

# スマートグラスを用いた医療安全向上支援システムにおける 医療機器認識精度の評価

外山 怜<sup>1,a)</sup> 吉野 孝<sup>1,b)</sup> 西川 彰則<sup>2,c)</sup>

**概要：**医療行為において少人数で行われる検査や手技は、現場の医療従事者による即時の判断が必要であり、不安定な心身状態などにより判断を間違えることは重大な医療事故につながる。そこで本研究は、医療従事者の負担軽減を考慮し、軽量かつ手技視野を妨げない拡張現実を利用できるスマートグラスを装着した医療安全の向上を支援するシステムを提案する。スマートグラスより取得した映像を用いて、医療機器の認識を行い、認識結果から特定した医療行為に関して、その手技の注意喚起情報をスマートグラスに表示する。本稿では、提案システムについて述べる。

## Evaluation of Medical Instruments Recognition Accuracy in a Medical Safety Improvement Support System Using Smart Glasses

### 1. はじめに

多忙な医療現場では、インシデント・アクシデント、医療事故などが発生しやすく、多くの医療施設では、その原因を調査、共有することで、インシデント・アクシデント、医療事故を防ぐ取り組みをしている。しかし、医療行為をする際に、注意すべき事項を常に意識できるとは限らない。特に、医師が1人、もしくは医師と看護師2人といった少人数による医療行為は、即時の判断が必要であり、手順や判断を間違えることは重大な医療ミスにつながる。

死亡事故につながる医療事故として、手術部位を間違えたり、処方する薬を間違えてしまうことなどが考えられるが、検査段階のミスにより死亡事故につながることもある。経験の少ない検査や手技を実施する場合、知識不足、ヒューマンエラーが原因となり、検査時の患者の体勢の取り方や医療機器の使い方など、判断を誤ることで、患者に障害が残ったり、死亡事故につながったりする。事例の1つとし

て [1]、骨髄液を採取して検査するための骨髄穿刺において、本来貫通すべきではない胸骨を貫通、上行大動脈を損傷させてしまうという事故がある。この事故の原因としては、麻酔針による長さ調整が十分ではなく、骨髄穿刺針が長すぎたためであり、発生要因として、医師の判断ミス、不慣れな部位への穿刺が挙げられる。このようなヒューマンエラーによる医療事故は、十分な経験がある医療従事者でも、心身の状況変化、疲労などにより不適切な手順で医療行為をしてしまうことで発生する可能性がある。

そこで我々は、検査や手技の実施時に、その医療行為について、医療安全情報に基づいた、注意すべき事項を医療従事者に提示する必要があると考え、検査の手順やガイドなどの注意喚起情報を提示するシステムを提案した [2]。本システムはスマートグラスを用いたシステムであり、拡張現実を利用できることから手技実施中の視界を妨げることを避けることができる。また、軽量なデバイスのため、長時間使用の場合でも装着する医療従事者の負担を軽減させた注意喚起情報の提示を実現できる。本システムでは、医療機器を認識し、認識結果から実施する検査・手技を特定することで、その医療行為についての注意喚起情報をスマートグラスのディスプレイに表示する。その結果、提示された注意喚起情報により、医療従事者のインシデント・アクシデント、医療事故を防止する。本稿では、提案するシステムの概要、医療機器認識の精度評価について述べる。

<sup>1</sup> 和歌山大学システム工学部  
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University,  
Wakayama 640-8510, Japan

<sup>2</sup> 和歌山県立医科大学輸血部  
Faculty of Blood Transfusion, Wakayama Medical University,  
Wakayama 641-8509. Japan

a) toyama.ryo@g.wakayama-u.jp

b) yoshino@wakayama-u.ac.jp

c) nishikaw@wakayama-med.ac.jp

## 2. 関連研究

### 2.1 医療現場の AR ナビゲーション

スマートグラスを用いた医療支援の研究として、西尾らの研究がある [3]。この研究では、人工膝関節置換術に着目し、スマートグラスの映像を CNN \*1 により画像分析を行い、手術器具と手技を認識する。そして、手術の進行度、使用器具を表示することで、器械出し看護師の支援をおこなうシステムを提案した。また、田仲は、スマートグラスを用いて、医療機器の組み立て手順とその注意喚起情報を表示するシステム (MARSS) を開発した [4]。これは、不確かな記憶のもと、医療機器の組み立てや操作などの医療行為を実行するリスクを回避することで、医療安全の向上を目的とする研究である。このシステムでは、従来手法より医療機器組み立ての精度が向上した。Heinrich らは針挿入タスクにおけるナビゲーション表示手法間の比較を行った [5]。この比較により、HMD などの AR 表示によるナビゲーションが有用であると示された。そこで本研究では、医療安全の観点から、主に少人数で行われる検査に着目し、医療機器の認識を行い、検査に関する注意喚起を表示する。

### 2.2 スマートグラスによる情報提示

Rzayev らはスマートグラスにおける表示が社会的インタラクションにもたらす影響を調査した [6]。この調査で、ディスプレイの中心近くに情報提示をすることで実施中のタスクと並行して表示された情報を確認できることが分かった。また、Chua らはデュアルタスクシナリオ中のスマートグラスにおける表示による影響を調査しました [7]。この調査では、長時間使用かつ 1 次タスクが優先的な場合、中心付近の表示が推奨されることが分かった。また、色付きの表示により情報の理解度が上がることも分かった。これにより、医療現場でのスマートグラスを用いた情報提示が手技を妨げず、表示の仕方によっては手技中でも十分に提示された情報を理解できると考えられる。

## 3. 医療安全向上支援システム

### 3.1 システム概要

本研究では、スマートグラスを用いた注意喚起情報表示による医療安全の向上を目的とする。注意喚起情報を表示するにあたり、医師の負担を軽減させ、実施中の手技を妨げないこと、また、手動での操作を少なくすることでヒューマンエラーの防止が必要であると考えられる。そこで、本研究では、検査・手技を行う医療従事者がスマートグラスを装着し、搭載されたカメラにより医療機器が自動で撮影される。撮影された医療機器映像で医療機器を認識し、認識結果から医療行為を特定することで、受動的な注意喚起

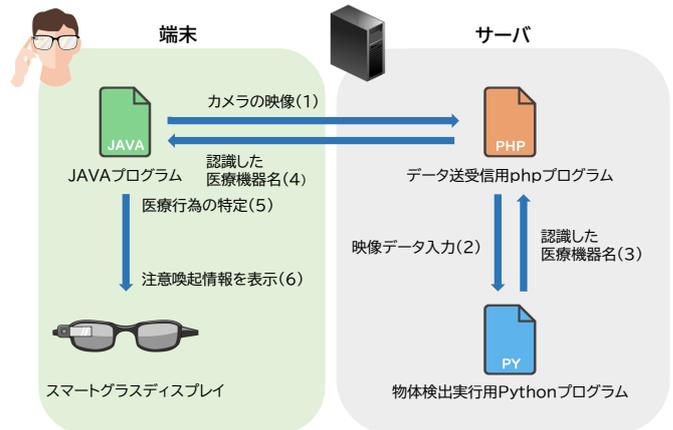


図 1 システム構成図

情報の表示を可能とする。

### 3.2 システム構成

図 1 に、本システムの構成を示す。本システムは、医療機器認識から医療行為を特定、その注意喚起情報を表示するため、カメラを搭載、拡張現実を利用できるデバイスであり、軽量のため医師の負担を軽減できると考えられるスマートグラスを使用し、そのアプリ上で動作する。また、本システムは医療機器の認識をするため、リアルタイム物体検出アルゴリズムである YOLOv3\*2 を用いた。

以下に本システムの流れを述べる。

#### (1) スマートグラス内のアプリを起動

医療従事者はスマートグラスを装着し、内部のアプリを起動する。医療従事者はあらかじめ、情報の重要度から 3 段階に分かれる注意喚起情報を何段階まで表示するかを、アラートレベルとして設定する。これは、行う医療行為における各自の経験量から判断する。この設定は手技開始前に設定し、変更は可能である。その後、端末に接続されているカメラが起動する。

#### (2) 医療機器の認識と医療行為の特定

端末で撮影した映像がサーバに送信され (図 1(1))、サーバが受信した映像を用いて、医療機器を学習させた物体検出モデルを実行し (図 1(2))、医療機器を認識する。そして、認識した医療機器の名前を端末に返す (図 1(4))。

#### (3) 注意喚起情報の表示

端末に返された医療機器の名前から、医療行為を特定する (図 1(5))。そして、アラートレベルに対応した、医療行為の注意喚起情報をスマートグラスのディスプレイに表示する (図 1(6))。

物体検出アルゴリズムである YOLOv3 を用いた医療機器の学習と、その学習済みモデルを用いた検出の流れを述

\*2 YOLOv3: <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>

\*1 Convolutional Neural Network(畳み込みニューラルネットワーク)

表 1 学習画像枚数

医療機器	画像枚数
骨髄穿刺針	280 枚
腰椎穿刺針	397 枚
中心静脈カテーテル	456 枚
ガイドワイヤー	456 枚
血液培養ボトル オレンジ	377 枚
血液培養ボトル 青	383 枚

べる。

### (1) 物体検出モデルの作成

認識対象の医療機器に関して、和歌山県立医科大学医師の協力のもと、4つの医療行為に関して、医療機器を模擬環境下で配置、使用を再現して撮影した動画から、画像を抽出する。表 1 に各医療機器の学習データとして学習させた画像枚数を示す。表 1 における画像枚数は動画データからの抽出のため、動画の時間に依存している。学習データを訓練データ、検証データ、テストデータに分割し、医療機器を教師データとして、手作業によりアノテーションを付けたのち、YOLOv3 を用いて、学習データとアノテーションファイルから学習モデルを作成する。

### (2) 物体検出モデルの利用

学習モデルに対して、Python プログラムを用いて、スマートグラスからの映像を入力し、画像として医療機器の認識をする。そして、認識された医療機器の名前から、現在の医療行為を特定して、その結果を返す。

## 3.3 注意喚起情報の表示

医療行為を特定したのちに、スマートグラスのディスプレイに表示する注意喚起情報の内容と、その提示方法について述べる。

### (1) 注意喚起情報の表示

図 2 にスマートグラスの装着イメージと、そのディスプレイに表示される注意喚起情報の例を示す。ディスプレイには、特定した医療行為と、医療行為に関する注意喚起情報、その重要度を示すアラートレベルを表示する。これは、あらかじめ医療従事者が設定する経験の度合いに対応したアラートレベル 1 から 3 の注意喚起情報である。アラートレベルとして、レベル 1 は「経験が低い医療従事者にのみ表示」、レベル 2 は「経験が中程度以下の医療従事者に表示」、レベル 3 は「全員への表示」を想定しており、レベルが高いほど、その医療行為において注意すべき情報となる。また、注意喚起情報の内容は、医療機器の取り扱いや、患者の体勢などを想定している。表 2 に医療行為とアラートレベル、アラートレベルに対応した注意喚起情報の例を示す。表 2 に関して、上記のとおり、アラートレベルの数値が高いほど、各医療行為において重要度が高



図 2 注意喚起情報表示例 (左) とスマートグラス装着イメージ (右)

い注意喚起情報を記述している。また、各注意喚起情報は医師に協力のもと作成している。医療行為の特定に関して、重複する医療機器を使用することもあるため、表 2 の中心静脈カテーテル挿入のように複数の医療機器を認識することにより、特定が可能となる医療行為も存在する。

### (2) 注意喚起情報の提示方法

注意喚起情報は医療従事者が設定する経験量により、表示される内容が変わる。経験量が高い場合、アラートレベル 3 の情報を表示、中の場合はアラートレベル 2 と 3 の情報を表示、低の場合はアラートレベル 1 から 3 の情報を表示する。本システムでは、3 段階のアラートレベルにおいて、重要度が高くなるに従い、表示される文字色を黄色、オレンジ、赤に変化させる。また、注意喚起情報の表示とともに、スマートグラスに搭載されたスピーカから音を出す。この音はアラートレベルが高いほどテンポの速い音になり、表示された注意喚起情報の重要度を直感的に把握できる。

## 3.4 医療機器検出モデルの作成と利用

## 4. 評価実験

### 4.1 実験概要

提案手法における医療機器認識モデルの精度評価を行った。各医療機器の認識精度を向上させることで正確な医療行為の特定につながり、適切な注意喚起情報の表示が可能になると考えられる。また、現段階のモデルの精度評価を行うことで、モデルに学習させるデータの考察が可能であると考えられる。

学習データには使用していない動画データから抽出した各医療機器の画像データをテストデータとして、作成したモデルで認識を行うことで精度評価を行った。各医療機器認識の精度評価として使用する画像データにはテスト対象の医療機器が 1 箇所含まれている。表 3 に各医療機器のテストデータとして認識させた画像枚数を示す。表 3 における画像枚数は動画データからの抽出のため、動画の時間に

表 2 医療行為とアラートレベルに対応した注意喚起情報の例

医療行為	認識医療機器	アラートレベル	注意喚起情報
骨髄穿刺	骨髄穿刺針	1	穿刺部位は腸骨（上後腸骨棘）です
		2	麻酔針で穿刺針の長さを調整してください
		3	抗血小板剤、抗凝固剤の内服はありませんか
腰椎穿刺	腰椎穿刺針	1	左右腸骨稜上縁を結ぶ線（ヤコビー線）が交差する第4腰椎を目安に、第3～4または第4～5の腰椎間腔から穿刺してください 体勢は、おへそを見るように首を曲げて、膝を抱ええびのように身体を丸めます
		3	抗血小板剤、抗凝固剤の内服はありませんか
中心静脈カテーテル挿入	中心静脈カテーテル ガイドワイヤー	1	鎖骨下動脈を穿刺しないように針は寝かせてください
		3	抗血小板剤、抗凝固剤の内服はありませんか
血液培養	血液培養ボトル オレンジ 血液培養ボトル 青	3	血液培養は2セット採取してください

依存している。

#### 4.2 評価指標

医療機器認識モデルの精度評価は以下の3つの指標から評価を行う。

##### (1) IoU (Intersection over Union)

IoUは2つの領域がどれだけ重なっているかを表す指標であり、2つの領域の共通部分を和集合で割ったものが値になる。ここでの2つの領域は、医療機器認識結果の座標と正解の座標である。そのため、この評価指標により、正解領域と比較した、モデルによる予測領域の評価を行うことができる。また、この評価値が50%以上で、予測結果が正解であると判断している。

##### (2) AP (Average Precision)

APは平均適合率のことであり、適合率と再現率から算出される値である。誤検出の割合を評価できる適合率と、見逃し検出を評価できる再現率の両方を考慮すべきであると考え、適合率と再現率からなる曲線でAPを算出している。APの値を各医療機器に対して算出し、認識精度を評価する。

##### (3) mAP (mean Average Precision)

各医療機器で算出したAPの平均を算出した値がmAPであり、各医療機器を学習させたモデルの評価に用いている。

## 5. 実験結果と考察

提案手法における、医療機器認識モデルの精度評価を行った。表4に各医療機器のテスト画像枚数と認識箇所数、その内の正解箇所数と不正解箇所数、AP、またモデ

表 3 テスト画像枚数

医療機器	画像枚数
骨髄穿刺針	64 枚
腰椎穿刺針	67 枚
中心静脈カテーテル	240 枚
ガイドワイヤー	180 枚
血液培養ボトル オレンジ	490 枚
血液培養ボトル 青	504 枚

ルとしての評価指標である mAP の値を示す。表4に関して、認識箇所はテストにおいて、テスト対象の医療機器と認識した箇所であり、その内の正解と不正解の数を正解認識箇所、不正解認識箇所として記述している。以下に各医療機器における認識結果と考察を述べる。

### 5.1 医療機器認識結果

医療機器認識として失敗したパターンを図3に示す。また、医療機器認識として成功したパターンを図4に示す。詳細は以下の考察で記述する。

#### (1) 骨髄穿刺針認識結果の考察

表4より、骨髄穿刺針のテスト画像64枚を認識させた結果、42箇所を認識、そのすべてが正解の認識箇所である一方で、22箇所は認識できないという結果になった。APは0.66であり、約3割の正解箇所が認識できなかったことがAP低下の原因であると考えられる。骨髄穿刺針の認識から、置いた状況での認識正解率は高い一方で、医療機器を手手に保持した状況では認識できないことが多いと分かった(図3左)。

#### (2) 腰椎穿刺針認識結果の考察

表4より、腰椎穿刺針のテスト画像67枚を認識させ

表 4 テスト画像 認識結果

医療機器	テスト画像枚数	認識箇所	正解認識箇所	不正解認識箇所	AP
骨髄穿刺針	64 枚	42 箇所	42 箇所	0 箇所	0.66
腰椎穿刺針	67 枚	66 箇所	64 箇所	2 箇所	0.96
中心静脈カテーテル	240 枚	191 箇所	182 箇所	9 箇所	0.75
ガイドワイヤー	180 枚	134 箇所	124 箇所	10 箇所	0.68
血液培養ボトル オレンジ	490 枚	567 箇所	393 箇所	174 箇所	0.69
血液培養ボトル 青	504 枚	432 箇所	280 箇所	152 箇所	0.62
mAP					72.61%

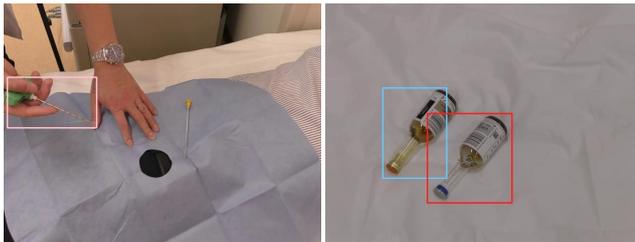


図 3 認識失敗例 (左：骨髄穿刺針, 右：血液培養ボトル)

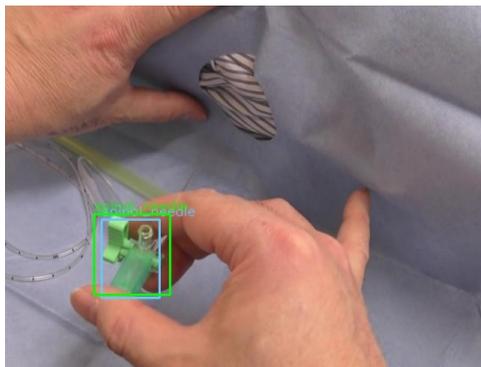


図 4 認識成功例 (腰椎穿刺針)

た結果, 66 箇所を認識, 内 64 箇所が正解の認識箇所, 2 箇所が不正解の認識箇所だった. 一方で, 1 箇所は認識できないという結果になった. AP は 0.96 でありテスト枚数に対する認識箇所が多いことに加え, 正解の認識が多いことで AP が高くなったと考えられる. 腰椎穿刺針の認識から, 特徴的な部分のみの学習により精度向上が見られた (図 4) 一方で学習データとテストデータの類似が見られたと考えられる.

### (3) 中心静脈カテーテル認識結果の考察

表 4 より, 骨髄穿刺針のテスト画像 240 枚を認識させた結果, 191 箇所を認識, 内 182 箇所が正解の認識箇所, 9 箇所が不正解の認識箇所だった. 一方で, 49 箇所は認識できないという結果になった. AP は 0.75 であり, 約 2 割の正解箇所が認識できなかったことが AP 低下の原因であると考えられる. 中心静脈カテーテルの認識から, 置いた状況での認識正解率は高く, 特徴的な部分のみの学習により精度向上が見られたことが分かった.

### (4) ガイドワイヤー認識結果の考察

表 4 より, ガイドワイヤーのテスト画像 180 枚を認識させた結果, 134 箇所を認識, 内 124 箇所が正解の認識箇所, 10 箇所が不正解の認識箇所だった. 一方で, 46 箇所は認識できないという結果になった. AP は 0.68 であり, 約 2 割の正解箇所が認識できなかったことが AP 低下の原因であると考えられる. ガイドワイヤーの認識に関して, 置いた状況での認識正解率は高い一方で, 医療機器を手に保持した状況では認識できないことが多いと分かった.

### (5) 血液培養ボトルオレンジ認識結果の考察

表 4 より, 血液培養ボトルオレンジのテスト画像 490 枚を認識させた結果, 567 箇所を認識, 内 393 箇所が正解の認識箇所, 174 箇所が不正解の認識箇所だった. AP は 0.69 であり, AP の低下とテスト画像枚数よりも認識箇所が多い原因としては, 血液培養ボトルオレンジに類似する機器である血液培養ボトル青をオレンジのボトルと認識することによる誤認識, 重複認識が増加したことが考えられる (図 3 右). 血液培養ボトルオレンジの認識から, 類似する機器により誤認識, 重複認識が増加することが分かった.

### (6) 血液培養ボトル青認識結果の考察

表 4 より, 血液培養ボトル青のテスト画像 504 枚を認識させた結果, 432 箇所を認識, 内 280 箇所が正解の認識箇所, 152 箇所が不正解の認識箇所だった. AP は 0.62 であり, 血液培養ボトル青に類似する機器である血液培養ボトルオレンジを青のボトルと認識することによる誤認識, 重複認識が増加したことが AP 低下の原因として考えられる. 血液培養ボトル青の認識から, 類似する機器により誤認識, 重複認識が増加することが分かった.

## 5.2 医療機器認識モデル評価結果の考察

各医療機器の認識結果から算出される AP の平均である医療機器認識モデル評価指標の mAP は表 4 より, 72.61% となった. AP は最大値で 0.96, 最小値で 0.62 となり, 医療機器間で認識精度に差があることが mAP の低下につな

がったと考えられる。評価実験の結果より、医療機器を手  
に保持した状況での認識と類似する医療機器が同時に映る  
こと認識精度が下がる一方で、医療機器学習において、各  
医療機器の特徴的な部分を学習させることで認識精度の向  
上が見込めることが分かった。そのため、医療機器を手  
に保持した状況でも、各医療機器における特徴的な部分を学  
習させることで、特徴的な部分が映っているならば認識が  
可能であると考えられる。一方で、特徴的な部分が類似す  
るような機器に関しては、正確な認識は困難であるため、  
学習データの増加、複数モデルの多段的な使用など、誤検  
出の割合が影響する適合率を改善させることを考慮したモ  
デルの学習、認識方法の検討が必要であると考えられる。

### 5.3 今後の展開

今後の予定として、模擬環境下での撮影状況差分の学習、  
複数モデルの多段的な使用による医療機器認識の精度向  
上と時系列データの利用による、複数機器から特定可能と  
なる医療行為の正確な特定が必要であると考えている。ま  
た、医療現場における模擬環境下での使用感を検証し、問  
題点を検討、改善する必要もあると考えている。

## 6. おわりに

本研究では、スマートグラスの映像から医療機器を認識  
し、医療行為を特定したのち、その医療行為に関する注意  
喚起情報を表示することによる、医療安全向上の支援を目的  
としたシステムの提案を行った。本稿では、システムにお  
ける医療機器認識精度の評価実験について述べた。今後は  
、医療機器認識と医療行為の特定における精度向上と実  
際の使用に向けたシステムの改善を行う。

### 参考文献

- [1] 一般社団法人日本医療安全調査機構 警鐘事例～事例  
から学ぶ～, 入手先 [https://www.pmda.go.jp/safety/  
info-services/medical-safety-info/0012.html](https://www.pmda.go.jp/safety/info-services/medical-safety-info/0012.html) (参  
照日 2021 年 4 月 17 日).
- [2] 外山 怜, 吉野 孝, 西川 彰則: スマートグラスを用いた注  
意喚起情報表示機能を持つ医療安全向上支援システムの提案,  
情報処理学会第 83 回全国大会講演論文集, Vol. 4, 5ZA-04,  
pp. 159–160 (2021).
- [3] 西尾 祥一, モアゼム ホセイン, 新居 学, 平中 崇文, 小橋 昌  
司: 畳み込みニューラルネットワークを用いた整形外科手  
術ナビゲーションシステム, 第 34 回ファジィシステムシン  
ポジウム, pp. 360–365 (2018).
- [4] 田仲 浩平: 臨床工学の新たな視点, 医療 AR (拡張現  
実) 支援システムの開発, 医機学, Vol. 8, No. 1, pp. 54–62  
(2018).
- [5] Florian Heinrich, Luisa Schwenderling, Fabian Joeres, Kai  
Lawonn, and Christian Hansen: Comparison of Aug-  
mented Reality Display Techniques to Support Medi-  
cal Needle Insertion, IEEE Transactions on Visualization  
and Computer Graphics, Vol. 26, No. 12, pp. 3586–3575  
(2020).
- [6] Rufat Rzayev, Susanne Korbely Milena Maul, Alina

Schark, Valentin Schwind, Niels Henze: Proceedings of  
the 11th Nordic Conference on Human-Computer Inter-  
action, No. 30, pp. 1–11 (2020).

- [7] Soon Hau Chua, Simon T. Perrault Denys J. C. Matthies,  
Shengdong Zhao: Proceedings of Forth International  
Symposium on Chinese CHI, No. 1, pp. 1–6 (2016).