The 32nd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2018

紙付箋抽出における位置取得と解像度を両立する付箋抽出機構の試作

On Simultaneous Recognition of Multiple Paper Sticky Notes with Position Detection and High-resolution

伊藤 栄俊 *1 Eishun Ito　大囿 忠親 *1 Tadatika Ozono　新谷 虎松 *1 Toramatsu Shintani

*1名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻
Department of Computer Science, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

We are implementing a system that digitizes paper sticky notes. In order to recognize the positional relationship of sticky notes, it is necessary to take a picture from a position where the sticky note can be viewed from the top. However, the distance between the camera and the sticky notes affects the precision of the extraction of the content of the sticky note.When photographing nearby to accurately read the contents of the sticky notes, information around the sticky notes is lost, making grasping the positional relationship between the sticky notes difficult.There is a trade-off relationship between the extraction precision of the sticky notes and acquisition of the positional relationship between the sticky notes. Therefore, in this paper, we estimate the positional relationship between sticky notes by using a visual inertial odometry. By recognizing the position information at the time of photographing in the virtual space and integrating the extracted information after the photographing in the virtual space by the visual inertial odometry, the relationship between the extraction accuracy and the acquisition of the position information in a trade-off relationship problem.

1. はじめに

会議において，作業中に紙の付箋を利用し，その後，再利用のために紙の付箋の情報を電子化することが望まれている．紙の付箋は，発想時おける利便性に優れている反面，再利用性が劣るという欠点がある．本研究では，実世界型電子付箋システム Mahoca を開発している．Mahoca は，紙の付箋（物理付箋）を電子化し，付箋の再利用を支援するシステムである．電子化された付箋情報をもとに関連情報の推薦などを実現している [Ito 18]．付箋の電子化に関する従来手法では，付箋の絶対位置の取得および重なった付箋の認識に課題が残っていた．本稿では，自己位置認識技術を利用することで，これらの問題点を解決した，新たな付箋の電子化手法を提案する．

2. 付箋の電子化における課題

本研究の目標は，物理付箋と電子付箋の境界をできるだけ小さくし，電子付箋も物理付箋と同じように扱えることである．これまで，物理付箋を電子化する際，物理付箋をカメラで撮影し，付箋の情報を抽出する機構を開発した．

ここで付箋の利用される具体的な例として，アイディア出しなどを行うブレインストーミングを想定する．ブレインストーミングなどの状況において紙の付箋が利用される場合，紙の付箋間の位置関係に意味が付与されていることがある．例えば，並列した概念であれば横に並べ，繋がる出来事であれば縦に並べるなどがある．

付箋の抽出精度と付箋間の位置関係の取得は，トレードオフの関係にある．こうした，互いの紙の付箋の位置関係を把握するためには，付箋が置かれている面を俯瞰できる位置から撮影する必要がある．しかし，カメラの位置と付箋の位置の距離に比例して，付箋の内容の抽出の精度が落ちる．逆に，付箋の内容を正確に読み取るために近くで撮影した場合，付箋周辺の情報が失われ，付箋間の位置関係が取得できない．

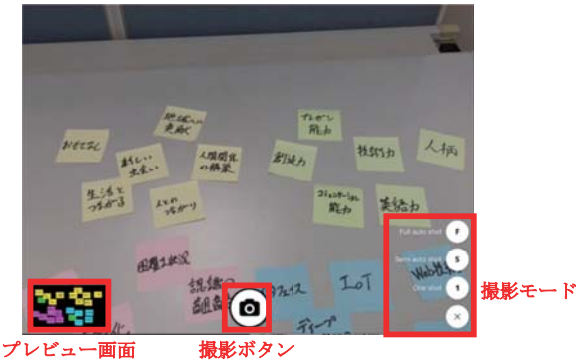

図 1: 付箋を撮影している時の画面

そこで，本研究では，自己位置認識機能を用いて付箋間の位置関係の推定を行う．自己位置認識により，撮影時の位置情報を仮想空間上で把握し，撮影後の抽出情報を仮想空間上で統合することで、トレードオフの関係にある，抽出の精度と位置情報の取得の関係性の問題の解決を行う．

3. 仮想撮影領域を用いた付箋の抽出

付箋間の位置関係を把握するために，自己位置認識を利用した．自己位置認識では，現在の三次元空間上におけるデバイスの位置とカメラを向けている方向を認識することができる．本手法では，Apple の ARKit[ARKit] を利用し，自己位置認識を行った．ARKit による自己位置認識では，現実空間の平面を認識し，画像上の任意の座標を現実空間を想定した三次元仮想空間に射影することができる．これにより，付箋を電子化するために撮影を行った位置だけでなく，撮影した領域が現実世界のどこの平面に相当するのかを求めることができる．本手

連絡先: 伊藤栄俊，名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻，愛知県名古屋市昭和区御器所町，052(735)5584，ashun@toralab.org

Algorithm 1 仮想撮影領域の統合

```
plane = createPlane(scene)
cards = extractCards(plane)
if cards.size > 0 then
    attachCardsToPlane(plane, cards)
    planes = popPlanes()
    if planes.size > 0 then
        planes.append(plane)
        mergePlanes(planes)
        pushPlanes(planes)
    else
        pushPlane(plane)
    end if
end if
```

法では，この仮想三次元空間への射影を利用した．撮影した仮想空間上の撮影領域を仮想撮影領域と定義し，電子化された付箋を仮想撮影領域ごとに紐付けることで，相対的な位置関係を決める．仮想撮影領域は以下の式で定義する．仮想撮影領域 $\mathbb{S}$ は，撮影時の画像データ $image$，矩形領域を定める頂点座標 $\mathbb{N}$，抽出された付箋 $\mathbb{C}$ である．

$$\mathbb{S} = \{image, \mathbb{N}, \mathbb{C}\}$$
$$\mathbb{N} = \{p_1, p_2, p_3, p_4\} : \text{平面を定義する矩形の頂点座標}$$
$$\mathbb{C} = \{c_0, c_1, ...c_k\} : \text{抽出された付箋}$$

Algorithm 1 に仮想撮影領域の統合アルゴリズムを示す．撮影された仮想撮影領域同士を統合することで，一つの平面としてまとめることができる．仮想撮影領域の統合アルゴリズムでは，撮影された画像データをもとに仮想撮影領域 $plane$ と，電子付箋群 $cards$ を生成する．撮影した領域内に付箋が存在した時，仮想撮影領域の統合を行う．統合する仮想撮影領域は，作業領域に退避させておき，作業領域に仮想撮影領域が存在しないときは統合処理を行わず，作業領域に退避のみ行う．作業領域に仮想撮影領域が存在する時は，各仮想撮影領域を含む minimum bounding box を求め，新たな仮想撮影領域として生成する．

4. システム構成図

付箋抽出時のシステムの実行例を図 1 に示す．図 1 の下部中央のボタンは，抽出を行う際のトリガーボタンとなっている．右側の赤枠でに示されている部分は，撮影時の方法を切り替えるインタフェースとなっている．撮影モードは，3 種類あり，一度の撮影のみで抽出を行う単発モード，複数回の撮影で仮想撮影領域を統合するセミオートモード，ビデオ撮影と同じように撮影可能なフルオートモードがある．図 1 の左側の画像がプレビュー画面のサムネイル画像である．サムネイル画像を選択すると，プレビュー画面が開き，電子付箋に対する削除や更新が可能となる．

図 2 にシステム構成図を示す．本システムは，センサーデバイス，付箋抽出機構，プレビュー画面，サーバから構成される．センサーデバイスでは，抽出したい付箋を含む画像データの取得や，位置情報に関する取得を行う．特に，本研究では ARKit を使用することを想定しているので，iOS デバイスとなる．付箋抽出機構はセンサーデバイスで取得した情報を元に紙付箋の電子化を行う．主に紙付箋抽出機構と仮想空間管理機構からなる．紙付箋抽出機構では，取得した画像データから，

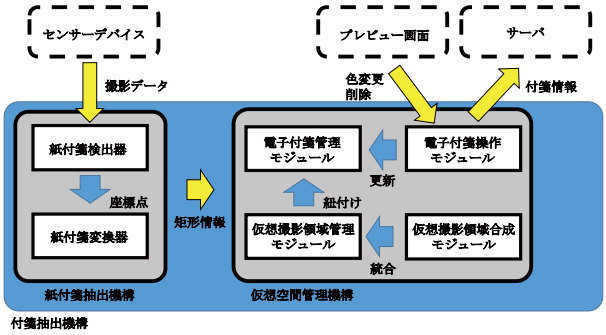

図 2: システム構成図

付箋領域の推定を行う．紙付箋抽出機構ではまず，撮影時の画像情報に加え，現実空間における撮影領域の大きさと画像中での付箋の大きさ情報を元に，画像中の付箋らしい矩形領域を判定する．これは，紙付箋検出機構で行う．検出された結果を元に，　電子化のための情報を整理する．電子付箋は 3 次元空間上の位置情報を元に定義される．よって，撮影時の二次元画像平面情報が仮想空間の三次元空間のどの平面に相当するのかを計算し，付箋の座標点を変換する必要がある．紙付箋変換器では，紙付箋検出器での結果を元に 3 次元空間への変換を行う．変換後の付箋に相当する矩形情報を元に電子付箋を生成するのが仮想空間管理機構である．仮想空間管理機構では，電子付箋の生成と電子付箋群に相当する仮想撮影領域の管理を行う．仮想空間管理機構は 4 つのモジュールからなる．付箋抽出時の撮影情報を元に仮想撮影領域を生成する仮想撮影領域管理モジュール，仮想撮影領域を統合し，電子付箋群の位置関係を定める仮想撮影領域合成モジュール，紙付箋抽出機構から得られる付箋の矩形領域情報を元に電子付箋を作成する電子付箋管理モジュール，電子付箋とプレビュー画面やサーバ間のインタフェースとして働く電子付箋操作モジュールの 4 つである．また，プレビュー画面は抽出結果を確認する画面である．センサーデバイスに iOS デバイスを想定するため，プレビュー画面はセンサーデバイスと同じ端末にフィードバックされることを想定している．プレビュー画面では，誤認識した結果に対して修正を行うことができ，電子付箋の削除や色の変更を行う．作成された電子付箋は最終的にサーバにアップロードされ保存される．

5. おわりに

本研究では，自己位置認識機能を用いて撮影時の位置情報を取得することで，紙の付箋を電子化する際に失われてしまう付箋同士の位置関係を把握することができた．本研究の貢献として，付箋の内容を正確に取得するために付箋の近くで付箋を撮影しつつも，付箋間の位置関係を把握することができるため，精度と位置関係の取得のトレードオフの関係の問題を解決した．

参考文献

[Ito 18] 伊藤栄俊，大囿忠親，新谷虎松: 実世界型電子付箋のための ARKit を用いた自己位置認識による紙付箋認識について．インタラクション 2017，pp.244–248，(2017).

[ARKit] https://developer.apple.com/jp/arkit/