

熟練者の視線に基づいた デッサン時の比例法学習支援システムの構築

Construction of proportional perspective model learning support system based on the person skilled in the line of sight for sketch.

寶井 陽平¹ 渡邊 紀文¹ 久保村 千明² 亀田 弘之^{1*}

Yohei Takarai¹, Norifumi Watanabe¹, Chiaki Kubomura², Kameda Hiroyuki¹

¹ 東京工科大学コンピュータサイエンス学部

¹ School of Computer Science, Tokyo University of Technology

² 山野美容芸術短期大学 美容総合学科

² General Department of Aesthetics, Yamano College of Aesthetics

Abstract: In making a sketch, the proportional perspective model is used to replicate the shape of motif precisely. While skilled persons use the proportional perspective model efficiently by setting a base point of motif smartly, beginners have difficulty in mastering the skills, because they are transferred in a verbal way. In this study, we report construction of proportional perspective model learning support system. We also analyzed how skilled persons use the proportional perspective model efficiently by measuring duration time and moving path when gazing a motif. Moreover, a proportional perspective model learning support system was constructed based on the results of analysis, which presents gaze points to beginners when they use the proportional perspective model.

1 はじめに

デッサンは、油彩画や彫刻を始めとしたあらゆる美術的表現の基本となる重要な技法である。しかしながら、デッサンを上達させるには手の動かし方やものの見方などの暗黙知（文章・図表などの形式言語で明示的に表しにくい知識、いわゆる「技能」）が必要であり、現在行われている形式知（文章・図表などの形式言語で表せる知識）のみによる教育ではそれら技能を伝えきれず、上達しにくい。そこで、デッサンの初心者と熟練者の技能的な違いを明らかにし、熟練者が持っている技能をすべて形式知にせず暗黙知を織り交ぜる形で伝達可能にすることで、より効率的な教育方法を提案できると考えた。

初心者と熟練者の間には様々な違いがあるが、本研究では特に熟練者と初心者とデッサンの対象物（モチーフ）を理解する際に差異が生まれるのではないかと考え、比例法という測定方法を研究対象とした。立体であるモチーフを平面である紙に描き写す際にはモチーフの平面的な長さを測定することが必要であり、熟練

者は比例法によってその長さを正しく測定していると考えたためである。

本稿では、初心者と熟練者の間にある比例利用時の注視点の移動及び注視回数をアイカメラにより測定し、モチーフの計測方法の違いを分析する。熟練者特有の使い方を初心者に伝達できるような学習支援システムを構築する。

2 比例法

2.1 比例法とは

比例法とは、モチーフを構成する部分を任意に選びとって基準とし、その基準部分と他の部分との長さ・明暗を比較することでモチーフの形を測定する方法である [1]。デッサンにおいてモチーフをキャンバスに写す際、自分の目で見ただけの大きさに関わらずキャンバスに収まる程度に大きく写し取らなければいけないため、目で見ているモチーフの大きさとキャンバスに描くモチーフの大きさ比例関係が生まれる。こうした差があると絶対的な測定方法では正しくモチーフを写しとることが出来ないため、モチーフの部分ごとに大きさを比較し、相対的に測定を行う比例法が用いられている。ま

*連絡先：東京工科大学コンピュータサイエンス学部
〒192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1
E-mail: kameda@stf.teu.ac.jp

た、比例法ではモチーフの三次元的な形を測定するため、モチーフの長さだけでなく明暗による比較も行う。

図1はモチーフの部分の長さを比較する際の比例法利用の具体例である。ここでは鉛筆を長さを測るためのガイドとして用い、胸像の顔の横の長さを1とすると、顔の縦の長さが1.5に相当する大きさだと決められる。比例法では、こうして基準部分と比較部分を何度も選び比較しあうことで測定を行う。



図1: 比例法使用例

2.2 比例法による長さの測定への着目

デッサンにおいて、描画者は立体であるモチーフを平面である紙に描き写さなければならないため、自分の目から見たモチーフの平面的な形状を大まかに描き写した後、モチーフ自体の色やモチーフにかかる影を明暗によって表現するという手順をとる。始めから明暗を描き始めるより、平面的な形状という外枠を先に描いてから内側に明暗を描き込む方が描き間違いが少ないためである。

また、描画者はモチーフを正しく描き写すとき、モチーフの平面的な形を正しく描き写すことをモチーフの明暗を正しく描き写すことよりも先に注意する必要がある。このとき前者を行っていないと後者を行うことが難しくなるため、比例法による測定では明暗よりも平面的な形状が重視されていると考えられる。

以上のことから、本研究では明暗の測定よりも平面的な形状を測る際の長さの測定に着目した。

2.3 初心者と熟練者の選択部分の違い

一般に、選択する基準部分・比較部分によって比較したときの長さの分かり易さが変わる。前述の図1における顔の縦横比は1:1.5と比較的単純な比になっているが、この比が複雑になると長さを把握するのが困難である。また、胸像の目の長さのような、短い長さを比較しなければいけないときにも困難になる。

長さが分かり易くなることでモチーフの形をより正確に写すことが出来るようになるため、熟練者はこの基準部分と比較部分をよりわかり易くなるように選択しており、逆にモチーフの形を正確に写すことが出来ない初心者はこうした分かり易くなる選択がまだ出来ていないのではないかと推測される。

2.4 視線を利用した比例法の分析

描画者がどの部分を基準部分・比較部分にするのかを明らかにする実験を行う。比例法の使い方を検証するために、デッサン描画者の視線の動向を調べることにした。

岩城らのデッサン描画時における腕動作・視線・認識の分析[2]では、初心者と熟練者の間で腕動作にはあまり違いがないが、視線の動向には顕著な違いがあったという結果が出ている。また、モチーフを幾つかの領域に分けて領域ごとの注視時間を計測した結果、初心者も熟練者も複数の図形が複雑に重なっている領域を長く注視していることが分かり、そうした領域を最重視して長い時間観察していたと結論付けている。しかしながらこの分析では領域ごとの注視時間を調べるのみで、視線がどこからどこへ移動したか、つまりどの部分とどの部分を比較して見ていたかは分かっていない。

本稿では、デッサン初心者・熟練者の視線を分析することを目的とし、視線がどこからどこへ移動したかを評価し、比例法使用時に基準部分・比較部分がどういった傾向で選択されたかを実験により明らかにする。

3 デッサンの学習支援手法

3.1 現在のデッサン教育方法と問題点

現在のデッサン教育は次の(1)~(3)を繰り返すという方法をとっている。(1)学習者がモチーフをキャンバス内に写す、(2)学習者が写した成果を見て指導者が指摘を行う、(3)それを聞いて学習者が手直しをする。この教育方法では(2)の時点で、モチーフと写しとの違いや写す際のコツなどを指導者から学習者に伝達するが、形式知のみを伝達するに留まってしまい、腕の動きや視線の動きといった暗黙知を伝達することが出来ていない。身体的動作を伴う物事の上達において暗黙知は重要であり、例えば自転車に上手に乗れる人は乗り方を主観的な体験を通して理解しているため、言葉(形式知化)として説明することは難しいが、言葉に出来ない知識(暗黙知)として乗り方を理解している。デッサンにおいても、筆の動かし方やモチーフの見方といった、初心者がまだ持っていない暗黙知を熟練者は持っており、それを利用して上手な絵を描くことが

出来ている。しかしながら、形式知では暗黙知のような主観的な体験に基づく知識を記述することが出来ないため、指導者の意図を誤解なく伝達することが難しい。学習者が指導者の指摘を誤解したまま(3)の段階に進むと、指導者の指摘を活かした描画が出来なくなってしまう、試行錯誤の回数が増えてしまうため、この教育方法は効率的ではなく問題があるといえる。

3.2 問題点の解決方法

試行錯誤の回数を減らすためには誤解を招かないように情報を伝える必要があるため、解決方法として(1)暗黙知を形式知に変えて伝える方法と、(2)暗黙知をなるべくそのままの形で伝える方法が考えられる。野中らが提唱したSECIモデル[3]によると、(1)の方法で暗黙知から形式知に変換(表出化)された知識は、伝達された後に個人の中で再度暗黙知に変換(内面化)されることで技能として定着する。しかしこのプロセスは、暗黙知を形式知に変換していることから、主観的な体験に基づく知識が欠落する恐れがあり、誤解を招く可能性が高い。また、デッサン教育は個人間のやりとりが主であり、SECIモデルが利用されているような集団・組織での知識共有が必要ではないため、表出化や内面化のプロセスを踏むメリットは少ない。これらのことから、(2)の方法を軸に教育していくことが望ましい。

また、綿貫はものづくりの技能伝承において、技術文書は暗黙知を形式知に変えて伝達するが、ビデオライブラリは暗黙知を暗黙知として伝達出来ると指摘している[4]。ビデオライブラリは動的で視覚的に分かり易い資料であり、熟練者の動きをそのまま伝えることが出来るため、暗黙知から主観的な体験に基づく知識をなるべく欠落させない形で伝達可能である。このことから、ビデオライブラリ以外でも、動的で視覚的に分かり易い方法であれば暗黙知を伝達するのに有効であると考えられる。ただし、動作を映像で見せるだけでは熟練者の意図が伝わらず誤解を招く恐れがあるため形式化した言葉で動作の意味や動作を行う上での注意点を説明し、補完する必要がある。

3.3 構築するシステム

前述の問題点とその解決策を踏まえ、初心者へ暗黙知をなるべくそのままの形で伝達するシステムを構築する。なお、比例法の使い方には大きな違いがあるという考えから、ここでは比例法の使い方を初心者へ伝達することを主な目的とする。また、デッサン学習支援システムに関する先行研究に曾我らの自動診断によるアドバイス提示システム[5]があるが、本稿では技能伝

承の観点から指導者が知識を伝達する必要があると判断したため、指導者を内部に含むシステムを構築する。

具体的には、アイカメラによってモチーフに対する視線動向を計測できるようにし、計測した視線を表示するディスプレイを用意する。その上で、(1)学習者は自分がどこを基準部分・比較部分にしているのかを意識しながらモチーフを描き写す。(2)熟練者である指導者が学習者が描画した結果に指摘・訂正を行いつつ、自身の視線の動向を計測、同時に可視化し、初心者に見えるようディスプレイに表示する。このとき、指導者は自分が今どこをどういった意図で見えており、どこを基準部分・比較部分としているのか、またそれら部分の長さの比がどれほどなのかを口頭で説明する。(3)学習者は指導者の視線動向と口頭説明を踏まえ、キャンパス内の写しを手直しするだけでなく、モチーフのどこを基準部分・比較部分にするかを意識しつつ描画を続ける。以上の(1)~(3)を繰り返す。

学習者が描画した結果に対し熟練者が指摘を行い、学習者が指摘を受けて描き直すという大まかな流れは従来の教育方法と変わっていない。特に(1)に関しては学習者に自分の動作を意識させた以外に細かな手順は変わっていないため、技能を伝達するという点から見れば(2)から始めても良いように思われるが、学習者が既に提示されている知識に頼り過ぎてしまうと自分で考えることをしなくなってしまう、知識の共有・伝達に支障が出るため[6]、初心者の自発的な知識獲得を促すという意味で(1)を行うこととした。

(2)では、従来言葉による指摘を行うのみであったところを、視線動向を可視化することによって暗黙知を伝えるようにしている。また、基準部分・比較部分とその選択意図、具体的な長さの比を言葉によって説明することによって、暗黙知の伝達を補完している。視線動向を表示することによって、比例法使用時に視線をどう動かせばいいのかわかり易くなるのかを大まかに伝わるが、基準部分・比較部分と選択意図を明示しておくことで、どの部分を選択すれば長さがわかり易くなるのかを明確に伝えることができる。具体的な長さの比を明示することも、どの程度分かり易い比になっているのかを伝えるために有効である。また、視線動向の可視化は図2のように、指導者の視線動向を丸で表示し、それがどこからどこへ移動したのか(どの部分を基準部分・比較部分にしたのか)がわかり易くなるよう、視線の移動を矢印で表示する。

ただし、指導者が自分の行ったことを口頭で説明する際、熟練者がそのとき選択した基準部分・選択部分が必ずしも分かり易い比になっているとは限らず、有効でない比較をしてしまうことも考えられる。また、初心者・熟練者の視線動向にどういった傾向があるのかを明確にしておけば、それらの比較から初心者が具体的に視線動向をどう変えていけば良いのかが伝えること

が可能になると考えられる。よって「熟練者はこうやってわかり易くなる部分を選択している」というような熟練者の視線動向の理想モデルを考案し、それに準ずる形で基準部分・比較部分を選ぶことが必要である。

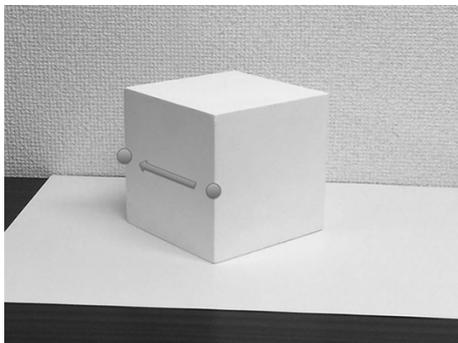


図 2: 視線動向伝達時の画面

また、(3) では (2) を受けて学習者が手直しを行うが、このときどこを基準部分・比較部分にしているかを意識しつつ描画を行うことで、指導者の指摘を活かすことが出来る。

4 実験

4.1 実験目的

前述したシステムの内容 (2) において、熟練者の視線動向の理想モデルの考案が必要であるため、本実験では理想モデル考案を目的として、熟練者がどのような傾向で基準部分・比較部分を選択しているのか、また初心者と熟練者との視線動向にはどのような違いがあるのかを明らかにする。

4.2 実験方法

熟練者がどのような傾向で基準部分・比較部分を選択しているのかを明らかにするために、熟練者 2 名 (デッサン経験年数: 20 年以上, 1 年半) のデッサン描画時のモチーフに対する視線動向を記録し、視線がどこからどこへ動いていたかを計測した。また、始めにみていた部分を基準部分、あとに見ていた部分を比較部分であるとした。モチーフを描き写す際には、短い時間で比較を行ったあとキャンパスを見て描き、また比較をするためモチーフに目を向けるといった流れがあると仮定し、いずれかの二箇所を見た後にモチーフから目を離しキャンパスを見たら、そのタイミングを計測の区切りとし、その区切り間での視線動向から基準部分、比較部分を測定した。また、キャンパスをみた回数および比較を行った回数を明らかにするために、この区切りの回数もカウントした。

また、何度も繰り返し比較を行っていた部分は描き写す上で重要な部分であると考えたため、基準部分・比較部分の選択回数の計測も行った。

さらに、視線情報だけでは分からないこともあるため、描画中に自分が今どの部分の何に注意して描いているのかを口頭で説明してもらい、録音した。

初心者と熟練者との視線動向の違いを明らかにするために、初心者 2 名 (デッサン経験年数: どちらも半年以内) にも同様の実験を行った。

4.3 実験手順

モチーフとなる画像を 3 種類用意した。画像は簡単な形状の静物 (立方体)、複雑な形状の静物 (鉢植え・瓶・紙風船)、胸像 (青年ブルータス) である。この 3 種類は学習者が初期にデッサンを行う代表的なモチーフであるため初心者にとってもある程度描きやすく、初心者が「そもそもどこを見ればいいのか分からない」といった状態になることを防ぐことが出来ると考えたためである。

本実験ではモチーフと視線動向を同じ座標系で表示して分析する必要があるため、モチーフとなる画像をディスプレイに表示し、ディスプレイ下部にアイカメラを設置した。被験者にアイカメラの前で 3 種類のモチーフに対してそれぞれ 3 分間デッサンを行ってもらい、デッサン中の視線動向を記録した。このとき、モチーフ全体の外形を描き写すように指示し、明暗まで描き込まないように伝えてから描いてもらった。これは、比例法による長さの測定に着目したためである。

記録が終わったら、視線動向の分析を行う。図 3、図 4、図 5 のようにモチーフを領域ごとに分け、視線がその領域のどこからどこへ移動していたかを計測する。なおこの時、長さが比較できるもの (立方体の辺や胸像の輪郭を構成する直線など) になるべく領域内に 1 つずつ入るように領域を分けた。

また、視線動向の分析のほか、録音した音声を聞き、各描画者がどういった部分に注意していたかを確認する。さらに、音声を記録した視線動向を見直し、特記すべきことがあれば考察に記載する。

4.4 結果

まず、被験者それぞれの視線動向の結果は表 1 のようになった。この表にはそれぞれのモチーフにおける各描画者の区切りの回数、最も多く見た領域 (基準部分・比較部分)、次に多く見た領域 (基準部分・比較部分) を記している。

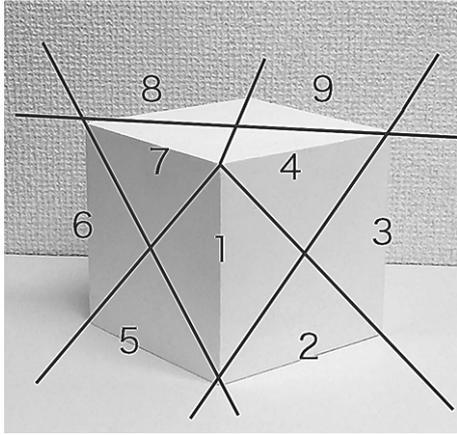


図 3: 簡単な静物

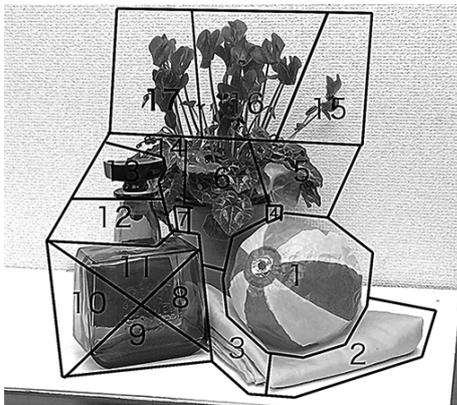


図 4: 複雑な静物

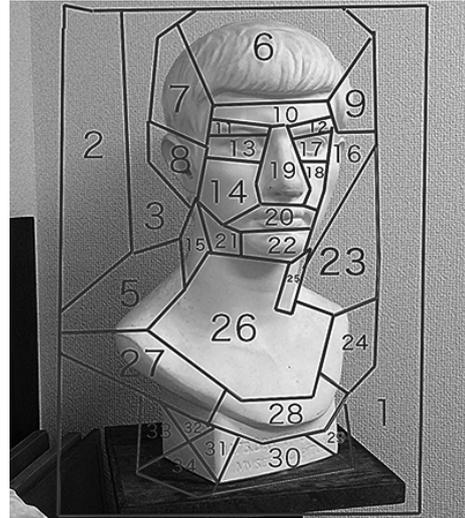


図 5: 胸像

表 1: 実験結果

	初心者 1	初心者 2	熟練者 1	熟練者 2
簡単な静物での区切り回数	42	27	37	37
簡単な静物で最も多く見た領域	8 7	4 9	8 7	9 8
簡単な静物で次に多く見た領域	7 8	9 4	9 8	3 1
複雑な静物での区切り回数	17	16	14	23
複雑な静物で最も多く見た領域	6 16	13 12	1 3	6 16
複雑な静物で次に多く見た領域	6 1	2 3	16 6	11 8
胸像での区切り回数	32	28	40	42
胸像で最も多く見た領域	6 7	9 16	12 11	26 6
胸像で次に多く見た領域	3 5	28 30	22 20	14 19

5 考察

簡単な静物画では、熟練者の区切り回数が一定であるのに対し、初心者の回数が熟練者よりも高く、または低くなっていることから、熟練者がモチーフとキャンパスの間で視線をむやみに動かしておらず、一定のリズムを保っていたのではないかと考えられる。

また、初心者の最も多く見た領域・次に多く見た領域は基準部分・比較部分が単に逆転しただけのものであるのに対し、熟練者は違った場所も多く見ていた。このことから、初心者は同じ場所ばかりに注目してしまうが、熟練者は一箇所に偏ること無く広い範囲を見ているということが考えられる。

さらに、描画中の熟練者の話によると、基準となる長さは辺の長さだけでなく、図形の高さ（立方体の各面を三角形が2つ合わさったものと考えたときのその三角形の高さなど）も基準にしていることが分かった。

よって、簡単な静物画における理想モデルには、モチーフを長く観察しすぎたりキャンパスの方を見過ぎ

たりすることがないこと、モチーフを満遍なく見たいうで辺のように直接的に長さが分かるもの以外での長さも利用すること、の2点が含まれると考えられる。

複雑な静物画では、簡単な静物画のときよりも区切り回数が少なくなっており、ばらつきがあった。計測後に再度視線動向を確認したところ、どの描画者も花や紙風船のような特に複雑な部分を、比較を行わず単体で長く見ていたことが分かった。区切り回数が出なかったのは、そもそも比較を行うことが少なかったからである。このことから、複雑な部分は、どの描画者からも長く観察されていることが分かる。

また、静物画で比較していた領域は、6、16が特に多かった。ただ、この領域は画面中央に位置するひときわ複雑な花・葉であるため、比較のために見られていたというよりむしろ、観察のために見ていた結果隣り合っていた領域を跨いでしまったという可能性が高いと考えられる。よってここでも、複雑な部分が観察されていることがわかる。1、2、3、8、11も多く見られているが、この部分は直線が多く、他の部分よりも比例法が使いやすい部分となっていたため比較が行えたものと思われる。

さらに、描画中に熟練者の一人が話したことによる

と、複雑なモチーフは時間を掛けなければ長さの比較が難しいため、面関係法（モチーフをポリゴンのように荒く面取りされたものと認識し、形状を把握しやすくする方法）を使ってしまうとのことだった。このことから、初心者、熟練者のどちらも複雑な部分を長く観察していたものの、熟練者の方は面関係法を用いてモチーフの形状を把握しようとしていたと考えられるため、複雑な静物画においては比例法よりもむしろ面関係法を利用することが有効であることが分かった。

胸像においては、熟練者の方が区切り回数が多かった。このことから、より頻繁にモチーフとキャンバスを交互に確認することが有効であると考えられる。

胸像において比較していた部分にはばらつきがあった。これは、顔の領域を細く分けすぎたため、隣り合った場所を跨いでしまっただけである可能性がある。ただ、描画中の熟練者の話によると、熟練者はまず全体の長さを大枠として考え、その中に大きい部分（顔や肩など）を配置し、またその中に小さい部分（目、鼻、口など）を配置しているとのことだった。つまり、まず大きい部分の長さを測ってから小さい部分の長さを測っていくことが有効であると考えられる。また、胸像も顔が複雑な構造になっているため、面関係法が有効である可能性がある。

さらに、どちらの熟練者は顔を描くときに目の高さを顔の半分の位置にとり、目の高さから顎までの半分の位置に鼻先をとる、鼻先から顎までの半分の位置に口をとる、というふうに、顔を徐々に半分にしていくような順序で描いていると話していた。これも、大きい部分から小さい部分へという順序に該当するものだと考えられる。

6 得られた知見と残された問題点

当初の実験目的の観点から、以下のことが分かった。

(1) 簡単なモチーフでは、直接的に分かる長さ以外にも利用できる長さがあり、熟練者はそれを選択していること。

(2) 複雑なモチーフにはすぐに比例法が使えないこと。

(3) 胸像のように大小の部分に分かれるモチーフは、大きな部分同士を先に選択し比較しあっていること。大きい部分の内部を描くときもいきなり小さい部分を描かず、徐々に小さく描けるよう選択していること。

ただ、今回の実験では被験者が少ないため結果が本当に理想的か判断出来ないほか、モチーフの複雑さ・描画時間の少なさのために比例法が使えない事例があることが分かった。今後は、描画時間を確保した上で詳しい計測を行うべきである。また、今回取り上げた3つ以外にもモチーフとされるもの（風景など）があるので、そうしたものについても理想モデルが立てられると良いだろう。

また、今回明らかになったことは形式知として学習者に伝達できる。また教育システムが開発出来れば暗黙知と合わせて伝達することが出来る。

7 おわりに

本研究では、デッサン初心者がより効率的に技能を習得できるよう、デッサン描画時の比例法の学習支援システムを構築した。また、形式知の形でも知識を伝達することを試み、簡単なモチーフに対してはより良い使い方を明らかにした。

参考文献

- [1] 関根: 美術体系 デッサンのすべて<基礎編>, アトリエ・ルポー, (1984)
- [2] 岩城, 前野, 六十谷, 他: 学習者のデッサン描画時における腕動作・視線・認識の分析, *The 19th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, (2005)
- [3] Nonaka, I: The Knowledge-Creating Company, *Harvard Business Review*, (1991)
- [4] 綿貫: VR 技術を用いたものづくり基盤技術・技能の伝承と人材育成, 人工知能学会第2種研究会資料, (2007)
- [5] 曾我, 松田, 瀧: デッサン描画中に描画領域に依存したアドバイスを提示するデッサン学習支援環境, 人工知能学会論文誌 23 巻 3 号 SP-B, (2008)
- [6] Matsuo, M. and M. Easterby-Smith: Knowledge sharing dilemma: Knowledge and knowing in Japanese firms., *Academy of Management Annual Meeting*, (2004)