

グループ発想支援システムにおける 拡張現実感技術の適用とその効果

三浦 元喜^{1,a)} 丹生 隆寛^{2,†1,b)}

受付日 2013年6月21日, 採録日 2014年1月8日

概要: 計算機による KJ 法の支援形態としてはタブレットやテーブルトップシステムにより仮想的な作業環境を提供する計算機型 KJ 法が主流である. その一方で従来の紙とのインタラクションを踏襲しつつ計算機における支援を行うハイブリッド型 KJ 法も開発されている. ハイブリッド型 KJ 法の問題点として, 実際の紙を介することから, 入出力に制限があることがあげられる. 我々はハイブリッド型 KJ 法の入出力を拡張し利便性を高めるため, ジェスチャによるコマンド入力と仮想図解を実作業領域へ直接投影することによる直感的な編集操作確認インタフェースを提案する. これらの改良により, 利用者がペンのみで多様な編集作業に従事できるようになったり, 実際の紙上で編集作業結果のフィードバックを得ることができたりするようになる. 評価実験の結果, 作業時間の短縮はみられなかったものの, 確認作業にかかる負荷を軽減することを確認した.

キーワード: KJ 法, デジタルペン, ペーパーインタラクション, 拡張現実感

Effect of Applying Augmented Reality on Group Creativity Support System

MOTOKI MIURA^{1,a)} TAKAHIRO NYU^{2,†1,b)}

Received: June 21, 2013, Accepted: January 8, 2014

Abstract: Most of systems which facilitate KJ method utilize tablet or tabletop devices to manipulate virtual workspace. However, some systems that augment paper-based KJ method with digitizing technology have been developed. One of the major problem of such “Hybrid KJ method” is tight restriction of input and output method. We enhance the input and output of the restriction by applying gesture input and projection output. These approach enables the users to operate various functions of changing visual property on virtual workspace. Also the feedback of the statuses and changes of the virtual workspace can be intuitively presented on the real workspace. We examined the effect of enhancement, and we confirmed that the projection output technique reduces the burden of confirming on changing visual properties.

Keywords: KJ method, digital pen, paper interaction, augmented reality

1. はじめに

川喜田二郎が提唱した KJ 法 [1]^{*1} は日本の代表的な発想技法の 1 つである. 元々付箋紙などを利用して多様な考えを適切に集約し, 問題に対する俯瞰的かつ多面的な視点を得るための技法として企業や政府機関, 教育機関などで広く用いられている.

^{*1} 「KJ 法」は株式会社川喜田研究所の登録商標である.

¹ 九州工業大学基礎科学研究系
Faculty of Basic Science, Kyushu Institute of Technology,
Kitakyushu, Fukuoka 804-8550, Japan

² 九州工業大学工学府先端機能システム工学専攻
Graduate School of Engineering, Kyushu Institute of Tech-
nology, Kitakyushu, Fukuoka 804-8550, Japan

^{†1} 現在, デンソーテクノ
Presently with DENSO TECHNO Co., Ltd.

^{a)} miuramo@mns.kyutech.ac.jp

^{b)} nyu@ist.mns.kyutech.ac.jp

KJ法における付箋紙やカード（以降、ラベルカード）の管理や図解の作成作業の効率を高めたり、遠隔分散環境下での運用を実現したりするために、これまで様々な計算機型 KJ 法が開発されてきた。代表的なものにカード操作ツール KJ エディタ [2] や D-ABDUCTOR [3], 郡元 [4], GUNGEN DX II [5], KUSANAGI [6] などがあり、それらの長期的かつ実践的な運用から得られた知見についても報告されている [7]。またテーブルトップインタフェースやタブレット端末を用いたシステムも多数提案されている [8], [9], [10]。その一方で、従来の紙とのインタラクションを踏襲しつつ、計算機による支援を行うハイブリッド型のシステムも開発されている [11], [12]。Outpost システム [11] は KJ 法を対象としたシステムではないが、実世界における付箋紙の貼付け位置や書かれた内容を認識して電子化する壁面タイプのシステムである。GKJ システム [12] はアノト用紙を用いて KJ 法におけるラベルカードの配置や構造、記入内容を記録するシステムである。計算機型 KJ 法に対するハイブリッド型手法のメリットとして、紙とのインタラクションが主体となるため、利用者は紙の扱いに通じていれば最低限の入力ができることがあげられる。タブレットや PC、テーブルトップを用いたシステムにおいては、デバイスの操作方法にある程度精通していることが求められたり、またそれらの操作にかかる認知負荷によって高次の思考が妨げられたりする可能性も指摘されている [13]。したがって、対象となる利用者・用途・目的に応じて、計算機型手法やハイブリッド型手法を適切に選択することが必要である。

計算機型 KJ 法に対するハイブリッド型手法の弱点として、実世界の紙や物体とのインタラクションを介する制約から、入出力の制限が厳しいことがあげられる。紙の筆記を熱によって部分的に消去する研究 [14] や電子ペーパーの研究 [15] などが進められているが、これらの成果が紙と同程度の気軽さで利用できるようになるにはさらなる研究や技術革新が求められる。

そこで我々は、従来のハイブリッド型 KJ 法における手軽さや敷居の低さといった利点を維持しつつ、入出力の制限を緩和し、利便性を高めるため、ジェスチャによる入力機能拡張と、拡張現実感技術を応用した投影型出力を導入した手法を提案する。また提案手法を実装したシステムを用いて、手法の有効性を検証する。

2. Augmented-GKJ

我々が提案する手法 (Augmented-GKJ) は、ハイブリッド型 KJ 法における入出力を部分的に拡張するものである。本研究では、ハイブリッド型 KJ 法の拡張を考えるうえで、GKJ システム [12] (以下 GKJ) をベースとして進めることにした。そこで本章では、GKJ について簡単に説明し、その後どのような拡張を考えたかについて述べることに

する。

2.1 GKJ

GKJ [12] は KJ 法における作業記録をアノト方式のデジタルペンを用いて効率的に電子化することを目的とした、グループ KJ 法支援システムである。GKJ では台紙およびラベルカードとしてアノト用紙を用いる。GKJ を用いる場合、通常の紙ベースの KJ 法と同様、台紙のうえでラベルカードに記入したり、配置したりしながら作業を進める。ラベルカードに記入した内容はデジタルペンによって電子化される。また、ラベルカードと台紙をまたぐ筆記を行うことで、台紙とラベルカードの位置関係を計算機に取り込むことができる。また複数のラベルカードを並べて、それらをまたぐ筆記 (スキャン操作) を行うことで、グループ化やグループ解除が行える。これらの「またぐ筆記」は通常の筆記活動には含まれないため、これらの特殊な機能に割り当てられている。最終的に KJ 法のグループ化が完成したあと、GKJ は台紙へのラベルカードレイアウトの際の配置シミュレーションや、図解と呼ばれる空間配置されたラベルカードの電子化されたデータを得るために使われる。GKJ の特徴として、機能を限定している分、紙とペン、PC があれば動作するため、持ち運びが容易であり、出張先や研修施設などで簡単に運用できることが述べられている。

2.2 入力拡張

従来の GKJ ではデジタルペン筆記を用いたラベルカード位置の取り込みや階層構造の編集は行えるが、用紙をまたぐ特殊な筆記のみを操作に割り当てていた。そのため、図解の編集作業や評価作業といった多様な編集作業をペン操作のみで行うことができなかった。

そこで我々は入力拡張として、ラベルカード単体へのジェスチャ入力を可能にすることを提案する。GKJ ではパレット入力による筆記色の切替は行っているが、ジェスチャやストロークコマンドはパレットの準備が不要であり、多様な機能を割り当てることができる。またラベルカードへの直接指示が容易である。一見、ジェスチャやストロークコマンドは覚えにくくて敷居が高いと思われるが、ストロークコマンドのほうがショートカットキーよりも覚えやすい [16] という報告もある。そこで我々はペンジェスチャ入力指示インタフェースに関する研究 [17] を参考にし、ラベルカードの編集操作方法にペンジェスチャを適用した。

実装においては、ジェスチャ誤認識により通常の筆記として扱われてしまうと、予期しない筆記が記録として残ってしまうことになる。そのため、通常の筆記文字よりも大きなサイズの筆記のみをジェスチャとして登録できるようにした。ジェスチャは背景色変更 (ラベルのハイライト)

や文字色の変更、線の太さの変更などの機能に割り当てることができる。これにより、従来 PC の操作を必要としていたラベルカードへの装飾がペンのみでできるようになり、参加者の能動的で自発的な活動への関与の幅が広がった。ちなみにラベルカード上でペンを用いて直接ジェスチャ入力を行ってしまうと、筆記が紙に残ってしまうため、通常はインクが付かないペン先を用いたり、クリアファイルをかぶせた状態で筆記を行うなどの工夫をしている。

2.3 出力の拡張

従来の GKJ においては、編集操作の結果を確認する方法として PC の画面を見る方法しか提供されていなかった。そのため、上記で拡張した参加者の能動的、自発的な編集入力の結果が適切にフィードバックされていなかった。このことは、ジェスチャコマンドを行った参加者自身が編集の結果を認識できず、編集したラベルを見落とすなど、他の参加者に編集された箇所を提示できないといった問題を引き起こす。参加者は作業に集中できず PC を作業中に何度も確認してしまう懸念があった。

そこで我々は、拡張現実感 (AR) の考え方にに基づき仮想空間の筆記情報を作業の場に重畳させることにより、利用者へのフィードバックを適切に行えるようにした。元々の GKJ でもラベルカードの位置決め (スキャン操作) を行えば、どのラベルカードが実世界のどこに置かれているかを把握できる。そこで、図 1 に示すように、実世界上のラベルカード上にラベルの色強調、関係線、ラベルどうしのグループ化といったラベルカードに対する付加情報を提示することを提案する。

出力の拡張がなされれば、ユーザは多くのラベルの中から強調されたラベルを見つけることが容易になり、GKJ システムでの処理内容と図解の状態をユーザが PC 画面を見ずに確認することが可能になる。

今回我々は作業面上部に設置したプロジェクタを用いて

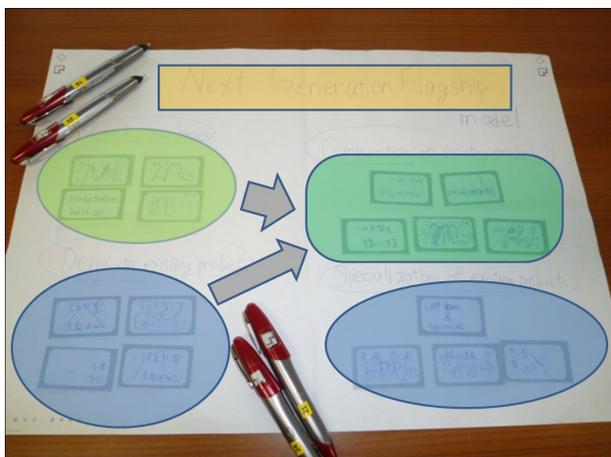


図 1 拡張現実感 (AR) 技術の導入イメージ
Fig. 1 Image of proposed AR system.

実世界の図解に視覚的な付加情報を直接重畳する方法 [18] をとった。上部から投影することの利点として、ラベルカード表面に対する情報の重畳が可能になり、表現の幅が広がることがあげられる。反面、手や頭による遮蔽により投影画像が乱れる可能性はあるが、今回は GKJ の可搬性の高さも考慮し、簡易な構造で必要十分な表現が得られることを重視した。

3. 実装

本章では提案する手法を実装したシステムについて述べる。

3.1 ジェスチャコマンド

従来の GKJ における入力は、すべて (1) 単一用紙・領域への記入か、または (2) 複数用紙・領域にまたがる記入かを先に判断したうえで、(2) の場合のみ特殊なコマンド実行に対応付けられていた。今回は (1) のラベルカードへの筆記について、筆記の領域サイズがラベルカード 1 枚の幅 215 pixel、高さ 125 pixel に対して、幅と高さがともに 6 割を超えていればジェスチャ候補として認識処理に進み、そうでなければ通常筆記として扱う。ただし、ジェスチャコマンド登録モードにしていると、図 2 に示すように 6 割を超える筆記もラベルカード上に記入できる。ジェスチャコマンドの登録は、図 2 に示す筆記上で右クリックして表示されるメニューボタンから、対応させたいアクションを選択することによって完了する。なお複数のジェスチャを 1 つのアクションに関連付けることも可能である。

3.2 投影機能

プロジェクタ投影用の画面は、基本的には GKJ が持つ仮想的な図解モデルにおける、ラベルシートから筆記を取り除いたものとして作成する。筆記を表示しない理由として、すでに紙のラベルシート上にはペンによる筆記が残っているため、それらと重複しないほうが視認性が高まると

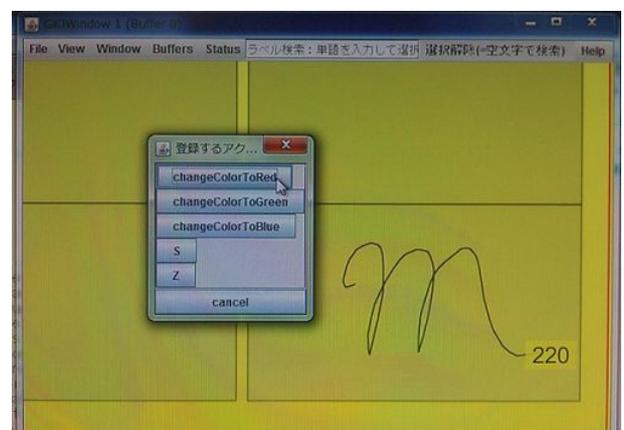


図 2 ジェスチャコマンドの登録
Fig. 2 Mapping gesture command to action.

考えたからである．ただし筆記を太字にして強調するなどの視覚効果を与える場合には，投影画面に筆記を含める．

4. 評価実験

本章では，提案手法の有効性を検証するための評価実験について述べる．実験の主要な目的は，実世界投影機能が編集作業の確認動作に与える影響である．

4.1 評価内容

従来の GKJ ではジェスチャ成功による編集効果の実世界へのフィードバックがなく，PC の画面や音での確認しか行えなかった．そのためユーザは編集操作を気軽に確認するには不十分であった．Augmented-GKJ では AR を用いて作業の場と編集効果の提示箇所を同一にできるため，利用者の作業効率を高めることが期待できる．また逆にプロジェクタの強い光によってラベルに書いた文字が読みにくくなり，視認性が低下することも考えられる．

評価実験では，編集操作の実世界へのフィードバックによるユーザのラベルカードに対する視認性について調査する．具体的には，AR による編集操作の確認容易性，確認作業にともなう視線移動に対する作業者の主観的な印象，ラベルカード探索の容易性とラベル内文字の認識容易性についてユーザ評価を行う．そして確認動作の簡素化にともなう作業効率の向上があるかどうかを調べるために，タスク遂行にかかる時間を計測する．

4.2 実験手順

20 代の大学生および大学院生 20 名を被験者として，以下の手順で実験を行った．

まず被験者全員にデジタルペンの使い方とジェスチャコマンドの説明を行い，デジタルペンによる KJ 法システム特有の操作であるスキャン操作やジェスチャ操作に慣れてもらったうえで，本番タスクに近い例題タスクでリハーサル練習をしてもらった．ジェスチャコマンドは被験者が書きやすく覚えやすいものをその場で 2 つ登録し，それぞれラベルの背景色を変更するコマンドに対応付けた．

次に本番タスクの環境について説明する．作業環境として，3 名程度の作業者がテーブルを取り囲み，対話しながら KJ 法作業を行う状況を想定した．そこでテーブル上に模造紙を想定した A2 サイズの台紙 1 枚を置き，その上に短文を記入した横 66 mm，縦 38 mm のラベルカード 18 枚を重ねられないようランダムに配置した．また，ラベルカードはスキャン操作により位置決めを済ませた状態とした (図 3)．

紙への操作結果を確認する際のインタフェースとして，従来の PC 画面による確認手法と作業空間に直接投影する手法の 2 つを設定し，比較するための実験条件とした．以降はそれぞれの手法を適用した実験条件を PC 条件，AR 条



図 3 実験の際の作業台の状況

Fig. 3 Sheet and label cards of the experiment.

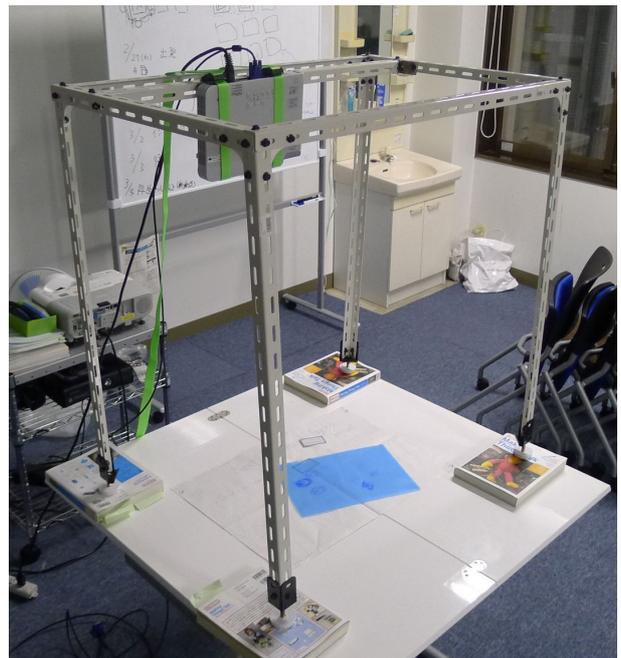


図 4 プロジェクタの設置状況

Fig. 4 Mounting of projector.

件と呼ぶことにする．PC 条件では，ノートパソコン (Let's note CF-F9, 14.1 型 WXGA+) をテーブル上の台紙の脇に置き，ラベルカードに記入した筆記内容と色，位置を全画面表示によって提示した．AR 条件では，図 4 に示すように作業台上部にプロジェクタ (CASIO XJ-S63, 3500 ルーメン) を設置し，PC 画面を投影することによって，仮想世界におけるラベルカードの背景色のみを実世界の作業空間におけるラベルカード上に直接投影した (図 5)．

本番タスクの流れについて説明する．被験者を PC 条件の実験を先に行うグループと AR 条件の実験を先に行うグループの 2 つに分けたうえで，以下の流れに沿って実施した．なお実験の都合上，PC 条件においても図 4 で示したプロジェクタは撤去せず，設置したままノートパソコンのみを追加して実験を実施した．また両条件，すべてのタスクにおいて，被験者は 1 本のデジタルペンのみを利用して入力を行った．また筆記が紙に残らないよう，すべての



図 5 投影画面

Fig. 5 Projected surface.

スキャン操作およびジェスチャ操作はクリアファイルをかぶせた上から行ってもらった。

1. 位置変更タスク

被験者には最初に、被験者が書いたと想定するラベルカードを任意に6枚選択し、そのラベルカードの位置を移動させ、位置決めのためのスキャン操作を行ってもらった。このとき、スキャン操作は6枚のラベルカードすべてについて先に行ったあとで、ペンデータを送信した。なおラベルカードの傾きについても正確に記録するためには、ラベルカードと台紙との接線点が2つ必要である。そのため被験者にはラベルカードを完全に縦断または横断する筆記を記入してもらった*2。被験者は送信した数秒後に画面に反映された状況を見て、仮想世界におけるカードが実世界のカード位置を反映して正しく更新されていることを確認したのち、次のタスクに進んだ。

2. 背景色変更タスク

被験者には位置変更タスクで移動させた6枚のラベルカードについて、クリアファイルをかぶせた上からジェスチャコマンド筆記を入力し、背景色を変更してもらった。このときのジェスチャコマンドは同一のものとし、6枚のラベルカードの色はすべて統一してもらった。背景色変更タスクについても、6枚のラベルカードすべてにジェスチャコマンド筆記を入力したあとで、まとめてペンデータを送信した。その後、仮想世界におけるラベルカードの背景色が変更されているかどうかを確認したのち、次のタスクに進んだ。

3. 探索タスク

被験者には実験実施者が口頭で指定した1枚のラベルカードと類似の内容が書かれているラベルカード3枚を探し、その3枚のラベルカードについて先ほどとは別のジェスチャコマンドを筆記入力して、背景色を変更してもらった。類似の内容を探索するため、ラベルカードに書かれて

*2 1ストロークで複数のラベルカードを縦断（または横断）する筆記を入力してもかまわない。

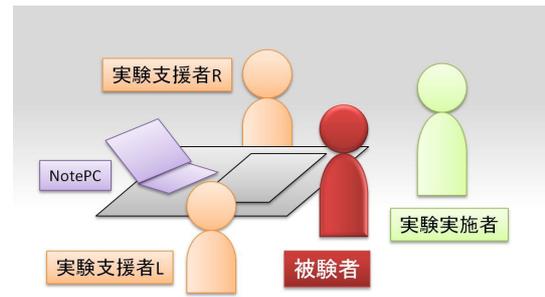


図 6 実験中の様子（プロジェクタと固定装置は省略）

Fig. 6 Scene of the experiment (Projector and mounting frame are omitted).

いる内容すべてに目を通すよう指示した。探索タスクも先の背景色変更タスクと同様、3枚のラベルカードについてまとめて操作したうえでペンデータを送信し、仮想世界に正しく反映されたかどうかを確認してもらった。

上で述べた3つのタスクは、台紙およびラベルカードに正対して座った被験者1名のみが作業に関与した。実験中の様子を図6に示す。ただし、3.の探索タスクにおいて類似の内容かどうかを判断する際には、被験者の両側に座った2名の実験支援者（実験支援者は実験実施者と同じく、実験者の一部）と自由に会話をしてもよいこととした。ただし実験支援者自身はラベルカードの選定は行わない。

また、実験実施者は被験者が上記3タスクを遂行するのに要した時間を計測した。

4. アンケート回答

上記の3つのタスクが終わったあとで、被験者は個別の手法に関するアンケートに回答した。そのアンケート項目を表1に示す。その後カードセットおよび実験条件（AR, PC）を変更し、上記で述べた3つのタスクを別条件において遂行してもらった。2つ目の実験条件におけるタスクおよび個別の手法に関するアンケート回答が終了したあとで、両手法の比較に関するアンケートに回答してもらった。両手法の比較に関するアンケート項目を表2に示す。

4.3 結果と考察

個別の手法に関するアンケート結果を図7のグラフおよび表3に示す。アンケートの結果をマン・ホイットニーのU検定を用いて、有意水準5%として検定したところ、「操作結果の確認動作（視線移動）の軽減」（ $U = 64.0, p < .001$ ）および「ラベルカード内文字の読みやすさ」（ $U = 112.5, p = .013$ ）の2項目について、有意な差が得られた。なお、「操作結果の確認のしやすさ」（ $U = 137.0, p = .065$ ）については有意傾向はあった。「書かれた内容（文字）の探索しやすさ」（ $U = 157.5, p = .023$ ）については、有意差はなかった。

「操作結果の確認動作（視線移動）の軽減」については、従来の手法（PC条件）よりもAR手法が直接台紙やラベル

表 1 個別の手法に関するアンケート項目
Table 1 Questionnaire items after tasks.

項目	質問
1	操作結果の確認はしやすかったですか？
2	操作結果の確認動作（視線移動）は作業の妨げになりませんでしたか？
3	作業に要した時間は何分くらいだと思いますか？
4	作業台のラベルカードは探しやすかったですか？
5	作業台（or PC）のラベルカード内の文字は見やすかったですか？

表 2 両手法の比較に関するアンケート項目
Table 2 Questionnaire items for method comparison.

項目	質問
1	操作結果の確認がしやすいのはどちらですか？
2	確認動作が軽減されるのはどちらですか？
3	書かれた内容（文字）を探索しやすいのはどちらですか？
4	文字の視認性が高いのはどちらですか？
5	今後同様の作業をする場合、どちらの提示方法を利用したいですか？

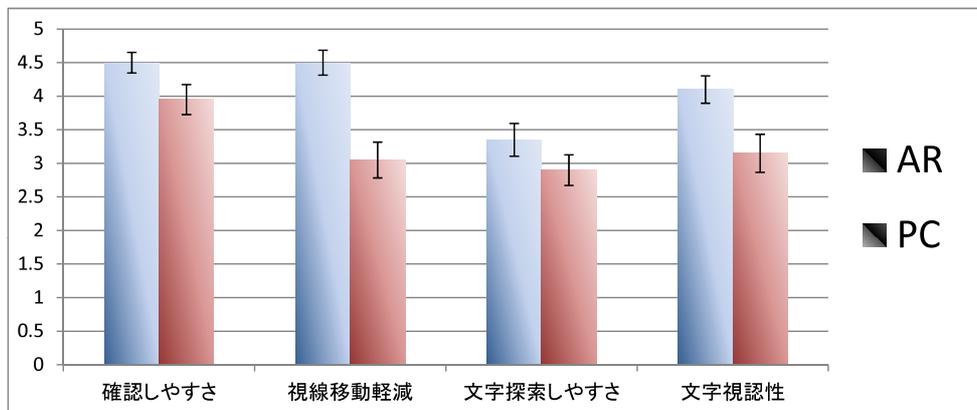


図 7 個別の手法に関するアンケートの結果 (n = 20). バーは標準誤差を表す
Fig. 7 Result graph of questionnaire survey for each method (n = 20). Error bars indicate standard errors.

表 3 個別の手法に関するアンケートの結果
Table 3 Result of questionnaire survey for each method.

タスク後のアンケート (良い:5~悪い:1, n = 20)	AR 平均	AR 標準偏差	PC 平均	PC 標準偏差
【確認しやすさ】 操作結果の確認はしやすかったですか？	4.5	0.69	3.95	0.99
【視線移動軽減】 操作結果の確認動作（視線移動）は軽減されましたか？	4.5	0.82	3.05	1.19
【文字探索しやすさ】 書かれた内容（文字）は探索しやすかったですか？	3.35	1.09	2.9	1.02
【文字視認性】 ラベルカード内の文字は読みやすかったですか？	4.1	0.91	3.15	1.27

カードに仮想世界の情報を重畳することによって生じる主要かつ直接的な効果であるといえる。なお「操作結果の確認のしやすさ」が有意傾向にとどまった理由として、今回の実験で用いたラベルカードが18枚とあまり多くなかったことが考えられる。

「ラベルカード内文字の読みやすさ」に関して有意差があらわれた理由として、プロジェクタの投影光によりラベルカード内に書かれた細かな筆記の視認性が高まり、相対的に読みやすくなったと被験者が感じたことがあげられる。このことはAR条件のあとにPC条件で実験を行った被験者がとくに言及していた。実験条件を統制するという意味

ではテーブル上の明るさを均一にしておくべきだったが、AR条件においてプロジェクタの光が強すぎたり反射したりして読みにくくなったという意見はほとんどなかったことから、簡易なシステムの実装においてもAR手法による実物体の視認性に関するデメリットは生じないことが確認できた。ただし今回実験に使用したアノト用紙がドットパターン印刷されており、薄い灰色であったことも反射の緩和につながった可能性がある。

「書かれた内容（文字）の探索しやすさ」について有意差がなかった理由について考察する。1つの理由としては、ラベルカードの内容は被験者自身が用意したものではな

表 4 両手法の比較に関するアンケート結果

Table 4 Result of questionnaire survey for method comparison.

実験終了後の比較アンケート (AR:5~PC:1)	平均	標準偏差
操作結果の確認がしやすいのはどちらですか?	4.3	0.96
確認動作が軽減されるのはどちらですか?	4.0	0.95
書かれた内容 (文字) を探索しやすいのはどちらですか?	3.8	1.01
文字の視認性が高いのはどちらですか?	3.5	1.63
今後同様の作業をする場合、どちらの提示方法を利用したいですか?	3.9	0.94

表 5 被験者の予想時間およびタスク遂行にかかった実際の時間 (単位: 秒)

Table 5 Estimated time and real time to complete tasks (unit: sec).

	AR 平均	AR 標準偏差	PC 平均	PC 標準偏差
被験者の予想時間	177	83.7	192	70.0
実際にかかった時間	125.6	32.8	125.1	31.9

く、突如提示された内容であったことから、内容の理解について光源条件や表現の差があまり影響しなかったことがあげられる。もう1つの考察としては、AR条件ではラベルカードの背景色が付与された状態で画一的な探索を行う必要があったため、色の違いを無視するために余計な認知負荷がかかった可能性もある。個々のラベルカードの文字の視認性は高まるが、細かく内容を理解していくような場面においては、色付けを一時無効にするといった、タスクに適切な表現を選択する必要があることが示唆される。

AR条件、PC条件両方の実験が終了したあとで被験者に行った両手法の比較に関するアンケートの結果(表4)からも、AR手法の特徴と優位性が被験者に理解されていたことがうかがえる。ただラベルカードの文字の見やすさの評価にはばらつきが大きく、色付け効果による文字の見え方に好みの差が出たと考えられる。

表5に、タスク遂行にかかった実際の時間と、被験者の予想時間を示す。AR条件、PC条件とも、タスク遂行時間としてはほぼ同程度であった。またアンケートでの主観時間と実際の遂行時間での平均に差はみられなかった(両側t検定 $t(19) = 0.54, p = 0.59$)。PC条件における確認用ノートPCを被験者の真正面に配置していたことや、ラベルカード数が少なかったため、確認作業にかかる時間にはほとんど影響を及ぼさなかったといえる。

以上の結果より、実世界の図解に視覚的な付加情報を直接重畳する手法によって確認動作にかかる負荷が軽減したことを確認した。投影による実物体の視認性への悪影響も、投影対象の特性もあり問題にならないことが明らかとなった。また、AR手法による色付け効果で逆にラベルカードに対する統一的な探索や内容把握への影響が生じることへの配慮の必要性も認識することができた。

4.4 今後の検討事項

実験結果をふまえたうえで、今後の要検討事項について述べる。今回の実験では、ラベルカード枚数を18枚に限

定したため、位置移動や色の変更といった操作結果の把握は比較的容易であった。枚数が増えた場合に、各条件における作業に与える影響は不明である。また作業者の人数変化による影響についても調査する必要がある。

5. まとめと今後の課題

ハイブリッド型KJ法の1つであるGKJにおける入出力の強化を行った。入力強化として、ラベルシートに対して直接ジェスチャコマンド入力を可能にした。ジェスチャコマンドは利用者が自由に登録できる。出力強化として、プロジェクタを用いた簡易投影機構により、仮想的な作業の結果を実際の作業領域に重畳表示するようにした。これらの拡張により、ペンのみで可能な編集操作が増えることで参加者の関与自由度が高まった。また仮想的な編集操作結果が実作業世界に反映されるため、参加者の確認にかかる負荷を軽減することができる。評価実験を行い、シンプルな投影手法であっても、従来の作業をとくに阻害することなく拡張可能であることが示された。

計算機によるKJ法支援手法の多様性を向上させることは、人間が自然かつ効率的な知的創造活動を行う際の選択肢が増えることにつながると考えている。冒頭でも述べたように、対象となる利用者・用途・目的に応じて、どのような支援を利用するのか、またどの程度利用するのかを適切に選択できることが必要である。もちろん多様性を向上させるだけでなく、適切な選択のための指針も示されなければならない。その意味で、今回の入出力の拡張によって可能になった人間およびシステムの振舞いと表現について、より精査していくことが今後の課題である。

謝辞 本研究の一部はJSPS科研費(課題番号23680078)の支援によるものです。

参考文献

[1] 川喜田二郎: 続・発想法—KJ法の展開と応用, 中公新書(1970).

- [2] 小山雅庸, 河合和久, 大岩 元: カード操作ツール KJ エディタの実現と評価, コンピュータソフトウェア, Vol.9, No.5, pp.416–431 (1992).
- [3] 三末和男: 図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.9, pp.1739–1749 (1994).
- [4] Munemori, J.: GUNGEN: Groupware for a new idea generation support system, *Inf. Soft. Technol.*, Vol.38, No.3, pp.213–220 (1996).
- [5] 重信智宏, 吉野 孝, 宗森 純: GUNGEN DX II: 数百のラベルを対象としたグループ編成支援機能を持つ発想支援グループウェア (協創グループウェア) (特集: 知の共有から知の協創へ), 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.1, pp.2–14 (2005).
- [6] 由井 蘭隆也, 宗森 純: 発想支援グループウェア KUSANAGI を用いた集合知型会議の検討, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.11, pp.2635–2648 (2012).
- [7] 由井 蘭隆也, 宗森 純: 発想支援グループウェア郡元の効果: 数百の試用実験より得たもの, 人工知能学会論文誌, Vol.19, pp.105–112 (2004).
- [8] Miura, M. and Kunifuji, S.: A Tabletop Interface Using Controllable Transparency Glass for Collaborative Card-Based Creative Activity, *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*, Lovrek, I., Howlett, R. and Jain, L. (Eds.), Lecture Notes in Computer Science, Vol.5178, pp.855–862, Springer Berlin Heidelberg (2008).
- [9] 大橋 誠, 伊藤淳子, 宗森 純, 松下光範, 松田昌史: テーブルトップインタフェースを用いた発想支援システムの開発と適用 (コラボレーション・レコメンデーション, 特集: 人間中心のユニバーサル/ユビキタス・ネットワークサービス), 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.1, pp.105–115 (2008).
- [10] 爰川知宏, 前田裕二, 郷 葉月, 伊藤淳子, 宗森 純: Web ベース発想支援システム GUNGEN-SPIRAL II の複数タブレット端末による拡張, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.2, pp.639–646 (2013).
- [11] Klemmer, S.R., Newman, M.W., Farrell, R., Bilezikjian, M. and Landay, J.A.: The Designers' Outpost: A Tangible Interface for Collaborative Web Site Design, *Proc. UIST'01*, pp.1–10 (2001).
- [12] Miura, M., Sugihara, T. and Kunifuji, S.: GKJ: Group KJ Method Support System Utilizing Digital Pens, *IEICE Trans. Inf. Syst.*, Vol.94, No.3, pp.456–464 (online), DOI: 10.1587/transinf.E94.D.456 (2011).
- [13] Oviatt, S., Arthur, A. and Cohen, J.: Quiet interfaces that help students think, *Proc. 19th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '06*, pp.191–200, ACM (online), DOI: 10.1145/1166253.1166284 (2006).
- [14] 辻井崇紘, 西村光平, 橋田朋子, 苗村 健: Re-blank Paper: 手書き領域の自動消去機能を有する紙—複数の機能性インクの混合印刷による実現, *インタラクション 2013*, pp.402–406 (2013).
- [15] 面谷 信: 電子ペーパー技術の発展と応用動向, 情報管理, Vol.51, No.11, pp.806–814 (オンライン), DOI: 10.1241/johokanri.51.806 (2009).
- [16] Appert, C. and Zhai, S.: Using strokes as command shortcuts: Cognitive benefits and toolkit support, *CHI '09 Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.2289–2298 (2009).
- [17] 加藤直樹, 大美賀かおり, 中川正樹: 携帯型ペン入力情報機器におけるペンジェスチャ入力指示インタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.9, pp.2413–2422 (2000).
- [18] Hartmann, B., Morris, M.R., Benko, H. and Wilson,

A.D.: Pictionary: Supporting Collaborative Design Work by Integrating Physical and Digital Artifacts, *Proc. 2010 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp.421–424 (2010).



三浦 元喜 (正会員)

1997年筑波大学第三学群情報学類卒業。2001年筑波大学大学院博士課程工学研究科修了。博士(工学)。同年筑波大学電子・情報工学系助手。2004年より北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科助手(2007年より助教)。

2009年より九州工業大学大学院工学研究院基礎科学研究系准教授。ヒューマンコンピュータインタラクション, モバイルインタフェース, 教育支援等に関する研究に従事。ACM, ヒューマンインタフェース学会, 電子情報通信学会, 人工知能学会, 日本教育工学会, 日本ソフトウェア科学会等各会員。



丹生 隆寛

2011年九州工業大学工学部電気工学科電子通信システム工学コース卒業。2013年九州工業大学大学院修士課程先端機能システム工学専攻修了。デジタルペンをを用いた発想支援システムに関する研究に従事。現在, デンソー

テクノ株式会社勤務。