー全体のラフスケッチを描いた (図 5 (a)-(2)).
3. 水タンクに焦点を当て、水タンクの詳細スケッチを描いた (図 5 (a)-(3)).
4. 水タンクのスケッチを描く過程で、給水口の水漏れを防止する機構が必要であることに気付き、その検討内容を言語表現を用いて記述した (図 5 (a)-(4)).
5. 再びコーヒーメーカー全体に焦点を当て、そのスケッチを描いた (図 5 (a)-(5)).
6. デザイン性が良いことや一人用に適していることなど、評価指標となるいくつかの概念を導入し、それぞれのもとでの複数のアイデアのイメージを描いた (図 5 (a)-(6)~(8)).

システムはこのプロセスにおける操作を全て記録し、gIBIS の形式に基づいて自動的に構造化する。本実行例で生成された gIBIS 表現を図 5 (b) に示す。なお、図 5 (b) 内で、gIBIS のノードに付された括弧付の数字は、図 5 (a) の各場面の数字に対応しており、それぞれの場面で生成された gIBIS ノードであることを示している。

図 5 右側の太枠線で囲まれた部分では「コーヒーメーカーのスケッチは?」という問題に対して、5 つのスケッチの代替案が生成されたことが明示されている。設計者は DRIFT の機能を用いて代替案を切り替え、破棄されたスケッチ案に戻って検討しなおすことも可能である。また、これらのスケッチの比較検討の内容を言語表現によって記録した議論ノードが付加されており、それによれば「デザイン性」などの観点から、現時点ではスケッチ 5 の代替案が採用されていることが明示されている。

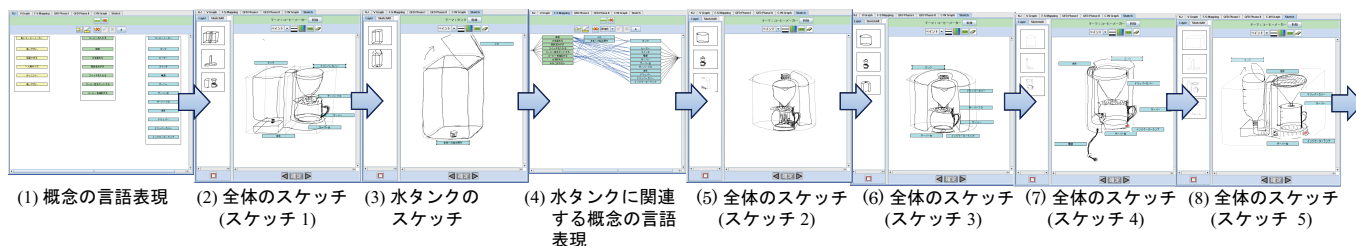
以上の実行例を通じて、スケッチを描きながら概念の言語表現を具体化させていくプロセスを、プロトタイプシステムにより支援できることが確認できた。

5. 結 論

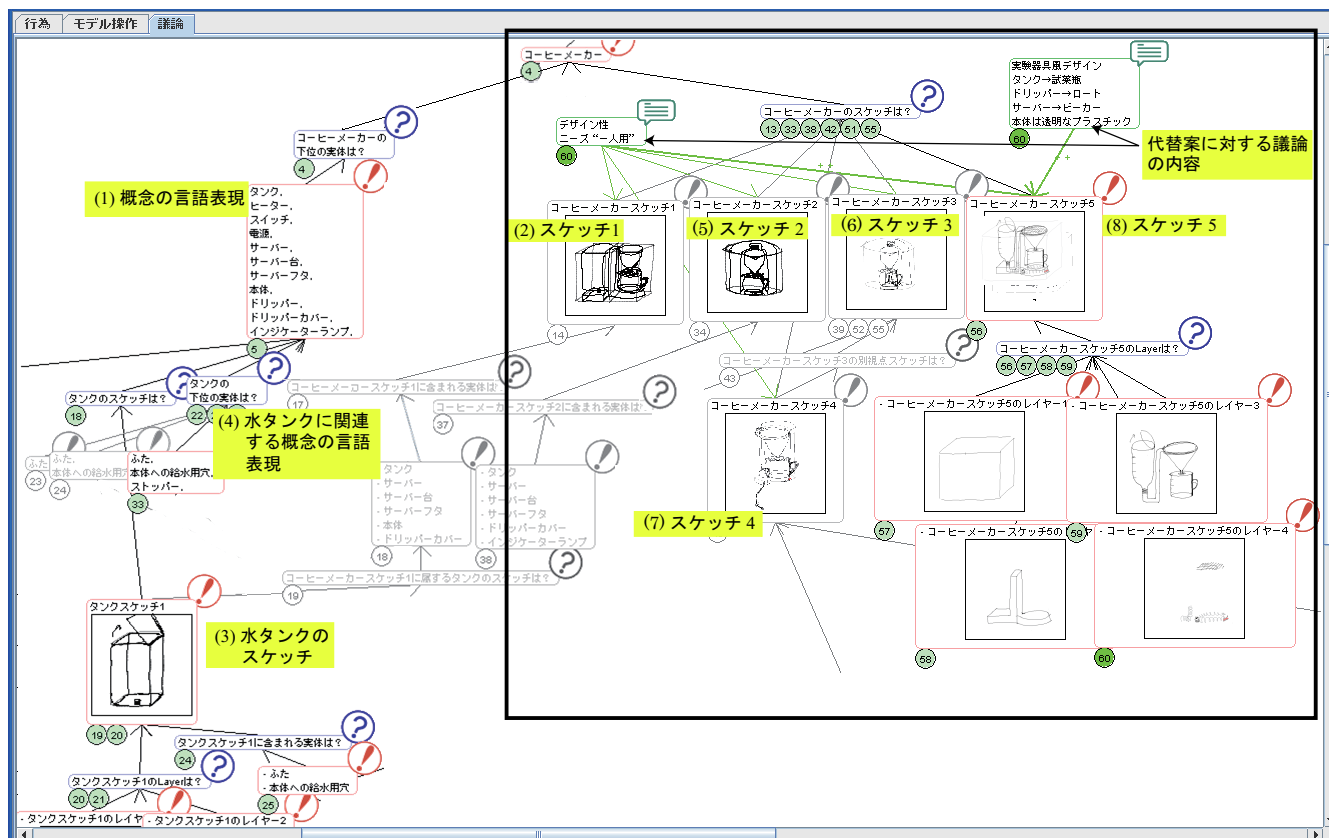
本報では、概念生成プロセスにおけるスケッチ表現と言語的表現の相互作用に着目した設計概念生成支援システムの提案を行った。本システムではスケッチと言語表現による設計概念の外在化を並行して行うことができ、そのプロセスの内容を明示化できることを確認した。また、DRIFT の枠組みを利用することによって代替案の切り換えや比較検討の内容を記述が可能であることを確認した。これらにより概念生成における省察の促進が期待できることを確認した。今後、実際にユーザーに利用してもらうことによって提案したシステムの有効性の具体的な検証と洗練化を行っていく予定である。

参考文献

- [Bracewell 04] Bracewell, R. H., Ahmed, S., and Wallace, K. M.: DRed and Design Folders, a Way of Capturing, Storing and Passing on, Knowledge Generated during Design Projects, in *Proceedings of DETC'04 ASME 2004 Design Engineering Technical Conf. & Computers and Information in Engineering Conf.* (2004)



(a) コーヒーメーカーの設計プロセスの例



(b) システムによって生成されたgIBIS表現

図 5: システム実行画面

[Conklin 88] Conklin, J. and Begeman, M. L.: gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion, *ACM Transactions on Office Information Systems*, Vol. 6, No. 4, pp. 303-331 (1988)

[Demian 09] Demian, P. and Fruchter, R.: Effective Visualisation of Design Versions: Visual Storytelling for Design Reuse, *Research in Engineering Design*, Vol. 19, No. 4, pp. 193-204 (2009)

[Goldschmidt 94] Goldschmidt, G.: On Visual Design Thinking: the Vis Kids of Architecture, *Design Studies*, Vol. 15, No. 2, pp. 158-174 (1994)

[吉川 79] 吉川 弘之: 一般設計学序説: 一般設計学のための公理的方法, *精密機械*, Vol. 45, No. 536, pp. 906-912 (1979)

[石井 03] 石井 成郎, 三輪 和久: 創造活動における心的操作と外的操作のインタラクション, *認知科学*, Vol. 10, No. 4, pp. 469-485 (2003)

[野間口 10] 野間口 大, 藤田 喜久雄: 設計プロセスにおける仮説生成検証の動的展開に着目した設計支援フレームワーク, *人工知能学会論文誌*, Vol. 25, No. 3, pp. 514-529 (2010)

[Schön 83] Schön, D. A.: *The Reflective Practitioner - How Professionals Think in Action*, Basic Books Inc (1983), (邦訳: 省察的実践とは何か - プロフェッショナルの行為と思考 -, 柳沢 昌一, 三輪 建二 監訳, 鳳書房, (2007))

[Zurita 08] Zurita, G., Baloian, N., and Baytelman, F.: A Collaborative Face-to-Face Design Support System based on Sketching and Gesturing, *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 22, No. 3, pp. 340-349 (2008)