

# KJVR：ジェスチャを利用し仮想空間を用いた KJ法支援システムの提案と評価

宮杉 柁行 角田 博保 赤池 英夫  
電気通信大学 情報理工学部 情報・通信工学科

概要：本研究では問題解決を考える際に使われる KJ 法の図解化を支援するために、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) とハンドジェスチャを用い多くのデータを効率良く扱うシステム『KJVR』を提案、作成した。実験評価により一部のタスクにおいて既存の手法に比べ早く作業を行えることがわかった。

## A proposal and evaluation of KJ method support system "KJVR" with hand gesture and virtual reality

Masayuki Miyasugi Hiroyasu Kakuda Hideo Akaike  
Faculty of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

**Abstract:** We have developed, proposed and evaluated a system "KJVR" that supports KJ method with head mounted display(HMD) and hand gesture. And KJVR indicated that it was able to finish task faster than existing system.

### 1. はじめに

KJ法<sup>\*1</sup>は川喜田[1]により考案された、アイデアを書き込んだ紙片(ラベル)を整理して問題解決する方法である。KJ法は主に机上やソフトウェア上で行われる。しかし机上においては実行保存に広さがいる、遠くのラベルが取りづらくなるという問題があり、ソフトウェア上においては画面が小さいと全体像を把握しづらい、操作切り替えに時間がかかる、マウスによる操作が心理的負担になるという問題がある。そこで本研究ではヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用い仮想空間上で大量のデータを効率よく扱え、手で操作するKJ法支援システム『KJVR』を提案、作成、評価した。

### 2. 関連研究

小山ら[2]はディスプレイ上でカードを操作するKJエディタを提案、評価し、カードの操作の能率は机上に比べると劣るが、計算機の特性を利用した操作は能率的に作業できるとした。

IdeaFragment2[3]は言葉の断片を並べ、動かし、眺めて考えを練るための入手可能なWindowsアプリケーションである。

三浦ら[4]は紙媒体で行ったKJ法にプロジェクトで情報を投影し重ねることで表示を拡張し、確認動作にかかる負担を低減した。

### 3. 設計方針

KJVRではシステムの設計方針として、狭い場所でも広い視野と作業領域を使えるようにする「空間の利用」、第二に直接ラベルを操作して心理的負担の軽減を測る「負担の軽減」、第三にメニュー選択のような間接操作をジェスチャにより直接行い高速化する「操作の効率化」に重点を置いた。

### 4. 提案手法

#### 4.1 実装及びデバイス

KJVRでは設計方針を実現するため、仮想空間の構築にUnity4.6.1、HMDに軸センサー内蔵のOculus Rift Development Kit 2を使用し、深度センサーのLeap Motionを図1のようにHMDの正面に取り付け手の動き

\*1 「KJ法」は株式会社川喜田研究所の登録商標である

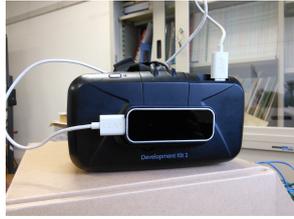


図 1 Oculus Rift Development Kit 2 と Leap Motion

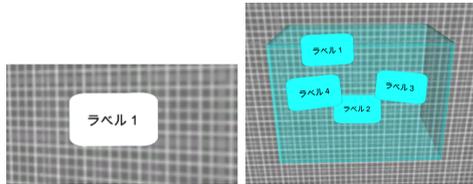


図 2 ラベル

図 3 グループ

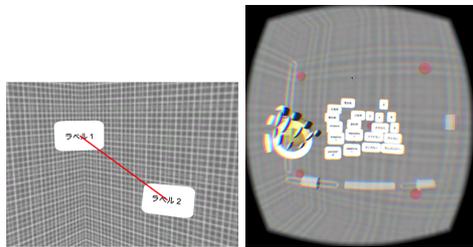


図 4 関係線

図 5 GUI

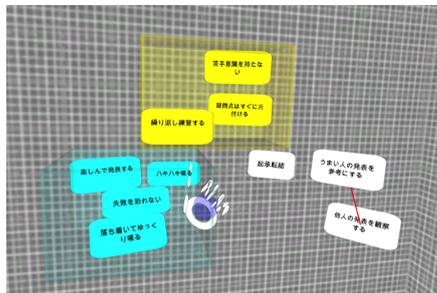


図 6 KJVR 外観

を取った。

#### 4.2 外部仕様

KJVR は情報が書かれているラベル (図 2)、複数のラベルを内包するグループ (図 3)、ラベル同士を結ぶ関係線 (図 4) で構成されており、これらを使い図 6 のようにラベルの関係を整理する。また、図 5 の画面右、左、右下、左下にあるスライダ、画面下端にあるバーを「GUI」と呼び、GUI とジェスチャで画面を動かす。オブジェクトを操作するときは (1) 掴む、(2) 線を引く、(3) スワイプ、(4) ピンチインアウトジェスチャの 4 種のジェスチャを使う。(1) 掴むジェスチャは手をシステムに認識させた後手を握ることで行い、(2) 線を引くジェスチャは手のひらを自分に向け指を 1 本か 2 本立て手を動かすことで行い、(3) スワイプジェスチャは

表 1 オブジェクトの操作方法

ラベルの移動	ラベルを握り手を動かし離す
ラベルの追加	キーボードを叩き、文字入力ダイアログを表示し文字入力後に Enter を押す
ラベルの削除	ラベルを両手で握り、左右に引っ張る
グループの移動	グループを握り手を動かし離す
一斉グループ化	2 本指で線を引くジェスチャをし、範囲指定後、手をグーにする
グループに追加	ラベルをグループ内に移動させる
グループ一斉解除	グループを両手で握り左右に引っ張る
グループ部分解除	グループを片手でつかみ中のラベルを掴みグループの外に移動させる
関係線の作成	1 本指でなぞるジェスチャで結びたいラベル同士をなぞる
関係線の削除	1 本指で線を引くジェスチャ後中指を立て指先の球が黒くなら先に指を当てる
カメラの旋回	HMD の向きを合わせる、スワイプジェスチャ、右下左下のスライダを片手で握り左右に動かす
カメラの水平移動	右下左下のスライダを両手で握り左右に動かす
カメラの垂直移動	左右のスライダを両手で握り上下に動かす
カメラの前後移動	ピンチインアウトジェスチャか、左右のスライダを片手で握り上下に動かす
カメラの位置初期化	画面下のバーを 3 秒握り続ける
背景カメラの表示	HMD を下に傾ける

手のひらを自分と反対側に向け手を左右に動かすことで行い、(4) ピンチインアウトジェスチャでは両手のひらを自分と反対側に向け、手同士を近づけたり離すことで行う。ジェスチャとオブジェクト操作は予備実験を行った上で決め、表 1 に示した。

#### 4.3 内部仕様

KJVR では仮想空間と実空間での手の位置を対応させるために Leap Motion SDK を使用し手のデータを取り、それを元に仮想空間上に手の簡易 3D モデルを表示した。この 3D モデル自体はオブジェクトをすり抜けるようにしてあるため、オブジェクトの操作は、特定のジェスチャが行われた時、手の特定の場所を中心とした球とオブジェクトの持つ、図 7 の緑線で示した当たり判定が接触した時にそのジェスチャの効果が現れるような実装をしている。これはフィードバックのない仮想空間上の物体に操作を手指の判定のみで行うのは難しいと判断したためである。

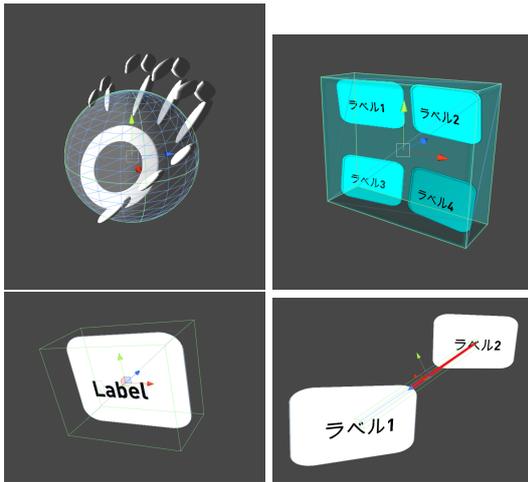


図 7 当たり判定

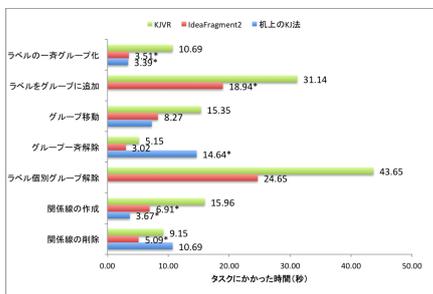


図 8 評価実験 1 の結果

## 5. 評価実験 1

### 5.1 概要

操作の効率化、負担の軽減が図れたかを確認するため比較実験を行った。被験者は学部生 4 人。机上の KJ 法、IdeaFragment2 と比較した。実験では複数ラベルのグループ化、既存グループに追加、グループ移動、グループの一斉解除、グループ部分解除、関係線の作成、削除のタスクを行い、かかった時間を計った。

### 5.2 結果と考察

全被験者の各タスクにかかった時間を平均した結果を図 8 に示し、KJVR に対し 5%有意水準の両側 t 検定で有意差があったものにはアスタリスクを付けた。

以上の結果により、一部のタスクにおいては比較対象より早く行えた事が分かったが、多くで遅くなってしまった。その原因として考えられることはラベル同士に当たり判定を付けたためにラベルが押し出され手の届かないところに移動してしまい、結果カメラを移動させる手間が生じたことが考えられる。またジェスチャ認識率が悪かったり、カメラの位置微調整が難しく理想の位置に素早く移動できない被験者がいたことから、ジェスチャの改良により結果はより良くなるも

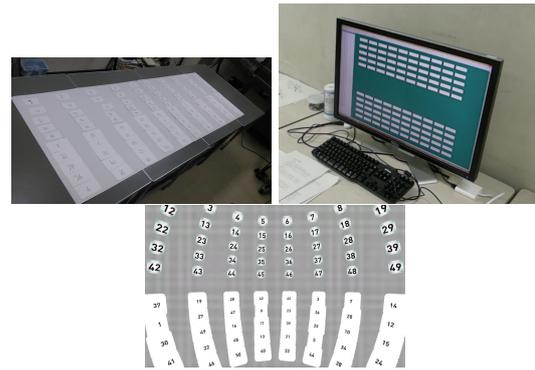


図 9 実験 2 の実験環境

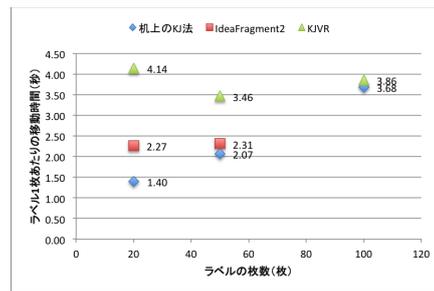


図 10 ラベル 1 枚あたりの移動時間

のと考えられる。また、指を使うジェスチャにおいて隣の指と誤認識されたり、手がもう片方の手の後ろに隠れてジェスチャが失敗することがあった。そのため、これをカバーするために手の認識率を上げる、死角を減らすためカメラの台数を増やす、データグローブのようなカメラに頼らない方法を使うなども考えられる。

## 6. 評価実験 2

### 6.1 概要

ラベルの移動について、扱うラベルの枚数で変化が現れるか確認するため、机上の KJ 法、IdeaFragment2、KJVR の 3 つの方法で 20 枚、50 枚、100 枚のラベルを移動させる比較実験を行った。被験者は学部生 6 人。実験では図 9 に示した作業領域下部にランダムに配置されたラベルを作業領域上部にある数字マーカの位置に移動させるタスクを行った。

### 6.2 結果と考察

ラベルを掴み、置き、次のラベルを掴むまでの時間をラベル 1 枚あたりの移動時間と定義する。各方法、各ラベル配置枚数毎におけるラベル 1 枚あたりの移動時間の平均を図 10 に示した。なお、KJVR のデータはこの一連の流れでミスがなかったものを使った。また、一連の流れでエラーのなかった移動成功率はラベル 20 枚の時は 70.17%、50 枚の時は 66.33%、ラベル 100 枚の時は 61.50%であった。

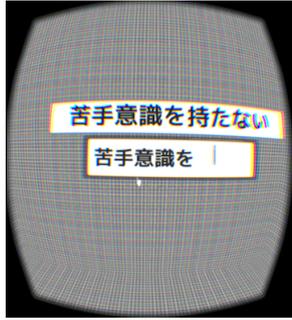


図 11 KJVR の文字列表示

机上の KJ 法についてはラベルの枚数が増えるに従い作業スペースを広く取る必要があるためラベル 1 枚あたりの移動時間が増え、100 枚の時点で KJVR とほぼ変わらない時間になった。従って更に多くのラベルを扱う際は KJVR の方が早くなると考えられる。IdeaFragment2 についてはラベル枚数による時間変化は確認できなかった。しかし IdeaFragment2 は作業領域に制限がかけられているため多くのラベルを重ねずに扱うことができず、利用枚数に限界があり、その為ラベル 100 枚での実験ができなかった。従って KJVR が優れていることが言える。KJVR についてはミス無く移動できればラベル枚数を増やしてもラベル 1 枚あたりの移動時間はあまり変化しないことが分かった。しかし手指の認識失敗により成功率が高いとは言えなかった。そのため深度センサの改善により手の認識精度を上げることにより十分速度の向上が見込めると考えられる。

## 7. 評価実験 3

### 7.1 概要

ラベルの作成で必要になる文字入力において HMD を被ると、どの程度の影響が現れるかを見るため、IdeaFragment2 と KJVR の比較実験を行った。被験者は学部生 6 人で以下被験者 A から被験者 F と呼ぶ。内、被験者 A のみブラインドタッチが不慣れであると回答した。比較実験では予め用意した 4 から 13 字の 10 個の文字列を用意し、これを入力させた。入力する文字列の指示は、IdeaFragment2 の時は用紙で、KJVR の時はシステムに表示して行った。(図 11)

### 7.2 結果と考察

1 文字あたりの入力時間平均を図 12 に示した。方法間で 5%有意水準の両側 t 検定を行ったところ有意差は見られなかった。

以上の結果より被験者全員での 1 文字あたりの入力時間平均で方法による有意差は出なかった。しかし、ブラインドタッチができないと回答した被験者 A の 1 文

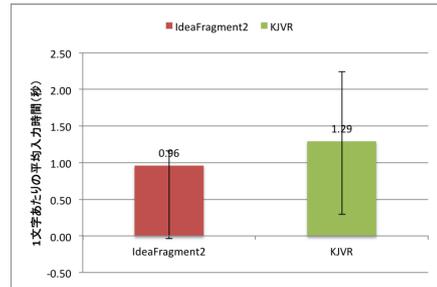


図 12 各方法ごとの 1 文字あたりの平均入力時間

字あたりの入力時間平均は、IdeaFragment2 の時 1.00 秒、KJVR の時 3.33 秒と KJVR が大幅に遅くなった。KJVR では手の位置が見えない問題を解決するため、HMD を下に傾けると背面カメラが起動するようになっているが、その映像は白黒であり、文字も判別しづらいため、スムーズに手の位置が確認できず、時間がかかったと考えられる。従って、ブラインドタッチができない人がスムーズに手の位置を把握するために、カラーカメラを取り付ける、ホームポジションの上に手が乗った時にフィードバックを与える方法が考えられる。

## 8. おわりに

本研究ではソフトウェア上の KJ 法を支援し、より広い作業空間を確保するために HMD を使い仮想空間を用い、ハンドジェスチャで KJ 法におけるラベル、グループ、関係線の操作にかかる時間と負担を短縮する目的で KJVR を作成し、比較実験を行った。結果、一部のタスクにおいて KJVR が既存の方法に比べ早く作業できること、ラベルの枚数を多くしても作業スペースを大きく広げる必要が無いラベルの移動速度が変わらず、ラベル枚数を多くした時に机上の KJ 法より早く作業できること、ラベルを作る際の文字入力も入力速度にさほど影響しないことがわかった。今後は手の認識率を上げジェスチャミスをなくすため、データグローブのようにカメラに頼らない方法や、カメラを増やし死角を減らし手の情報量を増やす、より適するジェスチャが探すなどを考えている。

### 参考文献

- [1] 川喜田二郎: 発想法: 創造性開発のために, 中央公論社, 1967.
- [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.9-5, pp.416-431, 1992.
- [3] 思考支援ツール ideafragment2, <http://nekomimi.la.coocan.jp/freesoft/ideafrg2.htm>.
- [4] 三浦元喜, 丹生隆寛: 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, 情報処理学会論文誌, Vol.55-4, pp.1256-1263, 2014.

第9回 E&C シンポジウムに投稿された本論文の著作権は、著者にあります。  
著者に無断の複製は厳禁です。複製などのご希望は、著者に直接御連絡下さい。

エンターテイメントと認知科学研究ステーション

代表連絡先

〒182-8585 調布市調布ヶ丘1-5-1

電気通信大学 情報理工学研究科 伊藤毅志

uec-ito@mbc.nifty.com

042-443-5370